

업무시설의 에너지비용 결정요인 실증분석

An Analysis of the Determinants of Business Facility Energy Costs

양 영 준* · 임 병 준**

Yang, Young Jun · Rhim, Byeong Jun

目 次

- | | |
|--|---|
| I. 서 론
1. 연구배경과 목적
2. 연구범위와 방법
II. 이론적 고찰
1. 국내외 에너지 정책
2. 선행연구 고찰
III. 분석 자료
1. 대상변수 선정
2. 건물현황 및 기초통계량 | IV. 실증분석 결과
1. 에너지비용 결정요인 분석
2. 규모에 따른 에너지비용 분석
V. 결 론
1. 연구결과의 요약
2. 연구의 한계
〈abstract〉
〈참고문헌〉 |
|--|---|

ABSTRACT

1. CONTENTS

(1) RESEARCH OBJECTIVES

The purpose of the study were to analyze determinants of energy cost spent at business facilities and to understand how a size of a building affects the energy cost.

(2) RESEARCH METHOD

With a total of 109 business facilities in Korea managed by real estate agencies determined a research subject, the study conducted an investigation on energy costs(electrical bills) of those facilities from 2008 to 2010. In order to analyze determinants of energy cost, the study conducted a regression analysis with the

* 주 저 자 : 교보생명보험(주)차장, 부동산학박사(한성대학교 경제·부동산학과), mr9839@naver.com

** 교신저자 : 한성대학교 부동산학과 교수, 경제학박사, bjrhim@hansung.ac.kr

▷ 접수일(2013년 8월 19일), 수정일(1차: 2013년 10월 10일), 게재확정일(2013년 12월 17일)

energy cost determined as a dependent variable and gross area, square of the gross area, the number of stories, passed years, outdoor temperature, electric capacity, installed capacity and owner of a building as independent variables.

(3) RESEARCH FINDINGS

According to the results of the empirical analysis, as the passed year increases by a year, the energy cost increases by 0.09won/m². Eelectric capacity increases by one electric unit, the energy cost goes up by 27.053won/m². And the buildings owned by major companies were found to spend energy cost more by 1.442won/m². It was also reported that the energy cost decreases as much as 21,069m² of gross area of a business facility but when it reaches 21,069m², the energy cost increases again.

2. RESULTS

The study understood that as the passed years and the electric capacity increase, the energy cost goes up. And the buildings owned by the major companies would spend more money on energy comparing to other buildings. The energy cost was analyzed that it would decrease to 21,069m² of a gross area of a business facility and that it would increase again when it reaches 21,069m². The study should have looked if there are any other variables to affect the energy cost. The study is also believed to have a limit in that it has excluded high-rise buildings and outsize buildings.

3. KEY WORDS

- Business facility, Energy cost, Energy policy, Regression, Optimal size
- 업무시설, 에너지비용, 에너지 정책, 회귀분석, 최적규모

I. 서 론

1. 연구배경과 목적

‘대한민국이 부글부글 끓고 있다. 전국을 강타한 폭염 때문만은 아니다. 전력수급에 비상이 걸리면 정부가 국민들에게 ‘절전(節電)’을 읊소하고,

“내 돈 내고, 내가 쓰겠다”는 사람들에게겐 “강제 단전 불사” 업포를 놓는 일이 반복되기 때문이다. 60~70년대도 아닌 ‘2013년 세계 15위 경제대국 대한민국’에서 벌어지고 있는 일이다.’ 얼마 전 신문기사¹⁾의 일부이며 전력난이 심화되면서 정부는 정부대로, 기업과 국민은 그들 나름대로 모두 큰 불편을 겪고 있다.

1) 머니투데이, 민심은 이미 ‘블랙아웃’...“해마다 참아 달라니”, 2013.8.13

건물의 에너지 소비량은 국가 에너지 총 소비량의 25% 내외를 차지하고 있으며 건물에서 소비하는 에너지는 공조열원이 30%, 반송 및 환기가 25%, 조명 및 콘센트가 23%, 기타가 22%를 차지하고 있다²⁾. 특히 대형빌딩(시간당 100kw이상 전력 사용빌딩)의 전력 사용량이 일반 가정이나 다른 용도의 건물보다 전력을 많이 사용하고 있다.³⁾

그동안 업무시설의 관리비용을 분석한 여러 연구에서도 에너지비용은 전체 관리비용의 20%를 차지하고 있으며 인건비 다음으로 큰 비중을 차지하는 요소이다.⁴⁾

이러한 시대적 환경과 에너지비용의 중요성에 초점을 맞춰 본 연구에서는 업무시설의 에너지비용에 영향을 미치는 요인들을 실증분석하고 업무시설 규모에 따라 에너지비용에 어떠한 차이가 있는지, 즉 규모의 경제효과와 불경제효과가 나타나는지를 분석하고자 한다.

국내의 부동산과 관련된 연구들이 부동산 정책 및 법제도나 부동산시장 및 시장분석에 대해 집중되고 있다. 반면 부동산관리에 대한 연구는 저조⁵⁾한 실정이며, 에너지비용에 대한 연구는 더더욱 미미한 편이다. 본 연구를 통해 업무시설 소유자 및 관리자들에게 에너지 비용을 적정하게 집행하기 위한 건물관리⁶⁾방안을 모색하게 하고 비정상적인 에너지 소비나 낭비요소를 찾아내어 에너지 비용 절감에 기여할 수 있을 것으로 판단한다.

2. 연구범위와 방법

본 연구에서는 본 연구자가 부동산 관리

회사를 대상으로 전국에 소재한 업무시설의 에너지비용과 건축개요 등을 조사한 자료를 이용하였다. 부동산관리회사들이 범용적으로 이해할 수 있는 수준의 양식을 제공하여 자료를 수집하였으며 에너지비용은 2008년부터 2010년까지 각 건물에서 지출한 금액이며 자료의 일관성을 최대한 확보하기 위해 부동산관리회사의 자료작성자와 면담을 통해 정리하였다.

