

# 공동주택의 건물외부조건과 에너지비용과의 관계분석

## Relation between the Building Exterior Conditions and Energy Costs in the Running period of the Apartment Housing

이 강 희\*                      류 승 훈\*\*                      이 은 택\*\*\*  
 Lee, Kang-Hee              Ryu, Seung-Hoon              Lee, Yeun-Taek

### Abstract

The energy cost is resulted from the energy use. Its sources are divided into some types and depended on the building use or energy-use type. The energy cost should be affected by the amount of the energy use. The cost could be calculated to consider various factors such as the insulation, heating type, building shape and others. But it can not consider all of the affect factors to the energy cost and need to categorize the factors to the condition for estimating the cost.

In this paper, it aimed at providing the estimation model in linear equation and multiple linear regression, utilizing the building exterior condition and management characteristics in apartment housing. Its survey are conducted in two parts of management characteristics and building exterior condition. The correlation analysis is conducted to get rid of the multicollinearity among the inputted factors. The number of linear equation model is 11 and includes the 1st, 2nd and 3rd equation function, power function and others. Among these, it suggested the 2nd and 3rd function and power function in terms of the statistics. In multiple linear regression model, the building volume and management area are inputted to the estimation.

키워드 : 공동주택, 영향요인, 에너지비용, 곡선추정모델, 회귀분석

keyword : Apartment housing, affecting factor, energy cost, linear equation model, regression analysis

### 1. 서 론

#### 1.1 연구 배경 및 목적

공동주택의 에너지 사용은 조리, 조명, 냉난방 등의 사용부문에서 이루어지며, 국가전체 에너지 소비 가운데 약 1/3수준이 건축부문이 차지한다. 사용 에너지원은 공동주택의 난방방식에 따라 다르게 나타난다. 중앙집중 난방방식은 병커C유, 도시가스, 전력 등으로 구성되며, 개별난방방식은 도시가스, 전력으로 구성된다. 지역난방방식은 지역난방, 도시가스, 전력 등으로 이루어진다. 이것은 난방, 냉방, 조리, 조명 등의 사용에너지원에 따라 구분하기도 한다.

공동주택의 관리비용은 크게 일반관리비, 보험료, 청소비, 소독비, 수선유지비, 승강기 유지비, 전기사용료, 상하

수도료, 난방비, 급탕비 등으로 구성된다. 이들 가운데 에너지 비용과 관련된 항목은 크게 전기사용료, 난방비, 급탕비 등을 들 수 있다. 이들 3개의 에너지 비용은 전체 관리비의 약 54%수준을 차지하는 것으로 나타나고 있다<sup>1)</sup>. 이것은 공동주택 관리비 가운데 절반 이상을 차지하는 것으로 에너지 비용의 절감은 직접적으로 관리비의 절감에 영향관계를 갖고 있는 것으로 나타난다.

이와 같이 에너지 비용은 공동주택의 관리비 항목에서 높은 비율을 차지하고 있으나, 에너지 비용을 추계하는 방법이 제시되고 있지 못하다. 에너지 비용은 공동주택 단지를 형성하고 있는 다양한 건축적 특성을 전부 반영하여 추계하기란 한계가 있다. 뿐만 아니라, 기존의 에너지 관련정보를 제공하는 많은 자료들은 부문별 에너지 비용 등으로 거시적인 자료형태로 제시되고 있다. 따라서 계획 및 설계단계에서 건축물 관리특성 혹은 유형 등과 에너지 비용과의 연계관계를 추출하여 분석하는 것이 필요하다.

\* 정회원, 안동대학교 건축공학과 부교수, 공학박사  
 \*\* 교신저자, 정회원, (주)삼성물산 건설부문,  
 (s.h.ryu@samsung.com)  
 \*\*\* 정회원, (주)삼성물산 건설부문

본 연구는 건설교통부 건설핵심기술연구개발사업의 연구비 지원(06첨단도시02)에 의해 수행되었습니다.

1) 이강희(2001), “공동주택의 유지관리비용 영향요인 분석에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 계획계 17권9호, pp321~328.

공동주택의 에너지 비용은 관리특성, 유형, 사용특성 등의 주요 건축적 특성을 고려하여 추정하는 경험적인 접근(empirical approach)이 필요하다. 본 논문에서는 공동주택의 주요 관리특성에 따른 에너지 비용 추정모형을 작성하는 것이다. 이것은 공동주택의 관리특성, 현황 등을 반영하여 총량적인 에너지 비용수준을 분석하는데 용이할 것으로 판단된다. 뿐만 아니라 구조체, 에너지 관련 세부 요소기술에 의존하는 에너지 비용 추계보다는 건물외부조건, 관리 현황측면에서 추정하는 것이다.

### 1.2 연구의 방법 및 내용

공동주택의 관리면적, 세대수 등의 관리특성과 건물체적, 창면적비, 조경면적 등의 건물외부조건 등을 이용하여 에너지 비용을 예측하기 위한 추정모형 작성과정은 크게 영향변인 추출, 모델작성 등으로 이루어진다. 이들 내용을 세부적으로 기술하면 다음과 같다.

