



저작자표시-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

도시공간구조와 도시권 교통에너지  
효율성의 관계에 관한 연구  
-서울 대도시권을 중심으로

A Study on Relationship between Urban Spatial  
Structure and Transportation Energy Efficiency  
in Seoul Metropolitan Area

2013년 2월

서울대학교 대학원  
건설환경공학부 도시설계전공

이 무 엽



도시공간구조와 도시권 교통에너지  
효율성의 관계에 관한 연구  
-서울 대도시권을 중심으로

A Study on Relationship between Urban Spatial  
Structure and Transportation Energy Efficiency in  
Seoul Metropolitan Area

指導教授 安 建 燮

이 論文을 工學碩士 學位論文으로 提出함  
2013년 2월

서울대학교 大學院  
建設環境工學部 都市設計專攻

李 茂 燁

李茂燁의 碩士學位論文을 認准함  
2013년 2월

委員長 \_\_\_\_\_ (인)

副委員長 \_\_\_\_\_ (인)

委 員 \_\_\_\_\_ (인)



## 국문초록

서울은 1960년대 이후로 다핵화 정책을 취하고 있으며 현재 2030 서울 도시 기본계획에서도 다핵화 도시공간구조 전략을 지속 추진하고 있다. 서울 뿐 만 아니라 국내 대다수의 도시에서 다핵화 도시공간구조 전략을 취하고 있으며, 이는 도시 내의 균등발전 뿐 만 아니라 직주근접 효과에 의한 교통에너지 소비 저감을 위한 계획으로 제시되고 있다. 실제로 국내 도시의 공간구조를 살펴보다라도 여러 시군에서 다수의 핵을 발견할 수 있다. 이는 시장력에 의한 자연스러운 부도심의 형성일 수도 있으며, 정책적인 의도에 의한 부도심 및 지역중심의 형성일 수도 있다.

그러나 이러한 개별도시의 다핵화 도시공간구조 전략은 광역적 도시공간구조를 고려하지 않은 것이 대부분이며, 광역도시계획을 반영한다고 하더라도 대부분의 도시기본계획에서 제시하는 공간구조 전략은 광역적 계획과 연계되지 않고 있는 실정이다. 서울 대도시권의 도시들을 살펴보면, 대부분의 도시에서 내부통행율이 70%에 미치지 못하는 것을 발견할 수 있다. 하나의 생활권으로서 서로 연계되어 있기 때문에 상당 비율의 교통이 광역적으로 발생하며, 이에 따라 개별도시의 도시공간구조 전략의 효과 또한 광역적으로 살펴볼 필요가 있다. 이에 반해 기존의 도시공간구조와 교통에너지 소비 저감에 대한 연구들은 연구의 대상을 도시 내부로 국한시켰기 때문에 수도권과 같이 서로 연계되어 있는 도시들에 관하여 일괄 적용시키기에는 한계를 가진다. 또한 기존의 다핵화 도시공간구조와 교통에너지 소비 저감에 대한 실증연구들은 대부분 횡단면 분석으로 시행되었을 뿐이며, 실제 다핵화 정책의 효과가 교통에너지 절감으로 나타나는지는 알 수 없는 것이다. 이에 본 연구에서는 서울 광역도시권을 대상으로 도시의 다핵화 도시공간구조 전략이 실제 광역적 교통에너지 효율성 측면에서 효과가 있는지 검증하였다.

이를 위한 본 연구의 가설은 다음과 같다. 첫째, 도시의 유형에 따라 도시 내부의 특정 고용중심지의 성장은 도시의 광역교통비율을 증가시킬 것이다. 도시 내 특정 지역의 중심성이 성장한다면, 그에 대한 영향력의 크기 또한 커져 배후지의 공간적 확장을 초래하기 때문에 더 넓은 배후지로부터 발생하는 광역교통량의 비율이 증가할 것이다. 둘째, 개별도시의 다핵화는 도시만의 교통에너지 소비 저감에는 효율적일 수 있으나 대도시권의 총 교통에너지 소비 저감에는 효율적이지 못할 것이다. 광역교통량을 발생시키는 중심지 개수의 증가는 대도시권 범위에서 총 교통에너지 소비량을 증가시킬 것이다.

이러한 가설 검증을 위해 첫 번째로 중심성 지수 변화량과 서울의존성 지수 변화량간의 상관관계를 분석하였다. 본 분석에서, 서울 대도시권에서 발생하는 대부분의 광역교통량은 중추도시인 서울에 관련하였으므로 서울의존성 지수는 광역교통비율을 대체한다. 또한 중심성 지수는 도시 내 각 지역들의 중심성의 크기를 가늠할 수 있는 지수이며, 각각의 지수는 1996년과 2002년을 시점으로 하여 산출되었다. 두 번째 가설을 검증하기 위하여 미래 교통량 예측을 통해 각 시나리오 별 교통에너지를 산출하는 시뮬레이션 분석을 사용하였다. 서울 대도시권 내 도시공간구조에 관하여 다른 특성을 갖는 수원, 의정부, 김포, 세 도시에 대하여 각각 현재추세 연장, 단핵집중, 다핵분산의 세 가지 시나리오를 적용하여 각각의 도시권 총 교통에너지 소비량을 비교 분석하였다.

그 결과, 첫 번째 분석에서는 서울과 인접한 인천과 경기도를 포함한 총 19개 도시 중 의왕시, 김포시, 광주시, 양주시, 안산시를 비롯한 총 5개 도시에서 중심성 지수 변화량과 서울의존성 지수 변화량 간 상당한 상관관계를 발견할 수 있었다. 즉 이것은 이러한 도시에서는 특정 지역이 새로운 중심지로 부상하거나, 중심성 특성이 강화될 경우 그 지역으로부터의 광역 교통량이 증가한다는 것을 의미한다. 반면 부천시, 고양시, 군포시, 광명시, 시흥시, 수원시, 안양

시, 7개 도시에서는 상관관계가 미약하거나 관계를 거의 발견할 수 없었으며 남양주시, 구리, 성남시, 하남시, 과천시, 의정부시에서는 오히려 음의 상관관계를 발견하였다. 이러한 도시 별 상이한 결과를 설명하기 위해 실시한 도시공간구조 특성을 통한 군집분석에 따르면, 강한 상관관계를 갖는 대부분의 도시들에서는 인구 및 경제 규모가 작고 산업특성과 토지이용특성에 관하여 3차산업 비율과 주거지역비율이 작아 아직 자족성이 부족한 것으로 드러났다.

두 번째 분석의 결과에 따르면, 앞서 실시한 상관분석에서 서로 다른 결과를 갖는 도시들인 김포시, 의정부시, 수원시에 대하여 김포시에서는 단핵집중형 시나리오가 가장 적은 교통에너지 소비량을 나타내었고, 의정부시에서는 다핵분산형 시나리오가, 수원시에서는 현재추세형 시나리오가 가장 적은 교통에너지 소비량을 나타내었다. 이러한 결과로 미루어 볼 때, 김포시와 같이 상관분석에서 각 변량 간 큰 양의 상관계수를 가져 특정 중심지의 성장이 광역교통량의 발생을 증가시키는 도시에서는 실제로 단핵도시공간구조가 효율적인 전략이 될 수 있음을 의미한다.

이러한 결과를 통해 본 연구는 교통에너지 효율성 측면의 기존 연구들을 바탕으로 지속가능한 도시개발의 대안으로서 맹목적인 다핵도시공간구조 전략 추구에 대한 위험성을 제시한다. 개별도시에 대한 공간구조 관련 특성에 대한 논의 없이 맹목적으로 다핵화 전략을 추진하는 것은 결국 광역 통행량의 발생을 증가시켜 교통에너지 효율성의 효과를 보지 못할 뿐만 아니라, 오히려 부정적일 수 있음을 밝힌다. 실제로 김포시, 양주시를 포함한 서울 대도시권 내 대부분의 도시에서는 2020 도시기본계획을 통해 다핵화 도시공간구조를 추구하고 있으나, 이러한 맹목적인 도시공간구조 전략은 지양되어야 한다. 또한 기존 연구에서는 일반적으로 인구규모에만 국한하여 다핵화 수준을 가늠하였던 것에 반하여 본 연구에서는 더 나아가 도시의 인구특성 뿐만 아니라 경제적 특성,



산업적 특성, 토지이용 특성으로 다핵화 전략의 가능성을 가늠하여 지속가능한 개발의 견지에서 더욱 효과적일 수 있음을 제시한다.

주요어 : 도시공간구조, 교통에너지 효율성, 다핵분산, 상관분석, 군집분석,  
시뮬레이션분석

학 번 : 2011-20991

이 름 : 이 무 엽

## 목 차

제1장. 서 론	1
1. 연구의 배경	1
2. 연구의 목적	4
3. 연구의 내용 및 구성	6
제2장. 이론적 배경	7
1. 도시공간구조	7
2. 장래교통 수요 예측	11
3. 도시공간구조와 에너지 효율성	16
제3장. 중심지 성장과 광역 교통량 발생간의 연관관계	19
1. 분석의 틀	19
1) 분석의 대상 및 범위	19
2) 분석의 흐름	20
2. 중심성지수 변화량과 서울의존성 지수 변화량 상관분석	22
1) 분석 방법	22
2) 분석 단위 및 분석의 데이터	27
3) 실증 분석 및 결과	28
3. 경기도 내 서울 인접도시 유형 분류	32
1) 분석 방법	32
2) 분석 결과	35
4. 소결	37

제4장. 장래 교통 통행량 추정과 에너지 소비량 분석	39
1. 분석의 틀	40
1) 분석의 대상 및 범위	40
2) 분석의 흐름	42
2. 분석 방법 및 실증 분석	43
1) 사회경제지표 추정	43
2) 시나리오 구성	46
3) 통행발생	49
4) 통행분포	51
5) 통행수단선택	53
6) 수단별 에너지 소비량 산출	57
3. 분석의 결과	58
1) 장래 교통 수요 추정 결과	58
2) 도시 및 시나리오 별 에너지 소비량 결과	61
4. 소결	64
제5장. 결론	66
1. 연구의 요약	66
2. 정책적 시사점	67
3. 연구의 한계 및 향후 연구과제	68
참고문헌	70

## 표 목차

〈표 1〉 경기도 시·군별 인구수.....	2
〈표 2〉 서울 인접 도시 내부통행율.....	3
〈표 3〉 도시공간구조 판별에 관한 선행연구.....	9
〈표 4〉 통행발생모형의 종류와 특징.....	12
〈표 5〉 통행분포모형의 종류와 특징.....	13
〈표 6〉 도시공간구조와 교통에너지 효율성에 관한 선행연구.....	17
〈표 7〉 사업체 기초통계 산업구분 및 기능고도화도 값.....	25
〈표 8〉 중심성 지수 변화량.....	28
〈표 9〉 서울의존성 지수 변화량.....	29
〈표 10〉 경기도 선정도시 별 상관계수 값.....	30
〈표 11〉 경기도 도시 유형분류 사용지표.....	33
〈표 12〉 도시별 선정변수별 특성현황.....	34
〈표 13〉 서울 인접도시 유형 및 유형별 특성.....	35
〈표 14〉 선정도시 특성.....	40
〈표 15〉 수원 인구 및 고용 변화.....	43
〈표 16〉 의정부 인구 및 고용 변화.....	44
〈표 17〉 김포 인구 및 고용 변화.....	45
〈표 18〉 도시 별 목표연도(2036) 인구, 고용, 학생, 취업자 수.....	46
〈표 19〉 수원 도시공간구조 시나리오.....	47
〈표 20〉 의정부 도시공간구조 시나리오.....	47
〈표 21〉 김포 도시공간구조 시나리오.....	48
〈표 22〉 통행목적별 회귀분석 독립변수.....	50
〈표 23〉 효용함수의 사용 변수.....	55
〈표 24〉 버스요금 적용 기준.....	56

〈표 25〉 수단 별 효용함수 식.....	56
〈표 26〉 수단 별 에너지 소비량 기준 값.....	57
〈표 27〉 수원 장래교통 수요 추정결과.....	58
〈표 28〉 의정부 장래교통 수요 추정결과.....	59
〈표 29〉 김포 장래교통 수요 추정결과.....	59
〈표 30〉 수원 교통에너지 총 소비량 결과.....	61
〈표 31〉 의정부 교통에너지 총 소비량 결과.....	62
〈표 32〉 김포 교통에너지 총 소비량 결과.....	63

## 그림 목차

〈그림 1〉 연구 흐름도.....	6
〈그림 2〉 경기도 내 선정도시.....	19
〈그림 3〉 3장 분석의 흐름 .....	20
〈그림 4〉 경기도 선정도시별 상관계수 값.....	31
〈그림 5〉 계층적 군집분석 결과(덴드로그램).....	35
〈그림 6〉 4장 분석의 흐름.....	42
〈그림 7〉 수단선택 과정.....	54



# 제 1 장. 서론

## 1. 연구의 배경

서울은 1960년대 이후로 다핵화 정책을 취하고 있으며 현재 2030 서울도시 기본계획을 살펴보더라도 1도심과 더불어 상암, 용산, 영등포, 영동(강남), 청량리(왕십리)의 5부도심과 11지역중심을 설정하여 다핵화 도시공간구조로의 전략을 지속 추진하고 있다. 또한, 서울뿐만 아니라 다른 여러 도시에도 다핵화 도시공간구조는 하나의 경향으로 굳어지고 있는 추세이다.<sup>1)</sup> 특히 서울, 인천, 경기도를 포함하는 수도권 대부분의 시·군에서도 다핵화 전략을 추진하고 있으며, 실제로 2000년도 이후 국내 중·소도시들의 다핵화가 진전되어, 여러 시·군에서 다수의 핵이 형성됨을 발견할 수 있다.

도시의 다핵화 현상은 도시의 인구 규모에 따라 자연스럽게 발현되기도 하며, 강력한 정책기제가 다핵화에 영향을 주고 있는 것으로 나타난다(구정은, 2006).<sup>2)</sup> 일반적으로 도시 인구의 규모가 30만 명이 넘어서면서 다핵화에 관한 논의가 수행되며, 구정은(2006)에 따르면 평균적으로 50만 명을 넘어서면서 2개의 핵이 형성된다.

표 1에 나타난 바와 같이 경기도 31개 시·군의 경우, 31개의 시·군 중 22개의 시·군이 50만 명에 미치지 못하는 인구규모를 지니고 있다.<sup>3)</sup> 이럼에도 불구하고, 경기도 대다수의 시·군이 도시기본계획에서 다핵화 전략을 추진하고 있으며 실제로도 다수의 고용 중심지를 가지고 있는 것으로 드러난다.

---

1) 각각 서울: 1도심, 5부도심, 11지역중심(2030 서울도시기본계획), 부산: 1도심, 5부도심, 5지역중심(2030 부산도시기본계획), 인천: 3도심, 4부도심, 6지역중심(2030 인천 도시기본계획)의 도시공간구조 구상을 수립하였으며, 이밖에도 많은 도시들이 다핵화 전략을 세워 추진하고 있다.

2) 구정은(2006)에 따르면, 도시의 인구가 50만 명으로 늘어나면 핵이 2개로 늘어나고, 인구가 약 80만 명에 도달하면 핵이 3개로 늘어나며 다핵화가 진전됨을 확인하였다.

3) 2010. 경기통계연보



<표 1> 경기도 시·군별 인구수(2010 경기통계연보)

시군명	인구(계)	시군명	인구(계)
수원시	1,104,681	김포시	250,669
성남시	996,524	화성시	532,326
안양시	628,831	광주시	259,387
부천시	890,875	여주군	111,691
광명시	348,214	양평군	96,950
평택시	431,827	의정부시	435,873
안산시	753,862	동두천시	98,311
과천시	72,595	고양시	962,297
오산시	186,829	구리시	197,879
시흥시	421,105	남양주시	569,756
군포시	293,263	파주시	364,223
의왕시	148,786	양주시	204,438
하남시	152,250	포천시	169,050
용인시	891,708	연천군	45,973
이천시	206,920	가평군	59,916
안성시	184,875		

출처: 2010 경기통계연보

일반적으로 다핵화 도시공간구조는 지속가능한 도시개발의 효과적인 방법으로 제시되는데, 지속가능성이라는 시각으로부터 다핵화 구조의 가장 큰 장점은 에너지 효율화에 기여할 수 있다는 점이다. 도시의 공간구조를 단핵구조에서 다핵구조로 형성함으로써, 직주근접의 효과를 창출하여 총 이동거리의 감소를 통한 교통에너지 효율성을 추구할 수 있다. 그러나 이러한 가정은 단일 도시 내에서 이용자들이 이동할 때만 성립 가능하다. 다핵화 도시공간구조의 교통에너지 효율성에 관한 논의들은 도시 내 거주자들의 이동거리에 관하여만 초점이 맞추어져 있으며, 도시 외 거주자들은 논의의 대상이 되지 못한다. 하지만 실제로 서울 대도시권에 속한 도시들을 살펴보면 내부통행율이 상당히 낮은 것을 발견할 수 있다.

<표 2> 서울 인접 도시 내부통행율

구분		내부통행율*
인천	인천	85.5
경기	수원	77.6
	안산	76.2
	고양	72.0
	부천	70.8
	남양주	69.1
	성남	69.0
	양주	66.9
	의정부	66.8
	광주	65.1
	안양	63.6
	시흥	63.0
	군포	62.5
	광명	61.6
	하남	61.1
	김포	58.0
	의왕	55.6
	구리	55.3
과천	39.6	

표 2를 살펴보면, 서울과 인접한 도시들의 내부통행량이 가장 높은 도시는 인천으로 85%에 달하지만, 대부분의 도시의 내부통행율은 70% 미만으로 드러난다. 즉, 해당 도시 경계 내부에서의 분석으로는 대다수의 도시에서 다핵화 도시공간구조의 교통 에너지 효율성의 설명력이 완전하지 않다.

특히 현대의 도시들은 개별적으로 기능하기 보다는 인접한 도시들 간의 연계한 네트워크의 중요성이 강화되어 하나의 유기체처럼 기능하기 때문에 개별 도시에서보다 큰 영역에서(서울 대도시권) 전체적인 전략을 세울 필요가 있다. 이러한 관점에서 개별 도시의 공간구조와 교통에너지 효율성(지속가능한 개발)의 관계도 큰 영역에서 살펴볼 필요가 있다.

