

철도종합안전기술개발사업 성과 분석

Qualitative Analysis on the Results of the Integrated Railway Safety R&D Project

김상암† 조연옥*
Sangahm Kim Yunok Cho

ABSTRACT

The railway safety in Korea is threatened due to the restructuring of the railway industries, introduction of the Korea Train eXpress (KTX) and electrification of the conventional lines. Many technical backgrounds are required to control railway accidents as low as reasonably practicable, such as a railway safety act, safety standards, and safety assessment infrastructures. Korean government and the Korea Railroad Research Institute (KRRRI) are conducting an integrated R&D program for improvement of the railway safety, where the target is to reduce the accident fatalities by half.

The program is composed of three parts; the safety system engineering and the program management, the establishment of a safety management system, and the development of techniques for assessing and preventing major railway accidents. Details of the research programs are explained in this paper, where risk is used as the major control measure.

1. 서 론

철도종합안전기술개발사업은 주관부처인 국토해양부의 기본계획에 따라 2004년 착수하여 2011년 6월까지 진행되었던 국가연구개발사업으로 7년여 동안 896억원(민간 포함)의 예산이 투자된 초대형 프로젝트이다. 당시 철도 현대화와 철도산업 구조개편으로 인한 선진 안전관리체계와 정책 수립 요구되었고, 고속철도 운영 준비 등 급격한 인프라 구축(복선화/전철화 비율 선진국의 70% 수준으로 향상)으로 인해 철도시스템 전반을 대상으로 선진 안전관리체계로의 변화가 요구되는 과도기 시점이었다. 또한 '99년 이후 통계상 철도사고는 감소 추세이나, 인명피해는 선진국에 비해 5배가 높아서, 종합적인 안전 대책에 대한 연구개발 요구가 있었다.

현재 고속철도의 개발 및 운영으로 국내 철도운영 100년 사에서도 유래 없는 혁신적인 전기를 맞이하고 있다. 철도 전 수명주기 설계에 따른 운영 경험이 없는 고속철도의 도입은 운영 노하우 뿐만 아니라 기술적인 측면에서도 사고원인의 판정 등 공학적 지식과 기술이 요구되고 있으며, 기존 철도나 도시철도분야에서 가속화되고 있는 구조개혁은 숙련된 고령 기술자의 퇴진과 운영인력 감축을 가져와 종사자의 경험에 의존하는 안전관리 방식의 한계를 극복해야 한다. 이러한 시점에서 철도종합안전기술개발사업은 다음과 같은 몇 가지의 중요한 의의를 지니고 있다.

선진국의 경우, 약20년 전부터 화재, 충돌, 탈선과 같은 중대사고 안전성을 평가하여, 사고 발생 시

† 최경진, 한국철도기술연구원, 시험인증-안전센터
E-mail : kjchoi@krrri.re.kr

* 김상암, 한국철도기술연구원, 시험인증-안전센터
E-mail : sangahm@krrri.re.kr

** 김정평, 한국철도대학
E-mail : 23003622@hanmail.net

피해를 저감시킬 수 있는 시험평가 설비와 기술을 확보하고 있다. 국내의 경우 고속철도 기술도입 이전에는 예산과 인력상의 문제로 이러한 연구개발이 뒷전으로 밀려나 있었던 상황이다. 현재까지 발생한 국내 철도사고는 심각한 고장 또는 종사자 실수가 연쇄적으로 발생할 경우 외부로 노출되며 이로 기인되는 인명·재산피해·복구비용, 영업손실과 더불어 대내외적 이미지 추락 등 즉, 육안으로 식별되지 않는 철도교통에 대한 기술적·사회적·문화적 안전위협요소를 통제하는 설비 및 역량의 발굴과 육성이 핵심적인 요소이다.

