

# 기상요인과 병원 전력사용량의 상관관계

김장목\*, 조정환\*\*, 김 별\*\*\*

단국대학교 보건과학대학 보건행정학과\*, 한국과학기술기획평가원 창조경제전략센터\*\*, 명지전문대\*\*\*

## Correlation Between Meteorological Factors and Hospital Power Consumption

Jang-Mook Kim\*, Jung-Hwan Cho\*\*, Byul Kim\*\*\*

Dept. of Health Administration, College of Health Science, Dankook University\*

Creative Economy Strategy Center, Korea Institute of S&T Evaluation and Planning\*\*

Dept. of Industrial Design, Art Health Department, Myongji College\*\*\*

요 약 본 연구는 친환경 병원을 실현하는데 도움이 되는 연구로서 병원의 전력사용량에 미치는 기상요인의 영향을 실증적으로 검증하고자 한다. 이를 위해 2009년부터 2013년까지 일별 자료를 기준으로 2개 종합병원을 대상으로 기상조건에 따른 전력 사용 패턴과 그 영향을 분석하였다. 분석결과, 병원 건물의 전력사용량에 가장 큰 영향을 미치는 기상요인은 ‘기온’으로 나타났고, 병원의 규모에 상관없이 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러나 병원의 전력소비 패턴은 병원의 규모에 따라 차이가 있었다. 큰 규모의 병원에서는 선형의 전력소비 패턴이 나타났지만 작은 규모의 병원에서는 2차 곡선의 비선형 패턴으로 나타났다. 더운 여름과 추운 겨울에 병원 건물의 전력사용량이 증가하는 전형적인 전력소비 패턴을 보이는 것으로 나타났다. 본 연구결과는 에너지 절약과 친환경 건물 개선을 위하여, 병원 건물의 기능적 특수성뿐만 아니라 기상요소를 반드시 고려해야 한다는 것을 시사한다.

주제어 : 기상요인, 병원전력사용량, 기온, 전력소비패턴, 친환경병원건물

**Abstract** To achieve eco-friendly hospitals it is necessary to empirically verify the effect of meteorological factors on the power consumption of the hospital. Using daily meteorological big data from 2009 to 2013, we studied the weather conditions impact to power consumption and analyzed the patterns of power consumption of two hospitals. R analysis revealed that temperature among the meteorological factors had the greatest impact on the hospital power consumption, and was a significant factor regardless of hospital size. The pattern of hospital power consumption differed considerably depending on the hospital size. The larger hospital had a linear pattern of power consumption and the smaller hospital had a quadratic nonlinear pattern. A typical pattern of increasing power consumption during a hot summer and a cold winter was evident for both hospitals. The results of this study suggest that a hospital's functional specificity and meteorological factors should be considered to improve energy savings and eco-friendly building.

**Key Words** : Meteorological Factor, Hospital Power Consumption, Temperature, Power Consumption Patterns, Eco-friendly Building

Received 21 April 2016, Revised 23 May 2016

Accepted 20 June 2016, Published 28 June 2016

Corresponding Author: Jang-Mook Kim(Department of Health Administration, College of Health Science, Dankook University)

Email: jangmook@gmail.com

ISSN: 1738-1916

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

기후의 변화가 세계경제에 미치는 영향에 대한 연구들이 활발하게 이루어지고 있다. 그 중에서 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change) 제 38차 총회에서 발표된 내용을 보면, 2°C 이상 기온 상승 시 세계경제 손실액은 소득의 0.2~2.0% 정도가 될 것이라고 한다[1]. 최근 기후변화에 대응하기 위해서 건물 에너지를 절감하는 방안과 친환경 에너지 사용 대한 관심이 증가하고 있다.

우리나라 건물의 에너지 사용량은 2000년 이후 증가하는 추세를 보이고 있다. 건물별로 에너지 사용 현황을 살펴보면, 2013년도 기준으로 아파트의 에너지 사용량 비중은 17.7%, 상용은 15.8%, 학교는 14.6%, 병원은 12.1%를 차지한다. 한편, 건물부문의 에너지원 사용현황을 살펴보면, 전기 사용량 비중이 지속적으로 증가하는 가운데, 병원의 전기 사용 비중은 46.9%로 전기 사용에 대한 의존도가 높은 편이다[2].

정부에서는 2012년 온실가스 관리대상으로 5~6개 병원을 지정했고, 특히 공공부문 관리대상 13개 병원을 지정해서 관리하고 있었으며[3], 향후 정부에서 온실가스배출권 관리를 위해 관리업체의 수를 늘리고 온실가스 감축을 위해서 관련 의료기관의 대상수를 추가적으로 늘릴 것으로 예상된다[4]. 2015년부터 온실가스배출권 거래제도가 시행되면서 관련 병원들도 병원운영에 필요한 에너지 배출권을 구입해야 하며, 이는 병원운영에 새로운 비용 부담이 될 것이다[5].

병원 건물은 의료시설로서 환자에게 쾌적하고 치유에 적합한 환경을 제공할 필요성이 있기 때문에 항온항습 유지가 중요하다[6]. 따라서 앞으로 병원의 전력 사용량에 대한 의존도는 심화될 가능성 있다. 건물의 에너지원 가운데 전력사용량의 비중이 증가하고 있고, 특히 병원 건물의 전력 사용 비중이 높기 때문에 병원의 에너지 사용량을 절감하기 위해서는 전력 사용의 효율을 향상시키고 이를 통해 탄소배출을 줄이는 등 친환경 건물로 전환하려는 노력이 필요하다[2].<sup>1)</sup>

이에, 본 연구에서는 병원의 에너지원 가운데 전력사

용량의 비중이 크다는 점을 고려하여, 기온을 중심으로 기상요인이 병원의 전력사용량에 미치는 영향을 실증적으로 분석하고자 한다. 병원의 전력사용량 특성 및 소비 패턴을 분석하기 위해서는 의료시설의 특수성을 감안하여 항온항습 유지에 필요한 전력사용량 특성을 고려할 필요가 있다. 이와 같은 미시적 분석을 통해 에너지 다소비 건물인 병원전력 소비의 패턴을 규명하는 것이 목적이다.

