

출발-목적지와 토지이용 패턴의 상관성에 의한 서울시의 행정동별 교통에너지 소비 분석*

정재원** · 이창효*** · 이승일****

A Study on Transport Energy Consumption by Administrative Dong of Seoul Depending on the Relationship between Origin-Destination and Land-use Pattern*

Jaeeon Jung** · Changhyo Yi*** · Seungil Lee****

요약 : 고밀·혼합 토지이용 패턴이 교통에너지 소비저감에 큰 영향을 미치는 것으로 밝힌 선행연구들은 출발-목적지의 관계를 고려하지 못하여 구체적인 공간정책의 수립에 제약이 있다. 이 연구는 통행목적별 목적지를 대상으로 교통에너지 소비에 영향을 미치는 요인을 분석하였다. 서울의 행정동을 대상으로 통근과 여가·쇼핑 통행에 대하여 위세중심성지수에 따라 출발지와 목적지를 구분하고, 다중회귀모형을 활용하여 교통에너지 소비에 미치는 요인을 분석하였다. 분석 결과, 통근과 여가·쇼핑 통행의 목적지는 각기 교통에너지 소비에 미치는 영향력에 서로 차이가 있거나 상반된 결과가 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 이를 적용하여 중심지에 대한 차별성 있는 공간정책을 도입하면, 교통에너지 소비저감의 순(net) 효과를 제고할 수 있을 것으로 기대한다.

주제어 : 교통에너지, 토지이용패턴, 사회연결망분석, 도시공간구조

ABSTRACT : Many preceding studies on transport energy caused by urban structure proved that high density and mixed land use absolutely affect reducing transport energy consumption. However, there remains a practical limit without knowing OD relationship. So the purpose of this study is to analyze the impact of power centrality index with the known factors on transport energy for Seoul. The travel purposes were categorized into work and leisure·shopping in this study. The smallest administrative district(Dong) was used as TAZ. After applying the multiple regression model, we found that each variable of the model was affecting either differently or conflictingly on the energy consumption for the two travel purposes. So we conclude that the net effect to reduce the energy consumption in a destination TAZ could be increased by establishing an urban structure policy in consideration of each travel purpose.

Key Words : Transport Energy, Land-use Pattern, Social Network Analysis, Urban Structure

* 이 논문은 서울연구원이 주최하는 「공공데이터를 활용한 2015 서울연구논문 공모전」에서 제공한 데이터를 활용하고, 정부 교육과학기술부 재원으로 한국연구재단(NRF-2012S1A5B8A03045234)의 연구비 지원과 정부 국토교통부 도시건축연구개발사업(15AUDP-B102406-01)의 연구비 지원을 받아서 작성되었습니다.

** 서울시립대학교 도시공학과 석사과정(Master Course, Department of Urban Planning and Design, University of Seoul)

*** 서울시립대학교 도시공학과 연구교수(Research Professor, Department of Urban Planning and Design, University of Seoul)

**** 서울시립대학교 도시공학과 교수(Professor, Department of Urban Planning and Design, University of Seoul),
교신저자(E-mail: silee@uos.ac.kr, Tel: 02-6490-2797)

I. 서론

1. 연구의 배경과 목적

통행은 사람들이 도시공간 안에서 다양한 활동을 수행하면서, 토지이용의 공간분포에 따라 물리적 거리를 극복하기 위한 필수적인 행위이다(이승일, 2000). 하지만 이러한 통행은 교통에너지 소비로 연결되어 탄소 배출의 원인이 되고, 대기환경을 오염시켜 지구온난화에 영향을 미친다(김보현 외, 2013; 환경부 환경통계포털, 2013 검색). 2012년 기준 전국 교통부문의 에너지 소비는 약 3,714만 TOE로, 이는 총 에너지 소비의 약 17.85%에 해당하며 이 중 석유 소비량은 95.15%에 달한다(에너지경제연구원, 2013). 지역 간 통행으로 발생하는 교통에너지의 소비를 줄이기 위해서는 관련된 많은 분야에서의 노력이 필요하다.

통행의 근본적 원인은 토지이용의 분포이므로 토지이용과 관련된 계획과 정책을 통하여 교통에너지의 소비를 줄이는 것이 가장 효과적일 가능성이 높다. 이와 관련하여 교통에너지 소비저감을 위한 다양한 선행연구가 진행되었다(김보현 외, 2013; 이창효, 2012; 김리영·서원석, 2011; Liu and Shen, 2011; 송기욱·남진, 2009; 조운애·김경환, 2008; 남기찬 외, 2008 등). 이 연구들은 ‘압축도시’ 이론을 바탕으로 교통에너지 소비요인을 분석한 연구(Newman and Kenworthy, 1998)와 맥

을 같이 한다. 하나의 시 또는 군, 행정구를 대상으로 토지이용 패턴의 측면에서 인구규모와 도시밀도, 주거와 고용의 혼합도를 주요한 교통에너지 소비의 요인인 것으로 분석하였고, 종속변수인 교통에너지 소비량을 주유소의 휘발유 판매량으로 가정하여 분석하였다(김보현 외, 2013; 송기욱·남진, 2009; 남창우·권오서, 2005; 안건혁, 2000). 그러나 휘발유 판매량이 해당 지역에서 소비된 교통에너지를 대표한다고 보기 힘들기 때문에 국제적으로도 출발지와 목적지 간의 통행거리로 계산하는 방법론¹⁾이 보다 권장되고 있다. 통행은 출발-목적지의 관계에서 비롯되므로, 이를 나타낼 수 있는 독립변수가 필요한데 선행연구에서는 이를 고려하지 못하였기 때문에 사용한 회귀모형의 설명력이 모두 보통수준(40% 내외) 이하의 결과를 나타냈다.

이 연구는 선행연구의 한계를 극복하기 위하여, 교통에너지의 소비요인을 분석하는데 있어서 출발지와 목적지의 관계에 초점을 맞추었다²⁾. 즉, 분석 대상도시를 출발지와 목적지로 구분하고 이들 간의 관계를 분석해야 하는데, 이를 확인하기 위해 적용할 수 있는 방법론 중 하나가 사회연결망분석이다. 사회연결망분석은 개체의 개별적 속성보다 개체 간의 관계에 초점을 맞추어 분석하는 방법으로(임석희·송민정, 2015), 이 연구에서는 출발지와 목적지의 관계를 규명하기 위하여 행정동 간 통행량 데이터를 활용한 사회연결망분석을

1) 온실가스 산정과 관련한 국제기준인 IPCC 2006 가이드라인, 「온실가스·에너지 목표관리 운영 등에 관한 지침」(환경부 고시 2014-186) 내의 오염원의 주행거리를 기초로 산정하는 방법론인 Tier 3를 바탕으로 계산한다. 단, 이 연구에서는 실제 주행거리 대신 출발-목적지 최단거리를 이용하고자 한다(각주 2 참조).

2) 출발지와 목적지의 관계에 따른 통행량을 계산하기 위해서는 통행분석모형(예, 4단계 모형)을 이용해야 한다. 그러나 이 경우 서울시뿐 아니라 수도권 나아가 전국의 (통과교통으로서) 통행량을 고려해야 하는데, 이는 교통에너지 저감을 위한 토지이용패턴 나아가 도시공간구조에 관한 연구라기보다는 (택시, 버스, 철도, 화물차, 이륜자동차 등을 포함한) 다양한 교통수단에서 소비하는 교통에너지를 정확하게 산출하는 연구가 된다. 전자의 연구에 해당하는 이 연구는 지금까지 수행된 선행연구가 출발-목적지의 관계를 고려하지 못한 한계를 극복하는데 차별성을 두고 있으나 동시에 후자의 연구에 대해서는 통과교통 및 다양한 교통수단에서 발생하는 교통에너지 소비량을 고려하지 못한 한계를 안고 있음을 밝힌다.

