

대중교통활성화를 위한 자전거기반 대중교통중심개발(B-TOD)방안 연구

A study on the strategy of bicycle based transit oriented
development for encouragement of public transportation

이재영

연구진

연구책임

• 이재영 / 도시기반연구실 책임연구위원

서 문

대전광역시는 다른 도시와 비교할 때, 상대적으로 자가용승용차의 수단분담률이 높아 교통체계측면에서 에너지 소모가 큰 도시로 꼽힌다. 그러나, 다행스럽게 자전거이용여건은 타 도시에 비하여 우수하다. 지형이 평탄하고, 3대 하천의 발달로 자전거도로망 형성이 유리하기 때문이다. 뿐만 아니라 도시철도를 중심으로 한 대중교통은 전 도시를 커버하고 있기 때문에 대중교통의 잠재력도 크다고 할 수 있다.

각각의 수단이 잠재력과 장점에도 불구하고, 독립적으로 존재하고 있어 도시교통 체계에서 체계통합적인 효과를 내지 못하고 있다. 즉, 자전거는 단거리이동에 적합한 수단으로서 중장거리 통행에는 한계를 가지고 있고, 대중교통은 역이나 버스정류장까지의 접근수단으로 도보에만 의존하고 있다. 각 수단이 갖는 한계점이다.

본 연구는 자전거의 잠재력과 대중교통수단의 한계성을 조합함으로써 새로운 도시대중교통전략을 수립하는 기초연구의 성격을 띠고 있다. 이른바 자전거연계통행이 주목을 받는 이유는 자전거의 우수한 접근성에 있다. 즉, 자전거의 대중교통접근 수요권역은 보행수요권역에 비하여 약 25배나 넓어서 접근성 제약으로 인한 대중교통의 수요부족을 개선할 수 있기 때문이다.

이번 자전거중심으로 한 TOD로의 개념확장은 전통적 TOD가 갖는 대중교통수요부족의 문제를 개선함으로써 대중교통중심개발의 적용성을 높이는데 기여하였다. 그간 연구진의 노고에 감사한다.

2011. 10.

대전발전연구원장 이창기

■ 연구의 목적

기존 보행중심의 TOD를 자전거중심의 TOD(B-TOD)로 개념을 확장하여 정립하고, 자전거기반 통행행태에 근거한 B-TOD의 통행권역을 추정함으로써 TOD 적용의 현실성을 제고하고자 하였다.

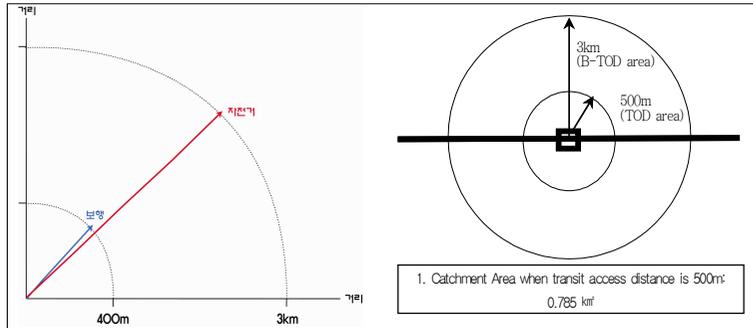
■ B-TOD의 개념 및 잠재력

자전거통행에 기반한 B-TOD는 TOD개념을 수용하면서 추가적으로 자전거의 통행행태를 반영하는 개념이다.

<표 1> B-TOD의 개념

B-TOD의 기초 개념
<ul style="list-style-type: none"> · 대중교통으로의 접근수단은 자전거와 보행으로 설정 · 기존 역세권에서의 추가적인 밀도 억제 · 밀도의 분포는 매우 중요하게 다룬다. · 총밀도보다는 밀도의 분포를 중요시 함 · 또한, 단순 고밀도지이용보다는 복합적 토지이용을 장려함 · 자전거역세권내 주거지역 분포 및 밀도의 분포 조정 · 보행 및 자전거네트워크의 편리성과 쾌적성 제고 · 자전거 및 보행을 고려한 환승동선 및 시설의 개선

B-TOD는 기존의 보행에 기반 한 역세권과 비교하여 접근성면에서 큰 잠재력이 있다. 즉, 보행역세권보다는 약 36배의 대중교통이용권역(Catchment area) 확장효과가 있다.



[그림 1] B-TOD에 따른 대중교통수요권의 증가

■ 자전거연계통행 특성 분석

연계통행유형은 '가정→자전거→대중교통→보행→직장'의 유형이 가장 많았으며 그 다음으로는 '가정→보행→대중교통→자전거→직장'으로 나타났다. 즉, 아직까지 자전거를 이용하여 출근을 하더라도 가정과 직장 중 한쪽 방향에서만 자전거를 이용하는 것으로 나타났다.

<표 2> 지역별 자전거-대중교통연계통행 비율(%)

통행종류		수도권	대전시	합계
Type 1	①가정→Bike→PT→Walk→Destination	27.3%	46.0%	34.1%
Type 2	②가정→Bike→PT→Bike→Destination	0.9%	11.1%	4.6%
Type 3	③가정→Bike→Bike on	5.5%	1.6%	4.0%
Type 4	Transit→Bike→Destination	11.8%	41.3%	22.5%
Type 5	④가정→보행→PT→Bike→Destination	54.5%	0.0%	34.7%
Total	⑤Bicycle only Trip	100.0%	100.0%	100.0%
Total				

1) 도시철도 이용자중 생활교통 목적의 통행비율은 자전거이용자가 더 높다.

도시철도 이용자를 접근수단별로 분류하여 조사한 결과, 통근 및 통학목적의 자전거이용은 전체의 42.3%이고, 통학목적은 14.1%로 나타났다.

<표 3> 도시철도 접근수단별 통행목적 분포

		도보	자전거	자가용 (본인운전)	시내 버스	마을 버스	자가용 (타인운전)	택시	기타	계
통근	빈도	14	33	1	3	3	0	1	3	58
	통행목적의 %	24.1	56.9	1.7	5.2	5.2	0.0	1.7	5.2	100.0
	접근수단의 %	28.6	42.3	33.3	33.3	42.9	0.0	50.0	100.0	38.2
	전체 %	9.2	21.7	0.7	2.0	2.0	0.0	0.7	2.0	38.2
통학	빈도	1	11	0	0	1	0	0	0	13
	통행목적의 %	7.7	84.6	0.0	0.0	7.7	0.0	0.0	0.0	100.0
	접근수단의 %	2.0	14.1	0.0	0.0	14.3	0.0	0.0	0.0	8.6
	전체 %	0.7	7.2	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	8.6
업무상출 장	빈도	4	8	2	0	0	0	0	0	14
	통행목적의 %	28.6	57.1	14.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	접근수단의 %	8.2	10.3	66.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.2
	전체 %	2.6	5.3	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.2
쇼핑	빈도	1	1	0	2	1	0	0	0	5
	통행목적의 %	20.0	20.0	0.0	40.0	20.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	접근수단의 %	2.0	1.3	0.0	22.2	14.3	0.0	0.0	0.0	3.3
	전체 %	0.7	0.7	0.0	1.3	0.7	0.0	0.0	0.0	3.3
관광 방문	빈도	8	6	0	1	1	1	0	0	17
	통행목적의 %	47.1	35.3	0.0	5.9	5.9	5.9	0.0	0.0	100.0
	접근수단의 %	16.3	7.7	0.0	11.1	14.3	100.0	0.0	0.0	11.2
	전체 %	5.3	3.9	0.0	0.7	0.7	0.7	0.0	0.0	11.2
사교적만 남	빈도	20	15	0	3	0	0	0	0	38
	통행목적의 %	52.6	39.5	0.0	7.9	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	접근수단의 %	40.8	19.2	0.0	33.3	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0
	전체 %	13.2	9.9	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0
기타	빈도	1	4	0	0	1	0	1	0	7
	통행목적의 %	14.3	57.1	0.0	0.0	14.3	0.0	14.3	0.0	100.0
	접근수단의 %	2.0	5.1	0.0	0.0	14.3	0.0	50.0	0.0	4.6
	전체 %	0.7	2.6	0.0	0.0	0.7	0.0	0.7	0.0	4.6
전체	빈도	49	78	3	9	7	1	2	3	152
	통행목적의 %	32.2	51.3	2.0	5.9	4.6	0.7	1.3	2.0	100.0
	접근수단의 %	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	전체 %	32.2	51.3	2.0	5.9	4.6	0.7	1.3	2.0	100.0

주) pearson 카이제곱값 71.014, 자유도 42, 유의확률 0.003

2) 접근수단별 접근에 소요되는 시간과 비용은 얼마일까?

도보 및 자전거이용자는 평균 14.23분을 접근하는데 사용하는 것으로 나타났다. 반면, 대중교통이용자는 차외시간(가정에서 도시철도역으로 접근하기 위하여 이용하는 수단까지 접근하는 시간, 예컨대 버스정류장까지 가는 시간과 대기시간의 합)과 차내시간(예컨대, 버스승차시간)은 각각 13.91분과 13.55분으로 나타났다.

<표 4> 도시철도역 접근수단별 접근소요시간 및 접근거리

구분	N	최소값	최대값	평균	표준편차
도보 및 자전거이용자	127	3	60	14.23	11.21
대중 교통 이용 자	차외 시간	1	35	13.91	9.67
	차내 시간	11	5	13.55	6.96
	대중 요금	16	600	975.00	556.78
접근거리	104	0.148	9.01	1.82	1.82

주) 접근거리는 정확한 주소정보를 이용하여 각 수단별로 이용가능한 최단거리를 지도상에서 측정된 값임.

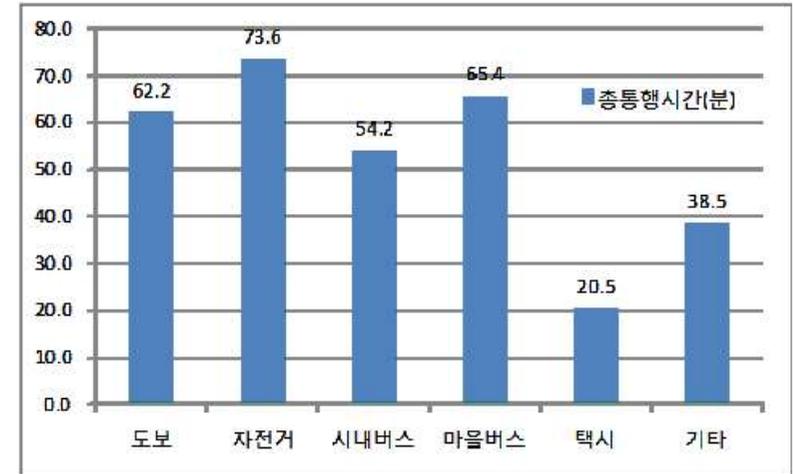
3) 접근수단과 이탈수단은 무엇일까?

도시철도이용자의 접근수단과 종착역에서 목적지까지 통행하는 이탈수단은 무엇이며 차이는 있을까? 도표에서 보듯이 자전거는 이탈수단보다는 접근수단으로 많이 활용되고 있음을 알 수 있다. 즉, 도시철도 접근시 자전거는 각각 29.5%, 이탈시 7.4%가 이용하는 것으로 나타났다.

4) 자전거이용자는 짧은 통행만 할까?

아래 그림은 도시철도이용자의 접근수단에 따른 출발지에서 목적지까지의 연계

통행 총통행시간을 나타낸 것이다. 실제로 단일 수단 자전거이용자는 짧은 통행거리를 나타내지만 도시철도와 연계하면 보는 바와 같이 약 73.6분의 통행시간을 갖는다. 오히려, 다른 수단이용자보다 총통행시간이 더 길다.



[그림 2] 접근수단별 연계통행의 총통행시간(출발지-목적지)

7) 자전거를 탈 수 있는 사람은 대체수단으로 자전거를 이용할 가능성이 높다

자전거를 운전할 수 있는 사람이 향후 자전거이용자로 전환될 가능성이 훨씬 높은 것으로 나타났다. 즉, 유가의 지속적 상승, 수요관리정책 등으로 현재의 교통수단을 대체하여야 할 때, 고려하는 수단은 자전거운전 가능자와 운전할 수 없는 이용자간에 큰 차이를 보이고 있다.

결국, 현재는 자전거비이용자이나 정책환경의 변화시 자전거로 전환될 수 있는 잠재력은 자전거운전자능자가 훨씬 높다. 따라서, 자전거 운전면허교육 또한 자전거로의 전환유도를 위한 매우 중요한 정책요소라 하겠다.

■ 자전거-대중교통 연계교통의 문제점

본 연구에서는 접근성, 환승시설, 대중교통 탑재 등의 문제를 집중적으로 조사하였다. 4개의 접근루트를 선정하여 일제조사를 실시한 결과, 다양한 문제점이 노정되었는데, 특히, 포장불량, 보행공간 협소, 불법주차 등이 주요한 문제점으로 지적되었다. 그리고, 잦은 골목길 및 주차시설로 인한 상충횟수가 많았는데, 평균적으로 약 63m마다 1번씩의 상충이 발생하고 있으며, 시간으로는 약 18초마다 한번씩 상충이 발생하고 있었다.

<표 5> 상충발생 빈도

구간	거리	상충 횟수	평균상충 발생거리	평균상충 발생시간(초)
오룡역~충남여고~한사랑아파트	1.28km	23회	56	16
시청역~크로바아파트~청솔아파트	1.08km	13회	87	24
유성온천역~충남대학교	0.90km	22회	40	11
서대전네거리~센트럴아파트	0.80km	12회	70	19
평균(통행속도 13km/h 적용)			63.3	17.5



[그림 3] 대전 접근환경조사 상충 지점

■ B-TOD의 역세권 설정

자전거를 이용한 연계통행형태는 4가지로 구분되며, 각각의 연계통행에서 우리가 관심을 가지는 (가정)↔역(station) 혹은 역(station)↔직장(Work)간 통행이 발생한다. 따라서, 본 연구에서는 통행지역을 3가지로 구분하고 4가지 통행패턴 가운데에서 '거주지(가정)↔역(station) 및 역(station)↔직장(Work)간'의 자전거통행만을 추출하여 6개의 누적분포모형을 추정하였다.

먼저, 회귀모형을 이용한 출발지(가정)↔역(station)간 통행분포모형의 추정결과, 다음과 같이 다양한 회귀모형을 이용하여 추정이 가능한 것으로 나타났다.

<표 6> 회귀모형(가정->역 통행)

Region	Regression Model	R ²	Sig	
Daejeon City	$y = -18.73 + 13.2621x - 0.4899x^2 + 0.006x^3$	0.928	0.009	Cubic Regression
Capital Area	$y = -16.600 + 9.8558x - 0.2006x^2$	0.985	0.002	Quadratic Regression
Total	$y = -16.325 + 10.0176x - 0.2065x^2$	0.949	0.000	Quadratic Regression

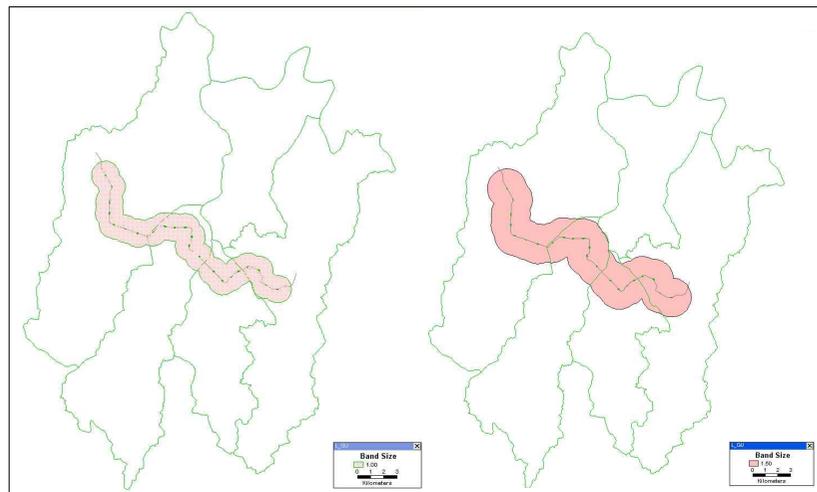
<표 7> 회귀모형(역 -> 직장(목적지)통행)

Region	Regression Model	R ²	Sig	
Daejeon City	$y = -39.948 + 14.7241x - 0.5238x^2 + 0.0063x^3$	0.984	0.000	Cubic Regression
Capital Area	$y = -12.222 + 3.8164x$	0.976	0.000	Linear Regression
Total	$y = -14.599 + 6.963x - 0.1232x^2 + 0.0006x^3$	0.975	0.000	Cubic Regression

결론적으로, 자전거를 기반으로 한 역세권은 85퍼센타일의 누적분포를 이용하였을 때, 통행한계거리는 약 2.2km인 것으로 나타났다. 그러나, 실질적인 통행거리를 고려하여 역세권을 1.0km로 적용하였을 때, 역세권역에 포함되는 면적은 42.75km²로 나타났다. 또한, 1.5km를 적용하면 66.45km²로 나타났다. 이는 시가화면적의 각각 31.3%와 48.7%에 해당하는 면적이다.

<표 8> 대전광역시 B-TOD 역세권역 면적

구분	면적(km ²)	면적에 대한 B-TOD권역 비율(%)
도시용도지역 면적	539.7	-
주거, 상업, 공업지역 면적	136.5	-
역세권면적(1.0km반경)	42.8	31.3
역세권면적(1.5km반경)	66.5	48.7



[그림 4] B-TOD 역세권역 면적

■ 대전광역시 B-TOD의 도입 전략

B-TOD방식의 TOD를 위하여 다음과 같이 우리나라 실정에 맞는 TOD의 전략을 도출하고, 여기에 자전거를 접근수단으로 하는 개발전략을 접목할 필요가 있다. 아직까지 국내에서의 TOD에 대한 모델이 정립되지 않았기 때문이다.

