

■ 論 文 ■

# 세계주요도시의 대중교통 경쟁력 비교

A Comparison of Public Transportation Competitiveness in World Major Cities

**김 동 준**

(한국교통연구원 연구원)

**김 혜 자**

(한국교통연구원 연구원)

**장 원 재**

(한국교통연구원 책임연구원)

**성 현 곤**

(한국교통연구원 책임연구원)

## 목 차

- I. 서론
    - 1. 연구의 배경 및 목적
    - 2. 연구의 방법
  - II. 이론적 고찰
    - 1. 대중교통평가기준
    - 2. 분석 모형
  - III. 세계주요도시의 대중교통경쟁력 분석
    - 1. 대중교통평가지표 선정 및 요인분석
    - 2. 군집분석
    - 3. 세계 주요도시의 대중교통경쟁력 비교
    - 4. 대중교통특성과 분담률과의 관계 분석
  - IV. 결론 및 제언
- 참고문헌

Key Words : 대중교통경쟁력, 요인분석, 군집분석, K-means 알고리즘, 대중교통평가  
 Public Transportation Competitiveness, Factor Analysis, Cluster Analysis, K-means  
 Algorithm, Public Transportation Assessment

## 요 약

최근 지속가능한 개발에 대한 관심이 높아지면서 교통분야에서도 지속가능한 개발을 위한 대중교통활성화에 많은 노력을 기울이고 있으며, 대중교통육성법 제정, 대중교통분야의 투자확대, 대중교통체계개편 등의 다양한 정책들이 시행되고 있다. 이와 같이 대중교통에 대한 중요성이 어느때보다도 높은 시기에, 현재의 대중교통경쟁력 수준을 평가하는 것은 매우 중요한 과정이라 할 수 있다. 이를 통해 현재까지의 대중교통정책 및 그 효과에 대한 이해의 폭을 넓힐 수 있고 향후 효과적인 대중교통정책을 수립하는데 도움을 줄 수 있기 때문이다. 그러나 기존의 연구는 대중교통의 전반적인 경쟁력 수준을 평가하기에는 미흡한 점이 많았으며 국제비교연구 또한 전무한 실정이다. 본 연구에서는 대중교통의 여러 평가요소를 고려한 12개의 평가지표 선정하고, 요인분석을 통하여 4개의 요인을 선정하였으며, 선정된 요인을 이용하여 군집분석을 실시하여 60개의 세계주요도시를 8개의 군집으로 분류하고 대중교통경쟁력수준을 평가하였다. 또한 지역(대륙)별 도시들 및 서울시의 대중교통특성을 파악하였으며, 각 도시의 대중교통경쟁력수준과 대중교통수단분담률의 관계를 다중회귀분석을 이용하여 분석하였다.

As public transportation is significant mode to make sustainable urban transportation system, the importance of public transportation has grown gradually. Nowadays the central and local government make various policies which help to raise modal split of public transportation. To understand previous public transportation policies and make more efficient policies, it is important to know the current level of public transportation exactly. The main aim of this study is assess the competitiveness of public transportation in world major cities. We select assessment indexes and have grouping use factor analysis. Then we have 8 clusters of cities by cluster analysis, Also, we analyze the relationship between public transportation characteristics and modal split.

# 1. 서론

## 1. 연구의 배경 및 목적

지속가능한 개발<sup>1)</sup>이라는 개념은 1992년 리우 데 자네이로에서 개최된 환경과 개발에 관한 회의(UN Conference on Environment and Development)의 리우선언과 1997년의 교토의정서(Kyoto Protocol) 등을 통해 부각된 것으로, 오늘날 전 세계적으로 많은 노력과 관심이 기울여지고 있다. 지속가능한 개발의 적용분야도 사회 전반적으로 확대되고 있는데, 최근 국제 교통정책의 동향 역시 이동성에서 지속가능성으로 그 목표가 옮겨가면서 대중교통중심, 이용자의 안전제고, 환경문제 개선 등을 주요 전략으로 삼고 있다.

특히 대중교통활성화를 통한 대중교통수단분담률 제고 노력은 교통수요 감소를 통한 도시교통혼잡 완화를 비롯하여 에너지 효율성 제고, 이동기회의 확대를 통한 사회적 형평성 제고 등 많은 긍정적 효과를 기대할 수 있으므로 교통부문의 지속가능성을 위한 중요한 전략이라고 할 수 있다. 우리나라도 중앙정부가 대중교통육성법을 제정하고 대중교통 분야의 투자를 확대하고 있으며, 지방자치단체에서도 대중교통체계개편, 버스정보제공사업(BIS) 등 대중교통 육성을 위한 다양한 노력들을 기울이고 있다.

대중교통에 대한 관심과 중요성이 어느때보다 높은 시기에 현재의 대중교통경쟁력수준을 파악하는 것은 매우 중요한 과정으로, 대중교통경쟁력 수준을 평가하고 분석함으로써 지금까지의 대중교통정책 및 효과에 대해 이해할 수 있으며, 향후 대중교통정책을 수립, 시행하는데 도움을 줄 수 있다. 그러나 현재까지의 대중교통 평가는 버스 서비스만을 평가하거나 버스, 철도의 연장 또는 운행거리를 단순비교 하는 것으로 대중교통의 전반적인 경쟁력수준을 평가하기에는 미흡한 점이 많았으며, 국제비교연구 또한 전무한 실정이다.

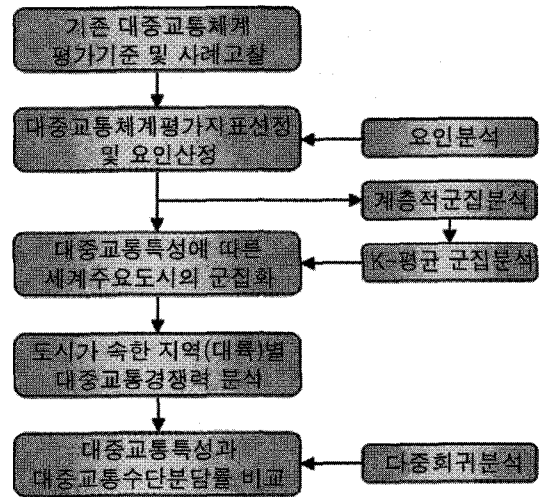
본 연구의 목적은 첫째, 대중교통의 여러 평가요소를 고려한 평가지표를 통해 세계주요대도시들의 대중교통경쟁력 수준을 평가하고, 둘째, 지역(대륙)별 도시들 및 서울시의 대중교통특성과 경쟁력을 분석하며, 마지막으로 도시의 대중교통경쟁력수준과 대중교통수단분담

률을 비교하여 그 관계를 파악하는 것이다. 이러한 목적에 따라 본 연구에서는 대도시의 대중교통경쟁력을 평가하기 위한 지표를 선정하고, 전 세계 주요 도시를 대상으로 대중교통 경쟁력수준을 평가하였으며, 대중교통특성과 수단분담률과의 관계를 살펴보았다.

