

부산광역시 공동주택의 외피구조에 따른 에너지 소비특성 분석

A Study on the Energy Consumption Characteristic by Building Envelope of Apartment Housing in Busan Metropolitan City

이정재* · 김환용**† · 김승희***

Yee Jung-Jae*, Kim Hwan-Yong**† and Kim Seung-Hee***

(Submit date : 2014. 6. 23., Judgment date : 2014. 6. 23., Publication decide date : 2014. 8. 25.)

Abstract : In this paper we made energy consumption units of glass curtain wall type apartment and general apartment in Busan metropolitan city and compared energy consumption characteristics by building envelope. The monthly electricity consumption units of general apartment were shown in the range of 1.16~1.51kWh/m²·mon which were indicated higher value in January, February, August and September with little variation. On the other hand, in case of glass curtain wall type apartment, monthly electricity consumption units were represented in the range of 1.91~7.07kWh/m²·mon with significant fluctuations monthly, which were outstandingly high in July, August and September. The monthly city gas consumption units of general apartment were found to be in the range of 1.79~18.07MJ/m²·mon, while glass curtain wall type apartment were within 0.94~19.91MJ/m²·mon. City gas consumption units from December to March were shown highly in both type apartments. The monthly energy consumption units of general apartment were found to be within 14.23~30.69MJ/m²·mon, while glass curtain wall type apartment were within 24.49~68.9MJ/m²·mon. Energy consumption units of glass curtain wall type apartment were suggested 4.84 times higher than those of general apartment.

Key Words : 에너지원단위(Energy Consumption Unit), 에너지 소비특성(Energy Consumption Characteristic), 공동주택 (Apartment Housing), 외피구조(Building Envelope), 커튼월(Curtain Wall), 부산광역시(Busan Metropolitan City)

**† 김환용(교신저자) : 경상대학교 건축공학과
E-mail : hykim@gnu.ac.kr, Tel : 055-772-1753
*이정재 : 동아대학교 건축공학과
***김승희 : 동아대학교 건축공학과

**† Kim Hwan-Yong(corresponding author) : Department of Architectural Engineering, Gyeongsang National University.
E-mail : hykim@gnu.ac.kr, Tel : 055-772-1753
*Yee Jung-Jae : Department of Architectural Engineering, Dong-A University.
***Kim Seung-Hee : Department of Architectural Engineering, Dong-A University.

1. 서 론

1970년 산업화를 통한 국가경제개발을 추진하기 위해 필요한 노동인력 충족을 위하여 농촌인구가 도시로 유입되었으며¹⁾, 지속적으로 증가하는 인구를 수용하고, 한정된 토지 내에서 원활하게 주택을 공급하기 위하여 다세대주택, 연립주택, 아파트와 같은 공동주택이 보급되기 시작하였다. 이 중 아파트는 우리나라의 대표적인 주거문화의 하나로 자리 잡았으며, 아파트가 차지하는 비율은 2010년 기준으로 8,185천 호(59.0%)를 차지하였다²⁾. 특히, 지방 광역시에는 소득수준이 높은 세입자들이 많아 잠재 수요층이 많다는 이유로 신규 분양 공급 물량이 크게 늘어나고 있는 추세이며³⁾, 그 중 부산은 올해 5대 지방 광역시 중 가장 많은 2만 4천여 가구의 신규 아파트 분양이 예정되어 있다.

이처럼 부산은 경제활동이 활발한 지역을 중심으로 공동주택의 건설이 지속적으로 증가하고 있으며, 도심의 고밀도화에 따라 고층 공동주택이 늘고 있다. 고층건물 설계자들은 구조적인 중량을 줄이고 편리한 시공을 위하여 유리커튼월 외피구조를 많이 채택하고 있으며⁴⁾, 특히, 해운대 일대는 해안가를 중심으로 초고층 유리커튼월 공동주택이 건설되고 있는 실정이다. 그러나 이러한 유리커튼월 공동주택은 외관은 보기에 좋을지 모르지만, 여름철 과도한 일사유입으로 실내온도가 상승하여 냉방부하가 급격히 증가하기 때문에 심각한 에너지 문제를 유발할

수 있다.

