

국가 연구개발사업 성과물의 실용화 방향
: 미래형 도시교통시스템을 중심으로
**Application of urban transportation system developed in the
national R&D project**

이 경 철 * 양 근 율** 황 영 진***
LEE, Kyung-Chul YANG, Keun-Yul HWANG, Young-Jin

ABSTRACT

In Korea, as in other developed countries, new urban transportation system development projects are underway through national R&D projects. For its final objectives, it becomes more and more important to put the products of R&D projects in use, with the government policies. In this context, the authors of this article suggest, 1) to define a development system, or favorable environment, adequate for the new urban transportation systems for its application and 2) to complement actual regulations on the new transportation technology and trial running based on the law related to the more efficient transportation system.

1. 서론

현재 세계 각국에서 추진되고 있는 철도기술 개발사업의 목표는 교통체계 내에서 철도의 중심성을 높이는 데 있다. 이는 다른 말로, 사회·경제적인 변화에 부응하여 철도의 경쟁력을 높이기 위한 기술개발이 추진되고 있다는 의미이다. 우리나라에서도 다양한 기술개발사업이 철도기술연구원을 중심으로 진행되고 있다. 그중에서도 미래형 도시교통시스템의 개발현황과 실용화 방향에 대해 논의하고자 하는 것이 이 글의 목적이다.

2. 미래형도시교통시스템 개발현황

미래형 도시교통시스템으로 한국형 경량전철과 자기부상열차 그리고 버스와 철도의 혼합 형태인 바이모달(bi-modal) 저상굴절차량이 개발되고 있다. 이들 시스템은 수송규모 측면에서 버스와 지하철의 중간규모의 이용자를 수송할 수 있는 첨단 도시교통시스템으로 대도시의 지선이나 지방도시의 간선구간에 투입될 수 있다.

경량전철은 기존 지하철이 초기 투자비용이 많이 소요되는 문제점을 해결하기 위한 정부의 정책방향에 따라 1999년부터 사업이 시작되어 금년 12월에 사업이 종료된다. 연구개발사업을 통해서 실용화가 가능한 경량전철시스템(차량, 신호, 전력, 하부시설물)이 개발되었으며, 무인운전 종합시험선을 건설하여(경산, 2.4km) 도시철도법에서 정하고 있는 예비주행시험(5,000km)을 완료하였고, 현재에는 시스템의 신뢰성을 제고하기 위한 종합 신뢰성 평가가 시행되어 금년 말까지 완료될 예정이다. 한국형 경량전철은 기존 지하철의 약 절반의 건설비로 시간당 최대 30,000인을 수송할 수 있는 수단으로, 2010년 개통 예정인 부산지하철 3호선에 투입될 예정이다.

* 철도기술연구원 선임연구원, 정회원
** 철도기술연구원 선임사업단장, 정회원
*** 철도기술연구원 선임연구원, 정회원



〈한국형 경량전철〉

구분	특성	비고
차륜	고무차륜	지하철 철재차륜 대비 소음감소
제어방식	무인자동운전	열차의 탄력적 편성 가능 인건비 비중 감소
최고속도	70km/h	상업운전 속도는 30km/h이상
열차편성	2-6량	수요에 따라 열차 가변편성 가능
열차간격	90초	기존 지하철의 150초 대비 약 60%수준 이용자 대기 시간 감소, 편리성 제고
최대구배	58 %	지형적 요인으로 인한 제약감소
최소곡선	40 m	건설비 절감효과 기대가능

자기부상열차란 전자석의 힘을 이용하여 궤도 위에 차량을 일정한 높이로 띄운 후 선형전동기의 추진력을 이용하여 전진하는 교통수단으로, 기술방식 상 ‘상전도 흡입식’과 ‘초전도 반발식’으로 대별된다. 자기부상열차의 장점은 차량과 궤도간의 접촉이 없기 때문에 소음과 주행저항이 작다는 점이다. 독일과 일본에서는 초고속형(400~500km/h 급)으로 개발되었으며, 최근에는 급구배, 급곡선 통과가 가능한 특성을 활용하여 도시내 교통수단으로 100km/h 정도의 속도를 갖는 시스템으로 개발하여 적용하고 있다.



