

사무소 건물의 에너지 소비 요소별 절감률 분석

Analysis of Saving Rates according to Energy Consumption Factors in Office Building

박병일(Byung-Il Park)^{1†}, 양인호(In-Ho Yang)²

¹동양미래대학교 건축과, ²동국대학교 건축공학과

¹Department of Architecture, Dongyang Mirae University, Seoul, 08221, Korea

²Department of Architecture, Dongguk University, Seoul, 04620, Korea

(Received January 7, 2016; revision received February 29, 2016; Accepted: March 3, 2016)

Abstract In this study, 21 energy reduction factors were selected as architecture, system & operation, and lighting and equipment parts to analyze reduction method of the load occurring in office buildings. Energy consumption simulation was performed. In the architecture part, saving rate (1.53%) of “occupant density” factor was the most efficient. In the system and operation part, saving rate (1.28%) of “interior VAV and exterior FPU type” factor was the most efficient. In case of lighting and equipment part, saving rate (12.42%) of “schedule” factor was the most efficient. In the three parts, saving rate of the lighting and equipment part was 27.32%. This was caused by the “schedule” factor. Saving rates of the architecture part and the system and operation part were 3.39% and 1.20%, respectively.

Key words Office building(사무소 건물), Energy reduction factor(에너지 절감 요소), Saving rate(절감률), Analysis(분석)

† Corresponding author, E-mail: bipark@dongyang.ac.kr

1. 서 론

사무소 건물 에너지 소비에 관한 에너지경제연구원에서 표본 조사한 2014년도 에너지 총조사 보고서에 따르면 2013년 기준 총 에너지 소비량 구성비가 산업 59.4%, 수송 20.1%, 가정 11% 그리고 상업·공공 부문이 9.5%로 나타났다. 사무소 건물의 경우, 상업·공공부문에 속해 있어 에너지 소비 비중이 상대적으로 작다고 할 수 있으나 Table 1에 나타난 것처럼 2010년에서 2013년 사이 에너지 소비 증가량을 보면 산업 다음으로 증가율(3.7%)이 높게 나타나 다른 여러 요인이 있음에도 불구하고 에너지 소비 절감을 위한 노력

이 계속되어야 함을 알 수 있다.

사무소 건물의 에너지 소비에 관한 ESC2014 자료(Fig. 1 참조)에 의하면 소비 패턴이 냉방 21%, 난방 20%, 사무기기&기타 22%, 조명 18% 그리고 동력 16% 순으로 나타나 급탕을 제외하고는 거의 고른 비율을 보이고 있는데 에너지 소비 절감 방안 강구를 위해서는 이러한 소비 패턴에 영향을 주는 요소들을 추출하고 이들 요소들을 특성별로 건축, 설비&운영 그리고 조명&기기 분야로 나누어 분석해볼 필요가 있다. 분

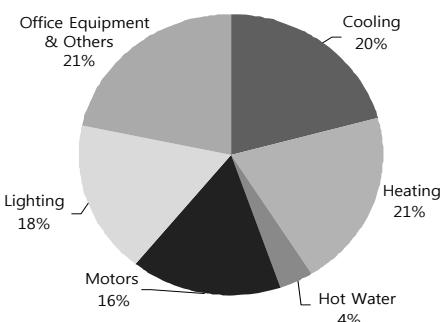


Fig. 1 The rate of energy consumption of general buildings(ECS 2014).

Table 1 The increase of energy consumption according to the parts*

	2010	2013	Increase
Industrial	103,017	118,991	5.2
Transport	41,900	40,281	-1.3
Family	21,924	22,110	0.3
Commercial&Public	17,071	18,965	3.7

Note) Unit : 1,000 toe, %.

석은 요소의 개별 값 변화가 사무소 건물 에너지 소비에 주는 변화 정도에 관한 것이며 더불어 적용한 개별 요소 값들 중 최적의 변화를 주는 값들을 분야별로 조합한 경우 어떠한 변화를 주는가에 관한 것인데 이러한 분석을 통해 궁극적으로 에너지 소비에 관련된 요소들의 개별 소비 절감 특성과 분야별 요소조합에 의한 소비 절감 특성을 알 수 있다. 이는 건물 설계 단계나 기존 건물의 운영 단계 또는 에너지 절감을 목적으로 한 리노베이션 단계에 있어 모든 에너지 절감 요소들을 동시에 적용하는 경우라면 모를까 우선적, 선택적 적용을 하는 경우라면 반드시 필요한 자료가 될 수 있다. 이를 위해 본 연구는 사무소 건물 에너지 소비에 관계되는 건축, 설비&운영 및 조명의 각각 분야에 대한 에너지 소비 요소들을 추출하여 요소 값 변화에 따른 에너지 소비 절감 특성을 알아보고자 한다.

