

# 소규모 주택 에너지 저감형 리모델링을 위한 에너지 성능 및 경제성 평가에 관한 사례연구

김재욱<sup>1</sup> · 송영웅<sup>2</sup> · 최윤기\*

<sup>1</sup>(주)서현플러스 <sup>2</sup>승실대학교 미래기술연구소

## A Case Study on Estimation of Energy Efficiency and Economic Feasibility for Energy-Saving Remodeling of Small-sized Houses

Kim, Jaewook<sup>1</sup>, Song, YoungWoung<sup>2</sup>, Choi, Yoon-Ki\*

<sup>1</sup>Seohyeonplus Co., Ltd

<sup>2</sup>MEST-NRF Research Professor, Ph.D., Research Institute of Frontier Technology, Soongsil University

**Abstract :** Recently, various methods such as energy reduction, Greenhouse gas and etc., has been suggested worldwide. Korea has a lot of deteriorated houses, thus there are many demands for the remodeling. However such studies are scarce. This study analyzed the types of deteriorated housing, also suggests technology list to remodeling through domestic, foreign practices and existing research. This study suggested combination of technology list for small house remodeling by energy simulation and Life Cycle Cost related to windows, insulation and doors. This study that can be applied to the technical performance and economy of the basic research would be the basis of the analysis technique.

**Keyword :** Remodeling, Simulation, Life Cycle Cost, Small house, Energy reduction, Energy performance

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

전 세계적으로 지구의 온난화로 인한 이상기후, 해수면상승, 집중호우 등 다양한 문제들이 위험변수로 인식되면서 다수의 국가들이 온난화의 원인 중 하나인 온실가스 감축을 다양한 방법으로 실천하고 있다.

이러한 움직임에 맞추어 에너지관리공단에서는 신재생에너지주택(Green Home), 즉 태양광, 태양열, 지열, 소형풍력, 연료전지 등 신재생에너지를 도입하고 고효율 조명 및 보일러, 친환경 단열재를 사용함으로써 화석연료 사용을 최대한 억제하고, 온실가스 및 공기오염물질의 배출을 최소화하는 저에너지 친환경 주택이라 정의하고 이를 2020년까지 100만호 보급을 목표로 실시하고 있다.

하지만 태양광, 태양열, 지열 등 신재생에너지를 활용하는 기술을 1980년대 지어진 소규모주택에 적용하기에는 주택에서 사용하는 에너지의 양, 설비 효율, 설치비용 등의 문제로 설치의 어려움이 있다.

이에 본 연구에서는 소규모주택을 대상으로 에너지 저감형 리모델링을 실시할 때 적용 가능한 기술 리스트를 제시하고, 제시한 기술 리스트를 대상으로 각 기술의 성능과 경제성 측면에서 분석을 실시하여 효율적이고, 경제적인 리모델링 방법을 제시하고자 한다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 신축, 재건축, 리모델링 등의 건축방식 중 리모델링 공사를 대상으로 하였다.

소규모주택 리모델링 공사에 적용할 수 있는 기술은 국내의 사례와 기존연구를 통하여 기술 리스트를 작성하였고, 이를 소규모주택 리모델링 공사의 가능성, 적합성, 적용성 등을 전문가 검증을 통하여 최종 리스트를 작성하였다. 작성된 기술 리스트를 적용할 소규모주택의 일반적인 주택의 형태, 규모 등은 설문조사를 통하여 일반적인 소규모주택을 도출하였다.

기술 리스트에서 도출된 소규모주택에 적용할 수 있는 기술을 조합하여 일반적인 소규모주택 2개를 대상으로 에너지 시뮬레이션, Life Cycle Cost(LCC)평가를 실시하여 경제적이고 효율적인 시공 조합을 제시하여 소규모주택에 효율적인 리모델링 방법을 제시하였다(Fig. 1).

\* Corresponding author: Choi, Yoon-Ki, Department of Architectural Engineering, Soongsil University, Seoul 156-030, Korea  
E-mail: ykchoi@ssu.ac.kr  
Received October 8, 2013; revised February 11, 2014  
accepted March 17, 2014

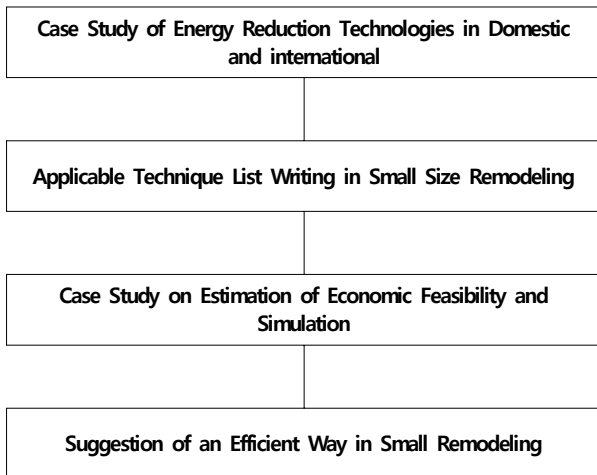


Fig. 1. Research Flow Diagram

## 2. 예비적 고찰

### 2.1 에너지 저감형 리모델링의 정의

친환경 리모델링에 관하여 다양한 정의가 연구되었다.

김미라(2000)는 주거기능의 노후화를 개선하고 성능을 향상시키는 목적을 충족함과 동시에 이를 시행하는 방법상 환경부하를 최소화하고 자연과의 접촉을 최대화하여 환경적 지속성과 사회적 지속성을 추구하는 것으로 정의하였고, 임미경(2001)은 건물의 성능 향상과 함께 거주자의 쾌적함을 추구하고 이를 위한 지속적인 유지와 관리를 하는 것으로, 리모델링 행위 전반에서 적극적으로 환경영향을 감소시키고 지속적인 개발을 지향하는 것으로 정의하였다. 또한 류지연(2003)은 리모델링 시점부터의 생애기간에 걸쳐 환경친화성을 의식하여 건물을 계획하고 설계·시공·유지관리하며 폐기하는 행위로, 이주영(2006)은 기존의 리모델링이 갖는 목적 즉, 주거기능의 개선 시설 및 설비의 노후도를 개선하고 성능을 향상시키는 목적을 충족함과 동시에 이를 시행하는 방법상 환경부하를 최소화하고 자연과의 접촉을 최대화하여 환경적 지속성과 사회적 지속성을 추구하는 리모델링으로 정의하였고, 서진선(2010)은 리모델링이 사업을 위한 투기의 목적이 아닌, 집의 유지관리를 위해 신축 후 20~30년 후에 적은 비용과 적은 에너지 사용, 적은 폐기물 발생을 하는 리모델링을 하여 건물의 수명을 연장시키고, 친환경적인 수법을 추가로 적용하여 유지관리비 절약, 난방비 절약, 더욱 건강하고 쾌적한 삶을 영유하도록 하는 것으로 정의하였다.

이를 토대로 본 연구에서의 친환경 리모델링은 에너지 저감에 초점을 맞추어 에너지 저감형 리모델링이라 정한다.

에너지 저감형 리모델링이란, 기존 주거환경의 개선과 에너지 효율적 사용을 목적으로 단열, 창호, 열원 등의 수리·보수·개수 등의 활동을 통하여 쾌적한 환경과 에너지 비용

절약을 위해 시공하는 것으로 정의한다.