〈자기부상열차의 특성비교〉

구분	독일	일본		미국	한국
속도	초고속(430km/h)	초고속(500km/h)	중저속(100km/h)	중저속형(100km/h)	중저속형(110km/h)
개발착수	1934	1972	1974	1999	1989
모델명	Transrapid	MLX	HSST	M ³	UTM
적용기술	상전도 흡입식	초전도 반발식	상전도 흡입식	영구자석 반발식	상전도 흡입식
현황	상용화완료 (중국 수출)	시험선 시험중	상용화완료 (2004.3.6)	시험선 건설중	실용화 위한 모델 개발중

국내에서는 1989년 정부 주도로 연구소와 기업의 참여하에 UTM(Urban Transit Maglev)-01 개발에 착수하였다. 1992년에는 대전엑스포 행사장에 HML-03 이라고 명명된 차량을 투입하여 시험 운행하였다. 이후 주로 차량 중심의 연구개발이 진행되어 무인으로 최대 시속 110km로 운행할 수 있는 실용화 모델을 개발(2량 1편성)하였고, 현재 차량자체의 신뢰성 및 안전성 확보를 위한 시험을 준비하고 있다.

향후에는 현재까지 개발된 성과물을 활용하여 엑스포공원 내 기존선로를 연장하여 대전 국립중앙과학관까지 연결되는 노선을 신설할 예정이다. 또한, 현재까지의 연구개발 결과를 토대로 실

제 실용화 시범노선 구축사업을 위하여 시범노선 선정, 운영에 필요한 토목구조물, 신호통신시스템, 상용화 신뢰성 확보등을 위한 실용화 사업을 준비 중에 있다.

신에너지 Bi-modal 굴절차량 시스템은 버스의 융통성과 철도의 효율성을 결합시켜 전용궤도와 일반도로를 모두 주행할 수 있는 차량으로 운영효율성과 이용편리성을 제고할 수 있는 시스템이다. 개발 차량은 1~2량까지 편성되어 1편성당 80인~270인을 수송할 수 있으며 시간·방향당 5,000인~16,000인을 수송할 수 있다. 기존도로를 활용하므로 지하철에 비해 건설비용은 10분의 1 수준에 불과하고 지하철과 같이 운행 시간이 정확하고 이용이 편리하므로 미국과 유럽 등 세계 40여개 도시에서 시행되고 있다.

국내에서는 국가교통핵심기술개발사업의 일환으로 정부 주관으로 진행되고 있고, 연료전지를 탑재한 차량으로 차세대 친환경적인 수송수단으로 실용화될 것으로 기대된다.



〈신에너지 Bimodal 저상굴절차량〉

3. 도시형 교통시스템의 국가연구개발 사업 추진 의의

다양한 도시교통시스템이 개발되는 이유는 그러한 시스템이 적용되는 사회·경제적 환경이 지역·도시별로 상이하기 때문이다. 현재, 새로운 도시교통시스템을 운영하거나 이를 개선하기 위한 새로운 시스템 개발사업은 주로 선진국에서 시행되고 있으며, 우리나라에서 기술개발 사업이 추진되지 않으면 필연적으로 국내 시장을 외국사에 넘겨줄 수 밖에 없다. 이런 상황을 타개하는데 있어서 국가연구개발사업을 통한 새로운 도시교통시스템 개발사업은 절실히 필요하다. 많은 시간과 비용이 소요되고, 사업의 성패가 불확실한 연구개발사업에 있어서 공공부문의 지원이 없이는 사업자체의 착수가 어려울 것이기 때문이다. 철도 선진국인 프랑스와 일본의 경우에도 새로운 시스템 개발사업은 정부, 민간기업, 연구소의 참여 하에 이뤄지고 있다³⁾. 연구개발 주체의 입장에서 일단 사업이 착수된 이후의 주요한 과제는 연구추진과정에서 외국시스템과의 기술격차를 단시간 내에 극복할 수 있는 협력네트워크를 구축하여 사업이 종료된 이후에 실용화될 수 있는 시스템을 개발해야 할 것이다. 최근 연구개발사업의 실용화에 관련된 논의가 활발히 전개되고 있고, 이에 따른 주요한 인식의 변화내용은 아래와 같다.