첫째, 공동주택의 난방방식은 크게 중앙집중 난방방식, 개별난방방식으로 구분하여 에너지원별 비용을 조사하였다. 중앙난방방식의 에너지원은 전력, 도시가스, 병커C유이며 개별난방방식은 전력, 도시가스로 구성된다<sup>2)</sup>. 본 연구에서 에너지 소비량은 총량적인 측면에서 접근하여 취사, 냉난방 등에 소요된 부분을 전부 포함한다.

둘째, 에너지 비용에 영향을 미치는 변인으로 세대수, 관리면적, 관리방식 등의 관리특성과 건물체적, 창면적비, 엘리베이터대수, 주차대수 등의 건물외부적인 측면으로 구분하여 현장조사하였다. 여기에는 경과년수, 세대수, 관리면적, 난방방식, 창면적비, 건물체적, 조경면적, 주차대수, 복도형식, 관리방식, 소유형태, 단지(團地) 주변환경 등을 들 수 있다.

셋째, 앞서의 건물외부조건과 관리특성을 설명하는 변인을 이용하여 에너지 비용과의 상관관계를 분석하였다. 이것은 에너지 비용과 개별변인과의 상호 연계성 분석을 위해 다공선성(multicollinearity)을 제거하기 위한 방안으로 활용하였다<sup>3)</sup>. 변인사이의 다공선성이 존재하는 것으로 판단되는 변인은 다중회귀모델에서 제외하였다

넷째, 건물외부조건과 관리특성을 설명하는 다양한 변인과 에너지 비용과의 관계를 예측하는 방법으로는 크게 두 가지로 설명할 수 있다. 우선, 각각의 변인과 에너지 비용과의 관계는 선형함수(linear equation)로 설명할 수 있다. 선형함수에는 1차 함수, 2차 함수, 3차 함수, 파워함수, 복합함수, 선형함수, 로지스틱 함수, 지수함수 등 11개를 들 수 있다. 이들 가운데 통계량이 우수하다고 판단되는 4가지 정도의 선형함수를 선정하여 도식화하였다. 두 번째로 변인상호간의 다공선성을 제거한 변인을 추출하기 위한 군집분석(clustering)을 수행하였다. 이것을 통해 나타난 변인과 에너지 비용과의 관계는 다중회귀분석(multiple linear regression)을 이용하여 설명하였다.

2) 도시가스사용부문의 비용은 지역공급회사로부터 월별 사용량, 사용금액에 대한 자료를 수집하였다.  
3) 변인사이의 상관성을 분석하는 통계적인 방법으로는 요인분석, 판별분석, 다차원척도법 등을 들 수 있다

### 1.3 연구의 범위

관리특성, 건물외부조건 등과 에너지 비용과의 관계를 분석하기 위해 경상북도 안동시에 입지하고 있는 공동주택을 조사하였다. 총 48개의 단지 가운데 조사자료의 유의성, 조사항목의 누락 등을 감안하여 21개의 유효표본을 추출하였다. 21개의 공동주택단지를 대상으로 경과년수, 세대수, 관리면적 등의 관리특성과 조경면적, 창면적비, 건물체적 등의 물리적 측면, 기타 인근의 공원, 하천 등의 위치 여부 등에 대한 단지 주변환경 등의 건물외부조건으로 구분하여 조사하였다. 이들 이외에 벽면녹화면적, 관리방식, 공원, 산 등의 입지조건, 소유형태 등의 자료를 조사하였으나 해당사항이 전무하여 건물외부조건 변인으로서는 한계를 지니고 있다<sup>4)</sup>. 준공 후 경과년수는 24년에서부터 2년까지 다양하게 분포되어 있다. 조사대상 단지의 일반적인 특성은 표1과 같다.

표 1. 조사대상 단지의 일반적 개요

항목	내용	항목	내용
경과년수	평균 7.3년	세대수	평균 456세대
관리면적	평균 39,064m <sup>2</sup>	창면적비	평균 58%
체적	평균 116,136m <sup>3</sup>	조경면적	평균 4,006m <sup>2</sup>
주차대수	평균 383대		

## 2. 선형회귀함수 유형 및 변인 추출

### 2.1 선형회귀함수 유형

함수는 크게 선형함수(linear equation)와 비선형함수(nonlinear equation)으로 분류할 수 있다. 이때 선형함수는 모수(parameter) 추정시 선형회귀형태로 변환이 가능한 것을 일컫는다. 선형회귀함수(linear regression equation)의 형태는 크게 단순선형 회귀함수와 다중선형회귀함수로 구분할 수 있다. 단순선형 회귀함수는 두 개의 독립, 종속변인 상호간의 관계를 설명하는 것으로 1차 함수, 2차 함수, 3차 함수, 파워함수, 복합함수, 로지스틱 함수 등 11개의 유형을 들 수 있다<sup>5)</sup>. 다중선형회귀함수는 관리특성, 건물외부조건을 설명하는 여러 변인과 에너지 비용과의 관계를 설명하게 된다. 이들 함수의 형태는 표2와 같이 나타낼 수 있다.

