



RESEARCH ARTICLE

사무용 건축물의 전력에너지 사용량 통계 및 영향 요인 분석을 통한 에너지 베이스라인 최적 선정

정연웅¹ · 김지영¹ · 김정욱^{2*}

¹상명대학교 일반대학원 에너지그리드학과 석사과정, ²상명대학교 전기전자컴퓨터공학부 전기공학과 교수

Optimal Selection of Energy Baseline Through Analysis of Electrical Energy Consumption Statistics and Influence Factors of Office Buildings

Jung, Yeon-Woong¹ · Kim, Ji-Young¹ · Kim, Jeong-Uk^{2*}

¹Master Course, Department of Energy-Grid, Graduate School, SangMyung University, Seoul, Korea

²Professor, Department of Electrical Engineering, SangMyung University, Seoul, Korea

*Corresponding author: Kim, Jeong-Uk, Tel: +82-2-781-7602, E-mail: jukim@smu.ac.kr

ABSTRACT

Recently, interest in energy consumption forecasting has increased due to the increase in interest in eco-friendly construction. Due to this, a number of energy analysis programs have been developed and used, but most programs have a high utilization rate in unit system design, but it is difficult to predict the overall energy consumption of a building. There is a problem in that the error is excessively high according to the vast amount of input information and input changes of various variables. Therefore, this study analyzes the electric energy baseline through mutual verification and analysis of the energy statistics data of 162 general buildings for business and the power energy use data of 5 case buildings in the “2017 Energy Consumption Survey” (Ministry of Trade, Industry and Energy). did The electric energy baseline analyzed in this study can be used as data to determine the appropriateness of energy use by making it possible to estimate the electric energy use of basic buildings used for heating and cooling, lighting, heat transfer, and transportation by area. Is judged.

주요어 : 건물 전력에너지, 전력에너지 사용량 증감요인, 빌딩전력에너지 분석, 에너지 베이스라인

Keywords: Building electric energy, Electric energy consumption increase and decrease factors, electric building energy analysis, electric baseline

서론

사무용 건축물의 에너지 관리는 실내 환경을 만족시키면서 에너지 사용을 최소화하는 업무로서 에너지의 효율적인 사용을 위해서는 건물의 규모와 운영되는 장비의 특성에 따라 적정한 에너지 사용량을 확인하여 비효율적인 요소를 찾아 에너지의 불합리한 운영 문제점을 개선하는 것이다. 그러나 건물의 에너지 분석 시 활용되는 EnergyPlus 및 TRANSYS 등 에너지 분석 툴 및 이와 유사한 프로그램은 건물의 전력에너지 사용량을 예측하기에는 막대한 데이

OPEN ACCESS

Journal of KIAEBS 2020 December, 14(6): 601-612
<https://doi.org/10.22696/jkiaeb.20200051>

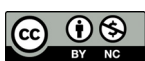
pISSN : 1976-6483
eISSN : 2586-0666

Received: October 7, 2020

Revised: December 15, 2020

Accepted: December 15, 2020

© 2020 Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

터 양과 입력 시 약간의 변수 오차에 의해서도 결과 값이 전혀 예상하지 못하는 결과를 가지게 되는 문제는 가지고 있다(Seo et al., 2013). 또한 이러한 시뮬레이션 프로그램은 실행에 있어서 고도의 숙련이 필요하고 방대한 변수의 선택을 위해 시간이 너무 많이 소요되는 문제점을 가지고 있다(Park et al., 2009). 이러한 문제점의 해결하기 위한 다른 방법으로 운영중인 건축물의 에너지 사용량에 영향을 주는 환경정보 및 설비정보의 실시간 계측에 의한 에너지 분석은 과도한 비용의 발생으로 활용에 어려움이 있는 현실이다. 이러한 이유로 에너지 운영 관리 시 과거년도의 에너지 사용량을 기준으로 절감 여부를 판단하거나 특정 기기의 에너지 효율만을 비교하여 에너지 사용에 대한 절감여부의 판단 기준으로 사용하고 있는 실정이다.

사무용 건물의 에너지 사용량은 건축시기, 장비의 특성 및 운영환경에 따라 에너지 사용량이 차이가 발생할 수 있지만 냉난방, 조명, 전열, 수송에 사용되는 기초 에너지는 예외적 사용량인 전산실 및 과전력소모 상업시설의 에너지 소모량이 영향을 배제하면 동일면적 건물에서 단위면적당 비교 시 그 차이가 많지 않으며 그 차이는 건물의 에너지 효율로서 볼 수 있다.

사무용 건물 에너지 운영자는 운영중인 건물의 에너지 사용량과 에너지 베이스라인과의 오차에 따라서 에너지가 효율적으로 운영되고 있는지 판단하는 기준으로 활용 가능하며 원인으로 장비 노후화 및 운영 문제점을 분석하여 에너지의 효율적 운영 관리와 분석에 활용될 수 있을 것이다. 따라서 본 연구는 “2017년도 에너지총조사보고서”(MOTIE, 2018) 통계 자료 중에서 업무용 일반빌딩 162개의 대상으로 분석하고 이에 대한 검증은 위하여 일반빌딩의 연면적과 예외적 사용량 사례조사 데이터를 반영하여 전력에너지 베이스라인을 도출하고자 한다.

