

# 지역 및 이용자 특성에 따른 자전거 이용패턴 분석 - 공유자전거의 일상적 통행을 중심으로 -

Analysis of Bicycle Usage Behavior according to Regional and Demographic Characteristics

- Focusing on the Daily Passage of Shared Bicycles -

김 고 은 (Kim, Go-Eun)\*  
김 진 유 (Kim, Jin-Yoo)\*\*

## < Abstract >

This study aims to analyze the usage behavior regarding shared bicycles in an effort to expand the use of bicycles, by focusing on regional and user characteristics affecting daily use such as commuting.

The Seoul public bicycle data is used, specifically data from September to October 2019 from 5 districts that cover Seoul's 3 urban centers. Bicycle use data shows that bicycle rentals more than double on weekdays compared to weekends. Through Time Series Clustering Analysis of weekday rental patterns, the highest number of rentals is at the residential area during mornings and at the central business area in the evenings. Regarding bicycle-related infrastructure, better access to the subway station and to the river is important for bicycle usage. Lastly, in terms of the age group, young people in their 20s and 30s account for the most number of users.

Expanding bicycle paths and rental stations around subway stations is necessary and can be actively linked with public transportation. This should be constructed by reflecting usage patterns. Finally, the rental system needs to be reorganized so that it can be used by various age groups.

Keyword : Shared Bicycle, Daily Passage, Time Series Cluster Analysis, Land Use, Accessibility to Subway Stations and Rivers

## I. 서론

도시에서 교통의 역할은 혈관과도 같아서 막힘없이 원활한 소통과 안전한 이동은 환경부하를 낮추고 건강한 도시를 추구하는 모든 나라가 추구하는 목표이다. 그런데 도시 규모가 커지고 자동차 보급이 확대되면서 기존의 자동차 중심 도시에서는 소기의 목표를 달성하는 것이 어려워지고 있다. 왜냐하면 신도시와 택지개발을 통한 외곽의 도시화는 더 많은 자동차 통행을 유발(이희연·이승민, 2008)하고 있지만, 그들이 향하는 도시 중심부에서는 도로 확장이 거의 불가능하기 때문이다. 다수의 직장이 분포하는 기성시가지는 이미 도로주변이 개발되었으므로 도로를 확장하기 위해서는 주변 건물을 철거해야 하는 경우가 대부분이다. 막대한 비용과 복잡한 권리관계를 고려할 때 이 건물들을 철거하고 기성시가지의 도로를 확장하여 용량을 늘린다는 것은 거의 불가능하다.

발을 통한 외곽의 도시화는 더 많은 자동차 통행을 유발(이희연·이승민, 2008)하고 있지만, 그들이 향하는 도시 중심부에서는 도로 확장이 거의 불가능하기 때문이다. 다수의 직장이 분포하는 기성시가지는 이미 도로주변이 개발되었으므로 도로를 확장하기 위해서는 주변 건물을 철거해야 하는 경우가 대부분이다. 막대한 비용과 복잡한 권리관계를 고려할 때 이 건물들을 철거하고 기성시가지의 도로를 확장하여 용량을 늘린다는 것은 거의 불가능하다.

\* 본 학회 정회원, 국토연구원 부연구위원, gon3205@hanmail.net, 주저자  
\*\* 본 학회 정회원, 경기대학교 스마트시티공학부 도시·교통공학전공 교수, jinyookim@kgu.ac.kr, 교신저자

그러므로 도시계획이나 교통계획 측면에서 다양한 시도가 이루어지고 있는 바, 대중교통중심의 교통체계나 자전거 및 보행 중심 도시공간구조가 여기에 해당한다. 전자는 기존 전철을 연장하거나 새로운 전철 노선을 확장하고 전철역 주변을 고밀 복합개발하는 전략이 좋은 예이다. 후자는 전국자전거도로 기본계획(행정안전부, 2010), 도로 다이어트사업(건축공간연구원, 2020), 지자체 공공자전거 계획(서울시, 2014)처럼 자전거도로나 보행로를 정비하거나 공공자전거를 보급하는 정책을 예로 들 수 있다. 이러한 경향은 전세계적인 것으로서 도시의 교통정체 해소와 함께 탄소저감을 통한 지구환경 보호와도 깊이 연관되어 있다.

우리나라도 보행과 자전거 통행을 장려하고 교통수단 분담률을 높이기 위해 꾸준히 노력하고 있다. 각 도시에서 도입하여 운영하고 있는 ‘공공자전거’는 가장 대표적인 예라 할 수 있다. 유럽에서 시작한 공공공유자전거 시스템은 교통혼잡을 피해 신속하게 이동할 수 있을 뿐 아니라 공해도 전혀 배출하지 않고 이용자의 건강증진 효과까지 있는 매우 바람직한 교통수단으로서 점점 더 많은 도시에서 채용하고 있다(DeMaio, 2009; Shang et al., 2010).

서울시도 2015년 9월부터 공공자전거 ‘따릉이’를 대여하는 서비스를 시작했다. 이후 이용자는 폭발적으로 증가하여 2015년 9월 한달간 11,603건이던 대여건수가 2021년 6월은 3,460,407건으로 300배 이상 증가했다(서울열린데이터광장). 그런데 공유자전거의 이용이 급격하게 증가하였음에도 불구하고, 여전히 서울의 자전거의 교통수단 분담률은 2015년 기준으로 1.5%에 불과하다. 이웃 일본의 17%와 비교할 때 아주 미미한 수준이다(한국교통연구원, 2020).

그렇다면 어떤 이유에서 자전거의 교통수단 분담률이 높아지지 않는지, 어떤 정책을 통해 향상시킬 수 있는지 연구해볼 필요가 있다. 이를 위해서는 가장 먼저 현재 자전거 이용행태를 분석하는 것이 필수적인 과정이다. 가장 이용이 많은 요일 및 시간대는 언제인지, 어떤 토지이용 특성과 자전거 활용이 관련이 깊은지, 하천변 등 지형적 요인이나 다른 교통수단과의 연계 측면에서 활성화된 지역이 어디인지, 활발한 이용 계층이 누구인지 등에 대해 분석하여 자전거 이용 활성화에 대한 정책방향을 설정할 수 있기 때문이다.

예를 들어, 자전거 이용이 업무지역 내에서 업무시간에 집중되는 경향이 나타난다면 자전거도로나 보관

시설의 확충은 이들 지역의 단거리 이동을 전제하여 설계될 필요가 있을 것이다. 그렇지 않고 주거지와 업무지역 간에 출퇴근 시간에 집중되는 경향이 나타난다면 주요 통근로를 중심으로 자전거도로를 정비하는 것이 더 바람직할 것이다. 만약 전철역과 연계한 자전거 이용이 많다면 자전거 도로망은 전철역과의 연결성을 감안하여 계획하는 것이 필요할 것이다.

이에 본 연구는 서울시의 공공자전거 데이터를 중심으로 공유자전거 이용행태를 분석하여 자전거 이용 활성화를 위한 정책적 시사점을 도출하고자 한다. 이어지는 2장에서는 그동안 이루어진 자전거 이용에 대한 이론 및 선행연구를 검토한다. 3장에서는 연구에 사용한 분석자료와 방법론을 설명한다. 주요 자료인 서울시 공공자전거 이용현황 데이터의 구조와 기본적인 특성을 설명하고 시계열 군집분석을 중심으로 방법론을 상세히 설명한다. 4장에서는 시계열 군집분석 결과를 보고하고 각 군집이 가지는 특징과 지리적인 분포를 설명한다. 5장에서는 전철역 및 하천 등 자전거 관련 인프라에 대한 접근성과 이용자 특성의 관점에서 공유자전거 이용 특성을 분석한다. 마지막으로 6장에서는 주요 결과를 요약하고 정책적 시사점을 제시한다.

## II. 이론 및 선행연구 고찰

### 1. 친환경 교통수단으로서 자전거의 가능성과 한계

세계는 현재 기후변화에 적극 대응하기 위하여 탄소중립을 목표로 재편되고 있다. 탄소중립(Net-Zero)은 온실가스 배출량에서 흡수량을 제외한 순 배출량이 0이 되는 상태를 말한다. 유엔 산하 국제기구인 ‘기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)’에서 2018년 10월 발표한 내용을 토대로 지구 온도 상승을 1.5°C 이내로 유지하기 위하여 세계 국가들이 2050년까지 탄소중립을 달성하기 위한 목표를 제시하고 있다(환경부, 2021). 우리나라도 2021년 9월 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법(탄소중립기본법)」을 제정하였으며 2022년 3월 시행을 앞두고 있다. 『2050 탄소중립 추진전략』에서 특히 도시 및 교통 측면을 살펴보면 모빌리티 혁신을 통해 자가용 중심의 기존 교통체계를 보행자, 친환경 교통수단 중심으로 전환하고자 하였으

며, 도시·국토의 저탄소화를 위해 압축형 도시구조에 따라 이동경로, 에너지관리 효율 등을 최적화하고자 하였다(환경부, 2020).

이처럼 자전거는 수송부문 탄소배출 및 미세먼지 저감을 위한 대표적인 친환경 녹색 교통수단이다. 동시에 사람의 힘을 동력으로 하는 운송 수단이기 때문에 개인의 신체적, 정신적 건강을 증진시키는 효과를 지니고 있다. 자동차와 달리 무연료 수단으로서 연료비를 절약할 수 있어 유지비용도 절감할 수 있다.