수행하였다. 통행거리와 함께 교통에너지 소비량을 결정하는 또 다른 요인인 통행량은 토지이용분포에 따른 목적통행의 결과로, 이 연구에서는 다양한 통행목적 중 통근통행과 여가·쇼핑 통행을 대상으로 삼고자 한다. 통근통행은 국내 도시 간 상호작용의 흐름을 효과적으로 반영하는 데이터로서 다수의 선행연구에서 공간구조를 분석하는데 사용되고 있다(전명진, 1995; 하성규 외, 1995; 송미령, 1997; 서종국, 1998; 조명호·임창호, 2001; 이희연·김홍주, 2006; 정윤영·문태현, 2014). 이와 함께 여가통행은 가구의 소득 증가와 함께 급격히 증가하고 있는 여가통행량(장윤정·이승일, 2010)을 고려하기 위하여, 이 연구에서는 통근통행과 더불어 여가·쇼핑 통행을 실증분석의 대상으로 하였다.

이상의 내용을 종합하면, 이 연구의 목적은 통근통행과 여가·쇼핑 통행의 통행량 데이터를 활용하여 서울시 행정동의 토지이용 패턴과 출발-목적지의 상관성을 검토하고, 통행목적별로 교통에너지 소비에 영향을 미치는 요인을 분석하는데 있다고 할 수 있다.

2. 연구의 범위와 내용

서울시는 전체 에너지 소비 중 수송부문이 29.4%를 점유하고 있으며, 이는 같은 기간 전국 단위의 수송부문 에너지 소비에 비해 약 1.6배가 높다(에너지경제연구원, 2013). 이는 서울시의 수송부문 에너지 소비저감이 중요하다는 것을 의미하며, 이러한 이유로 서울시를 연구의 대상지로 설정하였다. 분석의 공간단위는 서울시를 목적지와 출발지로 구분하여 통행량을 집계하는 최소 공간단위인 행정동으로 하였으며, 연구의 시간적 범

위는 관련 데이터의 수집 시점을 고려하여 2012년으로 하였다.

연구의 진행과정은 다음과 같다. 첫째, 선행연구를 기반으로 교통에너지 소비에 미치는 영향요인을 도출하였다. 둘째, 서울시 O/D(출발지/목적지) 자료의 통행목적별 통행량을 이용하여 사회연결망분석의 중심성 분석을 수행하였으며, 이를 활용하여 통행목적별 출발-목적지 간의 관계를 규명하였다. 셋째, 통행목적별로 교통에너지 소비요인을 도출하기 위해 다중회귀분석을 실행하였다. 마지막으로 통행목적별 분석 결과를 비교·분석하고, 정책적 시사점을 도출하였다.

II. 이론과 선행연구 고찰

1. 교통에너지 소비량 분석

1) 도시공간특성

도시공간특성 측면에서 교통에너지 소비저감을 위한 보편적인 이론은 고밀 개발을 활용한 도시중심성 강화와 대중교통 보급 확대를 지향하는 ‘압축도시(Compact City)’이다(Newman and Kenworthy, 1989). 압축도시 이론의 국내 적합성에 대한 연구는 그동안 활발하게 수행되었으며(안건혁, 1998; 안건혁, 2000; 조윤애·김경환, 2008; 남기찬 외, 2008; 송기욱·남진, 2009), 연구결과는 밀도와 복합적인 토지이용이 교통에너지 소비저감에 영향을 미친다는 점을 제시하였다. 이는 고밀·복합개발을 통해 다양한 기능들이 서로 근접한 지역에 밀집해 이동거리의 감소와 이동수단의 전환이 이루어지고, 결국 교통에너지 감소에 영향을 주게 되기 때문이다(Liu and Shen, 2011; Lin and Yang, 2009). 이러한 선행연구들은 대상지역

을 모두 동일한 공간위계의 지역으로 간주하여 통행을 유발하는 도시공간특성에 대한 고려가 부족했다는 한계를 가지고 있다.

이에 대한 대안으로, 도시공간을 입지와 규모로 유형화하거나(서민호·김세용, 2011) 통행 비율로 구분하거나(남기찬 외, 2008), 통행패턴과 개발밀도로 도시를 유형화(김보현 외, 2013)하여 교통에너지 소비저감을 위한 정책적 방향을 제시하는 연구가 수행되었다. 그러나 이 연구들은 다양한 방법으로 도시를 유형화하였지만, 통행에 있어서 출발지나 목적지로서의 역할을 고려하지 않고 출발지로서의 특성이 교통에너지 소비에 미치는 영향에 초점을 맞추었다(안건혁, 2000; 남창우·권오서, 2005; 남기찬 외, 2008; 조운애·김경환, 2008; 송기욱·남진, 2009; 서민호·김세용, 2011; 김보현 외, 2013 등).

2) 이동성

개인의 승용차 이용행태는 승용차 보유여부와 이용빈도와 깊은 연관성이 있다. 개인이 승용차를 이용해 교통에너지를 소비하면, 자가용 보유·이용·유지를 위한 경제적 부담이 수반된다. 가격에 관한 교통정책과 교통에너지 소비의 영향을 분석한 선행연구들의 결론은 유류세, 자동차 취·등록세, 통행료 등과 같은 교통정책 마련의 근거가 되었다(Mindali et al., 2004; Dieleman et al., 2002; Cervero, 1996; Owens, 1992). 도시공간적 특성 측면에서는 도로비율이 자가용 이용의 편의를 위한 도로의 공급 수준을 나타내며, 도로의 비율이 높아질수록 교통에너지 소비량은 증가하는 것으로 나타났다(Kenworthy and Laube, 1996). 반면, 개인의 승용차 통행은 대중교통 통행으로 수단의 전환이 가능하다. 대중교통은 자가용의 대체

이동수단으로서 대중교통기반시설은 자가용의 이용을 감소시키는 효과를 갖는다(Cervero and Murakami, 2010).

3) 교통에너지 산정방식

교통에너지 소비요인을 분석한 선행연구에서는 다양한 교통에너지를 산정하는 방식이 적용되었다. 대부분의 연구는 교통에너지를 휘발유 소비량으로 산정하였고(안건혁, 2000; 남창우·권오서, 2005; 송기욱·남진, 2009; 김보현 외, 2013), 대안으로 총 통행거리(VKT, Vehicle Kilometer Traveled)를 적용한 연구(남기찬 외, 2008; 서민호·김세용, 2011), 그리고 대기오염 농도(김승남 외, 2009; 노승철·이희연, 2013)를 종속변수로 활용한 연구도 있다.

이 중에서 총 통행거리로 산출된 교통에너지 소비량은 승용차의 유류사용량과 밀접한 관계가 있어 교통에너지 관련 변수로 다른 변수보다 자료의 정확성과 신뢰성이 높다(남기찬 외, 2008). 통행량과 통행거리를 곱하여 산출한 총 통행거리는 승용차를 포함한 모든 차량의 이동을 직접적으로 대변하며, 통행량을 통해 출발지와 목적지의 토지 이용 밀도와 용도를 추정할 수 있고, 통행거리를 통해 출발지와 목적지의 분포와 거리를 추정할 수 있다(남기찬 외, 2008). 또한, 통행량 O/D는 도시공간구조를 규명하는데 있어 가장 적절한 분석지표로 활용되고 있으며(Ayeni, 1979), 다수의 연구에서 도시공간구조의 분석과 중심지 도출에 사용되고 있다(정윤영·문태현, 2014; 이종상, 2008; 이희연·김홍주, 2006). 뿐만 아니라, 출발지와 도착지가 함께 명시되어 있어 통행의 방향성을 파악할 수 있고, 통행목적별 통행량을 통하여 목적지(직장, 쇼핑센터, 학교 등)와 출발지(주거지)의

위치를 구별할 수 있다. 통행은 출발지와 목적지의 토지이용 밀도와 용도의 차이를 극복하기 위해 발생하므로, 출발-목적지 상호 간의 관계를 고려해야 하며(이창효, 2012), 이 때 통행량 O/D는 유용한 정보이나, 이러한 정보를 분석하여 출발지와 목적지의 관계성을 도출하기 위해서는 적절한 방법론을 적용할 필요가 있다.

