
날씨가 자전거 이용에 미치는 영향 분석

- 고양시 공공자전거를 대상으로 -

김동준 (한국교통연구원 부연구위원)

신희철 (한국교통연구원 연구위원)

박준식 (한국교통연구원 부연구위원)

임형준 (한국교통연구원 연구원)

The Impact of Weather on Bicycle Usage

- Focus on Usage of Bike-sharing System in Goyang -

Kim, Dong-Jun (Associate Research Fellow, The Korea Transport Institute)

Shin, Hee-Cheol (Research Fellow, The Korea Transport Institute)

Park, Jun-Sik (Associate Research Fellow, The Korea Transport Institute)

Im, Hyeong-Jun (Research Assistant, The Korea Transport Institute)

I 서론

1. 연구의 배경 및 목적
2. 연구 수행 방법
3. 기존 연구 고찰

II 자전거 이용 및 날씨 자료 구축

1. 자전거 이용자료 구축
2. 날씨 자료 구축

III 날씨가 자전거 이용에 미치는 영향 분석

1. 분석 모형 구축
2. 결과 분석

IV 결론 및 향후 연구과제

Ⅰ ABSTRACT Ⅰ

자전거 이용활성화를 위한 노력에도 불구하고 우리나라의 자전거 수단분담률은 2% 수준에 그치고 있다. 자전거 이용증대를 위해서는 자전거 정책이 효과적으로 수립, 시행되어야 하며, 이를 위해서는 자전거 이용에 영향을 미치는 다양한 요인들에 대한 구체적인 분석이 수행되어야 한다. 이에 따라 본 연구에서는 자전거 이용에 영향을 미치는 날씨의 영향을 우리나라를 대상으로 살펴보았다. 이를 위해 많은 자료가 자동적으로 수집되는 고양시의 공공자전거 이용자료를 활용하여 날씨가 자전거 이용에 미치는 영향을 파악하였고, 추가적으로 휴일 및 공공자전거 회원 여부에 따른 날씨의 영향도 살펴보았다.

분석 결과, 날씨 변수 중 온도변수는 온도가 높아지거나 온도가 낮아지는 경우 자전거 이용이 감소하는 것으로 나타났는데, 자전거 이용이 증가하다가 감소하는 온도는 23℃였다. 강수량은 자전거에 부정적인 영향을 주는데, 강수량이 10cm 증가할 때마다 자전거 이용은 약 60% 감소하는 것으로 나타났다. 이와 함께 구름량도 자전거 이용에 부정적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 국외 연구와 비교할 때, 값의 차이는 있지만 유사한 경향성을 보이고 있다. 이와 함께 수행된 휴일 및 회원 여부에 따른 분석 결과를 살펴보면, 경우에 따라 자전거 이용에 영향을 미치는 날씨 변수의 종류와 크기에는 차이가 존재하는 것으로 나타났다. 특히 평일에 비가 오는 경우 비회원은 회원보다 자전거를 이용하지 않을 확률이 4.42 배 커지는 것으로 분석되었다. 본 연구의 결과는 우리나라의 날씨와 자전거 이용에 관한 기초 연구로, 향후 날씨의 영향을 줄이거나 없앨 수 있는 관련 시설의 개발 및 구축, 나아가 자전거 이용수요의 예측, 편익 및 비용 산정 등 자전거 이용활성화 정책 수립을 위한 기초 자료로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

■ 주제어 : 자전거, 날씨, 공공자전거, 회전을, 회귀분석

The bicycle is an eco-friendly means of transportation because it does not emit pollutants, and it promotes the health of the user by increasing his or her physical activity. Thus, many countries are continuously trying to promote bicycle usage. However, despite efforts to promote bicycle usage, the share of bicycle transportation in the total transportation of Korea is as low as 2%. Increase in bicycle use requires the establishment and implementation of efficient bicycle promotion policies. For these to happen, diverse factors that influence bicycle usage must be analyzed in detail. In this study, the effects of weather, which is known as one of the factors that most influence bicycle usage, were examined with bike sharing usage data over a long period. The results were analyzed with variables such as holidays and bike sharing members.

The analysis results showed that bicycle usage decreased with a temperature increase or decrease. The optimum temperature of bicycle use is 23℃. Precipitation had a negative effect; i.e., bicycle usage decreased 60% with 10cm rainfall. Cloudiness also negatively affected bicycle usage. The analysis results with the variables such as holidays and bike sharing members showed that the weather variables influenced the bicycle usage by case. In particular, in the case of rainfall on a weekday, a non-bike-sharing member was 4.42 times more unlikely to use a bicycle than a bike-sharing member. According to the results of this study, although weather cannot be controlled, it is expected that relevant facilities can be developed and constructed to mitigate or eliminate the effects of weather on bicycle usage. The results of this study are also expected to be useful in estimating the bicycle usage demand, as well as benefits and costs, for policy making.

■ Keywords : bicycle, weather, bike sharing, use ratio, regression model

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

기후변화와 에너지 고갈 등 전 세계적인 문제에 대응하고 교통혼잡 등과 같은 도시교통 관련 문제를 해결하기 위한 방안 중 하나로 자전거 이용활성화가 주목받고 있다. 우리나라에서도 1995년 「자전거이용활성화에 관한 법률」이 제정되었고, 자전거도로 등 관련 시설 확충도 이루어졌다. 그러나 자동차 및 버스와 지하철과 같은 대중교통의 이용활성화 정책에 비해 자전거 정책은 거의 미비한 수준이었다. 그러나 최근에는 자전거 정책 수립 및 시행이 보다 적극적으로 이루어지고 있다. 현재 13,000km에 이르는 자전거도로도 지속적으로 확충될 계획이며, 이 밖에 다양한 이용활성화 정책들이 수립되고 있다.

