

대구광역시 단독주택의 에너지 및 온실가스 배출원단위 작성에 관한 연구

A study on the Energy Consumption and the Greenhouse gas Emission intensity of Detached Houses in Daegu

김 주 영* 김 유 란** 홍 원 화***
 Kim, Ju-Young Kim, Yu-Lan Hong, Won-Hwa

Abstract

The purpose of this study is to provide a fundamental data for reducing energy consumption and greenhouse gas emission of detached houses by investigating the energy consumption characteristic of detached houses in Daegu. Although the ratio of the detached houses decreases, the detached houses are common dwelling form next to apartments. Nevertheless the study about the energy consumption of detached houses has been insufficient compared apartments. There is a necessity which will investigate the energy consumption characteristic of detached houses. Because that with the building quality which is various form is different from apartments. This study investigate construction and equipment conditions and analyzing effective factors on energy consumption of detached houses. And this study draw up the energy consumption unit and emission factors unit for greenhouse gas of detached houses. This study represent a basic report for energy consumption reduction and helps effective use of energy.

Keywords : Detached houses, Energy Consumption Characteristic, Energy Consumption Unit, Emission factors unit for Greenhouse Gas

주 요 어 : 단독주택, 에너지소비특성, 에너지소비원단위, 온실가스 배출원단위

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

전 세계적으로 에너지소비를 줄여서 온실가스 배출을 감소하여 지구환경을 지키기 위한 노력을 기울이고 있다. 국내에서도 에너지소비를 줄이기 위한 대책을 마련하여 적용하고 있으며, 특히 건축물 에너지소비 절감을 위한 연구가 활발하다. 에너지절약 대책을 마련하기 위해서는 우선적으로 건축물의 에너지소비 실태 조사가 이루어져야 한다. 실태조사는 크게 주거용건물, 상업용건물, 기타 건물로 나누어 이루어진다. 주거용 건물에 관한 기존의 연구들은 공동주택이 주를 이루고 있으며, 주거용 건물에서 공동주택 다음으로 큰 비중을 차지하는 단독주택에 대한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다. 단독주택은 다양한 건물특성으로 인해 에너지소비형태가 공동주택과는 달라서 단독주택에 대한 에너지소비특성을 조사할 필요가 있다. 특히 단독주택의 에너지소비는 개별적으로 이루어짐으로써 에너지 절약의 여지가 크기 때문에 효과적인

건축물 에너지소비 절감 대책을 세우기 위해서는 단독주택의 에너지소비 패턴 분석이 필요하다.

표 1. 부문별 에너지소비 구조변화 (단위 : 천TOE)

구분	2004년		2007년		04/07 연평균 증가율
	에너지 소비량	구성비 (%)	에너지 소비량	구성비 (%)	
산업	87,631.1	55.3	98,543.9	57.3	4.0
수송	37,318.0	23.5	39,789.6	23.2	2.2
가정	20,685.4	13.1	18,885.0	11.0	-2.9
상업 공공	12,912.3	8.1	14,646.2	8.5	4.3
합계	158,528.8	100.0	171,864.8	100.0	2.7

2004년 대비 2007년 에너지소비의 연평균 증가율은 표 1에서와 같이 가정부문만이 감소 추세이다. 다른 부문에 비해 가정부문은 에너지소비 절감에 효과적임을 알 수 있다.

과거에 비해 현재는 생활패턴이나 기후환경, 기계설비

* 정희원(주저자), 경북대학교 건축토목공학부 연구원, 공학박사
 ** 준희원(교신저자), 경북대학교 건축학부 건축공학전공 학부과정
 *** 정희원, 경북대학교 건축토목공학부 부교수, 공학박사

등도 달라졌고, 이를 반영한 보다 정확한 에너지원단위 작성이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 단독주택에서의 건축현황, 설비현황, 에너지소비현황을 조사하고, 요소별 에너지 사용량을 비교분석하며, 단독주택의 에너지소비에 영향을 미치는 요소들을 검토하여 에너지의 합리적인 이용을 도모하고, 에너지절약을 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구는 대구광역시 단독주택의 에너지소비현황을 파악하기 위해 단독주택의 설비시설현황 및 에너지소비 실태에 관하여 설문조사를 실시하였다. 실제 거주자가 설문지를 직접 작성하고, 일부자료는 전문기관의 협조를 통해 수집하였다.

