창원시 학교 건축물의 냉난방부하에 대한 전력 소비량 추정에 관한 연구

A Study on Prediction of Power Consumption Rate for Heating and Cooling load of School Building in Changwon City

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

Abstract

This study was carried out in order to establish the estimation equation for school power consumption using regression analysis based on collected power consumption for two years of weather data and schools are located in Central Changwon and Masan district in Changwon city. (1) The power consumption estimation equation for Heating and cooling is calculated using power consumption per unit volume, the difference between actual power consumption and results of estimation equations is 4.1%. (2) The power consumption estimation equation for heating load is showed 2.6% difference compared to actual power consumption in Central Changwon and is expressed 2.9% difference compared to that in Masan district. Therefore, the power consumption prediction for each school using the power consumption estimation equation is possible. (3) The power consumption estimation equation for cooling load is showed 8.0% difference compared to actual power consumption in Central Changwon and is expressed 2.9% compared to that in Masan district. As the power consumption estimation equation for cooling load is expressed difference compared to heating load, it needs to investigate influence for cooling load.

키워드 : 학교건축물, 설계난방도일, 설계냉방도일, 회귀방정식
Keywords : school, heating degree day of design, cooling degree day of design, regression equation

I. 서론

I-1. 연구의 필요성 및 목적

세계적으로 에너지 저감을 통한 화석연료의 사용 억제 및 이에 따른 이산화탄소 배출 억제는 세계적인 이슈이며 또한 국내의 경우도 기후변화협약의 실천에 대비하고자 많은 노력을 기울이고 있는 것이 현실이다. 국내의 에너지 총 조사 보고서에 따르면, 학교 건축물은 상업 공공부문의 공공서비스 업종에 포함되어 있으며, 2004년 상업공공부문 가운데 공공서비스업종은 전체 에너지 소비량의 20.2%를 점하였으나, 2010년에는 21.8%로 증가한 것으로 보고[1]되고 있다. 또한 2010년도 업종별 전력소비량의 평균은 1,371 TOE이며, 교육용의 경우 이보다 49.5%가 많은 2,050 TOE를 보이고 있다. 그러므로 학교 건축물의 경우에도 호텔이나 상업용 시설과 같이 에너지 다소비 건축물로 분류될 수 있는 여지를 충분히 가지고 있다고 판단된다.

정부에서는 학교 건축물의 쾌적한 환경 조성 및 에너지 소비 억제를 위하여 친환경건축물인증제도를

* 창원대학교 공과대학 건축공학과 대학원 박사과정
** 창원대학교 공과대학 건축공학과 교수
*** 창원대학교 공과대학 건축공학과 조교수(교신저자)
교신저자 : swcho@changwon.ac.kr, +82-55-213-3805

1) 에너지경제연구원, 2011년도 에너지 총 조사보고서, 지식경제부

학교건축물에 적용하고 있는 실정이다.

2012년 2월 대통령령 제 23640호[2]의 제 15조에 따르면 신축·증축 또는 개축하는 부분의 연면적이 1,000㎡ 이상인 건축물에 대하여 신·재생에너지 공급의무비율을 표 1과 같이 정하고 있다. 또한, 신·재생에너지 설비의 지원 등에 관한 기준[3]에서 "설치의무기관"이라함은 연면적 1천 제곱미터 이상의 건축물에 대하여 신·재생에너지를 이용하여 공급되는 에너지를 의무적으로 사용할 것을 명기하고 있다.

표1. 2010년부터 신·재생에너지 공급 의무비율

연도(년)	12	13	14	15	16	17	18	19	20
비율(%)	10	11	12	13	14	15	16	18	20

표 1의 신·재생에너지 공급의무비율을 살펴보면, 2010년~2012년까지는 학교 건축물에서 사용되는 전체 에너지 사용량의 10%를 정하고 있으나, 점차적으로 증가하여 2020년 이후에는 그 비율이 20%이상을 차지하여야 한다고 정하고 있다.

신축의 경우에는 공급의무비율을 만족시키기 위해서는 에너지 소비량의 예측을 위한 설계값을 적용하고 있으나, 증축 또는 5년마다 갱신하는 친환경건축물재인증에 대해서는 설계값이 아닌 실질적인 에너지 소비량을 적용시킬 필요성이 있다고 판단된다.

그러나 기존 연구의 경우에는 학교의 에너지 소비량을 근거로 단위면적, 교실당, 1인당 등의 에너지소비량을 분석한 연구가 대부분을 차지하고 있으므로, 대상지역에 대한 기상조건을 고려한 에너지 소비량에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

또한, 신·재생에너지 공급의무비율의 충족을 위하여 학교 건축물에 대한 전력에너지 소비량의 예측은 반드시 필요할 것으로 판단된다. 이에 본 연구에서는 창원시와 마산[4]에 위치하고 있는 학교건축물을 대상으로 2년간 수집된 전력소비량을 근거로 대상지역의 기상조건 및 학교의 건축적 요소를 고려하여 회귀분석을 통한 지역별 학교 전력소비량에 대한 추정식을 도출하는데 연구의 목적을 두고 있다.

