

부산시 임대아파트 및 분양아파트의 냉난방에너지 소비량 분석*

Analysis of Heating and Cooling Energy Consumption in Rental and Sales Apartments in Busan

이경희** · 이준기***

Kyung-Hee Lee** · Jun-Gi Lee***

Abstract

This study analyzed the energy consumption differences between rental and owner owned (purchased) apartments in Busan, South Korea during the cooling and heating seasons. Analysis revealed that the average electricity consumed for cooling was 2.5 kWh/m²·yr for rental apartments and 2.3 kWh/m²·yr for purchased apartments, a difference of 0.2 kWh/m²·yr. The average electrical heating energy consumption was 3.3 kWh/m²·yr for rental apartments and 2.2 kWh/m²·yr for purchased apartments, a difference of 1.1 kWh/m²·yr. It was estimated that the use of electric blankets and heaters was higher in rental apartments than purchased apartments resulting in higher electrical heating energy consumption. The average gas heating energy consumption was 7.0 kWh/m²·month for rental apartments and 6.8 kWh/m²·month for purchased apartments. When electricity and gas usage was combined for heating, the average total heating energy consumption was 10.3 kWh/m²·month for rental apartments and 9.0 kWh/m²·month for purchased apartments. This indicates that rental apartments consume 1.3 kWh/m²·month more energy than purchased apartments during heating season. Overall, rental apartments consume more energy than purchased apartments during both the cooling and heating seasons.

Keywords : Rental Apartment, Sales Apartment, Energy Consumption, Cooling and Heating Energy Consumption

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

온실가스 배출을 저감하기 위하여 전 분야의 에너지 사용량을 저감하기 위한 노력은 상당기간 진행되어 왔다. 그 중 건물부문에서 신축건물은 녹색건축 인증제도, 에너지효율등급인증제도 등 각종 인증 제도를 도입하여 에너지 절감을 강화하고 있으며, 기

존건축물은 목표관리제, 에너지소비증명제 및 그린 리모델링 사업을 통한 감축목표 달성을 추진하고 있다. 다만, 녹색건축물 활성화 방안 및 추진전략의 온실가스 감축목표치는 온실가스 감축목표치 중 신축 건축물 25%, 기존건축물 50%, 행태개선 25%로 신축건축물보다 기존건축물이 감축해야 하는 감축량은 더 많은 것으로 확인된다. 부산시는 2018년도 전체 건축물 중 20년 이상 경과된 건축물은 253,693동

*이 논문은 2019년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임.(No. 2019R1A6A3A01095965)

**부산대학교 건축공학과 교수(주저자: samlgh@psuan.ac.kr)

***부산대학교 생산기술연구소 연수연구원(교신저자: jk_junki@pusan.ac.kr)

으로 전체 건물 동수(356,701동) 대비 70.1%로 높고, 주거용 건축물에서 내용연수 35년 이상 경과된 주택은 132,045동으로 전체 대비(247,560동) 53.3%로 서울시의 26.5%에 비해 현저하게 많다. 온실가스 감축을 위해서는 기존건축물의 표준에너지 소비량을 추정해야 하며, 이는 건축물의 위치, 기온, 세대수, 건물의 방위, 층수, 단열성능 등 많은 변수의 영향을 받는다. 그중 난방방식 및 복도 유형은 에너지 소비량에 영향을 미치는 큰 요소 중 하나이다(이준기, 2019).

본 연구에서는 부산시에 기 건설된 임대아파트와 분양아파트의 에너지 소비량을 특정기간 동안 분석하여 에너지 소비량 차이를 확인하고자 한다. 이는 향후 분양아파트에서 입주자들이 행하는 그린리모델링 사업이 에너지 소비량 저감에 미치는 영향을 파악하는 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

1.2 연구의 범위 및 방법

임대아파트는 영구, 공공, 국민임대아파트로 구분되어 보급되는데, 입차인에 의한 매매 및 리모델링(수리)이 이루어지지 않는다. 반면, 분양아파트는 매매 및 리모델링이 가능하고, 이는 에너지 소비량에 영향을 미칠 것으로 예상된다.

임대 및 분양아파트의 에너지 소비량을 비교·분석하기 위하여 아파트 단지가 최대한 비슷한 환경에 건설된 위치의 단지를 선정하였으며, 에너지 소비량은 전기 및 가스에너지 소비량으로 구분하여 2001년도부터 2018년도까지 8년의 자료를 수집하여 분석하였다. 이후 전기 및 가스 에너지 소비량 중 냉난방에너지 소비량을 추정하였다.

