

대규모 택지개발지구내 신교통시스템 도입효과 분석

Analysis of New Transit System Effect in Large Scale Land Development Projects

김태균¹ · 장인석² · 이영훈³

Taegyun Kim¹, Inseok Chang², and Younghoon Lee³

(Received August 31, 2010 / Revised October 20, 2010 / Accepted October 22, 2010)

요 약

이 연구는 신도시 및 대규모 택지개발 지구내 신교통 시스템을 도입함으로써 예상되어지는 효과를 분석하고, 이에 대한 적용 가이드라인을 제시한 것이다. 이를 위해 각 신교통 시스템 및 유형별 복합카테고리를 설정하여 지역적 특성을 반영하고자 하였으며, 신교통 시스템 도입이 기존의 대중교통체계 및 간선도로를 대체함으로써 발생되어지는 사회적 편익을 산출하였다. 분석결과, 신교통시스템 도입은 교통혼잡비용 감소, 탄소저감, 각 지자체의 친환경적 정책 입안에 뚜렷하게 기여할 수 있는 것으로 밝혀졌다. 그러나 신교통시스템의 이러한 장점에도 불구하고 이 연구에서는 신교통 시스템을 도입하고자 하는 지자체에서는 무엇보다도 지역여건에 부합하는 신교통 시스템 유형을 선별하는 것이 중요함을 강조하고 있다. 특히 지자체의 무분별한 신교통시스템 도입은 대규모 택지개발사업에 의한 분양가 상승으로 이어질 가능성이 매우 높기 때문이다.

주제어 신교통 시스템, 복합카테고리, 사회적 편익, 교통혼잡비용 감소, 탄소저감, 대규모 택지개발사업, 분양가 상승

ABSTRACT

This study is evaluating that new hi-tech transit systems each type of function and introduce applicable guideline decreases land sale price in New town and Large scale land development projects. For this, use the look-up table through the composite category of each type of system at the functional types, local characteristics. It also, As introduce the new systems calculate the Social benefits such as altered public traffic transfer system, reduced transit time and reduced carbon emission considering the three-dimensional arterial roads. As a result, New transportation systems contribute that the more reducing traffic congestion and air pollution and municipalities seeks for environment-friendly policy. However, this paper emphasize that the new transportation system has been introduce without considering the characteristics of locality and the efficient arrangement of them, it cannot be transferred the to the existing public traffic efficiently, futhermore causes the sale price in new large scale land development projects.

Key words New transportation system, Three-dimensional arterial roads, Social benefits, Large scale land development, Green mass transportation, Look-up table, Carbon reduction, Sale price land

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

최근 정부가 향후 60년의 국가의 경제성장을 위해 ‘저탄소 녹색성장’을 제시함에 따라 녹색도시조성의 요건이 되는 녹색교통체계수립에 대한 관심이 증대되고 있다. 이에 따라 국가 R&D차원에서 신교통시스템에 대한 기술개발의 지원도 다양하게 진행되고 있다. 국가정책기조에 발맞춰 각 지자체에서는 신도시나 대규모 택지개발지구, 도시 중심지역 및 주

거밀집지역 등에 기존 대중교통체계를 보완할 수 있는 신교통시스템의 도입을 적극 검토하고 있는 상황이다.

그러나 지자체에서는 신교통시스템 선정에 있어 도입지역의 지역의 특성이나 시스템의 특성을 고려하기보다는 중량전철(기존지하철)의 대체수단으로 인식하여 시스템 중 규모가 큰 시스템이나 최고사양의 시스템을 선호하고 있다. 따라서 재정자립도가 취약한 지자체로서는 국가의 부담을 높이는 형태의 재정사업이나 민자사업으로 시행을 선호하고 있다. 또한 신교통시스템 도입시 기존 도로건설계획의 조절없이 추가

1) 한국토지주택공사 토지주택연구원 수석연구원(raphaello@lh.or.kr)
2) 한국토지주택공사 토지주택연구원 수석연구원(교신저자: changis@lh.or.kr)
3) 한국토지주택공사 토지주택연구원 연구원

도입을 고려하고 있어 효과적인 대중교통 수단전환을 기대하기 어렵다. 이러한 순환논리는 간선시설분담금이나 광역교통 부담금을 가중시켜 분양가 상승의 요인으로 작용시켰을 뿐 아니라 수송수요를 고려하지 않은 시스템의 도입으로 적자운영이 발생되어 사업이 지연되거나 아예 도입 자체가 불투명한 상황을 초래하는 사례가 빈번히 발생하고 있다.

또한 신교통시스템 도입에 있어 국내기술이 존재함에도 불구하고 외국시스템을 도입하는 사례가 빈번히 발생하고 있다. 따라서 관련전문가들은 ‘현재의 도입계획이 완료되었을 경우 우리나라는 전세계의 신교통시스템 전시장이 될 것’이라는 우려를 표명하고 있다.

이와 같은 문제인식 하에 본 연구에서는 신도시 및 대규모 택지개발사업지구에 신교통시스템의 효율적인 도입을 위해 기존의 신교통시스템 도입시 문제점에 대한 사전적 고찰과 함께 사업지구의 지역적 특성 및 시스템의 특성에 따라 시스템의 적용유형을 고려할 수 있는 가이드라인을 제시하고 사례분석을 통해 신교통시스템을 효과적으로 도입할 수 있는 방안을 제시하여 대중교통중심의 저탄소 녹색도시조성에 기여할 수 있는 방안을 모색하고자 한다.

1.2 연구내용 및 방법

본 연구에서는 선행연구의 고찰을 통해 주요내용을 다음과 같이 구성하였다.

첫째, 신교통시스템의 선정에 영향을 끼치는 요인들을 크게 도입지역의 지역적 특성과 기능적 특성으로 구분하여 설정하였다. 그리고 각 요인을 주제별 카테고리로서 설정하고, 주제별 카테고리내의 분류내용을 그룹화하고 각 주제별 카테고리를 엮어 복합화하여 복합카테고리를 만들어 적용가능한 시스템의 가이드 라인을 제시하였다.

둘째, 기계화된 간선시설(도로)에 신교통시스템이 추가로 건설되는 경우의 문제점을 제시하고 평면적인 간선시설(도로)을 신교통시스템의 도입과 함께 입체화함으로써 간선시설의 밀도를 높여 효율적으로 간선시설을 공급할 수 있는 방안을 제안하였다.

셋째, 간선시설 입체화를 고려한 모의실험을 통해 공로의 통행비용등 사회적 편익과 적용가능한 신교통시스템을 제안하였다.

마지막으로 모의실험 결과를 통해 대안별 시스템 도입비용과 탄소절감효과를 산출하여 저탄소 녹색도시 조성에 기여할 수 있는 방안을 모색하였다.

2. 선행연구 고찰

2.1 지역적 유형에 따른 신교통시스템 적용

시게루 모리찌(1992)는 일본에서 도입된 신교통시스템을 사례와 함께 다섯가지 지역적 연결특성(중소도시 또는 위성도시, 지방도시와 신도시지역, 대도시 권역내 위성도시들간,

해상 신도시, 공항접근 교통수단)으로 분류하였으며, 설문조사를 통해 신교통시스템의 도입목적을 다섯가지로 분류하였고, 운영 및 계획상 제기된 문제는 세가지로 분류하였다.