본 연구의 수행을 위해, 지역적으로 다른 곳에 위치한 서울시 2개 대학병원의 전력사용량과 기상요인 자료를 수집하였다. 기상요인 중 병원의 전력사용량에 유의미한 영향을 미치는 요소를 식별하고, 그러한 영향이 병원의 시설 규모에 따라 다를 수 있는지 분석하였다. 그리고 전력 수요는 여름과 겨울철에 냉난방을 위해 증가하는 계절별 특성을 갖고 있기 때문에 이러한 특성을 고려한 분석 모델을 적용하여 그 관계를 살펴보았다.

## 2. 선행연구

이학노 외[7]의 연구에서는 1998년 6월부터 2010년 4월까지 월별 자료를 이용하여 어떠한 변수들이 전력피크에 영향을 주는지 분석하였다. 전력피크에 영향을 주는 요소로는 소득변수와 기온 변수를 포함하고 전기요금, 도시가스요금, 등유요금 등 가격변수를 추가하여 분석하였다. 분석결과에 의하면 전력피크는 과거의 전력사용 형태에 가장 큰 영향을 받고, 고온과 저온 및 GDP와 양(+)의 상관관계를 갖는 것으로 나타났다.

고종민[8]은 전력사용자의 수요 절감크기를 결정하는 기준인 고객기준부하(Customer Baseline Load, CBL)를 산출하기 위해 전체수용가, 산업군별, 개별 수용가 등으로 구분하고 그룹별로 계절별 수요특성을 분석하였지만, 기온, 습도, 불쾌지수 등의 기상요소가 전력소비량에 미치는 뚜렷한 영향을 발견하지 못했다고 보고하였다.

공성일의 연구[9]에서는 1991년부터 2000년까지 과거 10년의 최고온도와 최대부하 데이터를 사용하여 단위 온도에 대한 민감도를 도출하여 하절기 냉방부하에 의한 전력수요 변화를 예측하였다. 과거 하절기 최고온도를 이용하여 분석한 결과, 최대전력사용량 예측 오차를 줄일 수 있음을 보여 최대전력사용량 예측의 타당성을 입

1) 에너지관리공단의 2013년도 에너지사용량 통계에 의하면 병원 건물의 전력사용을 통한 온실가스 간접배출량은 2013년에 699천 tCO<sub>2</sub>eq로 전체 건물부문 온실가스 배출량의 9.2%의 비중을 차지한다.

증하였다.

한편, 기상이 전력사용량에 미치는 영향을 연구한 그의 선행연구를 살펴보면 다음과 같다.

Lam[10]의 연구에서는 1971년부터 1993년까지 홍콩의 주택용 전력사용량에 미치는 영향을 분석하였다. 경제·인구학적 요소 가운데 냉방도일 변수가 주택용 전력사용량에 통계적으로 유의미한 영향을 미친다는 사실을 보여주었다.

Pardo et al.[11]은 1983년부터 1999년까지 스페인의 일별 전력사용량에 대해서 기온과 계절성의 영향이 존재하는지 통계적으로 분석하였다. 분석결과에 의하면 동기간의 스페인의 전력사용량은 냉·난방도일 등 기온 변화에 영향을 받으며 계절성이 존재하는 것으로 나타났다.

Dergiades and Tsoulfidis[12]의 연구에서는 1965년부터 2006년까지 미국의 주택용 전력수요 함수를 추정하였다. 추정 결과 주택용 전력사용량과 기상 상황을 반영한 냉·난방도일 변수 사이에는 장기적인 균형 관계가 존재하는 것으로 나타나, 기상 변수가 미국의 주택용 사용량 변수에 유의미한 영향을 미치는 변수임을 보였다.

Bessec and Fouquau[13]은 1985년부터 2000년까지 유럽의 15개의 전력사용량과 기온과의 상관성에 대해서 분석하였다. 분석결과에 의하면 기온은 전력사용량에 영향을 미치는 주요한 요소임을 실증적으로 분석하였는데, 기온이 전력사용량에 미치는 영향에 대해서 비선형 관계가 존재함을 보였다. 전력사용량과 기온과의 비선형 관계는 겨울에 기온이 상승할수록 전력사용량이 적어지는 효과(heating effect)와 여름에 기온이 상승할수록 전력사용량이 많아지는 효과(cooling effect)를 구분하여 분석하였다.

Lam et al.[14]의 연구에서는 홍콩의 20개 사무용 빌딩을 대상으로 5개 기상요소, 즉 건구온도, 습구온도, 전천일사, 청명지수, 풍속을 이용하여 주성분 분석과 다중 회귀분석을 통해 전력사용량에 미치는 영향을 분석하였다. 분석결과에 의하면 기상요소는 전력사용량 변동의 상당부분을 설명하는 것으로 나타났다.<sup>2)</sup>

기존의 선행연구는 기온이 전력사용량에 미치는 영향

2) 주성분 분석에 의하면 기상요인 중 2개의 주성분이 20개 사무실 건물에 대한 전력사용량의 80%를 설명하는 것으로 분석되었고, 다중회귀분석을 통해서 기상변수를 포함한 독립변수들의 설명력이 76%~95%로 나타나 상관성이 높은 것으로 분석되었다.

을 분석하면서 건물별 차이를 고려하지 않고 있으며, 특히 항온항습 유지의 특성과 전력사용에 대한 의존성이 큰 병원 건물에 대한 분석은 제한적이다.

본 연구에서는 기온과 습도 등 기상요인을 반영하고 계절별 특성을 고려한 병원 전력사용량의 패턴을 실증적으로 분석하고자 한다.

### 3. 자료설명과 연구방법

#### 3.1 자료설명

기상요소가 병원의 전력사용량에 미치는 영향을 살펴보기 위해서 2009년부터 2013년까지 서울시에 소재하고 있는 두 개 종합병원의 일별 전력사용량을 사용하였다. 2개의 종합병원은 시설 규모와 시스템 측면에서 차이가 존재한다.

