

노면전철과 대중교통수단 간의 환승체계 구축에 관한 연구 - 창원 지역을 중심으로 -

최양원* · 박도윤**

Choi, Yang-Won*, Park, Do-Yun**

A Study on the Construction for Transfer System between Tram and Public Traffic System - In the Place of Changwon Area -

ABSTRACT : Recently, due to problems with subway and bus operations, a need has emerged for a solution such as the introduction of an Advanced Transit System. In several municipalities, systems have been introduced using light rail as AGT urban aesthetics construction. There is high inhibition and civil cases are delayed by more environmentally friendly and accessible remedies. For the purpose of this study, Changwon city would be transformed to have an environmentally friendly transportation system such as a tram with an overview. Features, advantages, and disadvantages are analyzed, and systems are established the existing public transport routes by transfer system. Changwon city's tram plan is first step in open in year 2018, and second step with the opening goal of the year 2021, and the total line length of 33.9 km, the station will be built in the 38 locations. and also in 2011 a feasibility study, evaluated a low economic as B/C to 0.88, but it evaluated the high value of the policy analysis as AHP to 0.502. However, introduction of a tram project that should precede the as following condition. The first step in Changwon city's tram plan would be as follows : The introduction of the tram system would demand traffic management along with a restructuring of the bus system, and the tram system would be selected for domestic realities. Secondly, the introduction of trams would comprehend the advanced traffic composition in accordance with the consensus of the citizenship, and a legal system should be established for the introduction of the trams.

Key words : tram, TOD, AHP, ATS, barrier free system

초 록 : 근래 지하철과 버스의 운영상 문제점이 대두되면서 신교통수단 도입이 요구되고 있다. 특히 여러 지자체들이 도입하고 있는 AGT방식의 경전철은 고가건설에 따른 도시미관 저해, 민원발생 등으로 건설이 지연되는 사례가 많아, 그에 대한 해결책으로 친환경적이고 접근이 편리한 노면전차가 대두되고 있다. 본 연구는 창원시를 친환경적인 대중교통지향형 도시로 탈바꿈 할 수 있도록 노면전차의 개요, 특징, 장·단점 등을 분석하고 이러한 시스템의 도입을 위해 기존의 대중교통수단간의 환승체계를 구축하기 위한 목적이다. 창원시 노면전차는 1단계 2018년, 2단계 2021년 개통을 목표로 추진 중에 있으며, 총 길이 33.9km 정거장 38개소를 건설할 계획이다. 2011년 예비타당성 조사에서는 B/C는 0.88로 경제성은 다소 떨어지나, 정책적 분석측면에서 AHP값이 0.502로 타당성이 있는 것으로 평가되었다. 다만 노면전차 도입 전에 선행되어야 할 과제로 첫 번째 노면전차의 도입시 버스를 포함한 대중교통 체계의 개편뿐만 아니라 자동차의 수요관리와 함께 이루어져야 하며, 국내 현실에 맞는 세심한 시스템 선정이 요구된다. 두 번째 철저한 시민공감대 형성 및 선진 시민의식이 제고되어야 하며, 노면전차의 도입에 필요한 법적인 제도가 확립되어야 한다.

검색어 : 노면전차, 대중교통지향형개발, 정책적분석값, 신교통시스템, 수평이동체계

* 정희원 · 영산대학교 (Corresponding Author · Youngsan University · ywchoi@ysu.ac.kr)

** 영산대학교 교통공학과 대학원생 (DYP@ysu.ac.kr)

Received August 18 2012, Revised September 28 2012, Accepted October 31 2012

1. 서론

1.1 연구배경과 목적

본 연구의 배경으로 창원시는 2010년 7월 창원·마산·진해의 통합에 따라 인구 109만의 대도시로 발전되었으며, 도시의 팽창 및 인근 김해시 장유면, 함안군 등 인근 도시의 급성장이 이루어지고 있다. 창원시의 자동차 증가율은 전국 평균을 상회하는 것으로 나타났으나, 대중교통 이용률은 점차 낮아지고 있어 기존 주요 가로 및 교차로에서 극심한 지·정체 현상이 발생하고 있는 실정으로 인구 100만 이상에 적합한 광역교통체계의 구축이 필요한 실정이다. 이에 경상남도에서는 「경상남도 도시철도 기본계획(2009.1, 경상남도)」을 수립하였으며, 해당 기본계획에 마창진 노선 및 창원 남북노선을 노면전차 건설 최종노선망으로 제시하였다. 아울러 해당 사업을 통해 창원시, 마산시 및 진해시를 연결하여 효율적인 장래 교통망의 정비 및 확충방안을 제시하고 있으며, 노면전차 등의 신 대중교통시스템을 도입하여 도로의 혼잡 완화를 기대하고 있다. 이 후 마창진 노선에 대해서는 기획재정부 예비타당성 조사를 실시하였으며, 2011년 4월 타당성이 있는 것으로 평가 받은 바 있다.

따라서 본 연구의 목적은 1980년대부터 선진국에서 도입한 신교통시스템(Advanced Transit System) 중 노면전차 시스템에 대한 개요, 특징, 장·단점 등을 분석하고, 창원시 사례를 중심으로 노면전차 시스템이 대중교통수단간의 환승체계를 구축하고자 한다.

1.2 연구방법

최근 각 지방자치단체에서 경쟁적으로 도입을 추진하던 경전철이 교각 위 건설에 따른 도시미관 저해, 소음공해에 따른 민원 유발, 수익성·재정적 사유에 따라 사업이 중단되거나 연기되는 사례가 빈번하게 발생하고 있으며, 이를 대신한 친환경 교통수단으로 노면전차가 각광을 받고 있는 실정이다. 이에 따라 창원시를 포함한 수원시, 광주시, 성남시, 청주시 등에서 경전철보다는 도시경관에 이롭고 비용이 적게 드는 노면전차 설치를 추진하고 있다.

따라서 본 연구에서는 노면전차에 대한 개념과 노면전차의 과거와 현재, 종류 등을 수집·제시하고, 국내외 노면전차 도입 및 운영사례를 분석하여 시사점을 도출하였다. 그리고 창원시 도시철도(노면전차)의 추진 개요, 「경상남도 도시철도 기본계획(2009.1, 경상남도)」 및 「창원 도시철도 건설사업 예비타당성 조사, 2011.1, 한국개발연구원」에서 제시된 경제적 타당성 분석을 비교·분석하였다.

창원시에 노면전차가 성공적으로 정착되기 위해서 노면전차

도입의 필요성, 선행되어야 할 과제, 창원시에 적합한 노면전차 시스템 제언 등을 제시하고 결론을 도출하였다.

2. 노면전차 시스템의 특성

2.1 노면전차의 개념

노면전차란 교통수단의 하나로, 주로 도로상에 부설된 레일을 따라 움직이는 전동차를 일컫는다. 영어로는 Tram, Tramcar, Streetcar 등으로 지칭되고 있으며, 최근의 전용궤도에서 주행하는 신형 노면전차(저상형)를 SLRT(Street Light Rail Transit)로 불리고 있다.

미국, 일본에서의 노면전차 시스템에 대한 정의는 다음과 같으나 우리나라의 개념과는 다소 차이가 있다.¹⁾

미국 교통부에서는 노면전차(Tram, SLRT, Streetcar)는 “선로 대부분을 다른 교통기관과 분리된 전용궤도를 주행함으로써, 자동차 운행에 방해가 되지 않고 자동차와 공존 가능한 새로운 도시교통시스템”이라고 정의하고 있다.

일본의 경우 노면전차는 “주행위에 설치된 주행로를 고무타이어가 부착된 차륜을 가진 차량이 안내 레일을 따라 주행하는 시스템(Guideway System)”을 신 교통시스템으로 통칭하고 있다.

우리나라 현행 법령체계 「도시철도법」에서 노면전차는 “도시교통의 원활한 소통을 위하여 도시교통권역에서 건설·운영하는 철도·모노레일 등 궤도에 의한 교통시설 및 교통수단”으로 정의하고 이에 따른 도시철도로 분류하고 있다.

입법 발의(2009.12.17)한 「노면전차 건설관리법안」에서 노면전차는 “도로 위에 궤도(軌道) 또는 이와 유사한 설비를 설치하여 여객 및 화물을 운송하는 교통수단”으로 정의하고 있다.