## 2.2 에너지 성능평가 방법 고찰

### 2.2.1 에너지 성능평가 현황

에너지 효율적인 건물을 건축하기 위해서는 에너지 절약형 설계 요소를 도입하는 것뿐만 아니라, 건물이 완공된 후에도 적용된 설계요소들이 실제로 어느 정도의 에너지절약 효과가 있는지 전체 건물에너지 성능의 관점에서 종합적으로 평가하는 것이 중요하다.

이와 관련하여, 미국에서는 신축건물의 에너지 성능평가에 대한 연구를 1980년대 초반부터 지속적으로 수행하고 있으며, 2001년도에는 IPMVP-Volume I (International Performance Measurement & Verification Protocol)를 제시하여 기존건물의 에너지성능평가 방법을 정립하였으며, 2003년도에는 신축건물에 대한 에너지성능평가 기법을 IPMVP-VolumeIII에 추가하고 관련사례를 소개하였다.

이미 유럽과 미국의 설계사 또는 환경 컨설턴트들은 건축물의 에너지 절약에 대한 효율적인 관리를 위해 건물의 에너지 성능을 건축 설계 단계에서 분석·평가하고 있으며, 그에 따른 프로그램 개발도 활발히 이루어지고 있다. 특히, 유럽연합(EU: European Union)은 비용-효율적인 방법에 의해 유럽 국가들의 건축기준의 통일화를 목적으로 2005년 1월에 “건축물 에너지 성능 평가 지침”에 대한 제안서를 발간하여 건축물의 에너지 성능을 평가할 수 있는 계산 방법론 개발, 신축 및 기존 건물에 대한 에너지 절약 기준 적용, 모든 건축물에 대한 에너지 성능 인증제도 적용을 목표로 구체적인 실행 사항을 개발하고 보완하는 중이다.

### 2.2.2 건물에너지 시뮬레이션 고찰

건물에너지 해석 프로그램은 1970년대에 개발이 시작되어, 1980년대 유한 체적법 및 유한 요소 해석 기법에 대한 알고리즘의 정착, 일사 및 기류 분석에 대한 네트워크 모델 구축 등이 진행되었고, 1990년대 들어 공기 조화 설비에 대한 모델 기법 및 유체 해석을 위한 보다 정교한 기법인 CFD(Computational Fluid Dynamics)가 도입됨으로써 많은 발전을 이루었다.

에너지 시뮬레이션 시스템의 현황은 미국과 유럽에서 주를 이루고 있으며, 아시아에서는 일본과 우리나라에서 개발되어 사용되고 있다. 특히 우리나라에서 개발된 CE3는 웹 기반으로 쉽게 자료를 입력하고 결과를 출력하기 용이하게 구성되었고, 프로젝트 단위로 복사·편집이 가능해 다른 에너지 시뮬레이션 시스템보다 편의성이 많이 향상되었다. 본 연구에서는 CE3를 적용하여 시뮬레이션을 실시하였다.

각 에너지 시뮬레이션 시스템간의 특징을 비교한 내용은 Table 1과 같다.

Table 1. Comparison of Energy Simulation System Feature

| Point Type  | Organization  | Country | Analysis of Annual Energy Consumption | Analysis of the New System and the Heat Source | Dynamic Energy Analysis in Hourly | Ease for Data Input and Output |
|-------------|---|---------|---------------------------------------|--|-----------------------------------|--------------------------------|
| DOE-2       | Lawrence Berkeley National Laboratory   | USA     | ○                                     | ×  | ○                                 | △                              |
| BLAST       | University of Illinois  | USA     | ○                                     | ×  | ○                                 | △                              |
| Energy Plus | Department of Energy  | USA     | ○                                     | ○  | ○                                 | △                              |
| TRNSYS      | University of Wisconsin   | USA     | ○                                     | ○  | ○                                 | △                              |
| ESP-r       | University of Strathclyde   | UK      | ○                                     | ○  | ○                                 | △                              |
| HASP        | University of Tokyo, Society of Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineers of Japan | JAP     | ○                                     | ×  | △                                 | △                              |
| OE3         | P&D Soft  | KOR     | ○                                     | △  | ○                                 | ○                              |

### 3. 에너지 저감형 리모델링의 기술 분류 및 적용성 분석

#### 3.1 현황 조사를 통한 에너지 저감형 리모델링 대상 선정

##### 3.1.1 조사대상과 조사내용

거주자가 현재 거주하는 주택에 리모델링의 필요성을 인지하고 있는 주택의 현황을 조사하여 주택의 유형을 분석하고, 일반적인 주택의 형태를 도출하여 사례연구를 실시하고자 하였다. 이를 위해 본 연구에서는 에너지 저감형 리모델링을 원하는 취약 환경 주택 거주자를 대상으로 현황조사를 실시하였다. 현황 조사는 제주도를 제외한 전국 15개 시도 183개 주택을 조사하였다(Table. 2).

Table. 2. Current Housing Survey Summary

| Item            | Description  |
|-----------------|--|
| Survey Object   | Vulnerable Environmental Housing Residents who Want to Remodel House to Energy-saving type |
| Survey Contents | Survey of Houses, Structures, Windows, Heat Sources, Construction Request and Etc.         |
| Survey Term     | 2011.03 ~ 2011.07  |
| Survey Places   | 15 Cities-States and 183 Homes (Except Jeju Island)  |

총 5개월간 주택현황, 주거위치, 면적, 벽체, 지붕, 창 종류, 창 유형, 문의 유형 등을 조사하였다. 이러한 조사 내용은 취약 환경 주택의 상태 및 형태를 도출할 수 있는 근거가 될 것으로 판단된다.

##### 3.1.2 현황 조사 결과 및 대상 주택 선정

위의 현황 조사를 통하여 크게 6가지로 구분하여 다음과 같이 정리하였다.

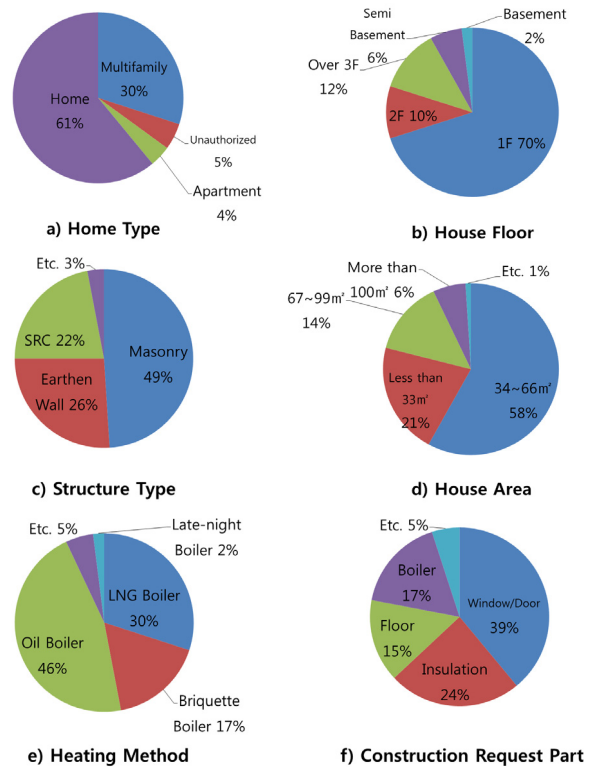


Fig. 2. Current Housing Survey Results

첫째, 주택을 용도별로 구분하였을 때 단독주택 60%(109건), 다세대주택 29%(54건), 무허가 5%(10건), 아파트 4%(7건) 등의 순으로 나타났다.

