건설교통기술촉진사업

12첨단도시C03

녹색건축물 활성화를 위한 에너지성능 통합관리시스템 개발 최종보고서

2014.10.17

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / 한국건설기술연구원
공동연구기관 / 에너지관리공단

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원



주의 부분

1) 내용은 글상자 내용 참고

2) 디자인은 뒷표지 디자인과 같이

주 의

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

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 에너지성능 통합관리시스템 개발에 관한 연구"과제의 최종보고서로 제출합니다.

2014. 10. 17

주관연구기관명 : 한국건설기술연구원
주관연구책임자 : 이승언 선임연구위원
연구원 : 유기형, 정영선, 윤용상
연구원 : 윤성훈, 정해권, 허정용
연구원 : 김경아, 장희경, 박진서
연구원 : 김수경, 김예원, 김한용

공동연구기관명 : 에너지관리공단
공동연구책임자 : 황인철 팀장
연구원 : 염동대, 박덕준, 서유정
연구원 : 김성하, 김인택, 임상국
연구원 : 구자천, 이득호, 김지혜
연구원 : 원은주

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>12첨단도시
C03</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2013.02.10.
~
2014.04.09.</td><td>단 계 구 분</td><td>총 단 계</td></tr>
<tr><td>연 구 사 업 명</td><td colspan="5">건설교통기술촉진사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>최 상 위
과 제 명</td><td colspan="4">녹색건축물 활성화를 위한
에너지성능 통합관리시스템 개발</td></tr>
<tr><td>단위과제명</td><td colspan="4">차세대 총량에너지 예측프로그램 개발 및
용도별 제한기준 제시</td></tr>
<tr><td>연 구 책 임 자</td><td>이승언</td><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 22명
내부 : 11명
외부 : 11명</td><td>총연
구비</td><td>정부 : 753,000 천원
기업 : 0 천원
계 : 753,000 천원</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약</td><td>보고서면수</td><td>344</td></tr>
<tr><td colspan="6">우리나라는 온실가스 저감을 통한 ‘저탄소 녹색성장’을 제시하였으며, 국가 온실가스 감축목표(2020년 BAU 대비 30% 감축) 달성 및 제로에너지 건축물 의무화 추진(2025년) 등과 관련하여, 건축물의 에너지 효율화를 위한 구체적인 법제적 대책 마련이 시급한 상황으로 인식되고 있다. 이와 관련하여 현행 건축 인허가 요건 가운데 하나인 「건축물 에너지절약 설계기준」의 에너지절약계획서는 정성적 평가방식을 정량적 평가방식(건물 총량에너지 제한)으로 개선하고, 건축물의 에너지절약 관련 법제의 개정을 위한 중장기 계획을 수립할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 우선 현행 에너지절약계획서의 내용 구성 및 데이터 관리와 관련한 종합적 DB 관리시스템 구축을 수행하며, 이를 통해 건축물의 에너지 관련 주요 인자에 대한 표준 DB와 표준 건물(Reference building)을 마련하고자 한다.
이와 같은 연구를 통하여 주거 및 비주거용 건물 전체에 대한 총량에너지 평가프로그램을 개발함으로써 건축물 용도별 에너지사용량의 정량적 예측기반을 마련하고, 각 건축물 용도별 에너지소비 총량 제한기준을 제시함으로써 국가 건축물의 에너지절약 설계기준 개정에 대한 로드맵을 제시하고자 함.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="4">총량에너지 평가프로그램,
에너지성능 통합관리시스템</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">Program for performance based energy,
Energy performance integrated management system</td></tr>
</table>

요 약 문

지구온난화로 인한 기후변화와 에너지 고갈 위기에 대처하기 위해 주요 선진국들은 에너지 자원의 효율적인 이용과 온실가스를 줄이기 위한 감축목표를 설정하고 이에 따라 에너지효율화 추진들의 중장기적 대책을 마련하고 있다.

우리나라는 온실가스 저감을 통한 '저탄소 녹색성장'을 제시하였으며, 국가 온실가스 감축목표(2020년 BAU 대비 30% 감축) 달성 및 제로에너지 건축물 의무화 추진(2025년) 등과 관련하여, 건축물의 에너지 효율화를 위한 구체적인 법제적 대책 마련이 시급한 상황으로 인식되고 있다.

이와 관련하여 현행 건축 인허가 요건 가운데 하나인 「건축물 에너지절약 설계기준」의 에너지절약계획서는 정성적 평가방식을 정량적 평가 방식(건물 총량에너지 제한)으로 개선하고, 건축물의 에너지절약 관련 법제의 개정을 위한 중장기 계획을 수립할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 우선 현행 에너지절약계획서의 내용 구성 및 데이터 관리와 관련한 종합적 DB 관리시스템 구축을 수행하며, 이를 통해 건축물의 에너지 관련 주요 인자에 대한 표준 DB와 표준 건물(Reference building)을 마련하고자 한다.

이와 동시에 실증 데이터를 통한 검토를 거쳐 주거 및 비주거용 건물 전체에 대한 총량에너지 평가 프로그램을 개발함으로써 건축물 용도별 에너지사용량의 정량적 예측 기반을 마련하고, 각 건축물 용도별 에너지소비 총량 제한 기준을 제시함으로써 국가 건축물의 에너지절약설계기준 개정에 대한 로드맵을 제시하는 것을 연구의 목표로 한다.

더불어 건축주나 건축설계 관련자들에게 에너지 절약적인 건축설계 정보가 제공되고 있지 않아 에너지 절약적인 건축설계에 어려움이 발생하고 있다. 이에 따라 에너지절약계획서의 건축물 DB와 총량에너지 성능 평가 DB를 통합 관리를 통하여 신축 건축물에 대한 다양한 정보를 제공 하므로써 건축주나 건축설계자들에게 에너지 절약적인 건축물을 벤치마킹 할 수 있는 방안을 마련할 필요가 있다. 이러한 건물 정보 및 에너지성능 정보를 활용하여 국가 건축물의 에너지 관리 및 예측에 필요한 표준 건축물을 제공할 뿐만 아니라 건축물의 온실가스 배출량 계산 및 예측을 통해 온실가스 감축목표 근거 자료에 활용할 수 있는 에너지성능 통합관리시스템 구축을 마련하고자 한다.

SUMMARY

To cope with the climate change due to global warming and energy depletion crisis, major developed countries have set a goal of reduction in greenhouse gas and the efficient use of energy resources. Accordingly, they have provided a long-term measure for energy efficiency policies.

In Korea, “Low Carbon Green Growth” through the green gas reduction has been recommended and it is recognized that detailed legislative provision is urgently required for building energy efficiency to meet the national greenhouse gas reduction goal (30% carbon reduction target of 30% BAU by 2020) and mandatory zero-energy building construction (by 2025).

In relation to this effort, an energy saving plan in the 「Building Energy Efficiency Standard」, which is one of the current building permit requirements, should take into consideration a change from the qualitative evaluation method to the quantitative evaluation method (limit of the performance-based energy) and set the long-term planning for building energy saving-related legislation amendments.

Therefore, in this study, an overall DB management system in relation to data management and contents composition in the current energy saving plan is developed in priority and through this system, a standard DB and reference buildings for main energy-related parameters of buildings are provided.

At the same time, a program for performance based energy for residential and non-residential buildings is developed via the review on the empirical data thereby providing a quantitative prediction foundation of energy consumption as per use purpose of buildings and criteria for the limit of total energy consumption is presented as per use purpose of buildings thereby providing a road map of the energy saving design criteria for buildings in Korea, which is the purpose of this study.

Furthermore, few energy saving building design information has been provided for building owners or building design-related parties, which has been a cause of difficulties for energy saving building designs. As a result, it is required for building owners or building designers to provide a measure for benchmarking of energy saving buildings as a variety of information are provided for newly buildings via the integrated management of the building DB and the performance based energy evaluation DB in the energy saving plan. By utilizing such building information and energy performance information, not only standard buildings required for the energy management and prediction of buildings in Korea are provided but also the development of an energy performance integrated management system that can be utilized for foundational data of the reduction target for greenhouse gas is provided as well.

CONTENTS

Chapter 1 Overview of the task of the research and development ····· 1

Section 1 Background and needs of the research and development ···· 1

Section 2 Definition, scope, and characteristics of the research and development ····· 2

1. Definition of the research and development ····· 2

2. Scope and characteristics of the research and development ····· 2

Section 3 Current status of the technology development of related areas in Korea and other nations ····· 7

1. Trend of energy saving policies for buildings in Korea ····· 7

2. Trend of energy saving policies for buildings in other nations ····· 11

Chapter 2 Contents and results of the research and development ····· 28

Section 1 Strategy and methodology of the research ····· 28

1. Hierarchy of the implementation for the research and development ····· 28

2. A road map for building energy management ····· 28

3. Research contents and method ····· 30

Section 2 Research performing process and contents ····· 32

1. Amendment of the criteria for building energy saving designs ····· 33

2. Implementation of the energy performance integration management system ····· 68

3. Development of the program for performance based energy ····· 148

4. Recommendation for the revision of the performance based Building Energy

Efficiency Standard ····· 231

Section 3 Research performing results and the verification and review ····· 270

1. Verification of the program for performance based energy applying the international standards setting conditions ····· 270
2. Evaluation on the performance based energy applying the standard use condition targeting demonstration buildings ····· 294

Chapter 3 Final research achievement ····· 310

Section 1 Individual research achievement ····· 310

Chapter 4 Achievement of the research goal and the effect ····· 313

Section 1 Diagram of the final goal achievement of the research and development ····· 313

Section 2 Analysis of the policy effect of the achievement in the research and development ····· 316

Chapter 5 Utilization of the research achievement and the need of additional research ····· 322

Section 1 Measure for utilization of the research achievements in the future ····· 322

Section 2 Needs of additional research ····· 323
1. Energy performance integration management system ····· 323
2. Systems required for activation of green buildings ····· 324
3. Inter-operation with the "Green Building Support System in the Building Life Cycle Phase" in the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement ····· 327

References ····· 329

[Appendix] ····· 332

목 차

제 1 장 연구개발과제 개요 ····· 1

1절 연구개발의 배경 및 필요성 ····· 1

2절 연구개발의 정의, 범위 및 특징 ····· 2
1. 연구개발의 정의 ····· 2
2. 연구개발의 범위 및 특징 ····· 2

3절 관련분야의 국내외 기술개발 현황 ····· 7
1. 국내 건축물 에너지 절약 정책 동향 ····· 7
2. 국외 건축물 에너지 절약 정책 동향 ····· 11

제 2 장 연구개발 수행 내용 및 결과 ····· 28

1절. 연구수행 전략 및 방법론 ····· 28
1. 연구개발 추진 체계 ····· 28
2. 건물 에너지 관리 로드맵 ····· 28
3. 연구내용 및 방법 ····· 30

2절 연구수행과정 및 내용 ····· 32
1. 건축물 에너지 절약 설계기준 개정 ····· 33
2. 에너지성능통합관리시스템 구축 ····· 68
3. 총량에너지 평가프로그램 개발 ····· 148
4. 총량적 건축물 에너지절약 설계기준 개정안 제시 ····· 231

3절 연구수행결과 및 결과의 검증 및 검토 ····· 270
1. 국제 표준 설정조건을 적용한 총량에너지 평가 프로그램 검증 ····· 270
2. 실증 건물을 대상으로 표준 사용조건을 적용한 총량에너지 평가 ····· 294

제 3 장 최종 연구성과 ····· 310

1절 개별 연구성과명 ····· 310

제 4 장 연구목표 달성 및 효과 ····· 313

1절 연구개발 최종목표 달성도 ····· 313

2절 연구개발 성과의 정책적 효과분석 ····· 316

제 5 장 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성 ····· 322

1절 연구성과 향후 활용방안 ····· 322

2절 추가연구 필요성 등 ····· 323

1. 에너지 성능 통합관리 시스템 ····· 323

2. 녹색 건축물의 활성화를 위해 필요한 시스템 ····· 324

3. 국토교통과학기술진흥원 “건축물 생애단계별 녹색건축지원시스템” 과제와의 연계 ··· 327

참고문헌 ····· 329

[부 록] ····· 332

[그림 목차]

[그림 1.1] 연구개발 범위 ····· 2
[그림 1.2] 국토교통부 녹색건축물 활성화 추진전략 ····· 7
[그림 1.3] 에너지소비량 기준 강화 방안 ····· 8
[그림 1.4] 국내 건축물 에너지 절약 제도 ····· 9
[그림 1.5] 보스턴 컨설팅에 의한 프랑스의 온실 가스 예상 배출량 ····· 11
[그림 1.6] 프랑스 주요 에너지 정책 흐름도 (출처: RT-Batiment) ····· 12
[그림 1.7] 프랑스 DPE 지표 (출처: RT-Batiment) ····· 14
[그림 1.8] 독일의 건물 에너지 절약에 관한 규제의 변천 개요 ····· 18
[그림 1.9] Part L 개정 시점에 따른 CO2 저감량 목표치 ····· 20
[그림 1.10] iSBEM에 따른 계산 방법 ····· 20
[그림 1.11] iSBEM 프로그램 입력화면 ····· 21
[그림 1.12] 저탄소 사회를 향한 주거와 생활방식의 추진에 관한 공정표 ····· 24
[그림 1.13] 에너지절약법에 근거한 개정 에너지절약기준의 전체 개요 ····· 26
[그림 1.14] 외피의 열성능에 관한 기준의 개념(주거시설) ····· 27
[그림 2.1] 건물 에너지 관리 로드맵 ····· 29
[그림 2.2] 에너지 성능 통합관리 시스템 개발을 위한 framework ····· 30
[그림 2.3] 건축물의 에너지절약 설계기준 개선 방안 ····· 32
[그림 2.4] 전문 개정 절차 및 전문가 의견수렴 ····· 34
[그림 2.5] 건축물에너지절약 설계기준 개선(안) 비교-(1) ····· 36
[그림 2.6] 건축물에너지절약 설계기준 개선(안) 비교-(2) ····· 36
[그림 2.7] 건축물에너지절약 강화 방안 ····· 39
[그림 2.8] 거실의 외벽 (외기직접) ····· 41
[그림 2.9] 창 및 문 (외기직접) ····· 41
[그림 2.10] 최상층 지붕 (외기직접) ····· 42
[그림 2.11] 최하층 바닥 (외기직접) ····· 42
[그림 2.12] 지역별 건축물부위의 열관류율표 개선안('12년도) ····· 44
[그림 2.13] 지역별 건축물부위의 열관류율표 개선안('13년도) ····· 45
[그림 2.14] 지역별 단열재 두께 개선안(남부지역) ····· 45
[그림 2.15] 지역별 단열재 두께 개선안(제주지역) ····· 46
[그림 2.16] 단열재의 등급 분류 ····· 46
[그림 2.17] 각 부문별 평점비율 ····· 48
[그림 2.18] 용도별 EPI 평점합계 ····· 50
[그림 2.19] 7개 용도의 부문별 평균배점(b) ····· 52
[그림 2.20] 4개 부문의 평균 평점 비교 ····· 54

[그림 2.21] 용도별 EPI 평균 평점합계 ····· 55
[그림 2.22] 과제 진행 흐름도 ····· 56
[그림 2.23] EPI 적용빈도 분석 (건축부문) ····· 57
[그림 2.24] EPI 적용빈도 분석 (기계설비부문) ····· 58
[그림 2.25] EPI 적용빈도 분석 (전기설비부문) ····· 58
[그림 2.26] EPI 적용빈도 분석 (신재생부문) ····· 59
[그림 2.27] 규모별 EPI 평점 분석 ····· 59
[그림 2.28] 일반사항 신구 대비표 ····· 61
[그림 2.29] 의무사항 신구 대비표 ····· 62
[그림 2.30] 제출대상 용도구분(대형/소형/주택1/주택2) ····· 66
[그림 2.31] EPI평점 및 적용 항목 개선(안) ····· 66
[그림 2.32] 에너지성능지표 외벽의 평균 열관류율 개선(안) ····· 67
[그림 2.33] 에너지 목표관리제 진행절차 ····· 73
[그림 2.34] 건축물에너지효율등급 인증절차 ····· 74
[그림 2.35] 에너지절약계획서 관리지원시스템 개요 ····· 75
[그림 2.36] 민원인 에너지절약계획서 작성시스템 구축 현황 ····· 87
[그림 2.37] 검토자 에너지절약계획서 작성시스템 구축 현황 ····· 88
[그림 2.38] 에너지절약계획서 제출 및 검토단계 전·후 ····· 89
[그림 2.39] 건축물 에너지 설계 현황 DB을 위해 수집된 건물 데이터 현황 ····· 96
[그림 2.40] 설계현황의 데이터베이스(DB) 구성 체계 ····· 98
[그림 2.41] 주거용 건물 데이터의 지역별 분포 현황 ····· 100
[그림 2.42] 주거용 건물의 층수 현황 ····· 101
[그림 2.43] 주거용 건축물의 단열재 종류 및 적용 현황 ····· 102
[그림 2.44] 주거용 건물의 창호 종류 및 적용 현황 ····· 102
[그림 2.45] 주거용 건축물의 난방기기 시스템의 적용 현황 ····· 103
[그림 2.46] 비주거용 건물 데이터의 건물 용도 및 지역별 분포 현황 ····· 104
[그림 2.47] 비주거용 건물의 설계 층수 현황 ····· 105
[그림 2.48] 비주거용 건축물의 창면적비 분포 현황 ····· 105
[그림 2.49] 비주거용 건축물의 단열재 종류 및 창호유리의 적용 현황 ····· 106
[그림 2.50] 비주거용 건축물의 난방기기 및 냉방기기의 적용 현황 ····· 107
[그림 2.51] 비주거용 건축물의 조명기기 종류와 적용 현황 ····· 108
[그림 2.52] 주거용 표준건물의 평면도 및 형태 ····· 109
[그림 2.53] 비주거용 표준건물의 평면도 및 입면도(단면도) ····· 112
[그림 2.54] 주거용 표준건물의 월별 난방부하 ····· 113
[그림 2.55] 주거용 표준건물의 월별 에너지소비량 분석 ····· 114
[그림 2.56] 비주거용 표준건물의 월별 난방부하 ····· 114
[그림 2.57] 비주거용 표준건물의 월별 에너지소비량 분석 ····· 115

[그림 2.58] 에너지성능 통합관리시스템 개요 ····· 116
[그림 2.59] 에너지성능 통합관리시스템 구성 ····· 117
[그림 2.60] 연구목적 및 주요 연구내용 ····· 117
[그림 2.61] 에너지 성능 통합 관리시스템 연구수행 프로세스 ····· 119
[그림 2.62] 에너지절약계획서 DB 기반 통합정보 제공 Web 프로그램 개발 Flow ····· 120
[그림 2.63] 에너지절약계획서 데이터베이스 구조 ····· 120
[그림 2.64] Web 프로그램 개발을 위한 Oracle 데이터베이스 구축 ····· 121
[그림 2.65] 에너지절약계획서 온라인검토 시스템 데이터 현황 ····· 121
[그림 2.66] 데이터 분석요소 도출현황 ····· 122
[그림 2.67] 데이터 분석 항목 ····· 126
[그림 2.68] Web 서버 모듈 구조도 ····· 128
[그림 2.69] 에너지성능 통합관리시스템 메인화면 ····· 130
[그림 2.70] 로그인 화면 ····· 131
[그림 2.71] 회원가입 화면 ····· 132
[그림 2.72] 통합관리시스템 정보제공 Web 프로그램 구성화면 ····· 133
[그림 2.73] EPI 항목 분류 기능화면-1 ····· 134
[그림 2.74] EPI 항목 분류 기능화면-2 ····· 135
[그림 2.75] 항목 분류 적용 결과 예시 화면 ····· 136
[그림 2.76] EPI 성능분포_1차에너지소요량(예시) ····· 137
[그림 2.77] EPI 항목 분포_건축_외벽평균열관류율(예시) ····· 138
[그림 2.78] EPI 항목 분포_기계_난방시스템(예시)] ····· 138
[그림 2.79] EPI 항목 분포_전기_LED 전력량 비율(예시) ····· 139
[그림 2.80] EPI 항목 분포_신재생_신재생(난방) 비율(예시) ····· 139
[그림 2.81] 나의 빌딩 입력항목 화면 ····· 140
[그림 2.82] 나의 빌딩 냉·난방시스템 입력 항목 화면 ····· 141
[그림 2.83] 나의 빌딩 EPI점수분포 및 정규분포 결과화면 ····· 142
[그림 2.84] EPI 및 외벽 평균열관류율 상관분석 결과화면 ····· 143
[그림 2.85] 에너지성능 통합관리 시스템 설문조사 ····· 146
[그림 2.86] 표준기상데이터 연구 추진 체계 ····· 148
[그림 2.87] 표준년 선정절차 (ISO TRY) ····· 149
[그림 2.88] 표준 기상데이터 산출방법 비교 ····· 151
[그림 2.89] 확보된 기상데이터(66개 지역) ····· 155
[그림 2.90] 장기 CDF와 단기 CDF 비교 (서울, 1월) ····· 161
[그림 2.91] 일사량 설정 방법 ····· 166
[그림 2.92] 냉난방설비의 용량계산을 위한 설계온도 비교 (서울) ····· 167
[그림 2.93] 우리나라의 지역 경계 (광역시/시군구/읍면도) ····· 168
[그림 2.94] 우리나라의 시군구 정리 (161개 지역) ····· 169

[그림 2.95] 1년 간 누적건구온도밀도그래프 비교 (152개 지역)····· 170
[그림 2.96] 1년 간 누적건구온도밀도그래프 비교 (양양/단양)····· 171
[그림 2.97] 유사 기후대 조닝 과정····· 172
[그림 2.98] 유사 기후대 도출 (66개 ZONE)····· 172
[그림 2.99] 엑셀기반 표준 기상데이터 변환프로그램 (ISO 15927-4)····· 173
[그림 2.100] 엑셀기반 총량 기상데이터 변환프로그램 (1)····· 174
[그림 2.101] 엑셀기반 총량 기상데이터 변환프로그램 (2)····· 174
[그림 2.102] 표준 용도프로필 구축 연구 추진 체계····· 175
[그림 2.103] 건축허가 통계자료(국토교통부, 2013년 기준)····· 205
[그림 2.104] 표준 용도프로필 (제1종 근린생활시설)····· 206
[그림 2.105] 표준 용도프로필 (제2종 근린생활시설)····· 207
[그림 2.106] 표준 용도프로필 (판매시설)····· 207
[그림 2.107] 표준 용도프로필 (제2종 근린생활시설)····· 208
[그림 2.108] 표준 용도프로필 (숙박시설)····· 208
[그림 2.109] 표준 용도프로필 (교육연구시설)····· 209
[그림 2.110] 표준 용도프로필 (문화집회시설)····· 209
[그림 2.111] 표준 용도프로필 (문화집회시설)····· 210
[그림 2.112] 표준 용도프로필 (의료시설)····· 210
[그림 2.113] 표준 용도프로필 (노유자시설) ····· 211
[그림 2.114] 국외 유사 인증제도 매뉴얼 조사. 비교····· 212
[그림 2.115] 국외/ 총량에너지 평가 프로그램의 User&Technical manual····· 213
[그림 2.116] 독일의 EnerCalC 프로그램 화면····· 215
[그림 2.117] eQUEST 프로그램 건물 정보 입력 화면····· 216
[그림 2.118] ENORM 프로그램 건물 정보 입력 화면····· 216
[그림 2.119] ECW/ECU 프로그램 입력 및 결과 화면····· 217
[그림 2.120] 노르웨이 TEK-sjekk 프로그램 입력화면····· 218
[그림 2.121] Einstein 프로그램 입력 화면····· 218
[그림 2.122] 평가 프로그램 선택 화면····· 219
[그림 2.123] 일반사항 입력 화면····· 220
[그림 2.124] 건축부문 입력 화면····· 220
[그림 2.125] 기계부문 입력 화면····· 221
[그림 2.126] 전기부문 입력 화면····· 222
[그림 2.127] 신재생부문 입력 화면····· 222
[그림 2.128] 평가서 출력 화면····· 223
[그림 2.129] 건축개요 입력 화면····· 224
[그림 2.130] 입력존 입력 화면····· 224
[그림 2.131] 입력면 입력 화면····· 225

[그림 2.132] 공조처리 입력 화면 ····· 225
[그림 2.133] 난방기기 입력 화면 ····· 226
[그림 2.134] 난방공급시스템 입력 화면 ····· 226
[그림 2.135] 난방분배시스템 입력 화면 ····· 227
[그림 2.136] 냉방기기 입력 화면 ····· 227
[그림 2.137] 냉방분배시스템 입력 화면 ····· 228
[그림 2.138] 신재생 및 열병합 입력 화면 ····· 228
[그림 2.139] 열관류율 입력 화면 ····· 229
[그림 2.140] 월별에너지사용량 입력 화면 ····· 229
[그림 2.141] 계산 결과 출력 화면 ····· 230
[그림 2.142] 에너지성능지표와 에너지소요량 비교 ····· 232
[그림 2.143] 건축물 에너지절약 설계기준 구성 ····· 234
[그림 2.144] 건축물 에너지절약 설계기준 Framework ····· 238
[그림 2.145] 총량적 건축물 에너지절약 설계기준 작성 방법 ····· 241
[그림 2.146] 총량적 건축물 에너지절약 설계기준(안) Framework ····· 241
[그림 2.147] 총량적 건축물 에너지절약 설계기준(안) 구성항목 주요내용 ····· 242
[그림 2.148] 총량적 건축물 에너지절약 설계기준(안) 구성항목과 세부항목 설명 ····· 243
[그림 2.149] 총량적 건축물 에너지절약 설계기준(안) 세부내용 및 국외 설계기준 연계-1 ··· 245
[그림 2.150] 총량적 건축물 에너지절약 설계기준(안) 세부내용 및 국외 설계기준 연계-2 ··· 245
[그림 2.151] 용도별제한기준 마련 연구 수행 내용 ····· 248
[그림 2.152] 영국의 Part L의 신축 건물의 에너지 제한 기준 ····· 249
[그림 2.153] 프랑스의 RT에서의 신축 건물의 에너지 제한 기준 ····· 251
[그림 2.154] 덴마크의 Building Regulation에서의 신축 건물의 에너지 제한 기준 252
[그림 2.155] 에너지절약계획서의 개정 방향 및 에너지효율등급 개정 내용 ····· 253
[그림 2.156] 에너지절약설계기준 및 효율등급에서의 총량기준 개정 방안 ····· 254
[그림 2.157] 비주거 표준건물의 기준층 평면 설정 ····· 255
[그림 2.158] 주거용 표준건물의 기준층 평면 설정 ····· 257
[그림 2.159] 월별 냉난방 에너지 요구량 [kWh/㎡] ····· 258
[그림 2.160] 월별 냉난방 에너지 요구량 [kWh/㎡] ····· 262
[그림 2.161] 기존 제도와 연계된 총량에너지 제한 기준 ····· 266
[그림 2.162] 주거용 건축물의 총량에너지 제한기준 ····· 267
[그림 2.163] 주거용 외 건축물의 총량에너지 제한기준 ····· 267
[그림 2.164] 용도별 제한 기준에 따른 적합 여부 판단 결과 ····· 268
[그림 2.165] 검증 절차 ····· 271
[그림 2.166] Case 600 건물 모델 ····· 273
[그림 2.167] Case 610 건물 모델 ····· 273
[그림 2.168] Case 620 건물 모델 ····· 274

[그림 2.169] Case 960 건물 모델 ····· 275
[그림 2.170] 각 Case별 난방요구량 [MWH/a] ····· 278
[그림 2.171] 각 Case별 냉방요구량 [MWH/a] ····· 279
[그림 2.172] 냉난방 요구량 비교 ····· 280
[그림 2.173] 난방 요구량 표준편차/최대·최소값 비교 ····· 281
[그림 2.174] 냉방 요구량 표준편차/최대·최소값 비교 ····· 281
[그림 2.175] TRNSYS v.14와 v.16의 비교 ····· 282
[그림 2.176] C600의 BESTEST기상데이터의 난방요구량 ····· 283
[그림 2.177] C600의 Seoul기상데이터의 난방요구량 ····· 283
[그림 2.178] C600의 BESTEST기상데이터의 냉방요구량 ····· 284
[그림 2.179] C600의 Seoul기상데이터의 냉방요구량 ····· 284
[그림 2.180] C600의 BESTEST기상데이터의 냉방요구량(환기無) ····· 285
[그림 2.181] C600의 BESTEST기상데이터의 난방요구량(환기無) ····· 285
[그림 2.182] C600의 BESTEST기상데이터의 난방요구량(환기無, 창문無) ····· 286
[그림 2.183] C600의 Seoul기상데이터의 난방요구량(환기無, 창문無) ····· 286
[그림 2.184] C600의 Seoul기상데이터의 냉방요구량(환기無, 창문無) ····· 287
[그림 2.185] C600의 BESTEST기상데이터의 냉방요구량(환기無, 창문無) ····· 287
[그림 2.186] C600의 BESTEST기상데이터의 난방요구량(환기無, 발열無) ····· 287
[그림 2.187] C600의 BESTEST기상데이터의 냉방요구량(환기無, 발열無) ····· 288
[그림 2.188] C600의 BESTEST기상데이터의 난방요구량(환기無, 설정온도변경)·288
[그림 2.189] C600의 Seoul기상데이터의 난방요구량(환기無, 설정온도변경) ····· 288
[그림 2.190] C600의 Seoul기상데이터의 냉방요구량(환기無, 설정온도변경) ····· 289
[그림 2.191] C600의 BESTEST기상데이터의 냉방요구량(환기無, 설정온도변경)·289
[그림 2.192] C900의 BESTEST기상데이터의 난방요구량 ····· 290
[그림 2.193] C900의 BESTEST기상데이터의 냉방요구량 ····· 290
[그림 2.194] C900의 BESTEST기상데이터의 난방요구량(환기無) ····· 291
[그림 2.195] C900의 BESTEST기상데이터의 냉방요구량(환기無) ····· 291
[그림 2.196] C900의 BESTEST기상데이터의 난방요구량(환기無, 창문無) ····· 292
[그림 2.197] C900의 BESTEST기상데이터의 냉방요구량(환기無, 창문無) ····· 292
[그림 2.198] 월별 에너지사용량 데이터 분석의 개념 ····· 296
[그림 2.199] 건물 용도별 단위면적당 에너지사용량 비교-1 ····· 297
[그림 2.200] 건물 용도별 단위면적당 에너지사용량 비교-2 ····· 297
[그림 2.201] 건물 용도별 기저, 냉방 난방 에너지 사용량 특성 ····· 299
[그림 2.202] 건물 용도별 냉난방 실 에너지사용량 특성 비교 ····· 300
[그림 2.203] 건물 용도별 냉난방 에너지 사용량의 특성 비교 ····· 307
[그림 2.204] 업무시설의 전력과 가스 사용량에 대한 실사용량과 총량프로그램 값의 비교 ····· 309
[그림 4.1] 건물부문 중장기 온실가스 감축 목표 설정을 위한 프로세스(안) ····· 317

[그림 4.2] 주택 건설 현황 통계 분석 ····· 320
[그림 4.3] 상업부문 건설 현황 통계 분석 (동수) ····· 320
[그림 4.4] 가정・상업부문 온실가스 감축 잠재량 ····· 321
[그림 5.1] 연구성과 활용방안 ····· 322
[그림 5.2] 에너지성능 통합관리시스템 개요 ····· 324
[그림 5.3] 녹색건축물 종합적 지원체계 및 시스템 개요 ····· 325
[그림 5.4] 건축물 에너지 효율화 지원시스템의 역할 ····· 326
[그림 5.5] “건축물 생애단계별 녹색건축지원시스템” 과제 목표 ····· 328

[표 목차]

<표 1.1> 연구범위 ····· 4
<표 1.2> 2013년 기준 영국의 건축물에너지성능 정책 동향 ····· 19
<표 1.3> 비주거용 건축물의 체크리스트-iSBEM 프로그램을 이용한 확인서 일부 ····· 21
<표 2.1> 연구내용에 따른 세부 추진 방법 ····· 32
<표 2.2> 건축물의 에너지절약 설계기준 전문 주요 개선(안) ····· 35
<표 2.3> 건축물 현황 (2011년도 국토해양 통계연보) ····· 38
<표 2.4> 건축물 부위별 열관류율 기준 [W/㎡·K] ····· 40
<표 2.5> 건축물 부위별 열관류율 공동주택의 측벽 [W/㎡·K] ····· 43
<표 2.6> 건축물 부위별 열관류율 공동주택의 층간 바닥 [W/㎡·K] ····· 44
<표 2.7> 에너지성능지표검토서 제출대상 용도와 범위 ····· 47
<표 2.8> 항목구성에 따른 평점 비율 ····· 49
<표 2.9> 각 부문별 적용비율(%) ····· 51
<표 2.10> 에너지절약계획서 제출대상 개선(안) ····· 56
<표 2.11> 제출대상 용도와 범위 ····· 60
<표 2.12> 제출대상 용도별 EPI 항목수와 평점 ····· 63
<표 2.13> 건축물 에너지절약계획서 개정 전·후 제출대상 ····· 68
<표 2.14> 오프라인 검토 시스템의 문제점 ····· 69
<표 2.15> 에너지절약계획서 검토 관련 실무자들 주요 의견사항 ····· 70
<표 2.16> 신재생 에너지설비인증 처리절차 ····· 71
<표 2.17> 고효율에너지기자재인증제도 처리절차 ····· 71
<표 2.18> 에너지절약계획서 관리시스템 회의내용 ····· 75
<표 2.19> 에너지절약계획서 관리시스템 추진경과 ····· 80
<표 2.20> 에너지절약계획서 관리시스템 교육운영 ····· 81
<표 2.21> 민원인 화면 전·후 대조1 ····· 82
<표 2.22> 민원인 전·후 대조2 ····· 83
<표 2.23> 검토자 화면 전·후 대조1 ····· 84
<표 2.24> 검토자 화면 전·후 대조2 ····· 85
<표 2.25> 민원인 측면 온라인시스템 구축효과 ····· 90
<표 2.26> 검토자 측면 온라인시스템 구축효과 ····· 90
<표 2.27> 건축인·허가 통합시스템과의 연계성 설문조사 내용 1 ····· 91
<표 2.28> 건축인·허가 통합시스템과의 연계성 설문조사 내용 2 ····· 93
<표 2.29> 설문조사 결과 ····· 94
<표 2.30> 기존연구의 '표준모델' 설정방법 ····· 97
<표 2.31> 건물에너지관련 설계요소 ····· 99

<표 2.32> 주거용 건물의 설계년도별 데이터 수집 현황 ····· 100
<표 2.33> 난방기기 및 냉방기기의 설계 효율 분포 ····· 103
<표 2.34> 비주거용 건물의 설계년도별 데이터 수집 현황 ····· 104
<표 2.35> 비주거용 건축물의 난방기기 및 냉방기기의 설계 효율 분포 ····· 107
<표 2.36> 주거용 표준건물의 설계요소별 표준데이터 ····· 110
<표 2.37> 비주거용 표준건물의 설계요소별 표준데이터 ····· 111
<표 2.38> 일반사항 데이터 분류 ····· 123
<표 2.39> 시스템 데이터 분류 ····· 123
<표 2.40> 건물용도 데이터 분류코드 ····· 124
<표 2.41> 건물지역 데이터 분류코드 ····· 124
<표 2.42> 열원시스템 데이터 분류코드 ····· 125
<표 2.43> 냉·난방기기 데이터 분류코드 ····· 125
<표 2.44> 분석항목 데이터 분류코드 ····· 127
<표 2.45> 분석 모듈 구조도 ····· 128
<표 2.46> Sandia 방법에 의한 표준월 산정 프로세스 ····· 150
<표 2.47> 표준월 산출방법 및 기상요소별 가중치 비교 ····· 151
<표 2.48> 일사량 계산모델 비교 ····· 152
<표 2.49> 기상청 관측지점 정보 및 확보된 자료 현황 (2013년 04월 기준) ····· 154
<표 2.50> 선정한 기상요소 및 관측시간 ····· 154
<표 2.51> 전체 데이터에서 빈 데이터가 차지하는 비율 (%) - 일사량이 있는 지역 ····· 156
<표 2.52> 전체 데이터에서 빈 데이터가 차지하는 비율 (%) - 일사량이 없는 지역(1) ·· 157
<표 2.53> 전체 데이터에서 빈 데이터가 차지하는 비율 (%) - 일사량이 없는 지역(2) ·· 158
<표 2.54> ISO 15927-4의 표준년 도출 작업 흐름도 ····· 160
<표 2.55> 3개 기상요소별 FS값과 순위 (서울, 1월) ····· 162
<표 2.56> 풍속데이터를 이용한 1월 대표월 선정 (서울) ····· 162
<표 2.57> 66개 지역의 표준 기상데이터 구축 (표준년) - 1 ····· 163
<표 2.58> 66개 지역의 표준 기상데이터 구축 (표준년) - 2 ····· 165
<표 2.59> 총량 기상데이터 입력요소 (INPUT DATA) ····· 165
<표 2.60> 미측정된 지역의 일사량 설정 ····· 166
<표 2.61> 우리나라 행정구역 (행정안전부 통계자료 2013년 기준) ····· 168
<표 2.62> 미확보 지역의 건구온도 설정 (2012년) ····· 170
<표 2.63> 주거 및 비주거 용도 건축물에 대한 프로필 값 (ISO 13790) ····· 176
<표 2.64> 주거 및 오피스 용도에 대한 인체/기기 발열량 값 (ISO 13790) ····· 176
<표 2.65> 비주거 용도에 대한 재실밀도 값 (ISO 13790) ····· 177
<표 2.66> 비주거 용도에 대한 기기열량 값 (ISO 13790) ····· 177
<표 2.67> 비주거 용도에 대한 표준 용도프로필 값 (DIN V 18599-10) ····· 178
<표 2.68> 일본 사무 용도의 표준 용도프로필 값 ····· 179

<표 2.69> 주거 용도프로필 정리 (1)····· 180
<표 2.70> 주거 용도프로필 정리 (2)····· 181
<표 2.71> 주거 용도프로필 정리 (3)····· 182
<표 2.72> 주거 용도프로필 정리 (4)····· 183
<표 2.73> ECO2 용도프로필 해설 및 해당실 예시····· 184
<표 2.74> 용도프로필 (주거공간)····· 185
<표 2.75> 용도프로필 (소규모사무실)····· 186
<표 2.76> 용도프로필 (대규모사무실)····· 187
<표 2.77> 용도프로필 (회의실 및 세미나실)····· 188
<표 2.78> 용도프로필 (강당)····· 189
<표 2.74> 용도프로필 (구내식당)····· 190
<표 2.80> 용도프로필 (화장실)····· 191
<표 2.81> 용도프로필 (그 외 체류공간 : 휴게실, 탈의실, 헬스장, 열람실, 매장 등)·· 192
<표 2.82> 용도프로필 (부속공간 : 로비, 복도, 계단실 등)····· 193
<표 2.83> 용도프로필 (창고/설비/문서실)····· 194
<표 2.84> 용도프로필 (전산실)····· 195
<표 2.85> 용도프로필 (주방 및 조리실)····· 196
<표 2.86> 용도프로필 (병실)····· 197
<표 2.87> 용도프로필 (객실)····· 198
<표 2.88> 용도프로필 (교실 : 초중고)····· 199
<표 2.89> 용도프로필 (강의실 : 대학)····· 200
<표 2.90> 용도프로필 (매장 : 상점, 백화점)····· 201
<표 2.91> 용도프로필 (전시실 : 전시관, 박물관)····· 202
<표 2.92> 용도프로필 (열람실 : 도서관)····· 203
<표 2.93> 용도프로필 (체육시설)····· 204
<표 2.94> 건축허가 비율 조사····· 205
<표 2.95> 분석대상 용도 및 확보된 표본수 (출처: 세움터)····· 206
<표 2.96> 건축물 에너지절약 설계기준 조문 주요 내용····· 235
<표 2.97> 에너지절약계획서 부문별 설계기준····· 236
<표 2.98> 건축기준 완화비율····· 237
<표 2.99> 국외 총량에너지 건축물 적용 예외 대상····· 247
<표 2.100> 비주거 건축물의 표준건물 ECO2 평가 요소····· 256
<표 2.101> 주거 건축물의 표준건물 ECO2 평가 요소····· 257
<표 2.102> 분야별 단위면적당 연간 에너지 요구량 [kWh/㎡]····· 258
<표 2.103> 분야별 단위면적당 연간 에너지 소요량 [kWh/㎡]····· 259
<표 2.104> 분야 별 단위면적당 연간 1차 에너지 소요량 [kWh/㎡]····· 259
<표 2.105> 지역별 건축물 부위의 열관류율표 [kWh/㎡]····· 260

<표 2.106> 지역별 단위면적당 연간 에너지 요구량 [kWh/㎡]····· 260
<표 2.107> 분야별 단위면적당 연간 에너지 소요량 [kWh/㎡]····· 261
<표 2.108> 지역별 단위면적당 연간 1차 에너지 소요량 [kWh/㎡]····· 261
<표 2.109> 분야별 단위면적당 연간 에너지 요구량 [kWh/㎡] ····· 262
<표 2.110> 분야별 단위면적당 연간 에너지 소요량 [kWh/㎡]····· 263
<표 2.111> 분야 별 단위면적당 연간 1차 에너지 소요량 [kWh/㎡]····· 263
<표 2.112> 지역별 건축물 부위의 열관류율표 [kWh/㎡]····· 264
<표 2.113> 지역별 단위면적당 연간 에너지 요구량 [kWh/㎡]····· 264
<표 2.114> 분야별 단위면적당 연간 에너지 소요량 [kWh/㎡]····· 265
<표 2.115> 지역별 단위면적당 연간 1차 에너지 소요량 [kWh/㎡]····· 265
<표 2.116> 용도별 총량 에너지 제한 기준 제시····· 268
<표 2.117> Test Case····· 272
<표 2.118> Sun-zone, Back-zone 사이 벽체의 물성치····· 275
<표 2.119> 기상데이터····· 275
<표 2.120> 설정 환기 횟수····· 276
<표 2.121> 연간 난방요구량 [MWH/a]····· 279
<표 2.122> 연간 냉방요구량 [MWH/a]····· 280
<표 2.123> 외기온도의 차이와 프로그램 계산 결과····· 293
<표 2.124> 실증조사 최종 대상 건물····· 295
<표 2.125> 건물용도별 설치 장비 개요와 사용량 데이터 년도····· 301
<표 4.1> 항목별 자료의 출처 ····· 318
<표 4.2> 가정・상업부문 온실가스 감축 잠재량 ····· 321

제 1 장 연구개발과제 개요

1절 연구개발의 배경 및 필요성

지구온난화로 인한 기후변화와 에너지 고갈 위기에 대처하기 위해 주요 선진국들은 에너지자원의 효율적인 이용과 온실가스를 줄이기 위한 감축목표를 설정하고 이에 따라 에너지효율화 추진들의 중장기적 대책을 마련하고 있다.

우리나라는 온실가스 저감을 통한 '저탄소 녹색성장'을 제시하였으며, 국가 온실가스 감축목표(2020년 BAU 대비 30% 감축) 달성 및 제로에너지 건축물 의무화 추진(2025년) 등과 관련하여, 건축물의 에너지 효율화를 위한 구체적인 법제적 대책 마련이 시급한 상황으로 인식되고 있다.

이와 관련하여 현행 건축 인허가 요건 가운데 하나인 「건축물 에너지절약 설계기준」의 에너지절약계획서는 정성적 평가방식을 정량적 평가방식(총량에너지 제한)으로 개선하고, 건축물의 에너지절약 관련 법제의 개정을 위한 중장기 계획을 수립할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 우선 현행 에너지절약계획서의 내용 구성 및 데이터 관리와 관련한 종합적 DB 관리시스템 구축을 수행하며, 이를 통해 건축물의 에너지 관련 주요 인자에 대한 표준 DB와 표준 건물(Reference building)을 마련하고자 한다.

이와 동시에 실증 데이터를 통한 검토를 거쳐 주거 및 비주거용 건물 전체에 대한 총량에너지 평가프로그램을 개발함으로써 건축물 용도별 에너지사용량의 정량적 예측 기반을 마련하고, 각 건축물 용도별 에너지소비 총량 제한기준을 제시함으로써 국가 건축물의 에너지절약 설계기준 개정에 대한 로드맵을 제시하는 것을 연구의 목표로 한다.

더불어 건축주나 건축설계 관련자들에게 에너지 절약적인 건축설계 정보가 제공되고 있지 않아 에너지 절약적인 건축설계에 어려움이 발생하고 있다. 이에 따라 에너지절약계획서의 건축물 DB와 총량에너지 성능평가 DB를 통합 관리를 통하여 신축 건축물에 대한 다양한 정보를 제공함으로써 건축주나 건축설계자들에게 에너지 절약적인 건축물

을 벤치마킹 할 수 있는 방안을 마련할 필요가 있다. 이러한 건물 정보 및 에너지성능 정보를 활용하여 국가 건축물의 에너지관리 및 예측에 필요한 표준 건축물을 제공할 뿐만 아니라 건축물의 온실가스 배출량 계산 및 예측을 통해 온실가스 감축목표 근거자료에 활용할 수 있는 에너지성능 통합관리시스템 구축을 마련하고자 한다.

2절 연구개발의 정의, 범위 및 특징

1. 연구개발의 정의

에너지성능 통합관리시스템에서 제공하는 총량에너지 평가 프로그램과 건축설계 DB 자료에 대한 정보를 건축주, 정책입안자, 건축설계 및 관련업무 종사자들에게 서비스 제공을 통하여 에너지 절약적인 건축물 설계를 유도하고 '25년 제로에너지 건축물 목표 달성을 위한 기준안을 마련하고자 한다.

2. 연구개발의 범위 및 특징



[그림 1.1] 연구개발 범위

○ 건축물 에너지절약 설계기준 개선 및 소규모 건축물 에너지절약계획서 기준 제시

- 건축물 에너지절약 설계기준 개정안 제시
- 지역별 건축물의 부위별 단열기준 강화 방안 제시
- 에너지절약계획서 제출대상 확대 방안 및 기존 제출대상의 용도 통합안 제시
- 소규모 건축물에 대한 에너지절약계획서 작성방안 제시
- 에너지절약설계기준의 적용 대상의 확대에 따른 에너지 절감 효과 예측
- 성능지표검토서(건축부문/기계부문/전기부문/신재생부문)의 세부내용에 대한 개선 방안 제시

○ 에너지절약계획서 관리시스템 및 에너지성능 통합관리 시스템 구축

- 에너지절약계획서 관리시스템 구축 및 인허가 서비스 체계 정비
- 관리시스템의 DB요소 도출(건축설계 및 설비시스템 정보 등)
- 총량중심 에너지 성능평가 및 관리를 위한 웹 서비스 구축

○ 총량에너지 예측프로그램 개발 및 용도별 총량에너지 제한기준 제시

- 총량에너지 평가프로그램의 표준 기상데이터, 표준 용도프로필 구축
- 'ISO 13790', 국제규격 등에 근거한 건축물 총량에너지 평가 프로그램 개발 및 검증
- 총량에너지 예측프로그램 사용자의 편의를 위한 매뉴얼 개발
- 총량에너지 평가프로그램에 대한 검증 및 실증 분석
- 건축물 용도별 총량에너지 제한기준 제시

○ 총량적 에너지 절약을 위한 에너지절약 설계기준의 개정 및 제로에너지 건축물 설계 기준안 제시

- 국내외 건축물 에너지절약 설계기준 조사
- 국외 총량적 에너지절약 설계기준의 조사 분석을 통한 벤치마킹 항목 도출
- 총량적 에너지절약을 위한 제도 개선 방안 제시
- 건축물 용도별 총량에너지 제한기준 제시
- 2025년 제로에너지 건축물 설계 기준안 마련을 위한 단계적 로드맵 작성

<표 1.1> 연구범위

연 차	연구목표	주요 연구내용
1차년도	▪ 에너지절약설계기준 개선	▪ 국내외 에너지절약 설계기준의 정책, 제도와 관련된 주요 기관의 웹사이트 및 관련 논문과 가이드라인 조사 및 분석 ▪ 선진국 건축물 에너지절약 설계기준을 벤치마킹하여 국내 도입방안에 대한 검토 ▪ 국내 에너지절약 설계기준의 운영에 대한 기준 강화와 항목별 신설 및 폐지에 대한 조사 및 분석
	▪ 소규모 건축물에 대한 에너지절약계획서 작성방안 제시	▪ 소규모 건축물을 위한 에너지절약계획서 기준 제시 및 작성 방안 검토 ▪ 소규모 건축물의 에너지절약 설계기준의 적용에 따른 에너지 절감효과 예측
	▪ 에너지성능지표(EPI)검토서 개선 (건축, 기계, 전기, 신재생관련)	▪ 기존 성능지표검토서의 현황 분석 및 기존 성능지표검토서의 이용효율 개선을 위한 방안 검토
2차년도	▪ 에너지절약계획서 관리 시스템 구축	▪ 관련 분야의 실무자의 자문을 통해 에너지절약계획서 작성 및 제출의 문제점 파악 ▪ 기존 국내외 관련 관리시스템의 인터페이스를 분석 ▪ 사용자 편의성을 고려한 소규모 건축물 등 에너지절약계획서 관리시스템 구축 ▪ 건축 인허가 통합시스템과의 연계성 검토 및 구축
	▪ 에너지절약계획서 관리시스템에 입력된 DB를 활용하여 주거/비주거용 건물의 에너지 표준 모델 설정	▪ 주거/비주거용 건축물의 에너지절약계획서 통합관리시스템에 입력된 DB로 구축된 데이터의 표준화 ▪ 표준화 데이터를 이용한 주거용 건물의 총량 에너지 평가프로그램의 입력 데이터 초기 값 설정 ▪ DB자료를 통해 개정된 에너지절약설계기준

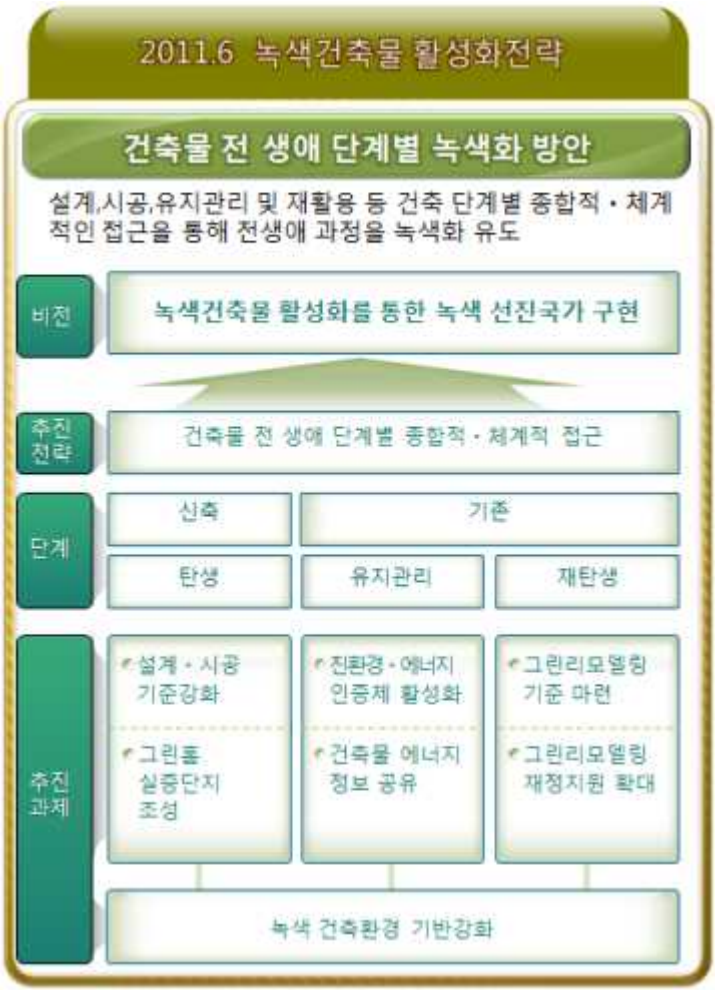
		의 문제점 재검토 및 수정 방향 제시
	▪ 총량적 에너지 절약을 위한 설계기준의 개정방향 검토	▪ 국외의 총량적 에너지절약 설계기준에 대한 개정 동향 및 국내 도입 방안 마련 ▪ 기존 국내의 총량적 에너지절약 설계기준의 평가 방식의 효율 향상을 위한 조사와 분석 ▪ 기존 업무용과 공동주택에서 모든 건축물로 설계기준 확대를 위한 기준안 마련 ▪ 신규로 추가되는 건물 용도별 평가 기준을 제시하기 위한 용도별 가산점 항목 조사와 항목의 타당성 검토 ▪ 총량적 에너지절약 설계기준 이행여부 확인을 건물 설계에서부터 유지관리까지 단계별 방안 마련
2차년도	▪ 기상데이터, 용도프로필 등에 대한 표준 설정치 구축	▪ 총량에너지 평가 프로그램을 위한 기존 기상데이터의 문제점 및 개선사항 도출 ▪ 기상데이터의 신설지역 설정 및 타당성 분석 ▪ 모든 건축물의 총량에너지 예측을 위한 입력존의 용도프로필 표준 설정 조건 제시
	▪ 실증건물을 선정하여 표준 입력 데이터의 타당성 조사	▪ 설정 조건에 대한 타당성 검토를 위하여 실증 건물의 실측 ▪ 국외 에너지성능 평가 프로그램상의 용도 프로필에 대한 설정 조건 조사 및 분석
	▪ 주거용/비주거용 건물의 총량에너지 평가 프로그램 개발	▪ 업무용 건축물, 공동주택에서 주거용과 비주거용의 모든 건축물로 총량에너지 평가 대상 확대를 위한 기준 마련 ▪ 건물의 용도별 표준 입력데이터 설정 ▪ 기존 평가제도와 총량에너지 평가 프로그램

		의 평가와의 결과 비교 ▪ 주거/비주거용 건물의 총량에너지 평가 프로그램과 에너지절약 설계 기준과의 연계성 검토
	▪ 단계적 로드맵 작성(2025년 제로에너지 건축물 설계 기준안 제시)	▪ 제로에너지 건물 구현을 위한 건축, 기계, 전기 및 신재생부분의 에너지절약 설계기준의 단계별 강화를 위한 경제성 및 타당성 평가 ▪ 정성적 기준과 정량적 기준의 통합화에 따른 경제성 및 에너지 절약 효과 분석 ▪ 제로에너지 건물의 보급을 위한 중장기 정책 로드맵 구축
	▪ 에너지성능 통합관리시스템 구축	▪ 에너지절약계획서와 에너지성능 분석시스템을 총괄하는 에너지성능 통합관리시스템을 구축
	▪ 총량에너지 프로그램에 대한 실증분석	▪ 실증 건물을 통한 에너지소요량 조사 및 분석을 통해 개정된 에너지절약 설계기준의 최종 검토 및 문제점 파악 ▪ 실증 건물의 설계단계에서부터 유지관리단계까지의 에너지 소요량을 조사하여 총량에너지 평가 프로그램과 실제 사용량과의 비교 검토 ▪ 제로에너지 건축물의 보급 및 제로에너지 건물 설계기준의 확대를 위하여 실제 건물을 이용한 기준 강화에 필수 요소 추출
	▪ 용도별 총량에너지 제한기준 제시	▪ 해외 건물 에너지성능 평가프로그램에서의 건축물의 용도에 따른 평가방법 조사 및 검토 ▪ 국내 건물 에너지성능 평가 프로그램에서의 건축물의 용도 확대를 위한 평가방법 제시

3절 관련분야의 국내외 기술개발 현황

1. 국내 건축물 에너지 절약 정책 동향

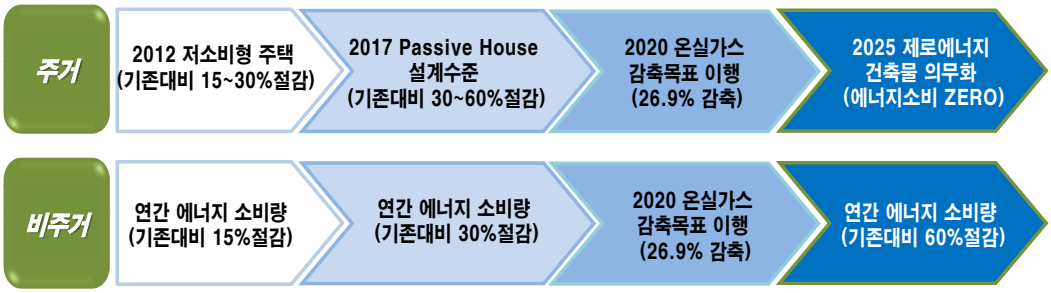
우리나라 건축물 부문이 국가 온실가스 배출량의 1/4을 차지하고 있어 2020년까지 건축물 부문의 온실가스 감축목표(26.9%)를 설정하고, 녹색건축 활성화를 위한 종합·체계적인 추진기반을 마련하기 위해 '녹색건축물 조성 지원법'을 제정하였으며, 건축물 온실가스 배출량 감축과 녹색건축물의 확대를 위한 제도적 장치를 마련하고, 저탄소 녹색성장의 실현을 위한 건축물 에너지·온실가스 정보체계 구축, 녹색건축 인증, 녹색건축센터 지정, 에너지 소비총량 설정 및 에너지소비증명제 도입 등의 정책들을 시행하고 있다.



[그림 1.2] 국토교통부 녹색건축물 활성화 추진전략

녹색건축물 활성화 방안으로 건축허가(주택사업승인) 조건으로 에너지 절약 기준이 대폭 강화되고, 에너지 소비총량제를 도입하였다. 공동주택은 '25년까지 제로에너지 목표를 달성하기 위해 '12년부터 에너지 의무 절감률을 단계적으로 높이고, 20년까지 그린홈 200만호(년 20~25만호) 건설을 추진 중에 있다. 또한, '12년부터 에너지절약계획서 제출 대상을 용도별 2천㎡~1만㎡이상에서 500㎡이상의 모든 용도로 확대하였으며, 에너지 절약 허가기준도 기준 에너지성능지표(Energy Performance Index, EPI) 점수를 60점에서 65점으로 건축허가 신청단계부터 에너지 절감계획을 강화하였다.

그리고 대형건축물(1만㎡이상 업무시설 등)의 건축물 전체에너지 사용량을 제한하는 에너지 소비총량제 제출대상을 3천㎡이상 업무시설 등으로 확대 시행하였으며, '20년에는 적용대상을 모든 건축물로 확대할 계획이다.



[그림 1.3] 에너지소비량 기준 강화 방안

신축건축물에 한해 시행되고 있는 녹색건축인증, 에너지효율등급 인증의 적용대상을 기존 건축물까지 확대하고, 재산세 감면 등 다양한 인센티브를 발굴하여 민간의 적극적인 참여를 유도할 예정이며, 에너지효율등급 인증을 의무적으로 받아야 하는 대상 건축물도 단계적으로 확대할 계획이다.

녹색건축물 인증 수요증가에 대비하여 '에너지평가사(Energy Assessor)' 제도 도입하여 녹색건축 전문가를 양성하고, 친환경·에너지 관련 전문기관을 육성·확대하여 녹색건축 일자리 창출 예정으로 있다. 또한, 부동산을 매매·임대하는 경우 건축물의 에너지 소비정보를 증명서로 발급하여 제공하는 건축물 에너지 소비증명제가 서울시를 시작으로 단계적으로 확대될 계획이다.

기 준	내 용	평가방법	제한기준	프로그램
건축물의에너지절약 설계기준	- 대상 : 500㎡ 이상 건축물 (단독주택, 동식물원등 일부제외) - 평가항목 : 에너지절약계획서의 의무사항 및 권장사항 (건축, 기계, 전기, 신재생 부문 대상) - 제출 서류: 에너지절약계획서, 에너지성능지표검토서, 에너지소요량 평가서	체크리스트	건축허가 기준 (EPI 65점 이상)	없음
건축물에너지효율등급 인증제도	- 대상 : 주거용 및 주거용 이외의 건축물 - 등급별로 취등록세 감면(5~15%), 건축기준 완화 등 인센티브 적용 (지자체에 따라 의무화 조례 운용) - 평가항목 : 냉방, 난방, 급탕, 조명, 환기	1차 에너지	없음 (공공기관 1~2등급)	ECO2
녹색건축 인증기준	- 대상 : 모든 용도의 건축물 (신축, 기존) - 등급별로 취등록세 감면(5~15%), 건축기준 완화 등 인센티브 적용 (지자체에 따라 의무화 조례 운용) - 평가항목 : 에너지 외에 토지이용, 자원 및 환경부하, 생태환경, 실내환경 등 (정성적 평가)	점수 (총 4개 등급)	없음	없음 (EPI점수/ 에너지효율등급 반영)
친환경 주택의 건설기준 및 성능	- 대상 : 20세대 이상 공동주택 (신축) - 규모별 절감율 기준 준수 의무 - 평가항목 : 난방, 급탕, 열원, 전력 및 14개 평가요소	에너지 절감율, 이산화탄소 배출 절감율	30% (전용면적 > 60㎡) 25% (전용면적 ≤ 60㎡)	친환경주택 성능평가 프로그램
건축물 에너지소비증명제도	- 대상 : 검토 중 (500세대 이상 공동주택, 연면적 3000㎡ 이상 업무시설 우선실시, 2013~ 서울시) - 부동산 매매 , 임대시 에너지평가서 첨부 의무	검토 중	없음	검토 중

[그림 1.4] 국내 건축물 에너지 절약 제도

녹색건축물의 확대를 위한 제도로는 '건축물 에너지절약 설계기준', '녹색건축 인증기준', '친환경주택의 건설기준 및 성능', '건축물 에너지효율등급 인증', '건축물 에너지소비증명제' 등이 있다.

건축물 에너지절약 설계기준은 건축물의 단열기준 준수와 에너지효율 향상을 위해 기본적으로 지켜야 하는 규정으로 건축허가 시 에너지절약계획서의 에너지성능지표 합계 점수를 65점 이상(공공기관은 74점 이상) 취득해야한다.

에너지절약계획서의 제출대상은 연면적 합계 500㎡ 이상이며, 에너지소비총량 적용대상은 연면적 합계 3천㎡ 이상 업무용 건축물로 하고 있다. 에너지절약계획서 세부 검토항목은 의무사항과 권장사항을 구분되어 있다. 의무사항은 건축, 기계, 전기부문의 의무적으로 적용해야할 사항을 규정하고 있으며, 권장사항은 건축, 기계, 전기, 신재생에너지 사용에 관해 가점을 적용하고 있다.

'17년부터 신축 주택은 패시브하우스 수준으로 건축되도록 설계기준을 지속적으로 강화할 예정으로 있다.

녹색건축 인증기준은 친환경건축물 인증제와 주택성능등급 인증제의 적용대상 및 인증기준의 중복된 부분이 많아 건축주의 이중부담 해소와 관련제도를 일원화하기 위하여 녹색건축 인증제로 통합하였다. 제도의 실효성과 소비자의 알 권리를 강화하기 위하여 공동주택 분양을 하는 경우 입주자 모집공고 시 주택성능의 표시를 의무화하고 있으며

적용대상은 공동주택과 공동주택을 제외한 건축물(복합건축물, 업무용 건축물, 학교시설, 판매시설, 숙박시설, 소형주택), 기존 건축물(공동주택, 업무용), 그 밖의 건축물로 구분하고 있다.

녹색건축 인증의 세부평가 8개 부문으로 토지이용 및 교통, 에너지 및 환경오염방지, 재료 및 자원, 물순환관리, 유지관리, 환경오염, 실내환경 및 주택성능분야로 되어 있다. 공동주택은 8개 부문, 나머지 적용대상은 7개 부분(주택성능분야 제외)에서 평가기준을 적용하고 있다.

친환경의 건설기준 및 성능은 20세대 이상의 공동주택은 모두 친환경 주택으로 건설하여야 하며, 주택사업계획 승인을 받고자 할 경우 전용면적 60㎡ 초과 하는 주택의 총 에너지를 30%이상(60㎡ 미만인 경우 25% 절감) 절감하도록 설계해야 한다. 친환경 주택의 총 성능은 에너지절감률 또는 이산화탄소 배출절감률로 평가하며, 평가항목은 난방, 급탕, 열원, 전력 등 4개 분야 및 14개의 평가요소를 기준으로 평가한다.

주택사업승인 신청대상 주택의 한 세대라도 최소 성능수준을 충족하지 못할 경우 사업승인이 불가능하며, 친환경 주택이 당초 설계 계획대로 이행되었는지 여부는 감리자가 준공 전에 확인하여 사용검사권자에게 제출하여야 한다.

건축물 에너지효율등급 인증기준은 모든 용도의 신축 및 기존 건축물을 대상으로 시행하고 있다. 공공건축물의 경우 '공공기관 에너지이용합리화 추진에 관한 규정' 제6조에 따라 공공기관에서 일정규모 이상 신축(별동 증축 포함)시 1등급(공동주택은 2등급) 이상 인증 의무적으로 취득하도록 정하고 있다. 건축물 에너지효율 인증기준의 등급은 신축건축물과 기존건축물 등급 산출을 위해 총10개 등급(1+++~7등급)으로 구분되어 있다. 주거용 건축물의 경우 1등급 기준이 120~150[kWh/㎡·년] 미만이며, 주거용 이외의 건축물의 1등급 기준은 200~260[kWh/㎡·년] 미만으로 되어 있다.

건축물 및 설비의 노후화를 감안해 에너지효율등급이 지속적으로 유지·관리될 수 있도록, 인증 유효기간을 인증일로부터 10년으로 정하고 있으며, 유효기간 만료 후에는 인증을 다시 받도록 하여 에너지 효율등급 수준이 지속적으로 유지·관리 할 수 있도록 하였다. 기존건축물 인증 시 인증기관이 에너지효율 개선방안을 제시토록 하여, 인증신청자에게 효과적인 에너지절감 컨설팅을 할 수 있도록 하고 있다.

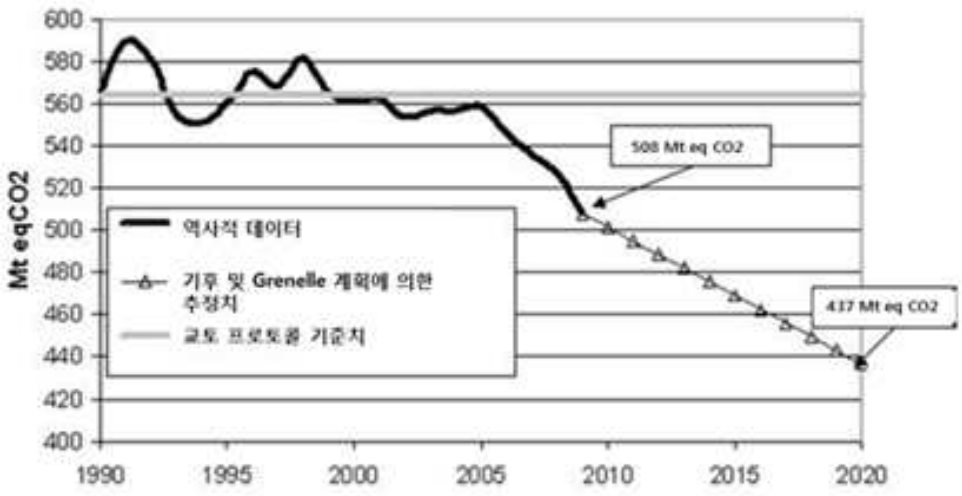
건축물 에너지소비 증명제는 건축물 매매 또는 임대 시 전기·가스 등 에너지 사용량과 건축물 에너지 효율이 표시된 '건축물 에너지 평가서'를 거래 계약서에 첨부하도록 함으로써, 소비자는 거래대상 건축물과 동일한 용도·규모의 건축물에 대한 에너지 성능을 상호 비교하여 에너지 성능이 높은 건축물을 선택할 수 있게 하는 제도이다. 현재 건

축물 에너지소비 증명제의 효율적 추진을 위해 500세대 이상의 공동주택을 대상으로 시범사업을 실시하고 있으며, 시범사업을 통해 입주자 의견 및 운영 시 발생할 수 있는 미비점 보완을 추진하고 있다. 시범사업을 거쳐 '16년 이후 전국을 대상으로 확대(전국 500세대이상 공동주택의 매매·임대, 연면적 3천㎡이상 업무시설의 매매·임대) 시행할 예정으로 있다.

2. 국외 건축물 에너지 절약 정책 동향

가. 프랑스

프랑스의 에너지 정책의 경우 지속적으로 건축물 에너지의 절약-환경을 위한 여러 단계의 정책을 수립해 오고 있다. 이러한 결과로 도쿄 프로토콜에서 정한 CO_2기준치 보다 더 밑도는 추세와, 단기 계획의 목표였던 저에너지 사용건물(BBC) 의무화 정책에서 2007년을 시작으로 현재(2013년 9월 30일)까지, 에너지 - 지속가능개발-해양부에서 합의된 인증기관(Cerqual, Cequami, Promotelc, Certivea)들에게 접수된 신축건물의 BBC 라벨은 23만 채, 기존건물인 BBC renovation은 18만 채의 수치를 기록하는 예상 이상의 성과를 보이고 있다. 이는 다른 산업화된 국가들과 비교했을 때, 국제적 약속을 성실히 이행하고 예상 결과 이상을 달성한 성공적 사례 국가임으로 보여 진다.



[그림 1.5] 보스턴 컨설팅에 의한 프랑스의 온실 가스 예상 배출량
(출처: RT-Batiment)



[그림 1.6] 프랑스 주요 에너지 정책 흐름도 (출처: RT-Batiment)

프랑스는 2011년에 비하여 2020년 까지 기존 주택 전체에 대해 최소 38%까지 에너지 소비량을 줄이는 것을 목표로 한다. 이러한 목표를 좀 더 구체화하기 위하여 프랑스 건물부문 에너지 제도와 정책은 규제(reglementation), 자각(sensensibilisati)이라는 주요 영역으로 나누어 실행되고 있으며, 이는 각각 건물에너지 규제법, 에너지 효율 증명제도, 고성능 에너지 건물 라벨로 정의 된다.

1) 건물에너지 규제법 (RT)

건물에너지 규제법(RT)은 유럽건물 에너지 성능 권고 기준과 목표에 맞춰 1974년을 시작으로 약 5년마다 건물 안에서 사용되는 에너지 성능을 일정 수준 이상으로 강제하고 규정하는 법이다. 이러한 결과로 새로운 RT의 목표치가 제시될 때마다 약 15~20%의 에너지 소비량을 줄여 오고 있으며, RT 2012년은 공공교육건물, 유아 및 상업 건물에 대해서 적용을 시작하여 모든 신축 건물에 저에너지 사용 건물(BBC)규제를 의무화 하였고, RT 2020년에는 플러스 에너지 건물(BEPOS) 기준을 규정하고 있다. 가장 최근 실행되고 있는 RT2012는, 2012년 말부터 접수되는 건축 허가 대상의 모든 신축건물에 대한 냉방, 난방, 조명, 급탕 및 보조장치에 사용되는 사용량에 대한 소비를 연간 1차 에너지 소비량(Cmax) 50kWh/㎡이하로 제한(건축물의 위치, 고도, 사용용도, 평균면적 및 온실가스 배출량에 따라 가중계수 적용)하며, 공공건물 및 3차 산업과 연관된 건물의 경우 2010년 말부터 규정을 적용하고 있다. 이 규정에는 단지 1차 에너지 소비량(Cmax)로만 제한하는

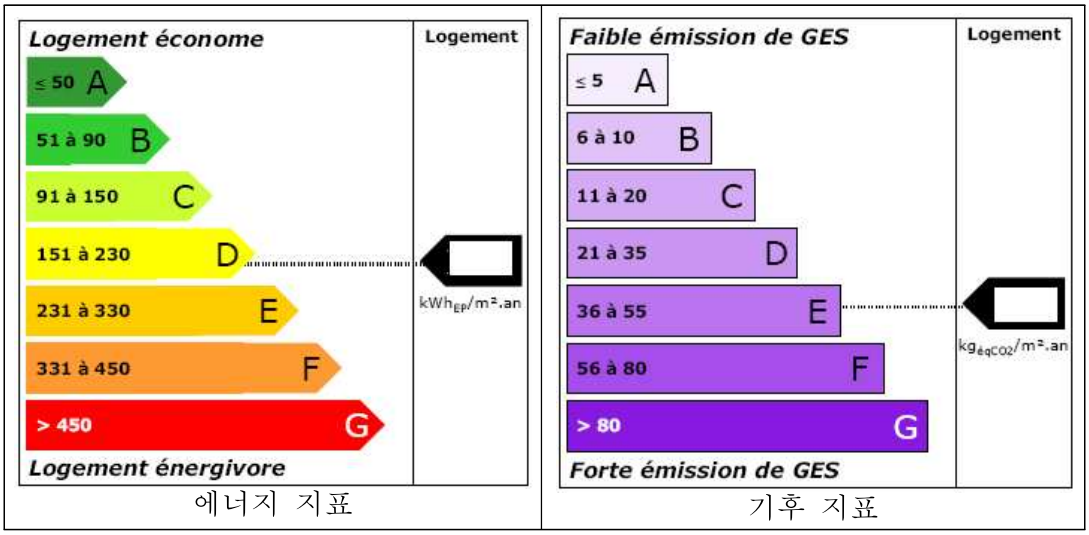
것이 아니라 건물의 생태 기후적 최소 에너지 효율요구(Bbio_max)와 냉방설비가 갖추어지지 않은 건물에서의 여름철 열 쾌적 요구조건(Tic_ref)을 각 건물용도에 따라서 제한하고 있어, 건축주와 설계자로 하여금 건물 시스템의 효율성을 생각하기에 앞서 건물자체의 물리적 설계에 집중하도록 유도하고 있다.

신축 건물뿐 아니라 기존 건물 소유자의 의지에 의해 리노베이션 할 경우에도 건물 에너지 향상을 위한 규제법(RT)이 요구되며 냉난방 전용면적과 리노베이션 비용 건축물 시공일에 따라 규제법의 적용법이 달리 하여 규정하고 있다.

각각의 단계에서 에너지 인증서는 각종 규정에 맞는 CSTB(프랑스 건축 과학 기술 센터)의 계산 방식인 TH-BCE에 의거해 여러 열 해석 전문 사무실(프랑스 내에는 건축가 사무실처럼 소규모에서 대형사무실까지 열 해석 전문 사무실-bureaux d'etudes thermique-이 존재한다) 에 의해 자유롭게 프로그램 인터페이스를 개발한 후 관련 부처 사이트(RT-Batiment)의 인증을 거쳐 공시하여 사용되도록 하고 있다.

2) 프랑스 에너지 효율 증명서(DPE)

프랑스 에너지 효율 증명서(DPE)는 건물 부분에 있어 에너지 성능 공시와 관련된 법이다. 이는 환경 관련 정부 계획(Grenelle Environnement) 중 중요한 제도라 평가되어 있으며, 2011년 4월 13일 자로 10년 간 법령 n.2011-413에 의하여 규정, 2007년 7월 1일 자로 주택이나 상업적인 건물(사무실, 호텔 등)의 매매나 임대 시 의무적으로 건물 등급을 명시하도록 하고 있다. 이는 건물을 구매하거나 임대 할 시, 구매자나 임차인의 선택을 돕고, 계약 시 가격 협상을 뒷받침 해 줄 수 있으며, 특히 에너지 성능 향상을 위해 필요한 대안을 알려주어, 건축주로 하여금 건축물 에너지 수준을 자각할 수 있도록 도와주는 수단으로 이용된다. DPE에는 기존 건축물에 대한 상황에 따른 두 가지 방법의 평가기준으로 구분된다. 개별난방을 하는 건물에 대해서 지역 기후, 단열 정도, 창 등의 내용이 포함된 진단평가 방식인 type 3CL-DPE으로 평가하고(Asset Rating), 그 내용에는 건물이나 주택의 면적, 향, 벽체, 차양, 재료 등을 기록하며 냉/난방과 급탕 설비, 환기시설을 포함한다(조명 예외). 그 이외의 1948년 이전 건물, 공동난방(계량기가 분리되어 있지 않은 경우)을 하는 아파트형, 상업용 건물에 대해서는 지난 3년 간의 에너지 소비 고지서의 평균값(사용 에너지량)을 이용하여 평가(Operating Rating)한다. DPE의 해석은 에너지 지표(1차 에너지 소비량)와 기후지표(온실가스 배출량)에 의해 간략하게 이루어지며 각기 A부터 G까지 7단계로 구분 (A가 상위성능 그리고 G가 하위성능)하여 나타낸다. 새로이 추가된 DPE 에서는 건물의 용도별 특성을 반영하여 건물의 용도/분류에 따라 총량 구간을 다르게 하여 건물 등급이 가지는 의미를 일치 시키고 있다.



[그림 1.7] 프랑스 DPE 지표 (출처: RT-Batiment)

DPE 같은 경우, 3CL-DPE, DEL6-DPE, Comfie-DPE 이 세 가지 계산법이 전문가와 정부 부처에 의해 함께 논의되었고 진단전문가에게도 함께 공개되었으며, 2006년 11월 9일 법령에 의해 정의되었다. 2013년 4월 1일자로 3CL-DPE 새로운 계산방법이 프랑스 환경 에너지 지속가능 국토해양부(MEEDDAT-Ministere de l'ecologie, du developpement durable et de l'energie)에 의해 승인 상용화 되었으며 RT와 마찬가지로 국가부처가 진단 프로그램을 개발하지 않고 CSTB의 승인만 받는다.

나. 독일[1)]

독일의 건물 에너지 절약에 관한 규제는 1976년에 규정된 '건물의 에너지 절약을 위한 법률'에 기초하여 1977년 11월 1일에 실시된 건물 외벽면의 단열성능을 대상으로 하는 '단열령'이 처음이다. 이에 더하여 1978년 10월 1일, 동법에 기초하여 온수 중앙난방설비 및 이의 설계, 급탕설비를 대상으로 하는 '난방설비령'이 실시되었다. 1970년대 전반의 석유파동 때에 에너지 정책을 화두로 한 논의 중에 건물의 에너지 절약화를 추진 할 필요성이 있다는 논의의 본격화가 추진 배경이 되었다. 이후, '단열령'은 2번, '난방설비령'은 4번 개정되어 20년 이상 동안 건물의 에너지 절약에 관한 규제로서 그 역할을 하였다. 또한 이 시기동안 건물의 신축 및 개수를 하는 경우에는 이들 '단열령' 및 '난방설비령' 양쪽의 기준을 만족시킬 필요가 있었다.

1) 건축 환경·에너지 절약정보 IBEC No.195 Vol.33-6 '독일의 주택·건축물 에너지 절약에 관한 규제 및 지원책에 관하여' 발췌

그리고 2002년 2월 1일, 건물의 연간 일차에너지소요량의 '경제적 합리화' 적인 절감 및 법령의 간소화의 관점에서부터 '단열령' 및 '난방설비령'을 통합한 EnEV(EnEV2002)가 실시되었다. EnEV2002는 '단열령' 및 '난방설비령'의 통합을 주된 목적으로 하여 특히 새로운 규제를 추가하지는 않았다. 이후 EnEV는 3번의 개정을 거쳐 현재의 EnEV2009에 이르고 있다.

처음의 개정이었던 EnEV2004(2004년 12월 8일 시행)에서는 에너지 성능 요건을 상향을 위한 변경을 하지 않고 기술혁신에 대응하기 위한 기술적인 규격들을 개정하였다.

두 번째의 개정인 EnEV2007(2007년 10월 1일 시행)는 '건물의 에너지 성능에 관한 EU지령(2002/91/EC)'를 국내법화 하기 위해 EnEV를 전면적으로 개정하였다. 또한 2002년 EU지령(2002/91/EC)의 국내법화 기한은 시행일로부터 3년 후인 2006년 1월 4일로 정해져 있었으나 독일을 포함한 EU가맹국의 다수는 건물의 에너지 성능을 적절히 측정하는 전문가의 부족 등을 이유로 이 기간을 엄수할 수 없었다. EnEV2007의 주된 개정 내용은 다음과 같다.

- 1965년 이전에 건설된 주택의 판매 및 임대를 할 시에는 에너지 성능증의 취득을 의무화(2008년 7월 1일부터 시행)
- 건물의 신축 시에는 에너지 성능 평가증 취득의 의무화(주택에 있어서는 2009년1월 1일부터, 건축물에 대해서는 2009년 7월 1일부터 시행)
- 바닥면적 1000㎡이상의 공공건축물은 에너지성능증 제시 의무화
- 건물의 냉각시스템의 점검 의무화
- 건물의 냉각시스템 및 고정식 조명(건축물에 한함)의 에너지수요량을 건물의 에너지 성능 측정할 시에 고려함

이후 2007년 12월 5일, 연방정부는 같은 년 3월 8일 및 9일에 개최한 유럽이사회에서 2020년까지 유럽의 통합 기후 및 에너지 정책 지침과 2050년까지의 방향성에 대해서 이들 결정을 국가 차원에서 실시할 수 있는 구체적인 프로그램으로서 '통합에너지 및 기후 프로그램'을 내각결의 했다. 구체적으로는 2020년까지 1990년과 비교하여 온실가스를 40%절감하는 것 등을 제안하고 29의 구체적인 액션프로그램을 만들었다. 이 액션프로그램의 하나로 EnEV가 포함되어 있으며 구체적으로는 2009년까지 EnEV를 통하여 에너지 성능 요건을 30%까지 끌어올리고, 이후 2012년에 EnEV을 통해 에너지 성능요건을 EnEV에서 규정하는 레벨까지 끌어올리는 것을 명기하였다. 이 '통합 에너지 및 기후 프

로그램'에 대응하여 3번째의 개정이 이루어져 2009년 10월 1일에 EnEV2009가 실시되었다. EnEV2009의 주된 개정내용은 다음과 같다.

- 건물의 연간 1차에너지 소요에 관한 성능요건의 30% 향상
- 건물의 열성능 평가를 위한 참조용 건물을 이용한 계산 수법의 도입 및 이들의 건물 디자인의 자유도 향상
- 전기축열식난방 시스템의 사용금지
- 보일러 및 그 외의 열발생장치의 성능요건 도입
- EnEV의 실시를 강화하기 위한 처치

2013년 2월 6일, '건물의 에너지성능에 관한 EU지령(2010/31/EU)'를 국내법화 함과 동시에 '에너지 컨셉 2010' 및 '에너지 전환 2011'에 대응하는 4번째 EnEV의 개정안이 내각 결정되었다. EnEV2014(안)의 주된 개정내용은 다음과 같다. EnEV의 개정에 있어서 연방참의원의 동의가 필요하기 때문에 앞으로의 일정은 미정이나 2013년 중에 연방참의원의 동의를 받아 2014년의 당초부터 실시될 것이라고 분석되고 있다.

○ 목적의 명확화
- EnEV가 연방정부의 에너지에 관한 목표, 특히 2050년까지의 기존 건물 재고를 기후 중립적으로 하기 위해 경제적으로 실현가능한 수단을 이용하는 것을 추진하고 이를 명확히 규제

○ 경제적 합리화의 범위 내에서 신축 건물의 에너지 성능 요건의 상향
- 건물의 일차에너지 소요에 관한 성능요건을 2014년과 2016년에 각각 12.5%씩 상향
- 단열성능에 관한 요건을 2014년과 2016년에 각각 10%씩 상향
- 건물의 전력소요 계산을 월단위로 실행하는 것을 명확화
- 전력계산에 관한 일차에너지 계수의 변경
- 건축물의 중앙급탕시스템의 계산식 변경
- 2016년 1월 1일 이후, 신축주택의 열투과 총면적에 관한 특수 열투과손실은 각각 해당하는 참조용 주택의 1.0배를 넘지 않도록 함
- 건축물의 참조용건물의 난방설비에 관한 새로운 기준치 설정
- 주로 계산의 간략화를 목적으로 한 모델 건물 순서도임

- 주택의 계산 절차에 코제네레이션 시스템 도입

또한 기존 건축물에 관한 에너지 성능 요건에 있어서는 다음의 2개를 빼고는 변경안함

- 실내 기온이 19도 이하의 건물에 있어서 쇼윈도의 갱신을 할 경우 당해 쇼윈도에 관한 열투과계수를 1.6W/(㎡K)으로 변경
- 외부 문을 보수할 시에 참조용건물의 U치를 1.8W/(㎡K)로 변경

○ 에너지 성능평가증에 관한 법률의 충실화

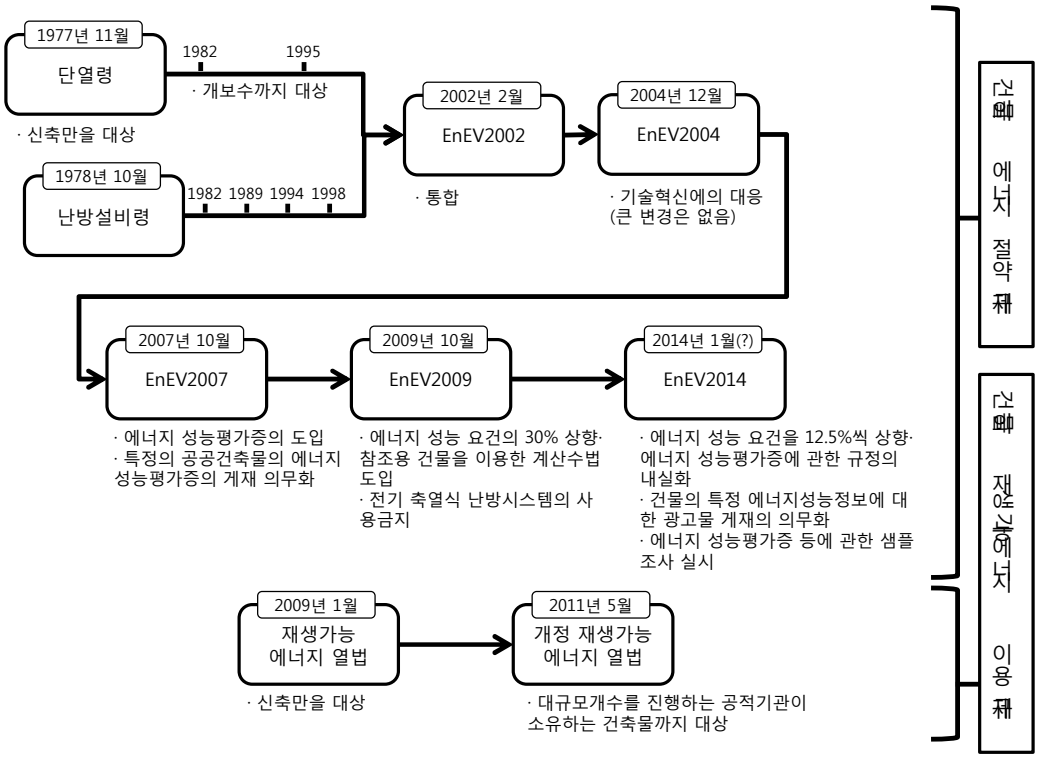
- 에너지 성능 평가증의 신속한 작성의무화
- 건물의 잠재적 고객(매매 및 임대를 포함)이 해당건물을 견학할 시에 에너지 성능 평가증을 명확히 제시하는 것을 의무화
- 건물의 매매 또는 임대계약을 할 시에는 고객에게 에너지 성능평가증을 제시하는 것을 의무화
- 일반 출입이 많은 연면적 500㎡이상(2015년 7월 1일부터 250㎡이상)의 공공건물의 에너지 성능평가증 작성의 의무화
- 일반 출입이 많은 연면적 500㎡이상의 공공건물의 에너지 성능평가증 제시의 의무화
- 분산형 급탕의 개별에너지 소비량을 모를 경우, 건물 이용면적당 최종에너지 소비량에 연간 평방미터당 20kWh를 더하는 것으로 함. 냉방의 경우 난방과 급탕에 관한 최종에너지 소비량에 냉방 이용면적에 대한 연간 평방미터당 6kWh를 더한 값으로 함
- 신축건물의 에너지 성능평가증의 증명 절차의 간소화와 추천되는 개수수단을 에너지 성능평가증에 통합화
- 기존 주택은 난방 및 급탕의 최종에너지 소비량과 함께 일차에너지 소비량을 에너지 성능평가증에 기재 의무화
- 기존 건축물은 난방, 급탕, 냉방, 환기 및 고정식 조명의 최종 에너지소비량과 함께 일차에너지 소비량을 에너지 성능평가증에 기재 의무화

○ 건물의 특정 에너지 성능 정보의 광고물에 부착 의무화

- 광고물을 이용하여 건물을 판매 및 임대하는 경우에는 다음의 정보를 부착하는 것을 의무화
- 에너지 성능평가증의 종류(에너지소요량 및 소비량)
- 에너지 성능평가증에 제시되어 있는 모든 에너지 소요량 또는 소비량에 관한 평가값에너지 성능평가증에 제시되어 있는 난방에 이용되는 주된 에너지 원
- 위의 내용에 관계없이 건축물의 난방 및 전력 소비량은 별도로 기재

○ 신축건물에 관한 샘플검사 실시

○ 에너지 성능평가증 및 건물의 냉각시스템의 검사보고서에 대한 샘플검사 실시



[그림 1.8] 독일의 건물 에너지 절약에 관한 규제의 변천 개요

다. 영국

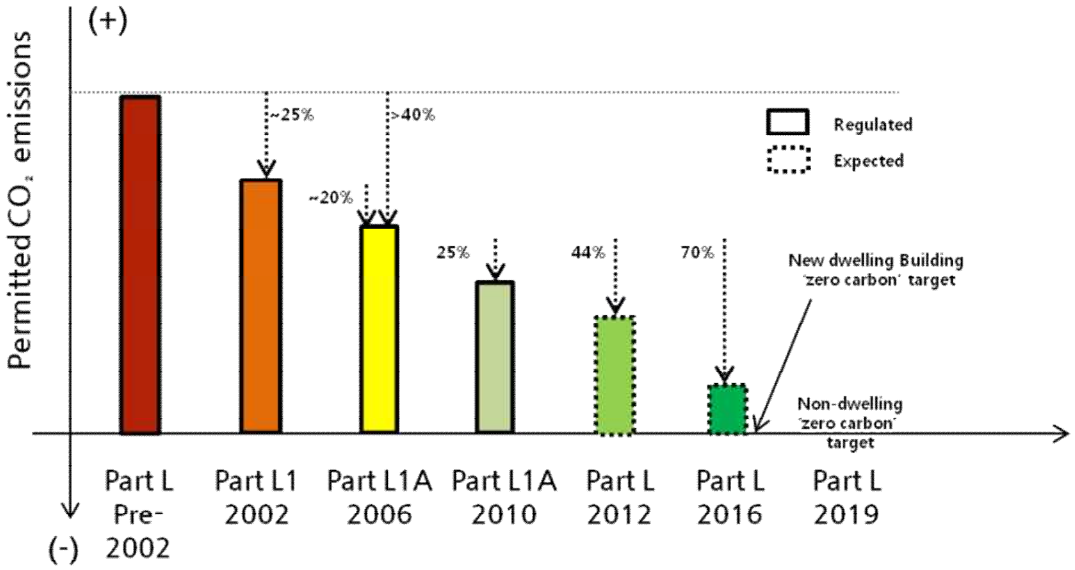
영국은 건물에 대한 에너지절약기준을 건축법(Building Regulation) Document Part L에서 규정하고 있다. 영국 정부는 2050년 탄소배출을 80%이상(1990년 대비) 줄이기 위해 2008년 기후변화 규정에 따라 탄소목표를 충족하기 위해 건물규정(Building Regulation)에서 난방, 냉방, 급탕, 조명 및 기타 고정된 시스템에 대한 규정이 제시되어 있다. 앞서 설명한 프랑스, 독일과 마찬가지로 유럽연합의 EPBD 이행을 위하여 영국도 2008년 3월부터 모든 용도의 건물에 대해 매매 및 임대 시에 인증서 첨부를 의무화 하고 있으며 인증서에는 A-G까지 건물의 인증 등급이 표시되어야 하고 유효기간은 10년으로 정하고 있다. 50㎡이상의 모든 건축물이 이에 해당하고 1000㎡이상의 공공건축물의 경우는 매년마다 사용량이 반영된 인증서를 건물에 표시해야 한다. 단, 예배공간, 2년 이하의 가건물, 50㎡ 이하의 건물은 이 제도에서 제외된다. 2013년 1월에 개정된 법에서는 공공건축물의 경우 500㎡이상으로 대상이 확대되었으며, 2015년까지는 250㎡로 확대될 예정이다.

<표 1.2 > 2013년 기준 영국의 건축물에너지성능 정책 동향

분류	내용
Building Regulations 2010/Conservation of fuel and power	▪ Part L1A for new dwelling ▪ Part L1B for existing dwellings ▪ Part L2A for new buildings other than dwelling ▪ Part L2B for existing buildings other than dwellings
EPCs (Energy Performance Certificates) - Assert Rating	▪ 건물을 신축, 판매 또는 임대할 경우(EPC) 발급 의무 ▪ EPC에는 건물의 에너지성능의 효율적 개선을 위한 권고사항(Recommendations)이 포함된 보고서 첨부 ▪ 인증대상 50㎡이상의 모든 건축물 ▪ 유효기간 10년
DEC (Display Energy Certificates) - Operational Rating	▪ 당해 연도의 실제 에너지 소비량 표시(매년 업데이트) ▪ 500㎡ 이상 공공기관 및 공공서비스를 제공하는 건물(다중이용시설로 소매점, 은행, 식당, 영화관 등), 2015년부터는 250㎡이상으로 확대 예정 ▪ 에너지성능 개선이 포함된 자문보고서(Advisory report) 첨부(7년 유효)유효기간 1년

아래 [그림 1.9]의 영국의 이산화탄소배출량의 단계적 로드맵과 같이 Part L에서는 신축건물을 기준으로 2016년까지 탄소제로 건축물을 목표로 하고 있으며 Part L에서의 건축물의 에너지 효율과 관련된 기준을 단계별로 강화하여 추후에는 플러스 에너지 건축물로의 기준을 달성하고자 Part L의 기준을 활용하고 있는 것을 알 수 있다.

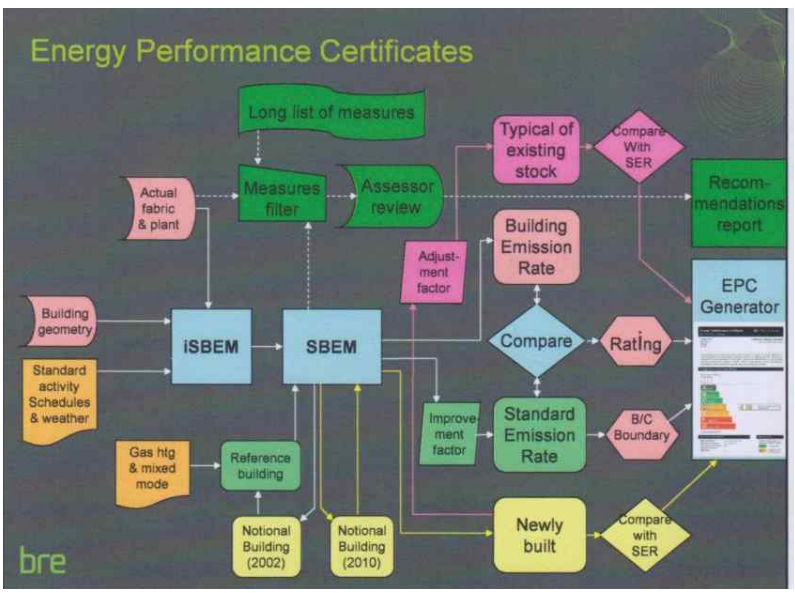
기존의 영국 건축법에서 3가지 Method(elemental method, target U value method, carbon rating method)에 의해 선택적으로 건물의 에너지 성능을 평가하였으나 이를 삭제하고 2008년 이후 총량 에너지성능(이산화탄소 배출량) 목표치로 통합되었다. 이것은 모든 건물의 이산화탄소 배출량(Building Emission Ratio)이 건축법에서 정한 이산화탄소 배출 목표치(Target Emission Ratio) 보다 작아야만 건축허가를 받을 수 있도록 규정하였으며 건축법에서 정한 이산화탄소 배출 목표치(Target Emission Ration)는 현재 2013년 기준으로 2010년의 법적 가상건축물(Notion Building)의 이산화탄소 배출량이다.



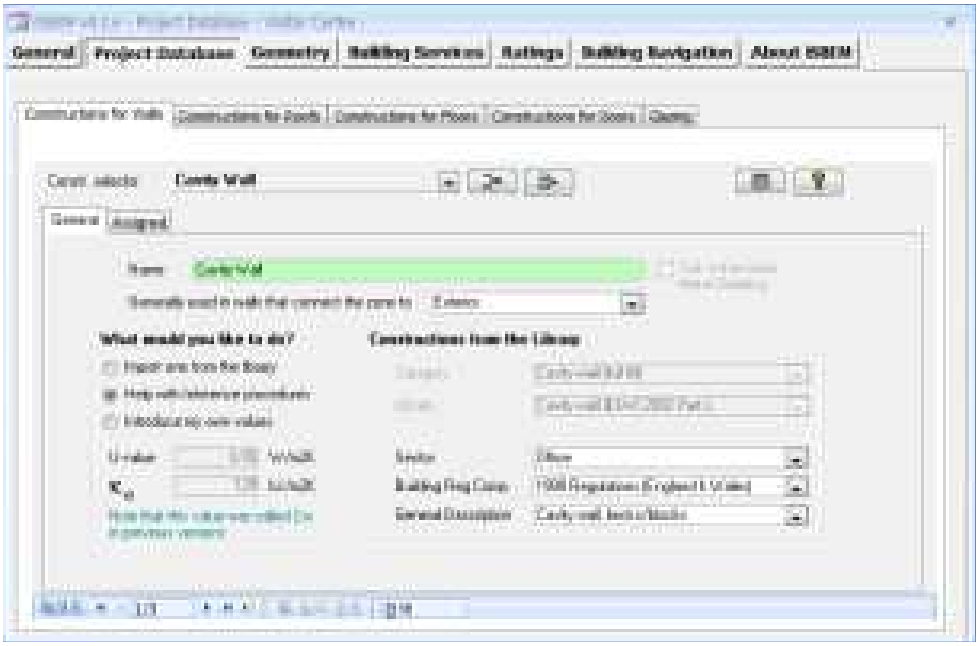
Energy Efficiency building regulations New Buildings in England & Wales

[그림 1.9] Part L 개정 시점에 따른 CO_2 저감량 목표치

이에 신축 건축물이 주거용일 경우 SAP 2009, 비주거일 경우 iSBEM(또는 SBEM 로직에 의한 프로그램)을 이용하여 이산화탄소 배출량을 산출해 허가서류로 제출하도록 하고 있다. 이와 더불어 신축 외의 기존건물도 동일한 프로그램을 이용하여 평가하며 기존건축물의 경우 제한기준 없이 단순 표시 의무와 개선사항에 대한 보고서를 첨부하도록 하고 있다.



[그림 1.10] iSBEM에 따른 계산 방법



[그림 1.11] iSBEM 프로그램 입력화면

아래의 <표 1.3>에 나타낸 것과 같이 평가 프로그램에 의해 인증서와 함께 신축건물의 경우 허가단계와 준공단계에서 법적기준의 준수 여부를 확인할 수 있도록 체크리스트가 출력된다. 체크리스트에는 건물의 총 이산화탄소배출량을 비롯하여 의무사항으로 외피성능의 법적 준수 여부, 설비시스템의 기준 준수 여부 등을 확인 할 수 있다.

<표 1.3> 비주거용 건축물의 체크리스트-iSBEM 프로그램을 이용한 확인서 일부

건물명			Plot reference			
건축사			연락처			
건축주			연락처			
작성자			연락처			
No.	확인 사항	근거 사항	(에너지평가사 개인 or 회사)	허가 기준 적법 여부	준공 기준 적법 여부	
1	기준 1 - 대상 건물로부터 평가된 CO2방출량은 기준을 초과하지 않아야 한다.					
1.1	계산된 표준건물에서의 CO2방출량 (kgCO2/㎡.1년)	평가 프로그램에서 산출된 값		N/A	N/A	

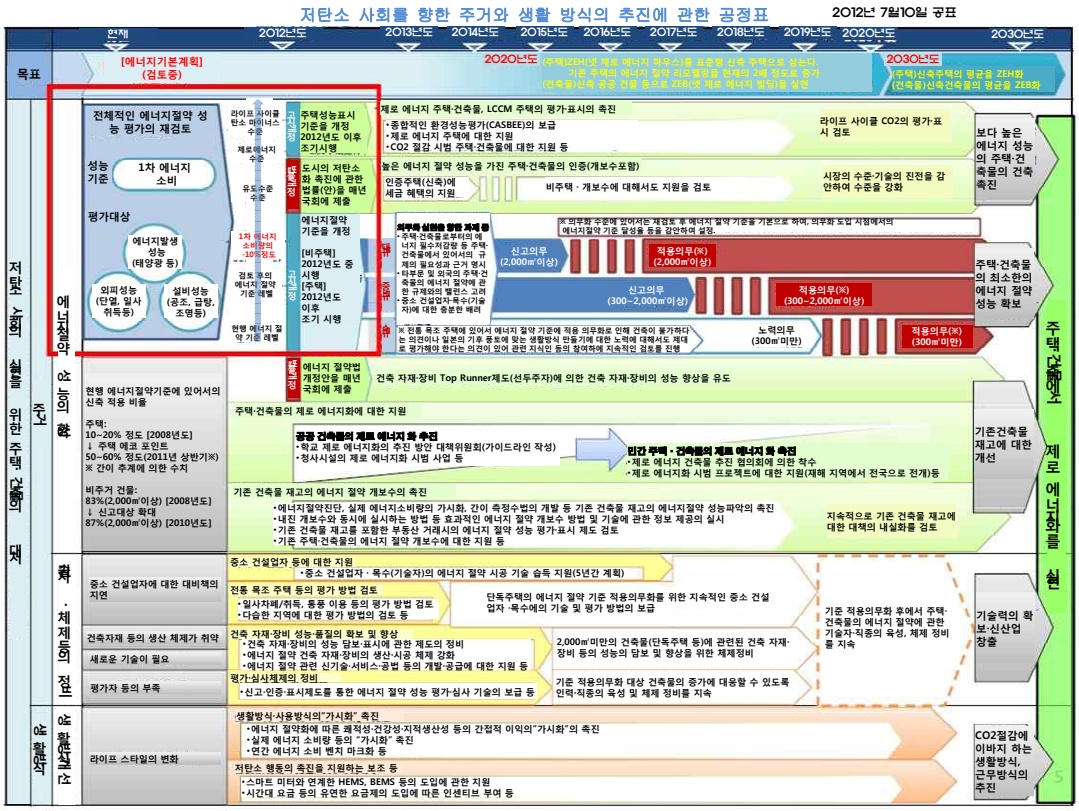
1.2	개선 요소				
1.3	LZC 기준(benchmark)				
1.4	TER (kg CO2/㎡.a)	평가 프로그램에서 산출된 값			
1.5	BER (kg CO2/㎡.a)	평가 프로그램에서 산출된 값			
1.6	건물에서의 방출량이 target보다 이하인가?	TER 과 BER 을 비교			
1.7	Built detail과 BER 계산값이 같은가?	Declaration			
2	기준 2: 건물의 외피성능과 기계설비 시스템은 제한사항보다 나쁘지 않아야한다.				
2a	건물의 외피성능				
2.1	열관류율이 제한기준 보다 우수한가?	평가 프로그램에서 산출된 값			
2.2	공기 투과율이 허용 기준을 넘는가?	평가 프로그램에서 산출된 값			
2b	기계설비 시스템의 성능				
2.3	모든 설비시스템이 기준에 적합한가?	평가 프로그램에서 산출된 값			
2.4	고정 실내 조명이 각 항목에 적합한가?	실내 조명설치 기준			
2.5	에너지 계량기가 GIL 65에 따라서 설치되었는가?	미터링기 설치 조항			
3	기준 3: 공조기가 없는 공간에서 태양열 획득을 줄일 수 있는 적절한 passive 조절 조치를 가져야한다				
3.1	열획득이 Gains≤35W/㎡ 또는 실온도 Operative temperature t> 28℃ ≤ hours per year 또는 BB101기준에 적합한가?	프로그램의 각 존			
4	기준 4: 건물의 성능(준공단계만 해당)이 BER과 일치해야 한다.				
4a	건물의 오피성능				

4.1	허가단계와 동일한 외피 성능인가?(또는 개선되었나?)	평가 프로그램에서 산출된 값	Building control body.	N/A	
4.2	열교부위가 적법한가?	평가 프로그램에서 산출된 값			
4.3	현장 검사 확인문서가 만들어졌나?	현장검사 확인문서			
4.3	침기율 ($m^3/(h.m^2)$at50Pa)	평가 프로그램에서 산출된 값			N/A
4.5	준공단계에서 기밀성능을 확인하였는가 ?	기밀성능 테스트 확인결과		N/A	
4b	기계설비시스템의 커미셔닝				
4.6	커미셔닝이 완료되었는가?	CIBSE Code M에 의해 제출된 커미셔닝 결과서		N/A	
4.7	배관이 기밀하게 시공된 증거가 제공 되었는가?	배관 시방서 또는 누출 시험의 결과보고서		N/A	
5	기준 5 - 정보 제공				
5.1	알맞은 건물에너지성능 결과보고서가 완료 되었는가?	완성된 CIBSE TM31 견본		N/A	

다. 일본[2)]

일본은 “저탄소 사회를 향한 주거와 생활 방식의 추진회의”를 설치하고 2010년 6월부터 주택 및 건축물의 에너지 절약, CO_2절감대책의 방향성을 검토하고 중간보고 내용을 2012년 7월에 공표하였다. 공표 내용은 주거부분과 생활방식 부분으로 나누어져 있어 주거부분에서는 건물의 에너지 절약성능의 향상 및 인력 육성을 목표로 삼고 있으며 생활방식은 국민의 라이프스타일의 개선을 목표로 삼고 있다.

2) 건축 환경·에너지 절약정보 IBEC No.195 Vol.33-6, ‘개정 에너지 절약 기준의 개요’ 발췌



[그림 1.12] 저탄소 사회를 향한 주거와 생활방식의 추진에 관한 공정표

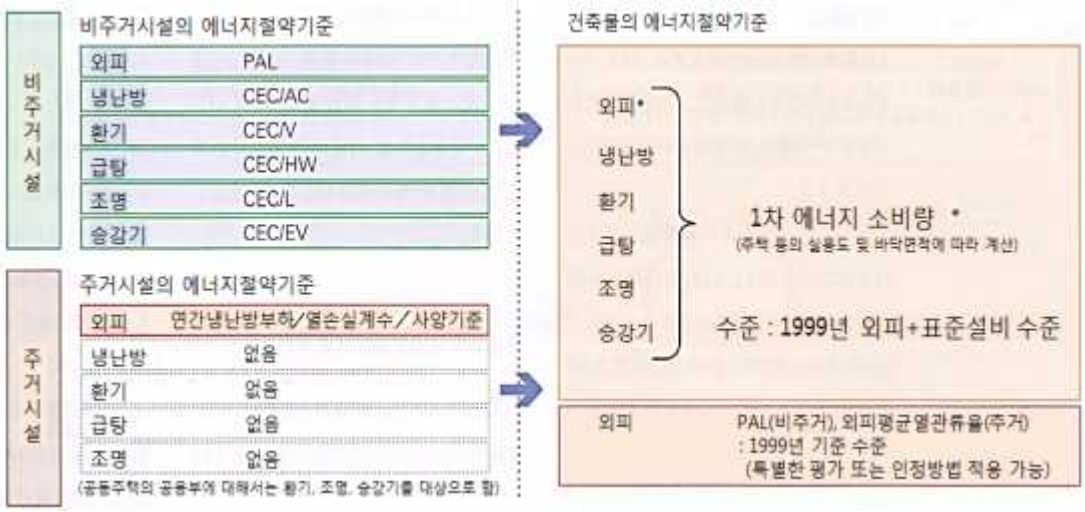
주거부분의 건물의 에너지 절약성능의 향상에 주된 내용인 에너지 사용의 합리화에 관한 법률에 준거하여 재정된 건축물의 에너지 절약기준은, 건축주 및 일정 규모 이상의 건축물(특정건축물)의 소유자에게 상기 기준에 의거한 에너지 절약처치의무를 이행하도록 하기 위한 것으로 1980년에 제정되어 1992년, 1999년에 기준이 강화되었다. 이어 2013년 1월에 에너지 절약 기준의 개정판을 공표하였다. 이번 개정에서는 제도의 대상이 되는 건물의 범위를 강화하여 이전까지는 연면적 300㎡이상의 특정 건축물에 대해서 관할 행정처에 에너지 절약 처치 준수 신고서를 제출만을 의무로 하였으나 앞으로는 연면적 300㎡ 이상의 특정건축물은 일정 수준이상의 에너지 성능을 적합해야하는 것을 의무로 하였다. 본 개정기준은 건축물(비주거 건물)의 경우 2013년 4월부터 적용하고 주택의 경우 2013년 10월부터 적용을 하고 있다.

또한 평가 방법에 대해서도 아래의 5가지의 항목을 주로 변경하였다.

- 외피의 단열성능과 설비의 성능을 건물 전체에서 일괄적으로 평가할 수 있게 함으로서 건물의 에너지 성능의 객관적인 비교를 용이화
- 태양광발전 등의 재생가능에너지의 도입으로 인한 에너지 절약효과의 평가
- 주택과 건축물의 에너지 성능 평가 지표와 지역구분을 통일
- 주택의 설비성능으로 인한 에너지 절약효과를 평가
- 용도가 다른 실이 혼재한 건축물의 평가

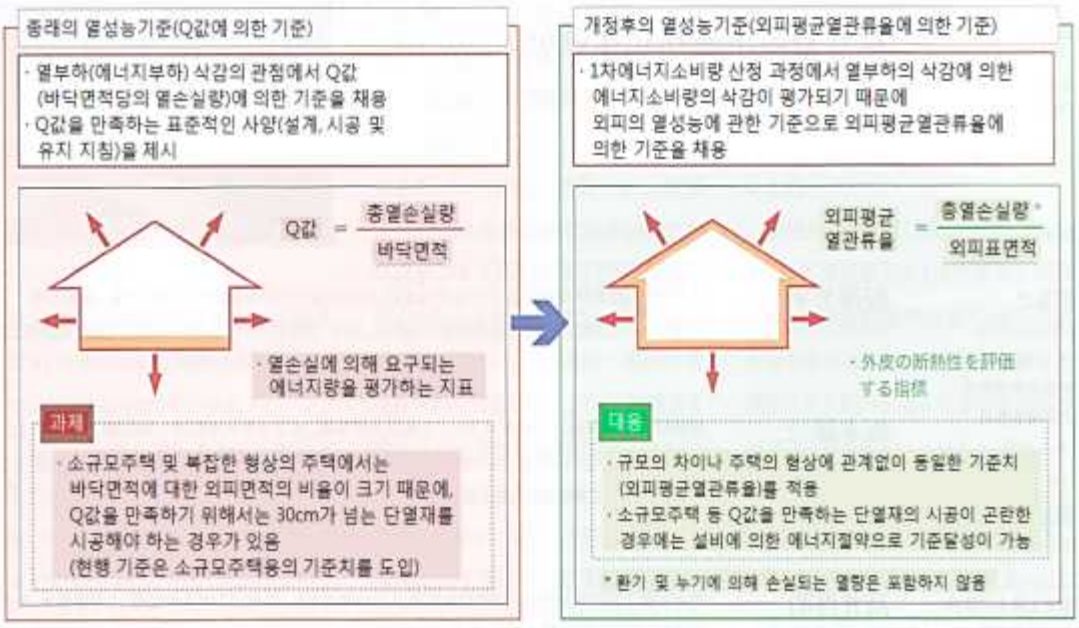
이에 '일차에너지소비량'을 지표로 하여 건물 전체의 에너지 절약성능을 평가하는 기준으로 일원화하였다. 이때 외피의 열성능에 대해서는 실내의 적절한 온열환경을 확보하기 위해 일정 수준(1999년의 에너지절약수준 정도)을 별도로 정하였다. 또한 주택을 포함한 실용도 및 연면적을 고려한 에너지 절약성능을 평가할 수 있는 계산 방법을 설정함과 동시에 주택 및 건축물의 지역구분을 통일하였다.

일차에너지소비량 기준에 있어서는 실제로 설계하는 주택의 사양으로 산정하는 일차에너지 소비량이 기준사양(1999년의 에너지절약수준 정도의 외피와 당시 표준적인 설비수준)으로 산정한 일차에너지소비량 이하가 되는 것을 기본으로 삼았다. 산정 대상이 되는 에너지소비량의 용도는 주택에서는 냉난방, 환기, 조명, 급탕, 가전 및 요리, 태양광발전의 재생가능 에너지 도입량이다. 이중 가전 및 요리는 설계시점에서의 평가가 어려운 관계로 바닥면적당의 기준치로 계산한다. 또한 연료전지에 의한 발전 에너지량은 에너지 절감량으로서 계산에 반영한다. 건축물에서는 냉난방, 환기, 급탕, 조명, 승강기에 해당하는 에너지 소비량을 계산하여 일차에너지소비량을 산출한다.



[그림 1.13] 에너지절약법에 근거한 개정 에너지절약기준의 전체 개요

이번에 개정된 내용에서는 일차에너지소비량에 의한 지표가 도입되었기 때문에 외피의 열성능에 관한 기준은 주로 heat shock나 결로의 방지 등 적절한 실내온도분포 확보의 관점(에너지소비량으로는 평가 불가한 부분)에서 설정된 것으로, 그 수준은 현행 기준과 동등한 수준으로 하였다. 외피의 열성능에 관한 지표는 비주거시설의 경우 현행의 PAL을 이용하나, 주거시설의 경우 현행의 열손실계수(Q값)에서 외피평균열관류율(UA값)으로 변경되었다. 기존의 Q값은 주거시설의 바닥면적당 열손실량을 나타내는 지표로, 소규모의 주택에서는 바닥면적에 대한 외피면적의 비율이 크기 때문에 상대적으로 열손실이 발생하기 쉽다. 따라서 소규모 주택에도 일반적인 주거시설과 동일한 Q값을 적용하게 되면 상당한 단열두께를 필요로 하게 되는 경우도 생기기 때문에 기준치의 완화가 필요하게 된다. 이번 개정에서는 주택의 규모에 관계없이 현실적인 단열수준을 요구하도록 하기 위해서 지표를 Q값에서 단위외피면적당의 열관류량인 외피 평균열관류율(UA값)로 변경하였다.



[그림 1.14] 외피의 열성능에 관한 기준의 개념(주거시설)

또한 현행 기준에서는 모든 지역에 대해 단열성능 및 일사차폐성능의 기준을 제시하고 있으나, 한랭지에서는 일사차폐성능의 향상이 겨울철 일사취득을 삭감하여 난방에너지 소비량 증가로 이어지는 경우가 있기 때문에 개정 기준에서는 일사차폐성능 기준을 제시하지 않고 있다. 한편, 고온다습 지역에서는 단열성능의 향상이 냉방 에너지소비량 증가로 이어지는 경우가 있고, 일사차폐성능의 기준으로 일정한 단열성능이 확보되기 때문에 개정 기준에서는 단열성능 기준을 제시하지 않고 있다.

제 2 장 연구개발 수행 내용 및 결과

1절 연구수행 전략 및 방법론

1. 연구개발 추진 체계

○ 녹색건축물 활성화를 위한 에너지성능 통합관리시스템 개발 과제와 관련하여 연구수행책임자인 이승언 선임연구위원은 IEA 및 ISO 건물에너지 부분 한국대표와 녹색성장위 녹색전략로드맵 건물부분을 총괄하고 있으며, 본 과제와 연계된 기반과제들을 다수 수행하였다.

○ 건물의 에너지절약 및 보급 활성화를 위한 건축물에너지 효율등급 인증제도의 책임자인 유기형 연구위원과 건물 온실가스 감축과 건물에너지 효율향상 전문가인 정영선 수석연구원 있으며, 본 과제 수행에 필요한 전문가가 포함되어 있다.

○ 공동연구기관인 에너지관리공단은 본 과제를 통해 발굴된 연구결과 및 정책들을 실질적으로 정책에 반영할 수 있는 기관이며, 총량에너지 평가프로그램을 지속적으로 유지관리를 할 수 있는 기관으로 사료된다.

2. 건물 에너지 관리 로드맵

○ 20세기 후반 국가 간 기후변화협약에 따라 '교토의정서(1997년)' 채택을 시작으로 국가별 온실가스 배출을 줄이기 위한 다양한 정책 및 지원방안이 추진되었으며, 21세기로 접어들면서 구체적인 이행방안으로 정부는 국가의 온실가스 배출량 감축목표를 2020년 배출전망치(BAU: Business as Usual) 대비 30%로 발표하였다.

○ 건축물에서의 온실가스를 줄이기 위한 방안으로 2017년 패시브하우스 구현, 2025년 제로에너지 건축물을 목표를 설정하였으며, 이를 위해 건축물의 단열, 건축물의 에너지효율화 등의 기준을 단계적으로 강화하였다.

○ 건물에너지 관리 제도는 국가의 비전과 목표에 따라 점차적으로 더 높은 평가 수준으로 진화하기 위해서 평가에 대한 정량화, 이를 평가하는 평가 tool에 대한 정밀화, 데이터 관리의 체계화의 방향으로 진행하였다.

○ 2013년 현재까지 정부는 온실가스 에너지 목표 관리제, 건물 에너지절약 설계기준,

건물 에너지 효율등급과 같은 여러 건물 에너지 제도를 운용하고 있으며 특히, 건물 에너지절약 설계기준 중 에너지절약계획서(500㎡ 이상의 건물)가 의무적으로 시행되어 있고, 소비총량제(3,000㎡의 이상의 건물)가 2014년 건축허가 기준과 연계를 추진중에 있으며, '20년까지 모든 건물로의 대상 확대가 이루어질 것으로 전망된다.

○ 우선 단기 시행 계획을 통한 2014~2015년에는 기존의 여러 건물 에너지 제도가 통합되고 이를 국가가 더욱 더 객관적이고 공신력 있는 관리가 가능하다.

○ 에너지절약계획서 같은 경우 평가가 간소화 되고 설계정보가 체계적 관리 체제로 도입이 되는 등의 시스템이 전산화가 되며, 가상건물을 이용한 평가로 평가 정량화를 실현하게 된다.

○ 건물 에너지소비총량제의 경우 계산 툴이 정밀화 되고 기상데이터나 용도프로필과 같은 표준 운전조건이 정비되며 건물 용도들이 확장되는 등의 기존 규정의 정비를 통한 건물에너지 관련 핵심의 제도로의 기반을 마련할 수 있다.

○ 중장기 시행 계획으로는 점차적인 정량화/정밀화/체계화의 수준에 맞추어 설계 정보의 입력이 전산화가 되고, 웹 베이스의 평가 체제가 구축이 되며, 설계정보 데이터베이스를 표준 건물로 활용하게 된다.

○ 평가방법의 경우 특히 EPI와 총량제가 통합, 평가 Tool과 표준 운전조건과 같은 경우 EPI, 에너지총량제, 효율등급이 통합되는 등 건물에너지 제도 간의 통합이 더 긴밀하게 진행될 것이며, 설계 평가의 지속적인 정량화, 고도화가 가능하다.



[그림 2.1] 건물 에너지 관리 로드맵

3. 연구내용 및 방법

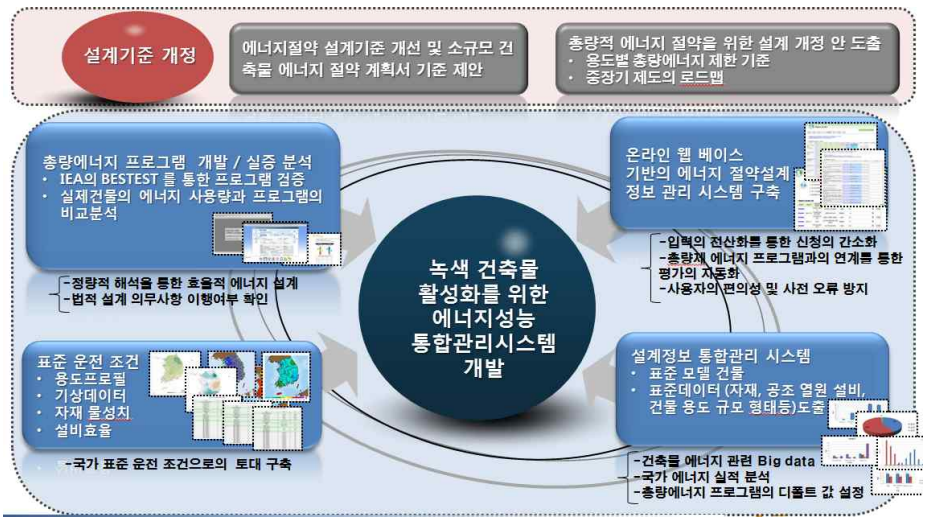
○ 1차년도의 에너지절약 설계기준 개선 및 소규모 건축물에너지절약계획서 기준 제안을 이어 2차년 도에서는 용도별 총량에너지 제한을 기준하고 중장기 제도의 로드맵을 구축하는 등의 총량적 에너지절약을 위한 설계 개정안을 도출하였다.

○ 녹색 건축물 활성화를 위한 에너지성능 통합관리시스템 구축을 위하여 장기적으로 평가 tool의 통합과, 데이터 설계정보의 관리와 평가 tool의 관리를 추구하는 통합관리 시스템을 목표로 진행하였다.

○ 기존 건물에 대한 의무적 평가가 전면 시행 되고 지속적인 설계 평가의 정량화, 고도화 되는 추세를 보았을 때, 진화하는 평가수준을 따라 가기 위한 노력 경제성 등의 가치를 최적화하기 위한 온라인 웹 베이스 기반의 지능형 에너지절약 설계 정보 통합관리 시스템을 연구하였다.

○ 이를 위하여 평가 프로그램 tool인 총량에너지 프로그램을 개발/실증분석하며, 이 프로그램을 위한 기반데이터인 용도별 총량에너지 제한기준 마련의 기초자료 및 표준모델을 마련하기 위한 주거/비주거용 건물의 에너지 표준모델 설정에 관한 연구를 진행하였다.

○ 이는 최종적으로 온라인 웹 베이스 기반의 에너지절약설계 정보관리시스템 구축의 기반이 되도록 연구를 진행함으로서 설계정보 통합시스템과 연계하여 과거 자동적으로 설계 트렌드나 타입, 표준 설계 자료가 수집되고 구축되기까지의 건축물에너지 관련 Big data의 가능성을 시사하게 됨. 해당 보고서는 온라인 웹 베이스 기반의 에너지절약설계정보 관리시스템 구축에 관한 연구와, 이 시스템이 온라인으로 완성되기 이전에 관리시스템 DB를 활용한 주거/비주거 건물의 에너지 표준모델 연구를 통해 사전분석을 통한 가능성을 제시하는 방향을 연구하였다.



