

2015

국토교통 R&D 동향조사

철도교통분야

Ministry of Land,
Infrastructure, and
Transport

Korea
Agency for
Infrastructure Technology
Advancement



생활을 편리하게!
살을 풍요롭게!

-creative dream builder-

KAIA

국토교통 R&D 동향조사

철도교통분야

CONTENTS



01. 개요	04
I. 철도교통의 정의 및 범위	04
II. 철도교통 연구의 필요성	06
02. 국내외 주요 정책동향	08
I. 미국	08
II. EU	09
III. 프랑스	13
IV. 영국	14
V. 일본	15
VI. 중국	16
VII. 한국	19
03. 철도차량	24
I. 주요 선진국 동향	24
II. 국내 동향	48
04. 철도인프라	56
I. 주요 선진국 동향	56
II. 국내 동향	80
05. 국내외 동향 요약	94
I. 시장동향	94
II. 정책동향	95
III. 기술동향	96
06. 주요이슈 및 시사점	98
07. 참고문헌	100



01. 개요

I. 철도교통의 정의 및 범위

- 철도교통은 일반적으로 궤도 위에 동력장치를 갖춘 차량을 주행시켜 사람과 화물을 대량으로 수송하는 시스템을 의미¹⁾
 - 전용용지에 토공, 교량, 터널 배수시설 등으로 구성되는 노반을 조성한 후에 레일, 침목, 도상 및 그 부속품으로 구성되는 궤도를 부설하고 그 위를 기계적, 전기적 또는 기타 동력으로 차량을 운행하여 일시에 대량의 여객과 화물을 수송하는 육상교통수단으로 정의²⁾
 - 최근 노면철도 모노레일, 부상식 철도 등 새로운 개념의 철도가 운용됨에 따라 철도교통의 정의도 “일정한 가이드웨이에 따라 차량을 운전하여 여객이나 화물을 운반하는 것의 전부”와 같은 광의적 개념으로 확대³⁾
- 철도교통기술분야는 철도교통분야를 구성하는 시스템 구성요소에 따라 철도차량, 철도시설, 철도운영 및 환경으로 구분⁴⁾
 - 철도차량 기술은 전용 궤도 위를 주행할 수 있는 차량의 설계, 제작, 시험평가, 유지관리를 위한 기술로 운행속도 및 운행방식, 운행지역에 따라 일반철도차량기술, 고속철도차량기술, 자기부상철도차량기술, 도시철도차량기술로 구분
 - 일반철도차량 기술은 200km/h 미만 최대 주행속도를 갖는 도시철도를 제외한 차량의 설계, 제작, 시험평가, 유지관리를 위한 기술
 - 고속철도차량 기술은 200km/h 이상의 최대 주행속도와 단수 또는 다수의 동력장치를 갖는 차량의 설계, 제작, 시험평가, 유지관리를 위한 기술
 - 자기부상철도차량 기술은 바퀴를 사용하지 않고 자기력으로 레일에서 부상한 차량을 추진시켜 달리는 열차의 설계, 제작, 시험평가, 유지관리를 위한 기술

1) 알기쉬운 철도용어 해설집, 한국철도학회, 2008

2) 제 2판 철도공학개론, 최길대, 김선호 공저, 구미서관, 2012

3) 철도공학, 서사범, 2007

4) 제품시장을 기준으로 철도기술을 분류하는 것은 인프라, 시스템 기술 차량으로 철도기술을 구분한 SCI Verkehr 분류 기준을 참고하였음, “The Worldwide Market For Railway Technology 2012”, SCI Verkehr

- 도시철도차량 기술은 도시교통의 원활한 소통을 위하여 도시교통권역에서 운영하는 철도로서 중량전철, 경량전철(AGT, 모노레일), 노면전차를 설계, 제작, 시험평가, 유지관리 하는 기술
- 철도시설 기술은 철도의 선로, 역시설 및 철도운영을 위한 건축물의 설계, 시공, 유지관리 관련 제반기술로, 철도노반 기술, 철도궤도 기술, 철도 교량/터널/역사 기술, 전철/전력 기술, 신호/통신 기술로 구분
 - 철도노반 기술은 궤도를 지지하는 도상 및 노반에 대한 설계, 시공, 유지관리에 필요한 관련 기술
 - 철도궤도 기술은 철도하중을 지지하는 궤도구조, 궤도구성품, 궤도시스템, 철도선형과 궤도유지관리와 관련된 기술
 - 철도교량/터널/역사 기술은 궤도를 지지하거나 선로를 확보하기 위한 철도구조물의 설계, 시공, 유지관리에 필요한 관련 기술
 - 전철/전력 기술은 열차에 전기에너지를 공급하기 위하여 선로에 설치되는 전차선로, 급전, 배전 등 전력공급 설비, 역사 전력공급설비, 에너지 변환설비 등에 필요한 제반 기술
 - 신호/통신 기술은 철도의 특성에 적합한 각종 통신설비를 효율적으로 사용하여 열차의 운행 간격, 열차 진로, 운전 보안 및 정보화 설비를 취급하는 종합적인 열차 제어 및 철도 통신 시스템 엔지니어링 기술
- 철도운영 및 환경 기술은 차량·시설물 운영을 최적화하고 운영 상의 이상 발생 시 경제적, 환경적 피해저감을 최소화하는 한편 최단 시간 내에 원래의 기능 회복 및 사후관리할 수 있도록 하기 위한 체계·절차·기술로, 철도운영 및 안전, 철도환경, 철도시스템 유지관리 기술로 구분
 - 철도운영 및 안전 기술은 차량·시설물 여건을 고려하여 운영·유지보수의 계획·절차를 수립하고 운영·유지보수 현황 및 결과를 관리할 뿐만 아니라 사고 또는 재해 메커니즘을 규명하고, 피해를 저감시키거나 사고를 방지하기 위한 제반 체계 구현 기술
 - 철도환경 기술은 철도가 환경에 미치는 부하의 정량화 및 최소화를 위해 철도의 계획·건설·운영 단계에서 자원사용과 배분을 최적화하고 철도건설·운영으로 인한 환경오염을 복원하기 위해 요구되는 기술
 - 철도시스템 유지관리 기술은 철도교통시스템의 수명주기 비용 최소화 및 최적화와 경제성 및 안전성 향상을 위해 차량, 시설물, 운영시스템의 상태를 상시 모니터링하고 최적으로 유지관리하기 위한 기술

- 승객과 화물의 이동에 필요한 에너지 소비를 최소화하기 위한 경량신소재의 철도차량 적용을 위한 연구 진행
 - 복합재 및 첨단 경량 신소재를 활용한 초경량 철도교통시스템이 개발되고 친환경 소재를 활용한 고효율 대용량 연료전지 기술이 개발되어 미래형 철도 등에 활용될 것으로 예측
 - '20년까지 철도에너지를 10%이상 절감시키고자 하는 ORISIS 등을 추진하였으며, 그 결과로 최근 철도차량 에너지소비량 산정기준도 마련
 - 일본은 '00년부터 연료전지의 철도적용에 대한 지속적인 연구를 수행하여 '06년 고체분자형 100kW급 연료전지 시험차량을 개발한 바 있으며, 중국은 '13년 1월 150kW급 수소연료전지 기관차의 운행에 성공한 바 있음
 - 향후 철도분야에서도 수소 등 대체연료를 활용한 연료전지 시스템과 철도시스템수소의 생산, 저장 공급할 수 있는 스테이션 기술이 개발될 것으로 예측
- 해외 철도교통시장에서 기술력에 기반한 주요 선진국의 시장 장악이 공고한 가운데 중국이 새로운 강자로 대두되는 등 경쟁이 심화
 - 전세계 주요 철도차량, 궤도/노반, 전철/전력, 신호/통신분야 시장은 독일의 Siemens, 프랑스의 Alstom 등의 선진기업들 점유비중이 매우 높음
 - 중국은 정부 주도로 대규모 철도 인프라를 구축하는 한편, 자국 기업의 기술력을 선진국 수준까지 제고하기 위한 정책을 적극적으로 추진
 - 중국은 자금력을 앞세워 동유럽 및 동남아, 아프리카, 중남미 지역에 철도시스템 수출
- 해외철도 시장 진출확대를 위해 시장 수요에 적합한 기술개발 지속 추진 필요
 - 국내에서는 독자적으로 고속철도 차량 모델, 바이모달 트램 등 핵심철도기술 개발과 해외진출 확대를 위한 정책적 지원을 지속적으로 추진
 - 국내 철도산업의 해외진출 미흡원인으로 현지화 역량 및 최적화된 해외 수요 대응 역량 미흡이 지적
- 철도 선진국의 기술력과 중국의 자금력 및 가격경쟁력을 극복하고, 지속적으로 수요가 발생하는 철도시장 진출을 위해서는 안전하고 비용이 저렴한 철도시스템 개발을 위한 연구가 필요



02. 국내외 주요 정책동향

I. 미국

- 연방철도청(FRA)은 PRIA, ARRA 등에 근거하여 제1차 장기국가철도계획('10년~'35년)을 수립하였으며, 주요 내용은 대도시간 연결, 도심구간 열차속도 향상, 철도와 타 교통수단 연계추진 등⁵⁾
 - '08년 여객철도 투자 및 개선에 관한 법령(PRIIA: Passenger Rail Investment and Improvement Act)을 제정하여 미국여객철도공사(Amtrak)의 장거리 노선과 Northeast Corridor (NEC) 노선, 고속철도 개발을 통한 지역간 여객철도 구축 활성화를 추진⁶⁾
 - PRIIA는 행정부가 공공철도 개발, 다목적 철도개발 및 고속열차 개발에 대해서 여객 및 화물철도 산업과 협력체계를 구축할 것을 명시하고 공공관점에서 지역 및 국가 교통정책목표 달성에 필요한 것임을 표명
 - 고속철도 교통축 개발 등 새로운 지역간 여객 철도서비스 투자비 지원 프로그램을 추진
 - 경기회복 및 재투자에 관한 법(ARRA)을 통해 고속철도 예산으로 80억 달러를 확보하였으며, '10년도 예산에서도 5년간 50억 달러의 예산 투입
- 연방철도청은 철도 인프라 구축 및 복구, 안전성 향상, 경제회복을 위한 교통수단 투자 프로그램을 진행 중⁷⁾
 - 철도의 인프라 구축 및 복구를 위한 프로그램으로 철도노선 재배치 및 개선, 철도 재건 및 보수 프로그램 수립
 - 철도노선 재배치 및 개선 프로그램은 철도노선 구축으로 인한 부작용을 완화하기 위한 프로그램으로 시행되었으며, '08년~'11년까지 9,000만 달러를 지원
 - 철도 재건 및 보수(재난 지원) 프로그램(Railroad Rehabilitation & Repair (Disaster Assistance))을 통해 태풍 등 자연재해로 손상된 철도 인프라 복구 및 복원을 지원
 - 철도 안전성 향상을 위한 프로그램으로 철도 안전 기술 그랜트 프로그램, 철도-도로 횡단 위험 저감 프로그램 수립

5) Preliminary National Rail Plan, Federal Railroad Administration, 2009

6) Passenger Rail Investment and Improvement Act of 2008 (PRIIA), FRA, 2008

7) <http://www.fra.dot.gov/Page/P0250>, Federal Railroad Administration, 2015

- 철도 안전기술 그랜트 프로그램은 철도안전향상법(Rail Safety Improvement Act of 2008)을 근거로 철도의 안전과 효율성 강화를 목적을 추진
- 철도-도로 교차구간 위험 저감 프로그램은 고속철도 코리도(corridors)에 위치하는 철도-도로 교차구간의 위험을 제거하기 위한 프로그램

II. EU

- EU는 범유럽교통망 건설을 위하여 CEF Transport 프로젝트를 운용 중이며, '30년까지 총 264억 유로를 투자할 계획'⁸⁾
 - CEF(Connecting Europe Facility) 프로젝트는 TEN-T(Trans-European Transport Network)의 가이드라인에 기반한 범유럽 교통망 구축을 위하여 파이낸싱 프로젝트 설계를 목표로 추진
 - '20년까지 예정된 TEN-T의 핵심 구축사업을 상호운용성 및 효율적인 교통시스템 구축 관점에서 지원하고자 함
 - CEF를 통해 추진되는 TEN-T의 주요 사업은 핵심 네트워크 구축, 에너지 효율성 및 안정성 확보, 인프라 접근성 및 교통수단의 통합관점에서 추진
 - 핵심 네트워크 구축, 각 네트워크간 연계, 국가간 연계를 목적으로 철도인프라를 포함한 교통 인프라 구축 프로젝트 지원(Funding Objective 1)
 - 핵심네트워크 및 광역네트워크 구축 : 'Projects on the Core Network(5,500백만 유로)', 'Projects on the Comprehensive Network(250백만 유로)'
 - 국가 간 철도 상호 운용성 확보 : 'Rail interoperability(50백만 유로)'
 - 철도운영상 통신시스템 호환성 및 제어시스템 구축 : 'ERTMS(200백만 유로)'
 - 교통의 에너지 효율성 및 안정성 확보를 위한 기술 지원(Funding Objective 2)
 - 전기, 수소, 바이오, 대체연료를 포함한 에너지 공급시스템과 전자화물 등 교통관련 기술개발 : 'innovation (160백만 유로)'

8) EU, TEN-T(<http://ec.europa.eu/transport>), 2015.1.19

- 중점연구영역은 상호운영, 정보기술 적용, 안전, 환경, 소재 및 생산방식의 혁신이며 주요 연구프로젝트로 부품 모듈화(MODTRAIN), 메트로 및 경전철(MODURBAN), 유럽상호운영체제(ERTMS), 도시철도 표준운영시스템(UGTMS), 화물운송 종합연구(OPERA) 등을 제시
- '14년 기존 SRRA를 보완한 SRRIA(Strategic Rail Research Innovation Agenda)를 발표하여 R&D 뿐만 아니라 혁신을 포함한 R&D&I(Innovation)를 강조
 - 매력적 교통수단, 시스템적 접근, 자산(ASSET)의 효율적 활용 등 3대 주제를 제시
- FP7의 후속 R&D프로그램인 Horizon2020에서는 녹색 및 스마트한 통합 교통 구현을 위해 철도분야의 에너지효율화, 스마트기술, 차세대차량 기술개발을 추진¹³⁾
 - Horizon2020은 FP7의 후속 R&D프로그램으로 운송부분의 에너지 효율화, 환경부담저감, 운송을 통한 중소기업 혁신 지원 등의 프로그램을 포함
 - 운송부분의 에너지 효율화 기술개발의 세부영역으로 철도를 선정하고 3개 세부 방향을 제시
 - 지능형 인프라(Intelligent Infrastructure) : 철도운용 및 유지보수 비용 감소를 위하여 비용 효율화, 지능형 이동관리, 에너지관리 관련 연구가 진행 중
 - 스마트 철도 서비스(Smart rail services) : 스마트 기술을 철도와 연계하여 다양한 여객서비스 및 효율적이고 이동성이 향상된 물류서비스 연구가 진행 중
 - 차세대 철도차량(New generation of rail vehicles) : 열차의 수명, 용량, 환경을 고려한 장기적 관점에서의 철도차량 개발에 대한 연구가 진행 중
- 철도분야의 신기술 및 개선기술의 통합을 촉진하기 위한 다자간 대규모 통합 연구계획으로 Shift2Rail을 '14년부터 운영 중¹⁴⁾
 - Shift2Rail은 '13년 EU 집행위원회에 제안서가 제출되었으며, '14년 운영에 착수
 - Shift2Rail 운영을 위해 프로그램 15개의 주요 철도산업체 및 운영기관간 MOU가 체결

13) A Flagship Joint Technology Initiative in Horizon 2020- Work Programme 2014-2015, ECDC, 2014

14) SHIFT2RAIL STRATEGIC MASTER PLAN, 2014,3

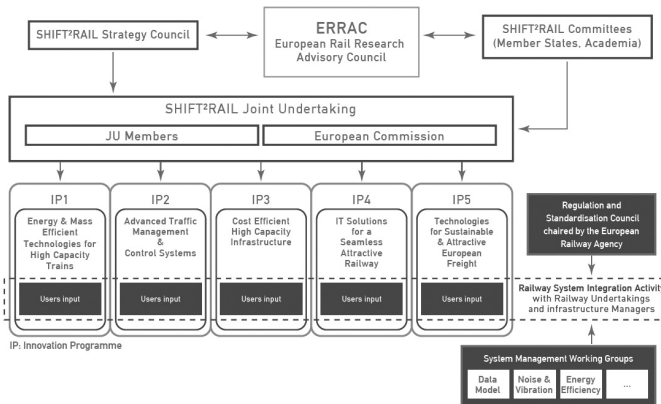
그림 1 Shift2Rail MOU체결 산업체 및 기관



자료 : Shift2Rail 홈페이지(<http://www.shift2rail.org/>)

- Shift2Rail의 주요 혁신프로그램은 ‘대용량 철도를 위한 에너지 및 고효율기술’, ‘최신 철도운영 및 신호제어 시스템’, ‘비용 효율적인 고용량 인프라시설물’, ‘단절없는 철도를 위한 IT기술’, ‘지속가능하고 매력적인 유럽 화물철도 기술’ 등 5개로 구성
- 다양한 철도시스템 및 관련 시스템의 통합의 관리를 위한 프로그램을 구축

그림 2 Shift2Rail 프로그램 체계도

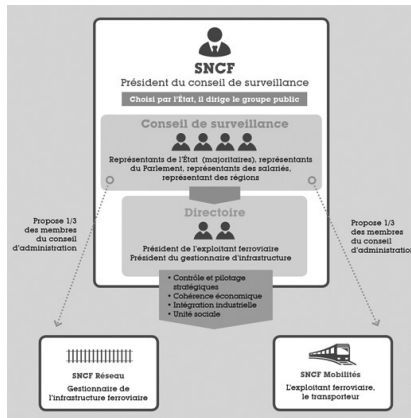


자료 : Shift2Rail 홈페이지(<http://www.shift2rail.org/>)

III. 프랑스

- 프랑스는 국가주도의 철도시스템 구축 및 인프라 개발을 위해 '14년도 철도산업개혁 정책을 마련'¹⁵⁾
 - 철도산업개혁정책은 철도의 공공성과 효율성을 제고하기 위한 국가주도 철도전략 계획
 - 구심점역할을 수행하는 철도산업 공동위원회를 구성하고 공공기관을 설립하여 국가 주도로 철도시스템 구축 및 인프라를 개발
 - 철도시스템 구축 및 인프라 개발에 대해 국가가 투자를 강제할 수 있는 방안을 포함

그림 3 철도산업 공동위원회 구성



- 프랑스는 교통분야 연구프로그램 PREDIT4('08년~'13년)에 이어 '15년부터 새로운 PREDIT 프로그램을 수행할 예정'¹⁶⁾
 - PREDIT는 지속가능 개발, 교통, 연구, 산업 관련 정부 부처 산하기관인 ADEME, ANR, OSEO가 시행하는 국토교통분야의 연구, 실험, 혁신을 위한 자금 지원 프로그램
 - 공공-민간협력 촉진을 통해 경제사회적으로 보다 효과적이고 안전하며, 에너지 사용량을 절감하고, 친환경적·인간중심적인 교통시스템 개발을 목표
 - PREDIT4('08년~'13년)는 '08년부터 프랑스와 유럽 연구기관의 조직과 역할을 재편하는 데에 큰 성과를 창출
 - 신규 PREDIT 프로그램은 3개 부처와 3개 기관의 합의로 확정

15) <http://regulation-ferroviaire.fr/tag/sncf-mobilites/>, ARAF, 2014

16) <http://www.predit.prd.fr/>, PREDIT(Programme de Recherche Et D'innovation dans les Transports Terrestres, 2015

V. 일본

- 일본은 '14년 교통정책기본계획을 발표. 철도분야에서는 경량철도 보급확대, 공항 접근성 향상, 노후 차량 및 인프라 대응을 목표로 제시²¹⁾
 - 풍요로운 국민 생활에 기여하는 편리한 교통 실현을 위해 공유 민영 방식 상하분리 경영 도입, 역사 개량, 도로 교통을 보완·대체하는 교통수단으로 LRT와 BRT의 도입을 추진
 - 성장과 번영의 기반이 되는 국제·지역간 교통 네트워크 구축을 위해 '20년 도쿄 올림픽·장애인 올림픽에 대비한 공항과 철도의 접근성 향상, 신칸센의 정비, 리니어 중앙 신간선과 JR 도쿄와의 연계 정비, 궤간 가변 열차(프리 게이지 트레인)의 실용화 기술 개발을 추진
 - 지속가능하고 안심·안전한 교통 기반 구축을 위해 철도 인프라와 차량 노후화에 대응하여 곡선 구간 속도제한 기능이 탑재된 자동 열차 정지 장치의 정비를 목표로 제시('16년 6월까지 100% 달성)
- 일본의 제4기 과학기술기본계획('01년~'15년)에서 철도네트워크 서비스 고도화 및 편의성 제고, 친환경성 향상 등과 관계된 기본방향을 발표²²⁾
 - 이용하기 쉬운 질 높은 철도네트워크 구축을 위해 기존 간선철도의 고속화, 대도시권 철도의 통근·통학 시 혼잡 해소 등을 추진
 - 총 인구가 감소하고 있어 대폭의 수요증가는 예상되지 않은 상황에서 이용의 편리성과 서비스 향상에 주력
 - 향후 철도정비시 기존 시설 개량을 통한 고도화와 질적인 향상을 도모하여 이용자의 요구에 대응한 철도네트워크를 구축
 - 친환경적인 교통체계 구축을 추진 위해 고령화와 복지중시형 사회로의 전환에 대응하여 교통약자의 이동 원활화를 위한 철도정비와 저비용 고효율 철도정비를 실시
 - 고속성·대량성·정시성과 같은 철도의 특성을 발휘할 수 있는 분야의 기술개발을 중점적으로 추진
- 일본은 국토교통성을 중심으로 초고속철도와 자기부상 철도시스템 개발, 유지보수 비용 저감, 승객 편의성 증대를 위한 기술개발을 국가연구개발사업으로 추진 중²³⁾

21) 交通政策基本計画小委員会, 国土交通省, 2014.4

22) 第4期科学技術基本計画, 2011, 閣議決定

23) <http://www.mlit.go.jp>, 국토교통성, 2015

- 환경보호와 철도 교통안전을 확보하는 기술투자에 집중하여 축전지를 탑재한 에너지 절약형 차량을 통한 에너지 절약 기술개발 추진
- 노령화 사회에 대비하여 노년층의 철도이용 장벽을 없애는 철도시스템 개발을 추진(저상 경전철 등)

VI. 중국

- 중장기 철도망계획('03년~'20년)을 통해 철도 기술수준을 선진국 수준으로 높이고 국산화를 강력하게 추진할 계획²⁴⁾
 - '08년 조정된 중장기 철도망계획에서는 '20년까지 12만km 이상의 철도 노선확충을 계획
 - 복선화율 50% 이상, 전철화율 60% 이상을 실현하고 4종4형 주요 간선철도의 건설과 객화분리에 기반한 운송수요의 합리적 배치, 주요 기술 수준 국제화 등을 추진
 - 중장기 철도망계획의 추진방향을 지역간 균형발전, 운송수단별 균형발전, 주요 간선의 여객화물분리, 대형 경제지구 간의 연계 강화, 주요 도시간 고속철도망 구축, 여객과 화물의 원활한 통행, 용지 및 자원 이용의 효율화, 생태환경보호로 설정
 - 중국은 '20년 기준 인구 20만 이상 도시와 전국 행정구역의 95% 이상을 연결하는 철도 네트워크 구축을 추진
 - '20년 고속철도 건설목표 달성을 위해 3,000억 달러를 투자하여 철도 네트워크를 '12년 109,000km에서 '20년 120,700km로 연장할 계획
 - 신규 여객 전용 고속철도 노선 건설을 계획 중이며, 중장기 철도네트워크 구축 계획에 따라 '20년 총 12,000km에 달하는 고속철도 노선을 확보할 계획
 - '20년까지 약 5조 위안을 투입하여 8종 8형 주간선을 강화하고, 4종 4형 여객전용 고속철도 건설을 계획
 - 여객 운송량 증가 수요를 충족시키기 위해 도시와 대도시 사이의 쾌속 여객 철도를 구축하고 4종 4형 철도 쾌속 여객 운송로와 3대 도시 간 쾌속 철도 여객 운송 시스템을 계획
 - 여객 운송 전용 선로를 1.6만km 이상 증설하고, 객차 속도를 시속 200km 이상 증가시켜 고속철도를 경제도약의 원동력으로 활용
 - 도심 내에서는 지하철과 경전철을 주요 이동 수단으로 추진

24) 중국 철도 발전에 따른 한중협력 및 대응방안, 대외경제정책연구원·한국교통연구원, 2013

표 3 중장기철도망계획('03년~'20년)의 개요

구분	노선구간	연장(km)	
8종8형 (주간선)	남-북방향	베이징~하얼빈	2,346
		동-서방향	4,183
		베이징~상하이	1,463
		베이징~지우롱	2,475
		베이징~광저우	2,294
		다통~잔장	2,982
		빠오터우~류저우	3,012
	동-서방향	란저우~쿤밍	2,179
		베이징~란저우	3,974
		따릉~친황따오	1,467
		창자~칭따오	1,913
		상하이~충칭	2,200
		난징~시안	1,028
		상하이~쿤밍	2,699
4종4형 (여객전용 고속철도)	남-북 방향	렌웬강~시안~아라산코우	4,152
		서남출해노선	1,249
		베이징~상하이	1,300
	동-서방향	베이징~선양~하얼빈~따렌	1,860
		항저우~닝보~포조우~선전	1,600
		취조우~란조우~쩡조우	1,400
		항조우~난창~창사	880
	칭따오~시짜장~타이웬	770	
	난징~우한~충칭~청두	1,900	