현재 국내에서 발표된 공동주택의 에너지소비특성에 관한 연구를 살펴보면, 서윤규 외(2009)⁵⁾는 도심 임대아파트를 대상으로 에너지 소비량을 조사하였으며, 가구특성(가구원수, 소득계층)별 에너지 소비특성을 분석하고, 에너지원단위를 작성하였다. 이병희 외(2010)⁶⁾는 초고층 주상복합의 전력 및 열사용량의 비교를 통하여 에너지 소비특성을 분석하고, 일반아파트의 에너지 소비실태와 비교를 통하여 주상복합 아파트의 에너지 효율에 관한 실증조사를 실시하였다. 김유란 외(2011)⁷⁾는 공동주택 거주자의 주거 내 에너지소비행동에 의한 전력소비량을 비교하여 가족구성원 특성에 따른 전력에너지소비성향을 분석하였다. 이왕제(2013)⁸⁾는 대전지역의 공동주택 31개단지 열, 전기, 가스 사용량을 조사하고, 문헌을 바탕으로 난방, 급탕, 냉방, 조명, 플러그, 취사 사용량 및 원단위를 전용면적을 기준으로 산출하였다. 이와 같이 공동주택의 에너지소비특성에 관한 연구는 지속적으로 진행되고 있지만, 에너지 문제에 취약한 유리커튼월 공동주택의 에너지 소비특성에 대한 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 부산광역시에 위치한 유리커튼월 공동주택과 일반 공동주택의 에너지원단위를 도출하여 외피구조에 따른 에너지 소비특성을 비교하고자 한다.

1) 황광일, 연안지역 아파트의 전력소비량 실태조사-부산광역시 영도구에 대한 사례연구-, 한국향해향만학회지, 제33권 제3호, 2009, pp.241-245
 2) 통계청, 2010년도 인구주택총조사 전수집계(가구·주택) 결과, 2011
 3) 진영태, 5대 광역시 올 5만가구 신규 분양, 매일경제&mk.co.kr, 2014
 4) 김용기·오근숙·정근주, 고층건물 커튼월의 경면반사 영역 예측방법에 관한 연구, 대한건축학회연합논문집, 제14권 제3호, 2012, pp.303-310

5) 서윤규·김주영·홍원화, 도심 임대아파트의 에너지 및 상수 소비 특성에 관한 연구, 한국주거학회논문집, 제20권 제6호, 2009, pp.39-46
 6) 이병희·이재혁·제혜성·강동호, 초고층 주상복합 아파트의 에너지 소비특성에 관한 연구, 한국생태환경학회논문집, 제10권 제5호, 2010, pp.63-69
 7) 김유란·홍원화·서윤규·전규엽, 공동주택 가족구성원별 전력소비성향에 관한 연구, 한국주거학회논문집, 제22권 제6호, 2011, pp.43-50
 8) 이왕제, 대전지역 공동주택의 에너지원단위 산정에 관한 연구, 대전대학교 석사학위논문, 2013

2. 외피구조에 따른 에너지원단위 작성 개요

2.1 에너지원단위 정의 및 작성방법

에너지원단위란 단위면적당 1차 에너지 소비량을 말하며, 일반적으로 건물간의 에너지 소비량 비교나 건물·지역전체의 에너지소비량을 추정할 때 사용된다. 에너지원단위는 크게 전력원단위와 연료원단위로 구분되며, 전력원단위와 연료원단위의 합으로 산정한다. 본 연구에서는 에너지원의 환산방법으로 열량 환산법을 이용하였으며, 전기 및 도시가스의 환산계수⁹⁾는 Table 1과 같다.

Table 1. Standard in terms of energy calorie

energy types	units	total amount of heat generated (MJ)
electricity (consumption standards)	kWh	9.6
city gas(LNG)	Nm ³	43.6

또한, 에너지원단위는 ‘건물용도별 전력원단위 조사연구’¹⁰⁾에서 정의한 식에 따라 다음과 같이 산정하였다.

$$\begin{aligned} & * \text{전력원단위}(\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}) \\ & = \text{연간전력사용량}(\text{kWh}/\text{yr}) / \text{건물연면적}(\text{m}^2) \quad (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & * \text{연료원단위}(\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}) \\ & = \text{연간연료사용량}(\text{MJ}/\text{yr}) / \text{건물연면적}(\text{m}^2) \quad (2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & * \text{에너지원단위}(\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}) \\ & = \text{전력원단위}(\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}) \times \text{환산계수} \quad (3) \\ & + \text{연료원단위}(\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}) \end{aligned}$$

2.2 에너지소비 실태 조사

현재까지 공동주택의 에너지 소비특성에

관한 연구는 대부분 표본조사를 통하여 진행되었다. 그러나 이 경우, 일부 세대의 생활패턴, 거주환경 등이 포함되어 에너지 소비특성을 분석하기 때문에 일반적으로 사용하기에 어려움이 있으며, 설문 및 수기조사에 의한 시간적·인력적인 문제가 발생할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 에너지 관리기관인 한국전력공사와 부산도시가스에서 보유·관리 중인 전력 및 도시가스 데이터를 수집하여 활용하였다.

