

# 호텔, 병원, 업무용 건물의 에너지 부하 특성 비교

박 화 춘, 정 모\*\*

한국에너지기술연구원, \*영남대학교 공과대학 기계공학부

## Comparison of Energy Demand Characteristics for Hotel, Hospital, and Office Buildings in Korea

Hwa-Choon Park, Mo Chung\*\*

Korea Institute of Energy Research, Daejeon 305-343, Korea

\*Department of Mechanical Engineering, Yuengnam University, Kyungsan, 712-749, Korea

(Received August 14, 2009; revision received September 14, 2009)

**ABSTRACT:** Energy demand characteristics of hotel, hospital, and office building are compared to provide guidelines for combining building in community energy system design. The annual, monthly, and daily energy demand patterns for electricity, heating, hot water and cooling are qualitatively compared and important features are delineated based on the energy demand models. Key statistical values such as the mean, the maximum are also provided. Important features of the hourly demand patterns are summarized for weekdays and weekends. Substantial variations in both magnitudes and patterns are observed among the 3 building types and smart grouping or combination of building type and size is essential for a successive energy supply.

**Key words:** Energy demand model(부하모델), Hotel(호텔), Hospital(병원), Office(업무용건물), Electricity load(전기부하), Cooling load(냉방부하), Heating load(난방부하), Hot water load(급탕부하)

### 1. 서 론

건물에서 사용하는 에너지는 전기, 난방, 급탕, 냉방 등으로 구분하여 생각하면 편리하며 에너지 설비를 설계하거나 집단에너지에 대한 기본 설계를 수행할 때 이러한 개념에 입각하여 장치를 선정하고 성능을 평가한다.<sup>(1-5)</sup> 여러 가지 유형의 건물들이 혼재할 경우 에너지 수요 특성이 우수하도록 건물들을 현명하게 조합하면 기기 효율과 에너지 활용도를 높일 수 있어 매우 효과적이다. 이와 같은 목적을 가지고 건물을 조합할 때 각 구성 요소들의 특징을 잘 파악하는 것

이 전제 조건이 됨은 물론이다. 본 연구에서 비교하려는 개별 건물 유형들에 대한 자세한 부하 모델은 전국의 호텔,<sup>(6)</sup> 백화점,<sup>(7)</sup> 병원,<sup>(8)</sup> 오피스<sup>(9)</sup>를 대상으로 조사 및 실측을 통해 개발하여 이미 발표된 바 있다. 여기서는 이들 각 건물에 대한 부하 특성을 서로 비교하여 제시함으로써 집단에너지 시스템 설계자들이 건물을 조합하고자 할 때 가이드라인으로 이용할 수 있도록 하는 것이 목적이다.

### 2. 에너지 사용 비교

#### 2.1 연간 에너지 사용량 비교

Fig. 1은 세 가지 건물 유형에 대한 단위 면적 당

† Corresponding author

Tel.: +82-53-810-2459; fax: +82-53-810-4627

E-mail address: mchung@yu.ac.kr

연간 전기 및 열에너지 수요량을 비교하고 있다. 도표에는 일본의 열부하도 참고로 제시하여 판단의 지표로 사용할 수 있도록 하였다.

호텔의 경우 연간 총에너지 수요량이 713.8 Mcal/m<sup>2</sup>·yr로 병원의 492 Mcal/m<sup>2</sup>·yr에 비해 45%이상 큰 것을 알수 있으며, 업무빌딩의 경우 208.2 Mcal/m<sup>2</sup>·yr로 호텔의 30% 수준임을 알 수 있으나 이는 건물의 실제 사용 시간이 짧기 때문인 것으로 판단된다. 업무빌딩을 제외하고는 열부하가 전기 부하의 2배 이상이라는 점도 참고할 만하다.

연간 열 수요량은 일본에 비해서 호텔이나 병원, 업무빌딩 모두 전반적으로 상당히 큰 것을 알 수 있는데 이는 겨울철 기후조건이 일본에 비해 우리나라가 더 춥기 때문이기는 하나 열관리차원에서 에너지 절약에 대해 문제를 제기할 수도 있는 수준인 것으로 나타났다. 유사한 자료가 잘 알려진 일본의 경우와 비교해 볼 때 상당한 차이를 보이는 점이 주목할 만하다. 이는 위도 상으로는 큰 차이가 없으나 에너지 사용량은 생활 방식, 경제 수준, 건축 양식 등 다양한 변수의 영향을 받기 때문인 것으로 보인다. 따라서 우리의 기후조건이나 업무환경조건 또는 에너지 사용 습관이 반영된 우리 고유의 에너지부하데이터를 확보하는 것은 예기치 못한 변수의 영향을 배제할 수 있다는 점에서 안전하다고 판단된다.