첫째, 대전시의 도시특성에 맞는 TOD전략방식의 도출이다.

- 기존 연구결과에 의하면, 업무 및 상업중심의 고밀도 특성과 토지이용의 복합화, 그리고 협소한 가로망이 대중교통이용증대에 긍정적 영향을 미치는 것으로 나타났다. 반면, 접근성이 좋지 않거나 상업시설 등이 없이 주거중심의 특성, 간선도로 위주로 큰 규모의 건물군이 형성되어 있는 경우 대중교통이용증대에 부정적인 영향이 있었다¹⁾.
- 대전시의 500m 보행역세권내 토지이용을 보면, 주거용도가 31.4%인 반면, 주상복합적 토지이용은 4.3%에 불과한 것으로 나타났다.
- 기존에 도시가 형성되어 있고, 역세권내 도시개발밀도가 도시전체 평균에 비하여 상대적으로 고밀개발되어 있는 대전시와 같은 경우는 토지밀도보다는 용도의 복합성을 추구할 필요가 있다²⁾.

둘째, TOD전략방식의 효율성 제고를 위한 자전거기반 TOD 전략을 추진할 필요가 있다.

- 첫째, 자전거 연계환승체계는 “접근환경 - 환승환경 - 대중교통수단”을 종합적으로 고려하는 일체적인 준비를 실시하여야 한다. 왜냐하면, 자전거를 이용하여 도시철도로 환승을 결정하는 것은 개별적인 환경이 연계된 ‘일체적인 시스템’이기 때문이다.

1) 성현근외(2008)

2) 서울시 역세권내 도시개발밀도는 서울시 전체에 비하여 2.2배이다.

- 자전거이용도 및 이용행태를 고려한 연계환승체계는 자전거탑재형 환승보다는 bike and ride형 환승통행을 중심으로 구축할 필요가 있다.
- 셋째, 시설개선 등 하드웨어 뿐 아니라 제도개선 및 문화정착을 위한 소프트웨어 부문 중요하게 고려하여야 한다.
- 자전거 연계교통권역의 설정을 통한 가정약적 설계 및 환경 개선이 필요하다. 이 때, 획일적인 역세권 설정은 지양하여야 한다. 앞서 분석한 바와 같이 자전거 통행권은 도시에 따라서 다를 수 있기 때문이며, 이는 곧 개발비용으로 연계되기 때 문이다.
- 이용편의성을 고려한 전철역의 환승시설을 정비할 필요가 있다. 자전거를 이용한 환승은 이용편의성이 의사결정에 큰 영향을 미치는 것으로 나타난 바, 자전거보관 대 및 주차장 등의 설계는 이용편의성을 중심으로 설계하여야 한다.
- 표준모델지역 설계를 통한 계획 및 설계 기법 확산을 도모할 필요가 있다. 자전거 이용 잠재력이 높은 곳을 중심으로 선정하고, 자전거이용환경의 가정약적 정비를 통하여 효과를 극대화할 수 있기 때문이다.

2. B-TOD 계획요소 및 설계 개선방안

자전거를 이용한 대중교통연계교통체계(Bicycle Based TOD)의 도입을 위해서는 도입에 필요한 계획요소를 설정하고, 각 요소에 대한 설계방향을 제시할 필요가 있다.

B-TOD의 계획요소는 가장 먼저 해당권역의 계획권역을 설정하고, 접근환경과 주차장, 환승시설 등의 환승환경, 대중교통탑재용 시설, 도심 토지이용 등으로 구분하여 계획의 원칙을 제시하였다.

<표 9> B-TOD 계획요소 및 설계 개선방안

계획요소		설계기법
○ 계획권역 설정		- 지역별 접근성 차이를 고려한 계획권역 설정을 통한 효율성 제고
○ 접근환경 -안전성 -주행성 -연속성 -연계성 -쾌적성 및 안락성		- 주거지 및 스쿨존에서의 교통정온화기법의 적용 - 교차로 개선 + 평면교차로, 접속부면에서의 시인성 확보 + 상충을 최소화하기 위한 우회전처리 - 버스정류장 구간의 설계 개선
○ 환승환경	-주차장	- 주차용량, 공간효율성, 도난방지용, 설치 및 유지관리 비용을 고려한 이용권역 특성별 자전거주차장 설치지침 마련 - 주변경관 등을 고려한 디자인 가이드 라인 마련 - 첨단기계식실내자전거주차장 설치 적극 장려 (도시미관 및 지상공간의 활용성을 고려 지하 매설식 권장) - 자전거주차장의 설치에 따른 교통유발부담금 감면, 자전거 주차장 설치 시 자금지원, 세제혜택 제공 검토 - 자전거주차장 관련 기술개발 지원 + 자전거신호운영시스템, 자전거도난방지시스템, 자전거주차장 무인요금징수시스템, 실시간 주차정보시스템 등
	-환승편의시설	- 환승센터는 자전거이용정보, 기타 연계정보 등 제공
○ Bike on Transit		- 버스의 자전거탑재 허용(Front mounted and Rear mounted bus)및 탑재시설 갖추도록 정책수립 + 준공영제 버스운영 시, 탑재 및 연계계획 제시하도록 함 + 국내의 버스혼잡도 등을 고려할 때, 내부 탑재는 곤란
○ 도심 토지이용		- 콤팩트형 도시개발 장려 - 밀도에 의한 인센티브 부여
○ Bike & Ride Zone설치 및 운영		- 1단계 : 국가주도 시범구역 설치 운영 + 단기간 활성화 및 모델 제시를 위한 bike and ride zone 시범 설치 및 운영 - 2단계 : 지자체주도 시범구역 설치 및 운영

- 목 차 -

제 1 장 서 론 3

제 2 장 이론 고찰 8

 제1절 선행 연구 8

 제2절 B-TOD의 개념 및 잠재력 10

 제3절 국내의 자전거 연계통행 현황 14

제 3 장 자전거연계통행 특성 분석 18

 제1절 자료 수집 18

 제2절 자전거-대중교통연계통행 실태분석 20

 1. 자전거-대중교통 연계통행 행태 20

 2. 자전거-대중교통 연계통행에 대한 인식 25

 3. 자전거이용자의 행태적 특성 분석 31

 제3절 자전거-대중교통 연계교통의 문제점 20

 1. 접근체계 문제점 40

 2. 환승시설(주차장)의 문제점 41

 3. 도시구조 및 토지이용정책의 문제점 49

제 4 장 B-TOD의 역세권 설정 및 추진전략 61

 제 1 절 B-TOD의 역세권 설정 61

 1. 역세권 설정 52

 2. 대전광역시 자전거 역세권역 추정결과 56

 제 2 절 대전광역시 B-TOD의 도입 전략 67

 1. 자전거 연계교통체계 구축 방향 및 전략 58

 2. B-TOD 계획요소 및 설계 개선방안 60

제 5 장 결론 및 정책 제언 73

 제 1 절 요약 및 결론 73

 제 2 절 정책 제언 76

참 고 문 헌 68

- 표 목 차 -

<표 2-1> B-TOD의 개념	9
<표 2-2> 자전거-대중교통연계통행의 장점	10
<표 2-3> 자전거 역세권 관련연구	13
<표 2-4> 대중교통에 대한 접근수단으로서 자전거수단 분담률(%)	14
<표 2-5> 뉴질랜드의 Bike on Board 비율(%)	14
<표 3-1> 자료 조사	19
<표 3-2> 지역별 자전거-대중교통연계통행 비율(%)	21
<표 3-3> 자전거를 이용한 대중교통 환승 경험	21
<표 3-4> 자전거를 이용한 대중교통 환승 횟수(출퇴근이면 하루2회)	22
<표 3-5> 자전거를 이용하여 역에서 환승하는 목적	23
<표 3-6> 자전거 이용행태에 따른 평균 소요시간(단위: 분)	24
<표 3-7> 자전거를 연계수단으로 이용하는 이유	26
<표 3-8> 자전거보관소의 설치장소(전철출입구까지 거리) (%)	27
<표 3-9> 전철 내 자전거 탑승 시 불편사유	27
<표 3-10> 전철역에서의 문제점(5점 척도)	29
<표 3-11> 자전거와 대중교통 환승시설이 갖춰질 경우 사용 의향	30
<표 3-12> 도시철도 접근수단별 통행목적 분포	31
<표 3-13> 도시철도역 접근수단별 접근소요시간 및 접근거리	33
<표 3-14> 상충발생 빈도	40
<표 3-15> 현재 운영 중인 실내자전거주차장 비교	46
<표 3-16> 대도시의 시가화 인구밀도 비교	49
<표 4-1> 자전거-대중교통 연계통행수	52
<표 4-2> 회귀모형(가정->역 통행)	54

<표 4-3> 회귀모형(역->직장(목적지)통행)	55
<표 4-4> B-TOD의 공간적 범위 추정	56
<표 4-5> 대전광역시 B-TOD 역세권역 면적	57
<표 4-6> B-TOD 계획요소 및 설계 개선방안	61

<그림 목 차>

[그림 2-1] B-TOD에 따른 대중교통수요권의 증가	9	[그림 3-24] 지하철 수유역	45
[그림 3-1] 자전거역세권 추정과정	19	[그림 3-25] 노외 자주식 주차장	47
[그림 3-2] Type of cycling-PT	20	[그림 3-26] 지하철 2호선 영등포구청 기계식(지하)	48
[그림 3-3] 자전거를 이용한 대중교통 환승횟수(출퇴근이면 하루2회)	22	[그림 3-27] 지하철 2호선 영등포구청 기계식(지하)	48
[그림 3-4] 자전거를 이용하여 역에서 환승하는 목적	23	[그림 4-1] 회귀모형의 추정(가정->역 통행)	53
[그림 3-5] 총통행 거리 및 시간	24	[그림 4-2] 회귀모형의 추정(역 -> 직장(목적지)통행)	53
[그림 3-6] 자전거이용행태별 소요시간	25	[그림 4-3] B-TOD 역세권역 면적	57
[그림 3-7] 자전거를 연계수단으로 이용하는 이유	26		
[그림 3-8] 전철 내 자전거 탑승 시 불편사유	28		
[그림 3-9] 자전거를 타고 전철역까지 접근하는데 애로사항	28		
[그림 3-10] 전철역에서의 문제점(5점 척도)	29		
[그림 3-11] 자전거 이용활성화를 위한 우선제공 서비스	30		
[그림 3-12] 자전거이용자와 비이용자간 통행목적 분포(%)	32		
[그림 3-13] 접근수단별 분포(%)	34		
[그림 3-14] 도시철도 이탈수단별 분포(%)	34		
[그림 3-15] 접근수단별 연계통행의 총통행시간(출발지-목적지)	35		
[그림 3-16] 자전거의 연계통행 이유(%)	36		
[그림 3-17] 자전거의 규칙적 및 불규칙적 이용자간 자전거이용이유(%)	37		
[그림 3-18] 자전거이용 연계통행자의 자전거보관장소(%)	37		
[그림 3-19] 자전거운전여부에 따른 정책환경 변화에 따른 대체수단 선택분포(%)	38		
[그림 3-20] 자전거 연계교통체계 문제점 분석구조	39		
[그림 3-21] 대전 접근환경조사 상층 지점	40		
[그림 3-22] 지하철 6호선 석계역	43		
[그림 3-23] 지하철 2호선 신도림역	44		

제 1 장

서 론

제 1 장 서 론

최근 도시 및 교통부문에서 지속가능성에 대한 관심이 증가하면서 TOD(Transit Oriented Development)의 계획개념이 이전보다 훨씬 더 큰 주목을 받고 있다. TOD는 Calthorpe. P.(1993)에 의하여 정립된 개념으로 대중교통을 중심으로 한 보행교통체계, 대중교통역을 중심으로 한 고밀복합용도 토지이용, 도시설계기법을 통한 커뮤니티의 쾌적성을 동시에 달성하려는 개발방식이다.

TOD에 대한 연구는 그 동안 다양한 관점에서 많은 연구가 있었는데, 초기에는 TOD에 대한 문제의 제기보다는 TOD의 개념을 구현할 수 있는 계획과 전략에 대해서 많은 연구가 이루어졌다; Bernick and Cervero(1997), Cervero(1994), Corbett and Zykofsky(1999), Moon(1990), White et al.(1999), Chang and Yu(2004), J.J. Lin and C.C. Gau(2006), La Greca P., et al(2011). 이들 연구에서는 대체로 3가지 관점에서 TOD 전략을 설명하고 있다. 즉, 대중교통수요를 증가시키기 위한 개발밀도의 강화, 대중교통이용객의 편의성 개선을 위한 복합용도토지 이용 그리고 보행기반 보행자도로와 환승시스템이 그 것이다.

최근의 연구는 이전에 비하여 보다 구체화되고 있으며 TOD와 영향관계에 있는 계획요소들의 상관성과 행태연구로 발전하고 있다. Lin and Feng(2003)과 Kaneko and Fukuda(1999) 등이 대중교통수요의 극대화측면에서 토지이용계획을 연구하였고, Becky P.Y. Loo(2009)는 전철의 연장건설에 따른 이용자들의 공간 및 시간적 인식도를 분석하여, 성별, 거주지역, 직업, 연령 등에 따라 대중교통(도시철도역)의 종류와 건설시기 등에 대한 인식에 차이가 있는 것을 확인하였다.

Doina Olaru., et. al(2011)은 새로운 전철의 개통이 주거입지에 미치는 영향을 검토하였는데, 대중교통시설의 공급이 역주변의 개발을 촉진하기보다 도시확산을 촉진할 수 있음을 지적하였다.

한편, TOD와 관련한 연구 중 상당히 많은 부분을 차지하는 연구는 TOD의 개념

적 유효성을 인정하지만 현실적인 적용성에 대한 비판적인 한계성을 지적하고 있다; Crane and Crepeau(1998), Gordon and Richardson(1997), La Greca P., et al(2011), J.J. Lin and C.C. Gau(2006), Lee. Jaeyeong., et al.(2010).

특히, La Greca P., et al(2011)는 “TOD가 자동차통행을 줄이고 포장면적을 줄일 수 있는 반면에 대중교통역을 중심으로 밀도가 증가하는 반대급부가 발생한다”고 지적하고 있다. 따라서, “역세권내에서 구체적인 규제를 통하여 밀도를 관리하고 역세권바깥으로 팽창하는 것으로 막아야 한다”고 주장하고 있다.

J.J. Lin and C.C. Gau(2006)는 “고밀개발을 통하여 대중교통수요를 증가시키려는 TOD의 개념은 고밀로 인한 주거환경 저하, 서로 다른 밀도규제로 인한 사회적 형평성 저해라는 문제를 일으킨다”고 지적하고 있다. 따라서, “밀도의 증가에 따른 대중교통수요증가의 편익과 사회적 형평성감소의 비용간에 일정한 교환관계가 있다”고 분석했다.

이상의 연구들에서 제기한 TOD의 한계를 종합하면 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 기존 도시의 도시구조를 인위적으로 바꾸어 TOD형으로 개조한다는 것에 대한 현실성의 문제로서 도시구조의 개편없이 보행역세권 내에서 충분한 대중교통수요의 발생이 어렵다는 점
- 접근수단으로서 보행교통 및 보행환경개선과 대중교통수요와의 낮은 상관성(Crane and Crepeau, 1998), 대중교통시설 투자와 이용수요 증가간 낮은 관련성(Gordon and Richardson, 1997)
- 고밀개발을 통한 쾌적성저하 및 지속가능성의 한계(J.J. Lin and C.C. Gau, 2006) 등

TOD의 구현에 있어서 이러한 현실적인 제약들은 대부분 보행통행을 접근수단으로 하고, 일정한 보행역세권을 공간적 범위로 설정하는 **개념적 한계**에 따른 문제점이다. 즉, TOD를 현실적인 도시에 적용시키고 개념이 목적인 바를 이루기 위해서는 보행역세권내에서 대중교통수요의 확보와 이를 위한 고밀개발을 전제로 해야 한다.

그런데, TOD의 전제조건인 고밀개발을 통한 대중교통수요 확보는 곧 '도시구조 개편'문제와 '쾌적성의 저하'라는 문제에 직면하게 한다. 만약, 기존 도시가 저밀로 개발되어 있거나 쾌적성 확보를 위하여 밀도를 높이지 못하는 환경하에서는 수요의 확보에 어려움이 발생하게 되는 것이다. 문제는 기존 시가지의 대부분이 이러한 상황에 놓여있다는 것에 있다.

한국의 도시화는 이미 90%를 넘어섰으며, 대부분의 역세권은 상업·업무적 토지 이용으로 용적률 600~1,000%를 적용하고 있기 때문이다.

이러한 TOD의 적용한계성은 Bike and Ride의 교통체계 및 토지이용계획을 재편함으로써 상당부분 극복할 수 있다(이재영·임윤택, 2010). 자전거를 주요 접근수단으로 고려한 TOD 계획은 보행권역에 국한된 기존의 수요권역(Catchment Area)을 확장시키는 효과가 있어 대중교통의 운영에 필요한 충분한 수요를 확보할 수 있기 때문이다. 또한, 자전거를 대중교통의 접근수단으로 이용할 경우, 기존 보행에 추가하여 수단전환을 유도할 수 있다. 즉, 자전거와 대중교통의 연계는 보행거리의 한계를 극복함으로써 TOD의 ridership의 한계를 극복할 수 있다.