2. 사회연결망분석

사회연결망분석(Social Network Analysis, SNA)은 네트워크 이론(network theory)을 기반으로 사회적 관계의 연결구조를 분석하는 도구이다. 즉, 그래프 이론에 따라 결절점(node)과 다른 결절점을 연결하는 선(link)으로 구축하고 네트워크상의 결절점 간 상호작용을 분석하는 방법으로, 네트워크를 구성하는 결절점들이 전체 네트워크 구조에서 차지하는 위치, 형태, 위계를 파악할 수 있는 방법이다(Breiger et al., 2003; Nooy et al., 2005). 사회연결망분석은 개인 간 상호작용이나 관계에 대한 분석에 주로 사용되었으나, 최근에는 국내·외에서 지역 간 기능적 연계 또는 상호작용의 결과로 형성된 도시공간구조를 파악하기 위한 분석 방법으로 활용되고 있다(Irwin and Hughes, 1992; Hughes, 1993; Smith and Timberlake, 2002; 이희연·김홍주, 2006; 김희철·안건혁, 2012; 정윤영·문태현, 2014; 임석희·송민정, 2015; 이수기 외, 2015).

이 중에서 중심성(centrality) 분석은 네트워크 상에서 가장 중요한 행위자를 확인하고자 할 때, 가장 널리 쓰이는 분석방법이다(임석희·송민정, 2015; 여관현 외, 2011). 중심성 분석의 결과로 도출되는 지수는 연결중심성, 사이중심성, 위세중심

성 3가지가 대표적이다(정윤영·문태현, 2014). 연결중심성(degree centrality)은 한 결절점과 직접 연결되는 결절점 수를 토대로 중심성을 측정하는 방법으로, 다른 결절점과 직접 연결되는 링크가 많은 결절점일수록 연결중심성이 높다. 사이중심성(betweenness centrality)은 특정한 결절점이 연결망 내의 다른 결절점들 '사이에' 위치하는 정도를 측정하는 방법이다(김용학, 2007). 연결중심성은 연결된 결절점의 수를 중시하고, 사이중심성은 결절점 간의 브로커 역할을 중시한다면, 위세중심성은 직·간접 연결성뿐만 아니라 자신과 연결되어 있는 상대방의 중심성을 함께 고려한다는 특징이 있다(이희연·김홍주, 2006). 위세중심성은 흔히 보나시치 위세중심성(bonacich power centrality)이라고도 불리우며, 자신과 연결된 다른 행위자의 영향력을 함께 측정할 수 있어서 중심성 지표들 가운데 가장 중요한 지표라고 볼 수 있다(이희연·김홍주, 2006; 김희철·안건혁, 2012).

$$C_i(\alpha, \beta) = \sum_j^N (\alpha + \beta C_j) R_{ij} \quad \langle \text{식 1} \rangle$$

〈식 1〉은 위세중심성을 구하는 수식으로, 여기서 α 는 중심성 지수를 표준화하기 위한 상수이며, β 는 상호작용의 정도, C_j 는 결절점 C의 연결중심성, R_{ij} 는 i 와 j 결절점 간의 유동량을 뜻한다. 연결망에서 다른 결절점의 영향력이 긍정 또는 보완적 관계에 있다면 β 값은 양의 값을 가지며, 부정적이거나 경쟁적인 관계를 갖는다면 음의 값을 부여한다. 위세중심성은 $\alpha = 0, \beta = 1$ 인 특수한 경우를 분석하는 방법이다. 위세중심성은 직접 연결되어 있는 결절점들의 중심성과 결절점 간의 상호작용의 크기를 반영하기 때문에 전체 연결망에서 각 결절점의 위세력을 분석할 수 있으며, 가장 영향력 있는 결절점을 파악하는데 매우 중요한 근거

를 제시한다(이희연·김홍주, 2006). 이희연·김홍주(2006)는 통근 O/D 데이터를 바탕으로 중심성 분석을 수행하여 도시공간구조를 살펴보는 연구를 진행하였는데, 각 중심성분석 결과에 다소 차이가 있으며, 위세중심성이 현재의 도시공간구조를 잘 보여주는 것으로 나타났다. 따라서 이 연구에서는 위세중심성 분석을 통해 통행의 출발지와 목적지 간 관계를 파악하고자 한다.

위세중심성 분석을 수행하면 두 종류의 위세중심성지수값을 얻는다. 첫 번째는 유입 위세중심성지수이고, 두 번째는 유출 위세중심성지수이다. 유입 위세중심성지수는 행정동별로 다른 행정동에서 유입되는 통행량을 바탕으로 산출되므로 해당 행정동의 토지이용 패턴의 성격은 통행의 목적지 즉, 도시 내 중심기능의 집중으로 이해할 수 있고, 유출 위세중심성지수는 다른 행정동으로 유출하는 통행량을 기준으로 산출되므로 해당 행정동의 토지이용 패턴의 성격은 통행의 출발지로 즉, 주거지기능의 집중으로 이해할 수 있다. 이와 같이, 위세중심성지수는 통행량 정보를 토대로 해당 행정동의 토지이용 패턴을 파악할 수 있도록 해준다.

3. 출발-목적지 관계와 토지이용 패턴

이 연구는 토지이용분포가 교통에너지 소비에 미치는 영향을 분석하는데 목적이 있다. 이를 위해 교통에너지 소비와 관련한 선행연구를 고찰한 결과, 출발지에 근거하여 교통에너지 소비요인을 출발지의 특성에서 찾은 연구에 한정되었고, 종속 변수의 한계로 인해 설명력도 낮음을 확인하였다. 반면, 이 연구에서는 사회연결망분석을 통하여 통행의 출발지와 목적지 간의 관계를 규명하고, 이

를 회귀분석모형의 독립변수에 포함시켜 목적지의 토지이용 패턴에 따른 교통 특성을 고려할 수 있도록 하였다. 즉, 행정동별로 목적지의 통행 유입력이 교통에너지 소비에 미치는 영향을 분석하였다는 점에서 이 연구의 첫 번째 차별성을 찾을 수 있다.

교통에너지 소비요인으로, 토지이용에 따른 도시공간특성은 주로 압축도시의 특징인 고밀의 토지이용, 직주근접, 대중교통 공급, 기반시설 공급, 녹지공간 확보 등이 변수로 사용되어왔다(송기욱·남진, 2009; Banister et al., 1997; Newman and Kenworthy, 1989). 특히, 밀도의 증가는 대중교통 서비스 보급을 용이하게 하고, 이동거리를 줄이기 때문에 교통에너지 소비를 감소시킬 수 있다(Holden and Norland, 2005). 직주근접 여부와 기반시설은 외부통행을 줄이고 내부통행을 증가시켜 자가용을 이용한 교통에너지 소비저감에 크게 영향을 미치고(노승철, 2014), 사업체밀도와 종사자밀도 역시 교통에너지 소비에 영향을 미치는 것으로 선행연구에서 언급하고 있다(이창효 외, 2014).

이와 같은 선행연구 검토결과를 토대로, 이 연구에서는 통행목적으로 통근통행과 여가·쇼핑 통행을 구분하여 교통에너지 소비요인을 비교·분석하고자 하였는데, 이를 이 연구의 두 번째 차별성으로 볼 수 있다. 출근목적의 통행과 여가·쇼핑 목적 통행은 특정지역에 밀집한다는 공통점이 있으나, 통근통행은 목적지의 토지이용 형태가 업무시설 중심이고, 여가·쇼핑 목적의 통행은 목적지의 토지이용 형태가 판매와 서비스시설이라는 점에서 차이가 있다. 업무시설은 다른 지역으로의 입지이동이나 통행량 배분이 어렵지만, 상업시설은 생활권 단위로 배분될 수 있다는 특징이 있다.