2. 기존 논문 고찰

사무소 건물 에너지와 관련된 최근 십여 년간의 논문을 살펴보면 다음과 같다.

에너지 사용량 관련하여서는 실측보다는 시뮬레이션을 기초로 한 내용이 많았는데 예측 프로그램은 지속적으로 보완·발전되고 있는 상황이며 실제 값과의 오차는 점차 줄어들고 있는 상황이다. 에너지와 관련한 설계인자에 대하여서도 민감도 분석 툴을 이용하여 추출한 내용이 있었는데 본 논문에서도 일부 인용하였다. 또한 설계인자 간 교호작용에 대한 내용도 나와 있었다.

요소 관련하여서는 건축 부분의 창호 에너지효율등급, 창면적비 및 평면 장단비 등 개별 요소 변화에 따른 에너지 소비 패턴 등에 관한 내용이 있으며 설비&운영 부분은 본 논문에서 개별 요소로 다루었던 제어 방법 각각과 특정 설비 시스템의 특성에 따른 냉방 또는 난방의 전체 또는 부분 부하 특성에 관한 내용이 많았다.

결론적으로 사무소 건물 에너지와 관련한 대부분의 경우, 관련 요소들의 개별 특성과 그에 따른 부하 및 에너지 소비 특성 그리고 요소 간 개별 특성이 다른 요소에 미치는 영향 등의 내용이 주류를 이루고 있어 한편으로 요소들을 동시에 적용하여 상호 비교 및 조합에 의한 비교를 하여 그 특성을 분석해 볼 필요가 있다.

3. 사무소 건물 에너지 소비 관련 요소

3.1 에너지 소비 관련 요소 분석

건물 에너지 소비와 관계되는 요소를 알아보기 위

해서는 관계되는 부하를 검토해야 하는데 일반적 분류에 의한 실 부하, 시스템 부하, 플랜트 부하로 나누어서 정리해 볼 수 있다.

실 부하는 외주 부하와 내주 부하로 구분되고 외주 부하는 외피 전열 부하, 일사 부하, 침기 부하로 분류되고 내주 부하는 인체, 조명, 기기발열 부하를 포함한다. 외피 전열부하 관련 요소는 열관류율, 외피 면적 및 실내·외 온도차이다. 일사 부하는 주로 냉방부하로서 관련 요소는 표준일사량, 유리창 면적과 차폐계수 등이다. 인체 부하의 경우에는 재실자수가 관련 요소이고 조명 부하 관련 요소는 조명기구 효율, 조명제어 또는 스케줄제어 등이다. 기기부하는 효율이 관련 요소이다.

시스템 부하는 환기 부하, 송풍기 부하, 덕트 전열 부하 및 재열 부하를 포함하는데 실에서 발생하는 냉·난방 부하에 효율적으로 대응할 수 있는 공조시스템 계획, 환기를 위한 최소한의 외기 공급 또는 CO₂ 센서에 의한 외기도입량 제어 등이 요소라 할 수 있으며 송풍기 부하와 관련하여서는 VAV 시스템 적용 유무 또는 팬 효율 등이 요소라 할 수 있다. 외기도입 유무도 중요한 요소가 된다. 중간기 때 실내공기의 엔탈피와 외기의 엔탈피를 비교하여 외기의 엔탈피가 낮을 때에 최대한 많은 양의 외기를 도입하여 실내에 공급하여 냉방함으로써 냉방 에너지를 줄이는 엔탈피 제어도 한 요소이다.

플랜트 부하는 펌프부하, 배관에서의 전열부하를 포함하는데 펌프 효율과 VVW(Variable Water Volume) 방식 적용 등이 요소라 할 수 있고 폐열 회수도 한 요소이다.

3.2 절감 요소 추출

전술한 내용을 바탕으로 에너지 소비 절감 분석을 위해 추출한 요소는 ‘건축물 에너지절약설계기준’과 ‘건축물의 설비기준 등에 관한 규칙’에 제시된 기준, 에너지 구성요소와 관련한 논문 및 일반 사무소 건물들의 에너지 소비 특성을 참고로 하였으며 추출한 요소는 Table 2와 같다.

