

제주 지역의 해수열원 지역냉난방 시스템 적용을 위한 건축물 용도별 냉난방 부하량 분석 및 적용방안

Application of Load by Purpose of Buildings for Application of Seawater District Cooling and Heating System in Jeju Area

박진영(Jin-Young Park)[†], 박재홍(Jea-Hong Park)¹, 김삼열(Sam-Uel Kim)², 장기창(Ki-Chang Chang)³

¹동의대학교 건축공학과, ²동의대학교 건축설비공학과, ³한국에너지기술연구원

¹Department of Architectural Engineering, Donggeui University, Busan 614-714, Republic of Korea

²Department of Building System Engineering, Donggeui University, Busan 614-714, Republic of Korea

³Korea Institute of Energy Research, Daejeon 305-343, Republic of Korea

(Received October 30, 2013; revision received December 10, 2013; Accepted: December 16, 2013)

Abstract It is important to select an optimal capacity for equipment, because the initial cost of new and renewable energy system is more expensive than that of exiting system. An optimal equipment and enhanced rate of operation can be selected, to analyze the cooling and heating load of buildings. In this study, seawater heat pump system in the Jeju area will be applied, by the heat source equipment of district heating. The loads of buildings are analyzed from existing researches, to select optimal capacity of equipment. Also, an optimal rate of building use will be set up, from a combination of buildings.

Key words Cooling and heating(냉난방), Load(부하), Pattern(패턴), Purpose of building(건물용도)

† Corresponding author, E-mail: icdie00@naver.com

1. 서 론

지역냉난방 시스템은 공동주택, 업무시설, 상업시설 등의 건물들에 개별 냉난방 시스템을 설치하지 않고, 열병합발전소 등 대규모 열생산시설을 설치함으로써 경제적으로 생산된 열을 대단위 지역으로 공급하는 도시 기반시설이다.

지역냉난방 시스템을 도입하는 지역에는 다양한 건축물이 존재하며, 경제성을 갖추기 위해서는 각 건축물의 부하에 따른 적절한 장비 선정이 필요하다. 특히 신재생 에너지를 적용할 경우 초기투자 비용이 기존 열원에 비하여 높기 때문에 적정 장비를 선정하는 것이 중요하다. 이에 각 건축물의 부하 특성을 파악함으로써 열원 장비의 적정 용량을 산정할 수 있으며, 시스템의 가동율을 높일 수 있다.

본 연구에서는 지역냉난방의 열원 설비로써 해수열원 히트펌프 시스템을 도입하였으며, 이에 따른 적정 장비용량을 선정하기 위하여 기존 연구 자료를 분석하여 건물용도별 부하를 산정한다. 또한 제주 지역을 대상으로 하여 건물 용도별 비율 조합을 통하여 해수열

원 히트펌프 시스템을 적용하기 위한 최적의 건물 비율을 설정하고자 한다.

2. 기존 연구 현황 및 분석

2.1 개요

건축물의 부하에 따라 열원의 용량이 결정되어지며, 기존 지역냉난방 시스템을 설계할 경우에는 건축물의 부하패턴과는 관계없이 각 건축물 용도에 따른 단위열 부하를 기준으로 지역의 냉난방 부하량을 산정하였다. 이로 인하여 열원 장비의 용량이 과다하게 선정될 수 있다.

이에 본 연구에서는 건축물 용도를 크게 공동주택, 공공업무시설, 상업시설, 숙박시설, 의료시설, 교육시설로 구분하여 기존 연구자료 분석을 통하여 용도별 부하패턴 및 부하를 산정하였다. 또한 지역에 따른 기후의 차이로 인하여 냉난방부하의 절대값은 다를 수 있지만 건물용도별 부하패턴은 일정하다고 가정하고 연구를 진행하였다.

2.2 건물 용도별의 부하 분석

Lee⁽¹⁾은 지역난방을 열원시스템으로 적용하고 있는 공동주택의 열부하패턴을 바닥면적이 50 m², 80 m², 100 m²을 대상으로 분석하였으며, 본 연구에서는 바닥면적이 100 m²인 공동주택을 선정하여 분석하였다.

공동주택의 월별 단위면적당 평균 난방열부하는 외기온도가 하강함에 따라 평균 난방열사용량은 상승하는 것으로 나타났으며, Fig. 1과 같다. 또한 일일 시간대 부하를 분석한 결과 최대 난방열부하 발생시간은 23~24시이며 36.59 kcal/m²·h의 난방열부하가 나타났다.