## 2. 연구의 방법

본 논문의 연구과정은 <그림 1>과 같다. 먼저 해당 도시의 대중교통경쟁력을 대표할 수 있는 지표를 선정하고, 지표를 이용하여 요인분석을 실시하였으며, 선정된 요인으로 군집분석을 실시하여 각 도시가 속한 군집의 대중교통경쟁력수준을 평가하였다. 더불어 대륙별 도시 및 서울시의 대중교통특성을 살펴보고 대중교통경쟁력수준과 대중교통수단분담률 관계를 분석하였다.

여기에서 대중교통경쟁력은 도시간 경쟁하는 것이 아니기 때문에 각 도시의 순위를 정하여 비교하는 것보다는, 비슷한 특성을 보이는 도시들을 군집화하여 군집별 도시들의 특성을 비교하는 것이 더욱 타당한 것으로 판단된다. 이러한 방법을 통해 세계 주요도시별로 수집된 대중교통관련 자료의 미세한 오차로 인해 평가결과의 왜곡가능성을 줄일 수 있으며, 한 도시의 지역적, 역사적으로 특이한 지표값의 영향을 줄일 수 있기 때문이다.



<그림 1> 연구 수행 방법

1) 지속가능한 개발 또는 지속가능성(sustainability)이란 "미래세대의 역량으로 그들의 필요를 충족시키는 것은 저해하지 않으면서 현재의 필요를 충족시키는 개발"을 말하며, 이를 교통에 적용하여 지속가능한 교통(Sustainable Transport)를 정의하면 환경의 질을 저해함이 없이 경제성장과 사회발전을 이루면서 사람·장소·물건·서비스에 대한 접근성과 이동성을 증진시켜 국가경쟁력을 강화할 수 있는 교통체계를 말함. (황상규, 2004)

세계주요도시들의 대중교통관련 통계자료는 지난 2001년 세계대중교통협회(UITP)에서 발표한 "Millenium Cities Database for sustainable Transport"를 활용하였다. 해당자료는 1995년 자료로 현재와 시간적 차이가 많이 나지만 이후 세계대중교통특성에 대한 자료취득에 한계가 있어 본 자료를 사용하였다.

## II. 이론적 고찰

### 1. 대중교통평가기준

대중교통경쟁력수준을 평가하기 위한 평가지표 선정은 매우 중요한 과정으로, 평가와 관련된 기존연구를 고찰하였다. 기존 연구에서 제시된 평가기준은 다음과 같다.

#### 1) 녹색교통의 시내버스 서비스 평가

우리나라의 대중교통에 대한 평가는 1999년 서울시를 대상으로 시내버스와 지하철에 대한 모니터링 조사를 실시한 녹색교통을 사례로 들 수 있다. 2001년 녹색교통에서 실시한 시내버스서비스 평가를 살펴보면 <표 1>과 같이 시설의 공급 및 정비수준과 운행실태 및 서비스수준으로 평가지표를 나누어 평가하였다.

<표 1> 녹색교통의 시내버스서비스 평가지표

평가지표	평가항목
시설공급 및 정비수준	- 보급수준: 버스등록대수/전체인구
	- 전용차로: 전용차로연장/15m 혹은 25m 이상 도로연장
운행실태 및 서비스 수준	- 인구대비시설밀도: {(연장거리×운행회수)/(시가화면적)}/인구
	- 안전성: 시내버스 사고건수 및 사망자수/등록대수
	- 정시성: 운행간격, 도착정도 등
	- 운행여건: 주요구간 운행속도 등
	- 쾌적성: 소음 진동, 청소상태, 조명, 냉난방, 혼잡도 등
	- 접근성: 정류장 접근성 및 보행환경
	- 정류장 시설 및 정보제공
	- 편리성: 대기시간, 속도, 환승 용이성
	- 운전행태와 친절도: 친절, 복장, 운전 및 정차, 안내방송
	- 요금수준: 기본요금, 1일 평균 지불요금, 이용자 만족도

#### 2) 7대도시 교통정책평가 및 개선대책

지자체로 하여금 지역특성에 맞게 체계적으로 교통정책을 수립하도록 유도하는 비교평가체계를 구축하기

위해 2002년 「7대도시 교통정책평가 및 개선대책」연구를 실시했다. 최종적으로 선정된 평가지표체계 중 대중교통관련 평가부문은 2개의 평가항목과 8개의 평가지표로 구성되며, 각 항목은 다음과 같다.

<표 2> 7대도시 교통정책평가 및 개선대책에서의 대중교통 관련 평가지표

평가항목	평가지표
대중교통 서비스	노선버스 운행정도
	노선버스 이용접근도
	버스전용차로 설치운영
	지하철·도시철도 운행정도 및 이용률
대중교통 이용편리성	지하철·도시철도 이용 접근도
	버스와 지하철간 환승시간거리
	대중교통 요금지불방식의 과학화
	환승주차장 건설실적 및 이용활성화 노력

#### 3) 중소도시 교통정책평가

7대도시에 이어 2004년 시행된 중소도시 교통정책 평가에서는 대도시와는 다른 중소도시의 교통특성을 고려하여 7대도시의 평가체계를 보완·수정하였다. 총 7개 평가부문으로 구성되어 있으며, 대중교통체계 부문은 7대도시와는 다르게 지하철과 관련된 내용을 삭제하고 버스차량의 노후도를 추가하였다. 이에 따라 2개의 평가항목과 6개의 평가지표로 구성되어 있다.

<표 3> 중소도시 교통정책평가 및 개선대책에서의 대중교통 관련 평가지표

평가항목	평가지표
대중교통 서비스	노선버스 운행정도
	노선버스 이용접근도
	버스차량 노후도
	노선버스 운행관련 행정처분 및 민원접수
대중교통 이용편리성	버스전용차로 설치운영
	대중교통 요금지불방식의 과학화

#### 4) 프랑스의 대중교통평가 사례

프랑스의 교통전문주간지(LVRT, La Vie du Rail et des Transports)발행사는 매년 연말에 주요 20개 도시를 대상으로 대중교통을 평가해 그 순위를 발표하고 있다. 평가기준은 시설수준, 이용수준, 서비스 질, 서비스 제공수준, 요금수준, 투자수준, 교통약자에 대한 배려 등의 7가지 평가지표로 구성되어 있으며, <표 4>와 같이 각 지표마다 3개의 평가항목으로 구성되어 있다.