선행연구 고찰

에너지 베이스라인 선정을 위한 통계적 데이터 분석은 “전력 다소비 시설물의 전력원단위 분석과 평가”(Kim and Jang, 2002)에서 2001년 상용빌딩의 전력 사용량 원단위를 분석하여 상용빌딩의 경우 183.5 kWh/m² 공공빌딩의 경우 124.7 kWh/m²를 사용하는 것으로 건물의 평균 원단위 전력량을 제시하고 있으며, “에너지 원단위에 따른 건물의 에너지효율화 추세 분석 연구”(Jeong and Jeong, 2016)에서는 2013년 상업용빌딩의 전력에너지 원단위를 131.2 kWh/m²로 조사건물의 평균을 제시하고 있고 “대형 건물의 연간 전기에너지 사용총량 및 전력원단위 분석에 관한 연구”(Kim and Yu, 2009)도 7개 조사된 빌딩의 평균 전력원단위를 171 kWh/m²로 제시하고 있지만 에너지 사용량 분석시 건물운영의 기초적인 사용량 여부를 구분하지 않고 건물에서 사용되는 모든 에너지 사용량을 원단위 분석 데이터로 산출함으로써 에너지 사용 조건이 다른 건물과 비교하여 것으로 활용하기 어려운 문제점을 가지고 있다.

또한 에너지 분석 시 기후 및 건축 설비 정보 등 상세 정보에 의한 분석이 아닌 약식분석 방식으로 분석하는 방식으로 “비주거용 건물의 리모델링 계획 시 에너지 성능 향상을 위한 LT method의 적용방법에 관한 연구”(Lee and Byun, 2013)에서 LT method 의한 산출 기준을 제시하고 “사업초기단계의 건물 에너지 사용 영향 요인 및 비용 예측 시스템”(Seo et al., 2013)에서 사무소 건물과 병원 건물의 운영되는 냉난방 기기 및 입주율 등에 의한 분석사례를 통하여 건물 단위 면적당 에너지 요금 및 열량과 사용량을 통계 데이터의 기반으로 산출하여 사무소 건물과 병원 건물의 분석 사례를 예시 모델로서 제시하고 있지만 건물 전체적인 에너지 사

용량을 분석하여 건물간 에너지 과다 사용여부 판단을 하기 위한 방법으로는 복잡도가 너무 높아서 일반 건물의 에너지 담당자가 사용하기에는 어렵다고 할 수 있다.

기존 연구의 경우 통계정보에 에너지 원단위 분석 시 건물의 기초적인 에너지 사용량과 예외적 사용량을 구분하여 분석하지 않음으로써 기초적인 건물의 에너지 사용량을 분석하는 데는 한계를 가지고 있고 또한 건축 설비의 세부적인 장비의 특성과 효율을 반영하여 에너지를 정밀 예측하는 방법은 신축시는 에너지 사용량을 예측하는 데는 활용도가 도움이 될 수 있으나 운영 시 사무용 건물의 에너지 과다 여부 판단의 기준으로 사용할 수 있는 에너지 베이스라인으로 활용하기에는 한계가 있다.

산출기반 통계 개요

실적 기반 에너지 사용량 데이터 수집

이에 따라 본 연구에서는 통계데이터인 “2017년도 에너지총조사보고서”(MOTIE, 2018)와 실측 데이터인 건축물 준공 후 3년이상 운영되어 에너지 사용량이 안정화된 5개빌딩의 에너지 사용량 데이터를 분석하여 건축물의 연간 에너지 소비량을 기반으로 건물 규모별로 예측 및 검증하였다. 본 연구에서 사용하는 산업통상자원부의 에너지 조사는 1981년부터 에너지법에 따라 3년마다 조사하고 있으며 본 연구에서 활용하는 데이터는 에너지 이용 합리화법에 의한 연간 2,000toe 이상 사용하는 에너지다소비 건물을 대상으로 조사된 자료로서 2016년 01월 01일부터 해당년 12월 31일까지 1년간 사용된 에너지 데이터를 대상으로 하고 있다.

상업용 건축물 종류는 통계용으로 분류 시 제1종근린생활시설, 제2종근린생활시설, 판매시설, 업무시설, 기타로 분류되며 업무시설은 공공업무시설과 일반업무시설로 분류하고 있다(KOSTAT, 2016). 조사된 빌딩은 업무시설 빌딩이 212개 조사되었고 그 중 일반빌딩이 162개, 공공빌딩이 50개로 연면적별로 Table 1과 같이 조사되었다(MOTIE, 2018).