수집한 데이터들을 에너지원별로 분석하여 에너지소비 패턴을 찾아내고, 단독주택의 에너지소비에 관한 특성을 파악하였다. 더 나아가 대구광역시 단독주택의 에너지소비 원단위와 이산화탄소 배출원단위를 구하여 에너지소비 정도를 파악할 수 있게 하였다.

II. 단독주택의 범위 및 에너지소비 원단위의 정의

2.1 단독주택의 범위

표 2에서와 같이 한국의 사회지표(통계청 2008년)에 나타난 단독주택 정의가 일반적으로 생각하는 단독주택에 관하여 잘 나타내고 있다. 따라서 본 연구에서는 단독주택의 범위 안에 일반단독주택과 다가구단독주택을 포함하였다. 또한 여기에서 의미하는 일반단독주택과 다가구 단독주택은 건축법시행령에 나타난 정의를 사용하였다.

표 2. 단독주택의 정의

구분	주택	정의
건축법시행령	단독주택	가정보육시설을 포함한다.
	다중주택	다음의 요건 모두를 갖춘 주택을 말한다. (1) 학생 또는 직장인 등 다수인이 장기간 거주할 수 있는 구조로 되어 있을 것 (2) 독립된 주거의 형태가 아닐 것 (3) 연면적이 330제곱미터 이하이고 층수가 3층 이하일 것
	다가구주택	다음의 요건 모두를 갖춘 주택으로서 공동주택에 해당하지 아니하는 것을 말한다. (1) 주택으로 쓰이는 층수(지하층을 제외한다)가 3개층 이하일 것. 다만, 1층 전부를 피로티구조로 하여 주차장으로 사용하는 경우에는 피로티부분을 층수에서 제외한다. (2) 1개동의 주택으로 쓰이는 바닥면적(지하주차장 면적을 제외한다)의 합계가 660제곱미터이하일 것 (3) 19세대 이하가 거주할 수 있을 것
	공관	-
한국의 사회지표	단독주택	한 가구가 생활할 수 있도록 건축된 일반 단독주택과 여러 가구가 살 수 있도록 설계된 다가구 단독주택을 말한다.

III. 조사대상의 개요 및 에너지소비 실태조사

3.1 조사대상 및 조사 내용의 개요

대구광역시에 위치한 단독주택 64가구의 건축현황, 설비현황, 생활패턴, 에너지소비량을 설문조사하였다. 조사결과 주택용 계약전력사용가구는 55가구, 도시가스 사용가구는 29가구, 유류 사용가구는 28가구로 조사되었다.

그림 1과 그림 2는 조사대상의 건축현황을 그래프로 나타낸 것이다.

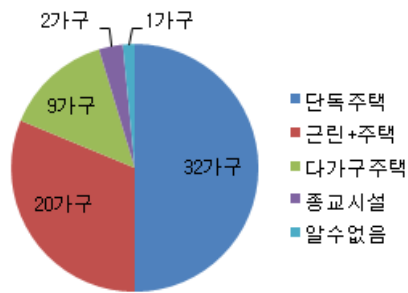


그림 1. 주택유형

그림 1은 주택유형 구분으로 단독주택이 가장 많았고, 다음으로 1층에 근린생활시설이 있고 2, 3층이 주택인 근린+주택의 형태가 많았다. 종교시설이란 종교시설에 함께 있는 사택을 말한다.