한성욱(2001)은 대도시권(강남구)과 중소도시(김해시, 부산광역시 강서구 및 북구)를 대상으로 교통현안 문제점과 도로현황, 자가용 증가추세, 기존 버스 및 지하철 등 대중교통수단의 이용현황 등을 분석한 후 장래의 도시교통을 전망하였다. 분석대상 지역의 교통현황을 토대로 경량전철에 대한 도입 필요성 및 신교통체계의 구축 가능성을 개진하였다. 강남구의 경우, 최대혼잡구간 수송수요를 적절하게 처리할 수 있는 수송능력을 보유하고, 도시의 형태나 구조의 변화에 유연하게 대응할 수 있는 AGT나 모노레일을 제안하였다. 또한 김해시는 전반적인 노선이 구배가 완만한 장거리 노선이며 일부구간만 시내를 통과하고 나머지는 개활지를 통과하고 있어 노면전차가 적격인 것으로 제안하였다.

한국토지공사(2004)는 판교택지개발지구를 대상으로 현재의 교통여건에서 노선대안과 적용가능 시스템 대안을 선정하고, 교통수요 분석 및 경제성분석을 통해 경전철 도입 타당성을 분석하여 합리적 대중교통시설 정비방안을 도출하였다. 결론적으로 판교지구를 대상으로 한 경전철시스템의 도입은 경제적 타당성 면에서는 미약한 것으로 분석되었으나 판교지구의 전반적 통행행태는 서울과 인근 분당지구로의 이동이 많을 것으로 판단되어 신분당선 등의 간선대중교통 수단과의 원활한 연계를 위해 대중교통수단에 의한 광역 및 지역내 통행처리가 필요하다는 판단을 내리기도 하였다.

신중현 외 1인(2005)은 신도시건설시 교통체계와 토지이용이 상호조화를 이루는 형태로 계획 수립이 필요하며 아울러 대량수송이 가능한 신교통수단인 LRT와 BRT의 개발유도의 필요성을 제시하였다.

2.2 기능적 유형에 따른 신교통시스템 적용

Vukan Vuchic(1992)는 대중교통수단을 운행선로, 기술, 운영형태로 구분하였으며, 이중 운행선로에 의한 구분이 가장 중요하다고 역설하였다. 운행선로에 의한 구분을 다시 세 가지 유형으로 분류하였다. A유형은 완전히 조정된 선로로 노면전차 등이며, B유형은 동일평면에서 교차로를 갖는 종축순환방식으로 경전철 등이며, 마지막으로 C유형은 다른 수단과 혼재된 도로로서 첨단경량전철(AGT) 등으로 구분하였으며, 신교통수단은 C유형에 포함하였다. 또한 AGT시스템의 특성 및 운영상의 특징을 나열하였으며, 타 시스템과의 장·단점을 비교하였다.

정락교외 4인(2003)은 도심지에서 자가용이용을 대체하기 위해 네트워크구조의 노선형태로 이용자들의 접근성을 강화하면서 출발지에서 목적지까지 노스톱 운행으로 소비자의 요구에 부응할 수 있는 철도시스템의 개발방안으로 PRT시스템을 제안하였다.

이준외 3인(2006)은 기존의 교통시스템만으로는 만성적인 교통문제 해결의 접근이 어렵다고 판단하여 추가적인 교통시스템의 도입을 통한 문제해결의 실마리를 찾고자 하였는데 신교통시스템의 하나인 소형궤도열차의 개념과 역할 및 적용 지역의 유형별, 통행목적별, 물리적 시설, 관리 및 운영, 기타에 대한 요구사항에 대해 분석하고 이를 적용할 수 있는 방안을 모색하였다.

오종우의 1인(2007)은 모노레일시스템의 발달과정 및 현황분석을 통해 신교통수단의 선택에 있어 모노레일의 도입필요성과 모노레일의 활성화를 위해 정책적인 조정에 필요한 법제도 및 지방조례 등의 조정을 통한 정책방안 설정의 필요성을 제시하고 있다.

안태훈(2008)은 교통수요자 입장에서 신교통시스템 도입에 대한 필요성을 주장하였다. 신교통시스템의 도입을 위해서는 타당성조사의 내실화, 대중교통기본계획의 수정, 실무위원회의 활성화, 정부차원의 신교통시스템 전문조직 운영의 필요성을 제안하고 있다. 또한 신교통시스템 도입을 결정하기 위해서는 도시교통문제를 정확히 파악하고, 교통문제 해결에 대한 목표설정 및 대안분석이 선행되는 것이 필요하며, 타당성조사 결과를 근거로 신교통시스템을 도입의 당위성을 강조하고 있다.

2.3 기존 연구의 한계점

신교통시스템의 기능적인 측면이 강조된 기존연구의 경우 시스템의 장·단점을 위주로 하고 있다. 또한 사업지별로 적용하는 경우 사업지구의 특성을 유형별 기준을 세워 적용하기 보다는 특별한 기준 없이 모든 유형의 시스템을 대상으로 필요한 시스템을 선정하는 방식을 택하고 있었다. 이는 건설비용 등 경제적 측면을 우선적으로 강조하게 되어 지역적인 특성이 배제되는 문제점을 일으키게 된다.

이에 본 연구에서는 택지사업지구(신도시급 규모를 포함) 특성을 반영하여 유형을 포괄적으로 구분하여, 1차적으로 신교통시스템의 가이드라인을 설정하고, 2차적으로 적용가능한 시스템을 대상으로 사업지의 특성을 맞춰 도입비용을 산출할 수 있는 방안을 모색하고자 한다.

3. 신교통시스템 유형분류기준 수립

3.1 유형분류기준 수립의 필요성

3.1.1 유형분류 요인들의 주제별 카테고리화

기존 신교통시스템 선정방식은 사전에 적용기준을 살펴보는 과정에 의한 유형이 분류되기 보다는 사업지별로 도입하는 경우가 다수이다. 그러한 이유로 시스템 개개의 특성에 따라 적용되기 때문에 적용당시 사회적인 여건에 따라 그 기준이 바뀌는 단점을 가지고 있다. 결과적으로 이러한 선정방법

은 지역적인 특성보다는 건설에 따른 비용 등 경제적 측면이나 사회적 여건이 최우선적으로 고려되는 현상이 발생된다. 따라서 시스템의 기능적 특성 및 도입되는 지역의 지리적, 사회·경제적, 교통여건 등 지역적 특성을 고려할 수 있는 방안이 필요하다

이에 본 연구에서는 시스템선정에 영향을 주는 각 두 가지 특성을 설명할 수 있는 여러 가지 요인을 주제별 카테고리라고 정의하고, 각 주제별 카테고리의 내용을 그룹화하였다. 기능적 특성을 고려한 유형분류의 경우에는 시스템의 주행방식, 등판능력, 최고속도, 건설비, 국내기술보유 등을 주제별 카테고리로 설정하였으며, 지역적 특성을 고려한 유형분류의 경우에는 이용객규모, 주행공간, 대중교통기능으로 주제별 카테고리를 설정하였다.

3.1.2 복합카테고리(Look-up table)의 설정

복합카테고리는 카테고리설정으로 발생하는 유형의 단순화로 다양한 특성을 반영하지 못하는 한계점을 극복할 수 있는 장점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 신교통시스템의 기능적 특성을 고려한 분류 및 지역적 특성을 고려한 분류의 각 주제별 카테고리를 복합화하여 Look-up table을 구성하여 도입대상 지역의 다양한 특성을 최대한 반영하고자 하였다. 그러나 지역적 특성의 경우 일부 주제별 카테고리가 동일한 시스템일지라도 이 다양하게 적용되는 사례가 발생하게 되어 기존에 적용되었던 해외사례나 현재 계획중인 국내 사례를 고려하여 설정하였다.

