http://dx.doi.org/10.7743/kiss.2013.12.2.061

회귀분석을 통한 창원시 중학교 전력소비량 예측에 관한 연구

A Study on Prediction of Power Consumption Rate of Middle School Building in Changwon City by Regression Analysis

조 형 규* 박 효 석** 최 정 민*** 조 성 우****
Cho, Hyeong-Kyu Park, Hyo-Seok, Choi, Jeong-Min, Cho, Sung-Woo

Abstract

As the existing school building power consumption is expressed by total power consumption, in the view of energy saving is disadvantage. The the power consumption of school building is divided as cooling, heating, lighting and others. The cooling power consumption, heating power consumption, lighting power consumption can be calculated using real total power consumption that gained from Korea Electric Power Corporation(KEPCO). The power consumption for cooling and heating can be calculated using heat transmittance, wall area and floor area, and for lighting is calculated by artificial lighting calculation. but this calculation methods is difficult for laymen. This study was carried out in order to establish the regression equation for cooling power consumption, heating power consumption, lighting power consumption and other power consumption in school building. In order to verify the validity of the regression equation, it is compared regression equation results and calculation results based on real power consumption. As the results, difference between regression result and calculation results for cooling and heating power consumption showed 0.6% and 3.6%.

키워드 : 학교건축물, 회귀방정식, 상관관계분석
Keywords : school building, regression equation, correlation analysis

I. 서론

I-1. 연구의 필요성 및 목적

학교 건축물에서 사용되는 전력사용량은 2010년 업종별 전력소비량 평균값인 1,371 TOE이나, 교육용은 2,050 TOE로서 49.5% 많은 전력을 소비하고 있는 것으로 에너지경제연구원에서 발간한 2011년도 에너지 총 조사보고서에서는 보고하고 있다.

현재 학교 건축물에 대해서는 친환경건축물인증제를 도입 추진하여 각 학교별 인증제에 따른 등급으로 나누고 있는 실정이다. 특히, 인증 심사 기준 가운데 에너지 효율 향상은 필수항목으로 지정되어 최소점 이상을 획득하도록 하고 있다. 또한 최근 개정에 의하면 전력 사용 용도별 계량기 설치 여부 항목이 신설되어 향후에는 각 용도별에 대한 전력소비량을 파악하고자 하는 경향을 읽을 수 있다.

이와 같이 2013년도부터 신설되는 학교 건축물에 대한 용도별 전력 소비량은 파악할 수 있으나, 2013년도 이전의 학교 건축물(이하 기존 학교 건축물이라 칭함)에서는 한 개 또는 두 개의 통합적인 전력적산 계량기를 설치·사용함에 따라 전력사용 용도별 전력소비량에 대한 정보를 파악하기에는 무리가 있다고 판단된다.

그러므로 향후 에너지 절약적인 측면에서 전력소비량을 줄이기 위해서는 학교 건축물에서 주로 사용되고 있는 전력소비처를 파악하고 이에 대한 전력소비량을 파악함에 따라 효율적인 전력소비 절

* 창원대학교 공과대학 건축학부 교수
** 경상남도 교육시설감리단, 공학박사
*** 창원대학교 공과대학 건축공학과 교수
**** 창원대학교 공과대학 건축공학과 조교수(교신저자)
교신저자 : swcho@changwon.ac.kr, +82-55-213-3805

약에 대한 방안을 도출하는데 도움이 될 것으로 판단된다.

이에 본 연구에서는 초등학교의 경우 방과 후 수업 등으로 인하여 전력소비량이 학교별로 편차가 매우 크고, 고등학교의 경우에는 야간자율학습시간이 학교별로 차이가 나타는 것과 달리 중학교에서는 어느 정도 전력사용패턴을 찾아볼 수 있다. 그러므로 창원시내에 위치하고 있는 중학교를 대상으로 전력의 주 소비처인 조명, 냉방, 난방 및 기타 전력(조명, 냉방, 난방을 제외한 전력)의 4가지로 분류하고, 각각에 대한 전력소비량을 분석하고, 수집된 데이터를 근거로 추정식을 도출하는데 목적을 두고 있다.

I-2. 연구의 범위 및 방법

중학교 건축물에서 전력소비량에 대한 소비패턴을 살펴보면, 조명, 냉방과 난방 및 수업에 필요한 기타 전기 및 전자기기로 나눌 수 있다.

본 연구에서는 통합적으로 계량되는 전력소비량을 근거로 각 용도별로 나누어 전력소비량을 분석하고 이를 근거로 각 용도별 전력소비량에 대한 추정식을 산출하고자 하며, 이에 대한 절차는 아래와 같다.

① 창원시 중학교에 대한 건축연면적, 학급 수, 교직원수, 학생 수를 조사
② 창원시 중학교의 한국전력 고객번호를 대상지역 교육청으로부터 취득
③ 한전사이버 지점에서 중학교별 고객번호를 입력하여 2009년부터 2010년까지 2년간 월별 전력소비량 수집
④ 조명, 냉방(6월~9월), 난방(11월~2월) 및 기타로 용도별 전력소비량 추정
⑤ 본 논문에서 기타용도라 함은 냉방, 난방 및 조명을 제외한 전력사용처로서 옥외조명, 각 교실에 설치된 교육기자재, 개인별 소형난방기, 급식시설에 사용되는 전력 등을 포함하고 있는 것으로 하였다.

II. 국내외 문헌 조사

II-1. 국내

국내의 경우 학교 건축물에 대한 에너지 소비량에 대하여 에너지사용실태 및 에너지 원단위에 대한 연구가 다수를 차지하고 있는 것으로 조사되었다.

김태우 외 3인[1]은 학교 건축물 전력소비의 기온감응도에 관한 연구에서, 학교 건축물의 냉·난방 개시시기로 난방은 11월초~11월말, 냉방은 6월말~7월말이며, 냉·난방 종료시기로 난방은 12월말~4월초, 냉방은 9월초~9월20일이며, 대상학교 건축물의 에너지소비 구성은 전력이 61.3~83.6%로 가장 높은 비중을 차지하고 있으며 가스 16.40~19.80%, 유류 0~18.90%순서라고 보고하고 있다.