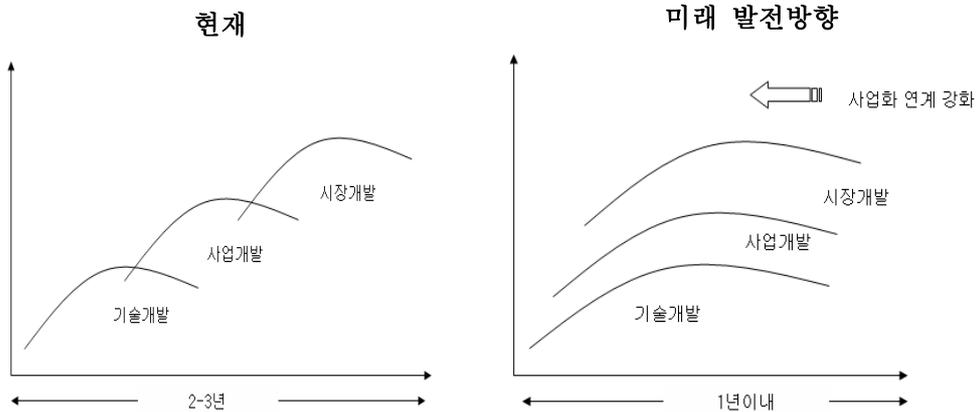
4. 국가 연구개발 사업 실용화환경의 변화

1) 개발과 사업의 동시화 : 실용화 가능성 제고

2) 예를 들어 경전철의 경우, 독일(지하철 : 68개 노선, 경전철 : 314개 노선), 일본(지하철 : 61개 노선, 경전철 : 39개 노선), 미국(지하철 : 67개 노선, 경전철 : 43개 노선)등에서 운행 중이다. 한편, 다양한 미래형 교통시스템을 적용하고 있는 사례로서 프랑스의 루앙(Rouen) 도시권을 들 수 있다. 인구 39만의 루앙 도시권에서는 경량전철, 고무타이어형 트램(TVR), 버스를 통합 운영하는 교통체계를 구축하여 도시교통 확충 부문의 재정적 한계를 극복하고, 도심지 재생(再生), 공간발전의 효과를 거두고 있다 : Raymond Hue, <strategic justification of three existing modes of transportation in Rouen>, Japan Railway & Technology Review 38, 2004.3, pp. 17-21

3) 이의 사례로 일본의 초전도 자기부상 열차 개발사업, 최근 개통된 도시형 자기부상열차(나고야 리니모) 개발사업, 프랑스의 육상교통시스템 개발사업(PREDIT)을 들 수 있다.

연구개발사업에서 시장개발에 이르는 주기를 최소화시키고, 시장의 니즈에 부합되는 기술개발 성과품을 도출하는 방안으로서 개발과 동시에 사업을 추진하는 방안이 고려되고 있다. 제도적으로는 연구기획 및 선정단계에서 사업성 평가 기능을 강화하여 대형 연구개발사업의 성공 가능성을 제고하려는 노력이 기울여지고 있으며, 이를 가능하게 하기 위해 연구기획 및 평가비용을 현재의 1.5% 수준에서 3%로 제고하는 방안이 검토되고 있다⁴⁾.



이에 더해서 신기술 사업화 전과정을 체계적으로 기획·관리·추진할 수 있는 ‘기술사업화개발 프로그램(R&BD)’ 도입이 논의되고 있다. 이는 기존의 연구개발(R&D)의 추진과정에서 사업화를 추진해야 한다는 의미에서 비즈니스(Business)가 추가된 개념이다. 이와 같은 개념의 변화는 다음의 표와 같이 요약할 수 있다.

<표 3> 기존 R&D와 R&BD의 개념비교

	기존 R&D	R&BD
사업목적	기술개발	기술개발 + 사업화
지원방식	평가 후 일괄지원	단계별 평가후 단계별 지원 (美 SBIR방식 적용)
지원대상 (주관기관)	R&D 수행기관 - 대학, 연구소, 기업 등	특수목적법인(Techno-Biz) - 연구개발자, 기술사업화 전문기업, 벤처캐피탈 등 이 합작 설립

출처 : 김형석(한국기술거래소), “기술이전·사업화 정책 방향”, 한국철도기술연구원 전문가 자문회의 발표자료, 2005.9.14

2) 국가연구개발사업의 성과 평가 및 관리에 관한 법률의 제정

정부가 수행하는 연구개발 활동을 성과중심으로 평가하여 국가연구개발 투자의 효율성과 책임성을 제고하고, 연구개발을 통하여 산출된 성과가 실용화 등에 연계·활용될 수 있는 체계적인 성과관리·활용 시스템을 구축하는 것을 목표로 법률제정이 추진되고 있다.