최근 친환경 교통수단인 자전거이용인구가 증가하고, 자전거 및 관련 인프라에 IT 기술이 적용되기 시작하면서 교통수단으로서 가능성이 높아지고 있다. 7대 대도시의 자전거 수단분담률은 최근 10년간(2000-2010) 0.8%에서 2.5%로 약 3배 가량 증가하였으며, 서울시의 경우는 4배가 증가하였다(0.7→2.8%)³⁾.

따라서, 본 연구는 보행중심의 TOD를 자전거중심의 TOD로 개념을 확장하여 정립하고, 자전거기반 통행행태에 근거한 B-TOD의 통행권역 추정과 대전광역시의 도입전략을 도출하는데 목적이 있다.

3) 한국교통연구원, 「KTDB 전국여객통행조사 POCKETBOOK(2011. 05)」

제 2 장 이론 고찰

제1절 B-TOD의 개념 및 잠재력

자전거통행에 기반한 B-TOD는 TOD개념을 수용하면서 추가적으로 자전거의 통행행태를 반영하는 개념이다. 즉, 전통적인 TOD에서 보행을 전제로 한 상업 및 주거지역 배치, 가로시설, 밀도 등을 다루는데 반하여 B-TOD는 동일한 계획적 요소를 이용하되 자전거로 이동할 수 있는 범위로 수요권역(Catchment Area)을 확장하는 것이다.

따라서, 밀도의 기준이나 가로환경 등은 보행 및 자전거를 기준으로 재편된다. 즉, 자전거를 주요 접근수단으로 하는 역세권을 재설정하고, 역세권내 쾌적성을 유지하기 위하여 완화된 밀도기준을 적용한다. 또한, 총밀도 보다는 밀도의 분포를 조정하여 대중교통수요를 확보하도록 한다.

<표 2-1> B-TOD의 개념

B-TOD의 기초 개념
<ul style="list-style-type: none">· 대중교통으로의 접근수단은 자전거와 보행으로 설정<ul style="list-style-type: none">· 기존 역세권에서의 추가적인 밀도 억제· 밀도의 분포는 매우 중요하게 다룬다.· 총밀도보다는 밀도의 분포를 중요시 함· 또한, 단순 고밀도지이용보다는 복합적 토지이용을 장려함<ul style="list-style-type: none">· 자전거역세권내 주거지역 분포 및 밀도의 분포 조정<ul style="list-style-type: none">· 보행 및 자전거네트워크의 편리성과 쾌적성 제고· 자전거 및 보행을 고려한 환승동선 및 시설의 개선

제 2 장

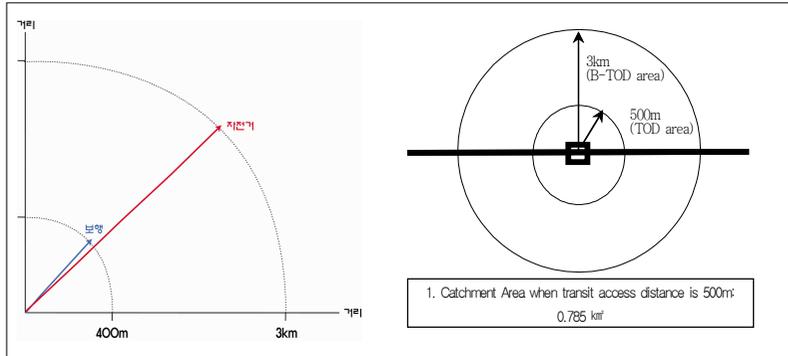
이론 고찰

제1절 B-TOD의 개념 및 잠재력

제2절 선행연구

제3절 국내외 자전거 연계통행 현황

B-TOD는 기존의 보행에 기반 한 역세권과 비교하여 접근성면에서 큰 잠재력이 있다. 즉, 대중교통까지의 자전거 접근거리는 평균적으로 약 3km내외를 보이고 있는 바, 보행의 약 500m에 비하여 약 6배 정도 크며, 보행역세권보다는 약 36배의 대중교통이용권역(Catchment area) 확장효과가 있다.



[그림 2-1] B-TOD에 따른 대중교통수요권의 증가

대중교통과 자전거의 연계통행은 수요권역 증가로 인한 대중교통 이용객 증가뿐 아니라 자전거이용 증가, 통행형평성의 개선 등 다양한 장점이 있는 것으로 평가되고 있다.

<표 2-2> 자전거-대중교통연계통행의 장점

구분	B-TOD 장점
대중교통이용 증가	· 자전거-대중교통연계통행의 장려는 저밀도 지역에서 특히 대중교통의 이용을 증가시킨다. · 자전거는 보행에 비하여 3~4배의 통행속도가 빠르므로 대중교통수요권역은 보행에 비하여 36배나 증가한다.
자전거이용 증가	· 역에 설치된 실내자전거보관소는 버스나 기차를 이용한 장거리 통행을 가능하게 하여 자전거이용을 증가시킨다.
사회적 형평성의 개선	· 자전거이용시설의 설치는 열악한 대중교통서비스로 인하여 승용자동차 외에는 접근할 수 없었던 곳도 접근가능하기 때문에 사회적 형평성이 개선된다.

자료 : Pedal Power Canberra, ACT Government(2010) 일부 참조

제2절 선행 연구

자전거를 대중교통의 연계수단으로 활용하는 방안은 접근성의 제약과 기존 도시 구조 개편에 대한 부담이 없어 적용성이 뛰어나다. 그러나, 연계수단으로서의 자전거의 접근거리 즉, 공간적 범위에 대한 문제가 발생한다. 기존 TOD(Calthorpe, P., 1993)의 경우, 역세권의 범위를 600ft로 제시하고 있다.

TOD를 전제로 한 공간적 범역 연구는 지금까지 연구된 바가 없다. 다만, 자전거를 이용한 대중교통까지의 접근거리에 관한 연구들이 있다.

이러한 연구방법은 크게 SP기법, 자전거속도를 이용한 환산법, 운영시스템조사 등 3가지로 구분하고 있다(Julian James Reynolds, 2005).

Taylor & Mahmasasani(1996)은 Stated Preference Survey를 통하여 대중교통 승객은 자전거로 2.4km의 접근거리를 갖는다고 하였다. 또한, 자전거도로나 주차장이 잘 갖추어져 있을 경우 4.8km까지 접근이 가능하다고 하였다. K.Martens(2004)은 연계대중교통수단에 따라 자전거접근거리는 달라지는데, 2km이상을 자전거로 접근하는 통행자는 버스이용자의 1/2, 전철이용자의 약 2/3수준이라는 조사결과를 내놓았다. 마지막으로, 이재영·임윤택(2010)은 대전시를 대상으로 자전거연계통행 역세권을 약 2.21km~2.54km로 추정한 바 있으나 지방지역만을 대상으로 하였기 때문에 일반화에 한계를 보이고 있다.

다음으로 단순 속도환산방법이다. Parker(1979a)는 7.6분의 통행거리를 이용하여 1.55miles(2.5km)를 주장하였고, Hudson(1984)은 역시 비슷한 방법으로 시간당 20km의 속도를 이용하여 10분간 달릴 수 있는 거리로 3.2km를 제시하였다. 그러나, 이들이 각각 7.6분과 10분을 통행가능한 접근거리로 받아들였는지는 확실하지 않다. 실제로 미국 교통부에서 조사한 결과(The US Department of Transportation, 1993), 10분 이상이 58%였기 때문이다.

그 외에는 대부분 경험적으로 그리고 연구자의 주관에 따라 역세권의 범위를 설정하고 있다. Cervero(2001)는 캘리포니아 BART에 대한 보행접근거리를 1km를 고

려하였고, Renne(2009)는 TAD(Transit adjacent development)의 범위로 약 800m를 고려한 바 있다.

R.Munoz-Raskin(2010)은 콜롬비아 보고타의 BRT인 transmilenio를 대상으로 보행접근성의 가치를 분석하였는데, 보행접근거리를 각각 5분과 10분으로 설정하였다. Robert Cervero, et al(2009)은 Cicloruta라고 하는 자전거이용도로를 건설하고, Ciclovía를 운영하는 등 자전거이용활성화에 적극적인 보고타를 대상으로 건축 환경이 보행과 자전거에 미치는 영향을 연구하였는데, 자전거이용권으로 1,000m를 설정하였다. 즉, 이는 500m 반경의 보행권역보다 6배가 많은 것이다.

Phoenix(The US Department of Transportation, 1993)에서는 버스에 접근가능한 거리로 6.97miles을 제시하였고, 샌디에고(San Diego-Coronado Bay Bridge Bicycle Shuttle Service)의 조사결과는 평균 5.8miles였다(Poudnd & McCuen 1975, p.362).

Victoria Transport Policy Institute(<http://www.vtpi.org/tdm/tdm2.htm>)는 10분의 보행접근거리를 역세권으로 제안하였으며, Scottish Executive(2000)는 역세권으로의 자전거접근거리를 최대 20분으로 제안하고 있다.

비슷한 방법으로 Seneviratne(1985)와 Rastogi & Rao(2003) 인도의 뭄바이(Mumbai)를 대상으로 조사하여 접근가능한 거리를 1.8km-4.05km로 제시하였다. Holladay(2000)는 5-10km까지 다양하다고 제시하며, 이러한 차이는 토지이용, 자전거이용친숙도, 지형 등에 따라서 영향을 받는다고 분석하였다. 임영태(2009)는 평균통행거리가 3km 내외인 자전거로 인한 대중교통 이용수요권역(Catchment area)의 확대될 수 있음을 제시하였다.

서호주 자전거교통연합(Bicycle Transport Alliance in Western Australia)은 퍼스시의 도시계획에 대해 역으로부터 도보거리권 내에 대한 주택공급정책을 비판하며, 자전거도로의 공급을 통해 역세권의 범위를 3km까지 확대함으로써 역세권의 범위를 0.8km에서 28.3km까지 확대할 것을 주장하였다.

그 외 관련연구를 통하여 간접적으로 제시한 경우도 있는데, Chang and

Yu(2004)는 TOD평가를 통하여 서로 다른 공간적 범위를 제안하였다. 중소도시에서의 공간적 범위는 자전거나 보행시설의 질에 의해서 영향을 받고, 좀 더 큰 도시에서는 TOD에 연계되는 교통수단의 서비스의 질에 따라서 영향을 받는다고 하였다. 철도와 버스등 TOD의 중심교통수단에 따라서 역세권이 다르다는 연구도 있는데, O'sullivan and Morall(1996)은 “보행거리는 대체로 400-800m까지 다양하게 나타나는데, 버스정류장보다 도시철도의 역세권이 더 넓은 경향이 있다”고 했다.

이상에서 살펴본 바와 같이, 경험에 의하여 자전거-대중교통간의 접근거리는 지금까지 매우 다양하게 제시되어 있을 뿐 아니라 체계적인 방법론도 부족하여 B-TOD의 계획시에 어떠한 공간적 범역을 이용할 것인지에 대한 선택은 불가능한 상황이다.

따라서, 보다 개선된 방법론의 개발과 넓은 역세권의 범위(range)의 제시를 통한 모호성을 제거할 필요성이 제기된다. 이는 계획적 관점에서 계획의 효율성 및 비용 문제와 직결되는 중요한 문제이기 때문이다.

<표 2-3> 자전거 역세권 관련연구

구분	Authors	Access Distance(Time) to(from) PT
SP기법	Taylor & Mahmasasani(1996)	· 2.4km, 자전거도로나 주차장이 잘 갖추어져 있을 경우 4.8km
	K.Martens(2004)	· 2km이상 자전거접근: 버스이용자의 1/2, 전철이용자의 2/3
	이재영·임윤택(2010)	· 2.21km~2.54km(Daejeon Metropolitan City)
단순 속도환산방법	Parker(1979a)	· 7.6분의 통행거리 →1.55miles(2.5km)
	Hudson(1984)	· 3.2km
경험적인 방법	Cevero(2001)	· 1km
	Renne(2009)	· TAD(Transit adjacent development)기준 약 800m
	R.Munoz-Raskin(2010)	· 보행접근거리를 각각 5분과 10분으로 설정
	Robert Cevero, et al(2009)	· 자전거이용권으로 1,000m 설정
	The US DOT(1993)	· 자전거 접근가능 거리 : 1,700~2,200m
	Phoenix(The US DOT, 1993)	· 버스정류장 접근가능 거리 : 6.97miles
	San Diego-Coronado Bay Bridge Bicycle Shuttle Service)	· 평균 5.8miles
	Victoria Transport Policy Institute	· 10분의 보행접근거리
	Scottish Executive(2000)	· 자전거접근거리를 최대 20분
	Rastogi & Rao(2003)	· 1.8km-4.05km
	Holladay(2000)	· 5-10km까지 다양
	임영태(2009)	· 평균통행거리가 3km
	Bicycle Transport Alliance in Western Australia	· 역세권 접근거리:3km, 역세권 범위: 0.8km~28.3km
Feldman(1981)	· 자전거통행가능거리를 약 6.4km	
Hook(1994)	· 자전거의 수요권역을 25km	
Mcclintock(1992a)	· 자전거로 접근할 수 있는 거리 2kms	

제3절 국내외 자전거 연계통행 현황

아래 <표 2-4>는 외국의 5가지 대중교통수단에 대한 자전거연계통행 현황을 제시하고 있다(Karel Martens, 2004). 네덜란드가 자전거수단분담률이 가장 높고 대중교통수단으로 자전거의 접근비율도 가장 높다. 다만, 메트로의 경우에는 뮌헨이 상대적으로 높은 것으로 나타나고 있다.

<표 2-4> 대중교통에 대한 접근수단으로서 자전거수단 분담률(%)

구분	네덜란드	뮌헨	영국	코펜하겐
총통행에 대한 자전거분담률(%)	27	13	2	26
기차	30	16	3	25
교외전철	-	10	-	22
고속버스	14	-	-	12
시내버스	6	4	4	4
시내전철	1	5	-	-

재인용 : Karel Martens(2004)

출처 : Ministeric van Verkeer en Waterstaat(2000) for train stations in the Netherlands; Van Goeverden and Egeter(1993) for bus and tran/metro in the Netherlands; Van Uum et al.(1995) for selected express buses in the Netherlands; Mobinet(1999) for Munich; MVA(1997) for train stations in Hampshire County Council, UK; Taaylor(1996) for selected bus stations in th UK;Ege(2001) for Copenhagen

<표 2-5>는 뉴질랜드와 미국의 자전거연계통행 비율을 보여주고 있다. 유럽의 국가들에 비하여 상당히 낮지만 인구규모가 비교적 적은 도시에서 철도를 연계수단으로 이용하는 자전거통행의 경우는 상대적으로 높게 나타났다.

<표 2-5> 뉴질랜드의 Bike on Board 비율(%)

	Bike on Board의 평균비율(%)	Bike on Board의 이용비율(%)	관련 도시
버스	1	0.5 -3	모두
기차	3	1.5-6	웰링턴(Wellington), 오클랜드(Auckland)

자료 : Matthew Ensor and Jonathan Slason(2010)

제 3 장

자전거연계통행 특성 분석

제1절 자료 수집

제2절 자전거-대중교통연계통행 실태분석

제3절 자전거 연계교통체계의 문제점

제 3 장 자전거연계통행 특성 분석

제1절 자료 수집

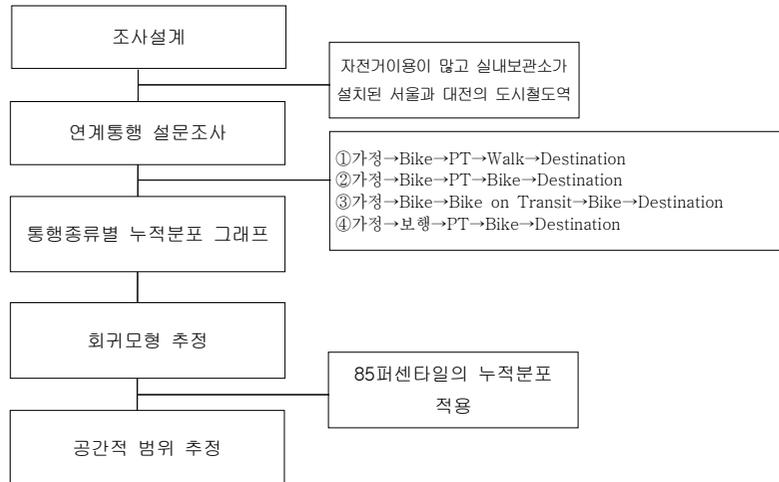
본 연구의 내용은 자전거연계통행 특성분석과 이를 이용한 연계통행권역 즉, B-TOD의 계획적 범위의 추정부문으로 구분된다. 분석에 필요한 자료는 수도권(서울시 및 경기도)과 대전광역시에서 자전거연계통행자를 대상으로 한 통행실태 조사를 통하여 수집하였다(<표 3-1> 참조).

이들 도시를 선택한 이유는 지역적 위치 및 자전거이용행태가 다르기 때문에 통행특성 및 통행권의 비교가 용이할 뿐 아니라 조사 지역의 인구는 전체 인구의 약 50%에 해당하므로 추정결과의 적용성을 높일 수 있기 때문이다.

연계통행권의 추정은 연계통행자들의 통행누적분포 및 회귀모형을 이용하였다. 이재영·임윤택(2010)에 의하면 자전거이용자 및 보행자는 역세권으로부터의 접근거리와 관련성이 깊으며, 거리별 통행누적분포그래프는 회귀모형을 이용하여 충분히 설명할 수 있기 때문이다. <그림 3-1>은 B-TOD 역세권설정을 위한 절차를 보여주고 있다.