건물배치, 외피 전열부하와 관계되는 외벽 열용량, 열관류율, 창의 열관류율, 일사 부하와 관계되는 창면적비, 차폐계수 및 차양장치(루버), 단면높이(층고), 침기량, 온도설정 그리고 내주 부하와 관계되는 재실밀도, 조명스케줄, 조명발열, 기기발열 등이다. 시스템 부하에서 추출한 요소는 팬 효율, VAV 제어, 외기도입 제어, 야간 환기 등이다. 플랜트 부하에서는 열교환기의 열회수 효율을 관계 요소로 추출하였다.

이들 요소는 사무소 건물 에너지 절감 정도를 알아보기 위해 그 특성상 건축, 설비&운영 그리고 조명&

Table 2 Energy saving factors according to the parts

Part	Factor	Mark	Base model				Input data		
			North	East	West	South			
Architecture	Core	Core	0.27	0.24,	0.21				
	Wall	U-Value(W/m ² · K)	Wall_U						
		Heat capacity(kg/m ³)	Wall_HC	Medium	1121	Heavy	2082	Light	481
	Window	U-Value(W/m ² · K)	Win_U	2.1	1.8	1.5			
		Window-wall ratio(%)	Win_R	60	50	40			
		Shading coefficient	Win_SC	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
	Shade	Horizontal(m)	Shade_H	Non	0.3	0.6	0.9		
		Vertical(m)	Shade_V	Non	0.3	0.6	0.9		
		Floor height(m)	Floor_H	4.0	3.8	4.2	4.5		
		Infiltration(time/h)	Infilt.	1.0	0.5	1.5			
System and Operation	Occupant density(persons/m ³)	Occup_D	0.2	0.1					
	Type	Type	CAV+FCU	VAV+FCU	VAV+FPU	VAV+Convertor			
	Setting Temp.	Cooling/Heating(°C)	Setting Temp.	28~20	28~18	25~20	26~20	26~18	27~20
	Efficiency	Fan(%)	E_Fan	80	70	60			
		Heat recovery(%)	Heat_R	50	60	70			
	Control	VAV+FCU	Control	CAV+FCU	Proportional	Reverse-action			
		Night ventilation	Night Vent.	Non	Application				
		Outdoor air intake	OA_Intake	Fixed	Enthalpy				
	Lighting and Equipment	Schedule	L_Schedule	Always on	Lunch break off		Daylight		
		Heat from light(W/m ³)	Heat_L	25	20	30			
		Equipment heat(W/m ³)	Equip_H	20	15	25			

기기 분야로 구분하여 정리하였으며 건축 분야는 건물 배치, 외벽, 창호, 차양, 단면높이, 침기 및 재실밀도 등 열한 가지 요소로 하였고 설비&운영 분야는 공조 방식, 설정 온도, 팬 및 열 회수 효율, 제어 방식 및 외기 도입 등 일곱 가지 요소로 하였으며 조명&기기 분야는 스캐줄, 조명 발열 그리고 기기 발열의 세 가지 요소로 하였다.

4. 에너지 절감률 분석

4.1 모델 건물 및 시뮬레이션

앞 장에서 추출한 에너지 절감 요소에 따른 사무소 건물의 에너지 절감률 분석을 위해 모델 건물을 선정하고 시뮬레이션을 실시하였다. 모델 건물은 인천에 위치한 일반적인 사무소 건물로서 지상 18층, 지하 8층 크기이다. 구조는 철골 철근 콘크리트 구조로 이루어져 있고, 공조방식은 CAV와 FCU 방식으로 구성되며 시스템 관리는 자동제어와 수동제어로 이루어진

다. 건물 개요는 Table 3 및 Fig. 2와 같다.

시뮬레이션은 DOE-2.1E를 사용하였는데 LOADS 부분에는 건물의 위치, 구조체 구성 자재들의 특성, 재실, 침기 및 공조 설계조건 등을 입력하였고 SYSTEMS 부분에는 열원설비의 기동 및 정지 스케줄, 팬 스케줄, 존별 공조 및 제어조건, 공조방식 등을 입력하였으며 PLANTS 부분에는 열원기기의 종류(보일러, 냉동기, 냉각탑), 열원기기의 용량, 열원 종류 등을 입력하였다. 또한 모델 건물 입력 값은 기준층 평면도를 기준으로 건축 면적, 규모, 형태 등의 실제 값을 기초로 사용하였는데 벽체 열관류율, 창호 열관류율은 건축물 에너지절약설계기준(제2014-520호) 별표 1 “지역별 건축물 부위 열관류율표”에 제시된 값을 기준으로 가정하여 적용하였다. 나머지 부분별 데이터 입력 값은 건축, 설비&운영 및 조명 부분에서 추출한 절감 요소를 기준으로 하였는데 Table 2와 같으며 모델 건물의 열원기기 에너지원으로는 보일러는 가스, 냉동기는 전기 사용을 기준으로 하였다.