4) 조사대상 공동주택의 난방방식은 개별난방방식이 17개 단지, 중앙집중 난방방식은 4개 단지이다.  
5) 이러한 11가지의 선형함수를 이용한 에너지 비용예측 모델은 원점을 통과하도록 조정하였다.  
6) 성장함수와 지수함수는 원점을 통과하도록 한정할 경우 함수 형태가 동일하게 표현된다. 따라서 본 연구에서는 지수함수를 이용하여 표현하였다.

표 2. 선형함수의 유형 및 형태<sup>6)</sup>

함수	형태	비고	
선형함수	1차함수	$Y=b_0+b_1*X$	
	대수변환함수	$Y=b_0+b_1*ln(X)$	
	역함수	$Y=b_0+b_1*1/X$	
	2차함수	$Y=b_0+b_1X+b_2X^2$	
	3차함수	$Y=b_0+b_1X+b_2X^2+b_3X^3$	
	파워함수	$Y=b_0*(X^{b1})$	
	복합함수	$Y=b_0*(b1^X)$	
	S-곡선함수	$Y=exp(b_0+(b1/X))$	
	로지스틱함수	$Y=1/(1/u+(b_0*(b1^X)))$	u는 상한값
	성장함수	$Y=exp(b_0+(b1X))$	
지수함수	$Y=b_0*(exp(b1X))$		
다중회귀선형함수		$Y=f(X_1, X_2, X_3,...)$	

주) Y : 에너지비용, X : 설명변인

표2와 같은 다양한 선형함수 가운데 통계량을 이용하여 적합도(goodness-of-fit)가 양호한 모델을 선택하였다. 뿐만 아니라 다중회귀선형함수는 관리특성, 건물외부조건을 설명하는 여러 변인들 가운데 다공선성을 최대한 제거한 모델을 제시하였다.

### 2.2 변인추출

에너지 비용에 영향을 미치는 요인은 건물형상, 공간기능구성, 생활습관, 외부환경 등 다양하다. 건물외부조건은 창면적비, 건물체적, 엘리베이터 대수, 주차대수, 난방방식 등을 들 수 있다. 관리특성 측면에서는 세대수, 관리면적 등 2가지의 요인을 들 수 있다. 이러한 에너지 비용에 영향을 미치는 요인은 현장조사가 가능한 부분으로 제한하였다. 이것은 표3과 같이 설명된다.

표 3. 에너지 비용영향요인 분류 및 내용

구분	내용
건물 외부조건	창면적비, 건물체적, 조정면적, 복도형식, 주차대수, 경과년수, 엘리베이터 대수,
관리특성	세대수, 관리면적, 난방방식

표3과 같이 에너지 비용영향요인은 관리특성과 건물외부조건으로 구분하여 에너지 비용에 영향을 미치는 1차 요인으로 추출하였다. 이들 가운데 에너지 비용과 상관성을 갖고 있다고 판단되는 변인을 추출하기 위해 상관관계분석을 수행하였다. 이들 에너지 비용영향 인자의 상관관계를 분석한 결과는 표4와 같다.

표4에서와 같이 에너지 비용과 상관성을 갖는 변인은 크게 세대수, 관리면적, 조정면적, 주차대수, 엘리베이터 대수, 창면적비, 건물체적 등으로 요약할 수 있다<sup>7)</sup>. 이 가운데 건물체적과 창면적비는 다른 변인에 비해 에너지 비용과의 상관관계가 상대적으로 낮은 형태를 보이고 있

7) 조정면적은 에너지 소비량과 높은 상관성을 보이고는 있으나 조사표본이 매우 적어 에너지 비용 분석 모델에는 포함하지 않았다.

다. 이와 같은 결과를 통해 공동주택 에너지 비용에 영향을 미치는 변인은 세대수, 관리면적, 주차대수, 엘리베이터 대수, 창면적비, 건물체적 등의 변인으로 한정할 수 있다.

표 4. 에너지 비용영향 인자의 상관관계 분석결과

	에너지비용		에너지비용
경과년수 (2007년기준)	0.066	조정면적	0.748
세대수	0.960**	주차대수	0.971**
관리면적(m <sup>2</sup> )	0.863**	복도형식	0.212
난방방식	-0.173	엘리베이터대수	0.982**
창면적비	0.358	건물체적	0.450*

주) 유의수준 \*\*\*는  $\alpha < 0.01$ , \*\*는  $\alpha < 0.05$

### 3. 에너지 비용 예측모형 작성

#### 3.1 현황특성

조사대상 공동주택을 크게 중앙집중난방방식과 개별난방방식으로 구분하여 단위면적당 열량, 단위세대당 열량, 단위면적당 에너지 비용, 단위세대당 에너지 비용 원단위를 산정하였다. 단위세대당 에너지 소비량은 난방방식에 상관없이 평균 58,314.63MJ/세대·년으로 나타나고 있다. 이 가운데 중앙집중난방방식은 세대당 59,098.48MJ/세대·년, 개별난방방식은 57,530.79MJ/세대·년으로 비슷한 수준을 나타내고 있다. 단위면적당 에너지 비용은 중앙집중 난방방식은 16.6천원/m<sup>2</sup>·년이며 개별난방방식은 6.31천원/m<sup>2</sup>·년으로 유사한 수준을 보이고 있다.