Park and Cheng⁽²⁾은 전동식 냉동기에 사용하는 5개의 업무빌딩을 대상으로 부하를 분석하였다. 업무빌딩의 경우 밀폐된 건물이 많고 조명과 사무기기로 인한 난방부하가 다른 건물에 비하여 상대적으로 많이 나타난다. 업무빌딩의 경우 여름철 14시에 난방부하의 피크치가 나타났다. 또한 난방부하는 주중의 경우 7시부터 18시까지, 야간에 한 번 정도 난방이 실시되고, 토요일에는 7시부터 12시까지, 야간에 한번, 일요일은 오전, 정오, 야간에 한 번씩 난방이 실시되었다.

Park et al.⁽³⁾은 지상 9층, 지하 3층 규모의 백화점 건물을 선정하여 에너지 소비량에 대한 측정을 하였다. 백화점의 난방부하는 이른 봄부터 실시하며, 여름기간 동안 피크를 이루게 된다. 또한 매장의 조명에 의한 실내온도 상승에 의해 난방기간이 길고 부하가 큰 것이 특징이다. 난방부하는 조명이 부하의 플러스 요인이 되기 때문에 다른 건물과 비교하여 난방부하가 적게 나타난다.

Park et al.⁽⁴⁾은 서울, 대전, 부산에 위치한 호텔을 선정하여 에너지 소비량을 분석하였다. 호텔의 난방부하는 난방기간이 200일 정도로 상당히 길고 그 중 약 50일은 난방과 난방이 같이 이루어졌으며, 이는 사용자의 쾌적성을 위한 것으로 사료되었다. 난방기간은 210일 정도이며, 난방과 마찬가지로 약 50일은 난방이 동시에 이루어진다. 여름철에는 오전 5시부터 부하가 증

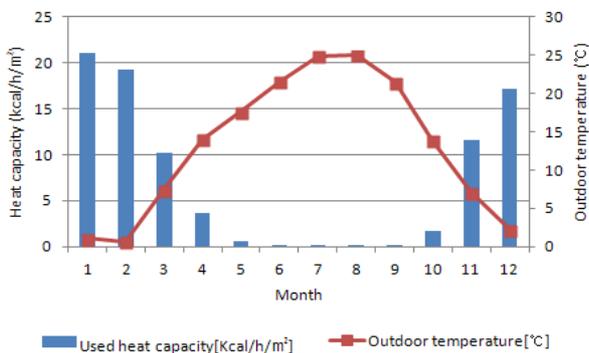


Fig. 1 Monthly used heat capacity for apartment.

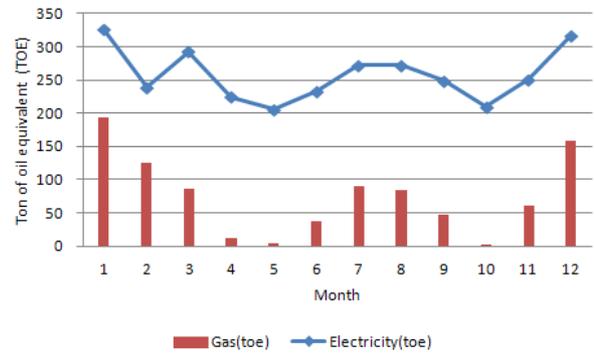


Fig. 2 Pattern of energy consumption for university.

가하기 시작하여 14~18시 사이에 최고치를 이루며, 겨울철에는 19~20시에 많은 부하가 요구되며, 실내기온이 떨어지는 2시경에 피크를 이루게 된다.

Park et al.⁽⁵⁾은 2개의 병원을 대상으로 에너지 사용량 분석이 이루어졌으며, 병원의 경우 다른 건물에 비하여 난방기간이 짧으며, 하루사이의 변화폭이 매우 큰 특징을 가지고 있다. 또한 난방부하는 겨울과 봄에 집중되며, 여름철 잠시 감소하는 것을 제외하면 연간 거의 균일한 평균치를 기준으로 주간 단위 주기성을 가지고 비교적 소폭 변화하고 있는 것을 알 수 있다.