통행목적별로 예상되는 이 연구의 가설은 다음과 같다. 첫째, 통근목적과 여가·쇼핑 목적의 통행을 기초로 사회연결망분석을 수행한 결과는 지역적 분포에는 차이가 있을 것이다. 둘째, 교통에너지 소비요인은 유사하나 요인 간 영향력에 차이가 있을 것이다. 셋째, 통행특성에 따라 토지이용의 차이로 인한 다른 방향의 영향력을 보이는 요인이 있을 것이다. 이상의 연구가설에 대하여 이 연구에서는 실증분석을 실행하고자 한다.

III. 분석 방법과 변수 설정

1. 출발지와 목적지 관계 분석

이 연구는 통행목적별로 출발-목적지의 관계를 정의하고, 목적지의 토지이용 분포가 교통에너지 소비에 미치는 영향을 분석하는데 목적이 있다. 이를 위해, 사회연결망분석을 활용하여 통행목적별 출발지와 목적지의 관계를 정의하였다. 사회연결망은 지역 간 상호관계에 대해 정의하며 도시 간 또는 도시 내 공간구조 분석을 하는데 유용한 방법이다(조명호·임창호, 2001). 사회연결망분석의 위세중심성을 통해 도출된 각 행정동의 위세중심성지수 값은 서울시 424개 행정동의 연결망에서 각 행정동의 위세력을 나타내며, 통행목적별로 가장 중심지가 되는 행정동을 파악하는 근거가 된다(이희연·김홍주, 2006). 그러므로 위세중심성지수가 높은 행정동은 해당 통행목적의 목적지로서 주변의 행정동으로부터 많은 통행을 끌어들이는 유입력을 지녔다고 판단할 수 있다.

사회연결망분석을 수행하기 위해 이 연구에서는 프로그램 Netminer 4.0을 사용하였다. 분석을 수행하기 위해 서울시 424개 행정동의 통근목적

과 여가·쇼핑목적 통행량 데이터를 매트릭스 형태로 변환하였다. 변환한 데이터를 활용하여 위세중심성 분석을 수행하였다.

사회연결망분석을 수행하여 도출한 위세중심성지수값은 최소 0에서 통행량에 따라 최대값은 무한의 값을 갖는다. 유출과 유입으로 구분되는 위세중심성지수값 중에서 1.0 이상의 유입지수는 서울시 424개 행정동의 네트워크 상에서 연결중심성이 높은 행정동으로부터 많은 통행을 유입했다는 의미로 해석할 수 있기 때문에 1.0 이상의 값을 갖는 행정동을 추출하여 해당 목적통행의 목적지로 정의하였다. 또한, 424개 행정동의 유입지수와 유출지수를 비교·분석한 결과, 유입지수가 1.0 이상인 행정동은 통근통행의 유입지수가 유출지수의 약 1.478배 높았으며, 여가·쇼핑 통행의 경우 약 1.168배 높은 것으로 나타났다.

목적통행의 목적지로 정의한 행정동을 대상으로 교통에너지 소비요인을 분석하며 위세중심성값을 독립변수에 포함하였다. 이는 위세중심성값이 목적지에 해당하는 행정동이 출발지에 해당하는 행정동으로부터 어느 정도의 유입력을 지녔는지에 대해 파악하기 위함인데 이는 목적지에 해당하는 행정동의 도시공간구조적 위계를 의미한다.

2. 변수 설정

통행목적별 사회연결망분석을 적용하여 확인된 목적지와 출발지의 관계를 기초로, 목적지를 대상으로 통행목적별 교통에너지 소비요인을 분석하기 위해 다중회귀분석을 실행하였다. 다중회귀분석은 둘 이상의 독립변수들이 종속변수에 미치는 영향을 인과관계를 기초로 분석하는 방법이다(채구묵, 2011).

종속변수인 행정동별 1인당 교통에너지 소비량의 산정과정은 다음과 같다. 2010년 가구통행실태 조사 자료의 수단별 O/D에서 승용차 통행량에 ArcGIS 10.3의 Network Analysis 기능으로 산출한 서울시 행정동의 네트워크 중심점 간의 최단거리를 곱하여 행정동별 총 통행거리를 도출하였다. 그리고 교통안전공단에서 발표한 2012년 차종·연료별 자동차 등록대수 중 서울지역의 승용차를 연료별 비율로 나누어 행정동별 총 통행량을 사용 연료에 따라 구분하였다. 그리고 주행거리는 2012년 기준 자동차 1대의 연료 1L당 주행거리를 반영하여 휘발유·경유·LPG의 소비량을 도출하였다. 도출한 연료별 소비량에 연료별 석유환산톤계수를 곱한 후, 순 발열량으로 나누어 석유환산톤인 TOE로 환산한 교통에너지 소비량을 해당 행정동의 인구수로 나누어 행정동별 1인당 교통에너지 소비량³⁾을 산출하였다. 독립변수는 목적지 유입력, 인구특성, 도시특성, 이동성을 반영하였으며, <식 2>와 같이 나타낼 수 있다.

$$y(C_t) = \alpha x_1 + \dots + \gamma x_n + c + \epsilon_i \omega \quad \langle \text{식 } 2 \rangle$$

목적지 유입력은 사회연결망분석의 위세중심성을 통해 얻은 결과이다. 이는 주변지역과의 직·간접적 연계와 관계를 나타내는 중심성 지수값으로 해당 지역이 주변에 끼치는 유입력을 의미한다. 교통에너지 소비에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위해 선정한 변수들과 산출방법을 정리하면 <표 1>과 같다. 에너지를 소비하는 직접적인 주체

는 도시 내에 거주하고 다양한 활동을 하며 통행을 발생시키는 인구이다. 인구특성은 해당 행정동 거주자의 통행 특성을 알아보기 위함이며, 1인 가구, 평균 연령, 성비를 변수로 설정하였다. 그리고 통근목적의 교통에너지 소비요인과 관련하여, 해당지역 종사자의 평균 연령과 종사자의 성비를 변수로 선정하였다. 통근통행의 목적지는 거주자의 연령과 성비보다 해당지역에 업무목적으로 통근하는 종사자의 특성이 끼치는 영향력이 크기 때문이다. 통행자 특성 변수는 목적지에 해당하는 행정동 내에서 통행목적의 달성하는지, 추가적인 외부통행을 수행하는지에 대한 경향을 파악하고, 이를 통해 교통에너지 소비량의 변화를 분석하고자 하였다.

교통에너지 소비요인에서 도시공간특성은 선행연구 고찰을 통해 녹지면적, 인구밀도, 직주근접, 도시압축개발, 기반시설로 설정하였다. 그 밖에 공시지가는 해당 지역의 경제 수준과 관련한 대체 변수이다. 사업체밀도와 종사자 밀도는 일반적으로 교통에너지 소비에 영향을 미치는 것으로 이해되고 있어(이창호 외, 2014), 통근목적의 교통에너지 소비에 미치는 영향을 확인하고자 분석모형에 포함하였다. 대형 유통업체는 여가·쇼핑 목적의 교통에너지 소비요인으로 검토되었다. 도시특성 변수로 해당 행정동에 출발지와 목적지의 기능을 입지할 경우, 통행거리가 감소하여 교통에너지 저감에 기여할 수 있는 요인을 파악하고자 하였다.