2. 선행연구 검토

공동주택의 에너지 소비량은 단열기준 적용 상태에 따라 최대 3배 이상 차이가 발생하고(강재식 외,

1995), 서울 및 신도시 지역의 공동주택은 중앙난방과 지역난방의 단위면적당 연간 에너지 소비량 차이는 많은 요인이 복합적으로 작용되고 있다고 밝혔다(안태경 외, 1997). 또, 공동주택은 건물의 특성(층수, 방향, 복도형태, 준공년도), 단열, 설비상태, 운전방식, 재실자의 행태 등의 요인에 따라 최대 2~3배의 에너지 소비량 차이가 발생하고, 남부지역 중앙난방 공동주택의 전용면적당 난방에너지는 204 Mcal/m²·yr으로 제시하고 있다(홍성희, 2001). 도시가스를 이용하여 개별난방을 하는 7개 단지 및 중앙난방을 하며 취사를 도시가스로 하는 3개 단지의 도시가스 사용량을 분석한 결과, 취사용 도시가스 사용량은 평균 7~10m³을 사용하는 것으로 연구되었다(김진관·문종욱, 2005). 공동주택의 세대위치, 층 및 거주인원의 요인의 변화에 따라 전기 및 가스 사용량을 분석하거나(이준기 외, 2016; 최소라, 2016), 전국 우체국사 중 221개 총괄국, 24개 집중국의 연료 및 전기사용량을 연료의 종류, 대지면적, 건축면적, 연면적, 냉난방면적, 구조형식, 경과연수, 방위, 근무인원 등을 요인으로 설정하여 연료 및 전기사용량을 분석하였다(지상준, 2014; 황석호·임휘규, 2012).

3. 분석모형 및 자료

3.1 분석자료

본 연구의 기초자료는 공공데이터포털에서 제공하는 2011년 1월부터 2018년 12월까지 8년 동안 사용한 전기 및 가스사용량을 분류하여 임대아파트 및 분양아파트의 월별 소비량을 수집하였다. 전기사용량은 여름철 냉방에너지 및 겨울철 난방에너지를 위해 사용되고, 가스사용량은 급탕, 취사 및 겨울철 난방용으로 사용된다. 수집된 데이터는 kWh/m²으로 단위를 통일하여 비교·분석하였다.

분석 자료의 건축물 개요는 Table 1과 같고, 단지

Table 1. Architecture Overview of Analysis Data

Division	Rental Apartment	Sales Apartment
Area	Buk-gu, Busan	
Date of approval for use	2004.05.24.	2004.07.02.
Heating method	Individual heating	
Corridor type	Stairs	
Number of units	840	981
Area for residential use only	44,813.34 m ²	68,479.89 m ²

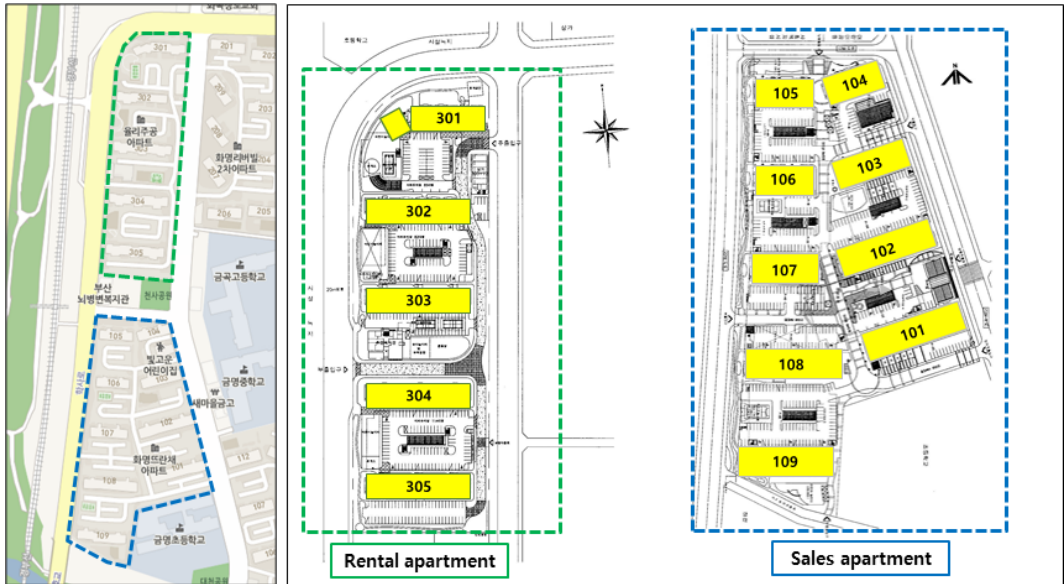


Fig. 1. Layout of Rental Apartment and Sales Apartment

배치도는 Fig. 1과 같다. 선정된 단지는 부산광역시 북구에 위치하고, 난방방식은 개별난방, 두 단지 모두 2004년도에 사용승인을 받은 단지를 선정하였다.

