

도시구조와 탄소배출 간 관계에 대한 소고 :압축도시와 다핵도시 특성을 중심으로

A Study on the Relationship between Urban Structure and Carbon Emissions
:With an Emphasis on the Spatial Characteristics of Compact City and Polycentricity

박 준 (Park, Joon)*

< Abstract >

This study tries to understand the underlying reasons for different views on the relationship between urban structure and carbon emissions. Firstly, this study reviews preceding research on the relationship between the overall spatial characteristics of cities and carbon emissions. Significant variables in the research are environmental variables such as area of park or green space and transportation related variables such as length of road per capita. Secondly, main results and issues from preceding research on the spatial characteristics of compact city and polycentricity are extracted. Different views over carbon-reducing impact of compact development, dispersed development, and polycentric development are identified. Lastly, this study attempts to understand the main causes underlying the different views on the relationship of the spatial characteristics of compact city and polycentricity with carbon emissions focusing on the merging process of residential spheres. This study tries to show that independence of sub-centres in terms of commuting hierarchy in a city can explain the advantage of dispersed-compact development in carbon-reducing.

주 제 어 : 탄소배출, 압축도시, 다핵도시, 주택권

key word : Carbon Emissions, Compact City, Polycentricity, Residential Sphere

I. 서론

전 지구촌에 기후변화로 인한 기상이변이 속출하면서 그 원인으로 지구온난화가 지목되고 있다. 지구온난화를 유발하는 온실가스를 줄이기 위한 전 지구적 협력 논의 가운데 온실가스의 절반 이상을 차지하는 이산화탄소 배출의 저감에 대한 관심이 높아지고 있다.

2004년 우리나라의 이산화탄소 배출량은 세계 10위 수준이었으며, 1990-2004년간 주요 국가 중 이산화탄소 배출량 증가율이 104.3%로 중국에 이어 2위권이였다(이주일 외, 2007). 대기 중에 방출되는 이산화탄소의 대부분은 화석연료의 연소에서 비롯되는데(IPCC 2005), 이것은 이산화탄소 배출이 화석연료를 이용한 에너지 소비와 직접적으로 관련이 있다는 것을 의미한다. 2010년 우리나라의 석유 및 도시가스 등 에너지소비에서 산업부문은 59.4%, 가정 및 상업 등 건물부문이 19.2%, 교통을 포함한 수송부문이 19.1%를 차지하고 있다(에너지경제연구원 2011). 특히 산업부문을 제외할 경우 대부분의 에너지 소비가 도시 지역에서 발생하고 있으며 이는 전 세계적으로도 비슷한 양상을 보이고 있다. 이에 토지이용계획과 교통 정책 등을 통해 도시공간을 압축적이고 효율적으로 재편하여 탄소배출을 저감하려는 방안이 모색되고 있다(OECD 2012).

도시공간에서의 에너지 소비 중 건물부문의 에너지 소비는 전력사용 및 난방에 의한 것이 대부분이며 교통부문의 에너지 소비는 개인차량이용에 의한 것이 대부분이다. Rickaby(1991)는 도시공간에서 건물부문과 교통부문에 있어서의 에너지 효율성 분산을 분석한 결과 교통부문에서의 차이가 건물부문에서의 차이보다 약 8배 정도 크

다는 것을 밝힌바 있는데, 이것은 에너지 소비와 탄소배출에서 교통부문의 개선효과가 클 수 있다는 것을 보여주는 것이다. 교통부문에서의 에너지 저감에 대한 논의는 차량 및 기관차 등 교통기관의 성능 개선, 교통분담구조 개선, 통행거리를 줄일 수 있는 도시공간 배치 조정 등으로 나뉠 수 있으며, 이중 통행거리를 줄이는 연구가 도시공간특성과 관련된 핵심 주제가 되고 있다(이상현, 2011).

기후변화 대응에 관한 도시공간 관련 다수의 연구에서 탄소배출량, 교통에너지소비, 통행거리 등이 관심대상이 되고 있는데, 이들은 하나의 맥락에 놓여있다. 우선 도시공간에서 탄소배출은 도시공간의 화석연료의 사용, 특히 교통부문에서의 화석연료 에너지 소비와 연관이 깊다. IPCC(2006)에서는 교통부문에서의 탄소배출과 화석연료 에너지소비 사이의 관계를 탄소배출지수, 연소기관, 연료 등을 고려한 비례관계로 제시했다. 또한 교통부문에서의 에너지 소비 역시 필요통근거리(Vehicle Miles Traveled)와 비례관계에 있는 것으로 알려져 있다. 이것은 결국 교통부문에서의 탄소배출이 필요통근거리와 직접적인 비례관계에 있다는 것으로 교통통행량 관리가 도시공간에서의 탄소배출 저감에 중요함을 단적으로 드러내는 것이다. 따라서 도시공간특성과 탄소배출량의 관계, 도시공간특성과 에너지 소비, 도시공간특성과 교통량 등 다양한 관계에 대한 연구들은 기본적으로 같은 맥락에 있다고 볼 수 있다.

이 논문은 도시공간특성과 교통에너지소비 및 이에 따른 탄소배출과의 관계에 대한 압축도시와 다핵도시 특성 차원에서의 쟁점을 도출하고, 이를 고용중심지 분포와 주택권 통합과정이론을 통

해 정리하는 것을 목적으로 한다. 특히 탄소배출 저감에 있어서 분산형 도시구조가 유리한 형태인지에 대해 상충된 기존 연구결과의 원인이 다핵도시 특성에 대한 이해의 차이에 있음을 밝히고, 이것을 주택권 통합과정에 대한 이론을 통해 해소하는데 기여하고자 한다.

이 논문은 다음과 같은 구조로 구성되어 있다. 우선 도시공간특성과 탄소배출 및 교통에너지 소비와의 관계에 대한 종합적 분석을 시도했던 연구들을 검토하고 주요변수 및 결과를 정리한다. 이를 통해 탄소배출 저감과 관련된 도시공간특성의 주요인을 검토한다. 두 번째로는 탄소배출 및 교통에너지 소비에 미치는 도시공간특성 중 압축도시와 다핵도시 특성을 중심으로 기존 논의들을 살펴본다. 이를 통해 기존 연구에서의 주요 분석결과와 쟁점을 도출한다. 마지막으로 압축도시 특성과 다핵도시특성에 관한 논의를 고용중심지 분포와 주택권 통합과정에 초점을 맞춰 이론적으로 설명한다. 이를 통해 탄소배출 저감을 고려한 도시정책 수립에 있어서 고용중심지 분포 논의가 가지는 함의를 정리하고 선행 연구들에서의 쟁점과 방법론적 개선점들을 되짚어볼 수 있을 것이다.

II. 도시구조특성 전반과 탄소배출에 관한 논의

1. 종합적 실증연구

최근 기후변화에 대한 도시적 차원의 대응 주제가 부각되면서 도시공간구조와 탄소배출간의 관계를 종합적으로 살펴보려는 실증분석들이 늘

고 있다(김인현 외, 2011; 김태호 외 2010; 안건혁, 2000; 유윤진 외, 2012; 장명준 외, 2012). 이들은 도시공간특성을 반영할 수 있는 인구 및 가구밀도, 사업체 수, 공원면적, 도로면적, 자동차등록대수 등 요소들과 탄소배출, 교통통행량, 에너지 소비 등과의 관계를 종합적으로 살펴보려는 연구들이다. 이들은 탄소배출에 영향을 미칠 수 있는 도시공간의 특성요소들을 전체적으로 조망할 수 있는 강점을 가지고 있는 반면, 구체적으로 어떠한 요인이 어떻게 탄소배출에 영향을 미치는지에 대한 이론적 설명이 상대적으로 부족하다. 이들 논문들은 대개 다음과 같은 구조를 가지고 있다. 우선 탄소배출과 관계된 환경적 측면의 변수를 살펴보고, 이에 영향을 줄 수 있는 도시공간특성 변수를 도출한다. 이후 수집된 데이터를 통해 기술통계 실증분석을 수행하고 변수간 관계에 대해서 해석하고 정책적 함의를 도출하는 구조로 이루어져 있다.