박효석 외 2인[2]은 창원시 학교 건축물의 냉난방 부하를 예측하기 위하여 냉방과 난방도일을 도입시켜 냉방과 난방에 대한 전력소비량을 추정한 결과를 보고하고 있으나, 표본수가 고등학교 4개교를 대상으로 함에 따라 지역적인 차이 및 학교별에 따라 편차가 어느 정도 나타난 것을 볼 수 있다.

김태우 외 2인[3]은 교실을 대상으로 에너지원의 변화분석을 통하여 에너지원 및 시설별에 따른 수용변화에 대한 에너지 소비변화특성에 대하여 발표하였으며, 이상춘 외 2인[4]은 학교건물의 특성을 고려하여 에너지 저감을 위한 영향요소를 도출하기 위하여 AHP방법을 활용하였으며, 그 결과로는 건축부문이 41.9%의 중요도를 나타내며, 특히 단열과 창호부문에서의 중요도가 높다고 보고하고 있다.

국내의 경우, 학교건축물에 대하여 에너지 원단위 및 시설물 변화에 따른 소비변화에 대한 연구결과는 많이 발표되고 있으나, 용도별로 구분하여 전력소비량을 예측 및 계산한 결과는 찾아보기 힘든 상황이다. 이에 본 연구에서는 학교 건축물의 효과적인 전력관리를 위하여 각 용도별로 사용되는 전력소비량을 추정식을 통하여 구해보고자 한다.

II-2. 국외

국외의 경우 국내와 달리 학교 건축물에 대하여 다양한 방법으로 에너지 소비량을 추정하는 연구가 진행 중이다. Santamouris M 외 1인[5]은 학교 건축물의 냉방과 난방부하를 예측하기 위하여 대상지역의 기상조건(수평면 전 일사량, 수평면 확산일사량, 건구온도, 습도 및 풍속과 풍향)과의 내부발생열, 환기부하 및 학교의 스케쥴과의 관계를 고려하여 TRNSYS를 활용하였다는 보고가 있다.

또한 Corgnati 외 2인[6]은 이탈리아의 토리노 지역의 120개의 고등학교를 포함한 총 140개의 건축

물에 대하여 실질적인 난방에너지 소비량을 수집하여, 각 건축물에 대한 난방 관련 에너지 성능 지표를 평가하는데 목적을 둔 연구결과를 발표하고 있다.

또한, Yael Valerie Perez 외 1인[7]은 고온다습지역에서 에너지 소비에 영향을 미치는 다양한 디자인 요소를 평가하고, 이를 근거로 하여 학교건축물을 위한 디자인의 정규화를 제시하고 있다.

8시간 30분을 학교에서 생활하는 것으로 조사되었으며, 2년간 각 학교별 연간 전력사용량 및 건축개요는 표 1 과 같다.

22개 중학교에 대한 평균값을 살펴보면, 건축연면적은 8,573㎡, 바닥면적은 2,498㎡, 학생수는 956명, 학급수는 26.9학급, 교실수는 36.7실로 나타났다. 그리고 각 학교에서 사용되고 있는 연간전력사용량은 평균적으로 연간 268,375kWh/년으로 조사되었다.

표1. 창원시 중학교 개요 및 연간 전력 사용량

학교명	건축연면적(㎡)	바닥면적(㎡)	학생수 (인)	학급수 (학급)	교실수(실)	연간전력사용량(kWh)
ACM	9,375	3,037	1,316	35.5	47.5	360,318
AMCM	6,404	1,423	551	16.0	23.0	179,738
BKCM	8,850	2,479	685	23.0	31.5	232,164
BLCM	9,344	2,318	1,211	33.0	44.5	305,355
BRCM	6,983	1,729	1,005	28.0	38.5	228,713
BSCM	9,068	3,097	1,202	30.0	40.5	309,926
BSWCM	8,859	2,335	1,098	29.5	40.0	287,023
CBCM	4,628	1,744	292	11.5	17.5	142,921
CDCM	8,872	2,421	864	27.5	37.5	242,104
DBCM	8,645	2,287	1,287	33.0	44.5	324,774
JCM	10,373	3,338	1,221	32.5	43.5	295,774
KWCM	7,447	2,913	787	22.5	31.0	239,075
MCM	9,907	2,980	1,024	29.5	40.0	273,401
MKWCM	6,477	1,619	607	16.5	23.5	191,791
NSCM	11,286	3,271	1,149	34.5	46.0	295,862
PCM	10,509	3,011	1,158	30.0	40.5	333,127
SNCM	10,064	2,213	1,047	29.0	39.5	290,126
SPCM	9,838	2,893	1,120	32.5	43.5	297,747
SWCM	7,533	2,354	622	20.0	28.0	239,322
TCM	7,793	3,198	1,129	31.5	42.5	368,440
WCM	9,577	2,377	1,315	33.5	45.0	296,918
YKCM	6,779	1,924	338	12.5	19.0	169,626
평균	8,573	2,498	956	26.9	36.7	268,375

III. 학교 건축물의 용도별 전력소비량 추정

지역별에 따른 학교별 에너지 소비량을 추정하기 위해서 먼저 각각의 대상지역에 위치한 학교를 대상으로 전력소비량을 조사할 필요가 있다. 통합창원시는 2010년 7월 1일 창원, 마산, 진해가 통합되어 출범하였으며, 본 논문에서는 구 창원(이하 창원시로 칭함)에 위치한 중학교를 대상으로 전력소비량을 예측하고자 한다. 창원시에 위치하고 있는 초등학교는 36개교, 중학교는 22개교, 고등학교는 12개교의 분포를 가지고 있다. 중학교의 경우 연간 수업 일수는 220일이며, 학생들이 등교하여 실질적으로 전력을 사용하는 시간은 08:00~16:30으로 총

III-1. 조명 전력소비량

학교 건축물에 규정된 조도기준[1]을 근거로 조명에 소비되는 전력량을 산출하였으며, 창원시 지역에 있는 중학교 12개교에 대한 인터뷰 결과 조명은 등교부터 하교까지 지속적으로 점등하는 것으로 나타남에 따라 중학교는 8시간으로 수업시간과 거의 동일한 기준으로 계산하였다.