노면전차는 AGT(Automated Guideway Transit), 모노레일(Monorail), LIM(Linear Induction Motor) 등의 신교통수단에 해당되며 수송능력은 버스보다는 높고 지하철 보다는 낮은 편이며, Table 1은 수송능력에 따른 교통수단별 비교표이다.

Table 1. Transportations according to the transport capacity

division	passenger	system	domestic record
transport capacity (person /hour · lane)	40,000 persons over	HRT	Seoul, Metropolitan
	20,000 ~ 40,000 persons	MRT	Busan, Daegu, Daejeon, Gwangju, Incheon
	5,000 ~ 20,000 persons	LRT	Kimhae, Gwangmyeong, Uijeongbu, Incheon Airport

1) 이재봉외 2명, 노면전차시스템 도입에 대한 역할 증대방안, 한국철도학회, 2011

Table 2. Comparison of the advantage & disadvantage of tram

advantage	disadvantage
① construction is easy on the road and the cost is inexpensive. (under the one-fifth of subway, about 2 million won/km) ② It is convenient for accessibility that vehicle's floor is down. Especially, it is easy for older or disabled person who use wheelchair. ③ dedicated rail drive over 80km/h on operating speed, it improve scheduled speed. ④ it decreased the noise level as 8dB(A), It is pleasant transportation as less vibration. ⑤ station & structure is very simple, facilities maintenance convenient and inexpensive. ⑥ environmentally-friendly transportation ⑦ driving all road & less radius of 25 degrees, excellence the gradient, climbing ability, acceleration & deceleration function.	① heavy traffic in the downtown area construction difficulties. ② in the downtown due to electrical wiring, safety and city aesthetics inhibited concerns. ③ road increases the share of the narrow road, the service is limited. ④ devices installed to prevent freezing in the winter and road snow removal action is required. ⑤ if the existing road is difficult, the added burden of compensation for road expansion. ⑥ other means of transportation and driving in congested areas, urban public traffic jams increasing

Ref : Lee Jae-Bong 2 other people(2011), Ways to increase the role for the introduction of the streetcar system, Korean Society for Railway

2.2 노면전차의 장·단점

노면전차의 장·단점은 종류에 따라 다소 차이는 있으나 다음과 같다.

장점으로는 첫 번째, 노면전차는 차량이 경량이기 때문에 설치공사를 하는데 시간과 비용이 적게 소요된다. 노면전차의 건설비는 1km당 약200억원²⁾으로 지하철의 건설비 1 km당 약1,300억 원에 비해 매우 저렴하며, 건설기간도 지하철 10년에 비해 노면전차는 4년이면 가능하다.

두 번째, 이용하기가 편리해졌다는 것이다. 예전의 노면전차는 차량 바닥에 각종 기계장치들이 들어있어 미관상 좋지 않고, 차량에 탑승하기 위해 계단을 올라가야하는 부담도 있었지만, 신형 노면전차는 차량 전체 길이의 50~70%가 저상구조인 것은 보통이고, 100% 저상 노면전차가 일반화 되는 추세이다.

세 번째, 친환경적인 교통수단이라는 것이다. 노면전차는 전기로 가동되므로 매연이 없고, 기술의 발달로 진동과 소음이 크게 줄어들었다. 이 때문에 탑승자에게도 좋고, 노면전차가 운행되는 주변 지역 주민들에게도 좋을 영향을 미치고 있는 실정이다.

네 번째, 예전보다 차량 성능이 좋아졌다는 것이다. 최고속도 개선, 가·감속도 향상, 최소화진반경 감소, 등판능력의 개선 등으로 모든 도로에 주행이 가능해졌다.

단점으로는 첫 번째, 노면전차는 도로 교통을 방해한다는 것이다. 반대로 도로교통 체증으로 인해 노면전차가 제대로 달릴 수 없다는 것이며, 버스의 노선개편이나 승용차의 교통수요를 억제하는 방안 없이 단독으로 도입할 경우, 버스의 수익금 손실 및 교통상황 악화가 우려된다.

두 번째, 노면전차는 도시미관을 해친다는 것이다. 이것은

노면전차가 주행하기 위해서는 노면전차가 달리는 곳 상단에 전차선을 설치해야 한다는 점이다. 다만 근래 주 동력원을 차량에 탑재된 2차 전지 배터리에서 공급받는 ‘무가선 하이브리드 저상 트램’이 개발되어 운영 중에 있다.

앞서 설명한 노면전차 장·단점을 비교한 내용은 Table 2와 같다.

2.3 노면전차의 종류

1990년대 이후 주로 유럽에서 운영되는 노면전차의 승객정원은 약 300명이고, 4량 1편성 또는 5량 1편성이 주류를 이룬다. 최고속도는 60km/h이나, 도심지 도로 통과, 보행자 도로와의 공용에 따른 보행자 보도 등에 따라 표정속도는 25~30km/h로 운영 중이다. 상부 전차선에 의해 전력을 공급받는 형태가 대부분이며, 차량의 최소 곡선반경은 25m, 등판능력은 6% 수준이다. 일반적인 노면전차 시스템에 대한 종류는 Table 3과 같다.

3. 노면전차 도입 및 운영 사례




3.1 국내 노면전차 도입 계획

지금까지 도시권에서의 대중교통수단은 지하철과 버스가 대표적이었으며, 지하철은 규모가 너무 커서 건설비 과다에 따른 적자 운영이 되고 있고, 버스는 매연과 소음이 심하여 환경문제를 발생 시킬까 동시에, 정시성 결여, 수용능력이 떨어진다는 점에서 문제가 있었다. 이러한 지하철과 버스의 문제점을 보완하고자 각 지자체는 노면전차와 같은 신교통수단 도입을 추진 중에 있다.

2012년 현재 우리나라에서는 창원시를 포함하여 총 11개 노선이 구상 또는 계획단계에 있으며 자세한 내용은 다음 Table 4와 같다.

2) 전주시, 전북 전주시 경전철 타당성 조사보고서, 1999.12

Table 3. Kinds of tram operating

system type	Euro Tram ¹⁾	Sirio ¹⁾	Citadis302 ²⁾
train type photo			
specification	W2.40×H3.1×L33.1	W2.40×H3.4×L35.35	W2.40×H3.3×L32.4
max. speed	60km/h	60km/h	60km/h
passengers range	290persons	285persons	303persons
train group	4trains 1group	4trains 1group	5trains 1group
engaging method	upper engaging method	upper engaging method	upper & under both engaging method
minimum curvature radius	25m	25m	25m
maximum slope	6%	6%	6%
wheel type	steel wheel	steel wheel	rail+steel wheel
operating method	1 man driver	1 man driver	1 man driver
company	Adtranz	Ansaldo Breda	Alstom
service status	Strasbourg, France	Milan, Italy	Lyon, France
domestic operation	Jeonju line(plan stopping)	-	-

Ref : 1) Gyeongsangnam-do urban railway Basic Plan(2009), Gyeongsangnam-do

2) Lee Jae-Bong 2 other people(2011), Ways to increase the role for the introduction of the streetcar system, Korean Society for Railway

Table 4. Master plan of domestic tram construction

division	business	location	route length	train system	remarks
Wirye new town	new (conception)	macheon ST (seoul lane 5) ~ bokjeong ST(seoul lane8)	5.5km	SLRT	'07 Wirye new town basic plan
Iincheon LRT lane 2	new (conception)	juan ST(seoul lane1) ~ songdo international city	15.4km (18place)	streetcar	'10 2025 Iincheon urban basic plan
Iincheon song do	new (conception)	incheon tower(incheon lane1) ~ global campus	7.4km (14place)	tram	'07 Iincheon public traffic plan '10 2025 Iincheon urban basic plan
Iincheon yeong jong	new (conception)	airport newtown ~ yeong jong sky city	4.9km (5place)	tram	'07 Iincheon public traffic plan '10 2025 Iincheon urban basic plan
Suwon LRT	new (planning)	Suwon ST(seoul lane1) ~ gwanggyosan	6.1km	tram	'07 KDI Suwon LRT plan (B/C=1.2) '11 gyeonggi-rail system to build basic plan
Seongnam LRT lane 2	new (conception)	unjungdong ~ migeum ST(bundang lane)	13.7km	tram	'07 metropolitan area, metropolitan transportation basic plan '11 gyeonggi-rail system to build basic plan
Cheongju tram	new (conception)	cheongju downtown section1 ~ 3	49.43km	streetcar	'11 Cheongju green urban development basic plan
Guangzhou metro lane 2	new (planning)	Guangzhou city hall ~ Guangzhou ST	41.7km (44place)	monorail or AGT	'05 KDI PIMAC pre-feasibility study(B/C=1.42, AHP=0.606) '11 Guangzhou metro lane 2 basic plan proposed change
Ulsan LRT	new (planning)	hyomun ST ~ gulharl	15.95km (21place)	SLRT	'05 KDI pre-feasibility study (B/C =1.21, AHP=0.696) '08 Ulsan LRT basic plan '09 Ulsan LRT provisional reservation)
Changwon tram	new (planning)	gapodong ~ jinhae wardl	33.6km (38place)	tram	'09 Gyeongsangnam-do urban railway Basic Plan(B/C=1.11) '11 pre-feasibility study plan (B/C=0.88, AHP=0.502)
Cheju island tram	new (conception)	nohyung rotary ~ national museum	7.29km (8place)	tram	'11 Cheju island tram's introduction of pre-feasibility study, research service (alternative 2 : B/C=0.84)