### 2.2 월별 에너지 사용량 비교

Fig. 2에는 월별 냉방 전력을 포함한 전기 부하가 비교되어 있다. 전기부하의 경우 7월과 8월에

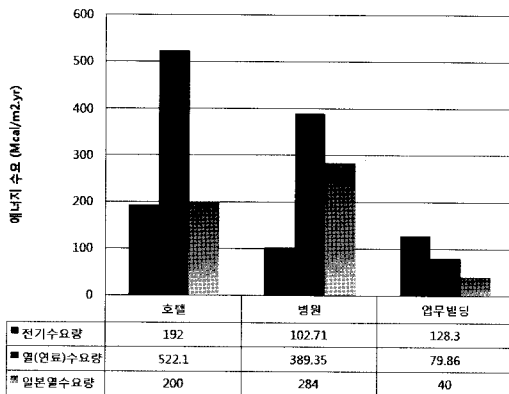


Fig. 1 Annual energy demands per unit area.

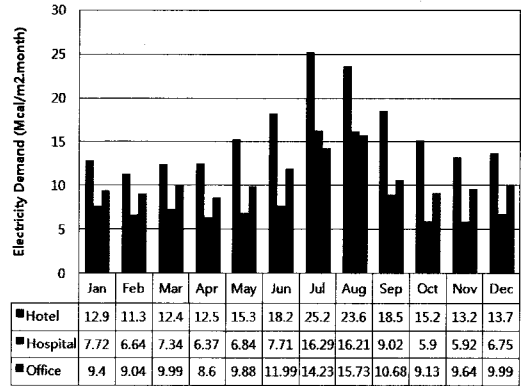


Fig. 2 Monthly electricity demand.

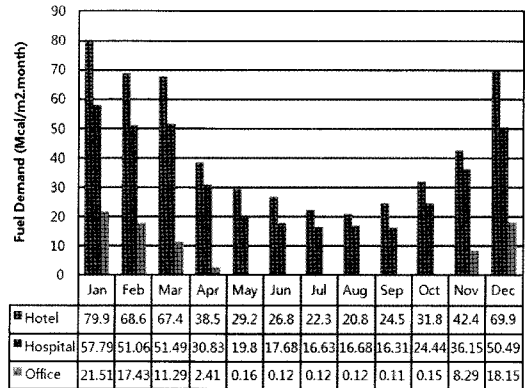


Fig. 3 Monthly fuel demand.

냉방부하 증가에 따른 소비 증가로 최대치를 보이고 있으며 호텔, 병원, 업무용 건물에 무관하게 비슷한 패턴을 보여주고 있다. 전기 부하는 호텔, 오피스, 병원 순으로 많은 소비를 보이고 있는데 호텔은 다양한 부대시설을 갖춘 전기 다소비 업종임을 알 수 있으며 업무용 빌딩의 경우도 PC등 사무기기에서 전기 소모가 많기 때문에 전력부하가 상대적으로 크다.

Fig. 3은 월별 열소비량을 나타내고 있다. 업무용 건물의 경우 5~10월까지는 열부하가 없는 특징이 있고 에너지 다소비 업종인 호텔이 병원보다 열소비가 많은 것을 알 수 있으며 월별 패턴은 연중 유사한 것으로 나타났다.