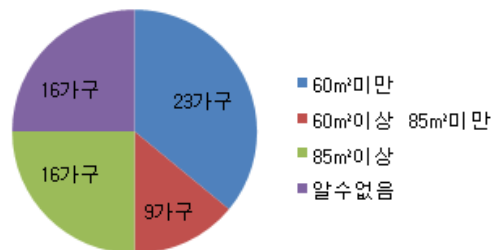


그림 2. 세대 면적

그림 2는 세대 면적 구분을 나타내며, 면적은 서민주거 면적을 기준으로 하여 60㎡미만, 60㎡이상 85㎡미만, 85㎡이상으로 분류하였다. 거주자들이 건축면적을 잘 모르고, 건축대장에도 나와 있지 않은 것들이 있어 파악하지 못한 조사대상도 있다.

3.2 조사대상 시설의 설비 현황

모든 조사대상가구에서 난방설비로 보일러를 1대씩 보유하고, 냉방설비로서 에어컨, 선풍기, 또는 에어컨과 선풍기를 함께 보유하고 있었다.

표 3. 냉방설비 현황

냉방설비		에어컨	선풍기	에어컨 + 선풍기
보유 가구	(가구)	46	52	37
	(%)	71.9	81.2	57.8

가전제품 중에서 세탁기, 냉장고, 전기밥솥, 텔레비전, 컴퓨터를 모두 보유한 가구는 조사대상 64가구 중 45가구로 전체의 70.3%를 차지하고 있었다. 난방과 관련되는 전기장판은 도시가스 사용가구의 61.5%, 유류 사용가구의 88.5%가 사용하고 있었다.

3.3 에너지 소비량 조사

에너지 소비량은 전력, 도시가스, 유류 세 종류의 에너지원별로 2007년 1월부터 2009년 6월까지의 사용량을 조사하였다. 전력과 도시가스는 관련기관의 데이터를 수집하여 객관적이고 세부적인 분석이 가능하나 유류 사용량은 각 가정마다 설문문을 통한 자료조사로 인해 정확하고 세부적인 분석을 하기에는 미흡하였다.

IV. 에너지소비 및 온실가스 배출 원단위 작성

4.1 에너지소비 패턴 분석

(1) 전력 소비 패턴 분석

총 64가구 중 계약전력이 산업용, 일반용인 가구를 제외하고 주택용인 55가구의 전력 소비 패턴을 분석하였다. 전력은 연중 내내 기본적으로 사용하는 가전제품들이 있어 냉난방기구를 사용할 때를 제외하면 매월 비슷한 양을 소비한다고 할 수 있다.

그림 3은 월평균기온에 따른 전력 사용량변화이다. 기온이 높은 6~9월에는 냉방에너지로 사용되며, 기온이 낮은 12~2월에는 난방에너지로 사용되기 때문에 사용량이 높게 나타났다. 이에 비해 중간기에는 여름철과 겨울철보다 전력사용량이 적게 나타난다.

전력소비가격을 책정할 때 300kWh 이상부터 누진세가 적용되는 것을 고려하면, 여름철과 겨울철 사용가격과 중간기 사용가격이 크게 차이되며 거주자의 입장에서 체감하는 사용량 차이는 더 크게 느껴질 것이다.

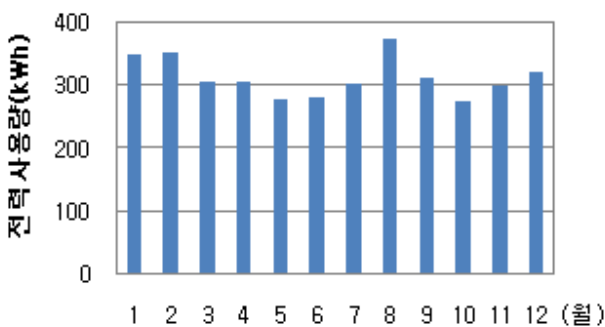


그림 3. 월별 전력사용량 변화

그림 4는 겨울철 사용하는 난방에너지 종류에 따른 월별 전력 사용량 변화를 나타낸 그래프이다. 난방에너지의 종류에 따라 A, B, C, D로 나누어 전력사용량을 분석하였다. A는 도시가스를 사용하는 가구의 전력사용량이며, B는 기름보일러를 사용하는 가구의 전력사용량, C는 연탄과 기름을 함께 사용하는 가구의 전력사용량, D는 심야전기보일러를 사용하는 가구의 전력사용량이다. 도시가

스로 난방하는 가구를 제외하고는 난방에도 전력을 많이 사용하기 때문에 겨울철 전력사용량도 높게 나타났다.

