

업무용 건물의 에너지 부하 모델

박화춘*, 정 모**

*한국에너지기술연구원(hcpark@kier.re.kr), **영남대학교 공과대학 기계공학부(mchung@yu.ac.kr),

Building Energy Demand Models for Offices in Korea

Park, Hwa-Choon* Chung, Mo**

*Korea Inst Energy Research(hcpak@kier.re.kr),
**Dept. of Mechanical Eng, Yeungnam University(mchung@yu.ac.kr)

Abstract

Energy demands for offices in Korea are surveyed and analyzed to generate communicational models for simulations. Daily energy loads of 13 office buildings scattered in the 6 largest cities in the country are surveyed and analyzed based on energy consumption log sheets. Detailed hourly loads that are frequently required when a detailed operation simulation is performed are measured using remote data acquisition processes for 3 offices. The complete load demand models of electricity, cooling, heating and hot water are established by combining the daily and hourly patterns based on the statistical behavior of the hourly patterns..

Keywords : 업무용빌딩(Office Building), 건물부하(Energy Demand), 전기부하(Electricity Load), 냉방부하(Cooling Load), 난방부하(Heating Load), 급탕부하(Hot Water Load)

기 호 설 명

E : 에너지
H : 열
S : 급탕

대한 전기, 난방, 냉방, 급탕 등 에너지 부하를 계산하려면 우선 건물을 에너지 사용 특성에 따라 유형별로 분류한 후 각 유형에 대한 별로 개별 모델을 만들 필요가 있다. 본 연구는 국내 건물에너지 사용에 대한 종합적인 부하 모델 정립⁽¹⁾을 목표로 기획된 포괄적 연속 연구의 일환으로 수행된 것으로 저자 팀에 의해 이미 발표된 백화점^(2,3), 호텔⁽⁴⁾에 이은 연속 연구의 성격을 띤다. 따라서 연구에 대한

1. 서 론

다양한 유형의 건물들이 섞여 있는 단지에

접수일자 : 2009년 7월 27일, 심사일자 : 2009년 8월 10일, 게재확정일자 : 2009년 10월 15일
교신저자 : 정모(mchungr@yu.ac.kr)

배경이나 필요성, 자료 수집 및 분석 방법, 주요 관심 변수 등 많은 부분에 걸쳐 이미 발표된 내용과 중복되거나 유사한 부분이 많다. 이러한 점을 감안하여 본 논문에서는 전체적 내용을 이해하는데 필요한 개요와 차별화된 내용만 설명하고 상세한 정보가 필요한 독자들은 참고 문헌을 참조하도록 한다.

2. 에너지 사용량 조사 및 계측

에너지 소비량을 보다 정확하게 파악하도록 행정 감독 받고 있는 업무 빌딩을 선정하는 것이 안전할 것으로 판단하였다. 서울, 부산, 대구, 광주, 대전, 인천 등에 소재한 전기와 열의 이중 관리 대상 업체인 121개의 업무빌딩을 대상으로 소정의 양식에 의하여 에너지소비실태에 대해 설문조사를 실시하여 13개 업무빌딩으로부터 회신을 받았다. 업무빌딩의 개요를 살펴보면 평균 19층으로, 전용바닥면적은 34,753㎡임을 알 수 있다.

조사에 응한 업무 빌딩의 특징을 살펴 보면 전력의 경우 수전전압은 22.9kV이며, 계약 전력의 용량은 평균적으로 2,559kW 이고 비상용발전기의 용량은 675kW 정도이다. 전동식 냉동기의 평균 냉동마력은 820USRT이고, 흡수식 냉동기가 설치된 업무빌딩의 평균 냉동마력은 884USRT로서 흡수식 냉동기가 비교적 많이 보급되어 있음을 알 수 있다. 또한 난방 및 급탕을 위한 보일러의 용량은 9.3ton/h로서 호텔이나 병원의 경우에 비해 규모가 적음을 알 수 있었다. 냉난방의 시기를 살펴보면, 냉방의 경우 대개 6월초에 시작하여 9월말까지 실시되며, 아침 8시부터 냉방을 시작하여 퇴근시간이 임박한 저녁 6시까지 실시하는 것을 알 수 있으며, 난방의 경우 11월초에 시작하여 3월말까지 실시하며 아침 7시 30분부터 퇴근시간이 임박한 6시까지 난방을 하는 것으로 나타났다.