○ 중국은 '11년 제12차 5개년 철도망계획을 통해 철도망 배치 합리화, 기술의 선진화 등 세부 계획과 주요 지표를 설정

- '제12차 5개년 철도망계획('11년~'15년)'세부 계획으로 철도망 배치의 합리화, 기술장비의 선진화, 운수안전의 안정화, 혁신능력의 강화, 정보화 수준 제고, 운송능력 및 서비스 수준 제고, 경영효율과 수입 증가를 총괄 목표로 설정²⁵⁾

25) 중국 철도 발전에 따른 한중협력 및 대응방안, 대외경제정책연구원·한국교통연구원, 2013

- '15년까지 쾌속철도망의 영업연장 4만km 이상 구축을 목표로 지역간, 도시간 연계를 강화하고, 석탄 운송능력을 30억톤 이상으로 향상시키는 것을 목표로 추진

표 4 제12차 5개년 철도망계획의 주요 지표

지표	'10년	'15년	증가목표	증가율(%)
여객운송량(억명)	16.8	40	23.2	138.1
화물운송량(억톤)	36.3	55	18.7	51.5
여객운송거리(억명 km)	8,762	16,000	7,238	82.6
화물운송거리(억톤km)	27,644	42,900	15,256	55.2
철도영업연장(만km)	9.1	12.0	2.9	31.8
- 쾌속철도(만km)	2.0	4.0	2.0	100
복선화율(%)	41	50	9	22.0
전철화율(%)	46	60	14	30.4

자료 : 중국 철도 발전에 따른 한중협력 및 대응방안, 대외경제정책연구원-한국교통연구원, 2013

- 세계 최장의 고속철도망을 구축하면서 축적된 경쟁력을 바탕으로 고속철도 해외수출을 본격적으로 추진²⁶⁾
 - 중국 총리는 최근 중국의 상품수출이 둔화되고 있는 상황에서 설비산업으로 수출의 활로를 개척해야 한다고 지적하면서 주요 산업으로 고속철도망의 해외 수출을 추진
 - 중국은 '11년 터키에 처음으로 고속철도를 수출한 이후 지금까지 20개가 넘는 국가와 3조 위안(약 523조원) 규모의 철도차량 및 고속철도 수출 계약을 체결
 - '14년 10월 중국 북차가 미국 보스톤에 지하철 차량 284대를 수출하기로 하였으며, 12월에 중국남차는 아르헨티나에 열차 2,000대를 수출 계약을 체결
 - '14년 11월 중국철도건설공사는 총 연장 1,402km 나이지리아 해안철도 사업권을 확보했는데, 계약금액은 807억 위안(약 14조원)으로 중국의 철도 해외수주 중 역대 최대 금액
 - '14년 7월 브라질·페루와 함께 남미대륙횡단철도 건설을 공동 추진기로 합의하였으며, 10월에는 러시아 모스크바와 카잔을 연결하는 고속철도 건설에 합의

26) 중국의 고속철도 수출을 앞세운 해외진출 확대, 한국금융연구원, 2015.2.7

VII. 한국

- 제2차 철도산업발전기본계획을 통해 철도 수송을 제고, 안전성 확보, 선진국 수준의 철도 기술력 강화, 핵심인력 양성 및 해외 시장으로의 진출을 추진²⁷⁾
 - 전국 고속철도망 조기 구축을 위한 KTX 고속철도망 집중 투자
 - 전국 주요거점을 통근가능 시간대로 연결하는 고속철도망 구축, 선로의 직선화 및 개량을 통한 기존선 고속화, 거점도시권 내의 30분대로 연결
 - 고객지향적 서비스 제공 및 철도운영의 경쟁력 제고
 - KTX 수혜지 확대와 연계환승체계 개선 및 지능형 서비스 제공을 통한 고객 지향적 서비스 제공과 수익 다원화 및 운송시장 경쟁환경 조성
 - 사고 유형별 위험도 분석에 기반한 체계적·종합적 안전 관리 방안 수립 및 시행
 - 안전인증체계와 안전관리 시스템 구축, 안전관리자의 교육 강화 및 안전시설 개량
 - 글로벌 경쟁력을 갖춘 고급 철도인력 양성 및 선진국 수준의 철도기술 개발을 통한 해외철도 진출기반 강화
 - 철도 제조업 육성 및 수출주도형 R&D 투자 확대를 통한 미래 선도 기술개발 촉진하고 산·학·연을 연계한 고급 철도 전문인력 양성체계 확립
- 국내 교통/물류 인프라 구축 및 발전계획에서는 교통 부문의 사회경제적 비용 감축, 온실가스 배출량 저감 등을 목표로 철도망 건설 및 고속화기술 개발을 추진
 - 제2차 철도망 구축계획('11년~'20년)에서는 현재의 철도 노선(3,378km)을 '20년까지 4,934km로 확충하는 목표 수립
 - 제3차 중기교통시설투자계획('11년)에서는 녹색교통체계구축, 교통 SOC확충, 전국 고속철도망 건설을 추진
 - ECO GREEN 철도('10년~'20년)에서는 저탄소 녹색 철도를 구현하기 위하여 화석연료에 의존하는 철도 시스템을 대체할 수 있는 철도 수송 시스템 개발을 추진²⁸⁾

27) 제 2차 철도산업발전기본계획(2011~2015), 국토해양부, 2011.5

28) 한화건설 기술지 Vol.4, 2011

- 철도 인프라 장치 및 부품 분야의 경우 국산 열차제어시스템의 신뢰성과 안전성 확보, 모바일 통신환경 발전으로 인한 스마트화 대응, 철도궤도시스템의 고효율 및 성능 향상 요구에 대응하기 위한 기술개발을 추진³⁰⁾
 - 유지보수 소모품을 제외한 열차제어시스템의 국산화 실적 미흡에 대응하기 위해 신뢰성과 안전성이 검증된 국산화 열차제어 시스템 개발
 - 높은 이동성을 갖는 통합 및 광대역화 무선통신 전송 플랫폼 개발을 통한 스마트화 추세 대응
 - 국내 이산화탄소 배출량 저감과 대체에너지 보급목표 달성을 위한 철도시스템의 에너지 변환, 공급 기술의 개발 추구
 - 철도궤도시스템의 고효율 및 성능 향상을 위해 고속철도와 도시철도궤도에서 활용이 높은 PSC 슬래브 궤도의 기술 개발을 계획
- 국가 철도정책에서는 철도인프라 확충, 여객서비스 개선, 친환경성 제고, 철도산업 경쟁력 강화 및 안전성 제고를 목표
 - 「제2차 철도산업발전기본계획(11년)」 ‘녹색철도물류 경쟁력 강화’를 추진과제로 포함하고 있으며, 이를 통해 에너지효율이 높고 탄소배출이 적은 철도물류확대를 추진³¹⁾
 - 「제2차 철도산업발전기본계획(11년)」은 고속철도 해외진출을 위하여 시제차량 개발, 신뢰성 평가 고급화 기술, 인프라 등 기술개발을 체계적으로 추진하는 ‘수출주도형 R&D’를 추진과제로 제시하고 이를 통해 철도차량 점유율 향상 목표를 달성 추진
 - 「제2차 국가철도망 구축계획」은 전국주요거점의 KTX 망연결, 대도시권 30분대 광역/급행 철도망 구축, 녹색 철도물류체계 구축, 편리한 철도 이용환경 조성 과제를 추진
 - 국토 ‘최단 연결 X자형’과 ‘해안권 연결 □자형’을 결합한 국가철도망을 구축하고 경부·호남·수도권 고속철도를 중심으로 ‘X자형의 국가 철도망 대골격’을 구성
 - 광역철도 운영체계를 급행위주로 재편하며 시설확충 등을 통해 도심접근 30분대 광역철도망을 구축할 계획이며, 운행방식 다양화를 통해 기존 운영노선 고속화 추진³²⁾
 - 산업·물류거점간 대량·고속철도 물류네트워크 구축을 위하여 ‘경부/호남고속철도’ 개통이후 ‘경부선/호남선’을 주요 화물발생거점과 연계한 화물중심 노선으로 전환

30) 중소기업 기술로드맵(녹색제조-08. 수송기계), 중소기업청, 2014

31) 제2차 철도산업발전기본계획, 국토해양부, 2011

32) 제2차 국가철도망 구축계획(2011~2020), 국토해양부, 2011

- '철도 R&D 활성화'를 위한 정책토론회('13년)'에서 R&D 패러다임 변화를 통해 철도차량 분야 세계 시장 점유율 향상, 수입대체 효과 증대 등 2020비전 발표³⁶⁾
 - 철도차량 분야 국가 R&D의 패러다임이 기존 차량개발 중심에서 핵심부품 국산화로 변화하였고 향후 '20년까지 세계시장점유율 4배, 수입대체효과 5배 및 시장규모 9배로 확대하기 위한 철도 R&D 활성화 대책 마련

그림 4 철도차량 R&D의 패러다임 변화



36) 철도 R&D 활성화를 위한 정책토론회 발표자료, 인터넷 레일 뉴스, 2013.2.20 (<http://itrailnews.mediaon.co.kr>)



03. 철도차량

I. 주요 선진국 동향

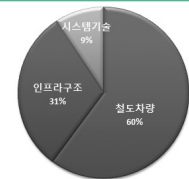
1. 시장동향

- 세계 철도시장 규모는 '10년부터 '12년까지 연평균 1,429억 유로 규모이며, '16년까지 연평균 3.3% 성장할 것으로 전망³⁷⁾
 - '10년부터 '12년까지 기술분야별 연평균 시장규모는 인프라구조물 기술이 437억 유로, 철도차량 기술이 860억 유로, 시스템 기술이 132억 유로로 철도차량 부분이 가장 큰 비중(60%)을 차지
 - 기술분야별 성장률은 인프라 구조물 3.9%, 시스템기술 1.8%, 철도차량 3.3%로 전망

표 6 기술분야별 시장규모 및 성장률('10년~'12년 평균)

구분	시장규모	성장률('11년~'16년)
1. 인프라구조물	43,700	3.9
2. 시스템기술	13,200	1.8
3. 철도차량	86,000	3.3
계	142,900	3.3

단위: 백만 유로 / %

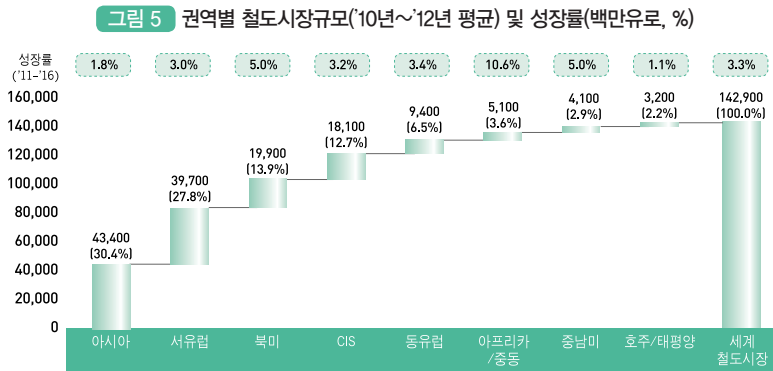


자료 : The Worldwide Market for Railway Technology 2011-2016, SCI Verkehr Cologne

- 권역별 철도시장은 유럽과 아시아가 각각 34.4%, 30.4%로 큰 비중을 차지하고 있으며, 향후 아프리카중동 권역의 높은 성장률('11년~'16년)이 지속될 것으로 전망
 - 기타 권역의 철도시장 내 비중은 북미 13.9%, CIS 12.7%, 아프리카·중동 3.6%, 중남미 2.9%, 오세아니아 2.2%
 - 아프리카·중동 시장의 평균 성장률이 10.6%로 가장 높으며, 북미, 중남미의 성장률도 5.0%로 세계 철도시장의 평균성장률인 3.3%보다 높을 것으로 전망

37) The Worldwide Market for Railway Technology 2011-2016, SCI Verkehr Cologne

- 아시아, 오스트레일리아-태평양의 철도시장 연평균 성장률은 각각 1.8%, 1.1%로 타 권역 및 세계 철도시장 평균 성장률 대비 낮음



자료 : The Worldwide Market for Railway Technology 2011-2016, SCI Verkehr Cologne

- Frost & Sullivan은 아프리카, 중동, 중남미 권역이 향후 세계 철도시장 성장을 주도할 것으로 전망³⁸⁾
 - '23년 아프리카, 중동, 중남미의 철도시장이 '13년 시장 규모의 2배 이상 규모로 성장할 것으로 전망
 - 동유럽 국가들은 철도수요가 높아 다수의 철도프로젝트가 수립되었으나, 자금 부족으로 성장률은 2.5%를 하회할 것으로 전망
 - 아시아 지역에서는 중국의 철도차량 주문이 더디게 진행됨에 따라 성장률이 하락할 것으로 전망

38) Rail Outlook Study 2013-2022 paradigm shift towards intermodal mobility boosts growth in rail segments, Frost & Sullivan, 2013

- '10년부터 '12년까지 세계 철도차량 평균 시장규모는 862억 유로이며, '16년까지 3.3% 성장할 것으로 전망³⁹⁾
 - 권역별로는 아시아(264억 유로), 서유럽(220억 유로), CIS(132억 유로) 순으로 철도차량 시장규모가 큰 것으로 분석

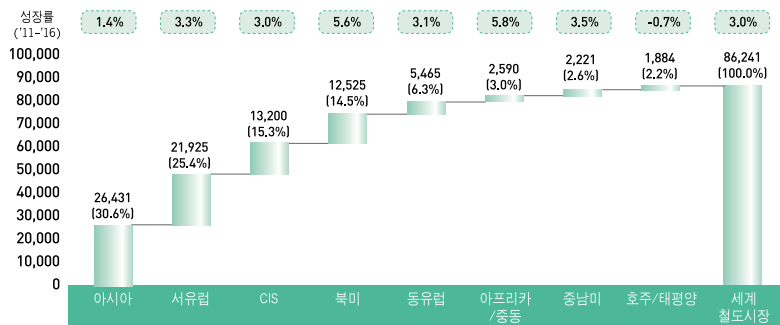
표 7 철도차량 부분 시장규모('10년~'12년 평균)

서유럽	동유럽	북미	중남미	아시아	아프리카/중동	CIS	오세아니아	합계	성장률 ('11~'16)
21,925	5,465	12,525	1,941	26,431	2,590	13,205	1,884	86,160	3.3%

자료 : The Worldwide Market for Railway Technology 2011-2016, SCI Verkehr Cologne

- 세계 철도차량 시장은 아시아, 서유럽이 각각 30.6%, 25.4%로 큰 비중을 차지하고 있으며, '11년부터 '16년까지 철도차량 시장 성장률은 아프리카중동, 북미가 타 권역 대비 높음
 - 아시아, 서유럽을 제외한 권역의 철도차량 시장 내 비중은 CIS 15.3%, 북미 14.5%, 동유럽 6.3%, 아프리카/중동 3.0%, 중남미 2.6%, 호주/태평양 2.2%
 - 아프리카/중동 시장의 평균성장률은 5.8%이며, 북미 시장의 평균 성장률은 5.6%로 타 권역대비 높을 것으로 전망되며, 세계 철도차량 시장의 평균성장률 3.0%보다 높음
 - 아시아, 호주/태평양의 철도차량 시장 평균성장률은 각각 1.4%, -0.7%로 타 권역 및 세계 철도차량 시장 평균 성장률 대비 낮은 편

그림 6 권역별 철도차량시장규모('10년~'12년 평균) 및 성장률(백만유로, %, '11년~'16년)

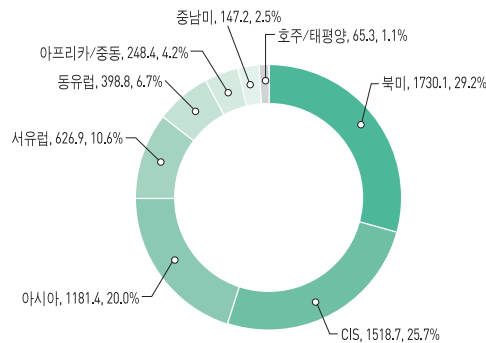


자료 : The Worldwide Market for Railway Technology 2011-2016, SCI Verkehr Cologne

39) The Worldwide Market for Railway Technology 2011-2016, SCI Verkehr Cologne

- 중국내 집중적 철도투자 및 지원으로 중국남차(CSR)와 중국북차(CNR)는 세계적인 기업으로 성장하였으며, 향후 철도인프라 시장에서도 주요 경쟁자로 대두될 전망⁴⁰⁾
 - '12년 기준으로 중국의 중국남차(CSR)와 중국북차(CNR)는 세계 철도차량 시장에서 매출액 1위와 3위를 차지
 - 중국 철도시장의 기존 차량주문량 생산이 완료되는 '16년 이후 중국남차(CSR)와 중국북차(CNR)의 매출은 하락할 것이나, 자국 철도차량 노하우를 기반으로 향후 세계시장의 주요 경쟁자로 대두 전망
 - 중국은 거대한 자국 철도 인프라 시장을 개척하며 철도차량 시장도 증가하게 되었으며, 자국 철도의 잠재력도 향상
 - 향후 중국기업은 한국의 현대로템과 유럽, 아시아, 북아프리카, 중동지역에서 경쟁할 것으로 전망

그림 7 철도차량 시장 제작사별 시장점유율 현황('07년~'11년)



자료 : The Worldwide Market for Railway Technology 2012, SCI Verkehr Cologne

(1) 일반철도차량

- '10년부터 '12년까지 3년간 연평균 세계 일반철도차량 시장규모는 635억 유로
 - 전체 일반철도차량 시장은 화차 209억 유로, EMU 129억 유로, 디젤기관차 115억 유로, 객차 89억 유로, 전기기관차 69억 유로, 화차 25억 유로로 조사

표 8 일반철도차량 시장규모('10년~'12년 평균)

단위: 백만 유로

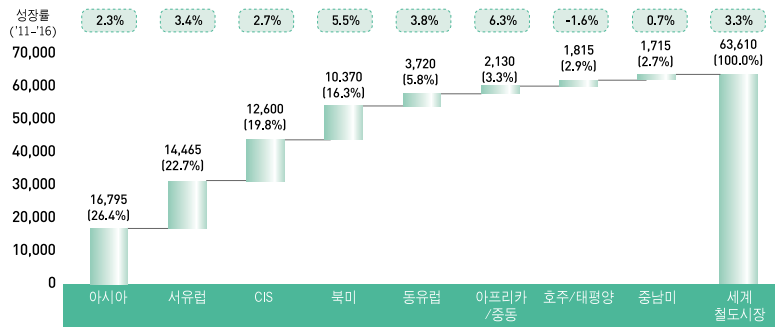
전기기관차	디젤기관차	EMU	DMU	객차	화차	합계
6,920	11,460	12,940	2,480	8,880	20,850	63,530

자료 : The Worldwide Market for Railway Technology 2011-2016, SCI Verkehr Cologne

40) Rail Outlook Study 2013-2022 paradigm shift towards intermodal mobility boosts growth in rail segments, Frost & Sullivan, 2013

- 세계 일반철도차량 시장은 아시아, 서유럽, CIS가 각각 26.4%, 22.7%, 19.8%로 전 세계 일반철도차량 시장의 절반 이상을 차지하고 있으며, '11년부터 '16년까지 일반철도차량 시장 성장률은 아프리카/중동, 북미가 타 권역대비 높음
 - 아시아, 서유럽, CIS를 제외한 권역의 일반철도차량 시장 내 비중은 북미 16.3%, 동유럽 5.8%, 아프리카/중동 3.3%, 호주/태평양 2.9%, 중남미 2.7% 순
 - 아프리카/중동 시장의 평균성장률은 6.3%, 북미 시장의 평균 성장률은 5.8%로 타 권역대비 높은 성장률이 전망되며, 세계 일반철도차량 시장의 평균성장률 3.3%보다 높음
 - CIS, 아시아, 중남미, 호주/태평양의 일반철도차량 시장 평균성장률은 각각 2.7%, 2.3%, 0.7%, -1.6%로 타 권역 및 세계 일반철도차량 시장 평균 성장률 대비 낮은 편

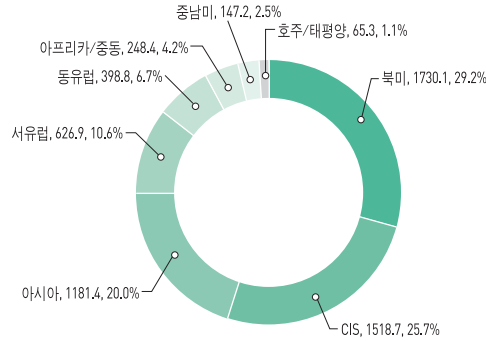
그림 8 권역별 일반철도차량시장규모('10년~'12년 평균) 및 성장률(백만유로, %, '11년~'16년)



자료 : The Worldwide Market for Railway Technology 2011-2016, SCI Verkehr Cologne

- '12년 기준 권역별 일반철도차량 대수 비중은 북미, CIS, 아시아가 각각 29.2%, 25.4%, 20.0%로 전 세계 일반철도차량 시장의 절반이상을 차지
 - 북미, CIS, 아시아를 제외한 권역의 일반철도차량 시장 내 비중은 서유럽 10.6%, 동유럽 6.7%, 아프리카/중동 4.2%, 중남미 2.5%, 호주/태평양 1.1% 순

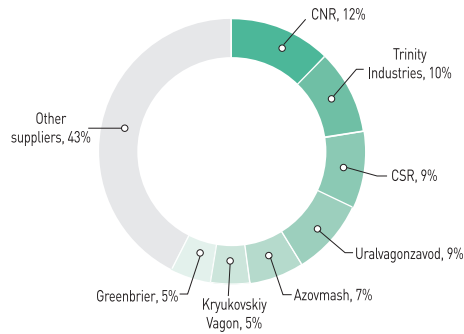
그림 9 권역별 일반철도차량수('12년 기준, 1000량, %)



자료 : The Worldwide Market for Railway Technology 2011-2016, SCI Verkehr Cologne

- '07년~'11년까지의 일반철도차량 제작사별 시장점유율에서는 CNR과 Trinity Industries가 가장 높은 비중을 차지
 - 5년간 제작된 일반철도차량의 제작대수는 978,800대이며, 이 중 중국의 제조 비중이 가장 높음

그림 10 일반철도차량 제작사별 시장점유율 현황('07년~'11년)



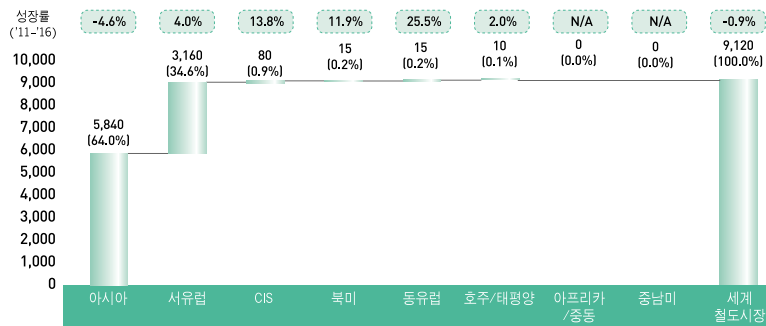
자료 : The Worldwide Market for Railway Technology 2011-2016, SCI Verkehr Cologne

(2) 고속철도차량

- '10년부터 '12년까지 3년간 세계 고속철도차량 연평균 시장규모는 91억 유로
 - 전체 고속철도차량 시장을 권역별로 구분하면, 아시아 58억 유로, 서유럽 32억 유로, 기타 권역이 12억 유로 순

- 권역별 고속철도차량 시장은 아시아, 서유럽이 각각 64.0%, 34.6%로 전 세계 고속철도차량 시장의 대부분을 차지하고 있으며, '11년부터 '16년까지 권역별 고속철도차량 시장 성장률은 동유럽, CIS, 북미가 타 권역대비 높음
 - 아시아, 서유럽을 제외한 권역의 고속철도차량 시장 내 비중은 CIS 0.9%, 북미 0.2%, 동유럽 0.2%, 호주/태평양 0.1% 순
 - '12년까지 아프리카/중동과 중남미는 고속철도 차량 시장이 미형성
 - 동유럽의 평균성장률은 25.5%이며, CIS의 평균 성장률은 13.8%, 북미의 평균성장률은 11.9%로 타 권역대비 높은 성장률이 전망되며, 세계 고속철도차량 시장의 평균성장률 -0.9%보다 높음
 - 서유럽과 호주/태평양의 고속철도 차량 시장 성장률은 4.0%, 2.0% 수준으로 전망
 - 아시아의 고속철도차량 시장 평균성장률은 -4.6%로 이는 중국의 고속철도 차량 시장 축소에 의한 것으로 전망

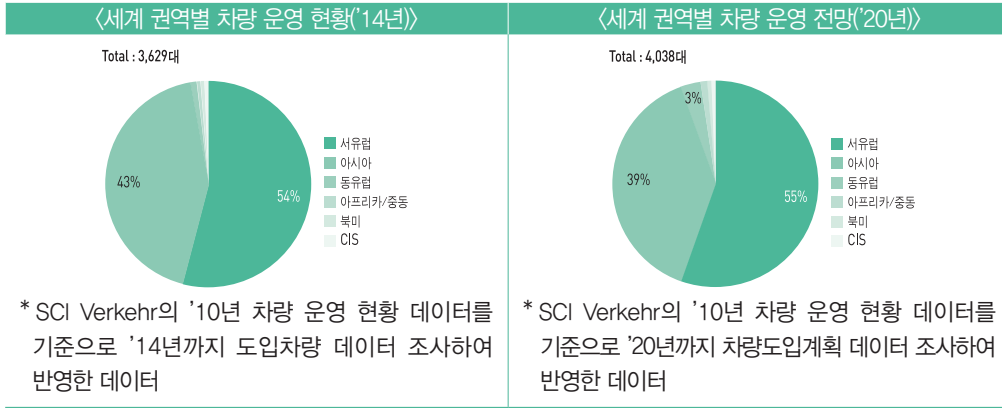
그림 11 권역별 고속철도차량시장규모('10년~'12년 평균) 및 성장률(백만유로, %, '11년~'16년)



