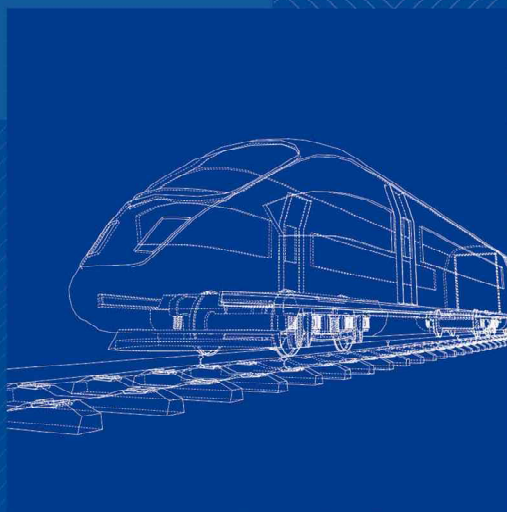


# 데이터 기반 철도시스템 안전 평가·예측 기술 개발 사업기획 최종보고서

(스마트 철도안전시스템 기술개발 사업 기획 별첨)

2023. 06.



주관연구기관/ 한국철도기술연구원



국토교통부



국토교통  
과학기술진흥원



## 목 차

<b>제1장 사업 개념 및 필요성</b> .....	<b>2</b>
제1절 사업 개념 .....	2
제2절 추진 배경 및 필요성 .....	4
1. 추진 배경 .....	4
2. 추진 필요성 .....	12
3. 사업 추진 근거 .....	19
<b>제2장 주요 환경 및 현황 분석</b> .....	<b>24</b>
제1절 철도안전관리를 둘러싼 환경 변화 .....	24
1. 정책 동향 .....	24
2. 국내·외 산업 동향 .....	28
3. 국내·외 기술 동향 .....	38
4. 시사점 .....	67
제2절 국내 철도안전관리 현황 및 이 .....	68
1. 국내 철도 운영 현황 .....	68
2. 국내 철도 안전관리 현황 .....	70
3. 국내 철도 안전관리 이슈 .....	77
제3절 주요국 철도안전관리 사례 .....	79
1. 유럽 .....	79
2. 영국 .....	88
3. 프랑스 .....	91
제4절 정부 R&D 투자 현황 .....	93
<b>제3장 사업 추진 전략</b> .....	<b>98</b>
제1절. 비전 및 목표 .....	98
제2절. 중점분야 구성 및 내용 .....	99
① 철도시스템 사고전조 추론 및 잠재적 위험요인 분석 기술 개발 .....	100
② 철도 안전체인(위험발생, 피해확산, 예방대책 등) 국가 표준모델 개발 .....	103
③ 사고전조 기반 디지털 안전체인 상태평가·예측 기술 개발 .....	105
④ 데이터기반 철도안전관리체계(SMS) 관리 기술 개발 .....	107
제3절. 연구추진체계 .....	109

제4절. 기대효과 .....	110
<b>제4장 소요 예산 .....</b>	<b>113</b>
제1절. 총 사업비 .....	113
제2절. 세부과제별 소요 예산 .....	114
<b>제5장 경제성 분석 .....</b>	<b>116</b>
제1절. 개요 .....	116
제2절. 편익 추정 .....	120
1. 인적/물적피해비용 저감 편익 .....	120
2. (철도 이용자의) 시간손실비용 저감 편익 .....	123
3. 사고 및 장애 저감에 따른 통행시간 신뢰성 향상 편익 .....	130
제3절. B/C 산출 결과 .....	133
<b>참고문헌 .....</b>	<b>134</b>

## 표 목 차

<표 1> 최근 철도사고 종류별 사고 현황 .....	5
<표 2> 안전관리 기능·임무 및 현황 .....	7
<표 3> 2018년 철도안전 예산 집행계획 .....	15
<표 4> 법적 지원 근거 .....	19
<표 5> 국가 및 부처계획 근거 .....	21
<표 6> 국가 상위 계획 및 기본계획의 철도안전관리 및 기술개발 관련 주요 내용 ..	22
<표 7> 제3차 철도안전종합계획[수정계획](2016~2020) .....	26
<표 8> 스마트 철도안전관리시스템 구축 기본계획 .....	27
<표 9> 안전산업 분야별 매출액 비중(%) .....	28
<표 10> 2020년 철도국 분야별 예산 정부안20) .....	28
<표 11> 교통안전 분야 사업비(2018년 기준)20) .....	29
<표 12> 철도 교통안전 사업비(2018년 기준)20) .....	29
<표 13> 철도인프라 개량 연간투자 규모(2009 - 2017) .....	30
<표 14> 국가철도 세부사업별 유지관리 투자 실적 .....	30
<표 15> 스마트 철도 시장규모(2017-2024) .....	33
<표 16> 스마트 철도안전산업 주요국가 시장규모 (2017-2024) .....	34
<표 17> 지역별 유지관리 시장규모, 2017~2024년 (단위 : 백만 달러) .....	34
<표 18> 철도시설 관리 및 유지관리 솔루션 .....	35
<표 19> 지역별 철도시설 유지관리 솔루션 .....	35
<표 20> 지역별 철도차량 유지관리 솔루션 .....	36
<표 21> 특허 분석대상 .....	43
[표 22] 철도안전기술 분야 중점분야별 특허출원 추이 .....	45
<표 23> A. 통합 철도안전관리 분야 연도별 출원국가의 특허출원 추이 .....	46
<표 24> 2라운드 델파이 응답자 유형 .....	49
<표 25> 철도안전 기술수준 결과 .....	49
<표 26> 철도안전 기술격차 해소방안 우선순위 평가 .....	50
<표 27> 철도안전기술 실현의 장애요인 우선순위 .....	50
<표 28> 기술수준 및 기술격차 종합 결과 .....	51
<표 29> 120대 국가전략기술 중 철도안전관리 기술 관련 핵심 기술(KISTEP, 2019) ..	52
<표 30> ‘빅데이터 기반 국가 인프라 예방적 유지관리 기술 전문가’ 델파이 조사결과	

<표 31> ‘복합재난 스마트 예측·대응 기술’ 전문가 델파이 조사결과 .....	56
<표 32> ‘범죄, 테러 통합 지능형 예측/대응 기술’ 전문가 델파이 조사결과 .....	57
<표 33> ‘지능형 빅데이터 분석 및 활용 기술’ 전문가 델파이 조사결과 .....	59
<표 34> ‘초고속 대용량 데이터 플랫폼 기술’ 전문가 델파이 조사결과 .....	60
<표 35> ‘다중 인공지능 공통 플랫폼기술’ 전문가 델파이 조사결과 .....	61
<표 36> ‘가상, 혼합현실 기술’ 전문가 델파이 조사결과 .....	63
<표 37> ‘지식정보 보안 기술’ 전문가 델파이 조사결과 .....	64
<표 38> ‘초연결 사물인터넷 기술’ 전문가 델파이 조사결과 .....	65
<표 39> 국내 철도 영업노선 및 역사 현황(2018.12월 기준) .....	68
<표 40> 국내 철도안전관리 범위 .....	71
<표 41> 철도안전관리체계 사업내용 및 검사내용 .....	72
<표 42> 8년간 철도안전관리체계 정기검사 시정조치 발행 현황 .....	73
<표 43> 8년간 철도안전관리체계 수시검사 현황 .....	74
<표 44> 5년간 사고(이슈)별 철도안전관리체계 수시검사 현황 .....	74
<표 45> 국내 운영기관 철도 관련 정보시스템 구축 현황 .....	76
<표 46> 유럽 철도기술전략 내 철도시스템 요소별 목표(비전) .....	82
<표 47> 유럽 철도기술전략의 요소별 세부기술 .....	83
<표 48> PREDIT 3~4단계 프로그램 세부내용 .....	91
<표 49> 국가 R&D 및 철도분야 R&D 투자규모 (단위: 억 원) .....	93
<표 50> 부처별 연도별 철도안전 사전예방 분야 R&D 투자 규모(단위: 억 원) .....	95
<표 51> 철도안전관리 기술분류에 따른 연도별 투자 현황 (`18~`22년) .....	96
<표 52> 중점 분야 및 내용 .....	99
<표 53> 동 사업 추진 기대효과 .....	110
<표 54> 소요 예산 .....	113
<표 55> 중점 분야 1의 상세 소요 예산 .....	113
<표 56> 중점 분야 2의 상세 소요 예산 .....	114
<표 57> 중점 분야 3의 상세 소요 예산 .....	114
<표 58> 중점 분야 4의 상세 소요 예산 .....	114
<표 59> 철도안전분야 기술분야별 특허인용수명 중앙값 .....	117
<표 60> 철도안전분야 정부 유사연구개발과제 투자 현황 .....	118
<표 61> 정부 및 민간 R&D 투자규모 비교 (2018) .....	119
<표 62> 철도 교통사고 인적·물적 피해 발생비율 원단위 .....	120
<표 63> 철도 교통사고 인적피해비용 원단위(2019년 기준) .....	121

<표 64> 장래 수단분담율 및 철도 연장 반영 철도 수송실적 추정 .....	121
<표 65> 사업시행시 철도 교통사고 인적피해 발생비율 원단위 .....	122
<표 66> 인적/물적 피해비용 저감 편익 산출 .....	122
<표 67> 철도부문 통행시간 가치 .....	124
<표 68> 고속철도(KTX+SRT) 운영사별 재차인원 .....	124
<표 69> 고속철도(KTX+SRT) 운영사별 가중치 .....	124
<표 70> 고속철도(KTX+SRT) 재차인원 .....	125
<표 71> 일반철도 차량별 재차인원 (명) .....	125
<표 72> 일반철도 차량별 가중치 .....	125
<표 73> 일반철도 재차인원 (명) .....	125
<표 74> 도시철도 여객수송 인원 (명) .....	125
<표 75> 도시철도 열차 운영횟수 (회) .....	126
<표 76> 광역철도 열차 운영횟수 (회) .....	126
<표 77> 도시광역철도 재차인원 (명) .....	126
<표 78> 도시광역철도 재차인원 (명) .....	126
<표 79> 최근 10년간 철도사고 및 운행장애 건당 열차지연대수 .....	127
<표 80> 최근 10년간 철도사고 및 운행장애 건당 열차지연시간 .....	128
<표 81> 열차 평균 지연시간 원단위 .....	128
<표 82> 최근 10년간 주행거리당 철도사고 및 운행장애 발생비율 .....	129
<표 83> 시나리오별 편익 (백만원) .....	129
<표 84> 철도부문 통행시간 신뢰성 지표 원단위 .....	131
<표 85> 철도부문 통행시간 신뢰성 가치 .....	131
<표 86> 시나리오별 편익 (백만원) .....	132
<표 87> 동 사업 투입 비용 및 편익 현재가치 .....	133

# 그림 목 차

[그림 1] 최근 열차의 철도사고 발생 현황 .....	5
[그림 2] 주요 철도사고·운행장애 사례 .....	=6
[그림 3] 최근 철도 운행지연 발생 현황 .....	6
[그림 4] 철도사고·운행지연으로 인한 사회적 파장 사례 .....	7
[그림 5] 국가별 선로연장당 여객수와 편성당 여객수 비교 .....	9
[그림 6] 영국의 안전데이터 기반 안전관리 체계 .....	10
[그림 7] 철도안전 관련 법 및 정책 변화 추이 .....	11
[그림 8] 제3차 철도안전종합 계획 .....	11
[그림 9] 철도 안전관리에 있어 증가하고 있는 잠재적 위험요인 .....	12
[그림 10] 국가차원 철도안전관리의 문제점 .....	13
[그림 11] 국가차원 철도안전관리의 문제점 .....	13
[그림 12] 사고안전 잠재적 위험요인에 따른 대형 철도사고 발생 주요 사례 .....	16
[그림 13] 최근 10년간 열차사고 감소율 및 안전분야 투자예산 추이 .....	17
[그림 14] 철도안전 투자비용 비율 .....	18
[그림 15] 국가철도 기준 철도시설 개량 투자규모 (2010 -2017) .....	30
[그림 16] 전 세계 주요국가 스마트 철도안전 시장규모 전망(2019-2024) .....	32
[그림 17] 전 세계 스마트 철도 안전 산업 예측 성장률(2019-2024) .....	33
[그림 18] 스마트 철도안전 시장 분야별 비중 .....	33
[그림 19] 국내외 보안산업 시장 규모 비교 .....	36
[그림 20] 물리적 보안장비 시장규모 .....	37
[그림 21] 국가별 보안장비 시장규모, * 출처 : IHS .....	37
[그림 22] 분야별 보안장비 시장규모 .....	37
[그림 23] 하드페이싱 및 레이저클래딩을 이용한 마모면 복원 기술(예) .....	38
[그림 24] 터널 GPR탐사 .....	38
[그림 25] 인천 1호선의 기계 설비 관제 개요도 .....	39
[그림 26] 철도안전정보종합관리시스템 구성도 .....	40
[그림 27] RAFIS 표준모델 개요도 .....	41
[그림 28] 실시간 철도안전 통합 감시제어시스템 물리적 구성 .....	41
[그림 29] 국립재난안전연구원은 스마트 재난관리 플랫폼 .....	42
[그림 30] A. 통합 철도안전관리 분야 연도별 중분류별 특허출원 추이 (단위: 건) ..	45

[그림 31] A. 통합 철도안전관리 분야 연도별 특허출원 추이 (단위: 건) .....	46
[그림 32] 통합 철도안전관리 분야 국가별 특허기술 주기 .....	48
[그림 33] ‘빅데이터 기반 국가 인프라 예방적 유지관리 기술’ 연구단계 역량 .....	54
[그림 34] ‘복합재난 스마트 예측·대응 기술’ 연구단계 역량 .....	56
[그림 35] ‘범죄, 테러 통합 지능형 예측/대응 기술’ 연구단계 역량 .....	58
[그림 36] ‘지능형 빅데이터 분석 및 활용 기술’ 연구단계 역량 .....	59
[그림 37] ‘초고속 대용량 데이터 플랫폼 기술’ 연구단계 역량 .....	60
[그림 38] ‘다중 인공지능 공통 플랫폼기술’ 연구단계 역량 .....	61
[그림 39] ‘가상, 혼합현실 기술’ 연구단계 역량 .....	63
[그림 40] ‘지식정보 보안 기술’ 연구단계 역량 .....	64
[그림 41] ‘초연결 사물인터넷 기술’ 연구단계 역량 .....	65
[그림 42] 철도 이용객 수송실적 .....	69
[그림 43] 국가별 여객밀도 및 열차운행 밀도 비교 .....	69
[그림 44] 철도안전관리체계의 PDCA 및 지속적인 안전개선 개념 .....	70
[그림 45] 영국 안전관리체계 사례 .....	80
[그림 46] 철도안전데이터 활용에 의한 유럽 철도안전 국가간 안전 수준 비교 .....	81
[그림 47] EASA의 머신러닝 적용 효과 .....	85
[그림 48] Big Data를 활용한 철도시스템 .....	86
[그림 49] ERRAC의 2050기술로드맵 중 안전 분야 로드맵 .....	87
[그림 50] RSSB에서 제시하는 BRDA .....	88
[그림 51] SMIS+에서 제시하고 있는 데이터 수집을 위한 하위시스템 .....	89
[그림 52] 영국철도의 위험도 정보 산출을 위한 개발 로드맵 .....	90
[그림 53] 영국철도의 위험정보 산출과 지역별 위험정보 제공 .....	90
[그림 54] 프랑스 SNCF Big Data 기반 안전관리 콘셉트 .....	92
[그림 55] 최근 5년간 철도 분야 내 철도안전 및 사전예방 분야 R&D 투자 비중(‘18~‘22년) ..	94
[그림 56] 연도별 철도안전 사전예방 분야 R&D 투자 추이(‘18~‘22년) .....	94
[그림 57] 철도안전 사전예방 분야 부처별 R&D 투자 비중 .....	95
[그림 58] 주요 부처의 연도별 철도안전 R&D 투자 추이(‘18~‘22년) .....	96
[그림 59] 비전 및 목표 .....	98
[그림 60] 중점분야 구성 .....	99
[그림 61] 이벤트 발생요인(사고전조) 탐지분석-데이터 마이닝 키워드 분석 .....	100
[그림 62] 이상상황 분석기술-STAMP: System-Theoretic Accident Model and Processes .....	101
[그림 63] 잠재적 위해요인, 사고전조, 발생이벤트 안전정보 생성기술 예시 .....	101
[그림 64] 철도 안전체인(위험발생, 피해확산, 예방대책 등) 국가 표준모델 예시 ..	104

[그림 65] 디지털 안전체인 상태평가·예측 시스템 구성안 .....	106
[그림 66] 데이터 기반 철도안전관리체계(SMS) 관리 .....	108
[그림 67] 동 사업 추진 체계 .....	109
[그림 68] 동 사업 추진 기대 효과 (안전관리체계, 사고대응체계 변화) .....	111
[그림 69] 동 사업 추진시 발생 가능 편익 .....	116
[그림 70] 사업의 비용저감 편익 산출법 .....	117

# 제1장 사업 개념 및 필요성

---

# 제1장 사업 개념 및 필요성

## 제1절 사업 개념

### □ 개요

- 동 사업은 사고전조 데이터를 기반으로 철도시스템의 안전 평가·예측 기술을 개발하고, 이를 통해 정량적이고 예측적인 사전예방형 철도안전관리를 구축하는 데에 목적이 있음
  - 국가차원의 철도안전관리 실효성 향상을 위해 사고전조 데이터 기반의 과학적 철도 위험도 관리 계획, 실행, 평가 및 의사결정이 가능한 통합 스마트 철도안전관리 기술 확보

### □ 목표

- 데이터 기반 철도시스템 안전평가·예측기술 확보 (시제품 개발 완료)
  - 철도시스템 사고전조 위험요인 분석 기술(STAMP) 확보
  - 국가 표준 디지털 철도 안전체인 3,000건 이상 구축
  - \* 디지털 안전체인: 철도안전 데이터의 수집·가공, AI 기반 예측·의사결정 등 4차 산업혁명 기반 기술을 활용한 Safety Chain의 디지털 전환(digital transformation)
  - 철도안전관리체계(SMS) 관리 기술 확보

### □ 주요내용

- 철도시스템 사고전조 추론 및 잠재적 위험요인 분석 기술 개발
- 철도 안전체인(위험발생, 피해확산, 예방대책 등) 국가 표준모델 개발
- 사고전조 기반 디지털 안전체인 상태평가·예측 기술 개발
- 데이터기반 철도안전관리체계(SMS) 관리 기술 개발

### □ 추진방식 및 지원규모

- 추진방식 : 단일 과제, 컨소시엄 형태로 지원
- 지원규모 : 2025~2029년 (5년), 국고 360억원 (국고 100%)

[참고] 디지털 안전체인 개념

❖ 안전체인

- 사전예방을 위해서 위험요인 전조 진단, 위험요인 분석 및 예측, 예측기반 의사결정 및 선제대응까지하나의고리로 연결되는 활동을 안전고리

❖ 디지털 안전체인

- 철도안전 데이터의 수집·가공, AI 기반 예측·의사결정 등 4차 산업혁명 기반 기술을 활용한 Safety Chain의 디지털 전환(digital transformation)
- Unit : 안전사고 전조 → 데이터 표준화 → 위험도 및 상태 분석 → 사고예측 모형 → 대응방안 결정



## 제2절 추진 배경 및 필요성

### 1. 추진 배경

- 철도는 시설과 차량 및 이와 관련된 운영지원체계가 유기적으로 구성된 운송체계
  - 차량과 궤도, 전차선이 직접적으로 연결되어 있고, 신호와 운영 부문으로 조정되며, 터널, 교량 등의 구조물이 지지하고 있는 시스템
  - 이러한 차량, 관제, 시설, 기관사, 운영 등이 모두 톱니바퀴처럼 오차 없이 맞물려야 안정적으로 운영되어 국민이 안심하고 이용할 수 있는 교통수단으로서의 역할이 가능
  - 따라서 철도 안전관리는 개별 요소 뿐 아니라 종합적이고 시스템적인 접근 방식이 필요



□ 최근 탈선 등 철도안전 중대사고 증가

○ 최근 11년간 열차사고는 열차충돌 15건, 열차탈선 71건, 열차화재 3건으로 총 89건이 발생

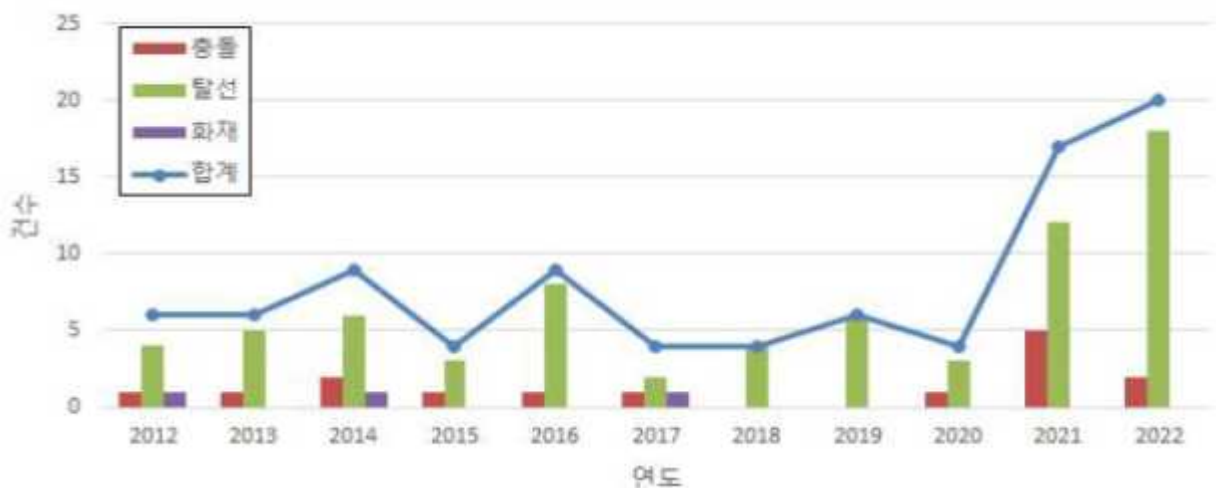
– 특히 2020년을 기점으로 열차 간 충돌, 탈선, 화재 등 중대사고 증가 추세

– 열차사고는 열차충돌, 열차탈선, 열차화재 등 사고의 심각도가 커 사회적 영향이 높은 철도사고이며, 최근 11년간 열차사고는 연평균 8.9건이 발생하였고, 2012년 6건에서 2022년에 20건으로 증가함

※ 2021년 총 0건(탈선 9건, 충돌 0건), 2022년에는 총 0건(탈선 15건, 충돌 0건), 2023년에도 9월 21일 기준 탈선 사고만 15건 발생

<표 1> 최근 철도사고 종류별 사고 현황

철도사고 종류		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	합계
열차 사고	합계	6	6	9	4	9	4	4	6	4	17	20	89
	충돌	1	1	2	1	1	1	0	0	1	5	2	15
	탈선	4	5	6	3	8	2	4	6	3	12	18	71
	화재	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	3
	기타	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
건널목사고	10	13	7	12	9	11	8	15	8	7	13	113	
교통사상사고	150	128	120	100	79	72	58	36	26	20	34	823	
안전사고	81	83	69	19	25	15	24	10	19	16	9	370	
합계	250	232	209	138	124	105	98	72	58	64	79	1,429	



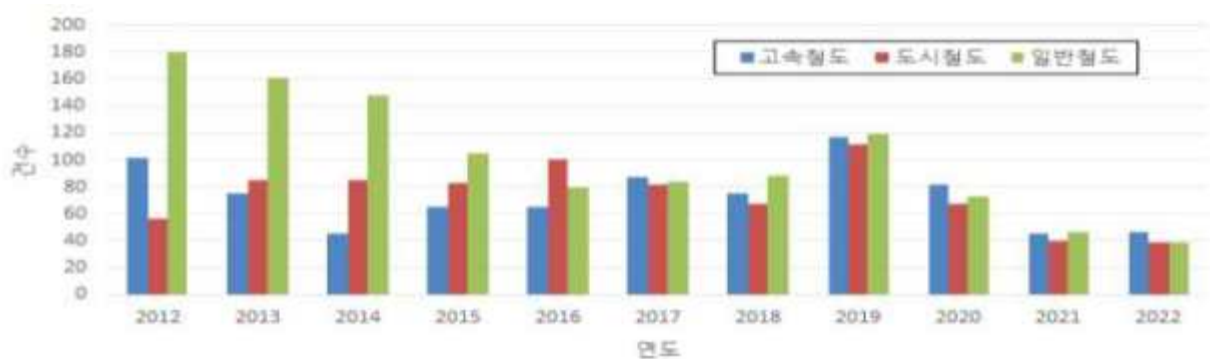
(출처: 철도통계, 한국교통안전공단 철도안전정보포털)

[그림 1] 최근 열차의 철도사고 발생 현황



[그림 2] 주요 철도사고·운행장애 사례

- 이러한 철도안전사고는 사고 자체로 인한 인적·물적 피해 뿐 아니라 열차 운행중단 혹은 지연에 따른 국민들의 불편을 야기
  - 국민의 불편사항을 초래하고 대형사고로 이어질 수 있는 운행지연의 경우, 최근 3년간 고속철도, 일반철도는 증가 추세를 나타내고 있으며 출퇴근 시 국민의 발이 되는 도시 철도도 운행지연이 지속해서 증가
    - '22.1.5. 경부선 KTX-산천차량이 열차 대차의 2번째 자축 오른쪽 바퀴 파손으로 궤도 이탈하여 215개 열차 운행에 지장(지연 197개, 운휴 18개), 피해비용 총 62억 원
    - '22.11.6. 무궁화호, 영등포역 탈선 사고로 무궁화호 승객 270명 중 30여명 부상, 사고 당일(6일) 82개 열차 20~179분 지연, 사고 이튿날(7일) KTX 42개 운행중지, 25개 단축 운행, 연쇄적인 열차 지연으로 서울역 등 주요 역 극심한 혼잡과 불편 발생



(출처: 철도통계, 한국교통안전공단 철도안전정보포탈)

[그림 3] 최근 철도 운행지연 발생 현황










[그림 4] 철도사고·운행지연으로 인한 사회적 파장 사례

- 철도사고들은 사고 발생을 미리 예측할 수 있는 사고전조 현상이 나타나게 되나, 이러한 사고전조 현상을 관리하는 체계가 미흡하여 대응에 한계
  - '22년 7월 SRT 탈선사고의 경우 사고구간에서 레일의 지속적인 궤도틀림, 사고구간 통과 시 이상진동 등 사고전조 현상이 발생하였으나 조치 미시행으로 사고를 예방하지 못함
  - 이는 정형화된 매뉴얼 단계의 안전관리와 사후복구 위주의 안전관리 수행과, 철도현장-운영-국가의 안전관리 수행 주체간의 안전관리 활동의 연계 및 피드백이 원활하지 않은 것이 원인

<표 2> 안전관리 기능·임무 및 현황

구분	기능 및 임무	현황	비고
운영 현장 안전 관리	현장 안전 점검 - 차량 및 시설 안전 점검	안전점검은 인력의 육안에 의존, 측정장비를 사용한 일부 구간/개소, 차량 일부의 모니터링 실시 목적성 없는 측정 데이터 활용도 매우 취약 현장 접근성 취약 개소 다수 (산악지형, 하천 등) 長시설(선로, 전차선 등), 차단시간(1:00 ~ 4:00) 내 완료 불가 점검 데이터 비정형적이며 엑셀로 수작업 관리	

구분	기능 및 임무	현황	비고
	현장 이상/결함 진단	점검 데이터의 현장 이상여부 판단 활용 미흡 손상/결함의 진단은 경험에 의존, 신뢰도 저하 기존 관리항목이 아닌 이상현상인 경우 대응 불가 진단의 대응방안 결정은 경험 의존, 비효율적	 
	운행 점검 및 진단	기관사, 관제사의 상호 모니터링 미흡 종사자의 운행점검 미흡하여 형식적, 관례적임 날씨, 차량 및 선로 현황 등 실시간 반영, 공유 미흡	
	안전정보 관리	이상/전조 현상 등에 대한 안전위험 시나리오 미흡 같은 운영사임에도 다양한 시스템으로 데이터 표준화 미흡하여 활용도 낮음 이상결함 현상의 원인분석 지연으로 작업시간 추가	
운영기관 안전관리	각 현장의 통합 안전관리	각 현장의 점검, 진단, 대응결과 관리, 시스템적 오류분석 툴 부족 사고발생후 사후복구 위주의 안전관리 현장관리의 형식적 감독, 위험요인 사전 인지 미흡 철도 차량/시설 시스템적 위험요인 분석/예측 미흡	 
	중장기적 운영사 안전관리 대응방안 결정	사고발생 전 위험예측을 통한 대응 사례가 거의 없음 국가정책, 운영사 경영, 현장 안전관리 결과에 기반한 의사결정은 현장상황을 반영하지 못함 경영악화로 안전관리 기술개발 투자여력 부족	
	의사결정 시행 관리, 감독	종사자 교육, 훈련의 형식적 시행, 결과 의문 차량/시설의 유지관리 등 안전관리 의사결정 시행	
	안전관리 실적 보고 및 체계 피승인	새로운 상황에서도 기존 의사결정 방식을 탈피하지 못함 안전관리 시행결과의 통계위주로 국가에 보고 사고·운행장애 현황 및 대응결과 사후보고 경영평가 대비 사고보고 누락 사례 다수	
국가 안전관리	각 운영기관의 통합 안전관리	각 운영기관의 안전관리 결과의 간헐적, 단순통계 보고 점검 운영기관 안전관리 감독은 문서관리 수준 사고복구 감독수행에 기술적 지원 부족	 
	국가차원의 중장기적 안전관리 대응방안 결정	각 운영기관의 철도 시스템적 통합적 안전 위험요인 진단 미흡 국가정책, 운영사 안전관리 결과에 기반한 안전관리 의사결정으로 경제성 및 효율성 저하 법령, 정책 수립시 현장여건의 반영 미흡	
	의사결정 시행 관리, 감독	충분하지 못한 현장정보 기반의 정책 수립, 안전관리 비용 투자 결정 안전관리 비용 투입에 대한 결과 검증 미흡, 국가차원의 전 운영기관의 통합안전관리 의사결정에 대한 기술 및 자금 부족으로 현장 이행력 부족	
	안전관리 실적	전 운영기관 안전관리 시행 실적에 대한 소수 감독	

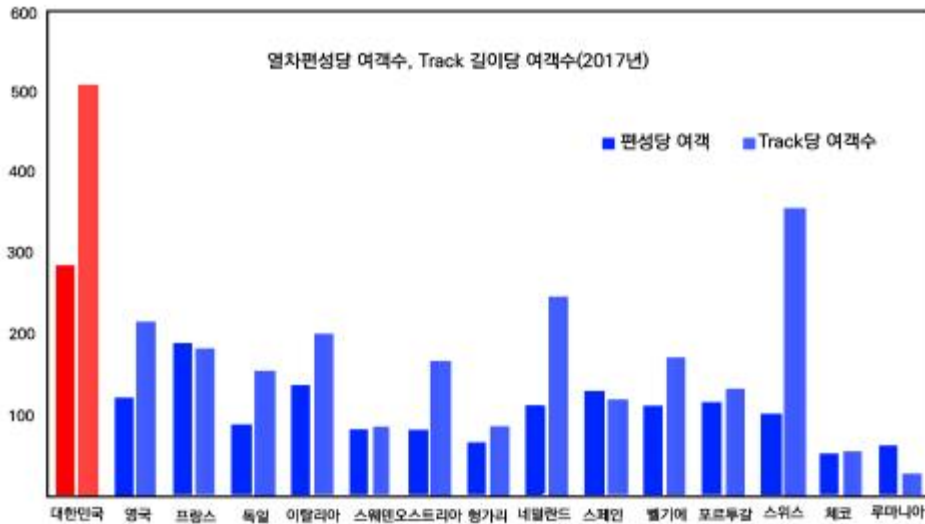
구분	기능 및 임무	현황	비고
	보고, 승인	관으로 관리 불가 문서위주의 형식적 관리 진행	

□ 철도시스템이 더욱 노후화·복잡화되고 사회·환경 변화로 인한 위험요인이 다양화되고 있어 기존 개별 운영기관별 안전관리를 넘어 국가 차원의 통합적 사전예방관리체계 구축이 시급

○ 타 교통 SOC시설에 비하여 철도시설의 노후도와 위험도가 높고, 개통 후 30년이 넘은 서울메트로, 부산 1호선 등 도시철도 시설의 노후화에 따른 위험도도 높아지고 있는 상황

※ 준공 후 30년이 경과하고 시특법상 안전등급이 C등급 이하인 시설의 비중 : 교량(도로 0.2% vs. 철도 9%), 터널(도로 0.3% vs. 철도 6%)

- 국내의 여객밀도(여객1억인km/영업거리)는 세계 최고 수준으로, 사고 시 대형인명피해로 연결 가능성이 큼



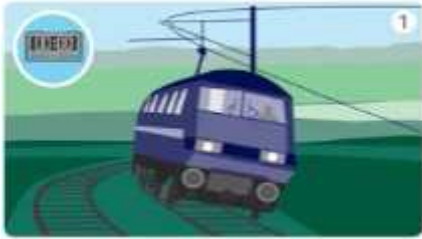
[그림 5] 국가별 선로연장당 여객수와 편성당 여객수 비교

○ EU, 영국 등 주요국은 복잡화되어가는 철도시스템 안전관리 고도화를 위해 국가 간 혹은 운영기관 간 안전관리 데이터를 통합·운영하여 안전정책을 수립하기 위한 기술개발을 추진

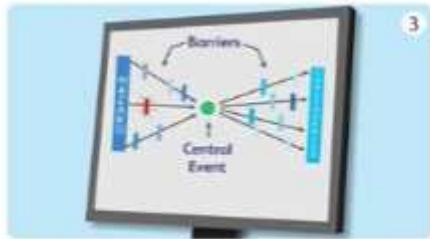
- EU 내 규제기관, 사고조사기관, 철도안전 전문기관 간 정기적인 교류와 정보공유

- 
- 대형사고 예방을 위한 다양한 정보분석에 기반한 안전정책 수립
  - 국가 간 열차운행 중 사고에 대비한 세부 안전기준, 종사자 관리 연구, 철도안전 빅데이터 기반의 안전관리 연구를 확대 중
  - 철도안전 세계최고 수준인 영국의 경우, 위험도 기반 데이터의 디지털화와 Plan-Do-Check-Act 단계별 피드백이 가능한 철도안전관리체계를 구축 및 시행하여 높은 안전도를 확보

- ① (00:00) 열차는 기반 시설물에 문제가 있음 인식      ② (00:10) 안전관리자는 경고를 받고 안전정보시스템 내에서 정보처리 시작



- ③ (00:10) 안전정보시스템은 위험요인을 과학적 분석 모델을 사용하여 위험상황이 어떻게 확대 될 수 있는지, 어떤 방지 대책이 있는지에 대한 정보를 알기 쉬운 형태로 제공
- ④ (01:00) 종사자의 시설물의 상태 점검



- ⑤ (24:00) 안전관리자는 위험요인에 취약한 위치를 식별하기 위해 시스템의 도구와 정보를 사용하여 전체 네트워크의 위험 분석
- ⑥ (7일후) 정부 및 의사결정자는 문제를 해결하기 위해 필요한 모든 정보를 보유하고 제한된 시간 내에 주요 기술적 및 전략적 결정



[그림 6] 영국의 안전데이터 기반 안전관리 체계

□ 정부의 사전예방적 철도안전관리 정책 이행을 위한 지원 기술 부재

- 정부는 ‘철도안전법’의 개정과 ‘3차 철도안전종합계획’을 통하여 자발적 안전관리 체계의 정착과 사전예방체계 전환을 추진하고, ‘18년 스마트 철도안전관리체계 구축 기본계획’을 수립하였으나 기본계획의 현장 시행을 위하여 요구되는 기술력은 부족한 상황이며 기술개발은 미흡
- 이에 따라 데이터 기반 스마트 기술 활용에 대한 현장 이행력 부족



[그림 7] 철도안전 관련 법 및 정책 변화 추이



[그림 8] 제3차 철도안전종합 계획

## 2. 추진 필요성

### 2.1 데이터 기반 철도안전 디지털 전환 필요

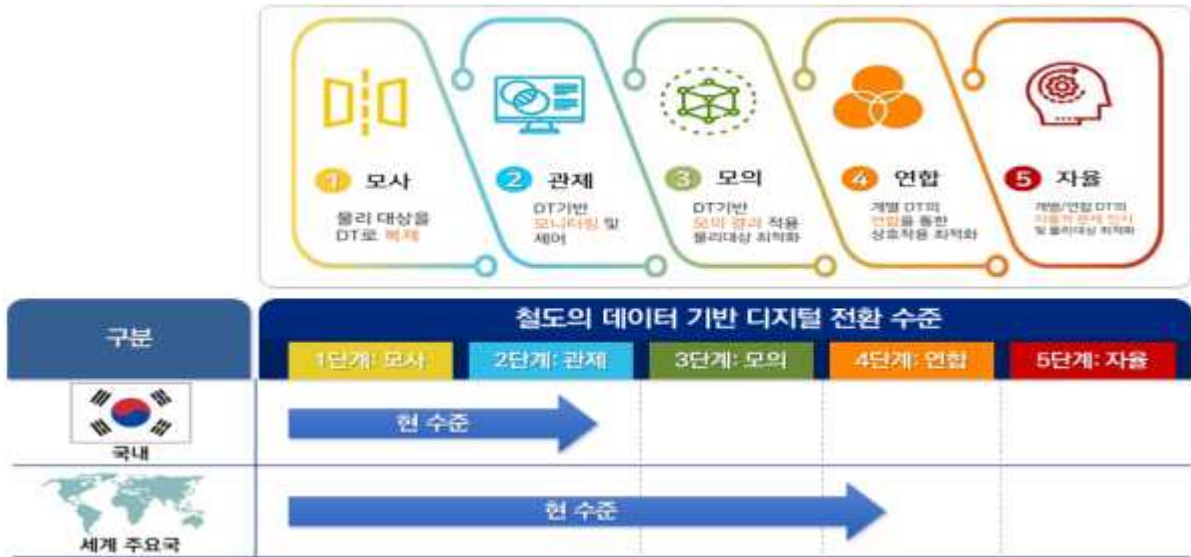
- 철도 운영환경 변화로 다양한 잠재 위험요인 증가, 선제적으로 대응 수단 필요
  - 철도교통 복잡화와 노후화, 이상기후로 인한 자연재해 발생 등이 철도 안전에 얼마나 어떻게 영향을 미치는지에 대한 위험요인 예측과 사전 대응이 가능토록 하는 기술
  - 숙련된 정비·운영인력 감소로 그간 인력 위주의 점검 체계가 한계에 직면하고 있는 상황에서 효율적이고 효과적인 철도안전시스템 운영이 가능토록 하는 기술
  - 새로운 교통시스템의 등장, 범죄/테러 위협 등 새로운 위험 요인에 대응이 가능하도록 하는 철도안전시스템 기술