월별 전기 및 열사용량의 최대, 최소값과 이들이 발생하는 월을 Table 1에 정리하였다. 냉방을 위한 전기사용량의 최대는 역시 호텔의 25.19 Mcal/m<sup>2</sup>·mon로 다른 업종에 비해 약 50~60% 정도 큰 것을 알 수 있다. 이는 호텔의 경우 많은 부대시설을 갖

Table 1 Maximum and minimum of monthly electricity consumption(Mcal/m<sup>2</sup>·mon)

Type	Electricity				Heat(Fuel)			
	max		min		max		min	
	load	mon	load	mon	load	mon	load	mon
Hotel	25.19	Jul	11.31	Feb	79.9	Jan	20.8	Aug
Hospital	16.29	Jul	5.90	Nov	57.8	Jan	16.3	Sep
Office	15.73	Aug	8.60	Apr	21.5	Jan	0.11	Sep

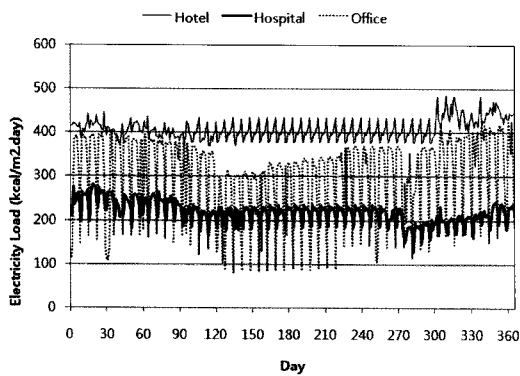


Fig. 4 Daily electricity demand model.

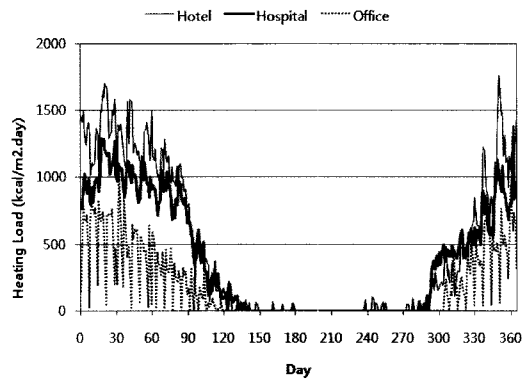


Fig. 5 Daily heat demand model.

은 에너지 다소비업종이기 때문이다. 최소치는 업무빌딩의 경우 봄철에, 호텔이나 병원의 경우에는 겨울철에 발생함을 알 수 있는데 이는 호텔이나 병원의 경우 봄, 가을에도 냉방수요가 필요하기 때문인 것으로 판단된다. 열 수요량의 경우 최대는 모두 한겨울인 1월에 발생하며 역시 호텔이 가장 큰 것을 알 수 있고, 최소는 여름철인 8, 9월에 발생한다.

### 2.3 일별 에너지 사용량 비교

Fig. 2와 Fig. 3에 나타난 전기 에너지 소비와 연료소비를 일별로 정리한 자료를 참고문헌<sup>(10)</sup>에 나타난 절차에 따라 처리하면 전기, 난방, 냉방, 급탕으로 분리된 부하 모델을 얻을 수 있다. 이들 결과를 정리하여 Fig. 4에서 Fig. 7에 걸쳐 나타내었다. Fig. 4의 전기 부하에서 보면 호텔, 업무용 건물, 병원 순서로 전기 사용이 많고 호텔이나 병원은 일일 변화 폭이 비교적 작은 반면 업무용 건물의 경우 변화 폭이 매우 크다. 이것은 주말에는 휴무인 관계로 전기 사용이 급격히 감소하는 점에 기인한다.

Fig. 5의 난방의 경우도 호텔이 에너지 사용을

가장 많이 하는 것으로 나타났고 변화 폭은 업무용 건물이 여전히 제일 큰 것으로 나타났다. Fig. 6의 냉방 부하에서의 가장 큰 특징은 병원의 냉방 기간이 짧은 기간에 집중되는 점이다. Fig. 7의 급탕의 경우도 호텔이 가장 크고 업무용 건물에 대한 급탕은 거의 무시할 수 있는 수준으로 나타나고 있다. 모든 경우의 그림에서 부하의 변동이 일주일을 단위로 사이클을 그리면서 변하는 것을 알 수 있기 때문에 일주일을 단위로 분석할 필요성이 있음을 알 수 있다.

