

서울시 행정동별 가구의 에너지 소비량에 영향을 미치는 요인의 통합적 분석*

An Integrative Analysis of the Factors Affecting the Household Energy Consumption in Seoul

정재원** · 이창호*** · 이승일****
Jung, Jaeone · Yi, Changhyo · Lee, Seungil

Abstract

The urban policy in the household energy consumption is being revealed as one of the most important solutions to solve the climate change. This study is to determine the factors affecting the consumption of the household energy. The object of this study is to investigate the effect of the energy consumption by the households affected by the determined factors not only individually but also comprehensively as the sum of the two energies and separately in the two different locational categories: central and non-central area. The key results are as follows: Firstly, the result for the two types of energy individually were not much different from the prior studies. Secondly, some factors were, however, causing a contradictory effect between the two locational categories, when the energy consumption represents a different result for the central and the non-central area. Thirdly, for the comprehensive form of household energy consumption, some factors were resulting in a contradictory effect from the two energy types and also from the locational categories, which are to be caused by the difference from the urban spatial structure. This study suggests from the results that the different effect of a energy consumption factor from the locational categories and from the two energy types should be considered in order to increase a net effect

키 워 드 ▪ 가구에너지, 건물에너지, 교통에너지, 도시공간구조

Keywords ▪ Household Energy, Building Energy, Transport Energy, Urban Spatial Structure

I. 서 론

1. 연구의 배경

기후변화는 국제적으로 중요한 이슈로서, 국제연

합(United Nations)의 최우선 아젠다에 해당한다. 우리나라에서도 2010년대부터 저탄소 녹색성장을 국가발전 패러다임으로 삼고 있다. 2013년 지역에너지 통계연보에 따르면 서울시 에너지 소비량은 약 1,557만 TOE(Tonne Oil Equivalent, TOE)로써

* 본 논문은 국토교통부 도시건축연구개발사업의 연구비 지원(15AUDP-B102406-01)과 한국연구재단 중견연구자 지원사업(NRF-2015R1A2A2A04005886)에 의해 수행되었음.

** The University of Seoul (First author: jone@uos.ac.kr)

*** The University of Seoul (yich@uos.ac.kr)

**** The University of Seoul (Corresponding author: silee@uos.ac.kr)

그 중 약 57%(884만 TOE)를 가정상업부문에서 차지하고 있다. 특히 가정상업부문은 지난 10년간 에너지 사용량이 826만 TOE에서 884만 TOE으로 크게 증가하여 이 부문에서 에너지 감소가 요구된다.

가구차원의 에너지 소비(본 연구에서 말하는 가구에너지는 건물에너지와 교통에너지를 합한 에너지소비량을 뜻한다)는 소비 형태에 따라 가구가 거주하고 생활하는 주택 내부의 냉방과 난방, 통풍, 조명을 위해 사용하는 건물에너지와 주택 외부의 도시 활동을 위해 소비하는 교통에너지로 나눌 수 있다. 건물에너지 소비는 건물자체의 물리적 특성과 주거환경에 따라서 다르게 나타나며, 가구 규모나 소득과 같은 가구특성에 따라서도 차이가 난다. 또한, 동일한 가구특성을 가졌다고 하더라도 주거환경에 따라 가구의 에너지 소비에는 차이가 있다. 교통에너지 또한 동일한 가구특성에서도 해당 가구가 어느 지역에 위치하는지에 따라 목적지까지의 거리가 달라지기 때문에 교통에너지 소비량에 차이가 발생한다. 이렇듯 가구의 에너지소비는 기본적으로 가구구성원의 인구·사회·경제적 속성에 의해 영향을 받지만, 개개인의 일상 활동이 일어나는 물리적인 주변 환경과 도시·교통계획에 의한 도시공간특성 등에 의해서도 영향을 받게 된다(Hitchcock, 1993). 따라서 가구에너지 소비의 발생 원인을 이해하기 위해서는 가구의 특성과 물리적 특성, 도시공간특성을 통합적으로 살펴보아야한다.

그러나 지금까지의 선행연구에서는 가구특성과 물리적 특성을 함께 고려하였지만 도시공간특성을 고려하지 않은 상태에서 도시를 하나의 공간단위로 삼아 가구의 에너지 소비 특성을 분석하였다(노승철·이희연, 2013; Norman, et al., 2006; Perkins et al., 2009; Van de Weghe and Kennedy, 2007). 도시공간특성을 반영하기 위해 도시밀도나 용도의 혼합도를 지표로 반영하는 경우는 있었으나, 밀도의 용도별 구성과 교통의 관계까지는 고려하지

는 못하였다(Norman, et al., 2006). 도시의 밀도와 가구에너지 소비에 관한 선행연구들을 살펴보면 그 결과에 차이가 있음을 발견할 수 있다. 이는 도시공간구조에 따른 통행패턴과 관련이 있다. 즉, 주거용도의 밀도가 높은 지역은 출발지가 되고, 상업 또는 업무 용도의 밀도가 높은 지역은 목적지에 해당되기 때문에 용도의 분포에 따라 가구에너지 소비가 달라진다. 도시공간을 통행의 목적지와 출발지를 기준으로 구분하면 도심지역과 비도심지역으로 나눌 수 있다. 거주활동목적의 단일 용도로 구성된 비도심지역과는 달리 도심지역은 상업 또는 업무용도 등 중심성이 높은 다양한 도시기능을 수용하고 있다. 이와 같은 지역의 차이는 가구에너지소비에 영향을 끼칠 수 있다.

따라서 건물에너지와 교통에너지로 구성된 가구에너지의 소비특성을 구조적으로 이해하기 위해서는 에너지의 소비 주체인 가구의 인구·사회·경제적 특성과 가구가 거주하고 있는 도시공간특성을 요인으로 삼아 구분하여야 한다. 나아가 가구특성요인과 도시공간특성을 도심지역과 비도심지역으로 나누어 통합적으로 접근한 분석이 필요하다.

2. 연구 목적

본 연구는 서울시를 대상으로 가구가 소비하는 건물에너지와 교통에너지에 영향을 미치는 요인들을 가구특성과 도시공간특성에서 추출하고, 이를 도심과 비도심으로 구분하여 분석함으로써 각 요인들이 가구에너지 소비에 미치는 영향을 통합적으로 살펴본데 목적이 있다.

본 연구의 공간적 범위는 서울특별시이며, 분석의 공간단위는 '행정동'이다. 연구의 시간적 범위는 2012년을 대상으로 하였다. 본 연구에서는 서울시 행정동별 건물에너지와 교통에너지 소비량을 실증 분석하여 가구의 에너지 소비현황과 지역적 분포도

를 살펴보고, 다중회귀분석을 통해 앞에서 언급한 분석의 틀을 건물에너지와 교통에너지 소비량에 각기 적용한 후 통합적으로 적용하여, 각 분석결과에 따른 영향 요인별 차이를 해석하였다.

이는 각 요인들에 대한 영향력을 개별적으로 정책의 대상으로 삼았던 기존의 접근방법과는 달리 통합적 접근을 통한 영향요인 도출이라는 차이점이 있다. 이를 통해 기후변화에 대처하는 실효성 있는 도시정책방향을 제시할 수 있을 것으로 기대한다.

II. 선행 연구 및 이론 고찰

1. 건물에너지 소비요인에 관한 선행연구

1) 가구 및 경제특성

건물에너지 소비주체인 가구에 관한 가구주의 인구특성과 가구특성이 에너지 소비량에 미치는 영향은 주로 사회·경제적인 요인을 중심으로 거주자의 일상생활이나 습관, 소득, 가구구성원의 규모 등이 건물에너지 소비에 영향을 미치는 것을 분석하였다(서현철 외, 2012; 강창덕, 2011; 김진관 외, 2009 등). 1인 가구는 소득, 연령과 함께 가구의 1인당 에너지 소비에 영향을 미치는 중요한 요인이며, 1인 가구는 가구 구성원의 점유면적당 소비하는 에너지가 가구규모가 큰 가구에 비해 많기 때문에 1인당 에너지 소비를 증가시킨다(Williams, 2007). 가구의 경제특성인 소득은 에너지 소비에 영향을 미치는 중요한 요인인데, 가구의 경제적 수준이 높을수록 에너지 소비에 대한 경제적 제약이 줄어들어 건물 내에서 냉방·난방·조명·환기 등을 위한 에너지 소비가 증가한다(김봉진 외, 1992; 노승철 외, 2013). 가구 구성원의 성별 중 여성은 삶의 편리함과 안락함에 대한 욕구가 커서 남성에 비해 에너지를 많이 사용한다(이윤재 외, 2011; 임기추, 2008).

2) 주택 물리특성

서울시의 주택 규모와 종류, 건축연도와 같은 물리적 특성과 건물에너지 소비에 대해 실증 분석한 안영수 외(2014)의 연구에 따르면 주택규모는 가장 많은 에너지 사용량의 차이를 가져오는 요인으로 분석되었으며, 주택 종류별로, 주택의 건축연도별로도 에너지 소비량에 차이가 있음을 실증하였다. 특히 주택 종류의 경우, 공동주택이 단독주택에 비해 단열성능이 좋고, 효율이 좋은 집단에너지를 사용하기 때문에 에너지 소비량이 적다고 하였는데, 이는 Wende et al.(2010)의 연구결과와 같았다. 동시에 공동주택 중에서도 아파트는 대체로 소득수준이 높은 가구가 거주하므로 건물에너지를 증가시키는 요인이 될 수 있음을 확인하였다(안영수 외, 2014). 주택의 건축연도는 건물의 에너지 효율성을 대표적으로 나타내는 지표로서 최근에 지어진 건축물일수록 에너지 효율성이 높아진다(안영수 외, 2014; Druckman and Jackson, 2008; Wende et al., 2010).