교실의 조명 전력사용량 산정은 KSA 3011에서 조도기준「G」분류로 조도범위는 300-400-600이다.

활동유형에 따른 보통교실은 일정 조도 이상을

1) 한국산업규격 KS A 3011, 2008 - 1998년 개정되어 2003년과 2008년 해당 표준은 제개정 후 5년이 도래한 표준으로 특별한 개정 또는 폐지 사유가 없어 확인함

유지하여야 함에 따라 본 논문에서는 2010년 이전에 준공된 건축물이 대부분을 이루고 있으므로 최저 조도인 300lx를 기준으로 하였고, 표준 교실에 대한 최소 필요 전등 수는 식(1)을 이용하여 계산하였다.

$$N = \frac{AED}{FU} = \frac{AE}{FUM} \qquad (1)$$

여기서,

N : 광원의 개수　A : 면적[㎡]　E : 소요조도[lx]
D : 감광보상율　F : 광원 개당 광속수[lm]
U : 조명율　M : 유지율(감광보상율의 역수)

실내 조도의 경우에는 교실면적 즉 실의 규모에 영향을 받고 있으므로, 표준교실인 9×7.5×2.7(m)을 선정하여 조도계산에 이용하였다.

창원 지역에 있는 25개 중학교에 대한 조명 전력사용량을 예측한 결과는 그림1 과 같이 나타났으며, 표 1에서 보듯이 학급수와 교실수에 비례하여 조명 전력소비량은 높게 나타났다.

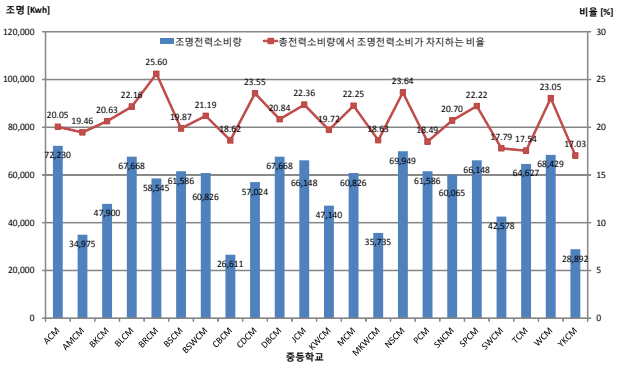

그림1. 추정 조명전력소비량과 비율

학교 당 연간 총 전력사용량 평균값은 268,375 kWh/년이고, 이 가운데 조명 전력소비량에 대한 평균값은 55,780kWh/년으로 총 전력소비량에서 차지하는 비율은 20.78%로 나타났다.

총 전력사용량 중에서 조명 전력사용량이 차지하는 비율을 살펴보면, BRCM중이 25.6%로 학급수는 38.5학급으로 이 보다 많은 학급수를 가진 타 중학교와 비교하여 다소 높게 나타난 것을 볼 수 있다. 이는 사용하는 학생들이 점심시간과 오전시간대에 어떻게 제어하는 가에 영향을 받는 것으로 판단된다.

III-2. 냉방 및 난방 전력소비량

학교 건축물에서 냉방과 난방부하는 열관류율과 깊은 관계가 있으므로 이에 대한 정의가 필요하다고 판단된다. 외기 접한 벽체와 유리면에 대한 열관류율은 벽체면적과 벽체의 열관류율, 유리면적과 유리의 열관류율로 산출할 수 있으며, 식(2)과 같으며, 이에 대한 개략도는 그림2 와 같다.

벽체의 열관류율은 전체 학교에 대한 조사가 가능하지 않음에 따라 준공년도를 기준으로 1992년도 이전에 건설된 학교가 전체의 90.3%에 해당되는 것으로 나타남에 따라 1992년도 외벽과 옥상층의 열관류율[2]을 적용시켜 계산하였다.

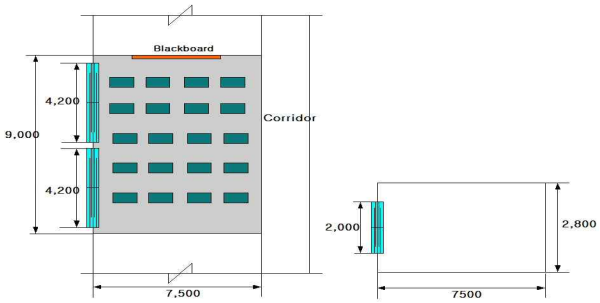

그림2. 표준교실의 평면도(좌측)와 입면도(우측)

$$K_m = \frac{K_w A_w + K_g A_g}{A_w + A_g} \qquad (2)$$

여기서,

Km : 평균 열관류율[W/㎡℃],
Kw : 벽체의 평균 열관류율[W/㎡℃],
Aw : 벽체면적[㎡],
Kg : 유리창의 평균 열관류율[W/㎡℃],
Ag : 유리창 면적[㎡]

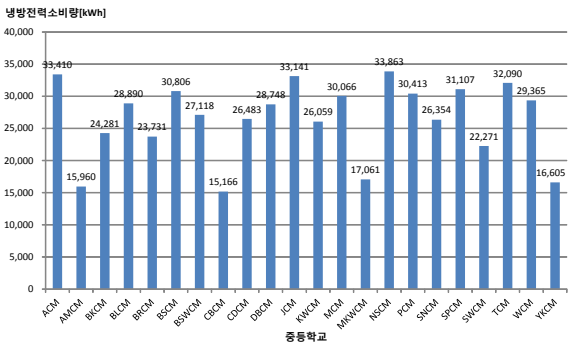

그림3. 추정 냉방전력소비량

[2] 건축법 제59조 [건축물의 열손실 방지]와 동법시행령/시행규칙에서 남부지방의 경우 거실의 외벽, 최하층의 거실 바닥은 0.65kcal/㎡h℃이하, 최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕은 0.45kcal/㎡h℃이하로 규정되어 본 논문에서는 외벽의 경우 0.65kcal/㎡h℃, 지붕의 경우 0.45kcal/㎡h℃를 적용하였음