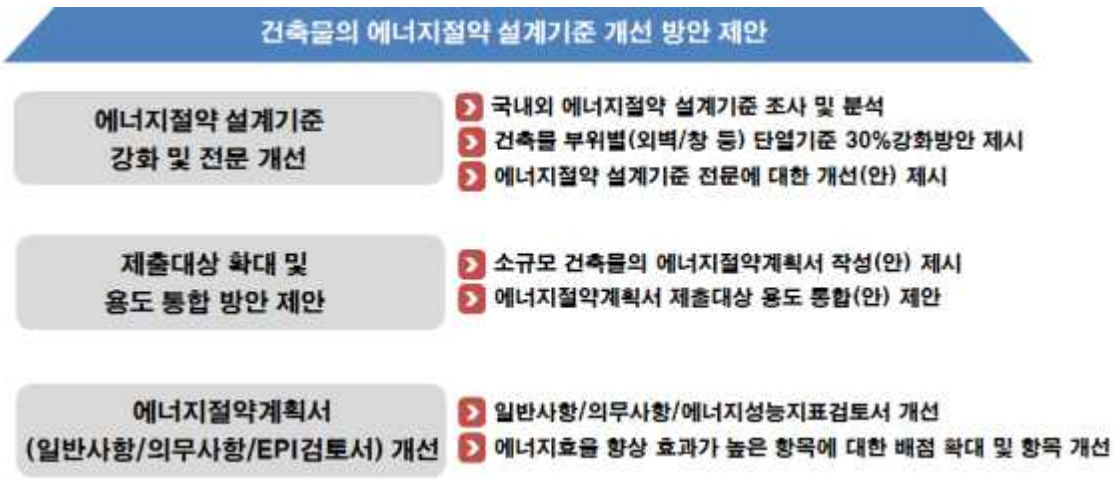
[그림 2.2] 에너지 성능 통합관리 시스템 개발을 위한 framework

<표 2.1> 연구내용에 따른 세부 추진 방법

연구내용	세부 추진 방법
총량적 에너지절약을 위한 설계 개정안 도출	○ 2025년 제로에너지 건물 설계 수준 목표 실현을 위한 단계적 적용방안 제시 ▪ 국외 건축물의 총량적 에너지 설계기준에 대한 사양 및 성능기준 등에 대한 조사 ▪ 기존 에너지절약 설계기준의 에너지성능지표 평가 방법과 총량에너지 평가 방법의 항목조사 ▪ 국외 총량적 에너지 설계 기준의 국내 적용 방안 제시 ▪ 에너지성능지표와 총량에너지 평가 방안에 대한 에너지절약설계기준안 제시 ▪ 국내 실정에 맞는 총량적 에너지 설계기준 제시 ▪ 건축물의 용도별 총량에너지 제한 기준 제시
에너지성능 통합관리시스템	○ 온라인 웹베이스 기반의 에너지절약 설계 정보 관리 시스템 구축 ▪ Web 전용평가 Tool에 대한 설계안 구축 - 에너지절약계획서 DB 요소 도출 - 에너지절약계획서 DB와 통합설계 프로그램의 실시간 연계 체제 구축 ▪ 요소별 에너지절약 설계현황 실시간 통합 검색 방안 마련 ▪ 요소기술에 대한 가이드라인 개발 ▪ 기존 정책과의 부합성 제시 ▪ 적용성 및 타당성 제시 ▪ 건축물에너지절약계획서 DB데이터 연동 통합설계 프로그램 인프라 구축
	○ 설계정보 종합 시스템 ▪ 표준데이터 및 표준모델 설정 방법론 조사 - 표준데이터 설정 및 DB의 표준화에 대한 사례 조사 - 건축물 '표준모델'설정에 관한 국내외 자료 조사 ▪ 에너지절약계획서 데이터 조사 및 정리 - 에너지절약계획서 및 에너지성능지표의 데이터 수집 - 에너지절약계획서 및 에너지성능지표의 DB구축 - 구축된 DB 시연 ▪ DB분석 및 표준 데이터 설정 ▪ 표준데이터 및 표준 모델 설정
총량에너지 프로그램	▪ 총량 프로그램 개발

개발/실증 분석	- 효율등급 평가프로그램과 총량에너지 평가프로그램 통합화 마련 - 선진국 평가 프로그램 조사 - 평가 결과 양식 로직 개발 및 제공 - 데이터 호환성 검토 ▪ 실증 분석 - 총량에너지 예측프로그램의 표준 설정 조건에 대한 타당성 검토 - 실제건물 에너지 소요량과 비교를 통하여 총량 계산 결과의 경향 및 평가 프로그램 개선(기준 강화) 방안 도출 ▪ 표준용도 프로필 구축 - 국외 용도프로필 입력값 조사 - 총량용 표준용도 프로필 구축 ▪ 표준 기상데이터 구축 - 교준기상데이터 산출방법 조사 - 총량용 표준기상데이터 구축/제시 ▪ 자재 물성치/설비 효율 데이터 구축

2절 연구수행 과정 및 내용



[그림 2.3] 건축물의 에너지절약 설계기준 개선 방안

1. 건축물에너지절약 설계기준 개정

가. 건축물의 에너지절약 설계기준 개정

건축물의 에너지절약 설계기준은 건축물의 에너지절약형 건축물의 확대를 위하여 신축 건축물의 경우 건축물 허가 시 사용자의 에너지절약을 유도할 수 있는 기기 사용을 확대하도록 하며, 새롭게 개발된 에너지절약 기기 등 최근 기술발전으로 인한 사항을 반영하여 건축물의 에너지절약을 유도하는데 목적이 있다.

국내 건물의 에너지절약과 관련된 법령 및 제도는 1979년 건축법 시행령 '건축물의 열손실 방지 조항'으로 신축 건물의 단열기준을 신설함에 의해 처음 시작되었으며 낮은 수준의 단열기준으로 신축 건물에 대한 단열재의 두께를 규정하는 것이었다.

1980년에 현재의 열관류율 제한 규정이 도입되었고 이후 1987년 지역(중부, 남부, 제주도)에 따른 단열기준이 구분되어 시행되었으며 1992년 건축법 제59조(건축물의 에너지이용과 폐자재 활용)및 건축법 시행령 제91조, 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제21조(건축물의 열손실방지), 제22조(에너지절약계획서의 제출)의 규정으로 정착하게 되었다(탄생기).

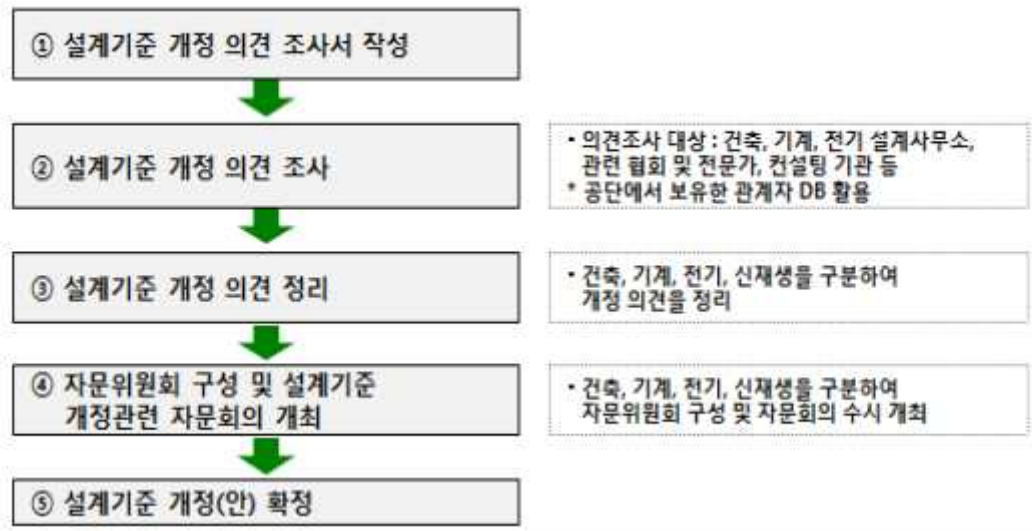
2001년 부위별 단열성능의 평균 20% 강화, 바닥부위의 단열재 설치 위치의 구체화, 외기에 직접 면하는 부위 및 간접 면하는 부위의 구분 등 신축건물의 단열규정이 크게 개정되었으며, 8개의 건물 용도별 건축물에너지절약 기준고시를 1개의 단일고시로 통합하여 시행·강화하였다.

이후 2003년과 2007년 일부 개정이 진행되었고 2008년 1월부터는 신재생에너지 설비부문 의무사항이 추가되었다. 에너지 다소비형 건물에 대한 에너지절약계획서 제출의무 등의 조치가 1985년에 시행되었고 점차 대상건물, 대상면적을 확대되었으며, 이에 따라 「건축물에너지절약 설계기준」의 적용대상, 열손실 방지 조치가 강화 되었으며, 건축/기계/전기/신재생 부분의 의무사항과 권장사항이 개선 및 개정되고 있다.

「건축물에너지절약 설계기준」의 적용대상이 점차 확대되고 있으나 확대 대상이 건축물 용도 및 규모에 따라 적용대상 및 예외 대상이 구분되어 건축물에너지절약 설계기준 적용대상을 구분하는데 인력과 시간소요가 많이 소요되고 있는 실정으로 이에 대한 적용대상을 명확히 구분할 필요가 요구되고 있다. 건축물에너지절약 설계기준의 지속적으로 부위별 단열기준이 강화되고 있으나 부위별 단열기준 적용 부위에 대한 해석이 모호함으로 설계의 문제와 민원 발생이 증가하고 있으며, 외단열 기준 또한 불명확하여 외단열 여부에 대한 민원이 발생하고 있는 실정이다. 이에 따라 현행「건축물에너지절약 설계기준」에서 정하고 있는 해석의 모호함이나 불명함으로 인해 발생되는 문제와 민원

을 줄이고 보다 합리적으로 건축물에 대한 에너지절약 설계를 유도할 수 있도록 「건축물에너지절약 설계기준」에 대한 개정안을 제시하였다.

「건축물에너지절약 설계기준」 개정은 건축 설계기준 관련자를 대상으로 개정 의견 조사 및 자문회의를 통하여 개정의 타당성 여부를 확인 및 개정 의견을 취합하여 검토하였으며, 에너지관리공단에 접수된 에너지절약 설계기준의 민원 및 질의 사항에 대해 정리 및 검토하여 설계기준 개정(안)을 마련하였다.



[그림 2.4] 전문 개정 절차 및 전문가 의견수렴

에너지절약 설계기준 주요 개선(안)을 살펴보면,

○ “공동주택의 측벽” 경우 공동주택의 평면 유형이 다양화됨에 따라 측벽 규정에 따른 민원이 다수 발생되며, 단계적 단열기준 강화로 측벽의 정의가 무의미화 됨에 따라 측벽기준을 삭제 하였다.

○ 창호의 틈새로 빠져나가는 열손실 방지를 위해 창호 기밀성능을 현행 10㎥/h・㎡에서 5㎥/h・㎡로 강화하였다.

○ “외기에 간접 면하는 부위”가 외기에 직접 면하지 않는 경우에도 단열을 하도록 하여 건축물의 열손실 부위를 최소화하도록 개선하였다.

○ “실내 온도조절장치 설치” 및 “난방(적산) 열량계 설치”와 같이 타 법령으로 의무화된 사항에 대해서는 해당 기준에서 삭제하였다.

<표 2.2> 건축물의 에너지절약 설계기준 전문 주요 개선(안)

현행 기준	주요 개선(안)
제2조(적용범위)제2호 다음 각 호에 해당하는 이기준의 전체 또는 일부를 적용하지 않을 수 있다.	제4조(적용예외) 에너지성능지표 등 적용 예외를 받을 수 있는 조항을 분리 신설. - 증축이나 용도 변경하는 경우 에너지성능지표 적용 예외 추가 - 허가사항 변경의 경우 변경하는 부분에 대해서만 제출
제3조 (용어의 정의) 바. “공동주택의 측벽”이라 함은 발코니가 설치된 벽체를 제외한 각 세대 거실의 측면부 벽체 중 3미터를 초과하여 외기에 직접 면한 벽을 말한다.	단계적 단열기준 강화로 외벽이 측벽 수준의 단열성능으로 강화와 현재 설계기준상의 측벽기준 해석에 대한 잦은 민원 등에 의해 해당 정의를 조정.
차. “기밀성 창호”, “기밀성 문”이라 함은 창호 및 문으로서 고효율인증제품 또는 한국산업규격(KS) F 2292 규정에 의하여 기밀성 등급에 따른 기밀성이 10등급(통기량 10㎥/h・㎡) 이하인 창호를 말한다.	자. “기밀성 창호”, “기밀성 문”이라 함은 창호 및 문으로서 한국산업규격(KS) F 2292 규정에 의하여 기밀성 등급에 따른 기밀성이 5등급(통기량 5㎥/h・㎡)이상인 창호를 말한다.
제4조 (건축부문의 의무사항) 3) 외기에 간접 면하는 부위(공동주택의 발코니, 복도, 계단실, 샤프트, 승강기실에 면하는 부위 및 바닥부위는 제외)로서 당해 부위가 면한 비난방 공간이 외기에 직접 면하지 않는 경우(다만, 당해 부위에 면한 비난방 공간이 지표면 아래 2미터이내의 토양에 직접 면하는 경우는 그러하지 아니하다)	외기 간접 부위가 두 번 면할 경우 단열조치를 하지 않더라도 규정에 접촉되지 않았으나 '25년 제로에너지 건축물 목표의 단계적 단열기준 강화에 따라 외기 간접 부의가 두 번 면하는 경우에도 최소한의 열손실 방지에 대한 외기에 간접 면한 단열조치 필요.
2) 해당 벽・바닥・지붕 등의 부위별 전체 구성재료와 동일한 시료에 대하여 KS F2277(건축용 구성재의 단열성 측정방법)에 의한 열저항 또는 열관류율 측정값이 규칙 제21조 및 별표 4의 부위별 열관류율에 만족하는 경우 적합한 것으로 본다.	2) 해당 벽・바닥・지붕 등의 부위별 전체 구성재료와 동일한 시료에 대하여 KS F2277(건축용 구성재의 단열성 측정방법)에 의한 열저항 또는 열관류율 측정값이 별표1의 부위별 열관류율에 만족하는 경우(시료와 공기층 두께가 동일하면서 기타 구성재료의 두께가 시료보다 증가한 경우 포함) 적합한 것으로 본다.
제6조 (기계부문의 의무사항) 가. 공동주택의 경우, 각 실별 또는 난방 존(Zone)마다 별도의 실내 자동온도조절장치를 설치하여야 한다. 단, 전용면적 60제곱미터 이하인 경우에는 적용하지 않을 수 있다.	설계기준에서 실내 온도도절장치에 대한 설치의무 규정이 당초에 있었으나 친환경 주택 성능기준 등의 법령에서 의무화에 따른 규정 중복에 따라 해당 문구 조정.
나. 난방설비를 중앙집중 난방방식으로 하는 공동주택의 각 세대에는 각 세대에는 난방(적산)열량계를 설치하여야 한다.	

	부문	내용	현행기준	개선(안)
제 1 장 총칙		목적	제1조(목적)건축법	제1조(목적)녹색건축물 조성 지원법
		적용범위	제2조(적용범위)	제2조(건축물의 열손실 방지), 제3조(적용범위 및 에너지절약계획서 제출대상) 제4조(적용예외)
		용어의 정의	제3조(용어의 정의)	제5조(용어의 정의) ☞ 완화기준 삭제 ☞ 공동주택의 측벽 삭제 ☞ 기밀성 창호(10등급이하->5등급이상) 강화 ☞ 옥상조경 삭제 ☞ 난방열량계 삭제 ☞ 직접강압방식 삭제 ☞ 자동절전멀티탭 추가 ☞ 창문 연계 냉난방시설 자동제어시스템 추가
제 3 장 에너지 절약계획서 작성기준		에너지성능지표 검토서 판정(평점합계)	60점 이상 (신축 공공건축물은 74점 이상)	65점 이상 (신축 공공건축물은 74점 이상)
제 5 장 건축물 에너지 소비총량제		건축물의 에너지소요량 평가	10,000㎡ 이상	3,000㎡ 이상
제 6 장 보칙		복합용도 에너지절약계획서		기숙사, 오피스텔은 기본배점에서 비주거 적용

[그림 2.5] 건축물에너지절약 설계기준 개선(안) 비교-(1)

	부문	내용	현행기준	개선(안)
제 2 장 에너지절약 설계에 관한 기준	건축	단열조치 (의무)	외기에 간접면하는 부위로 당해 부위가 면한 비난방 공간이 외기에 직접 면하지 않는 경우	삭제
			건축용 구성재의 단열성 측정방법	구성재료 두께가 시료 두께보다 증가한 경우 포함
			창호의 단열성 시험방법	지경부 고시, 효율관리기자재 운용규정 추가
			열관류율 소수점 2자리 맺음	열관류율 소수점 3자리 맺음
		바닥난방, 단열재 (의무)	거실 바닥 단열재는 내열성, 내구성	삭제
		기밀 및 결로방지 (의무)	방풍구조 하지 않아도 되는 예) - 판매시설, 300㎡이하 출입문 - 공동주택 출입문	 - 300㎡이하 출입문 - 주택의 출입문(단, 기숙사 제외)
	기계 설비	환기 및 제어설비 (의무)	공동주택, 실내자동온도조절장치	삭제
			중앙집중난방방식, 난방열량계	삭제
			공공기관, 기계11번 0.6점이상 획득	삭제
		열원설비 (권장)	난방기기, 고효율인증제품	난방기기, 고효율인증제품, 에너지소비효율등급이 높은 제품
			냉방기기, 고효율인증제품	냉방기기, 고효율인증제품, 에너지소비효율등급이 높은 제품
			냉방설비	가스 및 유류를 이용한 냉방설비
		반송설비 (권장)	공조용 송풍기	공조용 송풍기, 펌프
	전기 설비	수변전설비 (의무)	고효율 변압기 설치	변압기를 신설 또는 교체 시 고효율변압기 설치
			변압기별 전력량계 설치	삭제
		간선 및 동력설비 (의무)	예외) 소방용 전동기	예외) 소방용 전동기, 인버터 설치 전동기
		조명설비 (의무)	현관, 숙박시설 객실	현관, 숙박시설 객실 내부입구, 계단실
			일괄소등스위치	일괄소등스위치 예외)숙박시설 각 실 카드키시스템으로 일괄소등 가능 시
		조명설비 (권장)	옥외등, 고효율에너지기자재 인증제품	옥외등, 고효율에너지기자재 인증제품, 지경부 고시 효율관리기자재 운용규정
			고효율인증제품인 LED유도등	LED조명기구는 고효율인증제품, LED유도등 설치
		제어설비 (권장)		숙박시설, 기숙사 등은 창문 연계 냉난방시설 자동 제어시스템 채택

[그림 2.6] 건축물에너지절약 설계기준 개선(안) 비교-(2)

건축물의 건축허가, 용도변경(신고), 건축물대장의 기재내용의 변경을 신청하는 경우에는 국토교통부장관이 정한 「건축물에너지절약 설계기준」의 에너지절약계획서를 제출하도록 하고 있다.

에너지절약계획서 제출대상으로는 공동주택 중 아파트 및 연립주택, 바닥면적 합계 3,000㎡ 이상인 업무시설, 연구소, 바닥면적 합계 2,000㎡ 이상인 병원, 기숙사, 숙박시설, 바닥면적 합계 500㎡ 이상인 목욕장, 실내수영장, 바닥면적 합계 3000㎡ 이상인 판매시설 중 도·소매시장 및 상점 , 연면적 합계 1만㎡ 이상인 문화 및 집회시설(동·식물원 제외), 종교시설, 장례식장, 교육연구시설(연구소 제외)인 건축물 등(건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제22조제1항)으로 하고 있다.

이렇듯 에너지절약계획서 제출대상을 특정용도 및 일정규모 이상의 건축물로 한정함으로써, 근린생활시설 등 중·소규모의 건축물의 에너지 관리가 소홀한 실정이다. 또한, 국가 온실가스 감축목표 달성(20년까지 건물분야 26.9%)을 위해서는 대형건축물 뿐만 아니라 중·소형건축물도 에너지절약적인 설계·시공이 필요성이 증대되고 있다.

에너지절약계획서 제출대상을 확대할 경우 에너지성능지표(Energy Performance Index:EPI)의 건축허기 기준(의무사항 전항목 채택, EPI 60점 이상)을 충족하기 위하여 에너지 성능이 높은 제품 사용 등 에너지 효율 향상 관련 건축비 상승이 일부 수반되나, 근린생활시설과 같은 중·소 건축물은 매매·임대가 주로 이루어지고 있는 상황에서 건축주는 일반적으로 초기 투자비용을 절감하기 위하여 에너지 효율이 낮은 건축물로 건축할 가능성이 높기 때문에 에너지 효율이 높은 건축물의 보급이 곤란하며, 에너지를 과소비하는 건물이 될 수밖에 없으므로 건축물의 설계단계에서부터 에너지절약적인 정책을 도입할 필요가 있다.

중·소규모 건축물의 경우 에너지절약계획서 에너지성능지표 건축물의 벽체 및 창호의 단열기준(의무기준) 준수, 일반적인 기밀성 창호 설치, 냉난방기기 설치 등 일반적인 설계 등 법적기준만으로도 최소 에너지성능지표(EPI) 40점 이상 획득이 가능하며, 에너지성능지표(EPI) 60점 달성이 가능할 것으로 보이나 근린생활시설 등 중·소 건축물은 단열기준 이외의 기계 및 전기설비 부분의 장비의 설치와 적용이 한정되어 있어 에너지절약계획서 제출대상을 중·소 건축물로 확대할 경우 에너지성능지표(EPI)에 대한 개선이 수반되어야 할 것으로 보인다. 이에 에너지성능지표(EPI) 개선(안)과 제출대상은 다음 단락에서 설명하도록 하겠다.

국토교통부 통계에 따르면 현행 에너지절약계획서 제출대상은 전체 신축 건축물의 2.4%로 추정되어 대부분의 건축물이 최소한의 단열규정만 준수할 뿐 에너지절약적 설계가 이루어지지 않고 있다. 에너지절약계획서 제출대상을 500㎡ 이상으로 확대 할 경우 전체 신축 건축물의 12.3%가 에너지절약계획서 제출대상이 될 것으로 예상된다.

이에 따라 「건축물에너지절약 설계기준」의 에너지절약계획서 제출대상을 단계적으로 확대하는 등 중장기 계획 수립이 요구되고 있어 중·소규모 건축물의 효율적인 에너지 관리를 위해 에너지절약계획서 제출대상을 공동주택 및 연면적 500㎡ 이상의 건축물로 확대(안)을 제시하였다.

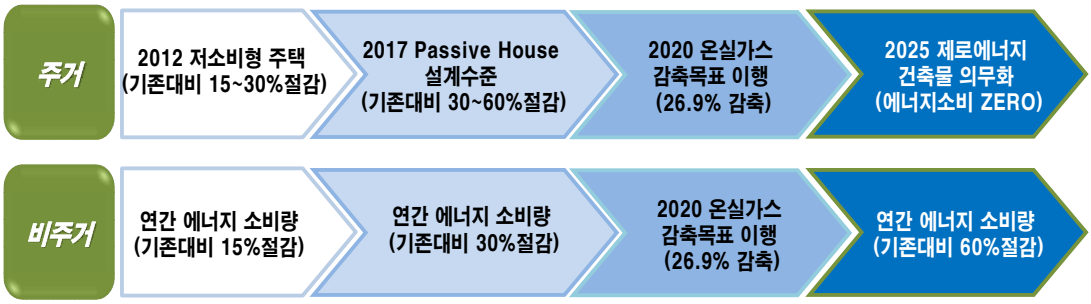
<표 2.3> 건축물 현황 (2011년도 국토해양 통계연보)

구분	계	1백㎡ 미만	1백㎡~ 2백㎡ 미만	2백㎡ ~ 3백㎡ 미만	3백㎡ ~ 5백㎡ 미만	5백㎡~ 1천㎡ 미만	1천㎡ ~ 3천㎡ 미만	3천㎡ ~ 1만㎡ 미만	1만㎡ 이상
합계 (동)	6,676,518	3,232,586	1,547,111	495,640	611,430	407,811	218,836	120,011	43,093
비율 (%)	100.0 %	48.9 %	23.2 %	7.4 %	9.2 %	6.1 %	3.3 %	1.8 %	0.6 %

나. 부위별 단열 기준 강화

우리나라의 에너지 수입 의존도는 약 96%에 달하며, 대부분이 중동으로부터 도입하고 있다. 20세기 초기 중동의 1, 2차 오일쇼크로 인한 에너지 수급파동을 겪으면서 정부는 에너지의 안정적인 공급과 에너지절약 및 효율적 이용을 위한 정책을 시행하게 되었으며, 건축부문의 에너지절약을 위한 건축물의 열손실 방지를 위한 법규 개정 및 단열재 설치기준을 규정 하였다.

20세기 후반에는 세계적으로 지구 온난화 및 기후변화에 대한 관심이 높아졌으며, 국가 간 기후변화협약에 따라 '교토의정서(1997년)' 채택을 시작으로 국가별 온실가스 배출을 줄이기 위한 다양한 정책 및 지원방안이 추진되고 있으며, 21세기에 접어들면서 구체적인 이행방안으로 정부는 국가의 온실가스 배출량 감축목표를 2020년 배출전망치(BAU: Business as Usual) 대비 30%로 발표하였으며, 건축물에서의 온실가스를 줄이기 위한 방안으로 2017년 패시브하우스 구현, 2025년 제로에너지 건축물을 목표를 설정하였으며, 이를 위해 건축물의 단열, 건축물의 에너지효율화 등의 기준을 단계적으로 강화하고 있다.



[그림 2.7] 건축물에너지절약 강화 방안

국내 건축물의 부위별 단열기준은 처음으로 1979년에 부위별 열관류율과 단열재의 두께를 규정하였다. 1980년에는 창의 열관류율 규정이 추가 되었으며, 1984년에는 전국을 기후특성에 따라 2개(제주도 이외, 제주도) 지역으로 구분하였으며, 1987년도에는 전국의 기후대를 다시 3개(중부지역, 남부지역, 제주도) 지역으로 조정하였다.

1992년에는 건축법 제59조(건축물의 에너지이용과 폐자재 활용) 및 건축법 시행령 제91조, 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제21조(건축물의 열손실방지), 제22조(에너지절약계획서의 제출)의 규정으로 정착하게 되었다. 2001년에는 건축물 부위별 단열기준을 평균 20% 강화, 지역구분의 중부, 남부 일부지역을 조정 및 바닥부위의 열손실 방지를 위해 바닥부위의 단열재 설치 위치를 구체화하였다. 또한, 단열부위를 외기에 직접 면하는 부위와 간접 면하는 부위로 구분하였다. 2008년도에는 창호단열 성능을 열관류율 기준으로 약 28% 강화하였다.

2010년에는 에너지절약형 건축물의 확대 및 신축 건축물의 난방에너지 저감을 위해 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제21조(건축물의 열손실방지)의 <표 2.4>(지역별 건축물부위의 열관류율) 단열기준을 약 20% 강화하였다. 이와 같이 건축물의 부위별 단열기준은 지속적으로 강화되고 있다.

건축물의 부위별 단열기준은 '건축물의 설비기준 등에 관한 규칙' 제21조 1항 1호(건축물의 열손실방지)의 <표 2.4>(지역별 건축물부위의 열관류율표)에 따라 모든 건축물은 열손실 방지 조치를 규정하고 있으며, 제21조 1항 1호 단서 규정의 열관류율에 적합한 단열재 두께기준은 [별표 1](단열재의 등급 분류)과 [별표 2](단열재의 두께)에서 정하고 있다. 건축물의 단열조치는 [별표 4]에 따라 열손실 방지조치를 해야 하나, [별표 2]의 지역별·부위별·단열재 등급별 허용 두께 이상으로 설치는 경우(단열재의 등급 분류는 [별표 1]에 따름) 적합한 것으로 보고 있다.

온실가스 감축 목표 달성 및 녹색건축 활성화를 위해 정부는 2017년까지 건축물의 부위별 단열 기준을 Passive House 수준의 단열기준을 목표로 하고 있다.

<표 2.4> 건축물 부위별 열관류율 기준 [W/㎡·K]

구분	지역구분			Passive House
	중부	남부	제주	
외벽	0.36	0.45	0.58	0.15
지붕	0.2	0.24	0.29	0.15
바닥	0.3	0.35	0.41	0.15
창 및 문 (공동주택 기준)	2.1	2.4	3.1	0.8

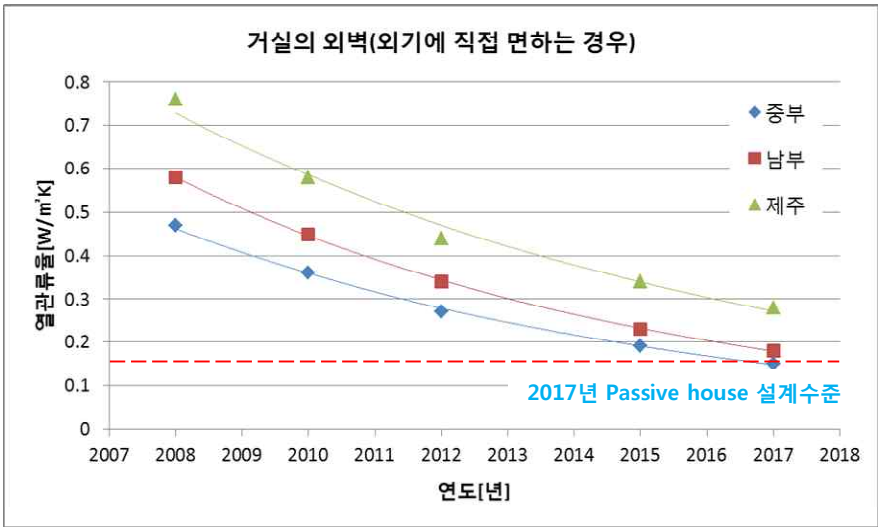
<표 2.4>와 같이 Passive House 단열기준은 현행 법규의 단열기준보다 크게 강화된 열관류율 기준을 보이고 있다. 중부지역 외벽의 경우 Passive House의 단열기준을 만족하기 위해서는 현행 대비 140% 이상, 창 및 문의 경우 163% 이상 강화된 단열기준을 적용해야 한다.

Passive House와 같이 건축물의 열손실을 대폭 줄여 에너지 저소비형 건축물 설계를 유도해야 하나 단열기준을 대폭 강화할 경우 단열재 두께가 급격하게 증가되고, 성능이 좋은 창호를 설치해야 하므로 국내 건축기술 수준, 건축비용, 건설시장 상황 등을 고려하여 단열기준을 강화할 필요가 있다.

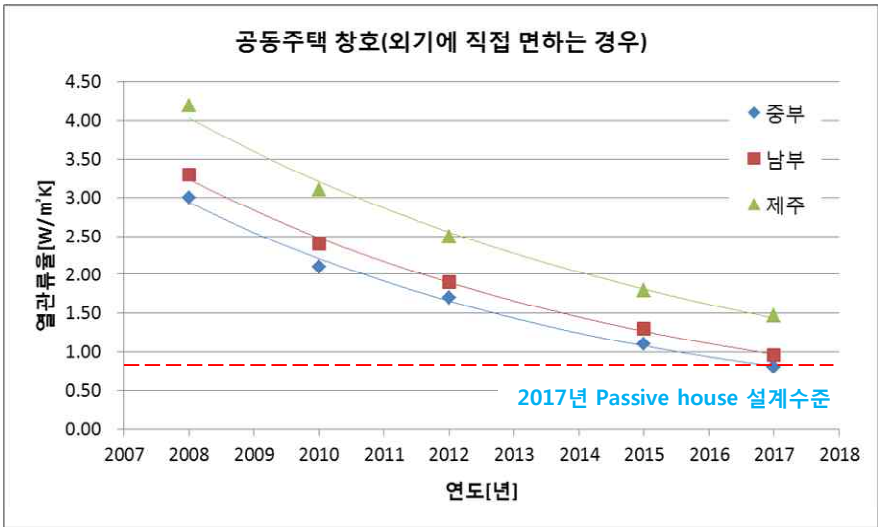
대한민국 국토는 동고서저의 산악지역 및 삼면이 바다인 해안구조의 특징으로 인해 각 지역별 기후가 다르므로 건축물에 적용되는 단열기준도 기후 특성에 맞게 중부, 남부, 제주의 3개 지역으로 나뉘며, 중부지역은 서울특별시, 인천광역시, 경기도, 강원도(강릉시, 동해시, 속초시, 삼척시, 고성군, 양양군 제외), 충청북도(영동군 제외), 충청남도(천안시), 경상북도(청송군)이며, 남부지역은 부산광역시, 대구광역시, 광주광역시, 대전광역시, 울산광역시, 강원도(강릉시, 동해시, 속초시, 삼척시, 고성군, 양양군), 전라북도, 전라남도, 경상북도(청송군 제외), 경상남도, 세종특별자치시로 구분되어 있다.

그러나 Passive House의 단열기준은 지역에 따른 단열기준을 제시하지 않고 있으므로 Passive House의 단열기준을 지역구분 없이 적용할 경우 제주지역의 외벽, 창 및 문의 단열성능은 현행 대비 약 290% 이상 단열기준을 강화해야 하는 문제가 발생하므로 지역 및 기후 특성에 맞게 지역별 Passive House의 단열기준을 제시할 필요가 있다.

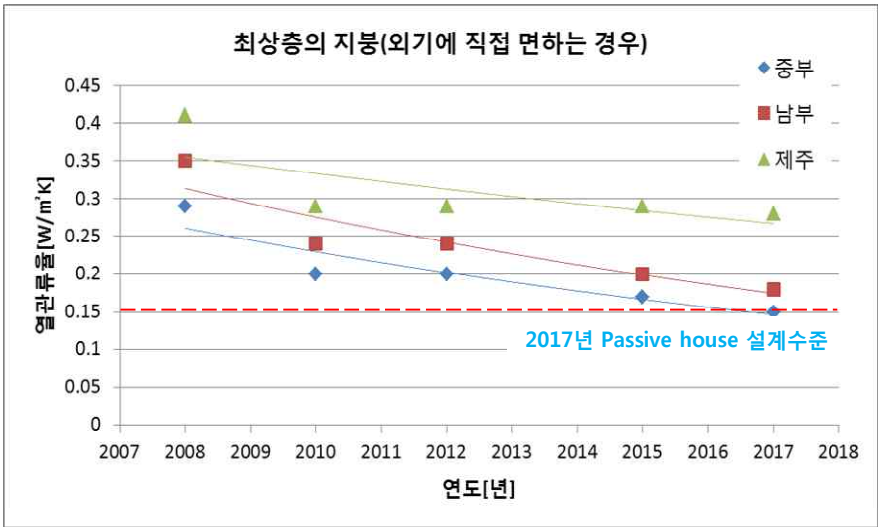
현행 3개 지역의 건축물 부위별 단열기준 중 중부지역이 가장 강화된 단열기준을 가지고 있으므로 '17년 중부지역 단열기준이 Passive House의 단열기준으로 변경되는 것으로 설정하였으며 남부 및 제주지역의 '17년 단열기준은 '건축물에너지 효율등급 인증제도 운영규정' [별표 4]의 [표 6] 지역별 난방도일을 이용하여 단열기준을 제안하였다.



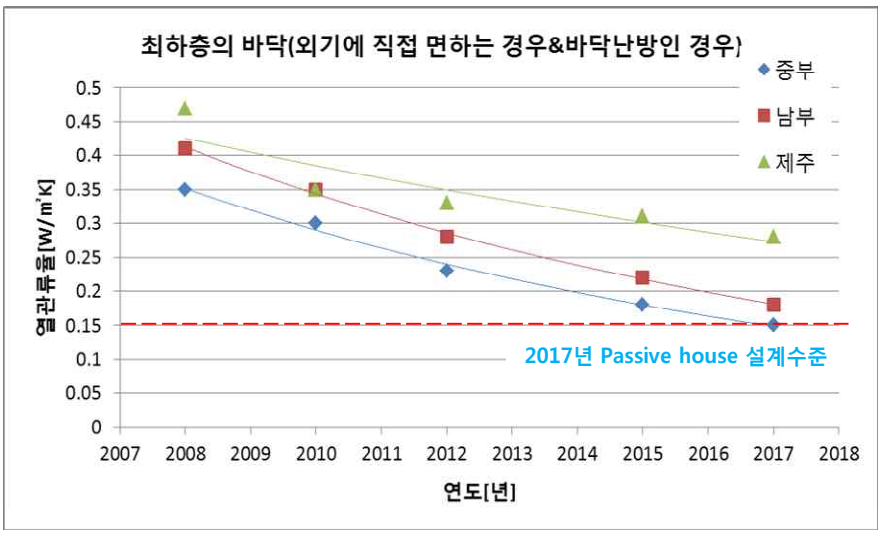
[그림 2.8] 거실의 외벽 (외기직접)



[그림 2.9] 창 및 문 (외기직접)



[그림 2.10] 최상층 지붕 (외기직접)



[그림 2.11] 최하층 바닥 (외기직접)

건축물에너지 효율등급 인증제도 운영규정' [표 6]의 중부지역 난방도일에 '17년 건축물 부위별 단열기준(Passive House 단열기준)을 곱하여 열손실량을 계산하고 계산된 열손실량을 지역별 난방도일로 나눠주면 남부 및 제주지역의 환산열관류율이 계산되며 계산된 환산열관류율을 '17년 남부지역 및 제주지역의 단열기준 목표로 설정하였다.

아래의 그림은 지역별 건축물부위의 열관류율의 '08년 개정된 시점에서 '17년 제안 목표까지 지역 및 부위별 열관류율을 그래프에 도식화하여 각 연도별 단열기준 목표치를 설정하였다.

현행 벽체의 단열기준은 거실의 외벽과 공동주택의 측벽으로 구분되어 있다. 공동주택 측벽은 발코니가 설치된 벽체를 제외한 각 세대 거실의 측면부 벽체 중 3미터를 초과하여 외기에 직접 면한 벽을 말하며 공동주택 중간에 위치한 세대에 비하여 외기에 면한 벽체가 추가로 발생하여 벽체를 통한 열손실량이 많아지므로 공동주택의 측벽은 거실의 외벽에 비해서 강화된 단열기준을 적용하고 있다. 그러나 벽체 단열기준을 비롯한 건축물의 부위별 단열기준이 지속적으로 강화되는 상황에서 별도의 공동주택에 대한 측벽기준 존치의 필요성이 감소되고 있으며, 공동주택 건축물의 평면이 다양화로 인해 측벽구분에 대한 정의가 복잡해지고 공동주택 세대의 발코니 확장으로 확장부분 벽체의 측벽여부 판단 및 측벽구분에 대한 민원이 지속적으로 제기되는 문제가 발생하여 현행 지역별 건축물부위의 열관류율 기준 중 공동주택의 측벽 기준을 삭제하고 공동주택 측벽은 개선안의 강화된 거실의 외벽 단열기준에 준하도록 설정 하였으며 개선안은 표와 같다.

<표 2.5> 건축물 부위별 열관류율 공동주택의 측벽 [W/㎡·K]

기준	구분	지역구분		
		중부	남부	제주
현행	공동주택의 측벽	0.27이하	0.36이하	0.45이하
개선안	거실의 외벽	0.27이하	0.34이하	0.44이하

지역별 건축물부위의 열관류율표 중 공동주택의 층간바닥은 바닥난방인 경우와 그 밖의 경우로 표와 같이 구분되어 있다. 바닥난방을 하는 공간의 하부가 바닥난방을 하는 공간일 경우 0.81W/㎡·K이하 값을 만족해야하며, 그 밖의 경우 1.16W/㎡·K이하 값을 만족하도록 규정하고 있다. 그러나 공동주택의 층간바닥이 그 밖의 경우에는 바닥난방을 하는 공간의 하부가 바닥난방을 하지 않는 난방 공간일 경우와 비난방 공간일 경우로 나눠지는데 이와 같이 두 가지 경우에는 최하층에 있는 거실의 바닥으로 보며 외기에 간접 면하는 경우의 열관류율이 적용되므로 본 개선안에서는 공동주택의 층간 바닥 중 '그 밖의 경우'를 삭제하는 것을 제안하였다.

또한, 바닥난방 방식의 경우 공동주택뿐 아니라 사무소, 유치원, 체육관등 다양한 용도의 시설에서 사용되므로 현행 공동주택의 층간바닥으로 되어 있는 기준을 바닥난방인 층간바닥 기준으로 변경하였다.

<표 2.6> 건축물 부위별 열관류율 공동주택의 층간 바닥 [W/㎡·K]

기준	구분		지역구분		
			중부	남부	제주
현행	공동주택의 층간바닥	바닥난방인 경우	0.81이하	0.81이하	0.81이하
		그 밖의 경우	1.16이하	1.16이하	1.16이하
개선안	바닥난방인 층간바닥		0.81이하	0.81이하	0.81이하

'17년 지역별 건축물부위의 열관류율 목표와 현행대비 평균 30%(중부지역 기준) 상향된 단열기준 및 공동주택의 측벽 단열기준 삭제를 통하여 표와 같이 '지역별 건축물부의 단열기준 열관류율표' 개선(안)을 제안하였다.

2010년 기준

지역 / 건축물의 부위			중부지역[1]	남부지역[2]	제주도
거실의 외벽	외기에 직접 면하는 경우		0.36 이하	0.45 이하	0.58 이하
	외기에 간접 면하는 경우		0.49 이하	0.63 이하	0.85 이하
최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕	외기에 직접 면하는 경우		0.20 이하	0.24 이하	0.29 이하
	외기에 간접 면하는 경우		0.29 이하	0.34 이하	0.41 이하
최하층에 있는 거실의 바닥	외기에 직접 면하는 경우	바닥난방인 경우	0.30 이하	0.35 이하	0.35 이하
		바닥난방이 아닌 경우	0.41 이하	0.41 이하	0.41 이하
	외기에 간접 면하는 경우	바닥난방인 경우	0.43 이하	0.50 이하	0.50 이하
		바닥난방이 아닌 경우	0.58 이하	0.58 이하	0.58 이하
공동주택의 측벽			0.27 이하	0.36 이하	0.45 이하
공동주택의 층간바닥	바닥난방인 경우		0.81 이하	0.81 이하	0.81 이하
	그 밖의 경우		1.16 이하	1.16 이하	1.16 이하
창 및 문	외기에 직접 면하는 경우	공동주택	2.10 이하	2.40 이하	3.10 이하
		공동주택 외	2.40 이하	2.70 이하	3.40 이하
	외기에 간접 면하는 경우	공동주택	2.80 이하	3.10 이하	3.70 이하
		공동주택 외	3.20 이하	3.70 이하	4.30 이하

2012년 개정(안)

지역 / 건축물의 부위			중부지역[1]	남부지역[2]	제주도
거실의 외벽	외기에 직접 면하는 경우		**0.27 이하**	**0.34 이하**	**0.44 이하**
	외기에 간접 면하는 경우		**0.37 이하**	**0.48 이하**	**0.64 이하**
최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕	외기에 직접 면하는 경우		0.20 이하	0.24 이하	0.29 이하
	외기에 간접 면하는 경우		0.29 이하	0.34 이하	0.41 이하
최하층에 있는 거실의 바닥	외기에 직접 면하는 경우	바닥난방인 경우	**0.23 이하**	**0.28 이하**	**0.33 이하**
		바닥난방이 아닌 경우	**0.29 이하**	**0.29 이하**	**0.29 이하**
	외기에 간접 면하는 경우	바닥난방인 경우	**0.35 이하**	**0.40 이하**	**0.47 이하**
		바닥난방이 아닌 경우	**0.41 이하**	**0.41 이하**	**0.41 이하**
바닥난방인 층간바닥			**0.81 이하**	**0.81 이하**	**0.81 이하**
창 및 문	외기에 직접 면하는 경우	공동주택	**1.50 이하**	**1.80이하**	**2.60이하**
		공동주택 외	**2.10 이하**	**2.40 이하**	**3.00 이하**
	외기에 간접 면하는 경우	공동주택	**2.20 이하**	**2.50 이하**	**3.30 이하**
		공동주택 외	**2.60 이하**	**3.10 이하**	**3.80 이하**

[그림 2.12] 지역별 건축물부위의 열관류율표 개선안('12년도)

그러나 '12년 개정(안) 지역별 열관류율 최하층에 있는 거실의 바닥 중 바닥난방을 하지 않는 외기에 직접 면하는 경우와 외기에 간접 면하는 경우의 지역별 열관류율이 동일하게 제안되어 바닥난방을 하는 경우 보다 열관류율 기준이 강화되는 현상이 발생하여 외기에 직접 또는 간접 면하는 바닥 중 바닥난방을 하지 않은 경우에도 지역별로 열관류율 기준을 그림과 같이 지역별 건축물 부위의 열관류율표를 제안 하였다.

2012년 기준

지역 / 건축물의 부위			중부지역[1]	남부지역[2]	제주도
거실의 외벽	외기에 직접 면하는 경우		0.27 이하	0.34 이하	0.44 이하
	외기에 간접 면하는 경우		0.37 이하	0.48 이하	0.64 이하
최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕	외기에 직접 면하는 경우		0.20 이하	0.24 이하	0.29 이하
	외기에 간접 면하는 경우		0.29 이하	0.34 이하	0.41 이하
최하층에 있는 거실의 바닥	외기에 직접 면하는 경우	바닥난방인 경우	0.23 이하	0.28 이하	0.33 이하
		바닥난방이 아닌 경우	0.29 이하	0.29 이하	0.29 이하
	외기에 간접 면하는 경우	바닥난방인 경우	0.35 이하	0.40 이하	0.47 이하
		바닥난방이 아닌 경우	0.41 이하	0.41 이하	0.41 이하
바닥난방인 층간바닥			0.81 이하	0.81 이하	0.81 이하
창 및 문	외기에 직접 면하는 경우	공동주택	1.50 이하	1.80이하	2.60이하
		공동주택 외	2.10 이하	2.40 이하	3.00 이하
	외기에 간접 면하는 경우	공동주택	2.20 이하	2.50 이하	3.30 이하
		공동주택 외	2.60 이하	3.10 이하	3.80 이하

2013년 개정(안)

지역 / 건축물의 부위			중부지역[1]	남부지역[2]	제주도
거실의 외벽	외기에 직접 면하는 경우		0.27 이하	0.34 이하	0.44 이하
	외기에 간접 면하는 경우		0.37 이하	0.48 이하	0.64 이하
최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕	외기에 직접 면하는 경우		0.20 이하	0.24 이하	0.29 이하
	외기에 간접 면하는 경우		0.29 이하	0.34 이하	0.41 이하
최하층에 있는 거실의 바닥	외기에 직접 면하는 경우	바닥난방인 경우	0.23 이하	0.28 이하	0.33 이하
		바닥난방이 아닌 경우	**0.29 이하**	**0.33 이하**	**0.39 이하**
	외기에 간접 면하는 경우	바닥난방인 경우	0.35 이하	0.40 이하	0.47 이하
		바닥난방이 아닌 경우	**0.41 이하**	**0.47 이하**	**0.55 이하**
바닥난방인 층간바닥			0.81 이하	0.81 이하	0.81 이하
창 및 문	외기에 직접 면하는 경우	공동주택	1.50 이하	1.80이하	2.60이하
		공동주택 외	2.10 이하	2.40 이하	3.00 이하
	외기에 간접 면하는 경우	공동주택	2.20 이하	2.50 이하	3.30 이하
		공동주택 외	2.60 이하	3.10 이하	3.80 이하

[그림 2.13] 지역별 건축물부위의 열관류율표 개선안('13년도)

건축물의 에너지절약 설계기준 제4조(건축부문의 의무사항)1항의 단열조치 일반사항 중 다목1호에는 '[별표2]의 지역별·부위별·단열재 등급표의 허용 두께 이상으로 설치하는 경우(단열재의 등급 분류는[별표1]에 따름) 적합한 것으로 본다.'로 규정되어 있다. [별표2] 단열재 두께는 지역별 건축물부위의 열관류율을 기준으로 지역별, 부위별 단열재 두께가 작성되므로 지역별 건축물부위의 열관류율 개선안이 제시됨에 따라 [별표2] 단열재 두께를 다음과 같이 변경하였다.

단열재의 등급 / 건축물의 부위			단열재 등급별 허용 두께			
			가	나	다	라
거실의 외벽	외기에 직접 면하는 경우		90	110	125	135
	외기에 간접 면하는 경우		60	70	80	90
최하층에 있는 거실의 바닥	외기에 직접 면하는 경우	바닥난방인 경우	115	135	155	170
		바닥난방이 아닌 경우	110	130	150	165
	외기에 간접 면하는 경우	바닥난방인 경우	80	90	105	115
		바닥난방이 아닌 경우	70	85	95	110
최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕	외기에 직접 면하는 경우		145	175	200	220
	외기에 간접 면하는 경우		100	120	135	150
바닥난방인 층간바닥			30	35	45	50

단열재의 등급 / 건축물의 부위			단열재 등급별 허용 두께			
			가	나	다	라
거실의 외벽	외기에 직접 면하는 경우		90	110	125	135
	외기에 간접 면하는 경우		60	70	80	90
최하층에 있는 거실의 바닥	외기에 직접 면하는 경우	바닥난방인 경우	115	135	155	170
		바닥난방이 아닌 경우	**95**	**115**	**130**	**145**
	외기에 간접 면하는 경우	바닥난방인 경우	80	90	105	115
		바닥난방이 아닌 경우	**60**	**70**	**85**	**90**
최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕	외기에 직접 면하는 경우		145	175	200	220
	외기에 간접 면하는 경우		100	120	135	150
바닥난방인 층간바닥			30	35	45	50

[그림 2.14] 지역별 단열재 두께 개선안(남부지역)

단열재의 등급 건축물의 부위			단열재 등급별 허용 두께			
			가	나	다	라
거실의 외벽	외기에 직접 면하는 경우		70	80	95	105
	외기에 간접 면하는 경우		45	50	55	65
최하층에 있는 거실의 바닥	외기에 직접 면하는 경우	바닥난방인 경우	95	115	130	145
		바닥난방이 아닌 경우	110	130	150	165
	외기에 간접 면하는 경우	바닥난방인 경우	65	75	90	95
		바닥난방이 아닌 경우	70	85	95	110
최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕	외기에 직접 면하는 경우		115	135	155	170
	외기에 간접 면하는 경우		75	90	105	115
바닥난방인 층간바닥			30	35	45	50

단열재의 등급 건축물의 부위			단열재 등급별 허용 두께			
			가	나	다	라
거실의 외벽	외기에 직접 면하는 경우		70	80	95	105
	외기에 간접 면하는 경우		45	50	55	65
최하층에 있는 거실의 바닥	외기에 직접 면하는 경우	바닥난방인 경우	95	115	130	145
		바닥난방이 아닌 경우	**80**	**95**	**110**	**120**
	외기에 간접 면하는 경우	바닥난방인 경우	65	75	90	95
		바닥난방이 아닌 경우	**50**	**60**	**70**	**75**
최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕	외기에 직접 면하는 경우		115	135	155	170
	외기에 간접 면하는 경우		75	90	105	115
바닥난방인 층간바닥			30	35	45	50

[그림 2.15] 지역별 단열재 두께 개선안(제주지역)

[별표2] 단열재 등급표의 단열재 등급은 '가', '나', '다', '라' 4가지로 분류되며 각 등급별로 해당되는 단열재의 열전도율 및 종류는 그림의 [별표1] 단열재의 등급 분류에 따라 결정된다. KS M 3871(경질 발포 플라스틱) 등과 같이 단열재의 소재개발, 시공방법 개발 및 개선 등으로 인해 새롭게 추가되는 단열재에 대해서는 본 연구에는 반영되지 못하였으며, 추후 단열재의 등급 분류 개선 시 검토가 필요할 것으로 보인다.

등급분류	열전도율의 범위 (KS L 9016 또는 KS F 2277에 의한 20±5℃ 시험조건에 의한 열전도율)		KS M 3808, 3809 및 KS L 9102에 의한 해당 단열재 및 기타 단열재
	W/mK	kcal/mh℃	참고사항
가	0.034 이하	0.029 이하	- 압출법보온판 특호, 1호, 2호, 3호 - 비드법보온판 2종 1호, 2호, 3호, 4호 - 경질우레탄폼보온판 1종 1호, 2호, 3호 및 2종 1호, 2호, 3호 - 그라스울 보온판 48K, 64K, 80K, 96K, 120K - 기타 단열재로서 열전도율이 0.034 W/mK(0.029 kcal/mh℃)이하인 경우
나	0.035 ~ 0.040	0.030 ~ 0.034	- 비드법보온판 1종 1호, 2호, 3호 - 미네랄울 보온판 1호, 2호, 3호 - 그라스울 보온판 24K, 32K, 40K - 기타 단열재로서 열전도율이 0.035 ~ 0.040 W/mK (0.030 ~ 0.034 kcal/mh℃)이하인 경우
다	0.041 ~ 0.046	0.035 ~ 0.039	- 비드법보온판 1종 4호 - 기타 단열재로서 열전도율이 0.041 ~ 0.046 W/mK (0.035 ~ 0.039 kcal/mh℃)이하인 경우
라	0.047 ~ 0.051	0.040 ~ 0.044	- 기타 단열재로서 열전도율이 0.047 ~ 0.051 W/mK (0.040 ~ 0.044 kcal/mh℃)이하인 경우

※ 단열재의 등급분류는 단열재의 열전도율의 범위에 따라 등급을 분류한다.

[그림 2.16] 단열재의 등급 분류

다. 에너지성능지표(EPI) 개정

1) 제출대상 용도 통합(안) 제안

건축물의 용도분류는 1978년 건축법에 도입된 이후 수십여 차례의 개정작업을 통해 2012년 현재 동법 시행령 제3조의 4 및 별표 1에서 28개 항과 124개의 목으로 용도별 건축물의 종류를 규정하고 있다. 국내 건축규제는 대부분 건축물의 용도 및 규모에 따라 적용될 뿐만 아니라 건축물 대장 기재나 에너지절약계획서 제출 시 건축물의 용도는 반드시 기입해야 할 항목이며, 에너지성능지표검토서의 경우 용도별 평점이 상이하므로 건축물의 용도 분류 체계는 중요하다.

본 연구에서는 에너지절약계획서를 제출한 사무, 판매, 숙박, 목욕, 관람, 병원, 학교 등 7개 용도의 비주거 건축물을 대상으로 현행 에너지성능지표검토서 점수체계를 우선적으로 검토한 후, 항목구성에 따른 평점을 건축/기계/전기/신재생 4개 부문에 걸쳐 분석하였다. 연구에 사용된 에너지성능지표검토서 데이터는 2011년에 허가받은 총 147건의 신축 비주거 건축물의 제출 자료를 수집하여 분석하였으며, 분석대상 건물의 에너지성능지표검토서 작성기준은 현행 건축물에너지절약설계기준 최신기준(시행일 2012년 5월 24일)과 비교했을 때 2개 항목이 삭제되고 1개의 항목 변경2), 일부 배점만이 변경되어 현행 최신기준으로 결과 값을 보정한 후 EPI 평점을 분석하였다. 전기부문에서 1)번 항목의 경우, 허가기준 당시에는 “고효율 유도전동기”였는데 현행은 “조명밀도”로 항목이 변경되어, 분석에서 제외하였다.

<표 2.7> 에너지성능지표검토서 제출대상 용도와 범위

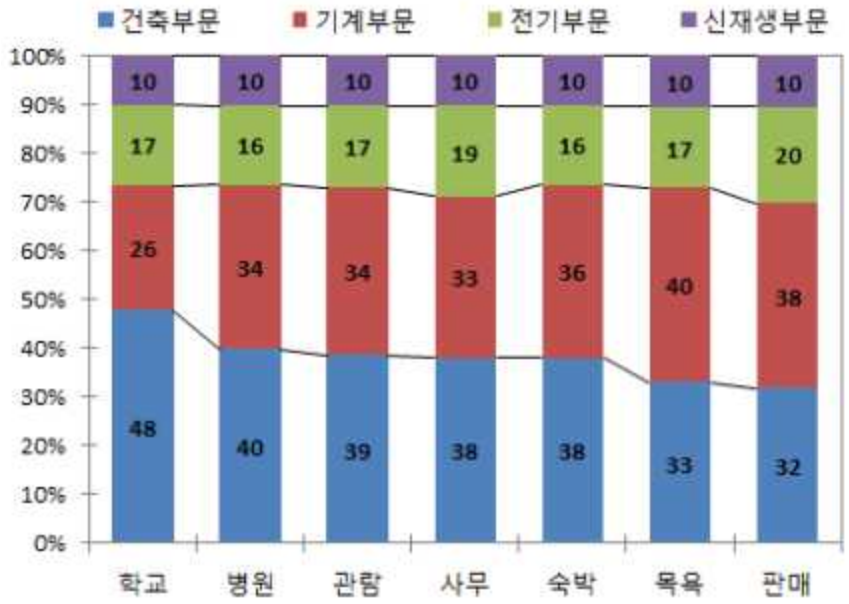
목록	EPI용도 구분		적용규모 (바닥면적합계)	시행령 91조 대상용도
1	사무		3,000㎡이상	업무시설
2	판매			판매/운수시설
3	목욕		500㎡이상	목욕장/수영장
4	숙박		2,000㎡이상	숙박시설
5	병원			의료시설
6	관람		10,000㎡이상	문화 및 집회시설
7	학교			교육연구시설
8	주거	주택1	-	아파트, 연립주택
		주택2		

○ 현행 에너지성능지표검토서 점수체계

- 각 부문별 평점 비교

에너지성능지표검토서를 구성하는 4가지 부문의 평점 비율을 용도별로 살펴보면, 건축부문이 48%로 높은 비율을 차지하는 용도는 학교이며, 건축부문(38~40%)과 기계부문(33~36%)이 유사한 비율을 보이는 용도는 병원/관람/사무/숙박 4개 용도로, 그 외 목욕/판매 용도는 타 용도에 비해 기계부문의 비율이 38%로 높은 것으로 분석되었다.

반면에 용도별로 신재생부문(10%)과 전기부문(16~20%)이 차지하는 평점비율은 유사하게 나타났다.



[그림 2.17] 각 부문별 평점비율

- 항목구성에 따른 평점 비교

에너지성능지표검토서를 구성하는 항목은 설계에 적용된 성능에 따라 배점(b)이 5개 점수로 분류되는 항목(14개)과 적용 여부만으로 점수 취득이 가능한 항목(26~29개)으로 구분되며, 5개 배점으로 분류되는 항목(이하 A)은 적용 여부만으로 점수 취득이 가능한 항목(이하 B)보다 개수는 약 1/2정도 적으나 전체 용도에 걸쳐 평점비율(56~64%)이 높은 것으로 분석되었다.

각 부문별로 살펴보면, 건축부문에서는 A항목이 B항목보다 평점비율이 6(판매)~11(학교)배 높고 기계 및 전기부문에서는 두 항목의 평점비율이 유사하게 나타났으며, 신재생부문은 B항목으로만 구성되어 있으며 전체에서 평점이 차지하는 비율은 10%수준이다.

<표 2.8> 항목구성에 따른 평점 비율

		평점비율(%)(항목수)						
		학교	병원	관람	사무	숙박	목욕	판매
건축 부문	A	44(5)	36(5)	34(5)	34(5)	33(5)	29(5)	28(5)
	B	4(3)	4(3)	4(4)	4(3)	5(3)	4(3)	4(3)
기계 부문	A	13(5)	16(5)	19(5)	17(5)	18(5)	20(5)	21(5)
	B	12(11)	18(11)	15(12)	16(12)	18(10)	20(12)	17(10)
전기 부문	A	7(4)	6(4)	7(4)	8(4)	7(4)	7(4)	8(4)
	B	9(10)	10(10)	10(9)	11(9)	9(9)	10(9)	12(9)
신재생부문	A	-	-	-	-	-	-	-
	B	10(4)	10(4)	10(4)	10(4)	10(4)	10(4)	10(4)
합계	A	64(14)	58(14)	61(14)	58(14)	58(14)	56(14)	56(14)
	B	36(28)	42(28)	39(29)	42(28)	42(26)	44(28)	44(26)

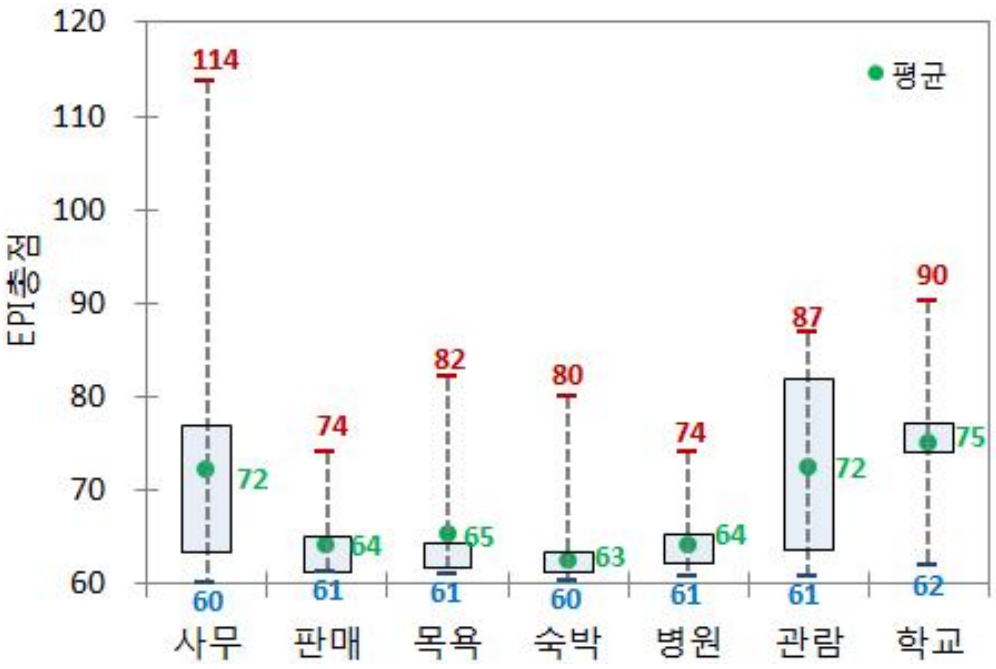
- A : 배점(b)에 따라 5개 배점으로 분류되는 항목
- B : 적용여부에 관한 항목
- 보상점수에 관한 항목은 항목수와 평점 계산 시 미포함

○ 용도별 에너지성능지표 분석 및 결과

- 분석대상

2011년에 허가받은 신축 비주거 건축물 중 총 147건을 대상으로 용도별 현황을 분석한 결과, 전체 용도에서 사무가 29%로 가장 높고 숙박이 18%며, 두 용도가 전체에서 약 47%를 차지하였다.

아래 그림은 허가 시 제출된 용도별 EPI 평점합계를 4분위 그래프로 나타낸 것으로, 분석대상 건물은 용도별로 EPI평점합계 평균이 사무용은 72점이고, 숙박시설이 63점, 학교시설 75점으로 분포하여 나타났다. 사무/관람은 점수분포가 80점대에서 64점까지 보다 넓게 분포되고 있어 다양한 에너지절약 성능을 가진 건축물이 설계되고 있음을 나타냈고, 그 외 용도는 허가가 가능한 평균 점수대에 집중되어 높은 에너지절약 성능으로 설계되고 있지 않는 것으로 나타났다. 특히 판매/목욕/숙박/병원은 허가기준(EPI 평점합계 60점)을 충족하는 수준으로만 설계되고 있음을 알 수 있다.



[그림 2.18] 용도별 EPI 평점합계
(2011년 허가기준)

- 설계 배점으로 분류되는 항목 분석

설계에 적용된 에너지절약 성능 정도에 따라 5개의 배점으로 분류되는 항목수를 살펴보면, 건축부문(5개), 기계부문(5개), 전기부문(3개), 신재생부문(0개)로 총 13개로, 언급한 항목을 대상으로 7개 용도의 배점(b) 평균과 획득율을 분석하였다.

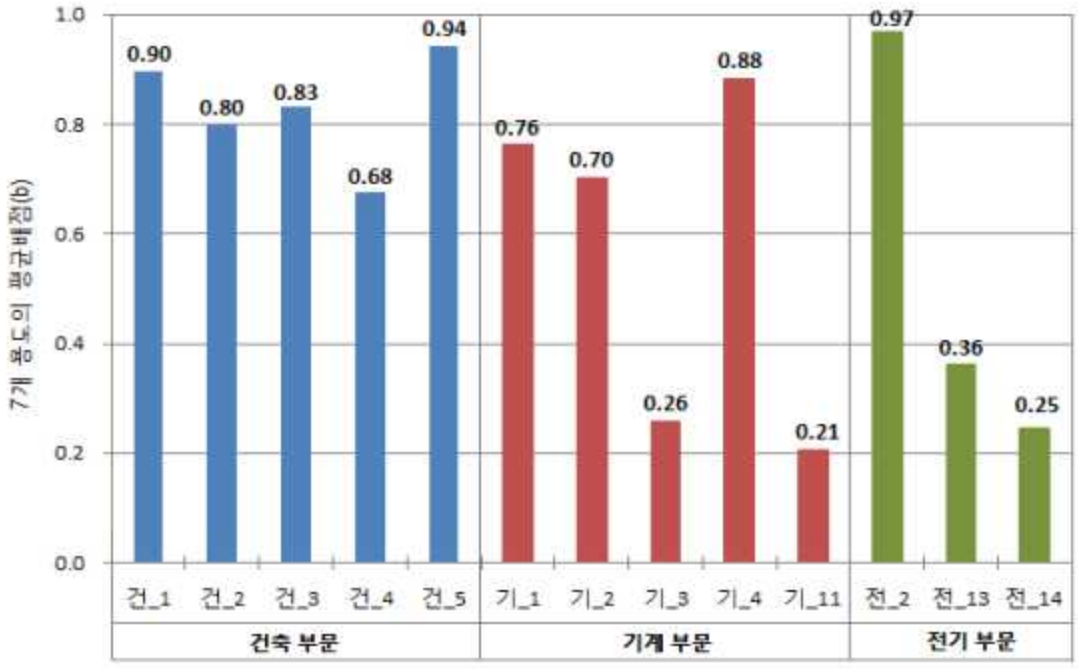
각 부문별로 7개 용도의 평균배점(b)을 분석해보면, 기계부문 3번(열원설비 및 공조용 송풍기의 효율), 11번(지역냉방) 전기부문 13(LED조명기기)~14번(대기전력자동차단콘센트)이 0.21~0.36으로 낮은 편이며, 그 외 항목은 최소 0.70이상이다.

특히 건축부문 1번(외벽 평균열관류율), 5번(기밀성 창호 설치) 전기부문의 2번(간선의 전압강하)은 평균배점이 0.90~0.97로 높은 것으로 분석되었다.

<표 2.9> 각 부문별 적용비율(%)

부문	항목	사무	판매	목욕	숙박	병원	관람	학교	평균(X)
건축부문	6)거실의 외기에 면한 창 설치	24	13	12	8	0	0	39	14
	7)유리창에 야간 단열장치 설치	-	-	-	0	-	-	-	0
	8)냉방부하저감 차양장치 설치	2	0	0	0	5	10	0	8
	9)옥상조경	17	13	6	8	5	0	22	10
기계부문	5)외기냉방도입시스템	31	20	6	4	0	70	17	21
	6)폐열회수형 환기장치	24	33	41	8	47	10	61	32
	7)기기/배관/덕트 단열	55	47	59	65	63	20	11	46
	8)열원설비 대수분할/비례제어/다단제어	21	20	18	8	5	40	17	18
	9)공기조화기 팬 가변속제어	7	20	0	0	5	0	0	5
	10)생활배수의 폐열회수설비	-	-	0	0	0	-	-	0
	12)심야전기이용 급탕용 축열설비	0	0	0	0	0	-	0	0
	13)급탕용 보일러	17	13	18	15	16	10	6	13
	14)난방/냉난방순환수펌프 대수제어	33	27	29	15	5	30	6	21
	15)급수/가압수펌프 전동기의 가변속제어	93	87	100	92	89	100	94	94
	16)지하주차장 환기용 팬 에너지절약적 제어방식	38	33	0	31	26	90	-	36
	17)컴퓨터에 의한 자동제어시스템	52	53	47	23	26	90	67	51
	18-1)지역난방(1,8번 적용불가 시 보상점수	12	13	6	0	0	20	0	7
	18-2)개별냉난방(8,14번 적용불가 시 보상점수)	62	60	35	73	68	40	72	59
전기부문	3)변압기 대수제어	52	27	12	23	26	70	50	37
	4)25kV이하 직접강압방식	95	100	88	77	95	100	67	89

	5)최대수요전력 제어설비	36	53	12	23	21	40	83	38
	6)실내 조명설비 군별/회로별 자동제어설비	33	27	0	15	5	70	17	24
	7)수변전설비 자동제어설비	31	27	6	23	11	90	50	34
	8)옥외등 LED램프, 격등조명, 자동점멸기	79	93	65	77	74	70	94	79
	9)층별/임대구획별 전력량계 설치	48	67	-	-	-	-	-	57
	10)BEMS/에너지용도별 미터링시스템	5	0	0	0	0	10	11	4
	11)역률자동조절장치 채택	26	7	18	12	5	50	28	21
	12)분산제어시스템	19	0	0	0	0	20	11	7
신재생 부문	1)난방설비용량에 대한 신재생에너지 용량 비율	17	0	18	4	0	10	22	10
	2)냉방설비용량에 대한 신재생에너지 용량 비율	17	0	18	4	0	10	22	10
	3)급탕부하에 대한 신재생에너지 용량 비율	5	0	12	0	0	10	33	9
	4)전기용량에 대한 신재생에너지 용량 비율	31	0	0	0	0	20	56	15



[그림 2.19] 7개 용도의 부문별 평균배점(b)

- 적용여부에 따라 분류되는 항목 분석

각 부문별로 해당하는 총 항목수를 살펴보면, 건축부문(4개), 기계부문(14개), 전기부문(10개), 신재생부문(4개)로 총 32개이다.

적용여부에 따라 배점이 부여되는 항목의 적용비율을 용도별로 정리한 표를 보면, 적용빈도가 높은 항목으로 전기부문의 4번(25kV이하 직접강압방식)과 8번(옥외등 LED램프) 항목은 최소 65%이상 기계부문의 15번(급수펌프 전동기의 가변속제어)은 최소 87%이상 적용률을 보인다. 반면에 적용빈도가 0인 항목으로는 건축부문의 7번(유리창 야간단열장치), 기계부문의 10번(생활배수의 폐열회수설비)과 12번(심야전기이용 급탕용 축열설비) 항목으로 나타났다. 적용빈도가 낮은 항목으로 건축부문의 8번(냉방부하저감 차양장치)과 전기부문의 10번(BEMS)은 최대 11%이하, 건축부문의 9번(옥상조경), 기계부문의 9번(공기조화기 팬 가변속제어), 13번(급탕용 보일러), 18-1번(지역난방), 전기부문의 12번(분산제어시스템), 신재생부문의 1번(난방설비용량)과 2번(냉방설비용량)은 최대 22%이하의 낮은 적용률을 보였다.

7개의 용도의 평균 적용비율은 기계부문 15번(급수펌프 전동기의 가변속제어), 전기부문 4번(25kV이하 직접강압방식), 8번(옥외등 LED램프)은 79%이상의 높은 적용률을 보이며 그 외 항목은 59%이하의 적용률을 보이며, 건축과 신재생 부문은 평균 적용률이 0~15%로 타 부문에 비해 낮은 것으로 분석되었다.

- 용도별 평점 분석

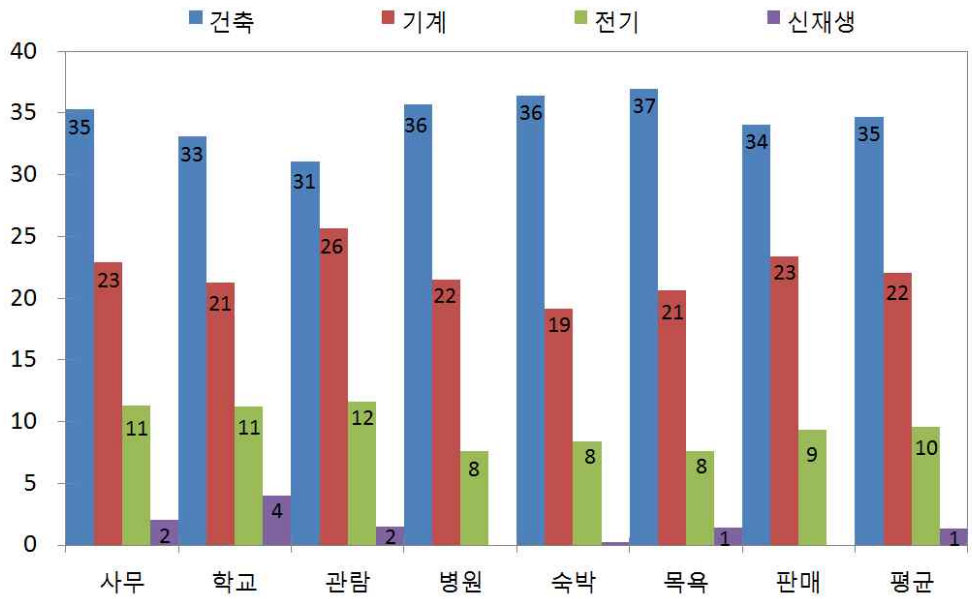
현행 에너지성능지표검토서는 동일 항목이라도 7개 용도에 따라 적용되는 기본배점(a)이 상이하므로, 본 절에서는 앞서 분석한 용도별 평균 배점(b)와 평균 적용률을 토대로 평균 평점을 도출하여 비교분석하였다[3].

7개 용도의 각 부문별 기본배점을 살펴보면, 건축부문의 1번 항목(외벽 평균열관류율)에서 용도별 기본배점의 최대(학교 27점)와 최소(판매/목욕 14점)의 차이가 13점으로 가장 크다. 그 외 항목에서는 용도별 기본배점 차이가 4점 이하이며, 기본배점이 동일한 항목이 전체의 54%, 1~2점 차가 33%로 나타나 1번 항목(외벽 평균열관류율)을 제외한 항목은 용도별 기본배점 차이가 작다.

7개 용도의 기본배점을 허가 건수가 가장 많은 사무 용도와 동일하다고 가정하고, 4개 부문별 평균 평점을 상대적으로 비교하였다. 사무용도의 각 부문별 평점은 7개 용도의 평균과 유사한 수준을 보였으며, 난방에너지 비중이 큰 원, 숙박, 목욕은 타 용도에 비해

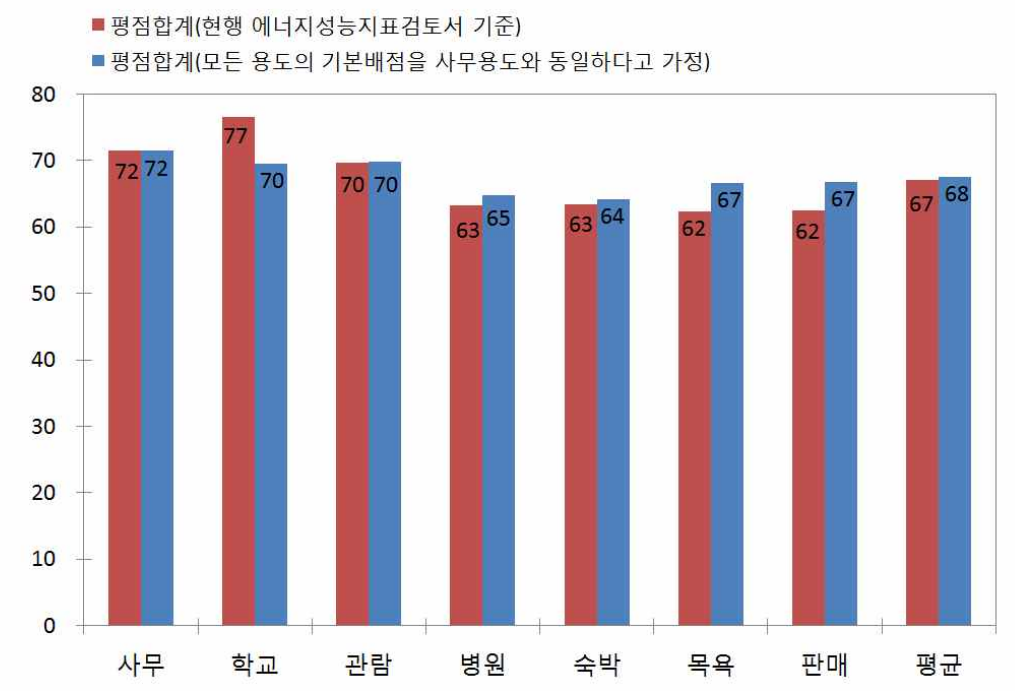
3) 평점=기본배점(a)*용도별 평균배점(b), 적용여부에 관한 항목의 평점은 기본배점(a)에 용도별 평균 적용률을 곱하여 계산함

건축부문의 평균 평점이 높게 나타났다. 반면 학교는 난방에너지 비중이 큼에도 불구하고 건축부문의 평점이 낮아 이에 대한 조치가 필요한 것으로 생각된다. 관람은 건축부문의 평점은 가장 낮으나 기계와 전기부문에서 가장 높은 적용률을 보였으며, 건축부문에서 강점을 보였던 병원, 숙박, 목욕은 상대적으로 낮은 적용률을 나타냈다. 신재생부문은 전반적으로 적용률이 낮은데 학교 용도가 타 용도 대비 2~4배 정도 높은 적용률을 보였다. 이와 같은 결과는 실제로 건물 용도와 규모에 따라 적용되는 외피 단열수준 및 기계/설비, 신재생설비에 차이가 있음을 시사한다. 현행 에너지 성능지표검토서는 이러한 용도별 특성을 고려하여 용도별 기본배점을 상이하게 설정한 것으로 판단된다.



[그림 2.20] 4개 부문의 평균 평점 비교

[그림 2.21]은 현행 용도별 EPI 평균 평점합계와 용도별 기본배점이 사무용도와 동일하다고 가정하고 산출한 평점합계를 상호 비교하여 나타낸 것이다. 현행 기준에서는 건축부문의 기본배점이 타 용도에 비해 상대적으로 높았던 학교가 77점으로 가장 높은 점수를 얻었고, 용도별 편차가 5로 분석되었다. 반면에 용도별 기본배점이 사무용도와 동일하다고 가정하면, 4개 부문에서 고른 득점을 얻었던 사무가 72점으로 가장 높은 점수를 얻었으며, 용도별 편차는 2로 분석되었다. [그림 2.20~2.21] 분석 결과로부터 용도별 기본배점을 단일기준으로 적용하면 용도별 평점합계의 편차가 작고, 용도별 가중치가 동일하므로 좀 더 합리적인 결과 도출이 가능하다는 결론을 도출하였다.



[그림 2.21] 용도별 EPI 평균 평점합계

2) 제출대상 소형/대형 규모 구분 제안

에너지절약계획서는 건축물의 효율적인 에너지 관리를 위하여 열손실 방지, 에너지절약형 설비사용 등을 비롯하여 에너지절약 설계에 대한 의무사항 및 권장사항 등 기준을 제시하고, 에너지절약 성능에 따른 건축기준 완화 등의 사항을 국토해양부 고시로 규정하고 있다.

제출대상은 현행 공동주택 중 아파트 및 연립주택, 500㎡이상 목욕장·수영장, 2,000㎡이상 숙박시설·병원, 3,000㎡이상 업무시설·판매시설, 10,000㎡이상 문화 및 집회시설·학교 등으로 하고 있다.

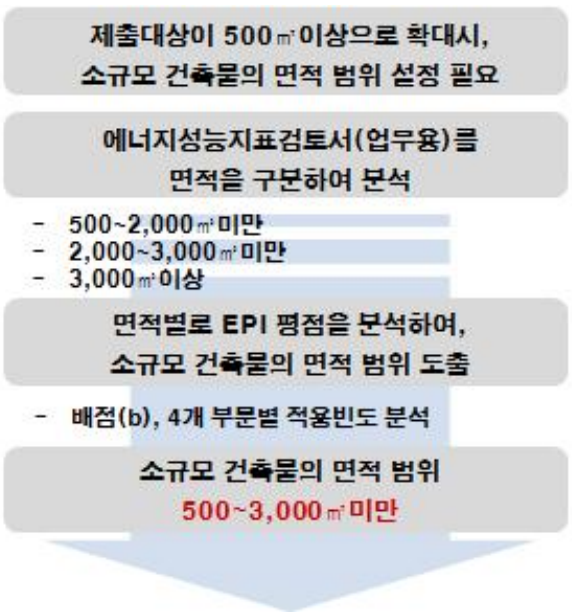
현행 제출대상은 특정용도 및 규모로 제한하고 있어, 중·소규모 건축물(근린생활시설 등)의 경우 에너지절약계획서 제출대상에서 제외되어 건축물의 효율적인 에너지 관리가 미흡한 실정이다.

또한, 국가 온실가스 감축목표 달성을 위해서는 대형건축물 뿐만 아니라 중·소형 건축물에 대한 에너지절약적인 설계 및 시공이 필요하여 에너지절약계획서 제출대상 500㎡이상을 대상으로 확대하고자 한다.

<표 2.10> 에너지절약계획서 제출대상 개선(안)

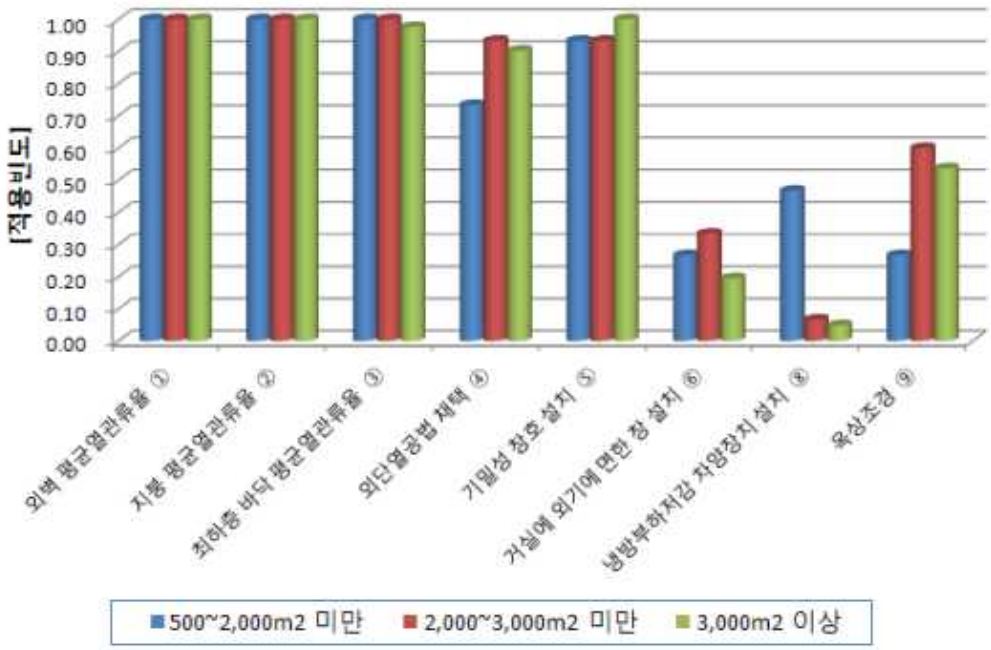
현 행		개 정(안)
용도 구분	적용 규모	
▪ 공동주택 중 아파트, 연립주택	-	공동주택, 연면적 500㎡이상인 건축물로서 에너지 소비량을 줄일 필요가 있다고 국토해양부장관이 고시하는 건축물
▪ 연구소(교육연구시설) ▪ 업무시설 ▪ 기타 유사 시설	바닥면적 합계 3,000㎡이상	
▪ 기숙사(공동주택) ▪ 의료시설 ▪ 유스호스텔(수련시설) ▪ 숙박시설 ▪ 기타 유사 시설(양로원 등)	바닥면적 합계 2,000㎡이상	
▪ 목욕장 ▪ 실내 수영장(운동시설) ▪ 기타 유사 시설	바닥면적 합계 500㎡이상	
▪ 판매시설 ▪ 기타 유사 시설	바닥면적 합계 3,000㎡이상	
▪ 문화 및 집회시설(동·식물원 제외) ▪ 종교시설 ▪ 장례식장 ▪ 교육연구시설(연구소 제외) ▪ 기타 유사 시설	바닥면적 합계 10,000㎡이상	

소규모 건축물의 용도 특성이 업무시설과 유사할 것으로 분석되어 현행 제출대상 용도 중 업무시설을 대상으로 500~2,000㎡미만, 2,000~3,000㎡미만, 3,000㎡이상으로 면적 구분을 하여 에너지성능지표(EPI)를 분석하였다.



[그림 2.22] 과제 진행 흐름도

부문별 적용빈도를 살펴보면, 건축부문의 경우 외벽·지붕·바닥의 평균열관류율, 외단열공법채택, 기밀성 창호설치는 건축물 규모와 연관성이 크지 않은 것으로 나타났다. 500~2,000㎡미만 건축물에서는 냉방부하저감 차양장치 설치 빈도가 높았으며, 옥상조경 설치 빈도는 낮은 것으로 나타났다.

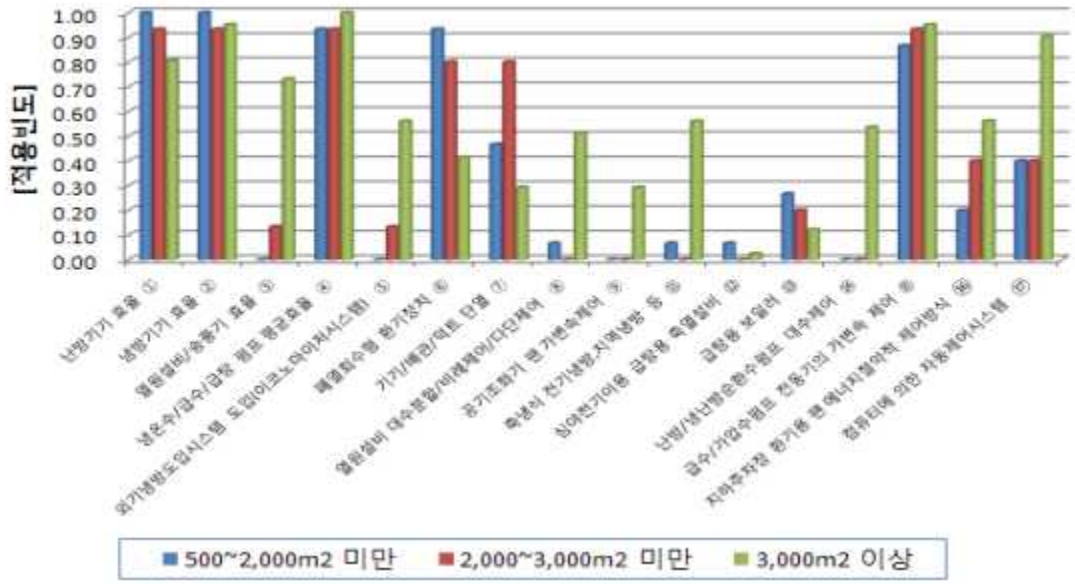


[그림 2.23] EPI 적용빈도 분석 (건축부문)

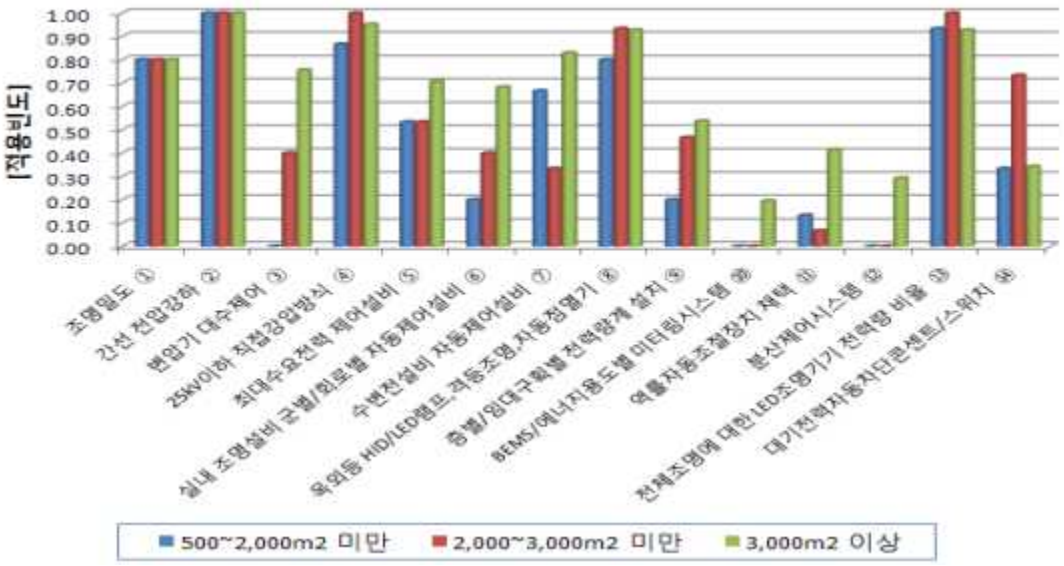
기계설비부문의 경우 냉·난방기기 효율, 펌프의 평균효율, 급수펌프의 가변속 제어 등과 같이 고효율 제품 사용은 건축물의 규모와의 관계없이 에너지 효율이 높은 기기를 사용하는 것으로 나타났다.

3,000㎡이상 건축물의 경우 열원설비/송풍기 효율, 외기냉방도입시스템, 열원설비 제어, 공기조화기 팬 가변속제어, 축냉식·지역·소형열병합 냉방 적용, 냉·난방순환펌프의 제어, 컴퓨터에 의한 자동제어 설치 비중이 500~3,000㎡미만 건축물에 비해 상대적 적용빈도가 높은 것으로 나타났다.

이는 3,000㎡을 기준으로 건축물의 설비시스템 적용의 차이가 발생하는 것으로 판단되며, 3,000㎡이상의 대형 건축물로 건축될 경우 중·소규모의 건축물에 비해 설비시스템이 다양화, 고도화 되는 것으로 판단된다.

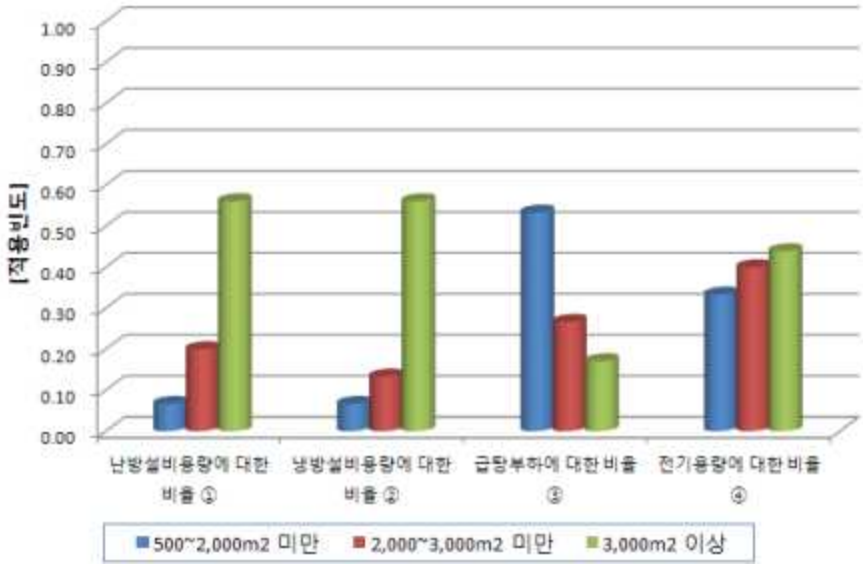


[그림 2.24] EPI 적용빈도 분석 (기계설비부문)



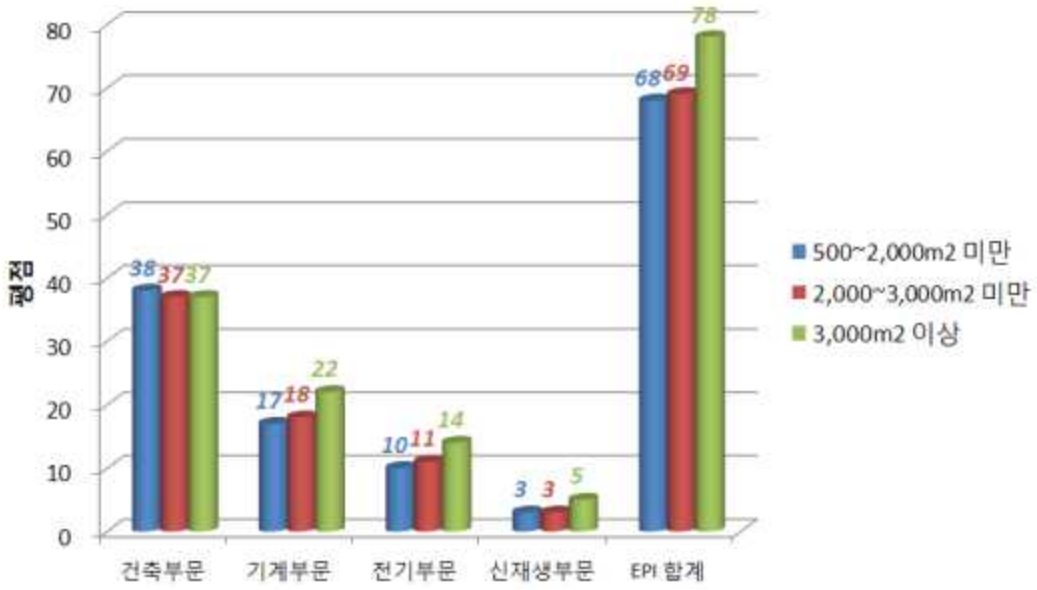
[그림 2.25] EPI 적용빈도 분석 (전기설비부문)

전기설비부문의 경우 간선의 전압강하, 25kV이하 직접강압방식, 옥외등 HID/LED 및 제어, 전체조명에 대한 LED 조명기기 전력량비율 적용은 건축물의 규모와 연관성이 크지 않은 것으로 나타났다. 3,000㎡이상으로 건축물 규모가 커질 경우 사용 전력량이 크므로 인해 변압기 대수제어, 실내조명 자동제어설비, BEMS/에너지용도별 미터링시스템, 역률자동조절장치, 분산제어시스템 등과 같이 전력제어 시스템이 다양하게 적용되는 것으로 나타났다.



[그림 2.26] EPI 적용빈도 분석 (신재생부문)

신재생부문의 경우 냉·난방 설비에 대한 신재생시스템 적용은 3,000㎡이상 건축물의 적용빈도가 높은 것으로 나타났으며, 급탕부하에 대한 신재생시스템 적용은 500~2,000㎡의 건축물에서 적용빈도가 높게 나타났다. 전기용량에 대한 적용빈도는 건축물 규모가 커질수록 적용빈도가 높아지는 것으로 나타났다.



[그림 2.27] 규모별 EPI 평점 분석

에너지성능지표(EPI)의 규모별, 부문별 적용빈도에 각 항목별 기본배점을 곱하여 평점을 분석한 결과 500~2,000㎡미만, 2,000~3,000㎡미만의 건축물의 에너지성능지표(EPI) 평점이 유사한 것으로 나타났으며, 3,000㎡이상의 건축물의 에너지성능지표(EPI) 평점이 다른 규모 건축물에 비해 9~10점 높게 나타났다.

건축물의 외피성능 등은 지역별 건축물 단열기준 등으로 인해 건축물의 규모와 관계없이 건축부문의 평점은 유사하게 나타난 것으로 보이며 반면, 500~3,000㎡미만의 건축물에서는 기계설비, 전기설비, 신재생과 같은 시스템의 적용항목과 적용빈도가 3,000㎡이상 건축물에 비해 낮은 것으로 분석되었다.

건축물의 규모별 및 에너지성능지표(EPI) 부문별 평점을 비교 검토한 결과 소규모 건축물의 규모 범위는 500~3,000㎡미만으로 설정해야 할 것으로 판단된다.

3) 에너지절약계획서 개정(안) 1차 제안

건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제22조(에너지절약계획서의 제출) 규정에 의해 건축주는 건축허가를 신청하거나 용도변경의 허가신청 또는 신고를 할 경우 국토해양부장관이 정하여 고시하는 서식으로 에너지절약계획서를 제출하여야 한다. (건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제22조, 국토해양부령 제458호, 2012년 04월 30일 일부개정)

에너지절약계획서는 [별지 제1호 서식]에 따라 일반사항, 에너지절약 설계기준 의무사항, 에너지성능지표검토서로 구분되며, 2001년 6월 용도별 통합 고시로 시행된 이후 현재까지 7번의 개정을 하였으며, 제출대상 용도와 범위는 다음과 같다.

<표 2.11> 제출대상 용도와 범위

목록	EPI용도 구분	적용규모 (바닥면적합계)	시행령 91조 대상용도
1	사무	3,000㎡ 이상	▪ 업무시설
2	판매		▪ 판매/운수시설
3	목욕	500㎡ 이상	▪ 목욕장/수영장
4	숙박	2,000㎡ 이상	▪ 숙박시설
5	병원		▪ 의료시설
6	관람	10,000㎡ 이상	▪ 문화 및 집회시설
7	학교		▪ 교육연구시설
8	주택1	-	▪ 아파트, 연립주택
9	주택2		

▪ 주택1 : 난방(개별난방, 중앙집중식 난방, 지역난방)적용 공동주택

▪ 주택2 : 주택1+중앙집중식 냉방적용 공동주택

에너지절약계획서 판정기준은 에너지절약 설계기준 의무사항은 전 항목을 채택하고, 에너지성능지표검토서 평점합계가 60점 이상일 경우 적합한 것으로 보며, 공공기관은 74점 이상일 경우 적합한 것으로 본다.

○ 일반사항

일반사항은 에너지절약계획서 표지로 건축주 및 설계자에 대한 정보 및 건축물에 대한 건축/기계설비/전기설비/신재생에너지설비 4개 부문에 대한 주요 정보를 간략하게 제공하였다.

- 가. 건축주 및 설계자
- 나. 건축부문
- 다. 기계설비부문
- 라. 전기설비부문
- 마. 신재생에너지설비부문

본 과제에서 제안한 주요 개선 내용은 면적, 효율, 용량과 관련하여 좀 더 명확한 용어(난방면적, 용량가중 평균효율, 용량 합계 등)를 제안함으로써 관련 업무 실무자와 담당자의 혼선을 줄이고 실효성 있는 데이터를 확보하고자 하였다.

현행기준의 일부 미비점을 개선·보완하고자 난방기기의 성적계수, 펌프의 제어방식, 전체 콘센트 개수, 대기전력자동차단장치 개수 등에 관한 문구를 추가하였다.

현행기준		개선(안)
▶ 건축면적 , 연면적 ▶ 단열재 종류 및 열전도율	건축 부문	▶ 건축면적, 연면적, 난방면적 추가 ▶ 단열재 종류, 열전도율로 구분
▶ 난방기기 효율 ▶ 펌프 효율 ▶ 송풍기 용량, 효율	기계 부문	▶ 난방기기 효율, 성적계수 추가 ▶ 펌프 용량가중 평균효율, 제어방식 추가 ▶ 송풍기 용량 합계, 용량가중 평균효율
▶ 변압기 종류 ▶ 주 거실 조명전력(VA/㎡) ▶ 콘센트 설치비율	전기 부문	▶ 고효율변압기 유,무 ▶ 거실 조명밀도(W/㎡) ▶ 콘센트 설치비율, 전체 콘센트 개수 추가, 대기전력자동차단장치 개수 추가
▶ 순환펌프 동력	신재생 부문	▶ 순환펌프 동력 합계

[그림 2.28] 일반사항 신구 대비표

○ 에너지절약 설계기준 의무사항

에너지절약 설계기준 의무사항은 건축/기계설비/전기설비 3개 부문에서 반드시 준수 및 설치하여야 할 항목에 관한 것으로, 전 항목 채택 시 적합한 것으로 판단하였다.

- 가. 건축부문
- 나. 기계설비부문
- 다. 전기설비부문

본 과제에서 제안한 주요 개선 내용은 타 법령에서 기 의무화되어 있는 항목 및 실효성이 없는 항목은 삭제하고, 일부 보완이 필요한 항목에 대해서는 문구를 추가하였다.

[타 법령에서 기 의무화되어 있는 항목]

- 난방열량적산계(중앙집중 난방방식의 공동주택에 대한 난방계량기 등의 설치기준)
- 실내온도조절장치(친환경주택 건설기준 및 성능)

고효율 조명기기, 일괄소등스위치, 대기전력 자동 차단장치 등과 관련하여 에너지절약 설계기준 해당 항목 조항을 함께 표시할 것을 제안하였다.

- 제5조 제11호 라목에 따른 고효율 조명기기
- 제5조 제11호 하목에 따른 일괄소등스위치
- 제5조 제11호 카목에 따른 대기전력자동차단장치

현행기준		개선(안)
▶ 방풍구조 ▶ 창호는 기밀성능 10등급 이하	건축 부문	▶ 제5조 제9호 아목에 따른 방풍구조 ▶ 거실의 외기에 직접 면하는 창호는 기밀성능 5등급 이상
▶ 설계용 외기조건 ▶ 공동주택, 실별 실내온도조절 장치 ▶ 공동주택(중앙집중), 난방적산열량계	기계 부문	▶ 설계용 외기조건(냉난방시설이 없는 경우 제외) ▶ 삭제 ▶ 삭제
▶ 고효율변압기 ▶ 변압기별로 전력량계 ▶ 전동기 ▶ 고효율 조명기기 ▶ 조도자동조절 조명기구 ▶ 점멸회로 ▶ 일괄소등스위치 ▶ 대기전력자동차단장치	전기 부문	▶ 고효율변압기(신설 또는 교체만 해당) ▶ 삭제 ▶ 전동기(소방설비용, 인버터 설치 제외) ▶ 제5조 제11호 라목에 따른 고효율 조명기기 ▶ 조도자동조절 조명기구 (계단실 포함) ▶ 점멸회로(공동주택 제외) ▶ 제5조 제11호 하목에 따른 일괄소등스위치 (전용면적 60㎡이하 주택, 카드키시스템 제외) ▶ 제5조 제11호 카목에 따른 대기전력자동차단장치

[그림 2.29] 의무사항 신구 대비표

조도자동조절 조명기구 채택 관련하여 현행 공동주택의 각 세대내의 현관, 숙박시설의 객실 내부입구에서 계단실까지 포함하여 적용할 것을 제안하였다.

틈새로 빠져나가는 열로 인한 에너지 낭비를 막기 위해 창호, 문 등이 외부 공기와 직접 접하는 경우 KS 규정에 기밀성능 5등급 이상의 제품 사용을 의무화 함

에너지절약계획서 제출대상이 500㎡이상의 모든 건축물로 확대 시행됨에 따라 소형 건축물의 경우 냉난방시설이 없는 경우도 다수 존재하여 설계용 외기조건 항목에 예외사항을 명기할 것을 제안하였다.

○ 에너지성능지표검토서(EPI)

에너지성능지표의 개념은 가장 에너지 절약적으로 설계된 최상의 성능을 갖는 건물의 에너지소비량을 EPI 최고점이라고 하는 단순한 지표로 설정하고, 이를 기준으로 각 건물의 에너지성능을 규정함으로써 누구나 쉽게 건물의 에너지성능을 파악할 수 있도록 한 것으로 판단된다.

평점은 기본배점(a)에 5개 배점으로 분류되는 배점(b)을 곱한 값으로 정의되며, 에너지절약 설계기준에 제시된 지침을 설계에 반영한 건축물의 EPI 평점합계는 최고점이 되며, 허가기준은 에너지성능지표검토서의 평점합계가 60점 이상일 경우 적합한 것으로 보며, 공공기관이 신축하는 건축물은 74점 이상일 경우 적합한 것으로 규정되어 있다.

<표 2.12> 제출대상 용도별 EPI 항목수와 평점

	항목수(평점)								
	사무	판매	숙박	목욕	관람	병원	학교	주택1	주택2
건축부문	8(45)	8(37)	9(45)	8(38)	8(46)	8(47)	8(58)	13(60)	13(57)
기계부문	16(39)	16(44)	17(42)	17(46)	15(41)	17(40)	15(31)	12(28)	17(31)
전기부문	14(22)	14(23)	13(19)	13(19)	13(20)	13(19)	13(20)	14(17)	14(17)
신재생부문	4(12)	4(12)	4(12)	4(12)	4(12)	4(12)	4(12)	4(12)	4(12)
합계	42(118)	42(116)	43(118)	42(115)	40(119)	42(118)	40(121)	43(117)	48(117)

▪ 보상점수에 관한 항목은 항목수와 평점 계산 시 미포함

▪ 2012년 건축물에너지절약설계기준 적용 (국토해양부고시 제2012-69호)

현행 에너지성능지표검토서는 주거(공동주택)를 포함한 9개 용도(사무/판매/목욕/숙박/병원/관람/학교/주택1/주택2)에 대한 에너지성능을 평가하는 지표로서, 건축, 기계설비, 전기설비, 신재생의 4개 부문으로 나뉘어져 있다.

9개 제출대상 용도별 EPI 항목 수와 평점을 살펴보면, 용도에 따른 총 항목 수는 40(관람)~48개(주택2), EPI 평점합계는 목욕시설이 115점으로 가장 낮고, 학교가 121점으로 가장 높다.

○ 에너지성능지표검토서 항목 개선(안)

에너지성능지표 검토서는 건축/기계설비/전기설비/신재생 4개 부문에 걸쳐 설계에 적용된 성능에 따라 배점(b)이 5개 점수로 분류되는 항목과 적용 여부만으로 점수 취득이 가능한 항목으로 구분된다.

허가기준은 에너지성능지표검토서의 평점합계가 60점 이상일 경우 적합한 것으로 보며, 공공기관이 신축하는 건축물은 74점 이상일 경우 적합한 것으로 판단된다.

- 가. 건축부문
- 나. 기계설비부문
- 다. 전기설비부문
- 라. 신재생부문

본 과제에서 제안한 주요 개선 내용은 지역별 건축물 부위의 열관류율 기준이 약 30%강화됨에 따라 외벽/지붕/최하층 거실바닥의 평균 열관류율에 관한 배점(b)도 강화되었다.

- 외벽의 평균 열관류율(중부 : 1.38~0.60 ☞ 1.18~0.47)
- 지붕의 평균 열관류율(중부 : 0.20~0.12 ☞ 0.18~0.11)
- 최하층 거실바닥의 평균 열관류율(중부 : 0.41~0.15 ☞ 0.29~0.12)

틈새로 빠져나가는 열로 인한 에너지 낭비를 막기 위해 창호, 문 등이 외부 공기와 직접 접하는 경우 KS 규정에 기밀성능 5등급 이상의 제품 사용을 의무화함에 따라 기밀성 창호 및 문의 설치에 의한 기밀성 등급 및 통기량에 관한 배점(b)도 강화되었다.

- 기밀성 등급(1~9등급 ☞ 1~5등급)

실효성이 없거나 일반적으로 적용하고 있는 항목은 삭제하였다.

[건축부문]

- 옥상조경 삭제

[기계설비부문]

- 심야전기이용 급탕용 축열설비 삭제
- 컴퓨터에 의한 자동제어시스템 또는 네트워킹이 가능한 현장제어 장치 등을 채택한 시스템 설치 삭제

[전기설비부문]

- 수전전압 25kV이하의 수전설비에 직접강압방식 삭제
- 수변전 설비의 자동제어 설비 채택 삭제

“창문연계 냉난방시설 자동제어시스템” 설치 항목 추가하였다.

- 창문 개방 시 센서가 이를 감지해 자동으로 냉난방기 전원을 차단하는 시스템
- 건축물 냉난방에너지 절감방안(위기관리 대책회의, ‘12/07/27)

일부 보완이 필요한 항목에 대해서는 문구 수정 및 보완하였다.

○ 에너지절약계획서 제출대상 최종(안)

에너지절약계획서 제출대상을 크게 비주거용과 주거용으로 구분하였으며, 비주거용은 대형(3,000㎡이상), 소형(500~3,000㎡미만)으로, 주거용은 주택1, 주택2(중앙집중식 냉방 적용 공동주택)로 설정하였다.

본 과제에서 제안한 에너지성능지표 검토서 개선(안)의 점수 분포 및 적용 항목 수는 다음과 같다.

현행(2010년 개정)

구분	제출대상 용도	적용규모(㎡)
1	사무	3,000
2	판매	
3	목욕	500
4	숙박	2,000
5	병원	
6	관람	10,000
7	학교	
8	주택1	연립주택, 아파트
9	주택2 (중앙집중)	

2012년 개선(안) 제안

구분	제출대상 용도	적용규모(㎡)
비주거 (7개 용도 통합)	소형	500~3,000 미만
	대형	3,000 이상
주거	주택1	연립주택, 아파트, 다세대주택
	주택2 (중앙집중)	

[그림 2.30] 제출대상 용도구분(대형/소형/주택1/주택2)

현행(2010년 개정)

항목 수	사무	판매	숙박	목욕	관람	병원	학교	주택1	주택2
건축부문	8	8	9	8	8	8	8	13	13
기계부문	16	16	17	17	15	17	15	12	17
전기부문	14	14	13	13	13	13	13	14	14
신재생부분	4	4	4	4	4	4	4	4	4
계	42	42	43	42	40	42	40	43	48

평점	사무	판매	숙박	목욕	관람	병원	학교	주택1	주택2
건축부문	45	37	45	38	46	47	58	60	57
기계부문	39	44	42	46	41	40	31	28	31
전기부문	22	23	19	19	20	19	20	17	17
신재생부분	12	12	12	12	12	12	12	12	12
계	118	116	118	115	119	118	121	117	117

2012년 개선(안) 제안

항목 수	대형	소형	주택1	주택2
건축부문	7	7	12	12
기계부문	15	15	10	15
전기부문	13	12	11	11
신재생부분	4	4	3	4
계	39	38	36	42

평점	대형	소형	주택1	주택2
건축부문	47	63	65	62
기계부문	39	25	26	29
전기부문	20	18	15	15
신재생부분	12	12	12	12
계	118	118	118	118

[그림 2.31] EPI평점 및 적용 항목 개선(안)

4) 에너지절약계획서 개정(안) 2차 제안

에너지성능지표 건축부문 권장사항 평가항목 중 건축1의 외벽의 평균 열관류율의 적용과 관련하여 단열기준 강화와 더불어 배점 구간의 강화기준이 상당히 높아 현재 에너지성능지표 외벽의 평균 열관류율의 고득점의 배점 기준을 충족하기 어려움과 건축물의 설계 특성이 다르므로 외벽의 평균 열관류율 배점 기준에 대한 조정안을 제안 하였다.

항 목		배점 (b)				
		1점	0.9점	0.8점	0.7점	0.6점
1.외벽의 평균 열관류율 Ue(W/㎡.K)주2) 주3) (창 및 문을 포함)	중부	0.470미만	0.470 ~ 0.630미만	0.630 ~ 0.790미만	0.790 ~ 0.950미만	0.950 ~ 1.180미만
	남부	0.580미만	0.580 ~ 0.760미만	0.760 ~ 0.940미만	0.940 ~ 1.120미만	1.120 ~ 1.370미만
	제주	0.700미만	0.700 ~ 0.930미만	0.930 ~ 1.160미만	1.170 ~ 1.390미만	1.390 ~ 1.720미만
	중부	0.350미만	0.350 ~ 0.370미만	0.370 ~ 0.460미만	0.460 ~ 0.560미만	0.560 ~ 0.660미만
	남부	0.440미만	0.440 ~ 0.470미만	0.470 ~ 0.570미만	0.570 ~ 0.670미만	0.670 ~ 0.770미만
	제주	0.550미만	0.550 ~ 0.650미만	0.650 ~ 0.790미만	0.790 ~ 0.930미만	0.930 ~ 1.070미만

항 목		배점 (b)				
		1점	0.9점	0.8점	0.7점	0.6점
1.외벽의 평균 열관류율 Ue(W/㎡.K)주2) 주3) (창 및 문을 포함)	중부	0.470미만	**0.470~0.640미만**	**0.640~0.820미만**	**0820~1.000미만**	1.000~1.180미만
	남부	0.580미만	**0.580~0.770미만**	**0.770~0.970미만**	**0.970~1.170미만**	1.170~1.370미만
	제주	0.700미만	**0.700~0.940미만**	**0.940~1.200미만**	**1.200~1.460미만**	1.460~1.720미만
	중부	0.350미만	**0.350~0.420미만**	**0.420~0.500미만**	**0.500~0.580미만**	0.580~0.660미만
	남부	0.440미만	**0.440~0.520미만**	**0.520~0.600미만**	**0.600~0.680미만**	0.680~0.770미만
	제주	0.550미만	**0.550~0.680미만**	**0.680~0.810미만**	**0.810~0.940미만**	0.940~1.070미만

[그림 2.32] 에너지성능지표 외벽의 평균 열관류율 개선(안)

2. 에너지성능 통합관리시스템 구축

가. 에너지절약계획서 관리시스템 구축(1단계)

1) 건축물 에너지절약설계 기준 현황

「건축물의 설계기준 등에 관란 규칙」 제22조에 따라 1992년부터 신축 건축물의 에너지절약계획서 제출이 시작되었으며, 2001년 단열규정 강화 및 8개 용도의 건축물 에너지절약설계기준을 1개의 단일 고시로 통합하여 시행하였다. 건축물 에너지절약설계기준 시행 효과 제고를 위해 2003년부터 전문기관인 에너지관리공단에서 지자채의 요청에 따라 건축물 에너지절약계획서를 검토하고 있다. 건축물 에너지절약설계기준의 근거법이 「건축법」에서 「녹색건축물 조성지원법」으로 변경되었으며, 2013년 09월 01일부터 기존 일정 규모 이상의 6개 용도의 건축물에서 500㎡ 이상 모든 건축물로 제출대상이 확대 되었으며, 이에 따라 건축물 에너지절약계획서 검토 물량이 연간 약 4천 건에서 약 2만 건으로 약 5배 증가할 것으로 예상된다. <표 2.13>은 건축물에너지절약계획서 개정 전·후의 대상용도 및 적용규모이다.

<표 2.13> 건축물 에너지절약계획서 개정 전·후 제출대상

<table>
<tr><th colspan="2">기존 (2013.08.31까지)</th><th colspan="2">개정 (2013.09.01부터)</th></tr>
<tr><th colspan="2">대상용도</th><th>적용 규모</th><th>대상용도</th><th>적용 규모</th></tr>
<tr><td colspan="2">▪ 아파트
▪ 연립주택
* 기숙사는 숙박시설에 해당</td><td>-</td><td rowspan="2">주거 (공동주택)
* 기숙사는
비주거</td><td rowspan="7">연면적 합계
500㎡ 이상의
건축물</td></tr>
<tr><td>▪ 연구소
▪ 업무시설</td><td>▪ 기타유사시설</td><td>바닥면적 합계
3,000㎡이상</td></tr>
<tr><td>▪ 기숙사
▪ 병원
▪ 유스호스텔</td><td>▪ 숙박시설
▪ 기타유사시설</td><td>바닥면적 합계
2,000㎡이상</td><td rowspan="5">비주거</td></tr>
<tr><td colspan="2">▪ 일반 목욕장
▪ 실내 수영장
▪ 기타 유사 시설</td><td>바닥면적 합계
500㎡이상</td></tr>
<tr><td>▪ 도매시장
▪ 소매시장</td><td>▪ 상점
▪ 기타유사시설</td><td>바닥면적 합계
3,000㎡이상</td></tr>
<tr><td>▪ 공연장
▪ 집회장
▪ 관람장</td><td>▪ 학 교
▪ 기타유사시설</td><td>연면적 합계
10,000㎡이상</td></tr>
</table>

2) 건축물 에너지절약계획서 검토시스템 문제점

건축물 에너지절약계획서 검토물량 증대에 대비하여 검토기관을 추가 지정하였으나(2013년 09월) 현행의 검토 시스템으로는 증가한 검토물량을 처리하기 위해서는 많은 전문 인력 및 시간이 소요될 것으로 예상된다.(민원인이 에너지절약계획서 및 관련서류를 검토기관에 오프라인으로 제출하는 것을 시작으로 검토 및 보완이 수차례 반복 수행)

검토자의 업무량이 대폭 증가, 에너지절약계획서 검토를 위한 대기 및 검토 시간 증가에 따른 민원인의 불만 증가, 허가 지체에 따른 행정적·사회적 비용 소요가 우려된다. 또한 에너지절약계획서가 오프라인으로 검토되면서 과거 제출대상 건축물의 주요 설계요소 데이터 DB가 구축되지 않아 정책적 활용이 어려운 실정이다. 민원인 및 검토자 측면에서 제출대상 확대에 따른 현재 검토시스템의 문제점을 정리하면 <표 2.14>와 같다.

<표 2.14> 오프라인 검토 시스템의 문제점

민원인	검토자
▪ 에너지절약계획서 검토를 위해 건당 약 300장의 A3용지 소모되며, 대상 확대에 따라 연간 약 6백만 장(6억) A3 소요 예상	▪ 에너지절약계획서 검토 접수를 위한 민원인 현장 방문 시 사전협의에 1~2시간 소요됨에 따라 업무 집중도 저하
▪ 소규모 건축물까지 대상이 확대됨에 따라 제도에 처음 진입하는 영세 설계사무소의 절약계획서 작성에 어려움이 예상됨	▪ 에너지절약계획서 검토 서류 보관을 위한 공간이 지역본부별로 제한적이므로 검토물량 증가에 따른 문서 보관실 부족 예상
▪ 부위별 열관류율, 평균 열관류율 및 펌프 효율 등 에너지절약계획서 수기 작성 시 필요한 계산 과정에서의 오류 가능성 높음	▪ 도면의 입력값 오류여부 판단을 위한 시간 소요가 많으며, 작성자별 제출서류가 상이하여 보완횟수가 많음

3) 건축물 에너지절약계획서 검토시스템 관련 실무자 의견수렴

에너지절약계획서 제출대상 확대 등의 대내외 환경 변화 및 현 시스템의 문제점의 개선을 위해 에너지절약계획서 제출 및 검토시스템의 온라인화를 추진하였으며, 효과적 에너지절약계획서 검토 업무 개선 및 시스템 구축을 위해 실무자들의 의견 수렴을 지속적으로 수행하였다.

온라인 시스템 구축 시 검토시간 단축을 위해 에너지절약계획서 작성 시 계산항목의 자동입력 및 소규모 건축물의 에너지절약계획서 검토항목 간소화가 필요한 것으로 나타났으며, 실무자들의 검토시스템 개선 관련 주요 의견사항은 <표 2.15>와 같다.

<표 2.15> 에너지절약계획서 검토 관련 실무자들 주요 의견사항

- 에너지절약계획서 작성 시 계산항목의 자동화를 통한 오류 최소화
  - 재료값 입력에 따른 부위별 열관류율 및 평균 열관류율 자동계산 기능
  - 부위별 구성재료 선택에 따른 KS 표준값 자동입력 기능
  - 펌프의 A효율, B효율에 따른 용량가중 평균효율의 자동계산 기능
  - 창호의 통기량에 따른 기밀성 등급 자동 입력 기능
- 에너지절약계획서 작성 시 입력값의 양식 및 단위 통일 필요
- 증축 및 용도변경의 경우 의무사항만 제출하므로 별도의 검토시스템 구축 필요
- 소규모 건축물의 에너지절약계획서 검토 시 검토항목 간소화 필요
- 우수 설계 및 부적합 설계 사례 등 체계적인 에너지절약계획서 검토사례 정리 필요

4) 기존 국내 관련 관리시스템의 인터페이스 분석

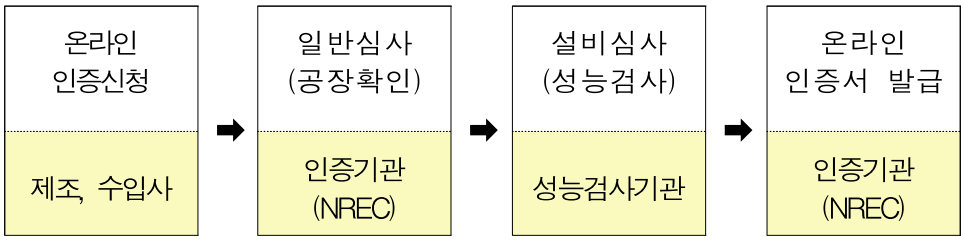
가) 신재생에너지설비인증시스템(신재생에너지설비인증제도)

① 신재생에너지설비인증제도는 「신에너지 및 재생에너지개발·이용·보급촉진법」 제13조에 따라 신재생에너지설비의 보급촉진을 위하여 일정기준 이상의 신재생에너지설비에 대하여 인증하는 제도이다. 에너지관리공단 신재생에너지센터 내 '설비보급관리 전자민원서비스'를 통하여 신재생에너지설비인증 신청이 가능하다.(www.energy.or.kr)

② 신재생에너지설비에 대한 인증을 신청자의 접수부터 인증서 발급까지 인증시스템 프로세스 전반에 걸친 온라인화가 이루어져 있으나, 각 인증제품에 대한 필수정보(제품사양 및 성능)에 대한 통계화가 미흡한 것으로 파악되었다.

③ 반면 신청인의 입장에서 현 진행단계에 대한 안내가 상세히 구분되어 있고, 검토자들의 시스템이 공단 서버에 구축되어 있는 장점에 따라 인증수수료 결제처리에서 인증완료 공문발송까지 편리한 기능이 갖춰져 있음을 확인하였다.

<표 2.16> 신재생 에너지설비인증 처리절차



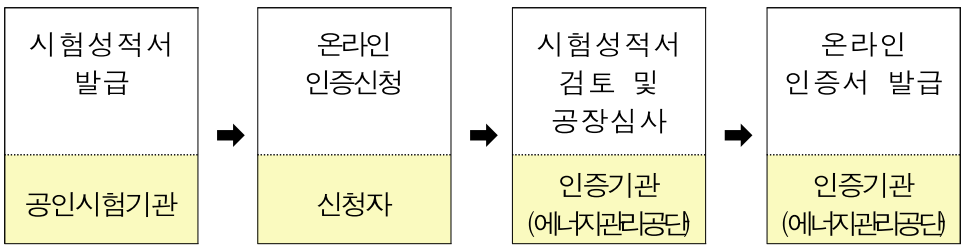
나) 고효율인증 신청시스템(고효율에너지기자재 인증제도)

① 고효율에너지기자재인증제도는 에너지사용기자재 중 에너지효율 및 품질시험 검사결과가 정부가 고시한 일정기준 이상 만족하는 제품을 고효율에너지기자재로 인증하는 자발적 제도이다. 인증을 받고자 하는 제조업자 및 수입업자는 고시된 기술기준과 측정방법에 따라 고효율시험기관에서 제품을 시험한 후, 시험성적서를 발급받아 에너지관리공단 고효율인증 신청시스템을 통하여 90일 이내에 신청을 해야 한다. (http://bpms.kemco.or.kr/efficiency system)

② 고효율인증 신청시스템은 최초인증, 모델추가인증, 유효기간연장, 인증내용 변경, 주요부품 및 구조변경, 공장 소재지 변경 등의 상의한 추진절차 및 신청 방법에 따라 구성되어 있다.