I-2. 연구의 범위 및 방법

건축물에서 에너지 소비량은 대상지역의 기온과 밀접한 관계를 가지고 있으며, 학교 또한 예외일 수는 없다. 학교건축물의 특성상 소비되는 에너지의 대부분은 냉방과 난방 및 조명에 집중되어 있는 양상을 보이고 있다. 본 연구에서는 전체 학교에 대한 추정식의 도출은 각 지역마다 기상적인 조건이 다른 관계로 지역별 학교건축물에 대한 추정식을 도출하고자 하며, 연구범위와 절차는 아래와 같다.

- 2009년부터 2010년까지 2년간 대상지역의 기상데이터 수집 및 분석
- 대상 학교 건축물의 교실 수 및 체적 계산
- 지역이 다른 4개 학교 건축물에 대한 전력에너지 소비량 계산
- 조명과 관계되는 전력에너지 소비량 계산
- 회귀분석을 통한 추정식 도출

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.

김효중 외 4인[5]은 2008년도 한 해 동안 사용된 에너지 사용량을 토대로 전국 초등학교의 단위면적당 에너지 사용실태를 분석하였으며, 경남지역에 대해서는 66.7kWh/㎡로 보고하고 있다. 윤종호 외 4인[6]은 2008년도 한 해 동안 사용된 에너지 사용량을 토대로 전국 고등학교에 대하여 원 단위 에너지 사용량을 분석하였으며, 학급당, 학생 1인당, 학교 설립 유형별에 대하여 보고를 하고 있다.

김태우 외 2인[7]은 교실을 대상으로 에너지원의

2) 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 시행령, 2012.02.28., 대통령령 제 23640호

3) 신·재생에너지 설비의 지원 등에 관한 기준, 지식경제부 고시 제 2012-46호

4) 2010년 7월 1일 창원, 마산, 진해가 통합되어 통합창원시가 출범하였으므로, 본문에서 창원시는 구 창원을 의미함

5) 김효중, 윤종호, 신우철, 조진일, 최형주, 전국초등학교 교육시설의 단위면적당 에너지 사용실태 분석 연구, 춘계학술발표대회, Vol. 30, No.1, 한국태양에너지학회, 2010, p.55

6) 윤종호, 신우철, 조진일, 김효중, 이철성, 전국고등학교 시설의 에너지 사용실태 분석 연구, 한국태양에너지학회논문집, Vol. 30, No.4, 한국태양에너지학회, 2010, pp.55-62

7) 김태우, 이강국, 홍원화, 교육 시설 기준 변화에 따른 학교 건축물의 에너지원 변화에 관한 연구, 한국생태환경건축학회논문집, 한국생태건축학회, Vol.10, No.6, 2012,

변화분석을 통하여 에너지원 및 시설별에 대한 수용변화에 대한 에너지 소비변화특성에 대하여 발표하였으며, 이상춘 외 2인[8]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.

II-2. 국외

국외에서도 국내와 같이 학교 건축물에 대한 에너지 소비량을 추정하기 위하여 다양한 연구를 하고 있는 실정이다. B.Su[9]는 학교 건축물에 실내 난방에 대한 에너지 소비량에 초점을 맞추었으며, 이에 대한 변수로는 체적과 표면적의 비, 전체 벽면적과 전체 창면적에 대한 비, 북측벽과 북측창에 대한 면적비 및 건물체적과 전체 지붕면적과의 비를 선택하였으며, 그 결과를 발표하였다. 그리고 Santamouris M 외 1인[10]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 Umberto Desideri 외 1인[11]은 중부 이탈리아 지역의 고등학교를 대상으로 난방시스템(열원기기, 파이프의 단열정도, 제어값 조정 등)과 건축물 관련요소(외벽단열정도, 외부 창틀의 열적특성)를 조합하여 에너지 소비량을 분석한 결과에 대하여 적정에너지 소비량 지표가 모든 학교에 적용이 가능하다면 열에너지는 38%, 전력소비량은 46%까지 줄일 수 있다고 보고를 하고 있다.

또한, Yael Valerie Perez 외 1인[12]은 고온다습지역에서 학교건축물에 대하여 에너지 소비량에 영향을 미치는 요소를 조사하여 이를 활용하여 절약방안을 제시하고 있다.

III. 학교 건축물의 에너지 소비량 추정식 산출을 위한 이론적 고찰

학교 건축물에서 냉방과 난방 부하에 미치는 영향으로는 대상지역의 기상조건, 건축물 관련 요소 및 기계설비, 사용자 패턴 등을 들 수 있다.