둘째, 주거의 위치는 지상, 지하, 옥탑 등 다양한 위치가 조사되었고 그 중 지상 1층이 70%(129건)로 가장 많이 위치하고 있었다.

셋째, 주택의 벽체 구조형태는 조적조 49%(89건), 흙벽 26%(48건), 철근콘크리트조 22%(40건) 등의 순으로 조사되었으며 80년대 단독주택, 다세대주택의 주요 구조 형태인 조적조가 가장 많은 것으로 조사되었다.

넷째, 현황 조사에서는 33~66㎡이하의 주거 면적이 가장 많은 58%(117건)을 차지하였고, 그 다음은 33㎡이하가 21%를 차지하였다.

다섯째, 난방 방법에서는 기름보일러 46%(83건), 도시가스 보일러 30%(55건), 연탄보일러 17%(30건) 등의 순으로 나타났다. 기름보일러가 도시가스보일러 보다 더 많이 분포한 이유는 주택의 위치가 도시가스 설치 지역에서 벗어나 있거나, 도시가스를 연결할 수 있는 경제적인 요건의 부족 등으로 조사되었다.

여섯째, 거주자가 공사가 필요하다고 느끼는 부분에 대하여 조사한 결과 창호/문 공사가 전체39%(140건)를 차지하였고, 다음은 단열공사로 24%(86건), 바닥공사 15%(53건), 보일러공사 17%(60건)의 순서로 조사되었다.

위의 결과를 바탕으로 조적조의 단독, 다세대 주택, 33~

66㎡이하, 기름보일러, 도시가스보일러가 설치되어 있는 소규모주택 2곳을 선정하였다.

### 3.2 에너지 저감형 기술 분류

건축물의 에너지 저감을 목적으로 리모델링을 실시할 때 적용 가능한 기술을 선정하기 위하여 본 연구에서는 국내의 '그린 투모로우', '3L 하우스', '그린 홈 플러스' 등과 국외 덴마크의 '그린 라이트 하우스'와 영국의 '더 라이트 하우스', '탄소 제로 주택' 등에 적용된 기술을 분석하여 에너지 저감 기술을 3분류 53종류의 기술로 분류하였다 (Table 3).

Table 3. A classification of the Pro-environment Energy Reduction Technology

| Category   | Division                             | Section   |   |
|--|--------------------------------------|---|---|
| Low Energy Building Creation Technology                  | Insulation                           | Exterior Insulation   |   |
|  |                                      | Interior Insulation   |   |
|  | Structure                            | Double Skin   |   |
|  |                                      | Double Roof   |   |
|  | Windows                              | Type of glass part by window (Efficient lighting)   |   |
|  |                                      | High insulation & High Air-tightness Windows frame  |   |
|  | Control of the Sunlight              | Louver System   |   |
|  |                                      | Curtain & Blind & Roll screen   |   |
|  |                                      | Awning Window & Exterior louver   |   |
|  | High-efficiency Equipment Technology | Efficiency of using water   | Water-saving sanitary fixture and equipment |
|  |                                      | Heat source   | Community energy supply system              |
|  |                                      |   | Waste Incinerator system                    |
|  |                                      | Air conditioning and heating  | High efficiency condensing gas boiler       |
|  |                                      |   | Radiant heating and cooling system          |
|  |                                      |   | Reheating system of using cooling water     |
| Heating and cooling system using midnight electric power |                                      |   |   |
| Electricity  | Aluminum heat sink                   |   |   |
| High-efficiency Equipment Technology                     | Air environment                      | Substation facilities or power systems  |   |
|  |                                      | Hybrid ventilation system   |   |
|  |                                      | Ventilation tower   |   |
|  |                                      | Heat recovery ventilation system using the bottom of the floating floor                     |   |
|  |                                      | Heat recovery exhaust system(ventilation in the household:heat transmission, sensible heat) |   |
| New & Renewable Energy Use Technology                    | Solar energy                         | Air shower system of entrance area  |   |
|  |                                      | Sunlight generation   |   |
|  |                                      | Solar hot water   |   |
|  | Wind energy                          | Building Integrated Phot Voltaic(BIPV)  |   |
|  |                                      | Wind-power generation system  |   |
|  | Geothermal energy                    | Application of the geothermal water cooling type air conditioner                            |   |
|  |                                      | Sewage water heat source system   |   |
|  | Recycling water                      | Application of the ground source heat pump  |   |
|  |                                      | Heat pump using rainwater   |   |
|  | Besides                              | water cooling type air conditioner using subsurface Water                                   |   |
| Fuel cell  |                                      |   |   |
| Application of small scale co-generation                 |                                      |   |   |
|  |                                      | Wood pellet boiler(biomass)   |   |

Table 3. A classification of the Pro-environment Energy Reduction Technology (continued)

| Category                                   | Division                      | Section   |
|--|-------------------------------|---|
| Exterior Environmental Creation Technology | Building greening system      | Green roof system                               |
|  |                               | Green wall system                               |
|  |                               | Green garage system                             |
|  |                               | Green slope system(wall, retaining wall)        |
|  |                               | Green upper slab system                         |
|  | Water space furtherance       | Making green garden in the site                 |
|  |                               | Making aquatic biotop                           |
|  |                               | Water space of artificial ground                |
|  | Efficiency of using water     | Roof water spraying system                      |
|  |                               | Rain-water utilization system                   |
|  |                               | Using heavy water system                        |
|  |                               | Permeable pavement                              |
| Control of the sunlight                    | Application of the light-duct |   |
| Green IT Technology                        | Electrical system             | Room control system for heating and cooling     |
|  |                               | Reduction device of standby power               |
|  | Lighting                      | Lighting fixture(Light Emitting Diode lighting) |
|  |                               | Application of photo catalyst lighting fixture  |
|  |                               | Dimming control by part                         |

리모델링 공사는 건축 공사와는 다르게 공간, 공사범위, 공사내용 등의 특성으로 인해 위의 53가지 기술을 적용하기 어렵다. 따라서 리모델링 공사 방법에 적용할 수 있는 에너지 저감 기술을 분류하기 위해 에너지 저감형 리모델링 공사 경험이 많은 전문가 5명을 대상으로 인터뷰를 실시하였다. 인터뷰를 통하여 분류된 기술의 적용가능성, 리모델링 공사와의 적합성 등을 주요점으로 실시하였다. 전문가 인터뷰에 대한 개요는 다음 Table 4와 같다.

Table 4. Expert Interview Summary

|                       |   |
|-----------------------|---|
| Period                | 2011.08 ~ 2011.09                                 |
| Target Persons        | 5 Specialist in architecture remodeling           |
| Career                | 5~10 years(2 people), more than 10 year(3 people) |
| Occupational category | Builders(3 people), Planer(2 people)              |

법규상의 친환경 주택에 의무적용 기술과 전문가 인터뷰를 통하여 53가지 에너지 저감 기술 중 소규모주택 리모델링 공사에 적용할 수 있는 기술을 중점으로 선정하여 작성하였다. 내용은 다음 Table 5와 같다.

