

보안 과제(), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개()
국토교통연구기획사업 최종보고서

R&D / 16RDPP-C123506-01

철도교통 기술수준 상세분석 및 R&D 추진전략수립 연구 최종보고서

2018. 05.

주관연구기관 / 한국철도기술연구원
공동연구기관 / 더비엔아이

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

Technology level analysis of railway
transportation and establishment of R&D strategy

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

‘철도교통 기술수준 상세분석 및 R&D 추진전략 수립 연구’(연구개발 기간 : 2016.12.27. ~ 2018. 02.09.) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2018. 05.

주관연구기관명 : 한국철도기술연구원

(대표자) 정호성

공동연구기관명 : 더비엔아이

(대표자) 김윤명



주관연구기관책임자: 정호성

공동연구기관책임자: 김윤명

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에
동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	16RDPP-C123506-01	해당 단계 연구 기간	2016.12.27. ~ 2018. 02.09.	단계구분	1단계/1단계
연구사업명	중사업명	국토교통과학기술연구개발사업			
	세부사업명	국토교통연구기획사업			
연구과제명	대과제명	철도교통 기술수준 상세분석 및 R&D 추진전략 수립 연구			
	세부과제명	-			
연구책임자	정 호 성	해당단계 참여 연구원 수	총: 24명 내부: 24명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부: 300,000천원 기업: 천원 정부 외: 천원 계: 300,000천원
		총 연구기간 참여 연구원 수	총: 24명 내부: 24명 외부: 명	총 연구개발비	정부: 300,000천원 기업: 천원 정부 외: 천원 계: 300,000천원
연구기관명 및 소속 부서명	한국철도기술연구원 기술전략실			참여기업명: 더비앤아이	
국제공동연구	상대국명: -			상대국 연구기관명: -	
위탁연구	연구기관명: -			연구책임자: -	

< 요약 >

- 철도교통 R&D 분야의 세부단위 기술수준 및 철도산업 생태계 파급효과 분석 실시
- 논문, 특허 등의 객관적인 데이터 기반의 분석 방법론을 활용하여 향후 철도교통 R&D에 대한 지표(목표) 설정
- 원천·핵심 기술의 선점이 가능한 유망기술 및 공백기술을 도출 실시
- 기술격차 해소 및 공백기술 확보를 위한 세부전략 수립에 기여
- 미래 유망 트렌드 기술의 발굴 실시
- 미래유망 기술의 연관 산업 분야에 대한 경제적 파급효과 분석으로 기술개발에 대한 예산 투자방향 수립에 활용 가능
- 철도교통 연관 산업 분야의 부가가치효과, 생산유발효과, 고용창출효과 등을 분석하여 향후 기술개발의 사업화가 유망한 R&D과제에 대한 효율적 투자가 가능하고 예산분배 및 사업 방향 수립에도 기여

보고서 면수 225

〈 요약문 〉

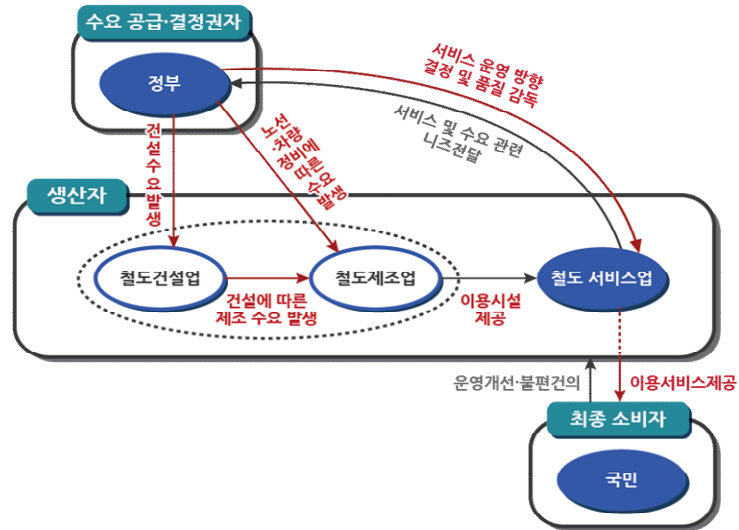
연구의 목적 및 내용	본 기획의 최종목표는 철도산업 생태계 특성 및 철도교통 R&D파급효과 분석과 철도교통 분야의 기술수준 상세분석을 위해 기술분류 체계 도출 및 기술수준 분석, 핵심기술 확보 전략 수립으로 향후 철도교통 분야의 전략적인 R&D 투자와 미래유망형 과제 발굴에 기여하고 철도교통 분야의 세부적인 기술수준을 분석하고자 함				
연구개발성과	(기술적 기대성과) 본 연구 기획은 철도교통 R&D 분야의 세부단위 기술수준 및 철도산업 생태계 파급효과 분석을 통해 원천·핵심 기술의 선점이 가능한 유망기술 및 공백기술을 도출함으로써 기술격차 해소 및 공백기술 확보를 위한 세부전략 수립에 기여할 수 있음. 논문, 특허 등의 객관적인 데이터 기반의 분석 방법론을 활용하여 향후 철도교통 R&D에 대한 지표(목표) 설정 역할과 새로운 먹거리 창출에 기여하여 미래 유망 트렌드 기술을 발굴할 수 있음 (사회·경제적 파급효과) 미래유망 기술의 연관 산업 분야에 대한 경제적 파급효과 분석으로 기술개발에 대한 예산 투자방향 수립에 활용할 수 있음. 철도교통 연관 산업 분야의 부가가치효과, 생산유발효과, 고용창출효과 등을 분석하여 향후 기술개발의 사업화가 유망한 R&D과제에 대한 효율적 투자가 가능하고 예산분배 및 사업 방향 수립에도 기여할 수 있음				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	국내 철도교통 산업의 글로벌화 할 수 있는 기본·기초 자료로써 국가와의 상대수준 비교를 통해 국내 철도 교통 산업의 전략 수립 및 지원이 필요한 분야 선정 등의 기반 자료로 활용되며, 정성·정량적으로 조사·분석된 기술수준 평가 결과물은 최종적으로 철도 교통 분야의 지원 시책, R&D과제 개발, 종합계획 등을 수립하는 단계에서 표준화된 기반·근거 자료로 활용 가능함. 기업에서 활용할 시, 내부적으로 신사업 기획 및 추진전략 마련의 타당성 확보에 기반자료로 활용가능하며, 전담기관 차원에서는 기술수준 평가를 통해 선도기술, R&D필요 분야 등을 파악하고, 과제 기획 시 국가 기술 확보 전략 설정의 근거 자료로 활용				
핵심어 (5개 이내)	철도교통	기술수준	델파이	연구개발전략	철도산업

＜ SUMMARY ＞

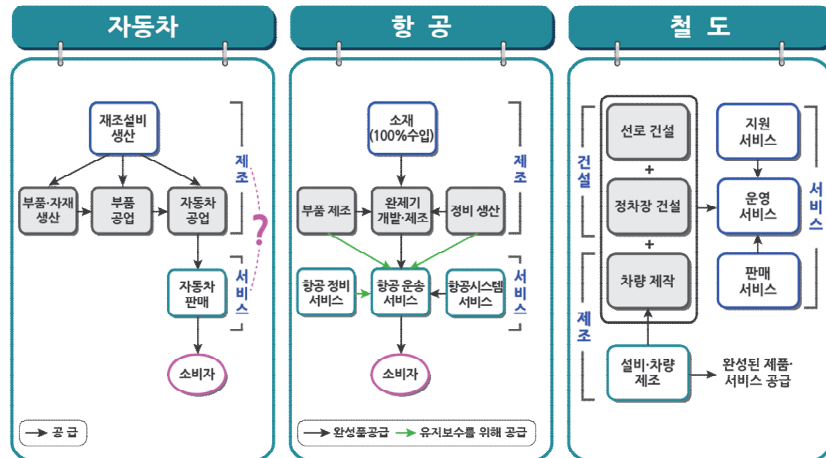
Purpose & Contents	This Project is aiming to analyze ecosystem of Railroad industry, ripple effect of Railroad-Traffic R&D, technology-level of Railroad-Traffic field. In this project, to do this, derive the structure of technology classification and establish strategy of secure core technology. It will go far toward solving that strategic R&D investment of Railroad-Traffic field and discover of future promising technology.				
Results	(Expected Performance) This project contributes to establish detailed planning strategy for solve a technical gap by derive promising technology through technology-level analysis of Railroad-Traffic field and ripple effect analysis of Railroad industry ecosystem. Also, this project will find future promising technologies by using analysis methodology on the basis of objective data(patent, thesis) (Socio-Economic ripple effect) This project contributes to establish technology investment direction by analyzing economic ripple effect about inter-industry of future promising technologies. It is possible to establish budget planning and direction of business by analyzing the impact of inter-industry(effect of production, value, employment) of Railroad-Traffic field.				
Expected Contribution	This study will be written as a reference materials to globalize domestic Railroad-Traffic field. It will be used for reference materials about establishment of strategy of domestic Railroad-Traffic field and selection of support areas. Result of research that be qualitatively-quantitatively investigated technology-level evaluation contribute available as a standard reference materials when interested parties Railroad-Traffic field establish supporting policy, R&D subject development, comprehensive plan. If a company use the result of research, it is available as a reference materials of new business planning, implementation strategy establishment. Organization in exclusive charge can use the result of research as a reference materials of analyzing core technology, R&D subject development, securing strategy of national technology				
Keywords	Railway transportation	Technology level	Delphi	R&D Strategy	Railroad Industry

〈 연구결과 종합 〉

- 생태계 특성 및 구성요소 정의 수행 (상관관계 분석)
→ 정부주도의 유기적 복합 산업 생태계



- 유사 산업생태계와 철도산업 생태계의 비교분석



철도산업 생태계 및
철도교통 R&D투자
효과분석

- 철도분야 정부R&D 연도별 투자현황 분석 및 산업연관표를 이용한 각 분야별 파급효과 도출 (상세·정량적 효과 분석)
- (생산유발효과) 철도차량분야 173조 866억 원, 철도시설분야 26조 7,403억원, 철도운영 및 환경분야 32조 2,600억 원의 효과
- (부가가치유발효과) 철도차량분야 49조 4,356억 원, 철도시설분야 7조 4,441억 원, 철도운영 및 환경분야 17조 6,172억 원의 효과
- (취업유발효과) 철도차량분야 46만 4,324명, 철도시설분야 6만 2,426명, 철도운영 및 환경분야 20만 341명의 효과

철도교통
기술분류체계
수립

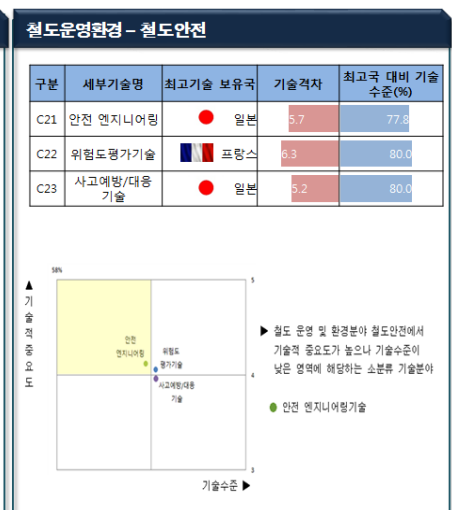
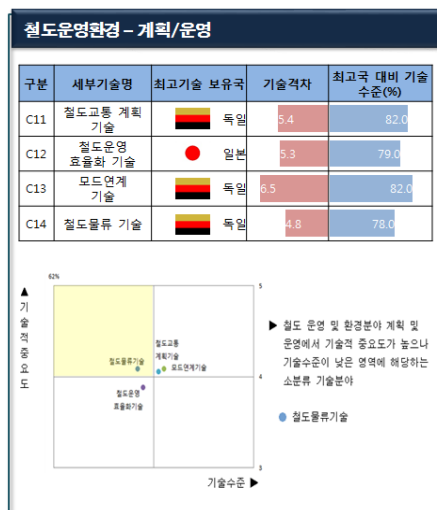
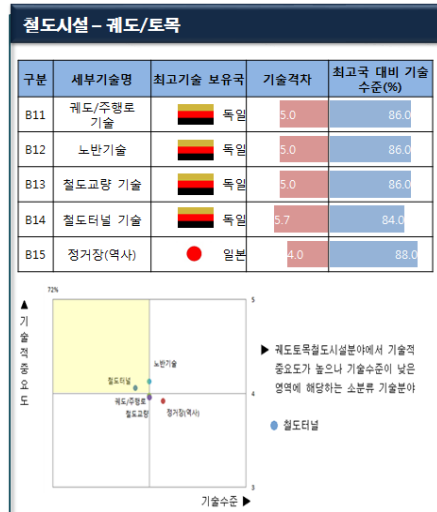
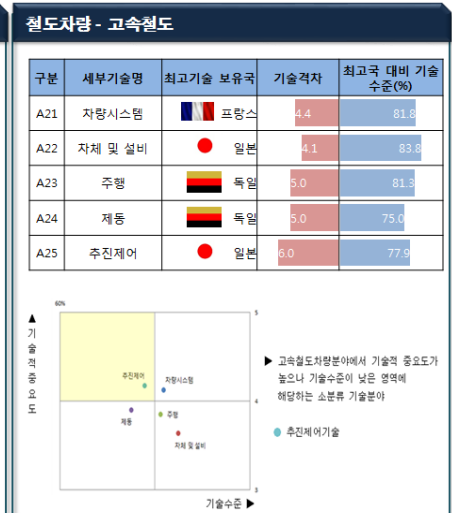
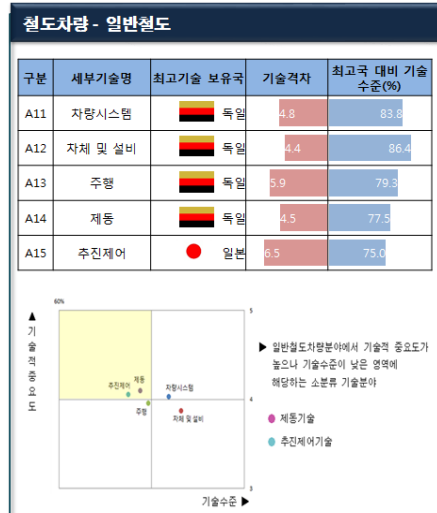
· 기존 기술분류체계(3단계) → 신분류체계(5단계)
※ 5단계 : 1개-3개-11개-26개-90개 항목구성

대 (L1)	중 (L2)	소 (L3)	세부 (L4)	세세부 (L5)
1개	3개	11개	26개	90개
철도 교통 (동일)	철도차량 (동일)	수정 (세분화) 일반철도차량 고속철도차량 도시철도차량 자기부상철도차량 신교통철도차량	차량시스템 기술 차체 및 설비기술 주행기술 제동기술 추진제어기술	23개 세세부 기술
	철도시설 (동일)	수정 (분류 통합) 궤도토목 전철전력 신호통신	궤도/주행로기술 노반기술 철도교량 / 고가구조물 기술 철도터널기술 정거장(역사)기술 급전계통기술 전차선로기술 전력(에너지변환 및 공급)기술 신호제어기술 철도통신 서비스 기술 철도통신전송 및 통신망 기술	37개 세세부 기술
	철도운영 및 환경 (동일)	수정 (분류 조정) 철도계획 및 운영 철도안전 철도환경	철도교통계획 기술 운영효율화 기술 모드연계기술 철도물류기술 시스템 안전 엔지니어링기술 위험도평가 사고예방/대응 기술 환경평가/복원 기술 쾌적성/편의성 기술 친환경소재	30개 세세부 기술

· 융합기술 및 기술간의 인터페이스 기술에 대응하기 위한 별도의 기술분류
체계(병렬형) 보완 제시
※ 5차례의 프로세스 (연구자·전문가자문· 철도산업포럼 등) 통한 기술분류체계 수립

기술수준 조사분석

- (정성적) 2라운드 Delphi 조사 통한 철도분야별 기술수준 분석
※ 1·2차 대상전문가 : 총 1,290명(철도분야 전문가)
- 분야별 기술격차(년), 격차해소방안, 장애요인 등 도출



- 조사결과를 전문가 자문검토를 통한 재차 보완

기술수준 상세분석

· 기술경쟁력 도출 결과

- 철도교통분야 하부기술의 기술경쟁력 분석결과 11개 소/세부 분류 중 일본 6개, 독일 4개, 캐나다 1개에서 최고 기술경쟁력 보유
- 철도교통분야 11개 소/세부 분류를 기준으로 특허/논문 기술경쟁력 분석을 실시한 결과, 독일(4개)과 일본(6개)이 상당한 수준으로 기술경쟁력 보유
- 국내 기술경쟁력의 경우, 신호통신(66.9%), 철도환경(56.7%)을 제외한 9개 분류에서 최고기술 보유국 대비 50% 이하 수준을 나타내고 있음
- 결과 종합

구분		1위	2위	3위	4위	5위	6위	7위	8위	9위
철도 차량	차량 시스템	독일 100.0%	일본 66.6%	영국 57.9%	캐나다 55.1%	중국 44.9%	스웨덴 25.9%	프랑스 16.8%	한국 13.2%	네덜란드 10.7%
	차체 및 설비	독일 100.0%	캐나다 68.8%	중국 60.4%	영국 39.5%	일본 39.4%	스웨덴 37.2%	네덜란드 37.2%	대만 19.2%	한국 19.0%
	주행	일본 100.0%	독일 96.0%	중국 59.0%	네덜란드 49.2%	캐나다 49.2%	한국 34.4%	프랑스 32.5%	이탈리아 17.6%	대만 12.0%
	제동	독일 100.0%	일본 65.0%	중국 57.0%	캐나다 49.5%	영국 28.0%	네덜란드 24.6%	대만 18.3%	한국 16.1%	프랑스 12.5%
	추진 제어	일본 100.0%	중국 53.2%	독일 47.3%	한국 43.9%	캐나다 35.5%	영국 20.3%	대만 15.7%	프랑스 11.5%	스웨덴 11.1%
철도 시설	궤도 토목	일본 100.0%	네덜란드 63.8%	독일 59.6%	중국 51.8%	캐나다 45.9%	영국 25.3%	한국 24.6%	프랑스 19.0%	대만 11.3%
	전철/ 전력	일본 100.0%	독일 80.8%	중국 65.9%	캐나다 47.6%	한국 34.1%	네덜란드 30.9%	이탈리아 21.0%	프랑스 16.1%	대만 12.9%
	신호 통신	독일 100.0%	일본 91.4%	중국 74.9%	한국 66.9%	대만 64.5%	스웨덴 58.5%	영국 58.3%	캐나다 54.8%	네덜란드 8.8%
철도 운영 및 환경	계획 및 운영	일본 100.0%	영국 64.3%	중국 64.0%	캐나다 56.8%	독일 54.8%	한국 40.8%	프랑스 20.0%	대만 14.3%	스웨덴 13.2%
	철도 안전	캐나다 100.0%	독일 94.3%	일본 88.8%	네덜란드 87.8%	중국 83.4%	대만 35.1%	프랑스 25.5%	스웨덴 22.1%	한국 19.3%
	철도 환경	일본 100.0%	중국 68.6%	독일 59.6%	한국 56.7%	영국 55.4%	네덜란드 47.4%	대만 41.1%	캐나다 37.1%	프랑스 26.1%

기술수준 상세분석

- 델파이조사(정성적) 에 의한 기술수준 도출 결과 종합
- 2라운드 델파이 조사 응답자 수는 총 338명이며, 총 응답사례 수는 545건
- 결과 종합

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세부분류 (L4)		최고기술포유국	기술격차(년)	상대기술수준(%)
					최고 기술대비 국내기술수준 격차	최고 기술대비 국내 기술수준 평균
A. 철도 차량	A1. 일반 철도	A11	차량시스템	독일	4.8	83.8
		A12	차체 및 설비	독일	4.4	86.4
		A13	주행	독일	5.9	79.3
		A14	제동	독일	4.5	77.5
		A15	추진제어	독일	6.5	75.0
	A2. 고속 철도	A21	차량시스템	프랑스	4.8	81.8
		A22	차체 및 설비	일본	4.1	83.8
		A23	주행	독일	5.0	81.3
		A24	제동	독일	6.0	75.0
		A25	추진제어	독일	6.0	77.9
	A3. 도시 철도	A31	차량시스템	일본	3.6	82.5
		A32	차체 및 설비	독일	2.8	85.0
		A33	주행	일본	3.8	82.1
		A34	제동	독일	4.5	80.0
		A35	추진제어	일본	4.1	80.6
	A4. 자기 부상 철도	A41	차량시스템	일본	6.0	85.0
		A42	차체 및 설비	독일	7.7	75.0
		A43	주행	대한민국	-	100.0
		A44	제동	독일	5.0	75.0
		A45	추진제어	일본	1.3	90.0
	A5. 신 교통 철도	A51	차량시스템	프랑스	4.6	77.5
		A52	차체 및 설비	독일	3.0	95.0
		A53	주행	독일	4.3	77.5
		A54	제동	일본	7.5	70.0
		A55	추진제어	독일	3.3	75.0
B. 철도 시설	B1. 궤도 토목	B11	궤도/주행로기술	독일	5.0	86.0
		B12	노반기술	독일	5.0	86.0
		B13	철도교량 (고가구조물) 기술	독일	5.0	86.0
		B14	철도터널기술	독일	5.7	84.0
		B15	정거장(역사기술)	일본	4.0	88.0
	B2. 전철/전력	B21	급전계통기술	독일	2.6	91.0
		B22	전차선로기술	독일	2.3	94.0
		B23	전력(에너지) 변환 및 공급	독일	3.7	85.0
	B3. 신호 통신	B31	신호제어기술	독일	5.0	80.0
		B32	통신서비스기술	독일	3.4	84.0
		B33	통신전송 및 통신망기술	독일/프랑스	2.7	86.0
C. 철도 운영 및 환경	C1. 계획 및 운영	C11	철도교통계획기술	독일	5.4	82.0
		C12	철도운영효율화기술	일본	5.3	79.0
		C13	모드연계기술	독일	6.5	83.0
		C14	철도물류기술	독일	4.8	78.0
	C2. 철도 안전	C21	안전 엔지니어링	일본	5.7	77.8
		C22	위험도평가기술	프랑스	6.3	80.0
		C23	사고예방/대응기술	일본	5.2	80.0
	C3. 철도 환경	C31	환경평가/복원기술	독일	7.2	73.0
		C32	쾌적성/편의성기술	독일	4.5	82.0
		C33	친환경소재기술	독일	5.5	75.0

기술수준 상세분석

· 시사점

- 본 과제에서는 정량적·정성적 분석의 Two-Track 방식으로 이원화하여 철도분야별 기술수준의 객관성을 제고하였음
- 철도분야별 특허와 논문을 대상으로 정량적인 기술경쟁력을 분석하여, 국내 시장 확보 가능성 및 경쟁력 측면에서의 현주소를 파악하고, 분석 결과를 미래유망기술 발굴의 기술경쟁력을 판단하는 객관적이고 정량화된 근거자료로 활용함
- 전문가를 대상으로 델파이 설문조사 기법을 활용 철도분야별 국내 기술수준을 파악하고, 기술적 중요도를 판단하여 중점추진기술을 발굴함
- 중분류 수준에서 종합한 기술수준분석 결과는 아래의 표와 같음

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
	철도안전	79.3%	5.7년
	철도환경	76.7%	5.7년

중점추진기술 도출
및
기술확보 추진전략 수립

- 중점추진기술(유망·공백기술) 정의 및 영역 제시
- 기술분류체계 L5(세세부) 단위의 기술 도출 (**총 60건**) 및 기술카드 작성
- ※ 상위정책 검토전문가 포럼(2회), 자문회의(9회), 프라운호퍼 검토회의(2회), 국제세미나(1회)

중분류	소분류	세부분류	기술명 (기술정의)
철도 차량	일반	주행	실시간 주행환경감응형 스마트철도차량 능동제어기술
	일반	추진제어	신전력(차량)에 기반한 급속차량 S-C 전력분배제동 적용 고효율 추진제어 전력회생기술
	일반	제동	Brake by Wire 전기기계식 제동시스템 기술
	고속	제동	고속차량 고성능 고내열성 제동패드(마찰재 포함) 및 제동다스크 기술
	일반	차량시스템	Door-to-Door 운행기반 무인 개인용 소형 수송수단시스템 기술
	도시	추진제어	급속충전기반 ESS 추진 제어 기술(ESS 일체형 추진 인버터 등)
	도시	차체 및 설비	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 기술
	고속	추진제어	고용량 대출력 철도용 히트루저압형 영구자석동기 전동기기술
	고속	차량시스템	하이퍼루브 초고속철도 기술
	고속	추진제어	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 기술
	신교통	차체 및 설비	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 자성트램용 관절장치 기술
	일반	추진제어	철도차량 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변리기 기술
	일반	추진제어	철도차량용 전기공급장치 고효율화 및 모듈화 기술
	일반	차체 및 설비	철도차량용 친환경 컴팩트형 고효율 공조시스템 기술
	고속	차체 및 설비	첨단 소재 적용 철도차량 차체 및 부품 경량화 기술
	일반	추진제어	수소연료전지 기반 철도차량 추진제어시스템 기술
	도시	추진제어	초경량 자속음 능동형 팬디그레프 기술
	일반	차량시스템	철도차량 지능형 센싱 및 유관관리 자동화 시스템 기술
	도시	차체 및 설비	기밀성 향상을 위한 포켓 솔리딩 방식 출입문 모듈화 및 표준화 기술
철도 시설	고속	차량시스템	대용량 수송용 초고속 2층 철도시스템 기술
	전철전력	급전계통기술	IoT기반 철도 전차설비상태정보 공유시스템 기술
	전철전력	전력 에너지변환 및 공급기술	신재생에너지 및 ESS 연계 기반 철도전력망의 마이크로그리드 시스템 구축기술
	전철전력	전력 에너지변환 및 공급기술	대용량 철도 수소연료전지기반 급전시스템 기술
	전철전력	급전계통기술	전차철도 급전계통 해석용 실시간 시뮬레이터 기술
	전철전력	급전계통기술	On-line 정보 에너지관리 네트워크 기반 열차운행 모드제어 기술
	신호통신	철도통신전송 및 통신망기술	신호 제어시스템 사이버 보안기술
	신호통신	신호제어기술	고밀도 운행을 위한 열차간격 제어기술(이동배열 이용하여 운행알차와 후속열차간 안전간격제어)
	궤도토목	궤도주행로 기술	철도 노후 인프라 보수/보강 및 개량기술
	궤도토목	장차장역사 기술	게이트리스/타켓시스템 기반 이용자 이동정보 제공기술
	궤도토목	궤도주행로 기술	소음진동 저감용 스마트 궤도시스템 기술
	궤도토목	장차장역사 기술	복합환승기반 인터모달 교통허브 구축 및 운영기술
	궤도토목	철도교량 (고가구조물) 기술	철도용 초장대 철도교량 기술
	신호통신	신호제어기술	열차간통신(TTC)기반 무인 열차자율주행기술
	궤도토목	철도교량 (고가구조물) 기술	도시 경관 친화형 초경량 도시 경전철 고가구조물(sky-guideway)건설기술
	궤도토목	궤도주행로 기술	상태평가 기반 궤도평가 및 유지보수 장비 기술
	궤도토목	궤도주행로 기술	대륙간 초고속 이동이 가능한 1000km/h급 열차 인프라 기술
	전철전력	전차선로기술	전차선로 유지관리 및 진단 자동화 기술
	전철전력	전력 에너지변환 및 공급기술	대용량 무선전력 전송 기술 기반 전력공급 기술
	신호통신	철도통신시스템기술	스마트 철도 인프라를 위한 LTE-R 기반 IoT 통신 기술
	신호통신	신호제어기술	열차 운행 무중단 무선통신기반 기존 열차제어시스템 개량 최적화 기술
철도 운영 및 환경	철도안전	사고재난 예방대응기술	BIG Data 기반 철도차량 및 인프라 상태 기반 모니터링 및 진단기술
	철도안전	안전엔지니어링기술	무인기 기반 지능형 철도운행 조건평가 및 시설물 관리기술
	철도안전	사고재난 예방대응기술	ICT 기반 철도 테러 범죄 탐지 및 대응기술
	철도안전	안전엔지니어링기술	철도시스템 및 부품 단위 국제 통합 인증기술
	철도계획운영	철도운영효율화기술	지능형 통합 능동 관제시스템 기술
	철도안전	안전엔지니어링기술	ICT기반 철도 시설물 통합 이력관리시스템 기술
	철도계획운영	철도운영효율화기술	철도 급행화를 위한 인프라 개량 및 급속 보수보강기술
	철도계획운영	철도운영효율화기술	철도이용객 보행환경 및 연계교통 정보제공 기술
	철도안전	안전엔지니어링기술	CP기반 철도차량 및 시설 유지관리체계 구축기술
	철도안전	사고재난 예방대응기술	철도 인프라 복합 재난재해 대응 및 복구기술
	철도환경	쾌적성/편의성 기술	철도 (초미세먼지 발생)인 규명 및 제거기술
	철도계획운영	철도물류기술	철도차량 입환 자동화 및 무인피킹 기술
	철도안전	위험도평가기술	IoT기반 철도 위험성 사전예측 및 위험도 관리기술
	철도안전	안전엔지니어링기술	철도 부품 장치의 신뢰성 및 가속수명 시험검증 적용 기술
	철도계획운영	철도물류기술	IoT기술 기반 화물차량 화물터미널 지능화 및 화물 실시간관리 기술
	철도환경	쾌적성/편의성 기술	철도차량 쾌적성 및 승차감 향상 기술
	철도안전	위험도평가기술	Big data기반 운전관제자기만사 관제사 등 인적오류분석 및 저감기술
	철도안전	사고재난 예방대응기술	철도 사고 피해 확산방지 및 신속대응시스템(복구) 기술
	철도환경	환경평가/복원기술	기후변화대비 철도교통분야 대용량인기 기술
	철도환경	쾌적성/편의성 기술	철도 공기질 및 위생물질 저감기술

중점추진기술 도출
및
기술확보 추진전략 수립

· 유망 영역의 중점추진 기술 확보 로드맵 제시
※ 타 영역은 본문 참조

- 철도차량 분야

세분류 (L4)	기술명	기술 개발 및 확보 시점 (연도)									
		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
제동	Brake by Wire 전기기계식 제동시스템 기술	■	■	■	■	■	■	■	■		
차체 및 설비	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 기술	■	■	■	■	■	■	■			
차량시스템	하이퍼튜브 초고속철도 기술	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
차체 및 설비	첨단 신소재 적용 철도차량 차체 및 부품 경량화 기술	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
차량시스템	대용량 수송용 초고속 2층 철도시스템 기술	■	■	■	■	■	■	■	■		

- 철도시설 분야

세분류 (L4)	기술명	기술 개발 및 확보 시점 (연도)									
		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
정거장(역사) 기술	게이트리스/티켓리스기반 이용자 이동정보 제공기술	■	■	■	■	■	■	■			
궤도/주행로 기술	소음진동 저감용 스마트 궤도시스템 기술	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
정거장(역사) 기술	복합환승기반 인터모달 교통허브 구축 및 운영기술	■	■	■	■	■	■	■	■		
철도교량(고가구조물) 기술	철도용 초장대 철도교량 기술	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
신호제어기술	열차간통신(T2T)기반 무인 열차자율주행기술	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
철도교량(고가구조물) 기술	도시 경관 친화형 초경량 도시 경전철 고가구조물(sky-guideway)건설기술	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
궤도/주행로 기술	상태평가 기반 궤도평가 및 유지보수 장비 기술	■	■	■	■	■	■	■			
궤도/주행로 기술	대륙간 초고속 이동이 가능한 1000km/h급 열차 인프라 기술	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

- 철도운영 및 환경 분야

세분류 (L4)	기술명	기술 개발 및 확보 시점 (연도)									
		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
철도운영효율화 기술	지능형 통합 능동 관제시스템 기술	■	■	■	■	■	■	■	■		
철도물류기술	IoT기술 기반 화물차량, 화물터미널 지능화 및 화물 실시간관리 기술	■	■	■	■	■	■	■			

■: 기획 및 기초연구 단계
■: 핵심기술 연구개발 단계
■: 예상 기술 확보 시점(실용화연구)

〈 목 차 〉

제1장. 연구과제의 개요	01
제1절. 연구 배경 및 목적	01
1. 연구 배경 및 목적	01
제2절. 연구 범위 및 방법	02
1. 철도산업 생태계 및 철도교통 R&D투자 효과분석	02
2. 기술분류체계 수립	02
3. 기술수준 상세분석	02
4. 기술수준 조사분석	02
5. 중점추진기술 도출	02
6. 기술확보 추진전략 수립	02
제3절. 주요 연구 추진내용	03
1. 연구 개요	03
2. 연구의 프레임워크	03
3. 용어의 정의	09
제2장. 국내·외 연구개발 현황	11
제1절. 철도산업 생태계 및 R&D 투자효과 관련 연구현황 분석	11
1. 산업 생태계 관련 연구수행 현황	11
2. 정부 R&D 투자효과 분석관련 연구수행 현황	13
3. 소결	16
제2절. 기술수준분석·연구개발 전략수립 관련 연구현황 분석	17
1. 『과학기술기본법』에 의거한 기술수준평가 관련 연구수행 현황	17
2. 철도분야 기술체계 구축 및 연구개발 전략수립 관련 연구수행 현황	21
3. 소결	23
제3장. 연구수행 내용 및 성과	24
제1절. 철도교통 R&D투자 및 생태계산업 효과분석	24
1. 철도생태계 분석	24
2. R&D 투자현황 분석	38
3. R&D 파급효과 분석	48
4. 소결	57
제2절. 철도교통 기술분류체계 수립	59
1. 기술분류체계 수립	59
2. 기술정의서	68
3. 소결	79

제3절. 기술수준상세분석	82
1. 환경분석	82
2. 키워드 네트워크 분석	93
3. 소결	97
제4절. 기술수준분석 및 도출	98
1. 철도분야별 기술수준 분석 개요	98
2. 기술수준의 정량적 분석	99
3. 기술수준의 정성적 분석	114
4. 소결	144
5. 시사점	151
제5절. 중점추진 기술 도출	155
1. 중점추진기술의 도출 개요	155
2. 중점추진기술의 도출 결과	156
3. 소결	193
제6절. 기술확보 추진전략 수립	196
1. 개요	196
2. (1단계) 유망~공백 기술영역 검토	199
3. (2단계) 유망 및 공백영역 상의 중점추진기술별 확보전략 검토	210
4. (3단계) 유망~공백 기술별 기술카드	219
제4장. 목표 달성도 및 관련분야 기여도	222
1. 목표달성도	222
2. 관련분야 기여도	222
제5장. 연구개발성과의 활용계획	222
제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보	223
제7장. 연구개발성과의 보안등급	223
제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황	223
제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적	223
제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적	223
제11장. 기타 사항	223
제12장. 참고 문헌	224

제1장 연구과제의 개요

제1절	연구 배경 및 목적	· 연구의 배경 - 철도교통분야 육성 및 실효성 있는 정책마련을 위한 기술수준 조사 수행 및 이를 근거로 한 전략마련 필요 · 연구의 목적 - 기술분류 체계 도출 - 기술수준 분석 - 핵심기술 확보전략 수립
제2절	연구의 범위 및 방법	· 철도산업 생태계 및 철도교통 R&D 투자 효과분석 실시 · 기술분류체계 수립 (3→5 단계) · 기술수준 상세분석(현황분석) / 기술수준 조사분석 · 중점 추진기술 도출 / 기술확보 추진전략 수립

제1절 연구 배경 및 목적

1. 연구 배경 및 목적

□ 연구의 배경

- 現 철도교통 기술수준 조사는 국토교통부의 전체 통합·일괄적인 ‘국토교통기술수준분석’에 포함(9개 대분류)되어 추진
- 이에 각 대분류별 세부·세세부기술의 구체적인 R&D전략과 기술수준에 대한 종합적인 이해 및 분석 한계가 존재함에 따라 철도교통 분야 육성 및 실효성 있는 정책 마련을 위해, 철도교통 분야의 세부적인 기술수준 조사 및 이를 근거로 한 전략마련으로 유관정책 수립을 위한 기획연구 필요성이 제기

□ 연구의 목적

- 최종목표는 철도산업 생태계 특성 및 철도교통 R&D과급효과 분석과 철도교통 분야 기술수준의 상세분석을 위한 기술분류 체계 도출 및 기술수준 분석, 핵심기술 확보전략 수립으로 향후 철도교통 분야의 전략적인 R&D 투자와 미래유망형 과제 발굴에 기여하고 철도교통 분야의 세부적인 기술수준을 분석하고자 함

□ 연구의 세부목표

- 철도산업 생태계 특성 및 철도교통 R&D 과급효과 분석을 위해 세부기술 단위의 환경분석을 통하여 철도산업 생태계 특성을 조사·분석하며, 이와 함께 산업연관효과 분석(생산유발효과, 부가가치 유발효과, 고용유발효과)을 병행함으로써 향후 철도교통분야의 R&D 과급효과를 분석함.
- 철도교통 분야 상세 기술분류 체계 수립을 위해 기존 대·중·소분류 기반의 조사에서 세부·세세부 분류 기반 심층 기술수준 조사를 위한 상세 기술분류체계를 도출하며, 상세 기술분류체계에 따른 상세기술별 기술정의서를 작성함
- 철도교통 분야 상세 기술별 기술수준 및 기술경쟁력 조사를 위해 상세 기술별 산업, 정책, 투자, 기술동향 등 환경분석을 수행하며, 기술수준 조사(텔파이 조사 등) 및 기술경쟁력 분석(특허·논문 분석 등)을 통하여 향후 원천·핵심 기술의 선점이 가능한 유망 기술 및 공백기술을 도출함.
- 철도교통 분야 상세기술 확보전략 수립을 위해 원천·핵심 기술의 선점이 가능한 유망 기술 확보전략을 수립하며, 기술격차 해소 및 공백기술 확보를 위한 세부전략을 수립함

제2절 연구범위 및 방법

1. 철도산업 생태계 및 철도교통 R&D 투자 효과분석

- (연구범위) 철도산업 생태계에 대한 명확한 정의 및 분석을 통해 국내 철도산업 현황을 파악하고 철도관련 R&D 파급효과를 검토
- (추진방법) 철도산업을 형성하고 있는 생태계의 영역 또는 분야에 대한 정의를 실시하고, 관련된 다양한 이해관계자의 측면에서 상관관계 분석 실시

2. 기술분류체계 수립

- (연구범위) 철도교통 산업의 생태계 특성 분석을 기반으로 既 기술분류체계 검토, 본 사업에 적합한 분석 대상(新 기술분류체계)을 도출하여 철도교통 분야 기술수준조사 범위 및 대상을 정립
- (추진방법) 기존 국토교통분야 기술분류체계 및 既 기술수준조사 방법론 검토를 통하여 신규 철도교통 분야 기술분류체계 수립

3. 기술수준 상세분석

- (연구범위) 전문가의 주관적 견해 및 의견반영으로 인한 조사결과 오류 최소화를 위해 의 사결정 기반자료 제공으로 조사결과 객관성 확보
- (추진방법) on/off-Line 문헌조사, 관련 전문가 인터뷰 및 자료조사, 공인된 데이터 등을 활용하여 대상기술이 속한 분야별 트렌드 및 산업환경 조사 진행

4. 기술수준 조사분석

- (연구범위) 국토부의 기술수준조사 방식(통합조사)과 달리 철도교통 분야를 특화하여 전문가 델파이 조사를 기반으로 한 세부분류 단위의 기술수준을 측정
- (추진방법) 국내외 기술·시장 현황과 기술수준 사전 검증 결과를 파악 후 내외부 철도교통전문가를 활용한 1차 델파이 조사 내용 취합 및 정리자료를 기반으로 2차 델파이 조사를 실시해 철도교통 분야 상세기술 수준 분석

5. 중점추진기술 도출

- (연구범위) 철도교통 분야 원천·핵심 기술선점이 가능한 중점추진기술 도출을 통해 향후 상세 기술 확보전략 분석의 대상 기술을 선정
- (추진방법) 기술 유형을 구분하여 전략적중요도 및 기술개발 성공 가능성에 해당하는 확보 대상 기술을 선정하고 각 기술별 기술적 성능 및 목표 수준을 도출

6. 기술확보 추진전략 수립

- (연구범위) 도출된 중점추진기술의 상세 기술 확보전략을 수립함으로써 중장기 철도산업 원천·핵심기술 확보 및 산업 경쟁력 향상 제고
- (추진방법) 기술유형 분류 및 유형(유망기술, 공백기술 등)에 따른 기술확보전략을 수립

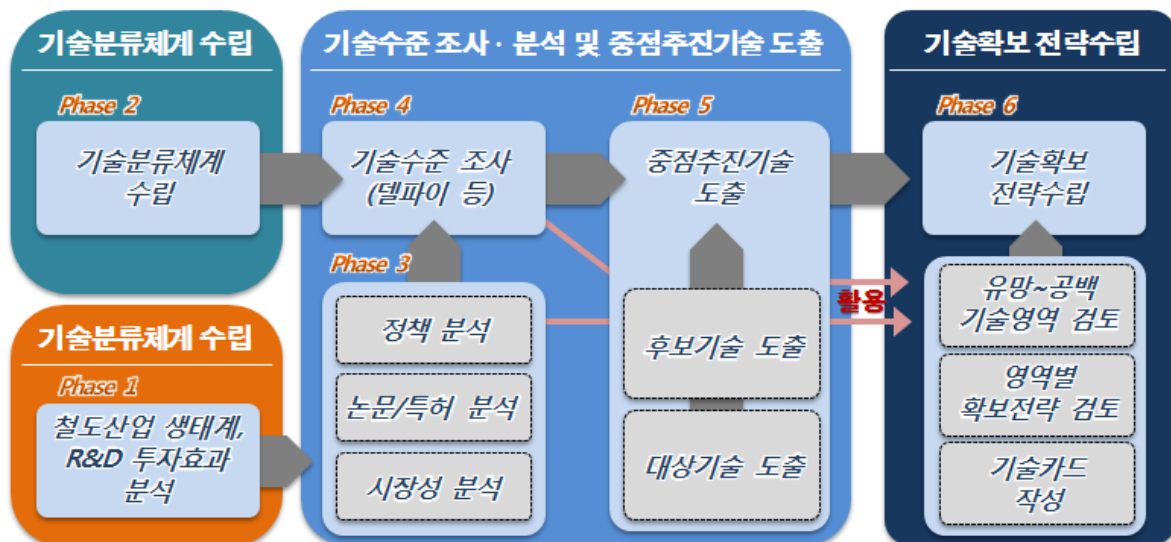
제3절 주요 연구추진 내용

1. 연구 개요

- 해외시장 진출 및 철도산업 활성화를 위한 전략적 대응이 필요
 - 현재 국내외 철도교통분야 현황진단 필요
 - 철도분야 중점 추진기술 관련 R&D 전략 마련 필요
- 보다 상세한 기술수준 분석을 통한 세부 실행계획 마련의 기반 자료 필요
 - 국토교통기술수준조사(2015) 거시적 측면 접근, 상세한 세부기술수준분석 미비
 - 세부기술별 기술수준 파악과 이에 근거한 중점추진기술 발굴 및 추진전략 필요
- 철도R&D 추진전략 및 세부 실행계획 마련
 - 철도분야 세부기술별 기술수준 및 현황 파악 실시
 - 이에 근거한 중점추진기술 발굴 및 추진전략 마련
- 관련 성과는 정부 R&D 관련 정책 및 계획 수립에 반영
 - 국토교통과학기술기초계획 · 사업기획 등 정부정책 추진방향에 반영하여 추진

2. 연구의 프레임워크

- 과제 총괄 프레임워크
 - 총 6 Phase로 구성된 절차를 통해 연구 수행
 - (Phase 1) 철도산업 생태계 및 철도교통 R&D 투자 효과분석 수행
 - (Phase 2) 기술분류체계 수립 (5단계 신기술분류체계, 병렬형 기술분류체계)
 - (Phase 3) 기술수준 상세분석 (정량 · 정성적 기술경쟁력 분석) 실시
 - (Phase 4) 기술수준 조사분석 (델파이 · 전문가 분석 등) 실시
 - (Phase 5) 중점추진기술 도출
 - (Phase 6) 기술확보 추진전략 수립



[그림 1] 과제총괄 프레임워크

□ (Phase 2) 기술분류체계 수립 프로세스

- 5단계 新 기술분류체계의 수립



[그림 2] 5단계 기술분류체계 수립방법

- 병렬형 기술체계 보완



*(source) 4차 산업혁명 관련 5대 플랫폼 기술의 연구 수준 분석, 한국연구재단, NRF ISSUE REPORT 2017 -4호, ISSN 2586-1131

[그림 3] 병렬형 기술체계 보완 방법

□ (Phase 3) 기술수준 상세분석 (정량·정성적 기술경쟁력 분석) 프로세스

- 철도분야별 기술수준을 객관적·합리적으로 도출하기 위하여, 정량적 분석과 정성적 분석으로 이원화하여 분석
 - **(정량적 분석)** 철도분야별 특허와 논문을 대상으로 기술경쟁력을 분석하여, 국내 시장확보 가능성 및 기술경쟁력 측면에서의 현주소를 파악하여, 분석 결과를 미래유망기술 발굴에 기술경쟁력을 판단하는 객관적이고 정량화된 근거자료로 활용
 - **(정성적 분석)** 전문가를 대상으로 델파이 설문조사 기법을 통해 철도분야별 국내 기술 수준을 파악하여 미래유망기술 발굴에 있어 기술적 중요도를 판단하는 근거자료로 활용
 - **(환경 분석)** 문헌조사를 통해 정책, 기술, 시장동향을 분석하고, 델파이 조사 및 기술카드 작성, 중점추진기술 도출 과정에서 전문가 참고 및 정책성 지표 등에 반영하여 활용
- 기술수준 분석 및 도출 절차
 - 정량적 분석 결과를 정성적 기술수준 도출을 위한 기초자료로 활용
 - 환경 분석과 특허·논문을 통한 정량적 기술수준 분석 결과를 먼저 실시하고, 그 결과를 전문가를 대상으로 한 정성적 기술수준 델파이 설문조사의 기초자료로 제공함

[표 4] 기술수준 분석 방법, 분석 수준, 유망기술도출을 위한 분석 결과 활용 지표

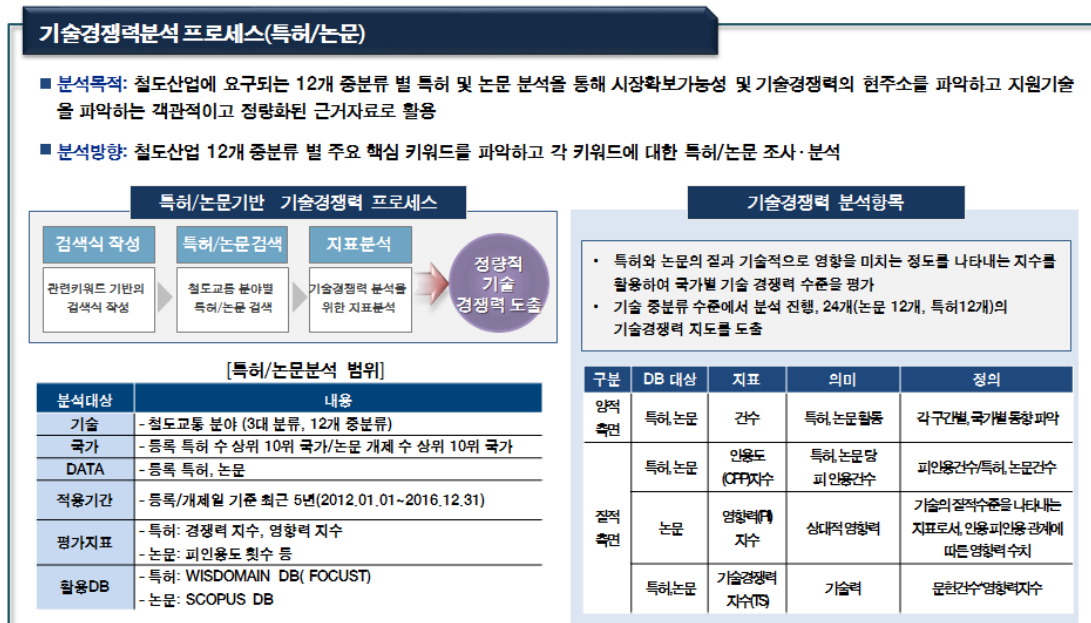
	분석 방법	분석 결과	분석 대상	활용 지표
환경 분석	문헌조사 실시	정책동향 분석	철도차량	시장성
		기술동향 분석	철도시설	
		시장동향 분석	철도운영 및 환경	
정량적 분석	특허 경쟁력 분석	특허 경쟁력	차량: 세부분류(L4)	기술경쟁력
	논문 경쟁력 분석	논문 경쟁력	나머지: 소분류(L3)	
정성적 분석	델파이 설문 조사	정부지원 필요성	세부분류(L4)	기술적 중요도
	예비, 1차, 2차	기술개발 시급성		
		기술개발 파급성		

- 환경분석 세부 프로세스



[그림 4] 환경분석 프로세스

- 기술경쟁력 분석 프로세스



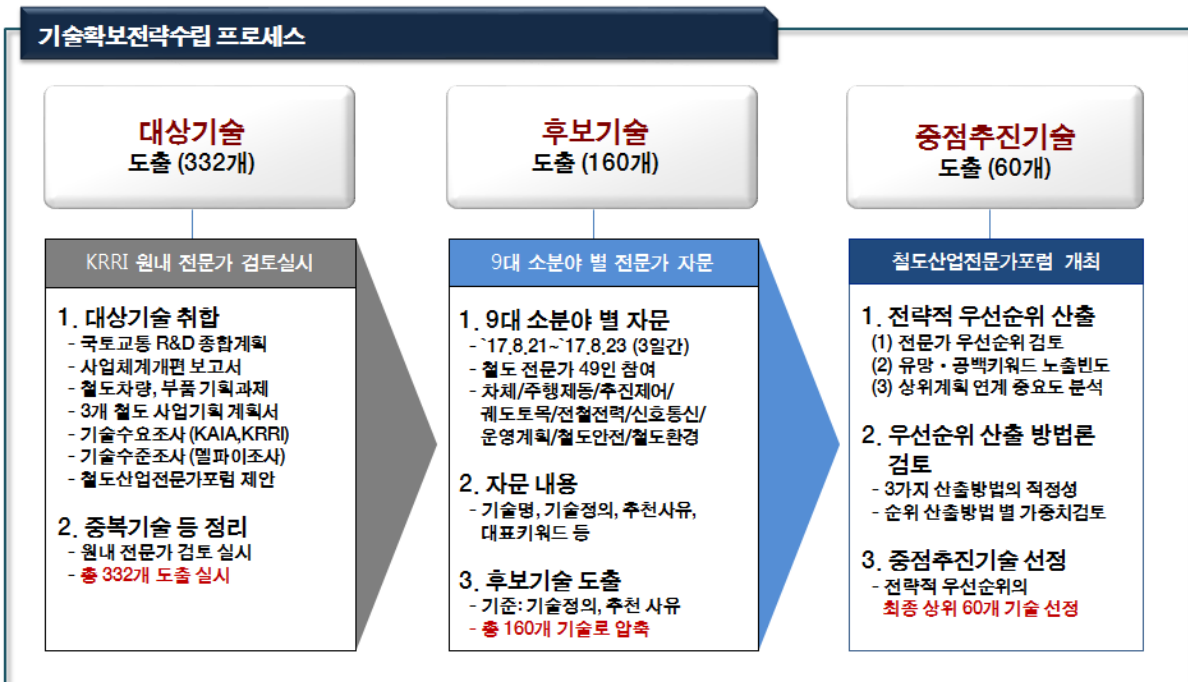
[그림 5] 기술경쟁력 분석 프로세스

□ (Phase 4) 기술수준 조사분석(델파이조사) 프로세스



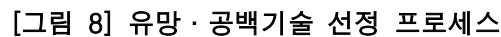
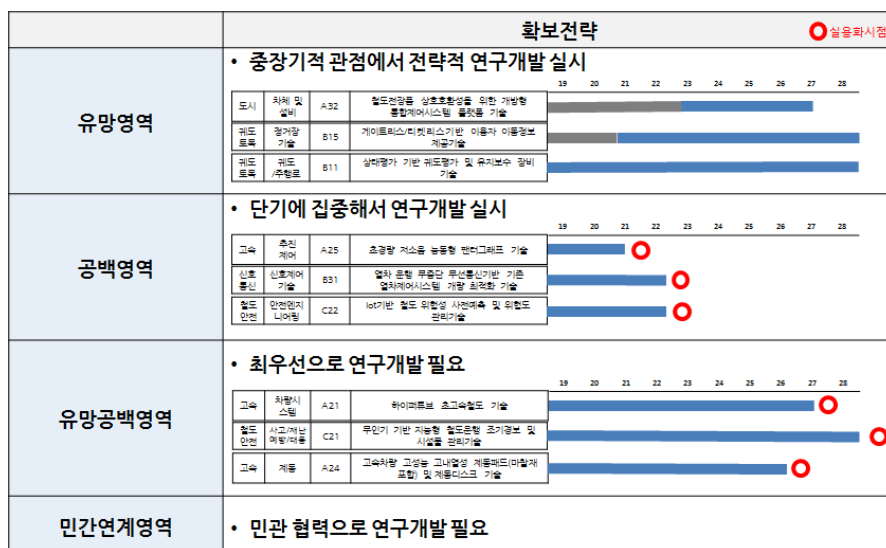
[그림 6] 기술수준조사 프로세스

□ (Phase 5) 중점추진기술 도출 세부 프로세스



[그림 7] 중점추진기술 도출 프로세스

- 유망·공백기술 선정 프로세스

[illegible]

[그림 9] 기술카드 및 기술확보전략(로드맵) 예시

3. 용어의 정의

□ 본 연구에서 언급되는 주요 용어에 대해 다음과 같이 정의하여 제시함

[표 5] 용어의 정의

구분	용어	정의
1	국토교통기술수준조사	- 국토교통과학기술진흥원(KAIA)에서 2013년에 이어 두 번째로 실시한 ‘2015년 국토교통분야 R&D 동향 및 기술 수준조사’
2	철도기술분류체계 (3단계)	- 2015년 국토교통기술조사에서 활용된 기술분류 체계로서 대분류1개(철도교통), 중분류3개(철도차량, 철도시설, 철도운영 및 환경), 소분류 12개로 구성
3	철도산업 생태계	- 본 연구에서 철도산업의 생태계 구성 구조를 검토·정리하여 제시한 것을 지칭
4	新 기술분류체계 (5단계)	- 본 연구에서 새롭게 제시된 5단계의 철도교통 기술분류체계
5	병렬형 기술분류체계	- 1차 기획타당성조사 위원회의 검토결과로 추가 (보완) 제시된 기술분류체계 - 5단계 분류체계 외에 최근 기술발전 흐름 및 기술체계 상에서 대응하기 어려운 융합기술 및 기술간의 인터페이스 기술에 대응하기 위해 별도의 기술분류 체계를 병렬형으로 제시 - 향후 도출된 융합기술 및 공백기술 연계 추진
6	철도분야 키워드 네트워크 분석	- 미래 철도기술과 관련된 키워드 간 관련성 및 네트워크 구조적 특성을 기초로한 주요 키워드의 선별 수행
7	기술경쟁력 지수	- TS : Technology Strength - 해당 키워드에 대한 특허/논문이 특정 기간에 타 특허/논문으로부터 인용된 정도를 나타내는 지표인 기술영향력 지수*(특허, PII : Patent Impact Index / 논문, IF : Impact Factor)에 특허/논문건수를 곱하여 산출
8	특허 시장확보 지수	- PFS 지수(Patent Family Size) - 각 특허의 패밀리 특허를 활용하여 시장 확보 지수 평가(2012년~2016년 미국 특허청에 등록된 특허기준)
9	Gordon 점수모형	- 본 연구 델파이 조사에서 활용된 모형 - Gordon 점수모형은 기술수준 평가결과의 정량화를 위한 대표적 모형
10	상대수준 (기술수준中)	- 최고기술보유국의 기술수준을 100%로 가정했을 때 연구개발능력의 보유수준과 기술력 향상 가능성을 고려하여 상대적인 기술수준을 평가

11	기술격차 (기술수준中)	- 현 수준의 각국 기술 잠재역량을 고려할 때 최상위 기술수준에 도달하는 데 걸릴 것으로 예상되는 기간
12	중요도 (기술수준中)	- 해당분야 세부기술을 전체적으로 평가해 보았을 때 해당 핵심기술의 중요한 정도
13	대상기술	- 新기술분류체계의 세세부분류(L5) 단위를 구성하고 있는 기술을 각종 철도교통 정책자료, 기술수요조사 결과, 타 기획과제 연구내용, 제 1차 철도산업전문가 포럼 등의 전문가 검토를 거쳐 도출한 총 332개의 기술
14	후보기술	- 중점추진기술을 도출하기 위해 대상기술에서 160개로 압축한 기술 - 철도교통 소분류(L3)별 전문가 자문회의를 실시하여 도출
15	중점추진기술	- 철도교통 분야의 세세부 분류(L5) 별 구성 과제 중에서, 원천·핵심 기술 선점이 가능하거나 전략적 측면에서 기술 개발이 우선적으로 필요한 기술 - 3개 소분류(L3) 별 20개씩 총 60개의 기술을 도출함
16	유망기술	- 시장이 일부 성숙하거나, 아직 시장성이 뚜렷하게 보이지 않는 기술이지만, 국가 및 산업측면에서 기술적 중요도 및 기술경쟁력이 높아 향후 우리가 기술을 선도할 수 있을만한 기술로서, 전략적으로 연구개발이 필요한 기술
17	공백기술	- 공백기술이란 시장이 성숙하거나, 향후 시장성이 크게 확대될 것으로 예상되는 기술이지만, 국내 기술경쟁력이 선진국 대비 낮아 전략적으로 연구개발이 필요한 기술
18	유망공백기술	- 유망공백기술이란 시장성과 기술적중요도가 모두 높으나, 국내 기술경쟁력이 선진국 대비 낮은 기술로서, 최우선 순위로 연구개발이 필요한 기술
19	확보기술	- 기술적 중요도와는 별개로 국내 기술경쟁력과 시장성이 높아 이미 연구개발을 통해 국내 자체 기술경쟁력을 확보한 기술로서, 추가 연구개발 요소가 적은 기술
20	민간주도형기술	- 민간주도형 기술이란 시장성, 기술적중요도, 기술경쟁력이 모두 높아 민간주도로 연구개발이 가능한 기술
21	유망영역	- 기술적 중요도(↑), 기술경쟁력(↑), 시장성(↓)
22	공백영역	- 기술적 중요도(-), 기술경쟁력(-), 시장성(↑)
23	유망공백영역	- 기술적 중요도(↑), 기술경쟁력(↓), 시장성(↑)
24	민간연계영역	- 기술적 중요도(↑), 기술경쟁력(↑), 시장성(↑)
25	기술카드	- 총 60개의 중점추진기술 별로 작성된 4~8 쪽의 전략카드

제2장 국내외 연구개발 현황

제1절	철도산업 생태계 및 R&D 투자효과 관련 연구현황 분석	· 철도산업 생태계 구조적 정의 실시 필요 · 유사산업 생태계 비교 실시 필요 · 철도부문 정부 R&D 투자현황 분석 필요 · 철도산업 파급효과 분석(산업연관분석) 필요
제2절	기술수준분석·연구개발 전략수립 관련 연구현황 분석	· 세부기술체계 구축 및 분석 필요 (3→5 단계) · 4차산업 등 미래기술 반영 가능한 추가적 기술체계 구축 필요 · 기술수준분석 시 델파이 조사를 보완할 수 있는 정량적 방법론 필요

제1절 철도산업 생태계 및 R&D 투자효과 관련 연구현황 분석

1. 산업 생태계 관련 연구수행 현황

□ 스마트자동차의 산업생태계 분석과 시사점(KIET, 2017.3.)