3.2 기능적 특성을 고려한 유형분류

3.2.1 주행방식

신교통시스템은 주행방식에 따라 시스템 선정에 영향

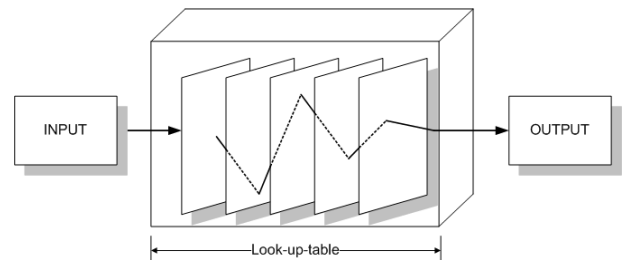


그림 1. Look-up Table 의 기본 구조

표 1. 주행방식에 따른 유형분류

구분	시스템
전용공간	AGT(철제차륜, LIM, 고무차륜), 모노레일, 자기부상, PRT, 삭도(케이블카)
혼용공간	노면전차, 바이모달트램

을 끼치게 된다. 따라서 주행방식을 독립적인 주행공간을 이용하는 전용공간 주행방식과 타수단과 주행공간을 공유으로 이용하는 혼용공간 주행방식으로 분류하였다. 다만 운영방식에 따라 바이모달트램의 경우 전용공간을 이용할 수 있는 장점을 가지고 있다.

3.2.2 등판능력

시스템별 등판능력에 따라 도입되는 지역의 지리적인 차이를 보이는데 주로 주행구간의 경사가 큰 경우 등판능력이 우수한 시스템을 선호하는 경향이 있다.

3.2.3 주행속도

시스템의 운행속도에 따라 운영이 가능한 지역이나 운영 목적에 따라 그 역할을 조정할 수 있다. 그러나 도입하고자 하는 지역의 특성을 고려한다면 도입에 있어 운행속도로 구분하기에는 다소 무리가 따르므로 본 분석에서는 그 대안으

표 2. 등판능력에 따른 유형분류

구 분	시스템()
100%이하	AGT-철제차륜(40~60), AGT-LIM(50~60), AGT-고무차륜(50~60), 노면전차(60~90), 자기부상(60~70), 모노레일(80~100)
100~200%이하	바이모달트램(100~130), PRT(100~120)
200%초과	케이블카(삭도)(400)

표 3. 주행속도에 따른 유형분류

구 분	시스템(km/h)
60 km/h이하	PRT(20~60), 케이블카(삭도)(15~20), 노면전차(20~80)
60~80 km/h이하	AGT-철제차륜(70~80), AGT-고무차륜(60~80), 모노레일(70~80)
80 km/h이상	AGT-LIM(80~90), 자기부상(100~500), 바이모달트램(80~100)

표 5. 기능적 특성을 고려한 유형분류의 복합카테고리

주행 방식	등판능력(%) 최고속도(km/h) 건설비(억)	100 이하			100~200 이하		200 초과
		60 이하	60~80	80 이상	60 이하	60~80	60 이하
전용 공간	400이상		철제차륜 고무차륜 모노레일	철제차륜 (LIM) 자기부상열차			
	200~400	소형 모노레일					삭도
	200이하				PRT		
혼용 공간	200~400		노면전차				
	200이하					바이모달트램	

* 굵은 글씨는 국내기술보유 여부를 나타낸 것임.

로 주행속도로 구분하였다.

3.2.4 건설비

시스템도입에 있어서 건설비용은 도입시스템의 종류를 선정하는데 가장 큰 관건중의 하나이다. 기존의 사례에서도 나타난 바와 같이 시스템의 도입선정에 있어서 무리한 시스템 도입이 적자운영의 단초를 제공하기도 한다. 따라서 본 분석에서는 각 신교통시스템의 km당 건설비규모를 다음과 같이 유형화 하였다.

3.2.5 국내기술보유

신교통시스템의 도입에 있어 자국이 기술을 보유하고 있는 경우 시스템을 수입하는 경우보다 건설비 및 운영비 측면에서 상당부문의 절감효과를 보이고 있다.

현재 국내에서는 신교통시스템 중에서 K-AGT(고무차륜), 바이모달트램, PRT, 자기부상열차, 소형모노레일 등이 독자적인 기술을 보유하고 있는데, K-AGT(고무차륜), 바이모달트램은 한국철도기술연구원이 주축이 되어 국가주도형으로 기술개발이 이뤄지고 있으며, 소형모노레일, PRT은 민간업체에서 중심이 되어 기술개발이 이뤄지고 있다.

3.2.6 복합카테고리 설정

기능적 특성을 고려한 유형분류는 주행방식, 건설비, 최고속도, 등판능력, 국내기술보유의 5가지 주제별 카테고리를 복합화하여 복합카테고리를 구성하였다.

표 4. 시스템 건설비에 따른 유형분류

구 분	시스템건설비
400억원이상	AGT-철제차륜(약400~500억), AGT-LIM(약500억), AGT-고무차륜(약400억), 자기부상(약450억)
200~400억원	노면전차(약250억)
200억원미만	바이모달트램(약150억), PRT(약130억), 소형모노레일(약200억) 삭도(약50~350억)

표 6. 이용객규모에 따른 유형분류

이용객규모	시스템	국가(도시명)
15만 이상	철제차륜	태국(방콕), 한국(김해)
	철제차륜(LIM)	일본(오사카), 말레이시아(쿠알라룸푸), 한국(용인)
	고무차륜	일본(도쿄), 한국(부산, 의정부)
	모노레일	일본(도쿄)
	자기부상열차	일본(나고야)
	노면전차	호주(시드니), 프랑스(스트라스부르크), 오스트리아(비엔나), 일본(히로시마)
	바이모달트램	한국(인천)
5~15만	철제차륜	영국(도클랜드)
	철제차륜(LIM)	캐나다(밴쿠버)
	고무차륜	일본(히로시마, 도쿄), 프랑스(릴르)
	노면전차	벨기에(안트워프), 캐나다(토론토), 프랑스(파리)
	PRT	영국(런던)
5만 이하	고무차륜	일본(고마키, 요코하마, 고베), 싱가포르, 미국(마이애미)
	모노레일	일본(지바, 쇼난, 오키와와, 후지사와), 독일(뮌헨), 미국(시애틀)
	소형모노레일	호주(시드니), 한국(인천)
	노면전차	미국(포틀랜드)
	자기부상열차	중국(상하이)
	바이모달	네덜란드(에인트호벤)
삭도	싱가포르(센토사섬), 미국(루즈벨트섬), 홍콩(ونغ퐁)	

표 7. 시스템 건설비에 따른 유형분류

구분	적용시스템
모든환경	AGT-철제차륜, AGT-LIM, AGT-고무차륜, 모노레일
일부환경	자기부상(고가), PRT(고가), 케이블카(고가), 노면전차(지상)

나 일부 시스템은 특정환경에만 적용되어지는 단점을 보이고 있다.

3.3.3 대중교통 기능

시스템별로 대중교통으로서 기능을 명확하게 정리하기에는 다소 무리가 따른다. 따라서 본 분석에서는 신교통시스템이 적용되었던 사례지역이나 계획되어 있는 지역의 사례를 통해 신교통시스템의 대중교통적인 측면에서의 기능을 파악하여 탄력적으로 적용하여 분류하기로 하였다.