3.2 냉·난방에너지 소비량 추정

본 연구에서는 에너지 소비량 중 냉방 및 난방을 위한 에너지 소비 특징을 분석하고 있다. 이에 기존 연구를 고찰하여 에너지 소비량에 포함되는 조명, 취사, 급탕, 플러그 및 기타 에너지 소비량을 추정하고, 제외하기 위하여 소비특성을 분석하였다.

공동주택에서 조명은 16.86kWh/m²·yr(26.2%)

를 소비하고, 취사는 10.38kWh/m²·yr(6.4%)를 소비하는 것으로 파악하였고(김용인·송승영, 2014), 공동주택 전체 에너지 소비량 중 난방은 84.96kWh/m²·yr(47.4%), 전기는 42.0 kWh/m²·yr(23.4%), 급탕은 40.56kWh/m²·yr(22.6%), 가스는 11.64kWh/m²·yr(6.5%)를 소비한다고 연구되기도 하였다(박설희, 2013). 가스에너지 소비량은 한국도시가스협회 연구를 바탕으로 난방과 취사로 구분하고, 난방은 79.34%, 취사는 20.66%를 소비한다고 검토하고, 냉방용 전력은 냉방용 소비가 미미하다고 여겨지는 때 해 5월의 전력 소비를 여름철(6~9월) 소비에서 차

감한 값을 이용한다고 밝혔다(김철현·강병욱, 2017). 또, 공동주택을 31평과 43평으로 구분하고, 급탕량은 평균 $4.36\text{m}^3/\text{month}$, $5.1\text{m}^3/\text{month}$ 을 사용하고(김병수 외, 2002), 급탕에 소비되는 가스 소비량을 계산하여 급탕 소비량은 전체 가스에너지 소비량에서 취사를 제외한 에너지 소비량 중 20%로 정의하고 있다(김진관, 2006).

기존 연구 중 난방, 냉방, 급탕, 취사, 조명, 플러그 및 기타 에너지 소비량을 모두 검토한 연구는 대상 건물이 공동주택이 아닌 단독주택을 대상으로 하고 있다(유정현 외, 2017). 이에 본 연구에서는 조명, 플러그 및 기타 에너지 소비 특성(김철현·강병욱, 2017)과 취사 및 급탕에너지 소비 특성(김진관·문종욱, 2005) 연구를 바탕으로 냉방 및 난방에너지 소비량을 추정하였다.

전기에너지 소비량 중 냉방에너지 소비량은 전기가 가장 적게 소비되는 5월, 10월을 평균하여 냉방기간 또는 전기에너지 소비량이 많은 6월, 7월, 8월, 9월의 전기 소비에서 차감한 값을 냉방에너지 소비량으로 설정하고, 난방에너지 소비량은 11월, 12월, 1월, 2월, 3월, 4월의 전기 소비에서 차감한 값을 전기에너지 소비량 중 난방에너지 소비량으로 설정하였고, 식 (1), 식 (2)와 같다.

$$E_{cooling} = (E_6 + E_7 + E_8 + E_9) - (E_5 + E_{10}) \times 2 \quad (1)$$

$$E_{heating} = (E_{11} + E_{12} + E_1 + E_2 + E_3 + E_4) - (E_5 + E_{10}) \times 3 \quad (2)$$

여기서 $E_{cooling}$ 는 전기에너지 소비량 중 냉방에너지, $E_{heating}$ 은 전기에너지 소비량 중 난방에너지, E_x 는 월별 전기에너지를 의미한다.