- 4차 산업혁명시대에 스마트자동차가 신성장산업의 화두로 떠오르고 있음을 인지하여, 스마트 자동차 개발을 지원하는 부처별 체계를 일원화 하는 것에 대한 필요성에서 분석 실시
 - 미래창조과학부(現 과기부)와 산업통상자원부는 스마트 및 자율주행 자동차 관련기술 및 핵심부품 기술개발에 집중 투자 중
 - 우리나라는 자율주행 시스템 관련 안전기준이 거의 없는 상황이며, 현재 기준 마련 검토 중
 - 미국 등 선진국에서는 이미 조기 상용화를 위한 정부차원 연구개발 지원 실시 중
 - 해당 연구에서는 스마트자동차의 주요 핵심요소 및 기술 분석 실시하여 시사점 도출
- 생태계 분석내용 및 결과
 - 국내 시장규모 : 기업의 매출액 규모로 추정하여 2010년 약 333조원에서 2015년 약 411조 원으로 연평균 4.3%의 증가추세
 - 공급가치사슬 : 부문별 재무적 특성에 차이(부문별 기업 규모)가 존재
 - ※ 기업별 평균 매출액 및 기업별 평균 종업원 수 분석을 실시, 기업별 재무안전성은 양호
 - 스마트 자동차 관련 기업들은 새로운 기술환경에 적응하기 위해 타 산업의 매출액 대비 높은 연구개발비 투자
 - 정책제언 : 통합된 거버넌스 체계와 법·제도 정비 필요, 새로운 서비스 중심의 비즈니스 모델 대응 필요

[표 6] 스마트자동차 분야 분류별 키워드 정리표

분 류	상세분류	설명 (기업체 수)	키워드
하드웨어	완성차 제조	완성차 제조업체(6)	지능형 운전자 시스템(ADAS), 운전자 편의성 향상, 내비게이션 HUD 텔레매틱스
	자동차 부품공급	스마트자동차 관련 전장 부품 제조업체, 차량용 통신장비 업체(1,182)	차량용 반도체, 차량 내부 통신, V2V 통신모듈
소프트웨어	콘텐츠 개발	모바일 애플리케이션, 차량정보 개발 S/W 업체(16)	OBD2 데이터 기반 원격정비, 음성인식 S/W, 제스처 인식
	플랫폼 제공	차량용 OS 개발 업체, 차량용 임베디드 S/W 개발 업체(32)	카플레이, 안드로이드오토, 윈도우인더카, 자동차용 소프트웨어
서비스	무선통신 서비스	차량용 무선통신 서비스 제공 업체(3)	자동차 통신 시스템, V2I
	정보제공 서비스	실시간 교통정보 제공, 운전자 편의 자료 제공, 차량 정보 활용 서비스 업체(398)	빅데이터 분석, 위치기반 서비스, 자동차 원격진단, 운행정보 제공

□ 통신환경 변화에 따른 M2M 산업 생태계 및 파급효과 분석(ETRI, 2014)

○ 초연결시대에 대비하여 M2M 산업 전망 및 생태계 현황 및 파급효과를 분석

- D2D(Device to Devive) 등의 다양한 용어로 혼용되는 용어를 M2M으로 통일하여 기술하였으며, 무선통신기술과 결합하여 원격지의 사물·사람·환경 등 상태정보를 확인할 수 있는 제반 솔루션으로 범위를 확장 정의
- 용어·개념정리, 기술 성숙도, 시장현황 및 전망 분석, 생태계 현황(생태계 구성원) 및 특성, 업체별 사업현황, M2M 산업 파급효과(산업연관분석) 등을 분석

○ 산업연관분석 결과

- RAS기법을 통해 R(대체변화)과 S(가공도변화) 계수를 구한 결과, M2M 기기는 대체에 의해 수요확대가 기대되며 고부가가치화 방향에 있는 것으로 확인
- M2M 솔루션과 동시서비스의 경우 대체에 의한 수요확대는 있지만 부가가치율은 감소할 것으로 분석됨
- M2M 산업별 영향력·감응도 계수 분석결과 M2M 기기는 후방연쇄효과가, M2M 통신 서비스는 전방연쇄효과가 큰 산업으로 분석되었으며, M2M 솔루션은 대부분 해외에 의존하고 있고 그로 인해 아직 M2M 기기와 M2M 통신서비스를 비롯해 다른 산업으로 미치는 파급효과는 적은 것으로 분석됨
- M2M 산업 부문별 유발계수 추정 결과 생산·부가가치 유발계수는 M2M 기기가 가장 높고, 고용 유발계수는 M2M 통신 서비스가 가장 높은 것으로 분석됨

□ 시사점

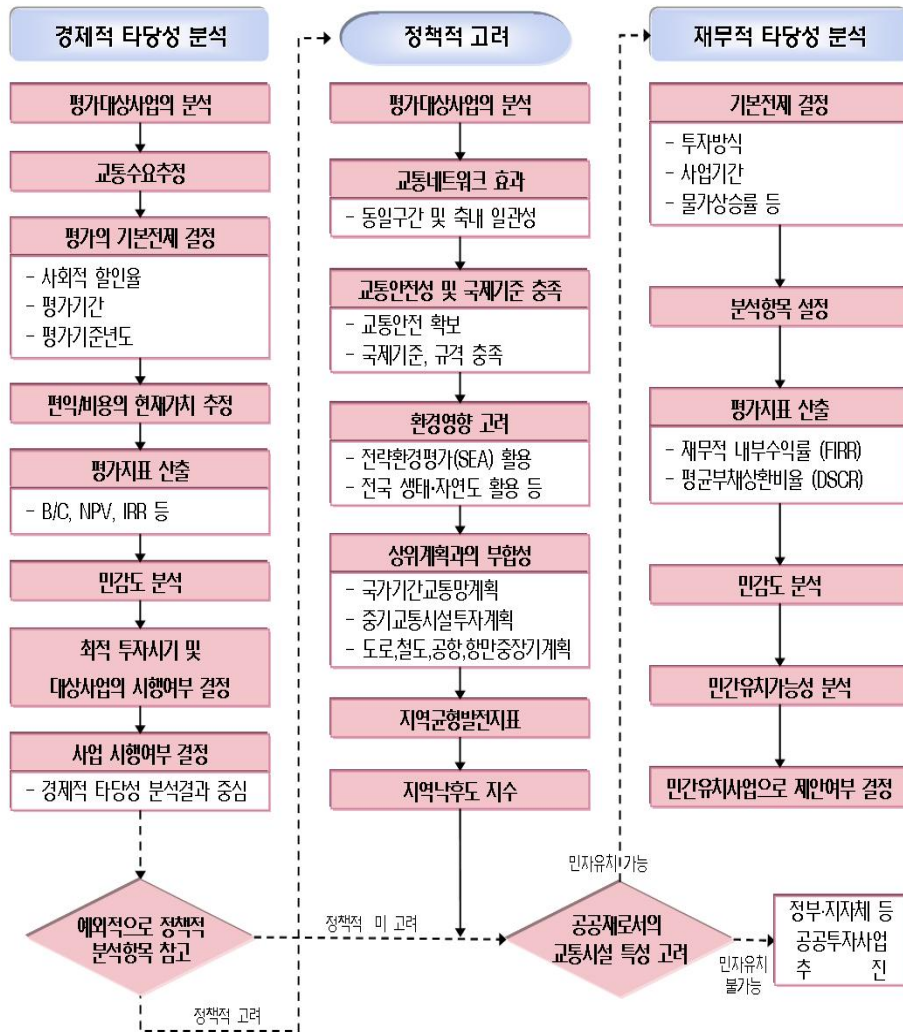
- 유사 연구과제의 산업 생태계 분석에서는 기술정의를 실시하고, 국내 시장규모 및 업체 현황 등을 중심으로 분석을 수행
- 철도산업의 경우 정부기관, 운영사, 제작업체 등 공공부문과 민간부문이 이해관계자로서 연계되어 있는 복잡한 산업생태계 구조를 가지고 있으므로, 각 부문의 역할 등을 중심으로 생태계를 정의하고 분석할 필요가 있음
- 이에, 철도산업 생태계 분석을 위하여 철도산업 생태계에 대한 정의를 내리는 것과 더불어 유사 산업생태계의 구조를 같은 맥락에서 정의하고 비교분석 할 필요가 있을 것으로 판단됨
- 산업연관분석 등의 분석은 유용할 것으로 판단되며, 철도산업 생태계의 특성 및 본 과제의 목표를 감안하여, 국가 R&D 수행의 파급효과 부문과 함께 검토하여 시사점을 도출할 필요성이 있는 것으로 판단됨

2. 정부 R&D 투자효과 분석관련 연구수행 현황

□ 철도의 경제성·재무성 분석과 관련한 제반 현황

○ 철도를 포함한 공공교통시설에 대한 경제성·재무성 분석을 포함한 투자평가체계

- 철도를 포함한 공공교통시설에 대한 경제성/재무성 분석을 포함한 투자평가체계는 다음과 같은 3단계의 분석을 거쳐 최종적으로 투자여부를 결정하도록 구성되어 있음



[그림 10] 공공교통시설의 투자평가 체계

- 현재 국내의 철도를 포함한 공공교통시설 투자평가체계에서는 경제적 타당성 분석단계를 거쳐 지역균형발전, 지역경제 파급효과 등을 검토하는 정책적 고려이후 재무적 타당성 분석을 최종적으로 수행하고 있음
- 현재까지는 비용과 편익을 중심으로 분석하는 경제적 타당성 분석 단계의 결과에 의한 의사결정비중이 높았으나 지속가능성, 녹색성장 등의 정책기조에 의하여 정책적 고려부문에 대한 중요성도 높아지고 있음

○ 경제성 분석단계에서 가장 중요시 되는 항목은 편익 관련 부문임

- 2009년 현재 철도부문사업의 경제적 타당성 평가를 위한 편익산정의 기준이 되는 지침은 국토해양부의 공공교통시설개발사업에 관한 투자평가지침, 한국개발연구원의 예비타당성조사 표준지침 연구(제4판), 한국철도시설공단의 철도투자평가편람 등

○ 세 가지의 표준지침은 각각 직접편익과 간접편익으로 구분하여 다음과 같은 다양한 편익 항목을 제시하고 있음

[표 7] 타당성조사 관련 지침 중 철도사업의 편익항목

구 분		편익항목	투자평가지침 ¹⁾	예비타당성조사 ²⁾	철도투자평가편람 ³⁾
직접 편익	철도 이용자 편익	통행시간감소(여객, 화물)	◎	◎	◎
		교통쾌적성	-	-	-
		정시성	-	-	-
		안전성 증대	-	-	-
	타수단 이용자 편익	차량운행비 절감	◎	◎	◎
		교통사고감소	◎	◎	◎
		도로-철도간의 전환수요에 의한 통행시간 절감	◎	◎	◎
		항공/해운의 전환수요에 의한 편익	-	-	-
		건널목 개선에 따른 사고/지체 감소	-	◎	◎
간접 편익 (비사용자 편익)	환경비용감소(대기오염/소음)	◎	◎	◎	
	지역개발효과	-	-	-	
	시장권의 확대	-	-	-	
	지역산업 구조개편 등	-	-	-	
	공사중 교통혼잡 부(-)편익	-	◎	-	
	주차비용 절감 편익	◎	◎	-	
	고속도로 유지관리비 절감	-	-	◎	
	철도사업으로 인한 도로공간 축소에 따른 부(-)편익	-	◎	-	
	운영효과(여객/화물수입증가)	-	-	◎	
	화물시간가치 편익	-	-	◎	

출처 : 1) 공공교통시설개발사업에 관한 투자평가지침, 국토해양부, 2007. 12

2) 철도부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제4판), 한국개발연구원, 2004. 12

3) 철도투자평가편람(개정판), 철도시설공단, 2006. 7

□ 정부의 기업지원 R&D 투자의 고용창출 효과 실증분석 연구(KISTEP)

- 정부의 R&D 지원이 가져오는 고용창출의 효과 유무를 국내 데이터를 활용하여 실증분석 실시
 - 다양한 계량분석 방법들을 활용하고 산업단위의 패널 데이터를 구축하여, 정부지원과 고용과의 상관관계를 추정하여 정책적 시사점을 도출 실시
 - 정부 지원에서 고용창출에 이르는 단계별 분석 및 통합분석을 다각도로 수행하여 정부의 R&D 지원 → 산업의 총 R&D 투자 → 고용 창출에 이르는 관계를 분석 실시
- 고용창출 효과 실증분석 결과
 - OLS, 확률효과 모형, 고정효과 모형, 3SLS, GMM 등 다양한 계량분석 방법을 활용하여 정부의 R&D 지원이 고용을 창출하는데 기여한다는 가설을 증명함
 - 정부의 R&D 지원이 신제품 개발과 혁신에 집중될수록, 경상적 지출의 R&D로 활용될 수 있도록 하는 것은 고용의 창출에 긍정적인 효과를 미칠 수 있음
 - R&D 정책이 고용창출의 핵심 정책이 될 수는 없을 것이나, 적절한 혼합정책(mixed policy)을 통해 고용창출에 긍정적인 기여는 가능할 것으로 분석 됨

□ 정부연구개발투자의 제조업 고용창출효과에 관한 실증분석

※ 출처 : 하태정.문선웅(2013), "정부연구개발투자의 제조업 고용창출효과에 관한 실증분석", 「기술혁신연구」, 제21권 제1호, pp.1-26 의 내용을 재정리

- 연구 수행내용 정부연구개발투자가 민간부문의 고용에 미치는 장기적인 효과를 검증하기 위해 국내 23개 제조업 부문을 대상으로 패널분석을 수행
 - IMF 구제 금융에 따른 산업구조 조정기를 중심으로 전체 표본기간을 IMF 이전과 이후로 나누어 정부연구개발투자가 기업의 고용수요에 미친 영향을 실증분석 실시
- 도출 결과
 - 개발투자는 단기적으로는 고용을 감소시키는 효과를 나타내지만 시간이 지나면서 신제품 혹은 신산업 창출로 인한 고용의 보상효과가 이를 상쇄하면서 고용창출에 긍정적인 효과를 가짐
 - 민간연구개발투자의 고용창출 효과가 정부연구개발투자의 효과보다 3배 이상 큼
 - 기업의 노동수요에 비용요인인 임금 및 이자율은 높은 유의수준으로 고용에 부정적인 영향을 미치고 있음

□ 시사점

- 영국이나 독일과 같은 철도선진국에서는 이미 환경이나 지역개발효과 등에 중요성을 충분히 인지하여 이를 반영한 투자평가가 이루어지고 있으나 국내에서는 반영되고 있지 않음
- 본 과제와 특성을 감안하여 철도부문 정부연구개발투자가 미치는 효과 및 철도교통 분야별 유발계수 산출 및 경제적 파급효과를 분석하여 반영할 필요가 있을 것으로 판단됨

3. 소결

□ 시사점 종합

- (산업생태계 사례) 유사 산업생태계 분석 연구에서는 기술정의 / 국내 시장규모 및 업체 현황 등을 중심으로 분석 수행이 실시됨
- (철도산업 생태계의 특성) 정부기관, 운영사, 제작업체 등 공공부문과 민간부문이 이해관계자로서 연계되어 있는 복잡한 구조를 가지고 있는 철도산업 생태계의 각 부문을 종합적으로 검토할 필요성이 있음
- (철도산업 파급효과 분석의 필요성) 본 과제와 특성을 감안하여 철도부문 정부연구개발투자가 미치는 효과와 더불어 철도교통 분야별 유발계수 산출 및 경제적 파급효과(산업연관분석)를 분석하여 반영할 필요가 있을 것으로 판단됨

□ 시사점 반영사항

[표 8] 철도산업 생태계 및 R&D 투자효과 관련 시사점 반영사항

구분	부문	시사점 반영사항
1	철도산업 생태계 분석 방법론	정부, 운영기관, 제조사 등 각 이해관계 구성원의 구성현황 및 전체 철도산업 생태계의 구조적 정의 실시
2	유사산업 생태계 비교	철도산업 생태계의 정의와 함께 유사 산업생태계(자동차 등)를 같은 맥락에서 비교분석 실시
3	정부 R&D 투자효과 분석	철도부문의 정부 연구개발 투자의 효과 분석 실시
4	철도산업 파급효과 분석	철도교통의 특성을 감안한 산업연관분석 실시

제2절 기술수준분석·연구개발 전략수립 관련 연구현황 분석

1. 『과학기술기본법』에 의거한 기술수준평가 관련 연구수행 현황

- 국가정책 사업의 실효적인 기획·수행관리를 위해 국가 R&D 기술수준에 대한 신뢰성 있는 정량적 기반자료 마련을 위해 과학기술기본법에서는 기술영향평가 및 기술수준평가의 시행을 법으로 정하고 있음
 - 기술수준평가는 국제비교를 통한 국내 주요 기술수준을 진단·판단하기 위해 실시됨
 - 과학기술기본법 제14조, 시행령 제24조 2항에 의거, 매 2년 주기로 정례화 되어 조사·추진
 - 2015년에는 기본법과는 별개로 기술수준평가를 위한 방법론 개선 연구를 위해 120개 국가 전략기술에 대한 기술수준평가 시 수행
- * 2008년과 2010년 : 90개 중점과학기술에 대한 기술수준평가 실시
- * 2012년, 2014년 : 120개 국가전략기술에 대한 기술수준평가 시행

[과학기술기본법]

제14조(기술영향평가 및 기술수준평가)

- ① 정부는 새로운 과학기술의 발전이 경제·사회·문화·윤리·환경 등에 미치는 영향을 사전에 평가(이하 "기술영향평가"라 한다)하고 그 결과를 정책에 반영하여야 한다.
- ② 정부는 과학기술의 발전을 촉진하기 위하여 국가적으로 중요한 핵심기술에 대한 기술수준을 평가(이하 "기술수준평가"라 한다)하고 해당 기술수준의 향상을 위한 시책을 세우고 추진하여야 한다.

[과학기술기본법 시행령]

제24조(기술수준평가)

- ② 미래창조과학부장관은 법 제14조제2항에 따라 관계 중앙행정기관의 장과의 협의를 거쳐 소관 분야에 대한 기술수준평가를 2년마다 실시하여야 하고, 그 결과를 심의회에 보고하여야 한다.

□ 정부 부처별 R&D 전략수립을 위한 기술수준 조사분석

- 국토교통부를 포함한 산업통상자원부, 농림수산물식품부 등 정부 각 부처에서는 급변하는 산업, 경제 환경의 변화흐름에서 R&D전략을 수립하기 위해 기술수준 조사분석 실시
- 부처별 기술수준 조사는 해당 산업의 현재 기술수준 파악을 통한 미래전략 수립과 향후 지속가능한 아이템 발굴을 목표로 하고 있음

[표 9] 주요 기관별 기술수준조사 현황

구분	산업기술 수준조사	국방과학기술 조사서	농림수산물 기술수준평가	정보통신산업 기술수준조사	국토교통기술 수준조사
수행 기관	한국산업기술평가 관리원(KETIT)	국방기술품질원 (DTaQ)	농림수산물기술기획 평가원(IPET)	미래부·정보통신 기술진흥센터(IITP)	국토부·국토교통 과학기술진흥원(KAIA)
조사 목적	- 기술발전 현황 파악 - 신규 과제 선정기준 마련	- 기술발전 현황 파악 - 소요기술 수준조사 및 확보방안 도출	- 중장기 기술정책수립 기초자료 활용 - R&D 자원 효율적 배분	- 기술발전 현황 파악 - 신규 과제 선정기준 마련	국토교통 R&D 추진전략 수립 활용
추진 경과	2009년~ (‘11년부터 2년 주기)	2007년~ (2년주기)	2009년~ (‘12년부터 2년주기)	2010년~ (‘12년부터 2년주기)	2013년~ (‘13년부터 2년주기)
조사 대상	28개 기술분야, 592개 소분류	27개 무기체계, 142개 대분류, 394개 중분류	4대 중점 연구분야, 14대 핵심분야, 50개 핵심전략기술	10개 기술 분야, 45개 중분류, 173개 소분류	9개 대분류, 32개 중분류, 113개 소분류
평가 방법	- 델파이조사 - 계층 내 동의도 사용	- 델파이 조사 기술성장모형	- 델파이 조사 논문 및 특허 정보 수집 분석	- 설문조사 - 계층 내 동의도 사용	고든모델 (2라운드 미니델파이 방법론)

○ 정보통신산업 기술수준조사(IITP)

- 정보통신기술진흥센터에서는 ICT 기술수준조사를 매년 시행하고 있으며, ICT 분야의 신규 과제기획 시 우선순위 파악 및 ICT 기술 별 효율적 투자재원 배분 목적으로 활용
- 2015년 실시된 기술수준조사에서는 10대 기술분야, 41개 중분류, 170개 소분류를 대상으로 미국, 일본, 유럽, 중국 대비 기술수준(%) 및 기술 격차(년) 평가를 실시
- 방법론 : 웹기반 델파이(Real time Delphi) 설문을 수행 (Gordon 정량화 모형(Scoring Model) 사용)
- 10대 기술분야의 기술수준과 관련하여, 한국은 이동통신(90.6%), 방송·스마트미디어(84.0%), 정보보호(81.7%), ICT 디바이스(81.4%), 융합 서비스(80.6%) 분야에서 선도국 대비 80% 이상의 수준을 보유한 것으로 조사됨
- 선진국 대비 가장 큰 기술 격차를 보이는 분야는 기반 S/W·컴퓨팅(74.1%, 2년) 인 것으로 분석됨

[표 10] 기술분야별 기술수준 및 격차기간

구분	최고 기술국	기술수준					격차기간				
		한국	미국	일본	유럽	중국	한국	미국	일본	유럽	중국
전체 평균	미국	80.3	100	86.5	88.7	73.6	1.6	0	1.1	0.9	2.1
융합 서비스	미국	80.6	100	88.3	91.0	69.8	1.4	0	0.8	0.6	2.3
이동통신	미국	90.6	100	87.5	90.6	81.2	0.8	0	1.0	0.8	1.6
네트워크	미국	79.2	100	87.1	89.9	77.5	1.5	0	0.9	0.8	1.7
전파·위성	미국	75.8	100	88.1	92.0	74.7	2.3	0	1.1	0.8	2.4
방송·스마트미디어	미국	84.0	100	93.6	91.3	71.9	1.1	0	0.5	0.6	1.9
기반SW·컴퓨팅	미국	74.1	100	82.2	85.1	70.7	2.0	0	1.4	1.2	2.3
SW	미국	76.7	100	79.0	83.8	70.1	1.9	0	1.7	1.3	2.4
디지털콘텐츠	미국	78.7	100	83.8	85.5	70.3	1.6	0	1.2	1.1	2.4
정보보호	미국	81.7	100	83.4	88.5	74.5	1.5	0	1.3	.9	2.1
ICT 디바이스	미국	81.4	100	91.7	88.8	75.0	1.5	0	0.6	0.9	2.1

출처 : 정보통신산업 기술수준조사(IITP)

○ 산업기술수준조사 (KEIT)

- 정보통신기술진흥센터에서는 ICT 기술수준조사를 매년 시행하고 있으며, ICT 분야의 신규 과제기획 시 우선순위 파악 및 ICT 기술 별 효율적 투자재원 배분 목적으로 활용
- 델파이조사 중심의 기술수준평가 개선을 위해 국내·외 평가사례 조사·분석 수행
 - ※ 미국, 일본, 중국 등 해외에서는 델파이조사 방법이 아닌 소수 전문가의 정성적 판단에 의한 기술수준평가를 주로 수행
- 해외에서 활용되는 소수 전문가의 정성적 판단에 의한 기술수준평가는 근거가 명확하고 절차가 간결하다는 장점이 존재하지만, 최고전문가 선정 및 판단 기준이 모호하며 다수의 기술을 동일조건에서 비교하기 위한 방법으로는 부적합
- 국내 기술수준평가는 주로 델파이조사를 활용하여 정량화 실시
 - ※ 국내 기술수준평가는 대상 분야 및 기술은 상이하나, R&D정책수립, R&D사업 및 과제 기획에 직접적으로 활용되므로 다수의 기술에 대한 동일 조건의 평가가 이루어져야 하고 결과의 정량화가 필요하여 델파이조사를 널리 활용
- 기술수준평가 활용도 제고를 위해 기술수준과 국가연구개발사업 투자와의 연계 분석 수행
 - 2014년 120개 국가전략기술 전체 기술수준은 78.4%, 국가연구개발사업 투자액은 9조 5,035억원 (전체의 58.3%를 차지)
 - 10대 분야별 기술수준은 기계·제조·공정 분야가 83.4%로 가장 높고, 정부연구비는 에너지·자원·극한기술 분야에 가장 많이 투자(1조 7,711억원, 전체의 18.6%)
 - 120개 국가전략기술 중 첨단 무기개발기술에 가장 많은 정부연구비를 투자(1조 1,069억원, 전체의 11.6%, 기술수준 74.2%)
 - 우리나라 기초연구의 기술수준은 77.6%, 국가연구개발사업 과제수는 15,127개, 투자액은 2조 5,364억원(기타를 제외한 비중은 29.1%)
 - 10대 분야 중 기초연구 기술수준이 상대적으로 높은 분야는 기계·제조·공정(82.6%), 투자액이 많은 분야는 에너지·자원·극한기술(5,669억원)
 - 120개 국가전략기술 중 기초연구 투자액 비중이 상대적으로 높은 기술은 차세대 가속기기술(98.8%)
 - 국가전략기술 관련 국가연구개발사업은 대학(17,253개 과제, 49.8%)에서 가장 많이 수행하고 있고, 정부연구비 투자액은 출연연구소(3조 6,118억원, 38.0%)가 가장 많음
 - 2014년 120개 국가전략기술 전체 기술수준은 78.4%, 국가연구개발사업 투자액은 9조 5,035억원(전체의 58.3%를 차지)
- 결론 및 시사점
 - 해외 정성적 평가, 국내 델파이조사 방법의 장점을 유지하면서 기술수준평가 결과의 신뢰성을 높이는 소그룹 전문가 형태의 기술수준평가 방법론 모색 필요
 - 소그룹 전문가의 의견교환을 통해 심층 분석 등 사전 기술수준평가를 수행하고, 이들이 추천한 전문가 5인 내외가 델파이조사 후 다시 최종 수정·보완 필요

○ 국토교통기술수준조사 (KAIA)

- 국토교통과학기술진흥원(KAIA)은 2013년에 이어 두 번째로 ‘2015년 국토교통분야 R&D 동향 및 기술수준조사’ 프로젝트를 추진, 최근의 국내외 국토교통분야 기술, 시장, 정책 동향을 모니터링하고 분석하여 향후 국토교통분야에서 추진해야 할 R&D사업 방향 수립을 실시
- 대분류1개(철도교통), 중분류3개(철도차량, 철도시설, 철도운영 및 환경), 소분류 12개로 철도교통분야 기술분류체계를 수립하고, 각 소분류 단위의 기술수준 및 기술발전단계 분석 수행

[표 11] 철도기술분류체계 (3단계)

대분류	중분류	소분류
철도교통	철도차량	일반철도차량
		고속철도차량
		자기부상철도차량
		도시철도차량
	철도시설	철도노반
		철도궤도
		철도교량/터널/역사
		전철/전력
		신호/통신
	철도운영 및 환경	철도운영 및 안전
		철도환경
		철도시스템 유지관리

[표 12] 철도기술수준 분석결과

중분류	분석결과
철도차량	• ‘15년 철도차량분야 최고기술보유국은 독일 - 독일은 철도차량기술분야 내, 모든 소분류 기술분야에서 도시철도차량 분야를 제외하고 최고기술 보유 - 일본은 도시철도차량분야에 최고기술을 보유하고 있으며 유럽국가들의 기술 표준 진입장벽으로 인해 초고속 자기부상철도차량에 집중 ※ 자기부상철도차량 최고기술을 보유한 독일은 최근 연구가 소강 상태, 일본은 집중적으로 연구를 수행하여 격차 축소 - 중국은 유럽의 기술표준을 채택하고 내재화하여 전반적인 기술수준이 향상 • 한국은 ‘13년 대비 기술수준이 조사대상국 중 최대상승(77.5% → 81.6%) - 자기부상철도차량분야 기술수준이 가장 큰 폭으로 향상
철도시설	• ‘15년도 철도시설분야 최고기술보유국은 독일 - 독일은 철도시설분야 내, 전력/전철, 신호/통신 분야를 제외한 모든 소분류 기술분야에서 최고기술 보유 ※ 독일의 전철/전력기술도 세계 최고에 근접한 수준 - 전철/전력, 신호/통신 분야는 프랑스가 최고기술 보유 • ‘15년 한국의 철도시설분야 기술수준은 ‘13년 대비 3.7%p 향상 - 고속철도 인프라 연구개발사업, KRTCS 무선열차제어시스템 인증이 완료되며, 기술수준 향상 • 프랑스를 제외한 모든 국가의 기술수준이 ‘13년 대비 향상된 것으로 조사
철도운영 및 환경	• ‘15년 철도운영 및 환경분야 최고기술보유국은 일본 - 일본은 철도운영 및 환경분야 내, 철도환경분야를 제외한 모든 소분류 기술 분야에서 최고기술 보유 ※ 일본의 철도운영 기술은 우수하나, 국제적으로 통용되는 유럽표준 미인증으로 내진기술을 제외한 안전기술은 다소 미흡 • ‘15년 한국의 철도운영 및 환경분야 기술수준은 ‘13년 대비 3.7% 향상

출처 : 2015국토교통기술수준조사 (KAIA)

□ 시사점

- 기존 他부처에서 수행한 기술수준조사들은 해당 분야 과학기술 전 분야를 대상으로 분석하고 있으며, 주요분야에 해당하는 기술들을 매우 광범위하게 평가대상에 포함시키고 있음
- 철도교통기술의 경우 국토교통기술수준조사의 기술체계 상 대분류에 철도교통이라는 항목으로 초점을 맞춘 세부적 기술수준 평가가 필요함
- 본 과제에서는 기 수행된 국토교통기술수준조사의 철도부문을 세분화하여 부문별로 평가하고, 미래유망기술을 발굴하는 것을 목표로 하고 있으며, 우선적으로 기존 3단계의 체계를 5단계로 세분화한 철도교통 기술수준체계 구축이 선행되고, 구체적인 단계에서의 기술수준 분석이 실시되어야 할 것임

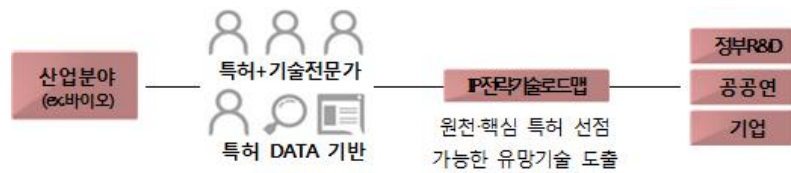
2. 철도분야 기술체계 구축 및 연구개발 전략수립 관련 연구수행 현황

□ 철도 광개토 프로젝트 - Railway Technology 2020 (한국철도기술연구원, 2010)

- 철도시스템 중심의 중장기 계획, 특정 연구팀의 관심을 반영한 중장기계획 등의 문제점을 개선하기 위하여, 기술트리 분석을 바탕으로 종합적인 연구개발 계획 수립
- 철도요소기술과 철도시스템으로 양분하여, 철도요소기술을 구성하고 있는 10개 기술(철도차량, 신호통신 등)과 철도시스템을 구성하는 13개 철도시스템(고속철도, 틸팅열차 등)에 대한 포괄적이고 종합적인 연구개발 계획 수립
- 「Railway Technology 2020」은 2015년까지 우리나라가 세계적인 수준의 철도기술 보유 국가로 성장하기 위한 핵심적인 내용을 담고 있으며, 각 요소기술 및 시스템별로 핵심적인 기술개발 계획을 수록하고 있음
- 철도요소기술 및 철도시스템 전체를 대상으로 철도요소기술, 철도시스템, 철도산업지원기술 등 3개 부문으로 기술검토를 실시
 - 철도요소기술: 철도차량, 궤도토목, 신호통신 등 철도를 구성하는 10개 요소기술을 대상으로 2020년까지의 기술개발 계획을 수록
 - 철도시스템: 고속철도, 바이모달 시스템, 저상트램, PRT 등 대형철도시스템별로 2020년 까지의 기술개발 계획 수록
 - 철도산업지원: 신기술 실용화 등의 철도산업발전기술과 철도 시험·인증 분야에 대한 계획 수록

□ 국가 특허전략 청사진 구축사업 (특허청)

- 산업분야별 대규모 특허분석을 통해 원천·핵심특허 창출이 가능한 미래 유망기술 발굴 및 국가 차원의 특허 선점 전략 제시



[그림 11] 국가 특허전략 청사진 구축사업 프레임

○ 추진 내용

- 산업분야를 18대 산업분야로 분류하고, 매년 4~6개 분야를 선정·추진하여 **전 산업분야 대상** 종합적 국가 특허전략 청사진 구축, 산업분야별 IP전략기술체계, 유망기술 및 IP전략기술로드맵 구축 실시
- 철도분야는 육상교통 산업분야에 포함되고 있으며, 육상교통 산업분야는 자동차 / 철도로 구분되며 철도분야는 11개의 중분류로 구분됨

[표 13] 18대 산업분야

연 도	산 업 분 야		
2012년	3개	① 이동통신,	② 바이오산업, ③ 로봇
2013년	4개	④ 산업 융합, ⑤ 소재산업, ⑥ 에너지자원,	⑦ 환경/기상
2014년	5개	⑧ 신재생에너지, ⑨ LED/광, ⑩ 농림수산식품,	⑪ 부품, ⑫ 해상·항공수송
2015년	6개	⑬ 육상교통, ⑭ 정보통신미디어, ⑮ 반도체,	⑯ 디스플레이, ⑰ 전력/원자력, ⑱ 제조기반

[표 14] 육상교통 산업분야

산업분야	대분류	중분류
육상수송	자동차	[스마트카] 자동차 안전 기술
		[스마트카] 자동차 편의 기술
		[스마트카] 융합 기반 기술
		[그린카] 전기자동차
		[그린카] (플러그인)하이브리드자동차
		[그린카] 연료전지자동차
		[그린카] 엔진기반차
		[공통핵심] 차체 & 바디
		[공통핵심] 차량통합제어장치 VCU)
		[공통핵심] 공조시스템
	철도	[철도차량] 차량시스템/차체
		[철도차량] 주행장치
		[철도차량] 추진제어
		[철도차량] 제동장치
		[철도차량] 공조장치
		[철도시설] 궤도/토목
		[철도시설] 전철/전력
		[철도운영] 신호/통신
		[철도운영] 안전
		[철도운영] 환경/소재
		[철도운영] 운영/관제

출처 :국가 특허전략 청사진 구축사업

□ 시사점

- 산업분야별 대규모 특허분석을 통해 원천·핵심특허 창출이 가능한 미래 유망기술 발굴 및 국가 차원의 특허 선점 전략 제시했다는 점에서 본 기획과제와 유사한 측면이 있음
- 하지만, 기존 특허를 중심으로 분석을 실시하여 現 국내외 기술수준의 분석 및 미래 유망기술 제시는 실시되지 않음
- 국가 특허전략 청사진 기술분류체계(대/중/소 분류 및 핵심기술)은 본 과제의 철도기술 분류 체계 및 유망기술 도출 시 연계 반영하여 검토 실시가 필요할 것으로 검토됨
- 기존 연구에서 활용하고 있는 기술수준체계는 4차산업혁명 기반기술 등 미래기술에 대한 포괄성을 갖추지 못할 수 있으므로, 이를 고려한 새로운 형식의 기술수준체계가 필요로 됨
- 기술수준체계를 종합적으로 구성하기 위해서는 기존 타 연구에서 제시된 기술수준체계 및 각종 유관기준을 참고하여 반영해야 할 필요성이 있을 것으로 판단됨
- 기술수준분석 및 유망기술 발굴을 위한 다양한 방법론(델파이조사 외)이 반영되어야 할 것으로 판단됨

3. 소결

□ 시사점 종합

- (기술수준체계의 위계) 국토교통기술수준조사의 기술체계 상 철도는 대분류인 철도교통이라는 항목으로 분석되고 있으므로, 세부적 기술체계의 구축 및 분석이 필요로 됨(3→5)
- (미래기술의 반영) 기존 기술수준체계는 4차산업혁명 기반기술 등 미래기술에 대한 포괄성을 갖추지 못할 수 있으므로, 이를 고려한 새로운 형식의 기술수준체계가 필요로 됨
- (기술수준체계의 구성) 국가 특허전략 청사진 기술분류체계(대/중/소 분류 및 핵심기술) 및 기타 철도관련 유사 기술수준체계를 면밀히 검토하여 반영할 필요가 있음
- (기술수준분석의 수행) 기존의 방법론(델파이조사)를 보완할 수 있는 방법론을 적용 필요
- (유망기술의 발굴) 다양한 정량적 방법론의 적용을 통해 유망기술을 도출하고 우선순위를 제시 필요

□ 시사점 반영사항

[표 15] 기술수준분석·연구개발 전략수립 시사점 반영사항

구분	부문	시사점 반영사항
1	기술수준체계 구성	세부적 기술체계의 구축 및 분석이 필요 (3단계 → 5단계)
2	기술수준체계 구성	4차산업혁명 기반기술 등 미래기술을 반영할 수 있는 기술수준체계 구축 필요
3	기술수준분석	기존 방법론(델파이조사)를 보완할 수 있는 정량적 방법론을 적용하여 분석 필요
4	유망기술 발굴	유망기술을 발굴하기 위한 다양한 정량적 방법론의 제안 / 적용이 필요

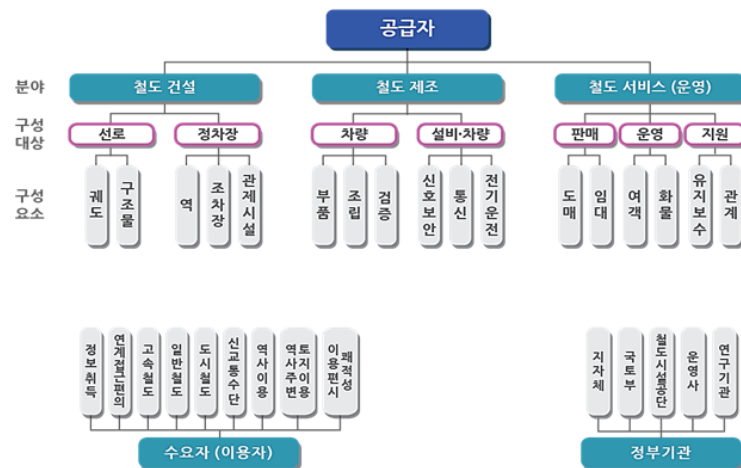
제3장 연구수행 내용 및 성과

제1절 철도교통 R&D투자 및 생태계산업 효과 분석

1. 철도산업 생태계 분석

가. 생태계 특성 및 구성요소 정의

- (정의 및 범위) 철도산업발전 기본법 제3조 9호 내 철도산업의 범위는 명시되어 있으나, 철도 산업 또는 철도산업 생태계에 대한 개념적 정의가 부재함
- 現 철도의 최상위 법령인 철도산업발전기본법 제3조 8호 내 철도산업은 ‘철도운송, 철도 시설, 철도차량, 철도 기술개발과 관련된 산업, 그밖에 철도의 개발·이용·관리와 관련된 산업’ 으로 정의되고 있음
- 그러나 동법 제3조 8호 내 명시된 정의는 철도산업이 아우르는 범위만을 제시하고 있을 뿐, 철도산업의 개념적 정의 또는 철도산업이 형성하고 있는 산업적 구조나 생태계에 대해 규명하는 것에는 다소 한계를 지니고 있음
- (철도산업 형성구조) 한국산업분류 기준, 철도산업은 건설, 제조, 서비스 등 다양한 산업을 보유한 복합 산업
- 산업생태계의 주요 구성요소인 산업 참여자와 생산 활동을 기반으로 철도산업 생태계의 형성구조를 도출하기위해 한국산업분류를 사용하며, 이는 한국산업분류가 가진 생산주체의 관점이 산업생태계의 정의에 관점적 귀속성을 보유하고 있기 때문임
- 한국산업분류 기준, 철도산업은 건설, 제조, 서비스 분야로 구분되며, 철도건설은 선로와 정차장, 철도제조는 차량과 설비장치로, 철도 서비스는 판매, 운영 및 지원 부분으로 구분됨



[그림 12] 철도산업 생태계 형성구조

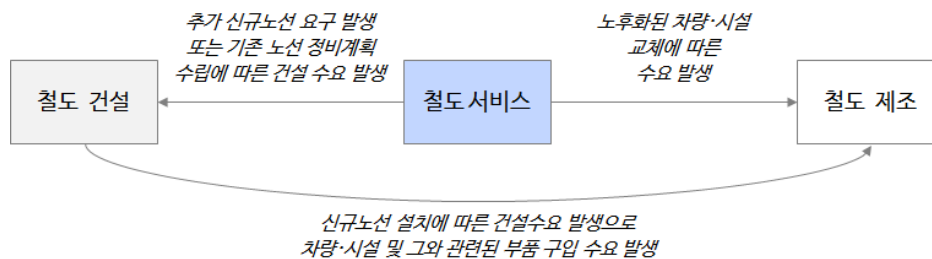
* (한국산업분류 기준) 생산주체가 수행하는 각종 상품과 서비스의 생산 활동을 생산주체의 관점에서 산업의 유사성에 따라 요약 및 분류한 것

* (산업생태계의 정의) 일정 조직 간의 특정 제품 또는 서비스를 두고 경쟁과 협력을 창출해내는 상호 의존적 네트워크 및 그와 관련된 활동

□ (철도산업 특징) 철도산업은 ‘수요 종속적 공급구조’라는 특성을 보유하였으며, 이러한 특성에 의해 ‘유기적 통합체계’가 형성되어있음

○ 철도산업은 ‘수요 발생에 따른 공급’이라는 특성을 보유하고 있으며, 이러한 특성은 ‘수주산업’이라 불릴 정도로 철도건설 및 철도 제조 분야에서 더욱 더 두드러지게 나타남

- 예를 들어, 철도 건설에 대한 수요는 정부 주도하에 추가 신규노선에 대한 국민의 사회적 요구 또는 기존 노선 정비계획 수립에 의해 발생하며, 정부주도에 발생한 건설 수요는 철도 제조 산업의 수요로 연결됨
- 결국, 사회적 요구 및 노선정비(철도 안전)의 기준이 되는 국민과 가장 밀접한 철도서비스가 수요 창출 동인이 되는 결과를 야기함



[그림 13] 철도산업의 수요 종속적 공급구조

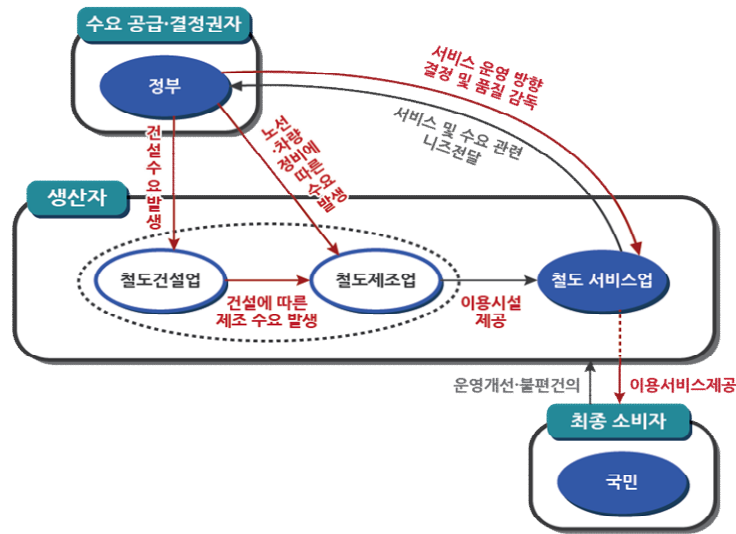
○ ‘수요 종속적 공급구조’를 가진 철도산업의 특징은 생태계 내 세부 산업·참여자 및 생산 활동 간 관계를 분리·분절 할 수 없는 ‘유기적 통합체계 (Meta System)’를 구축하게 함

- ‘유기적 통합체계(Meta System)’란, 일정 체계 간 서로 밀접하게 연결되어 떼어낼 수 없이 상호작용 하도록 융합된 거대한 복합체계를 의미하며, 유기적 통합체계에서는 수단/조직 간 연결되어 조직화 된 활동을 통해 최종적 서비스가 발현됨

□ (철도산업 생태계 정의) 법적 범위, 산업구조특징 등을 종합했을 때, 철도산업 생태계는 ‘정부 주도의 유기적 복합 산업 생태계’로 정의됨

○ ‘정부 주도의 유기적 복합 산업 생태계’란 정부가 주도하는 산업 생태계임과 동시에, 건설·제조·서비스 등의 복합적 산업 간 유기적 활동을 통해서만 최종적 서비스가 제공되는 산업임을 의미

○ 이러한 국내 철도산업 생태계 내 철도 건설 및 제조분야에서 정부는 주요 수요자로서 B2G의 수주산업을 주도하고 있으며, 철도서비스 분야에서는 정부가 주요 운영방향을 결정,감독함으로써 B2G의 서비스 품질 제고를 주도



[그림 14] 정부주도의 유기적 복합 산업 생태계인 철도산업

나. 산업 내 상관계 분석

□ 유관산업과 철도산업 비교

- 철도산업 생태계는 타 유관산업 대비 복합적이고 광범위한 생태계 구조를 보유하고 있으며, 구성 산업 간에도 높은 연계성을 지님
- 자동차 및 항공 산업의 생태계 구성산업은 크게 제조 및 서비스 산업으로 구성되는데 비해, 철도 산업은 건설업이 생태계 주요 구성산업에 포함됨

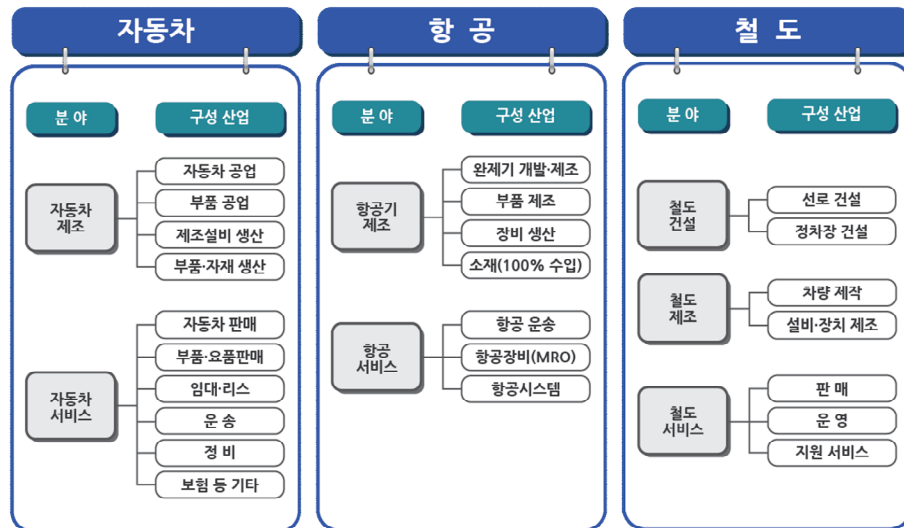
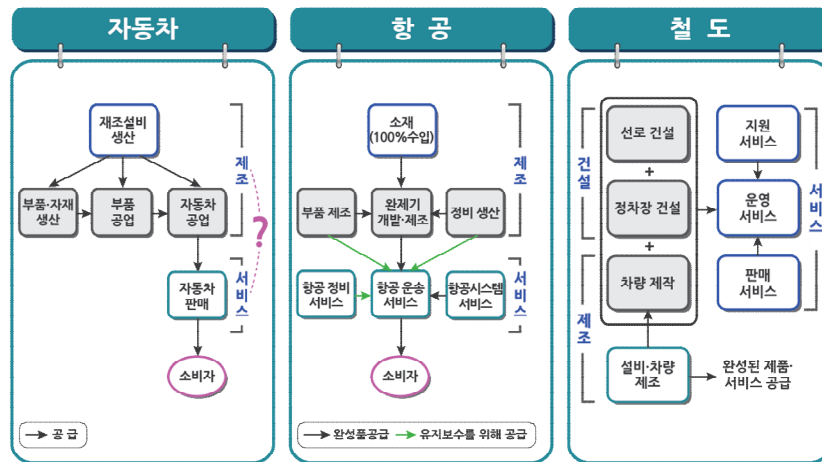


그림 15 유관산업과 철도산업의 생태계 구조

- 철도 건설제조 분야의 자본재적 산업 특성, 생태계 구성산업 활동 간의 연속성, 철도서비스 산업 변화에 따른 철도건설제조 산업에 발생하는 투자 수요 등은 철도산업 생태계 구성 산업 간 연계성이 높다는 것을 시사함

- (유관산업 생태계 구성 산업 간 연계성) 자동차산업은 자동차 공업과 판매서비스업간의 수요·공급 관계를 제외하고는 구성산업 활동 간 연계성이 미미하고 항공 산업은 운송서비스업 중심으로 산업 활동이 집약됨
- 생태계 구성산업 활동 간의 연속성이란, 소비자에게 제공되는 최종서비스가 건설→제조→서비스 순으로 생산되는 활동의 일련성을 의미



[그림 16] 유관산업과 철도산업의 생태계 구성산업 간 활동

- 또한, 철도산업 생태계는 자동차산업과 항공 산업 대비 정부의 활동·개입 수준이 높고, 공공요금이라는 정부 규제에 의해 이용 접근성·공공성이 높음
- 철도산업은 정부 및 지자체 산하 공기업이 완제품의 수요자임과 동시에 철도 서비스업의 주요 운영자 역할을 담당하고 있어 타 유관산업 대비 산업 생태계 내 정부의 활동 및 개입 수준이 높음
- 또한, 자동차산업과 항공산업은 사치품에 속하며, 철도산업 이용 비용이 공공요금으로 제한되어 있는 특성으로 인해 타 산업 대비 요금적 측면에 있어 이용 접근성과 공공성이 높음

[표 16] 유관산업과 철도산업 생태계의 주요 산업 활동 유형

구분	자동차	항공	철도
제품 거래 활동	◦ (완성차) B2C ◦ (부품·소재) B2B	◦ (완제기) B2B ◦ (부품) B2B - 소재는 100% 수입 의존	◦ (완성차량) B2G ◦ (부품·소재) B2B와 B2G - 차량제작에 소요되는 거래는 B2B, 시설 등 유지보수는 B2G임
서비스 거래 활동	◦ (판매 서비스) B2C - 완성차 제작사가 딜러제도를 통해 소매 형태로 판매까지 담당	◦ (운송 서비스) B2C - 아시아나, 대한항공 등 민간 항공사들이 여객·화물 운송서비스 제공	◦ (운송서비스) B2C 및 G2C - B2C는 민자 철도노선이 제공하는 서비스이며, 대부분이 정부·지자체 산하 공기업이 G2C 형태로 운송서비스 제공

[표 17] 유관산업과 자동차 산업 간 생태계 이용 특성

구분	자동차	항공	철도
생태계 이용 특성	◦ 실질소득이 증가함에 따라 수요가 증가하는 특성을 지니고 있음 - 이는 자동차 이용에 대한 모든 비용을 소비자가 부담하는 등 이용에 대한 부담이 크기 때문임 ◦ 사치품*에 속함 - 이용비용의 일부를 개별 소비세, 자동차세 등의 세금으로 납부하는 사치품	◦ 운송서비스 이용에 대한 비용을 소비자가 모두 부담하는 요금구조는 실질소득 변동에 수요량이 정비례 하는 결과를 야기 ◦ 사치품과 유사한 이용 특성을 보유 - 이용요금의 일부를 항공권 세금 및 수수료로 납부 하는 등 사치품과 유사한 이용 특성 보유	◦ 실질소득이 증가할 경우, 철도이용 대신 타 교통수단으로 전환하는 등 수요량이 감소하는 특성을 보유 - 그러나, 이러한 이용특성 은 고속열차의 발전과 요금개편 등에 따라 변동가능 ◦ 이용에 대한 비용을 공공 요금으로 규제하고 특정 사회적 배려 대상자에게 면제해 주는 등 이용 접근성·공공성이 높음

* 사치품이란, 소득 수준이 증가할수록 수요가 증가하는 재화로 개별소비세, 자동차세 등의 세금을 부과하는 품목특성을 지니고 있음

[표 18] 자동차/항공/철도 산업별 인프라 특징 비교

구분	자동차	항공	철도
형태	◦ 도로	◦ 공항	◦ 선로 및 정차장
범위	◦ 전국적 도로 인프라 보유 ◦ 화물 및 여객 수송분담율 타수단 대비 높음(80% 이상)	◦ 전국거점도시 중심으로 공항 위치해 있으며, 직접수혜 대상은 광역지역 - 광역별 약 1.1개의 공항 존재	◦ KTX를 포함한 전국 넓은 면적에 철도망 구축 -광역별 약 24개의 거점 존재
산업 부문별 주체	◦ (인프라 건설) 정부 주도 ◦ (제조 및 서비스) 민간 자동차 제조 기업 중심	◦ (인프라 건설) 정부 주도 ◦ (제조) 소수의 대형 민간 제조업체 중심 ◦ (서비스) 민간 기업이 항공 운송, 시스템 및 MRO 담당	◦ (인프라 건설) 정부 주도 ◦ (제조) 민간 기업이 담당 ◦ (서비스) 전·후방 산업 전반에 걸쳐 국가주도로 운영
인프라와 생태계간 연계성	◦ (도로건설) 완성차 제조 중심의 산업 생태계 내 도로건설이 수요창출에 미치는 파급효과 저조	◦ (공항건설) 운송서비스 중심의 항공산업은 네트워크, 공항은 플랫폼이라는 특성과 공항산업 산업군의 광범위함으로 인해 공항과 항공간 별도의 생태계로 분류	◦ 건설, 제조, 서비스 부문간 연계가 높은 철도 산업 발전에 인프라 건설의 중요성 높음

□ 유관산업과 철도산업 간 생태계 비교

[표 19] 산업 생태계 내 구성요소 및 활동 비교

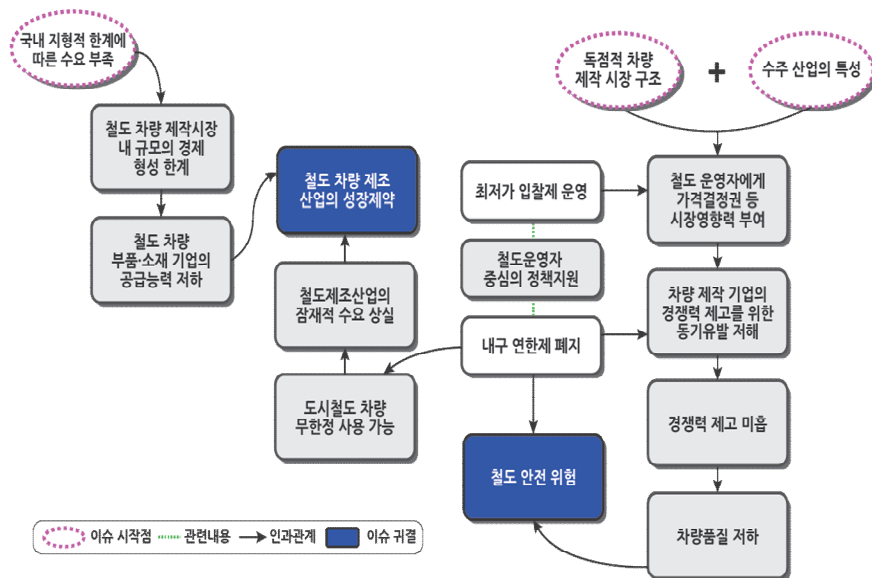
구분		자동차산업	항공 산업	철도산업	시사점
구성요소	전방산업**	◦ 자동차 공업(제조)	◦ 항공 운송 서비스	◦ 철도 운송 서비스	◦ 건설업이 생태계 주요 구성 산업 내 포함됨에 따라 타 유관산업 대비 철도산업의 생태계 범위는 더욱더 광범위 하며 복합적임 ◦ 철도제조서비스업 산업의 발전과 철도인프라 건설의 상호의존성은 타산업 대비 높음
	생태계구성산업*	◦ 제조, 서비스	◦ 제조, 서비스	◦ 건설 , 제조, 서비스 - 건설, 제조, 서비스 간 수요 창출자이자 수요 공급자	
	인프라	◦ (도로건설) 완성차 제조 중심의 산업 생태계 내 도로건설이 수요창출에 미치는 파급효과 저조	◦ (공항건설) 운송서비스 중심 항공산업은 네트워크, 공항은 플랫폼이라는 특성과 공항산업 산업군의 광범위 함으로 인해 공항과 항공간 별도의 생태계로 분류	◦ 철도제조서비스업 산업의 발전 및 운영은 철도인프라 건설이 전제 되어야 함 - 철도건설은 제조업에게 수요창출동인임과 동시에 서비스업에는 수요 공급자	
활동	주요제품거래유형	◦ (완성차) B2C ◦ (부품·소재) B2B	◦ (완제기) B2B ◦ (부품) B2B - 소재는 100% 수입 의존	◦ (완성차량) B2G ◦ (부품·소재) B2B와 B2G - 차량제조를 위한 거래는 B2B, 시설 등 유지보수 목적의 거래는 B2G	◦ 타 유관산업 대비 철도산업 생태계는 정부의 활동·개입 수준이 높음 - 이는, 철도산업 생태계에서 정부·지자체 산하 공기업이 완제품의 수요자임과 동시에 서비스업의 주 운영자 역할을 담당하고 있기 때문임
	주요서비스거래유형	◦ (판매 서비스) B2C - 완성차 제작사가 딜러제도를 통해 소매형태로 판매까지 담당	◦ (운송 서비스) B2C - 아시아나, 대한항공 등 민간 항공사들이 여객·화물 운송서비스 제공	◦ (운송서비스) B2C와 G2C - 일부 민자 철도노선에 의해 B2C의 성격도 보유 하고 있으나, 대부분이 정부 또는 지자체 산하 공기업이 운영 하고 있어 G2C성격이 강함	

[표 20] 산업생태계 특성 비교

구분	자동차산업	항공 산업	철도산업	시사점
생태계 성격		- 자본재·소비재적 성격 동시 보유 - 제조업은 자본재적 특성을 보유하였으며, 서비스업은 소비재적 특성 보유	- 건설·제조 산업은 자본재적 특성 보유 - 서비스 산업은 소비재적 특성을 보유	
생태계 이용 특성	- 실질소득이 증가함에 따라 수요가 증가하는 특성을 지니고 있음 - 이는 자동차 이용에 대한 모든 비용을 소비자가 부담하는 등 이용에 대한 부담이 크기 때문임 - 사치품에 속함 - 이용비용의 일부를 개별 소비세, 자동차세 등의 세금으로 납부하는 사치품	- 운송서비스 이용에 대한 비용을 소비자가 모두 부담하는 요금구조는 실질소득 변동에 수요량이 정비례 하는 결과를 야기 - 사치품과 유사한 이용 특성을 보유 - 이용요금의 일부를 항공권 세금 및 수수료로 납부 하는 등 사치품과 유사한 이용 특성 보유	- 실질소득이 증가할 경우, 철도이용 대신 타 교통수단 으로 전환하는 등 수요량이 감소하는 특성을 보유 - 그러나, 이러한 이용특성 은 고속열차의 발전과 요금개편에 따라 변동가능 - 이용에 대한 비용을 공공 요금으로 규제하고 특정 사회적 배려 대상자에게 면제해 주는 등 이용 접근성·공공성이 높음	- 타 유관산업 대비 구성 산업 간 연계성이 높음 - 이는, 철도건설·제조 산업의 자본재적 특성과 건설→제조→서비스 순으로 이어지는 산업 활동 간의 연속성, 철도서비스 산업의 변화에 따라 철도 건설·제조 산업의 투자수요가 발생하는 점 등은 철도산업 생태계 구성 산업 간 파급 효과를 보유하였다는 것을 시사함 - 이용비용(요금) 관점에서 철도산업은 타 유관산업 대비 공공요금이라는 정부규제에 의해 이용 접근성 및 공공성이 높음
구성 산업 간 연계성	(활동 관점) 완성차 제작과 판매서비스업 간 일부 연계성 을 보유하고 있으나, 판매를 제외한 다른 서비스업과 제조업 간 활동연계성은 미미 (투자관점) 불특정 다수 대상 대량생산 이라는 제조업의 특성상, 서비스업과 제조업 간 투자 수요 관련성 미미	(활동 관점) 운송 서비스업 중심으로 모든 항공 제조업 및 유관 서비스업활동이 집약됨 (투자관점) 운송서비스업의 노선강화를 위해 제조업 수요 발생 가능	(활동 관점) 건설→제조→ 서비스 순으로 최종서비스가 제공되는 등 구성 산업 간 연속성 있는 활동연계성 보유 (투자 관점) 철도서비스 산업의 운영환경에 따라 철도 건설·제조 수요가 발생	

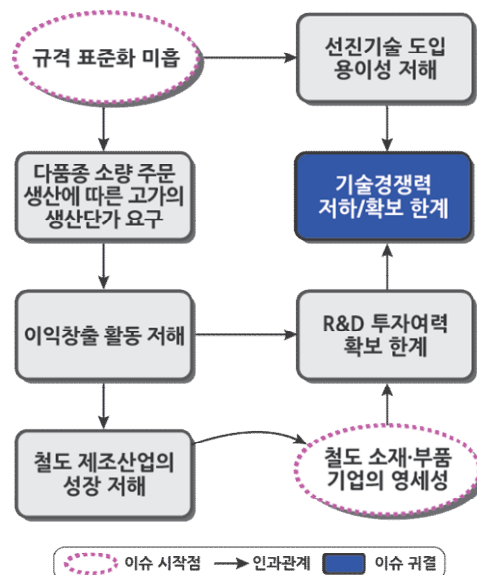
□ 철도산업 생태계 내 이슈 연관성

- (동일 산업 군) 건설, 제조, 서비스 산업으로 구성된 철도산업 생태계 내 철도제조 분야의 이슈들은 해외진출 관련 이슈를 제외하고 개별적으로 이슈 간 인과의 형태로 연계되다 하나의 귀결점에 도달하는 특징을 지님
- (철도차량 제조) 철도제조 산업 내 철도차량 제조업은 독점적 시장 구조, 수요 부족 등의 시장 환경과 수주 산업이라는 산업적 특성이 시발점이 되어 철도차량 제조 산업의 성장 제약과 철도안전 위협을 초래함



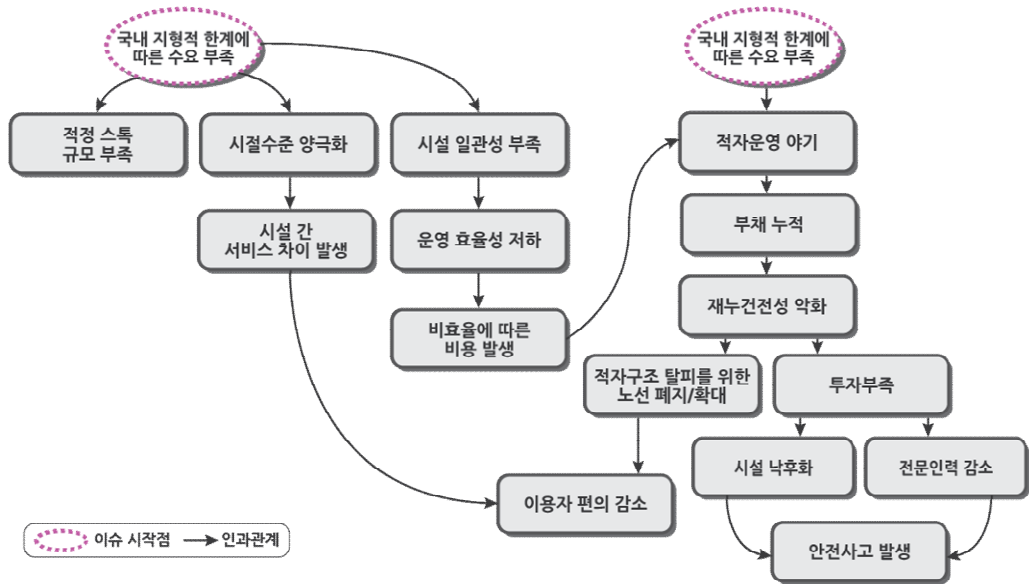
[그림 17] 철도차량 제조 산업 내 이슈 간 인과관계

- (철도 부품소재 제조) 부품소재 기업의 영세성과 규격 표준화 미흡이 결국 철도 부품소재 제조기업의 기술경쟁력을 확보에 한계를 야기하고 있으며, 이는 철도 부품소재 제조산업의 이슈 간 인과관계를 규명하는 주요한 요인으로 판단할 수 있음



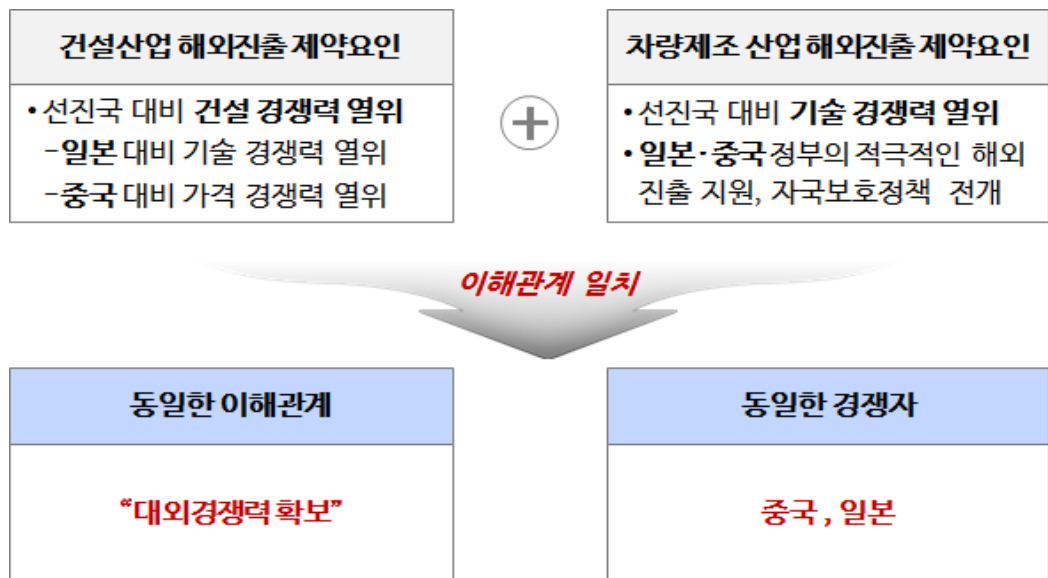
[그림 18] 철도부품소재 제조 산업 내 이슈 간 인과관계

- (타 산업 군) 철도건설 분야의 이슈들은 철도서비스 분야 이슈들과는 인과관계성을 철도차량제조 산업과는 상호 이해관계 일치성을 지니고 있음
- (철도건설-철도서비스) 철도건설 분야와 철도서비스 분야의 이슈들은 부족한 국내 철도 건설 수요, 곧 철도 투자를 기점으로 인과적 관계를 보유함



[그림 19] 철도건설 및 철도서비스 분야 이슈 간 인과관계

- (철도건설-철도차량 제조) 철도건설 및 철도차량 제조 산업은 해외진출을 두고 ‘대외 경쟁력 확보’ 라는 동일한 이해관계와 일본, 중국이라는 공통된 경쟁자를 보유하였으므로 상호간 이해관계 일치성을 지니고 있다고 판단됨