〈표 4〉 프랑스의 대중교통 평가지표

평가지표	평가항목
시설수준	- 시설규모 - 시설능력 - 시설밀도
이용수준	- 이용빈도 - 통행회수 - 이용밀도
서비스질	- 운행빈도 - 운행속도 - 시설의 질
서비스 제공수준	- 주말운행비율 - 운행시간 - 운행범위
요금수준	- 승차권 1장 요금 - 승차권 10장 요금 - 월정기승차권 요금
투자수준	- 거주민당 연간 투자액 - 거주민당 연간 운영비보조 - 임승차비율
교통약자 배려	- 저상버스 운행비율 - 저상버스 교체연도 - 교통약자를 위한 특정서비스 이용자수

5) 대중교통서비스 평가지표 개발(진장원, 2003)

대중교통서비스 평가지표 개발 및 활용방안에 관한 연구(진장원, 2003)에서는 총 6개 지표, 16개 세부항목을 개발하였는데, 시설규모 및 운행빈도와 더불어 안전성, 무임승차비율 등의 다양한 질적 요소들이 평가항목에 포함되어 있다.

〈표 5〉 대중교통체계 평가방법(진장원, 2003)

분류	항목
시설수준	시설규모, 시설능력, 시설밀도
안전성	사고건수, 사망자수
이용수준	이용빈도, 이용밀도
서비스질	운행빈도, 버스사용연한, 운행시간
요금수준	승차권1장요금, 환승역 환승할인요금
투자수준	정보안내제공수준, 무임승차비율, 거주민당연간 운영비보조 천원가스버스대수

6) 시사점

기존의 평가지표를 보면, 대중교통의 시설규모, 운행수준, 안전성, 요금수준 등의 기준을 사용하여 양적인 요소를 고려하였으며, 쾌적성, 교통약자배려 등의 질적 요소도 포함되어 있다. 그러나 기존의 평가기준은 버스만을 대상으로 하거나 버스를 위주로 평가하는 경향이 있으며, 상세히 세분화된 평가기준을 사용하고 있어 세계주요도시 대중교통특성자료의 취득에 한계가 있다는 단점이 있다.

2. 분석 모형

1) 요인분석(Factor Analysis)

요인분석이란 하나의 데이터 행렬에서 그 배후구조를

규정하는데 주 목적이 있는 통계분석 방법으로, n개의 관찰 가능한 양적 변수들 사이의 공분산 관계 내지는 상관관계를 설명할 수 있는 q(<n)개의 요인(factor)이라고 불리는 관측되지 않는 가설적인 변수를 찾는 다변량 분석기법이다.

요인분석은 변수가 여러 개 있는 경우에 비슷한 특성을 가진(상관관계가 높은) 변수들끼리 모아 몇 개의 집단으로 나눈 후 각 집단을 대표할 수 있는 새로운 요인들을 찾는 분석방법으로, 원래의 변수 n개보다 요인의 수는 q개로 작아지는 변수축소법의 한 가지이다. 요인분석의 결과로 얻어진 요인들  $F_i$  들은 서로 독립이며, 표준화 된다는 특성을 만족해야 한다.

2) 군집분석(Cluster Analysis)

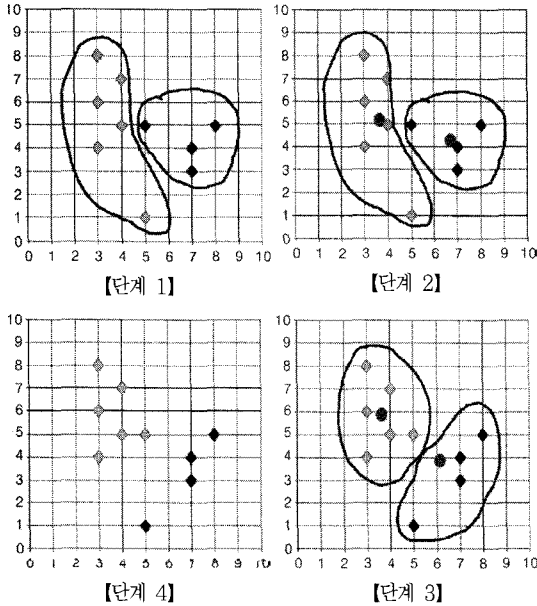
군집분석은 데이터마이닝(Data Mining)<sup>2)</sup>기법 중 하나로서, 군집분석의 목적은 주어진 많은 수의 관측개체를 몇 개의 그룹(군집)으로 세분화함으로써 대상집단을 이해하고 군집을 효율적으로 활용하는 것이다. 군집분석의 주요과정은 변수를 선정하고 거리척도에 따라 적절한 군집수로 대상들을 그룹화하는 것으로, 복잡한 대용량의 데이터에도 잘 적용될 수 있기 때문에 데이터 마이닝을 수행하기 위한 초기 작업에 유용하다.

군집분석은 일반적으로 크게 계층적군집방법(hierarchical clustering algorithm)과 분해적군집방법(partitioning clustering algorithm)으로 구분될 수 있다. 계층적 방법은 유사개체들끼리 묶거나 나누어서 분석하는 것이며, 분해적군집방법은 군집의 수와 미리 규정된 판정기준으로 군집이 형성된 후에도 일정 기준에 따라 개체의 이합집산을 되풀이 하는 방법이다.

계층적 군집방법은 각 개체가 스스로 군집인 상태로 출발하게 되며, 가장 유사한 두 개체 군집을 합병하는 과정을 거치게 때문에 최종적으로는 모든 개체가 단일 군집으로 묶여지게 된다.

K-means 알고리즘은 Cox(1957)와 Fisher(1958)에 의해 제안되었으며, 현재 분해적군집방법 중에서 가장 보편적으로 많이 쓰이는 알고리즘의 하나로 군집 내 유사성은 작게 하고, 군집 간 유사성은 크게 분류를 하는 것을 목적으로 한다. K-means 알고리즘의 과정은 4단계로 구분된다(〈그림 2〉참조). 【단계 1】은 전체 데이터를 임의로 두

2) 원시데이터에서 패턴이나 유용한 정보, 지식을 추출하는 특별한 알고리즘을 사용하는 기법으로, 의사결정나무(decision trees), 회귀분석(regression analysis), 데이터 시각화(data visualization), 신경망 분석(neural networks), 군집분석(clustering analysis) 등이 있음



〈그림 2〉 K-means 알고리즘 단계(안미영, 2002)

개의 군집으로 나눈 것이며, 【단계 2】는 나누어진 두 개의 군집에서 평균을 이용하여 중심점을 구한 것이다. 【단계 3】은 【단계 2】에서 새로 구해진 중심에 가까운 객체들로 다시 분류하기 위해 군집으로 나누어 놓은 객체들의 군집을 해체한 것이며, 【단계 4】는 앞의 과정을 반복하면서 더 이상의 군집의 변동이 없을 때까지 가장 최적의 군집을 찾는 것이다.