분석에 사용된 자료는 에너지비용, 연면적, 층수, 경과연수, 외기온도, 전기용량, 설비용량, 건물 소유자이다.

업무시설 에너지비용의 결정요인을 분석하기 위해 연간 단위면적(m^2)당 에너지비용을 종속변수로 하여 다중회귀분석을 실시하였다. 회귀분석 결과에서는 표준화계수(standardized coefficient)를 이용하여 어떤 변수가 관리비용에 가장 큰 영향을 미치는지를 판단하고 독립변수들이 종속변수에 어떤 영향을 미치는지를 분석하였다.

업무시설 규모에 따른 에너지비용의 차이를 분석하기 위해 에너지비용은 일정면적까지는 감소하다가 일정면적을 변곡점으로 하여 증가한다고 가정하였다. 에너지비용을 종속변수로 하고 연면적과 연면적의 제곱을 독립변수로 하여 회귀분석을 실시하였으며 회귀분석을 통해 도출된 에너지비용 회귀모형을 연면적에 대해 1차 편미분하여 에너지비용이 최저가 되는 연면적을 구하였다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. II장에서는 건축물과 관련한 국내외 에너지정책을 살

2) 노회전·주영덕·김진, “건물 에너지 사용 비용 절감을 위한 설비 제어 시스템”, 대한설비공학회 학술발표대회 논문집, 대한설비공학회, 2012, pp.203~206.

3) 서울신문, 2011. 9.19, 2면, ‘대형빌딩 전력사용량 강북 14개구 전체가정의 1.12배’

4) 양영준(2013)에 의하면 관리비용(제세공과금, 화재보험료, PM수수료 제외) 중에서 전기료가 18.4%를 점유하고 있으며 이상경·이인철(2007)에 의하면 총관리비용 중에서 수도광열비(전기료, 유류비, 수도료)가 20.6%를 차지하고 있다.

5) 김유경·정부겸·최민섭, “부동산학의 연구경향 분석-부동산학보에 게재된 논문을 중심으로”, 부동산학보, 한국부동산학회, 2012, 제47집, pp.138~155.

6) 윤정득·이현정(2011)은 궁극적으로 부동산의 효율적 관리는 임주자들의 공동체 의식형성과 밀접한 관련이 있을 뿐 아니라 건물의 내용연수 연장으로 잔존가치를 보전한다는 측면에서 중요하다고 설명하고 있다.

해보고, 에너지사용량(비용)을 분석한 선행연구를 정리한다. III장에서는 본 연구에 필요한 변수에 대해 설명하고, 건물현황과 변수들의 기초통계량을 분석하였다. IV장에서는 에너지비용 결정요인을 분석하고 건물 규모에 따른 에너지비용의 차이, 즉 에너지비용이 최소가 되는 연면적을 추정한다. V장에서는 본 연구의 결과를 요약하고 정리한다.

II. 이론적 고찰

이론적 고찰에서는 국내외 에너지 정책에 대해 개략적으로 살펴보고 본 연구에 필요한 변수들을 선정하기 위해 에너지 사용량, 에너지 비용 등에 관한 선행연구를 정리하였다.

1. 국내외 에너지 정책

1) 우리나라 에너지 정책

2013년 6월 28일 건축법과 주택법에 의해 대상과 인증 기준이 중복되었던 친환경 주택 관련 제도가 '녹색건축 인증제'로 일원화됐다. 과거 「건축법」에 근거했던 '친환경건축물 인증제'와 「주택법」에 근거했던 '주택성능등급 인정제'는 대상 및 인증 기준이 중복된 부분이 많다는 지적이 있었다.

주요 내용으로 녹색 건축물 확산을 선도하기 위해 공공기관에서 건축(신축 또는 별도 증축)하는 공공 건축물의 인증 의무 취득 대상을 확대(연면적 합계 1만㎡이상 → 3천㎡ 이상)하였다. 녹색건축 전문 인력 양성과 기술 개발 유도를 위해 전문 양성기관의 일정 교육 과정을 이수한 자가 건축설계에 참여한 경우와 혁신적인 설계 방식을 도입한 경우에 가산점 부여 근거를 마련하였으며 녹색건축 인증제의 브랜드 강화를 위해 인증제의 영문

명칭(G-SEED)을 반영한 인증마크를 새롭게 마련하였고 향후 LEED·BREEAM 등 글로벌 인증제와 기술협력 및 학술교류를 통해 국제시장에도 진출할 수 있는 기반을 조성해 나갈 계획이라고 한다.

또한 「건축물 에너지효율등급 인증에 관한 기준」을 개정하였다. 신축 공동주택과 업무용 건축물에만 적용되던 에너지 효율등급 인증이 2013년 9월부터는 단독주택·공동주택, 업무시설, 냉·난방 면적이 500㎡ 이상인 건축물로 확대되었다. 인증 대상 건축물 확대에 따라 인증등급은 종전 5개에서 10개로 세분화되어 제로 에너지 수준의 건축물과 에너지 성능이 크게 떨어지는 기존 건축물까지 다양하게 평가·분류할 수 있도록 하였다. 더불어 건축물 및 설비의 노후화를 감안해 에너지 효율등급이 지속적으로 유지·관리될 수 있도록 인증 유효기간을 인증일로부터 10년으로 설정하였다.

서울특별시도 2013년 4월 1일 건축물 에너지 수요 감축 및 녹색건축물 활성화를 위하여 「서울시 녹색건축물 설계 기준」을 강화하였으며 주요내용은 <표 1>과 같다.