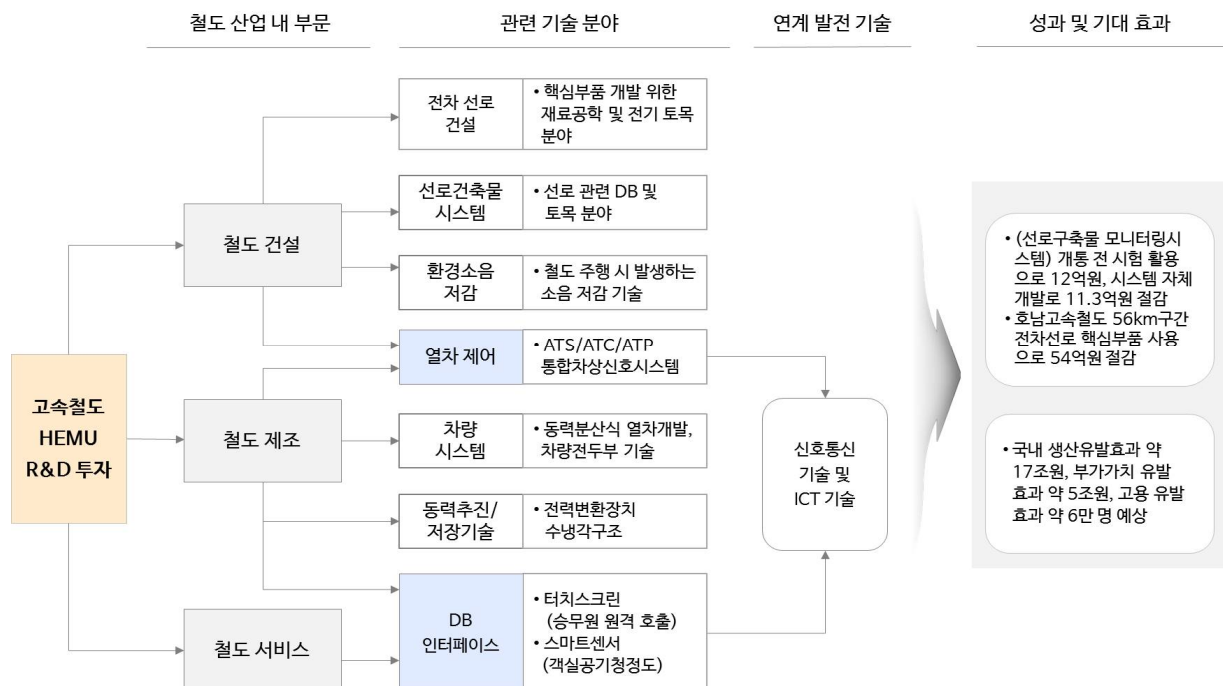
[그림 20] 철도건설 산업과 철도차량 제조 산업 간 상호 이해관계 일치성

□ 철도산업 R&D 투자에 따른 파급효과

○ 철도산업은 철도건설, 철도제조, 철도 서비스 부문이 상호 연계된 복합 산업으로 R&D 투자 시 부문간 연관 기술이 발전하며, 수입대체효과 및 고용 확대 등의 파급효과 창출

- 철도 R&D 투자는 철도산업 부문별 필요 기술 뿐 아니라 부문 간 연관 기술의 발전으로 이어짐
- 철도 R&D 투자로 철도건설과 철도제조 부문에서는 열차제어 관련 신호통신 기술이 발전하며, 철도제조와 철도서비스 부문에서는 DB 및 인터페이스 구축 관련 ICT 기술 개발로 확대됨
- 철도 R&D는 시장 창출과 수입대체 효과 및 고용 확대 등 파급효과 창출 예상

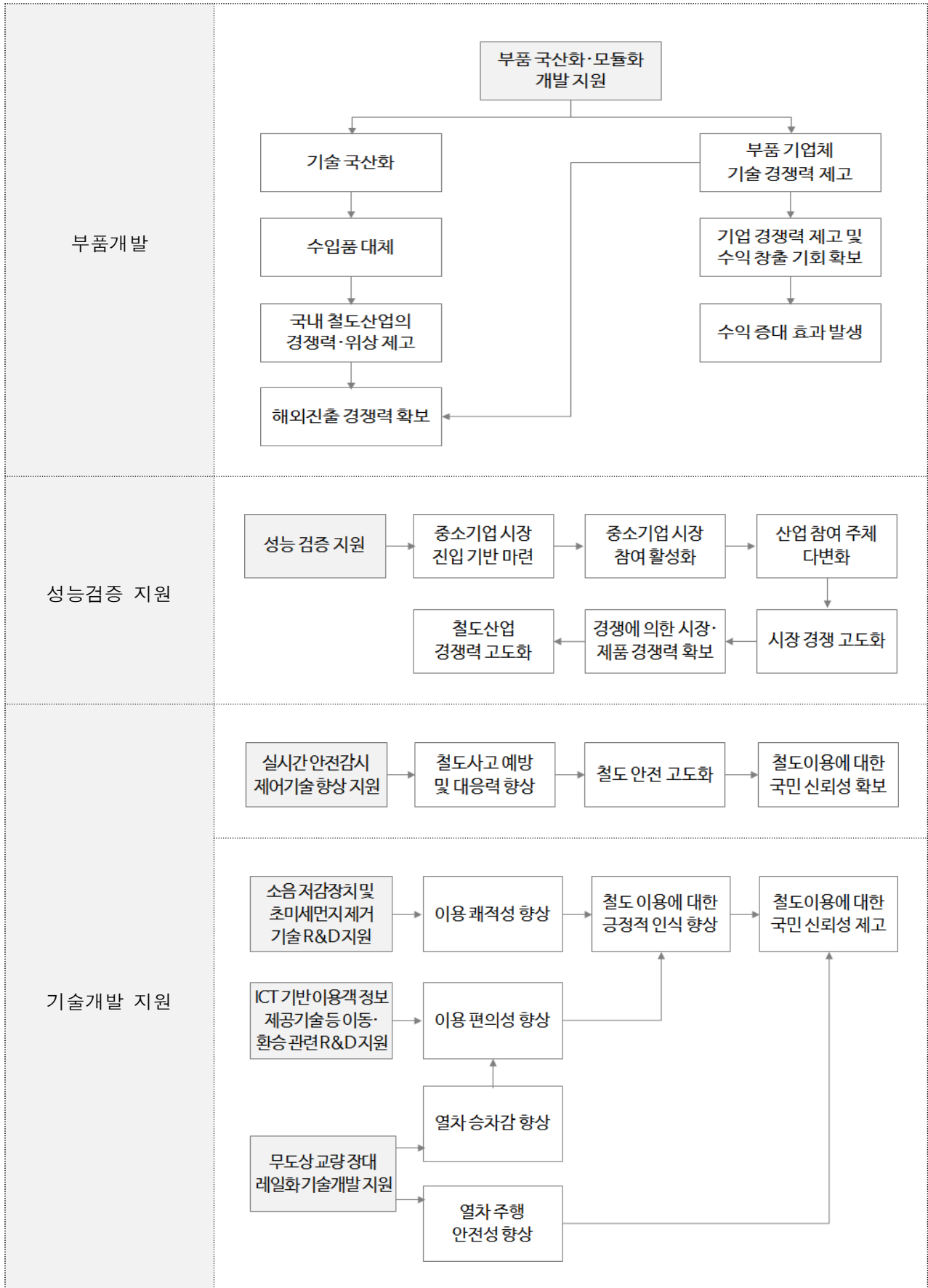
* 국토부는 철도 기술개발을 통해 '13년~'22년 14조 2천억 원의 시장을 형성, 1조 9천억 원의 수입 대체효과와 20만 7천명의 고용이 창출을 예상



[그림 21] 철도산업 R&D 투자에 따른 시장창출 및 수입대체 효과(고속철도 HEMU 사례)

○ 또한, 17년도 국토교통과학기술연구개발 철도기술연구사업의 주된 예상파급 효과는 기업 경쟁력 확보, 철도 이용편의성, 쾌적성 확보에 따른 이용자의 인식 및 신뢰도 제고, 시장 경쟁 활성화에 따른 산업경쟁력 고도화 등으로 도출됨

[표 21] 철도 R&D 투자에 따른 예상 파급효과



다. 철도산업 생태계 분석결과 종합

○ (철도산업 생태계 정의) 철도산업발전기본법 내 철도산업생태계에 대한 개념적 정의는 부재하나, 철도산업의 법적 범위, 산업 형성구조, 특징 등을 종합했을 때, 철도산업 생태계는 ‘정부 주도의 유기적 복합 산업 생태계’로 정의됨

- 철도발전기본법 제3조(정의)8호 내 명시된 정의는 운송, 시설, 차량, 기술개발 등 철도산업의 범위만을 제시하고 있을 뿐 철도산업 생태계에 대한 개념적 정의 또는 특성을 규명하는 것에는 다소 제한적임
- 한국산업분류 기준, 철도산업은 건설, 제조, 서비스 등 다양한 산업군을 지닌 복합 산업임
- * 한국산업분류를 기준으로 한 이유는, 한국산업분류가 가진 생산주체의 관점이 산업생태계의 정의와 유사성을 지니고 있기 때문임
- 철도산업의 주요 특징은 ‘수요 종속적 공급구조’이며, 이러한 공급 수요는 수요의 시발점인 사회적 요구 및 노선정비계획과 가장 밀접한 철도서비스를 중심으로 발생하고 있음
- 일례로, 철도산업의 경우에는 정부주도하에 철도건설에 대한 수요가 국민의 사회적 요구 또는 기존 노선정비계획에 의해 발생하며, 이러한 철도건설 수요는 철도제조 산업의 수요로 연결됨
- 철도산업의 현황과 특성을 고려했을 때, 철도산업 생태계는 ‘정부 주도의 유기적 복합산업 생태계’로 정의되며, 이는 정부가 주도하는 산업생태계임과 동시에, 건설·제조·서비스 등의 구성산업 간 유기적 활동을 통해서만 최종적 서비스가 제공되는 산업이라는 것을 의미함

○ (유관산업 비교우위) 광범위하고 복합적인 구조를 보유한 철도산업 생태계는 세부구성 산업 간 연계성, 정부 개입 수준, 이용의 접근성, 공공성이 높음

- 자동차 및 항공산업의 생태계 세부구성산업은 제조와 서비스 분야로 되었으나, 철도산업은 건설, 제조, 서비스 분야로 구성되어 있어 생태계의 범위가 더 넓고 복잡적임
- 철도건설 및 제조 산업의 자본재적 특성과 철도건설→철도제조→철도서비스로 이어지는 일련적 최종 서비스 생산 프로세스는 유관산업대비 세부구성 산업 간 높은 연계성을 갖게 함
- * 자동차산업은 제조·서비스 산업간 연계성이 미미하고, 항공 산업은 운송서비스업을 중심으로 산업 활동이 집약되어 있음
- 철도 운영서비스 산업의 주요 운영자인 정부 및 지자체 산하 공기업은 철도건설·제조 산업 완제품의 최대 수요자이며, 이는 타 유관산업 대비 산업 생태계 내 정부의 활동 및 개입수준이 높다는 것을 시사함
- * 자동차산업 완제품의 최대 수요자는 완성차기업(민간) 또는 고객

- * 항공제조 산업은 완제품 제작 민간 기업이 완제품의 최대 수요자이고 항공운송산업은 이용 고객이 최대 수요자임
- 서비스 이용 특성과 요금에 대한 정부 통제는 철도산업에게 타 산업 대비 이용 접근성과 공공성을 높이는 결과를 가져옴
- * 자동차산업과 항공산업과는 다르게, 철도산업은 실질소득이 증가할 경우, 철도이용 대신 타 교통수단으로 전환됨에 따라 수요량이 감소하는 이용 특성을 지니고 있음. 단, 이러한 철도의 이용특성은 고속철도 발전과 철도 이용요금체계의 변화에 따라 변동될 가능성이 농후함
- * 자동차 산업과 항공 산업은 이용요금 내 개별소비세, 항공권 세금 등을 포함하나, 개인소비자의 완성차 이용과 항공운송서비스 이용요금에 있어 별도의 요금 책정을 시행하지 않고 있음. 본 연구에서 도출한 자동차, 항공산업 생태계 내 공항과 도로 등의 인프라가 포함되어 있지 않으므로 공항이용료 및 도로 통행료 등은 제외함

○ (철도산업 이슈 간 연관성) 철도산업 생태계의 이슈들은 인과관계와 상호이해관계 일치성 등의 연관성을 지님

- 철도제조 산업 이슈들은 철도차량제조 산업의 성장과 부품·소재 제조기업의 기술경쟁력에 제약을 야기하는 이슈간의 인과관계성이 도출되었으며, 철도건설 분야 내 투자부족은 시설 운영 비효율이라는 서비스 분야 이슈와의 인과관계성 또한 도출되었음
- 또한, 철도건설 및 차량제조 산업은 해외진출을 두고 대외경쟁력 확보라는 일치된 이해관계를 보유하고 있어, 이는 상호이해관계 일치성으로 판단됨

○ (철도 R&D 투자효과) 철도 R&D 투자는 철도산업 생태계가 지닌 ‘연계성’이라는 특성에 의해 생태계 세부구성 산업의 연관기술을 고도화하는 연쇄적 효과를 창출하며, 수입대체효과, 고용확대 등의 파급효과를 야기함

- 세부 구성산업 간 연관기술은 시호통신기술(철도건설-철도제조)과 DB인터페이스 구축을 위한 ICT 기술(철도제조-철도서비스)임

- (철도산업 생태계 강화를 위한 검토과제) 향후 철도산업 생태계 강화를 위해서는 법적정의 명확화, 별도의 산업분류체계 마련, 통합적 관점의 정책 수립, 규모의 경제를 유도하는 지원 정책 등에 대한 검토가 필요
 - (법적 정의 명확화) 철도산업의 발전과 투자효과 극대화를 위해서는 철도산업 또는 철도산업 생태계에 대한 명확한 법적 정의가 필요함
 - * 명확한 법제화는 정부-산업 간 철도산업 발전을 바라보는 관점을 동일한 수준으로 형성하게 하여 산업발전을 촉진하는 결과를 야기함
 - (별도 산업분류체계 구축 필요) 타 산업대비 복잡한 산업생태계를 보유한 철도산업은 별도의 산업분류를 통한 투자금액, 투자효과 및 산업혁환 등을 수치화하여 관리할 필요가 있음
 - * 별도의 산업분류체계 구축을 통한 산업현황 파악과 R&D 투자관리는 적재적소의 투자를 가능하게 하며, R&D 투자의 흐름과 투자비용에 따른 산업발전 효과를 명확히 가시화 할 것임
 - (통합적 정책 마련 필요) 생태계 구성산업 간 높은 연계성을 지닌 철도산업 특성을 고려해 향후에는 철도산업생태계 구성산업 간 연계되는 이슈를 중심으로 통합적 관점의 정책 고민이 필요함
 - * 現 철도산업발전 기본계획은 공공, 운영, 건설, 안전, 산업생태계 분야별로 추진계획을 마련하고 있고, 산업생태계 분야에서도 차량·시스템, R&D, 인력양성 등의 부문으로 구분하여 정책을 수립하고 있음. 그러나 분야별 정책 수립은 ‘산업생태계 특성’이라는 현실을 다소 반영하지 못하게 함
 - * 철도산업 생태계에 대한 연계이슈 중심의 통합적 정책은 ‘철도산업의 특성’이라는 현실성이 반영되어 정책적 파급효과를 확대시킴
 - (규모의 경제를 유도하는 지원정책 마련 필요) 유관산업과 마찬가지로 철도산업도 규모의 경제를 필요로 하기 때문에 기반 마련 수준의 정책 마련, 투자에서 벗어나 규모의 경제를 유도,지원하는 정책적 고도화가 필요
 - * 유관산업인 자동차산업과 항공산업은 막대한 투자·개발비, 긴 투자회수기간 등 규모의 경제를 요구하는 산업적 특성을 고려하여 국제적 수준을 목표로 한 대규모 R&D 투자, 대기업 중심으로의 기업 M&A 유도 등의 정책을 전개하여 산업발전을 도모
 - * 규모의 경제를 유도함으로써 산업활성화를 통한 자생적 발전 도모 가능

2. R&D 투자현황 분석

가. 철도분야 정부R&D 연도별 투자현황 분석

□ 분석의 개요

- 철도분야 정부R&D의 연도별 투자현황에 대해 분석을 실시
- 이를 위해 과학기술표준분류에서 대분류 ‘건설/교통’ 기술 내 중분류 ‘철도’ 기술을 기준으로 국가과학기술 지식정보시스템(<http://www.ntis.go.kr/>)을 활용하여 최근 5년(’12년~’16년) 현황을 조사 실시
- 중분류 ‘철도’ 기술 외 대분류 ‘기계’ 기술 내 중분류 ‘자동차/철도차량’ 기술과 대분류 ‘건설/교통’ 기술 내 중분류 ‘시설물 설계/해석’ 기술에도 철도 분야가 일부 포함이 된 것으로 파악됨
- 2015년까지 그 비중이 조사되지 않았으므로 본 연구에서는 순수 철도 기술만을 대상으로 상세 분석을 실시
 - ※ 상세 분석에 포함되지는 않았으나, 중분류 ‘자동차/철도차량’ 기술, 중분류 ‘시설물 설계/해석’ 기술, 대분류 ‘건설/교통’ 기술, 전체R&D 데이터가 정리된 표를 참고로 제시
- 우선 대분류 ‘건설/교통’ 기술 내 중분류의 정부R&D 투자현황을 검토하였고, 다음으로 ‘철도’ 기술을 대상으로 부처별, 연구단계별, 기술수명주기별, 연구수행주체별, 6T별, 공동연구별, 국가전략기술별, 연구책임자 연령별 투자현황을 연도별로 분석을 실시하였음
- 또한, 대분류 ‘건설/교통’ 기술의 각 항목별 투자비중과 ‘철도’ 기술의 동일항목 투자비중 비교를 통해 철도 분야 투자현황의 특징을 도출함
 - ※ 상이한 분야가 포함된 전체R&D와 비교하기보다 중분류 ‘철도’ 기술이 포함되어있는 대분류 ‘건설교통’ 기술과의 비교분석 수행

□ 현황 분석

○ 건설교통 기술분야 정부R&D 투자현황

- 전체 건설/교통 분야는 최근 5년(’12년~’16년) 연평균 증가율이 5.2%로, 6694억원(’12년)에서 8618억원(’16년)으로 증가
- 이에 비해 철도기술의 증가율은 1.6%에 그쳤다. 특히, 자기부상열차 등 대형 과제가 수행되었던 2013년을 정점으로 2014년(전년대비 △6.2% 감소), ’15년(전년대비 △13.0% 감소) 계속해서 정부R&D 투자액이 감소되었으나, ’16년 전년대비 8.3%가 증가

나. 2016년 철도분야 정부R&D 투자현황 분석

□ 분석의 개요

- 2016년 철도기술 정부R&D 투자현황은 과학기술표준분류 내 중분류 ‘철도교통기술’과 하부 9개 소분류를 기준으로 분석할 수 있음
- 다만, 과학기술표준분류 내 철도기술과 연관된 소분류는 타 중분류 내에서도 일부 확인할 수 있으며, 이를 종합하면 아래 표와 같이 총 11개의 소분류로 철도 연관기술을 정의할 수 있음

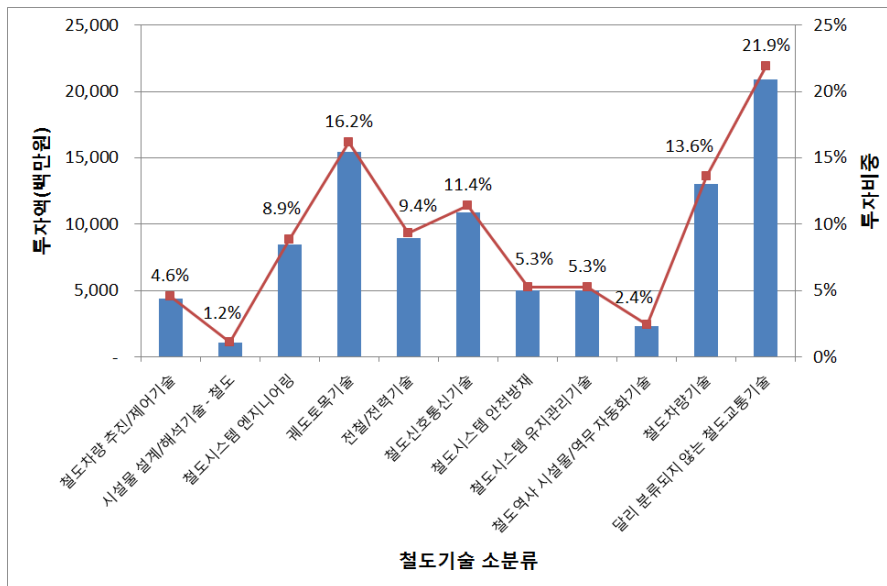
[표 22] 국가과학기술표준분류 내 철도기술 연관 11개 소분류

대분류(2)	중분류(3)	소분류(11)
기계	자동차/철도차량	철도차량 추진/제어기술
	시설물 설계/해석기술	철도
		철도시스템 엔지니어링
		궤도토목기술
		전철/전력기술
		철도신호통신기술
		철도시스템 안정방재
		철도시스템 유지관리기술
		철도역사 시설물/역무 자동화기술
		철도차량기술
		달리 분류되지 않는 철도교통기술
건설교통	철도교통기술	

- 2016년 철도기술 전체 투자현황과 철도기술 연관 11개 소분류 투자현황을 연구개발단계, 연구주체, 부처, 적용분야, 지역, 과제유형, 공동연구 등의 분석항목으로 분석함
- 일부 분석항목에 대해서는 전체 철도기술 현황과 소분류별 현황을 개별 분석하여 각 항목의 세부 투자현황 특성을 함께 도출하였음
- 또한, 2016년 철도기술 소분류별 세부과제 리스트에서 각 소분류 기술개발 현황을 확인할 수 있음

□ 세부 투자현황 분석

- 철도기술 정부R&D 세부기술 투자현황
 - 2016년도 철도기술 전체 투자액은 900.4억원
 - 세부 기술별로는 궤도토목기술(16.2%), 철도차량기술(13.6%), 철도신호통신기술(11.4%) 순으로 투자
 - 철도역사 시설물/역무 자동화기술(2.4%), 시설물 설계/해석기술-철도(1.2%)는 철도기술 내 비중이 다소 낮게 나타남
 - 특히, 기존 정의된 기술로 분류되지 않는 ‘달리 분류되지 않는 철도교통기술’ 소분류 비중이 (21.9%) 높게 나타나 향후 철도기술 포트폴리오 수립 시 해당 세부과제에 대한 추가적인 분석이 필요한 것으로 판단됨



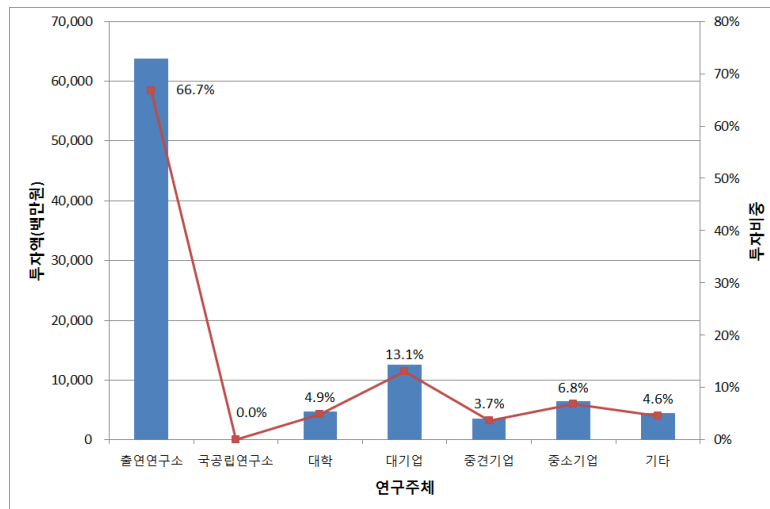
[그림 22] 2016년 철도기술 소분류 투자현황

[표 23] 2016년 철도기술 소분류 투자현황

철도기술 소분류	투자액(백만원)	투자비중
철도차량 추진/제어기술	4,369	4.6%
시설물 설계/해석기술 - 철도	1,100	1.2%
철도시스템 엔지니어링	8,479	8.9%
궤도토목기술	15,436	16.2%
전철/전력기술	8,931	9.4%
철도신호통신기술	10,890	11.4%
철도시스템 안전방재	5,023	5.3%
철도시스템 유지관리기술	5,016	5.3%
철도역사 시설물/역무 자동화기술	2,339	2.4%
철도차량기술	13,036	13.6%
달리 분류되지 않는 철도교통기술	20,891	21.9%
총합	95,510	100.0%

○ 철도기술 정부R&D 연구주체별 투자현황

- 철도기술 정부R&D는 출연연구소(66.7%)에 투자가 집중되었고 대기업(13.1%), 중소기업(6.8%)의 참여 등 타 주체의 참여는 다소 저조
- 특히, 대학(4.9%)의 참여 비중이 낮아 해당분야 기초연구 동력이 다소 부족하였다고 판단됨
- 다만, 국내 철도기술은 정부 주도의 공공수요 대응을 목적으로 수행되는 경우가 많아 정책적 목적에 따라 출연연 중심으로 기술개발이 진행되는 것으로 판단됨



[그림 23] 2016년 철도기술 연구주체별 투자현황

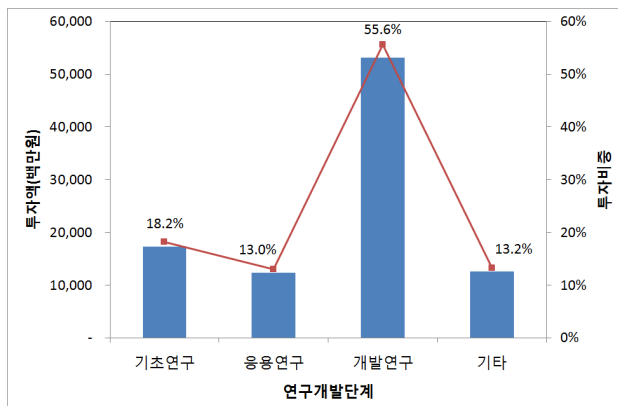
- 대기업 참여는 철도신호통신기술(37.8%), 철도차량기술(18.3%)에서 높게 나타났으며, 대학이 시설물 설계/해석 기술-철도(55.8%), 철도시스템 엔지니어링(21.2%) 분야에 참여하고 있음을 확인

[표 24] 2016년 철도기술 소분류 연구주체별 투자현황

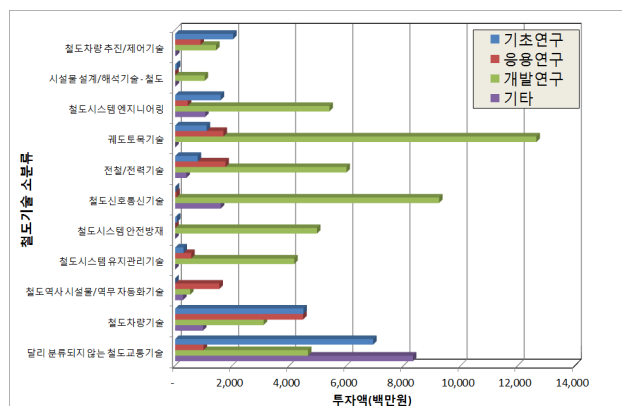
철도기술 소분류	출연 연구소	국공립 연구소	대 학	대기업	중견 기업	중소 기업	기타	총합계
철도차량 추진/제어기술	2,324	-	40	885	410	710	-	4,369
시설물 설계/해석기술	61	-	61	425	-	-	-	1,100
철도시스템 엔지니어링	4,805	-	1,800	990	-	58	825	8,479
궤도토목기술	13,331	-	878	737	490	-	-	15,436
전철/전력기술	2,954	-	400	823	2,237	2,128	390	8,931
철도신호통신기술	4,385	-	-	4,118	75	559	1,752	10,890
철도시스템 안전방재	2,093	-	453	1,240	-	1,238	-	5,023
철도시스템 유지관리기술	3,837	-	343	236	-	505	96	5,016
철도역사 시설물 / 역무 자동화기술	1,687	-	-	425	-	-	227	2,339
철도차량기술	7,892	-	149	2,381	341	1,298	975	13,036
달리 분류되지 않는 철도교통기술	20,376	-	50	295	-	2	168	20,891
총합	63,746	-	4,725	12,555	3,552	6,497	4,433	95,510

○ 철도기술 정부R&D 연구개발단계별 투자현황

- 철도기술 정부R&D 투자는 개발연구 비중(55.6%)이 기초연구(18.2%) 및 응용연구(13.0%) 비중보다 높게 나타나고 있음
- 이는 앞서 분석한 내용과 같이 국내 철도기술 개발이 공공목적으로 수행되는 경우가 많아 기술개발 성과물이 현업에 직접 적용이 가능한 연구에 투자가 집중되고 있기 때문인 것으로 판단됨⁷
- 개발연구 비중은 대부분의 철도기술 소분류에서 높게 나타남
- 이에 반해 철도차량 추진/제어기술(46.3%), 철도차량기술(34.4%)은 기초연구 비중이 높았으며, 철도역사 시설물/역무 자동화 기술(66.0%)과 철도차량기술(34.4%)은 응용연구 비중이 높게 나온 분야로 나타남
- 향후 철도분야 기술개발 포트폴리오 수립 시 철도분야의 지속적 성장을 위해서는 현재 개발연구 비중이 높은 철도시스템 엔지니어링, 궤도토목기술, 전철/전력기술, 철도신호통신기술, 철도시스템 안전 방재, 철도시스템유지관리기술 등에서 기초연구/응용연구의 비중을 다소 확대할 필요가 있다고 판단됨



[그림 24] 2016년 철도기술 연구개발단계 투자현황



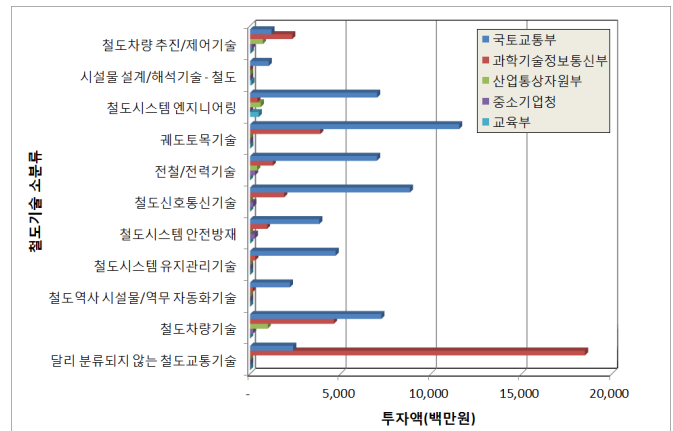
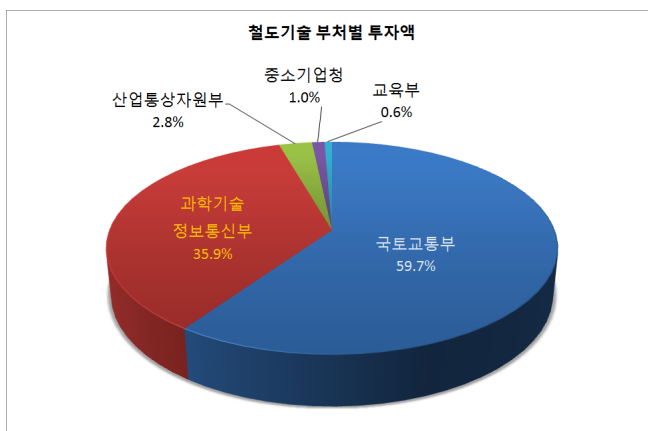
[그림 25] 2016년 철도기술 소분류 연구개발단계 투자현황

[표 25] 2016년 철도기술 소분류 연구개발단계 투자현황

철도기술 소분류	기초연구	응용연구	개발연구	기타	총합계
철도차량 추진/제어기술	2,025	885	1,430	30	4,369
시설물 설계/해석기술 - 철도	55	-	1,029	15	1,100
철도시스템 엔지니어링	1,589	440	5,399	1,050	8,479
궤도토목기술	1,102	1,689	12,645	-	15,436
전철/전력기술	787	1,759	5,995	390	8,931
철도신호통신기술	16	40	9,239	1,595	10,890
철도시스템 안전방재	60	-	4,963	-	5,023
철도시스템 유지관리기술	290	560	4,166	-	5,016
철도역사 시설물/역무 자동화기술	-	1,545	521	274	2,339
철도차량기술	4,486	4,478	3,097	975	13,036
달리 분류되지 않는 철도교통기술	6,930	992	4,648	8,321	20,891
총합	17,340	12,388	53,132	12,650	95,510

○ 철도기술 정부R&D 부처별 투자현황

- 철도기술은 소관부처인 국토교통부(59.7%)에서 가장 많이 투자되었다. 국토교통부 세부사업인 ‘철도기술연구사업’에서 대부분의 투자가 이루어졌으며, ‘국토교통기술촉진연구’, ‘국토교통기술사업화지원’, ‘국토교통연구기획’ 등에서 일부 투자가 이루어짐
- 미래창조과학부(’16년 기준, 現 과학기술정보통신부)의 투자 비중(35.9%)은 국토교통부 다음으로 높게 나타났으며, 이는 철도분야 ‘출연연구원 연구운영비지원’ 투자로 인한 것으로 판단됨
- 반면 산업통상자원부, 중소기업청 등 타 부처는 투자 비중이 매우 낮았으며, 향후 철도산업 활성화를 위해서는 세부분야별 투자전략과 방향을 고려하여 투자부처를 다변화 할 필요가 있다고 판단됨
- 국토교통부의 투자 비중은 ‘달리 분류되지 않는 철도교통 기술’과 ‘철도차량 추진/제어 기술’을 제외한 나머지 철도기술 소분류에서 모두 높게 나옴
- 과학기술정보통신부는 ‘철도차량 추진/제어기술’ (53.3%)과 ‘철도차량기술’ (35.5%)에서 높은 참여율을 보여줌



[그림 26] 2016년 철도기술 부처별 투자현황

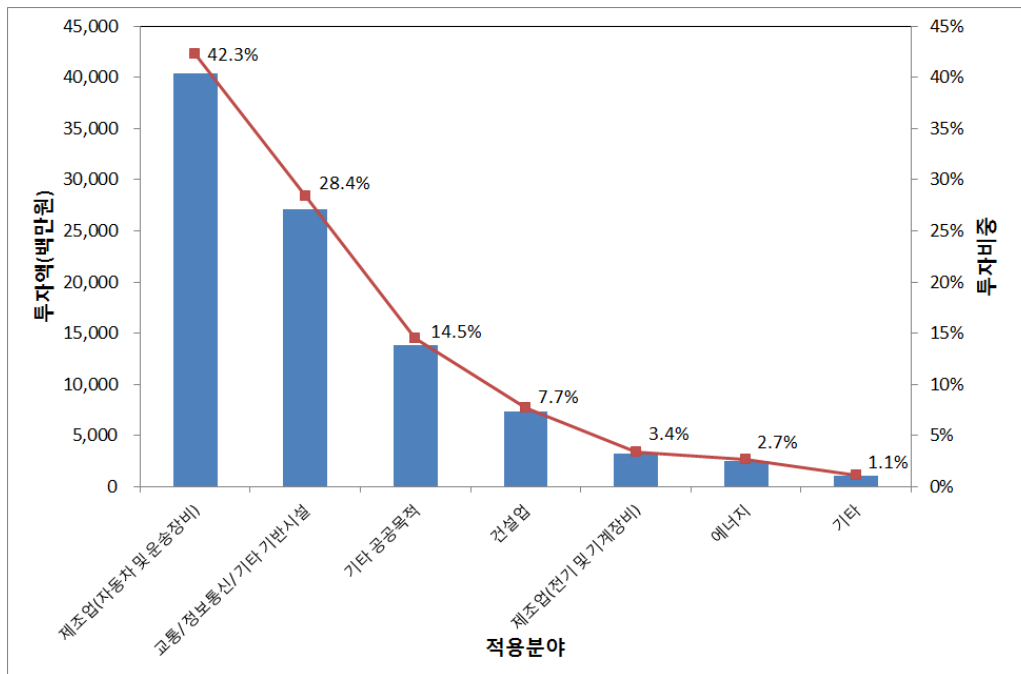
[그림 27] 2016년 철도기술 소분류 부처별 투자현황

[표 26] 2016년 철도기술 소분류 부처별 투자현황

철도기술 소분류	국토교통부	미래창조과학부	산업통상자원부	중소기업청	교육부	총합계
철도차량 추진/제어기술	1,178	2,330	707	120	35	4,369
시설물 설계/해석기술 - 철도	1,029	-	-	-	70	1,100
철도시스템 엔지니어링	7,014	404	585	-	475	8,479
궤도토목기술	11,552	3,874	-	-	10	15,436
전철/전력기술	7,013	1,254	390	275	-	8,931
철도신호통신기술	8,829	1,886	-	175	-	10,890
철도시스템 안전방재	3,820	935	-	258	10	5,023
철도시스템 유지관리기술	4,726	290	-	-	-	5,016
철도역사 시설물/역무 자동화기술	2,197	142	-	-	-	2,339
철도차량기술	7,255	4,634	975	172	-	13,036
달리 분류되지 않는 철도교통기술	2,383	18,506	-	2	-	20,891
총합	56,995	34,256	2,657	1,001	601	95,510

○ 철도기술 정부R&D 적용분야별 투자현황

- 철도기술 정부R&D 적용분야는 ‘제조업(자동차 및 운송장비)’ (42.3%), ‘교통/정보통신/기타 기반시설’ (28.4%)의 비중이 높게 나타남
- 이는 철도분야가 국가 기반시설이고 해당 산업이 제조업을 기반으로 한다는 점과도 일치하는 결과라고 보여짐



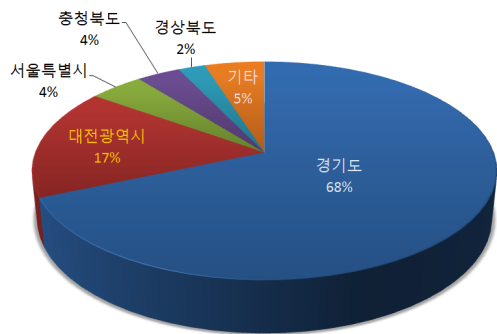
[그림 28] 2016년 철도기술 적용분야별 투자현황

[표 27] 2016년 철도기술 소분류 적용분야별 투자현황

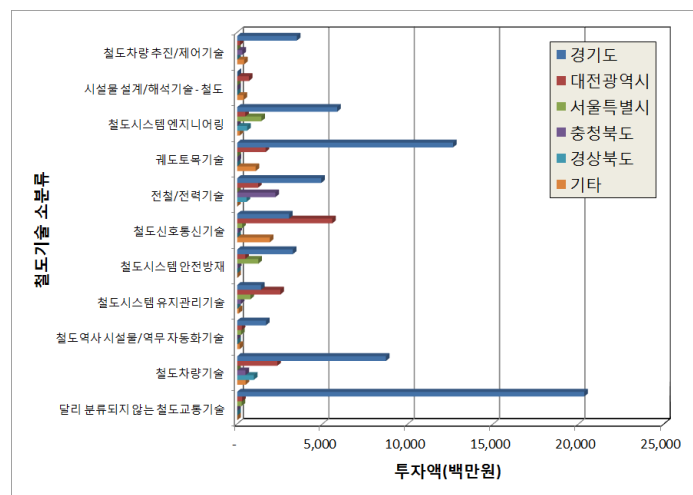
철도기술 소분류	제조업 (자동차 및 운송 장비)	교통 / 정보통신 / 기타 기반시설	기타 공공 목적	건설업	제조업 (전기 및 기계 장비)	에너지	기타	총합계
철도차량 추진/제어기술	3,899	-	-	-	465	-	5	4,369
시설물 설계/ 해석기술 - 철도	129	109	377	439	15	-	30	1,100
철도시스템 엔지니어링	6,685	853	-	930	-	-	10	8,479
궤도토목기술	7,140	1,458	1,093	5,246	500	-	-	15,436
전철/전력기술	1,677	2,434	263	-	1,998	2,559	-	8,931
철도신호통신기술	9,644	523	423	300	-	-	-	10,890
철도시스템 안전방재	1,218	1,690	2,065	-	-	-	50	5,023
철도시스템 유지관리기술	843	1,444	2,439	290	-	-	-	5,016
철도역사 시설물/역무 자동화기술	274	-	2,065	-	-	-	-	2,339
철도차량기술	8,616	2,938	1,147	-	120	-	216	13,036
달리 분류되지 않는 철도교통기술	273	15,683	3,931	109	120	-	776	20,891
총합	40,397	27,131	13,803	7,314	3,218	2,559	1,087	95,510

○ 철도기술 정부R&D 연구지역별 투자현황

- 철도기술 투자 비중은 철도기술개발 관련 기관의 위치에 따라 지역별로 큰 편차를 보임
- 해당 출연연구소가 위치한 경기도(68.5%)의 연구 수행비중이 가장 높았고, 이어 대전광역시(16.5%), 서울특별시(4.4%) 순으로 나타남
- 대전광역시의 경우 타 출연연구소 뿐만 아니라, 대학, 대기업, 중소기업이 다양하게 연구를 수행
- 철도기술 지역별 투자현황은 경기도 내 연구수행 비중이 대부분의 소분류에서 높게 나타남
- ‘시설물 설계/해석기술-철도’ (62.9%), ‘철도신호통신기술’ (51.2%), ‘철도시스템유지관리기술’ (50.5%)은 대전광역시에서 가장 많이 수행하는 것으로 분석됨



[그림 29] 2016년 철도기술 지역별 투자현황



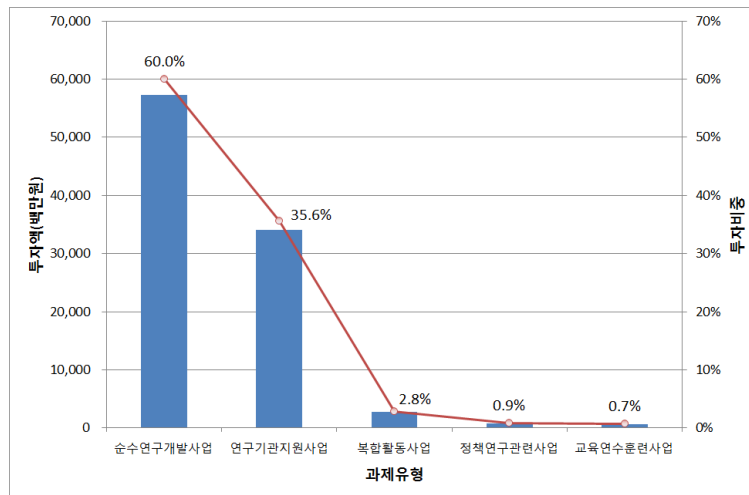
[그림 30] 2016년 철도기술 소분류 지역별 투자현황

[표 28] 2016년 철도기술 소분류 지역별 투자현황

철도기술 소분류	경기도	대전광역시	서울특별시	충청북도	경상북도	기타	총합계
철도차량 추진/제어기술	3,495	160	-	305	-	410	4,369
시설물 설계/해석기술 - 철도	30	692	-	-	-	377	1,100
철도시스템 엔지니어링	5,853	475	1,415	-	585	150	8,479
궤도토목기술	12,650	1,666	10	25	-	1,085	15,436
전철/전력기술	4,922	1,223	-	2,237	550	-	8,931
철도신호통신기술	3,038	5,570	297	75	-	1,910	10,890
철도시스템 안전방재	3,260	475	1,238	50	-	-	5,023
철도시스템 유지관리기술	1,398	2,532	779	218	-	90	5,016
철도역사 시설물/역무 자동화기술	1,687	274	227	-	-	151	2,339
철도차량기술	8,715	2,356	-	489	975	500	13,036
달리 분류되지 않는 철도교통기술	20,330	295	264	-	-	2	20,891
총합	65,379	15,718	4,230	3,398	2,110	4,675	95,510

○ 철도기술 정부R&D 과제유형별 투자현황

- 철도기술 정부R&D 과제를 유형별로 분석한 결과, ‘순수연구개발사업’ (60.0%) 비중이 가장 높음
- 뒤를 이어 출연연구소 지원을 위한 ‘연구기관지원사업’ (35.6%)이 높게 나타나 두 유형에 집중적으로 투자가 이루어지고 있음을 확인
- 반면, ‘복합활동사업’ (2.8%), ‘정책연구관련사업’ (0.9%), ‘교육연구훈련사업’ (0.7%)의 투자 비중은 다소 낮게 나타남



[그림 31] 2016년 철도기술 과제유형별 투자현황

다. R&D 투자현황 분석 결과종합

□ 철도분야 정부R&D의 연도별 투자현황을 분석 실시

- (대상) 과학기술표준분류에서 대분류 ‘건설/교통’ 기술 내 중분류 ‘철도’ 기술을 기준
- (데이터) 국가과학기술 지식정보시스템을 활용하여 최근 5년(’12년~’16년) 현황을 조사
- (분석항목) 부처별, 연구단계별, 기술수명주기별, 연구수행주체별, 6T별, 공동연구별, 국가전략기술별, 연구책임자 연령별 투자현황을 연도별로 분석

□ 대분류 ‘건설/교통’ 기술의 각 항목별 투자비중과 ‘철도’ 기술의 동일항목 투자비중 비교를 통해 시사점 도출

- 대분류 ‘건설/교통’ 기술, 전체R&D 데이터가 정리된 표를 참고로 제시하였으며, 상이한 분야가 포함된 전체R&D와 비교하기보다 중분류 ‘철도’ 기술이 포함되어있는 대분류 ‘건설교통’ 기술과의 비교분석 수행
- ‘기계’ 기술 내 중분류 ‘자동차/철도차량’ 기술과 대분류 ‘건설/교통’ 기술 내 중분류 ‘시설물 설계/해석’ 기술 데이터를 참고로 제시

□ 최근 5년 철도분야는 투자가 정체되었으며, 향후 연구저변 확대가 필요할 것으로 보임

- 건설/교통 분야는 최근 5년('12년~'16년) 연평균 증가율이 5.2%('12년 6,694억원 → '16년 8,618억원)이나, 이에 비해 철도기술의 증가율은 1.6%에 그침
- 건설/교통 분야 대비 철도분야는 소수의 부처의 지원 하에 한정된 수행주체가 제한된 연구주제를 추진하는 것으로 분석됨

□ 철도기술을 연관 소분류로 세분화하여 2016년 정부R&D 투자현황 분석

- (대상) 과학기술표준분류 내 철도기술과 연관된 11개 소분류*
 - * 철도차량 추진/제어기술, 시설물 설계/해석기술-철도, 철도시스템 엔지니어링, 궤도토목기술, 전철/전력기술/ 철도신호통신기술, 철도시스템 안전방재, 철도시스템 유지관리기술, 철도역사 시설물/역무 자동화기술, 철도차량기술, 달리 분류되지 않는 철도교통기술
- (데이터) 국가과학기술 지식정보시스템(NTIS) 2016년 자료를 활용
- (분석항목) 철도기술 관련 소분류별 연구개발단계, 연구주체, 연구주체, 적용분야, 지역, 부처, 과제 유형을 분석

□ 2016년 철도기술 전체 투자현황 분석, 소분류 간 투자비중 분석을 통해 시사점 도출

- 2016년 철도기술 전체 투자현황을 분석항목에 따라 분석 실시
- 또한, 2016년 철도기술 전체 투자에서 각 소분류가 차지하는 투자비중을 분석항목에 따라 분석하여, 다양한 측면에서 시사점 도출

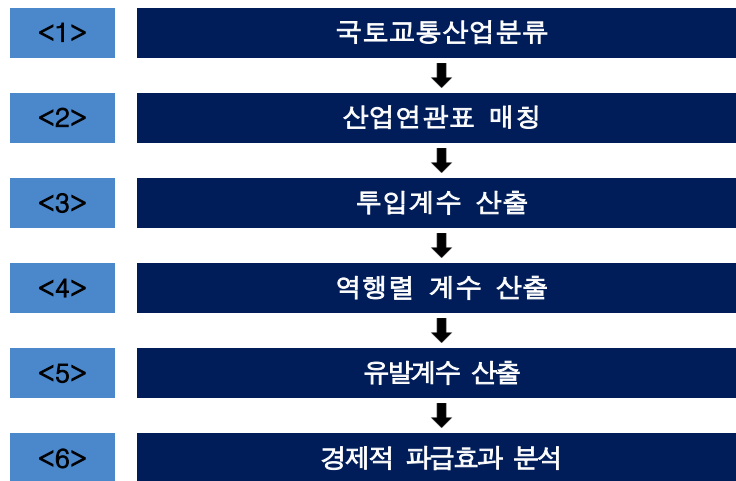
□ 2016년 철도기술은 출연연 중심의 개발연구 위주로 투자가 이루어졌고, 소분류별로는 궤도토목기술, 철도차량기술 비중이 높게 나타남

- 철도기술은 출연연(66.7%), 개발연구(55.6%), 국토교통부(59.7%) 중심으로 투자가 이루어졌으며, 이는 공공수요 대응을 주목적으로 하는 분야특성에 기인한 것으로 판단
- 철도기술 소분류별로는 궤도토목기술(16.2%), 철도차량기술(13.6%), 철도신호통신기술(11.4%) 순으로 투자되었으며, 주요 소분류에 해당하지 않는 '달리 분류되지 않는 철도교통기술' 이 높은 비중(21.9%)을 차지하여 향후 투자 포트폴리오 수립 시 추가 분석이 필요한 것으로 판단됨

3. R&D 파급효과

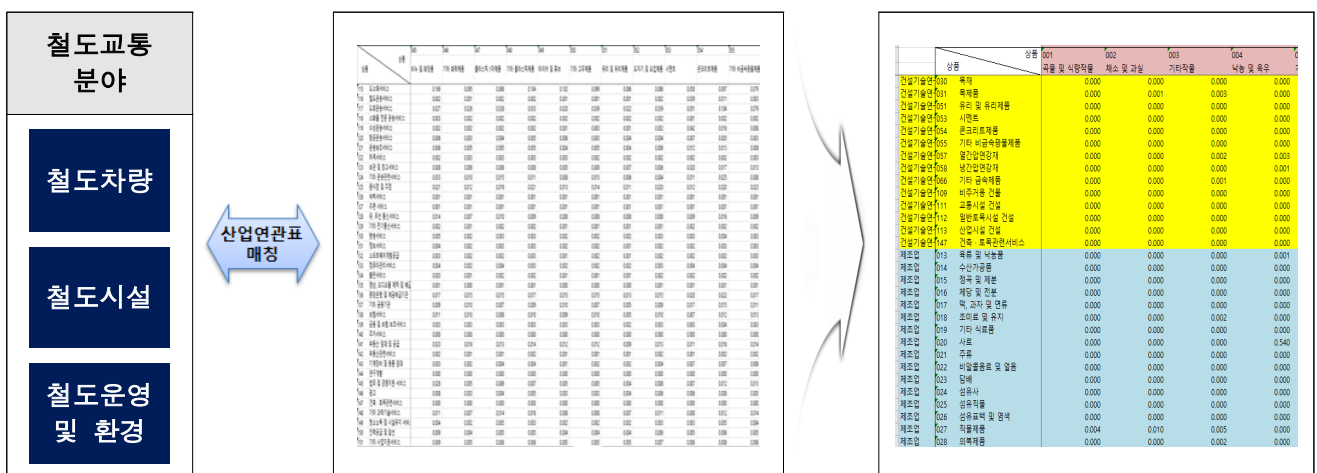
가. 산업연관분석 개요

- 한국은행 2014년 산업연관표를 활용하여 철도교통분야 유발계수를 도출하고, 각 분야별 경제적 파급효과를 분석
- 경제적 파급효과 분석 프로세스에 따라 철도교통 분야별 유발계수 산출 및 경제적 파급효과를 분석



[그림 32] 경제적 파급효과 분석 프로세스

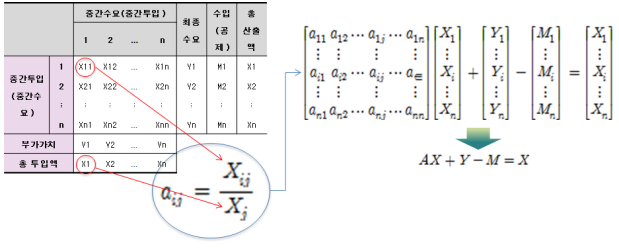
- (철도교통분야 분류 및 산업연관표 매칭) 한국은행 2014년 산업연관표에서 통합소분류 기준 161개 부문에 대하여 철도교통분야에 해당되는 산업(상품)을 분류하여 매칭



[그림 33] 철도교통분야 분류 및 산업연관표 매칭

- (유발계수 산출) 산업연관표 상의 투입계수를 활용하여, 철도교통분야의 유발계수[※]를 산출
[※] 생산유발계수, 부가가치유발계수, 소득유발계수, 취업 및 고용유발계수
- (경제적 파급효과 분석) 산출된 철도교통분야 유발계수를 통해 철도교통 분야별 경제적 파급효과 비교 분석

[표 29] 투입계수 및 유발계수 산출방법

구분	산출방법	산출식
투입계수	- 산업연관표상의 투입계수 활용 - 각 부문 생산물 1단위 생산에 필요한 각종 중간재 및 부가가치의 단위	 산출식: $AX + Y - M = X$
생산유발계수	투입계수의 역행렬을 이용하여 생산유발계수 산출	$X = (I - A)^{-1} (Y - M)$
부가가치유발계수	생산유발계수를 활용하여, 부가가치계수의 대각행렬을 이용	$\hat{A}^s (I - A^d)^{-1} = \begin{bmatrix} \hat{A}_1^s & 0 \\ 0 & \hat{A}_2^s \end{bmatrix} (I - A^d)^{-1}$
소득유발계수	생산유발계수를 활용하여, 소득계수(피용자보수)의 대각행렬을 이용	
취업유발계수	생산유발계수를 활용하여, 취업계수의 대각행렬을 이용	$\hat{l} (I - A^d)^{-1} = \begin{bmatrix} \hat{l}_1 & 0 \\ 0 & \hat{l}_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} \\ B_{21} & B_{22} \end{bmatrix}$
고용유발계수	생산유발계수를 활용하여, 고용계수의 대각행렬을 이용	

나. 철도교통 R&D 파급효과 분석결과

○ 본 사업의 경제적 파급효과 분석을 용이하게 하고자 산업연관표상 통합소분류를 기준으로 산업을 재분류함

- 산업연관표상 철도교통의 산업적 범위는 철도차량, 철도교통, 철도운영 및 서비스로 구분하여 해당 산업의 유발계수 값을 활용, 파급효과를 계측함

[표 30] 철도교통 관련 산업 부문분류표

구분		중분류(82)		소분류(161)	
철도차량		일반목적용 기계	32	내연기관 및 터빈	67
				펌프 및 압축기	68
				일반목적용 기계 부품	69
				공기 및 액체 조절장치	71
		전기장비	34	발전기 및 전동기	78
				전기변환·공급제어장치	79
		기타 운송장비	44	철도차량	96
				기타 운송장비	98
철도시설		기타 비금속광물제품 금속제품	26	콘크리트제품	54
		금속제품	31	금속처리 가공품	65
		통신, 방송 및 영상, 음향기기	39	통신 및 방송장비	87
				영상 및 음향기기	88
		전력 및 신재생에너지	46	전력 및 신재생에너지	101
		토목건설	52	교통시설 건설	111
				유, 무선 통신서비스	128
철도운영 및 환경		육상운송서비스	54	철도운송서비스	116
		정보서비스	61	정보서비스	131
		소프트웨어 개발 및 컴퓨터관리서비스	62	소프트웨어개발공급	132
※ 참 고	1차 산업	1~7		1~9	
	제조업	8~45		13~100	
	건설 및 기타	46~52		101~114	
	서비스	53~82		115~161	
	전 산업	83		162	

※ 출처 : 산업연관표 부문분류표(2014), 한국은행('17.11월 기준 최신자료)

[참고] 산업연관분석의 개념

- 산업연관표는 국민경제를 분석하기 위한 실증적 도구로서 미국 하버드 대학교 레온티에프 교수(Wassily W. Leontief)에 의하여 창시, 미국정부가 공식적으로 1947년 산업연관표를 최초로 작성한 후 영국(1948년표)과 일본(1951년표) 등을 포함한 많은 국가가 산업연관표를 작성하기 시작함
- 우리나라 산업연관표는 1958년 당시의 부흥부 산업개발위원회가 1957년 및 1958년을 대상으로 작성하면서 시작되었으며, 체계적인 형식과 내용을 갖추게 된 것은 한국은행이 1960년 산업연관표를 작성하면서 부터임
- 산업연관표는 일정기간(보통 1년) 동안 국민경제 내에서의 재화와 서비스의 생산 및 처분과정에서 발생하는 모든 거래를 행렬식으로 기록한 통계표임
- 산업연관표는 재화와 서비스의 거래를 산업 상호간의 중간재 거래부분, 각 산업부문에서의 노동, 자본 등 본원적 생산요소의 투입부분, 각 산업부문 생산물의 최종소비자에게로의 판매부분의 세 가지로 구분하여 기록
- 산업연관표의 세로방향은 각 산업부문의 투입구조, 가로방향은 배분구조를 나타냄
- 또한 산업부문 상호간의 거래인 중간수요와 중간투입을 기록하는 부분을 내생부문, 최종수요와 부가가치를 기록하는 부분을 외생부문으로 구분함

	중 간 수 요	최종수요	수입 (공제)	총산출액
중 간 투 입	행렬 배분구조(생산물의 판매내역) 내생부문 투입 구조 (원재료·노동 등의 구입내역)		(~)	
부 가 가 치				외생부문
총 투 입 액				

$$\begin{aligned}
 &X_{11} + X_{12} + \dots + X_{1n} + Y_{1-M1} = X_1 \\
 &: : : : : : : \\
 &X_{i1} + X_{i2} + \dots + X_{in} + Y_{i-Mi} = X_i \\
 &: : : : : : : \\
 &X_{n1} + X_{n2} + \dots + X_{nn} + Y_{n-Mn} = X_n
 \end{aligned}$$

X_i : i 부문의 산출액
 Y_i : i 부문의 최종 수요액
 M_i : i 부문의 수입액

- 산업연관분석은 생산, 고용, 소득 등 국민경제에 미치는 각종 파급효과를 구체화하여 분석할 수 있기 때문에 경제계획 수립과 예측 등에 유용한 분석도구로 널리 활용되고 있음

출처 : 2009년 산업연관표 해설(2011, 한국은행) 참고

(1) 산업별 유발계수 비교

□ 철도교통분야는 공공성이 높은 산업 특성상 산업경제에 미치는 직접적인 파급효과가 타 산업에 비해 대체적으로 낮은 수준

○ 철도교통분야 유발계수 산출과 동일한 방법으로 제조업 및 전 산업(평균)의 유발계수를 산출하여 산업별 유발계수를 비교한 결과, 유발계수* 는 대체적으로 타 산업에 비해 낮은 수준으로 분석

- 생산유발계수와 부가가치유발계수가 타 산업군에 비해 낮음은 수입 영향이 크다는 것을 의미하며, 철도 산업생태계의 목표가 철도기술 자립 및 미래 선도형 R&D 추진인 점을 고려 → 향후 철도 산업생태계 지원을 통해 파급효과의 지속적 성장이 기대

* 생산유발계수, 부가가치유발계수, 소득유발계수, 취업 및 고용유발계수

[표 31] 산업별 유발계수 비교 분석

구분	생산 유발계수	부가가치 유발계수	소득 유발계수	취업 유발계수	고용 유발계수
전 산업(평균)	1.4762	0.5489	0.2577	11.5971	6.9795
제조업(평균)	2.3046	0.5570	0.2564	6.2053	6.0187
국토교통산업(평균)	1.3624	0.4336	0.2176	5.3882	4.2686
철도교통(평균)*	1.3304	0.4322	0.2264	4.1700	3.7138
철도차량	1.1141	0.3182	0.1578	2.9887	2.7392
철도시설	1.0507	0.2925	0.1175	2.4529	2.0004
철도운영 및 환경	1.0180	0.5461	0.3825	6.2102	5.7826

[참고] 철도 산업생태계 추진방향 및 주요목표

- 핵심부품 연구개발 지원을 통해 “작지만 강한” 부품업체를 육성하여, 철도차량·시스템의 품질 및 기술경쟁력을 강화
- 국산 신호시스템의 성능·안전성·신뢰성을 확보하고, 국내 적용실적을 바탕으로 차량·부품·신호 패키지 해외진출 추진
- 철도차량 출고 이후 시장(After Market)을 조성하여, 업계에 새로운 이익모델을 제시하고 제작-관리의 생태계 선순환 구조를 형성

◆ 목 표

- ▶ 최고기술보유국(독일) 대비 고속철도차량 기술수준 : 83.2%('15) → 90%('20)
- ▶ 최고기술보유국(일본) 대비 도시철도차량 기술수준 : 86.2%('15) → 90%('20)

출처 : 제3차 철도산업발전기본계획(2016~2020), 국토교통부, 2017.2

(2) 분야별 유발계수 비교

- 각 유발계수 값이 높은 R&D 분야를 고려하여 맞춤형 R&D 투자가 추진된다면 높은 파급효과가 나타날 것으로 예상
- (생산유발계수) 철도차량분야가 가장 높은 것으로 분석
- (부가가치유발계수, 소득유발계수, 취업유발계수, 고용유발계수) 철도운영 및 환경분야가 가장 높은 것으로 분석

[표 32] 철도교통분야 유발계수 비교 분석

구분	생산 유발계수	부가가치 유발계수	소득 유발계수	취업 유발계수	고용 유발계수
철도교통(평균)	1.3304	0.4322	0.2264	4.1700	3.7138
철도차량	1.1141	0.3182	0.1578	2.9887	2.7392
철도시설	1.0507	0.2925	0.1175	2.4529	2.0004
철도운영 및 환경	1.0180	0.5461	0.3825	6.2102	5.7826

분석 결과	생산유발계수	부가가치유발계수	소득유발계수	취업유발계수	고용유발계수
	철도차량	철도운영 및 환경	철도운영 및 환경	철도운영 및 환경	철도운영 및 환경
	1.1141	0.5461	0.3825	6.2102	5.7826

□ 철도차량분야 생산유발효과

- 철도차량 관련 산업군의 생산유발효과는 국내생산유발계수 $I - (A^d)^{-1}$ 형을 활용하여 추정
 - 국산과 수입을 구분하지 않는 경쟁수입형표는 순수한 국내 생산유발효과를 정확히 산출하였다고 볼 수 없으며,
 - 따라서 국내생산유발효과를 더 정확하기 분석하기 위해서는 국산거래표로부터 도출한 생산유발계수표 $I - (A^d)^{-1}$ 형을 이용하는 것이 바람직하다고 판단
 - 국산거래표의 수급방정식은 $A^d X + Y^d = X$ 이며, 이 식을 X 에 대하여 풀면 생산유발관계식 $X = (I - A^d)^{-1} Y^d$ 가 도출
- 철도차량분야 관련 산업군의 최종수요에 의한 생산유발효과를 나타내는 생산유발계수는 1.1141로 철도교통산업에서 가장 높은 계수를 나타냄
 - ※ 철도시설분야 생산유발계수 1.0507, 철도운영 및 환경분야 생산유발계수 1.0180
 - 이는 국내 철도교통산업 내에서 철도차량분야가 他분야 대비 기술력 및 경쟁력, 인프라 등을 높게 확보·지원하고 있는 결과로, 철도교통산업에서 가장 큰 파급효과를 나타냄
- 국내 철도차량 시장규모를 총수요액(Y^d)으로 대입, 철도차량분야의 생산유발계수 값을 곱하여 전후방 산업에 대한 파급효과를 도출
 - 생산유발효과 = 총수요액(Y^d) × 해당산업 생산유발계수($I - (A^d)^{-1}$)
 - 동 분야의 생산유발효과는 '17년 33조 5,344억 원에서 '21년 35조 7,180억 원 규모의 효과가 발생 될 것으로 추정