장명준 외(2012)에서는 도시특성요소를 인구수 및 인구밀도 등의 지역규모적 요소, 주택수 및 주거밀도 등의 도시계획적 요소, 산림면적 및 공원면적 등의 자연환경적 요소, 사업체수 및 지방세 수입 등 경제산업적 요소, 도로면적 및 자동차등록대수 등의 교통적 요소로 구분하여 전국 시군구 행정구역별 탄소배출에 미치는 영향을 분석했다. 이후 도시규모별 분석에서 서울시는 경제산업특성에, 광역시는 교통특성, 30만 이상 도시는 경제산업과 지역규모특성에 많은 영향을 받고 있는 등 도시규모별로 온실가스 배출구조가 상이할 수 있음을 밝혔다.

유윤진 외(2012) 역시 도시공간구조와 탄소배출 간의 관계에 천착하여 도시공간특성 요소를 포괄적으로 접근했다. 사업체수 및 지방세 등의

지역수준, 공원 및 산림면적 등 환경수준, 1인 당 주거면적 등의 개발밀도수준, 1인 도로면적 등의 교통수준을 주요 독립변수로 서울시 행정구역별 탄소배출량에 대한 영향을 기술통계분석을 이용하여 분석했으며, 교통수준이 탄소배출에 있어서 가장 큰 영향력을 미치고 있음을 밝혔다.

김인현 외(2011)에서는 선행연구 분석에 근거하여 도시공간 특성 중 도시형태와 관련된 변수들을 중심으로 탄소배출량과의 관계를 고찰했다. 인구밀도 및 용적률 등의 도시규모 요소, 주거면적 및 교통시설면적 등 토지이용요소, 연면적 및 층수 등 건축물 요소, 경사 및 하천 면적 등 지형 요소, 자동차 등록대수 및 통행량 등 교통 요소에 초점을 맞추고, 종속변수로는 전력, 도시가스, 지역난방, 석유 등의 사용량을 이산화탄소로 환산한 추정량을 이용하여 서울시 행정구역을 대상으로 기술통계분석을 진행했다. 다른 연구들에서와 마찬가지로 탄소배출에 있어서 교통부문의 영향력이 크게 나타났으며, 녹지와 수변공간은 탄소배출 저감 효과를 가지는 것으로 밝혀졌다.

김태호 외(2010)에서는 도시의 사회경제적 지표와 탄소배출량과의 관계 분석을 목적으로 연구를 진행했다. 서울시 10개 구의 탄소농도 측정치에 미치는 영향요인으로 인구밀도 및 자동차등록대수 등의 인구특성, 도로면적 및 마을버스 노선수 등의 교통특성, 건축허가면적 및 주택수 등의 개발특성, 지방세 및 사업체수 등의 경제특성, 공원 및 하천면적 등의 환경특성 등을 설정하여 기술통계분석을 실시했다. 결과로는 탄소농도 평균 이상의 행정구역인 종로구, 중구, 구로구, 강남구, 송파구 등에서 대중교통과 하천면적 등의 요소는 탄소농도와 음의 관계를, 자동차 등록대수 및 도로율 등은 탄소농도와 양의 관계를 가지는 것으

로 나타났다.

안건혁(2000)은 도시의 형태적 특성 변수를 제시하고 이것과 교통에너지소비량과의 관계를 분석했다. 이 연구에서는 인구수 및 도로율 등의 총량적 특성과 인구분포 및 산업분포의 공간구조 특성을 기준으로 변수를 선정하여 전국 22개 도시의 교통에너지 소비량과 관계를 분석했다. 결과로는 밀도증가에 따라 교통에너지가 감소하지만 과도한 중심집중은 오히려 비효율적이므로 분산집중형 개발 형태가 교통에너지 저감에 효율적임을 밝혔다. 이 연구에서 변수로 상정했던 인구분포와 산업분포 변수는 도시의 압축도와 다핵수준을 대변하는 변수로서 이후 국내의 압축도시(Compact City) 지표설정 논의의 효시가 되었다.

한편 이러한 실증분석 연구 중에서 도시공간 특성 요인 가운데 특히 압축도시 특성요소에 초점을 맞춘 연구들이 있다(임은선 외, 2006; 남기찬 외, 2008; 김승남 외, 2009; 송기욱·남진, 2009).

임은선 외(2006)에서는 대도시 지역의 공간구조를 단핵형과 다핵형, 집중화 패턴과 분산 패턴, 연속적 개발과 비연속적 개발로 나누어 도시확산 및 압축패턴 지표를 정리했다. 경기도 25개 도시에 대한 미시적 접근의 분석에서는 도시규모, 밀도, 불균등 분포, 중심성, 연속성 등의 지표를 GIS 기반의 공간분석 기법을 적용하여 각 도시들의 압축지수를 도출하고 이들 대다수의 도시들이 외연적 확산형에 가깝다는 결론을 내렸다.

남기찬 외(2008)에서는 압축도시 측정의 지표로서 상이성 지표와 Theil 지표를 이용한 불균형수준, 엔트로피 지표를 이용한 도시분산도, Moran's I와 Greary's C 등을 이용한 군집도를 이용하여 서울, 경기, 인천 지역의 교통에너지와의 상관관계를 분석했다. 그 결과 서울과 경기남

(표 1) 국내 주요 선행연구 검토 (종합적 기술통계분석)

연구자	대상지역	분석방법	독립변수	종속변수
안건혁 (2000)	중소 도시 (22개)	상관분석	시가화면적, 순밀도, 도로율, 인구 및 고용 불평등 지니계수 등	1인당 교통에너지 소비량
황금희 외 (2001)	수도권	분산분석 회귀분석 GIS분석	인구고용밀도, 내부고용율, 직주비율, 집중-분산 더미, 역세권 더미 등	통행당 교통에너지 소비량, 통행당 차량주행거리
김선희 외 (2003)	전국 도시 (77)	상관분석 회귀분석	도시화율, 인구밀도, 도시규모, 분산도, 지방세 납부율 등	교통수단별 교통량, 승용차 통행거리
남창우 · 권오서 (2005)	중소 도시 (54)	상관분석 회귀분석	인구규모, 인구밀도, 도로밀도, 집중분산도 등	교통에너지 소비량
남기찬 외 (2008)	수도권	상관분석	불균형도, 분산도, 군집도, 종합압축지수(TCI) 등	총 통행량 및 통행거리
김승남 외 (2009)	중소 도시 (54)	상관분석 경로분석	인구밀도, 고용밀도, 다핵도시 더미, 종합 압축도, 대중교통 수송 분담률, 가구당 재산세, 차량 보유정도 등	1인당 교통에너지소비, 대기오염농도
송기욱 · 남진 (2009)	전국 도시 (146)	회귀분석 경로분석	재정자립도, 3차산업 비율, 1인당 승용차대수, 1인당 도시공원, 대중교통분담율, 혼합도지 이용율, 직주근접율, 인구밀도, 고용밀도 등	1인당 교통에너지 소비량 대기오염농도(인당)
김태호 외 (2010)	서울시 10개 구	상관분석	공원면적, 자동차대수, 개발제한구역면적, 전철분담율, 지방세 등	일산화탄소 배출량
김인현 외 (2011)	서울시 25개 구	상관분석	인구밀도, 주거면적, 녹지면적, 하천면적, 자동차등록대수, 통행량 등	에너지사용량 기반의 이산화탄소 추정량
유윤진 외 (2012)	서울시 25개구	상관분석 요인분석	사업체수, 지방세 수준, 공원 및 산림면적, 주거밀도, 도로밀도 등	탄소배출량
장명준 외 (2012)	전국 시군 (124)	회귀분석 군집분석	인구밀도, 주거밀도, 산림면적, 사업체수, 자동차등록대수 등	탄소배출량

부지역은 압축도시의 특성을, 경기북부는 외연적 확산의 특성을 가진다고 밝혔다.