시뮬레이션을 위한 기본 모델은 법규에서 규정하고

Table 3 Model building

Component	Data
Location	37.26°N, 126.42°E
Building size	18 Ground floors, 8 Under floors
Structure	Steel-conc. composite structure
Building area(m ²)	1,043.8
Total floor area(m ²)	31,371.7
Floor height(m)	4
Ceiling height(m)	2.7
Perimeter zone depth (m)	3
Window	24 mm Color pairs
HVAC	CAV+FCU
Control	Automatic control using DDC

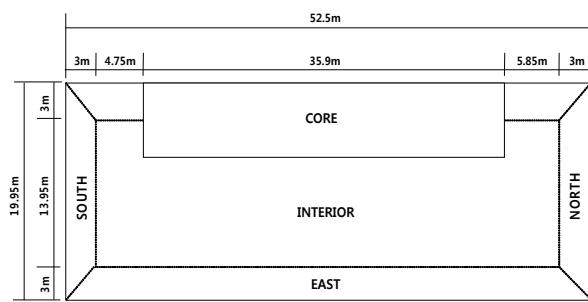


Fig. 2 Typical floor of model building.

있는 최소 기준 및 설계 시 일반적으로 적용되는 시스템 또는 값을 기본으로 하고 적용 가능한 데이터들을 단계적으로 변화시켜가며 시뮬레이션을 실시하였다. 모델 건물에 적용된 기본 값에 의한 에너지 소비량은 212.39 kWh/m² · y로 나타났다.

4.2 건축 부분 요소별 절감률

건축 부분의 11가지 절감 요소별 입력 값 변화에 따른 에너지 소비량을 분석한 결과 중, 소비량에 가장 큰 변화를 주는 입력 값을 요소별로 정리하여 이를 Table 4에 나타내었고 모델 건물의 기준 소비량 대비 절감률은 Fig. 3에 나타내었다.

코어 위치에 따른 에너지 절감률은 건물의 형태에 따라 변화하므로 최적 조건을 제시하기가 어렵지만 본 결과에 따르면 남향인 경우에 약 0.26%(0.56 kWh/m² · y) 정도로 나타났으며 장방형 평면 특성 상, 동향과 서향인 경우에는 기준 향인 북향보다 오히려 에너지를 더 소비하는 것으로 나타났다.

Table 4 Results_architecture

Mark (Factor)	Max saving input data	Energy consumption (kWh/m ² · y)		
		Electric	Gas	Total
Base model		181.48	30.90	212.39
Core	South	180.86 △ 0.62	30.97 △ 0.07	211.83 △ 0.56
Wall_U	0.21	181.47 △ 0.01	30.90 △ 0.00	212.38 △ 0.01
Wall_HC	Heavy	181.33 △ 0.16	30.85 △ 0.05	212.18 △ 0.21
Win_U	1.5	181.71 △ 0.22	30.97 △ 0.07	212.68 △ 0.14
Win_R	60	179.80 △ 1.68	30.21 △ 0.69	210.01 △ 2.38
Win_SC	0.8	192.29 △ 10.81	35.13 △ 4.23	227.43 △ 15.04
Shade_H	0.9	180.42 △ 1.07	30.38 △ 0.52	210.80 △ 1.59
Shade_V	0.9	180.76 △ 0.73	30.64 △ 0.26	211.40 △ 0.99
Floor_H	3.8	181.02 △ 0.46	30.69 △ 0.21	211.71 △ 0.67
Infilt.	0.5	180.81 △ 0.68	30.64 △ 0.27	211.44 △ 0.95
Occup_D	0.1	179.19 △ 2.29	29.95 △ 0.95	209.14 △ 3.24

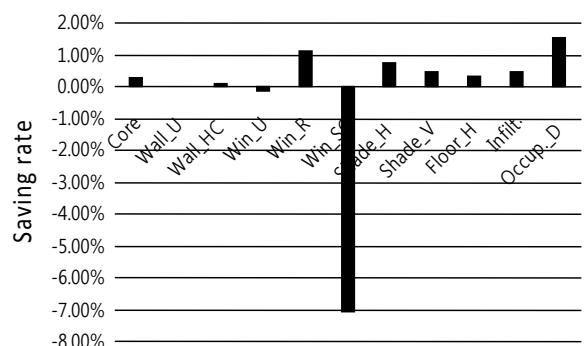


Fig. 3 Saving rate-architecture.