## 2. 연구의 목적

현재 국내 대부분의 도시에서 다핵화 도시공간구조 전략을 취하고 있으며, 이는 도시 내 균등발전 뿐만 아니라 교통에너지 효율화를 위한 계획으로 제시되고 있다. 실제 국내 도시의 공간구조를 살펴보면 다수의 핵을 발견할 수 있다. 이것은 시장력에 의한 자연스런 부도심의 형성일 수도 있으나, 이러한 정책적인 의도에 의해서도 다수의 핵이 형성되고 있다. 다핵화 도시공간구조 전략이 교통에너지 효율성에 미치는 영향은 실제로 다수의 연구에서 분석되었으며, 이에 의하면 다핵 도시공간구조는 도시 내 직주 근접의 효과를 창출하여, 통행거리를 감소시킴으로써 교통에너지 소비를 저감시킨다고 주장된다.

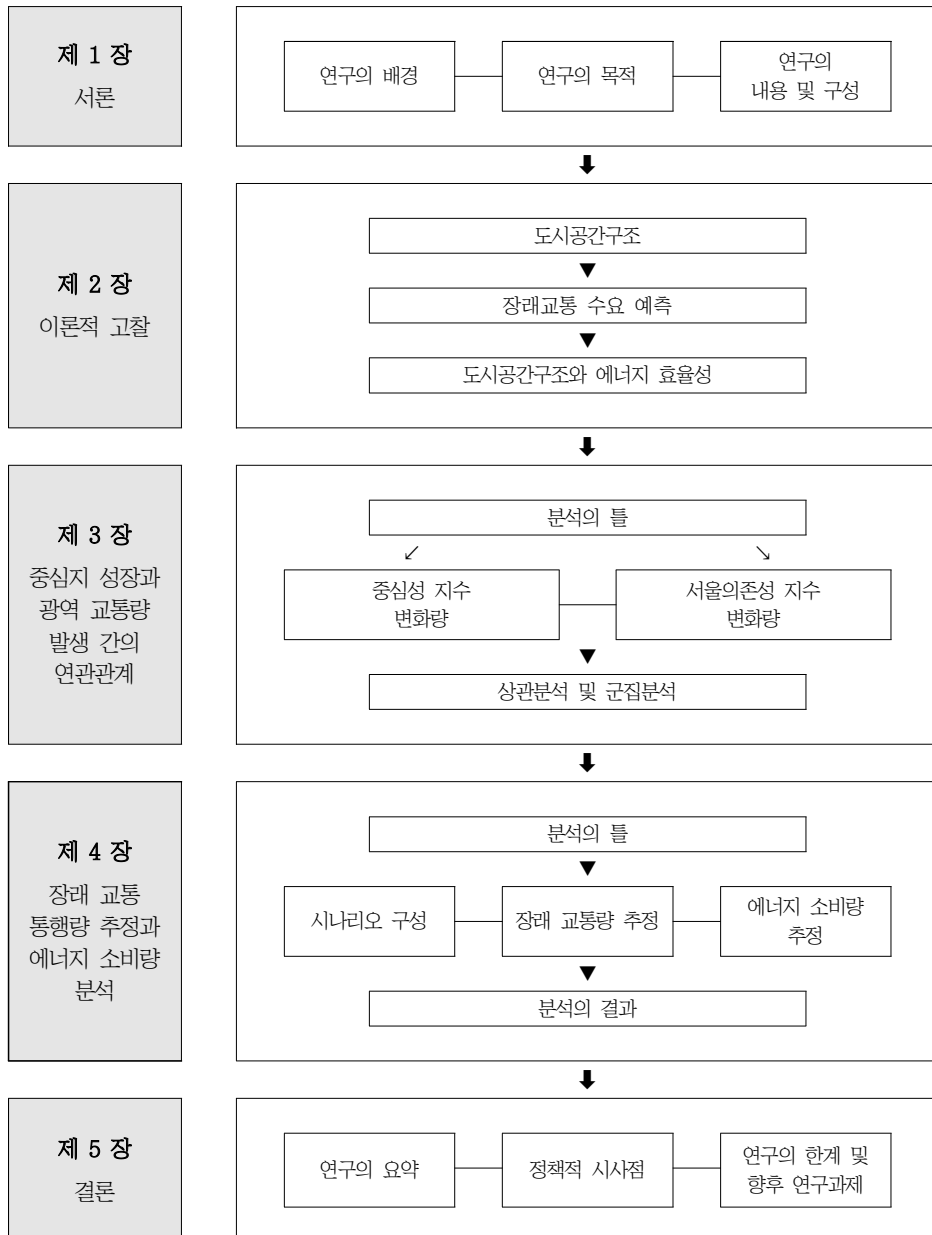
그러나 이러한 개별도시의 다핵화 정책은 광역적 도시공간구조를 고려하지 않은 계획이 대부분이다. 광역도시계획을 반영한다고 하더라도 대부분의 도시 기본계획에서 제시하는 공간구조 전략은 광역적 계획과 연계되지 않고 있는 실정이다. 또한 다핵화 도시공간구조와 교통에너지 소비 저감에 대한 실증연구들은 대부분 횡단면 분석으로 시행되었을 뿐이며, 실제 다핵화 정책의 효과가 교통에너지 절감으로 나타나는지는 알 수 없는 것이다.

Christaller(1993)의 중심지 이론에 의하면 ‘중심성’은 중심지에 입지한 기능의 양과 종류에 의해 결정된다고 하였다. 기능은 즉 고용에 의하여 결정되며, 이렇게 결정된 중심지의 ‘중심성’ 크기에 따라 그 배후지의 크기가 결정된다. 국내 도시들 중 도시의 인구 및 경제의 규모가 상당하여 자립도가 높은 도시의 경우 도시 내 중심지에 의해 형성된 배후지를 스스로 만족시킬 수 있으나, 도시의 인구 및 경제의 규모가 작고 자립도가 낮은 도시들은 중심지의 과도한 성장에 의한 넓은 배후지를 스스로 만족시키기는 힘든 편이다. 따라서 도시 유형에 따라 중심지를 결정하는 도시공간구조를 신중하게 수립할 필요가 있다.

이에 따른 가설은 다음과 같다. 첫째, 도시의 유형에 따라 도시 내부의 특정 고용중심지의 성장은 도시의 광역교통비율을 증가시킬 것이다. 도시 내 특정 지역의 중심성 성장은 그에 따른 배후지의 성장을 초래하기 때문에 더 넓은 배후지로부터 발생하는 광역교통량의 비율이 증가할 것이다. 둘째, 개별도시의 다핵화는 도시만의 교통에너지 소비 저감에는 효율적일 수 있으나 대도시권의 총 교통에너지 소비저감에는 효율적이지 못할 것이다. 첫 번째 가설에 의하여 광역교통비율이 증가한다면, 근거리 교통에 비하여 큰 교통에너지를 소모하는 광역 교통에 의하여 총 교통에너지 소비가 증가할 것이다. 대부분의 사전 연구에서는 도시공간구조와 도시 내의 교통에너지 효율성에 관한 분석을 수행하였으나 광역망에서의 교통에너지 소비는 반드시 저감되지 않을 것이다.

이러한 가설을 검증하기 위해, 먼저 과거의 데이터를 통해 도시 내부 고용중심지 성장이 도시 외부로의 광역교통 발생량 증가와 관련이 있음을 밝히고, 이후 시뮬레이션 분석을 통해 개별도시의 도시공간구조 형태와 그 도시를 포함한 광역 도시권의 경계에서의 교통에너지 효율성이 어떠한 관련을 갖는지 분석하여 본다.

### 3. 연구의 내용 및 구성



〈그림 1〉 연구 흐름도

## 제 2 장 이론적 배경

### 1. 도시공간구조

도시공간구조의 이해는 도시의 물리적 환경에 대한 총체적 이해를 도울 뿐만 아니라, 도시의 미래상을 제시하기 위한 근본적인 틀이 되기 때문에 매우 중요하며, 그에 대한 연구도 활발하게 수행되어왔다.

단핵도시개념에 기초한 이론들은 19세기 산업도시들을 적절하게 설명하였다. 그러나 현대의 대도시들이 도시의 성장, 특히 교외지역의 성장과정을 겪어감에 따라 이러한 이론들은 현대도시들을 효과적으로 설명하지 못하게 되었으며, 연구자들은 다핵도시구조, 네트워크도시 등 단핵구조 이론에 대한 대안들을 모색하기 시작하였다(조명호·임창호, 2001).

그에 따르면 대부분의 도시는 도시 성장에 따라 여러형태의 도시 공간구조를 보이게 되는데 특히 도시의 중심지의 분포에 따라 단핵, 다핵, 다중심 도시 등으로 발전하게 된다(남영우, 2007).

#### 1) 단핵심 도시

단핵심 도시는 중심지가 하나인 도시구조형태로 도시의 모든 고용은 도시 중심부에 위치한 중심 업무지구에서 발생하며 주변에 주거지가 형성된다. 단일 중심도시의 모든 통근수요는 주거지에서 도심으로 그 반대로 도심에서 주거지로 발생한다. 즉, 도심지에 대한 접근성이 입지 결정에 있어서 가장 중요한 요인이 된다. 도시 지대이론에 의하면 도시에 대한 접근성은 지가에 반영되어 지가는 도심에서 가장 높으며, 도심에서 멀어질수록 감소하는 형태를 나타낸다. 이 모형은 중심지가 하나인 대부분의 중소 도시에는 적용하나, 다핵화한 대도시에 그대로 적용하기에는 한계가 있다.

## 2) 다핵심 도시

도시가 발전하면서 도심 이외의 장소에 또 다른 핵(부도심)이 형성되어 두 개 이상의 중심지를 갖는 도시이다. 이러한 부도심은 시장력에 의해 자연적으로 형성되는 경우도 있고, 도시 정부에 의해 계획적으로 형성된 경우도 있다. 실제로 규모 면에서 인구 100만 이상의 대부분의 도시들은 다핵심 구조를 갖는다고 할 수 있다. 그러나 다핵심 도시도 일시적으로 팽창하여 형성된 도시에서는 별 문제가 없으나, 복합적으로 발전하는 거대 도시에 일률적으로 적용하는 데는 문제가 있다. 즉, 각 다핵이 모두 특화되어 있다는 기본 가정 때문에 각 핵에서 나타나는 공통적인 도시 기능의 중복성을 설명하는데 어려움이 있다.

## 3) 다중심 도시

광역도시의 많은 중심지들은 다핵이라기 보다는 인구 규모에 따라 형성되는 비슷한 도시의 기본 기능을 수행하는 복합 혹은 다중심 도시로 보아야 할 것이다. 그 의미는 기능적 특화에 중점을 두기보다는 도시 성장 과정에서 급성장하는 인구와 고용, 그리고 서비스 수요에 의해 도시 내의 자연적 조건과 교통수단이 허락하는 범위 내에서 자연 발생적으로 형성된 것으로 본다.(이기석, 1995) 따라서 다중심 도시는 전문화된 특정 기능을 지닌 다핵이 아닌 규모의 차이는 있을지라도, CBD와 같은 중심지를 복사한 듯한 여러 중심지로 이루어진 도시를 말한다.

## 4) 도시공간구조 관련 선행연구

단핵구조 이론을 대체하는 다핵도시구조에 관한 연구가 많이 이루어졌으며, 국내 많은 도시들에 대하여 다핵도시공간구조 판별에 관한 연구가 많이 수행되었다. 이러한 사전연구들에 대하여 상세히 살펴보면, 서울과 인접한 도시들에 대하여, 배명은(2011)은 성남시의 도시공간구조가 1996년에서 2009년의 시간

변화에서 다핵중심으로 변모했음을 보였다. 한학규(2009)의 연구 또한 부천시의 도시공간구조가 1966년에서 2006년의 시간변화 속에서 다핵구조로 변모했음을 보여주었으며, 노희순 등(2004)은 인천광역시를 중심으로 다핵심과 다중심 도시공간구조로의 발전을 실증 분석하였다. 그 밖의 사전연구들은 표 3에 나타난 바와 같다.

<표 3> 도시공간구조 판별에 관한 선행연구

연구	제목	내용	중심지 분석자료 및 식별방법
김창석 우명제 (2000)	서울시 중심지 발전과 중심지 형성에 관한 연구	서울 내 중심지 마다의 특성을 분류하여 공간구조 전략의 필요성을 논함	고용자, 사무실/사업/공업연상면적, 지가, 목적통행량
오세현 (2001)	평택시 도시공간구조의 시계열적 변화 분석	평택시의 새로운 발전 축 및 분산화 발견	개발에 따른 토지이용변화 시계열 공간자료 분석
조명호 임창호 (2001)	수도권 도시공간구조의 분석	수도권의 공간위계가 서울위주에서 수도권 전역으로 확산함을 밝힘	OD통행량(지역별 영향력을 분석하여 상호관계를 분석)
전명진 (2003)	비모수적 방법을 통한 서울의 고용중심지 변화분석	서울의 도시공간구조에 대하여 1980년대 이후로 다핵화가 가속화 됨을 밝힘	고용밀도를 사용해 비모수적 방법 활용, 공간구조 분석
노희순 이창무 최막중 (2004)	도시공간구조의 다핵화 과정에 관한 연구	인천의 도시공간구조가 다중심 구조로 발전하였음을 밝힘	OD통행량(단위통행 유입량, 유출량을 기준으로 영향력 산출)
김주일 (2005)	기능 특성에 기초한 서울 도심의 중심성 및 영향력에 관한 연구	서울의 3핵 중심 도시공간구조를 분석함	사업체, 고용자, 인구, 기능고도화도
한학규 (2009)	부천시 도시공간구조의 변화와 특성에 관한 연구	10년간 부천시의 도시공간구조가 다핵구조로 변모했음을 보임	공간구문론(Space Syntax) 분석
선권수 (2009)	중심지 체계와 도시공간구조 특성에 관한 연구	서울시의 도시공간구조의 변화와 실제 분석결과를 비교분석함	인구밀도, 고용밀도, 토지이용을 통한 분석들을 비교
육석문 (2009)	도시공간정책이 중심지 체계변화에 미치는 영향에 관한 연구	정책분석을 통한 인천의 중심지 형성과정 및 변화 원리, 요인 확인 및 외연적 확산 발견	연상면적데이터, 용도별면적, 밀도지수 등
배명은 (2011)	성남시 도시공간구조 변화 연구	1990년대 10년간 성남시의 공간구조가 다핵구조로 변모했음을 보임	인구, 사업체, 종사자 공간적 분포 분석



대부분의 연구에서 특정 도시를 대상으로 연구를 수행하였으며 중심지 체계 판별을 위해 사용된 지표들은 고용 및 인구 자료, 고용밀도, 교통량, 지가, 토지이용과 같은 간접적인 방법까지 다양하게 나타난다. 그 결과 연구대상들이 실증분석으로부터 단핵도시구조를 탈피하여 다핵심 도시공간구조 및 다중심 도시공간구조로의 변화를 논의하였으며, 이에 따라 새로운 도시공간구조의 정책적 전략을 제시하였다. 이러한 연구들에 따르면, 서울은 1970년대 이후 꾸준히 다핵화의 현상을 보였고, 실제로 다핵화 도시공간구조의 전략을 채택하고 있는 것을 도시기본계획에서 발견할 수 있다. 뿐만 아니라 국내 수도권 내부 및 외부의 대도시 지역들에게서도 다핵화 혹은 다중심 도시공간구조의 발현을 발견할 수 있었다.

## 2. 장래교통 수요 예측

교통수요 분석에서 일반적으로 사용되는 방법은 4단계 모형이며, 이는 도시 및 교통연구에 있어서 많은 연구의 근간이 되는 모형이다. 4단계 모형은 지난 30년 간 논의되어 왔으며, 과정의 계획단계에서 도시 활동이 교통의 수요를 창출한다는 가정 하에 정립되었다(Khistry, 2003). 4단계 모형은 각 단계별로 결과에 대한 검증을 통해 현실적 묘사가 가능하며 단계별로 적절한 모형을 선택하는 것이 가능하기 때문에 장점을 지닌다. 4단계 모형은 통행발생, 통행배분, 수단선택, 노선배정으로 이루어지며 본 연구에서는 에너지 소비량을 산출하기 위해 수단선택까지의 과정을 진행한다.

### 1) 통행발생모형

도시의 전 지역이나 지구 등지에서 어느 시간에 주거지나 직장 등의 주변에서 일어나는 단거리 이동을 제외한, 사람 또는 차량의 통행량을 통행발생이라고 하고 그 총량을 통행발생량이라 일컫는다(김진자, 2003). 통행발생량은 일반적으로 대상지역의 1일 통행량을 기본으로 하여 산출하는데, 이에 사용되는 통행발생모형으로는 과거추세 연장법, 증감율법, 원단위법, 카테고리 분석법, 다항분류법, 회귀분석법 등이 있으나 일반적으로 많이 쓰이는 방법은 카테고리분석법과 회귀분석법이다.

<표 4> 통행발생모형의 종류와 특징

방법	특징
과거추세 연장법	과거추세 연장법은 개략적인 총량지표 산정에 적용될 수 있는 방법으로 신뢰할만한 과거지표가 부족한 현실에서 부적절한 기법이다.
증감율법	현재의 통행유입·유출량에 장래의 인구, 자동차 보유대수 등 사회경제적 지표의 증감률을 곱하여 장래의 값을 구하는 방법으로 개략적인 수요추정을 목적으로 한다.
원단위법	현재의 유입·유출량과 해당 지역의 특성을 나타내는 여러 가지 지표간의 상관관계를 구하여 이것으로부터 목표연도의 통행량을 예측하는 방법이다. 증감률법에 비해 신뢰도가 높은편이다.
다항분류법	F통계, 상관계수 통계적 적합도를 활용할 수 있어 카테고리 분석법의 단점을 극복할 수 있으나, 클래스별 사회경제지표가 요구되는 문제로 장래통행수요 예측에 적용되기 어렵다.
카테고리 분석법	카테고리 분석법은 가구당 통행 발생량과 같은 종속변수를 소득이나 자동차 보유대수 등의 설명변수들에 의해 교차분류시켜 도출해 내는 단순하고 이해하기 쉬운 모형이다.
회귀분석법	회귀분석법은 통행유입·유출량과 해당 지역의 사회경제적·토지이용적 특성을 나타내는 변수 사이의 관계를 나타내는 회귀식을 구하고 이 식에 의해 장래 유입·유출량을 추정하는 방법이다.

출처: 김진자(2003)의 내용을 재구성

통행발생모형의 유형별 특징은 표 4에 나타난 바와 같으며, 신뢰도 및 가정의 전제 제약 면에서 카테고리 분석법과 회귀분석법이 일반적으로 사용된다.