표 5. 조사대상 단지의 에너지 소비와 비용 원단위<sup>8)</sup>

	단위면적당 에너지소비량 (MJ/m <sup>2</sup> ·년)	단위면적당 에너지비용 (천원/m <sup>2</sup> ·년)	단위세대당 에너지비용 (천원/세대·년)	세대당에너지 소비량 (MJ/세대·년)
중앙집중난방방식	678.88	16.66	1,451.42	59,098.48
개별난방방식	669.17	16.32	1,408.12	57,530.79
평균	674.02	16.49	1,429.77	58,314.63

#### 3.2 선형회귀함수 분석결과

표2와 같은 11가지의 선형회귀함수 유형을 이용하여 세대수, 관리면적 등의 관리특성과 창면적비, 건물체적, 엘리베이터 대수 등 에너지 비용 영향요인 등의 건물외부조건과 에너지 비용과의 관계를 분석하였다. 분석결과는 다음과 같다. 우선, 관리특성가운데 세대수와 에너지 비용과의 관계를 분석한 결과는 표6과 같다. 11개의 선형함수 가운데 통계량이 양호한 것은 1차 함수, 2차 함수, 3차 함수, 파워함수 등을 들 수 있다. 세대수를 이용한 선형함수 각각의 모수는 다음과 같다.

8) 전체평균은 중앙집중 난방방식과 개별난방방식의 표본수를 감안하여 가중평균을 한 값이다. 이러한 연구결과는 조사표본이 지역적으로 제한되어 있으며, 중앙집중 난방방식의 표본이 적음으로 인해서 나타난 결과로 판단된다.

표 6. 세대수를 이용한 에너지 비용의 모수추정결과

방정식	모형 요약			모수 추정값		
	R <sup>2</sup>	df1	df2	b1	b2	b3
선형함수*	.978	1	20	1,359.242		
대수함수	.804	1	20	110,601.233		
역 함수	.399	1	20	156,699,084.759		
2차함수*	.985	2	19	1,569.915	-.229	
3차함수*	.988	3	18	1,198.815	.818	-.001
복합함수	.745	1	20	1.021		
파워함수*	.998	1	20	2.199		
S자 함수	.825	1	20	4,019.350		
성장함수	.745	1	20	.021		
지수함수	.745	1	20	.021		
로지스틱함수	.745	1	20	.979		

주) \*는 비교적 통계량이 양호한 함수임. 그리고 모수의 유의수준은 모든 함수에서  $\alpha < 0.001$ 로 나타나고 있음.

표6에서 알 수 있듯이 통계량이 가장 양호한 것은 1차 선형함수이다. 그림1은 세대수를 이용하여 에너지 비용을 설명하는 표5의 모수추정 결과 가운데 통계량이 양호한 선형함수를 도식화한 것이다.

관리특성의 하나인 관리면적을 이용하여 에너지 비용을 예측한 결과는 표7과 같다. 모형의 적합도를 설명하고 있는 결정계수를 살펴보면 1차 선형함수, 2차 함수, 3차 함수, 파워함수 등이 비교적 양호한 것으로 나타나고 있다.

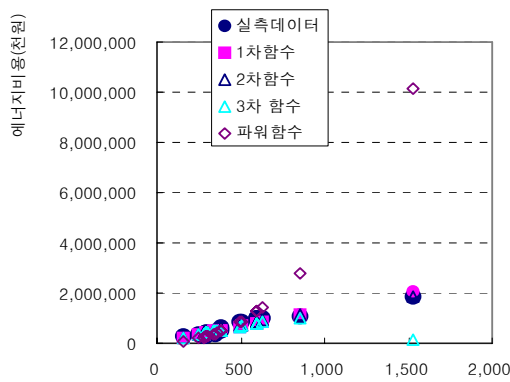


그림 1. 세대수와 에너지 비용과의 관계

표 7. 관리면적을 이용한 에너지 비용의 모수추정결과

방정식	모형 요약			모수 추정값		
	R <sup>2</sup>	df1	df2	b1	b2	b3
선형함수*	.903	1	20	14.299		
대수함수	.777	1	20	62,795.734		
역 함수	.419	1	20	12,364,268,768.02		
2차함수*	.929	2	19	18.634	-4.42E-5	
3차함수*	.930	3	18	21.255	.000	4.06E-10
복합함수	.657	1	20	1.000		
파워함수*	.999	1	20	1.271		
S자 함수	.799	1	20	304,931.107		
성장함수	.657	1	20	.000		
지수함수	.657	1	20	.000		
로지스틱함수	.657	1	20	1.000		

주) \*는 비교적 통계량이 양호한 함수임. 그리고 모수의 유의수준은 모든 함수에서  $\alpha < 0.001$ 로 나타나고 있음.