그러나 아직까지도 우리나라의 자전거 이용률은 낮은 수준이라 할 수 있다. 김동준(2011)에 따르면 우리나라의 자전거 수단분담률은 2.16%인데 반해 자전거 선진국은 10%가 넘는 높은 수준이다. 자전거 이용 증가를 위해서는 자전거 관련 시설 개선, 법제도 개선, 교육 및 홍보 등의 자전거 정책이 효과적으로 수립, 시행되어야 한다. 이를 위해서는 자전거 이용에 영향을 미치는 다양한 요인들에 대한 구체적인 분석이 수행되어야 한다. 이를 통해 효과적인 자전거 정책의 방향과 구체적인 사항 등을 수립하고, 시민들로 하여금 자전거를 이용할 수 있도록 유도해야 한다.

본 연구에서는 자전거 이용에 영향을 미치는 대표적인 요인 중 하나인 날씨의 영향력을 우리나라를 대상으로 파악하고자 한다. 우리나라는 계절에 따라 날씨의 변동이 크며, 강우와 같은 날씨 변수는

자전거 이용에 부정적인 영향을 미치는 것으로 판단되기 때문이다¹⁾. 이와 함께 국외에서 날씨와 자전거 이용과의 관계에 대한 연구가 지속적으로 수행되고 있는 것과는 달리, 국내에서는 자전거와 날씨와의 관계에 대한 연구는 없다. 우리나라의 날씨 변동에 따른 자전거 이용률 변화를 살펴보는 것은 향후 날씨에 대한 합리적인 자전거 정책을 수립하는데 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

2. 연구 수행 방법

지금까지 자전거 관련 연구가 수행되지 못한 이유 중 하나는 자전거 관련 자료가 부족하다는 점이다. 자전거는 다른 교통수단과는 달리 개인이 가까운 거리를 위주로 운행된다는 특성이 있고, 지금까지 주요 교통수단으로 인식하지 않았기 때문이다. 이에 따라 교통 관련 조사에서도 자전거에 대한 조사는 많지 않은 실정이다.

본 연구는 날씨가 자전거 이용에 미치는 영향을 살펴보기 위한 것으로 자전거 이용자료 및 날씨 자료를 활용하였다. 본 연구에서는 자전거 이용자료로 고양시의 공공자전거 이용현황을 활용하였다. 고양시 공공자전거는 우리나라에서 2개 시에서만 시행하고 있는 대규모 공공자전거 중 하나로, 모든 공공자전거 이용정보가 자동적으로 기록되며 이용건수도 크다는 장점이 있기 때문이다. 날씨 자료는 기상청에 등록된 날씨 전문 기관인 웨더아이(주)의 날씨DB를 활용하였다.

본 연구에서는 203일간 구축된 자전거 이용 및 날씨 자료를 활용하여 다중회귀분석을 수행하였다. 공공자전거를 얼마나 이용했는지를 종속변수로 활용하였으며, 온도·강수량·습도 등 날씨와 관련된

1) 설문조사 결과 눈비로 인해 자전거 이용이 불편하다는 응답이 65.8%인 반면, 그렇지 않다는 응답이 7.1%로 나타났다(행정안전부, 2010)



〈그림 1〉 연구 수행 절차

변수와 평일과 휴일(주말 및 공휴일)을 구분하여 독립변수로 활용하였다. 이와 함께 공공자전거 이용 자료라는 특성을 활용하여 날씨가 회원과 비회원의 통행에 미치는 영향도 함께 살펴보았다. 정기적으로 이용하는 회원과 비정기적으로 이용하는 비회원에 날씨가 미치는 영향이 다를 수 있기 때문이다.

3. 기존 연구 고찰

지금까지 국내에서는 날씨와 자전거 이용과의 관계를 살펴본 연구가 수행되지 않았다. 자전거에 대한 중요성이 최근에야 인식되었고, 관련 자료도 매우 부족하였기 때문이다. 이와는 반대로 국외에서는 날씨가 자전거 이용에 미치는 영향을 분석한 연구가 지속적으로 수행되어 왔다. 날씨는 자전거 이용에 영향을 미치는 대표적인 요인이라 할 수 있기 때문이다.

먼저 캐나다 몬트리올의 5개 자전거도로에 대해 날씨, 요일, 시간, 월, 연도 등의 변화에 따른 자전거 이용량 변화를 살펴본 연구가 있다(Miranda-Moreno 외, 2011). 자전거 도로 5개 지점에 루프형 자전거 검지기를 설치하여 자전거 교통량을 조사하였다. 결과적으로 온도와 습도, 강우 여부가 자전거 이용에 영

향을 미치는 것으로 나타났으며, 특히 아침의 강우 여부 및 자전거 이용 3시간 전의 강우 여부가 자전거 이용에 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다.

이와 유사한 연구로 캐나다 밴쿠버의 날씨가 자전거 이용에 미치는 영향을 분석한 연구도 있다. Gallop(2012)은 온도와 같은 날씨 요인이 자전거 이용에 미치는 영향을 회귀분석과 ARIMA(Autoregressive Intergrated Moving Average) 모형을 활용하여 살펴보았는데, 온도와 강우, 휴일 유무, 맑은 날씨 등이 영향을 미치는 것으로 나타났다. 온도가 1℃ 올라가면 1.65%의 자전거 이용이 증대되는 것으로 나타났으며, 분석대상 기간에 개최된 동계올림픽도 자전거 이용을 증대시킨 것으로 나타났다. 앞의 연구에서와 마찬가지로 온도변수를 1차 함수로 적용하였는데, 캐나다의 날씨가 극도로 높은 기온을 보이지 않기 때문이다.