## 2) 통행분포모형

통행분포 예측 단계는 4단계 교통수요 예측 모형 중 2번째 단계로 통행발생에서 예측된 각 지역별 통행발생량과 통행유인량을 각 단위지역 간의 교차통행으로 배분하는 과정이다. 일반적으로 통행분포 모형은 발생 및 유인 통행량에 비례하고 통행저항에 반비례한다. 이러한 측면에서 지역간 교차통행량은 유인존에서의 유인 통행량이 클수록 커지게 되며, 통행저항이 작을수록 커지게

된다. 또한 통행 목적에 따라 수요 탄력성이 다르게 나타난다. 통행분포모형은 방법에 따라 성장인자법, 중력모형, 간섭기회모형, 엔트로피 극대화 모형 등으로 구분한다. 또한 추정하는 존 별 통행 발생량과 유입량을 제약조건으로 할 때 양편제약모형, 단편제약모형, 무제약 모형으로 나눌 수 있다.

<표 5> 통행분포모형의 종류와 특징

방법	특징
성장인자법	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 존간 통행저항을 고려하지 않음</li> <li>· 존별 통행유출량 및 유입량의 추정성장률을 계수로 함</li> <li>· Heuristic한 방법으로 단순함</li> <li>· 기준년도의 기종점표를 근거로 하여 추정하므로 부정확함</li> </ul>
중력모형	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 물리학의 중력이론을 이론적 근거로 함</li> <li>· 존별 통행유출량 및 유입량을 만족시키며 통행저항을 최소화하는 통행배분</li> <li>· 통행저항계수에 따라 배분통행량의 분포가 변함</li> </ul>
간섭기회모형	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 인구이동모형을 통행배분 과정에 적용함</li> <li>· 통행자의 목적지 선택확률 개념을 사용함</li> <li>· 목적지 선택확률 잠재적 목적지가 갖는 기회의 크기에 의해 간섭을 받는다고 가정을 바탕으로 함</li> </ul>
엔트로피 극대화 모형	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 중력모형의 일반형태로 변환</li> <li>· 존별 통행유출량 또는 유입량을 만족시키며 엔트로피를 극대화 하는 통행배분</li> </ul>

출처: 전용현(2011)

통행분포모형의 가장 오래 된 모형은 성장인자모형으로 대상지역의 사회 경제적 특성 변화가 적은 지역에만 적용 가능한 단점 때문에 거의 사용되지 않고 있다. 그 이후 사회과학 분야의 Reilly(1927)가 소매상가 지역의 이용 패턴을 분석하기 위해 중력모형을 사용한 것이 시초가 되어 현재 일반적으로 사용하고 있는 중력모형으로 발전하였다. 특히 중력모형은 통행 유출량·유입량과 통행비용을 모두 고려할 수 있는 모형으로 타 모형에 비해 널리 사용되고 있다(유선, 2001).

### 3) 통행수단선택모형

통행수단선택 예측 단계는 확률 모형으로 분석된다. 교통수단의 이용자가 교통효율에 의해 특정 수단을 선택할 확률을 분석해 내며, 확률적 효용에 대한 확률분포는 일반적으로 선형확률모형, 로짓모형, 프로빗 모형 3가지로 구분된다. 선형확률모형은 확률분포가 균일분포를 따른다는 가장 단순한 형태이고, 프로빗 모형은 확률분포가 정규분포를 따른다고 가정하는 경우이다. 이 중에서도 로짓모형은 확률분포가 와이불(Weibull)분포를 가지면서 독립적이고 동일하게 분포되어 있다고 가정한 것으로 계산의 편리성 때문에 가장 널리 이용되고 있다(유지혜, 2004). 로짓모형은 선택이론의 효용극대화이론에 근거하는데, 즉, 만약 통행자가 여러 수단 중 어떠한 특정 수단을 선택했다면 이것은 선택된 수단의 효용이 선택되지 않은 수단의 효용보다 크게 의사결정에 작용한다는 것을 의미한다.

통행수단선택에 관한 기존연구들을 살펴보면 수단선택에 영향을 미치는 설명변수들을 다양한 측면에서 분석하였다. 원제무(1984)는 출근목적 통행의 수단선택모형 연구에서 다항로짓모형의 분석에 설명변수로 차내시간, 차외시간, 통행비용, 통행거리, 통행수단상수를 이용하였다.

김성희·이창무·안건혁(2001)은 통행수단선택에 영향을 미치는 변수들을 통행자의 나이, 소득, 자동차 소유수와 같은 개인 및 가구특성과 통행비용과 시간의 개인의 효용, 출발지, 교통 서비스, 목적지의 통행과정 특성으로 나누어 설명하였다.

유지혜(2004)는 서울시 출근목적 통행의 수단선택 모형을 추정하는 연구에서 통행시간, 통행비용, 인구소득, 통행수단상수를 설명변수로 표준다항로짓 모형을 추정하였으며, 권세나(2007)는 수도권 통행을 통근통행과 쇼핑통행으로

나누어 지역특성변수와 개인 및 가구특성을 설명변수로 사용하였다. 지역특성 변수로는 출발지 인구밀도, 도착지 고용밀도, 도착지 도심관련여부, 출/도착지 지하철역 존재여부, 도착지 강남관련여부를 선정하였고, 개인 및 가구의 사회경제적 특성으로는 배우자여부, 연령, 운전면허보유여부, 차량소유여부 등을 선정하여 분석하였다.

위의 연구들을 종합하여 보면 공통적으로 통행시간, 통행비용과 같은 통행특성에 관한 변수가 사용되었으며 대안변수들로 지역특성 변수, 통행자특성 변수 등의 다양한 자료가 연구목적에 따라 모형의 변수로서 선정되어 활용되었다.

### 3. 도시공간구조와 에너지 효율성

1970년대 이후 석유과동을 거치면서 도시공간구조와 에너지 효율성에 관한 연구가 진행되었다. 이에 따라 도시공간구조의 대안으로서 고밀도시 개발의 필요성이 실질적으로 대두되기 시작하였다. 무질서한 도시분산이 자연자원을 고갈시키고 환경을 파괴시키는 반면 고밀도시 지역은 에너지 소비에 있어 효율적이라는 연구결과들이 나오게 되었고, 이에 따라 도시성장관리정책의 일환으로 고밀도시 개발방안이 주목을 받기 시작하였다(진원형·이재하,1998).

1980년대 중반 이후부터는 지속가능한 도시개발의 측면에서 고밀도시 개발전략이 본격적으로 제시되었으며, 1990년대 중반 이후부터는 고밀도시 개발전략의 취약성이 드러나면서 분산집중 도시공간구조가 에너지 효율성 및 지속가능성의 측면에서 더 좋은 도시형태임을 밝히는 연구들이 수행되었다.

이러한 사전연구들을 상세히 살펴보면, Rickaby(1992)는 영국 20개 도시를 대상으로 도시구조를 5개 유형으로 구분하여 교통에너지 효율성을 비교 분석하였다. 그에 따르면, 비록 도시구조에 따른 개인교통수단으로부터 대중교통수단으로의 전환은 발견되지 않았으나 25년에 걸친 시뮬레이션을 통해 도심개발 집중형은 9%, 도심중심의 분산집중형은 14%의 교통에너지 절감효과를 보였음을 밝혔다. 또한 2015년까지 10~15%의 이산화탄소 배출 감소 효과를 보였음을 밝혔다(Rickaby, 1992). 안건혁(2000)은 국내의 중소도시 22개 도시를 선정하여 인당 교통에너지 소비량과 도시형태적 변수와의 관계를 살펴본 결과, 분산된 집중개발(컴팩트 도시개발)이 교통에너지 효율성 측면에서 바람직하다고 밝혔다.

또한 이승일(2000)은 광주 대도시권을 대상으로 도시공간구조 별 에너지 소비량을 산출하였다. 그의 연구에서는 도르트문트 대학 연구소에서 개발한

IRPUD-Model, 교통 시뮬레이션 모델을 사용하여 향후 미래 교통량을 산출하였으며 그 결과 극단적 분산집중형 시나리오에서 가장 에너지 소비 효율이 높은 것을 발견하였으며, 분산집중형 도시공간구조의 적용을 제안하였다. 그 밖의 다른 사전연구들은 표 6에 나타난 바와 같다.

<표 6> 도시공간구조와 교통에너지 효율성에 관한 선행연구

연구	제목	내용
Newman (1989)	Gasoline Consumption and Cities: A Comparison of U.S. Cities with a Global Survey	세계 도시를 대상으로 고밀도시 지역일수록 에너지 소비량이 적은 것을 밝힘
Sharpe (1982)	Energy Efficiency and Equity of Various Urban Land Use Patterns	Melbourne 시를 대상으로 모의분석 후 밀도의 증가와 에너지 감소효과의 관계를 밝힘
Despotakis (1992)	Spatial Depiction of Local Sustainable Development	Alonnisos 섬 관광지를 대상으로 생태중심적으로 이상적인 개발 시나리오를 분석
Rickaby (1992)	Implication for Energy Use Carbon Dioxide Emissions	도시구조를 5개 유형으로 구분하여, 도심을 중심으로 한 분산 집중형이 교통에너지 절감에 가장 효율적임을 밝힘
Ingram (1998)	Patterns of Metropolitan Development: What Have We Learned?	직장과 주거의 분산화가 평균통행거리를 감소시킴을 분석
최막중 (1997)	다핵화정책에 의한 직주근접 효과의 규범적 평가	다핵 도시공간구조의 에너지 효율성 감소효과의 부정적 측면을 규범적 연구를 통해 논의함
안건혁 (2000)	도시형태와 에너지활용과의 관계 연구	국내 중소도시 22개를 대상으로 인당 교통에너지 소비량과 도시형태적 변수와의 관계에서 분산된 집중개발이 교통에너지 효율성 측면에서 바람직함을 밝힘
이승일 (2000)	교통발생저감을 위한 환경친화적 도시공간구조 연구	광주대도시권을 대상으로 시나리오를 통해 분석하여, 극단적 분산집중형 구조가 교통발생 저감 효과가 큰 것으로 밝힘
김승남 (2009)	압축도시 공간구조 특성이 교통에너지 소비와 대기오염 농도에 미치는 영향	교통에너지 효율적인 도시공간구조로서 고밀·다핵·집중화 전략을 세울 필요가 있음을 밝힘.



이에 반하여, 최막중과 지규현(1997)은 에너지 효율성 측면에서 다핵도시공간 구조의 부정적인 면에 대하여 연구를 수행하였다. 이 연구는 서울특별시를 대상으로 이론적, 실증적 분석을 통해 도시공간구조의 다핵화 정책이 반드시 통근거리의 감소효과를 가져오는 것이 아니라는 점을 지적하여, 다핵화 정책을 무비판적으로 수용하는 것에 대하여 경고하였다.

많은 연구들에서 도시의 다핵화 도시공간구조가 에너지 효율성 측면에서 바람직함을 논의하고 있으며, 본 연구에서는 다핵화 정책의 무비판적인 수용의 위험성에 대하여 모의적으로, 실증적으로 분석을 통해 논의한다. 도시 공간구조와 에너지 효율성에 관한 선행연구들에서는 연구의 지역적 범위를 개별도시로 한정하고 있으며, 이에 본 연구에서는 인접 도시의 영향력을 고려하여, 광역도시권의 에너지 효율성을 함께 분석함에 있어서 차별성을 가진다.

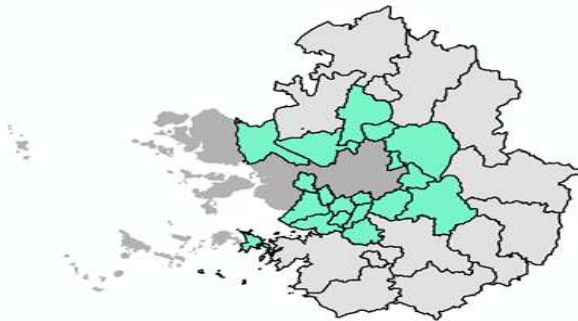
에너지 효율성을 같은 조건에서 비교하기 위해 가상도시를 모델링 하여 분석한 선행연구들에 반해, 본 연구에서는 실제 도시를 대상으로 미래의 에너지 효율성을 비교함에 있어서 차별성을 가진다. 또한 본 연구에서는 도시를 유형별로 분류하여 에너지 효율성을 분석하기 때문에, 도시공간구조 전략에 대한 기준을 제시한다.

## 제 3 장 중심지 성장과 광역 교통량 발생간의 연관관계

### 1. 분석의 틀

#### 1) 분석의 대상 및 범위

분석의 대상은 서울 대도시권 내 서울과 인접한 도시들로 한정한다. 3장의 분석에서는 광역통행량의 발생을 서울 출발 및 서울 도착 통행으로 가정하였기에 서울과 거리가 멀리 떨어진 도시들은 분석의 대상에서 제외하였다. 또한 본 연구의 목적이 도시의 공간구조와 도시권의 교통통행 발생간의 관계에 있기에 실질적으로 생활권으로 묶일 수 있는 서울 인접도시들로 분석의 대상을 제한하였다. 그 결과 서울 도심으로부터 30 Km 반경 내에 시·군 도심이 위치한 도시들로 선정하였으며 그 대상은 그림 1에서 나타나듯이 인천과 경기도의 18개 도시(수원, 성남, 안양, 부천, 광명, 안산, 과천, 시흥, 군포, 의왕, 의정부, 고양, 구리, 남양주, 하남, 김포, 광주, 양주)로 선정되었다.

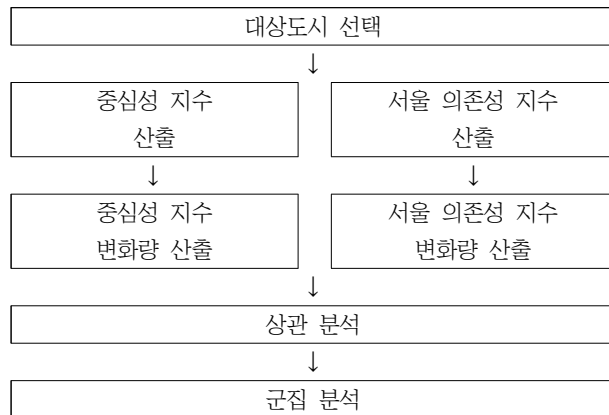


〈그림 2〉 경기도 내 선정도시

연구의 지역적 범위는 선정된 19개 도시와 그 도시에서 발생하는 수도권 범위의 전체 교통량을 고려한다. 취득한 가구통행실태조사자료의 행정동 단위 수도권 내 자료를 사용하였으며 수도권 외부준의 단위는 도 단위이다. 분석의 데이터는 통계청에서 조사한 사업체 기초통계 자료와 가구통행실태조사자료를 함께 사용하였으므로 시간적 범위는 1996년에서 2002년으로 설정하였다.

## 2) 분석의 흐름

개별 도시의 다핵화 과정과 도시권 이용자 총 교통거리 간의 상관관계를 파악하기 위해 먼저 행정동 별 중심성과 서울 의존성을 분석한다. 개별 도시의 각 행정동 별 중심성 지수와 서울 의존성 지수를 각각 2개 년도를 통해 산출하여 그 변화량을 살펴보고 그 변화량 간의 상관계수를 분석한다.



〈그림 3〉 3장 분석의 흐름

행정동 별 중심성 지수의 변화는 각각의 행정동에서 개별 도시에서 중심으로서 타 행정동에 비해 중심지로서의 성격이 얼마나 강화되었는지, 혹은 약화되

었는지를 나타낸다. 즉, 특정 행정동의 중심성 지수 변화량이 큰 값을 갖게 된다면, 그 행정동은 도시 내부에서 중심지로서의 역할을 강화하였거나 새로운 중심지로서 성장하였다는 의미를 갖는다.

행정동 별 서울 의존성 지수의 변화는 각각의 행정동에서 발생한 통행량 중 서울과 관련한 통행량이 얼마나 많아졌는지, 혹은 줄어들었는지를 나타낸다. 만일 특정 행정동의 서울 의존성 지수 변화량이 큰 양의 값을 갖게 된다면, 그 행정동에서 발생한 서울 행 통행량이 많아졌음을 의미한다. 본 분석에서는 각 행정동의 광역교통량의 발생을 측정하여 중심지 성격의 변화와의 관계를 밝히는 것에 목적이 있다. 그러나 경기도 권에서 서울 대도시권에서 서울시 주변 도시지역에게 지배적인 영향력을 가지기 때문에, 서울로의 통행량을 서울 대도시권에서 고려해야 할 광역통행량으로 가정한다.

즉, 본 연구에서 분석하는 중심성 변화량과 서울 의존성 변화량의 상관관계가 양의 값으로 나타난다면, 그것은 각 행정동의 중심지로서의 성격이 강화될 때 광역통행량(서울로의)이 늘어난다는 것을 의미한다. 이것은 다핵화 구조의 교통 에너지 효율성 측면에서 일반적으로 강조되는 이동거리의 축소에 반대되는 의미를 갖는다.

상관분석 이후 경기도 18개 도시에 관하여 상이한 값을 나타내는 상관계수 값을 설명하기 위해 18개 도시를 대상으로 군집분석을 실시한다. 도시공간구조를 설명하는 변수를 사용하여 군집분석을 실시하며 이로 인해 분류된 도시들의 특성에 따라 도시의 상관계수 값을 설명한다.

## 2. 중심성지수 변화량과 서울의존성 지수 변화량 상관분석

### 1) 분석 방법

우선 인천과 경기도 18개 도시를 대상으로 행정동 단위로 중심성 지수와 서울 의존성 지수를 산출한다. 각각의 지수는 1996년과 2002년 단위로 산출이 되며, 그 뒤 행정동 단위로 2개 연도에 대한 중심성 지수와 서울 의존성 지수의 변화량을 산출하여 도시 단위로 묶어 각각 상관분석한다.

### 가. 중심성 지수

지역의 중심성은 그 지역의 고용(기능)에 의해서 정의된다. 한 지역이 가지는 중심지로서의 영향력을 중심성이라고 할 때, 중심지가 지니는 기능의 종류, 기능의 수, 기능의 구성에 따라 중심성의 크기를 판단할 수 있다. 따라서 어떤 중심지의 '중심성'은 이 지역이 영역 내에 가지는 고용의 분포와 구조를 파악하고 중심지의 기능적인 특성과 구조를 통해서 측정하는 것이 가장 직접적인 방법이다(김주일, 2008). 중심성을 파악하기 위한 간접적인 방법은 기능의 영향력을 직접 측정하는 것이 아닌 그로 인해 공간상에 나타나는 2차적인 현상을 활용하는 것이다. 대표적으로 사용되는 2차적인 현상 지표들로는 '토지이용형태', '교통량', '지가' 등이 있다. 본 연구에서는 토지이용형태, 교통량, 지가와 같은 간접적인 방법이 아닌 지역의 고용을 통해 중심성을 파악하는 직접적인 방법을 사용하였다.