김승남 외(2009)에서는 압축도시에 관한 선행 연구에서 도시의 집중·분산 정도와 교통에너지 소비의 관계에 대해 엇갈린 결과가 나온 것에 대해 압축도 뿐 아니라 다핵화 수준을 동시에 고려하지 않았다는 점과 기존 연구에서 도농통합시를 대상으로 하여 도시지역과 비도시지역을 한데 묶

어서 분석했던 것이 원인임을 지적했다. 이 연구에서는 기존의 종합적 실증분석의 틀 위에 다핵화 수준과 압축수준을 반영하는 지표를 강조하고 종속변수로는 1인당 도로부문 유류소비량과 이산화질소 및 미세먼지 농도의 대기오염 변수를 이용했다. 분석 결과, 다핵집중형, 즉 집중분산형 도시가 교통에너지 측면에서 가장 바람직한 형태이며, 고밀의 압축도시 공간이 교통에너지 소비

를 줄일 수 있으나 대기오염 수준은 악화될 수 있다는 결론을 내렸다.

송기욱·남진(2009)의 연구에서는 인구증가율 대비 시가화면적증가율을 압축성 지표로 제시하고 이를 다른 종합적 도시공간특성 지표들과 함께 적용하여 교통에너지 소비와의 관계를 전국 146개 도시를 대상으로 분석했다. 분석 결과 기반시설공급량, 공동주택비율, 직주근접비, 압축도 등이 교통에너지 소비 저감에 긍정적인 영향을 미친다고 밝혔다.

2. 시뮬레이션 연구

한편, 도시공간특성 중 몇 가지의 특성에 집중하여 이들의 변화가 탄소배출 등 환경적 변수에 미치는 영향에 대한 시뮬레이션 분석을 시도한 연구들이 있다(김광식, 1984; 김민주 외, 2010; 양희진·최막중, 2011; 이상현, 2011; 이주일 외, 2007). 이들은 실제와 비슷한 모형을 설정하고 중요하게 생각하는 요소들의 값을 변화시켜가면서 그것이 탄소배출 등에 미치는 영향을 동적으로 분석할 수 있다. 이러한 연구는 시뮬레이션

분석을 수행하기 위한 논리 구조를 이론적으로 접근하여 도출한다는 면에서 의미가 있는 반면, 시뮬레이션 분석 설정이 작위적일 수 있다는 한계가 있다.

국내 연구 중 도시공간특성과 탄소배출 및 교통에너지 간의 관계에 대한 선구적인 연구로는 김광식(1984)의 연구가 있다. 이 연구에서는 가상의 도시를 집중형, 분산형, 다핵형 도시로 나누어 설정하고 집중도를 나타내는 지니계수, 평균중심으로부터의 분산정도를 나타내는 표준편차거리, 도심지 인구밀도, 자동차 총 주행거리 등의 변수와 교통에너지 소비량과의 상관관계를 분석했다. 그 결과, 도시기능이 도심지에 집중되면 어느 수준까지는 교통에너지소비량이 저감되지만 지나치게 집중될 경우 오히려 교통에너지 소비량이 높아지며, 도시가 무질서하게 확산되는 경우엔 교통에너지가 급격하게 증가하고, 다핵형 도시가 집중형 도시보다 더 분산되어 있더라도 통행거리의 단축 및 교통혼잡의 감소 등으로 교통에너지 소비 측면에서 유리하다는 것을 밝혔다.

양희진·최막중(2011)에서는 건물, 교통, 녹지 요인에 초점을 두고 압축도시의 탄소배출 증감

〈표 2〉 국내 주요 선행연구 검토 (시뮬레이션 분석)

연구자	시뮬레이션	주요 변수 및 모수
김광식 (1984)	집중형, 분산형, 다핵형 도시 유형에 따른 교통에너지 소비량 변화 분석	지니계수, 표준편차거리, 도심지 인구밀도, 자동차 총주행거리, 교통에너지 소비량 등
이주일 외 (2007)	직주 위치 및 교통수단 변화에 따른 총 통근거리 및 교통에너지 소비 변화 분석	직장지 위치, 거주지 위치, 교통수단 분담율 등
김민주 외 (2010)	복합적 토지이용 확대에 따른 에너지 및 탄소배출 변화 분석	평균 통행시간, 토지이용 혼합도, 상업면적 비율, 교통수단 등
양희진·최막중 (2011)	저층분산형, 고층집중형 도시 등 압축도 유형에 따른 탄소배출량 변화 분석	건물수직높이, 수평주행거리, 녹지면적, 도시규모, 탄소배출량 등
이상현 (2011)	도시공간배치 변화에 따른 이동발생량 변화 분석	토지이용별 이동량, 공급자-수요자간 이동 거리, 공급자 공간 이동, 공급자-소비자간 사용비율 등

효과를 시뮬레이션을 통해 분석했다. 압축도시일수록 수평거리이동은 줄어들고 녹지는 늘어나는 한편, 고밀개발로 인해 건축물의 높이가 올라가고 이에 따라 엘리베이터 등 전력소모가 커질 것이라는 점에 착안하여 통합 모형을 만들었다. 이 연구는 시뮬레이션 분석이 수치적 결과의 세밀함보다는 그 결과에 영향을 미치는 주요 요인들 간의 구조적 관계를 파악하는데 의의가 있음을 강조하면서 압축적 도시개발이 탄소배출을 감소시킬 수 있고 그 효과는 도시규모에 비례하여 커진다고 결론짓고 있다.

김민주 외(2010)에서의 시뮬레이션은 서울시 동별 통행통근 자료를 이용한 다항로짓 모형의 교통수단 선택 확률 도출에 근거하고 있다. 이후 도심에 집중된 상업·업무 시설을 11개 지역 중심으로 분산시키는 시뮬레이션을 통해 교통수단의 선택 변화를 고찰했다. 그 결과, 현재 상태에서 복합적 토지이용이 대중교통수단 선택에 긍정적인 영향을 미쳐 에너지 및 탄소배출 저감에 효과적임을 밝혔으며, 시뮬레이션 분석에서도 상업·업무시설의 분산이 대중교통수단 선택을 늘려 탄소배출 저감효과를 내고 있음을 밝혔다.

이상현(2011)은 국내의 5개 중소도시의 도로망 등의 정보를 기초로 교통 이동량을 결정하는 요소들의 원단위를 도출하여 향후 도시공간배치 변화에 따른 탄소배출량을 계산할 수 있는 모형을 개발했다.

이주일 외(2007)에서는 2002년 자료를 기준으로 서울대도시권의 통근거리를 분석하고, 거주지 및 직장지를 Michalewicz 유전 코드를 이용한 시뮬레이션으로 변동시키면서 총 통근거리와 교통에너지 소비의 변화를 분석했다. 직장지 재배치 시뮬레이션 분석에서 서울대도시권의 총 통근거

리는 약 6.43%, 교통에너지는 약 15.8% 저감될 수 있다는 결과를 얻었다.

III. 압축도시 및 다핵도시 특성과 탄소배출에 관한 논의

이 장에서는 탄소배출 및 에너지 효율과 관련된 도시공간특성에 대한 연구 중 특히 교통량 발생과 직접적인 연관이 있는 압축도시와 다핵도시 특성을 중심으로 선행연구를 살펴보고 주요 연구 결과의 쟁점들을 도출한다.