시간별 부하 모델 산출을 위해 에너지 사

용량을 약 4분 간격으로 계측하였다. 계측대상은 통계적 특성을 잘 반영할 수 있는 대표적 건물 3곳을 대상으로 실시되었다. 대형 업무빌딩의 경우 호텔이나 병원과 같은 업종과는 달리 비교적 에너지관리설비가 잘 갖추어져 있는 관계로 업체에서 계측한 자료를 기본으로 하여 부족한 부분을 온라인 계측 또는 현장계측을 통하여 보완하였다. 최근 대형빌딩의 경우 24시간 운용되는 컴퓨터와 보안시설이 갖추어져 있는 관계로 PT 또는 CT와 같은 계측기를 설치하는데 어려움이 많기 때문에 이러한 자료는 업체에서 계측한 자료와 현장계측에 의해 보완했으며, 연료사용량에 관한 것들은 업체의 자료와 온라인 계측에 의하여 자료를 획득하였다. 실질적인 여러 대상 건물에 대하여 에너지 사용 일지를 2년 분 정도 분석하여 사용한 것이며 신뢰성 있는 사이트를 선별하여 측정된 기간은 최소 1년 이상이다.

구체적인 계측 방법으로 샘플의 선정이나 기자재 설치 및 계측 스케줄 등은 호텔 등 다른 건물 유형과 직접 비교가 가능하도록 동일 또는 유사한 방법을 사용하였다. 또한 자료의 분석도 통일성을 유지하기 위해 호텔이나 백화점 병원 모델 개발 시 사용했던 방법과 같은 방법을 사용하였기 때문에 여기서는 중복 설명을 피하고 관심 있는 독자들은 참고 문헌⁽²⁻⁴⁾을 참조하기로 한다.

3. 조사 결과 및 호텔 부하 모델

3.1 월별 에너지 소비 특성

월별, 일별 에너지 부하 모델을 만들기 위하여 설문에 응답한 자료 중에서 냉방방식이 전적으로 전동식 냉동기에 의존하는 8개의 업무 빌딩을 1차 분석하여 신뢰할만한 데이터를 가진 5개 업무빌딩을 대상으로 하여 정밀 분석하였다.

그림 1은 업무빌딩에 대한 월별 에너지 소

비 조사 결과를 요약한 것이다. 전체 에너지의 61.6%가 전기로 사용되며 나머지 38.4%가 석유류나 가스 등의 연료로 소요됨을 알 수 있다. 이는 전기보다는 연료를 많이 사용하는 호텔이나 병원의 경우와 현격하게 다른 사용패턴을 가진 것을 알 수 있는데 이는 업무빌딩의 경우 밀폐된 건물이 많은 관계로 냉방부하가 다른 업종에 비해 상대적으로 많고, 조명과 컴퓨터와 같은 OA 기기의 보급에 의해 전기의 사용비율이 더욱 증가되었음을 알 수 있다. 전기는 여름철 냉방수요의 증가로 8월 중에 15.7Mcal/m²/월로 가장 많이 사용되며, 중간기인 4월 중에 8.6Mcal/m²/월로 가장 적게 소요됨을 알 수 있다.

연료는 난방기인 1월 중에 21.5Mcal/m²/월로 가장 많이 소요됨을 알 수 있다. 한편 5월부터 10월에 걸쳐 약간씩의 연료가 사용되나 이는 비상발전기의 경우사용량이나, 보일러의 예비운전을 위한 것으로 급탕부하로는 볼 수 없는 용량이기 때문에 업무빌딩의 경우 급탕은 없는 것으로 하였다.

