

# 도시형 자기부상열차 실용화사업 타당성조사 추진방안

## Making Practical Use of Urban MAGLEV System : How to Perform the Feasibility Study

한국교통연구원 연구위원, 정회원 김연구  
한국교통연구원 책임연구원, 비회원 김 훈

1. 서론
2. 선행연구 고찰
  - 2.1 자기부상열차 실용화사업 예비타당성조사(2005년)
  - 2.2 자기부상열차 실용화 모델 개발에 관한 산업분석 (2003년)
  - 2.3 본 연구의 차별성
3. 본 연구의 주요쟁점 및 추진방법
  - 3.1 기술부문 실용화 가능성 판단
  - 3.2 실용화사업의 경제적 타당성 판단
  - 3.3 시범노선 선정방안
  - 3.4 실용화사업 추진과정에서의 제도적 문제점
4. 결론

### 1. 서론

대도시권 도시교통 문제해소를 위한 시설공급의 일환으로서 지하철 중심의 도시철도 확충사업이 진행되어 왔으나, 과도한 투자비에 비해 이용수요의

부족으로 인해 경제적 효율성이 저감되고 있다. 이에 대한 대안으로 경전철을 중심으로 한 신교통시스템 도입에 관한 국내외적 관심이 높은 실정이다.

정부에서는 1990년대 과학기술부 주관의 '도시형 자기부상열차 개발사업'을 통해 도시형 자기부상열차 UTM-01을 제작하였으며, 2000년대에 들어 산업자원부 주관의 '자기부상열차 실용화를 위한 모델개발 사업'을 통해 차량 성능 개선 및 신호시스템 개발제작을 진행 중이다. 아울러 정부는 이러한 대형 국가연구개발 성과를 실용화하여 미래 국가성장의 동력으로 확보하고자 하고 있으며, 도시형자기부상열차 실용화사업을 우선 추진과제로 선정하였다. 기술개발과 상업운행을 위한 시범노선 건설을 포함하고 있는 실용화사업은 막대한 사업비가 소요되기 때문에, 사업추진에 앞서 타당성조사와 기본계획수립이 요구된다.

본고에서는 이러한 필요성을 배경으로 추진되고 있는 '도시형 자기부상열차 실용화사업 타당성조사' 연구의 주요쟁점 및 추진방법을 소개한다.

## 2. 선행연구 고찰

### 2.1 자기부상열차 실용화사업 예비타당성조사(2005년)

한국과학기술기획평가원에서 발주하여 철도기술연구원에서 수행한 상기 연구는 본 연구의 사전연구로서 국내자기부상열차 개발현황조사, 실용화 가능성 검토, 시장분석 그리고 종합검토 의견을 제시하였다. 기술개발과 관련해서는 개별시스템들 간의 통합 및 상호연동체계가 미흡하기 때문에 일정구간의 시험선 시험을 통한 기술보완(신뢰성/안정성)이 필요한 것으로 평가하였는데, 특히 실제 운영을 위한 제도적 기반이 미흡하기 때문에 표준사양, 성능/

안전기준 등에 관한 규정수립과 시험평가 및 인증체계 구축이 필요할 것으로 제안하였다.

실용화사업의 총 연장구간은 2단계에 걸쳐 12.7km 로 제시하였으며, 이 중 1단계 7km는 시험노선을 포함한 시범사업으로 추진하고 2단계 5.7km는 향후 운영주체가 추가 연장 건설하는 것으로 제안하였다. 실용화사업기간은 최소 5년이 필요한 것으로 제안하였으며, 사업비는 4500억원(시범노선 1단계 사업 시)이 소요될 것으로 평가하였다. 사업비용 대비 부가가치 발생액을 비교한 경제성 지표는 27.4%의 내부수익률(B/C 2.76)을 보여 경제적 타당성을 확보하는 것으로 분석하였다.

## 2.2 자기부상열차 실용화 모델 개발에 관한 산업분석 (2003년)

자기부상열차 실용화모델 개발 기술기획위원회에 의해 수행된 상과과제는 철도차량 산업 환경 분석, 자기부상열차의 기술 분석, 사업추진 계획, 기술개발 효과 등을 검토하여 자기부상열차 실용화 모델 개발을 위한 과제를 제안하였다.

기술개발사업의 목표는 무인자동운전이 가능한 설계최대속도 110 km/h 급의 2량 1편성 실용화 모델을 개발하고, 12만 km 연속 주행 시험을 통해 신뢰성/안정성을 확보하는 것으로 제안하였다. 국내의 순수 독자기술로 신교통 시스템용 자기부상열차의 실용화 기술을 확보할 경우향후 약 20년간 30조원 정도의 수입대체 효과, 약 12조원 규모의 수출증대 효과를 얻을 수 있을 것으로 추정하였다.