자료 : The Worldwide Market for Railway Technology 2011-2016, SCI Verkehr Cologne

- '14년 기준, 세계 적으로 운영 중인 고속철도 차량 3,629대 중 97%가 서유럽과 아시아에 집중되어 있으며 향후 중동 권역에서 고속철도 차량이 신규로 운영될 전망
 - '14년 기준 운영 중인 전 세계 고속철도 차량 중 서유럽에서 54%, 아시아에서 43%를 운영
 - '20년 기준 운영 및 조달 계획 중인 전 세계 고속철도 차량 중 서유럽에서 55%, 아시아에서 39% 비중을 차지할 전망
 - '20년 동유럽의 고속철도 차량의 비중이 1%에서 3%으로 확대

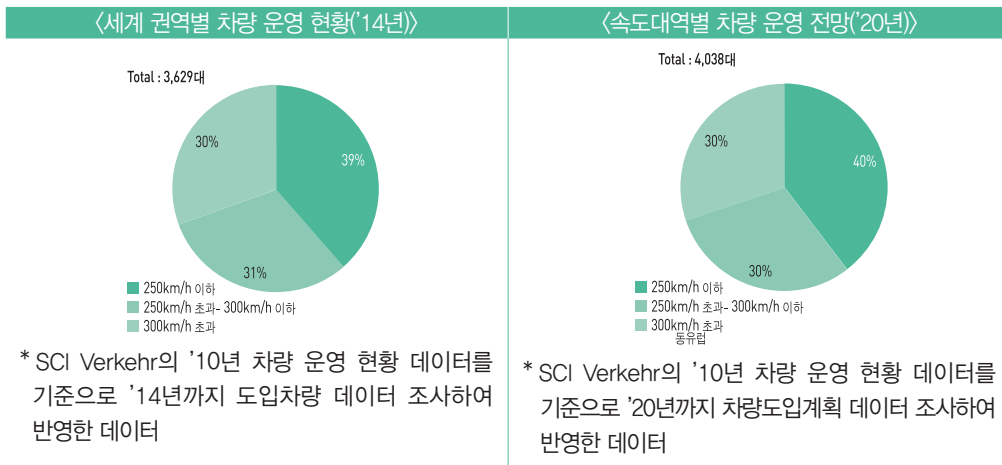
그림 12 세계 권역별 고속철도 차량 운영 현황 및 전망



자료 : SCI Verkehr, UIC 자료, 국가별 차량 도입 계획 자료 재구성, 2015

- 장래 전 세계 고속철도 차량 중 250km/h ~ 300km/h 차량 운영 비중은 소폭 감소하고, 250km/h 이하 차량 운영 비중이 소폭 확대될 것으로 전망
 - 250km/h 이하 속도대역 차량은 '14년 39%에서 '20년 40%로 증가할 것으로 전망
 - 250km/h 초과 300km/h 이하 속도대역 차량은 '14년 31%에서 '20년 30%로 감소할 것으로 전망
 - 300km/h 초과 속도대역 차량은 '14년 30%에서 '20년 30%으로 비중을 유지할 것으로 전망

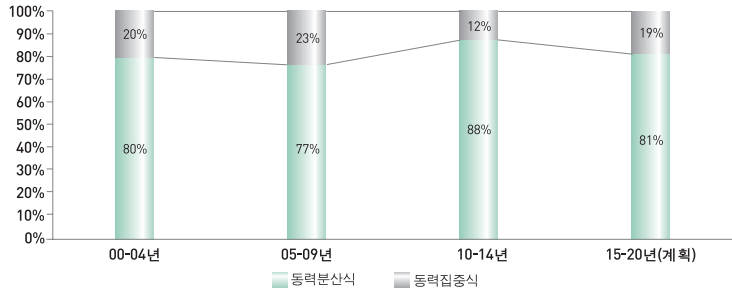
그림 13 속도대역별 세계 고속철도 차량 운영 현황 및 전망



자료 : SCI Verkehr, UIC 자료, 국가별 차량 도입 계획 자료 재구성, 2015

- '10년~'14년 차량구동방식별 차량 도입비중은 동력분산식이 약 88%를 차지하며, '20년까지 도입계획 반영시 약 81%수준을 차지할 것으로 전망

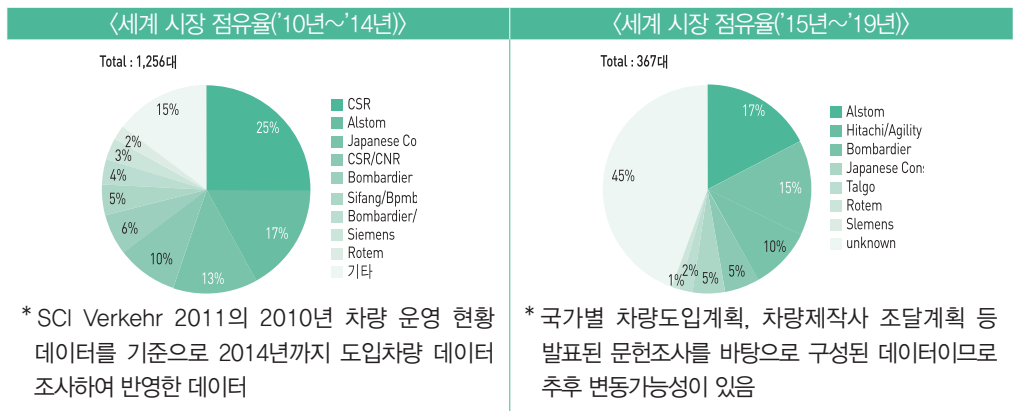
그림 14 세계 고속철도 차량 구동방식별 도입비중 변화



자료 : SCI Verkehr, UIC 자료, 국가별 차량 도입 계획, 재구성, 2015

- 최근 5년간 상위 3개 제작사가 50%이상의 시장점유율을 보유하고 있으나, 향후 차량조달기업이 미정인 시장이 45%를 차지하여 이에 따른 시장점유율 변화가 전망
 - 최근 5년간 차량 제작 및 조달한 기업 중 CSR(중국)이 25%, Alstom(프랑스)이 17%, 일본 컨소시움(일본)이 13%의 시장점유율을 차지
 - 향후 5년간 차량 조달 계획의 17%를 Alstom(프랑스)이 공급할 것으로 전망되나 계획상 45%가 현재 차량 조달기업이 미정이므로 향후 변동가능성 존재

그림 15 세계 고속철도 차량 시장 점유율 현황 및 전망



자료 : SCI Verkehr, UIC 자료, 국가별 차량 도입 계획 자료 재구성, 2015

(3) 도시철도차량

- '10년부터 '12년까지 3년간 연평균 세계 도시철도차량 시장규모는 135억 유로
 - 전체 도시철도차량 시장은 경전철 47억 유로, 도시철도 88억 유로

표 9 도시철도차량 시장규모('10년~'12년 평균)

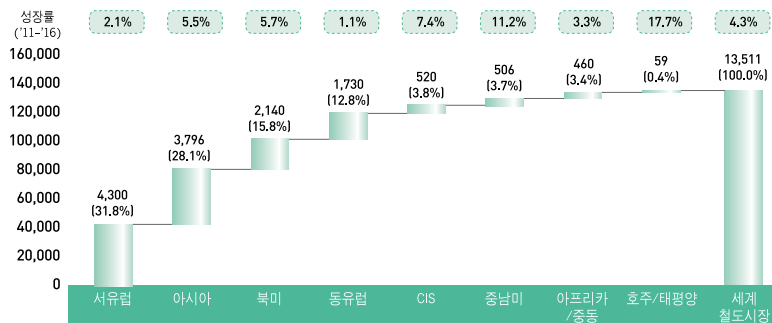
단위: 백만 유로

경전철	도시철도	계
4,690	8,820	13,510

자료 : The Worldwide Market for Railway Technology 2011-2016, SCI Verkehr Cologne

- 권역별 세계 도시철도차량 시장은 서유럽, 아시아가 각각 31.8%, 28.1%로 전 세계 도시철도차량 시장의 절반 이상을 차지하고 있으며, '11년부터 '16년까지 권역별 도시철도차량 시장 성장률은 호주/태평양, 중남미, CIS가 타 권역대비 높음
 - 호주/태평양, 중남미, CIS를 제외한 권역의 도시철도차량 시장 내 비중은 북미 15.8%, 동유럽 12.8%, CIS 3.8%, 중남미 3.7%, 아프리카/중동 3.4%, 호주/태평양 0.4% 순
 - 호주/태평양의 평균성장률은 17.7%이며, 중남미의 평균 성장률은 11.2%, CIS의 평균성장률은 7.4%로 타 권역대비 높은 성장률이 전망되며, 세계 도시철도차량 시장의 평균성장률 4.3%보다 높음
 - 서유럽, 동유럽의 도시철도차량 시장 평균성장률은 각각 2.1%, 1.1%로 세계 도시철도차량 시장 평균성장률보다 낮은 수준

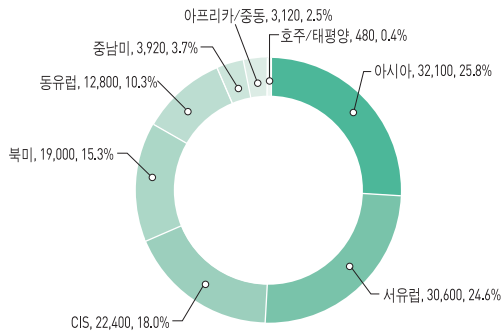
그림 16 권역별 도시철도차량시장규모('10년~'12년 평균) 및 성장률(백만유로, %, '11년~'16년)



자료 : The Worldwide Market for Railway Technology 2011-2016, SCI Verkehr Cologne

- '12년 기준 권역별 도시철도차량 대수는 아시아, 서유럽, CIS가 각각 25.8%, 24.6%, 18.0%로 전 세계 도시철도차량 시장의 절반 이상을 차지
 - 아시아, 서유럽, CIS를 제외한 권역의 일반철도차량 시장 내 비중은 북미 15.3%, 동유럽 10.3%, 중남미 3.2%, 아프리카/중동 2.5%, 호주/태평양 0.4% 순

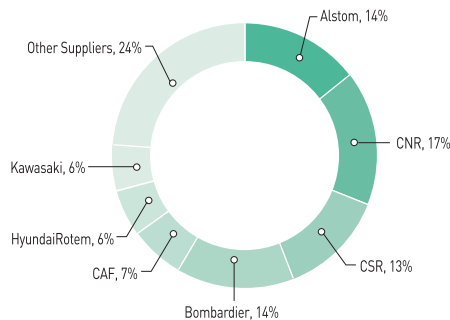
그림 17 권역별 도시철도차량 수('12년 기준, 량, %)



자료 : The Worldwide Market for Railway Technology 2011-2016, SCI Verkehr Cologne

- '07년~'11년 기준 도시철도 차량 제작사별 시장 점유율은 프랑스 Alstom, 중국의 CNR, CSR이 전 세계 도시철도차량 시장의 44%를 차지
 - 중국 CNR과 CSR은 높은 자국 내 수요와 리오 데 자네이루, 부에노스 아이레스 등에 도시철도차량을 수출하며 도시철도차량 제작사 중 높은 시장 점유율을 차지

그림 18 도시철도차량 제작사별 시장점유율 현황('07년~'11년)



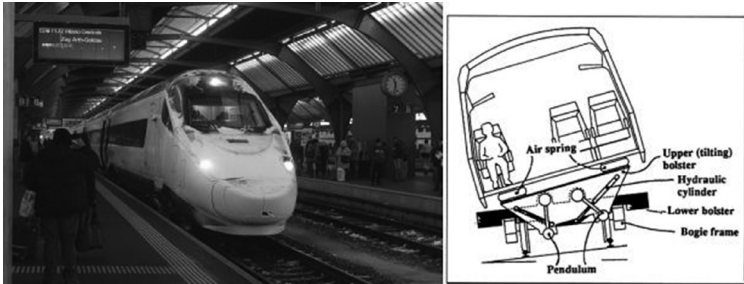
자료 : The Worldwide Market for Railway Technology 2011-2016, SCI Verkehr Cologne

2. 기술동향

(1) 일반철도차량

- 기존 일반철도 노선의 열차 운영속도를 높이기 위해 틸팅기술이 적용된 차량이 개발되었으며, 궤도선형이 불리한 국가 등에서 채택, 운영 중
 - FIAT를 중심으로 한 이탈리아 컨소시엄은 틸팅기술이 접목된 펜돌리노 차량을 개발하여 자국 및 세계 각국으로 기술지원 및 차량수출⁴¹⁾

그림 19 펜돌리노 차량인 ETR610 및 틸팅 기술



- Siemens는 ICE-T를 개발하였으며, 독일과 오스트리아의 일반철도망에서의 고속화 운영을 시작
- 일본은 자국의 틸팅열차 TEMU2000을 대만에 수출하여 '14년부터 타이페이-타이둥 구간에서 운영을 시작⁴²⁾
 - 대만철도국(TRA)은 신형 틸팅전동차인 푸요우마호(TEMU2000형)를 도입하여 노선속도를 100km/h에서 130km/h로 향상
- 기존 차량 대비 1.5배의 승객 수용이 가능한 복층열차는 유럽, 미국 주요 도시를 중심으로 통근용으로 운영되고 있으며, 기존시설물과의 간섭과 승객편의를 고려한 내부구조 설계, 축중저감, 고속주행 및 에너지효율화 기술 등이 주요 이슈
 - Bombardier는 고효율 대차시스템과 승객의 편의성을 고려한 복층열차 내부구조를 적용한 Twindexx차량 기술을 보유하고 있으며, 스위스, 덴마크, 폴란드, 독일, 룩셈부르크, 이스라엘 등에 납품하여 운영 중⁴³⁾

41) <https://mirror.enha.kr/wiki/ICE%20T>, 엔하위키 미러, 2015.1

42) <http://www.railway.gov.tw/ko/index.aspx>, 타이완 철로국, 2015.3.26

43) <http://www.bombardier.com/>, Bombardier, 2015

- Bombardier의 Twindexx차량은 고효율 대차시스템을 적용하여 기존 차량보다 에너지소비량을 50%가량 저감하였으며, 최고속도 230km/h까지 주행이 가능하도록 개발
- Twindexx차량의 축중은 18.3t으로 KTX축중(17t)과 유사한 수준
- Twindexx차량은 터널 내 압력으로 인해 발생하는 승객의 불편감을 최소화할 수 있도록 설계

그림 20 Bombardier의 Twindexx차량



(2) 고속철도차량

○ 속도향상에 따른 궤도 부담 하중 최소화 및 에너지 소비량 감소를 위해 알루미늄 차체, 복합재료 적용 확대, 구성부품 단일화 등 차량 경량화에 집중

- 일본은 신간선 0계부터 100계까지 차량 경량화를 위해 알루미늄 차체를 적용⁴⁴⁾
- 프랑스 Alstom은 '07년 350km/h급 고속열차인 AGV 개발시 첨단소재를 적용하여 차량 경량화를 달성
 - AGV는 첨단소재인 탄소섬유 복합소재를 차체 단부의 관절부위에 적용하여 각 차량 당 700kg을 경량화
 - 고장력강 및 고풍력 경량 구동모터기술을 적용하여 대차중량 24.3% 경량화
 - 전장품의 고효율 및 고풍력화를 통해 경량화를 달성하여 경쟁기종 대비 70톤 경량화 실현 및 15% 에너지 절감

그림 21 AGV에 적용된 최신 철도차량 경량화 기술



44) 경쟁력을 지지하는 기반재료 알루미늄 동향, 글로벌동향브리핑, 2014.11

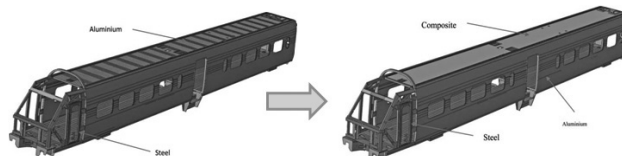
- 독일 Siemens는 ICE3에 기반한 Velaro 차량 개발시 알루미늄 차체, 대차 및 윤축의 경량화를 통해 스프링 하 질량을 감소⁴⁵⁾
- 독일 Fraunhofer IFAM에서는 금속경량화를 위해서 알루미늄 foam과 이를 판재와 결합한 샌드위치 경량구조물을 개발하였고, Fraunhofer ICT에서는 고 탄성률, 내 충격성을 갖는 폴리우레탄 기반 샌드위치 복합재(polyurethane-based sandwich material)를 개발⁴⁶⁾
 - 새롭게 개발된 소재의 시연을 위해 객차 아래 디젤엔진 하우징(diesel engine housings, 트랙과 차량사이)을 대상으로 선정하였으며 기존 중량의 35%, 기존 제조비용 30% 감소를 목표로 설정
 - 샌드위치 복합재는 철로 주변의 자갈 혹은 돌에 의한 충격으로부터 엔진을 보호하고, 엔진으로부터 새어나온 오일의 외부유출방지, 화재방지 효과 보유
 - 디젤엔진 하우징(diesel engine housings)의 안정성을 위해 샌드위치 구조(sandwich construction)를 채택
- 스페인 철도차량 제작사인 Talgo는 '12년 개발된 최고속도 380km/h급 고속열차 AVRIL에 복합소재를 사용하여 전체 중량의 약 15%, 에너지 소비량 31%를 절감

표 10 스페인 Talgo사의 AVRIL차량의 에너지 저감

특성	S10Y-4	S10Z	XYZ	AVRIL
차량길이(m)	200	200	200	200
중량 (톤)	425	425	422	295
좌석	499	499	509	545
에너지소모/km (kWh/km)	15.4	14.2	15.2	12.4
에너지소모/좌석/100km (kWh/s/100km)	3.1	2.8	3.0	2.3
수명주기동안 에너지 비용 (억 원)	177	165	176	153

- 스페인 CAF는 AVI-2015 프로젝트를 통해 철도차량 에너지 10% 절감을 목표로 재료 경량화 연구를 수행중이며, 차량 차체의 Roof 재료를 알루미늄에서 복합재료로 변경⁴⁷⁾

그림 22 스페인 AVI-2015 프로젝트 차량 차체의 Roof 재료 변경(알루미늄 → 복합재료)



45) 고속철도 국내외 기술 동향, 대전충남 본부, 2012.6

46) Building lightweight trains, Science Daily, 2012.3.28

47) <http://www.cafusa.com/>, CAF USA, 2015.4

- 중국은 동력분산식 고속열차를 개발하여 자국시장 공급 및 해외진출을 추진 중

표 11 각국 주요 고속철도차량 제원

구분	AGV	CRH-3C	CRH-2C (380 허세)	CRH-5A	Velaro D	AVRIL	500계
국가	프랑스	중국	중국	중국	독일	스페인	일본
영업년도(년)	2012	2008	2008	2007	2012	-	-
운행속도	360	350	300/350	250	350	380	300
시험속도	-	394.3	394.2	275	403.7	380	350.4
편성길이	253	200.67	201.4	211.5	-	200	404
동력방식	분산동력	분산동력	분산동력	분산동력	분산동력	분산동력	분산동력
축중	11.3	20.3	18.6	10.8/ 10.9	17	-	10.8

자료 : 각 제작사별 고속철도 차량 제원 자료 기반 재구성

- 일본과 독일은 실내 환경 쾌적성 향상, 승차감 향상, 내부구조 및 인테리어 편의성 향상 등 승객만족도 향상을 위한 기술을 적용
 - 일본은 FASTECH360S 시험차량을 통해 터널 미기압 저감, 대차커버/포장/팬터그래프 등에서 발생하는 소음저감, 능동형 현가장치를 통한 고속주행 승차감 향상, 차체경사장치를 통한 곡선통과 시 승차감 향상기술 등을 적용⁴⁹⁾

그림 24 Fastech 360S 차량



- 독일은 인체공학적설계를 채택하여 Velaro차량의 실내인테리어 및 내부구조 개선

49) 해외고속철도 기술발전 동향 및 우리나라 발전방향 연구, 국토교통부, 2010.12

(3) 자기부상철도차량

- 자기부상열차는 일본, 독일이 기술을 선도하고 있으며, 시장 선점을 위해 연구를 지속 중
 - 일본 JR Central이 개발한 MLX01은 시속 603km로 자기부상철도차량 중 가장 빠른 속도기록을 보유하고 있으며, 시장선점을 위해 영업운전속도 505km/h인 L0계 신칸센을 개발 중

그림 25 일본 고속자기부상열차 L0



자료 : Lucky riders whoosh along at 500 kph on maglev test run for the public, The Asahi Shimbun Asai & Japan Watch, The Asahi Shimbun Company, 2014

- JR Central은 '13년부터 시험선을 42.8km로 연장하고, 실용화차량 L0 모델을 개발하여 Yamanashi Maglev를 시범노선에서 시험운행 중⁵⁰⁾
- 초전도 자기부상 기술을 적용한 도쿄 시나가와와 나고야 간의 '리니어 중앙 신칸센'을 '14년 10월부터 '27년까지 추진예정
 - JR Central은 초전도 자기부상 철도 개발에 5조 4000억원을 투입할 예정
 - 최종 목표는 '27년까지 도쿄 시나가와~나고야 구간을 40분 내에, '45년에는 시나가와~오사카를 1시간 내에 연결 하는 것임.