[표 33] 철도차량분야 생산유발효과 추정

구분	2017	2018	2019	2020	2021
총수요액(억 원)	301,000	305,800	310,600	315,600	320,600
생산유발계수	1.1141				
생산유발효과(억 원)	335,344	340,692	346,039	351,610	357,180

※ 국내시장(PK&WISE, 2017)의 경우, USD 1\$ = 1,000원 기준

□ 철도운영 및 환경분야 부가가치유발효과

○ 철도운영 및 환경분야 관련 산업군의 부가가치유발효과는 부가가치계수 $\widehat{A}^A(I-A^d)^{-1}Y^d$ 을 활용하여 추정

- 부가가치벡터를 V , 부가가치계수의 대각행렬을 $\widehat{A}^A$ 라고 하면 $V = \widehat{A}^A X$ 의 관계식 성립, 이 식에 생산유발관계식 $X = (I - A^d)^{-1} Y^d$ 을 대입하여 $V = \widehat{A}^A (I - A^d)^{-1} Y^d$ 도출

※ 이 식에서 $\widehat{A}^A (I - A^d)^{-1} Y^d$ 을 부가가치유발계수 행렬이라 함

○ 철도운영 및 환경분야 관련 산업군의 부가가치유발계수는 0.5461로 철도교통산업에서 가장 높은 계수를 나타냄

※ 철도차량분야 부가가치유발계수 0.3182, 철도시설분야 부가가치유발계수 0.2925

- 부가가치유발계수가 높음은 해당 산업군에서 수출이 차지하는 비중이 높음을 의미하며, 이는 철도운영 및 환경분야에서 기술국산화를 점진적으로 추진하고 있는 것으로 판단

○ 국내 철도운영 및 환경분야 시장규모를 총수요액(Y^d)으로 대입, 철도운영 및 환경분야 관련 산업군의 부가가치유발계수 값을 곱하여 전후방 산업에 대한 파급효과를 도출

- 부가가치유발효과 = 총수요액(Y^d) × 해당산업 부가가치유발계수($\widehat{A}^A (I - A^d)^{-1} Y^d$)

- 동 분야의 부가가치유발효과는 '17년 3조 418억 원에서 '21년 4조 411억 원 규모의 효과가 발생 될 것으로 추정

[표 34] 철도운영 및 환경분야 부가가치유발효과 추정

구분	2017	2018	2019	2020	2021
총수요액(억 원)	55,700	59,800	64,200	68,900	74,000
부가가치유발계수	0.5461				
부가가치유발효과(억 원)	30,418	32,657	35,060	37,626	40,411

※ 국내시장(PK&WISE, 2017)의 경우, USD 1\$ = 1,000원 기준

□ 철도운영 및 환경분야 취업유발효과

○ 철도운영 및 환경분야 관련 산업군에 대한 지출 증가가 어느 정도 고용을 유발하는지를 계측하기 위해 취업유발계수를 활용하여 추정

- 취업계수는 일정기간 동안 생산 활동에 투입된 산업별 노동량을 산업별 총 산출액으로 나눈 값으로 해당산업의 노동생산성을 의미

※ 어떤 산업의 취업계수가 전 산업의 평균 취업계수보다 크면 노동집약적, 작으면 자본 집약적 산업으로 구분될 수 있음

$$I_i = L_i / X_i$$

I_i : i산업 부문의 취업계수
 L_i : i산업 부문의 노동투입량(취업인원)
 X_i : i산업 부문의 총산출액

- 취업유발계수는 어떤 산업의 생산물 한 단위(산출액 10억원)증가로 인해 발생하는 직·간접 노동수요 증가량을 의미하며 총수요액(Yd)이 주어질 때 이를 충족하기 위해 필요한 노동량을 구할 수 있음

- 노동투입량은 $L = \hat{I}^* X$ 이며 우변에 생산유발관계식 $X = (I - A^d)^{-1} Y^d$ 을 대입하여 $L = \hat{I}^* (I - A^d)^{-1} Y^d$ 을 도출

※ 이 식에서 $\hat{I}^* (I - A^d)^{-1}$ 을 취업유발계수행렬이라 함

○ 철도운영 및 환경분야 관련 산업군의 취업유발계수는 6.2102명으로 철도교통산업에서 가장 높은 계수를 나타냄

※ 철도차량분야 취업유발계수 2.9887, 철도시설분야 취업유발계수 2.4529

- 취업유발계수 6.2102명은 최종수요가 10억 원 증대되었을 경우 산업 전체적으로 6.2102명의 취업증대효과가 있음을 의미
- 전 산업(11.5971명) 보다 다소 낮지만, 제조업(6.2053명)과 국토교통산업(5.3882명) 대비 높은 것으로 확인

○ 국내 철도운영 및 환경분야 시장규모를 총수요액(Yd)으로 대입, 철도운영 및 환경분야 관련 산업군의 취업유발계수 평균값을 곱하여 전후방 산업에 대한 파급효과를 도출

- 취업유발효과 = (총수요액(Yd)/10억 원) × 해당산업 취업유발계수($\hat{I}^* (I - A^d)^{-1}$)
- 동 분야의 취업유발효과는 10억 원 증가할 경우 직·간접적으로 유발되는 취업자 수가 '17년 3만 4,591명에서 '21년 4만 5,955명의 효과가 발생 될 것으로 추정

[표 35] 철도운영 및 환경분야 취업유발효과 추정

구분	2017	2018	2019	2020	2021
총수요액(억 원)	55,700	59,800	64,200	68,900	74,000
취업유발계수	6.2102				
취업유발효과(명/10억원)	34,591	37,137	39,869	42,788	45,955

※ 국내시장(PK&WISE, 2017)의 경우, USD 1\$ = 1,000원 기준

다. 철도교통산업 R&D 파급효과 분석 결과

□ 파급효과 분석결과는 다음과 같음

- 고령자의 개인교통수단에 대한 이용률 감소로 대중교통수단에 대한 장기적인 이용 수요 확대가 예상되며 이에 따른 파급효과는 지속적 성장을 전망
- 더불어 친환경·기후변화 대응역량 강화의 일환으로 저탄소 교통물류 체계 구축 관련 기술적 요구가 증가될 것으로 기대
- 각 유발계수 값이 높은 R&D 분야를 고려하여 맞춤형 R&D 투자가 진행될 경우 '21년까지 5년간의 경제적 파급효과는 생산유발효과 232조 6,676억 원, 부가가치유발효과 74조 4,969억 원, 취업유발효과 72만 7,091명/10억 원으로 분석
 - **(생산유발효과)** 철도교통산업의 최종수요가 한 단위 증가 하였을 때, 이를 충족하기 위하여 각 분야별 직·간접으로 유발되는 생산액 수준은 철도차량분야 173조 866억 원, 철도시설분야 26조 7,403억 원, 철도운영 및 환경분야 32조 2,600억 원의 효과를 창출
 - **(부가가치유발효과)** 철도교통산업의 최종수요가 한 단위 발생할 경우 각 분야별 직·간접적으로 유발되는 부가가치는 철도차량분야 49조 4,356억 원, 철도시설분야 7조 4,441억 원, 철도운영 및 환경분야 17조 6,172억 원의 효과를 창출
 - **(취업유발효과)** 철도교통산업의 최종수요가 일정금액(10억 원) 증가할 경우 각 산업부문에서 직·간접적으로 유발되는 취업자 수는 철도차량분야 46만 4,324명, 철도시설분야 6만 2,426명, 철도운영 및 환경분야 20만 341명의 효과를 창출

[표 36] 철도교통분야별 R&D 파급효과

(단위 : 억 원, 명/10억 원)

구 분		2017	2018	2019	2020	2021	합계
철도차량	총수요액(억 원)	301,000	305,800	310,600	315,600	320,600	1,553,600
	생산유발효과	335,344	340,692	346,039	351,610	357,180	1,730,866
	부가가치유발효과	95,778	97,306	98,833	100,424	102,015	494,356
	취업유발효과	89,960	91,394	92,829	94,323	95,818	464,324
철도시설	총수요액(억 원)	49,700	50,300	50,900	51,500	52,100	254,500
	생산유발효과	52,220	52,850	53,481	54,111	54,741	267,403
	부가가치유발효과	14,537	14,713	14,888	15,064	15,239	74,441
	취업유발효과	12,191	12,338	12,485	12,632	12,780	62,426
철도운영 및 환경	총수요액(억 원)	55,700	59,800	64,200	68,900	74,000	322,600
	생산유발효과	56,703	60,876	65,356	70,140	75,332	328,407
	부가가치유발효과	30,418	32,657	35,060	37,626	40,411	176,172
	취업유발효과	34,591	37,137	39,869	42,788	45,955	200,341
합 계							
구분	총수요액	생산유발효과	부가가치유발효과	취업유발효과			
철도차량	1,553,600	1,730,866	494,356	464,324			
철도시설	254,500	267,403	74,441	62,426			
철도운영 및 환경	322,600	328,407	176,172	200,341			
합계	2,130,700	2,326,676	744,969	727,091			

4. 소결

□ 철도산업 생태계 분석

- (철도산업 생태계 정의) 철도산업발전기본법 내 철도산업생태계에 대한 개념적 정의는 부재하나, 철도산업의 법적 범위, 산업 형성구조, 특징 등을 종합했을 때, 철도산업 생태계는 ‘정부 주도의 유기적 복합 산업 생태계’로 정의됨
- (유관산업 비교우위) 광범위하고 복합적인 구조를 보유한 철도산업 생태계는 세부구성 산업 간 연계성, 정부 개입 수준, 이용의 접근성, 공공성이 높음
- (철도산업 이슈 간 연관성) 철도산업 생태계의 이슈들은 인과관계와 상호이해관계 일치성 등의 연관성을 지님
- (철도 R&D 투자효과) 철도 R&D 투자는 철도산업 생태계가 지닌 ‘연계성’이라는 특성에 의해 생태계 세부구성 산업의 연관기술을 고도화하는 연쇄적 효과를 창출하며, 수입대체효과, 고용확대 등의 파급효과를 야기함

□ R&D 투자분석

- 최근 5년 철도분야는 투자가 정체되었으며, 향후 연구저변 확대가 필요할 것으로 보임
- 건설/교통 분야는 최근 5년('12년~'16년) 연평균 증가율이 5.2%('12년 6,694억원 → '16년 8,618억원)이나, 이에 비해 철도기술의 증가율은 1.6%에 그침
- 2016년 철도기술은 출연연 중심의 개발연구 위주로 투자가 이루어졌고, 소분류별로는 궤도토목 기술, 철도차량기술 비중이 높게 나타남
- 철도기술은 출연연(66.7%), 개발연구(55.6%), 국토교통부(59.7%) 중심으로 투자가 이루어졌으며, 이는 공공수요 대응을 주목적으로 하는 분야특성에 기인한 것으로 판단
- 철도기술 소분류별로는 궤도토목기술(16.2%), 철도차량기술(13.6%), 철도신호통신기술(11.4%) 순으로 투자되었으며, 주요 소분류에 해당하지 않는 '달리 분류되지 않는 철도교통기술'이 높은 비중(21.9%)을 차지하여 향후 투자 포트폴리오 수립 시 추가 분석이 필요한 것으로 판단됨
- 철도분야 정부R&D 6T별 투자현황
 - 정부R&D 투자현황을 '6T'로 구분하는 경우, 철도를 포함하여 건설교통 분야는 과반수가 '기타'로 분류
 - 이는 건설교통 기술분야의 특성을 '6T'로 해석하기 어렵기 때문으로 보임
 - 하지만 '철도' 이면서 '6T' 중 'IT(정보기술)'에 해당하는 투자현황은 최근 5년('12년~'16년) 계속해서 증가('12년 49.6억6.0%) → '13년 81.3억(8.0%) → '14년 139.7억(14.6%) → '15년 179.1억(21.5%) → '16년 211.1억(23.4%))

□ 철도 R&D 파급효과

- 각 유발계수 값이 높은 R&D 분야를 고려하여 맞춤형 R&D 투자가 진행될 경우 '21년까지 5년간의 경제적 파급효과는 생산유발효과 232조 6,676억 원, 부가가치유발효과 74조 4,969억 원, 취업유발효과 72만 7,091명/10억 원으로 분석
- (생산유발효과) 철도교통산업의 최종수요가 한 단위 증가 하였을 때, 이를 충족하기 위하여 각 분야별 직·간접으로 유발되는 생산액 수준은 철도차량분야 173조 866억 원, 철도시설분야 26조 7,403억 원, 철도운영 및 환경분야 32조 2,600억 원의 효과를 창출
- (부가가치유발효과) 철도교통산업의 최종수요가 한 단위 발생할 경우 각 분야별 직·간접적으로 유발되는 부가가치는 철도차량분야 49조 4,356억 원, 철도시설분야 7조 4,441억 원, 철도운영 및 환경분야 17조 6,172억 원의 효과를 창출
- (취업유발효과) 철도교통산업의 최종수요가 일정금액(10억 원) 증가할 경우 각 산업부문에서 직·간접적으로 유발되는 취업자 수는 철도차량분야 46만 4,324명, 철도시설분야 6만 2,426명, 철도운영 및 환경분야 20만 341명의 효과를 창출

제2절 철도교통 기술분류체계 수립

1. 기술분류체계 수립

가. 철도교통 기술분류체계 수립 방향

□ 기존 철도교통 기술분류체계(3단계)의 문제점 및 개선방안

- 국토교통과학기술진흥원에서 격년으로 실시하는 ‘국토교통 기술수준조사’에서는 철도교통 분야를 3단계(대-중-소 단위)로 기술을 분류하여 활용 중
 - 기존 3단계 기술수준체계의 경우, 국가 연구개발사업 추진근거로 활용하기에 다소 포괄적이며, 분류의 근거와 그 기준이 불명확하다는 문제가 있음
- 따라서 철도교통 전 분야의 유관기술을 종합적·체계적으로 정리하고 정부정책 및 R&D 추진 체계와 연동될 수 있는 수준(위계)으로 구성할 필요가 있음

[표 37] 기존 기술분류체계의 문제점 및 개선방안

기존체계 (3단계)의 문제점	개선 방안
· R&D 추진근거로 활용하기에 포괄적 (기존 3단계 분류)	· 종합계획, 사업체계, 개별 R&D 사업 추진과 연동 가능한 수준에서 상세한 분류(5단계 분류)
· 분류 근거 및 기준이 불명확	· 법령, 기술기준 등 관련 제도에 근거하여 검토
· 신기술, 융합기술 등 반영 어려움	· 신기술, 융합기술 등 관련 기술 연계성 확보

[표 38] 기존 기술분류체계

대분류 (1개)	중분류 (3개)	소분류 (12개)
철도교통	철도차량	일반철도차량, 고속철도차량, 자기부상철도차량, 도시철도차량(4개)
	철도시설	철도노반, 철도궤도, 철도교량/터널/역사, 전철/전력, 신호/통신(5개)
	철도운영 및 환경	철도운영 및 안전, 철도환경, 철도시스템 유지관리(3개)

□ 철도교통 기술분류체계 구성 원칙

- 철도교통 기술분류체계를 5단계 수준으로 구성하기 위하여 다음과 같은 5가지 원칙을 수립하였음
 - 먼저, 기존 분류체계를 최대한 활용하고 이를 수정하여 철도교통분야에 특화된 기술분류체계를 구성하기로 함. 특히, 기존 국토교통과학기술진흥원에서 실시한 기술수준조사 상의 분류체계를 적극 반영함
 - 기술 간의 중복성은 최대한 배제하였으며, 기술과 장치/부품 간 혼재를 배제하기 위하여 다각도에서 검토를 실시함
 - 기술분류체계는 활용 목적 및 관점에 따라 다양한 방식으로 구성할 수 있어, 다수의 전문

가 집단의 의견수렴을 통하여 확정함. 특히, 이 과제에서 활용한 철도산업전문가포럼의 검토를 통해 최종 확정함

- 마지막으로 4단계, 5단계 수준으로 추가 및 수정되는 항목은 기존의 기술기준 및 제도 등 객관적인 근거를 기반으로 구성함

[표 39] 철도교통분야 기술분류체계 구성 원칙

원칙1	기존 분류체계와의 연속성을 고려하여 기술체계 구성 (일관성)
원칙2	기술 간 중복성을 최소화(차량분야) (배타성)
원칙3	기술과 부품(장치)간 분류단계에서 혼재를 배제 (배타성)
원칙4	관련 법령, 기술기준 등 제도에 근거한 항목 분류 (일관성)
원칙5	신기술, 융합기술 등 4차산업혁명 연계기술 반영 (포괄성)
원칙6	전문가 의견수렴을 통하여 확정

- 선행연구와의 연속성을 확보하면서 철도분야 세부기술 확보전략을 수립할 수 있도록 다음과 같이 상세 기술분류체계 수립
 - 대분류(L1)에서 소분류(L3)까지는 선행연구 및 기술분류체계와 연속성을 고려하여 대체적으로 기존 분류체계를 유지
 - 세부분류(L4)의 경우, 소분류의 하위 구성요소 단위로 기존의 기술트리를 참고하여 세분화
 - 세세부분류(L5)의 경우, 그 자체가 하나의 목표기술이 될 수 있도록 수준을 조정함

나. 철도교통 기술분류체계 수립

□ 철도교통 기술분류체계 수립 절차

- 철도교통 기술분류체계는 크게 5단계의 과정을 거쳐 수립됨
 - (1단계) 기존 철도교통 기술분류체계를 벤치마킹하여 대(L1)-중(L2)-소(L3) 단위의 3단계 분류체계를 확정
 - (2단계) 철도 전문가 Pool을 활용하여 세부(L4)-세세부(L5) 단위의 분류체계를 추천받아 정리함
 - (3단계) 1차 기획타당성회의 결과를 반영하여 미래 유망기술 및 5단계 기술분류체계 내에서 인터페이스 기술을 아우를 수 있는 병렬적 분류체계를 도입
 - (4단계) 기술 분류별 기술정의서 작성
 - (5단계) 철도산업전문가포럼에서 의견수렴을 거쳐 최종 확정

[표 40] 철도교통분야 기술분류체계 도출 프로세스

	추진 내용	주체	결과물
1단계	기존 분류체계 벤치마킹	연구진	대-중-소 단위 분류체계
2단계	세부-세세부 단위 도출	철도 전문가 집단	세부-세세부 단위 분류체계
3단계	유망/융합/인터페이스 기술 도출을 위한 병렬분류 도입	연구진 및 철도 전문가 집단	병렬 분류체계
4단계	기술정의서 작성	기획타당성회의 자문위원	기술정의서
5단계	최종 확정	철도산업전문가포럼	철도교통 기술분류체계 최종(안)

□ 대(L1)-중(L2)-소(L3) 단위 분류체계 도출

- 대분류(L1)는 철도교통을 의미하며, 최상위 단일항목으로 구성
 - ‘국토교통 기술수준조사’의 국토교통분야 9개 대분류 중 하나
- 중분류(L2)는 철도의 대표적인 3개 분야로 분류
 - ‘국토교통 기술수준조사’의 중분류와 동일: 철도차량, 철도시설, 철도 운영 및 환경
- 소분류(L3)는 분야별 목적물 중심의 기술부문으로 분류
 - 국토교통 기술수준조사의 소분류 기준으로 일부 조정
 - ‘철도차량’ 분야는 국내 다양하게 적용되는 신교통수단을 별도로 하였으며, ‘철도운영 및 환경분야’도 ‘철도계획 및 운영’을 별도로 하였으며, 기존의 ‘철도시스템 유지관리’는 ‘철도안전’ 분야에 포함
- 최종적으로 대-중-소 단위의 분류체계는 아래의 표와 같음

[표 41] 철도교통 대-중-소 단위 분류체계

대분류(L1)	중분류(L2)	소분류(L3)
1개	3개	11개
철도교통	철도차량	일반철도차량
		고속철도차량
		도시철도차량
		자기부상철도차량
		신교통철도차량
	철도시설	궤도토목
		전철전력
		신호통신
	철도 운영 및 환경	계획 및 운영
		철도안전
		철도환경

□ 세부(L4) 단위 분류체계 도출

- 철도차량 분야의 세부(L4) 단위 분류체계 도출

- 철도차량의 세부분류는 차종 구분 없이 차량 구성품(목적물) 중심으로 구분. 따라서 소분류의 차종과 상호 병렬적인 형태로 기술분류체계를 구성함. 이는 향후 철도 차량분야의 기술수준분석을 도출할 때도 상호간의 위계수준을 유동적으로 배치하기 용이함.
- 기존 철도연에서 사용하였던 기술트리 및 「철도차량기술기준(2016)」 내의 분류현황을 일부차용
- 철도차량 분야의 세부(L4) 단위 분류체계는 아래와 같음

[표 42] 철도차량 분야 세부(L4) 단위 분류체계

대분류(L1)	중분류(L2)	소분류(L3)		세부분류(L4)
철도교통	철도차량	일반철도차량	상 호 병 렬	차량시스템
		고속철도차량		차체 및 설비 기술
		도시철도차량		주행 기술
		자기부상철도차량		제동기술
		신교통철도차량		추진 제어 기술

○ 철도시설 분야의 세부(L4) 단위 분류체계 도출

- 철도시설의 세부분류는 「철도설계기준(2016)」, 철도설계지침 및 편람 분류현황을 활용하여 구성하였고, 주로 목적물 중심으로 구성함
- 철도시설 분야의 세부(L4) 단위 분류체계는 아래와 같음

[표 43] 철도시설 분야 세부(L4) 단위 분류체계

대분류(L1)	중분류(L2)	소분류(L3)	세부분류(L4)
철도교통	철도시설	궤도토목	궤도/주행로
			노반
			철도교량/고가구조물
			철도터널
			정거장(역사)
		전철전력	급전계통
			전차선로
			전력(에너지 변환 및 공급)
		신호통신	신호제어
			철도통신서비스
			철도통신전송 및 통신망

○ 철도 운영 및 환경 분야의 세부(L4) 단위 분류체계 도출

- 철도 운영 및 환경 분야의 세부분류는 기존 철도연이 사용하던 기술트리를 활용하였고, ‘국토교통 기술수준조사’의 분류체계를 참고하여 기능 중심으로 구분
- 철도 운영 및 환경 분야의 세부(L4) 단위 분류체계는 다음과 같음

[표 44] 철도운영 및 환경 분야 세부(L4) 단위 분류체계

대분류(L1)	중분류(L2)	소분류(L3)	세부분류(L4)
철도교통	철도운영 및 환경	계획 및 운영	철도교통계획
			운영효율화
			모드연계
			철도물류
		철도안전	안전 엔지니어링
			위험도 평가
			사고예방/대응
		철도환경	환경평가/복원
			쾌적성/편의성
			친환경소재

□ 세세부(L5) 단위 분류체계 도출

- 세세부(L5) 단위 기술분류체계의 경우, 각 철도 분야별 전문가 집단의 자문을 통하여 구체적인 개발 대상이 가능한 기술 단위로 분류함. 최종적인 세세부 단위 분류체계는 아래와 같음

[표 45] 철도차량 분야 세세부(L5) 단위 분류체계

대분류(L1)	중분류(L2)	소분류(L3)		세부분류(L4)	세세부분류(L5)
철도교통	철도차량	일반철도 차량	상 호 병 렬	차량시스템	- 차량시스템 해석/설계/제작기술 - 차량시스템 시험평가기술(RAMS) - 차량 유지관리기술 - 미래 차량시스템 기술(초고속분야) - 미래 차량시스템 기술(고밀도분야)
		고속철도 차량		차체 및 설비 기술	- 차량전두부기술 - 차체구조물기술 - 연결기 및 완충장치 기술 - 운전실 및 의장기술 - 환기 및 여압장치 기술
		도시철도 차량		주행 기술	- 대차시스템기술 - 윤축 및 조향기술 - 현가기술 - 동력전달장치기술
		자기부상 철도차량		제동 기술	- 제동시스템기술 - 기계제동장치기술 - 전기제동장치기술 - 특수제동장치기술
		신교통 철도차량		추진 제어 기술	- 차상급전기술 - 전력변환기술 - 전동기기술 - 내연기관기술 - 하이브리드추진기술

[표 46] 철도시설 분야 세세부(L5) 단위 분류체계

대분류(L1)	중분류(L2)	소분류(L3)	세부분류(L4)	세세부분류(L5)
철도교통	철도시설	궤도토목	궤도/주행로	- 궤도/주행로 해석/설계 기술 - 궤도/주행로 시공 및 성능평가기술 - 궤도/주행로 시스템 및 구성품 기술 - 궤도/주행로 유지관리기술
			노반	- 노반 해석/설계 기술 - 노반 시공 및 성능평가기술 - 노반 재료 및 구성품 기술 - 노반 유지관리기술
			철도교량/고가구조물	- 철도교량/고가구조물 해석/설계 기술 - 철도교량/고가구조물 시공 및 성능평가기술 - 철도교량/고가구조물 재료 및 구성품 기술 - 철도교량/고가구조물 유지관리기술
			철도터널	- 철도터널 해석/설계 기술 - 철도터널 시공 및 성능평가기술 - 철도터널 유지관리기술
			정거장(역사)	- 정거장(역사) 설계 및 운영기술 - 정거장(역사) 설비시스템 기술 - 차량기지 기술
		전철전력	급전계통	- 급전계통 해석 및 설계기술 - 급전계통 설비기술 - 급전계통 운영 및 제어기술
			전차선로	- 전차선로 해석/설계/시공 기술 - 전차선로 설비기술 - 전차선로 집전성능평가 및 유지관리기술 - 제3궤조 등 기타 전차선로기술
			전력(에너지 변환 및 공급)	- 무선급전기술 - 신재생에너지 및 전기저장장치 연계 네트워크 기술 - 철도용 스마트그리드 기술
		신호통신	신호제어	- 열차제어시스템 설계기술 - 열차운행제어기술 - 열차운행제어설비기술 - 신호통신설비 유지관리기술
			철도통신 서비스	- 철도차량 통신서비스 기술 - IoT 통신서비스 기술 - 재난 통신서비스 기술
			철도통신전송 및 통신망	- 철도통신망 전송기술 - 열차무선통신망 기술

[표 47] 철도운영 및 환경 분야 세세부(L5) 단위 분류체계

대분류(L1)	중분류(L2)	소분류(L3)	세부분류(L4)	세세부분류(L5)
철도교통	철도운영 및 환경	계획 및 운영	철도교통계획	- 노선계획 및 연계수송체계기술 - 수송수요예측기술 - 철도투자 및 평가기술
			운영효율화	- 철도서비스 계획기술 - 여객 및 화물운영 최적화기술 - 철도교통관제기술
			모드연계	- 철도-도로 연계기술 - 철도-해운 연계기술 - 철도-항공 연계기술
			철도물류	- 물류 운송 시스템기술 - 보관, 하역, 이송기술 - 물류 정보화 기술 - 물류기지 및 터미널 구축기술
		철도안전	안전 엔지니어링	- 시스템 안전 관리체계 기술 - 안전성 검증/인증기술 - 신뢰성 평가기술
			위험도 평가	- 철도사고 모델링 기술 - 위험도 분석 및 평가기술 - 안전대책 평가기술
			사고예방/대응	- 사고예방 및 복구기술 - 재해예방 및 복구기술 - 방법 및 보안기술
		철도환경	환경평가/복원	- 기후변화대응기술 - 환경평가기술 - 환경복원기술
			쾌적성/편의성	- 공기질 관리기술 - 소음진동기술 - 승차감개선기술 - 유도장애기술
			친환경소재	친환경 소재기술

□ 유망기술 발굴을 위한 철도교통 기술분류체계 보완

- 1차 기획타당성조사 위원회의 검토결과, 5단계 분류체계 외에 최근 기술발전 흐름 및 기술 체계 상에서 대응하기 어려운 융합기술 및 기술간의 인터페이스 기술에 대응하기 위해 별도의 기술분류 체계를 제시하고 향후 도출된 융합기술 및 공백기술과 연계하도록 함.

[표 48] 병렬 기준 도입을 통한 5단계 기술분류체계 보완

병렬 항목	Interface (철도분야간)	차량-인프라, 인프라-운영환경, 차량-운영환경	
		근 거	· 제1차 기획타당성 위원회 의견 반영 (기존 분류체계의 중분류간 인터페이스 기술)
	Fusion (타 분야와의)	3D프린트, IoT, 빅데이터, 인공지능, 클라우드	
		근 거	· 한국연구재단의 4차 산업혁명 5대 플랫폼 기술기준으로 분류
	New System (미래교통시스템)	미래교통시스템	
		근 거	· 제1차 기획타당성 위원회 의견 반영 (기존에 없던 새로운 교통시스템 기술 포괄)

□ 新 기술분류체계(안)

○ 기술분류체계

- 새로운 분류체계에 기초한 5단계 철도교통 기술체계도 작성
- 기존 3단계(1개-3개-12개) → 신규 5단계(1개-3개-11개-26개-90개)로 개편
 - 철도차량 : 5개 소분류 - 5개 세부기술 - 23개 세세부기술
 - 철도시설 : 3개 소분류 - 11개 세부기술 - 37개 세세부기술
 - 철도계획 및 운영 : 3개 소분류 - 10개 세부기술 - 30개 세세부기술

[표 49] 기술수준체계 개편(안)

대 (L1)	중 (L2)	소 (L3)	대 (L1)	중 (L2)	소 (L3)	세부 (L4)	세세부 (L5)
1개	3개	12개	1개	3개	11개	26개	90개
철도 교통	철도차량	일반철도차량	철도 교통 (동일)	철도차량 (동일)	수정 (세분화)	차량시스템기술	23개 세세부 기술
		고속철도차량			일반철도차량	차체및살상기술	
		자기부상철도차량			고속철도차량	주행기술	
		도시철도차량			도시철도차량	제동기술	
	철도시설	철도노반			자기부상철도차량	추진제어기술	
		철도궤도			신교통철도차량		
		철도교량/터널/역사					
		전철/전력	철도시설 (동일)	수정 (분류 통합)	궤도토목	궤도/주행로기술	37개 세세부 기술
		신호/통신			전철전력	노반기술	
	철도운영 및 환경	철도운영 및 안전			신호통신	철도교량/ 고가구조물 기술	
		철도환경				철도터널기술	
		철도시스템 유지관리				장기장역사기술	
	철도운영 및 환경	철도운영 및 안전	철도운영 및 환경 (동일)	수정 (분류 조정)	철도계획 및 운영	급전계통기술	
		철도환경			철도안전	전차선로기술	
		철도시스템 유지관리			철도환경	전력(에너지변환 및 공급)기술	
						신호제어기술	
						철도통신 서비스 기술	
						철도통신전송 및 통신망기술	
						철도교통계획 기술	30개 세세부 기술
						운영효율화 기술	
						모드연계기술	
						철도물류기술	
						시스템 안전 엔지니어링기술	
						위험도평가	
						사고예방/대응 기술	
						환경평가/복원 기술	
						쾌적성/편의성 기술	
						친환경소재	

2. 기술정의서

가. 철도차량 분야

□ 철도차량의 정의 및 구성

- (정의) 철도차량의 운행 특성을 고려한 차종별 분류 및 철도차량 하위 구성품으로 분류
- (구성) 5개 소분류(L3), 6개 세분류(L4), 23개 세부기술(L5)로 분류

□ 소분류(L3) 단위 정의

- (일반철도 차량) 전기기관차, 디젤 등 일반철도차량
- (고속철도 차량) 동력집중식 및 동력분산식 고속철도, 미래 초고속철도 등
- (도시철도 차량) 전동차 등 EMU 방식 중형 전동차
- (자기부상철도 차량) 초고속 및 도시형 자기부상철도
- (신교통철도 차량) 경량전철(철제바퀴, 고무바퀴), 트램(바이모달, 무가선, 미니), 모노레일 등

[표 50] 철도 차량 분야 소분류(L3) 단위 정의

코드	소분류(L3)	정의
A1	일반철도 차량	전기기관차, 디젤 등 일반철도차량
A2	고속철도 차량	동력집중식 및 동력분산식 고속철도, 미래 초고속철도 등
A3	도시철도 차량	전동차 등 EMU 방식 중형 전동차
A4	자기부상철도 차량	초고속 및 도시형 자기부상철도
A5	신교통철도 차량	경량전철(철제바퀴, 고무바퀴), 트램(바이모달, 무가선, 미니), 모노레일 등

□ 세부 분류(L4) / 세세부 분류(L5) 단위 기술 프로파일

- 철도차량분야의 5개 세부 분류(L4)에 따른 세세부(L5) 분류 단위의 기술 프로파일은 아래와 같음
- 기술분류체계 표현상 소분류(L3)를 차종 미구분코드(A0)로 표기

[표 51] 차량시스템 기술(L4) 프로파일

A0	차종(일반철도차량, 고속철도차량, 도시철도차량, 자기부상철도차량, 신교통철도차량)	
A01	차량시스템	
기술정의	기존 철도차량 구성하는 주요 시스템에 대한 설계, 제작, 해석 및 시험평가 기술 및 미래 새로운 차량시스템에 대한 기술	
A011	차량시스템 해석/설계/제작기술	차체, 의장, 기장 등 철도차량을 구성하는 시스템에 대한 요구 성능 도출 및 이에 부합하는 인터페이스 기술
A012	차량시스템 시험평가기술(RAMS)	철도시스템 RAM(Reliability 신뢰성, Availability 가용성, Maintain ability 유지보수성, Safety 안전성) 성능 및 비용을 수명 주기에 걸쳐 관리하고 평가하는 체계를 구축하는 기술
A013	차량 유지관리기술	차량의 효율적 유지관리를 위한 기준설정 및 모니터링, 검측자동화, 진단 및 검수주기 체계 구축 등에 관련된 기술
A014	미래 차량시스템 기술(초고속분야)	초고속으로 운행하는 초고속철도시스템을 공기역학적으로 설계, 해석, 시험, 평가하는 기술
A015	미래 차량시스템 기술(고밀도분야)	고밀도로 운행하는 도시철도, 고속철도 시스템을 자동운전, 기종점 운행 등 고밀도 차량의 설계, 해석, 시험, 평가하는 기술

[표 52] 차체 및 설비 기술(L4) 프로파일

A0	차종(일반철도차량, 고속철도차량, 도시철도차량, 자기부상철도차량, 신교통철도차량)	
A02	차체 및 설비	
기술정의	철도차량을 구성하는 차체 및 차량 내부의 각종 설비에 대한 설계, 제작, 해석 및 시험평가 기술	
A021	차량전두부기술	충돌사고 발생 시 차량 및 탑승자의 피해를 최소화하기 위한 충돌안전 설계/시험평가 기술, 고속주행 시 차량의 공력소음, 터널 진출입 시의 압력과 문제 등 공기역학적 문제점을 해결하기 위한 기술
A022	차체구조물기술	차량의 하중을 지지하는 주 구조체인 차체구조물의 구조 강도, 강성 및 피로내구성 확보에 필요한 설계, 제작, 진단, 시험평가 기술
A023	연결기 및 완충장치 기술	차량 간 연결 및 가벼운 충돌사고 발생 시 차량의 피해를 최소화하기 위한 연결기 및 완충장치의 설계/시험평가 기술
A024	운전실 및 의장기술	안전운행을 위한 운전 환경에 관한 기술 및 최적의 휴먼-머신 인터페이스를 제공하기 위한 차량 실내의장에 관한 기술
A025	환기 및 여압장치 기술	철도차량의 환기 및 내부 압력을 제어하기 위한 설계 및 각종 설비에 관한 기술

[표 53] 주행 기술(L4) 프로파일

A0	차종(일반철도차량, 고속철도차량, 도시철도차량, 자기부상철도차량, 신교통철도차량)	
A03	주행 기술	
기술정의	철도차량 주행과 관련한 대차 및 대차의 구성요소 그리고 대차시스템의 설계, 제작, 해석 및 시험평가 기술	
A031	대차시스템기술	차량시스템의 요구 성능에 부합하는 대차시스템 기술 및 구성 요소간 인터페이스 기술
A032	윤축 및 조향기술	차륜과 차축으로 구성되는 윤축과 윤축의 회전을 원활히 하기 위한 베어링 및 관련 장치의 설계, 제작, 시험평가기술과 윤축의 곡선추종성능을 향상시키기 위한 조향장치의 설계, 제작, 시험평가 기술
A033	현가기술	윤축과 대차프레임, 대차프레임임과 차체 또는 볼스타를 연결하여 윤축, 대차프레임, 차체를 지지하고 진동억제 및 승차감을 향상시키는 현가장치에 대한 설계, 제작, 시험평가 기술
A034	동력전달장치기술	차상의 견인전동기 또는 내연기관에서 발생된 동력을 차륜의 구동축에 직접 또는 간접 메커니즘을 이용하여 효과적으로 전달하기 위한 장치 관련 제반기술

[표 54] 제동 기술(L4) 프로파일

A0	차종(일반철도차량, 고속철도차량, 도시철도차량, 자기부상철도차량, 신교통철도차량)	
A04	제동 기술	
기술정의	주행하는 열차를 멈추거나 차량을 정지 상태로 유지하는데 필요한 기술	
A041	제동시스템기술	열차를 멈추기 위해 혹은 정지상태를 유지하기 위해 제동 구성 요소들이 하나의 시스템으로 작용하는데 필요한 제반기술
A042	기계제동장치기술	제동디스크/라이닝 혹은 차륜/제륜자의 마찰을 이용하는 기계 제동과 관련된 제반기술
A043	전기제동장치기술	발전제동, 회생제동, 와전류제동 등 전기를 이용하는 제동에 관련된 제반기술
A044	특수제동장치기술	마찰제동 및 전기제동 이외의 제동장치 기술

[표 55] 추진제어 기술(L4) 프로파일

A0	차종(일반철도차량, 고속철도차량, 도시철도차량, 자기부상철도차량, 신교통철도차량)	
A05	추진제어 기술	
기술정의	집전장치로부터 전력을 공급받아 전력변환장치를 통한 후 견인전동기를 구동하여 추진력을 얻거나, 내연기관으로부터 동력전달장치를 이용한 추진력을 얻기 위한 제 반 기술	
A051	차상급전기술	급전선으로부터 접촉 또는 비접촉 방식으로 차량에 에너지를 공급받는데 필요한 차상 급전장치 설계 및 제어 관련 제반기술
A052	전력변환기술	지상 또는 차상집전장치를 통해서 차상에 공급된 전력을 차량 구동에 필요한 견인전동기 및 각종 구동장치에 맞는 전력 형태로 변환하는데 필요한 다양한 인버터/컨버터 설계 및 제어 관련 제반기술
A053	전동기기술	전기철도차량의 추진 동력원인 회전형 견인용 전동기 관련 기술로서, 직류전동기, 유도전동기, 권선형 동기전동기, 영구 자석형 동기전동기의 설계/제작/제어 및 유지보수 관련 제반 기술
A054	내연기관기술	철도차량에 적용되는 디젤기관, CNG 및 터보엔진 등에 관련된 제반 기술
A055	하이브리드 추진기술	다양한 신개념 철도차량 시스템에 적용이 가능한 Multi-energy-source 추진기술로서, 가선/2차전지, 가선/연료전지, 유도급전/2차전지, 유도급전/연료전지, 2차전지/연료전지 등의 복합적인 에너지원을 대상으로 한 하이브리드 추진시스템의 설계/제작/제어 및 유지보수 관련 제반기술

나. 철도시설 분야

□ 철도시설의 정의 및 구성

- (정의) 철도차량이 운행하기 위한 시설분야인 궤도토목, 전철전력 및 신호통신 분야
- (구성) 3개 소분류(L3), 11개 세분류(L4), 37개 세부기술(L5)로 분류

□ 소분류(L3) 단위 정의

- (궤도토목) 철도차량의 운행을 유도하는 궤도, 노반, 교량, 터널 및 정거장에 관련한 기술
- (전철전력) 철도차량에 전력을 공급하기 위한 급전설비 및 전차선로설비, 에너지 활용을 최적화하기 있는 전력시스템에 관련한 기술
- (신호통신) 열차의 운행을 제어하기 위한 신호시스템 및 이를 위해 요구되는 통신시스템 기술

[표 56] 철도 시설 분야 소분류(L3) 단위 정의

코드	소분류(L3)	정의
B1	궤도토목	철도차량의 운행을 유도하는 궤도, 노반, 교량, 터널 및 정거장에 관련한 기술
B2	전철전력	철도차량에 전력을 공급하기 위한 급전설비 및 전차선로설비, 에너지 활용을 최적화하기 있는 전력시스템에 관련한 기술
B3	신호통신	열차의 운행을 제어하기 위한 신호시스템 및 이를 위해 요구되는 통신시스템 기술

□ 세부 분류(L4) / 세세부 분류(L5) 단위 기술 프로파일

- 궤도토목(L3) 분야의 세부(L4), 세세부(L5) 분류 단위의 기술 프로파일은 아래와 같음

[표 57] 궤도/주행로 기술(L4) 프로파일

B1	궤도토목	
B11	궤도/주행로	
기술정의	차량을 직접 지지하고 유도하는 궤도에 대해 주행안전성, 승차감, 친환경성, 유지보수 및 경쟁성 확보를 위한 관련 기술	
B111	궤도/주행로 해석/설계 기술	차량과 주행안전성 및 승차감 확보와 건설 및 유지관리비를 저감하기 위한 궤도의 선형설계기술과 현장여건을 고려한 최적 배선기술
B112	궤도/주행로 시공 및 성능평가기술	계획된 선형을 허용오차의 범위 내에서 확보함과 동시에 소요의 성능을 확보할 수 있도록 궤도시스템을 설치하고 성능을 평가하는 기술
B113	궤도/주행로 시스템 및 구성품 기술	요구된 궤도성능을 확보하도록 궤도 구성품간의 인터페이스 분석을 통하여 궤도시스템의 설계 및 제작, 성능을 평가하고 궤도를 구성하는 체결장치, 침목과 같은 궤도 구성품과 슬래브궤도, 분기기와 같은 궤도 구조의 성능요구조건을 정립하는 설계기술과 건설 이전에 성능검증을 위한 성능평가 기술
B114	궤도/주행로 유지관리기술	궤도 및 하부구조물의 유지관리 기준의 설정 및 적용/관리 기술

[표 58] 노반 기술(L4) 프로파일

B1	궤도토목	
B12	노반	
기술정의	궤도를 지지하는 하부구조인 노반을 대상으로 열차주행 안정성 및 환경적 피해를 최소화 시키는 기술과 요구성능에 부합되도록 하는 기술	
B121	노반 해석/설계 기술	선로를 점유하거나 인접 지반구조물에 대한 최적화된 설계기법 개발과 이를 해석적 접근을 통해 실제현장을 규명하고 공학적인 판단을 사용하는 기술
B122	노반 시공 및 성능 평가기술	안전한 열차운행 목적에 부합되도록 지반구조물에 대한 구조, 기능, 경제성에 바탕으로 둔 합리적인 시공과 지반구조물에 대한 성능을 파악하고 객관적으로 평가하여 향상시킬 수 있는 전반적 기술과 신뢰성 및 효율성 향상 기술
B123	노반 재료 및 구성품 기술	지반구조물을 구성하고 있는 개별 구성품과 재료에 대한 전반적인 신기술 및 신재료 기술
B124	노반 유지관리기술	노반 선로구축물의 유지관리에 필요한 각종 기법 및 기술

[표 59] 철도교량/고가구조물 기술(L4) 프로파일

B1	궤도토목	
B13	철도교량/고가구조물	
기술정의	일반철도, 고속철도, 경량전철, 자기부상열차, 모노레일 등 모든 철도차량의 하천, 도로횡단 교량 및 고가 구조물에 대한 설계 및 시공 유지관리 기술	
B131	철도교량/고가구조물 해석/설계 기술	구조적 안전성 및 주행안전성을 제고하기 위한 철도교량 설계 기술 및 해석 기술
B132	철도교량/고가구조물 시공 및 성능평가기술	철도교량의 시공중 안전성 향상과 교통장애 등 간접비용의 최소화를 위한 첨단 시공 기술 및 철도교량의 사용 중 상태 평가를 포함한 유지관리 기술의 개선을 통한 사용성과 수명증대 관련 기술
B133	철도교량/고가구조물 재료 및 구성품 기술	철도교량의 성능과 직접 연관되지는 않지만 사용성을 높이기 위한 받침, 신축이음장치, 낙교방지장치, 난간 및 기타 2차 구조물의 성능 향상 기술
B134	철도교량/고가구조물 유지관리기술	철도교량 선로구축물의 유지관리에 필요한 각종 기법 및 기술

[표 60] 철도터널 기술(L4) 프로파일

B1	궤도토목	
B14	철도터널기술	
기술정의	일반, 고속, 초고속 철도터널 구조물의 설계, 시공 및 유지관리 관련 기술	
B141	철도터널 해석/설계 기술	철도터널의 경제적인 시공을 위한 첨단 해석 및 설계기술 (지반반응, 지보재 및 라이닝 거동, 지하수 흐름 등)
B142	철도터널 시공 및 성능 평가기술	급속시공을 위한 기계화 시공, 관련 장비 및 재료개발 기술, 보조공법 관련 기술 및 철도터널 공력 안전설계, 미기압파 저감 기술
B143	철도터널 유지관리기술	철도터널의 유지관리에 필요한 각종 기법 및 기술

[표 61] 정거장(역사) 기술(L4) 프로파일

B1	궤도토목	
B15	정거장/역사	
기술정의	정거장, 승강장 환승시스템에서 안전성, 편의성, 환경성의 향상 및 미래첨단 역사를 위한 총괄기술	
B151	정거장(역사) 설계 및 운영기술	역사 공간 및 동선설계 기술, 역사시설 표준화 기술, 심미성 및 시각향상 기술, 복합·첨단역사 계획 기술 등
B152	정거장(역사) 설비시스템 기술	역사의 편의성 및 쾌적성을 추구하기 위하여 설비표준화, 첨단화, 환경개선을 위한 기술
B153	차량기지 기술	철도차량의 유지관리 및 운행 대기를 위한 차량기지의 구축 및 기능을 확보하기 위한 기술

○ 전철전력(L3) 분야의 세부(L4), 세세부(L5) 분류 단위의 기술 프로파일은 아래와 같음

[표 62] 급전계통 기술(L4) 프로파일

B2	전철전력	
B21	급전계통	
기술정의	전기철도 시스템에서 열차 및 선로변 시설, 역사에 전력을 공급하기 위하여 시설되는 송변전 및 배전 네트워크 설계/구축 기술	
B211	급전계통 해석 및 설계기술	전기철도에서 열차에 전력을 공급하기 위하여 전기를 송전하고, 변전하고, 변환하여 전차선로에 공급하는 일련의 연계된 시스템 및 구성 설비의 설계/구축 기술
B212	급전계통 설비기술	송전, 변전, 배전 등 급전계통에서 활용되고 있는 전기설비의 성능을 개선하기 위한 기술
B213	급전계통 유지관리 기술	전기 철도 시스템에서 송전, 변전, 배전을 포함한 모든 전력 공급 시스템을 중앙에서 감시하고 보호 및 제어하기 위한 시스템 설계/구축/운영 기술

[표 63] 전차선로 기술(L4) 프로파일

B2	전철전력	
B22	전차선로	
기술정의	전기철도 시스템에서 움직이는 열차에 전력을 공급하기 위하여 선로를 따라 가공한 것 또는 제3궤조로 설치되는 고정 시설물인 전차선로 시스템에 대한 기술	
B221	전차선로 해석/설계/시공 기술	열차에 전력을 공급하기 위한 전차선로의 해석, 설계 및 시공과 관련한 기술
B222	전차선로 설비기술	전차선로를 구성하는 설비의 제작 및 성능 개선 기술
B223	전차선로 집전성능 평가 및 유지관리 기술	전차선로 설비가 건전한 상태로 유지되도록 효과적, 경제적 유지관리 수단 및 원래의 기능 상태로 되돌리기 위한 보수 보강에 관한 기술
B224	제3궤조 등 기타 전차선로기술	차량의 상부 또는 하부에 달린 집전장치와 접촉 마찰하여 차량에 전기를 공급할 수 있도록 선로 변을 따라 강체 가선 방식으로 설치되는 전차선로 시설물에 대한 기술

[표 64] 전력(에너지변환 및 공급) 기술(L4) 프로파일

B2	전철전력	
B23	전력(에너지변환 및 공급)	
기술정의	고정된 선로에서 움직이는 전기 차량에 전력을 공급하는 방식을 유도 등의 무선전송 방식으로 하는 전기 에너지 전달 시스템 구축 기술과 철도 차량이나 시설에 신재생에너지 및 전기저장장치를 연계하여 전력사용을 효율적으로 운영하는 기술	
B231	무선급전기술	유도 등의 무선 전송 원리를 이용한 전기에너지 전달 시스템 및 관련 시설 구축 기술
B232	신재생에너지 및 전기 저장장치 연계 네트워크 기술	에너지를 전동차에 공급 혹은 재공급하기 위하여 회생에너지, 태양광, 풍속 등 전기에너지를 저장하는 장치 및 신재생 에너지를 기존의 철도전력계통에 연계하는 기술
B233	철도용 스마트그리드 기술	철도 급전계통에 신재생에너지 및 전력저장장치 등을 연계하여 에너지 사용을 최적화하기 위한 기술

○ 신호통신(L3) 분야의 세부(L4), 세세부(L5) 분류 단위의 기술 프로파일은 아래와 같음

[표 65] 열차제어 기술(L4) 프로파일

B3	신호통신	
B31	열차제어	
기술정의	열차의 운행 조건에 따라 지상-차상 간에 정보를 전송하여 열차의 운행 간격, 열차 속도 및 열차운행시의 철도 안전과 연관된 기본 요소기술, 열차제어 관련 신호설비 제어기술 및 신호시스템 설계 기술 등을 취급하는 시스템 엔지니어링 기술	
B311	열차제어시스템 설계 기술	주어진 환경 조건에 따라 신호시스템을 최적으로 구현하기 위한 신호설비의 구성 및 배치 관련 설계 기술
B312	열차운행 제어기술	열차 또는 차량을 주어진 환경 조건 내에서 규정된 방법에 의해 안전하게 운행할 수 있도록 제어하는 기술
B313	열차운행 제어 설비 기술	열차 또는 차량의 안전운행과 수송능력 향상을 목적으로 신호시스템을 구현하기 위해 설치한 장치에 대한 제어 기술
B314	신호통신설비 유지관리기술	신호 통신 시스템의 기능을 정상으로 유지하거나 기능 이상 발생시 신속, 정확, 안전한 복구 등을 통해 관련 장치의 기능을 향상시키는 모든 제반 기술

[표 66] 철도통신서비스 기술(L4) 프로파일

B3	신호통신	
B32	철도통신서비스	
기술정의	유선, 무선, 광 기타 전자적 방식에 의해 부호, 문자, 음성 또는 영상 등을 사용하여 열차 운행 및 여객 서비스 등과 같이 철도 시스템에서 필요로 하는 정보를 송수신 하는 기술	
B321	철도차량 통신서비스 기술	철도차량에서 요구되는 각종 기능 및 정보를 송수신하기 위한 통신 서비스 기술
B322	IoT 통신서비스 기술	철도시스템에서 IoT기반을 통해 정보를 송수신할 수 있도록 하는 통신서비스 기술
B323	재난 통신서비스 기술	철도시스템에서 발생할 수 있는 재난 상황에 대응하기 위해 요구되는 정보를 송수신할 수 통신서비스 기술

[표 67] 철도통신전송 및 통신망 기술(L4) 프로파일

B3	신호통신	
B33	철도통신전송 및 통신망 기술	
기술정의	철도 서비스에서 필요로 하는 정보를 송수신하기 위한 무선 접속 네트워크 및 코어 네트워크 기술	
B331	철도통신망 전송기술	철도 서비스 제공을 위한 무선 접속 네트워크 기술
B332	열차무선통신망 기술	이동 중인 열차와 고정된 지상설비 또는 이동 중인 열차 사이의 정보 전송을 위한 무선 접속 네트워크 및 코어 네트워크 기술

다. 철도운영 및 환경 분야

□ 철도운영 및 환경의 정의와 구성

- (정의) 철도시스템의 운영을 위한 철도계획 및 운영, 안전 및 환경분야
- (구성) 3개 소분류(L3), 11개 세분류(L4), 37개 세부기술(L5)로 분류

□ 소분류(L3) 단위 정의

- (철도계획 및 운영) 철도교통 계획 및 수송체계구축, 그리고 운영 및 서비스 관련 기술
- (철도안전) 철도시스템 안전체계, 사고 및 재난 예방 및 대응기술
- (철도환경) 기후관련 대응, 쾌적성 및 환경 관련 소재 관련 기술

[표 68] 철도 시설 분야 소분류(L3) 단위 정의

코드	소분류(L3)	정의
C1	철도계획 및 운영	철도교통 계획 및 수송체계구축, 그리고 운영 및 서비스 관련 기술
C2	철도안전	철도시스템 안전체계, 사고 및 재난 예방 및 대응기술
C3	철도환경	기후관련 대응, 쾌적성 및 환경 관련 소재 관련 기술

□ 세부 분류(L4) / 세세부 분류(L5) 단위 기술 프로파일

- 철도계획 및 운영(L3) 분야의 세부(L4), 세세부(L5) 분류 단위의 기술 프로파일은 아래와 같음

[표 69] 철도교통계획 기술(L4) 프로파일

C1	철도계획 및 운영	
C11	철도교통계획기술	
기술정의	철도교통수단의 노선계획, 수요예측, 경제성 및 시스템 연계 등을 분석하기 위한 종합적인 분석체계 기술	
C111	노선계획 및 연계수송체계기술	지역간 수송수요 처리를 위한 최적 철도 Network 구축 및 철도역 중심의 연계 수송체계 구축을 위한 기술
C112	수송수요예측기술	철도인프라 투자 및 노선계획을 위한 인적, 물적 장래 지역간 수송수요 예측을 위한 수리적 분석기술
C113	철도투자 및 평가기술	철도인프라 투자비용 산정 및 편익 항목의 발굴을 통한 시설투자의 경제적 효율성 평가를 위한 분석 기술

[표 70] 운영효율화 기술(L4) 프로파일

C1	철도계획 및 운영	
C12	운영효율화기술	
기술정의	철도운영에 필요한 제반문제에 정보기술과 운용과학기술을 적용하여 철도운영의 최적화와 효율적인 철도운영체계를 구축하고 이를 지원하는 정보시스템을 구축, 운영하는 기술	
C121	철도서비스 계획기술	제한된 자원제약 하에서 최대의 수요만족 및 운영수익을 동시에 달성하기 위한 열차, 차량, 검수, 승무원 계획 등의 최적화 기술
C122	여객 및 화물운영 최적화기술	과거 공급개념에서 수요중심의 운영 효율화 및 최적화 기반기술로서 수요파악 및 분석, 여객제어, 화물운영 등에 필요한 핵심기술
C123	철도교통관제기술	운영계획의 혼란 발생상황에서 열차의 정시성확보를 위한 지능형 트래픽제어, 최적간격제어, 시설최적화, 경합검지 및 해소, 자율분산체계 등의 핵심기술

[표 71] 모드연계 기술(L4) 프로파일

C1	철도계획 및 운영	
C13	모드연계기술	
기술정의	철도교통수단과 타 교통수단간의 연계 운행하기 위한 기술	
C131	철도-도로 연계기술	철도교통과 도로교통 수단간 연계 운행하기 위한 기술
C132	철도-해운 연계기술	철도교통과 해운교통 수단간 연계 운행하기 위한 기술
C133	철도-항공 연계기술	철도교통과 항공교통 수단간 연계 운행하기 위한 기술

[표 72] 철도물류 기술(L4) 프로파일

C1	철도계획 및 운영	
C14	철도물류기술	
기술정의	철도중심의 물류수송시스템 구축 및 운영기술	
C141	물류 운송 시스템기술	수송서비스의 효율을 높이기 위한 물류 운송서비스로서 이단적열차, 장대화물열차, 카고 스프린터 등의 도입, 운영기술
C142	보관, 하역, 이송기술	철도 물류를 위한 보관, 하역, 이송기술과 타 물류 수송수단인 도로, 항공, 해운간에 효율적인 연계하기 위한 기술
C143	물류 정보화 기술	철도 물류 수송의 관리 및 최적화를 위한 정보화 기술
C144	물류기지 및 터미널 구축기술	철도물류기지 및 터미널의 위치, 규모, 기능에 대한 설계기술과 처리성능을 최대화하기 위한 운영효율성 향상 기술

○ 철도안전(L3) 분야의 세부(L4), 세세부(L5) 분류 단위의 기술 프로파일은 다음과 같음

[표 73] 시스템 안전 엔지니어링 기술(L4) 프로파일

C2	철도안전	
C21	시스템 안전 엔지니어링기술	
기술정의	시스템안전(System Safety)를 설계하고 구현하기 위한 해석적 기법 및 공학적 기술	
C211	시스템 안전 관리체계 기술	안전관리시스템(SMS)의 기능과 구조를 설계하는 아키텍처링 기술과 아키텍처 및 위험도평가를 기반으로 공학적 절차를 준수하여 위험도를 평가, 대책수립 및 안전관리활동을 실행하는 규정, 조직 및 절차를 체계화하는 기술
C212	안전성 검증/인증기술	철도의 구성요소인 시스템, 조직, 개인에 대한 적합성 평가와 인증에 필요한 요건, 평가, 검증에 요구되는 복합 기술
C213	신뢰성 평가기술	철도시스템 및 구성요소의 신뢰성을 검증, 평가하기 위한 기술

[표 74] 위험도평가 기술(L4) 프로파일

C2	철도안전	
C22	위험도평가	
기술정의	철도사고 위험도 예측모델 개발, 위험분석, 위험도 산출 및 평가, 위험도 제어를 위한 안전대책을 합리적으로 식별, 관리하는 위험도기반의 기술	
C221	철도사고 모델링 기술	철도시스템에서 인적, 물적 피해를 유발하는 위험요인(hazard) 확인, 위험사건(hazardous event) 설정, 사고 시나리오 구성 및 사고진전을 막는 방어벽 등을 논리적으로 전개하여 모델링하는 기술
C222	위험도 분석 및 평가기술	철도시스템의 전 수명주기에 걸쳐 위험요인과 위험사건을 판별하고 이들 위험사건의 원인이 되는 시스템, 하부시스템, 구성품 단계의 기술적·인적·운영상의 위험요인을 분석하고 평가하는 기술
C223	안전대책 평가기술	철도시스템의 위험도를 허용가능한 수준으로 낮추기 위해 위험도 정보 및 위험도평가 과정에서 측정된 정보를 활용하여 안전대책의 효과를 평가하는 기술

[표 75] 사고예방/대응 기술(L4) 프로파일

C2	철도안전	
C23	사고예방/대응기술	
기술정의	철도사고 및 재해 예방 및 대응을 하기 위한 기술	
C231	사고예방 및 복구기술	철도사고(충돌, 탈선, 화재, 건널목사고 및 공중사상 사고)를 예방하고 그 피해를 저감시키기 위한 기술
C232	재해예방 및 복구기술	재해(자연재해 또는 기술재해)요인에 대해 철도시스템을 안전하고 보전하고, 승객의 생명을 보호하기 위해 실시간 또는 사전에 재해에 능동적으로 대응(Response)하고, 재해 후 복구(Recovery)하는 기술
C233	방법 및 보안기술	테러 및 사이버보안 등 고의적인 방식에서의 철도 안전을 저해하는 요소에 대응하기 위한 기술

○ 철도환경(L3) 분야의 세부(L4), 세세부(L5) 분류 단위의 기술 프로파일은 다음과 같음

[표 76] 환경평가/복원 기술(L4) 프로파일

C3	철도환경	
C31	환경평가/복원기술	
기술정의	철도교통에서의 기후변화대응 및 환경평가 및 복원기술	
C311	기후변화대응기술	철도교통에서의 기후변화에 대응하기 위한 기후 관련기술의 정책, 시행, 평가하는 기술
C312	환경평가기술	철도의 계획단계에서 환경에 미치는 영향을 고려하고, 건설 및 운영단계에서 오염부하를 측정하고 평가하는 기술
C313	환경복원기술	대기, 토양, 폐기물 등의 철도환경오염 매체의 요소별 복원 기술

[표 77] 쾌적성/편의성 기술(L4) 프로파일

C3	철도환경	
C32	쾌적성/편의성기술	
기술정의	철도 이용객의 편의성 및 쾌적성을 추구하기 위하여 공기질, 소음진동, 승차감 및 유도장애 등 관련설비의 표준화, 첨단화, 환경개선을 위한 기술	
C321	공기질관리기술	실내외 공기 중 미세먼지 및 가스상 오염물질 저감, 발생원 관리 등을 통한 공기청정기술
C322	소음진동기술	철도차량의 주행으로 인해 발생하는 소음 및 진동 현상에 대한 환경영향을 최소화하기 위한 발생 및 전파 현상의 규명, 예측 그리고 소음 진동의 저감 및 관리 기술
C323	승차감개선기술	주행 중 발생하는 소음, 진동, 원심력 등 외부영향에 대한 인체 반응과 열차설계시 인체의 반응 동작에 대한 신속성 및 피로감 영향을 평가하여 승차감을 향상시키는 기술
C324	유도장애기술	전기철도에서 발생하는 전계나 자계에 의해 발생하는 전자파, 도체에 의한 전도성 그리고 전자 또는 정전 유도성에 대해 인근 기기 등에 미치는 영향에 대해 예측기법과 시험평가를 통하여 대책을 수립하는 기술

[표 78] 친환경소재 기술(L4) 프로파일

C3	철도환경	
C33	친환경소재	
기술정의	친환경 소재를 활용하여 자연상태나 극한조건에서 오염물질 방출을 최소화하고 부식, 유해물질 방출, 화재로 인한 2차 오염을 최소화하는 기술	
C331	친환경 소재기술	친환경 소재를 활용하여 자연상태나 극한조건에서 오염물질 방출을 최소화하고 부식, 유해물질 방출, 화재로 인한 2차 오염을 최소화하는 기술

3. 소결

□ 철도분야 기술분류체계 최종안 도출

- 철도분야의 상세 기술수준을 분석하고, 기술 확보전략을 수립하기 위한 최종적인 기술분류체계를 아래와 같이 도출하고 세부분류(L4) 단위까지 기술분류별로 코드화 실시
- 철도산업전문가포럼을 개최하여 차량, 시설, 계획 및 운영 등 관련분야 16인의 검토를 통해 최종안을 심의하여 확정
- 철도차량 분야 (표현상 편의를 위해 차종미구분[A0] 코드로 표기)

[표 79]

유망기술발굴			인터페이스[I]			4차산업 융합[F]					신교통수단[N]
기술수준분석											
중분류 (L2)	소분류 (L3)	세부분류 (L4)	차량- 인프라 I01	인프라- 운영 I02	운영- 차량 I03	빅데 이터 F01	IOT F02	인공 지능 F03	클라 우드 F04	3D 프린터 F05	신교통 수단 N01
철도 차량 [A]	차종 미구분 [A0]	차량 시스템 [A01]	A01_I01	A01_I02	A01_I03	A01_F01	A01_F02	A01_F03	A01_F04	A01_F05	A01_N01
	고속 철도 차량 [A1]	차체 및 설비 기술 [A02]	A02_I01	A02_I02	A02_I03	A02_F01	A02_F02	A02_F03	A02_F04	A02_F05	A02_N01
	고속 철도 차량 [A2]	상 호 병 렬									
	도시 철도 차량 [A3]										
	자기 부상 철도 차량 [A4]										
	신교통 철도 차량 [A5]										

○ 철도시설 분야

[표 80]