그 동안, 간선철도의 경우 철도안전관리는 운영기관 자체의 지침에 의하여, 또, 도시철도의 경우 도시철도법에 의하여 이루어져 왔으나 국가적으로 통합된 표준 안전관리 체계와 제3의 인증기관에 의한 안전관리체계 및 운영의 검증은 거의 이루어지지 못하였다. 그러므로 철도 안전법과 이의 실효적 시행을 뒷받침할 사업성과를 통해 기존의 경험에 의존하는 안전관리 방식을 표준화된 시스템에 의한 체계적 안전관리 방식으로 전환하여야 한다. 또한 철도교통의 안전도를 획기적으로 높이려면 철도 시설 및 차량의 설계, 시공, 제작 유지보수 단계에서 위험 발생을 근원적으로 차단시킬 수 있는 수준 높은 공학적 기술이 요구된다.

철도종합안전기술개발사업은 국내철도의 약점인 안전설계 원천 기술 및 유지보수 노하우 등의 제약을 차량안전기술, 궤도토목 안전기술, 전기신호제어 안전기술, 공중사상 안전기술 등을 개발함으로써 철도 전반에 걸친 기술 수준을 한 단계 높이며, 위험도정보시스템 등을 응용하여 그 동안 운영기관별로 또는 성능평가 및 검증기관별로 따로 관리되던 안전관련 자료들을 축적하도록 기획되었다.

철도종합안전기술개발사업은 “선진국 수준의 범국가적 철도종합안전시스템 구축 및 대형 철도사고 예방 및 사고/사망을 저감”이라는 목표를 가지고, 철도안전관리체계 구축, 안전성능평가 및 사고방지기술 개발 등 3개 분야 14개 연구과제가 수행되었다.

본 사업을 통해 차량, 시설, 소프트웨어 등 분야별 세부안전기준이 도출되었으며, 국가, 운영기관, 철도건설자 등 관련주체의 안전활동을 모두 고려한 “국가 철도안전관리체계”가 제시되었으며, 이를 기반으로 34건의 제도화, 173종의 규격 및 매뉴얼(안) 도출이 이루어졌다. 또한 기술개발 영역에서 충돌, 탈선, 화재 등 중대사고의 안전성을 평가하기 위한 기술과 시형장비가 구축되었으며, 사고를 방지하기 위한 다양한 대책기술이 개발되어 현장 적용을 목전에 두고 있다.

2 사업추진 배경

2.1 제도·정책적 배경

- 철도 구조개혁(상하분리)에 따른 국가의 임무가 증대하였다.
 - 철도시스템의 안전성 확보 및 관리책임 발생 : 철도안전법 제정 준비 : “철도구조개혁대비 철도 안전규제 제도개선 방안(2001)”, “철도 안전향상 프로그램 개발연구(2003)” 등의 연구용역을 통해 법제도 마련 근거 제시
- 대구지하철사고 발생에 따른 국내철도의 부실한 안전관리실태가 드러나고 있었다.
 - 안전설비 미흡
 - 낙후된 안전관리체계(안전기준, 교육훈련, 위기관리 등) 개선 필요성
 - 건설교통부 건설·교통 안전기획단 및 지하철 안전기획단 활동
 - 안전기획단 활동결과 ‘일반철도 및 도시철도 분야 개선사항’에서 「세계수준의 철도안전을 확보하는 범국가적 철도안전종합시스템구축」을 위한 국가R&D사업의 필요성 제기

2.2 국내 철도안전의 취약점·문제점

- (1) 철도의 안전계획에 대한 심사/승인체계 부재
 - 안전목표에 대한 심사/승인 및 달성도 평가방안 전무
 - 안전투자의 미비, 중복 또는 과투자(사고 이후 근본적 대책 마련보다는 개별사안에 대한 대응적 대책 수립에 의한 비효율적인 안전투자가 이루어짐)
- (2) 철도사고/장애의 예방을 위한 관리체계의 미흡
 - 철도사고/장애에 대한 위험요인의 효율적 개선대책 전무
 - 사고발생시 대응체계 미비
 - 철도사고시 대형 참사를 방지할 수 있는 시스템 설계/제작, 유지보수 측면의 안전기준 미흡
- (3) 철도사고의 예방 및 안전성 향상을 위한 국가적인 기술적 지원 미비
 - 철도사고 발생시 피해를 저감할 수 있는 핵심기술 미비
 - 안전기준 적합성 및 안전성 검증을 위한 시험평가 인프라의 부족
- (4) 철도 시스템 안전측면에서 DB를 구축하고, 정보를 관리하는 안전관리 정보시스템 부재
 - 사고/장애 원인 분석을 통한 동종사고 예방대책 수립이 어려움.
- (5) 중장기 안전개선대책의 실행의 어려움
 - 5년 이상 중장기 안전개선대책 기피
 - 예산 등의 사유로 인한 안전개선대책 기피
 - 조직 및 전문인력 육성 기피