<표 3-1> 자료 조사

구분	조사기간	조사지역	주요 내용	조사방법
서울 지역	· 2011.10.17 ~ 2011.10.21	실내자전거주차장이 있는 주요 역(잠실역, 개봉역, 신목동역, 신도림역, 월릉역, 회기역, 미아역, 수유역, 창동역, 소요산역)	·연계통행실태 ·개인적 속성	· 면접 · 표본수 -수도권 : 271 -대전시 : 63
대전	· 2010.1.19 07:30~10:30, 16:30~19:30 · 2010.1.21 16:30~19:30	자전거이용이 비교적 많은 6개역		



[그림 3-1] 자전거역세권 추정과정

제2절 자전거-대중교통연계통행 실태분석

1. 자전거-대중교통 연계통행 행태

1) 통행의 구분

본 연구에서는 자전거연계 교통체계를 ‘자전거를 이용하여 하나 이상의 교통수단과 환승 및 연계함으로써 통행목적은 달성하는 시설과 운영체계’로 정의하였다. 또한, 대중교통과의 연계통행 종류는 [그림 3-2]와 같이 구분하였다.

Type1		Bike and Ride
Type2		Bike and Ride, Ride and Bike
Type3		Bike on Transit
Type4		Ride and Bike

[그림 3-2] Type of cycling-PT

2) 연계통행 실태

연계통행유형은 ‘가정→자전거→대중교통→보행→직장’의 유형이 가장 많았으며 그 다음으로는 ‘가정→보행→대중교통→자전거→직장’으로 나타났다.

즉, 아직까지 자전거를 이용하여 출근을 하더라도 가정과 직장 중 한쪽 방향에서만 자전거를 이용하는 것으로 나타났다. 또한, 자전거를 대중교통 내 탑재하여 목

적지까지 자전거를 이용하는 행태는 매우 적은 것으로 나타났는데 이는 버스나 도시철도 내에 자전거를 탑재할 때 제도적인 허용, 환승시설 및 차량 내 거치장치가 부족하기 때문으로 풀이된다⁴⁾.

<표 3-2> 지역별 자전거-대중교통연계통행 비율(%)

통행종류		수도권	대전시	합계
Type 1	①가정→Bike→PT→Walk→Destination	27.3%	46.0%	34.1%
Type 2	②가정→Bike→PT→Bike→Destination	0.9%	11.1%	4.6%
Type 3	③가정→Bike→Bike on Transit→Bike→Destination	5.5%	1.6%	4.0%
Type 4	④가정→보행→PT→Bike→Destination	11.8%	41.3%	22.5%
Type 5	⑤Bicycle only Trip	54.5%	0.0%	34.7%
Total	Total	100.0%	100.0%	100.0%

2) 자전거를 이용한 대중교통 환승 경험 및 환승 횟수

자전거를 이용하여 지하철 및 버스를 환승한 경험이 있다고 응답한 응답자는 전체 47.1%로, 환승경험이 없다고 응답한 52.9%에 비해 5%가량 낮은 수치를 보였다.

<표 3-3> 자전거를 이용한 대중교통 환승 경험

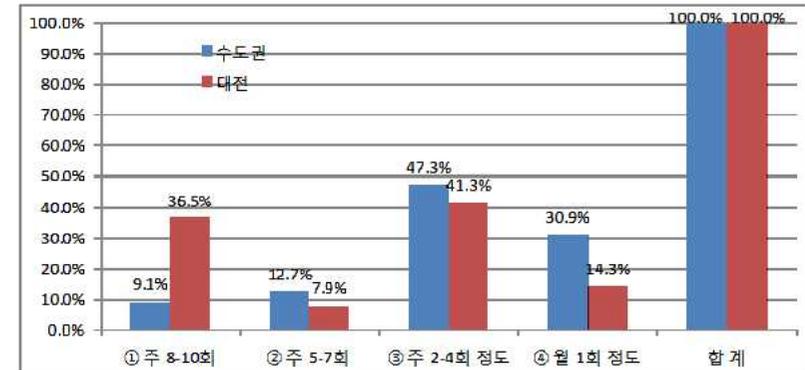
구분	수도권
경험이 있다	47.1%
경험이 없다	52.9%
합 계	100.0%

4) 현재, 수도권 전철에서는 주말에만 전철내 자전거탑재를 허용하고 있다.

자전거를 이용해 지하철이나 버스를 환승한 경험이 있다고 대답한 응답자들 중 경험이 있다면 그 횟수가 어느 정도인지 조사결과, 수도권과 대전에 전체 응답자의 각각 47.3%와 41.3%가 주 2~4회 이용한다고 응답하여 가장 큰 빈도수를 보였다. 이는 어느 정도 규칙적인 통행을 하는 비율이 상당히 높음을 의미한다.

<표 3-4> 자전거를 이용한 대중교통 환승 횟수(출퇴근이면 하루2회)

구분	수도권	대전
① 주 8-10회	9.1%	36.5%
② 주 5-7회	12.7%	7.9%
③ 주 2-4회 정도	47.3%	41.3%
④ 월 1회 정도	30.9%	14.3%
합 계	100.0%	100.0%



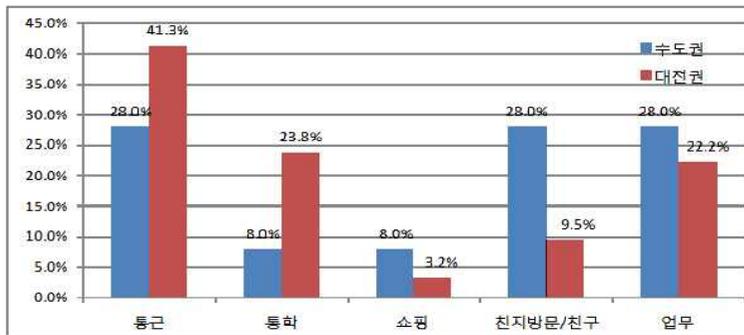
[그림 3-3] 자전거를 이용한 대중교통 환승횟수(출퇴근이면 하루2회)

3) 자전거를 이용하여 역에서 환승하는 목적

자전거를 이용하여 역에서 환승하는 목적은 통근과 통학목적이 전체의 절반 이상을 차지하는 것으로 나타났다. 통근시간대에 가장중적으로 조사한 것을 감안하더라도 이러한 수치는 상당히 높은 것이다. 특히, 대전의 경우는 약 65%가 통근, 통학 등 일상통행으로 연계통행을 하고 있는 것은 연계통행의 잠재력을 의미한다 하겠다.

<표 3-5> 자전거를 이용하여 역에서 환승하는 목적

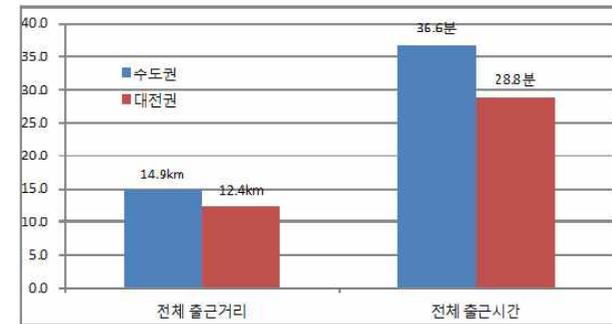
구분	수도권	대전권
통근	28.0%	41.3%
통학	8.0%	23.8%
쇼핑	8.0%	3.2%
친지방문/친구	28.0%	9.5%
업무	28.0%	22.2%
합 계	100.0%	100.0%



[그림 3-4] 자전거를 이용하여 역에서 환승하는 목적

4) 총 통행시간 및 자전거이용 통행시간

자전거연계통행 이용자의 가정에서 직장까지 전체 출근 평균 시간은 32.7분이었으며, 수도권은 36.6분, 대전은 28.8분으로 나타났다. 이 중 자전거를 이용하여 '가정→대중교통→역'까지 소요되는 평균시간은 수도권이 11.0분, 대전이 9.4분이 소요되는 것으로 나타났다. 이는 연계통행을 기준으로 총 출근시간의 32.5~38.4%에 해당한다.

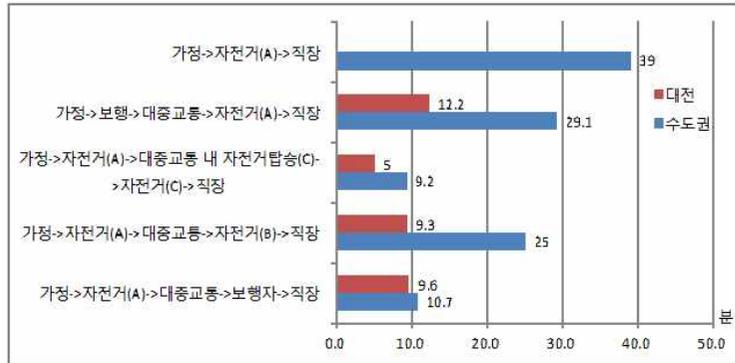


[그림 3-5] 총통행 거리 및 시간

<표 3-6> 자전거 이용행태에 따른 평균 소요시간(단위: 분)

구분	수도권	대전시
가정→자전거(A)→대중교통→보행자→직장	10.7	9.6
가정→자전거(A)→대중교통→자전거(B)→직장	25.0	9.3
가정→자전거(A)→대중교통 내 자전거탑승(C)→자전거(C)→직장	9.2	5.0
가정→보행→대중교통→자전거(A)→직장	29.1	12.2
가정→자전거(A)→직장	39.0	-

주) 가정-대중교통역까지의 시간임



[그림 3-6] 자전거이용행태별 소요시간

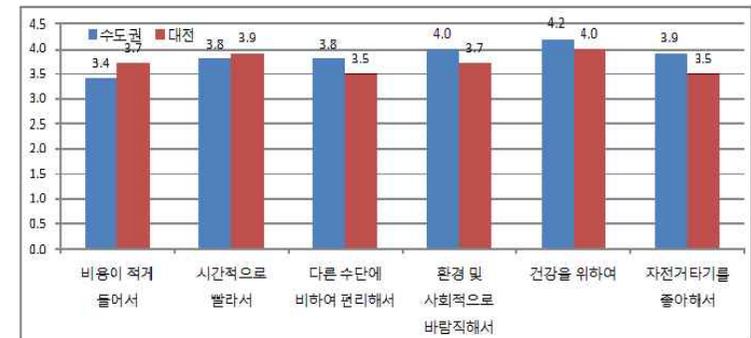
2. 자전거-대중교통 연계통행에 대한 인식

1) 자전거를 연계수단으로 이용하는 이유

자전거를 연계수단으로 이용하는 사람들은 다양한 목적을 가지므로 본 연구에서는 5점 척도를 이용하여 목적별 정도를 제시하도록 하였다. 전체적으로는 ‘건강’, ‘환경 및 사회적 인식’이 ‘시간’, ‘비용’ 등 요인보다 크게 나타나 연계통행수단으로서 자전거는 아직까지 교통수단으로서 경쟁력을 갖추었다고 보기 어렵다. 지역별로 보면 자전거이용률이 낮은 수도권보다는 상대적으로 자전거이용률이 높은 대전에서 ‘시간’ 및 ‘비용’ 등 교통수단의 선택요인 점수가 높은 것으로 나타났다.

<표 3-7> 자전거를 연계수단으로 이용하는 이유

구분	수도권	대전
비용이 적게 들어서	3.4	3.7
시간적으로 빨라서	3.8	3.9
다른 수단에 비하여 편리해서	3.8	3.5
환경 및 사회적으로 바람직해서	4.0	3.7
건강을 위하여	4.2	4.0
자전거타기를 좋아해서	3.9	3.5



[그림 3-7] 자전거를 연계수단으로 이용하는 이유

2) 자전거보관시설 최대이용(한계) 거리

환승의 불편은 연계통행수요와 직결되는 중요한 문제인데, 이용 가능한 (Acceptable) 자전거환승시설의 최대거리는 역사 출입구로부터 50m 이내가 84%로 나타났다. 특히, 총통행시간 및 거리가 더 작은 지방도시인 대전의 경우에는 92%로 나타나 시설설치의 한계거리는 목적통행시간 및 도시의 교통혼잡도와 관련이 있음을 알 수 있다.

<표 3-8> 자전거보관소의 설치장소(전철출입구까지 거리) (%)

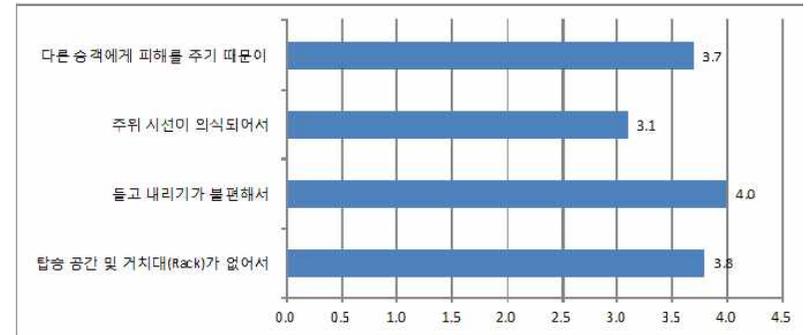
거리	수도권	대전시	전체
10m 이내	34.0%	55.6%	42.2%
30m 이내	19.4%	19.0%	19.3%
50m 이내	27.2%	17.5%	23.5%
100m 이내	19.4%	7.9%	15.1%
Total	100.0%	100.0%	100.0%

3) 전철 내 자전거 탑승 시 불편사유

자전거를 들고 전철 내에 탑승하지 않거나 탑승 시 불편한 점으로는 들고 내리기가 불편한 점이 가장 큰 이유로 나타났으며, 탑승 공간 및 거치대(Rack)가 없는 점도 두 번째 불편요인으로 나타났다.

<표 3-9> 전철 내 자전거 탑승 시 불편사유

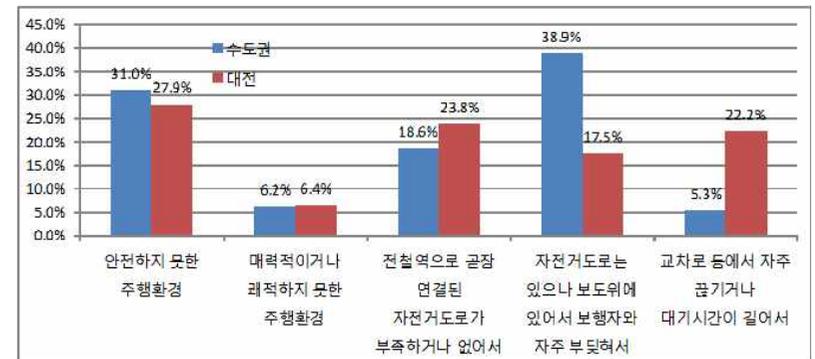
구분	수도권
탑승 공간 및 거치대(Rack)가 없어서	3.8
들고 내리기가 불편해서	4.0
주위 시선이 의식되어서	3.1
다른 승객에게 피해를 주기 때문이	3.7



[그림 3-8] 전철 내 자전거 탑승 시 불편사유

4) 자전거를 타고 전철역까지 접근하는데 애로사항

자전거를 타고 전철역까지 접근하는데 애로사항으로는 '안전하지 못한 주행환경'과 '전철역으로 곧장 연결된 자전거도로가 부족하거나 없는 경우'가 높은 것으로 나타났다.



[그림 3-9] 자전거를 타고 전철역까지 접근하는데 애로사항

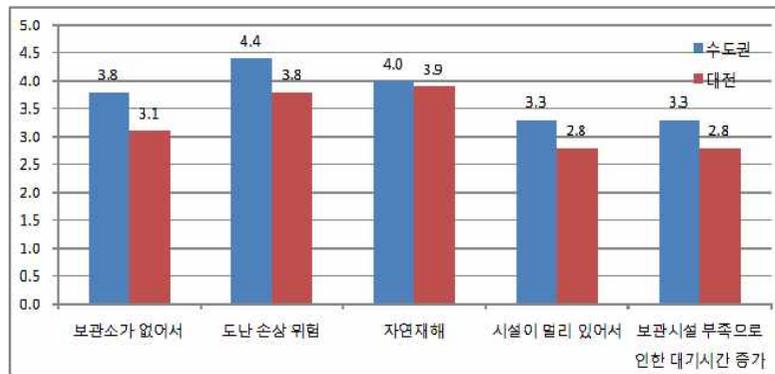
5) 전철역에서의 문제점

<표 3-10>은 전철역에서의 문제점을 5점 척도를 이용해서 살펴본 것이다.

도난과 자연재해(눈, 비 등에 의한 손상)에 대한 문제점을 가장 큰 문제점으로 인식하고 있는 것으로 나타났다. 특히, 도난에 대한 우려는 수도권은 다른 항목보다 월등하게 높게 나타났다.