Table 1. Number of buildings by area of large buildings

Category	Business (General building + Public building)	General building	Public building
10,000 m ² or less	2	2	-
10,000~15,000 m ²	2	2	-
15,001~20,000 m ²	-	-	-
20,001~25,000 m ²	3	1	2
25,001~30,000 m ²	5	5	-
30,001~35,000 m ²	2	2	-
35,001~40,000 m ²	8	6	2
40,001~45,000 m ²	5	4	1
45,001~50,000 m ²	12	11	1
50,001~100,000 m ²	101	78	23
100,001~200,000 m ²	57	42	15
200,001 m ² or more	15	9	6
Sum	212	162	50

건축연도별 건물수로 Table 2 보면 일반빌딩의 경우 2001년 이후 자동화 시스템이 본격적으로 도입된 시기 이후에 건축된 건물이 95동으로 전체의 58.6%을 차지하고 있다.

Table 2. Number of buildings by construction year

Construction year	Business (General building + Public building)	General building	Public building
1970 Previous	3	1	2
1971 ~ 1975	2	1	1
1976 ~ 1980	5	4	1
1981 ~ 1985	10	8	2
1986 ~ 1990	18	11	7
1991 ~ 1995	20	15	5
1996 ~ 2000	33	27	6
2001 ~ 2005	37	29	8
2006 ~ 2010	28	24	4
2011 after	56	42	14
Sum	212	162	50

Table 3에서와 같이 조사된 일반빌딩의 건물의 월별 에너지 사용량을 toe로 환산 시 여름인 7월에 9.2% 8월에 10%을 사용하고 있으며 겨울인 12월에 9.3% 1월에 10.7% 2월에 9.5%를 사용하고 있다.

Table 3. General building monthly energy consumption (unit toe/company)

Category	Unit	January	February	March	April	May	June	July	August
Oil subtotal	l/m ²	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
Indoor kerosene	l/m ²								
Boiler kerosene	l/m ²								
Diesel	l/m ²	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
B - A	l/m ²								
B - C	l/m ²								
Propane	kg/m ²	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
butane	kg/m ²								
City gas	Nm ³ /m ²	4.67	4.15	3.47	2.72	2.94	3.50	4.03	4.38
Electric subtotal	kWh/m ²	13.04	11.60	9.69	7.60	8.21	9.79	11.26	12.24
General electric	kWh/m ²	12.47	11.09	7.27	7.27	7.85	9.36	10.77	11.71
Late night electric	kWh/m ²	0.57	0.50	0.33	0.33	0.36	0.43	0.49	0.53
Electric generation	kWh/m ²	0.27	0.24	0.16	0.16	0.17	0.20	0.23	0.25
District heating	Nm ³ /m ²	1.49	1.32	1.11	0.87	0.94	1.12	1.28	1.40
Category	Unit	September	October	November	December	Conversion factor	Total energy usage	Ratio (%)	
Oil subtotal	l/m ²	0.02	0.02	0.02	0.03	0.00010	0.30	0.00	
Indoor kerosene	l/m ²					0.00010			
Boiler kerosene	l/m ²					0.00010			
Diesel	l/m ²	0.02	0.02	0.02	0.03	0.00012	0.30	0.00	
B - A	l/m ²					0.00010			
B - C	l/m ²					0.00010			
Propane	kg/m ²	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00010	0.10	0.00	
butane	kg/m ²					0.00010			
City gas	Nm ³ /m ²	3.55	2.94	3.21	4.03	0.00007	43.60	0.24	
Electric subtotal	kWh/m ²	9.92	8.20	8.97	11.27	0.00047	121.80	0.68	
General electric	kWh/m ²	9.49	7.85	8.58	10.78	0.00047	116.50	0.65	
Late night electric	kWh/m ²	0.43	0.36	0.39	0.49	0.00047	5.30	0.03	
Electric generation	kWh/m ²	0.20	0.17	0.18	0.23	0.00047	2.50	0.01	
District heating	Nm ³ /m ²	1.13	0.94	1.02	1.29	0.00007	13.90	0.08	

연면적별 에너지 소비량 분석을 위한 데이터는 전체 대형건물 중 일반빌딩을 대상으로 조사하였으며, 10,000 m² 이상 50,000 m²이하의 건물 연면적 규모별 에너지 사용량을 5,000 m² 단위로 50,000 m²까지 조사되었고, 50,000 m²에서 10,000 m² 구간의 조사 데이터는 단일 구간으로 조사되었지만 5,000 m² 단위로 세분화하여 면적에 따른 변화추이를 분석할 수 있도록 하였다. 이에 따라 분석한 일반빌딩의 평균 에너지사용량 데이터 값은 Table 4와 같다.