1. 압축도시 특성과 탄소배출

탄소배출과 교통에너지에 영향을 미치는 중요한 도시공간 요소 중 하나는 압축적 토지이용이다. 다수의 연구에서 분산형 도시공간구조일수록 교통에너지 소비 측면에서 비효율적일 수 있다는 점을 강조했다(김선희 외, 2003; 양희진·최막중, 2011; 송기욱·남진, 2009; 황금희 외, 2001; Banister, 1999; Ellison, 1995; Newman and Kenworthy, 1989; Stone et al., 2007).

Banister(1999)는 통근거리 측면에서, Ellison(1995)는 대중교통효율성 측면에서, Newman and Kenworthy(1989)는 에너지소비 측면에서 분산형 도시구조의 문제점을 지적했다. 양희진·최막중(2011)과 Stone et al.(2007)에서는 압축도시가 통행거리와 대기오염 저감에 긍정적인 영향을 미침을 주장하였으며, 특히 Stone et al.(2007)은 부도심보다 도시의 밀도를 높이는 것이 더욱 효과적이라고 주장했다. Cirilli and Veneri(2007)는 분산형으로 새롭게 확산되는 외곽거주지들일수록 대

중교통시설이 미비되는 등의 이유로 교통에너지 소비와 탄소배출이 늘어나고 대기오염이 심하다고 밝혔다.

황금희 외(2001)에서는 수도권 대상 도시 성장 패턴과 교통에너지 소비와의 관계분석을 통해 수도권의 교통에너지소비가 인구밀도 및 고용밀도, 내부통행률이 높을수록 감소함을 보이고 수도권 공간구조의 다극화가 필요함을 주장했다.

김선희 외(2003)에서도 수도권 대상으로 교통에너지 소비특성을 분석하여 도시가 산발적으로 분산되어 있는 지역에서 교통에너지 소비가 증가한다는 것을 확인하였으며, 서울 도심과의 거리가 25km 이상인 지역에서는 평균통근거리가 감소하는 경향을 발견했다.¹⁾ 또한 도심업무의 외곽화나 도심인구 증가의 경우에서 직주공간분포의 일치를 통해 평균통근시간이 감소하는 것을 밝혔다.

반면 고밀의 압축적 도시의 교통에너지 측면에서의 효과에 의문을 제기하는 연구들도 다수 있다(Glaeser and Kahn, 2004; Gordon and Richardson, 1989; Gordon et al., 1989).

Glaeser and Kahn(2004)과 Gordon et al.(1989)에서는 고밀지역에서 통근시간이 오히려 더 길어진 사례를 들었으며, Gordon and Richardson(1989)은 Newman and Kenworthy(1989)의 연구에 응답하는 형식으로 비통근 통행에 대한 고려와 대중교통개발이 오히려 도시의 분산을 가속화할 수 있다는 점을 들어 압축도시의 긍정적 측면에 의문을 제기했다.

2. 다핵도시 특성과 탄소배출

많은 연구에서 통근거리 감소와 에너지 소비 및 탄소배출 등의 측면에서 볼 때 다핵형 도시가 도시계획적으로 주요한 고려사항이 될 수 있다고 밝히고 있다(김광식, 1984; 김승남 외, 2009; 안건혁, 2000; 이주일 외, 2007; Breheny, 1995; Handy, 1996; Susilo and Maat, 2007; Parr, 2004).

김광식(1984)은 시물레이션 분석 결과 직주근접과 교통혼잡 저감의 이유를 들어 분산형 집중구조가 교통에너지 저감에 효과적이라고 했으며, 안건혁(2000)과 김승남 외(2009)에서는 사례도시들에 대한 실증분석을 통해 교통에너지 저감에 분산형 집중 도시형태가 긍정적 관계를 가지고 있음을 밝혔다.

Breheny(1995)와 Susilo and Maat(2007)에서는 다핵구조가 교통수단 선택에 있어서 개인차량보다 대중교통 이용에 유리한 형태일 수 있음을 주장하며 다핵구조의 도시계획적 중요성을 강조했다. Bento et al.(2005)는 실증연구를 통해 다핵화 과정에서 대중교통의 비중이 커졌음을 보였다.

Handy(1996)는 다핵구조에서 직주근접도가 높아지기 때문에 이러한 형태가 바람직하다고 했으며, Cervero and Wu(1997)의 연구에서는 단핵도시에 비해 다핵도시에서 고용중심지 주변의 주거비가 저렴하므로 이러한 직주근접도를 더욱 강화시켜 통근거리가 줄어들 수 있다는 점에서 다핵구조의 효율성을 언급했다.

한편 Parr(2004)는 대도시일수록 단핵도시에서의 문제인 과밀문제가 커지므로 다핵구조일수록

1) 이주일 외(2007)의 연구에서도 서울도심에서 30km 외곽에 직장수를 증가시킬 때 총 통근거리와 교통에너지가 줄어들 수 있다고 했다. 이들 주장은 해당반경 정도가 서울대도시권의 영향권이고 그 외곽에서는 독립적 통근위계가 형성될 수 있음을 의미하는 것이다. 자세한 내용은 4장 참조.

통행시간 및 비용이 저감됨을 강조했다. Alpkokin et al.(2005)와 Owens(1986)에서도 다핵구조로 전환될수록 통근시간이 줄어들었다는 실증분석 결과로 이러한 주장을 뒷받침하고 있다.

하지만 이와 반대의 논리를 가진 연구도 상당히 있다(Aguilera, 2005; Cervero and Wu, 1998; Levinson and Kumar, 1994; Schwanen et al., 2002). 이들은 다핵구조일수록 통근거리가 늘어나 에너지 효율적이지 않다고 주장한다. 이들은 여러 부도심으로의 고용 분산이 통근거리 증가와 개인 자동차 교통의 증가로 이어졌다는 실증분석을 내놓았는데, 이는 이주일 외(2007)에서 수행했던 시뮬레이션의 결과와 배치되는 것이다.

이렇게 다핵구조와 통근거리 간 관계에 대한 상반되는 연구결과는 다핵구조에 대한 이해와 측정방식의 차이에서 기인할 가능성이 있다(Veneri 2010). Veneri(2010)는 다핵화가 단순히 고용밀도가 상대적으로 높은 부도심(sub-centre)의 성장으로만 이해되는 경우가 많다는 점을 지적하면서, 인근지역에서 위계상으로 실질적 중심 역할을 하는 지역이 다핵구조 논의에서의 독립된 핵이 될 수 있다고 했다. 이는 다핵구조를 논할 때 단순한 고용밀도 중심의 접근이 오류를 낳을 수 있음을 지적하는 것이다.

앞서 살펴본 압축구조와 통근거리 간 관계에 대해서도 상반되는 주장이 있는 이유도 압축형 도시와 분산형 도시에 대한 이해의 차이에서 찾을 수 있다. 또한 이것은 다핵구조와 부도심에 대한 이해와도 상관있다. 다음 장에서는 주택권과 주택권 통합의 개념을 중심으로 도시권에 대해 설명하고 이를 통해 이번 장에서 정리한 쟁점의 원인을 이해하는데 기여하고자 한다.