Lee⁽⁶⁾은 창원에 위치한 중규모 대학 건물의 에너지 소비 패턴을 조사하였다. Fig. 2와 같이 전력은 난방기간인 12~3월 및 냉방기간인 6~9월에 증가하는 것으로 나타났으며, 난방부하보다 난방부하가 115% 큰 것으로 나타났다. 도시가스 사용량은 12월부터 본격적인 난방의 사용으로 인하여 사용량이 급증하였으며, 1월에 최대 사용량이 발생하는 패턴을 보였다.

2.3 건물 용도별 부하 패턴

기존 연구자료를 분석한 결과 건물 용도별 난방 및 난방에 대한 부하 패턴을 도출할 수 있었다. Fig. 3은 건물용도에 따른 난방 부하 패턴을 나타낸 그래프이다. 공동주택의 경우 20시를 기준으로 난방부하가 지속적으로 증가하여 21시부터 07시까지 피크부하가 발생하고 최대 피크는 21시에 25.76 kcal/m²·h이다. 업무시설의 경우 08시를 기준으로 난방부하가 지속적으로 증가하여 09시부터 18시까지 피크부하가 발생하고 최대 피크는 15시에 58.33 kcal/m²·h이다.

상업시설의 경우 06시를 기준으로 난방부하가 지속적으로 증가하여 08시부터 19시까지 피크부하가 발생하고 최대 피크는 12시에 304 kcal/m²·h이다. 상업시설이 다른 건물의 피크 부하보다 큰 요인으로는 판매시설의 조명 열로 인한 실내온도 상승에 의해서 부하가 크게 나타났다.

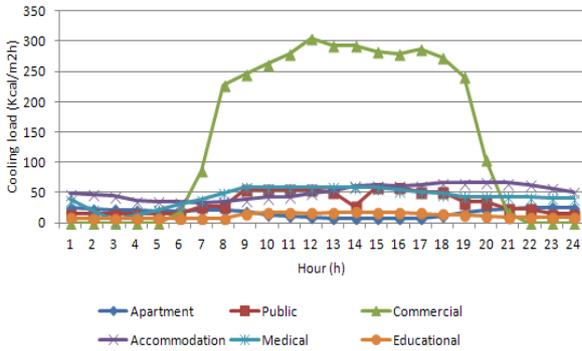


Fig. 3 Pattern of cooling load.

숙박시설의 경우 11시를 기준으로 냉방부하가 지속적으로 증가하여 14시부터 20시까지 피크부하가 발생하고 최대 피크는 19시에 63.3 kcal/m² · h이다. 의료시설의 경우 07시를 기준으로 냉방부하가 지속적으로 증가하여 09시부터 15시까지 피크부하가 발생하고 최대 피크는 13시에 89 kcal/m² · h이다. 교육시설의 경우 08시를 기준으로 냉방부하가 지속적으로 증가하여 09시부터 17시까지 피크부하가 발생하고 최대 피크는 14시에 17.85 kcal/m² · h이다. 교육시설은 에너지 소비가 가장 많은 피크일이 방학기간이라 에너지의 소비가 상대적으로 작게 나왔다.

Fig. 4는 단위면적당 난방 부하를 나타낸 그래프이다. 난방 에너지의 피크는 07시부터 17시까지로 나타났으며, 최대피크는 9시에 나타났다. 공동주택, 숙박시설, 의료시설의 부하패턴이 비슷하게 나타났으며, 이는 야간에 사람이 거주하기 때문에 난방이 필요한 것으로 나타났다.

공동주택의 경우 19시를 기준으로 난방부하가 지속적으로 증가하여 20시에서 08시까지 피크부하가 발생하고 최대 피크는 23시에 30.3 kcal/m² · h이다. 업무시설의 경우 06시를 기준으로 난방부하가 지속적으로 증가하여 07시에서 17시까지 피크부하가 발생하고 최대

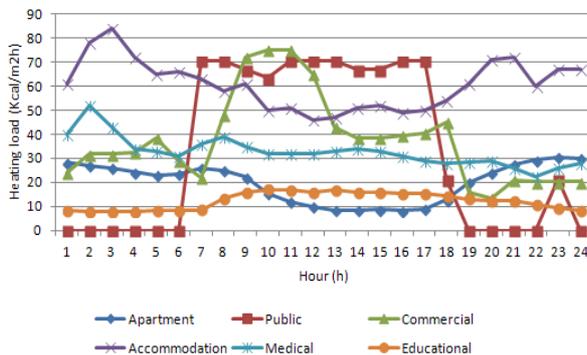


Fig. 4 Pattern of heating load.