[그림 9] 철도 안전관리에 있어 증가하고 있는 잠재적 위험요인

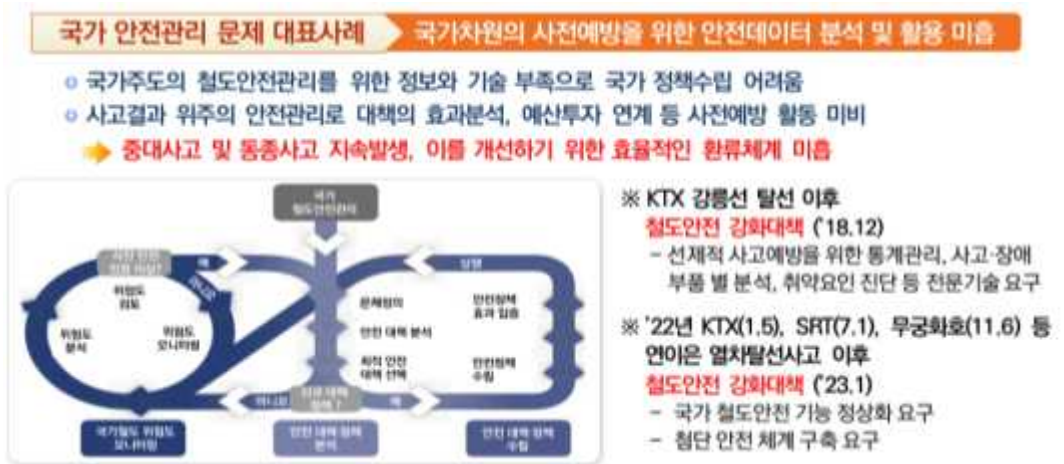
□ 국가의 사전예방적 안전관리 정책에 부합하는 기술개발 필요

- 세계 주요국은 디지털 모형의 연합을 통한 상호작용 최적화를 나타내는 4단계 “연합” 수준인 데 비해 국내 철도는 2단계 “관제” 수준에 머물러 있는 상황



[그림 10] 국가차원 철도안전관리의 문제점

- 국가는 철도안전법의 개정과 3차 철도안전종합계획을 통하여 자발적 안전관리 체계의 정착과 사전예방체계 전환을 추진하고, ‘18년 스마트 철도안전관리체계 구축 기본계획을 수립하였으나 기본계획의 현장 시행을 위하여 요구되는 기술력은 부족한 상황이며 기술개발은 미흡
  - 이와 같은 활동을 위한 충분한 데이터 기반의 기술적 근거가 미흡하며, 안전정책의 수립, 이행 및 검증, 감독에 대하여 과학적 대응에 한계 존재



[그림 11] 국가차원 철도안전관리의 문제점

## 2.2 정부 지원 필요성

□ 철도교통은 전 국민이 이용하는 철도교통 서비스이며 철도안전은 국가의 책무

- 철도교통은 도시철도 천만명/일, 간선철도 백만명/일이 이용하는 중요 대중교통수단임에 따라 국민의 안전을 확보하여야 하며, 사고발생 시 사회적 파급효과가 매우 큼
- 국가 철도망의 지속적 확대에 따라 안전관리의 대상과 범위는 점차 넓어지고 있으며, 이에 따라 철도안전 사고 증가 우려

- 철도망의 증가에 따라 안전사고 건수도 증가하는 것으로 나타나나, 정부는 철도안전사고의 제로화를 목표로 하고 지속적 대책 수립

※ '22년 철도안전종합계획: 대형철도안전사고 제로화

- 국가는 철도안전의 관련 법령에 따라 국민의 생명 및 재산을 보호하여야 하며, 이를 위해 필요한 기술은 국가 주도하에 지원되어야 함

- 최고수준 철도안전확보를 위한 전주기 안전관리 정책 방향 추진 및 지원 기술 확보 필요

- 철도산업발전기본법| 철도안전에필요한 법적/제도적 장치 마련
- 철도안전법| 철도안전시책 마련 및 추진, 철도안전종합계획 수립(철도안전관련 연구 및 기술개발 포함)

□ 철도안전 시장의 공공성 및 민간투자의 한계

- 철도안전관리 기술개발은 장시간의 대규모 투자재원이 필요하나 단기 투자성과 위주 민간주도로 기술개발 및 시장 창출이 어려움에 따라 국가지원이 필요함
  - 국가, 지자체의 투자비율이 55% 이상인 반면 민간부문은 불과 1.1%에 지나지 않으며, 특히 철도운영기관은 경영악화 심화로 철도안전관리 및 기술개발에 대한 투자가 어려운 상황
  - ※ 운영기관 누적부채 : 코레일(152,677억원), 서울메트로(29,532억), 부산교통공사(8,885억원) 등

<표 3> 2018년 철도안전 예산 집행계획

(단위: 백만원)

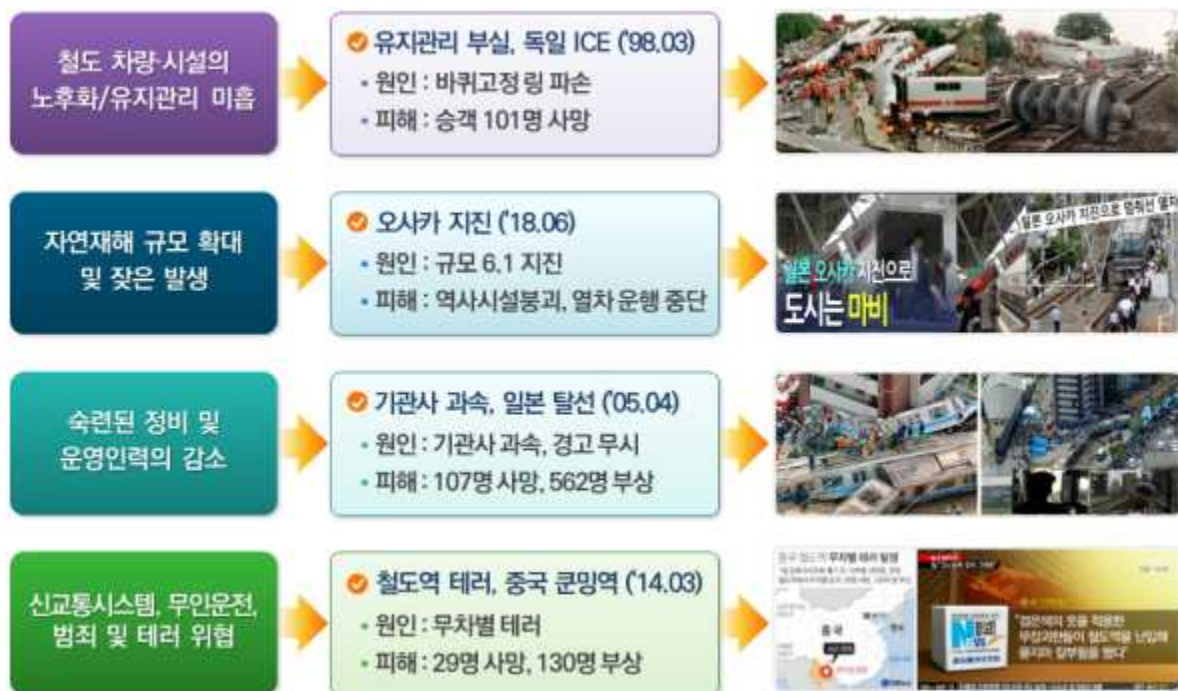
구분	계	정부	지자체	자체	민자, 기타
계	2,476,360	1,155,220	196,816	1,117,742	6,582
1. 자발적 안전관리 체계의 정착	24,735	9,648	100	14,987	
2. 안전한 철도 차량, 시설 안전관리	1,633,101	977,531	171,282	482,473	1,815
3. 국민이 안심하는 운행안전 확보	651,895	62,623	23,600	565,672	
4. 철도보안·재난대응 역량 강화	56,991	4,581	1,834	50,576	
5. 철도안전산업 활성화	107,793	99,630		3,396	4,767
6. 철도안전 정책 추진기반 강화	1,845	1,207		638	

(출처 : 2018년 국토교통부 철도안전 시행계획)

## 2.3 사업 추진 시급성

□ 세계 최고 수준의 운행 및 여객 밀도에 도달, 사고 발생 시 대형사고로 연계

- 노후화 및 유지관리 미흡, 자연재해 규모 확대 및 잦은 발생, 숙련된 정비 및 운영인력 감소, 신교통시스템·무인운전 등장, 범죄 및 테러 위협 등 잠재적 위험요인이 증가
- 이러한 상황에서 여객 밀도는 세계 최고 수준에 도달하여 대형 사고 발생 시 대형 인명피해 발생 우려



[그림 12] 사고안전 잠재적 위험요인에 따른 대형 철도사고 발생 주요 사례

□ 철도안전사고 감소율 정체

- '03년 대구지하철 화재사고 이후 국가는 철도안전법<sup>1)</sup>의 제정과 철도안전종합계획 및 철도안전관리체계<sup>2)</sup>등을 시행하고 있으나, '11년 이후 철도안전 수준의 향상은 정체 상황으로 원인분석을 통하여 정책적, 기술적 대안 모색이 필요

－ 철도 건널목 입체화, 승강장 스크린도어 설치 등 철도시설 투자로 인해 건널목 사

1) 철도안전법, 법률 제16395호, 2019. 4. 23., 일부개정

2) 철도안전관리체계 기술기준, 국토교통부 고시 제2015-477호

고, 교통사상사고, 철도안전사고는 지속 감소하였으나, 철도시설 투자로 인한 안전 개선은 한계에 도달

- ※ 안전기술, 안전정책과 경험을 토대로 예방할 수 있는 중대 사고인 열차사고는 감소하지 않고 2009년 대비 133% 증가함<sup>3)</sup>
- ※ 국민의 불편과 중대 사고를 초래할 수 있는 운행장애는 최근 2016년부터 연간 100건 이내로 발생하다, 2019년에는 120건으로 증가함
- ※ 2018년 외 2016년 이후 주요 철도사고 안전목표(열차운행 1억 km 5.6건<sup>4)</sup>)는 미달성



[그림 13] 최근 10년간 열차사고 감소율 및 안전분야 투자예산 추이

□ 차량 및 시설 노후화 해소를 위한 비용투자 한계

- 철도안전사고 원인의 상당 부분을 차지하는 차량과 시설의 노후화와 이로 인한 안전 관리 불량 등을 해결하기 위하여 국가에서 노후화 해소 및 안전관리 등에 막대한 예

3) 사전예방적 철도안전정책 연구 (2019, 한국교통연구원) 참조.

4) 2020년도 철도안전 시행계획 (2020, 국토교통부) 참조.

산을 사용

- 최근 국가의 10년간 철도안전을 위하여 투자한 비용은 매년 증가하여 2018년에 약 2.4조원에 이르렀으며, 시설과 차량 분야에 90% 이상을 지출



[그림 14] 철도안전 투자비용 비율

### 3. 사업 추진 근거

#### □ 법적 근거

- 동 사업은 과학기술 관련 법(「국토교통과학기술 육성법」, 「철도산업발전기본법」 등) 외에도 「철도안전법」, 「지속가능한 기반시설 관리 기본법」, 「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률」 등 연구개발사업의 추진계획에 근거함

<표 4> 법적 지원 근거

근거 법령	내용	소관부처
과학기술 기본법	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 제1조(목적) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이 법은 과학기술발전을 위한 기반을 조성하여 과학기술을 혁신하고 국가경쟁력을 강화함으로써 국민경제의 발전을 도모하며 나아가 국민의 삶의 질을 높이고 인류사회의 발전에 이바지함을 목적으로 한다.</li> </ul> </li> <li>○ 제7조 제3항(과학기술기본계획) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기본계획에서는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다. <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 과학기술의 발전목표 및 정책의 기본방향</li> <li>2. 과학기술혁신 관련 산업정책, 인력정책 및 지역기술혁신정책 등의 추진방향</li> </ol> </li> </ul> <p>&lt;이하 중략&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 제11조 제1항(국가연구개발사업의 추진) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 중앙행정기관의 장은 기본계획에 따라 맡은 분야의 국가연구개발사업과 그 시책을 세워 추진하여야 한다.</li> </ul> </li> <li>○ 제16조의5(성장동력의 발굴·육성) <ul style="list-style-type: none"> <li>정부는 과학기술에 기반을 둔 성장동력을 발굴·육성하기 위하여 필요한 시책을 세우고 추진하여야 한다.</li> </ul> </li> </ul> </li></ul>	과학기술 정보통신부
국토교통 과학 기술 육성 법 <sup>5)</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 제4조(종합계획의 수립·시행)에 따르면 국토교통과학기술의 효율적·체계적 육성을 위하여 10년 단위의 국토교통과학기술 연구개발 종합계획을 5년마다 수립·시행하고 <b>국토교통과학기술의 융·복합 연구개발 추진 등의 내용을 종합계획에 포함</b>하여야 함</li> <li>○ 제8조(연구개발사업의 추진)에 따르면 국토교통부장관은 종합계획을 효율적으로 추진하기 위하여 <b>국토교통과학기술 연구개발사업(이하 "연구개발사업" 이라 한다)을 할 수 있음</b></li> <li>○ 제9조(융·복합 연구개발의 추진)에 따르면 국토교통부장관은 전문분야가 다른 기술과 경영 등을 결합하여 신기술·신제품 등을 개발하고 새로운 분야의 사업화 능력을 높이는 <b>국토교통과학기술의 융·복합 연구개발을 추진할 수 있음</b></li> </ul>	국토교통부

근거 법령	내 용	소관부처
철도 안전법6)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 제1조(목적) 이 법은 <u>철도안전</u>을 확보하기 위하여 필요한 사항을 규정하고 <u>철도안전 관리체계를 확립</u>함으로써 공공복리의 증진에 이바지함을 목적으로 한다</li> <li>○ 제5조 (철도안전 종합계획) 국토교통부장관은 5년마다 철도안전에 관한 종합계획을 수립하고 해당 계획에 <u>7.철도안전 관련 연구 및 기술개발에 관한 사항을 포함</u>하여야 함</li> <li>○ 제68조(철도안전기술의 진흥) 국토교통부장관은 <u>철도안전에 관한 기술의 진흥을 위하여 연구·개발의 촉진 및 그 성과의 보급 등 필요한 시책을 마련</u>하여 추진하여야 함</li> <li>○ 제71조(철도안전정보의 종합관리 등) 국토교통부장관은 이 법에 따른 <u>철도안전시책을 효율적으로 추진</u>하기 위하여 철도안전에 관한 정보를 종합관리하고, 관계 지방자치단체의 장 또는 철도운영자등, 운전적성검사기관, 관계적성검사기관, 운전교육훈련기관, 관계교육훈련기관, 인증기관, 시험기관, 안전전문기관 및 제77조제2항에 따라 업무를 위탁받은 기관 또는 단체(이하 "철도관계기관등"이라 한다)에 그 정보를 제공할 수 있다.</li> </ul>	국토교통부
철도산업 발전기본 법7)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 제11조(철도기술의 진흥 등) 국토교통부장관은 <u>철도기술의 진흥 및 육성</u>을 위하여 <u>철도기술전반에 대한 연구 및 개발에 노력</u>하도록 함</li> <li>○ 제14조(철도안전) 국가는 국민의 생명·신체 및 재산을 보호하기 위하여 <u>철도안전에 필요한 법적·제도적 장치를 마련</u>하고 이에 필요한 재원을 확보하도록 노력하여야 한다.</li> </ul>	국토교통부
지속가능한 기반시설 관리 기본법	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 제1조(목적) 이 법은 <u>기반시설의 체계적인 유지관리와 성능개선을 통하여 국민이 보다 안전하고 편리하게 기반시설을 활용할 수 있도록</u> 하고, 나아가 국가경제 발전에 기여함을 목적으로 한다.</li> <li>○ 제5조 제1항(국가 등의 책무) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국가와 지방자치단체는 <u>국민의 안전하고 편리한 기반시설 이용을 도모</u>하기 위하여 필요한 종합적인 시책을 수립·시행하여야 한다</li> </ul> </li> </ul>	국토교통부
철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 제1조(목적) 이 법은 <u>철도망의 신속한 확충과 철도시설의 체계적인 관리</u>를 위하여 <u>철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 사항을 규정</u>함으로써 <u>공중의 안전을 확보</u>하고 국민의 복리증진에 기여함을 목적으로 한다.</li> <li>○ 제24조제1항 (철도시설의 유지관리 기본계획의 수립 등) 국토교통부장관은 <u>철도시설이 안전하게 유지관리될 수 있도록</u> 하기 위하여 <u>철도시설의 유지관리 기본계획</u>(이하 "유지관리기본계획"이라 한다)을 5년마다 수립·시행하여야 한다.</li> </ul>	국토교통부

5) 국토교통과학기술 육성법, 법률 제13680호, 2015

□ 국가 및 부처계획 근거

<표 5> 국가 및 부처계획 근거

구분 (위상계획유형)	분야	중장기계획명	소관부처
총괄	과학기술분야	제5차 과학기술기본계획(2023-2027)	과기부 과학기술기본법 제7조
종합	과학기술분야	제1차 국토교통과학기술 연구개발종합계획(2018~2027) * 건설교통 R&D 중장기 계획, 국토교통 R&D 중장기 전략, 국가교통기술개발계획 폐지	국토교통부 국토교통과학기술 육성법
종합	과학기술분야	제4차 재난 및 안전관리 기술개발종합계획(2023-2027)	행정안전부 재난 및 안전관리 기본법 제71조
-	-	윤석열 정부 110대 국정과제	제20대 대통령직인수위원회
종합	국토교통	제9차 국가교통안전기본계획 (2022-2027)	교통안전법 제15조
종합	철도교통	제3차 철도안전종합계획 수정 (2016~2022)	철도안전법 제5조 및 제6조
종합	철도교통	제5차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획 (2023~2027)	국토교통부 (「시설물의 안전관리에 관한 특별법」 제3조)
종합	철도교통	제1차 철도시설 유지관리 기본계획 (2021~2025)	국토교통부 (「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률」 제24조)
종합	과학기술분야	스마트(SMART) 철도안전관리체계 구축 기본계획(2018~2027)	국토교통부 (「국토교통부특별법」)
-	철도교통	철도안전 혁신대책 (2015.08.12.)	국토교통부
-	철도교통	철도안전 강화대책 (2018.12.27.)	국토교통부
종합	국토교통	국토교통 4차 산업혁명 대응 전략(2017.04.21)	국토교통부

6) 철도안전법, 법률 제15683호, 2018

7) 철도산업발전기본법, 법률 제14547호, 2017

<표 6> 국가 상위 계획 및 기본계획의 철도안전관리 및 기술개발 관련 주요 내용

증장기 계획명	철도안전관리 및 기술개발 관련 주요 내용
제5차 과학기술기본계획 (2023~2027)	(과제 3-4: 미래위험 대응 및 안전사회 구현) 통합 디지털 재난관리체계 도입, 재난 피해 저감 첨단기술 고도화 및 현장적용 확대, 미래위험 시나리오 개발 및 피해영향 분석
제1차 국토교통과학기술 연구개발종합계획 (2018~2027)	재난재해 예방 안전기술 고도화 철도/항공 이용자 보호 시스템, 철도 인프라 성능 및 안전성 향상
제4차 재난 및 안전관리 기술개발종합계획 (2023~2027)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신속·정확한 상황관리와 의사결정</li> <li>• 온전한 일상 회복을 뒷받침하는 대비와 복구</li> <li>• 불확실한 미래의 재난 예측력 강화</li> <li>• D.N.A 플랫폼 기반 재난안전관리 선진화</li> </ul>
윤석열정부 110대 국정과제 (2022.5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (목표 11) 모든 데이터가 연결되는 세계 최고의 디지털플랫폼정부 구현</li> <li>• (목표 65) 선진화된 재난안전 관리체계 구축</li> <li>• (목표 69) 국민이 안심하는 생활안전 확보</li> </ul>
제9차 국가교통안전기본계획 (2022~2026)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 데이터 기반 사전예방적 철도안전 체계 강화, 증거기반 철도안전 의사결정체계 구축</li> <li>• 국제수준의 철도차량 스마트 안전관리</li> <li>• 데이터 기반 철도시설 및 안전설비의 안전관리</li> <li>• 스마트 통합 안전관리 시스템 기술 개발 등 추진</li> </ul>
제3차 철도안전종합계획 [수정계획] (2016~2022)	철도안전관리체계 모니터링과 체계 고도화, 위험도 평가 강화, 철도안전통계 신뢰성 강화, 철도안전대책에 대한 성과지표 개발 생애주기를 고려한 선제적 예방적 안전관리 철도 사고예방을 위한 노후시설 개량 철도안전기술 개발, 스마트 통합 안전관리 시스템 기술 개발 등 추진
제5차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획 (2023~2027)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 스마트 안전진단, BIM 활용 지원, 시설물 원격 계측·관리, 시설안전 빅데이터 활용, 첨단기술 개발 지원</li> </ul>
제1차 철도시설 유지관리 기본계획 (2021~2025)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 데이터 기반 유지관리체계 구축, 유지관리 기록관리 강화, 유지관리장비 현대화 및 검측 고도화</li> </ul>
스마트(SMART) 철도안전관리체계 구축 기본계획 (2018~2027)	4차산업기술을 철도안전 분야에 선제적으로 도입해 안전 수준을 향상 차량·시설·운영 등 6대 분야 24개 과제를 담은 증장기 계획
철도안전 혁신대책 (2015.08)	자발적 안전관리체계 정착, 대형사고 기준 강화(제도화), 통계 관리 강화, 철도차량, 시설 등 생애주기의 단계별 정부 모니터링, 관리 추진 등 제도 추진 방향 제시
철도안전 강화대책 (2018.12)	철도안전대책 현장 이행력 제고 및 철도차량 관리강화 사람중심의 사고 대응체계 구축, 구조적 안전문제 등 개선 추진
국토교통 4차 산업혁명 대응 전략(2017.04)	철도 시설물 정보를 통합관리*하고 빅데이터 분석을 통해 열차운행 안전관리 및 유지관리 최적화

## 제2장 주요 환경 및 현황 분석

---

## 제2장 주요 환경 및 현황 분석

### 제1절 철도안전관리를 둘러싼 환경 변화

#### 1. 정책 동향

- (상위계획) 디지털화 및 안전관리 강화 강조
  - (윤석열 정부 110대 국정과제 (2022.5)) 디지털플랫폼정부 구현, 선진화된 재난안전 체계 구축 등을 국정과제로 제시
    - (목표 11) 모든 데이터가 연결되는 세계 최고의 디지털플랫폼정부 구현, (목표 65) 선진화된 재난안전 관리체계 구축, (목표 69) 국민이 안심하는 생활안전 확보 추진
  - (제5차 과학기술기본계획(2023~2027)) 미래위험 대응 및 안전사회 구현 강조
    - ‘데이터 기반 재난·안전관리 및 사회 회복력 제고’을 위해 통합 디지털 재난관리체계 도입 및 데이터 확보 인프라 확대, 스마트 안전장치·설비 기술 고도화 추진
    - ‘미래 위험의 예방·관리 및 글로벌 대응력 확보’을 위해 미래위험 시나리오 및 피해 영향 분석을 위한 국가 미래예측 체제 구축, 글로벌 재난 감지-예측-대응 체계 구축
  - (제4차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획(2023~2027)) 추진전략 2의 현장 문제 해결 중심 촘촘한 대응체계 구축에서 추진과제가 철도 안전관리와 관련된 내용을 포함
    - 신속·정확한 상황관리와 의사결정, 온전한 일상 회복을 뒷받침하는 대비와 복구, 불확실한 미래의 재난 예측력 강화, D.N.A 플랫폼 기반 재난안전관리 선진화 추진
- (철도·교통분야 계획) 데이터 기반 사전예방적 철도안전 체계 강화 및 이를 위한 기술개발 추진을 강조
  - (제9차 국가교통안전기본계획(2022~2026)) ‘국민이 안심하고 신뢰하는 예방중심의 철도안전 구현’이라는 비전을 바탕으로 교통수단 이용자, 관리자(종사자), 운영자, 제

---

도 등을 포함하는 시스템 차원에서의 체계적인 관리가 필요함을 제시

- 철도부문의 정책방향은 데이터 기반 사전예방적 철도안전 체계 강화, 증거기반 철도안전 의사결정체계 구축, 국제수준의 철도차량 스마트 안전관리, 데이터 기반 철도시설 및 안전설비의 안전관리, 스마트 통합 안전관리 시스템 기술개발 등

○ (제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018~2027)) 4대 추진 전략 중 ‘사람 중심의 국토교통 기술개발’에서 철도안전관리와 관련된 내용을 포함

- 인프라 부문에서는 노후화된 철도 인프라에 대한 급속 개량, 교체 기술개발 등으로 안전성을 제고하고 중단없는 교통서비스 제공을 추진과제 제시

- 철도/항공 이용자 보호 시스템, 철도 인프라 성능 및 안전성 향상 추진

○ (제3차 철도안전종합계획(수정계획) (2016~2022)) 철도안전정책방향을 제시하는 종합계획으로 안전관리체계 및 평가관리 기술 고도화 등을 포함

- (증거기반 철도안전 의사결정체계 구축) 선진국 철도안전관리체계 모니터링과 체계 고도화, 위험도 평가 강화, 철도안전통계 신뢰성 강화, 철도안전대책에 대한 성과지표 개발 등을 추진

- (시설과 차량의 생애주기 관리방식 도입·확대) 생애주기를 고려한 선제적 예방적 안전관리, 운행 전반의 안전확보를 위한 기반조성 등 정책 방향으로 설정하여 제도적 개선, 기술개발 등을 추진

- (철도안전기술 개발) 전략으로 ‘철도안전기술 개발 및 국가 R&D 확대’, 스마트 통합 안전관리 시스템 기술개발 등 과제 추진

<표 7> 제3차 철도안전종합계획[수정계획](2016~2020)

분야	중점 추진과제
1 현장이행력 확보 등 철도안전 정책 및 제도개선	1.1 철도안전 투자 확대 및 효율화
	1.2 증거기반 철도안전 의사결정체계 구축
	1.3 지방자치단체 안전관리 책임성 강화
	1.4 철도안전관리 체계 관리감독 강화
	1.5 철도사고·장애에 대한 철도운영자 등 책임강화
	1.6 철도 운영조직간 안전관리 사각지대 해소
	1.7 철도안전 위해행위 예방체계 및 처벌강화
	1.8 국제철도연결을 대비한 기반조성
	1.9 철도사고 원인조사 분석 역량 강화
2 철도 종사자 안전역량 강화	2.1 철도운영기관의 안전관리 전문조직 역량 강화
	2.2 철도종사자 자격제도 고도화 및 지속적 개선
	2.3 철도 종사자 안전확보 방안
	2.4 철도 종사자 교육훈련 내실화
	2.5 종사자의 비상대응능력 향상
3 철도 차량 관리 체계화	3.1 철도차량 점검·정비 체계화
	3.2 노후 철도차량 관리 강화
	3.3 철도차량 내 안전설비 개선
	3.4 화물차량, 특수차량 안전성 향상
4 철도시설 및 안전설비의 확충·개량	4.1 철도건널목 사고예방 대책 지속 수행
	4.2 선로변 불법 침입사고 예방
	4.3 철도역사 내 안전사고 예방
	4.4 철도시설물 유지보수 체계화
	4.5 철도시설물 유지보수 장비·기법 개선
	4.6 지하 및 터널구간 화재안전성 확보
	4.7 안전성이 높은 신호시스템으로 개량
	4.8 철도시설물 안전성 검증 강화
	4.9 안전 중심의 철도관제 시스템 운영
	4.10 철도안전 핵심 S/W 안전성·보안성 강화
5 철도 위기대응 체계 개선 및 철도안전 연구 개발 강화	5.1 철도안전 현안해결을 위한 규제기술 개발
	5.2 철도안전 원천기술 개발 및 검증 인프라 확충
	5.3 철도사고 위기대응 체계 운영
	5.4 위험물 운송 안전관리 강화
	5.5 철도안전 활동에 대한 국민 참여 확대

- (스마트(SMART) 철도안전관리체계 구축 기본계획 (2018~2027)) 4차산업기술의 선제적 도입을 통한 철도안전수준 향상을 요구

※ SMART 시스템 : Smart & Safe Management System for Advanced Rail Transport

- 철도안전분야의 사고 및 사망자 수는 감소하여 왔으나, 감소율이 한계에 도달하여 기존의 안전관리 방식만으로는 안전개선이 쉽지 않음에 따라, 첨단기술을 활용하여 안전관리를 첨단화

<표 8> 스마트 철도안전관리시스템 구축 기본계획

분야	중점 추진과제
차량관리	① 주요부품 실시간 고장검지·예측
	② 철도차량 고안전 제어시스템 플랫폼 개발
	③ 차량정비의 스마트팩토리 도입
	④ 스마트 차량이력관리를 통한 상태기반 유지보수
시설관리	① IoT, 드론 등 첨단 검측장비 확보
	② 철도시설 유지보수 작업의 기계화
	③ 철도시설 이력관리시스템 구축
	④ 철도시설 인프라 고도화 기반 구축
인적관리	① 종사자 모니터링, 교육에 따른 인적오류 예방
	② VR·AR 활용 비상대응 역량강화
	③ 평가·교육 등을 통한 종사자 역량 강화
	④ 4차 산업혁명 시대 전문인력 양성
위험관리	① 빅데이터 기반의 안전관리
	② 과학적 유지관리체계 도입
	③ 체계적 위험도 평가 도입
	④ 감독지원시스템 구축
운행관리	① 실시간 철도안전관계 구축
	② 실시간 운행안전 모니터링
	③ 스마트 열차운행제어
	④ 운행사건 비상대응체계 개선
보안관리	① 스마트 철도보안체계 구축
	② 철도보안관리체계 기반 마련
	③ 철도시설 보안 확보
	④ 사이버 보안체계 강화

## 2. 국내·외 산업 동향

### 2.1 철도안전 시장 동향

- 국내 안전산업 시장규모는 2018년 말 기준 ‘산업안전’ 분야가 21.0%로 가장 높게 나타났고<sup>8)</sup> 철도안전산업과 관련한 교통안전 분야는 안전산업 매출액 가운데 16.7%를 차지함

<표 9> 안전산업 분야별 매출액 비중(%)

구분	재난안전	교통안전	산업안전	보안	기타	계
예방산업	28.4	18.9	42.5	1.2	9.0	100.0
대응산업	2.4	35.0	18.5	3.0	41.1	100.0
복구산업	2.9	2.4	29.1	1.1	64.5	100.0
기타 관련 서비스업	18.8	1.8	14.8	11.8	52.8	100.0
총계	8.0	16.7	21.0	2.9	51.4	100.0

- 2020년 철도안전 관련 정부 예산은 전년도 대비 49.6% 증가한 15,501억 원임<sup>9)</sup>

<표 10> 2020년 철도국 분야별 예산 정부안<sup>20)</sup>

(단위 : 억 원)

구분		‘19년(A)	‘20년(B)	증감(B-A)	
철도부문	고속철도	400	596	196	
	일반철도	26,212	28,819	2,607	
	광역철도	3,650	4,405	755	
	도시철도	414	566	152	
	철도안전 및 운영	안전	21,539	28,161	6,622
		안전	10,360	15,501	5,141
운영		11,179	12,660	1,481	
非철도부문	정보화 등 기타	896	791	△105	
합계		53,111	63,337	10,226	

- 국토교통부 자료에 따르면, 2018년 교통안전관련 사업비는 4조 9,674억 원으로 전년에 비해 2.5% 증가하였으며, 철도 교통안전 부문은 2조 4,764억 원으로 전년

8) 2018년 기준 재난안전산업 실태조사 보고서, 행정안전부, 2020.2

9) ‘전국으로 촘촘하게 철도망을 확충하고 노후한 시설을 개량하여 철도안전을 강화하겠습니다’, 국토교통부 보조자료, 2019.09.25

대비 1.1% 증가

- 철도 교통안전부문을 살펴보면, 철도보안.재난대응 역량 강화와 철도인프라 확충에 대한 예산이 증액됨

<표 11> 교통안전 분야 사업비(2018년 기준)<sup>20)</sup>

(단위 : 백만원)

구 분	17년 예산·실적	18년 예산	증감	증감율(%)
합 계*	4,845,911	4,967,413	121,502	2.5%
1. 도로 교통안전	1,988,769	2,118,367	129,598	6.5%
2. 철도 교통안전	2,503,806	2,476,360	△27,446	△1.1%
3. 항공 교통안전	15,521	13,562	△1,959	△12.6%
4. 해양 교통안전	337,815	359,124	21,309	6.3

\*어업지도선 건조, 해양수사연구원 지원 등이 신규 포함되어 17년 예산에 소급 반영

<표 12> 철도 교통안전 사업비(2018년 기준)<sup>20)</sup>

(단위: 백만원)

구 분	'17년 예산 (A)	'18년 예산 (B)	증감 (B-A)	증감율(%)
계	2,503,806	2,476,360	△27,446	△1.1%
1. 자발적 안전관리 체계의 정착	32,394	24,735	△7,659	△23.6%
2. 안전한 철도인프라 확충	1,446,652	1,633,101	186,449	12.9%
3. 국민이 안심하는 운행안전 확보	846,839	651,895	△194,944	△23.0%
4. 철도보안.재난대응 역량 강화	44,976	56,991	12,015	26.7%
5. 철도안전산업 활성화	125,726	107,793	△17,933	△14.3%
6. 철도안전 정책 추진기반 강화	7,219	1,845	△5,374	△74.4%

□ (철도시설 유지관리) 철도인프라는 신선 건설과 철도시설 개량사업 등 사업 추진을 통해 지속적으로 증가 전망

- 국가철도(일반철도 및 고속철도) 기준 철도건설을 목적으로 연간 5조원 내외의 국고가 투입되었으며, 철도인프라 개량을 목적으로는 지속적으로 증가하여 2017년 5,684억 원까지 투자 확대



[그림 15] 국가철도 기준 철도시설 개량 투자규모 (2010 - 2017)

<표 13> 철도인프라 개량 연간투자 규모(2009 - 2017)

(단위: 억원, 국고 기준)

구분	총계	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17
총계	30,020	1,365	1,211	1,333	2,296	3,332	3,050	6,371	4,874	6,188
국가철도	27,715	1,365	1,211	1,333	2,296	3,332	3,050	4,694	4,750	5,684
일반	24,475	1,365	1,211	1,333	1,896	2,797	2,600	4,194	4,200	4,879
고속	3,240	-	-	-	400	535	450	500	550	805
도시철도	2,305	-	-	-	-	-	-	1,677	124	504

자료: 제3차 철도시설 개량 종합계획(2018-2022)

<표 14> 국가철도 세부사업별 유지관리 투자 실적

구분	총 소요 ('09부터)	2017년까지 기시행				'18이후
		합계(억원)	'15까지	'16	'17	
총계	68,303	27,720 (40%)	17,286	4,750	5,684	40,583
고속철도 합계	9,048	3,076 (34%)	1,818	453	805	5,972
건축물개량	5,548	1,616 (29%)	759	282	575	3,932
전기설비개량	3,000	1,330 (44%)	999	131	200	1,670
하자관리	500	130 (26%)	60	40	30	370
일반철도 합계	59,255	24,644 (41%)	15,468	4,297	4,879	34,611
수도권신호시스템	920	275 (30%)	149	63	63	645
선로전환기	1,300	662 (51%)	362	152	148	638
전기설비	10,096	4,057 (40%)	2,422	753	882	6,039
전철전원급전	1,320	688 (52%)	493	95	100	632
선로시설개량	10,422	2,685 (26%)	1,594	550	541	7,737
건축물개량	3,561	2,263 (64%)	1,494	324	445	1,298
소방안전시설	1,378	278 (20%)	187	35	56	1,100

구 분	총 소요 (‘09부터)	2017년까지 기시행				‘18이후
		합계(억원)	‘15까지	‘16	‘17	
승강장안전시설	4,550	2,523 (54%)	1,222	681	620	2,027
산업안전시설	262	174 (66%)	124	25	25	88
재해예방시설	9,481	3,930 (41%)	2,569	671	690	5,551
내진성능보강	2,015	1,497 (72%)	900	142	455	518
건널목안전설비	535	240 (45%)	151	44	45	295
철도통신망	676	111 (16%)	41	40	30	565
교량구조개선	6,316	693 (11%)	402	121	170	5,623
역시설개량	2,321	1,953 (84%)	1,348	253	352	368
환경시설	1,269	754 (59%)	558	136	60	515
통로박스 확장	902	555 (62%)	471	45	39	347
하자관리	312	107 (34%)	58	19	30	205
사후환경	610	244 (40%)	0	122	122	366
종료/기타	1,009	955 (96%)	923	26	6	54

자료: 제3차 철도시설 개량 종합계획(2018-2022)

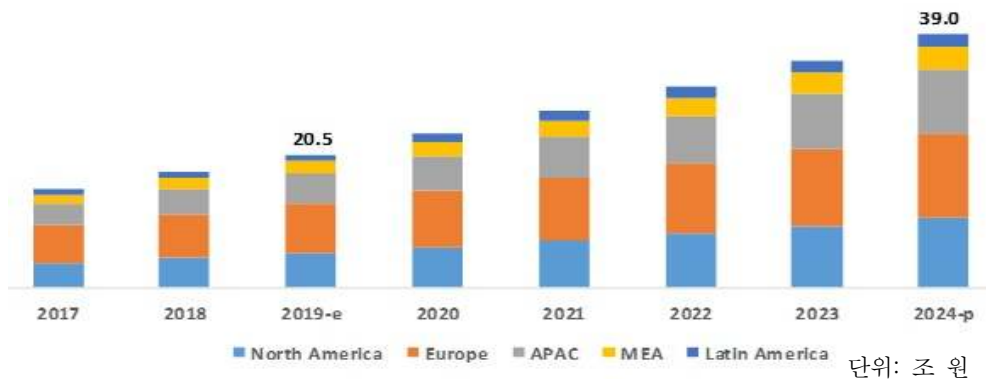
□ (철도차량 유지관리) 국내 철도차량 유지보수 시장은 약 9.2억 유로(약 1조 1,000 억원)이며, 전동차 유지보수 시장이 약 46%를 차지하고 있음