Ref : <http://frdb.wo.to>

Table 5. Public transportation growth in accordance with Tram operating in France

city name	opening yr	annual trip(million, including bus & tram)		public transit growth(%)
		opening before(yr)	opening after(yr)	
Nantes	1985yr	51.1 (1984)	64.7 (1986)	26.7
Grenoble	1987yr	35.4 (1986)	42.9 (1988)	21.3
Rouen	1994yr	25.7 (1993)	32.8 (1995)	27.7
Montpellier	2000yr	28.3 (1999)	39.3 (2001)	36.3
Orleans	2001yr	16.0 (2000)	18.8 (2001)	17.8
average	-	-	-	26.0

Ref : Jang Taek-Young(2012), The necessity and strategies of the introduction of streetcar, Green tram forum inaugural seminar, Green tram forum

3.2 해외 노면전차 운영사례

유럽 및 미국, 일본 등 선진국에서 노면전차를 도입한 배경을 종합해보면 소음공해 예방, 공기 질적 향상, 자동차 배기가스에 의한 각종질한 예방, 지구온난화 방지, 각종 동·식물군의 보호 등 환경보호 정책과 도시 슬럼화를 방지하기 위한 정책 등으로 노면전차 건설에 투자하기를 희망하는 시민들의 요구를 대부분 수용하여 쾌적한 도심재생의 주목적과 환경보호 차원에서 노면전차의 도입을 결정하고 있다.

3.2.1 일본 토야마(富山)

일본은 토야마 시는 도쿄의 북쪽 동해안에 인구 약 42만명의 도시이다. 토야마 시는 자동차 보유율이 전국 2위인 자동차 중심 도시로 대중교통 서비스 질이 저하되고 있었다. 이에 따라 인구가 감소하고 고령화되어 감에 따른 해결책으로 기존 철도선을 활용하여 7.6km, 정거장 13개소, 2량 7편성으로 운영을 시작하였다. 노면전차 개통 이후 토야마 시는 고령화 사회와 친환경 교통의 관광명소가 되었으며, 역 주변 택지개발 부흥, 상점가의 활성화, 매력 높은 도시경관, 도시재생효과로 시민 만족도가 상승, 일평균 4,988명이 승차하는 등 성공적인 평가를 받은 바 있다.

일본의 노면전차 성공 요인으로는 도로 정체 폐해로 정시성을 확보할 수 있는 노면전차로 수요가 전환되어 기존 노면전차 사업이 흑자로 전환되고 있으며, ‘노면전차 주행공간 개축사업 (1997년)’ 등 건설지원 보조 제도를 개선·강화하고 있다. 무엇보다 고령화와 교통약자를 고려한 Barrier Free 정책 및 지속가능한 교통을 꾸준히 추진하여 지구온실효과가스를 감축하고 친환경, 인간중심의 교통전략을 수립하고 있다.

3.2.2 프랑스 파리

파리내 트램은 현재 3개 노선 32km가 운행 중이며, T1과 T2노선의 경우 파리시 도심지인 1촌 외곽에 운영 중에 있다. 2006년 12월 개통된 T3선은 1촌내 남부에 위치하며 연장 7.9 km, 17개 정류장, 배차간격 4분, 20km/h의 속도, 일 12만명을

수송하고 있다. 특히 T3노선은 궤도 바닥에 잔디를 깔아 소음절감과 도심녹화를 동시에 확보하였다. T3노선은 도로 공간을 트램, 자동차, 자전거, 보행자로 재분배 하였으며, 이는 도로용량이 4배 증가하고, 자동차 사고율도 40%가 감소되는 효과를 가져왔다.

노면전차의 도입은 자동차 통행 억제, Park & Ride 활성화, 주차정책, 버스노선 조정, 보행자 우선정책 등 다른 교통관련 사업들과 Package화하여 수행되어야 하며, 이로 인해 대중교통 이용률 시너지 효과가 발생되어 프랑스 도입 도시에서는 대중교통 통행증가율이 20~30%에 달하고 있고 그 현황은 Table 5와 같다.

4. 창원시 도시철도(노면전차) 건설 계획

4.1 창원시 노면전차 사업개요

창원시 노면전차의 건설 사업은 2011년 기획재정부 예비타당성을 통과하였으며, 마산 가포부터 진해구청 까지 노선길이 33.9km, 정거장 38개소의 노면전차를 2020년 까지 건설하는 사업으로 계약적인 사업개요는 다음 Table 6과 같으며, 최적 노선도는 Fig. 1과 같다.

4.2 타당성 조사 결과

창원시 도시철도(노면전차)에 대한 타당성 조사는 「경상남도 도시철도 기본계획, 2009.1, 경상남도」 및 「창원도시철도 건설사업 예비타당성 조사, 2011.1, 한국개발연구원」에서 이루어졌으며, 두 보고서에서 제시하는 창원시 도시철도의 수요예측 결과, 비용 및 편익 분석결과, 경제성 분석결과를 비교하였다. 두 보고서에서 제시된 최적 대안 및 시나리오로 선정된 안을 위주로 비교·분석을 하였다.

4.2.1 최적대안의 개요

경상남도 도시철도 기본계획의 최적대안은 마창진 노선(1·2 단계) 및 창원 남북 노선(3단계)을 단계별로 시행하는 안이며, 예비타당성 조사의 최적대안은 1단계+2단계 일부(마산 가포~

Table 6. Overview of tram construction project in Changwon city

division	contents
location	Masan garforth~Changwon station~city hall~Jinhae seokdong(section-1)~Jinhae ward(section-2)
construction segments	tram L=33.9km(section-1 : 30.15km, section-2 : 3.75km) station 38places(ground 36place, expensive 2place)
construction amount	7,232 hundred million won(section-1: 6,468hundred million won, section-2: 764hundred million won)
construction period	2011year ~ 2020yeay(10 years)
enforcement method	financing base

Ref : Changwon city railway construction projects pre-feasibility study(2011), Korea Development Institute

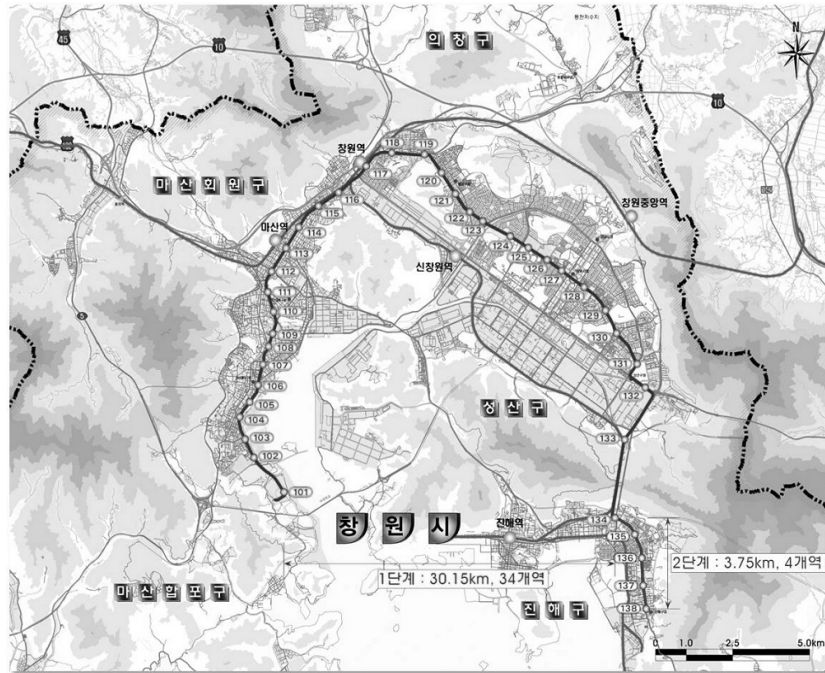


Fig. 1. Optimum route map of tram construction project in Changwon city

진해 석동)구간이며, 4차로 구간 2.73km(마산지역 1.53km, 창원지역 1.2km) 구간 통과시 타 수단과 혼용하는 방안이다. 예비타당성 조사시 마창진 노선에 한해서만 검토하였으므로, 이후 비교 시에는 경상남도 도시철도 기본계획 마창진 노선(1·2 단계)과 예비타당성 대안1(기본계획 마창진 노선과 동일) 및 최적 대안인 대안3을 비교하였으며 그 결과는 Table 7과 같다.