Fig. 8에는 365일 일별 자료에 대하여 (a)전기, (b)난방, (c)냉방, (d)급탕에 대한 최대-최소 및 평균치를 나타내었다. 월별부하와 마찬가지로 일별 부하의 크기를 보면 전반적으로 호텔이 가장 큰 것을 알 수 있다. 호텔이나 병원의 경우 일별 부하의 변동 폭에 비해 업무빌딩의 경우가 변동 폭이 더욱 큰 것을 알 수 있는데, 이는 역시 업무빌딩의 경우 주중과 토요일, 일요일의 사용량에서 차이가 크기 때문이다. 업무빌딩의 경우 주말에는 한겨울이나 한여름에는 제한적으로 난방이나 냉방을 하는 경우도 있기는 하나 대부분의 경우 최소한의 일반전력만을 사용할 뿐 냉·난방을 하지

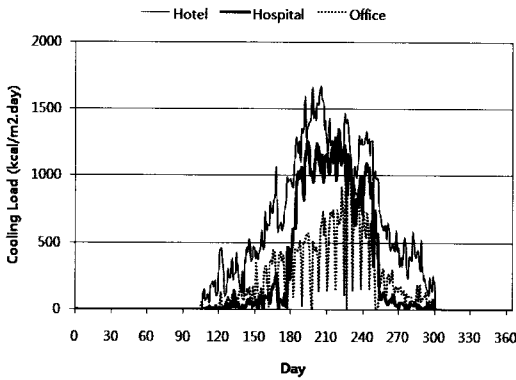
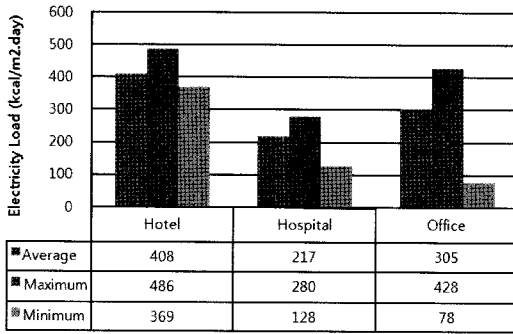


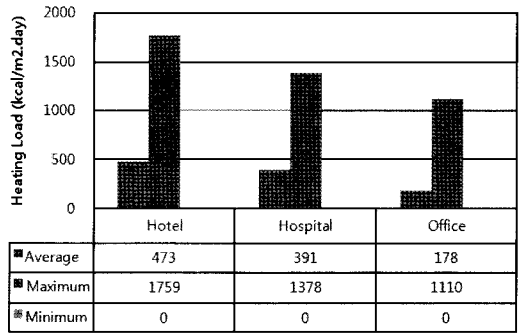
Fig. 6 Daily cooling demand model.



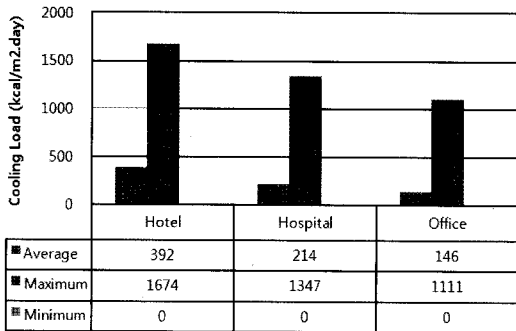
Fig. 7 Daily hot water demand model.



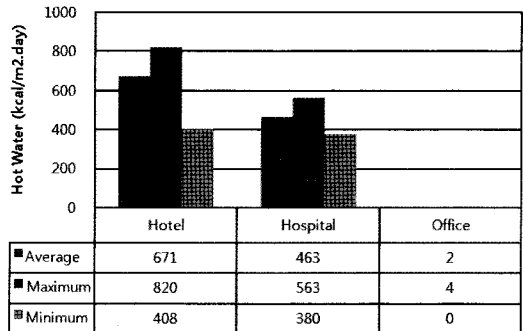
(a) Electricity load



(b) Heating load



(c) Cooling load



(d) Hot water load

Fig. 8 Statistical characteristics of loads.

않는 것으로 나타났다.

#### 2.4 시간별 에너지 부하 모델 비교

일별 에너지소비량 또는 부하모델을 이용하여 시간별 부하모델을 도출하려면 하루 중 시각 별 부하 패턴을 알아야 한다. 시각별 부하 패턴은 부하 자

료를 수집할 때 각 건물 유형별로 통계적 특성을 분석한 다음 지역적 안배를 고려하면서 통계적 특성을 가장 잘 반영할 수 있는 대표적인 건물을 선정하여 약 4~5분 간격으로 별도의 정밀 측정을 실시하여 얻었다.<sup>(6-8)</sup> 이렇게 얻은 자료를 전기, 난방, 냉방, 급탕 등 각 유형에 대하여 분석하여 계절별 24시간 분포를 얻었다. 연간 8,760시간에 대한

최종 부하 모델은 365일 일별 부하 모델에 계절별 24시간 사용 패턴은 조합하여 생성할 수 있게 된다.