이렇듯 다양한 장점을 지니고 있는 수단임에도 불구하고 자전거의 이용은 특별한 경우에 국한되어 있다. 서울시 자전거 이용률 통계(2019)에 따르면 설문에 참여한 시민 중 상당수인 82.1%는 평소에 자전거를 이용하지 않고 있으며, 자전거를 이용하는 시민 중에서도 운동 수단으로 활용하고 있다는 답변이 11.3%인데 비해 평소 일상생활 속에서 이동 수단으로 활용하고 있다는 답변은 6.6%에 불과했다.

앞으로 기후변화 시대에 탄소배출 저감에 동참하기 위해서라도 친환경 교통수단의 일상적 활용을 통한 도시공간구조의 개편은 필수적이다. 친환경차, 대중교통 등을 중심으로 하는 모빌리티의 혁신뿐만 아니라 일상생활 속에서 상대적으로 손쉽게 실천할 수 있는 친환경 교통수단으로의 전환을 위해서는 자전거의 이용률을 높이는 것이 중요하다. 특히 레저·운동 등 비일상적 통행목적으로 주로 활용되고 있는 자전거의 비중을 일상적 통행을 중심으로 확대해나가는 노력이 절실히 요구되는 상황이다.

## 2. 공유자전거 이용과 지역적 특성

본 연구에서는 자전거의 일상적 통행을 증대시키기 위한 수단으로서 새롭게 등장한 공유자전거에 주목한다. 공유자전거는 평소에 자전거를 소유하지 않아도 필요 시점마다 스마트기기를 통해 지자체나 플랫폼 기업이 제공하는 자전거를 활용할 수 있는 시스템이다. 장거리나 경사지 등으로 이동할 때도 즉시 반납하고 전철, 버스 등 타 수단으로 연계가 용이하기 때문에 기존에 자전거가 가졌던 지형적 문제에 따른 한계를 일부 극복할 수 있다. 따라서 기존에 단순히 여가 목적을 위하여 활용되고 있는 자전거의 특성을 뛰어넘어 새로운 공유문화 및 기술에 익숙한 청년세대를 중심으로 통근·통학 등 일상적인 통행에서의 활용이 기대되

고 있다.

그러나 공유자전거 역시 다양한 이점에도 불구하고 결국 사람의 힘을 동력으로 하는 근거리 교통수단이기 때문에 지역별 도시공간 특성에 영향을 받을 수밖에 없다. 따라서 공유자전거의 경우에도 이용률을 증대시키기 위해서는 도시공간의 변화가 필수적이다.

기존에 자전거 이용과 지역적 특성의 관계를 다룬 논문들에서는 특히 압축도시 등 도시의 밀도를 중심으로 논의가 진행되어왔다. 압축도시(compact city) 이론은 기존의 자동차 중심 확산형 도시모델에 대한 반성에서 출발한 모델로 대중교통과 보행을 활성화할 수 있도록 도시를 집적하여 개발하는 방식이다(임희지, 2001). 고은정·이경환(2013), 이경환 외(2008)는 밀도나 토지이용 혼합정도, 녹지 및 대중교통 접근성에 따라 승용차에 비해 보행 또는 자전거 이용이 늘어남을 밝혔다. 다만, 해당 연구들에서는 일상적 통행과 비일상적 통행에 대한 비교가 어려우며, 자전거와 대중교통에 대해 상호연계를 고려하기보다 수단 대체 관계로만 파악하여 연계 통행에 대한 고려가 부족하였다.

일반 자전거와 비교해 공유자전거는 일상적 통행 여부 판단 및 공간정보 수집에 용이하다. 스마트기기를 통하여 이용시간대 및 대여소 위치 등에 관한 구체적인 데이터를 축적할 수 있으며, 지리정보를 함께 활용하여 업무·주거 및 하천 등 공원 녹지 접근성, 역세권 여부 등 관련 정보를 파악할 수 있기 때문이다. 그러므로 자전거 이용과 관련된 연구들은 공유자전거를 대상으로 한 경우가 많았다.

공유자전거에 관한 기존 연구들은 요일별·시간대별 대여건수 분포, 대상 지역의 전철 현황 등의 기초통계를 비교 분석하는 방식이 주를 이루어 왔다(Shang et al., 2010; 장재민 외, 2016; 이재영 외, 2012). 최근에는 공유자전거 개선방향을 도출하기 위한 계량분석이 다양화되고 있으며, 네트워크 클러스터(Zhou, 2015; 김희수·김영호, 2020), 시계열 군집분석이나 K-Means 군집분석 등을 활용한 공유자전거 수요예측 분석 연구(민소아·정윤서, 2021; 김민혁, 2018; 김경옥·이창환, 2021)도 수행되고 있으나, 주로 통계학 연구로서 수요예측을 중심으로 하여 도시계획 차원의 지역적 특성을 심층적으로 다루지 못하였다.

공유자전거에 관한 일상적 통행으로는 크게 두 가지 형태의 통행을 고려해볼 수 있다. 첫 번째는 업무시간 내부의 통행이다. 이는 인근 업무시설 간의 업무 목적

의 단거리 이동을 의미한다. 두 번째는 업무지와 주거지 사이의 통근 통행을 들 수 있다. 이 경우, 업무지와 전철역, 전철역과 주거지 사이의 연계 통행을 함께 고려해보아야 한다. 장거리 통근 통행의 경우, 업무지와 주거지 사이에 대중교통을 활용하며 전철역으로의 이동을 위해 공유자전거를 이용할 수 있기 때문이다.

서울시 공유자전거를 대상으로 하는 최신 연구들에서도 이러한 두 가지 통행의 가능성을 찾아볼 수 있다. 장재민 외(2016)의 연구에서는 여의도와 상암을 대상으로 6개월간의 업무, 주거, 전철역 간의 통행 OD를 정리하였다. 서울의 주요 업무지역인 여의도의 경우, 업무지역 간의 통행이 가장 높으며 전철역 및 주거지역으로의 통행도 다수 나타났다. 다만, 상암의 경우에는 전혀 다른 통행 패턴이 나타났는데, 주거지역에서 전철역으로의 통행이 가장 많았기 때문이다. 김희수·김영호(2020)는 요일별·시간대별 네트워크를 분석하며, 여의도 등의 업무지와 역(驛) 주변을 잇는 네트워크 클러스터를 도출하였다. 그러나 서울 전역의 공유자전거 클러스터를 한꺼번에 분석한 나머지, 상대적으로 자전거 통행이 적은 종로와 강남은 가장 중요한 업무중심지임에도 불구하고 네트워크 클러스터를 확인하지 못하였다.

이처럼 시간적·공간적 특성이 강하게 작용하는 자전거 이용의 특성을 감안할 때, 자전거 통행 관련 연구를 수행할 때에는 이용 시간대와 통행 지역에 대한 고려가 필수적이다. 본 연구에서는 자전거의 일상적 통행을 확인하기 위해 계절 및 요일 특성을 고려하였으며, 서울의 주요 업무 중심지 인근을 대상으로 삼았다. 특히 업무, 주거, 전철역 간의 관계에 따른 일상적 통행 패턴을 확인하기 위하여 토지이용과 함께 자전거 이용에 관한 주요 인프라로서 전철역과의 거리를 활용하였다. 또한 비일상적 통행 패턴에 관한 토지이용으로서 녹지지역과 자전거 관련 인프라로서 하천변 녹지를 파악하였다는 점에서 선행연구와 차별성을 지닌다.

현황' 데이터이다. 대여소 정보와 함께 월별, 일별, 시간대별 이용정보를 연계 활용하였으며, 대여일자, 대여시간, 대여소명과 이용자 연령대, 이용시간 등을 함께 활용하였다. 이 데이터는 공간적으로 출발지 정보를 중심으로 하며 이용자의 연령대 정보를 함께 제공하여 지역의 인구통계학적 특성을 살펴볼 수 있다. 다만, 장소·시간대 등 동일한 조건의 이용행태를 지니는 경우, 이동거리 및 이용시간을 통합하여 제공하고 있어 개인별 이동거리 및 이용시간을 활용하기 위해서는 평균값을 사용해야 한다는 한계를 지닌다.

특히 본 연구에서는 시간대별 이용패턴에 따른 시계열 군집분석을 기반으로 지역적 특성을 비교 분석하는 방법론을 채택함에 따라 공간적 데이터의 기준을 공유자전거 이용의 출발지에 해당하는 지점으로 설정하였다. 예를 들어, 일상적 통행에 해당하는 대표적 통행인 통근·통학의 경우, 아침의 출발지는 주거지 또는 환승지, 저녁의 출발지는 업무지, 학교 또는 환승지에 주로 해당할 것으로 예상하였다. 낮 시간에 이루어지는 쇼핑의 경우, 상업지 인근에서 이루어질 것으로 판단하였다. 비일상적 통행 중 대표적인 레저·운동 목적의 통행은 낮 시간 또는 출퇴근과 연계하여 하천변, 녹지 및 주거지 인근 등에서 주로 나타날 것으로 판단하였다.

본격적인 분석에 앞서, 본 연구에서는 연구의 목적에 따라 자전거 통행이 활발하게 일어날 가능성이 높은 공간과 시간으로 분석의 대상을 한정하였다. 공간적인 범위는 서울의 3도심인 도심권(CBD), 강남권(GBD), 여의도권(YBD)이 속해있는 자치구인 종로구, 중구, 강남구, 서초구, 영등포구로 설정하였다. 해당 지역은 서울의 중심적인 업무·상업지역을 비롯해 주변의 주거지역, 녹지지역, 한강과 그 지천인 청계천, 여의도 샛강, 안양천, 양재천, 탄천 및 각종 공원·녹지 등이 분포하고 있어 일상적·비일상적 자전거 통행이 골고루 일어날 수 있는 지역으로 판단하였다.