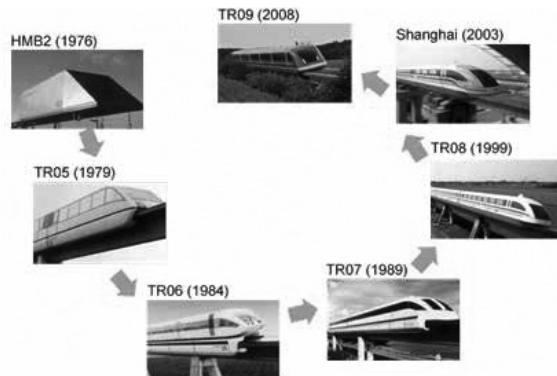
표 12 리니어 중앙 신칸센의 개발 계획

구분	'27년 목표	'45년 목표
경로	도쿄 시나가와~나고야	도쿄 시나가와~오사카
구간 길이	286km	438km
소요 시간	40min	67min
최대 속력	505km/h	505km/h
투입 비용	5.5 trillion yen	9 trillion yen

50) Japanese Superconducting Maglev - Development and Commercial Service Plan -, Proceedings of Maglev 2014, Hiroyuki Ohsaki, 2014

- 독일은 전자석(EMS)과 선형 동기전동기(LSM)를 이용하는 자기부상열차(Transrapid)를 개발하여 '04년부터 상하이에서 운영 중⁵¹⁾
 - 타 산업분야의 구성품으로 자기부상열차용 부품을 대체하는 기술개발방식으로 유지보수 비용을 절감하기 위해 노력

그림 26 독일 자기부상열차 Transrapid 개발



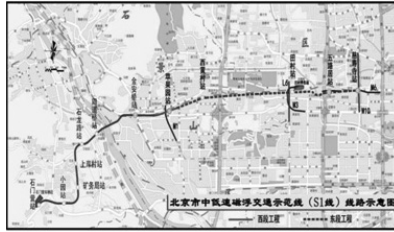
- 미국은 '92년 자기부상열차 개발 관련 조직(National Maglev initiative ; NMI) 구성 이후 개발사업 추진 중
 - '04년 이후 부상 추진 시험장치의 주행시험을 시행하고 있으나, 아직 실적은 없음
- 중국은 중저속 도시형 자기부상열차 개발을 지속적으로 추진하고 있으며, 관련 인프라는 창사와 북경에서 '16년경 개통 예정
 - Transrapid 기술의 국산화, 운영기술의 축적 및 향후 신규노선 구축을 위해 National Maglev Transportation Engineering R&D Center를 설립하여 '11년부터 중국 자체 열차를 제작 및 운행⁵²⁾
 - 국방대학에서는 CMS-03차량을 개발하여 창사(長沙) 시험선(204m)에서 20,000회 이상 7,000km이상 주행시험 시행⁵³⁾
 - 중저속 도시형 자기부상열차 노선은 창사와 북경에서 '16년 개통 예정
 - 창사 자기부상열차는 '15년 완공, '16년 상반기 개통 예정
 - 북경 자기부상열차는 '16년 하반기 개통 예정

51) 초고속 자기부상열차 기술개발 동향과 시사점, 한국철도학회 철도저널 17권 5호, 2014.10

52) Lin Guobin and Sheng Xiongwei(2014), "Application and Development of Maglev Transportation in China," Proceedings of Maglev 2014

53) 도시형 자기부상열차 글로벌 비즈니스 추진 체계 구축 기획연구보고서, 한국건설교통기술평가원 도시형자기부상열차실용화사업단, 2013.1

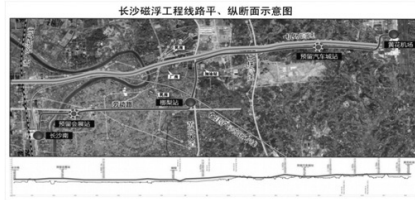
그림 27 북경과 창사의 자기부상열차 노선도 및 시공현장



〈북경 자기부상열차 노선도〉



〈북경 자기부상열차 시공 현장〉



〈창사 자기부상열차 노선도〉



〈창사 자기부상열차 시공 현장〉

○ 미국, 중국 등에서는 공기저항을 낮추기 위해 진공튜브를 활용한 초고속 자기부상열차 연구를 진행

- 미국의 ET3⁵⁴⁾ 는 진공 자기부상 튜브 내에서 전기모터로 6,000km/h로 이동하는 친환경적인 진공 자기부상열차 개발을 추진 중⁵⁵⁾
 - ET3는 자동차 크기의 캡슐형 진공 자기부상열차로 직경 1.5m의 진공튜브 내에서 6,000km/h 속도로 이동하며 6명 또는 367kg까지 수송이 가능
 - ET3은 탄소배출이 전혀 없는 친환경적 이동수단
 - 미국 알래스카에서는 해저터널로 베링해협을 지나 러시아 극동까지 2시간대로 연결하는 프로젝트를 추진 중

54) Evacuated Tube Transport Technologies

55) et3.com, ET3 홈페이지, 2015.4.8

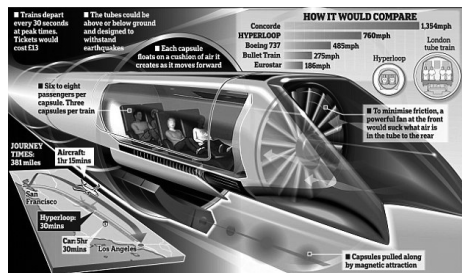
그림 28 캡슐 진공자기부상열차 ET3



자료 : et3.com, ET3 홈페이지, 2015.4.8

- 미국의 민간 우주 화물회사인 스페이스X와 전기 스포츠카 제조사인 테슬라 모터스의 창업자 Elon Musk는 '13년 캡슐형 초음속 진공 자기부상열차 Hyperloop 구상을 발표
 - Elon Musk는 진공터널과 캡슐형 열차로 1시간에 1,200km/h 주행이 가능할 것으로 전망. 이는 현재 도로교통으로 6시간이 소요되는 LA-샌프란시스코 구간을 단 30분만에 이동 가능한 수준

그림 29 Hyperloop 개념도



자료 : The Hyperloop is coming,mailonline, 2015.2

- 중국 서남 교통대학교에서는 자기부상열차의 공기저항 저감을 위해 진공튜브 디자인을 접목한 중국 최초의 폐쇄형 진공튜브 차량(슈퍼-자기부상열차)의 시험을 추진⁵⁶⁾
 - 유인 고열 초전도 자기부상열차 루프의 지름은 12m이며, 주행 환경에서 공기압력을 정상 조건보다 10배까지 낮추면 일반 민간 항공기대비 3배 이상의 속도로 주행 가능할 것으로 예측

56) KISTI 미리안, 과학기술 모니터링-중국에서 시험 중인 폐쇄형 튜브 자기부상열차, 2014.05

그림 30 중국의 자기부상열차 진공튜브



○ 자기부상열차 기술 보유 국가에서는 단거리 실증노선에서 운영하며 실적을 확보

- 독일은 자국의 트란스라피드 차량을 중국 상해 33km구간에서 시속 431km로 운용 중⁵⁷⁾
 - 인명피해 없이 12.3 백만 km의 누적 주행거리와 36.7백만명의 승객수송을 달성
 - 지상 1차방식 선형전동기 및 섹션의 추진전력 공급을 위해 구간별 전력공급방식으로 전력손실을 최소화
- 일본은 도쿄와 나리타공항을 연결하기 위하여 중저속형 자기부상열차 연구를 진행하였으며, 2005년 나고야 인근 아이치 엑스포 대회장과 나고야 후지오카간 8.9km 구간에 리니모가 상용화⁵⁸⁾

그림 31 일본 리니모 자기부상열차



- 일본은 도쿄-나고야 구간에 상용 운행할 예정인 자기부상열차를 미국의 워싱턴-볼티모어 구간에 수출하기로 계약을 체결
 - 미국 노스이스트 마그레브사는 총 100억달러를 투자하여 워싱턴 DC-볼티모어까지 64km 구간에서 운영을 계획하였고, '27년 완공을 목표로 설정

57) 자기부상열차, 한국기계연구원 김동성(<http://tiltm.mitm.go.kr>)

58) 日 '리니모' 세계첫 자기부상열차... 10년간 경제성장 견인, 중도일보, 2014.10.30

- 초고속 운행에는 일본 L0계에 적용한 초전도 반발식이 유리하나, 초전도 상태 유지를 위해 코일을 지속적으로 냉각할 수 있는 기술이 요구
 - 독일의 상전도 방식은 속도가 600km/h이상으로 증가시 보다 큰 공극을 요구하며, 이 때 자속밀도가 낮아 효율이 떨어지며 전력소모가 큰 단점⁵⁹⁾
 - 일본의 초전도 방식은 초전도 상태 유지를 위해 코일을 지속적으로 초저온상태로 냉각해야하므로 현재 기술수준으로 냉각에 많은 전력이 소모되어 개선이 필요

(4) 도시철도차량

- 도시철도차량은 역간 거리가 짧아 주행장치 가속성능 향상 및 경량화 등을 통한 표정속도 향상 기술개발이 시도 중
 - 일본 한신철도는 도심내 완행열차 속도 향상을 위해 최고속도 개선 대신 가감속력 개선으로 속도향상을 도모⁶⁰⁾
 - 한신 철도는 오사카(우메다)에서 고베(모토마치)까지 운행하며, 일본의 주요 민간 철도회사 중 영업연장이 가장 짧고(50km, 1역당 평균 거리 1km 미만) 운행빈도가 높음
 - 5001형 전동차는 기동가속도 4.5km/h/s, 상용감속도 5.0km/h/s로 최고의 가감속 성능을 갖는 차량
 - 독일 Siemens가 제작한 Combino-Supra는 현재 가장 긴 트램(6섹션, 53.99m)이며, 모터, 기어, 대차 등의 재구성을 통한 경량화로, 100~110km/h 속도까지 운행가능⁶¹⁾

그림 32 Siemens의 Combino-Supra



59) 흡인제어식 초고속 자기부상열차용 Prototype 초전도 하이브리드 자기부상시스템 개발, 한국철도학회 추계학술대회 논문집, 이창영·조정만·이진호·한영재·황영진·고태국, 2012

60) <http://rail.hanshin.co.jp>, 한신철도, 2015

61) <http://en.wikipedia.org/wiki/Avenio>, 2015.3 검색기준

○ 도시철도 차량의 무인 운전을 위한 다양한 기술개발이 추진 중

- 도시철도 무인운전시스템은 100여개 노선에서 운영 중⁶²⁾
 - 무인운전 시스템은 철도사고의 주요 원인이 되는 기관사의 인적오류를 제거하여 안전성을 제고하는 시스템

표 13 무인시스템 노선 설치 사례

국가	도시	노선
미국	마이애미/라스베이가스	모노레일
	잭슨빌/디트로이트	LIM
일본	도쿄/나고야	유리카모메선/리니모선
스위스	로잔	Line M2
프랑스	파리	Line 1, 14
	파리/리옹	Line 14/Line D
독일	뉘른베르크	Line U2, U3
스페인	바르셀로나	L9, L10, L11
대만	타이베이	Mucha Line(VAL)
중국	홍콩	DRL
싱가포르	싱가포르	North-East Line, Circle Line
UAE	두바이	Metro

○ 일본, 프랑스 등에서 무가선 트램을 운영 중

- 일본 가와사키 중공업은 하이브리드 저상트램을 개발('08년)하였으며 에너지 활용을 제고 노력 중⁶³⁾
 - 하이브리드 저상트램은 저상 배터리 구동 트램으로, 가선 지역에서 충전하고 무가선 지역에서 배터리가 구동되는 하이브리드 차량
 - SWIMO-X는 실제 노선 시험을 준비 하고 있는데, 기존 전력을 재이용하여 소비전력량을 현재 대비 20% 절감 가능
- 프랑스 Alstom은 니켈수소 배터리를 사용하는 Citadis를 개발하여 무가선 구간을 일부 운행 중⁶⁴⁾

62) <http://www.shinbundang.co.kr/>, 신분당선- 무인운전 소개, 2015.4.6

63) 지식-기획연구로보는 기술동향-도시철도 핵심부품 및 장치고도화 기술동향, 국토교통과학기술진흥원(<http://www.kaia.re.kr>)2013.02

64) <http://www.railengineer.com>, railengineer- Trams without wires, 2015.2.5

그림 33 가와사키 중공업의 SWMO-X



그림 34 Alstom의 Citadis



○ 네덜란드 APTS사는 Phileas 시스템을 개발(10년)하였으며, 현재 운행 중⁶⁵⁾

- Phileas 시스템은 도로 노면에 설치된 자석을 인식하여 미리 결정된 경로를 자동으로 운행하며, 정거장 정차시에는 초음파센서로 차량과 플랫폼 간 거리를 측정하여 정밀 정차가 가능
- 전자기 안내시스템, 하이브리드 추진시스템, 전용차선 등을 활용하므로 버스의 유연성을 유지하면서 철도수송의 정시성을 제공할 수 있는 장점

그림 35 APTS Phileas Fuel Cell Hybrid



자료 : <http://www.netinform.net/>, 2015

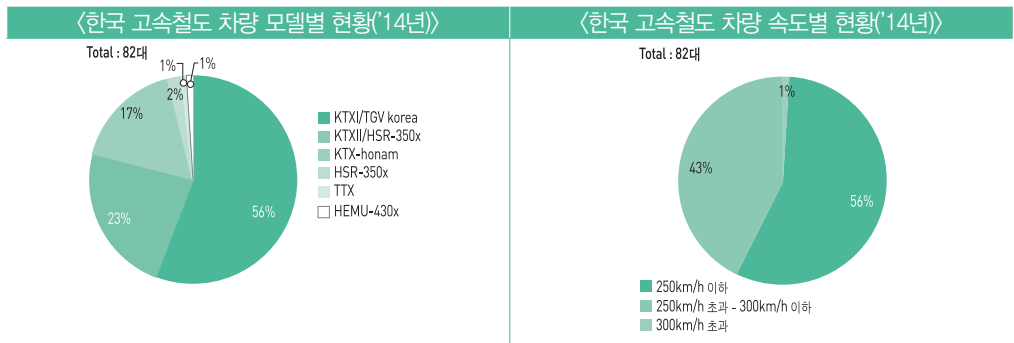
65) <http://www.netinform.net/>, 2015.7

II. 국내 동향

1. 시장동향

- '14년 기준 한국에서 운영 중인 고속철도 차량은 시험선 포함 82대
 - 한국에서 운영되는 고속철도 차량은 250km/h초과~300km/h이하인 차량의 비중이 최대(56%)

그림 36 한국 고속철도 차량 모델별/속도대역별 현황



자료 : SCI Verkehr, UIC 자료, 국가별 차량도입 계획 자료 재구성, 2015

- 국내에서 운영 중인 도시철도 차량은 총 5,307량이며 서울메트로와 서울도시철도가 가장 많은 차량을 보유
 - '14년 말 기준, 서울메트로의 도시철도 보유차량은 총 1,954량으로, 1호선 160량, 2호선 834량, 3호선 490량, 4호선 470량으로 구성
 - '14년 말 기준, 서울도시철도공사 보유차량은 총 1,617량으로, 5호선 608량, 6호선 328량, 7,8호선 681량으로 구성
 - '14년 말 기준, 부산교통공사 차량 보유현황은 총 878량으로 1호선 360량, 2호선 336량, 3호선 80량, 4호선 102량으로 구성
 - 기타, 대구도시철도 284량, 인천교통공사 200량, 광주도시철도 92량, 대전도시철도 84량, 인천국제공항 72량, 서울 9호선 96량, 의정부 경전철이 30량을 보유

- 국내 도시철도 차량 시장은 서울메트로 및 부산교통공사가 보유한 일부 차량의 정밀진단결과에 따라 차량 교체수요가 발생할 것으로 전망
 - 서울메트로는 '89년에 도입한 142량(1호선 64량, 2호선 78량)의 정밀 진단 결과에 따라 빠르면 '15년, 늦으면 '30년부터 전동차 교체 예정⁶⁶⁾
 - 부산교통공사는 '85년 제작 84량이 1차 정밀진단에 통과하여 '15년까지 운행되므로 빠르면 '16년 늦으면 '26년부터 전동차 교체 예정
- 국내 도시철도 시장은 도시 광역화에 따라 급행화 사례가 증가
 - 용산-동인천간 경인선(연장 33.6km, 정차역 25개)은 전체구간을 통과하는데 58분이 소요되나, 지상구간 복복선 선로를 활용한 급행열차 도입시 통행시간을 44분으로 단축(시간단축비율 28%)⁶⁷⁾
 - 경부선 용산-천안간 구간(연장 93.4km, 정차역 33개)은 전체구간 소요시간은 111분이 있으나 17개 역만 정차하는 급행열차를 도입하여 통행시간을 88분(기존대비 21%)으로 단축

2. 기술동향

(1) 일반철도차량

- 국내에서는 일반철도의 증속과 복층열차 투입으로 수송 효율성이 향상되는 중
 - 제2차 국가철도망 구축계획('11년~'20년)에는 기존 열차대비 좌석용량을 30~40% 증대한 복층 고속열차 도입 목표가 제시⁶⁸⁾
 - 경춘선에는 ITX 복층열차가 운영 중
- 기존 철도노선에서 증속 운영을 위해 틸팅차량을 개발하였으나, 실수요 부족으로 미운영
 - '01년부터 틸팅열차 개발에 착수하여 '07년까지 180km/h운행이 가능한 차량을 제작완료하고 '12년까지 신뢰성평가 및 운용기술을 개발⁶⁹⁾
 - 이탈리아, 스페인, 프랑스, 독일, 일본 등에 이어 아시아에서는 2번째로 틸팅차량 기술을 확보

66) 시정 주요분야 컨설팅 용역 보고서(서울메트로·서울도시철도공사), 서울특별시, 2013

67) 광역철도 제도개선 방안에 관한 연구보고서, 한국교통연구원, 2011

68) 제 2차 국가철도망 구축계획(2011~2020), 국토해양부, 2011

69) 철도차량 소비전력량 평가에 따른 틸팅기술 효과분석, 한국철도학회논문집 제 15권 4호, 2012.8

- 당초 계획은 '12년 상용화 예정이었으나, 노후화 선로 개선사업 등으로 수요처를 확보하지 못하여 미도입
 - 곡선구간이 많은 충북선, 중앙선, 태백선을 대상구간으로 설정하였으나, 이 구간의 이용객 수요가 적고 일반차량에 대비 차량가격이 고가인점(+5억/1량)이 실용화 제약 요인으로 작용

그림 37 국내 복층열차인 ITX-청춘



그림 38 한국형 틸팅열차인 한빛200



(2) 고속철도차량

- 세계 고속철도시장에서 경쟁력을 확보하기 위하여 우리나라도 기술개발 경쟁에 참여하고 있으며, 속도기준으로 세계 4위의 기술력을 보유
 - 국내 HEMU-430x 열차의 최고속도 기록은 421km/h로 중국, 프랑스, 일본에 이어 세계 4위 수준⁷⁰⁾
 - 프랑스(574.8km/h), 중국(487km/h), 일본(443.0km/h)에 이은 세계 4위의 고속열차 기술 확보

그림 39 HEMU-430x 열차



70) 2015년도 국토교통기술 연구개발사업 시행계획, 국토교통부·국토교통과학기술진흥원, 2014.12

- 국내에서도 세계시장의 추세에 대응하며 동력분산식 고속철도 차량 기술을 개발⁷¹⁾
 - HEMU-430X 사업으로 430km/h 급 동력분산식 고속열차 제동시스템 해석 및 설계 기술력을 축적
 - 전장품은 차량하부 60cm 높이에 맞춰 부품배치를 최적화
 - 국가 연구개발사업의 집중적인 지원으로 동력집중식 장치 제작기술은 보유하고 있으나, 동력분산식 장치 제작기술의 신뢰성 확보가 필요
 - 로템에서 동력집중방식에 대한 기술을 바탕으로 동력분산방식의 고속철도 차량 제작 및 성능검증 중
 - C/I 추진제어장치는 BUS Bar, Stack Frame, Heatpipe, Filter Capacitor 등이 핵심기술이고 전력소자인 IGBT를 제외한 모든 부분은 충분한 성능을 확보하였으나, 신뢰성 연구가 필요
 - 국내 변압기 제작사에서는 동력분산식에 적용되는 주변압기를 개발/제작한 경험이 없어 4350kVA급 외국 제품(프랑스 JST)을 탑재하여 시운전 중

- 국내에서는 경량 고강도 알루미늄 합금을 차체에 적용하고 있으며 CFRP, 마그네슘 소재 연구가 계획¹³⁴⁾
 - 한국철도기술연구원(KRRI)을 중심으로 대차·차체 경량화를 위한 소재 및 제조공정 기술을 연구하고 있으며, 차세대 고속철도 차체 제작을 위하여 경량 고강도 알루미늄 합금인 A6005A 소재를 적용
 - CFRP, 마그네슘 등은 선진 기술 보유국에서도 연구개발 초기단계이나 일부 성과가 나타나고 있으며, 신개념 소재 원천기술을 확보를 통한 기술선점이 필요
 - 한국철도기술연구원과 한국 재료연구소는 '13년 12월 초경량 미래철도 부품·소재 원천기술 개발을 위한 융복합 연구협력 협약 체결⁷²⁾
 - 국내에서는 한국철도기술연구원 및 동양강철 등 기업에서 연구 기획 단계인 것으로 조사

(3) 자기부상철도차량

- 국내에서는 도시교통난 해소와 고급 교통수단으로 대중교통서비스 수준 향상을 위해 도시형 자기부상 열차가 개발
 - 초고속 자기부상 열차는 최근 연구가 시작되어 주요 핵심 연구가 부족
 - 고속 자기부상철도 연구는 기계연구원을 중심으로, 시스템 해석 및 축소모형 시스템 개발연구를 진행하고 있으나, 실 규모 시스템에 관련 연구는 미진

71) 고속철도 기술수준 분석보고서(3차년도), 국토교통부·국토교통과학기술진흥원, 2015

72) '철도차량 경량화를 위한 첨단 부품·소재 원천기술 개발 본격화', 보도자료, 한국철도기술연구원, 2013.12.16

- 도시형 자기부상 열차는 국내 최초이자 세계 두 번째로 상업운전을 위한 시스템 개발이 완료된 상태⁷³⁾
 - 무인운전 가능한 인천국제공항 자기부상철도 (노선길이: 6.1km, 복선, 6개 역사, 차량기지 등) 건설공사 완료
 - 인천국제공항 자기부상철도에서 상업운전을 위한 도시형 자기부상열차 EcoBee 4개편성(총 8량) 제작완료
 - 최고속도 110km/h 주행 성공으로 세계2위의 기술력 확보
 - 도시철도법의 '철도차량능성시험', 철도안전법의 '시설물 검증시험'을 완료하고, 60일간의 영업시운전을 '14. 9.12에 완료하여 개통준비 완료⁷⁴⁾
 - '도시형자기부상열차실용화사업'을 통해 중·저속 도시형 자기부상열차의 국내외 도시철도 실용화에 필요한 시스템 기술개발을 완료
- 국내에서도 자기부상에 대한 실용화 기술을 기반으로 전시운행이 진행되어 왔으며, 향후 상업용 자기부상열차의 영업운전 개통 준비 중
- '93년 대전 엑스포와 '05년 국립중앙과학관 내에서는 자기부상열차 시범노선을 운영
 - '16년 중에는 인천공항역과 용유역을 연결하는 최초의 상용 자기부상열차 노선이 개통될 예정⁷⁵⁾

그림 40 인천공항 자기부상열차



(4) 도시철도차량

- 국내에서는 대심도 급행 도시철도 및 개인용 철도시스템(PRT) 등에 대한 연구개발 사업을 추진 중
 - 대심도 급행시스템(GTX)은 최고속도 시속 180km/h로 서울과 수도권을 연결하는 대중교통 수단으로 4개 철도 노선 건설을 추진 중⁷⁶⁾

73) 도시형자기부상열차 실용화사업 운영/총괄관리, 국토교통부·국토교통과학기술진흥원, 김원중, 2013

74) B.C. Shin, et al., "Korea's First Urban Maglev System", Proceedings of Maglev 2014

75) 한국철도기술 VOL 48, 2013

76) 서울 지하철 2호선 급행노선.. "3배 빠른 대심도 철도", 아이티투데이, 2014.12.13

그림 41 GTX차량



- PRT(Personal Rapid Transit)는 한국철도기술연구원이 자체예산으로 5년간('12년~'16년) 개발을 추진하여 향후 공항, 관광단지, 테마파크 등에 적용하여 시설물 내의 이동 편의성 제고에 기여 전망
 - '13년 순천만 국제정원박람회장에 도입되어 정원역과 약 5.2km 거리에 위치한 순천문학관까지 시범운행

그림 42 순천만 PRT



- 도시철도의 속도향상 방안은 신호체계 개선에 머물러 있으며, 일부 구간에서는 급행열차 운영을 통하여 속도효율성 향상을 추진 중⁷⁷⁾
 - 속도효율성 향상을 위해 선로기술, 차량기술, 신호시스템 운영기술에 연구가 필요하나, 선로기술과 차량기술은 연구결과 적용시 막대한 예산이 소요되므로 신호시스템 운영기술에 대한 관심이 높은 상황
 - 정차시간 단축을 위한 시설개선 및 정보를 제공하는 기술 연구가 필요
- 국내에서는 최근 트램(노면정차)에 대한 관심이 증가⁷⁸⁾
 - 트램은 경전철에 비해 짧은 시격의 배차가 가능하고, 주행성이 우수하며, 토목, 건축 등의 건설비가 저렴한 장점
 - 대전, 울산, 마창진 경전철 등이 트램으로 개발될 예정으로 지자체에서 트램에 대한 관심이 증가

77) 도시철도 신호체계 개선 및 운영 효율화 방안 연구, 한국교통연구원, 이지선 조한선, 2011

78) 대전도시철도 2호선 '트램'으로 최종결정, 오마이뉴스, 2014.12.04

○ 고무차륜 AGT(Automatic Guided Transit : 자동무인운전 경량전철)는 차량분야 기술 확보

- 현대로템(주), 우진산전(주) 등에서 철도차량분야에 대한 관련 기술을 보유하고 있으나, 상위 시스템 수준의 기술 확보는 미미한 실정
- 국내 철도 사업은 선진국의 엔지니어링 관련 기업이 시장을 거의 독점하고 있는 실정이며, 국내 기업은 해외기업의 하부 기관형태로 참여
 - 국내 진출한 주요 해외기업 : 이태리 디아폴로니아(부산-김해 경량전철), 캐나다 봄바르디어(용인 경량전철), 독일 지멘스(의정부경전철), 일본 코벨코(부산지하철 4호선) 등
 - 국내 업체 : 한국철도기술연구원(고무차륜 K-AGT 개발), 현대로템(차량제작사), 우진산전(차량 제작사), 유텍코리아(신분당선, 경량전철 시스템엔지니어링 체계개발 국책과제) 등

○ 국토교통부는 '03년부터 '13년까지 바이모달 수송시스템을 개발 완료 하였으며 '15년 현재 '16년까지 실용화를 목표로 연구개발 추진 중

- 바이모달 수송시스템 개발 목표는 버스의 유연성과 철도의 정시성 및 친환경성을 결합한 신에너지 바이모달 저상굴절차량 및 운영/인프라 개발⁷⁹⁾
- 국토교통부는 '14년 6월부터 '16년까지 상용차량 제작·공급을 목표로 바이모달 트램 실용화 사업을 추진 중⁸⁰⁾

그림 43 AGT차량



그림 44 한국형 바이모달 트램



79) 신에너지 바이모달 수송시스템 개발 최종보고서, 국토교통부, 2014.3.5

80) 바이모달 트램 차량결합 등은 사실과 다름, 국토교통부 보도해명자료, 2014.10.20

생활을 편리하게!
살을 풍요롭게!

