

철도연구개발 성과 향상방안 연구

-연구개발추진체계 중심으로-

The study for improving a fruit of the railway R&D

박만수* 이희성** 문대섭***

Park Man Soo Lee Hi Sung Moon Dae Seop

ABSTRACT

The change of the transportation circumstance related to the deep environmental pollution, escalation of the energy price, increasing social cost of the congestion and traffic accident, improving a income level, advanced social structure etc, is rapidly proceeded. For the corresponding this transportation circumstance, the role of the railway is being increased and that is friendly with environment, efficient for the energy, observed the time schedule and the transportation device which is high speed and safe mass transportation.

In addition, government's R&D investment is being increased according to deeping a strength of the international competitiveness through the technical innovation. So railway's R&D investment is being increased. Accordingly, This study suggest improving a fruit of the R&D related to railway R&D system for a efficient R&D investment.

1. 서론

환경오염의 심화, 에너지 가격상승, 교통혼잡 및 교통사고 등 사회적 비용증대, 소득수준 향상과 사회구조의 선진화 등 교통환경 변화가 빠른 속도로 진행되고 있다. 이와 같은 환경변화에 대응하여 환경친화적이고 에너지 효율성, 정시성, 고속성과 안전한 대량·대중 교통수단인 철도의 역할이 더욱 증대되고 있다.

또한 기술혁신을 통한 국제경쟁력 강화 추세가 심화됨에 따라 국가 차원의 연구개발 투자 규모가 확대되고 있으며 이에 따라 철도연구개발투자규모도 확대되고 있다. 따라서 효율적인 연구개발투자를 위해서 본 연구에서는 철도연구개발추진체계 관련 연구개발성과 향상방안을 제시하고자 한다.

* 한국철도기술연구원 책임연구원, 철도학회정회원

서울산업대학교철도전문대학원 박사과정

E-mail : parkms627@hanmail.net

TEL : (031)460-5574 FAX : (031)460-5509

** 서울산업대학교 철도전문대학원 교수, 철도학회정회원

E-mail : hslee@snut.ac.kr

TEL : (02)970-6877

*** 한국철도기술연구원 본부장, 철도학회정회원

E-mail : dsmoon@krri.re.kr

TEL : (031)460-5460 FAX (031)460-5499

2. 연구의 개요

2.1 연구의 필요성

환경오염의 심화, 에너지 가격상승, 교통혼잡 및 교통사고 등 사회적 비용증대, 소득수준 향상과 사회구조의 선진화 등 교통환경 변화가 빠른 속도로 진행되고 있다. 이와 같은 환경 변화에 대응하여 환경친화적이고 에너지 효율성, 정시성, 고속성과 안전한 대량·대중교통 수단인 철도의 역할이 더욱 증대되고 있으며

또한 세계적으로 지구 온난화 방지를 위하여 교토의정서에 의거 선진국에서부터 온실가스 감축을 의무화 하고 있으며 2012년 이후 우리나라도 감축대상국에 포함될 예정이다.

철도선진국에서는 이러한 교통수단에서 철도의 중요성을 인식하여 철도중심의 교통체계를 수립하여 추진하고 있으며 이에 필요한 새로운 기술을 적극적으로 개발하여 자국에 적용하고 수출산업으로 육성하고 있다.

우리나라도 최근 철도교통의 중요성을 인식하고 철도의 투자확대와 더불어 국가 차원의 철도연구개발 투자규모가 확대되고 있다. 이에 따라 국토해양부와 한국건설교통기술평가원에서는 2007년도에 철도연구개발사업 중장기 계획(2008~2012)을 수립하여 연구개발을 추진 중이다. 따라서 효율적인 연구개발이 되도록 국내외 연구개발 추진체계를 검토하여 연구개발 성과를 향상시킬 필요가 있다.

2.2 연구내용 및 목적

본 연구의 목적은 철도연구개발사업의 성과 활성화를 위한 방안을 제시하는 것이다. 연구 성과를 향상시키는 방안 중 연구개발 추진체계에 대한 고속철도 국내외 기술개발 사례를 검토하여 효율적인 연구추진체계를 제시하는 것을 목표로 한다.

3. 철도연구개발사업의 추진근거 및 기획·관리

3.1 철도연구개발사업의 추진근거

국가연구개발사업의 추진근거는 과학기술기본법제7조(과학기술기본계획)에 의거 국가의 과학기술기본계획을 세우고 과학기술기본법 제11조 (국가연구개발사업의 추진)에 의거 연구개발사업을 추진하고 있다.