- 국내 전동차 유지보수 시장은 약 4.2억 유로 (약 5,000억원)이며, 경쟁비는 약 3,500억원이며 전체 전동차 유지보수 시장의 약 70%를 차지함
- 철도차량 총 22,775량 중 7,477량(32.8%)이 20년을 경과한 노후차량으로 잦은 고장 등 국민 불편을 초래하고 있는 상황임
  - 도시철도 차량 8,320량 중 2,989량(36%), 일반철도 차량 1,183량 중 392량 (33.6%), 화물차량 11,101량 중 3,866량(35%) 등 총 22,775량 중 7,477량 (32.8%)이 노후차량임
  - 25년 이상 경과한 차량도 1,355량(도시 729량, 일반 62량, 화물 1,225량, 특수차 등 84량)로 전체의 9.22%에 달하는 실정
  - 운영사의 만성적자 등 경영악화와 차량교체에 대한 막대한 예산소요로 인해 교체계획 수립마저도 어려운 실정임
  - 철도공사의 누적부채는 152,677억원, 서울교통공사는 29,532억원, 부산교통공사는 8,885억원임

- 철도공사의 교체소요는 10,864억원, 서울교통공사는 16,680억원, 부산교통공사는 4,500억원임

## 1.2 스마트 철도안전산업 시장

- (스마트 철도시스템) 철도선진국에서는 철도인프라, 자동화, 최적화 등이 요구되는 스마트 철도시스템 시장이 신흥시장으로 대두되고 있으며, 스마트 철도안전 시장은 2019년 205억 4,000만 달러에서 2024년 309억 4,000만 달러로 성장할 것으로 전망
  - 유럽, 일본 등 주요 선진국은 ‘안전’을 미래철도의 최우선 가치 중 하나로 설정하여 4차 산업혁명의 첨단기술을 도입하고 있음<sup>10)</sup>
    - (미국) TRB는 ‘New IDEAS for Rail Safety’ Project 통해 운행 중 차축균열감지 등 추진
    - (일본) RTRI가 안전 DB 분석·의사결정 지원 시스템, VR 활용 안전교육 등을 추진
    - (유럽) ERA는 ‘Capacity4Rail’ 프로젝트 통해 실시간 모니터링 기반 유지보수 등 추진



[그림 16] 전 세계 주요국가 스마트 철도안전 시장규모 전망(2019-2024)

출처: Markets and Market

10) 스마트 철도안전 기본계획, 국토개발부, 2017.12



[그림 17] 전 세계 스마트 철도 안전 산업 예측 성장률(2019-2024)

- (스마트 철도안전 시장) 솔루션, 서비스 시장으로 세분화되며 솔루션 시장은 스마트 철도안전 시장을 주도할 것으로 예측<sup>11)</sup>
- 서비스 부문은 스마트 철도 솔루션의 성능 유지에 대한 필요성이 증가하였기 때문에 솔루션 부문과 비교하여 예측기간동안 8.3%의 높은 CAGR 성장률을 보일 것으로 예측



[그림 18] 스마트 철도안전 시장 분야별 비중

<표 15> 스마트 철도 시장규모(2017-2024)

Offering	2017	2018	2019-e	2024-p	CAGR (2019-2024)
Solutions	10,534	12,212	14,048	25,597	12.7%
Services	4,566	5,468	6,492	13,443	15.7%
합계	15,100	17,680	20,540	39,040	13.7%

\* e: estimated, p: projected

\*\* 출처: Secondary Research, Expert Interviews, and MarketsandMarkets Analysis, 2020

11) SMART RAILWAYS MARKET(GLOBAL FORECAST TO 2024), MarketsandMarkets, 2020

<표 16> 스마트 철도안전산업 주요국가 시장규모 (2017-2024)

Region	2017	2018	2019-e	2024-p	CAGR (2019-2024)
Europe	514	588	666	1,121	11.0%
APAC	351	424	508	1,099	16.7%
North America	348	414	488	988	15.1%
MEA	142	164	188	335	12.3%
Latin America	82	97	113	220	14.3%
합계	1,437	1,686	1,963	3,763	13.9%

\* e: estimated, p: projected

\*\* 출처: Secondary Research, Expert Interviews, and MarketsandMarkets Analysis, 2020

□ (스마트관리 솔루션 시장) 주요 기업은 화웨이와 지멘스로 다양한 솔루션과 제품을 제공하고 있음

- 화웨이(Huawei)는 전 세계적으로 철도에 ICT 솔루션을 공급하는 선도 업체로 GSM-R, eLTE, 광대역 솔루션 및 전송 솔루션과 같은 다양한 ICT 솔루션을 보유하고 있음
- 지멘스는 철도 산업에 전기 부품을 공급하는 선도 업체로 SIRIUS와 SENTRON이라는 이름의 두 가지 제품을 보유하고 있으며, 전 세계 수많은 철도차량에 적용하고 있으며, 또한 자동열차제어시스템, 전자인터로킹시스템, 운영제어시스템, 철도통신시스템, 온보드 전원공급시스템 및 견인모터와 같은 다양한 자동화 서비스를 철도에 제공하고 있음

<표 17> 지역별 유지관리 시장규모, 2017~2024년 (단위 : 백만 달러)

Region	2017	2018	2019-e	2024-p	CAGR (2019-2024)
Europe	431	508	592	1,122	13.6%
APAC	241	297	362	828	18.0%
North America	117	147	183	451	19.8%
MEA	100	120	142	286	15.1%
Latin America	47	58	70	156	17.3%
합계	937	1,130	1,349	2,843	16.1%

\* e: estimated, p: projected

\*\* 출처: Secondary Research, Expert Interviews, and MarketsandMarkets Analysis, 2020

□ (철도시설 유지관리 스마트 장비) 철도시설 유지관리 예측정비는 중요한 역할을 하며, 기계 고장이나 성능 저하를 사전에 관련 사전 경고 기능

- 진동측정센서, 음향센서, 열감지 센서 등 다양한 센서로부터 데이터 수집과 수집된

데이터와 기계별 데이터에 대한 예측 분석을 수행함으로써 기계의 성능이 언제 떨어지거나, 임계값 아래로 내려질지 예측

<표 18> 철도시설 관리 및 유지관리 솔루션

Type	2017	2018	2019-e	2024-p	CAGR (2019-2024)
Condition-based Monitoring	173	194	216	343	9.6%
Predictive Maintenance	141	164	190	356	13.3%
Assen Planning and Scheduling	106	122	140	248	12.2%
Workforce Management and Optimization	87	99	112	189	11.0%
Others**	51	58	65	105	10.0%
합계	558	638	724	1,241	11.4%

\* e: estimated, p: projected

\*\* Others includes incident management, warranty management, and material management

\*\*\* 출처: Secondary Research, Expert Interviews, and MarketsandMarkets Analysis, 2020

□ (철도시설 관리 및 유지관리 솔루션) 전체 시장규모는 2019년 7억 2,400만 달러에서 2024년 12억 4,100만 달러로 성장할 전망

<표 19> 지역별 철도시설 유지관리 솔루션

Region	2017	2018	2019-e	2024-p	CAGR (2019-2024)
Europe	237	266	295	453	8.9%
APAC	134	156	180	333	13.1%
North America	94	110	130	256	14.6%
MEA	71	80	90	149	10.5%
Latin America	22	25	29	51	12.1%
합계	558	638	724	1,241	11.4%

\* e: estimated, p: projected

\*\* 출처: Secondary Research, Expert Interviews, and MarketsandMarkets Analysis, 2020

- 시설 상태 기반 모니터링 부문은 시장규모가 216만 달러로 가장 크며, 2019년에는 백만 달러, 2024년에는 시장규모 3억 4,300만 달러로 예상됨
- 스마트 철도시설 관리 유지관리 솔루션 전체 시장은 2019년 7억 2,400만 달러에서 1,241달러로 성장할 것으로 예측
- 유럽은 2019년 2억 9,500만 달러, 2024년 4억 5,300만 달러로 전망 기간 중 CAGR 8.9%로 시장규모가 가장 클 것으로 예상

□ (철도차량 유지관리 솔루션) 전체 시장은 2019년 21억 1,600만 달러에서 2024년 34억 8,500만 달러로 성장할 전망

- 유럽은 2019년 7억 4,100만 달러, 2024년 10억 7,800만 달러로 전망 기간 중 CAGR 7.8%로 시장규모가 가장 클 것으로 예상

<표 20> 지역별 철도차량 유지관리 솔루션

Region	2017	2018	2019-e	2024-p	CAGR (2019-2024)
Europe	601	671	741	1,078	7.8%
APAC	461	534	611	1,068	11.8%
North America	332	391	455	849	13.3%
MEA	154	173	193	294	8.8%
Latin America	89	102	116	195	11.0%
합계	1,637	1,871	2,116	3,485	10.5%

\* e: estimated, p: projected

\*\* 출처: Secondary Research, Expert Interviews, and MarketsandMarkets Analysis, 2020

- (철도안전 물리보안) 글로벌 철도안전 물리보안 시장규모는 연평균 10.31%로 꾸준히 성장하고 있으며, 국내 물리보안 산업도 13.31%로 글로벌 성장률 대비 높은 성장률을 유지

- 글로벌 물리보안 시장은 1,068억 달러(약 124.7조원 규모)로 동일 년도 국내 물리보안 시장은 3조원대의 규모 예상되며 2.4%를 차지

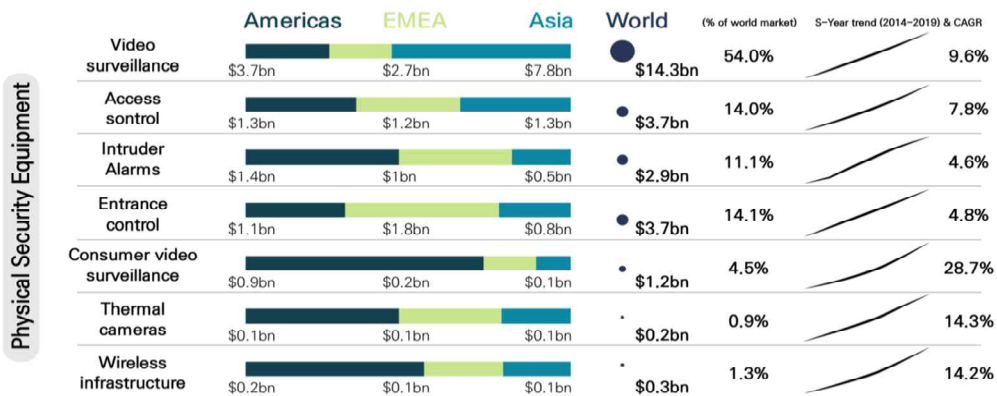
<세계 보안 산업 시장 동향(단위:억 달러)> <국내 보안 산업 시장 동향(단위:억 원)>



[그림 19] 국내외 보안산업 시장 규모 비교

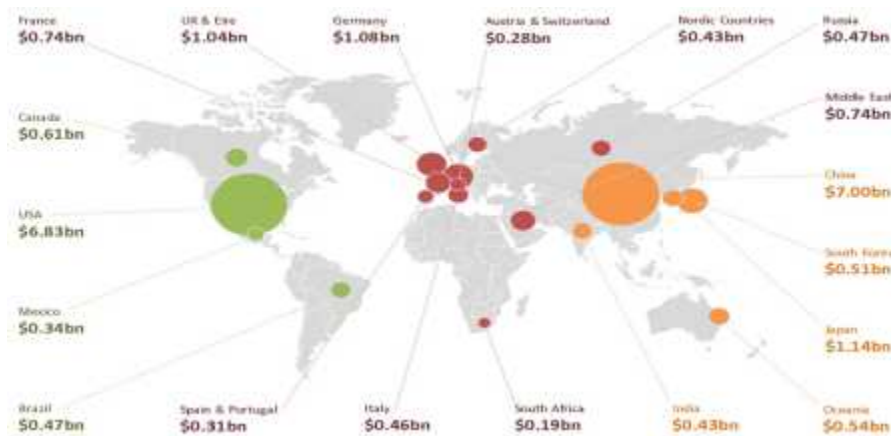
- 글로벌 전체 물리적 보안장비 시장은 '14년 265억달러(31조5천억원)에서 '19년 418억달러(41조7천억원)로 성장하였으며, '14년부터 '19년까지 84%의 성장을 기록하였음<sup>12)</sup>

12) Physical security equipment and services report 2015, iHS report, 2015



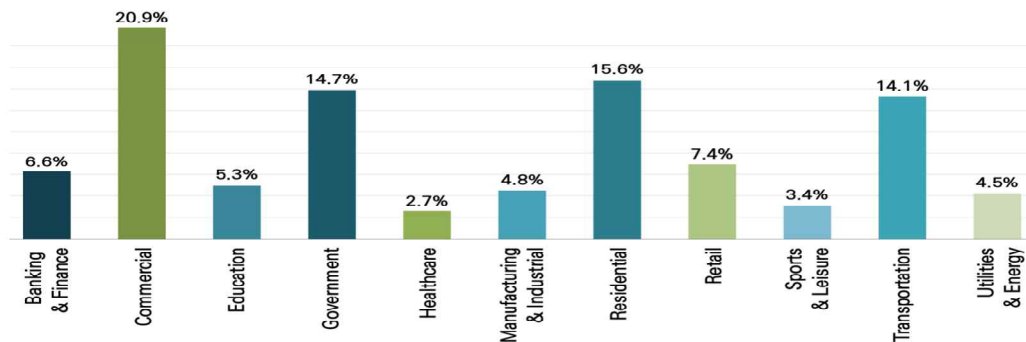
[그림 20] 물리적 보안장비 시장규모

- 국가별 보안장비 시장은 중국(70억달러), 미국(68.3억달러), 영국(10.4억달러), 독일(10.8억달러), 일본(11.4억달러), 우리나라(5.1억달러) 수준임



[그림 21] 국가별 보안장비 시장규모, \* 출처 : IHS

- 전체 글로벌 장비시장 규모(41조7천억원)중 교통용 장비는 14.1%(약 5조9천억원)에 해당



[그림 22] 분야별 보안장비 시장규모

### 3. 국내·외 기술 동향

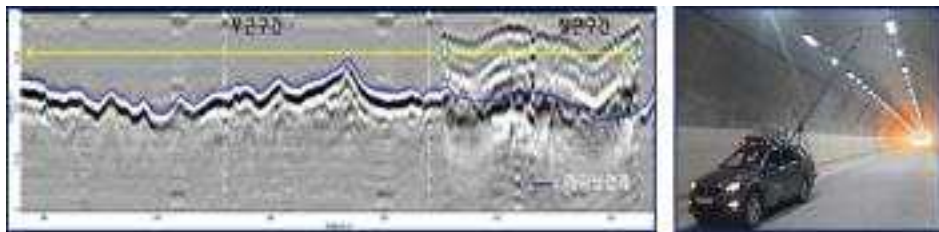
#### 3.1 기술개발 동향

- (철도차량 스마트 유지관리 기술) 4차 산업기술의 발전 등에 따라 주기적인 유지보수 기술로부터 상태에 기반한 유지보수 기술로 패러다임이 전환되면서 개별 설비 및 장치의 상태에 맞추어 적절한 유지보수 및 개량 등을 수행하여 위험요인을 완화하고자 하는 기술개발
  - 오랜 사용으로 인해 마모된 면을 보수/복원하는 방법으로 금속분말을 이용한 하드페이싱<sup>13)</sup>, 및 레이저클래딩<sup>14)</sup>을 이용한 표면 복원기술이 개발되고 있음



[그림 23] 하드페이싱 및 레이저클래딩을 이용한 마모면 복원 기술(예)

- 국내에서의 3D 프린팅 기술을 이용한 철도차량 장치 및 부품의 제작은 아직 기초단계에 있으며 다양한 기술개발이 시도<sup>15)</sup>되고 있음
- 철도시설 사고 및 장애 위험요인 사전 탐지 기술
  - 철도터널 구조물의 변형 및 손상의 원인 중 터널 배면의 상태의 탐지 및 분석이 필요하나, 기존 사용 중인 GPR 탐사의 경우 해상도, 탐지깊이 등의 문제점 해결 필요



[그림 24] 터널 GPR탐사

13) Tendencies in the field of application of metal-powder materials for repair and maintenance of railway equipment, Procedia computer science, 2019

14) Laser cladding for railway repair and preventive maintenance, Laser institute

15) 3D 프린팅 적용 철도차량용 공기압축기의 열교환기 설계 및 제작 기술 연구, 한국산학기술학회논문지, 2017

- 철도역사 이용자의 일상안전사고 예방을 위한 역사설비 오작동에 대한 사전관리 차원의 예방정비체계 개발을 진행 중
  - 서울교통공사에서는 IoT 기술을 적용하여 역사 내 기계 설비의 고장 수리시간을 단축하였으며, 기계설비 자동제어 빅데이터 분석프로그램인 SAMBA를 개발하여 역사 내 기계 설비의 고장 전 예방정비 체계를 구축하고 있음<sup>16)</sup>



[그림 25] 인천 1호선의 기계 설비 관제 개요도

□ 한국교통안전공단의 철도안전정보 포털<sup>17)</sup>

- 철도안전정보 종합관리시스템에서는 철도사고, 운행장애 현황을 각 철도운영자로부터 정기적으로 보고받아 게시하고 있으며, 10년간의 철도사고에 대한 분기별 사망자, 부상자, 재산피해를 반영하여, 사고위험도를 산출, 사고위험을 예보하는 철도위험 예보제도 시행하고 있음

16) 서울교통공사 2018년 안전보고서, 2019.04.16., 서울교통공사

17) 철도안전정보종합관리시스템, 국토교통부, 한국교통안전공단, <https://www.railsafety.or.kr/index.do>



[그림 26] 철도안전정보종합관리시스템 구성도

- 근본원인·위험요인은 시스템상에서 구성되어 입력하며 사고개요 등은 수기로 입력함

※ (사고통계) 철도사고 및 운행장애의 월 단위 통계 수치자료, (빅보드) 위험요인을 중·대분류로 그룹화하여 빅보드 항목을 구성하고 월별 추세선 예측치 대비 30% 이상 발생 시 위험 경고, (철도안전지도) 사고 다발지역·사고현황 등을 지도에 결합하여 표현, (안전성능보고서) 년 단위 안전성능보고서 작성

□ 국내의 해외 SMS 도입

○ 유럽의 철도안전관리 기법인 ‘SMS’ 제도를 국내 일부 철도운영기관에 적용(‘14)하였으나, 실효성 한계

- 철도종합안전기술개발(‘04~’11)을 통해 국가 철도안전관리에 관한 매뉴얼 및 철도 안전관리자용 교재 개발 등 제도적 연구성과를 이루었으나,

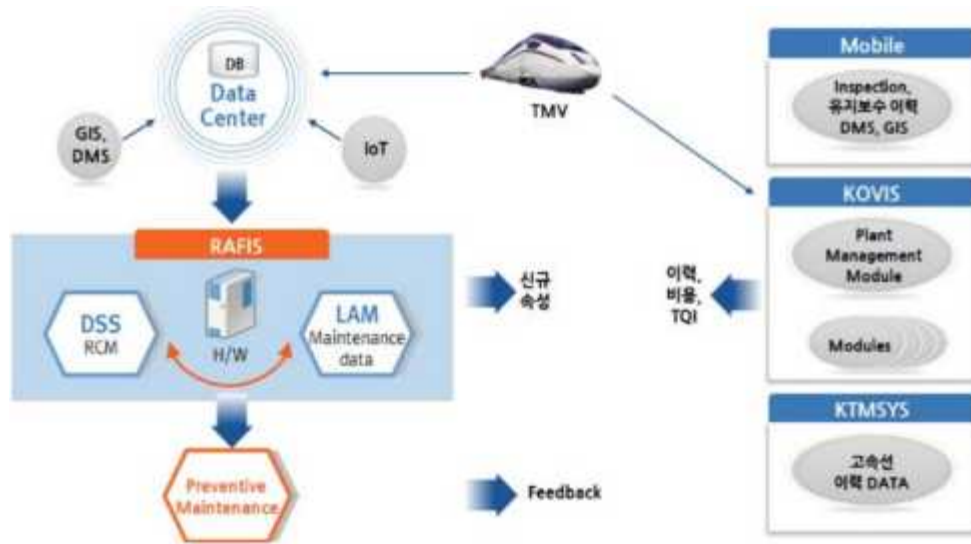
- 위험요인과 안전과의 연계성 및 지속적인 SMS 개선을 위한 R&D 투자 부족 등으로 리스크 기반의 예방적 SMS 기능은 제대로 발휘되고 있지 못함

□ 철도시설 이력관리 종합정보시스템<sup>18)</sup> RAFIS (한국철도시설공단) 구축 중

○ RAFIS는 유지보수 이력정보시스템 구축을 목표로 하며, 개발 로드맵에 의하여 향후 선형 자산관리체계와 의사결정지원시스템 개발 예정

18) 철도시설 이력관리 종합정보시스템 구축에 관한 연구, 한국철도학회 춘계학술대회 논문집, 2017

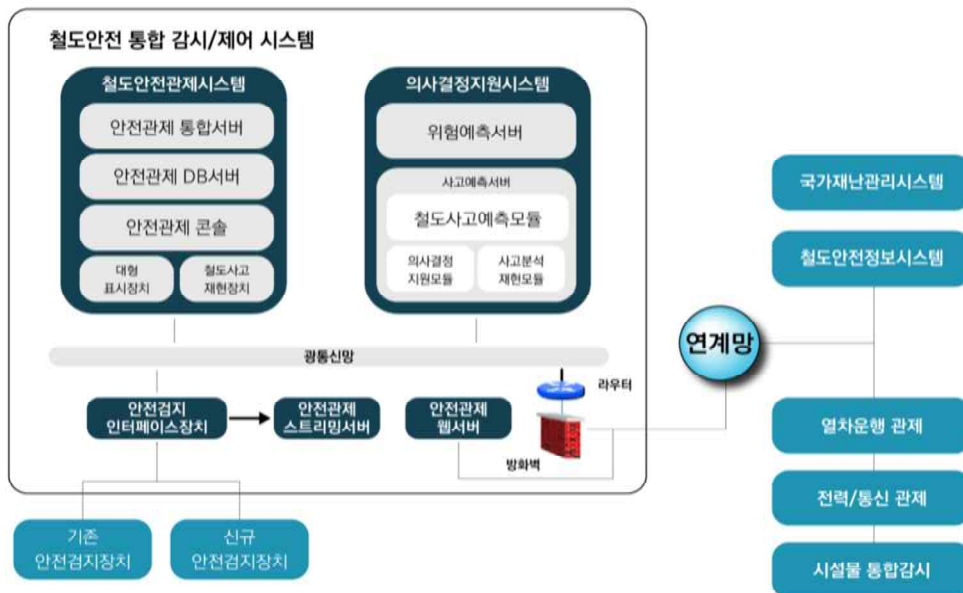
- RAFIS는 현장에서부터의 각종 검사정보, 유지보수 정보, GIS 정보와 한국철도공사의 KOVIS, KTMSYS 등과도 연계되어 안전에 관한 각종 정보가 취합되고 분석됨



[그림 27] RAFIS 표준모델 개요도

\* 출처 : 한국철도학회 춘계학술대회 논문집

- (철도안전관제 시스템 기술) 실시간 철도안전 통합 감시제어시스템 개발 연구 ('14~'19)를 통해 기존 안전 검지 장치 데이터와 향후 확장될 수 있는 지능형 안전 감시장치의 데이터를 통합하여 철도안전정보를 실시간으로 감시 및 제어



[그림 28] 실시간 철도안전 통합 감시제어시스템 물리적 구성

□ 국립재난안전연구원의 스마트 재난관리 플랫폼(Smart Big Board; SBB)



[그림 29] 국립재난안전연구원은 스마트 재난관리 플랫폼

\*출처 : Smart Big Board; SBB

## 3.2 특허 동향

### □ 분석목적

- 스마트 철도안전 기술 분야의 기술개발 추이, 최근 연구개발 동향분석 등을 통해 국내·외 출원된 특허 동향을 분석하여 동 사업 추진방향 도출 시 참고자료로 활용
  - 스마트 철도안전 기술 분야를 △통합 철도안전관리, △현장위험 사전예방, △현장 위험요인 감시·진단 분야로 구분하여 관련 국내·외 특허를 분석

### □ 분석대상

- 2003년부터 2022년까지 20년간 관련 분야 출원 공개된 한국, 미국, 유럽, 일본, PCT 특허를 대상으로 분석

<표 21> 특허 분석대상

대상 종류	내용
특허 DB	위즈도메인 (Wisdomain)
검색조건	[국문] 국내, 일본 출원 공개 특허 [해외] 미국, 유럽, 국제(PCT) 출원 공개 특허
검색기간	2003.01.01. ~ 2022.12.31. (총 20년)

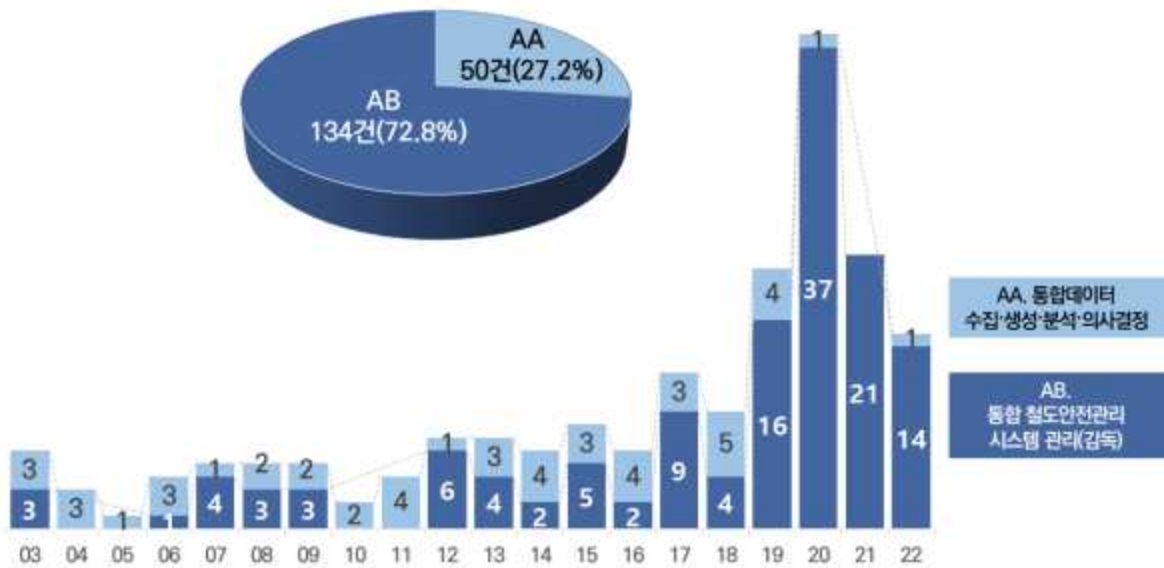
### □ 분석방법

- 철도안전분야는 기술 전체를 3가지 중점추진 분야별로 구분하여 특허 동향을 분석
  - 각 분야별로 전문가의 검수를 받은 기술분야 및 키워드를 조합하여 기술분야 별로 검색식을 작성하고 수정 보완
  - 확정된 검색식을 특허 DB에 적용하여 로데이터(Raw Data)를 확보하였으며, 기술 특성에 맞지 않는 노이즈를 제거함으로써 분석대상 유효특허를 선별
  - 유효특허를 대상으로 출원연도별, 국가별, 출원인별, 출원국가별로 분류하여, 각 중점추진 기술별로 특허건수, 점유율 등으로 구분하여 분석 수행

분류체계				검색식	
코드	대분류	코드	중분류		
A	통합 철도안 전관리	AA	통합데이 터	국문	(TI=(철도 OR 열차 OR 지하철 OR 전철)) AND TAF=(((통합 OR 표준화 OR 수집 OR 구축 OR 분석 OR 의사결정) NEAR/3 (데이터 OR 데이터 OR 정보 OR 소스 OR data OR information OR 정형 OR 비정형)) AND (안전 OR 사고 OR 사건 OR 오류 OR 위험) AND (국가 OR 정부 OR 중앙)) AND (AD=20030101:20221231)
			수집/생성 /분석/의 사결정	영문	(TI=(railways OR railroad OR "train" OR "train's" OR subway OR metro)) AND TAF=(((integrat* OR standard* OR gather* OR collect* OR analy* OR decision) NEAR/3 (data OR information OR source OR database OR bigdata OR "big data" OR "structured data" OR "unstructured data" )) AND (saf* OR accident* OR error OR risk) ) (AD=20030101:20221231)
		AB	통합 철도안전 관리	국문	(TI=(철도 OR 열차 OR 지하철 OR 전철) ) AND TAF=((시스템 NEAR/3 (운영 OR 관리 OR 유지 OR 개선 OR 모니터링 OR 향상 OR 업데이트)) AND (안전 OR 사고 OR 사건)) AND (AD=20030101:20221231)
			시스템 관리(감독 )	영문	(TI=(railways OR railroad OR "train" OR "train's" OR subway OR metro) ) AND TAF=((system NEAR/3 (management OR maintenance OR improv* OR updat*)) AND (AD=20030101:20221231)

대분류	중분류	기술정의
A. 통합 철도안전관리	AA. 통합데이터 수집/생성/분석/의사 결정	다수의 철도운영자, 시설관리자 등 대상으로 국가통합 안전데이터 표준화 및 통합, 정형.비정형 철도안전데이터 수집 및 생성 등 빅데이터를 구축하고, 이를 기반으로 철도사고 발생확률 및 심각도를 분석하여 국가 차원 안전관리 정책 의사결정을 지원하는 기술
	AB. 통합 철도안전관리 시스템 관리(감독)	통합 철도안전관리 시스템 운영 및 지속 업데이트, 철도안전관리 시스템의 모니터링 * 개발과정에서 테스트베드 구축 및 실증으로 업데이트 * 안전관리시스템 : SMS (Safety management System)

- A.통합 철도안전관리 분야는 최근 20년('03~'22)간 184건의 특허를 출원하였으며, AB. 통합 철도안전관리 시스템 관리(감독) 분야가 전체 72.8%를 차지
- AB. 통합 철도안전관리 시스템 관리(감독) 분야는 2003년부터 2018년까지 매년 10건 미만의 특허를 출원하였으나, 2019년 증가하기 시작하여 2020년 37건의 특허를 출원
  - 최근 5년간 출원한 특허가 92건으로 AB.통합 철도안전관리 시스템 관리(감독) 분야 전체 출원 건수의 69% 비중을 차지
- AA. 통합데이터 수집/생성/분석/의사결정 분야는 매년 5건 미만의 특허를 출원하였으며, 최근 3년('20~'22)간 1건 미만의 특허를 출원



[그림 30] A. 통합 철도안전관리 분야 연도별 중분류별 특허출원 추이 (단위: 건)

[표 22] 철도안전기술 분야 중점분야별 특허출원 추이

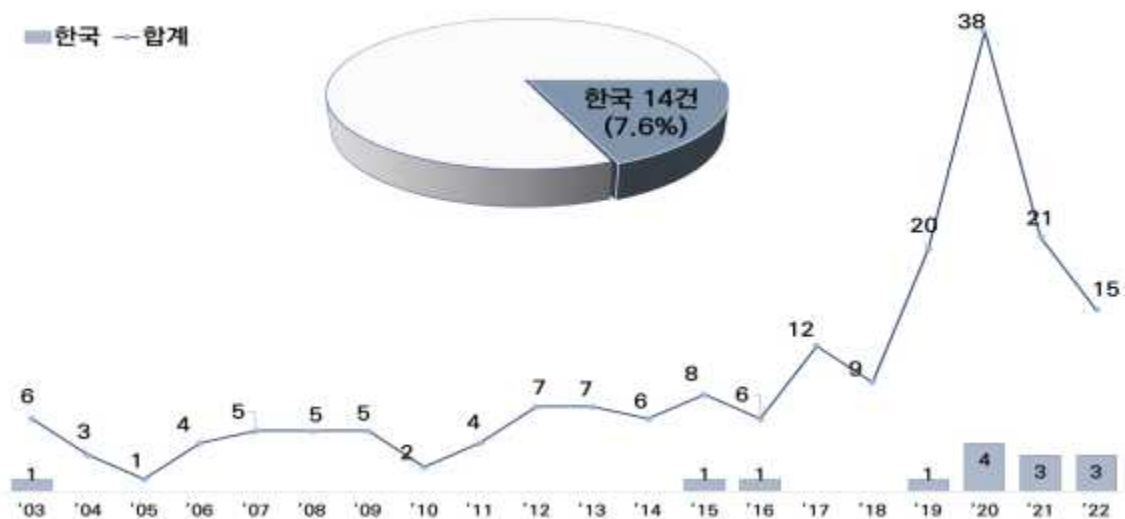
(단위 : 건)

구분	연도별 출원건수																			합계	비중 (%)	
	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21			'22
AA	3	3	1	3	1	2	2	2	4	1	3	4	3	4	3	5	4	1		1	50	27.2
AB	3			1	4	3	3			6	4	2	5	2	9	4	16	37	21	14	134	72.8
합계	6	3	1	4	5	5	5	2	4	7	7	6	8	6	12	9	20	38	21	15	184	100

□ 출원국가별 A.통합 철도안전관리 분야 특허출원 추이를 살펴보면, 우리나라에서 출원한 특허는 14건으로 전체 7.6% 비중을 차지

○ 미국과 국제 출원 특허가 전체 70% 이상을 차지하며, 국내 출원 특허는 5개 국가 (미국, 국제, 유럽, 한국, 일본) 중 4위를 차지

- 미국이 80건(43.5%)으로 가장 많은 비중을 차지하며, 국제 51건(27.7%), 유럽 34건(18.5%), 한국 14건(7.6%), 일본 5건(2.7%) 순으로 나타남



[그림 31] A. 통합 철도안전관리 분야 연도별 특허출원 추이 (단위: 건)

<표 23> A. 통합 철도안전관리 분야 연도별 출원국가의 특허출원 추이

(단위 : 건)

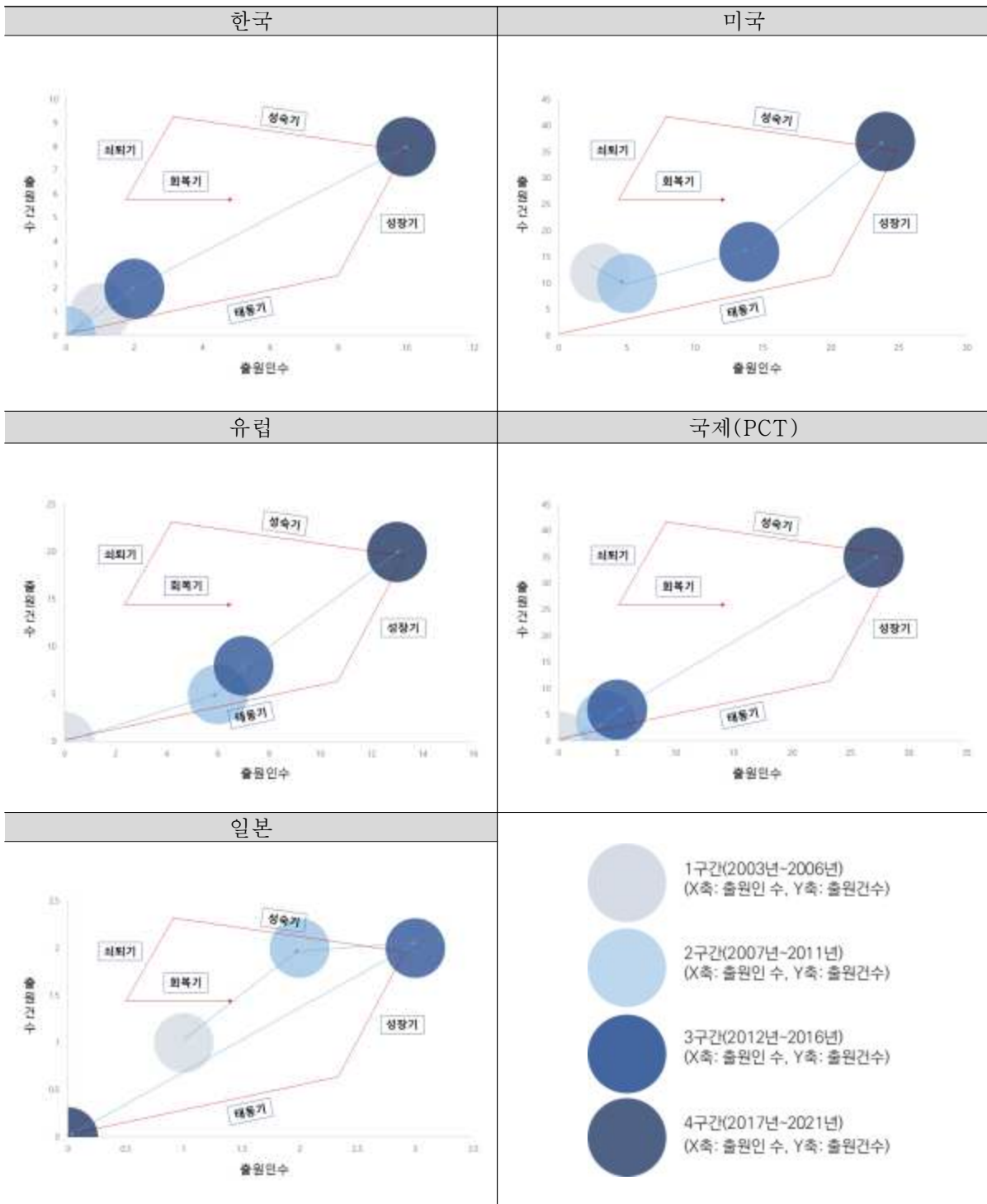
출원 국가	연도별 출원건수																			합계	비중 (%)	
	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21			'22
미국	5	2	1	4	2	3	2	1	2		5	4	3	4	6	6	4	16	5	5	80	43.5
국제					1			1	2	2		1	2	1	2	2	9	12	10	6	51	27.7
유럽					2	2	1			4	2		2		4	1	6	6	3	1	34	18.5
한국	1												1	1			1	4	3	3	14	7.6
일본		1					2			1		1									5	2.7
합계	6	3	1	4	5	5	5	2	4	7	7	6	8	6	12	9	20	38	21	15	184	100