이 법안에서는 연구개발성과가 실용화 될 수 있도록 체계적인 성과관리 및 활용시스템구축, 성과관리·활용 기본계획과 실시계획 수립, 각 부처 별 효율적 성과관리 데이터베이스구축, 국과위가 정하는 과학기술 종합정보시스템과 연계·활용을 규정하고 있다. 또한, 연구성과에 대해서는 기술가치 평가 실시비용 등을 관련 사업비에 반영하는 등 성과활용 지원제도를 확충하는 것을 골자

4) 김형석(한국기술거래소), “기술이전·사업화 정책방향”, 18쪽, 2005.9.14, 한국철도기술연구원 전문가 자문회의 발표자료 참조

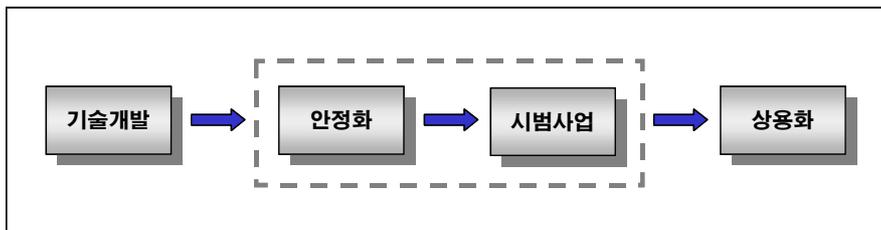
로 하고 있다.

3) 교통시스템 개발사업의 실용화에 적합한가?

이런 법규가 제정됨으로서 성과중심의 평가제도가 구축되어 연구개발 투자의 책임성과 효율성이 제고되어 성과창출의 극대화를 도모할 수 있을 것이다. 또한, 기존 평가제도의 비효율적인 절차·방법을 대폭 개선하여 평가에 따른 불필요한 행정낭비 요인을 최소화하고, 자체 평가제도를 도입하여 연구수행 주체의 자율성과 책임성을 제고하여 해당 부처의 연구사업 관리수준이 향상될 것이다. 마지막으로, 체계적인 연구성과 관리·활용시스템이 도입되어, 개발된 연구성과의 실용화 등 활용을 촉진할 수 있을 것으로 기대된다.

이처럼 실용화 환경의 변화는 철도연구원에서 추진하는 교통시스템의 실용화를 위한 거시적인 환경변화라는 측면에서 의의를 갖는다. 그러나, 이것으로 충분하지는 않다. 교통시스템의 경우 연구개발성과품(초기 개발품)의 실용화를 위해서는 시스템의 안정화기간과 상용화를 위한 준비기간과 예산이 필요하다. 왜냐하면, 본질적으로 승객을 수송하는 수단으로서 안정성과 신뢰성이 확보되지 않으면 실용화되기 어렵다. 이를 개념화하면 아래의 그림과 같다. 이는 결국 교통시스템에 적합한 실용화를 고려한 추진체계가 구축되지 않으면 실용화에 애로가 있음을 의미한다.

<그림> 교통시스템 개발사업의 추진체계(안)



아래에서는 이러한 실용화단계를 고려한 교통시스템 개발사업을 추진하는데 있어서 현재의 문제점과 장애요인에 대해서 논의한다.

5. 교통시스템 연구개발 성과품의 실용화관련 법규 및 향후방향

연구개발성과품의 실용화를 촉진하기 위한 제도적인 장치로서 과학기술부와 산자부가 주관하는 신기술 인정제도가 운용되고 있으며, 건설교통부의 주관 하에 건설신기술제도가 운용되고 있다. 이러한 제도는 우선구매 권장을 통해서 국산 개발품이 실용화될 수 있는 여건을 조성하고자 하는데 공통점이 있으며, 이를 통해서 연구개발품의 초기 시장진입을 지원하는 제도이다.

철도연구원에서는 경량전철의 차량시스템에 대해 참여기업과 공동으로 과학기술부가 주관하는 신기술 인정(KT마크)을 취득한 바 있다. 이러한 인 증은 연구개발사업이 종료된 이후 상용화를 위한 시범사업을 필요로 한다는 점에서 교통시스템과는 성격상 부합되지 않는 측면이 있다. 따라서, 교통시스템의 특성에 부합되는 신기술 인정제도의 도입방안이 적극적으로 검토되어야 할 것이다.