또, 난방에너지 소비량은 가스에너지 소비량 중 취사 소비량은 $0.46\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{month}$ 로 설정하고, 급탕에너지 소비량은 식 (3)과 같이 난방에너지 소비

량은 식 (4)와 같이 추정하였다.

$$G_{water} = (G_{energy} - G_{cooking}) \times 20\% \quad (3)$$

$$G_{heating} = G_{energy} - (G_{cooking} + G_{water}) \quad (4)$$

여기서 G_{water} 는 가스에너지 소비량 중 급탕에너지 소비량, G_{energy} 는 가스에너지 소비량, $G_{cooking}$ 은 가스에너지 소비량 중 취사에너지 소비량, $G_{heating}$ 은 가스에너지 소비량 중 난방에너지 소비량을 의미한다. 식 (1), 식 (2) 및 식 (4)에서 냉·난방에너지 소비량을 추정할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 에너지 소비량 분석 결과

4.1 전기에너지 소비량

임대아파트 및 분양아파트의 월별 전기에너지 소비량을 분석한 결과는 Fig. 2와 같다. 임대아파트는 월별 단위면적당 최소 $5\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{month}$, 최대 $7\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{month}$ 의 에너지를 소비하는 것으로 나타났다, 분양아파트는 월별 단위면적당 최소 $4\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{month}$, 최대 $6\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{month}$ 의 에너지를 소비하는 것으로 나타났다. 특히, 전기에너지 소비가 난방설비 또는 냉방설비를 사용하는 기간에 많이 소비되는 기간에서도 비 냉·난방기간인 3월과 10월에서도

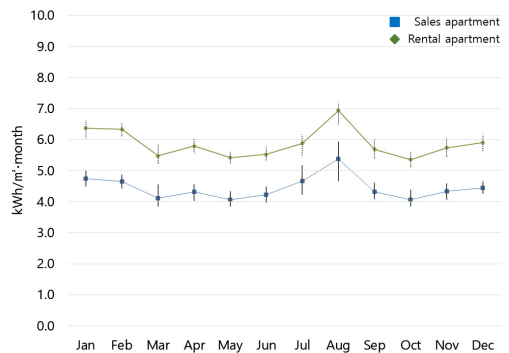


Fig. 2. Monthly Electrical Energy Consumption

임대아파트와 분양아파트는 단위면적당 $1\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{month}$ 이상의 에너지 소비량 차이가 있는 것으로 확인되었다. 다만, 아파트에 거주하는 세대원의 생활 패턴, 세대원수, 사용하는 제품의 에너지효율기기등급 등 에너지 소비량에 영향을 미칠 것으로 판단되는 요인이 존재해 모든 임대아파트와 분양아파트의 전기에너지 소비량을 대표하기 위해서는 적용해야 할 변수가 있는 것으로 판단된다.

식 (1)과 식 (2)를 이용하여 계산된 전기에너지 소비량 중 냉방을 위해 소비되는 에너지는 임대아파트는 평균 $2.5\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{yr}$ 이고, 분양아파트는 평균 $2.3\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{yr}$ 로 약 $0.2\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{yr}$ 차이가 있는 것으로 검토되었다.

전기에너지 소비량 중 난방을 위해 소비되는 에너지는 임대아파트는 평균 $3.3\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{yr}$ 이고, 분양아파트는 평균 $2.2\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{yr}$ 로 약 $1.1\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{yr}$ 차이가 있는 것으로 확인되었다. 이는 분양아파트보다 임대아파트에서 전기장판, 온열기 등 전기에너지를 사용하여 난방하는 양이 많은 것으로 추정된다.

국가에서 제공하는 국민주택의 면적이 평균 전용 면적 85m^2 이하인 것을 감안하면 임대아파트와 분양아파트의 전기에 의한 냉방에너지 소비량 차이는 평균 $17.0\text{kWh}/\text{yr}$, 난방에너지 소비량 차이는 평균 $93.5\text{kWh}/\text{yr}$ 로 추정된다.

4.2 가스에너지 소비량

임대아파트 및 분양아파트의 월별 가스에너지 소비량을 분석한 결과는 Fig. 3과 같다. 9월, 11월, 12월은 임대아파트의 가스에너지 소비량이 분양아파트보다 적은 것으로 나타났고, 1월, 2월, 3월, 5월, 6월, 7월, 10월은 임대아파트의 가스에너지 소비량이 분양아파트보다 많은 것으로 나타났다. 4월과 5월의 가스에너지 소비량은 임대아파트 및 분양아파트 모두 같은 것으로 나타났다.