□ 한국, 미국, 유럽, 국제 특허 모두 출원 건수와 출원인 수가 지속 증가하고 있어 성

---

장기 단계로 보이거나, 일본의 경우 전체 출원 건수가 5건으로 분석에서 제외함

- 한국은 1구간('03~'06)에서 2구간('07~'11) 출원인 수, 출원 건수 모두 감소하였으나 이후 3구간('12~'16), 4구간('17~'21)까지 지속적으로 출원인, 출원 건수가 증가하고 있어 성장기 단계로 나타남
- 미국은 1구간('03~'06)에서 2구간('07~'11)으로 이동시 출원 건수가 다소 감소하였으나, 이후 3구간('12~'16), 4구간('17~'21) 모두 출원인 수, 출원 건수가 증가하고 있어 성장기 단계로 판단
- 유럽과 국제 특히 모두 1구간('03~'06)에서 4구간('17~'21)까지 지속적으로 출원 건수, 출원인 수가 모두 증가하고 있어 성장기 단계로 판단



[그림 32] 통합 철도안전관리 분야 국가별 특허기술 주기

### 3.3 기술 수준

#### □ 철도안전기술 델파이조사 응답자 유형 및 결과

- 출연(연) 종사자가 25명으로 가장 많았고 기업, 학계, 공공기관 순으로 분포




<표 24> 2라운드 델파이 응답자 유형

구분	출연연	공공기관	학계	대기업	중소·중견기업
철도안전 (81명)	25명 (31%)	15명 (19%)	17명 (21%)	2명 (2%)	21명 (27%)

#### □ 철도안전분야 최고기술 보유국은 일본과 프랑스가 있으며, 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준(%)은 평균 약 79.3%, 기술격차는 약 5.7년

- 안전엔지니어링기술의 최고기술 보유국은 일본으로 동 기술의 국내 기술수준은 77.8% 기술격차는 5.7년
- 위험도평가기술의 최고기술 보유국은 프랑스로 동 기술의 국내 기술수준은 80.0% 기술 격차는 6.3년
- 사고예방/대응기술의 최고기술 보유국은 일본으로 동 기술의 국내 기술수준은 80.0% 기술 격차는 5.2년

<표 25> 철도안전 기술수준 결과

구분	세부기술명	최고기술 보유국	기술격차(년)	최고국 대비 기술수준(%)
C21	안전 엔지니어링	 일본	5.7	77.8
C22	위험도평가기술	 프랑스	6.3	80.0
C23	사고예방/대응기술	 일본	5.2	80.0

자료 : 국토교통부, KAIA, 철도교통 기술수준 상세분석 및 R&D 추진전략수립 연구, 2018.05

#### □ 철도안전분야 기술격차 해소방안으로 원천기술 확보나 연구인력 확보 등을 우선적으로 고려

- 철도안전분야 기술격차 해소방안으로 최우선적 고려대상은 원천기술 확보나 연구인력 확보 측면이며, 그다음으로 정부 연구개발 자원 확보의 중요도가 높은 것으로 조사

<표 26> 철도안전 기술격차 해소방안 우선순위 평가

◎: 1순위, ○: 2순위, ·:3순위

구분	원천기술 확보	연구인력 확보	기술인력 확보	정부 연구개발 자원 확보	인프라 확보	시장 성숙	관련법/제도 마련
C21 안전 엔지니어링	○	◎		·			
C22 위험도평가기술	◎	○		○			
C23 사고예방/대응기술	◎	◎		·			

- 기술 실현상의 가장 큰 장애요인은 전문인력의 부족이며, 그다음으로 원천기술의 미흡과 R&D 인프라의 부족이 주된 요인

<표 27> 철도안전기술 실현의 장애요인 우선순위

◎: 1순위, ○: 2순위, ·:3순위

구분	원천기술 미흡	전문인력 부족	R&D 인프라 부족	대규모 투자비	제도적 지원
C21 안전 엔지니어링	·	◎	◎		
C22 위험도평가기술	◎	◎	·		
C23 사고예방/대응기술	○	○	◎		

### 가) 철도기술 수준 분석

- 본 기획범위에 가장 관계가 있는 분류는 소분류에서 철도차량 중 각 철도별 차량 기술과 철도시설 중 궤도토목, 신호통신 분야에서 철도안전과 관련된 내용이 포함되어 있음
  - 차량, 궤도/주행로, 철도교량/고가구조물 등의 유지관리기술과 신호제어, 추진 제어 등의 기술 내용이 각각 포함되어 있으므로 철도교통분야 전체의 기술수준조사 결과를 살펴봄
- 철도기술의 분야별 기술수준조사 결과, 기술수준은 약 76%~90% 수준으로 조사 되었으며, 철도시설 중 전철/전력 분야의 기술수준이 90% 수준으로 가장 높은 기술수준으로 조사됨
  - 전철/전력분야는 철도차량에 전력을 공급하기 위한 급전설비 및 전차선로설비, 에너지 활용을 최적화하기 있는 전력시스템에 관련한 기술로서, 최고기술 보유국은 독일이며, 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준은 90.0%, 기술격차는 2.9년으로 조사됨

<표 28> 기술수준 및 기술격차 종합 결과

구분		최고선진국 대비 국내 기술수준	기술격차
철도차량	일반철도	80.4%	5.2년
	고속철도	79.9%	5.2년
	도시철도	85.0%	5.0년
	자기부상	82.0%	3.8년
	신교통	79.0%	4.5년
철도시설	궤도토목	86.0%	4.9년
	전철/전력	90.0%	2.9년
	신호통신	83.3%	3.7년
철도운영 및 환경	계획 및 운영	80.5%	5.5년
	철도환경	76.7%	5.7년

## 2) 스마트 철도안전관리 핵심기술 수준 분석

- KISTEP에서는 국제비교를 통해 우리나라 국가 중요 기술수준을 진단하고 과학기술시책 수립에 필요한 기초자료를 제공하기 위해 120대 국가전략기술에 대해 기술수준평가를 수행<sup>19)</sup>
  - 과학기술기본법 제14조 2항 및 과학기술기본법 시행령 제24조 2항에 의거하여 매 2년마다 국가중점기술에 대한 현황 및 발전 추이를 파악하고 과기 정책의 성과를 점검
  - 「제4차 과학기술기본계획」에 포함된 중점과학기술에 대해 미국, EU, 일본, 중국과의 기술격차 등을 분석
    - 120개 전략기술별로 기술수준평가를 실시하고 10대 기술 분야별\*로 구분하여 종합 분석을 추진
      - \* ①전자·정보·통신, ②의료, ③바이오, ④기계·제조·공정, ⑤에너지·자원·극한기술, ⑥항공·우주, ⑦환경·지구·해양, ⑧나노·소재, ⑨건설·교통, ⑩재난·재해·안전
    - 기술 트렌드, 기술발전정도, 기술 간 유사·중복 등을 고려하여 기존 국가전략기술들의 기술명, 기술범위, 세부기술 등을 정비

19) 과학기술정보통신부, KISTEP, 2018년 기술수준평가, 2019.04

※ 인공지능, 스마트 홈, 스마트 시티, 3D 프린팅, 대기오염 대응 등 12개 기술 신규 반영

- 본 기획사업의 철도안전관리와 관련된 기술 분야는 120대 전략기술 중 하나의 기술로 선정하기가 어려우나, **건설·교통분야와 재난 안전분야, ICT 및 SW분야**의 일부 전략기술이 해당
  - 본 기획범위의 주요 핵심기술은 IoT 등 첨단 계측시스템을 활용하여 다양한 위험요인의 빅데이터 구축, AI 기술을 활용한 위험 진단·분석·예측, 디지털 트윈 기반의 의사결정 및 선제대응기술이 해당
  - 건설·교통에서는 철도안전관리와 관련하여 8. 빅데이터 기반 국가 인프라 예방적 유지관리 기술이 직접적으로 해당
  - 재난안전에서는 철도안전관리와 관련하여 12 복합재난 스마트 예측·대응기술, 13 범죄·테러 통합 지능형 예측·대응시스템 기술 2개 기술이 해당
  - ICT 및 SW 분야에서는 108. 지능형 빅데이터 분석 및 활용 기술을 포함한 6개 기술이 해당하며 표에 각 기술의 개요가 제시

<표 29> 120대 국가전략기술 중 철도안전관리 기술 관련 핵심 기술(KISTEP, 2019)

분야	번호	전략기술명	전략기술 설명
1. 건설·교통	8	빅데이터 기반 국가 인프라 예방적 유지관리 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국가 인프라 상세 정보(이력, 상태, 환경 등)를 활용하여 인프라 안전수준 및 미래 수명을 예측하고, 인프라 맞춤형 조치 방안을 제시하기 위한 기술</li> <li>• 30년 이상 노후시설물이 향후 15년 이내 9배 이상 증가가 예상되며, 막대한 인력 및 예산 투입이 불가피한 바, 이에 사전 대비하기 위한 무인·자동화·고효율 인프라 유지관리 기술</li> <li>• 예시로, 인프라 자가진단·점검기술, 빅데이터 기반 시설물 성능 평가·예측기술, 예방적 유지관리 조치·대응 기술 등</li> </ul>
2. 재난 안전	12	복합재난 스마트 예측·대응기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사회공학(social engineering)적 지식과 빅데이터 등을 활용하여 인적·기술적·사회적 요인들로 인해 발생하는 재난을 예측하고 선제적으로 대응할 수 있는 기술로, 복합적 요인들에 의한 재난, 다수의 재난들이 동시 또는 순차적으로 발생하는 재난 등 기존 재난과 발생 및 확산 양상이 다른 재난들에 대해서도 효과적으로 대응할 수 있는 기술</li> <li>• 재난피해자에 대한 대피 및 물리적 생존기술을 포함하여 구조·구급, 심리치료 등을 통해 사회서비스 기능을 조속히 회복하고, 피해자로 하여금 사회에 복귀할 수 있도록 지원하는 기술을 포함</li> </ul>
	13	범죄·테러 통합 지능형 예측·대응시스템 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인명살상, 시설파괴, 사회혼란 및 공포심 유발 등을 목표로 하는 모든 범죄와 테러 시도를 사전에 적발 또는 차단할 수 있는 정보 수집·분석, 감시 및 예방 기술</li> <li>• 다양한 범죄, 대량살상용 화생방 테러 및 소프트 타겟 대상</li> </ul>

분야	번호	전략기술명	전략기술 설명
			의 물리적 공격 등으로부터 인적·물적 피해를 최소화하는 대응기술
11. ICT·S W	108	지능형 빅데이터 분석 및 활용 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>데이터 특성에 적합한 빅데이터 분석 방법(통계, 딥러닝·기계학습, 그래프 분석 등)을 연구하고, 이를 공공과 산업분야*에 융합·활용 하여 가치를 창출하는 기술</li> <li>* 의료, 공공정부, 도시 인프라(교통, 환경), 도소매업, 공장, 과학 분야 등</li> <li>빅데이터 분석 방법의 고도화를 통하여 적시에 필요한 통찰력 (Insight)과 예지력(Foresight)을 확보하는 분석기반 기술</li> <li>사물인터넷(IoT) 센서의 Fast Data 분석 기술, 딥러닝 기반의 심층 분석 기술, 멀티 모달 데이터 통합 분석 기술, 예측 분석 기술 등을 포함</li> </ul>
	109	초고속·대용량 데이터 플랫폼 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 데이터베이스로 처리하기 어려운 비정형·대용량 데이터를 빠르고 확장성 있게 관리하고 처리 할 수 있는 소프트웨어 플랫폼* 기술</li> <li>* 스토리지, 데이터베이스, 클라우드 서비스 플랫폼, 분산 처리 구조, 연산처리 등</li> <li>기존의 데이터베이스로 처리할 수 없는 대용량 데이터를 빠르고 편리하게 서비스로 제공할 수 있도록 하는 데이터 플랫폼과 컴퓨팅 인프라 기술</li> <li>인공지능의 정확성 향상을 위해서는 데이터의 품질과 데이터 처리성 능이 전제되어야 하므로 이를 이루기 위한 기반기술</li> <li>인메모리 기반 데이터 저장, GPGPU(General-Purpose computing on Graphics Processing Units) 기반 데이터 처리, 양자컴퓨팅 이나 뉴로컴퓨팅 등 새로운 컴퓨팅 인프라 기술</li> </ul>
	110	다중 인공지능 공통 플랫폼 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>언어·시각·음성 등 인공지능 요소기술 고도화를 넘어 공통 플랫폼에 필요한 기술을 제공하여, 다양한 인공지능 응용 서비스에서 공통적으로 활용할 수 있는 기술</li> <li>추론 및 학습 기술, 언어·시각·음성·복합 지능 플랫폼 기술 등을 포함</li> </ul>
	114	가상·혼합현실 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>실시간으로 계산된 감각 정보들을 통한 가상 환경이나, 현실 세계에 가상 사물이나 정보가 증강 및 혼재하는 혼합현실의 세계를 사용자가 현실감 있게 지각(perception)하고 경험하며 상호작용할 수 있게 하는 기술</li> <li>실제 공간이나 사용자 행위를 인식하는 영상처리 및 컴퓨터 비전 기술과, 현실맥락 인지에 기반해 일관성 있는 가상 정보의 공존감 합성을 통한 혼합 공간 생성 기술(특히, 혼합현실의 경우)이 중요 하며, 이에 대한 사용자의 경험 및 상호작용으로부터 맥락을 인지하는 지능 기술, 콘텐츠 도메인에 기반한 가상·혼합 정보 표현과 상황 시뮬레이션에 따른 다중 감각 피드백 기술 등을 포함</li> </ul>
	117	지식정보 보안기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>암호, 인증, 인식, 감시 등의 보안기술이 적용된 제품을 생산하거나 관련 보안기술을 활용하여 개인, 기업, 국가의 안전과 신뢰를 보장 하는 서비스를 제공하는 기술</li> <li>다양한 ICT 기술이 공격자의 존재 유무에 상관없이 의도한 대로 서비스를 제공하는 것을 보장하는 기술</li> </ul>
	119	초연결	<ul style="list-style-type: none"> <li>인공지능 기반의 지능체계와 연계하여 상황인지 및 최적 자</li> </ul>

분야	번호	전략기술명	전략기술 설명
		사물인터넷 기술	을 제어 기반의 지능 서비스를 제공하고, 물리적 세상과 가상 공간을 초연결 하는 지능형 사물인터넷(IoT) 및 디지털 사이버 인프라 기술

자료: KISTEP, 2018년 기술수준평가, 2019, 일부 발췌

## 가) 빅데이터 기반 국가 인프라 예방적 유지관리 기술<sup>20)</sup>

### □ 중점과학기술 개요

- 국가 인프라 상세 정보(이력, 상태, 환경 등)를 활용하여 인프라 안전수준 및 미래 수명을 예측하고, 인프라 맞춤형 조치 방안을 제시하기 위한 기술
- 30년 이상 노후시설물이 향후 15년 이내 9배 이상 증가가 예상되며, 막대한 인력 및 예산 투입이 불가피한 바, 이에 사전 대비하기 위한 무인·자동화·고효율 인프라 유지관리 기술
- 예시로, 인프라 자가진단·점검기술, 빅데이터 기반 시설물 성능평가·예측기술, 예방적 유지관리 조치·대응 기술 등

### □ 주요국 기술수준 및 격차

<표 30> ‘빅데이터 기반 국가 인프라 예방적 유지관리 기술 전문가’ 델파이 조사결과

국가	기술수준·격차			연구단계역량		연구개발 활동경향
	수준(%)	격차(년)	그룹	기초	응용개발	
한국	77.0	4.0	추격	보통	보통	상승
중국	70.0	4.3	추격	보통	우수	상승
일본	88.0	2.0	선도	우수	우수	상승
EU	94.0	1.0	선도	탁월	우수	상승
미국	100.0	0.0	최고	탁월	탁월	상승

### □ 주요국 연구단계 역량 평가

20) 과학기술정보통신부, KISTEP, 2018년 기술수준평가, 2019.04



[그림 33] '빅데이터 기반 국가 인프라 예방적 유지관리 기술' 연구단계 역량

※ 연구단계별 역량 구간(5구간)을 탁월(5점), 우수(4점), 보통(3점), 미흡(2점), 부족(1점)으로 하여 평균값을 계산함.

□ 한국의 기술수준 및 격차 판단

- 국가 빅데이터 정보센터 등 국가적으로 플랫폼은 갖추어져 있으나 연구기반이 약함
- 필요성에 대한 인식 확대
- 성능중심의 유지관리 체계를 도입하는 등 유지관리 대응을 위해 노력 중
- 무인화 점점 진단 기술 부분에서 상당 부분 기술수준을 향상
- 최근 관련 기술개발 및 빅데이터 구축 관련 사업을 통해 관련분야 기술수준 향상

## 나) 복합재난 스마트 예측·대응 기술<sup>21)</sup>

### □ 중점과학기술 개요

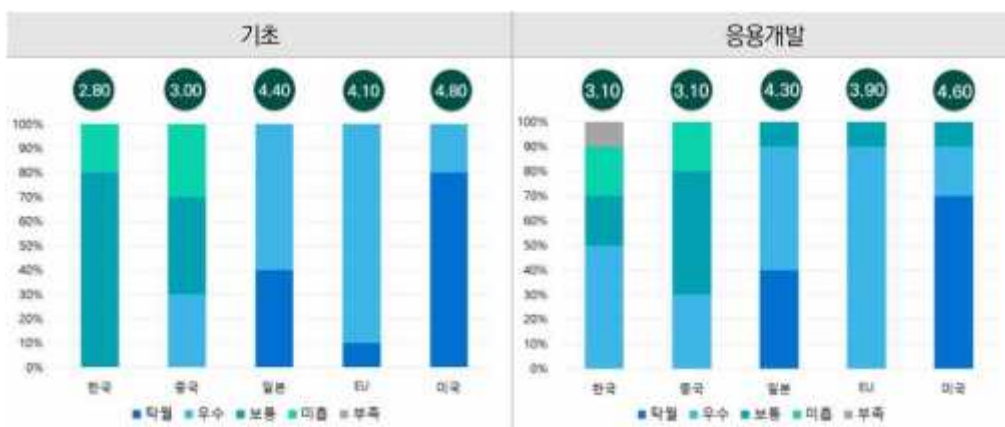
- 사회공학(social engineering)적 지식과 빅데이터 등을 활용하여 인적·기술적·사회적 요인들로 인해 발생하는 재난을 예측하고 선제적으로 대응할 수 있는 기술로, 복합적 요인들에 의한 재난, 다수의 재난들이 동시 또는 순차적으로 발생하는 재난 등 기존 재난과 발생 및 확산 양상이 다른 재난들에 대해서도 효과적으로 대응할 수 있는 기술
- 재난피해자에 대한 대피 및 물리적 생존기술을 포함하여 구조·구급, 심리치료 등을 통해 사회서비스 기능을 조속히 회복하고, 피해자로 하여금 사회에 복귀할 수 있도록 지원하는 기술을 포함

### □ 주요국 기술수준 및 격차

<표 31> ‘복합재난 스마트 예측·대응 기술’ 전문가 델파이 조사결과

국가	기술수준·격차			연구단계역량		연구개발 활동경향
	수준(%)	격차(년)	그룹	기초	응용개발	
한국	70.5	5.0	추격	보통	보통	상승
중국	65.0	6.5	추격	보통	보통	상승
일본	90.0	0.5	선도	우수	우수	유지
EU	92.5	1.5	선도	우수	우수	상승
미국	100.0	0.0	최고	탁월	탁월	유지

### □ 주요국 연구단계 역량 평가



[그림 34] ‘복합재난 스마트 예측·대응 기술’ 연구단계 역량

21) 과학기술정보통신부, KISTEP, 2018년 기술수준평가, 2019.04

□ 한국의 기술수준 및 격차 판단

- 기술 개발 수준이 선도 그룹에 비해서 다소 침체되어 있으나, 재난 안전 전 주기에 대한 연구개발 추진 중
- 현재 벤치마킹, 기초연구 등으로 기술수준이 많이 향상되어 있으나 선도그룹 수준에 미치지 못함
- ICT 기술은 세계를 선도하나 재난 관련 정보 인프라는 낮은 수준
- 종합적이고 장기적인 연구체계가 잘 갖춰져 있지 않음
- 재난관련 피해지역과 규모, 대처 방안 등에 대한 문자알림 등 통신 서비스 분야는 발달되어 있지만 실제 우리나라에서 발생할 가능성이 높은 재난에 대한 기초 연구 부족

다) 범죄, 테러 통합 지능형 예측/대응 기술<sup>22)</sup>

□ 중점과학기술 개요

- 인명살상, 시설파괴, 사회혼란 및 공포심 유발 등을 목표로 하는 모든 범죄와 테러 시도를 사전에 적발 또는 차단할 수 있는 정보 수집·분석, 감시 및 예방 기술
- 다양한 범죄, 대량살상용 화생방 테러 및 소프트 타겟 대상의 물리적 공격 등으로부터 인적·물적 피해를 최소화하는 대응기술

□ 주요국 기술수준 및 격차

<표 32> ‘범죄, 테러 통합 지능형 예측/대응 기술’ 전문가 델파이 조사결과

국가	기술수준·격차			연구단계역량		연구개발 활동경향
	수준(%)	격차(년)	그룹	기초	응용개발	
한국	79.0	3.0	추격	보통	우수	상승
중국	75.0	4.0	추격	보통	우수	상승
일본	85.0	2.0	추격	우수	우수	유지
EU	90.0	1.0	선도	우수	우수	상승
미국	100.0	0.0	선도	탁월	탁월	상승

□ 주요국 연구단계 역량 평가

22) 과학기술정보통신부, KISTEP, 2018년 기술수준평가, 2019.04



[그림 35] ‘범죄, 테러 통합 지능형 예측/대응 기술’ 연구단계 역량

□ 한국의 기술수준 및 격차 판단

- 테러에 대한 피해가 상대적으로 적어 자국 내에서 발생하는 범죄에 더 역점을 두고 있어 테러에 대한 대응 기술의 수준이 뒤쳐져 있는 상황
- 최고기술 보유국과의 활발한 기술 교류를 통해 부족한 부분을 보완하고 있으며 일부 분야(생체인식, 현장 감식 및 분석, 위험물질 탐지, 과학수사 등)에서는 최고기술 보유국 대비 80% 이상의 수준을 유지
- 지능형 CCTV, 인공지능기반 영상보안 플랫폼 개발 등을 추진하고 있으며, 기반기술 분야의 연구도 확대하고 있는 추세
- 최근 빅데이터 분야의 정부 연구개발 투자비중이 꾸준히 증가하고 있으며 지능형 CCTV와 빅데이터 및 AI를 통한 범죄예방 기술수준이 향상
- 개발 및 응용연구에 비해 기초연구에 대한 투자 및 중요성에 대한 인식이 낮아 개선이 필요한 상황

라) 지능형 빅데이터 분석 및 활용 기술<sup>23)</sup>

□ 중점과학기술 개요

- 데이터 특성에 적합한 빅데이터 분석 방법(통계, 딥러닝·기계학습, 그래프 분석 등)을 연구하고, 이를 공공과 산업분야(의료, 공공정부, 도시 인프라(교통, 환경) 등)에 융합·활용하여 가치를 창출하는 기술

23) 과학기술정보통신부, KISTEP, 2018년 기술수준평가, 2019.04

- 빅데이터 분석 방법의 고도화를 통하여 적시에 필요한 통찰력(Insight)과 예지력(Foresight)을 확보하는 분석기반 기술
- 사물인터넷(IoT) 센서의 FastData 분석 기술, 딥러닝 기반의 심층분석 기술, 멀티 모달 데이터 통합 분석 기술, 예측 분석 기술 등을 포함

□ 주요국 기술수준 및 격차

<표 33> ‘지능형 빅데이터 분석 및 활용 기술’ 전문가 델파이 조사결과

국가	기술수준·격차			연구단계역량		연구개발 활동경향
	수준(%)	격차(년)	그룹	기초	응용개발	
한국	70.0	2.3	추격	미흡	우수	유지
중국	83.0	1.0	추격	우수	탁월	급상승
일본	77.0	1.8	추격	보통	보통	유지
EU	85.0	1.3	선도	우수	우수	상승
미국	100.0	0.0	최고	탁월	탁월	상승

□ 주요국 연구단계 역량 평가



[그림 36] ‘지능형 빅데이터 분석 및 활용 기술’ 연구단계 역량

□ 한국의 기술수준 및 격차 판단

- 글로벌 서비스가 약하고, 기술개발을 위한 플랫폼 구축 및 인프라 구축 속도가 다소 약함
- 정부규제로 발전이 어려움

마) 초고속 대용량 데이터 플랫폼 기술<sup>24)</sup>

24) 과학기술정보통신부, KISTEP, 2018년 기술수준평가, 2019.04

□ 중점과학기술 개요

- 기존 데이터베이스로 처리하기 어려운 비정형·대용량 데이터를 빠르고 확장성 있게 관리하고 처리 할 수 있는 소프트웨어 플랫폼\* 기술

\* 스토리지, 데이터베이스, 클라우드 서비스 플랫폼, 분산 처리 구조, 연산처리 등

- 기존의 데이터베이스로 처리할 수 없는 대용량 데이터를 빠르고 편리하게 서비스로 제공할 수 있도록 하는 데이터 플랫폼과 컴퓨팅 인프라 기술

- 인공지능의 정확성 향상을 위해서는 데이터의 품질과 데이터 처리성능이 전제되어야 하므로 이를 이루기 위한 기반기술

□ 주요국 기술수준 및 격차

<표 34> ‘초고속 대용량 데이터 플랫폼 기술’ 전문가 델파이 조사결과

국가	기술수준·격차			연구단계역량		연구개발 활동경향
	수준(%)	격차(년)	그룹	기초	응용개발	
한국	50.0	4.0	후발	보통	보통	상승
중국	85.0	1.5	추격	우수	탁월	급상승
일본	60.0	3.0	후발	보통	보통	유지
EU	73.0	2.0	추격	우수	우수	상승
미국	100.0	0.0	최고	탁월	탁월	상승

□ 주요국 연구단계 역량 평가



[그림 37] ‘초고속 대용량 데이터 플랫폼 기술’ 연구단계 역량

□ 한국의 기술수준 및 격차 판단

- 범용의 플랫폼이 없고 일부 응용에만 적용 가능한 플랫폼이 존재
- 초고속 데이터 처리를 위한 소프트웨어 개발 능력 보유하고 있으나, 장기적인 로드맵

과 지속적인 투자 미흡

- 미국을 중심으로 한 오픈소스 기술을 채용하여 소규모 그룹에서 연구하고 있는 수준으로, 자체적인 대규모 상용 서비스를 하지 못함

## 바) 다중 인공지능 공통 플랫폼기술<sup>25)</sup>

□ 중점과학기술 개요

- 언어·시각·음성 등 인공지능 요소기술 고도화를 넘어 공통 플랫폼에 필요한 기술을 제공하여, 다양한 인공지능 응용 서비스에서 공통적으로 활용할 수 있는 기술
- 추론 및 학습 기술, 언어·시각·음성·복합 지능 플랫폼 기술 등을 포함

□ 주요국 기술수준 및 격차

<표 35> ‘다중 인공지능 공통 플랫폼기술’ 전문가 델파이 조사결과

국가	기술수준·격차			연구단계역량		연구개발 활동경향
	수준(%)	격차(년)	그룹	기초	응용개발	
한국	80.0	2.0	후발	보통	보통	상승
중국	87.5	1.0	추격	우수	탁월	급상승
일본	80.0	1.8	후발	보통	보통	유지
EU	90.0	0.8	추격	우수	우수	상승
미국	100.0	0.0	최고	탁월	탁월	상승

□ 주요국 연구단계 역량 평가



[그림 38] ‘다중 인공지능 공통 플랫폼기술’ 연구단계 역량

□ 한국의 기술수준 및 격차 판단

25) 과학기술정보통신부, KISTEP, 2018년 기술수준평가, 2019.04

- 일반적인 AI 기술 및 시장을 향한 발전이라기보다는 한국어 처리에 강점을 보이는 내수시장위주의 발전으로 한계가 예상됨
- 엑소브레인 우승 이후 법률/특허분야 적용을 위해 개발 중으로 세계적 수준. • 네이버, 카카오, SK, KT등의 기업은 인공지능제품과 플랫폼을 출시하고 있으며, 한국어 대상으로 강점이 있으나 인력, 데이터 부분에서 부족
- 인공지능의 여러 분야에서 일부 우수한 연구 성과를 보이고 있으나 추격형의 기술 개발이 상당수로 독보적으로 앞서는 연구는 미흡

## 사) 가상, 혼합현실 기술<sup>26)</sup>

### □ 중점과학기술 개요

- 실시간으로 계산된 감각 정보들을 통한 가상 환경이나, 현실세계에 가상 사물이나 정보가 증강 및 혼재하는 혼합현실의 세계를 사용자가 현실감 있게 지각(perception)하고 경험하며 상호작용할 수 있게 하는 기술
- 실제 공간이나 사용자 행위를 인식하는 영상처리 및 컴퓨터 비전 기술과, 현실맥락 인지에 기반해 일관성 있는 가상 정보의 공존감 합성을 통한 혼합 공간 생성 기술 (특히, 혼합현실의 경우)이 중요하며, 이에 대한 사용자의 경험 및 상호작용으로부터 맥락을 인지하는 지능 기술, 콘텐츠 도메인에 기반한 가상·혼합 정보 표현과 상황 시뮬레이션에 따른 다중 감각 피드백 기술 등을 포함

26) 과학기술정보통신부, KISTEP, 2018년 기술수준평가, 2019.04

□ 주요국 기술수준 및 격차

<표 36> '가상, 혼합현실 기술' 전문가 델파이 조사결과

국가	기술수준·격차			연구단계역량		연구개발 활동경향
	수준(%)	격차(년)	그룹	기초	응용개발	
한국	80.0	2.0	추격	보통	우수	상승
중국	80.0	2.0	추격	보통	우수	급상승
일본	90.0	1.0	선도	우수	우수	상승
EU	87.0	1.3	선도	우수	우수	상승
미국	100.0	0.0	최고	탁월	탁월	상승

□ 주요국 연구단계 역량 평가



[그림 39] '가상, 혼합현실 기술' 연구단계 역량

□ 한국의 기술수준 및 격차 판단

- 최고기술 보유국에 비해 기반기술 연구가 저조하고 수준도 상당수 낮음. 또한 상업적인 결과물도 기존기술 응용에 치우침
- 최고기술 보유국 대비 정부 및 민간 투자 비율이 10% 수준 이하이며, 특정 기업 및 연구소위주의 기술개발 편중

아) 지식정보 보안 기술<sup>27)</sup>

□ 중점과학기술 개요

- 암호, 인증, 인식, 감시 등의 보안기술이 적용된 제품을 생산하거나 관련 보안기술을 활용하여 개인, 기업, 국가의 안전과 신뢰를 보장하는 서비스를 제공하는 기술
- 다양한 ICT 기술이 공격자의 존재 유무에 상관없이 의도한대로 서비스를 제공하는

27) 과학기술정보통신부, KISTEP, 2018년 기술수준평가, 2019.04

것을 보장하는 기술

□ 주요국 기술수준 및 격차

<표 37> ‘지식정보 보안 기술’ 전문가 델파이 조사결과

국가	기술수준·격차			연구단계역량		연구개발 활동경향
	수준(%)	격차(년)	그룹	기초	응용개발	
한국	80.0	2.0	추격	보통	우수	상승
중국	83.5	1.5	추격	우수	우수	급상승
일본	80.0	1.5	추격	우수	우수	유지
EU	92.0	0.8	선도	탁월	우수	상승
미국	100.0	0.0	최고	탁월	탁월	상승

□ 주요국 연구단계 역량 평가



[그림 40] ‘지식정보 보안 기술’ 연구단계 역량

□ 한국의 기술수준 및 격차 판단

- 정부 주도로 인공지능, 블록체인, 관련 전문가 육성을 주도
- 꾸준한 지식 보안 기술 개발이 진행되며 사회적 공감대 형성
- 정부 투자와 관심은 있으나, 정부 주도의 연구 방향 설정 등 미흡

자) 초연결 사물인터넷 기술<sup>28)</sup>

□ 중점과학기술 개요

- 인공지능 기반의 지능체계와 연계하여 상황인지 및 최적 자율 제어 기반의 지능 서비스를 제공하고, 물리적 세상과 가상공간을 초연결하는 지능형 사물인터넷(IoT) 및

28) 과학기술정보통신부, KISTEP, 2018년 기술수준평가, 2019.04

## 디지털 사이버 인프라 기술

### □ 주요국 기술수준 및 격차

<표 38> ‘초연결 사물인터넷 기술’ 전문가 델파이 조사결과

국가	기술수준·격차			연구단계역량		연구개발 활동경향
	수준(%)	격차(년)	그룹	기초	응용개발	
한국	82.0	1.8	추격	보통	우수	상승
중국	78.0	2.3	추격	보통	우수	상승
일본	87.0	1.5	추격	우수	우수	상승
EU	90.0	0.8	선도	우수	우수	상승
미국	100.0	0.0	최고	탁월	탁월	상승

### □ 주요국 연구단계 역량 평가



[그림 41] ‘초연결 사물인터넷 기술’ 연구단계 역량

### □ 한국의 기술수준 및 격차 판단

- 디바이스, 플랫폼, 네트워킹 기술, 서비스 기술 등에서 강세를 보이거나 원천 핵심 기술에서 부족. 일본, 중국 대비 강세와 약세를 보이는 면이 있으나 전반적으로 보면 격차가 별로 없음
- 정부 주도의 차세대 유무선 통신 네트워크(5G)와 IoT분야의 지속적 R&D 투자가 이루어지고있음

## 3) 시사점

### □ 철도안전을 포함한 철도기술 전반에 대한 델파이조사를 통한 기술수준 검토

- 철도안전분야 최고기술 보유국은 일본과 프랑스가 있으며, 최고기술 보유국 대비 국

내 기술수준(%)은 평균 약 79.3%, 기술격차는 약 5.7년

- 철도기술의 분야별 기술수준 조사결과에 따르면, 기술수준은 약 76%~90% 수준으로 조사되었으며, 철도시설 중 전철/전력 분야의 기술수준이 90% 수준으로 가장 높은 기술수준으로 조사됨
  - 철도안전분야 기술격차 해소방안으로 원천기술 확보나 연구인력 확보 등을 우선적 고려 필요
- KISTEP에서 수행한 120대 국가전략기술 중 철도안전관리와 밀접한 9개 핵심기술에 대하여 기술수준을 검토함
- 건설·교통에서는 철도안전관리와 관련하여 8. 빅데이터 기반 국가 인프라 예방적 유지관리 기술, 재난안전에서는 12 복합재난 스마트 예측·대응기술, 13 범죄·테러 통합 지능형 예측·대응시스템 기술 2개 기술, ICT 및 SW 분야에서는 108. 지능형 빅데이터 분석 및 활용 기술 등이 본 기획과 직접적인 관련이 됨
  - 검토대상인 스마트 철도안전관리의 구현을 위한 기반기술은, 기술별로 기초분야는 최고 기술보유국 대비 평균 76% 수준이며, 약 3.8년의 기술격차를 나타내고 있음
    - 빅데이터 기반 예방적 유지관리 기술분야는 선도국 대비 77% 수준으로, 최근 국내도 활발한 연구개발이 이루어지고 있음
    - 재난 스마트 예측/대응 기술분야는 선도국 대비 70% 수준, 재난에 대한 기초연구가 부족함
    - 지능형 빅데이터 분석 및 활용부문의 기술분야는 선도국 대비 70% 수준으로 데이터 공유 벽의 한계에 대한 규제 완화를 통하여 기술수준 향상 가능함
    - 인공지능, VR/AR, 지식정보 보안, IoT 등 4차산업기술분야는 선도국 대비 80% 수준을 상회하고 있는 추격형으로 볼 수 있으며, 일부 대기업과 국가 주도의 대규모 투자가 이루어지고 있음. 해외에도 기술개발 및 투자가 활발함에 따라 지속적인 투자와 기술개발 지원이 필요함

---

## 제2절 국내 철도안전관리 현황 및 이슈

### 1. 국내 철도 운영 현황

#### □ 철도 운영 노선 현황

- 최근 지속적인 철도운영노선의 개통과 신규 철도운영기관의 증가로 철도노선 지속 증가 중
  - 철도운행 노선은 2015년에 116개 연장은 4,516.8km에 달하며, 2018년말에는 4,931km로 증가하였고, 향후 계속 증가할 예정

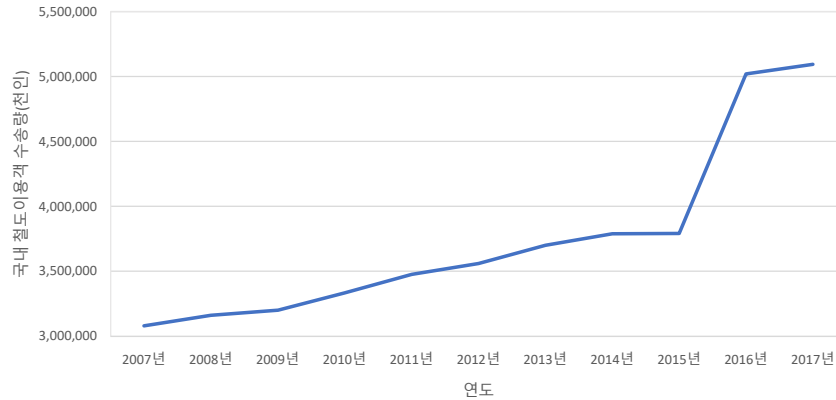
<표 39> 국내 철도 영업노선 및 역사 현황(2018.12월 기준)

유형	운영주체	노선	역사	철도거리(km)
합계				4,931.2
○ 고속철도	철도공사	7	41	596.3
○ 일반철도	철도공사	89	656	3,481.4
○ 도시철도		19	580	603.2
- 서울	서울교통공사	8	277	300.1
- 부산	부산교통공사	4	114	115.2
- 대구	대구도시철도	3	91	88.4
- 인천	인천교통공사	2	56	58.5
- 광주	광주도시철도	1	20	20.5
- 대전	대전도시철도	1	22	20.5
○ 민간철도		11	127	250.3
- 수서고속철도	SR (전용구간)	2	3	60.9
- 공항철도	공항철도	1	12	58.0
- 서울	메트로9(1,2단계)	1	30	31.5
- 서울	경기철도	1	6	12.8
- 서울	신분당선	1	6	18.5
- 부산 김해	부산김해 경전철	1	21	22.4
- 서울	의정부 경전철	1	15	10.6
- 인천	인천공항	1	6	6.1
- 용인	용인경량전철	1	15	18.1
- 서울	우이신설경전철	1	13	11.4