3) 도시공간특성

건물의 물리적 특성이 건물에너지 소비에 미치는 영향에 관해 주로 행해졌던 연구는 도시의 공간적 특성으로 확장되어 이루어졌다. 이 연구들은 도시의 공간적 특성 중에서도 밀도가 건물에너지에 미치는 영향에 대해 중점적으로 다루고 있다. 일반적으로 고층 건물은 외피면적이 적어 단위면적당 냉·난방 에너지 소비가 적으나(Qin and Han, 2013), 고밀 주거단지의 경우 도시열섬현상으로 인해 오히려 냉방에너지 소비량을 증가시킬 수도 있다(김유란 외, 2011). 이와 관련하여 도시의 압축개발은 밀도 또는 압축도가 높을수록 열섬현상을 유발하고, 이는 냉방에너지 소비의 증가(Ewing and Rong, 2008)

로 이어지는 반면에, 고층 건물은 공동에너지를 사용하기 때문에 냉·난방에너지 소비가 적어 건물에너지 소비 저감의 원인이 된다(Qin and han, 2013). 선행연구에 따르면, 도시의 밀도나 접근성(accessibility), 중심성(centrality) 등이 직접적으로 건물에너지 소비에 미치는 영향은 적지만 주택의 크기와 유형 선택에 간접적인 영향을 주는 요인이 될 수 있다고 보았다(Ewing and Rong, 2008).

2. 교통에너지 소비요인에 관한 선행연구

1) 가구 및 경제특성

교통에너지 소비에 영향을 미치는 요인들은 도시 공간구조가 큰 역할을 하지만, 그 외에도 에너지 소비주체인 개인적 속성도 영향을 미친다. 자가용을 통해 교통에너지 소비를 하려면 자가용 보유·이용·유지에 따른 경제적 부담이 수반되기 때문에 가구의 경제적 수준과 가구규모 등이 중요한 요인으로 작용한다. 이와 같은 연구를 통해 교통에너지 감소를 위해서는 직주근접·토지의 혼합적 이용 등과 같은 도시정책과 유류세, 자동차 취·등록세, 통행료 등과 같은 교통정책이 수반되어야 한다는 주장이 보편적으로 받아들여지고 있다(Mindali et al., 2004; Dieleman et al., 2002; Cervero, 1996; Owens, 1992). 가구의 평균연령은 가구의 생애주기(life cycle)와 연관지어, 연령이 높아질수록 에너지 소비가 증가하고, 그 중에서도 자녀가 태어나 독립하기 전까지 에너지 소비는 급격히 증가하고, 자녀가 독립한 후로 감소하는 것으로 나타났다(이윤재 외, 2011; 임기추, 2008).

2) 도시공간특성

도시 내 교통에너지와 관련된 연구를 살펴보면, 도시의 밀도, 혼합도, 디자인이 교통에너지 소비에 미치는 영향을 밝히는 연구가 다소 있었다(Lin and

Yang, 2009; Mashall, 2008). 그러나 밀도에 관한 연구가 가장 활발하게 진행되어왔으며, 그 중에서도 Newman and Kenworthy(1989)를 시작으로 압축 도시(Compact City)와 교통에너지의 관계에 대해 가장 많은 연구가 진행되어왔다(김보현 외 2013; 김리영·서원석, 2011; Liu and Shen, 2011; 송기욱·남진, 2009; 조윤애·김경환, 2008; Grazi, et al., 2008; Newman and Kenworthy, 2006; 안건혁, 1998). 이와 같은 연구들은 대부분 밀도가 증가하고 복합적인 토지이용이 이뤄질수록 교통에너지 소비량은 줄어든다는 결과를 보이고 있다. 밀도가 높은 개발에 따라 다양한 기능들이 근거리에 위치하여 이동거리 감소를 가져오고, 이동수단을 자가용에서 대중교통으로 전환하면 더 적은 교통에너지 소비로 더 많은 사람들이 이동할 수 있기 때문이다(Liu and Shen, 2011; Lin and Yang, 2009). 따라서 자가용 이용으로 인한 교통에너지 소비를 줄이기 위해 토지이용형태를 고밀·복합적으로 만들고, 도로 공급을 줄이며, 대중교통 공급을 늘려서 수단 전환을 유도해야한다는 주장이 설득력을 얻고 있다.

도시 내에서 근거리 목적지를 통해 교통에너지 소비를 저감시키기 위해서는 공공시설의 분산 공급과 직주 근접의 도시계획이 필요하다. 이 중에서 공공시설은 필수적인 공공서비스를 제공하므로 서비스통행의 통행거리를 결정하는 주요인이다. 만약 행정구역별로 수요가 부족하거나 지역적 편차로 인해 불균형적으로 입지하게 될 경우, 교통에너지 소비를 유발한다(송기욱, 남진, 2009). 직주 근접은 토지이용의 복합화가 필요조건이지만 근거리에 위치한 직장이 반드시 통근목적지가 되는 것은 아니므로 충족조건이 될 수는 없다. 인구밀도는 직접적인 주행거리 소비 감소효과를 갖고 있으며, 간접적으로도 자동차 이용률과 시가화면적을 감소시켜 주행거리를 줄인다(Cervero and Murakami, 2010).

3) 교통시설특성

대중교통의 이용은 자가용을 이용한 통행을 대체 하며, 대중교통 기반시설을 통한 대중교통 수단분담 륜의 증가는 자가용의 이용을 감소시키는 효과를 갖는다(Cervero and Murakami, 2010).

3. 통합적 관점에서의 선행연구

이상에서 살펴 본 바와 같이 지역별 가구의 에 너지 소비에 대한 연구는 건물에너지와 교통에너지 로 분리되어 연구되어왔다. 하지만 최근 건물에너지 와 교통에너지를 함께 분석하는 연구들이 나타나고 있는데, 이들 연구에 따르면 건물에너지와 교통에너 지 소비패턴이 주거 지역에 따라 다르게 나타날 수 있다. 일반적으로 교외지역일수록 건물에너지보다 교통에너지 비중이 커지고, 도심지역일수록 주거에 너지 비중이 높은 경향이 강하다(Norman et al., 2006). 건물에너지와 교통에너지 부문을 통합적으 로 분석하는 연구는 국내에서는 아직 시작단계에 머물고 있다. 그 중 대표적인 연구가 노승철·이희 연(2013)인데, 이 연구는 국내 81개 도시의 가구 부문의 에너지원별 소비에 영향을 미치는 요인들을 가구, 주택, 교통기반시설, 자가용이용, 도시유형, 도 시특성으로 나누어 에너지원별 소비요인을 파악하 였다. 연구결과로 가구의 석유·도시가스 소비는 주 택의 물리적 특성에 영향을 받지만 전력 소비는 가 구의 사회·경제적 특성에 영향을 받는 것으로 나타 났다. 한편 교통에너지는 자가용 이용특성과 도로 기반시설에 영향을 받는 것으로 나타났다. 이와 같 이 통합적인 연구를 바탕으로 한 통합적 접근은 가 구의 에너지 소비변화 원인을 면밀하게 파악하는데 중요한 역할을 함을 확인할 수 있다.

4. 선행연구와의 차별성

이상에서 살펴 본 바와 같이 가구의 에너지 소

비에에는 도시의 공간특성과 가구의 사회·경제적 특 성이 많은 영향을 미치는 것을 볼 수 있다. 선행연 구 결과를 종합해보면 국내·외에서 가구의 건물에 너지와 교통에너지 소비에 영향을 미치는 요인들을 찾기 위한 연구들이 이루어져왔다. 이와 같은 연구 들과 본 연구의 차별성을 다음에서 찾을 수 있다.

첫째, 도시의 공간특성을 명료하게 구분하였다는 점이다. 선행연구들을 살펴본 결과, 도시공간특성을 반영하기 위해 ‘도시밀도’, ‘도시의 압축성’과 같은 변수를 반영하여 분석하였다. 하지만 도시의 밀도나 압축성은 해당 지역이 주거지역으로서 밀도가 높은 것인지, 상업지역이나 업무기능지역으로서 밀도가 높게 개발된 지역인지 구분할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 선행연구에서 대상으로 삼은 도시공간 특성요인들에 대하여 통행발생의 특성을 고려하여 도심지역과 비도심지역을 구분하고, 그에 따른 에너 지 소비 영향을 분석하였다.

둘째, 가구의 에너지 소비요인을 분석하기 위해 주택의 물리적 특성뿐만 아니라 인구·사회·경제적 특성, 도시공간특성을 통합적으로 분석하였다는 점 이다. 가구가 소비하는 에너지를 건물에너지와 교통 에너지 한 종류에 대해서만 분석하지 않고 통합적 으로 분석하였다. 나아가 도심과 비도심지역에서 해 당요인이 미치는 영향의 차이를 구분하였다. 이를 통하여 기후변화에 대처하기 위한 도시에너지정책 을 각 특성에 맞게 수립하여 정책의 실효성을 제고 할 것으로 기대한다.

Ⅲ. 변수 설정과 자료 구축

본 연구에서는 가구 부문의 건물에너지와 교통에 너지 소비에 영향을 미치는 요인들을 변수로 삼아, 도심과 비도심으로 구분하여 다중회귀분석을 수행 하였다.