IV. 고용중심지 분포와 주택권 통합

1. 도시권의 확장

김승남 외(2009)에서 도시공간구조와 탄소배출 간 관계에 대한 선행연구 검토를 통해 지적한 바 있듯이 도농통합시를 하나의 도시로 보고 접근하는 것은 오류를 낳을 수 있다. 이는 시가화지역에 국한하여 접근하는 것이 도시특성을 분석하는데 적합하기 때문이다. 시가화지역은 도시의 토지이용계획에서 드러나듯이 상업·업무, 주택, 도로, 공공시설, 녹지 및 공원 등의 용도로 이루어져 있다. 도로와 공공시설 등이 도시적 활동을 지원하기 위한 것임을 감안할 때, 도시지역에서의 핵심 용도는 상업·업무와 주택이 될 것이다. 다시 말해 시가화지역이라 부를 수 있는 도시권은 고용중심지와 이를 둘러싼 배후 주택지를 중심으로 지원시설들이 배치된 시스템으로 이해될 수 있다. 이는 앞서 논의되었던 압축도시나 다핵화 관련 주요 쟁점들이 일터와 주거 사이의 통근 문제에 집중되었던 것과 같은 맥락이다.

압축도시의 기본논의는 고용중심지를 둘러싼 주택지를 비롯한 지원시설 배치를 조밀하게 하여 교통에너지와 탄소배출을 저감하는 한편, 규모의 경제를 통해 효율성을 높이지는데 있다. 여기서 압축도시의 기본논의는 단핵 중심의 도시권을 염두에 두고 있다. 도시의 성장에 따라 단핵중심의 도시권이 중심지 고용성장과 주변부 주택지 및 지원시설 등의 공간적 확장으로 이어지는 경우, 이것이 무질서하게 확산되는(Sprawl) 형태로 진행되었던 다수 북미권 도시들에서의 경험에 근거하여 압축도시(Compact city)나 스마트성장(Smart growth)의 개념이 발전하게 되었다고 볼 수 있다.

즉 도시 성장에 따른 도시권의 공간적 확장을 계획적이고 효율적으로 진행하지는 않는데 압축도시 논의의 핵심이 있다고 볼 수 있다.

하지만 도시의 성장이 도시권의 확장으로 이어지는 과정에서 그것이 주택지 및 지원시설 위주의 단순 외곽확장을 통한 교외화(Suburbanisation)인지, 고용을 포함한 독립적 도시권의 건설인지에 따라 압축도시 논의는 전혀 다른 방향으로 전개될 수 있다. 즉 고용중심성의 분산에 동반된 독립적 도시권의 건설은 외형적으로 전체 도시권의 확장으로 보일지라도 직주근접과 교통에너지 저감 측면에서는 바람직할 수 있게 된다. 바로 이것이 분산화(Decentralisation) 논의와 다핵성(Polycentricity) 논의를 끌어내었던 지점이다.

여기서 고용중심성 및 도시 중심기능의 분산과 다핵화가 실질적으로 에너지와 탄소배출 측면에서 효율적일 수 있는지는 것이 쟁점이 되었다. 선행연구에서 살펴봤듯이 Alpkokin et al.(2005), Cervero and Wu(1997), Handy(1996), Owens(1986), Parr(2004) 등의 연구에서는 다핵화 및 분산화가 실제로 직주근접도를 높이고 교통에너지를 저감시켰다는 논의를 전개한 반면, Aguilera(2005), Cervero and Wu(1998), Levinson and Kumar(1994), Schwanen et al.(2002) 등의 연구에서는 부도심의 성장 전략이 오히려 총통근거리를 늘렸다는 실증 분석을 내놓은바 있다.

이러한 상반된 주장에 대해서 Veneri(2010)는 다핵성에 대한 고찰을 통해 이러한 차이가 다핵구조에 대한 이해와 측정방식의 차이에서 기인할 가능성이 있다고 언급했다. 이 연구에서는 다핵화가 부도심(sub-centre)의 성장으로 이해되는 경우가 특히 북미 도시권의 연구에서 많은 반면, 유럽 도시 대상의 연구에서는 인근지역에서 위계

적으로 중심적인 역할을 하는 복수의 독립적 중심의 존재를 다핵구조로 파악하는 경향이 있다고 지적했다.

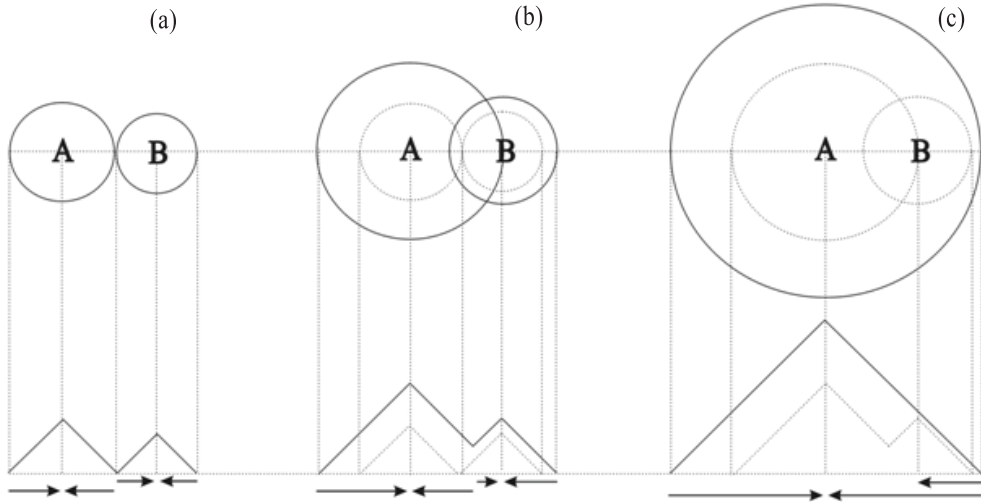
이러한 주장은 다핵화의 효과에 대한 상반된 실증분석 결과를 하나의 틀로 이해하는데 중요한 고리가 될 수 있다. 다핵에서의 핵에 대한 개념을 기존 도시의 도심에 영향을 받는 하위 부도심이 아닌, 독립적 위계중심의 역할을 하는 체계로 이해하는 것이 핵심이 될 수 있다.

2. 주택권의 통합과 통근변화

연속되어 있는 시가지지역을 도시권이라고 본다면 하나의 도시권 안에도 실질적으로 여러 개의 고용 중심지가 존재할 수 있다. 과거 산업화 이전 도시들과 현대 대도시들과의 차이점 중의 하나가 바로 이러한 복수의 고용중심성이라고 할 수 있다. 소위 대도시화(Metropolitanisation)이라 일컬어지는 이러한 현상은 한 도시권의 성장과 확장이 인접한 기존도시와의 병합 또는 중첩에 의해 형성될 수 있으며 새로운 고용중심지가 계획되면서 형성될 수 있는 것이다. 각각의 고용중심지는 유입통근 관계를 중심으로 배후 주택지와 위계를 형성하고 있을 것이며 이들은 도시권 안에서 서로 영향을 주고 받을 것이다. 이들 각 고용중심지를 둘러싼 배후 주택지간의 관계를 고찰하는 것이 다핵화 및 압축도시와 에너지 소비 및 탄소배출간 관계에 대한 논의를 이해하는데 도움이 될 수 있다.

Park(2013)에서는 ‘주택권(residential sphere)’을 고용중심지와 이를 에워싸고 형성된 배후 주택지의 조합으로 정의하고, 이 주택권내에서 성립하는 통근비용과 거주비용간의 교환관계(trade-off)

(그림 1) 두 주택권의 성장, 중첩, 통합과정



출처: Park(2013)

를 중심으로 각 주택권을 도시의 기본단위로 삼고 고용성장에 따라 복수의 주택권이 성장-중첩-통합하는 과정을 통해 현대 대도시권의 구조를 분석하고자 했다.