도출된 18가지 기술은 건축, 설비, 신재생 에너지, IT 기술 등으로 구성되어 있다. 커튼, 롤스크린, 절수형 위생기구 및 장비 등과 같이 쉽게 적용할 수 있는 기술부터 태양광 발전, 태양열 급탕 등과 같이 큰 규모의 설비 시설이 필요한 기술까지 선택되었다. 이러한 기술들은 리모델링의 규모, 에너지 사용량, 회수기간의 고려를 통하여 선택하는데 본

연구에서는 외단열, 내단열, 고단열/고기밀 창호프레임의 기술을 적용하여 에너지시뮬레이션을 통하여 성능, 경제성 평가를 실시하여 경제성 분석을 실시하였다. 이는 소규모 주택 거주자의 공사 요청 부위와 같다.

**Table 5. Energy Saving Technology Adapt to Energy Saving Remodeling**

| Category   | Division                     | Section  |
|--|------------------------------|--|
| Low Energy Building Creation Technology                  | Insulation                   | Exterior Insulation                                |
|  |                              | Interior Insulation                                |
|  | Windows                      | Type of glass part by window (Efficient lighting)  |
|  |                              | High insulation & High Air-tightness Windows frame |
|  | Control of the Sunlight      | Curtain & Blind & Roll screen                      |
|  |                              | Awning Window & Exterior louver                    |
| High-efficiency Equipment Technology                     | Efficiency of using water    | Water-saving sanitary fixture and equipment        |
|  | Heat source                  | High efficiency condensing gas boiler              |
|  | Air conditioning and heating | Radiant heating and cooling system                 |
| Heating and cooling system using midnight electric power |                              |  |
| New & Renewable Energy Use Technology                    | Solar energy                 | Sunlight generation                                |
| Solar hot water  |                              |  |
| Exterior Environmental Creation Technology               | Building greening system     | Green roof system                                  |
|  |                              | Green wall system                                  |
| Green IT Technology                                      | Electrical system            | Room control system for heating and cooling        |
|  |                              | Reduction device of standby power                  |
|  | Lighting                     | Lighting fixture(Light Emitting Diode lighting)    |
|  |                              | Dimming control by part                            |

현재 개발되고 적용되고 있는 다수의 기술들은 대규모 단지, 신축 등에 초점이 맞춰져 있어 기존 주택에 적용 할 수 있는 에너지 저감 기술은 한계가 있다. 이러한 한계점을 고려하였을 때 본 연구를 통하여 제시하는 18가지 기술은 소규모주택 리모델링을 에너지 저감형으로 실시할 때 고려할 수 있는 리스트로 판단된다.

**3.3 에너지 성능평가 개요 및 조건**

본 연구에서 사용한 에너지 성능 측정 시뮬레이션 CE3TM는 패시브건축협회 유럽의 건물에너지성능지침(Energy Performance of Building Directives)에 따른 국제표준 ISO 13790 및 독일의 건물에너지성능 평가규격 DINV18599를 바탕으로 국내 실정에 맞추어 개발된 웹 기반 건물 에너지

성능 평가 솔루션이다. 본 연구에 적용한 시뮬레이션 시스템 조건은 다음 Table 6과 같다.

**Table 6. The terms of simulation system**

| Category                    | Contents                                    |
|-----------------------------|---|
| Heating temperature         | 20℃   |
| Air induction from exterior | 2.1m <sup>3</sup> /h·m <sup>2</sup>         |
| Amount of fever (man)       | 29.4Wh/m <sup>2</sup> ·d                    |
| Amount of fever (equipment) | 21.0Wh/m <sup>2</sup> ·d                    |
| Heating time                | End of October ~ Beginning of April, 24hour |

**3.4 경제성 평가 개요 및 평가방법**

단열과 창호/문의 초기투자비용의 경제성 평가를 위하여 국토해양부(2011)의 각 자재별 실적공사비 단가를 적용한다.

본 연구는 에너지 저감에 초점을 맞춘 연구로 단열, 창호/문의 시공에 연결된 도배, 장판 등과 같이 에너지 저감과 연관이 적은 공종의 비용은 고려하지 않는다.

**Table 7. Construction Cost by Material**

| Work                                 | Material name                    | Thickness/Size | Specification  | Cost        |
|--------------------------------------|----------------------------------|----------------|----------------|-------------|
| Interior Insulation                  | Glass wool                       | 50mm           | m <sup>2</sup> | 5,074 won   |
|                                      | Extrusion Insulation board No. 2 | 30mm           | m <sup>2</sup> | 11,770 won  |
|                                      | Extrusion Insulation board No. 2 | 50mm           | m <sup>2</sup> | 13,014 won  |
|                                      | Nailed plaster board             | 9.5mm          | m <sup>2</sup> | 6,484 won   |
| Exterior Insulation (Sandwich panel) | Sandwich panel                   | 50mm           | m <sup>2</sup> | 25,301 won  |
|                                      | Sandwich panel                   | 100mm          | m <sup>2</sup> | 27,017 won  |
| Window                               | PVC frame+ 16mm double glass     |                | m <sup>2</sup> | 180,000 won |
| Door                                 | Insulation door                  |                | 개              | 200,000 won |

본 연구에서 적용한 경제성 평가 방법은 다음과 같다.

- ① 단열의 경우 공종별 단열재의 재료를 선택하고, 개구 부를 제외한 벽, 천정의 면적을 산출한다. 창호는 프레임 외곽을 기준으로 창호의 크기를 측정한다.
- ② 산출된 면적에 공사비 단가를 곱하고, 창호의 경우 개소별로 각각의 면적을 곱하여 초기 투자비용을 도출한다.
- ③ 도시가스는 지역에 따라 가격이 상이하므로 단가조사를 실시한다. 본 연구에서는 서울도시가스의 경기지역 기본료 790원, m<sup>3</sup>당 단가 844.25원 적용하였다.
- ④ 에너지 저감형 리모델링 전과 후의 난방에너지 요구량의 차이에 도시가스 단가를 곱하여 연간 절약 금액을 책정한다.
- ⑤ 연간 절약 금액을 현가법을 이용하여 할인 현금 흐름표를 작성하고, 투자금액 회수기간을 도출한다.

## 4. 에너지 저감형 리모델링의 성능 및 경제성 평가에 관한 사례연구

### 4.1 CASE STUDY A

#### 4.1.1 개요 및 주거현황

첫 번째 사례는 경기도 시흥시에 위치한 2층 규모의 단독주택이다. 주요구조는 조적조이고 주택의 정면은 화강석 마감을 한 1980년대 일반적인 단독주택의 형태를 나타내고 있었으며, 해당가구는 1층이다. 상세한 내용은 다음 Table 8과 같다.