그림2는 관리면적을 이용한 것으로 통계량이 가장 양호한 에너지 비용의 선형함수 추계결과를 도식화한 것이다. 통계량이 비교적 양호한 4개의 선형함수를 나타내고 있다.

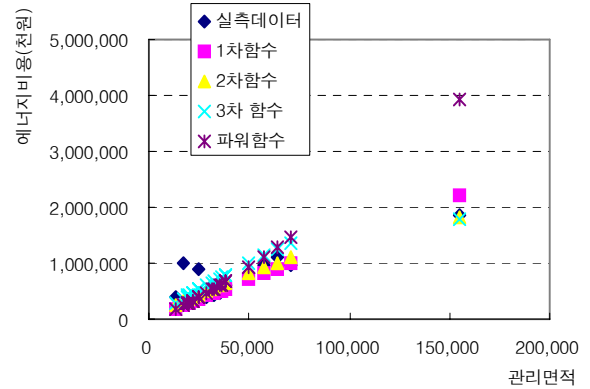


그림 2. 관리면적과 에너지 비용과의 관계

표8은 건물외부조건 가운데 창면적비와 에너지 비용과의 관계를 나타낸 모수를 추정한 결과이다. 창면적비는 해당 조사 단지의 전면 발코니 부분을 조사한 결과 45%에서 70%의 범위에 해당하는 것으로 나타났다. 표8의 결과에 따르면 앞서의 세대수와 관리면적에서 양호한 것으로 보이던 선형함수보다는 복합함수, 파워함수, S자함수, 성장함수, 로지스틱 함수 등이 양호한 것으로 나타나고 있다.

그림3은 창면적비를 이용한 에너지 비용 단순선형 회귀함수 추계모델 가운데 통계량이 비교적 양호한 선형함수를 도식화한 것이다.

표 8. 창면적비를 이용한 에너지 비용의 모수추정결과

방정식	모형 요약			모수 추정값		
	R <sup>2</sup>	df1	df2	b1	b2	b3
선형함수	.762	1	20	11,148.960		
대수함수	.747	1	20	158,029.684		
역 함수	.711	1	20	35,791,801.28		
2차함수	.778	2	19	-9,334.153	349.37	
3차함수	.780	2	19	.000	-23.76	3.62
복합함수*	.994	1	20	1.255		
파워함수*	.999	1	20	3.261		
S자 함수*	.989	1	20	753.347		
성장함수	.994	1	20	.227		
지수함수*	.994	1	20	.227		
로지스틱함수*	.994	1	20	.797		

주) \*는 비교적 통계량이 양호한 함수임. 그리고 모수의 유의수준은 모든 함수에서  $\alpha < 0.001$ 로 나타나고 있음.

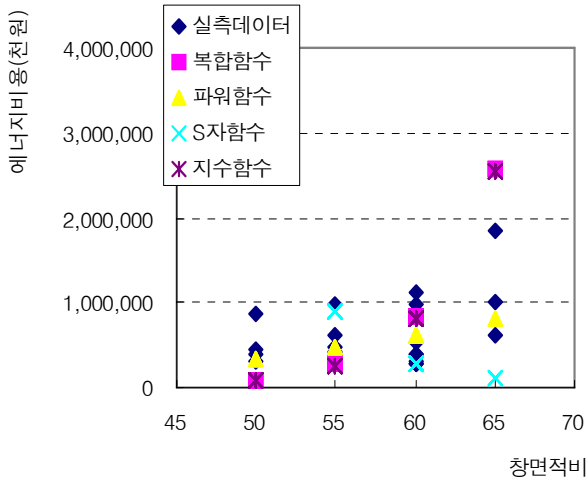


그림 3. 창면적비와 에너지 비용과의 관계

건물체적은 에너지 축열체로써 역할을 하기도 한다. 따라서 동절기에는 주간동안 에너지를 축열하여 야간에 방열함으로써 에너지 소비를 저감하기도 한다. 표8은 건물체적과 에너지 비용과의 관계를 나타내는 모수를 추정한 결과이다.

건물체적을 이용한 에너지 비용을 예측한 결과, 선형함수 형태에서는 2차 함수, 3차 함수, 파워함수 등이 비교적 양호한 통계량을 보여주고 있다. 그림4는 양호한 통계량을 보이고 있는 단순선형 함수가운데 2차 함수, 3차 함수, 파워함수를 이용하여 건물체적과 에너지 비용과의 관계를 도식화한 것이다.

표 9. 건물체적과 에너지 비용의 모수추정결과

방정식	모형 요약			모수 추정값		
	R <sup>2</sup>	df1	df2	b1	b2	b3
선형함수	.660	1	20	3.351		
대수함수	.770	1	20	55,904.516		
역 함수	.304	1	20	30,547,508,734.671		
2차함수*	.919	2	19	7.626	-1.22E-5	
3차함수*	.981	3	18	3.283	2.60E-5	-5.91E-11
복합함수	.615	1	20	1.000		
파워함수*	.998	1	20	1.136		
S자 함수	.656	1	20	801,531.846		
성장함수	.615	1	20	5.77E-5		
지수함수	.615	1	20	5.77E-5		
로지스틱함수	.615	1	20	1.000		

주) \*는 비교적 통계량이 양호한 함수임. 그리고 모수의 유의수준은 모든 함수에서  $\alpha < 0.001$ 로 나타나고 있음.