3.3.4 카테고리 복합화

지역적 특성을 고려한 유형분류는 이용객 규모, 운행환경, 대중교통기능의 3가지 주제별 카테고리를 복합화하여 복합 카테고리를 구성하였다.

4. 신교통시스템 도입에 따른 간선시설 입체화

4.1 도로시설 입체화의 문제점

간선시설 중 가장 큰 비중을 차지하는 것은 교통시설인 도로시설이며, 광역교통개선대책이 수립되는 대규모 택지사업의 경우 그 비중은 더 커지게 된다. 더군다나 점점 1인당 통행량이 증가하는 추세이므로 자동차 역시 점점 증가하는 추세이다. 따라서 간선시설비용중 도로의 비중이나 광역교통분담금의 규모는 지속적으로 늘어나고 있으며, 향후에도 조성원가 등의 증가로 분담금은 지속적으로 늘어날 전망이다.

이러한 도로시설에 대한 지속적인 공급요구는 용지확보등의 어려움이나 용지보상비의 상승으로 인해 도로시설의 입체화를 통한 공급에 대한 논의가 지속적으로 진행되고 있다. 그러나 기존에 설치되었던 도심의 고가시설물이 도시경관 등의 이유로 철거되어 왔으며, 지하차도를 건설할 경우 막대한 공사비 등으로 분양가격 상승의 문제점을 안고 있다.

이러한 측면에서 도로시설의 입체화를 통한 공급량의 증대는 미시적으로는 교통혼잡 해소효과를 가져 올 수 있으나, 거시적으로는 도로시설의 추가공급으로 인한 승용차의 추가 수요를 유발시킴으로 또다시 혼잡을 유발시키게 되는 악순환을 반복하게 된다. 또한 저탄소 녹색도시 조성을 지향하는 측면에서도 부정적인 요인으로 작용하게 된다.

4.2 대중교통중심의 간선도로 입체화

전술한 바와 같이 지속적인 교통량의 증가로 신규사업지구의 간선시설에 대한 공급량확대는 필수적인 상황이 되어

3.3 지역적 특성을 고려한 유형분류

3.3.1 이용객규모

시스템 도입시 일반적으로 도입되는 도시(지역)의 인구규모를 적용하는 경우가 많으나 이보다는 도입노선의 이용객규모를 고려하는 것이 바람직하다고 볼 수 있다. 즉 도시의 인구규모가 100만명이상의 대도시라 할지라도 도입되는 시스템이 도입되는 지역의 이용객규모가 매우 적다면 도입되는 시스템 역시 이에 걸맞은 수준이 되어져야한다.

그러나 현재 도입된 시스템들은 같은 시스템이라도 도입된 지역의 이용객 규모에 따라 다르게 편성되고 있다. 따라서 본 분석에서는 도입된 지역의 이용객 규모를 고려하여 이용객규모를 15만 명 이상, 5만~15만명 미만, 5만명 미만으로 그룹화하여 설정하였다.

3.3.2 운행환경

시스템의 운행공간은 사업지구의 지리적 특성뿐 만 아니라 도입되는 시스템이 최대의 효과를 낼 수 있는 환경을 제공한다는데 그 의의를 가진다. 대부분의 시스템은 지하, 지상, 고가 모든 환경에 적용할 수 있는 유연성을 가지고 있으

표 8. 지역적 특성을 고려한 유형분류의 복합카테고리 및 적용사례

이용객 규모	운행 공간	사례	대중교통기능						
			간선기능		지선기능		연계기능		
			시스템	도시명(국가, 노선명)	시스템	도시명(국가, 노선명)	시스템	도시명(국가, 노선명)	
15만 이상	고가 지하	해외	철제차륜	방콕(태국, 스카이트레인)					
			철제차륜(LIM)	오사카(일본, 나가호리즈루미로쿠치센) 쿠알라룸푸(말레이시아)			모노레일	도쿄(일본, 하네다선)	
			고무차륜	도쿄(일본, 유리카모메)					
	국내		고무차륜	부산(반송선, 초읍선)					
			철제차륜(LIM)	용인(에버라인)					
	고가	해외	PRT	두바이(UAE, Masdar)	PRT	두바이(UAE, Exhibition City)	자기부상열차	나고야(일본, 리니모)	
			철제차륜	김해					
		국내	고무차륜	의정부, 부산, 하남, 광명					
	지상	해외	노면전차	시드니(호주), 스트라스부르크(프랑스)	노면전차	비엔나(오스트리아, ULF) 히로시마(일본)			
			국내	노면전차	울산, 서울, 전주	바이모달트램	인천		
5만 이상 ~ 15만 미만	고가 지하	해외	고무차륜	히로시마(일본), 릴르(프랑스, VAL)	철제차륜	도클랜드(영국, DLR)			
			철제차륜(LIM)	벤쿠버(캐나다, 스카이트레인)					
	고가	해외			고무차륜	도쿄(일본)	PRT	런던(영국)	
5만 미만	고가 지하	해외				모노레일	오사카(일본)	모노레일	쇼난(일본)
					고무차륜	고마키, 요코하마(일본), 싱가포르(싱가포르), 마이애미(미국)	고무차륜	고베(일본)	
	고가	해외	모노레일	지바(일본) 뉘르타(독일) 시애틀(미국)	소형모노레일	시드니(호주, TNT)	자기부상열차	상하이(중국, 푸둥)	
							모노레일	오키나와, 후지사와(일본)	
	국내				소형모노레일	인천(은하레일)	삭도	센토사섬(싱가포르), 루즈벨트섬(미국), 옹핑(홍콩, 옹핑 360)	
					PRT	순천	자기부상열차	인천	
지상	해외	노면전차	포틀랜드(미국)			바이모달	에인트호벤(네덜란드)		

표 9. 대중교통기능에 따른 유형분류

구분	대중교통기능
간선기능	도로로서의 간선도로와 같은 기능을 의미하며, 도시의 중심부지역을 통과하는 기능
지선기능	간선기능을 보조하는 기능
연계기능	지역간, 간선, 지선의 상호간을 이어주는 기능

간선시설의 범위를 도로시설에서 궤도시설까지 확대해야 하는 상황에 이르렀다. 따라서 간선시설의 공급량확대를 위해 기존방식인 도로시설을 확대하기보다는 본 연구에서 제안하

는 신교통시스템과 같이 궤도를 이용하는 대중교통 시설을 고가 및 지하로 이동시키는 방식으로 간선도로를 입체화시켜 공급량을 확대시키는 방안이 필요하다.

또한 정부 및 각 지자체에서도 승용차중심의 교통체계에서 대중교통중심의 교통체계전환에 대한 다양한 방안도 모색하고 있는 실정이다.

따라서 도로시설의 규모를 축소화하여 도로의 통행밀도를 최적화함으로써 기존도로시설의 과다공급에 따른 파생수요를 신교통시스템과 같은 대중교통수단으로의 전환시키는 방안의 모색도 필요하다.

5. 효율적 신교통시스템 도입을 위한 모의실험

5.1 모의실험의 개요

5.1.1 모의실험의 필요성

지금까지 신교통시스템도입에 앞서 적용시스템유형의 분류기준 수립을 통하여 시스템의 가이드라인을 제시하였다. 따라서 본 연구에서 제안한 방안을 통해 개발사업지구내 신교통시스템을 도입했을 경우 그 효과에 대한 검증이 필요하다. 그러나 현재 국내에 신교통시스템이 운영되고 있는 지역이 없으므로 기존의 도입방법과 비교가 불가능하다. 따라서 도입타당성을 검증하기 위해서는 모의실험이 불가피하다. 따라서 본 연구에서는 신교통시스템이 도입되지 않은 수도권의 한 지역을 대상으로 모의실험을 시행하였다.