다행히 교통시스템 연구개발사업의 실용화와 관련하여 시범사업과 신교통기술 지정에 관한 규정이 교통체계효율화법에 마련되어 있다. 시범사업에 대해서는 “건설교통부 장관은 개발된 교통기술의 이용·보급을 촉진하기 위하여 필요하다고 인정하는 때에는 대통령령이 정하는 바에 따라 교통기술의 시범보급사업 및 시범지역 조성 사업 등의 시범사업을 실시할 수 있다”고 규정하고 있으며, 시범사업에 참여하는 자에 대한 재정·행정·기술 기타 지원할 수 있도록 규정하고 있다(21조4). 한편, 신교통기술에 대해서는 “국내에서 최초로 개발한 교통기술 또는 외국에서 도입하

여 소화·개량한 것으로 국내에서 신규성·유일성·진보성이 있다고 판단되고 그 기술을 국가교통체계에 보급·활용하는 것이 필요하다고 인정되는 경우로서 이를 개발한 자의 요청이 있는 때에는 그 기술을 새로운 교통기술(이하 “신교통기술”이라 한다)로 지정할 수 있다”고 규정하고 있다(교통체계 효율화법 21조3). 신교통기술이 지정된 이후에는 공공기관의 장에게 신교통기술의 우선 사용을 권고할 수 있고, 권고받은 공공기관의 장은 특별한 사유가 없는 한 그가 개발·운영하는 공공교통시설에 우선 적용하여야 하는 것으로 규정하고 있다(교통체계효율화법 시행령 16조4).

이러한 신교통기술 관련법규는 건설교통부에서 주관하는 건설신기술 관련법규에 준용하여 제정되었으나 시행규정과 평가절차등의 관련규정이 현재로서는 미비되어있다. 이의 보완방향은 아래의 표와 같이 정리할 수 있다.

<표 4> 신교통기술관련 현행 법규 및 보완방향

관련 법규	주요내용
교통체계 효율화법	- 신교통기술 지정 - 시범사업 시행 및 시범사업 참여자에 대한 지원(재정·행정·기술적) (21조4)
교통체계 효율화법 시행령	- 신교통기술 우선사용 권고(16조4)
교통체계효율화법 시행규칙*(가칭, 미비)	- 교통기술 심의 - 교통기술 연구·개발 등
신교통기술의 평가기준 및 평가절차 등에 관한 규정*(가칭, 미비)	- 신교통기술 심사기준 - 신교통기술 지정 및 보호기간 연장신청의 접수 - 신교통기술 지정위한 심사위원회 구성 및 심사(1, 2차)방법 - 신교통기술 지정이후 사후관리 관련규정

* : 건설신기술 관련규정 참조 작성

결론적으로 교통시스템 국가연구개발사업의 경우 교통시스템의 특성에 부합되는 실용화체계를 구축·추진하여야 할 것이다. 이를 위해 연구개발사업성과품의 실용화 장애요인을 연구개발단계, 연구개발종료이후 실용화사업단계로 구분하여 연구주체의 역할을 명확히 정의하여야 할 것이다. 이와 동시에 관련 규정의 보완작업도 적극적으로 추진되어야 한다. 이러한 과정을 통해서 연구개발 성과품은 우리나라의 도시 교통문제를 해결하는 수단으로 활용될 수 있으며, 향후 지속적인 연구개발 및 개선노력을 가져오는 계기가 마련될 것이다.

참고문헌

1. 김형석(한국기술거래소), “기술이전·사업화 정책 방향”, 한국철도기술연구원 전문가 자문회의 발표자료, 2005.9.14
2. Georges Dobias, <Urban Transport in France>, *Japan Railway & Transport Review* 16, 1998. 6, pp. 20-25
3. Raymond Hue, <strategic justification of three existing modes of transportation in Rouen>, *Japan Railway & Technology Review* 38, 2004.3, pp. 17-21
4. 望月眞一, 프랑스における新しい都市交通システム導入と街づくりに関する最近の傾向 : 都市行政における 社會的技術の成果, *JREA*, 2005, vol. 48, No. 3, pp.47-51