3 사업추진 개요

3.1 사업추진 유형

철도종합안전기술개발사업은 국토해양부의 재정이 사용된 국가연구개발사업으로 전문기관인 한국건설교통기술평가원이 기획, 관리 및 평가를 담당하였다. <표 1>에 사업의 유형을 상세하게 정리하였다.

<표 1> 철도종합안전기술개발사업의 유형

| 항목 | | 기본계획 | 시행계획 |
|------------|------|-------------------------------|---------------------------------|
| 사업기간 | | '04년 10월 ~ '10년 9월 (6년) | '04년 10월 ~ '11년 6월 (6년 10개월) |
| 총사업비 구성 | | 948억원 (국고883억원, 민간65억원) | 896억원 (국고 조정) |
| 사업규모 | | 3개 기술분야 17개 세부과제 | 3개 기술분야 14개 세부과제 (통폐합) |
| 지원형태 | | 출연 | 좌동 |
| 지원조건 | | Matching Fund | 좌동 |
| 사업시행 주체 | 주관부처 | 국토해양부 | 좌동 |
| | 전문기관 | 한국건설교통기술평가원 | 좌동 |

3.2 사업내용의 도출

3.2.1 “철도종합안전시스템” 개념 정립 및 사업추진내용 도출

- 정의 : 시스템 구성요소(System, Infra, Technology, Information)에서 강제적/검증적/동시적/통합적/상시적으로 철도안전활동을 수행할 수 있는 종합시스템
- 기능 : 안전활동의 필요기반을 선진국 수준으로 확보하여 안전의 질적·양적 수준을 획기적으로 강화
- 사업내용 : 2.2절의 국내 철도안전의 취약점·문제점((1)~(5))을 철도종합안전시스템의 구현이라는 관점에서 4대 구성요소별로 재편하여 각각의 문제점·취약점을 해소할 수 있는 구체적인 사업내용 도출

<표 2> 철도종합안전시스템의 기능적 분류

| 기능분류 | 내용 | 사례 | 구성요소 |
|-------------------------------|--|----------------------------|------------|
| 안전정책수립 (Safety Plan) | 안전관리절차 등을 수립하여 제도적으로 안전을 관리하도록 함 | 안전규정 안전성능기준 안전관리프로그램 | 체계, 정보 |
| 사고억제기술 (Active Safety) | 사고원인(Cause) 및 위험원(Hazard)를 제어하여 사고발생자체를 방지 | 자동검지 유지보수 위험차단 | 기술, 정보 |
| 피해저감기술 (Passive Safety) | 사고가 발생하였을 때 피해를 최소화하여 사고를 억제 | 충돌안전장치 화재진압장치 승객보호장치 | 기술, 시설, 정보 |
| 사고수습대책 (Accident Response) | 사고 발생 후 절차에 따라 사고보고·긴급출동·복구 등을 행하는 활동 | 사고조사 복구활동 보고활동 | 체계, 정보 |