상기 연구결과를 토대로 하여 산업자원부 주관의 중기거점기술개발과제의 하나로서 “자기부상열차 실용화 모델 개발사업”이 발주되었으며, 현재 로템(주관기관)을 중심으로 사업이 진행 중이다.

과제별	수행업무	1 단계			2 단계		비고
		1차년도	2차년도	3차년도	1차년도	2차년도	
제1 세부과제	차량 개발	설계(기본/상세)	제작/설치	가동/성능시험	인터페이스 시험	연속주행시험	로열 외 참여기업
	신호 개발	기본설계	상세설계	제작/시험	신호설치/시험	시스템 보완	
	개발체계/품질인증	요구조건 검증	시험/문서정비	인증체계구축			생기연
제2 세부과제	시스템 성능개선	유지보수설비	설계	설비구축			기계연
		분기기	설계	설비구축(성능개선)			기계연
		전력설비	설계	설비구축(성능개선)	시험		로열
	시험/평가		시험평가	평가기준 수립			로열/기계연

그림 1. 자기부상열차 실용화 모델 개발사업 추진 일정

### 2.3 본 연구의 차별성

1980년대부터 시작된 국내 자기부상열차 사업은 2002년까지 추진, 부상 등 기본기술을 개발하는 단계로 평가될 수 있는데, 이 과정은 과학기술부가 주관하였다. 2003년부터는 실용화를 위한 모델 개발단계로서 산업자원부가 주관이 되어 추진 중인데, 산자부의 실용화 모델개발 사업을 통해 개발된 시스템을 '대전중앙과학관 자기부상열차 설치사업'에 도입할 계획이기 때문에, 건교부가 추진하는 실용화 사업 목적과 유사한 특징을 갖고 있다. 그러나 건교부 사업은 산자부 모델을 기반으로 하되 경쟁력을 강화하는 방향으로 업그레이드를 추진할 계획이기 때문에, 산자부 연구결과와의 연계 및 차별성을 도모할 수 있을 것으로 판단된다. '대전중앙과학관 자기부상열차 설치사업'의 경우 노선 연장이 1km 수준에 불과하고 중간 역 없이 시·종착역만을 운행하는 등 특정 이용객을 대상으로 하는 상업운행임을 감안할 때 본격적인 실용화 노선으로 평가하기에는 부족한 점이 많은 것으로 판단된다.

사전연구인 '자기부상열차 실용화사업 예비타당성조사'와 비교할 때 본 사업은 타당성조사라는 측면에서는 유사하나, 기본계획 작성이라는 차별화된

연구 내용을 포함하고 있다. 본 연구에서는 선행연구에서 수행되었던 내용들을 중심으로 하여 기술적, 경제적 타당성 평가를 실시하되, 합리적 논거를 제시하여 타당성조사 결과의 신뢰성을 제고할 계획이다. 아울러 기본계획 수립을 병행하여 수행함으로써 한정된 연구기간 내에서 효과적인 사업추진 계획을 작성할 계획이다.

### 3. 본 연구의 주요쟁점 및 추진방법

#### 3.1 기술부문 실용화 가능성 판단

자기부상열차의 기술부문 실용화 가능성 판단과 관련된 주요쟁점은 기술부문 도달목표 설정과 실용화 가능성 판단기준이 될 것이다. 특히, 기술부문 도달목표의 경우 현재의 기술수준에 대한 분석 방법, 경쟁력을 확보할 수 있는 기본사양 설정, 국내 선행 연구개발 내용과의 연계방안 등이 주요 쟁점이 된다. 본 연구에서는 자기부상열차에 관한 국내외 기술개발 현황을 조사하여, 국내 기술수준을 판단하고 향후 경쟁력을 확보할 수 있는 기술수준 목표를 설정하되, 기술보완이 실용화사업 기간 내에 도달할 수 있는지 여부를 판단한다.

본 연구에서 검토대상으로 설정하고 있는 자기부상열차는 상전도 흡인식이며, 선형유도전동기를 사용하는 도시형 자기부상열차이다. 외국에서는 일본 HSST와 미국 AMT에서 이와 유사한 자기부상열차를 개발하였으며, 이 중 일본 HSST에서 개발한 리니모(Linimo)는 현재 상업운행 중이다. 이에 따라 본 연구에서는 리니모 차량을 자기부상열차 시장에서의 잠재적인 경쟁대상으로 간주하여, 기술수준 목표설정에 반영하고 있다. 국내의 경우 기계연구원서 개발한 UTM-01을 기초로 하여 자기부상열차 실용화를 위한 모델개발 사

업'을 통해 제작된 UTM-02의 제원을 일본의 리니모와 비교할 때, 개선의 여지가 남아 있는 것으로 판단된다.