기상 데이터는 소재하고 있는 2개 종합병원의 지역별 상세기상데이터(Automatic Weather System, AWS)를 이용하였다. 그리고 기상요소 중 습도 정보를 이용하기 위해서 서울시 전체의 습도 데이터를 이용하였다. 그 이유는 2개 종합병원이 위치한 지역에서 일관된 습도 데이터가 수집되지 않아서 이용할 수 없었기 때문이다.

병원의 전력사용량 자료는 2009년부터 2013년까지 일별 자료이고 기상 데이터는 시간별로 수집된 자료를 이용하였기 때문에 기온, 습도, 풍속 자료는 일별 평균으로 변환하여 사용하였다.

#### 3.2 연구방법

본 연구에서 기상요인이 병원의 전력사용량을 분석하기 위한 연구 방법은 다음과 같다.

첫째, 계절과 시설 규모에 따라서 병원의 전력사용량과 기온 사이의 상관분석을 수행하였다. 항온항습의 특성을 가지고 있는 병원 건물의 특수성을 감안하여 기상요소 가운데 기온을 중심으로 병원의 전력사용량에 대해서 상관관계를 살펴보았다. 이러한 분석을 통해서 기온과 병원 전력사용량 사이의 관계가 시설 규모 및 시스템 차이에 따라 어떤 상관성을 갖는지 분석하였다.

둘째, 종합병원의 전력사용량이 갖고 있는 계절적 특성을 반영하여 분석하고자 한다. 계절적 특성을 반영하기 위해서 기온 변수에 대한 제곱항을 모형에 포함하여

분석을 수행하였다.<sup>3)</sup> 그리고 우리나라 4계절의 특성을 고려하여 봄·여름·가을·겨울철로 구분하였다.

셋째, 시설 규모에 따라 전력사용량에 미치는 기상요인의 영향을 비교 분석하기 위해서 시설 규모에서 차이가 존재하는 서울시 소재 2개 종합병원의 전력사용량을 분석 표본으로 이용하였다.

실증분석을 위한 회귀방정식 (1)과 (2)를 분석모형으로 설정하였다.

$$Elec_t^i = \beta_0 + \beta_1 (TP_t) + \beta_2 (TP_t)^2 + \beta_3 (WS_t) + \beta_4 (HM_t) + time + \delta_t \quad (1)$$

$$Elec_t^{i,s} = \beta_0 + \beta_1 (TP_t) + \beta_2 (WS_t) + \beta_3 (HM_t) + time + \epsilon_t \quad (2)$$

아래 첨자  $t$ 는 2009년부터 2013까지 일별 시계열 자료임을 의미한다. 위 첨자  $i$ 는 시설 규모가 다른 병원 A와 B를 나타내고,  $s$ 는 4계절을 의미한다. 회귀식 (1)과 (2)에서  $Elect$ 은 종속변수인 병원의 전력사용량을 의미하고, 독립변수로는 기상변수로써 기온과( $TP$ )과, 풍속( $WS$ ), 그리고 습도를( $HM$ ) 고려하였다. 그리고 시간에 따라 병원의 전력사용량의 증가와 계절별 특성을 고려하기 위하여 계절별 시간 더미변수( $time$ )를 포함하였다.  $\delta$ 와  $\epsilon$ 는 각각 오차항을 의미한다.

회귀식 (1)에서는 기온에 대한 제곱항을 포함하여 추정하였는데, 그 이유는 병원의 항온항습 유지에 기온 변수가 주요하고, 겨울철에 기온 하락에 따라 전력사용량이 증가하는 효과(heating effect)와 여름철에 기온이 상승함에 따라 전력사용량이 증가하는 효과(cooling effect)가 병원의 전력사용 소비 패턴에도 감지되는지 검증하기 위해서이다[13].

회귀식 (2)에서는 기온에 대한 제곱항을 제외하되, 봄·여름·가을·겨울철 별로 기상 요소가 병원의 전력사용량에 미치는 영향을 검증하고자 하였다. 그러한 영향이 병원의 시설 규모에 따라 차이가 발생하는지 살펴보고자 하였다.

3) Bessec and Fouquau(2008)의 연구와 같이 병원의 전력사용량에 대해서 겨울에 기온이 상승할수록 전력사용량이 적어지는 효과(heating effect)와 여름에 기온이 상승할수록 전력사용량이 많아지는 효과(cooling effect)를 식별하기 위해서 기온 변수의 제곱항을 모형에 포함하였다.

## 4. 실증분석

### 4.1 기술통계

본 연구에서 기상조건에 따른 병원의 전력사용량의 영향을 살펴보기 위해서 사용한 자료는 다음과 같다.

첫 번째, 시설 규모면에서 차이를 보이는 서울시 2개 종합병원을 대상으로 기상청의 지역별 상세 관측 자료인 AWS 데이터를 사용하였다. 두 종합병원이 소재하고 있는 지역의 AWS 자료 가운데 기온과 풍속 자료를 이용하였고 습도 자료는 지역별로 관측되는 지점이 다르기 때문에 서울시 전체의 습도 자료를 이용하였다.

둘째, 서울시 2개 종합병원의 에너지원 가운데 전력사용량에 중점을 두고 분석하였다. 항온항습 유지에 필요한 에너지원은 가스·열병합·지열·전력 등 다양하지만 시설 규모를 고려했을 때, 전력사용량에 대해서 일관된 데이터를 입수할 수 있었기 때문이다.<sup>4)</sup>

셋째, 기상청의 AWS 자료는 시간별 관측 자료이고 두 종합병원의 전력사용량은 일별 자료이기 때문에 실증분석은 기온과 풍속, 그리고 습도에 대해서 일별 평균으로 변환하여 사용하였다. 2009년부터 2013년까지 시간별 AWS 자료와 일별 두 종합병원의 병상당 전력사용량의 기술 통계량은 <Table 1>에 제시되어 있다.