건교부의 철도연구개발사업은 위법을 상위법으로 하고 도시철도 연구개발사업은 도시철도법 제14조(정부지원)에 의거 추진하고 고속철도와 일반철도는 철도산업발전기본법제11조(철도기술의 진흥)에 의거 철도기술 중장기계획을 세워 추진하고 있다.

3.2 국가연구개발사업 관리체계



3.3 국가연구개발사업 관리 및 사후관리 제도

1) 국가연구개발사업 평가관련 법, 규정

국가연구개발사업의 평가는 사업 평가와 과제평가로 구분하여 평가하고 있으며 그동안 각 부처의 연구개발사업에 대한 평가는 과학기술기본법제12조 (국가연구개발사업에 대한 조사·분석·평가, 신설2002.12.26)에 의거 사업에 대한 평가를 국가과학기술위원회에서 실시하여 차년도 예산에 반영하였으나 2006년부터는 국가연구개발사업 등의 성과평가 및 성과관리에 관한 법률(2005.12.30)에 의거 부처별 자체평가와 국과위 상위평가, 특정평가로 구분되어 평가를 실시하고 있으며 철도연구개발 과제의 기획, 관리, 평가는 국가연구개발사업의 관리 등에 관한규정(신설2001.12.19), 건설교통기술개발사업운영규정(2006.7.10)에 의거 한국건설교통기술평가원이 실시하고 있다.

2) 국가연구개발사업 평가 및 사후관리 체제

2-1) 연구개발사업 평가

연구개발사업 평가는 국과위 특정평가와 부처 자체평가로 구분하여 평가한다. 국과위는 장기/대규모사업, 중복조정/연계사업, 다수부처공동사업 등에 대한 정례 심층평가 및 현안사업에 대한 연중 수시평가를 실시하는 바, 전문적·심층적 진단으로 사업개선에 대한 구체적 대안을 제시한다.

2-2) 부처별 자체평가

부처별 자체평가의 기본 방향은 연구개발사업 수행 중앙행정기관은 당해 연도 특정평가 대상이 아닌 사업에 대해 사업특성에 따른 성과중심의 자체평가를 실시하는 것이다. 국과위는 자체평가 시 활용할 수 있는 표준 성과지표를 제공하고 자체평가의 적절성을 점검(상위평가)한다. 이때 성과목표/지표의 적절성 및 자체평가 방법의 객관성·공정성 등을 점검하여 개선사항을 권고한다. 자체평가결과는 각 부처의 자율적인 사업내용 개선 및 차년도 자체예산 편성 시 활용한다.

부처별 자체평가의 평가 방법은 평가대상 사업별로 전략목표, 성과목표 설정 후, 표준성과지표를 활용하여 사업특성을 반영한 성과지표를 자율적으로 설정한다.

2-3) 연구개발과제 평가

연구개발과제 평가의 기본방향은 국과위에서 성과평가 표준지침을 마련하고, 각 수행부처는 표준지침에 따라 과제 유형별 특성에 맞는 평가를 실시하는 체제이다. 국과위에서는 국가 차원의 연구개발과제 성과평가 표준지침을 마련하는데, 과제평가에 관한 가이드라인(평가항목, 지표, 평가위원 구성방법 등)과 연구개발과제에 대한 표준성과지표 등 지침을 설정하는 것이다. R&D사업 수행부처는 성과평가 표준지침을 토대로 연구과제 유형별 특성에 맞는 평가를 실시하는데, 기획단계에서 표준지침을 활용하여 성과목표, 성과지표 설정 후 사후에 성과목표 달성도를 중심으로 평가한다.

연구개발과제의 평가방법은 선정평가, 연차평가, 단계(중간)평가, 최종평가, 추적평가로 구분, 평가유형 및 평가시기 등에 따라 평가주안점 및 평가방법을 차별화하여 실시한다.