각 건물 별 부하 패턴 도표는 해당 건물에 대한 기존의 논문들<sup>(6-9)</sup>에 상세히 정리되어 있고 자료가 방대하기 때문에 여기서는 주요 특성만 요약한다. 호텔의 경우 전력부하는 아침 6시부터 서서히 증가하여 저녁 6시경에 피크를 이루는 특징이 있으며 냉방부하는 오후 1시부터 저녁 9시까지 피크를 유지하는 경향을 보인다. 난방부하는 새벽 2시경과 저녁 7시부터 8시 사이에 하루 2번의 피크를 이루며 급탕부하는 아침 8시부터 10시, 오후 2시부터 5시까지 하루에 2번의 피크를 이룬다.

병원의 경우 전기부하 주중패턴에서는 아침 8시부터 오후 6시 사이에 약간 증가하며 냉방부하 주중패턴에서는 아침 9시부터 오후 4시 사이에 피크를 유지하는 반면 주말패턴에서는 낮 시간에 특별한 피크 없이 거의 일정하게 냉방되는 특징을 보인다. 난방 부하는 주중, 주말 패턴 모두 새벽 2시경에 피크를 보이다 나머지 시간에는 하루 종일 거의 일정한 부하를 유지한다. 급탕부하는 주중이든 주말이든 밤 12시부터 4시 사이에는 부하가 급감하고 나머지 시간에는 낮 12시경에 약간 증가한 뒤 거의 일정한 경향을 보인다.

업무용 건물의 경우 전기 부하는 주중의 경우 아침 6시부터 증가하기 시작하여 오전 9시경부터 오후 6시까지 피크를 이룬다. 토요일의 경우 오전 9시경부터 오후 2시까지 부하가 많고 이후 서서히 감소하지만 일요일의 경우는 일반전력부하의 변동이 거의 없는 것으로 나타났다. 냉방부하는 주중의 경우 아침 6시부터 증가하기 시작하여 오전 9시부터 오후 5시까지 피크를 이룬다. 토요일의 경우 아침 9시부터 오후 2시까지 부하가 많으며 일요일의 경우 오전 10시부터 오후 4시까지 피크를 이룬다. 난방부하의 경우는 주중의 경우 오전 6시부터 오후 6시까지 피크를 이루며 토요일의 경우 오전 6시부터 정오까지 피크를 이루는 것으로 나타났다. 급탕부하는 무시할 수 있는 수준인 것으로 나타났으며 주말이라도 토요일과 일요일이 다르게 나타나는 점이 특이하다.

시간별 변화에 대한 통계적 특성치를 요약한 결과가 Table 2에 표시되어 있다. 전기 부하의 경우 시간당 평균에너지부하가 호텔과 업무빌딩이 각각 17.5, 16 kcal/m<sup>2</sup>·hr로 10 kcal/m<sup>2</sup>·hr인 병원에 비해 60~70%가 큰 것을 알 수 있고, 냉방부하

의 경우 시간당 에너지부하의 최대치가 업무빌딩의 경우 짧은 기간에 걸쳐 부하가 집중됨으로 인하여 90 kcal/m<sup>2</sup>·hr로 가장 큰 것을 알 수 있으며, 이어서 호텔, 병원의 순서로 크다. 또한 난방부하의 경우 시간당 에너지부하의 최대치는 호텔이 80 kcal/m<sup>2</sup>·hr로 가장 크고 업무빌딩이 70 kcal/m<sup>2</sup>·hr, 병원이 60 kcal/m<sup>2</sup>·hr순으로 나타남을 알 수 있다. 급탕부하의 시간당 평균 에너지 부하는 호텔이 30 kcal/m<sup>2</sup>·hr이며, 병원이 20 kcal/m<sup>2</sup>·hr정도이고, 업무빌딩의 급탕부하는 일반적으로 무시할 수 있을 정도로 작다.