Rose 외(2011)의 연구에서는 Portland와 Oregon을 대상으로 날씨가 자전거에 영향을 미치는 것을 파악하였는데, 날씨가 자전거 이용에 미치는 영향은 도시별로 다르다는 결과를 도출하였다. ‘Bicycle commuting’에 대한 연구(Nankervis, 1998)에서는 날씨와 계절적 변동이 ‘bicycle commuting’에 미치는 영향을 대학생을 대상으로 살펴보았는데, 그 영향이 생각한 것보다는 크지 않은 것으로 나타났다. 앞의 캐나다를 대상으로 하는 연구와는 달리 온도변수를 2차 함수로 적용하였다.

앞의 연구와 유사한 연구로, 각각 다른 기후조건을 가진 포틀랜드와 브리즈번을 대상으로 날씨가 자전거 통근자에게 미치는 영향에 대해 분석한 Ahmed(2012)의 연구도 있다. 온도변수를 1차 또는 2차함수로 적용하거나, 강우를 연속변수 또는 이산변수로 적용하는 등 다양한 시나리오에 대해 분석을 수행하였다. 온도와 강우, 그리고 요일 등이 유의한 수준에서 영향을 미치는 것으로 나타났다.

Lewin(2011)의 연구는 자전거를 많이 이용하는 두 도로를 대상으로 5년 동안 온도와 날씨가 자전거 이용에 미치는 영향을 분석하였다. 여름에 자전거 이용수요가 가장 많았으며, 여름과 비교하여 봄과 가을은 2/3 수준, 겨울에는 1/3 수준의 이용수요를 보였다. 또한 온도가 올라가면서 자전거 이용수요도 선형으로 증가하였는데, 화씨 90도 이상이 되면 오히려 자전거 이용수요는 낮아지는 것으로 나타났다.

기존 날씨와 관련된 연구를 종합해 보면, 온도와 강수는 모든 연구에서 영향을 많이 미치는 요인으로 나타났다. 강수량이 많아질수록 자전거 이용이 낮아졌으며, 온도의 경우 일정 온도까지는 자전거 이용이 증가하지만, 그 이상의 경우에는 낮아지는 것으로 나타났다. 기타 풍속과 같은 변수들도 지역에 따라 영향을 미치는 것으로 나타났다. 결과적으로 지역에 따라 조금씩 차이는 있지만 유사한 경향을 보이는 것을 알 수 있다.

최근 날씨와 자전거 이용과의 관계를 연구한 Miranda-Moreno(2011), Rose 외(2011)의 연구에 기술된 바와 같이, 자전거 이용과 날씨와의 관계는 중요하지만 충분한 연구가 수행되지는 못하였다. 날씨가 자전거에 미치는 영향에 대한 연구는 효과적인 자전거 정책을 수립하고, 나아가 자전거 이용활성화를 도모하는 기초적인 연구라 할 수 있다. 본 연구는 우리나라를 대상으로 날씨와 자전거 이용과의 관계를 살펴본 연구이며, 공공자전거의 자료를 활용하였다는 점에서 기존 연구와 차이가 있다.

II. 자전거 이용 및 날씨 자료 구축

1. 자전거 이용자료 구축

가. 국내 공공자전거 운영 현황

앞에서 언급한 바와 같이 지금까지 장기간 동안 자전거 이용건수와 같은 이용수요에 대한 자료를 구축한 경우는 없다. 따라서 본 연구에서는 최근 전 세계적으로 도입이 확대되고 있는 공공자전거 이용 자료를 활용하였다.

공공자전거란 누구나, 언제든지(24시간), 어디서든지(불특정 다수의 자전거 이용 수요자에 가장 근접한 거리), 어디로든지(목적지) 최대한 편리하게 자전거를 이용할 수 있는 시스템이다. 현재 전 세계 200개 이상의 도시에서 운영 중이며 단거리 자동차 이용 수요를 대체할 수 있을 것으로 기대하고 있다(안산시, 2011).

우리나라에서는 2008년 창원시가 최초로 ‘누비자’라는 이름으로 대규모의 무인 공공자전거를 도입하였다. 창원시의 공공자전거 도입 및 운영은 성공적인 것으로 평가받고 있으며, 이후 다른 지역으로도 공공자전거 도입이 확대되었다. 현재 고양시와 서울시를 비롯한 10개 이상의 도시에서 공공자전거를 운영하고 있으며, 여러 지자체에서 도입을 검토 중이다.²⁾

이 중 1,000대 이상의 대규모로 공공자전거를 운영하는 지자체는 2개시로, 창원시와 고양시이다. 가장 처음 도입하여 운영하고 있는 창원시는 3,000대를 운영하다가 마산과 진해와의 병합과 함께 지속적으로 확충하여 현재는 4,500대 이상으로 확대하여 운영하고 있다. 고양시는 3,000대를 운영하고 있다. 대전시는 현재 200대를 운영중에 있으나 올해 1,000대로 확대한다. 서울시는 2010년부터 440대를 운영 중이다. 우리나라 공공자전거 도입 현황은 <표 1>과 같다.

2) 공공자전거는 운영방식에 따라 유인방식과 무인방식으로 구분할 수 있다. 일반적으로 유인방식은 자전거를 대여하거나 반납할 수 있는 터미널 수가 작기 때문에 소규모로만 운영되고 있다. 최근 공공자전거 도입은 대규모의 무인방식으로 이루어지고 있다. 본 연구에서 구축한 공공자전거 이용자료는 무인방식으로 운영되고 있는 고양시의 공공자전거이다.