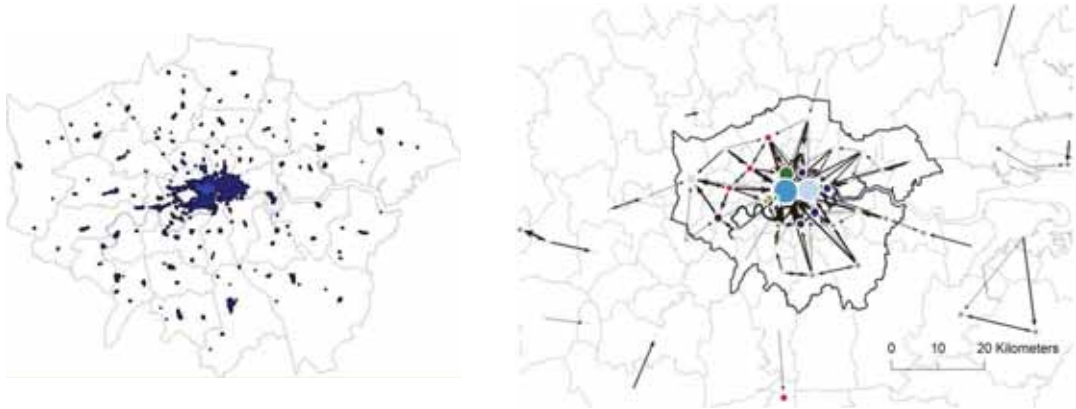
<그림 1>을 통해 두 개의 주택권이 서로 불균등하게 성장하면서 하나의 주택권이 다른 주택권을 통합하고 하나의 도시권을 형성하는 과정을 이해할 수 있다. 고용중심지의 위치가 고정된 상태에서 한 중심의 고용성장 속도가 다른 중심의 성장 속도보다 빠를 경우 두 주택권이 궁극적으로 통합될 수 있다. A와 B의 고용중심지들이 성장을 하는 과정에서, 통근비용과 거주비용간의 교환관계(trade-off)로 인해 원형으로 배후 주택지가 확장되며 인접한 두 주택권이 중첩되게 되고 고용성장속도가 빠른 A를 중심으로 하나의 주택권으로 합쳐지는 과정을 차액지대(differential rent) 맥락의 주거비용과 통근방향 변화를 통해

설명한 개념도이다. 여기서 주목해야할 지점은 (b)와 (c)의 차이이다. 두 경우 모두 연속적인 시가화지역으로서 하나의 도시권이라고 볼 수 있고 둘 모두 A와 B의 고용중심지를 가지고 있다. 하지만 (b)의 경우는 중첩되는 부분이 있음에도 불구하고 두 주택권이 각각 독립적으로 통근위계중심을 유지하고 있음에 비해, (c)의 경우는 완전한 통합이 이루어진 이후로서 B는 A를 중심으로 통합된 전체 주택권에서 부도심(sub-centre)의 역할을 하고 있다고 볼 수 있다.

한편, 두 주택권의 중첩과 통합과정에서 차액지대(differential rent) 변화에 따른 (b)와 (c)에서의 통근방향의 변화는 앞선 도시공간과 교통에너지 논의에서 쟁점이 되었던 총통근거리 변화를 설명하는데 중요한 설명 고리가 될 수 있다. 특히 통합과정에서 통합 이후 A를 향한 장거리 통근의 증가와 통합 이전 B를 향했던 단거리 통근

2) Park(2013)은 이러한 통합과정을 Merging, Veneri(2010)는 Coalescence, Champion(2001)는 Incorporation으로 각각 표현했다.

<그림 2> 런던 대도시권의 고용중심지 분포와 통근패턴



주: 고용중심지 분포는 2000년, 통근패턴은 2001년 자료에 기초
 출처: Park(2011), CASA(Center for Advanced Spatial Analysis), University College London
 (<http://www.casa.ucl.ac.uk/towncentres/cd/tcmap.htm> 2013.10.01.)

의 소멸에 주목할 필요가 있다. 즉 (b)와 같은 통합 이전의 상태가 (c)에서의 통합상태보다 총통근거리가 짧다는 것이다.³⁾

다음으로는 고용중심성 분포가 대조적으로 알려져 있는 런던과 LA 두 대도시권의 고용중심지 분포도와 통근패턴을 연계하여 이러한 복수의 주택권간의 통합 특성이 가지는 함의를 살펴본다.

<그림 2>의 런던 대도시권 고용중심지 분포도를 보면 런던의 중심부에 고용중심성이 두드러짐을 확인할 수 있으며, 중심부 이외의 다수의 고용중심지들이 존재함에도 불구하고 불균형적인 고용중심지 분포로 인해 런던 중심부 주도로 도시권이 통합되어 있음을 짐작할 수 있다. 실제로 런던 대도시권의 통근패턴을 보면 중심부 위주로 전체 도시권이 하나의 위계로 통합되어 있음을 확인할 수 있다. 이러한 단핵중심의 통근패턴은

런던 중심부를 향하는 장거리 통근 문제와 과밀 혼잡 문제로 이어질 수 있다. 실제로 런던은 중심부의 과밀문제가 심각하며 이 문제의 해소를 위해 2003년부터 세계최대규모로 중심부 차량통행에 대한 혼잡통행료를 부과하기 시작했다(Leape, 2006).

한편, <그림 3>의 LA 대도시권 상업업무지 분포는 런던 대도시권의 경우와 대조적으로 고용중심지들이 분산되어 있음을 보이고 있다. 앞서 살펴본 고용중심지분포와 주택권간의 관계에 근거할 때 전체 LA 대도시권에서는 독립된 형태의 다핵구조가 존재할 가능성이 높다고 볼 수 있다.⁴⁾

<그림 3>에 표현된 LA 대도시권의 통근패턴을 보면 실제로 해당 대도시권에 독립적으로 통근위계에서의 중심을 이루고 있는 주택권들이 다

3) <그림 1>에서는 성장에 따른 통합과정을 표현한 것이므로 (b)와 (c)에서의 총 고용과 주택지면적이 같지 않지만 총고용과 주택지면적을 같게한 경우에서도 총 통근거리는 통합되지 않은 경우가 더 적다. 김경환 서승환(2004)에서는 Lave (1974)의 논의에 기초하여 동일 수준의 고용성을 가진 복수의 중심지 수 변화에 따른 통근비, 주거비, 운송비의 총비용을 검토하여 비슷한 결론을 내린바 있다.

〈그림 3〉 LA 대도시권의 고용중심지 분포와 통근패턴



주: 고용중심지 분포는 2000년, 통근패턴은 2000년 자료에 기초
출처: Park(2011)
자료: SCAG(Southern California Association of Governments)

수 존재한다는 것을 확인할 수 있다. LA 대도시권이 다핵도시의 대표격으로 논의되는 이유는 단순히 고용중심지가 다수 존재한다는 이유보다 이들이 공간적으로 비교적 균등하게 분포함으로써 독립적인 통근위계를 가지는 주택권들이 다수 존재하기 때문이라고 보는 것이 보다 설득력 있을 것이다.

이는 Veneri(2010)가 제시한 다핵성에 대한 개념과도 같은 것이다. 한편, Gordon et al.(1986)은 LA 대도시권에 대한 연구를 통해 분산화가 교통에너지 측면에서 비효율적이지 않음을 주장했는데 이는 LA의 분산 형태가 집중형 분산 형태에 가깝기 때문이라고 볼 수 있다.

이것을 선행연구의 다핵화 효과에 대한 논의와 연계시킬 때 얻을 수 있는 함의는 다음과 같다.

첫째, 부도심의 존재가 반드시 다핵성을 의미

하지 않으며, 전체 도시권의 통근 위계에 통합되지 않고 독립적인 구조를 가진 고용중심지가 다핵도시 논의에 있어서 독립적 중심이라고 볼 수 있다. 도시공간특성과 탄소배출 및 에너지 소비의 관계에 주목한 연구에서 다핵성은 전체 도시권에서의 통근 위계 등을 통해 상대적으로 판단될 수 있다. 부도심이 다수 존재하더라도 그것이 통합된 형태의 도시권 내부에 하위 중심으로 존재한다면 이 도시의 형태를 분산화된 다핵구조로 보기 어렵다.