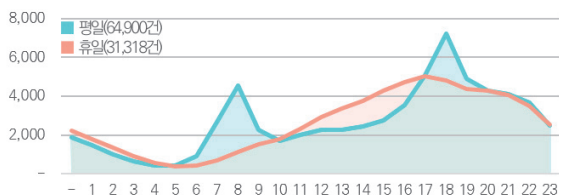
연구의 시간적 범위는 분석에 충분한 표본을 확보하

### III. 분석자료 및 분석방법

#### 1. 분석자료

이 연구에서 중점적으로 활용한 자료는 '서울 열린 데이터 광장'에서 제공하는 '공공자전거(따릉이) 이용

<그림 1> 요일별·시간대별 일평균 대여건수



고 감염병으로 인한 영향을 제거하기 위해 코로나 19 팬데믹으로 인한 사회적 거리두기 방역지침 시행 이전인 2019년으로 하였다. 계절적으로는 기온이 적절하고 날씨가 좋아 자전거 통행에 유리한 가을철인 9월과 10월을 대상으로 하였다.

최종적으로 서울 5개 자치구의 2019년 9월~10월<sup>1)</sup> 공유자전거의 대여건수를 대여소 단위로 종합하여 활용하였으며, 대여소 정보가 없는 경우 및 5분 이내 반납된 경우<sup>2)</sup>를 제외하여 총 3,848,695건의 유효한 대여정보를 분석자료로 확보하였다.

전체 자전거 대여건수는 가장 먼저 요일별로 구분이 필요하다. 주말 및 공휴일을 포함한 휴일의 경우에는 여가를 위한 비일상적 통행이 늘어날 가능성이 더욱 높으며, 일상적 통행을 파악하기 위해서는 평일 통행을 심층 분석하는 과정이 필수적이기 때문이다. 서울시(2021)에서도 주말보다 평일에 공유자전거가 더 많이 이용되는 것으로 판단하고 있으며, 본 연구의 분석 결과도 일평균 대여건수가 평일 64,900건, 휴일 31,318건으로 평일이 2배가량 더 높게 나타났다(그림 1). 서울 3도심 지역 자치구 공유자전거 통행의 경우, 휴일의 비일상적 통행보다 평일의 일상적 통행이 더욱 주요한 통행으로 기능하고 있음을 보여주며, 공유자전거의 일상적 통행으로의 가능성을 높여준다.

시간별 패턴을 살펴보면 특히 평일의 경우, 오전 7~9시와 오후 5~7시의 출퇴근 시간에 대여빈도가 높은 쌍봉 분포(bi-modal distribution)의 패턴을 확인할 수 있어서 출퇴근을 통한 일상적 통행이 가장 빈번하게 발생할 것으로 예상할 수 있다. 휴일은 상대적으로 오후 시간의 레저통행이 많을 것으로 예측되며 오후 5시경을 정점으로(uni-modal distribution) 완만한 경사를 구성하는 경향을 관찰할 수 있다.

요일별 분류를 바탕으로 이후의 분석은 출퇴근 통행을 비롯한 일상적 통행을 더욱 체계적으로 분석해볼 수 있는 평일의 사례를 중심으로 진행하였다.

## 2. 분석방법

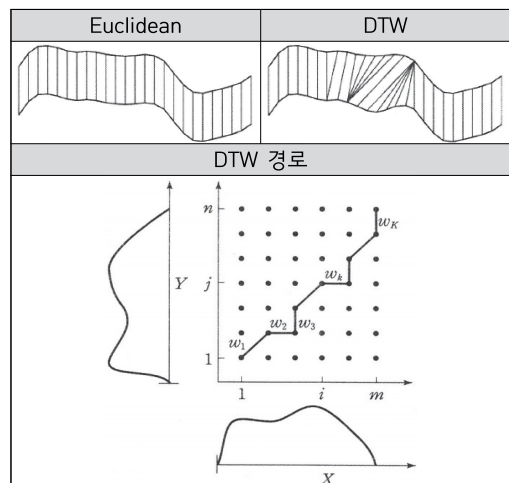
평일의 자전거 이용행태를 분석하기 위하여 본 연구에서는 대여소별로 1시간 단위의 일간 대여빈도 패턴을 분석하였다. 일반적으로 통행자료는 출·퇴근시간

인 첨두시간대와 비첨두 시간대로 나누어 이용패턴을 분석해볼 수 있다. 그러나 서울시(2021), 김희수·김영호(2020), 장재민 외(2016) 등 서울시 공유자전거를 연구한 최근 자료마다 출·퇴근 첨두시간대에 대한 정의가 상이하게 나타났기 때문에 일간 이용패턴 그 자체를 연구의 대상으로 포함하며 출퇴근 시간 판단을 위한 사전자료로 삼았다. 또한 사전에 해당기간 중 대여건수 합계 300회 미만(일평균 7.5회) 저이용 대여소를 제외하여 이용률이 낮은 대여소의 독특한 패턴(이상치)으로 인한 왜곡을 방지하고자 하였고, 최종적으로 총 366개 대여소 자료를 사용하였다.

시간대별로 연속된 이용패턴을 유형화하기 위하여 활용한 방법론은 시계열 군집분석이며, 특히 DTW 알고리즘(Dynamic Time Warping)을 활용하였다. 시계열 군집분석은 시간적 이용패턴만을 대상으로 유사한 이용행태를 군집화하는 방식으로, 공간적 이용패턴 등의 정보는 군집분석의 원인변수로 고려되지 않는다.

이 방식은 군집분석을 위하여 일반적으로 가장 많이 사용되는 방식인 유클리디안 거리(Euclidean distance)에서처럼 동일한 시점 간의 거리를 일대일로 측정하기보다, 이웃한 시점과의 거리를 최소화시킬 수 있도록 비틀림(warping) 경로를 찾음으로써 부분적으로 변형된 파형에 대해서도 유사성을 파악할 수 있다(나중화, 2020).

<그림 2> 시계열 군집 개념도



출처 : 나중화, 2020

1) 2019년 9월 7일은 원자료 상 결측치로 자료가 제공되지 않아, 분석 대상에서 제외하였다.  
 2) 문현수·이영석(2016), 김민혁(2018)은 비정상적 대여이력에 대한 전처리로서 이용시간이 지나치게 짧은 경우를 분리하였다. 이는 이용자의 변심, 자전거 이상 및 시스템 오류 등에 따른 조기 반납 또는 반납 후 재대여에 대한 카운팅을 막기 위한 처리이다.

<그림 2> 하단의 X와 Y라는 2개 이용패턴의 유사성을 파악하기 위하여, 두 패턴 사이 비교를 위한 warping 경로인 W는  $w_k = (i, j)_k$ 라는 점의 연속으로 이루어진다. 점의 개수는 X의 길이인 m과 Y의 길이인 n에 관하여  $\max(m, n) \leq K < m + n - 1$ 로 정의되며, W는 다음의 경계, 연속, 단조 조건을 만족하도록 구성된다.

- (1) 경계조건:  $w_1 = (1, 1)$ 과  $w_k(m, n)$ 은 이어져 있어야 한다.
- (2) 연속조건:  $w_k = (a, b)$ 와  $w_{k-1} = (a', b')$ 에서  $a - a' \leq 1, b - b' \leq 1$ 이어야 한다. (정해진 step size만큼만 이동한다.)
- (3) 단조조건:  $w_k = (a, b)$ 와  $w_{k-1} = (a', b')$ 에서  $a - a' \geq 0, b - b' \geq 0$ 이어야 한다. (음의 방향으로 이동하지 않는다.)

위의 조건을 만족하는 경로 중 warping 거리의 총합이 최소가 되는 경로를 찾아야 하며,  $i = j = 0$ 에서 시작해 k번째 경로  $w_k$ 의 누적 warping 거리는 아래와 같이 정의할 수 있다(나종화, 2020).

$$D(i, j) = d(x_i, y_j) + \min \begin{cases} D(i-1, j-1) \\ D(i-1, j) \\ D(i, j-1) \end{cases} \quad (1)$$

본 연구에서는 프로그래밍 언어 R의 'tsclust'라이브러리를 사용하였으며, DTW 분석의 군집화 과정 시, 비계층적 군집화(non-hierarchical clustering)를 통해 사전에 군집의 수를 설정한 후 배분하는 방식을 활용하였다. 비계층적 군집화는 분할적(partitional) 알고리즘을 사용하였다. 특히 군집분석에서 자의적인 판단을 배제하기 위하여 군집수 결정에 있어서 Dunn index를 통해, 군집간 거리가 최소가 되며 군집내 거리를 최대로 하는 군집의 수를 5개로 판단하였다. 군집화는 최초 중심이 무작위로 초기화된 후에 할당과 거리측정 과정을 반복하며 업데이트하는 과정을 거친다. 중심계산은 PAM(Partition Around Medoids)을 사용하였고, 이 과정에서 편향되지 않으며 일관성 있는 결과를 얻기 위하여, 시계열 군집을 100회 시행하여 얻은 결과값을 다시 K-means 방식을 통해 재군집화하는 방식을 통해 최종 군집을 추출하였다(이석준, 2019).

이렇게 추출된 군집을 바탕으로 시간적 이용패턴과 함께 지리적 분포와 토지이용 특성을 분석한다. 또한 세부적으로 자전거 관련 인프라 접근성이 군집별, 대여소별로 공유자전거 이용 수준에 어떠한 영향을 미치는지, 연령대에 따른 이용자 특성은 이러한 경향을 어떻게 뒷받침하는지 살펴본다. 분석방법은 Anova 분석과 카이제곱 분석, 산포도 등을 활용하였으며, 회귀분석 등 고급통계를 통한 종합적 분석보다 기술통계를 통한 세밀한 서술을 통해 군집 간 특성 및 변수 간의 관계성 파악에 주력하였다.