우선, 종속변수로 가구의 건물에너지와 교통에너지 소비량을 다음과 같은 과정을 거쳐 선정하였다. 가구의 건물에너지는 주거용도의 건물 내에서 사용하는 전력과 도시가스를 석유환산톤계수인 TOE로 각각 환산하여 합산한 결과를 사용하였다¹⁾. 교통에너지 소비량의 선정과정은 다음과 같다. 교통에너지 소비요인에 관해 분석한 연구들을 살펴보면, 종속변수인 교통에너지 소비량을 주유소의 휘발유 판매량으로 가정하여 분석하였다(김보현 외, 2013; 송기욱·남진, 2009; 남창우·권오서, 2005; 안건혁,

2000). 그러나 해당 행정동의 석유 판매량은 해당 행정동에 거주하는 가구의 교통에너지 소비량을 대변하는데 문제가 있다. 교통에너지는 통행으로 인해 소비되므로 토지이용에 따른 통행량과 출발지와 목적지 간의 통행거리의 곱이 적합하다. 따라서 본 연구에서 2011년 수도권 수단별 O/D데이터(국가교통DB센터 제공)의 연평균 일일통행량에서 승용차 통행량을 추출하고, 여기에 ArcGIS 10.3의 Network Analysis 기능으로 구한 서울시의 행정동별 네트워크 중심점 간의 통행 최단거리를 곱함으

표 1. 가구 에너지 소비 분석을 위한 변수

Table 1. The variables for the analysis of household energy consumption

Division	Variables	Content	Year	Source
에너지소비량 Energy Consumption	Building	Power (Kwh) 행정동별 총 주거건물단위 전력 소비량 / 가구 수 Average of electricity consumption based on total number of household	2012	한국전력공사 Korea Electric Power Corporation
		City gas (LNG) 행정동별 총 주거건물단위 도시가스 소비량 / 가구 수 Average of city gas consumption based on total number of household	2012	도시가스 City gas Suppliers
	교통 Transport	(행정동 간 통행량*행정동 중심점 간 네트워크 최단거리) / 가구 수 Total traffic volume between administrative districts * the shortest network distance between districts	2011	IPCC 국가교통DB센터 교통안전공단 KTDB, K TSA
가구특성 Household Characteristics	1인가구비율 Single household ratio	행정동별 1인 가구 수/ 총 가구 수 Number of single household / Total number of household	2012	통계청 Statistics Korea
	평균연령 Average age	행정동별 인구의 평균 연령 Average of age by administrative district		
	남성 비율 Male ratio	행정동별 남자인구 수/ 총 인구 수 The number of male / Total population		
	세대당 인구수 Household size	행정동별 세대당 인구 수 Average number of member per household		
경제특성 Economic Characteristics	주택 실거래가 Housing price	행정동별 주택 평당 실거래가격 Average housing price per building floor area	2012	서울연구원 The Seoul Institute
	자동차 보유율 Car ownership rate	행정동별 승용차 보유대수/ 가구 수 Number of car / Number of household	2012	통계청 Statistics Korea
주택 물리특성 Housing Environment Characteristics	아파트 비율 Apartment ratio	행정동별 아파트 거주 가구 수/ 가구 수 Number of apartment unit / Number of household	2012	통계청 Statistics Korea
	주택 건축 연도 Average house construction year	구별 평균 주택 건축연도 Average construction year of residential buildings		

서울시 행정동별 가구의 에너지 소비량에 영향을 미치는 요인의 통합적 분석

도시공간특성 Urban Spatial Characteristics	인구밀도 Population density	행정동별 인구 밀도(인/km ²) Population density (person/km ²)	2012	통계청 Statistics Korea
	녹지면적율 Green space ratio	행정동별 녹지·공원 면적 합 / 동 면적 Total area of green space and park / Area of administrative district	2013	국토지리정보원 NGII
	내부통행비율 Intra-zonal trip ratio	행정동별 내부통행량 / 총 통행량 Intra-zonal trips by administrative district / Total traffic volume	2011	국가교통DB센터 KTDB
	개발면적증가율 Increasing rate of developed area	2011-2013 시가화면적 증가율/2011-2013 인구 증가율 The increasing rate of urbanization area / The increasing rate of population between 2011 and 2013	2011 & 2013	서울연구원 국가교통DB센터 국토지리정보원 The Seoul Institute KTDB, NGII
	공공시설공급율 Provision ratio of public service facilities	행정동별 공공시설 수/인구 수 Number of public service facilities / Total population	2013	국토지리정보원 NGII
교통시설특성 Transport Characteristics	대중교통 수단분담률 Transit ridership	행정동별 대중교통 이용인구 수 / 교통시설 이용인구 수 Total number of transit user / Number of transport user	2011	국가교통DB센터 KTDB
	도로율 Road ratio	행정동별 총 도로면적 / 행정동 면적 Total area of road / Area of administrative district	2013	국토지리정보원 NGII
	대중교통기반시설 Transit facilities per population	행정동별 지하철역, 버스정류장 수 / 인구 수 Number of subway station and bus stop / Total population	2012	국토지리정보원 NGII

로써 행정동별 총통행거리(vehicle kilometer travelled)를 도출한 뒤 평균을 구해 행정동별 가구 평균 일일 총통행거리를 계산하였다. 이를 가구에너지로 합산하기 위해 석유환산톤으로 환산²⁾하였다.

가구의 에너지 소비요인을 분석하기 위해 선정한 변수들은 <표1>에 요약하여 정리하였다. 선정한 변수들은 선행연구를 바탕으로 가구에너지 소비에 영향을 미치는 것으로 나타난 요인을 중심으로 선정하였다.

에너지를 소비하는 직접적인 주체인 가구의 특성은 관련 선행연구를 기반으로 가구규모를 나타내는 1인 가구, 가구의 평균 연령, 성별을 변수로 선정하였다. 가구의 경제적 특성인 소득은 에너지 소비에 가장 큰 영향을 미치는 요인이지만 개인정보와 관

련된 문제로 국내에서는 자료 취득이 불가하여 소득을 대변할 수 있는 주택의 평당 실거래가격과 자동차 보유율을 선정하였다.

가구의 인구·경제적 특성 외에도 주거 및 도시공간과 물리적 시설은 가구의 에너지 소비에 영향을 미치는 또 다른 중요한 요인이다(노승철, 2014). 그 중에서도 주택 건물의 물리적 시설 특성인 주택 유형, 면적, 노후도 등은 가구의 건물에너지 소비에 영향을 주는 요인이다(Holden and Norland, 2005). 주택 유형을 반영하기 위해 아파트 비율을 각 동별로 거주하는 총 가구 수 중에 아파트에 거주하는 가구 수의 비율을 계산한 값으로 반영하였다.

도시공간특성은 선행연구에 따르면 밀도, 다양성, 디자인 등이 주로 사용되어 왔다(Ewing and

Cervero, 2010). 특히 밀도는 건물에너지와 교통에너지 소비에 영향을 주는 대표적인 도시형태 지표로 알려져 있다. 일반적으로 밀도의 증가는 대중교통 서비스 보급을 용이하게 하고, 이동거리를 줄이기 때문에 교통에너지 소비를 감소시키고(Holden and Norland, 2005), 녹지를 비롯한 오픈스페이스 면적을 줄인다고 알려졌다. 도시밀도에 관한 변수는 개발면적증가율³⁾로 반영하였으며, 혼합도와 디자인은 측정방법과 객관성에 어려움이 있어서 본 논문의 변수에는 포함하지 않았다. 직주근접 여부와 공공시설⁴⁾은 자가용 이용에 의한 교통에너지 소비에 큰 영향을 미치는 물리적 환경요인이다. 직주근접과 공공시설은 도시를 구성하는 요소로서 도시형태, 공간구조, 입지형태와 같은 도시특성에 영향을 받는다. 이는 가구의 건물에너지와 교통에너지 소비 역시 도시의 사회·물리적 특성에 간접적인 영향을 받는다는 것을 의미한다(노승철, 2014; Perkins et al. 2009; Van de Weghe and Kennedy, 2007). 행정동별로 보면 직주근접은 궁극적으로 외부의 목적지로 나갈 통행량을 내부로 전환하기 위함하므로 본 연구에서는 행정동의 내부통행비율로 대신하였다.

가구의 자가용 이용행태는 자가용의 보유여부와 보유대수와 관련이 있으며 자가용의 이용빈도는 자료의 구득 때문에 자가용의 반대 개념인 대중교통 이용빈도인 수단분담률을 지표로 선정하였다. 이와 함께 가구의 자가용 이용에 영향을 미치는 교통 기반시설은 행정동의 면적 중 도로가 차지하는 비율과 대중교통 기반시설을 지표로 선정하였다. 도로 비율은 자가용 이용을 위한 도로의 공급 수준을 나타내며, 도로의 비율이 높아질수록 교통 부문 에너지 소비량은 증가한다(Kenworthy and Laube, 1996). 반면 대중교통은 자가용의 대체 이동수단으로 대중교통 기반시설은 자가용의 이용을 감소시키는 효과를 갖는다(Cervero and Murakami, 2010).

가구의 건물에너지와 교통에너지에 영향을 미칠

것으로 판단되어 선정된 요인들에 도시공간구조 특성을 반영하기 위해 도심과 비도심을 구분하였다. 도심지역과 비도심지역의 구분기준은 '2030 서울도시기본계획'에 기재된 '서울의 중심지별 행정구역⁵⁾을 참고하여 46개 행정동을 도심지역으로, 376개 행정동을 비도심으로 구분하였다.

IV. 분석결과와 해석

1. 실증분석

2012년 서울시의 423개 행정동을 대상으로 46개의 도심지역과 377개의 비도심지역을 구분하고, 각 동별로 가구의 건물에너지와 교통에너지 소비현황을 파악하였다.

〈표3〉에는 가구당 건물에너지와 교통에너지 소비 상·하위 10개 행정동의 에너지 소비량을 순서대로 나열하였다. 가구가 소비하는 건물에너지를 분석한 결과, 대치1동이 3.365 TOE/day로 가장 높았고, 대학동이 1.318 TOE/day로 가장 낮은 것으로 나타났다. 가구당 건물에너지 소비가 가장 높은 대치1동과 가장 낮은 대학동의 소비 격차는 약 2.55배 가까이 나타나고 있다.

교통에너지 소비량 분포를 살펴보면, 독산2동이 34.63016 TOE/day로 가장 높았고, 도곡2동이 0.02394 TOE/day로 가장 낮은 것으로 나타났다. 가구당 교통에너지 소비가 가장 높은 동과 낮은 동의 소비 격차는 약 1,446.54 배 높은 것으로 나타났다. 〈표3〉에서 음영 표시된 부분이 도심지역이며, 가구당 교통에너지 소비 하위 행정동에 도심지역이 주로 분포하고 있음을 보아, 선행연구 결과(Norman et al., 2006)와도 일치하는 것을 볼 수 있다.