③ 고효율인증 신청시스템은 고효율에너지기자재 인증제품 정보의 통계적 측면보다는 인증신청부터 인증서 발급까지 행정적인 측면에 초점을 둔 시스템으로 관련 서류를 작성하여 첨부하는 방식으로 시스템이 운영되고 있다. 신재생에너지설비시스템과 같이 검토자 시스템이 공단 서버에 구축되어 인증과 관련된 행정절차를 시스템 내에서 처리 가능하여 검토자의 편의성이 우수한 것으로 나타났다.

<표 2.17> 고효율에너지기자재인증제도 처리절차



다) 국가온실가스 종합관리시스템(온실가스 에너지 목표관리제)

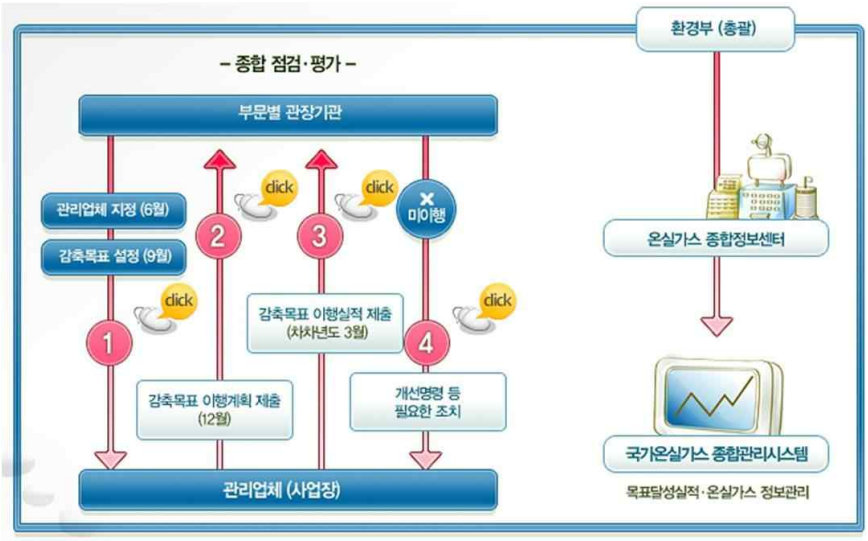
① 온실가스 에너지 목표관리제도는 온실가스 감축목표 달성과 기후변화 대응을 위한 글로벌 온실가스 감축 동력을 창출하기 위하여 온실가스를 많이 배출하고 다량의 에너지를 소비하는 대규모 사업장에 대해 온실가스 감축과 에너지 절약 목표를 부과하고 관리하는 제도이다.

② 온실가스 에너지 목표관리 운영 등에 관한 지침에 따라 모든 명세서, 이행계획서들의 제출 및 검토가 전자적 방식에 의해 이루어져야 한다는 제도적 근거를 바탕으로 온실가스 에너지 목표관리제를 지원하는 시스템인 국가온실가스 종합관리시스템을 구축하였다.

③ 국가온실가스 종합관리시스템(NGMS)은 사업장 온실가스 통계와 관련된 다양한 자료를 수집·관리하고, 중앙행정기관, 관리업체 등 대상기관들이 보고한 온실가스 배출량 및 에너지 소비량 등의 관련 자료를 총괄기관이나 관장기관에서 열람 및 관리할 수 있도록 운영하고 있다. (http://master.gir.go.kr)

④ 국가온실가스 종합관리시스템(NGMS)은 관리업체 지정, 목표설정, 이행관리 등 행정처리 뿐만 아니라 관리업체별 연간 DB를 통해 총괄기관이나 관장기관에서 다양한 관리업체들의 이행실적 달성률, 에너지사용량, 배출량 순위 등의 비교 및 분석을 통해 통계적 관리가 가능하다.

⑤ 그러나 국가온실가스 종합관리시스템을 사용하는 규모가 큰 관리업체의 경우 관련 내용을 다운 받고 이용하는데 시간이 오래 걸리며, 에러 발생률이 많이 나며, 목표관리 지침 서식과 온라인 양식과의 차이에 의해 사용자가 이해하기에 어렵고 명세서 작성 시 번거로움이 있다.



[그림 2.33] 에너지 목표관리제 진행절차

라) 건축물에너지효율등급 인증관리시스템(건축물에너지효율등급 인증제도)

① 건축물에너지효율등급 인증제도는 「녹색건축물 조성지원법」 제17조에 따라 고효율 건축물 보급 활성화를 위해 건축물의 냉·난방, 급탕, 조명 및 환기시스템에서 요구하는 에너지 소요량에 따라 1+++ ~ 7등급으로 구분되어 인증하는 제도이다.

② 인증을 받고자 하는 건축물 소유주는 에너지관리공단 전자민원에서 희망하는 인증기관을 선택하여 건축물 에너지효율등급 인증을 신청할 수 있으며, 인증 신청을 받은 해당 기관은 일련의 평가 수행 후 시스템을 통해 인증완료 및 인증서를 발급하고 있다.

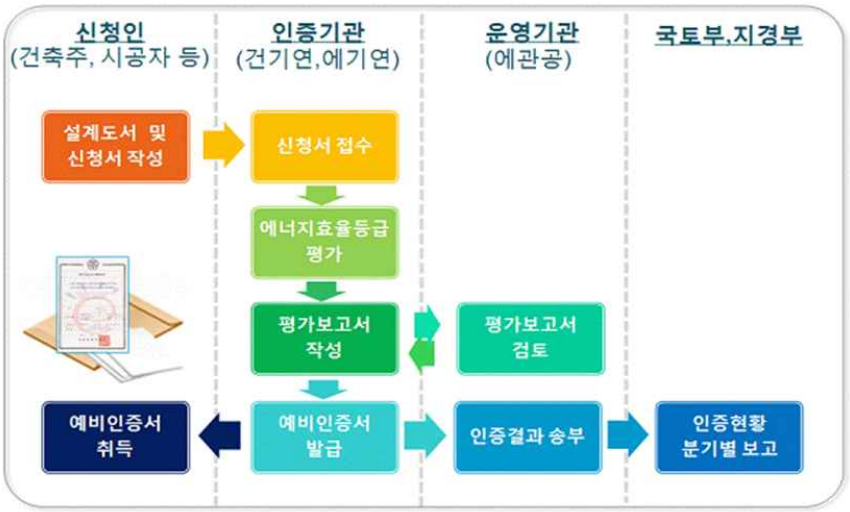
③ 건축물에너지효율등급 인증관리시스템은 신청인 - 인증기관 - 운영기관용 시스템이 유기적으로 구축되어 있으며, 단계별 인증현황을 시스템을 통해 확인할 수 있다. 또한, 2001년 인증제도 도입부터 시스템을 구축 운영하여 인증 받은 건물에 대한 정보가 세부적으로 통계화되어 있는 것이 특징이다.

④ 그러나 건축물에너지효율등급 평가 특성상 관련 서류는 오프라인으로 제출되고 있으며, 관련 규정 개정에 따라 평가정보 입력 양식 수정이 필요할 것으로 나타났다.

관련제도의 온라인시스템을 분석한 결과 제도 참여자와 검토자의 행정적 처리가 유기적으로 연계되어 있으며, 진행과정을 사용자와 검토자 모두 확인 할 수 있게 구성되어 있어 제도 진행의 투명성을 확보 하도록 이용되고 있다. 하지만 다수의 시스템이 구축된 DB를 이용한 통계적 처리 시스템이 미흡한 것으로 나타나 시스템 구축이 필요하다.

따라서 건축물 에너지효율 등급인증제도의 원활한 운영을 위해서는 시스템의 제도 참여자와 검토자의 행정적 처리가 유기적으로 연계되는 방안이 고려되어야 하며, 사용자

특성 파악을 통한 편의성 및 업무처리 간소화 확보가 중요할 것으로 사료된다. 또한, 구축된 DB를 이용한 체계적 시스템 관리를 통해 제도의 원활한 운영 및 발전이 가능할 것으로 판단되며, 향후 제도 관련 규정 개정에 따른 관리시스템 구축이 필요한 것으로 사료된다.



[그림 2.34] 건축물에너지효율등급 인증절차

5) 건축물 에너지절약계획서 관리시스템 구축

가) 건축물 에너지절약계획서 온라인시스템 구축

건축행정시스템(세움터)에 건축물에너지절약계획서 작성 및 검토 기능을 구축하여 민원인 - 허가권자 - 검토기관의 일원화된 처리가 가능한 온라인검토시스템을 구축하였다. 건축인허가 시스템과의 연계를 통해 사용자 및 검토자의 불편을 최소화하였을 뿐만 아니라 건축물의 주요 성능데이터의 DB화 기능을 구축하였으며, [그림 2.35]는 에너지절약계획서 관리지원시스템의 개요와 같이 구축하였다.



[그림 2.35] 에너지절약계획서 관리지원시스템 개요

나) 에너지절약계획서 관리시스템 추진경과

건축물에너지절약계획서 관리시스템의 안정적 구축을 위해 <표 2.18>과 같이 '12년 중순부터 현재까지 다양한 측면에서의 심도 깊은 회의를 통하여 개선사항 도출 및 반영사항 리뷰를 하였다.

<표 2.18> 에너지절약계획서 관리시스템 회의내용

회의(일자, 장소)	참석자	회의 내용
검토자 인터뷰 ('12.7.26, 에너지관리공단 본부)	·에너지관리공단 본부 ·사업단	<요청사항> 1 현행 서식(2012년) 개발 일정 향 후 재협의 및 개정 서식(2013년) 개발 요청 2. 도면(계산서) 표준화 및 자동검토 기능 개발 요청
관계기관 회의 ('12.8.8, 사업단)	·국토해양부 녹색건축과 ·에너지관리공단 본부 ·한국시설안전공단 ·세움터 유지보수사업단 ·사업단	1. 계산서 표준화, 도면(계산서) 자동검토 기능은 고도화 사업으로 진행 2. 2013년 3월에 건축인허가 업무의 시험운영이 가능하도록 개발일정 수립 3. 주택인허가, 정비사업 업무는 건축인허가 업무 개발 후 진행 4. 세움터 시험운영, 시범운영, 배포 등 표준절차를 준수하기로 협의
관계기관 회의 ('12.8.16, 사업단)	·국토해양부 녹색건축과 ·에너지관리공단 본부 ·한국시설안전공단 ·세움터 유지보수사업단 ·사업단	1. 세움터 설계도서 표준폴더는 유지관리 문제로 현행 구조를 유지 2. 에너지관리공단에서 사용하는 검토결과서 출력기능은 서식 확인 후 재협의 3. 에너지관리공단, 한국시설안전공단 인터뷰 관련 협

		조 요청
계산서 구축 관련 회의 ('12.8.29, 국토해양부 녹색건축과)	·에너지관리공단 본부 ·한국건설기술연구원 ·사업단	1. 도면(계산서) 자동검토 기능은 에너지관리공단에서 샘플을 정리한 후 재협의 2. 공무원도 에너지절약계획서 검토가 가능하도록 개발
검토자 인터뷰 ('12.9.5, 한국시설안전공단)	·한국시설안전공단 ·사업단	<요청사항> 1. 단열재 등 정보 코드화 및 숫자 입력은 단위 제외하고 숫자만 입력하게 개발 2. 검토 시, 항목별로 근거서류를 조회할 수 있도록 개발
구축 관련 회의 ('12.9.19, 에너지관리공단 본부)	·에너지관리공단 본부 ·한국시설안전공단 ·한국건설기술연구원 ·사업단	1. 2012년 건축인허가 업무 개발, 2013년 주택인허가, 정비사업 업무 개발 2. 2013년 3월에 시험운영 진행
지역본부 회의 ('12.9.28, 에너지관리공단 본부)	·에너지관리공단 본부 ·에너지관리공단 경기지역본부 ·에너지관리공단 대전지역본부 ·에너지관리공단 강원지역본부 ·사업단	<기능개선> 1. 민원인이 보완한 에너지절약계획서 항목을 구분할 수 있도록 개발 2. 온라인 설계도서 뷰어가 2개 이상의 화면에서 열릴 수 있도록 개발 3. 에너지관리공단에서 사용하는 검토결과서 서식을 출력할 수 있도록 개발
구축1차 검토회의 ('12.10.29, 에너지관리공단 본부)	·에너지관리공단 본부 ·사업단	<기능개선> 1. 의무사항, 성능지표검토서의 항목의 검토결과 요약 현황 정보 추가 예) 적합 3건, 보완 2건 2. 검토결과 등록 시, 의무사항의 확인항목 입력부분을 제외하고, 에너지절약계획서 출력물에만 확인항목이 출력되도록 수정 3. 에너지절약계획서 출력 시, 의무사항 및 성능지표 검토서 근거항목은 “첨부1” 과 같이 첨부표시만 하고 별도의 첨부서류로 근거서류 목록을 출력 4. 성능지표검토서 기계설비부분 1, 2번 항목의 가중평균 계산되도록 수정 5. 검토결과서 출력 시, 비고항목에 항목별 검토결과(정상, 보완) 표시 6. 성능지표검토서 목록에 확인평점 항목을 추가하여 신청평점과 같이 조회될 수 있도록 수정 7. 일반사항의 연관설계도서는 부문별로 등록하지 않고 일반사항 전체로 등록할 수 있도록 수정

화면 리뷰 회의 ('12.11.22, 에너지관리공단 본부)	·에너지관리공단 본부 ·한국시설안전공단 ·자림 이앤씨 ·나우 설비기술 ·사업단	<기능개선> 1. 일반사항 건축주 및 설계자 화면에 있는 동별 매칭 기능 제외 2. 연관설계도서의 파일 변경 시, 해당 파일이 연관된 모든 항목을 변경할 수 있도록 일괄변경 기능 개발 3. 근거서류를 변경 시, 해당 항목도 보완항목으로 표시되도록 개발 4. 에너지절약계획서 작성완료 버튼을 누르면 자료검증을 진행하도록 개발 5. 연관설계도서 등록의 단일매칭 기능을 제외하고 일괄매칭 기능만 유지 6. 성능지표검토서 목록에 항목별로 등록된 근거서류 건수 항목 추가 7. 민원인도 검토 결과서를 조회할 수 있도록 개발
건축물 에너지절약계획서 검토능력 향상 및 발전방안 마련 워크숍 ('12.12.20, 한솔오크밸리)	·에너지관리공단 본부 ·에너지관리공단 지역본부 검토자 ·사업단	<기능개선> 1. 성능지표검토서 보상점수 채택 후 관련 항목의 점수를 입력하면 보상점수를 채택할 수 없다는 자료검증항목 추가 2. 민원인이 에너지절약계획서 작성 시, 성능지표검토서와 소요량평가서의 작성여부를 선택이 가능하도록 개발
팀장 시연 ('13.1.11, 에너지관리공단 본부)	·에너지관리공단 본부 ·사업단	<기능개선> 1. 서식을 선택하는 목록에 서식을 선택할 수 있는 기준인 고시명 항목 추가 2. 화면 내 안내문구 수정 3. 일반사항 건축부문 단열재 입력 방식을 한국산업규격을 검색하여 입력하거나 기타 단열재를 직접 입력하는 방식으로 개발 4. 일반사항 건축부문 창문단열구조 입력 시, 한국산업규격을 선택하는 방식이 아닌 직접 입력 방식으로 수정 5. 일반사항 전기설비부문 화면에서 표 각각의 제목을 색 등을 이용하여 구분할 수 있게 수정 6. 항목별 근거서류 및 기재사항을 안내할 수 있는 항목별 도움말 기능 개발 7. 연관설계도서 등록 화면의 버튼, 도움말, 탭 명칭 등 수정 8. 자료검증 문구를 오류내용을 보여주는 방식에서 오류를 수정하라는 방식으로 수정 예) 근거서류가 등록되지 않았습니다. → 근거서류

		를 등록해야 합니다.
시범운영 협의 ('13.1.29, 에너지관리공단 본부)	·에너지관리공단 본부 ·사업단	<기능개선> 1. 의무사항 및 성능지표검토서 항목도움말 디자인 수정 2. 항목별 입력항목 37개 구축 3. 계산서 18개 구축 - 에너지관리공단 제공 계산서(평균열관류율 등)
에너지관리공단 검토자 워크숍 ('13.2.22, 수원 이비스 호텔)	·에너지관리공단 본부 ·에너지관리공단 지역본부 검토자 ·사업단	<기능개선> 1. 인동간격비 계산서 평균값에서 최소값으로 수정 2. 창호 기밀성 계산서에서 등급 입력 방식을 통기량 입력방식으로 변경 3. 외벽평균 열관류율(주거) 계산서에서 내벽, 측벽을 신규서식에서 개정되는 내용에 맞게 수정 4. 열관류율 계산서 단열재 입력 시, 직접입력 방식에서 선택(코드화) 및 기타 입력 방식으로 수정
민원인 테스트 개선사항 협의 ('13.4.16, 에너지관리공단 본부)	·에너지관리공단 본부 ·사업단	<기능개선> 1. 민원인 기능개선 요청사항 11건 중 8건 기능 개선 (성능 건축 12번 외 7건) 2. 소수점은 셋째짜리로 유지되도록 개발
시범운영 개선사항 협의 ('13.6.17, 에너지관리공단 본부)	·에너지관리공단 본부 ·사업단	<기능개선> 1. 에너지관리공단 경기지역본부 시범운영에서 요구한 사항인 검토자가 협의처리 외에 에너지절약계획서 검토 완료 시 민원인이 즉시 검토결과서를 조회할 수 있도록 기능 개선 2. 베타오픈 안내 화면 조회 후 에너지절약계획서 화면으로 이동하도록 수정
시범운영 개선사항 협의 ('13.6.24, 에너지관리공단 본부)	·에너지관리공단 본부 ·사업단	<기능개선> 1. 사이버협의 협의민원 분배(담당자 지정)기능 추가
에너지관리공단 콜센터 교육 ('13.7.3, 에너지관리공단 본부)	·에너지관리공단 본부 ·사업단	<기능개선> 1. 신규작성, 서식선택 버튼 2개 중에 서식선택 버튼 없애고 신규작성 버튼 클릭 시 바로 서식을 선택할 수 있도록 수정 2. 화면 안내문구 4건 수정(예:창문→창 및 문)
2010년 서식 추가구축 협의 ('13.7.24, 에너지관리공단 본부)	·에너지관리공단 본부 ·사업단	<기능개선> 1. 2010년 서식 추가 구축 2. 항목별 상세작성방법에 2013년 기준 추가 3. 주간최대냉방부하 계산서의 주간최대부하 한번만 입력하도록 변경

		4. 검토결과 2차보완 이 후 작성 시, 기존에 작성했던 이전 차수의 검토결과가 유지되도록 수정 5. 난방 및 냉방 계산서에서 기기 종류가 모두 같은 면 효율평균으로 계산하고 1개라도 종류가 다르면 배점평균으로 계산하도록 수정
검토기관 회의 ('13.10.23, 한국감정원)	·한국시설안전공단 검토자 ·사업단	<기능개선> 1. 검토결과서 상세(항목별 검토의견 포함) 출력기능 추가 2. 검토결과 등록화면에서 이전 차수 검토결과 조회기능 추가 3. 일반사항 건축부문 열관류율 자동 계산되지 않고 직접 입력되도록 변경 4. 사이버협의 좌측메뉴 담당, 기관 협의현황(건수) 부분 기능 개선
검토기관 협의 ('13.11.22, 한국교육환경연구원)	·국토교통부 녹색건축과 ·에너지관리공단 ·한국시설안전공단 ·한국교육환경연구원 ·한국감정원 ·민원인(건축사) ·사업단	<기능개선> 1. 민원인, 검토자 알림서비스 기능 추가 → 구축방안을 수립하여 국토교통부 녹색건축과 협의하기로 함
내부 검토자 자문회의 ('14.1.10, 에너지관리공단 본부)	·에너지관리공단 본부	<검토자 및 민원인 불편사항수집> 1 각 항목 별 파일명 세분화 및 통일화 2. 면적 산출법 개선(시스템 도입 등)
민원인 자문회의 ('14.1.16, 에너지관리공단 본부)	·에너지관리공단 본부 ·경기지역 4개 설계사무소	1. 제출서류 간소화를 위한 대책 의견수렴 2. 면적 산출법 현실화를 위한 의견수렴 3. 세부 안내자료 제공 4. 민원 대응 친절도 제고
관계기관 간담회 ('14.1.23, 에너지관리공단 본부)	·에너지관리공단 본부 ·한국시설안전공단 ·한국감정원 ·교육환경연구원 ·설계사무소 ·사업단	<요청사항> 1 공단에서 자료 제공 후 항목 별 파일명 통일 요청 2. 면적산출 관련 시스템 도입 추진 요청
고도화 관련 회의 ('14.2, 사업단)	·에너지관리공단 본부 ·사업단	<14년 1월 회의개최를 통해 수렴된 의견을 바탕으로 요청사항 송부> 1 제출서류 파일명 그룹핑 및 연동 2. 안내자료 수정(보온재 부위)

		3. 인동간격비 추가(전면부 대향동 없는 경우) 4. 열손실변동이 없는 경우에 대한 의무사항 선택 여부 체크 5. 민원인이 파일 수정한 경우, 해당파일 색 변경 6. 산업규격 제품 중 검색이 불가능한 경우에 대한 적용법 개선 7. 건축의무사항 1번의 경우 별표3 기준으로 인정을 받을 수 있도록 개선 8. 기기배관덕트 표준시방서 이외의 것에 대한 인정방법 추가
공문 자동생성 관련 회의 ('14.3, 사업단)	·에너지관리공단 본부 ·사업단	<요청사항> 1 절약계획서 검토완료 후 지자체 허가권자에게 송부하는 공문 작성과 관련, 필수적으로 작성하는 항목을 기관 별로 수렴하여 공통항목 도출 및 해당 항목을 활용한 공문 자동생성 기능 추가

시스템의 안정적 운영을 위해 <표 2.19>와 같이 여러 단계의 시연 및 시범 운영을 실시하였다.

<표 2.19> 에너지절약계획서 관리시스템 추진경과

구 분	추진내용	세부사항
1단계	에너지절약계획서 관리시스템 초안 개발 ('13.01)	- 현행 및 개정서식 시스템 구축 - 에너지절약계획서 접수·검토·보완·결과 회신 등 온라인화 - 검토자 1차 의견 및 요구사항 반영
2단계	에너지절약계획서 관리시스템 안정화 ('13.03)	- 에너지절약계획서 검토 항목별 입력값 세분화 - 에너지성능지표 DB화 - 검토자 2차 의견 및 요구사항 반영
3단계	에너지절약계획서 관리시스템 모의테스트 및 시범운영 ('13.05)	- 에너지관리공단 지역본부 검토자 대상 모의테스트 실시 - 용인시 대상 시범사업 운영('13.5~6)
4단계	에너지절약계획서 베타시스템 시연회 ('13.07)	- Focus Group 대상 시스템 시연 - 모의테스트 및 시범운영 시 보완사항 반영
5단계	에너지절약계획서 관리시스템 전면 Open ('13.09)	- 검토자 3, 4차 의견 및 요구사항 반영 - 건축물 에너지절약계획서 제출대상 확대와 동시에 대국민서비스 제공

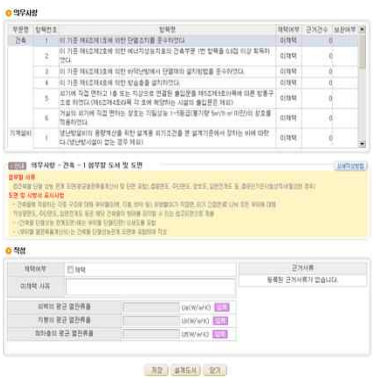
<표 2.20>과 같이 Group(검토자, 민원인, 공무원) 별 대상 또는 전체대상 교육을 구분하여 교육을 진행하는 등 효율적으로 운영하였다.

<표 2.20> 에너지절약계획서 관리시스템 교육운영

일 시	참 석 기 관	교육명(장소)
'13.7.12	·에너지관리공단 본부 ·에너지관리공단 지역본부 검토자 ·사업단	- 에너지관리공단 교육(대전 리베라호텔)
'13.7.18	·한국시설안전공단 ·사업단	- 한국시설안전공단 시스템 교육(한국시설안전공단)
'13.8.8	·서울 시군구 공무원 ·사업단	- 공무원 교육(사업단)
'13.9.5	·에너지관리공단 본부 ·한국시설안전공단 검토자 ·한국교육환경연구원 검토자 ·한국감정원 검토자 ·사업단	- 검토기관 교육(한국감정원)
'13.9.5	·에너지관리공단 강원지역본부 ·민원인 ·사업단	- 민원인 교육(강원도 춘천)
'13.10.17	·에너지관리공단 본부 ·민원인 ·사업단	- 시스템 설명회(코엑스)
'13.11.7	·에너지관리공단 본부 ·에너지관리공단 지역본부 검토자 ·사업단	- 검토기관 교육(강원도 평창 알펜시아 리조트)
'14.3.5	·에너지관리공단 본부 ·에너지관리공단 지역본부 검토자	- 지역본부 검토자 교육(수원)

교육, 회의 및 시연회 등을 통하여 개선된 사항은 <표 2.21>, <표 2.22>, <표 2.23> 및 <표 2.24>에서 보는 바와 같이 시스템에 지속적으로 반영 중에 있으며, 향후 주기적으로 개선사항을 반영할 예정이다.

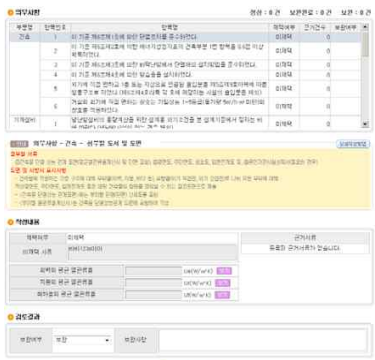
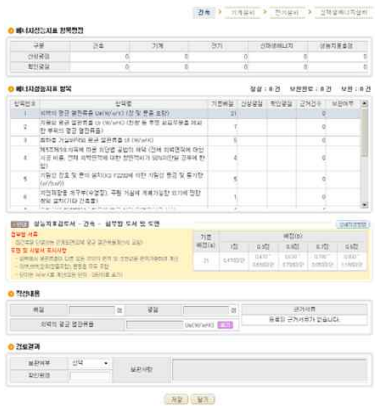
<표 2.21> 민원인 화면 전·후 대조1

<table>
<tr><td>에너지절약계획서
서식선택 화면</td><td>-</td><td>⇒</td><td>  </td></tr>
<tr><td>변경사항</td><td colspan="3">2012, 2013년 작성서식 선택 가능토록 기능 추가</td></tr>
<tr><td>건축주 및 설계자
접수 화면</td><td>  </td><td>⇒</td><td>  </td></tr>
<tr><td>변경사항</td><td colspan="3">에너지절약계획서 주요 기본정보 상시 확인토록 상단에 배치</td></tr>
<tr><td>의무사항 접수 화면</td><td>  </td><td>⇒</td><td>  </td></tr>
<tr><td>변경사항</td><td colspan="3">에너지절약계획서 작성 가이드 도움말 추가 및 자동계산 기능 추가,
작성항목 스크롤 기능 도입에 따라 가독성 제고</td></tr>
</table>

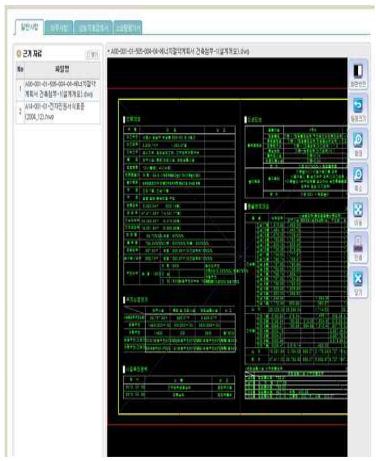
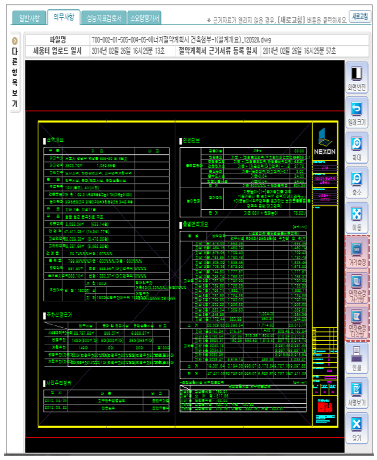
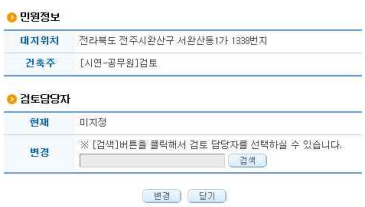
<표 2.22> 민원인 전·후 대조2

성능지표검토서 접수 화면		⇒	
변경사항	에너지절약계획서 작성 가이드 도움말 추가 및 자동계산 기능 추가 (건축부문 열관류율, 기계부문 펌프효율 등 자동계산)		
설계도서 매칭 화면		⇒	
변경사항	작성항목 별 제출서류 각 각에 대한 보기 기능 추가		
설계도서 현황 화면	-	⇒	
변경사항	작성 항목 별 업로드 되어있는 전체파일에 대한 확인 기능 추가		

<표 2.23> 검토자 화면 전·후 대조1

건축주 및 설계자 검토 화면		⇒	
변경사항	에너지절약계획서 주요 기본정보 상시 확인토록 상단에 배치		
의무사항 검토 화면		⇒	
변경사항	에너지절약계획서 작성 가이드 도움말 추가 및 자동계산 기능 추가		
성능지표 검토 화면		⇒	
변경사항	에너지절약계획서 작성 가이드 도움말 추가 및 자동계산 기능 추가 (건축부문 열관류율, 기계부문 펌프효율 등 자동계산)		

<표 2.24> 검토자 화면 전·후 대조2

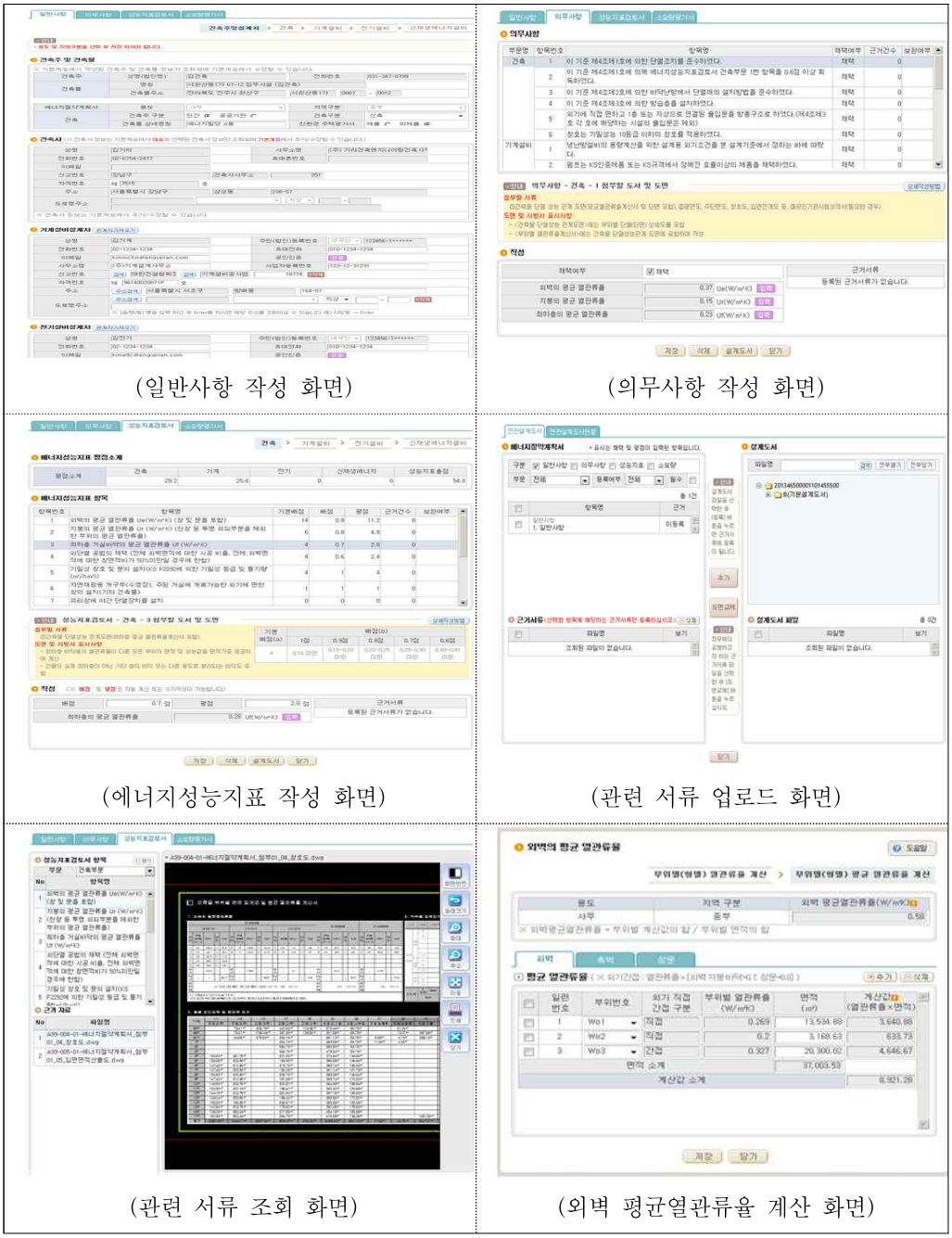
설계도서 뷰어 화면		⇒	
변경사항	설계도서 검토 시 거리측정, 면적측정 기능 추가		
도움말 화면	-	⇒	
변경사항	에너지절약계획서 작성 가이드 도움말 화면 추가		
검토자 등록 화면	-	⇒	
변경사항	에너지절약계획서 검토자 지정 기능 추가		

다) 에너지절약계획서 관리시스템 구축현황

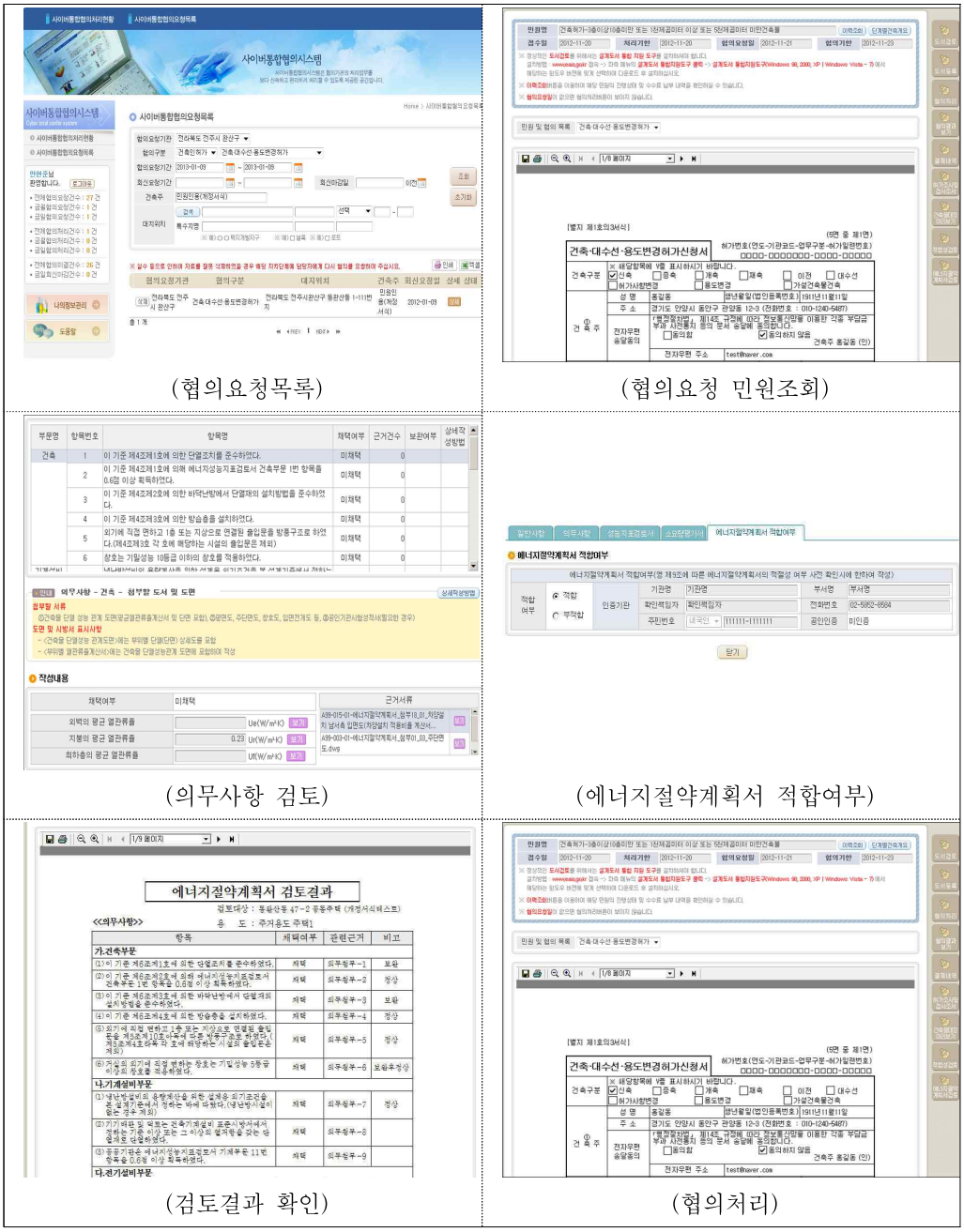
민원인의 에너지절약계획서 접수부터 보완 및 허가 통보까지 전체 프로세스가 관리시스템을 통해 일원화 되었으며, 검토자의 검토완료 여부 등 에너지절약계획서의 현재 진행상황에 대한 실시간 확인이 가능하다. 또한 에너지절약계획서 일반사항, 의무사항, 건축·기계·전기·신재생 부문 성능지표 및 소요량 평가서를 작성할 수 있는 인터페이스를 제공한다.

관련 근거서류는 온라인상으로 제출되며, 평균열관류율·난방기기효율·기기/덕트단열 등 계산 항목을 자동화 하여 제공한다. [그림 2.36]은 세움터에 구축되어진 사용자용 에너지절약계획서 온라인 작성시스템 구축 현황이다.

검토자는 민원인의 보완제출 여부 등 에너지절약계획서의 현재 진행상황에 대한 실시간 확인이 가능하며, 각 검토자에게 할당된 협의요청 목록을 확인 할 수 있다. 또한 민원인이 작성한 에너지절약계획서의 일반사항, 성능지표검토서, 소요량평가서 등 각 항목별 근거서류의 조회 및 출력이 가능하며, 평균열관류율·난방기기효율·기기/덕트단열 등 수치적 검토가 필요한 항목이 자동 계산됨에 따라 민원인의 작성 내역에 대한 검증이 별도로 요구되지 않는다. [그림 2.37]은 세움터에 구축되어진 검토자용 에너지절약계획서 온라인 시스템 구축현황이다.



[그림 2.36] 민원인 에너지절약계획서 작성시스템 구축 현황



[그림 2.37] 검토자 에너지절약계획서 작성시스템 구축 현황

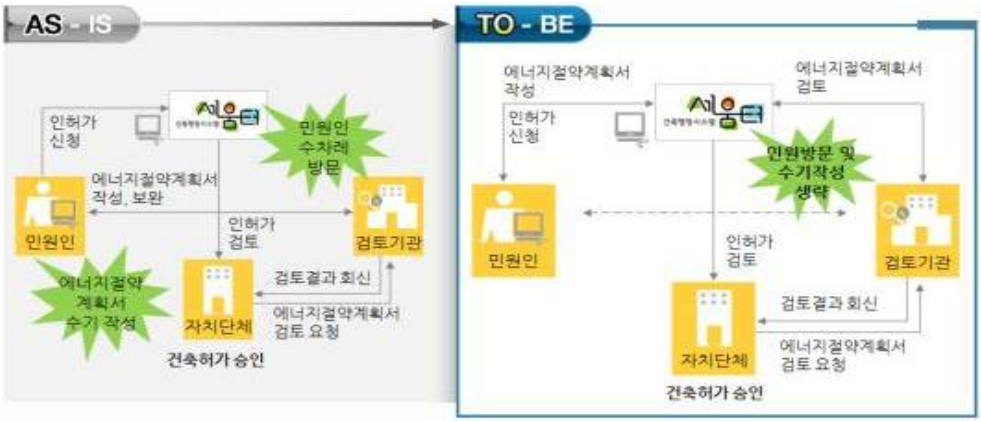
라) 에너지절약계획서 관리시스템 기대효과

에너지절약계획서 제출 및 검토 단계별 민원인 및 검토자 측면의 기대효과는 [그림 2.38]와 같다.

민원인은 건축물에너지절약계획서 제출 및 검토의 온라인화를 통해 민원인은 검토과정을 실시간 확인 할 수 있으며, 서류제출 및 보완을 위한 현장방문이 불필요하므로, 이에 따른 사회적 비용을 절감할 수 있다.

기존에는 에너지절약계획서의 항목당 요구되는 제출서식 및 도면 등을 확인하기 위해 해설서 등의 자료를 일일이 확인해야 했으며, 다양한 에너지절약계획서 의무사항, 에너지성능지표 등의 항목에 대해 각기 다른 제출서류를 구성하기 위해 제출도면이 방대해지고 작성시간의 증가 등의 문제점이 있었지만, 온라인 시스템을 통해 제출서류를 안내하여 서류 누락을 줄일 수 있으며, 요구되는 도면 업로드를 통해 제출 도면이 간소화되어 서류 편철이 불필요하게 되었다.

평균열관류율·난방기기효율·기기/덕트단열 등과 같은 입력값의 자동계산을 통해 계산값의 신뢰성 또한 확보할 수 있다. <표 2.25> 및 <표 2.26>은 에너지절약계획서 온라인 시스템의 구축효과 등을 나타내고 있다.



[그림 2.38] 에너지절약계획서 제출 및 검토단계 전·후

검토자는 온라인시스템 구축을 통해 할당된 검토물량을 한 번에 확인 할 수 있으며, 작성된 에너지절약계획서 현황을 관린 할 수 있다. 또한 일원화된 시스템에 의해 민원인의 현장방문 상담횟수 감소 및 단계별 소요시간 절감 등에 따라 협의기간이 전체적으로 단축되었다.

기존에는 민원인이 직접 계산한 도면에서 평균열관류율·난방기기효율·기기/덕트단열 등과 같은 입력값의 오류를 판단하기 위해 재계산에 많은 시간이 소요되었으나 에너지절약계획서 온라인시스템 구축을 통해 이러한 항목들의 자동계산이 가능해짐에 따라 검토시간 및 오류를 최소화 할 수 있다. 또한 시스템을 통해 작성방법, 첨부 서류 및 절차 등을 온라인으로 안내함에 따라 관련 문의 민원이 감소하며, 서류 및 절차 누락 등에 따른 보완횟수가 최소화 된다.

오프라인 시스템 방식에서는 에너지절약계획서 관련서류를 공간적으로 제한이 있는 지역본부별 창고에 보관해야 하는 불편함이 있었으며, 분산되어 있는 서류에 대한 데이터 추출

을 위한 시도가 어려웠으나 에너지절약계획서 온라인시스템 구축을 통해 건축물의 주요 설계요소 데이터를 DB화함으로써 건축 설 계시 필수요소 통계화가 가능해지며 지역별·규모별 건축 에너지효율화를 위한 정책 개발에 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

<표 2.25> 민원인 측면 온라인시스템 구축효과

구 분	오프라인 시스템	온라인 시스템	개선점
접수방식	민원인 방문 접수 (off-line)	세움터 접수 (on-line)	진행상황 투명, 서류제출을 위한 직접방문 불필요
제출도서	건축, 전기, 기계 도면 일체	각 항목별 필요도면만 업로드	제출 도면 간소화로 서류 편철(약 300page) 불필요
제출서류 안내	해설서 책자 참고	각 항목 선택 시 제출서류 및 기재내용 안내	첨부서류 누락 최소화를 통한 보완횟수 감소

<표 2.26> 검토자 측면 온라인시스템 구축효과

구분	오프라인 시스템	온라인 시스템	개선점
접수방식	민원인 방문 접수 (off-line)	세움터 접수 (on-line)	진행상황 투명, 서류 보관 불필요
제출도서	건축, 전기, 기계 도면 일체	각 항목별 필요도면만 업로드	제출 도면 간소화로 검토자 검토시간 단축
제출서류 안내	해설서 책자에서 안내	각 항목 선택 시 제출서류 및 기재내용 안내	항목별 제출서류를 안내, 확인하므로 첨부 누락에 따른 보완횟수 최소화
채택점수 자동화	수동 계산	조건값을 입력하여 자동계산	검토시간 단축 및 오류 발생 최소화
DB구축	건물명, 연면적, 용도, 총점 등만 DB화	단열재 종류, 설비 효율 등 항목별 DB화	건축 설계시의 필수요소 통계화, 정책 개선

6) 건축물 에너지절약계획서 관리시스템 관련 설문조사

에너지절약계획서 관리시스템의 지속적인 개선을 위하여 에너지절약계획서 검토자를 대상으로 설문조사를 실시하여 개선방안 및 취약점을 도출하고, 시스템의 만족도를 분석하고자 설문조사를 실시하였다. 건축인·허가 통합시스템과의 연계성과 사용자 편의성으로 구분하여 진행하였으며, 설문조사 대상은 설문조사서에 구분 없이 동일하다.

가) 설문개요

에너지절약계획서 관리시스템과 건축인·허가 통합시스템과의 연계성 파악 및 사용자 편의성 관련 만족도를 조사하기 위하여 2014년 03월 4주차부터 04월 1주까지 2주 동안 에너지절약계획서 검토자 60여명을 대상으로 설문조사를 실시하였으며, 조사방식은 우편 및 E-mail을 병행하여 진행하였다.

나) 설문조사 구성

설문내용은 크게 2파트로 구성되며, 첫 번째 파트는 에너지절약계회서 관리시스템과 기존 건축인·허가 통합시스템과의 연계성 파악을 휘한 에너지절약계획서 관리시스템의 각 검토항목별 에러 발생률 조사와 두 번째 파트 에너지절약계획서 관리시스템의 사용자 편의성 조사를 위한 인터페이스 디자인 관련 만족도 조사로 구성하였다.

설문조사 대상은 에너지절약계획서 관련 민원인과 허가권자 양측의 의견수렴이 가능한 각 검토기관 검토자들로 선정하였으며, 검토기관별 검토비중을 고려하여 설문조사를 진행함으로써, 특정기관의 결과에 치우치지 않도록 구성하였다.

첫 번째 에너지절약계획서 관리시스템 각 검토항목별 에러 발생률 조사는 건축, 기계, 전기, 신재생, 소요량평가서 각 분야별 검토항목 63개로 관련 문항을 구성하였다. 두 번째 에너지절약계획서 관리시스템의 사용자 편의성 관련 만족도 조사는 항목별 검토방식, 호환성, 가독성 등에 10개 항목으로 관련 문항을 구성하였다. 또한, 두 번째 사용자 편의성 관련 만족도 조사에서는 개선방안 도출을 위한 의견 제시란을 별도로 제공함으로써 시스템의 지속적인 업그레이드를 고려하였다. 주요 설문조사 내용은 아래 <표 2.27> 및 <표 2.28>과 같다.

<표 2.27> 건축인·허가 통합시스템과의 연계성 설문조사 내용 1

건축물 에너지절약계획서 관리시스템 관련 설문조사

안녕하세요?

에너지절약형 건축수요에너지성에서는 건축물 에너지인허가업무의 효율적 업무지원 및 건축인허가 통합시스템과의 연계성 및 사용자의견에 대한 만족도를 파악하기 위해 본 조사를 실시하고 있습니다. 각 업무별 건축물 에너지절약계획서 정보시스템의 운영업무 담당하고 있는 담당자의 바쁜 업무에 불편을 드리지 않도록 간단하게 설문하여 주시기 바랍니다.

감사합니다.

2014년 5월

■ 조사내용

기관부서명		성 명	

Part A 건축인허가 통합시스템과의 연계성(기능별 시스템 분석)

1. 건축 담당자는 1번 "에 기본 정보"에 대한 단보고서를 조회"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

2. 건축 담당자는 2번 "에 기본 정보"에 대한 에너지효율지표의 건축부문 1번 등급을 0.6점 확보 목적"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

3. 건축 담당자는 3번 "에 기본 정보"에 대한 바다보에서 단보제의 성적비율을 조회"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

4. 건축 담당자는 4번 "에 기본 정보"에 대한 불충등을 성적"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

5. 건축 담당자는 5번 "건축물 적합 판정 1등 또는 자상으로 판정의 취득을 목표"에 따른 패널구조"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

6. 건축 담당자는 6번 "기본적 적합 판정 정보는 기존정보 1~5항목(총 6가지) 이외의 정보는 이용"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

7. 건축 담당자는 1번 "냉난방설비의 용량계산을 위한 설계용 외기조건을 적도별로제시 또 설계기준에서 정하는 예외 적용"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

8. 건축 담당자는 2번 "램프는 5,000초제곱 또는 50만제곱 정격인 소효제심의 제한을 제외"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

9. 건축 담당자는 3번 "건축계획 또 배치는 건축계획에 포함되어야에서 정하는 기준 적합 또는 그 적합에 대한 검토 결과 인정되는 경우"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

10. 건축 담당자는 4번 "프로그램은 에너지성능보고서의 기계부문 11번 배점을 0.6점 확보 목적"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

11. 건축 담당자는 1번 "변압기는 적도제11조기준에 따른 고효율변압기를 설치"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

12. 건축 담당자는 2번 "건축물은 대한건기법에서 정한 내진규정의 근관식 부설 용접기호에 대한 비틀개념을 근관식호 건축기법도 설치"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

13. 건축 담당자는 3번 "건축의 단열성능은 대한건기법에서 정한 내진규정에 따라 설계"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

14. 건축 담당자는 4번 "고효기기 등 전원기기(태양광판, 풍력판, 풍력판프레임기)는 제외한 에너는 적도제11조제3에 따른 고효율 고효기기는 사용하고 전원기는 태양 풍력판프 전용 전원기는 설치"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

15. 건축 담당자는 5번 "고효두께별 각 세대내의 설정, 수학사이의 자상 내부설T 조 개정으로 건축 또는 변경사항은 경우 고효기기는 건물신고 두 자료 소명하는 적도제11조제3에 따른 고효자료로 고효기기를 제외"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

16. 건축 담당자는 6번 "기이의 고효기기는 부분고효의 기능에으로 설명서으로 구성"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

17. 건축 담당자는 7번 "조명, 구멍 또는 제대별로 적도제11조제3에 따른 건물스템이어을 설치"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

18. 건축 담당자는 8번 "대기전력자동차단장치는 조명 제외는 콘센트 개수가 적도제10조기준에 따른 기준에 설치하는 전체 콘센트 개수의 80% 이상 설치"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

19. 건축 담당자는 1번 "지역에 따른 단열기준"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

20. 건축 담당자는 2번 "지붕에 따른 단열기준"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

21. 건축 담당자는 3번 "외피의 개구부에 따른 단열기준"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

22. 건축 담당자는 4번 "적도제10조기에 따른 지하의 외피의 제외"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

23. 건축 담당자는 5번 "기준의 창호 또 유리 설치"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

24. 건축 담당자는 6번 "자연환기부위수량은 구역 기준에 개별 거실의 적합 창의 설치면적의 5%이상 확보"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

25. 건축 담당자는 7번 "외피창에 적도제10조기에 따른 제한 단보재료를 설치"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

26. 건축 담당자는 8번 "냉방부하저감을 위한 적도제10조기에 따른 차양에의 설치"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

27. 건축 담당자는 9번 "지하에 위한 두꼽 등방구에 해당은 또는 제외으로 설치 할 수 있음"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

28. 건축 담당자는 10번 "프조두께 각 세대의 설정에 해당은 설치"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

29. 건축 담당자는 11번 "대부분의 실에에 대한 법조건이에"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

30. 건축 담당자는 12번 "프조두께의 지하두께에 300㎜ 이내 따라 ㎡제곱의 재질별 개구부율 산정에(단, 유리 제외 제외), 프조설계는 두께 크게에 따라 선형도별로 자료제출 또는 스케조 제에 기준에으로 설치 프조적은 검소"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

31. 건축 담당자는 13번 "지하두께에 설치하지 산는 경우의 개구부는 1번 또 건축부는 1.2점에 대한 보상점수"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

32. 건축 담당자는 1번 "건물설계"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

33. 건축 담당자는 2번 "냉방설계"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

34. 건축 담당자는 3번 "전력에 또 프조를 손실기의 요율(U)"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

35. 건축 담당자는 4번 "냉부수수량, 급수 또 급탕용프의 해당 요율(U)"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

36. 건축 담당자는 5번 "태고노태적시스템 등 적기설비시스템의 도입"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

37. 건축 담당자는 6번 "제조사수량 등기에서 또는 바다업체 제품의 등기에서, 보고서 또는 프조기의 제조에 수상에"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

38. 건축 담당자는 7번 "기기, 제품 그 제조 단보"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

39. 건축 담당자는 8번 "건축설계의 대수선부, 리제에에 또는 대조에에 부근"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

40. 건축 담당자는 9번 "프기조서기 등에 기술자격에 등 에너지프조에 적제에이 제에"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

41. 건축 담당자는 10번 "건축물수의 에프에수설에"는 수행하는 과정에서 메뉴가 간편히 이해 되었나?
① 보다 ② 아니다 ③ 잘못 모름

42. 귀댁 에너지절감시설 11번 "축냉식 전기냉방, 가스엔진 열병합냉방, 지역냉방, 소형고효율 냉방 제품, 신재생 에너지원을 냉방 에너"는 수행사는 제공에서 에너가 그래픽 여부 크습니까?
① 크다 ② 보다 ③ 고민 신중

43. 귀댁 에너지절감시설 12번 "급탕을 보고자"는 수행사는 제공에서 에너가 그래픽 여부 크습니까?
① 크다 ② 보다 ③ 고민 신중

44. 귀댁 에너지절감시설 13번 "난방 또는 냉난방순환수 펌프의 대수제어 또는 가변속제어 등 에너지로의 제어분석 제어"는 수행사는 제공에서 에너가 그래픽 여부 크습니까?
① 크다 ② 보다 ③ 고민 신중

45. 귀댁 에너지절감시설 14번 "급수용 펌프 또는 가변급수펌프드라이버 가변속 제어 등 에너지로의 제어분석 제어"는 수행사는 제공에서 에너가 그래픽 여부 크습니까?
① 크다 ② 보다 ③ 고민 신중

46. 귀댁 에너지절감시설 15번 가변풍량제어의 지속두성과 측가를 통해 에너지로의 제어분석 성적 제어"는 수행사는 제공에서 에너가 그래픽 여부 크습니까?
① 크다 ② 보다 ③ 고민 신중

47-1. 귀댁 에너지절감시설 16번-1 "제어대상에 따른 소음기스크리밍조치시설, 소리는 정용 배전시스템을 제어 여부 1번, 2번 해주의 여부에 응가한 과부의 보상율수"는 수행사는 제공에서 에너가 그래픽 여부 크습니까?
① 크다 ② 보다 ③ 고민 신중

47-2. 귀댁 에너지절감시설 16번-2 "개별난방 또는 개별냉난방의 구성는 제어여부 2번, 1번 해주의 여부에 응가한 과부의 보상율수"는 수행사는 제공에서 에너가 그래픽 여부 크습니까?
① 크다 ② 보다 ③ 고민 신중

48. 귀댁 에너지절감시설 17번 "에도제어조기에 따른 가상적 조보으로"는 수행사는 제공에서 에너가 그래픽 여부 크습니까?
① 크다 ② 보다 ③ 고민 신중

49. 귀댁 에너지절감시설 18번 "건설의 건설관리"는 수행사는 제공에서 에너가 그래픽 여부 크습니까?
① 크다 ② 보다 ③ 고민 신중

50. 귀댁 에너지절감시설 19번 "건설기는 대수제어가 기능하으며 원고 구성"는 수행사는 제공에서 에너가 그래픽 여부 크습니까?
① 크다 ② 보다 ③ 고민 신중

51. 귀댁 에너지절감시설 20번 "보대수수준의 경우는 위한 제도제11조조제에 따른 보대수수준의 제어성적"는 수행사는 제공에서 에너가 그래픽 여부 크습니까?
① 크다 ② 보다 ③ 고민 신중

52. 귀댁 에너지절감시설 21번 "상세 도보설계에 대해 도별 도은 세도별 자중제어성적는 제어"는 수행사는 제공에서 에너가 그래픽 여부 크습니까?
① 크다 ② 보다 ③ 고민 신중

53. 귀댁 에너지절감시설 22번 "옥외등은 고휘도방전등(HID 램프) 또는 LED 램프을 사용하고 적정 도보를 자중 제어여부에 응가한 과부의 보상율수"는 수행사는 제공에서 에너가 그래픽 여부 크습니까?
① 크다 ② 보다 ③ 고민 신중

54. 귀댁 에너지절감시설 23번 "조명 또는 램프 구성별로 점멸제어 성적"는 수행사는 제공에서 에너가 그래픽 여부 크습니까?
① 크다 ② 보다 ③ 고민 신중

55. 귀댁 에너지절감시설 24번 "BEMS 또는 에너지 모니터 미터링시스템 성적"는 수행사는 제공에서 에너가 그래픽 여부 크습니까?
① 크다 ② 보다 ③ 고민 신중

56. 귀댁 에너지절감시설 25번 "비용적중 근본식을 설정 성적할 과부 비용적중으로성적"는 수행사는 제공에서 에너가 그래픽 여부 크습니까?
① 크다 ② 보다 ③ 고민 신중

57. 귀댁 에너지절감시설 26번 "건축에너지시스템으로서 각 성적별 에너지에너지시스템에 개별별 조보기술은 제어성적 성적별 에너지시스템 간 에너지원의 대체에의 조정과 성능에너가 기능한 시스템"는 수행사는 제공에서 에너가 그래픽 여부 크습니까?
① 크다 ② 보다 ③ 고민 신중

58. 귀댁 에너지절감시설 27번 "건축 조보성의 건축에 대한 LED 조보기기 건의 비율(%)"는 수행사는 제공에서 에너가 그래픽 여부 크습니까?
① 크다 ② 보다 ③ 고민 신중

59. 귀댁 에너지절감시설 28번 "에도제11조기조에 따른 대건축사업심의위원회 조에 심의하는 근본으로 가상적 성적은 건축 근본으 개수에 대한 비율"는 수행사는 제공에서 에너가 그래픽 여부 크습니까?
① 크다 ② 보다 ③ 고민 신중

60. 귀댁 에너지절감시설 29번 "에도제11조기조에 따른 정보 범위 성보성의 자중 제어시스템을 제어"는 수행사는 제공에서 에너가 그래픽 여부 크습니까?
① 크다 ② 보다 ③ 고민 신중

61. 귀댁 에너지절감시설 30번 "그래프는 대건축사업심의수수제도으로 제어"는 수행사는 제공에서 에너가 그래픽 여부 크습니까?
① 크다 ② 보다 ③ 고민 신중

62. 귀댁 에너지절감시설 31번 "온개에너지를 대건축사업심의수수제도으로 제어"는 수행사는 제공에서 에너가 그래픽 여부 크습니까?
① 크다 ② 보다 ③ 고민 신중

63. 상세에너지 에너지절감시설 32번 "건축단열성능평가 대한 상세에너지 해당 비율"는 수행사는 제공에서 에너가 그래픽 여부 크습니까?
① 크다 ② 보다 ③ 고민 신중

<표 2.28> 건축인·허가 통합시스템과의 연계성 설문조사 내용 2

Part B. 사용자 편의성(Usability)

1. 본인의 경로식스템에 대해서 전반적으로 얼마나 만족하십니까?
① 매우 불만족 ② 불만족 ③ 보통 ④ 만족 ⑤ 매우 만족

2. 본인의 경로식스템의 "메뉴 별로 경로식은 분석"에 대해서 얼마나 만족하십니까?
① 매우 불만족 ② 불만족 ③ 보통 ④ 만족 ⑤ 매우 만족

3. 본인의 경로식스템의 "메뉴 별로 드기 작도는 학생식은 분석"에 대해서 얼마나 만족하십니까?
① 매우 불만족 ② 불만족 ③ 보통 ④ 만족 ⑤ 매우 만족

4. 본인의 경로식스템의 "검색 데이터의 반복·오류검색"에 대해서 얼마나 만족하십니까?
① 매우 불만족 ② 불만족 ③ 보통 ④ 만족 ⑤ 매우 만족

5. 본인의 경로식스템과 경로작성 PC 운영체제명칭, 웹 브라우저 명 간의 조화성에 대해서 얼마나 만족하십니까?
① 매우 불만족 ② 불만족 ③ 보통 ④ 만족 ⑤ 매우 만족
ㅅ 운영체제 : Window, Linux 등
ㅅ 웹 브라우저 : Explorer, Fire Fox, Chrome 등

6. 본인의 경로식스템의 서비구성(한자명, 기속성 명)에 대해서 얼마나 만족하십니까?
① 매우 불만족 ② 불만족 ③ 보통 ④ 만족 ⑤ 매우 만족

7. 본인의 경로식스템과 조사의 어가을 위한 드기지도에 대한 주비성에 해당하는 곳에 대해서 얼마나 만족하십니까?
① 매우 불만족 ② 불만족 ③ 보통 ④ 만족 ⑤ 매우 만족
ㅅ 오프라인 경로식스템 분석하는 어가성과 시점의 드기와 어가방도 시점의 드기가 동일시하는 경우가 빈번하였음

8. 본인의 경로식스템과 조사의 상세DB가 축적하는 곳에 대해서 얼마나 만족하십니까?
① 매우 불만족 ② 불만족 ③ 보통 ④ 만족 ⑤ 매우 만족
ㅅ 오프라인 경로식스템을 조사여 축적된 자료은 미비함

9. 본인의 경로식스템과 조사의 축적하는 상세DB을 정용하여 조정성보을 제고하는 곳에 대해서 얼마나 만족하십니까?
① 매우 불만족 ② 불만족 ③ 보통 ④ 만족 ⑤ 매우 만족

10. 에너지절약으로 경로수송에너지성보는 에너지조사현장서 경우의 효율성 그 변화의 제고을 위해서 다음으로 노력하고 있습니다. 해당 노력(본인의 경로식스템 개선 또 고고속 주더 방법 대해서 얼마나 만족하십니까?
① 매우 불만족 ② 불만족 ③ 보통 ④ 만족 ⑤ 매우 만족

위기설문 건축은 에너지조사현서 본인에식스템과 관련하여 개선사례나 방법에 크으시면 자유롭게 서술해주세요.

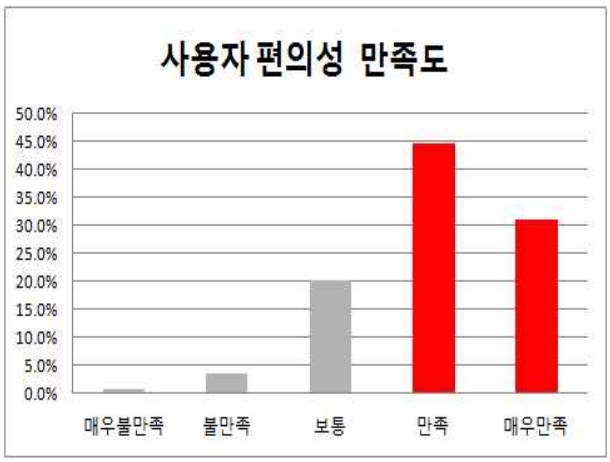
다) 설문조사 결과

에너지절약계획서 관리시스템에 대한 기존 시스템과의 연계성 및 사용자 편의성 조사는 60여명의 검토자 표본 중 51명의 결과를 바탕으로 작성하였으며, 설문조사결과는 아래 <표 2.29>와 같다.

<표 2.29> 설문조사 결과

건축인허가 통합시스템과의 연계성(68개 문항)				
구분	있다	없다	경험 없음	계
설문결과	95	3,128	177	3,468
에러율(%)	2.95	97.05	-	100
에러발생율(%)				2.95

사용자 편의성(10개 문항)						
구분	매우 불만족	불만족	보통	만족	매우 만족	계
설문결과	4	18	103	227	158	5,100
설문결과 점수환산	80	720	6,180	15,890	15,800	40,940
평균 점수						80.27



건축인·허가 통합시스템과의 연계성 파트는 에러율 2.95 %로 전반적으로 양호한 상태인 것으로 검토되었다. 그러나 항목별 에러발생율을 검토한 결과 건축부문 성능지표 1번 항목(외벽평균열관류율 - 8.42%), 2번 항목(최상층 평균열관류율 - 4.21%) 및 3번 항목(최하층 평균열관류율-3.16%)에서의 에러율이 높게 나타나는 것으로 검토되었으며, 향후 해당 항목에 대한 시스템 간소화 등 개선작업이 요구되는 것으로 사료된다.

에너지절약계획서 관리시스템에 대한 사용자 편의성 만족도 결과는 80.27점으로 전반적으로 관리시스템에 대한 만족도가 높지 않은 것으로 검토되었다. 항목별 불만 부문을 검토한 결과 조사항목 5번(검토자 PC환경과의 호환성-27.78%), 6번(검토시스템의 가독성 -22.22%)에서 특히 높게 검토되었으며, 향후 해당 항목에 대한 시스템 개선 등 보완작업이 요구되는 것으로 사료된다.

에너지절약계획서 관리시스템의 효율적인 운영 및 지속적 발전을 위해서는 민원인, 허가권자 및 검토자 모두의 관심 및 상호협조가 요구되며, 본 설문조사에서는 민원인과 허가권자가 조사 대상에서 제외되어 있다. 또한 민원인, 허가권자를 대상으로 설문조사가 진행될 필요성이 있으며, 조사대상증가에 따라 요구사항이 증가될 가능성이 있을 것으로 예측되어 시스템 개발 및 유지보수에 필요한 인력 보강이 필수적일 것으로 보인다.

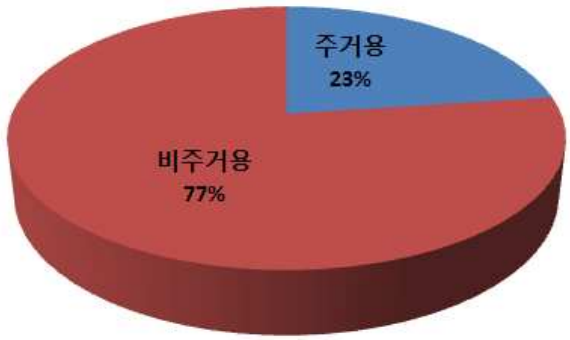
나. 관리시스템 DB를 활용한 주거/비주거용 건물의 에너지 표준모델

1) 건축물 에너지절약 계획서 데이터 조사 및 데이터베이스(Database)화

현재는 녹색건축물 조성 지원법 제14조(에너지절약계획서 제출)와 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제22조에 의해 건축물의 건축주는 신축건물의 건축허가를 신청하거나 용도변경의 허가신청 등의 경우에 국토교통부장관이 고시한 에너지절약계획서와 에너지성능지표(EPI) 검토서를 제출하여야 한다. 본 연구의 1차년도 연구결과를 반영하여 2013년에 건축물 에너지절약설계기준이 개정되면서 연면적 합계 500㎡이상의 건축물은 모두 해당 규정을 따라야 하고 설계기준의 의무사항 준수, 에너지절약계획서 제출 및 65점 이상의 EPI점수를 획득하여야 한다. 또한 EPI점수 산정을 위한 용도를 7개용도(사무, 판매, 숙박, 목욕, 관람, 병원, 학교)에서 3,000㎡이상의 대형건물과 3,000㎡미만의 소형건물로만 구분하는 것으로 개정되었다.

본 연구에서는 국내 주거/비주거용 건축물의 설계현황을 분석하기 위해 일정규모 이상의 건축물의 허가 시 의무적으로 제출해야 하는 건축물 에너지절약계획서 및 에너지성능지표(Energy Performance Index, EPI)을 수집하고 적용된 내용을 분석하였다. 건축물 에너지절약계획서 관리 시스템 구축이 2013년에 완료되고 시스템을 통한 에너지절약계획서 데이터 접수가 시작되었으므로 관리시스템을 통한 데이터 수립은 한계가 있어 2009년부터 2011년 동안 설계된 국내 주거용 건물 및 비주거용 건물을 대상으로 에너지절약계획서 제출에 따른 데이터를 수집하였다.

데이터 표준화 및 데이터베이스(DB, Database)화를 위해 건물의 설계현황 데이터 수를 주거용 및 비주거용 건물을 포함하여 총 829개 건물의 데이터를 수집하였다. 수집된 데이터는 주거용 건물은 129개 건물 데이터, 비주거용 건물은 435개 데이터이다.



[그림 2.39] 건축물 에너지 설계 현황 DB을 위해
수집된 건물 데이터 현황

가) 표준데이터 및 표준모델 설정 방법론 조사

주거 및 비주거용 건축물의 에너지 설계 데이터의 표준화 및 건물 에너지 표준모델을 설정하기 위해 기존의 국내외에서 수행된 유사 선행 연구를 조사하였다.

조사방법은 '표준데이터', '표준모델', '표준건물 등의 키워드를 중심으로 국내외 자료를 검색하여 표준모델 설정 방법과 관련된 내용을 정리하였다. 조사된 국내외 문건은 약 50여건으로 본 연구의 내용과 유사한 목적의 연구내용을 정리하면 다음 <표 2.30>과 같다.

설계데이터에 대한 표준화 연구는 국내외 사례가 거의 수행되지 않았다. 1998년 산업자원부에서 '건물의 에너지원단위기준(안) 연구'가 진행되었고 실태조사를 통한 건물용도별 설계현황 조사가 이루진 바가 있으며 에너지기술 자료의 조사 및 데이터베이스화를 위한 에너지기술 DB화 연구가 수행되었다.

<표 2.30> 기존연구의 '표준모델' 설정방법

형태	가상건물	현존건물	법적 수준의 기준건물
목적	- 최적 설계요소 설정 - 건물 성능 예측 및 평가	- 평가프로그램 개발 및 타당성 검증	- 설계요소 비교, 최적대안 선정
방법	- 국내현황 조사 (설계도서, 현황조사, 실측조사 등 문헌 조사) - 데이터 분석(평균값, 최빈값) - 일반적인 수준 설정 (전문가 의견 반영) - 설문조사 및 전문가의견	- 임의선정 (공동주택 또는 사무소 건물) - 현존건물 대상 설정 (실제 또는 설계데이터 활용) - 실제 데이터 비교 (에너지사용량 등)	- 참고문헌, 기존문헌에 따름 - 에너지절약설계기준, 건축법 등 규정을 따름 - 설계되는 건물 대비 법규수준에 준하는 표준(기준)건물 설정
표준 모델	- 현황조사에 따른 평균수준의 실제건물 설정 - 데이터분석자료+임의설정으로 모델구축	- 임의의 실제건물 설정	- 법규수준의 가상건물 설정

표준모델의 설정방법은 표준모델 설정 형태별로 가상의 임의의 모델 설정방법, 현존건물을 표준모델로 검토하는 방법, 디자인된 설계안에 대비한 법적 수준의 가상의 기준건물 설정하는 방법으로 구분할 수 있었다. 표준모델 설정의 목적은 최적의 설계요소 도출을 위한 평가모델, 개발된 평가 프로그램의 신뢰성 검토 및 검증을 주요한 목적으로 하였다. 또한 건축물 설계대안 선정 및 최적(안) 도출을 위한 의사결정 수단으로써 비교검토의 목적으로 표준모델을 설정하였다.

표준모델을 설정하는 방법은 설계도서를 중심으로 건물의 실태를 조사하는 방법과 임의의 선정방식으로 현존 건물 또는 가상의 건물을 구성하는 방법이 있으며 참고문헌이나 법적 수준의 기준건물 모델을 구성하는 방식을 활용하였다.

본 연구에서는 에너지절약계획서를 수집하고 설계도서와 허가 시 제출되는 도서에 나타난 설계데이터를 활용하여 DB를 구성하고 DB 분석을 통한 설계데이터 도출 및 표준모델을 구성하였다.

나) 데이터 DB 구축을 위한 건물에너지 관련 설계요소 도출

건축물 에너지절약 계획서의 데이터 분석을 통해 데이터의 표준화와 이를 통한 표준모델 설정하기 위해서는 에너지절약계획서 제출 시 입력되는 설계현황 데이터를 중심으

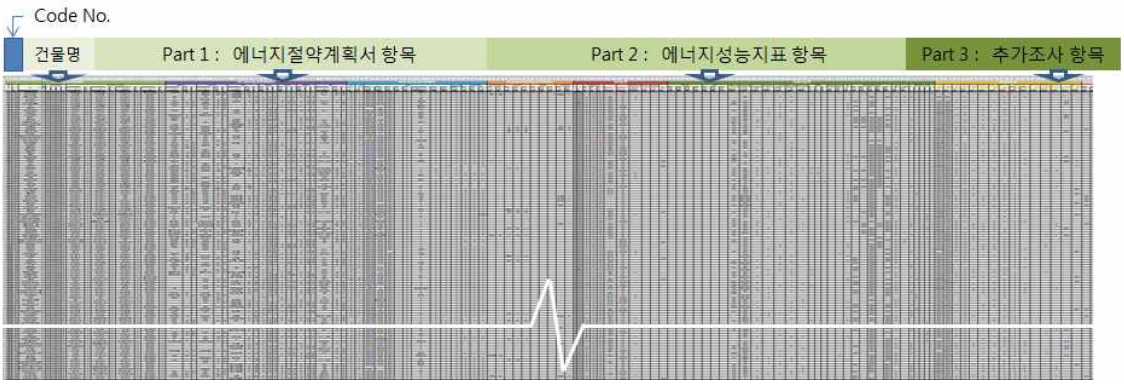
로 설계요소를 도출하였다. 이는 다양한 건물용도별 에너지관련 설계항목을 검토하여 건물의 설계요소들 중에서 건물 에너지 소비에 영향을 미치는 요소들을 도출하고 도출된 요소 중 건물 에너지에 미치는 영향도가 큰 요소들을 우선 선정하여 이를 DB화할 수 있도록 DB 구성 체계를 정립하였다.

국내외 건물에너지와 관련된 정책, 제도, 기준, 가이드라인 등의 자료로부터 건물에너지에 미치는 영향도가 크고 검토된 자료에서 공통적으로 반복되는 요소를 선별하여 1차적으로 건물에너지와 관련된 설계요소를 <표 2.31>과 같이 도출하였다. 이를 기초로 설계요소별로 건축부문, 기계설비부문, 전기설비부문, 신재생에너지부문으로 그룹 화하였다.

건축부문과 설비부문으로 크게 구분하여 건물의 형태와 크기 및 구조체와 구조체의 구성 등 건축적 설계요소와 기계설비의 용량 및 효율 등과 관련된 설비 설계요소로 설계요소를 분류하였다. 건축부문은 다시 건물의 형태, 배치, 구조체 등과 같은 건축부위와 건물에 의해 결정된 실 공간으로 설계요소를 분류하였고, 설비부문은 냉·난방 시스템과 급탕시스템으로 분류되는 기계설비부문과 전기설비의 대부분을 차지하고 있는 조명설비부분으로 구분하고, 에너지 절약과는 구분되나 클린에너지를 생산하여 소비하는 신재생에너지부분으로 구분하였다.

구축된 DB의 구성은 향후 에너지절약계획서 관리 시스템에서 수집된 데이터의 DB화와 연동될 수 있도록 에너지절약계획서 및 에너지성능지표에서 수집되는 설계현황 데이터를 기준으로 구성하였다. 상기 건물에너지 관련 설계요소들을 추가데이터항목으로 구성하여 데이터를 정리하고 DB를 구축하였다.

따라서 본 연구에서 구축한 '설계현황 DB 구성' 체계는 다음 [그림 2.40]과 같이 Part 1 에너지절약계획서 항목, Part 2 에너지성능지표 항목, Part 3 추가조사 항목으로 분류하여 DB화 하였다.



[그림 2.40] 설계현황의 데이터베이스(DB) 구성 체계

<표 2.31> 건물에너지관련 설계요소

구분		세분화		설계요소
건축부문		실 공간		공간의 용도
				기준층 면적
				층고
				연면적
				열교 가산치(건물 구조체의 구성)
		외피단열		건물 방위
				건물 형태(기준층 형태)
				건축부위 단면구성(단열재 종류)
				건축부위의 열관류율(외벽, 지붕, 바닥, 창호)
				침기율(누기량)
				일사에너지 투과율
				창 및 벽의 기밀성능
				창면적비
				향별 창호유리의 성능데이터 및 구성
설비부문	기계설비	난방시스템	온열원 시스템	보일러 종류
				보일러 효율
				보일러 용량
				건물 부피(공간 부피)
			난방분배 시스템	분배시스템 구성
			난방공급 시스템	펌프 종류
				펌프 효율
		냉방시스템	냉열원 시스템	냉방기기(냉동기) 종류
				냉방기기(냉동기) 효율
				냉방기기(냉동기) 용량
				냉방기기 성능곡선(부분부하율)
			냉방분배 시스템	분배시스템 구성
		공조시스템	송풍 시스템	공조 급기온도의 설정치(난방)
				공조 급기온도의 설정치(냉방)
				총효율 - 급기팬
				총효율 - 배기팬
			열교환 시스템	열회수율
		급탕시스템		-
	조명설비	조명시스템		조명전력(조명밀도)
				조명조도
	신재생에너지의 이용			신재생에너지 시스템 종류
				신재생에너지 시스템 효율
				신재생에너지 시스템 용량
				신재생에너지 시스템 구성
기타				기타 기기 및 건설재료 성능

2) 건축물 에너지절약계획서의 설계현황 DB 분석

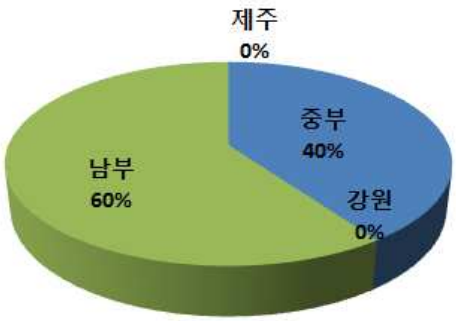
제출된 건축물 에너지절약계획서에서 수집된 건축물의 설계현황은 건축부문, 기계설비부문, 전기설비부문, 신재생부문으로 구분하여 분석하였다. 데이터베이스화하여 구축된 데이터를 각 설계요소별로 설계 수준을 파악하기 위해서 데이터의 분포 및 최대값, 최소값, 평균값, 중간값, 최빈값을 도출하였다.

가) 주거용 건물의 설계현황 DB 분석

주거용 건축물의 설계현황을 조사하기 위해 수집된 설계건물의 수는 129개이며 설계된 년도의 분포는 <표 2.32>와 같고 주거용 건물의 설계된 지역의 분포는 [그림 2.41]과 같다. 현재 주거용 건축물의 에너지절약계획서 제출 대상은 공동주택 중 아파트와 연립주택으로 하며 구분은 주택1(난방적용 공동주택)과 주택2(주택1+중앙집중식 냉방적용 공동주택)로 구분한다. 수집된 데이터는 1건을 제외하고 주택1 형태의 공동주택이 128건으로 대다수를 차지하였다.

<표 2.32> 주거용 건물의 설계년도별 데이터 수집 현황

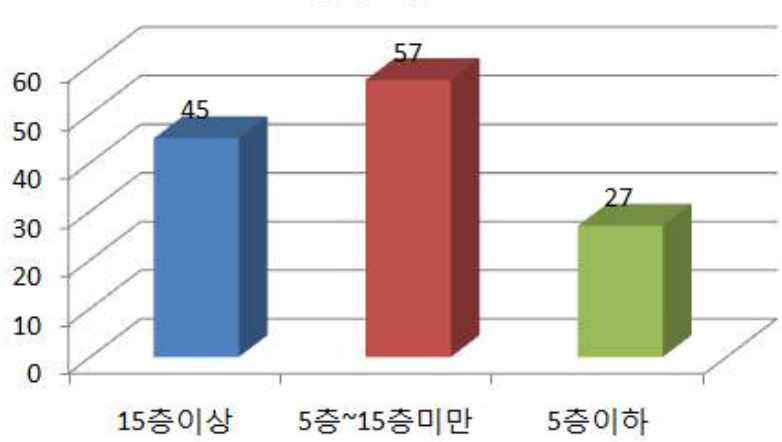
	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	계
건수(개)	0	0	0	37	92	129



[그림 2.41] 주거용 건물 데이터의
지역별 분포 현황

① 건축부문 설계현황

조사된 건물의 연면적 분포는 800㎡~576,790㎡까지로 나타났고 건축면적은 138.9㎡~24,060.8㎡이였다. 지하주차장 및 기계실 등을 제외한 지상층 층수는 지상 42층의 건물이 가장 높은 층수로 설계된 것으로 나타났다. 평균적인 설계 층수는 12층이며 15층의 건물이 가장 설계가 빈번하게 이루어졌다. 건물의 층수를 5층 이하, 5~15층 미만, 15층 이상 고층 건물로 구분할 때 설계된 건물은 [그림 2.42]와 같이 분포하였다.



[그림 2.42] 주거용 건물의 층수 현황

기준 층의 층고는 일반적으로 2.8m 수준으로 주거용 건물의 데이터에서는 장변과 단변에 대한 길이의 조사가 이루어지지 못하였고 이를 통한 장단변비 값을 도출하지 못하였다.

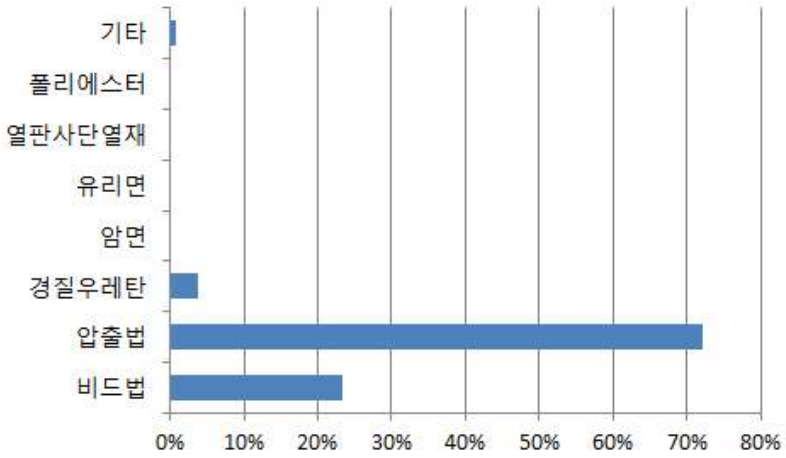
주거용 건축물의 창면적비도 수집되지 못하였다. 다만 기존의 연구 및 참고문헌을 통해 일반적으로 적용될 창면적비는 40%[4)5)]로 제시되고 있다.

건물의 외피인 외벽, 지붕, 최하층 바닥, 창호의 열관류율의 설계 현황을 다음과 같이 분석하였다. 외벽은 최소 0.021W/㎡K까지 단열성능을 높게 설계하고 있으며 평균적으로 0.370W/㎡K의 값을 적용하였다. 가장 많이 설계되는 외벽의 열관류율 값(최빈값)은 0.350W/㎡K으로 나타났다. 이는 '건축물에너지절약설계기준(2008년~2011년)'의 외벽의 지역별 설계기준은 0.47W/㎡K로 주거용 건축물 설계에 적용되는 단열성능은 기준이상으로 설계되고 있는 것으로 보인다.

지붕의 경우 전체 열관류율의 평균은 0.207W/㎡K이고 최빈값은 0.190W/㎡K로 설계되었다. 외기에 직접 면하는 최하층 바닥의 열관류율은 평균값이 0.285W/㎡K였고 다수의 건물에 적용된 최빈값은 0.280W/㎡K로 나타났다.

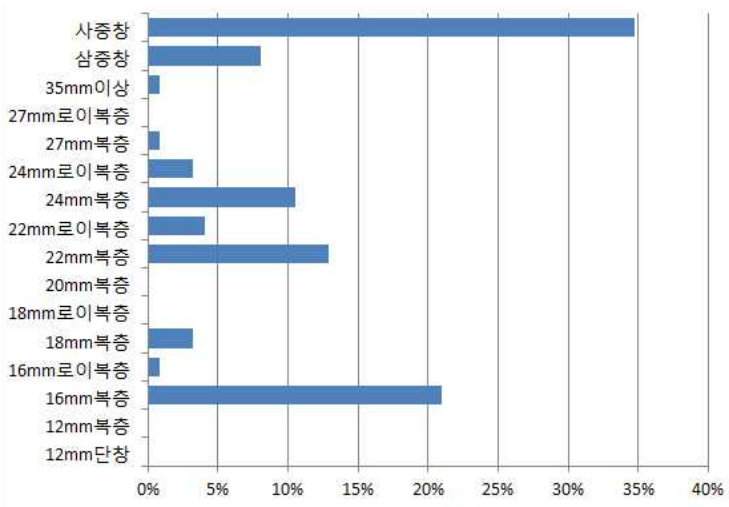
외피의 단열을 위해 사용되는 단열재의 적용 현황을 살펴보면, 전체적으로 압출법 보온판이 72.1%로 가장 높게 적용되었고 다음으로 비드법 보온판이 23.3%로 높은 적용률을 나타냈다. 주거용 건물의 단열재 적용 현황은 [그림 2.43]과 같이 나타났다.

4) 김경아 외 (2013), "창호구성 요소에 따른 난방에너지 절감율 예측에 관한 연구-공동주택을 중심으로", 한국태양에너지학회 논문집, 한국태양에너지학회, 제33권, pp.54~61.
5) 국토교통부 보도자료 (2012), "에너지성능을 고려한 적정 창문면적 비율 제시", 07월 26일.



[그림 2.43] 주거용 건축물의
단열재 종류 및 적용 현황

창호의 단열성능은 분석대상 건물의 전체 평균값이 1.99W/㎡K이고 최빈값은 2.1W/㎡K, 중간값은 2.08W/㎡K로 나타났다. 창호의 단열성능 기준을 만족하기 위해 복층창호를 2중으로 설치하는 4중 창호의 설계반영이 34.7% 로 나타났고 24mm 복층 창호 (10.5%) 및 22mm 복층 창호(12.9%)가 높은 비율을 차지하였다. 남부지방의 경우 16mm 복층 창호를 단열성능을 만족하고 있음으로 21.0%의 적용 분포를 보였다.



[그림 2.44] 주거용 건물의
창호 종류 및 적용 현황

② 기계설비부문 설계현황

주거용 건축물의 에너지절약계획서 설계현황 DB의 분석 결과에 따르면 설계에 적용된 난방기기의 종류는 다음 [그림 2.45]와 같이 분포하였다.



[그림 2.45] 주거용 건축물의
난방기기 시스템의 적용 현황

주거용 건축물, 즉 공동주택의 설계에 적용된 난방기기의 설계 효율의 현황은 <표 2.33>과 같이 분석되었다. 난방기기의 최대 효율은 98.2%였고 전체 평균 효율은 87.9%, 가장 많은 건물이 채택한 난방기기 효율은 87.0%였다. 주거용 건축물의 난방기기 효율 87.0%는 에너지성능지표(EPI)의 기계설비부문에 주어진 배점이 기름보일러인 경우 86%~89%미만으로 0.8점을 획득(92%이상일 때 1점)하고, 가스보일러 중앙난방방식인 경우 1점 (87%이상)을 획득 가능한 점수이다. 가스보일러로 개별난방방식은 1등급제품 또는 기타 난방기기의 경우 고효율 인증제품에서 1점을 획득한다.

<표 2.33> 난방기기 및 냉방기기의 설계 효율 분포

분포 / 종류	최대값	최소값	평균값	중간값	최빈값
난방기기 효율(%)	98.2	70.0	87.9	87.1	87.0

③ 전기설비부문 설계현황

건축물 에너지절약계획서에 명기되는 전기설비부문의 설계현황은 변전설비, 동력설비, 승강설비, 조명설비, 전력감시제어설비 등의 데이터이다. 본 연구에서는 조명설비 부문의 주거실의 설계조도, 조명전력, 조명광원(조명기기), 조명제어시스템 유무, 자동조도점멸장치 유무 등에 대해 해당 데이터를 조사하였다.

주거용 건축물의 조명설계에 있어 주거실의 설계조도는 평균적으로 193.2lx의 조명설계가 이루어진 것으로 분석되었다. 최대 400lx의 조명설계가 이루어진 경우가 있었고 최소값은 100lx로 이루어졌다. 최빈값과 중간값은 150lx로 동일하게 나타났다.

또한 주 거실의 조명밀도는 전체 평균 20.3 VA/㎡으로 나타났고 최대에서 최소의 조명밀도 분포 중 중간값과 최빈값은 15.0 VA/㎡로 분석되었다.

④ 신재생에너지부문 설계현황

태양열, 태양광, 지열, 풍력 등 신재생에너지 시스템은 대상 DB내 129건 중에서 단지 3건의 공동주택 단지에서만 태양광(PV)을 반영하는 것으로 나타나 주거용 건축물에서는 신재생에너지 시스템 도입이 매우 저조한 것으로 보인다.

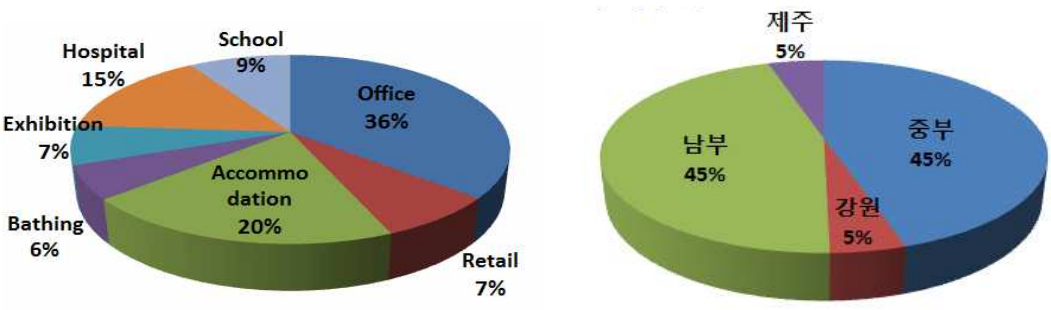
나) 비주거용 건물의 설계현황 DB 분석

비주거용 건축물의 설계현황을 조사하기 위해 수집된 설계건물의 수는 435개이며 설계된 년도는 <표 2.34>와 같고 비주거용 건물의 용도 및 지역 분포는 [그림 2.46]과 같다.

<표 2.34> 비주거용 건물의 설계년도별 데이터 수집 현황

	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	계
건수(개)	17	71	95	86	166	435

(a) 건물 용도별 분포 (b) 지역별 분포

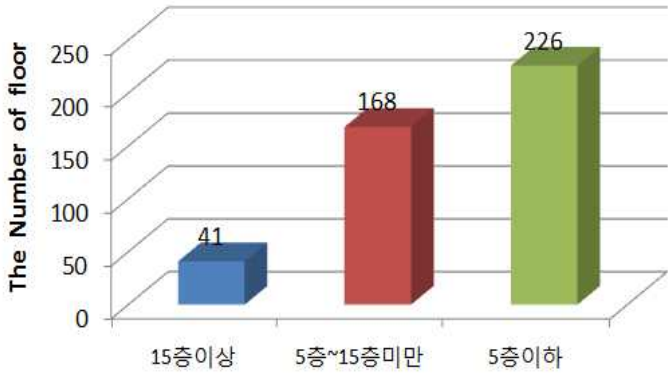


[그림 2.46] 비주거용 건물 데이터의 건물 용도 및 지역별 분포 현황

① 건축부문 설계현황

조사된 건물의 건축 연면적 분포는 최대 571.4㎡~400,060㎡까지 설계되었고 건축면적은 232.6㎡~55,561.5㎡이였다. 지하주차장 및 기계실 등을 제외한 지상층 층수는 지하 3층, 지상 63층의 건물이 가장 높은 층수로 설계되었다.

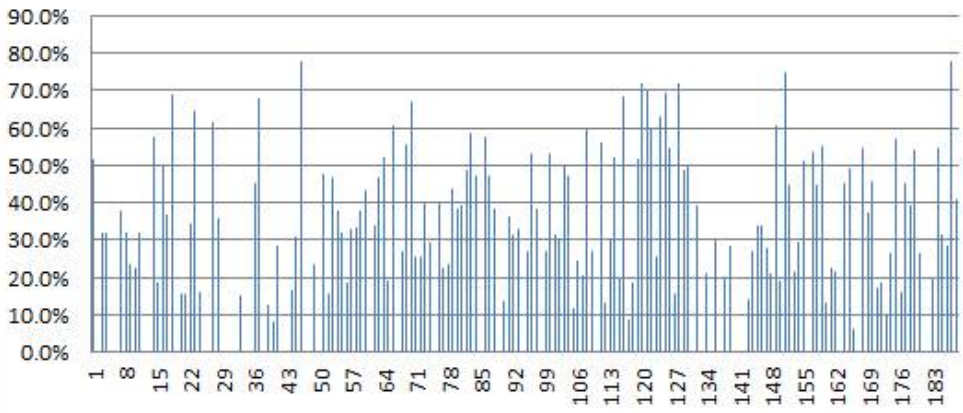
평균적인 설계 층수는 7층이며 4층의 건물이 가장 설계가 빈번하게 이루어졌다. 건물의 층수를 5층 이하, 5~15층 미만, 15층 이상 고층 건물로 구분할 때 설계된 건물은 [그림 2.47]과 같이 분포하였다.



[그림 2.47] 비주거용 건물의 설계 층수 현황

기준 층의 층고는 평균 4.0m이고 중간값은 3.9m로 나타났다. 분석대상 건물들의 장변길이와 단변길이는 평균값으로 장변이 75.7m, 단변은 39.3m로 나타냈고 장단변비는 1.92이다.

전체 평균 창면적비는 36.9%로 나타났다. 연면적 10,000㎡이하의 소규모 건축물의 창면적비는 33.7%로 전체 평균보다 낮게 나타났다. 연면적 10,000㎡를 초과하는 건축물의 창면적비는 40.9%으로 전체 평균의 창면적비 보다 4.0% 높은 편이였다. 대규모 건물의 경우 창호면적이 큰 커튼월을 적용하여 설계하는 경우가 많아 보다 높은 창면적비를 나타낸 것으로 보인다. [그림 2.48]에 창면적비 분포를 나타내었다.



[그림 2.48] 비주거용 건축물의 창면적비 분포 현황

건물의 외피인 외벽, 지붕, 최하층 바닥, 창호의 열관류율의 설계 현황을 살펴보면, 외벽의 경우 최소 0.024W/㎡K까지 설계하고 있으며 평균값은 0.399W/㎡K이고, 가장 많이 설계되는 값(최빈값)은 0.360W/㎡K으로 나타났다. 2008년에서 2011년까지 적용된 에너지절약설계기준의 지역별 설계기준인 0.47W/㎡K보다 높은 단열성능으로 설계된 것으로 나타났다.

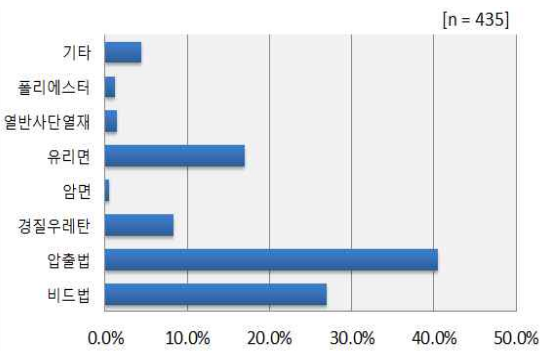
지붕의 경우 전체 열관류율의 평균은 0.209W/㎡K이고 다수의 건축물은 0.230W/㎡K로 설계되었다. 단열이 필요한 외기에 직접 면하는 최하층 바닥의 열관류율은 평균값이 0.312W/㎡K였고 다수의 건물에 적용된 최빈값은 0.240W/㎡K로 나타났다.

외피의 단열을 위해 사용되는 단열재의 적용 현황을 살펴보면, 전체적으로 압출법 보온판이 40.5%로 가장 높게 적용되었고 다음으로 비드법 보온판이 26.9%로 높은 적용율을 나타냈다.

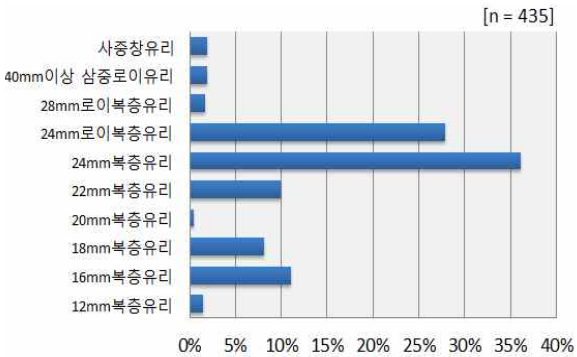
창호의 단열성능은 분석대상 건물의 전체 평균값이 2.62W/㎡K이고 최빈값과 중간값은 동일하게 2.60W/㎡K로 나타났다. 창면적비가 40.9%이상인 건축물의 열관류율값의 평균은 약 2.61W/㎡K로 나타나 전체 평균과 매우 유사한 값을 나타냈다. 2008년~2011년에 적용된 창호의 열관류율 설계기준은 3.40W/㎡K이하로서 설계기준보다 매우 높은 단열성능으로 창호를 설계한 것으로 보인다. 이는 창을 통해 손실되는 냉방부하를 줄이기 위해 보다 높은 성능의 유리를 사용하는 등의 설계요인이 작용한 것으로 사료된다. 전체적으로 24mm 로이복층유리와 24mm 복층유리의 적용비율이 63.9%로 매우 높게 나타났다.

설계된 창호의 60.1%가 2㎥/hr・㎡이하의 기밀성능을 갖도록 설계된 것으로 나타났다. 그러나 8㎥/hr・㎡이상의 기밀성능이 낮은 창호도 23.4%를 차지하는 것으로 나타났다. 창호의 단열성능뿐만 아니라 기밀성능이 높은 창호의 적용이 요구된다고 할 수 있다.

(a) 단열재의 종류



(b) 창호유리 종류



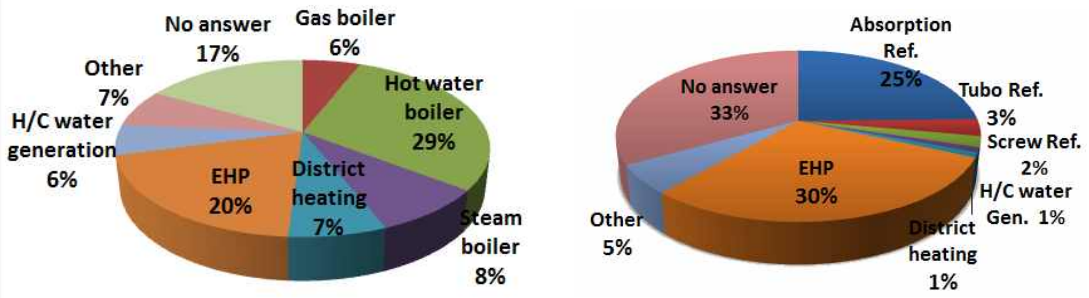
[그림 2.49] 비주거용 건축물의 단열재 종류 및 창호유리의 적용 현황

② 기계설비부문 설계현황

DB분석에 따르면 설계에 적용된 난방기기 및 냉방기기의 종류는 다음 [그림 2.50]과 같이 분포하였다.

히트펌프를 적용한 개별냉난방시스템인 EHP가 20%이상 높은 적용률을 보인다. [그림 2.50]의 냉방기기 적용 현황에서도 EHP는 30%의 높은 적용현황을 보였다. 이는 5층 이상 규모의 소규모 건물에 쉽게 적용되는 시스템으로 설계시 적용이 용이하기 때문인 것으로 분석된다. 온수보일러가 29%로 난방기기 적용현황을 보였고 흡수식 냉동기가 25%로 냉방기기 설계 적용현황을 나타냈다.

(a) 난방기기의 종류 (b) 냉방기기의 종류



[그림 2.50] 비주거용 건축물의 난방기기 및 냉방기기의 적용 현황

난방기기와 냉방기기의 설계 효율의 현황은 <표 2.35>와 같이 분석되었다. 난방기기의 최대 효율은 99.0%였고 전체 평균 효율은 81.4%, 가장 많은 건물이 채택한 난방기기 효율은 91.0%였다. 난방기기 효율 91.0%는 에너지성능지표(EPI)의 기계설비부문에 주어진 배점으로 볼 때 1점 만점(92%이상)에 0.9점(89~92%미만)을 획득할 수 있는 수준의 성능이다. 분석 대상 건물의 냉방을 위해 흡수식 냉동기를 적용한 건물의 기기효율은 평균적으로 1.08이고 가장 많이 설계에 반영된 효율은 1.20이였다. EPI의 배점은 평균효율인 1.08이 0.8점, 최빈값 1.20은 만점인 1점을 획득하는 수준이다.

<표 2.35> 비주거용 건축물의 난방기기 및 냉방기기의 설계 효율 분포

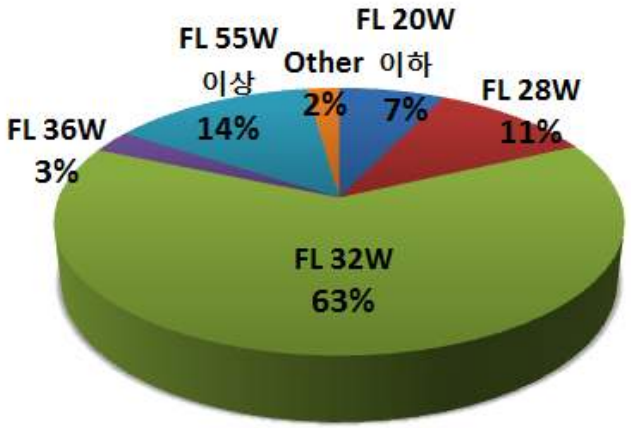
분포 / 종류	최대값	최소값	평균값	중간값	최빈값
난방기기 효율(%)	99.0	75.2	81.4	90.0	91.0
흡수식 냉동기 효율(COP)	3.94	0.60	1.08	1.06	1.20

③ 전기설비부문 설계현황

건축물 에너지절약계획서에 명기되는 전기설비부문의 설계현황은 변전설비, 동력설비, 승강설비, 조명설비, 전력감시제어설비 등의 데이터이다. 본 연구에서는 조명설비 부문의 주거실의 설계조도, 조명전력, 조명광원(조명기기), 조명제어시스템 유무, 자동조도점멸장치 유무 등에 대한 데이터를 조사하였다.

조명설계에 있어 주거실의 설계조도는 대형마트 등의 판매시설에서는 1,000 lx가 넘는 조명설계를 하였고 평균적으로 324 lx의 조명설계가 이루어진 것으로 분석되었다. 또한 분석대상 건물의 용도 중 사무용 건물의 비율(36%)이 높아 300 lx의 조명설계가 가장 많은 빈도수를 나타냈다. 주 거실의 조명밀도는 전체 평균 21.0 VA/㎡으로 나타났고 최대에서 최소의 조명밀도 분포 중 중간값은 15.0 VA/㎡로 분석되었다.

주요 조명기기의 종류는 [그림 2.51]와 같이 32W 형광등이 전체 중 63%의 비율로 가장 많이 설계에 적용되고 있었다.



[그림 2.51] 비주거용 건축물의 조명기기 종류와 적용 현황

④ 신재생에너지부문 설계현황

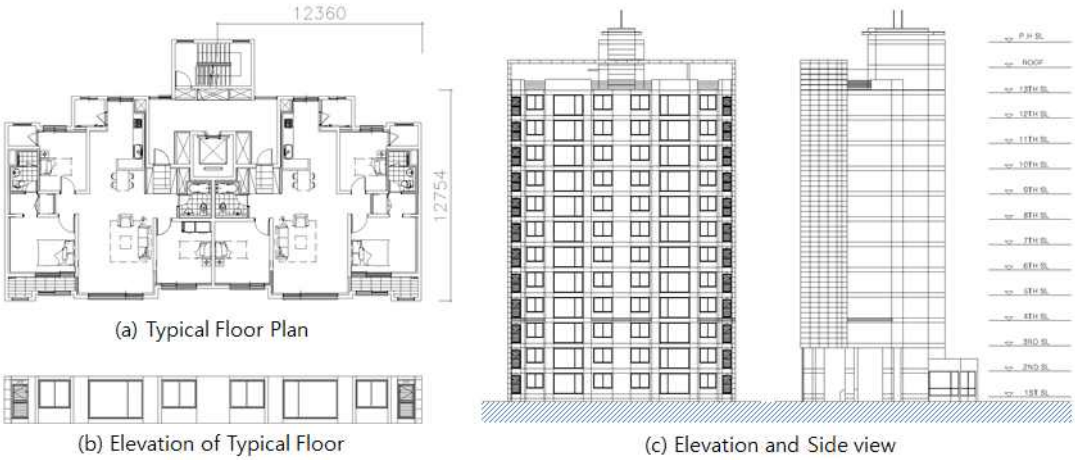
태양열, 태양광, 지열, 풍력 등 신재생에너지 시스템은 67.1%의 건물에서 반영되지 않았다. PV 등의 태양광 시스템이 전체 건물 중 21.0%의 건물에서 설계에 반영되었고 지열시스템이 8.9%의 건물 설계에 적용된 것으로 나타났다. 태양열은 2.5%, 풍력 0.5% 수준의 설계반영이 이루어졌다.

3) 에너지 표준건물 설정

가) 주거용 표준모델 및 표준데이터

주거용 표준모델의 데이터 및 형태를 결정하기 위해 각 부문별 설계요소에 대한 설계현황 분석을 통해 요소별 표준데이터를 선정하였다. 각각의 표준데이터들은 설계요소들의 특성에 따라 비주거용 건축물의 표준모델과 같이 평균값, 중간값 또는 최빈값 중에서 가장 적합하다고 판단되는 데이터를 선정하였다.

다음 [그림 2.52]는 주거용 표준건물인 공동주택을 평면도와 단면도로 나타내었다.



[그림 2.52] 주거용 표준건물의 평면도 및 형태

주거용 표준건물은 에너지절약설계기준의 단열규정 및 에너지절약계획서 등을 제출해야 하는 공동주택을 대상으로 하였다. 단위 세대는 국민주택 규모의 85㎡으로 구성하고 거실 및 3개의 침실과 주방 및 욕실로 구성된 계단식 공동주택 1개동으로 설정하였다. 층수는 12층으로 계단실과 엘리베이터를 사이에 두고 단위세대가 2세대가 인접한 24세대 1개동으로 구성하였다. 건축물의 구조체는 철근콘크리트조의 벽식구조로 설정하였다. 표준건물의 표준데이터를 <표 2.36>과 같이 정리하였다.

공동주택 1개 동(棟)의 연면적 2,040㎡ 규모로 외피 단열은 현행 에너지절약설계기준의 최소단열 기준을 따랐고 창의 차폐계수는 공동주택의 에너지성능 평가 시 일반적으로 적용하는 0.8을 적용하였다. 난방기기는 최빈값으로 도출된 온수보일러로 선택하였고 효율은 87.0%이다. 급탕기기는 난방기기와 같은 온수보일러로 동일한 효율의 기기로 구성된다. 공동주택의 경우 별도의 중앙집중식 냉방기기는 설계에 반영되지 않고 있어 표준데이터에서 제외되었다.

거실 및 침실의 주광원은 32W 형광등으로 설정하고 조명밀도는 15.0W/㎡, 설계조도는 150 lx로 설정되었다. 신재생에너지시스템은 채택하지 않았다.

<표 2.36> 주거용 표준건물의 설계요소별 표준데이터

구분	계획요소		표준 데이터	비고
건축부문	건물높이		33.6m	중간값
	건물층수		12층	평균값
	기준층 층고		2.8m (천장고 : 2.3m)	중간값
	기준층(세대) 면적		84.99㎡	일반사항
	열관류율	외벽	0.36w/㎡K	최빈값
		지붕	0.23w/㎡K	최빈값
		바닥	0.19w/㎡K	최빈값
		창호	2.1w/㎡K	최빈값
	단열재 종류 (외벽, 지붕, 바닥)		압출법 보온판	최빈값
	창호 구성		사중창 (24mm 복층유리)	최빈값
	창호 기밀		2㎥/h㎡	최빈값
	창면적비		40.0%	일반사항(참고값)
	창 차폐계수		0.8	일반사항(참고값)
기계설비 부문	급탕용 난방기기	종류	온수보일러	최빈값
		효율	87.0%	최빈값
	난방용 난방기기	종류	온수보일러	최빈값
		효율	87.0%	최빈값
	냉방기기	종류	미적용	-
		효율	미적용	-
	급수용 펌프 효율		데이터 없음	-
	급탕용 펌프 효율		데이터 없음	-
	순환수용 펌프 효율		데이터 없음	-
	송풍기	종류	데이터 없음	-
		효율	데이터 없음	-
전기설비 부문	주거실 설계조도		150LUX	최빈값
	주거실 조명전력		15.0w/㎡	중간값
	주 조명 광원	실내	형광램프 32W	최빈값

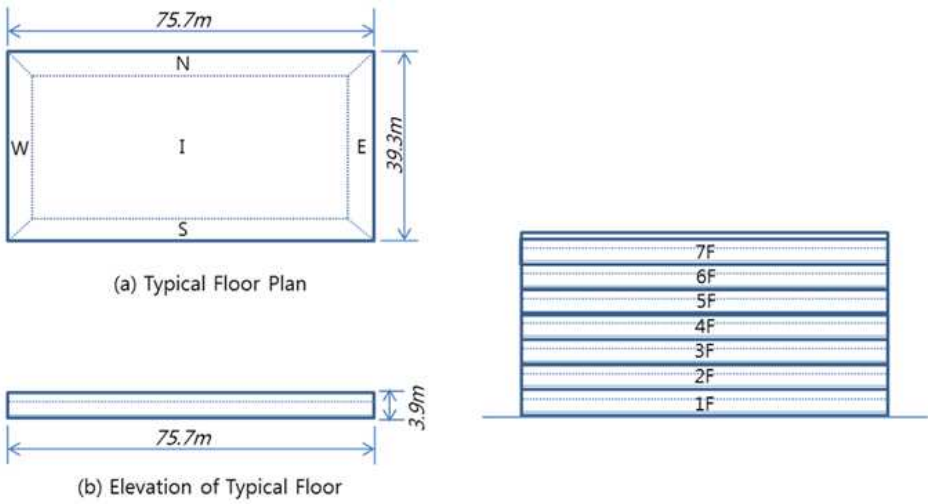
나) 비주거용 표준건물 모델 및 데이터

각 부문별 설계요소에 대한 설계현황 분석을 통해 요소별 표준데이터를 선정하였다. 표준건물의 표준데이터를 <표 2.37>과 같이 정리하였다. 각각의 표준데이터들은 설계요소들의 특성에 따라 평균값, 중간값 또는 최빈값 중에서 가장 적합하다고 판단되는 데이터를 선정하였다.

<표 2.37> 비주거용 표준건물의 설계요소별 표준데이터

구분	계획요소		표준 데이터	비고
건축부문	건물높이		27.8m	중간값
	건물층수		7층	평균값
	기준층 층고		3.9m	중간값
	장변길이		75.7m	평균값
	단변길이		39.3m	평균값
	장단변비		1.92	장변/단변
	기준층 면적		2,976.9㎡	장변×단변
	열관류율	외벽	0.36w/㎡K	최빈값
		지붕	0.23w/㎡K	최빈값
		바닥	0.24w/㎡K	최빈값
		창호	2.6w/㎡K	최빈값
	단열재 종류 (외벽, 지붕, 바닥)		압출법 보온판	최빈값
	창호 구성		24mm 복층유리	최빈값
	창면적비		36.9%	최빈값
	창 차폐계수		0.6	일반사항
기계설비 부문	급탕용 난방기기	종류	온수보일러	최빈값
		효율	91.0%	최빈값
	난방용 난방기기	종류	온수보일러	최빈값
		효율	91.0%	최빈값
	냉방기기	종류	흡수식	최빈값
		효율	1.08 COP	평균값
	급수용 펌프 효율		64.7%	평균값
	급탕용 펌프 효율		52.6%	평균값
	순환수용 펌프 효율		70.1%	평균값
	송풍기	종류	다익형 (SIRROCO)	최빈값
		효율	57.29%	평균값
전기설비 부문	주거실 설계조도		300LUX	최빈값
	주거실 조명전력		15.0w/㎡	중간값
	주 조명 광원	실내	형광램프 32W	최빈값

다음 [그림 2.53]은 표준건물의 건축적 모델을 평면도와 단면도로 나타내었다.



[그림 2.53] 비주거용 표준건물의 평면도 및 입면도(단면도)

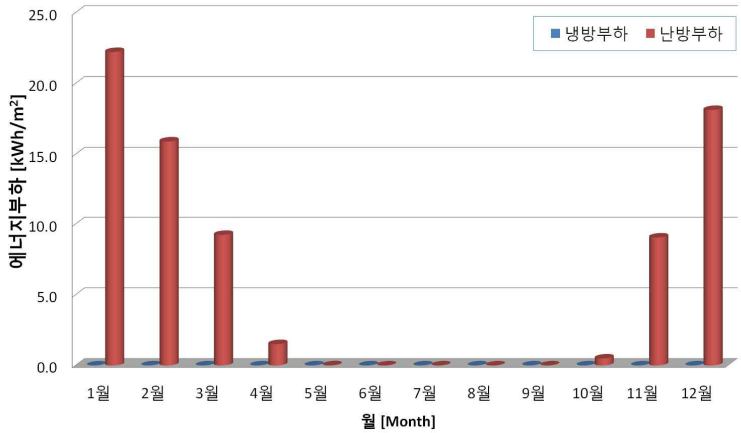
비주거용 표준건물은 지상 7층, 건축면적 약 4,440㎡, 연면적 20,838㎡ 규모의 업무용 건물로 장단변비는 1.92, 창면적비는 36.9%로 설정되었다. 외피 단열은 현행 에너지절약 설계기준의 최소단열 기준을 따랐고 창의 차폐계수는 에너지성능 평가 시 일반적으로 적용하는 0.6을 적용하였다. 난방기기는 최빈값으로 도출된 온수보일러로 선택하였고 효율은 91.0%이다. 급탕기기는 난방기기와 같은 온수보일러로 동일한 효율의 기기로 구성된다. 냉방기기는 가장 많이 설계에 반영된 흡수식 냉동기를 적용하고 성능은 1.08 COP이다. 송풍기기는 다익형 송풍기로 효율 57.3%로 설정하였다. 코어는 기준 층의 중앙부에 배치하는 센터코어방식을 채택하고 주 공간의 넓이의 20%수준의 면적을 차지하는 것으로 가정하였다.

다) 에너지 표준모델의 에너지 소요량 평가

건축물 에너지효율등급인증제도의 건축물 에너지성능 평가에 활용되고 있는 ECO2 프로그램을 활용하여 분석모델을 작성하고 에너지성능 분석을 실시하였다. 에너지 성능평가의 기간은 1년을 기준으로 에너지성능 평가 시뮬레이션 분석을 실시하였다. 표준건물의 에너지 소요량 분석은 월별 냉난방 부하, 월별 에너지 소요량의 용도별 사용량, 단위면적당 에너지 소요량 등에 대해서 분석하였다.

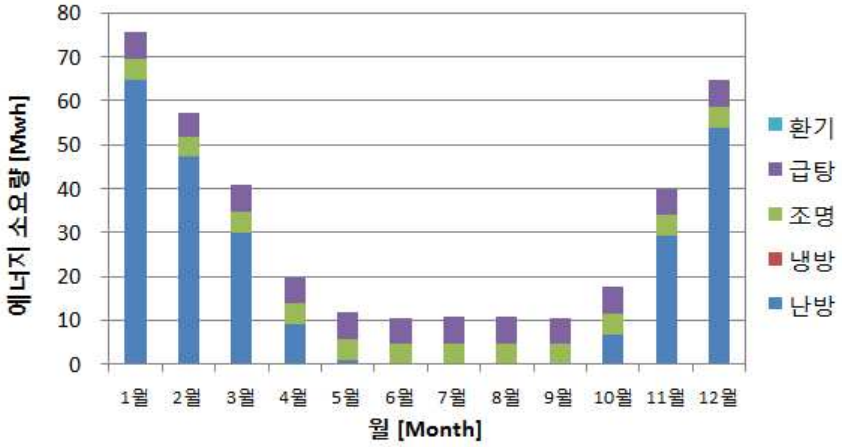
① 주거용 표준건물의 평가 결과

본 연구에서 도출한 주거용 표준건물의 연간 난방부하는 156,127 kWh로 나타났다. 단위면적당 난방 기준부하는 76.5 kWh/㎡yr로 분석되었다. [그림 2.54]에 주거용 표준건물의 월별 난방부하를 나타냈다.



[그림 2.54] 주거용 표준건물의 월별 난방부하

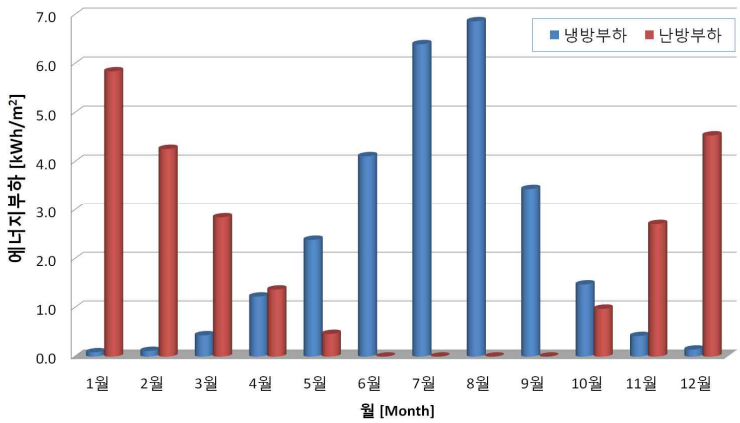
연간 소비될 것으로 예측되는 에너지 소요량은 370.87 MWh로 나타났다. 이중 난방에너지가 242.6 MWh로 65.4%의 비중으로 가장 크고 급탕에너지는 72.4 MWh (19.5%), 조명에너지가 55.8 MWh (15.1%)로 나타났다. 주거용 건물에서는 냉방 요구량 및 냉방에너지 소비가 발생하지 않는 것으로 하였다. 가장 많은 에너지 소요량을 필요로 하는 월은 난방에너지 소비가 높은 1월로써 75.8 MWh로 나타났다. 에너지 소비가 가장 낮은 월은 난방에너지 소비가 발생하지 않은 하절기인 6월과 9월로 분석되었다. [그림 2.55]는 난방, 냉방, 조명, 급탕, 환기의 용도별 에너지 소요량의 월별 변화를 보여주고 있다. 주거용 표준건물의 연간 단위면적당 에너지 소요량은 181.8 kWh/㎡yr로 산출되었다.



[그림 2.55] 주거용 표준건물의 월별 에너지소비량 분석

② 비주거용 표준건물의 평가 결과

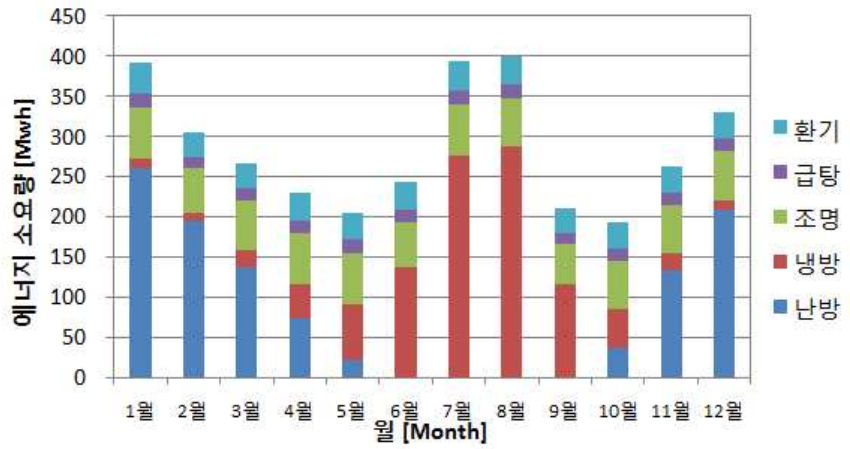
비주거용 표준건물의 연간 난방부하는 527,494 kWh이고 냉방부하는 621,479 kWh로 나타났다. 단위면적당 냉난방 기준부하는 50.1 kWh/㎡yr로 분석되었다. 기존의 선행연구[6]에 나타난 비주거용 건물의 냉난방 기준부하인 57.0 kWh/㎡yr과 비교하여 약 12.1% 감소한 결과이다. 이는 창면적비 등 건축적 설계요소의 입력값, 사용된 평가툴 등의 차이에서 발생할 수 있으나 단열설계에 있어 선행연구는 외벽 기준이 0.47 W/㎡K, 창호 3.84W/㎡K이므로 본 연구의 단열성능이 약 23~32%이상 향상된 것이 주된 요인인 것으로 판단된다. [그림 2.56]에 비주거용 표준건물의 월별 냉방 및 난방부하를 나타냈다.



[그림 2.56] 비주거용 표준건물의 월별 난방부하

6) 장용성 외 (2005), "기후변화 협약 대응을 위한 비주거형 건물 외피 데이터베이스 구축 연구", 한국태양에너지학회논문집, 한국태양에너지학회, pp.109~114.