4.2.2 교통수요 예측결과 비교

교통수요 예측시 사용된 기본 자료는 국가교통DB의 부산·울산광역시권 O/D 및 Network자료를 활용하였으나, 기준연도와 시간적 범위는 다소 상이하다.

교통수요 예측시 예측시 장래 수단별 통행량 중 철도통행량은 기본계획에서 2026년 기준 미시행시 139,697통행/일에서 시행시 272,163통행/일로 철도의 수단분담률이 6.65%에서 12.96%

로 증가하는 것으로 나타났으며, 예비타당성 조사에서는 2021년 대안1 기준 미시행시 405통행/일에서 시행시 111,273통행/일로 철도의 수단분담률이 0.03%에서 6.99%로 증가하는 것으로 나타났다. 분석연도의 기준이 다소 상이하지만 기본계획의 철도 수단 분담률이 12.96%에 반해 예비타당성 조사 대안1기준 철도의 수단분담률이 6.99%로 5.97%의 차이를 보이는 것으로 나타났다. 총 통행량 비교 시에도 기본계획 2,099,244통행/일에 비해 예비타당성 조사 1,591,637통행/일로 507,607통행/일이 차이 나는 것으로 분석되었고 그 결과는 Table 8과 같다. 이러한 차이점은 장래개발계획인구 반영에 있어 기본계획은 긍정적 측면을 고려하여 분석되나 예비타당성 조사는 사업승인 또는 실시계획 인가가 완료된 사업에 한해 수용함을 원칙으로 분석되었다.

장래 연도별 도시철도(노면전차)의 수요를 살펴보면, 2036년 기준 전일수요량이 기본계획은 196,159인/일, 예비타당성 조사

Table 7. Overview for optimal alternatives of tram construction project in Changwon city

division		Gyeongsangnam-do urban railway Basic Plan ¹⁾		pre-feasibility study plan	
		section-1&2 line	section-3 line	alternative 1 ²⁾	alternative3 ³⁾
route length		35.6km	8.3km	33.9km	30.2km
station no.		38place	10place	38place	34place
geometric	curvature radius	R(min)=70m	R(min)=70m	R(min)=50m	R(min)=50m
	grade	S(max)=5.0%	S(max)=5.0%	S(max)=6.0%	S(max)=6.0%
facility	bridge	5.9km	1.3km	4.3km	3.1km
	tunnel	1.8km	-	2.2km	1.7km
	road	24.1km	7.0km	25.1km	23.5km

point : 1) optimal alternative as step by step construction(section-1: 2018yr, section-2: 2021yr, section-3: 2026yr)

2) alternative1 : section-1+section-2 total route(Masan garforth~jinhae city hall)

3) alternative3 : section-1+section2 part(Masan garforth~jinhae seokdong)

Ref : Gyeongsangnam-do urban railway Basic Plan(2009), Gyeongsangnam-do

Changwon city railway construction projects pre-feasibility study(2011), Korea Development Institute

Table 8. Means of changes in the share of before & after the project implementation

(unit : trip/day)

division		Gyeongsangnam-do urban railway Basic Plan(2026yr)			pre-feasibility study plan(2021yr)					remarks (D-B)
		non-biopsy (A)	biopsy (B)	transitionQy (B-A)	non-biopsy (C)	biopsy-alternative1 (D)	transitionQy (D-C)	biopsy-alternative3 (E)	transitionQy (E-C)	
car	traffic	1,239,729	1,151,333	-88,396	898,402	840,985	-57,417	843,217	-55,185	-310,348
	share rate	59.06	54.85	-4.21	56.45	52.84	-3.61	52.98	-3.47	-2.01
bus	traffic	574,610	539,671	-34,939	536,708	494,172	-42,536	495,493	-41,215	-45,499
	share rate	27.37	25.71	-1.66	33.72	31.05	-2.67	31.13	-2.59	5.34
rail	traffic	139,697	272,163	132,466	405	111,273	110,868	107,295	106,890	-160,890
	share rate	6.65	12.96	6.31	0.03	6.99	6.96	6.74	6.71	-5.97
taxi	traffic	145,208	136,077	-9,131	156,122	145,207	-10,915	145,633	-10,489	9,130
	share rate	6.92	6.48	-0.44	9.81	9.12	-0.69	9.15	-0.66	2.64
total	traffic	2,099,244	2,099,244	-	1,591,637	1,591,637	-	1,591,637	-	-507,607
	share rate	100.00	100.00	-	100.00	100.00	-	100.00	-	-

Ref : Gyeongsangnam-do urban railway Basic Plan(2009), Gyeongsangnam-do

Changwon city railway construction projects pre-feasibility study(2011), Korea Development Institute

대안은 103,015인/일로 93,144인/일이 차이가 나며, km당 수요량은 기본계획 5,512인/km, 예비타당성 조사 대안은 3,039인/km로 2,473인/km가 차이가 나며, 그 결과는 Table 9와 같다. 특히 수송수요는 노면전차 개통후의 수익성에 매우 중요한 변수가 되므로 향후 실시설계 타당성 평가시 세부적인 분석이 요구된다.

4.2.3 비용 및 편익 산출 비교 분석결과

총 사업비의 경우 기본계획 10,310억원 대비 예비타당성 조사 대안안은 7,232억원으로 3,078억원이 적을 것으로 분석되었다. 예비타당성 조사비용 산출시 기본계획에 비해 공사비가 적게 요구되는 노면구간을 24.1km에서 25.9km로 1.8km 길게 산정한 반면, 공사비가 높게 책정되는 교량 및 터널 구간을

각각 1.6km, 0.1km 짧게 산정하여 분석되었다.

또한 총 사업비는 사업 착수부터 개통까지 「도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구[제5판], 2008.12, 한국개발연구원」에서 제시하는 연차별 투입계획 비율에 따라 각 공정별로 적용되었으며, 그 결과는 Table 10과 같다.

그리고 개통이후 연간 투입되는 운영비를 비교하면, 2036년 기준 기본계획 280.90억원에 비해 예비타당성조사 대안이 317.49억원으로 36.59억원이 더 많이 소요될 것으로 분석되었으며, 그 결과는 Table 11과 같다.

자료 분석시 총 사업비와 운영비 외에 차량 및 궤도, 시스템 등은 내구연한이 정해져 있으므로 일정기간이 지날 경우 발생하는 대체투자비용, 최종 목표연도 이후 용지보상비 및 차량 및

Table 9. Comparing of future year's transport demand

(unit : person/day, person/km)

division		Gyeongsangnam-do urban railway Basic Plan			pre-feasibility study plan		remarks (D-C)
		section-1(A)	section-2(B)	total(A+B=C)	alternative1(D)	alternative3(E)	
2018yr	demand/day	191,916	-	191,916	106,117	106,117	-85,799
	demand/km	6,959	-	6,959	3,859	3,859	-3,100
2026yr	demand/day	169,597	31,893	201,490	108,421	104,260	-93,069
	demand/kw	6,149	5,307	5,661	3,198	3,452	-2,463
2036yr	demand/day	164,118	32,041	196,159	103,015	98,829	-93,144
	demand/km	5,951	5,331	5,512	3,039	3,272	-2,473

Ref : Gyeongsangnam-do urban railway Basic Plan(2009), Gyeongsangnam-do
Changwon city railway construction projects pre-feasibility study(2011), Korea Development Institute