〈표 1〉 우리나라 공공자전거 도입 현황

지역		시행연도 (년)	설치지역	사업규모	
				터미널(개소)	자전거(대)
서울시		2010	여의도 상암동	43	440
부산시		2010	해운대 신사가지	15	300
인천시 옹진군		2010	북도면 신도리	1	25
대전시		2009	서구(둔산, 월평, 만년) 일원, 유성구 일원	20	200
경기도	수원시	2009	화성 행궁 및 연무대 주차장	2	30
	고양시	2010	고양시 일원	125	3,000
충북 단양군		2010	상진리 장미터널, 도전리 수변공원	2	40
충남	공주시	2010	공산성 주차장, 무령왕릉 주차장, 종합터미널 앞	3	30
	아산시	2011	아산신도시 내 11개소	11	90
	부여군	2010	부여군관광자일원 (서동공원, 정림사지, 백제문화단지)	3	90
전남	여수시	2011	여수시일원	16	200
	순천시	2009	동지역	16	226
경남 창원시		2008	창원시 일원	230	4,630
제주도 제주시		2011	제주시 일원	6	72
합계		-	-	493	9,373

주 : 2012년 3월 기준

나. 고양시 공공자전거 운영 현황

우리나라에서 두 번째 규모인 3,000대의 공공자전거를 운영하고 있는 고양시는 2010년부터 ‘Fifteen’이라는 이름으로 공공자전거를 운영하고 있다. 운영은 고양시, 한화S&C, 삼천리자전거, 이노디자인 등 4개 기관이 참여한 SPC(Special Purpose Company)인 (주)에코바이크에서 운영하고 있다.

본 연구에서는 고양시를 자료 구축 대상 지역으로 선정하였다. 고양시의 경우 1990년대에 개발된 계획도시로 인구 약 100만 명이 거주하고 있으며, 서울과 인접하고 있다. 특히 호수공원과 종합전시장인 킨텍스, MBC 방송국 등이 위치하고 있고, 지하철이 운영되고 있으며, 많은 지역이 평탄하여 자전거 이용환경이 양호한 편이라 할 수 있다.

본 연구에서는 자료 구축이 가능한 2010년 3월 26일부터 2010년 10월 14일까지의 203일 간의 공공자전거 이용자료를 활용하였다(〈표 2〉 참조).

〈표 2〉 일자별 공공자전거 이용 자료

일자	이용횟수(회)			회전율		
	회원	비회원	계	회원	비회원	계
8/11 (수)	2,141	975	3,116	3.1	1.4	4.5
8/12 (목)	1,573	633	2,206	2.2	0.9	3.2
8/13 (금)	2,085	1,000	3,085	3.0	1.4	4.4
8/14 (토)	1,068	738	1,806	1.5	1.1	2.6
8/15 (일)	1,492	1,384	2,876	2.1	2.0	4.1
8/16 (월)	2,090	1,144	3,234	3.0	1.6	4.6
8/17 (화)	2,422	1,329	3,751	3.5	1.9	5.4
8/18 (수)	2,257	1,015	3,272	3.2	1.5	4.7
...

주 : 회전율은 한 대의 공공자전거 당 이용한 횟수를 의미함

결과적으로 구축된 자료를 살펴보면, 자전거 이용률을 나타내는 회전율은 평균 4.22회로 나타났다. 이는 한 대의 공공자전거 당 1일 4회 이상 이용되었다는 것을 의미한다. 최소값은 0.1회인 반면 최대값은 8.4회로 나타나 84배 정도 차이가 있는 것으로 나타났다. 이는 하루하루의 자전거 이용률에 대한 편차가 크다는 것을 의미하는 것으로 날씨의 영향도 클 것으로 판단된다. 회원과 비회원을 구분하여 살펴보면 회원의 평균 회전율은 2.65회로 전체의 약 63%를 차지하고 있는 것으로 나타났다. 비회원은 1.57회로 나타나 회원보다는 적은 이용횟수를 보였지만, 그 비중은 적지 않은 것으로 나타났다. 공공자전거 이용 회전율은 본 연구의 분석에서 종속변수로 활용되었다.

2. 날씨 자료 구축

자전거 이용에 영향을 미칠 수 있을 것으로 예상할 수 있는 날씨 관련 변수는 매우 다양하다. 먼저 온도의 경우 가장 기본적인 날씨 변수로 온도가 매우 높거나 온도가 매우 낮은 경우, 즉 너무 덥거나 추운 경우에는 자전거 이용이 감소할 것으로 예상된다. 반대로 온도가 적절한 경우에는 자전거 이용이 증가할 것으로 예상된다. 비와 눈의 경우 자전거 이용에 부정적인 영향을 미칠 것으로 예상되므로, 강수량과 강설량이 많아질수록 자전거 이용수요는 적어질 것으로 판단된다. 기타 구름량(운량), 습도, 풍속, 안개, 황사 등 날씨 변수들이 자전거 이용에 미치는 영향과 관련하여 예상되는 효과를 정리하면 <표 3>과 같다.

날씨 정보는 (주)웨더아이의 정보를 활용하였다. 기상청에 등록된 날씨정보 전문기관인 (주)웨더아이는 지역별로 과거의 날씨 정보를 온도, 강수량, 강설량, 구름량, 황사 여부 등으로 제공하고 있다. 본 연구에서는 대상지역인 고양시의 평균온도와 강

<표 3> 고양시 공공자전거 이용변수의 기초 통계량

종속변수	표본수	평균	표준편차	최소값	최대값
회전율	203	4.22	1.712326	0.1	8.4
회원의 회전율	203	2.65	1.099341	0.1	4.9
비회원의 회전율	203	1.57	.8735574	0	4.3

수량, 구름량 등의 날씨자료를 공공자전거 이용자료에 해당되는 일자에 맞게 추출하였다.

