

# AHP 방법을 이용한 노후학교 에너지절감을 위한 요소기술의 우선순위 결정

## Determining the Priority of Factors for Reducing Energy at Deteriorated School Buildings Using AHP Method

이 상 춘\*                      최 영 준\*\*                      최 율\*\*\*  
Lhee, Sang-Choon      Choi, Young-Joon      Choi, Yool

### Abstract

Since the late 20th century, countries of the world have made every effort to solve environmental problems due to global warming. The Korean Government has also made various efforts on reducing energy and CO<sub>2</sub> emission under the motto of "Low-Carbon Green Growth". In order to achieve the goal to reduce energy in the construction field, severe design standards and regulations on saving energy in new buildings have been established. However, for maximizing the reduction of energy in buildings, it is time to focus on deteriorated buildings where applications of energy saving designs and techniques have been insufficient. Especially, there are little guidelines and researches on reducing energy through remodeling at deteriorated school buildings which were built over 20 years ago. This paper suggests the priority of factors to reduce energy on the remodeling process at deteriorated school buildings using the AHP(Analytic Hierarchy Process) method. For applying the AHP method, the survey of staffs in the Education Offices and board members in the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment was conducted via e-mail. As a result, factors of insulation, daylighting, system control, and windows turned out important in the energy reducing remodeling process at deteriorated school buildings, while factors of artificial lighting, solar heating, ventilation, and system did relatively unimportant.

키워드 : 노후학교건물, 리모델링, 에너지절감요소, 계층분석법

Keywords : Deteriorated school buildings, Remodeling, Energy saving factors, Analytic hierarchy process

## 1. 서 론

### 1.1 연구배경 및 목적

20세기말부터 지구환경문제는 국제사회의 주요 논점으로 대두되면서 경제, 사회, 문화를 지배하는 중요한 주제로 자리 잡아 세계 각국들은 지구온난화로 인한 이러한 환경문제 해결을 위한 많은 노력을 기울이고 있다. 지구온난화를 야기하는 요인 중 가장 높은 비율을 차지하는 것은 화석연료의 에너지 소비를 통한 이산화탄소를 포함한 온실가스를 들 수 있다. 우리나라의 경우 1960년 이후 산업화에 따른 산업구조의 급격한 변화로 인해 다른 선진국에 비하여 에너지 다소비 국가로 분류되고 있으며 또한 에너지의 해외 의존도는 97%이상이기 때문에 유가변동에 따른 국가 경제가 좌우될 만큼 에너지 소비에 민

감한 실정에 있다. 이에 정부는 '저탄소 녹색성장'이라는 기치 아래 에너지 절약 및 이산화탄소 배출 감축을 위한 다각적인 노력을 기울이고 있다. 2009년 지식경제부 자료에 의하면 우리나라 건물에너지 소비량은 전체 국가 에너지 소비량의 24%에 달하고 있어 정부에서도 건물에 대한 에너지절약 설계기준 및 시설기준의 강화 등 정책적인 노력을 기울이고 있다. 건물에서의 에너지소비 절감을 위한 방안으로 신축 건물에 대한 각종 에너지기준 강화와 규제를 통해 에너지절감형 건물의 비중을 늘려 나가는 것도 중요하지만, 에너지절약 설계가 미진한 노후 건물에 대한 에너지효율화 리모델링의 중요성도 보다 크게 부각될 것으로 판단된다. 그러나 재건축 및 리모델링이 활발하게 이루어지고 있는 주거건물의 경우와는 달리 건축물의 일반적인 내구연한 25년 기준시 전체학교의 50%를 차지하고 있는<sup>1)</sup> 20년 이상이 되는 노후학교건물의 경우 국가예산 부족과 함께 체계적인 설계기술 및 관련정

\* 한국환경건축연구원 책임연구원  
(lheesch@kriea.re.kr)

\*\* 한국환경건축연구원 이사(parsons7@naver.com)

\*\*\* 교신저자, 건양대학교 건축학과 교수  
(ychoi@kongyang.ac.kr)

1) 박성철, 노후학교시설 개축 판별모델 개발, 한국교육개발원, 2009. pp.42.

책의 수립 등이 미비하여 에너지절감형 리모델링이 활발히 이루어지지 못하고 있는 상황이다.