-creative dream builder-

KAIA



04. 철도인프라

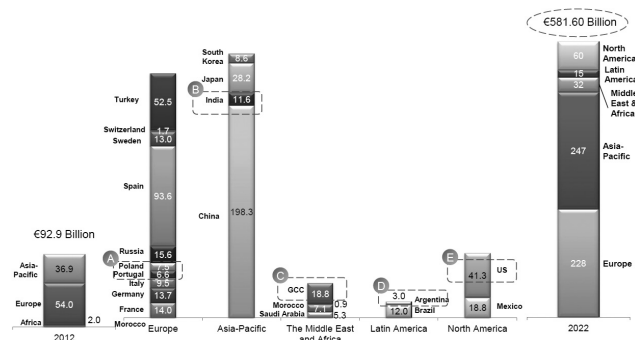
I. 주요 선진국 동향

1. 시장동향

○ Frost & Sullivan은 '22년 세계 고속철도 인프라 시장규모를 5,816억 유로로 전망⁸¹⁾

- 고속철도 미보유 국가에서 다수의 프로젝트가 계획 되었으나, 재원확보가 어려운 국가에서는 프로젝트 추진여부가 미지수
 - 폴란드와 포르투갈은 유로존 위기로 고속철도 프로젝트 취소
 - 아르헨티나에서는 자금위기로 고속철도 프로젝트가 계속 보류될 것으로 예상
 - 미국은 지방정부의 고속철도 프로젝트 재정지출 관련 정치적 문제로 캘리포니아를 제외한 모든 고속철도 프로젝트가 폐기된 상황
- 20년까지 중동 걸프만 연안 국가 및 인도에서는 기존 계획대로 프로젝트가 추진될 것으로 전망
 - 중동 걸프만 연안 국가들을 연결하는 GCC프로젝트는 '17년까지 완공을 목표
 - 인도는 7개 노선 고속철도 프로젝트를 승인하고, 착수 준비 중

그림 45 권역별 고속철도 인프라 시장 전망('12년-'22년)

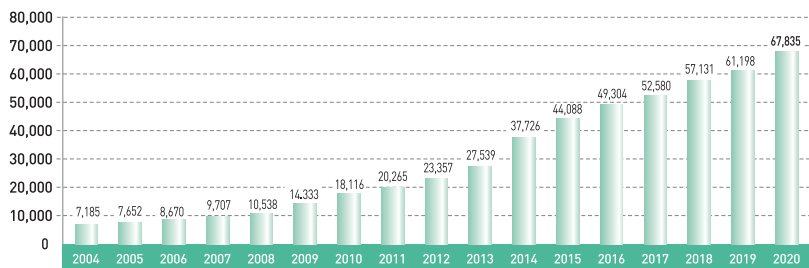


자료 : Rail Outlook Study 2013-2022, paradigm Shift Towards Intermodal Mobility Boosts Growth in All Rail Segments, Frost&Sullivan, 2013

81) Rail Outlook Study 2013-2022, paradigm Shift Towards Intermodal Mobility Boosts Growth in All Rail Segments, Frost&Sullivan, 2013

- 세계 고속철도 노선 연장은 '14년 기준 37,726km이며, '20년에는 67,835km로 증대될 전망⁸²⁾

그림 46 연도별 세계 고속철도 노선 누적 연장(단위 km, 설치기준)



자료 : SCI Verkehr, UIC 자료, 국가별 노선연장 계획 자료 재구성, 2015

* 1964년 일본의 신칸센 노선을 시작으로 전 세계에 건설된 고속철도 노선의 누적 데이터

- 국제 철도 연맹(UIC)은 250km/h 이상으로 운행되는 세계 고속철도 노선연장은 '25년에 5만 4,550km에 이를 것으로 전망⁸³⁾

표 14 250km/h 이상 운영되는 세계 고속철도 노선연장 전망('25년 기준)

단위 : km

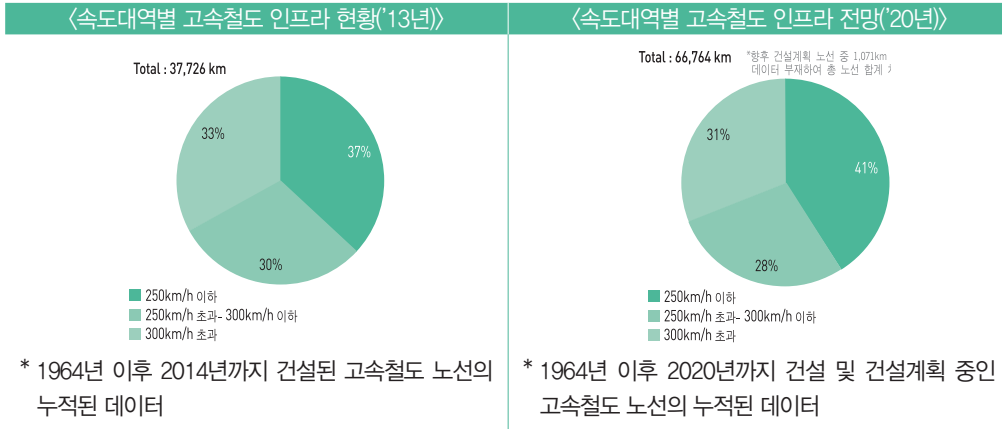
지역	운영 중	건설 중	계획 중	합계
유럽	7,351	2,929	10,815	21,095
아시아(중동 터키포함)	15,241	9,625	6,258	31,125
기타 지역	362	200	1,768	2,330
합계	22,954	12,754	18,841	54,550

자료 : HIGH SPEED LINES IN THE WORLD, UIC, 2014.9

82) SCI Verkehr, UIC 자료, 국가별 노선연장 계획 자료 재구성

83) HIGH SPEED LINES IN THE WORLD, UIC, 2014.9

그림 48 세계 속도대역별 고속철도 인프라 현황 및 전망



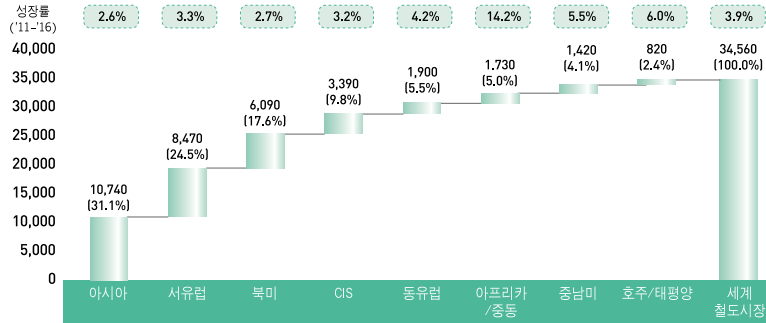
자료 : SCI Verkehr, UIC 자료, 국가별 노선연장 계획 자료 재구성, 2015

(1) 궤도노반

- '10년부터 '12년까지 평균 세계 궤도노반 시장 규모는 345억 유로⁸⁴⁾
 - 세계 궤도노반 시장을 권역별로 구분할 경우, 아시아는 107억 유로, 서유럽 85억 유로, 북미 61억 유로, CIS 34억 유로, 동유럽 19억 유로 등
- 권역별 세계 궤도노반 시장은 아시아, 서유럽이 각각 31.1%, 24.5%로 전 세계 시장의 절반 이상을 차지하며 '11년부터 '16년까지 권역별 궤도노반 시장의 성장률은 아프리카/중동, 호주/태평양, 중남미가 타 권역대비 높음
 - 아시아, 서유럽을 제외한 권역의 궤도노반 시장 내 비중은 북미 17.8%, CIS 9.8%, 동유럽 5.5%, 아프리카/중동 5.0%, 중남미 4.1%, 호주/태평양 2.4% 순
 - 아프리카/중동의 평균성장률은 14.2%이며, 호주/태평양의 평균 성장률은 6.0%, 중남미의 평균성장률은 5.5%로 타 권역대비 높은 성장률이 전망되며, 세계 궤도노반 시장의 평균성장률 3.9%보다 높음
 - 북미, 아시아의 궤도노반 시장 평균성장률은 각각 2.7%, 2.6%로 세계 궤도노반 시장의 평균성장률 대비 낮은 수준

84) The Worldwide Market for Railway Technology 2011-2016, SCI Verkehr Cologne

그림 49 권역별 궤도노반시장규모('11년~'16년 평균) 및 성장률(백만유로, %, '11년~'16년)

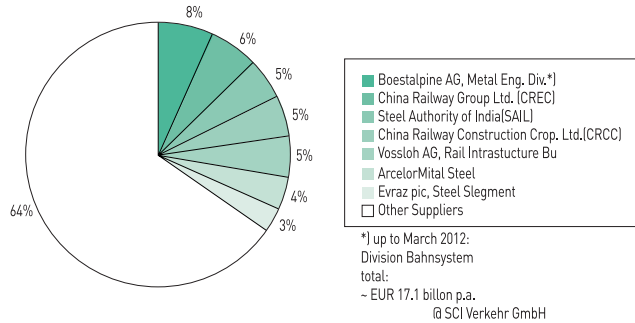


자료 : The Worldwide Market for Railway Technology 2011-2016, SCI Verkehr Cologne

○ 세계 궤도노반 시장은 독일, 중국, 인도, 프랑스, 러시아 등의 상위 7개 기업이 전체 시장의 36% 점유

- 독일의 Boestalpine AG, Vossloh AG, 중국의 China Railway Group, China Railway Construction corp., 인도의 Steel Authority of India, 프랑스 ArcelorMittal Steel, 러시아의 Evraz 등이 세계 궤도노반시장의 주요 기업

그림 50 세계 궤도노반 시장점유율 현황('07년~'11년)

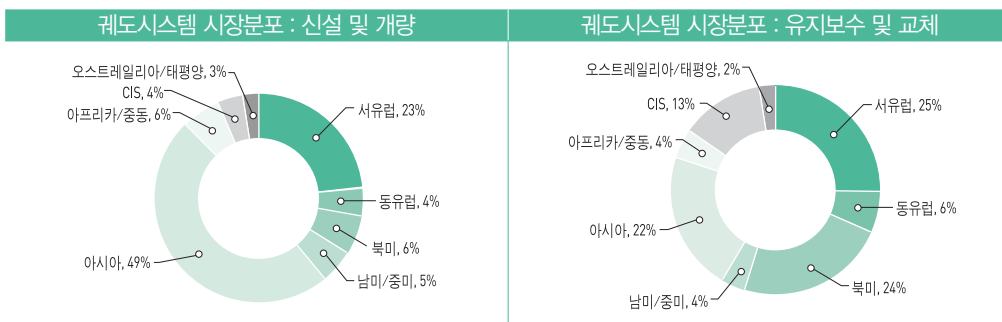


자료 : The Worldwide Market for Railway Technology 2011-2016, SCI Verkehr Cologne

- '11년 기준 궤도노반 신설 및 개량 시장은 118억유로, 궤도노반 유지보수 및 교체시장은 228억유로이며, 전체 시장평균성장률은 3.8~3.9% 수준
 - 궤도노반 신설 및 개량 시장은 아시아, 서유럽, 아프리카/중동, 북미 순으로 큰 것으로 조사되었으며, 아프리카/중동, 오스트레일리아/태평양 권역은 '16년까지 10%가 넘는 평균성장률을 보일 것으로 전망
 - 중국의 대규모 철도인프라 구축사업이 점차 감소할 것으로 예상됨에 따라 아시아의 궤도노반 신설 및 개량시장규모의 평균시장성장률은 감소
 - 궤도노반 유지보수 및 교체 시장은 서유럽, 북미, 아시아, CIS 순으로 큰 것으로 조사되었으며, 아시아, 아프리카/중동, 남미/중미 권역은 '16년까지 세계 평균을 넘는 평균시장성장률을 보일 것으로 전망

그림 51 궤도분야 신설 및 개량과 유지보수 및 교체 권역별 시장분포

지역	신설 및 개량 분야		유지보수 및 교체 분야	
	'11년 시장규모 (백만유로)	'11년~'16년 평균시장성장률(%)	'11년 시장규모 (백만유로)	'11년~'16년 평균시장성장률(%)
서유럽	2,750	+2.8	5,720	+3.6
동유럽	510	+6.6	1,390	+3.2
북미	710	+8.9	5,380	+1.8
남미/중미	600	+7.1	820	+4.2
아시아	5,760	-1.6	4,980	+6.7
아프리카/중동	720	+23.7	1,010	+4.8
CIS	470	+4.6	2,920	+3.0
오스트레일리아/태평양	280	+10.1	540	+3.6
총계	11,800	+3.8	22,760	+3.9

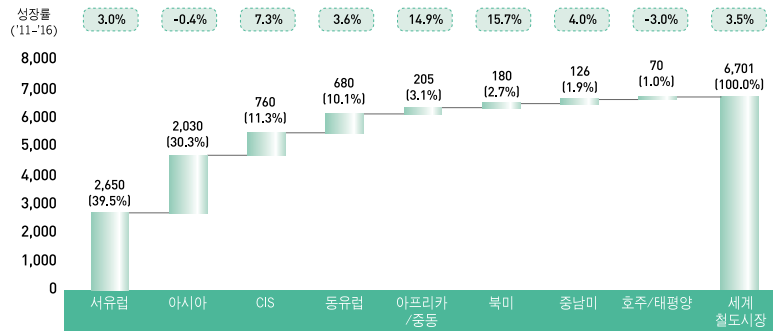


자료 : The Worldwide Market for Railway Technology 2011-2016, SCI Verkehr Cologne

(2) 전철/전력

- '10년부터 '12년까지 세계 전철/전력 평균 시장 규모는 67억 유로⁸⁵⁾
 - 세계 전철/전력 시장을 권역별로 구분할 경우, 유럽 27억 유로, 아시아 20억 유로, CIS 8억 유로 순
- 권역별 세계 전철/전력 시장은 서유럽, 아시아가 각각 39.5%, 30.3%로 전 세계 전철/전력시장의 절반 이상을 차지하고 있으며, '11년부터 '16년까지 권역별 전철/전력 시장 성장률은 북미, 아프리카/중동, CIS가 타 권역대비 높음
 - 서유럽, 아시아를 제외한 권역의 전철/전력 시장 내 비중은 CIS 11.3%, 동유럽 10.1%, 아프리카/중동 3.1%, 북미 2.7%, 중남미 1.9%, 호주/태평양 1.0% 순
 - 북미의 평균성장률은 15.7%이며, 아프리카/중동의 평균성장률은 14.9%, CIS의 평균 성장률은 7.3%로 타 권역대비 높은 성장률이 전망되며, 세계 전철/전력 시장의 평균 성장률 3.5%보다 높음
 - 아시아, 호주/태평양의 전철/전력 시장 평균성장률은 각각 -0.4%, -3.0%로 세계 전철/전력 시장의 평균성장률 대비 낮은 편

그림 52 권역별 전철/전력시장규모('10년~'12년 평균) 및 성장률(백만유로, %, '11년~'16년)

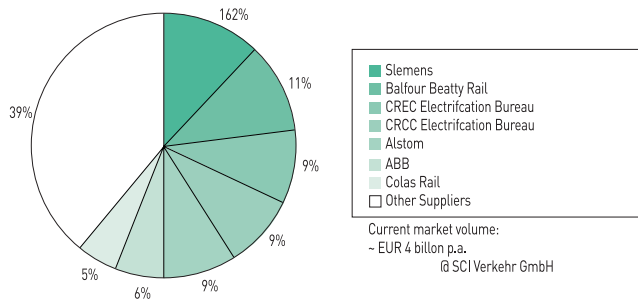


자료 : The Worldwide Market for Railway Technology 2011-2016, SCI Verkehr Cologne

85) The Worldwide Market for Railway Technology 2011-2016, SCI Verkehr Cologne

- 세계 전철/전력 시장은 Siemens, Balfour Beatty Rail, CREC, CRCC, Alstom, Coal Rail, ABB 등의 상위 7개 기업이 전체 전철/전력 시장의 61%를 점유 순
 - Siemens가 12%로 세계 전철/전력 시장에서 가장 높은 시장점유율을 보이며, 그 다음으로 Balfour Beatty Rail, CREC, CRCC 순

그림 53 세계 전철/전력 시장점유율 현황('07년~'11년)

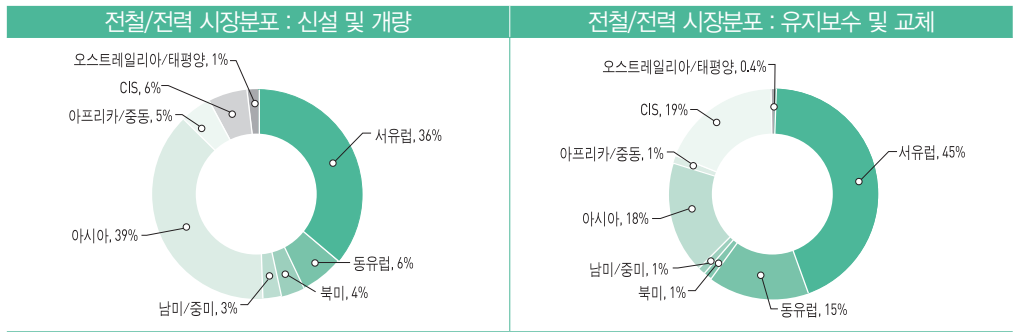


자료 : The Worldwide Market for Railway Technology 2011-2016, SCI Verkehr Cologne

- 전철/전력 신설 및 개량 시장은 아시아가 가장 크고 전철/전력 유지보수 및 교체 시장은 서유럽이 가장 크며, 전체 평균시장성장률은 신설 및 개량이 3.0%, 유지보수 및 교체가 4.2% 수준
 - 전철/전력 신설 및 개량 시장은 아시아, 서유럽, 동유럽, CIS 순으로 큰 것으로 조사되었으며, 북미, 아프리카/중동, CIS 권역은 '16년까지 10%가 넘는 평균성장률을 보일 것으로 전망
 - 신설 및 개량 분야에서 아시아의 높은 시장규모에도 불구하고 평균시장 성장률이 낮은 이유는 중국의 신설 및 개량분야의 투자가 감소하기 때문
 - 전철/전력 유지보수 및 교체 시장은 서유럽, CIS, 아시아, 동유럽 순으로 큰 것으로 조사되었으며, 아프리카/중동, 북미 권역은 타 권역에 비해 상대적으로 '16년까지 세계 평균시장성장률이 높을 것으로 전망

그림 54 궤도분야 신설 및 개량과 유지보수 및 교체 권역별 시장분포

지역	신설 및 개량 분야		유지보수 및 교체 분야	
	'11년 시장규모 (백만유로)	'11년~'16년 평균시장성장률(%)	'11년 시장규모 (백만유로)	'11년~'16년 평균시장성장률(%)
서유럽	1,440	+3.1	1,210	+2.8
동유럽	260	+1.6	420	+4.7
북미	150	+17.0	30	+8.4
남미/중미	110	+4.2	16	+2.3
아시아	1,540	-2.4	490	+5.1
아프리카/중동	190	+15.0	15	+13.2
CIS	240	+10.9	520	+5.5
오스트레일리아/태평양	60	-4.3	10	+3.5
총계	3,990	+3.0	2,711	+4.2



자료 : The Worldwide Market for Railway Technology 2011-2016, SCI Verkehr Cologne

(3) 신호/통신

○ '10년부터 '12년까지 세계 신호/통신 평균 시장 규모는 132억 유로⁸⁶⁾

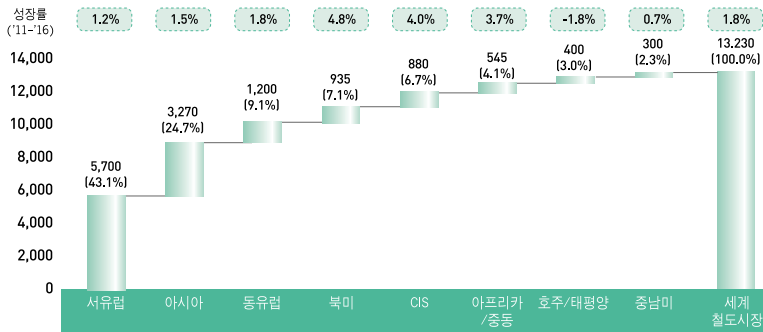
- 세계 신호통신 시장을 권역별로 구분할 경우, 서유럽 57억 유로, 아시아 33억 유로, 동유럽 12억 유로, 북미 9억 유로 순

○ 권역별 세계 신호/통신 시장은 서유럽, 아시아가 각각 43.1%, 24.7%로 전 세계 신호/통신시장의 절반 이상을 차지하고 있으며, '11년부터 '16년까지 권역별 신호/통신 시장 성장률은 북미, CIS, 아프리카/중동이 타 권역대비 높음

86) The Worldwide Market for Railway Technology 2011-2016, SCI Verkehr Cologne

- 서유럽, 아시아를 제외한 권역의 신호/통신 시장 내 비중은 동유럽 9.1%, 북미 7.1%, CIS 6.7%, 아프리카/중동 4.1%, 호주/태평양 3.0%, 중남미 2.3% 순
- 북미의 평균성장률은 4.8%이며, CIS의 평균 성장률은 4.0%, 아프리카/중동의 평균성장률은 3.7%로 타 권역대비 높은 성장률이 전방되며, 세계 신호/통신 시장의 평균성장률 1.8%보다 높음
- 서유럽, 중남미, 호주/태평양의 신호/통신 시장 평균성장률은 각각 1.2%, 10.7%, -1.8%로 세계 신호/통신 시장의 평균성장률보다 낮은 수준

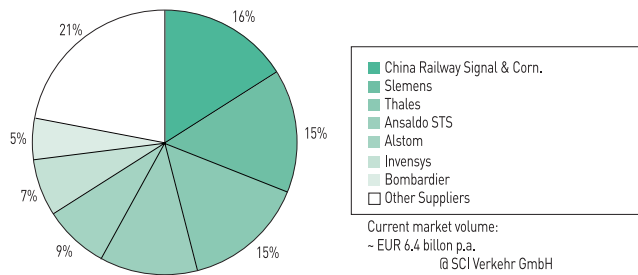
그림 55 권역별 신호통신시장규모('10년~'12년 평균) 및 성장률(백만유로, %, '11년~'16년)



자료 : The Worldwide Market for Railway Technology 2011-2016, SCI Verkehr Cologne

- 세계 신호/통신 시장은 China Railway Signal & Com., Siemens, Thales, Ansaldo STS, Alstom, Invensys, Bombardier 등의 상위 7개 기업이 전체 신호/통신 시장의 79%를 점유
- China Railway Signal & Com.에서 16%로 가장 많은 시장을 점유하고 있으며, 그 다음으로 Siemens, Thales, Ansaldo STS, Alstom, Invensys, Bombardier 순

그림 56 세계 신호통신 시장점유율 현황('07년~'11년)



자료 : The Worldwide Market for Railway Technology 2011-2016, SCI Verkehr Cologne

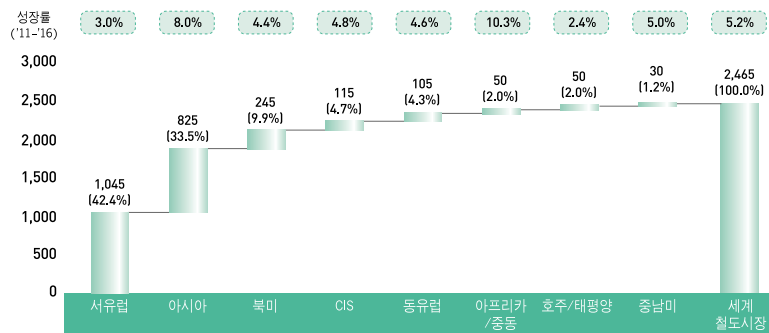
(4) 여객정보

- 철도운영 및 환경기술과 관련해 '10년부터 '12년까지 3년간 평균 세계 여객정보시스템 분야 시장은 25억 유로⁸⁷⁾

 - 세계 여객정보시스템 시장을 권역별로 구분할 경우, 서유럽 10억 유로, 아시아 8억 유로 등
- 권역별 세계 여객정보 시장은 서유럽, 아시아가 각각 42.4%, 33.5%로 전 세계 시장의 절반 이상을 차지하고 있으며, '11년부터 '16년까지 권역별 여객정보 시장의 성장률은 아프리카/중동, 아시아가 타 권역대비 높음

 - 서유럽, 아시아를 제외한 권역의 여객정보 시장 내 비중은 북미 9.9%, CIS 4.7%, 동유럽 4.3%, 아프리카/중동 2.0%, 호주/태평양 2.0%, 중남미 1.2%
 - 중동/아프리카의 평균성장률은 10.3%, 아시아의 평균 성장률은 8.0%로 타 권역대비 높은 성장률이 전망되며, 세계 여객정보 시장의 평균성장률 5.2%보다 높음
 - 서유럽, 호주/태평양의 여객정보 시장 평균성장률은 각각 3.0%, 2.4%로 세계 여객정보 시장의 평균성장률보다 낮은 수준

그림 57 권역별 여객정보시장규모('10년~'12년 평균) 및 성장률(백만유로, %, '11년~'16년)



자료 : The Worldwide Market for Railway Technology 2011-2016, SCI Verkehr Cologne

87) The Worldwide Market for Railway Technology 2011-2016, SCI Verkehr Cologne

2. 기술동향

(1) 철도노반

- 영국, 일본에서는 노반강화 기법의 호환성, 신속성을 고려한 강화재료 공법이 개발 및 적용 중⁸⁸⁾
 - 영국에서는 다양한 지반의 개량이 가능한 공법을 개발하여 적용 중이며(Soil Grout Columns), 노반 보강을 위한 신재료(Calcite Insite Precipitation System)를 개발
 - '12년, 일본 RTRI는 연약지반에서 열차 통과 시 강우 및 지하수와 혼합되어 노반토양이 분출되는 경우 분출된 노반 토양과 그라우트재를 혼합주입하여 단 시간에 보수를 완료할 수 있는 기법을 개발
 - 강우 및 지하수와 혼합되어 분출되는 토양을 처리하는 기존 방법은 분출되는 토양을 모두 제거하고 새로운 노반을 다지는 기법을 활용
 - 그라우트재를 활용하는 노반보강기법은 반복된 재하실험을 통해 효과를 검증
 - 기술개발을 통해 노반 유지관리 시 환경부하 경감, 시공비용 절감, 작업시간 단축가능

(2) 철도궤도

- 철도궤도분야에서 시공비, 유지보수 및 운용비용 절감을 위한 기술을 개발
 - 독일, 일본, 중국에서는 슬래브궤도의 설계 및 시공기술 개량 및 개선을 지속적으로 추진
 - 현장타설식 슬래브궤도의 단면감소, 침목구조의 변화(트윈블럭 침목 사용), 트로프를 생략한 단일 궤도지지층 구성 등 구조의 단순화 및 구성부재의 개발이 이루어지고 있으며 기계화 시공 및 측량기술 고도화로 정밀시공기술이 확보
 - 프리캐스트 궤도는 독일의 Bögl, 일본의 J-Slab의 개발과 함께 이들을 개량한 중국의 CRTS Is, IIs, IIIs 등 자국 브랜드화된 궤도가 현장에 적용
 - 독일의 Vossloh는 '12년 체결장치의 신규 테스트 방법 개발하고 구성 요소간 미세조정을 통한 기능, 비용 효율화를 목적으로 기술개발을 추진하고 있으며,⁸⁹⁾ 영국의 Pandrol등은 터널과 교량과 같이 진동차단이 필요한 곳에 적용가능한 Vanguard 체결장치 등을 사용
 - 독일 Railone은 자갈궤도용 콘크리트 침목의 유지보수비용 절감, 휨강성 확보를 위해 Wide sleeper를 개발⁹⁰⁾