구조체와 달리 창호의 경우에는 조사 대상 학교의 80%이상이 이중창이므로 이에 대한 열관류율[3]을 적용시켜 계산하였고, 이를 냉방과 난방도일은 식(3)을 이용하여 계산하였다.

$$Q = K_m \times \text{수업시간} \times \text{냉방과난방도일}/1{,}000 \qquad (3)$$

여기서, 냉방과 난방도일은 수업이 없는 날을 제외시켜 계산식에 입력하였음

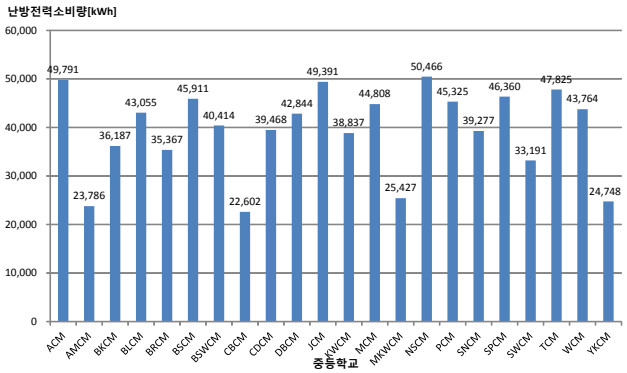

그림4. 추정 난방전력소비량

추정 냉방과 난방전력소비량은 그림3 과 그림4와 같다.

창원시에 위치하고 있는 중학교에서 소비되는 전력에너지는 1장에서 언급한 바와 같이 냉방+난방+조명+기타전력에너지의 합으로 나타낼 수 있으며, 실질 전력사용량을 근거로 각 요소별 비율을 살펴보면 그림 5 와 같다.

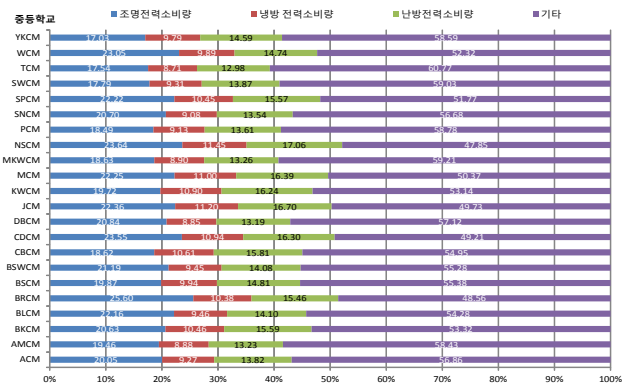

그림5. 총 전력소비량에서 각 요소가 차지하는 비율

중학교 22개교에 대하여 조명 및 냉방과 난방, 기타에 소비된 전력사용량 비율의 계산 결과에 따르면, 각 요소별 평균 비율은 조명이 20.7%, 냉방이 9.91%, 난방이 14.8%이고 기타가 54.5%로 추정할 수 있는 것으로 나타났다.

냉방과 난방 전력사용량은 NSCM중에서 가장 높게 나타났으며, 총 전력소비량에서 냉방이 차지하는 비율은 11.45%, 난방이 차지하는 비율은 17.06%로 총 비율은 28.50%로 나타났고, 가장 낮은 학교는 TCM중으로 냉방전력이 차지하는 비율은 8.71%, 난방 전력이 차지하는 비율은 12.98%로 총 비율은 21.69%로 나타났고, 그 차이는 6.81%로 예측되었다.

또한, 창원지역 중학교의 냉방과 난방비율을 제외한 조명과 기타전력의 합이 총 전력소비량에서 차지하는 비율은 75.41%로 나타났으며, 여기서 조명을 제외한 순수 기타 항목에 대한 전력소비량은 54.63 %로 예측할 수 있다.

IV. 상관관계를 통한 각 요소별 전력소비량 산출을 위한 추정식

중학교에서 사용되는 전력소비량을 각 요소별로 보다 쉽게 분류하기 위하여 추정식을 도출하고자 한다. 3장에서 냉방과 난방의 전력소비량을 산출하기 위해서는 각 재료에 대한 열관류율 및 냉방과 난방도일 등 복잡한 요소가 변수로서 입력되어야 한다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 SPSS 프로그램을 활용하여 추정식을 산출하고자 한다.

표2 . 중학교 상관관계 및 추정식 도출을 위한 입력 데이터

난방	냉방	교실수	바닥면적	연면적	조명	기타
49,791	33,410	47.5	3,037	9,375	72,230	204,887
23,786	15,960	23.0	1,423	6,404	34,975	105,018
36,187	24,281	31.5	2,479	8,850	47,900	123,795
43,055	28,890	44.5	2,318	9,344	67,668	165,741
35,367	23,731	38.5	1,729	6,983	58,545	111,070
45,911	30,806	40.5	3,097	9,068	61,586	171,623
40,414	27,118	40.0	2,335	8,859	60,826	158,666
22,602	15,166	17.5	1,744	4,628	26,611	78,541
39,468	26,483	37.5	2,421	8,872	57,024	119,129
42,844	28,748	44.5	2,287	8,645	67,668	185,513
49,391	33,141	43.5	3,338	10,373	66,148	147,094
38,837	26,059	31.0	2,913	7,447	47,140	127,039
44,808	30,066	40.0	2,980	9,907	60,826	137,702
25,427	17,061	23.5	1,619	6,477	35,735	113,567
50,466	33,863	46.0	3,271	11,286	69,949	141,584
45,325	30,413	40.5	3,011	10,509	61,586	195,803
39,277	26,354	39.5	2,213	10,064	60,065	164,430
46,360	31,107	43.5	2,893	9,838	66,148	154,132
33,191	22,271	28.0	2,354	7,533	42,578	141,282
47,825	32,090	42.5	3,198	7,793	64,627	223,898
43,764	29,365	45.0	2,377	9,577	68,429	155,360
24,748	16,605	19.0	1,924	6,779	28,892	99,381

[3] 3㎜+6A+3㎜ 이중창은 3.16W/㎡K, 한글라스

창원시에 위치하고 있는 중학교에 대한 조명, 냉방 및 난방과 기타 전력소비량에 대한 상관관계를 파악하고, 이를 토대로 추정식을 도출하기 위한 입력데이터는 표2 와 같다.