피크는 11시에 70.48 kcal/m² · h이다. 상업시설의 경우 07시를 기준으로 난방부하가 지속적으로 증가하여 08시에서 18시까지 피크부하가 발생하고 최대 피크는 11시에 74.88 kcal/m² · h이다.

숙박시설의 경우 19시를 기준으로 난방부하가 지속적으로 증가하여 20시에서 05시까지 피크부하가 발생하고 최대 피크는 03시에 84 kcal/m² · h이다. 의료시설의 경우 피크 부하가 난방기간 동안 꾸준히 나타났. 이는 환자들의 회복을 위하여 적정실내온도를 유지하기위해 난방을 계속 하는 것으로 나타났다. 최대 피크는 02시에 52 kcal/m² · h이다.

교육시설의 경우 07시를 기준으로 난방부하가 지속적으로 증가하여 08시에서 22시까지 피크부하가 발생하고 최대 피크는 10시에 17.1 kcal/m² · h이다. 교육시설은 에너지 소비가 가장 많은 피크일이 방학기간이라 에너지의 소비가 상대적으로 작게 나왔다.

3. 건축물 용도별 적용방안

3.1 대상 지역의 개요

지역냉난방을 적용하기 위한 장소는 열원인 바닷물을 적용하기 쉬운 제주도로 선정하였으며, 관광서를 비롯한 상점, 숙박업소가 많이 분포하고 있는 제주공항 주변 지역을 대상으로 하였다. Fig. 5와 같이 바닷가 인근에 취수시설 및 기계실을 설치하여 열원을 필요로 하는 건물로 물을 수송하게 된다. 이 때, 적정 열원장비를 선정하기 위하여 건물 용도별 부하패턴을 적용하여 대상 지역에 대한 냉난방 부하를 산출하게 된다.

Table 1은 대상 지역에 실제로 존재하는 건물에 대해 조사한 것으로 각 건물용도에 따라 분류하였다. 기존 건물들의 연면적을 A안으로 설정하고 부하패턴을 고려하여 연면적 비율을 조절한 방안을 B안으로 설정한다. A와 B안의 냉난방 부하 비교를 통하여 부하패

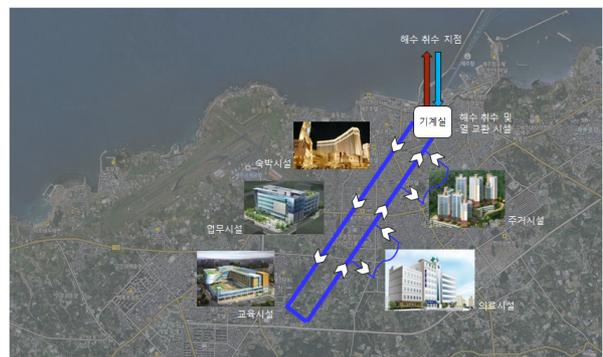


Fig. 5 Target area.

Table 1 Present condition of buildings in Jeju

Use	Building	Total floor are	Heating and cooling system
Apartment	S APT	66,821 m ²	Heating : City gas/Cooling : Individual
	J APT	67,127 m ²	Heating : City gas/Cooling : Individual
	C APT	18,679 m ²	Heating : City gas/Cooling : Individual
Accommodation	W hotel	3,574 m ²	Heating : Steam boiler(Diesel)/Cooling : Turbo refrigerating
	G hotel	52,077 m ²	Heating : Steam boiler(Gas)/Cooling : Turbo refrigerating
	O hotel	28,087 m ²	Heating : Steam boiler(BunkerA)/Cooling : Turbo refrigerating
Educational	J univ.	313,946 m ²	Heating : Diesel/Cooling : Electricity
	J high	22,192 m ²	Heating : Electricity/Cooling : Electricity
	H univ.	54,360 m ²	Heating : Electricity/Cooling : Electricity
Public	Library	6,795 m ²	Heating : Lamp oil/Cooling : Electricity
	Provincial hall	18,574 m ²	Heating : Lamp oil/Cooling : Electricity
	City hall	12,986 m ²	Heating : Lamp oil/Cooling : Electricity
Commercial	Mart	24,240 m ²	Heating : Cold&hot water unit/Cooling : Cold&hot water unit
	N.A.C.F	8,987 m ²	Heating : Electricity/Cooling : Electricity
Medical	J hospital	31,129 m ²	Heating : Steam boiler(Lamp oil)/Cooling : System air-cond.
	U hospital	85,365 m ²	Heating : Steam boiler(Gas)/Cooling : Turbo refrigerating
	Sanatorium	2,757 m ²	Heating : Electricity/Cooling : Electricity