88) 고속철도 기술수준분석 3차년도, 2015

89) Vossloh Geschäftsbericht 2012, 2013

90) www.railone.com, railone, 2013

○ 친환경성, 안정성, 경제성 등을 고려하여 신소재 활용 철도궤도 기술개발 지속적으로 추진

- 중국은 침목 내구성 향상을 위한 신소재 적용 및 디자인 개선, 침목제작의 경제성 확보의 공정 최적화 기술개발을 추진⁹¹⁾
 - 중국에서는 콘크리트 침목의 내구성 향상을 목적으로 플라이 애시, 실리콘 애시 등의 혼합재 적용 기술이 연구
- 유럽에서는 노면선로에 도로교통과 트램이 주행공간을 공유할 수 있는 매립궤도 개발 진행⁹²⁾
 - 궤도 구조에 대한 소음 및 진동을 흡수할 수 있는 연속지지형 다방향 탄성충진재 개발과 잔디식재가 가능한 친환경 구조, 이중방진 매립궤도, 분기기구조 등의 개발 적용

그림 58 독일 프라이부르크의 노면 철로의 잔디식재 사례



자료 : 유럽보다 우수한 신개념 철로 개발, 뉴타임즈코리아, 2013.1.12

(3) 철도교량/터널/역사

- 영국의 Cambridge 대학은 터널시공 축소 시험이 가능한 시설을 구축했으며, 일본 RTRI는 모형 실험연구를 통해 터널내 압축파 수치해석 오차원인을 밝히고 모델을 보정⁹³⁾
 - 영국 Cambridge 대학은 터널 시공을 위한 지반 굴착과 관련된 시공 과정을 축소 모델을 통해 모사할 수 있는 원심모형실험시설(Geotechnical Centrifuge) 및 관련 기술을 보유
 - 일본 RTRI는 완충공이 있는 터널에 열차 도입시 형성되는 압축파에 대한 수치해석 오차원인을 밝히기 위하여 모형 실험 연구를 진행하고 수치해석 모델을 보정⁹⁴⁾
 - 미기압과의 압력 상승을 완만하게 하는 완충공이 있는 터널의 압축파 파형을 정밀하게 예측하기 위하여 실제형상 모형을 이용한 실험 연구를 진행

91) 고속철도 기술수준 분석보고서(3차년도), 국토교통부·국토교통과학기술진흥원, 2015

92) 미래 첨단 철도 건설을 위한 궤도 시스템 기술, 대한토목학회 뉴스레터, 장승엽·이일화·강윤석, 2013.8.30

93) 고속철도 기술수준분석 3차년도, 2015

94) 2013년 주요연구개발성과, www.rtri.or.jp

그림 59 형상모형 실험

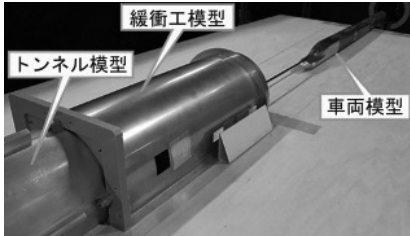
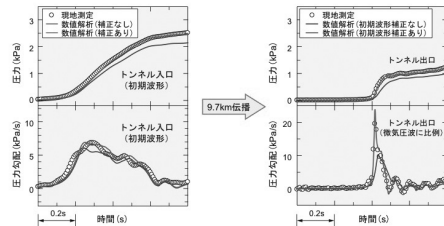


그림 60 터널 내 압축 파의 압력·압력 구배 파형



○ 일본에서는 차량과 구조물의 동적 상호작용 해석프로그램을 개발하여 시뮬레이션 결과를 설계기준에 반영

- 일본 RTRI는 신칸센 차량과 선로구조물과의 동적 상호작용 해석을 목적으로 DIASTARS를 개발하고 시뮬레이션 결과를 설계기준에 반영
 - 차량을 차체, 대차 틀, 바퀴축으로 표현하여 스프링 및 댐퍼와 결합된 모형으로 모델링가능하며 구조물은 FEM을 통해 모델링 가능
 - 바퀴와 레일은 기하학적 형상을 고려하여 상호 작용력을 계산
 - 일본은 DIASTARS를 기반으로 안전성/사용성에 대한 변위 기준 등을 개발하여 설계기준에 반영
 - 최근 개발된 DIASTARS III는 열차 탈선시 거동해석이 가능해졌으며, 이탈방지 구조물이 포함된 궤도를 대상으로 거동해석이 가능하여 이탈방지 구조물의 효과를 정량적으로 평가 가능

(4) 전철/전력

○ 안정적인 전력공급을 목적으로 전력시스템과 전압분석 등 배전시스템 분석 및 시뮬레이션 기술개발을 중점적으로 추진

- 일본 RTRI는 다수의 열차주행상황에서 전력공급해석이 가능한 시뮬레이션 기술을 개발⁹⁵⁾
 - 신칸센 고속 주행 구간의 전차선 높이 실측 데이터를 활용한 모션 시뮬레이션으로 집전성능을 통계적으로 분석하여 집전성능을 확보하기 위한 지표의 목표치를 설정하고 가설 지침서를 작성
- 프랑스 SNCF의 자회사인 Systra에서는 철도시스템을 분석하고 평가하기 위한 소프트웨어로 RAILSIM을 개발하였으며, 전력공급 및 급전계통 해석 관련 'Load Flow Analyzer' 모듈을 제공⁹⁶⁾

95) www.rtri.or.jp, 일본 철도 종합 연구소, 2013

96) http://railsim.com railsim, 2013.10.24

- 영국의 Balfour Beatty는 프로젝트 개발계획 시 전력시스템을 분석하여 AC 배전반, DC 배전반, SCADA, 터널 접지 등 철도 급전 및 배전 설비 등을 공급⁹⁷⁾
- 고속주행시 발생하는 전차선 파동증가로 전차선 비접촉이 고속주행 장애요인으로 작용함에 따라 이를 진단하고, 모니터링하는 기술을 동시에 개발
 - 유럽의 Siemens, Alstom, ABB 등 선진메이커들과 Lemke Gmbh, Diagnostic Monitoring Systems Ltd(DMS) 등의 진단장비 제조업체들은 전력기기의 진단항목별 검출장치 개발⁹⁸⁾
 - 독일의 모니터링 시스템 회사인 Wehrbahn에서는 OVHWizard 장비를 운용하여 전차선 비접촉 측정 서비스를 제공⁹⁹⁾
 - 독일의 전차선로 모니터링 회사인 Eurailscout는 전차선로 상태에 대한 모니터링 자동화 시스템을 구축¹⁰⁰⁾
 - 일본 RTRI 전력기술연구부에서는 전차선과 팬터그래프 사이의 보다 정밀한 아크 방전 검출을 위한 자외선 검출식 이선 측정장치를 개발
- 프랑스 Faiveley는 복합소재인 CFRP를 적용한 초경량화 팬터그래프를 개발¹⁰¹⁾
 - 프랑스 Faiveley는 세계 최고 수준의 팬터그래프 메이커로서 복합소재인 CFRP(Carbon Fiber Reinforced Polymer)를 적용한 초경량화 팬터그래프 AX-NG 모델을 '14년 Innotrans 박람회에 출품

그림 61 프랑스 페블리사의 초경량화 팬터그래프 AX-NG모델



자료 : AX-NG Pantograph With Composite Upper Arm, Railmix, 2015.5.12

97) <http://www.bbrail.co.uk> , bbrail-Balfour Beatty Rail의 제품 및 서비스제공 내용, 2013.10.24

98) Berührunglose Messung der Fahrdrähtage, Dirk Wehrbahn, ETR : Eisenbahntechnische Rundschau Vol.61 No.6 (2012-6)

99) Die Zustandsprüfungen von Oberleitungsanlagen automatisieren, Uwe Richter, Eisenbahn Ingenieur Vol.63 No.5 (2012-5)

100) 일본 철도 종합 연구소, www.rtri.or.jp, 2013

101) AX-NG Pantograph With Composite Upper Arm, Railmix, 2015.5.12

○ 철도망과 스마트그리드 연계, 철도의 회생에너지 사용 등 에너지 손실 최소화 및 효율적 활용 관련 연구가 진행

- 유럽 ERRAC(European Rail Research Advisory Council)의 “Deliverable Towards 2030-Energy Roadmap for the European Railway sector” 로드맵에서는 에너지 손실을 최소화하기 위한 연구 방향을 제시¹⁰²⁾
 - 지능화된 에너지 최적 분배 및 저장과 관련하여 철도망과 스마트그리드의 연계 관련 연구 추진
 - Siemens 및 ABB는 '12년 Innotrans 박람회에서 철도망과 스마트그리드 연계 관련 기초 패러다임 설정 및 연구 추진 계획 발표
- 일본에서는 에너지의 효율적 활용을 위한 단위설비(회생인버터, 슈퍼커패시터를 적용한 에너지 저장장치) 연구를 진행 중
 - Toshiba는 철도 에너지관리를 위한 잉여에너지 저장장치 상용화 연구를 진행¹⁰³⁾
 - Hitachi는 철도용 피크전력 저장장치, 잉여 회생제동 활용 에너지저장장치의 상용화 연구를 진행¹⁰⁴⁾
 - 에너지 통합관리 시스템은 일부 철도노선에 설치하여 운영 중이나, 아직 기초 연구 단계¹⁰⁵⁾
- 독일에서는 철도 회생 브레이크에서 얻어진 전력을 활용할 수 있는 50/60Hz 전원 공급 변환기 변전소 연구를 진행 중¹⁰⁶⁾
 - 기존 전력공급 시설은 수동적인 전력설비로 적절한 전력제어가 불가능하여 전력을 철도 내부에서 100% 재활용이 불가능
 - 정적 변환기를 사용하면 역방향 전류 제어가 가능하며, 회생제동에 의한 에너지를 사용 가능
- GE Energy는 배전용 에너지관리시스템으로 최신 국제표준에 부합하는 “Power On Control”소프트웨어를 개발하여 상용화¹⁰⁷⁾

(5) 신호/통신

○ 신호/통신 분야는 보안 및 안전성을 중심으로 관련기술이 연구

- 독일은 자국 철도시스템에 열차제어시스템(ETCS-L2) 구축시 기존에 규격화 되어 있는 사양, 성능, 시험방법을 준용하여 시험·평가, 실증을 통해 안정성과 상호운영성이 검증된 기술 개발¹⁰⁸⁾

102) ERRAC Roadmap Work Packages Deliverables, ERRAC 홈페이지(<http://www.errac.org/>), 2015.6.16

103) <http://www.toshiba.com/tic>, toshiba, 2013.12

104) <http://www.hitachi.com/rev/archive/2012/> 히타치, 2012

105) 도시철도 역사 이용 효율향상 기술 개발 기획보고서, 국토해양부-한국건설교통기술평가원, 2012.9

106) Converter Stations in 50 or 60 Hz Traction Power Supply, Uwe Bechmann, Kurt Rieckhoff, RTR Vol.51 No.4 (2011-11)

107) <http://www.railway-technology.com/>, railway-technology, 2015

108) Planung, Projektierung und Prufung von ETCS-Streckenausrustung, Eisenbahningenieur Vol.63 No.4, Jochen Trinckauf, 2012

- 일본 RTRI에서는 무선 열차제어에 활용되는 통신시스템의 안정성을 시험하기 위한 시뮬레이터를 개발¹⁰⁹⁾
 - 개발 시뮬레이터는 철도 전차선의 전파환경이나, 열차에서 발생하는 노이즈 환경, 다른 기지국 간섭 방해 등을 고려하여 여러 기지국과 열차 사이의 무선전송 품질 계산 가능(비트 오류율, 프레임 손실 비율, 전송 지연시간 등)

- 독일과 프랑스, 중국에서는 최신 광대역 무선시스템 및 LTE 통신기술을 활용하여 열차제어 및 정보통신 등을 통합하고 이를 활용하는 기술개발을 추진 중
 - 독일의 Telefunken사는 다양한 철도 어플리케이션을 위한 광대역 무선시스템을 개발¹¹⁰⁾
 - 개발한 철도용 광대역 무선모듈은 장기간 경험, 첨단시스템 설계, 검증된 네트워크 기술 조합을 기반으로 하고 있으며, 성능, 안전, 간섭없는 전송을 제공
 - 독일 Deutsche Bahn은 '14년 9월부터 Deutsche Telekom과 함께 고속열차(ICE) 1등석 차량에 WIFI 서비스를 운용
 - 외부 통신망과 주행 중인 열차 사이에 안정적인 셀룰러 데이터 용량 공급은 여전히 현안 사항¹¹¹⁾
 - 프랑스 Alstom은 중국 통신회사인 Huawei와 함께 CBTC를 위한 LTE 4G 시험 운영을 준비¹¹²⁾
 - LTE는 CCTV카메라들과 보다 포괄적인 승객정보로부터 실시간 비디오 스트리밍을 가능케 하는 미션 크리티컬 음성통신, CBTC 설치의 일환으로 안전한 열차 신호, 광대역 데이터 통신 등을 제공
 - 중국에서는 다음 세대 무선통신 기술인 LTE통신기술을 고속철도에 도입하기 위해 고속환경에서 기지국 전환 등의 연구를 진행

- 각 국은 ERTMS를 적용함으로써 열차 신호 시스템을 통합하여 국가간 열차 신호 시스템의 상호운영성을 높이기 위해 노력하고 있으며, 독일은 ETCS-L3의 구동 시연에 성공
 - 유럽은 ERTMS(European Rail Traffic Management System)를 통해 EU 지역 내의 국가간 열차 신호 시스템 통합을 추진¹¹³⁾
 - ERTMS는 ETCS(European Train Control System)과 표준 GSM 기반의 선로와 열차 간의 음성 및 데이터 통신을 제공하는 무선 시스템인 GSM-R로 구성

109) 자료 : 무선식 열차제어용 통신 네트워크 시뮬레이터, 일본철도종합연구소 홈페이지(<http://www.rtri.or.jp>), 2015.6.16

110) <http://www.tfk-racoms.com>, Telefunken, 2013

111) 철도산업정보센터, 해외철도동향-유럽 철도산업을 이끌 미래 기술은?, 2015.1.21

112) Alstom and Huawei to test first LTE 4G for CBTC, 2014. 8. 6. IRJ(International Railway Journal)

113) www.westermo.com, westermo, 2015

- 독일 Siemens는 ETCS Baseline 2가 장착되어있는 스위스연방철도(SBB)의 도시철도 차량에 ETCS Baseline 3의 기준에 맞춘 소프트웨어 구동 시연에 성공¹¹⁴⁾
 - ETCS Baseline 2 소프트웨어가 장착되어 있던 스위스의 Am843 diesel locomotive 차량에 상호 운용성, 제한 감독 모드 등이 포함된 ETCS Baseline 3의 기준을 적용함으로써 이전 버전과의 호환에 성공
- 최근에는 위성항법장치 활용 기술의 발전으로 기존 신호 및 타 선로 장치에 대한 의존도를 저감하기 위한 연구 진행
 - 유럽은 미국의 위성항법시스템인 GPS와는 별도로 독자적인 위성항법시스템인 GALILEO를 개발, 시물레이션 중이며 '19년 완성 예정¹¹⁵⁾
 - 현재 Alstom, Ansaldo, Bombardier등을 주축으로 위성항법시스템을 ETCS에서 활용 기술개발 및 시험 중이며, 열차제어분야에 적용 시 필수요소인 신뢰성 및 안전성 확보를 위한 개념 정립 중
 - 일본의 RTRI 신호정보기술 연구부에서는 열차제어를 위한 열차 위치 검출에 GPS센서를 사용하기 위한 연구를 수행¹¹⁶⁾
 - 이탈리아에서는 기존 ETCS열차제어시스템을 대체할 기술로 갈릴레오와 EGNOS를 활용한 GNSS기반 주행거리 및 위치를 추정하는 GRAIL-2 알고리즘을 연구

(6) 철도운영 및 안전

- 해외 고속철도 운임제도는 거리비례제를 기본으로 하되, 타교통기관과의 경쟁조건 등을 고려하여 운영¹¹⁷⁾
 - 프랑스의 경우 지리적 동일 운임이 적용되는 거리비례제를 기준으로 기본운임을 설정하며, 원거리 체감제를 적용
 - SNCF는 1990년대 초에 TGV의 거리 비례 운임 체계를 폐지하고, 교통기관과의 경쟁조건을 고려하여 구간별 운임을 결정
 - 유로스타는 국제선 항공기와 경쟁하고 있으므로, 가격을 내리고 왕복할인 등 요금표를 판매하는 등 시장지향성이 강한 운임구조를 책정

114) ETCS Baseline 3 demonstrated successfully in Switzerland, interational railway journal, David Briginshaw, 2014.5.23

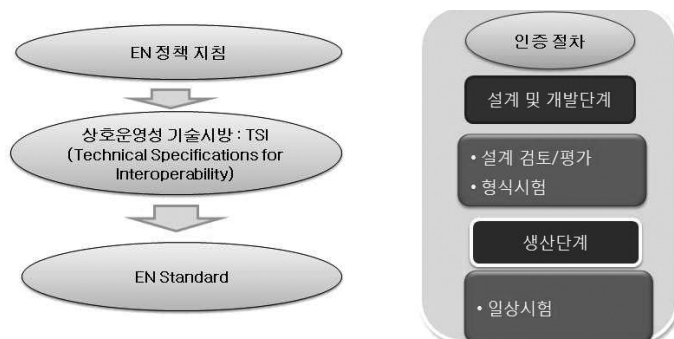
115) [http://en.wikipedia.org/wiki/Galileo_\(satellite_navigation\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Galileo_(satellite_navigation)), 2014

116) 일본 철도 종합 연구소, www.rtri.or.jp, 2013

117) 철도운임 산정기준 개정 연구 최종보고서, 안전회계법인, 2013.11

- 일본 RTRI는 차량과 구조물의 동적상호작용 해석 프로그램인 DIASTARS¹²¹⁾ 를 개발하여 차량/궤도/하부구조물 상호작용 해석에 활용¹²²⁾
 - 차량운동 시뮬레이터 VDS를 연계하여 지진 발생시 사장교 주행안전성 해석이 가능
 - 탈선 후 차량과 이탈 방지 가드를 포함한 궤도 구조를 반영하여 DIASTARS를 통하여 탈선 후 차량 거동 해석이 가능
 - 일본 RTRI는 지진시 차량 진동이 구조물에 미치는 영향을 고려하여 구조물 내진성 평가 방법을 연구¹²³⁾
 - 지진시 구조물에 미치는 요인으로 차량 종류 및 속도, 구조물의 등가 고유주기와 항복 진도, 구조물과 차량의 질량비, 지진동의 우수성주기 등의 영향을 정량화하여 수치해석을 수행
- 유럽은 범유럽 통합 규격인 EN 규격을 수립하여 적용하고 있으며, 일본은 EN과 구분되는 독자적인 기술규격을 운영 중
- EU의 정책지침 하에 유럽 각국의 상이한 철도노선간 상호운영성 확보를 위해 기술시방서를 법령 형태로 규정하고, TSI에 대한 개별용품/시스템의 적합성 여부를 판단하기 위해 범유럽 통합 규격인 EN 규격을 제정, 적용¹²⁴⁾
 - 유럽 각국은 상호운영성(TSI) 규정 이외에 자국내 운용을 목적으로 하는 철도 차량에 대하여 국가규정을 별도로 두고있으며 TSI 기술수준 이외의 국가기준 및 성능인증체계를 갖춘

그림 63 범유럽 정부주도 인증체계 개념



121) Dynamic Interaction Analysis for Shinkansen Train and Railway structure

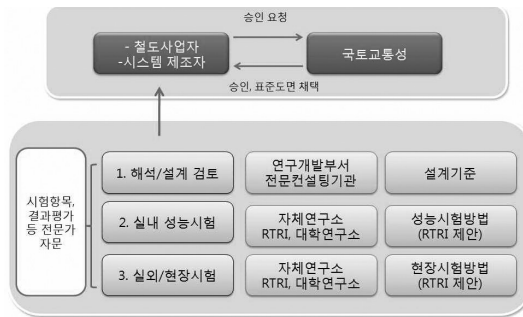
122) www.rtri.or.jp, 일본 철도 종합 연구소, 2014

123) 2013년 주요연구개발성과 www.rtri.or.jp, 일본 철도 종합 연구소

124) 철도차량 형식인증을 위한 시험규격 정비 및 기술기준 개발 연구 기획보고서, 국토해양부-한국건설교통기술평가원, 2012.9

- 철도안전관련 국제표준 IEC는 유럽표준규격인 EN이 주도
 - IEC62278은 철도분야 신뢰성, 가용성, 유지보수성, 안전성에 대한 프로세스를 제시하고 있으며, 검증을 위한 독립성 및 수명주기별 요구사항을 제시
 - IEC62279는 철도분야 소프트웨어에 대한 표준으로써 IEC62278에 따라 소프트웨어의 안전기능에 대한 수명주기별 관리요구사항과 안전등급별 기술 등의 제한조건을 제시
 - IEC62425는 철도분야 열차제어시스템의 안전에 대한 표준으로써 안전계획수립과 안전활동의 결과물 구성 기능의 안전등급별 요구사항 등을 제시
 - IEC62280은 철도분야 통신에 대한 표준으로써 개방망(무선 및 외부와 인터페이스하는 통신)과 폐쇄망(철도전용망) 각각에 대한 수명주기 단계별 요구사항 및 안전등급별 적용기술의 규제가 주요내용
- 일본에서는 철도사업자 및 제조자가 해당 철도시스템에 관련된 해석 및 설계검토서, 실내성능시험 결과 등을 작성하고 국토교통성이 승인하여 이를 표준도면에 반영하는 검증체계를 운영¹²⁵⁾
 - 법령이나 성령에서 검토기준, 시험방법 및 항목이 명확히 기준화되지는 않았으나, 국토교통성의 통달로 표준적인 절차와 판정기준이 제시

그림 64 일본의 철도시스템 성능검증 체계



- 철도화재안전 관련 기술은 주로 지하역사를 대상으로 하는 화재 및 제연 시뮬레이션, 승객 대피 시뮬레이션 등 시뮬레이션 기술과 난연소재 개발, 소화기술 개발을 중심으로 진행
 - 스페인에서는 다양한 화재 시나리오 하에서 고속철도 차량 내에서 원활한 대피를 위한 탈출구 모델링 및 승무원 절차 등을 연구
 - 캐나다 NRCC(National Research Council of Canada) Fire Technology 그룹은 세계최대규모의 50MW급 터널형 화재시험설비를 공동운영하며 소화시스템 연구를 추진¹²⁶⁾

125) 철도차량 형식인증을 위한 시험규격 정비 및 기술기준 개발 연구 기획보고서, 국토해양부-한국건설교통기술평가원, 2012.9

126) 캐나다 NRCC, <http://www.nrc-cnrc.gc.ca>, 2013

- 핀란드의 마리오프사와 독일 포그텍(Fogtec)사는 철도차량 및 터널에 적용가능한 소화시스템기술을 확보하여 적극적인 마케팅을 벌이고 있으며 고속철도차량, 무인운전철도차량 등으로 적용범위 확대 추세
 - 화재감지기 분야에서는 철도터널이나 지하역사에서 유지보수가 용이하고 연속적인 실시간 감시를 지원하는 선형감지기 분야의 기술경쟁 심화

그림 65 Fogtec 철도차량 소화시스템



자료 : Fogtec Fire Protection News(www.austros.com.br)

(7) 철도환경

- 일본에는 노반, 철도, 침목 등 다양한 분야에서 친환경 요소를 고려한 기술을 개발
 - RTRI에서는 침목 제작 시 발생하는 CO₂를 저감하기 위해 시멘트를 사용하지 않는 지오 폴리머 침목을 개발했으며 향후 고분자 섬유를 통한 보강연구 지오폐리머 침목을 실용할 계획¹²⁷⁾
 - 열차의 고속화에 대응하고, 환경 친화적인 Low-Maintenance 기반의 노반 설계기술 연구 진행
 - RTRI에서는 환경비용 절감을 위하여 발생 밸리스트를 활용하는 노반강화공법을 개발
- 독일은 철도 노반에 대한 소음 및 진동저감을 위한 기술개발을 계속적으로 진행
 - 독일에서는 '20년까지 철도진동소음을 현재의 절반수준으로 경감하는 기술개발을 목표로 L/ZarG: Quiet Train on Real Track 프로그램 추진 중¹²⁸⁾
 - Vossloh는 소음 및 진동저감에 특화된 체결장치 기술을 연구¹²⁹⁾

127) 2012년 주요연구개발성과, www.rtri.or.jp, 일본 철도 종합 연구소

128) <https://www.deutschebahn.com/de/start.html>, 독일 DB, 2015.2.5

129) www.pandrol.co.kr, 팬드롤 코리아, 2013

○ 철도망과 철도의 회생에너지 사용 등 에너지 사용 절감 및 고효율 활용연구가 진행

- 유럽 ERRAC(European Rail Research Advisory Council)의 “Deliverable Towards 2030-Energy Roadmap for the European Railway sector” 로드맵에서는 에너지 손실을 최소화하기 위한 연구 진행
- 일본에서는 에너지의 효율적 활용을 위해 단위설비(회생인버터, 슈퍼커패시터를 적용한 에너지 저장장치)에 대한 연구가 진행
- 독일에서는 철도의 회생 브레이크에서 얻어진 전력을 활용할 수 있는 50/60Hz 전원 공급 변환기 변전소 연구를 진행¹³²⁾
- 중국에서는 고속 철도 설계를 위한 무효 전력 보상에 관한 연구, SCOTT + AT 트랙션 전력 공급 시스템에서의 잠재회로의 과전압 보호 연구 등 진행