자기부상열차 시스템은 상기에서 언급한 차량 이외에도 다수의 기술부문이 수반되는 복합시스템이기 때문에 시스템엔지니어링, 신호, 통신, 제어, 전력, 토목기술 등에 관한 기술수준 분석이 필요하다. 본 연구에서는 이들 각각의 기술분야를 중분류 및 소분류 항목으로 구분하여 해당기술보유 기관에 대한 설문조사 및 전문가 면담 등을 실시하여, 일본 기술과의 수준비교 및 국내 실용화사업에서 우선 보완되어야 할 사항들을 평가한다. 기술보완 사항들에 대해서는 실용화사업의 일정을 감안하여 도달가능성 여부를 판단하며, 검토된 연구결과에 대해서는 전문가 평가를 실시할 계획이다.

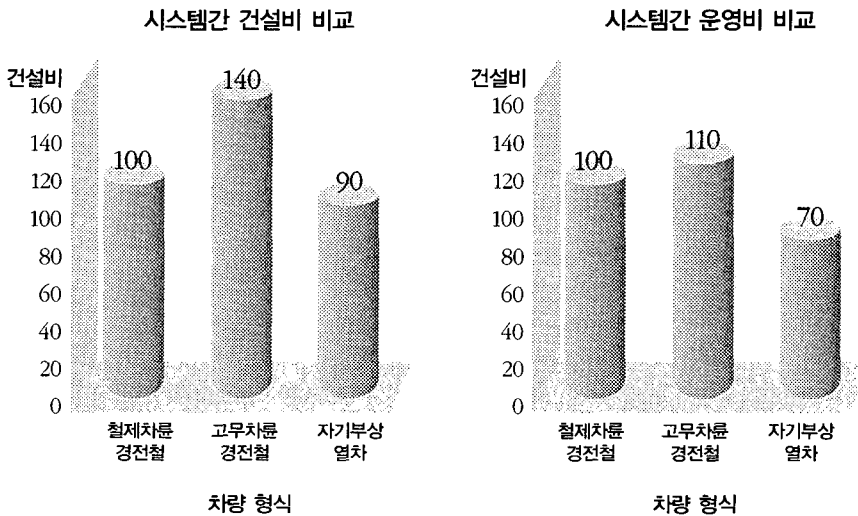
구분	Linimo (일본)	UTM-02(한국)	
열차편성	3량 고정편성 (편성 길이 : 43.3m)	2량 고정편성 (편성 길이 : 27.5m)	
차량치수	길이	14.0m (선두차) / 13.5m (중간차)	13.5m (선두차) / 13.5m (중간차)
	폭	2.6m	2.85m
	높이	3.45m	3.5m
승차정원	편성당	244명(좌석 104명)	210명(좌석 44명)
	선두차	80명(좌석 34명)	105명(좌석 22명)
	중간차	84명(좌석 36명)	105명(좌석 22명)
설계 최고속도	100km/h	110km/h	
최대 가속도	4.0km/h/s	3.6km/h/s	
최대 감속도	상용 4.0km/h/s, 비상 4.5km/h/s	상용 3.6km/h/s, 비상 4.5km/h/s	
최대 구배	6%	6%	
최소 곡선반경	50m	60m	
대차 수량	5대/량	3대/량	
가선 전압	1,500 VDC	1,500 VDC	
부상 높이	8mm	10mm	
공차 중량	17.5톤/량	26톤/량	
궤간	1.7m	2.0m	

표 1. 국내차량과 일본차량간의 주요 시스템 사양 비교

### 3.2 실용화사업의 경제적 타당성 판단

자기부상열차 실용화사업의 경제적 타당성 판단과 관련해서는 타 수단에 대한 경쟁력 확보 가능성, 수입대체 및 수출가능성에 따른 부가가치 규모 산출 방법이 주요 쟁점으로 제기되며, 아울러 실용화사업 과정에서 소요되는 기술 개발 및 시범노선 건설비용 등 사업규모의 적정성 또한 주요 쟁점사항으로 파악된다.