## IV. 공유자전거 이용패턴 분석

### 1. 시계열 군집분석

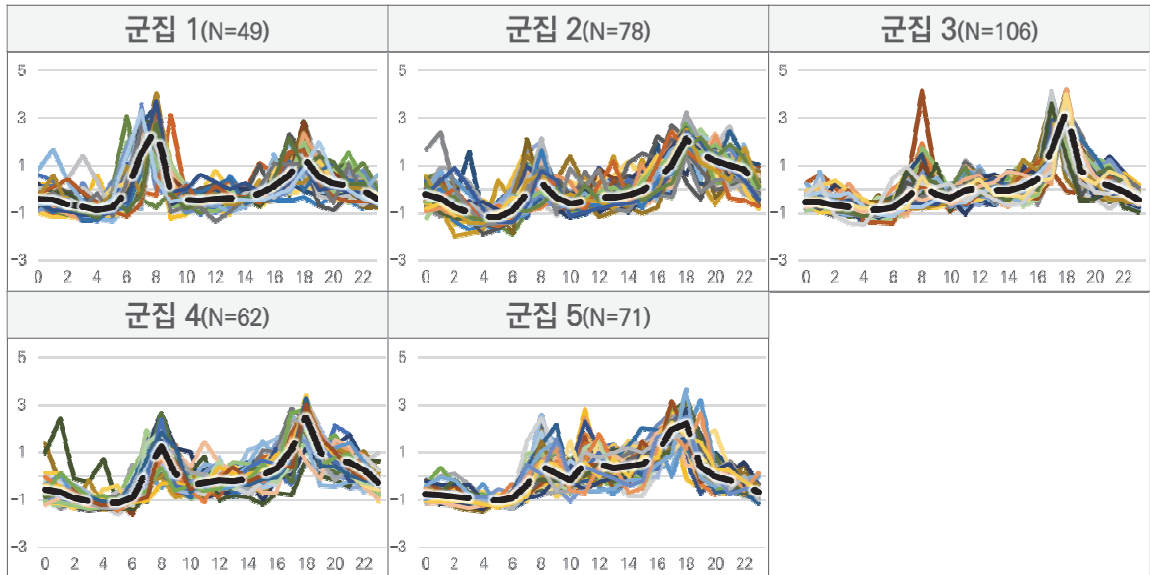
본 연구의 시계열 군집분석은 유사한 시간대에 주로 이용되는 시간적 이용패턴을 보이는 대여소 간의 군집을 분석하며, 분산분석(ANOVA)과 교차분석( $X^2$ ), 산포도 등을 통하여 군집별로 비슷한 지역적 특성을 공유하는지 차이를 비교 분석하는 방식으로 활용된다.

공유자전거 이용패턴을 시계열로 군집화한 결과는 총 5개의 군집으로 나누어졌다. 각 군집은 49개에서 106개의 대여소를 포함하고 있으며, 데이터는 사전에 표준화 과정을 거쳐 분석되었기 때문에 일정한 범위에서 비교할 수 있다.

가장 먼저, 모든 군집에서 공통적으로 오전 8시 전후, 오후 6시 전후에 가장 높은 수준의 이용빈도를 보였다. 즉, 평일의 서울 3도심 지역 자치구인 종로구, 중구, 강남구, 서초구, 영등포구에서는 대체로 아침, 저녁 출퇴근 시간대의 통행이 가장 많은 패턴을 확인할 수 있다. 이는 특히 5개 군집에 속하는 지역 모두에서 출퇴근 시간대를 중심으로 하는 일상적 통행이 고르게 분포하고 있으며, 출퇴근 시간대의 통행이 아닌 낮 시간 레저용 통행에만 집중된 군집은 존재하지 않다는 점에서 공통적인 패턴이다.

그러나 세부적으로 각 군집별 이용패턴을 살펴보면, 일상적 통행으로서 출퇴근 통행과 비일상적 통행으로서 레저통행의 가능성에 다소 차이가 나타난다. 군집1은 오전 8시 무렵이 저녁 시간에 비하여 더 높게 나타나고 있으나, 나머지 군집의 경우에는 대체로 저녁 퇴근 시간에 가장 높은 이용률을 보인다. 그 중 군집3은

<그림 3> 시계열 군집분석 결과



퇴근 시간에 더욱 집중된 경향을 보였다. 군집5는 낮 시간대대가 고루 통행빈도가 높은 특징을 보였다. 이는 업무지역 간의 업무통행의 가능성과 함께 비일상적 레저통행의 가능성이 있음을 의미한다.

이러한 가능성을 확인하기 위해서는 각 군집별 시간적 이용패턴 뿐만 아니라 대역소가 위치한 장소의 지리적 정보를 함께 해석할 필요가 있다. 이런 과정을 통해 공유자전거 이용패턴의 성격을 보다 정확하게 파악할 수 있다.

## 2. 군집별 지리적 분포와 토지이용 특성

위에서 분류한 군집별로 각 대역소가 분포하고 있는 위치를 표시한 결과는 <그림 4>와 같다. 5개의 군집과 함께 전철역, 한강 및 지천, 용도지역에 따른 토지이용을 표현하여 개략적인 지리적 특성을 살펴본다.

전철역, 하천의 위치는 ‘서울교통공사(서울열린데이터광장)’, ‘한강홍수통제소(국가공간정보포털)’에서 수집된 서울시 전철역과 하천 위치 데이터를 기반으로 현황을 업데이트하였다. 토지이용 특성은 ‘서울 열린

데이터 광장’에서 제공하는 UPIS 상에서 각 대역소 point가 위치한 행정동의 용도지역별 면적 비중을 사용하였다. 자전거로 이동 가능한 생활권의 전반적인 특성을 확인하기 위하여 행정동을 공간적 단위로 하였다<sup>3)</sup>. 각 군집별 비율차이는 ANOVA 분석을 통해 검증하였으며, 상업과 주거지역만 유의한 결과를 보였다<sup>4)</sup>. 군집1은 출근 시간에 특히 높은 이용빈도를 보이는 데, 타 군집에 비하여 대상지역의 외곽에 분포하는 경향을 보인다. 강남구·서초구 지역에서는 남쪽의 양재천·탄천 주변, 영등포구에서는 여의도 세강 주변의 주거지역 등에 주로 분포하고 있으며, 주거와 녹지의 비율이 높은 지역이었다.

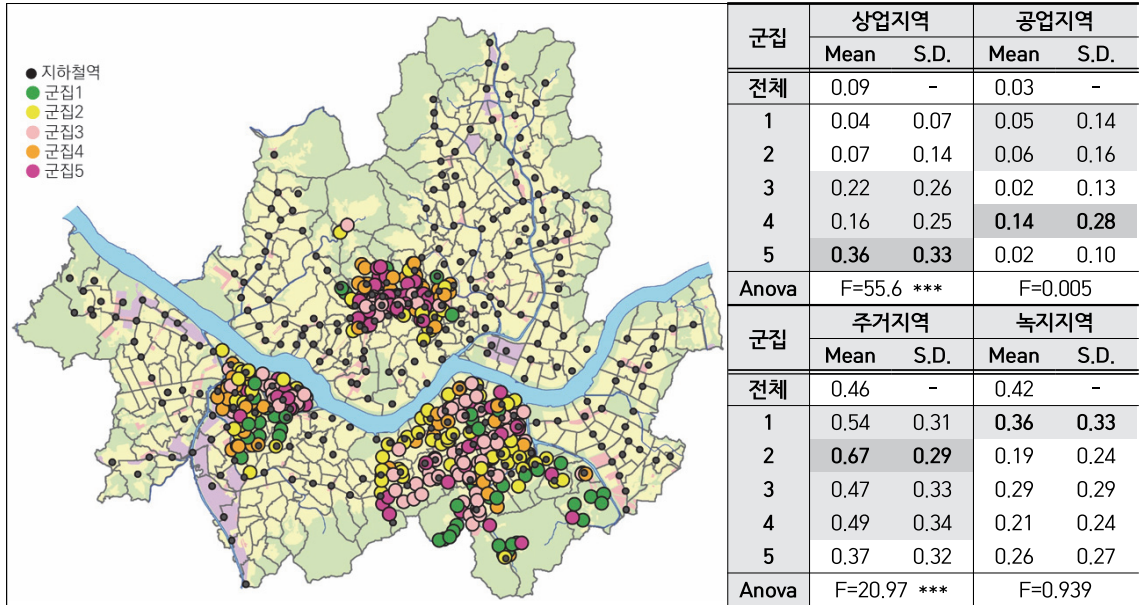
군집2는 낮 시간대보다 아침 시간에 이용률이 약간 높으며 특히 저녁 시간 내내 높은 이용률을 보이는 지역이다. 군집1과 비교할 때 중간적 위치에 분포하고 있으며, 군집1보다 녹지가 적고 주거지가 많은 토지이용특성을 보인다. 주거지역에서 출퇴근하는 통행에 공유자전거를 사용하고 있다는 추정이 가능하다.

군집3은 퇴근 시간에 자전거 이용이 특히 많은 군집이다. 군집3의 위치는 군집1, 2에 비하여 상대적으로

3) 다만, 행정동의 주변부에 위치하더라도 인접한 지역의 특성을 함께 고려하기 어렵다는 한계를 지닌다. 대역소 point를 기준으로 측정된 접근성의 차이는 다음 장의 자전거 인프라 접근성을 통해 제시하며, 면적 공간정보를 중심으로 하는 본 장의 분석을 구체화한다.