Table 10. Comparison of total project costs calculated results

division		Gyeongsangnam-do urban railway Basic Plan(A)	pre-feasibility study plan		remarks (B-A)
			alternative1(B)	alternative3(C)	
construction location		<ul style="list-style-type: none"> Masan garforth ~ Masan station ~ intercity bus terminal ~ changwon ststion ~ complex sport ~ changwon city hall ~ anmin tunnel ~ no.3 square ~ courthouse ~ jinhae city hall train base : changwon city chunsun dong west area 			
route length(km)		33.6	33.9	30.2	0.3
geometric	curvature radius	R(min)=70m	R(min)=50m	R(min)=50m	-
	grade	S(max)=5.0%	S(max)=6.0%	S(max)=6.0%	-
facility (km)	bridge	5.9	4.3	3.1	-1.6
	tunnel	1.8	1.7	1.7	-0.1
	road	24.1	25.9	23.5	1.8
construction amount (one hundred million won)	construction cost	6,901	4,950	4,415	-1,951
	incidental	641	753	683	112
	compensation	128	86	84	-42
	reserve fund	767	579	518	-188
	train purchase	1,873	864	768	-1,009
total construction amount		10,310	7,232	6,467	-3,078

Ref : Gyeongsangnam-do urban railway Basic Plan(2009), Gyeongsangnam-do
Changwon city railway construction projects pre-feasibility study(2011), Korea Development Institute

Table 11. Comparison of annual operating costs calculated results (base on 2036yr)

(unit : 100 million won)

division	Gyeongsangnam-do urban railway Basic Plan(A)	pre-feasibility study plan		remarks (B-A)
		alternative1(B)	alternative3(C)	
labor	112.40	164.36	159.53	51.96
energy cost	13.90	18.00	16.17	4.10
maintenance cost	136.20	114.35	109.99	-21.85
general & administrative expense	18.40	20.77	19.44	2.37
total	280.90	317.49	297.13	36.59

Ref : Gyeongsangnam-do urban railway Basic Plan(2009), Gyeongsangnam-do
Changwon city railway construction projects pre-feasibility study(2011), Korea Development Institute

시설장비의 잔존가치를 모두 고려하여 총 비용에 적용되었다.
철도의 수송수요에 따라 도로교통 통행량에 감소하는 정도를

계량적으로 산출하는 편익의 경우 기본계획 1,272.5억원에 비
해 예비타당성조사 대안1 665.3억원으로 607.2억원의 차이를

Table 12. Comparison of total benefits calculated results (base on 2036yr)

(unit : 100 million won)

division	Gyeongsangnam-do urban railway Basic Plan(A)	pre-feasibility study plan		remarks (B-A)	
		alternative1(B)	alternative3(C)		
saving service cost	422.2	173.1	167.5	-249.1	
saving travel cost	road	573.8	564.4	550.2	-9.4
	railroad	-	-217.5	-202.9	-217.5
saving traffic accident cost	106.3	45.0	43.8	-61.3	
saving environment cost	101.3	19.5	18.5	-81.8	
saving parking cost	68.9	80.7	77.2	11.8	
total benefit	1,272.5	665.3	654.3	-607.2	

Ref : Gyeongsangnam-do urban railway Basic Plan(2009), Gyeongsangnam-do Changwon city railway construction projects pre-feasibility study(2011), Korea Development Institute

보였다. 운행비용 절감편익, 교통사고 절감편익, 주차비용 절감 편익의 차이가 각각 249.1억원, 61.3억원, 81.8억원으로 크게 차이를 보였으며, 특히 철도이용에 따른 통행시간 절감 부편익을 기본계획에는 반영하지 않은 반면, 예비타당성조사에서는 (-)217.5억원을 반영하였으며, 그 결과는 Table 12와 같다.

4.2.4 경제성 분석결과

경제성 분석방법의 종류로는 편익/비용분석법(Benefit/Cost analysis), 대차대조표작성(Balance Sheet Approach), 비용/효과분석법(Cost/Effectiveness Analysis), 목표달성분석법(Goal Achievement Analysis) 등이 있다.

분석과정에서 평가자의 주관이 개입될 여지가 적고 균일한 척도로 비교해야 하므로 교통사업의 경제성 분석에 적합한 편익/비용분석법을 적용하였으며, 구체적인 평가기법으로는 편익·비용비율, 순현재가치가 있다.

따라서 일반적으로 이해가 용이하고, 사업규모의 고려가 가능한 B/C분석 기법을 많이 사용하며, 기본계획 및 예비타당성 조사에서는 편익/비용비, 순현재가치, 내부수익율을 적용하여 경제적 타당성을 분석하였다.

4.2.4.1 편익/비용비(Benefit/Cost Ratio, B/C)

편익/비용비(B/C)란 운영 후 연도별 발생하는 편익과 투입되는 비용(사업비 및 유지관리비)을 적정 할인율로 할인하여 기준 연도 가격으로 환산한 금액의 비율을 말하며, 일반적으로 (편익/비용비) ≥ 1이면 경제성이 있다고 판단하고 있다.

$$B/C = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}} \quad (1)$$

여기서, B_t : t연도의 편익

C_t : t연도의 비용

r : 할인율(이자율)

n : 교통사업의 내구연도(분석기간)

4.2.4.2 순현재가치(Net Present Value, NPV)

순현재가치(NPV)란 사업에 수반된 모든 비용과 편익을 기준연도의 현재가치로 할인하여 총 편익에서 총 비용을 제한 값이며 (순현재가치) ≥ 0 이면 경제성이 있다고 판단하고 있다.

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad (2)$$

여기서, B_t : t연도의 편익

C_t : t연도의 비용

r : 할인율(이자율)

n : 교통사업의 내구연도(분석기간)

4.2.4.3 내부수익율(Internal Rate of Return, IRR)

내부수익율(IRR)은 현재가치로 환산한 편익과 비용의 값이 같아지는 할인율 r 을 구하는 방법으로 일반적으로 내부수익율이 사회적 할인율보다 크면 경제성이 있다고 판단하고 있다.

$$IRR : \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad (3)$$

여기서, B_t : t연도의 편익

C_t : t연도의 비용

r : 내부수익율

n : 교통사업의 내구연도(분석기간)

4.2.5 정책적 분석결과

정책적 분석 방법으로는 계층화 분석법(Analytic Hierarchy Process, AHP)을 주로 활용하고 있다. 계층화 분석법(AHP)은 의사결정의 목표 또는 평가기준이 다수이며 복합적인 경우, 이를 계층(Hierarchy)화해, 주요 요인과 그 주요 요인을 이루는 세부 요인들로 분해하고, 이러한 요인들을 쌍대 비교(Pairwise Comparison)를 통해 중요도를 산출하는 분석 방법이다.

계층화 분석법을 적용하여 산정된 가중치와 사업 시행 적합도를 곱해서 나온 수치들을 총합해, 이 총합치가 0.5를 넘는지 여부를 판단하며, 0.5를 넘으면 AHP로 분석한 사업의 타당성이 입증된 것이고 그렇지 못하다면 입증되지 못했다고 판단한다.

계층화 분석을 위해 일치성분석을 하려면,

첫째, 최대고유치(principal Eigenvalue) λ_{max} 를 구하고 둘째, λ_{max} 를 이용하여 일치성지수(Consistency Index: CI)를 구해야 한다.

셋째, 최종적으로 일치성지수 CI를 가지고 일치성비율(Consistency Ratio: CR)을 구하는데, 이 일치성비율(CR)을 가지고 일치성 여부를 판단하게 된다.

$$[A][X][W] = [Y] \text{ 이고}$$

$$(Y1/W1 + Y2/W2 + \dots + Yn/Wn)/n = \lambda_{max} \quad (4)$$

그 다음, 일치성 여부 검증은 일치성지수(CI)와 각 행렬의 크기별로 결정되는 임의지수(Random Index)간의 비중을 의미하는 일치성 비율(CR)로 판단한다.

$$CI = \lambda_{max} - n / (n - 1),$$

$$\lambda_{max} \geq n \quad (5)$$

여기서, λ_{max} : 최대고유치

CI : 일치성지수

CR : 일치성비율

경제성 타당성 분석결과, 기본계획에서는 B/C가 1.11로 1.0을 초과하여 경제성이 있는 것으로 나타났으나 예비타당성 조사에서는 B/C가 0.82~0.88로 1.0 미만으로 나타나 경제성이 부족한 것으로 나타났다. 특히 용지보상비는 최종분석연도에 잔존가치를 반영하였으며, 공사비 및 차량비는 대체투자비와 잔존가치를 반영하여 분석하였다.