<표 1> 서울시 에너지정책 주요내용

- 「건축물의 에너지절약 설계기준」 개정(강화), '13.9. 시행
 - 에너지절약계획서 제출대상 확대
 - ✓ 용도별 500㎡ ~ 10,000㎡이상 → 500㎡이상 모든 용도
 - ✓ 아파트, 연립주택 → 아파트, 연립, 다세대주택
 - 에너지절약계획서 건축물 용도 재분류
 - ✓ 9개 용도(목욕탕, 숙박시설, 주택 등) → 4개 용도(비주거, 주거)
 - 건축물 각 부위별 열관류율 기준 강화
 - ✓ 0.2 ~ 2.1(w/㎡·K) 이하 → 0.18 ~ 1.5(w/㎡·K) 이하
- 녹색건축물 인증제 시행
 - '친환경건축물 인증제' + '주택성능등급 인정제'를 통합
 - 공동주택 500세대 이상은 인증 의무대상이며 그 외 자율임
- 에너지효율등급인증제 확대 시행
 - 신축 공동주택, 업무시설 → 모든 신축 및 기존건축물
 - 인증등급 세분화 : 5개 등급(표준주택대비 에너지 절감율) → 10개 등급(단위면적당 1차에너지 소요량)

자료 : 서울시청 홈페이지에서 인용

2) 미국의 에너지정책

미국의 건물과 관련한 에너지관련 제도와 정책은 매우 다양하지만, 대부분 DOE(미국 에너지부)와 EPA(미국 환경보호청)가 중심이 되어 시행되고 있다. 연방정부 차원에서 추진되고 있는 부분이 있는 반면, LEED(Leadership in Energy and Environmental Design), Energy Star, 주택에너지 효율 등급 등의 자발적인 에너지 효율화 정책도 활성화되어 있으며 세제 및 금융혜택 등 다양한 인센티브 제도를 활용하고 있다.⁷⁾

〈표 2〉는 건물에너지 절약과 관련된 제도와 정책의 주요 사례이다.

〈표 2〉 미국의 에너지 정책

Building America	- 전미 270여개의 회사가 공동 작업을 하며 건축가, 엔지니어, 시공자, 설비 제조사, 건축자재 공급업자, 단지계획가, 대출관계자 및 도급업자로 구성 - 이 프로그램을 통하여 70%정도 에너지를 절약하는 비용 효율적 연구, 개발, 시범화사업 시행
Building Energy Codes	- 각 주 정부가 건물에너지코드를 채택, 적용, 시행하는 데에 도움이 되도록 가능한 형태의 법 준수도구나 자료, 기술 및 재정적인 보조를 제공
Commercial Building Energy Alliances	- 상용건물의 에너지사용과 환경영향의 정도를 최소화 하고자 다양한 산업 분야의 대표자들을 모아 공동 작업 시행
ENERGY STAR Initiative for Commercial Buildings	- 상업용 및 산업용 시설의 에너지스타 인증을 받기 위해 75점(100점 만점) 이상 취득 - 에너지스타로 인증된 상업용 건물은 유사 건물에 비해 에너지사용량이 평균 35% 수준, 이산화탄소 배출량은 1/3 수준

자료 : 허정호, 전개논문, 2012, pp.82~84에서 인용

3) 일본의 에너지정책

건축물의 에너지 절약 기준은 건축계획이나 외피설계 (유리의 사양, 단열재의 두께 등) 등에 대한 「단열성능에 관한 기준」과 「건축설비의 에너지절약성능에 관한 기준」 등이

있다.

「단열성능에 관한 기준」은 각각의 건축설비에 대해 기준을 규정하고 있으며, 공조설비, 기기환기설비, 조명설비, 급탕설비, 승강기 등으로 구분된다.

에너지 절약 기준인 「단열성능에 관한 기준」과 「건축설비의 에너지절약성능에 관한 기준」은 건물용도별로 규정되어 있어, 사무소, 호텔, 병원, 판매점포, 음식점, 학교, 집회소, 공장 등에 관한 기준이 제정되어 있다. 에너지 절약 기준은 1980년에 제정되어 1993년, 1999년에 순차적으로 강화되었다.

한편 일본 정부는 교토의정서에서 의무화되어 있는 2008년~2012년 내에 1990년 대비 지구 온난화 가스를 6% 감축한다는 목표를 달성하기 위한 일환으로 주택, 건축물에 관련한 에너지절약 대책을 강화하기 위해 2008년 5월 「에너지사용 합리화에 관한 법률」을 개정하였다.⁸⁾

2. 선행연구 고찰

업무시설의 에너지 사용량에 관한 연구로 류혁준·이석원·김주형·김재준(2012)은 55개 오피스를 대상으로 건축·시스템 요소와 에너지사용량(가스, 전기, 수도의 사용량)과의 상관관계를 분석하였다. 분석결과 펌프시스템의 경우 급탕방식에서는 개별방식이 중앙방식에 비해 에너지 사용량이 적은 것으로 분석되었고 공조방식에서는 층별 공조보다 중앙공조방식이 에너지 사용량이 적은 것으로 분석하였다.⁹⁾

김삼열·김세환(2011)은 부산시 공공건축물 15개를 대상으로 2008년부터 2010년까지의 에너지사용량을 분석하였다. 대형건물이 평균 106,648kgoe의 연료를 사용하는데 반하여 소형건물은 평균 29,565kgoe의 연료를

7) 허정호, “미국의 건물 에너지 절약제도 및 정책”, 건축, 대한건축학회, 2012, 제54권 제2호, pp.81~85.

8) 송두삼, “일본의 주택, 건축물의 에너지 절감 정책방향”, 건축, 대한건축학회, 2012, 제54권 제2호, pp.86~90.

9) 류혁준·이석원·김주형·김재준, “오피스 빌딩의 건물요소와 에너지사용량의 상관분석을 통한 친환경설계에 관한 연구”, 대한건축학회 학술발표대회논문집, 대한건축학회, 2012, 제32권 제2호, pp.359~360.