외벽의 경우, 열용량이나 열관류율 입력 값 변화에 따른 절감 정도가 미약하게 나타났다.

창호의 경우, 일반적으로 겨울철은 열관류율, 여름철은 차폐계수가 주 영향을 주는 요소인데 본 결과를 보면 열관류율 변화에 따른 절감 정도는 미약하게 나타났고 차폐계수의 경우, 모델 건물에 적용된 값이 애

너지 절감에 매우 유리한 값으로 판단하고 요소 값 변화에 따른 절감 특성을 알아보기 위해 불리한 값으로 비교하였다. 그 결과, 차폐계수를 0.8로 하면 냉방부하의 급증으로 인해 약 7.1%(15.04 kWh/m² · y) 정도 에너지 소비가 증가하는 것으로 나타나 모델 건물에 적용된 차폐계수가 에너지 절감에 매우 유리한 값이라는 해석과 더불어 차폐계수가 냉방부하로 인해 에너지 소비 절감에 매우 중요한 요소임을 알 수 있다. 창면적비는 40% 적용할 경우, 1.12%(2.38 kWh/m² · y)로 절감되었다.

차양은 수평 및 수직루버 길이가 0.9 m인 경우, 절감률이 각각 0.75%(1.59 kWh/m² · y), 0.46%(0.99 kWh/m² · y)로 나타나 수직 차양이 에너지 절감에 더 효율적으로 나타났다.

층고는 3.8 m인 경우, 절감률이 0.32%(0.67 kWh/m² · y)로 나타났고 침기량은 0.5회/h인 경우, 절감률이 0.44%(0.94 kWh/m² · y)로 나타났다.

재실밀도는 0.1인/m³인 경우, 1.53%(3.24 kWh/m² · y)로 절감효과가 크게 나타났다.

4.3 설비&운영 부분 요소별 절감률

설비&운영 부분의 일곱 가지 절감 요소별 입력 값 변화에 따른 결과 중 가장 크게 변화를 주는 입력 값을 요소별 정리한 자료는 Table 5와 같고 모델 건물의 기준 소비량 대비 절감률은 Fig. 4와 같다.

공조방식은 내주부 VAV와 외주부 FPU 방식인 경우, 1.28%(2.71 kWh/m² · y)로 절감되었는데 FPU 대신 Convector로 할 경우에는 오히려 에너지 소비가 증가하는 것으로 나타났다.

냉·난방 설정온도는 냉방 온도 28°C, 난방 온도를 2°C 낮춘 18°C 값을 적용한 경우, 0.28%(0.60 kWh/m² · y)로 절감된다고 나타났다. 그러나 냉·난방 설정온도 요소의 경우, 온도 변화에 따른 소비량 변화 추세를 추가로 확인하기 위해 냉·난방 온도를 각각 26°C, 20°C로 하였을 때 에너지 소비가 3.8%(8.01 kWh/m² · y) 증가하였으며 이는 건축 부분의 차폐계수 만큼이나 소비 절감에 큰 영향을 줄 수 있는 것으로 나타났다.

팬 효율은 모델 건물에 적용한 기준 값 80% 보다 낮은 70%를 적용할 경우, 2.75%(5.85 kWh/m² · y)의 에너지 소비가 증가하여 이 역시 에너지 소비 절감에 매우 중요한 요소라 할 수 있다.

야간 환기의 경우에는 적용하지 않을 때보다 적용할 때가 미미하나 증가하는 것으로 나타났는데 이는 냉방부하와 관계되는 전기에너지 소비량의 증가에 기인한 것으로 나타났다.

열 회수 효율은 값 변화에 따른 절감 정도가 미미한 것으로 나타났다.