다만 예비타당성 조사의 경우 정책적 분석으로 지역낙후도, 정책의 일관성 및 추진의지, 사업추진상의 위험요인을 평가하였으며, 정책적 분석값(AHP)이 0.502로 0.5를 초과하여 경제성이 있는 것으로 판단되었으며 그 결과는 Table 13과 같다.

예비타당성 조사에서는 국내에서 노면전차를 시행한 사례는 전무한 실정이어서 향후 여타 도로 및 철도사업에 비해 면밀한 사전조사를 수행하여 사업을 추진토록하고, 창원 노면전차 개통 이전에 기존 버스운송회사와의 노선 조정 및 수입 배분에 대한 조율이 필요할 것이다. 또한, 노면전차의 효율적 운영을 위해서는 교통신호체계 개편은 필수적인 바, 타 교통수단의 상충을 초래할 수 있어 버스 및 택시운송회사, 그리고 주민들을 중심으로 사업추진에 대한 반대 여론이 형성될 가능성이 있고, 특히, 신호체계개편과 관련하여 신호운영주체인 경찰청과 협의 등 체계 정립에 대한 경험 미흡은 사업추진의 적지 않은 부담으로 작용할 것으로 판단되는 바, 노면전차의 사업 추진에 앞서 이러한 사항이 선결된 후 사업이 추진되어야 한다. 또한 창원시는 이를 적극 수용하여 노면전차 사업이 성공적으로 정착될 수 있도록 노력해야 할 것이다.

Table 13. Comparison of economic analysis results

division	Gyeongsangnam-do urban railway Basic Plan(A)	pre-feasibility study plan		remarks (B-A)
		alternative1(B)	alternative3(C)	
total discounted benefit(one hundred million won)	11,037	6,314	6,188	-4,723
total discounted cost(one hundred million won)	9,907	7,656	7,044	-2,251
benefit/cost rate(B/C)	1.11	0.82	0.88	-0.29
NPV(one hundred million won)	1,130	-1,342	-856	-2,472
IRR(%)	7.10	-	-	-
AHP	-	-	0.502	-
judgment	economical	non-economical	economical	-

Ref : Gyeongsangnam-do urban railway Basic Plan(2009), Gyeongsangnam-do Changwon city railway construction projects pre-feasibility study(2011), Korea Development Institute

5. 창원시 노면전차의 성공적인 도입방안

5.1 노면전차 도입의 필요성

노면전차의 장점과 단점에 대한 해결책에 대해 알아보았고, 해외 도입 사례에서 살펴보았듯이 노면전차는 우리나라 정부의 저탄소 녹색성장의 기조에 맞는 친환경적인 대중교통수단이며, 대중교통지향개발(TOD : Transit Oriented Development)을 선도하는 시스템이다.

지금까지의 우리나라 대중교통을 담당 해왔던 지하철과 버스는 높은 건설비용에 따른 적자운영, 매연과 소음에 따른 환경문제 등으로 약점을 보여 왔으며, 이에 대한 해결책으로 제시된 AGT형식의 경전철 또한, 고가건설에 따른 민원제기 및 건설비용에 따른 부채 등의 단점이 제기되면서 추진이 더뎠고 있다. 이에 따라 자동차 수요는 계속 증가하여 환경문제는 심각해져만 가는 상황에서 해외 많은 선진국에서의 해결책으로 저상형 노면전차를 앞 다투어 도입해왔으며 성공적인 사례를 많이 보여 주고 있다. 특히 노면전차는 건설비가 저렴하여 지방자치단체의 재정 부담을 완화시켜 줄 수 있으며, 무엇보다 전기를 동력으로 사용하기에 환경오염이 매우 적어 각광을 받고 있는 실정이다.

우리나라는 이미 고령화 사회이다. 국가통계포털 자료에 따르면 2010년 기준 고령화 인구(60세이상)수가 7,783천인으로 전체 인구 50,516천인 대비 15.4%를 차지하여 15%넘는 수치를 보이고 있다. 창원시의 경우 2010년 고령화 비율은 12.1%로 전국 평균 대비보다는 작지만 최근 5년간 고령화 인구수의 증가율이 5.02%로 전국의 연평균 증가율 4.53% 및 경상남도의

연평균 증가율 3.74% 대비하여 높은 수준이어서 급속히 고령화 사회로 접어들고 있는 실정이다.

이에 따라 대중교통정책도 고령화 사회에 걸맞은 체계로 변모되어야 할 것이며, 이미 고령화로 접어든 일본, 유럽국가 등 선진국 사례에서 살펴보았듯이 노면전차를 적극 활용하여 고령화 사회에 대응하고 있으며, 노면전차의 대부분은 100% 저상형으로 설계되어 수직이동이 불편한 노약자 및 장애인 등 교통약자에게 제격이다. 따라서 인간 중심적인 편리한 접근 및 환승이 가능함에 따라 대중교통 수요를 더욱 더 높일 수 있는 정책이 될 수 있다.

지금껏 우리나라에서 추진해왔던 도심지내 보행자 전용지구나 대중교통 전용지구(Transit Mall)는 자동차의 접근을 막아 오히려 주변상권이 줄어들어 상인들로부터 많은 반발을 가져왔다. 여기에 경쟁력 있고 보행자를 불러들일 수 있는 노면전차를 운행시키면 도심 재생이 가능하고 환경오염도 줄일 수 있으며, 길가에서 바로 타고 내릴 수가 있다는 특징이 있어서 보행자 중심의 도시를 구성하는데 필수적인 요소로 부각되고 있다.

창원시의 옛 마산지역 상권 중심지였던 창동일대는 도심재생과 보행자 안전을 위해 보행자 전용지구로 지정하고 자동차의 접근을 차단해왔지만 결과적으로는 상권을 더욱 줄이는 결과를 가져왔다. 따라서 해당지역에 노면전차를 운행시켜 많은 사람들을 창동 일대로 다시 수송한다면 옛 명성을 다시 가져올 수 있을 것이라 판단된다. 물론 노면전차와 보행자가 혼용되는데 대한 시민의식 제고 및 보행자 혼용구간의 노면전차 운행속도는 20~25km/h로 낮추는 등의 교통안전도 도모하는 대책이 뒷받침 되어야 할 것이다.

Table 14. Necessity effect of tram operating

necessity of tram	details
Eco-friendly human-centered public transportation	<ul style="list-style-type: none"> • human- centered convenient accessibility & transfer system(barrier Free moving) • prospect right secured due to from the underway to the ground (elevated structures removed) • advanced green public transport → France public transport conversion rate 26% due to operated tram • reduction of air pollution & Co2 → Seoul air pollution emissions - area OECD countries #1, PV 80%
traffic jams elimination, competitiveness & safety ensure	<ul style="list-style-type: none"> • flexibly respond to traffic demand & punctuality increase • safety increase(car death : about 6,000persons/yr, tram death : about 500persons/yr) • transport efficiency increase(174times than car), transportation linkage increase → urban competitiveness
economical effects	<ul style="list-style-type: none"> • construction cost cheaper : about 200hundred million won/km(subway about 1,300 hundred million won/km) • reducing traffic congestion cost • country new harnesses and job creation
urban regeneration and appreciation	<ul style="list-style-type: none"> • outstanding improve the urban landscape and transit mall increase • Tram-Train transfer system establish • urban regeneration and appreciation

노면전차(Tram)은 자가용 174대와 버스 3대와 동일한 수송 능력을 갖는다. 일반 버스의 시간당 2,000명 수송력 한계 대비 10배 이상 높은 수송력을 가지며, 전용 궤도에 의한 정시성을 확보할 수 있는 등 도로 공간의 재분배가 필요하다. 프랑스 파리의 T3노선 사례에서 알 수 있듯이 도로상에 노면전차를 가로상에 설치하고, 자동차의 수요억제, 대중교통체계 개편을 동시에 추진한다면 도로의 수송능력을 더욱 향상되는 효과를 가져 올 수 있다.

따라서 노면전차 도입의 필요성을 요약하여 정리하면 다음 Table 14와 같다.

5.2 노면전차 도입의 선행과제

노면전차의 도입을 위해서는 다음과 같은 선결과제가 필수적으로 추진되어야 한다.