또한 1990년대 중반 이후 신설학교들은 시대상황의 급변 및 교과과정의 변화에 적합한 현대화 학교로 지어졌으나, 상대적으로 시설이 낙후되어 있는 이전의 학교들은 대부분 학교교사 표준설계도에 의해 일괄적으로 지어졌다. 이러한 이전 학교들은 제 7차 교육과정과 교육인적자원부의 학습형태, 과학교육 내실화, 교육여건 개선, 사회적 요구 등에 적용하기에는 그 시설의 제약이 크며 신 교육과정에 따른 다양한 용도를 가진 교과교실의 증가로 인한 냉난방, 조명 및 전기시설과 전력사용이 급격하게 증가되는 에너지 소비구조로 변화하였다. 따라서 기존 노후학교에서 신 교육과정에 부합하는 시설의 확충 및 기존 시설의 개선이 필요로 하게 되었고 현재 정부의 에너지절감정책에도 맞는 학교건물의 리모델링은 불가피한 상황이 되었다.

그러나 신축을 위한 부지확보나 개축을 위한 충분한 시간을 확보하는 것은 경제적, 시간적 측면에서 여의치 않기 때문에 실질적인 대안으로는 노후학교의 리모델링이 최우선이지만 현재 노후학교건물의 리모델링 및 에너지 절감방안에 대한 관련 연구는 거의 전무한 실정이다.

이에 따라 본 연구는 학교건물의 특성을 고려한 에너지절감을 위한 영향요소기술을 선정하고 신축과는 차별화된 리모델링의 요소기술을 도출한 후, AHP(Analytic Hierarchy Process) 방법을 활용한 전문가 설문조사를 통하여 노후학교 리모델링에서의 에너지절감을 위한 요소기술의 중요도 및 우선순위를 산출하여 노후학교 에너지 효율화 리모델링 프로토타입 및 가이드라인 개발의 기초 자료로서 제시하는데 그 목적이 있다.

**1.2 연구 범위 및 방법**

본 연구의 범위는 노후화에 따른 리모델링이 필요한 초·중·고등학교 건물에서 에너지 절감을 위한 요소기술의 중요도와 우선순위를 선정하는 것에 한정하였다. 이에 본 연구에서는 국내외 문헌조사를 통해 에너지절감에 적용된 요소기술들을 도출하고 학교건물의 리모델링에 적용 가능한 에너지 절감 요소기술을 조사하였다. 이를 신축건물에 적용할 수 있는 기술과는 적용가능성, 경제성, 가변성 등을 고려한 차별화된 요소기술을 도출하여 AHP 방법을 이용한 전문가 설문조사를 통해 학교건물 리모델링을 실시할 경우 각 요소기술의 중요도 및 적용 우선순위를 선정하였다. 전문가 설문조사는 교육청의 담당 실무자 및 한국생태환경건축학회의 임원진들을 대상으로 2011년 6월 13일부터 6월 24일까지 총 2주간에 걸쳐 진행되었다. 설문조사방법으로 이메일을 통해서 설문지를 송부한 후 회수하였으며 설문과 관련된 주요 사항들과 AHP 평가방법시 유의사항 등을 상세하게 설명하였다.

**2. 노후학교 에너지절감을 위한 리모델링 요소기술**

**2.1 국내의 사례 조사를 통한 영향요소 도출**

본 연구에서는 국·내외 문헌조사와 학교건물의 특성 및 에너지 사용량 분석을 통해 영향요소를 목록화하고 각 연관 요소를 통합하는 방법으로 주요 에너지절감 영향요소를 도출하였다. 또한 리모델링이라는 특수성을 반영하여 영향요소의 도출에 있어서 신축건물에 적용할 수 있는 기술과는 적용가능성, 경제성, 가변성 등에서 차별성을 고려하였다. 학교건물 리모델링의 에너지절감 요소는 국내·외 문헌조사를 바탕으로 영향요소별로 크게 에너지효율, 시스템제어, 신재생에너지로 구분되었다(표 1 참조). 문헌조사결과, 에너지절감 영향요소 중에서 단열개선과 고효율조명 사용은 중요한 요소기술임을 확인하였으며 특히 단열의 경우는 에너지성능을 결정하는데 큰 영향이 주는 것으로 판단된다. 그러나 학교건물의 경우 야간에 이용이 적고 방학기간에는 교실의 사용이 거의 없는 일반건물과 다른 특수성이 있기 때문에 학교건물의 특수성에 맞게 단열수준에 대한 검토가 이루어져야 한다. 그리고 고효율조명 또한 학교의 특수성에 맞게 자연채광과 차양 등의 다른 요소들을 고려하여 최적으로 사용되어야 할 것이다. 그 외 영향요소 중에는 에너지효율의 창호 개선, 자연채광, 차양, 시스템제어의 공조제어, 조명제어와 신재생에너지의 태양광/태양열 등이 주요 영향요소로 조사되었다.