Table 4. Energy consumption application rate and heat amount per unit area by gross floor area (Mcal/m²)

Category	General building				
	Statistics survey usage	Contrast ratio	Compensation ratio	Application rate (Basic usage)	Calories used (Excluding exception usage)
Average	696.1				
10,000 m ² or less	1,940.6	-			
10,000-15,000 m ²	696.1	100%	64%	65%	452.5
15,000-20,000 m ²	550.0	79%	80%	63%	347.7
20,000-25,000 m ²	457.1	66%	120%	79%	360.2
25,000-30,000 m ²	485.3	70%	130%	91%	439.8
30,000-35,000 m ²	392.7	56%	150%	85%	332.3
35,000-40,000 m ²	267.5	38%	170%	65%	174.8
40,000-45,000 m ²	276.1	40%	190%	75%	208.1
45,000-50,000 m ²	294.4	42%	210%	89%	261.5
50,000-55,000 m ²		38%	220%	84%	158.7
55,000-60,000 m ²		36%	220%	79%	150.3
60,000-65,000 m ²		33%	220%	73%	137.8
65,000-70,000 m ²		30%	220%	66%	125.3
70,000-75,000 m ²	189.8	27%	220%	60%	113.9
75,000-80,000 m ²		26%	220%	57%	108.6
80,000-85,000 m ²		25%	220%	55%	104.4
85,000-90,000 m ²		24%	220%	53%	100.2
90,000-100,000 m ²		22%	220%	48%	91.9
100,000-200,000 m ²	154.8				134.3
200,000 m ² or more	130.1				97.3

통계 데이터 분석에서 10,000 m² 이하 건물은 단위면적당 에너지 사용량은 평균보다 2.78 배 이상 높아서 표본에 문제가 있는 것으로 보고 제외하였으며 5개 사례빌딩의 면적과 연관성이 높은 10,000 m²이상 100,000 m²이하 구간의 에너지사용량을 분석하였다.

Table 5의 사례조사 빌딩은 전문회사에서 운영하는 업무용 일반빌딩으로 에너지 사용관련 조건이 임대차 계약의 합리적인 범위에서 운영되고 있고 일반 관리비에 포함할 수 없는 에너지 사용의 경우 실비정산으로 청구하여 사용량을 분석할 수 있는 빌딩으로 업무용 사무실 공간을 95%이상 포함한 건물을 조사하였으며 전기 에너지 사용량 분석을 위하여 냉방, 난방, 조명, 전열, 수송 등의 에너지 기본 에너지 사용량과 예외적 사용에너지인 전산실 및 과전력 소모 상업시설의 에너지 사용량 등을 산출하고 그 결과값에 근접하도록 Table 4의 기준 값을 변경하면서 사례 빌딩의 데이터와 상호 검증 작업을 수행하였다. 사례 빌딩 데이터의 오류 여

부 확인을 위하여 입주 업체별 실비 정산 내역 중에서 전기요금 추가 청구 내역 확인 및 예외적인 에너지 사용량을 제외하여 에너지 베이스라인에 영향을 주지 않도록 하였다. 5개의 사례 빌딩은 전문회사가 운영관리하는 상업용 임대 빌딩으로 실내환경의 최적화를 하고 있었으며 이로 인하여 불합리한 에너지의 저감이나 과다 사용이 발생하지 않는 것으로 확인하였다.

Table 6은 Table 4와 Table 5의 상호 검증 및 표준운영조건을 확인할 수 있는 5개 사례빌딩의 데이터와 비교분석을 통하여 연면적 규모에 따른 에너지 베이스라인을 설정하여 데이터의 합리성 여부를 검증하였다.

Table 5. Case study building energy use per year

Category	Total Area (m ²)	Annual electricity consumption	Exception electricity consumption	Electricity consumption excluding exceptions
G1 Building	12,826	2,837,689	1,839,600	998,089
H Building	20,701	3,149,264	1,039,257	2,110,007
N1 Building	29,752	4,825,706	1,461,434	3,364,272
P Building	59,500	7,583,832	3,033,533	4,550,299
N Building	75,253	9,948,799	3,979,520	5,969,279