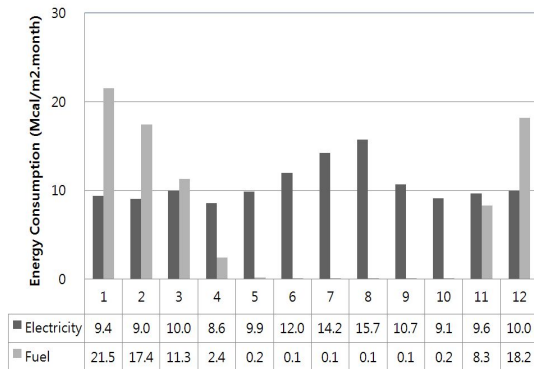


그림 1. 월별 단위 면적당 에너지소비 평균

3.2 일별 에너지 부하 모델

업무 빌딩 중에서 규모와 시설들을 고려하여 5개의 업무빌딩을 선정하여 일일 전기사용량과 연료사용량을 조사한 결과를 그림 2와 3에 나타내었다. 업무빌딩의 경우도 호텔

이나 병원의 경우와 마찬가지로 1주일을 주기로 에너지의 사용량이 주기적으로 변하는 것을 알 수 있다.

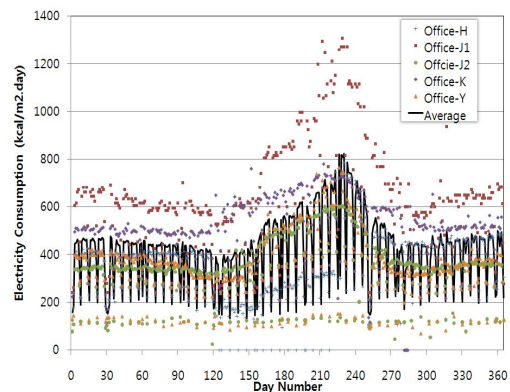


그림 2. 일별 단위 면적 당 전력 소비

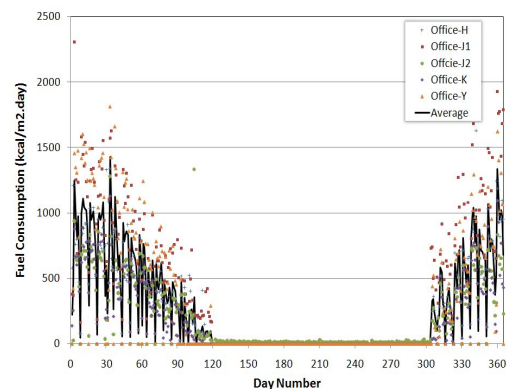
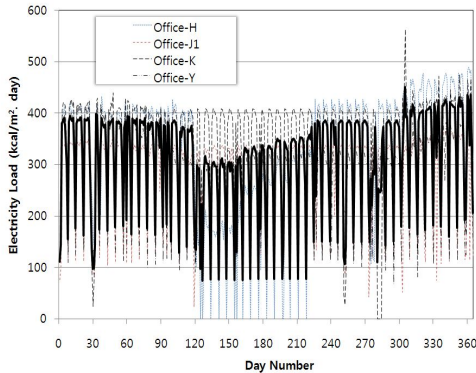
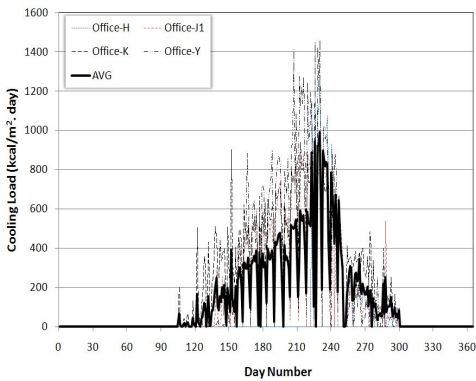