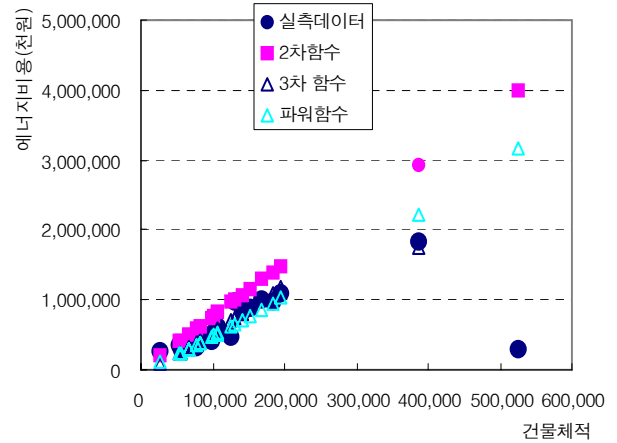


그림 4. 건물체적과 에너지 비용과의 관계

건물외부조건 가운데 주차대수는 관리면적 혹은 세대수와 비례적인 관계를 갖는 것으로 판단된다. 단지 전체에서 사용하는 에너지 비용을 추계하는 간접적인 수단으로 활용할 수 있을 것이다. 주차대수를 이용하여 에너지 비용을 추계한 선형함수의 모수는 표10과 같다.

표 10. 주차대수를 이용한 에너지 비용의 모수추정결과

방정식	모형 요약			모수 추정값		
	R <sup>2</sup>	df1	df2	b1	b2	b3
선형함수*	.984	1	20	1691.793		
대수함수	.806	1	20	113970.448		
역 함수	.375	1	20	124564042.386		
2차함수*	.988	2	19	1395.394	.498	
3차함수*	.992	3	18	2047.181	-2.138	.002
복합함수	.810	1	20	1.028		
파워함수*	.998	1	20	2.263		
S자 함수	.807	1	20	3262.307		
성장함수	.810	1	20	.027		
지수함수	.810	1	20	.027		
로지스틱함수	.810	1	20	.973		

주) \*는 비교적 통계량이 양호한 함수임. 그리고 모수의 유의수준은 모든 함수에서  $\alpha < 0.001$ 로 나타나고 있음.

그림5는 주차대수와 에너지 비용과의 관계를 도식화한 것이다. 이것은 통계량이 비교적 양호한 1차 함수, 2차 함수, 3차 함수, 파워함수 등 4개의 선형함수에 대해 작성한 것이다.

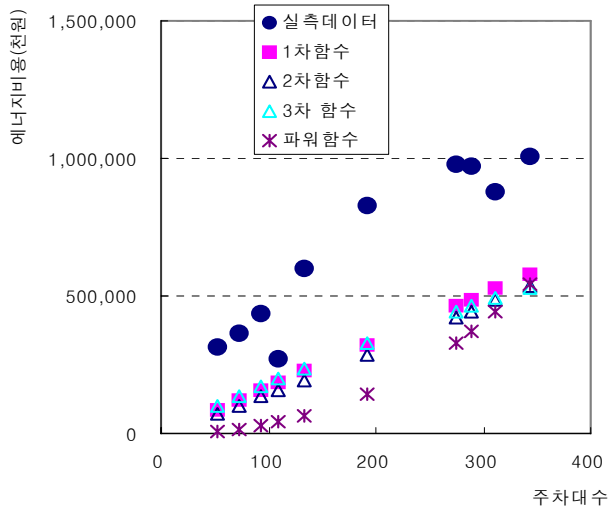


그림 5. 주차대수와 에너지 비용과의 관계

엘리베이터는 전력에너지를 사용하는 시설이다. 이강희(2001)의 연구에 의하면 관리비 가운데 전력에너지 비용은 약 23%수준을 차지하는 것으로 나타나고 있어 전체 에너지 비용가운데 절반 수준을 차지한다<sup>9)</sup>. 엘리베이터 대수를 이용한 에너지 비용의 선형함수를 추계한 결과는 표10과 같다. 표10에서 알 수 있듯이 1차 함수, 2차 함수, 3차 함수, 파워함수 등이 비교적 양호한 통계량을 보이고 있다.

표 11. 엘리베이터 대수를 이용한 에너지 비용 모수추정결과

방정식	모형 요약			모수 추정값		
	R <sup>2</sup>	df1	df2	b1	b2	b3
선형함수*	.985	1	20	49577.370		
대수함수	.881	1	20	280169.331		
역 함수	.323	1	20	3547365.216		
2차함수*	.990	2	19	40683.300	433.962	
3차함수*	.991	3	18	50068.782	-569.025	23.037
복합함수	.804	1	20	2.224		
파워함수*	.965	1	20	5.234		
S자 함수	.731	1	20	95.181		
성장함수	.804	1	20	.799		
지수함수	.804	1	20	.799		
로지스틱함수	.804	1	20	.450		

주) \*는 비교적 통계량이 양호한 함수임. 그리고 모수의 유의수준은 모든 함수에서  $\alpha < 0.01$ 로 나타나고 있음.