난방기간인 겨울철의 가스에너지 소비량 차이는

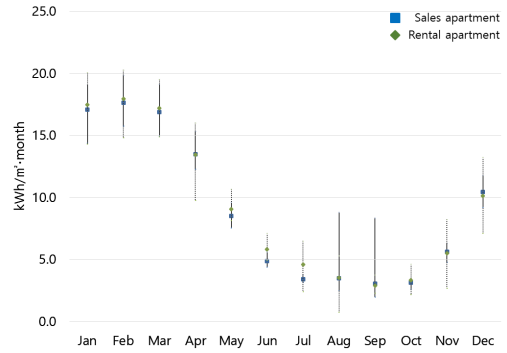


Fig. 3. Monthly Gas Energy Consumption

난방을 위해 소비하는 에너지원의 차이로 판단된다. 임대아파트는 난방기간동안 난방을 위해 사용하는 에너지원이 전기에너지이고, 분양아파트는 난방기간동안 난방을 위해 사용하는 에너지원이 가스에너지인 것으로 판단된다.

식 (3)과 식 (4)를 이용하여 계산된 가스에너지 소비량 중 난방을 위해 소비되는 에너지는 Fig. 4와 같다. 임대아파트는 평균 $7.0\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{yr}$ 이고, 분양아파트는 평균 $6.8\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{yr}$ 로 나타나 임대아파트보다 분양아파트에서 가스를 이용하여 난방하는 에너지량이 $0.2\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{yr}$ 적은 것으로 나타났다.

국가에서 제공하는 국민주택의 면적이 평균 전용 면적 85m^2 이하인 것을 감안하면 임대아파트와 분양아파트의 가스 소비에 의한 난방에너지 소비량 차이는 평균 $17.0\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{yr}$ 로 추정된다.

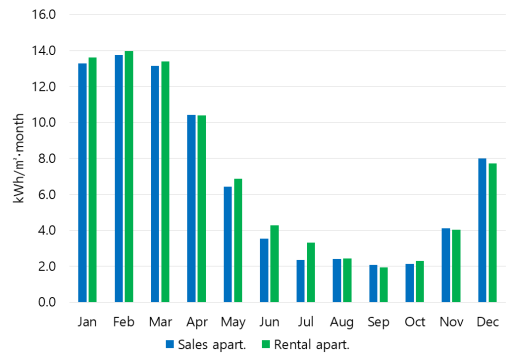


Fig. 4. Monthly Heating Energy Consumption (gas)

또, 에너지 소비량 중 난방을 위해 소비하는 전기 및 가스에너지를 함께 계산하면 분양아파트에서 난방을 위해 소비하는 에너지는 $9.0\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{yr}$ 이고, 임대아파트에서 난방을 위해 소비하는 에너지는 $10.3\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{yr}$ 로 추정되어 임대아파트에서 난방을 위해 소비하는 에너지가 월평균 $1.3\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{yr}$ 많은 것으로 확인되었다.

5. 결론

본 연구는 아파트의 공급 유형을 임대 및 분양아파트로 구분하고, 에너지 소비량을 특정기간동안 분석하여 에너지 소비량 차이를 확인하고자 하였다.

임대아파트는 분양아파트보다 냉방에 사용하는 에너지는 평균 $0.2\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{yr}$, 난방에 사용하는 에너지는 평균 $1.3\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{yr}$ 많은 것으로 확인되었다. 아파트에서 냉방을 위해 사용할 수 있는 설비기기는 크게 선풍기(냉풍기 포함), 에어컨으로 구분할 수 있다. 기존연구(이준기, 2019)에서는 임대아파트에 설치된 실외기 비율은 영구임대아파트는 평균 30%, 공공임대아파트는 평균 35%, 국민임대아파트는 평균 56%로 분석하고, 분양아파트에 설치된 실외기 비율은 100%(한 세대당 두 대 이상의 실외기 설치) 이상으로 분석하고 있다. 설비기기의 전력 사용량이 선풍기보다 에어컨이 높은 것을 감안할 때, 에어컨의 설치비율이 낮은 임대아파트에서의 냉방 에너지 소비량이 분양아파트보다 높게 분석된 요인에 대한 검토는 더 필요할 것으로 판단된다.

임대아파트에서는 난방을 위해 사용하는 전기에너지 소비량이 분양아파트보다 많고, 가스에너지 소비량은 분양아파트보다 적게 나타나는 것을 통해 임대아파트에서는 난방을 방(거실 등)을 대상으로 하기보다는 세대원이 머물거나, 생활하는 부분에 전기장판 등을 통해 난방하는 것으로 판단된다.