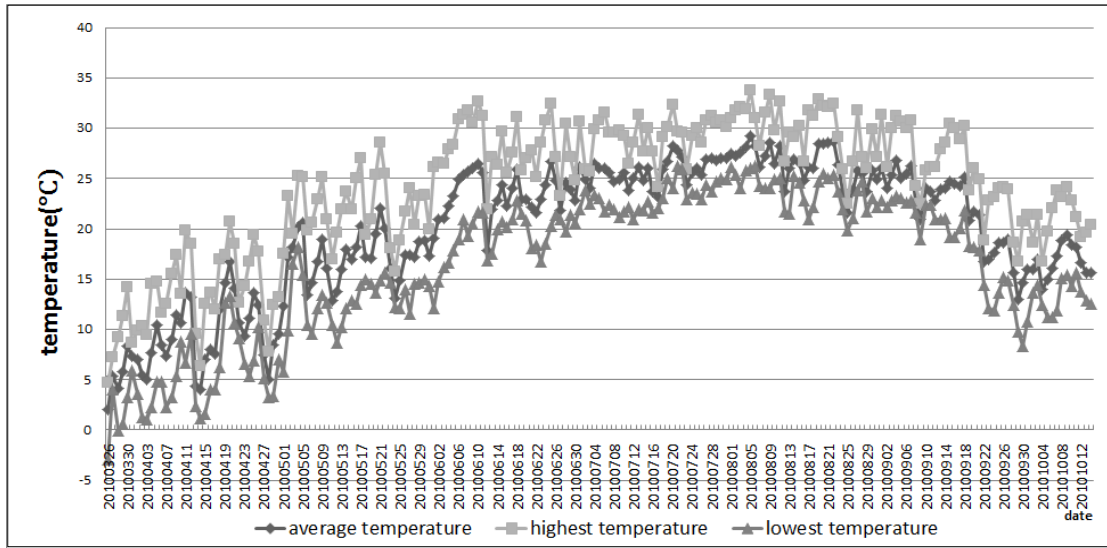
온도의 경우 평균, 최고, 최저 등 3가지 종류로 구분하였다. 평균온도의 평균값은 20.0℃로 나타났으며, 최대값은 29.2℃, 최소값은 2.0℃로 나타났다. 최고온도의 최고값은 33.8℃이며, 최저온도의 최저값은 -2.9℃로 나타나, 분석기간 내의 온도 차이는 -2.9℃~33.8℃로 나타났다.

강수량은 최소 0mm부터 최대 259.5mm로 나타났다. 기타 풍속, 평균습도, 구름량, 안개 여부, 황사 여부의 자료도 분석대상 일자별로 자료를 구축하였으나, 강설량은 자료 구축에서 제외하였다. 이는 본 연구에서 구득한 자전거 이용자료에 겨울기간이 포함되어 있지 않기 때문이다.

결과적으로 본 연구에서 구축한 날씨 변수들의 기초통계량은 <표 5>와 같다. 날씨 변수들은 다음 장에서 독립변수로 활용되었다.

<표 4> 날씨 변수 및 변수별 예상효과

날씨 변수	예상효과
온도	매우 높거나 낮은 온도에서 이용수요 감소 (평균, 최고, 최저 온도 검토)
강수량	강수량이 높아질수록 자전거 이용수요 감소
강설량	강설량이 많아질수록 자전거 이용수요 감소
구름량	적은 구름량에서 자전거 이용수요 증대
습도	일정 수준 이상에서 자전거 이용수요 감소
풍속	자전거 이용수요 감소
안개	안개가 짙게 끼는 경우 자전거 이용수요 감소
황사	황사가 발생하면 자전거 이용수요 감소



〈그림 2〉 고양시 일자별 평균, 최고, 최저 온도 추이

〈표 5〉 분석에 활용된 날씨 변수의 기초 통계

날씨 변수	단위	표본수	평균	표준편차	최소 값	최대 값
평균온도	℃	203	20.00099	6.672079	2.0	29.2
최고온도	℃	203	24.19507	6.65705	4.7	33.8
최저온도	℃	203	16.5197	7.13534	-2.9	26.3
강수량	mm	203	9.157143	26.10648	0	259.5
풍속	m/s	203	2.473399	0.7756069	1.3	6
평균습도	%	203	66.54187	14.62847	30	94
구름량(온양)	1/10	203	5.983744	3.178732	0	10
안개	안개여부	203	0.3743842	0.48516	0	1
황사	황사여부	203	0.0147783	0.1209628	0	1

비회원에 대해서도 분석을 수행하였다(식1 참조).

독립변수는 앞에서 설명한 날씨 관련 변수들과 평일/휴일 여부다. 평일/휴일 여부를 포함한 이유는 일반적으로 평일과 휴일의 통행패턴이 다르기 때문이며, 특히 자전거는 휴일에 레저용으로 많이 이용되기 때문이다.

여기서 온도는 최고, 최저, 평균 등 3종류로 구분하였으나, 3종류의 온도의 상관관계가 0.9 이상으로 높기 때문에 평균온도를 활용하여 분석을 수행하였다. 이와 함께 온도는 2차함수로 반영하여 분석하였다. 분석은 STATA(ver 10.0)를 활용하였다.