고용을 통해 중심성을 판별하려는 연구는 많이 진행이 되어져 왔으며, 이를 통해 고용중심지 탐색에 사용되는 변수의 설정도 다양하게 발견할 수 있다. 이

러한 변수의 설정은 고용자수, E/R(고용/주거 비율), 고용밀도 등이 있다. 첫 번째로 Guiliano-Small(1997)은 연구에서 미국 Los Angeles의 다핵화 현상을 발견하고 부도심의 발현을 설명하기 위해 고용자 수 1만명을 기준으로 하여 고용 중심지를 탐색하였다. 그러나 이러한 고용중심지의 탐색은 지역의 면적에 크게 영향을 받는다. 대체로 단위지역의 면적이 작을수록 고용자수에 의해 고용중심지로 추정될 수 있는 가능성이 있기 때문에 적합하지 않다. 그 외에 E/R(고용/주거 비율)과 고용밀도가 고용중심지 탐색에 많이 사용되는 변수이다. E/R은 단위지역 내 주거인구 당 고용자수의 비율을 산출하여 기준 값 이상을 갖는 지역을 고용중심지로 탐색한다(김은성, 2012). 또한 전명진(1995)는 부도심 식별을 위한 방법으로 절대적인 고용자수 뿐만 아니라 고용밀도가 더 중요한 변수로서 함께 고려되어야 한다고 제시하였다.

그러나 본 연구에서는 서울과 같은 대도시가 아닌 서울 근교 수도권 내의 중소도시를 대상으로 하기 때문에 E/R 및 고용밀도를 사용하기에 어려움을 갖는다. 중소도시의 대부분은 산업단지와 같은 밀도 높은 고용지를 다수 가지고 있으며, 이러한 지역이 특별히 중심지로서 성격을 갖지 않는 것에 반하여 고용중심지로 탐색되기 때문이다. 이는 고용의 특성을 반영하지 않는 변수의 설정으로 인한 오류로써, 본 연구의 대상을 고려하여 고용의 기능 특성 정도를 반영할 필요가 있다.

이에 김주일(2008)은 그의 논문과 저서에서 도심의 “기능고도화도”를 정의했다. 고용의 각 기능마다 지역의 중심성에 미치는 영향이 다르기 때문에 그 영향력의 크기를 기능마다 각기 다르게 적용하였다. 즉, 기능고도화도에 서로 다른 기능들이 도심의 중심성에 기여하는 정도를 직접 수치화하여 비교할 수 있게 하였으며, 일종의 인구규모에 따른 기능증가 추세선으로 볼 수 있어 가상의 중심지에 입지하게 될 기능의 비율과 그로 인한 중심성의 변화를 예측할

수 있게 해준다. 이러한 고용의 기능고도화도를 적용하여 중심성 지수를 산출 하였으며 그 식은 다음과 같다(김주일, 2008).

$$EC_i = \sum_j^N A_{ij} \times Cf(j) \times ES_{ij} \times FQ_j$$

$EC_i$  : 지역  $i$ 의 중심성 지수

$A_{ij}$  : 고용의 총계 (지역  $i$ 에 위치한 고용  $j$ 의 수)

$Cf(i)$  : 기능의 희소도

$ES_{ij}$  : 고용규모비

$FQ_j$  : 고용의 기능고도화도

$$Cf(j) = \frac{1}{\sum A_j} \times 100$$

$A_j$  : 전체도시  $A$ 에서 고용  $j$ 의 총 합

$$ES_{ij} = \frac{E_{ij}N_{tj}}{E_{tj}N_{ij}}$$

$E_{ij}$  : 지역  $i$ 에서 고용  $j$ 의 종사자수

$E_{tj}$  : 전체도시에서 고용  $j$ 의 총 종사자수

$N_{ij}$  : 지역  $i$ 에서 고용  $j$ 의 고용수

$N_{tj}$  : 전체도시에서 고용  $j$ 의 총 고용수

기능고도화도를 사용하여 본 연구에서 사용된 중심성 지수는 위와 같이 정의한다. 기능의 희소도는 각 기능이 전체 지역(도시경계)에서 얼마나 희소한가를 나타내며 이를 통해 희소도에 따른 가중치를 부여한다. 고용규모비는 전체 지역의 평균적인 고용 수 당 취업자 수에 대한 해당 행정동 내 고용 수 당 취업자 수에 비율이다. 이를 통해 동일한 업종에서도 규모에 따른 차이를 반영할 수 있다. 기능고도화도는 보다 높은 위계의 지역에 출현할 확률을 통해 각 고용의 가치를 추정된 값으로 지역에 상관없이 고용 업종의 차이에 따른 가중치를 부여한다.

〈표 7〉 사업체 기초통계 산업구분 및 기능고도화도 값

코드	산업구분	기능고도화도(1995)	기능고도화도(2000)
A	농업 및 임업	0.267	-0.130
B	어업	0.324	0.236
C	광업	0.575	0.220
D	제조업	0.697	0.688
E	전기, 가스 및 수도사업	0.667	0.745
F	건설업	0.656	0.631
G	도매 및 소매업	0.799	0.804
H	숙박 및 음식점업	0.730	0.795
I	운수업	0.646	0.720
J	통신업	0.795	0.819
K	금융 및 보험업	0.812	0.845
L	부동산 및 임대업	0.745	0.858
M	사업서비스업	0.780	0.795
N	공공행정, 국방 및 사회보장 행정	0.821	0.785
O	교육 서비스업	0.861	0.895
P	보건 및 사회복지사업	0.635	0.872
Q	오락, 문화 및 운동관련 서비스업	0.872	0.879
R	기타 공공, 수리 및 개인서비스업	0.799	0.873

중심성 지수에 사용된 기능고도화도는 김주일(2008)이 저서에서 분석한 1995년과 2000년의 값을 사용하였으며 이에 정의된 산업별 기능고도화도 값을 사



업체 기초통계에서 정의한 산업분류별로 재구성하였다. 사업체 기초통계에서 정의한 산업구분은 20개로 그 중 실제로 인천 및 경기도의 사업체 기초통계 값에서 사용하지 않는 가사 및 서비스업과 국제 및 외국기관 고용을 제외한 18개 고용에 대해 재구성한 산업구분과 기능고도화도 값은 아래 표 7에 나타난 바와 같다.

## 나. 서울의존성 지수

서울의존성은 개별 도시 내부의 특정 지역에서 서울과 연관된 교통량의 크기를 측정한다. 서울에 인접한 많은 도시에서 발생하는 대부분의 광역통행량은 서울로 연결되기 때문에, 본 연구에서는 각 행정동에서 서울과 연관된 통행량의 크기를 광역통행량으로 가정하였다. 즉, 광역교통량의 크기를 가늠하기 위한 지표로서 각 행정동과 연관된 서울 도착 교통량의 비율을 서울 의존성 지수로 사용하였으며, 서울의존성 지수를 그 지역의 유발통행량을 사용하여 산출하였다.

$$\text{서울의존성 지수} = \frac{\text{서울로 발생한 통행량}}{\text{지역에서 발생한 총 통행량}}$$

일반적으로 많은 연구에서 내부통행량의 크기가 자족성의 의미로 사용되는 것에 반해, 서울의존성 지수에서는 그 지역에서 발생한 총 통행량과 서울로의 통행량의 비율이 사용된다.

## 2) 분석 단위 및 분석의 데이터

중심지 지수와 서울 의존성 지수의 분석을 위한 자료는 각각 사업체기초통계 현황자료와 가구통행실태조사자료(OD)이다. 분석을 위한 사업체 기초통계현황 자료는 통계청에서 배포되었으며, 변화량을 산출하기 위해 각각 1996년과 2002년의 자료가 사용되었다. 가구통행실태조사 자료는 1996년, 2002년, 2006년의 자료가 있으나, 중심지 지수 분석에 사용되는 기능고도화도 지표가 1995년과 2000년의 자료로 구성되어 있으므로, 기능고도화도 지표의 시기와 비교적 일치하는 1996년과 2002년의 자료로 분석 데이터를 구성하였다.

분석의 단위는 행정동 별로 분석되었으며, 1996년부터 2002년 사이에 인천 및 경기도 각 도시별로 합동, 분동, 신설 및 폐지된 행정동을 고려하여 자료를 정리하였다. 그 결과 인천의 경우 총 115개의 행정동 단위로, 경기도의 경우 총 356개의 행정동 단위로 분석이 시행되었다. 인천의 경우 고용 중심성 산출을 위한 전체 영역으로 도시를 채택하여 중심지 분석을 시행하였으며, 경기도의 경우 전체영역으로 경기남부와 경기북부로 분리하여 각각 행정동 별 중심지 분석이 시행되었다.

서울의존성 지수의 경우에도 같은 단위에서 분석이 시행되었으며, 행정동 별 변화량이 산출되어 중심지 지수 변화량과의 상관관계를 분석하였다.

### 3) 실증 분석 및 결과

#### 가. 인천

앞의 지표의 설정에서 정의한 대로 인천의 각 행정동 별, 시기 별, 중심지 지수의 산출 결과는 표 8의 내용과 같다.

<표 8> 중심성 지수 변화량

순위	행정동	1996	2002	변화량
1	영종동	8.57	37.43	28.87
2	계산3동	9.61	30.49	20.88
3	신포동	9.97	27.50	17.53
4	논현고잔동	19.16	34.36	15.20
5	구월1동	59.94	71.51	11.57
6	동춘동	11.87	22.96	11.09
7	작전서운동	5.93	15.72	9.79
8	송림4동	4.41	12.01	7.60
9	학익1동	9.26	15.11	5.85
10	연희동	21.79	27.52	5.73
11	부평4동	19.58	25.14	5.57
12	학익2동	6.43	11.49	5.06
13	부개3동	3.06	7.49	4.42
14	작전2동	15.02	19.15	4.13
15	청학동	7.45	11.55	4.10
16	옥련동	14.70	18.57	3.87
17	부평6동	5.78	9.63	3.85
18	남촌도림동	5.92	9.27	3.34
19	삼산동	4.08	7.38	3.30
20	만수6동	14.09	17.12	3.03

인천의 각 행정동 별, 시기 별, 서울의존성 지수의 값과 그 변화량 값은 표 9의 내용과 같다.

<표 9> 서울의존성 지수 변화량

순위	행정동	1996	2002	변화량
1	영종동	1.49	36.41	34.92
2	부평2동	9.68	26.65	16.97
3	송월동	7.74	18.91	11.17
4	계산1동	6.15	13.67	7.52
5	용현1동	3.84	10.37	6.53
6	주안2동	2.40	8.30	5.90
7	용유동	2.34	7.95	5.61
8	송림1동	3.06	8.23	5.17
9	작전서운동	5.05	9.54	4.49
10	주안3동	3.85	8.07	4.22
11	송림6동	2.68	6.71	4.03
12	송림2동	3.19	7.07	3.88
13	만수5동	4.73	8.50	3.77
14	선학동	2.12	5.66	3.54
15	연안동	3.47	6.90	3.42
16	연수1동	2.23	5.42	3.19
17	청천1동	4.11	7.30	3.19
18	신흥동	3.80	6.72	2.92
19	화수2동	5.69	8.53	2.84
20	북인천동	6.00	8.81	2.81

표 8와 표 9에는 각각 중심지 지수와 서울의존성 지수의 변화량 값에서 상위 20개의 값을 차지한 행정동을 표시하였다. 자세히 살펴보면 영종도가 각기 지수에서 공동으로 1 순위를 차지하고 있음을 살펴볼 수 있으며, 그 외에도 작전서운동과 같은 유사 지역이 함께 변화량 값에서 상위를 차지하고 있음을 살펴볼 수 있다.

총 115개의 행정동에서 중심지 지수 변화량 값과 서울의존성 지수 변화량 값

간의 상관계수는 “0.185”의 값을 가진다. 이는 곧 상관관계가 미비하여 중심지  
 지수 변화량 값과 서울의존성 지수 변화량 값 간에 연관관계를 거의 갖지 못  
 한다고 할 수 있다.

## 나. 경기도

경기도의 경우 18 개 도시 356 개 행정동에 대하여 분석이 이루어졌다. 그  
 결과 표 10과 그림 3에는 18개 각 서울 인접도시 별 중심성 지수의 변화량과  
 서울 의존성 지수 변화량 간의 상관계수 값을 표시하였다.

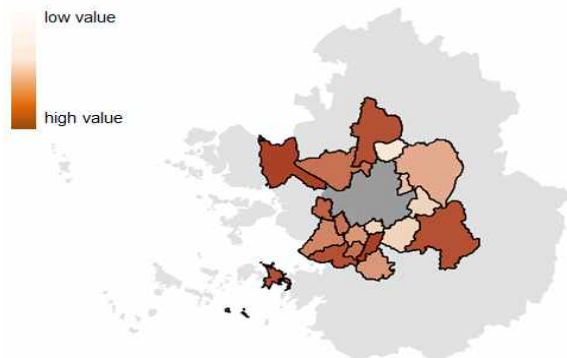
〈표 10〉 경기도 선정도시 별 상관계수 값

순위	도시	상관계수
1	의왕	0.698
2	김포	0.643
3	광주	0.499
4	양주	0.370
5	안산	0.370
6	부천	0.199
7	고양	0.075
8	군포	0.066
9	광명	0.056
10	시흥	0.018
11	수원	-0.057
12	안양	-0.062
13	남양주	-0.205
14	구리	-0.248
15	성남	-0.322
16	하남	-0.340
17	과천	-0.375
18	의정부	-0.481

경기도의 경우, 표 10을 살펴보면 상관계수 값이 양의 값에서부터 음의 값까지 다양하게 나타나는 것을 발견할 수 있다. 분명히 양의 상관관계를 갖는 도시들은 의왕시, 김포시, 광주시, 양주시, 안산시로 드러난다. 즉 이러한 도시에서는 도시 내 특정 행정동이 새로운 중심지로 부상하거나, 혹은 특정 행정동의 중심성이 강화된다면, 그 지역에서 서울로의 광역 교통량이 늘어난다는 것을 의미한다. 이러한 도시의 경우 다핵화 도시공간구조보다도 오히려 단핵 도시공간구조가 교통에너지 효율성 측면에서 유리할 것으로 기대된다.

이 외에 부천시, 고양시, 군포시, 광명시, 시흥시, 수원시, 안양시와 같은 도시들에서는 상관계수가 “0”에 가까운 값을 가진다. 이러한 도시들은 인천과 마찬가지로 중심성 지수 변화량과 서울의존성 변화량 간 연관관계를 거의 갖지 못한다.

반면 남양주시, 구리시, 성남시, 하남시, 과천시, 의정부시와 같이 음의 상관계수 값을 갖는 도시들의 경우, 도시 내 특정 행정동의 중심지로서의 성격이 강화될수록 광역교통량이 감소한다는 해석이 가능하다. 이 경우에, 다핵화 도시공간구조가 효과적인 에너지 저감 효과를 창출할 수 있을 것으로 기대된다.



〈그림 4〉 경기도 선정도시별 상관계수 값

### 3. 경기도 내 서울 인접도시 유형 분류

경기도의 경우 18개 도시에서 얻은 상관계수의 값은 모두 상이하여 일괄적인 설명이 불가능하다. 18개 도시 중 6개의 도시에서 음(반)의 상관계수를 얻었으며, 부천시, 고양시, 군포시, 광명시, 시흥시, 수원시, 안양시의 경우, 변화량 간에 매우 작은 상관관계를 가지고 있음을 확인할 수 있었다. 때문에, 도시별로 상관계수의 값이 다르게 나타나는 이유를 밝히기 위해서 도시를 유형별로 분류할 필요가 있다.

#### 1) 분석 방법

앞서 도출된 상이한 상관계수를 갖는 도시를 분류하기 위해 군집분석이 사용되었다. 군집분석의 대상은 인천을 제외한 서울 도심 30 Km 반경 내 경기도 도시들로 수원시, 성남시, 안양시, 부천시, 광명시, 안산시, 과천시, 시흥시, 군포시, 의왕시, 의정부시, 고양시, 구리시, 남양주시, 하남시, 김포시, 광주시, 양주시, 총 18개 도시이다. 개별 도시 단위로 분석을 실시하였으며, 이를 위해 도시 단위의 특성을 이용하여 군집분석하였다.

군집분석에 사용되는 변수들은 도시공간구조에 관련해 일반적으로 논의되는 변수들로 구성되었다. 변수들은 경제특성, 인구특성, 산업특성, 토지이용특성으로 구분되며 각각의 변수들은 표 11에서 나타나는 바와 같다.

〈표 11〉 경기도 도시 유형분류 사용지표

구분	지표	활용
경제특성	지역내 총생산*	O
	GRDP 증가율*	X
인구특성	세대수*	X
	인구수*	O
	면적구성	X
	인구밀도	X
산업특성	1차산업 총고용수**	X
	2차산업 총고용수**	X
	3차산업 총고용수**	X
	3차산업 구성비**	O
토지이용특성	주거지역비율*	O
	상업지역비율*	X
	공업지역비율*	X
	녹지지역비율*	X

\* 출처: 경기 통계연보(DB)

\*\* 출처: 사업체기초통계자료현황

총 4가지 특성 구분에서 총 14개의 지표를 산출하였고 그 중 경제특성에서 지역내 총생산, 인구특성에서 인구수, 산업특성에서 3차산업 구성비, 토지이용 특성에서는 도시계획면적 중 주거지역면적 구성비를 군집분석에 사용하였다. 선정된 변수에 따른 도시별 특성현황을 아래 표 12에 나타내었다.