이동성 관련 변수인 자동차 보유율, 도로율은 자가용 이용에 직접적인 영향을 끼치는 요인이며,

3) 위 과정을 거쳐 산정된 교통에너지 소비량은 목적지 행정동에 도착한 유입통행들로부터 발생한 총교통에너지 소비량을 해당 행정동의 인구로 나눈 1인당 교통에너지 소비량을 의미한다. 위세중심성이 높은 행정동의 경우 해당 행정동에서 발생한 통행뿐 아니라 다른 행정동에서 유입한 통행들에 의한 교통에너지 소비량을 포함하므로 해당 행정동의 인구가 미치는 영향은 적다. 즉, 이 연구에서 산출된 1인당 교통에너지 소비량은 행정동 간 거주 인구대비 총 유입 통행거리를 비교하기 위한 목적에서 비롯된 것이다. 이를 통해 위세중심성지수가 높은 행정동은 거주 인구 수 대비 교통에너지 소비량이 많고, 그 반대에 해당하는 행정동은 거주 인구 수 대비 교통에너지 소비량이 적음을 분석할 수 있다.

〈표 1〉 교통에너지 소비 분석을 위한 변수

구분	변수	내용	년도	출처
종속 변수	에너지 소비량	교통에너지	행정동별 간 통행량*통행별 최단거리 / 행정동별 총 인구 수 (통과교통 배제)	2011 서울연구원, IPCC, KTSA
독립 변수	목적지 특성	목적지 유입력	사회연결망분석 위세중심성 유입 지수	2011 서울연구원
	인구·통행자 특성	1인가구비율	행정동별 1인 가구 수 / 총 가구 수	2012 서울열린데이터광장
		평균연령	행정동별 인구의 평균 연령	
		종사자 평균연령	행정동별 근로자의 평균 연령	
		성비	행정동별 남자인구 수 / 총 인구 수	
		종사자 성비	행정동별 종사자 남자인구 수 / 총 인구 수	
	도시특성	녹지면적	행정동별 녹지·공원 면적 총 합 / 동 면적	2013 서울연구원, 행정자치부
		인구밀도	행정동별 인구 밀도 (인/km ²)	2012 서울열린데이터광장
		직주근접	행정동별 내부통행량 / 총 통행량	2011 KTDB
		도시압축개발	PUI 지수 ⁴⁾ (시가화면적 증가율 / 인구 증가율)	2011 2013 서울연구원
		공시지가	행정동별 공시지가	2010 서울연구원
		기반시설	행정동별 공공시설 수 / 인구 수	2013 서울연구원, 행정자치부
		사업체 밀도	행정동별 사업체 / 행정동 총 연면적 (km ²)	2012 서울열린데이터광장
		종사자 밀도	행정동별 종사자 수 / 행정동 총 연면적 (km ²)	
		대형 유통업체	대형 유통업체 연면적	
	이동성	자동차 보유율	행정동별 승용차 보유대수 / 가구 수	
		도로율	행정동별 도로면적 합계 / 동 면적	2013 서울연구원, 행정자치부
		대중교통기반시설	행정동별 지하철 역, 버스정류장 수 / 인구 수	2012

자료출처⁵⁾ : 행정구역 경계(통계청, 2010~2013), 도로명주소기본도(행정자치부, 2014), 개별공시지가 자료(서울특별시 토지관리과, 2010), 가구통행실태조사 자료(서울특별시 수도권교통본부, 2010), 서울열린데이터광장

자동차 보유율과 도로율이 높아질수록 교통에너지는 증가한다(Kenworthy and Laube, 1996). 반면, 대중교통은 자가용의 대체재이므로 대중교통 기반시설은 대중교통 이용의 증대는 교통에너지 저감에 효과가 있다는 선행연구(Cervero and Murakami, 2010)에 기초하여 교통에너지 소비요인으로 반영하였다. 교통시설 관련 변수를 통해 해당 행정동으로 유입 또는 유출에 유리한 교통수단과 시설을 판단하고자 하였다.

IV. 분석 결과

1. 기술통계-통행목적별 위세중심성지수 상위 행정동

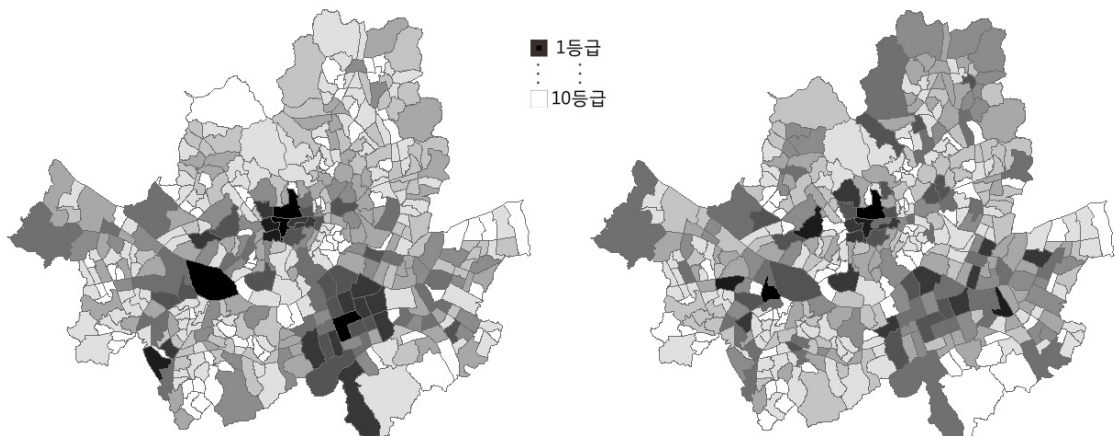
통행목적별 출발지와 목적지의 관계를 규명하기 위해 수행하는 중심성 지수 분석에는 다양한 방법이 있다. 그러나 이 연구에서는 해당지역과 주변지역의 직·간접적 연계뿐만 아니라 연계된 주변지역의 중심성을 함께 고려할 수 있고, 연결망 구조를 파악하는데 적합한 위세중심성 분석을 수행하

였고, 결과로 도출한 위세중심성지수를 다중회귀 분석에 사용하였다. 서울시의 통근목적과 여가·쇼핑 목적의 통행에 대하여 중심성지수를 분석하여, 위세중심성지수가 높은 상위 10개 지역을 추출한 결과는 <표 2>와 같으며, 위세중심성지수를 각각 10분위(가장 짙은 색 1등급, 가장 밝은 색 10등급)로 나누어 지도상에 표시하면 <그림 1>과 같다.

<그림 1>에서, 통근목적 통행의 위세중심성지수는 서울시의 도심과 부도심지역이라고 할 수 있는 종로, 여의도, 강남지역이 가장 높게 나타남을 확인할 수 있다. 따라서 통근목적 통행에 기초한 서울시의 도시공간구조는 특정지역에 밀집된 도시공간구조라고 볼 수 있다. 반면, 여가·쇼핑 목적 통행의 위세중심성지수는 상업시설이 밀집되어있

<표 2> 통행목적별 위세중심성지수 상위지역

통근			여가·쇼핑		
순위	동	유입지수	순위	동	유입지수
1	여의동	7.338	1	종로 1,2,3,4가동	7.864
2	종로 1,2,3,4가동	6.665	2	영등포동	6.245
3	역삼1동	6.470	3	명동	4.372
4	명동	6.131	4	신촌동	4.073
5	소공동	4.543	5	목1동	3.993
6	가산동	3.895	6	잠실3동	3.980
7	회현동	3.516	7	삼성1동	3.210
8	서초3동	2.948	8	자양3동	3.194
9	삼성1동	2.869	9	한강로동	3.021
10	구로3동	2.775	10	소공동	2.979



<그림 1> 통근(좌) 여가 및 쇼핑(우) 위세중심성

4) PUI(Population Urbanization Index)는 도시 밀도에 관한 변수로 반영하였다(송기욱·남진, 2009).

5) 이 연구에서 사용한 변수의 기준년도는 2012년이다. 2012년 시점의 자료가 없을 경우 가장 근접한 시점의 다른 자료를 사용한다는 원칙을 적용하여 변수별 자료의 시점이 혼용되었다.