출처: “제3차 철도안전종합계획 (수정계획) 수립연구” 용역보고서, 2019

□ 철도 이용객 수송 현황

- 철도운영노선의 개통과 신규 철도운영기관의 증가로 철도이용객은 매년 증가 추세
  - 연간 철도 이용객은 50억명으로 5천만 국민이 연간 약 100회 이용하는 셈



[그림 42] 철도 이용객 수송실적

- 국내의 여객밀도(여객1억인km/영업거리)는 세계 최고 수준이며, 여객1억인km를 선로연장으로 환산한 운행밀도도 세계 최고 수준임

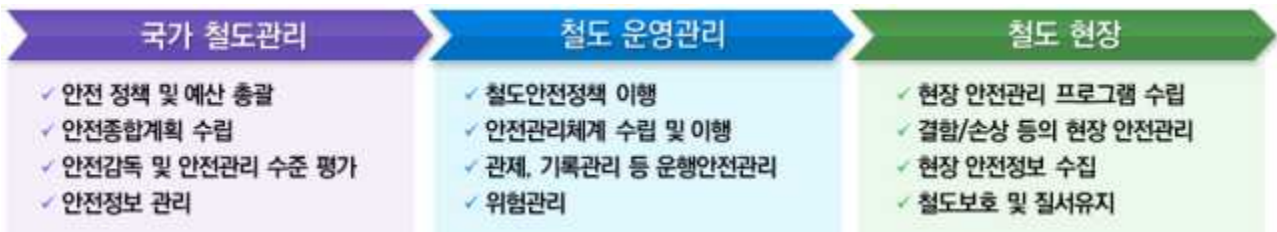


[그림 43] 국가별 여객밀도 및 열차 운행 밀도 비교

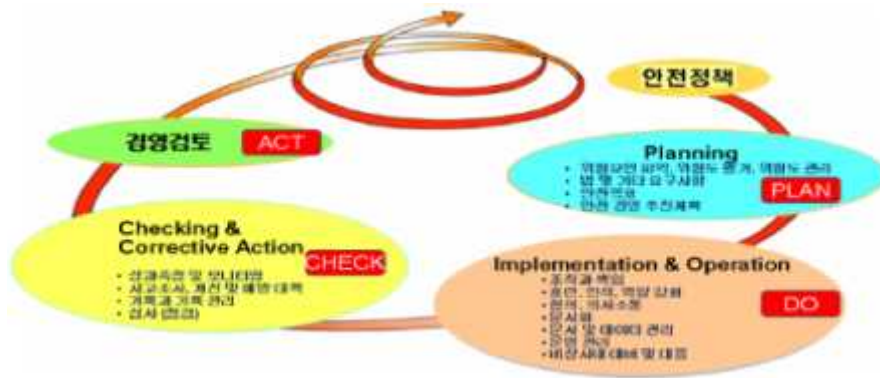
- 운행밀도는 열차 간 운행 간격이 조밀하고 여객밀도는 열차의 1편성에 보다 많은 여객이 탑승하고 있음을 의미하므로, 비상상황이 발생 시 신속한 대응이 되지 않을 경우 대형인명 피해로 연결 가능성이 큼

## 2. 국내 철도 안전관리 현황

- (관리 주체) 철도안전관리는 국토교통부를 주무부처로 하여 한국교통안전공단, 한국철도기술연구원, 철도운영자 및 시설관리자 등에 의해 이루어지고 있음
  - (국토교통부) 국내 철도안전관리 정책 수립 및 현황 총괄 관리
  - (한국교통안전공단) 안전관리체계 기술기준 관리, 안전관리체계의 검사 및 승인 등을 담당
  - (한국철도기술연구원) 철도차량 및 시설의 기술기준을 관리하고, 차량용품에 대한 제작자 검사, 형식승인 및 완성차 검사를 수행하고 차량 표준규격의 관리 및 차량 개조승인에 대한 검사 등 담당
  - (철도시설 및 운영기관) 철도안전정책 이행 및 안전관리체계 유지로, 안전정보 및 안전 서비스 제공



- (관리 범위) 철도안전관리는 철도안전관리체계, 열차운행체계 및 유지관리체계로 구성 (「철도안전법」 철도안전관리체계 기술수준)
  - (철도안전관리체계) “철도운행 및 철도시설관리는 국민안전에 직접적인 영향을 주며, 철도의 운영 및 철도시설을 관리하기 위한 인력, 시설, 장비, 운영절차 및 비상대응 계획 등의 유기적 체계”로 정의하며, P→D→C→A(Plan, Do, Check, Act) 체계를 기반으로 함



[그림 44] 철도안전관리체계의 PDCA 및 지속적인 안전개선 개념  
 (출처: 국내 철도안전관리체계 개선에 관한 연구(2008), 한국철도학회)

- (열차운행체계) 열차의 안전운행을 위한 열차운행 조직·인력, 열차운행 방법·절차·계획, 승무 및 직무, 철도관제, 철도보호, 질서유지 및 운영기록 등에 관한 유기적인 체계
- (유지관리체계) 철도차량 및 철도시설의 안전을 확보하기 위한 철도차량, 노반, 궤도, 건축, 전철전력, 신호, 통신 분야의 점검, 보수, 교체 및 개량 및 개조 등 유지관리에 관한 유기적인 체계

<표 40> 국내 철도안전관리 범위

체계	대분류	소분류
철도안전 관리 체계 (SMS)	철도 안전경영	철도안전관리시스템(SMS) 프로그램, 안전경영방침, 안전목표, 안전계획, 안전경영 검토, 역할과 책임
	문서화	문서화 및 관리
	위험관리	위험도 평가 및 관리, 안전대책, 변경관리
	요구사항 준수	요구사항 파악, 요구사항 변경관리, 요구사항 준수
	사고 조사 및 보고	사고 및 장애 보고, 사고 및 장애 조사, 재발방지대책
	내부점검	내부 심사, 내부 점검 및 모니터링, 내부 심사·점검·모니터링 결과관리
	비상대응	비상대응계획, 비상대응훈련, 사이버 테러
	교육훈련	인적자원관리 프로그램, 교육훈련
	안전정보	안전정보 관리, 위험보장
	안전문화	안전 지도력, 안전문화 증진
열차운행 체계	운행안전관리	열차운행 조직·인력, 열차운행 방법·절차, 열차운행 계획, 승무·역무, 철도관제, 철도보호·질서유지, 열차운행 기록관리, 계약자 관리
유지관리 체계	유지관리	유지관리 프로그램, 유지관리 조직 및 인력, 유지관리 방법·절차, 유지관리 이행계획, 유지관리 기록관리, 유지관리 설비·장비, 유지관리 부품, 철도차량 제작 감독, 계약자 관리

- (관리 결과) 한국교통안전공단은 각 운영기관을 대상으로 철도안전관리체계(SMS)의 정기·수시검사를 시행 중이며, 시정조치사항이 지속적으로 발굴되고 있는 중
  - 한국교통안전공단은 2015년부터 2019년까지 철도안전관리체계 정기 및 수시검사를 수행하여 한국철도공사 등 철도운영자 및 철도시설관리자를 대상으로 시정조치사항 2,358건을 발굴
    - 2019년 철도안전관리체계 정기검사 결과 373건의 시정조치사항 중 철도안전관리시스템(SMS) 분야 99건(27%), 열차운행체계 65건(17%), 유지관리체계(철도차량) 분야 47건(13%), 유지관리체계(노반·궤도·건축) 분야 72건(19%), 유지관리체계(전철전력·신호·통신) 분야 90건(24%)로 전 분야에 걸쳐 다양한 안전 문제가 발굴됨
    - 2019년 철도안전관리체계 수시검사 결과 88건의 시정조치사항 중 철도안전관리시

스팀(SMS) 분야 5건(6%), 열차운행체계 43건(49%), 유지관리체계(철도차량) 분야 9건(10%), 유지관리체계(노반·궤도·건축·전철전력·신호·통신) 분야 31건(35%)로 전 분야에 걸쳐 다양한 안전 문제가 발굴됨

<표 41> 철도안전관리체계 사업내용 및 검사내용

사업내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 검사대상기관 : 철도운영자, 철도시설관리자</li> <li>○ 검사주기 : 1년 1회 정기 또는 수시</li> <li>○ 검사반 구성 : 공단 검사관, 외부 전문가</li> </ul>
주요 검사내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 승인받은 안전관리체계의 지속적 유지 여부</li> <li>* 안전관리체계 : 인력, 시설, 차량, 장비, 운영절차, 교육훈련 및 비상대응계획 등 철도차량 및 철도시설의 안전관리에 관한 유기적 체계</li> <li>○ 철도사고 및 운행장애 예방, 재발방지</li> <li>○ 검사분야(9개 분야) : 안전관리, 철도운영, 철도차량, 노반, 궤도, 건축, 전철전력, 신호, 통신</li> </ul>

○ 8년간 철도안전관리체계 정기검사 시정조치 발행 현황

- 철도안전관리시스템(SMS) 분야는 총 575건의 시정조치 발부 사항 중 ‘비상대응훈련’에서 41건(9.2%)으로 가장 많은 시정조치 사항을 확인하였으며, 비상대응계획(37건, 8.3%), 교육훈련 시행 및 평가(34건, 7.6%)의 순으로 시정조치 사항이 발생
- 열차운행체계 분야는 총 335건의 시정조치를 발부되었으며, 철도종사자 관리에서 66건(19.7%)으로 가장 많았으며, 승무(34건, 10.1%), 열차운행 인력의 적격성(28건, 8.4)의 순으로 시정조치 사항이 파악됨

<표 42> 8년간 철도안전관리체계 정기검사 시정조치 발행 현황

구 분	2015년		2016년		2017년		2018년		2019년		2020년		2021년		2022년		계/ 비고	
	총계	기관 평균	총계	기관 평균	총계	기관 평균	총계	기관 평균	총계	기관 평균	총계	기관 평균	총계	기관 평균	총계	기관 평균		
시행기관	10		17		20		20		21		23		22		22		155	
계	550	55.0	451	26.5	401	20.1	339	17.0	373	17.8	386	16.7	383	17.4	333	15.1	3,216	
철도안전관리 (SMS)	98	9.8	94	5.9	81	4.1	75	3.8	99	4.7	52	2.3	45	2.0	31	1.4	575	
철도운영	62	6.2	84	5.3	62	3.1	62	3.1	65	3.1	52	2.3	34	1.5	17	0.78	438	
유지 관리	철도차량	63	6.3	71	4.4	52	2.6	55	2.8	47	2.2	49	2.1	30	1.4	17	0.78	384
	시설	168	16.8	71	4.4	110	5.5	79	4.0	72	3.4	89	3.9	81	3.7	57	2.6	727
	전기	159	15.9	131	8.2	96	4.8	68	3.4	90	4.3	97	4.2	72	3.3	54	2.5	767

- 유지관리체계 분야는 유지관리 기준을 준수하지 못한 문제점이 가장 많이 확인되었고, 총 1,332건 중 유지관리 기준에서만 501건으로 유지관리체계 전체 37.2%의 시정조치 사항을 발부됨
  - 유지관리체계를 다시 철도차량과 시설(노반/궤도/건축), 전기(전철전력, 신호, 통신)로 크게 세 가지 분야로 구분됨
  - 철도차량 분야는 총 288건의 시정조치 중 유지관리 기준이 77건(26.7%)으로 가장 많았으며, 유지관리 결과의 활용(31건, 10.8%), 철도안전 주요부품 등의 관리(23건, 8.0%)의 순으로 시정조치사항이 파악됨
  - 시설분야(노반/궤도/건축)는 총 500건의 시정조치사항 중 유지관리 기준 준수가 205건(50.0%)으로 가장 높게 나타났으며, 철도보호지구 안에서의 행위제한(36건, 7.2%), 운행선 작업 또는 공사(24건, 4.8%) 순으로 시정조치사항이 파악됨
  - 전기분야(전철전력/신호/통신)는 총 544건의 시정조치 사항 중 유지관리기준항목이 219건(40.3%)으로 가장 높게 나타났으며 유지관리 이행절차(61건, 11.2%), 유지관리 인력의 적격성(37건, 6.8%)의 순으로 시정조치사항이 파악됨
- 8년간 철도안전관리체계 수시검사 시정조치 발행 현황
  - 최근 5년간 415건의 수시검사 시정조치 중 유지관리 기준 위반 48건, 운행선 작업 또는 공사 위반 18건, 사고 시 안전조치 위반 15건, 기관사 승무 시 위반 10건 등의 순으로 시정조치 발부됨
  - 철도안전관리 분야에서는 조직개편에 따른 변경승인 절차 미준수, 정기·특별안전교육 미 시행, 「동력차 운전실 영상기록장치 관리·운영 내규」 안전관리체계 승인 미 시행, 위험요인 목록 관리 및 정기 위험도 평가 절차 미준수, 비상대응훈련 시 비상대응훈련 시나리오 선정 부적합 등으로 수시검사가 수행됨
  - 법령 개정 등에 따른 요구사항 파악을 준수하지 못한 사항, 위험도평가 절차 미 시행, 철도사고·운행장애 발생에 따른 재발방지 위반 등 안전관리체계를 준수하지 않아 시정조치가 발부됨

<표 43> 8년간 철도안전관리체계 수시검사 현황

년도	수시검사 건수	시정조치사항(건)				소계
		SMS	운영	유지관리		
				차량	시설·전기	
2015년	1	1	1	1	2	5
2016년	9	-	4	2	8	14
2017년	25	13	27	14	15	69
2018년	18	18	27	3	20	68
2019년	30	5	43	9	31	88
2020년	28	6	23	15	26	70
2021년	32	5	22	18	17	62
2022년	33	4	15	7	13	39
합 계	176건	52	162	69	132	415

<표 44> 5년간 사고(이슈)별 철도안전관리체계 수시검사 현황

구 분	수시검사 건수	시정조치사항(건)				소계	
		SMS	운영	유지관리			
				차량	시설·전기		
합 계	83	37	102	29	76	244	
철도사고	열차충돌	4	-	10	-	-	10
	열차탈선	22	7	22	6	26	61
	종사자사상	9	5	16	-	1	22
	여객사상	2	-	1	3	-	4
	시설파손	1	-	2	-	-	2
	소계	38	12	51	9	27	99
운영장애	차량고장	6	-	5	5	2	12
	시설/전기	16	11	21	4	24	60
	동물침입	3	-	2	-	1	3
	소계	25	11	28	9	27	75
기타	최초승인	5	11	6	7	21	45
	사회적이슈	7	-	7	2	1	10
	특별점검	5	3	3	2	-	8
	기타	3	-	7	-	-	7
	소계	20	14	23	11	22	70

- 철도운영 분야에서는 장비 운전원 출발 전 열차점검 미시행, 모터카 운행 시 제한 속도 미 준수, 열차운행 중 이례상황 발생 시 관제통보 미흡, 무자격자 관제업무 금지, 안전요원 미 승차로 초동조치 미흡 등으로 수시검사가 수행됨

※ 열차운전, 승무 등 인적오류에 의한 안전관리체계를 위반사항 대부분으로 시정조치가 발부됨

- 철도차량 분야에서는 화차 축상 발열상태 확인절차 미준수, 컨테이너 화차 적하작업 시 화차 손상, 롤고무스프링의 전반검사 유지관리기준 미준수, 팬터그래프 변형상태 출고로 발생한 급전장애 재발 방지 절차 미 준수, 고속철도차량의 동력차 냉난방장치의 유지관리 결과의 활용 절차 미 준수, 유지관리 결과의 활용을 위한

RAMS 데이터 관리 미흡, 중정비 계약자에 대한 유지관리 결과 확인 미흡 등으로 수시검사가 수행됨

- 유지관리 기준, 유지관리 결과의 활용, 재발방지, 유지관리 이행절차, 유지관리기록 등 점검 주기 위반, 점검항목 누락 등 유지보수 점검을 하지 않아 시정조치가 발부됨

- 철도시설 분야에서는 비상방수문 기계실 출입절차 미준수, 차량기지 불량침목교환 미시행, 측선 궤간틀림기준 초과개소에 대한 유지보수 미시행, 유도배수동판 탈락 관련 재발방지대책 준수 미흡, 궤도 주행로 검측장비 검·교정 주기 미설정, 장비 유지관리 인력의 적격성 미 준수, 특수차 점검항목 전산시스템에 누락, 특수차 정기 검수 미시행, 특수차 제동장치 외주검수 미조치 등으로 수시검사가 수행됨

※ 유지관리기준 위반, 운행선 작업 및 공사 절차 미 준수, 철도사고·운행장애에 대한 재발방지대책 미 준수 등 안전관리체계를 준수하지 않아 시정조치가 발부됨

- 철도 전기분야에서는 디지털 회전분배장치에 대한 점검방법 및 점검기준 마련, 회선분배기 자동절체 기능 보완 방안 마련, 무정전전원장치 방전시험·내부저항 유지관리 기준 준수, 보호계전기 동작상태 안전기준의 준수, 전력관제 SCADA 경보확인·조치 철저 및 장애조치 매뉴얼 준수, 선로전환기 장치 회로제어기/제어계전기 동작 상태 점검 미시행, 전철보수장비 유지관리 미흡, 전차선로 가동신축상태 점검 미시행, 휴대용무전기 개별통화 녹취불가 등으로 수시검사가 수행됨

※ 유지관리 기준의 미수립, 유지관리 미흡, 법령에서 요구하는 요구사항의 미반영 등 안전관리체계를 준수하지 않아 시정조치가 발부됨

□ (안전관리시스템 운영) 국내 철도운영사는 전사적 자원관리시스템(ERP)을 이용하여 안전활동을 수행 중이나, 대부분 이력정보 시스템으로 안전관리활동에 요구되는 위험도 분석 등의 기능은 미흡

<표 45> 국내 운영기관 철도 관련 정보시스템 구축 현황

운영기관	시설/장비	전동차	운행	고장	정비	부품/자재	위험도 분석 등 안전분석
한국철도공사	○	○	○	○	○	○	
서울교통공사	○	○	○	○	○	○	
서울메트로9호선	○	○		○	○	○	
공항철도	○	○		○	○	○	
인천교통공사	○		○		○		
신분당선	○	○	○	○	○	○	
의정부경전철					○		
대전도시철도	○			○	○		
부산교통공사	○	○	○	○	○	○	
대구도시철도			○	○	○		
광주도시철도				○	○		

- 개발시스템은 대부분 유지보수업무에 특화된 시스템으로 철도안전법 철도안전관리체계 기술기준과 국토교통부 “철도 위험도평가 가이드라인”의 요구사항은 운영사 내부적으로 문서화되어 있으나, 정보시스템에 반영되어 있지 않으며, 대부분 수작업으로 진행
- 대부분이 이력정보 시스템으로, 안전관리활동에 요구되는 위험도 분석 등의 기능은 미비
  - 식별된 위험요인과 위험 기록대장, 사고자료 등이 모두 Excel 또는 개별적 문서 형태로 보관·관리되고 있어, 운영사의 전사적 차원의 위험관리와 식별이 어려운 상태임
  - 현재는 위험요인의 전파로 사고로 진전되는 과정이 생략되어 위험요인의 발생으로 인한 잠재적인 사고를 파악하기 어려우며, 특히 철도안전법 철도안전관리체계 기술 기준에서 정의하고 있는 안전방벽 작동 및 안전방어벽의 실패상황을 확인할 수 없음
  - 또한, 위험요인의 대부분은 부품 BoM(Bills of Material)에 해당되는 것으로 사건의 대상을 의미하는 것이고, 고장, 파손, 변형, 인적요인 등에 대한 원인이 생략되어 위험사건과 위험요인의 원인을 파악하여 안전방벽 및 대책마련이 어려운 상태임

### 3. 국내 철도 안전관리 이슈

#### □ 단편적 안전관리로 철도안전관리체계 실효성 미흡

- 열차 충돌·탈선·화재 등 열차사고는 대형인명 피해 발생 우려가 큰 바, 인적관리, 차량·시설·운행관리 등 철도안전관리 전반에 대하여 진단하여 사전 예방체계를 구축하고, 사고 발생 시 신속한 대응을 위한 시스템을 정립하여야 하나, 각 운영사는 개별 분야별 단편적 안전관리에 머무르고 있는 실정

※ 주요사고 : '81년 경산 열차 충돌사고(사망 55명, 부상 233명) , '93년 구포역 열차 탈선사고(사망 78명, 부상 107명), '03년 대구지하철 화재사고(사망 192명, 부상 148명)

- 운영자 중심의 자발적 안전관리를 위해 안전관리체계를 도입('14.3)하였으나, 기준 마련 등 문서화를 중심으로 구성되어 있어 현장에서의 이해도가 낮아 동 체계대로 이행되지 않고 있고, 이에 따라 사고·장애 감소에 기여하지 못하고 있음

※ '18년 정기검사 결과, 시정조치 296건 중 218건(73.6%)이 기 승인된 절차대로 이행하지 않은 사항(시정명령)들과 관련됨

- 철도연장과 신규 운영사가 증가하고 있으며, 철도안전관리체계 승인 제도의 정착, 철도 관제 관리·감독 강화 등을 위해서는 철도안전감독 효율성의 제고 필요

※ 철도연장 1km 당 감독관 수 : 영국 0.008명, 일본 0.006명, 한국 0.003명

- 「철도안전관리체계 기술기준」에 따라 철도운영자는 위험관리 조직을 구성하고 위험도 평가를 시행('14~)하고 있으나 위험도 분석 전문가가 부족하고 방법에 대한 경험·능력이 축적되지 않아 내실 있는 평가 및 활용이 곤란

※ 도시철도운영사 기관장 협의체 회의('16.5) 시 위험도 분석 전문가 양성 교육 프로그램과 표준화된 전산 프로그램 개발·보급을 요청

- 경험·전문인력 부족 등의 이유로 위험관리에 소홀하다는 지적에 따라 안전관리체계의 핵심요소인 위험도 평가에 대해 국토교통부는 '18년 7월에 「철도운영자 위험도평가 실태점검」을 실시하였고, 실태점검을 시행한 운영기관에 대해 다음과 같은 문제점을 공통적으로 제시

□ 사고사례 분석 및 현장에의 환류 체계 미흡

- 탈선, 충돌, 화재 등 열차사고 발생 시 지속적인 안전대책 및 조치를 하고 있으나 사고사례에 대한 분석과 현장에의 환류가 부족하여 동종사고가 지속적으로 발생
  - ※ (철도공사) 차륜파손으로 인한 화물열차 탈선이 '13년에만 3건이 연속 발생하였으며, 최근 11년 동안 동일한 원인으로 사고 6건 발생
- 철도안전종합포털(교통공단 관리)을 통해 철도사고, 장애 등의 통계를 관리하고 있으나 철도운영자가 보고한 내용을 취합만 하는 수준으로 사고 추세와 근본적 원인에 대한 분석이 부족
  - 국가에 보고하여야 하는 사고 등의 기준이 높아 국가 통계·분석의 실효성이 낮음 (연간 300여건 보고)
  - 운행 장애에 포함되어 있는 '위험사건'의 경우 보고사례가 적어 사고로 발전할 위험이 있는 요소에 대한 분석에도 한계
    - ※ 보고건수 : '11년 1건, '12년 0건, '13년 1건, '14년 0건, '15년 2건
- 운영자의 전반적 안전관리 수준에 대한 외부 평가 및 이에 따른 인센티브·페널티가 부족하여 운영자가 적극적으로 안전관리 수준을 높일 유인이 부족

## 제3절 주요국 철도안전관리 사례

### 1. 유럽

- 유럽 선진국의 경우 최근 10년간 철도 안전성이 2~7% 수준으로 개선되었고, 동구권 국가는 10년간 사고건수가 50% 감소하는 등 유럽 전반적으로 철도안전이 지속 개선되고 있는 중
  - EU 내 중대 철도사고 : '07년 3,800건, 1,517명 사망 → '15년 1,808건, 953명 사망 (출처 2018 EU 철도안전성능 보고서)
- 이러한 배경에는 유럽철도국(ERA) 주도로 법/규정 강화, 정보시스템 운영 등 철도 안전관리체계 고도화를 위한 정책적 노력이 있었음
  - '18년 6월부터 「유럽철도안전법(Directive (EU)2016/798)」이 의무 시행되며, 유럽 철도안전법(Directive 2004/49/EC)이 2020년 6월 자동폐기 예정
  - 유럽철도안전법(Directive (EU)2016/798)의 주요 개정내용
    - 유럽내 개별 국가의 기술표준의 기초가 되는 개별 국가의 규정은 공통안전 목표와 공통안전 방법론, 상호운영을 위한 기술사양 등으로 대체
    - 이를 준수하지 못하는 개별 국가의 모든 규정을 폐지하고, 이를 만족하는 규정으로 개정후 모든 회원국에게 공유, 공개하여 투명성을 확보
    - 안전관리의 역할과 책임에 대한 명확한 분담이 포함되며, 철도시설관리자, 유지보수자, 운영자, 차량관리자, 역사관리자, 위탁기관, 전문기관의 역할이 기술
    - 1개 국가에서 인증된 사항에 대해서는 단일 인증이 전체 유럽에 공통으로 적용되며, 요건을 충족하면 중복된 2중 인증을 방지
    - 인증으로 인해 안전수준이 저하되거나, 비용이 증가하지 않도록 하며, 국가간 협력하여야 함
    - 철도사고 조사와 관련한 세부적인 기준을 명시하고 있어, 공정한 조사와 사고예방 대책 수립에 활용
    - 직원의 인적과실 예방을 위한 세부사항을 반영하며, 높은 수준의 교육과 자격 증명을 명시
    - 안전규제, 감독을 위한 회원국의 활동을 조율하고, 국가간 의무를 침해하지 않는 사

---

항을 기술

○ 국제철도 운행 및 자율경쟁 확대에 따른 안전규제의 전문화 추진

- NSA, NoBo, DeBo, AsBo, ISA 등 전문성을 갖춘 기관 운영을 통한 다자간 검증과 철도운영자의 자율성 보장

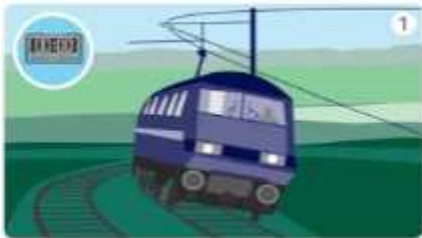
- NSA(National Safety Authority, 안전 감독, 승인, 규제 수행 국가조직)
- NoBo(Notified Body, 상호운영성 검사 전문기관, 유럽 철도국 공인)
- DeBo(Designated Body, 자국법령 충족 검사 기관, NSA 지정)
- AsBo(Assessment Body, 안전관리체계 검사 기관, NSA 지정)

- 규제, 관리, 감독, 승인 인력 확충과 인력의 전문성 검증·교육 강화

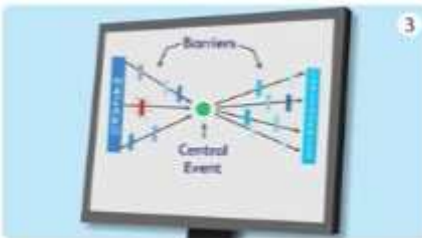
○ 안전관리 전문성 확보를 위한 안전정보, 준사고보고, 종사자 보고 시스템, 규제 정보 시스템 등 다수의 정보 시스템 운영

- EU 내 규제기관, 사고조사기관, 철도안전 전문기관 간 정기적인 교류와 정보공유
- 대형사고 예방을 위한 다양한 정보분석에 기반한 안전정책 수립
- 국가 간 열차운행 중 사고에 대비한 세부 안전기준, 종사자 관리 연구, 철도안전 빅데이터 기반의 안전관리 연구를 확대 중

- ① (00:00) 열차는 기반 시설물에 문제가 있음 인식      ② (00:10) 안전관리자는 경고를 받고 안전정보 시스템 내에서 정보처리 시작



- ③ (00:10) 안전정보시스템은 위험요인을 과학적 분석 모델을 사용하여 위험상황이 어떻게 확대 될 수 있는지, 어떤 방지 대책이 있는지에 대한 정보를 알기 쉬운 형태로 제공
- ④ (01:00) 종사자의 시설물의 상태 점검



⑤ (24:00) 안전관리자는 위협요인에 취약한 위치를 식별하기 위해 시스템의 도구와 정보를 사용하여 전체 네트워크의 위험 분석



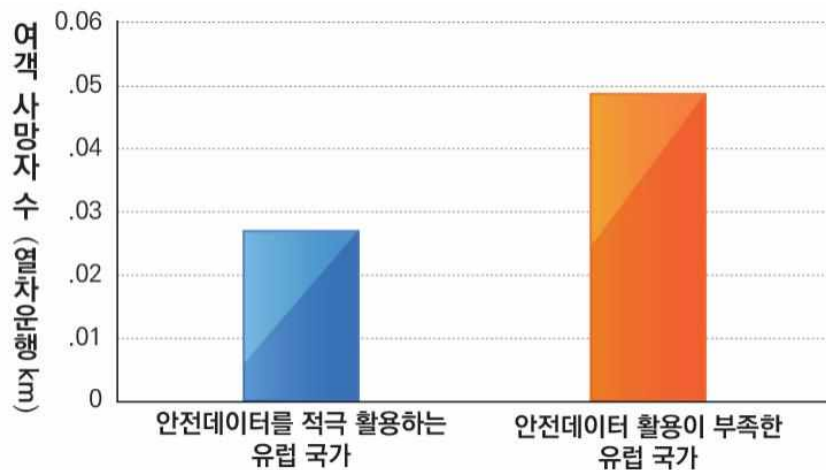
⑥ (7일후) 정부 및 의사결정자는 문제를 해결하기 위해 필요한 모든 정보를 보유하고 제한된 시간 내에 주요 기술적 및 전략적 결정



[그림 45] 영국 안전관리체계 사례

○ 유럽철도안전국(ERA, European union Agency for Railways)는 전체 유럽철도망의 예방중심 안전관리를 위한 철도안전 통합 데이터 구축과 위험도 평가에 관한 기획 프로젝트(2015-2019)<sup>29)30)</sup>를 진행하여 관련 기술 개발과 제도화 등의 후속 조치를 수행 중

- 유럽의 철도안전 선진국은 안전정보, 준사고보고, 종사자 보고 시스템, 규제 정보 시스템 등 다수의 정보시스템을 활용하여 유럽 내 다른 국가보다 안전율이 55% 이상 높음을 입증함<sup>31)</sup>



[그림 46] 철도안전데이터 활용에 의한 유럽 철도안전 국가간 안전 수준 비교

29) Big data in railways – Common Occurrence Reporting Programme, European Railway Agency(2016)

30) COR Final Report – Common Occurrence Reporting Project, European Railway Agency(2019)

31) Review of Data Quality and approach of the agency annual report–Impact Assessment, European Railway Agency(2015)

- 유럽, 영국 등 철도안전 선진국은 사고원인 중심 통계관리로 전환<sup>32)</sup>하여 대응하고 있으나 우리나라는 여전히 철도사고 결과를 중심으로 관리하고 있다는 점에서 관리상의 차이 존재
  - 유럽철도는 기본 사고범주의 범위를 확대, 사고전조로 인한 철도사고를 예방하기 위해 기존의 보고방식과 정보시스템을 개선하고, 유럽철도 전체의 위험도를 산출하기 위한 2016년부터 유럽철도는 공동사건보고 프로젝트(Common Occurrence Reporting Project) 추진
  - 영국 RSSB는 연간 약 75,000<sup>33)</sup>건의 정형 데이터와 위험상황 관련 연간 약 282,800건<sup>34)</sup>의 비정형 데이터를 수집하는데 비해 국내 철도는 연간 300여건의 사고·장애 정보를 수집하는 수준
    - ※ 국내 철도의 5년간 1억 km당 중대사고 발생건 수는 영국철도의 3배 수준(대한민국 31.7건, 영국 10.42건)
- 국제철도연맹(UIC)은 미래 철도시스템의 수용력, 접근성, 안전성, 지속성, 보안성, 연결성 등 9대 혁신방향을 설정 및 추진
  - UIC는 철도기술에 관한 국제적 표준의 확립이나 국제열차 운행 추진, 철도운영에 관한 지원 등을 수행하는 국제기구
    - 미래 철도시스템의 설계, 운영 및 유지보수 관리 등의 기반으로 활용하기 위해 혁신 방향을 9가지 항목(수용력, 접근성, 안전성, 지속성, 보안성, 연결성, 경제적 가치, 지속 가능한 개발, 성과)으로 설정
- UIC의 유럽 철도기술전략(rail technical strategy Europe)에서는 철도시스템의 세부 요소로써 철도신호제어(CCC), 인프라, 에너지 공급 및 소비, 정보관리, 철도인력, 보안, 안전의 7가지를 구성하고, 각각의 목표 및 세부 기술을 설정

32) 3차 종합계획 수정계획 보고서 p.33~34

33) Annual safety performance report 2017~18, RSSB

34) 2019년 10월 영국 RSSB 비정형데이터 건수에 대한 문의 답변

<표 46> 유럽 철도기술전략 내 철도시스템 요소별 목표(비전)

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ CCC : 상호 운용이 가능한 실시간 교통 운영으로 수송력 증대 및 에너지 절감</li> <li>▪ 철도 인프라 : 기술 및 운영혁신을 통한 타 운송수단 대비 경쟁력 강화</li> <li>▪ 에너지 공급 및 소비 : 에코 디자인을 통한 에너지 효율 향상 및 온실가스 저감</li> <li>▪ 정보 관리 : 효율적인 철도운영 및 승객 철도정보 제공</li> <li>▪ <b>철도 인력 : 효율적인 철도운영을 위한 체계적이고 전문성을 갖춘 철도 종사자 육성</b></li> <li>▪ <b>보안 : 승객 보안</b></li> <li>▪ <b>안전 : 승객의 안전 보장</b></li> </ul>
---

<표 47> 유럽 철도기술전략의 요소별 세부기술

철도 시스템 요소	세부 기술
철도 신호 제어 (Control Command and Communication) (CCC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 열차 위치검지를 위한 위성기반 서비스</li> <li>▪ 글로벌 적용 시스템을 위한 CCC요소의 표준화</li> <li>▪ CCC서브 시스템을 위한 인터페이스 향상</li> <li>▪ IoT 기반 스마트 네트워크</li> <li>▪ <b>유지보수비용 및 운영비용 절감을 위한 장거리 장애물 검지기술 표준화</b></li> </ul>
인프라 (Infrastructure)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>스마트한 철도 운영, 유지보수, 승객지원을 위한 무선통신 기술 및 운영방식 최적화</b></li> <li>▪ 기능성과 쾌적성을 갖춘 통합 환승 기반시설</li> <li>▪ 혁신적인 자갈 및 비자갈 선로 설계</li> <li>▪ 모듈화된 플러그 앤 플레이 시스템</li> <li>▪ 최적화된 소음진동 저감</li> </ul>
에너지공급 및 소비 (Energy Supply and Consumption)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 재생 및 대체에너지 기반 지속가능한 에너지 공급 기술</li> <li>▪ 스마트그리드 에너지 저장 기술</li> <li>▪ 통합 전력공급 운영 인프라</li> <li>▪ 에너지 소모 절감을 위한 green driving 기술</li> <li>▪ 높은 수준의 재활용을 위한 closed cycle waste system</li> <li>▪ 전자기파 침입 감소 기술</li> </ul>
정보관리 (Information Management)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 정보 플랫폼과 IT tool공유를 통한 철도서비스 제공자와 타 운송수단 간의 실시간 정보교환</li> <li>▪ 지속적인 높은 속도의 데이터 제공으로 승객 서비스 향상</li> <li>▪ 대기 없는 발권 시스템</li> </ul>
철도 인력 (Railway People)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 전문가 양성 프로그램 제공을 위한 유럽 전역에 걸친 훈련플랫폼 구축</li> <li>▪ 철도정보 제공 및 협업 구성을 위한 IT기반 지식 매니지먼트</li> </ul>
보안 (Security)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ IoT기반 응급상황 대처 시스템</li> <li>▪ 테러 및 사이버 공격 대비 지속적인 경계 시스템</li> </ul>
안전 (Safety)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>운영효율 향상, 안전, 승객 만족을 위한 CCC요소의 지속적인 성능 향상 및 자동화</b></li> <li>▪ 안전 인증을 위한 유럽 간 동의 절차</li> <li>▪ <b>철도 중요 요소들의 노후화에 대비한 지속적인 안전 대비책</b></li> </ul>

자료 : UIC, RAIL TECHNICAL STRATEGY EUROPE, 2014

- 국제철도연맹(UIC)의 Safety 데이터베이스는 인터넷에 접속할 수 있는 모든 컴퓨터에서 사용할 수 있는 인터넷 응용 프로그램이며, 국제 철도 안전 데이터베이스 역할

- 응용 프로그램을 통해 사용자는 철도사고 및 사고에 대한 이벤트를 입력하고 정보를 검색하고 다양한 통계를 수집
- 데이터베이스에 저장된 정보는 다음 작업에 사용
  - ※ Feedback 피드백을 제공하고 신속하게 정보 교환
  - ※ Safety 안전 사례 준비
  - ※ Statistics 통계 작성
  - ※ 다른 운송 수단과 관련하여 철도 위치를 결정
  - ※ 위험 평가 및 적극적인 안전 관리
- UIC 안전 데이터베이스의 목표는 철도 안전에 대한 정보를 수집하고 배포하여 철도 안전을 지속적으로 모니터링하고 벤치마킹 및 동향 분석을 수행
  - ※ 20개 유럽 국가에서 2만 건이 넘는 중대 사고가 안전 데이터베이스에 등록
  - ※ DB는 또한 치명적인 사건, 자살 및 자살 시도의 총 횟수를 등록
  - ※ 사고에 관한 공개 보고서는 매년 작성
- 유럽 철도국의 ERIIL(유럽 철도 사고 정보 링크) 데이터베이스는 유럽 연합 회원국과 여러 제3국(현재 노르웨이와 스위스)의 철도 안전과 관련된 정보가 모든 이해 당사자와 이해 관계자에게 접근 가능하고 투명하도록 보장
  - 철도 안전 지침 2004/49/EC 및 기관 규정 881/2004/EC 및 이후 개정안에서 철도운영 및 시설관리자는 철도안전정보에 대한 대중의 접근을 허용하고 정보를 제공하는 임무 부여
  - ERIIL 데이터베이스는 다음과 같은 기능 제공
    - ※ 철도 사고 조사 및 안전 권고 사항 발표 및 철도 안전 지침 제 24 조 (제 25 조 - 제 작성 지침)에 따라 기관에 보낸 조사 보고서의 기록유지 및 저장
    - ※ 안전 및 사고에 관한 국가 보고서 및 안전과 관련된 기타 관련 정보를 기반으로 한 안전 성능에 관한 격년제 보고서와 그러한 데이터에 진입하는 국가에 대한 공통 안전 지표 (CSI) 관리 수행
- 유럽철도국 ERA(European Union Agency for Railways)의 빅데이터 기반 안전데이터 수집을 위하여 `16년 10월 Technical Document로 Big Data in Railways를 게시