〈표 12〉 도시별 선정변수별 특성현황

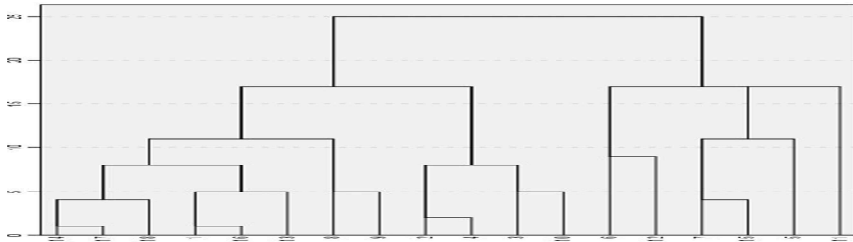
도시	GRDP*	인구	3차산업 구성비	주거지역비율**
고양시	5715911	800297	0.87	0.105
과천시	1349297	71749	0.94	0.066
광명시	2928860	338855	0.88	0.166
광주시	2588419	141077	0.71	0.016
구리시	1579544	170008	0.92	0.074
군포시	2885156	271306	0.79	0.190
김포시	3148264	165466	0.67	0.116
남양주시	2471299	359388	0.82	0.028
부천시	8277649	780003	0.80	0.374
성남시	7986794	928196	0.89	0.139
수원시	14727336	951253	0.91	0.252
시흥시	5505709	322457	0.69	0.049
안산시	11407800	575574	0.84	0.136
안양시	6474087	583240	0.86	0.277
양주시	2023044	120293	0.68	0.161
의왕시	1331681	121777	0.85	0.061
의정부시	2935552	362529	0.92	0.069
하남시	982408	123664	0.83	0.024

\* 지역내총생산(GRDP) 단위: 백만원

\*\* 주거지역비율 : 도시계획면적에 대한 주거지역계획면적의 비율(경기통계연보)

## 2) 분석 결과

18개 도시들을 4개의 변수를 활용하여 군집분석 한 결과, 도시들은 3개의 군집으로 분류되었으며 아래의 산포도에 표시하였다.



〈그림 5〉 계층적 군집분석 결과(덴드로그램)

〈표 13〉 서울 인접도시 유형 및 유형별 특성

군집	개수	특성	해당도시
1	8	- 지역내 총생산이 가장 낮음 - 인구, 주거지역비율이 상대적으로 낮음 - 3차산업 구성비가 높음	의왕, 군포, 광명, 남양주, 구리, 하남, 과천, 의정부
2	4	- 지역내 총생산이 상대적으로 낮음 - 인구와 3차산업 구성비가 가장 낮음	김포, 광주, 양주, 시흥
3	6	- 지역내 총생산, 인구, 주거지역비율이 상대적으로 가장 높음	안산, 부천, 고양, 수원, 안양, 성남

표 13에는 군집별 특성 및 해당 도시가 정리되어 있다. 군집 1에 속하는 도시들은 의왕시, 군포시, 광명시, 남양주시, 구리시, 하남시, 과천시, 의정부시, 8개 도시로, 앞서 중심지 지수 변화량과 서울의존성 지수 변화량 간의 상관관계 분석에서 음의 상관계수를 가진 도시들 중 남양주시, 구리시, 하남시, 과천시,

의정부시가 군집 1에 속한다. 군집 1에 속하는 도시들의 특성은 비록 3차 산업 구성비가 높으나, 경제력이 낮고, 인구의 수도 낮으며, 계획구역 중 주거지역 면적의 비율이 낮은 편에 속한다.

군집 2에 속하는 도시들은 김포시, 광주시, 양주시, 시흥시, 4개 도시로, 앞서 높은 양의 상관계수 값을 가진 도시들 중 김포시, 광주시, 양주시가 이 군집에 속한다. 이 군집에 속한 도시들은 지역내 총생산, 인구, 3차 산업 구성비, 주거지역비율, 4가지 변수에서 대체로 모두 가장 작은 값을 가지고 있다.

군집 3에 속하는 도시들인 안산시, 부천시, 고양시, 수원시, 안양시, 성남시 중 안산시를 제외한 다른 시들은 상관계수 값에서 “0”에 가까운 값을 가져 상관관계를 보이지 않는다. 이 도시들은 지역내 총생산, 인구, 3차 산업 구성비, 주거지역비율, 4가지 변수에 있어서 모두 가장 높은 값을 가지고 있다.

#### 4. 소결

앞서 상관분석에서는 서울과 인접한 인천 및 경기도 내 18개 도시에 대하여 중심지 지수 변화량과 서울의존성 지수 변화량간의 상관계수를 분석하였다. 분석결과에 따르면, 부천시, 고양시, 군포시, 광명시, 시흥시, 수원시, 안양시와 같은 도시들에서는 상관관계가 미약하거나 관계를 거의 발견할 수 없었으며, 남양주시, 구리시, 성남시, 하남시, 과천시, 의정부시에서는 음의 상관계수를 도출하여 반의 상관관계를 갖는 것을 발견하였다. 이러한 도시들에서는 특정 행정동의 중심지로서 성격이 강화될 경우 광역교통량을 감소시켜 도시권 내에서도 여전히 에너지 효율성을 꾀할 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 경기도 내 의왕시, 김포시, 광주시, 양주시, 안산시를 비롯한 총 5개 도시에서는 상관계수가 양의 값으로 나타난다. 즉, 이것은 해당 도시 내 특정 행정동이 새로운 중심지가 되거나, 중심지로서의 특성이 강화된다면, 그 지역으로부터 서울로의 광역통행량이 증가한다는 것을 의미한다. 이는 교통에너지 효율성을 꾀하는 다핵화 도시공간구조의 일반적인 가정에 반하는 내용이 될 수 있다. 오히려 광역교통량이 증가하면서 도시권 내 교통에너지 소비량이 증가할 것이다. 특히 서울 대도시권의 경우, 서울이 기능적으로 주변 타 도시들에게 지배적인 영향력을 행사하고 있기 때문에, 대도시권 내 광역통행량의 증가는 교통에너지 소비 증가 뿐만 아니라, 다른 사회경제적, 환경적 문제 등을 동반 할 수 있다.

상관분석 이후 두 지수의 변화량 사이에 미약한 상관관계나 반의 상관관계를 갖는 도시들을 설명하기 위해 군집분석을 수행하였다. 그 결과, 경기도 내 18개 도시들이 3개의 군집으로 분류되었으며 각각의 군집에는 8개, 4개, 6개의 도시들이 속하였다. 이들 도시는 대체로 4절에서 분석된 상관계수의 크기 순위에 따라 나열되었다. 군집 1에는 작은 상관계수를 갖는 남양주시, 구리시, 하남시, 과천시, 의정부시가 속하였으며, 군집 2에는 큰 상관계수를 갖는 김포시,

광주시, 양주시가 속하였고, 군집 3에는 미약한 상관관계를 갖는 부천시, 고양시, 수원시, 안양시가 속하는 것을 발견할 수 있다. 또한 각 군집별로 경제특성, 인구특성, 산업특성, 토지이용특성에 관하여 각기 다른 성격을 보이고 있기 때문에 이를 통해 다핵화 도시공간구조 전략 선택에 관한 정책적 제안이 가능하다.

분석한 바에 따르면, “0.5” 이상인 매우 큰 상관계수를 가지는 의왕시, 김포시, 광주시와 같은 도시들은 중심지의 특성이 강화되는 행정동에서 많은 광역통행량이 발생할 가능성이 높기 때문에 교통에너지 소비량 저감의 가정을 전제로 함부로 다핵화 전략을 수립하기에는 무리가 있다. 하지만 실제로 김포시는 1도심 2부도심 4지역중심의 다핵화 도시공간구조를 택하고 있으며(2020 김포도시기본계획), 광주시 또한 1도심 2부도심 2지역중심의 다핵화 전략을 택하였다(2020 광주도시기본계획).

물론 도시 내에서 직주근접과 같은 이동거리 단축에 대한 효과를 부정할 수는 없겠지만, 도시들이 연담화되어 유기적으로 기능하는 현대 도시공간에서 개별 도시만을 위한 공간구조 전략 설정은 문제가 될 수 있다.

군집분석에서의 군집 1에 속하는 3차 산업 구성비가 높아 미래에 고용중심지로서의 가능성이 높은 도시에서는 다핵화 전략이 긍정적인 결과를 이끌어 낼 수 있지만, 군집 2에 속하는, 경제적으로 상대적으로 빈약하고, 인구규모가 작은 도시에서는 다핵화 전략이 지양될 필요가 있다. 그 외에 군집 3에 속하는 경제수준이 높고 인구 규모가 커서 어느 정도 자족성을 지닌 도시에서는 주변 도시와의 상호관계에 대하여 충분한 계획 검토를 통해, 합당한 도시공간구조 전략을 취하도록 해야 할 것이다.

## 제 4 장 장래 교통 통행량 추정과 에너지 소비량 분석

제 4장에서는 시뮬레이션을 통해 향후 개별도시의 다핵화 정책이 도시권 영역에서 교통에너지 효율성에 미치는 영향에 대하여 알아본다. 이로서 가설 2인 개별도시의 공간구조와 도시권의 총 교통에너지 소비저감의 효율성간의 관계에 대하여 알아본다.

이를 위해 분석 1을 통해 알아본 군집별로 대표적 도시들을 대상으로 도시공간구조 시나리오를 구성해서 총 교통에너지 소비량을 알아볼 것이다. 이승일(2000)은 광주광역시를 대상으로 시뮬레이션을 통해 환경 친화적, 교통발생저감의 도시구조를 밝힌 바가 있다. 이에 반하여 본 연구에서는 대도시권의 공간구조를 구상하는 것이 아니라, 개별도시의 공간구조를 구상하여 전체 대도시권의 교통에너지 효율성을 밝히는 것에 목적이 있으므로 사전연구와 차별성을 가진다.

## 1. 분석의 틀

### 1) 분석의 대상 및 범위

4장 분석 대상은 3장의 분석에서 도출된 3개의 군집 별 하나의 도시를 선택 하였으며, 그 결과 경기도 수원, 김포, 의정부 3개 도시로 선정하였다. 각각의 도시는 중심지 지수 변화량과 서울의존성 지수 변화량의 상관분석에서 상이한 분포에 위치하는 대상들로, 3장의 군집분석 결과 다른 성격을 갖는다. 선정한 도시는 다음 표 14에 나와 있는 바와 같다.

<표 14> 선정도시 특성

선정 도시	상관계수 값	군집	비고
수원	-0.057	군집 3	42개 행정동
의정부	-0.481	군집 1	15개 행정동
김포	0.643	군집 2	10개 행정동

선정된 도시의 특성을 살펴보면, 수원은 중심지 지수 변화량과 서울의존성 지수 변화량 간의 상관관계가 거의 없으며 지역내 총생산과 지역 인구가 가장 높고, 3차산업구성비가 가장 높다. 또한 토지이용특성에서도 가장 높은 주거지역 면적비율을 보이고 있다. 의정부는 중심지 지수 변화량과 서울의존성 지수 변화량 간 가장 낮은 상관계수를 가져 반의 상관관계 특성을 보이고 있다. 의정부의 경우 특성 중심지가 성장할 경우 광역 통행량이 오히려 줄어들 것이기에, 다핵도시구조의 에너지 소비량이 가장 적을 것으로 기대된다. 의정부의 도시 특성을 살펴보면, 지역내 총생산, 인구, 주거지역면적 비율이 낮으나, 3차산업 구성비가 높은편이다. 마지막 선정도시 김포를 살펴보면, 상관계수가 0.643으로 매우 높게 나와 단핵도시구조의 에너지 소비량이 가장 적을 것으로 기대

된다. 김포가 속한 군집 2의 특성은 지역내 총생산, 인구수, 3차산업 구성비, 주거지역면적 구성비가 가장 낮은 것으로 나타난다.

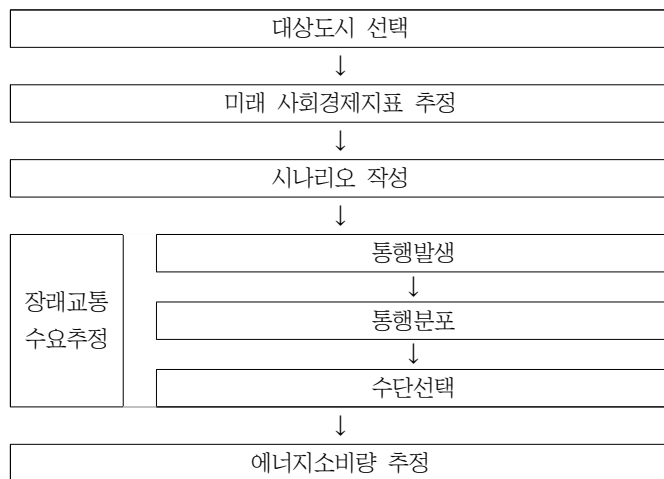
분석의 지역적 범위는 서울특별시, 인천광역시, 경기도를 포함하는 수도권 지역으로 한다. 경기도의 대다수 도시들의 내부통행율이 70%에 못 미치는데, 그 외 나머지 통행의 대부분이 수도권에 한정되어 있기 때문에 교통에너지 소비량을 추정하는 분석의 지역적 범위를 수도권으로 선정하였다.

분석의 시간적 범위는 서울특별시 외 3개 기관이 수행한 『2006 가구통행실태조사』의 조사기간인 2006년과 교통 통행량 추정의 대상년도인 2036년이다. 이에 장래교통 통행량 추정 시뮬레이션의 대상년도는 30년 이후로 설정하였다. 사전 연구의 교통 시뮬레이션 연구들을 살펴보면 Rickaby(1992)는 TRANUS 시뮬레이션 기간을 25년으로 삼았으며 이승일(2000)은 IRPUD-Model 시뮬레이션 기간을 20년으로 삼았다. 그러나 Rickaby는 도시 공간 형태구조의 변화를 시나리오에 포함시켜 급격한 교통통행량의 변화를 발견할 수 있었지만, 본 연구에서는 인구 및 고용의 수 변화를 시나리오에 포함시켰기 때문에 같은 기간 동안 사전연구에 비해 다소 적은 변화를 발견할 수 있었다. 따라서 『수도권 장래교통 수요예측 및 대응방안 연구』에서 제시하는 미래 사회경제지표에서 제시하는 최장 기간인 30년을 시뮬레이션 분석 기간으로 삼았다. 즉 목표연도는 기준년도 2006년의 30년 이후인 2036년으로 설정하였다.



## 2) 분석의 흐름

본 연구는 도시권 내부 특정 도시의 도시공간구조 변화에 의한 거주자 통행량 변화를 추정하고 그에 따른 에너지 소비량을 추정하고자 한다. 이에 본 연구는 우선 대상도시의 선정 후 대상도시의 2036년 사회경제지표를 추정한다. 그 후, 도시 별 2036년의 도시공간구조 시나리오를 작성한다. 도시 별 시나리오는 기존 시나리오, 다핵도시구조 시나리오, 단핵도시구조 시나리오를 갖는다. 도시 별, 도시공간구조 별, 총 9개 시나리오에 대하여 4단계 교통추정 중 통행발생, 통행분포, 수단선택 과정을 거쳐 수단 별 통행 실태를 파악하고 최종적으로 시나리오 별 교통에너지 소비량을 추정한다.



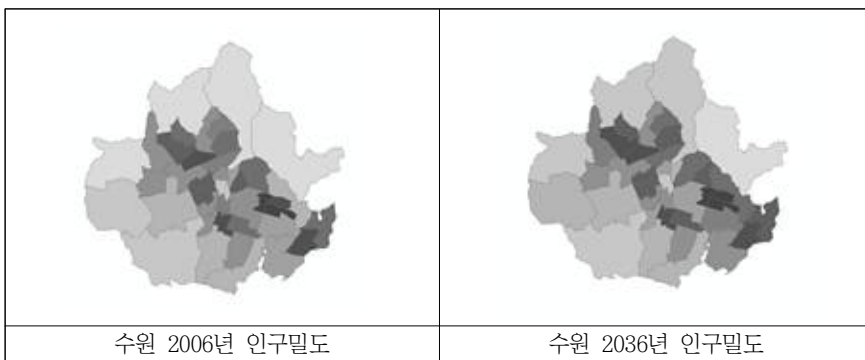
〈그림 6〉 4장 분석의 흐름

## 2. 분석 방법 및 실증 분석

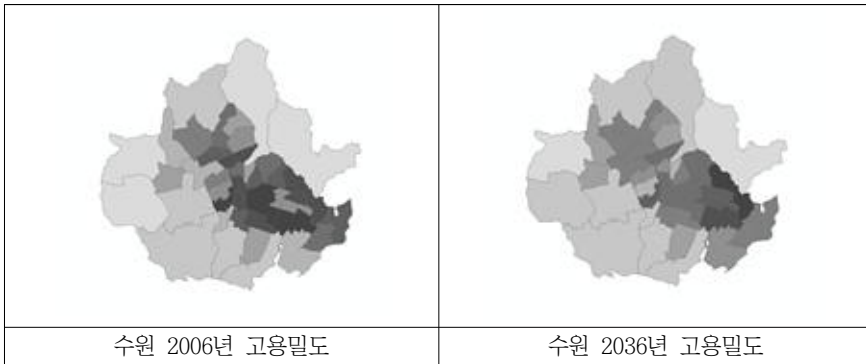
### 1) 사회경제지표 추정

사회경제지표는 4단계 교통수요 추정에 있어서 근간이 되는 자료로서 미래의 정확한 사회경제지표 추정은 교통수요 추정 결과에 신뢰도를 높여준다. 도시별 시나리오 작성을 위해 필요한 사회경제지표는 인구 수, 고용자 수, 취업자 수, 학생 수로 각 지표는 행정동 단위로 예측된다. 미래의 사회경제지표 추정은 시뮬레이션 분석의 근간이 되는 과정으로서 신뢰도 있는 추정방법이 필요하다. 이에 수도권 교통본부에서 실시한 『수도권 장래교통 수요예측 및 대응방안 연구』에서 수행한 연구 방법 및 과정이 오차가 가장 적으며 신뢰도가 확보되는 방법이므로 본 연구에서는 수도권 교통본부에서 발행한 보고서의 방법을 따라 시뮬레이션 분석의 과정을 수행하였다. 따라서, 장래 교통 수요예측을 위한 기준년도의 자료는 2006년의 것으로 2036년의 값을 추정하며 수도권 교통본부가 실시한 『수도권 장래교통 수요예측 및 대응방안 연구』의 방법 및 결과를 반영하여 사용하였다.