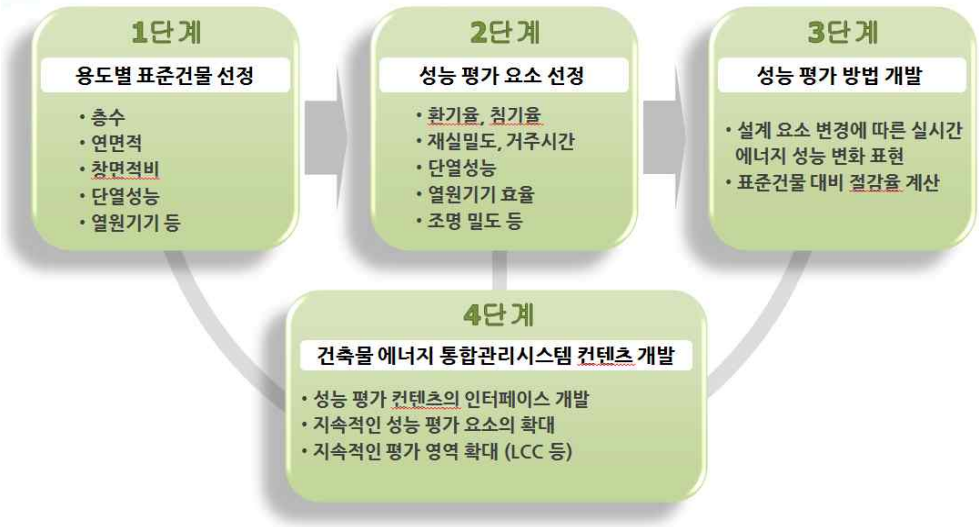
연간 소비될 것으로 예측되는 에너지 소요량은 3,431.8 MWh로 나타났다. 이중 난방에너지가 1064.7 MWh로 31.0%의 비중으로 가장 크고 다음으로 냉방에너지가 1,056.7 MWh인 30.8%로 분석되었다. 환기에너지는 404.4 MWh (11.8%), 조명에너지가 717.6 MWh (20.9%), 급탕에너지가 188.3 MWh (5.5%)로 나타났다. 가장 많은 에너지 소요량을 필요로 하는 월은 냉방에너지 소비가 높은 8월로써 400.1 MWh로 나타났다. 그 다음으로 난방에너지 소비가 높게 나타난 1월, 12월 순으로 나타났다. 에너지 소비가 가장 낮은 월은 중간기인 10월과 4월로 분석되었다. [그림 2.57]는 난방, 냉방, 조명, 급탕, 환기의 용도별 에너지 소요량의 월별 변화를 보여주고 있다. 비주거용 표준건물의 연간 단위면적당 에너지 소요량은 151.9 kWh/㎡yr로 산출되었다.



[그림 2.57] 비주거용 표준건물의 월별 에너지소비량 분석

다. 건축물 에너지성능 통합관리시스템 구축(2단계)

1) 최근 우리나라에서도 건축물 에너지절약설계기준을 단계적으로 강화하고 있으며, 정부에서는 국가 간 기후변화 협약사항, 국내 기후변화 및 에너지 수급상황 및 사회적인 요구변화 등에 맞추어 지속적으로 건물에너지 효율화 정책을 수립 및 개정해 나아갈 필요가 있다. 건물에너지 효율화를 위한 요소기술의 개발이 이루어지면서 그 양도 지속적으로 증가되고 있지만, 관련 정보가 분산되어 있고 실무자의 입장에서는 효과적인 요소기술의 적용에 어려움이 따른다.



[그림 2.58] 에너지성능 통합관리시스템 개요

그러므로 고효율건축물을 구현하기 위해서는 실질적인 건물 기획 및 설계단계부터 이러한 건물에너지 관련 설계 현황 등에 대한 객관화 및 정량화된 근거 자료 확보와 사용자들에게 제공할 수 있는 체계적인 관리 및 시스템이 구축되어야 한다. [그림 2.58]은 에너지성능 통합관리시스템 개요이다.

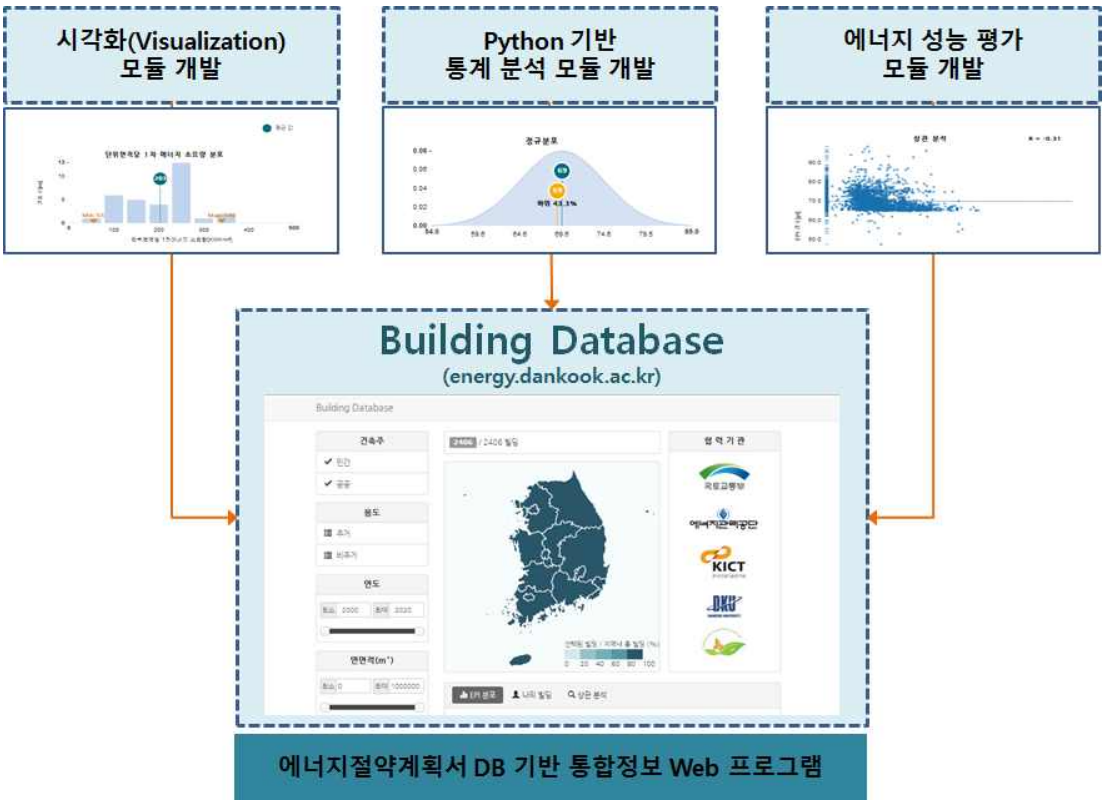
2) 건축물 에너지성능 통합관리시스템 구축의 궁극적인 목적은 사용자에게 다양한 건축물 설계요소 및 가이드라인을 제시해 주기 위한 Web 형식의 바탕으로 건축물에너지절약계획서 DB 및 총량에너지평가 프로그램을 바탕으로 실시간 연동에 따른 설계현황, 성능평가, 설계요소별 가이드라인 제시 및 건물 용도별 표준건물선정 등의 다양한 서비스를 제공할 수 있는 통합관리시스템 구축을 하는 것이 주목적이다.

본 장에서는 이를 위해 새롭게 개편된 에너지절약계획서 관리시스템(세움터)에 누적된

DB를 바탕으로 사용자에게 제공할 다양한 인터페이스를 도출하고, 도출된 DB를 바탕으로 총량에너지평가 프로그램을 통한 에너지요구량, 에너지소요량 및 1차 에너지소요량 등을 평가할 수 있는 콘텐츠를 구축하는 것이다. 또한 [그림 2.59]과 [그림 2.60]은 에너지성능 통합관리시스템 구성 및 연구목적, 주요연구 내용을 나타내었다.



[그림 2.59] 에너지성능 통합관리시스템 구성



[그림 2.60] 연구목적 및 주요 연구내용

3) 통합관리시스템 구축의 내용 및 방법

가) Web 기반 통합관리시스템 개발 내용

2013년 09월 01일부터 세움터의 온라인검토시스템이 구축이 되어 에너지절약계획서의 전산화가 이루어져 건축, 기계, 전기 및 신재생 부문에 대한 설계인자를 체계적으로 관리 및 검토 할 수 있는 서비스가 제공되고 있으며, 이러한 에너지절약계획서 DB를 바탕으로 에너지절약형 설계 요소 항목에 대한 분류, 통합정보, 성능평가 결과 등 사용자 중심의 건물에너지 성능 기반의 정보 제공 프로그램을 개발하고자 한다. 즉, 국가 건물 에너지 기준을 기반으로 한 설계 요소별 주요 인자에 대한 인터페이스 제공 및 사용자 중심의 성능분석 결과 비교 평가가 가능한 Web 프로그램을 개발하는 것이다.

나) Web 기반 통합관리시스템의 분류 체계

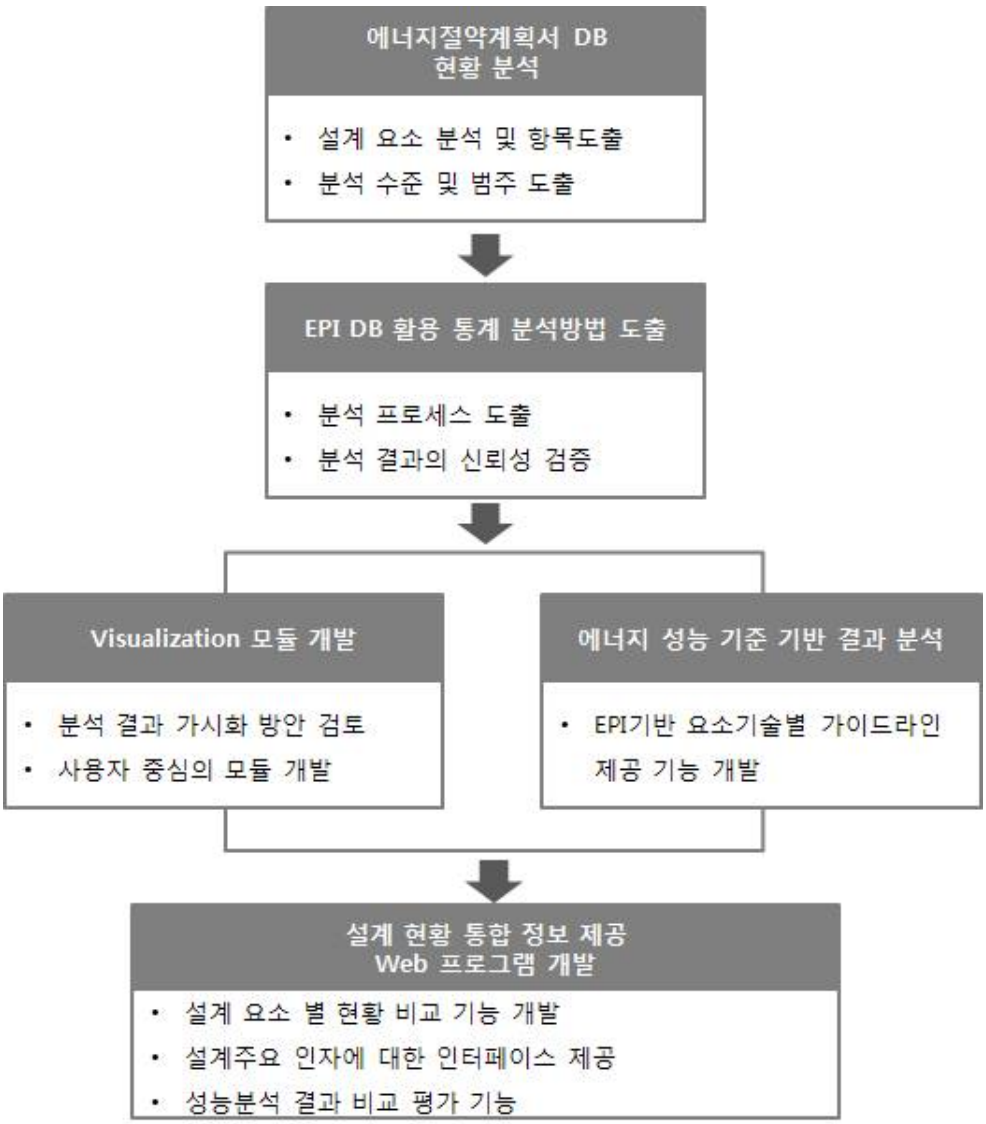
Web 기반 통합관리시스템의 분류체계는 기본적으로 시각화(Visualization) 모듈개발, 통계분석 모듈개발, 에너지 성능평가 모듈개발 등으로 크게 세부분으로 구분할 수 있으며, 세부연구수행 프로세스는 아래 [그림 2.61]과 같다.

- EPI 데이터 분류에 따른 EPI 성능 및 항목 분포의 가시화
- 내 건물의 에너지성능 수준 및 현황 파악 비교 기능
- EPI 항목간 상관관계 분석 기능

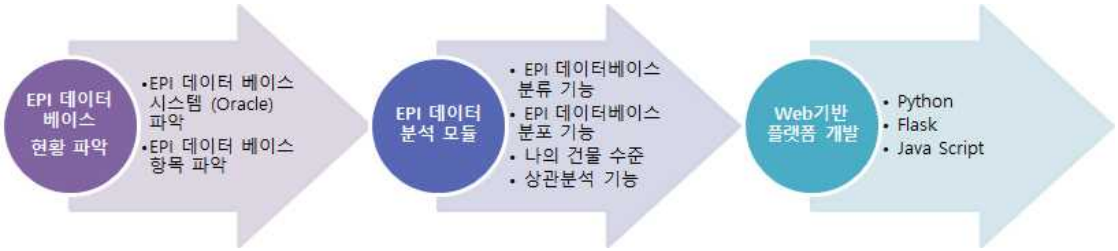
다) Web 기반 통합관리시스템의 구축 방법

EPI 데이터 기반 건물에너지 성능평가 Web 기반 통합관리시스템 개발을 위하여, 현재 세움터에 구축되어 있는 EPI 정보 데이터의 구조 및 현황을 파악하였다. 이를 바탕으로 분석에 필요한 요소 및 항목을 도출하여, DB 구조 테이블과 연계 정리하여 데이터 소팅을 위한 기본 사항을 분석하였다.

세움터의 EPI 데이터베이스에 누적되어 있는 2012 ~ 2014년 기간의 에너지절약계획서를 제출한 건축물을 대상으로 건물 정보 및 EPI 정보 데이터를 분석하였으며, 우선 EPI 데이터베이스의 시스템(Oracle)의 구조 및 항목을 파악하여, 분석에 필요한 데이터를 분류 및 추출하였다. 분석 내용 및 기능에 따라 필요한 분석 모듈을 개발하여 Python, Flask, Java Script 등의 언어를 사용하여 Web 기반 플랫폼을 구축하였다. 연구개발 프로세스는 아래 [그림 2.62]와 같다.

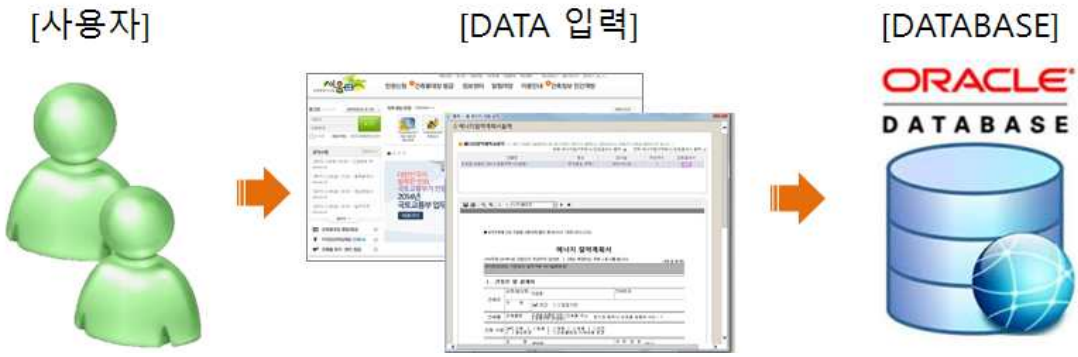


[그림 2.61] 에너지 성능 통합 관리시스템 연구수행 프로세스



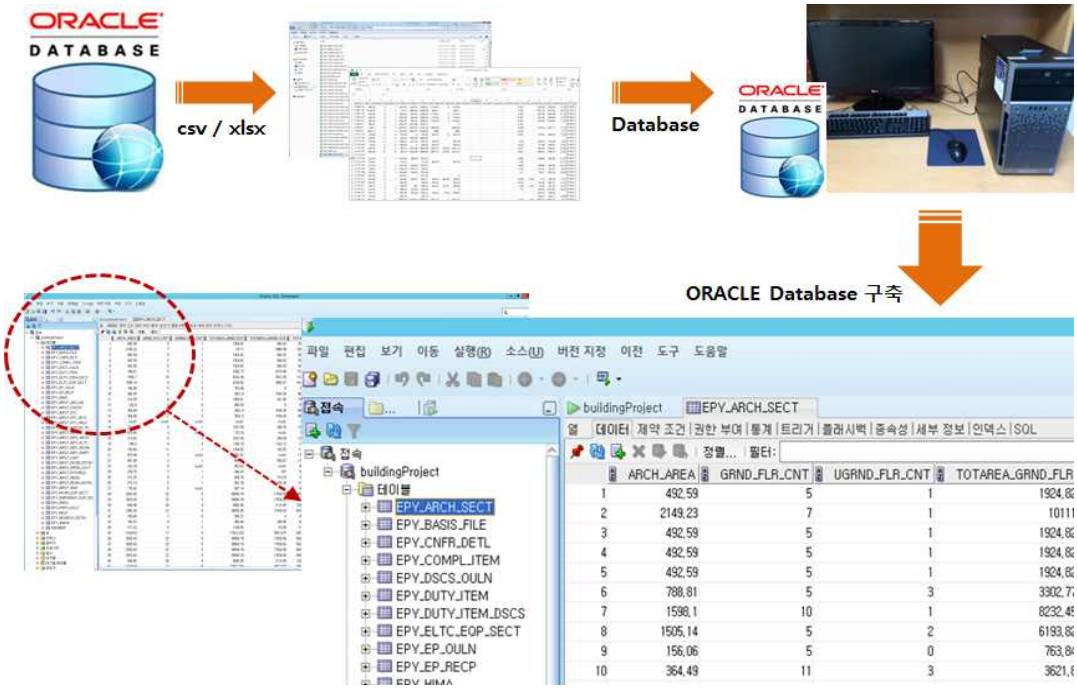
[그림 2.62] 에너지절약계획서 DB 기반 통합정보 제공 Web 프로그램 개발 Flow

사용자가 직접 세움터에 자신의 건축물에 대한 정보를 입력하게 되면, 입력된 데이터를 Oralce 데이터베이스에 저장되어 관리되며, 에너지절약계획서(EPI) 데이터베이스 구조는 아래와 같다.

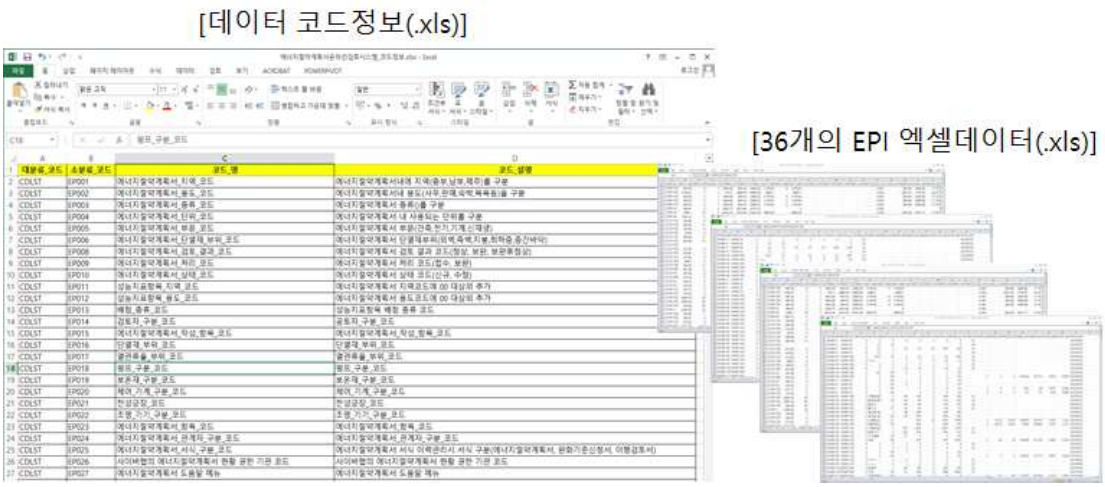


[그림 2.63] 에너지절약계획서 데이터베이스 구조

이렇게 전달된 데이터는 서버에 Oracle 데이터베이스 형태로 저장되며, 데이터 서버시스템을 구축한 후 Web 프로그램 개발을 진행하였다. [그림 2.64]는 2012 ~2014년까지의 3년간의 약 2,406여개의 건물 정보를 포함하고 있으며, [그림 2.65]는 대분류, 소분류, 코드명, 코드설명 등의 내용을 포함한 약 2,000여개의 코드 정보를 기준으로 약 35개의 엑셀 테이블로 정리하였다.



[그림 2.64] Web 프로그램 개발을 위한 Oracle 데이터베이스 구축



[그림 2.65] 에너지절약계획서 온라인검토 시스템 데이터 현황

라) Web 기반 통합관리시스템 분석 요소 및 항목 도출

본 연구 수행을 위하여 EPI 분류 항목 중 구현하고자 하는 분석요소를 기준으로 데이터 항목을 분류하였으며, [그림 2.66]에서와 같이 크게 건축 일반사항, 적용시스템(건축, 기계, 전기, 신재생), 에너지성능 지표(EPI 점수, 1차에너지소요량) 등으로 구분할 수 있다. 각각의 대분류 항목을 바탕으로 각 항목별 가시화 모듈 및 분석 모듈 구현을 위한 데이터 항목을 분류하고 DB 값이 숫자 또는 코드화 되어 있는 항목을 선별하여 분류를 진행하였다.

건물 일반사항은 건축주, 용도, 연도, 연면적/공조면적, 건물위치 등으로 분류하였으며, 시스템 중 건축은 건물 외피, 열관류율, 창호 기밀성능 등급, 기계는 냉·난방, 급탕시스템 종류, 용량, 효율, 전기는 LED조명기기적용비율(%), 조도비율, 신재생은 신재생에너지 용량 적용 비율(%)로 건물에너지 성능지표로는 EPI 점수와 단위면적당 1차 에너지소요량으로 분류하여, 데이터 분석 요소를 도출하였다.

전기는 당초 계획으로는 적용된 시스템 종류별로 분류하고자 하였으나, 데이터가 코드화 되어 있지 않아 사용자가 임의로 입력하여 약 100여 가지 이상의 시스템 명으로 입력되어 있어 데이터를 분류 및 분석하는데 어려움이 발생하였다. 이처럼 데이터가 코드화 되어 있지 않고, 수기로 입력되어 있는 데이터 항목은 본 연구에서 제외하고 프로그램 개발을 하였다.



[그림 2.66] 데이터 분석요소 도출현황

건축물의 각각의 도출된 데이터 요소는 데이터베이스의 각각의 코트와 연계 및 분류하여 정리하였으며, 아래 <표 2.38>부터 <표 2.39>는 각각의 분류 항목과 코드를 정리한 내용이다.

<표 2.38> 일반사항 데이터 분류

구조	분류	Table	Column	Value (예)	입력방법
일반 사항	건축주	EPY_EP_OULN	ARCH_CVL_GB_CD	1 (민간) 2 (공공기관)	선택
	용도		EP_PURPS_CD	10	선택
	연도	EPY_DSCS_OULN	DSCS_DTIME	2000~2020	범위
	연면적	EPY_ARCH_SECT	TOTAREA	10~100000	범위
	공조면적		HEAT_AREA_TOT	10~100000	범위
	건물위치	EPY_EP_RECP	SIGUNGU_CD	11110	선택

<표 2.39> 시스템 데이터 분류

구조	분류	Table	Column	Value (예)	입력방법
시스템	열관류율 (W/㎡k)	EPY_INPUT_INFO	AVG_HTC_OUWL	0.492	범위
		EPY_WNDW	WNDW_HTC	2.120	범위
	난방시스템	EPY_INPUT_MCHN_EFCNY	OBJ_MCHN_CD→3	11	선택
	냉방시스템		OBJ_MCHN_CD → 4	22	선택
	조명시스템	EPY_ELTC_EQP_SECT	LGHT_INDR_SOT_KIND	LED	선택

<표 2.40> 건물용도 데이터 분류코드

코드	건물 용도	데이터 항목
01	사무	비주거
02	판매	
03	숙박	
04	목욕	
05	관람	
06	병원	
07	학교	
08	주택1	주거
09	주택2	
11	비주거 대형(3000㎡ 이상)	비주거
12	비주거 소형(500㎡ ~ 3000㎡ 미만)	
13	주거용도 주택1	주거
14	주거용도 주택2	

<표 2.41> 건물지역 데이터 분류코드

코드	시 도 명
11	서울시
26	부산시
27	대구시
28	인천시
29	광주시
30	대전시
31	울산시
41	경기도
42	강원도
43	충청북도
44	충청남도
45	전라북도
46	전라남도
47	경상북도
48	경상남도
50	제주도

<표 2.42> 열원시스템 데이터 분류코드

코드	냉·난방 기기
3	난방기기
4	냉방기기

<표 2.43> 냉·난방기기 데이터 분류코드

코드	냉·난방기구
11	기름보일러
12	가스보일러-중앙난방방식
13	가스보일러-개별난방방식
14	기타 난방설비
21	원심식(에너지효율, kW)
22	흡수식(성적계수, COP)-1중 효용
23	흡수식(성적계수, COP)-2중 효용, 3중 효용, 냉온수기
24	기타 냉방설비

마) 통합관리시스템 데이터베이스 분류요소 개선사항

일부항목(냉·난방 및 조명시스템 종류)의 데이터는 사용자가 임의로 데이터를 입력하여 제품 사양 및 제품명이 수백 가지로 분류되어 분석을 진행하기 어려운 문제점이 발생했다. 이러한 데이터들은 향후 표준화된 기준코드로 입력하여 데이터를 관리해야 할 필요성이 있으며, 건물 준공일자 또는 접수일자가 분리되어 관리되지 않고 있어 검토일시로 건물 연도를 분류할 수밖에 없는 어려움이 있었다. 일부 데이터의 누락 등으로 기준이 되는 테이블의 건물데이터가 연결된 다른 정보데이터 테이블에 없는 경우도 다수 발견되었다. 또한 에너지절약계획서 제출 시 1개의 건물 또는 동단위로 제출하기 때문에 총 건물 수를 카운트 하는데 오차가 발생할 수 있다. 마지막으로 에너지절약계획서 대상 건물의 용도 분류 코드가 2012년 개정 전후가 달라 이에 대한 분류가 필요할 것으로 사료된다.

바) 통합관리시스템 데이터베이스 분석항목

분류한 건축설계요소들을 바탕으로 가시화 및 분석을 위한 항목을 도출하였으며, 본 연구에서 개발한 Web 프로그램의 분석 항목은 크게 '기본 가시화' 분석과 'Advanced 분석'

모듈로 나눌 수 있다. 기본 가시화 모듈은 EPI의 기본 항목에 대한 성능 분포를 나타내 주는 기능으로써, 다시 'EPI 항목 분류'와 'EPI 항목 분포'로 분류된다. EPI 항목 분류 모듈은 건물의 위치, 면적, 용도, 지역, 시스템 등 분석하고자 하는 요소별로 사용자가 직접 군별 'Grouping'이 가능하도록 한 기능이다. 이러한 기능은 건물용도별, 지역별, 면적별, 시스템별로 사용자가 원하는 분류 기준으로 각각 선택이 가능하여 원하는 범주 내의 건물의 에너지성능 수준을 선별하여 평가가 가능하다. 또한 EPI 항목 분포는 위에서 사용자가 Grouping한 건물군의 데이터를 기반으로 EPI 점수, 1차에너지소요량, 건축, 기계, 전기, 신재생 등의 주요 항목에 대한 성능 수준을 가시화하여 정보를 얻을 수 있다.

'Advanced 분석' 모듈은 EPI 주요 항목 분포를 보여주는 기능을 넘어 사용자 자신의 건물의 에너지성능을 비교 평가할 수 있는 '나의 빌딩' 기능과 EPI 항목간 상관관계 및 통계 분석이 가능한 '상관분석' 기능을 포함하고 있다. '나의 빌딩' 모듈은 사용자가 DB를 활용하여 원하는 건물 군으로 분류한 데이터를 기준으로 내 건물의 에너지성능 수준 현황을 파악 및 비교 할 수 있다. '상관분석' 기능은 EPI 항목간의 상관관계를 분석하여 가시화하여 표현해 주며, 아래 [그림 2.67]은 개발된 Web 프로그램의 분석 항목을 분류한 것이다.



[그림 2.67] 데이터 분석 항목

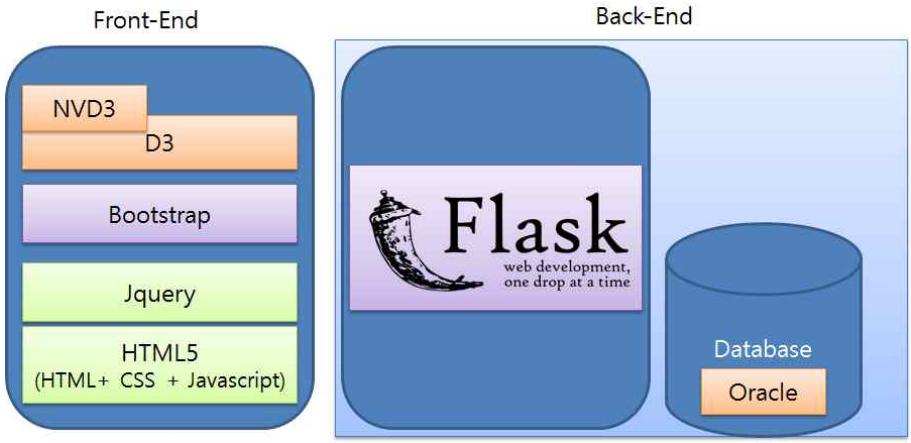
이와 같은 분석을 진행하기 위해서 기존에 구축되어 있는 데이터베이스를 바탕으로 코드정보와 연계하여 데이터를 정리하였으며, 아래 <표 2.44>는 분석을 위한 항목과 코드를 정리한 것이다.

<표 2.44> 분석항목 데이터 분류코드

항목	Table	Column	Value (예)
EPI 점수	EPY_PRFIX	EVL_SCORE	MGM_EP_OULN_PK 같은 번호 EVL_SCORE 총합
1차에너지소요량	EPY_REQREQY_ESTM	PRM_ENGY_REQREQY_HEAT	난방, 급탕, 냉방, 조명, 환기 총합
		PRM_ENGY_REQREQY_WTHT	
		PRM_ENGY_REQREQY_ARCLNG	
		PRM_REQREQY_LGHT	
		PRM_REQREQY_VENTL	
열관류율(외벽평균)	EPY_INPUT_INFO	AVG_HTC_OUWL	
열관류율(창호)	EPY_WNDW	WNDW_HTC	
창호기밀성능		AIRTGHT_GRADE	1~10 등급까지 있음 (데이터중의 49, 99 가 있는데 이 값은 삭제)
외단열비율	EPY_INPUT_INFO_ARCH	OUWL_OINSUL_RAT	0~100% (100넘는값 존재)
난방시스템	EPY_INPUT _MCHN_EFCNY	OBJ_MCHN_CD→3	CDYSM_MHRLS_GB_CD
냉방시스템		OBJ_MCHN_CD → 4	CDYSM_MHRLS_GB_CD
난방시스템 효율	EPY_MCHN _EQP_SECT	HEAT_HEAT_EFCNY	0~100
냉방시스템 COP		ARCLNG_COP	0~10
조명밀도(X)	EPY_INPUT_LGHT	LGHT_DN	데이터가 이상함
LED비율	EPY_INPUT_INFO_ELTC	LGHT_LED_RAT	0~100 %
난방신재생비율	EPY_INPUT _INFO_NWRV	HEAT_NWRV_RAT	0~100 %
냉방신재생비율		ARCLNG_NWRV_RAT	0~100 %

사) 분석 모듈 개발

분석요소 및 항목을 기준으로 Web 기반 프로그램 분석 모듈을 개발하였으며, [그림 2.68] 및 <표 2.45>는 프로그램 구조도로 크게 “Front-End”와 “Back_End”로 구분할 수 있다. Back_End는 서버에서 처리하는 부분으로 Oracle Database에 구축되어 있는 정보들을 불러와 마이크로 웹 Framework(모듈)에서 데이터를 처리한다. Front_End는 서버에서 처리된 데이터들을 그래픽으로 가시화하여 사용자에게 보여주는 역할을 한다. 웹사이트 전체 기반 언어는 HTML5(HTML + CSS + Javascript)로 구성되어 있으며, Web 프로그램 구현을 위한 각각의 Library(모듈)로 프로그램을 개발하였다.



[그림 2.68] Web 서버 모듈 구조도

<표 2.45> 분석 모듈 구조도

구조	모듈	내용
Front-End	NVD3 D3	지도 및 그래프의 그래픽 처리 라이브러리(모듈)
	Bootstrap	웹사이트의 전체적인 디자인 및 프레임워크(모듈)
	Jquery	자바스크립트 언어를 단순화 라이브러리(모듈)
	HTML5 (HTML+ CSS + Javascript)	웹사이트의 전체 기반 언어 (html:구조, css:디자인 Javascript:로직)
Back-End	Flask web development, one drop at a time	파이썬 기반 마이크로 웹 프레임워크(모듈)
	Oracle	Database

시각화분석 모듈의 Back_End는 Python 기반의 마이크로 웹 Framework인 flask를 이용하여 구현되었으며, 모든 서버의 API처리 및 데이터베이스(Oracle) 접근에 활용되었다. 또한 기본적인 데이터의 처리 및 계산은 Python 모듈을 활용하여 로직을 처리하였다. Front_End에는 NVD3, Bootstrap, Jauery, HTML5 등의 모듈을 활용하여 Web 사이트의 시각화를 구현하였다. Bootstrap은 간단한 오픈 소스기반(아파치2.0 라이센스)의 HTML5, CSS3 UI Framework로 HTML5, CSS3, Javascript로 구성되어 있으며, UI를 빠르게 구현해 낼 수 있는 각종 컴포넌트들을 제공해 주고 있다. Web 사이트의 전체적인 디자인 및 Framework를 구현하는데 이 Bootstrap을 이용하였다. NVS3는 지도 및 그래프의 그래픽 처리 Library로 EPI 항목분포 그래프 등 그래픽 처리를 하는 모듈로 활용되었다. Web사이트의 분류 기능에서 사용자가 분류한(Grouping) 건물의 수를 지도에 시각화 하여 표현하는데 이용되었다.

Jquery는 브라우저 호환성이 있는 HTML에 포함되어 있는 Javascript Library이며, 클라이언트 사이드 스크립트 언어를 단순화할 수 있도록 설계되었다. 존 레식이 2006년 뉴욕시 바캠프(Barcamp NYC)에서 공식적으로 소개한 Jquery는 현재 가장 일반적으로 사용되고 있는 Javascript Library 중 하나로 MIT 라이선스와 GNU 일반 공중 사용 허가서 v2의 듀얼 라이선스를 가진 자류 오픈 소프트웨어이다. Jquery의 문법은 코드 보기, 문서 객체 모델 찾기, 애니메이션 만들기, 이벤트제어, Ajax 개발을 쉽게 할 수 있도록 디자인되어 있으며, 개발자가 플러그인을 개발할 수 있는 기능을 제공한다. 본 연구에서는 Javascript 언어를 단순화 시켜주는 Library 모듈로 활용되었다.

아) 에너지성능 통합관리시스템 Web 개발

에너지절약계획서 DB 기반 통합관리시스템은 [그림 2.69]와 같이 구현된다. Web 프로그램명은 [Building Database(안)]으로 크롬(chrome : 구글 웹 브라우저)에서 구현되며, Web 사이트 주소는 [http://energy.dankook.ac.kr] 이다. 현재는 세움터 DB의 데이터를 받아 본 연구기관 서버에 DB를 구축해 놓은 상태로 향후 세움터 DB와 직접적으로 연동하여 지속적으로 업데이트가 가능할 것으로 사료된다.

추후 개발된 에너지성능 통합관리시스템은 '건축물 에너지절약 설계기준' 에너지절약계획서 검토 전문기관 업무와 '건축물 에너지효율등급 인증제도' 운영기관을 담당하고 있는 에너지관리공단에서 운영, 유지관리 및 주기적으로 데이터 갱신하여 사용자에게 관련 정보 제공이 가능할 것으로 보인다.



[그림 2.69] 에너지성능 통합관리시스템 메인화면

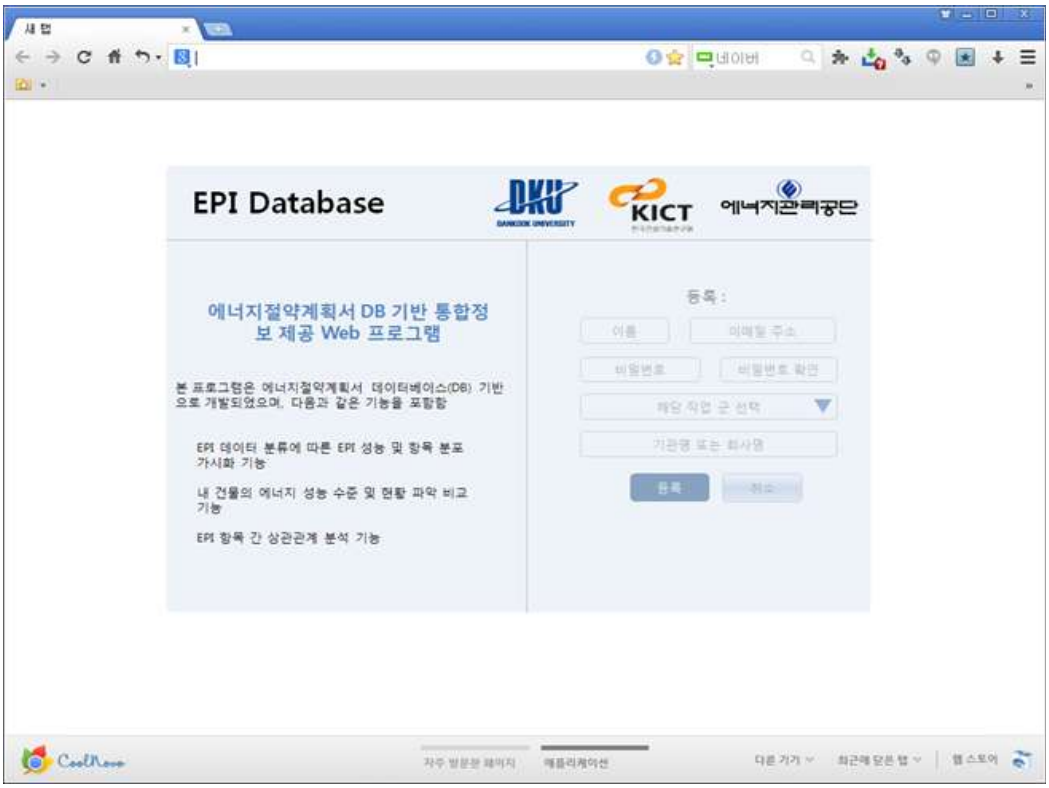
로그인은 크롬(chrome)에서 [http://energy.dankook.ac.kr]로 최초 접속 시 [그림 2.70]과 같은 로그인 화면이 나타나며, E-mail 주소와 패스워드를 입력 후 로그인된다. 사용자 등록이 되지 않은 경우는 등록을 클릭하여 사용자 등록 후 접속이 가능하다. 기 등록자가 비밀번호 및 아이디 분실 시 비밀번호 찾기 버튼을 클릭하여 비밀번호 찾기 페이지로 이동하여 비밀번호 및 아이디 검색 후 재접속을 할 수 있다. 사용자의 이름과 메일주소를 입력하고 전송을 클릭하면 해당 메일주소로 1회용 비밀번호가 전송된다.



- 첫 페이지 : http://energy.dankook.ac.kr로 접속 시 뜬 최초의 화면
- E-Mail 주소와 비밀 번호를 넣고 로그인을 버튼을 누르면 로그인이 된다.
- 등록 : 사용자 등록
- 비밀번호 및 아이디 찾기 : 비밀번호 및 아이디 찾기 페이지로 이동한다.

[그림 2.70] 로그인 화면

새로운 사용자를 등록 시 로그인 화면에서 등록 버튼을 클릭하면 [그림 2.71]과 같은 화면으로 이동한다. 신규 사용자는 이름, 해당직업 군 등 간단한 정보 등록으로 회원가입이 이루어진다. 입력하는 이메일 주소는 비밀번호 분실 시 비밀번호 전송 및 로그인시 아이디로 활용되며, Web 프로그램을 활용하는 사용자의 직업군에 대한 정보 확인을 위해 해당 직업군에 대한 정보를 입력 할 수 있도록 구현하였다. 직업군으로는 정부관계자, 건물관리자, 건축주, 컨설턴트, 제조업체, 연구원, 건축시공, 공공기관, 기타 등으로 분류하였다.



- 새로운 사용자를 등록 시 로그인 화면에서 등록 버튼을 클릭하면 이 페이지로 이동한다.
- 새로운 사용자의
  - 이름 :
  - 이메일 주소 :
  - 해당 직업군 선택 :

[그림 2.71] 회원가입 화면

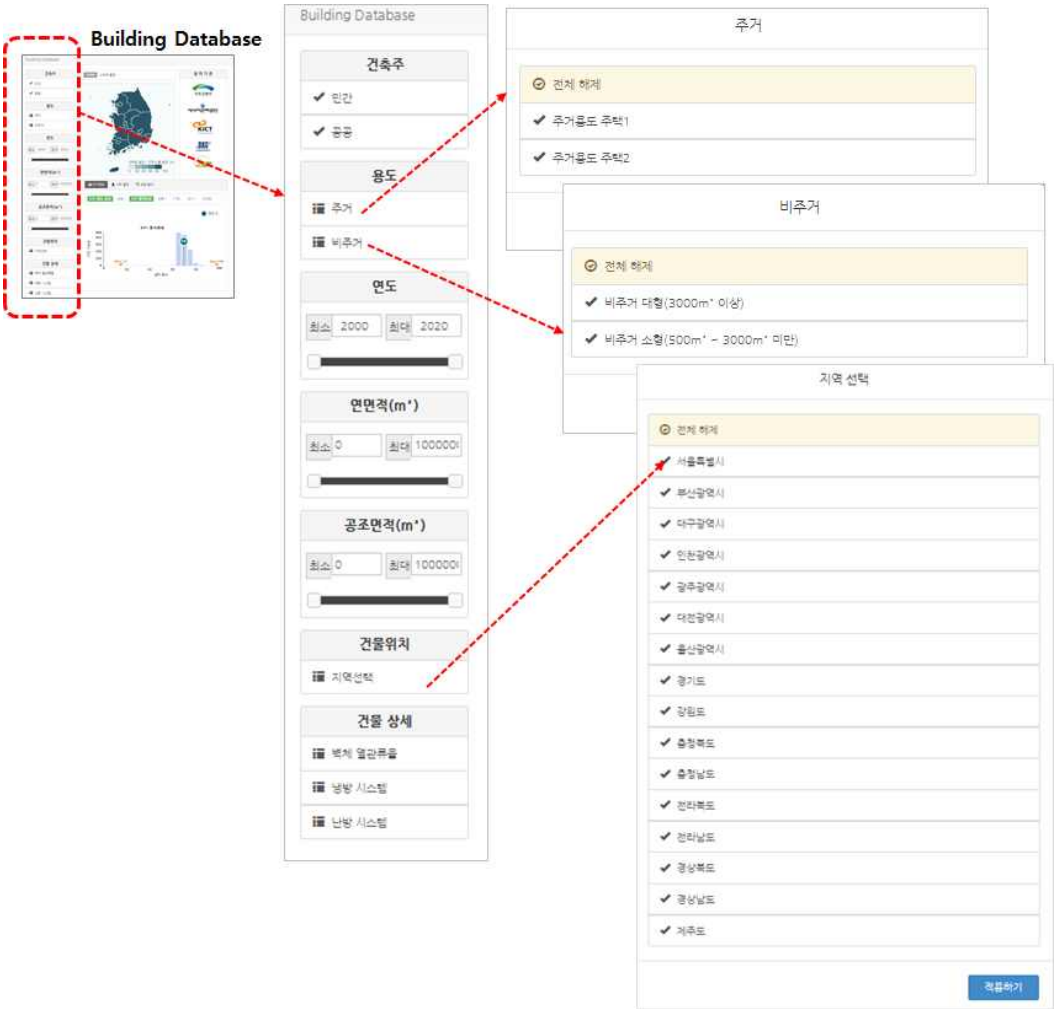
회원가입 후 로그인을 하면 [그림 2.72]와 같은 화면이 나타난다. 화면 왼쪽에는 분류하고자하는 항목을 선택하여 건물을 분류할 수 있는(Grouping) EPI 항목 분류 기능을 배치하였다. 화면의 중앙부에는 사용자가 분류한 항목에 따라 전국 시도별 건물수 분포를 지도에 표현하여 컬러로 시각화 하여 표현하였다. 마지막으로 지도하단에는 EPI 분석 모듈을 배치에 EPI 분포현황, 나의빌딩, 상관분석 등을 평가 할 수 있으며, 분석 모듈은 크게 EPI 성능분포(EPI점수, 단위면적당 1차 에너지소요량), EPI항목분포(건축, 기계, 전기, 신재생)로 구성하였다.



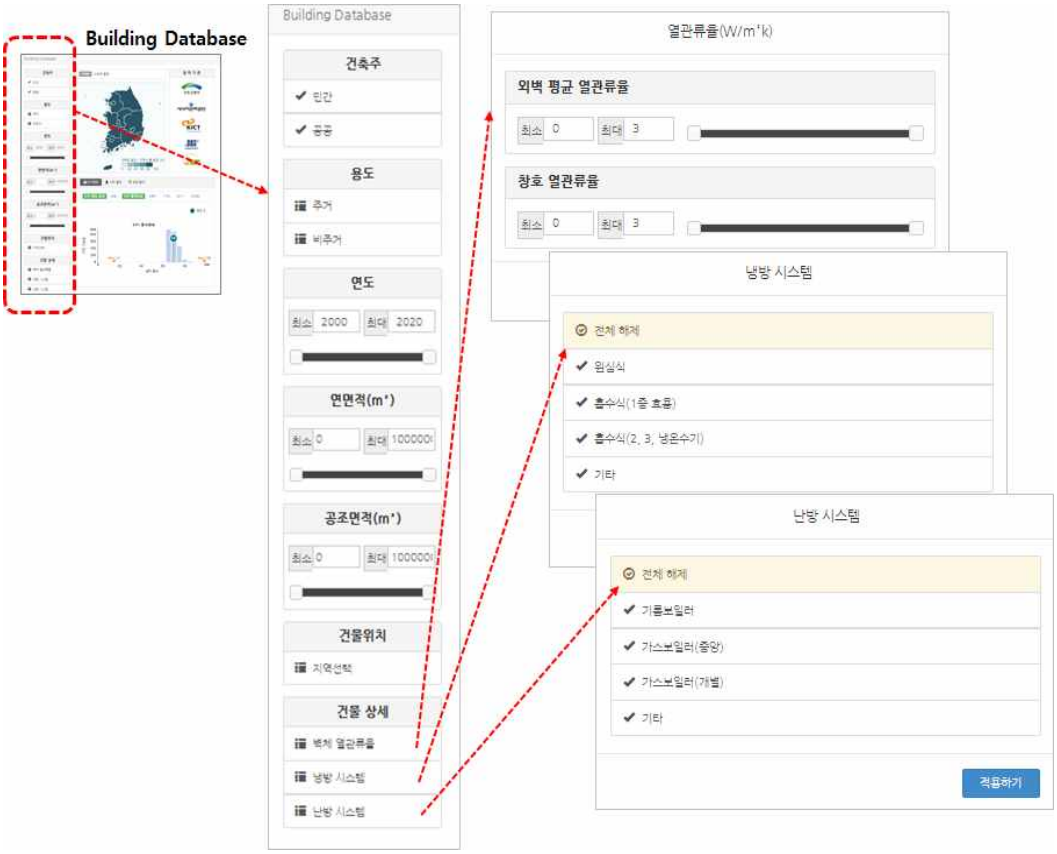
[그림 2.72] 통합관리시스템 정보제공 Web 프로그램 구성화면

자) EPI 항목 분류 기능

개발된 프로그램의 메인 기능중의 하나인 사용자가 직접 원하는 조건의 건물 군으로 분류(Grouping)를 하여, 그 조건하에 건물에너지 성능을 평가 할 수 있다. 메인화면의 왼쪽에 배치된 건축주, 용도, 연도, 연면적, 공조면적, 건물위치, 건물 상세 등의 선택 사항을 사용자가 직접 입력 및 선택하여 평가하고자 하는 건물 군으로 분류하여 에너지성능 및 항목 분포를 도출할 수 있도록 구성하였다. [그림 2.73]과 같이 “건축주”는 민간/공공으로, 용도는 주거/비주거를 선택 할 수 있도록 구성하였으며, 주거/비주거는 현재 건축법상의 건물용도 구분을 반영하여 자신이 선택하고자 하는 용도의 건물을 선택할 수 있도록 하였다. 또한 연도, 연면적, 공조면적 등은 “Moving bar”를 이용하거나, 사용자가 직접 입력하여 범위를 선택할 수 있도록 구성하였다. 건물 위치 항목을 선택하면 원하는 지역을 선택할 수 있으며, 원하는 지역의 일부 선택 또는 전체 선택 등 그룹핑(Grouping) 하고자 하는 지역을 자유롭게 선택하여 적용 버튼을 클릭하면 결과값에 분류 그룹이 반영된다. 또한 [그림 2.74]의 건물 상세에서는 열관류율 및 냉·난방 시스템 등 건물에너지 성능에 영향을 주는 주요 설계인자에 대한 분류도 가능하다. 특히 열관류율은 지속적으로 단열기준이 강화되고 있는 추세로 정확한 비교 분석을 위해서는 단열 수준에 대한 분류가 요구되기 때문에, 이러한 법적 기준을 반영하기 위하여 열관류율 항목은 별도로 분류하여 사용자가 선택할 수 있도록 구성하였다. 냉·난방에너지 시스템은 현재 코드화 되어있는 시스템을 위주로 냉방시스템은 원심식, 흡수식 1, 흡수식 2, 기타로 난방시스템은 기름보일러, 가스보일러(중앙), 가스보일러(개별), 기타로 선택항목을 분류하였다.



[그림 2.73] EPI 항목 분류 기능화면-1



[그림 2.74] EPI 항목 분류 기능화면-2

이와 같은 분류 기능을 활용하였을 때 결과데이터에 대한 예시를 보여주기 위해 아래와 같은 조건을 분류하여 데이터를 분석하였다.

- 건 축 주 : 민간
- 용　　도 : 비주거
- 연　　도 : 전체선택
- 연 면 적 : 전체선택
- 공조면적 : 전체선택
- 지　　역 : 서울 / 경기
- 건물상세 : 전체선택

[그림 2.75]는 사용자가 위의 조건을 선택하게 되면 그룹의 건물 수는 ① 전체 건물 2406개 중 422개로 건물 수가 표시되며, ② 지역항목에서 선택한 서울 / 경기 지역이 지도에서 표시되며, ③ 선택된 서울 / 경기 지역의 총 빌딩 수에 대하여 사용자가 분류한 그룹의 건물 수의 비율(%)을 색상으로 구분될 수 있도록 표시해 주는 기능을 구축을 하였다.



[그림 2.75] 항목 분류 적용 결과 예시 화면

차) EPI 분포 기능

위에서 사용자가 분류한 데이터를 기반으로 그룹핑(Grouping)한 건물 군에 대한 에너지 성능 결과를 도출할 수 있으며, 결과는 지도 아래의 그래프를 통해 구현된다. 항목은 크게 EPI 성능분포와 EPI 항목분포로 나누어져 사용자가 원하는 항목을 선택하여 데이터를 확인할 수 있도록 구성하였다. EPI 성능분포 결과는 EPI 점수분포와 단위면적당 1차에너지소요량을 확인할 수 있다.

[그림 2.76]에서와 같이 막대그래프로 사용자가 선택한 건물 군의 1차에너지소요량 분포를 보여주며, 단위면적당 1차에너지소요량과 이에 따른 건물 수를 기준으로 평균값, 최대값

/ 최소값이 동시에 구현되도록 시스템을 구축하였다.(선택한 건물군의 건물 수는 전체 422개이나, 단위면적당 1차에너지소요량은 일정 규모 이상의 건물데이터만 존재하여, 이에 해당하는 건물의 데이터만 분류되기 때문에 총 건물 수가 7개로 나타나는 결과를 나타내고 있다)

즉, 위에서 사용자가 선택한 그룹의 건물 군의 단위면적당 1차에너지소요량은 평균 약 215 kWh/㎡으로 최소 143 kWh/㎡ ~ 최대 273 kWh/㎡의 분포를 보여주고 있다. EPI 점수분포 선택 시 동일한 형태의 결과를 확인할 수 있다.



[그림 2.76] EPI 성능분포_1차에너지소요량(예시)

EPI 항목분포는 건축, 기계, 전기, 신재생으로 분리되어 건물의 에너지 성능에 영향을 미치는 EPI 주요 항목에 대한 성능분포를 확인할 수 있도록 [그림 2.77] ~ [그림 2.80]으로 구성되어 있다. 또한 사용자가 선택한 그룹의 건물 군에 대하여 결과가 도출되며 건물 군의 외벽 평균 열관류율의 평균은 약 0.6 W/㎡K로 최소 0.2 W/㎡K ~ 최대 2.0 W/㎡K의 분포를 나타낸다. 그밖에 건축의 창호 평균열관류율, 창호기밀성능, 외단열 공법비율, 기계항목의 난방시스템, 냉방시스템, 난방시스템 효율, 냉방시스템 COP, 전기 항목의 LED 전력량 비율, 신재생 항목의 신재생비율(난방), 신재생비율(냉방) 등의 결과도 동일한 형태로 성능수준을 확인할 수 있다.



[그림 2.77] EPI 항목 분포_건축_외벽평균열관류율(예시)



[그림 2.78] EPI 항목 분포_기계_난방시스템(예시)]



[그림 2.79] EPI 항목 분포_전기_LED 전력량 비율(예시)



[그림 2.80] EPI 항목 분포_신재생_신재생(난방) 비율(예시)

카) 나의 빌딩(사용자)

나의 빌딩 항목은 사용자가 선택한 그룹안의 나의 빌딩의 에너지성능 수준을 평가 할 수 있도록 구성한 분석 기능이다. “나의 빌딩”을 클릭하면 [그림 2.81]과 같은 나의 빌딩의 에너지성능을 입력할 수 있는 팝업창이 활성화 되며, 사용자는 자신의 건물의 EPI 점수, 1차에너지소요량, 외벽 평균열관류율 등 EPI 주요 항목 중 자신이 비교 및 평가해 보고 싶은 항목들을 입력하여 그 결과를 확인할 수 있다. 데이터는 수기로 입력이 가능하며, 난방시스템 및 냉방시스템은 그 종류가 매우 다양하여 사용자가 직접 입력하는 것이 아니라 DB에 구축되어 있는 시스템으로 분류하여 선택할 수 있도록 [그림 2.82]와 같이 구성하였다. 또한 [그림 2.83]과 같이 시스템을 선택하면 난방시스템의 시스템 효율과 냉방시스템의 COP를 사용자가 직접 입력 가능하도록 구성하였다.

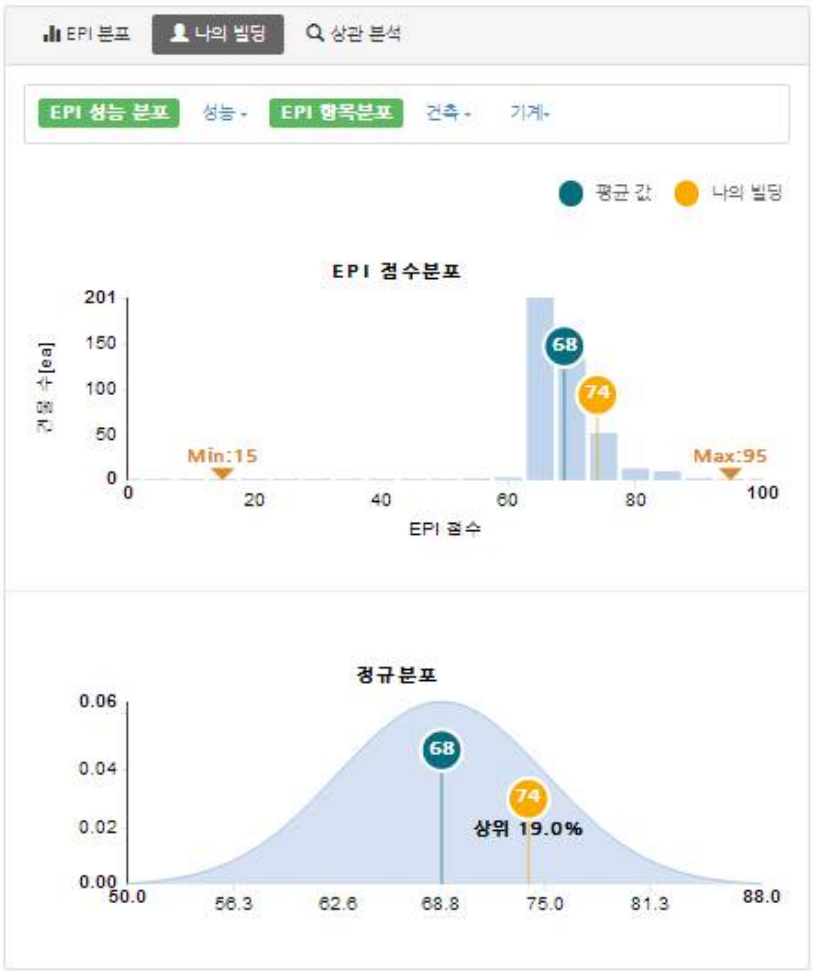


[그림 2.81] 나의 빌딩 입력항목 화면



[그림 2.82] 나의 빌딩 냉·난방시스템 입력 항목 화면

앞서 그룹핑(Grouping)한 건물 군 데이터를 기반으로 나의 빌딩을 클릭 후 EPI점수 74, 1차에너지소요량 150 등의 값을 입력하여 결과를 도출한 예시를 살펴보았다. 결과 아래 [그림 2.83]과 같이 2개의 그래프로 나타나며 위에 그래프는 분류기능에서 보인 막대형태의 성능분포 그래프가 나타나고, 이에 나의 빌딩의 값이 노란색 동그라미 형태로 값이 동시에 나타내진다. 즉, 내가 선택한 그룹의 EPI 평균은 68점이며, 나의 빌딩은 74점으로 상대적인 우위의 위치를 나타내는 것으로 확인할 수 있다. 또한, 이러한 결과는 아래 정규 분포도로 표현되며, 내 건물의 에너지성능지표(EPI점수)의 수준이 상위 19% 수준이라는 것을 그림과 수치로 표현되는 것을 확인할 수 있다. 나의 빌딩 기능은 사용자가 직접 선택한 그룹 내 나의 빌딩의 에너지성능수준을 비교하여 평가할 수 있는 기능으로, 상대적인 수준을 % 등의 수치 및 정규분포상의 위치 등으로 표현되어 시각적인 결과를 도출할 수 있는 장점을 가지고 있다.

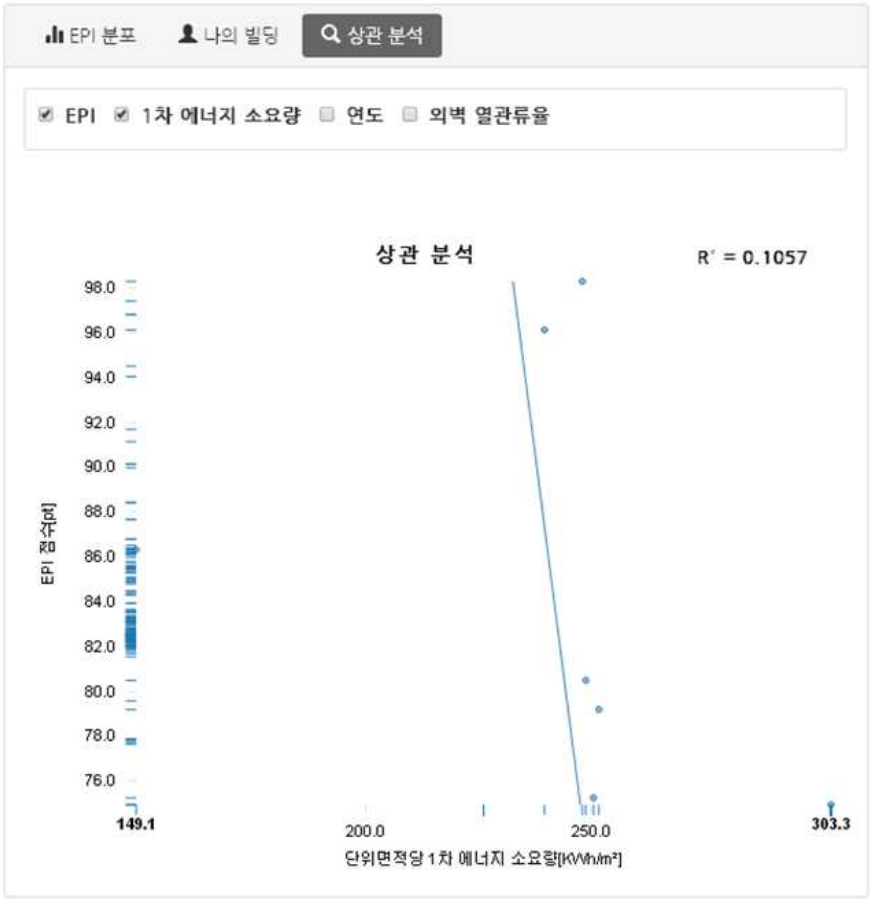


[그림 2.83] 나의 빌딩 EPI점수분포 및 정규분포 결과화면

파) 상관분석

상관분석 기능은 Advanced된 기능으로서 EPI 주요 인자간의 상관성 및 관계를 그림으로 표현해 준다. 현재 EPI 점수, 1차에너지소요량, 연도, 외벽 열관류율 등 4개의 항목을 우선으로 상관기능을 구축하였으며, 4개의 항목 중 2개의 항목만 선택이 가능하여 2개의 인자간의 상관성을 도출할 수 있다. 결과는 산포도로 시각화하였으며, 인자간의 상관관계는 R^2 값 및 추세선으로 결과를 사용자가 판단할 수 있다. 본 시스템은 개발 초기 단계로 일부 항목에 대해서만 적용하였으며, 향후 세움터 DB와 실시간 연동을 통해 좀 더 많은 항목간의 상관성을 도출할 수 있을 것으로 사료된다.

상관분석의 한 예시를 통해 건물에너지성능평가의 주요 인자인 EPI 점수와 외벽열관류율을 선택하여 상관성을 분석하였다. 그 결과 아래 [그림 2.84]와 같이 데이터는 산포도로 표현되며, 데이터가 밀집되어 있는 부분은 X축, Y축에 진한 색으로 표현되며 밀집도를 확인할 수 있다. 또한 추세선과 R^2 값이 도출되는 것을 확인 할 수 있다.



[그림 2.84] EPI 및 외벽 평균열관류율 상관분석 결과화면

타) 설문조사

개발된 Web 프로그램의 사용성 검토 및 전반적인 점검을 위해 프로그램에 대한 항목별 설문조사를 시행하였다. 설문 항목은 크게 분류기능, EPI 분포기능, 나의빌딩, 상관관계 항목으로 분류하여 각각의 항목에 대한 프로그램 오류 및 기타 문제 발생여부 등에 대한 조사가 진행되었다.

설문조사 결과 24개의 각각의 항목에 대한 프로그램 오류 여부조사에서는 오류발생률이 거의 없는 것으로 조사되었다. 일부 기타의견으로 프로그램 로딩 속도가 다소 느리다는 의견이 있었지만 프로그램 로직상의 문제는 아닌 것으로 조사되었다. 실제로 Web 프로그램의 사용 시 속도가 느려지는 현상이 종종 발생하는데 세움터 데이터베이스 구조와 동일한 DB에서 데이터를 소팅(Sorting)해 방대한 양의 데이터를 실시간 계산을 통해 그래프로 표현하기 때문에 이러한 문제가 발생하는 것으로 판단된다. 향후 세움터 DB 구조에 Web 프로그램에 사용되는 데이터들을 취합하여 별도의 Table을 구축하게 되면 이러한 문제는 해결될 것으로 사료된다. ([그림 2.85] 참조)

EPI Database - 분류 기능

1-1. 분류 기능 중 "건축주_민간" 항목을 선택하는 과정에서 에러가 발생한 적이 있습니까?
① 있다 ② 없다 ③ 있다면, 어떤 문제가 발생 했습니까? ( )

1-2. 분류 기능 중 "건축주_공공" 항목을 선택하는 과정에서 에러가 발생한 적이 있습니까?
① 있다 ② 없다 ③ 있다면, 어떤 문제가 발생 했습니까? ( )

2-1. 분류 기능 중 "용도_주거" 항목을 선택하는 과정에서 에러가 발생한 적이 있습니까?
① 있다 ② 없다 ③ 있다면, 어떤 문제
가 발생 했습니까? ( )

2-2. 분류 기능 중 "용도_비주거" 항목을 선택하는 과정에서 에러가 발생한 적이 있습니까?
① 있다 ② 없다 ③ 있다면, 어떤 문제가 발생 했습니까? ( )

3. 분류 기능 중 "연도" 항목을 선택하는 과정에서 에러가 발생한 적이 있습니까?
① 있다 ② 없다 ③ 있다면, 어떤 문제가 발생 했습니까? ( )

[그림 2.85] 에너지성능 통합관리 시스템 설문조사(계속)

4. 분류 기능 중 "연면적" 항목을 선택하는 과정에서 에러가 발생한 적이 있습니까?
① 있다 ② 없다 ③ 있다면, 어떤 문제가 발생 했습니까? ( )

5. 분류 기능 중 "공조면적" 항목을 선택하는 과정에서 에러가 발생한 적이 있습니까?
① 있다 ② 없다 ③ 있다면, 어떤 문제가 발생 했습니까? ( )

6. 분류 기능 중 "건물위치_지역선택" 항목을 선택하는 과정에서 에러가 발생한 적이 있습니까?
① 있다 ② 없다 ③ 있다면, 어떤 문제가 발생 했습니까? ( )

7-1. 분류 기능 중 "시스템_벽체 열관류율" 항목을 선택하는 과정에서 에러가 발생한 적이 있습니까?
① 있다 ② 없다 ③ 있다면, 어떤 문제가 발생 했습니까? ( )

7-2. 분류 기능 중 "시스템_냉방 시스템" 항목을 선택하는 과정에서 에러가 발생한 적이 있습니까?
① 있다 ② 없다 ③ 있다면, 어떤 문제가 발생 했습니까? ( )

7-3. 분류 기능 중 "시스템_난방 시스템" 항목을 선택하는 과정에서 에러가 발생한 적이 있습니까?
① 있다 ② 없다 ③ 있다면, 어떤 문제가 발생 했습니까? ( )

EPI Database - EPI 분포

1-1. EPI 분포 기능 중 "성능_EPI 점수" 항목을 선택하는 과정에서 에러가 발생한 적이 있습니까?
① 있다 ② 없다 ③ 있다면, 어떤 문제가 발생 했습니까? ( )

1-2. EPI 분포 기능 중 "성능_1차에너지소요량" 항목을 선택하는 과정에서 에러가 발생한 적이 있습니까?
① 있다 ② 없다 ③ 있다면, 어떤 문제가 발생 했습니까? ( )

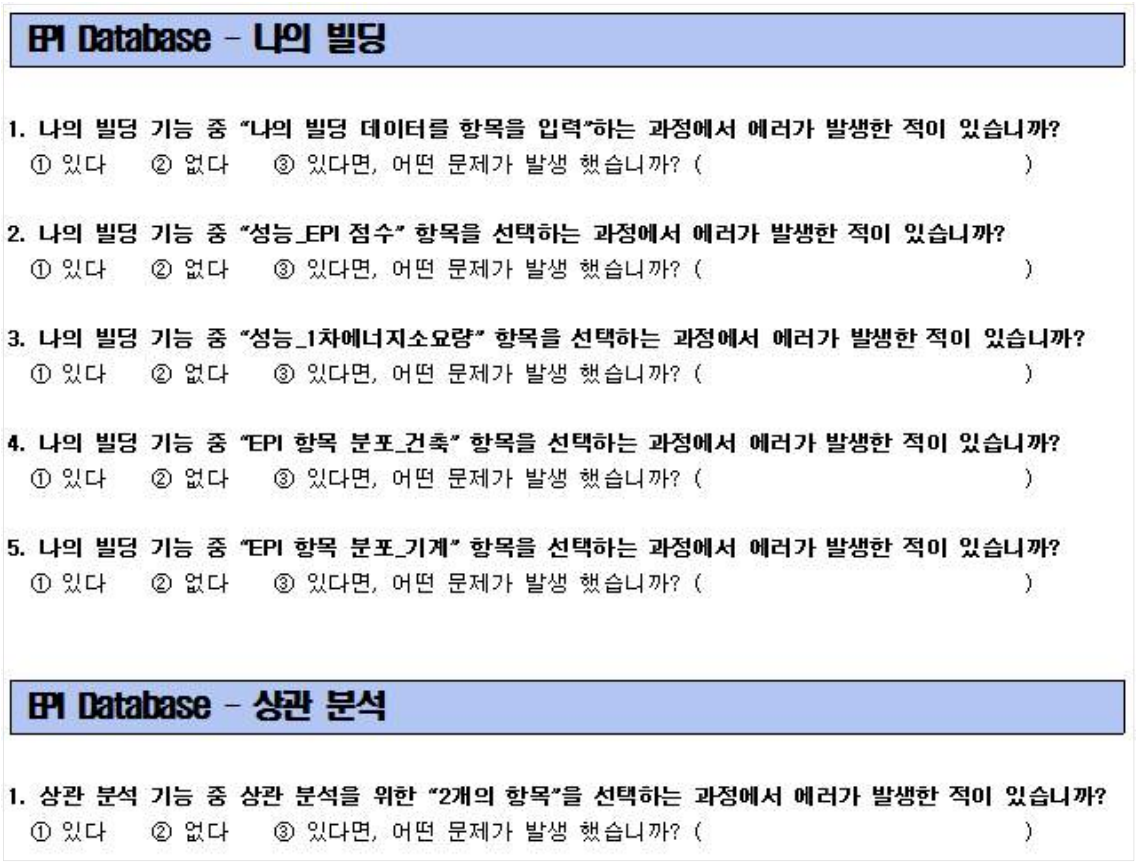
2. EPI 분포 기능 중 "EPI 항목 분포_건축" 항목을 선택하는 과정에서 에러가 발생한 적이 있습니까?
① 있다 ② 없다 ③ 있다면, 어떤 문제가 발생 했습니까? ( )

3. EPI 분포 기능 중 "EPI 항목 분포_기계" 항목을 선택하는 과정에서 에러가 발생한 적이 있습니까?
① 있다 ② 없다 ③ 있다면, 어떤 문제가 발생 했습니까? ( )

4. EPI 분포 기능 중 "EPI 항목 분포_전기" 항목을 선택하는 과정에서 에러가 발생한 적이 있습니까?
① 있다 ② 없다 ③ 있다면, 어떤 문제가 발생 했습니까? ( )

5. EPI 분포 기능 중 "EPI 항목 분포_신재생" 항목을 선택하는 과정에서 에러가 발생한 적이 있습니까?
① 있다 ② 없다 ③ 있다면, 어떤 문제가 발생 했습니까? ( )

[그림 2.85] 에너지성능 통합관리 시스템 설문조사(계속)



[그림 2.85] 에너지성능 통합관리 시스템 설문조사

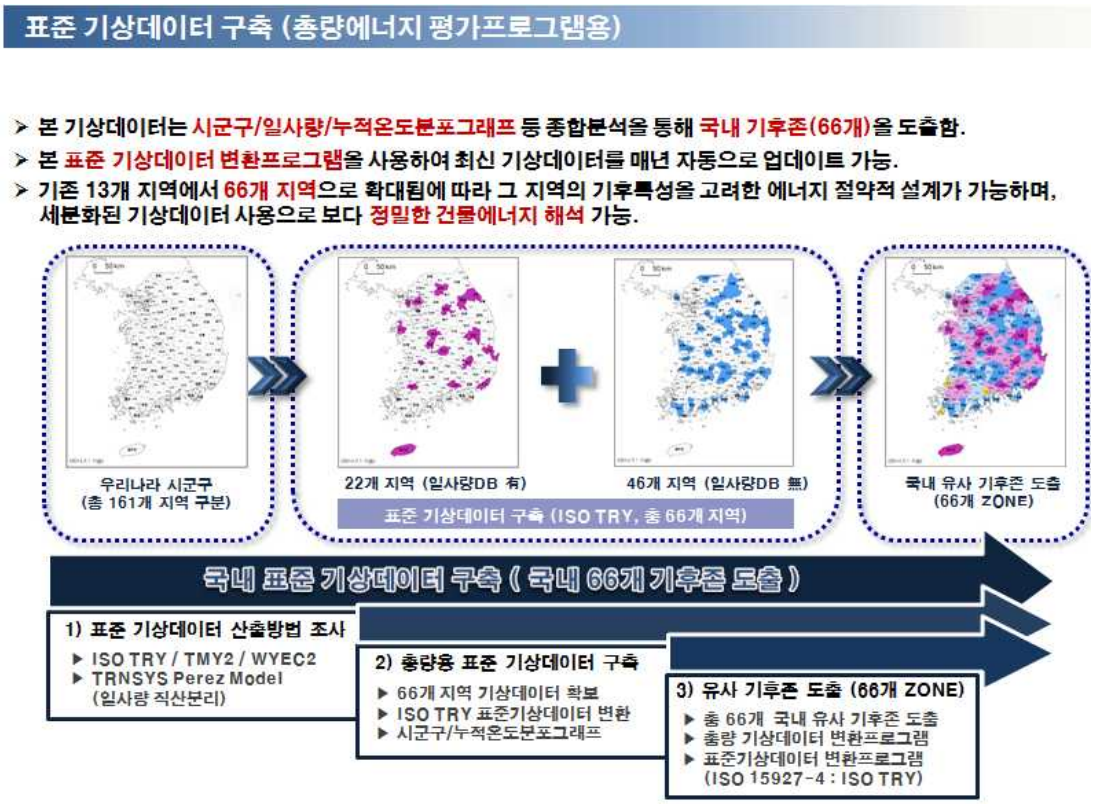
하) 기대효과

통합관리시스템 구축은 Visualization(시각화) 모듈개발, 통계분석 모듈개발, 에너지성능평가 모듈개발을 통해 에너지절약계획서 DB 기반 통합정보 제공 Web 프로그램[EPI Building Database]을 구축하였다. 또한 시스템 구축을 통해 사용자들에게 에너지절약형 설계인자별 현황 비교 및 요소 기술 등의 가이드라인을 제공할 수 있으며, 건축물 에너지성능평가가 가능한 건물에너지 정보제공 인터페이스 구축으로의 활용이 가능할 것으로 사료된다. 에너지절약계획서 온라인시스템을 통해 지속적으로 축적되는 방대한 양의 건축물 에너지데이터를 체계적으로 관리 및 활용할 수 있는 방법에 대한 대안이 될 수 것으로 사료된다. 특히, 시각적으로 표현되는 건물에너지성능지표 및 결과들은 사용자 중심의 쉽고 간편한 툴(Tool)로써 그 활용이 기대되며, 향후 아래와 같은 효과를 확보할 수 있을 것으로 사료된다.

- 저에너지 건축물 설계를 유도하여 건축분야에서의 에너지 효율적 구조전환에 대한 제도적 / 사회적 요구에 부응
- EPI DB를 활용한 실시간 연동 설계 현황 통합정보 제공으로 중장기 건축물 에너지효율 향상 및 개정을 위한 기초자료로 활용
- 건축 관련 실무자 및 설계자가 건물 설계단계에 요소별 에너지성능의 정량적인 검토 및 주요 설계인자에 대한 인터페이스 제공

3. 총량에너지 평가프로그램 개발

가. 표준 기상데이터 구축



[그림 2.86] 표준기상데이터 연구 추진 체계

1) 표준기상데이터 산출방법 조사

국내외 문헌고찰을 통해 가장 대표적인 산출방법을 선정하고, 각 산출방법에 대한 특성을 검토하여, 국내에 가장 적합한 산출 방법 선정을 위한 기초자료를 수집한다.

○ Sandia TMYs, NREL TMY2s

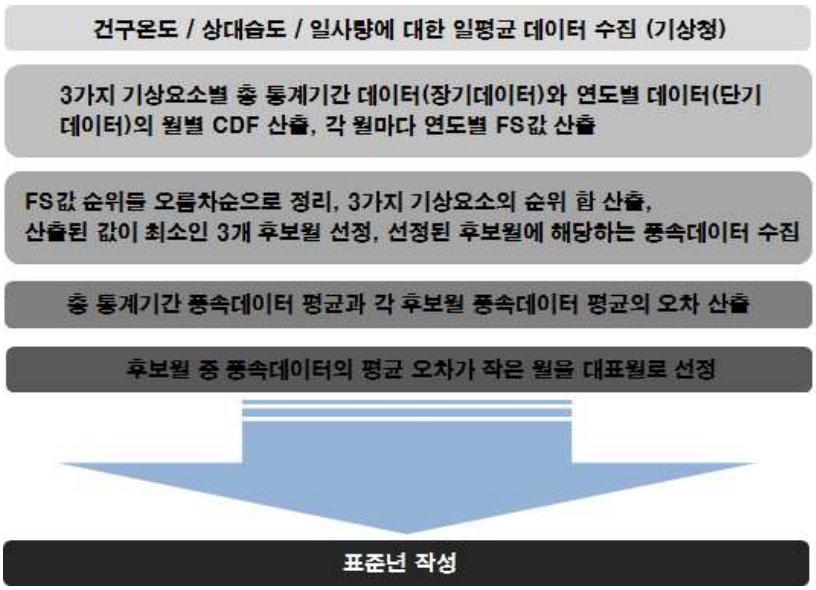
미국 NCDC와 Sandia연구소가 공동으로 1981년에 개발한 형식으로, 미국 내 234개 지역에 대해 데이터를 작성하였으며, 30년간의 데이터를 통해 각 각의 평균 월을 찾아 12개월을 조합하여 산정한다. 평균 월의 선택은 Sandia방법이 사용되며 다음과 같이 5단계로 설명될 수 있다(<표 2.46> 참고).

○ WYEC2

미국 ASHRAE에서 개발하여 캐나다 5개 지역을 포함하여 북미 51개 지역에 데이터를 제공하였으며, 평균 월의 대표방식은 Sandia방법과 거의 동일한 과정을 거쳐 결정된다. 두 방법의 가장 큰 차이점은 가중치 선정에 있어 TMY2s는 일사량을 중심으로 WYEC2는 건구온도를 중심으로 가중치를 부여하는 것이다.

○ ISO TRY (ISO 15927-4)

ISO TRY는 기본적인 기상요소(건구온도/상대습도/수평면전일사량)와 이차적인 기상요소(풍속)에 의해 산출되며, 적용되는 기상요소별 가중치는 없으며 표준년 선정 절차는 과 같다.



[그림 2.87] 표준년 선정절차 (ISO TRY)

대표적인 표준 기상데이터 산출방법에 대해서 조사 및 비교를 통해 선정방법에 있어 차별화된 특성이 나타내는 원인은 고려하는 기상요소의 종류 및 값, 기상요소별 가중치, 그리고 표준월 선정방법과 수평면전일사량 데이터의 출처인 것으로 나타났다(<표 2.47> 참고).

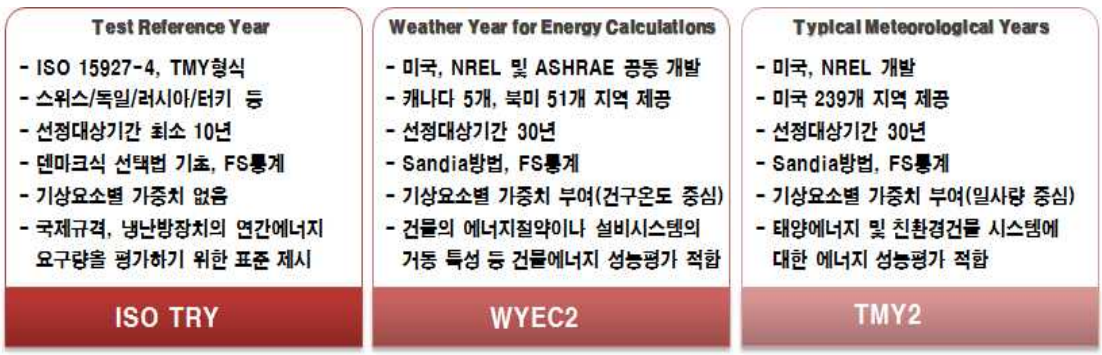
<표 2.46> Sandia 방법에 의한 표준월 산정 프로세스

Step 01	후보 년(5개의 월) 선정을 위해 [식 1]과 같이 기상요소별 누적분포함수(CDF)를 이용하여 Finkelstein-Schafer(1971)[18]에 의해 제안된 [식 2]의 FS 통계식을 적용하여 산출기간(1991~2010:20년)에 대한 장기 CDF와 각 해에 대한 단기 CDF 분포간의 절대차를 구한다. $$CDF\chi(i) = \begin{cases} 0 & \{ \chi < \chi(1) \} \\ \frac{(k-0.5)}{n} & \{ \chi(k) \leqq \chi < \chi(k+1) \} \\ 1 & \{ \chi \geqq \chi(n) \} \end{cases}$$ 식(1) χ(k) 기상요소 χ에 대한 크기 순서 n 기상요소 χ에 대한 측정치의 개수 $$FS = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\delta i$$ 식(2) δi 기상요소 χ에서 장기 CDF와 단기 CDF간의 절대차 n 해당 기간의 일일 측정 수치의 개수
Step 02	아래 <표 2.47>의 산출방법별 가중치를 적용하여 각 기상요소에 대한 합(WS)을 구하여 가장 적은 수를 가진 5개 후보년을 선정한다. 그 방법은 다음 [식 3]과 같다. $$WS = \sum Wi\ FSi$$ 식(3) Wi 각 기상요소별 가중치 FSi 각 기상요소별 FS산출값
Step 03	선정된 5개 후보년의 데이터와 장기데이터에 대한 평균(long-term mean)과 중간값(long-term median)과의 차이가 가장 작은 값에 대한 순위(Rank)를 정한다. Step 04에서 동일한 조건을 가질 경우 순위가 낮은 해를 우선적으로 제거하기 때문에 순위설정이 중요하다.
Step 04	평균건구온도의 상위 67%, 하위 33%, 수평면전일사량에 대한 하위 33%에 대한 날에 대한 빈도수와 지속길이 등이 포함된 해를 제거하여 최종적인 대표년을 선정한다. 이때 제거되는 순서는 Step 03에서 언급했듯이 선정한 순위 중 아래 순위부터 제거한다.
Step 05	각 월별로 선정된 12개의 대표년을 연결하여 연결된 앞 뒤 해의 6시간 동안을 선형 보간하여 상이한 해의 데이터를 매끄럽게 정리한다.

대표적인 표준기상데이터 산출방법에 대해 비교한 논문[7]의결과에 의하면, 특정 기상요소의 가중치 비율을 높게 배분하더라도 동일 데이터 간의 유사성에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 확인되었다. 또한 온도 및 풍속의 평균, 최대 및 최소값을 분류하여 반영하는 WYEC2 및 TMY2와 주요 기상요소의 평균값만을 반영하여 선정하는 ISO TRY의 선정결과가 큰 차이가 없는 것으로 나타나 각 기상요소의 평균값만을 적용하더라도 표준년 선정에 큰 무리가 없다는 결론을 도출하였다.

<표 2.47> 표준월 산출방법 및 기상요소별 가중치 비교

기상요소			표준월 산정방법		
			Sandia방법		ISO 15927-4
			NREL TMY2s	WYEC2	TRY
01	건구온도	최소	5%	5%	-
		평균	10%	30%	0%
		최대	5%	5%	-
02	노점온도	최소	5%	2.5%	-
		평균	10%	5%	-
		최대	5%	2.5%	-
03	풍속	평균	5%	5%	0%
		최대	5%	5%	-
04	상대습도	평균	-	-	0%
05	수평면전일사량	-	25%	40%	0%
06	법선면직달일사량	-	25%	-	-



[그림 2.88] 표준 기상데이터 산출방법 비교

타 산출방법과 달리 상대습도를 사용하며 비교적 단순한 산출방법인 ISO TRY의 경우 건구온도, 일사량, 풍속 등 대표적인 데이터만 적용하고 있으나 최종 선정된 표준 년

7) 유호천, 박소희, 서울지역 표준기상데이터 개선을 위한 대표적인 산출방법의 검토 및 평가, 대한건축학회논문집 계획계, 제28권 제6호(통권284호), 2012년 6월

의 결과가 다른 데이터와 크게 다르지 않아 이 3가지 기상요소가 다른 기상요소에 미치는 영향이 매우 큰 것으로 분석되었다. 따라서 비교적 간단하게 산출 가능한 ISO TRY로 표준 기상데이터를 산출하는 것이 유리할 수 있다.

동적프로그램에 사용되는 기상데이터는 수평면전일사량 뿐만 아니라 방위별, 45도 일사량이 입력데이터로서 요구되므로 이를 변환해주는 일사량 계산모델이 필요하다. 본 과제에서는 일사량 직산분리 모델로 TRANSYS에서 제공하는 Perez model을 이용하였다 (<표 2.48> 참고).

<표 2.48> 일사량 계산모델 비교

CRM (1980)	운량과 태양고도각을 이용하여 산출 ① Kasten and Czeplak -구름이 전혀 없는 청명한 상태(0 octa)/구름이 하늘을 완전히 덮은 상태(8 octa) ② Gul et. al.과 Muneer,Gul은 각 지역의 조건에 맞도록 방정식을 발전시킴 IGC = A sinα - B IG = IGC (1-C(N/8)D) 여기서, 산출계수 A,B,C,D는 각 지역의 운량 및 태양고도를 통해 산출 손실된 일사데이터의 보완 및 일사가 측정되지 않는 지역의 일사산출을 통해 표준기상데이터 정립을 위한 기초자료로 이용될 수 있을 것으로 판단된다.
SDRM, Angstro“m (1924)	일조 이용
Zhang and Huang (2002)	건구온도, 운량, 상대습도, 풍속 등 이용 -최근에 개발된 모델 -EnergyPlus의 Design Day 이용 -ASHRAE주관 IWEC2
TYPE 16 (solar radiation processor) TRNSYS 17	① Isotropic sky model ② Hay and Davies Model ③ Reindl model ④ Perez 1988 model -> Best available model ⑤ Perez 1999 model -> Best available model ★TRANSYS 17 매뉴얼(07, 85페이지 참고)

2) 총량용 표준 기상데이터 구축

○ 66개 지역의 기상데이터 확보 (2001~2010년)

우선 육지의 대표적인 45개 지점[8]과 제주를 포함한 총 46개 지역의 30년(1981~2010) 기상데이터를 기상청으로부터 확보한 후, 기상요소별 RAW DATA를 검토하였다.

선행 연구[9]에 의하면 국내외 표준 기상자료의 신뢰성을 결정하는 가장 핵심요소가 일사량 데이터인 점을 고려할 때, 통계기간으로 적용된 70년대 기상데이터 중 일사량 데이터 자체에 많은 오차요인이 내재된 점은 일사량 계측역사가 짧은 우리나라의 경우 당연한 결과라 할 수 있다. 한국에너지기술연구원의 주도하에 수행된 국내 일사량 계측사업에 따르면 1981년에 모든 일사량계에 대한 보정작업이 수행되었으며, 이후 계측된 일사량 값과 과거 값 사이에는 큰 차이가 있는 것으로 보고되었기 때문이다(한국에너지기술연구원, 1996년).

기상청에서 제공하는 데이터 중 표준 기상데이터를 산출하는데 사용한 기상요소는 풍향/풍속/일조/수평면일사량/건구온도/이슬점온도/상대습도로 총 7개이다. 관측시각은 건구온도와 상대습도는 1999년부터 1일 24시간 매 시간 측정되며, 이전에는 3시간에 1회의 측정과 매 시간 측정이 혼합된 것으로 나타났다. 상대습도와 풍향, 일사량은 1986년부터 1일 24시간 매시간 측정되는 것으로 나타났다.

기상청에서 제공하는 기상자료는 관측방법에 따라 크게 유인과 무인으로 나뉘며, 관측지점과 기상요소에 차이가 있다. 유인관측으로 측정된 자료는 표준 기상데이터로 활용이 가능하나, 무인관측의 경우 지점의 개수는 479개로 많으나 측정되는 기상요소가 적으며 특히 일사량을 측정하고 있지 않아 표준 기상데이터로는 활용할 수 없다.

본 과제에서는 표준 기상데이터 산출방법은 ISO 15927-4에 의한 ISO TRY로 선정하였으며, 최소 통계기간이 10년이므로 현재 기상청으로부터 확보된 데이터의 유효기간과 각 기상요소의 측정시간을 감안해 볼 때 표준 기상데이터 선정기간을 2001~2010(10년)으로 설정하는 것이 타당하다는 결론을 얻었다.

선정된 통계기간 내에 유효한 기상데이터를 갖춘 지역은 총 93개 유인관측 지점 중 해당 지역은 66개 지점(71%, 백령도, 울릉도, 흑산도, 서귀포, 고산, 성산 등 6개 지역 제외), 그 외 29%는 관측개시일이 최근이거나 통계기간을 충족하지 못했다. 확보된 66개 지역의 RAW DATA를 검토한 결과 20개 지역은 수평면전일사량 데이터가 있으나, 그 외 46개 지역은 일사량이 측정되지 않은 것으로 확인되었다.

---

8) 육지의 대표적인 45개 지점이란 30년 이상 연속으로 관측된 지점으로서(도시지역 제외) 기상청의 기후 평년값(1981~2010) 계산 시 사용되는 지역을 말한다.

9) 유호천 교수(울산대, 전 한국태양에너지학회 회장), 저탄소 제로에너지건축물 표준기상자료, 2010년 2월

<표 2.49> 기상청 관측지점 정보 및 확보된 자료 현황 (2013년 04월 기준)

기상청 관측방법	유인	무인
관측 지점 개수	총 93개 지점	총 479개 지점
관측 기상요소	풍향, 풍속, 일조, 일사, 기온, 이슬점온도, 습도, 증기압, 현지기압, 해면기압, 전운량, 중하층운량, 최저운고, 지면온도, 강수량, 적설, 지중온도 등 (17개 이상 기상요소)	기온, 습도, 강수량, 풍향, 풍속 (5개 기상요소)
특징	표준 기상데이터로 활용 가능	-
자료 확보 현황	1) 66개 지점 (2001~2010년) (기온/습도/일사/풍속/이슬점온도/일조/풍향) 2) 66개 지점 (2012년) (온도)	1) 86개 지점 (2012년) (온도)

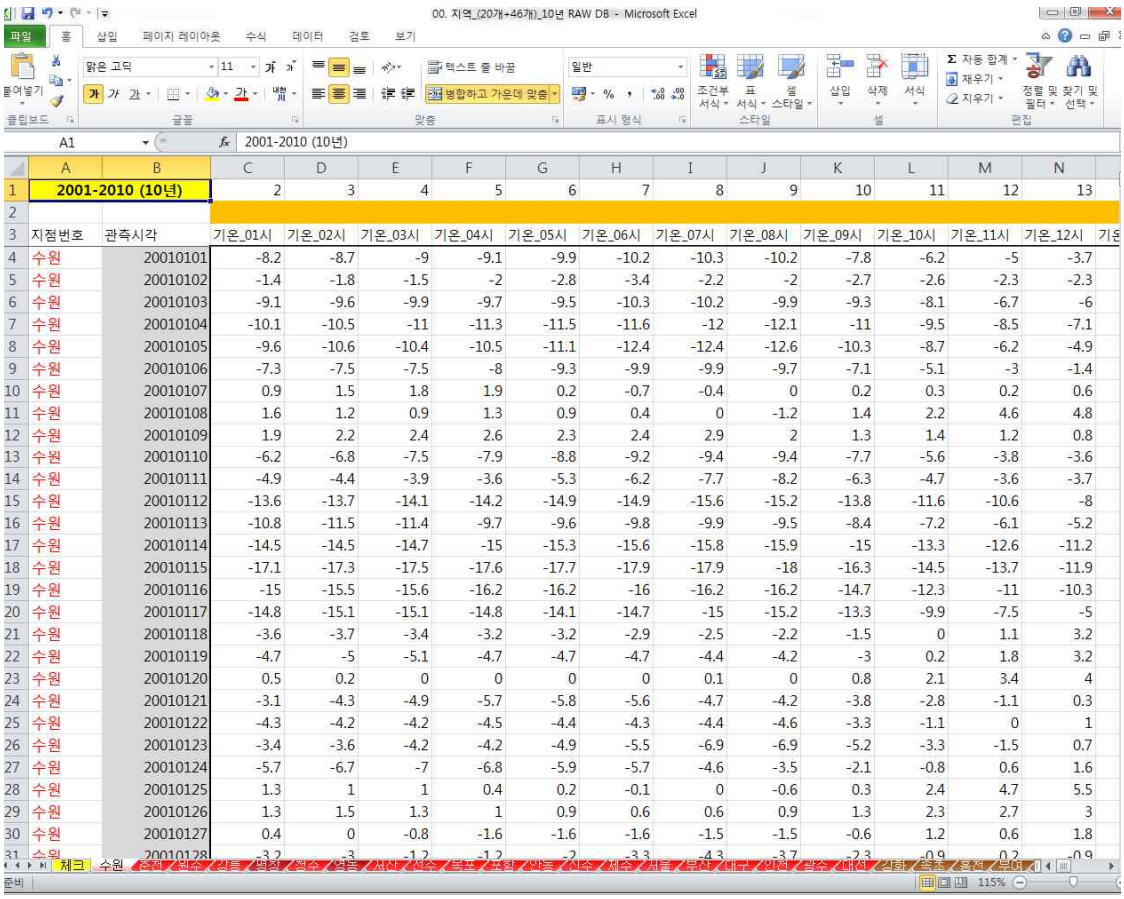
<표 2.50> 선정한 기상요소 및 관측시간

기간	2001~2010 (10년)						
기상요소	01	02	03	04	05	06	07
	건구 온도	상대 습도	수평면 일사량	풍속	이슬점 온도	일조	풍향
단위	℃	%	MJ/㎡	m/s	℃	hr	-
관측시간	1h (01~24h)	1h (01~24h)	1h (05~20h)	1h (01~24h)	3h (03~24h)	1h (05~20h)	1h (01~24h)
보정방법 (빈셀)	평균값, 패턴	평균값, 패턴	평균값, 패턴	-	-	-	-

선정된 총 66개 지역의 기상데이터(RAW DATA)를 대상으로 7개 기상요소별 측정된 전체 데이터에서 빈 데이터가 차지하는 비율을 검토했다(<표 2.51~표 2.53>)

일사량이 있는 20개 지역의 경우, 수평면 일사와 일조를 제외한 기상요소(건구온도/상대습도/풍속/이슬점온도/풍향)의 누락된 데이터가 차지비율은 평균 0~0.01%로 나타나 RAW DATA에서 누락된 데이터의 비율이 매우 낮음을 확인하였다. 반면 수평면 일사와 일조의 경우 누락된 데이터의 비율이 평균 17.89~17.92%로 타 기상요소보다 높은 수치가 도출되었는데 이는 해가 뜨기 전 새벽과 해가 지는 시각의 관측 값이 누락된 데이터로 인식되어 결과에 영향을 주었기 때문이다. 이상과 같은 결과로부터 총 66개 지역의 기상데이터(RAW DATA, 2001~2010년)의 상태가 매우 양호하다는 결론을 도출하였다.

기상청의 유인관측 지점 중 대관령면과 추풍령면은 평창군과 영동군에 속하므로, 이하에서는 평창군과 영동군으로 지칭한다.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	2001-2010 (10년)		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2														
3	지점번호	관측시각	기온_01시	기온_02시	기온_03시	기온_04시	기온_05시	기온_06시	기온_07시	기온_08시	기온_09시	기온_10시	기온_11시	기온_12시
4	수원	20010101	-8.2	-8.7	-9	-9.1	-9.9	-10.2	-10.3	-10.2	-7.8	-6.2	-5	-3.7
5	수원	20010102	-1.4	-1.8	-1.5	-2	-2.8	-3.4	-2.2	-2	-2.7	-2.6	-2.3	-2.3
6	수원	20010103	-9.1	-9.6	-9.9	-9.7	-9.5	-10.3	-10.2	-9.9	-9.3	-8.1	-6.7	-6
7	수원	20010104	-10.1	-10.5	-11	-11.3	-11.5	-11.6	-12	-12.1	-11	-9.5	-8.5	-7.1
8	수원	20010105	-9.6	-10.6	-10.4	-10.5	-11.1	-12.4	-12.4	-12.6	-10.3	-8.7	-6.2	-4.9
9	수원	20010106	-7.3	-7.5	-7.5	-8	-9.3	-9.9	-9.9	-9.7	-7.1	-5.1	-3	-1.4
10	수원	20010107	0.9	1.5	1.8	1.9	0.2	-0.7	-0.4	0	0.2	0.3	0.2	0.6
11	수원	20010108	1.6	1.2	0.9	1.3	0.9	0.4	0	-1.2	1.4	2.2	4.6	4.8
12	수원	20010109	1.9	2.2	2.4	2.6	2.3	2.4	2.9	2	1.3	1.4	1.2	0.8
13	수원	20010110	-6.2	-6.8	-7.5	-7.9	-8.8	-9.2	-9.4	-9.4	-7.7	-5.6	-3.8	-3.6
14	수원	20010111	-4.9	-4.4	-3.9	-3.6	-5.3	-6.2	-7.7	-8.2	-6.3	-4.7	-3.6	-3.7
15	수원	20010112	-13.6	-13.7	-14.1	-14.2	-14.9	-14.9	-15.6	-15.2	-13.8	-11.6	-10.6	-8
16	수원	20010113	-10.8	-11.5	-11.4	-9.7	-9.6	-9.8	-9.9	-9.5	-8.4	-7.2	-6.1	-5.2
17	수원	20010114	-14.5	-14.5	-14.7	-15	-15.3	-15.6	-15.8	-15.9	-15	-13.3	-12.6	-11.2
18	수원	20010115	-17.1	-17.3	-17.5	-17.6	-17.7	-17.9	-17.9	-18	-16.3	-14.5	-13.7	-11.9
19	수원	20010116	-15	-15.5	-15.6	-16.2	-16.2	-16	-16.2	-16.2	-14.7	-12.3	-11	-10.3
20	수원	20010117	-14.8	-15.1	-15.1	-14.8	-14.1	-14.7	-15	-15.2	-13.3	-9.9	-7.5	-5
21	수원	20010118	-3.6	-3.7	-3.4	-3.2	-3.2	-2.9	-2.5	-2.2	-1.5	0	1.1	3.2
22	수원	20010119	-4.7	-5	-5.1	-4.7	-4.7	-4.7	-4.4	-4.2	-3	0.2	1.8	3.2
23	수원	20010120	0.5	0.2	0	0	0	0	0.1	0	0.8	2.1	3.4	4
24	수원	20010121	-3.1	-4.3	-4.9	-5.7	-5.8	-5.6	-4.7	-4.2	-3.8	-2.8	-1.1	0.3
25	수원	20010122	-4.3	-4.2	-4.2	-4.5	-4.4	-4.3	-4.4	-4.6	-3.3	-1.1	0	1
26	수원	20010123	-3.4	-3.6	-4.2	-4.2	-4.9	-5.5	-6.9	-6.9	-5.2	-3.3	-1.5	0.7
27	수원	20010124	-5.7	-6.7	-7	-6.8	-5.9	-5.7	-4.6	-3.5	-2.1	-0.8	0.6	1.6
28	수원	20010125	1.3	1	1	0.4	0.2	-0.1	0	-0.6	0.3	2.4	4.7	5.5
29	수원	20010126	1.3	1.5	1.3	1	0.9	0.6	0.6	0.9	1.3	2.3	2.7	3
30	수원	20010127	0.4	0	-0.8	-1.6	-1.6	-1.6	-1.5	-1.5	-0.6	1.2	0.6	1.8
31	수원	20010128	-3.2	-3	-1.2	-1.2	-2	-3.3	-4.3	-3.7	-2.3	-0.9	0.2	-0.9

[그림 2.89] 확보된 기상데이터(66개 지역)

<표 2.51> 전체 데이터에서 빈 데이터가 차지하는 비율 (%) - 일사량이 있는 지역

선정된 기상요소		01	02	03	04	05	06	07
		건구 온도	상대 습도	수평면 일사	풍속	이슬점 온도	일조	풍향
최소		0.00	0.00	17.69	0.00	0.00	17.65	0.00
평균		0.01	0.01	17.92	0.00	0.01	17.89	0.00
최대		0.03	0.04	18.22	0.04	0.02	18.25	0.04
01	강릉	0.02	0.02	17.69	0.00	0.01	17.65	0.00
02	광주	0.00	0.00	17.90	0.00	0.00	17.90	0.00
03	대구	0.00	0.00	17.86	0.00	0.00	17.86	0.00
04	대전	0.00	0.00	17.90	0.00	0.00	17.91	0.00
05	목포	0.00	0.00	17.95	0.00	0.00	17.92	0.00
06	부산	0.01	0.01	17.85	0.00	0.01	17.85	0.00
07	서산	0.00	0.00	17.92	0.00	0.00	17.91	0.00
08	서울	0.03	0.03	17.96	0.00	0.02	17.92	0.00
09	수원	0.00	0.00	17.92	0.00	0.00	17.91	0.00
10	안동	0.00	0.00	17.88	0.00	0.00	17.88	0.00
11	영동	0.03	0.03	18.22	0.00	0.02	17.88	0.00
12	원주	0.02	0.02	17.89	0.00	0.01	17.89	0.00
13	인천	0.00	0.00	17.99	0.04	0.00	17.95	0.04
14	전주	0.00	0.00	17.84	0.00	0.00	17.84	0.00
15	제주	0.00	0.00	18.21	0.00	0.00	18.25	0.00
16	진주	0.00	0.00	17.95	0.00	0.00	17.85	0.00
17	청주	0.00	0.00	17.89	0.00	0.00	17.89	0.00
18	춘천	0.01	0.01	17.89	0.00	0.01	17.89	0.00
19	평창	0.00	0.00	17.92	0.00	0.00	17.89	0.00
20	포항	0.03	0.04	17.86	0.00	0.02	17.84	0.00
총 데이터 개수		87,648	87,648	58,432	87,648	29,216	58,432	87,648

<표 2.52> 전체 데이터에서 빈 데이터가 차지하는 비율 (%) - 일사량이 없는 지역(1)

선정된 기상요소		01	02	03	04	05	06	07
		건구 온도	상대 습도	수평면 일사	풍속	이슬점 온도	일조	풍향
최소		0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	15.59	0.00
평균		0.01	0.01	100.00	0.00	0.01	17.73	0.00
최대		0.05	0.05	100.00	0.03	0.04	17.96	0.03
01	강화	0.05	0.05	100.00	0.00	0.04	17.60	0.00
02	거제	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	17.84	0.00
03	거창	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	17.75	0.00
04	고흥	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	17.90	0.00
05	구미	0.04	0.04	100.00	0.00	0.03	17.87	0.00
06	군산	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	16.84	0.00
07	금산	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	17.87	0.00
08	남원	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	17.87	0.00
09	남해	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	17.84	0.00
10	동두천	0.01	0.01	100.00	0.01	0.01	17.92	0.01
11	동해	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	17.47	0.00
12	문경	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	17.88	0.00
13	밀양	0.02	0.02	100.00	0.01	0.01	17.85	0.01
14	보령	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	17.90	0.00
15	보은	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	17.87	0.00
16	봉화	0.00	0.02	100.00	0.00	0.00	17.88	0.00
17	부안	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	17.96	0.00
18	부여	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	17.90	0.00
19	산청	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	17.85	0.00
20	속초	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	17.89	0.00
총 데이터 개수		87,648	87,648	58,432	87,648	29,216	58,432	87,648

<표 2.53> 전체 데이터에서 빈 데이터가 차지하는 비율 (%) - 일사량이 없는 지역(2)

선정된 기상요소		01	02	03	04	05	06	07
		건구 온도	상대 습도	수평면 일사	풍속	이슬점 온도	일조	풍향
최소		0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	15.59	0.00
평균		0.01	0.01	100.00	0.00	0.01	17.73	0.00
최대		0.05	0.05	100.00	0.03	0.04	17.96	0.03
21	양평	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	17.91	0.00
22	여수	0.02	0.02	100.00	0.00	0.01	17.62	0.00
23	영덕	0.05	0.05	100.00	0.00	0.04	17.84	0.00
24	영월	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	17.85	0.00
25	영주	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	17.87	0.00
26	영천	0.01	0.01	100.00	0.01	0.01	17.86	0.01
27	완도	0.03	0.03	100.00	0.00	0.02	15.59	0.00
28	울산	0.00	0.01	100.00	0.00	0.00	17.29	0.00
29	울진	0.01	0.01	100.00	0.00	0.01	17.17	0.00
30	의성	0.03	0.03	100.00	0.03	0.03	17.88	0.03
31	이천	0.01	0.03	100.00	0.02	0.03	17.87	0.02
32	인제	0.00	0.01	100.00	0.00	0.00	17.86	0.00
33	임실	0.00	0.00	100.00	0.03	0.00	17.85	0.03
34	장수	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	17.86	0.00
35	장흥	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	17.82	0.00
36	정읍	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	17.87	0.00
37	제천	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	17.88	0.00
38	창원	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	17.75	0.00
39	천안	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	17.90	0.00
40	철원	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	17.00	0.00
41	충주	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	17.78	0.00
42	태백	0.01	0.01	100.00	0.01	0.01	17.87	0.01
43	통영	0.00	0.01	100.00	0.00	0.00	17.80	0.00
44	합천	0.01	0.01	100.00	0.01	0.01	17.85	0.01
45	해남	0.00	0.01	100.00	0.00	0.00	17.95	0.00
46	홍천	0.00	0.01	100.00	0.00	0.00	17.86	0.00
총 데이터 개수		87,648	87,648	58,432	87,648	29,216	58,432	87,648

○ 표준 기상데이터 산출 (ISO 15927-4 : ISO TRY)

단일 기상요소가 아닌 냉난방 부하계산 시 중요하게 작용되는 매개변수(건구온도/상대습도/일사량)를 기반으로 산출되어지므로, 프로그램의 정확성을 높여주는 장점이 있다. TMY (ISO TRY)의 통계기간은 최소 10년이며, 주요 기상요소 순위의 합과 풍속의 편차를 기초로 산출된다.

현재 국내에서 사용하고 있는 대표적인 표준 기상데이터는 한국태양에너지학회에서 배포하고 있는 자료로서 ISO TRY 산출방법을 기반으로 하고 있으며, 이 방법은 국제표준화된 방법을 객관적인 자료로 세계적으로 적용되고 있는 대표적인 표준 기상데이터 산출방법이다.

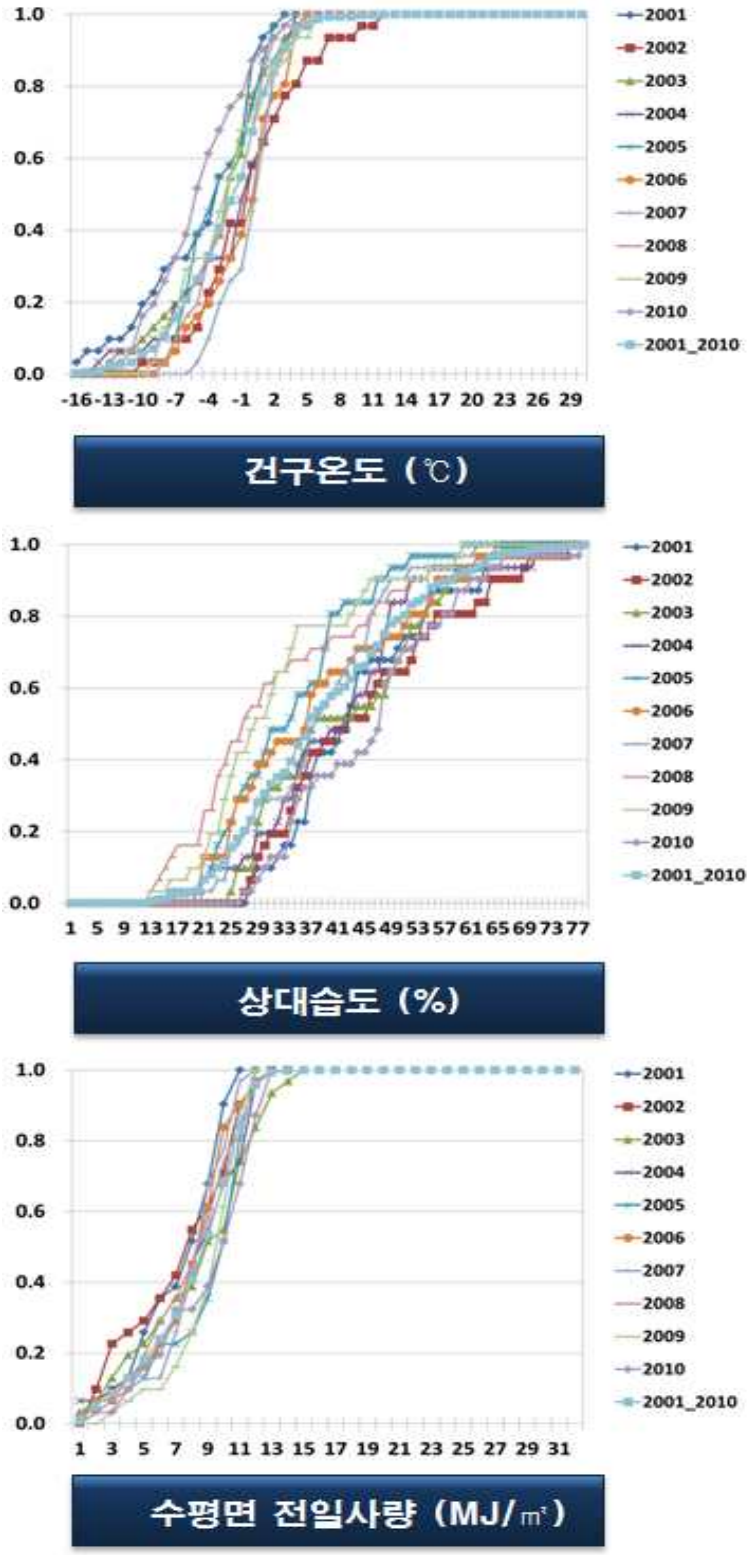
본 과제에서 통계기간은 2001~2010년(10년)으로 설정하고, 해당기간 내 66개 지역을 대상으로 ISO 15927-4에 제시된 표준년 도출방법에 따라 표준 기상데이터를 산출하였다 (<표 2.54> 참고).

[그림 2.90]은 서울지역 1월의 건구온도/상대습도/수평면 전일사량의 장기 CDF(2001~2010, 10년)와 각 연도별 단기 CDF를 그래프로 나타낸 것이며, 장기 CDF와 단기 CDF를 정확하게 비교하기 위해 FS 통계식을 이용하여 FS값을 산출하였다(<표 2.55> 참고). 3개 기상요소별 순위를 합산한 결과 2003년, 2004년, 2006년이 서울지역의 1월 후보월로 선정되었으며, 후보 월의 평균 풍속과 총 통계기간 풍속데이터의 평균값을 구한 후 편차를 계산하니 편차가 0.06으로 가장 작게 나온 “2004년”이 1월의 대표월로 선정되었다 (<표 2.56> 참고).

ISO TRY 산출방법으로 서울지역 1월의 대표 월을 산출한 결과 2004년이 선정되었고, 이와 같은 방법으로 나머지 월(2월~12월)을 통계 처리한다. 서울 외 65개 지역도 같은 방법으로 통계 처리한 결과, <표 2.57~표 2.58>과 같이 각 월별 대표 월을 조합하면 66개 지역의 표준 년이 완성된다. 단, 66개 지역 중 일사량이 미측정 된 46개 지역은 일사량에 대한 별도의 보정을 하지 않고 RAW DATA로 표준 기상데이터를 도출하였다.

<표 2.54> ISO 15927-4의 표준년 도출 작업 흐름도

Step 01	최소한 10년간 기상요소(건구온도/상대습도/일사량)의 시간당 값을 일평균 한다. ▶ 2001~2010년 (10년) 통계기간 설정 ▶ 기상청으로부터 3개 기상요소의 hourly data 확보
Step 02	장기 CDF 함수 각 월별에 해당하는 총 통계기간의 모든 값을 오름차순으로 정리한 후 CDF 함수식을 이용하여 총 통계기간의 일평균 누적 분포함수를 계산한다. $\Phi(p,m,i) = \frac{K(i)}{N+1}$ K(i) 총 통계기간 데이터 중 한 달에 속하는 일평균의 i값의 순위 N 총 통계기간의 데이터 중 한 달 내의 일수
Step 03	단기 CDF 함수 총 통계기간 데이트 한 달에 속하는 각 해의 모든 값을 오름차순으로 정렬한 후 다음 방정식을 통하여 각 월별 내 각 해의 일평균 누적분포함수를 계산한다. $F(p,y,m,i) = \frac{J(i)}{n+1}$ J(i) 총 통계기간 중 각 월별에 해당하는 연도의 일평균 i값의 순위 n 총 통계기간 중 각 월별에 해당하는 연도의 일수
Step 04	FS 통계 각 월별 장기 CDF와 단기 CDF를 비교하기 위해 FS 통계식을 통해 FS(p,y,m)을 계산한다. $FS(p,y,m) = \sum_{i=1}^{n} \lvert F(p,y,m,i) - \Phi(p,m,i) \rvert$
Step 05	대표월 선정 각 월별 FS(p,y,m)값의 순위를 오름차순으로 정리한 후, 3개의 기상요소별로 각 월에 해당하는 연도별로 정리한 후 순위를 합산한다. 이렇게 합산된 순위가 작은 순으로 3개의 후보월을 선정하고 그 월별 해당하는 연도의 풍속 데이터의 평균값을 구한다. 또한 그 월별에 해당하는 총 통계기간 모든 풍속데이터의 평균을 구한 후 앞서 구한 평균값과의 편차를 구한다. 대표월의 선정은 3개의 후보월 중 풍속데이터의 평균에 대한 편차가 작은 월을 “BEST”로 선정하며 이를 그 월에 해당하는 대표월로 지정한다.
Step 06	표준년 작성 대표월을 가상의 1년의 조합하기 위해서는 각월의 마지막 8시간과 그 다음 달의 첫 번째 8시간의 기상요소 값을 매끄럽게 연결해야 한다. 또한 표준년이 시뮬레이션에서 반복적으로 사용될 수 있기 위해서는 이러한 보간을 12월의 마지막 8시간과 다음 해 1월의 첫 번째 8시간을 포함한 보간 작업이 함께 이루어져야 한다.



[그림 2.90] 장기 CDF와 단기 CDF 비교 (서울, 1월)

<표 2.55> 3개 기상요소별 FS값과 순위 (서울, 1월)

기상요소	FS 통계	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
건구온도	FS값	2.34	2.08	0.72	0.94	1.41	1.71	2.34	0.79	0.83	2.59
	RANKING	9	7	1	4	5	6	8	2	3	10
상대습도	FS값	4.99	6.01	2.36	3.08	5.30	2.27	2.71	7.53	7.49	6.93
	RANKING	5	7	4	3	6	1	2	10	9	8
일사량	FS값	0.99	0.99	0.77	0.31	0.81	0.45	0.72	0.38	1.00	0.86
	RANKING	9	8	5	1	6	3	4	2	10	7
종합 순위 합		23	22	10	8	17	10	14	14	22	25
RANKING		9	7	2	1	6	2	4	4	7	10

<표 2.56> 풍속데이터를 이용한 1월 대표월 선정 (서울)

후보월	평균 풍속	총 통계기간 평균 풍속	절대편차	RANKING	1월 대표월
2003	2.00	2.30	0.29	3	2004 (BEST)
2004	2.35		0.06	1	
2006	2.37		0.07	2	

<표 2.57> 66개 지역의 표준 기상데이터 구축 (표준년) - 1

	지역	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
01	강릉	2002	2006	2001	2001	2006	2001	2001	2001	2001	2007	2001	2006
02	강화	2004	2002	2004	2002	2002	2002	2002	2004	2002	2004	2004	2002
03	거제	2001	2001	2001	2001	2007	2001	2001	2001	2001	2007	2007	2002
04	거창	2005	2001	2001	2007	2001	2001	2007	2005	2001	2005	2007	2001
05	고흥	2004	2004	2004	2004	2010	2004	2005	2004	2004	2004	2007	2004
06	광주	2009	2003	2009	2005	2005	2009	2005	2009	2009	2005	2005	2009
07	구미	2007	2006	2007	2007	2007	2006	2005	2007	2007	2007	2007	2006
08	군산	2004	2006	2006	2006	2007	2006	2006	2004	2004	2004	2004	2006
09	금산	2004	2002	2006	2001	2002	2002	2002	2002	2001	2002	2006	2002
10	남원	2004	2006	2006	2006	2007	2010	2006	2004	2004	2007	2004	2006
11	남해	2005	2007	2007	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2002
12	대구	2004	2003	2007	2007	2007	2004	2007	2007	2003	2007	2007	2003
13	대전	2007	2006	2007	2005	2007	2007	2007	2007	2007	2008	2008	2008
14	동두천	2009	2006	2007	2001	2007	2004	2008	2008	2001	2007	2007	2006
15	동해	2009	2001	2001	2003	2001	2001	2001	2001	2005	2001	2003	2003
16	목포	2002	2006	2006	2007	2003	2006	2006	2005	2002	2005	2006	2002
17	문경	2004	2004	2004	2008	2004	2008	2004	2004	2004	2004	2008	2008
18	밀양	2007	2001	2007	2001	2001	2002	2002	2001	2001	2004	2007	2004
19	보령	2009	2010	2010	2007	2010	2006	2006	2006	2007	2010	2010	2010
20	보은	2006	2006	2006	2005	2004	2006	2005	2005	2002	2004	2005	2002
21	봉화	2004	2006	2006	2006	2006	2006	2002	2006	2004	2005	2006	2006
22	부산	2007	2003	2007	2007	2010	2007	2007	2009	2009	2010	2007	2009
23	부안	2006	2006	2006	2007	2006	2006	2007	2005	2007	2007	2007	2002
24	부여	2009	2004	2007	2004	2004	2007	2007	2004	2004	2004	2009	2009
25	산청	2008	2006	2002	2008	2008	2006	2002	2008	2002	2010	2008	2008
26	서산	2009	2006	2009	2007	2007	2007	2004	2009	2006	2009	2004	2008
27	서울	2004	2004	2006	2004	2006	2006	2007	2004	2004	2004	2006	2004
28	속초	2008	2008	2008	2007	2008	2010	2007	2008	2010	2008	2008	2008
29	수원	2003	2003	2003	2001	2001	2009	2003	2001	2001	2003	2008	2003
30	안동	2004	2002	2002	2002	2010	2002	2002	2004	2002	2010	2002	2009
31	양평	2004	2004	2004	2006	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2006
32	여수	2009	2009	2009	2007	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2007	2009
33	영덕	2008	2010	2003	2003	2010	2004	2005	2005	2004	2004	2010	2004

<표 2.58> 66개 지역의 표준 기상데이터 구축 (표준년) - 2

	지역	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
34	영동	2008	2009	2009	2008	2004	2009	2009	2004	2003	2004	2008	2008
35	영월	2008	2002	2006	2002	2006	2008	2009	2008	2006	2008	2008	2002
36	영주	2001	2001	2001	2001	2007	2001	2001	2001	2001	2001	2007	2010
37	영천	2004	2001	2004	2002	2004	2004	2002	2001	2001	2004	2005	2002
38	완도	2001	2002	2001	2002	2001	2002	2002	2001	2002	2001	2001	2002
39	울산	2003	2006	2007	2007	2007	2007	2007	2003	2007	2007	2007	2003
40	울진	2009	2001	2001	2002	2002	2007	2002	2001	2001	2007	2007	2002
41	원주	2008	2002	2008	2008	2008	2004	2008	2008	2004	2008	2008	2008
42	의성	2006	2006	2004	2004	2006	2006	2004	2004	2004	2007	2007	2006
43	이천	2005	2010	2008	2008	2005	2008	2008	2005	2003	2005	2008	2008
44	인제	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2010	2009	2010
45	인천	2008	2002	2004	2007	2007	2007	2007	2007	2002	2007	2007	2008
46	임실	2001	2001	2007	2007	2007	2007	2002	2001	2007	2007	2001	2002
47	장수	2004	2004	2004	2004	2006	2004	2004	2004	2004	2004	2008	2002
48	장흥	2007	2003	2004	2005	2005	2005	2005	2005	2003	2005	2005	2002
49	전주	2010	2006	2006	2004	2010	2006	2010	2010	2002	2010	2004	2006
50	정읍	2004	2006	2006	2006	2006	2006	2002	2006	2001	2007	2006	2006
51	제주	2001	2001	2006	2007	2010	2007	2010	2006	2001	2007	2001	2002
52	제천	2008	2010	2009	2008	2009	2009	2010	2009	2009	2010	2010	2010
53	진주	2009	2009	2004	2004	2003	2006	2007	2009	2009	2010	2008	2008
54	창원	2009	2009	2009	2001	2009	2009	2009	2001	2001	2009	2001	2009
55	천안	2004	2006	2004	2004	2007	2004	2004	2006	2004	2004	2006	2006
56	철원	2008	2006	2008	2007	2010	2006	2002	2008	2006	2010	2008	2010
57	청주	2001	2001	2001	2004	2007	2007	2004	2004	2001	2004	2004	2006
58	춘천	2004	2010	2003	2001	2009	2009	2001	2009	2003	2009	2009	2003
59	충주	2004	2002	2004	2002	2004	2008	2004	2004	2009	2004	2005	2002
60	태백	2006	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007
61	통영	2008	2001	2001	2007	2008	2001	2007	2001	2001	2007	2007	2008
62	평창	2001	2001	2001	2001	2003	2001	2004	2001	2003	2010	2010	2010
63	포항	2004	2006	2003	2003	2003	2003	2005	2004	2004	2004	2004	2003
64	합천	2005	2002	2005	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2005	2005	2002
65	해남	2009	2002	2002	2002	2002	2001	2002	2009	2001	2009	2009	2002
66	홍천	2006	2006	2003	2006	2006	2006	2004	2004	2006	2004	2006	2006

○ 총량 기상데이터 입력요소

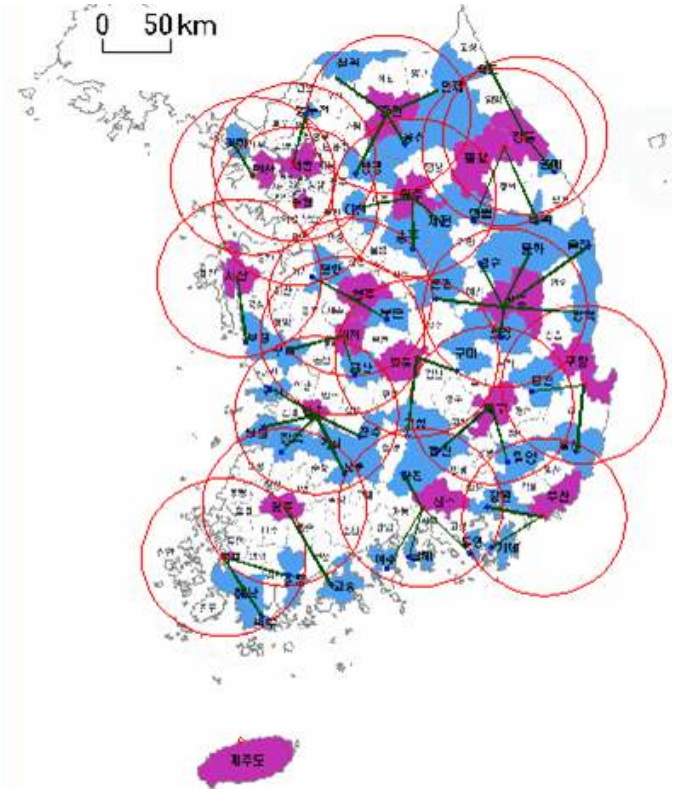
총량 기상데이터 입력요소는 크게 일사량, 외기온도, 상대습도, 차양감소계수로 ISO TRY로 작성한 표준 기상데이터를 활용하여 구축할 수 있다. 일부 추가로 8개 방위별 90도 수직면 및 5개 방위별 45도 경사면의 전일사량은 TRNSYS 17(1999년 Perez Model)을 이용하여 값을 도출하였다.