전력소비량과의 상관관계 요소로서는 현장에서 쉽게 구할 수 있는 교실 수, 바닥면적, 연면적을 변수로 하여 학교건축물에 대한 건축개요 및 현황을 통하여 쉽게 사용할 수 있는 추정식의 도출에 역점을 두고자 한다.

IV-1. 냉방전력사용량

조명전력사용량을 추정하기 위하여 표2 의 입력데이터를 활용하여 구한 상관관계는 표3 과 같다.

표3. 냉방전력사용량과 각 변수와의 상관관계

		냉방	교실수	바닥면적	연면적
냉방	Pearson 상관계수	1	.911**	.831**	.840**
	유의확률 (양쪽)		.000	.000	.000
교실수	Pearson 상관계수	.911**	1	.533**	.768**
	유의확률 (양쪽)	.000		.000	.000
바닥면적	Pearson 상관계수	.831**	.533**	1	.710**
	유의확률 (양쪽)	.000	.000		.000
연면적	Pearson 상관계수	.840**	.768**	.710**	1
	유의확률 (양쪽)	.000	.000	.000	

**. 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의합니다.

냉방전력에너지소비량과 관계가 있는 요소에 대한 상관관계를 살펴보면 교실수가 0.911로서 가장 높고, 다음으로 연면적이 0.840으로 나타났고, 끝으로 바닥면적이 0.831로 나타났다. 모든 항목에서 유의수준은 모두 0.000(<P=0.01)로 유의관계가 매우 깊은 것으로 나타났다.

결과에 따라 상관관계가 높다가 판단되는 교실수와 바닥면적 및 연면적에 대하여 다중회귀분석법으로 입력데이터는 단계(Step)으로 지정하여 선형회귀식을 도출하였으며, 모형요약은 표4 와 같다.

모형요약을 살펴보면, 모형1 의 경우 설명계수(R2)는 0.826이나 모형2 의 경우에는 설명계수가 0.997로 0.166이 증가하였으며, 유의확률 0.000으로서 매우 유의하다고 할 수 있다.

이 결과를 토대로 설명계수가 높고, 유의확률도 높은 모형2 를 토대로 중학교의 냉방전력소비량에 대한 선형회귀식을 도출하고자 하며, 이에 대한 선형회귀식계수는 표5 와 같다.

표4. 모형요약-중학교 냉방전력사용량

모형요약c								
모형	R	R 제곱	수정된 R 제곱	추정값의 표준오차	통계량 변화량			
					R 제곱 변화량	df1	df2	유의확률 F 변화량
1	.911a	.831	.826	2287.12975	.831	1	41	.000
2	.999b	.997	.997	306.66336	.166	1	40	.000

a. 예측값: (상수), 교실수

b. 예측값: (상수), 교실수, 바닥면적

c. 종속변수: 냉방

표5. 난방전력사용량 선형회귀식 계수

계수a						
모형		비표준화 계수		표준화 계수	t	유의확률
		B	표준오차	베타		
1	(상수)	4905.408	1452.836		3.376	.002
	교실수	562.208	39.650	.911	14.179	.000
2	(상수)	-463.222	225.412		-2.055	.046
	교실수	403.561	6.285	.654	64.213	.000
	바닥면적	4.761	.101	.482	47.335	.000

a. 종속변수: 냉방

모형2 를 살펴보면, 바닥면적과 교실수의 계수에 대한 유의확률은 모두 0.000 (<P=0.01)으로 매우 유의하다고 할 수 있으며, 상수값 또한 유의확률은 0.046 (<P=0.05)으로 유의하다는 결론을 얻었다. 이를 근거로 회귀식을 도출하였으며, 중학교 냉방전력소비량에 대한 회귀식은 식(4)와 같다.

중학교 냉방전력소비량 예측 =

4.8×바닥면적+403.6×교실수 - 463.2 (4)

IV-2. 난방전력사용량

난방전력사용량을 추정하기 상관관계는 표6 과 같이 나타났다.

난방전력에너지소비량과 각 요소와의 상관관계를 살펴보면 교실수가 0.881로서 가장 높고, 다음으로 바닥면적이 0.838, 끝으로 건축연면적이 0.813이며, 유의수준은 모두 0.000(<P=0.01)로 유의 관계가 깊은 것으로 조사되었다.

본 연구에서는 상관관계가 높다고 판단되는 교실수와 바닥면적 및 건축연면적에 대하여 다중회귀분석법으로 냉방전력소비량과 동일한 수법을 사용하여 선형회귀식을 도출하였으며, 그 결과에 따른 모형요약은 표7 과 같다.

모형요약을 살펴보면, 모형1 의 경우 설명계수(R2)는 0.775이나 모형2 의 설명계수는 0.190이 증가한 0.964이고 유의수준은 0.000(<P=0.01)로 매우 유의하다는 결과를 얻었다. 그러므로 모형2 를 토대로 난방전력소비량에 대한 선형회귀식을 도출하고자 하며, 각 계수에 대한 결과는 표8 과 같다.

표6. 난방전력사용량과 각 변수와의 상관관계

		난방	교실수	바닥면적	연면적
난방	Pearson 상관계수	1	.881**	.838**	.813**
	유의확률 (양쪽)		.000	.000	.000
교실수	Pearson 상관계수	.881**	1	.533**	.768**
	유의확률 (양쪽)	.000		.000	.000
바닥면적	Pearson 상관계수	.838**	.533**	1	.710**
	유의확률 (양쪽)	.000	.000		.000
연면적	Pearson 상관계수	.813**	.768**	.710**	1
	유의확률 (양쪽)	.000	.000	.000	

**. 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의합니다.

표7. 모형요약-중학교 난방전력사용량

모형 요약c								
모형	R	R 제곱	수정된 R 제곱	추정값의 표준오차	통계량 변화량			
					R 제곱 변화량	df1	df2	유의확률 F 변화량
1	.881a	.775	.770	4040.80032	.775	1	41	.000
2	.983b	.966	.964	1602.95349	.190	1	40	.000
a. 예측값: (상수), 교실수								
b. 예측값: (상수), 교실수, 바닥면적								
c. 종속변수: 난방								

모형2 를 살펴보면, 바닥면적과 교실수의 계수에 대한 유의확률은 모두 0.000 (<P=0.01)으로 매우 유의하며, 상수값의 유의확률 또한 0.047 (<P=0.05)으로 유의 한 것으로 결과를 얻었다.