<표 3-10> 전철역에서의 문제점(5점 척도)

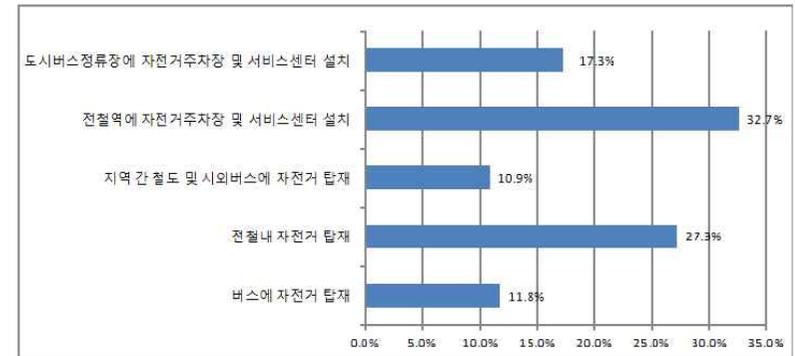
구분	수도권	대전
보관소가 없어서	3.8	3.1
도난 손상 위험	4.4	3.8
자연재해	4.0	3.9
시설이 멀리 있어서	3.3	2.8
보관시설 용량 부족으로 인한 대기시간이 길어서	3.3	2.8



[그림 3-10] 전철역에서의 문제점(5점 척도)

6) 자전거이용활성화를 위한 우선 제공서비스

대중교통과 연계하여 자전거이용을 활성화시키기 위해 우선적으로 제공되어야 하는 서비스에 대한 선호도는 '전철역에 자전거주차장 및 서비스센터 설치'가 전체 응답자의 32.7%로 가장 높게 나타났다.



[그림 3-11] 자전거 이용활성화를 위한 우선제공 서비스

7) 자전거와 대중교통의 환승시설이 갖춰질 경우 사용 의향

자전거를 이용하여 대중교통을 환승한 적이 없는 무경험자를 대상으로 만약 자전거와 대중교통의 환승시설이 갖추어질 경우 사용의향이 있는지를 물었음. 수도권 응답자의 94.1%가 사용할 의향이 있다고 밝혔다.

<표 3-11> 자전거와 대중교통 환승시설이 갖춰질 경우 사용 의향

구분	수도권
사용의향이 있다	94.1%
사용의향이 없다	5.9%
합 계	100.0%

3. 자전거이용자의 행태적 특성 분석5)

1) 도시철도 이용자중 생활교통 목적의 통행비율은 자전거이용자가 더 높다.

도시철도 이용자를 접근수단별로 분류하여 조사한 결과, 통근 및 통학목적의 자전거이용은 전체의 42.3%이고, 통학목적은 14.1%로 나타났다.

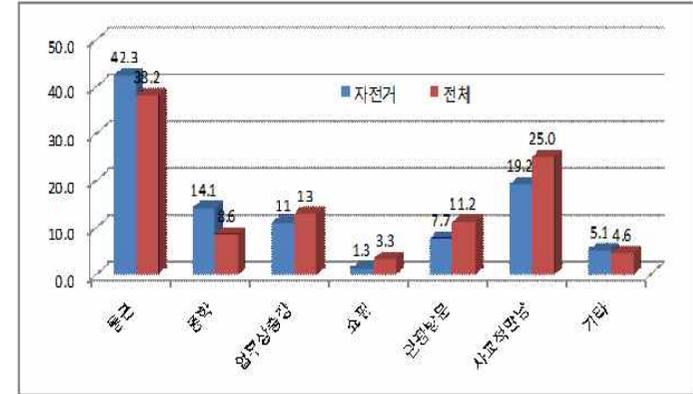
<표 3-12> 도시철도 접근수단별 통행목적 분포

		도보	자전거	자가용 (본인운전)	시내 버스	마을 버스	자가용 (타인운전)	택시	기타	계
통근	빈도	14	33	1	3	3	0	1	3	58
	통행목적의 %	24.1	56.9	1.7	5.2	5.2	0.0	1.7	5.2	100.0
	접근수단의 %	28.6	42.3	33.3	33.3	42.9	0.0	50.0	100.0	38.2
	전체 %	9.2	21.7	0.7	2.0	2.0	0.0	0.7	2.0	38.2
통학	빈도	1	11	0	0	1	0	0	0	13
	통행목적의 %	7.7	84.6	0.0	0.0	7.7	0.0	0.0	0.0	100.0
	접근수단의 %	2.0	14.1	0.0	0.0	14.3	0.0	0.0	0.0	8.6
	전체 %	0.7	7.2	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	8.6
업무상출 장	빈도	4	8	2	0	0	0	0	0	14
	통행목적의 %	28.6	57.1	14.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	접근수단의 %	8.2	10.3	66.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.2
	전체 %	2.6	5.3	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.2
쇼핑	빈도	1	1	0	2	1	0	0	0	5
	통행목적의 %	20.0	20.0	0.0	40.0	20.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	접근수단의 %	2.0	1.3	0.0	22.2	14.3	0.0	0.0	0.0	3.3
	전체 %	0.7	0.7	0.0	1.3	0.7	0.0	0.0	0.0	3.3
관광 방문	빈도	8	6	0	1	1	1	0	0	17
	통행목적의 %	47.1	35.3	0.0	5.9	5.9	5.9	0.0	0.0	100.0
	접근수단의 %	16.3	7.7	0.0	11.1	14.3	100.0	0.0	0.0	11.2
	전체 %	5.3	3.9	0.0	0.7	0.7	0.7	0.0	0.0	11.2
사교적만 남	빈도	20	15	0	3	0	0	0	0	38
	통행목적의 %	52.6	39.5	0.0	7.9	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	접근수단의 %	40.8	19.2	0.0	33.3	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0
	전체 %	13.2	9.9	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0
기타	빈도	1	4	0	0	1	0	1	0	7
	통행목적의 %	14.3	57.1	0.0	0.0	14.3	0.0	14.3	0.0	100.0
	접근수단의 %	2.0	5.1	0.0	0.0	14.3	0.0	50.0	0.0	4.6
	전체 %	0.7	2.6	0.0	0.0	0.7	0.0	0.7	0.0	4.6
전체	빈도	49	78	3	9	7	1	2	3	152
	통행목적의 %	32.2	51.3	2.0	5.9	4.6	0.7	1.3	2.0	100.0
	접근수단의 %	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	전체 %	32.2	51.3	2.0	5.9	4.6	0.7	1.3	2.0	100.0

주) pearson 카이제곱값 71.014, 자유도 42, 유의확률 0.003

5) 수도권 이용자만을 대상으로 심층조사한 결과를 추출하였음.

전체 이용자와 비교할 때, 자전거이용자가 타 접근수단 이용자들에 비하여 생활교통통행(Utility Trip)이 더 많은 것으로 나타났다.



[그림 3-12] 자전거이용자와 비이용자간 통행목적 분포(%)

2) 접근수단별 접근에 소요되는 시간과 비용은 얼마일까?

도시철도를 이용하여 통행을 하는 이용자의 접근수단별 접근에 소요되는 시간은 얼마일까? 이는 역세권의 접근수단별로 어디까지 자전거이용환경을 정비하여야 할 것인지, 어떤 부분에 집중적인 정비를 하여야 할 것인가를 암시한다.

조사결과, 도보 및 자전거이용자는 평균 14.23분을 접근하는데 사용하는 것으로 나타났다. 반면, 대중교통이용자는 차외시간(가정에서 도시철도역으로 접근하기 위하여 이용하는 수단까지 접근하는 시간, 예컨대 버스정류장까지 가는 시간과 대기 시간의 합)과 차내시간(예컨대, 버스승차시간)은 각각 13.91분과 13.55분으로 나타났다. 즉, 마을버스나, 시내버스, 택시를 이용하여 도시철도역으로 접근하는 이용자들은 평균적으로 약 27분을 사용하는 것으로 나타났다.

또한, 요금은 평균 975원으로 나타났다. 접근거리는 평균 1.82km로 나타났다.

<표 3-13> 도시철도역 접근수단별 접근소요시간 및 접근거리

구분	N	최소값	최대값	평균	표준편차
도보 및 자전거이용 자	127	3	60	14.23	11.21
대중 교통 이용 자	차의 시간	1	35	13.91	9.67
	차내 시간	11	5	13.55	6.96
	대중 요금	16	600	975.00	556.78
접근거리	104	0.148	9.01	1.82	1.82

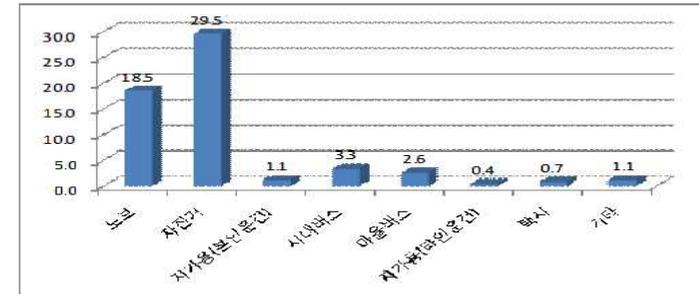
주) 접근거리는 정확한 주소정보를 이용하여 각 수단별로 이용가능한 최단거리를 지도상에서 측정된 값임.

따라서, 대중교통-자전거간 연계활성화를 위한 정책의 공간적 범위로서 이러한 조사결과를 활용할 수 있다.

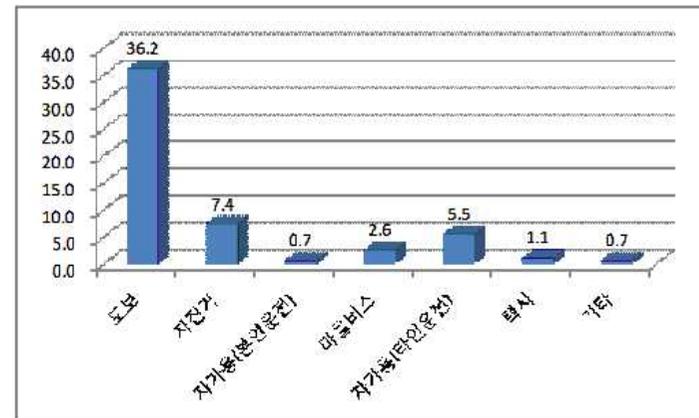
3) 접근수단과 이탈수단은 무엇일까?

도시철도이용자의 접근수단과 종착역에서 목적지까지 통행하는 이탈수단은 무엇이며 차이는 있을까? 도표에서 보듯이 자전거는 이탈수단보다는 접근수단으로 많이 활용되고 있음을 알 수 있다. 즉, 도시철도 접근시 자전거는 각각 29.5%, 이탈시 7.4%가 이용하는 것으로 나타났다.

반면에, 목적지에서의 도보접근비율이 매우 높음을 알 수 있다. 따라서, 통행의 중점이 되는 지역에서의 도보환경 제고 및 자전거이용환경 제고가 정책적 우선순위를 갖는다고 할 수 있다.



[그림 3-13] 접근수단별 분포(%)



주) 본 조사에서는 자전거이용자를 일정비를 포함시켰기 때문에 자전거를 포함한 수단간 비율은 큰 의미가 없다.

[그림 3-14] 도시철도 이탈수단별 분포(%)

4) 자전거이용자는 짧은 통행만 할까?

아래 그림은 도시철도이용자의 접근수단에 따른 출발지에서 목적지까지의 연계

통행 총통행시간을 나타낸 것이다. 실제로 단일 수단 자전거이용자는 짧은 통행거리를 나타내지만 도시철도와 연계하면 보는 바와 같이 약 73.6분의 통행시간을 갖는다.

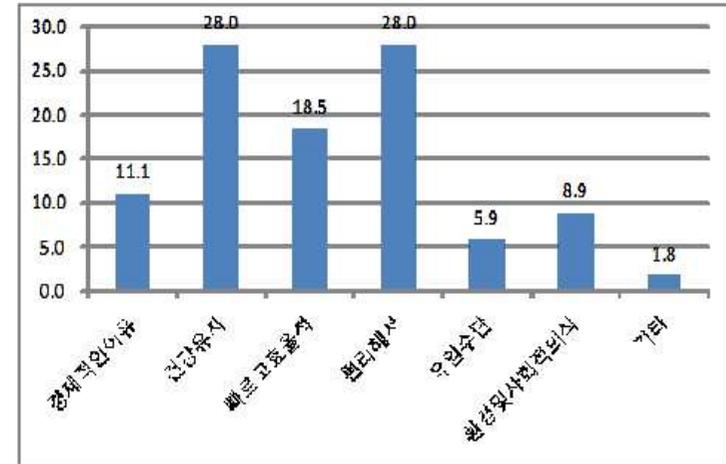
오히려, 다른 수단이용자보다 총통행시간이 더 길다. 이러한 의미는 자전거-대중교통 연계의 잠재력을 나타낸 것으로, 통행의 출발 및 도착지가 서울시 어느 곳이든 연계교통의 대상이 될 수 있음을 의미한다.



[그림 3-15] 접근수단별 연계통행의 총통행시간(출발지-목적지)

5) 자전거를 이용한 연계통행 이유는 편리성이 가장 크고, 불규칙적 이용자 보다는 규칙적 이용자가 편리성에 대한 효용이 높은 것으로 나타났다.

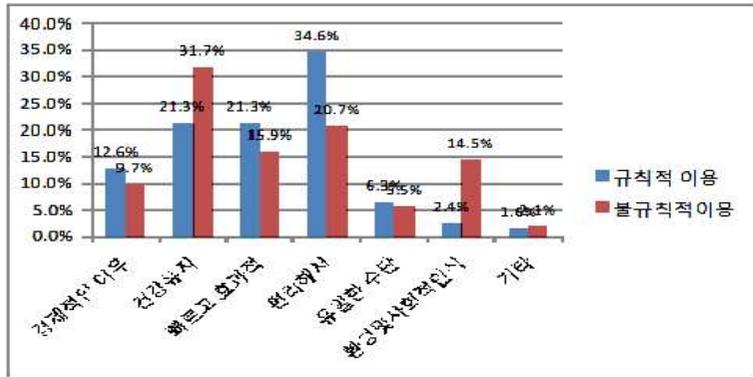
자전거를 이용한 연계통행의 이유는 편리성과 건강상의 이유가 가장 높은 것으로 나타났다. 일반 자전거이용 이유와 비교할 때, 상대적으로 편리성과 효율성의 비율이 높은 것으로 나타난 바, 연계통행은 교통수단을 대체할 수 있는 유효통행으로서 잠재력이 높다고 할 수 있다.



[그림 3-16] 자전거의 연계통행 이유(%)

또한, 통근 및 통학 등 생활교통 이용자는 편리성, 효율성에 주요한 수단선택 요인으로 작용한 것으로 판단된다. 이는 정책의 보다 큰 효과 즉, 대중교통의 활성화와 소통환경 개선, 환경오염 문제 등의 개선에 기여하는 통행은 생활교통이며, 이들은 주로 편리성과 효율성에 영향을 받는다.

결국, 자전거연계교통환경의 제고와 인센티브는 통근 및 통학 등 교통정책의 목표에 부합하는 유효교통수요를 진작시키는 수단이 될 수 있음을 의미한다.



[그림 3-17] 자전거의 규칙적 및 불규칙적 이용자간 자전거이용이유(%)

6) 연계통행 자전거는 야외자전거보관대를 가장 많이 이용한다.

자전거보관장소는 야외 보관대를 주로 이용하고, 실내보관소는 14%에 불과한 것으로 나타났다. 실내보관소의 부족은 도난과 파손의 우려가 높아 이용률을 떨어뜨리는 요소로 작용될 것으로 보인다.

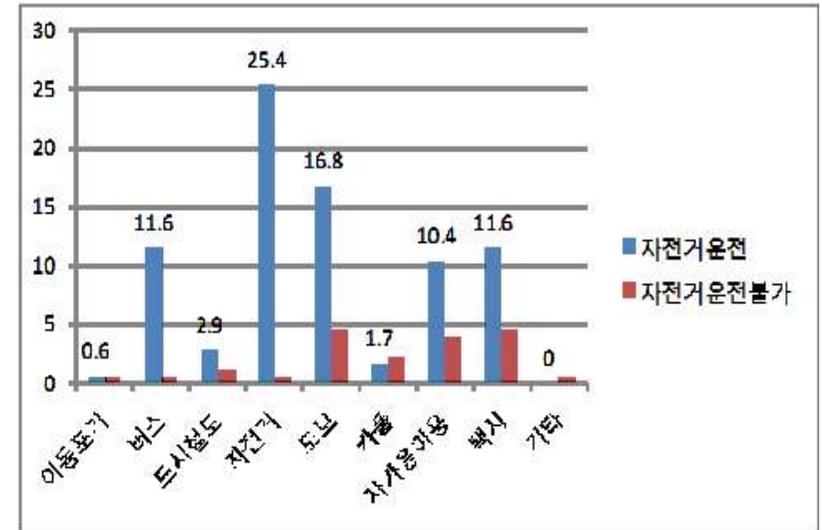


[그림 3-18] 자전거이용 연계통행자의 자전거보관장소(%)

7) 자전거를 탈 수 있는 사람의 대체수단으로 자전거를 이용할 가능성이 높다

자전거를 운전할 수 있는 사람이 향후 자전거이용자로 전환될 가능성이 훨씬 높은 것으로 나타났다. 즉, 유가의 지속적 상승, 수요관리정책 등으로 현재의 교통수단을 대체하여야 할 때, 고려하는 수단은 자전거운전 가능자와 운전할 수 없는 이용자간에 큰 차이를 보이고 있다.

결국, 현재는 자전거비이용자이나 정책환경의 변화시 자전거로 전환될 수 있는 잠재력은 자전거운전가능자가 훨씬 높다. 따라서, 자전거 운전면허교육 또한 자전거로의 전환유도를 위한 매우 중요한 정책요소라 하겠다.



[그림 3-19] 자전거운전여부에 따른 정책환경 변화에 따른 대체수단 선택분포(%)

제3절 B-TOD 연계교통의 문제점

자전거연계교통체계의 문제점은 크게 시설체계와 정책부문으로 구분할 수 있으며, 시설체계는 다시 접근체계, 환승, 대중교통수단내 자전거탑재 등으로 구분할 수 있으며, 정책은 법 및 제도가 있다.