턴을 고려한 지역냉난방의 냉난방부하의 차이를 알아보고자 한다.

3.2 건물용도별 적용방안

Table 1은 대상 지역에 실제로 존재하는 건물에 대해 조사한 것으로 각 건물용도에 따라 분류하였다. 기존 건물들의 연면적을 A안으로 설정하고 부하패턴을 고려하여 연면적 비율을 조율한 방안을 B안으로 설정한다. A와 B안의 냉난방 부하 비교를 통하여 부하패턴을 고려한 지역 냉난방의 냉난방부하의 차이를 알아보고자 한다.

기존 건물들의 연면적을 기준으로 냉난방 부하를 산정한 A안의 냉방부하는 Fig. 6, 난방부하는 Fig. 7과 같다. 냉방 피크부하는 31,846,352 kcal/m² · h로 13시에 나타났으며, 난방 피크부하는 23,827,247 kcal/m² · h로 9시에 나타났다.

부하패턴을 고려하여 건물용도에 따라 연면적 비율을 조율한 B안의 냉방부하는 Fig. 8, 난방부하는 Fig. 9과 같이 나타났다. 냉방부하의 경우 A안에 비하여 전반적으로 평균화된 상태를 보였으며, 난방부하는 비슷한 형태를 유지하고 있다. B안의 냉방 피크부하는 23,879,868 kcal/m² · h로 9시에 나타났으며, 난방 피크부하는 25,999,745 kcal/m² · h로 7시에 나타났다.

A와 B안의 냉난방부하를 비교한 결과, 냉방 피크부하는 A안 대비 약 25% 줄어들었으며, 난방 피크부하는 약 8% 증가한 것으로 나타났다. 난방 피크부하가 증가하였지만 냉방 피크부하가 기존의 1/4가량 줄어들었으며, 기존 안에 비하여 시간대별 부하의 폭이 평준화되어 열원장비의 가동률을 일정하게 유지시킬 수 있다.

B안의 냉방 피크부하는 야간에 에너지 사용량이 많은 공동주택보다는 타 건물용도의 연면적 비율이 높은 A안에 비하여 부하패턴을 고려하여 공동주택의 연면적 비율을 높이고 타 건물용도의 비율을 낮춤으로써 냉방 피크부하를 감소시킬 수 있었다. 또한 건물용도별 연면적은 난방보다 피크부하의 절대값이 높은 냉방을 기준으로 설정이 되었기 때문에 난방 피크부하는 A안에 비하여 B안이 증가하는 결과를 가져왔다.

따라서 부하패턴을 고려하여 냉난방부하를 산정할 경우 열원장비 용량을 최적화시키고 가동율을 향상시킬 수 있다.

4. 결 론

지역 냉난방의 열원 설비로써 신재생 에너지원인 해수열원 히트펌프 시스템을 도입하기 위하여 적정한 장비의 용량 선택에 따른 초기투자비 감소가 필요한 상황이다. 따라서 본 연구에서는 기존 연구 자료를 분

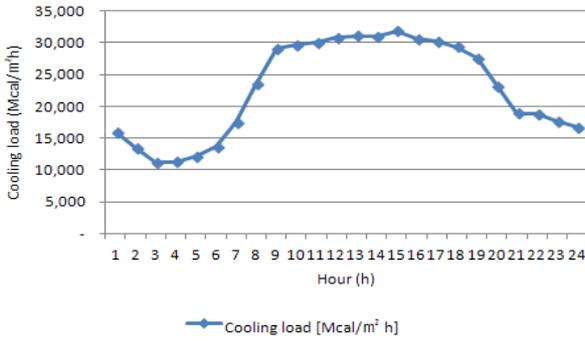


Fig. 6 Cooling load for A.