<Table 1> Summary statistics

| Variable                                  | Mean | Std.Dev. | Min   | Max   |
|---|------|----------|-------|-------|
| Temperature(°C)                           | 13.2 | 11.3     | -16.3 | 38.7  |
| Wind speed(m/s)                           | 1.3  | 0.8      | 0.0   | 6.1   |
| Humid(%)                                  | 60.0 | 19.8     | 0.0   | 98.0  |
| Electricity consumption (kWh, A hospital) | 73.5 | 16.8     | 0.0   | 103.7 |
| Electricity consumption (kWh, B hospital) | 33.4 | 6.0      | 11.3  | 50.9  |

Note: By electricity consumption per number of bed.

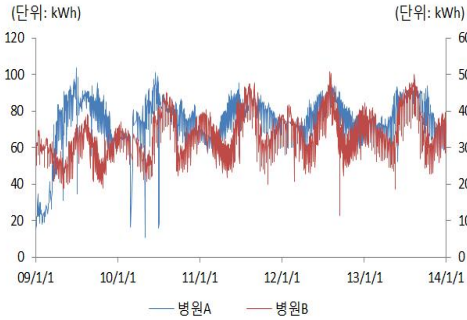
### 4.2 상관성 분석

실증분석에 앞서 병원의 시설 규모에 있어서 차이를 보이는 두 종합병원의 전력사용량과 기온과의 상관성을 분석하고, 그러한 상관성이 병원의 시설 규모에 따라 다른지 살펴보았다. 전력사용량은 두 종합병원의 시설 규모

4) 본 연구에서 사용한 전력사용량이 병원 에너지원의 전체를 대표할 수는 없지만 기온과의 상관성 분석을 통해 전체 에너지원의 소비 패턴을 추정하는 것은 가능하다. 전력을 포함한 전체 에너지원의 기온과의 상관성 분석은 향후 연구과제이다.

모를 반영하기 위해서 병상당 전력사용량을 사용하였다.

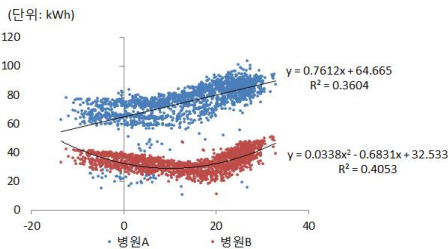
[Fig. 1]은 표본 기간 동안에 두 종합병원의 전력사용량에 대한 소비패턴을 보여주고 있다.



Note: By electricity consumption per number of bed.  
[Fig. 1] Electricity consumption of hospitals

두 종합병원의 전력사용량은 사용량 면에서는 차이를 보이지만 계절에 따라 등락을 반복하는 특성을 보이고 있다. 항온항습 유지라는 병원의 특성을 감안하더라도 병원전력 소비는 계절적 영향을 반영하고 있음을 보여준다.

[Fig. 2]는 시설 규모면에서 차이를 보이는 서울시 두 종합병원의 전력사용량 추이와 기온과의 상관관계를 나타낸 것이다. 시설 규모가 큰 병원은 기온과 선형관계를 보이지만 시설 규모가 작은 병원은 2차 곡선의 비선형관계를 갖는 것으로 나타났다. 기온과 전력사용량이 선형관계를 보이는 시설 규모가 큰 병원의 경우에는 항온항습 유지에 필요한 전력소비가 일정하게 증가하는 경향이 있지만, 시설 규모가 작은 병원은 일정한 기온 이상에 이르러서야 기온 상승에 따른 병원전력 소비 증가 효과가 나타남을 보여준다.<sup>5)</sup>



Note: By power consumption per number of bed.  
[Fig. 2] Correlation between power consumption and temperature

5) 구체적으로 시설규모가 작은 종합병원에 대해서 기온 상승에 따른 병원 전력사용량의 변곡점은 10.11℃로 계산되었다.

한편, 계절에 따른 병원의 전력사용량과 기온과의 상관관계는 [Fig. 3]에 제시되어 있다. 계절에 따라 병원의 전력사용량과 기온과의 상관관계를 살펴보면 다음과 같다. 여름철에는 두 종합병원 모두에서 양(+)의 상관관계를, 겨울철에는 음(-)의 상관관계를 보여주고 있다. 여름철에는 기온이 상승함에 따라 전력사용량이 많고, 겨울철에는 기온이 하락함에 따라 전력사용량이 많은 전형적인 계절적 특성을 보이고 있다.

특징적인 것은 봄과 가을철인 환절기의 기온과 전력사용량의 상관성이다. 시설 규모가 큰 병원의 경우 계절성에 상관없이 선형성을 보이지만, 시설 규모가 작은 병원은 변곡점을 가지는 비선형의 전력소비 패턴을 보이고 있다. 이러한 결과는 비록 항온항습 유지에 필요한 병원 건물이라고 하더라도 시설 규모에 따라 병원의 전력소비 패턴 양상이 다를 수 있음을 의미한다.<sup>6)</sup>