4) <그림 4> 우측 표의 각 첫 행에는 5개 자치구 전체의 용도지역별 면적 비중을 제시하여 비교의 척도로 삼았다. 전체보다 비율이 높은 경우 음영 처리하였으며, 녹지지역은 모든 군집에서 비율이 낮아 가장 높은 비율을 가지는 군집만을 표시하였다. 공업지역은 5개 자치구 중 공업지역이 집중분포한 영등포구와 타 자치구와의 차이보다 각 자치구 내의 세부적 지역 특성이 더 크게 작용하여 유의하지 않은 것으로 판단된다. 녹지지역도 서초구에 높게 분포하나 세부적인 지역 특성이 더욱 중요하게 작용했다.

<그림 4> 군집별 대여소의 위치 및 용도지역 비중



\* p<0.1, \*\* p<0.05, \*\*\* p<0.01

각 도심의 중심부에 가까운 경향을 보인다. 비교적 상업지역 비율이 높은 업무지역에 해당하여 퇴근 시간에 주로 활용되는 것으로 보인다.

군집4는 외곽인 군집1과 중심지역인 군집3의 사이에 지역에 주로 분포한다. 시간의 이용패턴 측면에서 출퇴근 집중 경향을 보이며, 지역 특성은 상업 및 공업지역에 따른 업무지역 특성이 나타났다.

마지막으로 군집5는 낮 시간 내내 높은 이용을 보여 레저통행의 가능성이 가장 높은 군집이다. 그러나 이 경우는 지리적으로 군집3보다 더욱 도심지역 한가운데 집중되는 경향을 보여 단순 레저통행만으로 보기는 어렵다. 특히 서울의 CBD에 해당하는 도심권에 많은 대여소가 집중되어 있고, 영등포구에서도 YBD의 핵심인 여의도에 집중 분포하고 있어 군집5는 통근·업무·쇼핑 등의 일상적 통행과 관광 등의 비일상적 통행이 혼재되어 있는 것으로 보인다.

전반적으로, 아침에 공유자전거를 활발하게 이용하는 군집1을 중심으로 외곽 주거지로부터 활용도가 높았으며, 저녁 시간에 주로 대여빈도가 높은 군집3, 5를 중심으로 업무·상업지역이 집약된 중심부에서의 자전거 이용률이 높은 것으로 나타났다. 또한 주거지역을 중심으로 하는 군집1, 2, 그리고 낮 시간에 활용도가 높은 군집5에서 비일상적 통행의 가능성이 보였으나, 모든 군집에서 출퇴근 시간에 매우 뚜렷한 이용률

증가를 보였으므로 각 지역에서의 비일상적 통행은 중심적 활동이라기보다 일상적 통행에 부가적으로 더해지는 활동으로 이해될 수 있다.

## V. 자전거 인프라 접근성과 공유자전거 이용 특성

본 장에서는 공유자전거 이용 특성이 군집별, 대여소별로 어떠한 차이가 있는지 살펴본다. 공유자전거의 이용 특성에 영향을 미칠 수 있는 변수로는 자전거 관련 인프라 접근성으로서 전철역 및 하천과의 거리를 주로 활용하였으며, 추가적으로 이용자 특성 변수로서 연령대별로 대여건수 분포를 통해, 공유자전거 이용 수준이 어떻게 변화하는지 살펴보고자 한다.

### 1. 인프라 접근성과 공유자전거 이용 수준

공유자전거의 이용패턴에 차이를 발생시키는 지역적 원인에 관하여, 면적 공간정보인 토지이용을 넘어서 점적·선적으로 분포하는 자전거 관련 인프라 측면에서 분석을 구체화하였다. 여기서 특히 주요하게 사용한 변수는 자전거 이용과 관련된 중요한 인프라인 전철역 및 하천과의 거리이다.



앞서 시계열 분석을 통해 평일에는 출퇴근 통행이 주된 이용목적이라는 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 평일 자전거 통행에서는 업무지와 주거지를 잇는 통근·통학·업무와 같은 일상적 통행이 중심이 될 수 있다. 이 경우 장거리 통근의 환승지이자 업무·상업 중심지로서 기능하는 전철역은 공유자전거의 대여 및 반납이 빈번하게 일어나는 핵심적인 인프라가 될 수 있다. 또한 공원 녹지 중에서도 선형의 자전거도로 및 평탄한 지형을 갖춘 하천변의 경우 레저·운동 등 비일상적 자전거 통행의 주요 인프라로 이용될 수 있다.

우선 4장에서 도출된 군집별로 인프라 접근성을 비교해 보았다. 각 분석에서는 이해를 돕기 위하여 분석 대상인 366개 대여소의 평균값을 함께 제시하였으며, 평균값에 비하여 역·하천과의 거리가 짧을수록 접근

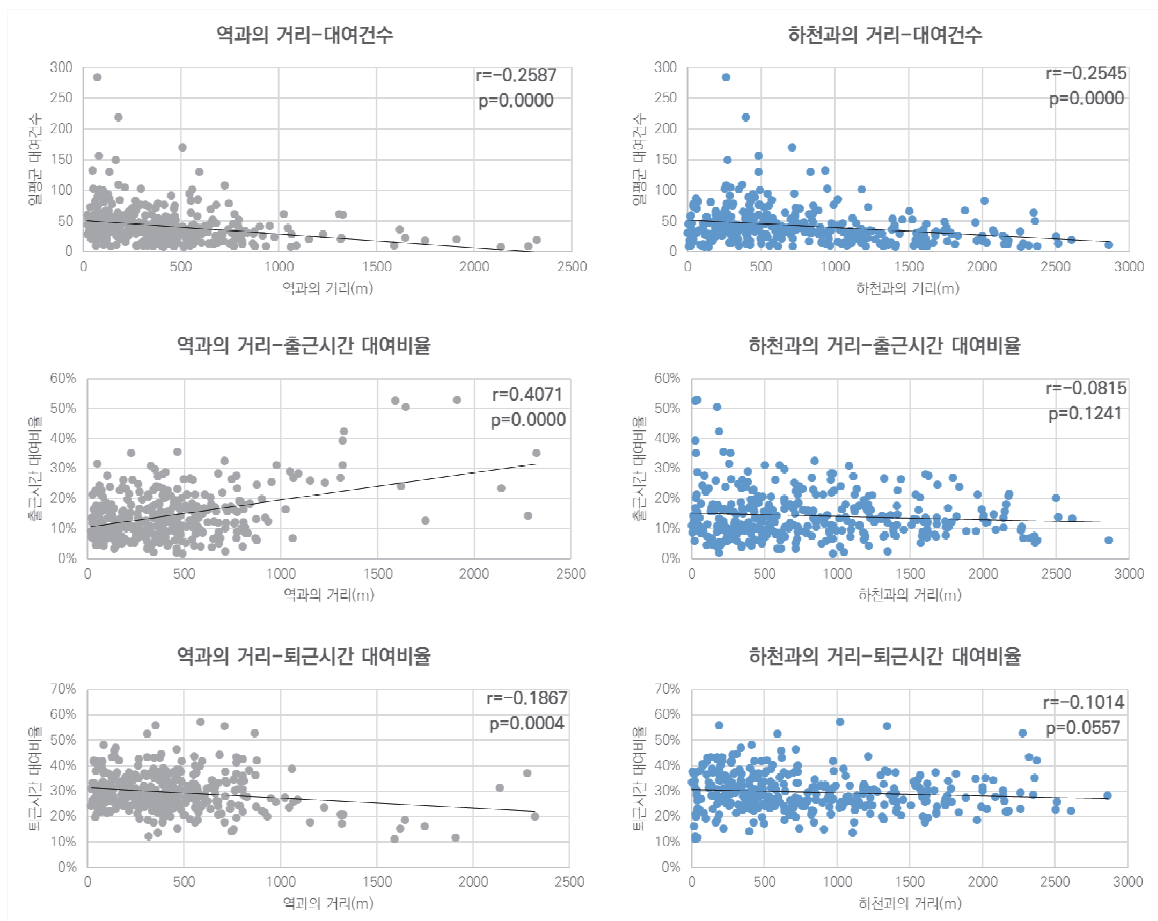
<표 1> 군집별 자전거 인프라 접근성

군집	역과의 거리		하천과의 거리	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.
평균값	424m	353m	799m	623m
1	718m	547m	737m	625m
2	350m	276m	843m	583m
3	384m	312m	843m	704m
4	404m	252m	750m	436m
5	391m	316m	765m	680m
ANOVA	F=9.821 **		F=0.131	

\* p<0.1, \*\* p<0.05, \*\*\* p<0.01

성이 높은 것으로 보고 표에서 음영 처리를 하였다. 분석 결과, 통계적으로 유의한 변수는 역과의 거리에서 나타났다. 하천과의 거리 변수는 유의도가 낮게 나타났다(나5), 평균값과의 크기 비교를 통해 보조적으로

<그림 5> 대여소별 자전거 인프라 접근성과 이용 수준



5) 하천의 경우, 주거지에 위치한 양재천, 탄천 등과 업무지 인근에 위치한 한강, 청계천, 여의도 샛강 간의 차이가 더욱 크게 작용하기 때문에 유의하지 않은 것으로 판단된다.

활용하였다.

분석을 종합해보면, 군집1은 역과의 거리가 멀고 하천·녹지·주거 접근성이 높은 지역으로 양재천, 탄천 등을 중심으로 아침 출근 및 간단한 운동을 할 수 있는 지역으로 특징지을 수 있다.