Ⅲ. 날씨가 자전거 이용에 미치는 영향 분석

1. 분석 모형 구축

본 연구에서는 날씨가 자전거 이용에 미치는 영향을 파악하기 위해 다중회귀모형을 활용하였다. 종속변수는 자전거 이용정도를 나타내는 회전율로 하였다. 단, 자전거 이용패턴이 다를 수 있는 회원과

$$y_m = \alpha + \sum \beta_i \cdot X_i + \gamma \cdot H + \epsilon \quad (1)$$

여기서, y_m : 자전거 이용률(전체, 회원, 비회원)

X_i : 온도, 강수량, 풍속, 습도 등 날씨 관련 변수들

H : 평일/휴일 여부(더미변수)

α : 상수항

β, γ : 계수

ϵ : 오차항

2. 결과 분석

가. 전체 자전거 이용에 대한 영향 분석

날씨가 전체 자전거 이용에 미치는 영향을 분석한 결과 온도 등의 날씨 변수가 자전거 이용에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

온도의 경우 음의 2차함수로 나타나, 온도가 높아지거나 온도가 낮아지는 경우 자전거 이용이 감소하는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 자전거 이용이 최대가 되는 최적온도는 23℃로 나타났다. 이는 낮은 온도에서부터 23℃까지는 자전거 이용이 증가하다가 23℃를 넘으면 오히려 자전거 이용이 감소하는 것을 의미한다. 이와 같은 최적온도는 도시별로 차이가 있다. Lewin(2011)의 연구에서는 최적온도가 32.2℃로 나타났으며, Miranda-Moreno 외(2011)의 연구에서는 28℃로 나타났다. Ahmed(2012)의 연구에서는 두 도시를 분석하였는데, 각각 24℃와 20℃로 나타났다.

강수량은 음의 부호로 나타났는데, 비가 10cm 오는 경우 자전거 이용이 2.5회(약 60%) 감소하는 것으로 나타났다. 자전거 이용자료가 공공자전거 이용 회전율이며 평균 자전거 이용횟수가 자전거 당 4.22회임을 감안할 때, 절반 이상(59.2%) 감소하는 것을 의미한다. 구름량의 경우에도 강수량과 마찬가지로 자전거 이용에 부정적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 비가 오는 날은 구름량도 많아지기 때문에 유사한 결과라 할 수 있다. 여기서 비가 오지 않은 날에도 구름이 있을 수 있기 때문에 강수량과 구름량의 상관성은 높지 않았으며, 이에 따라 두 변수를 모두 포함하여 분석하였다.

휴일 여부에 따른 자전거 이용을 살펴보면 휴일일수록 자전거 이용이 증가하는 것으로 나타났다. 지금까지의 변수는 유의수준 0.01에서 의미가 있으며, 나머지 변수들은 유의하지 않은 것으로 나타났다. 수정된 결정계수는 0.5857로 나타났다.

〈표 6〉 분석 결과(전체 이용자)

변수	Coef.	Std.Err.	t	P> t
온도(제곱)	-.01338	.0017552	-7.62	0.000
온도	.60761	.0624345	9.73	0.000
강수량	-.02498	.0032333	-7.73	0.000
구름량	-.16893	.026974	-6.26	0.000
휴일여부	.51115	.1695369	3.01	0.003
상수	-.90965	.5158561	-1.76	0.079

주 : Adjusted R^2 = 0.5857
F-value = 58.11
Prob>F = 0.0000

회귀분석시 독립변수들의 독립성은 매우 중요하다. 다중회귀분석모형의 구축을 위하여 본 연구에서는 설명변수간 상관관계 분석을 실시하였고, 선정된 독립변수간 다중공선성 여부를 파악하기 위하여 분산팽창계수(Variation Index Factor, VIF)를 활용하였다. 일반적으로 분산팽창계수가 크다는 것은 다른 설명변수들에 의하여 특정한 설명변수가 선형 함수모형으로 표현될 수 있다는 것이고, 이를 통하여 다중공선성 문제가 발생할 수 있다는 것을 의미한다. 일반적으로 10 이상의 VIF 값을 가지는 설명변수는 다중공선성 문제를 내포하고 있음을 의미한다. 본 연구에서 VIF를 분석한 결과, 2차함수로 표현되는 평균온도를 제외하고는 모두 10 이하의 VIF를 나타냈다.

본 연구에서는 분석된 결과는 국외 연구 결과와 크게 다르지 않다. 영향을 미치는 변수와 정도는 조금씩 차이를 보였지만, 온도가 올라갈수록 자전거 이용이 증가하다가 일정온도 이상이 되면 오히려 감소한다는 경향과 강수량과 운량이 많을수록 자전거 이용이 감소한다는 경향성은 유사하게 나타났다.

단, 다른 연구와는 달리 평일보다 휴일의 자전거 이용수요가 더 높은 것으로 나타났는데, 이는 일반적인 도시교통의 통행수요 패턴과 반대되는 것이라 할 수 있다. 이는 고양시의 특성에 기인한 것으로 파악되는데, 고양시에는 호수공원, 라페스타, MBC,

〈표 7〉 VF 산정 결과

변수	VF	1/VF
온도(제곱)	28.72	0.034819
온도	28.85	0.034656
강수량	1.18	0.844041
구름량	1.22	0.818000
휴일여부	1.03	0.972755
평균	12.20	-

백화점, 문화센터 등이 자리하고 있어 레저 및 여가 통행이 토요일 및 공휴일에 많이 발생하고 있기 때문으로 보인다.

이를 확인하기 위해 평일과 주말 및 공휴일을 대상으로 회원과 비회원을 구분하여 이용실적에 대해 비교해 보았다. 생활목적으로 자전거를 이용하는 경우 정기적인 통행이 많이 발생하게 되고, 회원으로 등록하여 이용할 가능성이 높기 때문이다.