국내에서 건축되고 있는 학교 건축물의 경우, 건축물 관련 요소 즉 외벽의 열관류율, 창호의 열적특성, 조명부하 및 벽체와 슬라브 두께는 국내 법적 기준에 맞추어 거의 일정하다고 판단할 수 있다.

본 논문에서는 학교 건축물에 대한 전력에너지 소비량의 추정식을 위한 기초적인 조사로서 대상지역의 기상조건에 따른 학교 건축물의 냉방과 난방부하를 예측해보고자 하며, 냉방기간은 6월부터 9월로 하고, 난방기간은 11월부터 3월까지로 하였다.

III-1. 대상지역의 기상조건

대상지역으로는 동일한 창원시 속하나, 분지형태를 이루고 있는 창원시와 해안가에 접하고 있는 마산을 대상으로 기상조건을 파악하여 대상지역의 학교 건축물과의 관계를 파악하고자 하며, 대상고등학교의 위치는 그림 1과 같다.

---

pp. 73-80

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

9) B.Su, School design and energy efficient, World Academy of Science, Engineering and Technology, 60, 2011, pp. 585-586

10) 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

11) Umberto Desideri, Stefania Proietti, Analysis of energy consumption in the high schools of a province in central Italy, Energy and Buildings, Vol.34, Elsevier, 2002, pp. 1003-1016

12) 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

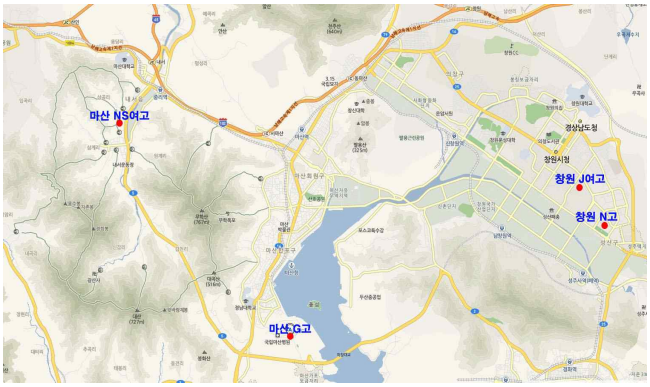

그림1. 대상고등학교 위치

창원시와 마산의 기상상태는 실질적으로 냉방과 난방부하에 영향을 미치는 시각과 학생이 학교에 거주하는 시각인 7:00시부터 20:00시까지에 대하여 온도분포를 조사하였으며, 난방기간에 대한 결과는 그림 2, 냉방기간에 대한 결과는 그림 3과 같다.

창원시와 마산의 기상조건의 변화패턴은 거의 일치하는 것으로 나타났으나, 난방기간 동안 창원시의 평균온도는 6.8℃, 마산은 7.5℃로 마산이 온도가 높은 것으로 나타났으며, 냉방기간 동안은 창원시가 25.7℃, 마산은 25.5℃로 창원시가 다소 높게 나타난 것을 볼 수 있다. 그러므로 창원시가 난방 기간 동안은 온도가 낮고, 냉방 기간 동안은 온도가 높은 관계로 지역에 따른 전력소비량은 차이가 나타날 것으로 판단된다.

본 논문에서는 마산과 창원의 기상데이터를 근거로 식(1)과 식(2)와 같이 냉방과 난방 기간 동안의 설계용 외기온도[13]를 기준으로 차를 구하여 일수별로 더한 값을 근거로 실제 전력소비량과의 회귀식을 통하여 추정식을 구하고자 한다.