사용한 것으로 분석하였고 전력사용량에서는 대형건물이 평균 2,003,045Kwh를 사용한 반면 소형건물은 평균 959,272Kwh를 사용한 것으로 분석하였다. 비슷한 규모의 건물에서도 상주하는 인원에 따라 에너지 사용량이 2배 가까이 차이가 나는 것으로 분석하였다.¹⁰⁾

이지원·이성·김세환(2005)은 부산시 사무소 건물 52개를 대상으로 에너지 사용량을 분석하였다. 건물 규모에 따른 에너지 사용량 분석결과 승강기가 없는 5층 이하의 건물은 119Mcal/m²을 사용하는데 반하여 16층 이상의 건물은 198Mcal/m²을 사용하는 것으로 분석하였고 10층까지는 단위면적당 사용량이 증가하다가 11층~15층에서는 감소하였다가 16층 이상의 건물에서는 다시 증가하는 것으로 나타났다. 건축구조에 따른 에너지 사용량 분석에서는 철골철근콘크리트 구조가 철근콘크리트 구조보다 약 27Mcal/m² 많이 사용하는 것으로 분석하였는데 이는 주로 고층 건물의 구조가 철골철근콘크리트구조이기 때문이라고 설명하였다.¹¹⁾

업무시설의 에너지 비용에 관한 연구로 정원구·이현석(2004)은 오피스의 수선비와 에너지비에 영향을 미치는 요인들을 특성가격함수를 통해 분석하였다. 에너지비용을 종속변수로 하고 건축연수, 연면적, 투자수익률을 독립변수로 하여 분석한 결과, 건축연수 1년 증가시 에너지비용은 4,045천원, 연면적 1평 증가시 에너지비용은 55천원 증가하는 것으로 분석하였다. 에너지비용은 건물주의 예산 집행 의사결정 범위는 제한적이며 비용의 사용효과(전기료의 조명, 냉난방의 실내온도 등)가 실시간으로 인지되기 때문에 비용을 억

지로 감축할 경우 입주사 이탈 등 역작용이 발생할 수 있다고 설명하였다.¹²⁾

이승복(2000)은 건물 에너지 사용량을 예측하는 기법을 연구하였다. 1996년의 일평균 외기온도를 독립변수로, 건물의 에너지 사용량을 종속변수로 하여 평일, 토요일, 공휴일로 구분하여 회귀분석을 실시함으로써 냉방기, 난방기, 중간기의 LNG 및 전기에너지의 사용량을 예측할 수 있는 방정식을 추론하였다. 이 방정식을 통해 1997년의 사용량을 예측한 결과 평균 오차 $\pm 10\%$ 이내로 실제 사용량에 근접하는 것으로 나타났다.¹³⁾

III. 분석 자료

1. 대상변수 선정

업무시설 에너지비용의 결정요인을 분석하기 위해 자료를 수집하면서 데이터의 균질성을 최대한 확보하기 위해 노력하였다.

본 연구의 대상이 된 업무시설은 국내 보험사, 부동산투자회사(REITs), 부동산 펀드 등 민간기업이 소유하고 있는 건물로서 부동산관리회사에서 관리하고 있으며 전국적으로 분포되어 있다. 건물의 주된 용도가 건축법상의 업무시설이며 중앙공급식 냉난방 설비를 갖추고 있으며 규모로는 3,000m²이상부터 50,000m²미만의 109개를 대상으로 하였다.

종속변수인 에너지비용은 2008년부터 2010년까지의 3개년동안 해당 오피스에서 지출한 전기료이다. 실증분석을 위해 3개년

10) 김삼열·김세환, "부산시 공공건축물의 에너지사용량 분석 및 개선방안 연구", 한국태양에너지학회논문집, 한국태양에너지학회, 2011, 제31권 제1호, pp.115~120.

11) 이지원·이성·김세환, "부산지역 사무소 건물의 에너지 소비실태에 관한 연구", 대한설비공학회 강연회 및 기타 간행물, 대한설비공학회, 2005, pp.109~114.

12) 정원구·이현석, "오피스빌딩의 관리비용 결정요인에 관한 연구-수선비와 에너지비를 중심으로-", 부동산학연구, 한국부동산분석학회, 2004, 제10집 제2호, pp.45~55.

13) 이승복, "회귀분석에 의한 건물에너지 사용량 예측기법에 관한 연구", 설비공학논문집, 대한설비공학회, 2000, 제12권 제12호, pp.1090~1097.

의 전기료를 각 지역별 물가지수로 환산한 후 3개년 평균값을 이용하였다. 평균값을 이용한 이유는 특정연도의 불규칙 요인(외기온도의 급변화에 따른 추가 냉난방 시행, 공실발생에 따른 전기사용량 감소 등)에 의해 연도별로 전기료에 차이가 있을 수 있기 때문이다.

독립변수로는 선행연구와 본 연구자의 실무경험을 토대로 연면적¹⁴⁾, 층수, 경과연수, 외기온도, 전기용량, 설비용량, 건물 소유자를 선정하였다.

외기온도는 기상청에서 발표하는 기상연보를 통해 해당 업무시설에서 가장 가까운 관측소의 평균 기온을 이용하였으며 전기용량은 오피스의 전기 사용용량을 나타낼 수 있는 수전용량과 발전용량의 합으로 하였으며 설비용량은 대표적인 기계설비라 할 수 있는 보일러와 냉동기의 용량을 더하여 사용하였다.¹⁵⁾

독립변수 중에서 에너지비용, 전기용량과 설비용량은 단위면적(m^2)으로 환산한 값을 사용하였는데 그 이유는 단위면적당 비용을 사용하지 않고 비용 그 자체를 종속변수로 할 경우 오피스 규모가 비용 변화의 대부분을 설명하는 현상이 발생하게 되며 여타 독립변수의 영향력을 파악하기 어렵기 때문이다.

소유자는 보험회사 등의 대기업은 1, 부동산투자회사(REITs)나 부동산 펀드 등의 투자기구는 0으로 하였다. 종속변수와 독립변수 현황을 정리하면 <표 3>과 같다.

<표 3> 변수현황

	변수	단위	비고
종속변수	에너지비용	원/ m^2	3년 평균 전기료
	연면적	m^2	
	층 수	층	지상층 + 지하층
독립변수	경과연수	년	2010년 기준
	외기온도	$^{\circ}C$	3년 평균 온도
	전기용량	kw/ m^2	수전용량 + 발전용량
	설비용량	천kcal/ m^2	보일러용량 + 냉동기 용량
	소유자		대기업 1 투자기구 0

14) 이용만(2008)은 단위면적당 비용을 종속변수로 사용할 경우 독립변수에 부동산규모 변수를 제외하는 것이 타당하나, 부동산규모에 따라 단위면적당 비용이 달라진다고 판단하면 독립변수에 부동산 규모를 넣는 것이 타당하다고 설명하고 있다.