유망기술발굴			인터페이스[I]			4차산업 융합[F]					신교통수단 [N]
기술수준분석											
중분류 (L2)	소분류 (L3)	세부분류 (L4)	차량-인프라 I01	인프라-운영 I02	운영-차량 I03	빅데이터 F01	IOT F02	인공지능 F03	클라우드 F04	3D 프린터 F05	신교통수단 N01
철도시설 [B]	궤도토목 [B1]	궤도/주행로 기술 [B11]	B11_I01	B11_I02	B11_I03	B11_F01	B11_F02	B11_F03	B11_F04	B11_F05	B11_N01
		노반기술 [B12]	B12_I01	B12_I02	B12_I03	B12_F01	B12_F02	B12_F03	B12_F04	B12_F05	B12_N01
		철도교량/고가구조물 [B13]	B13_I01	B13_I02	B13_I03	B13_F01	B13_F02	B13_F03	B13_F04	B13_F05	B13_N01
		철도터널 기술 [B14]	B14_I01	B14_I02	B14_I03	B14_F01	B14_F02	B14_F03	B14_F04	B14_F05	B14_N01
		정거장(역사) 기술 [B15]	B15_I01	B15_I02	B15_I03	B15_F01	B15_F02	B15_F03	B15_F04	B15_F05	B15_N01
	전철전력 [B2]	급전계통 기술 [B21]	B21_I01	B21_I02	B21_I03	B21_F01	B21_F02	B21_F03	B21_F04	B21_F05	B21_N01
		전차선로 기술 [B22]	B22_I01	B22_I02	B22_I03	B22_F01	B22_F02	B22_F03	B22_F04	B22_F05	B22_N01
		전력(에너지 변환 및 공급) [B23]	B23_I01	B23_I02	B23_I03	B23_F01	B23_F02	B23_F03	B23_F04	B23_F05	B23_N01
	신호통신 [B3]	신호제어 기술 [B31]	B31_I01	B31_I02	B31_I03	B31_F01	B31_F02	B31_F03	B31_F04	B31_F05	B31_N01
		철도통신 서비스기술 [B32]	B32_I01	B32_I02	B32_I03	B32_F01	B32_F02	B32_F03	B32_F04	B32_F05	B32_N01
		철도통신전송 및 통신망기술 [B33]	B33_I01	B33_I02	B33_I03	B33_F01	B33_F02	B33_F03	B33_F04	B33_F05	B33_N01

[표 81]

유망기술발굴			인터페이스[I]			4차산업 융합[F]					신교통수단 [N]
기술수준분석											
중분류 (L2)	소분류 (L3)	세부분류 (L4)	차량-인프라 I01	인프라-운영 I02	운영-차량 I03	빅데이터 F01	IOT F02	인공지능 F03	클라우드 F04	3D 프린터 F05	신교통수단 N01
철도 운영 및 환경 [C]	철도 계획 및 운영 [C1]	철도교통계 획 기술 [C11]	C11_I01	C11_I02	C11_I03	C11_F01	C11_F02	C11_F03	C11_F04	C11_F05	C11_N01
		운영효율화 기술 [C12]	C12_I01	C12_I02	C12_I03	C12_F01	C12_F02	C12_F03	C12_F04	C12_F05	C12_N01
		모드연계 기술 [C13]	C13_I01	C13_I02	C13_I03	C13_F01	C13_F02	C13_F03	C13_F04	C13_F05	C13_N01
		철도물류 기술 [C14]	C14_I01	C14_I02	C14_I03	C14_F01	C14_F02	C14_F03	C14_F04	C14_F05	C14_N01
	철도 안전 [C2]	시스템 안전 엔지니어링 기술 [C21]	C21_I01	C21_I02	C21_I03	C21_F01	C21_F02	C21_F03	C21_F04	C21_F05	C21_N01
		위험도평가 기술 [C22]	C22_I01	C22_I02	C22_I03	C22_F01	C22_F02	C22_F03	C22_F04	C22_F05	C22_N01
		사고예방/ 대응기술 [C23]	C23_I01	C23_I02	C23_I03	C23_F01	C23_F02	C23_F03	C23_F04	C23_F05	C23_N01
	철도 환경 [C3]	환경평가/ 복원기술 [C31]	C31_I01	C31_I02	C31_I03	C31_F01	C31_F02	C31_F03	C31_F04	C31_F05	C31_N01
		쾌적성/ 편의성 기술 [C32]	C32_I01	C32_I02	C32_I03	C32_F01	C32_F02	C32_F03	C32_F04	C32_F05	C32_N01
		친환경소재 기술 [C33]	C33_I01	C33_I02	C33_I03	C33_F01	C33_F02	C33_F03	C33_F04	C33_F05	C33_N01

제3절 기술수준상세분석

1. 환경분석

가. 환경분석 종합결과

(1) 정책현황

- 주요 철도선진국은 장기계획을 수립해 미래교통수단으로서 철도에 대한 투자를 지속적으로 증가하고 있는 추세임
- 국내외 주요 정책방향은 운행안전성, 지속가능성, 수송효율성, 승객편의성, 생애주기비용(LCC) 최적화 등으로 살펴볼 수 있음

[표 82] 국내외 철도분야별 정책현황

구분	내 용
철도차량	▪ (국내) 전 세계적으로 초고속 열차 기술개발의 필요성이 증가됨에 따라, 관련 핵심기술을 확보하기 위한 미래선도형 R&D 추진, 고속철도차량의 기술수준을 '20년까지 최고기술국 대비 90%까지 상승을 목표로 제시('15년, 83.2% 수준) ▪ (독일) 차량 경량화를 통한 초고속철도 확보를 위해 대차 중량을 줄일 수 있는 기술확보를 목적으로 투자가 진행중 ▪ (일본) 초고속 자기부상 열차를 개발하여 14년 오사카구간에 시험운행을 완료하였고, 시속 600km 자기부상열차 개발을 위해 5년내 산둥성 지난-칭다오 구간에 5km에 달하는 시범 라인을 건설하고 기술검증을 거쳐 상용화에 돌입할 계획('16.10월) ▪ (중국) 최대 철도 제조사 중국중차를 주축으로 13차 5개년 계획에 포함된 '시속 600km 고속자기부상열차 연구개발 프로젝트'를 본격 추진 ▪ (미국) 트럼프 정부는 약 1조 달러 규모의 인프라 투자정책 추진과 더불어, 민간 주도인 고속철도 및 차량시스템 사업 투자지원 부각('17.6월) ▪ (인도) 기관차, 객차, 화물차의 차체 및 설비, 생산 및 보수 등의 투자로 5년간('15~'19년) 약 1조 200억 루피 규모를 투자할 계획
철도시설	▪ (국내) 제3차 철도산업발전기본계획 수립('16~'20년) 이후 철도시설측면에 대한 인프라 구축, 인력양성, R&D 지원 등 정부차원의 지원 계획을 마련 ▪ (유럽) 미래 교통시스템 공급 전략 달성의 Rail route 2050계획을 수립 - (프랑스) 철도산업개혁 정책 마련 이후 국가주도 철도 관련 시스템 구축 및 인프라 개발 투자확대 ▪ (중국) 중장기 철도망계획('03~'20년)을 기반으로 관련 인프라 확장을 위한 노력을 강화 * '20년까지 약 5조 위안을 투입, 8종 8형 주간선 강화 ▪ (인도) 철도비전 2020 수립 이후 철도 안전대책 일환의 철도신호 및 통신분야 투자 계획 수립('15~'19년)
철도운영 및 환경	▪ (국내) 운영 관리업무 효율화 상승을 위한 거버넌스 개편 추진(자유경쟁) - 잠재적 위험요인에 대비 철도안전 종합계획 수립('16.6월) - 저탄소 교통물류체계 구축 → 친환경 교통물류 기반 조성(안) 제시('17.8월) ▪ (유럽) 철도네트워크와 교통관리 정책을 추진 - 철도시스템 품질과 안전성 확보를 위해 철도안전 4대 표준의 국제표준화 추진 - (영국) The Future of Rail 제시(30년), 철도기술개발 전략 수립 - (폴란드) 내 철도 현대화 및 유지보수에 총 270억PLN(약 8조 5,129억 원 규모) 지원 계획('17.9월) ▪ (일본) 철도 경영 및 운영체질 개선 약 35억엔 투자계획 수립('17.3월)

	* '17년 수송인원 1억 3,600만명 확보, 열차 운행량 3,200만km 설정 - 안전수송 일환으로 약 180억엔 규모 투입계획('17.3월) - 철도환경 보호를 위한 관련기술 국가연구개발사업으로 추진 중 ■ (미국) 제1차 장기국가철도계획('10~'35년) 수립 이후 안전성 확보를 위한 다양한 투자 프로그램 진행 - 철도 안전 기술 그랜트 프로그램, 철도-도로 횡단 위험 저감 프로그램 수립
--	--

※ 출처 : 국토교통 RnD 동향 report_철도교통분야, 국토교통과학기술진흥원(2015), 제일재경일보(第一财经日报) 보도자료(2016), US-China Economic and Security Review Commission, Center for Strategic and International Studies(CSIS), Financial Times, Washington Post, Bloomberg, South China Morning Post, Chicago Sun-Times를 재구성

(2) 기술현황

- 국내외 철도차량 기술개발의 경우 고속열차 속도향상, 운행효율향상, 편의성 향상 등에 집중되어 있음
- 철도시설은 안정성, 경제성, 에너지 효율 향상 등을 목적으로 기술 개발을 진행 중임
- 또한, 철도는 온실가스 배출규제 및 에너지 효율화를 추구하는 각국 교통정책 방향에 부합하는 교통수단으로 활용성이 높으며, 관련 기술을 개발 중임

[표 83] 국내외 철도분야별 기술현황

구분	내 용
철도차량	■ (국내) HEMU-430X 사업을 통해 430km/h 급 동력분산식 고속열차 제동시스템 기술을 확보하였고, 진공상태에 가까운 튜브 안을 시속 1,000km/h 이상의 속도로 주행하는 초고속 신개념 교통수단을 개발 중임 ■ (독일) Siemens사는 ICE-T를 개발하였으며, 독일과 오스트리아의 일반철도에서의 고속화 운행을 시작 ■ (일본) 차세대 초고속 자기부상 열차인 리니어 주오신칸센*을 개발하고 야마나시 현의 시험코스에서시험(최고시속 603km) 주행 실시('16.4월). 또한, 초전도 반발식의 초고속 자기부상열차를 개발 중에 있으며, '14년 오사카구간(시험노선 18.4km)에서 시험운행을 완료 ■ (중국) 차세대 중저속 자기부상열차 운행 테스트 진행 → 결과를 기반으로 2018년 내 대량 생산 예정('17.9월) ■ (미국) Raco社에서는 전기모터식 제동엑츄에이터(SLBS, Spring Loaded Brake System)를 개발하여 실제 도시철도차량에 적용('16년), 전 세계적으로 자기부상차량 안정화·신속화 확보에 대한 관심이 고조 되었고, 초고속 진공열차(hyperloop) 관련 연구가 활발
철도시설	■ (국내) 신호통신 관련 LTE, 사물인터넷, 인공지능 등을 활용하여 고속 및 일반 열차용 무선기반 신호시스템 개발 진행중 * 도시철도용 신호·통신 KRTCS-I, 고속·일반철도용 신호·통신 KRTCS-II ■ (유럽) 민간주도 무선통신 방식의 상용화를 추진 중이며, 차세대 기술인 열차간 통신기반 제어시스템 개발 프로젝트 수행중 * 유럽업체 ETCS L3 무선통신 방식의 상용화 추진 ■ (중국) 철도종합기술연구소는 새로운 타입의 탄적궤도(탄성침목 직결궤도) 개발('17.8월) - 기존 D형 대비 공기 40% 이상 감소, 궤도 전체 부설비 20% 감축 가능 ■ (인도) 철도평균 운행시속을 160km까지 높이기 위해 위해 Delhi-Baroda-Ahmedabad-Mumbai 구간 연장, 전차선로, 신호시스템 업그레이드 추진 중('17.6월)
철도운영 및 환경	■ (국내) 속도경쟁력 향상, 편리한 환승, 유기적인 연계교통, 서비스 향상 등 철도 이용자 중심의 서비스 개선 추진('17년~) - 철도서비스별 운임체계를 마련하고 신규 관제운영시스템 구축 등을 추진

	▪ (유럽) 탈선·자동경보시스템 등의 안전, 상호 운영성, 폐 인프라의 재활용 관련 연구 추진중 - (프랑스) 교통분야 연구프로그램(PREDIT4)를 통해 안전 향상을 위한 관련 기술개발 및 서비스 강화 등을 추진중 - 녹색 및 스마트 통합 교통 구현 철도분야 에너지효율화, 스마트기술, 차세대차량 기술 개발 등을 중점 추진 ▪ (일본) 축전지를 탑재한 에너지 절약형 차량을 통해 에너지 절약 기술개발 추진 중 - 더불어 노년층 대상 철도이용 장벽을 없애는 저상 경전철 기술 등 철도시스템 개발을 추진 ▪ (미국) '10년 이후부터 철도 안전기술, 철도-도로 횡단 위험 저감 기술 확보를 위한 연구개발이 지속적으로 추진중
--	--

※ 출처 : RACO, The Flexible RACO Modular System, 2016.11, 국토교통부 철도산업정보센터(kric.go.kr) 해외철도동향, 2017.9.27.를 재구성

(3) 시장현황

□ 철도산업은 제조, 건설, 운영이 복합적으로 결합된 거대장치 산업으로 현재 전 세계적으로 당면하고 있는 기후변화 등의 환경문제로 인해 친환경 미래 이동자원으로 각광

○ 철도교통분야 미래유망기술의 본격적인 산업 적용·확산은 기후변화가 지속적으로 대두되는 現 시점에서, 철도 수요시장 확산 및 철도교통 이용 본격화가 진행

- 전 세계적으로 철도교통분야에서 기술경쟁력을 확보하기 위한 정부 주도의 정책적 지원은 철도교통 新시장 형성의 기반 및 동인으로 작용할 전망

○ 철도교통의 세계시장은 '17년 4,612.5억 달러로 추산

- 철도교통분야의 세계시장 연평균 성장률 4.02%로 '21년 5,400.4억 달러의 규모('16년 대비 121.8% 증가)를 형성할 전망

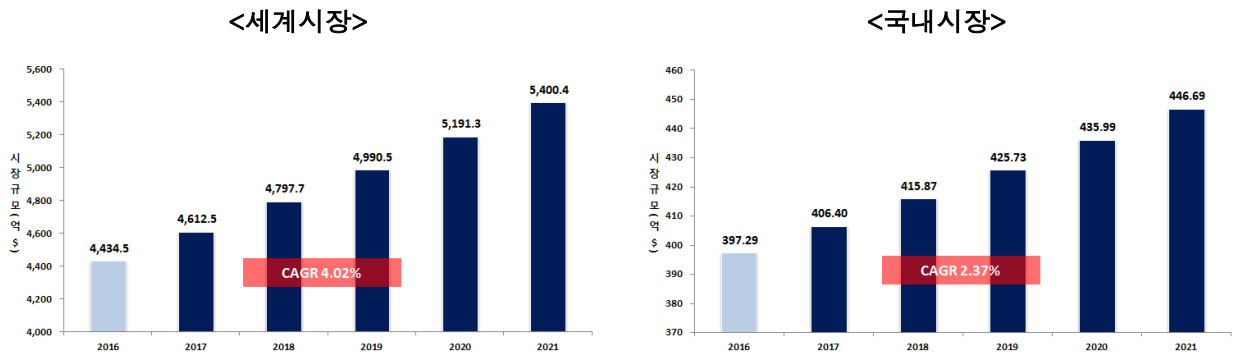
- 국내시장은 세계시장 대비 8.96%를 차지('16년)하며 약 397.29억 달러의 시장을 형성, 이후 세계시장 보다 낮은 성장률(2.37%)로 '21년 446.69억 달러의 시장전망을 예측

○ 철도차량분야를 살펴보면, 철도차량 중 일반철도가 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 차종별 시장규모는 일반철도(70.7%), 도시철도(13.7%), 고속철도(14%) 순으로 나타되며, 연간 성장률은 도시철도(4.1%), 일반철도(1.9%), 고속철도(2.6%) 순으로 조사됨

- 추후, 철도차량시장은 도시철도 수요를 기반으로 성장할 것으로 기대되며, 특히 경전철에 대한 수요가 증가할 전망이다

○ 철도시설 분야 국내외 시장은 궤도토목, 신호통신, 전철전력 순이며, 독일, 중국의 점유율이 높은 것으로 나타났으며, 국내 시장은 세계시장 대비 8.3% 규모에 해당함

○ 철도운영 및 환경분야 국내외 시장은 철도계획 및 운영, 철도안전, 철도환경 순으로 나타나며, 특히 철도환경은 세계시장 대비 29.1% 규모로 높은 비율을 차지하고 있음



(단위: 억 달러)

구분	2016	2017	2018	2019	2020	2021	CAGR('16~'21)
세계	4,434.5	4,612.5	4,797.7	4,990.5	5,191.3	5,400.4	4.02%
철도차량	3,479.3	3,624.5	3,775.8	3,933.3	4,097.5	4,268.5	4.17%
철도시설	577.7	592.0	606.7	621.8	637.2	653.0	2.48%
철도운영/환경	377.5	395.9	415.2	435.4	456.7	478.9	4.87%
국내	397.29	406.40	415.87	425.73	435.99	446.69	2.37%
철도차량	296.3	301.0	305.8	310.6	315.6	320.6	1.59%
철도시설	49.1	49.7	50.3	50.9	51.5	52.1	1.20%
철도운영/환경	51.9	55.7	59.8	64.2	68.9	74.0	7.37%

※ 출처 : PK&WISE, 2017

[그림 34] 철도교통분야 국내/외 시장현황 및 전망

- (지역별) SCI Verkehr Cologne('16.9월)에 근거해, 지역별로 살펴보면, 권역별 철도교통 시장('15년 기준)은 아시아와 서유럽이 각각 30.5%, 26.3%로 전 세계 철도교통시장을 견인할 것으로 전망
- 아프리카중동 권역의 높은 성장률(CAGR 7.1%)은 '20년 철도교통분야 시장성장에 미치는 영향이 클 것으로 예측
- 동유럽 국가들은 철도수요가 높아 다수의 철도프로젝트가 수립되었으나, 투자재원의 부족으로 성장률은 0.6%를 하회할 것으로 전망

(단위: USD Million, %)

구분	2015	2016	2017	2018	2019	2020	CAGR ('15~'20)
World	426,312	443,450	461,250	479,770	499,050	519,130	4.0%
Western Europe	26.3%	26.5%	26.7%	27.0%	27.2%	27.4%	3.2%
Eastern Europe	6.7%	6.6%	6.5%	6.4%	6.3%	6.2%	0.6%
North America	15.2%	15.1%	14.9%	14.8%	14.7%	14.5%	1.4%
South & Central America	3.1%	3.0%	2.9%	2.7%	2.6%	2.5%	-2.1%
Asia	30.5%	30.6%	30.7%	30.8%	30.9%	30.9%	2.6%
CIS	12.0%	11.8%	11.6%	11.4%	11.3%	11.1%	0.8%
Africa/Middle East	4.2%	4.4%	4.6%	4.8%	5.1%	5.3%	7.1%
Australia/Pacific	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.6%

※ 출처 : 시장자료 : PK&WISE, 2017

권역별 비중 : Worldwide Market for Railway Industries, SCI Verkehr Cologne, 2016.9

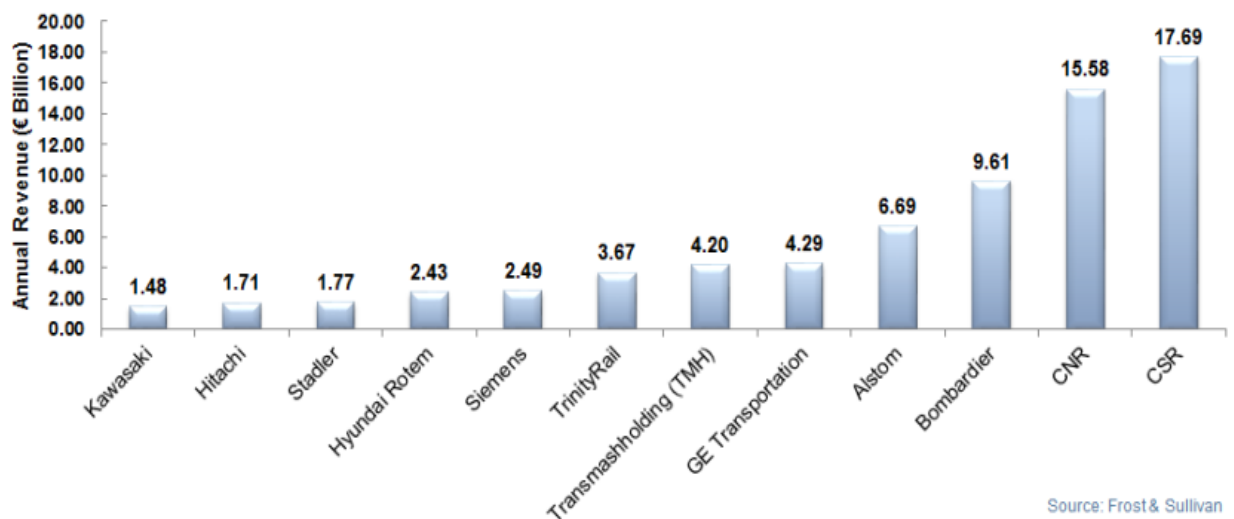
[그림 35] 철도교통분야 권역별 비중

(4) 산업현황

□ 해외 철도차량 시장의 경우에는 CRRC, 알스툼, 봄바르디어 등 상위 10개사가 전 세계 약 70%를 차지하고 있음 (국내 철도차량 제작사의 경우 2~3%)

○ 특히, 전세계 철도차량시장 매출의 약 50%를 중국(CRRC)이 차지하고 있으며, 편성차 시장 성장이 전망됨

○ 국내 현대로템의 시장점유율은 2.43%(8위)이며, 유럽, 일본 등 선진국 간 경쟁 심화 및 중국 등 후발국의 추격으로 여건이 어려운 상황임



(’15년 기준)

순위	차량제작사	국가	철도차량시장
			점유율
1	CRRC	중국	33.27%
2	Bombardier	캐나다	9.61%
3	Alstom	프랑스	6.69%
4	GE	미국	4.29%
5	TMH	러시아	4.20%
6	Trinity	미국	3.67%
7	Siemens	독일	2.49%
8	Hyundai rotem	대한민국	2.43%
9	Stadler	스위스	1.77%
10	Hitachi	일본	1.77%
11	Kawasaki	일본	1.48%

[그림 36] 세계 철도차량 제작사 현황

○ 세계 철도차량 관련 부품업체를 살펴보면, 특정품목(추진, 제동, 신호/정보, 출입문, 연결기 등)의 독과점이 심한 것으로 나타남

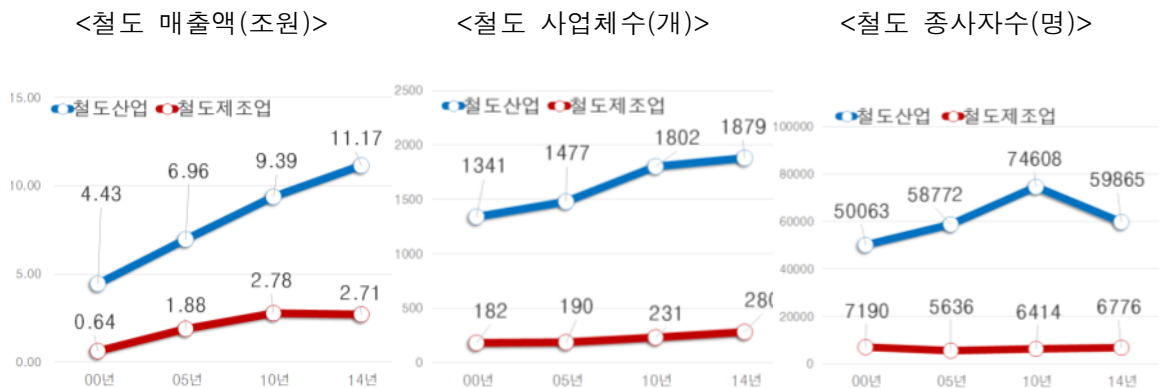
- 세계 부품업체 상위 3개사(Knorr, Wabtec, Faiveley)의 14년 매출액은 12조원으로 현대로템 매출액의 10배 수준임

[표 85] 세계 철도차량부품 업체 분석

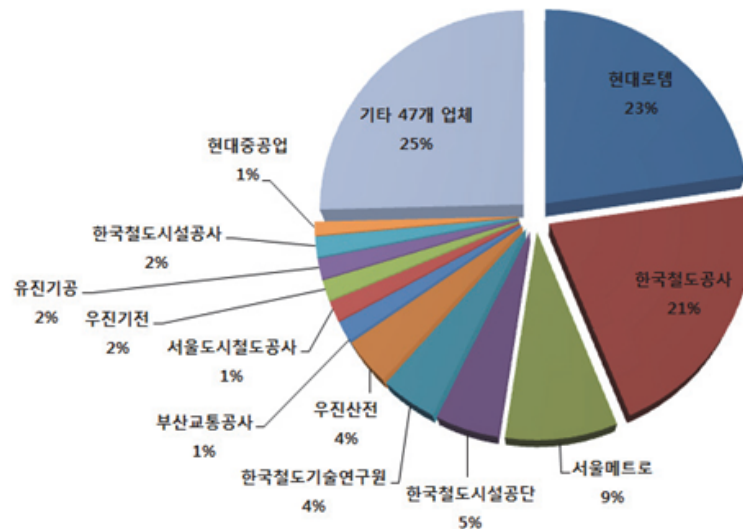
구 분	등록업체 비율
Car body	3.9%
Carbody fittings	19.5%
Guidance	5.4%
Power system	5.7%
Propulsion	3.5%
Auxiliary systems	5.3%
Braking system	3.5%
Interiors	9.3%
On board vehicle control	4.4%
Passenger information system	2.1%
Communication system	2.0%
Cabling and cabinets	5.2%
Door system	2.2%
HVAC	2.5%
Tilt system	0.4%
Lighting	1.2%
Coupler	1.5%
Rolling stock	4.9%
Infrastructure	2.8%
Single railway components	14.9%

□ 국내 철도산업 규모는 연간 약 11.6조원으로, 철도제조업 2.7조원, 철도운영업 3.2조원, 철도 건설업 5.7조원으로 나타남

- 현재, 국내 철도차량 산업의 경우에는 국내 발주 및 외국 OEM에 의존하고 있어 국내 차량산업에서의 세계시장 점유율은 2% 이하의 수준임
- 국내 중소기업 주요 거래처는 현대로템, 코레일, 메트로, 한국철도시설공단, 우진산전 등으로 이곳에 약 66%를 납품하고 있으며, 1순위 기업과 매출 50%이상 거래하는 비중이 전체 업체의 70% 수준임
- 또한, 철도제조업(철도차량, 철도시스템, 철도부품)의 경우, 14년 기준 280개 사업체에 6,776명이 고용되어 있고, 같은해 총 2.7조원(차량 2조원, 부품 0.7조원)의 매출이 발생



[그림 38] 국내 철도산업 현황



[그림 39] 국내 중소기업 거래처 현황

- 철도차량 부품에 대한 원천기술 부재로 해외 부품 수입이라는 고비용을 치르고도 부품확보가 어렵거나 자체 기술로 해결하지 못하는 등의 기술중속 한계가 발생함
- 특히, 해외 의존적인 주요 부품으로는 신호장치, 대용량 전력용 반도체 소자, 고속차량용 차축 베어링 등이 있음. 그리고 국산화가 이뤄지지 않은 제품으로는 차륜, 팬터그래프, 냉각장치 등이 있음
- 또한, 철도차량 일부부품업체는 세계적인 기술력을 보유하고 있으나 대부분 경쟁력이 부족하고 전장품 등 고부가가치 기술은 해외의존 상태임
 - 제동장치, 차량진단제어장치, 차상신호시스템 등의 국산화율은 90%이상이나 윤축(차륜, 차축), 보조전원장치, 주회로 차단기 등은 국산화율이 10%미만으로 해외 의존가 매우 높음
- 철도시설의 경우, 국내의 연구원 등을 중심으로 기술을 확보 중에 있으나 상용화 실적이 적고, 해외 선진국과 비교하여 선도할 수준이 아니며, 신뢰성 확보를 위한 후속 연구가 필요함
- 철도운영 및 환경분야의 경우, 국가, 철도운영기관, 시설관리자 및 철도산업계 등 다양한 주체들이 연구를 수행중에 있으나, 관련 제도 보완 및 기술격차 단축이 필요함

(5) 철도환경분석에 따른 패러다임 전환

[표 86] 기회 및 위협요인

구분	기회(Opportunities) 요인	위협(Threats) 요인
정책	- CO₂ 감축 및 에너지 효율화를 위한 신재생 에너지 동력 철도 기술개발 지원 및 확대 - 소재강국 실현을 위한 타이타늄, 알루미늄, 마그네슘, 탄소소재 등 경량소재 지원 정책 수립 - 글로벌시장 철도차량 안전규제 강화 ‘제3차 철도산업발전 기본계획’ 등 대규모 철도 인프라 확충을 위한 정책 추진	- 공공성 및 리스크가 큰 산업으로 정부의 중장기적 정책하에 체계적 지원·육성이 필요하나 법·제도적 장치가 미흡 - 철도산업의 후방산업인 뿌리산업 육성 정책의 한계가 존재 - 철도산업과 정책의 연계성 부족 및 차량시스템 위주의 사업 다변화로 제한성이 높음
기술	- 소음 및 공기질 개선, 쾌적성 등을 확보하기 위한 기술개발 경쟁 격화 - 철도차량(무가선저상트램 등), 신호·통신 시스템 등 해외수출 성과로 국내 위상 확대 - 친환경·기후변화 대응역량 강화의 일환으로 저탄소 교통물류 체계 구축 관련 기술적 요구 증가 - 선진국 수준의 초고속열차 개발에 따른 국내 기술의 글로벌 경쟁력 상승, 이로 인한 글로벌 진출 토대 마련	- 국내 철도부품 업체의 낮은 기술력 및 전문가 인력 부족 - 철도 R&D가 단기 실용화과제 위주로 전환 → 미래 성장동력이 될 수 있는 핵심 원천 기술 개발 미흡 - 철도 기술선진국의 기술선점으로 인한 기술 장벽 높음 - 국내 철도산업 육성을 위한 우대정책이나 제도적 뒷받침 부족으로 철도산업의 전반적 기술력 향상의 영세성 존재
시장	- 고령자의 개인교통수단에 대한 이용률 감소로 대중교통수단에 대한 장기적인 이용 수요 확대 전망 - 국내 철도분야 투자확대 방침에 따른 국내 철도산업 시장 수요확대 및 기술력 향상이 기대되는 상황 - 최근 포항지진(‘17.11)과 더불어 국내 재난·재해에 선제적 대응하고 경제성과 안전성을 동시에 확보 가능한 통합감시·제어시스템 시장 대두	- 글로벌 철도 선진기업(Siemens社, Hitachi社 등)의 독점적 공급체계 형성으로 국내 기술의 글로벌시장 진출에 난관이 예상 - 국내 철도 수요시장은 국가 또는 지자체로 수요가 한정적이며 소량 다품종의 부품공급이 이루어지고 있는 실정 - 국내 철도부품시장 규모가 작아 대부분 영세업체이며, 세계적 수준의 일부업체도 시장개척 능력이 부족하여 차량제작사에 의존하고 있는 실정
산업	- 철도교통산업은 전후방 산업연관효과, 고용창출 등 국민경제에 미치는 파급효과가 높음 - 철도교통 미래유망기술의 본격적인 산업 적용·확산은 기후변화가 지속적으로 대두되는 현실점에서, 철도 수요시장 확산 및 철도교통 이용 본격화가 진행	- 철도교통은 거대장치산업으로 장기간·대규모 투자가 소요 - 중국의 급성장 등 신흥국 철도업체와의 경쟁 격화로 인한 가격 경쟁력 약화 - 독점적 지위를 이용하여 운영사별로 차량·부품 품질에 관한 자체 기준 설정 등 품질검증에 비용·기간 과다 소요로 비효율 발생

패러다임의 전환

As-is		To-be
추종형 산업(Fast Follower)	⇒	선도형 산업(First Mover)
일반산업	⇒	신성장산업
국내시장, 전통적 시장 안주	⇒	첨단·해외·틈새시장 확대
단절적·일방적 R&D	⇒	연계·협력적 R&D 선순환

나. 유망/공백기술 영역 도출에 활용될 시장분석 결과

□ 정량적 방법에 의한 유망/공백기술 영역 도출 활용

- 시장동향은 과거와 현재상황을 파악하고, 분석을 통해 미래를 예측함으로써 시장전략 수립의 지침을 제공
 - 기술개발 이후 판매 가능한 수요를 예측하고, 예측된 수요에 따라 국가지원 영역을 선별하고 상세 지원계획을 수립하는 근거자료로 활용 가능
- 철도교통분야 환경동향의 정량적 데이터를 포함하기 위한 일환으로 철도교통 소/세부기술별 조사된 시장성(시장규모, 성장률) 지표를 활용, 철도교통분야 유망/공백기술을 도출하는 거시적인 수준의 정량적 데이터 구축
 - 철도교통분야 R&D 활동을 시장환경에 적응시켜 국가가 추구하는 목적을 달성하기 위한 유망/공백기술 영역 도출에 활용
 - 유망/공백기술 도출에 있어서 핵심적인 시장성 지표를 통해 국가지원 영역 도출에 활용될 수 있는 매트릭스 분석 기반 방법론 제시
 - 철도교통 철도차량 세부기술, 철도시설 및 운영·소분류별 시장규모 및 성장률 산출 → 정규화를 통한 중분류(L2)별 상대적 순위 도출 후 기술수준과 상관관계를 통한 매트릭스 분석 실시
 - 매트릭스 4영역 각각의 의미를 정의하고 국내 유망/공백기술 도출에 있어, 시장성 기반 요구되는 영역 선별(Ⅱ, Ⅲ 영역)

[표 87]

구분		특허경쟁력	기술수준
I	성숙된 시장 내 국내 기술 반영이 가능한 영역	■ 기술시장이 충분히 성숙된 영역 - 이미 성숙된 시장 내 투자 대비 기대효과가 미미한 영역	■ 국내 기술의 적극적 활용이 가능한 영역 - 성숙된 시장 내 국내 기술 반영이 가능한 영역
II	국내 기술수준이 낮아 시장진입을 위한 전략이 요구되는 영역	■ 시장진입을 위한 차별화 전략이 요구되는 영역 - 진입장벽이 높은 시장의 차별화 방안 수립이 필요한 영역	■ 국내 기술수준 반영이 어려운 영역 - 국내 기술수준을 높일 수 있는 산업육성 계획이 필요한 영역
III	시장 미성숙 단계로 국내 기술적 우위 가능성이 높은 영역	■ 시장이 미성숙 단계로 국내 기술적 우위 가능성이 높은 영역 - 시장 미성숙 단계, 개발초기 단계로 국내 기술적 우위 확보 가능성이 높은 영역	■ 국내 기술력 기반 전략적 지원이 필요한 영역 - 잠재적 시장의 선도 가능성이 높은 영역
IV	철도기술 중요성 인식 및 확산이 요구되는 영역	■ 신수요 창출을 통한 시장규모 확대가 필요한 영역 - 상대적 우위에 있는 시장과의 기술적 연계가 요구되는 영역	■ 기술과 시장간 연계성이 형성되지 않은 영역 - 산업성장과 핵심기술간 연계성 확보가 선행되어야 하는 영역

[표 88] 시장분석 결과 종합

중분류 (L2)	소분류(L3)	세부분류 (L4)		시장성	
				시장규모	성장률
A. 철도차량	A1. 일반 철도	A11	차량시스템	187.50 H	3.0 L
		A12	차체 및 설비	121.74 H	2.9 L
		A13	주행	4.90 L	3.7 H
		A14	제동	6.50 L	3.0 L
		A15	추진제어	24.45 L	3.8 H
	A2. 고속 철도	A21	차량시스템	187.50 H	3.0 L
		A22	차체 및 설비	121.74 H	2.9 L
		A23	주행	4.90 L	3.7 H
		A24	제동	6.50 L	3.0 L
		A25	추진제어	24.45 L	3.8 H
	A3. 도시 철도	A31	차량시스템	187.50 H	3.0 L
		A32	차체 및 설비	121.74 H	2.9 L
		A33	주행	4.90 L	3.7 H
		A34	제동	6.50 L	3.0 L
		A35	추진제어	24.45 L	3.8 H
	A4. 자기 부상 철도	A41	차량시스템	187.50 H	3.0 L
		A42	차체 및 설비	121.74 H	2.9 L
		A43	주행	4.90 L	3.7 H
		A44	제동	6.50 L	3.0 L
		A45	추진제어	24.45 L	3.8 H
	A5. 신 교통 철도	A51	차량시스템	187.50 H	3.0 L
		A52	차체 및 설비	121.74	2.9

중분류 (L2)	소분류(L3)	세부분류 (L4)		시장성	
				시장규모	성장률
				H	L
		A53	주행	4.90	3.7
				L	H
		A54	제동	6.50	3.0
				L	L
		A55	추진제어	24.45	3.8
				L	H
				37.57	2.4
B. 철도시설	B1. 궤도 토목	B11	궤도/주행로기술	H	L
		B12	노반기술	37.57	2.4
				H	L
		B13	철도교량 (고가구조물)기술	37.57	2.4
				H	L
	B2. 전철/ 전력	B14	철도터널기술	37.57	2.4
				H	L
		B15	정거장(역사기술)	37.57	2.4
				H	L
		B21	급전계통기술	3.70	2.9
				L	H
	B3. 신호 통신	B22	전차선로기술	3.70	2.9
				L	H
		B23	전력(에너지) 변환 및 공급	3.70	2.9
				L	H
	B3. 신호 통신	B31	신호제어기술	16.50	2.6
				L	H
		B32	통신서비스기술	16.50	2.6
				L	H
		B33	통신전송 및 통신망기술	16.50	2.6
				L	H
C. 철도 운영 및 환경	C1. 계획 및 운영	C11	철도교통계획기술	23.54	4.8
				H	L
		C12	철도운영효율화기술	23.54	4.8
				H	L
		C13	모드연계기술	23.54	4.8
				H	L
	C2. 철도 안전	C14	철도물류기술	23.54	4.8
				H	L
		C21	안전 엔지니어링	10.19	3.8
				L	L
		C22	위험도평가기술	10.19	3.8
				L	L
	C3. 철도 환경	C23	사고예방/대응기술	10.19	3.8
				L	L
		C31	환경평가/복원기술	4.02	7.8
				L	H
		C32	쾌적성/편의성기술	4.02	7.8
				L	H
		C33	친환경소재기술	4.02	7.8
				L	H

※ 중분류(철도차량, 철도시설, 철도운영 및 환경)별 상대적 순위(Percent Rank: H(상위 100%~50%), L(상위 49%~0%))

2. 철도분야 키워드 네트워크 분석

□ 개요

- 급변하는 글로벌 혁신환경에 따라 기술개발의 기획과 전략성이 강조되고 있으며, 변화에 대응하기 위한 환경스캐닝(environmental scanning)이 강조되고 있음
 - 환경스캐닝(environmental scanning)은 모든 정보를 수집하고 변화의 시작점을 찾는 미래 연구방법으로 기술예측과 관련된 어떤 기술이 유망하고, 어떤 목적으로 활용될지에 관련된 실마리를 제공함
- 환경스캐닝 방법 중 하나인 키워드 분석은 어떤 기술분야에서 이루어지는 변화에 대한 명확한 근거를 제시하기 적합한 방법으로 변화에 시기적절하게 대응하기 위한 전략을 수립할 수 있음
 - 키워드 분석은 단순 빈도 분석에서 나아가 키워드 간 문맥을 고려하는 방식으로, 텍스트 마이닝, 네트워크 분석 등이 대표적인 방법임
 - 특히, 키워드 네트워크 분석은 주제에 관련된 여러 이슈를 전체적인 관점에서 조망하며, 이슈들 간의 관계를 시각화하여 나타내기에 효과적인 방법임
- 위의 방법을 미래 철도기술에 적용하여 향후, 철도기술에 제기될 이슈를 살펴보고자 하였으며, 네트워크 기법을 통해 미래 철도기술과 관련된 키워드 간 관련성 및 네트워크 구조적 특성을 기초로한 주요 키워드를 선별함
- 본 결과는 철도기술 미래상에 대한 객관적인 증거를 제시할 수 있을 뿐 아니라, 중장기 발전계획을 수립하는데 기초자료를 제공하게 될 것임

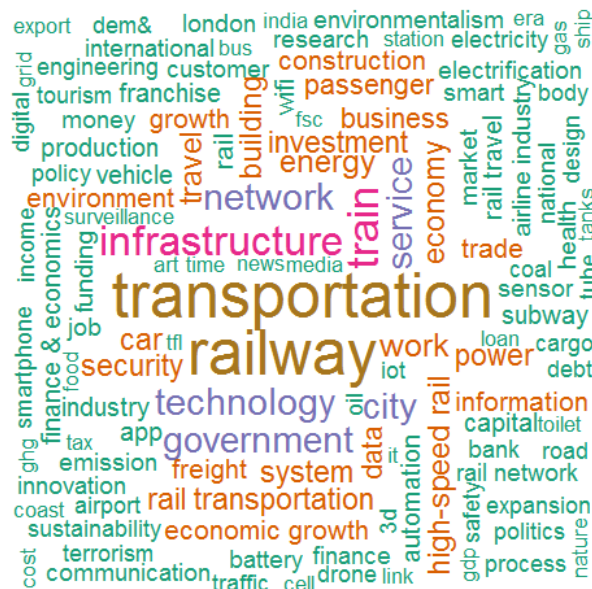
□ 분석 범위 및 내용

- 미래 철도기술과 관련된 유망 키워드에 네트워크 분석을 적용하여 구조적 관점에서 주요한 결점을 선별하고자 하였고, 세부목표는 아래와 같음
- 미래 철도기술 관련한 키워드 수집 및 네트워크 구성
 - 미래사회 전반에 대한 논의 동향을 살펴볼 수 있는 ‘shaping tomorrow’ 서비스를 통해 철도 관련 기사를 수집하고, 수집한 기사에서 주요 키워드를 추출하여, 키워드 동시 등장빈도에 따라 네트워크를 구성함
- * 최근 3년간 게시된 기사 중 railway, rail transport, rail network, trains 등 검색어 활용하였고, 420건의 기사를 수집하여, 483개(중복 제외)의 키워드를 도출함
- 키워드 네트워크 분석을 통해 키워드별 위계 도출
 - 철도기술 네트워크에 주요한 위치를 차지하는 키워드를 선별하고자, 다양한 지표(연결중심성, 근접중심성, 매개중심성, 구조적 제어가능성)를 활용하여 구조적 특성을 살펴보고, 각 지표에 동일한 가중치를 부여한 결과를 합산하여, 주요 키워드 및 키워드별 순위를 나열함

□ 분석 결과

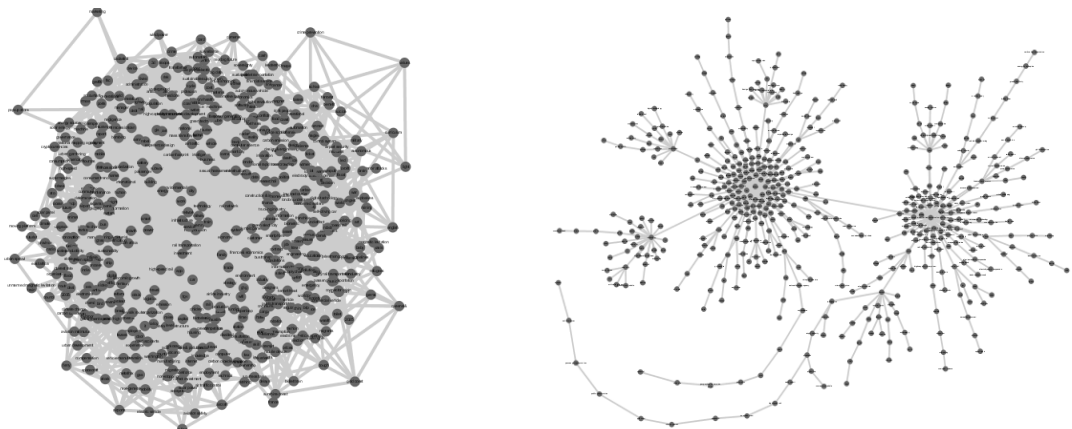
○ 미래 철도기술 관련한 키워드 수집 및 네트워크 구성

- 철도기술 관련 483개 키워드에 대해, 키워드 클라우드를 분석한 결과, 철도기술 자체인 train, railway, subway, tube, rail 등이 나타났으며, 운송수단 및 국가기간시설로 transportation, rail transportation, infrastructure 등이 키워드로 포함됨.
- 또한, 외부환경과 관련된 이슈로 볼 수 있는 digital, environment, economic growth 등이 등장하며, 철도기술 자체의 발전과 관련된 키워드로 security, safety, terrorism, sustainability, energy, high-speed rail, automation 등이 분석됨



[그림 40] 키워드 클라우드

- 수집한 키워드의 동시등장빈도로 네트워크를 구성 시 3,780개 연결이 형성됨. 그러나, 드물게 출현하는 키워드 조합까지도 연결이 형성되어 있어 어떤 연결이 빈출 키워드 조합인지 구분하기 어려움
- 이에 따라, 등장빈도가 높은 연결을 선별하여 네트워크를 간소화하여 분석에 활용함



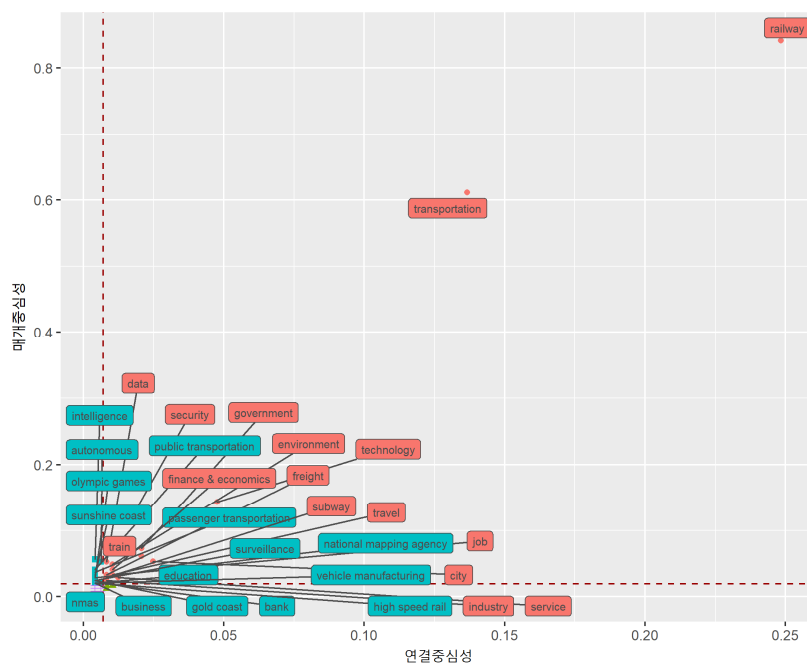
[그림 41] 키워드 네트워크

○ 키워드 네트워크 분석을 통해 키워드별 위계 도출

- 우선적으로, 중심성 분석에서는 연결중심성, 매개중심성, 근접중심성 등에 대한 검토를 수행함
- 연결중심성과 매개중심성 값을 2차원 영역에서 살펴보면, 연결중심성은 0.004, 매개 중심성은 0.008로 나타나며, 붉은색 점선 기준, 우측상단에 위치한 결점은 연결중심성과 매개중심선이 평균이상으로 주요 결점으로 선정 가능성이 높음

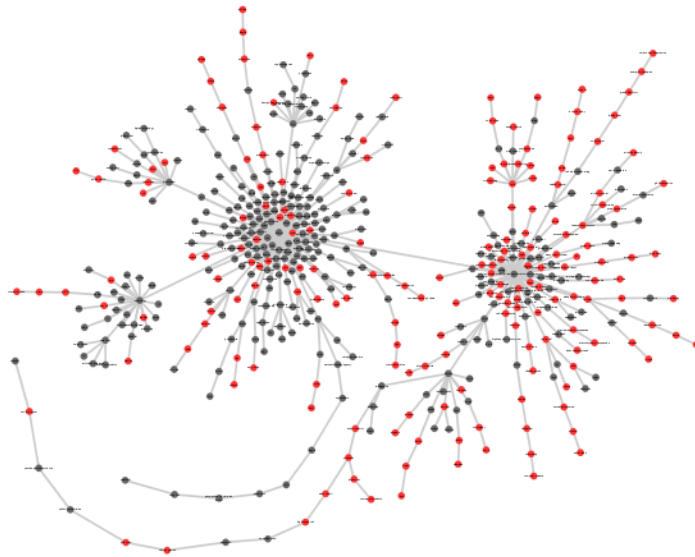
* rail, transportation, data, security, government, environment, freight 등이 주요 결점에 해당됨

* intelligence, autonomous, high-speed rail, vehicle manufacturing 등은 연결중심성이 평균값보다 낮으나 매개 중심성이 평균보다 높아 다른 키워드를 중계(bridge)하는 지점으로 중요도가 높은편임



[그림 42] 철도기술 키워드 네트워크의 연결중심성과 매개중심성

- 근접중심성이 높은 키워드는 앞서 등장한 키워드와 유사한 편이며, 상위 20권 중에서 철도망(network), 기간시설(infrastructure), 투자(investment), 시스템(system), 동력(power)이 나타난다는 점에서 차이가 있음
- 두 번째로, 구조적 제어가능성에 대한 키워드 분석을 수행함
- 키워드 네트워크에 구조적 제어가능성 이론을 적용하여 드라이버 결점을 선별한 결과, 186개 결점(드라이버)이 나타났으며, 중심성 지표에서 다루어진 결점과는 차이점이 나타남



- 구조적 제어가능성을 통해 선별된 키워드 결과, 환경문제 또는 대체에너지를 의미하는 green electricity, energy consumption, solar-power, hydro-power, carbon emission, GHG(Green house gas) 등이 나타났으며, 철도기술과 관련된 단어로는 자기부상(maglev), 스크램 제트(scram jet), 무인운전(self-driving car, driverless), 경량(light) 등이 나타남
- 그 외에 범죄(terrorism, crime) 및 재난(volcano) 상황에서 승객의 안전(safety)과 관계된 이슈, 대중교통시스템(mass transit system)으로 효율성(rapid transit, time)과 관련된 이슈가 등장

- 앞서 살펴본 중심성 지표 및 드라이버 결점을 기초로 주요 키워드를 선정하기 위해, 연결중심성, 근접중심성, 매개중심성, 드라이버에 동일한 가중치를 적용하여 합산한 결과, 상위 10개 키워드로 철도, 수송, 기술, 보안, 정부, 도시, 데이터, 지능, 환경 등이 주요 단어로 취합됨

[표 89] 상위 10개 키워드

키워드	연결중심성	근접중심성	매개중심성	드라이버	총점
railway	0.2484	0.0015	0.8413	0	0.2728
transportation	0.1366	0.0015	0.6118	0	0.1875
technology	0.0476	0.0015	0.1434	0	0.0481
security	0.0186	0.0014	0.1311	0	0.0378
government	0.0207	0.0015	0.0731	0	0.0238
train	0.0207	0.0014	0.0611	0	0.0221
city	0.0248	0.0015	0.0531	0	0.0199
data	0.0083	0.0014	0.0529	0	0.0157
intelligence	0.0041	0.0011	0.0564	0	0.0154
environment	0.0104	0.0014	0.0489	0	0.0152

3. 소결

- 시장동향은 과거와 현재상황을 파악하고, 분석을 통해 미래를 예측함으로써 시장전략 수립의 지침을 제공
 - 기술개발 이후 판매 가능한 수요를 예측하고, 예측된 수요에 따라 국가지원 영역을 선별하고 상세 지원계획을 수립하는 근거자료로 활용 가능
- 철도교통분야 환경동향의 정량적 데이터를 포함하기 위한 일환으로 철도교통 소/세부기술별 조사된 시장성(시장규모, 성장률) 지표를 활용, 철도교통분야 유망/공백기술을 도출하는 거시적인 수준의 정량적 데이터 구축
- 미래 철도기술과 관련된 주요 키워드와 이들과의 관계를 통해 위계를 도출하였고, 향후 철도기술에 미칠 이슈를 확인하여 선제적 대응을 마련하고자 함
- 분석된 주요 키워드는 철도기술 자체 외에 수송, 기술, 보안, 정부, 도시, 데이터, 지능, 환경이 포함되며, 이를 통해 향후 철도기술 발전 방향을 이끌어낼 수 있을 것으로 판단됨
- 또한, 국제적 수준의 철도기술과 관련된 관심을 살펴보기에 적합할 것이며, 추후 국내 이슈 사항을 반영한 철도기술 발전을 검토하는 것이 필요함

제4절 기술수준 분석 및 도출

1. 철도분야별 기술수준 분석 개요

가. 기술수준 분석 기본 방향

□ 기술수준 도출을 위한 분석 이원화

- 철도분야별 기술수준을 객관적·합리적으로 도출하기 위하여, 정량적 분석과 정성적 분석으로 이원화하여 분석
 - (정량적 분석) 철도분야별 특허와 논문을 대상으로 기술경쟁력을 분석하여, 국내 시장확보 가능성 및 기술경쟁력 측면에서의 현주소를 파악하여, 분석 결과를 미래유망기술 발굴에 기술경쟁력을 판단하는 객관적이고 정량화된 근거자료로 활용
 - (정성적 분석) 전문가를 대상으로 델파이 설문조사 기법을 통해 철도분야별 국내 기술 수준을 파악하여 미래유망기술 발굴에 있어 기술적 중요도를 판단하는 근거자료로 활용

나. 기술수준 분석 및 도출 절차

□ 정량적 분석 결과를 정성적 기술수준 도출을 위한 기초자료로 활용

- 특허 및 논문을 통한 정량적 기술수준 분석 결과를 먼저 실시하고, 그 결과를 전문가를 대상으로한 정성적 기술수준 델파이 설문조사의 기초자료로 제공함
 - 각 정량적·정성적 기술수준 도출 절차 및 결과물과 분석 대상 기술 분류는 아래 표41과 같음
 - 정량적 분석의 경우, 정량적 기술수준은 특허 경쟁력 및 논문 경쟁력으로 나타나며, 향후 유망/공백기술 도출을 위한 “기술경쟁력” 지표로 활용
 - 정성적 분석의 경우, 정성적 기술수준은 최고기술 보유국과의 기술격차(년수) 및 최고기술 보유국 대비 기술수준(%)로 나타나며, 향후 유망/공백기술 도출을 위한 “기술적 중요도” 지표로 활용

[표 90] 기술수준 분석 방법, 분석 수준, 유망기술도출을 위한 분석 결과 활용 지표

	분석 방법	분석 결과	분석 대상	활용 지표
정량적 분석	특허 경쟁력 분석	특허 경쟁력	차량: 세부분류(L4)	기술경쟁력
	논문 경쟁력 분석	논문 경쟁력	나머지: 소분류(L3)	
정성적 분석	델파이 설문 조사	최고기술 보유국, 기술격차, 기술수준	세부분류(L4)	기술적 중요도
	예비, 1차, 2차			

2. 기술수준의 정량적 분석 (특허·논문 기반의 기술경쟁력 조사)

가. 분석 대상 기술 및 키워드

□ 특허/논문기술경쟁력 분석 목적 및 대상

- (분석대상) 철도교통 분야를 구분하는 3대 중분류(L2) 중 11개의 세부(L4: 차량) 혹은 소(L3: 시설, 운영환경 분야)분류의 특허 및 논문 기술경쟁력분석을 실시
- 차량분야의 경우, 소분류가 차종으로 구분되어있어, 기술경쟁력 분석을 하는데 적절하지 않아, 기술 단위로 묶인 세부 분류(L4) 단위에서 분석
- 철도교통분야 11개 소/세부 분류별 주요 핵심 키워드를 파악하고 각 키워드에 대한 특허/논문 기술경쟁력 조사·분석

[표 91] 특허/논문 경쟁력분석 대상 핵심 키워드

구분	철도교통 11개 소/세부분류별 핵심 기술 키워드	
	국문 키워드	영문 키워드
차량 시스템	기술기준, 시험규격, 구조체 요구사항, 하중조건, 하중시험, 차체, 구조체, 구조해석	Load Case, Technical Regulation, Structural Requirement, ,Proof Load Test, Structural Analysis, Vehicle Body, Body Structure, Testing Standards
차체 및 설비	전두부, 두부, 해석분석평가모델링, 공기역학압력, 기압차 압차, 경량 초경량, 차체, 차량시스템 구조체, 커넥터, 커플러, 완충기/완충장치/버퍼, 운전실, 시뮬레이터, 모의훈련/가상훈련	Railcar body system, forehead/fronthead, railcar railway train nose, aerodynamic, pressure, ultralight, microlight, connector, coupler, buffer, driving control operation, cabin room, cab partition desk, simulate, training
주행	윤축/차륜/차축, 액슬박스, 스프링, 댐퍼, 공기스프링, 현가장치, 진동절연, 대차, 주행장치, 틸팅 대차, 틸팅,경사장치, 감속기, 미찰 클러치, 공압식클러치, 철도차량커플링, 유체커플링, 트라이포드, 감속기 속도센서, 프레임, 강성, 현가장치기능, 견인	wheelset/Wheel/axle, axle box, spring, damper, air suspension, suspension, vibration isolation, bogie, truck, running gear, tilting bogie, tilting mechanism, Reduction Gear Unit, friction clutch, Pneumatic Clutch, railway vehicle coupling, Hydraulic coupling, tripod, Speed Sensor, traction, suspension function, stiffness, frame
제동	제동 브레이크, 감속도, 점착, 알고리즘, 역학, 해석분석, 공압전기공압, 유압, 전기제동, 회생제동/ 저항제동, 외전류제동/발전제동, 레일저항교차제동, 가감저항 변항, 전기 회생 저항, 외전류 발전, 교차 가감, 감속도/전자기, 공기저항 공력, 양력 리프트	brake, decelerate, adhesion adhesive, algorithm, mechanic analysis, pneumatic, electropneumatic hydraulic air oil fluid pressure, rail resistance, restorat, regenerat, reviv, crossbrak, rheostatic, electro magnet, electro-magnet lift
추진 제어	팬터그래프, 3궤조, 이선 아크, 능동제어, 전차선로, 무선급전, 유도급전, 공진형인버터, 리니어발전기, 고조파발전, 집전부, 수전부, 직류전동기, 유도전동기, 동기전동기, 전압제어, 주파수제어, 토크제어, 속도제어, 전류제어, 위치센싱, 회전자, 이동자, 극검출, 슬롯카운팅, 엔코더, 레졸버, 여자초퍼, 제동초퍼, 추진제어, 보조전원장치, 모터블록, 직류전동기, 유도전동기, 선형동기전동기, 선형유도전동기, 전압제어, 주파수제어, 토크제어, 속도제어, 전류제어, 주차단기, 변압기, %임피던스, 자기등가회로, 견인전동기, 유도전동기, 유한요소법	Phantograph, Third rail, Contact loss, Active control Catenary Arc, Wireless power transfer, Inductive power transfer Resonant inverter, Linear generator, Harmonic generator, induction motor, Synchronous motor, Voltage, Torque control, Speed control, Current control, Position sensing, Pole detection, Slot counting, Encorder, Resolver, Excitation chopper, Braking chopper, Propulsion control, Auxiliary power, Motor Block, inductio, Main circuit breaker, %impedance, Magnetic equivalent circuit, Traction motor, Induction motor, FEM
궤도	레일 체결장치/레일이음매, 침목, 도상,	rail fastening device, rail joint, sleeper, ballast

구분	철도교통 11개 소/세부분류별 핵심 기술 키워드	
	국문 키워드	영문 키워드
토목	방진장치, 분기기, 궤도 자갈궤도해석 설계, 고무차륜 주행로 해석설계, 궤도 자갈궤도 시공, 슬래브 궤도시공, 매립형 궤도시공, 고무차륜 주행로시공, 궤도, 검측, 틀림, 레일 연마용접 교체, 침목 자갈 교체, 슬래브 궤도 패널 유지관리, 철도교 노반, 터널 해석 설계, 철도교, 노반터널 성능평가 유지관리	vibration-proofing device, turnout, ballasted track., rubber tire construction ,ballasted track, slab track, construction embedded track, rubber tire runway construction, irregularity replacement, replacement slab track, railway bridge, roadbed tunnel, design anaylsis, roadbed, tunnel, railway bridge maintenance
전철/전력	전력품질 보호시스템, 전력변환 , 능동형 필터, 회생에너지 신재생에너지, 에너지관리시스템 에너지 저장장치, 전차선로 설계, 강체전차선로, 전차선, 곡선당김금구, 드로퍼 , 장력조정장치, 강체전차선, 신축이음장치, 절연구분장치, 금구류, 애자, 집전성능, 접촉력, 팬터그래프, 전차선로, 강체전차선로유지보수, 스코트변압기, 인버터, 전차선로	Power quality Protection system , Power conversion active Filter, Regenerative energy, Renewable energy, Energy Management System, Energy storage system, Overhead Contact Line, Catenary System design, contact wire , tensioning device , canteliver bracket, expansion Joint, Section Insulator, clamp/ dropper clamp , steady arm, insulator, RCM Reliability centered maintenance
신호통신	열차자동방호, 열차자동감시, 통신기반 열차제어, 차상기반의 열차제어 시스템, 전자연동장치, 폐색장치, 선로전환기장치, 건널목장치, 열차위치검지, 종합제어장치, 백홀, 프린트홀, 광스위치, 역무자동화설비, 무선망최적설계, 기관사정보지원시스템, 행선안내게시기, 방송장치, 승객서비스	Automatic train protection, Automatic train supervision, Communication-based train control, Train control and monitoring system. Electronic inter locking, bolck/turnout system, level crossing, train-centric control system, backhaul, fronthaul, backbone network Automatic fare collection, Multi in put, multi out put, Driver information system, Passenger information system. Public address. passenger service
계획 및 운영	수요예측, 수단분담, 통행배정, 연계체계 거점, 환승, 운임체계, 거리비례요금, 수리과학모델, 유통관리 성능지표, 철도선형, 정거장입지, 차량기지입지, 철도운영계획, 부분선, 측선, 반복선, 운행시각, 차량편성, 운행패턴, 대피/추월, 급행운행, 열차스케줄, 차량운용스케줄, 승무원계획, 혼잡도 관제, 집중제어장치, 무인운영 역무자동화시스템, 게이트, 철도 운영정보 시스템	Traffic forecasting, Modalsplit, Traffic assignment, Transit connection, Hubcity, Passenger transit, Fare system, Distance based fare, Yield management , Seat inventory, Mathematical model, Operations research, Key Performance Indicator, Track arrangement, Station location, Depot location, Rail Operation Plan, Sub-main track, Siding, Turnaround track, Headway Frequency, Fleet size, Railcar composition, Stop pattern, Halting pattern, Meet/Overtake, Skip-stop, Train scheduling, Rolling stock routng, Crew roastering, Freinght carrouting, Congestion rate, Traffic management, Centralized Traffic Control, UTO/DTO, Railway Information System
철도 안전	위험원, 고장모드영향 및 심각도분석, 고장모드, 위험원도출, 사고 발생빈도/ 심각도, 고장트리분석, 이벤트트리분석, 보우타이모델, 위험도매트릭스, 허용수준, 신뢰도/ 가용도, 유지보수도, 안전성, 고장률/ 수리율, 가용도, 안전무결성수준, 장애분류, 안전 정보시스템, 안전 평가 위험도, 정보 데이터 위험도 기반, 안전관리시스템, 요구사항개발, 안전계획 수립, 평가 프로젝트, 공학적 안전관리, 관리 유지보수 평가 분석, 평균고장시간/거리/횟수, 결함허용, 기능안전	Hazard FMECA, Hazard Identification, Failure Mode Frequency Severity, Reliability Availability, Repair Rate Availability Safety Prediction, Bow Tie Model, Risk Metrix, Acceptable Level, Estimation Demonstration, Safety Integrity Level, Accident Service Failure, Safety Asessment, Risk Information Big data, RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, Safety), MTBF, Mean Time Between Failure, MKBF, Mean Kilometer Between Failure, Fault Tolerant, Fail Safe, Functional Safety
철도 환경	진동 저감, 소음방지,, 공기질 환기/정화, 정제필터 휠터, 모니터센서, 휘발성 유기화합, 유해가스, 오염원 오염도, 세균/부유균/부유진균/부유세균, 라돈, 온열쾌적성, 예상온열냉감, 기류속도, 실내공기질, 에너지효율, 유도장애, 유도교란, 감응, 나노 촉매, 부식방지, 녹방지	noise block, vibrate reduce, noiseproof, ventilate, air-quality, monitor sens, thermal comfort, predicted mean vote, PMV temperature, radiant temperature, air velocity, indoor air quility, effective temperature, energy efficiency, humidity, nano catayst, anticorrosi, rust antirust /anti-rust