모의실험을 통해 신교통시스템 도입으로 인한 통행시간 및 통행량의 변화 그리고 탄소절감효과를 살펴보고 신교통시스템 도입이 녹색도시조성에 미치는 효과를 살펴보고자 하였다.

5.1.2 모의실험 분석방법

분석방법은 신교통시스템 도입방법을 몇 가지의 대안을 설정하여 사업미시행시와 비교하여 대안별로 통행비용절감분, 탄소절감분, 도입비용을 살펴보고 그 중 최적의 대안을 설정하기로 하였다.

대안설정은 신교통시스템도입시 관련도로시설의 효율적인 공급방안을 고려하여 ①기존 도로시설에 신교통시스템을 도입하는 경우, ②신교통시스템을 도입하고 공로를 줄이는 경우, ③ 신교통시스템을 도입하고 공로를 줄이고 이를 가차분 용지로 매각하는 경우로 설정하였다.

교통수요방법은 ‘4단계 수요추정’을 이용하여 신교통시스템 도입에 따른 수단분담 변화 및 공로의 통행패턴의 변화(통행량, 통행시간 등) 그리고 이에 따른 시간가치를 산출하였다. 신교통시스템 도입비용은 각 시스템유형별 건설비를 산출하여 추가도입비용 상승분을 산출하였다. 또한 신교통시스템 도입에 따른 탄소절감분을 산출하여 도입에 따른 절감효과를 도출하였다.

표 10. 모의실험시 분석대안별 설정내용

구분	내용	비고
대안 I	신교통수단 도입(L=26.3 km) 공로규모(차로수, 연장) 유지	-
대안 II	신교통수단 도입(L=26.3 km) 신교통수단 노선에 위치한 link는 차로수 축소(왕복 2차로)	공로부지축소 A=26.3 km×3.5 m=92,050m ²
대안 III	시나리오 II+축소된 공로부지를 가차분용지로 활용 가차분용지는 신교통시스템이 도입에 필요한 면적을 제외	가차분면적 (26.3km/2)×4 m=52,600 m ²

5.1.3 자료구축 내용 및 방법

모의실험 대상지역은 수도권의 A지구를 대상으로 하였는데 분석에 필요한 교통존은 총 57개존¹⁾으로 설정하였다.

지구내부의 목적통행은 통근, 통학, 업무, 기타로 구분하였으며, 각 존별-목적별 발생량은 ‘A지구 교통영향평가’자료의 지구내부통행량 예측치를 이용하였으며²⁾, 지구외부 및 지구내외부 통행은 국가교통DB에서 제공하는 자료를 이용하였다.

목적별 O/D구축시 통행분포모형은 중력모형을 이용하였는데 통행목적에 따라 역지수함수($\alpha \exp(\beta C_{ij})$), 역멱함수($\alpha(C_{ij}^\beta)$), 수정혼합형($\alpha C_{ij}^\beta \exp(\gamma C_{ij})$)로 나눠 적용하였다. 또한 통행목적별 저항함수계수는 「수도권 장래교통 수요예측 및 대응방안 연구, 수도권 교통본부, 2009.2」 상에 제시된 값을 이용하였다.

신교통시스템도입시 수단분담변화는 가법로짓모형³⁾을 이용하였으며, 수단효용계수는 「2007년 국가교통DB 최종보고서-9권 광역권 여객기중점 통행량 전수화, KOTI, 2008」에 제시된 수도권 조사치를 활용하였다.

교통네트워크상의 도로는 국가교통DB network상에 A지구 토지이용계획도와 교통영향평가 종합개선안을 이용하여 좌표 및 link속성 data(연장, 차로수, 도로기능, 용량, 자유속도)를 입력하여 구축하였다. 또한 신교통시스템의 노선은 총 4개 노선을 설정하였는데, 중앙상가 및 업무시설을 순환하는 CBD 노선, 각 주거지역이나 CBD외곽지역에서 CBD로 접근하는 노선(3노선)으로 구성하였다. 또한 역(또는 정거장)간 거리는 신교통시스템 전 유형을 고려하여 가급적 500m를 전후하여 설정하였다. 따라서 본 연구에서는 신교통시스템 총 연장 26.3 km에 총 24개역을 선정하여 분석하였다.

배출탄소량은 차종별로 환산하는방법과 승용차환산계수(PCE)를 이용하여 승용차화(PCU)로 환산하는 두가지 방법 모두 이용하였다.

5.2 교통수요분석결과

5.2.1 신교통시스템 도입에 따른 수단분담률 변화

각 수단별 수단분담률의 변화를 살펴보면 승용차의 경우 가장 변화가 높은 것으로 분석되었는데, 사업미시행시에 비해 분담률이 10%가량 감소한 것으로 분석되었다. 또한 택시의 경우 수단 분담률의 변화가 가장 낮은 것으로 분석되었다.

신교통시스템 도입시 대안 II와 대안 III의 경우 수단분담률이 대안 I에 비해 높은 것으로 분석되었는데, 이는 공로(도로)의 규모가 축소됨으로 인해 승용차의 통행비용이 증가된

1) 내부존은 46개, 주변영향권인 외부존은 11개로 설정하였다.
2) 국가교통DB에서는 A지구를 1개의 존으로 설정하고 있다.
3) 「도로·철도부분사업의 예비타당성조사지침(제5판), KDI, 2008.12」에서는 새로운 교통수단이 도입될 경우, 수단분담 변화는 가법적 로짓모형(Additive logit)을 이용토록 하고 있다.

것으로 사료된다. 또한 대안 III의 경우 전체 교통수요 증가로 인해 대안 II와는 분담률이 유사하나 통행량은 증가한 것으로 분석되었다.

5.2.2 대안별 공로(도로)의 통행패턴 변화

공로이용 총 교통량의 절감효과를 대안별로 살펴보면 대안 II가 102,398 pcu/일로 절감효과가 가장 높았으며, 총 발생량이 늘어난 대안 III의 경우에도 88,463 pcu/일의 감소효과를 보인 것으로 분석되었다. 그러나 평균 통행시간을 살펴보면 공로의 차로수 변화가 없는 대안 I의 감소효과가 제일 높으나 대안 II의 경우 공로의 차로수가 감소되었음에도 불구하고 0.01시간/대 감소되었으며 대안 III은 수요의 증가로 통행시간의 변화가 거의 없는 것으로 분석되었다. 평균 통행거리의 경우 대안 I은 0.02 km/대 감소, 대안 II는 공로의 차로수 감소로 0.02 km/대 증가할 것으로 분석되었다. 평균 통행속도의 경우 대안 I은 2.26 km/h, 대안 II는 0.5 km/h 증가할 것으로 분석되었다.

통행시간 변화를 살펴보면 1일 기준의 경우 대안 I은 48,894 시간/일, 대안 II는 29,440시간/일, 대안 III은 22,342 시간/일 감소할 것으로 분석되었다. 연간 및 30년간으로 환산하면 연간 기준으로 대안 I은 17,846 천시간/년, 대안 II는 10,746 천시간/년, 대안 III은 8,155 천시간/년 감소할 것으로 분석되었으며, 30년간 기준으로 대안 I은 535,389 천시간/30년, 대안 II는 322,368천시간/30년, 대안 III은 244,645 천시간/30년 감소할 것으로 분석되었다.