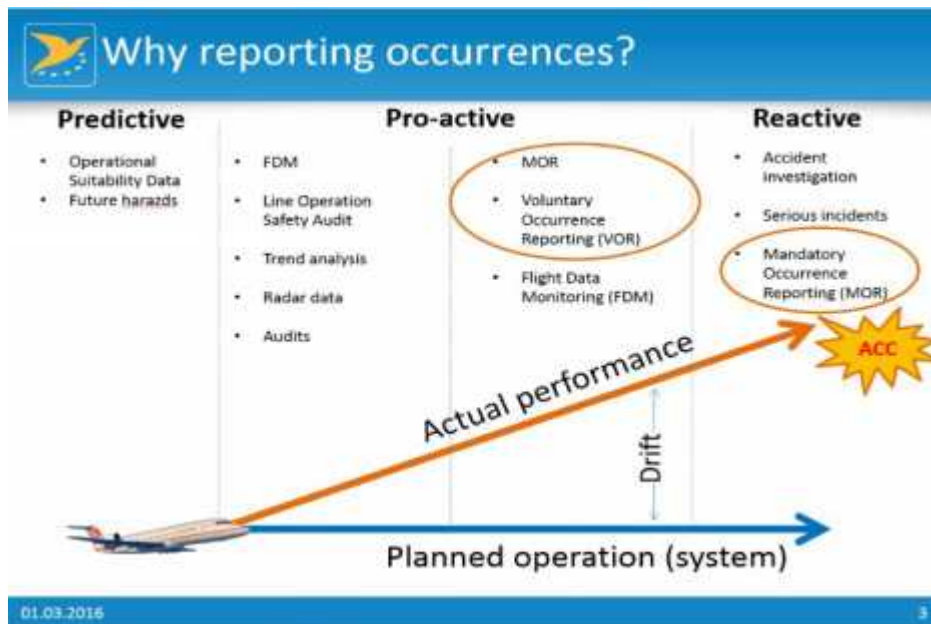
하여, 철도시스템에서 Big Data 활용에 대한 내용 제시

- ※ Big Data 기술을 통해 데이터 수집·분석
- ※ 공개된 텍스트 보고서는 텍스트 마이닝(Text Mining) 소프트웨어를 통해 분석
- ※ 데이터에서 정보가 추출하여 리스트 모델에 반영
- ※ 운영사의 SMS(Safety Management System)는 전사적 구조를 이용하여 모델링
- ※ 위험도제어방법들의 책임이 명확히 할당되고 책임지는 제어되는 위험도와 제어되지 않는 위험도 구분

- Big Data 기술과 위험도모델, SMS의 구조로 조합된 시스템을 통해 실시간으로 정해진 위험원 평가

- 철도시스템에서는 일반적으로 대형사고 데이터가 적기 때문에 리스크 모델을 수립하는데 많은 어려움이 있으므로 머신러닝(Machine Learning) 방법을 유사한 데이터에 활용하여 리스크 모델 구축의 필요성 제시

- EASA(European Aviation Safety Agency)가 과거데이터 분석과 새로운 사고 패턴 확인을 위해서 Big Data 기술로써 머신러닝을 활용한 예시이며, 이를 통해 계획단계 운용과 실제 운용간의 차이를 극복

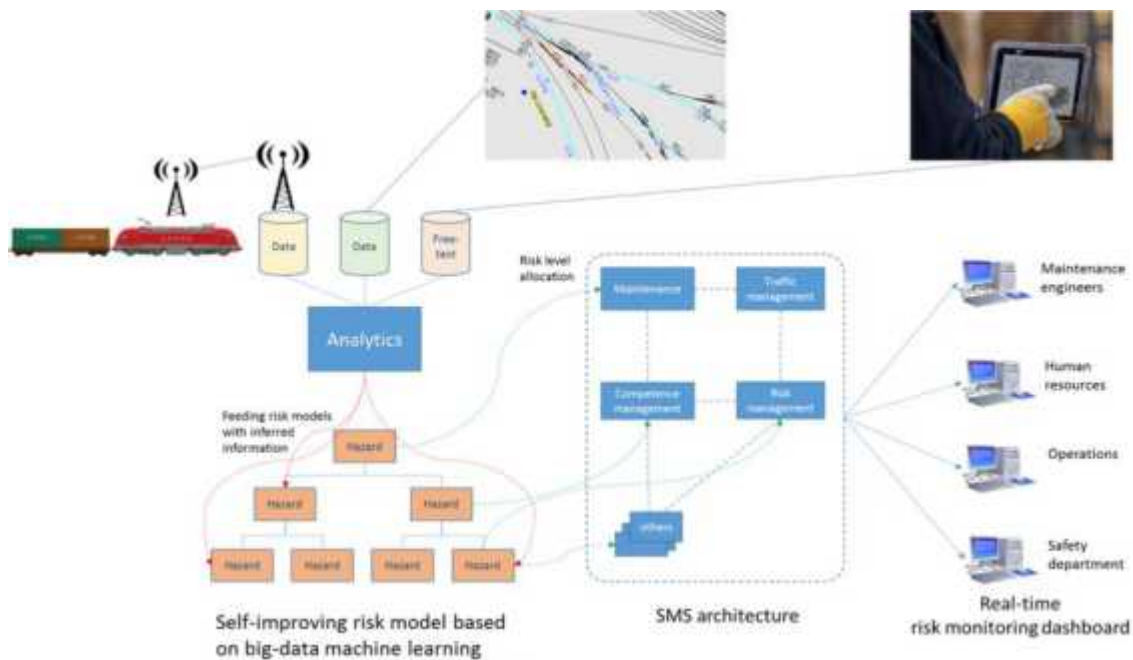


[그림 47] EASA의 머신러닝 적용 효과

- 철도 안전의 Big Data 활용을 위해서는 사고지표에 대한 정의 및 분류가 필요하

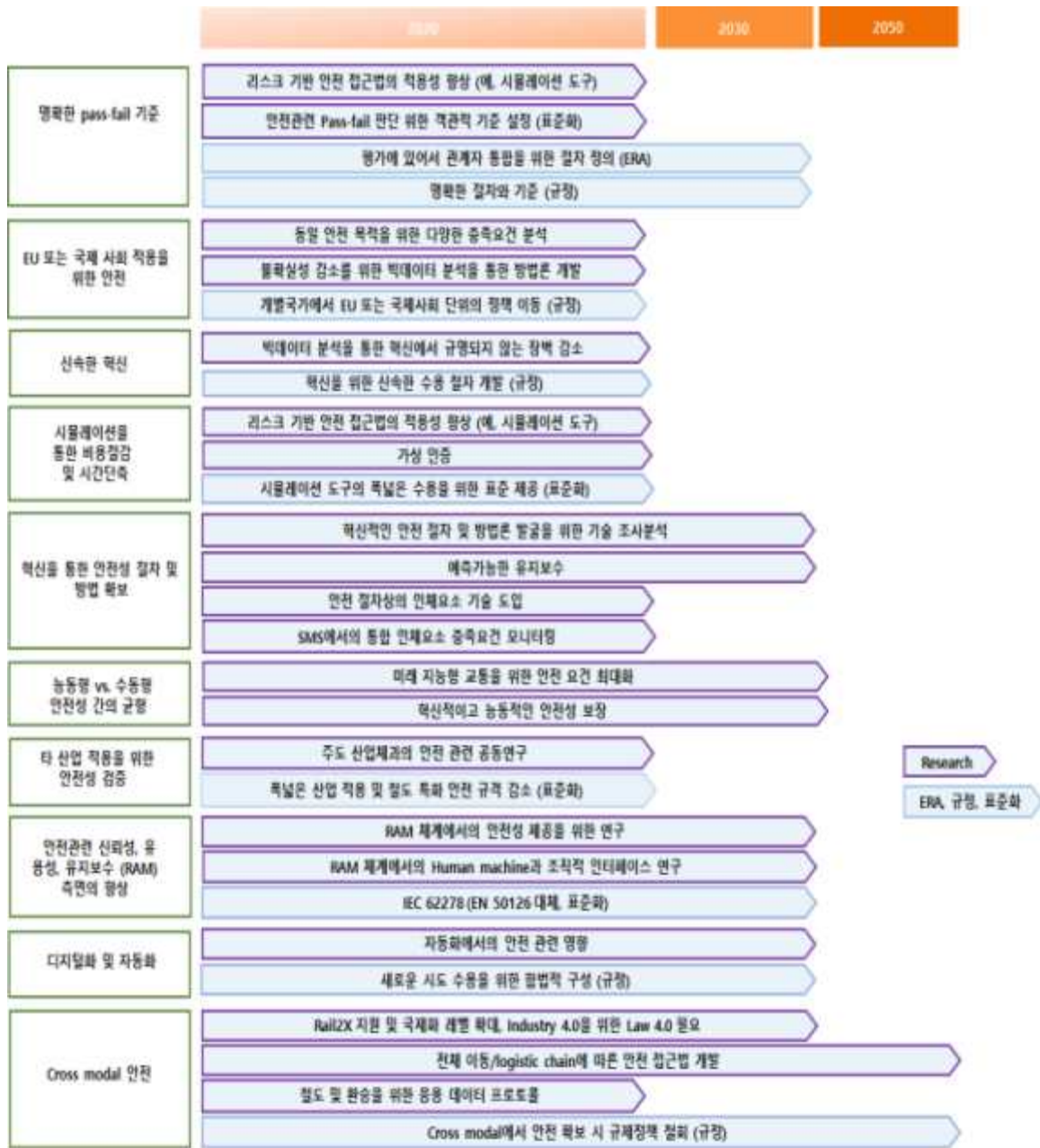
며, 이러한 사고지표는 발생횟수, 원인, 결과, 기타정보(시간, 위치, 날씨, 등등) 포함

- EU 데이터베이스에 저장된 데이터들을 활용하고 머신러닝 기법을 이용하여 새로운 리스크 모델 생성
- 최종적으로 제안하는 철도시스템의 Big Data 활용 구성되는 아래 그림과 같으며, 아래 구성에서 데이터는 항상 공유되고 분석되며 안전관리를 위해 사용



[그림 48] Big Data를 활용한 철도시스템

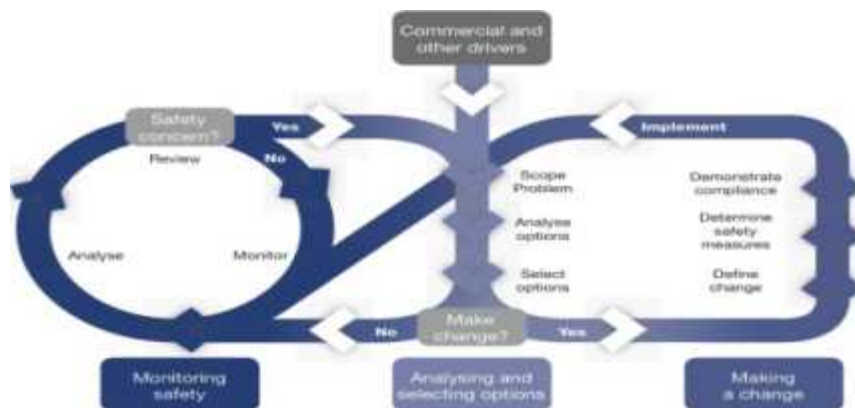
- 유럽연합 역내 국가 간 철도안전과 관련된 주요지표/정보의 투명한 공개 추진
  - 공통안전목표(CST), 공통안전지표(CSI)를 2008년부터 운영 및 국가별 사고통계자료를 공개
- 유럽 철도기술자문위원회(ERRAC)는 철도안전을 포함하여 10개 분야의 기술로드맵 수립
  - ERRAC는 유럽 차원의 혁신적 철도 기술개발 연구를 지원하고 경쟁력 강화를 위해 철도 이해관계자 각 45명 대표로 구성되어 설립된 유럽 기구로 2001년 설립



[그림 49] ERRAC의 2050기술로드맵 중 안전 분야 로드맵

## 2. 영국

- 영국 RSSB의 Big Data Risk Analysis (BDRA)는 RSSB에서 수행하고 있는 철도시스템의 위험도분석 및 안전관리의 새로운 방법 제시
  - 기본적인 안전관리시스템은 계획, 수행, 검토가 한 주기를 이루는 3가지 단계로 구성
    - 계획 단계- 위험도, 위험도 관리방안 정의
    - 수행 단계- 수행 및 수행 활동의 모니터링
    - 검토 단계- 모니터링 결과의 분석과 이를 통한 새로운 계획 수립
  - 최근에는 성숙된 안전활동으로 인해 사고사례가 감소함에 따라 3단계 주기의 활동이 어려워져 위험도분석에 어려움이 있어 향상된 위험도관리방안을 도출하기 위한 새로운 방법들이 요구
  - 이러한 문제점을 해결하기 위해서 RSSB에서 제시한 BDRA는 현재 모니터링기술의 빠른 성장에 대비하여 제시하고 있는 데이터 분석기반의 안전 및 위험도 평가 방법임
  - 현재 데이터 분석기반의 안전 및 위험도 평가 방법은 석유 및 핵 관련 산업에서 이미 활용되고 있는 방법으로 철도분야에서도 실시간 모니터링을 사상사고, 인프라 고장, 차량 고장 등에 대해서 지능적으로 대응하도록 활용하는 것을 목표로 함
  - 하지만 성숙한 BDRA를 구축하기 위해서는 많은 어려움이 있음
  - 대표적으로 철도시스템 관련 기관 간의 정보 공유, 통일관 양식을 기반으로 하는 데이터 관리 등이 있으며, 엔지니어와 관리자가 필요한 너무 많지 않은 적절한 데이터를 선정하는 것도 중요



[그림 50] RSSB에서 제시하는 BRDA

- BDRA는 첫 단계는 SMIS+(new Safety Management Intelligence System)에 의해서 이미 수행되고 있으며, SMIS+에서는 효과적인 안전보고 활동을 명시하고 있으며, 데이터 수집과 정보추출을 시스템에 의해서 쉽게 수행될 수 있도록 절차 제시
- SMIS+에서 제시하는 방법들은 데이터 분석에서부터 대응방안의 결정까지 요구되는 시간을 감소시켜 줌



[그림 51] SMIS+에서 제시하고 있는 데이터 수집을 위한 하위시스템

- RSSB는 SMIS+ 시스템 개발을 연구개발은 RSSB의 연구원이 담당하고, 연구개발을 제외한 시스템 구축을 위해 약 4,900천 파운드(약 75억)를 투자<sup>35)</sup>

※ 기존 운영하던 SMIS(Safety Management Information System)을 SMIS+(new Safety Management Intelligence System)로 Upgrade하는 사업비용임

- BDRA 시스템을 구성하는 도구 중 하나는 텍스트 분석(Text Analysis)임
- 텍스트 분석을 위해서 RSSB는 그래픽 기반의 NoSQL 데이터베이스를 구축하였으며 자유롭게 작성된 텍스트로부터 위험도를 확인하고 분석하는 시각적인 도구로 안전계 획단계에서 활용
- 철도안전정보시스템 SMIS로부터 수집된 정보를 활용하여 위험도평가모형 SRM(Safety Risk Model)을 개발하였고, 영국철도의 정책결정에 필요한 위험도 정보를 제공

※ 영국의 위험도 평가모형은 1999년 패딩턴 역 열차충돌사고 이후 체계적 안전관리의 필요성이

35) "Ideagen Plc secures £4.9 million deal to replace RSSB's British rail incident reporting database", <https://www.ideagen.com/company/news/ideagen-plc-secures-49-million-deal-with-rssb>

제기된 후 RSSB의 개발 로드맵에 따라 체계, 정보 및 모델 분야를 순차적으로 개발



[그림 52] 영국철도의 위험도 정보 산출을 위한 개발 로드맵

※ 영국철도의 지역별 위험도 정보를 제공하는 것을 목적으로 시스템이 구축 중이며, 시스템 구축 및 운영을 위해 위험도 전담팀 운영 중임



[그림 53] 영국철도의 위험정보 산출과 지역별 위험정보 제공

### 3. 프랑스

- 프랑스 철도기술정책은 5년 단위로 시행되는 육상교통 기술혁신정책 PREDIT 프로그램을 중심으로 전개되어 지속 가능한 운송, 안전 향상, 환경 보존 등을 목표로 기술 개발 추진<sup>36)</sup>
- PREDIT1 (1990~1994), PREDIT2 (1996~2000), PREDIT3 (2002~2006), PREDIT4 (2008~2012)까지 수립 진행<sup>37)</sup>

<표 48> PREDIT 3~4단계 프로그램 세부내용

단계	내용	철도안전 프로젝트 <sup>38)</sup>
PREDIT3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 화물수송기술: 철도생산성 제고, 혁신적 교통기술 및 시스템의 실용화, 기반기술 (전동기, 제동장치), 철도차량, 차량-인프라 시스템 간의 정보화 기술</li> <li>• 이동성 서비스: 단거리 운송, 인터모달 서비스, 도시교통 및 도시간 교통의 정보화 기술 서비스, 멀티모달 정보화</li> <li>• 에너지 및 환경: 깨끗하고 에너지 효율이 높은 철도차량 개발, 소음저감 및 전력 효율화</li> <li>• 물류 및 화물운송: 경제와 물류시스템 관계</li> <li>• <u>안전: 철도관제 및 제어시스템, 규제시스템, 노선 최적화시스템 개발</u></li> <li>• 이동성 및 지속가능한 발전: 이동성 결정 요인, 교통경제학</li> </ul>	<p>Global approach of the components of the comfort and their interaction for main line trains (2002~2009)</p> <p>Safe access systems on rail vehicles for disabled travellers (2005~2011)</p>
PREDIT4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 에너지와 환경: 추진기술, 온실효과와 평가방법</li> <li>• 수송 품질 및 안전: <u>철도안전, 교통관리, 편의성 및 접근성 연구</u></li> <li>• 도시내 이동성: 새로운 교통시스템 및 서비스 연구</li> <li>• 물류 및 화물운송: 서비스 품질, 화물추적 기술, 인프라 최적화 등</li> <li>• 교통분야 산업의 경쟁력: 운송 산업의 효율성 제고를 위한 고안 도구 및 프로세스, ICT 통합 등 연구</li> <li>• 교통정책: 규제 목적, 방법 및 도구(자금)</li> </ul>	

36) 미래철도 전망 2040, 국토교통과학기술진흥원, 2014

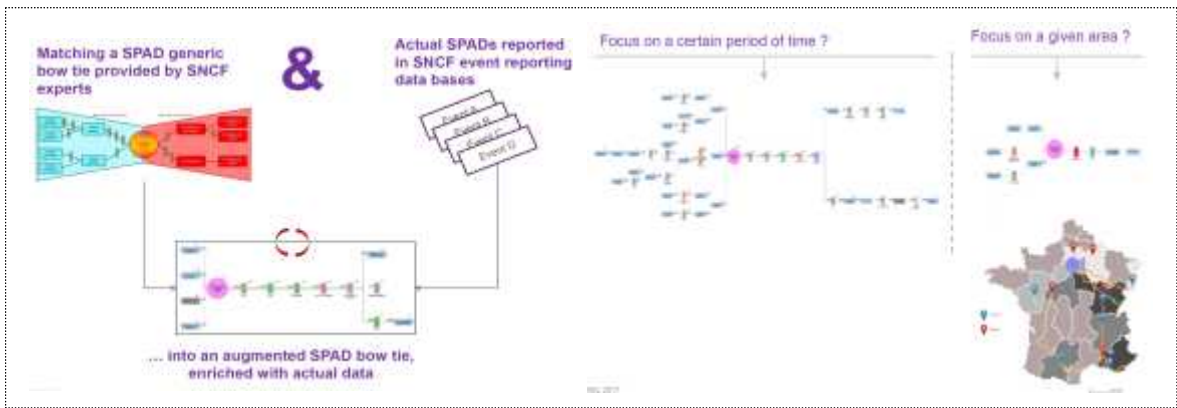
37) 제2차 국가교통기술개발계획(2009~2013) 수립 연구, 한국교통연구원, 2008

단계	내용	철도안전 프로젝트 <sup>38)</sup>
	조달 및 관제) 연구	

---

38) <https://trimis.ec.europa.eu/>

- 프랑스 SNCF는 기존 분산된 철도안전 관련 정보를 Big Data 기반 Data 분석을 통해 위험도를 평가하는 연구개발 수행 중
  - 오픈 데이터 플랫폼을 구축하여 철도사고 이외 다양한 정보를 제공하고 있으며, 해당 사이트 내 공개된 모든 자료들은 다양한 형태로 다운로드 가능
  - 파리 근교의 Transilien에서 매일 70,000개의 정보를 생성하여 30분마다 분석 시스템으로 정보를 전송하여 열차 오류 발견



[그림 54] 프랑스 SNCF Big Data 기반 안전관리 콘셉트

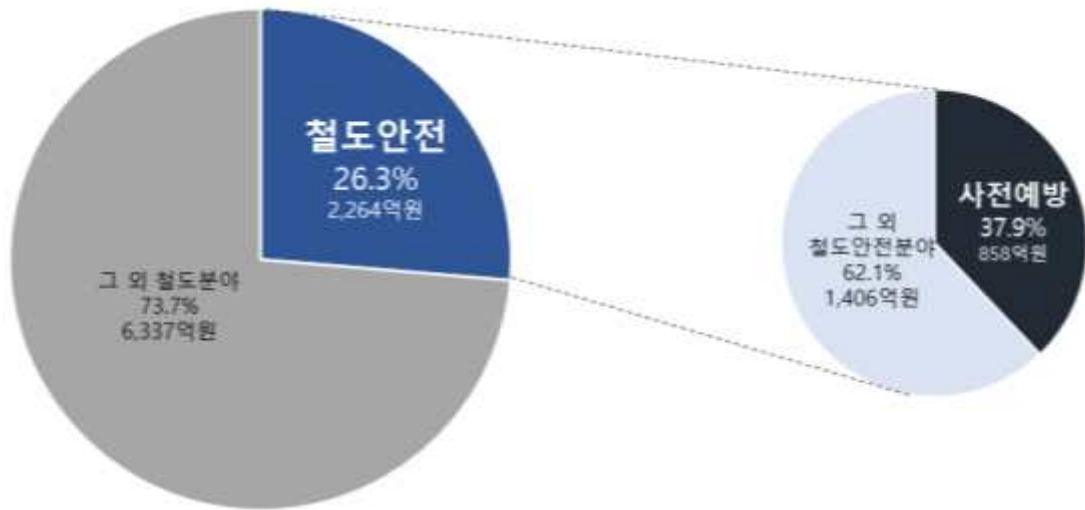
## 제4절 정부 R&D 투자 현황

- 철도분야 R&D는 최근 5년간('18~'22년) 정부출연금 기준으로 총 8,601억 원이 투자되었으며, 그 중 철도안전분야에 총 2,264억 원(26.3%) 규모로 기술개발 투자됨
  - 최근 5년간 철도분야 R&D 투자비(8,601억원)는 국가 R&D 투자비(121.6조원)에 비해 평균 0.71% 규모에 해당하는 수준임
  - 철도분야 R&D 중 철도안전 R&D 연구비는 최근 5년간 평균 26.3% 규모이며, 연 최대 504억원('22년)이 투자됨
  - 철도안전 R&D 중 사전예방 관련 연구비 비중은 최근 5년간 평균 37.9%이며, 철도분야 전체 대비 비중은 10%에 불과함
    - 사전예방 관련 연구비는 2018년 224억원에서 2019년 128억원으로 감소하였다가 2020년부터 다시 증가하였으나 2022년 166억원 규모로 지원되어 최근 5년간 전반적으로 감소되는 경향을 보였음

<표 49> 국가 R&D 및 철도분야 R&D 투자규모 (단위: 억 원)

분류	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	합계
국가 R&D <sup>39)</sup> (A)	19.7조원	20.5조원	24.2조원	27.4조원	29.8조원	121.6조원
철도분야 R&D (B)	1,669	1,623	1,600	1,754	1,954	8,601
철도분야 연구비 비중 (A/B)	0.85%	0.79%	0.66%	0.64%	0.66%	0.71%
철도안전 R&D (C)	511	422	376	451	504	2,264
철도안전 외 R&D	1,158	1,201	1,225	1,303	1,450	6,337
철도분야 중 철도안전 연구비 비중 (C/B)	30.6%	26.0%	23.5%	25.7%	25.8%	26.3%
사전예방 관련 R&D (E)	224	128	157	184	166	858
사전예방 외 R&D (F)	288	294	219	267	338	1406
철도안전 중 사전예방 연구비 비중 (E/C)	43.8%	30.2%	41.8%	40.8%	32.9%	37.9%
철도분야 중 사전예방 연구비 비중 (E/C)	13.4%	7.9%	9.8%	10.5%	8.5%	10.0%

39) 과학기술정보통신부, 한국과학기술기획평가원, 2019 국가연구개발사업 조사분석보고서, 2020.8



[그림 55] 최근 5년간 철도 분야 내 철도안전 및 사전예방 분야 R&D 투자 비중('18~'22년)



[그림 56] 연도별 철도안전 사전예방 분야 R&D 투자 추이('18~'22년)

- 철도안전 사전예방 분야 부처별 R&D 투자는 국토교통부(총 538.4억 원, 63%)가 가장 많았고, 이후 과학기술정보통신부(총 287.5억 원, 34%)순으로 투자
  - 국토교통부는 2018년에 최대 164.4억원을 투자하였으며, 전반적으로 투자 감소 추이를 보이고 있음
  - 과학기술정보통신부는 2018년 57억원에서 2019년 36.9억원으로 감소하였으나 이후 다시 증가 추세가 이어지면서 2022년 한 해 85.4억원을 투자하였음

- 이 외 산업통상자원부, 중소벤처기업부, 행정안전부 등에서 간헐적으로 철도안전 사전예방 R&D 투자가 이루어지고 있음

<표 50> 부처별 연도별 철도안전 사전예방 분야 R&D 투자 규모(단위: 억 원)

부처명	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	합 계
국토교통부	106.4	90.1	104.6	105.4	73.9	538.4
과학기술정보통신부	57.0	36.9	42.6	65.5	85.4	287.5
산업통상자원부	1.6		4.8	6.2		12.6
중소벤처기업부	0.3		0.8	4.1	5.3	10.5
행정안전부			4.2	2.1		6.3
교육부	0.5		0.1	0.8		2.9
합 계	223.8	127.6	157.1	184.0	165.5	858.0



[그림 57] 철도안전 사전예방 분야 부처별 R&D 투자 비중



[그림 58] 주요 부처의 연도별 철도안전 R&D 투자 추이('18~'22년)

□ 최근 5년간 철도안전관리 분야 R&D투자액 중 “통합 철도안전관리” 기술분야 투자 비중은 19%(159억 원)

○ “통합데이터 수집/생성/분석/의사결정” 기술 분야에 대한 투자는 2020년까지 6억원 수준으로 투자되었다가 2021년부터는 투자액이 없는 상태

<표 51> 철도안전관리 기술분류에 따른 연도별 투자 현황 ('18~'22년)

(단위 : 억 원)

대분류	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	합 계 (비율,%)
통합 철도안전관리	90	12	16	19	22	159 (19%)
통합데이터 수집/생성/분석/의사결정	82	6	6			93 (11%)
통합 철도안전관리 시스템 관리(감독)	8	7	11	19	22	66 (8%)
현장위험 사전예방	7	5	14	16	5	48 (6%)
철도시설 위험요인 예측 및 의사결정	7	3	2	2	1	16 (2%)
철도차량 위험요인 예측 및 의사결정		2	12	14	4	32 (4%)
현장 위험요인 감시·진단	127	110	127	149	139	652 (76%)
철도시설 위험요인 감시·진단	121	104	123	144	137	630 (73%)
철도차량 위험요인 감시·진단	6	6	4	5	1	22 (3%)
합 계	482.9 (21.5%)	466.0 (20.7%)	493.6 (22.0%)	420.7 (18.8%)	381.0 (17.0%)	2,244.3 (100%)

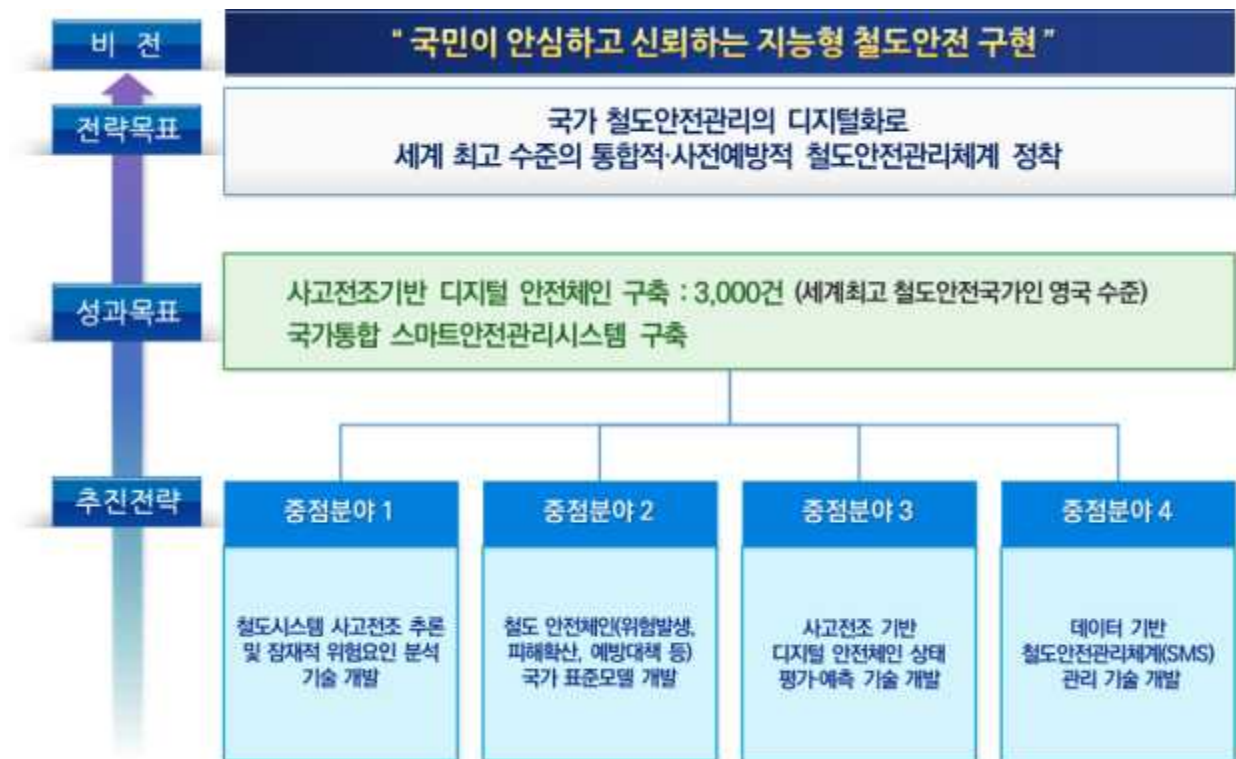
## 제3장 사업 추진 전략

---

## 제3장 사업 추진 전략

### 제1절. 비전 및 목표

#### □ 비전 및 목표



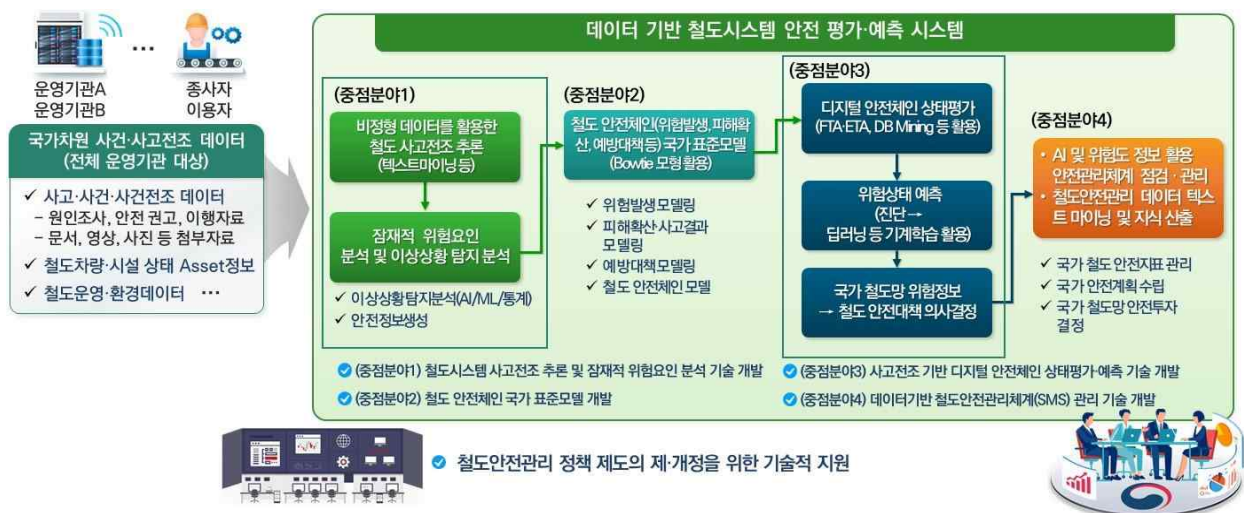
[그림 59] 비전 및 목표

## 제2절. 중점분야 구성 및 내용

□ 데이터 기반 철도시스템 안전 평가·예측 시스템 구축·운영에 필요한 핵심 기술개발 영역 4개 를 중점분야로 구성

<표 52> 중점 분야 및 내용

중점분야	내 용
1. 철도시스템 사고전조 추론 및 잠재적 위험요인 분석 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>비정형 데이터를 활용한 철도 사고전조 추론(텍스트마이닝 등) 기술 개발</li> <li>철도 사고전조의 잠재적 위험요인 분석기술(STAMP* 등) 개발</li> <li>빅데이터 기반 철도안전 정보생성 기술 개발</li> <li>철도시스템 사고전조 및 운영데이터 관련 법·제도 개선안 마련</li> </ul>
2. 철도 안전체인(위험발생, 피해확산, 예방대책 등) 국가 표준모델 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>사고전조 중심의 철도 위험발생 분석 및 모델링 기술 개발</li> <li>철도사고 위험사건·피해확산·사고결과 모델링 및 분석 기술 개발</li> <li>철도사고 예방대책 모델링 및 분석 기술 개발</li> </ul>
3. 사고전조 기반 디지털 안전체인 상태평가·예측 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>빅데이터 기반 위험요인·전조요인·이벤트의 발생확률 및 심각도 평가 기술 개발</li> <li>기계학습 및 인공지능 기반 위험 산정·예측 기술 개발</li> <li>안전대책의 시간·재산·인명 등 사회영향 비용·편익 평가 기술 개발</li> <li>디지털안전체인 시뮬레이션 기반 최적 철도 안전대책 의사결정 지원기술개발</li> <li>안전 이슈 대응 데이터 표현(Data representation) 기술 개발</li> </ul>
4. 데이터기반 철도안전관리체계(SMS) 관리 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>철도안전관리체계 요건 도출 및 성숙도 평가 기술 개발</li> <li>철도안전관리 데이터 텍스트 마이닝 및 지식 산출 기술 개발</li> <li>가변형 안전관리체계 점검·관리 항목 도출 및 기술 개발</li> </ul>



[그림 60] 중점분야 구성

## 1 철도시스템 사고전조 추론 및 잠재적 위험요인 분석 기술 개발

### □ 배경 및 필요성

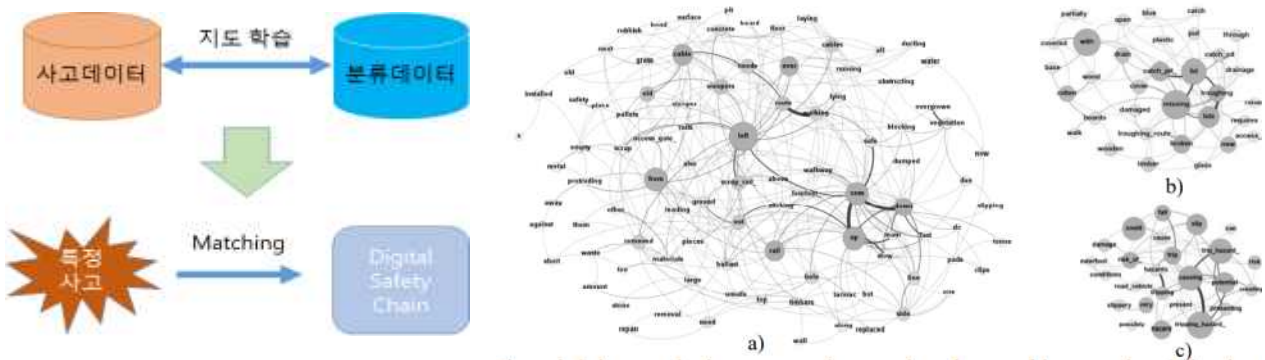
- 철도 시스템의 안전성 강화를 위해서는 사고전조와 잠재적 위험요인을 효과적으로 파악하는 것이 중요
- 이는 사고발생률을 낮추고, 철도 이용객 및 직원의 안전을 보장하는 데 필수적임