표8. 난방전력사용량 선형회귀식 계수

계수a						
모형		비표준화 계수		표준화 계수	t	유의확률
		B	표준오차	베타		
1	(상수)	6385.173	2566.807		2.488	.017
	교실수	833.297	70.052	.881	11.895	.000
2	(상수)	-2419.013	1178.247		-2.053	.047
	교실수	573.127	32.851	.606	17.447	.000
	바닥면적	7.808	.526	.516	14.851	.000
a. 종속변수: 난방						

이를 근거로 선형 회귀식을 도출하였으며, 중학교 난방전력소비량에 대한 선형회귀식은 식(5)와 나타낼 수 있다.

중학교 난방전력소비량 회귀식 :

$$7.8\times\text{바닥면적}+573.1\times\text{교실수}-2{,}419.0 \qquad (5)$$

IV-3.조명전력사용량

조명전력사용량을 추정하기 위하여 표2 의 입력데이터를 활용하여 구한 상관관계는 표9 와 같다.

표9. 조명전력사용량과 각 변수와의 상관관계

		조명	교실수	바닥면적	연면적
조명	Pearson 상관계수	1	1.000**	.533**	.768**
	유의확률 (양쪽)		.000	.000	.000
교실수	Pearson 상관계수	1.000**	1	.533**	.768**
	유의확률 (양쪽)	.000		.000	.000
바닥면적	Pearson 상관계수	.533**	.533**	1	.710**
	유의확률 (양쪽)	.000	.000		.000
연면적	Pearson 상관계수	.768**	.768**	.710**	1
	유의확률 (양쪽)	.000	.000	.000	

**. 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의합니다.

조명 전력에너지소비량과 관계가 있는 요소에 대한 상관관계를 살펴보면 교실수가 1.000로서 가장 높고, 다음으로 건축연면적 0.768, 바닥면적 0.533으로 나타났다.

표10. 모형요약-중학교 조명전력사용량

모형 요약b								
모형	R	R제곱	수정된 R 제곱	추정값의 표준오차	통계량 변화량			
					R 제곱 변화량	df1	df2	유의확률 F 변화량
1	1.000a	1.000	1.000	.27304	1.000	1	41	.000
a. 예측값: (상수), 교실수								
b. 종속변수: 조명								

표11. 조명전력사용량 선형회귀식 계수

계수a						
모형		비표준화 계수		표준화 계수	t	유의확률
		B	표준오차	베타		
1	(상수)	.041	.173		.234	.816
	교실수	1520.637	.005	1.000	321245.394	.000
a. 종속변수: 조명						

본 연구에서는 상관관계가 높고 유의하다고 할 수 있는 교실수와 조명전력소비량에 대한 선형회귀식을 도출하고자 하며, 모형요약은 표10 과 같다.

표10 을 살펴보면, 모형1 의 경우 설명계수(R2)는 1.000이며, 유의확률은 0.000으로 매우 유의하다고 할 수 있으며, 선형회귀식을 나타내고 있는 표11 을 보면, 교실수의 계수에 대한 유의확률은 모두 0.000 (<P=0.05)으로 매우 유의하다고 하는 결론을 얻을 수 있다.

중학교 조명전력소비량에 대한 선형 회귀식은 식(6)과 같다.

조명전력소비량 회귀식 = 1,520.6×교실수 (6)

IV-4. 기타전력사용량

기타전력사용량을 추정하기 위하여 각 요소별 상관관계는 표12 와 같다.

표12. 조명전력사용량과 각 변수와의 상관관계

		기타	교실수	바닥면적	연면적
기타	Pearson 상관계수	1	.638**	.589**	.656**
	유의확률 (양쪽)		.000	.000	.000
교실수	Pearson 상관계수	.638**	1	.533**	.768**
	유의확률 (양쪽)	.000		.000	.000
바닥면적	Pearson 상관계수	.589**	.533**	1	.710**
	유의확률 (양쪽)	.000	.000		.000
연면적	Pearson 상관계수	.656**	.768**	.710**	1
	유의확률 (양쪽)	.000	.000	.000	
**. 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의합니다.					

표13. 모형요약-중학교 기타전력사용량

모형 요약b								
모형	R	R 제곱	수정된 R 제곱	추정값의 표준오차	통계량 변화량			
					R 제곱 변화량	df1	df2	유의확률 F 변화량
1	.656a	.431	.417	34850.78600	.431	1	41	.000
a. 예측값: (상수), 연면적								
b. 종속변수: 기타								

표14. 기타 전력사용량 선형회귀식 계수

계수a						
모형		비표준화 계수		표준화 계수	t	유의확률
		B	표준오차	베타		
1	(상수)	-5275.525	25249.946		-.209	.836
	연면적	16.560	2.973	.656	5.570	.000
a. 종속변수: 기타						

기타전력소비량의 경우, 교실수, 바닥면적, 연면적과의 상관관계는 비슷한 값을 가지는 것으로 나타났으나, 단계(Step)방식의 회귀모형을 분석한 결과 가장 유의하다고 판단되는 요소는 연면적으로 나타났으며, 이에 대한 모형요약은 표13 과 같다.

기타 전력소비량의 모형요약을 살펴보면, 설명계수는 0.431로 나타났고, 이에 대한 유의확률은 0.000 (<P=0.01)로 매우 유의한 것으로 나타났으며, 이를 토대로 선형 회귀식을 구하기 위한 계수는 표14 와 같고, 이를 근거로 도출된 추정식은 식(7)과 같다.