표1 부처별 과제평가의 유형별 평가내용

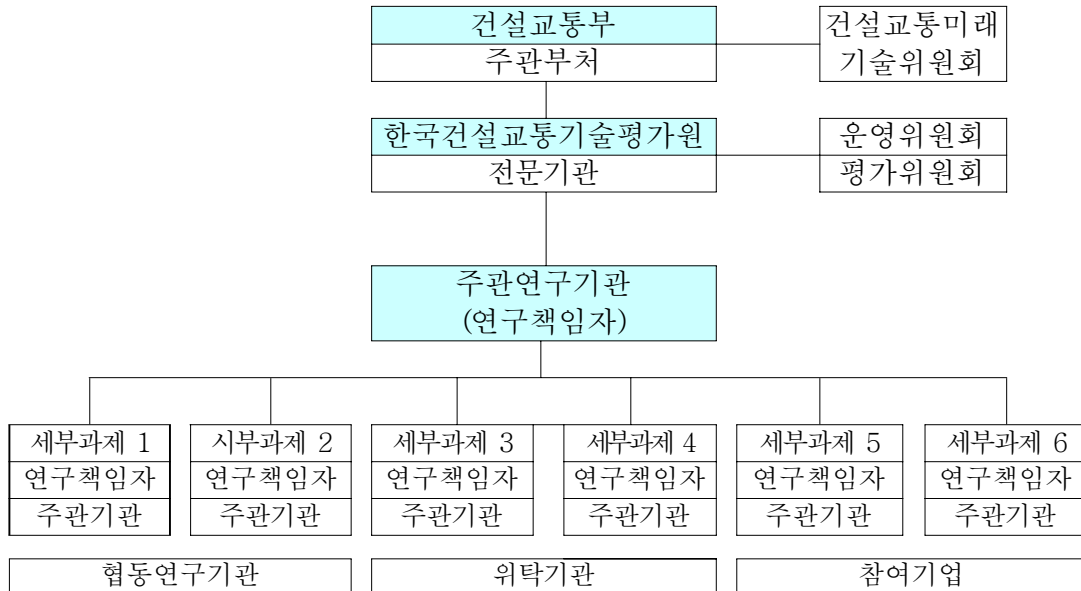
평가유형	평가내용
선정평가	연구계획 및 연구책임자 평가
연차평가	연간 성과목표 달성도 및 연간 사업성과를 평가
단계/중간평가	단계구분이 있는 사업의 경우 단계목표 달성도를 평가하여 계속 추진 여부 및 환경변화에 따른 개선사항 검토
최종평가	종료년도의 최종성과 및 최종목표 달성도를 측정
추적평가	사업종료 후 5년간의 연구성과 관리·활용실태에 대한 평가('07년 이후 실시)

부처별 과제평가에 있어서 연차평가는 연간 성과목표 달성도 및 연간 사업성과를 평가하고, 단계별 중간평가는 단계구분이 있는 사업의 경우 단계목표 달성도를 평가하여 계속 추진여부 및 환경변화에 따른 개선사항을 검토하며, 최종평가는 종료년도의 최종성과 및 최종목표 달성도를 측정한다. 이에 비해 사후관리 차원의 평가는 추적평가로 사업종료 후 5년간

의 연구성과 관리·활용실태에 대한 평가('07년 이후)를 실시한다.

4. 철도연구개발사업 추진 및 적용현황

4.1 철도연구개발사업 추진체계



4.2 국내 고속철도 연구개발사업 추진 및 적용현황

국내 고속철도 연구개발사업 추진현황은 표2과 같다.

표2 국내 고속철도연구개발사업추진 현황

과제명	연구내용	기간	주관부
고속전철기술개발사업	고속전철개발	'96.12~'02.10	건교부, 산자부, 과기부
고속철도기술개발사업	고속전철신뢰성시 험	'02.12~'06.10	건교부

1) 고속전철기술개발사업

경부선의 철도노선이 포함되어 이의 대안으로 고속철도와 자기부상 등 타당성을 검토하였으며 고속철도 신선건설이 확정되어 외국에서 시스템을 도입하기로 결정, 사업을 추진하는 과정에서 고속철도에 대한 국내기술개발 필요성이 대두되어 건교부, 과기부, 산자부 지원으로 한국철도기술연구원 및 산학연이 참여하여 1996년12월부터 착수하였으며 2002년10월 까지 개발 제작 완료하였다.

2) 고속철도기술개발사업

고속전철기술개발사업에서 개발 제작된 차량을 2002년12월부터 건교부 주관으로 신뢰성

시험을 추진하여 KTX 구간에서 최고속도 352.4km/h('04.12) 성공 및 120,000km('05.11) 신뢰성시험을 완료하였다.