<표 3> 사업의 대과제와 구성요소와의 상관관계

| 안전시스템 구성요소 | 철도종합안전기술개발 사업의 대과제 분류 | 설명 |
|---------------------|------------------------------------|---|
| 체계 (System) | 철도안전관리체계 구축 분야 (대과제 I) | 안전활동의 동시성, 통합성, 강제성을 갖추기 위해서는 제도적 기반 및 체계를 필요로 함 |
| 정보 (Information) | | 안전활동의 특징(동시성/통합성/상시성)을 확보하기 위한 통합된 정보망 필요 |
| 기술 (Technology) | 철도 중대사고 예방 및 피해저감기술 개발 분야 (대과제 II) | 체계/시설/정보가 잘 갖추어지더라도 안전 활동의 전 분야에 걸친 기반기술들의 뒷받침이 없으면 실질적인 안전도의 향상이 달성되지 않음 |
| 시설 (Infra) | | 안전활동의 검증성, 상시성을 지원하기 위해서는 시험평가를 객관적으로 수행하는 대형시험 시설필요. 특히, Passive Safety 경우 실제 사고상황을 재현할 만한 시험시설 필수 |

위 <표 2>는 철도사고의 원인 및 시스템의 취약점 분석과 관련된 철도시스템의 기능적 분류와 앞서 정의한 철도종합안전시스템의 4대 구성요소와의 관계를 나타낸다. <표 3>에서는 철도종합안전기술개발

사업에서 최종적으로 구축하여야 할 철도종합안전시스템의 4대 구성요소와 실제 철도종합안전기술개발 사업의 과제체계와의 연관성을 보여주고 있다.

3.3 사업목표 및 내용

사업의 최종 목표는 21세기 건강한 선진복지사회를 구현 하는 세계수준의 철도안전을 확보하는 범국가적 철도종합안전 체계 구축으로 연구내용 및 예상결과물은 다음 <표4>과 같다.

<표 4>

| 사업 내용 | 달성목표 |
|---|--|
| I. 철도안전 SE 및 사업총괄 | 총괄조정 및 철도안전법 시행 제도화 지원 철도시스템 안전프로그램 구축 |
| - 철도안전SE 및 사업 총괄 세부과제 : 1. 철도안전SE 및 사업총괄 | · 사업 총괄조정관리 및 제도화지원 · 철도안전법 기반 철도시스템안전관리체계구축 · 철도안전평가시험시설통합조정 |
| II. 철도안전관리체계 구축 | 철도안전기준 및 체계 구축(철도안전법 시행기반확보) |
| - 안전업무종사자 사고예방 안전관리 체계 구축 세부과제 : 1. 인적오류 관리 및 업무적성 평가 기준 개발 2. 안전업무종사자 교육훈련 체계 구축 | · 철도사고의 인적오류 관리체계 확립 · 철도 안전업무종사자의 업무적성 평가 기준 확립 · 일반철도 기관사 직무수행능력평가 시뮬레이터 개발 · 현업종사자 참여 지향적 인적오류분석 관리체계 개발 · 일반철도기관사 직무수행능력시험설비개발 · 대국민 철도안전홍보 및 교육 프로그램 개발 제10조(철도기관사면허) 제16조(교육훈련) 제22조(관제업무수행요건) 제24조(철도종사자안전교육) |
| - 철도시스템 사고예방 안전관리 체계 구축 세부과제 : 1. 철도차량 안전기준 및 체계 구축 2. 철도시설 안전기준 및 체계 구축 3. 철도S/W 안전기준 및 체계 구축 4. 위험물수송안전기준 및 체계구축 | · 철도안전법 시행을 위한 철도차량/시설의 안전규정 체계구축 및 분야별 세부 안전기준 개발 · 철도에 사용되는 컴퓨터 기반 제어기의 SW안전성 확보를 위한 안전규제체계 · 철도 위험물수송에 관한 안전기준개발 및 안전관리체계 구축 제25조(철도시설안전기준) 제26조(차량 안전기준) 철도위험물운송규칙 |
| - 철도사고 위험도평가 및 비상대응 체계 구축 세부과제 : 1. 철도사고위험도 분석 및 평가 체계 구축 2. 철도사고 및 비상대응 체계 구축 | · 철도사고위험 표준분류모델 개발 및 위험도 평가기술 개발 · 중대사고 시나리오에 따른 비상대응절차 개발 및 현장적용 제8조(비상대응계획) 제60조(철도사고발생시조치) |
| - 철도안전 정보지원시스템 구축 세부과제 : 1. 철도 안전정보지원시스템 구축 | · 철도안전정보지원시스템 구축 제5조(철도안전종합계획) 제9조(종합안전심사) 제7조(안전관리규정) |