그림 3. 일별 단위 면적 당 연료 소비

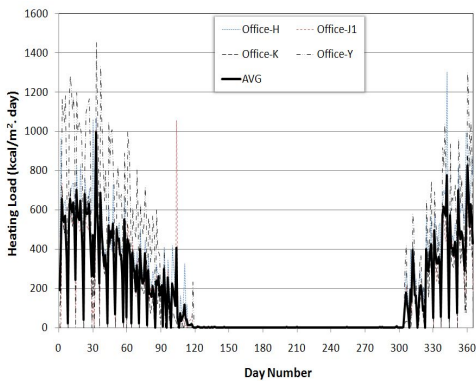
분석대상이 된 업무빌딩 중 데이터 특성이 우수한 4개 건물을 선정하여 전력부하, 냉방부하, 난방부하 및 급탕부하에 참고 문헌 (4)의 분석 방법에 의하여 분석하여 도출한 부하 모델을 도출하여 그림 4에 나타나 있다. 그림 4-(a)의 일반전력에 대한 모델을 살펴보면, 평균적으로 약 300kcal/day.m²임을 알 수 있고, 편차범위는 100kcal/day.m²정도로 나타났으나 전력은 앞으로 컴퓨터 등 OA 기기의 보급 확산으로 더욱더 늘어날 것으로 예상된다.



(a) Electricity load



(b) Cooling load



(c) Heating load

그림 4. 업무빌딩에 대한 일일 부하 모델

그림 4-(b)의 냉방부하의 경우, 냉방기간은 약 200일이 되나 실질적으로는 100일 정

도에 집중되는 것을 알 수 있다. 이러한 기간은 호텔보다는 짧으나 병원의 경우보다는 긴 기간에 해당된다. 냉방부하는 7월말부터 8월초까지 피크를 이루며 평균은 약 800kcal/day.m^2 정도이며, 편차범위는 500kcal/day.m^2 정도로 비교적 큰 것을 알 수 있지만 건물의 건축방식과 건축년도를 비롯하여 에너지관리상태 등에 따라 차이가 있는 것으로 판단된다.

(c)의 난방부하는, 난방기간이 180일 정도이며, 난방의 일별 최고치는 1월 중에 발생하며 크기는 800kcal/day.m^2 이고 편차범위는 다소 큰 600kcal/day.m^2 정도인데 이는 냉방부하의 경우와 마찬가지로 건물의 건축방식과 건축년도를 비롯하여 에너지관리상태 등에 따라 차이가 있을 것으로 판단된다.

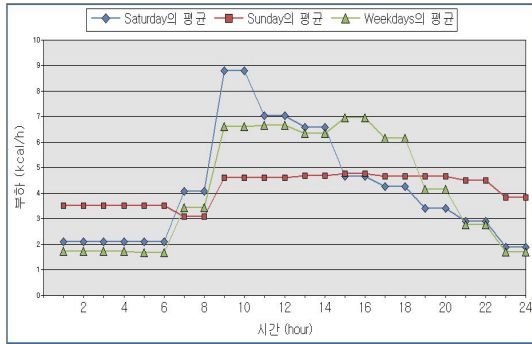
급탕부하의 경우 연간 평균적으로 3kcal/day.m^2 정도가 있는 것으로 분석되었으나 이는 분석 대상이 된 4개의 업무 빌딩 중 한 곳만 있고 나머지 빌딩은 거의 없었으며, 그나마 급탕부하가 있는 빌딩의 경우도 빌딩의 급탕부하라고 하기보다는 대상이 된 빌딩에 입주해 있는 음식점 등 부대시설에서 이용하는 것으로 볼 수 있기 때문에 급탕부하는 없는 것으로 간주한다.

3.3 시각별 에너지 부하 모델

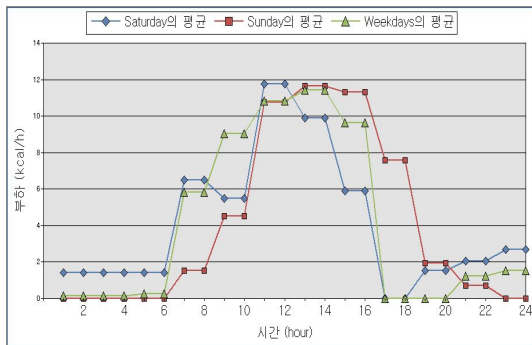
시간별 에너지 사용은 계절에 따라 다른 특성을 갖는 것으로 나타났기 때문에 전기, 냉방, 난방, 급탕 등 용도 별로 여름, 봄가을, 겨울의 3계절에 대하여 주중과 주말로 나누어 패턴을 분석하여 그 결과를 그림 5에서 7까지에 나타내었다.