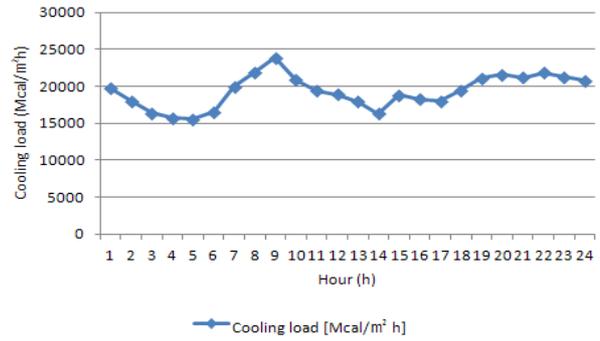


Fig. 8 Cooling load for B.

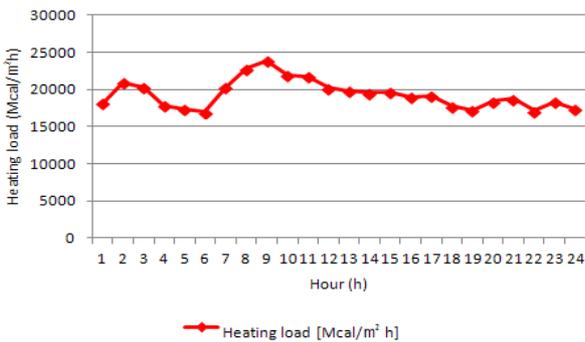


Fig. 7 Heating load for A.

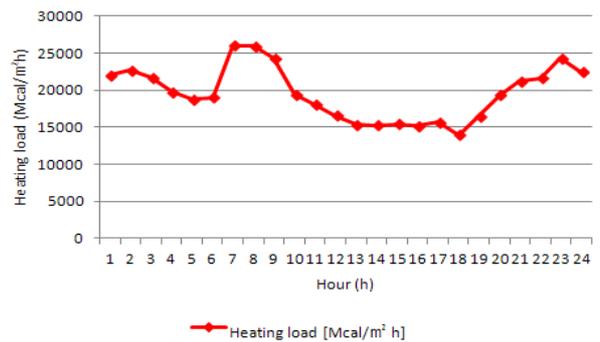


Fig. 9 Heating load for B.

석하여 건물용도별 부하패턴을 도출하고 제주 지역의 실제 건물을 토대로 해수열원 히트펌프 시스템을 적용하기 위한 최적의 건물 비율을 설정하고자 하였다.

제주 지역의 실제 건물에 대한 연면적 비율을 A안으로 설정하고 건물용도별 부하패턴을 고려한 연면적 비율을 B안으로 설정하여 냉난방 부하를 산출한 결과, 난방 피크부하가 증가하였지만 냉방 피크부하가 기존의 1/4가량 줄어들었으며, 기존 안에 비하여 시간대별 부하의 폭이 평준화되어 열원장비의 가동률을 일정하게 유지시킬 수 있다. 따라서 부하패턴을 고려하여 냉난방부하를 산정할 경우 열원장비 용량을 최적화시키고 가동율을 향상시킬 수 있다.

후 기

본 연구는 한국에너지기술연구원의 주요사업으로 수행한 결과입니다(B3-2431-06). 또한 본 연구는 국토해양부가 지원하는 “해양심층수의 에너지 이용기술 개발” 성과 중 일부이며, 지원에 감사드립니다.

Reference

1. Lee, H., 2011, An Experimental Study on The

Improvement of Consumer’s Heating Facility in Apartment Housings with District Heating System, Master’s thesis, Seoul National University of Science and Technology.

2. Park, H. C. and Cheng, M., 2009, Building energy demand models for offices in Korea, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 29, No. 5, pp. 1-7.

3. Park, H. C., Lee, S. S., and Kim, D. J., 2003, Model development of daily and hourly energy load for department stores, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 15, No. 12, pp. 169-175.

4. Park, H. C. and Cheng, M., 2009, Building load models for hotels in Korea, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 29, No. 4, pp. 48-57.

5. Park, H. C. and Cheng, M., 2009, Development of energy demand models for hospitals, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 11, pp. 636-642.

6. Lee S. J., 2013, Study of the Energy Consumption Survey and Energy Intensity Analysis of the University Campus, Master’s thesis, Changwon University.