위와 같은 결과를 10분위(가장 짙은색 1등급, 가장 밝은색 10등급)로 나누어 표시한 지도상으로 보면, 〈그림1〉과 같다. 지도를 통해 본 결과, 건물에

표 3. 건물에너지와 교통에너지 소비 상·하위 10개동

Table 3. The highest and lowest rank of 10 districts in building-transport energy consumption

Building Energy						Transport Energy					
Rank	Highest Districts	TOE/day	Rank	Lowest Districts	TOE/day	Rank	Highest Districts	TOE/day	Rank	Lowest Districts	TOE/day
1	Daechi 1	3.365	1	Daehak	1.318	1	Doksan 2	34.630	1	Dogok 2	0.02394
2	Daechi 2	3.036	2	Euljiro	1.352	2	Euncheon	34.365	2	Amsa 1	0.026686
3	Banpo 2	3.002	3	Sillim	1.390	3	Pyeongchang	28.068	3	Jongam	0.02838
4	Ilwonbon	2.999	4	Nakseongdae	1.424	4	Daechi 2	20.142	4	Sangam	0.03203
5	Banpobon	2.998	5	Seorim	1.451	5	Doksan 4	15.754	5	Cheongdam	0.03350
6	Ichon 1	2.929	6	Hwayang	1.475	6	Mia	14.107	6	Banpo 3	0.03598
7	Segok	2.892	7	Cheongyong	1.497	7	Pil	14.076	7	Seocho4	0.03664
8	Dogok 2	2.889	8	Haengun	1.520	8	Namgajwa 1	13.529	8	Jamsilbon	0.04171
9	Seocho 4	2.858	9	Seowon	1.530	9	Jongno1234ga	13.405	9	Seobinggo	0.04501
10	Banpo 3	2.831	10	Gasan	1.580	10	Myeonmok 4	10.301	10	Jamsil 4	0.05702

비고 : 음영표시된 부분은 도심지역에 해당하는 행정동임

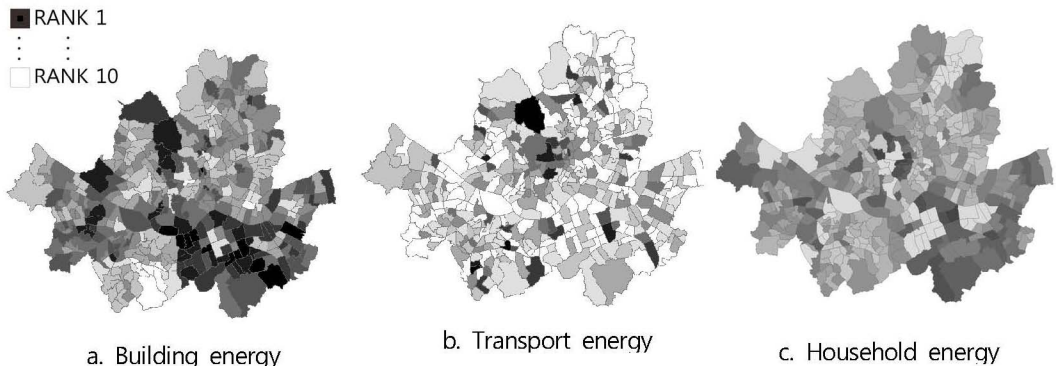


그림 1. 서울시 가구에너지 소비
Fig. 1. Household energy consumption in Seoul

비고 : 에너지 소비량 순서별로

너지 소비량이 많은 행정동이 중심지역과 강남지역에 밀집되어있는 것을 볼 수 있다. 그리고 주거지역이 밀집되어있는 서울의 서북부와 서남부 지역의 건물에너지 소비량도 높은 편으로 나타났다.

가구당 교통에너지 소비량을 지도상으로 살펴보면, 건물에너지에 비해 교통에너지 소비가 많은 행

정동은 산발적으로 분포해있는 것으로 나타났다. 하지만 종로 1.2.3.4가동을 제외하고, 도심으로 규정할 수 있는 여의도, 강남지역 등의 교통에너지 소비량이 많지 않은 것을 확인할 수 있으며, 이는 선행연구에서 살펴본 연구들의 결과와도 일치한다.

<그림 1의 a와 b>를 통해 건물에너지와 교통에

너지를 비교해보면 건물에너지 소비가 많은 지역이 교통에너지 소비가 적은 것을 볼 수 있다. 또한 가구의 건물에너지와 교통에너지를 합산한 총 에너지(그림1의 c참조)를 살펴보면, 교통에너지와 비슷한 분포를 나타내는 것을 볼 수 있다. 이는 가구의 에너지 소비 중에서 교통에너지가 차지하는 비율이 높기 때문이며, 가구의 에너지 소비를 줄이기 위해서 교통에너지의 소비감소가 효과적임을 의미한다.

2. 에너지 소비요인 분석 결과

도심과 비도심을 구분하고, 각 지역의 건물·교통·가구에너지 소비량을 종속변수로 하고, 변수설정 단계에서 설정한 독립변수 중 건물에너지와 교통에너지에 영향을 미치는 변수를 재선정하여 독립변수로 설정하였고, 가구에너지는 모든 변수를 포함하여 그 영향력을 살펴보고자 다중회귀분석을 수행하였다. 각 모형에 대한 분석 결과는 <표4>와 같다. 각 모형 모두 비교적 높은 설명력을 보이며, 유의수준 1%내에서 통계적으로 상당한 의미가 있음을 보여주고 있다.

1) 건물에너지

<표5>는 도심지역과 비도심지역의 가구당 건물·교통·가구에너지 소비량을 종속변수로 한 다중회귀 분석 결과이다.

분석을 통해 추출된 가구의 건물에너지 소비에 유의미한 영향을 미치는 요인들 중 가구특성(1인 가구(Williams, 2007)⁶⁾, 평균연령(Schipper et al., 1989)), 경제특성(주택 실거래가격(노승철 외, 2013; 김봉진 외, 1992))은 선행연구와 모두 일치하는 결과를 나타내고 있으므로, 본 연구의 차별성이 되는 영향요인에 대해서만 기술하고자 한다.

우선, 도심지역의 남성비율이 건물에너지 소비에 음의 영향을 미친다는 결과가 나왔는데, 건물에너지

표 4. 가구에너지별 회귀모형의 설명력
Table 4. Explanation of regression model

Index		R	R ²	Adjusted R ²	F	Sig.
Bld. Energy	CBD	0.800	0.640	0.537	6.224	0.000
	Non-CBD	0.817	0.667	0.658	73.247	0.000
Trpport Energy	CBD	0.785	0.616	0.442	3.550	0.002
	Non-CBD	0.600	0.360	0.335	14.525	0.000
H.h. Energy	CBD	0.836	0.699	0.533	4.214	0.000
	Non-CBD	0.695	0.483	0.460	20.992	0.000

소비에 음의 영향을 미친다는 것은 여성 비율이 높을수록 건물에너지 소비가 증가한다는 것으로 해석할 수 있다. 여성은 삶의 편리함과 안락함에 대한 욕구가 커서 남성에 비해 에너지를 많이 사용하기 때문으로 해석할 수 있다(이운재 외, 2011; 임기추, 2008). 또한, 남성비율은 유의한 결과를 나타내지는 않았지만, 비도심지역에서는 건물에너지 소비를 증가시킨다는 분석 결과가 나왔다. 이는 같은 요인이지만 건물에너지에 다른 영향을 미칠 수 있다는 것을 보여주며, 도심지역에 거주하는 성별과 비도심지역에 거주하는 성별의 특성이 다르다는 것으로 해석할 수 있다. 성별, 연령과 같은 소비자의 개인적 속성은 생활양식에 차이를 가져오고, 이는 주거공간에 머무르는 시간이 다르기 때문으로 해석할 수 있다(Schipper et al., 1989).

아파트는 주택의 종류로서 가구의 소득수준을 대신하고, 아파트 비율⁷⁾이 높은 비도심지역은 고소득 가구가 많이 거주하기 때문에 건물에너지 소비량이 많아진다(안영수 외, 2014; Wende et al., 2010; Druckman and Jackson, 2008). 주택건축연도는 가구의 소득수준을 나타내기도 하지만 건물의 에너지 성능을 나타낸다. 따라서 주택건물이 최근에 지어질수록 건물의 에너지 성능이 좋아져서 건물에너지 소비량이 적어지는 것으로 해석할 수 있다.