3)고속철도기술개발사업 적용현황

- ① 고속전철기술개발사업, 고속철도기술개발사업
 - 2003년 대한민국10대신기술선정(산업자원부:'04.12)
 - 차량 시운전 : KTX 구간에서 최고속도 352.4km/h('04.12) 성공
 - 차량 시운전 : 120,000km('05.11) 신뢰성시험
- ② 신규 고속차량 도입사업 사업제안서(RFP)작성 및 평가용역(2004.11.18 ~ 2005.3.17)
 - 용역내용 및 범위
 - 국내외 고속차량운영현황 및 기술조사 분석
 - 차량형식 도입방법 및 절차 제시
 - 사업제안요청서(RFP) 작성
 - 사업제안서 평가기준 제시
 - 상기 기술개발사업 및 신규 고속차량 도입사업 평가용역의거 입찰 자격 인정
- ③ 호남·전라선 고속전철 계약 : 2006.6.8 (100량)

4.3 국외 고속철도 연구개발사업 추진 및 적용현황

1) 일본 고속철도 개발

일본은 국토의 대동맥에 원활한 인적, 물적 흐름을 위해서 1938년에 “탄환열차”의 기초 계획을 구상하였으며, 한국전쟁 후 복구사업 특수로 인한 산업화 촉진과 인구의 대도시 집중으로 도시간 고속 대량 수송수단의 필요성이 증대되어 1940년대부터 기존의 협궤철도보다 수송량 및 속도를 향상시킬 수 있는 광궤 및 전철화한 신간선 건설 기본계획을 수립하였다. 1950년대 이후 수송량의 급격한 증가로 산업의 중심지역인 東京-大阪 구간(동해도 신간선)에 신간선 개발계획을 구체화시키고, 철도차량 기술의 선진화 및 실용화를 위해 국철내 철도기술연구소를 중심으로 고속열차 개발을 추진하였다.

일본의 고속철도는 중앙 행정기관(운수성)의 필요성보다, 국철(JNR)의 장기계획과 확고한 의지로 추진된 것이 특징이며, 건설계획 및 추진은 국철 내 신간선 총국이 중심이 되어 추진하고, 건설은 철도건설공단이 전담하였다. 신간선 탄환열차 개발은 타당성 연구 결과에 따라 일본 국철(JNR) 연구소와 관련 산업체가 공동으로 개발에 착수하였으며, 5년 후인 1962년에 신간선의 시제품 차량을 제작하여 차량시험대(Roller Test Rig)에서 각종 성능시험을 실시하였고, 2년여의 주행시험을 포함한 총 7년의 연구개발 끝에 세계 최초로 고속전철의 개발에 성공하였다. 東京 올림픽에 맞추어 1964년 10월 1일에 東京과 新大阪 사이 515.4km구간에 최고 운행속도 190km/h로 개통하였다. 이 열차가 신간선으로 불리는 일본 고속전철의 효시인 東海道 신간선이다.

JR-동일본은 자체 연구개발센터 중심으로 2002년 4월 ‘신간선 고속화 추진 프로젝트’라는 신간선 고속화 연구개발에 착수하였는데 프로젝트의 진행은 다음의 3단계로 수행되었다.

□ 지금까지의 기술과제 결과 정리 및 요소기술개발 자료의 데이터를 활용

□ 상업운행용 신간선(E2계 1000 및 E3계)를 이용한 고속 주행시험 결과의 활용

- ① 고속 주행시험-1(2003년 3월~4월) : E2계 1000열차 개조차량(영업최고속도275km/h)을 사용하여 최고속도 360km/h 시험을 실시함
- ② 고속 주행시험-2(2003년 5월) : E2계 1000열차로 최고속도 320km/h 시험을 실시함
- ③ 고속 주행시험-3(2003년 6월) : E3계 (영업최고속도 275km/h) 개조 차량으로 최고속도 340km/h를 얻음

□ 위 기존차량 시험 결과 수집데이터를 'FASTECH 360' 시험차량의 설계에 참고, 반영함
'FASTECH 360' 시험열차는 신간선 전용차량인 FASTECH 360-S(E954형식 8량편성)과 신제 직통차량인 FASTECH 360-Z(E955형식6량편성)의 2개 편성이 있는데 신간선 전용차량은 2005년 6월 제작을 완료하였고, 신제 직통차량은 2006년 봄 완성. FASTECH는 FASt와 TECHnology를 조합한 약어이며, 360은 기술개발 목표속도, S는 신간선의 첫 글자, Z는 재래선의 첫 글자를 의미한다.