| 사업 내용 | 달성목표 |
|---|--|
| Ⅲ. 철도 중대사고 예방 및 피해 저감 기술개발 | 대형 철도사고 예방, 사고/사망을 저감 및 철도시스템 안전성 시험평가 기반 확보 |
| - 철도화재 사고방지 기술 개발 세부과제 : 1. 철도화재 안전성능평가 및 사고방지 기술개발(철도차량 및 역사/터널 화재방지 기술개발) | · 철도화재 안전평가시스템 구축 · 화재 안전성 향상 핵심기술개발 |
| - 열차충돌 사고방지 기술 개발 세부과제 : 1. 철도차량 충돌 안전성능평가 및 피해저감기술개발 2. 열차제어시스템 안전성능평가 및 사고방지기술개발 | · 충돌안전성 향상기술 개발 · 충돌안전성 평가기술 개발 · 충돌안전성 시험평가시설 구축 |
| - 열차제어 사고방지 기술 개발 세부과제 : 1. 열차제어시스템 안전성능평가 및 사고방지기술개발 | · 열차제어시스템의 안전성 평가기술 개발 · 열차제어시스템 안전성 향상 기술 개발 · 열차제어 측면의 사상사고 저감 기술 개발 |
| - 열차탈선 사고방지 기술 개발 세부과제 : 1. 철도차량 탈선 안전성능평가 및 사고방지기술개발 | · 탈선안전성 평가기술 개발 · 탈선사고 대책기술 개발 · 탈선위험 통합모니터링시스템 · 자연요인 평가기술 개발 |
| - 철도건널목 사고방지기술 개발 세부과제 1. 철도건널목지능화를 통한 사고 예방 및 피해저감기술개발 | · 철도건널목 제어시스템의 정보화를 통한 철도건널목 통행자(열차, 자동차, 사람 등)의 안전성향상 기술 개발 |

4. 계획 대비 목표 달성 현황

선진국 수준의 철도 안전성을 달성하기 위해서는 과거와 같이 철도시설 및 철도차량 개선과 같은 H/W 분야의 연구개발 만으로는 달성하기 어려우며, 다음과 같은 정성적인 측면 및 정량적인 지표를 종합적으로 고려하여 추진전략이 수립되었다.

사업목표의 정성적인 성과 지표로서 철도안전 아키텍처를 기반으로 도출된 철도 기술분야별 (차량, 시설, 소프트웨어, 비상대응, 위험물수송 등)로 다음의 세부안전 기술 기준의 도출과, 기술적 검증을 위한 인프라 구축을 수행하였다.

- 유럽 등 선진 철도의 역할 모델 정의에 따른 기술개발 현황 조사를 통한 과제별 핵심기술 요소의 도출
- 제도 및 지침 작성, 철도안전분야 계획수립의 절차 및 방향제시, 철도안전 연구 및 전문성을 반영한 철도안전관리 규정 작성 등 기술적 지원

- 사고유발 위험을 방지 또는 피해저감을 위한 개념 개발과 안전설비 등 시제품과 중대사고(화재, 충돌, 탈선) 안전성 확인을 위한 평가시설 구축

또한, 상기 목표 달성을 위한 정량적 성과 지표로서 특허, 논문게재, 제도화지원, 소프트웨어, 산학연 기술지원, 홍보 등에 대한 유형별 목표 관리와 실용화 지원 활동을 수행하였다.