표 5. 가구 총 에너지 다중회귀분석 결과

Table 5. Result of multiple regression analysis of building-transport-household energy

Independent Variables		Building Energy				Transport Energy				Household Energy			
		CBD		Non-CBD		CBD		Non-CBD		CBD		Non-CBD	
		Std.β	Sig.	Std.β	Sig.	Std.β	Sig.	Std.β	Sig.	Std.β	Sig.	Std.β	Sig.
Household	Single household ratio	-0.932	0.000**	-0.551	0.000**	0.019	0.911	0.119	0.020*	-0.993	0.000**	-0.054	0.268
	Average age	-0.093	0.631	-0.132	0.000**	0.012	0.965	0.149	0.006**	0.170	0.508	0.084	0.089†
	Male ratio	-0.183	0.099†	0.008	0.800	-0.096	0.483	0.018	0.670	-0.123	0.339	0.009	0.817
	Household size	-0.169	0.337	-0.035	0.292	-0.665	0.012*	0.040	0.397	0.001	0.996	0.035	0.408
Economy	Housing price	0.358	0.012*	0.346	0.000**	0.437	0.023*	0.270	0.000**	0.382	0.040*	0.321	0.000**
	Car ownership rate					-0.202	0.233	0.264	0.000**	0.171	0.338	0.147	0.004**
Residency	Apartment ratio	-0.209	0.119	0.102	0.006**					-0.201	0.222	0.229	0.000**
	Average house construction year	-0.129	0.337	-0.194	0.000**					-0.058	0.714	-0.082	0.044*
Urban Space	Population density	-0.165	0.264	-0.031	0.343	0.082	0.680	-0.254	0.000**	-0.070	0.710	-0.219	0.000**
	Green space ratio	-0.267	0.037*	0.009	0.779	0.118	0.393	-0.018	0.690	-0.257	0.053†	-0.018	0.654
	Intra-zonal trip ratio					0.072	0.675	-0.308	0.000**	-0.188	0.240	-0.315	0.000**
	Increasing rate of developed area	0.225	0.051†	-0.018	0.557	0.276	0.031*	-0.011	0.795	0.228	0.089†	-0.019	0.631
	Provision ratio of public service facilities					-0.186	0.285	0.162	0.000**	0.159	0.330	0.103	0.012*
Transport	Transit ridership					0.124	0.489	-0.142	0.004**	-0.301	0.095†	-0.130	0.004**
	Road ratio					0.096	0.539	-0.057	0.204	-0.149	0.349	-0.078	0.059†
	Transit facilities per population					0.109	0.449	-0.013	0.750	-0.016	0.907	-0.002	0.962

* **유의수준1% (p<0.01), *유의수준 5% (p<0.05), †유의수준 10% (p<0.1)

** Tolerance≤0.1 또는 VIF≥10인 조건을 충족시키는 변수가 없으므로, 다중공선성이 없다고 판단할 수 있다.

도시공간특성에서 녹지면적과 개발면적증가율은 냉방과 통풍을 위한 역할을 하여 에너지 소비저감 건물에너지 소비에 각각 다른 영향을 끼치는 것으로 나타났다. 도심의 녹지면적의 증가는 제한적인 토지이용에서 도시면적의 감소를 가져오며, 여름철

냉방과 통풍을 위한 역할을 하여 에너지 소비저감을 가져오는 것으로 해석할 수 있다. 반대로 비도심의 녹지면적은 유의미하지 않으나 건물에너지 소비 증가에 양의 영향을 끼치는 것으로 나타났다⁸⁾.

도심의 개발면적증가율은 해당 도심의 밀도 또는 압축도가 높을수록 도심 열섬현상⁹⁾으로 인해 냉방 에너지 소비가 증가하기 때문에 건물에너지 소비를 증가시키는 요인으로 분석되었다(Ewing and Rong, 2008). 반면에 비도심의 경우에는 개발면적증가율과 도시열로 인한 열섬현상이 없고, 고밀지역에서의 고층 건물은 공동에너지를 사용하기 때문에 냉·난방에너지 소비가 적어 건물에너지 소비저감의 원인이 되는 것으로 볼 수 있다(Qin and han, 2013).

또한 도심과 비도심지역의 여부에 따라 건물에너지 소비에 영향을 미치는 요인이 다르게 나타난 원인은 다음과 같은 이유 때문인 것으로 보인다. 도심과 비도심은 주거, 상업, 업무의 비율이 다르며 해당 지역의 도시의 성격이 다르게 나타난다. 도시는 업무와 상업 중심으로 도시의 역할을 하고 있으며, 그로 인해 도시의 밀도도 높고, 거주하는 가구의 경제적 수준과 연령 등 비도심지역과 차이가 있다. 이러한 차이는 건물에너지를 소비하는 성격에 영향을 주며, 소비하는 요인이 다르게 분석되는 것으로 볼 수 있다.

2) 교통에너지

도심과 비도심에 서로 다른 영향을 끼치는 요인을 중점적으로 해석하면 다음과 같다.

가구의 규모를 의미하는 세대당 인구수는 도심지역에서 교통에너지 감소에 가장 큰 영향력을 미치는 것으로 나타났다.

자동차 보유율은 일반적으로 알려진 바와 같이 교통에너지를 증가시킨다. 본 연구에서 비도심지역에서는 교통에너지 증가의 원인이 되는 것으로 분석되었으나, 도심지역에서는 유의미하지 않지만 오히려 감소하는 것으로 나타났다¹⁰⁾.

인구밀도와 내부통행비율은 비도심지역에서 교통에너지 감소에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 반면에 유의미하지는 않지만 도심지역에는 정의 영향

을 미치는 것으로 나타났다¹¹⁾. 비도심지역은 주거의 성격이 강한데, 인구밀도가 높게 되면 직장이 주거와 가까워져서 목적지와 주거지역이 근접할 가능성이 높아져서 교통에너지의 감소결과를 초래한 것으로 본다(Newman and Kenworthy, 1989).

공공시설공급율은 비도심지역에서 교통에너지를 증가시키는 것으로 나타났다. 공공시설은 서비스통행과 관련이 깊은 목적지로서 가까이 있을수록 통행거리가 짧아서 총통행거리(VKT)를 줄일 것으로 본다. 다만, 본 연구와 같이 행정동 단위로 대상 공간을 작게 만들 경우 공공시설과 가까운 곳은 서비스통행의 빈도가 높아져서 총통행거리를 제고할 수 있을 것으로 보는데, 이와 같은 해석은 수요가 부족하거나 지역적 편차로 인하여 불균형적으로 입지할 경우, 교통에너지 소비를 유발할 수 있다(송기욱·남진, 2009)는 선행연구결과에 기반하고 있다. 반면에 도심지역은 유의미하지 않으나 공공시설의 공급율이 증가할 경우 교통에너지가 감소하는 것으로 나타났다¹²⁾.

개발면적증가율은 일반적으로 교통에너지 감소에 영향을 미치는 것으로 알려졌는데, 비도심 지역에서는 유의미하지는 않으나 교통에너지 감소에 영향을 끼치지만, 도심지역에서는 유의미하나 오히려 교통에너지의 증가에 영향을 끼치는 것으로 나타났다. 도심지역의 개발면적의 증가는 쇼핑 및 서비스통행의 목적지가 되는 소매업밀도나 서비스산업의 연면적이 증가하는 것을 의미하는데, 그 결과 본 연구에서는 분석하지 못했지만¹³⁾ 비도심지역에 속한 행정동의 가구의 총통행거리를 증가시키고(Cervero and Murakami, 2010), 이와 함께 도심지역에 속한 행정동의 가구에 대하여 쇼핑 및 서비스통행의 통행거리가 가까워지는 효과보다 통행빈도가 늘어나는 것으로 인하여 총통행거리가 늘어나므로 결국 교통에너지가 증가한 것으로 해석할 수 있다.

대중교통 수단분담률의 증가는 비도심지역에서

교통에너지 감소로 이어지며, 도심지역에서는 유의미하지 않으나 교통에너지 증가¹⁴⁾로 이어지는 것으로 나타났다. 실증분석에서 확인했듯이 비도심지역은 도심지역에 비해 교통에너지 소비가 상대적으로 많은 지역이다. 이런 지역에서 대중교통으로의 수단 전환에 따른 대중교통 수단분담률의 증가는 교통에너지의 감소로 이어졌다고 판단할 수 있다.

3) 가구에너지

가구에너지는 건물에너지와 교통에너지를 합산한 가구의 총 소비량¹⁵⁾이며, 모든 소비요인들을 대상으로 통합적으로 분석한 결과이다. 따라서 건물에너지와 교통에너지에서 얻은 결과와 함께 해석해야한다(표6 참조).

1인가구는 모든 지역에서 음의 영향을 끼치는 것으로 나타났으며, 특히 도심지역에서는 영향력이 상당히 높은 것으로 나타났다. 건물에너지와 교통에너지에 대한 분석결과를 살펴보면, 건물에너지에 상당히 높은 음의 영향을 끼치고, 교통에너지에서는 낮은 것으로 나타났다. 통합적으로 보면, 1인가구는 건물에너지 감소에 끼치는 영향력이 크기 때문에 결과적으로 가구에너지 소비저감에 영향을 끼치는 것으로 보인다(표6 참조).

1인가구와는 정반대로 평균연령¹⁶⁾은 건물에너지에 음의 영향, 교통에너지에 양의 영향을 끼치는 것으로 분석되었는데, 가구에너지에는 양의 영향을 끼치는 것으로 나타났다(표6 참조). 결국, 가구의 평균연령은 교통에너지 증가에 끼치는 영향력이 더 크며, 결과적으로 가구에너지 소비증가에 영향을 끼치는 것으로 볼 수 있다.

주택 실거래가격은 도심과 비도심 지역의 구분 없이 가구·교통·건물 모든 에너지를 증가시키는 요인으로 분석되었다. 주택 실거래가격은 가구의 경제적 수준을 나타내는 대표적인 변수이다. 즉, 가구의 경제수준은 에너지 소비에 대한 부담감이 없어 가

구의 모든 에너지 소비를 증가시키는 원인이 되며, 고소득층을 대상으로 누진율 증가 등 에너지 소비저감을 위한 가격 정책이 마련될 필요가 있다.

자동차 보유율도 가구의 경제적 수준을 나타내는 변수로서, 주택 실거래가격과 마찬가지로 가구의 에너지를 증가시키는 요인으로 분석되었다.

아파트비율은 특히 비도심지역에서 거주 가구의 소득수준을 나타내는 변수로서, 이 지역에서 아파트 비율이 높을수록 가구에너지 소비가 증가한다. 함께 고려해야 할 변수는 주택건축년도인데 주택의 에너지 성능을 나타내는 변수로서, 지역과 관계없이 최근에 지어진 건물일수록 에너지 성능이 좋아지며, 건물에너지 소비량이 적어지기 때문에 가구에너지 소비량이 감소하는 것으로 볼 수 있다.

인구밀도의 경우 비도심지역에서는 가구에너지를 저감시키는 것으로 나타났는데, 이 지역의 높은 인구밀도는 건물에너지와 교통에너지를 모두 저감시키기 때문에 가구에너지를 저감하는 요인으로 작용하였다. 비도심지역의 택지개발 시 에너지 측면에서 반드시 고려해야 할 점이라고 본다.