특이한 점은 당초 개발사업의 계획단계에서는 기술개발 목표속도를 350km/h로 설정했지만 기술개발사업 추진과정에서 360km/h로 목표를 수정한 점인데, 이는 당초 개발계획 수립 이후 한국의 한국형 고속열차 개발 및 352.4km/h 시험주행 성공과 프랑스 AGV 개발열차의 목표 최고속도가 350km/h인 점을 의식하여 목표속도를 수정한 것으로 추정되어 세계 고속철도 기술개발 분야의 최고속도 기술 경쟁이 얼마나 치열한가를 극명하게 보여주는 사례라 할 수 있다.

- 시험일정 : 2005년 6월부터는 E964 형식 시험차의 단독 주행시험을 수행하고, 2006년 봄 FASTECH 360Z 제작 완료하여 신규 제작 직통차량과 교행 주행시험, 병렬 연결(차량연결)시험 등을 실시함. 모든 시험은 2008년 3월까지 완료하여 2011년에 상용화 개시 예정임.

이상에서 조사된 일본의 고속철도 기술개발 경향을 정리하면, 일본의 고속열차 기술개발은 지난 20여 년간의 경험과 기술축적을 바탕으로 1980년대 중반부터 신간선의 속도를 210km/h에서 270km/h대로 향상시켰듯이 궁극적으로는 최고운행 속도를 300km/h로 끌어올리기 위하여 많은 연구를 추진하여 현재는 상업 운행에 들어갔다. 특히, 설해대책에 관한 연구개발에도 힘을 기울이고 있으며, 시속 300km/h 대의 모의 주행시험이 가능한 신형 차량 시험대(Roller Test Rig)도 새로이 설치하였다.

일본의 차량개발 과정은 시험차량을 개발하고 시운전을 통한 성능검증 및 검토한 후 상업용 차량을 개발하는 것이 일본의 차량개발 패턴이며, WIN 350(시험차) ⇨ 상업용 500계 신간선 및 300X(시험차) ⇨ 상업용 700계 신간선의 개발 관계가 이를 잘 나타내고 있다.

일본은 앞으로 열차의 기능과 성능을 향상하기 위한 계속적인 개발계획을 수립하여 추진 중에 있으며, 2007년에는 山陽線에 영업 최고속도 350km/h 열차를 운행할 계획이다.

세계 최장기간인 26년간의 고속전철 운행기록을 가지고 있는 일본이지만 1981년 프랑스 TGV 열차의 출현과 1991년 독일의 고속전철 ICE의 등장으로 고속전철 기술의 속도측면에서 제3위의 국가로 밀려난 인상은 있으나, 가장 오랜 운영기간 동안 사고 없이 안전하게 운행해 온 신뢰성은 높이 평가 되어야 할 것이다

2) 프랑스 고속철도개발

프랑스가 TGV 고속전철을 개발하게 된 직접적인 동기는 1960년대에 Paris와 Lyon 사이

의 기존선에서 여객과 화물 수송량이 포화상태에 다다랐기 때문이었다. 프랑스 수도 Paris 와 제2의 도시로 최대의 공업도시인 Lyon간 철도 교통량은 1일 250편에 이르렀으며, 최대 성수기에는 1일 300편의 열차운행을 기록하기에 이르렀다. 이 구간을 복복선화하는 것은 터널구간으로 인하여 매우 어려운 실정이었다.

이를 해결하기 위하여 프랑스 국철(SNCF)은 1969년에 Paris와 Lyon사이에 새로운 선로를 건설해 프랑스 동남부에 고속의 수송수단을 제공할 것을 정부에 제안하였다. 당시의 프랑스 간선철도의 속도는 160km/h 기준이었고, 선형이 양호한 경우에는 200km/h까지 가능하였으나, 이보다 고속인 열차가 필요하다는 제안이 있었다. 이러한 제안은 정부 부처간 협의를 거쳐, 1971년 고속전철을 건설한다는 결론에 도달하였다.

이에 따라 SNCF내에 고속전철 건설을 위한 운영위원회가 구성되었고, 1974년에는 동력으로 전기구동 방식을 채용할 것을 확정하였다.

3) 독일 고속철도개발

ICE의 연구개발은 약 13년 간에 걸쳐서 약 7,700만 마르크의 연구개발비가 소요되었는데 이중에서 BMFT(독일연방과학기술부)가 약 4,500만 마르크를 투입하고 DB(독일국철)와 참여 산업체가 각각 1,600만 마르크씩을 투자하였다.