Table 8. Summary of Case Study A

| Site Location                | Gyeonggi-do Siheung-si |                    |                  |
|------------------------------|------------------------|--------------------|------------------|
| Site Area                    | 113.17㎡                | Building Area      | 62.94㎡           |
| Category by Usage of Housing | Single housing         | Direction          | Facing Southwest |
| Major Structure              | Masonry                | Roof Structure     | SRC              |
| Heating Method               | Oil Boiler             | Residence Location | Ground 1st floor |
| Window Type                  | Aluminum window        | Floor Height       | 2.8m             |

본 주택은 국내에서 많이 찾아 볼 수 있는 형태의 건물이다. 단독주택의 1, 2층으로 구성되어 있으며, 건물의 4면이 단열이 제대로 이루어 지지 않아 외기의 유입이 많으며 방수가 제대로 되지 않고 건물의 노후화가 급속히 진행되는 건물 중 하나이다.

창호의 경우, 알루미늄 창호로서 기밀성이 확보되지 않아 외기가 많이 유입되고 있는 상황이었다.

#### 4.1.2 에너지 저감형 리모델링 공사계획 수립

첫 번째 사례연구의 소규모 주택은 단독주택의 대표적인 형태인 조적조의 구조에 2층으로 되어 있다. 이러한 소규모 주택에 적용할 수 있는 기술은 14가지를 적용할 수 있는 것으로 판단되었다.

단열공사 : 단열공사의 경우 외단열을 실시할 수 없고, 1층이므로 내단열 시공, 벽면 시공으로 결정하였다.

창호 : 기존의 창호는 알루미늄 프레임의 단창으로 설치되어 있어 PVC프레임의 이중창을 설치하여 기밀성을 확보하고자 하였다. 또한 1층의 경우 창 면적을 줄여 열의 손실 부위를 막고자 하였다.

방풍실 : 1층 출입문의 경우 방풍실이 설치되지 않아 현관으로부터 외기의 침입이 많았다. 방풍실을 설치함으로써 실내로 열의 유입을 차단하고자 하였다.

도시가스의 사용 : 건물 10m 전방에 위치한 전면도로에 도시가스 배관이 지나가고 있었지만 본 건물에는 도시가스관이 들어오지 않아 기름보일러가 설치되어 있는 상황이었

다. 이에 도시가스 인입공사를 실시하여 주택의 난방을 고효율 콘덴싱 가스보일러를 설치하였다.

Table 9. The Case Study B on Technology Application

| Category                                   | Division                     | Section  | Applicability | Application |
|--|------------------------------|--|---------------|-------------|
| Low Energy Building Creation Technology    | Insulation                   | Exterior Insulation                                      | x             | x           |
|  |                              | Interior Insulation                                      | o             | o           |
|  | Windows                      | Type of glass part by window (Efficient lighting)        | o             | x           |
|  |                              | High insulation & High Air-tightness Windows frame       | o             | o           |
|  | Control of the Sunlight      | Curtain & Blind & Roll screen                            | o             | o           |
|  |                              | Awning Window & Exterior louver                          | o             | x           |
| High-efficiency Equipment Technology       | Efficiency of using water    | Water-saving sanitary fixture and equipment              | o             | o           |
|  | Heat source                  | High efficiency condensing gas boiler                    | o             | o           |
|  | Air conditioning and heating | Radiant heating and cooling system                       | o             | x           |
|  |                              | Heating and cooling system using midnight electric power | x             | x           |
| New & Renewable Energy Use Technology      | Solar energy                 | Sunlight generation                                      | o             | x           |
|  |                              | Solar hot water  | o             | x           |
| Exterior Environmental Creation Technology | Building greening system     | Green roof system  | x             | x           |
|  |                              | Green wall system  | x             | x           |
| Green IT Technology                        | Electrical system            | Room control system for heating and cooling              | o             | o           |
|  |                              | Reduction device of standby power                        | o             | o           |
|  | Lighting                     | Lighting fixture(Light Emitting Diode lighting)          | o             | o           |
|  |                              | Dimming control by part                                  | o             | x           |

#### 4.1.3 평면도

첫 번째 사례 연구의 평면도는 다음 Fig. 3과 같다. 본 단독주택은 총 2개 층으로 구성되어 있고, 대상 가구는 주택의 1층에 위치하고 있다.

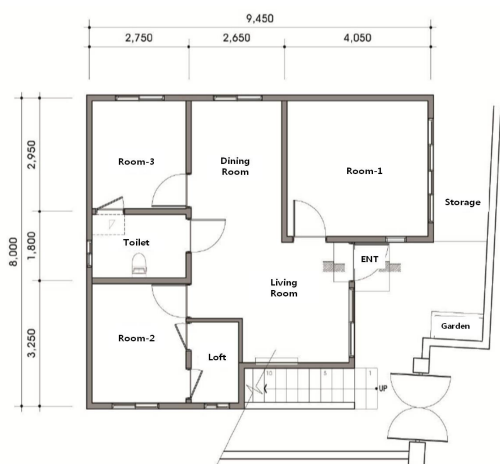


Fig. 3. Floor Plan of Case Study A

#### 4.1.4 난방 에너지 요구량 분석

첫 번째 사례연구의 난방 에너지 요구량의 결과와 경제성 분석 결과는 다음 Table 10과 같다.

리모델링 시공 전의 에너지 시뮬레이션 실시하였을 때 난방에너지 요구량은 15,889.6kWh로 측정되었다. 이를 기름보일러에서 사용하는 등유의 열량으로 환산하여 계산하면 연간 1,655,062원의 난방비용이 사용되는 것으로 나타났다. 이를 도시가스로 환산하여 연간 에너지 비용을 1,209,261원으로 적용하여 계산하였다.

단열의 방법 중에서 내단열을 실시하는 것으로 가정하여 압출법 보온판 2호의 30mm, 50mm 두께의 단열재를 비교하였다. 30mm 단열재를 적용하였을 때 14%, 50mm 단열재를 적용하였을 때 19%의 난방에너지요구량 저감 효과를 나타냈고, 창호/문을 적용하였을 때 연간 총 3,306.8kWh의 난방에너지 요구량 저감 효과를 보였다. 이는 연간 약 25만원의 금액으로 환산되며, 내단열 50mm를 실시했을 때 보다 저감비율이 2%정도 더 좋은 효과를 얻는 것으로 나타났다.

내단열과 창호/문의 기술을 같이 적용 하였을 때 '단열재 30mm, 일반 복층창, 단열문 20mm이상'의 그룹에서는 총 35%의 난방에너지 요구량의 저감으로 연간 약 41만원의 난방비용 저감 효과를 기대 할 수 있었다. '단열재 50mm, 일반 복층창, 단열문 20mm이상'의 그룹에서는 총 40%의 난방에너지 요구량의 저감으로 연간 약 47만원의 난방비 저감 효과를 기대 할 수 있었다.

#### 4.1.5 에너지 저감 기술 경제성 평가

단열 공사를 적용하였을 때 단열재의 경우 단열재 두께 50mm가 투자회수기간이 6년 9개월로 9년 3개월인 30mm에 비해 2년 4개월 더 짧았다. 초기 투자비용도 약 8만원 차이로 단열재 선택 시 30mm 보다 50mm를 선택하는 것이 경제적이라고 판단되었다. 창호공사를 적용하였을 때,

초기 투자비용의 회수기간이 24년 5개월로 가장 길었다.

사례연구A의 경우 압출법 보온판 2호 50mm를 적용하여 내단열 시공하는 것이 가장 경제적이라고 판단되었다.