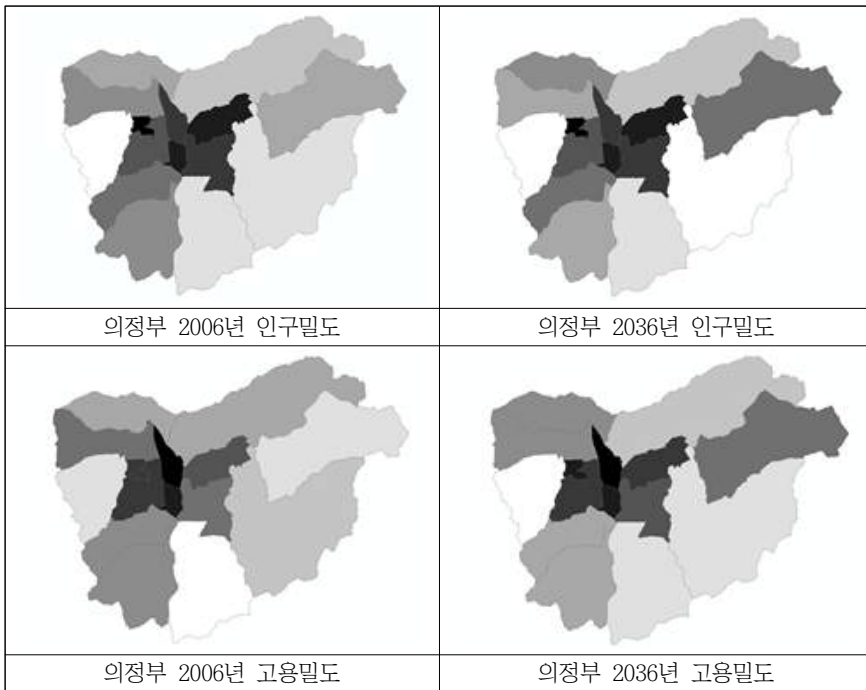
〈표 15〉 수원 인구 및 고용 변화



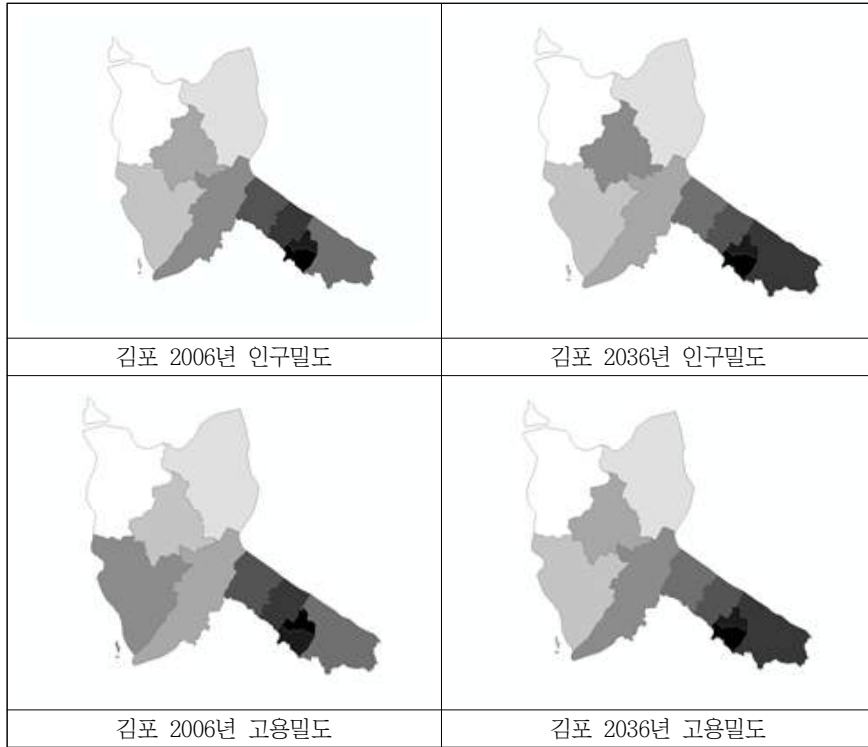
<표 계속>



<표 16> 의정부 인구 및 고용 변화



〈표 17〉 김포 인구 및 고용 변화



## 2) 시나리오 구성

미래 수도권외 도시공간구조와 교통에너지 효율성을 비교해 보고자 앞서 선정한 3개 도시(수원, 김포, 의정부)에 대하여 각각 도시공간구조에 관한 3가지의 시나리오(현 추세연장, 단핵집중형, 다핵분산형)를 설정하였다.

시나리오 구성은 연구 대상 도시의 주거와 고용의 분포를 변화시켜 작성하였다. 대상지의 공간구조를 결정짓는 변수들(토지이용의 종류, 밀도와 배치, 교통망의 종류와 배치)중 일부는 현 추세를 따르되, 그 중 인구 수, 고용자 수, 취업자 수, 학생 수, 4가지 항목에 관하여 각 시나리오의 목적에 부합하도록 재분배하였다. 각 시나리오 별로 해당 도시 내에서의 인구, 고용자, 취업자, 학생 수의 총 합은 표 18에 나와 있는 것처럼 현 추세 연장시의 그것과 같도록 하였다.

〈표 18〉 도시 별 목표연도(2036) 인구, 고용, 학생, 취업자 수

항목	수원	의정부	김포
인구 수	1097872	449921	415178
고용 수	520684	109625	177922
학생 수	153967	53369	43508
취업자 수	572854	227475	160565

단핵 집중형 시나리오를 위한 중심지 설정은 분석 1을 통해 도출된 중심지로 설정하였으며, 분산 집중형 시나리오를 위한 부도심들의 선택은 해당 도시의 도시기본계획의 지침을 따르도록 한다. 시나리오 분석의 기준년은 가구통행분석 자료가 존재하는 2006년으로 하고 예측 시나리오 목표년은 기준년으로부터 30년 후인 2036년으로 한다.

〈표 19〉 수원 도시공간구조 시나리오

	현재 추세연장	단핵집중형	다핵분산형
도심	중심시가지 (수원역/수원화성)	중심시가지 (수원역/수원화성)	중심시가지 (수원역/수원화성)
부도심	영통지구	.	영통지구, 광교신도시
지역중심	.	.	정자동, 호매실지구, 산업단지

수원의 도시공간구조 시나리오는 표 19에 나타난 바와 같다. 현재 추세 연장의 수원 도시공간구조는 수원역과 수원화성 일대를 아우르는 기존 도심지역과 새롭게 급성장 하는 영통지구를 부도심 지역으로 가지고 있으며, 단핵집중형 시나리오에서는 기존 도심지역을 강화하여 단핵도시구조를 설정한다. 다핵분산형 시나리오에는 2020 수원도시기본계획을 반영하여 현재추세의 기존도심, 영통 부도심에 더하여 광교신도시를 부도심으로 설정하고 정자동, 호매실지구, 산업단지를 3 지역중심으로 설정하였다. 다핵분산형 시나리오에서는 인구수, 고용자수, 학생수, 취업자수에 대하여 기존 도심 지역을 약화시키고 계획된 부도심 및 지역중심을 강화하였다.

〈표 20〉 의정부 도시공간구조 시나리오

	현재 추세연장	단핵집중형	다핵분산형
도심	중심시가지 (의정부역 일대)	중심시가지 (의정부역 일대)	중심시가지 (의정부역 일대)
부도심	금오부도심	.	금오부도심
지역중심	.	.	가능·녹양, 송산, 호원 지역중심

의정부시의 도시공간구조 시나리오는 표 20에 나타난 바와 같다. 2036년의 현재 추세연장 시나리오를 보면 의정부역과 의정부중앙역, 흥선역 삼각지를 아우르는 기존 중심시가지에 도심이 위치하며, 금오부도심과 송산 지역 일대를 아우르는 부도심이 존재하는 것을 발견할 수 있다. 이에 단핵집중형 시나리오에서는 기존 중심시가지를 더욱더 강화하여 단일 도심을 형성하는 단핵도시구조를 설정하며 다핵분산형 시나리오에서는 기존 도심지역을 약화시키는 반면 가능·녹양 지역중심, 송산 지역중심, 호원 지역중심을 강화시켜 다핵도시구조를 설정한다. 2020 의정부 도시기본계획에 의하여 기존 도심지역은 중심상업을 위치시키고, 금오 부도심에는 광역 행정 및 업무 시설을 위치시킨다. 반면 송산 지역중심과 호원 지역중심은 주거 기능을 더욱더 강화하기 위해 주거인구를 증가시키고 가능·녹양 지역중심은 주거보다 고용을 증가시켜 상업, 위락시설의 계획을 만족시킨다.

〈표 21〉 김포 도시공간구조 시나리오

	현재 추세연장	단핵집중형	다핵분산형
도심	양촌 신도시	양촌 신도시	양촌 신도시
부도심	김포, 통진 부도심	.	김포, 통진 부도심
지역중심	.	.	고촌, 대곶, 월곶, 하성 지역중심

김포시의 경우 중생활권이 북부, 중부, 남부로 나뉘어져 있으며 중부 중생활권의 양촌 신도시가 도심의 기능을 담당하고 있다. 표 21에 나타난 바와 같이 김포의 현재 추세연장 시나리오에서는 양촌 신도시 외에 통진 부도심과 김포 1동, 풍무동, 사우동을 아우르는 김포 부도심을 설정하여 도시 공간구조를 설정한다. 단핵 집중형 시나리오에서는 현재 및 미래의 도심으로 기능하는 양촌

신도시를 더욱더 강화하는 반면 다핵분산형 시나리오에서는 2020 김포 도시기본계획에 나타난 바와 같이 1도심 2부도심 4지역중심을 설정하여 도심지역의 주거와 고용 및 학생, 취업자수를 조절하여 각 부도심과 지역중심에 분산하여 도시공간구조를 설정한다.

### 3) 통행발생

수원, 의정부, 김포 도시 별 시나리오를 작성 한 뒤, 4단계 교통수요 추정을 수행한다. 4단계 모형 중 첫 번째 통행 발생의 추정 모형은 수도권 교통본부가 실시한 『수도권 장래교통 수요예측 및 대응방안 연구』의 회귀분석 모형을 따른다.<sup>4)</sup>

전통적인 교통수요 분석의 기법에서 OD접근법(Origin-Destination)과 PA접근법(Production-Attraction)의 개념이 일반적으로 사용되고 있다. OD접근방법에서는 다양한 활동목적을 집합화하여 하나의 통행목적 범주로 묶어놓은 반면, PA접근방법의 경우 가정에서 출발하고 가정으로 돌아오는 통행수를 함께 고려함으로써 근본적인 통행의 특성을 손실시키지 않고 유지하게 된다. 본 연구에서는 PA접근법을 사용하였으며, 이에 통행 목적을 가정기반 5개 통행(가정기반 출퇴근 통행, 가정기반 등하교 통행, 가정기반 학원통행, 가정기반 쇼핑통행, 가정기반 기타통행), 비가정기반 3개 통행(비가정기반 업무통행, 비가정기반 쇼핑통행, 비가정기반 기타통행)으로 나누었다.

회귀분석은 개인단위, 가구단위, 존단위 회귀분석이 가능하다. 그러나 개인 및 가구단위의 모형은 개인, 가구단위의 사회경제지표가 필요한 것에 반해 수도권 전 지역에 대한 모형정립에 현실적인 제약이 있으므로 존단위 회귀분석법을

4) 수도권 교통본부, 『수도권 장래교통 수요예측 및 대응방안 연구』, 2009



선택하였다. 종단위 회귀분석의 독립변수들은 통행 목적에 따라, 생성 (Production) 및 유인(Attraction)에 따라 다르며 목적 별 독립변수들은 아래의 표 22에 나타난 바와 같다.

〈표 22〉 통행목적별 회귀분석 독립변수

목적구분		생성	유인
가정 기반 통행	출퇴근통행	취업자수	1,2차산업 종사자수 3차산업 종사자수
	등하교통행	6~17세 인구 18~21세 인구	초중고 수용학생수 대학교 수용학생수
	학원통행	6~21세 인구(학령인구)	학원관련 종사자수
	쇼핑통행	15세 이상 인구 천가구당 자동차 보유대수	3차산업 종사자수
	기타통행	15세 이상 인구 천가구당 자동차 보유대수	3차산업 종사자수 총 수용학생수
비가정 기반 통행	업무통행	2차산업 종사자수 3차산업 종사자수	2차산업 종사자수 3차산업 종사자수
	쇼핑통행	2,3차산업 종사자수 총 수용학생수	2차산업 종사자수 3차산업 종사자수
	기타통행	2,3차산업 종사자수 총 수용학생수	3차산업 종사자수 총 수용학생 수

출처: 수도권 교통본부, 『수도권 장래교통 수요예측 및 대응방안 연구』, 2009

『수도권 장래교통 수요예측 및 대응방안 연구』에서 분석한 통행발생모형의 설명변수는 존 별 인구 수, 고용자 수, 취업자 수, 수용학생 수로써, 도시공간 구조를 결정하는 본 연구의 시나리오의 독립변수와 일치한다. 도시공간구조의 결정은 직접적으로 고용과 인가로 표현되기 때문에 이와 같은 통행발생모형은 시나리오를 발전시킬 수 있는 적합한 모형으로 고려된다.

#### 4) 통행분포

4단계 모형 중 두 번째 통행분포에 관한 모형은 『수도권 장래교통 수요예측 및 대응방안 연구』의 중력모형을 사용하였다.<sup>5)</sup> 중력모형은 통행의 유출량과 유입량을 동시에 고려하며 통행저항(비용)을 모두 고려할 수 있는 모형으로 타 모형에 비해 널리 사용되고 있다. 또한 존의 교통 생성량과 유인량을 모두 고려하는 이중제약 모형을 사용한다.

이중제약 중력모형(Gravity Model)의 형태는 다음과 같다. 중력모형의 개념은 존과 존 사이의 통행량이 두 존의 발생량 및 도착량에 비례하고 두 존사이의 통행저항에 반비례한다는 것이다. 이중제약 중력 모형식은 다음과 같다.

$$T_{ij} = K_{ij} O_i D_j f(C_{ij})$$

- $T_{ij}$  : 기점  $i$ 에서 종점  $j$ 로 가는 통행량
- $K_{ij}$  : 균형인자
- $O_i$  : 기점  $i$ 의 발생량
- $D_j$  : 종점  $j$ 의 도착량
- $f(C_{ij})$  : 기점  $i$ 에서 종점  $j$ 로 가는 통행저항함수  
(거리, 시간, 비용 등)

균형인자는 각 존 쌍(zone pair)별로 각각 다른 값을 갖는다. 이를  $K_{ij}$ 로 표현할 수 있다. 그러나 제약조건식을 모두 만족하는 균형인자  $K_{ij}$ 를 도출하기가 어려우므로 생성존 관련인자  $A_{ij}$ 와 유인존 관련인자  $B_{ij}$ 로 분리하면 다음과 같은 중력모형을 구할 수 있다.

---

5) 수도권 교통본부, 『수도권 장래교통 수요예측 및 대응방안 연구』, 2009

$$T_{ij} = A_i O_i B_j D_j f(C_{ij})$$

$A_{ij}$  : 생성존 균형인자

$B_{ij}$  : 유인존 균형인자

이중제약 중력모형은 존별 발생량과( $O_i$ )과 도착량( $D_j$ )에 대한 제약이 동시에 있는 모형이다.

$$O_i = \sum_j T_{ij}, \quad D_j = \sum_i T_{ij}$$

위의 두 식을 결합시키면  $A_i, B_j$ 는 다음과 같이 유도된다.

$$A_i = \frac{1}{\sum_j B_j D_j f(C_{ij})}, \quad B_j = \frac{1}{\sum_i A_i O_i f(C_{ij})}$$

중력모형은 통행저항 함수의 형태에 따라 영향을 많이 받는다. 통행저항 함수의 형태는 통행목적별 분포특성을 감안하여 선정하였다. 통행저항 함수는 역지수함수, 역멱함수, 수정혼합형 함수 중 각 통행 목적에 따라 통행 분포 특성에 잘 부합하는 함수 형태가 선정되었다.

$$\text{역지수함수 : } f = \alpha \exp(\beta d_{ij})$$

$$\text{역멱함수 : } f = \alpha (d_{ij}^\beta)$$

$$\text{수정혼합형 : } f = \alpha (t_{ij}^\beta) \exp(\gamma d_{ij})$$

$f(T_{ij})$ 는 통행량이며  $d_{ij}$ 는 존간 최단거리이다. 함수의 파라미터  $\alpha, \beta, \gamma$ 의 정산을 용이하기 위해 양변 대수전환을 통한 선형식을 변환하여 선형식을 회귀분석하고  $\alpha, \beta, \gamma$ 를 정산하였다.

$$\text{역지수함수 : } \ln(f) = \ln \alpha + \beta d_{ij}$$

$$\text{역멱함수} : \ln(f) = \ln\alpha + \beta\ln(d_{ij})$$

$$\text{수정혼합형} : \ln(f) = \ln\alpha + \beta\ln(d_{ij}) + \gamma d_{ij}$$

기종점간 통행량은 기점발생량, 종점도착량, 저항함수로 설명할 수 없는 요소가 존재하며 사용된 변수로 설명할 수 없는 값을 설명하기 위해 균형인자를 중력모형에 사용한다. 균형인자  $A_i$ 와  $B_j$ 는 반복평형법을 사용하여 산출하였다.

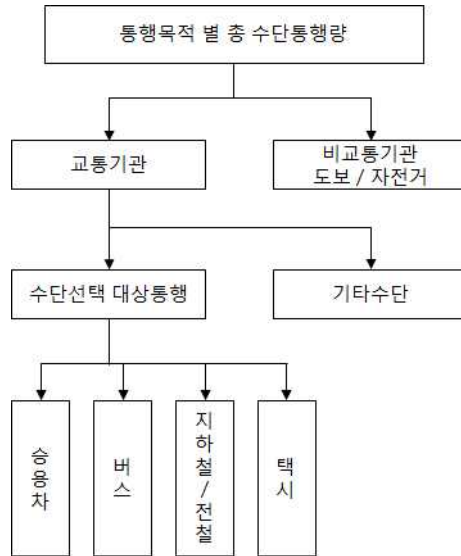
## 5) 통행수단선택

4단계 교통수요 추정 모형 중 3단계 통행수단선택 모형은 『수도권 장래교통수요예측 및 대응방안 연구』에서 분석한 로짓 모형을 따른다.<sup>6)</sup> 로짓 모형의 이론적 배경은 선택이론의 효용극대화이론에 근거하는데, 통행자는 여러 가지의 교통수단의 효용을 고려한 의사결정을 통해 교통수단을 선택한다는 것을 의미한다.

『수도권 장래교통 수요예측 및 대응방안 연구』에서 다항 로짓 모형과 네스티드 로짓 모형을 이용해 추정된 효용함수의 계수들을 사용하여 수단별 통행량을 예측하였다. 통행목적 별 수단결정 과정은 아래 그림 6에 나타난 바와 같다.