본 연구에서는 부산광역시 해운대구에 위치한 유리커튼월 공동주택과 일반 공동주택을 선정하여 전력 및 도시가스, 에너지원단위를 작성하였다. 이 때, 대상 유리커튼월 공동주택의 입주자가 2011년이기 때문에 에너지 사용량이 어느 정도 안정화되는 2012년의 데이터를 활용하였으며, 공동주택의 외피구조에 따른 에너지 소비특성을 비교하기 위하여 동일한 지역에 있는 일반 공동주택을 선정하였다. 선정한 대상건물의 난방시스템은 유리커튼월, 일반 공동주택 모두 도시가스를 이용한 개별 보일러를 이용하고 있으며, 냉방은 시스템에어컨을 이용하고 있다. 대상 건물의 개요를 Table 2에 나타내었으며, Fig. 1, Fig. 2에 전력과 도시가스의 소비량을 나타내었다.

Table 2. Building summary

	general apartment	glass curtain wall type apartment
total floor area(m ²)	281,608	275,713
number of households	1,631	892
completion(year)	1995	2011
heating method	individual heating method	

9) 에너지 열량 환산기준표, 에너지기본법 제5조 제1항

10) 건물용도별 전력원단위 조사연구, 산업자원부, 2002

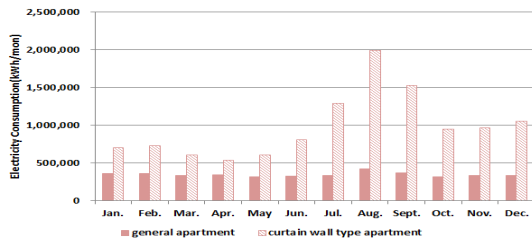


Fig. 1 Electricity consumption

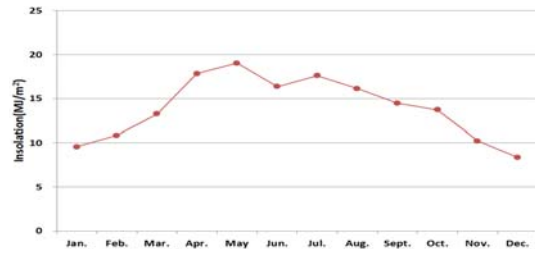


Fig. 4 Average monthly insolation in Busan

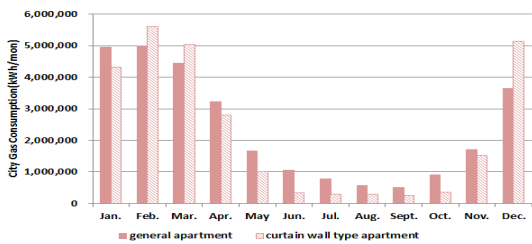


Fig. 2 City gas consumption

한편, 유리커튼월 공동주택과 일반 공동주택의 준공년도 및 건물의 노후화 등으로 인하여 단열성능의 차이가 나타날 수 있으나, 외피구조에 따른 에너지 소비특성을 분석하는 데에는 큰 어려움이 없을 것으로 판단된다.

2.3 대상지역 기후조건

Fig. 3, 4는 부산광역시의 2012년 월평균 온습도 및 일사량을 나타낸다. 월평균 최저 기온은 2.8℃, 최고기온은 27.5℃로 나타났으며, 월평균 최저습도는 41.8%, 최고습도는 78.3%로 나타났다. 월평균 일사량은 4~8월이 높고, 1~2월, 11~12월은 낮은 것으로 나타났다.