Table 6. Energy consumption per unit area by gross floor area

Category	Energy source	Unit	General building	Category	Energy source	Unit	General building
Average	Oil	l/m ²	0.30	35,000-40,000 m ²	Oil	l/m ²	0.20
	City gas	Nm ³ /m ²	43.60		City gas	Nm ³ /m ²	28.48
	Electric	kWh/m ²	121.80		Electric	kWh/m ²	79.57
	District heating	Nm ³ /m ²	13.90		District heating	Nm ³ /m ²	9.08
10,000 m ² or less	Oil	l/m ²	40,000-45,000 m ²	Oil	l/m ²	0.23	
	City gas	Nm ³ /m ²		City gas	Nm ³ /m ²	32.86	
	Electric	kWh/m ²		Electric	kWh/m ²	91.79	
	District heating	Nm ³ /m ²		District heating	Nm ³ /m ²	10.48	
10,000-15,000 m ²	Oil	l/m ²	45,000-50,000 m ²	Oil	l/m ²	0.27	
	City gas	Nm ³ /m ²		City gas	Nm ³ /m ²	38.72	
	Electric	kWh/m ²		Electric	kWh/m ²	108.18	
	District heating	Nm ³ /m ²		District heating	Nm ³ /m ²	12.35	
15,000-20,000 m ²	Oil	l/m ²	50,000-100,000 m ²	Oil	l/m ²	0.18	
	City gas	Nm ³ /m ²		City gas	Nm ³ /m ²	26.15	
	Electric	kWh/m ²		Electric	kWh/m ²	73.06	
	District heating	Nm ³ /m ²		District heating	Nm ³ /m ²	8.34	
20,000-25,000 m ²	Oil	l/m ²	100,000-200,000 m ²	Oil	l/m ²	0.26	
	City gas	Nm ³ /m ²		City gas	Nm ³ /m ²	37.81	
	Electric	kWh/m ²		Electric	kWh/m ²	105.64	
	District heating	Nm ³ /m ²		District heating	Nm ³ /m ²	12.06	
25,000-30,000 m ²	Oil	l/m ²	200,000 m ² or more	Oil	l/m ²	0.22	
	City gas	Nm ³ /m ²		City gas	Nm ³ /m ²	32.60	
	Electric	kWh/m ²		Electric	kWh/m ²	91.06	
	District heating	Nm ³ /m ²		District heating	Nm ³ /m ²	10.39	
30,000-35,000 m ²	Oil	l/m ²		Oil	l/m ²	0.25	
	City gas	Nm ³ /m ²		City gas	Nm ³ /m ²	36.89	
	Electric	kWh/m ²		Electric	kWh/m ²	103.07	
	District heating	Nm ³ /m ²		District heating	Nm ³ /m ²	11.76	

본 연구에서 분석한 에너지 사용량 예측 데이터를 검증한 결과 Figure 1처럼 총 에너지 사용량은 연면적이 작은 건물일수록 예외적 사용량 비율이 높은 것으로 분석되었으며 이는 건물의 규모가 커질수록 사무실 위주의 임차인이 주로 입주하고 또한 전체 건물에너지 사용량에 영향이 적은 것으로 예측할 수 있다.

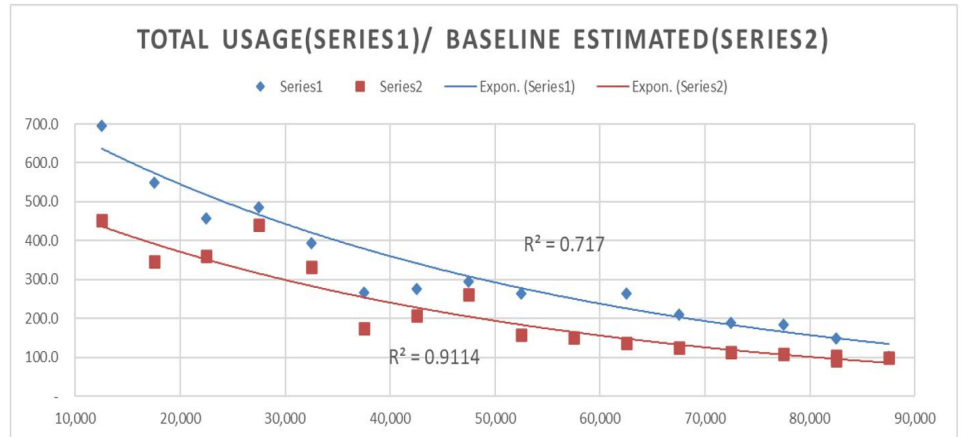


Figure 1. Comparison of the total energy consumption per unit area surveyed with the estimated amount excluding exceptional usage (Mcal/m²)

전력에너지 베이스라인 사용량은 Figure 2와 같이 연면적 27,500 m²에서 110 kWh/m²로 높게 나타났고 Figure 3의 40,000 m²에서 80 kWh/m²로 낮은 사용량을 보이고 있고 Figure 4에서 연면적 55,000 m²에서 110 kWh/m²로 높은 단위 면적당 전력량을 나타내고 있다. 전력에너지 베이스라인 전체 평균은 92.26 kWh/m²로서 건물 기본 전력사용대상인 냉난방, 조명, 전열, 수송 등의 기본 전력 예측 시 활용 가능한 데이터로 보인다.

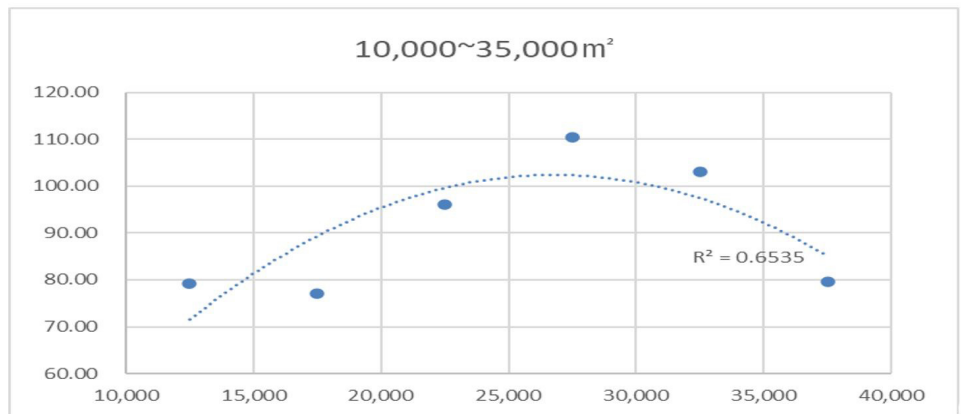


Figure 2. Electricity consumption per unit area (kWh/m²)