둘째, 동일한 용량의 고용과 주택지의 분포에 있어서 복수의 독립적 고용중심을 가진 다핵구조가 통합된 경우에 비해 탄소배출 및 교통에너지 저감에 있어 효율적인 구조일 수 있다. 통근위계 분석 등을 통해 대규모로 통합되어 있는 도시의 경우 앞선 다핵 논의를 고려하여 적극적인 고용

4) 2010년 기준 런던대도시권(Greater London)의 면적과 인구는 각각 약 1572km²과 8백2십만 명 정도이며, LA county incorporated areas의 면적과 인구는 각각 3744km²와 9백3십만 명 정도이다. 면적은 LA가 런던에 비해 두 배 이상 크며 이로 인해 인구밀도는 LA가 런던의 절반정도가 된다.

분산 정책을 고려할 필요가 있다.

셋째, 도심과 가까운 부도심의 성장은 전체 통합 도시권의 확장을 동반하여 장거리 통근을 오히려 심화시킬 수 있다. 교통에너지와 탄소배출 저감을 위한 분산화 정책에 연계된 고용분산 정책에서는 기존 도심에서 충분히 떨어진 곳에 계획되어야 한다.

V. 결론

이 연구에서는 도시공간특성과 탄소배출 및 교통에너지 소비와의 관계에 대한 종합적 분석을 시도했던 국내 연구들을 검토하고 주요변수 및 결과에 대해 살펴보았다. 탄소배출 및 교통에너지 소비에 영향을 미칠 수 있는 도시공간특성을 종합적으로 조망하고자 했던 연구들에서는 토지이용계획 요소, 자연환경 요소, 교통통행 요소 등 다양한 변수들을 선정하고 기술통계분석을 실시했다. 이들 연구에서 공통적으로 공원 및 녹지 등 자연환경적 요소가 탄소배출과 음의 관계를 가지고 있으며, 교통부문이 탄소배출과 양의 관계에 있음이 확인되었다. 도시의 고밀이용 등 압축도시 특성요소에 초점을 둔 실증연구들에서는 대체적으로 압축적 형태의 도시가 탄소배출 및 교통에너지 저감에 긍정적 영향을 미치나 일정 수준 이상으로 과도하게 집중될 경우에 오히려 탄소배출이 늘어날 수 있으며, 집중형 분산 도시 형태가 이러한 측면에서 바람직하다는 결론을 내리고 있다. 압축적 도시개발이나 다핵분산에 대한 시뮬레이션을 시도했던 연구들에서는 이 두 가지 요소 모두 교통에너지 및 탄소배출 저감에 긍정적인 효과를 낼 수 있음을 보였다.

다음 검토에서는 탄소배출 및 교통에너지 소비에 미치는 도시공간특성 중 압축도시와 다핵도시 특성 중심으로 기존 논의를 살펴보았다. 이를 통해 기존 연구에서의 주요 분석결과와 쟁점을 정리했으며 이는 다음과 같다.

첫째, 압축도시특성이 탄소배출 및 교통에너지에 미치는 영향에 대해서는 상반된 연구결과가 존재한다. 통근거리 감소, 대중교통효율성, 에너지 소비 측면에서 분산형 도시구조의 문제점을 지적하는 연구가 있는 반면, 반대로 압축적 도시 형태에서 오히려 통근시간이 길어지고 과밀로 인한 탄소배출이 증가한다는 연구가 있어 서로 배치되고 있다.

둘째, 다핵도시특성이 탄소배출 및 교통에너지에 미치는 영향에 대해서도 상반된 연구결과가 존재한다. 대중교통효율성, 직주근접, 교통혼잡 저감 등의 이유로 다핵형 도시구조의 에너지 효율성을 강조한 연구결과가 있지만, 동시에 통근거리의 증가 등의 이유로 다핵구조가 바람직하지 않다는 연구결과도 있다.

마지막 장에서는 이러한 쟁점의 원인이 다핵구조와 압축도시특성에 대한 이해 및 측정방식의 차이에 기인할 가능성에 착안하여 다핵구조와 압축도시특성에 관한 논의를 고용중심지 분포와 주택권 통합과정 중심으로 설명하려고 노력했다. 고용중심지와 배후 주택지로 이루어진 복수 주택권의 중첩 및 통합 과정에서 개별 고용중심지가 전체 도시권의 통근위계에 통합된 형태의 부도심으로 기능하는 상태와 독립적인 통근위계중심성을 가지는 하나의 핵으로 기능하는 상태를 구분하여 이해할 경우, 다수의 국내 실증연구에서 제시했던 분산형 집중이 탄소배출 및 교통에너지 저감에 있어서 효율적일 수 있는 이유를 설명할

수 있다.

탄소배출 저감에 효율적인 도시정책에 있어서 주택권 통합과정에 대한 고찰을 통한 고용중심지 분포 논의가 가지는 함의는 다음과 같다.

첫째, 부도심의 존재가 반드시 다핵성을 의미하지 않으며, 전체 도시권의 통근 위계에 통합되지 않고 독립적인 구조를 가진 고용중심지의 존재가 다핵도시 논의에 있어서 중요하다. 부도심이 다수 존재하더라도 그것이 통합된 형태의 도시권 내부에 하위중심으로 존재한다면 이 도시형태를 분산화된 다핵구조로 보기 어렵다.

둘째, 동일한 용량의 고용과 주택지의 분포에 있어서 복수의 독립적 고용중심을 가진 다핵구조가 통합된 경우에 비해 탄소배출 및 교통에너지 저감에 있어 효율적인 구조일 수 있다.

셋째, 도심과 가까운 부도심의 성장은 전체 통합 도시권의 확장을 동반하여 장거리 통근을 심화시킬 수 있다. 과밀과 장거리 통근 등으로 인한 교통에너지와 탄소배출 저감을 위한 분산화 정책에 연계된 고용분산 정책에서는 기존 도심에서 충분히 떨어진 곳에 계획되어야 한다.

이 연구는 선행연구들에서 쟁점이 되었던 압축도시특성과 다핵도시특성 관련 쟁점의 원인을 이론적으로 설명하려고 노력했다. 선행 연구의 대상 도시들에 대한 통근위계 분석이나, 복수의 주택권이 중첩될 경우 주택권이 통합되는 시점의 고용중심지간 거리-고용량-배후주택지면적의 임계점에 대한 시뮬레이션 연구 등은 향후 관련 논의를 더욱 풍부하게 하는데 도움이 될 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 김광식, “도시형태와 교통에너지 소비와의 관계정립”, 「국토계획」 제19권 제1호, 대한국토·도시계획학회, 1984, pp.84-97
2. 김경환·서승환, 「도시경제」, 홍문사, 2004
3. 김민주·양지청·정창무, “토지복합이용에 따른 이산화탄소 발생량 변화에 관한 연구”, 「국토계획」 제45권 제6호, 대한국토·도시계획학회, 2010, pp.35-43
4. 김선희·정일호·김성수·정진규, 「자원절약적 국토발전방안 연구」, 국토연구원, 2003
5. 김승남·이경환·안건혁, “압축도시 공간구조 특성이 교통에너지와 소비와 대기오염 농도에 미치는 영향”, 「국토계획」 제44권 제2호, 대한국토·도시계획학회, 2009, pp.231-246
6. 김인현·오규식·정승현, “도시패턴과 탄소배출량의 관계 분석”, 「한국공간정보학회지」 제19권 제1호, 한국공간정보학회, 2011, pp.61-72
7. 김태호·송병근·이수일·이재명, “탄소배출량과 사회경제적 지표관계 실증분석:서울특별시를 중심으로”, 「교통기술과 정책」 제7권 제2호, 대한교통학회, 2010, pp.63-69
8. 남기찬·김홍석·손민수, “인구압축도와 교통에너지와의 관계 연구: 압축지표를 활용하여”, 「국토계획」 제43권 제2호, 대한국토·도시계획학회, 2008, pp.155-168
9. 남창우·권오서, “우리나라 중소도시의 교통에너지 소비특성에 관한 연구”, 「한국지방자치연구」 제7권 제2호, 대한지방자치학회, 2005, pp.169-187
10. 송기욱·남진, “압축형 도시특성요소가 교통에너지 소비에 미치는 영향에 관한 실증분