### III. 세계주요도시의 대중교통경쟁력 분석

#### 1. 대중교통평가지표 선정 및 요인분석

##### 1) 대중교통경쟁력평가지표 선정

본 연구의 목적은 세계주요도시의 대중교통 경쟁력을 평가하는 것으로, 기존의 연구에서와 같이 평가지표를 너무 세분화하면 자료취득이 불가능하고 특성별 군집화가 어렵게 되므로, UITP에서 조사된 항목 중에서 대중교통과 관련된 대표적인 항목만을 선정하였다. 특히, 운영 및 정책에 의해 하나의 도시에서도 다양하게 조사될 수 있는 요금, 운행시간, 운행빈도 등의 지표보다는 시설 및 공급위주로 지표를 선정하였다.

〈표 6〉 선정된 대중교통경쟁력 평가지표

분류	평가지표
대중교통 시설수준	면적당 버스노선 연장(m/ha)
	천명당 버스노선 연장(m/천명)
	면적당 철도노선 연장(m/ha)
	천명당 철도노선 연장(m/천명)
대중교통 서비스수준	면적당 버스운행거리(veh-km/ha)
	인당 버스운행거리(veh-km/인)
	면적당 철도운행거리(veh-km/ha)
	인당 철도운행거리(veh-km/인)
대중교통 투자수준	GDP 대비 대중교통투자비율(%)
	인당 대중교통투자액(USD/인)
대중교통 활성화노력	천명당 승용차보유대수(대/천명)
	천명당 개인승용차보유대수(대/천명)

최종적으로 선정된 평가지표는 12개로, 4개의 분야로 구분되어 있다. 각 지표를 살펴보면 대중교통의 시설수준은 시설밀도를 이용하여 평가하고, 대중교통공급의 서비스수준은 운행거리로 평가하였다. 또한 GDP대비 대중교통에 투자하는 비율로 투자수준을 평가하였으며, 정부의 대중교통활성화 노력정도를 파악하기 위해 자가용차량 보유수준을 고려하였다. 단, 시설규모 및 서비스공급정도는 버스와 철도, 면적당과 인당으로 구분하여 각각 4개의 평가지표로 구성되었다.

#### 2) 대상도시선정

대중교통의 경쟁력을 평가하기 위한 대상도시는 UITP에서 발행한 「The Millennium Cities Database for Sustainable Transport」에서 평가지표를 고려하여 선정하였다. 철도가 운행되지 않는 도시는 대상에서 제외하였다. 그 결과 총 60개의 대상도시를 선정하였으며(〈표 8〉참조), 유럽에 속해 있는 도시는 26개, 북미 12개, 아프리카 5개, 오세아니아 5개, 아시아 12개로 모든 대륙에 위치한 도시가 고루 분포되도록 선정하였다. 우리나라에서는 유일하게 서울<sup>3)</sup>만이 포함되어 있다.

#### 3) 요인분석

앞에서 12개의 평가지표를 선정하였는데, 선정된 평가지표들 중 유사한 성격의 지표는 상관계수가 매우 높게 나타났다. 또한 군집분석을 실시할 때, 지표의 수가 너무 많으면 군집의 수 또한 많이 나타나는 경향이 있으므로 12개의 지표에 대하여 요인분석을 실시하였다. 요

3) 본 연구에서 사용한 UITP자료의 서울은 서울자체가 아닌 수도권에 대한 자료로 서울시만의 통계자료와는 차이가 있음.

〈표 7〉 12개 평가지표의 요인분석 결과

평가지표	요인별 성분행렬			
	F(1)	F(2)	F(3)	F(4)
면적당철도노선연장	0.9521	0.0057	-0.0577	0.0853
인당철도운행거리	0.8889	0.0927	0.0436	0.2757
천명당철도노선연장	0.8196	0.1443	-0.0165	-0.1970
면적당철도운행거리	0.7234	-0.0820	0.0094	0.4075
천명당개인승용차보유대수	-0.0578	0.9341	0.0273	-0.0895
천명당승용차보유대수	-0.0832	0.9063	0.0449	0.0481
면적당버스운행거리	-0.2558	-0.7716	-0.0158	0.3117
인당버스운행거리	-0.1334	-0.7369	0.0362	-0.0373
면적당버스노선연장	-0.0229	-0.0574	0.9655	0.0084
천명당버스노선연장	0.0024	0.0897	0.9514	-0.1358
GDP대비대중교통투자비용	0.0253	-0.3223	-0.1164	0.5344
인당대중교통투자액	0.4536	0.2214	-0.0437	0.7548

인분석시 주성분분석, 베리맥스 회전분석을 이용하였다.

요인분석<sup>4)</sup>결과 12개 평가지표를 설명하는 요인으로 4개가 선정되었으며, 각 요인이 설명하는 내용은 〈표 7〉과 같다. 첫 번째 요인 F(1)은 철도의 연장과 운행거리를 주로 설명하는 요인으로 나타났으며, F(2)는 승용차대수와 버스운행거리를 설명하는 변수로 승용차대수는 '+', 버스운행거리는 '-'로 서로 역의 관계에 있다. 세 번째 요인 F(3)는 버스노선의 연장을 설명하고 있으며, F(4)는 투자부분을 설명하고 있다. 따라서 F(1), F(3), F(4)는 대중교통에 긍정적인 영향을, F(2)는 대중교통에 부정적인 영향을 설명하는 요인이다.

철도의 경우에는 연장과 운행거리가 하나의 요인으로 분석되었으나, 버스는 그렇지 않게 나타났다. 철도의 경우에는 철도노선에 철도만이 운행할 수 있는 반면, 버스는 일반차량과 같이 사용할 수 있는 도로를 이용하므로 운행에 대한 탄력성이 높기 때문인 것으로 판단된다.

요인분석에 의한 산출된 4개 요인의 평균과 표준편차가 0과 1로, 상관성을 분석한 결과 상관계수가 0으로 나타나, 표준화 및 독립이라는 특성을 만족하였다. 각 도시별로 산정된 요인값은 〈표 7〉과 같다.