### 4.2 CASE STUDY B

#### 4.2.1 개요 및 주거현황

두 번째 사례연구 대상은 국내 다세대·다가구 건물 중 옥탑에 위치한 주택의 경우로 5면이 외기에 노출되어 있어 외기 유입에 취약한 구조이며, 층고가 낮아 여름철 지붕의 복사열에 상대적으로 매우 취약한 대상이다.

주요구조는 조적조이며, 내·외 단열이 시공되어 있지 않으며, 목창+알루미늄창으로 구성되어 있는 형태이다. 상세한 내용은 다음 Table 11과 같다.

Table 11. Summary of Case Study B

| Site Location                | Gyeonggi-do bucheon-si |                    |              |
|------------------------------|------------------------|--------------------|--------------|
| Site Area                    | 114.95㎡                | Building Area      | 34.69㎡       |
| Category by Usage of Housing | Multi-Family Housing   | Direction          | Facing North |
| Major Structure              | Masonry                | Roof Structure     | SRC          |
| Heating Method               | LNG Boiler             | Residence Location | Roof Floor   |
| Window Type                  | Wood+Aluminum window   | Floor Height       | 2.23m        |

#### 4.2.2 에너지 저감형 리모델링 공사계획 수립

두 번째 사례연구의 소규모 주택은 다세대주택으로 옥탑에 위치하고 있었다. 이러한 소규모 주택에 적용할 수 있는 기술은 9가지를 적용할 수 있는 것으로 판단되었다.

창호 : 알루미늄창호와 목창으로 구성된 창호는 오래되어 외기가 실내로 침투하고 있어 기밀성이 높은 PVC재질의 이중창 교체가 필요할 것으로 판단되었다.

단열 : 4방향 벽과 천정 모두 외기와 만나고 있어 내·외 단열을 실시하면 효과가 높을 것으로 판단된다.

Table 10. Heating Energy Demand & Payback Period by Application Technology of the Case Study A

| Application technology     |  | Division |       | Total heating energy |       | Reduction (kWh/㎡) | Reduction ratio (%) | Annual Energy Cost(won) | Initial Investment (won) | Payback period  |
|----------------------------|--|----------|-------|----------------------|-------|-------------------|---------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------|
|                            |  | kWh      | kWh/㎡ | kWh                  | kWh/㎡ |                   |                     |                         |                          |                 |
| Existing House             |  | 15,889.6 | 252.5 | -                    | -     | -                 | -                   | 1,209,261               | -                        | -               |
| XPS Interior Insulation-2  | 30mm   | 13,674.2 | 217.3 | 35.2                 | 14    |                   |                     | 1,040,781               | 1,556,998                | 9years 3months  |
|                            | 50mm   | 12,884.9 | 204.7 | 47.8                 | 19    |                   |                     | 980,756                 | 1,635,308                | 6years 9months  |
| Windows/ Doors             | General Double Windows+ Insulation more than 20mm      | 12,582.8 | 199.9 | 52.6                 | 21    |                   |                     | 957,781                 | 4,979,200                | 24years 5months |
| Insulation/ Windows/ Doors | 30mm+General Double Windows+Insulation more than 20mm  | 10,450.1 | 166.0 | 86.5                 | 35    |                   |                     | 795,591                 | 6,536,198                | 18years 1months |
|                            | 50mm+ General Double Windows+Insulation more than 20mm | 9,667.5  | 153.6 | 98.9                 | 40    |                   |                     | 736,075                 | 6,614,508                | 15years 5months |

차양시설 : 창호의 상부에 차양시설을 설치하여 여름철에는 태양열을 막아주고 겨울철에는 태양열을 실내로 유입하여 냉·난방 에너지 부하량을 감소시키도록 하는 것이 요구되었다.

출입문 : 천막과 스티로폼을 활용하여 외기가 바로 침입하지 못하도록 방풍 구조가 설치 되어있었으나 열악하였다. 직접 외기의 침입을 방지하기 위해 방풍 구조의 출입문이 요구되었다.

사용자의 요구사항과 두 번째 사례연구의 환경적, 위치적 특징을 고려한 에너지 저감 기술 적용은 Table 12와 같다.

Table 12. The Case Study B on Technology Application

| Category                                   | Item                         | Sub-Item   | Applicability | Application |
|--|------------------------------|--|---------------|-------------|
| Low Energy Building Creation Technology    | Insulation                   | Exterior Insulation                                      | o             | o           |
|  |                              | Interior Insulation                                      | o             | o           |
|  | Windows                      | Type of glass part by window (Efficient lighting)        | o             | x           |
|  |                              | High insulation & High Air-tightness Windows frame       | o             | o           |
|  | Control of the Sunlight      | Curtain & Blind & Roll screen                            | o             | o           |
|  |                              | Awning Window & Exterior louver                          | o             | o           |
| High-efficiency Equipment Technology       | Efficiency of using water    | Water-saving sanitary fixture and equipment              | o             | o           |
|  | Heat Source                  | High efficiency condensing gas boiler                    | o             | o           |
|  | Air conditioning and heating | Radiant heating and cooling system                       | x             | x           |
|  |                              | Heating and cooling system using midnight electric power | x             | x           |
| New & Renewable Energy Use Technology      | Solar Energy                 | Sunlight generation                                      | o             | x           |
|  |                              | Solar hot water  | o             | x           |
| Exterior Environmental Creation Technology | Building Greening System     | Green roof system  | o             | x           |
|  |                              | Green wall system  | o             | x           |
| Green IT Technology                        | Electrical System            | Room control system for heating and cooling              | o             | o           |
|  |                              | Reduction device of standby power                        | o             | o           |
|  | Lighting                     | Lighting fixture(Light Emitting Diode lighting)          | o             | x           |
|  |                              | Dimming control by part                                  | x             | x           |

### 4.2.3 평면도

두 번째 사례연구의 평면도는 다음 Fig. 4와 같다. 사례B는 다세대주택의 옥탑에 위치하여 있으며 면적은 34.69㎡이다.

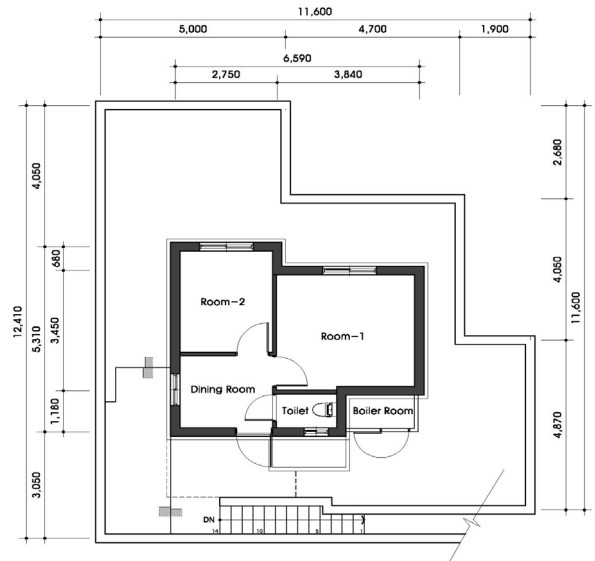


Fig. 4. Floor Plan of Case Study B

### 4.2.4 난방 에너지 요구량 분석

두 번째 사례연구의 난방 에너지 요구량의 결과와 경제성 분석 결과는 다음 Table 13과 같다.