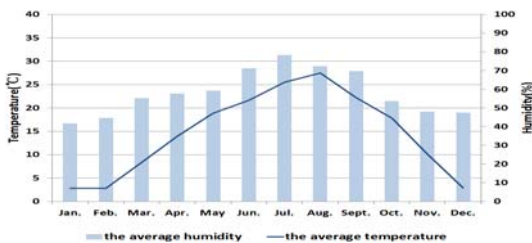


Fig. 3 Average monthly temperature and humidity in Busan

3. 외피구조에 따른 에너지원단위 작성 및 분석

3.1 월별 원단위

(1) 전력원단위

Fig. 5는 일반 공동주택과 유리커튼월 공동주택의 전력원단위를 나타낸다.

월별 전력원단위를 살펴보면, 일반 공동주택의 경우, 전반적으로 1.16~1.51kWh/m²·mon의 분포를 보이고 있으며, 온습도 및 일사량의 영향을 많이 받는 하절기인 8, 9월과 동절기인 1, 2월에 전력원단위가 높게 나타났지만, 월별로 큰 변화를 보이지 않는 것으로 나타났다. 반면, 유리커튼월 공동주택의 경우, 1.91~7.07kWh/m²·mon로 월별 변화의 폭이 크게 나타났으며, 이는 일반 공동주택에 비하여 최대 6.09배 정도 높은 것으로 나타났다. 하절기인 7~9월에 전력원단위가 높게 나타났으며, 특히, 온습도가 높은 8월에는 다른 달에 비하여 월등히 높은 수치를 보이는 것으로 나타났다. 이는 전면이 유리로 이루어진 유리커튼월 공동주택의 경우, 일사유입으로 냉방부하가 급격히 증가하여 냉방기기의 사용률이 증가했기 때문인 것으로 사료된다.

단, 유리커튼월 공동주택의 전력원단위가 일반 공동주택에 비하여 높게 나타난 원인은 유리로부터의 일사열 유입 외에도 준공년도에 따른 단열기준 차이, 건물의 노후화로 인한 단

열성능 저하, 거주자 생활수준, 거주면적 등 다양한 요소들이 영향을 미친 것으로 사료되며, 추후 이를 고려한 전력원단위 작성이 필요하다.

(2) 도시가스원단위

Fig. 6은 일반 공동주택과 유리커튼월 공동주택의 도시가스원단위를 나타낸다.

월별 도시가스원단위를 살펴보면, 일반 공동주택의 경우 $1.79\sim 18.07\text{MJ}/\text{m}^2\cdot\text{mon}$, 유리커튼월 공동주택의 경우 $0.94\sim 19.91\text{MJ}/\text{m}^2\cdot\text{mon}$ 의 분포를 보이고 있으며, 모두 개별 보일러 사용률이 높은 동절기(12~3월)에 도시가스원단위가 높고, 가스의 대부분이 취사나 온수에 사용되는 나머지 기간에는 낮은 것으로 나타났다. 도시가스원단위는 동절기인 12, 2, 3월에 유리커튼월 공동주택이 일반 공동주택에 비하여 각각 약 1.38, 1.10, 1.11배 높은 것으로 나타났지만, 나머지 기간(4~11월)에는 일반 공동주택이 약 1.17~3.10배 더 높은 것으로 나타났다. 한편, 1월의 경우 동절기임에도 불구하고 일반 공동주택이 약 1.17배 더 높은 것으로 나타났으며, 이는 외피의 단열정도 외에 거주자의 생활패턴, 주거환경 및 생활수준 등에 의한 것으로 사료되며, 추후 보다 명확한 분석이 필요하다.

(3) 에너지원단위

Fig. 7은 일반 공동주택과 유리커튼월 공동주택의 에너지원단위를 나타낸다.

월별 에너지원단위를 살펴보면, 일반 공동주택의 경우, $14.23\sim 30.69\text{MJ}/\text{m}^2\cdot\text{mon}$ 의 분포를 보이며, 상대적으로 원단위의 변화가 큰 도시가스원단위의 패턴과 유사한 양상을 보이는 것으로 나타났다. 유리커튼월 공동주택의 경

우, $24.49\sim 68.91\text{MJ}/\text{m}^2\cdot\text{mon}$ 의 분포를 보이며 전력원단위의 패턴과 비교적 유사한 양상을 보이는 것으로 나타났다.