표 1. 학교건물 리모델링시 에너지절감 영향요소

대분류	영향요소	적용여부				
		문헌1 <sup>2)</sup>	문헌2 <sup>3)</sup>	문헌3 <sup>4)</sup>	문헌4 <sup>5)</sup>	문헌5 <sup>6)</sup>
에너지 효율	옥상녹화	○				
	단열개선	○	○	○	○	○
	창호개선	○	○	○		○
	공간구성	○				
	환기			○		
	자연채광	○		○		○
	차양		○	○		○
	난방		○		○	
시스템 제어	고효율조명	○	○	○	○	○
	공조제어		○	○	○	○
	칠기제어			○		
	조명제어	○		○	○	○
신재생 에너지	태양열/광		○	○	○	○
	지열					○

**2.2 에너지절감을 위한 요소기술 정리**

2.1절에서 도출된 노후학교 리모델링에서 에너지절감 영향요소를 AHP 분석을 통한 전문가 설문조사를 위해서 표2와 같이 13개의 평가요소기술로 나누어서 정리하였다. 대분류로서는 표 1에서 나타난 주요 영향요소인 단열, 창호, 고효율 조명, 공기제어, 조명제어, 태양열/광 등을 구

- 2) 조항문 외, 저탄소사회를 향한 서울시 건물에너지 저감전략, 서울시정개발연구원, 2009.
- 3) 홍태훈, 교육시설물의 CO2 저감형 유지관리 프로세스 개발을 위한 건물에너지 절감기법 기초연구, 교육과학기술부, 2010.
- 4) 조진일 외, 제로에너지·생태학교 모형개발 연구(Ⅰ), 한국교육개발원, 2008.
- 5) IEA, Technical Synthesis Report-Annex 36 (Retrofitting in Educational Buildings), 2007.
- 6) ASHRAE, Advanced Energy Design Guide for K-12 School Buildings, 2008.

분하기 위해서 건축, 기계, 빛환경 및 신재생부문으로 나누었으며, 중분류로서는 건축부문에서 외피, 단열, 창호, 일사 및 환기, 기계부문에서는 열원, 시스템, 제어, 빛환경 부문에서는 자연채광과 인공조명, 신재생부문에서는 지열, 태양광 및 태양열로 세분화하였다.

표 2. AHP분석을 위한 에너지절감 평가요소기술

대분류	중분류	설 명
건축	외피	옥상녹화, 창면적비 열획득/손실 저감요소
	단열	벽체/지붕 단열 열획득/손실 저감요소
	창호	창호성능 열획득/손실 저감요소
	일사	SHGC, 루버, 차양 등 열획득 저감요소
	환기	자연환기, 침기, 기밀도, 공조외기도입량
기계	열원	연료, 장비종류, 장비효율개선
	시스템	전열교환기, 이코노마이저 등 공조시스템
	제어	인버터제어, 자동온도조절, IAQ패널제어
빛환경	자연채광	자연채광 이용기술
	인공조명	인공조명에너지 절약기술
신재생	지열	지열활용 열생산시스템
	태양광	태양에너지활용 전력생산시스템
	태양열	태양에너지활용 열생산시스템

### 3. AHP(Analytic Hierarchy Process) 방법

#### 3.1 AHP의 개요

AHP(Analytic Hierarchy Process)는 1970년대 초반에 Thomas Saaty가 제안한 방법으로 다중기준의사결정문제에서 계층구조를 구성하고 있는 요소 간의 쌍대비교(Pairwise Comparison)에 의한 판단을 통하여 평가자의 지식, 경험 및 직관을 포착하는 의사결정 방법론이다. AHP 방법은 이론의 단순성 및 명확성, 적용의 간편성 및 범용성 같은 많은 장점을 가지고 있어 다양한 의사결정 문제에서 널리 적용되고 있으며 건축분야에서도 경제적 중요도 산출에 의한 건축물 리모델링 최적화 방안<sup>7)</sup>, 부동산 선택요소 간의 중요도 분석<sup>8)</sup>, 공공청사 신축 부지의 합리적인 선정<sup>9)</sup> 등과 같은 다양한 연구에서 많이 적용되어 왔다.

AHP 방법의 적용절차는 다음과 같다.

(1) 의사결정계층의 설정: 의사결정문제를 상호 관련이 있는 의사결정요소들의 계층으로 분류하여 의사결정계층(Decision Hierarchy)을 설정하는 단계이며 계층의 최상층에는 전반적인 의사결정의 목적이 있으며 그 다음의 계층들은 의사결정의 목적에 영향을 미치는 판단기준인 여러 요소로 구성된다.