전체적으로 평일의 자전거당 평균이용횟수는 4.11회인 반면 주말 및 공휴일의 경우 4.46회로 주말 및 공휴일이 오히려 높게 나타났다. 하지만 회원인 경우 평일 이용률은 2.80회인 반면, 주말 및 공휴일은 2.32회로 나타나 평일에 더 통행을 많이 하는 것으로 나타났다. 반대로 비회원의 경우에는 평일에 1.31회인 반면 주말에는 2.14회로 급증하는 것으로 나타났다. 이러한 요인으로 인해 평일보다 주말의 자전거 이용이 높은 것으로 분석되었다.

〈표 8〉 회원과 비회원의 평일 및 휴일 공공자전거 이용행태

구분	회원	비회원	전체 이용자
평일	2.80	1.31	4.11
휴일	2.32	2.14	4.46
전체	2.65	1.57	4.21

나. 휴일 및 회원 여부에 따른 영향 분석

앞에서 전체 자전거 이용자를 대상으로 한 날씨가 자전거 이용에 미치는 영향을 분석하였다. 앞의

분석 결과에서 평일과 휴일에 따라 자전거 이용 패턴이 달라졌다. 이와 함께 회원과 비회원 사이에도 차이가 있을 것으로 판단된다.

이에 따라 평일과 휴일, 그리고 공공자전거 회원과 비회원에 대해 날씨 관련 변수들이 어느 정도의 영향을 미치는지에 대해 다중회귀분석을 수행하였다. 이를 위해 평일이면서 회원인 경우(140일), 휴일이고 회원인 경우(63일), 평일이고 비회원인 경우(140일), 휴일이고 비회원인 경우(63일) 등 4가지 경우로 구분하여 분석하였다.

분석 결과 영향을 미치는 날씨 변수는 전체 이용자의 경우와 변수항목 및 계수의 부호 측면에서 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 그러나 경우에 따라 영향을 미치는 날씨 변수의 종류와 크기에는 차이가 있는 것으로 나타났다.

평일이면서 회원인 경우에는 온도와 강수량만이 영향을 미치는 것으로 나타났다. 평일과 회원은 일반적으로 정기적으로 통행하는 경우가 많기 때문에 다른 경우에 비해 영향을 받는 정도가 적은 것으로 판단된다. 휴일이면서 회원인 경우에는 구름량이 추가적으로 유의미한 것으로 나타났으며, 비회원의 경우에는 구름량과 함께 안개도 유의미한 것으로 나타났다.

강수량이 미치는 영향을 살펴보면 회원과 비회원 모두 휴일에는 유사한 영향을 받는 것으로 나타났다. 그러나 평일에는 휴일에 비해 더욱 큰 영향을 받는 것으로 나타났는데, 회원보다 비회원이 받는 영향이 4.42배로 나타났다. 즉, 평일에 비가 오는 경우 비회원은 회원보다 자전거를 이용하지 않을 확률이 4.42배 커진다는 것을 알 수 있다. 또한 일반적으로 휴일이 평일에 비해 레저통행이 많이 발생하는 점을 고려할 때, 비가 레저통행보다는 생활목적 통행에 더욱 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다.

비회원의 경우 안개 여부도 유의미한 것으로 나타났다. 안개가 낀 경우 자전거 이용이 증가하는 것

〈표 9〉 날씨가 자전거 이용에 미치는 영향(휴일 및 회원 여부에 따른 구분)

구분	평일 & 회원		휴일 & 회원		평일 & 비회원		휴일 & 비회원	
	Coef.	t-value	Coef.	t-value	Coef.	t-value	Coef.	t-value
온도(제곱)	-0.00739	-4.65**	-0.01164	-5.43**	-0.00276	-3.73**	-0.01025	-5.95**
온도	0.32670	5.80**	0.48030	6.21**	0.16677	6.34**	0.44014	7.07**
강수량	-0.02803	-6.62**	-0.00894	-3.47**	-0.11962	-5.59**	-0.00863	-3.99**
구름량			-0.16303	-4.72**	-0.061097	-5.33**	-0.17484	-5.84**
안개					0.14043	2.04*	0.34668	2.04*
No. Obs	140		63		140		63	
F-value	32.05		19.18		60.08		23.65	
Prob>F	0.0000		0.0000		0.0000		0.0000	
Adjusted R ²	0.4013		0.5398		0.6800		0.6462	

주 : **는 1%, *는 5%내에서 유의하다는 것을 의미함

으로 나타났는데, 이는 안개가 짙게 끼는 경우 자전거 이용이 감소할 것으로 예상한 결과와 일치하지 않는 것이라 할 수 있다. 그러나 본 연구의 분석 대상지역에서 전방 시야 확보가 어려울 정도의 안개가 낀 경우가 거의 없다는 점, 그리고 분석 대상시기가 봄부터 가을인데 안개가 낀 날은 일반적으로 자전거 이용에 불편한 무더운 날씨가 없다는 점으로 인해 이러한 결과가 나온 것으로 판단된다. 그럼에도 불구하고 해외 연구에서는 안개의 영향이 거의 없는 것으로 알려져 있고 본 연구에서도 전체 이용자나 회원만을 대상으로 한 분석 결과에는 안개의 영향이 없는 것으로 나타났으므로, 안개의 영향의 여부에 대해서는 추가적인 연구가 필요한 것으로 판단된다.

본 연구에서 도출한 결과는 날씨가 자전거 이용에 영향을 미친다는 것을 보여주고 있다. 결과적으로 온도와 강수량, 그리고 구름량이 영향을 미치는 것으로 나타났으나, 휴일 및 회원 여부에 따라 차이가 있는 것으로 나타났다. 그러나 본 연구의 한계인 겨울기간이 분석대상에 포함되지 않아 향후 강설량을 포함한 분석도 수행되어야 할 것이다.