군집2와 군집4는 외곽과 업무 중심지의 중간적 위치에 분포하며 저녁 퇴근 시간이 중심이 되는 패턴이 유사하였으나 실제 공간 특성 측면에서는 서로 상반된 결과가 나타났다. 군집2는 주거지역의 비중이 높은 샬터의 성향이 비교적 높은 역세권 지역이다. 역을 중심으로 저녁 내내 자유로운 일상생활을 하는 것으로 이해할 수 있다. 반면에 군집4는 지역 특성이 공업지역 및 상업지역이자 하천에 가까우며 공유자전거가 퇴근에 이용되는 경향이 더 강한 것으로 보인다.

군집 3, 5는 상대적으로 상업지역 비중이 높고, 역과의 거리가 가깝다. 중심부에서 퇴근 시간에 주로 활용하는 대여소로서의 성격에 일치하는 공간적 특성을 보였다. 그중에 군집5는 하천과의 거리가 가까우면서도 상업 및 업무지역으로서의 특성이 강하다. 서울의 CBD와 청계천 주변에서 다양한 사람들이 일하고 쇼핑하며 관광하기도 하는 지역적 특성을 확인할 수 있다.

정리하자면, 전철역 접근성이 좋은 군집에서는 저녁 퇴근 시간대의 이용 비중이 높았으며, 하천에 가까운 군집에서는 아침 출근 시간대 이용 비중이 높았다.

이 결과는 <그림 5>의 대여소별 자전거 인프라 접근

성에 따른 이용 수준 산포도를 통해 더욱 자세히 살펴볼 수 있다. 역 및 하천과의 거리는 대여건수와 음의 상관관계를 보여 접근성이 높을 때 이용 빈도가 높은 자전거 관련 인프라라는 점을 확인할 수 있었다.

그러나 각 대여소별로 침투시간인 출근 시간(오전 7~9시)과 퇴근 시간(오후 5~7시)의 대여비율을 비교하면 결과가 달라진다. 하천과의 거리는 유의도는 낮으나, 출퇴근 시간에 모두 음의 부호를 나타내 하천과 거리가 가까울수록 더 많이 대여되는 양상을 보였다<sup>6)</sup>. 대여비율의 차이는 역과의 거리에서 가장 크게 발생하였다. 퇴근 시간에는 예상대로 역과의 거리가 가까울수록 대여비율이 높았지만, 출근 시간에는 역과 거리가 가까운 대여소일수록 대여비율은 오히려 더 낮은 양의 상관관계를 보였다.

이는 출근 시간에는 주거지에서 하천 등을 통해 업무지나 전철역으로 출근 또는 운동하는 비율은 높는데 비하여, 전철역에서부터 업무지까지 자전거로 이동하는 비율은 낮음을 의미한다. 퇴근 시간에는 반대로 역과 하천에서부터 자전거로 이동한 후, 주거지 등으로 돌아가는 비율이 모두 높았다.

## 2. 이용자 특성 및 인프라 접근성에 따른 공유 자전거 이용 수준

이용자 연령은 개인별 특성으로서 일상적 통행 여부에 영향을 미칠 수 있는 중요한 변수이다. 일반적으로 평일에는 핵심생산가능인구(25~49세)를 중심으로 출퇴근에 따른 일상적 통행의 비중이 높을 수 있으며, 교육열이 높은 한국의 특성상 10대 이하는 학교 및 학원과 주거지 사이에 일상적 통행의 비율이 높을 수 있다. 반면에 20대와 고령층에서는 상대적으로 자유로운 시간활용이 나타날 수 있다. 따라서 군집별·대여소별로 이용자의 주요 연령대를 파악하면, 자전거 이용패턴의 발생원인을 판단할 수 있다.

이용자 연령은 ‘서울시 공공자전거 이용현황’ 중 대여별 이용자의 나이를 집계하여 사용하였다. <표 2>에서는 각 군집별로 대여소당 일평균 대여건수를 제시하였으며, 군집별 연령대의 비율을 함께 기술하여 주요한 비교 지표로 삼았다. 전체 대여소를 모두 포함한 대여건수는 20대에서 가장 높은 수준을 보였다. 20대

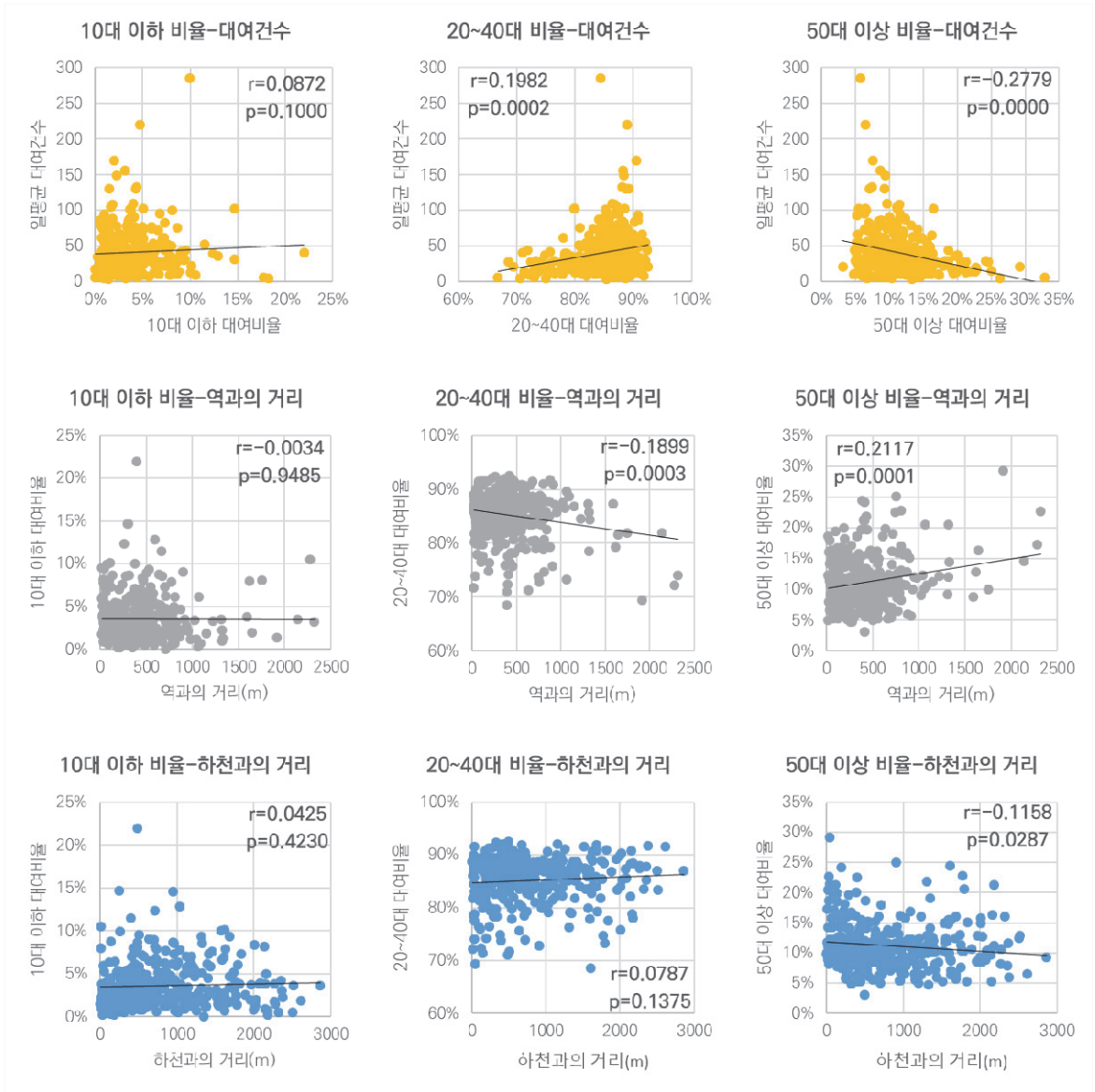
<표 2> 군집별 이용자 연령대 분포

	10대 이하	20대	30대	40대	50대	60대	70대 이상	합계
전체	1.55 (3.8%)	17.16 (41.8%)	11.03 (26.9%)	7.00 (17.1%)	3.32 (8.1%)	0.76 (1.85%)	0.19 (0.5%)	41.0 (100%)
1	1.14 (3.7%)	12.18 (39.7%)	7.79 (25.4%)	5.8 (18.8%)	2.89 (9.4%)	0.71 (2.31%)	0.20 (0.6%)	30.7 (100%)
2	2.53 (5.5%)	21.92 (48.1%)	10.38 (22.8%)	6.23 (14.3%)	3.30 (7.2%)	0.77 (1.69%)	0.14 (0.3%)	45.6 (100%)
3	0.99 (2.6%)	14.91 (38.4%)	11.43 (29.4%)	7.29 (18.8%)	3.34 (8.6%)	0.69 (1.77%)	0.17 (0.4%)	38.8 (100%)
4	2.39 (4.9%)	21.16 (43.3%)	13.04 (26.7%)	7.61 (15.6%)	3.65 (7.5%)	0.90 (1.83%)	0.17 (0.3%)	48.9 (100%)
5	0.83 (2.1%)	15.23 (38.5%)	11.63 (29.4%)	7.43 (18.8%)	3.35 (8.5%)	0.76 (1.92%)	0.29 (0.7%)	39.5 (100%)
X <sup>2</sup>	X <sup>2</sup> =9,086.2 ***							

\* p<0.1, \*\* p<0.05, \*\*\* p<0.01

6) 다만, 유의도는 퇴근 시간에 10% 수준에서 유의했으나 출근 시간에는 유의하지 않아서, 퇴근 시간에 하천을 통한 이용률이 더욱 높음을 확인할 수 있었다.