첫 번째, 노면전차의 도입은 버스를 포함한 대중교통체계 전체의 개편뿐만 아니라 자동차 수요관리정책과 함께 이루어져야 한다. 노면전차는 어떤 경전철보다 버스와 유사한 시스템으로서 길가에서 바로 승·하차 한다는 점이 그렇고, 도로의 중앙 또는 가로변에 운행된다는 점에서 버스전용차로제와도 유사하다. 그렇기 때문에, 노면전차 사업이 시행되면, 사업권 침해를 우려한 버스업계의 반발이 매우 심할 것으로 예상되며, 사업자체가 불가해질 수 있다. 하지만 저소음, 무공해인 노면전차의 친환경성을 생각하면 노면전차의 도입은 큰 가치가 있을 수 있으며, 기존 버스 노선체계의 개선없이 노면전차가 새로 도입한다는 개념으로는 절대 성공할 수 없다. 버스와 노면전차의 불필요한 결합은 물론이고, 노면전차가 새로운 승객을 끌어들일 수 없게 적자운영도 우려될 수 있으므로, 노면전차가 간선운행을 담당하고, 버스는 지선운행을 담당하는 등 노면전차와 버스의 역할 분담이 반드시 필요하다.

이울러 버스의 수요만 흡입해서 노면전차는 성공할 수 없다. 현재 창원시의 가장 높은 수단분담률을 보이는 것은 당연 승용차이고, 승용차의 수요를 노면전차로 흡입 할 수 없다면 이 또한 성공을 보장할 수 없다. 승용차의 통행패턴을 면밀히 분석하고, 승용차의 수요를 끌어들이 수 있는 환승체계 개편이 필수적인 것이다. 승용차로 목적지까지 이동하는 것보다 노면전차를 포함한 대중교통을 이용하여 이동하는 것이 편리하며, 쾌적하고, 경제적이며, 시간손실이 적어야만 승용차 수요를 노면전차로 끌어들이 수 있을 것이다. 특히 창원시는 우리나라 어느 도시보다 공공자전거 시스템인 '누비자'가 활성화 되어 있어 노면전차가 성공할 수 있는 중요한 바탕이 될 수 있다. 또한 door to door 개념에서 본다면 집에서 노면전차 정거장까지 자전거로 이동하고 노면전차와 지선버스를 이용한 후 자전거로 이동하는

시스템이 구축된다면 노면전차의 성공적인 정착에 한 단계 다가갈 수 있을 것이므로, 누비자 터미널을 노면전차 정거장과 근접한 곳에 필수적으로 위치시켜야 한다.

두 번째, 국내 현실에 맞는 세심한 시스템 선정이 요구된다. 우리나라는 도시 지역임에도 불구하고 언덕이 많고, 계절별 온도차가 심하는 등 외국에 비해 고유의 지역적 특성이 있다. 현재 노면전차의 상당수는 기후가 온화하고 평지가 많은 유럽지역에서 운행되고 있는데, 이들 지역에서 운행되는 모델을 충분한 검토 없이 도입할 경우, 국내 현실과 맞지 않는 문제가 발생할 수 있다. 다행히 창원시에 도입될 예정인 노면전차의 노선은 평지에 가까운 구간이 대다수이어서 차량 도입 시스템에 대한 제약이 적은 편이나, 여름철 쾌적한 환경을 확보하기 위한 에어컨 증설에 따른 냉방능력 강화는 필수적인 시설로 볼 수 있다. 또한 우리나라는 2010년 초에 국토해양부에서 노면전차 형식 경량전철 차량에 대한 표준규격을 고시하였으며, 노면전차의 디자인은 도시의 이미지를 표출할 수 있도록 다양각색으로 만들어 져야 하지만 시스템은 각각 다르게 추진되어 왔다. 따라서 창원시의 노면전차를 더욱 돋보이도록 하기 위해서는 최신기술의 고급사양 차량의 도입 혹은 비용절감으로 낮은 사양의 차량을 도입 등 근본적인 차체시스템이나, 레일시스템 및 전기 방식이 동일해야 여타 다른 도시와의 호환이 가능해져 같은 시스템을 많은 도시에서 구매할 수 있어 노면전차 시스템의 국산화에도 박차가 가해질 것이고, 단가의 절감도 기대해 볼 수 있을 것이다.

세 번째, 철저한 시민공감대를 형성하는 것이다. 노면전차 건설비용이 지하철에 비해 아무리 저렴하다 해도 지방자치단체에서 시행하기에 무척 규모가 큰 사업이므로 납세자인 시민들과의 충분한 대화와 자료 공유가 필요하다. 특히 노면전차가 도입될 경우, 전용공간 확보에 따라 도로의 폭이 줄어들고, 버스의 노선이 바뀌거나, 노면전차가 지나가는 시내 중심부에 보행자 전용공간이 생겨나는 등 시민들의 활동환경에 큰 영향을 주게 된다. 따라서 창원시는 이 같은 교통체계 변화에 대해 시민들에게 소상하게 설명을 해야 하고 시민들의 의견을 낮은 자세로 경청해야 할 것이다.

이울러 시민의식의 제고가 필요하다. 대부분의 시민들은 내가 항상 운행하는 도로 공간을 노면전차에게 빼앗간다고 생각할 수도 있어 노면전차와 공용으로 운행하는 구간은 천천히 운행하는 노면전차를 추월하고 노면전차 앞으로 무리하게 끼어들어 노면전차의 운행에 방해가 될 수도 있으므로 생각할 수 있는 여유와 여유 있는 운전 습관이 필요하다. 그리고 폐쇄된 개찰구를 통해 운영하는 지하철이나, 승차는 운전기사가 확인할 수 있는 앞문으로만 승차하는 버스에 비해 노면전차는 개방적이어서

Table 15. Cases the foreign legal system

country	legal system
Japan	legal business between railroads and tram - between tram and railroad separation based on the railroad Act - tram based on orbit transportation
France	transportation planning such as the tram for mobility - set up the Act of first signal for tram - establish safety rule for tram
German	establish the cross-enactment between road and tram - first passage method : railroad > tram > road

서 노면에서 바로 승차하고 별도의 개폐기 없이 노면전차의 다수의 출입문으로 동시에 승차하고 하차하기 때문에 무임승차의 가능성이 확대될 수 있다. 따라서 무임승차를 하지 않고, 자신이 노면전차를 이용하는 만큼 대가를 지불하는 교통선진 의식 확립이 필요하다. 외국의 경우 무임승차를 방지하기 위하여 불시 단속을 시행하고 있으며, 일부 관광객의 경우 개방적인 승·하차가 익숙지 않아 무임승차를 하다 불시 단속에 걸려 높은 운임을 부과 받는 사례가 빈번하게 발생하고 있다. 또한 노면전차로 인해 자율적인 운임시스템이 정착된다면 출입구가 앞, 중간, 뒤 세 곳에 설치(굴절버스의 경우 4개 이상)되어 승·하차 시간 단축도 가능하게 된다. 특히, 휠체어를 탄 장애인이나, 유모차를 미는 이용객의 경우, 출입문이 넓은 구간을 통해 승·하차를 하게 되면 이용객도 편리하고, 승·하차 시간도 대폭 단축될 수 있게 된다.

네 번째, 노면전차는 현재 우리나라에 설치되어 있지 않는 도시철도 시스템이다. 따라서 노면전차 건설·운영관련 법규가 미비하고, 정부의 재정지원이 법제화되어 있지 않은 실정이다. 지난 2009년 12월 발의된 노면전차 건설관리 법안은 아직 국회를 통과하지 못하여 법제화 되지 못하였다. 현재의 도시철도법에는 노면전차를 도시철도로 분류하고 있으나, 기존 궤도계통 교통수단과는 달리 노면의 도로 공간을 이용하는 경량전차이라는 점에서 지하에 건설되는 중량전철을 대상으로 한 도시철도법이나 궤도운송법, 여객자동차운수사업법, 도로교통법(차량의 크기, 우선신호 등 세부적인 사항 불명확시) 등 기존 법령체계 안에서 도입·운영에 어려움이 있는 실정으므로, 우리나라도 이에 적합한 법적인 제도의 확립이 조속히 이루어져야 할 것이다.

아래 Table 15는 해외 법적제도의 대표적 사례이다.