나. 특허/논문 분석 대상 DB 및 분석 지표

□ 특허/논문분석 대상 데이터 Set 구축

○ (분석데이터 구축) 특허/논문 분석을 위한 관련기술 분석대상 데이터 구축은 검색식 작성 및 검색, 서지정보 입수 및 초록추출, 노이즈제거 및 전수검사, 데이터 정비의 순서로 진행

- ‘철도교통분야 11개 소/세부 분류별’ 관련 기술에 대한 특허/논문 DB Set 구조



[그림 45] 특허/논문 데이터 추출 프로세스

○ (프로세스별 수행방안) 각 프로세스에 대한 수행방안 설정

- 특허/논문 검색식 작성 및 검색 : 검색식에 해당되는 11개 소/세부 분류를 대상으로 Wisdomain 특허DB 및 SCOPUS 논문DB를 활용하여 특허/논문 검색식 작성 및 검색을 실시
- 서지정보 입수 및 초록추출 : 원시데이터(Raw Data)를 추출
- 노이즈 제거 : 각 분류에 대한 Raw Data에서 관련 기술내용이 포함된 특허/논문을 추출 (Title과 Abstract 내용을 바탕으로 선별 실시)
- 데이터 정비 : 각 국가별 기술경쟁력 분석을 위해 서지정보를 정비

○ (분석대상) 특허/논문데이터 DB Set 분석대상

- (특허) 기술성과의 종합적 추이 및 R&D의 최신 동향 등을 고려하여, 전 세계 특허의 90% 이상을 커버리지 하는 미국등록특허(5년, '12년~'16년)를 분석대상으로 선정
- (논문) 철도교통 분야 세부 기술과 관련하여 최근 5년간('12년~'15년) 게재된 논문 중 주요 분석 대상국을 포함하는 15개국을 분석대상으로 선정

※ 네덜란드, 대만, 독일, 미국, 스웨덴, 스페인, 영국, 이탈리아, 인도, 일본, 중국, 캐나다, 폴란드, 프랑스, 한국, 호주

□ 특허/논문분석 항목 및 지표

○ (특허/논문 기술경쟁력 분석) 기술력지수(Technology Strength)분석을 통해 해당 국가의 기술력 상대비교 실시

[표 92] 특허/논문 기술경쟁력 분석지표

기술경쟁력 지수 ¹⁾
● 기술경쟁력 지수(TS : Technology Strength) - 해당 키워드에 대한 특허/논문이 특정 기간에 타 특허/논문으로부터 인용된 정도를 나타내는 지표인 기술영향력 지수*(특허, PII : Patent Impact Index / 논문, IF : Impact Factor)에 특허/논문건수를 곱하여 산출 * 기술영향력 지수는 기술의 질적 수준을 나타내는 지표로서, 인용/피인용 관계에 따른 상대적 영향력 수치 ; 특정 국가의 특허/논문들이 이후 등록되는 특허/논문들에 의해 인용되는 횟수가 많을수록 기술경쟁력이 높으므로, 인용도가 클수록 원천·핵심 특허/논문을 많이 보유한 정도를 나타내는 지표로 사용 - 산출식: $TS = \left(\frac{\text{해당국가 피인용수}}{\frac{\text{해당국가 특허/논문건수}}{\text{전체 피인용수}}} \right) \times \text{특허/논문건수}$ - 기술력은 특허/논문의 질과 양을 이용하여 한 키워드(또는 기술분야/국가)의 질적으로 가중평가된 기술력 지수를 제곱함(특허/논문건수와 동시에 특허/논문의 질을 고려한 값) - 기술경쟁력 지수를 통해 해당기술에 대한 기술력을 국가 또는 연구주체를 기준으로 상대평가 실시

- (특허 시장확보력 분석) 시장확보지수(PFS : Patent Family Size)를 활용하여 각각의 출원인 또는 국가별로 기술분야에 대한 PFS 지수 도출을 통하여 시장확보에 대한 의지를 파악
- 기업들은 향후 시장확대 및 활용성이 높을 것으로 예측되는 산업분야의 경우, 시장선점 목적으로 시장진출 대상 국가에 Family 특허출원을 실시하는 경향을 보임

[표 93] 특허 시장확보지수 분석지표

시장확보지수
● PFS 지수(Patent Family Size) - 각각 특허의 패밀리 특허를 활용하여 시장 확보 지수 평가(2012년 ~ 2016년 미국 특허청에 등록된 특허 기준) - 산출식: $PFS = \frac{\frac{\text{해당국가(or 분야) Family 국가수}}{\text{해당국가(or 분야) 특허수}}}{\frac{\text{전체 Family 국가수}}{\text{전체 특허수}}}$ - 패밀리 특허는 동일한 특허에 대하여 각국의 특허청에 등록된 특허의 집단을 이룸 - 패밀리 특허를 출원한 국가파악을 통해 시장의 선점 및 확보 정도를 평가

1) 기술경쟁력 도출에 앞서 특허, 논문간 영향력을 정형화하기 위해 선행연구인 『2015 국토교통 기술경쟁력분석 보고서, KAIA('15.12월)』에서 제시한 철도교통분야 특허기술경쟁력 가중치 0.694, 논문기술경쟁력 가중치 0.306 적용

다. 기술수준의 정량적 분석 결과

(1) 철도차량

(가) 차량시스템

□ 차량시스템분야 기술경쟁력은 독일, 일본, 캐나다 순으로 분석되었으며, 국내 기술경쟁력은 주요 경쟁국 중 8위

○ 독일은 특허기술경쟁력에서 1위, 논문기술경쟁력은 3위로 가중치 적용 후 기술경쟁력은 최상위 수준

○ 우리나라는 특허기술경쟁력에서 8위, 논문기술경쟁력은 7위로 가중치 적용 후 기술경쟁력은 최하위 수준인 8위

[표 94] 차량시스템 특허/논문 분석

No.	국가	특허					논문		
		특허건수	인용도	영향력 지수	시장확보력 지수	경쟁력 지수	논문건수	영향력 지수	경쟁력 지수
1	독일	105	1.75	0.62	0.89	65.12	171	1.06	180.58
2	일본	52	2.46	0.87	0.84	45.30	149	0.61	91.21
3	캐나다	28	3.50	1.24	1.14	34.68	88	1.34	117.66
4	영국	16	4.88	1.73	1.03	27.61	170	1.49	253.96
5	스웨덴	24	2.08	0.74	0.96	17.70	41	0.83	34.03
6	중국	28	0.61	0.21	0.95	6.02	1,092	0.39	426.14
7	네덜란드	16	1.00	0.35	1.07	5.66	43	0.89	38.13
8	한국	24	0.58	0.21	0.91	4.95	96	0.81	77.69
9	프랑스	19	0.58	0.20	1.47	3.89	83	1.62	134.46

○ 차량시스템 기술경쟁력 최고국인 독일(100.0%) 대비 국내 수준은 13.2%

[표 95] 차량시스템 기술경쟁력

구분	독일	일본	캐나다	영국	스웨덴	중국	네덜란드	한국	프랑스
특허기술경쟁력	1.00	0.70	0.53	0.42	0.27	0.09	0.09	0.08	0.06
논문기술경쟁력	0.42	0.21	0.28	0.60	0.08	1.00	0.09	0.18	0.32

* 특허/논문 경쟁력지수 최고기술국 100% 환산

** 특허기술경쟁력(0.694), 논문기술경쟁력(0.306) 가중치 적용

(가중치 적용 후 환산점수 도출)

1위	2위	3위	4위	5위	6위	7위	8위	9위
독일 100.0%	일본 66.6%	영국 57.9%	캐나다 55.1%	중국 44.9%	스웨덴 25.9%	프랑스 16.8%	한국 13.2%	네덜란드 10.7%

* 특허/논문 경쟁력지수 최고기술국 100% 환산

(나) 차체 및 설비

□ 차체 및 설비분야 기술경쟁력은 독일, 캐나다, 중국 순으로 분석되었으며, 국내 기술경쟁력은 주요 경쟁국 중 9위

○ 독일은 특허기술경쟁력에서 1위, 논문기술경쟁력은 3위로 가중치 적용 후 기술경쟁력은 최상위 수준

○ 우리나라는 특허기술경쟁력에서 9위, 논문기술경쟁력은 6위로 가중치 적용 후 기술경쟁력은 최하위 수준

[표 96] 차체 및 설비 특허/논문 분석

No.	국가	특허					논문		
		특허건수	인용도	영향력 지수	시장확보력 지수	경쟁력 지수	논문건수	영향력 지수	경쟁력 지수
1	독일	59	1.71	0.60	1.22	35.57	1807	1.38	2,497.54
2	캐나다	18	4.00	1.41	1.41	25.36	816	1.62	1,318.97
3	스웨덴	10	4.00	1.41	1.06	14.09	381	1.42	539.15
4	네덜란드	15	2.60	0.92	1.59	13.73	418	1.67	696.43
5	일본	29	1.34	0.47	1.04	13.73	1535	0.73	1,112.86
6	영국	11	2.55	0.90	1.17	9.86	1619	1.78	2,885.21
7	중국	16	1.63	0.57	1.17	9.16	11460	0.62	7,087.27
8	대만	11	1.82	0.64	0.93	7.04	518	0.73	378.70
9	한국	11	1.55	0.54	1.17	5.99	990	0.83	821.25

○ 차체 및 설비 기술경쟁력 최고국인 독일(100.0%) 대비 국내 수준은 19.0%

[표 97] 차체 및 설비 기술경쟁력

구분	독일	캐나다	스웨덴	네덜란드	일본	영국	중국	대만	한국
특허기술경쟁력	1.00	0.71	0.40	0.39	0.39	0.28	0.26	0.20	0.17
논문기술경쟁력	0.35	0.19	0.08	0.10	0.16	0.41	1.00	0.05	0.12

* 특허/논문 경쟁력지수 최고기술국 100% 환산

** 특허기술경쟁력(0.694), 논문기술경쟁력(0.306) 가중치 적용

(가중치 적용 후 환산점수 도출)

1위	2위	3위	4위	5위	6위	7위	8위	9위
독일 100.0%	캐나다 68.8%	중국 60.4%	영국 39.5%	일본 39.4%	스웨덴 37.2%	네덜란드 37.2%	대만 19.2%	한국 19.0%

* 특허/논문 경쟁력지수 최고기술국 100% 환산

(다) 주행

□ 주행장치 분야 기술경쟁력은 일본, 독일, 중국 순으로 분석되었으며, 국내 기술경쟁력은 주요 경쟁국 중 6위

○ 일본은 특허기술경쟁력에서 1위, 논문기술경쟁력은 6위로 가중치 적용 후 기술경쟁력은 최상위 수준

○ 우리나라는 특허기술경쟁력에서 5위, 논문기술경쟁력은 8위로 가중치 적용 후 기술경쟁력은 6위

[표 98] 주행 특허/논문 분석

No.	국가	특허					논문		
		특허건수	인용도	영향력 지수	시장확보력 지수	경쟁력 지수	논문건수	영향력 지수	경쟁력 지수
1	일본	118	1.44	0.86	0.72	102.03	1,239	1.13	1,403.63
2	독일	153	0.90	0.54	0.58	82.82	2,010	1.33	2,677.81
3	네덜란드	32	2.38	1.43	1.79	45.61	719	1.52	1,094.60
4	캐나다	31	1.90	1.14	1.27	35.41	1,506	1.33	1,995.49
5	한국	31	1.58	0.95	0.48	29.41	1,012	0.97	980.52
6	중국	31	1.32	0.79	0.60	24.61	8,291	0.48	3,972.00
7	프랑스	27	0.93	0.56	0.92	15.00	1,339	1.54	2,060.27
8	대만	15	1.07	0.64	0.28	9.60	408	0.99	402.07
9	이탈리아	14	0.50	0.30	0.89	4.20	1,397	1.05	1,462.32

○ 주행장치 기술경쟁력 최고국인 일본(100.0%) 대비 국내 수준은 34.4%

[표 99] 주행 기술경쟁력

구분	일본	독일	네덜란드	캐나다	한국	중국	프랑스	대만	이탈리아
특허기술경쟁력	1.00	0.81	0.45	0.35	0.29	0.24	0.15	0.09	0.04
논문기술경쟁력	0.35	0.67	0.28	0.50	0.25	1.00	0.52	0.10	0.37

* 특허/논문 경쟁력지수 최고기술국 100% 환산

** 특허기술경쟁력(0.694), 논문기술경쟁력(0.306) 가중치 적용

(가중치 적용 후 환산점수 도출)

1위	2위	3위	4위	5위	6위	7위	8위	9위
일본 100.0%	독일 96.0%	중국 59.0%	네덜란드 49.2%	캐나다 49.2%	한국 34.4%	프랑스 32.5%	이탈리아 17.6%	대만 12.0%

* 특허/논문 경쟁력지수 최고기술국 100% 환산

(라) 제동

□ 제동장치 분야 기술경쟁력은 독일, 일본, 캐나다 순으로 분석되었으며, 국내 기술경쟁력은 주요 경쟁국 중 8위

○ 독일은 특허기술경쟁력에서 1위, 논문기술경쟁력은 3위로 가중치 적용 후 기술경쟁력은 최상위 수준

○ 우리나라는 특허기술경쟁력에서 8위, 논문기술경쟁력은 6위로 가중치 적용 후 기술경쟁력은 최하위 수준인 8위

[표 100] 제동 특허/논문 분석

No.	국가	특허					논문		
		특허건수	인용도	영향력 지수	시장확보력 지수	경쟁력 지수	논문건수	영향력 지수	경쟁력 지수
1	독일	197	1.17	0.46	1.18	90.40	1,114	1.23	1,374.06
2	일본	121	1.31	0.51	1.21	62.10	602	0.70	423.18
3	캐나다	35	3.06	1.20	1.36	42.06	627	1.68	1,051.94
4	네덜란드	25	2.16	0.85	1.28	21.23	267	1.79	478.45
5	중국	41	1.07	0.42	0.95	17.29	9,945	0.56	5,541.17
6	대만	29	1.38	0.54	0.67	15.72	468	0.79	369.00
7	영국	30	1.20	0.47	1.53	14.15	939	2.06	1,934.86
8	한국	56	0.55	0.22	0.86	12.18	744	0.74	551.99
9	프랑스	29	0.62	0.24	1.63	7.08	663	1.14	756.48

○ 제동장치 기술경쟁력 최고국인 독일(100.0%) 대비 국내 수준은 16.1%

[표 101] 제동 기술경쟁력

구분	독일	일본	캐나다	네덜란드	중국	대만	영국	한국	프랑스
특허기술경쟁력	1.00	0.69	0.47	0.23	0.19	0.17	0.16	0.13	0.08
논문기술경쟁력	0.25	0.08	0.19	0.09	1.00	0.07	0.35	0.10	0.14

* 특허/논문 경쟁력지수 최고기술국 100% 환산

** 특허기술경쟁력(0.694), 논문기술경쟁력(0.306) 가중치 적용

(가중치 적용 후 환산점수 도출)

1위	2위	3위	4위	5위	6위	7위	8위	9위
독일 100.0%	일본 65.0%	중국 57.0%	캐나다 49.5%	영국 28.0%	네덜란드 24.6%	대만 18.3%	한국 16.1%	프랑스 12.5%

* 특허/논문 경쟁력지수 최고기술국 100% 환산

(마) 추진제어

□ 추진제어분야 기술경쟁력은 일본, 중국, 독일 순으로 분석되었으며, 국내 기술경쟁력은 주요 경쟁국 중 4위

○ 일본은 특허기술경쟁력에서 1위, 논문기술경쟁력은 7위로 가중치 적용 후 기술경쟁력은 최상위 수준

○ 우리나라는 특허기술경쟁력에서 3위, 논문기술경쟁력은 6위로 가중치 적용 후 기술경쟁력은 3위

[표 102] 추진제어 특허/논문 분석

No.	국가	특허					논문		
		특허건수	인용도	영향력 지수	시장확보력 지수	경쟁력 지수	논문건수	영향력 지수	경쟁력 지수
1	일본	167	1.90	0.81	1.25	134.86	647	0.57	371.27
2	독일	121	1.04	0.44	1.11	53.60	781	0.82	642.07
3	한국	76	1.62	0.69	1.01	52.33	629	0.76	478.20
4	캐나다	30	2.77	1.18	1.29	35.31	340	2.07	702.83
5	중국	50	0.78	0.33	1.04	16.59	4,430	0.61	2,705.34
6	대만	43	0.91	0.39	0.74	16.59	325	0.83	268.17
7	스웨덴	27	1.07	0.46	1.43	12.34	133	1.23	163.15
8	영국	26	0.85	0.36	1.43	9.36	559	1.60	894.45
9	프랑스	31	0.35	0.15	1.37	4.68	417	1.28	535.14

○ 추진제어 기술경쟁력 최고국인 일본(100.0%) 대비 국내 수준은 43.9%

[표 103] 추진제어 기술경쟁력

구분	일본	독일	한국	캐나다	중국	대만	스웨덴	영국	프랑스
특허기술경쟁력	1.00	0.40	0.39	0.26	0.12	0.12	0.09	0.07	0.03
논문기술경쟁력	0.14	0.24	0.18	0.26	1.00	0.10	0.06	0.33	0.20

* 특허/논문 경쟁력지수 최고기술국 100% 환산

** 특허기술경쟁력(0.694), 논문기술경쟁력(0.306) 가중치 적용

(가중치 적용 후 환산점수 도출)

1위	2위	3위	4위	5위	6위	7위	8위	9위
일본 100.0%	중국 53.2%	독일 47.3%	한국 43.9%	캐나다 35.5%	영국 20.3%	대만 15.7%	프랑스 11.5%	스웨덴 11.1%

* 특허/논문 경쟁력지수 최고기술국 100% 환산

(2) 철도시설

(가) 궤도토목

□ 궤도토목분야 기술경쟁력은 일본, 네덜란드, 독일 순으로 분석되었으며, 국내 기술경쟁력은 주요 경쟁국 중 7위

○ 일본은 특허기술경쟁력에서 1위, 논문기술경쟁력은 6위로 가중치 적용 후 기술경쟁력은 최상위 수준

○ 우리나라는 특허기술경쟁력에서 5위, 논문기술경쟁력은 7위로 가중치 적용 후 기술경쟁력은 7위

[표 104] 궤도토목 특허/논문 분석

No.	국가	특허					논문		
		특허건수	인용도	영향력 지수	시장확보력 지수	경쟁력 지수	논문건수	영향력 지수	경쟁력 지수
1	일본	136	1.40	0.59	1.40	80.23	897	0.81	729.44
2	네덜란드	45	2.71	1.14	1.53	51.25	371	1.21	449.73
3	독일	81	1.26	0.53	1.33	42.84	1,215	1.07	1,295.37
4	캐나다	44	1.82	0.76	0.98	33.60	627	1.42	887.92
5	한국	42	0.98	0.41	0.96	17.22	797	0.77	617.38
6	영국	25	1.16	0.49	1.08	12.18	1,187	1.33	1,573.60
7	프랑스	25	0.96	0.40	1.78	10.08	798	1.28	1,023.93
8	중국	32	0.63	0.26	0.97	8.40	10,252	0.59	6,079.44
9	대만	16	1.00	0.42	0.59	6.72	500	0.98	491.12

○ 궤도토목 기술경쟁력 최고국인 일본(100.0%) 대비 국내 수준은 24.6%

[표 105] 궤도토목 기술경쟁력

구분	일본	네덜란드	독일	캐나다	한국	영국	프랑스	중국	대만
특허기술경쟁력	1.00	0.64	0.53	0.42	0.21	0.15	0.13	0.10	0.08
논문기술경쟁력	0.12	0.07	0.21	0.15	0.10	0.26	0.17	1.00	0.08

* 특허/논문 경쟁력지수 최고기술국 100% 환산

** 특허기술경쟁력(0.694), 논문기술경쟁력(0.306) 가중치 적용

(가중치 적용 후 환산점수 도출)

1위	2위	3위	4위	5위	6위	7위	8위	9위
일본 100.0%	네덜란드 63.8%	독일 59.6%	중국 51.8%	캐나다 45.9%	영국 25.3%	한국 24.6%	프랑스 19.0%	대만 11.3%

* 특허/논문 경쟁력지수 최고기술국 100% 환산

(나) 전철/전력

□ 전철/전력분야 기술경쟁력은 일본, 독일, 중국 순으로 분석되었으며, 국내 기술경쟁력은 주요 경쟁국 중 5위

○ 일본은 특허기술경쟁력에서 1위, 논문기술경쟁력은 5위로 가중치 적용 후 기술경쟁력은 최상위 수준

○ 우리나라는 특허기술경쟁력에서 4위, 논문기술경쟁력은 6위로 가중치 적용 후 기술경쟁력은 5위

[표 106] 전철/전력 특허/논문 분석

No.	국가	특허					논문		
		특허건수	인용도	영향력 지수	시장확보력 지수	경쟁력 지수	논문건수	영향력 지수	경쟁력 지수
1	일본	171	1.51	0.69	1.15	117.69	870	0.63	547.52
2	독일	213	0.89	0.41	1.23	86.67	912	1.10	1,004.27
3	캐나다	44	2.64	1.20	1.32	52.91	379	1.23	466.90
4	한국	48	1.63	0.74	1.08	35.58	661	0.74	489.81
5	네덜란드	33	2.27	1.04	1.11	34.21	265	1.17	310.59
6	중국	35	1.94	0.89	1.03	31.02	5,595	0.62	3,483.20
7	대만	30	0.83	0.38	0.61	11.40	320	1.02	325.67
8	프랑스	41	0.54	0.24	1.53	10.04	535	1.28	684.40
9	이탈리아	31	0.61	0.28	1.64	8.67	797	1.49	1,189.58

○ 전철/전력 기술경쟁력 최고국인 일본(100.0%) 대비 국내 수준은 34.1%

[표 107] 전철/전력 기술경쟁력

구분	일본	독일	캐나다	한국	네덜란드	중국	대만	프랑스	이탈리아
특허기술경쟁력	1.00	0.74	0.45	0.30	0.29	0.26	0.10	0.09	0.07
논문기술경쟁력	0.16	0.29	0.13	0.14	0.09	1.00	0.09	0.20	0.34

* 특허/논문 경쟁력지수 최고기술국 100% 환산

** 특허기술경쟁력(0.694), 논문기술경쟁력(0.306) 가중치 적용

(가중치 적용 후 환산점수 도출)

1위	2위	3위	4위	5위	6위	7위	8위	9위
일본 100.0%	독일 80.8%	중국 65.9%	캐나다 47.6%	한국 34.1%	네덜란드 30.9%	이탈리아 21.0%	프랑스 16.1%	대만 12.9%

* 특허/논문 경쟁력지수 최고기술국 100% 환산

(다) 신호통신

□ 신호통신분야 기술경쟁력은 독일, 일본, 중국 순으로 분석되었으며, 국내 기술경쟁력은 주요 경쟁국 중 4위

- 독일은 특허기술경쟁력에서 1위, 논문기술경쟁력은 3위로 가중치 적용 후 기술경쟁력은 최상위 수준
- 일본은 특허기술경쟁력에서 2위, 논문기술경쟁력은 6위로 가중치 적용 후 기술경쟁력은 2위
- 우리나라는 특허기술경쟁력에서 3위, 논문기술경쟁력은 4위로 가중치 적용 후 기술경쟁력은 4위

[표 108] 신호통신 특허/논문 분석

No.	국가	특허					논문		
		특허건수	인용도	영향력 지수	시장확보력 지수	경쟁력 지수	논문건수	영향력 지수	경쟁력 지수
1	한국	148	0.68	0.19	1.14	28.38	974	0.91	882.61
2	일본	75	1.91	0.54	1.15	40.59	1,008	0.55	557.74
3	대만	47	2.13	0.60	0.90	28.38	495	0.99	490.61
4	독일	34	4.44	1.26	1.13	42.86	1,227	0.93	1,140.65
5	스웨덴	29	3.14	0.89	1.29	25.83	239	1.64	391.41
6	캐나다	42	1.93	0.55	0.83	22.99	519	1.57	816.38
7	영국	14	5.71	1.62	1.26	22.71	913	1.63	1,485.30
8	중국	33	1.67	0.47	0.98	15.61	9,704	0.70	6,754.29
9	네덜란드	16	0.69	0.20	1.07	3.12	267	1.31	348.55

- 신호통신 기술경쟁력 최고국인 독일(100.0%) 대비 국내 수준은 66.9%

[표 109] 신호통신 기술경쟁력

구분	한국	일본	대만	독일	스웨덴	캐나다	영국	중국	네덜란드
특허기술경쟁력	0.66	0.95	0.66	1.00	0.60	0.54	0.53	0.36	0.07
논문기술경쟁력	0.13	0.08	0.07	0.17	0.06	0.12	0.22	1.00	0.05

* 특허/논문 경쟁력지수 최고기술국 100% 환산

** 특허기술경쟁력(0.694), 논문기술경쟁력(0.306) 가중치 적용

(가중치 적용 후 환산점수 도출)

1위	2위	3위	4위	5위	6위	7위	8위	9위
독일 100.0%	일본 91.4%	중국 74.9%	한국 66.9%	대만 64.5%	스웨덴 58.5%	영국 58.3%	캐나다 54.8%	네덜란드 8.8%

* 특허/논문 경쟁력지수 최고기술국 100% 환산

(3) 철도운영 및 환경

(가) 계획 및 운영

□ 철도계획 및 운영분야 기술경쟁력은 일본, 영국, 중국 순으로 분석되었으며, 국내 기술 경쟁력은 주요 경쟁국 중 6위

○ 일본은 특허기술경쟁력에서 1위, 논문기술경쟁력은 7위로 가중치 적용 후 기술경쟁력은 최상위 수준

○ 우리나라는 특허기술경쟁력에서 5위, 논문기술경쟁력은 6위로 가중치 적용 후 기술 경쟁력은 6위

[표 110] 계획 및 운영 특허/논문 분석

No.	국가	특허					논문		
		특허건수	인용도	영향력 지수	시장확보력 지수	경쟁력 지수	논문건수	영향력 지수	경쟁력 지수
1	일본	171	1.69	0.60	1.22	102.79	515	0.53	274.61
2	영국	21	7.81	2.78	1.59	58.33	555	1.39	770.20
3	캐나다	42	3.64	1.30	1.19	54.42	323	1.41	454.67
4	독일	114	1.23	0.44	1.25	49.80	579	1.13	651.38
5	한국	73	1.45	0.52	1.10	37.70	412	1.06	436.04
6	중국	68	0.94	0.33	1.09	22.76	5,236	0.66	3,450.81
7	프랑스	42	1.00	0.36	1.54	14.94	375	1.28	481.48
8	대만	43	0.77	0.27	0.79	11.74	249	1.07	267.55
9	스웨덴	24	1.29	0.46	1.22	11.03	179	1.29	230.02

○ 철도계획 및 운영 기술경쟁력 최고국인 일본(100.0%) 대비 국내 수준은 40.8%

[표 111] 계획 및 운영 기술경쟁력

구분	일본	영국	캐나다	독일	한국	중국	프랑스	대만	스웨덴
특허기술경쟁력	1.00	0.57	0.53	0.48	0.37	0.22	0.15	0.11	0.11
논문기술경쟁력	0.08	0.22	0.13	0.19	0.13	1.00	0.14	0.08	0.07

* 특허/논문 경쟁력지수 최고기술국 100% 환산

** 특허기술경쟁력(0.694), 논문기술경쟁력(0.306) 가중치 적용

(가중치 적용 후 환산점수 도출)

1위	2위	3위	4위	5위	6위	7위	8위	9위
일본 100.0%	영국 64.3%	중국 64.0%	캐나다 56.8%	독일 54.8%	한국 40.8%	프랑스 20.0%	대만 14.3%	스웨덴 13.2%

* 특허/논문 경쟁력지수 최고기술국 100% 환산

(나) 철도안전

□ 철도안전분야 기술경쟁력은 캐나다, 독일, 일본 순으로 분석되었으며, 국내 기술경쟁력은 주요 경쟁국 중 최하위 수준

○ 캐나다는 특허기술경쟁력에서 1위, 논문기술경쟁력은 6위로 가중치 적용 후 기술경쟁력은 최상위 수준

○ 우리나라는 특허기술경쟁력에서 9위, 논문기술경쟁력은 3위로 가중치 적용 후 기술경쟁력은 최하위 수준

[표 112] 철도안전 특허/논문 분석

No.	국가	특허					논문		
		특허건수	인용도	영향력 지수	시장확보력 지수	경쟁력 지수	논문건수	영향력 지수	경쟁력 지수
1	캐나다	21	3.24	1.00	1.34	20.94	143	1.00	142.53
2	일본	26	2.31	0.71	1.24	18.48	273	0.53	144.96
3	네덜란드	19	3.16	0.97	1.43	18.48	71	1.56	110.98
4	독일	62	0.95	0.29	1.31	18.17	345	1.16	401.24
5	중국	26	1.12	0.34	1.02	8.93	2,200	0.71	1,559.89
6	대만	26	0.88	0.27	0.73	7.08	114	0.84	95.37
7	프랑스	22	0.68	0.21	1.55	4.62	213	0.74	158.14
8	스웨덴	13	1.00	0.31	1.67	4.00	114	1.20	136.98
9	한국	18	0.50	0.15	0.85	2.77	261	0.93	243.80

○ 철도안전 기술경쟁력 최고국인 캐나다(100.0%) 대비 국내 수준은 19.3%

[표 113] 철도안전 기술경쟁력

구분	캐나다	일본	네덜란드	독일	중국	대만	프랑스	스웨덴	한국
특허기술경쟁력	1.00	0.88	0.88	0.87	0.43	0.34	0.22	0.19	0.13
논문기술경쟁력	0.09	0.09	0.07	0.26	1.00	0.06	0.10	0.09	0.16

* 특허/논문 경쟁력지수 최고기술국 100% 환산

** 특허기술경쟁력(0.694), 논문기술경쟁력(0.306) 가중치 적용

(가중치 적용 후 환산점수 도출)

1위	2위	3위	4위	5위	6위	7위	8위	9위
캐나다 100.0%	독일 94.3%	일본 88.8%	네덜란드 87.8%	중국 83.4%	대만 35.1%	프랑스 25.5%	스웨덴 22.1%	한국 19.3%

* 특허/논문 경쟁력지수 최고기술국 100% 환산

(다) 철도환경

□ 철도환경분야 기술경쟁력은 일본, 중국, 독일 순으로 분석되었으며, 국내 기술경쟁력은 주요 경쟁국 중 4위

○ 일본은 특허기술경쟁력에서 1위, 논문기술경쟁력은 7위로 가중치 적용 후 기술경쟁력은 최상위 수준

○ 우리나라는 특허기술경쟁력에서 2위, 논문기술경쟁력은 6위로 가중치 적용 후 기술경쟁력은 4위

[표 114] 철도환경 특허/논문 분석

No.	국가	특허					논문		
		특허건수	인용도	영향력 지수	시장확보력 지수	경쟁력 지수	논문건수	영향력 지수	경쟁력 지수
1	일본	80	1.68	0.57	1.08	45.65	487	0.66	319.05
2	한국	60	1.13	0.39	1.04	23.16	497	0.79	394.15
3	네덜란드	31	2.06	0.70	1.50	21.80	144	0.96	138.15
4	독일	75	0.80	0.27	1.45	20.44	689	1.05	723.36
5	대만	44	1.18	0.40	0.72	17.71	216	0.98	212.07
6	영국	27	1.63	0.56	1.46	14.99	605	1.63	986.44
7	중국	31	1.32	0.45	0.99	13.97	3,095	0.51	1,584.63
8	캐나다	34	1.09	0.37	0.96	12.60	353	1.30	459.09
9	프랑스	18	1.00	0.34	1.63	6.13	417	1.29	539.86

○ 차량시스템 기술경쟁력 최고국인 일본(100.0%) 대비 국내 수준은 56.7%

[표 115] 철도환경 기술경쟁력

구분	일본	한국	네덜란드	독일	대만	영국	중국	캐나다	프랑스
특허기술경쟁력	1.00	0.51	0.48	0.45	0.39	0.33	0.31	0.28	0.13
논문기술경쟁력	0.20	0.25	0.09	0.46	0.13	0.62	1.00	0.29	0.34

* 특허/논문 경쟁력지수 최고기술국 100% 환산

** 특허기술경쟁력(0.694), 논문기술경쟁력(0.306) 가중치 적용

(가중치 적용 후 환산점수 도출)

1위	2위	3위	4위	5위	6위	7위	8위	9위
일본 100.0%	중국 68.6%	독일 59.6%	한국 56.7%	영국 55.4%	네덜란드 47.4%	대만 41.1%	캐나다 37.1%	프랑스 26.1%

* 특허/논문 경쟁력지수 최고기술국 100% 환산

3. 기술수준의 정성적 분석 (전문가 대상 기술수준 델파이 조사)

가. 기술수준 도출을 위한 델파이 조사 방법

□ 기술수준 도출을 위한 전문가 델파이 조사 추진 배경

- 국내 기술수준을 파악함으로써 정부정책 방향에 기여할 수 있는 시책 수립 및 R&D 사업 기획을 위한 근거자료를 마련

□ 전문가 델파이 조사 방법 및 프로세스

- 조사방법으로 2Round 델파이 기법 활용
 - 익명의 전문가들이 피드백 과정을 반복하여 의견합의를 도출
 - 전문가 개개인의 주관적 의견을 토대로 비교적 객관적이고 안정적인 결론을 도출

[표 116] 철도교통 기술수준조사 방법

기술동향조사(환경분석) ※ 기초자료로 제공		◦ 관련기술 동향 조사
↓		
논문·특허 분석(기술경쟁력) ※ 기초자료로 제공		◦ 논문·특허 등의 국가별 활동도 및 피인용 지수 등에 대한 국내·외 현황 비교분석
↓		
설문 (델파이조사)	예비설문	◦ 관련 전문가를 대상으로 기술별·기관유형별 응답자 수 및 응답자의 전문성 파악
	1차설문	◦ 예비설문 조사에 응답한 전문가를 대상으로 각 국의 기술수준 및 기술개발 소요시간, 실현시기 등 조사
	2차설문	◦ 1차 설문 응답자를 대상으로 기술수준, 기술수준 향상요인, 기술수준 향상 정도 등 상세 설문 실시
↓		
심층의견수렴		◦ 정책 적용 및 활용방안, 정부의 향후 역할 등 전문가 심층 의견 수렴

- 조사대상기술은 3대 중분류, 11개 소분류 내 46개 세부분류 대상

[표 117] 기술수준조사 대상

중분류(L2)	소분류(L3)	세부분류(L4)
A. 철도차량	A1 일반차량	A11 차량시스템
		A12 차체 및 설비
		A13 주행
		A14 제동

중분류(L2)	소분류(L3)	세부분류(L4)
	A2 고속차량	A15 추진제어
		A21 차량시스템
		A22 차체 및 설비
		A23 주행
		A24 제동
		A25 추진제어
	A3 도시철도차량	A31 차량시스템
		A32 차체 및 설비
		A33 주행
		A34 제동
		A35 추진제어
	A4 자기부상철도차량	A41 차량시스템
		A42 차체 및 설비
		A43 주행
		A44 제동
		A45 추진제어
	A5 신교통철도차량	A51 차량시스템
		A52 차체 및 설비
		A53 주행
		A54 제동
		A55 추진제어
B. 철도시설	B1 궤도토목	B11 궤도/주행로기술
		B12 노반기술
		B13 철도교량(고가구조물)기술
		B14 철도터널기술
		B15 정거장(역사기술)
	B2 전철/전력	B21 급전계통기술
		B22 전차선로기술
		B23 전력(에너지)변환 및 공급
	B3 신호통신	B31 신호제어기술
		B32 통신서비스기술
		B33 통신전송 및 통신망기술
C. 철도운영 및 환경	C1 계획 및 운영	C11 철도교통 계획 기술
		C12 철도운영효율화기술
		C13 모드연계기술
		C14 철도물류기술
	C2 철도안전	C21 안전 엔지니어링
		C22 위험도평가기술
		C23 사고예방/대응기술
	C3 철도환경	C31 환경평가/복원기술
		C32 쾌적성/편의성기술
		C33 친환경소재기술

○ 주요 조사항목은 기술수준 측정지표 및 기술적 중요도 지표

- 세계 최고 기술 보유국
- 최고기술보유국 대비 기술수준 및 기술격차기간
- 해당 세부기술의 상대적 중요도
- 정책 적용 및 활용방안 등 전문가 심층의견

- 질문대상 전문가는 분야별 산·학·연 전문가에 한하며, KISTEP 「연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침」의 AHP 평가자 선정 권고사항을 반영함으로써 객관성 제고
- 평가대상사업으로 직접 영향을 받은 이해관계자는 제외하며 최고평가단, 평가위원 Pool, 기획위원 등 해당
- 사업자문위원단, 평가위원, 객관적 입장에 있는 연구자 등으로 한정
- 한국철도기술연구원의 전문가 그룹과 외부 산·학·연의 철도전문가 Pool을 활용하여 총 1,290명의 전문가 Pool을 구성
- 중분류 기술단위로 분야별 전문가를 구분

[표 118] 기술수준조사 전문가 조사 대상 분류

대분류		중분류	
철도차량	360 명		
철도시설	381명	궤도토목	222명
		전철/전력	78명
		신호통신	81명
철도운영 및 환경	549명	계획 및 운영	240명
		철도안전	208명
		철도환경	101명

- 2Round 델파이 조사의 절차는 1차 설문조사 후 조사결과를 토대로 2차 설문조사 실시
- 1차조사 : ‘11~‘16년 기술현황정보와 평가기준 제시
- 2차조사 : 1차조사 결과 제시



[그림 46] 2Round 델파이조사 절차

- 델파이조사 추진일정



[그림 47]

나. 기술수준 도출을 위한 델파이 조사 세부 내용

□ 설문지의 개발

○ 설문개발의 방향성

- 조사항목의 간소화를 통한 응답률 제고 (조사목적과 직접 연관된 항목으로 조사항목을 간소화)

○ 기술수준 측정의 틀

- 기술적 중요도(가중치)와 기술수준(상대수준, 기술격차)으로 구분평가



[그림 48] 기술수준 측정 틀

- Gordon 점수모형은 기술수준 평가결과의 정량화를 위한 대표적 모형
- Gordon 모형에서는 모든 기술은 장기적으로 이론적인 상한선을 가지고 있으며, 성장곡선을 따라 발전한다는 가정을 기본으로 함
- 기술성장모형 기반 기술수준평가를 위해서는 세부기술분야별 시계열 기술수준조사 결과값이 확보되어야 하나, 국토교통분야 기술분류체계 소분류 수준의 시계열 기술수준이 마련되어 있지 않아 적절한 기술성장모형 도출이 어려움
- 동 기술수준 분석에서는 기술성장모형의 개념은 적용하지 않고 각 분야별 궁극적인 기술수준 상한선은 100%로 가정함
- Gordon 점수모형은 기술분류별 기술수준과 가중치를 도출하여 기술계층(Hierarchy)별 상위 기술수준의 객관성 확보 및 정량화에 적합
- 하위 기술수준 평가결과와 가중치를 이용하여 상위계층 기술수준 도출
- Gordon 모형 계산식
- 기술수준 도출 산식 = $100(K_1 \frac{X_1}{X_1^*} + K_2 \frac{X_2}{X_2^*} + \dots + K_N \frac{X_N}{X_N^*})$
- K_N = 가중치, X_N = 모수측정치, X_N^* = 기준 값

○ 설문지 구성

- 설문협조문, 설문참여 방법 안내문
- 설문항목(설문자 정보, 기술수준 평가항목, 기술적 중요도 평가항목, 파급효과 및 장애요인 평가항목, 유망/공백기술 평가항목)
- 제시자료

- 설문자 정보와 더불어 기술수준평가, 기술적 중요도 평가, 파급효과 및 장애요인, 유망/공백 기술평가항목에 대한 질문지를 개발

[표 119] 델파이조사 1·2차 설문항목

유형	설문문항	유형	선택 항목수	복수 응답	비고
설문지 정보	응답자의 소속기관 유형	선다형 객관식	6		1차
	응답자의 주요연구 분야	선다형 객관식	중/소/세부	○	1차
	응답자의 해당분야 종사경력	선다형 객관식	6		1차
	응답자의 전문성	선다형 객관식	5		1차
	응답자의 평가가능 기술수준 수	선다형 객관식	9	○	1차
기술 수준	세계최고수준의 기술보유국	선다형 객관식	6		1·2차
	해당기술 국내 보유 기관	개방형 주관식	-		1·2차
	세계 최고기술 대비 국내기술수준	선다형 객관식	6		1·2차
	세계최고기술 대비 기술격차기간	개방형 주관식	-		1·2차

유형	설문문항	유형	선택 항목수	복수 응답	비고
	기술수준 격차 원인	선다형 객관식	8	○	1·2차
기술 중요도	정부지원 필요성	선다형 객관식	5		1·2차
	시장 성장성	선다형 객관식	5		1·2차
	산업 기여도	선다형 객관식	5		1·2차
	기술개발 시급성	선다형 객관식	5		1·2차
	기술개발 파급성	선다형 객관식	5		1·2차
파급효과	기술개발을 통해 발현될 수 있는 파급효과	선다형 객관식	5		1·2차
장애요인	기술 실현상의 장애요인	선다형 객관식	6	○	1·2차
	시장보급(상용화) 시 장애요인	선다형 객관식	6	○	1·2차
유망기술 평가	해당분야에서 개발이 필요한 유망기술	개방형 주관식	-		1차
	세계최고수준의 기술보유국	선다형 객관식	6		1차
	세계 최고기술 대비 국내기술수준	선다형 객관식	6		1차
	유망기술 파급효과	선다형 객관식	5		1차
공백기술 평가	해당분야에서 개발이 필요한 공백기술	개방형 주관식	-		1차
	세계최고수준의 기술보유국	선다형 객관식	6		1차
	세계 최고기술 대비 국내기술수준	선다형 객관식	6		1차
	공백기술 파급효과	선다형 객관식	5		1차
심층의견	정책에 필요한 심층 의견	서술식	-		1차

○ 조사항목의 조작적 정의 및 척도

- 조작적 정의의 의미: 조작적 정의는 사물 또는 현상을 객관적이고 경험적으로 기술하기 위한 필수적 과정
- 척도 결정의 의미: 조작적 정의를 토대로 계량화된 수치를 획득하기 위한 필수적 과정

[표 120] 조사항목의 조작적 정의와 척도

항목	세부항목	조작적 정의	척도	비고
기술 수준	상대수준	최고기술보유국의 기술수준을 100%로 가정했을 때 연구개발능력의 보유수준과 기술력 향상 가능성을 고려하여 상대적인 기술수준을 평가	백분율 (%)	정량화시 표준화 (핵심기술 상대수준 정량화시 최상위 기술보유국의 기술수준과 기술격차를 각각 100%와 0년으로 조정)
	기술격차	현 수준의 각국 기술 잠재역량을 고려할 때 최상위 기술수준에 도달하는 데 걸릴 것으로 예상되는 기간	년	
가중치	중요도	해당분야 세부기술을 전체적으로 평가해 보았을 때 해당 핵심기술의 중요한 정도	100점 척도	정량화시 가중치로 환산(가중치단위:%)

○ 제시자료: 기술분류표

- 정량화를 실시하는 기술수준조사에 있어 가장 중요한 요소로 정확한 기술 분류 체계 없이 정확한 기술수준조사가 불가능하므로 체계적으로 기술분류 필요

□ 조사결과의 해석 및 보고서 작성

○ 조사결과의 해석

- 7개 유형(27개 세부분항)에 대한 통계량(4분위수, 중위수, 평균)을 고려하여 결과 예측
- 총 2회의 설문 과정에서 도출된 결과 값의 합의 여부를 확인
- 통계량의 시각화(그래프화 및 구조화)1차

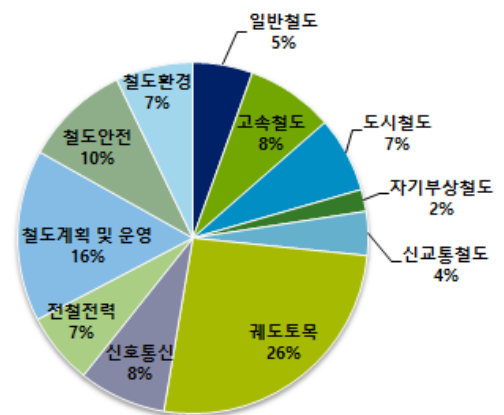
다. 기술수준의 정성적 분석 결과

(1) 전문가 대상 델파이조사 응답자 특성

□ 2라운드 Delphi 조사응답자 수는 총 338명이며, 총 응답사례 수는 545건

- 대상전문가: 1,290명(철도분야 전문가)
- 응답자 수: 1차 총 438명, 2차 총 338명(응답률 26.2%)
- 응답사례 수: 1차 총 656건, 2차 총 545건

대분류		중분류		
철도차량	145 (26.6%)	일반철도	30	5.5%
		고속철도	44	8.1%
		도시철도	38	7.0%
		자기부상철도	11	2.0%
		신교통철도	22	4.0%
철도시설	222 (40.7%)	궤도토목	142	26.1%
		신호통신	44	8.1%
		전철전력	36	6.6%
		철도계획 및 운영	86	15.8%
철도운영	178 (32.7%)	철도안전	53	9.7%
		철도환경	39	7.2%



[그림 49] 철도교통 분류별 Delphi조사 응답분포

○ 2차 델파이조사에 응답한 유효 응답자(총 338명)의 소속기관 현황

- 출연(연) 종사자가 108명(전체의 32%)으로 가장 많음
- 다음으로는 학계 74명(21%), 공공기관 70명(21%), 중소·중견기업체 62명(18%), 대기업 17명(5%) 순이며, 기타 7명(2%)로 나타남

[표 121] 2라운드 Delphi 응답자 소속기관 유형

(단위: 명, %)

대분류		출연(연)		공공기관		학계		대기업		중소·중견		기타	
응답인원		108명		70명		74명		17명		62명		7명	
비율		32%		21%		22%		5%		18%		2%	
철도차량	153명	44명	13%	31명	9%	35명	10%	12명	4%	26명	8%	5명	1%
철도시설	104명	39명	12%	24명	7%	22명	7%	3명	1%	15명	4%	1명	0%
철도운영	81명	25명	7%	15명	4%	17명	5%	2명	1%	21명	6%	1명	0%

○ 2차 델파이조사에 응답한 유효 응답자의 연령

- 50대 연령이 148명(전체의 43.8%)으로 가장 많음
- 다음으로는 40대가 140명(41.4%), 60대가 34명(10.1%), 30대가 16명(4.7%) 순으로 나타남

[표 122] 2라운드 Delphi 응답자 소속기관 유형

(단위: 명, %)

대분류		30대		40대		50대		60대 이상	
응답인원		16명		140명		148명		34명	
비율		4.7%		41.4%		43.8%		10.1%	
철도차량	153명	1명	0.7%	72명	47.1%	64명	41.8%	16명	10.5%
철도시설	104명	9명	8.7%	38명	36.5%	47명	45.2%	10명	9.6%
철도운영	81명	6명	7.4%	30명	37.0%	37명	45.7%	8명	9.9%

○ 2차 델파이조사에 응답한 유효 응답자의 기술 분야별 종사경력

- 60% 이상의 응답자의 경력이 11년 이상으로 나타남

[표 123] 2라운드 Delphi 응답자 기술 분야별 종사경력에 따른 분포

종사경력	3년 미만	3~5년 미만	5~7년 미만	7~9년 미만	9~11년 미만	11년 이상
철도차량	5.9%	5.9%	13.7%	10.5%	3.9%	60.1%
철도시설	-	26.7%	10.0%	-	3.3%	60.0%
철도운영 및 환경	2.9%	5.7%	8.6%	-	5.7%	77.1%

○ 2차 델파이조사에 응답한 유효 응답자의 기술 분야별 응답확신도(연구 분야 전문성, 자가 평가)에 따른 분포

- 평균적으로 65%이상의 응답자가 기술 분야의 응답확신도가 높음 이상으로 분포됨

[표 124] 2라운드 Delphi 응답자 기술 분야별 응답확신도(자가 평가)에 따른 분포

전문성	5점 척도				
	매우낮음	낮음	보통	높음	매우높음
철도차량	-	4.6%	25.5%	45.8%	24.2%
철도시설	-	-	23.3%	60.0%	16.7%
철도운영 및 환경	-	-	31.4%	45.7%	22.9%

(2) 전문가 대상 델파이조사 결과 세부

(가) 철도차량

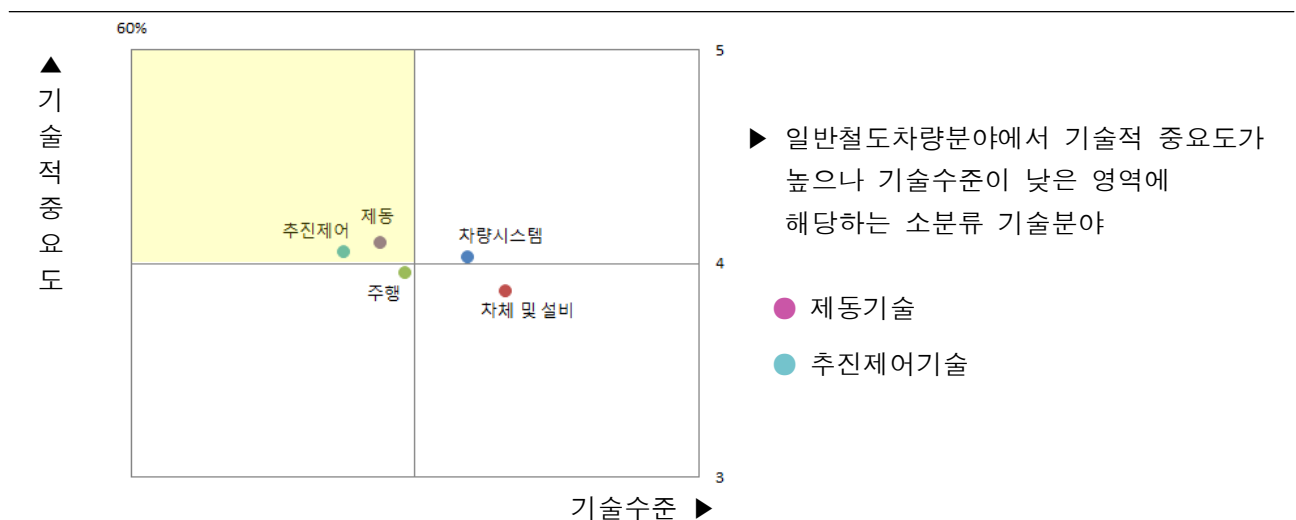
가) 일반철도

□ 일반철도차량분야 최고기술 보유국은 독일로 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준(%)은 평균 약 80.4%, 기술격차는 약 5.2년

- 일반철도차량의 차량시스템 최고기술 보유국은 독일로 동 기술의 국내 기술수준은 83.8%, 기술격차는 4.8년
- 차체 및 설비 기술의 최고기술 보유국은 독일로 동 기술의 국내 기술수준은 86.4%, 기술격차는 4.4년
- 주행기술의 최고기술 보유국은 독일로 동 기술의 국내 기술수준은 79.3%, 기술격차는 5.9년
- 제동기술의 최고기술 보유국은 독일로 동 기술의 국내 기술수준은 77.5%, 기술격차는 4.5년
- 추진제어기술의 최고기술 보유국은 독일로 동 기술의 국내 기술수준은 75.0%, 기술격차는 6.5년

[표 125] 기술수준조사결과_일반철도

구분	세부기술명	최고기술 보유국	기술격차(년)	최고국 대비 기술수준(%)
A11	차량시스템	 독일	4.8	83.8
A12	차체 및 설비	 독일	4.4	86.4
A13	주행	 독일	5.9	79.3
A14	제동	 독일	4.5	77.5
A15	추진제어	 독일	6.5	75.0



[그림 50] 기술적 중요도_일반철도

- 일반철도차량분야 기술격차 해소방안으로 원천기술이나 연구인력 확보 등을 우선적으로 고려
- 일반철도차량분야 기술격차 해소방안으로 최우선적 고려대상은 원천기술 확보측면이며, 그다음으로 연구인력이나 정부 연구개발 자원 확보가 시급히 요구되는 것으로 조사

[표 126] 일반철도차량분야 기술격차 해소방안 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, •: 3순위

구분	원천기술 확보	연구인력 확보	기술인력 확보	정부 연구개발 자원 확보	인프라 확보	시장 성숙	관련 법/제도 마련
A11 차량시스템	◎	◎	•	•			
A12 차체 및 설비	◎	◎	•	•			
A13 주행	○	◎		○			
A14 제동	◎	○		○			
A15 추진제어	◎	○	•				•

- 실현상의 주된 장애요인은 원천기술 미흡이며, 상용화의 주된 장애요인은 낮은 수익성인 것으로 조사

- 기술 실현상의 가장 큰 장애요인은 원천기술 미흡이며, 그다음으로 전문인력 부족과 R&D 인프라 부족이 주된 요인

[표 127] 일반철도차량분야 실현상의 장애요인 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, •: 3순위

구분	원천기술 미흡	전문인력 부족	R&D 인프라 부족	대규모 투자비	제도적 지원
A11 차량시스템	◎	○	•		
A12 차체 및 설비	◎	○	•		
A13 주행	◎	◎	•		
A14 제동	◎	○	○		
A15 추진제어	◎	○	○		

- 기술 상용화의 가장 큰 장애요인은 낮은 수익성이며, 그다음으로 산업 미성숙과 낮은 신뢰도가 주된 요인

[표 128] 일반철도차량분야 상용화 장애요인 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, •: 3순위

구분	낮은 수익성	산업에 대한 규제	산업 미성숙	관련 법규 부재	낮은 신뢰도
A11 차량시스템	◎		○		○
A12 차체 및 설비	◎	•	○		
A13 주행	◎		◎		◎
A14 제동	◎		◎		◎
A15 추진제어	◎		○		○

나) 고속철도

□ 고속철도차량분야 최고기술 보유국은 독일, 일본, 프랑스로 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준(%)은 평균 약 79.9%, 기술격차는 약 5.2년

○ 고속철도차량의 차량시스템 최고기술 보유국은 프랑스로 동 기술의 국내 기술수준은 81.8%, 기술격차는 4.4년

○ 차체 및 설비 기술의 최고기술 보유국은 일본으로 동 기술의 국내 기술수준은 83.8%, 기술격차는 4.1년

○ 주행기술의 최고기술 보유국은 독일로 동 기술의 국내 기술수준은 81.3%, 기술격차는 5.0년

○ 제동기술의 최고기술 보유국은 독일로 동 기술의 국내 기술수준은 75.0%, 기술격차는 5.0년

○ 추진제어기술의 최고기술 보유국은 독일로 동 기술의 국내 기술수준은 77.9%, 기술격차는 6.0년

[표 129] 기술수준조사결과_고속철도

구분	세부기술명	최고기술 보유국	기술격차(년)	최고국 대비 기술수준(%)
A21	차량시스템	 프랑스	4.4	81.8
A22	차체 및 설비	 일본	4.1	83.8
A23	주행	 독일	5.0	81.3
A24	제동	 독일	5.0	75.0
A25	추진제어	 독일	6.0	77.9



[그림 51] 기술적 중요도_고속철도

□ 고속철도차량분야 기술격차 해소방안으로 원천기술이나 정부 연구개발 자원 확보 등을 우선적으로 고려

○ 고속철도차량분야 기술격차 해소방안으로 최우선적 고려대상은 대부분 원천기술 확보 측면이며, 그다음으로 연구인력이나 정부 연구개발 자원 확보의 중요도가 높은 것으로 조사

[표 130] 고속철도차량분야 기술격차 해소방안 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, •: 3순위

구분	원천기술 확보	연구인력 확보	기술인력 확보	정부 연구개발 자원 확보	인프라 확보	시장 성숙	관련 법/제도 마련
A21 차량시스템	◎	○		○			
A22 차체 및 설비	◎	•		◎			
A23 주행		○	◎	○			
A24 제동	○			◎			
A25 추진제어	◎	○		•			

□ 실현상의 주된 장애요인은 원천기술 미흡과 전문인력 부족이며, 상용화의 주된 장애요인은 산업 미성숙과 관련 법규의 부재인 것으로 조사

○ 기술 실현상의 가장 큰 장애요인은 원천기술 미흡이며, 그다음으로 전문인력 부족과 R&D 인프라 부족이 주된 요인

[표 131] 고속철도차량분야 실현상의 장애요인 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, •: 3순위

구분	원천기술 미흡	전문인력 부족	R&D 인프라 부족	대규모 투자비	제도적 지원
A21 차량시스템	◎	○	•		
A22 차체 및 설비	◎	○	○		
A23 주행	◎	•	○		
A24 제동	◎	◎	◎		
A25 추진제어	◎	○	•		

○ 기술 상용화의 가장 큰 장애요인은 산업의 미성숙이며, 그다음으로 관련 법규의 부재, 낮은 수익성, 산업에 대한 규제 등이 주된 요인

[표 132] 고속철도차량분야 상용화 장애요인 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, •: 3순위

구분	낮은 수익성	산업에 대한 규제	산업 미성숙	관련 법규 부재	낮은 신뢰도
A21 차량시스템	•		◎		○
A22 차체 및 설비	◎		◎		•
A23 주행	○		◎		○
A24 제동		◎	◎	◎	
A25 추진제어		○	•	◎	

다) 도시철도

□ 도시철도차량분야 최고기술 보유국은 독일과 일본이 있으며, 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준(%)은 평균 약 82.0%, 기술격차는 약 3.8년

○ 도시철도차량의 차량시스템 최고기술 보유국은 일본으로 동 기술의 국내 기술수준은 82.5%, 기술격차는 3.6년

○ 차체 및 설비 기술의 최고기술 보유국은 독일로 동 기술의 국내 기술수준은 85.0%, 기술격차는 2.8년

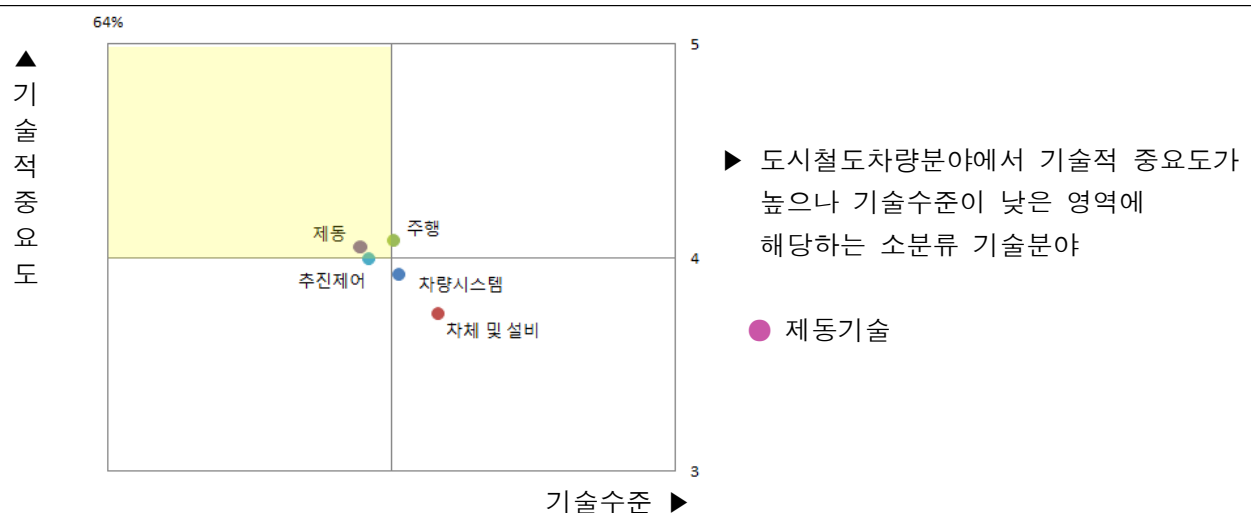
○ 주행기술의 최고기술 보유국은 일본으로 동 기술의 국내 기술수준은 82.1, 기술격차는 3.8년

○ 제동기술의 최고기술 보유국은 독일로 동 기술의 국내 기술수준은 80.0%, 기술격차는 4.5년

○ 추진제어기술의 최고기술 보유국은 일본으로 동 기술의 국내 기술수준은 80.6%, 기술격차는 4.1년

[표 133] 기술수준조사결과_도시철도

구분	세부기술명	최고기술 보유국	기술격차(년)	최고국 대비 기술수준(%)
A31	차량시스템	 일본	3.6	82.5
A32	차체 및 설비	 독일	2.8	85.0
A33	주행	 일본	3.8	82.1
A34	제동	 독일	4.5	80.0
A35	추진제어	 일본	4.1	80.6



[그림 52] 기술적 중요도_도시철도

□ 도시철도차량분야 기술격차 해소방안으로 원천기술이나 기술인력 확보 등을 우선적으로 고려

○ 도시철도차량분야 기술격차 해소방안으로 최우선적 고려대상은 대부분 원천기술 확보측면이며, 그다음으로 연구/기술인력 확보나 시장의 성숙이 중요도가 높은 것으로 조사

[표 134] 도시철도차량분야 기술격차 해소방안 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, ·: 3순위

구분	원천기술 확보	연구인력 확보	기술인력 확보	정부 연구개발 자원 확보	인프라 확보	시장 성숙	관련 법/제도 마련
A31 차량시스템	◎	○	·			·	
A32 차체 및 설비	◎	○				○	
A33 주행	◎	○	·				
A34 제동	·	·	◎	·		◎	
A35 추진제어	○	·	◎			·	

□ 실현상의 주된 장애요인은 원천기술 미흡과 제도적 제원이며, 상용화의 주된 장애요인은 낮은 수익성 및 낮은 신뢰도인 것으로 조사

○ 기술 실현상의 가장 큰 장애요인은 원천기술 미흡이며, 그다음으로 대규모 투자비, R&D 인프라, 전문인력 부족이 주된 요인

[표 135] 도시철도차량분야 실현상의 장애요인 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, ·: 3순위

구분	원천기술 미흡	전문인력 부족	R&D 인프라 부족	대규모 투자비	제도적 지원
A31 차량시스템	◎	◎		◎	
A32 차체 및 설비	◎	·	◎	·	
A33 주행	◎	·	◎	·	
A34 제동	◎		○	○	
A35 추진제어	○	·		◎	

○ 기술 상용화의 가장 큰 장애요인은 낮은 수익성 이며, 그다음으로 낮은 신뢰도와 산업의 미성숙이 주된 요인

[표 136] 도시철도차량분야 상용화 장애요인 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, ·: 3순위