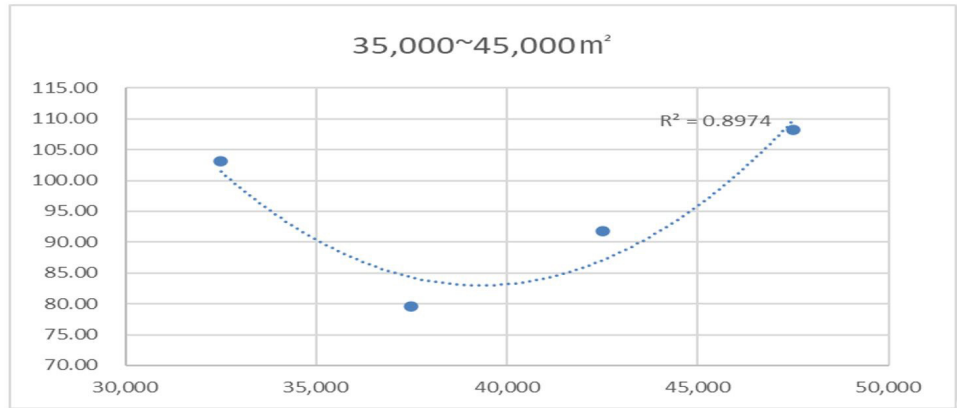


Figure 3. Electricity consumption per unit area (kWh/m²)

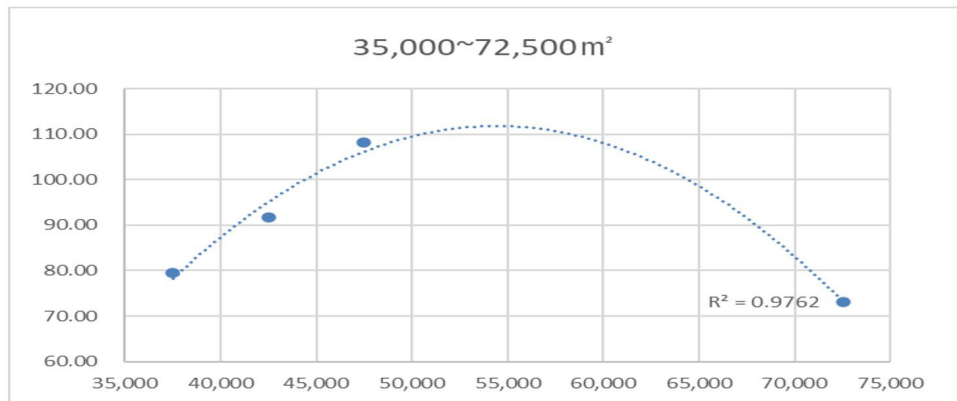


Figure 4. Electricity consumption per unit area (kWh/m²)

사례 빌딩 적용

G1 빌딩 사례

본 연구에서 예측한 기준데이터와 G1 빌딩의 조사된 데이터를 바탕으로 에너지 베이스라인과의 차이를 분석하였다. 선정된 상업용 업무빌딩은 중소기업의 연면적 12,826 m²의 빌딩으로 Table 7과 같이 예외적 사용에너지인 전산실 사용량이 1,839,600 kWh 사용하고 있는 것으로 확인되었으며 예측모델과의 정확도는 98.3%로 확인되었다.

Table 7. Annual electric energy consumption of G1 Building

Building information			Electricity consumption forecast information		
Total Area	12,826	m ²	Electricity consumption per unit area	79	KWH/m ²
Annual electricity consumption	2,837,689	kWh	Total floor space consumption conversion	1,015,434	kWh
Exception electricity consumption	1,839,600	kWh	Other Electricity Prediction	1,822,255	kWh
Electricity consumption excluding exceptions	998,089	kWh	Forecast rate (forecast/performance)	98.3	%

H 빌딩 사례

본 연구에서 예측한 기준데이터와 H 빌딩의 조사된 데이터를 바탕으로 에너지 베이스라인과의 차이를 분석하였다. 선정된 상업용 업무빌딩은 중소형의 연면적 20,701 m²의 빌딩으로 Table 8과 같이 예외적 사용에너지인 과전력소모 상업시설의 에너지 사용량이 1,039,257 kWh 사용하고 있는 것으로 확인되었으며 예측모델과의 정확도는 93.8%로 확인되었다.