---

6) 수도권 교통본부, 『수도권 장래교통 수요예측 및 대응방안 연구』, 2009



〈그림 7〉 수단선택 과정

총 목적별 통행량의 교통기관통행과 비교통기관통행으로의 구분은 기준년도 (2006 가구통행 실태조사 자료)의 존 별 비교통기관 통행 비율(비교통기관 통행/총 수단통행량)을 이용하여 산출하였다. 기타수단 통행은 2륜 원동기 및 기타 수단으로 교통기관 통행량의 수단선택 대상통행과 기타수단으로의 구분 또한 기준년도의 기타수단 통행비율(기타수단 통행/총 교통기관 수단 통행량)을 이용하여 산출하였다. 『장래교통 수요예측 및 대응방안 연구』에서는 수단선택 대상통행의 수단선택과정에서 다항 로짓 모형과 네스티드 로짓 모형을 사용하여 승용차, 버스, 지하철 및 전철, 택시로 구분하였다. 네스티드 로짓 모형은 다항 로짓 모형의 비관련대안간 독립성 위반에 대한 단점을 보완할 수 있는 모형이다. 하지만 다항 로짓 모형의 신뢰도도 상당히 높으며 네스티드 로짓 모형은 사용하기 어려운 복잡한 모형구조이고, 입력변수 값 산출에 대한 구체적인 방법이 기술되지 않은 단점이 있기에 다항 로짓 모형을 선택하여 수단선택과정을 수행하였다.

수단선택 대상통행의 승용차, 버스, 지하철 및 전철, 택시 수단 선택과정에서 사용한 각 수단 별 효용함수에 사용된 변수는 다음 표 23에 나타난 바와 같다.

〈표 23〉 효용함수의 사용 변수

수단	변수
승용차	지역더미1( $rd_1$ ): 서울-인천, 인천-서울 지역더미2( $rd_2$ ): 서울 주차 1급지 총통행시간( $C$ ): 차내+차외 승용차통행비용( $T^A$ ): 운행비+주차비
버스	버스더미( $d_B$ ) 총통행시간( $C$ ): 차내+차외 버ست통행비용( $T^B$ ): 요금
지하철	지하철 더미( $d_S$ ) 총통행시간( $C$ ): 차내+차외 지하철통행비용( $T^S$ ): 요금 역까지 접근거리( $L$ ): 기종점의 합
택시	택시더미( $d_T$ ) 지역더미1( $rd_1$ ): 서울-인천, 인천-서울 지역더미2( $rd_2$ ): 서울 주차 1급지 총통행시간( $C$ ): 차내+차외 택시통행비용( $T^T$ ): 요금

변수의 구축을 위한 통행시간과 통행비용의 산출방식은 다음과 같다. 존 간 수단별 통행시간은 EMME3를 활용한 통행배정을 통해 산정하였다. EMME3를 통해 버스의 통행시간을 직접 산정하였으며 존간 통행거리 결과를 이용하여 승용차 및 택시의 통행시간을 산정하였다. 승용차의 통행비용(100원 단위)은 보험비를 고려하지 않고 운행비(유류비)와 주차비만을 고려하였다. 주차비는 『서울특별시 주차장 설치 및 관리 조례』에 나와 있는 주차 1급지를 반영하였다.<sup>7)</sup> 조례에 나와있는 주차 1급지 지역은 행정동 단위가 아닌 특정 지구 단

위이므로 이를 행정동 단위로 변경 및 적용하였으나, 이에 대한 오차가 존재할 것으로 예상된다. 이에 서울 1급지는 60백원이며, 나머지 지역은 12백원, 인천 60백원으로 적용하였다. 주차요금의 단위는 1시간 당 100원이다. 택시의 통행 비용은 거리별 요금을 적용하였다. 존간 평균 통행거리를 산출하여 기본요금 (2Km)은 19백원으로 하고 서울, 인천, 경기도에 따라 거리별 할증을 적용하였다. 버스요금은 『장래교통 수요예측 및 대응방안 연구』에서 제시한 장래년도 요금을 적용하였다.

〈표 24〉 버스요금 적용 기준

거리	5 Km 이하	5~15 Km	15 Km 이상
요금	600원	800원	서울-서울: 1300원 이외지역: 1500원

지하철 요금 또한 거리비례제로 산출하였다. 존간 센트로이드 지점에서부터 지하철 역까지의 거리를 이용하여 도보시간을 산정하였고, 통행비용으로는 서울 내에서는 기본요금(12 Km) 8백원, 6 Km 당 백원 할증, 이외 지역에서는 기본요금(10 Km) 8백원, 5 Km 당 백원 할증을 적용하였다. 이와 같은 변수를 사용한 각 수단별 효용함수는 다음 표 25에 나타난 바와 같다.

〈표 25〉 수단 별 효용함수 식

수단	효용함수식
승용차	$V_{ij}^{auto} = rd_1 + rd_2 + \beta_1 T_{ij}^A + \beta_2 C_{ij}^A$
버스	$V_{ij}^{bus} = d_B + \beta_1 T_{ij}^B + \beta_3 C_{ij}^B$
지하철	$V_{ij}^{subway} = d_S + \beta_1 T_{ij}^S + \beta_3 C_{ij}^S + \beta_6 L_{ij}$
택시	$V_{ij}^{taxi} = rd_1 + rd_2 + d_T + \beta_1 T_{ij}^T + \beta_3 C_{ij}^T$

출처:수도권 교통본부, 『장래교통 수요예측 및 대응방안 연구』

7) 서울특별시, 『서울특별시 주차장 설치 및 관리조례 전부개정안조례안』

## 6) 수단별 에너지 소비량 산출

시나리오 분석을 통해 도출된 수도권 2036년 OD 예측값을 통해 에너지 소비량을 산출한다. 도출된 2036년 OD 예측 값은 승용차, 버스, 철도, 택시, 보행, 자전거, 기타로 총 7가지 수단으로 정리된다. 총 에너지 소비량 산출을 위해 사용하는 수단 별 에너지 소비량 기준 값은 『2007년 기후변화협약 대비 철도 수송 효과 분석』을 참조하여 표 23에 나타난 바와 같다.

〈표 26〉 수단 별 에너지 소비량 기준 값

수단 항목	규모(%)	에너지소비량(Kcal/인/Km)
자가용(일반형)	26.3	549.8
자가용(다목적형)	13	538
자가용 계	39.3	545.9
시외버스	3.5	177.3
시내버스	4.5	617.6
버스 계	8	425
택시	4.3	795.5
수도권전철	2.2	53.8
지하철	4	54.5
철도 계	6.2	54.3

총 9개의 시나리오 별 장래 교통 수요량을 통한 에너지 소비량을 추정하였다. 시나리오 별 교통 수요량의 총 7가지 수단 중, 보행, 자전거, 기타 수요는 에너지 소비량에 추산되지 않았으며, 승용차, 버스, 철도, 택시에 한하여 수단 별 단위 에너지 소비량과 존간 최단거리, 교통수요량을 반영하여 에너지 소비량을 추산하였다. 존 간 최단거리는 GIS를 이용하여 각 존의 지리적 중심지 간의 직선거리로 추정하였다.

$$\text{에너지 소비량} = \sum \text{수단별에너지소비량} \times \text{존간평균거리} \times \text{발생교통량}$$



### 3. 분석의 결과

분석의 단위는 수도권의 모든 행정동 단위로 이루어졌다. 시나리오는 수원, 김포, 의정부 도시의 행정동 별 인구수, 고용자수, 학생수, 취업자수를 조정하여 작성되었고, 이에 따라 변경되는 수도권 총 장래 교통 수요를 추산하였다. 이에 분석의 결과에서는 첫째, 각 시나리오별로 통행량 및 통행거리를 산출하였으며, 둘째, 에너지 소비량 산출 범위를 개별 도시, 개별도시와 서울, 수도권 전체로 나누어 산출하였다.

#### 1) 장래 교통 수요 추정 결과

〈표 27〉 수원 장래교통 수요 추정결과

수단		승용차	버스	철도	택시	기타	총계
통행량 (인)	현재추세 연장	12476322	11035262	29670413	1039838	19478086	73699921
	단핵집중	12266759	10907764	28915501	1023373	19758020	72871417
	다핵분산	12259869	10924062	28954553	1023142	19735312	72896938
통행 거리 (Km)	현재추세 연장	107422816	285543509	384426203	6889307	114964314	899246149
	단핵집중	106493966	289183742	378281811	6851965	123523638	904335122
	다핵분산	106696770	289884876	379804820	6862065	124172438	907420969

수원시의 장래교통 수요 예측결과는 위의 표 27에 나타난 바와 같다. 총 계의 결과를 살펴보면 통행량의 경우 단핵집중형 시나리오에서 가장 적은 통행량을 나타내지만 통행거리의 경우 오히려 현재추세형 시나리오에서 가장 적은

거리를 나타내는 것을 발견 할 수 있다. 이로 미루어 볼 때, 단핵집중형 시나리오에서 장거리 통행이 많이 발생한다는 것을 짐작할 수 있다.

〈표 28〉 의정부 장래교통 수요 추정결과

수단		승용차	버스	철도	택시	기타	총계
통행량 (인)	현재추세 연장	12476322	11035262	29670413	1039838	19478086	73699921
	단핵집중	12263464	10918404	28907894	1023601	19758020	72871383
	다핵분산	12327168	10935852	28808517	1031290	19730890	72833717
통행 거리 (Km)	현재추세 연장	107422816	285543509	384426203	6889307	114964314	899246149
	단핵집중	106593362	289695305	378919450	6853637	124065922	906127676
	다핵분산	106413841	283129568	372090242	6851050	123031053	891515754

의정부시의 경우 표 28을 살펴보면 통행량과 통행거리 측면에서 모두 다핵분산형의 시나리오가 가장 적은 값을 나타내고 있는 것을 발견할 수 있다. 오히려 단핵집중형의 시나리오에서 통행량 대비 통행거리가 높은 값을 가지는 것을 보아, 단핵집중형 시나리오에서 장거리 통행이 발생하는 것을 미루어 알 수 있다.

〈표 29〉 김포 장래교통 수요 추정결과

수단		승용차	버스	철도	택시	기타	총계
통행량 (인)	현재추세 연장	12476322	11035262	29670413	1039838	23511584	73699921
	단핵집중	12324285	10931331	28818647	1030664	23255616	72841804
	다핵분산	12329322	10944915	28812794	1030849	23274237	72845240

<표 계속>

수단		승용차	버스	철도	택시	기타	총계
통행 거리 (Km)	현재주세 연장	107422816	285543509	384426203	6889307	392966325	899246149
	단핵집중	106389223	282872033	372276457	6844919	389261256	890925028
	다핵분산	106534215	283634447	372161298	6851110	390168662	892222496

김포시의 경우 표 29를 살펴보면, 통행량과 통행거리 측면에서 모두 다 단핵 집중형의 시나리오가 가장 적은 값을 나타내고 있는 것을 발견할 수 있다. 승용차, 버스, 택시, 기타의 모든 수단 항목에서 단핵집중형 시나리오가 가장 적은 수요를 나타내고 있으며 유일하게 철도 항목에서 다핵분산형 시나리오가 가장 적은 값을 나타내고 있다.

## 2) 도시 및 시나리오 별 에너지 소비량 결과

〈표 30〉 수원 교통에너지 총 소비량 결과

지역범위	시나리오	에너지소비량(Kcal)
수도권	현재 추세연장	206325013600.6
	단핵집중	207001893615.0
	다핵분산	207501224274.5
수원-서울	현재 추세연장	50108051806.7
	단핵집중	50055588511.1
	다핵분산	50172436255.8
수원내부	현재 추세연장	2220893415.3
	단핵집중	2104348139.5
	다핵분산	2200481567.1

수원시의 경우 현재 추세연장 시나리오, 단핵집중 시나리오, 다핵분산 시나리오 간 에너지 소비량에 많은 차이를 보이지 않았다. 미약한 차이지만 수도권 지역범위 에너지 소비량 산출에서는 현재 추세연장 시나리오가 가장 적은 값을 나타냈으며, 수원-서울 간 지역범위에서는 단핵집중 시나리오가, 수원 내부 지역범위에서는 단핵집중 시나리오가 가장 적은 에너지 소비량이 산출되었다.

〈표 31〉 의정부 교통에너지 총 소비량 결과

지역범위	시나리오	에너지소비량(Kcal)
수도권	현재 추세연장	206325013600.6
	단핵집중	207309474989.5
	다핵분산	204048688121.2
의정부-서울	현재 추세연장	46941405460.9
	단핵집중	46844314557.2
	다핵분산	45647396351.4
의정부내부	현재 추세연장	661259442.6
	단핵집중	744860942.8
	다핵분산	700187651.8

의정부시의 경우는 수원시의 경우보다 시나리오 간 에너지 소비량의 차이기 비교적 뚜렷하게 나타났음을 발견할 수 있다. 수도권 지역범위에서의 에너지 소비량을 살펴보면 다핵분산형 시나리오에서 가장 적은 에너지 소비량을 나타냈으며 이는 단핵집중형 시나리오의 에너지 소비량보다 1.5% 감소한 것이다. 의정부-서울 간 지역범위에서도 다핵분산형 시나리오에서 가장 적은 에너지 소비량을 나타냈으며, 이는 단핵집중형 시나리오의 에너지 소비량에 비해 약 2.5% 저감된 값이다. 마지막으로 의정부 내부 지역범위에서도 다핵분산형이 가장 에너지 소비효율이 높은 도시공간구조로서 나타났으며 이는 이 중에서도 가장 큰 6%의 에너지 감소 효과를 보여준다.

〈표 32〉 김포 교통에너지 총 소비량 결과

지역범위	시나리오	에너지소비량(Kcal)
수도권	현재 추세연장	206325013600.6
	단핵집중	203931030812.5
	다핵분산	204332860502.7
김포-서울	현재 추세연장	51785355695.9
	단핵집중	49916321201.3
	다핵분산	50185571804.7
김포내부	현재 추세연장	1228119578.8
	단핵집중	1095781571.5
	다핵분산	1191365296.9

김포시의 경우는 의정부시의 에너지 소비량 값과는 상이한 결과를 나타낸다. 모든 지역범위 에너지 소비량 산출에서 단핵집중형 시나리오가 가장 적은 에너지 소비량을 나타낸다. 수도권 지역범위에서는 현재 추세연장 시나리오에서 가장 많은 에너지 소비량이 추산되었으며, 단핵집중형 시나리오의 에너지 소비량이 다핵분산형 시나리오의 에너지 소비량에 비해 1.2% 작고, 김포-서울 간 지역범위에서도 마찬가지로 단핵집중형 시나리오의 에너지 소비량이 다핵분산형 시나리오의 에너지 소비량에 비해 1.5% 작다. 특히 김포 내부 지역범위에서 큰 차이를 나타냈는데, 단핵집중형 시나리오의 에너지 소비량이 다핵분산형 에너지 소비량보다 8% 감소한 것을 발견할 수 있다.

#### 4. 소결

제 4장에서는 개별 도시의 도시공간구조에 현재 추세연장형, 단핵집중형, 다핵분산형 시나리오를 적용시켜 각 도시 별, 시나리오 별 에너지 소비량을 산출하여 비교해 보았다. 제 3장에서 실시한 상관관계 분석과 군집분석을 통해 경기도 18개 도시 중 유형별로 수원, 의정부, 김포, 세 도시를 선정하였으며, 각 도시는 상관관계 분석에서 각각 상이한 상관계수를 지니고 있다. 또한 도시공간구조 관련 변수들을 이용한 군집분석으로부터 각각 다른 유형의 특성을 가지고 있음을 판별하였기에, 4장의 에너지 소비량 비교 결과는 유형 별 최적의 도시공간구조를 제시하는데 도움이 된다.

4장 시나리오 별 시뮬레이션 에너지 소비량 비교 결과를 요약하면 다음과 같다. 도시 내부의 교통에너지 효율성 항목 에서는 수원과 김포의 경우 단핵 도시공간구조가 가장 유리하며, 의정부의 경우 기존의 도시공간구조가 가장 유리한 것으로 도출되었다. 각 도시와 서울 간의 교통량만으로 에너지 효율성을 살펴볼 때, 수원과 김포의 경우 단핵 도시공간구조가 가장 유리하며, 의정부의 경우 다핵 도시공간구조가 유리한 것으로 도출되었다. 각 도시를 아우르는 전체 광역공간인 수도권을 대상으로 에너지 효율성을 살펴볼 때, 수원의 경우, 기존의 도시공간구조가, 의정부의 경우, 다핵 도시공간구조가, 김포의 경우, 단핵 도시공간구조가 가장 유리한 것으로 도출되었다. 하지만 수원의 경우, 각 시나리오 별 뚜렷한 차이를 보이지 않았다.

이러한 결과로 미루어 볼 때 의정부의 경우 앞서 3장에서 실시한 상관분석에서 중심지지수 변화량과 서울의존성 지수 변화량 간 음의 상관계수를 가져, 특정 중심지의 성장이 광역교통량의 발생을 저하시켜 실제로 다핵도시공간구조가 효율적임을 밝힐 수 있었다. 의정부의 경우 도시 내부 교통량만을 고려하였을 때 현재 추세연장형 시나리오에서 가장 적은 에너지 소비량을 산출할 수 있었

으나, 단핵집중형과 다핵분산형 시나리오만을 비교하였을 때 다핵분산형 시나리오가 6% 가량 에너지 효율성을 보이는 것을 발견 할 수 있으며, 수도권 범위 및 서울-의정부 범위에서는 단연 다핵도시공간구조가 효율적임을 발견 할 수 있었다.

반면에 김포의 경우에는 상관분석에서 각 변량 간 큰 양의 상관계수를 가져, 특정 중심지의 성장이 광역교통량의 발생을 증가시켜 실제로 단핵도시공간구조가 효율적인 전략이 될 수 있다. 이는 도시 내부 뿐만이 아니라, 수도권 전체에서도 마찬가지이며, 수도권 내부에서 중추적인 지배도시 역할을 수행하는 서울과 김포 간 교통만을 고려할 때에도 역시 마찬가지인 것으로 드러난다. 이 중에서도 특히 김포 도시 내부에서의 에너지 효율성은 큰 차이를 나타내는데, 김포 내부 지역범위에서 교통에너지 소비량을 산출하였을 때 단핵도시공간구조는 다핵도시공간구조에 비해 8% 감소한 것을 발견할 수 있었고, 이는 즉, 김포의 다핵도시공간구조 전략이 에너지 효율성 측면에서 기대한 바를 충족시키지 못한다는 것을 말할 수 있다.