15) 권택상, "업무용 건물의 FM에 관한 연구", 건국대학교 부동산대학원 석사학위논문, 2008, p.42.

2. 건물 현황 및 기초통계량

건물 규모별로는 연면적 2만 m^2 이상에서 3만 m^2 이하의 건물이 여타 규모의 건물에 비해 에너지 비용을 적게 집행하는 것으로 나타났다. 에너지비용은 건물 연면적이 커짐에 따라 에너지비용이 감소하다가 다시 증가하는 것으로 조사되었다.

연면적 규모별 에너지비용 현황은 <표 4>와 같고 에너지비용과 연면적간의 산점도는 <그림 1>과 같다.

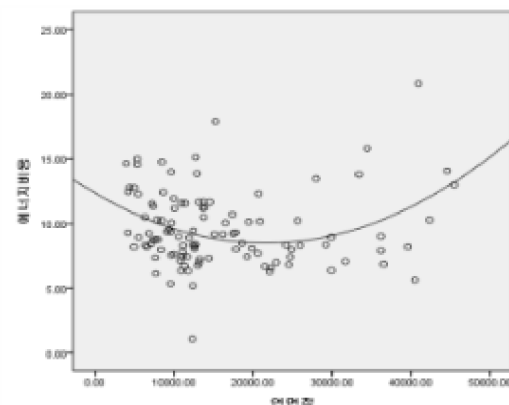
연면적별로 건물의 분포를 살펴보면 <표 5>와 같이 1만 m^2 미만의 건물은 36개로 33%를 점유하고 있으며 1만 m^2 이상에서 2만 m^2 미만의 건물은 43개로 가장 높은 점유율인 39.5%를 보이고 있다. 2만 m^2 이상에서 3만 m^2 미만의 건물은 18개, 3만 m^2 이상에서 4만 m^2 미만은 7개, 4만 m^2 이상에서 5만 m^2 미만은 5개이다.

<표 4> 규모별 에너지비용 현황

(단위 : 원/ m^2 , 연간)

1만 m^2 미만	1만 m^2 ~ 2만 m^2	2만 m^2 ~ 3만 m^2	3만 m^2 ~ 4만 m^2	4만 m^2 ~ 5만 m^2	평균
10,240	9,099	8,509	9,810	11,687	9,592

<그림 1> 에너지비용과 연면적간 산점도



〈표 5〉 규모별 건물 현황

연면적	건물 수	점유율(%)
1만㎡ 미만	36	33.0
1만㎡ ~ 2만㎡	43	39.5
2만㎡ ~ 3만㎡	18	16.5
3만㎡ ~ 4만㎡	7	6.4
4만㎡ ~ 5만㎡	5	4.6
합 계	109	100.0

〈표 6〉 층수별 건물 현황

	10층 미만	10층 ~ 15층	15층 ~ 20층	20층 초과	계
개 소	14	49	21	25	109
점유율	12.8	45.0	19.3	22.9	100

〈표 7〉 경과연수별 건물 현황

	10년 미만	10년 ~ 20년	20년 ~ 30년	30년 이상	계
개 소	23	63	21	2	109
점유율	21.1	57.8	19.3	1.8	100

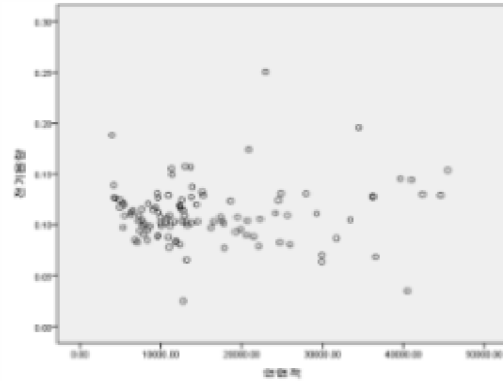
본 연구의 대상이 된 건물은 〈표 6〉과 같이 10층 미만이 14개, 10층 이상에서 15층 미만이 49개로 45%를 점유하고 있으며 15층 이상에서 20층 미만은 21개소, 20층을 초과하는 건물은 25개이다.

건물 신축 후 경과연수에 따른 에너지비용의 차이를 분석하기 위해 건물의 경과연수를 살펴본 결과 〈표 7〉과 같이 10년 미만이 23개, 10년 이상에서 20년 미만이 63개로 57.8%를 점유하고 있다. 20년 이상에서 30년 미만은 21개이며 30년 이상은 2개이다.

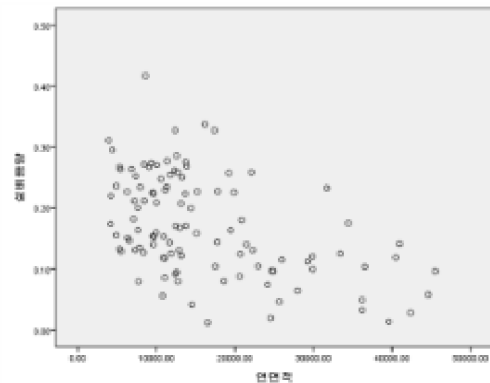
전기용량과 연면적간의 Pearson 상관계수는 0.69로 나타났으며 〈그림 2〉의 전기용량과 연면적 산점도를 보면 전기용량의 평균인 0.11kw/㎡에 집중적으로 분포되어 있음을 알 수 있다.

설비용량과 연면적간의 Pearson 상관계수는 -.48로 음의 상관관계가 있는 것으로 나타났으며 이는 연면적이 증가함에 따라 단위면적(㎡)당 설비용량이 감소한다는 의미이며 이는 〈그림 3〉의 설비용량과 연면적 산점도를 통해서도 알 수 있다.