녹지면적의 경우, 다소 복잡한 분석결과가 나타났다. 도심지역에서 건물에너지에는 음의 영향을, 교통에너지에는 양의 영향을, 가구에너지에는 음의 영향을 나타내는 것으로 분석되었다. 반면, 비도심지역에서는 건물에너지에 양의 영향을, 교통에너지에는 음의 영향을, 가구에너지에는 음의 영향을 끼치는 것으로 나타났다. 통합적으로 보면, 도심지역에서 녹지는 건물에너지에 끼치는 영향력이 크지만, 비도심지역에서는 교통에너지에 끼치는 영향력이 큰 것으로 판단할 수 있다(표6 참조).

내부통행비율은 교통에너지 저감효과가 큰 것으로 분석되었기 때문에 가구의 총 에너지 저감에도 큰 영향력을 끼치는 것으로 분석되었다.

개발면적증가를 또한 녹지와 마찬가지로 지역별로 각 에너지에 복합적인 영향을 끼치는 요인으로

표 6. 결과 요약표
Table 6. Summary Table of Result

		Building Energy				Transport Energy				Household Energy			
		CBD		Non-CBD		CBD		Non-CBD		CBD		Non-CBD	
		Std. β	Sig.	Std. β	Sig.	Std. β	Sig.	Std. β	Sig.	Std. β	Sig.	Std. β	Sig.
House hold	Single household ratio	-0.932	0.000**	-0.551	0.000**	0.039		0.133	0.020*	-0.997	0.000**	-0.954	
	Average age	-0.093		-0.122	0.000**	0.012		0.149	0.005**	0.171		0.084	0.089†
	Male ratio	-0.113	0.099†	0.003		-0.066		0.038		-0.123		0.009	
	Household size	-0.113		-0.065		-0.055	0.012*	0.04		0.001		0.035	
Economy	Housing price	0.358	0.012*	0.346	0.000**	0.437	0.023*	0.27	0.000**	0.382	0.040*	0.221	0.000**
	Car ownership rate					-0.002		0.254	0.000**	0.171		0.147	0.004**
Residency	Apartment ratio	-0.203		0.102	0.006**					-0.203		0.229	0.000**
	Average house construction year	-0.123		-0.064	0.000**					-0.058		-0.082	0.044*
	Population density	-0.113		-0.031		0.082		-0.154	0.000**	-0.07		-0.219	0.000**
Urban Space	Green space ratio	-0.267	0.037*	0.009		0.138		-0.18		-0.27	0.053†	-0.018	
	Intra-zonal trip ratio					0.072		0.108	0.000**	-0.133		-0.115	0.000**
	Increasing rate of developed area	0.225	0.051†	-0.038		0.276	0.031*	-0.111		0.228	0.089†	-0.019	
	Provision ratio of public service facilities					-0.086		0.152	0.000**	0.158		0.303	0.012*
	Transit ridership					0.124		-0.142	0.004**	-0.101	0.095†	-0.13	0.004**
Transport	Road ratio					0.096		-0.057		-0.148		-0.078	0.059†
	Transit Facilities per population					0.109		-0.13		-0.016		-0.002	

분석되었다. 특히, 유의미한 결과를 보이는 도심지역에서의 개발면적증가율은 건물에너지와 교통에너지에 양의 영향을 끼치는 것으로 나타났다. 도심지역에서의 개발면적증가율은 도심 내 열섬현상을 유발하여 건물에너지 소비를 증가시키고, 통행빈도를 증가시켜서 교통에너지 소비가 늘어나기 때문이다. 도심지역에서 개발면적을 증가시키는 재개발정책시 고려해야 할 결과라고 본다.

대중교통 수단분담률은 도심과 비도심지역 모두 가구의 이동 수단 선택에 영향을 주어 자가용 이용으로 인한 교통에너지 소비를 감소시킨다(Cervero and Murakami, 2010; Lin and Yang, 2009).

V. 결론

본 연구는 가구의 건물에너지와 교통에너지 소비에 영향을 미치는 요인들을 추출하고, 지역별로 소

비요인을 분류하여 그 영향력을 분석하는데 목적이 있다.

가구가 소비하는 에너지는 가정 내에서 소비하는 건물에너지와 도시 내에서 소비하는 교통에너지 두 가지로 나뉘며, 가구가 소비하는 에너지는 가구특성, 주택과 교통의 물리적 특성, 도시공간구조특성에 따라 차이가 난다. 따라서 가구에너지 소비요인을 도심지역과 비도심으로 구분하여 각각에 대하여 실증분석을 하였다. 그 결과 건물에너지는 도심지역과 강남지역과 주거지역이 밀집되어있는 서울의 서북부, 서남부 일부 지역에서 높은 것으로 나타났다. 교통에너지 소비가 많은 지역은 건물에너지에 비해 서울의 외곽에 위치하고 있는 것을 볼 수 있었으며, 건물에너지와 교통에너지 소비량이 많은 지역은 서로 교차되어 나타났다.

이러한 분포가 나타나는 원인을 파악하기 위해 에너지별로, 지역별로 구분하여 다중회귀분석을 수

행하였다. 그 결과를 요약하면 첫째, 도시에너지정책의 대상이 되는 변수가 건물에너지와 교통에너지에 대해 상반된 영향을 미치는 경우가 많았다. 1인 가구비율, 평균연령, 세대당 인구수, 주택 실거래가, 자동차 보유율, 아파트 비율, 인구밀도, 녹지면적율, 내부통행비율, 공공시설공급율, 대중교통 수단분담률, 도로율, 대중교통기반시설은 건물에너지와 교통에너지, 건물에너지에 상반된 영향을 미치는 것으로 나타났다.

둘째, 도심과 비도심지역으로 구분할 때, 상반된 영향을 미치거나, 영향력이 차이가 나는 경우가 많았다. 대표적인 예로, 개발면적증가율은 도심지역에서 건물·교통·가구에너지 증가에 영향을 끼치고, 비도심지역에서는 건물·교통·가구에너지 감소에 영향을 끼치는 요인으로 나타났다. 건물에너지에 지역별로 상반된 영향을 끼치는 요인은 남성 비율, 아파트 비율, 녹지 면적율, 개발면적증가율로 나타났고, 교통에너지의 경우에는 남성 비율, 세대당 인구수, 자동차 보유율, 인구밀도, 녹지면적율, 내부통행비율, 개발면적증가율, 공공시설공급율, 대중교통 수단분담률, 도로율, 대중교통기반시설로 나타났다. 통합적 결과인 가구에너지의 경우, 남성 비율, 아파트 비율, 개발밀도가 상반된 영향을 끼치는 것으로 나타났다. 이는 도시공간구조에 따라 에너지 소비가 달라질 수 있음을 시사한다. 따라서 향후 우리나라 가구 부문의 에너지 소비저감을 위해 효과적인 정책을 수립하고자 할 때, 가구의 특성, 경제 특성, 도시공간특성, 교통시설특성 뿐만 아니라 도시공간구조를 함께 고려해야 한다.

본 연구는 가구 부문의 에너지 소비요인을 선정하는 연구에 있어서 보다 더 세분화되고, 통합적으로 접근했다는 점에서 연구의 의의를 찾을 수 있다. 기존의 선행연구와는 다르게 도시의 공간구조특성을 반영하기 위해 분석요인을 도심지역과 비도심지역에서 각각 추출하였다는 점이다. 또한 가구의

에너지 소비요인을 통합적으로 고려하기 위해 가구와 가구의 인구특성, 경제특성, 주택의 물리적 특성, 도시공간특성, 교통특성을 세분화하면서도 통합적으로 분석하여 에너지 소비저감을 위한 통합적 방안을 제시하였다는 점에서도 의의가 있다.

본 연구결과를 통해 에너지 소비저감 관련 정책 입안 시, 정책과 관련된 변수가 건물에너지와 교통에너지에 대해 지역적으로 어떤 영향을 끼치는지 세부적으로 살펴보아야한다. 따라서 본 연구의 결과는 도시에너지정책의 순효과를 제고하는데 기여할 것으로 기대한다.

- 주1. 전력과 도시가스를 석유환산톤계수인 TOE로 환산하기 위해 각 연간 사용량에 탄소배출계수를 곱하였다.
전력 : 0.1156
도시가스(LNG) : 0.637
- 주2. 행정동별 가구평균 일일 총통행거리를 석유환산톤인 TOE로 환산한 과정은 다음과 같다.
교통안전공단에서 발표한 2012년 차종별·연료별 자동차 등록대수 중 서울지역의 승용차를 연료별 비율로 나누어 행정동별 총통행량을 승용차 연료별로 변환하였다. 그리고 주행거리를 2012년 자동차 1대의 연료 1L당 주행거리수치를 반영하여 휘발유·경유·LPG의 소비량을 도출하였다. 도출한 연료별 소비량에 연료별 석유환산톤계수를 곱한 뒤, 순발열량으로 나누어 석유환산톤인 TOE를 환산한 교통에너지 소비량을 산출하였다.
연료별 비율 : 휘발유 0.675099917, 경유 0.195814956, LPG 0.123148552
1L당 주행거리 : 휘발유 9.009050078, 경유 7.658528055, LPG 7.129662081
연료별 석유환산톤계수 : 휘발유 0.778, 경유 0.901, LPG 1.5
- 주3. 개발면적증가율은 PUI지수로 산출하였는데 PUI지수는 인구증가율 대비 시가화면적증가율로 1이하일 경우 내부충진적 개발이 일어난 것으로 간주할 수 있으며, 압축형 개발을 나타내는 지수로도 쓰인다 (송기욱·남진, 2009; 정현욱·김재익, 2003).
- 주4. 본 연구에서 대상으로 삼은 공공시설은 동사무소, 구청과 같은 행정업무시설(동사무소, 구청, 경찰서, 소방서, 우체국), 학교, 교통시설(버스터미널, 기차역), 문화체육시설(도서관, 병원, 문화체육관)등이다.
- 주5. 2030 서울플랜 중심지별 행정구역에서 정의하는 중심지는 '3도심'과 '7광역중심'으로 나뉜다. 각각에 속하는 행정동은 다음과 같다.