표 11. 수단분담 변화 예측결과 (천통행/일, %)

구분	사업미시행시		대안 I		대안 II		대안 III	
	통행량	분담률	통행량	분담률	통행량	분담률	통행량	분담률
승용차	676.2	65.1	571.2	55.0	561.1	54.0	571.9	54.0
버스	306.8	29.6	245.2	23.6	233.2	22.5	237.7	22.5
택시	55.2	5.3	51.2	4.9	50.9	4.9	52.0	4.9
신교통	-	-	170.7	16.4	193.1	18.6	196.8	18.6
합계	1,038.2	100.0	1,038.2	100.0	1,038.2	100.0	1,058.4	100.0

표 12. 대안별 공로의 통행패턴 변화

구분	사업 미시행시 (A)	대안 I (B)	대안 II (C)	대안 III (D)	절감분			
					A-B	A-C	A-D	
공로 총교통량(pcu/일)	819,906	727,239	717,508	731,443	92,667	102,398	88,463	
평균 통행시간(시간/대)	0.24	0.20	0.23	0.24	0.04	0.01	0.00	
평균 통행거리(km/대)	3.06	3.04	3.08	3.09	0.02	-0.02	-0.03	
평균 통행속도(km/h)	12.84	15.11	13.34	13.07	-2.26	-0.50	-0.22	
총 통행 시간	1일(시간/일)	195,065	146,171	165,625	172,723	48,894	29,440	22,342
	연간(천시간/년)	71,199	53,352	60,453	63,044	17,846	10,746	8,155
	30년간(천시간/30년)	2,135,962	1,600,572	1,813,594	1,891,317	535,389	322,368	244,645

분석결과를 종합하면 신교통시스템이 도입되는 경우 공로의 규모를 줄이거나, 가치분 면적으로 인한 추가수요가 발생하더라도 교통량 및 통행시간의 감소효과가 발생하는 것으로 분석되었으며, 통행거리와 통행속도는 다소 증가하는 것으로 분석되었다. 또한 대안별 공로의 총 통행시간 절감분을 「교통시설 투자평가지침 개정안(2009.06기준)」에 근거하여 화폐가치로 환산하면 대안 I의 경우 1일 5.32억원, 연간 1,940.79억원, 대안 II의 경우 1일 3.20억원, 연간 1,168.58억원, 대안 III의 경우 1일 2.43억원, 연간 886.84억원의 절감효과가 나타나는 것으로 분석되었다.

결과적으로 신교통시스템이 도입할 경우 이에 따른 공로의 통행패턴 변화를 살펴보면 공로규모의 축소 및 추가수요가 발생하더라도 공로의 교통상황은 긍정적인 것으로 판단된다.

5.3 신교통시스템의 수송수요 및 적용유형

5.3.1 대안별 신교통시스템 수송수요

본 분석에서는 신교통수단의 노선을 총 4개 노선으로 설정하였다. 설정내용을 살펴보면 총 노선연장은 13.15 km(총 운행거리 26.3 km), 운행속도는 33.6 km/h, 총 운행시간은 19시간으로 설정하였다.

노선별 수송수요 분석결과 살펴보면 대안 I보다는 공로의 규모를 줄인 대안 II, 대안 III의 경우가 다소 높은 것으로 분석되었으며, 그중 대안 III의 수송수요가 가장 높은 것으로 분석되었다. 수단분담에 의한 신교통시스템의 통행량을 감안하

표 13. 총 통행시간절감분 화폐가치화

구분	대안 I	대안 II	대안 III	
				총 통행 시간 절감분
	연간(천시간)	17,846	10,746	8,155
	30년간(천시간)	535,389	322,368	244,645
시간 절감분 화폐가치	1일간(억원)	5.32	3.20	2.43
	연간(억원)	1,940.79	1,168.58	886.84
	30년간(억원)	58,223.59	35,057.52	26,605.13

표 14. 신교통수단 노선별 수송수요

노 선	운행거리 (연장)(km)	역수 (개소)	수송수요(통행/일)		
			대안 I	대안 II	대안 III
신교통 1	13.7(6.85)	15	147,931	166,820	170,200
신교통 2	4.2(2.1)	6(4)	71,450	83,170	84,871
신교통 3	4.1(2.05)	5(3)	32,222	38,219	38,619
신교통 4	4.3(2.15)	3(2)	38,521	43,196	43,912
합 계	26.3(13.15)	29(24)	290,124	331,405	337,602

표 15. 노선별 특징 및 신교통시스템 적용유형

노 선	특 징	적용가능유형
신교통1 (순환선)	분석대상지역의 CBD지역을 운행하는 순환노선 수송수요를 고려할 때, 간선기능을 하는 노선으로 분석되나 전체적인 노선연장이 10 km 미만임을 고려할 때, 지역의 접근 및 지선기능도 병행하는 것으로 판단됨	AGT-Lim AGT-고무차륜 소형모노레일 PRT
신교통 2	수송수요가 10만 이하 임을 고려할 때, 지선기능으로 판단되며, 주요 운행지역이 주거밀집지역으로 판단됨	AGT-고무차륜 소형모노레일 PRT
신교통 3	노선의 한쪽지역으로만 주거지역이 형성되어 있어 대안노선 중 가장 수송수요가 떨어지며, km 당 수송수요 역시 가장 미흡함	
신교통 4	토지이용계획상 공원 및 도시지원용지로 비교적 노선의 이용객이 낮은 편으로 공원의 휴일수요 등을 감안한다면 향후 수요가 증가할 것으로 전망됨	

면 대안별 환승수요는 119,424통행/일(대안 I), 138,305통행/일(대안 II), 140,802통행/일(대안 III)임을 알 수 있다.

5.3.2 적용가능한 신교통시스템 유형

본 분석지역은 간선시설 입체화를 위해 전용공간을 주행하고 도시내 주행을 감안하여 60~80 km/h의 주행속도를 가진 노선을 선택하였다. 그리고 노선의 지역적 특성을 고려하여 등판능력을 200%로 설정하였다. 신교통 수요를 고려하여 15만이하의 이용객 규모를 설정하였다. 또한 대중교통기능을 간선과 지선기능을 모두 수용하였다. 그러나 건설비용은 도입비용산출시 적용하기로 하였다. 그 결과 신교통1노선과 신교통2~4노선으로 유형분류가 가능할 것으로 판단되었다.

신교통1노선은 부분적으로 간선기능을 할 것으로 판단되나 CBD운행 및 단거리노선임을 고려할 때, AGT-Lim 및 AGT-고무차륜이나 모노레일(소형)이외에 PRT의 도입도 고려해 볼만하다. 또한 신교통노선2~4노선은 지선기능 및 CBD 접근기능이므로 AGT-고무차륜이나 모노레일(소형) 그리고 PRT의 도입이 가능한 것으로 판단된다.

또한 도입비용을 고려한다면 현재 국내에서 기술을 보유하고 있는 AGT-고무차륜이나 모노레일(소형) 그리고 PRT에 대한 검토가 필요할 것으로 판단된다.