### □ 세부 연구목표

- 철도 시스템의 사고전조 식별
- 잠재적 위험요인 분석 정확도 향상

### □ 세부 연구내용

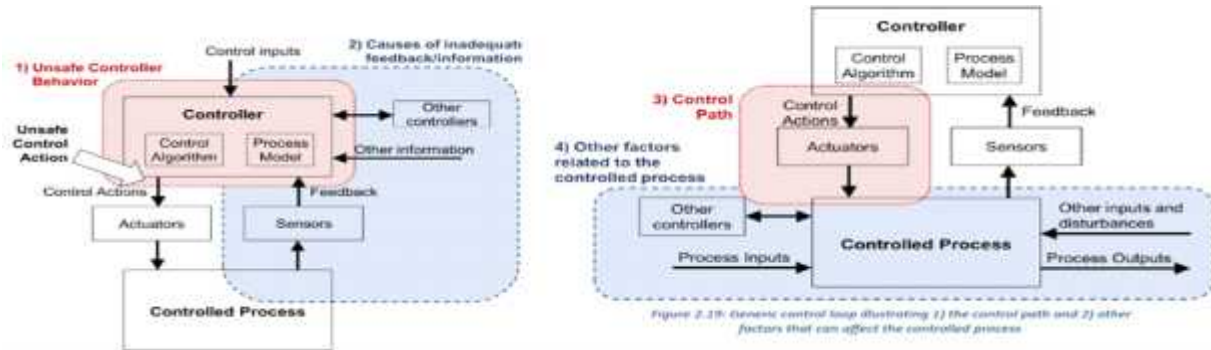
- 비정형 데이터를 활용한 철도 사고전조 추론(텍스트마이닝 등) 기술 개발
  - 다양한 비정형 데이터 소스(운영 기록, 보고서, 소셜 미디어 등)에서 사고 전조 신호를 추출하기 위한 텍스트마이닝 기술 개발
  - 자연어 처리(NLP) 및 머신 러닝을 활용하여 사고와 관련된 패턴 및 트렌드를 식별
  - 실시간 데이터 분석을 통해 철도 시스템의 위험 상태를 지속적으로 모니터링



[그림 61] 이벤트 발생요인(사고전조) 탐지분석-데이터 마이닝 키워드 분석

- 철도 사고전조의 잠재적 위험요인 분석기술(STAMP\* 등) 개발

- 시스템이론에 기반한 STAMP(Systems-Theoretic Accident Model and Processes) 방법론 적용하여 잠재적 위험요인을 식별 및 분석
- 사고 발생 메커니즘 및 원인을 다각도로 분석하여 체계적인 위험 관리 전략 수립
- 인간-기계 상호작용, 시스템 디자인, 운영 프로세스 등을 포괄적으로 고려한 분석 수행



[그림 62] 이상상황 분석기술-STAMP: System-Theoretic Accident Model and Processes

○ 빅데이터 기반 철도안전 정보생성 기술 개발

- 수집된 빅데이터를 활용하여 철도 안전에 관한 종합적인 정보를 생성
- 데이터 통합, 분석 및 시각화를 통해 철도 운영진과 결정권자에게 유용한 인사이트 제공
- 사고 예방 및 대응을 위한 정보 기반 의사결정 시스템 개발



[그림 63] 잠재적 위험요인, 사고전조, 발생이벤트 안전정보 생성기술 예시

---

○ 철도시스템 사고전조 및 운영데이터 관련 법·제도 개선안 마련

- 현재의 철도 안전 및 운영 관련 법규 및 제도의 개선 필요성 분석

- 연구 결과를 바탕으로 철도 안전 관리에 대한 법적, 제도적 틀을 강화하는 방안 제안

- 철도 안전 관리의 효율성 및 효과성을 높이기 위한 법·제도적 개선안 마련

□ 기대 효과

○ 사고 예방 및 사고 발생 시 신속한 대응으로 철도 시스템의 전반적인 안전성 향상

## ② 철도 안전체인(위험발생, 피해확산, 예방대책 등) 국가 표준모델 개발

### □ 배경 및 필요성

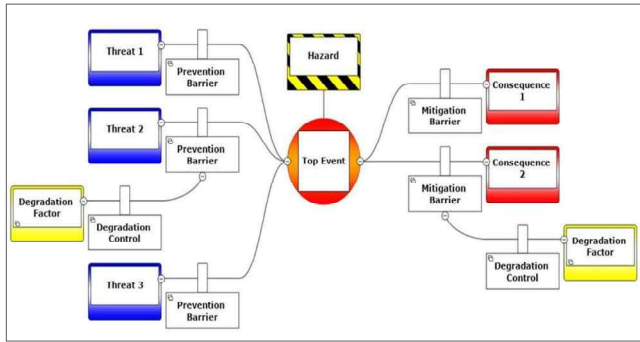
- 철도 안전 관리에 있어 일관된 기준과 절차의 필요성이 대두되고 있음
- 국가 표준모델은 철도 안전관리의 효율성을 높이고, 위험 관리를 표준화하는 데 필수적

### □ 세부 연구목표

- 위험 발생부터 피해 확산, 예방 대책까지 포괄하는 철도 안전체인의 국가 표준모델 개발

### □ 세부 연구내용

- 사고전조 중심의 철도 위험발생 분석 및 모델링 기술 개발
  - 사고 전조 신호를 식별하고 분석하여 초기 위험 상황을 파악함
  - 사고 발생 가능성을 예측하기 위해 데이터 분석 및 모델링 기술을 개발
  - 위험 발생 패턴을 분석하여 미래 사고 예방 전략을 수립하는 데 기여
- 철도사고 위험사건·피해확산·사고결과 모델링 및 분석 기술 개발
  - 위험 사건의 발생, 피해 확산, 그리고 사고 결과에 이르는 전 과정을 모델링하고 분석
  - 다양한 사고 시나리오를 고려하여 사고 발생 시의 영향을 시뮬레이션
  - 사고의 원인과 결과에 대한 심층적인 분석을 통해 철도 안전 대책을 강화
- 철도사고 예방대책 모델링 및 분석 기술 개발
  - 분석된 위험 요인을 기반으로 효과적인 사고 예방 대책을 모델링
  - 예방 대책의 효과를 분석하고 최적화하기 위한 방법론을 개발
  - 안전 관리 시스템의 지속적인 개선을 위해 예방 대책의 적용과 피드백을 분석



[그림 64] 철도 안전체인(위험발생, 피해확산, 예방대책 등) 국가 표준모델 예시

□ 기대 효과

- 철도 사고 예방 및 대응 능력 강화
- 철도 안전관리의 표준화 및 일관성 제고

### ③ 사고전조 기반 디지털 안전체인 상태평가·예측 기술 개발

#### □ 배경 및 필요성

- 철도 안전 관리에서 사고 전조 신호의 정확한 해석과 적시 대응은 매우 중요
- 이를 위해 첨단 기술을 활용한 상태평가 및 예측 시스템 개발이 필요

#### □ 세부 연구목표

- (빅데이터, 기계학습, 인공지능 기반) 위험 예측, 안전 대책의 비용-편익 평가, 디지털 안전체인 시뮬레이션 기반 의사결정 지원 기술 개발

#### □ 세부 연구내용

- 빅데이터 기반 위험요인·전조요인·이벤트의 발생확률 및 심각도 평가 기술 개발
  - 대량의 데이터를 수집하고 분석하여 위험요인과 전조요인을 식별
  - 사고와 관련된 이벤트의 발생확률과 심각도를 정량적으로 평가
  - 데이터 마이닝과 통계적 방법을 활용하여 철도 시스템의 안전 상태를 지속적으로 모니터링
- 기계학습 및 인공지능 기반 위험 산정·예측 기술 개발
  - 기계학습과 인공지능 알고리즘을 사용하여 미래의 위험 상황을 예측
  - 과거 사고 데이터와 운영 데이터를 기반으로 학습하여 위험 패턴을 식별
  - 실시간 데이터 처리를 통해 철도 시스템의 현재 상태를 평가하고 미래 위험을 예측
- 안전대책의 시간·재산·인명 등 사회영향 비용·편익 평가 기술 개발
  - 안전 대책의 효과를 시간, 재산, 인명 등 다양한 측면에서 평가
  - 비용-편익 분석을 통해 안전 대책의 경제적 타당성을 검토
  - 사회적 영향을 고려하여 종합적인 안전 대책을 마련
- 디지털안전체인 시뮬레이션 기반 최적 철도 안전대책 의사결정 지원기술개발
  - 디지털 시뮬레이션을 통해 다양한 안전 시나리오를 모델링하고 평가

- 안전 대책의 효과를 시뮬레이션을 통해 사전에 검증
- 최적의 안전 대책을 선택할 수 있는 의사결정 지원 시스템을 개발
- 안전 이슈 대응 데이터 표현(Data representation) 기술 개발
  - 데이터 시각화와 인터페이스 설계를 통해 안전 관련 정보를 명확하게 전달
  - 사용자 친화적인 방식으로 위험 및 안전 관련 데이터를 표현
  - 안전 관리자 및 의사결정자의 신속한 정보 이해 및 대응을 지원하는 기술 개발



[그림 65] 디지털 안전체인 상태평가·예측 시스템 구성안

□ 기대 효과

- 사고 예방 및 관리 효율성 증대
- 사고 발생 시 신속 대응 가능

#### 4 데이터기반 철도안전관리체계(SMS) 관리 기술 개발

##### □ 배경 및 필요성

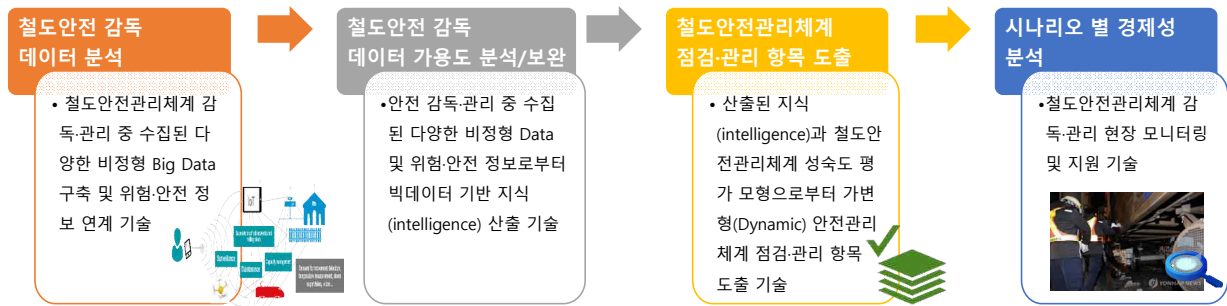
- 철도 안전관리체계의 효율적 관리와 지속적 개선을 위해서는 데이터 기반 접근이 필요
- 이는 사고 예방 및 대응 능력을 향상시키고, 철도 안전 관리 시스템을 강화하는 데 기여

##### □ 세부 연구목표

- 철도안전관리체계의 요건 도출 및 성숙도 평가로 철도 안전 관리의 효율성과 효과성 증대

##### □ 세부 연구내용

- 철도안전관리체계 요건 도출 및 성숙도 평가 기술 개발
  - 철도 안전관리체계에 필요한 핵심 요건을 정의하고, 이를 바탕으로 철도 시스템의 안전 관리 수준을 평가
  - 성숙도 모델을 개발하여 철도 시스템의 안전 관리 성숙도를 정량적으로 측정
  - 안전 관리 프로세스, 정책, 절차의 효과성을 분석하고, 개선점을 도출
- 철도안전관리 데이터 텍스트 마이닝 및 지식 산출 기술 개발
  - 철도 시스템과 관련된 다양한 텍스트 데이터(보고서, 운영 기록 등)를 분석하여 중요한 정보와 지식을 산출
  - 텍스트 마이닝 기술을 활용하여 데이터에서 패턴, 트렌드, 관계 등을 식별
  - 분석된 데이터를 통해 철도 안전 관리에 대한 통찰력을 제공하고, 의사결정을 지원
- 가변형 안전관리체계 점검·관리 항목 도출 및 기술 개발
  - 철도 시스템의 다양한 운영 환경과 조건에 맞는 가변형 안전관리체계를 개발
  - 철도 운영의 특성에 따라 조정 가능한 점검 및 관리 항목을 도출
  - 데이터 기반 분석을 통해 안전관리체계의 점검 항목과 관리 절차를 최적화



[그림 66] 데이터 기반 철도안전관리체계(SMS) 관리

□ 기대 효과

- 철도 안전 관리 시스템의 효율성과 효과성 증가
- 안전 관리의 지속적 개선 지원

### 제3절. 연구추진체계

- 연구개발 추진 체계는 과제 규모를 고려하여 연구단 형태로 추진
  - 제작사와 운영기관을 참여시켜 실용화를 위한 테스트 베드구축을 통한 시스템 성능과 안전성을 검증함
  - 연구단은 본 사업을 차년도별 사업계획을 수립하고, 이에 맞추어 연구개발내용, 연구개발일정, 연구개발성과 등을 종합관리하고, 유관기관의 요구사항에 대응하고, 2단계 사업계획을 수립하고 추진전략을 마련함
  - 세부과제 1은 철도시스템 사고전조 추론 및 잠재적 위험요인 분석 기술 개발을 수행
  - 세부과제 2는 철도 안전체인(위험발생, 피해확산, 예방대책 등) 국가 표준모델 개발을 수행
  - 세부과제 3은 사고전조 기반 디지털 안전체인 상태 평가·예측 기술 개발을 수행
  - 세부과제 4는 데이터 기반 철도안전관리체계(SMS) 관리 기술 개발을 수행



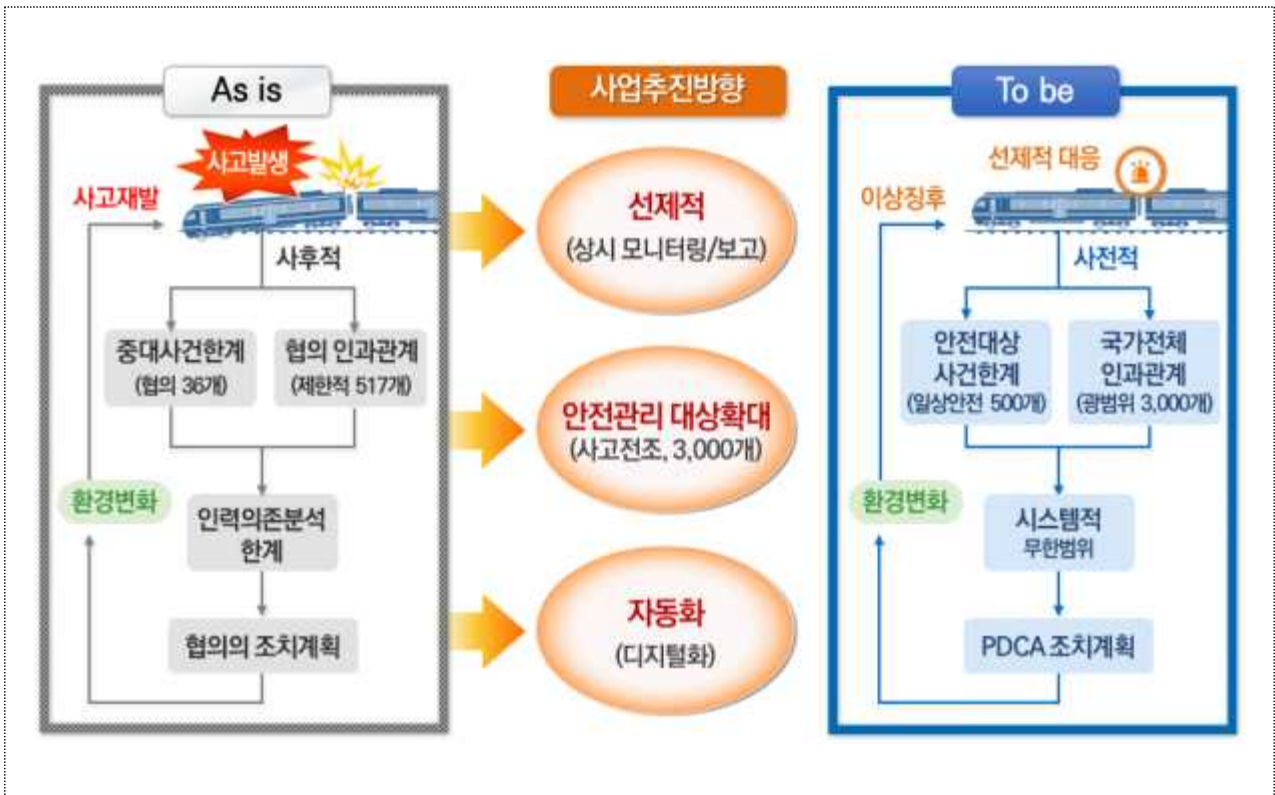
[그림 67] 동 사업 추진 체계

## 제4절. 기대효과

- 데이터기반 철도안전관리 기술 확보를 통한 사고·장애 예방 강화, 선진화된 철도안전 관리체계 구축 및 사고·장애 사회적 비용 저감
- 중대사고 발생시 사후적·수작업 위주로 수행되던 철도안전체인의 디지털화를 통해 선제적 예방 및 안전성 향상 달성
- 운영기관의 인적, 차량, 시설, 운행관리 등 분야별·단편적 안전관리에서 국가의 철도안전 컨트롤타워 역할 수행
- 철도안전 위험요인 식별을 통한 사고원인을 사전에 발견하여 사고를 예방함으로써 국민 안전 증진 및 국민인식 제고
- 철도선진국과 동등이상의 철도안전을 확보할 수 있는 철도안전 예측·평가·안전관리 지원 기술 확보(TRL 8 수준)

<표 53> 동 사업 추진 기대효과

As-Is	To-Be	현재 TRL	목표 TRL
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 사고결과 위주의 안전 데이터 활용</li> <li>· 사고전조에 대한 데이터 수집·분석 부족</li> <li>· 간단한 결과 위주의 통계로 정보 활용을 위한 데이터 미흡</li> <li>· 시설·차량·운영 등 부분별 안전데이터 활용</li> <li>· 사고 예방을 위한 위험도 평가 기술 부족</li> <li>· 철도안전관리체계의 현장 적용의 어려움</li> <li>· 철도안전관리체계 이행 수준을 모니터링하고 안전조치 시행하는 방안 마련할 수 있는 기반 부족</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 사고예방 중심의 철도안전 관리</li> <li>· 사고전조요인의 신속·정확한 데이터 수집/분석</li> <li>· 디지털 안전체인(사고전조, 위험요인, 안전장벽) 모델링과 데이터 수집 체계를 연결한 디지털 안전체인의 구현</li> <li>· 철도안전관리를 지원할 수 있는 철도시스템 안전상태 예측·평가</li> <li>· 안전관리체계 중점 점검·관리 항목으로 효율적인 안전 관리·감독</li> </ul>	4	8



[그림 68] 동 사업 추진 기대 효과 (안전관리체계, 사고대응체계 변화)

## 제4장 소요 예산

---

## 제4장 소요 예산

### 제1절. 총 사업비

□ 총 사업비 : 300억 원 (국고 240, 민간 60)

<표 54> 소요 예산

(단위 : 백만원)

구분	2025	2026	2027	2028	2029	합계
국고	2,700	4,800	6,600	6,300	3,600	24,000
민간	675	1,201	1,650	1,576	900	6,002
합계	3,375	6,001	8,250	7,876	4,500	30,002

### 제2절. 세부과제별 소요 예산

□ 세부과제 1. 철도시스템 사고전조 추론 및 잠재적 위험요인 분석 기술 개발

<표 55> 중점 분야 1의 상세 소요 예산

(단위 : 백만원)

중점 분야	비목	2025	2026	2027	2028	2029	합계
1. 철도시스템 사고전조 추론 및 잠재적 위험요인 분석 기술 개발	인건비	367	473	493	367	300	2,000
	연구장비재료 비	511	660	688	511	418	2,788
	기타경비	86	111	116	86	70	469
	간접비	136	176	183	136	112	743
	소계	1,100	1,420	1,480	1,100	900	6,000
	민간	275	355	370	275	225	1,500
	합계	1,375	1,775	1,850	1,375	1,125	7,500

○ 세부과제 2. 철도 안전체인(위험발생, 피해확산, 예방대책 등) 국가 표준모델 개발

<표 56> 중점 분야 2의 상세 소요 예산

(단위 : 백만원)

중점 분야	비목	2025	2026	2027	2028	2029	합계
2. 철도 안전체인(위험발생, 피해확산, 예방대책 등) 국가 표준모델 개발	인건비	260	511	600	669	360	2,400
	연구장비재료비	362	713	836	932	502	3,345
	기타경비	61	120	141	157	84	563
	간접비	97	190	223	248	134	892
	소계	780	1,534	1,800	2,006	1,080	7,200
	민간	195	384	450	502	270	1,801
합계		975	1,918	2,250	2,508	1,350	9,001

○ 세부과제 3. 사고전조 기반 디지털 안전체인 상태평가·예측 기술 개발

<표 57> 중점 분야 3의 상세 소요 예산

(단위 : 백만원)

중점 분야	비목	2025	2026	2027	2028	2029	합계
3. 사고전조 기반 디지털 안전체인 상태평가·예측 기술 개발	인건비	25	57	102	103	53	340
	연구장비재료비	34	79	141	144	74	472
	기타경비	5	12	23	23	11	74
	간접비	456	1058	1894	1924	982	6,314
	소계	520	1,206	2,160	2,194	1,120	7,200
	민간	130	302	540	549	280	1,801
합계		650	1,508	2,700	2,743	1,400	9,001

○ 세부과제 4. 데이터기반 철도안전관리체계(SMS) 관리 기술 개발

<표 58> 중점 분야 4의 상세 소요 예산

(단위 : 백만원)

중점 분야	비목	2025	2026	2027	2028	2029	합계
4. 데이터기반 철도안전관리체계(SMS) 관리 기술 개발	인건비	100	214	387	333	167	1,201
	연구장비재료비	139	298	539	465	233	1,674
	기타경비	23	49	90	78	38	278
	간접비	38	79	144	124	62	447
	소계	300	640	1,160	1,000	500	3,600
	민간	75	160	290	250	125	900
합계		375	800	1,450	1,250	625	4,500

## 제5장 경제성 분석

---

## 제5장 경제성 분석

### 제1절. 개요

□ 기본 모델 : B/C 적용

- 비용 추정 : 동 사업 투입 연구비
- 편익 추정 : 인적/물적피해비용 저감편익, 시간손실비용 저감편익, 사고 및 장애 저감에 따른 통행시간 신뢰성 향상 편익의 합산

□ 편익 추정 모델 설계 배경

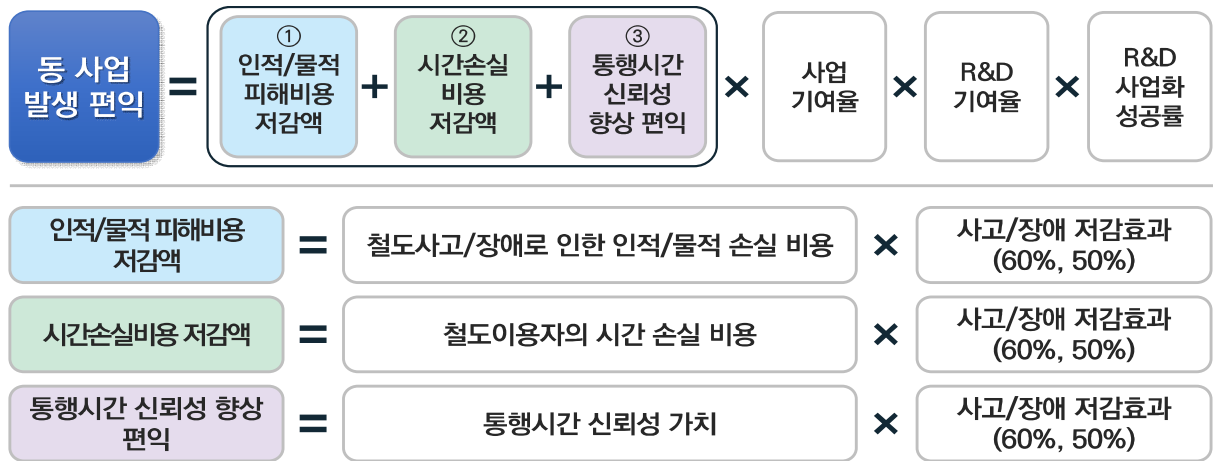
- 철도관리·운영주체 입장에서는 재산피해비용, 사상자보상비용, 유지관리비용 등의 저감 효과를 기대할 수 있으며, 일반 이용자 혹은 국민 입장에서는 시간지연비용 저감 가능
  - 「철도안전법」 철도사고 등의 분류기준을 준용하여 철도사고와 운행장애로 구분하고, 사고/장애 세부유형들로부터 발생 혹은 저감 가능 비용을 반영
  - 최근 「제6차 교통시설 투자평가지침」, 철도분야 경제성 평가방법 관련 연구 등에서 '철도교통 통행시간 신뢰성 비용 저감액'을 편익으로 제시하고 있다는 점에서 동 사업에 적용



[그림 69] 동 사업 추진시 발생 가능 편익

- 따라서, 동 사업 추진을 통한 인적/물적 피해비용 저감액, 시간손실비용 저감액, 유지

관리비용 저감액을 산출 후 사업기여율, R&D기여율, R&D사업화성공률을 반영하여 최종 편익을 계산함



[그림 70] 사업의 비용저감 편익 산출법

□ 편익 추정 지표 모델링

○ 회임기간 : 3년

- 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 수행 세부지침(2020)에 따르면 연구개발사업에 대한 투자가 이루어진 후 경제적인 편익 또는 효과가 발생하기 전까지의 시간적 지연을 편익 회임 기간이라고 정의
- 한국개발연구원에서는 사업 주관부처가 사업계획서에 편익 회임기간을 제시하는 경우에는 이를 준용하되, 별도의 언급이 없을 경우에 기초연구는 5년, 개발·응용 연구는 3년을 기본으로 사업특성을 고려하여 반영

○ 편익기간 : 7년

- 인용특허수명(Cited Patent Life-Time : CLT)를 기준으로 관련 특허별 특허인용수명(TCT) 중앙값의 평균을 산출하여 편익 기간으로 산정

<표 59> 철도안전분야 기술분야별 특허인용수명 중앙값

대분류	중분류	특허인용수명(TCT) 중앙값의 평균
A. 통합 철도안전 관리	AA. 통합 데이터 수집·생성·분석 및 의사결정	6.9
	AB. 통합 철도안전관리 시스템 관리	7.3
<b>평균</b>		7.1

\* 특허인용수명 중앙값은 '산업통상자원부, 기술가치평가 실무가이드, 2017.12'를 참고하여 적용

○ 사회적 할인율 : 4.5%

- 한국개발연구원 예비타당성조사 수행 총괄지침(2017.9)에 근거하여 기준년도는 2020년도, 수치는 4.5% 적용

○ 사업 기여율 : 13%

- 사업기여율은 대상 분야 연구개발 투자 규모 중에서 해당 사업이 차지하는 비중(사업기여율)을 고려하여 산정

$$\begin{aligned} \text{사업기여율} &= \frac{\text{동 사업 연간 연구개발비}}{\text{동 사업 연구개발비} + \text{국내철도안전연구개발비(정부 + 민간)}} \\ &= \frac{\text{동 사업 연간 연구개발비}}{\text{동 사업 연구개발비} + \text{국내철도안전연구개발비(1 + 민간/정부비율)}} \end{aligned}$$

- 동 사업의 연간 연구개발비는 60억원 (= 300억원 / 5년)

- 최근 5년간 국내 철도안전관리 분야 정부 유사연구개발 투자규모는 총 2,244억원으로, 연간 투자액은 448억원

<표 60> 철도안전분야 정부 유사연구개발과제 투자 현황

(단위 : 억 원)

구분	2015	2016	2017	2018	2019	합계
국토교통부	310.95	278.17	306.66	321.54	259.17	1,512.49
과학기술정보통신부	164.05	183.47	176.92	83.63	76.76	684.83
중소벤처기업부	6.95	4.35	8.12	10.59	5.88	35.89
산업통상자원부	-	-	1.56	3.36	1.74	6.66
행정안전부	0.95	-	-	-	-	0.95
교육부	-	-	0.38	1.61	1.47	3.46
합계	482.9	465.99	493.64	420.73	381.02	2,244.28

\* 자료 : 동 보고서 R&D투자분석 결과

- 정부 대 민간 투자 규모의 비율은 2018년 철도교통 분야 국가연구개발사업 투자 규모 비율인 0.76 값을 적용

<표 61> 정부 및 민간 R&D 투자규모 비교 (2018)

(단위 : 억 원)

구분	사회기반 시설물	건축구조물	국토공간	도로교통	철도교통	물류
정부투자(A)	1,481	1,209	479	3,367	1,072	108
민간투자(B)	7,981	9,532	1,584	6,963	820	38
B/A	5.39	7.88	3.31	2.07	0.76	0.35

\* 자료 : 2021년도 정부연구개발 투자방향 및 기준 (원자료 : 연구개발활동조사보고서, KISTEP, 2019)

- R&D 사업화 성공률 : 45%
  - 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 수행 세부지침(2020)에서 제시한 가이드 준  
용
- R&D 기여율 : 20% 적용
  - 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 수행 세부지침(2020)에서는 35.4%를 통상적  
인 R&D 기여율 값으로 제시하고 있으나, 동 사업의 결과물은 철도 안전관리 전체  
시스템의 한 요소라는 점에서 보수적으로 접근하여 20%를 적용하였음

## 제2절. 편익 추정

### 1. 인적/물적피해비용 저감 편익

- 인적/물적피해 발생비율 원단위, 비용 원단위, 수송량을 반영하여 2032~2041년까지의 연간 인적/물적피해비용을 추정
  - 철도사고 현황 자료에 따라 사망자와 부상자 발생으로 나타나는 인적피해는 철도사고와 운행장애 중 철도사고의 경우에만 반영

인적/물적피해비용 저감 편익 산출식

$$VICS = VIC_{\text{사업미시행}} - VIC_{\text{사업시행}}$$

VICS : 연간 교통사고 감소편익

VIC : 철도의 교통사고 편익

인적/물적피해비용 산출식

$$VIC^R = \sum_{m=1}^3 \left[ \sum_{h=1}^2 (x_{mh} \times \lambda_{mh}^R \times RD_m) + (\nu_{mp} \times x_{mp}^R \times RD_m) \right]$$

$x_{mh}$  = 철도유형별 · 사고유형별인적피해사고발생건수(건/억인-km)

$\nu_{mp}$  = 철도유형별 · 사고유형별물적피해사고발생건수(건/억인-km)

$\lambda_{mh}^R$  = 철도유형별 인적사고비용 원단위(원/건)

$x_{mp}^R$  = 철도유형별 물적사고비용 원단위(원/건)

$RD_m$  = 연간 철도유형별 교통량(억인-km/년)

$m$  = 철도유형 (1: 고속철도, 2: 일반 및 광역철도, 3: 도시철도)

$h$  = 사고유형 (1: 사망, 2: 부상)

$p$  = 사고유형(물적피해)

- 인적·물적 피해 사고발생비율 및 피해비용 원단위 정의 ( $x_{mh}$ ,  $\lambda_{mh}^R$ )
  - (인적사고 발생비율 원단위) ‘에비타당성 조사를 위한 세부지침 도로·철도 부문 연구(KDI, 2021)’의 철도구분 별 사망, 중상, 경상 및 물적피해 발생비율 원단위를 활용

<표 62> 철도 교통사고 인적·물적 피해 발생비율 원단위

(단위 : 건/억인.km)

구분	인적피해			물적피해
	사망	중상	경상	
고속철도	0.02	0.03	0.04	0.02
일반철도	0.65	0.38	0.21	0.62
광역철도	0.11	0.07	0.10	0.05
도시철도	0.01	0.05	0.13	0.01

\* 자료 : 에비타당성 조사를 위한 세부지침 도로·철도 부문 연구, KDI, 2021

- (인적사고 피해비용 원단위) ‘예비타당성 조사를 위한 세부지침 도로·철도 부문 연구 (KDI, 2021)’의 인적, 물적 피해 비용 원단위를 활용

<표 63> 철도 교통사고 인적피해비용 원단위(2019년 기준)

(단위 : 만원/인, 만원/건)

구분	인적피해(인)	물적피해(건)
사망	70,851	24,953
부상(중상, 경상)	7,246	

\* 자료 : 예비타당성 조사를 위한 세부지침 도로·철도 부문 연구, KDI, 2021

□ 통행량(주행거리) 산출 ( $RD_m$ )

- 제4차 국가철도망에 제시된 수단분담율과 철도연장 증가율을 2019년 운행실적에 반영하여 통행량(주행거리) 산출
  - 제4차 국가 철도망 구축계획에서 기존 11.3%인 철도 수단분담율이 2033년 17%로 증가될 것으로 제시하였음
  - 이를 기반으로 고속철도 0.25%에서 0.37%, 일반철도 0.18%에서 0.27%, 광역철도 3.68%에서 5.41%, 도시철도 7.44%에서 10.95%로 증가했음을 추정하였음
  - 제4차 철도망 구축계획에서 2021~2030 기간의 신규 철도사업 연장은 고속철도 100km, 일반철도 674km, 도시 광역철도 675km로 제시하였음
  - 신규 철도사업 연장을 2019년 철도연장에 반영, 2030년 철도 종류별 총 연장은 고속철도 743km, 일반철도 3,948km, 도시·광역철도 1,986km로 산출되었음
  - 장래 수단분담율과 연장을 반영한 2030년 철도 수송실적은 고속철도 378억인·km, 일반철도 119억인·km, 도시·광역철도 1,588억인·km로 산출하였음

<표 64> 장래 수단분담율 및 철도 연장 반영 철도 수송실적 추정

(단위 : 억인·km)

구분	고속철도	일반철도	도시·광역철도
수송실적	378	119	1,588

자료 : 철도통계연보(2019), 제4차 국가철도망 구축계획(2021)을 활용하여 연구진 직접산출

□ 인적/물적 피해비용 저감 편익 산출

- (인적·물적 피해비용 저감 편익) 사업 미시행시의 인적 피해비용과 사업 시행시의 인적 피해비용과의 차이를 계산하여 인적 피해비용 저감 편익을 산출
  - 사업 시행시 철도사고 60%가 감소하는 상황은 인적·물적 피해 발생비율 원단위에 반영하여 재산출하고,
  - 피해비용 원단위는 ‘예비타당성 조사를 위한 세부지침 도로·철도 부문 연구(KDI, 2021)’에서 제시하고 있는 2019년 기준 값이므로 소비자물가지수를 반영하여 기준년도(2022년) 피해비용을 산정하였음
    - 이때 소비자물가지수는 2022년까지는 통계청의 소비자물가지수를 활용하고, 이후 2023년부터는 기준 5년(‘18~’22)간 소비자물가지수의 연평균증가율(2%P)을 적용

<표 65> 사업시행시 철도 교통사고 인적피해 발생비율 원단위

(단위 : 건/억인.km)

구분	인적피해			물적피해
	사망	중상	경상	
고속철도	0.01	0.01	0.02	0.01
일반철도	0.26	0.15	0.08	0.25
광역철도	0.04	0.03	0.04	0.02
도시철도	0.004	0.02	0.05	0.004

\* 자료 : 예비타당성 조사를 위한 세부지침 도로·철도 부문 연구, KDI, 2021을 활용하여 연구진 직접 산출

- (인적·물적 피해비용 저감 편익 산출) 사업 미시행시의 인적/물적 피해비용과 사업 시행시의 피해비용간 차이로 각 시나리오별 편익을 다음과 같이 산출

<표 66> 인적/물적 피해비용 저감 편익 산출

(단위 : 백만 원)

구분	인적/물적 피해비용 저감 편익
2033	141,425
2034	143,919
2035	146,435
2036	148,972
2037	151,531
2038	154,111
2039	156,713

## 2. (철도 이용자의) 시간손실비용 저감 편익

- 철도사고/운행장애로 인한 열차지연 시 철도이용자들의 시간손실비용을 추정
  - 철도유형별 1인당 평균 시간가치와 이용객 규모, 지연건수 발생 규모를 반영하여 사업 미시행 시와 사업 시행시 간의 비용차이를 통해 동 사업 추진 편익을 산출
  - 이 때 평균 시간가치와 재차인원은 사고유형의 영향을 받지 않으나, 지연건수 발생 규모는 사고유형별 영향을 받으므로 각각 산출

철도이용자의 시간손실비용 저감편익 산출식

$$VOTS_{\text{철도}} = VOTS_{\text{사업미시행}} - VOTS_{\text{사업시행}}$$

시간손실비용 산출식

$$VOTS = \sum_{t=1}^3 P_t \times H_t \times \left[ \sum_{s=1}^2 (R_{ts} \times D_{ts} \times C_{ts} \times RD_t) \right]$$

$P_t$  = 철도유형  $t$ 의 1인당 평균 시간가치 (원/인.시)

$H_t$  = 철도유형  $t$ 의 평균 재차인원 (인)

$R_{ts}$  = 철도유형  $t$ 의 사고유형  $s$  발생 건당 평균 지연 대수

$D_{ts}$  = 철도유형  $t$ 의 사고유형  $s$  발생 건당 평균 지연 시간

$C_{ts}$  = 철도유형  $t$ 의 사고유형  $s$  발생 건수 (건/억인 - km)

$RD_t$  = 철도유형별 교통량 (억인 - km)

$t$  = 철도유형 (1: 고속철도, 2: 일반철도, 3: 광역도시철도)

$s$  = 사고유형 (1: 사고, 2: 장애)

- 1인당 평균시간가치 ( $P_t$ ) (원/인.시)

- 철도유형별 1인당 평균시간가치는 ‘예비타당성 조사를 위한 세부지침 도로·철도 부문 연구(KDI, 2021)’에서 제시하고 있는 2019년 평균시간가치 값을 인용

- 1인당 평균시간가치는 탑승 목적(업무/비업무)에 따라 상이하며, 1인당 평균 시간 가치는 9,651원으로 제시됨

<표 67> 철도부문 통행시간 가치

(단위 : 분/km)

구분	철도(1인당)	
	업무	비업무
재차인원 (인)	0.21	0.79
시간가치 (원/인.시) (2019년 기준)	4,905	4,747
평균 시간가치 (원/인) (2019년 기준)	9,651	

\* 자료 : 예비타당성 조사를 위한 세부지침 도로·철도 부문 연구, KDI, 2021

□ 철도유형별 평균 재차인원 ( $H_t$ ) (인)

- 2018년 기준 각 철도유형별 평균 재차인원을 산출 후, 이후 2039년까지 재차인원이 유지되는 것으로 가정하였음
- (고속철도 재차인원) 운영사별 여객수송인원과 연간 운행횟수를 반영하여 연간 여객수송인원을 산정 후 KTX와 SRT 운영사별 가중치를 반영하여 산출한 결과, 고속철도 재차인원은 631명
  - KTX 재차인원은 668명, SRT 재차인원은 518명이며 운영사별 가중치(75.4%, 24.6%)를 각각 반영한 결과 고속철도 재차인원은 631명