〈그림 2〉 전기용량과 연면적 산점도



〈그림 3〉 설비용량과 연면적 산점도



IV. 실증분석 결과

1. 에너지비용 결정요인 분석

연간 단위면적(㎡)당 에너지비용 결정요인을 분석하기 위해 다중회귀분석¹⁶⁾을 하였으며 종속변수와 독립변수의 기술통계량은 〈표 8〉과 같다.

본 연구에서 추정된 업무시설 에너지비용 모형의 설명력(R_{adj}^2)은 0.18이며 〈표 9〉의 분산분석결과에서 F-Value는 4.042이고

16) 선형회귀모형, 준로그모형, 이중로그모형 중 선형회귀모형의 설명력이 가장 우수하여 선형회귀모형의 결과값으로 연구를 진행하였다.

〈표 8〉 변수의 기술통계량

변수	최소값	최대값	평균	표준편차
에너지비용	1,041	20,853	9,592	2.90
연면적	3,955.13	45,469.69	16,030.42	10,132.20
층 수	5	33	15.28	6.16
경과연수	1	30	14.68	12.13
외기온도	10.87	15.87	13.18	1.04
전기용량	.02	.25	.11	.03
설비용량	.01	.42	.17	.08
소유자	0	1	.75	.43

〈표 9〉 분산분석 결과

	제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
회귀모형	223.279	5	27.910	4.042	0.000
잔차	690.467	103	6.905		
합계	913.745	108			

F-Value에 대한 유의확률은 0.000으로 회귀식의 설명력(R^2)이 0이라는 귀무가설($H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \dots = 0$)을 기각하게 되므로 회귀식은 종속변수를 설명하는데 유용하다고 할 수 있다. 또한 잔차의 정규성을 P-P Plot으로 검정한 결과 점들이 $y=x$ 라는 직선에 가깝게 분포하고 있어 정규성을 만족하는 것으로 나타났고, 잔차의 등분산을 검정한 결과 표준화잔차와 표준화 예측값의 산점도 상에서 y축 표준화잔차의 0을 중심으로 +2와 -2의 범위내에서 대칭적으로 나타나고 있어 등분산성을 만족하는 것으로 나타났다.

〈표 10〉의 회귀분석 결과¹⁷⁾를 살펴보면 연면적, 연면적의 제곱, 경과연수와 전기용량이 0.05 유의수준에서 유의하였고, 소유자는 0.1 유의수준에서 유의한 것으로 나타났다. 독립변수 중에서 에너지비용에 가장 큰 영향을 미치는 변수는 표준화계수값이 가장 큰 전기용량이라 할 수 있다.

세부적으로 살펴보면 연면적과 연면적 제곱의 회귀계수 부호가 '-', '+'로 나타나는 것

〈표 10〉 에너지비용 결정요인에 대한 회귀분석결과

	비표준화계수		표준화계수	t	유의확률
	B	표준오차	베타		
상수	5.232	3.786		1.382	.170
연면적	-2.78E-04	1.20E-04	-.968	-2.317	.023
연면적 ²	6.86E-09	2.37E-09	1.093	2.900	.005
층 수	.083	.080	.175	1.032	.304
경과연수	.090	.044	.205	2.062	.042
외기온도	-.084	.262	-.030	-.320	.750
전기용량	27.053	9.354	.273	2.892	.005
설비용량	4.639	3.873	.131	1.198	.234
소유자	1.442	.808	.215	1.786	.077

은 에너지비용은 연면적이 증가함에 따라 감소하다가 일정 연면적을 기준으로 증가한다는 의미이다. 이지원·이성·김세환(2005)의 연구에서는 10층까지는 단위면적당 에너지 사용량이 증가하다가 11층 이상에서 15층 미만의 건물에서는 감소하였다가 16층 이상의 건물에서는 다시 증가하는 3차 함수의 형태를 보였다.

경과연수가 1년 증가할수록 에너지비용은 0.09원/㎡ 증가하는 것으로 분석되었다. 이는 경과연수 증가에 따라 건물에 있는 각종 기계설비가 노후화되어 설비가동에 전기가 많이 소요됨에 의한 것으로 판단된다. 이 결과는 정원구·이현석(2004)의 연구결과와도 일치하고 있다.

수전용량과 발전용량의 합인 전기용량이 1단위 증가할수록 에너지비용은 27.053원/㎡ 증가하는 것으로 분석되었다.

소유자의 회귀계수 부호가 '+'로 나타났는데 이는 대기업이 소유한 건물이 투자기부 건물보다 에너지비용을 1.442원/㎡ 더 많이

17) 박합수·고석찬(2011)에 의하면 다중회귀분석에서의 기본적인 가정은 완전한 다중공선성이 없어야 한다고 설명하고 있다. 본 연구에서는 건물 규모의 변화에 따른 에너지비용의 변화를 추정하기 연면적 변수를 이차함수화하였고 연면적과 연면적의 제곱간에 다중공선성이 통계과정에서 생겼으나 본 연구의 목적상 포함시켜 분석하였다. 이 점은 본 연구의 한계라 할 수 있다.

사용하는 것으로 분석되었다. 실무적으로 판단해 보면 투자기구는 대기업에 비해 건물이 창출할 수 있는 가치를 단기간내에 최대한 이루기 위해 비용 절감에 보다 많은 노력을 기울이기 때문으로 생각한다. 양영준·임병준(2012)의 연구에서도 대기업이 소유한 오피스의 관리비용이 투자가구에 비해 높다고 설명하고 있다.¹⁸⁾

반면 층수와 외기온도는 선행연구와 예상과 달리 유의하지 않게 분석되었다. 외기온도가 영향을 미치지 않은 원인으로 냉난방 이외에도 조명, 컴퓨터 등의 사무용 기계 전원 공급 등에도 전력이 많이 소모되기 때문으로 판단한다. 보일러와 냉동기 용량의 합인 설비용량은 유의하지 않게 분석되어 보일러와 냉동기를 분리하여 실증분석한 결과에서도 유의하지 않게 분석되어 실무적 경험과는 다른 결과였으며 그 원인에 대해서는 향후의 연구과제로 남겨 놓는다.