표 16. 신교통시스템 도입비용

시스템 유형	평균건설비용 (km)
AGT-철제차륜(LIM)	500억
AGT-고무차륜	400억
소형모노레일	200억
PRT	130억

표 18. 도로의 단위공사비

구분	차로수	단위공사비(천원/m)	비 고
국대도,신설	4	14,900	일반국도 타당성조사용역 발주시 추정공사비에 한하여 적용
국도,확장	2→4	12,000	

자료 : 2009년 조성원가(조성비 부분) 추정자료

표 18. 대안별 설정내용비교

	대안 I	대안 II	대안 III
인 구	124,326인	124,326인	124,326+2,419인
연 장	13.15 km	13.15 km	13.15 km
도로규모 축소	-	92,050 m ²	92,050 m ²
가치분면적	-	-	52,600 m ²

6. 신교통시스템 도입비용 및 탄소절감비용

6.1 대안별 신교통 시스템 도입비용

6.1.1 대안별 신교통시스템 도입비용 산출방법

본 분석에서는 신교통시스템 도입에 의해 발생되는 비용 중 사업시행자가 의무적으로 부담해야 하는 비용을 부담한다는 전제하에 대안별 도입비용을 산출하였다. 신교통시스템 검토유형은 1차 분석결과에 의해 AGT-Lim, AGT-고무차륜, 소형모노레일, PRT를 검토하였다. 각 신교통시스템 건설비용은 적용지역의 공사조건이나 운행조건에 따라 달라진다. 따라서 본 분석에서는 사례지역 및 관련업체를 탐방하여 각 시스템별 평균 공사비를 적용하였다. 따라서 적용시스템의 유형에 따라 km당 건설비용이 약 130억~500억 정도의 발생할 것으로 가정하였다.

분석대상 지역을 A지구로 설정하였으므로, 광역교통개선 대책비용을 사업지구내에 근거하여 설정하였다.(총사업비의 33.4%) 또한 가치분면적 판매로 인해 발생하는 광역교통개선 대책비용은 전액 신교통시스템 도입비용에 투입하는 것을 전제로 하였다⁴⁾. 대안별 설정내용을 정리하면 표 17, 18과 같다

6.1.2 대안별 도입비용 산 출결과

대안 I(신교통시스템 단순 추가)의 경우 신규 개발사업지

4) 분석대상 지역의 신교통시스템과 경합하는 도로의 차로감소분에 대한 공사비 산출은 「2009년 조성원가(조성비 부분) 추정자료」에 근거하여 산출하였다.

구나 기존 도심에 모두 적용이 가능한 형태로서 기존 도심에서 나타나는 신교통시스템 도입시 발생하는 비용과 유사한 형태이다. 도입비용은 시스템 유형에 따라 약 1,710억~6,575억정도의 추가비용 발생되는 것으로 분석되었다.

대안 II(대안 I- 공사비 절감비용)의 경우 역시 기존 도심 및 신규 개발사업지구에 적용이 용이한 형태이다. 분석결과 도로규모축소에 따른 도로시설 공사비의 절감규모는 97,967,500천원으로 산출되었다. 따라서 대안 II의 신교통시스템 도입비용은 730 억원~5,595 억원으로 산출되었다.

대안 III(대안 II-광역교통개선대책분담금)의 경우 가처분 면적을 유상가처분용지로 분양함으로써 발생하는 광역교통개선대책분담금을 신교통시스템 도입시 재투자자를 하는 형태이다. 따라서 대안 III은 대안 I, 대안 II에 비해 투자재원의 확보가 비교적 용이할 것으로 사료된다. 또한 기존 도심지역에 적용하기보다는 신규 사업지구에 적용하는 것이 용이할 것으로 판단되며, 그 효과도 클 것으로 보인다.

분석결과 대안 II와 마찬가지로 도로규모축소에 따른 도로 시설 공사비의 절감규모는 97,967,500 천원으로 산출되었다. 또한 가처분용지의 유상분양에 따른 광역교통개선대책비용 추가 발생분은 18,587,320천원으로 산출되었다.

대안 III 신교통시스템 도입비용은 시스템유형에 따라 544억~5,409억원이 산출되며, 건설비용이 제일 낮은 PRT시스템을 도입할 경우, 554억의 추가도입비용이 발생하게 된다. 또한 가처분용지 유상분양에 따른 판매이익을 산출해보면 약 1,101억원이 발생하는 것으로 분석되었다. 따라서 대안 III의 경우 신교통시스템 도입시 도입비용은 최소 약 554억원(PRT

표 19. 대안 I 신교통시스템별 도입비용

시스템 유형	단 가 (km)	도입비용 (억원)
AGT-철제차륜(LIM)	500억	6,575
AGT-고무차륜	400억	5,260
소형모노레일	200억	2,630
PRT	130억	1,710

표 20. 대안 II 신교통시스템별 도입비용

시스템유형	신교통시스템 건설비(억원)	도로공사비 감소분	신교통시스템 도입비용(억원)
GT-철제차륜(LIM)	6,575	980억원	5,595
AGT-고무차륜	5,260		4,280
소형 모노레일	2,630		1,650
PRT	1,710		730

표 21. 대안 III 공사비 절감분 및 광역교통개선대책 비용

	금 액 (천원)	비 고
공사비 절감금액	97,967,500	2009년 조성원가 추정자료
광역교통개선대책 비용	18,587,320	33.4%(분담비율)
합 계	116,554,820	

표 22. 대안 III 신교통시스템별 도입비용

시스템유형	신교통시스템 건설비(A)	도로공사비 감소분(B)	광역교통개선 대책비용 (C)	도입비용 (억원)
철제차륜(LIM)	6,575	980	186	5,409
고무차륜	5,260			4,094
소형 모노레일	2,630			1,464
PRT	1,710			544

표 23. 대안별 공로의 총교통량 및 통행거리

구 분	미시행시	대안 I	대안II	대안III
공로 총교통량(pcu/일)	819,906	727,239	717,508	731,443
공로 총교통량(대/일)	721,315	632,991	624,107	636,129
평균 통행거리(km/대)	3.06	3.04	3.08	3.09

도입시)이 발생하게 되나 사업시행자는 사업시행으로 약 1,101억원의 판매이익을 보게 된다.

6.2 대안별 탄소저감 비용

6.2.1 대안별 탄소저감 비용 산출방법

일반적으로 지역별로 탄소배출량은 지역내 공로를 이용하는 자동차의 총 교통량을 통해 탄소배출량을 산출한다. 따라서 본 분석에서는 분석대상지역인 A지구 전체를 대상으로 각 대안별로 미시행에 대한 교통량감소분을 이용하여 탄소절감량을 산출하기로 하였다⁵⁾.

본 분석에서는 탄소배출량 감소규모산출을 다양한 측면에서 분석하기위해 차종을 PCU로 환산했을 경우와 혼합차종을 사용했을 경우 모두에 대해 탄소배출량을 산출하기로 하였다. 탄소배출 절감분은 에너지관리공단의 「탄소중립 프로그램」을 이용하여 산출하였다. 또한 절감비용은 에너지관리공단의 「탄소중립을 위한 상세표준방안」을 이용하여 산출하였다.

$$\text{배출량} = \text{배출계수} \times \text{등록대수} \times \text{주행거리} \times 10^{-6}$$

6.2.2 탄소저감 비용 산출결과

총교통량을 승용차⁶⁾(PCU)로 환산했을 경우, 탄소배출량 및 절감분을 산출해보면, 대안 II가 탄소배출량이 가장 적게 발생하는 것으로 분석되어 탄소절감분이 49,003kgCO₂/일로 가장 높은 것으로 분석되었다. 따라서 1인당 탄소절감량은 대안 I, 대안 II가 가장 높은 것으로 분석되었다.

총교통량을 기준으로 산출하였을 경우, 탄소배출량 및 절감분을 산출해보면 대안 II가 탄소배출량이 가장 낮은 것으로 분석되었으며, 각 차종별 배출량도 가장 낮은 것으로 분석

5) 배출량 산출기준은 일일기준으로 산출하는 것을 원칙으로 하였다.