<그림 6> 대여소별 이용자 연령대에 따른 이용 수준과 인프라 접근성의 관계



의 대여건수는 전체 중에서 41.8%의 비중을 지니며, 30대 26.9%, 40대 17.1%로 20~40대의 통행은 75.8%로 대부분을 차지하고 있었다. 이들은 신체활동이 가장 활발한 연령대이자, 스마트기기를 통한 공유경제에 가장 익숙한 세대로서 공유자전거의 일상적 통행 확률을 높이고 있다고 판단된다.

특히 <표 2>의 각 군집에서 전체 대비 더 높은 비율을 보이는 연령대는 음영 처리를 하여 주요한 집단으로 구분하였다. 군집1의 경우, 40대~70대 이상 고령층의 비율이 특히 높게 나타났다. 다만, 군집1은 상대적

으로 대여건수 합계가 적은 대여소가 모인 군집이기 때문에 연령대별 대여건수는 타 군집에 비해 적다. 그럼에도 불구하고 고령층의 비중이 타 군집보다 높게 나타난다는 것은 이 지역의 공유자전거 이용패턴에 고령층 집단의 영향력이 높음을 의미한다. 군집1은 이용패턴 측면에서 아침 시간의 대여건수가 매우 높고, 외곽의 주거지역에 분포하는 만큼, 고령층의 아침 출근 겸 운동을 위한 통행이 주가 되는 것으로 해석할 수 있다.

군집2는 군집4와 함께 20대 이하 유소년·청년층

비율이 높다. 두 군집 모두 저녁 시간의 통행이 높았으며, 특히 군집2는 저녁 내내 통행이 높은 지역이다. 학교 외에도 주거지 주변 학원 등으로의 통학목적의 통행이 많은 10대 이하 이용비중이 높기 때문에 저녁 시간의 통행 중 일상적 목적의 통행이 상당수 포함될 것으로 판단된다. 그러나 비교적 자유로운 활동을 하는 시기인 20대도 많은 지역이기 때문에 20대를 중심으로 비일상적 목적의 레저통행이 일어날 가능성이 있다.

군집3은 30~50대에 해당하는 청장년층의 비율이 높았다. 이용패턴 면에서 퇴근 시간이 특히 높게 나타났고, 지역적으로도 중심부에 위치하여 업무지에서 주거지로 향하는 일상적 통행이 높은 것으로 파악할 수 있다.

마지막 군집5는 30대에서 70대 이상까지 다양한 연령대가 모두 높게 나타났다. 이용패턴에서도 퇴근 시간이 가장 높지만 낮 시간 내내 통행이 높게 나타나는 독특한 패턴을 지녔다. 이 군집에 속하는 대여소들은 주로 도심권(CBD)의 중심에 위치하고 있기 때문에 핵심생산가능인구 연령대의 퇴근 통행이 주가 되지만, 다양한 연령대의 업무·쇼핑·관광 목적의 통행 역시 높게 나타나는 것으로 파악할 수 있다.

요약하면, 5개 군집은 공통적으로 20~40대 핵심생산가능인구 연령대의 출퇴근 통행이 높았으며, 일상적 통행으로서 잠재력이 높게 나타났다. 각 군집별로 국지적으로 아침 및 저녁 운동, 관광 등의 비일상적 통행의 가능성이 보였으나, 출퇴근 시간의 통행이 매우 강하게 나타나는 만큼, 일상적 통행과 연계성이 높았다.

마지막으로, 대여소별 연령대에 따라 이용 수준을 살펴본 결과는 <그림 6>과 같다. 가장 먼저, 연령대별 대여건수를 통해 보면 20~40대의 경우 대여비율이 높을수록 전체 대여건수 규모가 큰 양의 상관관계가 나타났지만, 50대 이상의 경우에는 비율이 높을수록 대여건수가 적은 음의 상관관계를 보였다. 고령층은 특히 군집1과 같이 주거 및 하천변의 일부 대여소를 중심으로 하는 자전거 통행을 주로 하고 있으며, 대여건수가 많은 대여소는 젊은 층이 주로 활용하고 있었다.

역과 하천과의 거리의 관계도 20~40대의 대여비율과 역과의 거리에서 유의한 음의 상관관계가 나타나서, 대중교통 연계가 높은 전철역과의 접근성이 주요함을 확인할 수 있었다. 50대 이상 고령층은 역보다

하천과의 접근성이 더 중요하게 작용하여 일상적 통행보다 비일상적 여가·운동 목적이 강한 이용패턴을 보이는 것을 알 수 있다<sup>7)</sup>.

## VI. 결론

본 연구는 자전거 이용행태를 분석하여 향후 자전거 활성화 정책 방향을 설정하는 데에 기초자료를 제공하고자 수행되었다. 팬데믹에 따른 왜곡을 제거하고 자전거 이용이 활발한 기간을 선정하는 것이 보다 정확한 분석을 위해 필요하였으므로 2019년 9월~10월 2개월간의 서울 공공자전거인 '따릉이' 이용데이터를 분석하였다. 지역적으로는 서울의 3대 업무 중심지인 5개 구를 선정하였다. 시간대별 이용패턴, 출발지의 특성, 연령별 이용패턴의 차이를 살펴보았으며 주요 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 전반적으로 평일이용이 휴일이용에 비해 2.1배 많으며 이용패턴이 상호 차별화된다. 평일 이용이 훨씬 많은 것은 연구 대상지가 업무중심지인 것도 영향이 있겠으나 자전거가 그 지역 특성에 따라 통근 통행 수단으로 중요한 역할을 할 수 있다는 것을 의미하기도 한다. 평일 이용패턴 분석에서 출근 시간과 퇴근 시간에 피크를 이루고 있는 것도 이를 방증한다.

둘째, 시계열 군집 분석결과는 지역의 토지이용에 따라 뚜렷한 차이를 보인다. 아침 출근 시간에 이용률이 높은 지역은 주거지가 밀집한 외곽지역인 반면, 업무시설이 밀집한 중심부에서는 저녁 시간의 이용 비중이 훨씬 높게 나타났다. 이는 자전거가 전체적인 통근 통행의 첫 번째 수단으로 활용되는 빈도가 높다는 것을 의미한다. 이는 자전거 이용이 종료된 후 반납할 수 있는 장소가 전철역이나 주요 사거리 등 두 번째 이용수단과 잘 연계되어 있기 때문으로 판단된다. 바꾸어 말하면, 전체 목적통행의 마지막 단계에서는 자전거 이용의 빈도가 낮은 것은 근본적으로 각 이용자의 최종 목적지가 고루 분포하므로 보행으로 해결하는 것이 효율적이기 때문으로 보인다.

셋째, 전철역이나 하천과의 거리 등에서 가까울수록 이용률이 높아지는 것을 확인할 수 있었다. 두 개의 자전거 관련 인프라 접근성이 자전거 이용에 미치는

7) 상관분석 결과, 10대 이하의 각 분석은 20~40대와 부호가 동일하였으나 유의도 측면에서 모두 낮은 값이 나타났다.

영향은 서로 다르게 나타났다. 전철역에 가까운 대여소에서는 퇴근 시간대 이용이 많았으며, 하천에 가까운 대여소 근접에서는 아침 시간 고령층의 통행 또는 낮 시간대 쇼핑·관광을 포함하는 통행 등에 따라 비일상적 여가통행의 가능성을 보였다.

마지막으로 이용자 연령별 분포를 보면 20~30대가 68.7%로 압도적이었으며 지역 특성별로 차별화되는 양상을 보였다. 전체적으로는 20대가 전체의 41.8%로 가장 많았으며 다음으로 30대(26.9%)로 나타났다. 체력적으로 가장 왕성하고 스마트기기에 익숙한 계층의 이용이 절대적이라는 것을 확인할 수 있었다. 조금 더 세부적으로 보면, 주거지 인근은 40대 이상의 중장년층의 이용이 상대적으로 많은 반면, 학교와 학원이 밀집한 지역에서는 10대 이하의 이용이 상대적으로 많았다. 이용 연령층은 해당 지역의 통행목적과 밀접한 관련이 있음을 확인할 수 있었다.

본 연구의 결과는 몇 가지 정책시사점을 제공한다. 우선 공유자전거의 역할이 단지 여가통행에 머물지 않고 대중교통과 연계하여 통근, 업무, 쇼핑 등 일상적인 교통수단으로 상당히 자리 잡아가고 있으므로 이를 적극 활용하는 정책이 필요하다. 전철역이나 주요 버스 정류장과 연계되는 자전거도로 및 대여소를 계획할 필요가 있다. 공유자전거의 이용패턴을 보면 자전거 이용 자체만으로 목적을 달성하기 보다는 다양한 교통수단과 연계하여 이용하므로 이를 감안한 자전거 인프라 확충이 필요하다.

둘째, 지역의 토지이용에 따라 이용시간대와 패턴이 달라지므로 그 지역의 용도에 맞추어 자전거 인프라를 구축할 필요가 있다. 주거지 인근은 아침 이용률이 높으므로 업무지로 향하는 자전거도로 확충에 보다 집중할 필요가 있다. 반면 업무 중심지의 경우 저녁 시간에 이용률이 높으므로 이때의 보행밀도를 고려하여 별도의 자전거도로 신설을 검토할 필요가 있다. 통상 자전거는 안전을 이유로 보도를 이용하는 경우가 많은데, 업무지역에서는 저녁에 보도가 매우 혼잡하여 위험하다. 결국 보도와 분리되어 안전하고 빠르게 이동할 수 있는 자전거도로가 확보되지 않는다면 자전거 이용의 확대는 한계를 맞게 될 것이다.