**2. 군집분석**

군집분석은 계층적군집분석과 K-means 군집분석을 사용하였다. 두가지 군집분석을 동시에 사용한 이유는 K-means 군집분석은 사전에 정의된 군집수를 기준으로 동일한 수의 군집을 찾게 되므로 군집수 결정이 매우 중요한 과정이다. 따라서 사전에 적절한 군집의 수를 찾기 위해 계층적군집분석을 사용하였다. 물론 K-

〈표 8〉 대상도시의 요인값

지역(대륙)	도시명	F(1)	F(2)	F(3)	F(4)
EUROPE (26)	Graz	-0.7766	0.4473	-0.5522	-0.6150
	Vienna	0.9495	0.5972	-0.3813	2.5751
	Brussels	1.0409	0.2430	-0.5043	0.0892
	Copenhagen	0.3204	-0.4539	-0.5666	-1.0101
	Helsinki	0.4105	-0.6554	0.2538	-0.6257
	Marseille	-0.7132	0.2465	0.0245	-0.8241
	Nantes	-0.8744	0.6882	0.1890	0.2222
	Paris	0.7926	0.5538	0.6135	0.6409
	Berlin	1.2095	0.1595	-0.3524	1.8185
	Frankfurt	1.1111	0.3569	-0.5733	-0.8548
	Hamburg	0.5145	0.2374	0.4052	-0.1029
	Ruhr	-0.3140	0.6046	-0.0556	-0.5719
	Stuttgart	0.0244	1.0343	-0.4824	1.5650
	Athens	-0.4619	-0.1449	0.9920	0.1955
	Milan	0.6022	0.2945	-0.5001	-0.3209
	Oslo	2.6467	-0.0429	1.4252	-1.1362
	Stockholm	2.6046	-0.2556	-0.6058	-1.5556
	Berne	2.2530	0.2393	-0.5966	-0.4176
	Geneva	-0.5968	0.6375	0.6004	-0.1934
	Zurich	1.862	0.6869	-0.4226	1.0787
	Glasgow	0.7114	-0.8961	-0.6122	-1.5929
	London	1.7490	-0.1703	-0.3093	2.3060
	Manchester	-0.5304	-0.2251	0.1346	-0.7436
	Newcastle	-0.1722	-0.8564	-0.5611	-1.2651
	Prague	0.8760	0.0774	-0.4850	0.4509
	Budapest	1.0310	-0.6258	-0.5382	-0.8768
AMERICA (12)	Calgary	-1.0623	1.3559	0.2392	-0.4914
	Montreal	-0.3794	0.2416	3.6554	-0.3512
	Toronto	-0.2656	0.4791	-0.5595	-0.5110
	Vancouver	-0.6107	0.7037	0.7429	-0.5421
	Atlanta	-1.1621	1.7996	-0.5271	-0.0816
	Chicago	-0.3951	1.0548	-0.5540	-0.3195
	Denver	-1.1385	1.2907	-0.3024	-0.3353
	LosAngeles	-0.8378	0.8625	-0.5557	-0.6046
	NewYork	-0.0852	0.5753	-0.5151	-0.2240
	SanDiego	-0.9696	1.0392	-0.5641	-0.3871
	SanFrancisco	-0.6445	1.1787	-0.3420	0.2195
	Washington	-0.3958	1.0924	-0.5370	-0.0373
AFRICA (5)	Cairo	-0.5901	-1.3306	-0.5959	0.2743
	Dakar	-0.6271	-2.8210	-0.4823	-1.2020
	CapeTown	-0.0846	-1.2619	-0.5553	-0.8938
	Johannesburg	-0.2147	-1.5502	0.8954	-0.2648
	Tunis	-0.6302	-1.1768	-0.5987	0.3657
ASIA (12)	TelAviv	-0.7464	-0.7339	3.0485	-0.7684
	Osaka	2.1982	-0.1678	1.1933	0.7952
	Sapporo	0.0319	0.4616	-0.3996	2.0277
	Tokyo	1.6508	0.0837	-0.0648	0.5298
	Singapore	-0.5422	-1.5252	-0.4528	0.1597
	Mumbai	-0.0850	-1.2970	-0.5951	-1.0654
	Jakarta	-1.1591	-2.1094	-0.4379	0.4935
	KualaLumpur	-0.7459	-0.1543	-0.5586	0.7913
	Beijing	-0.6862	-1.2560	-0.5901	-0.3305
	Seoul	-0.1546	-2.0550	-0.3239	1.4228
	Taipei	-1.3691	-1.3574	1.4112	2.4812
	Bangkok	-1.4367	-1.2099	-0.3960	2.1165
OCEANIA (5)	Brisbane	-0.5551	1.0808	-0.3557	0.2230
	Melbourne	-0.4673	1.0822	-0.5716	-0.6280
	Perth	-0.9672	1.3463	0.8919	-0.1965
	Sydney	-0.3226	0.7730	-0.2131	0.1793
	Wellington	-0.1442	0.7273	-0.6159	-1.0906
평균	0	0	0	0	
표준편차	1	1	1	1	

주: 가로안의 수는 도시의 수를 나타냄

4) 본연구에서 시행한 통계분석은 통계패키지인 SPSS(ver. 12)를 사용하였음.

means 군집분석에서 재현성을 평가하기 위해서 자료 분할2방법, 자료분할3방법 등의 방법이 사용될 수 있으나, 본 연구의 60개의 대상도시 수는 크지 않다.

1) 계층적군집분석

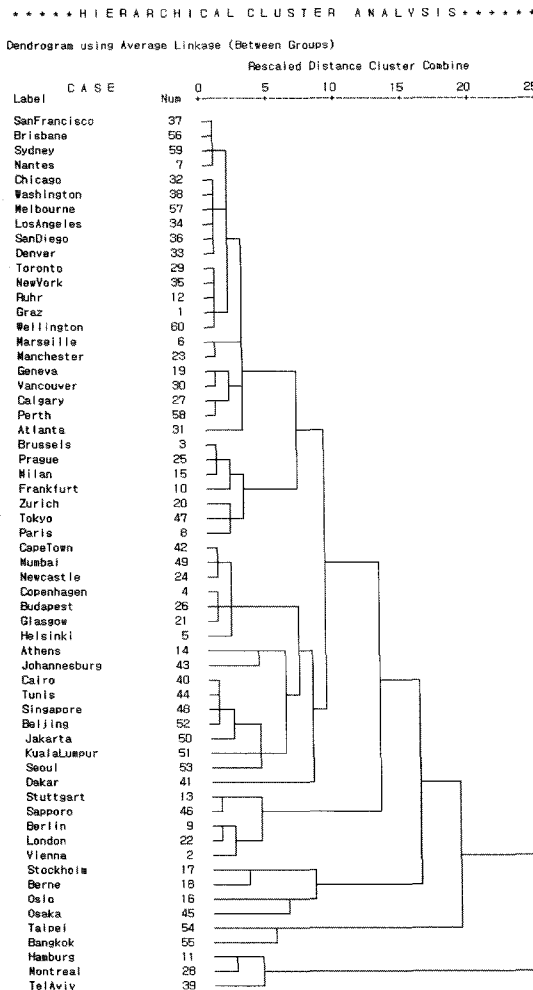
60개 주요도시의 4가지 요인을 이용하여 계층적군집 분석을 실시한 결과, 약 8개에서 10개사이의 군집으로 구분하는 것이 타당한 것으로 판단되었다(〈그림 3〉). 도시간 유사성이 무리하게 크도록 군집화하면 각 군집이 너무 세분화되어 군집 형성이 어려우며, 반대인 경우에는 군집간 특성비교가 불가능한 단점이 있다.