이중에서 본 연구에서는 대전광역시의 자전거-대중교통연계통행과 관계가 깊다고 판단되는 접근체계, 환승, 대중교통수단내 자전거탑재, 제도중 토지이용과 관련된 부분을 살펴보았다.



[그림 3-20] 자전거 연계교통체계 문제점 분석구조

1. 접근체계 문제점

4개의 접근루트를 선정하여 일제조사를 실시한 결과, 다양한 문제점이 노정되었는데, 특히, 포장불량, 보행공간 협소, 불법주차 등이 주요한 문제점으로 지적되었다.

그리고, 잦은 골목길 및 주차시설로 인한 상충횟수가 많았는데, 평균적으로 약 63m마다 1번씩의 상충이 발생하고 있으며, 시간으로는 약 18초마다 한번씩 상충이 발생하고 있었다.

<표 3-14> 상충발생 빈도

구간	거리	상충횟수	평균상충 발생거리	평균상충 발생시간(초)
오룡역~충남여고~한사랑아파트	1.3km	23회	56	16
시청역~크로바아파트~청솔아파트	1.1km	13회	87	24
유성온천역~충남대학교	0.9km	22회	40	11
서대전네거리~센트럴아파트	0.8km	12회	70	19
평균(통행속도 13km/h 적용)			63.3	17.5



[그림 3-21] 대전 접근환경조사 상충 지점

2. 환승시설(주차장)의 문제점

1) 자전거 보관대(Bicycle Rack)

자전거와 대중교통의 연계를 위한 가장 초보적인 수준의 자전거교통연계시설은 자전거보관대이다. 이 시설은 7~10대의 자전거를 보관할 수 있는 규모를 기준으로 제작되며 차양을 설치하지 않는 개방형과 차양을 설치하는 것으로 구분하고 있다.

지자체 등에서는 재정형편에 따라 차이는 있지만 세워둔 자전거가 비나 눈 등으로부터 직접적인 영향이 미치지 않도록 훼손방지를 위해 차양을 설치하는 것이 일반적이다. 잠금장치 등 자체적인 보안시설이 없으며 자전거이용자가 잠금장치(자전거줄)를 휴대하고 다니면서 사용하여야 한다.

일반적으로, 자전거보관대의 구조는 매우 다양하나 기능적으로는 큰 차이가 없다.

완성된 보관대를 현장에 설치하기 때문에 시공이 간편하고, 실내주차장이나 기계식주차장에 비해 재정적인 부담이 적다는 등의 장점이 있으나 다음과 같은 문제점이 있다.

- 도난방지를 위한 잠금장치 등이 없다.
- 자전거의 훼손에 대한 근본적인 방지대책이 없다(체인, 변속기 등 주요부품 훼손)
- 주변 환경과의 부조화, 관리소홀 등으로 도시미관에 부정적인 영향을 준다.
- 주로 보도위에 설치되어 있어 보행자의 통행방해와 안전을 위협한다.
- 대부분 여유 공간을 이용하여 시설하기 때문에 접근성이나 편의성이 떨어진다.
- 다양한 형식에도 불구하고 기능성이 떨어져 활용도가 낮다.
- 관리자가 없이 무인으로 운영되고 있어 보안성이 없다.

앞에서 제시된 문제점들이 있음에도 불구하고 비용이 저렴하고 시공이 간편하기 때문에 많은 지자체가 선호하고 있는 시설이다. 대부분 지하철이나 버스 등 대중교통과의 환승을 위한 시설로 활용되고 있다.

최근에는 장기간 방치하는 자전거에 대한 조치를 위해 지자체 등에서 많은 활동

을 하고 있음에도 고장이나 관리소홀로 인한 폐기되어야 할 수준의 자전거들이 버려지기도 한다.

2) 보관함형 자전거주차시설(Bicycle Locker)

간이식 건물에 캐비닛 형태의 함을 설치하여 자전거를 보관할 수 있도록 한 시설이다. 보관함은 한 대의 자전거를 보관할 수 있도록 제작되어 있다. 그리고 보관함별 전자식 잠금장치가 설치되어 있으며 사용할 때마다 이용자가 번호를 비밀번호를 입력하도록 되어 있다.

이 시설을 사용하기 위해서는 사용자등록이 필요하며, 대부분 무인으로 운영된다.

■ 서울시 강남구

서울특별시 강남구의 경우, 안전하고 깨끗한 자전거보관으로 자전거이용저변확대를 목적으로 이 시설을 운영하고 있다.

- 설치장소 : 2호선 삼성역, 3호선 수서역과 학여울역
- 회원등록 후 사용
- 사용료 : 년 간 1만원
- 사용자제한 : 만 19세 이상 성인

보관함 이용등록절차는 다음과 같다.

- 이용을 원하는 자전거보관소 위치 확인
- 이용약관에 대한 동의 (신청자가 직접 확인)
- 자전거보관소이용신청서 접수 (강남구 홈페이지에서 직접작성)
- 연회비납부 (강남구청 계좌에 입금)
- 회원등록승인 (강남구홈페이지에서 자전거보관소이용신청서 확인)
- 출입카드 수령통지 (메세지)
- 자전거보관소출입카드수령 (신분증지참)

- 자전거보관소 이용신청은 온라인으로만 가능하며 신청순서대로 조치

이용방법 및 이용제한은 다음과 같다.

- 출입카드(IC카드)로 보관함이 설치된 시설의 출입문을 옴.
- 자전거를 비어있는 함에 보관 (정지버튼에 붙이 커진 후 입고버튼을 누르면 자동으로 자전거가 세워짐)
- 문을 닫고 개인 비밀번호를 지정하여 보관 완료
- 자전거를 찾을 때는 비밀번호 입력 후 출고버튼을 누름
- 기타 보관 자전거가 분실되거나 도난당하는 경우 본인 책임
- 자전거의 밤샘 주차금지외 장기 보관회원에 대한 이용제한

■ 서울시 지하철 6호선 석계역



[그림 3-22] 지하철 6호선 석계역

- 설치비용이 높은 것에 비하여 편의성, 확장성 등이 낮음.
- 경사도가 급경사여서 전동슬로프라도 불편함.
- 외제 도입으로 향후 고장에 따른 유지관리 곤란 예상
- 이동이 편리하고 설치비용 저렴하며 보안효과 강함.
- 반면, 비교적 이용수요가 많지 않은 곳에 한정적으로 설치
- 비효율적인 공간 활용

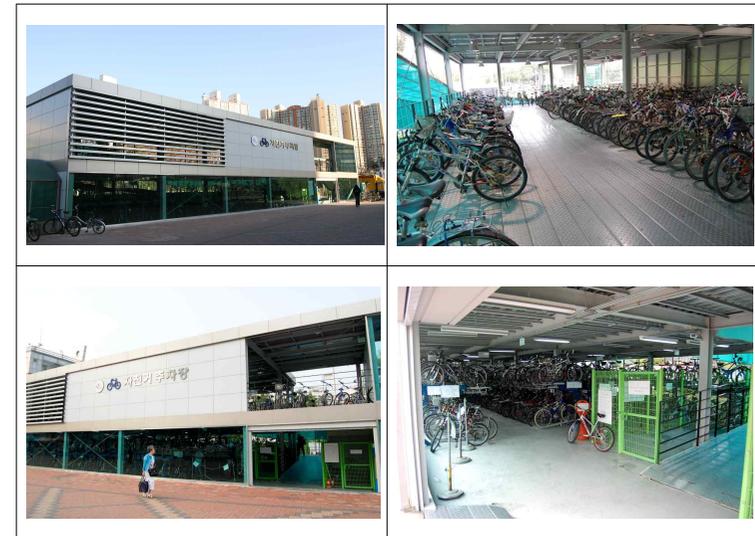
3) 대규모 실내자전거주차장

■ 신도림역 실내 자전거주차장

실내자전거주차장은 아직까지도 우리나라에서는 생소한 자전거시설이었지만, 2008년 12월에 지하철 2호선 신도림역에 지하철환승을 위한 대규모 실내 자전거 전용주차장이 완공되어 2009년 1월부터 본격적으로 운영되고 있다.

신도림역 2번 출구에 위치하고 있으며 2층 구조의 건물이며 건물내부 1층과 2층은 경사로에 의해 연결되어 자전거이동에는 불편함이 없다.

자전거주차차시설은 2단식 선반형(Rack)구조로 되어 있으며 모두 470대의 자전거를 주차할 수 있다.



[그림 3-23] 지하철 2호선 신도림역

- 누구나 자유롭게 이용할 수 있으며 상주하는 관리자가 없다.
- 폐쇄회로 카메라 등의 설치에도 불구하고 도난방지의 효과는 완벽하다고 할 수 없음.
- 공휴일에 건축허가를 받지 아니하는 가설 건축물로 축조되어 건설 규제를 받지 않음에 따라 시공 기간이 빨랐음.
- 그러나, 운영관리 시스템이 없는 일반 자전거 보관 장소로 방치자전거 발생 및 무료로 자전거를 주차하여 회전율이 매우 낮아 항상 포화 상태임.

■ 수유역 실내자전거주차장

2009년 12월 신도림 자전거주차장에 이어 지하철 4호선 수유역에 국내에서는 최대 규모의 자전거주차장이 완공되었다. 이 시설은 입·출입 통제시스템으로 구축되어 있어 개인별 출입카드가 있어야 사용이 가능하다. 운영시간은 평일 오전 6시부터 오후 11시, 토·일요일 오전 9시부터 오후 6시까지이며 명절연휴는 휴무이다.



[그림 3-24] 지하철 수유역

<표 3-15> 현재 운영 중인 실내자전거주차장 비교

구분	신도림역	수유역	
환승노선	지하철 2호선	지하철 4호선	
운영개시	2009년 1월(2008년 12월 완공)	2010년 1월(2009년 12월 완공)	
주차대수	470	750	
운영방법	상시근무자 없음	관리자 상시근무	
사용요금	무료	유료	
주차시설	자주식 2단주차장(선반형)	자주식 2단주차장(선반형)	
이용방법	누구나 자유롭게 이용	등록회원에 한해 출입가능	
사업비	540백만원	4,017백만 원 (공사비 1,227백만 원, 관급비 351백만 원, 이전비 2,493백만 원)	
기타	공기주입기	총간이동-컨베이어벨트 사물함 87개 자전거수리센터 관리실 CCTV 16대 비상벨 8대 공기주입기 3대	
시설 규모	구조	2층	지하1층, 지상3층
	대지면적		358.40㎡
	연면적	525㎡	1,116.33㎡

5) 노외 자주식 주차장

지하철역 주변, 주택가 등에 일정한 공간을 확보하여 자전거주차장으로 정비하는 방식이다. 실외에 설치된 자전거주차장은 주로 주택가나 역에서 좀 더 멀리 떨어진 곳에 주로 설치. 50~100대 규모의 보관규모가 보통이며, 유인 및 무인으로 운용이 가능하다.

아직, 자전거이용수요가 많지 않은 우리나라에서는 생소하지만 일본에서는 주택

가 및 역 주변에서 흔히 볼 수 있는 주차장이다. 그러나, 최근 이러한 시설의 낮은 보안성과 운영의 비효율성이 문제가 되면서 점차 실내주차장으로 바뀌고 있는 추세이다.

국내에서는 서울시 지하철5호선 개화산역에 정비된 자전거주차장 등이 있으나, 자전거와 지하철의 연계를 위한 환승주차장으로서의 제 역할을 찾지 못하고 있다. 이는 대규모적인 시설의 건설과 함께 수행되어야 할 행태특성분석, 접근환경, 환승 시설 등의 환경을 갖추지 않고 단지 시설만 공급한 때문으로 풀이된다.



[그림 3-25] 노외 자주식 주차장

6) 기계식자전거주차장

기계식자전거주차장은 시설공간의 활용측면에서 최근에 가장 주목받는 설치방식이다. 지상 및 지하에 건설할 수 있는데, 일본 등 자전거이용이 많은 국가에서는 도시미관과 지상공간을 환승 및 오픈 스페이스로 활용하기 위하여 지하방식이 권장되고 있다.

우리나라의 경우 지하공간을 확보한다거나 지상의 자전거전용주차타워를 설치한 사례는 없다. 기계식자전거주차장의 기본취지와는 다르기는 하지만 기계식시스템에 의해 운영되는 시설로는 영등포구청에 설치된 자전거주차장이다.

지금까지 운영결과, 기계식 자전거 주차장의 문제점은 다음과 같다.

- 버스, 지하철과의 연계통행체계 및 환승체계를 고려한 입지설정 미흡
- 이용의 편의를 위하여 4방의 접근방향별로 이용이 편리하도록 하여야 하나 접근방향 1개 루트로 제한
- 부주의 사용(바구니 탑재 자전거, 화물 자전거 등)으로 고장 발생빈도가 높아 사용 불편



[그림 3-26] 지하철 2호선 영등포구청 기계식(지하)



[그림 3-27] 지하철 2호선 영등포구청 기계식(지하)

3. 도시구조 및 토지이용정책의 문제점

1) 중저밀도 시가지의 팽창

우리나라의 비교적 밀도가 높은 국내 도시의 경우에도 평균적인 밀도는 서울과 부산을 제외한 광역시를 기준으로 약 1,000명~2,800명/km²을 유지하고 있다. Calthorpe(1993)이 제시한 약 610m 거리 내, 44호/ha(13,200명/km²)를 충족하는 밀도는 몇 개 대도시에 불과하다. 따라서, 기존의 도시 및 도시개발방식은 이러한 중저밀도 도시개발을 가속화하고 자전거, 보행, 대중교통의 활성화를 달성하기에는 어려움이 있다.

<표 3-16> 대도시의 시가지 인구밀도 비교

구분	인구(천명)	총밀도(명/km ²)	순밀도(명/km ²)	시가화밀도(명/km ²)
서울	10,373	17,131	48,114	31,383
부산	3,812	5,017	40,831	23,445
인천	2,562	2,656	35,436	17,342
대구	2,538	2,866	34,297	17,459
대전	1,391	2,577	25,342	14,190
광주	1,375	2,742	29,349	14,445
울산	1,044	988	28,125	9,228

자료 : 이재영(2007), “지방대도시 대중교통의 특성과 제도적 개선방안”, 대한교통학회 충청지회 제 2차 학술발표회 proceedings, 재인용

2) 도시개발의 광역화로 인한 장거리 통행의 증가

1980년대 말부터 본격적으로 시행된 신도시개발은 장거리통행을 증가시켰으며, 이로 인하여 자전거 및 보행교통의 위축을 가져온 것으로 판단된다.

제 4 장

B-TOD의 역세권 설정 및 추진전략

제1절 B-TOD 역세권 추정

제2절 대전광역시 B-TOD의 도입 전략

제 4 장 B-TOD의 역세권 설정 및 추진전략

제 1 절 B-TOD의 역세권 설정

1. 역세권 설정

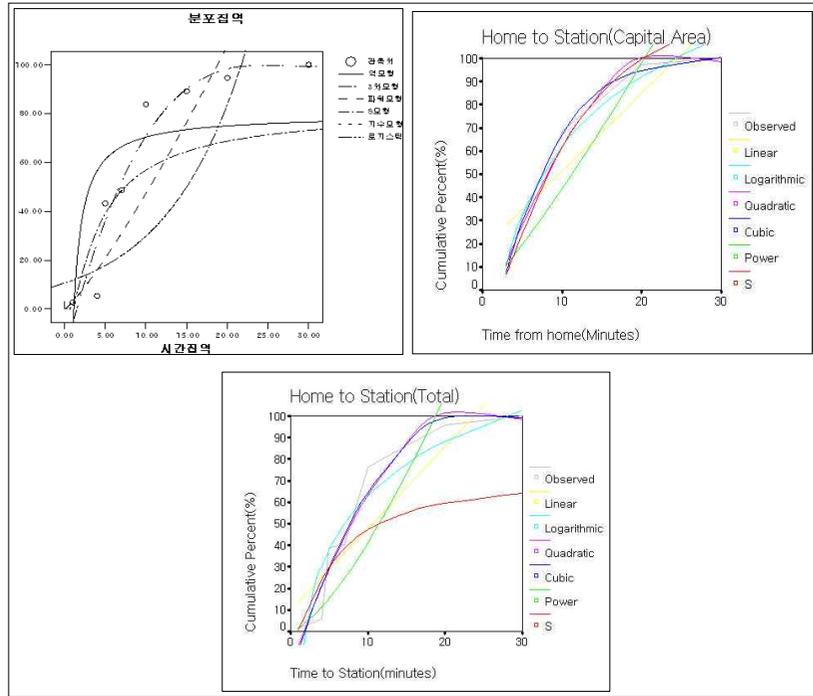
앞 절에서 살펴보았듯이 자전거를 이용한 연계통행형태는 4가지로 구분되며, 각각의 연계통행에서 우리가 관심을 가지는 (가정)↔역(station) 혹은 역(station)↔직장(Work)간 통행이 발생한다. 따라서, 본 연구에서는 통행지역을 3가지로 구분하고 4가지 통행패턴 가운데에서 '거주지(가정)↔역(station) 및 역(station)↔직장(Work)간'의 자전거통행만을 추출하여 6개의 누적분포모형을 추정하였다(<표 4-2> 및 <표 4-3> 참조).