(2) 평가요소 간의 쌍대비교: 상위계층에 있는 평가요

소들의 목표를 달성하기 위하여 직계하위계층에 있는 요소들의 기여도를 쌍대비교를 통하여 평가하는 단계이다. 일반적으로 쌍대비교를 통하여 중요도의 정도를 표 3에 있는 9점 척도로 부여하며 직계 하위계층이 n개의 요소로 구성되어 있다면 총  $n(n-1)/2$ 회의 비교가 필요로 한다.

(3) 평가요소 간의 상대적 가중치 추정: 쌍대비교 후 각 계층에 대한 비교평가대상 평가요소들이 가지고 있는 상대적 가중치를 추정하는 단계이다.

(4) AHP분석의 일관성 검증: 설문참여자의 주관에 의하여 결정되는 설문평가조사에서 나타날 수 있는 비일관성에 대하여 설문이 얼마나 논리적 일관성을 유지하는가를 판단하는 단계이며 일관성지수(Consistency Index, CI)와 일관성비율(Consistency Ratio, CR)을 통하여 판단할 수 있다. 여기서 Saaty는 경험법칙에 의하여 일반적으로 일관성비율값이 0.1이하의 기준을 적용할 경우 합리적인 평가, 0.2이하인 경우는 허용할 수 있는 평가라고 설명하였다<sup>10)</sup>. 따라서 일관성비율이 0.2보다 높은 설문에 대해서는 설문을 다시 수행하거나 최종분석에서 제외하여야 한다.

(5) 평가요소 간의 상대적 가중치 종합화: 하위계층에 있는 요소들에 대한 우선순위를 산출하기 위하여 의사결정요소들의 상대적인 가중치를 종합하는 단계이다. 이 단계에서는 계층의 최상위에 있는 의사결정의 목적을 달성하기 위하여 최하위에 있는 요소들의 우선순위를 결정하는 종합중요도를 산출하는데 이는 세 번째 단계에서 구한 각 계층에서의 가중치를 종합화함으로써 가능하다.

표 3. 쌍대비교의 척도

척도	정의
1	동등하게 중요함 (Equal Important)
3	약간 더 중요함 (Moderate Important)
5	더 중요함 (Strong Important)
7	상당히 중요함 (Very Strong Important)
9	절대적으로 중요함 (Extreme Important)

#### 3.2 AHP의 공리<sup>11)</sup>

AHP방법은 다음의 4가지 전제조건에 기초하여 이론적 배경을 마련하고 있다.

(1) 역수 비교(Reciprocal Comparison): 의사결정자는 동일한 계층 내에 있는 두 개의 요소를 짝지어서 비교할 수 있어야 하고 그 선호도의 강도는 역수조건을 만족시켜야만 한다. 예를 들어 요소 A가 요소 B보다 X배 중요시된다고 하면 요소 B는 요소 A보다 1/X배 중요하다는 것을 의미한다.

(2) 동질성 (Homogeneity): 중요도는 제한된 범위 내에서 정해진 척도에 의하여 표현된다.

(3) 종속성 (Dependency): 한 계층의 요소들은 인접한 상위계층의 요소에 대하여 종속적이어야 한다. 그러나 상위계층의 모든 요소에 대하여 인접한 하위계층 내의 모

7) 이정복 외. 항목별 경제적 중요도 산출에 의한 리모델링 최적화 방안 연구, 대한건축학회논문집, Vol. 19. No. 5. 2003. pp.55-62.

8) 정재영, 윤태권. 아파트 수요자의 선호요소에 대한 AHP 분석에 관한 연구. 한국건축시공학회 논문집, Vol. 8. No. 3. 2008. pp.51-58.

9) 임병훈. AHP 기법을 활용한 공공청사 신축 부지의 합리적인 선정에 관한 연구. 한국건축시공학회 논문집, Vol. 8. No. 6. 2008. pp.75-82.

10) Saaty, T. L., The Analytic Hierarchy Process, N.Y. McGraw-Hill, 1980.

11) 조근태. 계층분석적 의사결정, 동원출판사, 2003.

든 요소들 간에 독립성이 확보되어야 하는 것을 의미하지는 않는다.

(4) 기대성 (Expectation): 의사결정의 목적에 관한 사항을 계층이 완전하게 포함하고 있다고 가정한다.