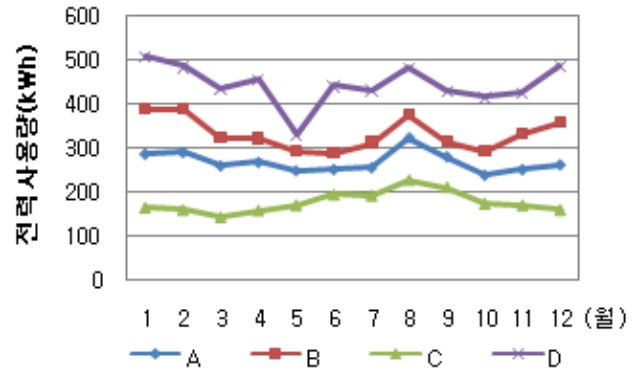


그림 4. 난방에너지 종류에 따른 월별 전력사용량 변화

난방에너지 종류별 연평균사용량은 심야전기보일러 5,316kWh, 기름 3,971kWh, 도시가스 3,205kWh, 연탄+기름 2,119kWh 순으로 많이 나타났다. 심야전기보일러의 경우 냉난방 필요성이 적은 5월을 제외하고는 냉난방 모두 전기에너지를 사용하기 때문에 사용량이 가장 많이 나타났다. 난방에너지로 기름을 사용할 경우 여름철 전력 사용량보다 겨울철 전력사용량이 높게 나타나는데, 이는 비싼 유류비로 인하여 전기장판 등의 보조난방기구를 많이 사용하기 때문이다.

그림 5는 세대면적에 따른 월별 전력 사용량의 변화이다. 겨울철 난방에 이용되는 전력사용량은 면적이 커질수록 증가하는 모습을 보였다. 면적에 따른 전력사용량 중 중간기를 보아도 면적이 커질수록 전력사용량이 많음을 알 수 있다. 하지만 여름철 냉방에 이용되는 전력사용량은 60㎡이상 85㎡미만이 가장 적고, 60㎡미만이 그 다음으로 적으며, 85㎡이상이 가장 크게 나타났다.

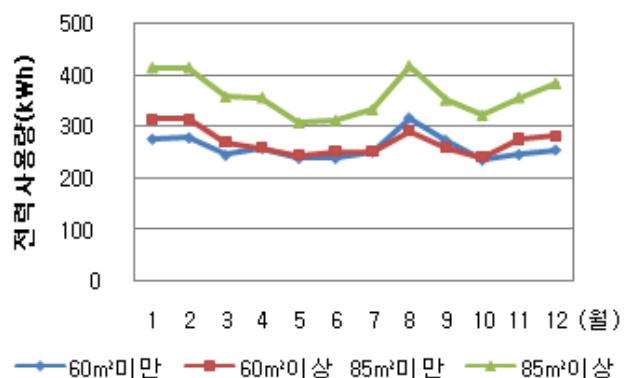


그림 5. 면적에 따른 월별 전력사용량 변화

표 3. 면적별 전력사용량 비교를 보면 면적 60㎡이상 85㎡미만은 연중 최대사용량과 최소사용량의 차이가 73kWh로 가장 작았고, 60㎡미만과 비교하여 사용량이 크게 차이 나지 않았다. 60㎡미만은 8월에 가장 많이 사용하였고, 10월에 가장 적게 사용하였다. 60㎡이상 85㎡미만

은 2월에 가장 많이 사용하였고, 10월에 가장 적게 사용하였다. 85㎡이상은 8월에 가장 많이 사용하였고, 5월에 가장 적게 사용하였다.