(8) 철도시스템 유지관리

○ 철도시스템의 유지관리 기준 및 공법에 대하여 신뢰성 중심의 유지보수에 대한 연구가 진행되었으며, 각국이 유지보수 기준을 보유

- 유럽 연합을 중심으로 신뢰성 중심 유지보수(RCM)에 대한 연구를 수행¹³³⁾
 - 신뢰성 및 최적화 이론을 유지보수주기 및 예비품 소요량 산정에 적용하는 연구를 수행하여 적용
- 중국에서는 전력공급체계 건전성 관리 및 상태기반 유지관리에 대한 연구를 추진¹³⁴⁾
- 이탈리아의 Circumviana Railway는 유지보수 전산통합관리체계를 도입하여 전동차 전주기 비용의 60%에 해당하는 유지보수 비용을 10% 절감하고 전동차의 신뢰성 및 가용도를 향상

○ 모니터링 시스템의 개발 및 적용을 통해 철도시스템의 유지보수 비용 절감과 안정성 확보를 추구

- 스위스의 ABB사는 RE0517을 개발하여 전차선, 조가선 및 전력설비의 보호 및 모니터링 기능을 포함하는 시설분야 모니터링 시스템을 개발하고, 네트워크 기반 모니터링 시스템 기술개발을 추진
- 일본은 변전소 전체를 대상으로 감시제어 시스템과 예방진단 시스템을 개발하여 변전소 운영지원을 위한 자동화 시스템에 대한 연구를 활발히 진행 중
- 영국 런던에서는 차륜의 상태를 모니터링하는 시스템을 구축하여 운용 중에 있으며, 적외선 센서를 철도차량 하부에 설치하여 온도를 측정하고 온도 임계치가 넘어가면 베어링의 마모를 인식하여 철도차량의 탈선사고를 예방

132) Converter Stations in 50 or 60 Hz Traction Power Supply, Uwe Bechmann, Kurt Rieckhoff, RTR Vol.51 No.4 (2011-11)

133) Burn-in 및 FMECA를 통한 도시철도 시스템의 운영 신뢰성 향상에 관한 연구, 경일대학교 경영학과 박사학위논문, 김한영, 2013.12

134) 철도운영 및 유지보수 효율화 기술개발 기획 최종보고서, 국토교통부-국토교통과학기술진흥원, 2013.11

- 고속철도 수송실적은 증가추세이며, 정부의 철도교통망 확충 의지를 고려할 때 국내 고속철도 수요는 지속적으로 증가 예상
 - 고속철도 이용객은 '09년 3천7백만 명에서 '13년 5천 5백만명으로 증가하였으며, 현 추세로 지속 증가 시 고속철도 확충 요구 증대 전망

표 17 여객수송실적

단위: 천명

구분	'09년	'10년	'11년	'12년	'13년
KTX	37,477	41,349	50,309	52,362	54,744
일반계	70,256	70,745	71,460	73,455	77,289
-새마을	10,933	10,925	10,207	9,380	9,035
-무궁화	54,518	56,125	57,471	59,999	64,124
-누리로	817	2,440	3,039	3,334	3,039
-통 근	3,988	1,255	743	742	1,091
광역철도계	912,586	948,832	1,027,181	1,027,181	1,098,363
- ITX 청춘	-	-	-	3,658	5,577
합 계	1,020,319	1,060,926	1,118,621	1,152,998	1,230,396

자료: 철도공사 경영공시, 2014.06. 30 기준

2. 기술동향

(1) 철도노반

- 국내에서는 철도노반 기술에 대한 비용 효율화 확보를 위하여 관련 기술들이 개발되고 있는 상태이나, 경쟁력이 낮은 상태
 - 한국건설기술연구원과 GS건설은 국가연구개발사업을 통해 연약지반에서 노반시공 비용 절감을 위한 고강도 토목섬유를 활용한 연약지반 보강공법기술개발을 수행¹³⁵⁾
 - 철도노반 건설시 연약지반의 경우 교량구간 설계로 인한 비용 및 시공기간이 증가함에 따라 연약지반 보강공법개발로 교량구간 대체로 인한 시공비 절감

135) 2014년도 국토교통기술 연구개발사업 시행계획, 국토교통부-국토교통과학기술진흥원, 2014.1

- “고강도 지오그리드 보강 Stone Column 공법의 실용화 연구”에서 고강도 토목섬유인 지오그리드로
 쉐석 기둥을 감싸 철도 및 도로 연약지반을 보강할 수 있는 GESG(Geogrid Encased Stone
 Column)공법을 개발하고 현장시험시공을 수행

- 최근 국내에서는 콘크리트 궤도 노반침하에 대응하기 위한 급속복원공법(PROG: Pressurized Rapid
 hardening Cement Grouting)개발이 진행¹³⁶⁾
 - 시멘트 입자 1g당 7,000을 가지는 초미립 시멘트재료를 혼합(충전재)하여 특수시공장비를 통해
 충전하는 방식으로 2시간이내 노반 복원이 가능

(2) 철도궤도

- 한국철도기술연구원은 열차가 운행되지 않는 야간에 노후화된 철도 자갈궤도를 콘크리트 궤도로
 교체하는 급속 콘크리트 궤도화 기술의 상용화에 성공¹³⁷⁾
 - 경의선 아현·의영터널 1.7km 구간의 노후화된 철도 자갈궤도를 열차 운행에 지장 없이 야간에
 개량공사를 수행하여 급속 콘크리트궤도화 기술의 상용화에 성공
 - 급속 콘크리트궤도화 기술은 노후화된 자갈궤도를 콘크리트 궤도로 전화하는 궤도개량 기술로, 자갈
 사이의 공간을 급속 경화 시멘트로 채워, 자갈층을 콘크리트 층으로 바꾸는 공법
 - 작업 시간이 짧고, 시공 1시간 이후부터 열차 하중을 견딜 수 있는 강도를 확보하기 때문에 열차가
 운행되지 않는 심야 시간을 이용하여 열차 운행을 제한하지 않고 공사가 가능
 - 열차의 고속화, 중량화, 고밀도화로 급격히 노후화된 자갈궤도를 근본적으로 개선할 수 있으며,
 저렴한 유지보수로 유지보수 비용의 80%를 절감할 수 있는 것으로 예측

그림 68 시공 전 모습(좌), 콘크리트 급속궤도화 시공 후(우)



자료 : 보도자료-철도연, 급속 콘크리트궤도화기술 세계 최초 상용화, 한국철도기술연구원, 2014.12.23

136) 고속철도 기술수준분석(3차년도), 2015

137) 보도자료-철도연, 급속 콘크리트궤도화기술 세계 최초 상용화, 한국철도기술연구원, 2014.12.23

○ 국내에서는 국외 기업과의 기술제휴를 통하여 신소재 활용 관련 기술 확보를 추진 중

- 국내 분기기 제작사 삼표 E&C는 프랑스 Cogifer와 기술제휴 및 경부고속철도 1단계 부설·운영 경험을 통해 자갈궤도용 분기기 제작기술을 확보¹³⁸⁾
 - 주요 부품 일부(팅레일 소재, 체결시스템 등)를 제외하고 국산화하여 경부고속철도 1단계 구간에 부설하였으며, 현재 성공적으로 운영 중

(3) 철도 교량/터널/역사

○ 국내에서는 독자적인 교량상 부설 장대레일과 장대분기기에 대한 궤도/교량 종방향 상호작용 해석 기준 및 해석법을 개발하여 활용¹³⁹⁾

- 한국은 EN 규정에 근거한 독자적인 궤도-교량 종방향 상호작용 해석 기준 및 해석 방법을 개발하여 활용
 - 한국철도기술연구원은 교량 상 장대레일과 장대분기기에 대한 '궤도-교량' 종방향 상호작용 해석 전용 프로그램을 보유
 - 교량 상 장대레일 부설과 장대분기기 부설에 대한 풍부한 경험과 노하우를 보유하고 있으며, 특히 교량상 장대분기기 관련 해석 및 설계기술은 세계 최고 수준으로 판단
 - '궤도-교량'의 종방향 상호 거동은 차량의 가감속 성능, 온도변화 등과 관련이 있으며 이와 관련된 충분한 해석기술을 확보

○ 국토교통부에서는 저심도 도시철도시스템 기술개발 연구를 통해 저심도 지하철 건설을 위한 모듈식 지하구조물의 성능검증 실험을 수행¹⁴⁰⁾

- 한국철도기술연구원, GS건설, 포스코건설, 현대건설이 함께 저심도 지하철 건설을 위한 모듈식 지하구조물을 개발에 참여하였으며, 한국건설기술연구원에서 성능검증 실험을 수행
 - 성능 검증 실험은 저심도 도시철도 건설현장과 동일한 조건의 토압을 모사하여 모듈간 연결 조립된 구조물이 구조적으로 안전하게 일체 거동되는지는 검증
- 모듈식 개착시공법을 통해 미리 제작한 지하구조물을 지하 5~7m 깊이에서 조립하는 방식으로 공사기간을 절반으로 줄일 수 있으며, 공사 중 도로 점유폭이 작아 교통 혼잡을 최소화하고 공사비도 기존 공법보다 10% 정도 저렴

138) 고속철도용 국산분기기 설계기술 개발 기획보고서, 국토해양부-국토교통과학기술진흥원, 2012.9

139) 고속철도 기술수준분석(3차년도), 2015

140) 보도자료-철도연, 저심도 지하철 모듈식 지하구조물 첫 공개, 한국철도기술연구원, 2015.5.20

○ 실제 철도망에 기반한 이론 및 시뮬레이션 프로그램, 측정 기술 등을 보유

- 한국철도기술연구원에서 개발한 급전계통 해석 프로그램은 국내 철도 설계에서 전력분야 기업들도 활용
- 국내 집전 성능 해석 S/W는 해외 기술 선진국과의 공동 검증 과정을 거쳐 그 성능이 입증된 S/W인 SPOPS 등을 보유
- 전력설비 측정 관련 기술은 세계수준에 근접, 전차선로 분야 측정 기술도 이선 아크, 접촉력 측정 기술 등에서 세계 수준에 근접
 - 전차선 검측 기술에서 기하학적 형상 검측과 고속 대용량 이미지 촬영 분석 기법에 타깃을 맞추어 최근 연구개발을 수행

○ 전력공급에 대한 기술은 상당히 개발되었으나, 검증성이나 양산기술은 미흡¹⁴³⁾

- 초고압직류송전(HVDC)기술이 개발되어 시운전 중에 있으나, 일반 송전전압보다 고압인 고속철도 전력변환 기술은 미검증
 - 한국전력은 초고압직류송전(HVDC)기술을 개발하여 진도-제주 구간에 설치하고, 현재 시운전 중에 있으며 육상 구간인 북당진~고덕 사업에 착수 진행 중
 - HVDC의 전력변환기술은 Siemens나 ABB의 SFC와 유사한 기술이나, 고압인 고속철도 전력에 적용 가능 여부 미검증
 - HVDC의 전력변환 설비에 비해 고압인 고속철도 전력에 대응 가능하도록 소자 및 스위치 설비의 개선이 필요
- 배전기술은 국내 기업에서 상당한 기술을 보유하고 있으며, 대부분의 배전설비를 국산화
 - 계통 및 배전 운영제어 기술관련 기반기술 보유 및 관련 연구개발활동이 활발하게 진행되고 있으나, 개발제품에 대한 신뢰도, 호환성 등 미검증
- 국내 관련기업은 전차선로 시스템 부품 소재 관련 기술력은 보유하고 있으나, 경제성이 확보되는 대량 양산기술은 다소 부족
 - 국내 전차선로 시스템 부품 관련 기업의 금속소재의 합금설계, 공정개발, 성능평가 기술은 독일 NKT, 프랑스 Nexans, 벨기에 Lamifil 등과 동등한 수준인 것으로 평가

143) 고속철도 기술수준 분석보고서(3차년도), 국토교통부·국토교통과학기술진흥원, 2015

(5) 신호/통신

- 국내 신호/통신 분야에 대한 기술이 부족한 상태로 해외 주요 기술을 이전 받는 형태로 진행 중
 - 국내는 Ansaldo와 Alstom으로부터 신호제어장치 관련 기술을 이전받아 국산화하였으나 주로 운영 및 유지보수 측면에 국한
 - 일반 정보통신 설비기술은 국내 ETRI 등이 기술을 선도하고 있으나 철도분야는 미흡한 편으로, 최근 들어 국산화 연구를 통한 외산 장비의 대체가 진행 중
 - 일반 정보통신기술은 기술을 선도하고 있으나, 철도분야로의 확산은 다소 미흡하여 외산장비를 일부 수입하여 적용

- 국내 경년변화에 따른 광케이블(수명 20년) 고장을 미연에 방지하고, 광케이블 해킹(Optical Fiber Hacking)으로부터 안전하게 광통신망을 운용하기 위한 “운용 광심선 감시기술 개발”에 대한 이슈가 제기¹⁴⁴⁾

- 국내 철도분야에서 위성항법시스템기술은 기술적 한계로 열차제어 적용은 어려운 상황이며, 주로 시설물 유지관리에 활용
 - 시설물 모니터링 장비에 GPS를 부착하여 이상치 데이터 발생 지점을 추적하고 유지관리에 활용
 - 산악지형이 많은 국내 지형여건 상 터널구간이 많아 직접적용은 어려우며, 보조수단으로 활용 가능

- LTE-R 철도전용통합무선망 기술개발 및 성능 검증에 기반하여 LTE-R 관련 국내 표준이 '14년 10월 한국정보통신기술협회(TTA)에서 확정¹⁴⁵⁾
 - 철도전용 통합무선망 연구는 160km/h 이상 고속 및 일반 철도 적용시 증속에 따른 검증시험이 필요하며, 기술개발 및 성능검증 내용을 기반으로 한국정보통신기술협회(TTA)에서 국내 표준을 확정
 - 표준은 LTE기반 철도통신 기능 요구사항 관련 표준인 TTAK,KO-06.0369, LTE 기반 철도통신 사용자 요구사항인 TTAK,KO-06.0370로 구성

144) 고속철도 기술수준 분석보고서(3차년도), 국토교통부·국토교통과학기술진흥원, 2015

145) 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계구축 및 성능평가 성과 실용화 계획, 한국철도기술연구원, 2015

- 한국철도시설공단은 평창동계올림픽에 대비하여 현재 개발 중인 LTE-R을 원주~강릉 철도구간에 구축하고 '18년부터 이에 기반한 서비스를 제공할 계획¹⁴⁶⁾
 - LTE-R이 구축되면, 열차 내에서 고속 대용량 데이터 전송이 가능하여 이를 기반으로 한 다양한 서비스를 제공하여 차량운용 효율성 및 고객 만족도를 제고할 수 있을 것으로 기대

그림 70 LTE-R기반 차세대 철도무선망 구축



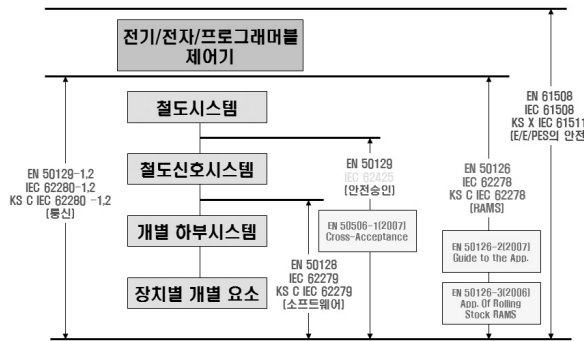
- 무선통신 기반의 무인운전용 열차제어시스템의 국산화를 위해 무인운전 열차제어시스템 시험이 가능한 인프라를 구축하고 시스템 성능 평가를 수행
 - 철도공사의 영업선인 대불선 약 12km 길이의 선로에 무인운전 열차제어시스템의 시험을 위한 인프라를 구축¹⁴⁷⁾
 - 시험 역사는 총 4개로 일로역, 남악역(임시역), 영산역(임시역), 대불중점역으로 명명하고 시험 열차는 총 2편성으로 현재 운영 중인 경의선 임대열차 4량 1편성과 전동차 6량 1편성으로 구성
 - 시험선로 지상에 자동 열차보호 장치, 정보전송용 무선 AP, 열차운행 감시용 CCTV, 선로변 광케이블 등 지상 인프라를 적용하였으며, 무인 자동운전이 가능토록 열차제어시스템과 차상장치, 무선랜용 안테나 등 차상 인프라를 개발하여 설치
 - 현대로템, LS산전, POSCO ICT-삼성SDS 등 3개 컨소시엄이 참여하였으며, 각 컨소시엄별로 개발한 열차제어시스템을 구현하여 주요 기능의 안정화에 주력한 종합시험평가에 합격
 - KRTCS 관련 기술 검증(도시철도법에 따른 성적서 발급)이 완료되고, 안전성 관련 SIL 4 인증이 로이드 레지스터에서 발급됨에 따라, KRTCS 관련 기술은 상용화에 문제점이 없는 것으로 확인
 - 세계 최초로 3개 컨소시엄의 상호운영성, 핸드오버 및 간격제어 등 다양한 추가적인 시험이 영업선에서 추진됨과 동시에 신분당선 운영기관의 이례사항에 대한 시험을 통해 기술의 우수성이 입증

146) 철도공단, 원주-강릉구간에 '철도무선통신망' 구축, 디트news24, 2015.3

147) 2013 국토교통 R&D 우수성과 20선, 국토교통과학기술진흥원, 2013.8

- '15년에는 실시간 철도사고 예측 알고리즘 개발, 철도안전빅데이터 통합 플랫폼 시스템 요구사항 및 기능 정의, 리스크 감시 사례분석 및 철도운영 정보 분석, 사고대응 SOP 개발 및 현장 데이터 체계/연계 방안 분석을 시행
- 철도차량 및 철도부품의 해외 진출을 위한 국제규격 적용의 필요성이 증가하면서 국제규격에 따른 안전성 관리가 보편화
 - 국내는 유럽표준인 EN50126(시스템 수명주기에 따른 접근방식과 각 단계별 RAMS 활동 규정), EN50128(철도분야 신호 및 제어 시스템의 소프트웨어 규정), EN50129(개별 제품의 안전보고서 승인 규정), EN50159(철도분야 신호 및 제어 시스템의 안전 관련 전송 규정)에 부합하는 한국 표준연구 추진¹⁵⁰⁾

그림 72 유럽(EN)/국제(IEC)/한국(KS C IEC)표준현황



- 기간 네트워크 측면 장애 복구 기술개발에 집중하였으나, 장애사고를 미연에 방지할 수 있는 시뮬레이션기술은 미흡하여 예방 기술 필요성이 요구되고 있는 실정
 - 대용량 데이터 저장 및 분석을 통해 운행 중 발생된 장애원인 분석이 용이하고, 운행 전 상태파악을 통해 운행 중 발생할 수 있는 장애사고를 미연에 방지할 수 있는 시스템이 요구
- 국내는 공공시설물에 대한 화재 안전 연구가 다수 수행되어 우수한 기술을 보유하고 있으나, 이후 연구개발 추진이 저조
 - 국내에서는 '03년 대구지하철 화재사고에 대한 재발방지 대책기술개발로 추진된 철도종합안전 기술개발사업(05년-'11년)의 성과에 따라 화재안전 기반기술과 철도차량 및 시설안전기준의 선진화 기반연구가 수행

150) 철도차량 시스템 안전 관리, 티유브이라인란드 코리아 김영상 이사, 2013.1

- 현재는 사업이 종료되어 대규모 국가R&D 사업은 부재한 상황이며, 규제완화 분위기로 안전분야 규정이 약화되어 기술개발 추진동력 약화¹⁵¹⁾
 - '12년 한국건설기술연구원과 한국철도기술연구원이 대심도/저심도 철도시스템 방재분야 연구기획으로 터널소화시스템 및 피난대응 기술개발을 제안
 - '12년 한국철도기술연구원은 '철도실시간 안전감시 제어 시스템 개발 기획'에서 연결송수관을 대신하여 장대터널에 적용할 수 있는 신개념 소화시스템, 피난통로 기술 등의 신기술 방재시스템 기술개발을 제안
 - 철도터널에는 화재감지기, 방화문, 비상조명등, 배연팬 설비 등의 방재설비 수요가 있으나 연간수요 물량이 많지 않아 개발지수 높지 않음

(7) 철도환경

- 국내에서는 철도분야에 친환경 기술이 일부 적용되어 있으나, 직접적인 기술은 부족
 - 철강슬래그를 활용한 친환경 콘크리트침목을 개발하여 중앙선 풍기~희방사 구간에 현장부설을 통해 성능검증을 완료하여 상용화 추진 중
 - HEMU-430x 개발 시 공력해석을 통해 미기압과 영향을 최소화할 수 있는 전두부 및 차량단면을 설계하였으나, 친환경 설계 인증 및 실적은 부재한 상황¹⁵²⁾
 - HEMU-430x 개발 시, 공력소음저감 측면에서 친환경설계기술이 적용된 바 있음

그림 73 HEMU-430x 공력설계



151) 고속철도 기술수준 분석보고서(3차년도), 국토교통부·국토교통과학기술진흥원, 2015

152) 차세대 고속철도 공력소음저감 형상설계 기술개발, 한국철도기술연구원, 2012

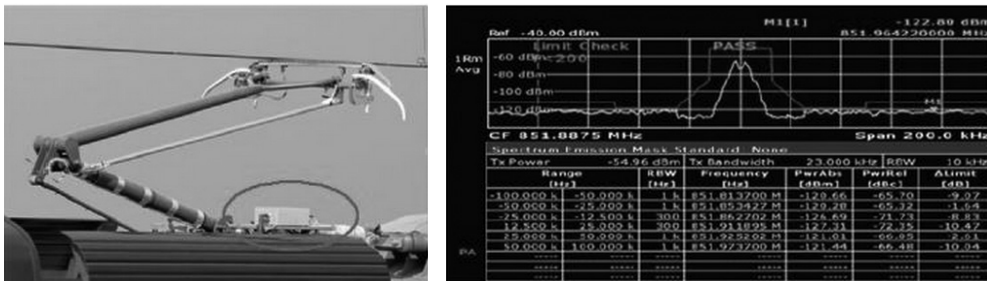
- 초미세먼지 및 이산화탄소의 동시 정제가 가능한 청정장치를 개발
 - 서울메트로 4호선 미아삼거리역 터널 현장 적용을 통해 미세 먼지 30% 이상 저감¹⁵³⁾
 - 국내 친환경재료 연구는 한국기계연구원 부설 재료연구소를 중심으로 고강도 초경량 알루미늄 합금 및 난연성 마그네슘 합금 소재를 개발¹⁵⁴⁾
 - 한국철도기술연구원과 한국기계연구원 부설 재료연구소는 공동연구를 통해 고강도 초경량 알루미늄 합금 및 폼을 개발하고 있으며 난연성이 높은 마그네슘 합금을 청정 주조 기술로 개발
- 소음원 분석, 소음제어장치 및 제품 기술개발 추진 중
- 한국철도기술연구원의 SM Instrument는 다채널 마이크로폰 어레이를 이용한 소음원 규명시스템과 그에 따른 음장가시화 기술을 이용해 고속철도 소음원 분석 경험 보유
 - 한국철도기술연구원의 소음원 기여도 분석은 일반 철도차량의 동력소음과 전동소음에 대해 성분 분석하는 등 기초단계
 - 국토교통부에서는 차세대 고속철도 기술개발 사업을 통해 소음해석을 통한 소음원 분석 및 소음저감을 위한 연구를 진행
 - 차세대 고속철도 기술개발 사업에서는 판토품그래프 커버 시스템 기준형상에 대한 소음전산해석, 흐름 섭동에 의한 소음특성을 분석, 소음저감을 위한 커버 형상에 대한 설계분석을 통하여 후보형상을 도출
 - 국내 소음전달경로 규명 및 차폐기술은 한국철도기술연구원을 중심으로 철도소음 예측식을 도출하고 이를 기반으로 능동소음제어 장치 개발
 - 한국철도기술연구원은 국립환경과학원과 함께 철도소음 예측식 기본 프레임을 작성하고, 이를 검증
 - 철도소음 예측식을 보유하고 있으나 정확도 및 실용성에 문제가 있으며 이를 개선한 기술은 아직 미검증 상태
 - 국내 철도소음관리 기술은 한국철도기술연구원을 중심으로 소음기준을 수립하고 있으며, 소음저감 제품의 현장검증 실시
 - 한국철도기술연구원에서 도출한 철도환경 소음기준 및 철도차량의 방사소음 기준을 토대로 '10년에 환경부는 소음기준을 마련