3도심 : 한양도성(중로1.2.3.4가동, 명동, 소공동, 회현동), 강남(논현1동, 논현2동, 서초1동, 서초2동, 서초3동, 서초4동, 역삼1동, 역삼2동, 잠원동), 영등포·여의도(여의도동, 영등포본동, 영등포동)

7광역중심 : 용산(용산2가동), 청량리·왕십리(청량리동, 왕십리도선동, 왕십리2동), 창동·상계(창1동, 창2동, 창3동, 창4동, 창5동, 상계1동, 상계2동, 상계3-4동, 상계5동, 상계6-7동, 상계8동, 상계9동, 상계10동), 상암·수색(상암동, 수색동), 마곡(가양1동), 가산·대림(가산동, 대림1동, 대림2동, 대림3동), 잠실(잠실본동, 잠실2동, 잠실3동, 잠실4동, 잠실6동, 잠실7동), (서울특별시, 2015)

- 주6. 1인가구의 경우 지역에 관계없이 건물에너지 소비(면적당 소비량)에 음의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 1인가구는 다인가구에 비해 인당 에너지 소비량은 크지만, 가구원 수가 적기 때문에 면적당 에너지 소비량이 적어서 나타난 결과이다.
- 주7. 비도심지역의 경우, 아파트 비율은 높은 인구밀도로서 교통에너지를 줄이기도 하지만, 단독주택보다 비싼 주택유형으로서 거주자의 소득수준을 나타내어 건물에너지의 소비량에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 같은 맥락에서 주택 건축년도는 건물에너지 소비를 감소시키는 요인으로 나타났는데, 이는 본문에서 제시한 관련 선행연구결과와 일치한다.
- 주8. 비도심지역은 주거기능이 주를 이루며, 해당지역의 녹지면적은 주거환경이 양호하다는 것을 의미한다. 주거환경의 질이 높은 지역은 주택가격이 높아서 소득이 상대적으로 많은 가구가 거주한다(신상영 외, 2006). 고소득층은 저소득층에 비해 경제적 여유가 있기 때문에 에너지 소비로 인한 경제적 제약이 줄어들어 에너지소비 증가로 이어진다고 볼 수 있다.
- 주9. 여름철에는 건물군에서 배출되는 현열이 많고, 고층건물 밀집과 녹지 및 오픈스페이스 부족에 따른 공기 비순환으로 인해 여름철 냉방을 위한 전력사용량이 더 큰 것으로 보이는데, 이를 잘 표현한 것이 열섬현상이다.
- 주10. 도심지역에 거주하는 가구는 출발지인 주거지와 목적지가 동일한 지역에 위치하고 있을 가능성이 커서 자동차의 보유가 이동 시 수단선택에 미치는 영향이 크지 않으므로 해당 변수가 유의미하지 않은 상태에서 감소하는 경향을 보인 것으로 판단한다.
- 주11. 도심지역의 행정동에 거주하는 가구의 통행목적지는 대부분 도심지역에 있으므로 비도심지역과 달리 인구밀도의 증가와 내부통행비율의 증가 등이 총통행거리의 감소에 영향을 미치지 못하는 것으로 판단한다.
- 주12. 도심지역에 해당하는 행정동의 경우 대체로 공공시설의 공급율이 높아서 공급율의 증가로 인하여 서비스통행빈도를 높이지는 않고 통행거리를 감

소시켜서 교통에너지를 감소시키는 경향을 보인 것으로 판단한다.

- 주13. 본 연구에서는 도심지역에 속한 행정동과 비도심지역에 속한 행정동에 거주하는 가구의 교통에너지 소비를 해당 행정동의 변수에 대하여 해당 행정동의 가구에 미치는 영향을 분석하도록 구성하였다. 도심지역의 개발면적이 증가할 경우 비도심지역 가구의 통행거리가 길어져서 교통에너지가 증가하게 되는데 이는 본 연구와 같이 행정동 단위로 공간규모를 작게 하였을 때 교차분석을 통해서 파악할 수 있으므로 본 연구의 방법론으로는 분석할 수 없었다.
- 주14. 자동차 보유율에서와 같이(주10 참조) 도심지역에 거주하는 가구는 출발지인 주거지와 목적지가 동일한 지역에 위치하고 있을 가능성이 커서 대중교통 수단분담률의 증가가 가구의 총통행거리에 미치는 영향이 크지 않으므로 해당 변수가 유의미하지 않은 상태에서 증가하는 경향을 보인 것으로 판단한다. 특히 가구에너지에서는 도심지역에서도 유의미하게 음의 영향을 보이는 것으로 보아 위의 해석의 타당성을 뒷받침한다.
- 주15. 본 연구의 목적은 건물에너지와 교통에너지를 합산한 가구의 총 에너지 소비량으로서 가구에너지를 분석하는데 있지 않고, 가구에너지에 미치는 건물에너지와 교통에너지의 영향력의 차이를 파악하는데 있다. 따라서 건물에너지가 연단위이고, 교통에너지가 일단위이지만(표 3 참조) 서로 비교가 가능하다.
- 주16. 평균연령은 건물에너지 소비량에 음의 영향, 교통에너지와 가구에너지에 양의 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 비도심지역에서 평균연령이 높다는 것은 다양한 활동의 수행력이 크다는 것을 의미하여 건물에너지는 감소하고 교통에너지 소비는 증가한다. 이 경우, 교통에너지의 영향력이 더 커서 가구에너지가 양의 영향을 미치는 것으로 해석된다. 그러나 두 에너지 소비량은 반대의 성향을 가지므로, 가구에너지 소비량은 10% 이내에서 유의미하다.

인용문헌

References

1. 강창덕, 2011. “공간계량모형에 의한 서울시 에너지 소비 분석과 정책과제”, 『서울연구』, 12(4): 1-22.
Kang C., 2011. “Analysis on Energy Consumption and Its Policy Implication in Seoul with Spatial Econometrics”, *Seoul Studies*, 12(4): 1-22.
2. 김리영, 서원석, 2011. “압축도시 특성이 지역별 교통

- 에너지 소비에 미치는 영향 분석”, 「한국지역개발학회지」, 23(1): 33-53.
- Kim L. and Seo W., 2011. “The Impacts of Compact City Characteristics on Transportation Energy Consumptions at Regional Level: The Difference between Sudokwon and Non-Sudokwon Areas”, *Journal of the Korean Regional Development Association*, 23(1): 33-53.
3. 김보현, 장성만, 이승일, 2013. “도시 유형별 교통에너지 소비에 영향을 미치는 요인 연구: 통행패턴과 개발밀도에 따른 도시유형 구분을 기초로”, 「국토계획」, 48(3): 129-148.
 - Kim B., Jang S. and Lee S., 2013. “A Study on the Influencing Factors on Transport Energy Consumption by City Types: On the Basis of City Types Classified by Travel Pattern and Urban Density”, *Journal of Korea Planners Association*, 48(3): 129-148.
 4. 김유란, 홍원화, 서윤규, 전규엽, 2011. “공동주택 가족구성원별 전력소비성향에 관한 연구”, 「주거환경」, 22(6): 43-50.
 - Kim Y., Hong W., Seo Y. and Jeon H., 2011. “A Study on the Electricity Consumption Propensity by Household Members in Apartment Houses”, *Journal of the Korean Housing Association*, 22(6): 43-50.
 5. 김진관, 천진수, 이병호, 2009. “관상형 아파트와 탑상형 아파트의 도시가스 소비 특성에 관한 비교 연구”, 「주거환경」, 7(2): 55-65.
 - Kim J., Chun J. and Lee B., 2009. “Comparative Study on the City Gas Consumption Characteristics of Flat-type Apartment and Tower-type Apartment”, *Journal of the Korean Housing Association*, 7(2): 55-65.
 6. 김태현, 김홍규, 한순금, 2011. “읍·면·동의 공간적 특성이 가구의 음식, 주거, 통행 에너지 사용에 미치는 영향 분석”, 「국토계획」, 46(1): 117-127.
 - Kim T., Kim H. and Han S., 2011. “An Analysis of the Effects of Saptial Features of Neighborhood on Household’s Energy Use for Food, Housing and Travel”, *Journal of Korea Planners Association*, 46(1): 117-127.
 7. 노승철, 2014. “가구 부문의 에너지 소비 및 이산화탄소 배출구조 분석을 통한 온실가스 감축 방안에 관한 연구”, 「국토연구」, 81: 157-183.
 - Noh S., 2014, “Analysis of Energy Consumption and CO2 Emissions Structure in Household Sector”, *The Korea Spatial Planning Review*, 81: 156-183.
 8. 노승철, 이희연, 2013. “가구 부문의 에너지 소비량에 영향을 미치는 요인 분석”, 「국토계획」, 48(2): 295-312.
 - Noh S. and Lee H., 2013, “An Analysis of the Factors Affecting the Energy Consumption of the Household in Korea”, *Journal of Korea Planners Association*, 48(2): 295-312.
 9. 노승철, 이희연, 2013. “가구 부문의 주거, 교통 에너지 소비구조 분석에 관한 연구”, 「지역연구」, 29(2): 47-67.
 - Noh S. and Lee H., 2013, “Analysis of the Residential, Transportation Energy Consumption Structure of the Household Sector”, *Journal of the Korean Regional Science Association*, 29(2): 47-67.
 10. 배민호, 이은주, 박은미, 김동호, 김재민, 2008. “요소 기술 및 사용자 정책이 건물에너지 절감에 미치는 기여도 분석을 위한 기초연구”, 한국친환경설비학회 2008년 춘계학술발표대회논문집, 서울: 서울대학교.
 - Pae M., Lee E., Park E., Kim D., Kim J and Jo S., 2008, “Literature Review of Technologies and Energy Feedback Measures Impacting on the Reduction of Building Energy Consumption”, Proceeding of the Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building 2008 Spring Symposium, Seoul: Seoul National University.
 11. 산업통상자원부, 에너지경제연구원, 2003. 「2003 지역에너지 통계연보」, 서울.
 - Ministry of Trade, Industry and Energy, Korea Energy Economics Institute, 2003, *2003 Yearbook of Regional Energy Statistics*, Seoul.
 12. 산업통상자원부, 에너지경제연구원, 2013. 「2013 지