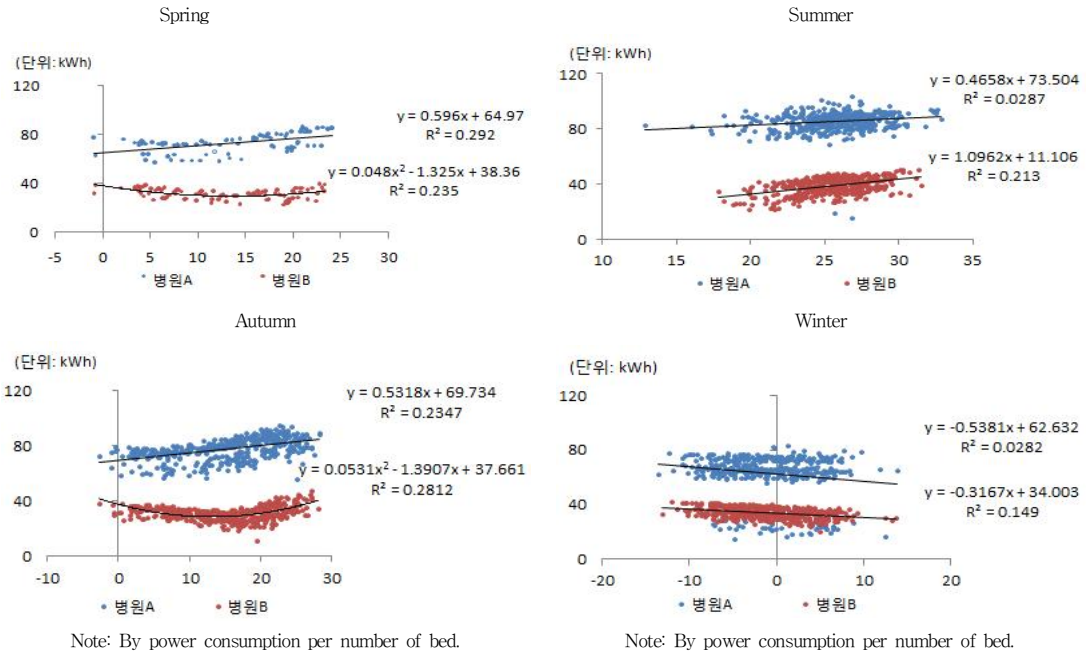
그러므로 본 연구에서는 기상요인 중에서 기온에 초점을 두어 병원의 전력소비 패턴을 분석하고, 시설 규모에 따라 기온이 전력소비량에 미치는 영향이 다른지를 검증해보고자 한다. 이를 위해 기상 조건만을 고려한 분석은 두 단계로 나누어서 진행한다. 첫 번째는 기온의 제곱항을 포함한 회귀모형 (1)을 추정하고, 두 번째는 제곱항을 제외하는 대신에 전력소비의 계절적 영향을 살펴보기 위해 4계절에 따라 기온의 영향을 추정한 회귀모형 (2)을 추정한다.

#### 4.2 실증분석 결과

기상요인을 고려하여 서울시 2개 대학병원의 전력사용량에 대한 추정 결과가 <Table 2>에 제시되어 있는데, 기온의 제곱항을 포함하여 분석한 결과를 보여주고 있다. 기온에 대한 제곱항을 통해 병원의 전력소비 패턴에 대한 계절성을 반영 하였다. 그리고 세 가지 기상 변수를 고려하되, 시간에 따라 추세적으로 변화하는 전력사용량을 반영하여 시간 더미를 회귀식에 추가하였다.

전체적으로  $R^2$ 값이 44%~53%로 나타나 기상 요인의 독립변수들이 병원의 전력사용량 변동을 잘 설명하는 것으로 나타났다. 분석결과를 살펴보면, 기온은 병원A와

6) 시설 규모가 작은 종합병원에 대해서 기온 상승에 따른 병원 전력사용량의 변곡점은 봄과 가을의 경우에 각각 13.80℃, 13.10℃로 계산되어 봄과 가을철 환절기에는 약 13℃에서 전력소비 패턴이 다른 양상을 보이는 것으로 나타났다.



[Fig. 3] Correlation between power consumption and temperature by four seasons

B의 전력사용량에 대하여 각각 1% 유의수준에서 양(+)의 값과 음(-)의 값을 갖는 것으로 나타났지만 기온의 제곱항에 대해서 양(+)의 값을 갖는 것으로 분석되었다.

이러한 결과는 기온 변화에 따라 두 종합병원의 전력소비량 패턴이 서로 다를 수 시사한다. 구체적으로 기온 변수에 대하여 변곡점을 계산해 보면 A병원은 -10.56°C에서 변곡점을 가지는 반면에 B병원은 10.52°C에서 변곡점을 가진다. 즉, 시설 규모가 큰 A병원은 일상적인 온도 이상에서는 기온 변화에 따른 전력소비가 선형적인 항온항습의 성격을 강하게 갖지만, B병원은 항온항습을 유지하기 위해서 기온 하락과 상승에 따라 전력소비가 증가하는 경향이 있어 기온 변화에 전력소비량이 민감하게 변하는 것으로 나타났다.

풍속은 시설 규모가 큰 A병원에 대해서는 10% 유의수준에서 통계적으로 유의미한 양(+)의 값을 갖는 것으로 나타났지만, B병원에 대해서는 통계적인 유의미성이 없었다. 시설 규모가 큰 병원에서는 풍속이 빠를수록 전력사용량이 늘어남을 보여준다.

습도는 A병원의 전력사용량과는 10% 유의수준에서 통계적으로 유의미한 양(+)의 값을 갖는 것으로 나타났지만, B병원의 전력사용량과는 1% 유의수준에서 통계적

으로 유의미한 양(+)의 값을 갖는 것으로 분석되었다. 즉 습도는 시설 규모와는 상관없이 습도가 높을수록 병원의 전력사용량이 늘어남을 보여준다.

지금까지의 분석결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 기온이 병원의 전력소비에 미치는 영향은 규모와 시설에 따라 차이가 존재한다. 구체적으로 병원 규모가 큰 곳에서는 기온이 전력사용량에 미치는 영향은 선형 패턴을 보이나, 병원 규모가 작은 곳에서는 변곡점을 가지는 것으로 분석되어 시설 규모가 작은 병원의 전력 사용 패턴은 기온 변화에 민감하게 반응하는 것으로 나타났다.

둘째, 풍속은 시설 규모에 상관없이 전력사용량과 양(+)의 상관관계를 가지는 것으로 나타났지만, 시설 규모가 클 경우에만 전력사용량에 유의미한 값을 가지는 것으로 분석되었다. 즉, 시설규모가 큰 병원에서는 풍속에 따른 병원 전력사용량의 영향이 존재함을 보여준다.

셋째, 습도는 시설 규모와는 상관없이 전력사용량과 양(+)의 상관관계를 가지는 것으로 나타나 습도가 높을수록 병원의 전력사용량은 증가하는 것으로 분석되었다. 항온항습 유지를 위한 병원의 전력사용량에 습도의 영향이 존재하는 것으로 분석되었다.