그림 5에 의하면 여름철의 경우 정오부터 오후 2시 사이에 냉방부하의 피크를 보이며, 일반 전력의 경우 업무시간에 맞추어 주중에는 오후 7시경까지 많은 일반전력이 사용되며, 토요일에는 정오이후 점차 줄어드는 형태를 갖고 있으며, 일요일에는 거의 균일하게 일반 전력

이 사용됨을 알 수 있다.



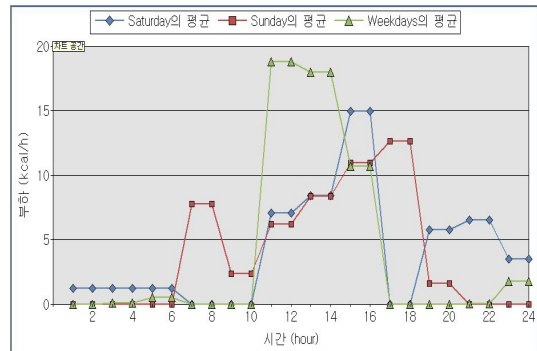
a) Cooling Pattern



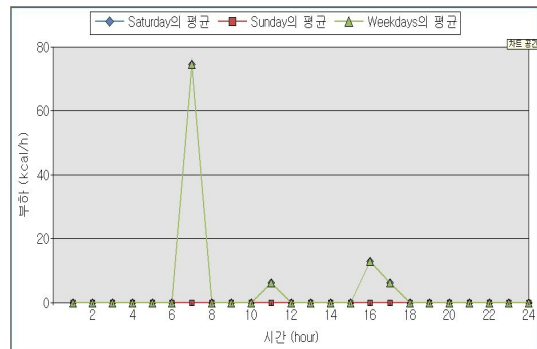
b) Electricity Pattern

그림 5. 여름철 시각별 부하 패턴

그림 6에는 중간 계절인 봄과 가을철에 대하여 각각 주중과 토요일, 일요일에 대한 용도별 시간별 에너지 사용 패턴을 보여주고 있다. 일반전력 사용은 계절의 영향이 없으므로 표시하지 않았고 업무용 건물의 경우 특이한 점은 냉방부하와 난방부하가 공존한다는 사실이다. 이것은 같은 시간에 냉, 난방이 동시에 이루어지기 때문이라기보다는 계절 중에 냉방이 필요한 때는 냉방 패턴을 따르고 난방이 필요한 때는 난방 패턴을 따라 부하가 사용됨을 뜻한다. 또한 일요일에 난방부하는 없으나 냉방부하가 걸리는데 이는 24시간 운용되는 컴퓨터실의 냉방을 위한 것으로 판단된다.



a) Cooling Pattern



b) Heating Pattern

그림 6. 봄-가을 시각별 부하 패턴

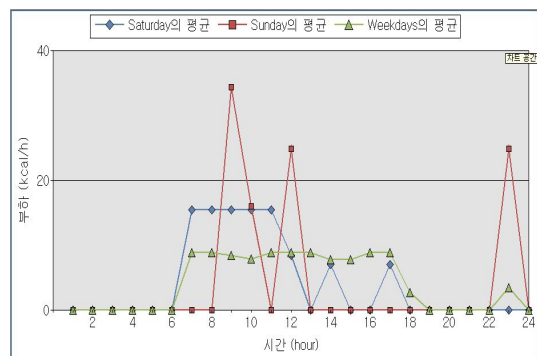


그림 7. 겨울철 시각별 난방부하 패턴

겨울철에도 일반전력 패턴은 계절과 무관하기 때문에 다른 계절과 같은 패턴을 보이고 있으며 냉방 부하는 없는 것으로 나타났다. 그림 7은 겨울철에 대하여 각각 주중과