<표 2.59> 총량 기상데이터 입력요소 (INPUT DATA)

NO.	입력요소	비고
1	-수평면 월평균 일사량 (W/㎡) -90°(8방위) 및 45°(5방위) 월평균 일사량 (W/㎡) -평균 일사량(최대부하,W/㎡)	-연중 일평균온도가 최고인 날을 냉방부하가 최대인 날로 가정하여, 이 날의 시간별 일사량 중 최고인 값을 선정
2	-월평균 외기온도 (℃) -시간별 평균 외기온도 (℃) -난방설비용량 계산을 위한 설계온도 (℃) -냉방설비용량 계산을 위한 설계온도 (℃)	-냉난방설비용량 계산을 위한 설계온도는 TAC 1%로 설정
3	-시간별 평균 상대습도 (%)	-
4	-90°(8방위) 차양감소계수 (-) -45°(5방위) 차양감소계수 (-)	-ISO 13790 G.5.3

ISO TRY로 작성된 66개 표준 기상데이터 중 46개 지역은 수평면 전일사량이 미측정된 지역이므로, 총량용 기상데이터로 사용하기 위해서는 일사량에 대한 값을 보정할 필요가 있다. 본 과제에서는 일사량이 미측정된 지역(46개)의 경우 일사량이 있는 지역(20개)과의 인접 면적이 큰 지역은 해당 지역의 일사량을 적용하는 것으로 설정하였다.

[그림 2.91]은 일사량이 미측정된 지역의 일사량 설정방법을 도식화시켜서 나타낸 것이며, 최종적으로 선정된 결과물은 <표 2.60>에 정리하여 제시하였다.

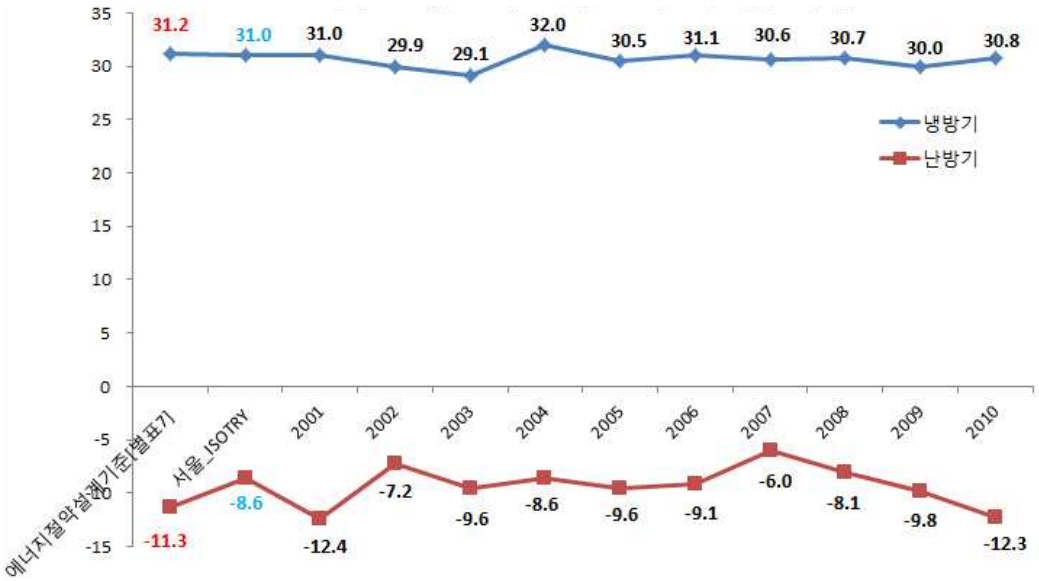


[그림 2.91] 일사량 설정 방법
(핑크: 일사량有, 파랑: 일사량無)

<표 2.60> 미측정된 지역의 일사량 설정

일사량(有) - 20개	일사량(無) - 46개					
춘천	철원	인제	홍천	양평		
강릉	속초	동해				
평창	영월	태백				
원주	이천	충주	제천			
서울	동두천					
인천	강화					
서산	보령					
청주	천안	보은				
대전	부여	금산				
영동	구미	거창				
안동	문경	영주	봉화	울진	영덕	의성
포항	영천	울산				
대구	합천	밀양				
부산	창원	거제				
진주	산청	여수	남해	통영		
광주	고흥					
목포	해남	완도	장흥			
전주	군산	부안	정읍	임실	남원	장수
수원						
제주도						

외기온도 중 냉난방설비의 용량계산을 위한 설계온도[10]는 에너지절약 설계기준에 제시된 1%(연간 총시간에 대한 온도출현분포를 사용할 경우)를 적용하여 산출하였다. [그림 2.92]는 서울지역의 2001~2010년 동안의 냉방기와 난방기의 TAC온도(1%)를 현행 에너지절약 설계기준 [별표 7]에 제시된 서울과 비교하여 나타낸 것이다. 냉방기 설계온도는 거의 유사하나, 난방기 설계온도는 에너지절약 설계기준의 값보다 높은 경향을 보인다.



[그림 2.92] 냉난방설비의 용량계산을 위한 설계온도 비교 (서울)

차양감소계수는 ISO 13790 G.5 Simplified methods and data related to solar heat gain 부분에 제시된 수식을 토대로 계산하였다. 8방위에 대한 수직면(90°) 월별 일사량의 차양감소계수는 일사량이 300W/㎡이상이 되는 일수의 일사량 합을 전체 일사가 발생한 일수의 일사량 합으로 나눈 것이다.

10) 에너지절약 설계기준을 보면, 1. 설계용 외기조건에서 난방 및 냉방설비의 용량계산을 위한 외기조건은 각 지역별로 위험률 2.5%(냉방기 및 난방기를 분리한 온도출현분포를 사용할 경우) 또는 1%(연간 총시간에 대한 온도출현분포를 사용할 경우)로 하거나 별표 7에서 정한 외기온습도를 사용한다. 별표 7 이외의 지역인 경우에는 상기 위험률을 기준으로 하여 가장 유사한 기후조건을 갖는 지역의 값을 사용한다고 되어 있음

3) 유사 기후존 도출 (66개 ZONE)

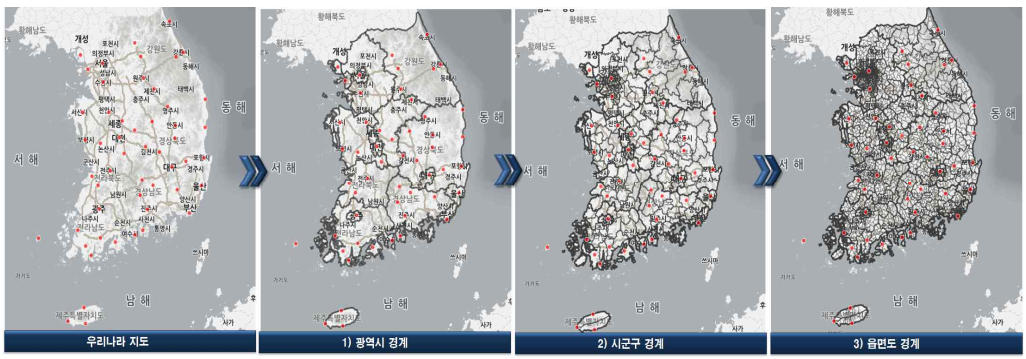
○ 우리나라 시/군/구 작성

우리나라의 행정구역은 2014년 2월 현재 1개의 특별시(서울), 1개의 특별자치시(세종), 6개의 광역시(인천/광주/대구/대전/울산/부산), 8개의 도(강원도/경기도/경상북도/경상남도/전라북도/전라남도/충청북도/충청남도), 1개의 특별자치도(제주도)로 이루어져 있다[11].

행정구역은 74개의 시, 84개의 군, 69개 구로 총 227개의 시군구(행정시, 자치구가 아닌 구는 제외)가 있다.

<표 2.61> 우리나라 행정구역 (행정안전부 통계자료 2013년 기준)

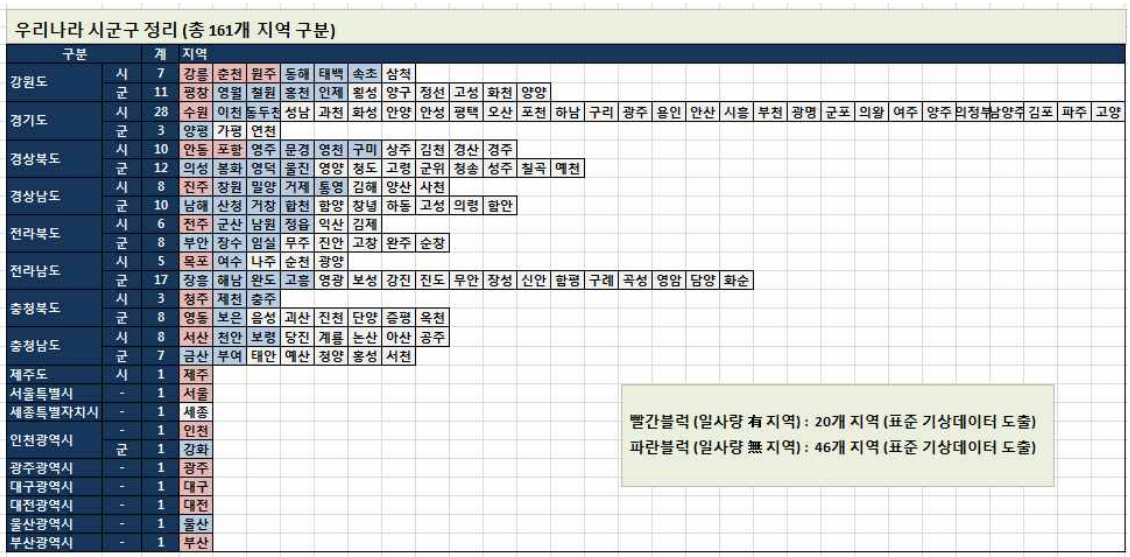
		시·군·구				행정시·자치구가 아닌구	
		계	시	군	구	시	구
계(17)		227	74	84	69	2	33
특별시	서울	25			25		
광역시	부산	16		1	15		
	대구	8		1	7		
	인천	10		2	8		
	광주	5			5		
	대전	5			5		
	울산	5		1	4		
특별자치시	세종	0					
도	경기	31	27	4			20
	강원	18	7	11			
	충북	12	3	9			2
	충남	15	8	7			2
	전북	14	6	8			2
	전남	22	5	17			
	경북	23	10	13			2
	경남	18	8	10			5
특별자치도	제주	0				2	



[그림 2.93] 우리나라의 지역 경계 (광역시/시군구/읍면도)

11) 행정안전부 홈페이지 (행정구역 및 인구현황 2013년 기준)

본 과제에서는 유사 기후대 조닝의 최소단위를 시군구로 설정한 후, 총 227개의 시군구 중 161개의 시군구(전체의 71% 차지)를 최종적으로 도출하였다. 8개의 도와 인천광역시를 제외한 1개의 특별시(서울), 1개의 특별자치시(세종), 5개의 광역시(광주/대구/대전/울산/부산)는 그 자체가 하나의 존으로 설정하였다.



우리나라 시군구 정리 (총 161개 지역 구분)

구분		계	지역																												
강원도	시	7	강릉	춘천	원주	동해	태백	속초	삼척																						
	군	11	평창	영월	철원	홍천	인제	횡성	양구	정선	고성	화천	양양																		
경기도	시	28	수원	이천	동두천	성남	과천	화성	안양	안성	평택	오산	포천	하남	구리	광주	용인	안산	시흥	부천	광명	군포	의왕	여주	양주	의정부	남양주	김포	파주	고양	
	군	3	양평	가평	연천																										
경상북도	시	10	안동	포항	영주	문경	영천	구미	상주	김천	경산	경주																			
	군	12	의성	봉화	영덕	울진	영양	청도	고령	군위	청송	성주	칠곡	예천																	
경상남도	시	8	진주	창원	밀양	거제	통영	김해	양산	사천																					
	군	10	남해	산청	거창	합천	함양	창녕	하동	고성	의령	함안																			
전라북도	시	6	전주	군산	남원	정읍	익산	김제																							
	군	8	부안	장수	임실	무주	진안	고창	완주	순창																					
전라남도	시	5	목포	여수	나주	순천	광양																								
	군	17	장흥	해남	완도	고흥	영광	보성	강진	진도	무안	장성	신안	함평	구례	곡성	영암	담양	화순												
충청북도	시	3	청주	제천	충주																										
	군	8	영동	보은	음성	괴산	진천	단양	증평	옥천																					
충청남도	시	8	서산	천안	보령	당진	계룡	논산	아산	공주																					
	군	7	금산	부여	태안	예산	청양	홍성	서천																						
제주도	시	1	제주																												
서울특별시	-	1	서울																												
세종특별자치시	-	1	세종																												
인천광역시	-	1	인천																												
	군	1	강화																												
광주광역시	-	1	광주																												
대구광역시	-	1	대구																												
대전광역시	-	1	대전																												
울산광역시	-	1	울산																												
부산광역시	-	1	부산																												

빨간블럭 (일사량 有 지역) : 20개 지역 (표준 기상데이터 도출)
파란블럭 (일사량 無 지역) : 46개 지역 (표준 기상데이터 도출)

[그림 2.94] 우리나라의 시군구 정리 (161개 지역)

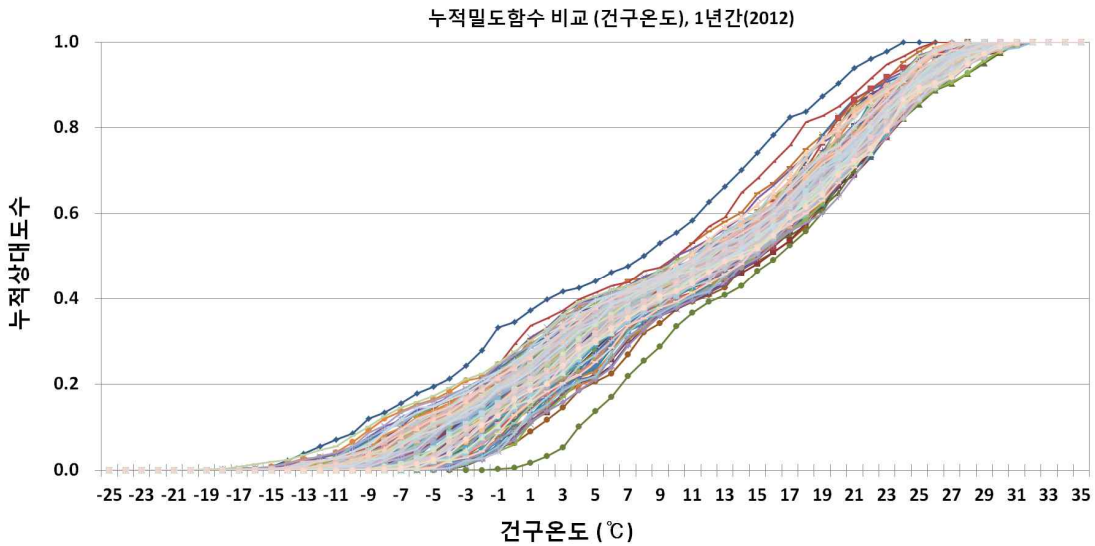
○ 누적온도밀도그래프 비교

총 161개의 시군구를 대상으로, 유사 기후대 조닝을 하기 위해 2012년(1년) 시간별 건구온도 데이터를 기상청으로부터 확보하였다. 161개 지역 중 표준 기상데이터가 작성된 66개 지역을 제외한 95개 지역에 대한 데이터는 무인관측으로 측정되는 지역으로, 현재 측정 중인 479개 지역 중 확보 가능한 지역은 86개 지역, 9개 지역에 대한 데이터는 없는 것으로 확인되었다. 건구온도 데이터가 미확보된 지역은 인접지역의 건구온도와 기상데이터를 사용하는 것으로 설정하였다.

<표 2.62> 미확보 지역의 건구온도 설정 (2012년)

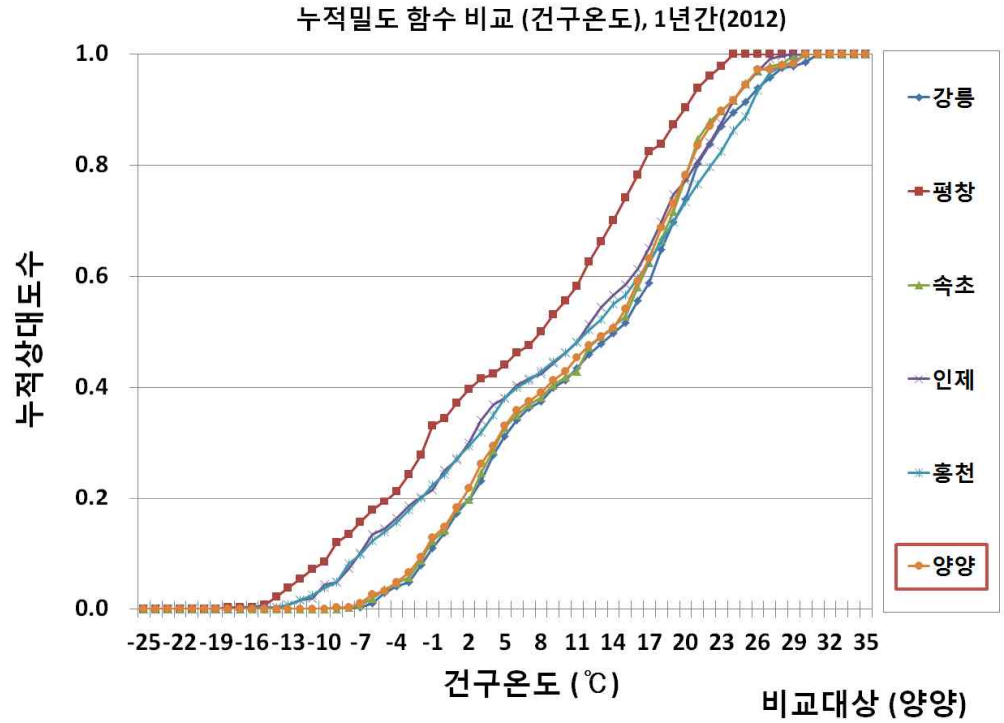
확보 지역	미확보 지역 (9개 지역)
구리	하남
과천	부천, 광명, 안양, 군포, 의왕
강화	김포
동두천	파주
대전	옥천

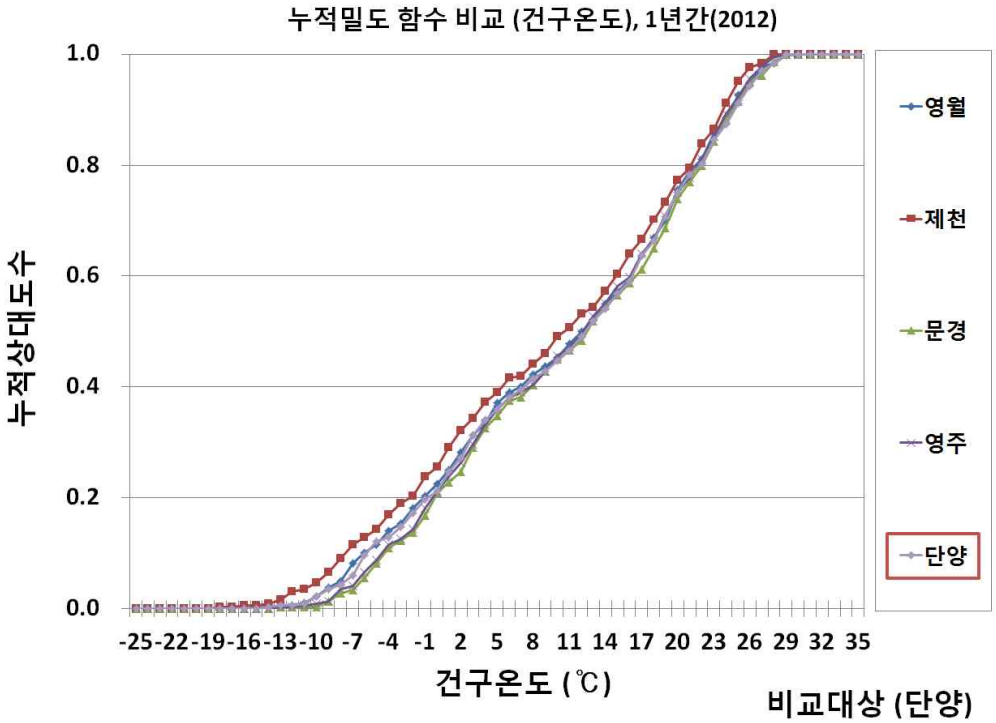
무인관측으로부터 확보된 86개 지역과 표준 기상데이터가 구축된 66개 지역의 1년 간 (2012년) 누적온도밀도그래프를 비교하였다. 비교대상 범위는 86개 각 지역에 인접해 있는 표준 기상데이터(66개 지역)가 구축된 지점으로 설정한다.



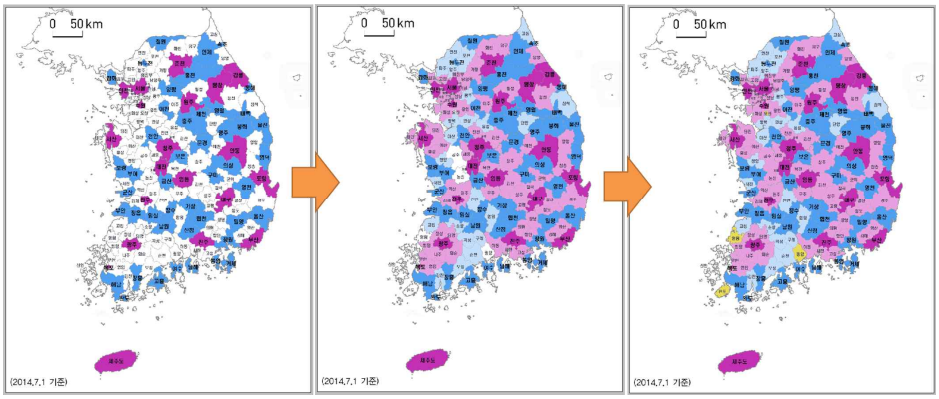
[그림 2.95] 1년 간 누적건구온도밀도그래프 비교 (152개 지역)

[그림 2.96]은 비교대상인 양양과 단양의 누적온도밀도그래프를 나타낸 것으로, 양양의 경우 인접지역(강릉/평창/속초/인제/홍천)과 비교해보면 “속초”(FS값: 0.3)와 가장 유사한 기온대를 형성하는 것으로 확인되었다. 마찬가지로 단양을 분석해 본 결과, “영월”(FS값: 0.3)이 유사한 기온대를 형성하였다. 이와 같은 방식으로 총 86개 지역을 대상으로 인접지역과의 누적온도밀도그래프 패턴을 분석하여 유사한 지역(66개 ZONE)을 도출하였다.





[그림 2.96] 1년 간 누적건구온도밀도그래프 비교 (양양/단양)



[그림 2.97] 유사 기후대 조닝 과정

01	강릉시												
02	강화군	김포시											
03	거제시												
04	거창군	성주군											
05	고흥군												
06	광주광역시	나주시	영광군	함평군	화순군								
07	구미시	상주시	칠곡군										
08	군산시	김제시											
09	금산군	계룡시	무주군	완주군									
10	남원시	곡성군	담양군	순창군	장흥군								
11	남해군	사천시	하동군										
12	대구광역시	경산시											
13	대전광역시	옥천군											
14	동두천시	고양시	양주시	의정부시	파주시	포천시							
15	동해시	삼척시											
16	목포시	무안군	신안군										
17	문경시												
18	밀양시	김해시	창도군										
19	보령시												
20	보은군	괴산군											
21	봉화군												
22	부산광역시												
23	부안군	고창군											
24	부여군	논산시	서천군	청양군									
25	산청군	구례군											
26	서산시	당진시	예산군	태안군	홍성군								
27	서울특별시	구리시	하남시										
28	속초시	고성군	양양군										
29	수원시	과천시	광명시	군포시	부천시	성남시	시흥시	안산시	안양시	오산시	의왕시	평택시	화성시
30	안동시												
31	양평군	남양주시											
32	여주시	광양시	순천시										
33	영덕군												
34	영동군	김천시											
35	영월군	단양군	정선군										
36	영주시	영양군	예천군										
37	영천시	경주시											
38	완도군												
39	울산광역시	양산시											
40	울진군												
41	원주시												
42	의성군	군위군	청송군										
43	이천시	광주시	여주시	증인시	진천군								
44	인제군												
45	인천광역시												
46	임실군	진안군											
47	장수군												
48	장흥군	보성군											
49	전주시	익산시											
50	정읍시	장성군											
51	제주시												
52	제천시	음성군											
53	진주시	의령군	함안군										
54	창원시												
55	천안시	공주시	세종특별자치시	아산시	안성시	증평군							
56	철원군	양구군	연천군	화천군									
57	청주시												
58	춘천시												
59	충주시												
60	태백시												
61	통영시	고성군											
62	평창군												
63	포항시												
64	함천군	고령군	창녕군										
65	해남군	강진군	영암군	진도군									
66	홍천군	가평군	칠성군										

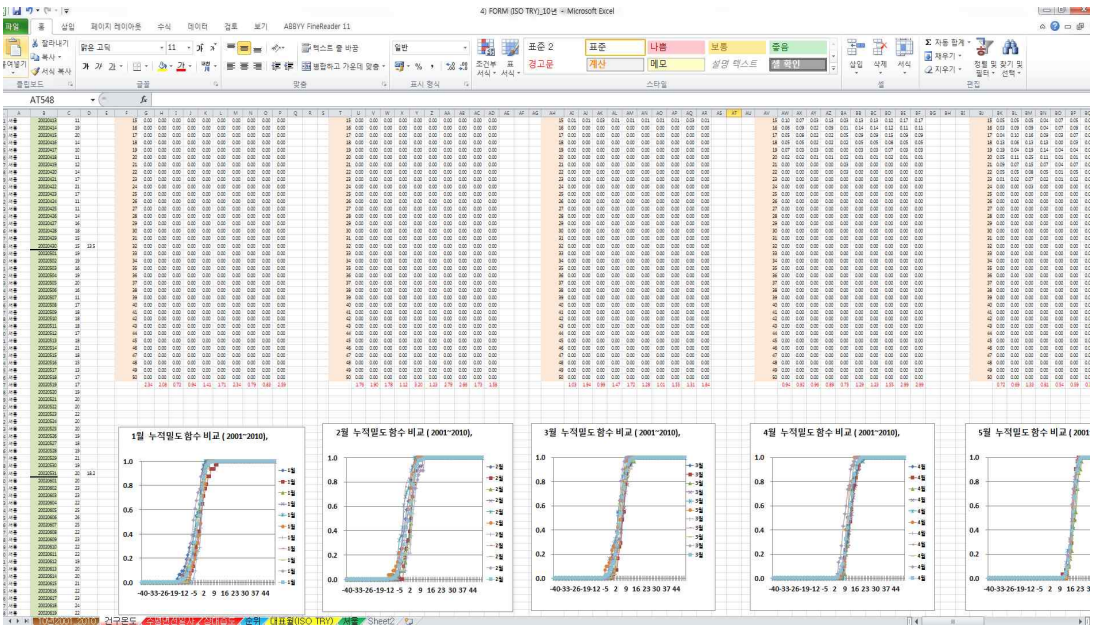
[그림 2.98] 유사 기후대 도출 (66개 ZONE)

4) 기상데이터 관련 프로그램 구축

○ 표준 기상데이터 변환프로그램

기상청으로부터 수집된 기상데이터(RAW DATA)를 INPUT DATA로 넣으면, 자동으로 ISO 15927-4의 계산방법에 따라 ISO TRY형식의 표준 기상데이터가 작성될 수 있도록 프로그램을 구축하였다.

본 프로그램의 장점은 최신 기상데이터를 INPUT DATA로 넣으면, 실시간 ISO TRY형식의 표준 기상데이터가 작성될 수 있으므로, 최신 기상데이터를 매년 자동으로 손쉽게 업데이트 할 수 있다.



[그림 2.99] 엑셀기반 표준 기상데이터 변환프로그램 (ISO 15927-4)

○ 총량 기상데이터 변환프로그램

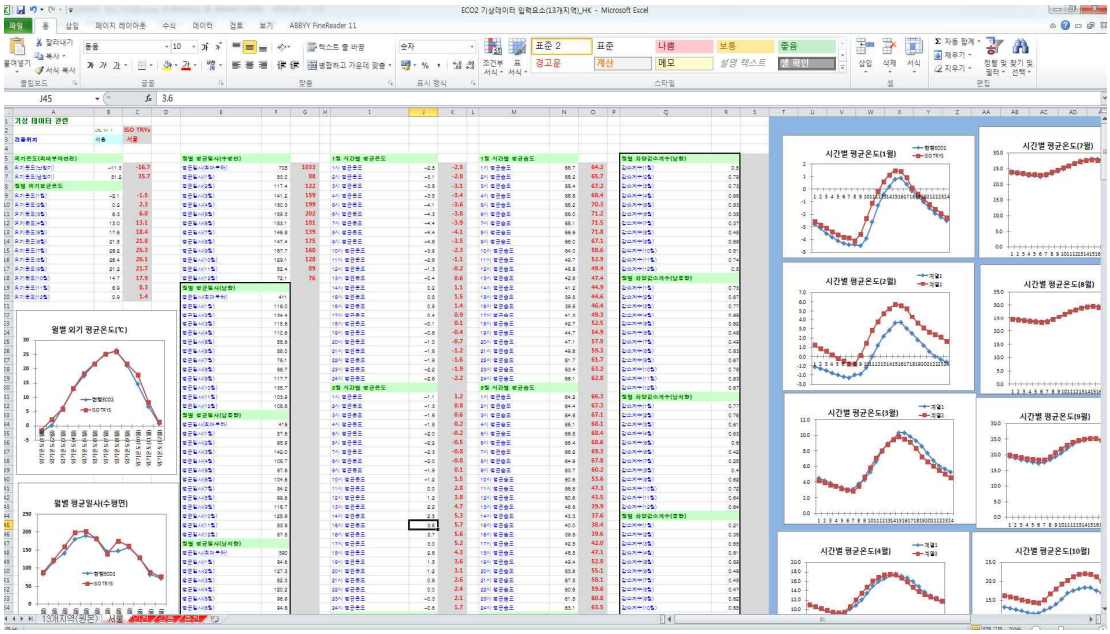
현행 건축물 에너지절약 설계기준에서 시행하는 건축물 에너지 소비 총량제 평가 프로그램(ECO2-OD, Office Design)은 13개 지역에 대하여 기상데이터를 제공하고 있다.

기존 13개 지역에서 66개 지역으로 확대됨에 따라 그 지역의 기후특성을 고려한 에너지 절약적 설계가 가능하며, 세분화된 기상데이터 사용으로 보다 정밀한 건물에너지 해석이 가능할 것으로 기대된다.

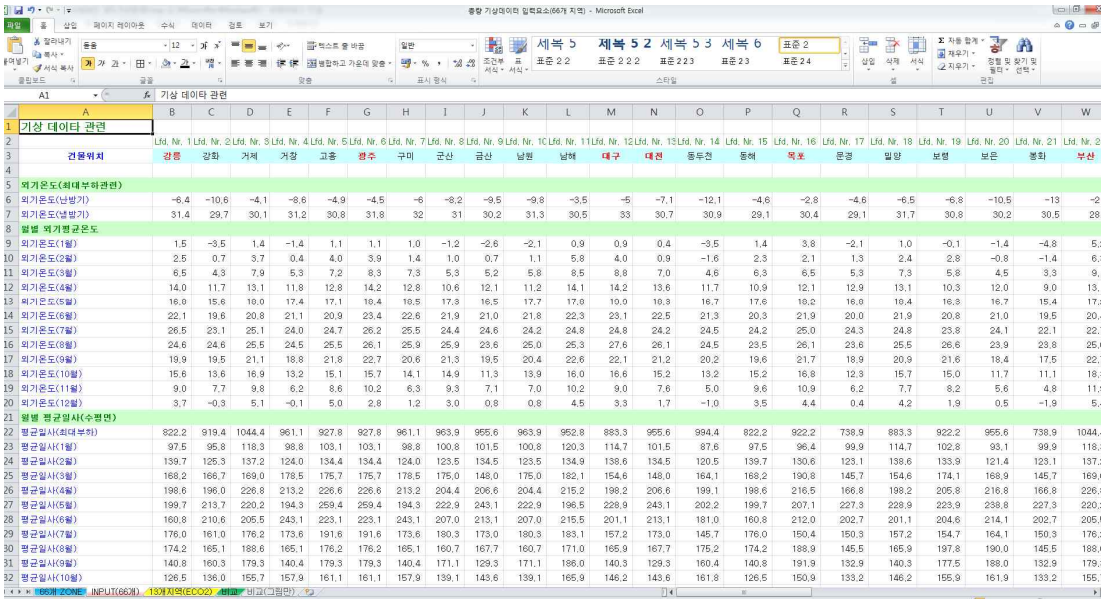
또한 기존의 단순 인접거리에 의한 기상데이터(13개 지역)의 적용에서 표준 기상데이터가 구축된 지역(66개 지역)과 비 구축된 지역(95개 지역)과의 누적온도밀도그래프 비

교를 통한 유사 기후대를 도출함으로써, 좀 더 정확한 기상데이터 적용이 가능할 것으로 기대된다.

ISO TRY로 작성된 표준 기상데이터를 총량에너지 평가프로그램에 사용 가능한 형식의 기상데이터로 변환해주는 프로그램을 구축하였다.

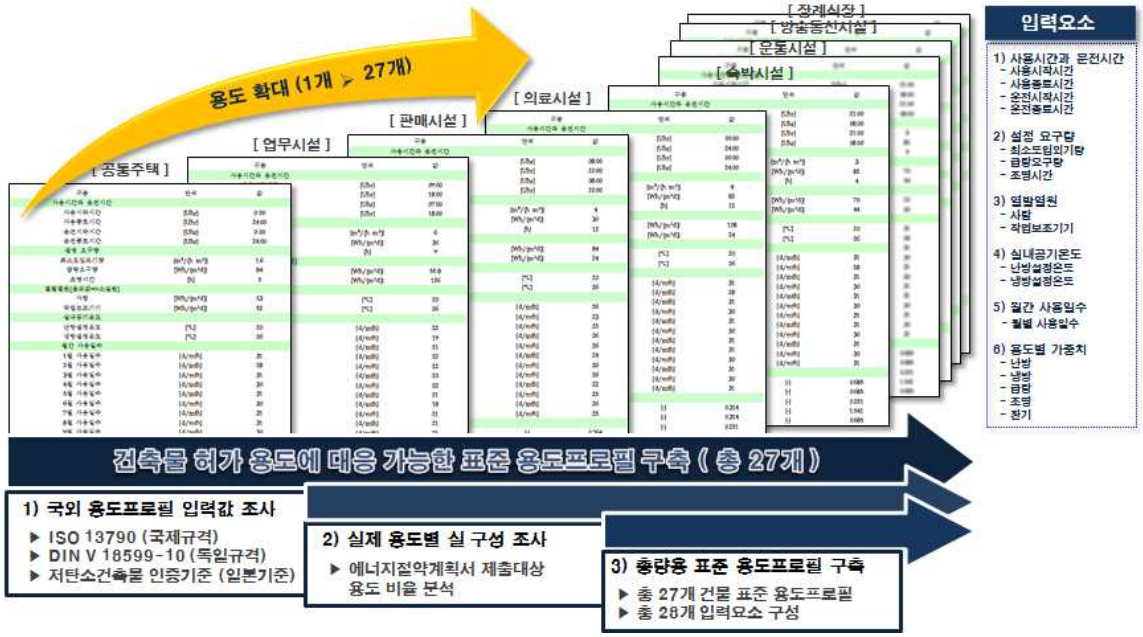


[그림 2.100] 엑셀기반 총량 기상데이터 변환프로그램 (1)



[그림 2.101] 엑셀기반 총량 기상데이터 변환프로그램 (2)

나. 표준 용도프로필 구축



[그림 2.102] 표준 용도프로필 구축 연구 추진 체계

1) 국외 용도프로필 입력값 조사

○ ISO 13790 (국제규격)

ISO 13790은 건물의 에너지효율에 관한 국제표준으로서 건물의 냉난방에너지 사용량 계산에 관한 내용을 담고 있으며, 2008년에 개정된 ISO 13790:2008은 주거와 비주거 건물에 대한 연간 냉난방에너지 사용량 계산방법 및 건물 용도프로필에 대한 값을 일부 제시하고 있다.

<표 2.63>은 ISO 13790:2008에 나타난 주거를 포함한 12개 건축물 용도에 대한 프로필 값(11개 입력요소)을 제시하고 있다.

<표 2.64>는 ISO 13790:2008에 나타난 주거 및 오피스 용도의 인체/기기 발열량의 국가적 default 값이 없는 경우, 평일과 주말 스케줄에 따른 실별 발열량을 제시하고 있다.

<표 2.65~표 2.66>은 비주거용도(10개)의 재실밀도 및 기기열량에 대해 국가적 default 값이 없는 경우, 사용 가능한 단위면적당 발열량을 제시하고 있다.

<표 2.63> 주거 및 비주거 용도 건축물에 대한 프로필 값 (ISO 13790)

건물용도 명칭		실내난방설정온도	실내냉방설정온도	인당점유율	인당인체발열량	인체대사량	일일사용시간	연간전기사용량	전기부분부하율	최소외기도입량	최소외기도입량	급탕량
		℃	℃	㎡/인	W/인	W/㎡	h	kWh/㎡a	-	㎥/h㎡	㎥/h인	kWh/㎡
a	단독주택	20	26	60	70	1.2	12	20	0.7	0.7	42	10
b	아파트 단지	20	26	40	70	1.8	12	30	0.7	0.7	28	20
c	오피스	20	26	20	80	4	6	20	0.9	0.7	14	10
d	교육시설	20	26	10	70	7	4	10	0.9	0.7	7	10
e	병원	22	26	30	80	2.7	16	30	0.7	1	30	30
f	레스토랑	20	26	5	100	20	3	30	0.7	1.2	6	60
g	무역센터	20	26	10	90	9	4	30	0.8	0.7	7	10
h	스포츠시설	18	26	20	100	5	6	10	0.9	0.7	14	80
기타	회의장	20	26	5	80	16	3	20	0.8	1	5	10
	산업건물	18	26	20	100	5	6	20	0.9	0.7	14	10
	창고	18	26	100	100	1	6	6	0.9	0.3	30	1.4
	실내수영장	28	28	20	60	3	4	60	0.7	0.7	14	80

<표 2.64> 주거 및 오피스 용도에 대한 인체/기기 발열량 값 (ISO 13790)

일	시간	주거용		오피스	
		거실, 부엌	그 외 실 (방 등)	(작업공간 (바닥면적의 60%)	그 외 실, 로비, 복도 (바닥면적의 40%)
		W/㎡	W/㎡	W/㎡	W/㎡
평일 (월~금)	7:00~17:00	8.0	1.0	20.0	8.0
	17:00~23:00	20.0	1.0	2.0	1.0
	23:00~07:00	2.0	6.0	2.0	1.0
	평균값	9.0	2.67	9.50	3.92
주말 (토,일)	7:00~17:00	8.0	2.0	2.0	1.0
	17:00~23:00	20.0	4.0	2.0	1.0
	23:00~07:00	2.0	6.0	2.0	1.0
	평균값	9.0	3.83	2.0	1.0
평균값		9.0	3.0	7.4	3.1

<표 2.65> 비주거 용도에 대한 재실밀도 값 (ISO 13790)

재실밀도 구분	인당 공조 바닥면적	동시율	인체열량
	㎡	-	W/㎡
Ⅰ(very light)	1.0	0.15	15
Ⅱ(light)	2.5	0.25	10
Ⅲ(medium)	5.5	0.27	5
Ⅳ(heavy)	14	0.42	3
Ⅴ(very heavy)	20	0.40	2

<표 2.66> 비주거 용도에 대한 기기열량 값 (ISO 13790)

건물 용도	운전 시 열생산기기	현재율	평균 기기발열량
	W/㎡	-	W/㎡
오피스	15	0.20	3
교육시설	5	0.15	1
헬스관리(치료용)	8	0.50	4
헬스관리(미치료용)	15	0.20	3
간이음식점	10	0.25	3
가게	10	0.25	3
집회시설	5	0.20	1
숙박시설	4	0.50	2
감방과 교도소	4	0.50	2
스포츠시설	4	0.25	1

○ DIN V 18599-10

독일의 DIN V 18599-10은 주거를 제외한 33개 비주거 용도에 대한 프로필 값을 상세히 제시하고 있다. 이는 독일의 프라운호퍼 건축물리연구소가 주도적으로 개발하였으며, 약 1,000 페이지 분량의 관련 데이터가 정리되어 있으며 추후 건물에너지 해석 알고리즘에 있어서 국제적인 표준모델이 될 것으로 예상되고 있다.

현행 운용 중인 “건축물 에너지효율등급 인증제도” 운영규정에서 제시하는 [별표 2] 비주거용 건축물의 용도프로필 입력값은 DIN V 18599-10에 근거하여 설정된 값으로 <표 2.67>에 정리한 11개실용도(개인사무소/조경사무소/회의실/예약홀/구내식당/주방/화장실/다른 거주방/보조공간/창고/서버룸)는 현행 건축물 에너지효율등급 인증제도 운영규정에서 제시하는 비주거용 건축물의 용도프로필 입력값을 의미한다.

비주거 용도의 4개 부문(사용시간/조명/실내환경/열환경)에 대한 표준 용도프로필 값을 상세히 제시하고 있다.

<표 2.67> 비주거 용도에 대한 표준 용도프로필 값 (DIN V 18599-10)

실용도 명칭	조명						실내환경		열환경	
	요구 조도	작업 면 높이	시작업 범위 감소 계수	상대적 부재율	실 지수	부분 운전	요구 습도	최소 도입 외기량	사람	작업 보조 기기
	lx	m	-	-	-	-	-	㎥/h ㎡	Wh/ ㎡d	Wh/ ㎡d
개인 사무소(1人)	500	0.8	0.84	0.3	0.9	0.7	w. t.	4	30	42
대형사무실(2-6人)	500	0.8	0.84	0.3	1.25	0.7	w. t.	4	30	42
조경 사무실(7人)	500	0.8	0.93	0	2.5	1	w. t.	6	42	60
회의/세미나 실	500	0.8	0.93	0.5	1.25	1	w. t.	15	96	8
예약 홀	200	0.8	0.87	0	1.5	1	w. t.	2	36	24
소매 상점/백화점	300	0.8	0.93	0	2.5	1	w. t.	4	84	24
백화점(냉장 제품)	300	0.8	0.93	0	2.5	1	w. t.	4	84	85
교실(학교/보육원)	300	0.8	0.97	0.25	2	0.9	w. t.	10	100	20
강의실/강당	500	0.8	0.92	0.25	2.5	0.7	w. t.	30	420	24
병원 병동/기숙사	300	0.8	1	0	1.5	0.5	w. t.	4	108	24
호텔 침실	200	0.8	1	0.25	1.25	0.3	w. t.	3	70	44
구내식당	200	0.8	0.97	0	2.5	1	w. t.	18	177	10
레스토랑	200	0.8	1.00	0	2.5	1	w. t.	18	236	14
주방	500	0.8	0.96	0	1.5	1	w. t.	90	56	1800
부엌	300	0.8	1	0.5	1.5	1	w. t.	15	56	180
화장실	200	0.8	1	0.9	0.8	1	–	15	0	0
다른 거주 방	300	0.8	0.93	0.5	1.25	1	w. t.	7	92	8
보조 공간	100	0.8	1	0.9	1.5	1	–	0.15	0	0
교통/유통 분야	100	0	1	0.8	0.8	1	-	0	0	0
창고.기술장비룸	100	0.8	1	0.98	1.5	1	–	0.15	0	0
서버 룸	500	0.8	0.96	0.5	1.5	0.5	-	1.3	15	1800
워크샵/조립/제조	500	0.8	0.88	0	2	1	-	20	28	245
관객(극장)	200	0.8	0.97	0	4	1	w. t.	40	186	0
현관의 홀 (극장)	300	0.8	1	0.5	4	1	w. t.	25	88	0
극장과 이벤트	1000	0.8	0.90	0	2.5	0.6	w. t.	0.3	0	0
공정/의회 건물	300	0.8	0.93	0.5	5	1	w. t.	7	138	12
전시실 및 박물관	200	0.8	0.88	0	2	1	n. t.	2	28	0
독서실	500	0.8	0.88	0	1.5	1	w. t.	8	168	0
오픈스택영역	200	0.8	1	0	1.5	1	w. t.	2	42	0
도서관	100	0.8	1	0.9	1.5	1	w. t.	3	0	0
스포츠홀	300	1	1	0.3	2	1	-	3	60	0
주차장건물(개인)	75	0	1	0.95	2	1	–	8	0	0
주차장건물(공공)	75	0	1	0.8	4	1	-	16	0	0

○ 에너지사용의 합리화에 관한 건축주 등 및 특정건축물 소유자의 판단기준

일본은 비주거 8개 용도(사무/병원/호텔/판매시설/학교/음식점/집회시설/공장)의 프로필 값을 실별로 상세히 구분하여 제시하고 있다(<표 2.68> 참고).

<표 2.68> 일본 사무 용도의 표준 용도프로필 값

실 명칭	유형	연간 공조 시간	조명 발열	재실 밀도	기기 발열	작업 강도 지수	신선외기 도입량	연간 환기 시간	기준 환기 방식	기준 환기 회수	기준 환기 풍량	기준 전압 손실	조명 점등 시간	기준 조도	조명 소비 전력	연간 급탕 일수	급탕 부하	
		h/a	W/㎡	인/㎡	W/㎡	-	㎥/㎡h	h/a	-	회	㎥/㎡h	Pa	h/a	lx	W/㎡	d/a	L/인d	L/㎡d
사무실	A	3374	12	0.1	12	3	5	0	-	-	0	0	3133	750	16.3	241	3.8	
회의실	A	2410	10	0.25	2	3	12	0	-	-	0	0	2169	500	10.9	241	3.8	
다과실	A	2410	10	0.25	2	3	12	0	-	-	0	0	2169	300	12	241		32
중앙 감시실	A	8760	20	0.15	30	3	4	0	-	-	0	0	8760	500	13.7	365	3.8	
전산실	A	3374	12	0.1	30	3	5	0	-	-	0	0	3133	750	16.3	241	3.8	
복도	A	3133	15	0.03	0	3	2.5	0	-	-	0	0	3133	200	8	0	0	
로비	A	3133	15	0.03	0	3	2.5	0	-	-	0	0	3133	500	17.9	241	3.8	
화장실	A	3133	15	0.03	0	3	2.5	3133	3종	15	40.5	300	3133	300	12	0	0	
흡연실	A	3133	15	0.03	0	3	2.5	3133	3종	30	81	300	3133	300	6.6	0	0	
탈의실 .창고	A	3374	15	0.3	0	3	4	3133	3종	5	13.5	300	3133	300	6.6	241	62	
식당	A	723	30	0.5	0	3	15	0	-	-	0	0	723	500	20	241		48
주방	A	0	0	0	0	-	0	2000	1종	50	135	600	2000	750	16.5	0	0	
실내 주차장	A	0	0	0	0	-	0	3500	1종	10	30	600	3500	150	3.6	0	0	
기계실	A	0	0	0	0	-	0	8760	1종	5	13.5	300	200	200	4.9	0	0	
전기실	A	0	0	0	0	-	0	8760	1종	10	27	300	200	200	4.9	0	0	
탕비실	A	0	0	0	0	-	0	2000	3종	5	13.5	300	1000	300	6.6	0	0	
식품고	A	0	0	0	0	-	0	2000	1종	5	13.5	300	1000	300	7.2	0	0	
인쇄실	A	0	0	0	0	-	0	2000	3종	10	27	300	1000	500	10.9	0	0	
폐기물 보관소	A	0	0	0	0	-	0	2000	1종	15	40.5	300	1000	150	3.6	0	0	

○ 주거용 건축물의 용도프로필 조사

<표 2.69~표 2.72>은 국내외 주거용 건축물의 용도프로필과 스케줄을 정리하여 나타낸 것으로, 주거용은 비주거용과 달리 상세한 규격이나 기준이 없으며 임의로 또는 통계적인 값을 주로 사용하는 것으로 조사 및 분석되었다.

<표 2.69> 주거 용도프로필 정리 (1)

<table>
<tr><td rowspan="3">01
실별
재실자
스케줄</td><td>-4인 가족 기준
<table><tr><th>시간</th><th>평일</th><th>주말</th><th>주일·공휴일</th></tr><tr><td>01시～07시</td><td>4명</td><td>4명</td><td>4명</td></tr><tr><td>08시～13시</td><td>1명</td><td>1명</td><td>4명</td></tr><tr><td>14시～17시</td><td>1명</td><td>4명</td><td>4명</td></tr><tr><td>18시～24시</td><td>4명</td><td>4명</td><td>4명</td></tr></table></td><td>출처:
ASHRAE Fundamentals Handbook 2001</td></tr>
<tr><td>-4인 가족 기준
(안방/방1/방2/거실/주방, 주중/주말)</td><td>출처: 윤대원,초고층 공동주택에서의 에너지 절약을 위한 외피 성능에 관한 연구,2009[석사학위논문]</td></tr>
<tr><td>-5인 가족 기준(실 구분 없음)</td><td>출처: 박경석,건물 에너지 성능 평가를 위한 건물 총량 에너지 기준 제시에 관한 연구,2006[석사학위논문]</td></tr>
<tr><td rowspan="3">02
실별
재실자
1인당
발열량</td><td colspan="2">[주거용] 인체와 기기 발열량 및 스케쥴 기준
(default values in the absence of national values, 출처: ISO 13790)
<table><tr><th rowspan="2">일</th><th rowspan="2">시간</th><th colspan="2">주거용 건축물</th></tr><tr><th>거실, 부엌</th><th>그 외 실(방 등)</th></tr><tr><th></th><th></th><th>W/㎡</th><th>W/㎡</th></tr><tr><td rowspan="4">월～금</td><td>7:00～17:00</td><td>8.0</td><td>1.0</td></tr><tr><td>17:00～23:00</td><td>20.0</td><td>1.0</td></tr><tr><td>23:00～07:00</td><td>2.0</td><td>6.0</td></tr><tr><td>평균값</td><td>9.0</td><td>2.67</td></tr><tr><td rowspan="4">토,일</td><td>7:00～17:00</td><td>8.0</td><td>2.0</td></tr><tr><td>17:00～23:00</td><td>20.0</td><td>4.0</td></tr><tr><td>23:00～07:00</td><td>2.0</td><td>6.0</td></tr><tr><td>평균값</td><td>9.0</td><td>3.83</td></tr><tr><td>평균값</td><td></td><td>9.0</td><td>3.0</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>Metabolic (W) = 60 × N (재실자수)</td><td>출처: DRAFT SAP 2012</td></tr>
<tr><td>35 ㎡/person (20～50 ㎡/person)</td><td>출처: PHPP 2007</td></tr>
<tr><td rowspan="2">03
실별
조명스케줄</td><td colspan="2">DOE-2 공동주택용 조명스케줄 기준
-안방/방1/방2/거실/주방/현관/전실, 주중/주말</td></tr>
<tr><td><table><tr><th>시간</th><th>평일</th><th>주말</th><th>주일·공휴일</th></tr><tr><td>01시～07시</td><td>×</td><td>×</td><td>×</td></tr><tr><td>08시～09시</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr><tr><td>10시～17시</td><td>×</td><td>×</td><td>×</td></tr><tr><td>18시～24시</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr></table></td><td>출처: 김장한, 초고층 주거건물의 에너지 성능 분석에 관한 연구,2003[석사학위논문]</td></tr>
<tr><td>standard : 8 hours per person and day
the value in the table is for 1000 hours per person and year (Kh/(P·a))</td><td>출처: PHPP 2007</td></tr>
</table>

<표 2.70> 주거 용도프로필 정리 (2)

04 실별 조명 발열량

실명	광원	용량(W)	수량
안방/방1/방2	형광등	24	2
거실/주방	형광등	24	6
현관	백열등	60	2
전실	백열등	60	1

*조명 발열량 합계: 612W

*발열량의 경우 50%는 대류에 의해, 나머지 50%는 복사에 의해 방출됨.

-2.98 W/㎡	출처: ASHRAE Fundamentals Handbook 2001
-침실 4.3 W/㎡, 거실: 5.8 W/㎡ (평균 5.05 W/㎡)	출처: 최영진, 국내 공동주택 특성에 따른 하이브리드 환기시스템 설계 방안,2008[석사학위논문]
-침실 5.01 또는 5.37 W/㎡, 거실 9.16 W/㎡ 주방 11.11 W/㎡, 식당 13.9 W/㎡ (평균 8.91 W/㎡)	출처: 이정현, 초고층 공동주택을 대상으로 한 박스형 이중외피의 열환경 조절 성능,2006[석사학위논문]
-6.25 W/㎡ (657W, 105.12㎡)	출처: 박경석, 건물 에너지 성능 평가를 위한 건물 총량 에너지 기준 제시에 관한 연구,2006[석사학위논문]
-4 W/㎡	출처: 에너지기술 성과 확산 사업,2007,한국에너지기술연구원[공공기술연구회]
실명 / 조명밀도(W/㎡): Dining; Family (식당) 17; Multi-Family (집합주택) 8	출처: ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2004
The associated internal heat gain for each month in watts is GL,m = EL,m × 0.85 × 1000 / (24 × nm) ~ ~ L9 where TFA is the total floor area in m^2 and N is the assumed number of occupants (see Table 1b). ※재실자수 추정하는 식이 있음	출처: DRAFT SAP 2012

<표 2.71> 주거 용도프로필 정리 (3)

<table>
<tr><td rowspan="2">05
각종
가전기기
스케줄</td><td colspan="2">한국전력거래소, 2011년 가전기기 보급률 및 가정용전력 소비행태 조사
(TV/컴퓨터/다리미/전기밥솥/냉장고/전자레인지/진공청소기, 주중/주말)</td></tr>
<tr><td><table>
<tr><th>시간</th><th>평일</th><th>주말</th><th>주일·공휴일</th></tr>
<tr><td>01시～07시</td><td>×</td><td>×</td><td>×</td></tr>
<tr><td>08시～09시</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr>
<tr><td>10시～18시</td><td>×</td><td>○</td><td>○</td></tr>
<tr><td>19시～20시</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr>
<tr><td>21시～24시</td><td>×</td><td>○</td><td>○</td></tr>
</table></td><td>출처: 김장한, 초고층 주거건물의 에너지 성능 분석에 관한 연구,2003[석사학위논문]</td></tr>
<tr><td rowspan="6">06
각종
가전기기
발열량</td><td>-2.98 W/㎡</td><td>출처: ASHRAE Fundamentals Handbook 2001</td></tr>
<tr><td>-침실 4.6 W/㎡, 거실: 8.2 W/㎡ (computer)</td><td>출처: 최영진, 국내 공동주택 특성에 따른 하이브리드 환기시스템 설계 방안,2008[석사학위논문]</td></tr>
<tr><td>-450W (총 사용기기의 6%)</td><td>출처: 박경석, 건물 에너지 성능 평가를 위한 건물 총량 에너지 기준 제시에 관한 연구,2006[석사학위논문]</td></tr>
<tr><td>-14 W/㎡</td><td>출처: 에너지기술 성과 확산 사업,2007,한국에너지기술연구원[공공기술연구회]</td></tr>
<tr><td>The associated internal heat gain for each month in watts is
GA,m = EA,m × 1000 / (24 × nm) ～～ L13 (Electrical appliances)
where TFA is the total floor area in m² and N is the assumed number of occupants (see Table 1b).
※재실자수 추정하는 식이 있음</td><td>출처: DRAFT SAP 2012</td></tr>
<tr><td>Internal heat gains in watts from cooking:
Gc = 35 + 7N L15 (Cooking)
where TFA is the total floor area in m² and N is the assumed number of occupants (see Table 1b).</td><td>출처: DRAFT SAP 2012</td></tr>
<tr><td>internal heat gains(people and household appliances)
- 2.1 W/㎡ (single-family homes, multifamily homes, and terraced houses)
- 4.1 W/㎡ (assisted living facilities) ～～ QI</td><td>출처: PHPP 2007</td></tr>
</table>

<표 2.72> 주거 용도프로필 정리 (4)

07 급탕요구량	Hot water usage in litres per day Vd,average = (25 × N) + 36	출처: DRAFT SAP 2012
	-단독주택 27 Wh/㎡d -공동주택 55 Wh/㎡d	출처: ISO 13790
	domestic hot water(DHW) : 25 liters per person per day at 60℃ (residential buildings) = 25 litre/person/d	출처: PHPP 2007

2) 표준 용도프로필 구축

○ 주거 및 비주거용 표준 용도프로필 구축 (20개 용도프로필 제안)

주거에 관한 용도프로필은 앞서 언급된 일본의 “에너지사용의 합리화에 관한 건축주 등 및 특정건축물 소유자의 판단기준”에 제시된 값을 참고하여 작성되었다. 비주거 건축물의 용도프로필은 전반적으로 독일의 DIN V 18599-10에 제시된 33개 비주거 용도에 대한 프로필 값을 참고하여 작성하였으며, 일부 급탕량 관련하여서는 ISO 13790의 12개 건물용도 값을 참고하였다. 본 과제에서 작성한 주거 및 비주거 용도의 20개 프로필 값은 현행 “건축물에너지 효율등급 인증제도 운영규정”(2013.09.10)에 제시되어 있으며 ECO2를 이용하여 효율등급 평가 시 표준 용도프로필로서 사용되고 있다.

<표 2.73> ECO2 용도프로필 해설 및 해당실 예시

ECO2 용도프로필 목록		해설	예시
01	부속공간	▪ 건물의 공용공간 (단, 엘리베이터와 같이 냉난방 및 조명을 할 수 없고 실제적 사용이 불가능한 곳은 제외)	홀, 로비, 복도, 계단실, 방풍실, 전실
02	화장실	▪ 건물 내에서 급탕을 통해 온수를 사용하는 실 (단, 탕비실은 개별식 온수시스템을 사용하므로 그 외 체류공간으로 분류함)	화장실, 샤워실, 욕실
03	주방 및 조리실	▪ 식사를 제공하기 위하여 음식을 조리하는 공간 • 인체 및 기기 발열량 크고, 최소 도입외기량이 많음	주방, 조리실
04	구내식당	▪ 테이블에 앉아 식사를 하는 공간 • 인체 발열량이 큼	식당 등
05	전산실	▪ 건물의 주요 시스템과 기계장비의 유지관리를 위해 24시간 가동되는 실, 항온항습 유무로 판단 • 24시간 가동, 기기 발열량이 매우 큼	전산실, 통신실, 중앙감시실 등
06	창고/설비/문서실	▪ 단순히 물건과 장비의 수납과 보관 기능을 담당하는 실 • 인체 및 기기 발열량 “0”	창고, 설비실, 문서실, 서고 등
07	회의 및 세미나실	▪ 회의, 세미나, 강의 등을 목적으로 하는 실 • 재실밀도가 높고, 최소 도입외기량이 많은 경우	회의실, 강의실
08	강당	▪ 강연, 교육, 행사 등을 목적으로 하는 실, 전면에 무대가 있고 무대를 향하여 아래로 구배가 있는 계단식으로 좌석이 배치된 공간	대강당, 소강당
09	소규모 사무실	▪ 실의 면적 규모가 30㎡ 미만인 경우, 기기 및 재실밀도가 낮은 비서실, 팀장실 등	소규모사무실 (30㎡ 미만)
10	대규모 사무실	▪ 실의 면적 규모가 30㎡ 이상인 경우, 기기 및 재실밀도가 비교적 높은 영업장, 민원실 등 (단, 실면적이 30㎡ 이상이더라도 원장실, 국장실 등은 소규모 사무실로 분류함)	대규모사무실 (30㎡ 이상)
11	그 외 체류공간	▪ 사무와 업무 목적 이외의 부수적인 기능을 하는 실	휴게실, 탈의실, 준비실 등
12	매장 (상점/백화점)	▪ 물건을 판매하는 상점, 매점 • 재실밀도가 높음	판매점, 마트, 근린생활시설
13	체육시설	▪ 운동기구가 구비되어 있는 실	실내 체육시설, 헬스장 등
14	병실	▪ 환자의 회복을 위한 병실 또는 응급실 • 24시간 가동, 재실밀도가 높음	병실(1~8人), 입원실 등
15	객실	▪ 학생, 직원 등이 생활하는 공간 • 24시간 가동, 기기 및 재실밀도가 높음	학생기숙사, 객실 등
16	교실(초중고)	▪ 초중고를 대상으로 교육을 제공하는 실 • 연간 사용일수가 적고, 재실밀도가 높음	교실, 시청각실
17	강의실(대학)	▪ 대학생을 대상으로 강의를 제공하는 실 • 연간 사용일수가 적고, 재실밀도가 가장 높음, 최소 도입외기량도 많은 편	강의실 등
18	전시실 (전시관/박물관)	▪ 물건을 전시 및 홍보 등의 목적으로 하는 실	전시관, 홍보관
19	열람실(도서관)	▪ 도서를 읽고 열람할 수 있는 실	도서실, 열람실

<표 2.74> 용도프로필 (주거공간)

구분	단위	값
사용시간과 운전시간		
사용시작시간	[Uhr]	0:00
사용종료시간	[Uhr]	24:00
운전시작시간	[Uhr]	0:00
운전종료시간	[Uhr]	24:00
설정 요구량		
최소도입외기량	[m^3/(h m^2)]	1.6
급탕요구량	[Wh/(m^2d)]	84
조명시간	[h]	5
열발열원(음의값=>소실원)		
사람	[Wh/(m^2d)]	53
작업보조기기	[Wh/(m^2d)]	52
실내공기온도		
난방설정온도	[°C]	20
냉방설정온도	[°C]	26
월간 사용일수		
1월 사용일수	[d/mth]	31
2월 사용일수	[d/mth]	28
3월 사용일수	[d/mth]	31
4월 사용일수	[d/mth]	30
5월 사용일수	[d/mth]	31
6월 사용일수	[d/mth]	30
7월 사용일수	[d/mth]	31
8월 사용일수	[d/mth]	31
9월 사용일수	[d/mth]	30
10월 사용일수	[d/mth]	31
11월 사용일수	[d/mth]	30
12월 사용일수	[d/mth]	31
용도별 가중치		
난방	[-]	1
냉방	[-]	1
급탕	[-]	1
조명	[-]	1
환기	[-]	1

<표 2.75> 용도프로필 (소규모사무실)

구분	단위	값
사용시간과 운전시간		
사용시작시간	[Uhr]	09:00
사용종료시간	[Uhr]	18:00
운전시작시간	[Uhr]	07:00
운전종료시간	[Uhr]	18:00
설정 요구량		
최소도입외기량	[m^3/(h m^2)]	4
급탕요구량	[Wh/(m^2d)]	30
조명시간	[h]	6
열발열원(음의값=>소실원)		
사람	[Wh/(m^2d)]	30
작업보조기기	[Wh/(m^2d)]	42
실내공기온도		
난방설정온도	[°C]	20
냉방설정온도	[°C]	26
월간 사용일수		
1월 사용일수	[d/mth]	22
2월 사용일수	[d/mth]	19
3월 사용일수	[d/mth]	21
4월 사용일수	[d/mth]	22
5월 사용일수	[d/mth]	22
6월 사용일수	[d/mth]	20
7월 사용일수	[d/mth]	22
8월 사용일수	[d/mth]	21
9월 사용일수	[d/mth]	18
10월 사용일수	[d/mth]	21
11월 사용일수	[d/mth]	21
12월 사용일수	[d/mth]	21
용도별 가중치		
난방	[-]	1
냉방	[-]	1
급탕	[-]	1
조명	[-]	1.500
환기	[-]	1

<표 2.76> 용도프로필 (대규모사무실)

구분	단위	값
사용시간과 운전시간		
사용시작시간	[Uhr]	09:00
사용종료시간	[Uhr]	18:00
운전시작시간	[Uhr]	07:00
운전종료시간	[Uhr]	18:00
설정 요구량		
최소도입외기량	[m^3/(h m^2)]	6
급탕요구량	[Wh/(m^2d)]	30
조명시간	[h]	9
열발열원(음의값=>소실원)		
사람	[Wh/(m^2d)]	55.8
작업보조기기	[Wh/(m^2d)]	126
실내공기온도		
난방설정온도	[°C]	20
냉방설정온도	[°C]	26
월간 사용일수		
1월 사용일수	[d/mth]	22
2월 사용일수	[d/mth]	19
3월 사용일수	[d/mth]	21
4월 사용일수	[d/mth]	22
5월 사용일수	[d/mth]	22
6월 사용일수	[d/mth]	20
7월 사용일수	[d/mth]	22
8월 사용일수	[d/mth]	21
9월 사용일수	[d/mth]	18
10월 사용일수	[d/mth]	21
11월 사용일수	[d/mth]	21
12월 사용일수	[d/mth]	21
용도별 가중치		
난방	[-]	1
냉방	[-]	1
급탕	[-]	1
조명	[-]	1
환기	[-]	1

<표 2.77> 용도프로필 (회의실 및 세미나실)

구분	단위	값
사용시간과 운전시간		
사용시작시간	[Uhr]	07:00
사용종료시간	[Uhr]	18:00
운전시작시간	[Uhr]	07:00
운전종료시간	[Uhr]	18:00
설정 요구량		
최소도입외기량	[m^3/(h m^2)]	15
급탕요구량	[Wh/(m^2d)]	30
조명시간	[h]	11
열발열원(음의값=>소실원)		
사람	[Wh/(m^2d)]	96
작업보조기기	[Wh/(m^2d)]	8
실내공기온도		
난방설정온도	[°C]	20
냉방설정온도	[°C]	26
월간 사용일수		
1월 사용일수	[d/mth]	22
2월 사용일수	[d/mth]	19
3월 사용일수	[d/mth]	21
4월 사용일수	[d/mth]	22
5월 사용일수	[d/mth]	22
6월 사용일수	[d/mth]	20
7월 사용일수	[d/mth]	22
8월 사용일수	[d/mth]	21
9월 사용일수	[d/mth]	18
10월 사용일수	[d/mth]	21
11월 사용일수	[d/mth]	21
12월 사용일수	[d/mth]	21
용도별 가중치		
난방	[-]	1
냉방	[-]	1
급탕	[-]	1
조명	[-]	0.818
환기	[-]	1

<표 2.78> 용도프로필 (강당)

구분	단위	값
사용시간과 운전시간		
사용시작시간	[Uhr]	07:00
사용종료시간	[Uhr]	18:00
운전시작시간	[Uhr]	07:00
운전종료시간	[Uhr]	18:00
설정 요구량		
최소도입외기량	[m^3/(h m^2)]	2
급탕요구량	[Wh/(m^2d)]	30
조명시간	[h]	11
열발열원(음의값=>소실원)		
사람	[Wh/(m^2d)]	36
작업보조기기	[Wh/(m^2d)]	24
실내공기온도		
난방설정온도	[℃]	20
냉방설정온도	[℃]	26
월간 사용일수		
1월 사용일수	[d/mth]	22
2월 사용일수	[d/mth]	19
3월 사용일수	[d/mth]	21
4월 사용일수	[d/mth]	22
5월 사용일수	[d/mth]	22
6월 사용일수	[d/mth]	20
7월 사용일수	[d/mth]	22
8월 사용일수	[d/mth]	21
9월 사용일수	[d/mth]	18
10월 사용일수	[d/mth]	21
11월 사용일수	[d/mth]	21
12월 사용일수	[d/mth]	21
용도별 가중치		
난방	[-]	1
냉방	[-]	1
급탕	[-]	1
조명	[-]	0.818
환기	[-]	1

<표 2.79> 용도프로필 (구내식당)

구분	단위	값
사용시간과 운전시간		
사용시작시간	[Uhr]	08:00
사용종료시간	[Uhr]	15:00
운전시작시간	[Uhr]	08:00
운전종료시간	[Uhr]	15:00
설정 요구량		
최소도입외기량	[m^3/(h m^2)]	18
급탕요구량	[Wh/(m^2d)]	1250
조명시간	[h]	7
열발열원(음의값=>소실원)		
사람	[Wh/(m^2d)]	177
작업보조기기	[Wh/(m^2d)]	10
실내공기온도		
난방설정온도	[°C]	20
냉방설정온도	[°C]	26
월간 사용일수		
1월 사용일수	[d/mth]	22
2월 사용일수	[d/mth]	19
3월 사용일수	[d/mth]	21
4월 사용일수	[d/mth]	22
5월 사용일수	[d/mth]	22
6월 사용일수	[d/mth]	20
7월 사용일수	[d/mth]	22
8월 사용일수	[d/mth]	21
9월 사용일수	[d/mth]	18
10월 사용일수	[d/mth]	21
11월 사용일수	[d/mth]	21
12월 사용일수	[d/mth]	21
용도별 가중치		
난방	[-]	1.571
냉방	[-]	1.571
급탕	[-]	0.024
조명	[-]	1.286
환기	[-]	1.571

<표 2.80> 용도프로필 (화장실)

구분	단위	값
사용시간과 운전시간		
사용시작시간	[Uhr]	07:00
사용종료시간	[Uhr]	18:00
운전시작시간	[Uhr]	07:00
운전종료시간	[Uhr]	18:00
설정 요구량		
최소도입외기량	[m^3/(h m^2)]	15
급탕요구량	[Wh/(m^2d)]	0
조명시간	[h]	11
열발열원(음의값=>소실원)		
사람	[Wh/(m^2d)]	0
작업보조기기	[Wh/(m^2d)]	0
실내공기온도		
난방설정온도	[°C]	20
냉방설정온도	[°C]	26
월간 사용일수		
1월 사용일수	[d/mth]	22
2월 사용일수	[d/mth]	19
3월 사용일수	[d/mth]	21
4월 사용일수	[d/mth]	22
5월 사용일수	[d/mth]	22
6월 사용일수	[d/mth]	20
7월 사용일수	[d/mth]	22
8월 사용일수	[d/mth]	21
9월 사용일수	[d/mth]	18
10월 사용일수	[d/mth]	21
11월 사용일수	[d/mth]	21
12월 사용일수	[d/mth]	21
용도별 가중치		
난방	[-]	1
냉방	[-]	1
급탕	[-]	0
조명	[-]	0.818
환기	[-]	1

<표 2.81> 용도프로필 (그 외 체류공간 : 휴게실, 탈의실, 헬스장, 열람실, 매장 등)

구분	단위	값
사용시간과 운전시간		
사용시작시간	[Uhr]	07:00
사용종료시간	[Uhr]	18:00
운전시작시간	[Uhr]	07:00
운전종료시간	[Uhr]	18:00
설정 요구량		
최소도입외기량	[m^3/(h m^2)]	7
급탕요구량	[Wh/(m^2d)]	30
조명시간	[h]	11
열발열원(음의값=>소실원)		
사람	[Wh/(m^2d)]	96
작업보조기기	[Wh/(m^2d)]	8
실내공기온도		
난방설정온도	[°C]	20
냉방설정온도	[°C]	26
월간 사용일수		
1월 사용일수	[d/mth]	22
2월 사용일수	[d/mth]	19
3월 사용일수	[d/mth]	21
4월 사용일수	[d/mth]	22
5월 사용일수	[d/mth]	22
6월 사용일수	[d/mth]	20
7월 사용일수	[d/mth]	22
8월 사용일수	[d/mth]	21
9월 사용일수	[d/mth]	18
10월 사용일수	[d/mth]	21
11월 사용일수	[d/mth]	21
12월 사용일수	[d/mth]	21
용도별 가중치		
난방	[-]	1
냉방	[-]	1
급탕	[-]	1
조명	[-]	0.818
환기	[-]	1

<표 2.82> 용도프로필 (부속공간 : 로비, 복도, 계단실 등)

구분	단위	값
사용시간과 운전시간		
사용시작시간	[Uhr]	07:00
사용종료시간	[Uhr]	18:00
운전시작시간	[Uhr]	07:00
운전종료시간	[Uhr]	18:00
설정 요구량		
최소도입외기량	[m^3/(h m^2)]	0.15
급탕요구량	[Wh/(m^2d)]	0
조명시간	[h]	11
열발열원(음의값=>소실원)		
사람	[Wh/(m^2d)]	0
작업보조기기	[Wh/(m^2d)]	0
실내공기온도		
난방설정온도	[°C]	20
냉방설정온도	[°C]	26
월간 사용일수		
1월 사용일수	[d/mth]	22
2월 사용일수	[d/mth]	19
3월 사용일수	[d/mth]	21
4월 사용일수	[d/mth]	22
5월 사용일수	[d/mth]	22
6월 사용일수	[d/mth]	20
7월 사용일수	[d/mth]	22
8월 사용일수	[d/mth]	21
9월 사용일수	[d/mth]	18
10월 사용일수	[d/mth]	21
11월 사용일수	[d/mth]	21
12월 사용일수	[d/mth]	21
용도별 가중치		
난방	[-]	1
냉방	[-]	1
급탕	[-]	0
조명	[-]	0.818
환기	[-]	1

<표 2.83> 용도프로필 (창고/설비/문서실)

구분	단위	값
사용시간과 운전시간		
사용시작시간	[Uhr]	07:00
사용종료시간	[Uhr]	18:00
운전시작시간	[Uhr]	07:00
운전종료시간	[Uhr]	18:00
설정 요구량		
최소도입외기량	[m^3/(h m^2)]	0.15
급탕요구량	[Wh/(m^2d)]	0
조명시간	[h]	11
열발열원(음의값=>소실원)		
사람	[Wh/(m^2d)]	0
작업보조기기	[Wh/(m^2d)]	0
실내공기온도		
난방설정온도	[°C]	20
냉방설정온도	[°C]	26
월간 사용일수		
1월 사용일수	[d/mth]	22
2월 사용일수	[d/mth]	19
3월 사용일수	[d/mth]	21
4월 사용일수	[d/mth]	22
5월 사용일수	[d/mth]	22
6월 사용일수	[d/mth]	20
7월 사용일수	[d/mth]	22
8월 사용일수	[d/mth]	21
9월 사용일수	[d/mth]	18
10월 사용일수	[d/mth]	21
11월 사용일수	[d/mth]	21
12월 사용일수	[d/mth]	21
용도별 가중치		
난방	[-]	1
냉방	[-]	1
급탕	[-]	0
조명	[-]	0.818
환기	[-]	1

<표 2.84> 용도프로필 (전산실)

구분	단위	값
사용시간과 운전시간		
사용시작시간	[Uhr]	00:00
사용종료시간	[Uhr]	24:00
운전시작시간	[Uhr]	00:00
운전종료시간	[Uhr]	24:00
설정 요구량		
최소도입외기량	[m^3/(h m^2)]	1.3
급탕요구량	[Wh/(m^2d)]	30
조명시간	[h]	12
열발열원(음의값=>소실원)		
사람	[Wh/(m^2d)]	15
작업보조기기	[Wh/(m^2d)]	1800
실내공기온도		
난방설정온도	[°C]	20
냉방설정온도	[°C]	26
월간 사용일수		
1월 사용일수	[d/mth]	31
2월 사용일수	[d/mth]	28
3월 사용일수	[d/mth]	31
4월 사용일수	[d/mth]	30
5월 사용일수	[d/mth]	31
6월 사용일수	[d/mth]	30
7월 사용일수	[d/mth]	31
8월 사용일수	[d/mth]	31
9월 사용일수	[d/mth]	30
10월 사용일수	[d/mth]	31
11월 사용일수	[d/mth]	30
12월 사용일수	[d/mth]	31
용도별 가중치		
난방	[-]	0.314
냉방	[-]	0.314
급탕	[-]	0.685
조명	[-]	0.514
환기	[-]	0.314

<표 2.85> 용도프로필 (주방 및 조리실)

구분	단위	값
사용시간과 운전시간		
사용시작시간	[Uhr]	08:00
사용종료시간	[Uhr]	15:00
운전시작시간	[Uhr]	08:00
운전종료시간	[Uhr]	15:00
설정 요구량		
최소도입외기량	[m^3/(h m^2)]	90
급탕요구량	[Wh/(m^2d)]	0
조명시간	[h]	7
열발열원(음의값=>소실원)		
사람	[Wh/(m^2d)]	56
작업보조기기	[Wh/(m^2d)]	1800
실내공기온도		
난방설정온도	[°C]	20
냉방설정온도	[°C]	26
월간 사용일수		
1월 사용일수	[d/mth]	22
2월 사용일수	[d/mth]	19
3월 사용일수	[d/mth]	21
4월 사용일수	[d/mth]	22
5월 사용일수	[d/mth]	22
6월 사용일수	[d/mth]	20
7월 사용일수	[d/mth]	22
8월 사용일수	[d/mth]	21
9월 사용일수	[d/mth]	18
10월 사용일수	[d/mth]	21
11월 사용일수	[d/mth]	21
12월 사용일수	[d/mth]	21
용도별 가중치		
난방	[-]	1.571
냉방	[-]	1.571
급탕	[-]	0
조명	[-]	1.286
환기	[-]	1.571

<표 2.86> 용도프로필 (병실)

구분	단위	값
사용시간과 운전시간		
사용시작시간	[Uhr]	00:00
사용종료시간	[Uhr]	24:00
운전시작시간	[Uhr]	00:00
운전종료시간	[Uhr]	24:00
설정 요구량		
최소도입외기량	[m^3/(h m^2)]	4
급탕요구량	[Wh/(m^2d)]	82
조명시간	[h]	12
열발열원(음의값=>소실원)		
사람	[Wh/(m^2d)]	108
작업보조기기	[Wh/(m^2d)]	24
실내공기온도		
난방설정온도	[°C]	20
냉방설정온도	[°C]	26
월간 사용일수		
1월 사용일수	[d/mth]	31
2월 사용일수	[d/mth]	28
3월 사용일수	[d/mth]	31
4월 사용일수	[d/mth]	30
5월 사용일수	[d/mth]	31
6월 사용일수	[d/mth]	30
7월 사용일수	[d/mth]	31
8월 사용일수	[d/mth]	31
9월 사용일수	[d/mth]	30
10월 사용일수	[d/mth]	31
11월 사용일수	[d/mth]	30
12월 사용일수	[d/mth]	31
용도별 가중치		
난방	[-]	0.314
냉방	[-]	0.314
급탕	[-]	0.251
조명	[-]	0.514
환기	[-]	0.314

<표 2.87> 용도프로필 (객실)

구분	단위	값
사용시간과 운전시간		
사용시작시간	[Uhr]	21:00
사용종료시간	[Uhr]	08:00
운전시작시간	[Uhr]	21:00
운전종료시간	[Uhr]	08:00
설정 요구량		
최소도입외기량	[m^3/(h m^2)]	3
급탕요구량	[Wh/(m^2d)]	82
조명시간	[h]	4
열발열원(음의값=>소실원)		
사람	[Wh/(m^2d)]	70
작업보조기기	[Wh/(m^2d)]	44
실내공기온도		
난방설정온도	[°C]	20
냉방설정온도	[°C]	26
월간 사용일수		
1월 사용일수	[d/mth]	31
2월 사용일수	[d/mth]	28
3월 사용일수	[d/mth]	31
4월 사용일수	[d/mth]	30
5월 사용일수	[d/mth]	31
6월 사용일수	[d/mth]	30
7월 사용일수	[d/mth]	31
8월 사용일수	[d/mth]	31
9월 사용일수	[d/mth]	30
10월 사용일수	[d/mth]	31
11월 사용일수	[d/mth]	30
12월 사용일수	[d/mth]	31
용도별 가중치		
난방	[-]	0.685
냉방	[-]	0.685
급탕	[-]	0.251
조명	[-]	1.541
환기	[-]	0.685

<표 2.88> 용도프로필 (교실 : 초중고)

구분	단위	값
사용시간과 운전시간		
사용시작시간	[Uhr]	08:00
사용종료시간	[Uhr]	15:00
운전시작시간	[Uhr]	08:00
운전종료시간	[Uhr]	15:00
설정 요구량		
최소도입외기량	[m^3/(h m^2)]	10
급탕요구량	[Wh/(m^2d)]	30
조명시간	[h]	6
열발열원(음의값=>소실원)		
사람	[Wh/(m^2d)]	100
작업보조기기	[Wh/(m^2d)]	20
실내공기온도		
난방설정온도	[°C]	20
냉방설정온도	[°C]	26
월간 사용일수		
1월 사용일수	[d/mth]	0
2월 사용일수	[d/mth]	14
3월 사용일수	[d/mth]	23
4월 사용일수	[d/mth]	22
5월 사용일수	[d/mth]	21
6월 사용일수	[d/mth]	22
7월 사용일수	[d/mth]	15
8월 사용일수	[d/mth]	3
9월 사용일수	[d/mth]	22
10월 사용일수	[d/mth]	21
11월 사용일수	[d/mth]	22
12월 사용일수	[d/mth]	15
용도별 가중치		
난방	[-]	1.964
냉방	[-]	1.964
급탕	[-]	1.250
조명	[-]	1.875
환기	[-]	1.964

<표 2.89> 용도프로필 (강의실 : 대학)

구분	단위	값
사용시간과 운전시간		
사용시작시간	[Uhr]	09:00
사용종료시간	[Uhr]	18:00
운전시작시간	[Uhr]	09:00
운전종료시간	[Uhr]	18:00
설정 요구량		
최소도입외기량	[m^3/(h m^2)]	30
급탕요구량	[Wh/(m^2d)]	30
조명시간	[h]	6
열발열원(음의값=>소실원)		
사람	[Wh/(m^2d)]	420
작업보조기기	[Wh/(m^2d)]	24
실내공기온도		
난방설정온도	[°C]	20
냉방설정온도	[°C]	26
월간 사용일수		
1월 사용일수	[d/mth]	0
2월 사용일수	[d/mth]	0
3월 사용일수	[d/mth]	20
4월 사용일수	[d/mth]	20
5월 사용일수	[d/mth]	15
6월 사용일수	[d/mth]	20
7월 사용일수	[d/mth]	5
8월 사용일수	[d/mth]	0
9월 사용일수	[d/mth]	20
10월 사용일수	[d/mth]	20
11월 사용일수	[d/mth]	21
12월 사용일수	[d/mth]	9
용도별 가중치		
난방	[-]	2.037
냉방	[-]	2.037
급탕	[-]	1.667
조명	[-]	2.500
환기	[-]	2.037

<표 2.90> 용도프로필 (매장 : 상점, 백화점)

구분	단위	값
사용시간과 운전시간		
사용시작시간	[Uhr]	08:00
사용종료시간	[Uhr]	20:00
운전시작시간	[Uhr]	08:00
운전종료시간	[Uhr]	20:00
설정 요구량		
최소도입외기량	[m^3/(h m^2)]	4
급탕요구량	[Wh/(m^2d)]	30
조명시간	[h]	12
열발열원(음의값=>소실원)		
사람	[Wh/(m^2d)]	84
작업보조기기	[Wh/(m^2d)]	24
실내공기온도		
난방설정온도	[°C]	20
냉방설정온도	[°C]	26
월간 사용일수		
1월 사용일수	[d/mth]	26
2월 사용일수	[d/mth]	23
3월 사용일수	[d/mth]	25
4월 사용일수	[d/mth]	26
5월 사용일수	[d/mth]	26
6월 사용일수	[d/mth]	24
7월 사용일수	[d/mth]	26
8월 사용일수	[d/mth]	26
9월 사용일수	[d/mth]	22
10월 사용일수	[d/mth]	25
11월 사용일수	[d/mth]	26
12월 사용일수	[d/mth]	25
용도별 가중치		
난방	[-]	0.764
냉방	[-]	0.764
급탕	[-]	0.833
조명	[-]	※수식 참조
환기	[-]	0.764

※ 매장의 경우 조명밀도에 따른 보정치

조명 가중치 = 0.625 × 보정치

10 W/㎡ 이하일 경우 : 보정치 = 1

10 W/㎡ 초과일 경우 : 보정치 = [(해당실 조명밀도 - 10) × 0.4 + 10] / (해당실 조명밀도)

<표 2.91> 용도프로필 (전시실 : 전시관, 박물관)

구분	단위	값
사용시간과 운전시간		
사용시작시간	[Uhr]	10:00
사용종료시간	[Uhr]	18:00
운전시작시간	[Uhr]	10:00
운전종료시간	[Uhr]	18:00
설정 요구량		
최소도입외기량	[m^3/(h m^2)]	2
급탕요구량	[Wh/(m^2d)]	30
조명시간	[h]	8
열발열원(음의값=>소실원)		
사람	[Wh/(m^2d)]	28
작업보조기기	[Wh/(m^2d)]	0
실내공기온도		
난방설정온도	[°C]	20
냉방설정온도	[°C]	26
월간 사용일수		
1월 사용일수	[d/mth]	22
2월 사용일수	[d/mth]	19
3월 사용일수	[d/mth]	21
4월 사용일수	[d/mth]	22
5월 사용일수	[d/mth]	22
6월 사용일수	[d/mth]	20
7월 사용일수	[d/mth]	22
8월 사용일수	[d/mth]	21
9월 사용일수	[d/mth]	18
10월 사용일수	[d/mth]	21
11월 사용일수	[d/mth]	21
12월 사용일수	[d/mth]	21
용도별 가중치		
난방	[-]	1.375
냉방	[-]	1.375
급탕	[-]	1
조명	[-]	1.125
환기	[-]	1.375

<표 2.92> 용도프로필 (열람실 : 도서관)

구분	단위	값
사용시간과 운전시간		
사용시작시간	[Uhr]	08:00
사용종료시간	[Uhr]	20:00
운전시작시간	[Uhr]	08:00
운전종료시간	[Uhr]	20:00
설정 요구량		
최소도입외기량	[m^3/(h m^2)]	8
급탕요구량	[Wh/(m^2d)]	30
조명시간	[h]	12
열발열원(음의값=>소실원)		
사람	[Wh/(m^2d)]	168
작업보조기기	[Wh/(m^2d)]	0
실내공기온도		
난방설정온도	[°C]	20
냉방설정온도	[°C]	26
월간 사용일수		
1월 사용일수	[d/mth]	26
2월 사용일수	[d/mth]	23
3월 사용일수	[d/mth]	25
4월 사용일수	[d/mth]	26
5월 사용일수	[d/mth]	26
6월 사용일수	[d/mth]	24
7월 사용일수	[d/mth]	26
8월 사용일수	[d/mth]	26
9월 사용일수	[d/mth]	22
10월 사용일수	[d/mth]	25
11월 사용일수	[d/mth]	26
12월 사용일수	[d/mth]	25
용도별 가중치		
난방	[-]	0.764
냉방	[-]	0.764
급탕	[-]	0.833
조명	[-]	0.625
환기	[-]	0.764

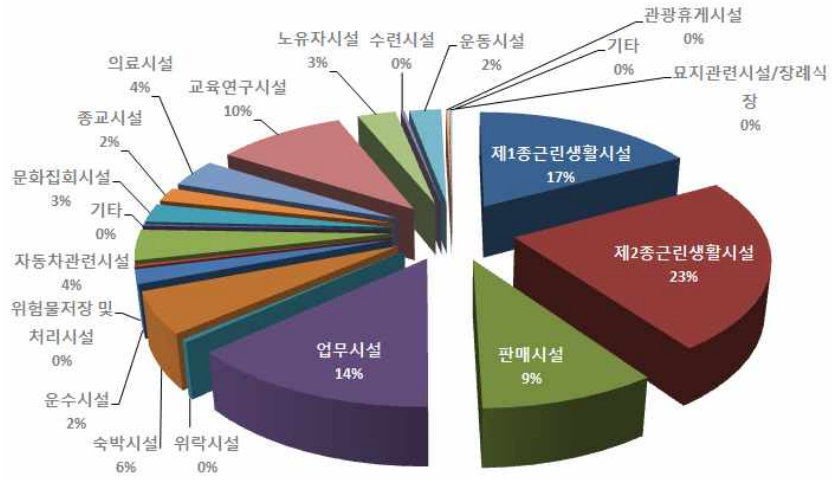
<표 2.93> 용도프로필 (체육시설)

구분	단위	값
사용시간과 운전시간		
사용시작시간	[Uhr]	08:00
사용종료시간	[Uhr]	23:00
운전시작시간	[Uhr]	08:00
운전종료시간	[Uhr]	23:00
설정 요구량		
최소도입외기량	[m^3/(h m^2)]	3
급탕요구량	[Wh/(m^2d)]	220
조명시간	[h]	15
열발열원(음의값=>소실원)		
사람	[Wh/(m^2d)]	60
작업보조기기	[Wh/(m^2d)]	0
실내공기온도		
난방설정온도	[°C]	20
냉방설정온도	[°C]	26
월간 사용일수		
1월 사용일수	[d/mth]	26
2월 사용일수	[d/mth]	23
3월 사용일수	[d/mth]	25
4월 사용일수	[d/mth]	26
5월 사용일수	[d/mth]	26
6월 사용일수	[d/mth]	24
7월 사용일수	[d/mth]	26
8월 사용일수	[d/mth]	26
9월 사용일수	[d/mth]	22
10월 사용일수	[d/mth]	25
11월 사용일수	[d/mth]	26
12월 사용일수	[d/mth]	25
용도별 가중치		
난방	[-]	0.611
냉방	[-]	0.611
급탕	[-]	0.114
조명	[-]	0.500
환기	[-]	0.611

3) 실제 비주거 건축물의 용도프로필 비율 분석

○ 분석대상 용도와 표본수

국토교통부에서 제공하는 2013년 건축허가 통계자료를 바탕으로, 연면적 기준으로 상위 6위까지를 비주거용도 분석대상으로 설정하고(전체 비주거 건축물의 79%를 차지하는 비율), 그 외 문화집회시설/종교시설/의료시설/노유자시설을 추가하여 총 10개 용도를 분석대상으로 설정하였다.



[그림 2.103] 건축허가 통계자료(국토교통부, 2013년 기준)

<표 2.94> 건축허가 비율 조사

구분	용도	전국 연면적	비율	순위
		㎡	%	-
상업용	제1종 근린생활시설	7325377	17%	2
	제2종 근린생활시설	9984125	23%	1
	판매시설	4058306	9%	5
	업무시설	5831365	14%	3
	위락시설	171395	0%	14
	숙박시설	2388095	6%	6
	운수시설	815627	2%	13
	위험물저장 및 처리시설	133000	0%	15
	자동차관련시설	1760787	4%	7
	기타	102626	0%	17
문교사회용	문화집회시설	1080758	3%	10
	종교시설	827106	2%	12
	의료시설	1643091	4%	8
	교육연구시설	4223593	10%	4
	노유자시설	1259657	3%	9
	수련시설	126938	0%	16
	운동시설	1054015	2%	11
	관광휴게시설	97518	0%	18
	묘지관련시설/장례식장	96277	0%	19
	기타	3152	0%	20

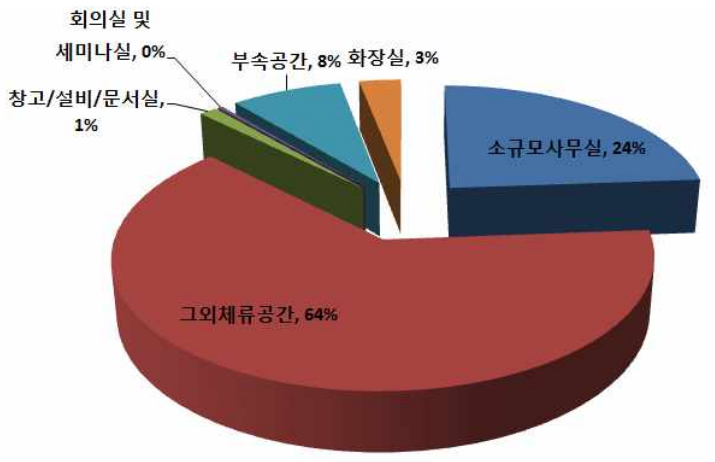
10개 용도를 대상으로 “건축·대수선·용도 변경허가신청서”와 “평면도”에 대한 전자파일을 세움터로부터 총 193건 확보하였으며, 용도별 표본수는 제시된 <표 2.95>와 같다. 분석방법은 기준층 평면도를 대상으로, 현행 건축물에너지 효율등급 운영규정에 제시된 비주거 용도프로필의 비율을 분석하였다.

<표 2.95> 분석대상 용도 및 확보된 표본수 (출처: 세움터)

분석용도	표본수 (건수)	검토 도서
제1종 근린생활시설	42	허가신청서, 기준층평면도
제2종 근린생활시설	39	
판매시설	11	
업무시설	30	
숙박시설	40	
교육연구시설	14	
문화집회시설	4	
종교시설	4	
의료시설	4	
노유자시설	5	
계	193	

○ 제1종 근린생활시설

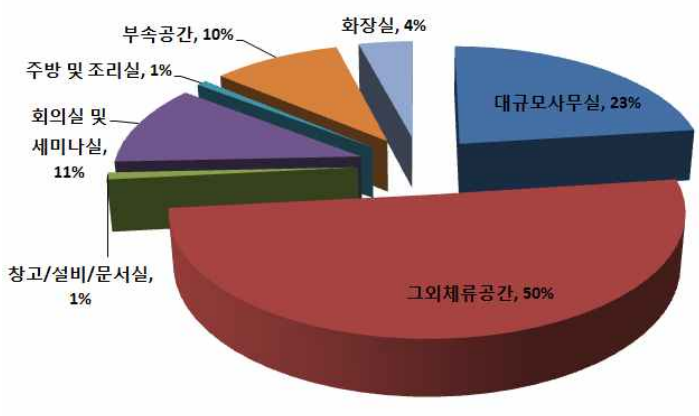
표본수는 총 42건으로, 소매점(57%)과 의원(26%) 용도가 대부분을 차지하며, 해당 비주거 용도프로필은 6개(소규모사무실, 그 외 체류공간, 창고/설비/문서실, 회의실 및 세미나실, 부속공간, 화장실)로 구성되어 있다. 제1종 근린생활시설의 표준 용도프로필은 그 외 체류공간이 64%, 소규모사무실이 24%, 부속공간이 8%를 차지하는 것으로 분석되었다.



[그림 2.104] 표준 용도프로필 (제1종 근린생활시설)

○ 제2종 근린생활시설

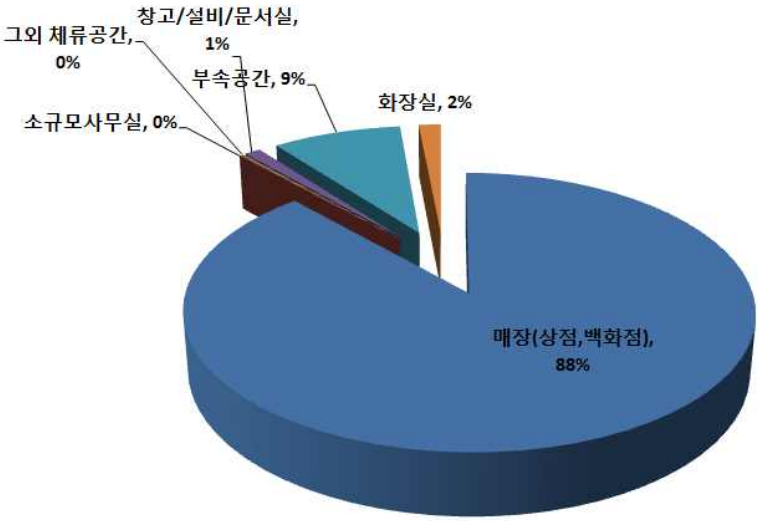
표본수는 총 39건으로, 사무소(36%)와 일반음식점(23%), 학원(18%) 용도가 대부분을 차지하며, 해당 비주거 용도프로필은 7개(대규모사무실, 그 외 체류공간, 창고/설비/문서실, 회의실 및 세미나실, 주방 및 조리실, 부속공간, 화장실)로 구성되어 있다. 제2종 근린생활시설의 표준 용도프로필은 그 외 체류공간이 50%, 대규모사무실이 23%, 회의실 및 세미나실 11%, 부속공간 10%를 차지하는 것으로 분석되었다.



[그림 2.105] 표준 용도프로필 (제2종 근린생활시설)

○ 판매시설

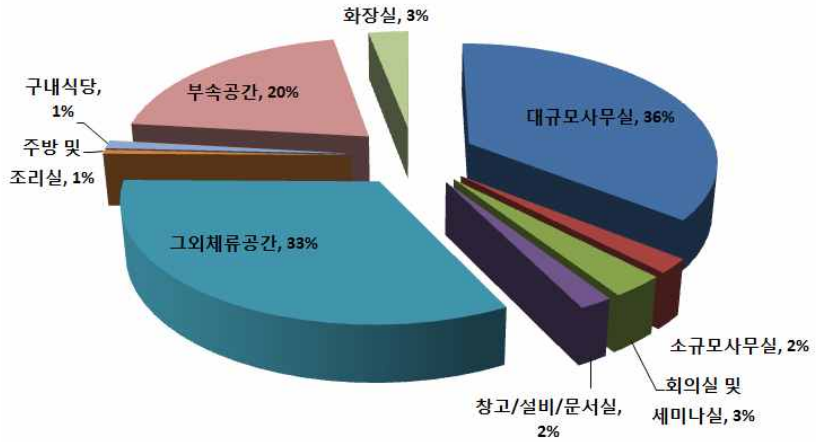
표본수는 총 11건으로, 소매시장(55%)과 대형매장(18%) 용도가 대부분을 차지하며, 해당 비주거 용도프로필은 6개(매장, 소규모사무실, 그 외 체류공간, 창고/설비/문서실, 부속공간, 화장실)로 구성되어 있다. 판매시설의 표준 용도프로필은 매장이 88%, 부속공간이 9%를 차지하는 것으로 분석되었다.



[그림 2.106] 표준 용도프로필 (판매시설)

○ 업무시설

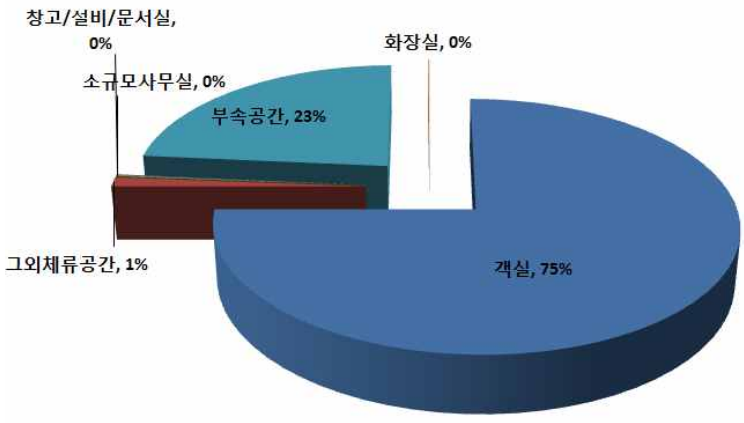
표본수는 총 30건으로, 오피스텔(50%)와 사무소(30%), 국가기관 청사(17%) 용도가 대부분을 차지하며, 해당 비주거 용도프로필은 9개(대규모사무실, 소규모사무실, 회의실 및 세미나실, 창고/설비/문서실, 그 외 체류공간, 주방 및 조리실, 구내식당, 부속공간, 화장실)로 구성되어 있다. 업무시설의 표준 용도프로필은 대규모사무실이 36%, 그 외 체류공간 33%, 부속공간 20%를 차지하는 것으로 분석되었다.



[그림 2.107] 표준 용도프로필 (제2종 근린생활시설)

○ 숙박시설

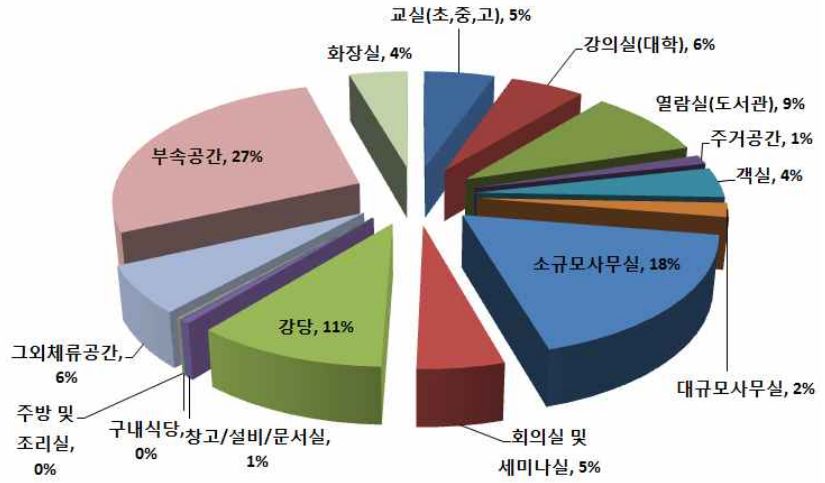
표본수는 총 40건으로, 호텔(28%)와 여관(25%), 생활숙박(23%), 호스텔(20%) 용도가 대부분을 차지하며, 해당 비주거 용도프로필은 6개(객실, 그 외 체류공간, 창고/설비/문서실, 소규모사무실, 부속공간, 화장실)로 구성되어 있다. 숙박시설의 표준 용도프로필은 객실이 75%, 부속공간 23%를 차지하는 것으로 분석되었다.



[그림 2.108] 표준 용도프로필 (숙박시설)

○ 교육연구시설

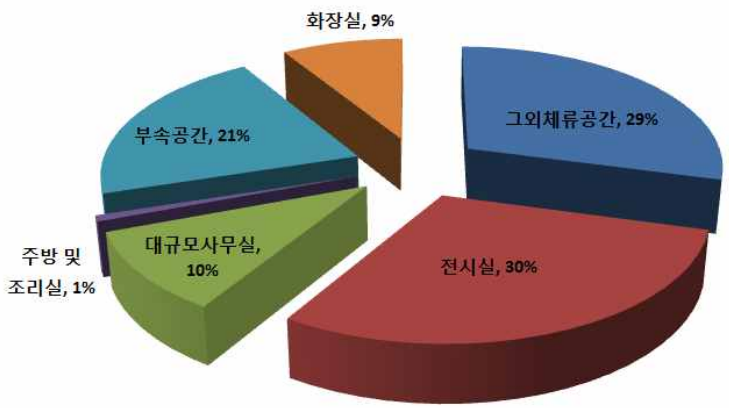
표본수는 총 14건으로, 연구소(29%)와 유치원(21%), 연수원(14%), 도서관(14%) 용도가 대부분을 차지하며, 해당 비주거 용도프로필은 15개(교실, 강의실, 열람실, 주거공간, 객실, 대규모사무실, 소규모사무실, 회의실 및 세미나실, 강당, 창고, 구내식당, 주방 및 조리실, 그 외외 체류공간, 부속공간, 화장실)로 구성되어 있다. 교육연구시설의 표준 용도프로필은 부속공간이 27%, 소규모사무실이 18%, 강당 11%, 열람실 9%를 차지하는 것으로 분석되었다.



[그림 2.109] 표준 용도프로필 (교육연구시설)

○ 문화집회시설

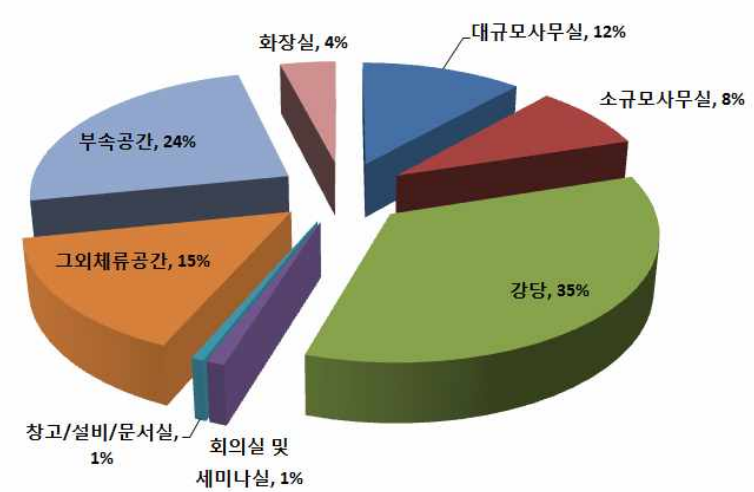
표본수는 총 4건으로, 집회장, 미술관, 체험관 등 용도로 구성되며, 해당 비주거 용도프로필은 6개(그 외 체류공간, 전시실, 대규모사무실, 주방 및 조리실, 부속공간, 화장실)로 구성되어 있다. 문화집회시설의 표준 용도프로필은 전시실이 30%, 그 외 체류공간 29%, 부속공간 21%를 차지하는 것으로 분석되었다.



[그림 2.110] 표준 용도프로필 (문화집회시설)

○ 종교시설

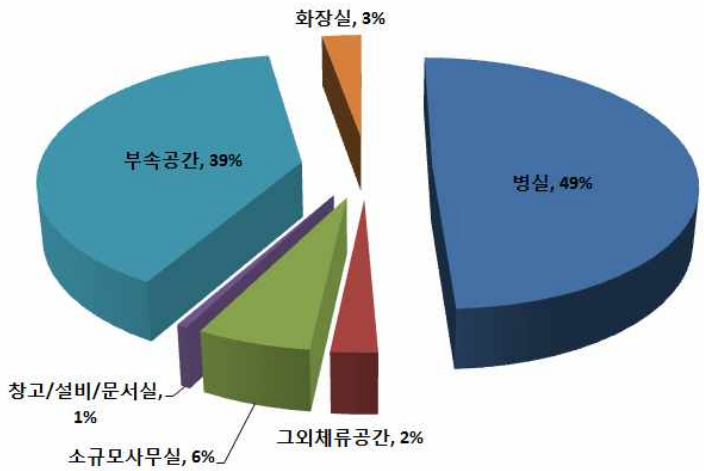
표본수는 총 4건으로, 교회, 수녀원, 성당 등 용도로 구성되며, 해당 비주거 용도프로필은 8개(대규모사무실, 소규모사무실, 강당, 회의실 및 세미나실, 창고/설비/문서실, 그 외 체류공간, 부속공간, 화장실)로 구성되어 있다. 종교시설의 표준 용도프로필은 강당이 35%, 부속공간 24%, 그 외 체류공간 15%, 대규모사무실 12%를 차지하는 것으로 분석되었다.



[그림 2.111] 표준 용도프로필 (문화집회시설)

○ 의료시설

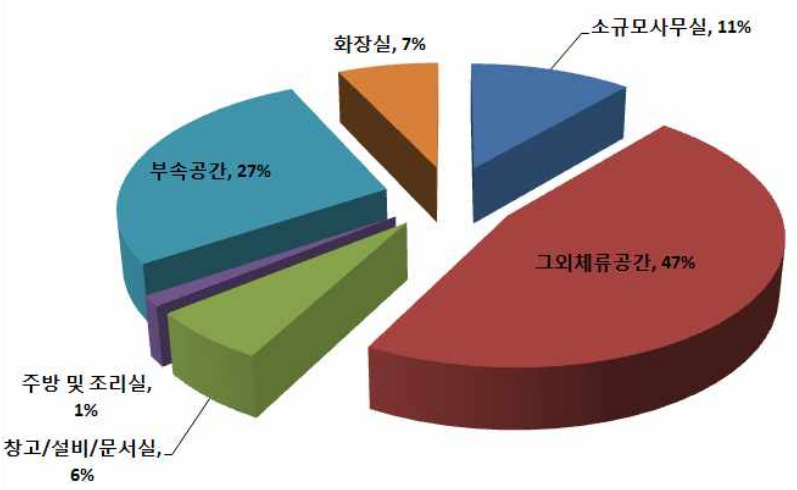
표본수는 총 4건으로, 병원과 요양병원 등으로 구성되며, 해당 비주거 용도프로필은 6개 (병실, 그 외 체류공간, 소규모사무실, 창고/설비/문서실, 부속공간, 화장실)로 구성되어 있다. 의료시설의 표준 용도프로필은 병실이 49%, 부속공간 39%, 소규모사무실 6%를 차지하는 것으로 분석되었다.



[그림 2.112] 표준 용도프로필 (의료시설)

○ 노유자시설

표본수는 총 5건으로, 노인복지시설, 다문화복지시설, 어린이집, 영유아보육시설 등으로 구성되며, 해당 비주거 용도프로필은 6개(소규모사무실, 그 외 체류공간, 창고/설비/문서실, 주방 및 조리실, 부속공간, 화장실)로 구성되어 있다. 노유자시설의 표준 용도프로필은 그 외 체류공간이 47%, 부속공간 27%, 소규모사무실 11%를 차지하는 것으로 분석되었다.



[그림 2.113] 표준 용도프로필 (노유자시설)

현형 건축물 에너지절약 설계기준에서 시행하는 건축물 에너지소비총량제 평가프로그램(ECO2-OD, Office Design)은 업무시설에 한정하여 평가하고 있다. 본 과제에서는 용도별 건축물의 용도 분류 중 운수시설을 제외한 총 27개 건축물 용도[12]에 대하여 건축허가 시 총량에너지 평가에 대응 가능하도록 각 용도별 건축물의 실별 설계 용도를 분류 및 분석하였으며, 이를 통해 신축건축물의 건축허가 용도 분류에 따른 총량 에너지 평가에 필요한 건축물 용도별 실별 용도프로필 가중치를 산출하였다.

총량용 표준 용도프로필 값은 앞서 분석한 10개 허가 용도의 프로필 비율 분석 결과를 바탕으로, 구축된 20개 표준 용도프로필에 허가 용도별 가중치를 적용한 것이다. 분석대상에서 제외된 용도(전체 허가용도에서 10% 차지)는 확보된 표본수가 없으므로, “그 외 체류공간”으로 설정하여 평가하며 추후 용도별 표본수가 확보되면 매년 허가용도별 표준 용도프로필 비율을 분석 후 지속적으로 업데이트를 진행할 예정이다.

건축물 용도별 용도, 규모, 특성 분석을 통해 향후 모든 건축물에 대한 가중평균 용도프로필을 제공이 가능하다.

12) 건축법 시행령 제3조 [별표 1]에서 용도별 건축물의 종류를 총 28개로 규정하고 있다.

다. 총량에너지 평가 프로그램 및 매뉴얼 개발

1) 국외 유사 인증제도 매뉴얼 비교 평가

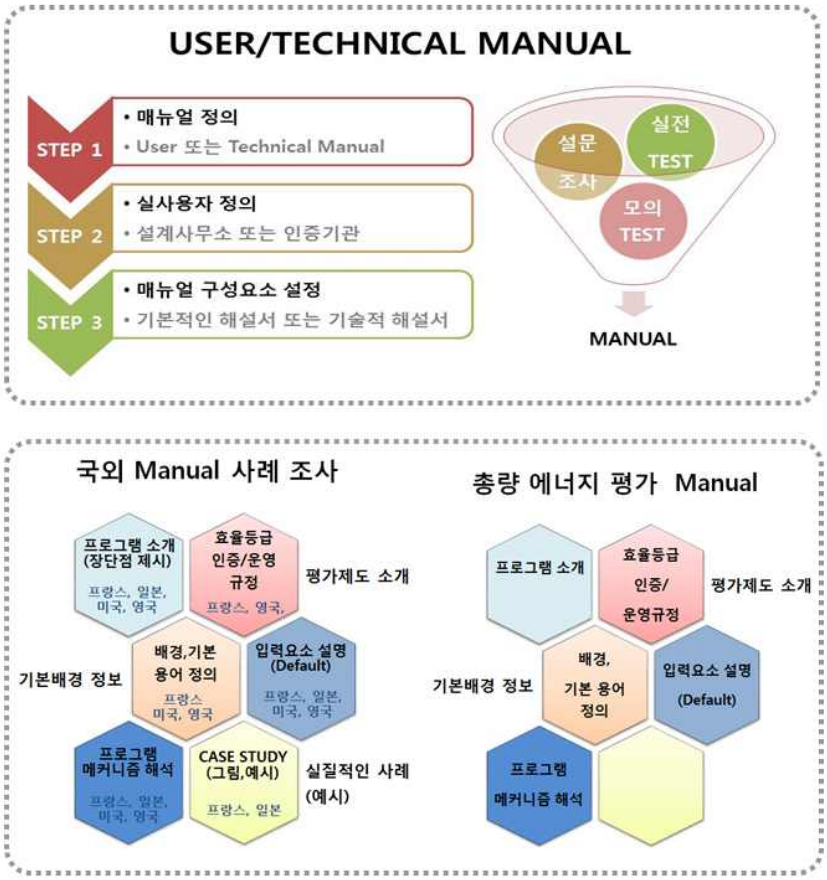
구 분		미 국	영 국	덴마크	프랑스	일 본
기준/법규		건물에너지기준 (Building Energy codes and standards)	건축법(Part L)	건축법(BR10)	건물에너지 효율등급 (DPE)	에너지 이용 합리화에 관한 법률
건축물 에너지 효율등급	평가 기준	1차 에너지	CO2 배출량	1차 에너지	1차 에너지, CO2 배출량	1차 에너지
	평가 프로그램 / 매뉴얼	HERS 인증프로그램 /HERS Technical manual	주거용-Design SAP-2009, 비주거- iSBEM /SAP2009, SBEM User manual	Energy 10 /Energy 10 User manual	Diag DPE/ Diag DPE manual	1차 에너지 소비량 산정 프로그램 (건물용,주택용) /프로그램 해설 (건물편, 주택편)
						

[그림 2.114] 국외 유사 인증제도 매뉴얼 조사. 비교

여러 국가의 매뉴얼 사례 조사를 통해 구성요소를 도출한 결과 User/ Technical Manual 로 구분 할 수 있으며 실 사용자에 따라 (설계사무소 또는 인증기관)에 따라 매뉴얼의 난이도나 구성요소가 결정 된다.

- User Manual : 프로그램의 작동 방법과 입력항목의 개념적인 설명 수록
- Technical Manual : 시행제도의 배경, 프로그램의 계산 로직 및 준수하는 기준 혹은 법조항의 명시

프랑스, 일본, 미국, 영국 등 대부분의 나라의 매뉴얼 사례의 구성 요소는 프로그램 소개, 운영 제도의 규정, 배경이나 기본 용어정의, 입력요소 설명, 프로그램 매커니즘 해석, 그림이나 예시로 Case study가 제공된다.



[그림 2.115] 국외/ 총량에너지 평가 프로그램의
User&Technical manual

2) 총량에너지 평가 프로그램 개발

가) 총량에너지 평가프로그램 개발

① 프로그램 개요

총량에너지 평가프로그램은 기존의 성능 베이스 평가 프로그램의 필수적인 요구 성능을 만족할 수 있도록 개발되었으며, 세부적인 요구 사항은 다음과 같다.

- ○ 연간 에너지 소요량 해석이 가능한 프로그램
- ○ 새로운 건축요소에 대한 해석이 가능한 프로그램
- ○ 새로운 시스템 및 열원에 대한 해석이 가능한 프로그램
- ○ 지속적인 개발이 이루어져 새로운 기술개발에 맞춰 해석이 가능한 프로그램
- ○ 사용자의 편의성이 향상된 프로그램

총량에너지 평가프로그램은 기존에 사용되고 있었던 건축물 에너지효율등급 프로그램인 ECO2 프로그램과 건축물 에너지 소비 총량제도에서 사용되고 있는 ECO2-OD 프로그램을 통합화하고 그 평가 대상이 기존의 업무시설로 한정된 부분을 주거 및 비주거 건축물 모두를 포함하여 평가할 수 있도록 개발되었다.

기본적으로 같은 계산 엔진을 사용하여 프로그램의 정확성을 확보하였으나, 관련 제도에서 요구되는 평가 수준 차이를 대응하기 위하여 화면 인터페이스를 구분하여 관련 제도에 최적화 되도록 개발되었다.

평가프로그램의 건축물 에너지 해석 방법론은 국제표준화기구(ISO) 규격을 기본으로 채택하고 있다. 한국은 국제표준화기구 회원국으로 건축물 에너지 해석과 관련된 기술위원회(ISO/TC163 등) 참여 및 활동을 통해 국제표준규격을 채택하고 있으며, 이에 따라 회원국들은 국제규격을 각 국의 실정에 따라 채용하고 있다. 더불어 국제규격을 KS기준으로 일부 채택하고 있어 이에 따라 총량에너지 평가프로그램에서도 ISO 13790을 준용하였으며 기타 DIN V 18599 등을 평가방법으로 적용하였다.

평가 건물의 연간 에너지 요구량, 에너지 소요량, 1차에너지 소요량, CO2 배출량을 산출하여 프로그램을 사용하는 사용자들에게 보다 다양한 정보를 제공할 수 있도록 개발되었다.

보다 정확한 건축물의 에너지 성능을 평가하기 위해서는 상세 에너지 해석 프로그램을 사용하는 것이 유리하지만 상세 에너지 해석 프로그램은 사용자에게 많은 입력 데이터를 요구하며, 입력 변수에 따라 결과에 큰 영향을 주기 때문에 관련 지식 및 해당 프로그램에 대한 상세한 지식이 있는 전문가가 요구된다. 또한 정확한 해석을 위해서는 많은 자료를 필요로 하게 되는데, 기본설계 단계에서의 자료만으로는 프로그램을 운용하기에는 자료의 수준이 상당히 부족한 실정이다. 제도에서는 이 부족한 자료에 대한 기준값을 제공해야 하는데 제공해야할 기준값이 너무 많아 아직 국내에서 상세에너지 평가 프로그램을 제도에 활용하기에는 많은 준비가 필요한 것으로 판단된다.

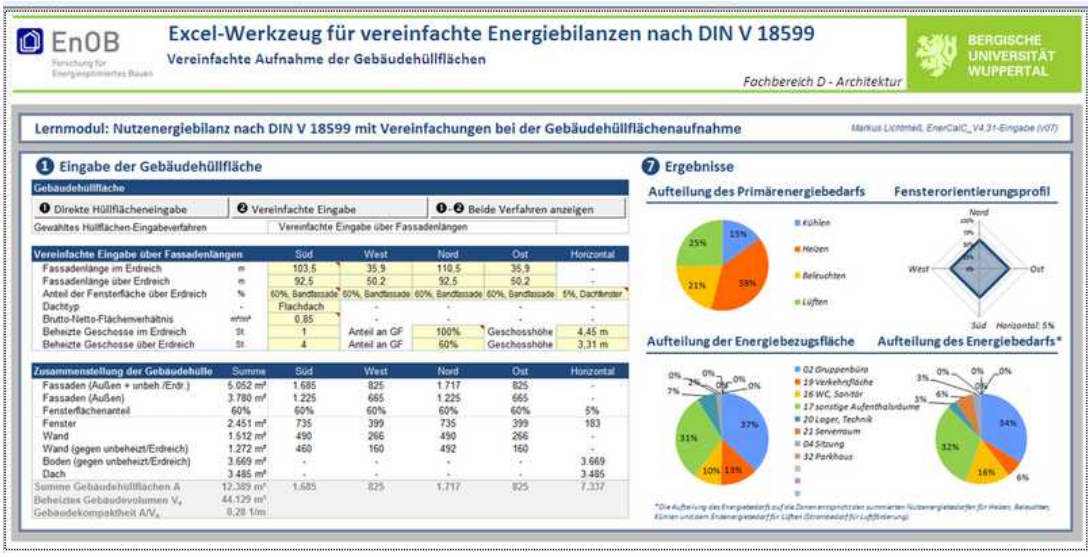
따라서, 본 연구에서는 기본 설계 단계 및 실시 설계 단계에서 활용할 수 있는 평가자료를 가지고 국가적으로 합리적인 건축물 에너지 성능을 평가할 수 있는 프로그램을 개발하고자 하였다.

② 국외 에너지 해석 관련 프로그램 조사

국내의 총량에너지 평가프로그램을 개발하기에 앞서 외국의 에너지 관련 성능 평가 프로그램을 조사하였다. 기존의 상세 에너지 해석 프로그램 보다는 새롭게 개발되고 있고 사용자가 쉽게 쓸 수 있는 인터페이스를 가지고 개발된 프로그램 위주로 조사하였다.