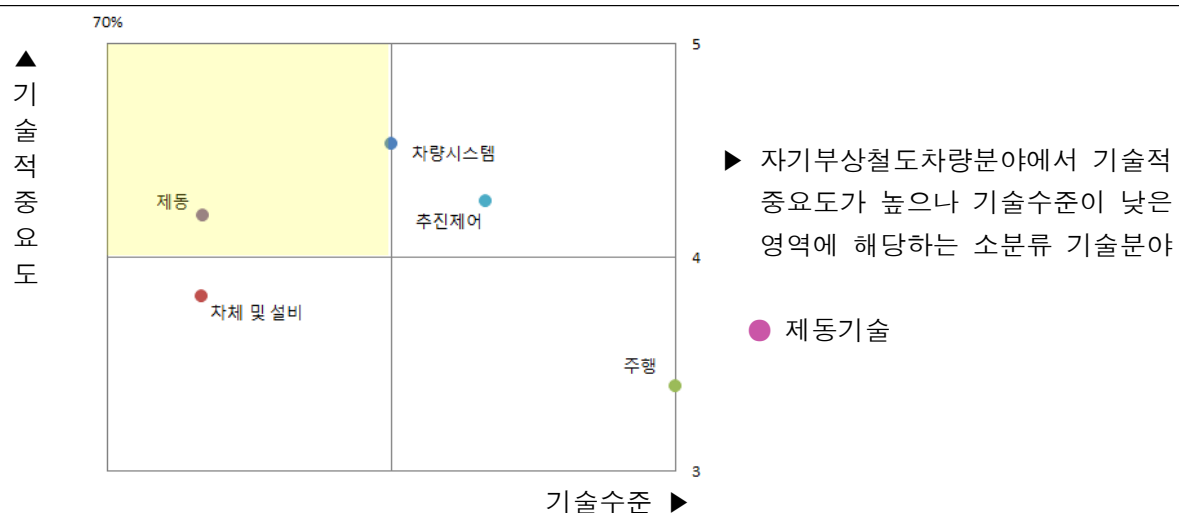
구분	낮은 수익성	산업에 대한 규제	산업 미성숙	관련 법규 부재	낮은 신뢰도
A31 차량시스템	◎		·		○
A32 차체 및 설비	◎		·		○
A33 주행	◎		◎		◎
A34 제동	◎		◎		◎
A35 추진제어	○		·		◎

라) 자기부상철도

- 자기부상철도차량분야 최고기술 보유국은 독일, 일본 등이 있으며, 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준(%)은 평균 약 85.0%, 기술격차는 약 5.0년
- 자기부상철도차량의 차량시스템 최고기술 보유국은 일본으로 동 기술의 국내 기술수준은 85.0%, 기술격차는 6.0년
- 차체 및 설비 기술의 최고기술 보유국은 독일로 동 기술의 국내 기술수준은 75.0%, 기술격차는 7.7년
- 자기부상철도 주행장치 기술의 최고기술 보유국은 한국으로 조사
- 제동기술의 최고기술 보유국은 독일로 동 기술의 국내 기술수준은 75.0%, 기술격차는 5.0년
- 추진제어기술의 최고기술 보유국은 일본으로 동 기술의 국내 기술수준은 90.0%, 기술격차는 1.3년

[표 137] 기술수준조사결과_자기부상철도

구분	세부기술명	최고기술 보유국	기술격차(년)	최고국 대비 기술수준(%)
A41	차량시스템	 일본	6.0	85.0
A42	차체 및 설비	 독일	7.7	75.0
A43	주행	 한국		100.0
A44	제 동	 독일	5.0	75.0
A45	추진제어	 일본	1.3	90.0



[그림 53] 기술적 중요도_자기부상철도

□ 자기부상철도차량분야 기술격차 해소방안으로 원천기술이나 연구인력 확보 등을 우선적으로 고려

○ 자기부상철도차량분야 기술격차 해소방안으로 최우선적 고려대상은 기술인력 확보 측면이며, 그다음으로 원천기술이나 정부 연구개발 자원 확보의 중요도가 높은 것으로 조사

[표 138] 자기부상철도차량분야 기술격차 해소방안 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, ·: 3순위

구분	원천기술 확보	연구인력 확보	기술인력 확보	정부 연구개발 자원 확보	인프라 확보	시장 성숙	관련 법/제도 마련
A41 차량시스템	◎		○	·		·	
A42 차체 및 설비	·	◎	·	○			
A43 주행			◎	◎			
A44 제동	◎			◎			
A45 추진제어			◎		◎	◎	

□ 실현상의 주된 장애요인은 원천기술 미흡과 R&D 인프라 부족이며, 상용화의 주된 장애요인은 낮은 신뢰도 및 산업 미성숙인 것으로 조사

○ 기술 실현상의 가장 큰 장애요인은 원천기술 미흡과 R&D 인프라 부족이며, 그다음으로 전문인력 부족과 대규모 투자비의 부재가 주된 요인

[표 139] 자기부상철도차량분야 실현상의 장애요인 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, ·: 3순위

구분	원천기술 미흡	전문인력 부족	R&D 인프라 부족	대규모 투자비	제도적 지원
A41 차량시스템	◎	◎		·	
A42 차체 및 설비	◎		◎		
A43 주행			◎	·	○
A44 제동	◎	◎	◎		
A45 추진제어				◎	◎

○ 기술 상용화의 가장 큰 장애요인은 낮은 신뢰도이며, 그다음으로 산업 미성숙과 낮은 수익성이 주된 요인

[표 140] 자기부상철도차량분야 상용화 장애요인 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, ·: 3순위

구분	낮은 수익성	산업에 대한 규제	산업 미성숙	관련 법규 부재	낮은 신뢰도
A41 차량시스템	·		○	·	◎
A42 차체 및 설비		·	◎	·	○
A43 주행	◎		◎		◎
A44 제동	◎		◎		◎
A45 추진제어				○	◎

마) 신교통철도

□ 신교통철도분야 최고기술 보유국은 프랑스, 독일, 일본이 있으며, 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준(%)은 평균 약 79.0%, 기술격차는 약 4.5년

○ 신교통철도차량의 차량시스템 최고기술 보유국은 프랑스로 동 기술의 국내 기술수준은 77.0%, 기술격차는 4.6년

○ 차체 및 설비 기술의 최고기술 보유국은 독일로 동 기술의 국내 기술수준은 95.0%, 기술격차는 3.0년

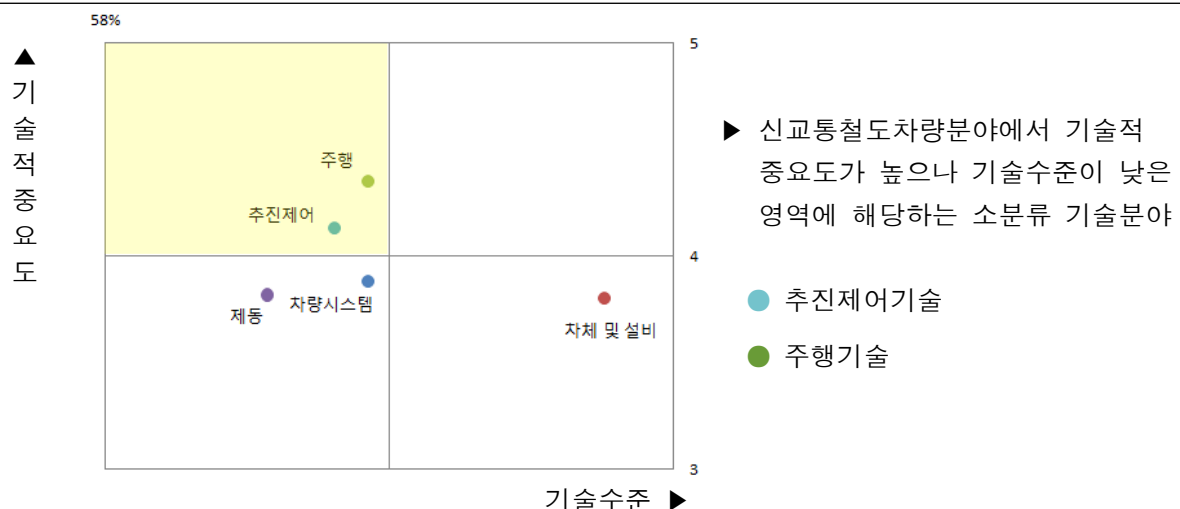
○ 주행기술의 최고기술 보유국은 독일로 동 기술의 국내 기술수준은 77.5%, 기술격차는 4.3년

○ 제동기술의 최고기술 보유국은 일본으로 동 기술의 국내 기술수준은 70.0%, 기술격차는 7.5년

○ 추진제어기술의 최고기술 보유국은 독일로 동 기술의 국내 기술수준은 75.0%, 기술격차는 3.3년

[표 141] 기술수준조사결과_신교통철도

구분	세부기술명	최고기술 보유국	기술격차(년)	최고국 대비 기술수준(%)
A51	차량시스템	 프랑스	4.6	77.0
A52	차체 및 설비	 독일	3.0	95.0
A53	주행	 독일	4.3	77.5
A54	제동	 일본	7.5	70.0
A55	추진제어	 독일	3.3	75.0



[그림 54] 기술적 중요도_신교통철도

□ 신교통철도차량분야 기술격차 해소방안으로 원천기술이나 정부 연구개발 자원 확보 등을 우선적으로 고려

○ 신교통철도차량분야 기술격차 해소방안으로 최우선적 고려대상은 원천기술 확보측면이며, 그다음으로 정부 연구개발 자원 확보나 기술인력 확보의 중요도가 높은 것으로 조사

[표 142] 신교통철도차량분야 기술격차 해소방안 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, ·: 3순위

구분	원천기술 확보	연구인력 확보	기술인력 확보	정부 연구개발 자원 확보	인프라 확보	시장 성숙	관련 법/제도 마련
A51 차량시스템	◎	·		◎			
A52 차체 및 설비	◎			◎			
A53 주행	○		◎		○		
A54 제동	○			◎		○	
A55 추진제어	·		◎		·	○	

□ 실현상의 주된 장애요인은 전문인력 부족과 원천기술 미흡이며, 상용화의 주된 장애요인은 산업의 미성숙과 낮은 수익성인 것으로 조사

○ 기술 실현상의 가장 큰 장애요인은 전문인력 부족이며, 그다음으로 원천기술 미흡과 R&D 인프라 부족이 주된 요인

[표 143] 신교통철도차량분야 실현상의 장애요인 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, ·: 3순위

구분	원천기술 미흡	전문인력 부족	R&D 인프라 부족	대규모 투자비	제도적 지원
A51 차량시스템	○	◎	·		
A52 차체 및 설비	◎	◎	◎		
A53 주행	·	○		◎	·
A54 제동	◎	◎	◎		
A55 추진제어	○	○		◎	

○ 기술 상용화의 가장 큰 장애요인은 산업 미성숙이며, 그다음으로 낮은 수익성과 낮은 신뢰도가 주된 요인

[표 144] 신교통철도차량분야 상용화 장애요인 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, ·: 3순위

구분	낮은 수익성	산업에 대한 규제	산업 미성숙	관련 법규 부재	낮은 신뢰도
A51 차량시스템	◎		◎		·
A52 차체 및 설비	◎		◎		◎
A53 주행	·	·	◎	·	◎
A54 제동	◎	·	◎		·
A55 추진제어	○		◎		○

(나) 철도시설

가) 궤도토목

- 궤도토목분야 최고기술 보유국은 독일, 일본이 있으며, 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준(%)은 평균 약 86.0%, 기술격차는 약 4.9년
- 궤도/주행로기술의 최고기술 보유국은 독일로 동 기술의 국내 기술수준은 86.0%, 기술격차는 5.0년
- 노반기술의 최고기술 보유국은 독일로 동 기술의 국내 기술수준은 86.0%, 기술격차는 5.0년
- 철도교량(고가구조물) 기술의 최고기술 보유국은 독일로 동 기술의 국내 기술수준은 86.0%, 기술격차는 5.0년
- 철도터널기술의 최고기술 보유국은 독일로 동 기술의 국내 기술수준은 84.0%, 기술격차는 5.7년
- 정거장(역사기술)기술의 최고기술 보유국은 일본으로 동 기술의 국내 기술수준은 88.0%, 기술격차는 4.0년

[표 145] 기술수준조사결과_궤도토목

구분	세부기술명	최고기술 보유국	기술격차(년)	최고국 대비 기술수준(%)
B11	궤도/주행로기술	 독일	5.0	86.0
B12	노반기술	 독일	5.0	86.0
B13	철도교량(고가구조물) 기술	 독일	5.0	86.0
B14	철도터널기술	 독일	5.7	84.0
B15	정거장(역사기술)	 일본	4.0	88.0



[그림 55] 기술적 중요도_궤도토목

□ 궤도토목분야 기술격차 해소방안으로 연구인력 확보나 원천기술 확보 등을 우선적으로 고려

○ 궤도토목분야 기술격차 해소방안으로 최우선적 고려대상은 대부분 연구인력 확보측면이며, 그다음으로 원천기술 및 시장 성숙이 중요도가 높은 것으로 조사

[표 146] 궤도토목분야 기술격차 해소방안 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, ·:3순위

구분	원천기술 확보	연구인력 확보	기술인력 확보	정부 연구개발 자원 확보	인프라 확보	시장 성숙	관련 법/제도 마련
B11 궤도/주행로기술	·	◎	·			○	
B12 노반기술		◎	·			○	
B13 철도교량 기술	○	◎		·			
B14 철도터널기술	○	◎				·	
B15 정거장(역사기술)	○	◎		○			

□ 실현상의 주된 장애요인은 R&D 인프라 부족과 대규모의 투자비이며, 상용화의 주된 장애요인은 낮은 수익성 및 산업의 미성숙인 것으로 조사

○ 기술 실현상의 가장 큰 장애요인은 R&D 인프라 부족이며, 그다음으로 원천기술 미흡과 대규모 투자비에 따른 부담이 주된 요인

[표 147] 궤도토목분야 실현상의 장애요인 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, ·:3순위

구분	원천기술 미흡	전문인력 부족	R&D 인프라 부족	대규모 투자비	제도적 지원
B11 궤도/주행로기술	◎	○	·	·	
B12 노반기술	·		○	◎	
B13 철도교량 기술	·		◎	○	
B14 철도터널기술	·		◎	○	
B15 정거장(역사기술)		○	◎	·	

○ 기술 상용화의 가장 큰 장애요인은 낮은 수익성이며, 그다음으로 산업의 미성숙과 산업에 대한 규제가 주된 요인

[표 148] 궤도토목분야 상용화 장애요인 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, ·:3순위

구분	낮은 수익성	산업에 대한 규제	산업 미성숙	관련 법규 부재	낮은 신뢰도
B11 궤도/주행로기술	◎	·	○		
B12 노반기술	◎		○		·
B13 철도교량 기술	◎	·	○		
B14 철도터널기술	·	○	·		◎
B15 정거장(역사기술)	○	○	◎		

나) 전철/전력

□ 전철/전력분야 최고기술 보유국은 독일이며, 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준(%)은 평균 약 90.0%, 기술격차는 약 2.9년

○ 전철/전력 급전계통기술의 최고기술 보유국은 독일로 동 기술의 국내 기술수준은 91.0%, 기술격차는 2.6년

○ 전차선로기술의 최고기술 보유국은 독일로 동 기술의 국내 기술수준은 94.0%, 기술격차는 2.3년

○ 전력(에너지) 변환 및 공급기술의 최고기술 보유국은 독일로 동 기술의 국내 기술수준은 85.0%, 기술격차는 3.7년

[표 149] 기술수준조사결과_전철/전력

구분	세부기술명	최고기술 보유국	기술격차(년)	최고국 대비 기술수준(%)
B21	급전계통기술	 독일	2.6	91.0
B22	전차선로기술	 독일	2.3	94.0
B23	전력(에너지) 변환 및 공급	 독일	3.7	85.0



[그림 56] 기술적 중요도_전철/전력

□ 전철/전력분야 기술격차 해소방안으로 연구인력 확보나 시장의 성숙 등을 우선적으로 고려

○ 전철/전력분야 기술격차 해소방안으로 최우선적 고려대상은 연구인력 확보측면이며, 그다음으로 시장의 성숙, 기술인력 확보, 원천기술 확보의 중요도가 높은 것으로 조사

[표 150] 전철/전력분야 기술격차 해소방안 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, ·:3순위

구분	원천기술 확보	연구인력 확보	기술인력 확보	정부 연구개발 자원 확보	인프라 확보	시장 성숙	관련 법/제도 마련
B21 급전계통 기술	○	◎				○	
B22 전차선로 기술		○	◎			·	
B23 전력(에너지) 변환 및 공급	○	·	·	·		◎	

□ 실현상의 주된 장애요인은 대규모 투자비와 전문인력 부족이며, 상용화의 주된 장애요인은 낮은 수익성 및 산업의 미성숙인 것으로 조사

○ 기술 실현상의 가장 큰 장애요인은 대규모 투자비이며, 그다음으로 전문인력 부족과 R&D 인프라 부족이 주된 요인

[표 151] 전철/전력분야 실현상의 장애요인 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, ·:3순위

구분	원천기술 미흡	전문인력 부족	R&D 인프라 부족	대규모 투자비	제도적 지원
B21 급전계통 기술		○	·	◎	
B22 전차선로 기술		◎	◎	◎	
B23 전력(에너지) 변환 및 공급	◎	·		○	

○ 기술 상용화의 가장 큰 장애요인은 낮은 수익성이며, 그다음으로 산업의 미성숙과 낮은 신뢰도가 주된 요인

[표 152] 전철/전력분야 상용화 장애요인 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, ·:3순위

구분	낮은 수익성	산업에 대한 규제	산업 미성숙	관련 법규 부재	낮은 신뢰도
B21 급전계통 기술	◎		·		○
B22 전차선로 기술	◎	·	○		
B23 전력(에너지) 변환 및 공급	○	·	◎		

다) 신호통신

□ 신호통신분야 최고기술 보유국은 독일, 프랑스로 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준(%)은 평균 약 83.3%, 기술격차는 약 3.7년

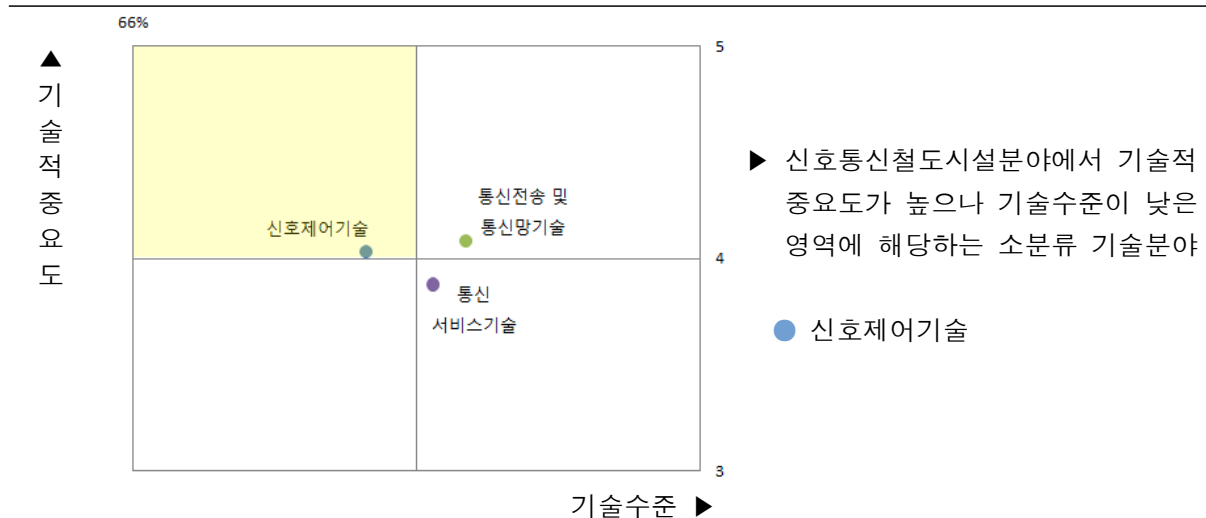
○ 신호통신 신호제어기술의 최고기술 보유국은 독일로 동 기술의 국내 기술수준은 80.0% 기술격차는 5.0년

○ 통신서비스기술의 최고기술 보유국은 독일로 동 기술의 국내 기술수준은 84.0%, 기술격차는 3.4년

○ 통신전송 및 통신망기술의 최고기술 보유국은 독일과 프랑스로 동 기술의 국내 기술수준은 86.0%, 기술격차는 2.7년

[표 153] 기술수준조사결과_신호통신

구분	세부기술명	최고기술 보유국	기술격차(년)	최고국 대비 기술수준(%)
B31	신호제어기술	 독일	5.0	80.0
B32	통신서비스기술	 독일	3.4	84.0
B33	통신전송 및 통신망기술	 독일  프랑스	2.7	86.0



[그림 57] 기술적 중요도_신호통신

□ 신호통신분야 기술격차 해소방안으로 기술인력 확보나 연구인력 확보 등을 우선적으로 고려

○ 신호통신분야 기술격차 해소방안으로 최우선적 고려대상은 대부분 기술인력 확보측면이며, 그다음으로 연구인력 확보나 원천기술 확보의 중요도가 높은 것으로 조사

[표 154] 신호통신분야 기술격차 해소방안 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, ·:3순위

구분	원천기술 확보	연구인력 확보	기술인력 확보	정부 연구개발 자원 확보	인프라 확보	시장 성숙	관련 법/제도 마련
B31 신호제어기술	◎	○	·				
B32 통신서비스 기술	·	○	◎				
B33 통신전송 및 통신망기술	·	○	◎				

□ 실현상의 주된 장애요인은 대규모 투자비와 제도적 지원이며, 상용화의 주된 장애요인은 산업 미성숙과 낮은 신뢰도인 것으로 조사

○ 기술 실현상의 가장 큰 장애요인은 대규모 투자비와 제도적 지원의 부재이며, 그다음으로 전문인력 부족이 주된 요인

[표 155] 신호통신분야 실현상의 장애요인 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, ·:3순위

구분	원천기술 미흡	전문인력 부족	R&D 인프라 부족	대규모 투자비	제도적 지원
B31 신호제어기술	·	◎	○	·	
B32 통신서비스 기술	·	·		○	◎
B33 통신전송 및 통신망기술		·		◎	○

○ 기술 상용화의 가장 큰 장애요인은 산업의 미성숙이며, 그다음으로 낮은 신뢰도 및 수익성이 주된 요인

[표 156] 신호통신분야 상용화 장애요인 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, ·:3순위

구분	낮은 수익성	산업에 대한 규제	산업 미성숙	관련 법규 부재	낮은 신뢰도
B31 신호제어기술	○		·		◎
B32 통신서비스 기술	·		◎		○
B33 통신전송 및 통신망기술	○	·	◎		

(다) 철도운영 및 환경

가) 계획 및 운영

- 철도계획 및 운영 관련 최고기술 보유국은 독일과 일본이 있으며, 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준(%)은 평균 약 80.5%, 기술격차는 약 5.5년
- 철도교통 계획기술의 최고기술 보유국은 독일로 동 기술의 국내 기술수준은 82.0%, 기술격차는 5.4년
- 철도운영 효율화 기술의 최고기술 보유국은 일본으로 동 기술의 국내 기술수준은 79.0%, 기술격차는 5.3년
- 모드연계기술의 최고기술 보유국은 독일로 동 기술의 국내 기술수준은 83.0%, 기술격차는 6.5년
- 철도물류기술의 최고기술 보유국은 독일로 동 기술의 국내 기술수준은 78.0%, 기술격차는 4.8년

[표 157] 기술수준조사결과 계획 및 운영

구분	세부기술명	최고기술 보유국	기술격차(년)	최고국 대비 기술수준(%)
C11	철도교통 계획 기술	 독일	5.4	82.0
C12	철도운영 효율화 기술	 일본	5.3	79.0
C13	모드연계기술	 독일	6.5	83.0
C14	철도물류기술	 독일	4.8	78.0



[그림 58] 기술적 중요도_계획 및 운영

□ 철도계획 및 운영분야 기술격차 해소방안으로 연구인력 확보나 원천기술 확보 등을 우선적으로 고려

○ 철도계획 및 운영분야 기술격차 해소방안으로 최우선적 고려대상은 연구인력 확보이며, 그다음으로 원천기술 확보나 관련 인프라 확보의 중요도가 높은 것으로 조사

[표 158] 철도계획 및 운영 기술격차 해소방안 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, ·: 3순위

구분	원천기술 확보	연구인력 확보	기술인력 확보	정부 연구개발 자원 확보	인프라 확보	시장 성숙	관련 법/제도 마련
C11 철도교통 계획 기술	◎	○		·			
C12 철도운영 효율화 기술	○	◎	○				
C13 모드연계기술	○	◎			·		
C14 철도물류기술	○	◎			·		

□ 실현상의 주된 장애요인은 전문인력 부족과 R&D 인프라 부족이며, 상용화의 주된 장애요인은 낮은 수익성과 산업의 미성숙인 것으로 조사

○ 기술 실현상의 가장 큰 장애요인은 전문인력 부족이며, 그다음으로 R&D 인프라 부족과 제도적 지원의 부재가 주된 요인

[표 159] 철도계획 및 운영분야 실현상의 장애요인 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, ·: 3순위

구분	원천기술 미흡	전문인력 부족	R&D 인프라 부족	대규모 투자비	제도적 지원
C11 철도교통 계획 기술	·	◎			○
C12 철도운영 효율화 기술	·	◎	○		
C13 모드연계기술		◎	○		○
C14 철도물류기술		◎	○		·

○ 기술 상용화의 가장 큰 장애요인은 낮은 수익성이며, 그다음으로 산업 미성숙과 산업에 대한 규제가 주된 요인

[표 160] 철도계획 및 운영분야 상용화 장애요인 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, ·: 3순위

구분	낮은 수익성	산업에 대한 규제	산업 미성숙	관련 법규 부재	낮은 신뢰도
C11 철도교통 계획 기술	◎	·	○		
C12 철도운영 효율화 기술	◎	○	○		
C13 모드연계기술	·	◎	○		
C14 철도물류기술	◎	·	◎		

나) 철도안전

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

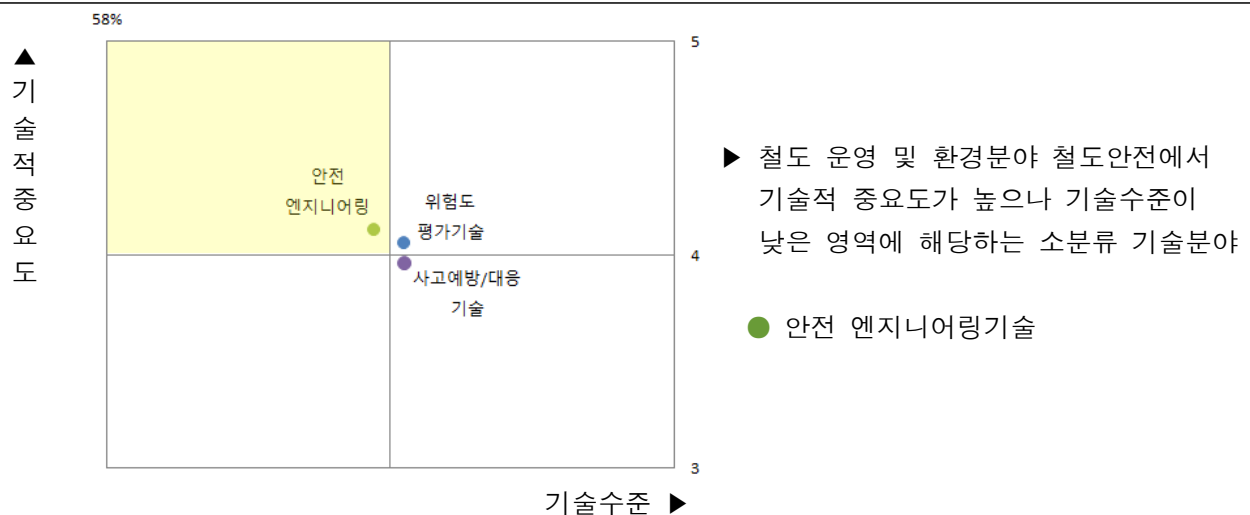
○ 안전엔지니어링기술의 최고기술 보유국은 일본으로 동 기술의 국내 기술수준은 77.8% 기술격차는 5.7년

○ 위험도평가기술의 최고기술 보유국은 프랑스로 동 기술의 국내 기술수준은 80.0% 기술격차는 6.3년

○ 사고예방/대응기술의 최고기술 보유국은 일본으로 동 기술의 국내 기술수준은 80.0% 기술격차는 5.2년

[표 161] 기술수준조사결과_철도안전

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



[그림 59] 기술적 중요도_철도안전

□ 철도안전분야 기술격차 해소방안으로 원천기술 확보나 연구인력 확보 등을 우선적으로 고려

○ 철도안전분야 기술격차 해소방안으로 최우선적 고려대상은 원천기술 확보나 연구인력 확보측면이며, 그다음으로 정부 연구개발 자원 확보의 중요도가 높은 것으로 조사

[표 162] 철도안전분야 기술격차 해소방안 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, •:3순위

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

□ 실현상의 주된 장애요인은 전문인력과 R&D 인프라의 부족이며, 상용화의 주된 장애요인은 낮은 수익성과 산업의 미성숙인 것으로 조사

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

[표 163] 철도안전분야 실현상의 장애요인 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, •:3순위

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

○ 기술 상용화의 가장 큰 장애요인은 낮은 수익성과 산업 미성숙이며, 그다음으로 산업에 대한 규제와 낮은 신뢰도가 주된 요인

[표 164] 철도안전분야 상용화 장애요인 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, •:3순위

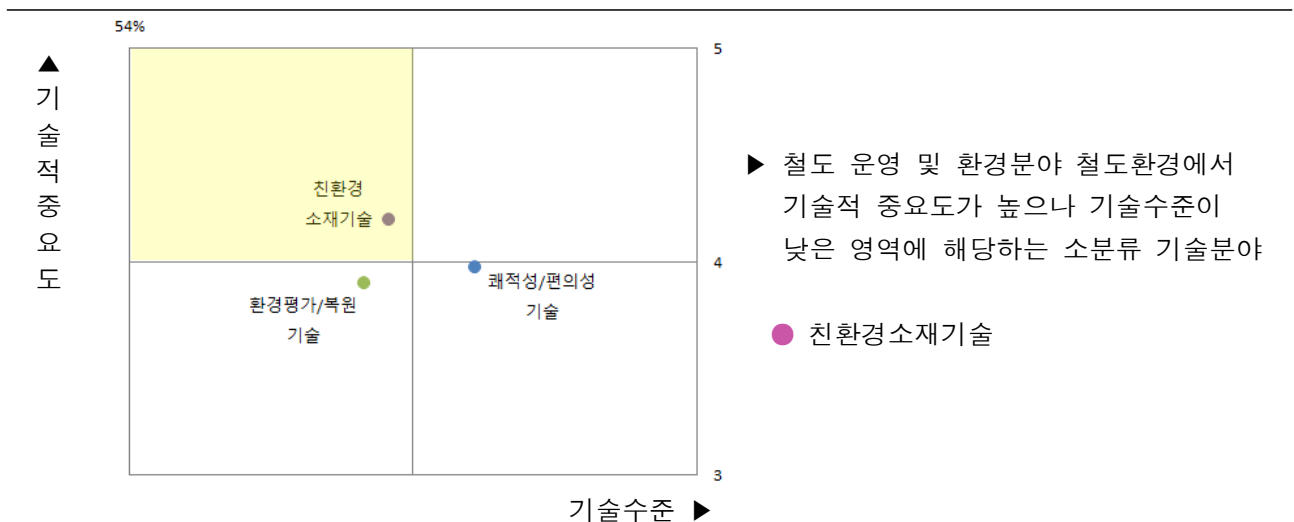
구분	낮은 수익성	산업에 대한 규제	산업 미성숙	관련 법규 부재	낮은 신뢰도
C21 안전 엔지니어링			○	•	◎
C22 위험도평가기술	◎	◎		•	•
C23 사고예방/대응기술	○	•	◎		

다) 철도환경

- 철도환경분야 최고기술 보유국은 독일과 미국이 있으며, 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준(%)은 평균 약 76.7%, 기술격차는 약 5.7년
- 환경평가/복원기술의 최고기술 보유국은 독일로 동 기술의 국내 기술수준은 73.0%, 기술격차는 7.2년
- 쾌적성/편의성기술의 최고기술 보유국은 독일로 동 기술의 국내 기술수준은 82.0%, 기술격차는 4.5년
- 친환경소재기술의 최고기술 보유국은 미국과 독일로 동 기술의 국내 기술수준은 75.0%, 기술격차는 5.5년

[표 165] 기술수준조사결과_철도환경

구분	세부기술명	최고기술 보유국	기술격차(년)	최고국 대비 기술수준(%)
C31	환경평가/복원기술	 독일	7.2	73.0
C32	쾌적성/편의성기술	 독일	4.5	82.0
C33	친환경소재기술	 미국  독일	5.5	75.0



[그림 60] 기술적 중요도_철도환경

□ 철도환경분야 기술격차 해소방안으로 연구인력 확보나 원천 기술 확보 등을 우선적으로 고려

○ 철도환경분야 기술격차 해소방안으로 최우선적 고려대상은 연구인력 확보 측면이며, 그다음으로 원천기술 확보나 기술인력 확보의 중요도가 높은 것으로 조사

[표 166] 철도환경분야 기술격차 해소방안 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, ·:3순위

구분	원천기술 확보	연구인력 확보	기술인력 확보	정부 연구개발 자원 확보	인프라 확보	시장 성숙	관련 법/제도 마련
C31 환경평가/복원기술	◎	·	·	○			
C32 쾌적성/편의성기술	·	◎	◎			·	
C33 친환경소재기술	○	◎	·	·		·	

□ 실현상의 주된 장애요인은 R&D 인프라 부족이며, 상용화의 주된 장애요인은 산업의 미성숙인 것으로 조사

○ 기술 실현상의 가장 큰 장애요인은 R&D 인프라의 부족이며, 그다음으로 원천기술 미흡과 전문인력 부족이 주된 요인

[표 167] 철도환경분야 실현상의 장애요인 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, ·:3순위

구분	원천기술 미흡	전문인력 부족	R&D 인프라 부족	대규모 투자비	제도적 지원
C31 환경평가/복원기술	·	○	◎		
C32 쾌적성/편의성기술	·	○	◎		
C33 친환경소재기술	◎	·	◎	·	·

○ 기술 상용화의 가장 큰 장애요인은 산업의 미성숙이며, 그다음으로 낮은 수익성과 산업에 대한 규제가 주된 요인

[표 168] 철도환경분야 상용화 장애요인 우선순위 평가결과

◎: 1순위, ○: 2순위, ·:3순위

구분	낮은 수익성	산업에 대한 규제	산업 미성숙	관련 법규 부재	낮은 신뢰도
C31 환경평가/복원기술	○	○	◎		
C32 쾌적성/편의성기술	·	◎	◎		
C33 친환경소재기술	◎	·	○		·

4. 소결 - 철도분야별 기술수준 도출

가. 철도분야별 정량적 기술수준 도출 결과

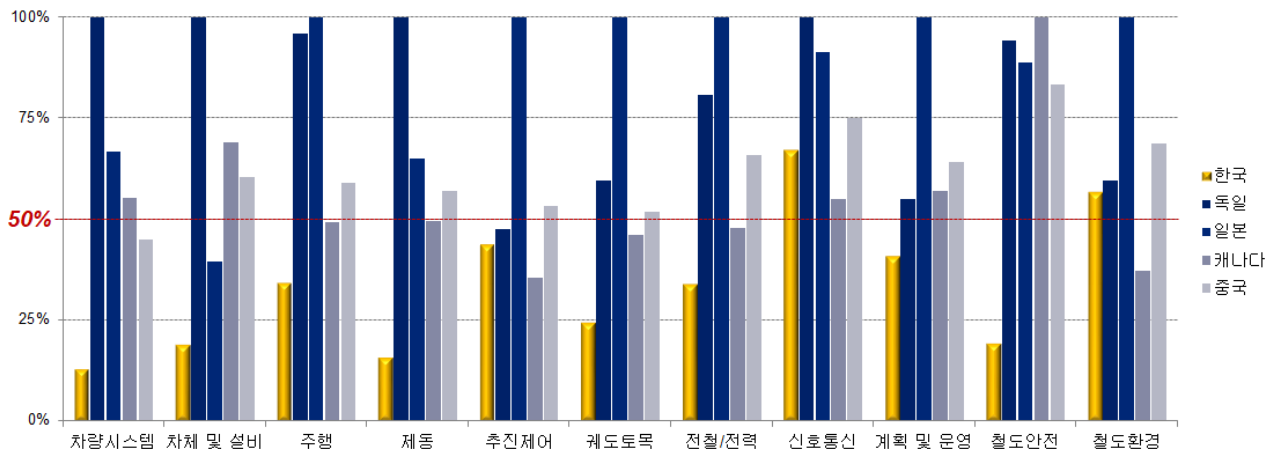
□ 철도교통분야 하부기술의 기술경쟁력 분석결과 11개 소/세부 분류 중 일본 6개, 독일 4개, 캐나다 1개에서 최고 기술경쟁력 보유

○ 철도교통분야 11개 소/세부 분류를 기준으로 특허/논문 기술경쟁력 분석을 실시한 결과, 독일(4개)과 일본(6개)이 상당한 수준으로 기술경쟁력 보유

[표 169] 철도교통분야 기술경쟁력 총괄

구분		1위	2위	3위	4위	5위	6위	7위	8위	9위
철도차량	차량 시스템	독일 100.0%	일본 66.6%	영국 57.9%	캐나다 55.1%	중국 44.9%	스웨덴 25.9%	프랑스 16.8%	한국 13.2%	네덜란드 10.7%
	차체 및 설비	독일 100.0%	캐나다 68.8%	중국 60.4%	영국 39.5%	일본 39.4%	스웨덴 37.2%	네덜란드 37.2%	대만 19.2%	한국 19.0%
	주행	일본 100.0%	독일 96.0%	중국 59.0%	네덜란드 49.2%	캐나다 49.2%	한국 34.4%	프랑스 32.5%	이탈리아 17.6%	대만 12.0%
	제동	독일 100.0%	일본 65.0%	중국 57.0%	캐나다 49.5%	영국 28.0%	네덜란드 24.6%	대만 18.3%	한국 16.1%	프랑스 12.5%
	추진 제어	일본 100.0%	중국 53.2%	독일 47.3%	한국 43.9%	캐나다 35.5%	영국 20.3%	대만 15.7%	프랑스 11.5%	스웨덴 11.1%
철도시설	궤도 토목	일본 100.0%	네덜란드 63.8%	독일 59.6%	중국 51.8%	캐나다 45.9%	영국 25.3%	한국 24.6%	프랑스 19.0%	대만 11.3%
	전철/전력	일본 100.0%	독일 80.8%	중국 65.9%	캐나다 47.6%	한국 34.1%	네덜란드 30.9%	이탈리아 21.0%	프랑스 16.1%	대만 12.9%
	신호 통신	독일 100.0%	일본 91.4%	중국 74.9%	한국 66.9%	대만 64.5%	스웨덴 58.5%	영국 58.3%	캐나다 54.8%	네덜란드 8.8%
철도운영 및 환경	계획 및 운영	일본 100.0%	영국 64.3%	중국 64.0%	캐나다 56.8%	독일 54.8%	한국 40.8%	프랑스 20.0%	대만 14.3%	스웨덴 13.2%
	철도 안전	캐나다 100.0%	독일 94.3%	일본 88.8%	네덜란드 87.8%	중국 83.4%	대만 35.1%	프랑스 25.5%	스웨덴 22.1%	한국 19.3%
	철도 환경	일본 100.0%	중국 68.6%	독일 59.6%	한국 56.7%	영국 55.4%	네덜란드 47.4%	대만 41.1%	캐나다 37.1%	프랑스 26.1%

○ 국내 기술경쟁력의 경우, 신호통신(66.9%), 철도환경(56.7%)을 제외한 9개 분류에서 최고기술 보유국 대비 50% 이하 수준을 나타내고 있음



[그림 61] 분야별 기술경쟁력 비교(5개 주요국)

□ 정량적 방법에 의한 유망/공백기술 영역 도출 활용

- 특허지표는 최신 기술에 관한 구체적인 내용을 포함하고, 다양한 분야의 기술정보 획득이 가능하며, 특허지표의 양식이 표준화되어 있어 활용 용이
 - 대부분의 국가에서 조기 공개제도를 운영하고 있어 기술수준과 기술개발의 방향을 파악할 수 있으며, 정보의 수집이 용이하고 DB 구축이 잘 되어 있어 이용 편리
- 정량적 한계를 극복하기 위한 일환으로 특허경쟁력(활동도, 집중도, 영향력)과 특허시장력으로 구성된 복합 특허지표를 활용, 철도교통분야 유망/공백기술을 도출하는 거시적인 수준의 정량적 데이터 구축
 - 유망/공백기술 도출에 있어서 핵심적인 특허지표를 통해 국가지원 영역 도출에 활용될 수 있는 매트릭스 분석 기반 방법론 제시
 - 특허 키워드별 특허경쟁력지수(TS)와 시장확보력지수(PFS)를 산출 → 정규화를 통한 중분류(L2)별 상대적 순위 도출 후 기술수준과 상관관계를 통한 매트릭스 분석 실시
 - 매트릭스 4영역 각각 의미를 정의하고 국내 유망/공백기술 도출에 있어, 특허경쟁력 기반 요구되는 영역 선별(I, III 영역)

[표 170]

구분		특허경쟁력	기술수준
I	국내 기술 영향력이 높아 산업유지가 요구되는 영역	■ 기술선도 및 신수요 확보가 필요한 영역 - 산업선도 및 유지를 위한 지원이 요구되는 영역	■ 국내 기술 영향력이 높은 영역 - 정부-민간간 협업을 통한 R&D 추진이 요구되는 영역
II	국내 기술수준 대비 기술성숙도가 높아 진입장벽이 높은 영역	■ 기술성숙도 高 → 진입장벽이 높은 영역 - 기술에 대한 성숙도가 높아 R&D 투자 대비 기대효과 미미	■ 국내 기술수준 低 → 해외의존도가 높은 영역 - 기술경쟁력이 높은 분야로 해외의존 기술로 분류되는 영역
III	국내 기술수준이 높아 시장 선도 가능성이 높은 영역	■ 국내 기술경쟁력이 높은 산업으로 분류되는 영역 - 시장 선도 가능성이 높은 산업으로 분류되어 전략적 지원이 필요한 영역	■ 국내 기술수준 대비 기술경쟁력이 낮은 영역 - 유형별 기술확보전략 및 기술경쟁력 제고가 필요한 영역
IV	국내 기술력 확보를 통한 시장 선점이 필요한 영역	■ 국내 기술력 확보를 통한 시장 선점이 필요한 영역 - 기술적 중요도 미반영 상태에서의 투자지원 추진 Risk 존재	■ 국내 기술수준 미반영 영역 - 산업성장과 핵심기술간 연계성이 우선적으로 요구되는 영역

[※ 참고]

- 논문의 경우 특허와 함께 국가간 기술경쟁력을 유추하기에는 용이하나, 실제 국내 유망/공백기술 영역 도출 활용에 있어서 분명한 한계가 존재
- 또한 논문은 연구 성과의 공유를 통해서 기술을 확산시키는데 그 목적을 두고 있어, 국내 유망/공백기술 영역을 선별하는 지표로 활용하는 것은 적합하지 않다고 판단

구분	논문	특허	구분	논문	특허
독점력	없음	있음	법적보호	없음	있음
유효기간	없음	있음	타인의 기술도용	가능	불가
권리설정	없음	있음	경제적 혜택	적음	많음

나. 철도분야별 정성적 기술수준 도출 결과

□ 정성적 방법에 의한 기술수준 도출 결과 종합

○ 전문가 델파이 설문조사 기법에 의한 기술수준 도출 결과는 아래 표와 같음

[표 171] 기술수준조사결과 종합

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세부분류 (L4)		최고기술 보유국	기술격차(년)	상대기술수준(%)
					최고 기술대비 국내기술수준 격차	최고 기술대비 국내 기술수준 평균
A. 철도차량	A1. 일반 철도	A11	차량시스템	독일	4.8	83.8
		A12	차체 및 설비	독일	4.4	86.4
		A13	주행	독일	5.9	79.3
		A14	제동	독일	4.5	77.5
		A15	추진제어	독일	6.5	75.0
	A2. 고속 철도	A21	차량시스템	프랑스	4.8	81.8
		A22	차체 및 설비	일본	4.1	83.8
		A23	주행	독일	5.0	81.3
		A24	제동	독일	6.0	75.0
		A25	추진제어	독일	6.0	77.9
	A3. 도시 철도	A31	차량시스템	일본	3.6	82.5
		A32	차체 및 설비	독일	2.8	85.0
		A33	주행	일본	3.8	82.1
		A34	제동	독일	4.5	80.0
		A35	추진제어	일본	4.1	80.6
	A4. 자기 부상 철도	A41	차량시스템	일본	6.0	85.0
		A42	차체 및 설비	독일	7.7	75.0
		A43	주행	대한민국	-	100.0
		A44	제동	독일	5.0	75.0
		A45	추진제어	일본	1.3	90.0
	A5.	A51	차량시스템	프랑스	4.6	77.5

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세부분류 (L4)		최고기술포유국	기술격차(년)	상대기술수준(%)
					최고 기술대비 국내기술수준 격차	최고 기술대비 국내 기술수준 평균
	신 교통 철도	A52	차체 및 설비	독일	3.0	95.0
		A53	주행	독일	4.3	77.5
		A54	제동	일본	7.5	70.0
		A55	추진제어	독일	3.3	75.0
B. 철도시설	B1. 궤도 토목	B11	궤도/주행로기술	독일	5.0	86.0
		B12	노반기술	독일	5.0	86.0
		B13	철도교량 (고가구조물)기술	독일	5.0	86.0
		B14	철도터널기술	독일	5.7	84.0
		B15	정거장(역사기술)	일본	4.0	88.0
	B2. 전철/ 전력	B21	급전계통기술	독일	2.6	91.0
		B22	전차선로기술	독일	2.3	94.0
		B23	전력(에너지) 변환 및 공급	독일	3.7	85.0
	B3. 신호 통신	B31	신호제어기술	독일	5.0	80.0
		B32	통신서비스기술	독일	3.4	84.0
		B33	통신전송 및 통신망기술	독일/프랑스	2.7	86.0
C. 철도 운영 및 환경	C1. 계획 및 운영	C11	철도교통계획기술	독일	5.4	82.0
		C12	철도운영효율화기술	일본	5.3	79.0
		C13	모드연계기술	독일	6.5	83.0
		C14	철도물류기술	독일	4.8	78.0
	C2. 철도 안전	C21	안전 엔지니어링	일본	5.7	77.8
		C22	위험도평가기술	프랑스	6.3	80.0
		C23	사고예방/대응기술	일본	5.2	80.0
	C3. 철도 환경	C31	환경평가/복원기술	독일	7.2	73.0
		C32	쾌적성/편의성기술	독일	4.5	82.0
		C33	친환경소재기술	독일	5.5	75.0

□ 정성적 방법에 의한 유망/공백기술 영역 도출 활용

- 철도교통분야 전문가를 대상으로 실시된 델파이조사는 예측하고자 하는 문제에 관하여 전문가 견해를 종합하고 정리하는 일련의 과정을 통해 결과 값에 대한 신뢰성 확보가 용이
 - 전문가 델파이조사 내용을 기반으로 각 분야별 기준치 이상의 결과 값을 보이는 대상 기술 선별과 더불어, 기술적 중요도가 높게 요구되는 기술에 대한 순위 등급화가 가능
- ※ 설문조사를 통해 수집된 데이터 값이 정규분포를 그리며 적절하게 분산 되어 있는지를 확인하여 데이터 신뢰성 검증
- 유망/공백기술 영역 도출의 정성적 내용을 보완하기 위한 일환으로 델파이조사를 통해 도출된 기술적 중요도 지표를 활용 → 철도교통분야 지원기술 대상영역을 선별하기 위한 거시적인 수준의 정량적 데이터 구축
 - 유망/공백기술 도출에 있어서 핵심적인 기술적 중요도 지표를 통해 국가지원 영역 도출에 활용될 수 있는 매트릭스 분석 기반 방법론 제시
 - 세부기술(L4)별 정부지원 필요성, 기술개발 시급성, 기술개발 파급성 산출 → 정규화를 통한 중분류(L2)별 상대적 순위 도출 후 기술수준과 상관관계를 통한 매트릭스 분석 실시
 - 매트릭스 4영역 각각 의미를 정의하고 국내 유망/공백기술 도출에 있어, 기술적 중요도 기반 요구되는 영역 선별(I, II 영역)
- ※ 단, 정부지원 필요성만 평균 이상이며, 기술개발 시급성이나 파급성에서 평균 이하인 영역 제외

[표 172]

구분		기술적 중요도	기술수준
I	단기간 산업육성 효과가 높은 영역	■ 단기간 산업 육성 효과가 높은 영역 - 국내 우수기술 활용 기반 단기간 내 산업 선도가 가능한 영역	■ 국내 기술의 영향력이 높은 영역 - 국내 핵심기술과 연계하여 시장점유 유지 및 확대가 가능한 영역
II	장기간 계획 수립이 필요한 영역	■ 장기간의 계획 수립이 필요한 영역 - 산업 발전 마스터플랜 수립을 기반으로 중장기적 사업 계획이 필요한 영역	■ 기술수준 확보를 위한 노력이 요구되는 영역 - 체계적 육성 계획 기반의 산업 발전이 필요한 영역
III	산업(기술) 매력도 증대가 요구되는 영역	■ 산업(기술) 매력도 증대가 요구되는 영역 - 산업의 매력도 증대를 위한 사전적 노력이 필요한 영역	■ 산업 내 기술 특성 반영이 어려운 영역 - 산업성장과 핵심기술간 연계성 검토가 필요한 영역
IV	Risk 발생 가능성이 높은 영역	■ Risk 발생 가능성이 높은 영역 - 기술적 중요도 미반영 상태에서 사업 추진 시 Risk 발생 가능성이 높은 영역	■ 국내 기술수준 미반영 영역 - 사업 추진을 위한 기술적 특성 및 장점 극대화가 어려운 영역

[※ 참고]

- 델파이조사 방법은 협의회를 통한 논의과정에서 나타날 수 있는 부정적 효과를 방지할 수 있는 패널식 조사연구방법
- 델파이조사는 토론집단이 복합적인 문제를 효과적으로 취급할 수 있도록 참여자들의 의사소통 과정을 구조화하는 것이 주요 목적
- 의사소통의 구조화는 ①절차의 반복과 통제된 피드백, ②응답자의 익명, ③통계적 집단반응의 절차를 통한 의견을 수렴

[표 173] 정량/정성적 결과 종합

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세부분류 (L4)		정량적		정성적		
				시장 확보력	특허 경쟁력	정부지원 필요성	기술개발 시급성	기술개발 파급성
A. 철도차량	A1. 일반 철도	A11	차량시스템	0.95 L	19.39 L	4.00 H	3.88 L	3.38 L
		A12	차체 및 설비	1.12 H	14.95 L	3.71 L	3.57 L	3.43 L
		A13	주행	0.74 L	34.46 H	3.57 L	3.71 L	3.86 H
		A14	제동	1.14 H	23.32 L	3.75 L	3.75 L	4.00 H
		A15	추진제어	1.05 L	24.70 H	4.00 H	3.50 L	4.00 H
	A2. 고속 철도	A21	차량시스템	0.95 L	19.39 L	4.05 H	4.21 H	4.16 H
		A22	차체 및 설비	1.12 H	14.95 L	3.88 L	3.63 L	3.63 L
		A23	주행	0.74 L	34.46 H	3.75 L	4.13 H	3.75 L
		A24	제동	1.14 H	23.32 L	4.00 H	4.00 H	4.00 H
		A25	추진제어	1.05 L	24.70 H	4.00 H	4.43 H	4.14 H
	A3. 도시 철도	A31	차량시스템	0.95 L	19.39 L	3.58 L	3.75 L	3.83 L
		A32	차체 및 설비	1.12 H	14.95 L	3.33 L	3.67 L	3.67 L
		A33	주행	0.74 L	34.46 H	4.13 H	4.00 H	3.75 L
		A34	제동	1.14 H	23.32 L	3.50 L	4.25 H	4.00 H
		A35	추진제어	1.05 L	24.70 H	3.89 L	3.89 L	3.78 L
	A4. 자기 부상 철도	A41	차량시스템	0.95 L	19.39 L	4.33 H	4.33 H	4.17 H
		A42	차체 및 설비	1.12 H	14.95 L	3.67 L	3.67 L	3.67 L
		A43	주행	0.74 L	34.46 H	4.00 H	3.00 L	3.00 L
		A44	제동	1.14 H	23.32 L	4.00 H	4.00 H	4.00 H
		A45	추진제어	1.05 L	24.70 H	4.00 H	4.00 H	4.00 H
	A5. 신 교통 철도	A51	차량시스템	0.95 L	19.39 L	4.08 H	3.92 L	3.83 L
		A52	차체 및 설비	1.12 H	14.95 L	3.00 L	4.00 H	4.00 H
		A53	주행	0.74 L	34.46 H	5.00 H	4.25 H	4.00 H
		A54	제동	1.14 H	23.32 L	3.50 L	4.00 H	3.50 L

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세부분류 (L4)		정량적		정성적		
				시장 확보력	특허 경쟁력	정부지원 필요성	기술개발 시급성	기술개발 파급성
		A55	추진제어	1.05 L	24.70 H	4.33 H	4.33 H	3.67 L
B. 철도시설	B1. 궤도 토목	B11	궤도/주행로기술	1.15 H	22.81 L	4.33 H	4.07 H	3.80 L
		B12	노반기술	1.15 H	22.81 L	4.28 H	3.97 L	4.09 H
		B13	철도교량 (고가구조물)기술	1.15 H	22.81 L	4.13 L	3.97 L	3.92 L
		B14	철도터널기술	1.15 H	22.81 L	4.24 H	3.93 L	3.97 L
		B15	정거장(역사기술)	1.15 H	22.81 L	3.92 L	3.83 L	4.17 H
		B21	급전계통기술	1.03 L	32.26 H	4.38 H	4.13 H	4.06 H
	B2. 전철/ 전력	B22	전차선로기술	1.03 L	32.26 H	4.36 H	4.00 낮음	4.00 낮음
		B23	전력(에너지) 변환 및 공급	1.03 L	32.26 H	4.24 H	4.12 H	4.12 H
		B31	신호제어기술	0.98 L	26.95 H	4.15 L	4.00 L	4.00 L
	B3. 신호 통신	B32	통신서비스기술	0.98 L	26.95 H	3.54 L	4.00 L	3.85 L
		B33	통신전송 및 통신망기술	0.98 L	26.95 H	3.60 L	4.20 H	4.10 H
		C11	철도교통계획기술	1.12 L	28.41 H	4.23 H	4.06 H	3.83 L
C. 철도 운영 및 환경	C1. 계획 및 운영	C12	철도운영효율화기술	1.12 L	28.41 H	3.88 L	3.84 L	3.88 H
		C13	모드연계기술	1.12 L	28.41 H	4.29 H	3.86 L	3.93 H
		C14	철도물류기술	1.12 L	28.41 H	4.00 H	3.92 H	4.08 H
		C21	안전 엔지니어링	1.22 H	11.47 L	3.96 L	3.80 L	3.72 L
	C2. 철도 안전	C22	위험도평가기술	1.22 H	11.47 L	3.63 L	3.88 H	3.63 L
		C23	사고예방/대응기술	1.22 H	11.47 L	3.95 L	3.77 L	L
		C31	환경평가/복원기술	1.15 L	14.43 L	4.10 H	3.90 H	L
	C3. 철도 환경	C32	쾌적성/편의성기술	1.15 L	14.43 L	3.96 L	3.84 L	3.88 H
		C33	친환경소재기술	1.15 L	14.43 L	4.25 H	4.00 H	4.25 H

※ 중분류(철도차량, 철도시설, 철도운영 및 환경)별 상대적 순위(Percent Rank: H(상위 100%~50%), L(상위 49%~0%))

5. 시사점

□ 본 과제는 정량적·정성적 분석의 Two-Track 방식으로 이원화하여 철도분야별 기술수준의 객관성을 제고하고 합리적으로 도출함

- 철도분야별 특허와 논문을 대상으로 정량적인 기술경쟁력을 분석하여, 국내 시장 확보 가능성 및 경쟁력 측면에서의 현주소를 파악하고, 분석 결과를 미래유망기술 발굴의 기술경쟁력을 판단하는 객관적이고 정량화된 근거자료로 활용함
- 전문가를 대상으로 델파이 설문조사 기법을 활용 철도분야별 국내 기술수준을 파악하고, 기술적 중요도를 판단하여 미래유망기술을 발굴함

□ 본 과제의 기술수준조사 결과의 종합은 아래의 표와 같이 정리할 수 있음

- 본 과제에서는 기술체계 상 철도교통이라는 대분류의 항목을 철도차량, 철도시설, 철도운영 및 환경의 세 개의 중분류로 구분을 실시하였음
- 또한, 세부 분류 단위 항목까지 초점을 맞추어 세부적인 기술수준 평가를 진행하고 미래유망기술을 발굴하였음
- 기술수준 현황의 종합을 위해 소분류 내 각 세부분류 별 기술수준의 평균을 산출하였으며, 그 결과를 토대로 각 소분류 항목 별 기술수준 / 기술격차를 제시하였음

[표 174] 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
	철도안전	79.3%	5.7년
	철도환경	76.7%	5.7년

□ 기술수준조사 종합결과 세부내용 및 시사점

○ (차량) 일반철도

- 일반철도차량분야 최고기술 보유국은 독일로 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준(%)은 평균 약 80.4%, 기술격차는 약 5.2년으로 집계되었음.
- 세부분류 상 추진기술의 기술격차는 6.5년으로 가장 큰 격차를 보이고 있음.
- 실현상의 주된 장애요인은 국내 원천기술 미흡이며, 상용화의 주된 장애요인은 낮은 수익성에 기인한 것으로 판단됨.