## 제 5 장 결론

### 1. 연구의 요약

본 연구에서는 제 3장. 중심지 성장과 광역 교통량 발생간의 연관관계 분석과 제 4장. 장래교통 통행량 추정과 에너지 소비량 분석을 통해 도시공간구조의 교통에너지 효율성을 분석해 보았다.

3장에서는 서울 대도시권에서 서울과 인접한 인천 및 경기도 18개 도시에 대하여 특정 중심지의 성장에 의한 광역교통량 발생을 살펴보았다. 그 결과 의왕시, 김포시, 광주시, 양주시, 안산시, 총 5개 도시에서 중심지 지수 변화량과 서울 의존성 지수 변화량 간 정의 상관관계를 발견할 수 있었으며, 남양주시, 구리시, 성남시, 하남시, 과천시, 의정부시, 6개 도시에서는 중심지 지수 변화량과 서울 의존성 지수 변화량 간 반의 상관관계를 발견할 수 있었다. 반면 인천을 비롯하여 경기도의 부천시, 고양시, 군포시, 광명시, 시흥시, 수원시, 안양시, 8개 도시에서는 각 변화량 간의 상관관계를 거의 발견할 수 없었다. 이처럼 상이한 상관관계를 설명하기 위해 도시공간구조 연구에서 일반적으로 연구되는 경제특성, 인구특성, 산업특성, 토지이용특성을 변수로 사용하여 군집분석을 실시하였으며, 이에 따라 3개의 군집을 발견할 수 있었다. 두 분석을 종합하여 살펴볼 때, 경제특성, 인구특성, 산업특성, 토지이용특성 변수의 값이 높아 자족성을 갖는 도시의 경우 도시공간구조와 광역교통발생량 간의 관계가 미비한 것을 발견할 수 있었으며, 네 가지 특성 변수의 값이 낮아 자족성을 갖기 힘든 도시의 경우에는 도시공간구조와 광역교통발생량 간의 관계가 상당한 것을 발견할 수 있었다.

4장에서는 시뮬레이션 분석을 통해 각 도시 별, 시나리오 별 에너지 효율성 측면을 살펴 볼 수 있었다. 분석 대상 도시는 3장에서 상이한 결과 값을 갖는

군집별 하나씩의 도시로 선정하였으며, 수원시, 의정부시, 김포시가 각각의 도시로 선정되었다. 각 도시 별 교통에너지 효율성 측면을 살펴본 결과, 실제로 경제특성, 인구특성, 산업특성, 토지이용특성 변수에서 높은 값을 가져 자족성이 높다고 판별되는 수원에서는 현재추세형, 단핵집중형, 다핵분산형 시나리오에서 큰 차이를 발견할 수 없었다. 반면에, 3장 상관분석에서 중심지 지수 변화량과 서울의존성 지수 변화량 간 반의 상관관계를 가졌던 의정부시에서는 다핵분산형 시나리오가 가장 높은 교통에너지 효율성을 보였으며, 정의 상관계수를 가졌던 김포시에서는 단핵집중형 시나리오가 가장 높은 교통에너지 효율성을 보였다.

이러한 결과로 미루어 볼 때 수도권 내부 모든 도시에서 일편적인 다핵도시 공간구조 전략 수립에 대한 위험성을 판단할 수 있다. 산업특성 변수에서 3차 산업의 비율이 높아 미래 발전 가능성이 높은 도시들에서는 다핵화 도시공간구조 전략 수립이 교통에너지 효율성 측면에서 긍정적인 효과를 기대해 볼 수 있겠지만, 아직까지 인구구조, 경제구조, 산업구조, 토지이용 측면에서 자족성이 낮아 계획적인 발전이 필요한 도시에서는 설부른 다핵화 도시공간구조 전략이 오히려 부정적일 수 있다는 결과를 얻을 수 있다.

## 2. 정책적 시사점

본 연구는 교통에너지 효율성 측면의 기존 연구들을 바탕으로 지속가능한 도시개발의 대안으로서 맹목적으로 다핵화 도시공간구조를 추구하는 기존 도시계획의 위험성을 실질적인 분석을 통해 논의하고 있다. 개별 도시에 대한 자세한 논의 없이 맹목적으로 다핵화 전략을 추진하는 것은 결국 광역통행량의 발생을 증가시켜 결국 교통에너지 효율성의 효과를 보지 못할 뿐만 아니라, 오히려

부정적일 수 있음을 밝힌다.

기존 연구에서는 일반적으로 인구규모에만 국한하여 다핵화 수준을 가늠하였던 것에 반하여 더 나아가 도시의 인구 특성 뿐만 아니라 경제적 특성, 산업적 특성, 토지이용 특성으로 다핵화 전략의 가능성을 가늠해 볼 수 있다. 본 연구에서는 경기도 18개 도시에 대하여 도시의 유형을 분류하였으며 각 군집의 대표 도시인 수원, 의정부, 김포의 교통에너지 효율성을 고려하여 다핵화 전략을 수립하는 데에 기초 자료로 이용될 수 있다. 실제로 분석 결과, 김포, 광주, 양주와 같이 인구특성, 경제특성, 산업, 토지이용 면에서 자립성이 부족한 도시에서는 아직까지는 선부른 다핵 도시공간구조보다 단핵도시공간구조가 효율적임을 밝히고 있다.

### 3. 연구의 한계 및 향후 연구과제

우선 3장의 분석에서 사용한 서울의존성 지수가 광역교통량을 의미하기에 부족한 면이 있다. 이에 나아가서 존 별 평균 통행거리를 사용한 광역교통권을 설정하여 연구를 보완할 필요가 있다. 또한 각 행정동에서 서울까지의 거리의 크기가 전부 다르기 때문에 개별 도시 내에서도 각 행정동에 대하여 다른 기준을 적용할 필요가 있다. 3장의 군집분석에서 사용한 지표는 경제특성, 인구특성, 토지이용특성, 산업특성이 사용되었다. 그러나 도시공간구조의 전략수립에 고려되어야 할 도시의 입지에 대한 고려가 부족하다. 이는 도시의 입지를 표현할 수치가 적절하지 않아 고려되지 않았으나, 향후 연구에서는 이를 고려할 필요가 있다.

4장의 분석에서 시뮬레이션의 과정에 인구와 고용만을 변화 적용시켰기 때문에 이에 따른 추가적인 고려가 필요하다. 목표연도인 2036년의 철도망, 도로망

과 같은 기간 교통 기반시설에 대한 고려는 되었지만, 새로운 지하철역의 신설, 세부 도로의 건설과 같은 교통 기반시설의 변화에 대한 고려가 부족하다. 마지막으로 4장 분석에서 시나리오를 검증하기 위한 교통 수요예측 단계에서 첫 번째인 통행발생 모형은 도시공간구조를 설명할 수 있는 독립변수들을 반영하고 있지만, 통행배분모형, 수단선택모형에서는 이러한 변수들을 반영하지 못한 일반적인 모형이므로 추후 연구에서는 통행배분모형, 수단선택모형에서 또한 이러한 설명변수들을 포함한 모형의 구축이 필요하다.

향후 연구 과제로서는 첫째, 에너지 소비량 뿐 만 아니라 탄소배출량을 산출하여, 도시공간구조와 에너지 효율적 및 환경친화적 지속가능한 도시개발의 관계를 밝힐 수 있다. 본 연구에서는 교통에너지 효율성 측면에서만 도시공간구조 전략 수립계획의 기초를 논하였으나 실제로 도시공간구조의 전략은 교통에너지 효율성 측면 뿐만이 아닌 다른 사회 경제적 여건과 환경친화적 여건을 고려할 필요가 있다.

또한 본 연구에서는 현재 추세형, 단핵집중형, 다핵분산형, 총 3가지 시나리오를 적용하였으나 향후 연구에서는 도시공간구조 시나리오를 더욱 다양하게 하여 주거와 고용의 이상적인 분배상태를 확인할 수 있다. 단순한 분산 집중형, 단핵 집중형 도시공간구조에서 더 나아가 주거와 고용의 분리, 합일 과 같은 분배의 경우를 다양하게 하여 도시공간구조 다핵화 과정의 이상적인 전략수립에 기여할 수 있다.

## 참 고 문 헌

### [국내 문헌]

- 구정은, “도시 규모에 따른 다핵화 수준에 관한 연구”, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 2006
- 권세나, “통행수단선택에 영향을 미치는 요인에 관한 연구”, 연세대학교 대학원 도시공학과 석사학위논문, 2007
- 김성희·이창무·안건혁, “대중교통으로의 보행거리가 통행수단선택에 미치는 영향”, 『국토계획』 제36권 7호, pp. 297-307, 2001
- 김승남·이경환·안건혁, “압축도시 공간구조 특성이 교통에너지 소비와 대기오염 농도에 미치는 영향”, 『국토계획』 제44권 2호, pp. 231-246, 2009
- 김은성, “서울시 고용 중심지의 탐색과 접근성 분석”, 서울대학교 대학원 지리학과 석사학위논문, 2012
- 김주일, “기능 특성에 기초한 서울 도심의 중심성 및 영향력에 관한 연구”, 서울대학교 대학원 도시공학과 박사학위논문, 2005
- 김주일, 『기능특성 분포를 통해서 살펴본 서울의 도시구조와 도심체계』, 한국학술정보, 2008
- 김진자, “수도권지역의 통행발생모형 개선”, 경기대학교 대학원 도시·교통공학과 석사학위논문, 2003
- 김창석·우명제, “서울시 중심지 설정과 중심지 특성에 관한 연구”, 『국토계획』 제35권 1호, pp. 17-29, 2002

- 남영우, 『도시공간구조론』, 법문사, 2007
- 노희순·이창무·최막중, “도시공간구조의 다핵화 과정에 관한 연구”, 『국토계획』 제39권 2호, pp. 47-61, 2004
- 배명은, “성남시 도시공간구조 변화연구”, 서울시립대학교 도시과학대학원 도시계획학과 석사학위논문, 2011
- 선권수, “중심지 체계와 도시공간구조 특성에 관한 연구”, 한양대학교 도시대학원 박사학위논문, 2009
- 안건혁, “도시형태와 에너지활용과의 관계 연구”, 『국토계획』 제35권 2호, pp. 9-17, 2000
- 오세현, “평택시 도시공간구조의 시계열적 변화 분석”, 경원대학교 일반대학원 박사학위논문, 2012
- 옥석문, “도시공간정책이 중심지 체계변화에 미치는 영향에 관한 연구”, 한양대학교 도시대학원 박사학위논문, 2009
- 원제무, “An Application of Multinomial Logit Model to Jongro Corridor Travellers”, 『대한교통학회』 제2권 1호, pp. 103-119, 1984
- 유선, “지역간 상호의존성을 고려한 통행배분모형 개발”, 한양대학교 도시공학과 석사학위논문, 2001
- 유지혜, “서울시 출근 목적 통행에 있어서의 교통수단선택 행태 변화에 관한 연구”, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 2004
- 이기석, “The Emerging Multicenters and Some Implications of Global Change in the City of Seoul, Korea”, 『대한지리학회』 제32권 3호, pp.

311-328, 1997

- 이승일, “교통발생저감을 위한 환경친화적 도시공간구조 연구”, 『국토계획』 제35권 6호, pp. 21-33, 2000
- 전명진, “다핵도시공간구조하에서의 통근행태”, 『국토계획』 제31권 2호, pp. 223-236, 1995
- 전명진, “비모수적 방법을 통한 서울의 고용중심지 변화분석”, 『국토계획』 제38권 3호, pp. 69-83, 2003
- 전용현, “토지이용 및 교통서비스 특성을 반영한 지역간 통행분포모형의 개선”, 한양대학교 도시대학원 석사학위논문, 2011
- 조명호·임창호, “수도권 도시공간구조의 분석”, 『국토계획』 제36권 7호, pp. 183-195, 2001
- 진원형·이재하, “대도시의 지속가능한 개발을 위한 도시형태와 지표설정에 관한 연구”, 『국토계획』 제33권 2호, pp. 205-221, 1998
- 최막중·지규현, “다핵화 정책에 의한 직주근접 효과의 규범적 평가”, 『국토계획』 제32권 5호, pp. 25-37, 1997
- 한학규, “부천시 도시공간구조의 변화와 특성에 관한 연구”, 한양대학교 도시대학원 석사학위논문, 2009

## [국내 보고서]

- 2010 경기 통계연보
- 광주시, 『2020 광주도시기본계획』
- 김포시, 『2020 김포도시기본계획』
- 부산광역시, 『2030 부산도시기본계획』
- 서울특별시, 『2030 서울도시기본계획』
- 수도권 교통본부, 『수도권 장래교통 수요예측 및 대응방안 연구』, 2009
- 수원시, 『2020 수원도시기본계획』
- 의정부시, 『2020 의정부도시기본계획』
- 인천광역시, 『2030 인천도시기본계획』



## [해외 문헌]

- Despotakis, V.:Giaoutzi, m.:Nijkamp, P., “Spatial Depiction of Local Sustainable Development”, 『Sustainable Development and Urban Form』 M, J, Breheny. pp 242-267, 1992
- Giuliano, G., Small, K., “Subcenters in the Los Angeles Region, 『Regional Science and Urban Economics』 , vol.21, pp 163-182, 1991
- Ingram, G, K., “Patterns of Metropolitan Development:What Have We Learned?”, 『TRED Conference』 , 1996
- Khisty Lall, 『Transportation Engineering:An Introduction』 , third edition, Prentice Hall, 2003
- Newman·Kenworthy, “Gasoline Consumption and Cities:A Comparison of US Cities with a Global Survey”, 『Journal of American Planning Association, 』 , 1989
- Rickaby, P, A.:Steadman, J, P.:Barrett, M., “Patterns of Land Use in English Town:Implications for Energy Use and Carbon Dioxide Emissions” 『Sustainable Development and Urban Form』 M, J, Breheny. pp 182-196, 1992
- Sharpe, R., “Energy Efficiency and Equity of Various Urban Land Use Patterns”, 『Urban Ecology』 , vol.7, 1982

A Study on Relationship between Urban Spatial  
Structure and Transportation Energy Efficiency  
in Seoul Metropolitan Area

Lee, Mooyup

A DISSERTATION  
IN  
URBAN DESIGN

Presented to the Graduate School of Seoul National University in Partial  
Fulfillment of the Requirement for  
the Degree of Master

Supervised by  
Professor Ahn, Kun Hyuck

Department of Civil and Environmental Engineering  
College of Engineering  
Seoul National University

February 2013

Graduate School of Seoul National University



# Abstract

## A Study on Relationship between Urban Spatial Structure and Transportation Energy Efficiency in Seoul Metropolitan Area

Lee, Mooyup

Department of Civil & Environment Engineering

The Graduate School

Seoul National University

Since 1960's, Seoul, capital city of Korea, has got a multi-centric urban structure strategy. Futhermore most cities in Korea also push ahead the multi-centric urban structure strategy. This multi-centric urban structure is suggested for the method that can make balanced development, as well as reduce transportation energy consumption. Actually most cities in Korea show multi-centric urban structure by means of both natural market force and political intention.

However, the most of these cities did not consider extensive area spatial structure. Besides, these multi-centric urban structure are not connected with extensive area structure plans. In Seoul metropolitan

area, most cities have intracity travel ratio as under 70%. As those cities are connected one another, considerable long distance travels are occurred so that each city's spatial structure plan should be considered in a larger cluster. On the contrary, preceding researches about urban spatial structure and transportation energy reduction are confined to each city, thus the application for every cities of Seoul metropolitan area is limited. Moreover, for these preceding researches applied cross-sectional analysis, it is not confident that multi-centric urban structure is actually efficient. Hence, this study verifies that each city's multi-centric spatial structure is actually efficient on transportation energy reduction in larger cluster.

Here two hypothesis are suggested. the first is that the growth of a certain district generates a long distance intercity travel. If a certain district grows, it will have stronger influence. so its hinterland also will be extended, and then larger hinterland will make a long distance travel. the second is that multi-centric urban structure is not necessarily efficient for the transportation energy reduction of metropolitan area. Although multi-centric urban structure can create job-housing proximity phenomenon, that effect will be localized, not exercised on the metropolitan area.

For verifying these hypothesis, at first, correlation analysis between changes of both centrality indexes and Seoul-dependence indexes is conducted. In Seoul metropolitan area, most long distance travel is related with Seoul, the major city, so that Seoul-dependence index

means the long distance travel proportion. For verifying the second hypothesis, simulation analysis is conducted. Suwon-si, Gimpo-si, Uijeonbu-si, in Seoul metropolitan area are selected for analysis. And mono-centric structure, multi-centric structure, current trend structure scenarios are applied. Then through the traffic demand prediction, transportation energy consumptions of each scenario are compared.

As a result, through the first analysis, 5 cities, Uiwang-si, Gimpo-si, Gwangju-si, Yangju-si, Anshan-si, have strong correlation between changes of both centrality indexes and Seoul-dependence indexes. that means, if in these cities, a certain district has stronger centrality, then it will generate more long distance travels. Whereas, for 7 cities, Bucheon-si, Goyang-si, Gunpo-si, Gwangmyeong-si, Siheung-si, Suwon-si, Anyang-si, the correlation is weak. And for Namyangju-si, Guri-si, Seongnam-si, Hanam-si, Gwacheon-si, Uijeongbu-si, the correlation coefficient is negative. According to the following Cluster analysis results, 5 cities with strong correlation have low gross regional domestic product(GRDP), small population, a low rate of a tertiary industry and a residential area.

According to the simulation analysis, Suwon-si, Gimpo-si, Uijeonbu-si have different results. For Suwon-si, current trend spatial structure scenario is most efficient on transportation energy consumption. And for Gimpo-si which has strong correlation at the previous analysis, mono-centric scenario is most efficient. While for Uijeonbu-si which has negative correlation, multi-centric scenario is most efficient. This means

that mono-centric urban structure is more efficient strategy as ever on certain cities like Gimpo-si.

Through these results, this study gives a warning to the blindly applying multi-centric urban structure for energy consumption reduction. Blindly applying multi-centric structure without considering each city's spatial traits can make negative effect on transportation energy efficiency. Following urban master plan of most cities in Seoul metropolitan area, multi-centric urban structure strategy is actually suggested. However before policy making, research about city's current condition is needed. This study takes population, economic, industrial, land using properties into account for assessment of city's current condition. Therefore results of this study can assist city's spatial policy making.

**keywords : Urban Spatial Structure, Transportation Energy Efficiency, Multi-Centric urban structure, Correlation Analysis, Cluster Analysis, Simulation Analysis**

**Student Number : 2011-20991**