○ EnerCalc

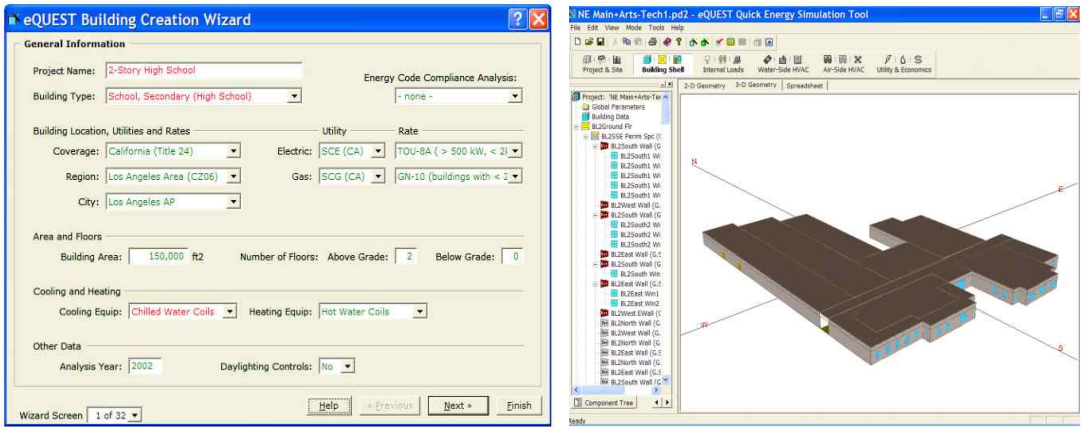
EnerCalc 프로그램은 그림과 같은 화면으로 구성된 독일 프라운 호퍼에서 개발된 프로그램이며, 국내 총량에너지 평가프로그램과 같이 DIN V 18599를 기본 평가 방법으로 채택하여 개발된 엑셀 베이스의 평가 프로그램이다. 11가지의 용도 프로필을 사용하고 있으며, 제로에너지 건축물 설계에 대한 대안을 같이 제공하는 기능을 가지고 있다. 입력항목을 단순화하여 초기 설계 디자인에 효과적으로 대응 가능한 것으로 판단된다.



[그림 2.116] 독일의 EnerCalC 프로그램 화면

○ eQUEST

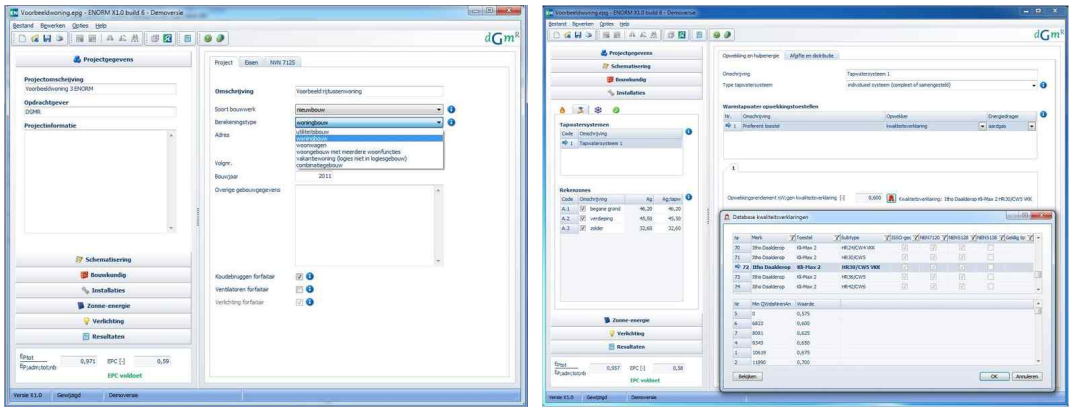
eQUEST 프로그램은 미국에서 개발되었으며, 화면 구성은 그림과 같다. 계산 엔진은 DOE2 엔진을 사용하고 있으며 사용자 편의 마법사와 그래픽 인터페이스를 제공하는 프로그램이다. eQUEST의 특징으로는 건축물 모델링을 쉽게 할 수 있는 사용자 편의 마법사 방식을 제공하는 것을 들 수 있다. DOE2 의 상세 에너지 해석방법의 엔진을 사용하고 있지만 입력 항목의 제한으로 상세적인 컨트롤을 하기 어려운 단점도 가지고 있다.



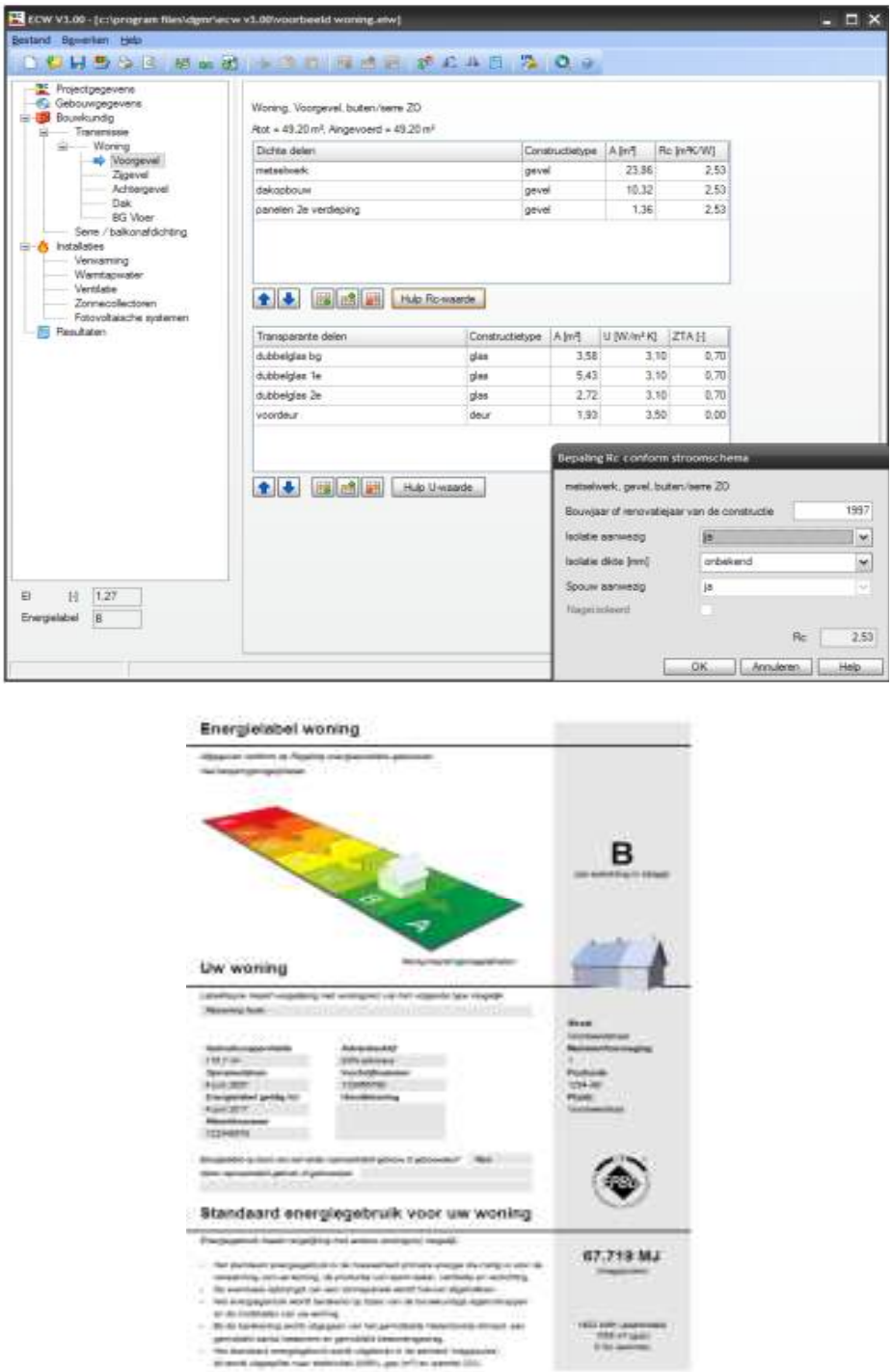
[그림 2.117] eQUEST 프로그램 건물 정보 입력 화면

○ 기타 프로그램

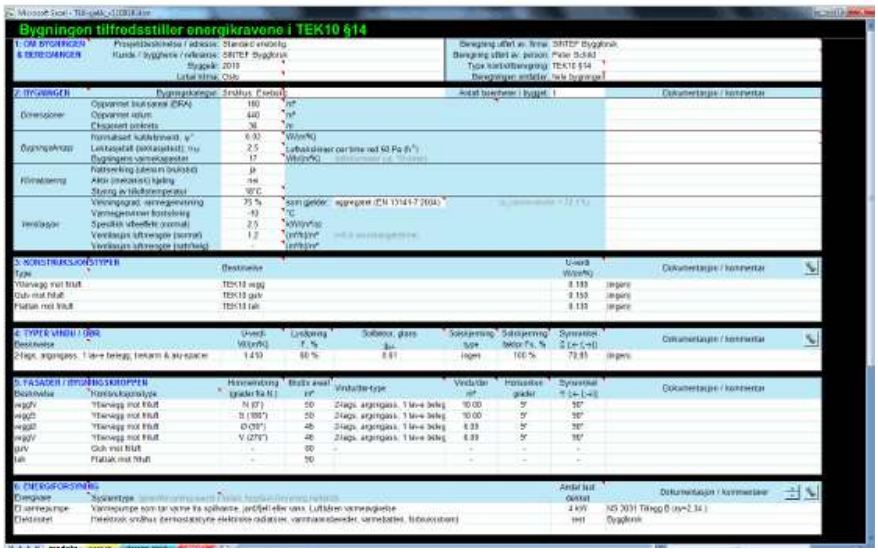
독일 이외의 유럽 각국에서도 다양한 프로그램을 개발하고 보급함으로써 건축물에서의 에너지 절약을 유도하고 있다. [그림 2.118]과 같은 네덜란드 ENORM 프로그램은 네덜란드 규격인 NEN 7120/ NEN 8088 규격을 사용하여 개발되었으며, [그림 2.119]의 ECW/ECU 프로그램은 네덜란드 NEN(NPR 5129, NPR 2917) 규격을 적용하여 개발되었다. 노르웨이에서도 [그림 2.120]과 같이 TEK-sjekk 이라는 노르웨이 국가 에너지 평가 툴을 개발하여 노르웨이 건축물 기준(TEK), 노르웨이 패시브하우스 기준(NS 3700, NS 3710)을 체크할 수 있도록 제공하고 있다. 스페인에서도 [그림 2.121]과 같이 유럽 각국의 전문가를 참여시켜 Einstein 이라는 프로그램을 개발하였다.



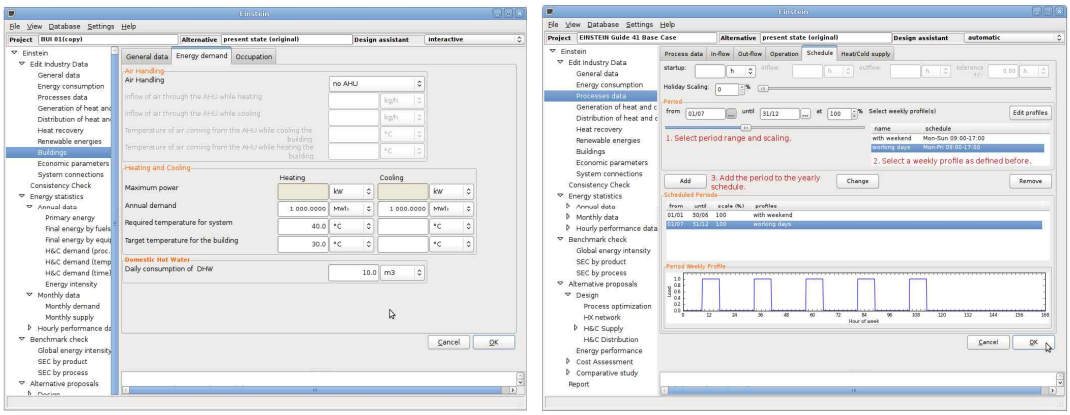
[그림 2.118] ENORM 프로그램 건물 정보 입력 화면



[그림 2.119] ECW/ECU 프로그램 입력 및 결과 화면



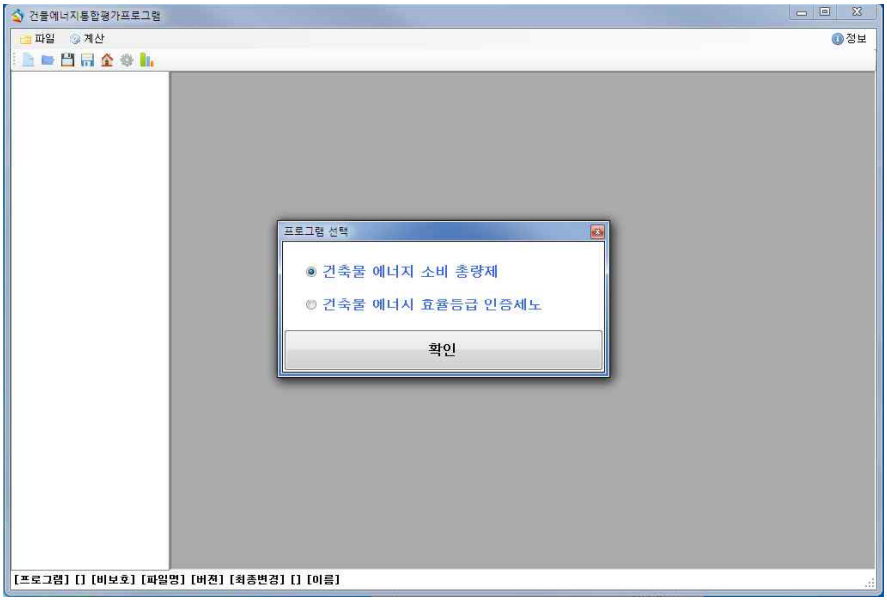
[그림 2.120] 노르웨이 TEK-sjekk 프로그램 입력화면



[그림 2.121] Einstein 프로그램 입력 화면

③ 총량에너지 평가프로그램 구성

총량에너지 평가프로그램은 [그림 2.122]와 같이 건축물 에너지 효율등급 인증제도 평가 프로그램과 건축물 에너지 소비 총량제 평가 프로그램으로 구성되어 있다. 각 제도에서 요구하는 수준이 다르기 때문에 프로그램의 화면 구성도 해당 제도에서 요구하는 수준에 맞도록 대응하였다.



[그림 2.122] 평가 프로그램 선택 화면

㉮ 건축물 에너지 소비 총량제 평가 프로그램

○ 건축물 에너지 소비 총량제 평가 프로그램은 일반사항, 건축부문, 기계설비부문, 전기설비부문, 신재생에너지설비부문으로 5개의 입력화면과 평가 계산 결과를 확인할 수 있는 출력화면으로 구성되어 있다.

- 일반사항 화면 구성

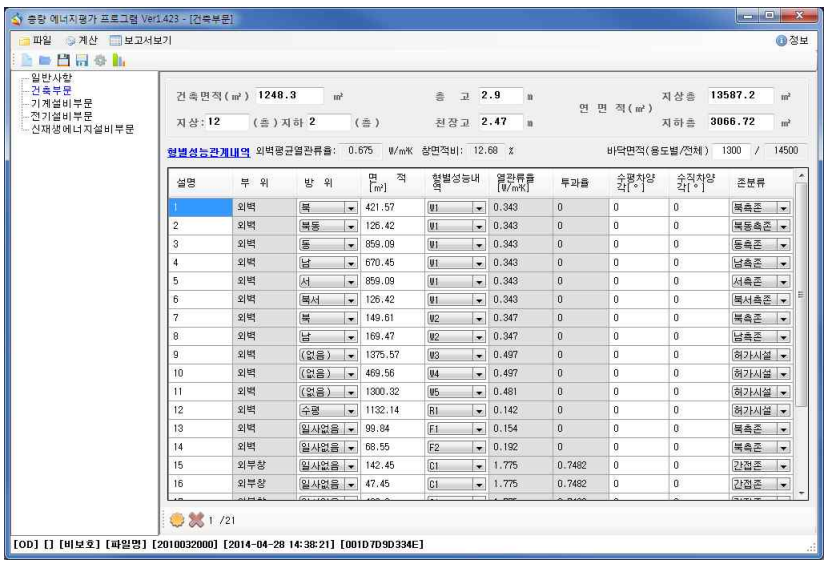
일반사항 화면에는 해당 건축물의 건축주, 명칭, 주소, 지역, 건축설계사무소 명칭 및 주소, 기계설계사무소 명칭 및 주소, 전기설계사무소 명칭 및 주소 등을 입력하도록 구성되어 있다.



[그림 2.123] 일반사항 입력 화면

- 건축부문 화면 구성

건축부문 화면은 건축물의 연면적, 층고, 층수, 건축물 외피 종류, 방위, 면적, 열관류율, 일사에너지투과율, 차양각, 허가용도 등을 입력하도록 구성되어 있다.



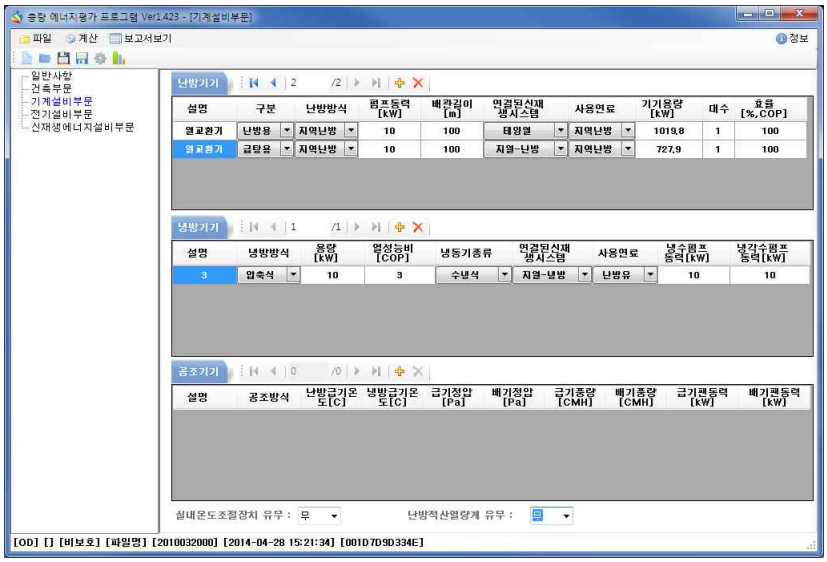
[그림 2.124] 건축부문 입력 화면

- 기계설비부문 화면 구성

기계설비부문 화면은 난방기기, 냉방기기, 공조기기 등의 3개의 파트로 구분되어 있으며, 난방기기는 난방방식, 펌프동력, 배관길이, 사용연료, 장비용량, 대수, 효율 등을 입력하도록 구성되어 있다.

냉방기기에는 냉방방식, 용량, 효율, 냉동기 종류, 사용연료, 냉수펌프 동력, 냉각수 펌프 동력 등을 입력하도록 구성되어 있다.

공조기기에는 공조방식, 난방급기온도, 냉방급기온도, 급배기 압력손실, 급배기 풍량, 급배기 동력 등을 입력하도록 구성되어 있다.



[그림 2.125] 기계부문 입력 화면

- 전기설비부문 화면 구성

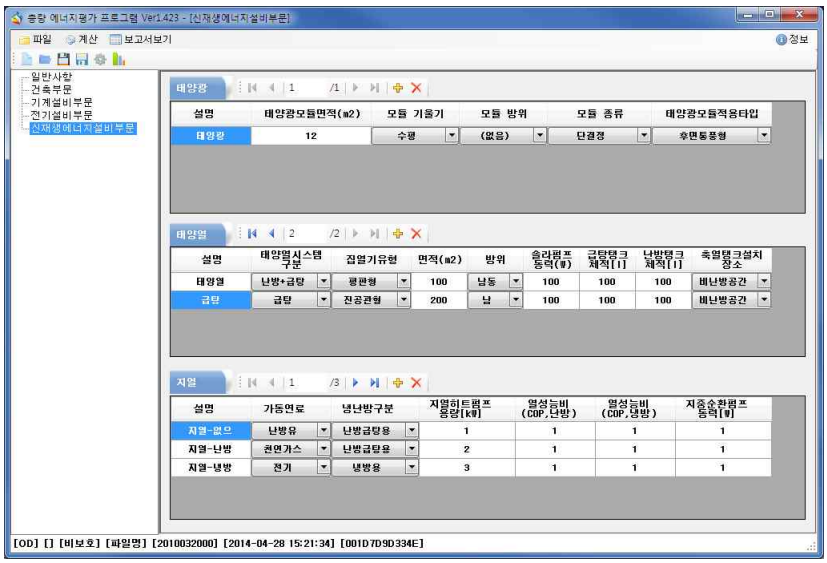
전기설비부문 화면은 변전설비, 동력설비, 에너지미터링시스템, 조명설비, 전력감시제어설비, 대기전력우수제품 등의 구성으로 구분되어있다.



[그림 2.126] 전기부문 입력 화면

- 신재생에너지설비부문 화면 구성

신재생에너지설비부문 화면은 태양광 시스템, 태양열 시스템, 지열 시스템으로 구성되어 있다. 태양광 시스템은 태양광 모듈 면적, 기울기, 방위, 모듈 종류, 적용 타입 등의 입력항목으로 구성되어 있으며, 태양열 시스템은 태양열 시스템 종류, 집열기 유형, 집열판 면적, 방위, 순환펌프 동력, 축열탱크 용량 및 설치 장소 등의 입력화면으로 구성되어 있다. 지열 시스템은 지열히트펌프 용량, 난방 효율, 냉방 효율, 순환펌프 동력으로 구성되어 있다.



[그림 2.127] 신재생부문 입력 화면

- 평가서 화면 구성

평가서 화면은 건축물의 일반사항과 총량에너지 설계기준 결과, 세부적용사항으로 구성되어 있다. 평가 결과에는 산출된 1차에너지 소요량이 법규 기준을 만족하는지 여부를 판단할 수 있도록 적합 여부를 표시하고 있으며, 사용 용도별로 세부 1차에너지 소요량 값을 보여주도록 개발되었다.

세부적용사항에는 평가된 건축물의 구조체 부위별 열성능을 표시하고 있으며, 건물 외피 평균열관류율도 자동으로 산출되도록 개발되었다. 설비시스템에는 온열원 설비, 냉열원 설비, 급탕 설비 등의 종류, 용량, 효율 등을 보여주고 있으며, 반송 설비, 조명 설비, 신재생(지열, 태양열, 태양광) 설비의 용량, 효율 등을 보여주도록 개발되었다.



[그림 2.128] 평가서 출력 화면

㉯ 건축물 에너지 효율등급 평가 프로그램

건축물 에너지 효율등급 평가 프로그램은 개요, 입력존, 입력면, 공조처리, 난방기기, 난방공급시스템, 난방분배시스템, 냉방기기, 냉방분배시스템, 신재생 및 열병합, 열관류율, 월별에너지사용량으로 크게 12개의 입력화면과 평가 계산 결과를 확인할 수 있는 출력화면으로 구성되어 있다.

- 건축개요 화면 구성

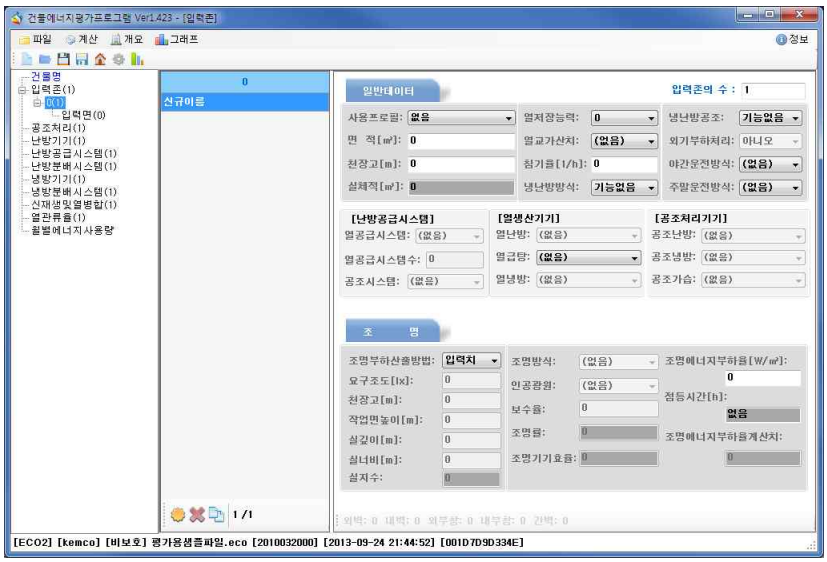
[그림 2.129]와 같이 개요 화면에는 건축물 에너지 효율등급 인증제도와 관련된 신청일, 준공일, 신청접수일, 인증발급일 등의 행정적인 입력사항과 건축물의 건물 기본 정보를 입력하는 항목으로 구성되어 있다.



[그림 2.129] 건축개요 입력 화면

- 입력존 화면 구성

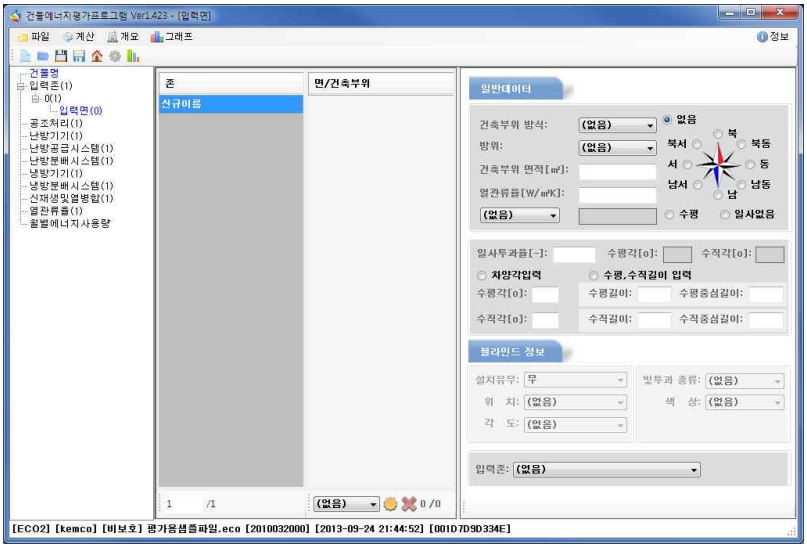
입력존 화면은 건물의 세부 공간을 정의한 내용을 입력하는 화면으로 해당실의 사용 프로필, 면적, 열교와 같은 건축 부분과 해당실에 연결되어 있는 열원기기, 공조기기, 조명기기 등의 내용을 입력하도록 구성되어 있다.



[그림 2.130] 입력존 입력 화면

- 입력면 화면 구성

입력면 화면은 이미 입력된 입력존의 항목에 외피 구성요소를 입력하는 부분으로 외피 종류, 방위, 면적, 열관류율, 일사투과율, 차양각, 블라인드 등의 내용을 입력하도록 구성되어 있다.



[그림 2.131] 입력면 입력 화면

- 공조처리 화면 구성

공조처리 화면은 입력존에 연결되어 있는 공조처리기기의 입력 항목으로 공조방식, 냉난방 급기온도 설정치, 공조풍량, 가습유형, 열교환기 성능, 급배기 팬 효율 등을 입력하도록 구성되어 있다.

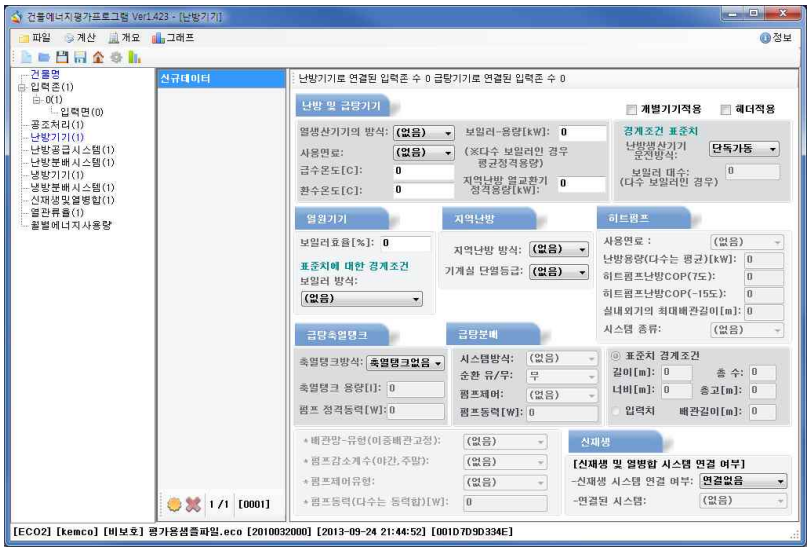


[그림 2.132] 공조처리 입력 화면

- 난방기기 화면 구성

난방기기 화면에는 해당 건축물에 적용된 난방기기와 급탕기기의 종류, 연료, 급환수온도, 보일러 용량, 보일러 효율, 축열탱크 방식 및 용량, 순환펌프 동력, 배관길이, 신재

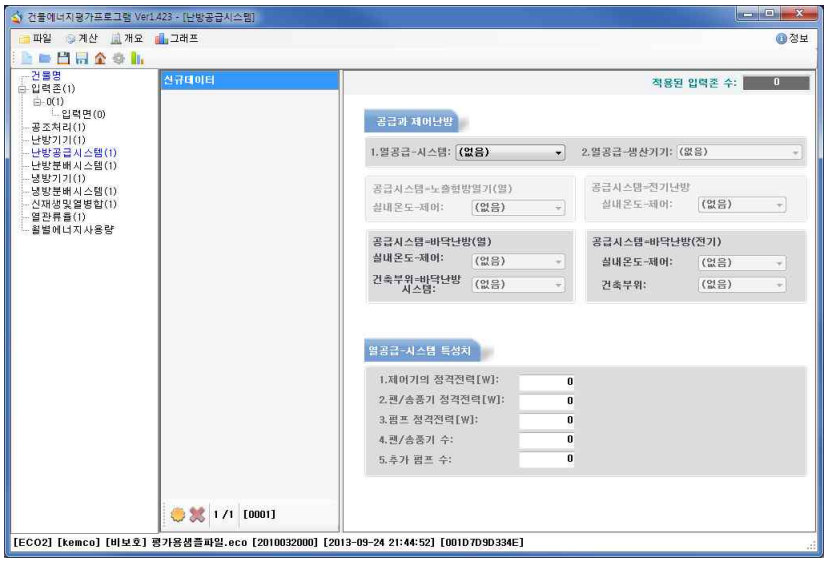
생시스템 연결 여부 등을 입력하도록 구성되어 있다.



[그림 2.133] 난방기기 입력 화면

- 난방공급시스템 화면 구성

난방공급시스템 화면은 실내 단말기의 실내 열전달 공급 효율을 계산하기에 필요한 입력 항목으로 공급시스템 종류, 열원기기, 제어방식, 팬/송풍기 동력, 팬/송풍기 수 등을 입력하도록 구성되어 있다.

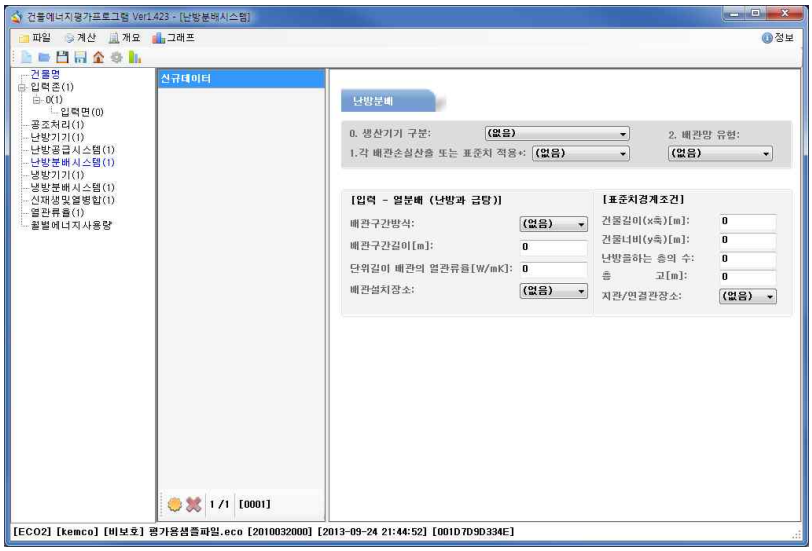


[그림 2.134] 난방공급시스템 입력 화면

- 난방분배시스템 화면 구성

난방분배시스템 화면은 난방 배관의 열손실을 계산하기에 필요한 입력 항목으로 열원

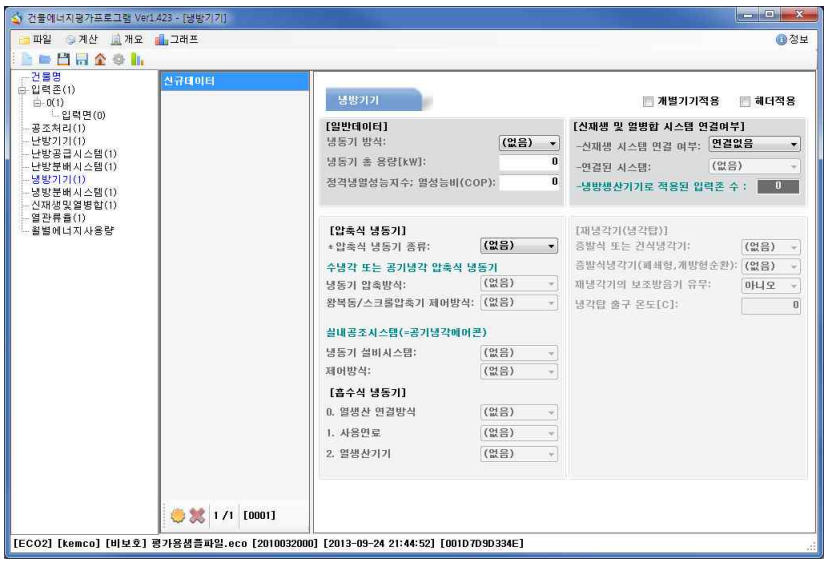
기기, 배관망 종류, 배관 길이, 배관의 열관류율, 배관설치장소, 건물규모 등을 입력하도록 구성되어 있다.



[그림 2.135] 난방분배시스템 입력 화면

- 냉방기기 화면 구성

냉방기기 화면에는 해당 건축물에 적용된 냉방기기의 종류, 용량, 효율, 압축기 방식, 제어 방식, 냉각탑 종류 등을 입력하도록 구성되어 있다.



[그림 2.136] 냉방기기 입력 화면

- 냉방분배시스템 화면 구성

냉방분배시스템 화면은 냉방 배관에서의 반송 동력을 계산하기에 필요한 입력 항목으

로 냉동기, 냉매 종류, 냉수 및 냉각수 순환펌프 제어 방식, 급수 환수 온도, 배관압력손실, 순환펌프 동력 등을 입력하도록 구성되어 있다.

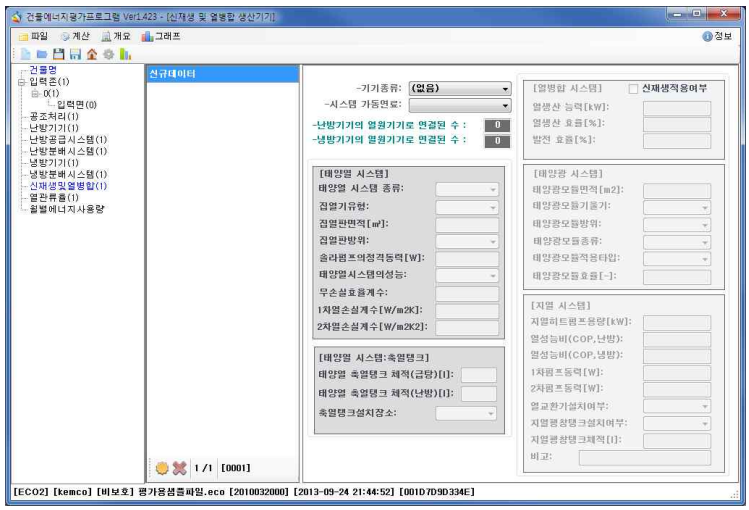


[그림 2.137] 냉방분배시스템 입력 화면

- 신재생 및 열병합 화면 구성

신재생 및 열병합 화면에는 태양광, 태양열, 지열, 열병합 시스템으로 구성되어 있으며, 태양광 시스템에는 태양광 모듈 면적, 기울기, 방위, 모듈 종류, 모듈 효율 등으로 구성되어 있고, 태양열 시스템에는 태양열 시스템 종류, 집열기 종류, 집열판 면적, 방위, 순환펌프 동력, 시스템 성능, 태양열 축열탱크 체적 등으로 구성되어 있다.

지열시스템에는 지열히트펌프 용량, 냉방 난방 효율, 순환펌프 동력, 지열팽창탱크 등으로 구성되어 있고 열병합 시스템에는 열생산 능력, 열생산 효율, 발전 효율 등으로 구성되어 있다.



[그림 2.138] 신재생 및 열병합 입력 화면

- 열관류율 화면 구성

열관류율 화면에는 벽체와 창호의 열관류율을 산출할 수 있도록 재료의 종류, 열전도율, 두께, 일사에너지투과율 등으로 구성되어 있다.



[그림 2.139] 열관류율 입력 화면

- 월별에너지사용량 화면 구성

월별에너지사용량 화면은 기존 건축물의 3년간 가스, 전력, 지역난방 에너지 사용량을 월별로 입력할 수 있도록 구성되어 있다.

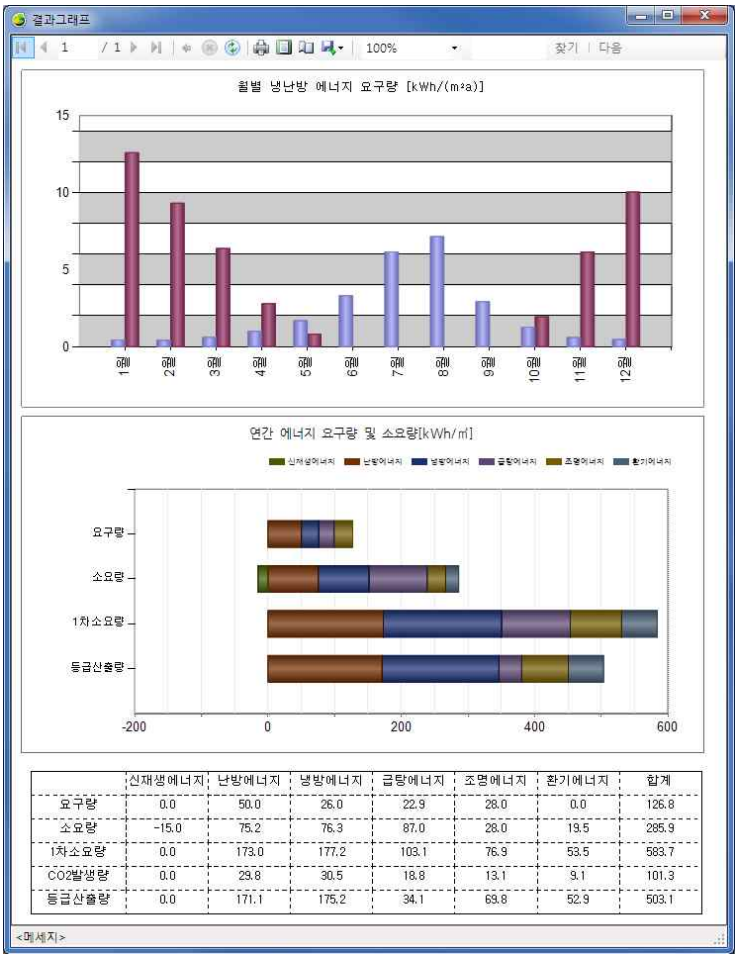


[그림 2.140] 월별에너지사용량 입력 화면

- 계산 결과 화면 구성

계산 결과 화면에는 해당 건축물의 연간 월별 냉난방 에너지 요구량과 연간 단위면적

당 에너지 요구량, 연간 단위면적당 에너지 소요량, 연간 단위면적당 1차에너지 소요량 등의 계산 결과가 보여지도록 구성되어있다. 계산된 결과는 엑셀 또는 PDF 파일 포멧으로 출력이 가능하도록 개발되었다.



	신재생에너지	난방에너지	냉방에너지	급탕에너지	조명에너지	환기에너지	합계
요구량	0.0	50.0	26.0	22.9	28.0	0.0	126.8
소요량	-15.0	75.2	76.3	87.0	28.0	19.5	285.9
1차소요량	0.0	173.0	177.2	103.1	76.9	53.5	583.7
CO2발생량	0.0	29.8	30.5	18.8	13.1	9.1	101.3
등급산출량	0.0	171.1	175.2	34.1	69.8	52.9	503.1

[그림 2.141] 계산 결과 출력 화면

4. 총량적 건축물 에너지절약 설계기준 개정안 제시

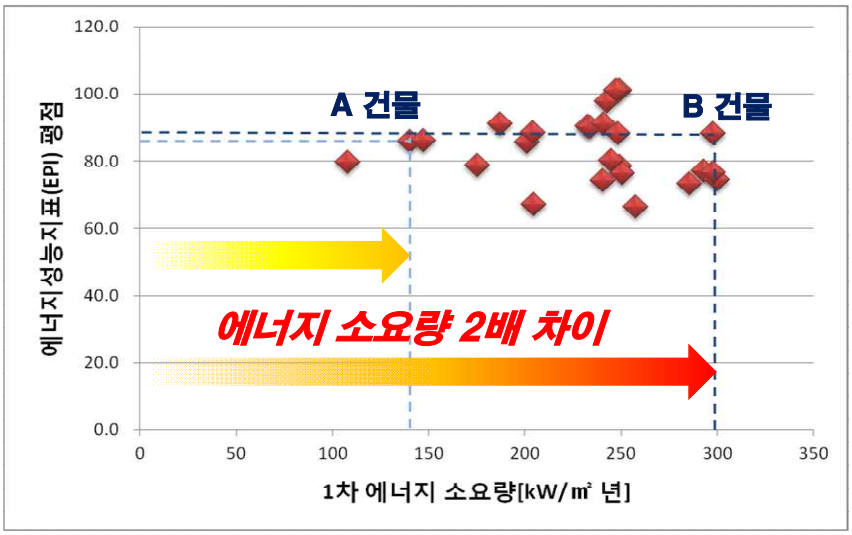
가. 총량적 건축물 에너지절약 설계기준 제시

우리나라는 온실가스 저감을 통한 ‘저탄소 녹색성장’을 제시하였으며, 국가 온실가스 감축목표(2020년 BAU 대비 30% 감축) 달성 및 제로에너지 건축물 의무화 추진(2025년) 등과 관련하여, 건축물의 에너지 효율화를 위한 구체적인 법제적 대책 마련이 시급한 상황으로 인식되고 있다. 이와 관련하여 현행 건축 인허가 요건 가운데 하나인 「건축물 에너지절약 설계기준」의 에너지절약계획서를 정성적 평가방식에서 정량적 평가 방식(건물 총량에너지 제한)으로 개선하고, 이에 수반되어야 할 건축물의 총량적 에너지절약 설계기준을 제안하고자 한다.

1) 총량적 건축물 에너지절약 설계기준의 필요성

앞서 설명한 바와 같이 ‘20년까지 온실가스 감축목표 달성, ‘25년까지 제로에너지 건축물 보급 및 녹색건축물 활성화 및 보급 확대를 위한 추진 방안에 따라 현행 에너지절약계획서의 에너지절약 항목에 대한 체크리스트 검토와 같은 정성적인 설계 방법에서 정량적 설계 방법을 통한 에너지 소요량에 대한 국가적, 사회적 요구가 증대되고 있다.

건축물 에너지절약 설계기준의 판정기준 중 하나인 에너지성능지표는 평점합계가 65점 이상일 경우 적합한 것으로 판정(공공기관의 건축물은 75점)하고 있다. 건축 인허가 조건의 인 에너지성능지표 점수를 만족하면 에너지절약적 설계가 된 것으로 판정하여 인허가를 하지만 [그림 2.142]와 같이 동일한 에너지성능지표 점수를 받은 건축물이더라도 에너지소요량을 계산할 경우 2배 이상 차이가 발생하여 에너지성능지표로는 건축물 간의 에너지 절약 성능을 객관적으로 비교는 불가능한 실정이다. 또한, 건축물 에너지절약 설계기준은 건축물에 대한 난방에너지 절약에 주안점을 두고 있어 여름철 냉방에너지 절약에 대한 에너지절약 설계기준이 미흡한 실정이다. 이로 인해 국가 건축물에 대한 에너지 수요관리 예측의 한계와 국가 건축물에 대한 온실감축 감축 목표 달성 및 녹색건축물 활성화 방안과 제로에너지 건축물 보급에 대한 대책 마련이 시급한 실정이다. 이에 본 단락에서는 현행 건축 인허가 요건 가운데 하나인 「건축물 에너지절약 설계기준」의 에너지절약계획서에 대한 정성적 평가방법에서 정량적 평가 방법(건물 총량에너지 제한)으로 개선에 수반되어야 할 건축물의 총량적 에너지절약 설계기준을 제안하고자 한다.



[그림 2.142] 에너지성능지표와 에너지소요량 비교
(건축물에너지효율등급 인증 건물에 대한 에너지성능지표 분석,
한국건설기술연구원)

2) 녹색건축물 조성 지원법

우리나라 건축물 부문이 국가 온실가스 배출량의 1/4을 차지하고 있어 2020년까지 건축물 부문의 온실가스 감축목표(26.9%)를 설정하고, 녹색건축 활성화를 위한 종합·체계적인 추진기반을 마련하기 위해 '녹색건축물 조성 지원법'을 제정하였다.

'녹색건축물 조성 지원법'은 녹색건축물의 기본계획 및 조성계획을 수립하여 녹색건축물 조성을 촉진하는 한편, 건축물 온실가스 배출량 감축과 녹색건축물의 확대를 위한 제도적 장치를 마련하고, 저탄소 녹색성장의 실현을 위한 건축물 에너지·온실가스 정보체계 구축, 녹색건축 인증, 녹색건축센터 지정, 에너지 소비총량 설정 및 에너지소비증명제 도입, 녹색건축물 전문 인력을 양성하는 것 등을 주요내용으로 담고 있다.

주요내용을 살펴보면,

○ 녹색건축물 조성 촉진을 위해 5년마다 국토교통부장관은 기본계획을 수립하고, 시·도지사는 조성계획을 수립·시행 하여야 한다(제6조).

- 녹색건축물 현황 및 전망, 온실가스 감축 및 에너지절약 등 달성 목표 설정, 녹색건축물 전문 인력 육성 및 조성사업 지원 등

○ 건축물의 온실가스 배출량 및 에너지 사용량과 관련된 정보 및 통계 관리를 위한 건축물 에너지·온실가스 정보체계 구축하여야 한다(제10조).

- 전기·가스·난방 등 건축물 에너지·온실가스 정보 관리

○ 건축물의 온실가스 감축목표 달성을 위하여 건축물의 에너지 소비총량 설정·제한(제12조).

- 건축물의 용도에 따른 에너지소비량 허용기준을 제시하고 설계 시 반영

○ 건축물을 건축하고자 하는 건축주는 건축허가 신청, 용도변경의 허가신청 또는 신고, 건축물대장 기재내용 변경을 신청하는 경우 에너지절약계획서를 제출해야 한다(제14조).

○ 건축물을 매매하거나 임대 시 거래계약서에 건축물 에너지효율등급 평가서 첨부(제18조).

- 건축물 매매 또는 임대 시 해당 건축물의 연간 에너지 소요량 및 온실가스 배출량이 표시된 건축물 에너지효율등급 평가서 첨부

○ 녹색건축 관련 전문기관을 국가 녹색건축센터로 지정하여 녹색 건축물 조성 기술의 연구·개발 및 보급을 효율적으로 추진(제23조).

- 녹색건축의 인증, 건축물의 에너지효율등급 인증, 녹색건축물 조성의 촉진을 위하여 필요한 사업 수행

이에 따라 체계적인 녹색건축물 조성 촉진을 위하여「건축물 에너지절약 설계기준」,「건축물 에너지효율등급 인증제도」,「녹색건축물 인증제도」,「친환경 주택의 건설기준 및 성능」과 같은 건축물 에너지절약 제도들이 운영되고 있다.

3) 건축물 에너지절약 설계기준

건축물 에너지절약설계기준은 [그림 2.143]과 같이 신축하는 모든 건축물과 대수선, 용도변경 및 건축물대장을 변경하는 건축물(열손실의 변동이 없는 경우 일부 제외)은 건축물의 에너지절약에 대한 사항인 열손실 방지 조치와 설계기준의 건축부문 의무사항은 기본적으로 준수해야한다.



[그림 2.143] 건축물 에너지절약 설계기준 구성

열손실 방지 조치는 설계기준의 [별표1]의 지역별 건축물 부위의 열관류율표에 제시된 열관류율 또는 [별표3]의 단열재의 두께 기준을 준수해야한다. 건축부문 의무사항은 단열조치 일반사항, 바닥난방에 단열재의 설치, 기밀 및 결로방지 등을 위한 조치 등의 사항을 준수해야 한다.

건축물 에너지절약 설계기준의 에너지절약계획서 제출대상은 기존 용도별 2천~1만㎡ 이상(기숙사 및 숙박시설 등은 2천㎡, 업무시설 및 판매시설은 3천㎡, 학교 및 종교시설 등은 1만㎡ 이상)으로 용도 및 규모별로 제출대상으로 되어 있었다.

기존 에너지절약계획서 제출대상은 특정용도 및 일정규모 이상의 건축물로 한정하므로 신축건축물의 상당부분을 차지하는 근린생활시설 등 중·소규모 건축물에 대한 에너지관리 강화 및 국가 온실가스 감축목표 달성을 위해 에너지절약계획서 제출대상을 연면적 500㎡이상의 건축물로 확대되었다.

건축물 에너지절약 설계기준의 에너지 소비총량제 제출대상도 기존 1만㎡ 이상인 업무용 건축물로 건축허가를 받는 업무용 건축물 중 제출대상이 미비하고 녹색건축물 보급 확대와 건축물의 정량적 에너지 설계를 위하여 3천㎡ 이상으로 제출대상이 확대되었다. 향후 에너지 소비총량제 제출대상을 단계적으로 확대 예정이며 '20년까지 모든 건축물로 확대 시행방안('12년 녹색건축한마당, 국토교통부)을 발표하였다.

현행 건축물 에너지절약 설계기준의 에너지절약계획서 제출대상과 에너지 소비총량 제출대상이 중복되는 경우 에너지절약계획서 및 에너지소요량 평가서 모두를 제출하도록 하고 있으며, 에너지절약계획서의 에너지절약계획 설계 검토서 의무사항과 에너지성능지표에 대한 판정 기준에 따라 건축물에 대한 에너지 절약적으로 설계하였는지를 검토하고 있다. 에너지소요량 평가서의 경우는 제출의무만 있으며 에너지소요량 평가서의 연간 단위면적당 1차 에너지소요량에 대한 판정기준은 없다.

<표 2.96> 건축물 에너지절약 설계기준 조문 주요 내용

규정 체계	주요 조문 내용
제1장 총칙 (1~5조)	목적, 건축물의 열손실방지 등, 에너지절약계획서 제출 예외대상 등, 적용예외, 용어의 정의
제2장 에너지절약 설계에 관한 기준 제1절 건축부문 설계기준 (6~7조) 제2절 기계설비부문 설계기준 (8~9조) 제3절 전기설비부문 설계기준 (10~11조) 제4절 신·재생에너지설비부문 설계기준 (12조)	1절. 건축부문의 의무사항, 건축부문의 권장사항, 2절. 기계설비부문의 의무사항, 기계설비부문의 권장사항, 3절. 전기설비부문의 의무사항, 전기설비부문의 권장사항, 4절. 신·재생에너지설비부문 의 의무사항
제3장 에너지절약계획서 및 설계 검토서 작성기준 (13~15조)	에너지절약계획서 및 설계기준 검토서 작성, 에너지절약설계기준 의무사항의 판정, 에너지성능지표의 판정
제4장 건축기준의 완화 적용 (16~20조)	완화기준, 완화기준의 적용방법, 완기기준의 신청 등, 인증의 취득, 이행여부 확인
제5장 건축물 에너지 소비 총량제 (21~22조)	건축물의 에너지 소요량의 평가, 건축물의 에너지 소요량의 평가방법
제6장 보칙 (23조~26조)	복합용도 건축물의 에너지절약계획서 및 설계 검토서 작성방법 등, 에너지절약계획서 및 설계 검토서의 이행 등
[별표]1~10	지역별 건축물의 부위의 열관류율, 단열재의 등급분류, 단열재의 두께, 창 및 문의 단열성능 등

건축물의 효율적인 에너지 관리를 위하여 열손실 방지 등 에너지절약 설계에 관한 기준, 에너지절약계획서 및 설계검토서 작성기준, 녹색건축물의 건축을 활성화하기 위한 건축기준 완화에 관한 사항 등을 정함을 목적하고 있으며, 건축물을 건축하거나 대수선, 용도변경 및 건축물대장의 기재내용을 변경하는 경우에는 열손실방지 등의 에너지이용 합리화를 위한 조치를 하여야 한다고 정의하고 있다.

건축물 에너지절약 설계기준은 총칙, 에너지절약 설계에 관한 기준, 에너지절약계획서 및 설계 검토서 작성기준, 건축기준의 완화 적용 및 건축물 에너지 소비 총량제로 나눠져 있다. 건축물 에너지절약 설계기준은 설계기준의 내용과 작성기준 및 방법에 대한 가

이드적인 내용을 모두 담고 있다.

건축물 에너지절약 설계기준의 세부내용을 보면 건축물을 건축하는 건축주와 설계자 등이 건축물의 설계 시 필수적으로 적용해야 하는 사항인 의무사항과 선택적으로 적용이 가능한 사항인 권장사항으로 구분되며 각 의무사항과 권장사항은 다시 건축부문 설계기준, 기계설비부문 설계기준, 전기설비부문 설계기준 및 신·재생에너지설비부문 설계기준으로 <표 2.97>와 같이 구분되어 있다.

<표 2.97> 에너지절약계획서 부문별 설계기준

	건축부문	기계설비부문	전기설비부문	신·재생에너지 설비부문
의무사항	부위별 단열 최소기준 준수, 방습층 설치, 방풍구조, 고기밀 창호 등	냉·난방기기, 환기설비, 배관 및 덕트의 보온 준수, 공동주택 실별 실내온도 조절장치 등	고효율 변압기, 대기전력설비·LED 등 고효율기기(일괄소등스위치, 대기전력차단장치 등) 사용 등	신·재생에너지설비를 설치하는 경우 「신·재생에너지 설비의 지원 등에 관한 기준」을 따름
권장사항	환기를 위한 자연채광용 개구부, 야간 단열창, 옥상조경, 방풍실, 인동간격 등	냉·난방기기의 효율, 외기냉방시스템, 폐열회수형 환기장치, 배관 및 덕트의 단열, 에너지 절약적 제어방식 등	고효율 전동기, 변압기 제어, 최대수요전력 제어, 조명 자동제어설비, LED 조명기기, 대기전력 저감 우수제품 등	냉방·난방·급탕부하 및 전기용량에 대한 신·재생에너지 용량 비율

에너지절약계획서를 포함한 에너지절약계획 설계 검토서 작성기준은 에너지절약설계기준 의무사항과 에너지성능지표로 되어 있다. 에너지 소비총량 제출대상인 경우 에너지 소요량 평가서도 포함된다.

에너지절약계획서를 제출하는 자는 에너지절약계획서 및 설계 검토서(에너지절약설계기준 의무사항 및 에너지성능지표, 에너지소요량 평가서)의 판정 자료를 제시하도록 하고 있으며, 에너지절약계획 설계 검토서 의무사항은 전 항목 채택 시 적합한 것으로 판정하며, 권장사항의 에너지성능지표(EPI) 평점합계 65점 이상일 경우 적합한 것으로 본다. 다만, 공공기관이 신축하는 건축물(별동으로 증축하는 건축물을 포함)은 74점 이상일 경우 적합한 것으로 판정하고 있다.

건축기준의 완화 기준을 적용 받기 위해서는 건축물 에너지효율등급 인증과 녹색건축 인증을 별도로 획득한 경우 획득한 등급에 따라 용적률, 조경면적, 건축물 높이에 대한 기준 완화 <표 2.98>과 같이 적용 받을 수 있다.

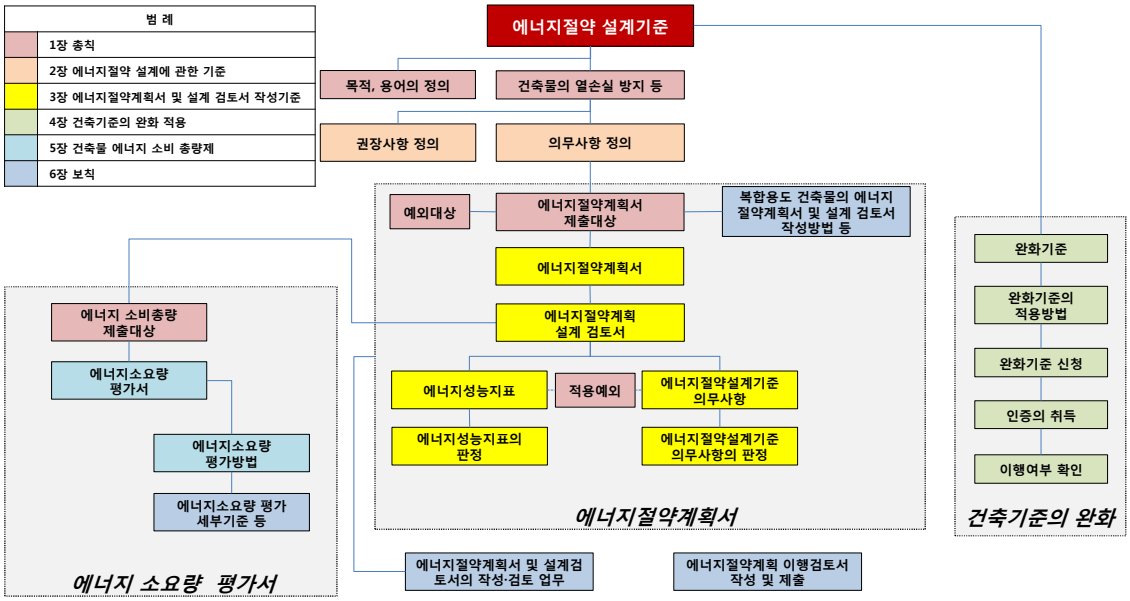
<표 2.98> 건축기준 완화비율

구분	에너지 효율인증 1등급	에너지 효율인증 2등급
녹색건축 인증 최우수 등급	12% 이하	8% 이하
녹색건축 인증 우수 등급	8% 이하	4% 이하

건축물 에너지 소비 총량제는 앞서 서술한 바와 같이 연면적의 합계가 3천㎡ 이상인 건축물을 제출대상으로 하고 있으며, 건축물 에너지 소요량 평가는 1차 에너지 소요량 등을 평가하여 건축물 에너지소요량 평가서를 작성하여 제출하도록 하고 있다. 에너지소요량 평가방법은 ISO 13790 등 국제규격에 따라 난방, 냉방, 급탕, 조명 및 환기 등에 대한 종합적으로 평가하도록 제작된 프로그램에 따라 산출된 연간 단위면적당 1차 에너지소요량 등으로 평가하며, 에너지소요량 평가에 필요한 세부기준은 「건축물 에너지효율등급 인증기준」을 준용하도록 되어 있다.

4) 건축물 에너지절약 설계기준 Framework

현재 건축물 에너지절약 설계기준은 총 6장 27개의 조문으로 구분되어 있다. [그림 2.144]는 현행 건축물 에너지절약 설계기준의 조문에 해당하는 항목에 대해 연계항목과 인과관계가 있는 조문을 조직도 형태로 구성하여 건축물 에너지절약 설계기준 framework을 나타내고 있다.



[그림 2.144] 건축물 에너지절약 설계기준 Framework

건축물 에너지절약 설계기준 framework은 에너지절약계획서, 에너지소요량 평가서, 건축기준의 완화의 3개의 카테고리와 그 외 항목들로 구분되어 진다.

Framework을 살펴보면 건축물 에너지절약 설계기준의 목적과 용어정의 및 모든 건축물에서 준수해야하는 건축물의 열손실 방지 조치 등이 맨 상위에 위치하고 있으며, 그 아래로 건축부문 설계기준, 기계설비부문 설계기준, 전기설비부문 설계기준 및 신·재생에너지설비 부문에 대한 의무사항과 권장사항에 대한 내용이 설명되어 있다.

첫 번째 카테고리인 에너지절약계획서와 연계되거나 인과관계가 있는 항목들은 보면 에너지절약계획서를 제출하는 대상 건축물과 예외 대상 건축물 구분과 복합건축물에 대한 에너지절약계획서 작성 및 제출 방법이 상위에 위치하며, 「녹색건축물 조성 지원법 시행규칙」 제7조1항에 따른 에너지절약계획서와 더불어 에너지절약 설계 검토서가 중간에 위치하고 있다. 에너지절약계획 설계 검토서는 다시 에너지절약 설계기준 의무사항과 에너지성능지표로 구분되며, 건축물 에너지절약 설계기준에 따라 에너지절약계획 설계 검토서의 전체 또는 일부를 적용하지 않을 수 있다. 또한, 에너지절약설계기준 의무사항 채택여부와 에너지성능지표의 평점합계를 검토하여 에너지절약계획서를 제출하는 건축물에 대한 에너지절약 설계 여부를 판정할 수 있다.

건축물 에너지 소비 총량제인 에너지소요량 평가서 카테고리는 에너지절약계획서를 제출하는 건축물 중 에너지소요량 평가서 제출대상에 포함되는 경우 에너지절약계획서와 에너지절약계획 설계 검토서 및 에너지소요량 평가서를 제출하도록 되어 있다.

에너지소요량 평가서와 연계 또는 관련 항목을 보면 에너지 소비총량 제출대상, 에너지소요량 평가서 및 에너지소요량 평가방법을 구분되며, 추가적으로 에너지소요량 평가 세부기준 등이 포함되어 있다. 건축물 에너지절약 설계기준에는 건축물에 대한 에너지 소비총량제인 에너지소요량 평가에 대한 세부기준이 없어 「건축물 에너지효율등급 인증기준」을 준용하고 있다. 건축기준의 완화 카테고리는 건축물 에너지절약 설계기준에 제4장인 건축기준의 완화 적용으로 다른 항목과의 연계 또는 인과관계가 없는 카테고리로 완화기준에 대한 항목으로 구성되어 있다.

완화기준에는 완화 조건을 만족하는 경우 건축기준 완화비율을 제시하고 있으며, 완화기준의 적용방법은 적용 받을 수 있는 완화비율에 대해 용적률, 조경면적, 건축물 최대높이에 대한 적용방법 기준이 구분되어 있다. 아울러 완화기준 신청에서는 완화기준 신청 주체 및 신청방법과 같은 절차에 대해 설명하고 있다.

완화기준을 적용받기 위해서는 건축물 에너지효율등급과 녹색건축 인증등급의 두 가지 인증을 모두 취득해야 하며, 각각의 인증등급에 따라 건축기준 완화비율을 적용 받는다. 또한, 신·재생에너지 이용 건축물 인증등급을 취득한 경우 별도로 건축기준 완화비율을 적용 받을 수 있다. 이와 같이 건축물 에너지절약 설계기준에서 건축기준 완화를 받기 위해서는 관련 법령에서 정한 인증 규칙 또는 규정에 따라 인증을 받아야 적용 받을 수 있다. 반면, 건축물 에너지절약 설계기준의 에너지절약설계기준 의무사항 또는 에너지성능지표의 판정 조건을 만족하거나 에너지성능지표의 판정기준 보다 높은 점수를 받았을 경우에는 건축기준 완화를 받을 수 없다.

이와 함께 완기기준을 받기 위한 인증 취득 요건을 보면 각각의 인증에 대해 예비인증과 본인증을 받아야 하며 본인증은 예비인증 등급 이상으로 취득해야 한다. 예비인증은 건축물의 완공 전에 설계도서 등으로 통하여 인증을 취득하는 말하며, 본인증은 건축물의 완공 후 최종설계도서 및 현장 확인을 거쳐 인증을 취득하는 것을 의미한다. 본인증서를 허가권자에게 제출 할 경우 이행여부를 확인한 것으로 본다.

그 외 분류 항목 중 에너지절약계획서 및 설계검토서의 작성·검토 업무 항목은 건축인허가권자가 제출받은 에너지절약계획서 및 설계검토서에 대해 관련 기준에 적합하도록 작성되었는지를 검토 및 확인을 통하여 건축 인허가를 해줘야하나 에너지절약계획서 및 설계검토서의 전문성과 검토업무의 효율적 수행을 위하여 국토교통부 장관이 지정한 녹색건축센터로 하여금 에너지절약계획서 검토기관을 지정하고 있다. 현재 에너지절약계획서 검토기관으로는 에너지관리공단, 한국시설안전공단, 한국감정원, 한국교육환경연구원이 지정되어 있다.

에너지절약계획 이행검토서 작성 및 제출 항목은 건축 인허가권자가 에너지절약계획서 및 설계 검토서의 작성내용을 이행하도록 허가조건에 포함하여 허가할 수 있으며, 허가권자가 요청하는 경우 사용승인 신청 시 에너지절약계획 이행 검토서를 제출해야 한다.

이렇듯 건축물 에너지절약 설계기준의 framework을 작성하여 검토한 결과 상당부분 에너지절약계획서와 관련된 제출대상, 예외대상, 에너지절약계획 설계 검토서 등이 포함되어 있으며, 에너지 소비총량과 관련된 에너지소요량 평가서 항목은 미비한 것으로 나타났다.

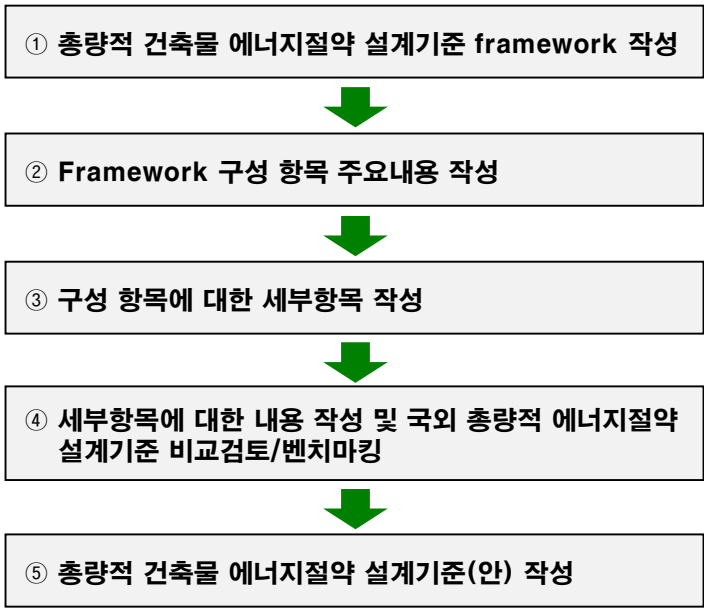
건축물 에너지효율등급 인증기준의 경우 인증기준에 필요한 운영규정 및 인증 평가지침, 프로그램 매뉴얼 등이 세분화 되어 있으나 이러한 기준들은 건축물 에너지효율등급 인증기준에 적합하도록 작성되어 건축물 에너지절약 설계기준의 에너지소요량 평가 세부기준에 준용하기에는 한계가 있다.

5) 총량적 건축물 에너지절약 설계기준(안) 제시

총량적 건축물 에너지절약 설계기준(안)은 [그림 2.145]와 같은 작성 방법에 따라 진행하였다. 우선 총량적 건축물 에너지절약 설계기준이 현행 건축물 에너지절약 설계기준과의 관계와 총량적 건축물 에너지절약 설계기준이 위치에 대해 framework을 및 총량적 건축물 에너지지 절약기준에 필요한 구성항목과 구성항목의 주요내용을 작성하였다.

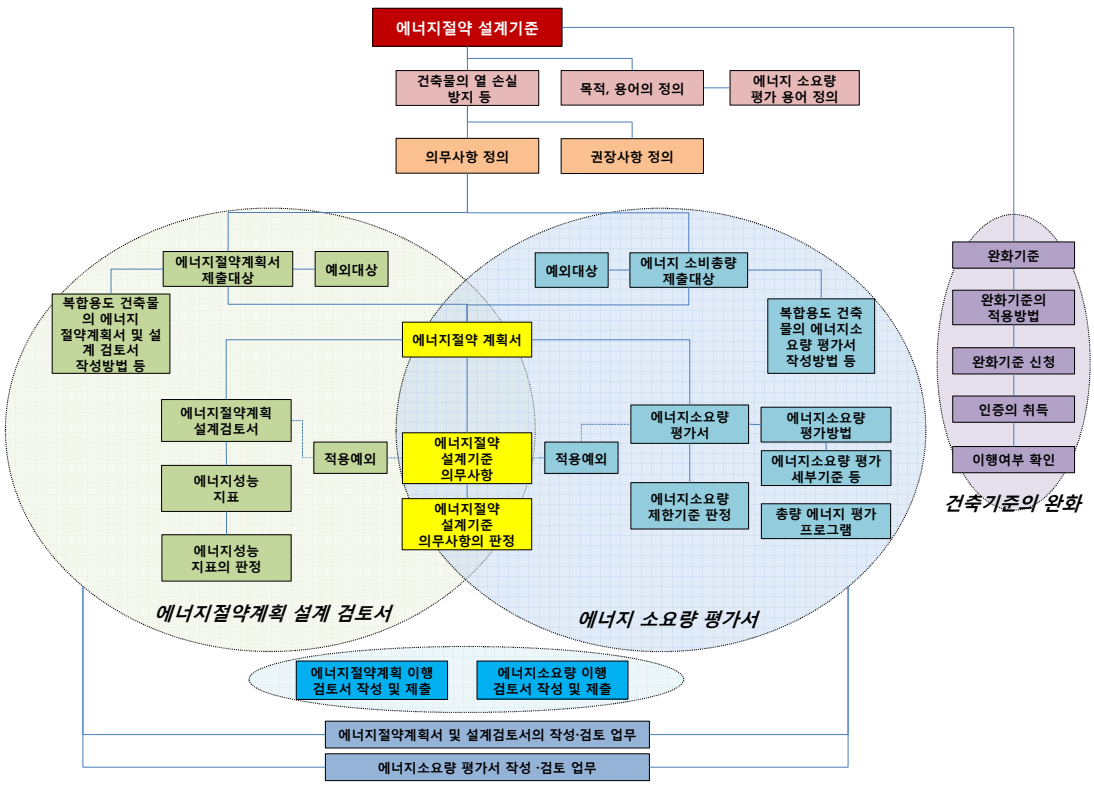
구성항목의 주요내용에 따라 구성항목 아래에 필요한 세부항목과 관련 내용을 작성하였으며, 세부항목들은 국외 총량적 건축물 에너지절약 설계기준의 내용과 비교, 검토하여 연관된 항목들에 에 대해서는 벤치마킹에 활용하고자 하였다.

이렇게 작성된 Framework, 구성항목, 세부항목 및 내용을 바탕으로 총량적 건축물 에너지절약 설계기준(안)을 작성하였다.



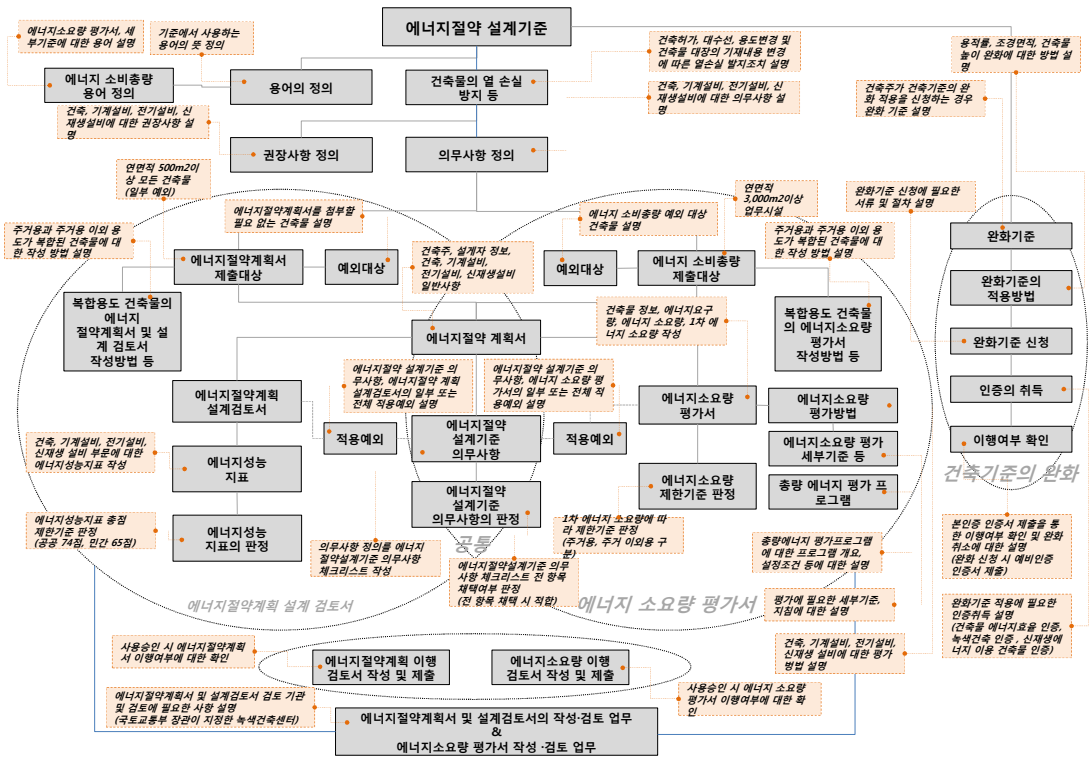
[그림 2.145] 총량적 건축물 에너지절약 설계기준 작성 방법

총량적 건축물 에너지절약 설계기준(안) framework은 현행 건축물 에너지절약 설계기준의 구성체계의 항목간의 연관관계 또는 인과관계를 파악하여 총량적 에너지절약 설계기준 framework을 구성하였다.



[그림 2.146] 총량적 건축물 에너지절약 설계기준(안) Framework

[그림 2.146]의 총량적 건축물 에너지절약 설계기준(안) framework에는 에너지소요량 평가에 필요한 용어정의와 구성항목들로 작성하였으며, 현행 에너지절약계획서 및 에너지절약계획서 설계 검토서 제출 대상을 분리하여 에너지절약계획서를 에너지절약계획 설계 검토서와 에너지소요량 평가서 의 공통항목으로 분리하였다. 또한, 건축물의 열손실 방지 조치 등에 따라 에너지절약계획 설계 검토서에 포함되어 있던 에너지절약 설계기준 의무사항도 공통항목으로 분리하여 에너지절약계획 설계 검토서를 제출하거나 에너지소요량 평가서를 제출할 경우 에너지절약 설계기준 의무사항을 각각 제출하도록 작성하였다. 에너지소요량 평가서 구성항목을 보면 에너지 소비총량 제출대상과 예외대상 및 복합용도 건축물에 대한 에너지소요량 평가서 작성 방법, 설계기준 의무사항과 적용예외, 에너지소요량 평가서 및 평가방법, 에너지소요량 판정기준이 있으며, 관련 세부기준 및 평가에 필요한 총량 에너지 평가 프로그램에 대한 항목들로 정리되어 있다.

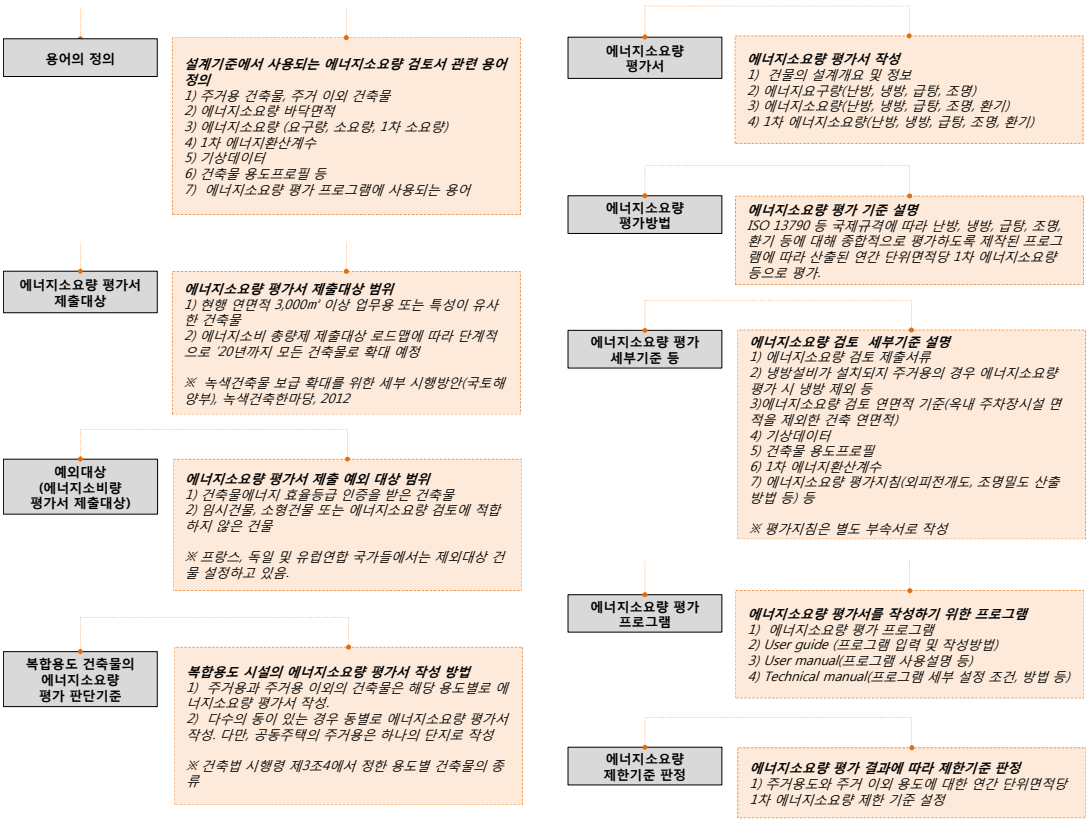


[그림 2.147] 총량적 건축물 에너지절약 설계기준(안) 구성항목 주요내용

[그림 2.147]의 총량적 건축물 에너지절약 설계기준(안) 구성항목 주요내용을 보면 건축물에 대한 에너지 소비총량 제출대상 현행 연면적 3천㎡ 이상의 업무시설로 되어 있으나, 녹색건축물 보급 확대를 위한 세부 시행방안(국토교통부, 2012) 중 건축물 에너지 소비총량제 제출대상을 '20년까지 단계적으로 모든 건축물로 확대 계획에 따라 모든 건축물을 대상으로 하였다.

복합용도 건축물의 에너지소요량 평가서 작성방법 등에는 주상복합 건축물, 국제금융센터 등과 같이 주거용 또는 비주거용도 및 여러 가지의 건축허가 용도가 복합적으로 구성되어 있는 복합용도 건축물에 대한 에너지 평가 구분 및 평가방법에 대한 내용을 작성하였다.

에너지소요량 평가서 항목은 제출대상 건축물에 일반사항, 설계정보 및 에너지소요량 평가결과를 입력할 수 있는 양식 작성을 주요내용으로 하고 있으며, 총량 에너지 평가 프로그램에 사용되는 에너지소요량 평가방법은 KS, ISO 등과 같은 국내외 규격과 난방, 냉방, 급탕, 조명 및 환기 등 평가항목을 정의할 수 있는 에너지소요량 평가방법 항목으로 제시하였으며 에너지소요량 평가서 작성 양식(안)은 총량에너지 평가프로그램 개발 단락에서 관련내용을 정리 하였다.



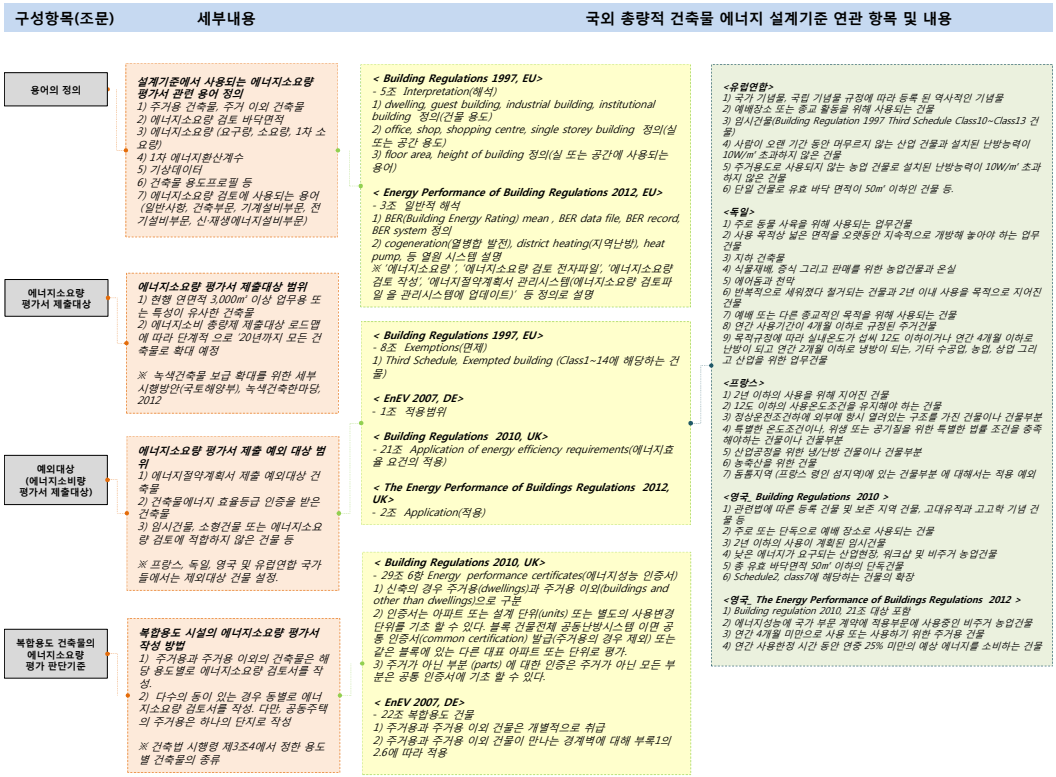
[그림 2.148] 총량적 건축물 에너지절약 설계기준(안) 구성항목과 세부항목 설명

에너지소요량 평가 세부기준 등에는 주거용 건축물과 주거용 이외의 건축물에 대한 세부 기준과 관련 평가지침, 부속서에 대한 항목으로 주거용 건축물의 경우 난방설비는 설치되어 있으나 냉방설비가 설치되어 있지 않거나 입주자 또는 사용자가 선택적으로 별도 설치하는 경우 건축물의 건축허가 단계에서 냉방설비에 대한 에너지소요량 평가를 할 수 없으므로 냉방설비가 없는 주거용 건축물의 경우 냉방 평가 항목에 대한 에너지소요량 평가 적용을 하지 않을 수 있다는 내용 등에 대해 [그림 2.148]과 같이 설계기준(안)에 대한 구성항목 및 세부항목을 작성하였다.

이와 함께 에너지소요량 평가에서 주거용 건축물은 주거용의 용도로만 쓰이는 면적(전용면적)에 대한단위세대 단위로 에너지를 사용하므로 바닥면적 기준을 연면적의 합계가 아닌 주거용 전용면적 합계에 대한 에너지소요량 평가를 해야 하는 것이 바람직하므로 주거용 건축물의 경우 바닥면적을 전용면적 합계로 작성 하였다. 또한,「건축법 시행령」제3조4에서 정한 용도별 건축물의 종류 중 '기숙사'는 현행 건축물 에너지절약 설계기준에서는 주거용 이외의 건축물로 정의하고 있으며, 건축물 에너지효율등급 인증제도에서도 기숙사는 단독주택 또는 공동주택이 아닌 주거용 이외의 건축물로 정의하고 있어 관련 기준 및 규정에 의해 건축물 에너지 소비총량제 대상에서도 '기숙사'를 주거용 이외의 건축물로 정의하였다.

총량적 건축물 에너지절약 설계기준(안)에서 포함하기 애매한 부분인 에너지소요량 평가 작성 가이드, 매뉴얼이나 에너지소요량 세부기준이 보완 또는 개선이 필요한 평가지침 들에 대해서는 관련 규정에 따라 시행세칙 또는 해설서 등과 같은 부속서 등의 작성 방안을 제시하였다.

총량에너지 평가 프로그램의 경우는 현행 ECO2-OD로 업무시설에 대한 에너지소요량 평가만 가능한 상황에서 향후 주거용 및 주거용 이외 건축물로 에너지소요량 평가 대상이 확대되고 총량 에너지 평가프로그램의 1차 에너지소요량 결과에 따라 용도별 에너지소요량 제한기준을 판정하게 되므로 총량 에너지 평가프로그램의 중요도가 증가하므로 관련 부처의 승인을 받은 공인된 프로그램 사용을 제시하였다. 또한, 총량 에너지 평가프로그램 연구개발 및 활성화를 위하여 에너지소요량 평가방법에 따라 기업 또는 일반인이 총량 에너지 평가 프로그램을 제작 할 경우 관련 부처의 승인을 받아 사용 할 수 있는 내용을 포함하였다. 영국, 프랑스 등 유럽 연합 국가의 경우 건축물의 에너지성능 평가방법에 대한 로직 또는 알고리즘 제공하고 기업 또는 일반인이 건축물 에너지성능 평가 프로그램을 개발하여 정부의 승인을 받아 사용하고 있어 건축물 에너지성능 평가와 관련된 전문가 그룹을 통하여 에너지평가프로그램 및 알고리즘 연구개발이 활성화 되고 있다.



[그림 2.149] 총량적 건축물 에너지절약 설계기준(안) 세부내용 및 국외 설계기준 연계-1



[그림 2.150] 총량적 건축물 에너지절약 설계기준(안) 세부내용 및 국외 설계기준 연계-2

[그림 2.149]과 [그림 2.150]은 총량적 건축물 에너지절약 설계기준(안) 구성항목과 세부항목에 대한 내용과 국외 총량 건축물 에너지절약 설계기준과의 연관 항목 및 내용을 정리하였으며, 국외 총량적 에너지절약 설계기준에 대해 국내 총량적 에너지절약 설계기준(안) 작성 시 벤치마킹에 활용하였다.

용어의 정의에는 건축물 에너지절약 설계기준의 용어의 정리에 총량적 건축물 에너지절약 설계기준(안)에 사용되는 용어의 정의가 추가되었다. 총량 에너지와 관련된 세부용어를 보면 주거용 건축물, 주거용 이외의 건축물, 에너지요구량, 에너지소요량, 1차 에너지소요량, 1차 에너지환산계수, 에너지열량 환산기준 등의 용어를 담고 있다.

총량적 건축물 에너지절약 설계기준의 건축물 분류는 주거용 건축물과 주거용 이외의 건축물로 분류하고 있으며, 건축물의 용도별 분류체계는「건축법 시행령」제3조4에서 정한 용도별 건축물의 종류의 분류체계에 따라 주거용 건축물과 주거용 이외 건축물로 분류하였다.

국외 건축물 용도 분류를 보면 유럽연합 Building Regulation 1997에서는 dwelling, guest building, industrial building, institutional building 등과 같이 건물의 사용용도에 따라 건물의 용도 분류와 해당되는 건물에 대한 내용이 설명되어 있다. 더불어 건물의 사용되는 office, shop, shopping centre, single storey building 등과 같이 실 또는 공간의 사용용도에 따라 관련 내용이 작성되어 있다. 이와 함께 Energy Performance of building Regulation 2012에서는 air-conditioning system, boiler, heat pump, cogeneration, district heating or district cooling 등 기계설비에 대한 용어 정의가 되어 있다.

에너지소요량 평가서 제출 예외대상의 경우 총량적 건축물 에너지절약 설계기준(안)의 에너지소요량 평가프로그램과 같이 연간 1차 에너지소요량으로 산출되는 「건축물 에너지효율 등급 인증기준」에 따라 평가된 건축물에 대해서는 에너지소요량 평가서 제출 적용을 예외로 할 수 있으며, 건축물 에너지 소비총량제의 에너지소요량 제출대상을 ´20년까지 모든 건축물로 확대에 따라 단계적으로 에너지소요량 평가 제출대상에 적합하지 않은 건축물에 대해 제출 예외 대상 검토가 요구된다. 국외 총량 에너지절약 관련 규정을 보면 <표 2.99>와 같이 제출 예외대상을 규정하고 있다.

건축물 에너지 소비총량제의 에너지소요량 제한 기준 제시는 다음 단락에 관련 내용을 작성하였다.

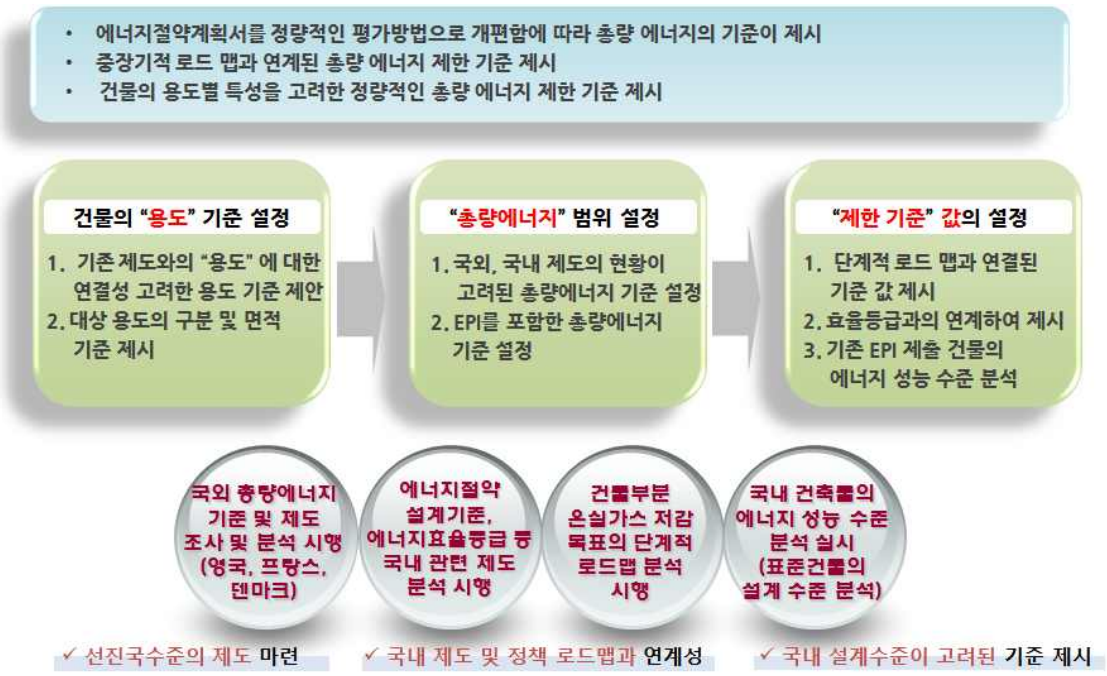
<표 2.99> 국외 총량에너지 건축물 적용 예외 대상

국가	적용 예외 대상 건축물
유럽연합	1) 국가 기념물, 국립 기념물 규정에 따라 등록 된 역사적인 기념물 2) 예배장소 또는 종교 활동을 위해 사용되는 건물 3) 임시건물(Building Regulation 1997 Third Schedule (Class10~Class13 건물) 4) 사람이 오랜 기간 동안 머무르지 않는 산업 건물과 설치된 난방능력이 10W/㎡ 초과하지 않은 건물 5) 주거용도로 사용되지 않는 농업 건물로 설치된 난방능력이 10W/㎡ 초과하지 않은 건물 6) 단일 건물로 유효 바닥 면적이 50㎡ 이하인 건물 등.
독일	1) 주로 동물 사육을 위해 사용되는 업무건물 2) 사용 목적상 넓은 면적을 오랫동안 지속적으로 개방해 놓아야 하는 업무건물 3) 지하 건축물 4) 식물재배, 증식 그리고 판매를 위한 농업건물과 온실 5) 에어돔과 천막 6) 반복적으로 세워졌다 철거되는 건물과 2년 이내 사용을 목적으로 지어진 건물 7) 예배 또는 다른 종교적인 목적을 위해 사용되는 건물 8) 연간 사용기간이 4개월 이하로 규정된 주거건물 9) 목적규정에 따라 실내온도가 섭씨 12도 이하이거나 연간 4개월 이하로 난방이 되고 연간 2개월 이하로 냉방이 되는, 기타 수공업, 농업, 상업 그리고 산업을 위한 업무건물
영국	1) 관련법에 따른 등록 건물 및 보존 지역 건물, 고대유적과 고고학 기념건물 등 2) 주로 또는 단독으로 예배 장소로 사용되는 건물 3) 2년 이하의 사용이 계획된 임시건물 4) 낮은 에너지가 요구되는 산업현장, 워크샵 및 비주거 농업건물 5) 총 유효 바닥면적 50㎡ 이하의 단독건물 6) Schedule2, class7에 해당하는 건물의 확장 7) 에너지성능에 국가 부문 계약에 적용부문에 사용중인 비주거 농업건물 8) 연간 4개월 미만으로 사용 또는 사용하기 위한 주거용 건물 9) 연간 사용한정 시간 동안 연중 25% 미만의 예상 에너지를 소비하는 건물
프랑스	1) 2년 이하의 사용을 위해 지어진 건물 2) 12도 이하의 사용온도조건을 유지해야 하는 건물 3) 정상운전조건하에 외부에 항시 열려있는 구조를 가진 건물이나 건물부분 4) 특별한 온도조건이나, 위생 또는 공기질을 위한 특별한 법률 조건을 충족해야하는 건물이나 건물부분 5) 산업공정을 위한 냉/난방 건물이나 건물부분 6) 농축산을 위한 건물 7) 돔톰지역 (프랑스 령인 섬지역)에 있는 건물부분 에 대해서는 적용 예외

나. 건축물 용도별 총량에너지 제한기준 제시

1) 건축물 용도별 총량에너지 제한 기준

2020년까지 건축물의 온실가스 배출량 감축 목표를 달성하기 위해 기존의 정성적인 평가방법이었던 에너지절약설계기준을 정량적으로 평가하기 위해 총량에너지절약설계기준을 마련하였고, 이에 따라 건물의 규모 및 용도에 따른 총량에너지 제한 기준 마련이 시급함에 따라 본 연구를 수행하였다. 이에 우선 국내외 건물의 총량에너지 관련 기준 및 제도의 현황을 조사하고 분석하여 국내의 총량에너지 제한 기준의 방향을 설정하였다. 다음으로 제한 기준 값의 적정성을 분석하기 위해 국외 기준에서의 총량 에너지 제한 기준 값 분석을 시행하였고 정성적인 평가방법이었던 EPI를 제출한 건축물들이 정량적인 평가방법에서의 에너지 성능 수준을 분석하여 제한 기준 값의 수준을 검토하였다. 마지막으로 중장기적 로드 맵과의 연계를 통해 2025년 제로에너지하우스 수준을 목표로 하기 위해 연도별 총량에너지 제한 기준 예측을 수행하였다.



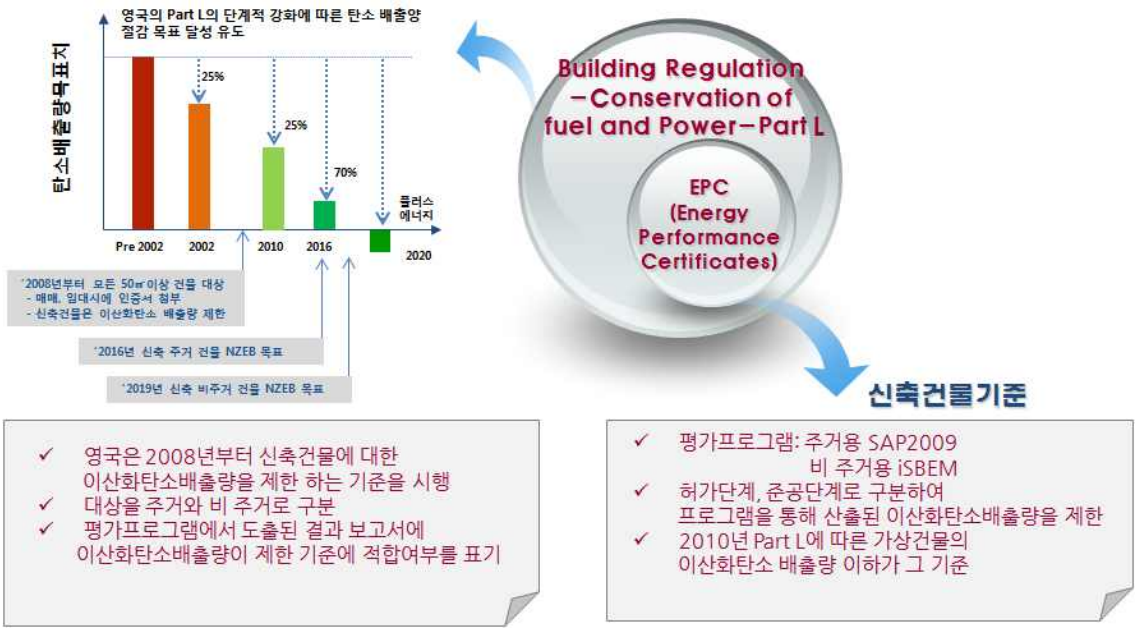
[그림 2.151] 용도별제한기준 마련 연구 수행 내용

가. 국외 총량에너지 제한 기준

1) 영국

1장에서 설명했던 바와 같이 영국의 경우 2008년 10월1부터 50㎡이상의 모든 건축물을 대상으로 에너지성능표시제도가 시행되어 매매 및 임대 시에 인증서를 첨부하는 것이 의무화 되었고 신축 건물은 허가와 준공단계에서 에너지성능평가 프로그램(주거의 경우 SAP2009, 비주거의 경우 SBEM의 로직에 의해 공인된 평가 프로그램)을 이용하여 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기 부분의 이산화탄소배출량을 산출하고 그 이산화탄소배출량이 표준건물의 이산화탄소 배출량보다 작은 것을 확인하는 서식을 제출하도록 하고 있다. 이때 표준 건물은 2013년 기준(해당연구기간)으로 2010년 Part L에서 정한 가상건물(국내의 2013년9월1일 이전의 공동주택 평가방법과 유사)이며 프로그램 내에 해당 건물에 대한 정보가 입력되어 있어 평가자는 신청건물에 대해 입력 시 자동 산출하게 된다.

따라서 영국의 제도를 총량에너지 제한 기준의 관점에서 분석해 볼 때 대상은 50㎡이상의 주거와 비주거로 구분되어 있고 총량에너지를 이산화탄소배출량으로 하였으며 제한 기준은 2010년 법적 기준의 가상의 건물보다 작은 값으로 볼 수 있다.



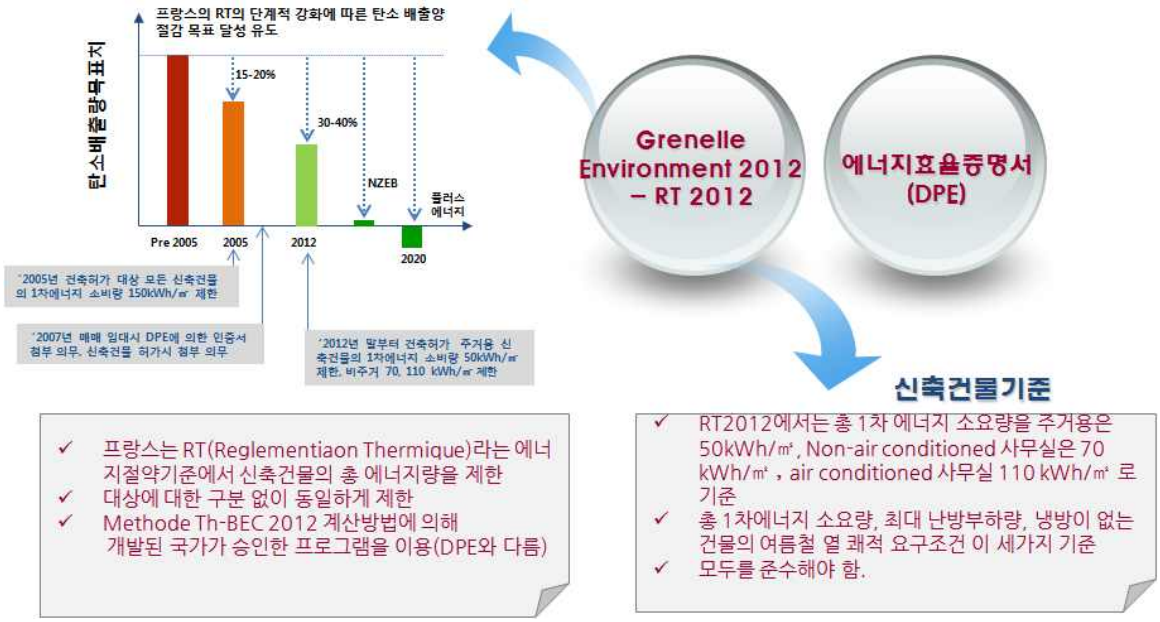
[그림 2.152] 영국의 Part L의 신축 건물의 에너지 제한 기준

영국의 신축은 국내의 제도와 마찬가지로 허가단계와 준공단계로 구분되어 있으며 각 단계마다 Part L의 준수여부 체크리스트를 제출해야 한다. 이 체크리스트에는 총량에너지 개념인 이산화탄소배출량의 적법여부를 포함하여 건물의 외피단열기준 준수, 기밀성능 평가 및 적법 여부, 기계설비 시스템의 적정성 여부 등 국내의 의무사항과 유사한 항목을 포함하고 있어 국내의 EPI를 포함한 총량에너지절약계획서와 가장 유사한 것으로 분석된다.

2) 프랑스

프랑스 크게 건물에너지 규제법(RT)와 에너지효율증명서(DPE) 두 부분으로 나누어 건물 부분의 에너지성능을 제한하고 있다. 에너지효율증명서(DPE)의 경우 기존 건축물의 매매 및 임대 시 인증서 첨부 의무에 초점이 맞추어 있고 건물에너지 규제법(RT)는 건축허가를 받는 모든 신축건물에 대한 1차 에너지소비량을 제한하는 것이 주요 사항이며 최근 RT2012는 RT2005보다 강화된 기준으로 주거건물은1차 에너지소비량을 50kWh/㎡이하, 비주거건물은 70 kWh/㎡(non-air conditioned), 110kWh/㎡(air conditioned) 이하로 제시하고 있다. 프랑스는 기후의 조건 및 국가적 특성이 국내와 달라 냉방기기가 설치되지 않는 건물이 대다수 이며 RT2012에서의 1차 에너지소요량 평가에서도 냉방에 대해서는 프로그램 내에서 계수로 입력된다. 개정된 RT2012의 가장 큰 특징은 기존의 건축주나 설계자들이 신축건물에 대한 기준을 준수하기 위하여 건물 시스템의 효율성만을 높이는 설계방식에서의 탈피를 유도하기 위해 물리적 설계에 집중할 수 있도록 단열, 건물의 열용량, 태양투과율, 채광투과율, 자연화기를 위한 개구부의 개폐, 기밀 등이 고려된 건물의 (냉난방 및 조명)의 에너지 부하 최대치(Bbiomax)를 제한하는 기준이 신설되었다.

또한 혹서기의 에어컨 설치를 제한하기 위하여 냉방 설비가 없는 건물에서의 여름철 열 쾌적 요구 조건 (냉방 시스템 없이 여름철 쾌적 범위를 유지할 수 있는 건물의 기준 제시)을 만족하도록 하는 기준도 신설되었다. 따라서 프랑스의 건물에너지 규제법에서는 1차 에너지 소요량, 건물에너지 부하 최대치, 냉방 시스템이 없을 경우의 여름철 쾌적 요구 조건의 이 세 가지 기준을 모두 준수하도록 하여 기존의 법규보다 강화된 에너지 규정으로 신축 건물의 기준을 제시하고 있다.

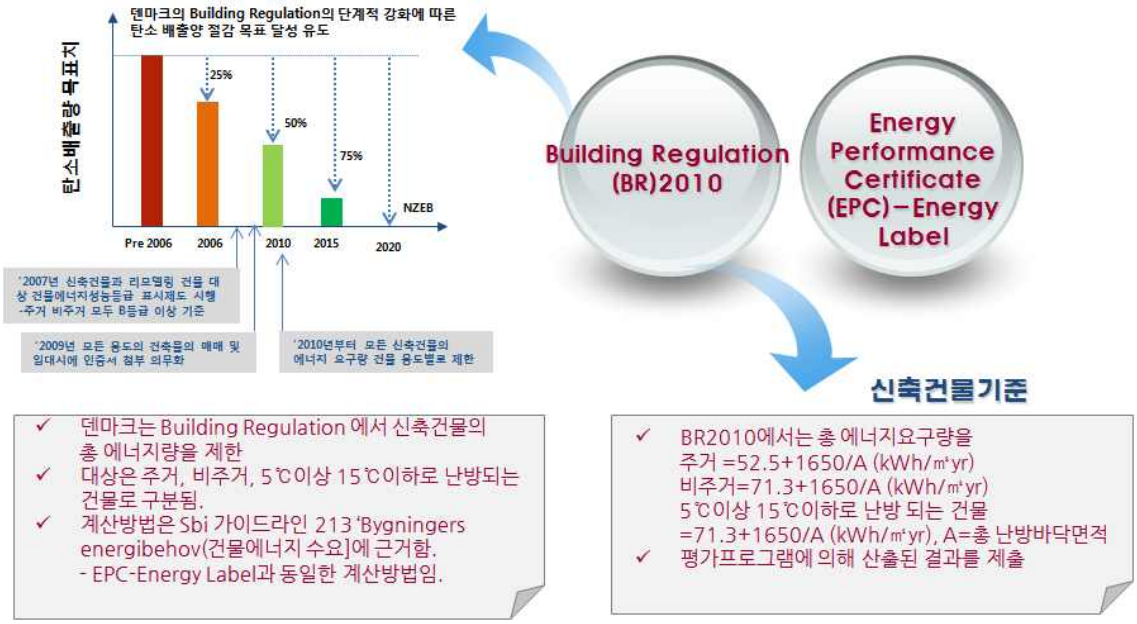


[그림 2.153] 프랑스의 RT에서의 신축 건물의 에너지 제한 기준

3) 덴마크

프랑스와 마찬가지로 덴마크의 건물에너지절약 규정은 건축법인 Building Regulation과 에너지 라벨링 제도로 구분되어 건물의 에너지성능을 제한하고 있다. 에너지라벨링 제도는 영국이나 프랑스와 마찬가지로 건물의 매매 및 임대 시에 인증서 첨부의 의무를 제시하고 있으며 신축건물의 경우 준공 후 즉시 인증을 받아야 하도록 되어 있다. 건물의 에너지절약 규정(BR2010)은 신축건물과 리모델링에 대한 에너지성능규정의 최소기준을 에너지 요구량으로 제시하여 주거(기숙사, 호텔 포함), 비주거(사무실, 학교, 기관 등), 5℃이상 15℃이하로 난방 되는 건물 이 세 가지의 대상으로 구분하여 주거의 경우 52.5 + 1650/A kWh/㎡yr, 비주거의 경우 71.3 + 1650/A kWh/㎡yr, 5℃이상 15℃이하로 난방되는 건물 71.3 + 1650/A kWh/㎡yr 로 제시되어 있다. 이 때 별도의 면적기준은 없으며 건축허가를 받아야 하는 건물들이 모두 대상이 된다. 또한 기준에 있는 A는 총 난방 바닥 면적이다. BR2010에서는 2015의 저에너지 건물에 대한 성능도 이미 제시되었는데 2015년 저에너지 건물의 기준은 주거의 경우 30 + 1000/A kWh/㎡yr, 비주거의 경우 41 + 1000/A kWh/㎡yr로 규정되어 있다. 저에너지 건물은 2015년부터 시행하고 이후 2020년까지 모든 신축 건물에 대한 에너지 성능을 Net Zero Energy 성능을 갖도록 그 기준을 점차적으로 강화하는 계획 제시하고 있다.

건물의 용도에 따른 에너지 요구량 기준 이외에도 국내와 마찬가지로 최소 단열기준을 준수해야 하며 이에 따른 열 손실 계산서도 허가 시 첨부해야 한다. 계산 방법은 에너지 라벨링 제도와 동일한 계산 방법을 사용하여 평가하나 인터페이스에는 차이가 있다. 프랑스, 영국과 마찬가지로 덴마크도 신축건물에 대한 총량 에너지에 대한 기준이 매우 강화되어 있으며 에너지 라벨링 기준이 B등급 이상으로 설정되어 있는 것보다 강화된 기준으로 시행되고 있다.



[그림 2.154] 덴마크의 Building Regulation에서의 신축 건물의 에너지 제한 기준

나. 국내 에너지절약설계기준의 EPI와 건축물에너지효율등급 인증제도

1) 에너지절약설계기준의 에너지성능지표(EPI)

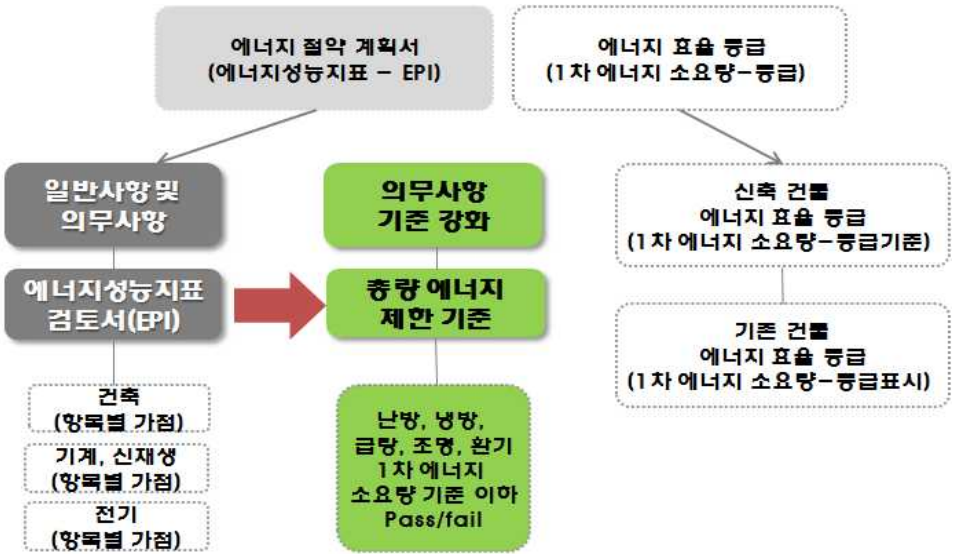
국내에서는 신축 건축물에 대해 에너지절약설계기준의 에너지성능지표에 따라 건축물의 에너지 성능을 정성적으로 평가해왔다. 2013년 9월1일 이후 500㎡ 이상의 모든 용도의 건축물을 대상으로 민간건물일 경우 EPI 65점 이상, 공공건물 EPI 74점 이상이 의무화가 되면서 에너지성능지표 제출 대상 확대가 시행되었다. 기존에는 주택, 학교, 병원, 관람, 숙박, 판매, 사무, 목욕 등의 일정 규모 이상의 건물에만 했었으나 본 연구의 1차년도 연구결과로 에너지절약설계기준 대상이 확대시행 되었다. 그러나 앞서 설명한 국외의 건물에너지 정책 동향과 비교하여 볼 때 국내의 EPI는 정성적인 평가 방법으로 국가

온실가스 감축량 예측 및 건물의 에너지 성능의 직관적인 예측에 어려움 있고 유럽의 대부분의 국가들은 이미 정량적인 평가툴을 이용하여 신축 건물의 총 에너지 성능을 제한하고 있어 국가별 로드맵을 달성하기 위한 도구로 적극 활용하고 있어 국내의 EPI의 정량적인 평가방법으로의 전환이 중요한 사항으로 분석된다.

2) 건축물에너지효율등급 인증제도

건축물에너지효율등급 인증제도는 2013년 이전에는 신축건물만을 대상으로 공동주택과 공공건물의 업무용건축물만을 대상으로 하였으나 2013년 이후 신축 및 기존 건축물의 모든 건축물로의 대상이 확대되면서 국내의 건물 에너지 성능 향상 및 에너지 효율 개선을 위한 핵심적인 정책 수단으로 자리매김하고 있다. 건축물에너지효율등급은 법적 기준보사 상위차원의 제도로 일반인 및 전문가들에게 건축물의 에너지 효율에 대한 인식 제고 및 에너지 성능 정보를 효과적으로 제공하기 위한 제도이다.

현재 10개 등급으로 구분되어 있으며 각각의 등급에 따른 연간 1차에너지 소요량을 기준으로 하고 있다.



[그림 2.155] 에너지절약계획서의 개정 방향 및 에너지효율등급 개정 내용

3) 기존 제도와 연계된 총량에너지의 기준

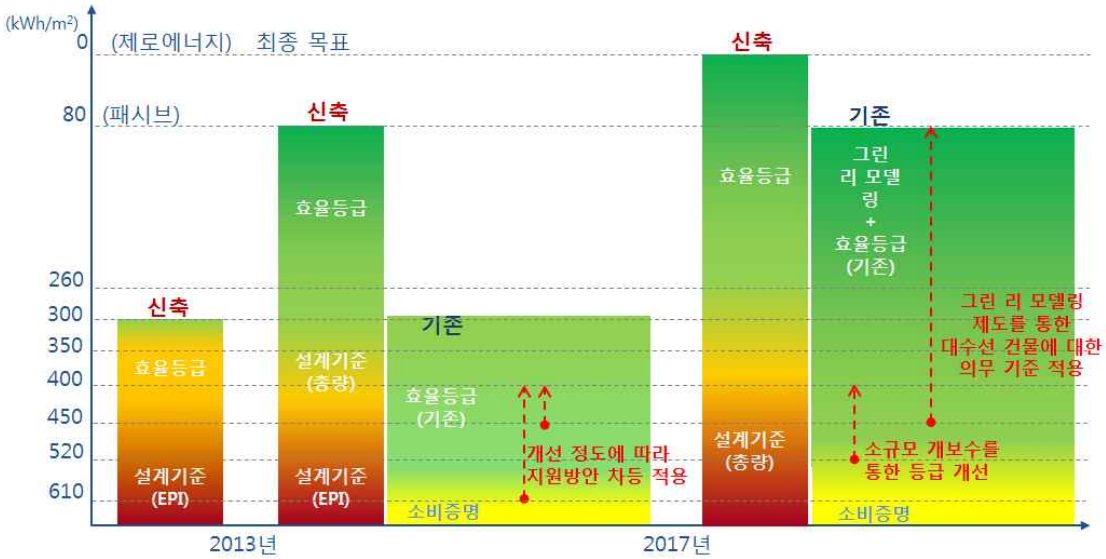
○ 2013년 9월 이후 에서 2017년 까지

기존의 신축건물을 대상으로 하였던 것에서 기존건물 영역까지 확대예정이다. 신축 건물 같은 경우 설계기준에서 총량에너지 기준과 EPI가 혼재하여 기본 의무적 규제가 시

행되며, 규모가 큰 건물이나 특수 건물(전산센터, 임대 오피스 등)과 같이 평가 기준에 있어 정밀한 평가가 필요한 경우 높은 기준의 효율등급으로 건물을 추가적 평가한다. 이 추가적 평가에 의해 일정등급을 받게 되면, 세제혜택이나 인센티브에 대한 해택이 주어진다. 현재 1+++등급 기준 패시브 하우스의 일차에너지 사용량은 80 kWh/m2 이며 2017년까지의 단기적 최종 목표이다. 2013년 이후로 시작한 기존 건축물 에너지 효율등급 인증제도의 경우에는 소비증명제도라는 기본 의무적 평가가 실행되며, 이 평가 내용을 의무적으로 게시 하게 된다. 또한 부동산 매매 임대 시 의무적 제시도 검토 중이다. 기존 건축물의 개선 의향과 정도에 따란 지원 방안이 차등 적용되고 이를 기존 효율등급에 입각하여 평가한다.

○ 2017년 이후

신축 건물의 경우, 기존의 설계기준이 EPI와 총량에너지 기준이 혼재 되어있던 것에서 상위 기준이었던 총량에너지절약기준으로 통합되며 정밀한 평가가 필요한 경우 높은 기준의 효율등급으로 성능을 평가한다. 2017년 이후 모든 건물은 패시브 하우스 수준을 유지하게 되며 2025년 이후 장기적 최종목표는 제로에너지 건물이다. 기존 건물의 경우 2017년 이전과 마찬가지로 소비증명제를 통하여 의무 평가가 시행되고 소규모 개보수를 통한 등급 개선과, 그린 리모델링 제도를 통한 대수선 건물에 대한 의무 기준평가를 적용하여 기준건물의 최대목표를 패시브 하우스 기준에 맞추는 방향으로 진행할 것으로 보인다.



[그림 2.156] 에너지절약설계기준 및 효율등급에서의 총량기준 개정 방안

다. EPI 제출대상 건축물로 산출된 표준건물의 에너지 성능 수준 분석

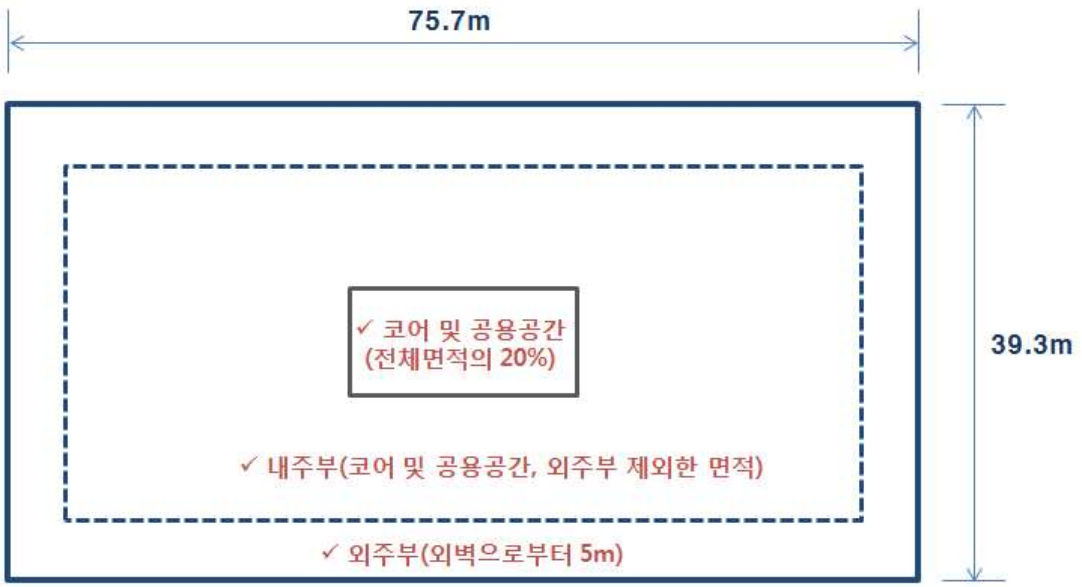
제한기준의 값을 제시하기에 앞서 현재 EPI로 제출되고 있는 건물들의 실제 에너지 성능 수준을 평가해보기 위해 2.2 에너지성능 통합관리시스템의 데이터베이스를 통해 분석된 표준모델을 대상으로 하여 에너지요구량 및 소요량을 평가 실시하였다.

1) 표준건물의 에너지 요구량 및 소요량, CO2 발생량 평가

표준 건물에 대한 월별 냉난방 에너지 요구량 평가, 에너지 요구량 및 소요량 평가를 실시하였다. 표준건물에 대한 에너지 분석은 총량프로그램을 이용하여 분석하였다. 또한 표준건물의 에너지절약설계기준에 따른 지역별 열관류율을 준수하였을 경우의 1차에너지 소요량을 분석하기 위하여 2013년 지역별 열관류율 기준에 따른 외피성능을 입력하여 평가하였다.

2) 비주거용 표준건물 모델링

표준건물의 모델링은 기본적으로 앞서 도출된 표준건물의 계획요소 별 표준데이터 값을 이용하였다. 하지만 정확한 평가를 위해 일부 항목에 대해서는 추가적인 설계 작업이 요구되었으며, 설계 의뢰 및 자문, 관련서적 조사 등을 통해 해당 항목에 대한 설계값을 설정하였다.



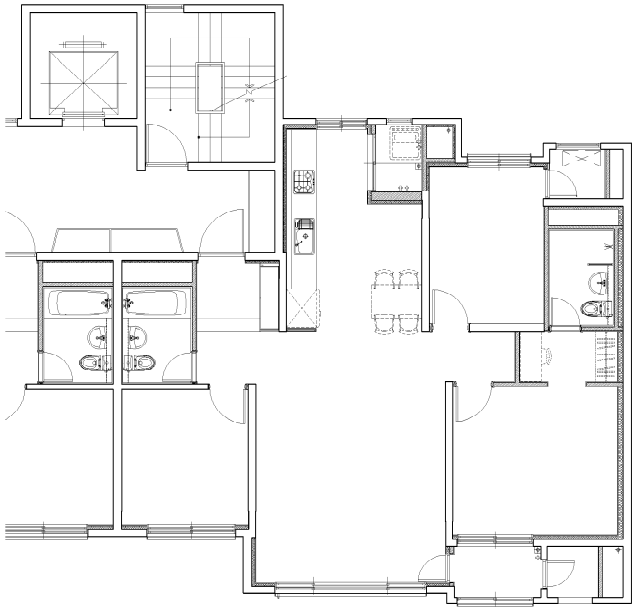
[그림 2.157] 비주거 표준건물의 기준층 평면 설정

<표 2.100> 비주거 건축물의 표준건물 ECO2 평가 요소

지역구분		서울	비 고
건물크기		표준건물	
외피성능		벽체(0.268), 지붕(0.182), 바닥(0.284), 창(2.1)	
난방기기	종류	온수보일러	실내기 FCU 55 W 공조기 7대
	용량(대수)	12010 kW (2대)	
	COP	90.1 %	
	배관길이	75.7 x 39.3 x 7 x 3.9	
	반송동력	110 kW	
급탕기기	종류	온수보일러	
	용량(대수)	348.8 kW (1대)	
	COP	80.6 %	
	배관길이	138.2 m	
	반송동력	0.75 kW(대류펌프), 0.5 kW(순환펌프)	
냉방기기	종류	흡수식냉동기	실내기 FCU 55 W 공조기 7대
	용량(대수)	2520 kW	
	COP	1.08	
	반송동력	110 kW(냉수펌프), 180 kW(냉각수펌프)	
신재생		-	
조명밀도		15 W/㎡	

3) 주거용 표준건물 모델링

비주거용 표준모델과 마찬가지로 주거용 표준건물의 모델링은 앞서 도출된 표준건물의 계획요소 별 표준데이터 값을 이용하였다. 하지만 정확한 평가를 위해 일부 항목에 대해서는 추가적인 설계 작업이 요구되었으며, 설계 의뢰 및 자문, 관련서적 조사 등을 통해 해당 항목에 대한 설계 값을 설정하였다. 주거용 표준건물의 경우 비주거용 건물과 달리 냉방기기에 표준데이터가 없어 냉방에 대한 에너지소요량과 1차에너지 소요량은 평가 요소에 포함되지 않았다.