**4. 에너지 절감을 위한 요소기술의 중요도 결정**

**4.1 전문가 설문조사**

본 설문에서는 노후학교 에너지 절감을 위한 리모델링에서의 주요 요소기술 항목을 중심으로 질문하였으며 사용된 요소기술 항목은 기존의 국내·외 연구문헌에서 도출하여 브레인스토밍과정 및 경험을 바탕으로 리모델링에서 적용 가능한 요소기술을 최종적으로 선정하였다. 각 교육청의 학교시설물을 관리하는 담당 실무자와 한국생태환경건축학회 임원진 100명을 대상으로 설문을 실시하였으며 설문은 각 문항별 중요도 비율을 결정하기 위해서 쌍대비교를 통한 9점 척도의 설문으로 하였다.

설문응답자는 총 32명으로서 관련사항은 다음과 같다.

- (1) 성별: 남(27명, 84%), 여(5명, 16%)
- (2) 연령: 20대(4명, 12%), 30대(11명, 34%), 40대(12명, 38%), 50대(5명, 16%)
- (3) 최종학력: 학사(8명, 25%), 석사(14명, 44%), 박사(10명, 31%)
- (4) 근무직종: 교수(6명, 19%), 연구원(11명, 34%), 공무원(5명, 16%), 설계사무소(4명, 12%), 시공사(6명, 19%)
- (5) 근무년수: 5년 미만(7명, 22%), 5~10년(12명, 38%), 10~20년(9명, 28%), 20년 이상(4명, 12%)
- (6) 전문분야: 건축설비(7명, 22%), 에너지정책 및 연구(3명, 9%), 건축설계(4명, 12%), 건축환경(18명, 56%)

설문지의 양식은 표 4와 같으며 두 항목요소간의 상호 우선순위를 통해서 중요도를 결정하였다. 즉, 대분류에서 건축부문과 기계부문의 값은 기계와 건축의 값의 역수에 해당되며 최종 결과치는 각각의 결과의 총합으로 나눈 값이 해당항목의 값이 된다. 또한 중분류에 대한 설문과 정도 같은 양식으로 진행되었으며 세부항목의 총합은 상위항목과 같게 된다. 또한 AHP 방법에서 일관성의 결여는 신뢰성의 부족을 의미하고 있어 결국 평가의 질과 관련되어 있으므로 개별 설문지에 대한 일관성비율을 산출하여 일관성이 낮은 평가자의 설문은 최종분석에서 제외하였다.

표 4. 대분류의 설문지 양식

평가기준	평가척도									평가기준
건축	9	7	5	3	1	3	5	7	9	기계
건축	9	7	5	3	1	3	5	7	9	빛환경
건축	9	7	5	3	1	3	5	7	9	신재생
기계	9	7	5	3	1	3	5	7	9	빛환경
기계	9	7	5	3	1	3	5	7	9	신재생
빛환경	9	7	5	3	1	3	5	7	9	신재생

**4.2 가중치 분석과 일관성 검증**

본 연구에서의 가중치 분석방법<sup>12)</sup>으로 AHP 방법의 공리 중의 하나인 행렬의 역수성을 유지하기 위하여 설문평가자가 작성한 개별 비교행렬의 각 원소에 대하여 전체 평가자들의 평가가치들을 기하평균하여 통합하고 이를 원소로 하는 단일 개별 비교행렬을 구성하는 방식인 기하평균법<sup>13)</sup>을 사용하였다. 이를 바탕으로 작성된 각 비교행렬에 대한 일관성을 검증하였다. 상위항목에 대한 개별비교행렬의 값은 표 5와 같다.

표 5. 대분류에 대한 쌍대비교행렬 (CR=0.015)

	건축	기계	빛환경	신재생
건축	1	2.536	2.165	1.801
기계	0.394	1	1.471	1.267
빛환경	0.462	0.680	1	0.929
신재생	0.555	0.790	1.077	1

위 표에서 보는바와 같이 일관성비율(CR)이 0.015로 나와서 이는 Saaty가 제안한 합리적인 평가에 해당되는 0.1이하의 일관성비율이므로 일관성이 있다고 판단할 수 있다. 중분류인 건축, 기계, 빛환경 및 신재생부문에서 기하평균된 개별비교행렬의 요소값은 다음의 표와 같이 나타났으며 일관성비율 또한 상기 제시된 항목의 순서대로 각각 0.007, 0.001, 0.0, 0.119로 나타나서 Saaty가 제안한 최소한 허용할 수 있는 범위 안에 있어서 최종적으로 일관성이 있다고 판단할 수 있다.