2) K-means 군집분석

K-means 군집분석에서는 사전에 군집수를 지정해야 하므로 계층적군집분석의 결과인 8~10개의 군집수에 1개씩을 추가하여 7~11개의 군집에 대해 분석을 실시하였다. 그 중 8개의 군집에 대한 결과가 양호한 것으로 나타났다. 군집별 도시현황은 〈표 9〉와 같다. 여기서 C1~C8은 각각 1번군집부터 8번군집까지를 나타낸다(이 후동일).

〈표 9〉 K-means 군집분석 결과

군집	도시명	도시수
C1	Denver, SanDiego, Atlanta, LosAngeles, Brisbane, Perth, Wellington, Chicago, SanFrancisco, Vancouver, Calgary, Washington, Melbourne, Sydney, NewYork, Marseille, Nantes, Manchester, Geneva, Toronto, Ruhr, Graz, Athens	23
C2	London, Zurich, Sapporo, Stuttgart, Berlin, Vienna	6
C3	Glasgow, Johannesburg, CapeTown, Copenhagen, Newcastle, Helsinki, Beijing, Mumbai, Dakar	9
C4	Oslo, Stockholm, Berne, Frankfurt, Budapest	5
C5	Montreal, Hamburg, TelAviv	3
C6	Taipei	1
C7	KualaLumpur, Cairo, Jakarta, Tunis, Singapore, Seoul, Bangkok	7
C8	Paris, Brussels, Milan, Tokyo, Osaka, Prague	6
합계		60



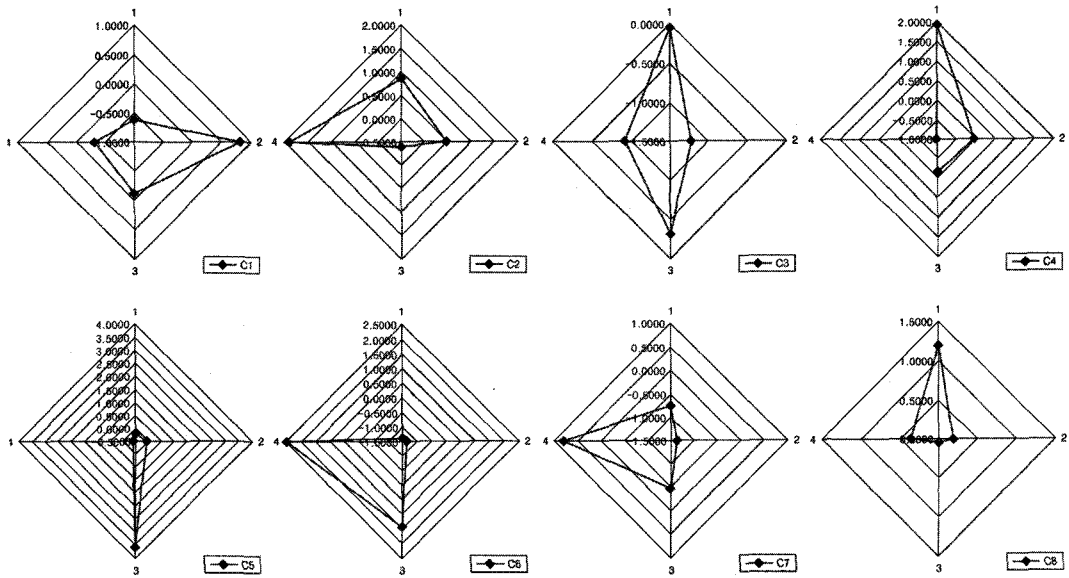
〈그림 3〉 계층적군집분석결과

3. 세계 주요도시의 대중교통경쟁력 비교

1) 군집별 대중교통특성 분석

대중교통경쟁력을 파악하기 위한 군집분석 결과 총 8개의 군집으로 분류되었으며, 각 군집별 요인의 평균 및 요인분포도는 〈표 10〉, 〈그림 4〉와 같다.

C1군집의 경우에는 F(1)이 작으므로 F(1)이 의미하는 철도시설규모 및 서비스수준이 타 군집에 비해 작다는 것을 나타내고 있다. F(2)는 높은 수치로 버스운행거리가 작고 승용차보유수준이 높음을 의미하고 있다. F(3)가 의미하는 버스시설과 F(4)가 의미하는 투자수준도 타 군집에 비해 낮게 나타났다. 이는 C1군집에 속한 도시들이 전반적으로 대중교통중심의 도시가 아님을 의미한다. 즉, F(1), F(3), F(4)가 '-'를 나타내고, F(2)의 값은 '+'을 나타내고 있는데, 앞에서 언급한대로 F(2)의 경우에는 수치가 '-'일수록 대중교통에 긍정적인



〈그림 4〉 군집별 요인 특성(그래프의 1~4는 요인을 나타냄)

〈표 10〉 군집별 요인의 평균

군집	F(1)	F(2)	F(3)	F(4)	분담률	개수
C1	-0.6213	0.8129	-0.1307	-0.3199	8.33	23
C2	0.8584	0.4615	-0.3913	1.8952	21.99	6
C3	-0.0475	-1.2275	-0.3126	-0.9167	23.16	9
C4	1.9293	-0.0656	-0.1778	-0.9682	24.19	5
C5	-0.2038	-0.0850	3.5854	-0.4075	13.86	3
C6	-1.3691	-1.3574	1.4112	2.4812	17.63	1
C7	-0.7512	-1.3659	-0.4805	0.8034	27.54	7
C8	1.1934	0.1808	0.0421	0.3658	28.19	6

주: 분담률은 대중교통수단분담률을 의미함.

영향을 미치는 것을 의미하고, 나머지 요인은 '+'일수록 긍정적인 영향임을 의미하므로, C1군집은 4가지 요인 모두가 대중교통에 부정적인 영향을 나타내고 있다는 것을 보여준다. C1군집에 소속된 도시들의 평균 대중교통 수단분담률은 8.33%로 군집 중 가장 낮게 나타나 대중교통경쟁력이 낮다는 것을 보여주고 있다.