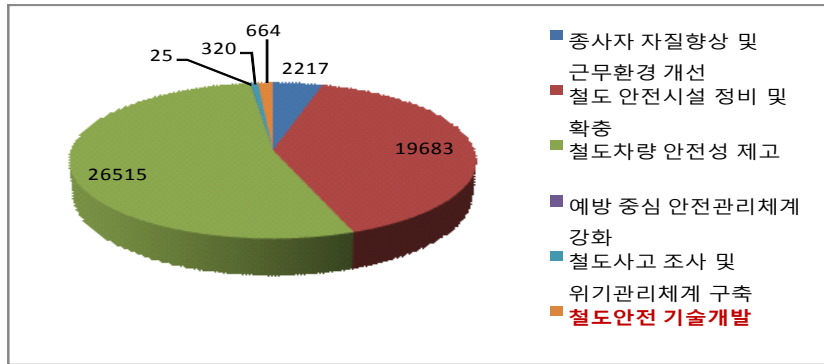
- 철도안전관리 절차를 기반으로 도출된 철도 기술분야별(차량, 시설, 소프트웨어, 비상대응, 위험물 수송 등)로 세부안전 기술 기준과, 기술적으로 검증된 위험도 정보 기반의 안전관리체계 구축을 위한 사고유형 분석 등 정책지원, 사고재발 방지 대책 수립, 기술지도 등
- 국토해양부 실용화지원 TF팀 구성에 따른 과제별 특성에 따른 예상되는 성과물에 대한 현장 보급 유도

<표 5> 주요 성과 요약

| 분야 | 성과 요약 | 평가 및 활용 |
|----------|--|-------------------------------------|
| 체계 구축 | <p>분야별(차량, 시설, 소프트웨어, 비상대응, 위험물수송 등) 세부안전 기술기준 및 위험도 기반 안전관리체계 개발·적용</p> <ul style="list-style-type: none"> - 국가/운영기관/건설자 등 관련주체의 안전활동을 모두 고려한 ‘국가 철도안전관리체계’ 개발 완료('07) - ‘철도차량안전기준에 관한 지침’ 개정 등 총 34건 제도화(고시) - 제도화 대상 기준(안) 등을 제외한 세부기준 등의 매뉴얼(절차서, 해설서 등) 총 173건 | <p>철도안전법의 기술적 시행기반 마련에 활용되었음.</p> |
| 기술 개발 | <p>사고방지 및 피해저감을 위한 안전설비 등 시제품 제작</p> <ul style="list-style-type: none"> - 차량탈선, 충돌, 화재, 열차제어 분야 중대사고 및 피해저감을 위한 설계/평가기술 등 개발(20여종 이상) - 차륜이상감시장치 등 시제품 32종 제작 및 현장적용 시험 | <p>현장적용성 검증 및 기술이전을 통한 실용화 진행 중</p> |
| 시험인프라 구축 | <p>중대사고(화재, 충돌, 탈선) 안전성시험 평가시설 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> - 중소형 화재안전성능평가설비(룸코너 등 9종), 철도연 - 실차충돌시험설비, 충북 영동기지 - 차륜탈선 안전성능평가 시험설비, 철도연 등 | <p>안전성능 평가 기반(인프라) 확보</p> |

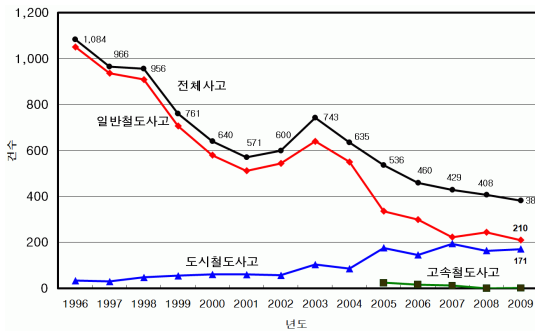
5. 사업성과 분석

철도종합안전기술개발사업은 제1차 철도안전종합계획의 6대 중점 추진분야 중 하나로 기간 내 총 예산의 1.3%를 추가하였다. 제1차 철도안전종합계획은 5년간('06~'10) 총 4조 9400억원의 예산을 집행하여 77개 세부과제 추진하였으며, 그 중 철도종합안전기술개발사업은 10개 세부과제에 해당하며, 총 664억원의 정부예산이 투자되었다. <그림 1>에 제1차 철도종합안전계획의 과제별 예산투자실적을 도시하였다. 참고로 차량분야(내장재 교체, 노후차량 교체 등) 및 시설분야(화재안전설비, 건널목, 스크린도어 등) 예산이 총 예산의 94%가 투자되었다.