표 4. 면적별 전력사용량 비교 (단위 : Mcal)

면적	최대사용량	최소사용량	사용량차이
60㎡미만	318	236	81
60㎡이상 85㎡미만	315	241	73
85㎡이상	418	309	109

(2) 유류, 가스 소비 패턴 분석

그림 6은 평균기온에 따른 월별 도시가스 사용량변화를 나타낸다. 도시가스는 주로 난방 및 급탕으로 사용하므로 기온분포와 반대성향을 나타낸다. 최소사용량은 9월 13Nm³이고, 최대사용량은 1월 195Nm³이다. 9월보다 월평균기온이 높은 7, 8월의 도시가스 사용량이 더 많은 것은 여름철 음식물 가열보관이 많아 취사에 소비되는 도시가스 사용량이 증가하기 때문이다.

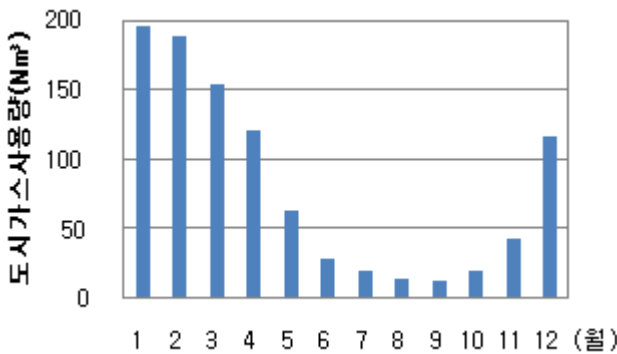


그림 6. 월별 도시가스사용량 변화

그림 7은 세대면적에 따른 월별 도시가스 사용량변화를 나타낸다.

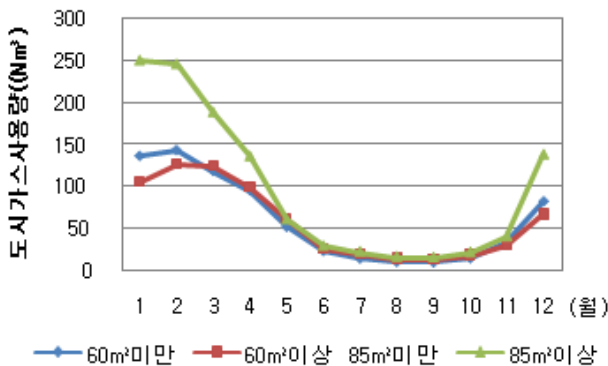


그림 7. 면적에 따른 월별 도시가스사용량 변화

난방면적 85㎡이상일 때 도시가스사용량이 가장 많게 나타났으며, 60㎡미만과 60㎡이상 85㎡미만은 사용량이

비슷하다. 연평균사용량으로 비교하면 85㎡이상이 97Nm³으로 가장 많이 사용하였고, 60㎡미만은 62Nm³로 두 번째로 많이 사용하였으며 60㎡이상 85㎡미만이 58Nm³로 가장 적게 사용한 것으로 나타났다. 본 연구에서 사용한 도시가스 사용량의 경우 취사용이 함께 포함되었으며, 각 가구마다 난방시간이 다른 것을 고려하면 85㎡미만에서는 도시가스의 사용량에 면적이 큰 영향을 미치지 못한다고 볼 수 있다.

유류는 사용량과 사용기간 자료가 없거나 불명확하여 분석을 하기에 부족하지만, 월별사용패턴은 도시가스사용패턴과 유사할 것으로 볼 수 있다. 도시가스처럼 난방 및 급탕용으로 사용하며, 주로 11월부터 다음해 2월까지 사용한다. 겨울철 한 달 평균사용량은 284ℓ 이고, 연평균사용량은 1137ℓ 이다. 또 유류는 단위면적당 사용량이 세대면적이 클수록 적을 것으로 유추할 수 있다. 유류비가 비싸며 200ℓ 나 400ℓ 로 양을 정해서 구입을 한 후 한 달에서 두 달 정도 사용하게 되므로, 계획적으로 적게 사용하려고 전력을 사용하는 보조난방을 많이 하기 때문이다. 유류 사용량은 거주자의 생활패턴에 많은 영향을 받을 것으로 추정할 수 있다.