<Table 2> Regression results I

| Variable            | (1)                      | (2)                      |
|---------------------|--------------------------|--------------------------|
|                     | <i>Elect<sub>A</sub></i> | <i>Elect<sub>B</sub></i> |
| Temperature         | 0.359***<br>(0.060)      | -0.694***<br>(0.024)     |
| Temperature squared | 0.017***<br>(0.002)      | 0.033***<br>(0.001)      |
| Wind speed          | 0.878*<br>(0.517)        | 0.251<br>(0.205)         |
| Humid               | 0.032*<br>(0.018)        | 0.051***<br>(0.007)      |
| time                | 0.006***<br>(0.000)      | 0.004***<br>(0.000)      |
| Cons.               | -57.952***<br>(9.099)    | -44.708***<br>(3.612)    |
| Obs.                | 1,794                    | 1,793                    |
| R <sup>2</sup>      | 0.438                    | 0.531                    |

Note: 1) Robust standard errors are reported in parentheses.  
 2) \*\*\*, \*\*, \* indicate significance at the 1%, 5%, and 10% levels, respectively

<Table 3>은 계절성을 고려하여 기상요인이 병원의 전력사용량에 미치는 영향에 대해 분석한 결과를 제시하고 있다.

앞의 분석에서 기온에 대한 제곱항을 통해 병원의 전력소비 패턴의 계절성을 반영하였다면, <Table 3>에서는 직접적으로 계절별로 병원 전력사용량의 기상요인 영향을 분석한 결과를 나타내고 있다.

전체적으로 R<sup>2</sup> 값은 여름과 겨울(32%~56%)이 봄과 가을(12%~32%)보다 높아 기상 요인은 여름과 겨울에 병원의 전력사용량 변동을 잘 설명하는 것으로 나타났다.

분석결과를 살펴보면, 첫째, 기온이 병원의 전력사용

량에 미치는 영향은 병원의 시설 규모와 상관없이 여름에는 1% 유의수준에서 통계적으로 유의미한 양(+)의 상관관계를 나타냈고, 겨울에는 음(-)의 상관관계를 보이는 것으로 분석되었다. 즉, 기온이 상승하거나 하락함에 따라 병원의 전력사용량이 증가하는 전형적인 패턴을 보이는 것으로 나타났다.

그러나 봄철에 기온이 병원의 전력사용량에 미치는 영향은 시설 규모에 따라 다른 결과를 보여주고 있다. 시설규모가 큰 병원의 경우 기온 변수는 1% 유의수준에서 통계적으로 유의미한 양(+)의 값을 갖는 것으로 나타났지만, 시설 규모가 작은 병원의 경우에는 1% 유의수준에서 통계적으로 유의미한 음(-)의 값을 갖는 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 봄철에 시설 규모가 큰 병원은 기온 상승에 따라 전력사용량이 증가하는 경향이 있지만, 시설 규모가 작은 병원은 봄철에 기온 상승에 의한 전력사용량의 증가보다는 기온 하락에 의한 전력사용량의 증가 영향이 더 우세함을 시사한다. 즉, 봄에는 시설 규모가 작은 병원의 경우 전력사용량이 겨울철의 전력사용 소비 패턴을 반영하고 있다고 유추할 수 있다.

둘째, 풍속은 여름철의 경우에는 시설 규모가 큰 병원 에서, 그리고 가을철의 경우에는 시설 규모가 작은 병원 에서 각각 1% 유의수준에서 통계적으로 유의미한 양(+)의 값을 갖는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 항온항습 유지에 따른 병원전력 소비 패턴의 특성에 기인한 것으로 판단된다. 여름과 가을철에 기온의 영향을 통제했을 때 풍속이 빠를수록 항온항습 유지에 필요한 전력사용량

<Table 3> Regression results II

| Variable       | Spring                   |                          | Summer                   |                          | Autumn                   |                          | Winter                   |                          |
|----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                | (1)                      | (2)                      | (3)                      | (4)                      | (5)                      | (6)                      | (7)                      | (8)                      |
|                | <i>Elect<sub>A</sub></i> | <i>Elect<sub>B</sub></i> | <i>Elect<sub>A</sub></i> | <i>Elect<sub>B</sub></i> | <i>Elect<sub>A</sub></i> | <i>Elect<sub>B</sub></i> | <i>Elect<sub>A</sub></i> | <i>Elect<sub>B</sub></i> |
| Temperature    | 1.077***<br>(0.088)      | -0.192***<br>(0.030)     | 0.394***<br>(0.131)      | 0.916***<br>(0.070)      | 0.559***<br>(0.050)      | 0.135***<br>(0.035)      | -0.440***<br>(0.132)     | -0.268***<br>(0.037)     |
| Wind speed     | 1.025<br>(1.054)         | -0.033<br>(0.356)        | 2.610***<br>(1.000)      | -0.576<br>(0.534)        | -0.317<br>(0.652)        | 1.242***<br>(0.462)      | 1.772<br>(1.153)         | 0.314<br>(0.324)         |
| Humid          | 0.076**<br>(0.032)       | -0.019*<br>(0.011)       | -0.041<br>(0.028)        | 0.084***<br>(0.015)      | -0.061**<br>(0.026)      | -0.030<br>(0.019)        | 0.136***<br>(0.045)      | 0.006<br>(0.013)         |
| time           | 0.005***<br>(0.001)      | 0.004***<br>(0.000)      | 0.001*<br>(0.001)        | 0.006***<br>(0.000)      | -0.000<br>(0.001)        | 0.003***<br>(0.000)      | 0.019***<br>(0.001)      | 0.003***<br>(0.000)      |
| Cons.          | -32.963*<br>(18.399)     | -37.697***<br>(6.210)    | 52.434***<br>(12.936)    | -97.487***<br>(6.914)    | 81.021***<br>(11.958)    | -24.727***<br>(8.475)    | -297.998***<br>(20.277)  | -26.804***<br>(5.696)    |
| Obs.           | 442                      | 442                      | 460                      | 460                      | 455                      | 455                      | 437                      | 436                      |
| R <sup>2</sup> | 0.325                    | 0.324                    | 0.560                    | 0.540                    | 0.244                    | 0.120                    | 0.444                    | 0.323                    |

Note: 1) Robust standard errors are reported in parentheses.  
 2) \*\*\*, \*\*, \* indicate significance at the 1%, 5%, and 10% levels, respectively

이 증가하기 때문인 것으로 보인다.