옥탑에 위치한 주택의 경우 내단열과 외단열을 동시에 고려하여 시뮬레이션 실시하였으며, 내단열의 경우 단열재를 압출법 보온판 2호 30mm, 50mm를 적용하여 측정하였으며, 샌드위치패널을 적용한 외단열을 두께 50mm, 100mm를 적용하여 난방 에너지 요구량을 도출하였다.

내단열 단열재 압출법 보온판 2호 30mm를 적용하여 약 23%, 50mm를 적용하여 약 28%를 각각 저감할 수 있다. 외단열을 통하여 적용한 샌드위치패널 50mm는 18%, 100mm로는 21%의 에너지 저감을 얻을 수 있다.

본 사례에서 적용한 샌드위치패널 방식의 외단열은 벽면만 시공하였고, 내단열은 벽면, 천정 모두 시공하여 내단열 방식이 샌드위치패널 방식의 외단열 방식보다 효과가 더 좋은 것으로 나타났다.

내단열과 외단열을 동시에 적용하였을 때 경우에 따라 28~33%의 저감율을 보였는데 이러한 값은 내단열만 혹은 외단열만 적용하였을 때의 저감율을 단순히 더했을 때 보다 더 적은 저감을 보여주었다. 도출된 값으로 비교를 하면, 내단열 50mm를 적용하였을 때 난방에너지 저감량은 104kWh/㎡이고, 내단열과 외단열을 30mm+50mm 동시에 적용하여 측정하였을 때 104.8kWh/㎡로 거의 차이가 없다고 볼 수 없어 내단열, 외단열을 동시에 고려하였을 때에는 외단열 두께를 100mm이상의 두께가 적합하다고 판단되었다.

두 번째 사례연구의 창호/문을 복층창, 단열문으로 교체하였을 때는 13%의 저감을 알 수 있었다. 창호/문과 내단열, 외단열을 각각 적용하였을 때에는 내단열+창호/문의



Table 13. Heating Energy Demand & Payback Period by Application Technology of the Case Study B

| Application technology   |  | Division | Total heating energy |                    | Reduction (kWh/m <sup>2</sup> ) | Reduction ratio (%) | Annual Energy Cost (won) | Monthly averaged savings (won) | Initial Investment (won) | Payback period         |
|--|--|----------|----------------------|--------------------|---------------------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|------------------------|
|  |  |          | kWh                  | kWh/m <sup>2</sup> |                                 |                     |                          |                                |                          |                        |
| Existing House   |  |          | 12,806.3             | 369.2              | -                               | -                   | 974,778                  | -                              | -                        | -                      |
| XPS Interior Insulation-2  | 30mm   |          | 9,857.9              | 284.2              | 85.0                            | 23                  | 750,555                  | 18,685                         | 2,020,352                | 8years 11months        |
|  | <b>50mm</b>  |          | <b>9,199.7</b>       | <b>265.2</b>       | <b>104.0</b>                    | <b>28</b>           | <b>700,499</b>           | <b>22,857</b>                  | <b>2,121,950</b>         | <b>7years 5months</b>  |
| Exterior Insulation (Sandwich Pannel)                              | 50mm   |          | 10,557.6             | 304.3              | 64.9                            | 18                  | 805,287                  | 14,251                         | 1,568,662                | 9years 2months         |
|  | <b>100mm</b>   |          | <b>10,083.9</b>      | <b>290.7</b>       | <b>78.5</b>                     | <b>21</b>           | <b>767,742</b>           | <b>17,253</b>                  | <b>1,675,054</b>         | <b>7years 10months</b> |
| XPS Interior Insulation-2 + Exterior Insulation (Sandwich Pannel)  | 30+50 mm   |          | 9,171.4              | 264.4              | 104.8                           | 28                  | 698,347                  | 23,036                         | 3,589,014                | 14years 1months        |
|  | 30+100 mm  |          | 8,880.4              | 256.0              | 113.2                           | 31                  | 676,216                  | 24,886                         | 3,695,406                | 13years 3months        |
|  | 50+50 mm   |          | 8,763.1              | 252.6              | 116.6                           | 32                  | 667,236                  | 25,624                         | 3,690,612                | 12years 9months        |
|  | <b>50+100 mm</b>   |          | <b>8,544.9</b>       | <b>246.3</b>       | <b>122.9</b>                    | <b>33</b>           | <b>650,702</b>           | <b>27,006</b>                  | <b>3,797,004</b>         | <b>12years 4months</b> |
| Windows/ Doors   | General Double Windows+ Insulation more than 20mm                  |          | 11,182.8             | 322.4              | 46.8                            | 13                  | 851,312                  | 10,289                         | 1,140,000                | 9years 2months         |
| Interior Insulation/ Windows/ Doors                                | 30mm+ General Double Windows+Insulation more than 20mm             |          | 8,536.7              | 246.1              | 123.1                           | 33                  | 650,078                  | 27,058                         | 3,160,352                | 9years 10months        |
|  | <b>50mm+ General Double Windows+Insulation more than 20mm</b>      |          | <b>7,874.6</b>       | <b>227.0</b>       | <b>142.2</b>                    | <b>39</b>           | <b>599,726</b>           | <b>31,254</b>                  | <b>3,261,950</b>         | <b>8years 7months</b>  |
| Exterior Insulation (Sandwich Pannel)/ Windows/ Doors              | 50mm+ General Double Windows+Insulation more than 20mm             |          | 9,236.5              | 266.3              | 102.9                           | 28                  | 703,298                  | 22,623                         | 2,708,662                | 10years 2months        |
|  | <b>100mm+ General Double Windows+Insulation more than 20mm</b>     |          | <b>8,764.3</b>       | <b>252.6</b>       | <b>116.6</b>                    | <b>32</b>           | <b>667,387</b>           | <b>25,616</b>                  | <b>2,815,054</b>         | <b>9years 1months</b>  |
| Interior and Exterior Insulation (Sandwich Pannel)/ Windows/ Doors | 30+50 mm +General Double Windows+Insulation more than 20mm         |          | 7,846.7              | 226.2              | 143.0                           | 39                  | 597,604                  | 31,431                         | 4,729,014                | 13years 5months        |
|  | 30+100 mm +General Double Windows+Insulation more than 20mm        |          | 7,556.5              | 217.8              | 151.4                           | 41                  | 575,535                  | 33,270                         | 4,835,406                | 12years 11months       |
|  | 50+50 mm +General Double Windows+Insulation more than 20mm         |          | 7,439.1              | 214.4              | 154.8                           | 42                  | 566,607                  | 34,014                         | 4,830,612                | 12years 6months        |
|  | <b>50+100 mm +General Double Windows+Insulation more than 20mm</b> |          | <b>7,221.6</b>       | <b>208.2</b>       | <b>161.0</b>                    | <b>44</b>           | <b>550,066</b>           | <b>35,393</b>                  | <b>4,937,004</b>         | <b>12years 3months</b> |

에너지 저감이 30mm 단열재에서는 33%, 50mm 단열재에서는 39%의 저감을 얻을 수 있었다. 외단열의 경우 50mm 단열재를 적용하였을 때 28%, 100mm 단열재에서는 32%가 저감되는 것으로 알 수 있었다.