[그림 2.158] 주거용 표준건물의 기준층 평면 설정

<표 2.101> 주거 건축물의 표준건물 ECO2 평가 요소

지역구분		서울	비고
건물크기		84.99 ㎡ (84타입, 총 24세대)	
외피성능		벽체(0.268), 지붕(0.182), 바닥(0.284), 창(2.1)	
난방 및 급탕 기기	종류	개별보일러	
	용량(대수)	23.26 kW (24세대)	
	COP	87 %	
	배관길이	-	
	반송동력	-	
냉방기기	종류	-	
	용량(대수)	-	
	COP	-	
	반송동력	-	
신재생		-	
조명밀도		15 W/㎡	

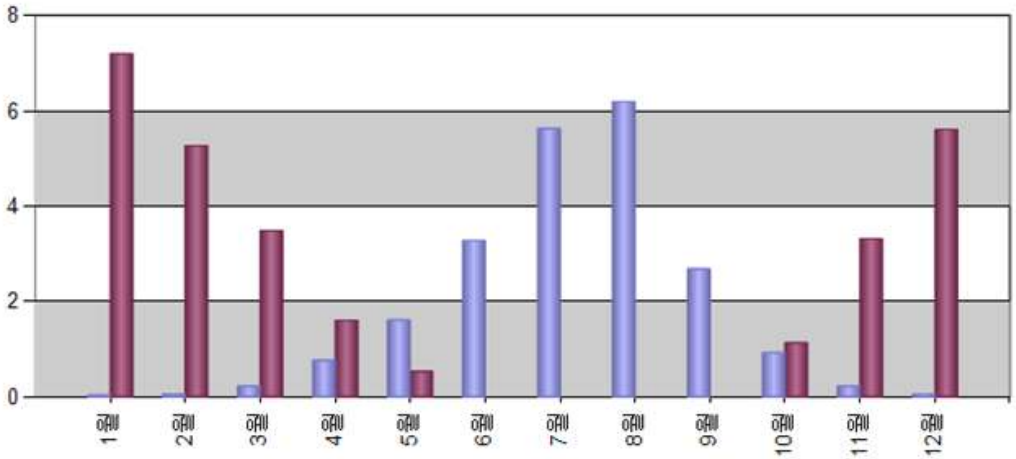
○ 월별 난방 에너지 요구량

비주거 표준 건물의 월별 난방 에너지 요구량은 다음의 표와 같이 나타내었다. 평가

결과, 5월~9월을 제외한 모든 달에서 난방요구량이 발생하였으며, 그 중 1월의 난방에너지 요구량이 7.2 kWh/㎡로 나타나, 가장 높은 수치를 보였다.

○ 월별 냉방 에너지 요구량

월별 냉방 에너지 요구량의 경우, 8월에 6.2kWh/㎡로 가장 높게 나타났으며, 1, 2월에는 냉방요구량이 0으로 분석되었다. 본 결과에서는 12월의 경우 일부 냉방에너지 요구량이 발생하는 것으로 나타났는데, 이는 기기, 인체, 조명 등 실내 발열에 의한 것으로 사료된다.



[그림 2.159] 월별 냉난방 에너지 요구량 [kWh/㎡]

5) 비주거 표준건물의 에너지 요구량 및 소요량 평가

○ 단위면적당 연간 에너지 요구량

비주거 표준 건물의 단위면적당 연간 에너지 요구량은 난방 28.1kWh/㎡ 냉방 21.7kWh/㎡, 급탕 7.5kWh/㎡, 조명 36.5kWh/㎡로 평가되었으며, 조명 부문에서 가장 높은 에너지 요구량을 보였다.

<표 2.102> 분야별 단위면적당 연간 에너지 요구량 [kWh/㎡]

구 분	난방	냉방	급탕	조명	합 계
요구량(kWh/㎡)	28.1	21.7	7.5	36.5	93.8

○ 단위면적당 연간 에너지 소요량

단위면적당 연간 에너지 소요량은 난방 및 냉방 분야에서 각각 55.7kWh/㎡, 40.9kWh/㎡로 가장 높은 수치를 보였으며, 에너지 요구량과 마찬가지로 급탕 분야에서 낮게 나타났다.

<표 2.103> 분야별 단위면적당 연간 에너지 소요량 [kWh/㎡]

구 분	난방	냉방	급탕	조명	환기	합 계
소요량(kWh/㎡)	55.7	40.9	10.4	36.5	19.3	162.8

○ 단위면적당 연간 1차 에너지 소요량

단위면적당 연간 1차 에너지 소요량은 난방 51.5kWh/㎡, 냉방 61.1kWh/㎡, 급탕 7.8kWh/㎡, 조명 100.3kWh/㎡, 환기 53.1kWh/㎡로, 조명 및 냉방 분야의 에너지소요량이 다른 분야에 비해 상대적으로 큰 비중을 차지하는 것으로 나타났다. 이때 연간 1차 에너지 소요량은 총량 프로그램에서 건물의 용도에 따른 가중치가 적용된 1차 에너지 소요량으로 분석하였다.

<표 2.104> 분야 별 단위면적당 연간 1차 에너지 소요량 [kWh/㎡]

구 분	난방	냉방	급탕	조명	환기	합 계
1차에너지소요량(kWh/㎡)	51.5	61.1	7.8	100.3	53.1	273.8

이상에서 살펴본 바와 같이 2장에서 제시한 비주거 표준건물의 총량프로그램을 이용하여 평가한 결과 연간 1차 에너지 소요량이 273.8 kWh/㎡로 분석되어 건축물에너지효율등급 기준과 비교해 볼 때 2등급 수준의 건물로 평가되었다.

6) 에너지절약설계기준의 지역별 열관류율 기준에 따른 비주거 표준건물의 에너지 요구량 및 소요량 평가

위에서 살펴본 비주거 표준건물을 대상으로 건물 외피성능을 2013년 10월1일 이후 에너지절약설계기준에서 제시하고 있는 지역별 건축물부위의 열관류율 기준을 적용하여 추가적인 분석을 시행하였다. 2013년 에너지절약설계기준의 단열 기준이 강화됨에 따라 강화된 외피성능에 대한 표준건물의 에너지 성능의 수준을 확인하고 이를 용도별 제한

기준 마련에 근거자료로 활용하고자 한다. 에너지절약설계기준의 단열기준은 다음의 표와 같이 나타내었다.

<표 2.105> 지역별 건축물 부위의 열관류율표 [kWh/㎡]

지 역	외 벽 (외기직면)	지 붕 (외기직면)	바 닥 (외기직면/바닥난방이 아닌 경우)	창 및 문 (공동주택 외)	비 고
중부	0.27	0.18	0.29	2.1	
남부	0.34	0.22	0.33	2.4	
제주	0.44	0.28	0.39	3.0	

○ 단위면적당 연간 에너지 요구량

지역별 열관류율 기준에 따른 비주거 표준 건물의 단위면적당 연간 에너지 요구량은 중부지역에서 난방 27.5kWh/㎡로 가장 높게 나타났으며 반면 냉방은 제주지역에서 25.6kWh/㎡로 가장 높게 나타났다. 총에너지 요구량은 93.6kWh/㎡로 중부지역에서 가장 높게 나타났으며 남부지역, 제주지역으로 갈수록 난방에너지요구량은 감소하는 반면 냉방에너지는 증가하였고, 총 에너지요구량은 감소하였다.

<표 2.106> 지역별 단위면적당 연간 에너지 요구량 [kWh/㎡]

구 분	지역	난방	냉방	급탕	조명	합 계
요구량 (kWh/㎡)	중부	27.5	22.1	7.5	36.5	93.6
	남부	22.8	23.6	7.5	36.5	90.3
	제주	16.1	25.6	7.5	36.5	85.7

○ 단위면적당 연간 에너지 소요량

지역별 비주거 표준 건물의 단위면적당 연간 에너지 소요량은 연간 에너지 요구량과 마찬가지로 중부지역에서 난방의 경우 55.1kWh/㎡로 가장 높게 나타났으며 제주지역에서 냉방이 87.2kWh/㎡로 가장 높게 나타났다. 총에너지 소요량은 162.8kWh/㎡로 중부지역에서 가장 높게 나타났으며 에너지요구량과 마찬가지로 남부지역, 제주지역으로 갈수록 난방에너지 소요량은 감소하는 반면 냉방에너지 소요량은 증가하였고, 총 에너지요구량은 감소하였다.

<표 2.107> 분야별 단위면적당 연간 에너지 소요량 [kWh/㎡]

구 분	지역	난방	냉방	급탕	조명	환기	합 계
소요량 (kWh/㎡)	중부	55.1	41.6	10.4	36.5	19.3	162.8
	남부	46.0	41.5	10.4	36.5	19.8	154.2
	제주	31.8	47.2	10.4	36.5	19.3	145.2

○ 단위면적당 연간 1차 에너지 소요량

지역별 비주거 표준 건물의 단위면적당 연간 1차 에너지 소요량은 연간 에너지 요구량과 마찬가지로 중부지역에서 난방의 경우 51.2kWh/㎡로 가장 높게 나타났으며 제주지역에서 냉방이 69.1kWh/㎡로 가장 높게 나타났다. 총에너지 소요량은 274.2kWh/㎡로 중부지역에서 가장 높게 나타났으며 남부와 제주에서도 각각 268.4kWh/㎡, 261.9kWh/㎡로 평가되었다.

<표 2.108> 지역별 단위면적당 연간 1차 에너지 소요량 [kWh/㎡]

구 분	지역	난방	냉방	급탕	조명	환기	합 계
1차에너지소요량 (kWh/㎡)	중부	51.2	62.0	7.8	100.3	53.0	274.2
	남부	43.5	62.3	7.8	100.3	54.5	268.4
	제주	31.6	69.1	7.8	100.3	53.1	261.9

이상에서 분석한 바와 같이 비주거 표준건물에 대한 2013년 에너지절약설계기준의 강화된 단열기준에 대한 지역별 연간 1차 에너지 소요량은 중부 274.2kWh/㎡, 남부 268.4kWh/㎡, 제주 261.9kWh/㎡로 분석되어 2013년 10월 1일 이후 에너지절약설계기준의 단열성능에 적법한 건축물들의 경우도 앞서 분석한 비주거 표준건물과 마찬가지로 건축물에너지효율등급 기준과 비교해 볼 때 약 2등급의 건물로 평가되었다.

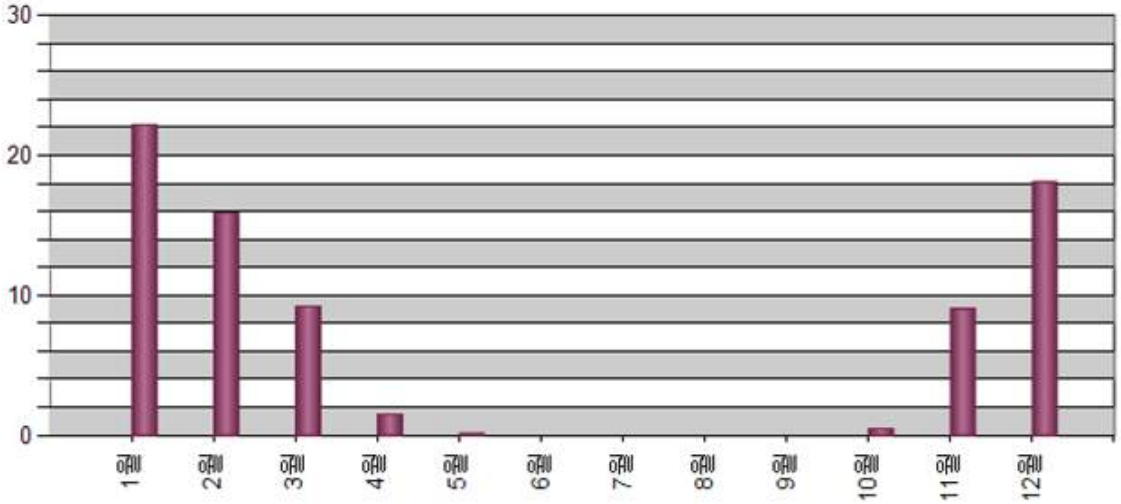
7) 주거용 표준건물의 월별 냉난방 에너지 요구량 평가

○ 월별 난방 에너지 요구량

주거용 표준 건물의 월별 난방 에너지 요구량은 다음과 같이 나타내었다. 평가 결과, 6월~9월을 제외한 모든 달에서 난방요구량이 발생하였으며, 그 중 1월의 난방에너지 요구량이 22.2 kWh/㎡로 나타나, 가장 높은 수치를 보였다.

○ 월별 냉방 에너지 요구량

주거용 표준건물의 경우 냉방 및 환기의 경우 거주자의 선택사항에 의해 입주 후 결정되므로 EPI 제출 대상으로 수집한 데이터에서는 확인이 불가하기 때문에 냉방에 대한 분석은 평가에서 제외하였다.



[그림 2.160] 월별 냉난방 에너지 요구량 [kWh/㎡]

8) 주거용 표준건물의 에너지 요구량 및 소요량 평가

○ 단위면적당 연간 에너지 요구량

주거용 표준 건물의 단위면적당 연간 에너지 요구량은 난방 76.5kWh/㎡ 냉방 0kWh/㎡, 급탕 30.7kWh/㎡, 조명 27.4kWh/㎡로 평가되었으며, 총 에너지 요구량은 134.6 kWh/㎡로 분석되었다. 앞서 설명한 바와 같이 냉방 경우 거주자의 선택사항에 의해 입주 후 결정되므로 냉방에 대한 분석은 평가에서 제외하였다.

<표 2.109> 분야별 단위면적당 연간 에너지 요구량 [kWh/㎡]

구 분	난방	냉방	급탕	조명	합 계
요구량(kWh/㎡)	76.5	0	30.7	27.4	134.6

○ 단위면적당 연간 에너지 소요량

주거용 표준건물의 단위면적당 연간 에너지 소요량은 난방 분야에서 118.9kWh/㎡로 가장 높은 수치를 보였으며, 급탕 35.5kWh/㎡, 조명 27.4kWh/㎡로 분석되었다. 주거용 표준건물의 경우 난방과 급탕의 에너지 소요량이 가장 크며, 에너지 요구량과 마찬가지로 냉방은 평가에서 제외하였다.

<표 2.110> 분야별 단위면적당 연간 에너지 소요량 [kWh/㎡]

구 분	난방	냉방	급탕	조명	환기	합 계
소요량(kWh/㎡)	118.9	0.0	35.5	27.4	0.0	181.8

○ 단위면적당 연간 1차 에너지 소요량

주거용 표준건물의 단위면적당 연간 1차 에너지 소요량은 난방 90.4kWh/㎡, 급탕 39.5kWh/㎡, 조명 75.3kWh/㎡로 분석되었으며 총 연간 1차 에너지 소요량은 192kWh/㎡로 평가되었다. 이때 연간 1차 에너지 소요량은 총량 프로그램에서 건물의 용도에 따른 가중치가 적용된 1차 에너지 소요량으로 분석하였다.

<표 2.111> 분야 별 단위면적당 연간 1차 에너지 소요량 [kWh/㎡]

구 분	난방	냉방	급탕	조명	환기	합 계
1차에너지소요량(kWh/㎡)	90.4	0.0	26.4	75.3	0.0	192.0

이상에서 살펴본 바와 같이 2장에서 제시한 주거용 표준건물을 평가한 결과 연간 1차 에너지 소요량이 192.0kWh/㎡로 분석되어 건축물에너지효율등급 기준과 비교해 볼 때 약 2등급 수준의 건물로 평가되었다.

9) 에너지절약설계기준의 지역별 열관류율 기준에 따른 주거용 표준건물의 에너지 요구량 및 소요량 평가

주거용 표준건물도 비주거 표준건물과 마찬가지로 건물 외피성능을 에너지절약설계기준에서 제시하고 있는 지역별 건축물부위의 열관류율 기준을 적용하여 추가적인 분석을 시행하였다. 외피성능에 대한 기준은 다음의 표와 같다.

<표 2.112> 지역별 건축물 부위의 열관류율표 [kWh/㎡]

지 역	외 벽 (외기직면)	지 붕 (외기직면)	바 닥 (외기직면/바닥난방인 경우)	창 및 문 (공동주택)	비고
중부	0.27	0.18	0.23	1.5	
남부	0.34	0.22	0.28	1.8	
제주	0.44	0.28	0.33	2.6	

○ 단위면적당 연간 에너지 요구량

지역별 단열기준에 따른 주거용 표준 건물의 단위면적당 연간 에너지 요구량은 중부지방에서 난방 62.2kWh/㎡로 가장 높게 나타났으며, 총 에너지 요구량은 중부지역 120.2kWh/㎡, 남부 108.2kWh/㎡, 제주 103.9kWh/㎡로 분석되었다. 지역별 단열성능에 따른 에너지요구량 분석에서 비주거와 마찬가지로 냉난방 에너지에 영향을 주며 냉방은 앞서 설명한바와 같이 평가에서 제외하였다.

<표 2.113> 지역별 단위면적당 연간 에너지 요구량 [kWh/㎡]

구 분	지역	난방	냉방	급탕	조명	합 계
요구량 (kWh/㎡)	중부	62.2	0.0	30.7	27.4	120.2
	남부	50.1	0.0	30.7	27.4	108.2
	제주	45.9	0.0	30.7	27.4	103.9

○ 단위면적당 연간 에너지 소요량

지역별 주거용 표준 건물의 단위면적당 연간 에너지 소요량은 중부지역에서 난방이 99.8kWh/㎡로 가장 높게 나타났으며 제주지역은 75.9kWh/㎡로 분석되었다. 총에너지 소요량은 162.7kWh/㎡로 중부지역에서 가장 높게 나타났으며, 남부 146.6kWh/㎡, 제주 138.8kWh/㎡로 에너지요구량과 마찬가지로 남부지역, 제주지역으로 갈수록 에너지 소요량은 감소하였다. 지역 구분에 따른 급탕과 조명 에너지 소요량은 동일하게 분석되었는데 이는 급탕과 조명은 외피성능에 대한 영향보다 용도프로필과 단위면적당 조명밀도에 의해 산출되기 때문이다.

<표 2.114> 분야별 단위면적당 연간 에너지 소요량 [kWh/㎡]

구 분	지역	난방	냉방	급탕	조명	환기	합 계
소요량 (kWh/㎡)	중부	99.8	0.0	35.5	27.4	0.0	162.7
	남부	83.7	0.0	35.5	27.4	0.0	146.6
	제주	75.9	0.0	35.5	27.4	0.0	138.8

○ 단위면적당 연간 1차 에너지 소요량

지역별 주거용 표준 건물의 단위면적당 연간 1차 에너지 소요량은 연간 에너지 요구량과 마찬가지로 중부지역에서 난방의 경우 76.2kWh/㎡로 가장 높게 나타났으며 남부에서 64.0kWh/㎡, 제주지역이 58.2kWh/㎡로 나타났다. 총에너지 소요량은 177.9kWh/㎡로 중부지역에서 가장 높게 나타났으며 남부와 제주에서도 각각 165.7kWh/㎡, 159.9kWh/㎡로 평가되었다.

<표 2.115> 지역별 단위면적당 연간 1차 에너지 소요량 [kWh/㎡]

구 분	지역	난방	냉방	급탕	조명	환기	합 계
1차에너지소요량 (kWh/㎡)	중부	76.2	0.0	26.4	75.3	0.0	177.9
	남부	64.0	0.0	26.4	75.3	0.0	165.7
	제주	58.2	0.0	26.4	75.3	0.0	159.9

이상에서 분석한 바와 같이 주거용 표준건물에 대한 2013년 에너지절약설계기준의 강화된 단열기준에 대한 지역별 연간 1차 에너지 소요량은 중부 177.9kWh/㎡, 남부 165.7kWh/㎡, 제주 159.9kWh/㎡로 분석되었다. 이는 건축물에너지효율등급 기준과 비교해 볼 때 약 2등급 수준의 건물로 평가되었다.

이와 같이 주거용 건물과 비주거용 건물의 표준건물에 대한 평가수준이 지역 구분에 대해서도 비주거용 표준건물의 경우 최소 261.9 kWh/㎡, 최대 274.2 kWh/㎡로 평가되었고 주거용 표준건물도 지역 구분에 따라 최소 159.9 kWh/㎡, 최대 177.9 kWh/㎡로 평가되어 기존의 EPI 제출 대상의 건물들의 에너지성능의 평균적인 수준을 이와 같이 예측할 수 있다. 본 분석을 바탕으로 다음의 용도별 총량에너지 제한 기준을 마련하고자 한다.

라. 용도별 총량에너지 제한 기준 제시

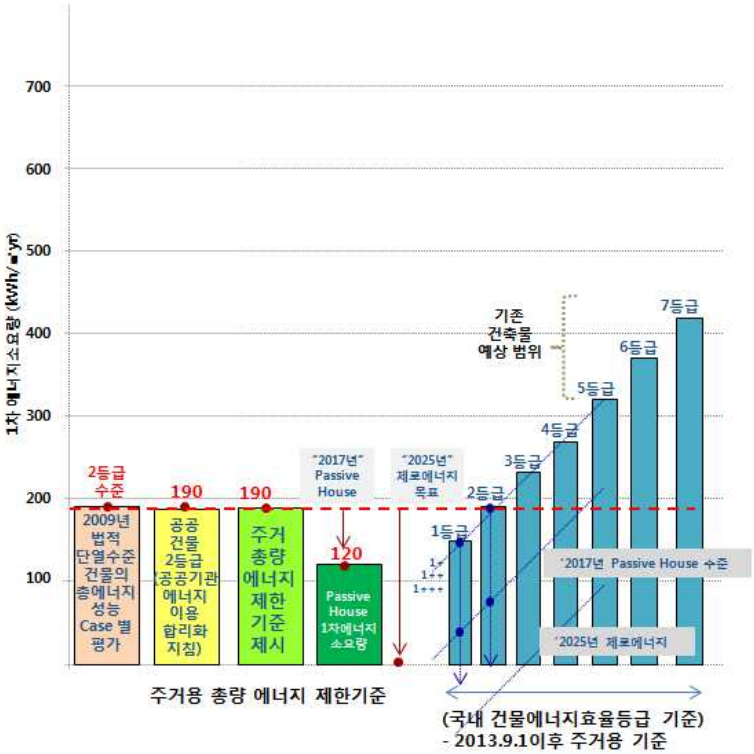
국외에서는 국내보다 앞서 신축 건물에 대한 총량 에너지를 제한하는 기준이 제도화 되어 시행되고 있으며 그 기준도 건물에너지효율등급제도 보다 강화된 기준으로 시행되고 있다. 프랑스와 덴마크의 경우 총량 에너지를 1차 에너지 소요량으로 제시하고 있고 영국, 프랑스 덴마크 모두 주거와 비주거용으로 건물의 용도를 구분하고 있다.



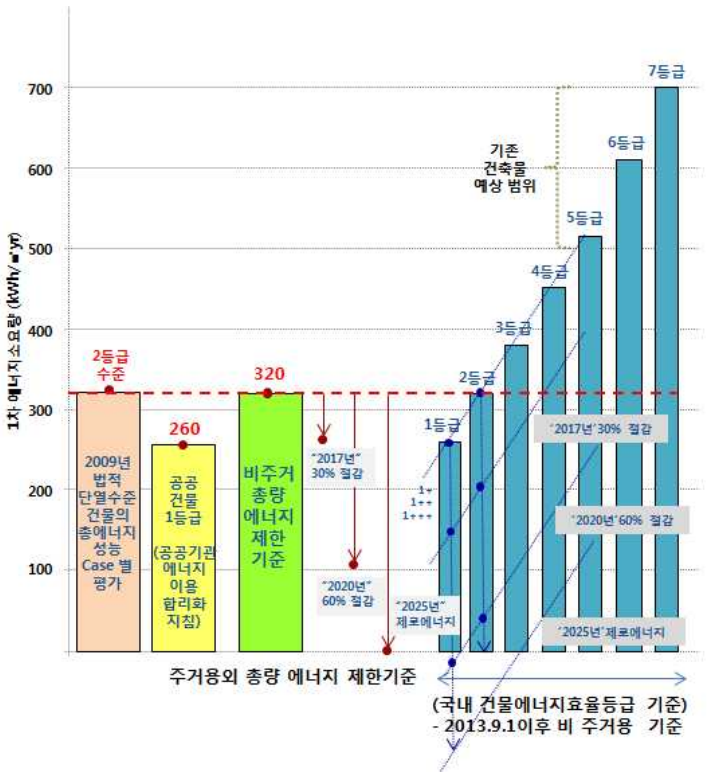
[그림 2.161] 기존 제도와 연계된 총량에너지 제한 기준

국내에서는 그림과 같이 기존의 에너지절약계획서의 에너지성능지표 제출의 용도 구분은 공동주택과 500㎡이상의 주거용 외 건물로 주택1, 주택2, 소형, 대형으로 구분되어 있다. 건축물에너지 효율등급 인증제도에서는 주거용과 주거용 외로 구분되어 있어 기존 제도와의 연계성과 국가 단계적 온실가스 감축량의 목표 달성을 위한 분류 체계 고려해 총량에너지 제한 기준의 용도는 주거용과 주거용 외로 구분하여 제시하고자 한다.

앞장에서 살펴본 바를 바탕으로 국내의 총량에너지 제한 기준은 <표 2.116>에 나타낸 용도별 총량에너지 제한 기준과 같이 도출되었다. [그림 2.162], [그림 2.163]에 나타낸 것과 같이 국내의 건축물 에너지 효율등급과 국가 온실가스 감축 목표와 연계성을 고려하고 표준 건물의 분석을 통해 EPI로 제출되는 건물의 에너지 성능 수준이 2등급 수준의 범위에 포함되어 있음을 확인 하였다.



[그림 2.162] 주거용 건축물의 총량에너지 제한기준



[그림 2.163]주거용 외 건축물의 총량에너지 제한기준

<표 2.116> 용도별 총량 에너지 제한 기준 제시

주거용건축물	주거용 이외의 건축물
연간 단위면적당 1차에너지소요량 (kWh/㎡・년)	연간 단위면적당 1차에너지소요량 (kWh/㎡・년)
190 미만	320 미만

이러한 국내의 건물 설계 현황을 바탕으로 주거용 건물의 2017년 Passive House 수준, 2025년 제로에너지 건물을 목표로 하고 있고 주거용 이외의 건축물의 경우 2017년 30% 절감(2012년 기준), 2020년 60% 절감, 2025년 제로에너지 건축물을 유도하기 위해서 상위에 있는 건축물 에너지 효율등급과의 연계를 고려해 볼 때 결과적으로 용도별 총량에너지 제한 기준은 건축물에너지 효율등급의 2등급 수준인 주거용의 경우 190 kWh/㎡, 주거용 외의 경우 320kWh/㎡으로 제시되어야 한다.


1. 총량에너지 설계기준 결과

항 목	평가 결과	적합 여부
평가용 1차 에너지 소요량 [kWh/㎡・년]	367.7	[ ] 적합 [v] 부적합

사용용도별 1 차에너지 소요량 [kWh/㎡ - 년]	난방	냉방	급탕	조명	환기
	27.1	174.6	11.3	154.7	0.0

[그림 2.164] 용도별 제한 기준에 따른 적합 여부 판단 결과

이렇게 제시된 제한 기준은 총량 프로그램을 통해 용도별 제한기준에 적법여부를 위의 그림과 같이 확인하여 에너지절약계획서와 함께 제출하여 적법여부를 허가단계에서 확인되어야 한다.

국외의 경우 신축건물의 총량 에너지 기준은 각 나라별의 국가 정책과 연결된 기준으로 국가적 온실가스 감축 목표에 따라 특징적으로 분포되어 있다. 영국은 EPC와 동일한 프로그램을 이용하여 신축건물이 법적 건물의 이산화탄소 배출량 이하가 그 기준이 되며 기존 제도와의 유연한 연계성이 특징이다. 또한 프로그램 내에서 총량에너지 뿐만 아니라 의무사항 준수 여부도 확인 할 수 있다는 장점이 있다. 프랑스는 영국과 덴마크와 비교하였을 때 가장 강한 기준으로 시행되고 있다. 2020년 플러스 에너지 건물을 유도하기 위하여 2012년부터 1차 에너지 소요량을 50kWh/㎡・yr로 제한하고 있다. 그러나 프랑스의 경우 국가적 특성상 여기 1차 에너지 소요량에는 냉방에 대한 고려가 국내와는

다르며 추가적으로 최대 난방 부하량, 냉방이 없는 건물의 여름철 열 쾌적 요구조건까지 준수해야 허가를 득할 수 있어 다른 유럽 국가들과는 차별성이 있다. 덴마크의 특징은 건물의 총 에너지 요구량을 제한하는 것이다. 이는 건물의 설비 시스템의 효율성만 강조되는 설계 패턴을 극복하고 건물의 물리적 특성을 강화하고자 하는 의도로 분석된다.

이와 같이 총량 에너지 제한 기준은 각 국가의 로드맵과의 긴밀한 연관관계가 유지되어야 하며 기존 제도와의 유연한 연계성이 지속되어야 한다.

결과적으로 용도별 제한 기준은 국가의 단계적 온실가스 감축 목표량과 긴밀하게 연결된 사항으로 목표 달성을 위해서는 건물 용도별 제한 기준이 구체화된 제도로 마련되어야 하며, 이후에도 지속적으로 국내 설계현황 즉, 건물의 에너지성능에 대한 설계수준을 파악하여야 하며 이에 따라 단계적으로 용도별 제한 기준을 강화해 가야 한다. 이를 위해서는 이와 관련된 유관 기관과의 긴밀한 협조와 연구가 지속되어야 국외의 제도와 같이 선진국 수준의 국내만의 특성을 갖는 용도별 총량 에너지 제한 기준이 마련될 것으로 판단된다.

제3절 연구수행결과 및 결과의 검증 및 검토

1. 국제 표준 설정조건을 적용한 총량에너지 평가 프로그램 검증

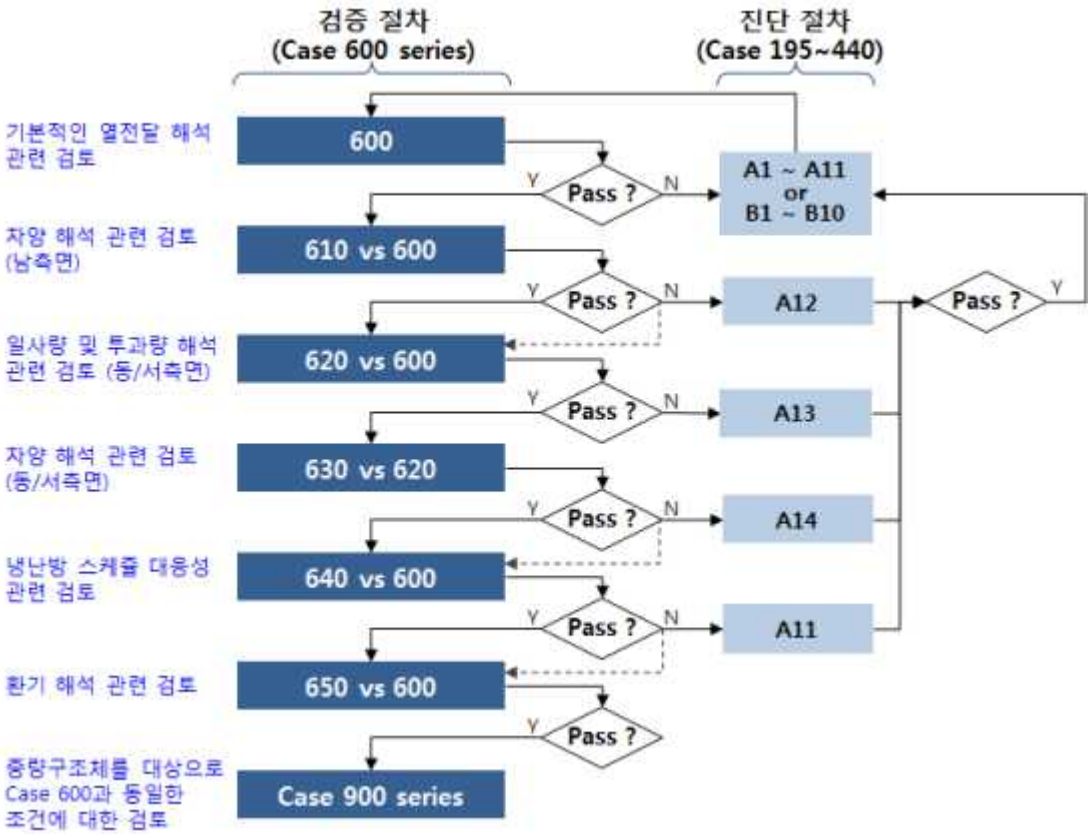
본 연구에서 개발된 총량에너지 평가프로그램의 시뮬레이션 결과에 대하여 BESTEST(The Building Energy Simulation Tests)의 방법론을 참조하여 총량에너지 평가 프로그램의 신뢰도를 검증하였다. BESTEST는 다양한 프로그램을 객관적으로 평가하기 위하여 IEA SHC(International Energy Agency Solar Cooling and Heating Programme Implementing Agreement) 및 NREL(National Renewable Energy Laboratory, 미국), ASHRAE(American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)에서 공동 개발된 방법론으로 임의의 건물에너지 시뮬레이션 프로그램에 대하여 참고S/W(BLAT, DOE2, ESP, SERIRES, S3PAS, TASE, TRNSYS)의 계산결과와 오차를 비교할 수 있다. 이를 통하여 총량에너지 평가프로그램의 계산로직에 대한 진단을 하였다.

가. 입력 조건

1) 개요

IEA BESTEST and Diagnostic Method (Cases 600-990)에서는 건축부문의 전열 해석과 관련하여 검증/진단 내용에 따라 총 40개의 Case가 제시되고 있다. 기본적으로 Case 600, 900 시리즈의 총 16개 Case를 활용하며, 진행 과정에서 결과의 정확도가 확보되지 않는 경우 나머지 Case들을 이용한 상세검토(진단) 실시하였다. 기본 검증 조건은 열용량이 낮은 건물(light thermal mass)로 구성된 Case 600 시리즈이며, 이 단계에서 6가지 요소에 대한 결과를 순차적으로 검토하여 정확도가 확인된 후에 열용량이 높은 건물(Heavy thermal mass)로 구성된 Case 900 시리즈에 대한 검토를 진행하였다.

2) Qualification procedure



[그림 2.165] 검증 절차

※ 냉난방설비 : 용량 1000 kW, 효율 100%

※ 환기설비 : 정격 풍량 1703.16 CMH (침기량에 추가 ≒ 약 13.6 ACH, 송풍기 발열량=0)

3) 전체 Test Case

<표 2.117> Test Case

CASE #	SETPOINTS (c) H,C,V	MASS	(w) INTGEN	ACH INFILTR	OPAQUE SURFACE INT IR EMISSIV	OPAQUE SURFACE EXT IR EMISSIV	OPAQUE SURFACE INT SW ABSORPT	OPAQUE SURFACE EXT SW ABSORPT	(m2) GLASS	ORIENT	(m) SHADE	COMMENTS (see note 2)
395	20,27	L	0	0	.9	.9	NA	.1	see note 3	S	no	Case 395 tests solid conduction
400	20,27	L	0	0	.9	.9	NA	.1	0	S	no	Cases 400,395 test surface convection & IR. (see note 4)
410	20,27	L	0	.5	.9	.9	NA	.1	0	S	no	Cases 410,400 test infiltration.
420	20,27	L	200	.5	.9	.9	NA	.1	0	S	no	Cases 420,410 test internal heat generation.
430	20,27	L	200	.5	.9	.9	NA	.6	0	S	no	Cases 430,420 test exterior solar absorptance & incident solar.
440	20,27	L	200	.5	.9	.9	.1	.6	12	S	no	Cases 440,600 test interior solar absorptance & cavity albedo.
600	20,27	L	200	.5	.9	.9	.6	.6	12	S	no	Cases 600,430 test south solar transmission.
610	20,27	L	200	.5	.9	.9	.6	.6	12	S	1.0mH	Case 610,600 test south overhang.
620	20,27	L	200	.5	.9	.9	.6	.6	6,6	E,W	no	Cases 620,600 test East & West solar transmittance/incidence.
630	20,27	L	200	.5	.9	.9	.6	.6	6,6	E,W	1.0mHV	Cases 630,620 test East & West overhangs & fins.
640	SETBACK	L	200	.5	.9	.9	.6	.6	12	S	no	Cases 640,600 test night setback.
650	27,V	L	200	.5	.9	.9	.6	.6	12	S	no	Case 650,600 test venting.
800	20,27	H	200	.5	.9	.9	NA	.6	0	S	no	Cases 800,430 test thermal mass with no transmitted solar.
810	20,27	H	200	.5	.9	.9	.1	.6	12	S	no	Cases 810,900 test interior solar absorptance & mass interaction.
900	20,27	H	200	.5	.9	.9	.6	.6	12	S	no	Case 900,600 test thermal mass & solar interaction.
910	20,27	H	200	.5	.9	.9	.6	.6	12	S	1.0mH	Cases 910,900 test south overhang/ mass interaction.
920	20,27	H	200	.5	.9	.9	.6	.6	6,6	E,W	no	Cases 920,900 test East & West transmittance/mass interaction.
930	20,27	H	200	.5	.9	.9	.6	.6	6,6	E,W	1.0mHV	Cases 930,920 test East & West shading/mass interaction.
940	SETBACK	H	200	.5	.9	.9	.6	.6	12	S	no	Cases 940,900 test setback/mass interaction.
950	27,V	H	200	.5	.9	.9	.6	.6	12	S	no	Cases 950,900 test venting/mass interaction.
960	2ZONE SS	SEE SPECIFICATION IN TEXT										960 tests passive solar/interzone heat transfer.
990	GROUND COUPLED	SEE SPECIFICATION IN TEXT										990 tests ground coupling.
600FF	NONE	Note1: These cases labelled FF (Free-Float) are exactly the same as the non FF cases except there are no mechanical heating or cooling systems. Thus the interior temperatures are allowed to FREE-FLOAT.										
900FF	NONE											
650FF	NONE,V											
950FF	NONE,V											
see note 1												

Note2: For explanation of TITLES see Note3 at bottom of TABLE 1-11.

Note3: Case 395 has neither a window, nor an "opaque window". It consists of 100% normally insulated wall as specified for the light-weight case.

Note4: Cases 400,395 test surface convection and IR radiation. The major portion of the change in results will be from the opaque window. Increased differences between codes will be from the different film convection & IR algorithms.

4) Case별 건물 모델

가) Case 600

○ 건물 규격 : 8m × 6m × 2.7m = 129.6㎥

○ 창호 : 남측면 12㎡ (차양 없음)

○ 방위 : 정남향

○ 실내설정온도 : 27℃(냉방), 20℃(난방), (자연실온 관련 Case 600FF : 설정온도 없음)

○ 내부발열 : 200W (현열 100%)

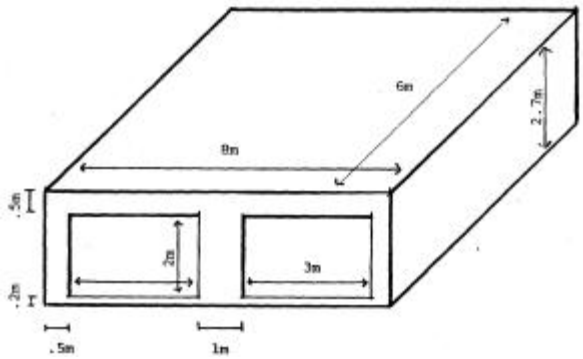
○ 침기량 : 0.5ACH

○ 벽체 사양 : 자재구성 및 상세 물성치 제시

○ 창호 사양 : 열적·광학적 상세 물성치 제시

○ 내외표면 열손실계수 : 29.3 W/㎡K(외부), 6.13~8.29 W/㎡K(내부)

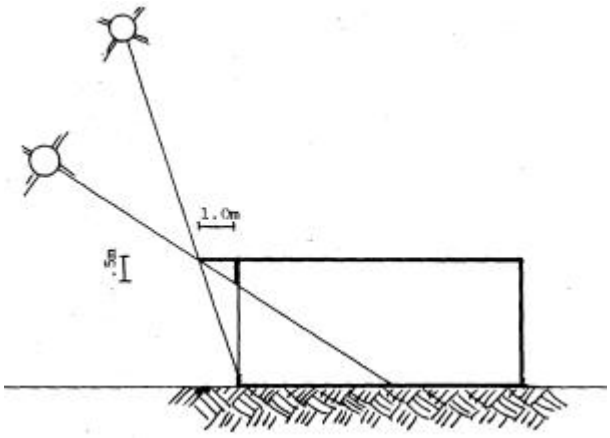
○ 내외표면 일사흡수율 : 0.6



[그림 2.166] Case 600 건물 모델

나) Case 610

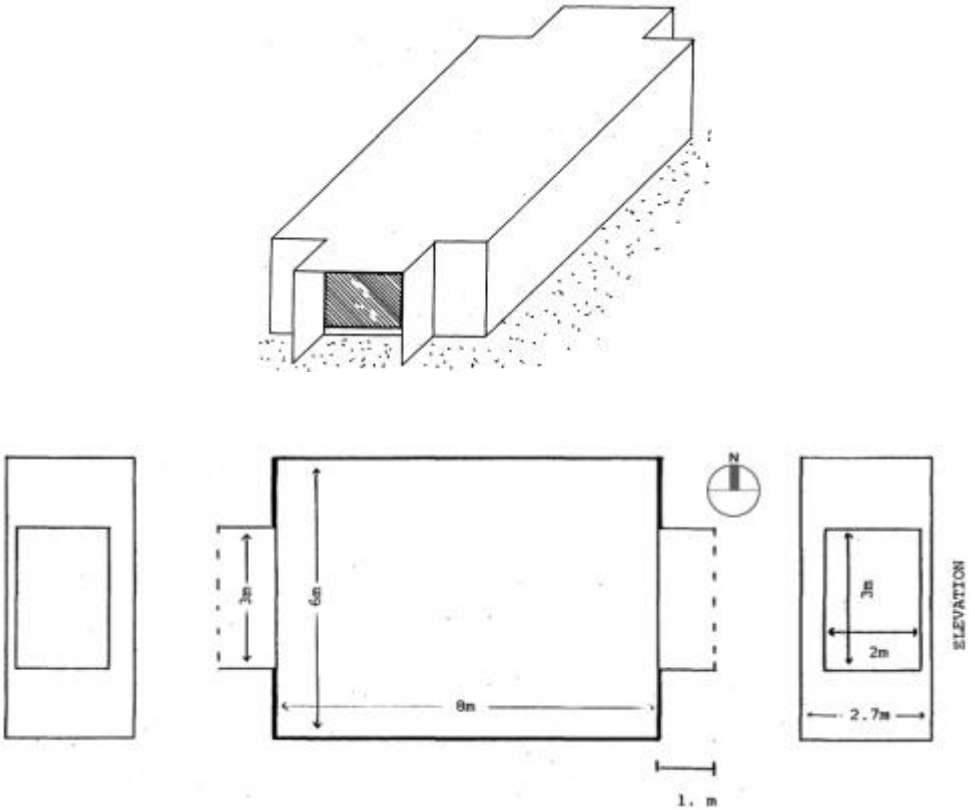
○ Case 600의 모델 건물에서 남측에 폭 1m의 차양이 추가된 형태



[그림 2.167] Case 610 건물 모델

다) Case 620

○ Case 600의 모델 건물에서 동측, 서측에 폭 1m의 차양이 추가된 형태



[그림 2.168] Case 620 건물 모델

라) Case 960

○ Case 600의 모델 건물에서 남측에 폭 2m의 부속존(Sun-zone)이 추가된 형태

○ Sun-zone의 남측 입면에서 창호의 조건은 Case 600과 같으나, 설치위치가 다름(바닥면 0.5m 떨어진 위치에 창호 구성)

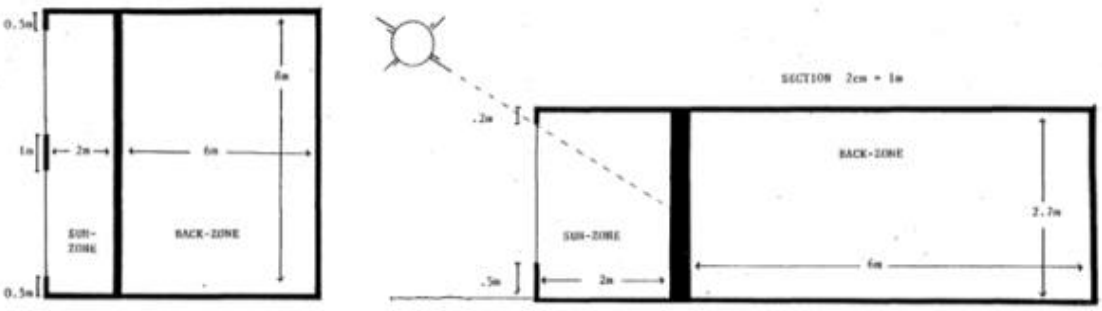
○ Sun-zone과 Back-zone의 사이 벽체의 물성치는 <표 2.118>과 같음

○ Sun-zone의 침기량은 Back-zone과 동일하게 0.5ACH 이며, 내부 발열은 없다고 가정

○ Sun-zone은 비공조 공간으로, 냉난방을 실시하지 않음

<표 2.118> Sun-zone, Back-zone 사이 벽체의 물성치

k (W/mK)	Thickness (m)	U (W/m^2K)	R (m^2K/W)	Density (kg/m^3)	Specific heat (J/kgK)	Shortwave absorptance
0.510	0.20	2.55	0.392	1400	1000	α = 0.6



[그림 2.169] Case 960 건물 모델

5) 입력데이터

○ 기상데이터

<표 2.119> 기상데이터

항목	값
기후	겨울 : 춥고 맑음, 여름 : 덥고 건조함
Format	TMY
위도	N 39.8°
경도	W 104.9°
고도	1,609m
표준시간	7hr
지형	주변에 장애물 없는 평탄지형 (기상관측점과 동일)
지면 반사율	0.2
지표면 온도	10℃
연간 평균 건구온도	9.71℃
최저 건구온도	-24.39℃
최고 건구온도	35.00℃
HDD_18.3	3,636.2℃-days
CDD_18.3	487.1℃-days
연간 평균 노점온도	-1.44℃
연간 평균 절대습도	0.0047
연간 평균 풍속	4.02m/s

연간 최대 풍속	14.89m/s
연간 수평면 전일사량	1,831.82kWh/㎡・year
연간 수평면 직달일사량	1,339.48kWh/㎡・year
연간 수평면 확산일사량	492.34kWh/㎡・year
연간 법선면 직달일사량	2,353.58kWh/㎡・year

※ 제공된 TMY 파일에서 총량 평가 프로그램에 필요한 기상 데이터를 추출함

최고/최저 온도(냉난방 최대부하 산출)

- 월평균 기온
- 월평균 수평면 전일사량
- 월평균 수직면 전일사량(8방위) : TRNSYS 이용
- 월평균 경사면 전일사량(남향, 남동향, 남서향, 동향, 서향, 경사각 : 45도) : TRNSYS 이용
- 월별 시간평균 온도
- 월별 시간평균 습도
- 월별 차양감소계수(8방위) : 가동형 루버 적용 시에만 필요한 항목이므로 제외함
- 침기율(환기횟수)

<표 2.120> 설정 환기 횟수

고도보정 알고리즘	입력데이터	보정계수
고도 자동보정 기능 있는 경우	0.5 또는 1	1
해수면 고도로 고정된 경우	0.41 또는 0.822※	0.822

※ 0.5 × 0.822 = 0.41, 1 × 0.822 = 0.822

○ 표면 열전달계수

- 프로그램 자체 계산이 불가한 경우, 표면 방사율에 따른 종합 열전달계수 제시 (1.57~9.26W㎡K)

○ 내부발열은 기본적으로는 200W(고정값) 고려

○ 일사 유입 관련 차양 : 기본 차양 조건 제시

○ 기타

- 지중열전달 : 단열경계조건에 가까운 조건으로 설정하여 지중열의 영향을 최소화
- 기계설비 : 100% 대류방식, 실내 공기온도에 의한 on-off 제어(dead band 제시), 잠열부하 무시, 냉난방 열원 용량 및 효율(각각 1000kW, 100%), 공조풍량, 운전시간 등 제시

6) 제공되는 결과물 (* : 현재의 총량에너지 평가프로그램으로 비교 가능한 항목)

○ 연간 냉난방 요구량*

○ 최대 냉난방 요구량 및 출현 일시

○ 최대, 최소 자연실온 및 출현 일시, 평균 자연실온

○ 연간 단위면적당 투사 일사량(4방위 및 수평면)

○ 연간 창호 투과 일사량(차양 유무별)

○ 연간 실내온도 출현 빈도수(1℃ 간격)

○ 시간별 실내온도

○ 시간별 냉난방 요구량

○ 시간별 일사량

나. ECO2 설정 변경 사항

1) 기상데이터

○ ECO2 기상데이터 형식 (최고/최저 기온, 월평균 온도, 월평균 수평면전일사량, 월평균 수직면전일사량(8방위), 월평균 45도 경사면 전일사량(5방위), 월별 시간평균 온도, 월별 시간평균 상대습도)에 맞춰 BESTEST 기상데이터 가공

○ 외부 풍속 및 일사량은 시간에 따라 변동하나, 외기 온도 및 습도, 노점온도에 대해서는 상시 일정하다고 가정 (외기온도 및 상대습도가 다른 4가지 기상데이터 제공)

- 총 3개월간의 시간별 기상데이터 제공 (연간 기상데이터 : 3개월 단위로 반복)

○ 지면 반사율을 고려 (BESTEST값: 0.2)

2) 용도프로필

○ 냉방/난방설정 온도 (BESTEST값: 27(22.2도)/20도)

○ 내부발열 조건 (BESTEST값: 현열 100%, 200W, 24시간. 인체/기기 등 별도의 부하조건은 고려하지 않음)

○ 사용시간 (BESTEST값: 24시간)

○ 급탕요구량 (BESTEST값: 0)

3) 경계조건

○ 방사율 조정 (BESTEST값: 0.9)

○ 창문의 프레임 비율 (BESTEST값: 0 %)

○ 벽체의 표면 흡수율 조정 (BESTEST값: 0.6)

○ 모든 구조체의 열용량을 Wh/㎡의 값으로 직접 입력(공기의 열용량 무시)

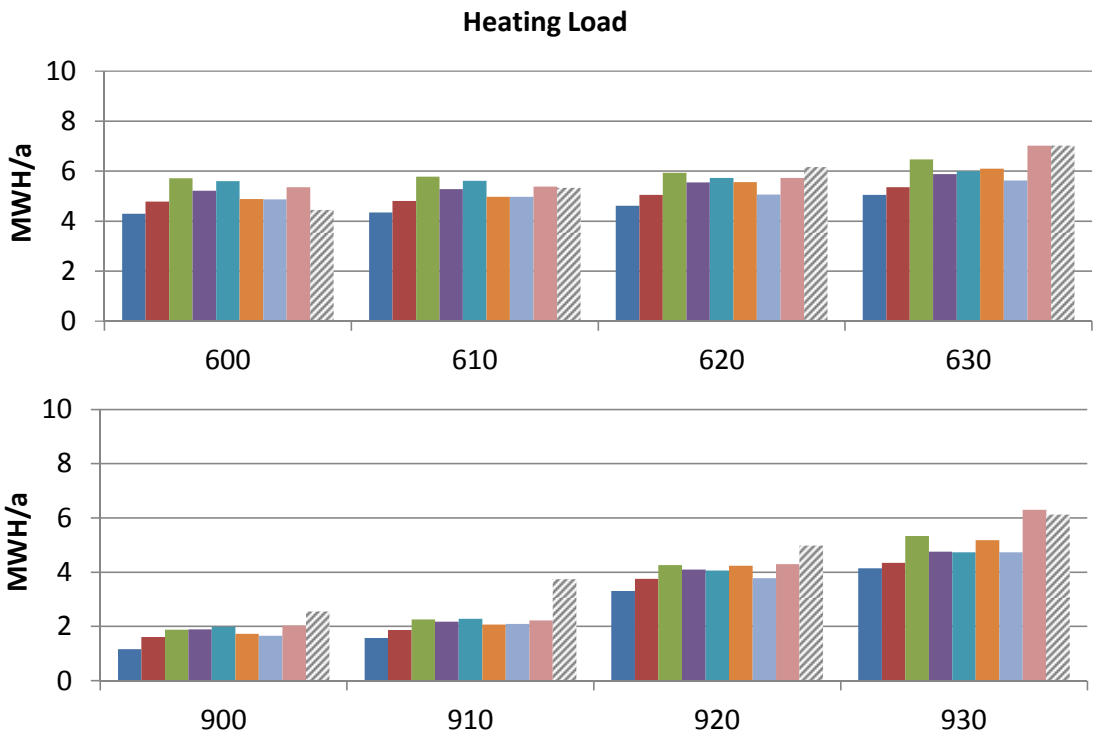
4) 환기 관련

○ 50pa일 때의 침기량 조정 (BESTEST값: 해수면레벨의 압력조건으로 변경)

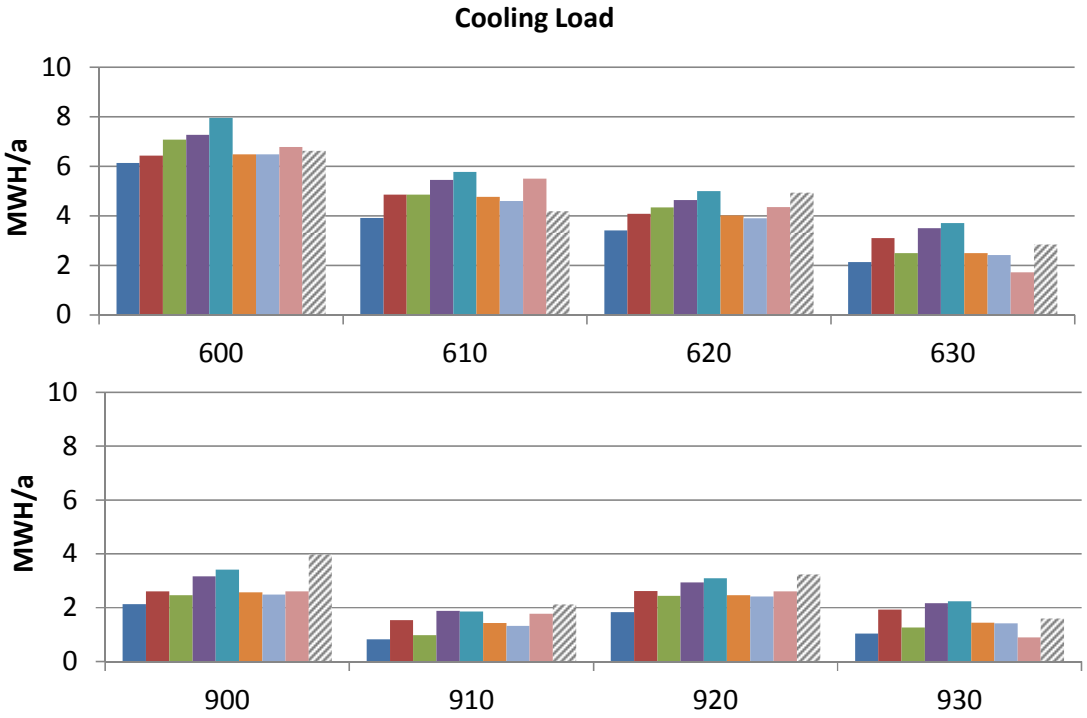
○ 자연외기도입량 조정 (BESTEST값: 0)

다. 계산 결과 비교 검토

BESTEST는 8개의 건물 에너지 계산 프로그램을 이용한 일정 조건에서의 결과 값들을 제시하고 있다. 검증하고자 하는 프로그램의 동일한 설정조건에서의 결과 값과 제시된 결과 값들과의 차이를 비교함으로서 계산 로직을 점검하는 방식을 하고 있다. <표 2.121>, <표 2.122>와 [그림 2.170], [그림 2.171]에 본 과제에서 비교 대상으로 한 Case600~930의 BESTEST에서 제시하고 있는 결과 값들과 총량프로그램의 결과 값을 난방 요구량과 냉방 요구량으로 나눠 나타내었다.



[그림 2.170] 각 Case별 난방요구량 [MWH/a]



[그림 2.171] 각 Case별 냉방요구량 [MWH/a]

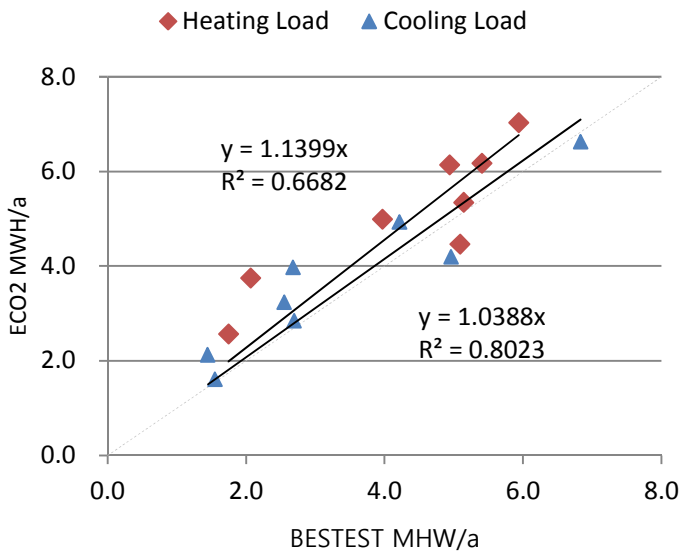
<표 2.121> 연간 난방요구량 [MWH/a]

	ESP	BLAST	DOE2	SRES/SUN	SERIRES	S3PAS	TRNSYS	TASE	MIN	MAX	Mean	총량 평가 프로그램
	UK-DMU	US/IT	USA	USA	UK-BRE	SPAIN	BEL/UK	FINLAND				
600	4.296	4.773	5.709	5.226	5.596	4.882	4.872	5.362	5.709	4.296	5.1	4.452
610	4.355	4.806	5.786	5.28	5.62	4.971	4.97	5.383	5.786	4.355	5.1	5.336
620	4.613	5.049	5.944	5.554	5.734	5.564	5.073	5.728	5.944	4.613	5.4	6.164
630	5.05	5.359	6.469	5.883	6.001	6.095	5.624	7.018	7.018	5.05	5.9	7.023
900	1.17	1.61	1.872	1.897	1.988	1.73	1.655	2.041	2.041	1.17	1.7	2.560
910	1.575	1.862	2.254	2.174	2.282	2.063	2.097	2.22	2.282	1.575	2.1	3.742
920	3.313	3.752	4.255	4.093	4.058	4.235	3.776	4.3	4.3	3.313	4.0	4.979
930	4.143	4.347	5.335	4.755	4.728	5.188	4.74	6.306	6.306	4.143	4.9	6.126

<표 2.122> 연간 냉방요구량 [MWH/a]

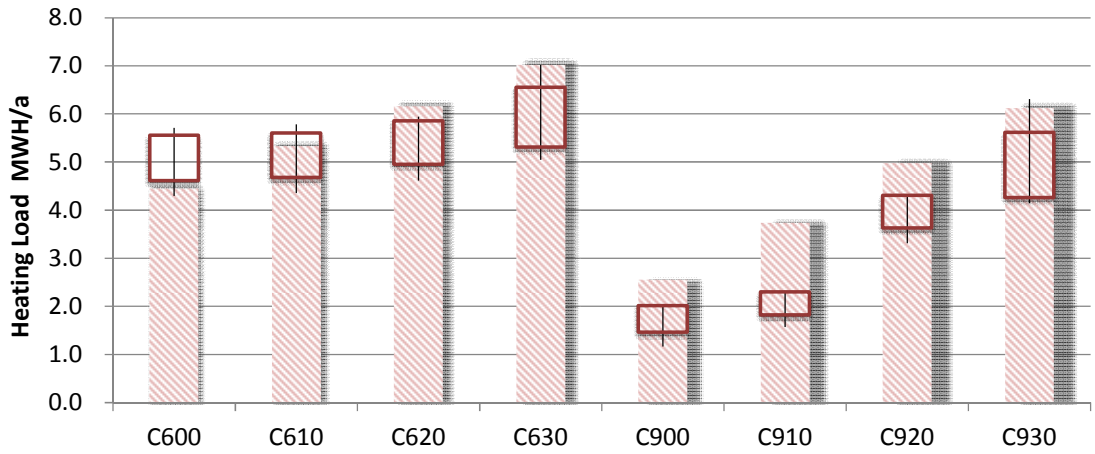
	ESP	BLAST	DOE2	SRES/SUN	SERIRES	S3PAS	TRNSYS	TASE	MIN	MAX	Mean	총량평가프로그램
	UK-DMU	US/IT	USA	USA	UK-BRE	SPAIN	BEL/UK	FINLAND				
600	6.137	6.433	7.079	7.278	7.964	6.492	6.492	6.778	7.964	6.137	6.8	6.625
610	3.915	4.851	4.852	5.448	5.778	4.764	4.601	5.506	5.778	3.915	5.0	4.193
620	3.417	4.092	4.334	4.633	5.004	4.011	3.901	4.351	5.004	3.417	4.2	4.930
630	2.129	3.108	2.489	3.493	3.701	2.489	2.416	1.721	3.701	1.721	2.7	2.842
900	2.132	2.6	2.455	3.165	3.415	2.572	2.485	2.599	3.415	2.132	2.7	3.971
910	0.821	1.533	0.976	1.872	1.854	1.428	1.326	1.767	1.872	0.821	1.4	2.126
920	1.84	2.616	2.44	2.943	3.092	2.457	2.418	2.613	3.092	1.84	2.6	3.237
930	1.039	1.934	1.266	2.173	2.238	1.439	1.416	0.894	2.238	0.894	1.5	1.605

상기 결과 값의 평균을 X축으로 총량프로그램의 계산 결과를 Y축으로 한 산포도는 [그림 2.172]와 같다. Case600~630, Case900~930의 결과, 연간 난방 에너지 요구량은 평균오차율 13%, 냉방 에너지 요구량은 평균오차율 4%를 보였다. 냉방요구량의 경우 R2값이 0.8로 비교적 유의한 결과를 갖으나 난방요구량은 R2값이 0.6으로 개개로 보면 더 큰 오차가 있을 것이라고 생각된다.

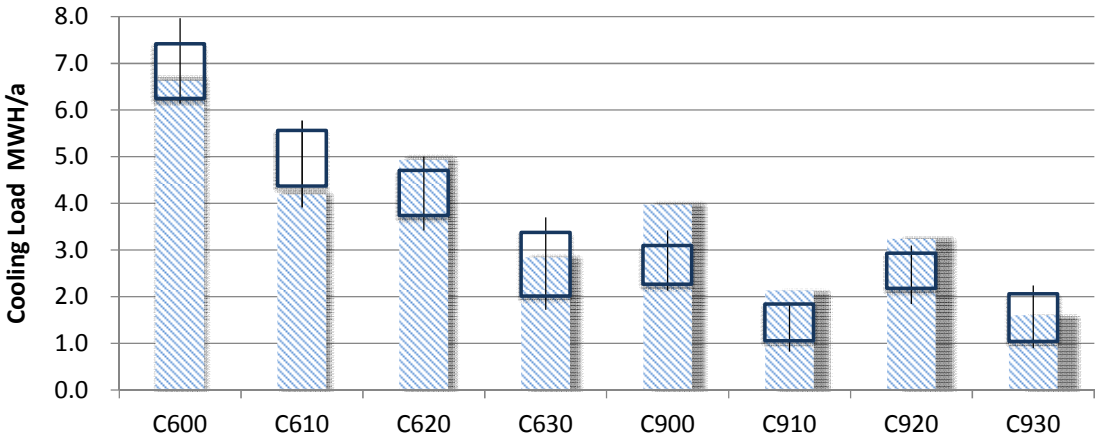


[그림 2.172] 냉난방 요구량 비교

[그림 2.173], [그림 2.174]에 각 Case별로 BESTEST의 결과 중의 최대값, 최소값, 표준편차를 산출 하여 비교함. 본 그래프가 총량프로그램의 결과를 나태내고, 박스의 상단과 하단이 각각 평균+표준편차, 평균-표준편차로 나타냄. 박스에서 돌출된 검은 선의 상단은 최대값이고 하단은 최소값을 나타낸다. 그 결과 열용량이 작은 C600~630번은 프로그램 결과끼리의 편차가 크게 나타난다. 총량 프로그램의 결과에는 C620번의 난방요구량을 제외하고는 모두 최대, 최소값 사이에 들어오는 결과를 보였다. 또한 열용량이 큰 C900~930번의 결과는 난방요구량, 냉방요구량 모두 총량프로그램의 계산결과가 크게 나오는 결과를 보였다.



[그림 2.173] 난방 요구량 표준편차/최대·최소값 비교



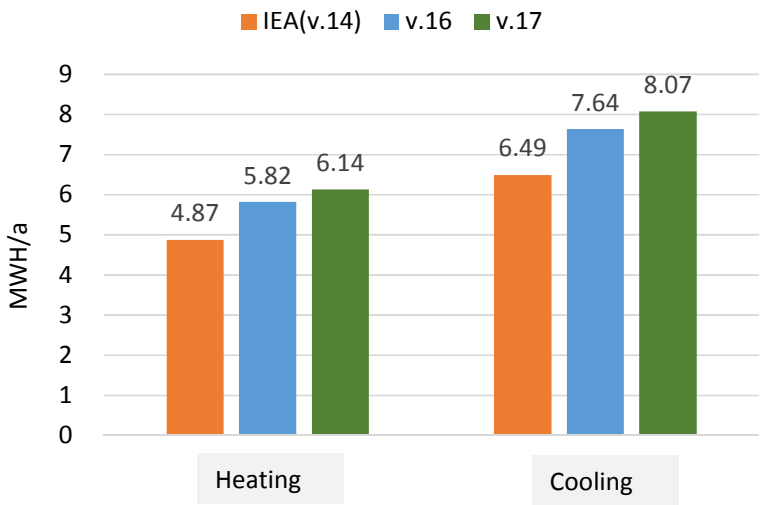
[그림 2.174] 냉방 요구량 표준편차/최대·최소값 비교

라. 월별 에너지 요구량의 비교 검토

BESTEST에서 제공하는 결과 값과 총량프로그램의 결과는 난방요구량이 조금 크게 나오는 경향이 있으나 유사한 15% 이내의 오차 범위에 있다는 것을 확인했다. 하지만 이는 평균치와 비교하여 총량프로그램의 계산 값이 난방요구량이 약 14%의 차이를 보인다는 점을 확인했으나 여기서는 연간 에너지 요구량 총량만의 비교로 정확히 차이가 나는 요소를 파악하기 위해 Hourly 형식의 시뮬레이션 프로그램인 TRNSYS를 이용하여 각 월별 에너지 요구량을 비교 분석하였다.

1) BESTEST C600의 TRNSYS v.14와 v.16의 계산 결과 비교

BESTEST에서 사용했던 BESTEST에서 사용했던 TRNSYS v.14와 현재 사용되고 있는 TRNSYS v.16과의 연간 에너지 요구량의 계산결과를 비교하였다. 그 결과, Case600의 경우 직접 계산한 v.16의 계산 결과가 17~19% 크게 나오는 결과를 보였다.



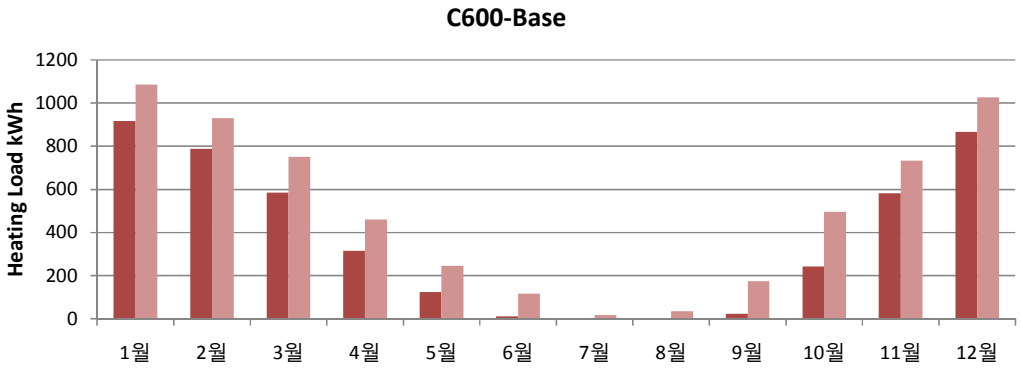
[그림 2.175] TRNSYS v.14와 v.16의 비교

2) BESTEST C600의 월별 에너지 요구량 비교

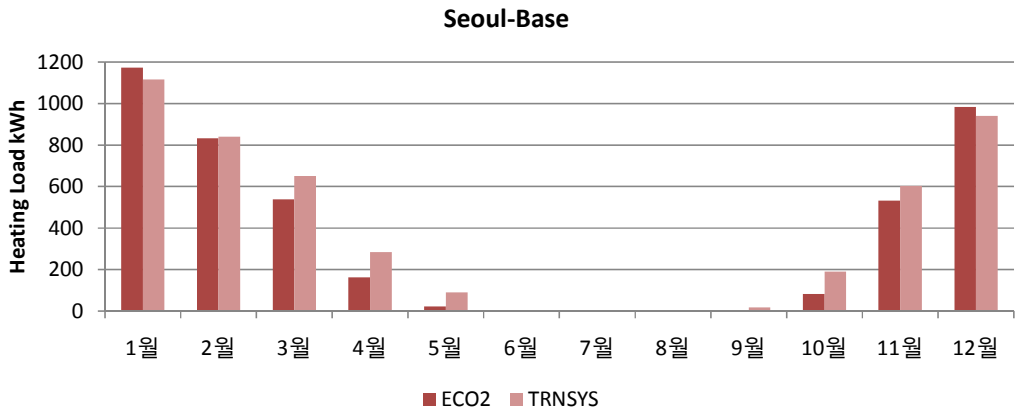
직접 계산한 TRNSYS의 결과와 총량프로그램의 결과를 월별 데이터로 비교 검토하였다. BESTEST의 C600번 모델과 설정조건을 이용하여 BESTEST에서 제공하는 기상데이터(이하, BESTEST)로 계산한 결과와 서울의 기상데이터(이하, Seoul)를 이용하여 계산한 결과를 각각 수록하였다.

BESTEST의 계산 결과, TRNSYS는 총량프로그램의 결과값에 비해 난방요구량이 매월 약 20~25% 크게 나오며, 총량프로그램 결과에서는 발생하지 않는 냉방기의 난방요

구량이 발생하였다. Seoul의 경우, 난방요구량의 결과 값이 매우 유사하며 냉방기의 난방요구량도 두 프로그램 모두 발생하지 않았다.

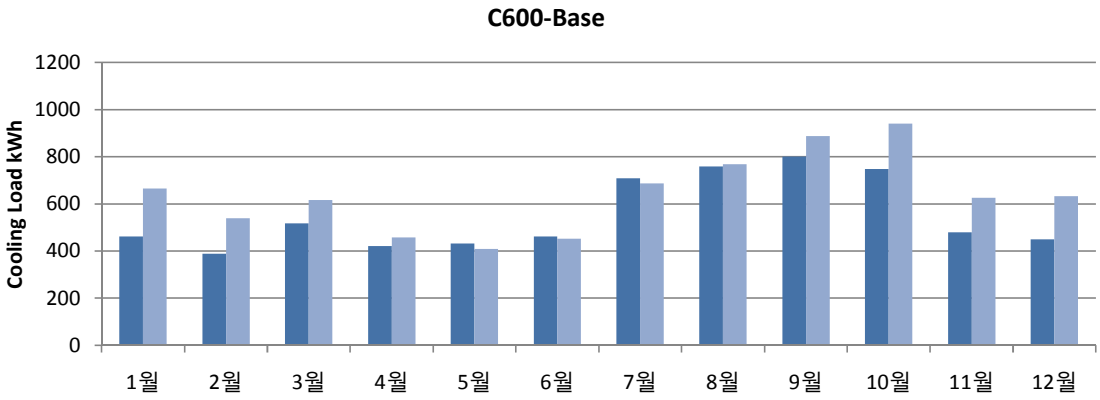


[그림 2.176] C600의 BESTEST기상데이터의 난방요구량

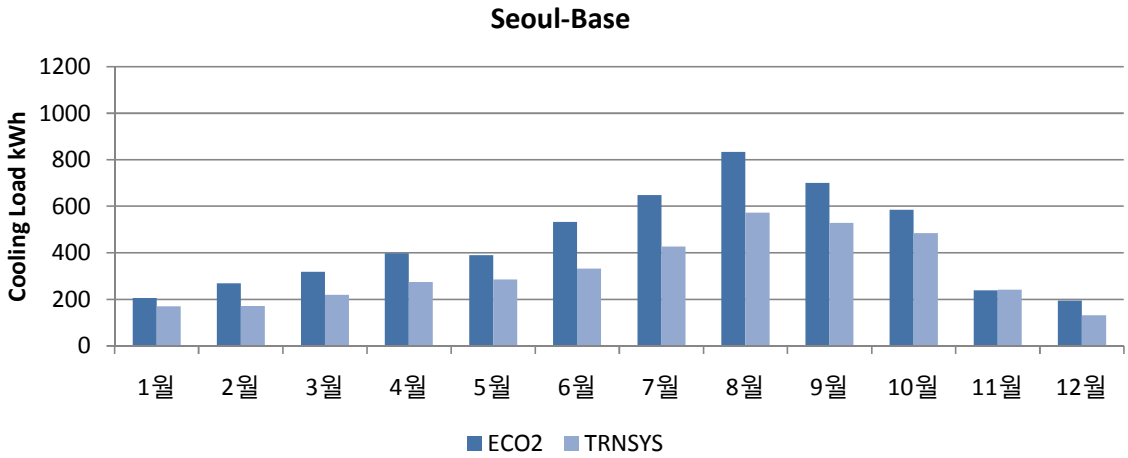


[그림 2.177] C600의 Seoul기상데이터의 난방요구량

BESTEST의 결과, 난방기에 발생하는 냉방요구량만이 TRNSYS가 총량 프로그램에 비해 약 30~40%정도 크게 나왔다. Seoul의 경우, 연중 총량프로그램의 결과가 약 30% 정도 크게 나타남. 그러나 두 지역 모두 냉방요구량이 발생하는 월별 패턴은 유사하게 나왔다.



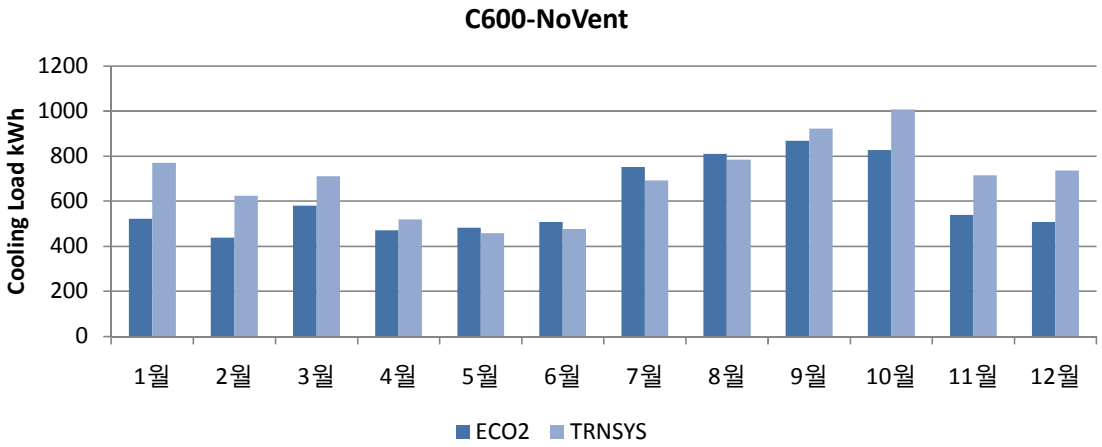
[그림 2.178] C600의 BESTEST기상데이터의 냉방요구량



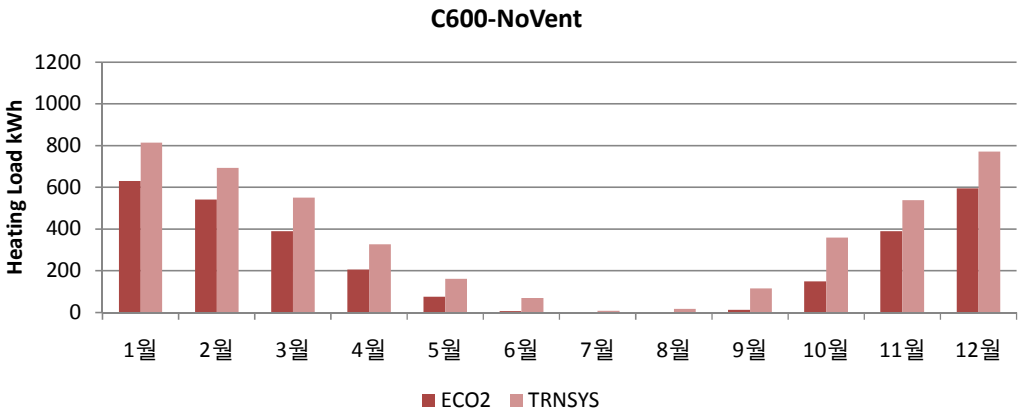
[그림 2.179] C600의 Seoul기상데이터의 냉방요구량

3) 환기의 영향을 제외한 월별 에너지 요구량 비교

자연환기 설정을 제거한 상태를 비교한 결과, BESTEST의 난방요구량은 총량프로그램의 경우 약 33%, TRNSYS의 경우 약 27%정도가 감소하여 두 결과 값의 차이가 더 커지는 결과를 보였다. 냉방요구량은 환기가 없어짐으로 인해 두 프로그램 모두 약 10%의 증가를 보였다. Seoul도 감소폭은 다소 커지나 이와 유사한 경향을 보여 여기서는 그래프를 생략하였다.



[그림 2.180] C600의 BESTEST기상데이터의 냉방요구량(환기無)



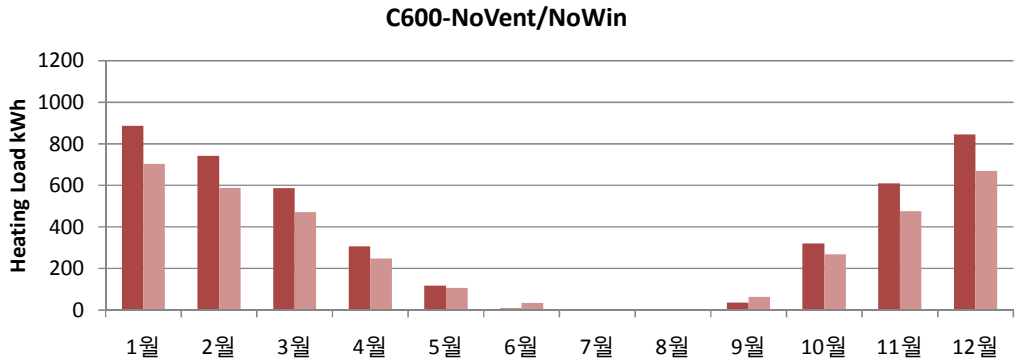
[그림 2.181] C600의 BESTEST기상데이터의 난방요구량(환기無)

4) 일사의 영향을 제외한 월별 에너지 요구량 비교

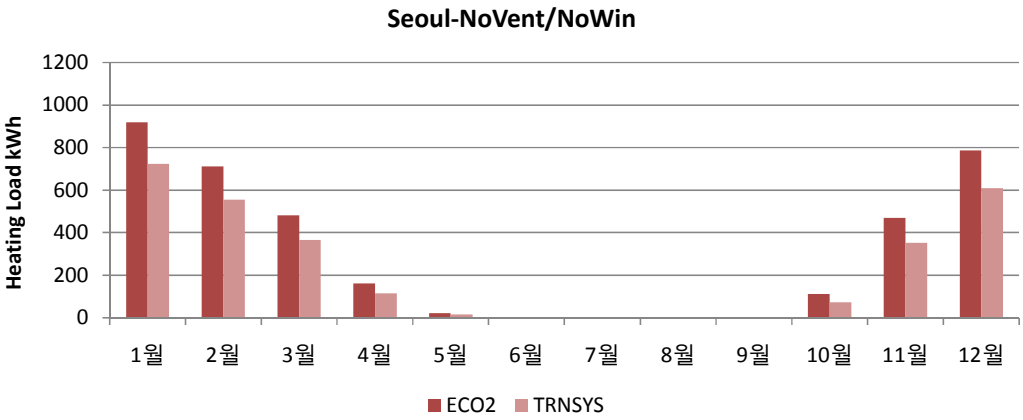
일사가 요구량의 계산결과에 미치는 영향을 파악하기 위해 남면 창문과 환기를 제거한 모델의 계산 결과를 비교하였다.

BESTEST기상데이터의 조건에서 창문을 제거함으로 인해 총량프로그램의 난방요구량은 50% 증가하나 TRNSYS의 경우 약 18% 정도 감소하여 총량프로그램의 계산 결과가 약 20% 크게 나왔다. Seoul의 경우, TRNSYS의 결과 값이 총량에 비해 20%~23% 정도 작게 나오는 것을 확인하였다. 두 결과 값의 차이가 거의 없었던 Seoul-NoVent에 비해 TRNSYS의 감소폭이 총량프로그램보다 커 약 23%의 차이가 생기는 결과를 보였다. 이는 NoVent 조건의 결과와는 상반되는 결과로 이는 총량프로그램의 경우 일사가 난방요구량의 감소에 크게 기여하나 TRNSYS의 경우 일사가 벽체에의 축열 등 난방요구량의 감소에 직접적으로 기여하지 않는 로직의 사용이 원인으로 생각된다. 또한 저녁의 창

문으로 손실되던 전도열량의 감소로 총 난방요구량은 감소한 것으로 계산되어진 것으로 예상된다.

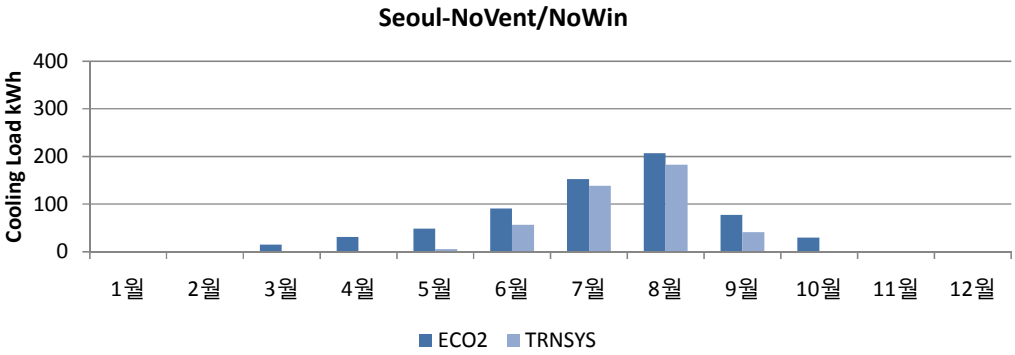


[그림 2.182] C600의 BESTEST기상데이터의 난방요구량(환기無, 창문無)

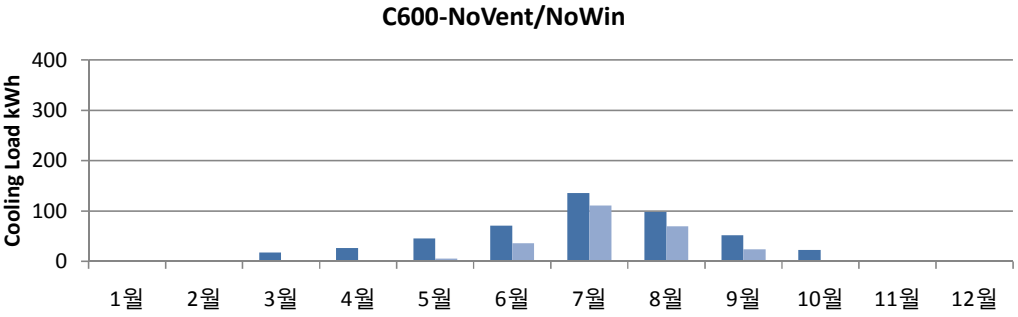


[그림 2.183] C600의 Seoul기상데이터의 난방요구량(환기無, 창문無)

냉방요구량은 일사가 차단됨으로 인해 양 프로그램 모두 95%이상 크게 감소하였다. BESTEST와 Seoul 모두, 냉방요구량이 연중 비슷한 결과를 나타내는 것을 확인하였다.



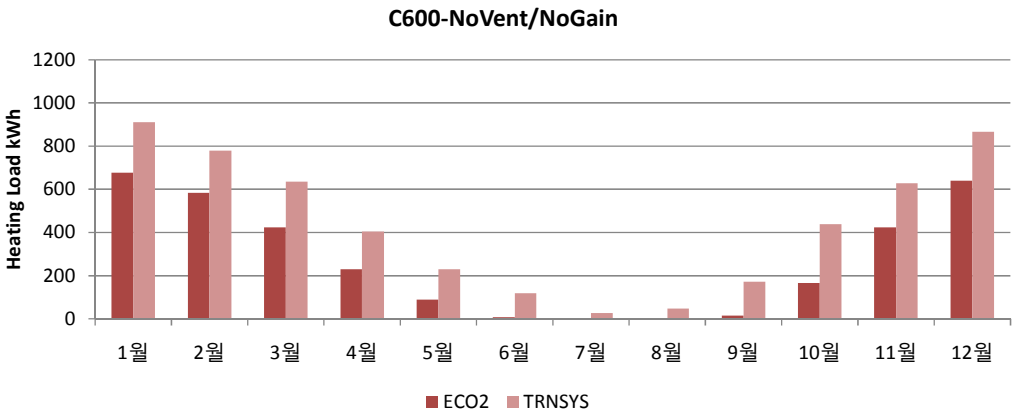
[그림 2.184] C600의 Seoul기상데이터의 냉방요구량(환기無, 창문無)



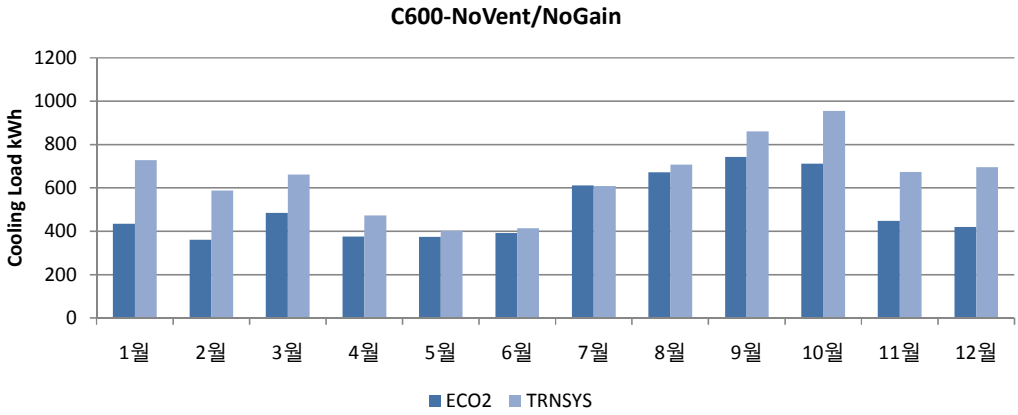
[그림 2.185] C600의 BESTEST기상데이터의 냉방요구량(환기無, 창문無)

5) 내부발열의 영향을 제외한 월별 에너지 요구량 비교

내부 발열의 영향을 제외한 경우, 환기의 영향을 없앤 결과와 유사하게 나타났다.



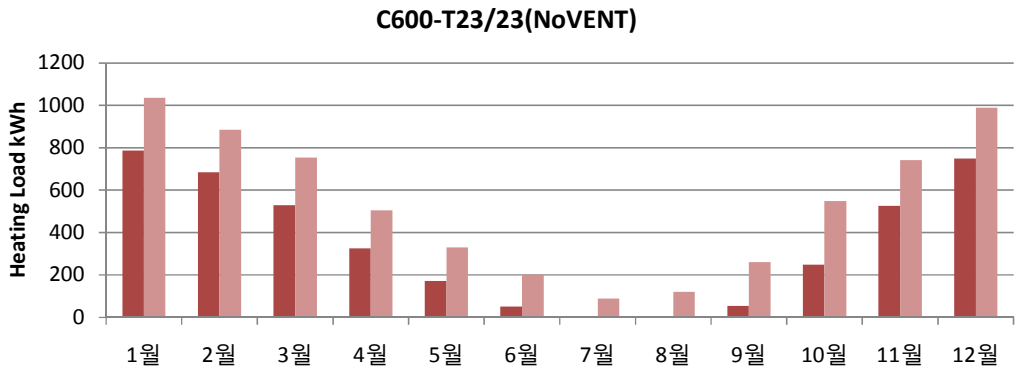
[그림 2.186] C600의 BESTEST기상데이터의 난방요구량(환기無, 발열無)



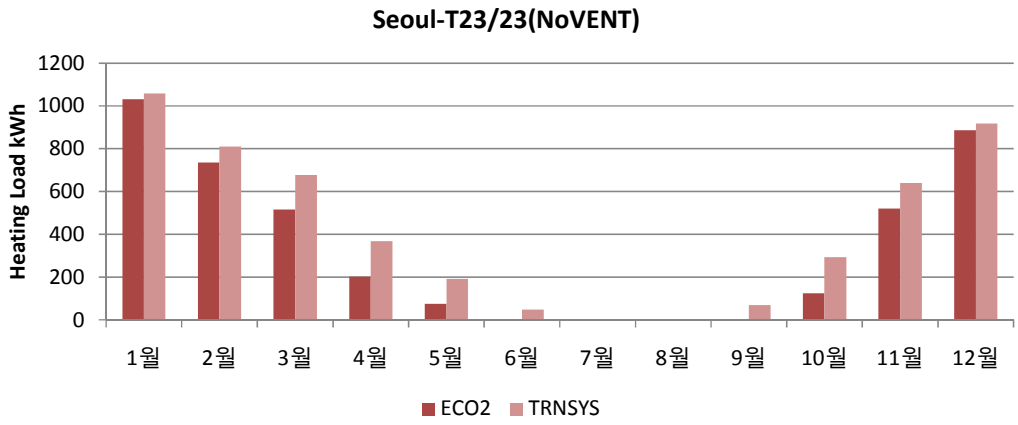
[그림 2.187] C600의 BESTEST기상데이터의 냉방요구량(환기無, 발열無)

6) 실내 설정온도를 변경한 조건(난23,냉23)에서의 월별 에너지 요구량 비교

난방 설정온도 20도를 23도로 설정을 바꿈으로 인해 난방요구량은 각 월별로 총량프로그램이 약 20%, TRNSYS가 약 30%정도의 증가를 보이나 큰 차이는 보이지 않았다. BESTEST와 Seoul의 차이는 보이지 않았다.

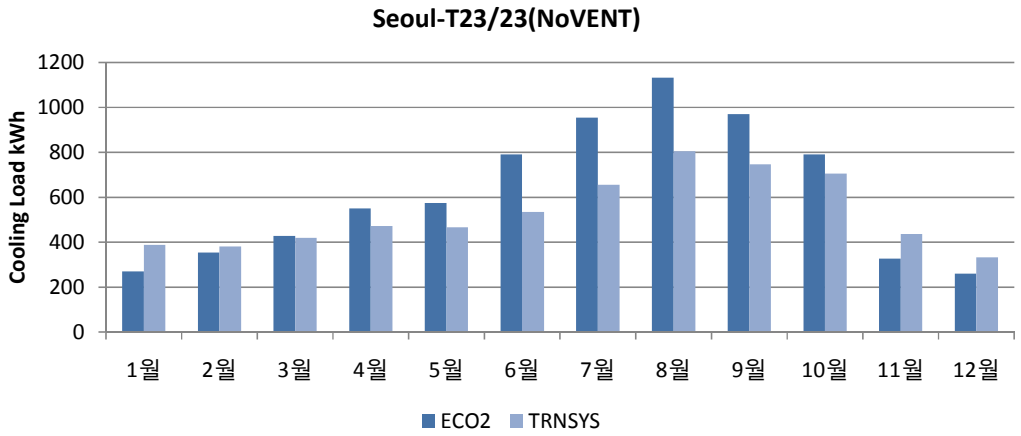


[그림 2.188] C600의 BESTEST기상데이터의 난방요구량(환기無, 설정온도변경)

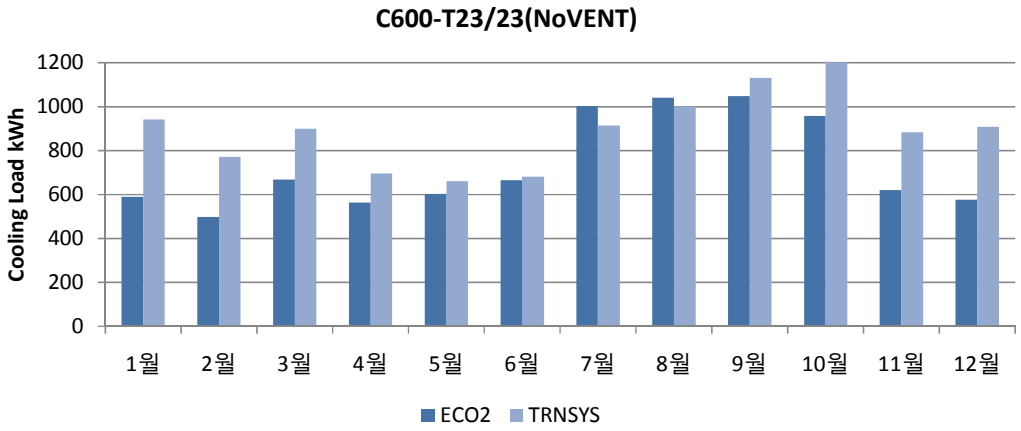


[그림 2.189] C600의 Seoul기상데이터의 난방요구량(환기無, 설정온도변경)

BESTEST의 경우, 냉방 설정온도 27도를 23도로 설정을 바꿈으로 인해 BESTEST의 냉방요구량은 총량 프로그램의 경우 각 월별로 20%전후의 증가를 보였으나 TRNSYS는 25%전후의 증가를 보였다. Seoul의 경우, 총량 프로그램의 경우 각 월별로 25%전후의 증가를 보였으나 TRNSYS는 35%전후의 증가를 보였다. 또한, BESTEST는 난방기의 냉방요구량이 TRNSYS가 크게 나오고 냉방기의 냉방요구량은 두 계산결과가 비슷하게 나오나, Seoul의 경우 난방기의 냉방요구량이 두 결과 값이 유사하고 냉방기의 냉방요구량이 총량 프로그램이 크게 나오는 경향을 보였다.



[그림 2.190] C600의 Seoul기상데이터의 냉방요구량(환기無, 설정온도변경)

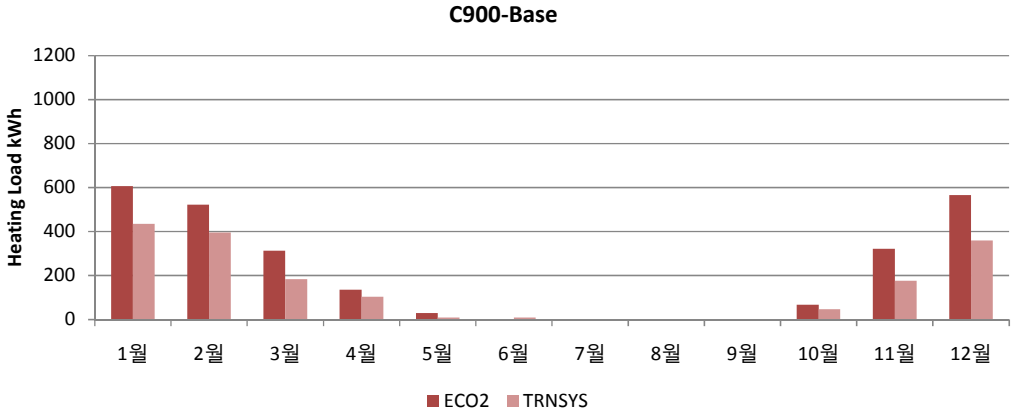


[그림 2.191] C600의 BESTEST기상데이터의 냉방요구량(환기無, 설정온도변경)

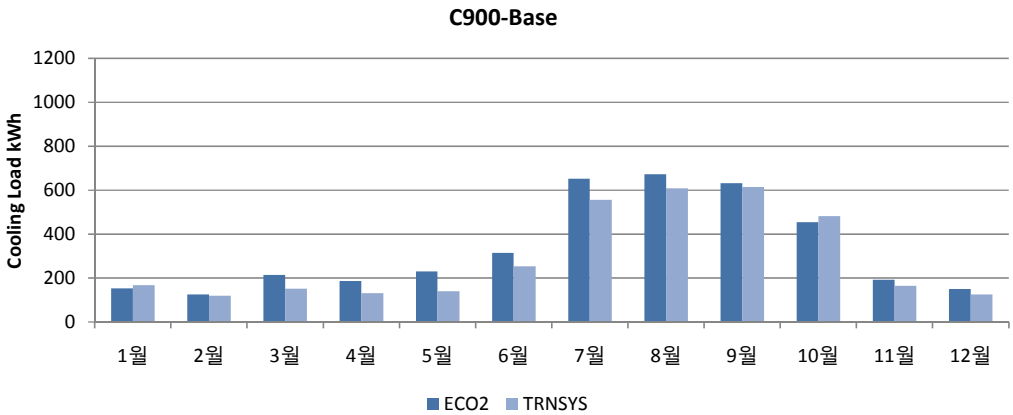
7) 열용량이 다른 조건에서의 월별 에너지 요구량 비교

축열에 대한 영향을 비교하기 위해 열용량이 Case600의 5.5배가 되는 Case900 모델을 이용하여 계산을 한 결과를 비교하였다.

그 결과, 난방요구량은 Case600이 총량프로그램의 결과가 TRNSYS의 결과보다 작게 나온 결과와는 반대로 Case900은 총량 프로그램이 33%정도 크게 나타났다. 냉방요구량도 총량프로그램의 결과가 TRNSYS의 결과보다 작았던 Case600과 반대로 Case900에서는 12%정도 총량 프로그램의 결과 값이 크게 나타났다. TRNSYS의 결과 값이 건물의 열용량이 커짐으로 인해 난방요구량, 냉방요구량의 감소폭이 크게 나타는 것이 원인이라고 생각되어 진다. Seoul도 유사한 결과를 보이므로 여기서는 그래프를 생략하였다.

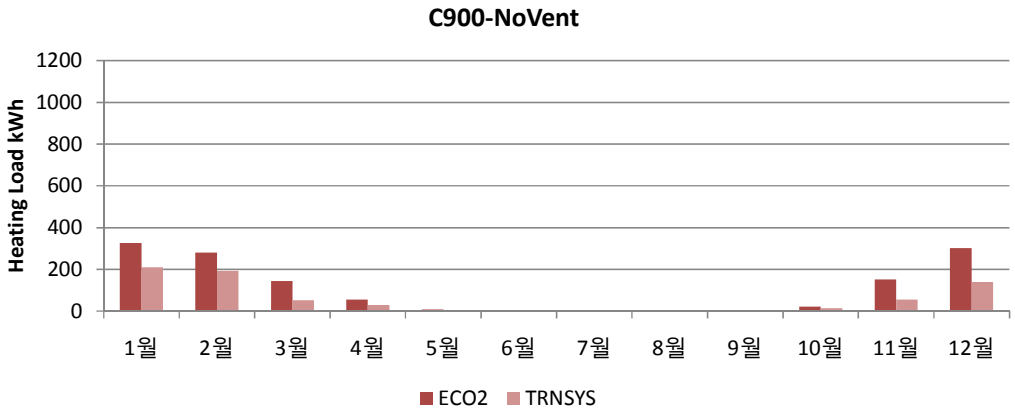


[그림 2.192] C900의 BESTEST기상데이터의 난방요구량

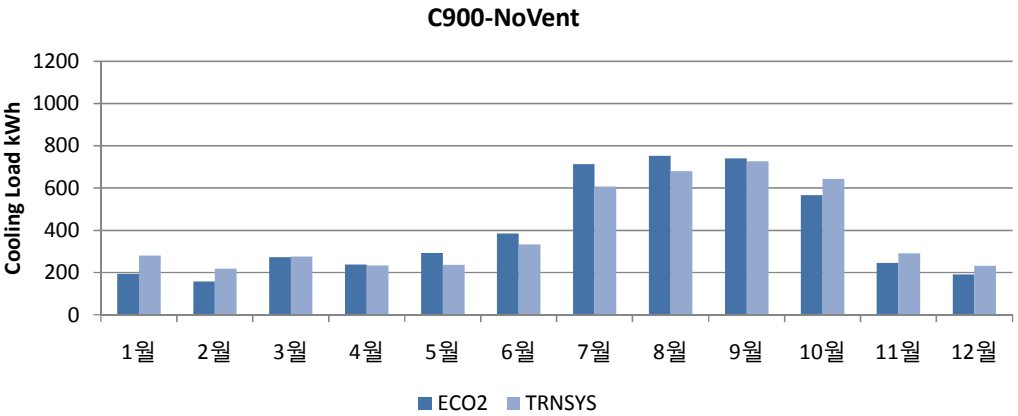


[그림 2.193] C900의 BESTEST기상데이터의 냉방요구량

Case900 모델을 환기의 영향을 제외한 계산 결과를 비교함. 환기가 있는 결과와 유사한 경향을 가진다. Seoul도 유사한 결과를 보여 여기서는 그래프를 생략하였다.



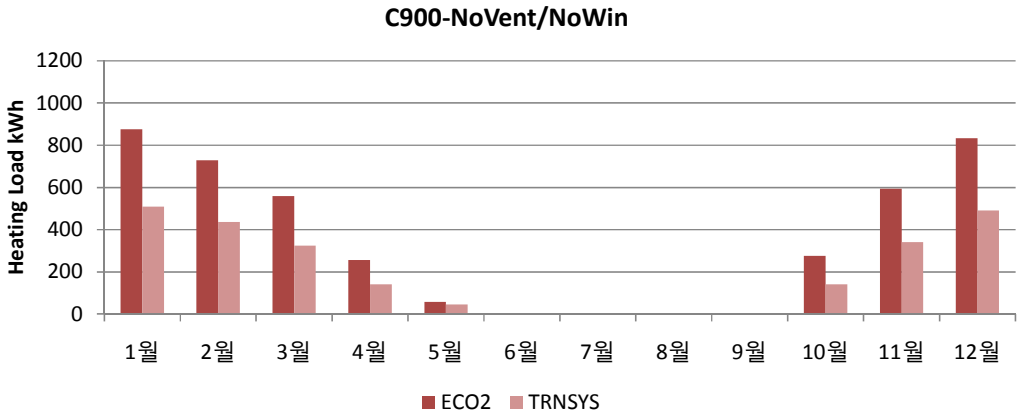
[그림 2.194] C900의 BESTEST기상데이터의 난방요구량(환기無)



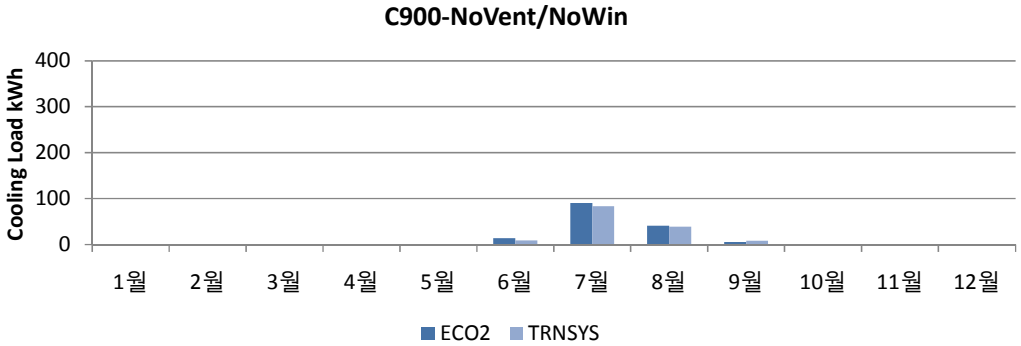
[그림 2.195] C900의 BESTEST기상데이터의 냉방요구량(환기無)

다음으로 일사의 영향을 제외한 월별 요구량을 비교하기 위해 Case900에 창문과 환기를 제외하여 두 프로그램의 결과를 비교하였다.

그 결과, 기본 적으로 창문이 있는 조건의 결과와 유사한 경향을 가졌다. TRNSYS의 경우 창문을 없앤 Case의 결과 난방요구량이 줄어드는 결과를 보였으나 축열 용량이 커짐으로 인해 창문을 제거하면 난방요구량이 늘어나는 결과를 보였다. 이는 계산모델이 외단열로 난방요구량이 많은 건물로 TRNSYS의 계산 결과가 일사 중에 축열체로 들어가는 열량이 많게 계산되는 것이 원인이라고 생각되어 진다.



[그림 2.196] C900의 BESTEST기상데이터의 난방요구량(환기無, 창문無)



[그림 2.197] C900의 BESTEST기상데이터의 냉방요구량(환기無, 창문無)

마. 결론

BESTEST를 이용하여 총량 프로그램의 요구량 계산 결과를 다른 건물 에너지 시뮬레이션 프로그램의 결과와 비교하여 거의 비슷한 결과를 나타내나 난방요구량은 약14% 정도 크게 나오는 것을 확인하였다. 이는 주로 열용량이 큰 Case의 결과 값에서 생기는 차이가 원인이라고 생각되어 진다. 또한 총량 프로그램의 결과 특성을 좀 더 분석하기 위해 Hourly Method를 사용한 TRNSYS와 Monthly Method의 총량 프로그램 결과 값을 월별 에너지 요구량으로 확인하였다. 비교 검토 후의 고찰사항을 다음과 같이 정리하였다.

○ 600번대 Case의 경우, 일사의 영향을 제외한 Case를 빼고는 TRNSYS의 요구량이 총량 프로그램의 요구량보다 크게 나왔다.

○ 냉방기에 발생하는 난방요구량이 TRNSYS의 경우 빈번하게 발생하나 총량프로그램의 경우 거의 발생하지 않았다. 이는 냉방기의 외기온도가 난방설정온도보다 충분

히 높을 때는 두 프로그램의 결과 차이가 적으나, 냉방기의 외기온도와 난방설정온도의 차이가 근소하게 나는 경우에 더욱 현격하게 나타나며 hourly와 monthly의 계산방식의 차이로 보인다. <표 2.123>에 차이가 발생하는 Case별 외기온도와 난방설정온도의 차이에 따른 요구량 발생여부에 대하여 정리하였다.

<표 2.123> 외기온도의 차이와 프로그램 계산 결과

	기상데이터	외기평균온도 - 난방설정온도 (6/7/8월)	TRNSYS	총량프로그램
난방/냉방 설정온도 20/27 (Base)	BESTEST	-1.8/2.7/1.2	발생	발생하지 않음
	Seoul	1.8/5.2/6.4	발생하지 않음	발생하지 않음
난방/냉방 설정온도 23/23	BESTEST	-4.8/-0.3/-1.8	발생	발생하지 않음
	Seoul	-1.2/2.2/3.4	발생	발생하지 않음

○ 난방/냉방 설정온도 20/27에서 23/23으로 설정온도를 변경했을 경우 TRNSYS의 난방, 냉방 요구량의 증가폭이 총량프로그램의 결과 증가폭보다 크게 나타났다.

○ 일사의 영향을 제외하기 위해 창문이 없는 조건으로 계산한 결과, 총량 프로그램은 입사 일사가 난방요구량의 감소와 냉방요구량의 증가에 크게 영향을 미치나 TRNSYS는 냉방요구량의 증가에는 크게 영향을 미치나 난방요구량의 감소에는 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다. 이는 Hourly Method의 계산 시에 실내온도가 충분히 높은 낮 시간 동안 입사되는 일사가 저녁에 발생하는 난방요구량에 실질적으로 기여되지 않는 것이 원인이라고 생각된다.

○ 건물의 열용량을 증가시켜 계산한 결과, TRNSYS는 총량프로그램에 비해 건물의 열용량 증가에 따른 난방요구량, 냉방요구량의 감소 정도가 크게 나타났다. 이는 TRNSYS가 총량프로그램과 비교하여 축열체에 대한 반응 정도를 계산하는 로직의 차이가 이유라고 생각되어 진다.

본 과제에서 검토한 결과, 총량 프로그램의 계산 결과는 Case에 따라 요구량의 차이가 있었으나 이는 계산 로직의 특징에 의한 차이로 월별 발생하는 요구량의 패턴에 있어서는 다른 프로그램(TRNSYS)와 비교하여 크게 차이를 보이지 않았다.

2. 실증 건물을 대상으로 표준 사용조건을 적용한 총량에너지 평가

본 연구에서는 총량에너지 평가 프로그램 평가결과와 실제에너지 건물 용도별 사용량 패턴을 비교 연구하여 총량 에너지 평가 프로그램의 표준 설정조건 특성을 도출하기 위한 연구이다.

이는 총량에너지 제한 기준 수립 시 에너지 용도별 평가 결과의 특성(비중 등)이 고려될 수 있고, 기존 건축물에 대한 에너지 효율등급 평가 기준 수립 또는 에너지 소비증명용 AR 방법에 대한 검토 시 실제 에너지 사용량과의 상관관계에 대한 검토의 근거로 시작·사용 될 수 있다.

가. 실증건물 특성 연구

1) 실증 건물 비교 대상 수집

실증조사의 목적을 고려하여 에너지 관리공단 서울 지역본부에 3명의 연구원이 방문하여 8가지 주요 건물용도 (공동주택, 업무, 판매, 숙박, 의료, 교육연구, 노유자 시설, 숙박시설)별로 1~5개 동의 표본을 조사하였으며, 에너지관리공단에 제출된 에너지절약계획서 첨부자료를 조사하여 개요도, 입면도, 부위별성능내역서, 장비일람표, 등기구 평면도, 상세도(조명밀도계산서) 및 신재생 에너지 관련 도서가 구비 되어있는 등 총량에너지 평가 프로그램 입력을 위해 필요한 필수 정보를 우선적으로 확보된 대상을 선정하였다.

도면을 확보한 건물 중에서 준공 후 1년 이상 경과되지 않은 건물, 그리고 1년 치 이상의 월별 전력/가스 사용량 데이터가 확보되지 않는 건물을 제외한 최종 표본 건물 현황은 아래와 같다.

○ 업무시설

청사 에너지효율 개선 용역과제 대상 건물 중 '도면 보유 상태가 양호한 건물', '수도권 지역 건물'을 대상으로 총 5개동 선정(관악구, 금천구, 마포구, 성북구, 이천시 청사) 하였다

○ 기타 비주거시설

에코프런티어 과제와 관련하여 에너지사용량 데이터 분석이 완료된 건물 중, 건물 명칭이 명확한 건물을 중심으로 5개 건물 용도에 대하여 총 5개동, 판매시설(1동), 숙박시설(1동), 의료시설(1동), 노유자시설(1동), 교육연구시설(1동)이 최종으로 선정되었다.

○ 주거시설 (공동주택)

에너지효율등급 본 인증 취득 후 1년 이상 경과한 공동주택 중 서울 소재 총 5개 단지가 선정되었다.

No	구분기호	건물명	주소	연면적 (㎡)	비고
1	공-1	은평뉴타운상림마을(현대IPARK13단지,719~729동)	서울시 은평구 진관동 11	37,158.1	공동주택 본인증 단지
2	공-2	은평뉴타운상림마을(현대IPARK14단지)	서울시 은평구 진관동 10	38,846.9	공동주택 본인증 단지
3	공-3	은평뉴타운마고정센트레빌(323-335동)	서울시 은평구 진관동 105	40,492.6	공동주택 본인증 단지
4	공-4	은평뉴타운마고정센트레빌(301-309동)	서울시 은평구 진관동 106	41,936.3	공동주택 본인증 단지
5	공-5	강일리버파크1단지	서울시 강동구 강일동 665	20,746.2	공동주택 본인증 단지
6	업-1	관악구 청사	서울시 관악구 관악로 145(봉천동 1570-1)	35,662.8	청사 에너지진단 대상
7	업-2	금천구 청사	서울시 금천구 시흥대로 73길 70(시흥동 1020)	39,438.6	청사 에너지진단 대상
8	업-3	마포구 청사	서울시 마포구 월드컵로 212(성산동370)	43,765.0	청사 에너지진단 대상
9	업-4	성북구 청사	서울시 성북구 보문로 168(삼선동 5가 411)	27,489.0	청사 에너지진단 대상
10	업-5	이천시 청사	경기도 이천시 부악로 40(중리동 490)	35,505.8	청사 에너지진단 대상
11	교-1	서울옥수초등학교	서울시 성동구 금호4가 440-12	11,683.0	공단 서울지사 1차 조사분
12	판-1	현대백화점 무역점	서울시 강남구 삼성동 159-7	99,246.0	공단 서울지사 1차 조사분
13	숙-1	더홀릭호텔	서울시 중랑구 상봉동 90-3	4,270.0	공단 서울지사 2차 조사분
14	의-1	씨엠충무병원	서울시 영등포구 영등포동4가 93	5,911.0	공단 서울지사 1차 조사분
15	노-1	마포복지종합지원센터	서울특별시 마포구 노고산동 1-50	10,236.7	공단 서울지사 1차 조사분

<표 2.124> 실증조사 최종 대상 건물

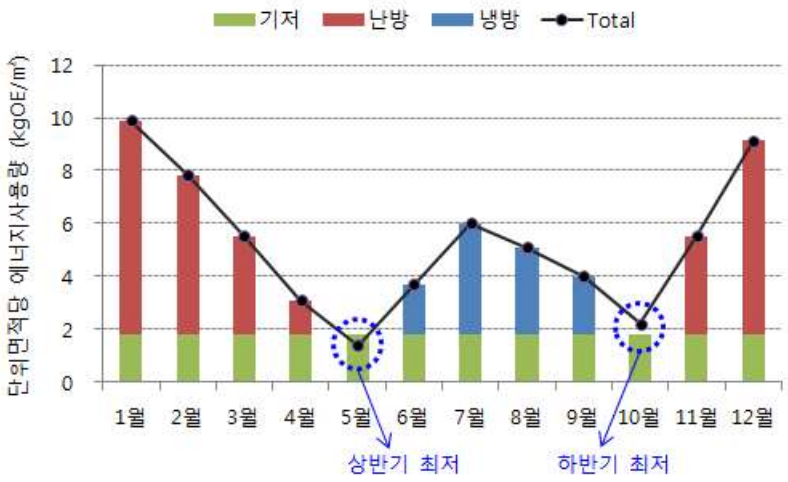
업무	공동주택	판매	숙박	의료	교육연구	노유자	계
5	5	1	1	1	1	1	15

위와 같은 조사를 통해 도면이 확보된 실증건물 및 공동주택 본인증 취득 건물을 대상으로 에코프런티어 과제와 관련하여 에너지 공단으로부터 입수한 에너지사용량 DB에서 에너지사용량 데이터 활용하였으며, 에너지원별로 3년간(2011 ~ 2013년) 전력/가스 데이터의 냉방, 난방 에너지 사용량 데이터가 있는 대상을 선정하였다.

2) 실증건물 사용량 검토 방법 및 결과

○ 검토 방법

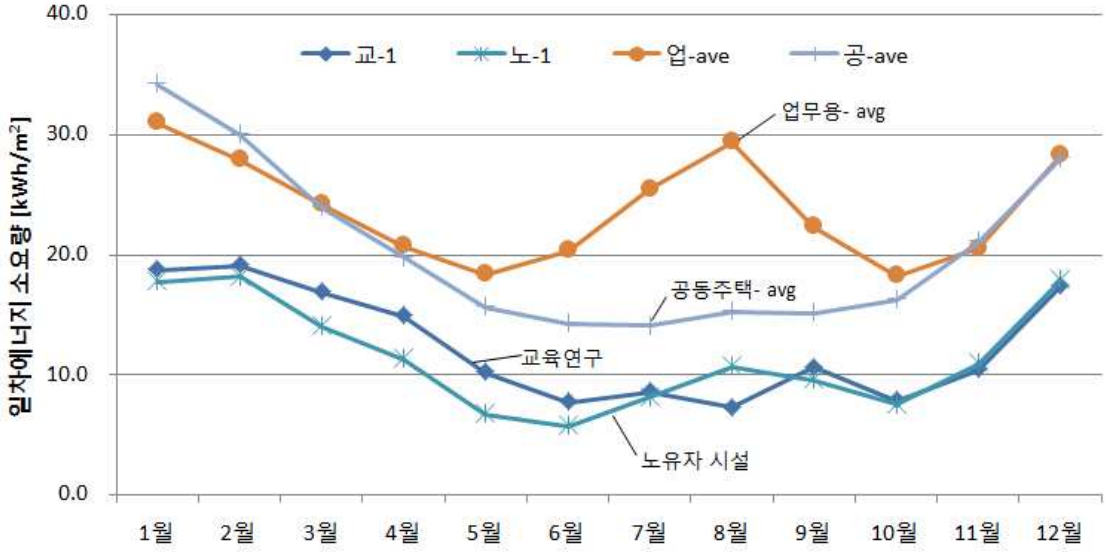
이 연구는 에코프런티어 수탁과제에서 제안한 냉난방 에너지 분석 방법을 적용하여 상반기/하반기 중 에너지 사용량이 최저인 월(A, B)의 평균 에너지사용량을 기저에너지로 설정하고, A ~ B 사이를 냉방기간, 그 외는 난방기간으로 가정하여 냉난방 에너지사용량을 산출하였다.



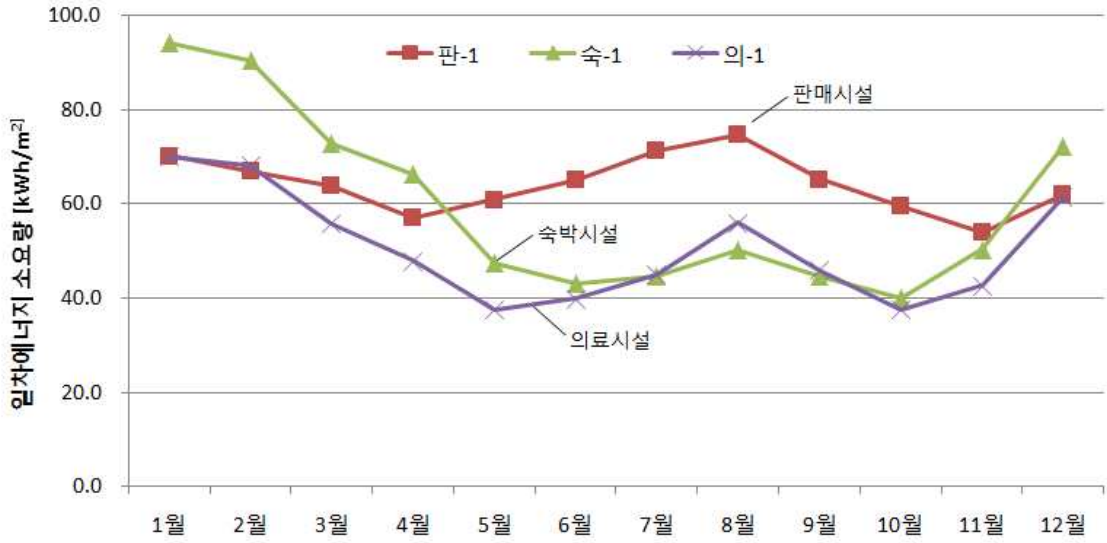
[그림 2.198] 월별 에너지사용량 데이터 분석의 개념

○ 검토 결과

건물 용도별 단위면적당 총 에너지 사용량을 비교 하였을 때 ([그림 2.199], [그림 2.200]), 공동주택, 업무시설, 교육연구, 노유자 시설의 경우 사용량의 절대값이 비교적 유사하게 나타났다. 업무용 시설의 경우, 동.하절기 사용량 변화가 크며(냉방, 난방을 위한), 공동주택의 경우 동절기 사용량이 하절기에 비해 큰 것으로 보였으나, 교육 기관의 경우 여름 방학기간동안 에너지 사용량이 가장 많이 줄어든 것을 볼 수 있었다. 노유자 시설과 교육연구 시설의 월별변화 패턴이 비교적 유사하게 나타났으며, 판매시설/숙박시설/의료 시설 사용량의 절대값이 유사하였다. 이들과 같은 기타 비주거 시설에 대한 에너지 사용량 은 공동주택, 업무시설, 교육연구, 노유자 시설에 비해 사용량이 크게 나타났다.