는 종로·명동, 영등포, 신촌, 용산, 강남 등이 높게 나타났다. 이들 지역은 서울시 생활권별 중심지에 해당한다. 이는 여가·쇼핑 목적 통행에 기초한 서울시의 도시공간구조는 생활권별로 다소 분산된 구조를 갖는 것으로 이해할 수 있다.

2. 교통에너지 소비요인 분석 결과

활동의 중심지별로 각 중심지의 교통에너지 소비량을 종속변수로 하고, 설정한 독립변수 중 통근목적과 여가·쇼핑 목적에 부합하는 변수를 재선정하여 다중회귀분석을 수행하였다. 각 모형에 대한 분석 결과는 <표 3>과 같다. 두 모형 모두 높은 수준의 설명력을 보이며, 유의수준 1%에서 통계적으로 상당한 의미가 있음을 보여준다. 두 모형은 교통에너지 소비요인을 분석한 선행연구의 모형 설명력에 비해 매우 높은 설명력을 보이고 있는데, 이는 출발지와 목적지의 관계를 고려하였기 때문으로 판단된다. 출발지와 목적지의 관계를 제외할 경우 모형의 설명력이 다소 감소하는 것으로 나타났다. 그러나 교통에너지 소비를 유도하는 통행의 목적지를 대상으로 교통에너지 소비요인을 분석하는 이 연구모형의 특성으로 인하여 지금까지의 선행연구보다 높은 설명력을 나타냈다.

까지의 선행연구보다 높은 설명력을 나타냈다.

<표 4>는 통근목적 통행과 여가·쇼핑 목적 통행의 교통에너지 소비요인을 분석한 다중회귀분석의 세부 결과이다. 출발지와 목적지의 관계를 나타내는 위세중심성지수는 통근목적 통행의 경우, 유의수준 1%내에서 매우 큰 영향력을 나타내는 것으로 나타났다. 통근목적 통행에서의 위세중심성지수는 출발지로부터 해당 목적지로의 유입력을 의미하며, 업무시설이 서울시의 소수 도심과 부도심지역에 밀집되어있기 때문에 목적지에 해당하는 지역의 유입력이 크고, 교통에너지 유발에 큰 영향을 미치는 것으로 볼 수 있다.

또한, 여가·쇼핑 목적 통행의 위세중심성지수 역시 교통에너지 소비에 양의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러나 통근통행과 비교할 때, 교통에너지 소비에 끼치는 영향력은 낮은 것으로 나타났다. 이는 통근통행의 목적지가 도심과 비도심에 집중되어있는 것과 달리 여가·쇼핑 통행의 목적지는 생활권단위로 분산되어 있기 때문에 유입력이 통근통행에 비해 낮고, 교통에너지 소비에 미치는 영향도 작은 것으로 해석할 수 있다.

통행자 특성에 해당하는 인구특성 변수들은 통근목적의 통행에서 교통에너지 소비에 미치는 영향이 유의미하지 않은 것으로 나타났다. 이는 통행자의 개인적 특성은 교통에너지 소비와 관련성이 약한 것으로 볼 수 있다.

도시특성 변수 중 직주근접, 기반시설, 종사자 밀도는 교통에너지 소비저감에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이를 종합하면, 목적지에 해당하는 행정동에 출발지의 기능을 입지시킬 경우 이동거리의 감소로 교통에너지 소비량을 줄일 수 있을 것으로 판단할 수 있다(Liu and Shen, 2011; Lin and Yang, 2009). 도시특성 변수 중에서 직주근접

<표 3> 통행목적별 회귀모형의 설명력

구분		R	R^2	수정된 R^2	F	Sig.
통 근	출발-목적지 관계 포함	.945	.894	.862	27.966	.000
	비포함	.832	.692	.607	8.178	.000
여 가 · 쇼 핑	출발-목적지 관계 포함	.888	.788	.745	18.325	.000
	비포함	.827	.684	.626	11.679	.000

은 통근통행과 여가·쇼핑 통행 모두에서 교통에너지 소비저감에 유의미한 영향을 끼치는 것으로 나타났다. 직주근접은 외부통행을 내부통행으로 전환하여 통행거리를 감소시키기 때문에 교통에너지 소비저감에 영향을 끼치는 것으로 해석할 수 있다. 그러나 통행목적별로 영향력에 차이를 보이는 이유는 통행목적별 도시공간구조가 다르기 때문으로 해석할 수 있다. 통근통행에 대한 도시공간구조는 서울시의 도심과 부도심 지역에 밀집된 형태이기 때문에 직주근접이 실현될수록 통행거리 감소폭이 증가하여 교통에너지 소비저감 효과가 높을 것으로 기대할 수 있다.

이동성 변수 중 자동차 보유율은 통근통행과 여가·쇼핑 통행 모두에 큰 영향력을 미치는 것으로 나타났다. 자동차 보유는 자동차 이용을 증가시켜 교통에너지 소비를 증가시키는 것으로 해석할 수 있다(Cervero and Murakami, 2010; Mindali et al., 2004; Dieleman et al., 2002; Kenworthy and Laube, 1996; Cervero, 1996; Owens, 1992). 통근통행의 경우, 도로를 또한 교통에너지 소비에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 지금까지의 결과를 종합해볼 때, 자가용 이용 증대와 관련한 변수는 교통에너지 소비와 정의 관계를 가지는데, 그 이유는 주변 출발지로부터 자가용을 이용하여 통근하는 여건이 좋아지기 때문인 것으로 해석할 수 있다(Cervero and Murakami, 2010; Mindali et al., 2004; Dieleman et al., 2002; Kenworthy and Laube, 1996; Cervero, 1996; Owens, 1992).

여가·쇼핑 목적 통행에서 통행자 특성은 교통

에너지 소비에 유의미한 영향을 끼치지 않는 것으로 나타났다. 도시특성 변수 중 인구밀도, 직주근접, 대형유통업체가 모두 교통에너지 소비에 부(-)의 영향력을 미치는 것으로 나타났다. 이는 통근통행과 다르게 여가·쇼핑의 목적지에 출발지 또는 목적지의 기능을 추가로 입지시킬 경우 교통에너지 소비저감에 유의미한 효과가 있을 것으로 해석할 수 있다. 따라서 집중되어있는 여가·쇼핑 통행의 목적지를 분산하여 개발하는 것도 효과적이라고 할 수 있다.

3. 소결

통근통행과 여가·쇼핑 목적의 통행별로 교통에너지 소비에 미치는 요인을 분석한 결과를 종합하면 다음과 같다. 통근통행과 여가·쇼핑 통행은 목적지의 유입력인 위세중심성지수가 교통에너지 소비 증가에 유의미한 영향을 끼치는 것으로 나타났다. 그러나 통행특성에 따라 서울시의 목적지 분포가 상이한 형태를 갖기 때문에 영향력에는 큰 차이가 있는 것으로 나타났다. 교통에너지 소비저감을 위하여 목적지의 기능을 도시 내에 분산하여 개발할 필요가 있다. 특히, 업무기능은 서울의 특정지역에 집중되어 통행거리를 증가시켜 교통에너지 소비증가에 높은 영향력을 미치는 것으로 나타났는데, 업무기능을 분산시키는 개발을 통해 교통에너지 소비저감을 도모해야한다고 본다.⁶⁾

두 통행목적에 공히 인구·통행자 특성은 교통에너지 소비에 유의미한 영향을 미치지 않는 것으

6) 분석 결과에 따르면 교통에너지 소비저감을 위해 목적지의 기능을 도시 내에 적절하게 분산하여 개발하는 것이 효과적이라고 본다. 그러나 목적지에 해당하는 기능인 업무·상업의 기능들이 출발지인 주거지역에 가까이 위치하도록 목적지의 기능을 분산시키는 것이 사실상 현실가능성이 낮으므로 효과적으로 교통에너지 소비를 저감하기 위해서는 도시 내 대중교통으로 이동성을 높이는 토지이용 정책 즉, 혼합용도의 역세권개발정책을 통해 보완하는 것이 현실적인 정책대안이 될 수 있다.