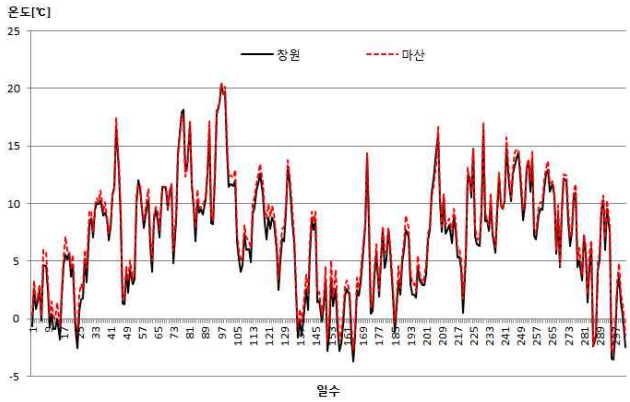

그림2. 대상지역의 기상상태-난방기간

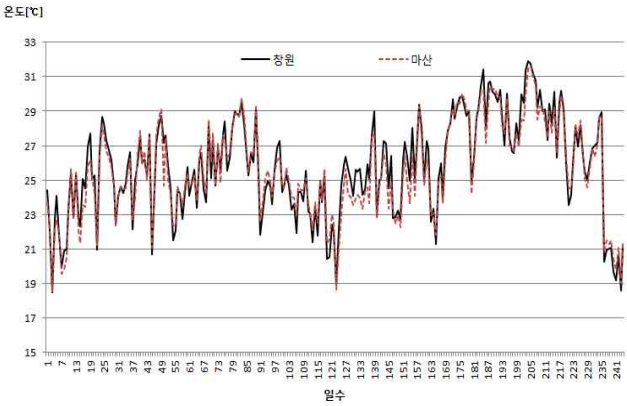

그림3. 대상지역의 기상상태-냉방기간

기존 냉난방도일과는 달리 실내설정온도가 아닌 설계용 외기온도를 기준으로 한 것은, 대부분의 학교가 중앙집중식이 아니라 개별방식으로 냉·난방기를 이용하고 있으므로, 외기온도를 기준으로 하는 것이 보다 타당성이 있다고 판단하였으며, 그 결과는 그림 3과 그림 4와 같다.

$$HDD = \sum(\text{외기온도} - (-5.3)) \times day \qquad (1)$$

$$CDD = \sum(30.7 - \text{외기온도}) \times day \qquad (2)$$

III-2. 각 학교별 전력에너지 소비량

지역별에 따른 학교별 에너지 소비량을 추정하기 위해서 먼저 각각의 대상지역에 위치한 학교를 대상으로 전력소비량을 조사할 필요가 있다.

13) 창원시에 대한 기준이 없는 관계로 부산을 기준으로 하였으며, 난방시 설계기준온도 -5.3℃, 냉방시 설계기준온도 30.7℃를 기준으로 하였고, HDD(설계난방도일)는 Heating Degree Day of Design, CDD(설계냉방도일)는 Cooling Degree Day of Design를 의미함

표2. 지역별 고등학교 전력소비량

(단위 : kWh)

지역	창원	마산	창원	마산
학교명	N고	G고	J여고	NS여고
학생수	1,180	1,036	1,159	1,084
학급수	41	30	38	31
연면적	13,466	11,701	11,636	13,011
준공년	97년	71년	98년	03년
2009.03	38,557	67,234	44,161	31,018
2009.04	34,576	58,776	42,476	36,144
2009.05	26,754	37,694	36,414	28,094
2009.06	42,681	47,592	51,016	40,003
2009.07	63,411	70,718	58,115	44,388
2009.08	44,097	43,872	45,979	36,238
2009.09	66,784	69,422	67,799	48,946
2009.10	30,878	37,699	38,783	33,739
2009.11	34,668	53,035	43,193	33,300
2009.12	53,229	75,643	57,367	47,030
2010.01	45,646	68,856	49,075	43,711
2010.02	35,715	47,064	38,030	38,923
계	516,996	677,605	572,408	461,534
2010.03	41,470	57,802	48,265	35,878
2010.04	44,672	60,163	50,958	39,492
2010.05	32,894	44,650	37,238	31,442
2010.06	45,404	49,982	58,885	36,648
2010.07	61,799	69,125	59,213	43445
2010.08	64,966	55,464	59,321	43452
2010.09	90,075	95,558	84,179	60,480
2010.10	31,869	39,826	39,517	30,175
2010.11	38,261	54,226	47,783	36,713
2010.12	48,231	67,680	55,404	47,851
2011.01	47,826	70,536	57,582	48,082
2011.02	33,130	45,931	45,954	38,102
계	580,597	710,943	644,299	491,760

이에 본 연구에서는 마산과 창원시에 위치한 고등학교를 각각 고등학교 2개교를 선정하여 2009년과 2010년의 전력소비량에 대한 데이터를 수집하였다.

본 논문에서는 냉방과 난방에 대한 전력소비량을 구하고자 하는데 목적을 두고 있으므로, 표 2에서 언급된 전력소비량에는 조명 및 기타전력과도 관계된 전력소비량도 포함되어 있으므로 조명 및 기타에 소비되는 전력소비량을 제외시킬 필요가 있다.

조명 전력소비량은 친환경 건축물에서 정하고 있는 기준조도인 300lx를 기준[14]으로 하였으며, 대상 학교의 점등시간을 조사한 결과, 전등 점등시간 14시간으로 하였고, 학급수를 대상으로 하였다.

기타 소비전력은 각 학교에서 냉·난방기를 가동하지 않는 5월과 10월의 전력사용량에서 조명에너지 사용량을 뺀 부분을 기타 사용전력으로 가정하였다.

학교 전력소비량 가운데 조명전력과 기타 전력소비량을 제외한 학교 전력소비량은 표 3과 같다.