5.3 창원시에 적합한 노면전차 시스템

기존 지하철처럼 주행 중 가선을 통해 전력을 공급받는 방식에서는 전력의 100%를 공급받지 못하고 에너지 손실이 일부 발생하는 데 반해 2차 전지를 주동력으로 하는 무가선 하이브리드 저상트램 방식은 에너지 손실률을 10%이상 절감하는 효과를

낀다. 이 열차는 차량 제동시 발생하는 회생에너지를 배터리 충전에 이용하기도 하는 데 이러한 회생에너지를 활용하면 에너지 효율성을 30% 가까이 높일 수 있는 것으로 연구되었다. 즉 회생에너지란 열차가 정류장에 멈출 때 계속 앞으로 나가려는 관성의 힘이 발생하는데, 이 힘으로 만든 전기에너지를 말한다.

하지만, 창원시의 노면전차 대상 구간 길이는 무려 33.9km에 달하여, 해외 사례와 비교해도 상당히 긴 구간이다. 한국철도기술연구원의 ‘무가선 트램연구단’에서 개발하고 있는 2차 전지를 주동력으로 하는 무가선 하이브리드 저상 트램은 1차 충전시 최대 운행길이는 25km 수준이다. 현재 상용화된 프랑스 니스의 무가선트램은 광장을 통과하는 약 500m구간만 무가선 트램으로 이용되고 있다.

다만 프랑스 Alstom사에서 개발하고 보로도 등에 운행 중인 Citadis APS(지중식 전력공급) 시스템은 노면에 3중궤도가 깔리게 되고 그만큼 건설비가 증가한다는 단점이 있다. 따라서 현재의 기술력과 재원을 감안시 도시미관을 중요시 하여 무가선 트램만을 고집할 수는 없는 형편이므로 지상 가선방식을 채택하되 도시미관을 아름답게 디자인할 수 있는 방법도 다양하게 연구할 필요가 있다.

특히 창원시 노면전차 설치구간의 대부분이 평지에 근접하므로 굳이 Translohr 모델을 도입할 필요성은 없는 것으로 판단되며, 미산지역의 폐선 레일 활용 및 도시의 광역화 그리고 부산과의 교류 증대를 고려하면 Tram-Train으로 발전할 수 있는 노면전차형식 경전철 차량 표준규격을 준수하는 것이 보다 바람직할 것으로 판단된다. 현재 부산~마산간 직복선화 건설계획 등 부산과 창원을 연결하는 철도가 개설될 예정이며, 불모산 터널 개통(창원 제2터널) 등 부산 및 김해와 창원의 교통수요는 계속 증가하는 추세이고, Tram-Train은 별도의 환승절차 없이 도시내 구간 및 도시와 도시를 연결하는 구간을 동시에 이용할 수 있기 때문에 훨씬 유리할 것으로 판단된다.

창원시내 왕복 6차로 이상의 전용공간을 이용하는 노면전차 구간에는 선진국 사례에서 살펴본바와듯이, 노면전차 건설시 궤도 바닥에 잔디 시공으로 녹화(綠化) 하여 도시 녹지공간을 확대하

고 수변공간과 조화롭게 만들어 도시경관을 높일 필요가 있다. 왕복 4차로의 2.73km 구간에 대해서는 승용차와 보행자, 자전거가 혼용하는 구간으로 계획하되, 승용차의 제한속도를 20~30km이하로 낮춰 교통안전을 최대한 도모하여야 한다. 또한 왕복 4차로 구간은 마산지역 1.53km, 창원지역 1.2km로 단구간이므로 가급적 승용차는 우회시키고 보행자와 자전거, 노면전차만 공용하는 구간으로 건설하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

노면전차를 창원시 친환경 교통수도의 상징물로 성장시키기 위해서는 디자인도 특이하고, 특성화되어야 하며, 창원의 상징성과 도시미관을 고려한 디자인을 적용시켜 누구나 한번 타보고 싶은 노면전차로 건설되어야 할 것이다.

6. 결론

본 연구는 창원시를 친환경적인 대중교통지향형 도시로 창조하기 위해 선진국에서 도입되어 운영 중인 신형 노면전차의 시스템에 대한 개요, 특징, 장·단점 등을 분석하고, 창원시에 노면전차가 성공적으로 정착하기 위해서는 노면전차 시스템이 대중교통수단간의 환승체계를 구축하는 주요 수단이 되어야 한다.

2009년 한국 프랑스 트램 컨퍼런스에서 ‘베올리라 트랜스포트 RATP 코리아’의 김경철 대표는 현재 세계 도시교통의 트렌드가 ‘자동차에서 철도로’, ‘보행자와 자전거 우대’, ‘도시 미관과 이미지 중시’로 바뀌고 있다고 말하며, 이러한 변화에 가장 알맞은 신교통수단이 노면전차(트램)라고 밝혔다. 특히 노면전차는 저렴한 건설비로 고급 교통체계 구축이 가능하고, 대중교통지향형 도시개발(TOD : Transit Oriented Development)이 가능하여 교통체증을 해소할 수 있으며, 친환경 도시 이미지까지 만들 수 있기 때문이라고 역설하고 있다. 또한 노면전차는 건설비가 저렴하고, 일반인뿐만 아니라 교통약자들도 이용하기가 편리하며, 친환경적인 교통수단이라는 장점을 가지고 있다. 현재 기술의 발달로 신기술에 적용된 노면전차로는 고무바퀴를 이용하여 차량성능의 향상시킨 Translohr와 2차 전지 또는 지중식으로 전력을 공급받는 무가선 트램 그리고 도심과 도시간 연결을 동시에 할 수 있는 트램-트레인 등을 소개하고 있다.

또한 우리나라에도 창원시를 포함하여 11개 도시에서 노면전차 도입을 구상하고 있으며, 해외 사례에서 보여주듯이 노면전차의 도입은 단독 도입이 아닌 자동차 통행 억제, Park & Ride 활성화, 주차정책, 버스노선 조정, 보행자 우선정책 등 다른 교통관련 사업들과 Package화하여 수행하여야만 성공할 수 있다는 교훈을 남기고 있다.

따라서 창원시 노면전차는 1단계 2018년, 2단계 2021년을 개통을 목표로 추진 중에 있으며, 총 길이 33.9km 정거장 38개

소를 건설할 계획이다. 2009년 경상남도 도시철도 기본계획에서는 B/C가 1.11로 경제성이 있는 것으로 분석되었으나, 2011년 예비타당성 조사에서는 B/C는 0.88로 경제성이 없었지만, 정책적 분석측면에서 AHP값이 0.502로 타당성이 있는 것으로 평가 받았다.

특히 노면전차는 인간중심의 친환경 대중교통수단이고, 교통체증의 해소, 경쟁력 및 안전성이 확보되며, 뛰어난 경제적 효과 및 도시 재생효과 및 가치가 상승하게 되므로 도입의 필요성에 관심이 고조되고 있다. 다만 노면전차 도입 전에 선행되어야 할 과제로는 첫 번째 노면전차의 도입시 버스를 포함한 대중교통 체계의 개편뿐만 아니라 자동차의 수요관리와 함께 이루어져야 하며, 국내 현실에 맞는 세심한 시스템 선정이 요구되어 진다. 두 번째 철저한 시민공감대 형성 및 선진 시민의식이 제고되어야 하며, 노면전차의 도입에 필요한 법적인 제도가 확립되어야 한다.

따라서 앞서 열거한 선행과제를 충실히 이행한다면, 창원시가 노면전차를 성공적으로 정착시켜 많은 도시의 모범사례가 될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 영산대학교 교내연구비 지원에 의하여 연구되었음.

References

- Changwon city railway construction projects pre-feasibility study (2011), Korea Development Institute.
- Gyeongsangnam-do urban railway Basic Plan (2009), Gyeongsangnam-do.
- Urban railway vehicle standards-compliant notices (2010), Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs Notice No.2010-48, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs.
- Jeong Du-Eon 21 other people (2009), *Streetcar Construction management Bill, Congress.*
- Standard instructions modify the pre-feasibility study of road, railway sector projects, complementary research (2008), 5th Edition, Korea Development Institute.
- Lee Jae-Bong 2 other people (2011), *Ways to increase the role for the introduction of the streetcar system*, Korean Society for Railway.
- Jang Taek-Young (2012), The necessity and strategies of the introduction of streetcar, *Green tram forum inaugural seminar*, Green tram forum.
- Major business report, a detailed implementation plan, *Changwon in 2012* (2012), Changwon city.
- Jeonju city light rail feasibility study report (1999), Jeollabuk-Do.