표 6. 중분류 건축부문에 대한 쌍대비교행렬 (CR=0.007)

	외피	단열	창호	일사	환기
외피	1	0.593	0.590	0.785	0.986
단열	1.686	1	1.347	2.238	2.799
창호	1.698	0.742	1	1.279	1.631
일사	1.275	0.447	0.782	1	1.408
환기	1.015	0.357	0.613	0.710	1

표 7. 중분류 기계부문에 대한 쌍대비교행렬 (CR=0.001)

	열원	시스템	제어
열원	1	1.011	0.631
시스템	0.989	1	0.570
제어	1.584	1.755	1

표 8. 중분류 빛환경부문에 대한 쌍대비교행렬 (CR=0.0)

	자연채광	인공조명
자연채광	1	3.072
인공조명	0.326	1

표 9. 중분류 신재생부문에 대한 쌍대비교행렬 (CR=0.119)

	지열	태양광	태양열
지열	1	0.826	1.207
태양광	1.211	1	1.808
태양열	1.829	0.553	1

12) 조근태, 계층분석적 의사결정, 2003, pp.98.

13) Aczel, J. and Saaty, T. L. Procedure for Synthesizing Ratio Judgments, Journal of Mathematical Psychology, Vol. 27. 1983. pp.93-102.

### 4.3 설문결과

본 설문문에 통해 노후학교 리모델링에서의 에너지 절감을 위한 대분류 요소기술 중 건축, 기계, 빗환경, 신재생의 4개 항목에 대한 중요도(A) 결과는 표 10에서 보느냐와 같이 각각 0.419, 0.217, 0.171, 0.193으로 조사되었다. 이는 전체 항목의 중요도 합계가 1이기 때문에 건축, 기계, 빗환경 및 신재생 부문의 중요도가 각각 41.9%, 21.7%, 17.1%, 19.3% 비중을 차지한다는 것을 의미한다. 건축 및 기계부문이 높게 조사되었는데 이는 설문평가자가 건물부위 중에서 단열, 창호, 외피 및 일사를 통한 열 획득 및 손실율 요소가 에너지 절감에서 많은 영향을 미치는 것으로 판단되고, 또한 냉난방기계에서의 시스템의 방식 및 제어부문을 에너지 절감에서 중요한 요소로 판단하고 있는 것을 나타낸다.

표 10. 대분류 요소기술의 상대적 중요도(A) 및 순위

대분류	중요도(A)	순위
건축	0.419	1
기계	0.217	2
빗환경	0.171	4
신재생	0.193	3

중분류 항목에서의 요소기술의 중요도(B)는 표 11과 같다. 건축부문에 대한 중분류에서 각 요소기술의 세부적인 중요도를 살펴보면 외피가 14.6%, 단열이 32.4%, 창호가 22.8%, 일사가 17.2%, 환기가 13.0%로 조사되어 벽체 및 지붕의 열획득/손실 효율을 의미하는 단열이 가장 중요한 건축부문에서의 요소기술로 나타났다. 기계부문의 경우 열원이 27.8%, 시스템이 26.7%, 제어가 45.5%로 나타나 자동온도조절 및 고효율시스템을 의미하는 제어부문이 가장 중요한 요소기술로 나타났으며 빗환경부문에서는 중요도가 75.4%인 자연채광이 24.6%인 인공조명보다 더 중요한 요소기술로 나타났다. 마지막으로 신재생부문의 경우 지열이 32.6%, 태양광이 42.3%, 태양열이 25.1%로 나타나 태양에너지를 이용한 전력생산시스템을 포함하는 태양광이 가장 중요한 요소기술로 나타났다.

표 11. 중분류 요소기술의 상대적 중요도(B) 및 순위

대분류	중분류	중요도(B)	순위
건축	외피	0.146	4
	단열	0.324	1
	창호	0.228	2
	일사	0.172	3
	환기	0.130	5
기계	열원	0.278	2
	시스템	0.267	3
	제어	0.455	1
빗환경	자연채광	0.754	1
	인공조명	0.246	2
신재생	지열	0.326	2
	태양광	0.423	1
	태양열	0.251	3