표3. 조명부하를 제외한 전력에너지 소비량

(단위 : kWh)

	지역	창원	마산	창원	마산
	교명 / 기간	N고	G고	J여고	NS여고
난방	200901	15,047	40,807	11,087	12,848
	200902	5,116	19,491	42	8,060
	200903	7,958	27,267	6,173	155
	200911	4,069	13,068	5,205	2,437
	200912	22,630	35,676	19,379	16,167
	201001	17,227	28,889	19,594	17,219
	201002	2,531	7,097	7,966	7,239
	201003	10,871	17,835	10,277	5,015
	201011	7,662	14,259	9,795	5,850
	201012	17,632	27,713	17,416	16,988
냉방	200906	12,082	7,625	13,028	9,140
	200907	32,812	30,751	20,127	13,525
	200908	13,498	3,905	7,991	5,375
	200909	36,185	29,455	29,811	18,083
	201006	14,805	10,015	20,897	5,785
	201007	31,200	29,158	21,225	12,582
	201008	34,367	15,497	21,333	12,589
	201009	59,476	55,591	46,191	29,617

냉방과 난방기간 중, 조사 대상 학교 건축물에서 전체 전력소비량 가운데 조명전력에너지소비량은 난방 기간 동안은 16.5%이고, 냉방 기간 동안은 13.7%로 나타났으며, 냉방과 난방 기간의 평균값은 15.1%이다. 이 결과는 2011년도 에너지 총 조사보고서의 교육 서비스업에서 조명이 차지하는 비율인 19.8%비교하여 다소 차이를 보이는 것으로 나타났으나, 이는 교실이외의 조명은 제외하였고, 학교 외관 및 특수학급에 사용되는 조명설비도 제외된 것이 차이를 나타내는 원인으로 판단된다.

III-3. 학교 교실의 실 체적과 냉난방전력에너지 소비량과의 관계

난방과 냉방은 실질적으로 공기온도를 상승 또는 하강시켜 실내온도 유지에 목적을 두고 있다. 그러므로 냉방과 난방에 관계되는 많은 요소 가운데 실 체적은 중요한 요인이라고 할 수 있다. 기존 연구에서 발표하고 있는 단위면적당 전력소비량은 건축연

14) 2010.10.1.부터 시행되는 친환경건축물 개정인증기준 해설서의 학교세부항목인 3.1.3 조명에너지에 따르면 학교의 표준 조도를 400lx이상 확보하여야 하나, 본 논문에서 대상건축물은 2010년도 이전에 건설되었으므로 300lx를 기준으로 하여 계산하였음.

면적을 기준으로 하고 있으나, 실질적으로 전력소비가 빈번하게 일어나는 장소는 학급이므로, 학급을 대상으로 유럽에서 에너지 소비 등급에 활용되고 있는 prEN 15603[15]을 근거로 학급당 단위 실체적을 중심으로 냉방과 난방에너지에 소비되는 전력소비량에 대한 추정식을 구하고자 한다.

표4. 실체적당 난방과 냉방부하

(단위 : kWh/㎥)

	지역	창원	마산	창원	마산
	실체적[㎥]	7,472	5,468	6,926	5,650
	교명 / 기간	N고	G고	J여고	NS 여고
난방	200901	2.01	7.46	1.60	2.27
	200902	0.68	3.56	0.01	1.43
	200903	1.07	4.99	0.89	0.03
	200911	0.54	2.39	0.75	0.43
	200912	3.03	6.53	2.80	2.86
	201001	2.31	5.28	2.83	3.05
	201002	0.34	1.30	1.15	1.28
	201003	1.45	3.26	1.48	0.89
	201011	1.03	2.61	1.41	1.04
	201012	2.36	5.07	2.51	3.01
냉방	200906	1.62	1.39	1.88	1.62
	200907	4.39	5.62	2.91	2.39
	200908	1.81	0.71	1.15	0.95
	200909	4.84	5.39	4.30	3.20
	201006	1.98	1.83	3.02	1.02
	201007	4.18	5.33	3.06	2.23
	201008	4.60	2.83	3.08	2.23
	201009	7.96	10.17	6.67	5.24

또한 교실의 크기는 지역에 상관없이 거의 일정한 크기 및 실체적으로 가지므로, 이를 대상으로 관계를 조사하고자 하며, 대상학교의 실체적에 대한 난방과 냉방부하를 정리하면 표 4와 같다.

전체 전력소비량은 G고, J고, N고, NS고의 순으로 높게 나온 반면, 실 체적당 전력에너지 소비량을 살펴보면 G고, N고, J고 NS고의 순서로 나타난 것으로 조사되었다. 동일지역에 위치하고 실체적인 작은 J여고는 3.26kWh/㎥로 실체적인 큰 N고교의 3.92kWh/㎥보다 20.2% 전력소비량이 많은 것으로 나타났고, 실체적이 작은 G고는 4.16kWh/㎥인 것과 비교하여 실체적인 큰 NS고는 2.09kWh/㎥로 매우 큰 차이가 나타나는 것으로 조사되었다.