- 역에너지 통계연보」, 서울.
 Ministry of Trade, Industry and Energy, Korea Energy Economics Institute, 2013. *2013 Yearbook of Regional Energy Statistics*, Seoul.
13. 서울특별시청, 2015. 「2030서울플랜(2030서울도시기본계획)」, 서울특별시.
 Seoul Metropolitan Government, 2015. *2030 Seoul Plan*, Seoul.
 14. 서현철, 홍원화, 남경목, 2012. “거주자 구성유형 및 소득수준에 따른 주거용 건물 내 전력소비성향”, 「한국주거학회논문집」, 23(6): 31-38.
 Seo H., Hong W. and Nam G., 2012, “Characteristics of Electric-Power Use in Residential Building by Family Composition and Their Income Level”, *Journal of the Korean Housing Association*, 23(6): 31-38.
 15. 송기욱, 남진, 2009. “압축형 도시특성요소가 교통 에너지 소비에 미치는 영향에 관한 실증분석”, 「국토계획」, 44(5): 193-206.
 Song, K. and Nam, J., 2009, “An Analysis on the Effects of Compact City Characteristics on Transportation Energy Consumption”, *Journal of Korea Planners Association*, 44(5): 193-206.
 16. 송승영, 이수진, 2008. “에너지절약형 공동주택을 위한 주요 설계변수별 비용효율 분석 및 설계모델 설정”, 「대한건축학회논문집」, 24(11): 329-340.
 Song S. and Lee S., 2008, “Cost Efficiency Analysis of Design Elements for an Energy-efficient Apartment Complex and Establishment of Design Models”, *Journal of the Architectural institute of Korea*, 24(11): 329-340.
 17. 신상영, 김민희, 복정훈, 2006. “서울숲 조성이 주택가격에 미치는 영향”, 「서울도시연구」, 7(4): 1-17.
 Shin S., Kim M. and Mok J., 2006, “The Effects of Seoul Forest Project on Neighborhood Housing Price”, *Seoul Studies*, 7(4): 1-17.
 18. 안건희, 1998. “에너지 절감을 위한 적정 도시개발밀도에 관한 연구”, 「국토연구」, 27: 19-30.
 Ahn K., 1998, “A Study on the Correlation between Variables of Urban Form and Energy Consumption”, *The Korea Spatial Planning Review*, 27: 19-30.
 19. 안영수, 김기중, 이승일, 2014. “서울시 주택의 규모와 종류, 건축연도별 특성이 에너지 소비량의 차이에 미치는 영향 실증 연구”, 「국토계획」, 49(3): 175-194.
 An Y., Kim K. and Lee S., 2014, “An Empirical Research on the Difference of Energy Consumption According to the Housing and Regional Characteristics of Seoul”, *Journal of Korea Planners Association*, 49(3): 175-194.
 20. 이윤재, 이현수, 박소윤, 2011. “공동주택 거주자의 에너지 사용행태 및 에너지 절약의식 분석”, 「한국주거학회논문집」, 22(6): 31-42.
 Lee Y., Lee H. and Park S., 2011. “Analysis on the Characteristics of Energy Use Behaviors and Energy Saving Consciousness of Multi-family Housing Residents”, *Journal of the Korean Housing Association*, 22(6): 31-42.
 21. 임기추, 허경옥, 2008. “에너지절약 정보유형의 가정 부문 에너지소비 영향 분석”, 「에너지경제연구원 연구보고서」, 2008(12): 1-122.
 Lim K. and Huh K., 2008, “Analysis on Residential Energy Consumption by Information Type about Energy Saving”, *Korea Energy Economics Institute Research Report*, 2008(12): 1-122.
 22. 정현욱, 김재익, 2003. “대도시권역 난개발의 공간적 분포에 관한 연구”, 「국토계획」, 38(5): 7-20.
 Chung H. and Kim J., 2003. “The Spatial Distribution of Urban Sprawl in Metropolitan Regions”, *Journal of Korea Planners Association*, 38(5): 7-20.
 23. 조운애, 김경환, 2008. “도시개발밀도가 에너지 효율성에 미치는 영향”, 「한국정책학회보」, 17(4): 113-134.
 Jo Y. and Kim K., 2008. “The impact of Densities of Development upon Energy Efficiency”, *Public Administration Review*, 17(4): 113-134.
 24. Cevero, R., 1996. “Mixed Land-Uses and Commuting: Evidence from the American Housing Survey”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 30(5): 361-377.
 25. Cevero, R., Murakami, J., 2010. “Effects of Built

- Environments on Vehicle Miles Traveled: Evidence from 370 US Urbanized Areas”, *Environment and Planning A*, 42(2): 400-418.
26. Dieleman, F. M., Dijst, M., Burghouwt, G., 2002. “Urban Form and Travel Behaviour: Micro-Level Household Attributes and Residential Context”, *Urban Studies*, 39(3): 507-527.
 27. Druckman, A., Jackson, T., 2008. “Household Energy Consumption in the UK: A Highly Geographically and Socio-economically Disaggregated model”, *Energy Policy*, 36(8): 3177-3192.
 28. Ewing, R., Cervero, R., 2010. “Travel and the Built Environment”, *Journal of the American Planning Association*, 76(3): 265-294.
 29. Ewing, R., Rong, F., 2008. “The Impact of Urban Form on US Residential Energy Use”, 「Housing Policy Debate」, 19(1): 1-30.
 30. Grazi, F., van den Bergh, J., van Ommeren, J., 2008. “An Empirical Analysis of Urban Form, Transport, and Global Warming”, *The Energy Journal*, 29(4): 97-122.
 31. Hitchcock, G., 1993. “An Integrated Framework for Energy Use and Behaviour in the Domestic Sector”, *Energy and Buildings*, 20(2): 151-157.
 32. Holden, E., Norland, I., T., 2005. “Three Challenges for the Compact City as a Sustainable Urban Form: Household Consumption of Energy and Transport in Eight Residential Areas in the Greater Oslo Region”, *Urban Studies*, 42(12): 2145-2166.
 33. Kenworthy, J., R., Laube, F., B., 1996. “Automobile Dependence in Cities: an International Comparison of Urban Transport and Land Use Patterns with Implications for Sustainability”, *Environmental Impact Assessment Review*, 16(4): 279-308.
 34. Lin, J., J., Yang, A., T., 2009. “Structural Analysis of How Urban Form Impacts Travel Demand: Evidence from Taipei”, 「Urban Studies」, 46(9): 1951-1967.
 35. Liu, C., Shen, Q., 2011. “An Empirical Analysis of the Influence of Urban Form on Household Travel and Energy Consumption”, *Computers, Environment and Urban Systems*, 35(5): 347-357.
 36. Marshall, J. D., 2008. “Energy-Efficient Urban Form”, *Environmental Science & Technology*, 42(9): 3133-3137.
 37. Mindali, O., Raveh, A., Salomon, I., 2004. “Urban Density and Energy Consumption: A New Look at Old Statistics”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 38(2): 143-162.
 38. Newman, P., W., G., Kenworthy, J., R., 2006. “Urban Design to Reduce Automobile Dependence”, *Opolis*, 2(1): 35-52.
 39. Newman, P., W., G., Kenworthy, J., R., 1989. “Gasoline Consumption and Cities: A Comparison of US Cities with a Global Survey”, *Journal of the American Planning Association*, 55(1): 24-37.
 40. Norman, J., MacLean, H., L., Kennedy, C., A., 2006. “Comparing High and Low Residential Density: Life-cycle Analysis of Energy Use and Greenhouse Gas Emissions”, *Journal of Urban Planning and Development*, 132(1): 10-21.
 41. Owens, S., 1992. “Energy, Environmental Sustainability and Land-use Planning”, *Sustainable Development and Urban Form*, London: Pion Limited.
 42. Perkins, A., Hamnett, S., Pullen, S., Zito, R., Trebilcock, D., 2009. “Transport, Housing and Urban Form: The Life Cycle Energy Consumption and Emissions of City Centre Apartments Compared with Suburban Dwellings”, *Urban Policy and Research*, 27(4): 377-396.
 43. Qin, B., Han, S., S., 2013. “Planning Parameters and Household Carbon Emission: Evidence from High-and Low-carbon Neighborhoods in Beijing”, *Habitat International*, 37: 52-60.
 44. Schipper, L., Bartlett, S., Hawk, D., Vine, E., 1989. “Linking Life-Styles and Energy Use: A Matter of Time?”, *Annual Review of Energy*, 14(1): 273-320.
 45. VandeWeghe, J., R., Kennedy, C., 2007. “A

- Spatial Analysis of Residential Greenhouse Gas Emissions in the Toronto Census Metropolitan Area”, *Journal of Industrial Ecology*, 11(2): 133-144.
46. Wende, W., Huelsmann, W., Marty, M., Penn-Bressel, G., Bobylev, N., 2010. “Climate Protection and Compact Urban Structures in Spatial Planning and Local Construction Plans in Germany”, *Land Use Policy*, 27(3): 864-868.
47. Williams, J., 2007. “Innovative Solutions for Averting a Potential Resource Crisis—the Case of one-person Households in England and Wales”, *Environment, Development and Sustainability*, 9(3): 325-354.

Date Received 2015-08-31
Reviewed(1st) 2015-10-28
Date Revised 2015-11-13
Reviewed(2nd) 2015-12-06
Date Accepted 2015-12-07
Final Received 2015-12-11