C2군집의 경우에는 F(1)이 '+'이고, F(2)가 '+', F(3)가 '-'이므로 철도를 중심으로 대중교통체계가 구축된 도시임을 알 수 있다. 투자수준은 높은 것으로 나타났다. 반대로 C3군집은 철도의 시설 및 서비스, 버스연장, 투자는 낮은 수준이지만 버스의 운행거리가 크고 승용차보유수준이 낮게 나타났다. 대중교통수단분담률은 23.16%로 높은 수준을 보였다.

C4군집은 F(1)이 군집 중 가장 높게 나타나 철도를 중심으로 대중교통체계가 구축된 도시임을 알 수 있

다. 반면 버스연장 및 투자수준은 낮게 나타났다.

C5군집은 철도분야 및 투자가 작은 반면, 버스연장이 매우 크게 나타났다. 그러나 대중교통수단분담률은 13.86%로 낮은 수준을 보였다.

C6군집은 버스운행거리가 및 연장이 길고 철도수준이 낮은 버스중심의 도시이며, 투자수준은 가장 높게 나타났다. 그러나 분담률은 17.63%로 전제도시의 평균수준을 보였는데, C6군집에 속한 도시는 단 1개로 다른 군집과 차이가 있다.

서울이 포함되어 있는 C7군집도 철도운행거리 및 연장, 버스연장이 작게 나타났지만 버스운행거리는 높은 수준을 나타냈다. 투자수준도 높은 편으로 나타났으며, 분담률은 27.54%로 군집 중 두 번째로 높았다.

C8군집은 철도운행거리 및 연장, 버스연장, 투자분야에서 높은 수치를 보였으나, 버스운행 거리가 약간 작게 나타났다. 전반적으로 대중교통경쟁력이 높은 것으로 나타났다. 수단분담률은 28.19%로 가장 높았다.

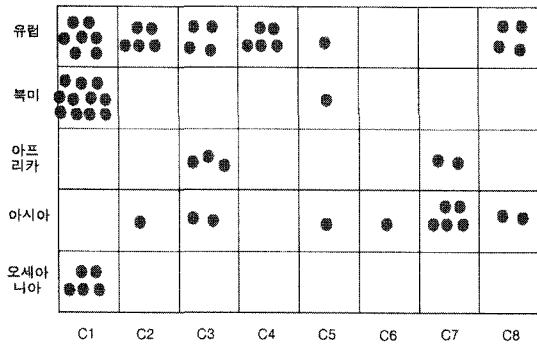
## 2) 대륙별 군집분석 결과

대륙별 대중교통특성을 파악하기 위해 군집별로 어느 대륙의 도시들이 포함되어 있는지를 분석하였다(〈표 11〉). 유럽의 26개 도시와 아시아 12개 도시는 속한 군집은 다르지만 동일한 군집수인 6군집에 분포되는 것으로 나타났다. 이와는 반대로 몬트리올을 제외한 북미와 오세아니아의 모든 도시들은 C1에 분포되는 것



〈표 11〉 대륙별, 군집별 소속도시의 수

지역	유럽	북미	아프리카	아시아	오세아니아	개수
C1	7	11	0	0	5	23
C2	5	0	0	1	0	6
C3	4	0	3	2	0	9
C4	5	0	0	0	0	5
C5	1	1	0	1	0	3
C6	0	0	0	1	0	1
C7	0	0	2	5	0	7
C8	4	0	0	2	0	6
합계	26	12	5	12	5	60



〈그림 5〉 대륙별, 소속별 소속도시의 수

로 나타났으며, 아프리카는 C3과 C7에 각각 3개, 2개 분포되었다.

이러한 결과는 여러 국가가 밀집되어 있고 상대적으로 인구밀도가 높은 유럽과 아시아에 속한 도시들의 대중교통특성이 매우 다양하다는 것을 의미한다. 그러나 유럽의 경우 26개 중 18개 도시들이, 아시아의 경우에는 12개 중 10개 도시들이 속한 군집의 대중교통수단 분담률이 20%이상으로 나타나, 유럽과 아시아 도시들의 대중교통특성에 차이가 있다 할지라도 전반적으로 높은 대중교통경쟁력 수준을 보였다.

일반적으로 철도와 관련된 시제로 자주 일본의 도시를 언급하는데, 일본의 도시는 철도의 연장 및 운행거리를 나타내는 F(1)이 높은 군집인 C2에 하나, C8에 두개 포함된 것으로 나타났다. 또한 평균적으로 유럽의 대중교통경쟁력이 높은 수준이지만, 26개 도시 중 C1군집에 속한 도시도 7개나 되는 것으로 나타나, 향후 유럽도시를 참고하거나 해석할 때 주의할 필요가 있는 것으로 판단된다. 그러나 C1의 속하는 유럽의 도시들이 북미나 오세아니아의 도시들과 같은 군집에 포함되었다 하더라도 대중교통경쟁력 및 대중교통수단 분담률이 군집내에서 상대적으로 높은 것으로 나타났다.

인구밀도가 상대적으로 낮고 면적이 큰 북미 및 오세아니아의 도시들이 속해있는 C1군집은 대중교통보다는 자동차 중심의 교통특성을 보이고 있다. 이같은 결과와 더불어 대중교통수단분담률 8.33%로 나타나 군집 중 가장 낮은 대중교통경쟁력 수준을 나타냈다.

### 3) 서울시 대중교통특성 분석

서울시는 대중교통 활성화를 위해 다양한 제도개선 및 투자를 지속하고 있다. 적절한 대중교통 개선방향 및 투자전략을 세우기 위해서는 현재의 대중교통경쟁력을 파악하는 것이 매우 중요하다.

서울시가 속해있는 C7은 버스가 상대적으로 중심이 되는 대중교통특성을 나타내며, 대중교통수단분담률은 상대적으로 높게 나타났다(〈표 12〉참조). 마찬가지로 서울시의 F(1)은 -0.1546, F(2)는 -2.0550, F(3)는 -0.3239, F(4)는 1.4228으로, 4개요인의 대중교통 긍정적 수치를 합하면 2.99935)으로 60개도시 중 5번째로 높다. 철도의 연장 및 운행거리가 약간 적지만 자동차수 및 버스운행거리 요인에서는 매우 큰 긍정적인 영향을 나타내었다. 대중교통수단분담률도 34.85%로 전체도시의 평균인 17.91%보다 매우 높게 나타났다.

이러한 결과는 서울시가 대중교통중심적이며 대중교통경쟁력도 높은 수준임을 보여주고 있다. 특히 자동차대수 및 버스운행거리 요인의 경쟁력이 높은 것으로 파악되는데, 서울시의 버스 준공영제 시행, 합리적인 노선개편, 환승할인제 확대 시행 등은 이러한 버스서비스를 더욱 향상시키는 것으로 향후 서울시의 버스관련 경쟁력을 증가시키는 작용을 할 것으로 예상된다.