셋째, 보다 폭 넓은 연령층이 이용할 수 있는 체계를 도입할 필요가 있다. 현재는 20~30대가 전체 이용자의 2/3를 넘고 있는 바, 공유자전거가 아닌 일반자전거의 이용자 연령 분포에 비해서는 지나치게 특정 연령대에

집중되어 있는 것으로 보인다. 이는 아마도 공유자전거 이용을 위해 활용하는 앱과 결제수단 등이 중장년층이나 고령층에게는 불편하기 때문일 것이다. 그러므로 중장년층 및 고령층 이용객이 특히 밀집한 주요 대여소의 경우에는 유지·관리를 지원하는 인력이 상주하며 대여를 보조하는 유인대여소를 병행 운영하는 것도 방법일 것이다.

이상과 같이 본 연구를 통해 의미 있는 결과를 도출하였음에도 불구하고 연구의 한계도 존재한다. 우선 팬데믹 효과를 제어하기 위해 최신 자료가 아닌 2019년 자료를 사용하면서 이동경로 분석 등을 하지 못한 한계가 있다. 목적지에 대한 자료분석을 하지 못하고 출발지만을 분석하였으므로 통행의 전체적인 모습을 분석하지 못한 한계도 있다. 또한 이용패턴이나 연령대, 공간 특성 등의 분석만으로는 통근, 업무 등의 일상적 통행의 패턴을 확인하는 것은 한계가 있다. 아울러 자전거도로 현황에 대한 GIS데이터 구축이 완료되지 않아 자전거도로와 대여소를 연계한 분석을 시도하지 못한 점도 아쉽다.

이러한 한계를 극복하기 위해서는 후속 연구를 통해 공유자전거 이용자들에 대한 설문조사나 가구통행실태조사 차원의 상세한 데이터를 분석할 필요가 있다.

논문접수일 : 2021년 10월 6일

논문심사일 : 2021년 10월 11일

게재확정일 : 2021년 12월 9일

## 참고문헌

1. 건축공간연구원, “서울시 도로다이어트사업의 성과 및 효과평가 연구: 2018~2019년 사업 대상지를 중심으로”, 2020
2. 국가공간정보포털, “한강홍수통제소 하천망도”, <http://data.nsd.go.kr>(검색일: 2021년 7월 21일)
3. 김경옥 · 이창욱, “공유자전거 시스템의 이용 예측을 위한 K-Means 기반의 군집 알고리즘”, 『정보처리학회논문지』 제10권 제5호, 2021, pp. 169-178
4. 김민혁, 『시계열 군집분석 기반 서울시 공공자전거 수요예측』, 한양대학교 대학원, 2018
5. 김희수 · 김영호, “네트워크 클러스터를 활용한 서울시 공공자전거의 시공간 통행 분석 및 시각화: 공간적 네트워크 자기상관을 활용하여”, 『한국지도학회지』 제20권 제1호, 2020, pp. 93-106
6. 고은정 · 이경환, “압축도시 계획요소가 지역주민들의 쇼핑통행에 미치는 영향: 서울시를 대상으로”, 『한국산학기술학회논문지』 제14권 제8호, 2013, pp. 4077-4085
7. 나종화, 『R 응용 시계열분석』, 자유아카데미, 2020
8. 문현수 · 이영석, “대전시 공공자전거(타슈) 공개 데이터 시각화 및 분석”, 『정보과학회 컴퓨팅의 실제 논문지』 제22권 제6호, 2016, pp. 253-267
9. 민소아 · 정윤서, “서울시 공공자전거 수요예측 모형 비교 연구”, 『한국데이터정보과학회지』 제32권 제3호, 2021, pp. 585-592
10. 서울시, “서울시, 작년 ‘따릉이’ 이용 2,300만 건 돌파... 코로나 시대 교통수단 각광”, 서울시 보도자료, 2021.1.21
11. 서울시, “서울시 자전거 이용률 통계”, 2019
12. 서울시, “공공자전거 확대 구축·운영계획”, 2014.11
13. 서울열린데이터광장, “서울교통공사 노선별 지하철역 정보”, <http://data.seoul.go.kr>(검색일: 2021년 4월 1일)
14. 서울열린데이터광장, “서울특별시 공공자전거 이용정보”, <http://data.seoul.go.kr>, 2021년 9월 8일 검색.
15. 이경환 · 김승남 · 안건혁, “컴팩트 시티 계획 요소가 지역 주민의 보행시간에 미치는 영향에 관한 연구: 한국의 40개 중소도시를 대상으로”, 『한국도시계획학회지』 제9권 제3호, 2008, pp. 55-68
16. 이석춘, “데이터마이닝을 통한 주택 하위시장 구분 및 주택가격 예측”, 서울대학교 박사학위논문, 2019
17. 이재영 · 박진희 · 임윤택, “도시특성에 따른 공공자전거 이용특성 및 정책방향 연구”, 『국토계획』 제47권 제3호, 2012, pp. 295-308
18. 이희연 · 이승민, “수도권 신도시 개발이 인구이동과 통근통행패턴에 미친 영향”, 『대한지리학회지』 제44권 제4호, 2008, pp. 561-579
19. 임희지, “지속가능한 도시조성을 위한 신·전통주의계획이론 분석 연구: 우리나라 도시개발기법의 실태와 개선방향을 중심으로”, 『국토연구』 제32권, 2001, pp. 95-111
20. 장재민 · 김태형 · 이무영, “서울시 공공자전거 이용특성에 관한 연구: 여의도 및 상암 지구를 사례로”, 『서울도시연구』 제17권 제4호, 2016, pp. 77-91
21. 한국교통연구원, “자전거교통 통계자료실: 국가별 자전거 수단 분담률”, 2020, [https://www.koti.re.kr/user/bbs/BD\\_selectBbsList.do?q\\_bbsCode=1012](https://www.koti.re.kr/user/bbs/BD_selectBbsList.do?q_bbsCode=1012)(검색일: 2021년 9월 20일)
22. 행정안전부, “전국자전거도로 기본계획 수립연구”, 2010
23. 환경부, “2050 탄소중립을 향한 경제·사회 전환 법제화: 탄소중립기본법 국회 통과”, 환경부 보도자료, 2021.08.31
24. 환경부, “2050 탄소중립 추진전략”, 기후변화홍보포털, <https://www.gihoo.or.kr/netzero>, 2020.12
25. DeMaio, P. “Bike-sharing: History, Impacts, Models of Provision, and Future,” *Journal of Public Transportation*, 12(4), 2009, pp. 41-56
26. Shang, W., Liang, L., Jiangman, Z., and Zheng-yu, D., “Bike-Sharing-A new public transportation mode: State of the practice & prospects”, *Proceedings of 2010 IEEE International Conference on Emergency Management and Management Sciences*, ICEMMS, Article number 5563463, pp. 222-225
27. Zhou, X. “Understanding spatiotemporal patterns of biking behavior by analyzing massive bike sharing data in Chicago”, *PLoS*, 10(10), 2015, pp. 1-20

<국문요약>

## 지역 및 이용자 특성에 따른 자전거 이용행태 분석 - 공유자전거의 일상적 통행을 중심으로 -

김 고 은 (Kim, Go-Eun)\*

김 진 유 (Kim, Jin-Yoo)\*\*

본 연구에서는 친환경 교통수단인 자전거 이용을 확대하기 위하여, 자전거 이용행태 분석을 통해 레저·운동 통행을 뛰어넘어 통근·통학 등 일상적 통행수단으로서 활용방안을 모색하였다. 특히 공유자전거를 중심으로 어떠한 지역적 특성이 이용행태에 영향을 미치는지 분석함에 목표를 두었다.

분석자료로는 서울시 공공자전거 '따릉이' 데이터를 활용하였으며, 서울 3도심이 속한 5개 자치구의 2019년 9~10월 데이터를 중심으로 분석을 실시하였다. 자전거 이용은 휴일보다 평일에 2.1배 높은 대여건수를 보였으며, 시계열 군집분석을 통해 평일의 시간별 대여건수 패턴을 분석한 결과, 토지이용에 따라 출근 시간에는 외곽 주거지, 퇴근 시간에는 중심부의 업무지에서 높은 이용비중을 나타냈다. 자전거 관련 인프라로서 전철역 접근성이 좋을수록 퇴근 시간의 이용이 높고, 하천 접근성이 높을수록 상대적으로 아침과 낮 시간 이용이 높았다. 연령대는 20~30대 청년세대의 이용이 가장 높게 나타났다.

분석 결과는 다음과 같은 시사점을 제공한다. 첫째, 대중교통과 연계될 수 있도록 전철역, 주요 버스정류장 등에 자전거도로 및 대여소가 확충될 필요가 있다. 둘째, 시간대별로 상이한 이용패턴을 반영하여 주거지 인근에는 출근로 중심으로 업무중심지에는 퇴근경로 중심으로 자전거 인프라가 구축될 필요가 있다. 셋째, 다양한 연령층이 이용할 수 있도록 중장년층이나 고령층의 이용이 높은 지역에서는 비대면 뿐 아니라 대면 대여체계도 병행하여 운영할 필요가 있다.

주 제 어 : 공유자전거, 일상적 통행, 시계열 군집분석, 토지이용, 전철역 및 하천 접근성