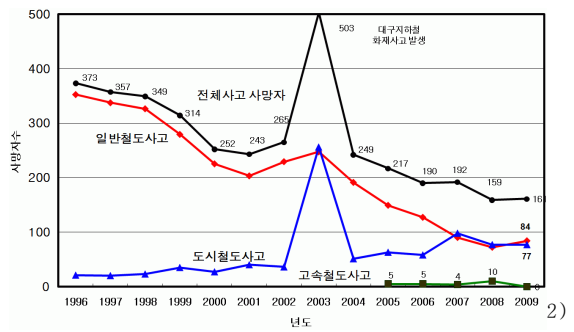


<그림 1> 제1차 철도안전종합계획 중점추진분야별 예산집행 실적

이를 종합해보면, 철도종합안전기술개발사업은 비교적 적은 비용으로 선진국형 안전체계, 국제적 수준의 시험인프라 구축에 기여하였으며, 미래 철도산업의 잠재적인 사고 위험도를 낮추고, 대형사고에 대한 안전성을 확보하기 위하여 기술수준을 선진국 수준으로 제고하였다고 볼 수 있다. 참고로 연구사업 기간 내 운전사고 및 철도사고로 인한 사망률은 선진국 수준으로 저감한 것을 알 수 있다.(중대열차사고는 연간 발생률 제로, 1억km당 열차사고건수 40% 감소, 사망률은 자살을 제외하고 40% 이상 감소)¹⁾



<그림 2> 철도종류별 사고발생건수 변화



<그림 3> 철도종류별 사망자수 변화

5. 결론

철도종합안전기술개발사업의 목적은 철도안전 관리체계와 기술기반을 선진국 수준으로 제고하여 급증하는 기술적, 사회적 안전 위협요소에 적극 대응하고자함과 동시에, 철도시스템에 대한 종합 안전대책과 철도안전법의 효율적, 기술적 시행기반을 마련하는데 있었다. 본 논문에서는 본래 사업의 목표, 계획 대비 성과에 대해서 정성적 정량적으로 분석하여 국내 철도의 안전에 기여한 정도를 분석하여 보았으며,

1) 제2차 철도안전종합계획(2011~2015) 18쪽
2) 제2차 철도안전종합계획(2011~2015) 25쪽

상당한 기여를 한 것으로 평가되었음을 알 수 있었다. 향후 철도안전을 전망해보면, 타 교통수단에 비해 높은 철도사고율 감소 및 공공교통으로서 책임과 의무 수행이 기대되고 있으며, 철도 이용객수 증가에도 사고율·사망자수 감소하고, 특히, 도로교통에 비해 급격한 사고율 감소를 보이고 있다. 높은 안전성을 지니고 있는 철도의 여객·물류 수송분담률을 극대화하는 방안을 모색하고, 대형사고 제로화를 달성하기 위해, 국제적 상호인정 수준의 시스템안전인증체계의 구축, 잠재적인 대형사고를 확실히 예방하기 위해 첨단 IT기술을 적용한 실시간 상태 감시제어시스템 등에 대한 연구개발이 필요한 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 철도종합안전기술개발사업 성과보고서(2011), 한국철도기술연구원
2. 조연욱 외(2011), “철도안전 시스템엔지니어링 및 사업총괄 연구보고서”, 한국철도기술연구원.
3. 건설교통부 “건설·교통 안전기획단” 활동결과보고서
4. 건설교통부 “지하철 안전기획단” 활동결과보고서
5. 건설교통부 “철도구조개혁 대비 철도안전규제 제도개선 방안(2001)” 용역 최종보고서
6. 건설교통부 “철도 안전향상 프로그램 개발연구(2003)” 최종보고서