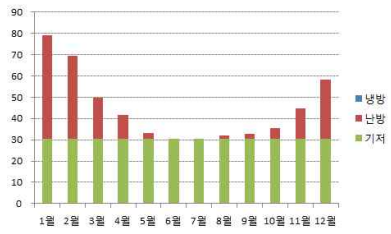


[그림 2.199] 건물 용도별 단위면적당 에너지사용량 비교-1

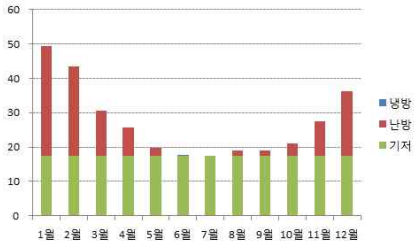


[그림 2.200] 건물 용도별 단위면적당 에너지사용량 비교-2

(단위 : kWh/m^2)



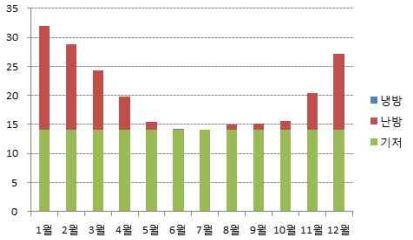
공동주택-1



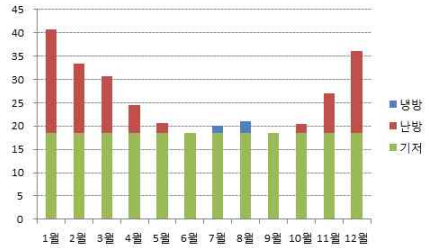
공동주택-2



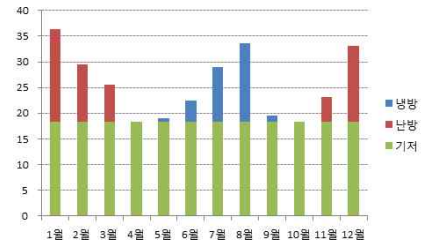
공동주택-3



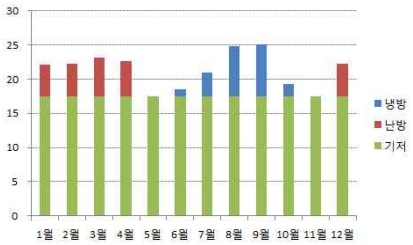
공동주택-4



공동주택-5



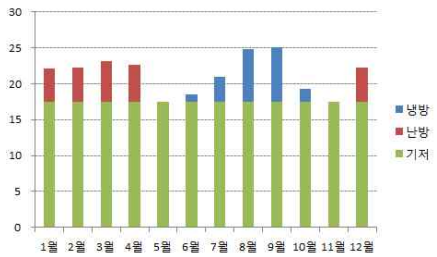
업무시설-1



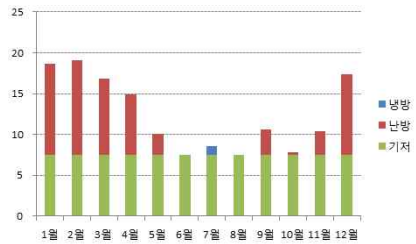
업무시설-2



업무시설-3

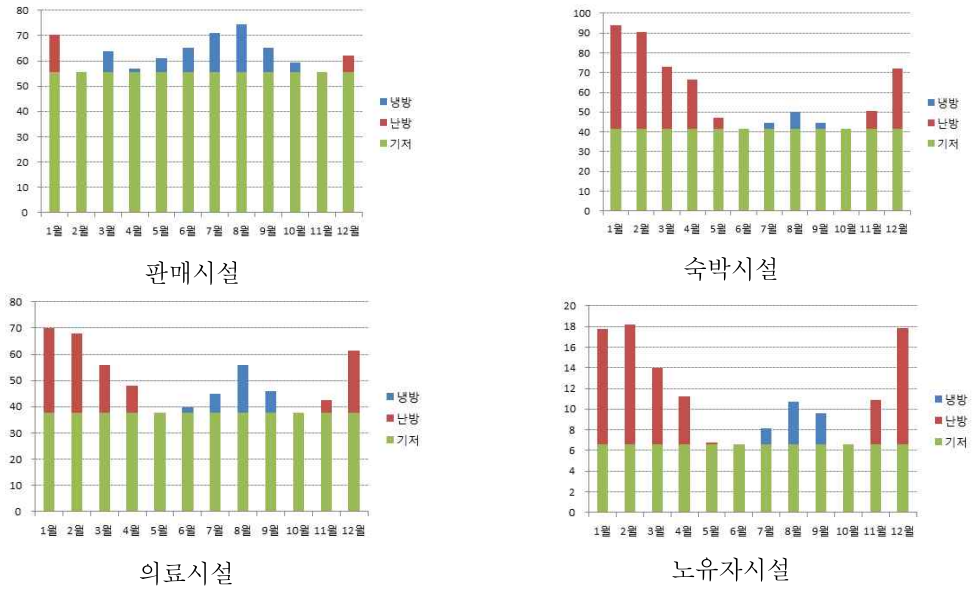


업무시설-4



교육시설

[그림 2.201] 건물 용도별 기저, 냉방 난방 에너지 사용량 특성(계속)

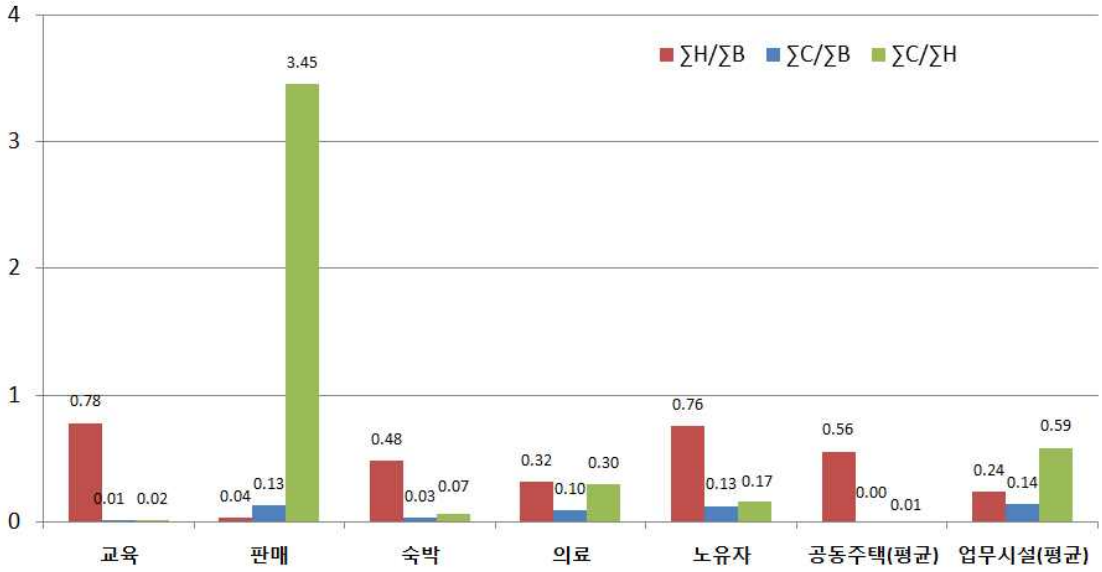


판매시설 숙박시설

의료시설 노유자시설

[그림 2.201] 건물 용도별 기저, 냉방 난방 에너지 사용량 특성

각각의 건물 용도별 냉난방 에너지사용량에 대한 특성을 [그림 2.201]과 같이 에코프런티어 수탁과제에서 제안한 방법으로 냉방(C), 난방(H), 기저(B) 에너지를 분리한 후 이를 기저 대비 난방에너지(ΣH/ΣB), 기저 대비 냉방에너지(ΣC/ΣB), 난방에너지 대비 냉방에너지(ΣC/ΣH)의 사용량 비율을 비교, 분석 하였다 [그림 2.202]. 결과로는, 공동주택, 업무 건물의 단위 면적당 기저의 절대치가 비슷하며 교육, 노무시설의 기저양이 비슷한 절대치의 값을 보였다. 판매시설을 제외한 모든 용도별 건물에 대하여 냉난방 에너지 사용량이 기저로 사용하는 에너지에 비해 적었다. 판매시설은 기저 에너지의 비중이 전체의 약 85% 정도로 건물 용도별 가장 큰 비중을 차지하였으며 난방에너지의 비중은 반대로 적게 나타났다. 판매시설 같은 경우 조명이나 그 밖의 내부발열로 인해 난방의 기간에 비해 냉방 기간이 긴 것으로 보였다. 공동주택, 숙박시설, 교육시설, 노유자시설의 경우 난방에너지가 냉방에너지에 비하여 매우 큰 비중을 차지하며 유사한 특성을 보였다.



[그림 2.202] 건물 용도별 냉난방 실 에너지사용량 특성 비교

나. 실제 건물과 총량 에너지 평가 프로그램 결과의 비교 분석

1) 총량 에너지 평가 프로그램을 사용하기 위한 건물 용도별 장비 현황

- 분석 대상 건물의 개요 및 실사용 데이터 연도

<표 2.125> 건물용도별 설치 장비 개요와 사용량 데이터 년도

NO.	건물용도	실 사용량 데이터 사용 연도	설치 장비
1	공동주택-1	2011~2013(3년)	난방/급탕기기: 지역난방
2	공동주택-2	2011~2013(3년)	난방/급탕기기: 지역난방
3	공동주택-3	2011~2013(3년)	난방/급탕기기: 지역난방
4	공동주택-4	2011~2013(3년)	난방/급탕기기: 지역난방
5	공동주택-5	2011~2013(3년)	난방/급탕기기: 지역난방
6	업무시설-1	2011~2013(3년)	난방기기: 흡수식 냉온수기(냉난방 겸용) 냉방기기: 흡수식 냉온수기(냉난방 겸용) 서고 전산실용 EHP 별도 급탕기기: 가스 보일러
7	업무시설-2	2009.1~2009.12	난방기기: 증기보일러(난방,급탕겸용) 냉방기기: 압축식냉동기(빙축열) 급탕기기: 증기보일러(난방,급탕겸용) 신재생: 지열히트펌프
8	업무시설-3	2011~2013(3년)	난방기기: 흡수식냉온수기 냉방기기: 흡수식냉온수기, 압축식냉동기(빙축열) 급탕기기: 가스보일러(난방,급탕겸용) 신재생: 지열히트펌프,태양열급탕
9	업무시설-4	2009.1~2009.12	난방기기: 증기보일러(난방,급탕겸용) 냉방기기: 압축식냉동기(빙축열) 급탕기기: 증기보일러(난방,급탕겸용) 신재생: 지열히트펌프
10	교육시설-1	2011~2013(3년)	난방/난방기기: 시스템에어컨 급탕기기: 진공온수보일러 신재생기기: 태양열
11	판매시설-1	2011~2013(3년)	난방기기: 관류형보일러 냉방기기: 터보냉동기 급탕기기: 관류형증기보일러
12	숙박시설-1	2011~2013(3년)	냉방기기: 공랭식개별에어컨 난방기기: 바닥전열난방 급탕기기: 전기온수식
13	의료시설-1	2011~2013(3년)	난방기기: 관류형증기보일러 냉난방용: EHP
14	노유자시설-1	2011~2013(3년)	난방기기: 진공온수보일러,EHP 냉방기기: EHP 급탕기기: 진공온수보일러

○ 공동주택

5개의 샘플 단지에 대해 층당 단순화 기준층 작업을 했다. (저/고층부 구분을 안 함). 급탕과 난방에 대하여 공-1~4 까지는 지역난방 공-5 와 같은 경우 개별 가스 보일러(콘덴싱)을 사용했다. 냉방장비는 따로 적용하지 않았으며 모든 건물에 디폴트값을 적용하여, 침기율 6 [1/h], 일률적인 조명에너지 부하율 5 [W/㎡]을 적용하였다. 운전방식은 야간-감소가동, 주말-정상가동으로 계산되었다.

○ 업무시설

업무시설 5개에 대해서는 본인증시 사용된 프로그램을 활용하여 평가했다. 침기율 1.5 [1/h], 조명 에너지 부하율의 경우 각각의 실 값을 사용함. 운전 방식은 야간-가동정지, 주말-가동정지로 계산되었다.

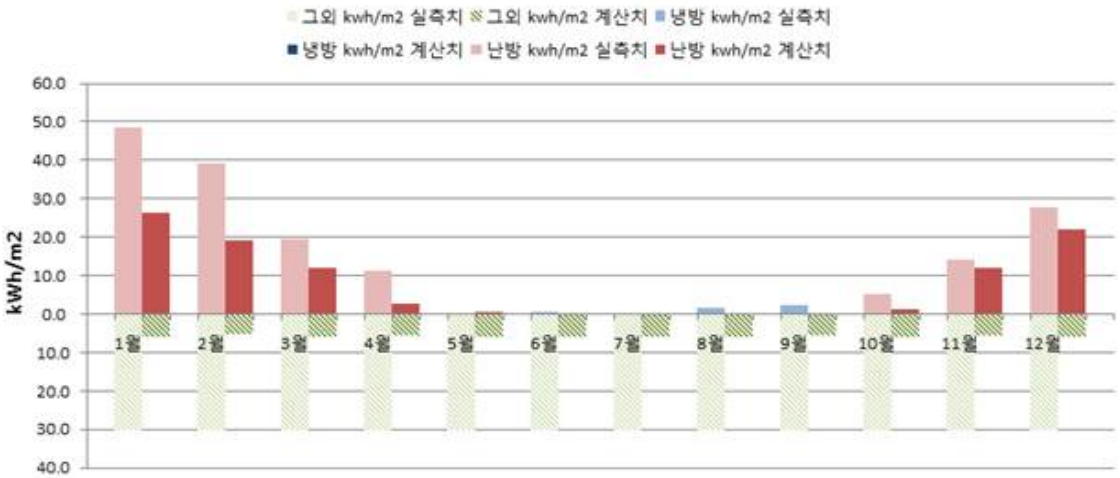
○ 기타 비주거 시설

판매시설(1동), 숙박시설(1동), 의료시설(1동), 노유자시설(1동), 교육연구시설(1동)과 관련하여 기준층을 중심으로 용도별로 단순화 하여 모델링 하였으며, 침기율은 1.5 [1/h]인 값으로 일률적으로 지정, 조명에너지 부하율은 에너지 절약서에 명시되어 있는 값을 사용하였다. 운전방식은 다음과 같이 각각의 건물의 용도에 맞는 방법으로 계산되었다(교육시설 : 야간-정지 / 주말-정지, 판매시설 : 야간-정지 / 주말-정상가동, 숙박시설 : 야간-정상가동 / 주말-정상가동, 의료시설 : 야간-정상가동, 주말- 정상가동, 노유자 시설: 야간-정지 / 주말- 정지)

2) 실증건물 사용량과 총량 프로그램 비교 방법 및 결과

○ 비교 방법

각각 실사용량과 총량 프로그램에서 도출된 각 건물의 용도별 사용된 전력, 가스, 지역난방에 대해서 사용된 총합을 일차에너지 소요량을 그래프에 나타내었으며, 에코프런티어 수탁과제의 방법을 차용해 “-” 방향의 그래프를 기저에너지 사용량 “+” 방향의 그래프를 냉/난방 사용량으로 정의해서 도식화 함. 기저, 냉방, 난방에 대한 사용경향을 용도별 건물에 맞춰 비교 분석하였다.



공동주택-1



공동주택-2



공동주택-3

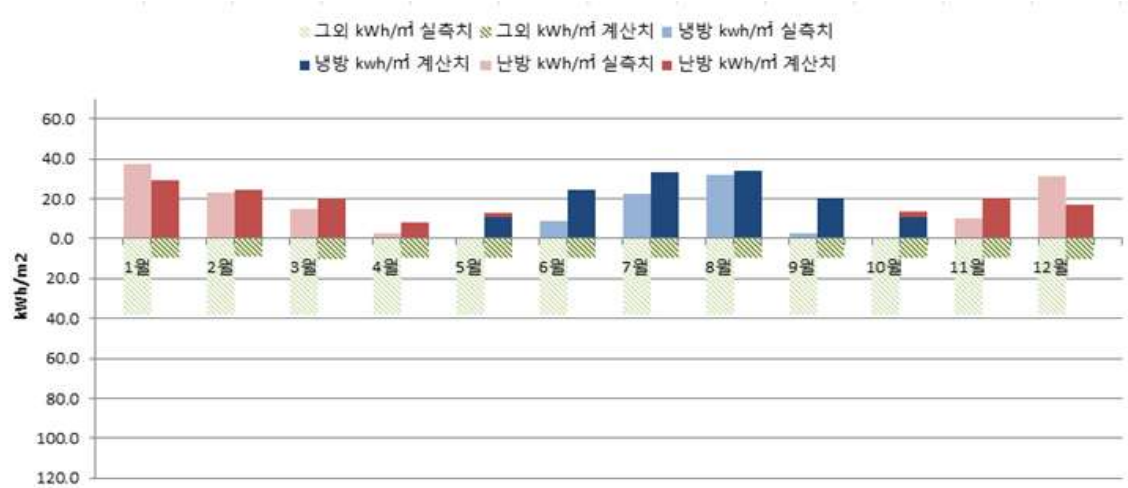
[그림 2.203] 건물 용도별 냉난방 에너지 사용량의 특성 비교(계속)



공동주택-4



공동주택-5

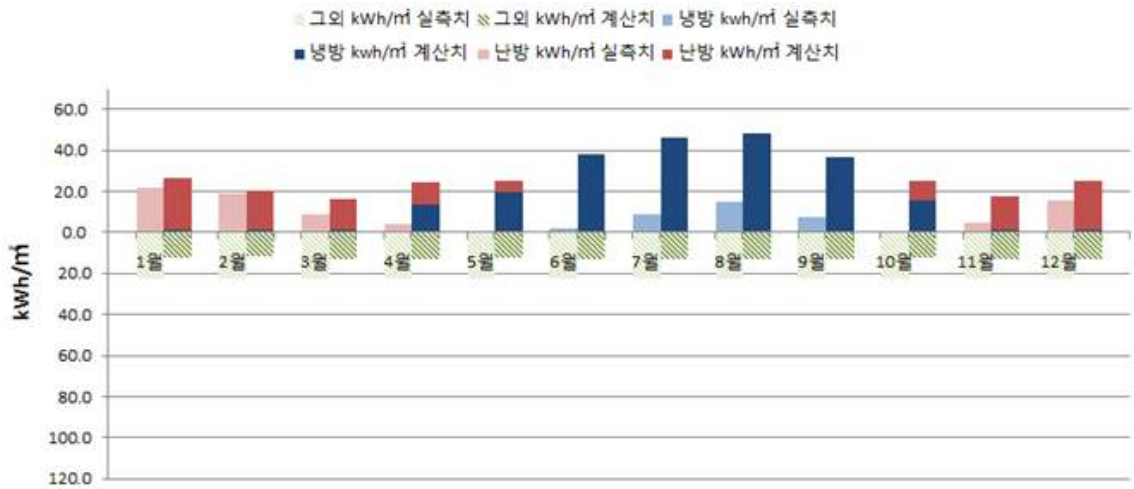


업무시설-1

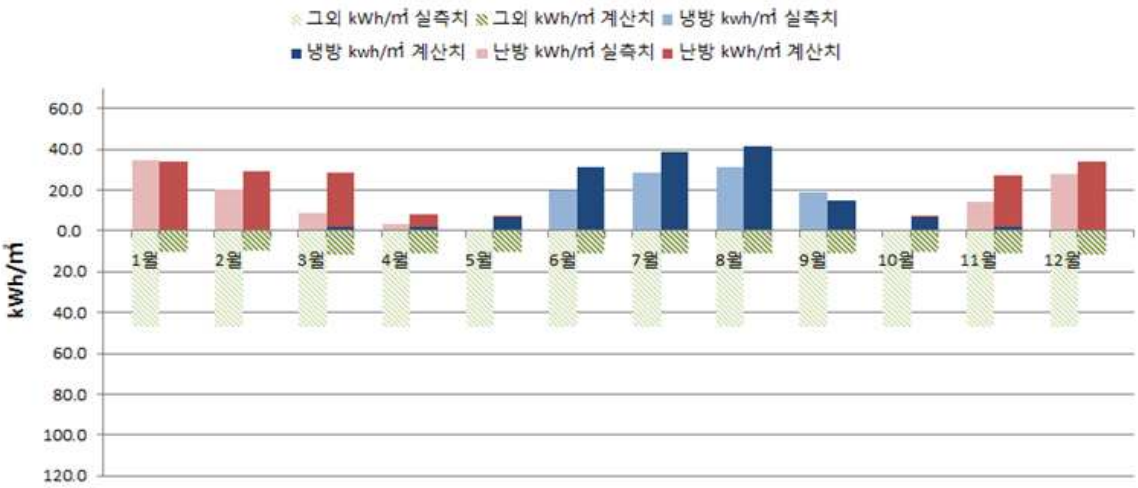
[그림 2.203] 건물 용도별 냉난방 에너지 사용량의 특성 비교(계속)



업무시설-2

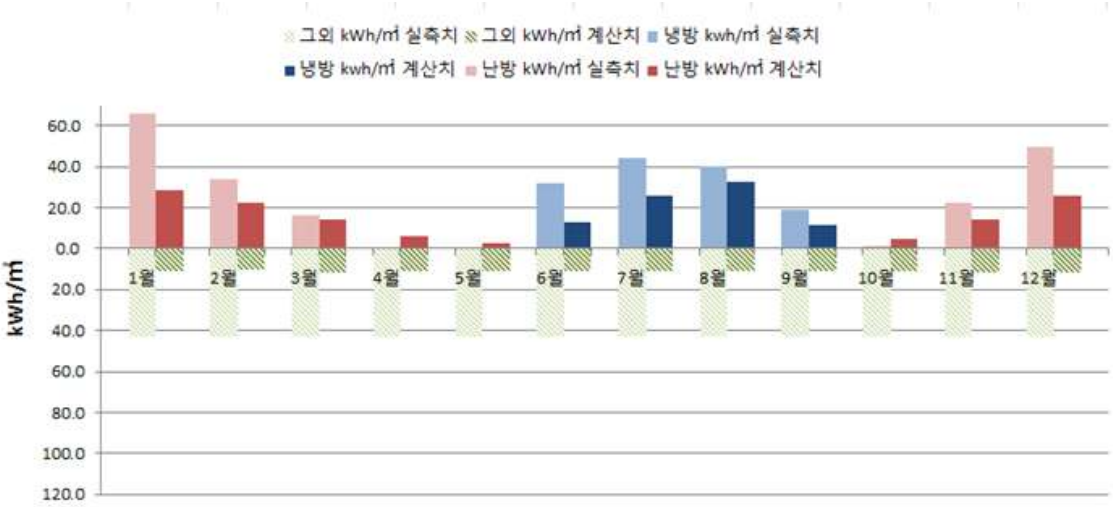


업무시설-3

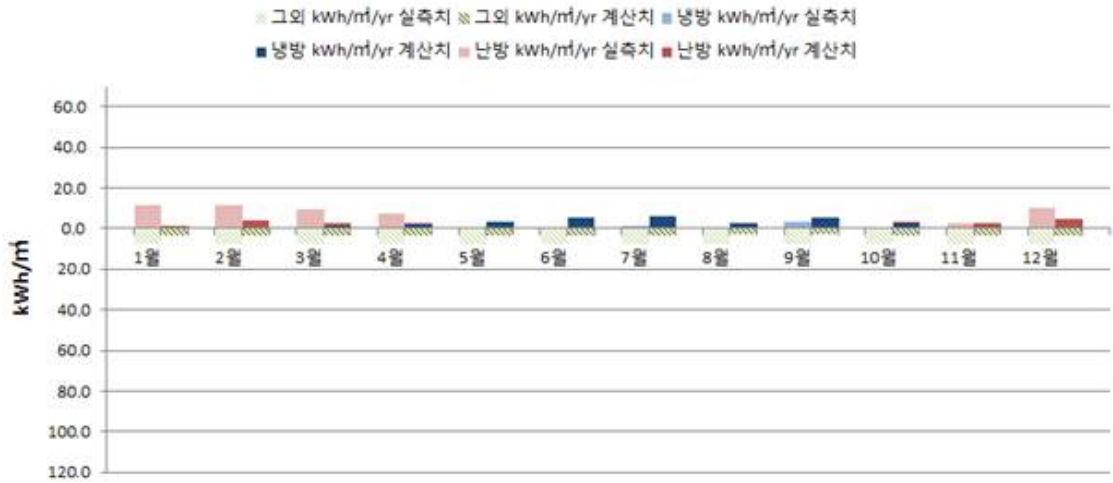


업무시설-4

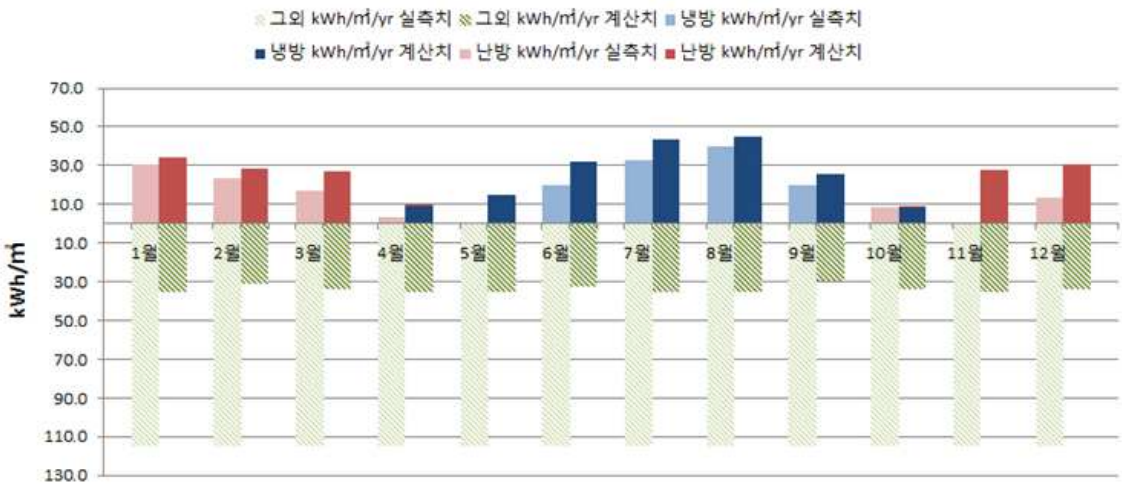
[그림 2.203] 건물 용도별 냉난방 에너지 사용량의 특성 비교(계속)



업무시설-5

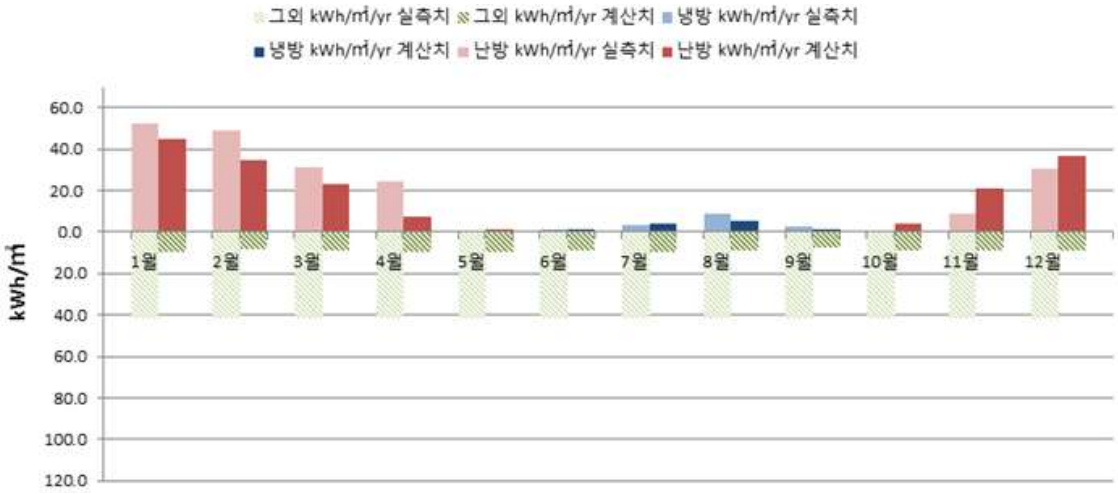


교육시설

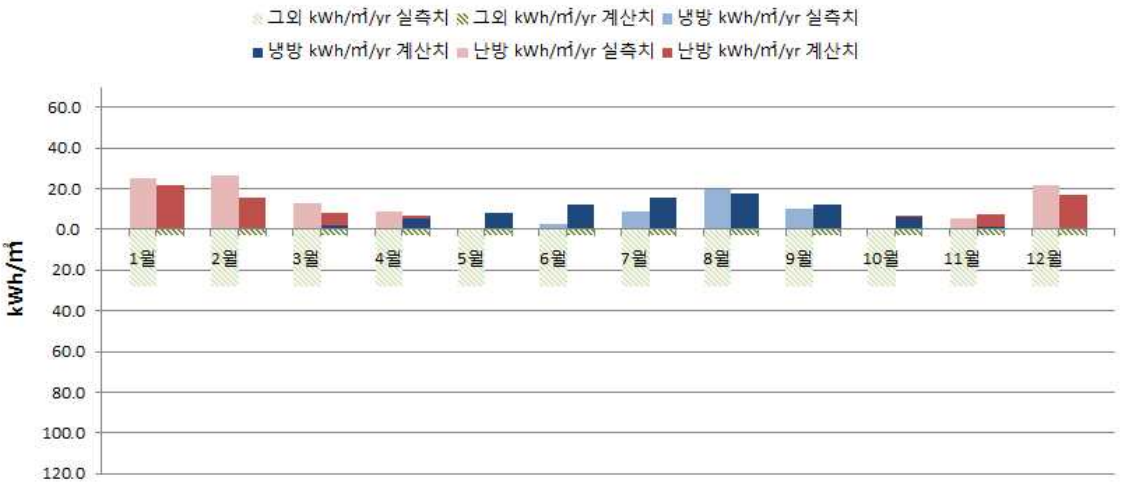


판매시설

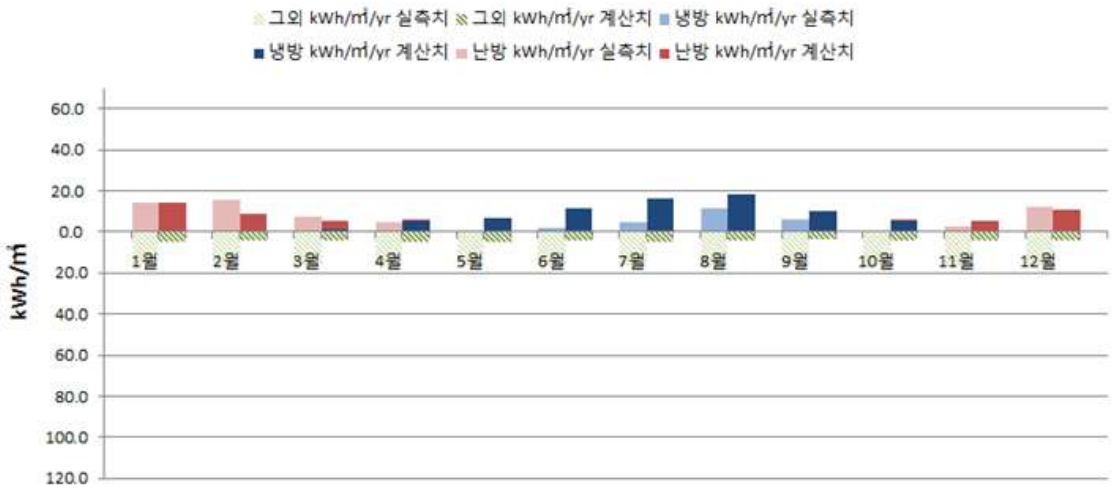
[그림 2.203] 건물 용도별 냉난방 에너지 사용량의 특성 비교(계속)



숙박시설



의료시설



노유자시설

[그림 2.203] 건물 용도별 냉난방 에너지 사용량의 특성 비교

○ 검토 결과

건물 용도별 냉난방 에너지 사용량에 대해 실사용량과 총량프로그램의 수치와 비교한 결과 난방에너지 소비량 같은 경우 모든 건물에 대해 실사용량이 총량 프로그램에 비해 용도별로 7 ~ 75%로 크게 측정된 경향을 보인다. 이는 실질적인 기상데이터와 총량 프로그램에서 제공되는 기상데이터의 차이와 실사용자의 사용패턴에서 오는 차이로 설명할 수 있다. 냉방에너지 사용량의 경우, 대부분의 건물에 대해 실사용량이 총량 프로그램에 비해 용도별로 대부분 적게 측정된 경향을 보였다. 난방 과 냉방 패턴에 있어서는 서혜수 외 (2011)의 논문에 의하여, 동절기 난방 기간 동안 세대 내 모든 실에서 난방을 가동하여 전체 난방에너지 사용량이 유사하게 분석되나, 냉방에너지 사용량은 냉방에너지원으로 사용되는 전력에 대한 비용 부담에 따른 냉방장치의 비가 동에 의해 시뮬레이션 수치에 비해 적게 나오는 것으로 보였다. 기저로 인한 특성으로는, 기저의 크기는 판매, 업무용, 숙박, 의료/공동주택, 교육시설의 순으로 크며, 모든 경우 시뮬레이션 값이 실 사용량에 비해 현격히 작음을 보였다. 이는 실측치의 경우 주발의 가스 사용량과 전열부분의 전력량을 포함하고 있으나 총량프로그램(조명, 환기, 급탕만 고려)에서는 고려되고 있지 않은 항목이기 때문이다.

증기보일러와 지열히트펌프를 사용하는 업무시설(업무시설 2~4)의 경우, 실측치에서는 증기보일러가 작동되어 가스가 사용되었던 난방기간에 시뮬레이션에서는 지열히트펌프가 작동되는 것으로 계산되어져 가스사용량 대신 전력사용량이 많게 나왔다 ([그림 2.204]).이는 외기온의 상승으로 인한 급탕 사용량의 감소가 계산에서는 고려가 되어있지 않았을 것이라 추정된다.

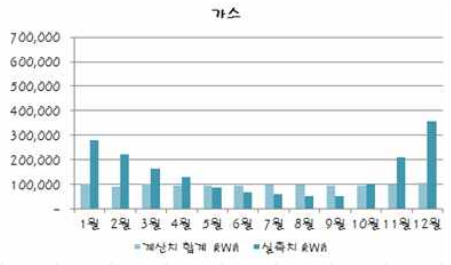
교육시설의 경우 총량 프로그램에서는 방학 기간을 계산에서 제외하나 실질적인 사용량에서는 1월 2월 난방 사용량이 크고 여름의 냉방사용량은 적었으며, 교실의 점등시간은 6시간으로 프로필이 되어 있으나 실사용량과는 거리가 있는 것으로 보였다. 판매시설과 의료시설의 경우 조명밀도가 30W/m^2으로 큰 편이며 이로 인한 조명기기 발열로 인해 냉방이 크고 난방에너지로 쓰이는 절대치나 기간이 적어짐으로 보인다.

본 연구에서는 총량에너지 평가 프로그램 평가결과와 실제에너지 건물 용도별 사용량 패턴을 비교 연구하였다. 절대값적인 측면에서는 용도별 건물에 따라 시뮬레이션 값과 실사용량이 약간의 차이가 보였으며 이는 실 사용자의 패턴이나 기후인자 등으로부터의 오차로 보여진다. 반면 냉난방의 패턴이나 기저 부분에 대한 패턴 부분은 일치하였다. 향후 재실자의 에너지 사용 습관 및 열쾌적 범위에 따른 이용형태가 실제 에

너지 사용량에 미치는 영향에 관한 추가적인 연구나 실 사용량에 대한 세부적인 데이터수집, 본 보고서의 2장 3절 가항 에서 다루어지고 있는 좀 더 정확하고 자세한 기상 데이터 연구를 통해 에너지 소비특성을 보다 명확하게 파악하고 이를 프로그램에 적용할 수 있을 것으로 보인다.

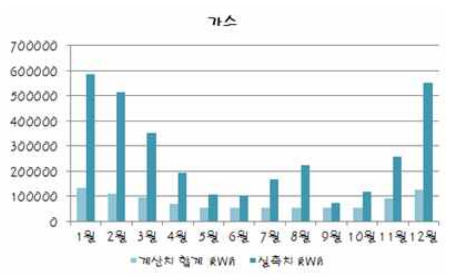
업무 시설 -2





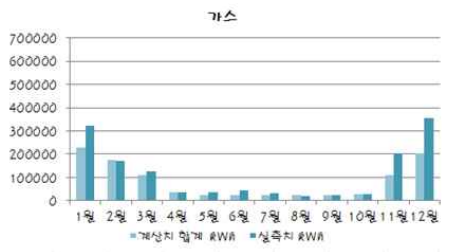
업무 시설 -3





업무 시설 -4

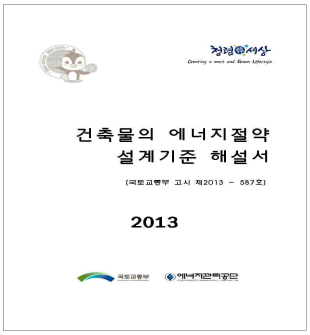


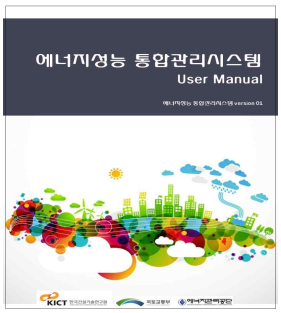
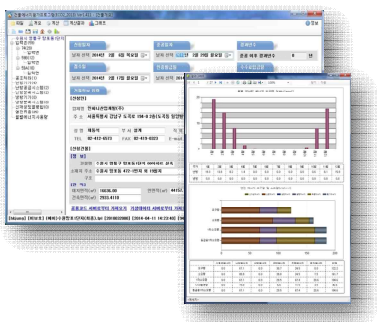


[그림 2.204] 업무시설 2~4의 전력과 가스 사용량에 대한 실사용량과 총량프로그램 값의 비교

제 3 장 최종 연구성과

1절 개별 연구성과명

주요 연구내용	최종성과물	비고
- (건축물 에너지절약 설계기준 개선) 에너지절약 설계기준 전문 개선(안), 지역별 열관류율 기준 강화(안), 에너지절약계획서 및 에너지성능지표(EPI) 개선(안) 제시	- (기준) 건축물 에너지절약 설계기준 (지침서) 설계기준 해설서	 [건축물 에너지절약 설계기준 개정(안)]  [설계기준 해설서]
- (에너지성능 통합관리 시스템) 에너지절약계획서 관리시스템 DB와 신축 건축물의 총량 에너지성능 DB를 통합관리 및 서비스 제공을 위한 에너지통합 관리시스템 구축	- (S/W) 에너지성능 통합관리 시스템 (지침서) 통합관리시스템 매뉴얼	 [절약계획서 관리시스템 고도화]

		 [에너지성능 통합관리 시스템]  [에너지성능 통합관리 시스템 매뉴얼]
- (총량에너지 평가 프로그램) ISO, EN과 같은 국제 규격에 부합한 평가 프로그램 개발 및 매뉴얼	- (S/W) 총량에너지 평가 프로그램 (지침서) 프로그램 매뉴얼	 [총량에너지 프로그램]  [평가프로그램 매뉴얼]

주요 연구내용	최종성과물	비고
- (총량적 에너지 절약 설계기준) 국내/외 건축물에 대한 에너지절약 설계기준 조사를 통한 국내 총량적 에너지 절약 설계기준(안) 제시 - (용도별 총량에너지 제한 기준) 신축 건축물의 인·허가 시 건축물의 총량 에너지성능에 따른 제한기준(안) 제시	- (기준) 건축물 에너지 절약 설계기준 - (기준) 건축물 용도별 총량에너지 제한 기준	 [설계기준]  [제한기준]

제 4 장 연구목표 달성 및 효과

1절 연구개발 최종목표 달성도

연차	성과목표	성과지표	측정방법	목표치	달성치	가중치
1차년도	에너지절약 설계기준 개선 (질적 지표)	에너지절약 설계기준의 현황분석 및 개선방안 제시	-국내외 에너지절약 설계기준 제도 분석 (국내 학술지 논문) -국내 에너지절약 설계기준 강화와 항목별 개선에 대한 조사 및 분석 (국내 학술지 논문)	1건	4건	20%
		소규모 건축물에 대한 에너지절약계획서 작성방안 제시	-소규모 건축물을 위한 에너지절약계획서 기준 제시 (소규모 건축물 에너지사용량 조사, 에너지절약설계기준 개정)	1건	2건	60%
		성능지표검토서 개선 (건축/기계/전기/신재생 관련)	-기존 성능지표검토서 분석을 통한 개선안 제시(에너지절약설계기준 개정)	1건	2건	20%
	소계				200%	100%
	에너지절약 설계기준 개선 (양적지표)	학술지 논문	논문	1건	2건	25%
		저술	저널	1건	1건	25%
		정책제안	공문	1건	2건	25%
		정책반영	국토부 개정(안) 행정예고	1건	3건	25%
	소계				200%	100%

연차	성과목표	성과지표	측정방법	목표치	달성치	가중치
2차년도	에너지절약계획서 관리시스템 구축 (질적 지표)	건축인허가 통합시스템과의 연계성	-시스템간 연계성 시험운용(기능별 시스템 에러율 조사)	시스템 에러율 10% 미만	달성 (3%)	10%
		사용자 편의성	-관련분야 실무자 설문조사(인터페이스 디자인 관련)	만족도 80점 이상	달성 (85점)	10%
	총량에너지 평가프로그램 개발 (질적 지표)	건물/시스템 프로필 표준화	-표준화에 필요한 표본수 확보 여부 (건물 1,000동 이상)	건물/시스템 표준 DB 30항목	달성	10%
		사용프로필 표준화	-표준화에 필요한 표본수 확보 여부 (건물 1,000동 이상)	사용 프로필 표준 DB 15항목	완료 (20개)	10%
		기상데이터 표준화	-표준년 기상데이터 활용여부 -지역구분의 적적성에 대한 분석	40개 지역 표준 기상 DB	달성 (66개)	10%
		프로그램 오차율	-국제표준 시험방법에 의한 정확도 검증 (IEA의 BESTEST 등)	15% 미만	달성 (14%)	10%
		표본 설정의 합리성	-총량에너지 평가결과의 특성파악을 위한 실제 건물 표본수 확보 여부	대상 건물 10동	달성	10%

연차	성과목표	성과지표	측정방법	목표치	달성치	가중치
2차년도	총량에너지 평가프로그램 실증 분석 (질적 지표)	건물 에너지성능 통합관리시스템 구축	-시스템 간 연계성 시험 운용 (기능별 시스템 에러율 조사)	시스템 에러율 0% 미만	달성 (0%)	10%
		건물 용도별 총량에너지 제한기준 제시	-주요 선진국의 건물에너지 평가방법론 관련 기술동향 확보 여부	국외 기술 동향 3건	달성	20%
	소				100%	100%
	녹색건축물 활성화를 위한 에너지성능 통합관리시스템 개발 (양적지표)	학술지 논문	논문	3건	2건 완료, (1건 심사중)	20%
		정책제안	총량 에너지절약 설계기준 개정안	1건	1건 (제안 예정)	30%
		프로그램 등록	프로그램	2건	등록 예정 (2건)	30%
		매뉴얼	매뉴얼	2건	2건	20%
	소계				100%	100%

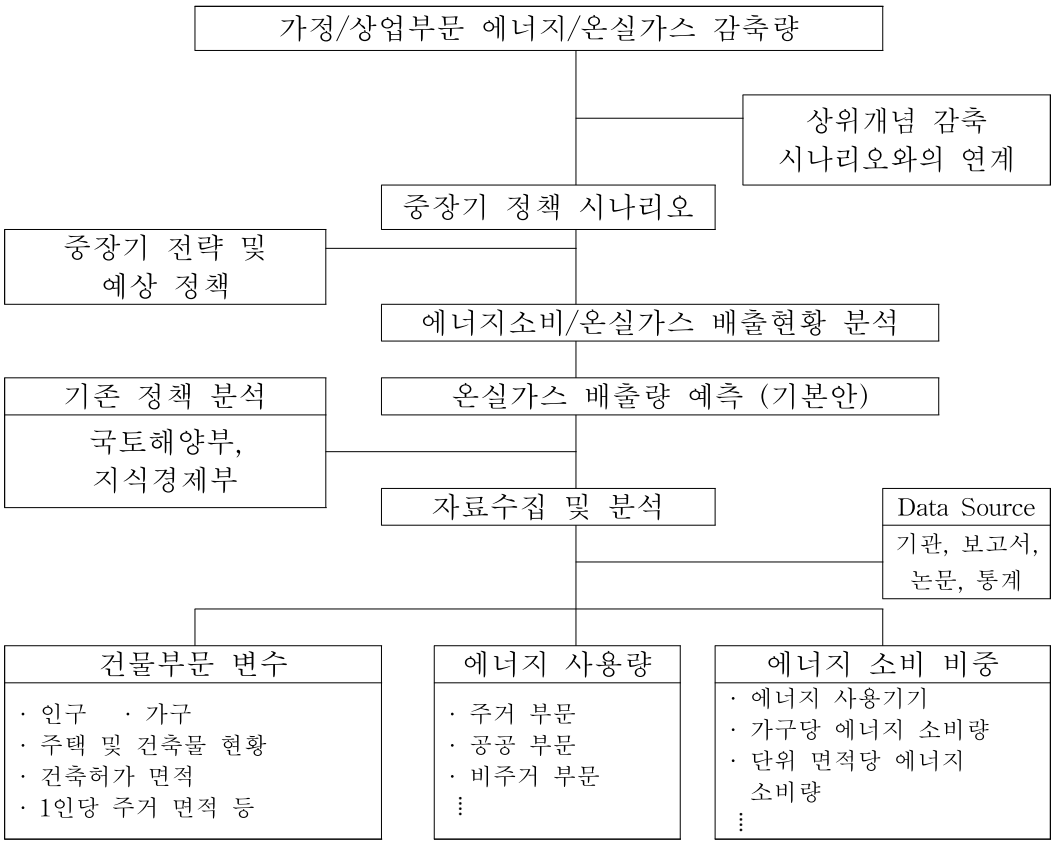
2절 연구개발 성과의 정책적 효과분석

1. 단계적 로드맵에 따른 정책 효과

가. 효과분석 개요

건물부문의 온실가스 감축 목표를 설정하기 위해서는 우선 과거 및 현재의 온실가스 배출현황을 분석하고, 이를 바탕으로 건물부문의 향후 온실가스 배출량을 예측하는 것이 필요하다. 필요 데이터는 건물부문의 변수, 에너지 사용량, 그리고 에너지 소비 비중 등 크게 세 가지로 분류할 수 있다. 현재 본 연구에서는 건물부문의 변수로 인구, 가구, 주택, 건축물 현황, 건축허가 면적, 국내 1인당 주거 면적 등의 자료를 바탕으로 하고, 에너지 사용량은 주거, 공공, 비주거 부문의 에너지 소비에 관한 자료를 이용한다. 또한 에너지 소비 비중을 알기 위하여서는 건물 내에서 주로 사용되는 에너지 이용기기와 단위 면적 당 에너지 소비량을 국가 온실가스 배출 산정 자료를 참고로 한다.

각각의 필요 자료는 국가기관에서 실시한 통계 자료의 이용을 우선으로 한다. 통계청, 대한주택공사, 건설교통부, 에너지관리공단, 에너지경제연구원 등의 국가기관에서 발간 또는 공표한 인구, 가구, 주택, 건축, 에너지 등의 통계자료 및 연구 자료를 검색하여 수집한다. 일정 기간을 주기로 하여 수년에 한 번씩 조사가 이루어지는 경우, 각 조사 연도의 통계자료를 기준으로 하고 그 사이 기간 동안 해마다 같은 증가율을 가지는 것으로 가정하여 각 연도의 데이터를 구하여 사용한다.



[그림 4.1] 건물부문 중장기 온실가스 감축 목표 설정을 위한 프로세스(안)

나. 온실가스 배출 전망 기본안

기본안은 현재의 기술발전 및 정책 시행의 관성을 미래에도 지속적으로 적용된다는 것을 전제로 한다. 주요 기본적인 전제사항은 건물부문의 에너지 소비 용도는 크게 난방, 냉방, 급탕, 조명, 운송, 사무/가전기기 등으로 나눌 수 있으며, 에너지 소비 용도별 저감 방안은 부하발생 원인 감소와 해당 기기의 효율성 향상으로 나눌 수 있다. 부하발생 원인 감소 부문은 건축 부문의 기술 및 정책 대책 및 행태관리에서, 설비 부문은 기자재의 에너지효율 향상 부문으로 나누어 분석한다. 본 분석에서는 건축물 에너지소비/온실가스 배출량 분석을 위해 최종 건물 에너지 사용량 측면에서 접근하였으며, 에너지 사용량 추정의 기본적 산출은 아래의 개념으로 적용되었다.

에너지 사용량 = Σ 해당 연도 신축 건축물에너지 수요 ×
해당 적용 기술 또는 정책의 절감효과 × 도입율

• 해당연도의 신축건축물 에너지 수요 =

해당연도 신축건축물량(연면적, ㎡) × 해당연도 신축건축물의 에너지원단위(TOE/㎡·year) 신축건축물량은 과거에 대해서는 건축허가 및 재고물량 통계 등을 종합적으로 반영하며, 미래에 대해서는 인구증가 추이 등에 의한 가구수 증가 등 외부 전망치를 도입하여 반영하였다.

• 연도별 예상 건축물 증가물량(호수 또는 동) × 단위 건축물 당 평균 면적(㎡)

미래의 에너지소비량을 추정하기 위해서는 에너지소비에 영향을 주는 제반 인자들의 향후 변화에 대한 예측이 필요하다. 또한 미래의 변화예측은 과거의 통계 자료의 분석으로부터 가능해진다. 에너지 소비 예측의 목적에 따라 필요한 인자를 가감할 수가 있지만 본 연구에서는 가급적 건설통계를 기본적으로 사용할 수 있도록 모형을 구성하였다. 건축물의 에너지 소비는 건축물 자체의 에너지 효율성능과 향후 신규 건축물의 증가량에 의해 결정되게 된다.

에너지 효율성능에 미치는 영향은 단열, 기밀 등 건축적 요인과 설비의 효율 향상으로 대별할 수가 있다. 건축물은 수많은 재료와 설비가 결합된 구조체로서 이들이 에너지성능변화에 미치는 영향을 추정하기는 쉬운 일이 아니다. 한편, 건축물의 향후 에너지소비에 영향을 미치는 또 다른 요인으로 신규 건축물의 증가량이 있다. 신규 건축물의 수요변화를 예측하기 위해서는 주거, 상업 각 용도별 수요 변화에 대한 예측이 필요하다. 이에 대해서 본 연구에서는 건설교통통계연보 및 관련 연구기관의 자료를 토대로 미래 주택 수요를 추정하였다. 인구증가 예측 자료는 향후 가정부문의 주택 증가 추이를 예측함에 있어 통계청의 총인구 변화추이 자료를 토대로 출발하여 미래예측 연도의 총 주택수를 예측하였다.

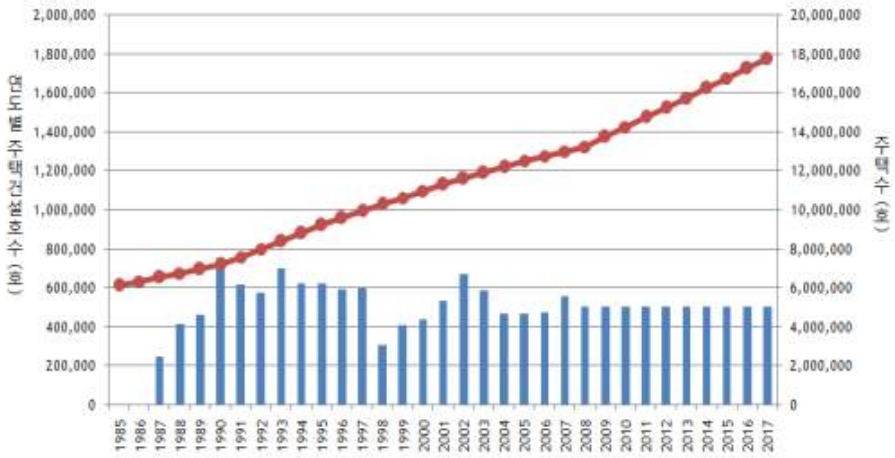
• 해당연도의 가구수 = (해당연도의 총인구 / 해당연도의 가구당 인구)
• 해당연도의 주택수 = (해당연도의 가구수) / (해당연도의 주택당 가구수)
• 주택총면적 = 해당연도의 주택수 × 해당연도의 주택당 평균 면적
• 총에너지소비량 = 신축주택 연면적 × 연도별 에너지원단위
• 이산화탄소배출량 = 총에너지소비량 × 미래연도의 종합 온실가스 환산계수
• 온실가스 환산계수의 추정 = 에너지 구성비 가정을 토대로 향후 온실가스 종합배출계수의 추정

<표 4.1> 항목별 자료의 출처

분류	항목	출처		비고
		기관	자료명	
건물 부문 변수	인구	통계청	총조사인구 총괄	5년 주기
		통계청	연령별(전국) 추계인구	매년
	가구수	통계청	2005~2030 장래가구추계	5년 주기
		대한 주택공사	주택도시통계편람	-
	주택수	통계청	총조사 주택총괄	5년 주기
	주택 건설 현황	국토해양부	건설교통통계연보, 주택건설현황	'90~'06: '07년 자료
	건축물 현황	국토해양부	건축물 현황	'03년 이전까지 3년 주기'03년부터 매년
	건축허가 면적	국토해양부	건축허가 면적	매년
	1인당 주거면적	국토해양부	건설교통통계연보, 주거공간	5년 주기
에너지 사용량	가정부문	에너지경제연구원	에너지총조사 통계, 가정부문 계절별 소비 (석유환산)	3년 주기
	상업·공공 부문	에너지경제연구원	에너지총조사 통계, 부문별 원별 소비추이 (석유환산)	3년 주기
에너지 소비 비중	에너지 사용기기	에너지경제연구원	2005년도 에너지총조사 보고서	-
	가구당 에너지 소비량	에너지경제연구원	2005년도 에너지총조사 보고서	-
		한국전력 거래소	가전기기보급률 및 가정용 전력소비행태 조사	2년주기

○ 주택 건설 현황 및 추이

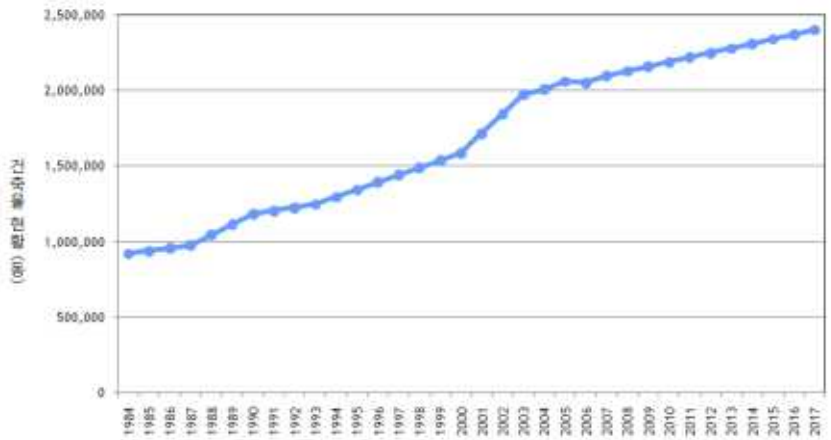
- 우리나라의 연도별 주택건설호수를 살펴보면 1990년대에 들어서면서 꾸준히 연간 약 60만호씩 건설되다가 경제위기를 맞아 1998년도에 약 30만 6천호로 감소되었다. 이후 2002년까지 다시 증가하는 추세를 보이다가 2003년~2007년 동안에는 46만호~60만호 사이로 건설되고 있다. 2008년도 기준 기존 주택수는 13,223,000호이며, 국토해양부 주택건설과에서는 2008년 이후 연간 50만호의 주택이 건설될 것으로 전망하고 있어 예상대로 건설될 경우 2017년 우리나라의 주택수는 1,772만호에 이를 것으로 예측된다.



[그림 4.2] 주택 건설 현황 통계 분석

○ 상업부문 건설 현황 및 추이

- 빌딩 건설 현황은 주택을 제외한 상업, 공업, 교육·사회, 기타 건물의 건설 현황을 말한다. 우리나라 누적 빌딩 수는 1984년 이후 계속해서 증가하고 있으며, 2007년 기준 기존 빌딩 수는 약 210만 동에 이르고 있다. 2003년부터 2007년 사이의 증가율의 평균치를 이용하여 향후 연간 약 3만동의 빌딩이 건설될 것으로 전망하여 2017년 우리나라의 기존 빌딩 수는 약 240만 동에 이를 것으로 예상된다.
- 빌딩 건설 현황을 면적으로 분석해보면 1990년 이후 연도별 건축허가면적은 지속적인 증가 추세를 보이고 있으며, 2007년 기준 누적 빌딩 면적은 약 8억 7천 5백만㎡이다. 특히 빌딩 부문은 국민 소득의 증대로 인한 수요의 증가로 앞으로도 가파른 면적 증가가 예상되어 2017년에는 약 14억 3천 3백만㎡에 이를 것으로 전망된다.



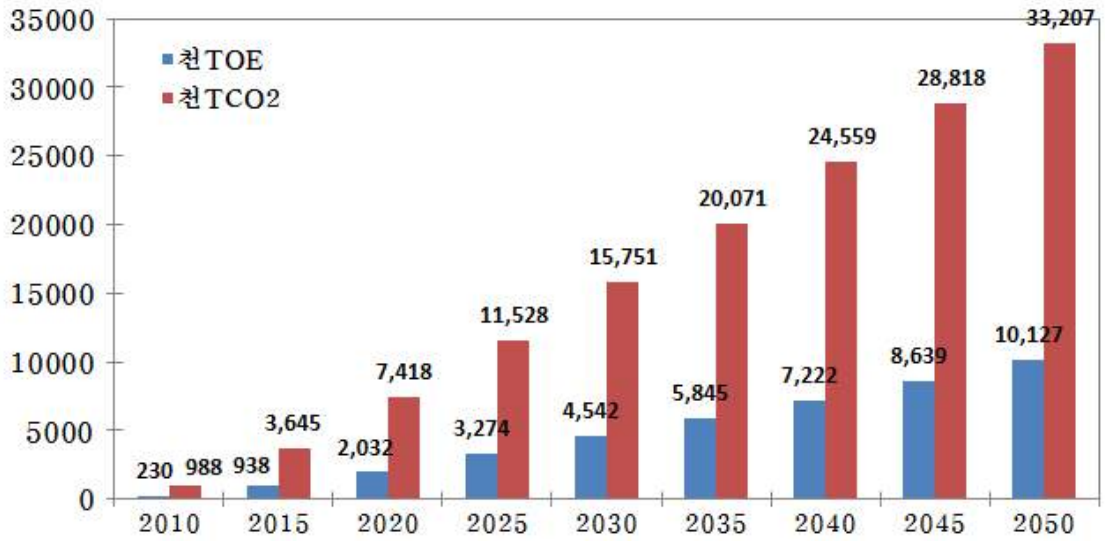
[그림 4.3] 상업부문 건설 현황 통계 분석 (동수)

다. 정책 이행에 따른 온실가스 배출 감축 전망

가정 상업 부문의 온실가스 감축 잠재량은 기본적으로 에너지효율 기술을 건물이 구현됨에 따라 절감되는 것이나, 보수적인 건축시장에서 에너지효율 기술의 적용 여부는 정책적 의지에 따라 실현되는 것이 일반적이다. 가정, 상업부문의 온실가스 감축 잠재량은 시장의 기술을 정책 이행의 강도에 따라 움직이는 것으로 분석하였으며 건축물 에너지절약설계기준의 강화와 총량제 도입에 따른 효과 분석에 따른 감축 잠재량은 <표 4.2>와 같다.

<표 4.2> 가정・상업부문 온실가스 감축 잠재량

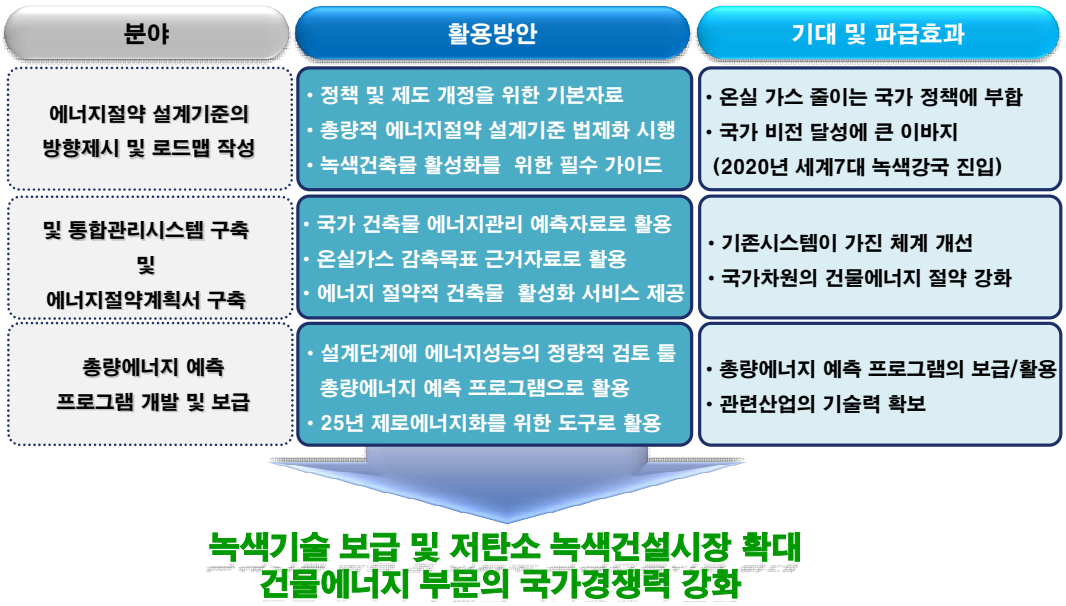
	연도	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
설계기준강화	천TOE	230	938	2,032	3,274	4,542	5,845	7,222	8,639	10,127
	천TCO_2	988	3,645	7,418	11,528	15,751	20,071	24,559	28,818	33,207



[그림 4.4] 가정・상업부문 온실가스 감축 잠재량

제 5 장 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성

1절 연구성과 향후 활용방안



[그림 5.1] 연구성과 활용방안

○ 에너지절약 설계기준의 개정 및 총량에너지 건축물 설계 기준안 제시

- 중장기적인 건축물 에너지 효율 향상 대책 수립 및 개정을 위한 기초 자료로 활용
- 국가 시책인 “친환경 국토 조성 기술”, “녹색건축물 활성화”를 위한 필수 가이드로 활용
- 건축물 총량에너지 절약 설계기준(안) 및 용도별 총량에너지 제한기준(안)은 주관부처와 지속적으로 협의 중에 있으며, ‘14년 하반기 고시개정, ‘15년 상반기 시행을 목표로 연구성과가 반영될 수 있도록 추진

○ 에너지성능 통합관리시스템 구축

- 건축물 에너지절약 설계기준 적용 대상 범위의 확대 및 관련 기준 개정(소규모 건축물 포함)을 위한 기초자료로 활용
- 에너지성능 통합관리시스템 및 에너지절약계획서 관리시스템 구축 기술 및 DB는 유사 웹사이트 개발과 연구 자료로 활용
- 용도별, 규모별, 연도별 등의 국내 신축 건축물의 표준적인 DB확보와 분석으로 에너지 수요/관리 방안에 활용

- 시스템 사용자에게 프로젝트 건축물에 대한 에너지절약 설계 및 성능 개선 벤치마킹 정보 제공
- 에너지성능 통합관리시스템은 '건축물 에너지절약 설계기준' 에너지절약계획서 검토 전문기관 업무와 '건축물 에너지효율등급 인증제도' 운영기관을 담당하고 있는 에너지관리공단에서 운영 및 유지관리를 수행하며, 주기적으로 데이터 갱신하여 사용자에게 관련 정보 제공 예정

○ 건축물 총량에너지 평가프로그램 개발
- 추후 관련 제도의 건축물 에너지 성능 등급 설정 시 참고자료로 활용
- 건축 관련 설계자 및 실무자가 설계단계에 설계요소별 에너지성능의 정량적인 검토 툴로써 활용
- 표준용도프로필, 표준기상데이터 등 '건축물 에너지효율등급 인증제도'와 연계하여 연구성과물 활용
- 관련 전문가 및 일반 사용자를 대상으로 설계기준 해설서 배포, 연구기관 홈페이지 자료 공개 및 프로그램 사용자 교육 등과 연계하여 연구성과 홍보 예정
- 총량에너지 평가프로그램 사용 활성화 및 사용자 편의환경을 제공하기 위해 프로그램에 대한 지속적 연구개발 및 유지관리는 에너지관리공단과 한국건설기술연구원에서 수행 예정.

2절 추가연구 필요성 등

1. 에너지성능 통합관리시스템

본 과제에서 구축한 녹색건축물의 활성화를 위한 에너지성능 통합관리시스템은 다음과 같은 4가지 요소로 이루어졌다.

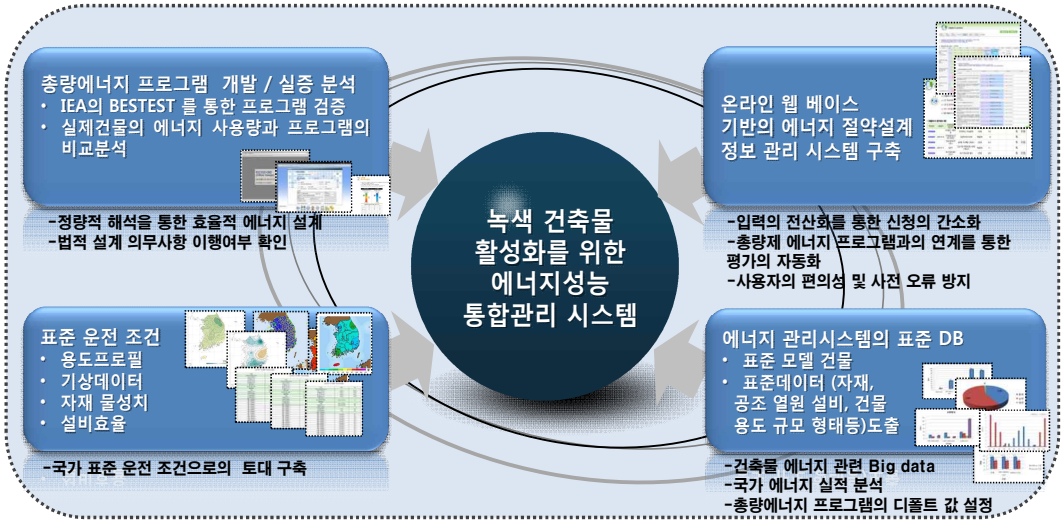
○ 건축물 에너지절약 설계기준에서 의무화하고 있는 에너지절약계획서의 설계정보를 온라인상으로 입/출력을 가능하게 하고, 이를 자동으로 평가가 가능

○ 온라인상으로 입력된 설계정보를 DB화하여 관리하고 축적된 데이터를 바탕으로 국가 표준 DB를 도출

○ 정성적인 평가방법의 에너지절약계획서를 정량적으로 평가가 가능한 에너지소비

총량의 평가TOOL의 개발 및 이의 검증, 실증분석

○ 총량에너지 프로그램을 운용할 수 있는 표준 운전 조건의 제안

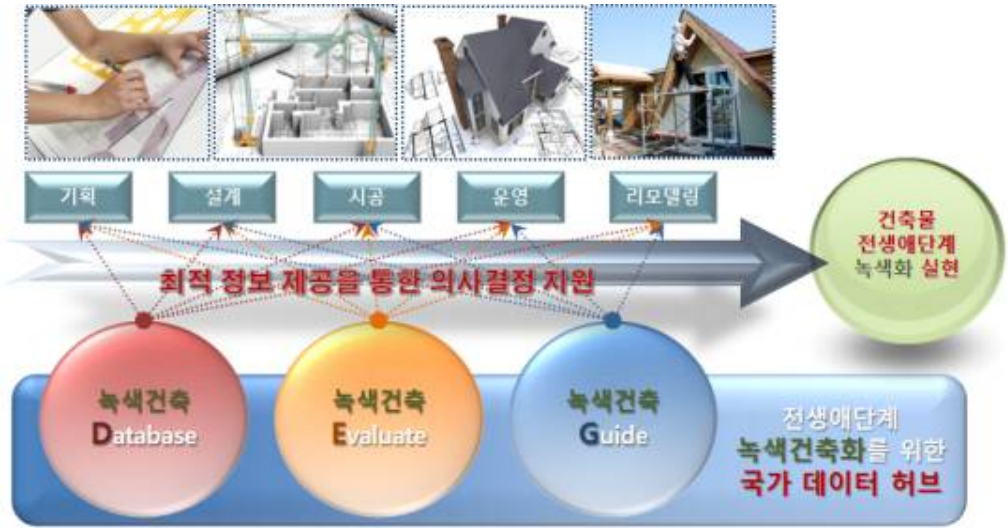


[그림 5.2] 에너지성능 통합관리시스템 개요

에너지성능 통합관리시스템은 새로이 건설되는 여러 용도의 건축물의 설계정보를 체계적으로 관리하여 의무사항, 성능지표 및 건축물의 소요량 검토에 활용할 수 있으며, 실제 건물 설계수준과 총량에너지 수준을 비교 검토하여 에너지 절약적 설계 수준을 제시하는 역할로 사용될 수 있다.

2. 녹색 건축물의 활성화를 위해 필요한 시스템

장기적인 관점에서 국가의 건물에 소요되는 에너지양을 줄이고 녹색 건축물을 활성화시키기 위해서는 건물에너지 절약 설계 기준 뿐만 아니라 현재 재정되어 있는 온실가스 에너지 목표 관리제 및 건축물 에너지 효율등급 인증제도 등의 다른 정책들도 포함하여 통합 관리할 수 있는 시스템이 필요하다. 또한 신축 건물만이 아닌 기존의 건축물을 포함하여 건축물의 전 생애단계에서의 녹색 건축화 유도를 목표로 건축물 생애단계별 이해관계자에게 녹색건축을 위한 최적 정보 제공 및 효과 분석 등 종합적 지원체계 및 시스템을 구축할 필요가 있다.



[그림 5.3] 녹색건축물 종합적 지원체계 및 시스템 개요

이와 같은 통합지원시스템에서 구축해야 할 항목은 본 과제에서 구축한 에너지성능 통합관리 시스템과 함께 다음과 같은 요소가 포함되어야 한다.

○ 녹색건축자재의 전산화 DB 및 관리 시스템

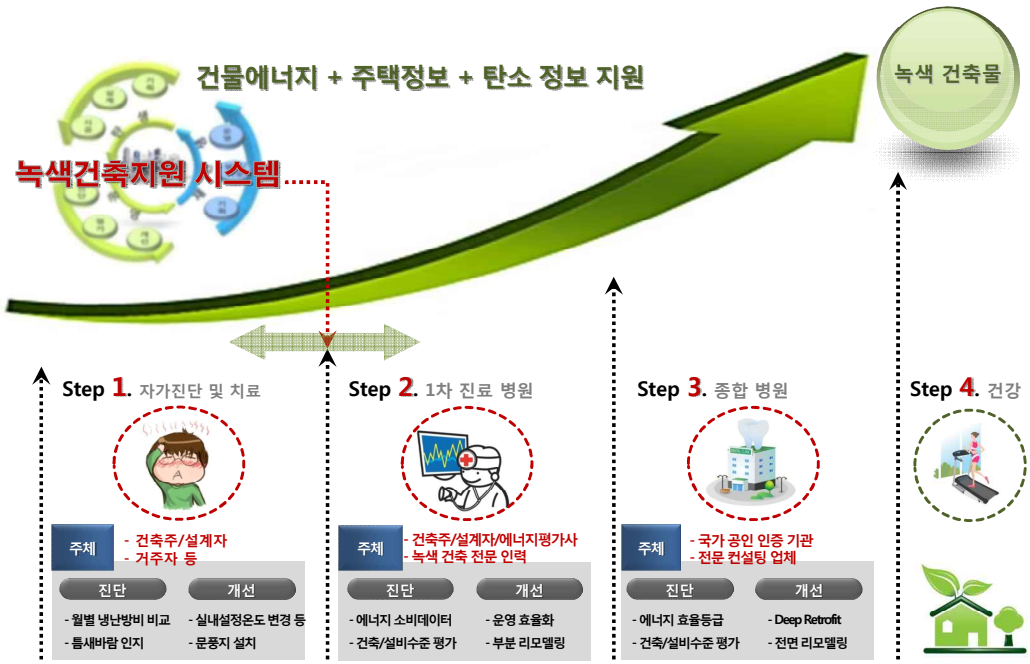
녹색건축물의 실질적인 구현을 위해서는 이를 뒷받침할 수 있는 녹색건축자재가 지속적으로 개발되어야 한다. 특히 녹색건축자재의 성능 항목 및 판정 기준을 명확히 규정함으로써 자재 생산업체로 하여금 자재 개발의 목표를 설정할 수 있도록 하고, 공(公)적으로 인정받는 신뢰성 있는 녹색건축자재가 자생적으로 보급될 수 있도록 하여야한다. 특히 건축물의 에너지효율화에 직접적인 영향을 미치는 주요 건축자재에 대한 정보를 제공함으로써 설계자들이 우수한 성능을 갖는 건축자재를 취사선택할 수 있고, 설계단계에 맞게 자재 사용 시의 에너지 성능 향상 정도를 평가할 수 있는 역할을 수행 할 수 있어야한다.

○ 상세 에너지사용량 국가 표준 원단위 DB 및 비교분석(벤치마킹) 지원시스템

건물의 운용 시에 시스템 운전 및 관리가 적정하고 에너지 효율적인지 여부를 판단하여 적정 운전 및 관리를 함으로서 에너지 소요량을 절약할 수 있다. 건물의 운전 및 관리가 적정한 지에 대해서는 해당 건물과 비슷한 사양의 건물의 에너지 소요량을 비교분석하여 판단할 수 있다. 이를 위해 해당 건물에 대한 에너지효율 진단, 동일 유형 건물의 운영단계 표준 에너지효율 DB 데이터와 비교를 통한 현 수준을 평가해 주며, 더 나아가 우수/취약 부문의 시스템 특성 및 원인 파악, 개선방안 도출 등을 제공해줄 수 있는 건물 에너지효율 진단, 평가, 개선시스템 요구된다.

○ 건축물 에너지 효율화 지원시스템

건물 부문의 에너지 소비는 국가 총 에너지 소비의 약 22%에 달하여, 국가 전체 온실가스 감축목표 달성에 있어 건물 부문의 역할이 매우 크다. 특히, 단열기준 도입 이전 및 2001년 단열기준 강화 이전에 준공된 건축물의 에너지 효율은 최근 건축물에 비해 30~50% 이상 낮으므로 에너지 효율 개선이 시급하다. 노후 건축물의 녹색 리모델링은 건축주나 거주자의 관점에서는 건축물의 경제적, 사회적 가치 상승 및 삶의 질 향상을 이룰 수 있어 매우 자발적인 참여를 유도할 수 있다. 그러나 기존 건축물은 용도, 규모 등에 따라 건축주, 거주자 등 다양한 이해관계가 얽혀있고 기획, 설계, 시공 과정에서의 결정 사항이 매우 다양하므로, 이에 대한 정보를 공유할 필요성이 크나 전반적으로 이러한 시스템이 없어 자발적 참여에 장애요소가 되고 있다. 따라서 이들 이해 당사자들이 건축물 재탄생 단계에서 녹색 리모델링 관련 정보를 종합하여 효과적으로 의사결정을 할 수 있는 역할을 수행하는 지원시스템의 구축이 필요하다. 이러한 시스템은 건물의 문제인 부분을 건축주 혹은 거주자가 스스로 진단을 하고 그 이상의 문제에 대해서는 알맞은 진단 기관으로의 연계를 가능하게 해 줌으로서 실질적인 녹색건축물의 실현을 이룰 수 있게 해준다.



[그림 5.4] 건축물 에너지 효율화 지원시스템의 역할

○ 그 밖의 녹색 건축 지원 Contents 및 제도·정책 정보 제공 시스템

일반인 및 건물주, 설계자들에게 국내의 관련 정책이나 지원 금융제도 등의 정보를 제공함으로서 건축물의 계획수립 및 시행 시 참고할 수 있게 하고, 친환경 리트로핏의 홍보 및 활성화를 유도할 수 있다. 이를 위해서는 건물에너지 진단/평가/개선 관련한 국내외 정책의 정책내용, 담당기관, 인센티브 등의 DB 및 친환경 리트로핏 시 지원받을 수 있는 건물 유형별(용도, 시기, 규모 등), 지역별, 리트로핏 수준별 금융지원 정책 및 지원기관 DB를 한꺼번에 비교할 수 있는 포털 등의 지원시스템이 필요하다.

3. 국토교통과학기술진흥원 “건축물 생애단계별 녹색건축지원시스템” 과제와의 연계

본 과제에서 구축한 에너지성능 통합관리시스템의 표준DB, 표준 운전조건 및 Web base의 자동 평가 Tool 및 Platform을 발전시켜 좀 더 넓은 범위의 국가 건축물에너지 통합 DB/DBMS를 개발하고 건축 이해 당사자들에게 적극적으로 녹색 건축물을 활성화 시킬 수 있는 지원시스템을 구축하기 위한 과제를 2014년 4월부터 추진 예정에 있다.

○ 과제 목적 : 건축물 생애단계별 모든 이해관계자가 손쉽게 접근 및 사용가능한 건축물 전 생애단계별 녹색 건축 지원시스템 개발 및 국가 데이터 허브 구축

○ 과제의 필요성 : 에너지 효율적인 건물 및 커뮤니티를 구축하기 위해 일반인 및 전문가에게 다수 존재하는 장애요인(Barrier)에 대한 인식 공유 및 해결방안에 대한 정보를 제공할 수 있는 통합 지원시스템이 필요

○ 과제의 목표

- 그린투게더의 고도화를 통한 건축물 전 생애단계별 녹색건축 지원시스템 개발 및 국가 데이터 허브 구축
- 일반인에서 전문가, 건물주 및 시공사에 이르는 건축물 모든 이해관계자가 손쉽게 접근 및 사용이 가능한 시스템 개발
- 이미 개발되어 있는 건축물 효율화 기술을 통합하여 보급할 수 있는 인프라를 구

축하여 녹색건축 이해관계자들 간의 간편한 접근과 연계가 가능해져 녹색건축 시장이 자생할 수 있는 원동력을 제공

- 건축물 효율화를 이룰 수 있는 정보를 종합적으로 제공하여 의사결정을 지원할 수 있는 시스템을 제공함으로서 건축주의 자발적이 참여를 유도



[그림 5.5] “건축물 생애단계별 녹색건축지원시스템” 과제 목표

참 고 문 헌

[연구보고서 및 정기간행물]

○ 총량베이스 건축물 에너지절약 관리기법 개발, 한국건설기술연구원, 2006-9

○ 저에너지 친환경 공동주택 지원 정책 개발, 한국건설기술연구원, 2009-4

○ 기존 및 신축건물 에너지이용효율화 향상 방안 연구, 한국건설기술연구원, 2009-12

○ 건물에너지설계현황 DB구축 및 고효율건물설계 가이드라인 개발, 한국건설기술연구원, 2010-10

○ 건축물분야 온실가스 감축 시나리오 작성 및 감축정책 추가 발굴 보고서, 국토해양부, 2011-11

○ 저에너지 건축물 설계 통합인프라 구축 연구, 한국건설기술연구원, 2011-12

○ 정영선, 건축물의 온실가스 감축 정책 동향, 사단법인 한국그린빌딩협의회지, 제13권 제3호, p3541, 2012-09

○ 국토해양부 외, 녹색도시·건축물 활성화 방안, 제6차 녹색성장위원회 보고자료, p23-24, 2009

○ 국토해양부 외, 녹색건축물 보급 확대를 위한 세부 시행방안, 2012 녹색건축 한마당 자료, p89-90, 2012

[연구논문]

○ 황은경, 박근수, 김수암, 건축물의 용도분류 체계 개선 방향 설정에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 계획계, 제24권 제12호(통권242호), p77, 2008-12

○ 문미선, 박상동, 이진숙, 태춘섭, 친환경 인증 받은 건물의 에너지성능지표 득점분석 연구, 대한건축학회 논문집 계획계, 제27권 제11호(통권277호), p367, 2011-11

○ 황은경, 건축허가 법령 통합 관리 방안에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 계획계, 제25권 제7호(통권249호), p21, 2009-07

○ 이권형, 김인한, 추승연, BIM기반 친환경건축물 등급 인증기준의 에너지성능지표(E.P.I.)의 개선방안에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 계획계, 제27권 제9호(통권275호), p13～21, 2011-09

○ 김동일, 이태경, 이상홍, 업무용건축물의 친환경성 측정을 위한 간편한 방법 개발에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 계획계, 제24권 제6호(통권236호), p193～200, 2008-06

○ 박진서, 장희경, 유기형, 에너지 효율등급 인증현황 분석을 통한 공동주택의 설계수준에 관한 연구, 대한설비공학회 2012 하계학술발표대회 논문집, p306~310, 2012-06
○ 김경아, 유기형, 윤성훈, 정해권, 문현준, 국내외 주거용 건축물 에너지절약 설계기준 비교분석, 2012 추계학술발표대회 논문집, 제12권 제2호, p327~331, 2012-11
○ 서혜수, 김병선, 초고층 공동주택의 세대별 냉난방부하 시뮬레이션 결과 및 에너지 실사용량과의 비교 분석, 한국태양에너지학회 논문집, 제31권 4호, p34~40, 2011

[정책 및 제도]

○ 건축물의 에너지절약 설계기준, 국토교통부고시 제2013-587호, 국토교통부
○ 건축물 에너지효율등급 인증에 관한 규칙, 국토교통부령 제6호, 산업통상자원부령 제6호
○ 건축물 에너지효율등급 인증기준, 국토교통부고시 제2013-248호, 산업통상자원부고시 제2013-34호
○ 건축물 에너지효율등급 인증제도 운영규정, 에너지관리공단 규정
○ 에너지소비효율등급제도, 지식경제부
○ 고효율에너지기자재인증제도, 지식경제부
○ 친환경건축물인증제도, 국토해양부
○ 녹색건축물 조성 지원법 시행규칙, 국토해양부령 제570호, 국토교통부
○ Advanced Energy Design Guide for Small Hospitals and Healthcare Facilities, 2011-4
○ Advanced Energy Design Guide for Small to Medium Office Buildings, 2011-4
○ Official Journal of the European Union, Dorective 2010/31/EU of the European Parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings(recast)
○ European Union(Energy Performance of Building) Regulation 2012
○ Building and Buildings England and Wales, The Building Regulation 2000
○ Building and Buildings England and Wales, The Building Regulation 2010
○ Building and Buildings England and Wales, The Energy Performance of Building(England and Wales) Regulation 2012
○ Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV), 2007

○ Décrets, arrêtés, circulaires, TEXTES GÉNÉRAUX, MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DE L'ÉNERGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE LA MER, EN CHARGE
○ DES TECHNOLOGIES VERTES ET DES NÉGOCIATIONS SUR LE CLIMAT, 2010

[기타]

○ 온실가스종합정보센터, www.gir.go.kr
○ 에너지관리공단 건물에너지절약사업, www.kemco.or.kr

[부 록 1]

[별표 1] 지역별 건축물부위의 열관류율표

(단위 : W/㎡・K)

건축물의 부위 \ 지역			중부지역[1]	남부지역[2]	제 주 도
거실의 외벽	외기에 직접 면하는 경우		0.270 이하	0.340 이하	0.440 이하
	외기에 간접 면하는 경우		0.370 이하	0.480 이하	0.640 이하
최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕	외기에 직접 면하는 경우		0.180 이하	0.220 이하	0.280 이하
	외기에 간접 면하는 경우		0.260 이하	0.310 이하	0.400 이하
최하층에 있는 거실의 바닥	외기에 직접 면하는 경우	바닥난방인 경우	0.230 이하	0.280 이하	0.330 이하
		바닥난방이 아닌 경우	**0.290 이하**	**0.330 이하**	**0.390 이하**
	외기에 간접 면하는 경우	바닥난방인 경우	0.350 이하	0.400 이하	0.470 이하
		바닥난방이 아닌 경우	**0.410 이하**	**0.470 이하**	**0.550 이하**
바닥난방인 층간바닥			0.810 이하	0.810 이하	0.810 이하
창 및 문	외기에 직접 면하는 경우	공동주택	1.500 이하	1.800 이하	2.600 이하
		공동주택 외	2.100 이하	2.400 이하	3.000 이하
	외기에 간접 면하는 경우	공동주택	2.200 이하	2.500 이하	3.300 이하
		공동주택 외	2.600 이하	3.100 이하	3.800 이하

비고

1) 중부지역: 서울특별시, 인천광역시, 경기도, 강원도(강릉시, 동해시, 속초시, 삼척시, 고성군, 양양군 제외), 충청북도(영동군 제외), 충청남도(천안시), 경상북도(청송군)

2) 남부지역: 부산광역시, 대구광역시, 광주광역시, 대전광역시, 울산광역시, 강원도(강릉시, 동해시, 속초시, 삼척시, 고성군, 양양군), 충청북도(영동군), 충청남도(천안시 제외), 전라북도, 전라남도, 경상북도(청송군 제외), 경상남도, 세종특별자치시

[부 록 2]

[별표 3] 단열재의 두께 - 중부지역

건축물의 부위 \ 단열재의 등급			단열재 등급별 허용 두께			
			가	나	다	라
거실의 외벽	외기에 직접 면하는 경우		120	140	160	175
	외기에 간접 면하는 경우		80	95	110	120
최하층에 있는 거실의 바닥	외기에 직접 면하는 경우	바닥난방인 경우	140	165	190	210
		바닥난방이 아닌 경우	**110**	**130**	**150**	**165**
	외기에 간접 면하는 경우	바닥난방인 경우	85	100	115	130
		바닥난방이 아닌 경우	**70**	**85**	**95**	**110**
최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕	외기에 직접 면하는 경우		180	215	245	270
	외기에 간접 면하는 경우		120	145	165	180
바닥난방인 층간바닥			30	35	45	50

[별표 3] 단열재의 두께 - 남부지역

건축물의 부위 \ 단열재의 등급			단열재 등급별 허용 두께			
			가	나	다	라
거실의 외벽	외기에 직접 면하는 경우		90	110	125	135
	외기에 간접 면하는 경우		60	70	80	90
최하층에 있는 거실의 바닥	외기에 직접 면하는 경우	바닥난방인 경우	115	135	155	170
		바닥난방이 아닌 경우	**95**	**115**	**130**	**145**
	외기에 간접 면하는 경우	바닥난방인 경우	80	90	105	115
		바닥난방이 아닌 경우	**60**	**70**	**85**	**90**
최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕	외기에 직접 면하는 경우		145	175	200	220
	외기에 간접 면하는 경우		100	120	135	150
바닥난방인 층간바닥			30	35	45	50

[별표 3] 단열재의 두께 - 제주도

건축물의 부위 \ 단열재의 등급			단열재 등급별 허용 두께			
			가	나	다	라
거실의 외벽	외기에 직접 면하는 경우		70	80	95	105
	외기에 간접 면하는 경우		45	50	55	65
최하층에 있는 거실의 바닥	외기에 직접 면하는 경우	바닥난방인 경우	95	115	130	145
		바닥난방이 아닌 경우	**80**	**95**	**110**	**120**
	외기에 간접 면하는 경우	바닥난방인 경우	65	75	90	95
		바닥난방이 아닌 경우	**50**	**60**	**70**	**75**
최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕	외기에 직접 면하는 경우		115	135	155	170
	외기에 간접 면하는 경우		75	90	105	115
바닥난방인 층간바닥			30	35	45	50

[부 록 3]

녹색건축물 조성 지원법 시행규칙 [별지 제1호 서식]

에너지 절약계획서 (제1쪽)

※어두운 난( )은 신청인이 작성하지 않으며, [ ]에는 해당하는 곳에 √ 표시를 합니다.

허가번호(연도-기관코드-업무구분-허가일련번호)

Ⅰ. 건축주 및 설계자

건축주	성명(법인명)		전화번호
	구 분	[ ] 민간 [ ] 공공기관	
건축물	건축물명	건축물 주소	
건축 구분	[ ] 신축 [ ] 증축 [ ] 개축 [ ] 재축 [ ] 이전 [ ] 용도변경 [ ] 건축물대장 기재내용 변경		
건축사	성 명 (서명 또는 인)		자 격 번 호
	사 무 소 명		전 화 번 호
	사무소 주소		
	전 자 우 편		휴대전화 번호
기계설비 설계사	성 명 (서명 또는 인)		자 격 번 호
	사 무 소 명		전 화 번 호
	사무소 주소		
	전 자 우 편		휴대전화 번호
전기설비 설계사	성 명 (서명 또는 인)		자 격 번 호
	사 무 소 명		전 화 번 호
	사무소 주소		
	전 자 우 편		휴대전화 번호

Ⅱ. 건축 부문

건축 면적	㎡	연면적	지상층: ㎡	냉난방 면 적	지상층: ㎡
			지하층: ㎡		지하층: ㎡
			합 계: ㎡		합 계: ㎡
층 수	지상: 층			지하: 층	

210mm×297mm[백상지 80g/㎡(재활용품)]

	부위별		열관류율	단열재 종류	열전도율	단열재 두께
단열 구조	외 벽		W/㎡·K		W/m·K	㎜
	지 붕		W/㎡·K		W/m·K	㎜
	바닥	최하층	W/㎡·K		W/m·K	㎜
		바닥 난방 층간 바닥	W/㎡·K		W/m·K	㎜

		종류	열관류율	일사투과율 (차폐계수*0.87)	창의 구성	창틀 종류	기밀 성능
단열 구조	창문	Ⅰ	W/㎡·K				( )등급 이상
		Ⅱ	W/㎡·K				( )등급 이상
		Ⅲ	W/㎡·K				( )등급 이상
		Ⅳ	W/㎡·K				( )등급 이상
	외벽 평균 열관류율 (창 및 문을 포함합니다)		W/㎡·K		창 면적비[주]		%

Ⅲ. 기계설비 부문

	난 방 용				급 탕 용		
난방기기	종류	용량	효율	성적계수	종류	용량	효율
		kW kcal/h	%			kW kcal/h	%

	종류	용량	성적계수
냉방기기		kW usRT	

	급수용				급탕용			순환수용	
펌 프	용량 합계	용량가중 평균효율	제어 방식	용량 합계	용량가중 평균효율	제어 방식	용량 합계	용량가중 평균효율	제어 방식
	㎥/분	A효율: B효율:		㎥/분	A효율: B효율:		㎥/분	A효율: B효율:	

	종류	용량 합계	용량가중 평균효율
송풍기		kW	%

Ⅳ. 전기설비부문

변전설비	수전 방식	수전 전압		수전 방식		위치
		kV		회선		층
	고효율 변압기	[ ]있음 [ ]없음		2차측전력량계 시설		[ ]있음 [ ]없음
동력설비	콘덴서	전동기별 시설		집합시설		자동역률 조정장치
						[ ]있음 [ ]없음
	제어 방식	인버터 제어		채 택	전동기부하명	
				[ ]있음 [ ]없음		
		그 밖의 제어 방식				
승강설비	제어 방식			수 량	대	
에너지 미터링 시스템	[ ]있음 [ ]없음					
조명설비	주 거실 설계조도	lx		거실 조명밀도	W/㎡	
	주조명광원	옥 내	W	옥 외	W	
	조명기기	안정기		고조도 반사갓	조도자동조절 조명기구 설 치 장 소	
		형식	등급			
				[ ]있음 [ ]없음		
	조명제어 시스템	[ ]있음 [ ]없음		자동조도 점멸장치	[ ]있음 [ ]없음	
전력감시 제어설비	전력감시 제어반	[ ]있음		[ ]없음		
대기전력저감우수제품	전체 콘센트 개수		대기전력 자동 차단장치 개수		설치비율	%
	도어폰	[ ]있음		[ ]없음		
	홈게이트웨이	[ ]있음		[ ]없음		

Ⅴ. 신・재생에너지 설비 부문

태양열 급탕/ 냉난방설비	냉 / 난 방 용			급 탕 용		
	종류	용량	집열효율	종류	용량	집열효율
		kW kcal/h	%		kW kcal/h	%
태양광 발전 설비	종 류	설치면적	용 량		발전효율	
		m^2	kW		%	

풍력발전 설비	종 류	설계최대풍속	용 량		날개 지름	지상고
		m/sec	kW		m	m
지열이용 열펌프설비	종류(형태)	냉난방 성능 [COP]	순환펌프 동력 합계	천공수/ 깊이	열교환기 파이프 지름	설계 유량(용량)
		난방[ ] 냉방[ ]	kW	( )공/ ( )m	㎜	lpm/RT

작성방법
※ 여러 대의 장비가 설치될 경우에는 주요 장비에 대하여 작성합니다. 단, 용량가중 평균효율을 제시하는 경우는 제외합니다. 주: 창 면적비 계산식 = 외기에 직접 면한 창 면적/(외기에 직접 면한 창 면적+외기에 직접 면한 벽 면적)

「녹색건축물 조성 지원법」 제14조제1항, 같은 법 시행령 제10조제2항 및 같은 법 시행규칙 제7조제1항에 따라 위와 같이 에너지 절약계획서를 제출합니다.

년 월 일

신 청 인

(서명 또는 인)

(휴대전화번호:)

특 별 시 장 · 광 역 시 장
특별자치시장 · 특별자치도지사
시 장 · 군 수 · 구 청 장 귀하

첨부서류	1. 국토교통부장관이 고시하는 건축물의 에너지 절약 설계기준에 따른 에너지 절약 설계 검토서 1부 2. 설계도면, 설계설명서 및 계산서 등 건축물의 에너지 절약계획서의 내용을 증명할 수 있는 서류(건축, 기계설비, 전기설비 및 신·재생에너지 설비 부문과 관련한 것으로 한정합니다) 1부	수수료 없 음

처 리 절 차

에너지 절약계획서 작성	→	접 수	→	검 토	→	확인	→	건축허가
신청인		건축 허가부서		건축 허가부서		건축 허가부서		

건축물의 에너지절약 설계기준 [별지 제1호 서식]

(제1면)

에너지절약계획 설계 검토서

1. 에너지절약설계기준 의무 사항

항 목	채택여부 (제출자 기재)		근거	확 인 (허가권자 기재)	
	채택	미채택		확인	보류
가. 건축부문					
① 이 기준 제6조제1호에 의한 단열조치를 준수하였다.					
② 이 기준 제6조제2호에 의한 에너지성능지표의 건축부문 1번 항목을 0.6점 이상 획득하였다.					
③ 이 기준 제6조제3호에 의한 바닥난방에서 단열재의 설치방법을 준수하였다.					
④ 이 기준 제6조제4호에 의한 방습층을 설치하였다.					
⑤ 외기에 직접 면하고 1층 또는 지상으로 연결된 출입문을 제5조제9호아목에 따른 방풍구조로 하였다.(제6조제4호라목 각 호에 해당하는 시설의 출입문은 제외)					
⑥ 거실의 외기에 직접 면하는 창은 기밀성능 1~5등급(통기량 5㎥/h·㎡ 미만)의 창을 적용하였다.					
나. 기계설비부문					
① 냉난방설비의 용량계산을 위한 설계용 외기조건을 제8조제1호에서 정하는 바에 따랐다.(냉난방설비가 없는 경우 제외)					
② 펌프는 KS인증제품 또는 KS규격에서 정해진 효율이상의 제품을 채택하였다.(신설 또는 교체 펌프만 해당)					
③ 기기배관 및 덕트는 건축기계설비 표준시방서에서 정하는 기준 이상 또는 그 이상의 열저항을 갖는 단열재로 단열하였다. (신설 또는 교체 기기배관 및 덕트만 해당)					
④ 공공기관은 에너지성능지표의 기계부문 11번 항목을 0.6점 이상 획득하였다.(「공공기관 에너지이용합리화 추진에 관한 규정」제10조의 규정을 적용받는 건축물의 경우만 해당)					
다. 전기설비부문					
① 변압기는 제5조제11호가목에 따른 고효율변압기를 설치하였다.(신설 또는 교체 변압기만 해당)					
② 전동기에는 대한전기협회가 정한 내선규정의 콘덴서 부설 용량기준표에 의한 역률개선용콘덴서를 전동기별로 설치하였다.(소방설비용 전동기 및 인버터 설치 전동기는 제외하며, 신설 또는 교체 전동기만 해당)					
③ 간선의 전압강하는 대한전기협회가 정한 내선규정에 따라 설계하였다					
④ 조명기기를 채택할 때에는 제5조제11호라목에 따른 고효율 조명기기를 사용하고 안정기는 해당 형광램프 전용 안정기를 선택하며, 주차장 조명기기 및 유도등은 고효율에너지기자재 인증제품에 해당하는 LED 조명을 설치하였다.					
⑤ 공동주택의 각 세대내 현관, 숙박시설의 객실 내부입구 및 계단실을 건축 또는 변경하는 경우 조명기구는 일정시간 후 자동 소등되는 제5조제11호마목에 따른 조도자동조절 조명기구를 채택하였다.					
⑥ 거실의 조명기구는 부분조명이 가능하도록 점멸회로를 구성하였다.(공동주택 제외)					
⑦ 층별, 구역별 또는 세대별로 제5조제11호하목에 따른 일괄소등스위치를 설치하였다.(실내조명 자동제어설비를 설치하는 경우와 전용면적 60제곱미터 이하의 주택, 카드키시스템으로 일괄소등이 가능한 경우는 제외)					
⑧ 공동주택의 거실, 침실, 주방에는 제5조제11호카목에 따른 대기전력자동차단장치를 1개 이상 설치하였으며, 대기전력자동차단장치를 통해 차단되는 콘센트 개수가 제5조제9호가목에 따른 거실에 설치되는 전체 콘센트 개수의 30% 이상이 되도록 하였다. 공동주택 외의 건축물은 제5조제11호카목에 따른 대기전력자동차단장치를 통해 차단되는 콘센트 개수가 제5조제9호가목에 따른 거실에 설치되는 전체 콘센트 개수의 30% 이상이 되도록 하였다.					

※ 근거서류 중 도면에 의하여 확인하여야 하는 경우는 도면의 일련번호를 기재하여야 한다.

※ 만약, 미채택이거나 확인되지 않은 경우에는 더 이상의 검토 없이 부적합으로 판정한다. 확인란의 보류는 확인되지 않은 경우이다. 다만, 자료제시가 부득이한 경우에는 당해 건축사 및 설계에 협력하는 해당분야(기계 및 전기) 기술사가 서명·날인한 설치예정확인서로 대체할 수 있다.

2. 에너지성능지표[주1)]

항 목		기본배점 (a)				배점 (b)					평점 (a*b)	근거
		비주거		주거								
		대형 (3,000㎡이상)	소형 (500~3,000㎡미만)	주택 1	주택 2	1점	0.9점	0.8점	0.7점	0.6점		
건축부문	1.외벽의 평균 열관류율 Ue(W/㎡·K)[주2) 주3)] (창 및 문을 포함)	21	34			중부 0.470미만	**0.470~0.640미만**	**0.640~0.820미만**	**0.820~1.000미만**	1.000~1.180미만		
						남부 0.580미만	**0.580~0.770미만**	**0.770~0.970미만**	**0.970~1.170미만**	1.170~1.370미만		
						제주 0.700미만	**0.700~0.940미만**	**0.940~1.200미만**	**1.200~1.460미만**	1.460~1.720미만		
				31	28	중부 0.350미만	**0.350~0.420미만**	**0.420~0.500미만**	**0.500~0.580미만**	0.580~0.660미만		
						남부 0.440미만	**0.440~0.520미만**	**0.520~0.600미만**	**0.600~0.680미만**	0.680~0.770미만		
						제주 0.550미만	**0.550~0.680미만**	**0.680~0.810미만**	**0.810~0.940미만**	0.940~1.070미만		
	2.지붕의 평균 열관류율 Ur (W/㎡·K)[주2) 주3)] (천창 등 투명 외피부분을 제외한 부위의 평균 열관류율)	7	8	8	8	중부 0.110미만	0.110~0.120미만	0.120~0.140미만	0.140~0.160미만	0.160~0.180미만		
						남부 0.140미만	0.140~0.160미만	0.160~0.180미만	0.180~0.200미만	0.200~0.220미만		
						제주 0.170미만	0.170~0.190미만	0.190~0.220미만	0.220~0.250미만	0.250~0.280미만		
	3.최하층 거실바닥의 평균 열관류율 Uf (W/㎡·K)[주2) 주3)]	5	6	6	6	중부 0.120미만	0.120~0.160미만	0.160~0.200미만	0.200~0.240미만	0.240~0.290미만		
						남부 0.140미만	0.140~0.180미만	0.180~0.230미만	0.230~0.280미만	0.280~0.340미만		
						제주 0.160미만	0.160~0.210미만	0.210~0.260미만	0.260~0.310미만	0.310~0.380미만		
	4.제5조제9호차목에 따른 외단열 공법의 채택 (외단열 시공 비율, 창면적비가 50%미만일 경우에 한함)	4	6	6	6	70%이상	60%~70%미만	50%~60%미만	40%~50%미만	30%~40%미만		
	5.기밀성 창 및 문의 설치 (KS F2292에 의한 기밀성 등급 및 통기량(㎥/h㎡))[주4)]	5	6	6	6	1등급 (1 ㎥/h㎡미만)	2등급 (1~2 ㎥/h㎡미만)	3등급 (2~3 ㎥/h㎡미만)	4등급 (3~4 ㎥/h㎡미만)	5등급 (4~5 ㎥/h㎡미만)		
	6.자연채광용 개구부(수영장), 주된 거실에 개폐가능한 외기에 면한 창의 설치(기타 건축물)	1	1	1	1	수영장 : 수영장 바닥면적의 1/5이상 자연채광용 개구부 설치 기타 건축물 : 개폐되는 창부위의 면적이 외주부[주5)] 바닥면적의 1/10이상 적용 여부						
	7.유리창에 제5조제9호타목에 따른 야간 단열장치를 설치	-	-	1	1	전체 창 면적의 20% 이상 적용 여부						
	8.냉방부하저감을 위한 제5조제9호거목에 따른 차양장치 설치	4	2	2	2	외부 차양에 한함. 내부차양은 자동제어가 연계되는 경우 인정 (남향 및 서향 창면적의 80% 이상 설치시)						
	공동주택 9.외기에 면한 주동 출입구에 방풍실 또는 회전문을 설치 함	-	-	1	1	적용 여부						
	공동주택 10.공동주택 각 세대의 현관에 방풍실 설치	-	-	1	1	적용 여부						
	공동주택 11.대향동의 높이에 대한 인동간격비[주6)]	-	-	1	1	1.20이상	1.15이상~1.20미만	1.10이상~1.15미만	1.05이상~1.10미만	1.00이상~1.05미만		
	공동주택 12.공동주택의 지하주차장에 300㎡이내 마다 2㎡ 이상의 채광용 개구부를 설치하며(지하 2층 이하 제외), 조명설비는 주위 밝기에 따라 전등군별로 자동점멸 또는 스케줄 제어가 가능하도록 하여 조명전력을 감소	-	-	1	1	적용여부						
	13.지하주차장 설치되지 않는 경우의 기계부문 15번 및 건축부문 12번에 대한 보상점수	-	-	2	2	--						
	건축부문 소계											

항 목				기본배점 (a)				배점 (b)					평점 (a*b)	근거
				비주거		주거								
				대형 (3,000㎡ 이상)	소형 (500~3,000㎡미만)	주택 1	주택 2	1점	0.9점	0.8점	0.7점	0.6점		
기계설비부문	1.난방설비 주7) (효율%)	기름 보일러		8	7	10	7	92이상	89~92미만	86~89미만	83~86미만	83미만		
		가스 보일러	중앙난방방식					87이상	83~87미만	81~83미만	79~81미만	79미만		
			개별난방방식					1등급 제품	-	-	-	그 외 또는 미설치		
		기타 난방설비						고효율 인증제품, (신재생 인증제품)	에너지소비효율 1등급제품	-	-	그 외 또는 미설치		
	2.냉방설비	원심식(성적계수, COP)		6	2	-	2	5.18 이상	4.51~5.18 미만	3.96~4.51 미만	3.52~3.96 미만	3.52미만		
		흡수식 (성적계수, COP)	①1중효용					0.75 이상	0.73~0.75미만	0.7~0.73미만	0.65~0.7미만	0.65 미만		
			②2중효용 ③3중효용 ④냉온수기					1.2 이상	1.1~1.2미만	1.0~1.1미만	0.9~1.0미만	0.9 미만		
		기타 냉방설비						고효율 인증제품, (신재생 인증제품)	에너지소비효율 1등급제품	-	-	그 외 또는 미설치		
	3.열원설비 및 공조용 송풍기의 우수한 효율설비 채택(설비별 배점 후 용량가중평균)			3	1	-	1	60% 이상	57.5~60%미만	55~57.5%미만	50~55%미만	50%미만		
	4.냉온수 순환, 급수 및 급탕 펌프의 우수한 효율설비 채택 주8)			2	2	3	3	1.16E 이상	1.12E~1.16E미만	1.08E~1.12E미만	1.04E~1.08E미만	1.04E 미만		
	5.이코노마이저시스템 등 외기냉방시스템의 도입			3	1	-	1	전체 환기소요량의 60% 이상 적용						
	6.폐열회수형 환기장치 또는 바닥열을 이용한 환기장치, 보일러 또는 공조기의 폐열회수설비 주9)			2	2	2	2	전체 환기소요량의 60% 이상 적용 (폐열회수형 환기장치는 고효율에너지기자재 인증제품인 경우 배점)						
	7.기기, 배관 및 덕트 단열			2	1	2	2	건축기계설비 표준시방서에서 정하는 기준의 20% 이상 단열재 적용 여부 (급수, 배수, 소화배관, 배연덕트 제외)						
	8.열원설비의 대수분할, 비례제어 또는 다단제어 운전			2	1	2	2	전체 열원설비의 60% 이상 적용						
	9.공기조화기 팬에 가변속제어 등 에너지 절약적 제어방식 채택			2	1	-	1	공기조화기용 전체 팬 동력의 60% 이상 적용 여부						
	10.생활배수의 폐열회수설비			1	1	1	1	적용 여부						
	11.축냉식 전기냉방, 가스 및 유류이용 냉방, 지역냉방, 소형열병합 냉방 적용, 신재생에너지 이용 냉방 적용(냉방용량 담당비율, %)			2	1	-	1	100	90~100미만	80~90미만	70~80미만	60~70미만		
	12.급탕용 보일러			2	2	2	2	고효율에너지기자재, 또는 에너지소비효율1등급 설비 적용여부						
	13.난방 또는 냉난방순환수 펌프의 대수제어 또는 가변속제어 등 에너지절약적 제어방식 채택			2	1	2	2	냉난방 순환수 펌프 전체동력의 60% 이상 적용여부						
	14.급수용 펌프 또는 가압급수펌프 전동기에 가변속 제어 등 에너지절약적 제어방식 채택			1	1	1	1	급수용 펌프 전체 동력의 60% 이상 적용 여부						
	15.기계환기설비의 지하주차장 환기용 팬에 에너지절약적 제어방식 설비 채택			1	1	1	1	지하주차장 환기용 팬 전체 동력의 60% 이상 적용 여부						
	16. -지역난방방식 또는 소형가스열병합발전 시스템, 소각로 활용 폐열시스템을 채택하여 1번, 8번 항목의 적용이 불가한 경우의 보상점수			10	8	12	9	지역난방, 소형가스열병합발전, 소각로 활용 폐열시스템은 전체 난방설비용량(신재생에너지난방설비용량 제외)의 60% 이상 적용여부 (단, 부 열원은 기계부문 1번 항목의 배점(b) 0.9점 이상 또는 ~~효율등급 1등급~~ 에너지소비효율 1등급 수준 설치에 한함)						
	-개별난방 또는 개별냉난방방식 주10)을 채택하여 8번, 13번 항목의 적용이 불가한 경우의 보상점수			4	2	4	4	-						
	기계설비부문 소계													

항 목			기본배점 (a)				배점 (b)					평점 (a*b)	근거
			비주거		주거								
			대형 (3,000㎡ 이상)	소형 (500~3,000㎡ 미만)	주택 1	주택 2	1점	0.9점	0.8점	0.7점	0.6점		
전기설비부문	1.제5조제9호가목에 따른 거실의 조명밀도(W/㎡)		3	2	2	2	8 미만	8~ 11미만	11~ 14미만	14~ 17미만	17~ 20미만		
	2.간선의 전압강하(%)		1	1	1	1	3.5 미만	3.5~ 4.0미만	4.0~ 5.0미만	5.0~ 6.0미만	60~ 70미만		
	3.변압기를 대수제어가 가능하도록 뱅크 구성		1	-	-	-	전등/전열, 동력, 냉방용 등으로 구분하고 같은 용도 2대이상 설치된 변압기간 연계제어 적용여부						
	4.최대수요전력 관리를 위한 제5조제11호사목에 따른 최대수요전력 제어설비		2	1	1	1	적용 여부						
	5.실내 조명설비에 대해 군별 또는 회로별 자동제어설비를 채택		1	1	-	-	전체 조명전력의 40%이상 적용 여부						
	6.옥외등은 고휘도방전램프(HID 램프) 또는 LED 램프를 사용하고 격등 조명과 자동 점멸기에 의한 점소등이 가능하도록 구성		1	1	1	1	적용 여부 (제5조제11호라목에 따른 고효율조명기기인 경우 배점)						
	7.층별 및 임대 구획별로 전력량계를 설치		1	2	-	-	층별 1대 이상 및 임대구획별 전력량계 설치 여부						
	8.BEMS 또는 에너지 용도별 미터링 시스템 설치		2	2	1	1	난방, 냉방, 급탕, 환기, 조명, 콘센트 구분 각각 계량시 반영						
	9.역률자동 콘덴서를 집합 설치할 경우 역률자동조절장치를 채택		1	1	1	1	적용 여부						
	10.분산제어 시스템으로서 각 설비별 에너지제어 시스템에 개방형 통신기술을 채택하여 설비별 제어시스템 간 에너지관리 데이터의 호환과 집중제어가 가능한 시스템		1	1	1	1	적용 여부						
	11.전체 조명설비 전력에 대한 LED 조명기기 전력 비율(%) (단, LED 제품은 고효율에너지기자재인증제품인 경우에만 배점)		4	4	4	4	30 % 이상	24 %이상 ~30%	17 %이상~24 %	10 %이상 ~17%	5 %이상 ~10%		
	12.제5조제11호카목에 따른 대기전력자동차단장치를 통해 차단되는 콘센트의 거실에 설치되는 전체 콘센트 개수에 대한 비율		2	2	2	2	80% 이상	70%이상 ~80%	60%이상 ~70%	50%이상 ~60%	40%이상 ~50%		
	13. 제5조제11호거목에 따른 창문 연계 냉난방설비 자동 제어시스템을 채택		1	1	-	-	적용여부						
	14. 전력기술관리법에 따라 전력신기술로 지정받은 후 최근 5년 내 최종에너지사용계획서에 반영된 제품		2	2	2	2	적용여부						
	15. 무정전전원장치 또는 난방용 자동온도조절기 설치(단, 모든 제품은 고효율에너지기자재인증제품인 경우에만 배점)		1	1	1	1	적용여부						
	공동주택	16.도어폰을 대기전력저감우수제품으로 채택	-	-	1	1	적용 여부						
		17.홈게이트웨이를 대기전력저감우수제품으로 채택	-	-	1	1	적용 여부						
	전기설비부분 소계												
신재생부문	1.전체난방설비용량에 대한 신·재생에너지 용량 비율		3	3	4	3	2% 이상 적용 여부, (단, 의무화 대상 건축물은 4% 이상)						
	2.전체냉방설비용량에 대한 신·재생에너지 용량 비율		4	4	-	3	2% 이상 적용 여부, (단, 의무화 대상 건축물은 4% 이상)						
	3.전체급탕설비용량에 대한 신·재생에너지 용량 비율		1	1	4	3	10% 이상 적용 여부, (단, 의무화 대상 건축물은 15% 이상)						
	4.전체전기용량에 대한 신·재생에너지 용량 비율		4	4	4	3	2% 이상 적용 여부 (단, 의무화 대상 건축물은 4% 이상)						
	신재생부분 소계												
평점 합계(건축+기계+전기+신재생)													

3. 건축물 에너지 소요량 평가서(바닥면적 3천 제곱미터 이상 업무시설에 한하여 작성)			
구 분	**단위면적당 에너지요구량 (kWh/m²년)**	**단위면적당 에너지소요량 (kWh/m²년)**	**단위면적당 1차에너지소요량 (kWh/m²년)**
난 방			
급 탕			
냉 방			
조 명			
환 기			
합 계			

※ 단위면적당 에너지요구량	: 해당 건축물의 난방, 냉방, 급탕, 조명 부문에서 요구되는 단위면적당 에너지량
※ 단위면적당 에너지소요량	: 해당 건축물에 설치된 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기시스템에서 소요되는 단위면적당 에너지량
※ 단위면적당 1차에너지소요량	: 에너지소요량에 연료의 채취, 가공, 운송, 변환, 공급 과정 등의 손실을 포함한 단위면적당 에너지량

* 주택 1 : 난방(개별난방, 중앙집중식 난방, 지역난방)적용 공동주택
  주택 2 : 주택 1 + 중앙집중식 냉방적용 공동주택

주1) 에너지성능지표에서 각 항목에 적용되는 설비 또는 제품의 성능이 일정하지 않을 경우에는 각 성능을 용량 또는 설치 면적에 대하여 가중평균한 값을 적용한다. 또한 각 항목에 대상 설비 또는 제품이 “또는”으로 연결되어 2개 이상 해당될 경우에는 그 중 하나만 해당되어도 배점은 인정된다.

주2) 평균열관류율의 단위는 W/㎡・K를 사용하며, 이를 kcal/㎡・h・℃로 환산할 경우에는 다음의 환산 기준을 적용한다.
1 [W/㎡・K] = 0.86 [kcal/㎡・h・℃]

주3) “평균열관류율”이라 함은 거실부위의 지붕(천창 등 투명 외피부위를 포함하지 않는다.), 바닥, 외벽(창을 포함한다) 등의 열관류율 계산에 있어 세부 부위별로 열관류율값이 다를 경우 이를 평균하여 나타낸 것을 말하며, 계산방법은 다음과 같다.

[부 록 4]

건축물 에너지 소요량 평가서				
일반사항				
건물명			구 분	[ ] 민간 [ ] 공공
주 소			연면적	
주용도	[ ] 주거용 ( ) [ ] 주거용 외 ( )		층고/층수	
건축주	성명(법인명)		전화번호	
건축사	성명(법인명)		전화번호	
기계설비 설계사	성명(법인명)		전화번호	
전기설비 설계사	성명(법인명)		전화번호	

1. 총량에너지설계기준 결과

항 목	평가 결과	적합여부
평가용 1차 에너지 소요량 [kWh/㎡・년]		[ ] 적합 [ ] 부적합

사용 용도별 1차 에너지 소요량 [kWh/㎡・년]	난방	냉방	급탕	조명	환기	신재생

2. 세부적용사항

구조체 열관류율 [W/㎡K]	외벽	
	최상층 지붕	
	최하층 바닥	
	창	
	문	
평균 열관류율 [W/㎡K]	외벽 (창 및 문 포함)	

온열원 설비	종 류		
	용량합계 [kW]		
	주요열원의 효율 [%, COP]		
냉열원 설비	종 류		
	용량합계 [kW]		
	주요열원의 효율 [%, COP]		
급탕 설비	종 류		
	용량합계 [kW]		
	주요열원의 효율 [%, COP]		

반송설비	급탕용 펌프 동력 [kW]	
	순환수용 펌프 동력 [kW]	
	송풍기 동력 [kW]	

조명설비	주 거실 조명 전력 [W/㎡]	
	주 조명 광원	

지열시스템	용량 [kW]	난방	
		냉방	
	효율 [COP]	난방	
		냉방	
태양열시스템	집열판 면적 [㎡]		
	집열기 유형		
	집열판 방위		
태양광시스템	모듈 면적 [㎡]		
	모듈 방위		
	모듈 기울기		
	모듈 적용타입		

[부 록 5]

건축물의 에너지절약 설계기준

제1조(목적) 이 기준은 「녹색건축물 조성 지원법」(이하 "법"이라 한다) 제14조, 제15조, 같은 법 시행령(이하 "영"이라 한다) 제10조, 제11조 및 같은 법 시행규칙(이하 "규칙"이라 한다) 제7조의 규정에 의한 건축물의 효율적인 에너지 관리를 위하여 열손실 방지 등 에너지절약 설계에 관한 기준, 에너지절약계획서 및 설계 검토서 작성기준, 건축물 에너지 소비총량제, 녹색건축물의 건축을 활성화하기 위한 건축기준 완화에 관한 사항 등을 정함을 목적으로 한다.

(중 략)

제5조(용어의 정의) 기준에서 사용하는 용어의 뜻은 다음 각 호와 같다.

1. “주거용 건축물” 이라 함은 「건축법 시행령」 별표1의 건축물의 용도구분에서 제1호 단독주택 및 제2호 공동주택에 해당하는 건축물을 말하며, 독립된 주거형태를 가진 경우로 한다.
2. “주거용 이외 건축물” 이라 함은 「건축법 시행령」 별표1의 건축물의 용도구분에서 제1호 단독주택 및 제2호 공동주택을 제외한 건축물을 말한다.
3. “단위면적당 에너지요구량” 이라 함은 건축물의 냉방, 난방, 급탕, 조명 부문에서 표준 설정 조건을 유지시키기 위하여 해당 공간에서 필요로 하는 단위면적당 에너지량을 말한다.
4. “단위면적당 에너지소요량” 이라 함은 에너지요구량을 만족시키기 위하여 건축물의 냉방, 난방, 급탕, 조명, 환기 부문의 설비기기에 사용되는 단위면적당 에너지량을 말한다.
5. “단위면적당 1차 에너지소요량” 이라 함은 에너지소요량에 연료의 채취, 가공, 운송, 변환, 공급과정 등의 손실을 포함한 단위면적당 에너지량을 말한다.
6. “1차 에너지 환산계수” 이라 함은 전력생산 및 연료의 운송 등에서 손실되는 손실분을 고려하기 위하여 적용하는 계수를 말한다.
7. “에너지열량 환산기준” 이라 함은「에너지법 시행규칙」제5조1항에 따른

에너지열량환산기준을 말한다.

(중 략)

제5장 건축물 에너지 소비 총량제

제21조(에너지 소비총량 제출대상) 영 제10조제1항에 따른 건축물을 제출대상으로 한다.

※ 현행 「건축법 시행령」 제3조의4에 따른 업무시설 기타 에너지소비특성 및 이용 상황 등이 이와 유사한 건축물로서 연면적의 합계가 3천 제곱미터 이상인 건축물

※ 제출대상을 단계적으로 확대하여 ´20년까지 모든 건축물에 적용 계획에 따라 에너지 소비총량 제출대상은 정의할 필요 있음.

제22조(에너지 소비총량 제출 예외대상 등) ① 영 제10조제1항과 제3조의 예외대상을 따른다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 건축물을 건축하려는 건축주는 에너지 소비총량제의 에너지소요량 평가서를 제출하지 아니한다.

1.「건축물 에너지효율등급 인증기준」에 따라 2등급 이상 취득하는 건축물

② 에너지 소비총량의 “연면적의 합계”는 제3조제2항을 따른다.

제23조(에너지소요량 평가서) 건축물의 연간 단위면적당 1차 에너지소요량 등을 평가하여 별지 제0호 서식에 따른 에너지소요량 평가서를 말한다. 에너지소요량 평가서를 제출하는 자는 다음 각 호의 평가자료(전자문서로 제출하는 경우를 포함한다)를 첨부하여야 한다.

1. 사업계획 승인(변경)신청서 또는 건축 · 대수선 · 용도 변경허가신청서

※ 사업계획승인 또는 건축허가 용도 파악 및 층별 주용도 및 연면적 확인 필요.

2. 건축, 기계, 전기, 신 · 재생 설계도면

3. 건물 전개도

4. 건축물 부위별 성능내역서

5. 장비용량 계산서

6. 조명밀도 계산서

제24조(에너지소요량의 평가방법) 건축물 에너지소요량은 ISO13790 등 국제규격에 따라 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기 등에 대해 종합적으로 평가하도록 제작된 프

로그램에 따라 산출된 연간 단위면적당 1차 에너지소요량 등으로 평가하며, 평가기준은 별표0을 따른다.

제25조(에너지소요량 평가 세부기준 등) ① 주거용 건축물과 주거용 이외의 건축물 에너지소요량 평가 세부기준은 다음 각 호와 같다.

1. 냉방설비가 없는 주거용 건축물의 경우 냉방 평가 항목을 적용하지 아니할 수 있다.
2. 제22조제2하의 연면적의 합계의 경우 주거용 건축물은 '전용면적 합계'로 계산한다.
3. 건축법 시행령 제3조4에서 정한 용도별 건축물의 종류 중 '기숙사'는 주거용 이외 건축물의 평가방법을 적용한다.

② 국토교통부 장관은 건축물 에너지 소비총량제의 효율적 수행을 위하여 필요한 때에는 이 규정에 저촉되지 않은 범위 안에서 시행세칙, 해설서 등을 제작하여 운영할 수 있다.

제26조(총량 에너지평가 프로그램) 건축물 에너지 소비 총량제의 건축물 에너지소요량 평가 프로그램은 제24조의 에너지소요량의 평가방법에 따라 제작된 프로그램으로 ECO2-OO 또는 국토교통부장관에 의해 승인된 프로그램으로 에너지소요량 평가서를 작성하여야 한다.

제27조(에너지소요량 제한기준 판정) ① 에너지소요량 제한기준은 주거용 건축물과 주거용 이외의 건축물로 구분하며 별표0의 연간 1차 에너지소요량 제한기준 미만인 경우 적합한 것으로 본다.

② 에너지소요량 평가서는 에너지절약계획서 제출자가 평가 자료로 제출한 설계도면 및 자료에 의하여 판정하며, 판정 자료가 제시되지 않을 경우에는 적용되지 않은 것으로 간주한다.

제6장 보칙

제28조(복합용도 건축물 적용방법 등) ① 에너지절약계획서의 설계 검토서 또는 에너지소요량 평가서를 제출하여야 하는 건축물 주거용과 주거용 이외의 용도가 복합되는 건축물의 경우에는 해당 용도별로 에너지절약계획서와 설계 검토서 또는 에너지소요량 평가서를 제출하여야 한다.

② 다수의 동이 있는 경우에는 동별로 에너지절약계획서와 설계 검토서 또는 에너지소요량 평가서를 제출하는 것을 원칙으로 한다.(다만, 공동주택의 주거용도는 하나의 단지로 작성)

③ 설비 및 기기, 장치, 제품 등의 효율·성능 등의 판정 방법에 있어 본 기준에서 별도로 제시되지 않는 것은 해당 항목에 대한 한국산업규격(KS)을 따르도록 한다.

④ 기숙사, 오피스텔은 별표1 및 별표3의 공동주택 외의 단열기준을 준수 할 수 있으며, 별지 제1호서식의 에너지성능지표 작성 시, 기본배점에서 비주거를 적용한다.

(중 략)

제29조(에너지저약계획서 및 설계 검토서의 이행) ① 허가권자는 건축주가 에너지절약계획서 및 설계 검토서의 작성내용을 이행하도록 허가조건에 포함하여 허가할 수 있다.

② 건축주 또는 감리자는 건축물의 사용승인을 신청하는 경우 별지 제0호 서식 에너지절약계획 이행 검토서를 첨부하여 신청하여야 한다.

제30조(에너지절약계획서 및 설계 검토서의 작성·검토업무) 국토교통부 장관은 에너지절약계획서 및 설계 검토서의 작성·검토업무의 효율적 수행을 위하여 국토교통부 장관이 지정한 녹색건축센터로 하여금 이 고시에 저촉되지 않는 범위 안에서 해설서 등을 제작하여 국토교통부 장관의 승인을 받아 운영토록 할 수 있다.