전체 전력소비량과 실체적당 전력에너지소비량 및 연면적과 학급수를 고려한 각 학교별 특징은 표 5와 같다. 각 요소를 살펴보면 가장 변화가 작은 요소가 학급수와 실체적당 전력소비량을 나타내는 요소인 것과 비교하여 연면적과 전력소비량의 관계를 살펴보면 순서에 큰 변화가 있다는 것을 보여주고 있다.

그러므로 연면적보다는 학급수에 따른 전력소비량에서 비슷한 양상을 보이고 있으므로, 학급수를 토대로 한 실체적당 전력소비량을 근거로 지역별 에너지 소비량을 추정하는 것은 타당하다고 판단된다.

표5. 각 요소에 대한 학교별 특징

요소	소	-------->		대
연면적	J고	G고	NS고	N고
전력소비량	NS고	N고	J고	G고
학급수	G고	NS고	J고	N고
전력에너지 소비량/실체적	NS고	J고	N고	G고

IV. 지역별 학교 전력에너지소비량 추정식 산출

실체적당 에너지 소비량이 연면적 및 학급수를 고려한 에너지 소비량의 추정식보다 적절한 요소로서 나타났으므로, 이를 근거로 창원시와 마산에 대한 에너지 소비량에 대한 추정식을 산출하고자 한다.

IV-1. 난방용 전력에너지 소비량 추정식

1) 창원

난방용 전력에너지 소비량에 대한 추정식은 3장에서 언급한 학급수를 고려한 실체적당 난방전력소비량을 활용하였고, 이를 식(1)의 설계난방도일(HDD)과의 단순회귀식을 통하여 구하였으며, 이에 대한 결과는 표 6과 같이 나타났다.

단순회귀식은 신뢰수준 95%이고, 유의수준 p값은 0.05가 된다. 난방부하에 대한 회귀계수는 (-)의 값으로 나타났으며, t=-3.019이고, p값은 0.007(<0.05)이므로, 유의하다고 할 수 있다.

표6. 창원시 난방용 전력소비량 회귀분석 결과

모형	비표준화계수		표준화계수	t	유의 확률
	B	표준오차	베타		
상수	3.471	0.670		5.182	.000
도일	-.005	0.002	-.580	-3.019	.007

그러므로 설계난방도일은 난방용 전력소비량에 영

15) Stefano Paolo Corgnati et. al 2, A method for heating consumption assement in existing buildings : A field survey concerning 120 Italian schools, Energy and Buildings, Vol. 40, pp.801-809, 2008

향을 미치는 것으로 해석할 수 있다. 회귀계수가 (-) 값을 가진다는 것은 설계난방도일이 낮을수록 난방용 전력소비량이 커진다는 것을 의미한다. 창원시의 난방용 전력소비량과 설계난방도일과의 관계는 식(3)과 같다.

$$Y_H = 3.471 - 0.005 \times HDD \quad (3)$$

여기서, Y_H=난방용 전력에너지소비량[kWh]
HDD=설계난방도일

창원시 2개교에 대한 추정식의 결과값과 실제 전력사용량과의 차이에 대한 결과는 그림 4와 같다.

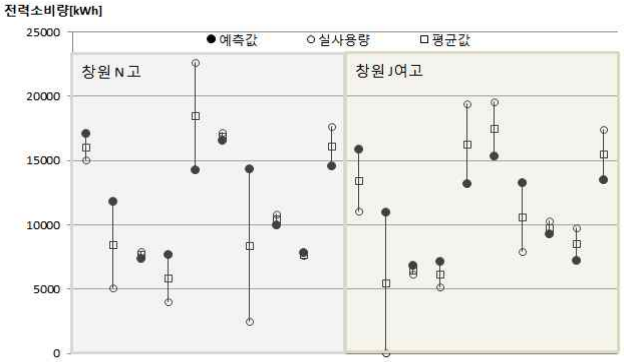

그림4. 창원시 추정식과 실제 전력소비량과의 차이 (난방용 전력 소비량)

추정식의 결과값과 실제 전력소비량과의 차이를 살펴보면, 평균값을 기준으로 창원 N고의 경우, 많은 차이를 보이고 있는 경우는 3개소이고, 창원 J여고의 경우에는 4개소로 나타났다. 그러나 평균값을 살펴보면, 추정식에서는 11,729kWh이고, 실제 전력소비량은 10,883kWh로, 실제전력소비량에 대한 추정식 결과값과의 차이는 7.8%로 나타났다.

2) 마산

창원시와 동일한 방법으로 단순회귀식을 통하여 마산지역에 위치한 고등학교의 난방용 전력소비량에 대한 회귀분석에 대한 결과는 표 7과 같다. 난방부하에 대한 회귀계수는 (-)의 값으로 나타났으며, t=-2.223이고, p값은 0.039(<0.05)이므로, 유의하다고 할 수 있으며, 회귀식은 식(4)와 같으며, 회귀식과 실측값의 비교는 그림 5와 같다.