셋째, 습도는 계절과 병원의 시설 규모에 따라 병원 전력사용량에 미치는 영향이 다르게 나타났다. 여름철의 경우 시설 규모가 작은 병원에서는 습도의 영향이 1% 유의수준에서 통계적으로 유의미한 양(+)의 값을 갖는 것으로 분석되어 습도가 높을수록 병원의 전력사용량이 증가하는 것으로 나타났다.

기온과 마찬가지로 습도가 낮을수록, 즉 건조할수록 전력사용량이 증가하는 효과가 존재할 수 있는데, 환절기인 봄과 가을철에 시설규모가 작은 병원의 경우에만 통계적으로 유의미한 음(-)의 영향이 있는 것으로 분석되었다.

전체적으로 병원 규모와 계절별로 습도가 병원의 전력소비량에 미치는 영향은 일관된 결과를 보여주지 못하고 있는데, 이는 서울시 전체의 습도 자료를 이용한 자료의 한계 때문인 것으로 보인다.

본 연구의 분석 결과를 종합하면 다음과 같다.

첫째, 항온항습 유지로 인하여 병원의 전력사용량은 기온의 영향에 대해서 민감하게 반응하는 것으로 분석되었다. 구체적으로 시설 규모가 큰 병원의 경우에는 기온에 대해서 선형의 전력소비 패턴을 보이지만, 시설 규모가 작은 병원의 경우에는 변곡점을 가지면서 기온에 따라 전력사용량이 변화하는 양상을 보였다.

둘째, 계절성을 고려하지 않은 분석에 의하면 시설 규모가 큰 병원의 경우에는 풍속이 빠를수록, 습도가 높을수록 병원의 전력사용량이 증가하는 것으로 나타났지만, 시설 규모가 작은 병원의 경우에는 습도만이 병원의 전력사용량에 통계적으로 유의미한 양(+)의 값을 갖는 것으로 분석되었다.

이러한 결과는 시설 규모가 큰 병원은 시설 규모가 작은 병원보다 기온·습도·풍속 등 다양한 기상조건에 전력소비가 반응함을 시사한다.

셋째, 계절과 시설 규모에 따른 병원의 전력사용량을 분석한 결과, 기온은 여름, 가을, 그리고 겨울에 있어서 시설 규모에 상관없이 기온이 상승 및 하락함에 따라 전력사용량이 증가하는 경향이 있지만, 봄철에는 기온이 전력사용량에 미치는 영향에 대해서 병원의 시설 규모에 따라 다른 소비 패턴을 보였다. 시설 규모가 작은 병원의 경우에는 기온상승에 따른 전력사용 증가 효과가 일정 온도에 이르러서야 나타나는 것으로 분석되어 비선형의

전력소비패턴을 반영하고 있음을 보여준다.

이상의 분석결과가 의미하는 것은 기상요소 가운데 병원의 전력사용량에 유의미한 영향을 미치는 것은 기온이라는 점이다. 그리고 기온이 병원의 전력사용량에 미치는 영향은 병원의 시설 규모에 다르며, 시설 규모가 작은 병원의 경우에는 기온의 영향에 더 민감하게 반응한다는 것이다.

## 5. 결론

본 연구에서는 2009년부터 2013년까지 일별 자료를 기준으로 기상조건에 따른 병원의 전력 사용 패턴과 그 영향을 분석하였다. 우리나라 에너지 사용 중 건물 에너지 사용량이 증가하는 추세를 보이고 있는 가운데 병원 건물은 항온항습 유지에 필요한 에너지 사용량이 많은 특성을 가지고 있다. 그리고 병원 에너지원 중에 전력사용에 대한 의존도가 높아지고 있어 병원의 전력 소비 패턴을 규명하는 것은 기후변화 대응을 위한 전력소비 감축과 탄소배출절감 방안과 관련된 논의에 있어서 중요하다. 특히, 온실가스·에너지 목표 관리 대상인 의료기관의 녹색경영 인증[15]에 필요한 전략도출을 위해서도 기온과 계절에 따른 병원의 전력사용 패턴을 규명하는 것은 필요하다.

분석결과를 요약하면 첫째, 병원의 전력사용량에 영향을 미치는 기상요인 중 가장 유의미한 요인은 기온으로 나타났다. 본 연구에서는 기상요인으로 기온, 풍속, 습도를 고려하였는데, 기온변수만이 통계적으로 유의미하게 일관된 결과를 보여주었다. 둘째, 기온이 병원의 전력소비에 미치는 영향에 대해서 겨울철에 기온 하락과 여름철에 기온 상승 시 병원의 전력소비가 증가하는 전형적인 소비 형태를 보이는 계절성을 보이는 것으로 나타났다. 이러한 계절적 소비 패턴은 시설 규모가 작은 병원의 경우에 더욱 뚜렷하게 존재하는 것으로 분석되었다. 셋째, 기상 요인이 병원 전력사용량에 미치는 영향은 병원의 시설 규모에 따라 다른 것으로 분석되었다. 병원의 시설 규모가 큰 경우에는 기온이 전력소비에 미치는 영향에 대해서 선형의 소비패턴을 보이는 반면에, 시설규모가 작은 병원 건물에 대해서는 2차 곡선의 비선형 소비 패턴을 보이는 것으로 나타났다.



결론적으로 항온항습 유지에 필요한 병원의 전력소비는 기온의 영향이 주요하며 그 영향은 계절적 소비 패턴을 보이고, 병원의 시설규모에 따라 다름을 실증적으로 분석하였다.