153) 2015년도 국토교통기술 연구개발사업 시행계획, 국토교통부-국토교통과학기술진흥원, 2014.12

154) 고속철도 기술수준 분석보고서(3차년도), 국토교통부-국토교통과학기술진흥원, 2015

- 한국건설기술연구원과 GS건설은 국가연구개발사업을 통해 연약지반에서 노반시공 비용 절감을 위한 고강도 토목섬유를 활용한 연약지반 보강공법기술개발을 수행
 - 철도노반 건설시 연약지반의 경우 교량구간 설계로 인한 비용 및 시공기간이 증가함에 따라 연약지반 보강공법개발로 교량구간 대체로 인한 시공비 절감이 필요
- 운행속도 350km/h급에서 지상부 및 지하부 구간 전 차선의 전기시설물 상태를 자동으로 검측하는 실시간 고속철도 차상 전기검측시스템의 국산화에 성공¹⁵⁷⁾
 - 전차선 검측 시스템의 핵심 요소기술인 레이저를 이용한 마킹 및 집광 조명, 렌즈 및 필터 광학계 최적화, 렌즈 왜곡 보정, 모폴로지 변화, 패턴 인식이 가능한 이미지 처리 기술 등을 개발하여 검측장치 국산화에 성공
 - 궤도에서의 검측 측정 원리, 신호처리 및 제어기술을 독자적으로 개발하여 원천기술을 확보
 - 검측 데이터의 자동화 진단 기법에 기반한 새로운 유지보수 체계를 구현
 - 예측 진단 및 자동제어 모니터링 기술등을 확보검측 측정원리 및 방법에 대한 독자적인 Data 분석기술로 APCO-25 및 TETRA 분석 표준모델을 개발하여 혼합된 망에 대한 철도의 고속 이동 중 실시간 검측 기술을 확보
 - 실시간 전파환경 핸드오버를 무선환경 검측기술에 적용하여 Data의 신뢰성을 확보
 - HEMU-430을 이용한 현차 시험을 진행하여 개발품에 대한 성능 보완작업을 수행 중

그림 74 팬터그래프 설치 장치(좌), 핸드오버 적용 무선환경 검측(우)



자료 : 2013 국토교통 R&D 우수성과 20선, 국토교통과학기술진흥원, 2013.8

157) 2013 국토교통 R&D 우수성과 20선, 국토교통과학기술진흥원, 2013.8



05. 국내외 동향 요약

I. 시장동향

- '18년 해외 철도교통분야 시장은 약 1조 1,976억 달러규모, 국내 철도교통분야 시장은 6조원 규모로 추정
 - SCI Verkehr에서 전망한 각 분야별 시장(일반철도, 고속철도, 도시철도, 궤도노반, 전력계통, 신호/통신, 여객정보시장)에 CAGR을 적용하여 외삽하면, '18년도 해외 철도교통분야 시장은 약 1조 1,976억 달러 규모로 추정
 - '14년~'18년 국가재정운용계획에서는 '18년도 철도/도시철도분야 투자계획을 6조 400억원으로 수립

구분	'10년	'11년	'12년	'13년	'14년	'15년	'16년	'17년	'18년
해외 철도교통분야 시장 (단위 : 백만달러)	923,908	955,192	986,476	1,018,815	1,052,243	1,086,798	1,122,520	1,159,443	1,197,615
일반 철도차량시장	821,456	849,489	877,522	906,481	936,395	967,295	999,217	1,032,191	1,066,253
고속 철도차량시장	12,222	12,113	12,004	11,896	11,789	11,682	11,577	11,472	11,370
도시 철도차량시장	17,173	17,944	18,716	19,521	20,360	21,236	22,149	23,102	24,095
궤도노반시장	44,110	45,900	47,691	49,550	51,483	53,491	55,577	57,745	59,996
전력계통시장	8,588	8,900	9,212	9,533	9,868	10,213	10,571	10,940	11,324
신호/통신시장	17,255	17,571	17,887	18,210	18,537	18,871	19,210	19,557	19,909
여객정보시장	3,104	3,274	3,444	3,623	3,812	4,010	4,218	4,437	4,668
국내 철도교통분야 시장 (단위 : 억원)	52,050	55,240	62,480	71,430	68,030	73,030	68,790	63,060	60,400

II. 정책동향

구분	내용
미국	<ul style="list-style-type: none"> • 미국은 '제1차 장기 국가철도계획('10년~'35년)' 수립을 통해 '20년 고속철도 건설목표 달성을 위해 3,000억 달러를 투자하고 대도시간 연결, 도심구간 열차속도 향상, 타 교통수단과의 연계정책을 추진
EU	<ul style="list-style-type: none"> • EU는 중장기적으로 범유럽교통망 건설 계획을 수립하고 있으며, '20년까지 교통 인프라 건설 사업 내에서 고속철도 건설 및 기존 노선 개량, 철도표준 수립 등을 추진, '50년까지 여객 및 화물 수송담당율을 높이기 위한 연구를 지원
프랑스	<ul style="list-style-type: none"> • 프랑스는 장거리 고속철도를 위한 투자를 지속하고 있으며, 국제선, 간선 확대를 '21년 까지 현재 대비 2배 이상의 노선망 확보, 국가간-도시간 연결을 목적으로 '21년까지 2,478km의 고속철도 노선 개통을 목표로 하고, 중장기적으로 철도를 활용한 복합운송 활성화 정책을 추진
일본	<ul style="list-style-type: none"> • 일본은 '14년 교통정책기본계획(~'20년)' 수립을 통해 LRT와 BRT의 도입, 공항 및 철도 접근성 향상, 철도 인프라의 안전성 강화를 위한 정책을 추진하고 있으며, 국토교통성을 중심으로 초고속열차와 자기부상 철도시스템 개발을 지속적으로 추진
중국	<ul style="list-style-type: none"> • 중국은 '중장기철도망계획('03년~'20년)'을 통해 '20년까지 8종 8형의 주간선을 강화하고, 4종 4형 여객전용 고속철도 건설을 계획하고 '제12차 5개년의 철도망계획'을 수립하여 기술 개발 전략을 추진
한국	<ul style="list-style-type: none"> • 국내에서는 제2차 철도산업발전기본계획('11년~'15년) 통해 국내 철도기술의 해외진출을 위한 기반강화 정책을 추진하고 있으며, 제2차 철도망 구축계획('11년~'20년)에서는 현재의 철도 노선 3,378km를 '20년까지 4,934km로 연장하도록 계획 • R&D 분야에서는 고속철도 기술개발 및 중요부품의 안정화, 국산화 연구개발에 중점

Ⅲ. 기술동향

분야	주요 기술동향
철도차량	<ul style="list-style-type: none"> ● 궤도선형이 불리한 국가를 중심으로 틸팅기술이 적용된 차량이 운영 중 ● 승객 수용을 늘리고 편의성을 제고시킨 열차를 운영 중 <ul style="list-style-type: none"> - 유럽, 미국 등에서는 기존 차량의 1.5배 가량의 승객 수용이 가능한 복층열차가 운영 중 - 승객편의성 증진 및 안전성 증대를 목적으로 철도시스템과 IT융합 연구개발이 추진 ● 고속철도차량에는 속도증가, 수송능력 향상, 축중 경감 등을 고려한 고효율 동력 분산 기술 적용이 확대 중 ● 미국, 독일, 일본, 중국 등에서는 자기부상철도차량 연구가 진행 중 <ul style="list-style-type: none"> - 자기부상열차는 일본, 독일이 기술을 선도하고 있으며, 시장 선점을 위해 연구를 지속 중 - 미국, 중국 등에서는 공기저항을 낮추기 위한 진공튜브를 활용한 초고속 자기부상열차 연구를 진행 중 - 중국은 중저속 도시형 자기부상열차 개발을 지속적으로 추진하고 있으며, 관련 인프라는 이미 창사와 북경에서 건설 중으로 '16년경 개통 예정 ● 도시철도차량의 성능을 향상시키는 연구가 진행 중 <ul style="list-style-type: none"> - 주행장치 가속성능 향상, 경량화 등을 통한 표정속도 향상 기술개발, 무인 운전 기술개발을 추진 중 ● 국내 철도차량분야에서는 HEMU-430x기술개발 사업을 통해 동력분산식 기술을 확보하였으며, 차량증속 및 수송효율성 향상 측면에서 틸팅 및 복층열차가 개발, 도심지 저속 자기부상철도차량 기술은 상용화 직전
철도시설	<ul style="list-style-type: none"> ● 철도궤도분야에서 시공비, 유지보수 및 운용비용 절감을 위한 기술을 개발 중 <ul style="list-style-type: none"> - 독일, 일본, 중국에서는 슬래브궤도의 설계 및 시공기술이 개량 및 개선 중 - 독일 Railone은 자갈궤도용 콘크리트 침목의 유지보수비용 절감, 횡강성 확보를 위해 Wide sleeper를 개발 ● 친환경성, 안정성, 경제성 등을 고려하여 신소재 활용 철도궤도 기술개발이 지속적으로 추진되고 있음 <ul style="list-style-type: none"> - 중국은 침목 내구성 향상을 위한 신소재 적용 및 디자인 개선, 침목제작의 경제성 확보의 공정 최적화 기술개발을 추진 - 유럽에서는 노면선로에 도로교통과 트램이 주행공간을 공유할 수 있는 매립궤도 개발 중 ● 영국, 일본에서는 노반강화 기법의 호환성, 신속성을 고려한 강화재료 공법 개발이 진행되고 있으며 개발된 기술은 실제 노반강화에 적용 중 ● 영국의 Cambridge 대학에는 터널시공 축소 시험이 가능한 시설을 구축했으며 일본 RTRI는 모형 실험연구를 통해 터널내 압축파 수치해석 오차원인을 밝히고 모델을 보정 ● 일본에서는 차량과 구조물의 동적 상호작용 해석프로그램을 개발하여 시뮬레이션 결과를 설계기준에 반영 중 ● 안정적인 전력공급을 목적으로 전력시스템과 전압분석 등 배전시스템 분석 및 시뮬레이션 기술개발이 중점적으로 추진 중 ● 수익성 확보를 위한 철도 수송계획을 수립하기 위하여 통계, 시뮬레이션 시스템을 개발하여 운영하고 좌석 공급율 예측 등에 대한 연구를 진행 중

분야	주요 기술동향
철도운영 및 환경	<ul style="list-style-type: none"> - 프랑스 SNCF는 철도수송계획을 위하여 RailPlus 시스템을 개발하여 운영 중 - 일본 RTRI의 신호정보 기술연구부에서는 교통 기호성 및 운임, 시간 등을 고려한 교통 선택행동모델, 지정석, 자유석의 탄력적용 방안 등을 연구 ● 유럽은 범유럽 통합 규격인 EN 규격을 수립하여 적용하고 있으며, 일본은 EN과 구분되는 독자적인 기술규격을 운영 중 ● 철도화재안전 관련 기술은 주로 지하역사를 대상으로 하는 화재 및 제연 시뮬레이션, 승객 대피 시뮬레이션 등 시뮬레이션 기술과 난연소재 개발, 소화기술 개발을 중심으로 추진 ● 일본은 친환경성을 고려한 노반, 철도, 침목 기술을 개발 ● 철도인프라와 철도차량의 회생에너지 사용 등 에너지 사용 절감 및 고효율 활용연구가 진행 중 - 철도시스템의 유지관리 기준 및 공법에 대하여 신뢰성 중심의 유지보수에 대한 연구가 진행되었으며, 각국이 유지보수 기준을 보유 - 유럽 연합을 중심으로 신뢰성 중심 유지보수(RCM)에 대한 연구를 수행 - 중국에서는 전력공급체계 건전성 관리 및 상태기반 유지관리 연구에 대한 연구를 추진 - 이탈리아의 Circumviana Railway는 유지보수 전산통합관리체계를 도입하여 전동차의 전주기 비용의 60%에 해당하는 유지보수 비용의 10%를 절감하고 전동차의 신뢰성 및 가용도를 향상 ● 모니터링 시스템의 개발 및 적용을 통해 철도시스템의 유지보수 비용 절감과 안정성 확보를 추구 ● 국내에서는 첨단 IT와 네트워크 기술을 적용하여 철도차량, 역사 및 시설 등에 대한 안전정보를 실시간으로 감시하고 사고위험을 조기 예측 및 진단하는 실시간 감시/제어시스템을 개발 중



06. 주요이슈 및 시사점

- 철도는 온실가스 배출규제 및 에너지효율화를 추구하는 각국의 교통정책 방향에 부합하는 교통수단으로 시장규모가 확대될 것으로 전망
 - '10년~'12년 연평균 철도시장 규모는 1,429억 유로이며, '16년까지 연 3.3% 성장할 것으로 전망
 - 권역별로는 아시아와 서유럽의 철도시장이 큰 편이나, 아프리카·중동권역이 10%대의 높은 성장률을 보일 것으로 전망
 - 철도는 온실가스 배출량이 적은 친환경 교통수단으로 각광
 - 철도는 대량수송이 가능한 교통수단으로 도시화에 따른 지역간 이동, 글로벌화에 따른 인접 국가간 이동 교통수단으로 활용성이 높음
 - 주요국들은 고속철도의 지속적 확충과 타 교통수단 대비 경쟁력 확보에 중점을 두고 사업을 추진
- 철도선진국인 EU를 중심으로 안전성 및 편의성을 증대시키는 한편 범유럽 교통망 구축을 위해 유럽표준을 제정하고 있으며, 비EU권 국가에서도 유럽표준을 반영하여 철도시스템을 도입 및 운영
 - 유럽철도연구자문위원회(ERRAC)는 Strategic Rail Research Agenda 2020을 통해 상호이용성, 정보기술 접목, 안전, 환경, 소재, 생산기술 혁신 연구를 추진
 - 독일철도그룹(Deutsche Bahn)은 '05년 기술투자 계획인 「Technology Strategy」를 통해 기술의 표준화/모듈화, 환경 친화적 철도시스템 구축을 위한 기술개발을 지원
 - EU의 정책지침 하에 유럽 각국의 상이한 철도노선간 상호운용성 확보를 위해 기술시방서를 법령 형태로 규정하고, 상호호환성에 대한 개별용품/시스템의 적합성 여부를 판단하기 위해 범유럽 통합규격인 EN규격을 제정 및 적용
 - 미국, 브라질, 동남아 국가 등 철도시스템을 신규로 도입하는 국가들은 유럽표준을 입찰참가 요건으로 제시
 - 독자적인 철도기준을 보유하고 있는 일본은 점차 해외철도사업에서 도태되고 있는 반면, 유럽 EN 표준을 준수하고 있는 중국은 해외진출이 활발



- 국내외 철도차량 기술개발의 경우에도 고속열차 속도향상, 운행효율향상, 편의성 향상에 집중
 - 해외의 고속열차의 속도증가(300→350km/h), 수송능력 향상, 축중 경감 등에 따른 이익을 고려하여 운행효율 향상된 동력분산 기술의 적용을 확대하는 추세
 - 기존선 운행을 위해 적용되고 있는 틸팅시스템 외에 성능향상이 가능한 선로 최적 적응시스템 도입 및 수송능력·승객편의성·안전성 향상을 등 운용비용 최소화에 주력
 - 자기부상열차의 경우 도입단계로 저속 도심철도가 우선적으로 상용화 예정이나, ET3, Hyperloop 등 신개념의 초고속 자기부상열차가 구상

- 철도시설물은 안정성, 경제성, 에너지 효율성 향상 기술이 개발
 - 안전성 및 철도승객 만족도 향상을 목적으로 승차감, 고속주행 안정성을 위한 신소재 활용 궤도, 노반강화 기법, 미기압파저감 터널후드부 기술, 차량-교량 동적 상호작용 해소 프로그램, 열차제어시스템 보안 및 안전성 향상 기술 등이 개발
 - 철도시설물 시공, 유지관리비용 절감을 위한 터널단면 축소 기술, 저비용 침목 등 구성품 기술, 신속시공 기술 등이 개발
 - 에너지 효율성 향상을 위해 전력 분석 및 배전 시뮬레이션 기술, 전차선-팬터그래프 파동저감 기술, 스마트그리드 연계, 회생에너지 사용 기술 등이 개발

- 운영 및 환경분야에서는 첨단 로봇 및 검측장비가 도입되고 있으며, 신뢰성 중심의 유지보수 및 유럽주도의 사고재해 및 예측기술이 표준으로 지정
 - 자동로봇이나 첨단화 검측장비를 활용한 과학적 유지보수와 빅데이터를 활용한 기술이 도입·확산되고 있는 추세
 - 철도에 대한 유지관리 기준 및 공법에 대하여 신뢰성 중심의 유지보수에 대한 연구가 진행되었으며, 각국이 유지보수 기준을 보유
 - 사고 및 재해 메커니즘 분석, 예측 기술 등은 국제표준을 선도하는 유럽국가에서 주도하고 있으며, 지진 재해분야는 일본이 선도



07. 참고문헌

- Burn-in 및 FMECA를 통한 도시철도 시스템의 운영신뢰성 향상에 관한연구, 김한영, 2013.12
- 고속철도 국내외 기술동향, 대전충남본부, 2012.6
- 고속철도 기술수준분석 보고서(3차년도), 국토교통부·국토교통과학기술진흥원, 2015
- 고속철도용 국산 분기기 설계기술개발 기획보고서, 국토해양부·국토교통과학기술진흥원, 2012.9
- 과학기술모니터링-중국에서 시험중인 폐쇄형 튜브 자기부상열차, KISTI미리안, 2014.5
- 국토교통부, '철도안전혁신대책' 상반기중마련, 뉴스와이어, 2015.2.16
- 국토해양분야 발전경험 모듈화-한국의 도시철도 개발정책, 한국교통연구원, 2012
- 궤도분야 소음진동 설계기준개발 연구관련 해외출장보고서, 한국철도시설공단, 2009.1
- 대전도시철도2호선 '트랩'으로 최종결정, 오마이뉴스, 2014.12.4
- 도시철도 역사이용 효율향상 기술개발 기획보고서, 국토해양부·한국건설교통기술평가원, 2012.9
- 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계구축 및 성능평가 성과 실용화계획, 한국철도기술연구원, 2015
- 도시형 자기부상열차 글로벌 비즈니스 추진체계구축 기획 연구보고서, 한국건설교통기술평가원, 도시형 자기부상 열차실용화 사업단, 2013.1
- 도시형 자기부상열차 실용화 사업운영/총괄관리, 국토교통부·국토교통과학기술진흥원, 김원중, 2013
- 무선식 열차제어용 통신네트워크 시뮬레이터, 일본철도종합연구소, 2015.6.16
- 미래 첨단철도 건설을 위한 궤도시스템 기술, 대한토목학회 뉴스레터, 장승엽·이일화·강윤석, 2013.8
- 보도자료-철도연, 급속 콘크리트 궤도화기술 세계 최초 상용화, 한국철도기술연구원, 2014.12.23
- 보도자료-철도연, 저심도 지하철 모듈식 지하구조물 첫 공개, 한국철도기술연구원, 2015.5.20
- 서울지하철 2호선 급행노선..“3배 빠른 대심도철도”, 아이티투데이, 2014.12.13
- 시정 주요분야 컨설팅 용역보고서(서울메트로·서울도시철도공사), 서울특별시, 2013
- 신에너지 바이모달 수송시스템개발 최종보고서, 국토교통부, 2014.3.5
- 日'리니모' 세계 첫 자기부상열차...10년간경제성장전인, 중도일보, 2014.10.30
- 제2판 철도공학 개론, 최길대, 김선호공저, 구미서관, 2012
- 중국 철도발전에 따른 한중협력 및 대응방안, 대외경제정책연구원·한국교통연구원, 2013
- 중국의 고속철도 수출을 앞세운 해외진출확대, 한국금융연구원, 2015.2.7
- 중소기업기술로드맵(녹색제조-08.수송기계), 중소기업청, 2014
- 지식-기획연구로 보는 기술동향-도시철도 핵심부품 및 장치 고도화기술동향, 국토교통과학기술진흥원, 2013.2

- 차세대 고속철도 공력소음저감 형상설계기술 개발, 한국철도기술연구원, 2012
- 차세대 고속철도시스템 실용화기반 구축사업 기획보고서, 국토해양부·한국건설교통기술평가원, 2012.8
- 철도 IT 융합기술 연구개발 기획연구, 장태우, 2013
- 철도R&D 활성화를 위한 정책토론회 발표자료, 인터넷레일뉴스, 2013.2.20
- 철도공단, 원주-강릉구간에 '철도무선통신망'구축, 디트news24, 2015.3
- 철도공학, 서사범, 2007
- 철도기술과 화제, KORAIL, 2012.12
- 철도운영 및 유지보수 효율화 기술개발 기획 최종보고서, 국토교통부·국토교통과학기술진흥원, 2013.11
- 철도 운임산정기준 개정연구 최종보고서, 안진회계법인, 2013.11
- 철도전용 통합 무선망 연구 최종보고서, 국토교통부·국토교통과학기술진흥원, 2014.7.7
- 철도 차량 경량화를 위한 첨단부품·소재원천기술개발 본격화 보도자료, 한국철도기술연구원, 2013.12.16
- 철도차량 소비전력량평가에 따른 탈팅기술 효과분석, 한국철도학회 논문집 제 15권 4호, 2012.8
- 철도차량 시스템 안전관리, 티유브이라인란드코리아 김영상이사, 2013.1
- 철도차량 형식인증을 위한 시험규격정비 및 기술기준 개발 연구기획보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2012.9
- 초고속 자기부상열차 기술개발 동향과 시사점, 한국철도학회철도 저널 17권 5호, 2014.10
- 해외철도동향-유럽철도 산업을 이끌 미래기술은?, 철도산업정보센터, 2015.1.21
- 흡인 제어식 초고속자기 부상열차용 Prototype 초전도 하이브리드 자기부상 시스템 개발, 한국철도학회 추계학술대회 논문집, 이창영·조정민·이진호·한영재·황영진·고태국, 2012
- A Flagship Joint Technology Initiative in Horizon 2020- Work Programme 2014-2015, ECDC, 2014
- Alstom and Huawei to test first LTE 4G for CBTC, 2014.8
- AX-NG Pantograph With Composite Upper Arm, Railmix, 2015.5
- B.C. Shin, et al., "Korea's First Urban Maglev System", Proceedings of Maglev 2014
- Berührungslose Messung der Fahrdrachtlage, Dirk Wehrbahn, ETR : Eisenbahntechnische Rundschau Vol.61 No.6, 2012.6
- Bülding lightweight trains, Science Daily, 2012.3
- Die Zustandsprüfungen von Oberleitungsanlagen automatisieren, Uwe Richter, Eisenbahn Ingenieur Vol.63 No.5 (2012-5)

- ETCS Baseline 3 demonstrated successfully in Switzerland, interational railway journal, David Briginshaw , 2014.5.23
- HIGH SPEED LINES IN THE WORLD, UIC, 2014,9
- Japanese Superconducting Maglev -DevelopmentandCommercialServicePlan-, ProceedingsofMaglev2014, HiroyukiOhsaki, 2014
- Lin Guobin and Sheng Xiongwei(2014), “Application and Development of Maglev Transportation in China,” Proceedings of Maglev, 2014
- Passenger Rail Investment and Improvement Act of 2008 (PRIIA), FRA, 2008
- Planung, Projektierung und Prufung von ETCS-Streckenausrustung, Eisenbahningenieur Vol,63 No.4, Jochen Trinckauf, 2012
- Preliminary National Rail Plan, Federal Railroad Administration, 2009
- Rail Outlook Study 2013–2022 paradigm shift towards intermodal mobility boosts growth in rail segments, Frost & Sullivan, 2013
- Rail Technical Strategy 2012, Technical Strategy Advisory Group, 2012
- SHIFT2RAIL STRATEGIC MASTER PLAN, 2014,3
- Strategic Rail Research Innovation Agenda, ERRAC, 2014
- The High Level Output Specification (HLOS) 2012: Railways Act 2005 statement, Department for Transport, 2005
- The Worldwide Market for Railway Technology 2011–2016, SCI Verkehr Cologne
- Vossloh Geschaeftsbericht 2012, 2013
- Written statement to Parliament–Rail investment: High Level Output Specification announcement, Department for TransportandThe Rt Hon Justine Greening, 2012
- 交通政策基本計画小委員会, 国土交通省, 2014.4
- KOTRA 해외비즈니스정보포털(www.globalwindow.org/)
- railway-technology(www.railway-technology.com/)
- 네덜란드 netinform(www.netinform.net)
- 독일 railone(www.railone.com)
- 독일 Telefunken(www.tfk-racoms.com)
- 독일 철도(www.deutschebahn.com/de/start.html)
- 미국 CAF(www.cafusa.com/), 2015
- 미국 연방철도청(www.fra.dot.gov/Page/P0250)
- 스위스 ABB(www.abb.com)
- 영국 Future Railway(www.futurerailway.org)

- 유럽 ERRAC(www.errac.org/)
- 유럽 TEN-T 홈페이지(ec.europa.eu/transport)
- 유럽 westermo(www.westermo.com)
- Bombardier(www.bombardier.com/)
- toshiba(www.toshiba.com/tic)
- 일본 국토교통성(www.mlit.go.jp)
- 일본 철도 종합 연구소(www.rtri.or.jp)
- 일본 한신철도(rail.hanshin.co.jp)
- 일본 히타치(www.hitachi.com/)
- 캐나다 NRCC(www.nrc-cnrc.gc.ca)
- 타이완 철도국(www.railway.gov.tw/ko/index.aspx)
- 프랑스 ARAF(<http://regulation-ferroviaire.fr>)
- 프랑스 PREDIT(www.predit.prd.fr/)
- 프랑스 railengineer(www.therailengineer.com)
- 프랑스 SNCF(www.sncf.com)



2015 국토교통 R&D 동향조사

철도교통분야

발행인 김병수

발행처 국토교통과학기술진흥원

발행일 2015년 12월



경기도 안양시 동안구 시민대로 286(관양동 1600) 송백빌딩 2~6F
TEL. 031-389-6313

이 책의 저작권은 국토교통과학기술진흥원에 있습니다.
이 곳에 담긴 모든 내용 및 자료는 허가없이 어떠한 형태로든 무단으로 복사, 전재하거나 변형하여 사용할 수 없습니다.

이책의 내용은 우리원 홈페이지 e-book으로 보실 수 있습니다.