Table 5 Results_system and operation

Mark (Factor)	Max saving input data	Energy consumption (kWh/m ² · y)		
		Electric	Gas	Total
Base model		181.48	30.90	212.39
Type	VAV+FPU	177.93 ▽ 3.55	31.74 △ 0.84	209.67 ▽ 2.71
Setting Temp.	28~18	181.41 ▽ 0.07	30.37 ▽ 0.53	211.78 ▽ 0.60
E_Fan	70	187.13 △ 5.65	31.10 △ 0.20	218.23 △ 5.85
Heat_R	70	181.47 ▽ 0.00	30.84 ▽ 0.06	212.33 ▽ 0.06
Control	Reverse -action	178.98 ▽ 2.51	31.12 △ 0.22	210.10 ▽ 2.29
Night Vent.	Application	182.80 △ 1.32	30.10 ▽ 0.81	212.90 △ 0.53
OA_ Intake	Enthalpy	181.19 ▽ 0.30	30.17 ▽ 0.73	211.36 ▽ 1.03

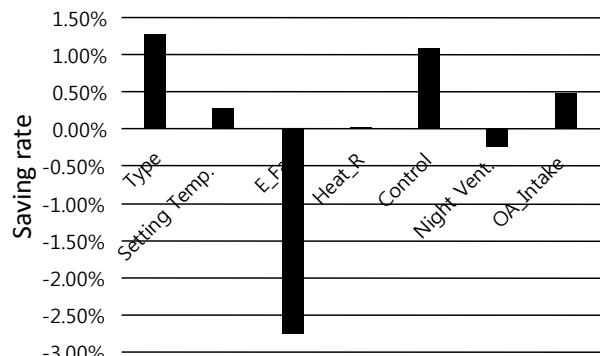


Fig. 4 Saving rate-systems and operation.

제어는 모델 건물에 적용한 CAV+ FCU가 아닌 VAV+ FCU를 기준한 경우, Proportional 적용이나 Reverse-action 적용의 두 경우 모두 비슷하나 Reverse-action 적용이 약간 더 절감하는 것으로 나타났는데 1.08%(2.29 kWh/m² · y)정도이다.

외기도입은 고정외기도입 제어에 비해 엔탈피 제어가 0.48%(1.03 kWh/m² · y)정도 더 절감하는 것으로 나타났다.

4.4 조명&기기 부분 요소별 절감률

조명&기기 부분의 절감 요소별 입력 값 변화에 따른 결과 중 가장 크게 변화를 주는 입력 값을 정리한 자료는 Table 6에 나타내었고 모델 건물의 기준 소비

Table 6 Results_lighting and equipment

Mark (Factor)	Max Saving Input Data	Energy consumption (kWh/m ² · y)		
		Electric	Gas	Total
Base model		181.48	30.90	212.39
L_Schedule	Daylight	155.74	30.27	186.01
		▽ 25.75	▽ 0.63	▽ 26.38
Heat_L	20	163.04	30.42	193.46
		▽ 18.44	▽ 0.48	▽ 18.93
Equip._H	15	164.45	30.44	194.89
		▽ 17.03	▽ 0.46	▽ 17.50

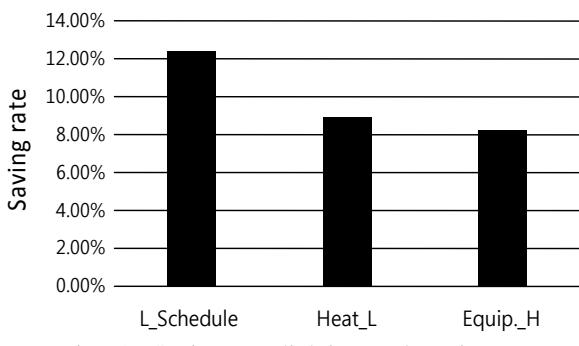


Fig. 5 Saving rate-lighting and equipment.

량 대비 절감률은 Fig. 5와 같다.

스케줄 요소의 자연채광을 사용한 경우가 모델 건물의 기준 값인 항상 ON 조건에 비해 12.4%(26.38 kWh/m² · y)정도 절감하는 것으로 나타나 다른 요소에 비해 매우 큰 절감률을 보이고 있다. 스케줄 요소 값을 점심시간 동안의 OFF 조건으로 하였을 때에는 4.0%(8.47 kWh/m² · y)의 절감효과가 나타났다. 조명 발열의 경우, 5 W/m²를 줄인 20 W/m²인 경우, 약 8.91%(18.93 kWh/m² · y)로 절감률이 매우 크게 나타났다. 기기 발열의 경우, 15 W/m²일 때 약 8.24%(17.50 kWh/m² · y) 절감 효과가 나타났다.