마산에 위치한 2개교에 대한 추정식의 결과값과 실제 전력사용량과의 차이에 대한 결과는 그림 3과 같다. 추정식의 결과값과 실제 전력소비량과의 차이를 살펴보면, 평균값을 기준으로 마산 G고의 경우, 큰 차이를 나타내고 있는 경우는 1개소이고, 마산 NS여고의 경우는 거의 일치하는 것으로 나타났다.

표7. 창원시 난방용 전력소비량 회귀분석 결과

모형	비표준화계수		표준화계수	t	유의 확률
	B	표준오차	베타		
상수	6.852	1.809		3.787	.001
도일	-.010	.005	-.464	-2.223	.039

$$Y_H = 6.852 - 0.010 \times HDD \quad (4)$$

여기서, Y_H=난방용 전력에너지소비량[kWh]
HDD=설계난방도일

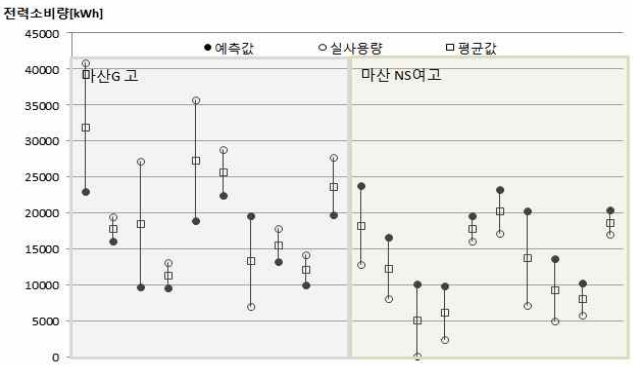

그림5. 마산 추정식과 실제 전력소비량과의 차이 (난방용 전력 소비량)

평균값을 살펴보면, 회귀식에서는 16,537kWh이고, 실제 전력소비량은 16,204kWh로, 실제전력소비량에 대한 추정식 결과값과의 차이는 2.1%로 나타났다.

난방용 전력소비량에 대한 추정식은 창원시의 경우 실제 전력사용량과의 차이가 7.7%, 마산의 경우에는 2.1%이며, 평균 4.9%로 나타났다. 그러므로 추정식을 통한 학교별 전력소비량 예측식을 활용하여 추정하는 것은 가능할 것으로 판단된다.

IV-2. 냉방용 전력에너지 소비량 추정식

1) 창원

냉방용 전력에너지 소비량에 대한 추정식은 난방용 전력에너지 소비량과 동일한 방법을 적용하였으며, 식(2)의 설계냉방도일(CDD)과의 단순회귀식을 통하여 구하였으며, 결과는 표 8과 같이 나타났다.

냉방부하에 대한 회귀계수는 (-)의 값으로 나타났으며, t=-2.569이고, p값은 상수의 경우 0.001(<0.05)이고, 도일의 경우 0.025(<0.05)이므로, 유의하다고 할 수 있으며, 회귀식은 식(5)와 같다.

창원시 2개교의 냉방용 전력에너지 소비량에 대한 추정식의 결과값과 실제 전력사용량과의 차이에 대한 결과는 그림 6과 같다.

표8. 창원시 냉방용 전력소비량 회귀분석 결과

모형	비표준화계수		표준화계수	t	유의
	B	표준오차	베타		확률
상수	7.661	1.654		4.632	.001
도일	-.033	.013	-.596	-2.569	.025

$$Y_C = 7.661 - 0.033 \times CDD \quad (5)$$

여기서, Y_H=냉방용 전력에너지소비량[kWh]

CDD=설계냉방도일

추정식의 결과값과 실제 전력소비량과의 차이를 살펴보면, 평균값을 기준으로 2개교 모두에서 차이가 다소 크게 나타난 것을 볼 수 있다. 특히, 차이가 크게 나타난 부분은 외기설계용 온도를 초과하는 경우가 하나의 원인으로 판단된다.

이러한 원인으로 인하여 냉방용 전력에너지 소비량에 대한 추정식과 실질 사용량에 대한 평균값을 살펴보면, 추정식에서 26,754kWh이고, 실제 전력소비량은 25,939kWh로, 실제전력소비량에 대한 추정식 결과값과의 차이는 3.1%로 난방용 전력에너지 소비량보다 차이가 큰 것으로 나타났다.