유리커튼월 공동주택은 일반 공동주택에 비하여 최대 4.84배 정도 에너지원단위가 높게 나타났으며, 이는 유리커튼월 공동주택이 에너지 소비 측면에서 열악하다는 것을 시사해준다. 또한, 전반적으로 유리커튼월 공동주택의 에너지원단위가 높은 것은 유리외피 구조로 인하여 여름철 일사부하의 영향을 많이 받기 때문으로 해석할 수도 있지만, 거주자의 생활수준, 거주환경, 생활패턴 등 개인적인 요소들이 영향을 미치기 때문인 것으로 사료된다. 따라서 추후 이러한 영향인자들을 고려한 에너지원단위의 구축이 이루어져야 할 것이다.

3.2 연간 원단위

Fig. 8은 일반 공동주택과 유리커튼월 공동주택의 연간 전력 및 도시가스, 에너지원단위를 나타낸다.

연간 전력원단위는 일반 공동주택이 $143.85\text{MJ}/\text{m}^2\cdot\text{yr}$, 유리커튼월 공동주택이 $401.79\text{MJ}/\text{m}^2\cdot\text{yr}$ 로 유리커튼월 공동주택이 2.79배 높게 나타났다. 연간 도시가스원단위는 일반 공동주택이 $103.04\text{MJ}/\text{m}^2\cdot\text{yr}$, 유리커튼월 공동주택이 $96.10\text{MJ}/\text{m}^2\cdot\text{yr}$ 로 일반 공동주택이 1.07배 높게 나타났다. 또한, 연간 에너지원단위는 일반 공동주택이 $246.88\text{MJ}/\text{m}^2\cdot\text{yr}$, 유리커튼월 공동주택이 $497.88\text{MJ}/\text{m}^2\cdot\text{yr}$ 로 유리커튼월 공동주택이 2.02배 높게 나타났다.

유리커튼월 공동주택의 연간 에너지원단위는 전력원단위의 영향을 많이 받는 것으로 나타났다. 이는 월별 에너지원단위에서 설명했듯이 유리커튼월 공동주택이 에너지 소비 측면에서 열악하다는 것을 시사해준다.

4. 결 론

본 연구에서는 부산광역시에 위치한 유리커튼월 공동주택과 일반 공동주택의 에너지원단위를 도출하고, 외피구조에 따른 에너지 소비 특성을 비교하였다. 본 연구의 주요결과를 정리하면 다음과 같다.

- (1) 월별 전력원단위는 일반 공동주택의 경우, $1.16 \sim 1.51 \text{kWh/m}^2 \cdot \text{mon}$ 의 분포를 보이며, 8, 9월과 1, 2월에 높게 나타났지만, 월별로 큰 변화를 보이지 않는 것으로 나타났다. 반면, 유리커튼월 공동주택의 경우, $1.91 \sim 7.07 \text{kWh/m}^2 \cdot \text{mon}$ 로 월별 변화의 폭이 크게 나타났으며, 7, 8, 9월에 월등히 높은 것으로 나타났다.
- (2) 월별 도시가스원단위는 일반 공동주택의 경우 $1.79 \sim 18.07 \text{MJ/m}^2 \cdot \text{mon}$, 유리커튼월 공동주택의 경우 $0.94 \sim 19.91 \text{MJ/m}^2 \cdot \text{mon}$ 의 분포를 보이고 있으며, 모두 12~3월에 높은 것으로 나타났다.
- (3) 월별 에너지원단위는 일반 공동주택의 경우, $14.23 \sim 30.69 \text{MJ/m}^2 \cdot \text{mon}$, 유리커튼월 공동주택의 경우, $24.49 \sim 68.91 \text{MJ/m}^2 \cdot \text{mon}$ 의 분포를 보이는 것으로 나타났다. 전반적으로 유리커튼월 공동주택이 일반 공동주택에 비하여 최대 4.84배 정도 에너지원단위가 높게 나타났으며, 이는 유리커튼월 공동주택이 에너지 소비 측면에서 열악하다는 것을 시사해준다.
- (4) 연간 전력원단위는 유리커튼월 공동주택이 2.79배 높게 나타났으며, 도시가스원단위는 일반 공동주택이 1.07배 높게 나타났다. 또한, 에너지원단위는 유리커튼월 공동주택이 2.02배 높게 나타났다.