기타전력소비량 회귀식 = 16.56×연면적 (7)

IV-5. 추정식과 회귀식에 대한 결과 비교

중학교의 전력소비량을 각 요소별로 분류하기 위하여 실질적인 총 전력 사용량을 근거로 한 3장의 결과값과 각 요소들의 상관관계를 토대로 도출한 회귀식에 대한 결과값의 비교 검토를 통하여, 창원시 중학교의 각 요소별 전력사용량을 예측하기 위한 회귀식의 타당성을 검토하고자 하며, 그 결과는 그림6 에서 그림10 과 같다.

냉방전력소비량을 비교해보면, 선형회귀식에 의한 값이 평균 -0.6% 낮게 나타났으며, 3장에서 구한 결과값과 거의 일치하는 것을 볼 수 있다.

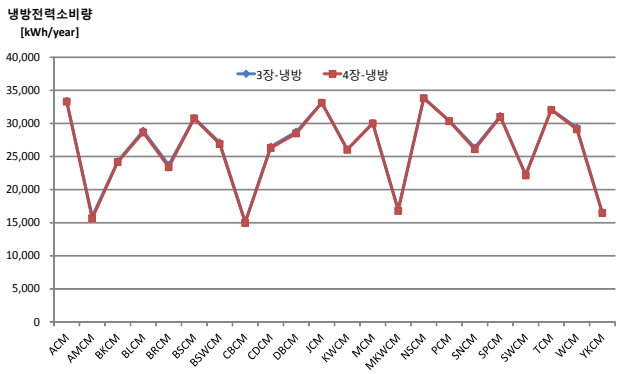

그림6. 냉방전력소비량-3장 결과값과 회귀식 비교

난방전력소비량은 선형회귀식에 의한 값이 평균 -3.6% 낮게 나타난 것으로 결과를 얻었으며, 시뮬레이션 결과값과 거의 동일한 패턴을 가지는 것으로 나타났다.

조명 전력소비량에 대한 두 결과값을 비교해보면 거의 일치하는 것으로 나타났다. 기타 전력소비량에

대한 두 결과값의 비교를 살펴보면, 학급수가 많은 학교에서 큰 차이를 보이는 것으로 나타났다. 이는 기타 전력소비량에 포함되어 있는 급식 등으로 인한 것이 큰 영향으로 판단된다. 그러나 평균적으로는 -2.63%의 차이를 보이고 있으므로 회귀식을 이용하여 기타 전력소비량을 예측하는 것은 타당하다고 사료된다.

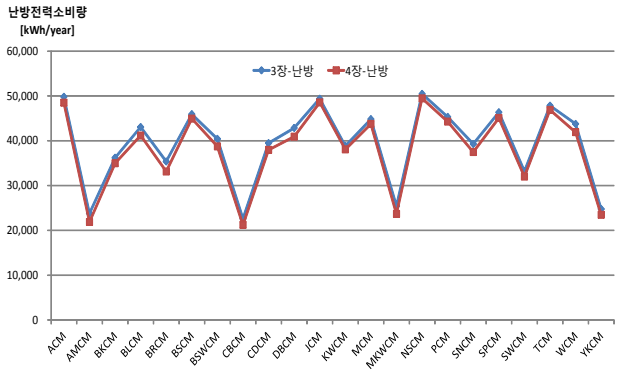

그림7. 난방전력소비량-3장 결과값과 회귀식 비교

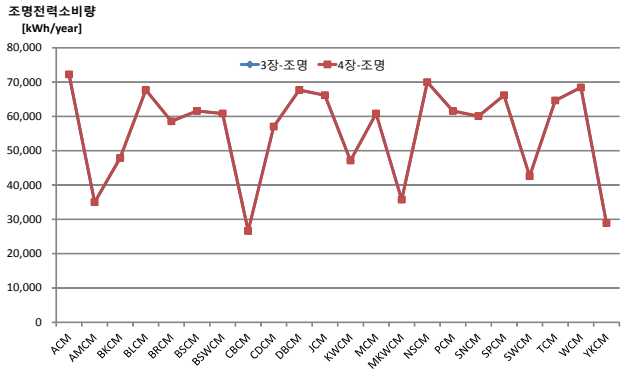

그림8. 조명전력소비량-3장 결과값과 회귀식 비교

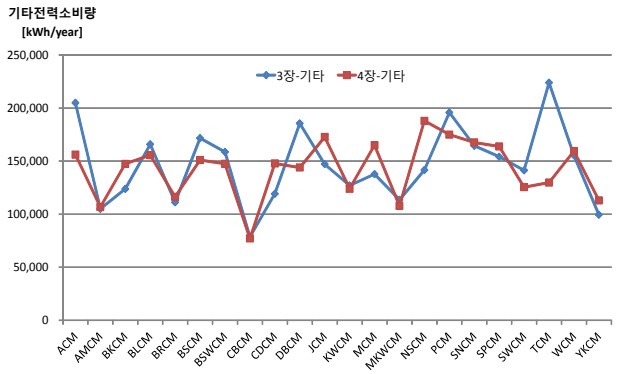

그림9. 기타전력소비량-3장 결과값과 회귀식 비교

중학교에서 1년간 소비되는 총 전력소비량에 대한 비교 결과값을 살펴보면, -2.02%의 차이를 보이는 것으로 나타났다. 그러나 TCM중의 경우 학급수는 큰 반면, 연면적이 작으므로 기타 소비전력에서 차이가 총 전력소비량에도 영향을 미치는 관계로 가장 큰 차이를 보이는 것으로 파악된다.