〈표 4〉 통행특성별 교통에너지 소비 요인 분석 결과

독립변수		통근통행		여가·쇼핑 통행	
		Std. β	Sig.	Std. β	Sig.
목적지 유입력		.907	.000***	.397	.000***
인구·통행자 특성	1인가구비율	-.039	.577	.084	.257
	평균 연령			.018	.830
	종사자 평균연령	.006	.915		
	성비			.095	.163
	종사자 성비	.020	.601		
도시 특성	녹지면적	.055	.450	-.112	.111
	인구밀도	.076	.310	-.249	.002***
	직주근접	-.170	.012**	-.125	.081*
	도시압축개발	-.007	.878	-.086	.153
	공시지가	-.115	.107	-.046	.608
	기반시설	-.188	.002**	.002	.972
	사업체 밀도	-.118	.111		
	종사자 밀도	-.161	.087*		
	대형 유통업체			-.218	.004***
이동성	자동차 보유율	.270	.001**	.747	.000***
	도로율	.098	.075*	.045	.467
	대중교통 기반시설	.025	.601	.002	.967

주: 1. ***유의수준1% ($p<0.01$), **유의수준 5% ($p<0.05$), *유의수준 10% ($p<0.1$)

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

로 나타났는데, 이는 개인적 속성이 교통에너지 소비와 관련성이 낮기 때문인 것으로 보인다. 반면에, 자동차 이용여건과 관련한 변수는 교통에너지 소비에 유의미한 영향을 끼치는 것으로 나타났으며, 영향력도 매우 큰 것으로 나타났다. 따라서 자동차 이용여건을 제약하고, 대중교통을 통한 이동성을 높이는 정책이 교통에너지 소비저감에 높은 효과가 있을 것으로 판단된다.

도시특성 변수는 통행목적에 따라 상이한 분석 결과가 도출되었다. 통근통행의 목적지에 출발지 기능을 입지시킬 경우 교통에너지 소비를 줄일 수

있는 것으로 나타났다. 반면에 여가·쇼핑 통행의 목적지는 서울시 내에 생활권 단위로 분산되어 입지하고 있기 때문에 해당 행정동을 추가로 개발할 때 교통에너지 소비를 저감시키는 것으로 나타났다. 따라서 토지이용정책 수립 시 출발지가 되는 주거기능과 목적지가 되는 업무·상업기능의 혼합 개발을 통해 교통에너지 소비저감을 도모하는 것이 필요하다고 하겠다.

V. 결론

이 연구의 목적은 통행목적별로 서울시의 행정동을 출발지와 목적지로 구분하여 교통에너지 소비요인을 분석하는 것이다. 다양한 통행목적 중에서 도시공간구조를 파악하기에 용이한 통근목적의 통행과 최근 급격히 증가하는 여가·쇼핑 목적의 통행을 대상으로 교통에너지 소비요인을 분석하였다. 우선, 통행목적별 출발지와 목적지의 관계를 규명하기 위해 사회연결망분석의 위세중심성 분석을 수행하였고, 분석을 통해 얻은 위세중심성지수 중 목적지로서 유의성을 갖는 것으로 판단되는 수치인 1.0 이상인 행정동을 목적지로 정의하였다. 선정된 목적지를 대상으로 교통에너지 소비요인의 도출을 위해 다중회귀분석을 수행하였다.

통행목적별 교통에너지 소비에 미치는 요인을 분석한 결과, 목적지의 유입력은 교통에너지 소비증가에 높은 영향을 미치는 것으로 나타났지만 통행특성에 따른 목적지 분포의 차이로 인해 영향력에는 다소 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한 자동차 보유율 등 자동차 이용여건과 관련한 변수는 교통에너지 소비증가에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러나 토지이용 패턴은 통행목적별로 교통에너지 소비에 상이한 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 통근통행의 목적지는 도심과 부도심에 집중되어 있는 것으로 나타났는데, 해당 지역에 출발지의 기능을 입지시킬 경우 교통에너지 소비저감에 긍정적인 영향을 미칠 수 있는 것으로 나타났다. 반면에, 여가·쇼핑 통행의 목적지는 생활권별로 분산되어 있는 것으로 나타났는데, 생활권 목적지에 인구밀도를 높일 경우 교통에너지 소비저감 효과가 있을 것으로 나타났다.

교통에너지는 출발지와 목적지의 토지이용의 차이로 인해 발생하는데, 이를 기반으로 수행된 선행연구는 출발지의 특성이 교통에너지 소비에 미치는 영향을 분석하였다. 반면, 이 연구는 사회연결망분석으로 출발지와 목적지의 관계를 규명하여 목적지의 특성이 교통에너지 소비에 미치는 영향을 분석했다는데 의의가 있다. 또한, 통행목적에 따라 목적지의 토지이용 패턴은 차이가 있으며, 서울시 내부에 분포하는 형태도 다르게 나타난다. 따라서 통행목적별로 교통에너지 소비요인은 다르게 나타나며 영향력에도 차이가 있으므로, 이에 따라 정책의 우선순위도 달라져야 교통에너지 소비저감에 효과적일 수 있음을 확인하였다.

교통에너지 소비저감을 위해서 출발지와 목적지를 구분하여 출발지에는 목적지의 기능을 분산시키고, 목적지에는 출발지의 기능인 주거용도의 토지이용정책을 수립하는 등 차별화된 정책이 수립되어야 한다. 통행목적별로 구분하여 정책의 방향성을 제시하면 다음과 같다. 업무 중심지역에는 주거기능의 토지이용계획으로 외부통행을 내부통행으로 전환하여 교통에너지 소비저감을 도모해야 한다. 즉, 업무기능이 밀집된 도심과 부도심 지역과 여가·쇼핑 기능이 밀집된 생활권 중심지역의 교통에너지 소비저감을 위해 다른 정책이 수립될 필요가 있다. 이 연구의 결과는 교통에너지 소비저감의 순(net) 효과를 제고하는데 많은 기여를 할 것으로 기대된다. 이 연구를 통해 교통에너지 감소를 위해서 목적지의 기능을 분산시켜 유입력을 낮추는 것이 중요하다는 것이 밝혀졌다. 따라서 향후에는 시계열적으로 목적지의 유입력과 교통에너지 소비량의 변화를 분석하는 후속연구가 필요하다고 본다.