특정적인 영향요인인 경제성, 아파트 세대원 수의

차이 및 건물 배치 방위 등 에너지 소비에 영향을 미치는 요인은 많을 것으로 판단된다. 다만, 에너지 소비에 직접적으로 영향을 미치는 단열성능변화(창호의 교체)는 향후 그린리모델링 사업에 의해 아파트 단지에서 저감할 수 있는 에너지 소비량 및 온실가스 배출량을 산정하는데 기초자료로 활용될 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 강재식·이승언·안태경(1995), “공동주택의 난방에너지 소비특성에 관한 연구”, 「대한건축학회 논문집」, 11(7): 139~149.
2. 김병수·윤종호·송인춘·이진숙(2002), “아파트 급탕량 조사 및 태양열 온수급탕 시스템 적용에 관한 연구”, 「대한건축학회논문집 계획계」, 18(12): 161~167.
3. 김용인·송승영(2014), “공동주택의 에너지사용량 실태 분석 및 각종 인자가 에너지사용량에 미치는 영향 분석”, 「한국태양에너지학회 논문집」, 34(6): 93~102.
4. 김진관(2006), “공동주택에서 도시가스 사용실태와 지하층 외벽 단열이 1층 도시가스사용량에 미치는 영향에 관한 실험적 연구”, 경상대학교 박사학위논문.
5. 김진관·문종욱(2005), “진주지역 공동주택의 주요 특성에 따른 도시가스 사용실태에 관한 조사 연구”, 「한국주거환경학회 논문집」, 3(2): 1~12.
6. 김철현·강병욱(2017), 「국내 에너지 소비 변화의 요인 분해 분석」, 에너지경제연구원.
7. 박설희(2013), “공동주택 운영단계에서의 에너지 소비량 실태조사 연구”, 중앙대학교 석사학위논문.
8. 안태경·김수경·강재식·박효순(1997), “아파트의 에너지 소비특성 및 예측에 관한 연구”, 「대한건축학회 논문집」, 13(9): 163~172.
9. 유정현·이기홍·양동석·임주호·방선규·안한근·김선경·조정현(2017), 「스마트 도시개발을 위한 효율적 지역단위 에너지 공급시스템 연구」, 한국토지주택공사 토지주택연구원.
10. 이준기(2019), “부산시 임대 아파트 유형에 따른 에너지 소비특성에 관한 연구”, 부산대학교 박사학위논문.
11. 이준기·이갑택·이경희(2016), “주택에서의 단열성능 강화가 냉난방부하에 미치는 영향”, 「설비공학논문집」, 27(12): 483~488.

12. 지상준(2014), “우체국사 에너지사용량 분석 및 평가에 관한 연구”, 목원대학교 박사학위논문.
13. 최소라(2016), “공동주택 세대의 위치별 에너지소비 실태조사분석”, 대전대학교 석사학위논문.
14. 홍성희(2001), “공동주택의 에너지소비원단위 설정 연구”, 「대한건축학회 논문집 계획계」, 17(12): 151~160.
15. 황석호·임휘규(2012), “창원시 공동주택의 난방에너지 소비 현황 분석”, 「대한건축학회 추계학술발표대회 논문집」, 32(2): 339~340.

요 약

본 연구에서는 에너지 사용량의 차이를 알아보기 위해 부산시에서 준공된 임대 및 분양아파트의 에너지 사용량을 특정기간동안 분석하였다. 그 결과, 전기 사용량 중 냉방에 소비되는 에너지는 임대아파트는 $2.5\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$, 분양아파트는 $2.3\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$ 으로 약 $0.2\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$ 의 차이가 있는 것으로 검토되었다. 전기 사용량 중 난방에 소비되는 평균 에너지는 임대아파트가 $3.3\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$, 분양아파트가 $2.2\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$ 으로 약 $1.1\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$ 의 차이를 보였다. 전기장판, 히터 등 전기에너지를 사용하는 임대아파트의 난방 에너지량은 분양아파트보다 많은 것으로 추정된다. 또한, 가스에너지 사용량 중 난방 에너지 사용량은 임대아파트는 $7.0\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$, 분양아파트는 $6.8\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$ 로 가스를 이용한 난방에 사용하는 에너지 사용량이 임대아파트보다 적은 것으로 나타났다. 난방에 사용되는 전기 및 가스에너지를 합산하면 분양아파트는 난방에 사용하는 에너지는 $9.0\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$, 임대아파트는 $10.3\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$ 으로 추정된다. 난방기간동안 임대아파트는 분양아파트보다 $1.3\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$ 더 많은 에너지를 사용하는 것으로 확인되었다.

주제어 : 임대아파트, 분양아파트, 에너지 사용량, 냉방 및 난방에너지 사용량