마지막으로 내단열, 외단열, 창호/문을 모두 적용하였을 때에는 압출법 보온판 2호 50mm, 샌드위치패널 100mm, 일반 복층창, 단열문을 적용하였을 때 난방에너지 저감률이 44%로 가장 크게 나타났으며, 압출법 보온판 2호 30mm, 샌드위치패널 50mm, 일반 복층창, 단열문의 조합에서는 39% 저감률을 보여 사실상 차이가 크다고 할 수는 없다.

#### 4.2.5 에너지 저감 기술 경제성 평가

내단열 방법과 샌드위치패널을 적용한 외단열 방법을 비교하였을 때 본 연구에서는 내단열의 방법이 더 효과적인 것으로 나타났다. 이는 앞에서 분석하였듯이 외단열에서 천정 단열을 하지 않은 것을 가장 큰 이유로 판단된다. 난방에너지 저감율과 투자비용을 비교하였을 때 가장 효율적인 단열 방식은 내단열 방식의 단열재 50mm를 적용하는 것으로 회수기간은 7년 5개월로 나타났다. 두 번째 사례연구의 경제성 평가를 통한 특징은 창호/문의 에너지 저감 기술에 있다. 창호/문의 기술을 적용하였을 때 난방에너지 요구량이 13% 저감되는 것으로 분석되었다. 이는 기존 연구의 창호/문을 통한 에너지 손실이 30~40%로 나타나는 값과는 큰 차이가 있다. 이는 두 가지 측면으로 원인을 분석할 수 있다.

첫째, 부천 다세대주택은 34.69m<sup>2</sup>의 소규모의 주택으로 기본적인 난방에너지 요구량이 적어 손실량도 작다.

둘째, 창호의 면적이 4.65m<sup>2</sup>로 총 벽면적의 8.7%밖에 되지 않아 창호/문을 교체해도 난방에너지 요구량의 저감이 크지 않은 것으로 분석하였다.

이를 통해 소규모의 주택에서 창의 면적이 적을 경우 창호/문의 에너지 저감 기술 적용은 경제성 측면에서 불리한 것으로 판단된다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 국내외사례 연구를 통하여 소규모 주택에 적용할 수 있는 기술 리스트를 작성하였고, 이를 두 가지 유형의 소규모주택을 대상으로 적용하였다. 두 가지 유형의 소규모 주택 사례연구를 통하여 단열, 창호, 문의 기술의 적용에 따른 에너지 성능과 경제성을 분석하였다. 본 연구의 주요내용은 다음과 같다.

(1) 국내·외 문헌조사, 전문가 인터뷰 등을 통하여 소규모 주택에 적용할 수 있는 에너지 저감 기술을 단열, 창호, 태양 빛 제어 등 18가지 기술로 분류하여 에너지 저감형 리모델링 기술 리스트를 제시하였다. 제시된 기술 리스트는 소규모 주택의 에너지 저감형 리모델링의 계획단계에서 고

려할 수 있는 체크리스트로 활용 할 수 있다.

(2) 설문조사를 통하여 소규모 주택의 유형, 면적, 구조 등을 분석하여 단독주택, 지상1층, 조적조, 33~66m<sup>2</sup>, 기름보일러의 사례A와 다세대주택, 지상3층 이상, 조적조, 33~66m<sup>2</sup>, 도시가스보일러의 형태인 사례B를 선정하였다.

(3) 두 가지 유형의 사례연구에 에너지 시뮬레이션을 통하여 난방에너지 요구량 변화를 측정하였다. 주택의 면적, 사용하는 에너지량, 창호의 면적 등의 원인으로 33~66m<sup>2</sup>의 주택에서는 창호/문 시공만 실시하는 것은 적합하지 않았다.

(4) 단열시공의 경우 내단열만 실시하였을 때는 내단열 압출법 보온판 2호 50mm를 적용하는 것이 합리적이었으며, 내·외 단열을 동시에 실시할 때는 내부 압출법 보온판 2호 50mm, 외부 샌드위치패널 100mm를 적용하는 것이 경제적인 것으로 판단되었다.

(5) 단열, 창호/문의 시공을 개별적으로 시공하는 것 보다 동시에 시공하는 것이 난방에너지 저감률, 경제성 측면에서 더 유리한 것으로 판단되었다.

본 연구를 통하여 소규모 주택 리모델링시 적합한 기술 선택과 경제적인 시공계획에 도움이 되고 추후 더 많은 기술의 적용에 따른 에너지 성능, 경제성 분석의 기반이 되고자 한다.

## 감사의 글

이 논문은 2010년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임. [NRF-2010-359-D00027]

## References

- Green Tomorrow, <[http://www.greentomorrow.co.kr/tech/tech02\\_05.asp](http://www.greentomorrow.co.kr/tech/tech02_05.asp)> (Oct. 1. 2011)
- Kim, M. (2000). "A Study on the Green Remodeling of Multi-Dwelling Residential Estates." Master Thesis, Ewha Woman's University.
- Korea Energy Management Corporation, <<http://www.knrec.or.kr/knrec/12/KNRECI210100.asp>> (Oct. 1. 2011)
- Lee, J. (2006). "A Study on the interior plan element analysis of pro-environmental remodelling : focused on dwelling space" Master Thesis. KeiMyung University.
- Lee, K., Kim, K., Kim, K. and Shin, D. (2007). "Profitability Influence Factor Analysis by Apartment Remodeling Case Study", *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 8(2), pp. 132-134.
- Lim, M., Na, S., and Rhee, U. (2001). "A Study on Green Remodeling of Apartment Houses.", *Journal of The Korean*

- Solar Energy Society*, 23(2), pp. 157-163.
- Park, J. (2010). "Improvements of Policies related Building Energy Reduction in Korea", *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 11(4), pp. 32-34.
- Park, S., Park, Y., Won, J., and Choi, Y. (2005). "The Technology Applied 3 Liter House, Super Energy Saving Building.", *Journal of The Korea Institute of Ecological Architecture and Environment*, 9, pp. 183-188.
- Ryu, J. (2003). "A Study on the Planning of environmentally Friendly Remodeling." Master Thesis, Seoul National University.
- Seo, J. (2010). "Overview of Recent Ecological Re-modeling and Application in Construction Field According to Work Type." Master Thesis. KangWon National University.

---

**요약:** 전 세계적으로 에너지 절감, 온실가스 감축 등을 위한 다양한 방법이 제시되고 있다. 우리나라에는 노후된 주택들이 많아 이에 대한 리모델링의 요구가 많으나 이에 대한 연구는 부족하였다. 본 연구는 노후된 주택들의 유형을 분석하였고, 국내·외 사례와 기존 연구를 통하여 리모델링에 적합한 기술 리스트를 제시하였다. 창호, 단열, 문 등과 관련된 기술에 에너지 시뮬레이션, 경제성 분석을 실시하여 소규모 주택 리모델링에 적합한 기술의 조합을 제시하였다. 본 연구는 소규모 주택에 적용할 수 있는 기술의 성능, 경제성을 위한 기초연구이며 이외의 더욱 많은 기술의 분석의 기초가 될 것이다.

**키워드 :** 리모델링, 시뮬레이션, 경제성, 소규모주택, 에너지저감, 에너지성능

---