4.5 부분별 절감률 및 총 절감률

건축, 설비&운영 및 조명&기기의 부분별 에너지 절감 특성을 알아보기 위해 본 논문에서 적용한 요소별 입력 값 중 최적 값을 나타내는 요소들 조합에 따른 절감률은 Table 7과 Fig. 6과 같다. 모델건물의 요소별 기본 입력 값에 의한 에너지 소비량 212.39 kWh/m² · y와 비교하였을 때 건축 부분은 3.39%(7.20 kWh/m² · y)로 절감되었고 설비&운영 부분은 1.20%(2.47 kWh/m² · y)로 절감되어 절감 효과가 비교적 적게 나타났으나 조명&기기 부분의 경우, 27.32%(57.35 kWh/m² · y) 절감 효과가 나타났다.

Table 7 Results_parts

Part	Energy Consumption (kWh/m ² · y)		
	Electric	Gas	Total
Architecture	175.71	29.48	205.18
	▽ 5.78	▽ 1.42	▽ 7.20
System and Operation	179.19	30.73	209.92
	▽ 2.29	▽ 0.18	▽ 2.47
Lighting and Equipment	125.36	29.68	155.03
	▽ 56.12	▽ 1.23	▽ 57.35
Architecture+ System and Operation+ Lighting and Equipment	126.46	27.02	153.48
	▽ 55.02	▽ 3.88	▽ 58.90

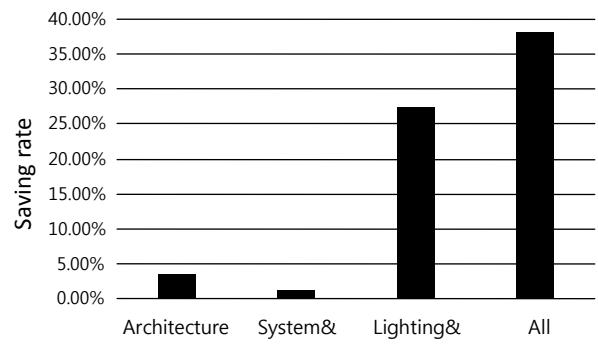


Fig. 6 Saving rate-each part.

m² · y)로 절감되었는데 이는 스케줄 요소 값은 자연채광 조건으로 적용한데 기인하였다고 볼 수 있으며 더불어 조명 및 기기 발열도 에너지 절감에 큰 영향을 주는 것으로 판단된다. 각 부분들의 절감 정도의 효과를 모두 적용한 총 에너지 절감은 37.99%(58.90 kWh/m² · y)로 나타났다.

5. 결론

본 연구는 일반 사무소 건물의 에너지 소비에 영향을 주는 요소들을 추출하고 추출한 개별 요소의 변화가 에너지 소비량 절감에 기여하는 정도의 상호 비교와 더불어 절감 특성을 알아보기로 하였다. 이를 위해 모델 건물을 선정하고 에너지 소비와 관련된 요소를 건축, 설비&운영 및 조명&기기 부분으로 나누어 시뮬레이션을 실행한 후 그 결과를 비교·분석하였다.

부분별 요소별 에너지 소비 절감 특성은 다음과 같다.
(1) 건축 부분의 요소별 입력 값 변화에 따른 절감률은 재설 밀도(1.53%), 창면적비 40% 적용(1.12%), 수평루버 차양 0.9 m 적용(0.75%), 수직루버 차양 0.9 m 적용(0.46%) 순으로 절감 영향이 큰 것으로 나타

났다. 창호의 차폐계수 요소는 입력 값 0.8 적용의 경우, 7.08% 정도 증가하는 것으로 나타났는데 이는 에너지 소비 절감에 매우 큰 영향을 주는 요소로 판단해야 한다.

건축 분야의 경우에는 요소별 변화에 대한 절감 변동성이 그리 크게 나타나지 않았는데 이는 모델 건물의 벽체와 창의 열관류율 요소 기본 값은 건축물 에너지절약설계기준에 제시된 값으로 가정하여 적용하였기 때문으로 판단된다.