<표 4-1> 자전거-대중교통 연계통행수

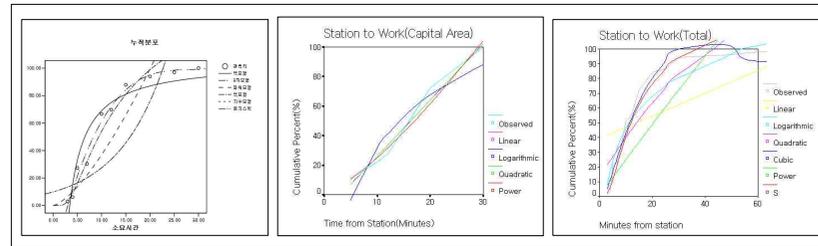
Region	가정-역 Type 1	가정-역 Type 2-1	역-직장 Type 2-2	가정-역 Type 3-1	역-직장 Type 3-2	역-직장 Type 4	합계
대전	29	7	6	1	1	26	70
수도권	28	1	1	6	6	11	53
계	57	8	8	8	8	37	123

[그림 4-1]과 [그림 4-2]는 각각 거주지(가정)↔역(station) 그리고 역(station)↔직장(Work)간 통행분포와 통행시간과의 관계를 회귀모형으로 추정한 결과를 보여주고 있다. 그림에서 나타나듯이 본 연구에서 적용한 회귀모형들이 통행분포를 대체로 잘 설명해 주고 있는 것으로 나타났다.

통행분포의 추정결과를 연계통행의 기종점에 따라서 거주지(가정)↔역(station) 그리고 역(station)↔직장(Work)으로 구분하여 설명하면 다음과 같다.



[그림 4-1] 회귀모형의 추정(가정->역)통행



[그림 4-2] 회귀모형의 추정(역->직장(목적지)통행)

먼저, 회귀모형을 이용한 출발지(가정)↔역(station)간 통행분포모형의 추정결과, <표 4-2>와 같이 다양한 회귀모형을 이용하여 추정이 가능한 것으로 나타났다. 그림에서 보는 바와 같이 전체적으로 통행분포는 회귀모형으로 잘 설명되고 있다. 즉, 모형의 적합도를 나타내는 R^2 는 3가지 모형 모두 높게 나타났으며, 지방부인 대전광역시는 Cubic Regression 모형이 가장 모형설명력이 좋은 것으로 나타났다. 또한, 수도권과 지방부 및 수도권을 합한 전체 통행분포모형은 2차 회귀모형의 설명력이 높은 것으로 나타났다.

<표 4-2> 회귀모형(가정->역)통행

Region	Regression Model	R^2	Sig	
Daejeon City	$y = -18.73 + 13.2621x - 0.4899x^2 + 0.006x^3$	0.928	0.009	Cubic Regression
Capital Area	$y = -16.600 + 9.8558x - 0.2006x^2$	0.985	0.002	Quadratic Regression
Total	$y = -16.325 + 10.0176x - 0.2065x^2$	0.949	0.000	Quadratic Regression

다음으로, 역(station)↔직장(Work)간 통행분포모형의 추정결과, 역시 회귀모형으로 충분히 분포를 설명할 수 있는 것으로 나타났다. 특히, 수도권의 경우, 단순 1차 회귀식만으로도 높은 설명력을 보이고 있는 바, 통행누적분포와 시간은 비례한다고 할 수 있다. 따라서, 이러한 모형을 이용하여 공간적 거리와 통행분포를 충분히 설명할 수 있을 것으로 판단된다.

<표 4-3> 회귀모형(역 → 직장(목적지)통행)

Region	Regression Model	R ²	Sig	
Daejeon City	$y = -39.948 + 14.7241x - 0.5238x^2 + 0.0063x^3$	0.984	0.000	Cubic Regression
Capital Area	$y = -12.222 + 3.8164x$	0.976	0.000	Linear Regression
Total	$y = -14.599 + 6.963x - 0.1232x^2 + 0.0006x^3$	0.975	0.000	Cubic Regression

위의 6가지 모형에 85퍼센타일 통행누적분포⁶⁾를 적용하여, 거주지(가정)↔역(station) 그리고 역(station)↔직장(Work)간의 자전거연계통행 한계거리를 추정한 결과, '거주지(가정)↔역(station)'은 2.30km, '역(station)↔직장(Work)간'은 3.50km로 추정되었다⁷⁾.

지역별로는 수도권보다는 지방지역의 연계통행 한계거리가 짧은 것으로 나타났으며, 통행종류별로는 '거주지(가정)↔역(station)간 통행거리가 역(station)↔직장(Work)간 연계통행거리보다 상대적으로 짧은 것으로 나타났다. 또한, 평균통행거리는 거주지(가정)↔역(station) 그리고 역(station)↔직장(Work)간의 자전거연계통행 평균거리는 각각 1.62km, 2.34km인 것으로 나타났다.

분석결과에 의하면, 자전거를 이용한 연계통행의 공간적 범위는 기종점의 연계통

6) 도보통행을 기준으로 한 역세권의 크기설정에서 奥平耕造(1982)가 90% 누적수요를 사용한 경우도 있으나, 자전거통행의 경우, 상대적으로 도보통행에 비하여 표준편차가 커 평균의 의미가 약하다

므로 본 연구에서는 교통공학에서 속도조사 및 속도의 분산($\frac{\sum f_i(x_i)^2 - \frac{1}{n}(\sum f_i(x_i))^2}{n-1}$)에 활용하는 기준 속도 85퍼센타일 속도를 적용하였다(자료:이용재(2003), 『교통공학의 이해』, pp.202-220, 중앙대학교).

7) 한계거리 추정에 활용한 자전거통행의 통행속도(km/h)는 10.01km/h를 적용하였는 바, 이는 자전거이용자 통행실태 조사(N=230) 결과(대전광역시, 2009)에 따른 것이다.

행형태에 따라 다르게 나타나며, '거주지(가정)↔역(station)간 통행의 경우, 평균 1.62km~최대2.30km, '역(station)↔직장(Work)간'의 경우, 평균2.34km~최대3.50km 구간으로 설정되었다. 또한, 이 구간내에서의 거리별 통행분포는 추정된 회귀모형에 따른다.

이러한 결과는 기존 연구(이재영·임윤택, 2010)보다 더 커진 것이며, 보행을 중심으로 한 TOD 계획범위보다 자전거를 중심으로 한 B-TOD의 역세권 면적은 최소 10배(거주지(가정)↔역(station))~최대49배(역(station)↔직장(Work))로 나타나며, 이는 곧 대중교통수단의 수요권역이 될 수 있음을 의미한다.

<표 4-4> B-TOD의 공간적 범위 추정

구분	지역	평균접근 시간(분)	평균접근거리 (km)	접근시간 (분)	접근거리 (km)
가정 → 역(驛)	대전	9.4	1.5	13.3	2.2
	수도권	11.0	1.8	14.7	2.4
	전체	10.2	1.6	14.4	2.3
역(驛) → 목적지	대전	11.1	1.8	15.2	2.5
	수도권	21.5	3.4	25.5	4.1
	전체	14.8	2.3	21.9	3.5

2. 대전광역시 자전거 역세권역 추정결과

이상에서 살펴본 바와 같이, 자전거를 기반으로 한 역세권은 85퍼센타일의 누적분포를 이용하였을 때, 통행한계거리는 약 2.2km인 것으로 나타났다.

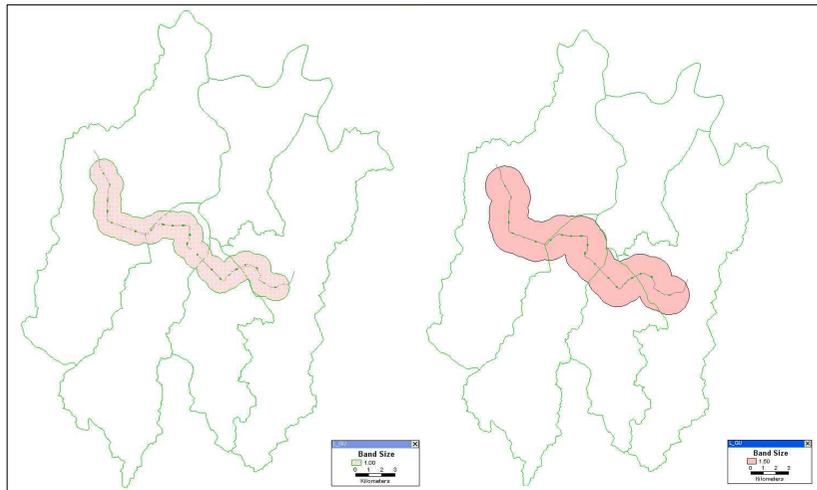
그러나, 실질적으로 2.2km에서 통행하는 비율은 높지 않기 때문에 본 연구에서는 평균적인 통행거리를 기준으로 대전시에 적용하여 자전거의 역세권 범위를 추정하였다.

대전시에서 운영중인 도시철도 1호선을 기준으로 역세권을 적용한 결과, 역세권

을 1.0km로 적용하였을 때, 역세권역에 포함되는 면적은 42.8km²로 나타났다. 또한, 1.5km를 적용하면 66.5km²로 나타났다. 이는 시가화면적의 각각 31.3%와 48.7%에 해당하는 면적이다.

<표 4-5> 대전광역시 B-TOD 역세권역 면적

구분	면적(km ²)	면적에 대한 B-TOD권역 비율(%)
도시용도지역 면적	539.7	-
주거, 상업, 공업지역 면적	136.5	-
역세권면적(1.0km반경)	42.8	31.3
역세권면적(1.5km반경)	66.5	48.7



[그림 4-3] B-TOD 역세권역 면적

제 2 절 대전광역시 B-TOD의 도입 전략

1. 자전거 연계교통체계 구축 방향 및 전략

자전거를 이용한 대중교통연계교통체계(Bicycle Based TOD)는 우리나라와 같이 이미 도시화가 진행된 도시에 적합하다. 즉, 인위적인 도시구조의 변경이 어려우며 상당부분 이미 고밀개발이 이루어진 역세권을 대상으로 고밀개발, 복합적 토지이용을 기초로 하는 전통적인 개념의 대중교통중심개발(TOD)을 수용하기에는 한계가 있다.

따라서, 고밀개발에 따른 쾌적성의 저하를 방지하고, 복합적 토지이용을 유지하며, 보행은 물론 자전거를 주요 접근수단으로 하는 자전거기반 대중교통중심개발(B-TOD)을 대안으로 고려할 필요가 있다.

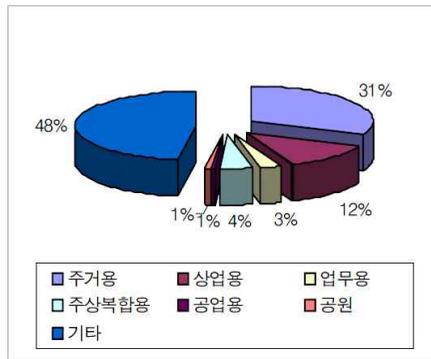
B-TOD방식의 TOD를 위하여 다음과 같이 우리나라 실정에 맞는 TOD의 전략을 도출하고, 여기에 자전거를 접근수단으로 하는 개발전략을 접목할 필요가 있다. 아직까지 국내에서의 TOD에 대한 모델이 정립되지 않았기 때문이다.

첫째, 대전시의 도시특성에 맞는 TOD전략방식의 도출이다.

- 기존 연구결과에 의하면, 업무 및 상업중심의 고밀도 특성과 토지이용의 복합화, 그리고 협소한 가로망이 대중교통이용증대에 긍정적 영향을 미치는 것으로 나타났다. 반면, 접근성이 좋지 않거나 상업시설 등이 없이 주거중심의 특성, 간선도로 위주로 큰 규모의 건물군이 형성되어 있는 경우 대중교통이용증대에 부정적인 영향이 있었다⁸⁾.
- 대전시의 500m 보행역세권내 토지이용을 보면, 주거용도가 31.4%인 반면, 주상복합적 토지이용은 4.3%에 불과한 것으로 나타났다.

8) 성현곤외(2008)

트지이용상황	면적(㎡)	비율(%)
주 거 용	4,603,965	31.4
상 업 용	1,819,216	12.4
업 무 용	430,767	2.9
주 상 복 합 용	626,409	4.3
공 업 용	75,023	0.5
공 원	126,218	0.9
기 타	6,971,716	47.6
합 계	14,653,314	100.0



자료) 김홍태(2004), p.22

[그림 4-4] 지하철 1호선 토지이용상황(500m Buffer Zone)

- 기존에 도시가 형성되어 있고, 역세권내 도시개발밀도가 도시전체 평균에 비하여 상대적으로 고밀개발되어 있는 대전시와 같은 경우는 토지밀도보다는 용도의 복합성을 추구할 필요가 있다⁹⁾.

둘째, TOD전략방식의 효율성 제고를 위한 자전거기반 TOD 전략을 추진할 필요가 있다.

- 첫째, 자전거 연계환승체계는 “접근환경 - 환승환경 - 대중교통수단”을 종합적으로 고려하는 일체적인 정비를 실시하여야 한다. 왜냐하면, 자전거를 이용하여 도시철도로 환승을 결정하는 것은 개별적인 환경이 연계된 ‘일체적인 시스템’이기 때문이다.
- 자전거이용도 및 이용행태를 고려한 연계환승체계는 자전거탑재형 환승보다는 bike and ride형 환승통행을 중심으로 구축할 필요가 있다.
- 셋째, 시설개선 등 하드웨어 뿐 아니라 제도개선 및 문화정착을 위한 소프트웨어

9) 서울시 역세권내 도시개발밀도는 서울시 전체에 비하여 2.21배이다.

부문 중요하게 고려하여야 한다.

- 자전거 연계교통권역의 설정을 통한 가정약적 설계 및 환경 개선이 필요하다. 이때, 확실적인 역세권 설정은 지양하여야 한다. 앞서 분석한 바와 같이 자전거 통행권은 도시에 따라서 다를 수 있기 때문이며, 이는 곧 개발비용으로 연계되기 때문이다.
- 이용편의성을 고려한 전철역의 환승시설을 정비할 필요가 있다. 자전거를 이용한 환승은 이용편의성이 의사결정에 큰 영향을 미치는 것으로 나타난 바, 자전거보관대 및 주차장 등의 설계는 이용편의성을 중심으로 설계하여야 한다.
- 표준모델지역 설계를 통한 계획 및 설계 기법 확산을 도모할 필요가 있다. 자전거 이용 잠재력이 높은 곳을 중심으로 선정하고, 자전거이용환경의 가정약적 정비를 통하여 효과를 극대화할 수 있기 때문이다.

2. B-TOD 계획요소 및 설계 개선방안

자전거를 이용한 대중교통연계교통체계(Bicycle Based TOD)의 도입을 위해서는 도입에 필요한 계획요소를 설정하고, 각 요소에 대한 설계방향을 제시할 필요가 있다.

B-TOD의 계획요소는 가장 먼저 해당권역의 계획권역을 설정하고, 접근환경과 주차장, 환승시설 등의 환승환경, 대중교통탑재용 시설, 도심 토지이용 등으로 구분하여 계획의 원칙을 제시하였다.

<표 4-6> B-TOD 계획요소 및 설계 개선방안

계획요소		설계기법
○ 계획권역 설정		- 지역별 접근성 차이를 고려한 계획권역 설정을 통한 효율성 제고
○ 접근환경 -안전성 -주행성 -연속성 -연계성 -쾌적성 및 안락성		- 주거지 및 스쿨존에서의 교통정온화기법의 적용 - 교차로 개선 + 평면교차로, 접속부분에서의 시인성 확보 + 상충을 최소화하기 위한 우회전처리 - 버스정류장 구간의 설계 개선
○ 환승환경	-주차장	- 주차용량, 공간효율성, 도난방지율, 설치 및 유지관리 비용을 고려한 이용권역 특성별 자전거주차장 설치지침 마련 - 주변경관 등을 고려한 디자인 가이드 라인 마련 - 첨단기계식실내자전거주차장 설치 적극 장려 (도시미관 및 지상공간의 활용성을 고려 지하 매설식 권장) - 자전거주차장의 설치에 따른 교통유발부담금 감면, 자전거주차장 설치 시 자금지원, 세제혜택 제공 검토 - 자전거주차장 관련 기술개발 지원 + 자전거신호운영시스템, 자전거도난방지시스템, 자전거주차장 무인요금징수시스템, 실시간 주차정보시스템 등
	-환승편의시설	- 환승센터는 자전거이용정보, 기타 연계정보 등 제공
○ Bike on Transit		- 버스의 자전거탑재 허용(Front mounted and Rear mounted bus)및 탑재시설 갖추도록 정책수립 + 준공영제 버스운영 시, 탑재 및 연계계획 제시하도록 함 + 국내의 버스혼잡도 등을 고려할 때, 내부 탑재는 곤란
○ 도심 토지이용		- 콤팩트형 도시개발 장려 - 밀도에 의한 인센티브 부여
○ Bike & Ride Zone설치 및 운영		- 1단계 : 국가주도 시범구역 설치 운영 + 단기간 활성화 및 모델 제시를 위한 bike and ride zone 시범 설치 및 운영 - 2단계 : 지자체주도 시범구역 설치 및 운영

제 5 장

결론 및 정책 제언

제1절 결론

제2절 정책 제언

제 5 장 결론 및 정책 제언

제 1 절 요약 및 결론

최근 도시개발과 교통부문에 지속가능성에 대한 관심이 증가하면서 TOD(Transit Oriented Development)의 계획개념이 이전보다 훨씬 더 큰 주목을 받고 있다. 에너지 및 환경문제는 더 이상 선언적이고 수동적인 정책대상이 아니라 미래 도시관리에 있어서 반드시 고려하여야 하는 지속가능성의 문제이기 때문이다.