- 석”, 「국토계획」 제44권 제5호, 대한민국토·도시계획학회, 2009, pp.193-206
11. 안건혁, “도시형태와 에너지활용과의 관계 연구”, 「국토계획」 제35권 제2호, 대한민국토·도시계획학회, 2000, pp.9-17
 12. 양희진·최막중, “압축도시의 탄소증감 효과에 관한 건물·교통·녹지 통합모형”, 「국토계획」 제46권 제3호, 대한민국토·도시계획학회, 2011, pp.281-292
 13. 에너지경제연구원, 「에너지통계연보 2011」, 2011
 14. 유윤진·손세형·김도년, “도시공간구조와 탄소배출량간 상관관계 실증 분석”, 「한국대기환경학회지」 제28권 제30호, 대한대기환경학회, 2012, pp.273-281
 15. 이상현, “도시기본계획 단계에서 활용가능한 탄소배출 저감을 위한 공간배치 시뮬레이터 개발”, 「한국산학기술학회논문집」 제12권 제11호, 대한산학기술학회, 2011, pp.5321-5329
 16. 이주일·김재준, 「공간구조 및 교통수단의 변화가 교통에너지소비에 미치는 영향」, 서울시정개발연구원, 2007
 17. 임은선·이종렬·김형진·이희연, 「도시성장관리를 위한 공간구조 측정방법에 관한 연구」, 국토연구원, 2006
 18. 장명준·신예철·최형선·김태호, “도시규모를 고려한 탄소배출량과 도시특성요소와의 관계 연구”, 「도시행정학보」 제25권 제4호, 2012, pp.57-87
 19. 황금희·천혜영·나혜진, 「교통에너지절약 도시성장 패턴구축을 위한 토지이용전략」, 경기개발연구원, 2001
 20. Aguilera, A., “Growth in commuting distances in French polycentric metropolitan areas: Paris, Lyon and Marseille,” *Urban Studies*, Vol. 42 No. 9, 2005, pp.1537-1547
 21. Alpkokin, P., Y. Hayashi, J. Black, and H. Gercek, “Polycentric employment growth and impacts on urban commuting patterns: Case study of Istanbul,” *Journal of Eastern Asia for Transportation Studies*, Vol. 6 No. 1, 2005, pp.3835-3850
 22. Banister, D., “Planning More to Travel Less,” *Town Planning Review*, Vol. 70 No. 3, 1999, pp.313-338
 23. Bento, A. M., M. L. Cropper, A. M. Mobarak, and K. Vinha, “The Effects of Urban Spatial Structure on Travel Demand in the United States,” *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 87 No. 3, 2005, pp.466-478
 24. Breheny, M. J., “The compact city and transport energy consumption,” *Transactions of the Institute of British Geographers*, New Series, Vol. 20 No. 1, 1995, pp.81-101
 25. Cervero, R., and K. L. Wu, “Polycentrism, commuting and residential location in the San Francisco bay area,” *Environmental and Planning A*, Vol. 29 No. 5, 1997, pp.865-886
 26. Cervero, R., and K. L. Wu, “Sub-centring and commuting: Evidence from the San Francisco bay area, 1980-90,” *Urban Studies*, Vol. 35 No. 7, 1998, pp. 1059-1076
 27. Champion, A. G., “A changing demographic regime and evolving polycentric urban

- regions: Consequences for the size, composition and distribution of city populations,” *Urban Studies*, Vol. 38 No. 4, 2001, pp.657-677
28. Cirilli, A., and P. Veneri, “The impact of commuting-to-work mobility in the Italian urban systems,” Paper presented at the 47th Congress of the European Regional Science Association, Paris August 29th—September 2nd, 2007
29. Ellison, R., “Melbourne’s public transport service,” *Urban Future Journal*, Vol. 20, 1995, pp.33-45
30. Glaeser, E., and M. E. Kahn, “Sprawl and urban growth,” *Handbook of Regional and Urban Economics* 4, 2004, pp. 2482-2527
31. Gordon, P., & H. Richardson, “Gasoline consumption and cities: A reply,” *Journal of the American Planning Association*, Vol. 55 No. 3, 1989, pp. 342-346
32. Gordon, P., H. Richardson, and H. L. Wong, “The distribution of population and employment in a polycentric city: the case of Los Angeles,” *Environment and Planning A*, Vol. 18 No. 2, 1986, pp.161-173.
33. Gordon, P., A. Kumar, and H. Richardson, “The influence of metropolitan spatial structure on commuting time,” *Journal of Urban Economics*, Vol. 26 No. 2, 1989, pp.138-151
34. Handy, S., “Methodologies for exploring the link between urban form and travel behaviour,” *Transportation Research D: Transport and Environment*, Vol. 1 No. 2, 1996, pp.151-165
35. IPCC, *IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage Climate Change 2007*, Geneva: Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2005
36. IPCC, *IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories*, IGES, Japan, 2006
37. Lave, L. B., “Urban externalities”. *Urban Economics Conference*. Vol. 1, Centre for Environmental Studies, Conference Paper 9, London, 1974
38. Leape, J., “The London congestion charge,” *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 20 No. 4, 2006, pp.157-176
39. Levinson, D., and A. Kumar, “The rational locator: Why travel times have remained stable,” *Journal of the American Planning Association*, Vol. 60 No. 3, 1994, pp.319-332
40. Newman, P. W. G., and J. R. Kenworthy, “Gasoline Consumption and Cities,” *Journal of the American Planning Association*, Vol. 55 No. 1, 1989, pp.24-37
41. OECD, *Compact City Policies: A Comparative Assessment*, OECD Green Growth Studies, OECD Publishing, 2012
42. Owens, S., *Energy, Planning and Urban Form*, London: Pion, 1986
43. Park J., *Spatial analysis of housing markets with land rent theory of political economy : the cases of London, Seoul and Los Angeles*,

- Ph.D. dissertation, University College London, 2011
44. Park, J., "The division of spatial housing submarkets: a theory and the case of Seoul," *Environment and Planning A*, Vol. 45 No. 3, 2013, pp.668-690
 45. Parr, J., "The polycentric urban region: A closer inspection," *Regional Studies*, Vol. 38 No. 3, 2004, pp.231-240
 46. Rickaby, P., "Energy and urban development in an archetypal english town," *Environment and planning B*, Vol. 18 No. 2, 1991, pp.153-176
 47. Schwanen, T., M. Dijst, and F. M. Dieleman, "A micro level analysis of residential context and travel time," *Environment and Planning A*, Vol. 34 No. 8, 2002, pp.1487-1507
 48. Stone, B., A. C. Mednick, T. Holloway, and S. N. Spak, "Is Compact Growth Good for Air Quality?," *Journal of the American Planning Association*, Vol. 73 No. 4, 2007, pp.404-418
 49. Susilo, Y. O., and K. Maat, "The influence of built environment to the trends in commuting journeys in Netherlands," *Transportation*, Vol. 34 No. 5, 2007, pp.589-609
 50. Veneri, P., "Urban polycentricity and the costs of commuting: evidence from Italian metropolitan areas," *Growth and Change*, Vol. 41 No. 3, 2010, pp.403-429