AHP 방법에 의한 대분류 요소기술의 중요도(A)와 중분류 요소기술 간의 중요도(B)의 값을 곱하여 각 요소기술의 상대적인 종합 중요도(C)를 계산하였으며 결과는 그림 1과 같다. 건축부문의 단열이 13.6%, 빗환경부문의 자연채광이 12.9%, 기계부문의 제어가 9.9%, 건축부문의 창호가 9.6% 순으로 나타나 위 네 가지의 요소기술이 전체의 약 46%의 중요도를 차지하여 노후학교 에너지 절감을 위한 중요한 요소기술로 나타났다. 반면에 빗환경부문의 인공조명(4.2%), 신재생부문의 태양열(4.8%), 건축부문의 환기(5.4%) 및 기계부문의 시스템(5.8%)은 다른 요소기술보다 에너지 절감을 위한 중요도 및 리모델링과정에서의 우선적용순위에서 상대적으로 낮게 평가되는 것으로 나타났다. 대분류별 각 요소기술들의 종합 중요도의 평균값을 비교하여 보면 그림 2와 같이 빗환경(8.6%), 건축(8.4%), 기계(7.2%), 신재생(6.4%) 부문 순으로 나타났다. 이는 설문평가자들은 노후학교건물의 에너지절감을 위한 리모델링과정에서 다른 부문의 영향요소기술보다 빗환경 및 건축부문의 요소기술의 중요성에 보다 큰 인식을 가지고 있는 것으로 판단된다.

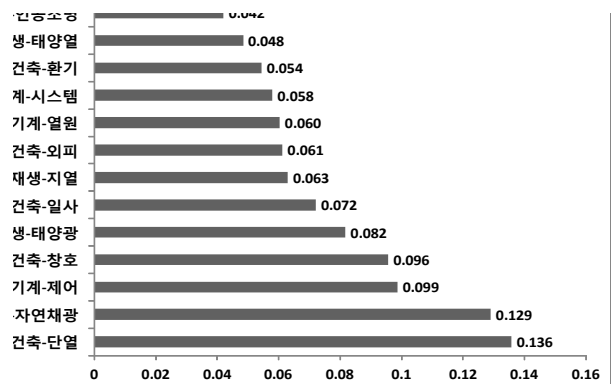


그림 1. 요소기술에 대한 종합 중요도(C) 및 전체 우선순위

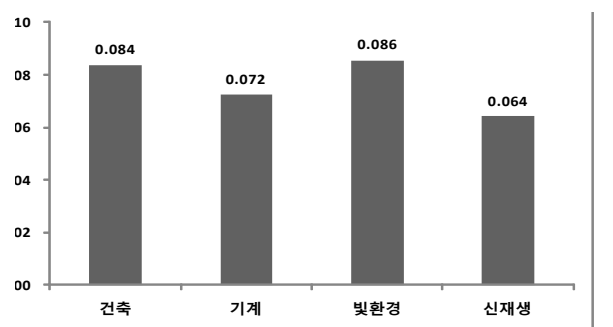


그림 2. 대분류 항목별 종합 중요도(C)의 평균값 비교<sup>14)</sup>

### 5. 결론

본 연구는 노후학교건물의 리모델링 과정에서 에너지 절감을 위한 영향요소기술을 AHP 방법에 의한 전문가

14) 건축부문의 평균값은 그림 1에 나타난 단열, 창호, 일사, 외피, 환기의 종합 중요도(C)의 평균값임. 이는 표 10에 나타난 대분류 항목의 중요도(A)와는 다른 의미를 가짐.

설문조사를 통해서 각 요소기술의 중요도 및 적용우선순위를 조사하였다. 이를 위해서 기존의 국내·외 문헌조사를 통해서 각 주요 에너지절감 영향요소를 도출하였고 이를 신축건물과는 적용가능성, 경제성 및 가변성 등을 고려한 차별성 있는 요소기술로 나누어서 설문평가를 실시하였다.

AHP 분석을 통한 본 연구의 결과는 다음과 같다.

(1) 건축, 기계, 빛환경 및 신재생부문으로 구분된 대분류에서는 건축부문이 41.9%의 중요도를 나타내어서 가장 중요한 영향요소로 판단되었다.

(2) 건축부문의 중분류 요소기술(외피, 단열, 창호, 일사, 환기) 중에서는 단열과 창호부문의 중요도가 각각 32.4%, 22.8%로 나타나서 다른 요소기술보다 중요한 기술로 판단되었다.

(3) 기계부문의 중분류 요소기술(열원, 시스템, 제어) 중에서는 제어부문이 45.5%의 중요도를 나타내어서 가장 중요한 요소기술로 판단되었다.

(4) 빛환경부문의 중분류 요소기술(자연채광, 인공조명) 중에서는 자연채광부문이 75.4%의 중요도가 나타나서 인공조명부문보다 더 중요한 요소기술로 판단되었다.

(5) 신재생부문의 중분류 요소기술(지열, 태양광, 태양열) 중에서는 태양광부문의 중요도가 42.3%로 나타나서 다른 요소기술보다 중요한 기술로 판단되었다.