Table 8. Annual electric energy consumption of H Building

Building information			Electricity consumption forecast information		
Total Area	20,701	m ²	Electricity consumption per unit area	96	KWH/m ²
Annual electricity consumption	3,149,264	kWh	Total floor space consumption conversion	1,986,824	kWh
Exception electricity consumption	1,039,257	kWh	Other Electricity Prediction	1,162,440	kWh
Electricity consumption excluding exceptions	2,110,007	kWh	Forecast rate (forecast/performance)	93.8	%

N1 빌딩 사례

본 연구에서 예측한 기준데이터와 N1 빌딩의 조사된 데이터를 바탕으로 에너지 베이스라인과의 차이를 분석하였다. 선정된 상업용 업무빌딩은 중형의 연면적 29,752 m²의 빌딩으로 Table 9와 같이 예외적 사용에너지인 과전력소모 상업시설의 에너지 사용량이 1,461,434 kWh 사용하고 있는 것으로 확인되었으며 예측모델과의 정확도는 97.6%로 확인되었다.

Table 9. Annual electric energy consumption of N1 Building

Building information			Electricity consumption forecast information		
Total Area	29,752	m ²	Electricity consumption per unit area	110	KWH/m ²
Annual electricity consumption	4,825,706	kWh	Total floor space consumption conversion	3,284,320	kWh
Exception electricity consumption	1,461,434	kWh	Other Electricity Prediction	1,541,386	kWh
Electricity consumption excluding exceptions	3,364,272	kWh	Forecast rate (forecast/performance)	97.6	%

P 빌딩 사례

본 연구에서 예측한 기준데이터와 P 빌딩의 조사된 데이터를 바탕으로 에너지 베이스라인과의 차이를 분석하였다. 선정된 상업용 업무빌딩은 중대형의 연면적 59,500 m²의 빌딩으로 Table 10과 같이 예외적 사용에너지인 전산실 및 과전력소모 상업시설의 에너지 사용량이 3,033,533 kWh 사용하고 있는 것으로 확인되었으며 예측모델과의 정확도는 95.3%로 확인되었다.

Table 10. Annual electric energy consumption of P Building

Building information			Electricity consumption forecast information		
Total Area	59,500	m ²	Electricity consumption per unit area	73	KWH/m ²
Annual electricity consumption	7,583,832	kWh	Total floor space consumption conversion	4,347,219	kWh
Exception electricity consumption	3,033,533	kWh	Other Electricity Prediction	3,236,613	kWh
Electricity consumption excluding exceptions	4,550,299	kWh	Forecast rate (forecast/performance)	95.3	%

N 빌딩 사례

본 연구에서 예측한 기준데이터와 N 빌딩의 조사된 데이터를 바탕으로 에너지 베이스라인과의 차이를 분석하였다. 선정된 상업용 업무빌딩은 대형의 연면적 75,253 m²의 빌딩으로 Table 11과 같이 예외적 사용에너지인 과전력소모 상업시설의 에너지 사용량이 3,979,520 kWh 사용하고 있는 것으로 확인되었으며 예측모델과의 정확도는 91.4%로 확인되었다.

Table 11. Annual electric energy consumption of N Building

Building information			Electricity consumption forecast information		
Total Area	75,253	m ²	Electricity consumption per unit area	73	kWh / m ²
Annual electricity consumption	9,948,799	kWh	Total floor space consumption conversion	5,498,173	kWh
Exception electricity consumption	3,979,520	kWh	Other Electricity Prediction	4,450,626	kWh
Electricity consumption excluding exceptions	5,969,279	kWh	Forecast rate (forecast/performance)	91.4	%

결론

본 연구에서는 “2017년도 에너지총조사보고서”(MOTIE, 2018)의 통계 정보를 이용하여 건물 규모별 에너지 사용량을 회귀분석하여 산출하고 실측 데이터인 건축물 준공 후 3년이상 운영되어 에너지 사용량이 안정화된 5개 빌딩의 에너지 사용 실적과의 오차를 분석하여 검증 작업을 하였다. 통계 자료의 에너지 사용량은 에너지 베이스라인보다 높게 나타나고 있으며 이는 예외적 사용에너지인 전산실 및 과전력소모 상업시설의 에너지 사용으로 인한 결과로서 검증되었으며 이를 통계 자료에 반영하여 에너지 베이스라인을 산출하였다.

본 연구는 사무용 건물의 전력에너지 베이스라인을 산출하여 에너지의 합리적인 의사결정이 가능하게 하기 위하여 수행되었다. 본 연구에서는 구축된 데이터를 활용하여 실제 건축물의 에너지 사용량과 통계 분석에 의한 예측 값을 비교분석 함으로써 오차율을 파악하고 타당성 및 실용성을 검증하였다. 본 연구의 주요 결론은 다음과 같다.