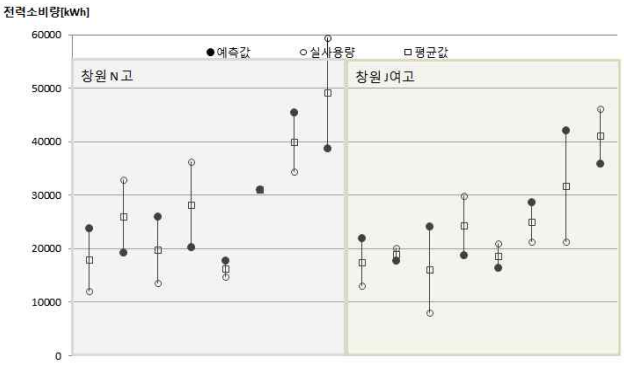

그림 6. 창원시 추정식과 실제 전력소비량과의 차이 (냉방용 전력 소비량)

2) 마산

마산지역에 위치한 학교건축물의 냉방용 전력소비량에 대한 회귀분석결과는 표 9와 같이 나타났다. 회귀계수는 (-)의 값으로 나타났으며, t=-3.012이고, 도일의 경우 p값은 0.015(<0.05)이므로, 유의하다고 할 수 있으며, 회귀식은 식(5)와 같다.

마산지역 2개교의 냉방용 전력에너지 소비량에 대한 추정식의 결과값과 실제 전력사용량과의 차이에 대한 결과는 그림 7과 같다.

표9. 마산 냉방용 전력소비량 회귀분석 결과

모형	비표준화계수		표준화계수	t	유의
	B	표준오차	베타		확률
상수	10.445	2.479		4.214	.002
도일	-.053	.018	-.709	-3.012	.015

$$Y_C = 10.445 - 0.053 \times CDD \quad (5)$$

여기서, Y_H=냉방용 전력에너지소비량[kWh]

CDD=설계냉방도일

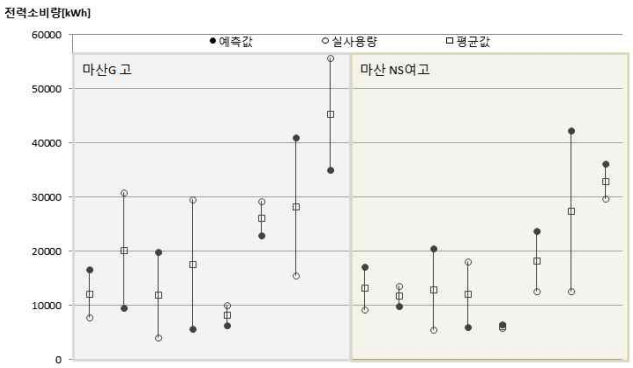

그림 7. 마산 추정식과 실제 전력소비량과의 차이 (냉방용 전력 소비량)

냉방에 소비되는 전력소비량에 대한 추정식과 실질 사용량을 살펴보면, 추정식에서 19,883 kWh, 실제 전력소비량은 18,043kWh로, 실제 전력소비량에 대한 추정식 결과값과의 차이는 10.2%로 나타났다.

V. 결론

학교 건축물에서 사용되는 전력소비량에 대한 예측은 향후 친환경건축물인증을 위하여 대체에너지 보급 및 에너지 저감을 위하여 필요한 요소라고 판단되어 본 연구에서는 창원과 마산에 위치한 학교를 대상으로 전력소비량에 대한 추정식을 도출하였으

며, 이에 따른 결과는 아래와 같다.

(1) 난방과 냉방용 전력소비량을 위한 추정식을 도출하기 위하여 실체적당 전력소비량을 대상으로 하였으며, 그 결과 난방에서는 4.9%, 냉방에서는 6.6%의 차이를 보이고 있는 것으로 나타났다.

(2) 난방용 전력소비량에 대한 추정식은 창원시의 경우 실제 전력사용량과의 차이가 7.7%, 마산의 경우에는 2.1%를 보이고 있으므로, 추정식을 통한 학교별 전력소비량 예측은 가능할 것으로 판단된다.

(3) 냉방용 전력소비량에 대한 추정식은 창원시의 경우 실제 전력사용량과의 차이가 3.1%, 마산의 경우에는 10.2%로 지역에 따른 차이가 나타남에 따라 냉방용 전력소비량의 경우 냉방에 미치는 요소에 대한 검토가 필요할 것으로 판단된다.

(4) 향후 학교건축물을 신축할 경우, 학급수에 따른 냉방과 난방 전력 소비량을 추정할 수 있으므로, 신재생에너지가 점하는 비율 및 에너지 절약 지침에도 활용이 가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 친환경건축물 개정인증기준 해설서, 국토해양부. 2011
2. 이학식, 임지훈, SPSS 16.0 매뉴얼, 법문사, 2010
3. 박창섭 외 5인, 건축환경계획, 보성각, 2005
4. 2011년도 에너지 총 조사보고서, 에너지경제연구원, 2011
5. 신·재생에너지 설비의 지원 등에 관한 기준, 지식경제부, 2012