그러나 철도서비스가 상대적으로 낮아 이에 대한 개선이 필요한 것으로 파악되었다. 현재 건설중인 지하철9호선 및 국제공항철도와 더불어 신분당선, 의정부 경전철 등은 철도서비스를 향상시키는 것으로 매우 시의적절한 것으로 판단된다. 단, 본 연구에서 사용한 자료는 기존자료로 현재의 철도경쟁력과는 차이가 있으며, 지속적인 수도권전철의 확대에 의해 현재의 철도분야 경쟁력은 중대되었을 것으로 판단된다.

〈표 12〉 서울시 및 서울시가 속한 군집의 요인

구분	F(1)	F(2)	F(3)	F(4)	분담률
서울	-0.1546	-2.0550	-0.3239	1.4228	34.85
C7	-0.7512	-1.3659	-0.4805	0.8034	27.54

5) F(1), F(3), F(4)의 절대값과, '-'의 F(2)값을 합한 수치로 대중교통에 긍정적인 값을 단순한 합한 것임

### 4. 대중교통특성과 분담률과의 관계 분석

도시의 대중교통시설공급 및 투자수준이 대중교통수단분담률과 어떠한 관계가 있는지 살펴보기 위해 다중회귀분석을 이용해 요인과 대중교통수단분담률 관계를 분석하였다.

60개 도시를 대상으로 하는 다중회귀분석의 종속변수는 대중교통수단분담률이며, 독립변수는 4개의 요인이다. 다중회귀분석결과 독립변수 중 버스노선연장을 의미하는 F(3)의 유의확률이 0.164로 높게 나타나, 최종적으로 3개의 독립변수를 사용하여 다중회귀분석을 다시 실시하였다. 철도연장 및 운행거리를 의미하는 F(1), 자동차대수와 버스운행거리를 의미하는 F(2), 그리고 대중교통투자비용을 의미하는 F(4)의 3개 요인을 독립변수로 사용하여 분석한 결과 파라미터의 부호 및 t-값 등이 유의하게 나타났으며, R<sup>2</sup>은 0.556이다.

$$Y = 17.908 + 3.303 \cdot F(1) - 7.639 \cdot F(2) + 2.7 \cdot F(4)$$

〈표 13〉 다중회귀분석 결과(3개 요인)

요인	parameter	t-값	유의확률
상수	17.908	17.291	0.000
F(1)	3.303	3.163	0.003
F(2)	-7.639	-7.314	0.000
F(4)	2.700	2.586	0.012

주1 : 1차 다중회귀분석 결과에 따라 F(3)은 제외함  
 주2 : F(2)는 자동차대수와 양의 관계를, 버스운행거리와 음의 관계를 지니므로 회귀식의 계수가 '-'으로 나타남

이와 같은 결과는 철도연장 및 운행거리의 증대, 버스운행거리의 증대 및 대중교통투자가 대중교통 활성화에 도움이 된다는 것을 의미한다. 또한 다양한 대중교통의 특성에 따라 분담률에 차이가 있는데, 분담률에 영향을 미치는 가장 중요한 요소는 자동차대수와 버스운행거리를 나타내는 F(2)로 나타났으며, 특히 버스노선연장을 나타내는 F(3)은 대중교통수단분담률에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 서울시의 경우 수단분담률이 타 도시에 비해 높은 수준이었는데, 분담률과 상관성이 없는 F(3)이 4개의 요인 중 가장 낮은 경쟁력을 지닌 것으로 나타났다. 현재 대중교통활성화를 위한 버스 및 철도의 시설공급, 지자체 지원확대, 버스준공영제 확대 등의 다양한 대중교통정책 수립 및 평가를 위한 노력이 지속되고 있는데, 도시의 다양한 대중교통특성 분석을 통한 합리적인 정책 도입이 필요

할 것으로 판단된다.

### IV. 결론 및 제언

오늘날 전 세계는 지속가능한 개발을 위한 노력을 계속하고 있으며, 어느 학자가 CO<sub>2</sub> 배출량을 줄이지 않고 이대로 지속된다면 큰 재앙이 올 것이라고 경고한 것처럼 교통수단에서 나오는 여러 가지 부작용들은 우리 삶의 부정적 영향으로 작용하고 있다. 우리나라도 대중교통경쟁력을 높여 대중교통 이용을 활성화하고 자가용차량이용을 억제하기 위해 서울시 대중교통체계 개편, 대중교통육성법 제정, 대중교통분야 투자확대, 대중교통포럼 창립, 승용차요일제 등의 다양한 정책 및 투자를 확대하고 있다.

본 연구의 목적은 세계 주요도시의 대중교통특성 및 경쟁력을 살펴보는 것으로, 이를 위해 서울시를 포함한 60개의 세계 주요도시를 대상으로 12개 대중교통관련 지표를 고려하여 요인분석 및 군집분석을 실시하였다. 그 결과 60개 세계주요도시를 총 8개로 군집화하였으며, 각 군집에 대한 대중교통경쟁력 수준을 분석하였다. 이와 더불어 대륙별 도시들이 군집에 포함되는 경향 및 서울시의 대중교통특성을 파악하고, 요인과 대중교통수단분담률의 관계를 다중회귀분석을 이용하여 분석하였다. 분석 결과 버스운행거리 및 승용차보유수준은 수송분담률과 높은 관계가 있는 반면, 버스연장은 독립변수에서 제외되어 수송분담률과 큰 상관성이 없는 것으로 나타났다. 또한 서울시의 대중교통경쟁력을 분석한 결과 대중교통경쟁력이 높은 수준인 것으로 파악되었다. 서울은 철도보다는 버스중심적인 대중교통특성을 보였으며, 현재 진행되고 있는 버스 준공영제 시행, 지하철9호선 및 국제공항철도, 신분당선, 의정부 경전철 등은 대중교통경쟁력 향상에 긍정적인 영향을 미치는 적절한 것으로 판단된다.

최근들어 대중교통기본계획이나 버스준공영제 확대, 농어촌버스대책, BRT 또는 GRT도입, 대중교통서비스 및 정책 평가, 버스준공영제 평가 등의 대중교통활성화와 관련된 다양한 정책이 수립되고 시행되고, 또한 평가되고 있다. 그러나 이러한 대중교통정책의 합리적인 수립 및 시행을 위한 대중교통 관련자료 및 특성파악이 중요함에도 불구하고 이에 대한 연구가 현재까지 많이 이루어지지 않은 것이 사실이다. 본 연구의 결과는 다양한 특성을 지닌 각 도시의 대중교통정책수립의 방향을 설