타 교통수단과 자기부상열차간의 경쟁력 비교는 건설비, 운영 및 유지관리비 등을 중심으로 한 경제적 효율성 검토와 승차감, 수송력과 같은 수송기능 측면의 효율성을 중심으로 실시한다. 특히, 도시형자기부상열차의 수송특성을 감안하여 국내외 경전철 시장 진입을 목표로 하고 있기 때문에 기존 경전철 차량과의 비교를 중심으로 진행할 것이다.



자료 : 자기부상열차시스템 건설 제안서, 2005, (주) 로템  
그림 2 자기부상열차와 경전철간의 경제적 효율성 비교

수입대체 효과를 추정하기 위해 우선 국내 경전철 사업계획을 조사하여 국내 경전철시장 규모를 추정 한다. 계획 중인 경전철 사업을 기본계획단계 사업, 검토단계 사업, 단순구상단계 사업으로 구분하며, 각 사업의 이용규모 특성과 도입예상 시스템을 감안하여 자기부상열차의 진입 가능성을 판단한다. 수출을 통한 부가가치 창출규모를 예측하기 위해 AGT, LIM, 모노레일 등을 중심으로 한 외국의 경전철 도입 계획을 검토하되, 특히 아시아와 아메리카에 주안점을 두어 검토한다.

실용화 사업규모는 기술개발사업과 시범노선 사업으로 구분하여 검토한다. 기술개발사업비의 경우 시스템엔지니어링 기술개발, 설계기준 및 성능향상 기술개발, 차량시스템 시제품 및 완성차량 제작, 시험평가 및 운영 기술구축, 관련 기준·법·제도 구축 등으로 구분하여 비용을 산출한다. 시범노선 구축사업은 기술적 검증을 위한 시험선 확보와 상업운행을 위한 요구 조건을 반영할 수 있는 규모를 검토한다. 구배 및 곡선반경 관련된 기술적 검증을 위한 시험선의 경우 상업운행을 위한 시범노선 본선에 설치하는 방안은 부적절하기 때문에, 차량제원 설정조건에 따라 기존 시험선을 이용하거나 또는 별도의 시험선을 건설하는 방안을 모색한다. 최고 설계속도 주행시험을 위해서는 1km 이상의 선로가 요구되기 때문에 상업운행노선을 이용하며, 아울러 상업운행에 앞선 시운전을 위한 요구조건을 충족시킬 수 있는 적정 노선연장을 산출한다.

한편, 본 과업에서는 시범노선 소재지역이 결정되지 않기 때문에 구체적인 건설비용 산출이 어려운 한계를 지닌다.



### 3.3 시범노선 선정방안

시범노선 선정방안과 관련해서는 선정절차, 평가기준 설정 등이 주요쟁점으로 제기되고 있다. 시범노선의 경우 기술적 검증과 상업은행 실적을 확보하고자 하는 목적 하에 건설되고 있으나, 운영과정에서 노선 경유 지역에서는 교통편익이 창출될 것으로 기대된다. 사업의 성격을 감안할 때 건설재원은 중앙정부가 주도적으로 조달할 것으로 판단되므로, 도시철도 운영능력이 있는 지방자치단체 또는 기관간의 시범노선 유치경쟁이 발생할 수 있다.

시범노선 구축이 가능한 지역으로는 인구 규모가 커 이용수요가 많은 지역, 상징성을 갖는 특수 수요가 발생할 수 있는 지역, 건설 및 기술검증 시험이 용이한 지역 등이 해당될 것으로 판단된다. 시범노선 선정 방식과 관련해서는 시범노선 구축 후보지역 선정방안, 선정된 후보지역에 대한 평가방식·기준·주체·과정을 제시한다. 선정을 위한 평가기준의 경우 실용화 사업추진의 용이성, 영업노선으로서의 기능성, 정책적요소 등을 대분류로 검토하며 각각의 대분류 내에 다양한 소분류 평가항목을 설계하여, 전문가 설문조사 등을 통해 작성한다.

실용화 사업추진 용이성의 경우 실용화 사업일정 준수, 시험운행을 위한 기술적 요구조건 충족, 도시철도법 등 관련 법률 요구사항 충족, 민원 및 기타 행정사항에 대한 지원 가능성 등이 주요 항목으로 검토될 수 있다. 영업노선으로서의 기능성은 교통수요, 노선 추가 연장 가능성 및 타 교통시설과의 환승연계, 건설과정의 재원분담 규모, 운영을 위한 재정능력 등이 주요 항목으로 검토될 수 있다. 정책적 요소로는 과학기술의 상징성 및 선전효과 배양, 대중교통정책의 활성화, 지역균형개발 효과, 선정과정에서의 갈등 최소화 등이 고려될 수 있다.