그림6은 엘리베이터 대수와 에너지 비용과의 관계를 도식화한 것이다. 1차 함수, 2차 함수, 3차 함수와 파워함수 등 통계량이 양호한 것을 대상으로 작성하였다.

### 3.3 다중선형회귀분석 결과

앞서 건물외부조건, 관리특성 등을 활용한 에너지 비용 예측은 각각의 변인을 활용하여 선형함수를 작성하였다. 선형함수는 개별 변인과 에너지 비용과의 관계를 분석하는데에는 적합하지만 여러 변인을 동시에 고려하는 방법에는 한계가 있다. 따라서 여러 변인을 동시에 반영하는 다중선형회귀분석을 수행하였다. 이를 위해 우선 여러 변인들 사이의 다공선성을 고려하여 변수의 자기상관성(autocorrelation)을 제거하기 위해 군집분석을 수행하였다. 경과년수, 난방방식, 엘리베이터 대수, 창면적비, 세대수, 주차대수, 관리면적, 건물체적 등 8개 변인을 군집분석을 수행한 결과는 그림7과 같다.

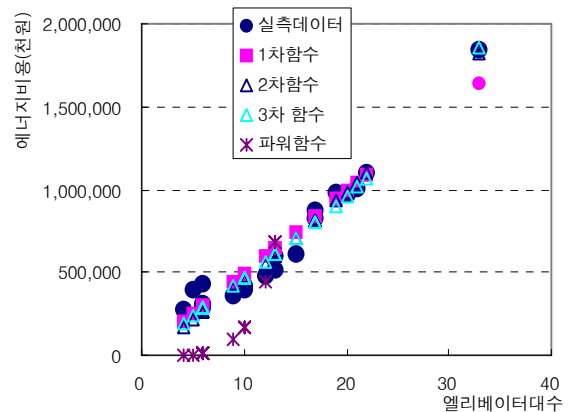
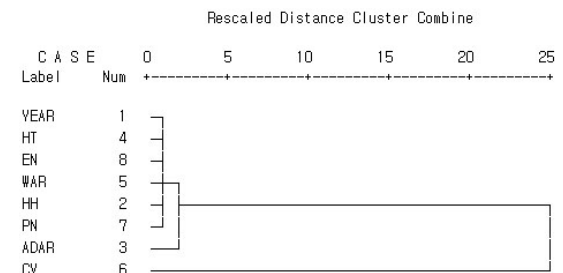


그림 6. 엘리베이터 대수와 에너지 비용과의 관계

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)



YEAR : 경과년수, HT : 난방방식, EN : 엘리베이터대수, WAR : 창면적비, HH : 세대수, PN : 주차대수, ADAR : 관리면적, CV : 건물체적

그림 7. 변인의 군집분석결과

표 12. 다중회귀분석을 위한 변인의 분류

변수명	1차 분류	2차 분류	3차 분류
경과년수	○		
난방방식	○		
엘리베이터 대수	○		
창면적비	○		
세대수	○		
주차대수	○		
관리면적		○	
건물체적			○

9) 이강희(2001), p324.

그림7의 군집분석결과에서 알 수 있듯이 크게 3개의 변인으로 구분되고 있는 것으로 나타난다. 건물체적과 관리면적, 그리고 여타의 변인으로 분류된다. 구분된 변인을 활용하여 다중선형회귀분석은 변인사이의 다공선성을 제거하는 모델을 작성하였다. 구분된 변인을 분류하면 표 12와 같이 나타낼 수 있다.

표12와 같은 변인들을 구분하면 에너지 비용을 추계하기 위한 다중선형 회귀함수는 식1과 같이 표현할 수 있다. 에너지 비용=f(1차 분류 변수, 관리면적, 건물체적).....(식1)

식1과 같은 다중회귀분석에서는 포함되는 1차 분류 변인가운데 자기상관성이 존재하는 경과년수, 세대수, 주차대수 등의 변수는 제외하였다<sup>10)</sup>. 분석결과를 정리하면 표 13과 같이 나타낼 수 있다.

표 13. 다중회귀분석결과

모형	비표준화된 계수	표준화 계수	통계량
1	관리면적 (m <sup>2</sup> )	10.869*** (1.510)	.722
	체적	0.195 (.424)	.047
	난방방식	104685.036** (36816.289)	.261
2	관리면적 (m <sup>2</sup> )	2.557* (1.069)	.170
	체적	0.055 (0.176)	.013
	엘리베이터대수	41102.781*** (3693.912)	.823
3	관리면적 (m <sup>2</sup> )	10.273*** (1.688)	.683
	체적	0.214 (.443)	.052
	창면적비	3576.895* (1429.892)	.280

주1) 유의수준 \*\*\*는 α<0.01, \*\*는 α<0.05

주2) ( )는 표준오차

4. 결론 및 앞으로의 연구과제

공동주택의 관리비 가운데 에너지 비용은 전체의 절반 수준을 차지하고 있다. 에너지 비용은 난방방식에 따른 여러 에너지원을 사용함으로 발생하게 된다. 그러나 에너지 비용을 계획단계에서 사전적으로 예측할 수 있는 다양한 대안은 제한적으로 접근되고 있다.