본 연구에서는 자료의 한계로 병원의 전력소비 정보만 활용하였으며, 강수량 등 보다 다양한 기상 조건을 고려하지 못하였다. 추후 연구에서는 이러한 한계를 보완하여 병원 에너지원별·건물별 분석과 탄소배출 절감 효과 등 좀 더 다양한 변수를 고려한 그린빌딩(Green Building)[16] 개념을 병원건축물에 적용하는 연구와 신재생에너지 의무할당제[17]에 따른 재생 가능한 에너지[18]를 병원건물에 사용하는 연구 등이 필요하다.

## REFERENCES

- [1] The IPCC's Fifth Assessment Report(AR5), Working Group II, IPCC, 2014.
- [2] 2013 Annual End-Use Energy Statistics, Korea Energy Management Corporation, 2014.
- [3] Jung-Kyu Kang, "Case Study on the Coping Plan of Hospitals with the Green House Gas Target Management", *Journal of Health and Medical Science*, Vol. 2, No. 1, pp. 16-23, 2013.
- [4] Korea Energy Management Corporation, *Korea Energy Handbook 2013*, pp. 155, 2013.
- [5] Jung-Kyu Kang, "A Study on Environmental Information Disclosure of Hospitals", *The Journal of Digital Policy & Management*, Vol. 11, No. 12, pp. 577-588, 2013.
- [6] Yeong-Hwan Lim, Yeon-Soo Yoo, "A Study on Green Building Certification Criteria for Healthcare Facilities - A Comparative Study of GBCC, LEED and BREEAM", *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, Vol. 26, No. 8, pp. 153-162, 2010.
- [7] Hak-Loh Lee, Jin-Hyun Han, Myung-Hoon Yi, "Electricity Peak Equation: Estimation and Prediction", *Korean Energy Economic Review*, Vol. 9, No 2, pp. 83-99, 2010.
- [8] Jong-Min Ko, Il-Kwon Yang, and In-Hyeob Yu, "A Study on Demand Pattern Analysis for Forecasting of Customer's Electricity Demand", *The Korean Institute of Electrical Engineers*, Vol. 57, No. 8, pp. 1342-1348, 2008.
- [9] Sung-Il Kong, Young-Sik Baek, Kyung-Bin Song, and Ji-Ho Park, "The Daily Peak Load Forecasting in Summer with the Sensitivity of Temperature", *The Transaction of the Korean Institute of Electrical Engineers A*, Vol. 53, No. 6, pp. 358-363, 2004.
- [10] Lam, J. C., "Climatic and Economic Influences on Residential Electricity Consumption", *Energy Conversion and Management*, Vol. 39, No. 7, pp. 623-629, 1998.
- [11] Pardo A., Meneu, V, and Valor, E., "Temperature and Seasonality Influences on Spanish Electricity Load", *Energy Economics*, Vol. 24, No. 1, pp. 55-70, 2002.
- [12] Dergiades, T. and Tsoulfidis, L., "Estimating Residential Demand for Electricity in the United States, 1965-2006", *Energy Economics*, Vol. 30, No. 5, pp. 2722-2730, 2008.
- [13] Bessec, M. and Fouquau, J., "The Non-Linear Link between Electricity Consumption and Temperature in Europe: A Threshold Panel Approach", *Energy Economics*, Vol. 30, No. 5, pp. 2705-2721, 2008.
- [14] Lam J. C., Wan, K. K. W., Cheung, K. L., and Yang, L., "Principal Component Analysis of Electricity Use in Office Buildings", *Energy and Buildings*, Vol. 40, No. 5, pp. 828-836, 2008.
- [15] Jang-Mook Kim, Jung-Kyu Kang, "The Evaluation of Effectiveness of Green Management Accreditation for Hospitals", *Journal of Digital Convergence*, Vol. 12, No. 9, pp.265-274, 2014.
- [16] Jerry Yudelson, "The Green Building Revolution", pp. 1, 2008.
- [17] Joon-Ho Son, Byung-Ki Kim, Jin-Taek Jeon, Dae-Seok Rho, "A Study on Fault Characteristics of DFIG in Distribution Systems Based on the PSCAD/EMTDC", *Journal of the Korea Convergence Society*, Vol. 2, No. 2, pp. 48, 2011.

- [18] Byungmok Kim, Byungki Kim, Jeabum Park, Rho Daeseok, "Analysis of Customer Power Quality Characteristics Using PV Test Devices", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 2, No. 4, pp. 21, 2011.

김 장 목(Kim, Jang Mook)



- 1996년 12월 : Cleveland State University, MBA
- 2011년 8월 : 연세대학교 보건학박사
- 2010년 2월 : 가톨릭대학교 성바오로병원, 행정부원장
- 2015년 9월 ~ 현재 : 단국대학교 보건과학대학 보건행정학과 교수

- 관심분야 : 병원경영, 병원물류, 병원건축, 보건정책
- E-Mail : jangmook@gmail.com

조 정 환(Cho, Jung Hwan)



- 2010년 2월 : 명지대학교 경제학 석사
- 2014년 2월 : 명지대학교 경제학 박사
- 2015년 6월 ~ 현재 : 한국과학기술기획평가원 위촉부연구위원
- 관심분야 : 다변량분석 데이터마이닝, 빅데이터

- E-Mail : jhcho0320@gmail.com

김 별(Kim, Byul)



- 1991년 8월 ~ 1998년 8월 : 주 에스콰이어 전임디자이너
- 2003년 3월 ~ 2004년 3월 : 주) LG 패션 닥스 악세서리 팀 전임디자이너
- 2013년 2월 : 건국대학교 디자인학 박사
- 2013년 1월 ~ 2016년 2월 : 한국산

업디자이너협회 사무국장

- 2015년 1월 ~ 현재 : 명지전문대, 유한대학교 외 다수 출강
- 관심분야 : 산업디자인, 친환경 디자인, 빅데이터
- E-Mail : chsyw0809@naver.com