(6) 대분류에서의 중요도와 중분류에서의 중요도를 합산한 종합 중요도면에서는 건축부문의 단열, 빛환경부문의 자연채광, 기계부문의 제어, 건축부문의 창호의 종합 중요도가 각각 13.6%, 12.9%, 9.9%, 9.6%로 나타나서 다른 요소기술보다 노후학교건물의 리모델링에서의 에너지절감에 영향을 미치는 요소기술로 판단되었다.

본 연구에서의 AHP 방법을 이용한 전문가 설문조사를 통한 노후학교 리모델링에서의 에너지절감을 위한 요소기술의 중요도와 적용우선순위의 평가결과를 바탕으로 향후 노후학교 에너지효율화 리모델링 프로토타입 및 가이드라인 개발의 기초자료로서 사용될 수 있을 것으로 사료된다. 그러나 향후 연구주제로서 선정된 주요 요소기술에 대해서는 에너지 시뮬레이션을 통한 실질적인 에너지 절감량을 산출하여 요소기술별 적정성을 검증하는 연구가 필요로 할 것이며 개별적인 요소기술을 순차적으로 통합했을 경우의 최대한 절감할 수 있는 단계별 에너지 절감량을 조사하는 연구가 동반되어야 할 것으로 판단된다. 또한 학교건물의 에너지효율화 리모델링의 활성화를 위해서는 에너지 절감은 물론 한정된 예산 내에서 적용할 수 있는 경제성을 고려한 리모델링 설계기술의 개발에 관한 연구가 필요로 할 것으로 사료된다. 이러한 향후 연구의 통합을 통해서 교육현장 실무자들이 효과적으로 활용할 수 있는 현장적용형 에너지효율화 리모델링 프로토타입 및 가이드라인이 완성될 것으로 판단된다.

## Acknowledgement

이 논문은 2011년도 에너지관리공단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2011507820-00).

## 참고문헌

1. 김화룡, 김진만, 김준태, 기존학교시설의 리모델링 의사결정 모델에 관한 연구, 한국교육시설학회지, Vol. 8. No. 2. 2001. pp.5-pp.12.
2. 박성철, 노후학교시설 개축 판별모델 개발, 한국교육개발원, 2009.
3. 오병욱, 이재훈, 초등학교 리모델링 대상판정을 위한 건축설계적 평가지표의 개발연구, 대한건축학회 학술발표논문집, Vol. 21. No. 1. 2004. pp.115-118.
4. 양원석, 주범, 리모델링시 학교시설의 친환경건축물 인증요소 비교분석 연구, 한국실내디자인학회논문집, Vol. 20. No.1. 2011. pp.182-189.
5. 이정복, 차준석, 이경희. 항목별 경제적 중요도 산출에 의한 리모델링 최적화방안 연구, 대한건축학회논문집, Vol. 19. No. 5. 2003. pp.55-62.
6. 임병훈. AHP 기법을 활용한 공공청사 신축 부지의 합리적인 선정에 관한 연구. 한국건축시공학회 논문집, Vol. 8. No. 6. 2008. pp.75-82.
7. 정재영, 윤태권. 아파트 수요자의 선호요소에 대한 AHP 분석에 관한 연구. 한국건축시공학회 논문집, Vol. 8. No. 3. 2008. pp.51-58.
8. 조근태. 계층분석적 의사결정, 동현출판사, 2003.
9. 조진일 외, 제로에너지·생태학교 모형개발 연구(1), 한국교육개발원, 2008.
10. 조항문, 진상현, 김민경, 저탄소사회를 향한 서울시 건물에너지 저감전략, 서울시정개발연구원, 2009.
11. 홍태훈, 교육시설물의 CO2 저감형 유지관리 프로세스 개발을 위한 건물에너지 절감기법 기초연구, 교육과학기술부, 2010.
12. Aczel, J. and Saaty, T. L. Procedure for Synthesizing ratio judgments, Journal of Mathematical Psychology, Vol. 27. 1983. pp.93-102.
13. ASHRAE(American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers), Advanced Energy Design Guide for K-12 School Buildings, 2008.
14. IEA(International Energy Agency), Technical Synthesis Report-Annex 36 (Retrofitting in Educational Buildings), 2007.
15. Saaty, T. L., The Analytic Hierarchy Process, N.Y. McGraw-Hill, 1980.

투고(접수)일자: 2011년 11월 7일

수정일자: 2011년 12월 15일

게재확정일자: 2011년 12월 16일