6) 승용차의 경우 소형과 중형의 평균값을 이용하여 산출하였다.

표 24. 대안별 일일탄소배출량 및 절감분 (pcu/일 기준)

		미시행시	대안 I	대안 II	대안 III
탄소 발생량 (kgCO ₂ /일)	총발생량	411,199	362,341	362,196	370,430
	1인당발생량	3.307	2.914	2.913	2.923
탄소 절감량 (kgCO ₂ /일)	총절감량	-	48,859	49,003	40,770
	1인당절감량	-	0.393	0.394	0.322

표 25. 대안별 차종별 일일탄소배출량 및 절감분

차종	연료	배출계수 (kgCO ₂ /km)	탄소배출량 (kgCO ₂ /일)				
			미시행	대안 I	대안 II	대안 III	
승용/택시	휘발유	0.231	397,301	335,751	334,454	341,871	
	LPG						
버스	경유	1.382	90,478	71,789	69,170	70,816	
화물	소형	경유	0.246	83,026	82,442	83,518	85,505
	중형	경유	0.335	18,710	18,578	18,821	19,269
	대형	경유	1.388	38,589	38,318	38,818	39,742
탄소 배출량	총 배출량		628,104	546,886	544,782	557,201	
	1인당 배출량		5.052	4.399	4.382	4.396	
탄소 절감량	총 절감량(%)		-	81,217 (12.93%)	83,322 (13.27%)	70,902 (11.29%)	
	1인당 절감량		-	0.653	0.670	0.559	

되었다. 또한 모든 대안의 절감분이 10%이상의 효과를 보이는 것으로 분석되었으며, 그 중 대안 II의 탄소절감분이 49,003kgCO₂/일로 가장 높은 것으로 분석되었다. 대안 III의 경우, 유상가치분용지의 판매로 인한 인구가 증가되어 다른 대안에 비해 1인당 배출량이 높은 것으로 분석되었으나, 대안 I에 비해서는 다소 낮은 것으로 분석되었다.

7. 요약 및 결론

본 연구에서는 신교통시스템 도입시 기존에 나타난 문제점을 보완하고자 시스템 적용유형에 따른 가이드라인을 제시하고, 모의실험을 통해 신교통시스템 도입시 도로의 효율적인 공급으로 인한 절감효과를 제시하였다. 본 연구의 내용을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 신교통시스템을 기능적 특성과 지역적 특성을 고려한 복합카테고리를 구성하여 개발사업지구에 도입할 경우, 포괄적으로나마 도입유형을 가늠할 수 있는 방안을 제시하였다.

둘째, 간선시설의 의미를 기존도로에서 신교통시스템등과 같은 대중교통시설물까지 확장시켜 도로규모축소를 통한 고밀화와 함께 간선시설을 입체화하는 방안을 제시하였다.

셋째, 신교통시스템 도입시 도로의 효율적인 공급으로 인한 절감효과를 제시한 모의실험을 통해 신교통시스템 도입시 공로(도로)의 통행패턴변화 및 신교통수송수요 추정 그리고 탄소발생 절감분 산출을 통해 신교통시스템 도입에 따른 사회적 비용의 절감효과를 분석하였으며 적용가능한 시스템유

형을 제시하였다.

넷째, 모의실험을 통해 선정된 신교통시스템을 대상으로 대안별 도입시 발생하는 추가비용을 산출하여 효과적인 대안을 설정하였다.

모의실험에서는 PRT를 도입하면 추가비용이 약 554억원이 소요되나 약 52,600 m²규모의 가치분 용지를 판매함으로써 판매이익은 1101억이 발생하는 것으로 추정되었다. 결과적으로 신교통시스템 도입시 도로시설을 고밀화하고 유상분양면적 등을 감안할 경우 각 지자체에서는 적극적으로 도입이 가능할 것으로 분석되었다. 즉, 대규모 택지개발(신도시) 지구에 신교통시스템을 도입할 경우, 사회적 비용절감은 물론, 정부의 친환경·녹색성장 정책기조에 부합할 수 있으며, 이때 지자체의 재정적 여건을 감안하여 저렴한 가격의 PRT 도입이 유리한 것으로 분석되었다.

한편, 본 연구에서는 분석자료 수집의 어려움으로 일부자료에 대해서는 일반적인 자료를 이용하여 산출하였음을 밝히며) 향후에 후속 연구에서 보완해지기를 기대해 본다.

끝으로 향후 연구과제는 신도시나 대규모 택지사업지구와 같은 신규사업지구 또한 기존 도시에 신교통시스템을 도입하여 새로운 대중교통수단으로서의 활성화를 기대한다면 단순한 시스템의 도입 뿐 만아니라 이에 적절한 환승시스템 도입 등 TOD를 위한 복합적인 방안이 제시되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 국회예산정책처(2008), 「국내 신교통시스템 도입 절차의 문제점 및 개선방향」.
2. 국토해양부(2008), 「울산시 2015년부터 노면전차 운행」
3. 교통개발연구원(1996), 「부산광역시 신교통수단 타당성 조사 및 기본계획」.
4. 김현, 김창균, 김연규(2006), 「일본 신교통수단 운영사례의 시사점」, 교통기술과 정책 제3권 제4호.
5. 박광복, 한국환(2003), “우리나라 경전철 도입 현황과 개선방안에 관한 연구”, 한국철도학회.
6. 박영근, 윤희택, 목재균(2007),“신교통수단 바이모달 트램의 안전운행에 관한 연구”, 한국방재학회.
7. 부산교통공사(2009), 「반송선 경전철의 안전성 및 운영방안」
8. 송달호, 김종현, 김남호(2006),“소형궤도차(PRT) 가이드웨이의 수송용량에 대한 고찰”, 한국철도학회.
9. 신중현, 김시곤(2004),“신도시 건설에 따른 신교통수단 시스템 선정방안”, 한국철도학회.
10. 이준, 김경태, 문대섭, 이진선(2006), “소형궤도 열차시스템의 국내 적용방안 연구”, 한국철도학회.
11. 오중우, 오승훈(2007),“모노레일 활성화 방안 연구”, 한국동굴학회지.
12. 전배운, 유제남, 이용희(2007),“대구도시철도 3호선 차량시스템 선정”, 한국철도학회.

7) 일반자료를 통한 산출이 결과의 방향에 영향을 줄만한 유의한 수준은 아니었음을 밝힌다.

13. 정락교, 조홍식, 김연수, 정상기, 이안호(2003), “소형 궤도열차의 현황 및 가능성” 한국철도학회.
14. 한국토지공사(2004), 「성남판교지구 택지개발사업 신교통수단 타당성조사」.
15. 한국교통연구원(2007), 「유럽주요도시의 신교통수단 운영사례 및 시사점」.
16. 한국철도기술연구원(2008), 「경전철 현황 및 성공적인 사업추진 방안」.
17. 한성욱(2002), “국내 대도시 및 중소도시에 적용가능한 경전철 시스템에 관한 조사비교 연구” 서울산업대학교 산업대학원 석사학위논문.
18. Michael Taplin (1997), Light Rail in Europe, Capital Transport
19. Shigeru Morich i(1992), New Transport Systems in Japan & Philippines, International Symposium & Exhibition on Automated Guided Transit.
20. V.R. Vuchic (1981), Urban Public Transportation, Prentice-Hall TRB-1985, Highway Capacity Manual, Special Report.
21. V.R.Vuchic (1992), The Role of Automated Guided Transit Systems in Urban Transportation, International Symposium & Exhibition on Automated Guided Transits.