회귀식을 활용하여 냉방, 난방 및 조명 전력은 거의 유사한 패턴을 보이는 것으로 나타났으나, 기타 전력 소비량의 경우 회귀식과 실질 전력 사용량을 근거로 분류한 추정식과의 차이가 있는 것으로 나타남에 따라 향후에는 기타 전력에 포함되는 요소를 보다 세분화하여 전력소비량을 추정하여 오차범위를 줄이도록 하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

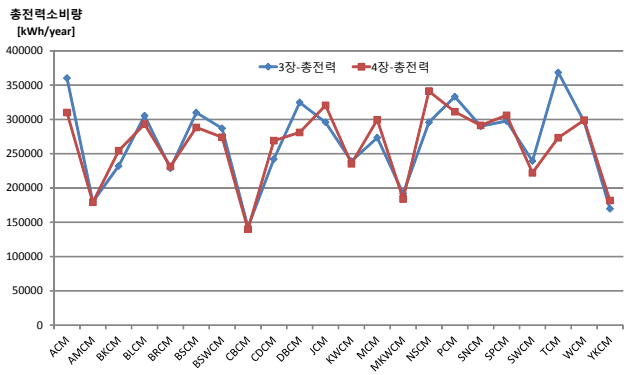

그림10. 총 전력소비량-3장 결과값과 회귀식 비교

끝으로 창원지역의 중학교를 대상으로 구한 본 회귀식의 타당성을 조사하기 위하여 기상조건에서 큰 차이가 있는 강원도 춘천 소재 중학교 2개교에 대한 건축 연면적, 교실 수 및 바닥면적을 조사하여 각각 연간 전력소비량을 계산하기 위하여 바닥면적은 건폐율 35%로 하였고, 7차 교육과정 교실조견표를 근거로 하였고 교실 수는 37.5개실로 하였다.

이를 본 추정식으로 시뮬레이션 한 결과, 학교에 대한 연간 전력소비량은 각각 248,228kWh과 248,149kWh로 나타났으며, 실제 연간 전력소비량인 227,894kWh와 254,290kWh와 비교해보면, 각각 9.2%와 2.4%의 오차를 보이고 있는 것으로 나타났다.

본 회귀식과의 오차가 10% 이내에 속하므로 본 회귀식을 구한 방법과 지역적인 차이인 기상조건을 감안하게 되면 타 지역의 연간전력소비량을 예측하는 것도 가능할 것으로 판단된다.

V. 결론

현재 학교 건축물에서 사용되는 전력사용량은 한 개 또는 두 개의 전력적산계로 통합적으로 운영하여 전력사용량을 표시하고 있으나, 향후 에너지 절약적인 측면을 고려해 볼 때, 각 요소별 전력 사용량의 추정은 필요할 것으로 판단되며, 본 논문의 결론은 아래와 같이 정리할 수 있다.

(1) 냉방과 난방도일 등 일반인들의 계산하기 어려운 데이터를 제외하고 건축개요적인 요소를 변수로 하여 보다 편리한 추정식 도출이 필요할 것으로 사료된다.

(2) 창원시에 위치한 중학교를 대상으로 실제 전력 사용량을 근거로 하여 조명, 냉방 및 난방부하를 분류하여 계산된 평균비율은 조명전력사용량 20.7%, 냉방전력사용량 9.91%, 난방전력사용량 14.8%로 나타났고, 기타전력사용량은 54.5%로 예측할 수 있는 것으로 나타났다.

(3) 창원지역에 위치한 중학교를 개상으로 실제 전력 사용량을 토대로 한 각 요소별 추정 전력사용량과 회귀식을 토대로 구한 각 요소별 추정 전력사용량을 살펴보면, 냉방전력사용량의 경우 0.6%의 차이를 보이고 있고, 난방전력사용량의 경우 3.6%의 차이를 보이는 것으로 나타났다. 또한 조명전력사용량의 경우 거의 일치하는 것으로 나타났다.

(4) 창원지역에 위치한 중학교의 총 전력사용량과 실제 전력사용량과의 차이가 2.02%로 아주 낮게 나타났으므로, 본 논문에서 제시하고 있는 회귀식을 활용하여 각 요소별 전력소비량의 예측은 가능하다고 판단된다.

(5) 현재 학교 건축물에서의 효과적인 전력소비에 대한 로드맵을 통한 제어가 어려운 실정이었으나, 본 논문에서 발표한 용도별 전력소비량을 근거로 각 용도별 전력소비량에 대한 지표를 통하여 효율적인 전력관리를 유도할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 김태우, 이강국, 김호순, 홍원화, 학교 건축물 전력소비의 기온감응도에 관한 연구, 한국교육시설학회논문집, 제18권 제5호 통권 제84호, 2011.09

2. 박효석, 최정민, 조성우, 창원시 학교 건축물의 냉난방부하에 대한 전력소비량 추정에 관한 연구, 한국교육환경연구원 학술지, 제11권, 제2호, 2012, pp. 31～38

3. 김태우, 이강국, 홍원화, 교육 시설 기준 변화에 따른 학교 건축물의 에너지원 변화에 관한 연구, 한국생태환경건축학회논문집, 한국생태건축학회, Vol.10, No.6, 2012, pp.73～80

4. 이상춘, 최영준, 최율, AHP방법을 이용한 노후학교 에너지 절감을 위한 요소기술의 우선순위 결정, 한국생태환경건축학회논문집, 한국생태건축학회, Vol.11, No.6, 2011, pp. 127～132

5. Santamouris M. Sfakianaki K., Predicted energy consumption of major types of buildings in European climates based on the application of EN 15251, 2009, pp. 76～110

6. Stefano Paolo Corgnati, Vincenzo Corrado, Marco Filippi, A method for heating consumption assessment in existing building : A field survey concerning 120 Italian schools, Energy and Buildings, Vol.40, Elsevier, 2008, pp. 801～809

7. Yael Valerie Perez, Isaac Guedi Capeluto, Climatic considerations in school building design in the hot-humid climate for reducing energy consumption, applied energy, Vol.86, 2006, pp. 340～348

8. http://cyber.kepco.co.kr/

9. 이학식, 임지훈, SPSS 16.0 매뉴얼, 법문사, 2010

10. 2011년도 에너지 총 조사보고서, 에너지경제연구원, 2011

11. 신·재생에너지 설비의 지원 등에 관한 기준, 지식경제부, 2012

(논문투고일 : 2013.06.21, 심사완료일 : 2013.08.02, 게재확정일 : 2013.08.20)