이와 함께 본 연구에서는 휴일 여부에 따른 날씨의 영향 정도를 파악하였다. 또한 공공자전거 이용

자료를 이용하여 분석을 수행함으로써, 추가적으로 회원과 비회원에게 미치는 날씨의 영향도 함께 분석하였다. 본 연구결과는 앞으로 자전거 정책을 수립하고 시행하는데 기초적인 자료가 될 수 있을 것으로 판단된다.

V. 결론 및 향후 연구과제

자전거 이용활성화를 위한 노력에도 불구하고 우리나라의 자전거 수단분담률은 2% 수준에 그치고 있다. 향후 자전거 이용 증대를 위해 중앙정부 및 지자체가 다양한 정책적 노력을 지속적으로 추진하는 상황에서, 효과적인 자전거 정책이 수립될 수 있도록 자전거 이용에 영향을 미치는 요인들에 대한 연구가 수행될 필요가 있다. 본 연구에서는 자전거 이용에 영향을 미치는 것으로 알려진 날씨의 영향을 우리나라를 대상으로 살펴보고자.

본 연구에서는 오랜기간 대량의 자전거 이용자료가 수집된 공공자전거를 대상으로 연구를 수행하였다. 공공자전거 이용자료를 통해 날씨가 자전거 이용에 미치는 영향을 파악하고, 추가적으로 휴일 여부와 공공자전거 회원 여부에 따른 날씨의 영향

도 살펴보았다.

분석 결과, 온도가 높아지거나 온도가 낮아지는 경우 자전거 이용이 감소하는 것으로 나타났다. 강수량은 음의 부호로 나타나, 비가 오면 자전거 이용이 감소하는 것으로 나타났다. 이와 함께 구름량의 경우에도 이용에 부정적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 휴일 여부에 따른 자전거 이용을 살펴보면 휴일일수록 자전거 이용이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 자전거라는 특성과 함께 고양시의 지역적 특성이 영향을 미치는 것으로 판단된다. 그러나 이와 같은 결과는 평일과 휴일, 그리고 회원과 비회원에 따라서 일부 차이가 발생하였다.

그러나 자료 구득의 문제로 고양시만을 대상으로 분석한 점, 공공자전거만을 대상으로 분석한 점, 겨울기간이 분석자료에 포함되지 않은 점은 본 연구의 한계라 할 수 있다. 이와 함께 다른 지역과 모든 자전거 이용에 대한 분석도 필요하다고 판단된다. 이외에 날씨와 더불어 자전거 이용에 영향을 미치는 다른 요인들에 대해서는 향후 추가 연구과제로 남긴다.

본 연구는 자전거에 영향을 미치는 요인 중 하나인 날씨에 대해 분석한 기초적인 연구라 할 수 있다. 본 연구의 결과는 향후 자전거 정책에 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 날씨를 조정할 수는 없더라도 날씨의 영향을 줄이거나 없앨 수 있는 관련 시설의 개발 및 구축 등이 가능할 것으로 판단된다. 또한 자전거 이용수요의 예측, 정책 수립시 편익 및 비용 산정 등에도 활용될 수 있을 것이다.

이와 함께 아직까지 우리나라에서 자전거 관련 연구가 많이 수행되지 못하였는데, 앞으로 자전거 관련 연구가 지속적으로 수행되어 자전거 이용 활성화에 기여해야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. 김동준, “자전거 통행지표 분석”, 『효과적인 자전거 정책 수립 및 시행을 위한 전문가 교육』, 한국교통연구원, 2011.
2. 안산시, 『안산시 자전거 거점도시 육성사업 기본계획 수립 연구』, 2011.
3. 행정안전부, 『전국 자전거도로 기본계획』, 2010.
4. Lewin, Amy, “Temporal and Weather impacts on bicycle volumes”, *TRB 2011 Annual Meeting*, 2011.
5. Rose, Geoffrey, Ahmed, Farhana, Figliozzi, Miguel, and Christian Jakob, “Quantifying and comparing the effects of weather on bicycle demand in Melbourne (Australia) and Portland (USA)”, *TRB 2011 Annual Meeting*, 2011.
6. Miranda-Moreno, Luis F. and Thomas Nosal, “Weather or not to cycle; whether or not cyclist ridership has grown: a look at weather's impact on cycling facilities and temporal trends in an urban environment”, *TRB 2011 Annual Meeting*, 2011.
7. Nankervis, Max, “The effect of weather and climate on bicycle commuting”, *Transportation Research Part A* 33, 1999, pp. 417-431.
8. StataCorp., *Stata Base Reference Manual Volume 3: Reference Q-Z Stata*, College Station, Texas, 2007, pp. 79-43.
9. StataCorp., *Stata Statistical Software: Release 10*, College Station, TX: StataCorp LP, 2007.
10. Gallop, C., Tse, C., and J. Zhao, “A Seasonal Autoregressive Model of Vancouver Bicycle Traffic Using Weather Variables”, *TRB 2012 Annual Meeting*, 2012.
11. Ahmed, F., Rose, G., Figliozzi, M., and C. Jakob, “Commuter Cyclist's Sensitivity to Changes in Weather: Insight from Two Cities with Different Climatic Conditions”, *TRB 2012 Annual Meeting*, 2012.

■ 주저자 : 김동준

■ 교신저자 : 신희철

■ 접수일 : 2012년 4월 30일

■ 수정일 : 2012년 8월 20일

■ 게재확정일 : 2012년 9월 10일