4.2 에너지소비원단위 및 온실가스 배출원단위 작성

(1) 에너지소비원단위 작성

그림 8과 그림 9는 단위면적에 따른 전력과 도시가스의 월별 사용량변화를 나타낸 그래프이다.

그림 8에서 보면 조사한 표본가구 수가 적어 냉난방면적에 따른 단위면적당 전력사용량이 전체적으로 높게 나타났다. 세대면적 범위 별로 나누어보면 특히 면적 60㎡ 이하에서 눈에 띄게 전력사용량이 많은 가구들이 있어 전체 전력사용량 평균값이 크게 나타났다.

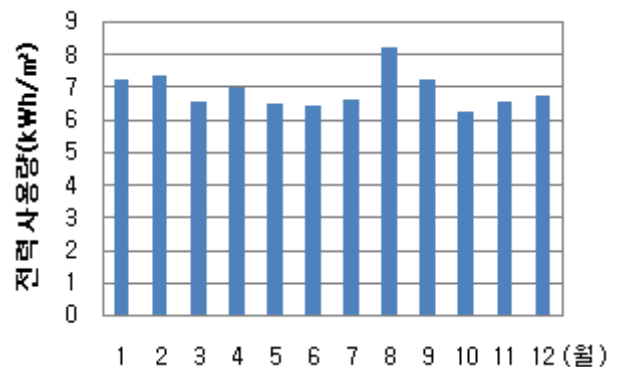


그림 8. 월별 전력원단위

따라서 단위면적에 따른 월별 전력 사용량의 연평균을 구하여 세대면적에 따른 단위면적당 전력사용량 분포를 그림 9에서 나타내었다. 이상치를 제외하고 분석해보면 세대면적이 클수록 단위면적당 전력사용량은 감소함을 알 수 있다. 세대면적 범위 별로 평균을 구해보면 60㎡미만이 5.35kWh/m²로 단위면적당 전력사용량이 가장 많고, 60㎡이상 85㎡미만은 3.93kWh/m²로 두 번째로 많으며,

85㎡이상은 3.31kWh/㎡로 가장 적다. 단독주택 한 가구의 단위면적당 전력사용량은 4.20kWh/㎡이다.

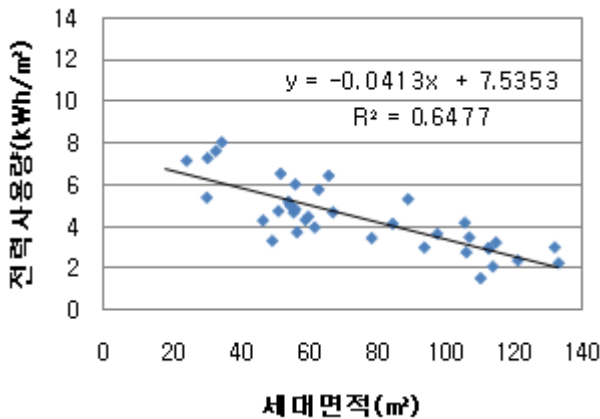


그림 9. 세대면적에 따른 전력사용량 변화

그림 10은 단위면적에 따른 월별 도시가스 사용량을 나타낸 것이다. 12월에서 4월까지의 단위면적당 도시가스 소비량은 최저 1.40Nm³/㎡에서 최고 2.49Nm³/㎡로 나타났고, 5월에서 11월까지의 단위면적당 도시가스소비량은 최저 0.17Nm³/㎡에서 최고 0.87Nm³/㎡로 나타났다.