ICE의 개발과 제작에 참여한 회사는 독일 내 철도차량과 관련된 대부분 기업들로서, 기관차는 Krupp Industrietechnik, Thyssen-Henschel, Kraus-Maffei가, 객차는 Messerschmidt-Boelkow-blohm, Msserschmidt-Boelkow-blohm, Linke-Hoffmann-Busch, MAN, Waggonfabrik Uerdingen, Knorr Bremse가 제작하였고, 전장품은 Brown-Bovericie AEG AG, Siemens AG가 공동으로 공급하였으며, 그 외 Donier System, Duewag 등이 참여하였다. 이들 산하 부품업체를 합하면 ICE에 참여한 업체는 총 300개에 달한다.

5. 고속철도연구개발사업 추진성과 적용 현황 및 분석

5.1 국내외 현황

국내외 고속철도 연구개발사업 적용현황은 표 3과 같다

표 3 고속철도 연구개발사업 적용현황

연구개발사업	주관기관 및 협동기관	적용기관(운영기관)	비고
국내 고속전철	한국철도기술연구원, (주)로템 등 부품제작사	한국철도공사	적용기관 개발 미참여
일본 고속철도	일본국철(JNR), 일본총합철도기 술연구원(RTRI), 차량제작사	일본국철	적용기관이 개발 주관
프랑스 고속철도	프랑스국철(SNCF), 알스톰 및 부 품제작사	프랑스국철(SNCF)	적용기관이 개발 주관
독일 고속철도	독일국철(DB), SIEMENS 및 부 품제작사	독일국철(DB)	적용기관이 개발 주관

5.2 국내외 비교 분석

① 호남·전라선 고속전철입찰 시점인 2005년 말에 고속전철기술개발사업('96.12 ~ '02.10), 고속철도기술개발사업('02.12~'06.10)에서 100,000km/h 이상 시험을 했으며 신규 고속차량 도입사업 사업제안서(RFP)작성 및 평가용역(2004.11.18 ~ 2005.3.17)을 통해 입찰자격을 부여

② 이것은 기술개발에 철도공사가 참여하지 않아 외국 고속철도와 평가 절차를 거쳐서 입찰 참여 자격 획득

③ 일본, 프랑스, 독일의 경우 운영기관이 주관이 되어 개발함으로써 개발완료 후 적용하였음

6. 결론

환경오염의 심화, 에너지 가격상승, 교통혼잡 및 교통사고 등 사회적 비용증대, 소득수준 향상과 사회구조의 선진화 등 교통환경 변화가 빠른 속도로 진행되고 있다. 이와 같은 환경 변화에 대응하여 환경친화적이고 에너지 효율성, 정시성, 고속성과 안전한 대량·대중교통 수단인 철도의 역할이 더욱 증대됨에 따라 철도투자확대와 철도연구개발투자가 증대되고 있다.

또한 기술혁신을 통한 국제경쟁력 강화 추세가 심화됨에 따라 기업은 물론 국가 차원의 연구개발 투자규모가 확대되고 있다. 이에 따라 효율적인 성과관리의 중요성이 인식되어 이에 대한 연구 및 개선이 지속적으로 시행되고 있다.

그러나 상기 방법에 추가하여 철도연구개발사업은 타 연구개발사업과 다른 특수성이 있어 연구성과를 향상시키기 위한 연구 추진체계에 대한 연구를 하였다.

철도는 타 연구개발사업에 비하여 연구개발의 수요자가 철도운영기관으로 한정되어 있고 주문 제작품으로 타제품과 다른 특수성이 있다. 철도연구개발사업 국내외 적용현황 분석에서와 같이 연구개발 주관 또는 참여기관에 운영기관이 참여하지 않을 경우에는 별도의 평가 절차를 거쳐 적용하였으며 따라서, 개발 후 추가적인 과정을 거치게 되며 이 과정에서 적용이 안될 경우 추가적인 보완 등 적용이 지연된다.

그러나, 연구개발 주관 또는 참여기관에 운영기관이 참여하여 직접 연구를 수행하면 운영기관의 요구사항에 따라 연구개발이 진행되고 검증되므로 상업노선에 적용 시 추가적인 절차 없이 적용 된다. 따라서 운영기관의 참여가 연구성과를 향상시키는 효율적인 연구개발체계다.

참고문헌

- 이공래외(2006) 철도기술중장기 기본계획(2006 ~ 2010), 과학기술정책연구원, 정책연구
- 김기환외(2006) 차세대고속철도기술개발사업 기획보고서, 한국철도기술연구원
- 이상엽외(2007) R&D 분석·평가·조정 및 성과관리 가이드라인 작성연구
- 이상엽외(2007) 교통중장기계획수립연구 미래철도분야(2008~20012) 한국과학기술평가원