<표 68> 고속철도(KTX+SRT) 운영사별 재차인원

(단위 : 명)

구분	여객수송인원(명) (a)		연간 운행횟수(회) (b)		운영사별 재차인원 (a/b)	
	KTX	SRT	KTX	SRT	KTX	SRT
2018	67,041,194	2,2687,196	100,375	43,800	667.9072877	517.9725114

<표 69> 고속철도(KTX+SRT) 운영사별 가중치

구분	인거리(km.인)		가중치	
	KTX	SRT	KTX	SRT
2018	16,130,187,822	5,259,508,935	75.41%	24.59%

\* 자료 : 2018 철도통계연보 > 지역간철도 - 4.수송(여객)(완) - 4. 선별여객 수송실적(인거리)

<표 70> 고속철도(KTX+SRT) 재차인원

(단위 : 명)

구분	운영사별 재차인원(명) (a)		운영사별 가중치(%) (b)		고속철도 재차인원(명) (a×b)
	KTX	SRT	KTX	SRT	
2018	667.9072877	517.9725114	75.41	24.59	631.0398508

- (일반철도 재차인원) 운영사별 여객수송인원과 연간 운행횟수를 반영하여 연간 여객수송인원을 산정 후 각 운영사별 가중치를 반영하여 일반철도 재차인원을 산출한 결과, 일반철도 재차인원은 573명

<표 71> 일반철도 차량별 재차인원 (명)

구분	여객수송인원(명) (a)			연간 운행횟수(회) (b)			일반철도 차량별 재차인원 (a/b)		
	새마을	무궁화	통근	새마을	무궁화	통근	새마을	무궁화	통근
2018	10,751,916	56,602,006	389,693	18250	99280	10220	589.1460822	570.1249597	38.13043053

<표 72> 일반철도 차량별 가중치

구분	인거리(km.인)			가중치		
	새마을	무궁화	통근	새마을	무궁화	통근
2018	1,331,724,378	5,433,438,100	11,780,241	19.65%	80.18%	0.17%

\* 자료 : 2018 철도통계연보 > 지역간철도 - 4.수송(여객)(완) - 4. 선별여객 수송실적(인거리)

<표 73> 일반철도 재차인원 (명)

구분	차량별 재차인원(명) (a)			차량별 가중치(%) (b)			일반철도 재차인원(명) (a×b)
	새마을	무궁화	통근	새마을	무궁화	통근	
2018	589.146082 2	570.124959 7	38.1304305 3	19.6%	80.2%	0.17%	572.9380082

- (도시광역철도 재차인원) 도시철도와 광역철도는 주중/주말(토,일)로 구분하여 운행횟수를 가중평균한 결과 도시광역철도 재차인원은 843명

<표 74> 도시철도 여객수송 인원 (명)

구분	도시철도	광역철도
2018	2,587,003	857,585

<표 75> 도시철도 열차 운영횟수 (회)

구분	서울교통공사	9호선	부산교통공사	대구도시철도공사	인천교통공사	광주광역시도시철도공사	대전광역시도시철도공사	부산-김해경전철	의정부경전철	용인경량전철	우이신설경전철	합계
주중 운영 횟수 (a)	2,378	458	1,331	904	772	240	242	394	440	390	516	8,065
토요일	2,118	388	1,257	856	648	206	218	364	354	330	424	7,163
일요일	2,062	388	1,180	816	648	202	218	364	354	330	424	6,986
2018 운영 횟수	838,018	159,890	474,115	322,888	268,884	83,856	85,834	140,690	151,656	136,110	178,772	284,073

\* 2018년 철도통계연보 - 도시철도 - 3.광역철도 - 도시광역철도 현황(완)  
 \* 2018년 주중 일수 : 261일, 토요일 : 52일, 일요일 : 52일

<표 76> 광역철도 열차 운영횟수 (회)

구분	한국철도공사	신분당선(주) 네오트랜스	경기철도	공항철도	합계
주중 운영 횟수	2,571	326	318	367	3,582
토요일	2,106	270	264	341	2,981
일요일	2106	270	264	341	2,981
2018 운영횟수	890,055	113,166	110,454	131,251	1,244,926

\* 2018년 철도통계연보 - 도시철도 - 3.광역철도 - 도시광역철도 현황(완)  
 \* 2018년 주중 일수 : 261일, 토요일 : 52일, 일요일 : 52일

<표 77> 도시광역철도 재차인원 (명)

구분	여객수송인원(명) (a)		열차 운영횟수(회) (b)		광역도시철도 재차인원(명) (a/b)
	도시	광역	도시	광역	
2018	2,587,003,000	857,585,000	2,840,713	1,244,926	843.0965144

○ (종합) 차량유형별 재차인원 산출 결과 고속철도는 631명, 일반철도는 573명, 광역도시철도는 843명

<표 78> 도시광역철도 재차인원 (명)

구분	고속철도 재차인원	일반철도 재차인원	광역도시철도 재차인원
2018	631.0398508	572.9380082	843.0965144

□ 철도사고 및 운행장애 발생 건당 평균지연대수(  $R_{ts}$  )

- 철도사고 DB의 철도사고 및 운행장애 시 평균지연대수를 활용하여 10년 평균값을 원단위로 설정

<표 79> 최근 10년간 철도사고 및 운행장애 건당 열차지연대수

(단위 : 건)

구분	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	평균
사고											
고속철도	1.07	4.00	0.47	2.59	1.07	9.50	1.67	2.90	3.63	2.00	2.89
일반철도	1.04	1.00	1.07	3.65	2.54	2.05	2.86	3.48	3.25	1.80	2.27
도시철도	3.83	5.61	4.43	5.88	5.78	4.85	4.10	6.66	1.38	3.91	4.64
장애											
고속철도	3.12	2.63	2.17	3.15	2.67	1.65	3.04	4.25	5.81	3.46	3.20
일반철도	2.35	2.23	2.40	1.96	3.26	2.96	4.31	2.57	3.08	2.80	2.79
도시철도	7.00	5.96	5.18	5.28	7.28	9.04	5.94	7.78	7.06	3.80	6.43

\* 자료 : 철도안전DB를 활용하여 연구진이 직접 산출

□ 철도사고 및 운행장애 발생 건당 평균지연시간( $D_{ts}$ )

- 철도사고 DB의 철도사고 및 운행장애 시 지연시간을 활용하여 10년 평균값을 원단위로 설정
  - 2012~2016년 서울교통공사 DB분석 결과, 규정지연시간 10분을 넘지 않아 보고되지 않은 소규모 지연 건수가 지연장애 총 160건 중 131건으로 82%에 달함
  - 2012~2016년 총 지연시간 1,697분 중 10분 미만 소규모 지연시간의 합계는 651분으로 보고된 지연시간 합계(1,046분)의 62.2%를 차지
  - 따라서 공식 통계상에 포함되지 않은 소규모 지연시간의 편익을 추가적으로 고려하기 위해, 공식 통계상의 지연시간 총합에 62.2%의 소규모 지연시간을 추가적으로 반영하였음

<표 80> 최근 10년간 철도사고 및 운행장애 건당 열차지연시간

(단위 : 시간)

구분	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	평균
사고											
고속철도	0.43	0.73	0.35	0.57	0.43	0.80	0.88	0.63	0.64	0.77	0.62
일반철도	0.66	0.62	0.78	0.80	1.02	1.20	0.79	0.83	0.75	0.85	0.83
도시철도	0.57	0.40	0.51	0.43	0.43	0.53	0.41	0.55	0.57	0.69	0.51
장애											
고속철도	0.48	0.37	0.34	0.37	0.29	0.35	0.50	0.46	0.57	0.47	0.42
일반철도	0.81	0.79	0.69	0.63	0.71	0.68	0.79	0.75	0.76	0.64	0.73
도시철도	0.83	0.46	0.93	0.69	0.49	0.50	0.64	0.57	0.63	0.76	0.65

\* 자료 : 철도안전DB를 활용하여 연구진이 직접 산출

<표 81> 열차 평균 지연시간 원단위

(단위 : 시간)

구분	최근 10년간 열차지연시간 평균 (a)	소규모 지연시간을 반영한 열차 평균 지연시간 원단위 (a×62.2%)
사고		
고속철도	0.62	1.01
일반철도	0.83	1.35
도시철도	0.51	0.83
장애		
고속철도	0.42	0.68
일반철도	0.73	1.18
도시철도	0.65	1.05

\* 자료 : 철도안전DB를 활용하여 연구진이 직접 산출

□ 철도사고 및 운행장애 발생 규모( $C_{ts} \times RD_t$ )

- 철도사고 및 운행장애 발생비율 원단위는 기존 10년간 주행거리당 철도사고 및 운행장애 건수의 평균을 산출하여 활용하고, 주행거리는 앞서 인적/물적 피해비용 저감 편익 산정 시 계산된 철도 수송실적(인-km)을 그대로 적용하였음

<표 82> 최근 10년간 주행거리당 철도사고 및 운행장애 발생비율

(단위 : 건/억인.km)

구분	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	평균
사고											
고속철도	0.13	0.16	0.12	0.12	0.09	0.06	0.04	0.05	0.07	0.03	0.09
일반철도	2.09	1.94	1.53	1.60	1.42	0.95	0.75	0.60	0.71	0.59	1.22
도시철도	0.74	0.21	0.22	0.15	0.14	0.09	0.10	0.09	0.06	0.04	0.18
장애											
고속철도	0.78	0.83	0.72	0.52	0.31	0.42	0.34	0.39	0.35	0.51	0.52
일반철도	2.19	2.24	2.25	1.97	1.81	1.33	1.08	1.12	1.27	1.55	1.68
도시철도	0.27	0.12	0.11	0.16	0.15	0.15	0.17	0.15	0.12	0.17	0.16

\* 자료 : 철도안전DB를 활용하여 연구진이 직접 산출

□ 시간손실비용 저감 편익 ( $VOTS$ )

- 철도사고/운행장애의 열차지연으로 인한 시간손실비용을 각 철도유형별 및 사업 시행 여부에 따라 추정하여 시간손실비용 저감 편익을 산출

<표 83> 시나리오별 편익 (백만원)

(단위 : 백만원)

구분	편익 (사업시행-사업미시행)
2033	7,742
2034	7,916
2035	8,091
2036	8,269
2037	8,448
2038	8,629
2039	8,813

### 3. 사고 및 장애 저감에 따른 통행시간 신뢰성 향상 편익

- “통행시간 신뢰성”이란 개별 통행주체의 기대 통행시간과 실제 통행시간의 차이, 또는 동일한 기종점 간의 통행시간 변동성을 나타내는 지표로, 통행시간 신뢰성 향상 편익은 교통사업의 시행으로 인해 통행시간 신뢰성이 개선되거나 향상됨에 따라 발생하는 편익을 의미
  
- 한국개발연구원의 「교통부문 사업 편익산정 방법론 연구(2017)」에 따르면 독일이나 영국의 투자평가지침 및 타당성평가 가이드라인에서 통행시간 신뢰성 향상 편익을 반영하고 있는 것으로 조사되었으며, 국내에서는 기획재정부「예비타당성조사 수행 총괄 지침(2022.12)」에서 교통사업의 편익 산정 시 통행 신뢰성(정시성) 향상 편익을 반영하도록 명시
  
- 동 사업 추진을 통한 철도 사고 및 장애 감소는 철도 통행시간 신뢰성을 향상시키며, 이에 따른 편익을 산출
  - 철도부문 통행시간 신뢰성 향상 편익은 통행자들의 철도 통행거리를 이용하여 산정할 수 있으며, 사업 미시행 시와 시행 시 지연시간의 표준편차에 통행시간 신뢰성 가치를 적용하여 통행시간 신뢰성 향상 편익 산정

철도 통행시간 신뢰성 향상 편익 산출식

$$VOTRS_{\text{철도}} = VOTR_{\text{사업미시행}} - VOTR_{\text{사업시행}}$$

철도 통행시간 신뢰성 비용 산출식

$$VOTR_{\text{철도}} = \sum(Q \times STD_{\text{철도}} \times VOR \times 365)$$

$STD_{\text{철도}}$  = 철도통행시간 신뢰성 지표 (지연시간 표준편차/km)

$VOR$ (통행시간 신뢰성 가치) =  $VOT \times RR$

$VOT$  = 통행시간 가치

$RR$  = 신뢰성 비율

$Q$  = 철도 교통량

□ 철도통행시간 신뢰성 지표 ( $STD_{\text{철도}}$ ) (분/km)

- 철도통행시간 신뢰성 지표는 한국개발연구원「통행시간 신뢰성 향상 편익 산정 연구 (2020)」에서 제시하고 있는 철도부문 통행시간 신뢰성 지표 산정 결과 인용
  - 철도통행시간 신뢰성 지표는 각 철도유형별로 상이하하며, 각 유형별 신뢰성 지표는 고속철도 0.0111분/km, 일반철도 0.0099분/km, 도시/광역철도 0.0405분/km

<표 84> 철도부문 통행시간 신뢰성 지표 원단위

(단위 : 분/km)

구분	철도 통행시간 신뢰성 지표
고속철도	0.0111
일반철도	0.0099
도시/광역철도	0.0405

□ 철도통행시간 신뢰성 가치 ( $VOR$ ) (원/인)

- 철도통행시간 신뢰성 가치는 철도 이용객 1인당 평균시간가치(VOT)와 신뢰성 비율(RR)의 곱으로 산출 가능
  - 철도 이용객 1인당 평균시간가치는 한국개발연구원「예비타당성조사 수행을 위한 세부지침 도로·철도부문 연구(2021)」에서 제시하고 있는 2019년 평균시간가치 값을 인용
  - 철도부문 통행시간 신뢰성 비율은 한국개발연구원「통행시간 신뢰성 향상 편익 산정 연구(2020)」에서 제시하고 있는 업무 및 비업무 신뢰성 비율 인용

<표 85> 철도부문 통행시간 신뢰성 가치

(단위 : 분/km)

구분	철도(1인당)	
	업무	비업무
재차인원 (인)	0.21	0.79
시간가치 (원/인.시) (2019년 기준)	4,905	4,747
평균 시간가치 (원/인) (2019년 기준)	9,651	
신뢰성 비율 (RR)	0.59	0.45
신뢰성 가치 (원/인) (2019년 기준)	5,030	

□ 철도 교통량 (Q) (인-km)

- 철도 교통량은 앞서 인적/물적 피해비용 저감 편익 산정 시 계산된 철도 수송실적 (인-km)을 적용

□ 통행시간 신뢰성 향상 편익 (VOTRS)

- 철도사고/운행장애 저감에 따른 통행시간 신뢰성 비용을 각 철도유형별 및 사업 시행 여부에 따라 추정하여 통행시간 신뢰성 향상 편익을 산출

<표 86> 시나리오별 편익 (백만원)

(단위 : 백만원)

구분	편익 합계
2023	747,083
2024	790,223
2035	835,853
2036	884,119
2037	935,172
2038	989,172
2039	1,046,291

### 제3절. B/C 산출 결과

#### □ 동 사업의 B/C ratio는 1.9로 산출됨

- 2025~2029년까지 동 사업에 투입되는 예산은 현가기준 총 262억원
- 2033~2039년까지 인적/물적 피해비용 저감액, 시간손실 비용 저감액, 통행시간 신뢰성 향상 편익을 통해 산정한 총 편익은 현가기준 총 4.3조원
- 총 저감액 4.3조원에 사업기여율 13%, R&D기여율 20%, R&D사업화 성공률 45%를 순차적으로 반영하였을 때 총 편익 503억원
- 따라서 동 사업의 비용편익(B/C) 비율은 1.9

<표 87> 동 사업 투입 비용 및 편익 현재가치

(단위 : 백만원)

구분	항목	현재가치
비용	총 사업비 (Cost) (a)	26,170
편익항목별 편익산출 결과	① 인적/물적 피해비용 저감 편익	615,613
	② 시간손실 비용 저감 편익	34,148
	③ 통행시간 신뢰성 향상 편익	3,650,403
	(가정요소 반영전) 합계	4,300,165
	(가정요소 반영후) 합계 (Benefit) (b)	50,312
가정 요소	사업 기여율	13.0%
	R&D 기여율	20.0%
	R&D 사업화 성공률	45.0%
B/C ratio (b/a)		1.9



붙임: 과제제안요구서(RFP)

---

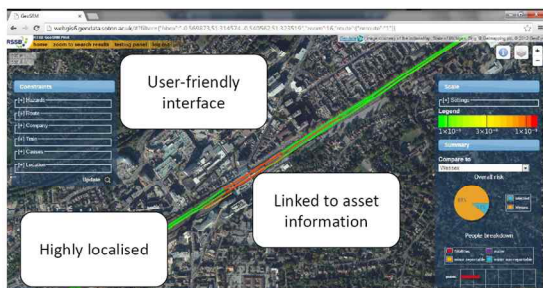
<b>사업명</b>	데이터 기반 철도시스템 안전 평가·예측 기술 개발						
<b>총 사업비</b>	270억원(국비: 270억원, 민간 미정)	<b>사업기간</b>	25년~29년(2단계, 총 5년)				
<b>[성과목표]</b>							
<p>○ 사고전조 데이터 기반 철도시스템 안전 평가·예측 기술 개발을 통해 예방형 철도 안전관리 체계 구현</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 철도사고 및 사상사고 20% 이상 저감하는 정부정책*에 기여할 수 있는 기술개발                     <ul style="list-style-type: none"> <li>* 국가교통안전기본계획('22-'26): 주요 철도사고 발생건수 20%, 사망자수 10% 저감</li> </ul> </li> <li>- 국가 차원에서 철도 사고전조를 세계최고 수준*으로 통합 평가·예측·관리할 수 있는 기술 개발                     <ul style="list-style-type: none"> <li>* 세계최고 철도안전 국가인 영국철도: 약 3,000종의 철도 사고전조 통합 평가·관리(現 국내 517종 사고전조 관리), 안전 평가·예측 정확도 신뢰 수준 95% 이상 확보</li> </ul> </li> </ul>							
<b>[성과지표]</b>							
성과지표명		목표치					측정방법
		'25	'26	'27	'28	'29	
1	철도시스템 사고전조 추론 및 잠재적 위험요인 분석 기술 개발	모델링	알고리즘	시작품	시제품 90%	시범사업 95%	핵심 성능달성 기준 (연산처리속도, 시의성, 사고전조 진단 정확도 등 정량적 지표에 따른 통합점수)
	철도시스템 사고전조 및 운영데이터 관련 법·제도 개선안 마련	-	설계	법/규칙 개선안	지침/메뉴얼 개선안	95%	법·제도마련 절차 기준 진행율 (%)
2	철도 안전체인 국가 표준모델 개발	설계	모형화	시작품	표준모델 3,000건	시범사업 95%	철도 안전체인 국가 표준모델 검증 성능지표 기준의 성능달성 기준 (표준모델 건수, 위험요인 커버리지, 위험발생, 피해확산, 예방대책 등 정량적 지표에 따른 통합점수)
3	사고전조 기반 디지털 안전체인 상태평가·예측 기술 개발	설계	알고리즘	시제품	시제품 90%	시범사업 95%	핵심 성능달성 기준 (연산처리속도, 시의성, 상태평가·예측 정확도, 의사결정 정확도 등 정량적 지표에 따른 통합점수)
4	데이터기반 철도안전관리체계(SMS) 관리 기술 개발	설계	알고리즘	시제품	시제품 90%	시범사업 95%	핵심 성능달성 기준 (연산처리속도, 시의성, 안전점검·관리 항목 도출 정확도 신뢰 수준 등 정량적 지표에 따른 통합점수)

### [정책적 연계성]

- 윤석열정부 국정과제(‘22.5)
  - (윤석열정부 국정과제 65) 「선진화된 재난안전 관리체계 구축」의 “AI·데이터를 활용한 디지털 재난관리체계구축”, “ICT 기반의 일상 안전 모니터링 체계 구축” 등
- 제5차 과학기술기본계획(‘23-’27)
  - “데이터 기반 재난·안전관리 및 사회 회복력 제고”의 “통합 디지털 재난관리체계 도입 및 데이터 확보 인프라 확대” 등
- 제9차 국가교통안전기본계획(‘22-’26)
  - “데이터 기반 사전예방적 철도안전체계 강화”, “Big-data 기반 위험도 관리 시스템 개발 등 예측형 안전기술 개발” 등
- 제1차 철도시설 유지관리 기본계획(‘21-’25)
  - “철도시설 위험도 관리를 통한 안전도 제고” 등
- 스마트 철도안전관리체계구축 기본계획(‘18-’27)
  - “빅데이터 기반의 안전관리”, “과학적 유지관리체계 도입”, “체계적 위험도 평가 도입”, “감독지원시스템 구축” 등
- 제3차 철도안전 종합계획(수정계획)(‘16-’22)「
  - “증거기반 철도안전 의사결정체계 구축”, “철도안전관리 체계 감독 강화, “철도안전 원천 기술 개발 및 검증인프라 구축”
- 「철도안전 강화대책(‘18.1)」
  - “사고예방을 위해 통계 관리”, “사고·장애 부품별 분석, 취약요인 진단” 등

### [중점투자 분야 및 기술]

- (중점분야1) 철도시스템 사고전조 추론 및 잠재적 위험요인 분석 기술 개발
  - (목표) 사고전조 관리항목 확대\*를 위한 사고전조 추론기술 및 사전예방을 위한 잠재적 위험요인을 분석 기술 개발
  - \* 現 국내 517종 사고전조 관리 → 3,000종 이상 사고전조 관리 항목 확대



<잠재적 위해요인, 사고전조, 발생이벤트 안전정보 생성기술 예시>

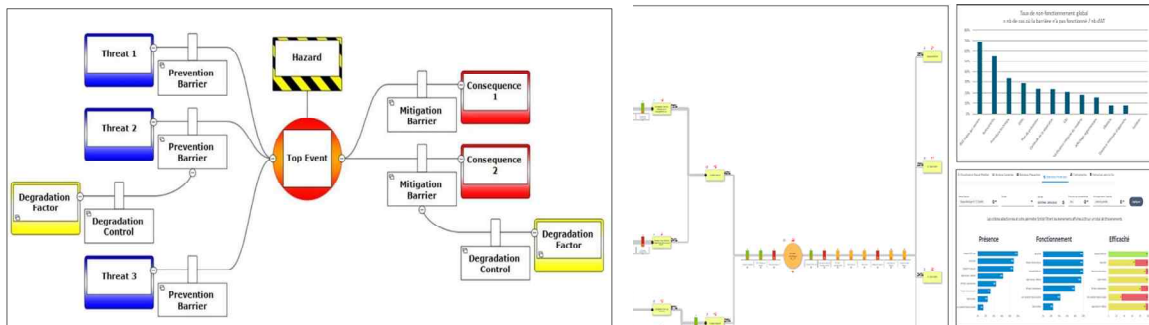
- ① 비정형 데이터를 활용한 철도 사고전조 추론 기술 개발
- ② 철도 사고전조의 잠재적 위험요인 분석 기술 개발
- ③ 빅데이터 기반 철도안전 정보생성 기술 개발
- ④ 철도시스템 사고전조 및 운영데이터 관련 법·제도 개선안 마련

○ (중점분야2) 철도 안전체인 국가 표준모델 개발

- (목표) 국가 표준 철도 안전체인\* 모델 개발 및 운영사별 특성을 고려한 표준모델 적용 기반 현장 안전관리 활동 지원 기술 개발

\* 철도 안전체인 위험발생 → 피해확산 → 예방대책을 연계함으로써 사전안전지표부터 사후안전 지표까지 합리적인 수준으로 인전을 관리하는 철도 안전관리 프로세스로 정의되며, 사고발생 시나리오를 포함

- ① 사고전조 중심의 철도 위험발생 분석 및 모델링 기술 개발
- ② 철도사고 위험사건·피해확산·사고결과 분석 및 모델링 기술 개발
- ③ 철도사고 예방대책 분석 및 모델링 기술 개발



<철도 안전체인(위험발생, 피해확산, 예방대책 등) 국가 표준모델 예시>

○ (중점분야3) 사고전조 기반 디지털 안전체인 상태평가·예측 기술 개발

- (목표) 디지털 안전체인\*을 이용한 사고전조 데이터 기반 철도시스템 상태 평가 및 예측 기술 개발

\* 디지털 안전체인: 철도안전 데이터의 수집·가공, AI 기반 예측·의사결정 등 4차 산업혁명 기반 기술을 활용한 Safety Chain의 디지털 전환(digital transformation)

- ① 빅데이터 기반 위험요인 발생확률 및 심각도 평가 기술 개발
- ② 기계학습 및 인공지능 기반 위험 산정·예측 기술 개발
- ③ 안전대책의 시간·재산·인명 등 사회영향 비용·편익 평가 기술 개발
- ④ 철도 안전상태 기반 최적 안전대책 의사결정 지원 기술 개발



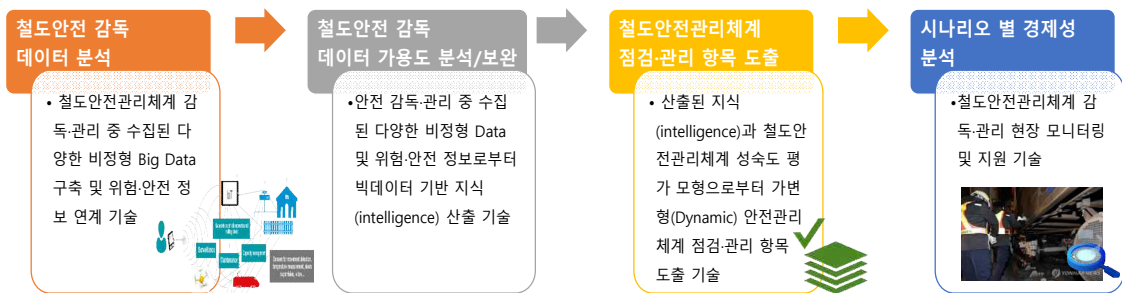
<디지털 안전체인 상태평가·예측 시스템 구성안>

○ (중점분야4) 데이터기반 철도안전관리체계(D-SMS) 관리 기술 개발

- (목표) 국가차원 데이터기반 철도안전관리체계 적용을 위한 제도개선 및 현장 적용 기술 개발

\* 데이터기반 철도안전관리체계(Digital based Safety Management System: D-SMS): 철도 현장에서 3,000종 이상의 데이터를 수집하고 분석 평가를 수행한 결과를 기반으로 안전관리

- ① 철도안전관리체계 요건 도출 및 성숙도 평가 기술 개발
- ② 철도안전관리 데이터 텍스트 마이닝 및 지식 산출 기술 개발
- ③ 가변형 안전관리체계 점검·관리 항목 도출 및 기술 개발
- ④ 철도안전관리체계 관련 제도 개선안 마련



<데이터 기반 철도안전관리체계(SMS) 관리>

[사업 추진체계 및 추진방식]

○ (사업추진체계)

- 사업의 전체 총괄은 국토교통부가 담당하며, 사업주관은 국토교통과학기술진흥원, 기술 개발 및 사업관리는 연구단에서 맡아 진행하는 형태의 추진체계 구성
- 각 핵심기술 분야 수행의 효과를 높이고, 개별 연구 수행기관과의 성과 연계를 통해 유기적인 대응이 가능하도록 단일 연구단으로 구성
- 연구단 형태로 추진하면서 객관성, 공정성 등의 단점을 보완하기 위해 연구개발과제 평가단을 설치하여 사업단의 주요 의사결정에 대한 심의를 받도록 조치
- 과제 기획 부문과 사업수행자 선정에서 전문성과 객관성이 요구되어 국토교통부

소관 연구관리 전문기관이 전담

○ (실증방안)

- '데이터 기반 철도시스템 안전 평가·예측 기술'의 철도 현장적용 환경구현을 통한 실증기반 테스트 베드 및 시범사업을 통한 사업성과물의 적용성 및 안전성 평가
- (테스트베드) '철도시스템 사고전조 추론 및 잠재적 위험요인 분석 기술', '철도 안전체인 국가 표준모델', '디지털 안전체인 상태평가·예측 기술' 및 '데이터기반 철도안전관리체계(SMS) 관리 기술'의 성능검증 및 현장 적용성 검토
- \* (대상지) 국토부 철도안전정보종합관리시스템, 철도시험선 및 철도운영기관 노선 활용/ (예정기간) '28~'29년
- (시범사업) 데이터 기반 철도시스템 안전 평가·예측 기술 실증을 위한 운영기관 대상으로 시범사업 구축·운영('29년)

○ (사업추진방식)

- 제9차 국가교통안전기본계획('22~'26)」, 「제4차 철도안전종합계획('23~'27)」 등 정책 목표와 연계한 단계적 추진
- 본 사업은 1단계: 모형화 및 설계(25, '26), 2단계: 시제품 개발('27), 3단계: 시제품 개발('28), 4단계: 시범사업, 실증 및 제도화('29)의 단계로 추진
- 전문기관을 통한 지정공모 및 선정평가
- 기술개발에 대한 국내 수요처 및 차량 제작사 의견수렴 및 시장 요구사항 반영
- 수요처 협약 등 개발기술 적용 및 실증 평가

[민·관 역할분담 및 협업 방안]

- (민·관 역할분담 및 정부 투자 필요성) 철도는 대표적인 대중교통수단임에 따라 국민의 안전을 확보하여야 하며, 사고발생 시 사회적 파급효과가 매우 크므로 사고의 주요 원인인 인적오류에 관한 정부차원의 적극적인 지원 필요
- 국가는 철도안전의 관련 법령에 따라 국민의 생명 및 재산을 보호하여야 하며, 최고수준의 철도안전확보를 위한 필요한 철도종사자 인적요인에 관한 기술은 국가주도하에 지원되어야 함
- 철도안전관리 기술개발은 장시간의 투자재원이 필요하나 단기 투자성과 위주 민간주도로 기술개발 및 시장 창출이 어려움에 따라 국가지원이 필요함
- 국가, 지자체의 안전 투자비율이 55% 이상인 반면 민간부문은 불과 1.1%에 지나지 않으며, 특히 철도운영기관은 경영악화 심화로 철도안전 기술개발에 대한 투자가 어려운 상황
- 정부투자 중심으로 연구개발을 수행하고, 연구성과를 철도현장에 보급하여 정부, 철도운영기관, 철도현장, 관련 기업 간 연결고리가 강화될 수 있도록 실용화-후속지원-연계홍보의 연구성과 확산체계를 구축하여 운영

- (민·관 협업 방안) 철도운영기관 현장실사 및 수요기술 조사, 전문업체, 정책기관 등의 시스템 협업체계 분석을 토대로 효율적 역할 분담 수행
  - 민간기업과 운영기관, 출연연 등 공동개발-검증하여 실용화에 성공한 성과품을 현장적용 및 해외수출까지 적용

연구진/학계	전문업체
○ 운영체계/성능 설계 - 세부 기술별 모델링 및 알고리즘 개발 - 시스템 요건분석, 이론정립, 기본설계 - 진단·예측 알고리즘 개발	○ 시제품 제작 운영 - 시제품 상세 설계 및 제작 - 핵심 부품 성능 확보 - 시제품 제작 설치 운영
정책기관	철도운영기관
○ 실용화 지원 제도 개선 - 시스템 운영을 위한 제도 개선 - 성능인증 제도 마련	○ 시스템 설치 운영 및 성능검증 - 현장 성능검증 테스트베드 제공 - 시스템 운영 성능평가, 유지관리 기술

**[연도별 사업 추진계획]**

(단위 : 억원)

내역사업명	구분	'25	'26	'27	'28	'29	합계
철도시스템 사고전조 추론 및 잠재적 위험요인 분석 기술 개발	국비	11	14.2	14.8	11	9	60
	지방비	-	-	-	-	-	-
	민자	2.75	3.55	3.7	2.75	2.25	15
철도 안전체인 국가 표준모델 개발	국비	7.8	15.34	18	20.06	10.8	72
	지방비	-	-	-	-	-	-
	민자	1.95	3.84	4.5	5.02	2.7	18.01
사고전조 기반 디지털 안전체인 상태평가·예측 기술 개발	국비	5.2	12.06	21.6	21.94	11.2	72
	지방비	-	-	-	-	-	-
	민자	1.3	3.02	5.4	5.49	2.8	18.01
데이터기반 철도안전관리체계(D- SMS) 관리 기술 개발	국비	3	6.4	11.6	10	5	36
	지방비	-	-	-	-	-	-
	민자	0.75	1.6	2.9	2.5	1.25	9
합계(기평비 포함)	국비	27	48	66	63	36	240
	지방비	-	-	-	-	-	-
	민자	6.75	12.01	16.5	15.76	9	60.02
	계	33.75	60.01	82.5	78.76	45	300.02

**[자원조달 방안]**

- 국토교통R&D 예산 확보 추진

- 본 신규사업은 5차년도 총 240억원(국비 240억, 민자 미정)이 소요되며, 정부출연금에 대해 민간기업 매칭펀드를 조성하여 연구비 재원을 확보할 예정

**[기존 사업과 차별성 및 연계방안]**

- (차별성) NTIS 유사성 검토 결과, 유사과제는 ‘실시간 철도안전 의사결정 지원시스템 개발’ 과제가 검색되었으나,
  - 유사과제는 특성 노선을 대상으로 기존 안전검지 장치 데이터를 활용한 연구로 국가차원, 운영사 전체 차원의 위험 예측·평가로 하는 본 사업의 결과물과 상이함
  - 또한 상당한 시점이 경과되어 개발된 기술 수준이 현재의 인공지능 기술 등 4차 산업기술과 확연한 기술적 차이가 있다는 점 등에서 예방형 철도안전관리 통합 체계를 개발하려고 하는 본 과제와는 차별됨
- (연계방안) 특정 노선을 대상으로 위험성 평가를 수행한 모형의 시나리오 전개를 연계하여 활용할 수 있을 것으로 기대되어 본 사업과 연계하여 활용 예정

**[성과 활용방안]**

- 철도안전법, 철도종합안전계획, 국가교통기본계획 등 정부정책을 지원하고, 국민이 안심하고 신뢰하는 지능형 철도안전 구현에 활용
  - 데이터 기반 사전예방적 철도안전체계 강화, Big-data 기반 위험도 관리에 활용
  - 체계적 위험도 평가 도입, 감독지원시스템 구축, 과학적 유지관리체계에 활용
  - 철도종사자 인적오류 예방관리에 대한 평가·검증에 활용
  - 데이터 기반 재난·안전관리 및 통합 디지털 재난관리에 활용
- 데이터 기반 철도시스템 안전 평가·예측 기술 개발 사업의 연구성과는 스마트 철도안전 정책 및 제도, 표준화, 스마트 철도안전 생태계 조성, 사업화 등에 널리 활용
  - 특히, 철도안전 데이터가 디지털화되고 이를 기반으로 통합 관리됨에 따라 정부 중심으로 운영기관, 시설관리자, 국민, 기업의 참여 및 역할이 증대되어 철도안전 생태계 조성 가능
- 본 사업의 연구성과 실용화를 촉진하기 위하여 분야별 제도화 방안 도출하며, 실증 단계를 거쳐 관련 규정에 반영 제도 개선 추진

**[파급효과]**

- (경제/사회적 파급효과)
  - 철도 사고전조의 예견적 평가 및 예방을 통한 철도 사고·장애 저감 및 철도 운영의 안전성 향상으로 철도시스템에 대한 사회적 신뢰도 및 수용성 향상

- 
- 안전상태 예측·평가에 기반을 둔 객관적, 비용-효과적인 안전개선 대책 마련
  - 반복되는 사고 또는 신규 위험원에 의한 사고를 예방함으로써 사고피해비용 절감 및 철도교통 통행시간 신뢰성 향상
  - 해외 철도운영기관 및 제작사 대상으로 개발 기술 수출 및 기술이전 촉진
- (직·간접적 고용, 일자리 창출, 인력양성 파급효과)
- 인공지능, 빅데이터 등 4차 산업혁명 시대에 적합한 전문 인력 양성
  - 첨단 인공지능 기술을 접목한 K-철도안전기술의 혁신적 발전을 통한 국내 관련 기업의 글로벌 기술 경쟁력 확보와 일자리 창출 효과 기대

## 참고문헌

### 주요 정책 자료

2018년 국토교통부 철도안전 시행계획

2018년 기준 재난안전산업 실태조사 보고서, 행정안전부, 2020.2

국교통과학기술 육성법

스마트 철도안전 기본계획, 국토개발부, 2017.12

제3차 철도시설 개량 종합계획(2018-2022)

철도안전법

철도산업발전기본법

### 관련 문헌 자료

Annual safety performance report 2017~18, RSSB

Big data in railways – Common Occurrence Reporting Programme, European

COR Final Report – Common Occurrence Reporting Project, European Railway Agency(2019)

RAIL TECHNICAL STRATEGY EUROPE, UIC, 2014

Railway Agency(2016)

Markets and Markets Analysis, 2020

Physical security equipment and services report 2015, iHS report, 2015

Review of Data Quality and approach of the agency annual report–Impact Assessment, European Railway Agency(2015)

Secondary Research, Expert Interviews, and MarketsandMarkets Analysis, 2020

SMART RAILWAYS MARKET(GLOBAL FORECAST TO 2024), MarketsandMarkets, 2020

Tendencies in the field of application of metal–powder materials for repair and maintenance of railway equipment, Procedia computer science, 2019

2018년 기술수준평가, 2019, KISTEP

3차 종합계획 수정계획 보고서 p.33~34

---

3D 프린팅 적용 철도차량용 공기압축기의 열교환기 설계 및 제작 기술 연구, 한국산학  
기술학회논문지, 2017

국내 철도안전관리체계 개선에 관한 연구(2008), 한국철도학회

미래철도 전망 2040, 국토교통과학기술진흥원, 2014

서울교통공사 2018년 안전보고서, 2019.04.16., 서울교통공사

제2차 국가교통기술개발계획(2009~2013) 수립 연구, 한국교통연구원, 2008

제3차 철도안전종합계획 (수정계획) 수립연구 용역보고서, 2019

철도시설 이력관리 종합정보시스템 구축에 관한 연구, 한국철도학회 춘계학술대회 논  
문집, 2017

철도교통 기술수준 상세분석 및 R&D 추진전략수립 연구, 국토교통부, KAIA, 2018.05

사이트

<https://www.railsafety.or.kr/index.do>

<https://trimis.ec.europa.eu/>