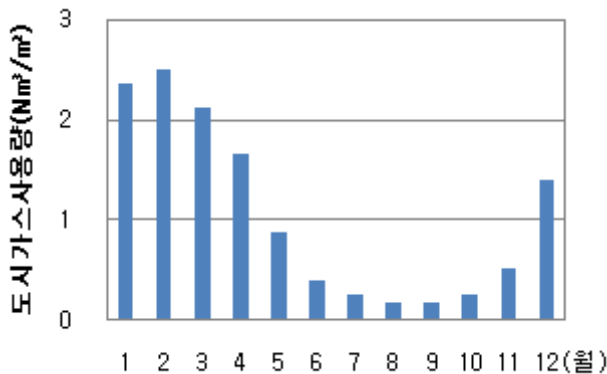


그림 10. 월별 도시가스원단위

그림 11은 연간에너지소비원단위를 나타낸다. 전력+도시가스는 연료로 도시가스를 사용하는 가구의 연간총에너지소비원단위를 의미하는 것으로 가구마다 전력소비원단위와 도시가스소비원단위를 구한 후, 더하여 평균한 값이다. 같은 방법으로 전력+유류인 연료로 유류를 사용하는 가구의 연간총에너지소비원단위를 구하였다. 도시가스보다 유류의 에너지소비원단위가 더 크며, 유류를 사용하는 가구의 전력사용량이 도시가스를 사용하는 가구의 전력사용량보다 더 많다. 그래서 전력과 유류를 사용하는 가구의 에너지소비원단위는 276Mcal/㎡·yr로 전력과 도시가스를 사용하는 가구의 에너지소비원단위인 238Mcal/㎡·yr보다 38Mcal/㎡·yr만큼 더 크며, 이는 16% 더 큰 것이다. 대구광역시 단독주택 한 가구의 에너지소비원단위는 257Mcal/㎡·yr이다.

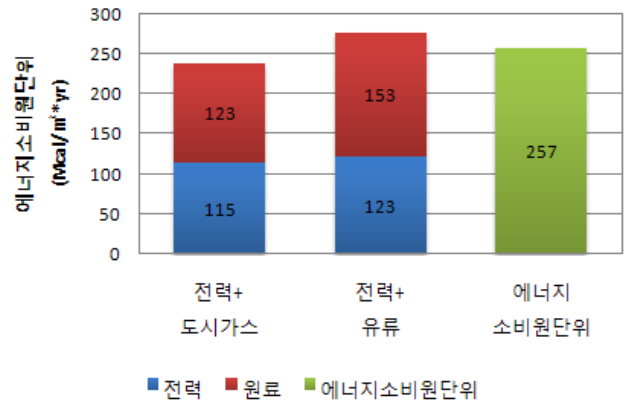


그림 11. 연간 에너지소비원단위

(2) 온실가스 배출원단위 작성

온실가스배출원단위도 에너지소비원단위와 마찬가지로 분류하여 그림 12에 나타내었다. 전력과 유류를 사용하는 가구의 온실가스배출원단위는 4.899TCO₂/yr로 전력과 도시가스를 사용하는 가구의 온실가스 배출원단위인 3.348TCO₂/yr보다 1.551TCO₂/yr만큼 더 크며, 이는 온실가스를 46% 더 많이 배출하는 것이다. 대구광역시 단독주택 한 가구의 온실가스배출원단위는 4.057TCO₂/yr이다.

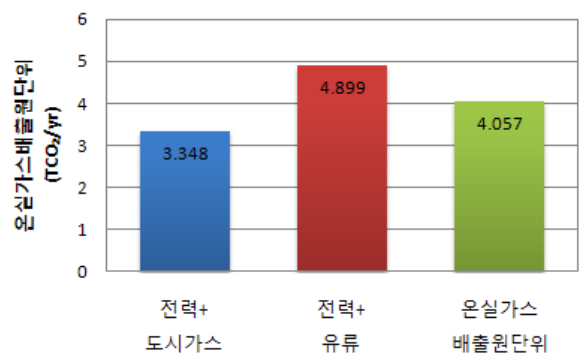


그림 12. 연간 온실가스배출원단위

V. 결 론

단독주택의 경우 도시가스, 유류, 연탄, 심야전기 등의 다양한 난방에너지원을 사용하고 있다. 본 연구에서는 도시건축물에서의 주에너지원인 도시가스, 유류, 전력의 사용량을 비교·분석하였다. 대구광역시 단독주택의 에너지소비원단위 및 온실가스 배출원단위 작성에 관한 연구결과는 다음과 같다.