2. 규모에 따른 에너지비용 분석

건물 규모에 따른 에너지비용을 분석하기 위해 에너지비용을 종속변수로 하고 연면적과 연면적의 제곱을 독립변수로 하여 다중회귀분석을 실시하였다.

〈표 11〉 규모에 따른 에너지비용 분석결과

	비표준화계수		표준화 계수	t	유의확률
	B	표준오차	베타		
상수	12.349	.976		12.650	.000
연면적	-3.56E-04	1.08E-04	-1.242	-3.278	.001
연면적 ²	8.25E-09	2.37E-09	1.315	3.469	.001

분산분석 F-Value 6.082, 유의확률 0.003, R^2_{adj} 0.086

분석결과 〈표 11〉과 같고, 에너지비용 결정요인 분석에서와 같이 연면적과 연면적 제곱의 회귀계수 부호가 '-', '+'로 나타나 에너지비용은 연면적이 증가함에 따라 감소하다가 일정 연면적을 기준으로 증가하는 것으로 분석되었다.

오피스 규모에 따른 에너지비용을 분석하기 위한 회귀모형은 식 (1)과 같다.

$$\text{에너지비용} = 12.349 - 3.56\text{E-}04 \times \text{연면적} + 8.25\text{E-}09 \times \text{연면적}^2 \dots\dots (1)$$

연면적에 따른 에너지비용이 최소가 되는 규모를 찾기 위해 상기 회귀모형(1)을 연면적에 대해 1차 편미분하고 이를 0으로 설정하여 식(2)를 구했다.

$$-3.56\text{E-}04 + 2 \times 8.25\text{E-}09 \times \text{연면적} = 0 \dots\dots (2)$$

식 (2)에서 연면적은 21,609가 도출되었고 이는 에너지비용이 최소가 되는 연면적이 21,609㎡이라는 것을 의미이다. 즉 연면적 21,609㎡까지는 에너지비용이 감소하다가 21,609㎡ 이후부터는 증가한다는 것이다.¹⁹⁾

이 결과는 〈표 4〉의 규모별 에너지비용에서 보듯이 2만㎡ 이상에서 3만㎡ 미만의 건물에서 지출한 에너지비용이 여타 규모에 비해 적은 것과도 일치한다.

18) 양영준·임병준, “오피스 소유자 유형별 관리비용 차이에 관한 연구”, 부동산학보, 한국부동산학회, 2012, 제51권, pp.212~224.

19) 독립변수가 추가될수록 독립변수들의 회귀계수가 달라진다. 본 연구에서는 선행연구를 참고하여 독립변수를 선정하였으나 본 연구에 포함되지 않은 변수들도 에너지비용에 영향을 미칠 수 있다. 예를 들어 건물에 상주하는 인원수, 입주사의 업종(컴퓨터를 많이 쓰는 콜센터와 같은 업종은 전기사용량이 많아 에너지비용이 증가하게 된다), 임대율, 건축물의 외피 등을 고려하지 못하였다. 즉 에너지비용에 영향을 미칠 가능성이 있는 모든 변수들을 모형에 반영하기가 현실적으로 어려우며, 미시경제학에서도 단기 평균비용은 낮은 수준의 산출량에서는 평균비용이 감소하는 반면 높은 수준의 산출량에서는 평균비용이 증가하는 것으로 설명하고 있으며 분석을 단순화하기 위해 평균비용에 영향을 미칠 수 있는 변수는 제외하고 산출량만을 변수로 설정하고 있다. (이준구, 2010) 본 연구에서도 미시경제학의 산출량에 해당하는 변수를 연면적으로 사용하였으며 연면적만을 독립변수로 선정하여 회귀모형을 구축한 후 규모에 따른 에너지비용을 분석하였다.

IV. 결 론

1. 연구결과의 요약

에너지비용은 업무시설의 관리비용에서 큰 비중을 차지하고 있는 요소이며, 우리나라에서는 매년 전력수급난으로 어려움을 겪고 있는 주요 관심분야라 할 수 있다.

본 연구에서는 업무시설에서 지출하는 에너지비용의 결정요인을 분석하고 업무시설 연면적에 따라 에너지비용의 차이를 실증분석하였다.

실증분석 결과 에너지비용에 가장 영향력이 큰 변수는 전기용량으로 분석되었으며 에너지비용은 연면적이 증가함에 따라 감소하다가 일정 연면적을 기준으로 증가하고 경과연수가 증가할수록 에너지비용이 증가하는 것으로 분석되었다. 수전용량과 발전용량의 합인 전기용량이 증가할수록 에너지비용이 증가하는 것으로 분석되었고 대기압이 소유한 건물에 투자규모 건물보다 에너지비용을 더 많이 지출하는 것으로 분석되었다. 반면에 층수와 외기온도는 예상과 달리 유의하지 않게 분석되었고 보일러와 냉동기 용량의 합인 설비용량은 유의하지 않게 분석되었다. 더불어 에너지비용은 업무시설 연면적 21,069㎡까지 감소하다가 21,069㎡ 이상부터 증가하는 것으로 분석된다. 이 결과는 연간 ㎡당 에너지비용 통계량에서 보듯이 2만㎡ 이상에서 3만㎡ 미만의 건물에서 여타 규모에 비해 에너지비용을 많이 지출한 것과도 일치하였다.

본 연구에서는 업무시설 소유자나 관리자들이 에너지비용을 효율적으로 집행할 수 있는 자료를 제공했다는 점에서 의의가 있으며 본 연구를 통해 다음과 같은 시사점을 도출하고자 한다.

첫째 전력수급난으로 매년 정부·기업·국민이 어려움을 겪고 있는 바, 정부에서는 국가의 전력수요에 기반을 둔 중장기적인 전력수급 정책²⁰⁾을 수립하여야 할 것이며, 기업과 국민이 에너지 절약에 솔선 수범할 수 있도록 에너지 절약에 대한 세제감면 등의 Incentive제도를 지속적으로 개발하고 도입하여야 할 것이다.