토요일, 일요일에 대한 시간별 난방 부하 패턴을 표시하고 있다. 난방은 겨울철 주중의 경우 아침 7시부터 시작하여 저녁 6시까지 실시되고 야간에 다시 한 번 정도 난방 하는 형태를 보인다. 토요일의 경우 아침 7시부터 정오까지 난방을 하고 오후와 저녁에 다시 한 번씩 난방을 하는 형태를 볼 수 있으며, 일요일에는 오전, 정오, 야간 등 3차례에 걸쳐 난방을 하는 것을 알 수 있다.

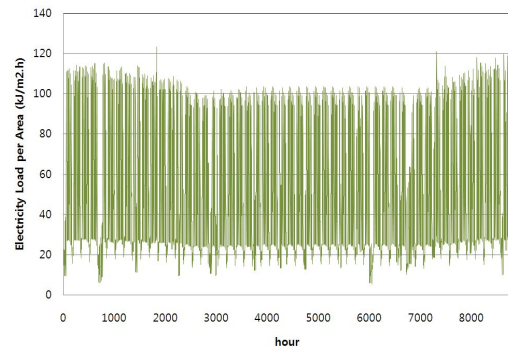
3.4 연간 에너지 부하 모델

에너지 사용과 경제성 분석을 위한 시뮬레이션에 있어 필수적으로 요구되는 시각 단위연간 용도별 에너지부하의 모델은 앞서 구한 일별 에너지부하 모델과 시간별 에너지부하 모델을 합성하여 만들 수 있다. 일년을 4계절로 구분하여 각 계절별로 구한 시간별 부하패턴에 맞추어 일별로 요구되는 부하량을 분산시켜 시간별 단위 연간 에너지부하의 모델을 구한다. 업무빌딩의 특성 상 주중과 토요일, 일요일을 구분하여 모델을 개발하였다.

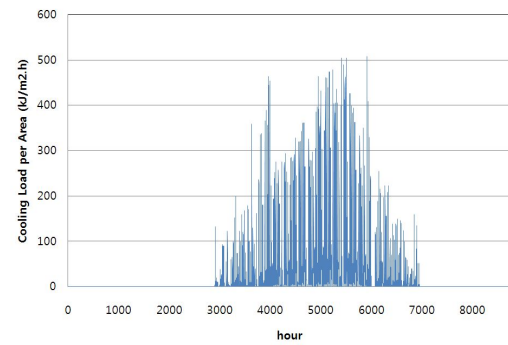
그림 8의 (a), (b), 및 (c) 및 우리나라라 평균적인 오피스 건물에 대하여 일반전력, 냉방부하, 난방부하 대한 연간 8760시간에 대한 시각별 에너지부하의 모델을 보여주고 있다. 급탕은 부하가 없는 것은 하루 중에도 부하의 종류에 무관하게 무시할 수 없는 폭을 가지고 부하가 변한다는 것을 알 수 있다.

4. 결론 및 토의

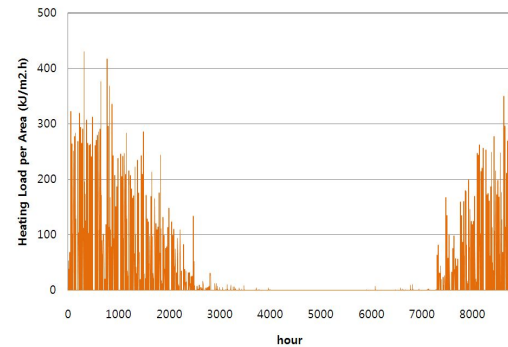
업무빌딩의 경우 호텔이나 병원에 비해 수집되고 계측된 자료의 편차가 비교적 큰 것을 알 수 있었다. 이는 앞서 건물의 특성에 따라 에너지 사용량이 상당히 많이 달라지고 또한 입주업체의 특성 및 부대시설 등에 따라 차이가 날 수 있기 때문이다.