참고문헌

- 김리영·서원석, 2011, “압축도시 특성이 지역별 교통에너지 소비에 미치는 영향 분석”, 『한국지역개발학회지』, 23(1): 33~53, 한국지역개발학회.
- 김보현·장성만·이승일, 2013, “도시 유형별 교통에너지 소비에 영향을 미치는 요인 연구: 통행패턴과 개발밀도에 따른 도시유형 구분을 기초로”, 『국토계획』, 48(3): 129~148, 대한국토·도시계획학회.
- 김승남·이경환·안건혁, 2009, “압축도시 공간구조 특성이 교통에너지 소비와 대기오염 농도에 미치는 영향”, 『국토계획』, 44(2): 231~246, 대한국토·도시계획학회.
- 김용학, 2007, 『사회 연결망 분석』, 서울: 박영사.
- 김희철·안건혁, 2012, “연결망 이론으로 본 인구, 고용, 사회적 자본과 서울 대도시권 중심성 사이의 관계”, 『국토계획』, 47(3): 105~122, 대한국토·도시계획학회.
- 남기찬·김홍석·손민수, 2008, “인구압축도와 교통에너지와의 관계 연구: 압축지표를 활용하여: 서울·인천·경기지역을 중심으로”, 『국토계획』, 43(2): 155~168, 대한국토·도시계획학회.
- 남창우·권오서, 2005, “우리나라 중소도시의 교통에너지 소비특성에 관한연구”, 『한국지방자치연구』, 7(2): 169~186.
- 노승철·이희연, 2013, “가구 부문의 주거·교통 에너지 소비구조 분석에 관한 연구”, 『지역연구』, 29(2): 47~67, 한국지역학회.
- 노승철, 2014, “가구 부문의 에너지 소비 및 이산화탄소 배출구조 분석을 통한 온실가스 감축 방안에 관한 연구”, 『국토연구』, 157~183.
- 서울특별시 토지관리과, 2010, 개별공시지가 자료.
- 서울특별시 수도권교통본부, 2010, 가구통행실태조사 자료.
- 서민호·김세용, 2011, “도시형태 계획요소와 통행태 특성요소간 연관성 분석: 도시 규모·입지에 따른 녹색도시 계획 정책을 중심으로”, 『국토계획』, 46(4): 223~244, 대한국토·도시계획학회.
- 서종국, 1998, “도시공간구조 변화와 통행태의 변화관계에 관한 연구”, 『국토계획』, 35(5): 167~182, 대한국토·도시계획학회.
- 송기욱·남진, 2009, “압축형 도시특성요소가 교통에너지 소비에 미치는 영향에 관한 실증분석”, 『국토계획』, 44(5): 193~206, 대한국토·도시계획학회.
- 송미령, 1997, “도시공간구조와 통근통행에 관한 연구: 서울을 사례로 하여”, 서울대학교 박사학위논문.
- 안건혁, 1998, “에너지 절감을 위한 적정 도시개발 밀도에 관한 연구”, 『국토연구』, 27: 19~30.
- _____, 2000, “도시형태와 에너지활동과의 관계연구”, 『국토계획』, 35(2): 9~17, 대한국토·도시계획학회.
- 여관현·최조순·최근희, 2011, “도시환경정비사업 갈등형성과정의 정책네트워크 분석: 용산4구역 국제업무지구를 중심으로”, 『도시행정학보』, 24(2): 121~148, 도시행정학회.
- 에너지경제연구원, 2013, 『2013 지역에너지 통계연보』, 산업통상자원부.
- 이수기·주미진·하재현, 2015, “수도권 1기 신도시 통근통행특성과 공간구조의 변화(1996~2010): 자족성과 중심성 분석을 중심으로”, 『국토계획』, 50(5): 5~23, 대한국토·도시계획학회.
- 이승일, 2000, “교통발생지감을 위한 환경친화적 도시공간구조 연구”, 『국토계획』, 35(6): 21~33, 대한국토·도시계획학회.
- 이종상, 2008, “상호작용 분석을 통한 수도권 공간구조와 그 변화: 1995~2005년”, 『한국도시지리학회지』, 11(3): 91~100, 한국도시지리학회.
- 이창효, 2012, “토지이용-교통 상호작용을 고려한 주거입지 예측모델 연구: DELTA 활용을 중심으로”, 서울시립대학교 박사학위논문.
- 이창효·김보현·이승일, 2014, “인구와 고용규모 변화의 유형별 시군구 단위의 교통에너지 소비 영향요인 분석”, 『국토계획』, 49: 281~297, 대한국토·도시계획학회.
- 이희연·김홍주, 2006, “네트워크 분석을 통한 수도권의 공간구조 변화 1980~2000년”, 『국토계획』, 41(1): 133~151, 대한국토·도시계획학회.
- 임석희·송민정, 2015, “영남권 사회문화적 연계의 지역구조: 사회네트워크분석을 중심으로”, 『한국지역지리학회지』, 21(1): 62~78, 한국지역지리학회.

- 장윤정·이승일, 2010, “거주지의 여가환경이 여가통행거리에 미치는 영향분석”, 『국토계획』, 45(6): 85~100, 대한국토·도시계획학회.
- 전명진, 1995, “다핵 도시공간구조하에서의 통근행태: 서울 대도시권을 중심으로”, 『국토계획』, 30(2): 223~236, 대한국토·도시계획학회.
- 정윤영·문태현, 2014, “유동인구 자료를 이용한 서울시 도시공간구조 분석 연구: ‘2030 서울플랜’과 비교연구”, 『한국지역개발학회지』, 26(3): 139~158, 한국지역개발학회.
- 정재원·이창효·이승일, 2015, “서울시 행정동별 가구의 에너지 소비량에 영향을 미치는 요인의 통합적 분석”, 『국토계획』, 50(8): 75~94, 대한국토·도시계획학회.
- 조명호·임창호, 2001, “수도권 도시공간구조의 분석”, 『국토계획』, 36(7): 183~195, 대한국토·도시계획학회.
- 조윤애·김경환, 2008, “도시개발밀도가 에너지 효율성에 미치는 영향”, 『한국정책학회보』, 17(4): 113~134.
- 채구묵, 2011, 『사회과학 통계분석』, 파주: 양서원.
- 통계청, 2010~2013, 행정구역 경계(읍면동), 행정자치부.
- 하성규·김재익·전명진, 1995, “대도시 공간구조 변화 패턴에 관한 연구”, 『국토계획』, 30(5): 145~152, 대한국토·도시계획학회.
- 행정자치부, 2014, 도로명주소 기본도.
- Ayeni, B., 1979, *Concepts and Techniques in Urban Analysis*, London: Croom Helm.
- Banister, D., Watson, S. and Wood, C., 1997, “Sustainable Cities: Transport, Energy, and Urban Form”, *Environment and Planning B*, 24: 125~144.
- Bonnacich, P., 1987, “Power and Centrality: A family of Measures”, *American Journal of Sociology*, 92: 1170~1182.
- Breiger, R., Carley, K. and Pathson, P., 2003, *Dynamic Social Network*, NewYork: The National Academic Press.
- Cervero, R., 1996, “Mixed Land-Uses and Commuting: Evidence from the American Housing Survey”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 30(5): 361~377.
- Cervero, R. and 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.
- Dieleman, F. M., Dijst, M. and Burghouwt, G., 2002, “Urban Form and Travel Behaviour: Micro-Level Household Attributes and Residential Context”, *Urban Studies*, 39(3): 507~527.
- Freeman, L. C., 1979, “Centrality in Social Networks Conceptual Clarification”, *Social Networks*, 1(3): 215~239.
- Holden, E. and 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.
- Hughes, H. L., 1993, “Metropolitan Structure and the Suburban Hierarchy”, *American Sociological Review*, 58: 417~433.
- Irwin, M. and Hughes, H., 1992, “Centrality and the Structure of Urban Interaction: Measures, Concepts, and Applications”, *Social Forces*, 71(1): 17~51.
- Kenworthy, J. R. and 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.
- Lin, J. J. and Yang, A. T., 2009, “Structural Analysis of How Urban Form Impacts Travel Demand: Evidence from Taipei”, *Urban Studies*, 46(4): 1951~1967.
- Liu, C. and 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.
- Mindali, O., Raveh, A. and 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.
- Newman, P. W. G. and 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.
- _____, 1998, *Overcoming Automobile Dependence*, Washington D.C.
- Nooy de Wouter, Mrvar, A. and Batagelj, V., 2005, *Exploratory Social Network Analysis with Pajek*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Owens, S., 1992, "Energy, Environmental Sustainability and Land-use Planning", *Sustainable Development and Urban Form*, London: Pion Limited.
- Smith, D. and Timberlake, M., 2002, "Hierarchies of Dominance among World Cities: A Network Approach", in Sassen S.(ed.), *Global Networks Linked Cities*, New York: Routledge, 117~143.
- 서울열린데이터광장, <http://data.seoul.go.kr>
- 환경부 환경통계포털, 2013 검색,
<http://stat.me.go.kr/nesis/index.jsp>

원 고 접 수 일 : 2015년 12월 28일
1 차 심 사 완 료 일 : 2016년 2월 15일
최 종 원 고 채 택 일 : 2016년 3월 29일