### 3.4 실용화사업 추진과정에서의 제도적 문제점

실용화사업에 대한 정부 지원은 세계무역기구(WTO)에 의해 불공정거래로 규정될 수 있기 때문에, 이에 대한 보완책으로서 R&D 예산을 투입하여 사업을 추진할 계획이다. 그러나 매칭 펀드 성격을 갖는 R&D 예산을 시범노선 구축에 투입할 경우 '국가연구개발사업의관리등에관한규정' 과 같은 현행 법령과 상충될 수 있는 여지를 갖고 있기 때문에 정부의 연구개발비 지원과 관련된 제도를 검토하여, 원활한 사업추진을 지원해 줄 수 있는 제도보완 방안을 제시할 계획이다.

기술개발과 관련하여 자기부상열차원천기술에 관한 특허 침해 문제가 발생할 수 있다. 본 연구에서는 기술특허, 지적소유권 등 기술관련 국제분쟁 문제발생에 대비하여, 국내 개발자기부상철도의 기술특성을 분류한 후, 국외 자기부상특허기술과의 비교분석을 실시하며, 이를 통해 국외 자기부상특허침해 우려 기술을 파악한 후 국외 자기부상특허권 활용방안을 제시한다.

시범노선 구축과 관련하여 선정된 지역에 대한 시범노선 건설을 조기에 추진할 수 있는 행정절차 및 제도 보완방안을 검토할 필요가 있다. 도시철도법을 근간으로 하여 일반적인 정부 주도의 사업으로 추진할 경우 사업기간이 과다하게 소요될 수 있으며, 이 경우 기술검증을 위한 시험운행 지연은 물론 국내 외시장 진출 시기 또한 늦어져 경쟁에 뒤쳐질 수 있다. 본 연구에서는 시범노선 구축을 조기에 추진할 수 있는 방안의 일환으로서, 기술검증을 시험선의 일환으로서 건설 사업을 추진하는 방안을 검토하거나 또는 시범노선 구축사업에 관한 법률 제정 또는 기존 법령 개정 등 제도정비 방안을 모색한다.

#### 4. 결론

본 연구는 막대한 국고지원이 필요한 실용화 사업 시행에 앞서 자기부상열차 사업에 대한 객관적이고 심층적인 타당성을 검토함으로써 국가예산의 낭비를 사전에 방지할 수 있으며, 기본계획을 수립함으로써 효율적인 실용화사업 추진을 도모하는데 의의를 두고 있다. 실용화가 추진될 경우 소재, 기계, 전기/전자, 통신 및 제어 등 자기부상열차 관련 기술의 향상과 산업에 막대한 파급효과가 기대된다. 국내 부품, 장치 및 시스템 관련 업체가 220여개에 달하므로 산업에 미치는 기술적 파급효과가 크며, 향후 철도차량용 핵심 전장품, 신교통 Turn-key base 시스템 사업 등에도 미치는 기술적 파급효과가 크기 때문에 고부가가치 산업기술 성장이 가능할 것으로 기대된다.

자기부상열차 실용화사업은 세계시장에 대한 수출이라는 국가차원의 현실적 필요성을 바탕으로 기술개발과 시범노선 건설 및 운영이 포함된 거대 사업이기 때문에 정부 관련부처간의 협력체계 구축이 무엇보다도 중요하다. 실용화사업 추진단계에서의 관련제도 보완과 행정적 지원, 실용화사업 진행과정에서의 안정적 재원조달과 체계적인 사업관리, 실용화사업 완성단계에서의 수출활성화 기반 조성 등 범 정부차원의 공조는 실용화사업의 성패를 결정짓는 중요한 정책요소가 될 것이다.

## ABSTRACT

Making practical use of urban MAGLEV system which is tried by government includes technique development and railway construction. Because huge amount of money will be spent on this project, feasibility study is being carried out in order to check the feasibility and to devise the master plan in prior to making practical use of urban MAGLEV system. The key issues of feasibility study are possibility of technique development, economical feasibility, location of a model railway and the improvement of related laws and regulations. This paper shows the approach to solve these key issues.

## 참고문헌

1. 로템, 자기부상열차시스템 건설 제안서, 2005.6
2. 자기부상열차 실용화모델 개발 기술기획위원회, 자기부상열차 실용화모델 개발에 관한 산업분석, 2003
3. 한국교통연구원 외, 도시형 자기부상열차 실용화사업 타당성조사 사업계획서, 2006
4. 한국철도기술연구원, 자기부상열차 실용화사업 예비타당성조사, 2005