1) 냉난방에 모두 사용되는 전력은 중간기에 비해 하절기와 동절기에 특히 많이 소비되며, 겨울철 난방에너지로 도시가스를 사용할 때보다 유류를 사용할 때의 전력사용량이 더 높게 나타났다. 특히 유류를 사용할 경우, 여름철보다 겨울철 전력사용량이 더 높게 나타나는데, 비싼 유류비로 인하여 난방보조기구를 많이 사용하기 때문이다.

2) 도시가스와 유류는 주로 난방과 급탕에 이용하며 거의 대부분 겨울철에 사용된다. 세대면적이 클수록 도시가스 소비량도 증가한다. 유류는 보조난방을 많이 사용하며 거주자의 생활패턴에 많은 영향을 받는다.

3) 대구광역시 단독주택 한 가구의 에너지소비원단위는 평균 $257\text{Mcal}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$ 이다. 전력과 도시가스를 사용하는 경우는 $238\text{Mcal}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$ 이며, 전력과 유류를 사용하는 경우는 $276\text{Mcal}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$ 로 에너지소비원단위가 16%정도 크게 나타났다.

4) 대구광역시 단독주택 한 가구의 온실가스 배출원단위는 $4.057\text{TCO}_2/\text{yr}$ 로 나타났다. 전력과 도시가스를 사용하는 경우는 $3.348\text{TCO}_2/\text{yr}$ 이며, 전력과 유류를 사용하는 경우는 $4.899\text{TCO}_2/\text{yr}$ 로 나타났다. 전력과 유류를 사용할 때가 전력과 도시가스를 사용할 때보다 온실가스를 46% 더 많이 배출하는 것이다.

참고문헌

1. 장문석, 김병수, 박효순, 단독주택의 에너지 소비실태 조사에 관한 연구, 대한건축학회, 2005.5
2. 홍성희 외 4인, 공동주택의 에너지소비실태조사에 의한 에너지원단위기준 설정연구, 공기조화 냉동공학회, 1999
3. 이윤규, 이강희, 공동주택의 에너지소비와 이산화탄소 배출특성, 대한설비공학회, 2001.9
4. 서윤규, 김주영, 홍원화, 도심 임대아파트의 에너지 및 상수 소비 특성 분석, 한국주거학회, 2008
5. 이준혁, 이지희, 홍원화, 도심 집합주택의 에너지 및 상수 소비량 경년 변화에 관한 연구, 대한건축학회, 2000.10
6. 홍성희, 건물의 에너지원단위기준(안) 연구, 대한설비공학회, 2002
7. 홍성희 외 5인, 숙박시설의 에너지원단위기준(안) 설정에 관한 연구, 공기조화 냉동공학회, 2000
8. 홍원화, 이춘미, 김주영, 조수, 종합대학의 에너지소비원단위 작성에 관한 연구, 대한건축학회 2008
9. 손병훈, 김주영, 홍원화, 대구광역시 특급호텔의 에너지 소비 원단위에 관한 연구, 대한건축학회, 2005
10. 에너지경제연구소, 2008에너지총조사보고서, 2009
11. 상공자원부, 건축물의 에너지관리기준, 1994
12. 국토해양부, 건축법 시행령 별표 1, 2009.8.5
13. 통계청, 한국의 사회지표, 2008
14. 대구광역시 건축주택팀, 2008주택통계연감, 2008
15. 이강국, 홍원화, 도시에너지 소비의 공간·시간적 특성 분석, 대한건축학회, 2006
16. 김승도, 나승혁, 온실가스 배출량 산정방법, 대한전자공학회, 2008.11
17. 김관 외 6인, 3D2)LNG 연소시설의 온실가스 배출계수 산출 및 배출량 산정, 한국대기환경학회, 2003.10
18. Yutaka Tonooka 외 4인, A survey on energy consumption in rural households in the fringes of Xian city, Energy and Buildings, 2006