(a) Hourly pattern for electricity load



(b) Hourly pattern for cooling load



(c) Hourly pattern for heating load

그림 8. 연간 시각별 부하 모델

또한 업무빌딩의 경우 야간에는 근무를 하지 않기 때문에 주, 야간의 에너지부하의 변화가 심한 것을 알 수 있다. 이러한 부하의 변동이 심한 업무빌딩에 대해 기존 관행처럼

월별 평균부하에 맞추어 운전 시뮬레이션을 수행하면 설비용량, 운전비 등의 추정과 실제의 운전결과와 상당한 오차가 발생할 수 있으므로 주의를 요한다.

업무빌딩에 대한 용도별 시간별 에너지 부하 모델의 경우에 있어서도 다른 유형의 건물에서와 마찬가지로 앞으로 계속적인 보완이 요구되며, 많은 자료의 축적에 의하여 업무빌딩의 다양한 특성을 감안할 수 있는 방안을 연구하고 보완할 필요가 있다. 그러나 본 연구에서 개발한 모델만 있어도 초급 단계의 운전 시뮬레이션이나 경제성 분석⁽⁵⁻⁸⁾을 하는 데는 충분할 것으로 기대한다. 자료 수집과 실험에 따르는 여러 가지 제약 때문에 이러한 변수에 대해서는 충분한 연구를 수행하지 못하였지만 이러한 부분에 대해서는 추가적인 연구를 통하여 기본 모델을 수정하는 교정 인자를 찾는 방법 같은 것을 통하여 보완하면 더욱 정확도를 높일 수 있을 것으로 기대된다. 향후 보급 본 연구 결과를 실무적으로 적용해본 사용자들의 설계, 보급, 운전 등을 통한 현장의 결과를 피드백하면서 모델을 더욱 다듬어 가는 작업이 필요할 것이다.

아울러 최근의 지구 온난화 경향에서 보듯 부하 모델도 시간에 따라 변할 수 있다는 점을 유념하여 지속적으로 자료를 수집 관리하는 노력도 병행할 필요가 있다.

후 기

본 연구는 산업자원부가 지원하고 있는 에너지절약기술개발사업 과제의 일부 결과로 관계자 여러분들께 감사의 말씀을 드립니다.

참 고 문 헌

1. 정 모, 박화춘, “건물 단지에 대한 에너지 수요 예측 데이터베이스 응용 프로그램 개발”, 한국태양에너지학회 논문집, 29권,

- 3호, pp 37-44, 2009.
2. Hwa-Choon Park, Mo Chung, "Building Energy Demand Patterns for Department Stores in Korea", Building and Environment, under Review.
3. 박 화춘, 이 승수, 김 대진, “백화점 건물의 에너지 부하 모델”, 설비공학 논문집, 제15권, 12호, pp1088-1094, 2003.
4. 박 화춘, 정 모, “국내 호텔 건물의 에너지 부하 모델”, 한국 태양에너지 학회 논문집, 29권, 4호, pp 48-57, 2009.
5. Henrik Lund, Neven Duić, Goran Krajacić, Maria da Graça Carvalho, Two energy system analysis models: A comparison of methodologies and results, Energy, 32 (6), pp 948-954, June, 2007.
6. João G.S. Fonseca Jr, Paulo S. Schneider, Simulation of a thermal power plant with district heating: Comparative results of 5 different codes, Energy, 31 (12), pp1955-1968, September, 2006.
7. 서동현, 조재윤, 박 룰, “건물 에너지 상세 해석을 통한 소형 열병합 발전 및 히트펌프 복합 시스템의 경제성 분석”, 설비공학 논문집, 제21권, 제2호, pp 71-78. 2009.
8. 박종일, 강운석, 임병찬, “건물 에너지 성능 분석을 위한 간이 건물에너지 시뮬레이션 프로그램 개발에 관한 연구”, 설비공학 논문집 제21권, 제1호 pp 9-15, 2009.