### 3. 결 론

호텔, 병원, 업무 빌딩에 대한 부하 모델을 비교한 결과 모든 부하가 일단 주간 단위로 뚜렷한 주기성을 갖는 것으로 나타났으며 변화폭도 비교적 큰 것으로 관측 되었다. 각 건물 유형별로 전기, 난방, 냉방, 급탕 모두 크기뿐 아니라 패턴에 있어서도 서로 다른 뚜렷한 특징이 있는 것으로 나타났다. 일반적으로 정밀성이 요구되는 운전 시물레이션을 할 경우 부하 모델의 분해능(resolution)에 따라 상당히 다른 결과가 나올 수 있다고 보고되고 있다.<sup>(11)</sup> 따라서 종전의 일반적이 관행처럼 월 단위 부하 모델이나 계절별 부하모델을 사용한 시물레이션으로는 불충분할 수 있다. 다만 분해능 향상에 따라 부하 모델의 시간 폭이 작아지고 자료가 방대해 지므로 계산 시간이 많이 걸리게 되는 것은 피할 수 없다. 이러한 이유에서 전문적인 프로그램이 개발<sup>(10)</sup>되기도 하였다.

본 연구에서 제시한 자료와 특성 분석 결과는 향후 열병합발전의 경제성 분석과 같이 다양한 형태로 나타나는 에너지 시스템에 대한 실효성을 분석하거나 최적 안을 도출함에 있어 기초 자료로 활용될 수 있겠다. 초기 단계에서 건물 유형에 따른 에너지 사용 특성을 고려하여 현명하게 집단 화할 때 가이드라인 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다. 적용 범위를 확장하기 위해서는 본 연구에서 취급하지 못한 다른 유형의 건물들에 대해서도 지속적인 부하 모델 개발과 특성 연구가 필요하다.

### 후 기

본 연구는 산업자원부가 지원하고 있는 에너지절

Table 2 Hourly Maximum Loads(unit : kcal/m<sup>2</sup> · hr)

	Electricity(avg)	Cooling(max)	Heating(max)	Hot water(avg)
hptel	17.5	80	80	30
hospital	10	60	60	20
office	16	90	70	0

약기술평가사업 중, 한국에너지기술연구원이 주관하여 수행하고 있는 “소규모 지역냉난방용 열병합발전시스템 시뮬레이터 개발”과제의 일부 결과이며, 이를 지원하는 관계자 여러분들께 감사의 말씀을 드립니다.

### 참고문헌

1. Hal Turton, 2002, ECLIPSE : An integrated energy-economy model for climate policy and scenario analysis, *Energy*, Vol. 33, No. 12, pp. 1754-1769.
2. Karel, M., Zdenek, S. and Petr, S., 2008, Decision support tools for advanced energy management, *Energy*, Vol. 33, No. 6, pp. 858-873.
3. Henrik, L., Neven, D., Goran, K. and Maria, da G. C., 2007, Two energy system analysis models: a comparison of methodologies and results, *Energy*, Vol. 32, No. 6, pp. 948-954.
4. Tatiana, B. and Enrico, S., 2004, Automatic diagnostics and prognostics of energy conversion processes via knowledge-based systems, *Energy*, Vol. 29, No. 12, pp. 2553-2572.
5. Crawley, D. B., Hand, J. W., Kummert, M. K. and Griffith, B. T., 2008, Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs, *Building and Environment*, Vol. 43, pp. 661-673.
6. Park, H. C. and Chung, M., 2009, Building load models for hotels in Korea, *J. Korean Solar Energy Soc.*, Vol. 29, No. 4, pp. 48-57.
7. Park, H. C., Lee, S. S. and Kim, D. J., 2003, Development of energy demand models for department stores, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Eng.*, Vol. 15, No. 12, pp. 1088-1094.
8. Park, H. C. and Chung, M., 2009, Building load models for hospitals in Korea, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Eng.*, under review.
9. Park, H. C. and Chung, M., 2009, Building load models for offices in Korea, *Journal of the Korean Solar Energy Society*, under Review.
10. Chung, M. and Park, H. C., 2009, Development of a energy demand estimator for community energy systems, *Journal of the Korean Solar Energy Society*, Vol. 29, No. 3, pp. 37-44.
11. Park, H. C. and Kim, J. H., 1996, Optimization of small size cogeneration systems, Final Report to Ministry of Trade and Industry.