- (2) 설비&운영 부분의 요소별 입력 값 변화에 따른 절감률은 내주부 VAV와 외주부 FPU의 공조방식 적용(1.28%), 제어의 Reverse-action을 사용한 VAV 방식 적용(1.08%), 외기 엔탈피 방식 적용(0.48%) 순으로 절감 영향이 큰 것으로 나타났다. 펜 효율 요소의 경우, 70%를 적용할 때 2.75%의 증가를 나타내어 에너지 소비 절감에 매우 큰 영향을 주는 요소로 판단해야 한다. 설비&운영 분야의 경우에도 요소변화에 대한 절감 변동성이 그리 크게 나타나지 않았다.
 - (3) 조명&기기 부분의 절감률은 스케줄 요소에 있어서 자연채광 적용의 경우, 12.41%로 나타났고 조명 발열 요소는 20 W/m^2 적용할 때 8.91%로 나타났다. 기기 발열 요소는 15 W/m^2 적용의 경우, 9.3%로 나타났다. 조명&기기 분야는 다른 분야에 비해 소비량 절감 효과가 더 크게 나타났지만 스케줄 요소 값 적용에 있어 자연채광 조건이 아닌 점심시간 OFF 조건 적용(4.0%)이 더 유의미할 것으로 판단되어 이 부분에 대한 보완 연구가 진행되어야 할 것이다. 또한 조명 및 기기 발열도 매우 중요한 요소로 나타났는데 이는 현재 국가 아젠더 또는 지자체의 에너지절약 가이드라인 등에 나타난 사무소 건물 조명의 LED로의 전환 흐름에 설득력을 더 실을 수 있을 것으로 보인다.
 - (4) 부분별 비교에 있어서는 조명&기기 분야의 절감률이 높게 나타나고 그 다음으로 건축, 설비&운영 부분 순으로 나타나는데 이는 모델 건물의 건축 부분의 요소 입력 값 중 벽체 및 창호 열관류율 값을 최적으로 가정하여 적용한 결과로 판단된다. 다만 조명&기기 부분에서 나타난 절감률 특성은 향후 조명&기기 부분의 에너지 절약에 대한 기대를 크게 가질 수 있을 것으로 판단된다.
- 본 연구는 건물 설계 단계, 건물 운영·관리 단계 그리고 기존 건물의 리노베이션 단계에서 에너지 절감을 위한 요소 적용의 우선순위 설정을 위한 기초자료로 제시하고자 하였다.

그리나 건축부분의 요소 적용에 있어서 건물 설계 값이 아닌 법규의 강화된 기준 값 적용과 그로 인해

에너지 소비 특성이 내부 발열요소에 의존되어지는 점, 요소별 입력 값의 제한된 적용 그리고 요소간의 상관 관계 분석 없이 기본 값 고정 후, 개별 요소만의 변화에 따른 결론 도출 등으로 인해 일반 사무소 건물로의 확대 해석에는 한계가 따르는 게 사실이다. 향후, 이에 대한 보완과 더 나아가 에너지 절감 요소별 변화에 따른 경제성 비교 분석이 추가되어진다면 설계자, 시공자 및 건물관리자에게 보다 더 유의미한 결과로 제시될 수 있을 것이다.

후 기

본 연구는 2013년도 동양미래대학교 교내 연구비 지원으로 수행되었습니다.

References

1. Kong, D. S., Jang, Y. S., and Huh, J. H., 2015, Selecting of the Energy Performance Diagnosis Items through the Sensitivity Analysis of Existing Buildings, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 27, No. 7, pp. 354-361.
2. Korea Energy Economics Institute, 2015, 2014 Energy Consumption Survey, the 12th Edition, pp. 121-123, 179-185, 640-641.
3. Choi, J. D., Choi, D. S., and Yun, G. Y., 2014, A Simulation Appraisal of Energy Performance in Office Building by Different Types of Air-Conditioning, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 8, pp. 612-620.
4. Xu, J., Kim, J. H., Hong, H. K., and Koo, J. M., 2014, Optimization of Building HVAC Loads Considering Interactions Between Building Design Factors, Proceeding of SAREK Summer Annual Conference, pp. 199-202.
5. Park, J. M., Kong, D. S., Jang, Y. S., and Huh, J. H., 2014, A Development of An End-use Disaggregation Analysis Model for Existing Office Building, Proceeding of SAREK Summer Annual Conference, pp. 195-198.
6. Seo, S. M., Park, J. C., and Rhee, E. K., 2011, An Analysis of Thermal Loads Depending on Korea Building Insulation Standard and the Optimum Insulation Standard, Journal of the Korean

- Solar Energy Society Vol. 31, No. 5, pp. 146-154.
7. Kim, W. S. and Kim, S. U., 2011, A Study on the Analysis of Energy Consumption Patterns According to the Variation of the Ratio of Lateral to Longitudinal Length in office building, Proceeding of the SAREK Summer Annual Conference, pp. 139-144.
8. Press Release(2011-02-17), 2011, Seoul Metropolitan Government Office.
9. Park, H. C. and Chung, M., 2009, Comparison of Energy Demand Characteristics for Hotel, Hospital and Office Buildings in Korea, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 10, pp. 553-557.