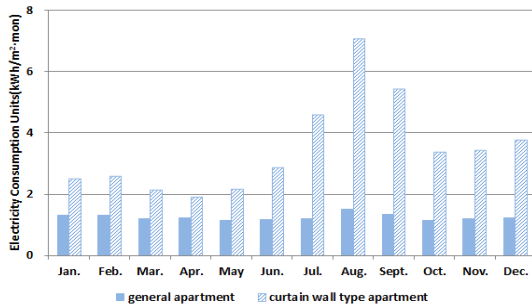


Fig. 5 Electricity consumption units of monthly

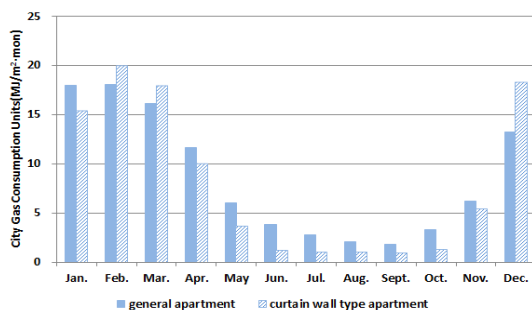


Fig. 6 City gas consumption units of monthly

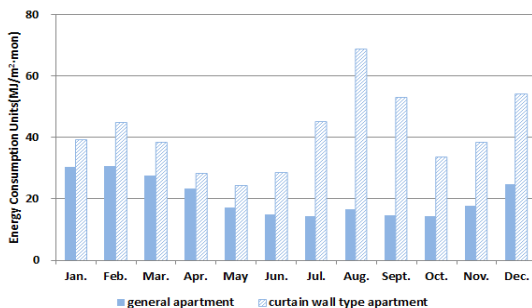


Fig. 7 Energy consumption units of monthly

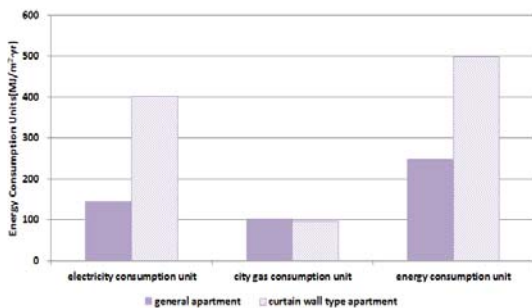


Fig. 8 Energy consumption units of yearly

이상의 결과로부터 유리커튼월 공동주택의 에너지원단위가 높게 나타나는 것은 유리외피 구조로 인하여 여름철 일사부하의 영향을 많이 받기 때문으로 해석할 수도 있지만, 거주자의 생활수준, 거주환경, 생활패턴 등 개인적인 요소들이 영향을 미치기 때문인 것으로 사료된다.

따라서 추후 거주자 생활패턴, 생활수준, 건물 노후화, 거주면적 등을 고려한 외피구조별 원단위 작성이 추가적으로 진행되어야 할 것으로 사료된다.

후 기

이 연구는 2013년도 정부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임. [NO.2013063985]

Reference

1. Hwang K. I., A Survey on the Electric Power Consumptions of Apartments located at Coastal Area : Yeongdo-gu, Busan, Korea, Journal of navigation and port research, Vol. 33, No. 3, pp. 241~245, 2009
2. Complete Enumeration Survey of Population and Housing Census, NSO, 2011
3. Jin Y. T., 5 Metropolita City-50,000 Households New Distribution Market, Mael Business Newspaper, 2014
4. Kim Y. G., Oh G. S and Jung G. J., Estimation Method on Area of Specular Reflection with Curtain Wall of High Rise Building, Journal of the Regional Association of Aarchitectural Institute of Korea, Vol. 14, No. 3, pp. 303~310, 2012
5. Seo Y. K., Kim J. Y. and Hong W. H., An Analysis on the Characteristics of Energy and Water Consumption in Urban Rental apartment, Journal of the Korean Housing Association, Vol. 20, No. 6, pp. 39~46, 2009
6. Lee B. H., , Lee J. H., Je H. S. and Kang D. H., A Study on the Characteristic of Energy Consumption in the Super High-rise Mixed-use Housing, Journal of the KIEAE, Vol. 10, No. 5, pp. 63~69, 2010
7. Kim Y. L., , Hong W. H. , Seo Y. K, and Jeon G. Y, A Study on the Electricity Consumption Propensity by Household Members in Apartment Houses, Vol. 22, No. 6, pp. 43~50, 2011
8. Lee W. J., Study on the Energy Consumption unit Estimation of Apartments in Daejeon Area, Daejeon University master's thesis, 2013
9. Energy Fundamental Law, MOTIE
10. Survey for Power Intensity by Building, MOTIE, 2002