- (1) 본 연구는 공공기관에서 조사된 건축물 에너지 사용실태 조사보고서를 통해 업무용 일반 빌딩의 에너지원별, 연면적 별 기초 비교를 수행하고 운영중인 5개빌딩의 에너지 사용 실적과의 오차를 분석하여 통계 Data Base를 구축하였다. 그 결과, 전체에너지 사용량으로 보면 연면적이 커질수록 단위 에너지 사용량은 감소되는 것으로 확인되었지만 전력사용량은 단위 면적당 20,000-30,000 m²의 경우 전력 사용량이 110.39~103.07 kWh/m²부터 45,000-50,000 m²의 경우 108.18 kWh/m²으로 높게 사용되는 것으로 확인되었고 전체적인 평균은 92.26 kWh/m²로서 에너지 베이스라인으로 활용이 가능하다.
- (2) 본 연구에서 산출한 연면적별 전력에너지 베이스라인 데이터는 냉방, 난방, 조명, 전열, 수송 등을 기본사용량으로 보고 예외적 사용에너지인 전산실 및 과전력소모 상업시설의 에너지 사용량을 예외 사용량으로 구분하여 분석되었으며 이를 통하여 건물의 기본에너지 사용량인 전력에너지 베이스라인으로 활용이 가능하도록 하였다.
- (3) 통계정보의 회귀분석과 5개 사례 건물의 데이터를 상호검증한 결과, 2~9%의 오차율을 보였고 이에 따라 본 분석 데이터는 건물의 에너지 사용량 예측 및 운영단계에서 에너지의 사결정을 위한 신뢰성 있는 전력에너지 베이스라인으로 사용이 가능한 것으로 판단된다.
- (4) 기존 연구를 고찰한 결과 대부분의 연구는 건물의 예외적 에너지 사용량을 분석하지 않고 건축구조나 건축설비적인 대상에 대하여 분석 틀을 통한 건축설비 특성으로 에너지 분석을 결과를 도출하는 연구가 이루어져 건물의 에너지 기초사용량인 에너지 베이스라인 분석에 대한 연구가 미흡했던 것으로 확인되었다. 또한 기존의 에너지 분석 프로그램들은 발주기관 및 에너지 운영자 등 분석 프로그램 비전문가가 이용하기에는 어려움이 있으며 사무용 건물 운영자가 시간에 따른 운영 환경의 변화로 인하여 해당 분석틀을 이용하여 에너지 측면의 합리적인 의사결정이 어려운 것으로 파악되었다. 이에 따라 에너지 사용량을 추정하기 위한 베이스라인이 필요한 것으로 파악되었다.

본 연구의 에너지 베이스라인 데이터는 사무용 건축물의 전력에너지 사용량 통계 및 5개 사례 건물의 전력사용량이 반영된 결과물로서 면적규모 별로 건물의 에너지 사용량을 추정하기 위한 데이터이다. 그러나 적용된 비교 대상 건물수가 부족하여 추가 조사를 통하여 검증이 필요할 것으로 보이며 이로 인하여 미흡한 부분이 많을 것으로 사료된다.

이에 따라 향후 연구에서는 비교 분석 대상 건물 추가 외에도 건물의 주요 에너지원 중 하나인 가스 사용량 등의 종합적인 분석을 통하여 건물전체의 에너지 베이스라인 분석할 수 있도록 해야 하며 에너지 관리자가 필요에 따라 에너지원을 선택할 경우 최적 값을 찾을 수 있도록 알고리즘 연구가 필요하며 운영관리 단계에서 에너지 사용 영향요인 및 소요 비용의 효율적인 관리가 가능하도록 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

후기

본 연구는 2016년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 에너지인력양성사업으로 지원받아 수행한 인력양성 성과입니다(No. 20164030300230).

References

1. Jeong, Y.S., Jeong, H.K. (2016). Analysis and Long-term Change of Energy Intensity of Buildings. *Journal of The Architectural Institute of Korea Planning & Design*, 32(6), 97-104.
2. Kim, S.D., Yu, S.B., (2009). Recommended Practice for a Reasonable Power Density and Analysis of Power Consumption Capacity for a year in Large-scale Buildings. *Korean Institute Illuminating and Electrical Installation Engineers*, 23(6), 85-88.
3. Lee, S.B., Byun S.H. (2013). An application of LT method for Design-decisions to improve energy performance of non-domestic buildings during the early stage of Remodeling Process. *KIEAE Journal*, 3(4), 3-14.
4. Park, J.I., Kang, Y.S., Lim, B.C. (2009). Development of Simplified Building Energy Simulation Program for Building Energy Performance Analysis. *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, 21(1), 9-15.
5. Seo, J.Y., Lee, J.S., Jeon, J.Y. (2013). Evaluation Model of Building Energy Usage and Cost at Early Planning Phase. *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, 29(8), 69-76.
6. Kim, G.K., Jang, W.J. (2002). Analysis and Valuation of the Unit Cost of Electric Power Consumption in Largescale Power Consumption Facilities. *The Korean Institute of Illuminating and electrical Installation Engineers, Conference Papers*, 297-302.
7. Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE). (2018). 2017 Energy Consumption Survey.
8. Statistics Korea (KOSTAT) (2016). Statistics on Buildings, 2016 Regular Statistical Quality Assessment Result Report.