따라서 에너지 비용은 건물외부조건, 관리특성, 지리적 입지 등의 다양한 특성에 의해 영향을 받게 된다. 이 가운데 관리면적, 세대수 등의 관리특성과 창면적비, 체적 등의 물리적 측면을 이용하여 공동주택 단지의 에너지 비용과의 관계를 통계적으로 설명할 수 있다. 본 논문에서는 공동주택 단지의 에너지 비용을 설명할 수 있는 건물외부조건과 관리특성을 이용한 추계모형을 작성하는 것이다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 공동주택 단지의 외부조건과 관리특성을 설명하는 변인을 추출하였다. 건물외부조건에는 난방방식, 조경면적, 창면적비, 건물체적 등을 들 수 있으며 관리특성에는 세대수, 관리면적, 주차대수, 엘리베이터 대수, 복도형식 등을 들 수 있다. 이들 가운데 유효표본수의 제한과 상관관계 분석을 통해 세대수, 관리면적, 난방방식, 창면

적비, 건물체적, 주차대수, 엘리베이터 대수 등 총 7개의 변인을 추출하였다.

둘째, 에너지 비용을 추계하기 위한 선형함수에는 크게 1차 함수, 대수함수, 역함수, 2차 함수, 3차 함수, 파워함수, 복합함수, S자 함수, 지수함수 등을 들 수 있다. 이들 가운데 각각의 변인과 에너지 비용과의 관계를 선형함수를 이용하여 추계한 결과, 1차 함수, 2차 함수, 3차 함수, 파워함수 등이 비교적 양호한 통계량을 보이는 것으로 나타났다.

셋째, 앞서의 7가지의 주요 변인을 이용하여 다중선형 회귀분석을 수행하기 위해 군집분석을 수행하였다. 분석결과, 1차 분류대상과 관리면적, 건물체적 등으로 구분된다. 1차 분류대상에 포함되는 변인가운데 세대수, 경과년수, 주차대수는 자기상관성(autocorrelation)이 발생하여 회귀분석모델에서는 제외하였다. 그 외의 변인을 이용하여 다중회귀분석을 한 결과, 비교적 양호한 통계량을 보이고 있는 것으로 나타났다.

이와 같은 연구결과는 건물전체를 설명하는 변인을 이용하여 에너지 비용과의 연계성을 유추하는데 사용할 수 있다. 그러나 본 연구에서는 주요 변인으로 판단되는 지리적 입지조건, 일조조건, 인동간격 등을 포함하고 있지 않다. 이러한 요인은 정량적인 조사방법, 내용 등이 정립되어 에너지 비용 산정모델에서 계속적으로 연구되어야 할 것이다.

뿐만 아니라 이와 같은 연구결과는 공동주택의 LCC 분석을 위해 관리특성 혹은 단지의외부조건을 이용하여 에너지 비용 측면의 추계모델로 활용할 수 있을 것이다. 그 외에 건물외부조건 혹은 관리특성을 설명하는 변인을 단순화 혹은 서열화하여 에너지 비용을 추정함으로써 건축 계획규모 등의 의사결정에서 활용할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 성민기(1998), “사무소 건물에너지 소비인자의 영향력 평가방법에 관한 연구”, 서울대학교 대학원 석사학위 논문, p4~7.
2. 이강희(2001), “공동주택의 유지관리비용 영향요인 분석에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 계획계 17권9호, pp321~328.
3. 이강희(2000), “공동주택 유지관리단계의 에너지 소비량 소비특성에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 계획계 16권12호, pp185~192.
4. 이강희, “공동주택 건설단계의 건축공사에 따른 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량 산정에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 계획계 16권4호, pp125~132, 2000.4
5. 홍성희외 3인(2002), “사무소건물의 에너지 소비원단위 설정연구”, 대한건축학회논문집 계획계 18권9호 pp237~244.
6. Ralph B D’Agostino and Michael A Stephens(1986), Goodness-of-Fit Techniques, Marcel Dekker, Inc.
7. Douglas C. Montgomery and Elizabeth A. Peck(1982), Introduction to Linear Regression Analysis, John Wiley & Sons.

본 연구는 (주)삼성물산 건설부문에서 지원한 연구비에 의해 수행된 연구결과물의 일부입니다.

투고(접수)일자: 2008년 11월 11일

심사일자: 2008년 11월 12일

게재확정일자: 2009년 2월 23일

10) 자기상관성으로 인해 종속변인에 대해 연관성을 가져야함에도 불구하고 독립변인이 역의 상관성을 나타내게 된다.