특히, 대전시는 자동차의존도가 60%에 이르고 있어 TOD를 중심으로 한 지속가능성 제고는 도시구조 및 교통체계측면의 새로운 정책대안으로 판단된다.

이러한 배경하에서 본 연구는 기존 보행중심의 TOD를 자전거중심의 TOD(B-TOD)로 개념을 확장하여 정립하고, 자전거기반 통행행태에 근거한 B-TOD의 통행권역을 추정함으로써 TOD 적용의 현실성을 제고하고자 하였다.

자전거통행에 기반한 B-TOD는 TOD개념을 수용하면서 추가적으로 자전거의 통행행태를 반영하는 개념이다. B-TOD는 기존의 보행에 기반 한 역세권과 비교하여 접근성면에서 큰 잠재력이 있다. 즉, 보행역세권보다는 약 36배의 대중교통이용권역(Catchment area) 확장효과가 있다.

본 연구에서는 연계통행실태조사, 연계교통체계에 대한 인식조사, 접근성 및 환승체계 조사 등을 실시하고, 이를 바탕으로 구체적인 역세권역의 범위와 대전시의 추진전략을 도출하였다.

주요 조사결과는 다음과 같다. 연계통행유형은 ‘가정→자전거→대중교통→보행→직장’의 유형이 가장 많았으며 그 다음으로는 ‘가정→보행→대중교통→자전거→직장’으로 나타났다. 즉, 아직까지 자전거를 이용하여 출근을 하더라도 가정과 직장 중 한쪽 방향에서만 자전거를 이용하는 것으로 나타났다.

자전거를 이용하여 역에서 환승하는 목적은 통근과 통학목적이 전체의 절반 이

상을 차지하는 것으로 나타났다. 특히, 대전의 경우는 약 65%가 통근, 통학 등 일상통행으로 연계통행을 하고 있는 것은 연계통행의 잠재력을 의미한다 하겠다.

환승의 불편은 연계통행수요와 직결되는 중요한 문제인데, 이용 가능한(Acceptable) 자전거환승시설의 최대거리는 역사 출입구로부터 50m 이내가 84%로 나타났다.

시설적인 문제점 외에 제도 및 토지이용상의 문제점도 있다.

우리나라의 비교적 밀도가 높은 국내 도시의 경우에도 평균적인 밀도는 서울과 부산을 제외한 광역시를 기준으로 약 1,000명~2,800명/km²을 유지하고 있다. Calthorpe(1993)이 제시한 약 610m 거리 내, 44호/ha(13,200명/km²)를 충족하는 밀도는 몇 개 대도시에 불과하다. 따라서, 기존의 도시 및 도시개발방식은 이러한 중저밀도 도시개발을 가속화하고 자전거, 보행, 대중교통의 활성화를 달성하기에는 어려움이 있다.

자전거를 이용한 연계통행의 공간적 범위는 기종점의 연계통행형태에 따라 다르게 나타나며, '거주지(가정)↔역(station)'간 통행의 경우, 평균1.6km~최대2.3km, '역(station)↔직장(Work)간'의 경우, 평균2.3km~최대3.5km 구간으로 설정되었다.

이상에서 살펴본 바와 같이, 자전거를 기반으로 한 역세권은 85퍼센타일의 누적분포를 이용하였을 때, 통행한계거리는 약 2.2km인 것으로 나타났다. 그러나, 실질적인 통행거리를 고려하여 역세권을 1.0km로 적용하였을 때, 역세권역에 포함되는 면적은 42.8km²로 나타났다. 또한, 1.5km를 적용하면 66.5km²로 나타났다. 이는 시가화면적의 각각 31.3%와 48.7%에 해당하는 면적이다.

이러한 조사결과 및 B-TOD 권역 추정결과를 바탕으로 대전광역시의 B-TOD의 도입 전략을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 대전시의 도시특성에 맞는 TOD전략방식의 도출이다.

- 기존 연구결과에 의하면, 업무 및 상업중심의 고밀도 특성과 토지이용의 복합

화, 그리고 협소한 가로망이 대중교통이용증대에 긍정적 영향을 미치는 것으로 나타났다. 반면, 접근성이 좋지 않거나 상업시설 등이 없이 주거중심의 특성, 간선도로 위주로 큰 규모의 건물군이 형성되어 있는 경우 대중교통이용증대에 부정적인 영향이 있었다¹⁰⁾.

- 대전시의 500m 보행역세권내 토지이용을 보면, 주거용도가 31.4%인 반면, 주상복합적 토지이용은 4.3%에 불과한 것으로 나타났다.
- 기존에 도시가 형성되어 있고, 역세권내 도시개발밀도가 도시전체 평균에 비하여 상대적으로 고밀개발되어 있는 대전시와 같은 경우는 토지밀도보다는 용도의 복합성을 추구할 필요가 있다¹¹⁾.

둘째, TOD전략방식의 효율성 제고를 위한 자전거기반 TOD 전략을 추진할 필요가 있다.

- 첫째, 자전거 연계환승체계는 “접근환경 - 환승환경 - 대중교통수단”을 종합적으로 고려하는 일체적인 정비를 실시하여야 한다. 왜냐하면, 자전거를 이용하여 도시철도로 환승을 결정하는 것은 개별적인 환경이 연계된 ‘일체적인 시스템’이기 때문이다.
- 자전거이용도 및 이용행태를 고려한 연계환승체계는 자전거탑재형 환승보다는 bike and ride형 환승통행을 중심으로 구축할 필요가 있다.
- 셋째, 시설개선 등 하드웨어 뿐 아니라 제도개선 및 문화정착을 위한 소프트웨어 부문 중요하게 고려하여야 한다.
- 자전거 연계교통권역의 설정을 통한 가정약적 설계 및 환경 개선이 필요하다. 이때, 획일적인 역세권 설정은 지양하여야 한다. 앞서 분석한 바와 같이 자전거 통행권은 도시에 따라서 다를 수 있기 때문이며, 이는 곧 개발비용으로 연계되기 때문이다.

10) 성현곤외(2008)

11) 서울시 역세권내 도시개발밀도는 서울시 전체에 비하여 2.21배이다.

- 이용편의성을 고려한 전철역의 환승시설을 정비할 필요가 있다. 자전거를 이용한 환승은 이용편의성이 의사결정에 큰 영향을 미치는 것으로 나타난 바, 자전거보관대 및 주차장 등의 설계는 이용편의성을 중심으로 설계하여야 한다.
- 표준모델지역 설계를 통한 계획 및 설계 기법 확산을 도모할 필요가 있다. 자전거 이용 잠재력이 높은 곳을 중심으로 선정하고, 자전거이용환경의 가정약적 정비를 통하여 효과를 극대화할 수 있기 때문이다.

제 2 절 정책 제언

본 연구결과를 바탕으로 한 정책제언을 하면 다음과 같다.

첫째, 도시관리방향의 재설정

- 그 동안 연구결과에 의하면 대중교통접근성이 좋지 않거나 상업시설 등이 없이 주거중심의 지구형성, 간선도로 위주개발 등은 대중교통이용에 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타난 바, 외곽지역 택지개발방식의 도시관리방향은 재검토 필요

둘째, 기존에 도시가 형성되어 있고, 역세권내 도시개발밀도가 도시전체 평균에 비하여 상대적으로 고밀개발되어 있는 대전시와 같은 경우는 토지밀도보다는 용도의 복합성을 추구할 필요가 있다.

셋째, 기존 TOD전략방식의 효율성 제고를 위한 자전거기반 TOD 전략을 마련하고, “접근환경 - 환승환경 - 대중교통수단”의 ‘일체적인 시스템’정비 필요

넷째, 각 역세권을 중심으로 자전거 연계교통권역의 설정하고 시범사업을 통한 잠재력 확인

참 고 문 헌

- 1) 김성화·이창무·안건혁(2001), “대중교통으로의 보행거리가 통행수단선택에 미치는 영향”, 「국토계획」 제36권, 제7호, pp. 297~307
- 2) 김태호·이용택·황의표·원계무(2008), “CART분석을 이용한 신도시지역의 지하철 역세권 설정에 관한 연구”, 「한국철도학회논문가정」 제11권, 제3호, pp. 216~224
- 3) 김홍태(2004), 「지하철 개통에 따른 역세권 정비방향 연구」, p.22
- 4) 대전광역시(2009), 「대전광역시 자전거이용시설 기본계획 제정비」
- 5) 박지형·노정현·성현곤(2008), “구조방정식모형을 활용한 TOD 계획요소의 대중교통이용효과분석-서울시 역세권을 중심으로-”, 「국토계획」 제43권, 제5호, pp. 135~151
- 6) 성현곤·김옥연·김진유(2008), “대중교통지향형개발(TOD)의 의의와 바람직한 개발방향”, 「도시정보」 통권 제321호, pp. 3~14
- 7) 성현곤·김동준·박지형(2008), 서울시 역세권에서의 토지이용 및 도시설계특성이 대중교통이용증대에 미치는 영향 분석, 대한교통학회지 제26권 제4호, pp.135~146.
- 8) 이용재(2003), 「교통공학의 이해」, 중앙대학교
- 9) 이재영·김형철(2002), “컴팩트 도시의 에너지 효율성 및 대중교통 접근성에 관한 연구”, 「국토계획」 제37권, 제7호, pp. 241~254
- 10) 이재영(2007), “지방대도시 대중교통의 특성과 제도적 개선방안”, 「대한교통학회 충청지회 제2차 학술발표회 발표논문가정」
- 11) 이재영·임윤택·이상호(2010), “u-Bike 서비스의 분류와 적용 우선순위 연구”, 「대한교통학회지」 제28권, 제3호, pp.7~17
- 12) 임영태(2009), 대중교통연계를 통한 자전거이용 활성화정책, 국토정책Brief, 제226호, 국토연구원
- 13) Advani and Tiwari(2006), “Bicycle- As a feeder mode for bus service”, Proceedings of 2006 Velo Mondial Conference
- 14) Arbury, J.(2005) From Urban Sprawl to Compact City: An Analysis of Urban Growth Management in Auckland, Master Thesis, University of Auckland
- 15) Becky P.Y. Loo(2009), How would people respond to a new railway extension? The value of questionnaire surveys, Habitat International, 33, 1-9.
- 16) Bernick, M., Cervero, R.,(1997), The Transit Village in the 21st Century, McGraw-Hill, New York.
- 17) Black, J.(1996), "Higher Density Housing and Transport in Australian Cities in Transport", in Hayashi, Y. and Roy J.(eds.) Land Use and the Environment,

Kluwer Academic Publisher

- 18) Calthorpe, P.(1993), *The Next American Metropolis: Ecology, Community, and the American Dream*, Princeton Architectural Press
- 19) Cervero, R.(1994), Transit-based housing in California:evidence on ridership impact. *Transport Policy* 3, 174–183.
- 20) Cervero, R. and K. Kockelman(1997). "Travel Demand and the 3Ds: Density Diversity and Design". *Transportation Research D*. vol. 2 no. 3, pp. 199–219
- 21) Cervero, R.,(2001), Efficient urbanisation : economic performance and the shape of the metropolis, *Urban Studies*, 38(10), 1651–1671.
- 22) Corbett, J., Zytkofsky, P.,(1999), *Building livable communities: a policymaker's guide to transit-oriented demand*. Local Government Commission, CA.
- 23) Chang and Yu(2004), Travel and activity choices based on a individual accesibility model, *Regional Science* 83(2), 387–406.
- 24) Crane, R and R. Crepeau(1998). "Does neighborhood design influence travel? A behavioral analysis of travel diary and GIS data" *Transportation Research D*, vol 3 no. 4, pp. 225–238
- 25) Daejeon Development Institute(2009), *Bicycle Master Plan of Daejeon Metropolitan City*
- 26) Feldman, W.(1981), Bicycle and a Collector Mode for Commuter Rail Trips, *Transportation Research Record* 808): 61–67
- 27) Gordon, P. and H. Richardson(1997), "Are Compact Cities a Desirable Planning Goal?", *Journal of the American Planning Association*, Vol. 63 Issue 1, pp. 95~106
- 28) Holladay, D.(2000), Cycling with Public Transport: Combined in Partnership, not Conflict, in H. McClintock (ed), *Planning for cycling*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, pp. 110–140.
- 29) Hook, W.(1994), Role of Nonmotorized Transportation and Public Transport in Japan's Economic Success, *Transportation Research Record*(1441) : 108–111.
- 30) Hudson, M.(1984), What future for the bicycle ?, in Y. Tsukio(ed), *New Transportation systems Worldwide–Part 2*, Process Architecture Publishing Co, Tokyo, Japan.
- 31) J.J. Lin and C.C. Gau(2006), A TOD planning model to review the regulation of allowable development densities around subway stations, *Land Use Policy* 23:353–360.
- 32) Julian James Reynolds(2005), 421–401 Techniques of Research and Investigation Written Report Combining Bicycles and Public Transport, The University of Melbourne(<http://www.all-change.org/docs/bikesandtransit.pdf>), p.28–31
- 33) Kaneko, Y., Fukuda, A.(1999), A location control model for transit oriented development. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies* 3(4), 137–148.
- 34) Korea Transport Institute(2010), 「2009 National Transportation Demand Survey」
- 35) La Greca P., et al(2011), The density dilemma. A prooosal for introducing smart growth principles in a sprawling settlement within Catania Metropolitan Area. *J. Cities*.
- 36) Lee, J. and Y. T. Leem, "Conceptualization of U-bike Service and its Adoptability", *Proceedings of 2nd Knowledge cities Summit*, 5–6 Nov. 2009, Shenzhen, China
- 37) Lin, J.,J., Feng, C.M.(2003), A bi-level programming model for the land use network design problem. *Annalls of Regional Science* 37, 93–105.
- 38) Martens, K.(2004), "The bicycle as a feeder mode: experiences from three European countries, *Transportation Research D*, vlo 9 pp. 281–294
- 39) Matthew Ensor and Jonathan Slason(2010)
- 40) McClintock, H.(1992a), Cycling and public transport, in H. McClintock(ed), *The Bicycle and City Traffic*, Belhaven Press, London, pp.3–18.
- 41) Metropolitan Transportation Association(2007), 「2006 Person Trip Survey of Capital Area」
- 42) Moon, H.,(1990), Land use around suburban transit stations. *Transportation* 17(1), 67–88
- 43) O'sullivan, S., Morral, J.,(1996), Walking distances to and from light rail transit stations, *Transport Research Record* 1538(1), 19–26.
- 44) Parker, A.A.(1979a), Dual Mode Transportation: Making Public Transport Work, *Freewheeling* 1(4).
- 45) Pedal Power Canberra, ACT Government(2010), *Bikes on Buses - Increasing cycling and public transport usage*(<http://www.thinkingtransport.org.au/library/2010/01/bikes-buses-increasing-cycling-and-public-transport-usage>)
- 46) Pound. G. & McCuen, A.(1975), San Diego–Coronado Bay Bridge Bicycle Shuttle Service, *Proceedings of the Fourth National Seminar on Planning Design and*

- Implementation of Bicycle and Pedestrian Facilities, American Society of Civil Engineers, pp. 326-366.
- 47) Renne, J., From transit-adjacent to transit oriented development. Local Environment 14(1), 1-5
- 48) R. Munoz-Raskin(2010), Walking accessibility to bus rapid transit : Does it affect property values? the case of Bogota Columbia, Transport Policy 17, 72-84
- 49) Rietveld, P. and F. R. Bruinsma(1998), Is transport infrastructure effective?: Transport infrastructure and accessibility Impacts on the space economy, Springer: Berlin
- 50) Robert Cervero, et al(2009), Influences of Built Environments on Walking and Cycling: Lessons from Bogota, International Journal of Sustainable Transportation, 3(4):203-226
- 51) Rastogi, R. & Rao, K. V. K.(2003), Travel Characteristics of Commuters Accessing Transit Case Study, Journal of Transportation Engineering 129(6): 684-694.
- 52) Seneviratne, P.(1985), Acceptable Walking Distance in Central Areas, Journal of Transportation Engineering 111(4) : 365-376.
- 53) The US Department of Transportation(1993), National Bicycling And Walking Study Case Study No. 9 Linking Bicycle/Pedestrian Facilities with Transit, Document: FHWA-PD-93-012, Federal Highway Administration, The US Department of Transportation, USA. Available at www.bikewalk.org/technical_assistance/case_studies.htm
- 54) Taylor, D. & Mahmasani, H.(1996), Analysis of Stated Preference for Intermodal Bicycle-Transit Interfaces, Transportation Research Record 1556: 86-95.
- 55) Transport Policy Institute, Scottish Executive (2000), Cycling by Design, Integration with Public Transport
- 56) White, M., Attorney, Freilich, Leitner, Carlisle.(1999), The zoning and real estate implications of transit-oriented development., Legal Research Digest, Transit Cooperative Program, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC.
- 57) www.thewashcycle.com
- 58) www.btawa.org.au
- 59) <http://www.vtpi.org/tdm/tdm2.htm>

기본연구보고서 2011-10

대중교통활성화를 위한 자전거기반
대중교통중심개발(B-TOD)방안 연구

발행인 이 창 기

발행일 2011년 10월

발행처 대전발전연구원

302-280 대전광역시 서구 월평본 1길39(월평동160-20)

전화: 042-530-3500 팩스: 042-530-3528

홈페이지 : <http://www.djdi.re.kr>

인쇄: ○○○○○ TEL 042-○-○ FAX 042-○-○

이 보고서의 내용은 연구책임자의 견해로서 대전광역시의 정책적 입장과는 다를 수 있습니다.
출처를 밝히는 한 자유로이 인용할 수 있으나 무단 전재나 복제는 금합니다.