둘째, 건물에서 소비하는 에너지량이 국가 전체 소비량의 25% 내외를 차지하는 만큼 기업이나 국민도 에너지 절감을 위한 적극적인 노력을 하여야 할 것이다. 선행연구와 실증분석을 통해 살펴본 바와 같이 업무시설에 영향을 미치는 요인들은 연면적, 경과연수, 상주인원, 외기온도 등으로 건물을 관리하는 동안에는 손쉽게 개선하기 어려운 부분이다. 건축물을 신축할 때부터 에너지효율을 높일 수 있도록 설계가 이루어져야 할 것이다. 또한 실무에서 보면 업무시설의 관리비 부과방식을 '정액제 기본관리비'와 기본관리비 외에 수도 광열비를 별도로 계량하여 부과하는 '실비정산제'로 구분할 수 있는데, 공동주택과 retail(소매)업종은 '실비정산제' 방식이 주를 이루고 있는 반면 업무시설에서는 '정액제 기본관리비'를 주를 이루고 있다. 업무시설에서도 관리비 부과 방법을 다양하게 하여 임차인이 에너지비용 절감에 적극적으로 참여하고 그 노력의 대가가 임차인에게 귀속될 수 있도록 하는 방안을 고려할 수 있고, 오피스 소유자나 관리자들도 에너지 비용을 줄이기 위한 관리방안을 지속적으로 개발하여야 할 것이다.

2. 연구의 한계

본 연구를 진행하면서 업무시설 에너지비용에 영향을 미칠 수 있는 여러 가지 요인들에 대한 자료 수집이 충분하지 못하였다. 예

20) 부동산정책은 정부기관이 제 부동산문제를 해결 또는 개선하고 부동산과 인간과의 관계를 개선하기 위해 만든 지침 또는 행동방안을 의미한다. (이상신, "주택을 중심으로 한 현 정부의 부동산정책 평가와 차기 정부의 과제", 부동산학보, 한국부동산학회, 2012, 제51집, pp.252~264.)

를 들어 건축물의 외피를 통한 열 손실량은 일반 사무소 건물은 전체 열 손실량의 15~35%를 차지할 만큼 중요함에도 불구하고 본 연구자가 구득한 자료의 한계로 분석 자료에 포함시키지 못했으며 또한 본 연구의 대상이 된 업무시설에는 초대형건물, 초고층 건물들을 포함시키지 못했다. 실증분석결과에서 21,609m²의 건물이 에너지비용을 적게 사용하는 규모라고 분석하였으나 이 면적은 본

연구에 포함된 업무시설을 대상으로 한 것이므로 전체 업무시설에서 21,609m²이 에너지비용을 가장 적게 사용하는 규모라고 단정하여 주장하기에는 부족한 면이 있다.

향후 초고층, 초대형 건물을 연구 대상에 포함시키고, 에너지비용에 영향을 미치는 여러 건축요소들을 확보하여 분석한다면 더욱 의미 있는 결과가 되리라 예상한다.

參考文獻

- 기상청, 기상연보, 2008~2011.
- 권택상, "업무용 건물의 FM에 관한 연구", 건국대학교 부동산대학원 석사학위논문, 2008.
- 김삼열·김세환, "부산시 공공건축물의 에너지사용량 분석 및 개선방안 연구", 한국태양에너지학회논문집, 한국태양에너지학회, 2011, 제31권 제1호.
- 김유경·정부겸·최민섭, "부동산학의 연구경향 분석-부동산학보에 게재된 논문을 중심으로", 부동산학보, 한국부동산학회, 2012, 제47집.
- 노희전·주영덕·김진, "건물 에너지 사용 비용 절감을 위한 설비 제어 시스템", 대한설비공학회 학술발표대회 논문집, 대한설비공학회, 2012.
- 류혁준·이석원·김주형·김재준, "오피스 빌딩의 건물요소와 에너지사용량의 상관분석을 통한 친환경설계에 관한 연구", 대한건축학회학술발표대회논문집, 대한건축학회, 2012, 제32권 제2호.
- 박합수·고석찬 "자산선택 결정요인에 관한 연구", 부동산학보, 한국부동산학회, 2011, 제44집.
- 서울신문, 2011. 9.19, 2면, '대형빌딩 전력사용량 강북 14개구 전체가정의 1.1배'
- 송두삼, "일본의 주택, 건축물의 에너지 절감 정책방향", 건축, 대한건축학회, 2012, 제54권 제2호.
- 양영준, "오피스 시장의 구조와 관리비용에 관한 연구", 한성대학교 대학원 박사학위논문, 2013.
- 양영준·임병준, "오피스 소유자 유형별 관리비용 차이에 관한 연구", 부동산학보, 한국부동산학회, 2012, 제51집.
- 윤정득·이현정, "집합건물의 소유 및 관리효율성을 위한 법적 쟁점", 부동산학보, 한국부동산학회, 2011, 제47집.
- 이상경·이인철, "오피스 빌딩관리에서 규모의 경제에 관한 연구", 서울도시연구, 서울연구원, 2007, 제8권 제3호.
- 이상신, "주택을 중심으로 한 현 정부의 부동산정책 평가와 차기 정부의 과제", 부동산학보, 한국부동산학회, 2012, 제51집.
- 이승복, "회귀분석에 의한 건물에너지 사용량 예측기법에 관한 연구", 설비공학논문집, 대한설비공학회, 2000, 제12권 제12호.
- 이용만, "헤도닉 가격 모형에 대한 소고", 부동산학연구, 한국부동산분석학회, 2008, 제14집 제1호.
- 이준구, 미시경제학, 법문사, 2010.
- 이지원·이성·김세환, "부산지역 사무소 건물의 에너지 소비실태에 관한 연구", 대한설비공학회 강연회 및 기타 간행물, 대한설비공학회, 2005.
- 정원구·이현석, "오피스빌딩의 관리비용 결정요인에 관한 연구-수선비와 에너지비를 중심으로-", 부동산학연구, 한국부동산분석학회, 2004, 제10집 제2호.
- 허정호, "미국의 건물 에너지 절약제도 및 정책", 건축, 대한건축학회, 2012, 제54권 제2호.