○ (차량) 고속철도

- 고속철도차량분야 최고기술 보유국은 독일, 일본, 프랑스로 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준(%)은 평균 약 79.9%, 기술격차는 약 5.2년으로 집계됨
- 고속철도의 추진제어 기술은 최고기술국인 독일에 비해 6.0년으로 가장 큰 기술격차를 보이고 있음
- 실현상의 주된 장애요인은 원천기술 미흡과 전문인력 부족이며, 상용화의 주된 장애요인은 산업 미성숙과 관련 법규의 부재인 것으로 판단됨

○ (차량) 도시철도

- 도시철도차량분야 최고기술 보유국은 독일과 일본이 있으며, 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준(%)은 평균 약 82.0%, 기술격차는 약 3.8년으로 집계됨
- 도시철도의 제동기술은 최고기술국인 독일에 비해 4.5년으로 가장 큰 기술격차를 보이고 있음
- 실현상의 주된 장애요인은 원천기술 미흡과 제도적 지원이며, 상용화의 주된 장애요인은 낮은 수익성 및 낮은 신뢰도인 것으로 분석됨

○ (차량) 자기부상철도

- 자기부상철도차량분야 최고기술 보유국은 독일, 일본 등이 있으며, 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준(%)은 평균 약 85.0%, 기술격차는 약 5.0년으로 집계됨
- 자기부상철도의 차체 및 설비기술은 최고기술국인 독일에 비해 7.7년으로 가장 큰 기술격차를 보이고 있음
- 실현상의 주된 장애요인은 원천기술 미흡과 R&D 인프라 부족이며, 상용화의 주된 장애요인은 낮은 신뢰도 및 산업 미성숙인 것으로 분석됨

○ (차량) 신교통철도

- 신교통철도분야 최고기술 보유국은 프랑스, 독일, 일본이 있으며, 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준(%)은 평균 약 79.0%, 기술격차는 약 4.5년으로 집계됨
- 신교통철도의 제동기술은 최고기술국인 일본에 비해 7.5년으로 가장 큰 기술격차를 보이고 있음
- 실현상의 주된 장애요인은 전문인력 부족과 원천기술 미흡이며, 상용화의 주된 장애요인은 산업의 미성숙과 낮은 수익성인 것으로 분석됨

○ (시설) 궤도토목

- 궤도토목분야 최고기술 보유국은 독일, 일본이 있으며, 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준(%)은 평균 약 86.0%, 기술격차는 약 4.9년으로 집계됨
- 철도터널기술은 최고기술국인 독일에 비해 5.7년으로 가장 큰 기술격차를 보이고 있음
- 실현상의 주된 장애요인은 R&D 인프라 부족과 대규모의 투자비이며, 상용화의 주된 장애요인은 낮은 수익성 및 산업의 미성숙인 것으로 분석됨

○ (시설) 전철/전력

- 전철/전력분야 최고기술 보유국은 독일이며, 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준(%)은 평균 약 90.0%, 기술격차는 약 2.9년
- 전력(에너지) 변환 및 공급기술은 최고기술국인 독일에 비해 3.7년으로 가장 큰 기술격차를 보이고 있음
- 실현상의 주된 장애요인은 대규모 투자비와 전문인력 부족이며, 상용화의 주된 장애요인은 낮은 수익성 및 산업의 미성숙인 것으로 분석됨

○ (시설) 신호통신

- 신호통신분야 최고기술 보유국은 독일, 프랑스로 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준(%)은 평균 약 83.3%, 기술격차는 약 3.7년
- 신호제어기술은 최고기술국인 독일에 비해 5.0년으로 가장 큰 기술격차를 보이고 있음
- 실현상의 주된 장애요인은 대규모 투자비와 제도적 지원이며, 상용화의 주된 장애요인은 산업 미성숙과 낮은 신뢰도인 것으로 분석됨

○ (운영환경) 계획 및 운영

- 철도계획 및 운영 관련 최고기술 보유국은 독일과 일본이 있으며, 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준(%)은 평균 약 80.5%, 기술격차는 약 5.5년으로 집계됨
- 모드연계기술은 최고기술국인 독일에 비해 6.5년으로 가장 큰 기술격차를 보이고 있음
- 실현상의 주된 장애요인은 전문인력 부족과 R&D 인프라 부족이며, 상용화의 주된 장애요인은 낮은 수익성과 산업의 미성숙인 것으로 분석됨

○ (운영환경) 철도안전

- 철도안전분야 최고기술 보유국은 일본과 프랑스가 있으며, 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준(%)은 평균 약 79.3%, 기술격차는 약 5.7년
- 위험도평가기술은 최고기술국인 프랑스에 비해 6.3년으로 가장 큰 기술격차를 보이고 있음
- 실현상의 주된 장애요인은 전문인력과 R&D 인프라의 부족이며, 상용화의 주된 장애요인은 낮은 수익성과 산업의 미성숙인 것으로 분석됨

○ (운영환경) 철도환경

- 철도환경분야 최고기술 보유국은 독일과 미국이 있으며, 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준(%)은 평균 약 76.7%, 기술격차는 약 5.7년
- 환경평가/복원기술은 최고기술국인 독일에 비해 7.2년으로 가장 큰 기술격차를 보이고 있음
- 실현상의 주된 장애요인은 R&D 인프라 부족이며, 상용화의 주된 장애요인은 산업의 미성숙인 것으로 분석됨

□ 금번 기술수준분석의 한계

- 본 과제에서는 on/off-Line 문헌조사, 관련 전문가 인터뷰 및 자료조사, 공인된 데이터 등을 활용하여 대상기술이 속한 분야별 트렌드 및 산업환경 조사를 진행하였고,
- 국내외 기술·시장 현황과 기술수준 사전 검증 결과를 파악 후 내외부 철도교통전문가를 활용한 1차 델파이 조사 내용 취합 및 정리자료를 기반으로 2차 델파이 조사를 실시해 철도교통 분야 상세기술 수준 분석하였음
- 델파이 조사를 기반으로 하는 상세 기술수준 분석에서 필연적으로 발생하는 정량적 근거에 대한 한계를 극복하기 위한 다양한 정량적 방법론이 향후의 과제에서는 적극 검토되어야 할 것으로 판단됨

제5절 중점 추진 기술 도출

1. 중점 추진 기술 도출 개요

□ 중점 추진 기술의 정의 및 목적

- (정의) 중점 추진 기술이란 철도교통 분야의 세세부 분류(L5) 별 구성 과제 중에서, 원천·핵심 기술 선점이 가능하거나 전략적 측면에서 기술 개발이 우선적으로 필요한 기술을 의미하며, 본 절에서는 3개 소분류(L3) 별 20개씩 총 60개의 중점 추진 기술을 도출함
- (목적) 제 6절 기술확보 추진전략을 수립하는 데 있어, 중점 추진 기술을 대상으로 유망/공백 기술 영역을 분류하여 과제카드를 작성할 예정

□ 중점 추진 기술 도출 프로세스

- 유망·공백기술을 도출하는 프로세스는 크게 4단계(대상기술 탐색, 후보기술 압축, 후보기술 평가, 중점추진 기술 선정)로 구성됨
- (1단계) 대상기술 탐색은 앞서 제시한 철도교통 기술분류체계의 세세부분류(L5) 단위를 구성하고 있는 기술을 각종 철도교통 정책자료, 기술수요조사 결과, 타 기획과제 연구 내용, 제 1차 철도산업전문가 포럼 등의 전문가 검토를 거쳐 추진하였으며 그 결과로 대상기술 총 332개를 도출
- (2단계) 1단계 도출한 대상기술의 개수를 전부다 평가하기에 물리적인 한계가 있어, 철도교통 소분류(L3)별 전문가 자문회의를 실시하여 후보기술 압축
- (3단계) 후보기술별로 분야별 전문가의 우선순위 채점, 후보기술별 대표 키워드 빈도수 점수, 상위계획 등 정책연계성 점수 등 3가지 지표를 사용하여 후보기술을 평가
- (4단계) 제2차 철도산업전문가포럼을 개최하여 3단계에서 실시한 3가지 후보기술 평가 방법론에 대한 가중치를 검토하고, 이를 적용하여 최종적으로 60개의 중점추진 기술 도출

[표 175] 중점추진기술 도출 프로세스

도출방법						결과물
1단계	대상기술 탐색	방법론	후보기술 도출을 위한 사전 탐색			대상기술 총 332개
		투입지표	정책자료 (국토교통부, 국토교통과학기술진흥원 등) 기술수요조사 (철도연, 국토교통과학기술진흥원 등) 타 기획과제 연구 내용 제1차 철도산업전문가포럼 등 전문가 검토			
		단위	세세부분류(L5)별로 과제단위 기술 도출			
2단계	후보기술 압축	방법론	철도교통 소분야(L3)별 전문가 자문회의			후보기술 160개
		투입지표	세세부분류(L5)별 대상기술 332개			
3단계	후보기술 평가	방법론	전문가 채점	키워드 분석	정책연계성 검토	중분류(L3) 기준으로 기술별 점수 및 순위 도출
		투입지표	전문가 우선순위	키워드 빈도수	상위계획 상 연계/중요도 점수	
4단계	중점추진 기술선정	방법론	제2차 철도산업전문가포럼			총 60개 중점추진 기술 (중분류 별 20개)
		투입지표	3단계 방법에 대한 가중치 검토			

2. 중점 추진 기술 도출 결과

가. 1단계 - 세세부분류(L5)별 대상기술 탐색

□ 대상기술 도출을 위한 사전 탐색

- (필요성) 철도 기술분류 체계에 따라 철도를 세세부분류(L5)단위로 분류하였으나, 각 분류별로 실제 어떤 기술이 포함되는 지 후보기술 취합 필요
- 후보기술 취합을 위해 아래와 같은 기존 자료를 분석하여 세세부(L5) 단위의 후보기술의 Pool을 구성
 - (국토부) 국토교통 R&D 종합계획(가안), 국토교통 사업체계개편 용역보고서,
 - (타연구) 철도차량·부품 기획과제, 철도 유지·관리 자동화 기획과제, 고성능·저비용 철도 인프라 구축 기획과제, 고부가가치 철도차량 기획과제 등
 - (수요조사) 국토교통과학기술진흥원, 한국철도기술연구원 추진 수요조사
 - (기타) 1차 델파이조사 결과 일부, 제 1차 철도산업전문가 포럼

[표 176] 제 1차 철도산업전문가포럼 개요

< 제 1차 철도산업전문가포럼 >	
○ 일 시	: 2017년 5월 31일(수) 15:00 ~ 18:00
○ 장 소	: 한국철도기술연구원 대회의실
○ 참 석	: 30명 (철도산업 분야별 전문가 23명, 원내 전문가 7명)
○ 내 용	- 기획과제 추진현황 발표 (생태계 분석, 기술체계수립 등) - 5단계 기술체계 확인 및 검토 - 중점추진 후보기술* 제안
	* 유망 기술명, 정의, 국내외 기술수준 격차, 유망사유, 유관업체 등

- 사전탐색 결과 전체 332개 대상기술 도출

[표 177] 철도 세세부분류(L5)별 대상기술 332개

소	세부	세세부	후보기술
일반철도차량	차량시스템 기술	차량시스템 해석/설계/제작기술	• 철도 핵심장치 개발용 시스템 엔지니어링 전산도구 기술 • 구조적 취약부 내구설계를 통한 차체 부품 최적화 기술 • 중형 배터리 모터카 기술 • 에너지 자립형 열차기술 • 내구연한 경과 전동차 리노베이션 기술
고속철도차량		차량시스템 시험평가기술(RAMS)	• 고속열차 주행중 주요부 function monitoring을 위한 계측 데이터 분석기술 • 철도차량 검수장비 자동화 기술 • 철도차량 및 인프라 생애주기 관리 기술 • 영업용 도시철도 차량을 이용한 운행선로 상태진단시스템 기술 • 글로벌 철도연계를 위한 철도차량 국제표준 선도 기술
도시철도차량			
자기부상철도차량		차량 유지관리기술	• 철도차량 지능형 센싱 및 유지관리 자동화 시스템 기술 • ICT기반 유지보수 인력-차량간 통신기술 • 도시철도 전동차 운행환경에 따른 차세대 자가진단 시스템 기술 • 고정밀 센싱 및 고신뢰성 통신지원 IoT기반 하이브리드 계측시스템 및 스마트 건전성 분석기술 • 빅데이터 기반 차량/인프라 장애/결함 예측기술 • 상시 위험도평가 및 유지관리 자동화장비 기술 • 특화된 CCTV 카메라를 이용한 열차 내 무결성 NVR 시스템 기술 • 4D 융합기술을 이용한 지능형 철도차량 결함진단 기술
신교통철도차량			

차체 및 설비 기술	미래 차량시스템 기술 (초고속분야)	- 하이퍼튜브 초고속철도 기술 - 초고층 건물간 이동이 가능한 무동력 Gravity Train 기술 - 대용량 수송용 초고속 2층 철도시스템 기술(20) 고속
		- 스마트 EMU 기술 - Door-to-Door 운행기반 무인 개인용 소형 수송수단시스템 기술 - 무인운전/무선급전/무형 궤도방식 PRT 시스템 기술 - 무인운전/무선급전/무형궤도 원격조정형 트램 시스템 기술 - 기종점(Door to Door) 레고형 교통수단 및 운영 시스템기술 - 초고층 건물, 지하 대공간 내 수직수평 초소형 궤도이동시스템 기술 - 산악철도 실용화 기술 - 개인교통수단이 고속도로에서 무동력 군집주행이 가능한 결합-분리형 추진 열차 - KTX 무정차 운행을 위한 100km/h 이상 고속 주행 중 열차 분리-결합 시스템 기술
	차량전두부 기술	600km/h급 초고속열차의 상용운행을 위한 공기저항계수 0.1급 열차형상 설계 및 유동제어기술 - 대륙간 초고속 이동이 가능한 1,000km/h급 열차 공기저항 극복 및 차체구조 기술
	차체 구조물 기술	- 첨단 신소재 적용 철도차량 차체 및 부품 경량화 기술 - 철도차량 기밀도 향상 및 평가기술 - 도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈 및 제어장치 기술 - 기밀성 향상을 위한 포켓 슬라이딩 방식 출입문 모듈화 및 표준화 기술 - 장애물 감지센서에 의한 전동차 출입문 신속 개,폐 장치기술 - 난연성 마그네슘 합금적용 차체 구조물 기술 - 차량 외부소음 실내유입차단기술 - 차량 실내 흡음 성능향상을 위한 내장설계 기술 - 형상기억 소재 등 활용한 철도구조 자가 복원 기술 - 나노소재를 이용한 고강도 경량소재 철도차량 제작 기술 - 철도차량용 복합재 차체 구조물 파손 예측 기술
	연결기 및 완충장치 기술	- 고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 관절장치 기술 - 국내 고유모델의 다단계 퓨즈 내장형 동력전달 축 기술
	운전실 및 의장기술	- 도시형자기부상열차의 안전한 운행을 위한 TCMS 전용단말기 기술 - 철도차량 최적운행패턴을 고려한 TCMS 기술 - 도시철도용 방송통신장치 일원화를 위한 방송통신 통합제어장치 모듈화 기술
	공조 및 여압장치 기술	- 철도차량용 에너지 절약형 공기조화장치 기술 - 철도차량용 친환경 컴팩트형 고효율 공조시스템 기술 - 도시철도용 친환경 저소음 공조시스템 기술 - 철도차량 내 유해물질 제거기술 - 철도차량내 실내 공기질 예측기술
	기타 차량설비 기술	- 철도차량 내부장치간 무선연계 기술 - 철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 기술
	주행 기술	- 고속제조 공법을 이용한 철도차량용 복합소재 대차프레임 기술 - 철도차량 파손방지를 위한 복합진단기술 - 실시간 주행환경감응형 스마트철도차량 능동제어기술 - 무선 진동계측 시스템을 이용한 KTX 주행 장치 실시간 모니터링 시스템 기술 - 궤간가변기술 - 고속열차 감/가속 특성 향상을 위한 능동형 추진/제동 통합 제어시스템 기술
		저상트램용 고내구성 구동시스템 기술
		- 고속차량용 Maintenance Free(무보수) 1, 2차 수직댐퍼 기술 - 철도차량용 프라이머리 스프링 부위기술 - 실시간 주행환경 감응형 스마트 현가시스템 기술 - Fail Safe를 고려한 EHA(Electro-Hydraulic-Actuator)기반 철도차량용 하이브리드 능동현가시스템 기술
		- 고속차량용 감속기 베어링 기술 - 초음파 신호 측정을 통한 차축 베어링의 결함 감시 관제시스템 기술
	제동 기술	- 분산형 고속열차 진동저감 및 활주방지 시스템 고도화 기술 - 저상트램용 고성능 유압제동시스템 기술 430km/h급 고속철도차량의 이노버티브 제동 HILS 시스템 기술 - 친환경 및 유지보수 비용절감 oil Free 공기압축기 기술
		- 고속차량 고성능 고내열성 제동패드(마찰재 포함) 및 제동디스크 기술 - 철도 차량용 고성능 제륜자 기술 - 도시철도용 분진과 냄새저감 소결마찰재 제륜자와 라이닝 기술

		전기제동 시스템기술	- 기존 제동장치와 호환성을 갖는 전기기계식 제동액츄에이터 및 제동ECU 기술 - Brake by Wire 전기기계식 제동시스템 기술 - Fail-Safe를 고려한 EHA(Electro Hydraulic Actuator) 기반 철도차량용 하이브리드 완전 전기제동 시스템 기술
		특수제동 시스템기술	- 공력 브레이크 기술 - 고속열차의 마찰제동 한계 극복을 위한 비접촉식 공력제동 시스템 기술
	추진 제어 기술	차상급전 기술	- 철도차량용 모듈형 주회로 차단시스템 기술 - 도시철도용 고효율 외장코어형 컴팩트 주변압기 기술 - 전기식 스크류타입 판토타이프 상승장치 기술 - 초경량 저소음 팬터그래프 기술 - 철도차량 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 기술 - 친환경 전동차 주변압기용 아몰퍼스 및 방열 기술 - 철도차량용 DC1,500V급 지능형 고속도차단기 기술 - DC4000V급 전자접촉기 기술 - 철도차량용 전기공급장치 고효율화 및 모듈화 기술
		전력변환 기술	- 부품경량화를 위한 추진시스템 기술 - 철도차량용 마그네틱 추진시스템 기술 - 신 전력소자(와이드밴드갭소자, Sic 전력반도체 등) 적용한 고효율 추진제어 전력변환기술 - 철도차량용 회생전력 활용기술 - 대륙간 초고속 이동이 가능한 1,000km/h급 열차부양/추진/제동 기술 - 철도차량용 통합형(추진제어장치/보조전원장치) 전력변환장치 기술
		전동기기술	- 고용량 대출력 철도용 희토류 저감형 영구자석동기 전동기기술 (네어디툼 영구자석 활용기술) - 철도차량 견인용 45kW급 마그네틱 기어드 동기모터 기술 - 철제 레일방식 600km/h 이상 고속주행이 가능한 리니어모터 추진 기술
		내연기관 기술	- 친환경 LNG 기관차용 가스엔진 및 LNG 연료 철도 차량 기술 - LNG 혼소 추진 시스템 기술
		하이브리드 추진기술	- 수소연료전지 기반 철도차량 추진제어시스템 기술 - 수소저장용기 설계 및 제작기술 - 전차장 가속방식 활용한 신개념 철도차량 추진 기술 - 배터리 구동형 철도차량을 충전할 수 있는 충전 스테이션 및 배터리 관리기술 - 배터리 탑재형 철도차량용 고용량 배터리 시스템 기술 - 재해 대비 초고효율 하이브리드 기관차 기술 - 연간 주행이 가능한 온보드 타입 급속충전 추진전력 공급기술 - 급속충전기반 ESS 추진제어기술 (ESS 일체형 추진 인버터 등)
	궤도목	궤도/주행로 해석/설계 기술	- 고성능 Rail Floating Isolation System (RFIS) 기술 400km/h급 고속철도 인프라 기술 - 대륙간 초고속 이동이 가능한 1,000km/h급 궤도기술 - 저비용 철도건설, 운영을 위한 저심도, 차량구배 성능개선, 선로 모델링 기술 - 소음진동 저감용 스마트 궤도시스템 기술
		궤도/주행로 시공 및 성능평가 기술	- 기존 궤도구조를 활용한 레일 장대화 장치기술 - IoT기반 무침하 철도노반 건설기술 - 고속선 궤도구성품의 피로설계 및 내구성 평가기술 - 저개발국가 수출형 자갈궤도전용 궤도 상태평가 소형 검측 트롤리기술 - 영업열차를 이용한 궤도이상개소 탐지시스템기술 - 철도 자갈철거 기계화 시스템기술 - 통일 및 행사 등 대비 초간편 설치 및 해체가 가능한 조립식 선로구축 기술
		궤도/주행로 시스템 및 구성품 기술	- LCC 최소화를 위한 고성능 신소재 궤도기술 - 아스팔트 재료를 이용한 자갈도상 궤도 생력화 기술 - 나노기술을 활용한 한계극복형 다기능 콘크리트 궤도 기술 - 영하 30~80℃ 극한 일교차에도 변형없는 신소재, 신공법 철도 레일 기술 - 합성수지 침목 제조기술 - GFRP와 섬유보강 콘크리트 기술을 활용한 신호교란 없는 고성능 프리캐스트 슬래브궤도 기술 - 궤도 시공시간 20% 이상 절감형 현장 타설식 콘크리트궤도 시스템 기술
		궤도/주행로 유지관리기술	- 상태평가기반 궤도평가 및 유지보수 장비기술 1,000km/h 이상의 초고속 철도 인프라 검측/교체/유지보수 기술 - 도시철도 콘크리트궤도 적정 궤도지지강성 산정 및 유지관리기술 - ICT 스마트 기술을 활용한 노후도 상태평가 및 예측기술 - 철도 노후 인프라 보수/보강 및 개량기술 - 도시철도 선로 운행장애 예방을 위한 시설물 변형 검사 기술 - 상태진단기반 철도시스템 실시간 유지보수 및 안전관리 기술

	노반 기술	노반 해석/설계 기술	• 시베리아 횡단철도사업 진출을 위한 영구 동토지대 철도 도상 및 철도 토목 시설물 안정화 기술 • 철도노반 하부 지질지반의 상태 및 지지력 평가를 위한 연속동적 측정기기 및 해석기술 • 성능중심 설계기반 흙구조물 통계 DB 구축 기술
		노반 시공 및 성능평가 기술	• 연약/협소공간에서의 단선의 복선화를 위한 토목섬유보강 기술 • 400 km/h 이하의 운행열차 탑재형 연속-실시간 노반/교량 동적거동 측정시스템 기술 • 430km/h급 고속철도의 장기적 안정 운행을 위한 콘크리트 궤도 노반재료의 10mm 대역의 영구누적 소성변형 예측 및 평가기술
		노반 재료 및 구성품 기술	• 고강도 저중량 무기 합성재료를 통한 철도 노반 건설기술 • 대구경 인장 보강재를 활용한 설계 및 시공/재료 기술
		노반 유지관리 기술	• InSAR 관측을 이용한 고속철도의 지반침하 분석 및 위험성 평가기술 • 흙구조물 인파르 유지보수 효율화 기술
	철도교 량 (고가 구조물) 기술	철도교량/ 고가구조물 해석/설계 기술	• 도시 경관 친화형 초경량 도시 경전철 고가구조물(sky-guideway)건설기술 • 철도용 초장대 철도교량 기술
		철도교량/ 고가구조물 시공 및 성능평가 기술	• 철도교 유도상화를 위한 SPMT 및 이미지센싱 기반 교량 급속교체 기술 • 고속철도 교량 상부구조 긴급복구 시스템 기술 • 레일의 축중량 측정시스템 및 신뢰도 95% 이상의 실시간 지능형 철도교 안전성 평가 시스템 기술
		철도교량/ 고가구조물 재료 및 구성품 기술	• 다공질 소재를 활용한 무진동/무소음 철도교량 건설기술 • 복합 신소재 활용 초경량·초슬림·초장대 도시 소형캡슐차량 주행 고가구조물 기술 • 초내구성/초내피로성 교량 재료 및 구조기술
		철도교량/고 가구조물 유지관리기술	• 철도교량 생애주기 유지관리 DB구축 및 평가기술 • 차세대 지능형 철도교량 자산관리시스템 기술
	철도터 널 기술	철도터널 해석/설계 기술	• 준고속철도용 터널 미기압파 저감기술 • 출퇴근 시간을 50% 단축하는 도시철도 지하터널의 복층궤도 구축 운영 기술
		철도터널 시공 및 성능평가 기술	• 도시철도 구조물의 내진성능향상을 위해 가압력 도입이 가능한 보강장치 기술
		철도터널 유지관리 기술	• 도시철도 터널구조물/전차선/궤도 상태예방 점검을 위한 1mm이하 균열에 대한 지능형 자동검지 시스템 기술 • 지하철 시설 구조물 안전관리를 위한 차량 장착형 HDR(high dynamic range) 영상 취득 장비 및 구조물 이상징후 자동판독기 기술 • 철도터널 생애주기 유지관리 DB구축 및 평가기술
	정거장 (역사) 기술	정거장 (역사) 설계 및 운영기술	• 복합환승기반 인터모달 교통허브 구축 및 운영기술 • 30초 이내 1,000명 이상의 승하차가 가능한 차량 및 역사 설계/운영 기술 • TOD 기반 역세권 계획지원 시스템 기술 • 철도역 주변공간 활성화를 위한 지역연계형 공간시스템 기술 • 도시철도 지상역사를 활용한 경관개선 설계기술
		정거장 (역사) 설비시스템 기술	• 무보수 장수명 장애물 감지시스템 기반 승강장 스크린도어 기술 • RFID 기반 차세대 게이트리스 기술 • 게이트리스/티켓리스 기반 이용자 이동정보 제공기술 • 철도 교통약자 Barrier-free를 위한 무방위크식 승하차 플랫폼 기술 • 스프링-감쇠시스템을 활용하여 진동 5dB(V)이상 저감이 가능한 철도역사 승강장용 구조시스템기술
		차량기지 기술	• 철도차량 기지공간을 1/10로 축소한 유지보수 정비부지 조성 및 운영 자동화 기술 • 자원과 비용을 최소화 하는 고효율 생애주기 철도운영/유지보수 시스템 기술
전 철 전 력	급 전 통 기술	급전계통 해석 및 설계기술	• 전력설비와 열차정보 네트워크 구축기술 • 급전계통 전력소요 예측 시뮬레이션 기술 • ICT기반 철도 전력시스템 자동화 기술 • 전력공급방식 변경(AC-DC) 기술 • 전기철도 급전계통 해석용 실시간 시뮬레이터 기술 • 대륙간 초고속 이동이 가능한 1,000km/h급 열차 전력기술 • 전기철도 급전계통 고장해석 및 보호제어 기술

신 호 통 신		급전계통 설비기술	• 실시간 제어 가능 전력기기 기술 • 직류전철시스템의 회생실효전력량 분석 및 실시간 측정기술 • 동일 차량의 복수 가선운행을 위한 전력변환 시스템 기술 • 변전소 컴팩트화를 위한 단권변압기 복합형 주변압기 기술 • 친환경 전기철도 변전설비 핵심 기자재 기술
		급전계통 운영 및 제어기술	• IoT기반 철도 전기설비상태정보 공유시스템 기술 • 직류도시철도 전력관제 플랫폼 시뮬레이터 기술 • 전기철도 계통에서의 전철 운전모드에 따른 고조파 평가기술 • 전동차 회생에너지 활용 최적화를 위한 10TeraFlops급 시뮬레이터 기술 • On-line 정보 에너지관리 네트워크 기반 열차운행 모드제어 기술
	전 차 선로 기술	전차선로 해석/설계/시공 기술	• 전차선로 시스템 구조기술
		전차선로 설비기술	• 고강도 트롤리선 기술 • 동파복강연선(CPS : Copper Plated Covered Steel-Wire) 기술 • 고강도 카본 및 동합금 코팅 융합 전차선 기술 • 76kN 초고장력 기반 600km/h급 고성능/저비용 전차선로 기술
		전차선로 성능 평가 및 유지관리 기술	• 전차선로 이상 신호음 무인 분석시스템 기술 • 도시철도 전차선 상태 예방점검을 위한 1mm이하 균열에 대한 지능형 자동 검지 시스템 기술 • 무인 자동화 기반 전차선로 유지관리 및 진단기술
		제3궤조 등 기타 전차선로기술	• 고내구성 제3궤조 전차선로 기술
	전 력 (에너지 변환 및 공급) 기술	무선급전 기술	• 일반 및 고속철도용 무선급전 기술 • 대용량 무선전력 전송 기술 기반 전력공급 기술 • 변전소 없이 수백 KW급 무선전력을 철도차량에 직접 전송하는 대용량 전력 공급 기술
		신재생에너지 및 전기저장 장치 연계 네트워크 기술	• 열차하중(윤중/휠압) 및 철도 폐열 에너지를 이용한 에너지 수확 기술 • 도시철도 시설물의 피크부하 저감을 위한 터널형 CBF적용 풍력발전시스템 기술 • 대용량 철도 수소연료전지기반 급전시스템 기술
		철도용 스마트그리드 기술	• 신재생에너지 및 ESS연계 기반 철도전력망의 마이크로그리드 시스템 구축기술 • 전력망, 지상/지하공간 등 철도그리드 기반의 생활밀착형 철도자원 공유기술
	신 호 제 어 기 술	열차제어 시스템 설계기술	• 차지상 신호 호환을 위한 신호시스템 구축기술 • 대륙간 초고속 이동이 가능한 1,000km/h급 열차 신호기술 • 정차역 열차 통과방지 시스템 기술 • 철도신호제어시스템 Safety Critical System 적용을 위한 SIL3인증(IEC61508) Redundancy 공통플랫폼 기술
		열차운행 제어기술	• 열차간통신(T2T)기반 무인 열차자율주행기술 • 무궤도회로 방식의 고속철도용 열차제어시스템 기술 • 지능형 열차 자율주행 기술 • 고속/일반철도용 무선 신호제어시스템 기술 • 30cm오차인 무인 운전 철도차량의 1cm이내 정위치 정차 기술 • 철도사고 예방을 위한 철도무선통신망 기술 기반 열차접근경보시스템 기술 • 고밀도 운행을 위한 열차간격 제어기술 (이동폐색을 이용하여 선행열차와 후속열차간 안전간격제어) • 열차 가상 자동분리 결합기술
		열차운행 제어설비 기술	• 지상신호설비 변경 및 부착상태 및 동작레벨 계측 기술 • 이동폐색기반 일반(광역) 및 고속철도 ERTMS/ETCS Level 3 국산화 기술 • 하위 호환성(backward compatibility)을 고려한 열차자동운전장치(ATO) 최신화 및 모듈화 기술 • 철도차량, 인프라 자동진단을 통한 무인운전용 인공지능형 종합관제시스템 기술
		신호통신 설비 유지관리 기술	• 1,000km/h 이상의 초고속 철도 신호시스템 검측/교체/유지보수 기술 • 도시철도용 철도차량의 무인운전 시스템 적용을 위한 원격제어 및 감시기술 • 열차 운행 무중단 무선통신기반 기존 열차제어시스템 개량 최적화 기술
		차량 통신서비스 기술	• 도시철도 통합 차상신호장치 플랫폼 기술 • ETCS Level 1, 2, 3 적용 열차 및 도시철도용 열차에서도 적용 가능한 차상/지상 양방향 데이터 통신 기능을 가진 차상 무선전송장치 기술
	철도 통신 서비스 기술	IoT 통신서비스 기술	• 스마트 철도 인프라를 위한 LTE-R 기반 IoT 통신 기술 • IoT기반 지능형 커넥티드 철도시스템 기술

		재난 통신서비스 기술	철도 LTE-R망을 활용한 철도안전경보시스템 기술
	철도통신 전송 및 통신망 기술	철도통신망 전송기술	철도 LTE-R을 기반으로 한 철도 통신망 구축 기술
		열차무선 통신망기술	- 고밀도 철도 무인운전을 위한 통신제어기술 - 신호 제어시스템 사이버 보안기술
철도계획 및 운영	철도통 계계획 기술	노선계획 및 연계수송 계기술	- 빅데이터 및 공간분석 융합형 철도 노선 설계 및 철도역 최적위치 결정 기술 - 차량에 탑승한 채로 환승이 가능한 타 노선 철도차량 간 객차 교환 환승터미널 기술 - 도시내 철도폐선부지 활용에 의한 도시구조 변화예측 및 도시설계 모델 기술 - 국내 철도역사 중심의 도심재생 활성화를 위한 역사적 이미지를 활용하는 철도역사 및 역세권의 도심재생계획 기술
		수송수요 예측기술	스마트 스케줄링 기술
		철도투자 및 평가기술	철도투자에 따른 철도산업 고도화 정책-기술 코디네이션 기술
	철도 운용 효율화 기술	철도서비스 기술	- 가상현실 기술(VR) 기술 및 온-오프라인 통합(Phygital) 기술 기반 종합 생활 서비스 제공 기술 - 철도이용객 보행환경 및 연계교통 정보제공 기술
		여객 및 화물운영 최적화기술	- 열차운행 시뮬레이션(TPS 및 MTMS 표준) 기술 - 철도운영 통합최적화 시스템 기술 - 철도 급행화를 위한 인프라 개량 및 급속 보수보강기술
		철도교통 관제기술	- 지능형 통합 능동 관제시스템 기술 - 열차의 동적 관제기술 - 빅데이터 기반 열차 지연시간 예측기술
	모드 연계 기술	철도-도로 인터모달 시스템 기술	철도/도로/항공 간 무환승 복합수송이 가능한 소형 캡슐형 수송기술
		철도-해운 인터모달 시스템 기술	- 열차-페리의 효율적 운영기술 및 부유식 항만 기술 - 부유식 해중철도 시스템 기술 - 해양 및 대륙간 연계를 위한 해저/해중 터널용 초고속 철도 기술
		철도-항공 인터모달 시스템기술	우주 신공간 창출을 위한 고도 36,000km 우주공간 수직이동용 우주열차 기술
	철도물 류 기술	물류 운송 시스템기술	- 대륙 간 대량의 화물을 운송하는 초고속 화물열차 기술 - Multi 컨테이너 적재용 화차 시스템 기술 - 여객·화물 고속 복합열차 기술 150km/h급 고속화차 기술 - 철도차량 입한 자동화 및 무인피킹 기술
		보관, 하역, 이송 기술	선박의 항만 내 대기시간 단축을 위한 동시 상하역이 가능한 철도-항만 연계시스템 기술
		물류정보화 기술	- IOT기술 기반 화물차량, 화물터미널 지능화 및 화물 실시간관리 기술 - 유라시아철도 화물수송을 위한 수송비 및 운임적용 표준모델 기술 - 철도 위험물 운송의 안전성 확보기술
		물류기지 및 터미널 구축기술	철도CY 적정규모 산정 및 표준모델 기술
철도 안전	안전 엔지니어링 기술	시스템 안전 관리체계 기술	- 철도종류별 대형철도사고 위기대응체계 수립 기준 기술 - 국내 철도에 국제화를 위한 철도안전정책 기반 기술 - 철도산업발전 대응형 철도안전통합관리체계 구축 기술 - 철도안전인증의 선진화 및 국제상호인정 체계구축 기술 - 화재 안전성 확보를 위한 대심도 지하역사 방재기술 - 무인기 기반 지능형 철도운행 조기경보 및 시설물 관리기술 - ICT기반 철도 시설물 통합 이력관리시스템 기술 - CPS기반 철도차량 및 시설 유지관리체계 구축기술
		안전성 검증/인증 기술	- 철도 부품 장치의 신뢰성 및 가속수명 시험검증 적용 기술 - 철도시스템 및 부품 단위 국제 통합 인증기술
		신뢰성 평가기술	일반철도 신호시스템 차상 검측장치 및 신뢰성기반 분석기술

철도 환경	위험도 평가 기술	철도사고 모델링기술	- 탈선/충돌 복합사고 열차의 손상범위 분석을 위한 사고재현 기술 - 증강현실 기반 실감형 열차사고대응 기술
		위험도 분석 및 평가기술	- 철도안전 국제표준에 따른 국가관리 안전지표 관리 플랫폼 기술 - 상시 위험도평가 및 유지관리 자동화장비 기술 - 철도운영을 위한 SMS 기반 범용 위험도 평가 솔루션 설계 및 구축 기술 - Big data기반 운전관계자(기관사, 관제사 등) 인적오류분석 및 저감기술 - IoT기반 철도 위험성 사전예측 및 위험도 관리기술
		안전대책 평가기술	- 철도역사 화재 등 비상시 대피시간 기준 정립 및 안전성 확보 기술 - 효율적 골든타임 운영을 위한 철도사고 단계별 대응 훈련 기술 - 선로 유지보수 작업자의 사고예방을 위한 안전경보장치 시스템 기술
	사고/ 재난 예방/ 대응 기술	사고예방 및 복구기술	- BIG Data 기반 철도차량 및 인프라 상태 기반 모니터링 및 진단기술 - 철도 사고 피해 확산방지 및 신속대응시스템(복구장비) 기술 - 철도사고 즉각복구, 사고지연 최소화시스템 기술 - 스마트 센싱기반 선로지장물 실시간 감시기술 - 철도 선로시설(궤도, 터널, 정거장, 전차선 등) 사고 대응기술 - 승강장 안전문(PSD)과 열차 사이 안전사고 제로화를 위한 장애물검지 센서(레이저 스캐너, 영상 혼합 센서) 기술 - 평면 레이저 레이더기술을 활용한 승강장 지장물 검지시스템 기술 - 신속한 사고복구를 위한 구원/입환운전 자동화 기술
		재해예방 및 복구기술	- M2M 기반 지하철 재난전조 대화형 플랫폼 기술 - ICT기반 철도 지진조기대응시스템 실용화 기술 - 철도 인프라 복합 재난재해 대응 및 복구기술 - 지하철 재난 방지 및 긴급 복구를 위한 LTE-R 응용 기술 - 철도 노선의 지질지반 재해환경에 대한 평가·예측·관리를 위한 텔레 매트릭스 방재시스템 기술 - 자연재해(지진, 산사태, 태풍)대비 철도시설물 RIS(Railway Information System) 구축 기술
		방법 및 보안기술	ICT 기반 철도 테러, 범죄 탐지 및 대응기술
	환경 평가/ 복원 기술	기후변화 대응기술	- 철도차량 탄소 및 폐기물 제로형 지속가능 철도 시스템 기술 - 지역분단형 지상철도시설의 도시재생적 복합개발 기술 - 기후변화대비 철도교통분야 대응방안기술 - 이상기후 대비 철도 인프라 내한성 표준 기술
		환경평가 기술	- 철도 지역의 친환경적 비점오염 저감기술 - 철도 산업 지역에 적용 가능한 친환경적 비점오염 예방 및 저감기술 - 철도부지 오염물 모니터링 및 관리시스템 기술
		환경복원 기술	철도 인프라 폐기물 처리 및 재이용 기술
	쾌적성/ 편의성 기술	공기질 관리기술	- 철도 (초)미세먼지 발생요인 규명 및 제거기술 - 고성능 실내공기 순화시스템 기술 - 철도차량용 에너지 절약형 공기조화장치 기술 - 철도차량 내 유해물질 제거기술 - 철도차량내 실내 공기질 예측기술 - 복합 하이브리드 정전유전체 전자제어장치를 이용한 지하철역사 공기질 개선장치 기술 - 지하철 실내공기질과 환경개선 로봇 기술 - 대중교통용 소모품(필터) 교환 최소화 공기정화/환기 장치 기술 - 철도 공기질 및 유해물질 저감기술 - 고속차량 송풍전동기 상태감시장치 및 초경량 송풍팬 기술
		소음진동 기술	- 철도차량 주행장치 진동 및 소음 저감기술 - 분산형고속열차 진동저감 및 활주방지 시스템 고도화 기술 - 차량 외부소음 실내유입차단기술 - 차량 실내 흡음 성능향상을 위한 내장설계 기술 - 철도 진동소음 저감형 고분자 압전소재 및 자가발전 시스템 기술 - 전동차 소음저감용 가청주파수 대역(16Hz~20kHz) 이상의 고주파 구동 추진제어장치 기술
		쾌적성기술	- 철도차량 쾌적성 및 승차감 향상 기술 - 철도서비스 편의성 향상과 유지를 위한 인과모형의 평가분석 기술 - 무정차 환승 철도 인프라 여객맞춤형 가상공간 기술
		유도장애 기술	- 철도시스템 EMI/EMC 예측평가기술 - EMI/EMC 시험평가 및 대책기술
	친환경 소재	친환경 소재기술	- 차량 외부 자동세차용 친환경 나노소재 기술 - 객실 및 역사 실내 대기오염물질 저감용 나노소재 기술 - 디젤기관차 및 발전차, 기타 디젤차량 매연 저감용 친환경소재 기술 - 철도 오염토양 및 지하수 정화용 친환경 소재 기술

나. 2단계 - 전문가 자문을 통한 후보기술 압축

□ 철도분야(L3)별 전문가 자문 개요

- (필요성) 사전 탐색으로 취합한 332개의 기술을 모두 평가하기에 물리적인 한계가 있어, 분야별 전문가 검토를 통해 1차 필터링 필요
- (자문 개요) 사전 탐색자료를 바탕으로 실제 철도분야별 세세부분류 단위의 후보기술을 도출하기 위한 분야별 전문가 자문회의를 개최

[표 178] 철도 유망 후보기술 검토 전문가 자문회의 개요

＜ 철도 유망 후보기술 검토 전문가 자문회의 ＞	
○ 일 시	2017년 8월 21일(월) ~ 23일(수), 총 9회
○ 장 소	한국철도기술연구원
○ 참 자	철도 분야별 전문가 49명
○ 내 용	- 유망 후보기술 도출을 위한 사전 탐색자료 검토 및 기술 제안 * 유망 기술명, 정의, 국내외 기술수준 격차, 유망사유, 유관업체 등

□ 철도교통 중점추진 후보기술 160개 목록

[표 179] 철도교통 중점추진 후보기술

기술 번호	L2	L4 코드	기술명 (기술정의)
1	철도 차량	A11	빅데이터 기반 차량/인프라 장애/결함 예측기술
2		A11	철도차량 지능형 센싱 및 유지관리 자동화 시스템 기술
3		A11	철도부품장치 규격화 시스템 구축기술
4		A11	내구연한 경과 전동차 리노베이션 기술
5		A11	다중 철도차량 생산을 위한 다품종 소량 제작시스템 기술
6		A11	CAE(computer aided engineering)를 활용한 철도차량 설계기술
7		A12	철도차량용 친환경 컴팩트형 고효율 공조시스템 기술
8		A12	동절기 객차 동결방지 기술
9		A12	국내 고유모델의 다단계 퓨즈 내장형 동력전달 축 기술
10		A12	밀폐형 고무완충기 기술
11		A12	철도차량기밀도향상및평가기술
12		A13	실시간 주행환경감응형 스마트철도차량 능동제어기술
13		A13	초음파 신호 측정을 통한 차축 베어링의 결함 감시 관제시스템 기술
14		A13	철도차량용 프라이머리 스프링 부위기술
15		A14	Brake by Wire 전기기계식 제동시스템 기술
16		A14	차세대선형와전류제동기술(점착력무관)
17		A15	신 전력소자(와이드밴드갭소자, Sic 전력반도체 등) 적용 고효율 추진제어 전력변환기술
18		A15	철도차량 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 기술
19		A15	수소연료전지 기반 철도차량 추진제어시스템 기술
20		A15	철도차량용 통합형(추진제어장치/보조전원장치) 전력변환장치 기술
21		A15	저속 고효율 회생제동기술
22		A15	철도차량용 전기공급장치 고효율화 및 모듈화 기술
23		A15	전기식 스크류타입 판토크래프 상승장치 기술
24		A21	하이퍼튜브 초고속철도 기술
25		A21	대용량 수송용 초고속 2층 철도시스템 기술
26		A21	초고속 자기부상 핵심기술
27		A22	첨단 신소재 적용 철도차량 차체 및 부품 경량화 기술
28		A23	고속열차 감/가속 특성 향상을 위한 능동형 추진/제동 통합 제어시스템 기술

기술 번호	L2	L4 코드	기술명 (기술정의)
29		A23	레일과 접촉주행하는 철도차량 차륜담면에 대한 동적성능을 고려한 유지관리 기술
30		A23	고속차량용 감속기 베어링 기술
31		A23	동력분산식 고속철도 동력전달시스템(드라이빙기어) 제작 기술
32		A23	철도차량 현가장치 동적특성을 고려한 유지관리 기술
33		A23	동력분산식 고속철도 댐퍼 기술
34		A23	고속차량 고성능 고내열성 제동패드(마찰재 포함) 및 제동디스크 기술
35		A24	분산형고속열차진동저감 및 활주방지 시스템 고도화 기술
36		A24	고용량 대출력 철도용 히트류저감형 영구자석동기 전동기기술 (네어디툼 영구자석 활용기술)
37		A25	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 기술
38		A25	초경량 저소음 능동형 팬터그래프 기술
39		A25	Trailer car 적용 회생제동기술
40		A25	철도차량용 DC1,500V급 지능형 고속도차단기 기술
41		A25	기종점(Door to Door) 레고형 교통수단 및 운영 시스템기술
42		A31	무인운전/무선급전/무형궤도 원격조정형 트램 시스템 기술
43		A31	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 기술
44		A32	기밀성 향상을 위한 포켓 슬라이딩 방식 출입문 모듈화 및 표준화 기술
45		A32	도시철도 차량용 방송/표시기 통합시스템 표준화 기술
46		A32	장애물 감지센서에 의한 전동차 출입문 신속 개,폐 장치기술
47		A32	도시철도 차량용 출입문시스템 표준화 기술
48		A33	저상트램용 고내구성 구동시스템 기술
49		A35	급속충전기반 ESS 추진 제어 기술 (ESS 일체형 추진 인버터 등)
50		A45	초전도 추진 전자석 및 전동기 설계 및 해석기술
51		A51	Door-to-Door 운행기반 무인 개인용 소형 수송수단시스템 기술
52		A52	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 관절장치 기술
53		A53	한국형 모노레일 주행장치 기술
54		A54	저상트램용 고성능 유압제동시스템 기술
55		A55	수소저장용기 설계 및 제작기술
56	철도 시설	B11	철도 노후 인프라 보수/보강 및 개량기술
57		B11	상태평가 기반 궤도평가 및 유지보수 장비 기술
58		B11	대륙간 초고속 이동이 가능한 1000km/h급 열차 인프라 기술
59		B11	소음진동 저감용 스마트 궤도시스템 기술
60		B11	IoT기반 무침하 철도노반 건설기술
61		B11	영하 30~80℃ 극한 일교차에도 변형없는 신소재, 신공법 철도 레일 기술
62		B11	LCC 최소화를 위한 고성능 신소재 궤도기술
63		B11	아스팔트 재료를 이용한 자갈도상 궤도 생력화 기술
64		B11	합성수지 침목 제조기술
65		B11	400km/h급 고속철도 인프라 기술
66		B12	InSAR 관측을 이용한 고속철도의 지반침하 분석 및 위험성 평가기술
67		B13	철도용 초장대 철도교량 기술
68		B13	도시 경관 친화형 초경량 도시 경전철 고가구조물(sky-guideway)건설기술
69		B13	복합 신소재 활용 초경량·초슬림·초장대 도시 소형캡슐차량 주행 고가구조물 기술
70		B15	게이트리스/티켓리스기반 이용자 이동정보 제공기술
71		B15	복합환승기반 인터모달 교통허브 구축 및 운영기술
72		B15	철도 교통약자 Barrier-free를 위한 무빙워크식 승하차 플랫폼 기술
73		B21	IoT기반 철도 전기설비상태정보 공유시스템 기술
74		B21	On-line 정보 에너지관리 네트워크 기반 열차운행 모드제어 기술
75		B21	전기철도 급전계통 해석용 실시간 시뮬레이터 기술
76		B21	친환경 전기철도 변전설비 핵심 기자재 기술
77		B21	전기철도 급전계통 고장해석 및 보호제어 기술
78		B21	철도급전계통전력품질해석및개선기술
79		B22	전차선로 유지관리 및 진단 자동화 기술
80		B23	신재생에너지 및 ESS 연계 기반 철도전력망의 마이크로그리드 시스템 구축기술
81		B23	대용량 철도 수소연료전지기반 급전시스템 기술
82		B23	대용량 무선전력 전송 기술 기반 전력공급 기술
83		B23	열차하중(윤중/횡압) 및 철도 폐열 에너지를 이용한 에너지 수확 기술
84		B23	고효율 전력공급 네트워크 개발 기술
85		B31	열차간통신(T2T)기반 무인 열차자율주행기술
86		B31	고밀도 운행을 위한 열차간격 제어기술 (이동폐색을 이용하여 선행열차와 후속열차간 안전간격제어)
87		B31	열차 운행 무중단 무선통신기반 기존 열차제어시스템 개량 최적화 기술

기술 번호	L2	L4 코드	기술명 (기술정의)
88		B31	이동폐색기반 일반(광역) 및 고속철도 ERTMS/ETCS Level 3 국산화 기술
89		B31	선로전환기 고속 제어기술
90		B31	고속/일반철도용 무선 신호제어시스템 기술
91		B31	열차 가상 자동분리 결합기술
92		B31	지능형 열차 자율주행 기술
93		B31	자율주행기반 차상신호제어기술(지상의 제어서버없이 열차간협업에 의해 열차 스스로 자신의 안전한 주행을 제어)
94		B31	virtual engineering기반 열차제어시스템 구현기술 (simulation을 이용한 시스템 구현 기술)
95		B31	인공지능기반 무선통신을 활용한 자율주행기술
96		B31	지능형 열차운영 & 동적경로 설정기술
97		B31	차상중심 열차위치 검지 기술(발리스 등 지상의 도움없이 차량이 자체적으로 위치를 검지)
98		B31	대륙간 초고속 이동이 가능한 1,000km/h급 열차 신호기술
99		B31	철도신호제어시스템 Safety Critical System 적용을 위한 SIL3인증(IEC61508) Redundancy 공통플랫폼 기술
100		B32	스마트 철도 인프라를 위한 LTE-R 기반 IoT 통신 기술
101		B32	IoT기반 지능형 커넥티드 철도시스템 기술
102		B32	저전력광커버리지전송기술(지상의IoT통신제공을위한NB-IoT통신모듈기술)
103		B32	철도 LTE-R망을 활용한 철도안전경보시스템 기술
104		B33	신호 제어시스템 사이버 보안기술
105		B33	LTE-R지상장치의 failure에도 강인한 이중화시스템 기술
106		B33	T2T통신기술(기지국을 거치지 않고, 저지연으로 차량-차량간직접통신)
107		B33	off-networkPTT서비스기술(PTT 서버 도움없이 그룹사용자간 PTT 서비스 제공)
108	철도 운영 및 환경	C11	도시내철도폐선부지활용에 의한 도시구조 변화예측 및 도시설계 모델 기술
109		C11	철도건설에 따른 역세권 개발이익산정 및 개발이익배부(환수) 모델 개발
110		C12	철도 급행화를 위한 인프라 개량 및 급속 보수보강기술
111		C12	철도이용객 보행환경 및 연계교통 정보제공 기술
112		C12	지능형 통합 능동 관제시스템 기술
113		C12	열차운영 시뮬레이션(TPS 및 MTMS 표준) 기술
114		C13	철도/도로/항공간무환승 복합수송이 가능한 소형 캡슐형 수송기술
115		C13	부유식 해중철도 시스템 기술
116		C14	IOT기술 기반 화물차량, 화물터미널 지능화 및 화물 실시간관리 기술
117		C14	철도차량 입환 자동화 및 무인피킹 기술
118		C14	150km/h급 고속화차 기술
119		C14	대륙 간 대량의 화물을 운송하는 초고속 화물열차 기술
120		C14	고속 화물열차 기술
121		C14	기존화차(무개화차)를 활용한 다양한 화물운송용 화물차량 리노베이션 기술
122		C14	철도물류네트워크 분석을 통한 통합관리기술
123		C14	철도시설내 유희부지를 활용한 종합물류서비스 제공 기술
124		C14	철도 위험물 운송의 안전성 확보기술
125		C21	ICT기반 철도 시설물 통합 이력관리시스템 기술
126		C21	철도 부품 장치의 신뢰성 및 가속수명 시험검증 적용 기술
127		C21	CPS기반 철도차량 및 시설 유지관리체계 구축기술
128		C21	철도시스템 및 부품 단위 국제 통합 인증기술
129		C21	무인기 기반 지능형 철도운영 조기경보 및 시설물 관리기술
130		C21	위험도 분석에 의한 철도차량의 운전제어기준 개선 기술
131		C21	스마트 원격지원 유지보수시스템 구축기술(예:스마트안전모, 스마트안전경)
132		C21	시설물 데이터 센싱 및 DB 통합관리 기술
133		C21	철도신호제어시스템 안전성 평가기술
134		C21	철도 소재 시험검증 적용 기술
135		C22	Big data기반 운전관계자(기관사, 관제사 등) 인적오류분석 및 저감기술
136		C22	IoT기반 철도 위험성 사전예측 및 위험도 관리기술
137		C22	철도역사 화재 등 비상시 대피시간 기준 정립 및 안전성 확보 기술
138		C22	철도운행을 위한 SMS 기반 범용 위험도 평가 솔루션 설계 및 구축 기술
139		C23	BIG Data 기반 철도차량 및 인프라 상태 기반 모니터링 및 진단기술
140		C23	철도 사고 피해 확산방지 및 신속대응시스템(복구장비) 기술
141		C23	ICT 기반 철도 테러, 범죄 탐지 및 대응기술
142		C23	철도 인프라 복합 재난재해 대응 및 복구기술
143		C23	빅데이터 개인정보 보호 기술
144		C23	승강장 안전문(PSD)과 열차 사이 안전사고 제로화를 위한 장애물검지 센서(레이저 스캐너, 영상 혼합 센서) 기술
145		C23	궤도/시설 긴급 복구 기술
146		C23	재난대응형 로봇기술

기술 번호	L2	L4 코드	기술명 (기술정의)
147		C23	철도터널 화재시 붕괴방지 기술
148		C23	RFID를 이용한 화재시 철도역사 내, 구조자 위치 파악 및 피난안전 확보 기술
149		C23	사고재해 피해경감 및 복구장비 개발기술
150		C31	기후변화대비 철도교통분야 대응방안기술
151		C31	철도차량 탄소 및 폐기물 제로형 지속가능 철도 시스템 기술
152		C32	철도 (초)미세먼지 발생요인 규명 및 제거기술
153		C32	철도 공기질 및 위해물질 저감기술
154		C32	철도차량 쾌적성 및 승차감 향상 기술
155		C32	지하철 실내공기질과 환경개선 로봇 기술
156		C32	철도차량내 실내 공기질 예측기술
157		C32	철도진동소음저감형 고분자 압전소재 및 자가발전 시스템 기술
158		C32	철도차량 주행장치 진동 및 소음 저감기술
159		C32	철도차량에 적용가능한 초경량 진동저감 장치 기술
160		C32	고속주행체 소음예측 및 저감 기술

다. 3단계 - 중점추진 후보기술 평가

(1) 전문가 우선순위 평가

□ 전문가 우선순위 평가 개요

- (필요성) 2단계에서 확보한 160개의 후보기술 중 실제 전략적인 연구추진이 필요한 기술로 압축하기 위하여 정성적인 방법으로서 전문가 대상의 우선순위 검토 필요
- (자문 개요) 철도 유망 후보기술 검토에 참여한 전문가로 하여금 해당 분야별 기술개발이 필요한 우선순위를 평가

[표 180] 철도 유망 후보기술 검토 전문가 자문회의 개요

< 철도 유망 후보기술 우선순위 검토를 위한 전문가 서명 자문 >

- 일 시 : 2017년 9월 25일(월) ~ 29일(금)
- 장 소 : 한국철도기술연구원
- 참 자 : 철도 분야별 전문가 51명 (기존 49명에서 전문가 2명 추가보완)
- 내 용 : 유망 후보기술 기술개발 우선순위 평가
 - * 전문가 1명 당 소분야(L3) 단위 1위~5위 기술 선정

□ 전문가 우선순위 평가 결과

- (점수화) 각 기술별로 획득한 우선순위를 점수화하여, 각 기술별 최종 점수 산출
 - 1위: 5점, 2위: 4점, 3위: 3점, 4위: 2점, 5위: 1점, 그 외: 0점으로 계량화하고, 중복 선정되는 기술에 가중치를 부여

[표 181] 전문가 우선순위 평가 점수 계산 방법

< 기술별 전문가 우선순위 평가점수 계산 방법>

- 기술별 획득 점수 = (Σ우선순위 환산점수) * (점수인정 전문가 수)
- 예 시 : a기술이 전체 7명의 전문가 중 전문가 A에게 1순위, 전문가 C에게 3순위, 전문가 D에게 4순위로 평가받고, 나머지 4명의 전문가의 우선순위에는 선정되지 않은 경우
 - a기술의 획득점수: (5점+3점+2점)*3명 = 30점

○ (순위도출) 기술별로 부여한 계량 점수를 기준으로 철도 중분류(L2)별 순위 도출

[표 182] 전문가 우선순위 평가 점수 및 중분류(L2)별 순위

L2	분류 코드	기술명	전문가 우선 순위							환산 점수	순위
			A	B	C	D	E	F	G		
철도 차량	A51	Door-to-Door 운행기반 무인 개인용 소형 수송수단시스템 기술	2	0	2	0	1	4	0	15	1
	A13	실시간 주행환경감응형 스마트철도차량 능동제어기술	0	1	0	1	0	0	2	14	2
	A15	신전력소재와이더넷갑상선, Sc 전력반도체 등 적용 고효율 추진제어 전력변환기술	0	1	1	0	2	0	0	14	2
	A35	급속충전기반 ESS 추진 제어 기술 (ESS 일체형 추진 인버터 등)	2	0	0	2	0	2	4	14	2
	A14	Brake by Wire 전기기계식 제동시스템 기술	1	5	2	0	0	3	0	13	5
	A15	수소연료전지 기반 철도차량 추진제어시스템 기술	2	0	2	0	0	2	0	12	6
	A11	철도차량 지능형 센싱 및 유지관리 자동화 시스템 기술	3	0	3	2	5	5	0	12	6
	A23	레일과 접촉주행하는 철도차량 치륜접촉면에 대한 동적성능을 고려한 유지관리 기술	0	0	0	3	2	2	0	11	8
	A24	고속차량 고성능 고내열성 제동패드(미탈채 포함) 및 제동디스크 기술	2	0	0	0	1	0	4	11	8
	A25	고용량 대출력 철도용 하도유지감응형 영구자성동기전동기 기술 (내야동 영구자성 활용 기술)	1	0	0	4	0	2	0	11	8
	A52	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저장트램용 관절장치 기술	2	0	1	0	5	5	0	11	8
	A21	하이퍼트브 초고속철도 기술	0	2	0	5	1	0	0	10	12
	A21	대용량 수송용 초고속 2층 철도시스템 기술	5	5	2	0	3	0	5	10	12
	A25	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 기술	0	1	0	0	0	1	0	10	12
	A12	철도차량용 친환경 캠퍼드형 고효율 공조시스템 기술	2	0	5	0	2	0	0	9	15
	A24	분산형고속열차전동차감 및 활주방지 시스템 고도화 기술	4	2	0	0	0	0	3	9	15
	A25	초경량 저소음 능동형 팬터그래프 기술	5	5	5	0	3	3	0	9	15
	A32	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 기술	0	1	0	5	0	0	3	9	15
	A15	철도차량용 전기공급장치 고효율화 및 모듈화 기술	4	5	0	4	4	0	4	9	15
	A54	저상트램용 고성능 유압제동시스템 기술	0	0	5	3	2	0	0	8	20
	A11	박대이터 기반 차량인프라 장애/결함 예측기술	4	5	0	4	0	0	0	5	21
	A12	국내 고유모델의 다단계 푸즈 내장형 동력전달 축 기술	1	0	0	0	0	0	0	5	21
	A13	초음파 신호 측정을 통한 차축 베어링의 결함 감시 관제시스템 기술	0	0	0	0	0	0	1	5	21
	A15	철도차량 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변환기 기술	0	5	3	0	0	5	0	5	21
	A15	철도차량용 통합형(추진제어장치/보조전원장치) 전력변환장치 기술	0	2	5	0	0	0	0	5	21
	A15	저속 고효율 화생제동기술	0	0	3	0	4	0	0	5	21
	A32	기밀성 향상을 위한 포켓 슬라이딩 방식 출입문 모듈화 및 표준화 기술	0	0	4	0	0	3	0	5	21
	A22	첨단 신소재 적용 철도차량 차체 및 부품 경량화 기술	0	2	0	0	0	5	0	5	21
	A25	철도차량용 DC1,500V급 지능형 고속차대기 기술	0	0	0	1	0	0	0	5	21
	A45	초전도 추진 전차석 및 전동기 설계 및 해석 기술	0	0	3	0	4	0	0	5	21
	A23	고속열차 감속기 특성 향상을 위한 능동형 추진/제동 통합 제어시스템 기술	0	3	0	0	5	0	0	4	31
	A23	철도차량 한자 장치 동적특성을 고려한 유지관리 기술	0	0	0	4	0	4	0	4	31
	A31	기종전(Door to Door) 레고형 교통수단 및 운영 시스템 기술	0	0	2	0	0	0	0	4	31
	A11	다중 철도차량 생산을 위한 다품종 소량 제작시스템 기술	0	3	0	0	0	0	0	3	34
	A12	밀폐형 고무연통기 기술	3	0	0	0	0	0	0	3	34
	A14	차체대신형의전류제동기 기술(잠차력무관)	5	4	0	0	0	0	0	3	34
	A23	동력분산식 고속철도 동력전달시스템(드라이빙기어) 제작 기술	0	0	0	0	3	0	0	3	34
	A12	철도차량기밀도항상화방기 기술	0	0	5	0	5	0	0	2	38
	A13	철도차량용 프러미리 스프링 부수기술	0	0	0	0	4	0	0	2	38
	A25	Trailer car 적용 화생제동기술	0	0	4	0	0	0	0	2	38
	A32	장애물 감지센서에 의한 전동차 출입문 신속 개폐 장치 기술	0	0	0	4	0	0	0	2	38
	A15	전기식 스크류타입 판도그래프 상송장치 기술	0	0	0	5	0	0	0	1	42
	A31	무인운전/무선급전/무형제동 원격조정형 트램 시스템 기술	0	5	0	0	0	0	0	1	42
	A11	철도부품장치 규격화 시스템 구축 기술	0	0	0	0	0	0	0	0	44
	A11	내구연한 경과 전동차 리노베이션 기술	0	0	0	0	0	0	0	0	44
	A11	CAE(computer aided engineering)를 활용한 철도차량 설계 기술	0	0	0	0	0	0	0	0	44
	A12	동절기 객차 동결방지 기술	0	0	0	0	0	0	0	0	44
	A21	초고속 자기부상 핵심 기술	0	0	0	0	0	0	0	0	44
	A23	고속차량용 감속기 베어링 기술	0	0	0	0	0	0	0	0	44
	A23	동력분산식 고속철도 댐퍼 기술	0	0	0	0	0	0	0	0	44
	A32	도시철도 차량용 방승/포사기 통합시스템 표준화 기술	0	0	0	0	0	0	0	0	44
	A32	도시철도 차량용 출입문시스템 표준화 기술	0	0	0	0	0	0	0	0	44
	A33	저상트램용 고내구성 구동시스템 기술	0	0	0	0	0	0	0	0	44

L2	분류 코드	기술명	전문가 우선 순위							환산 점수	순위
			A	B	C	D	E	F	G		
	A53	한국형 모노레일 주행장치 기술	0	0	0	0	0	0	0	0	44
	A55	수소저장용기 설계 및 제작 기술	0	0	0	0	0	0	0	0	44
철도 시설	B21	loT 기반 철도 전기설비 상태정보 공유시스템 기술	2	1	1	0	1	0	0	19	1
	B15	복합환승기반 인터모달 교통허브 구축 및 운영 기술	0	2	2	0	3	0	3	14	2
	B11	철도 노후 인프라 보수/보강 및 개량 기술	1	0	0	2	0	2	0	13	3
	B11	소음진동 저감용 스마트 궤도시스템 기술	0	2	0	1	0	2	0	13	3
	B33	신호 제어시스템 사이버 보안 기술	2	0	1	4	0	5	0	12	5
	B31	고밀도 운행을 위한 열차간격 제어 기술 (이동패색을 이용하여 선행열차와 후속열차간 안전거리 제어)	0	0	1	3	0	3	0	11	6
	B13	철도용 초장대 철도교량 기술	2	0	2	0	4	0	0	10	7
	B13	도시 경관 친화형 초경량 도시 경관철 고가구조물(sky-guideway) 건설 기술	5	0	0	5	1	0	3	10	7
	B22	전차선로 유지관리 및 진단 자동화 기술	1	0	5	0	0	2	0	10	7
	B23	신재생에너지 및 ESS 연계 기반 철도 전력망의 마이크로그리드 시스템 구축 기술	0	0	3	1	4	0	0	10	7
	B23	대용량 철도 수소연료전지 기반 급전시스템 기술	3	3	2	0	0	0	0	10	7
	B32	스마트 철도 인프라를 위한 LTE-R 기반 IoT 통신 기술	0	4	4	2	0	4	0	10	7
	B11	상태평가 기반 궤도평가 및 유지보수 장비 기술	0	0	0	0	3	1	0	8	13
	B21	전차철도 급전계통 해석용 실시간 시뮬레이션 기술	5	4	0	2	0	0	0	7	14
	B15	게이밍/VR/AR 기반 안전교육 및 이용자 이동정보 제공 기술	4	0	0	4	0	5	5	6	15
	B31	열차 운행 무중단 무선통신기반 기존 열차제어시스템 개량 최적화 기술	0	0	3	0	3	0	0	6	15
	B21	On-line 정보 에너지관리 네트워크 기반 열차운행 모드제어 기술	0	2	0	5	0	0	0	5	17
	B31	고속/일반철도용 무선 신호제어시스템 기술	0	0	0	1	0	0	0	5	17
	B31	열차통신(T2T)기반 무인 열차자율주행 기술	0	1	0	0	0	0	0	5	17
	B31	철도신호제어시스템 Safety Critical System 적용을 위한 SIL3인증(IEC61508) Redundancy 공통플랫폼 기술	0	0	0	0	0	1	0	5	17
	B33	LTE-R 시스템의 failure에도 강한 이중화시스템 기술	2	0	5	0	0	0	0	5	17
	B11	LOC 최소화를 위한 고성능 산소재 궤도 기술	0	0	0	0	2	0	0	4	22
	B11	대륙간 초고속 이동이 가능한 1000km/h급 열차 인프라 기술	0	0	3	0	5	0	0	4	22
	B23	대용량 무선전력 전송 기술 기반 전력공급 기술	0	5	0	0	3	0	0	4	22
	B31	이동패색 기반 일반광역 및 고속철도 ETCS/ETCS Level 3 국산화 기술	0	0	2	0	0	0	0	4	22
	B31	virtual engineering 기반 열차제어시스템 구현 기술 (simulation을 이용한 시스템 구현 기술)	0	0	0	0	0	2	0	4	22
	B11	400km/h급 고속철도 인프라 기술	3	0	0	0	0	0	0	3	27
	B12	InSAR 관측을 이용한 고속철도의 지반침하 분석 및 위험성 평가 기술	0	3	0	0	0	0	0	3	27
	B13	복합 산소재 활용 초경량 초슬람 초장대 도시 소형화 철도 주행 고가구조물 기술	4	0	5	0	0	0	0	3	27
	B21	전차철도 급전계통 고장해석 및 보호제어 기술	0	0	4	0	5	0	0	3	27
	B23	고효율 전력공급 네트워크 개발 기술	0	0	0	5	4	0	0	3	27
	B31	지능형 열차 자율주행 기술	0	3	0	0	0	0	0	3	27
	B33	T2T 통신 기술(가시광/라이다/자외선/초음파/차량통신/무선전송)	5	4	0	0	0	0	0	3	27
	B11	영하 30~80℃ 극한 일교차에도 변형없는 산소재, 신공법 철도 레일 기술	0	0	0	0	0	4	0	2	34
	B21	철도급전계통 전력품질해석 및 개선 기술	0	0	0	4	0	0	0	2	34
	B21	친환경 전차철도 변전설비 핵심 기저재 기술	4	0	0	0	0	0	0	2	34
	B31	자율주행기반 차상신호제어 기술(자신의 제어뿐 아니라 열차통합에 의해 열차 스스로 자신의 안전한 주행을 제어)	0	5	0	5	0	0	0	2	34
	B31	지능형 열차운영 & 동적경로 설정 기술	0	4	0	0	0	0	0	2	34
	B32	loT 기반 지능형 카레이드 철도시스템 기술	0	0	0	4	0	0	0	2	34
	B32	자전력광케이블(전송 기술)의 IoT 통신제공을 위한 NB-IoT 통신모듈 기술	4	0	0	0	0	0	0	2	34
	B15	철도 교통약자 Barrier-free를 위한 무빙워크식 승하차 플랫폼 기술	0	0	0	0	0	5	0	1	41
	B31	인공지능기반 무선통신을 활용한 자율주행 기술	0	0	0	0	5	0	0	1	41
	B31	열차 가상 자동운행 결합 기술	0	5	0	0	0	0	0	1	41
	B33	off-network PTT 서비스 기술(PTT 서비스 없이 그룹사용자간 PTT 서비스 제공)	5	0	0	0	0	0	0	1	41
	B11	loT 기반 무침하 철도노반 건설 기술	0	0	0	0	0	0	0	0	45
	B11	합성수지 침목 제조 기술	0	0	0	0	0	0	0	0	45
	B11	아스팔트 재료를 이용한 자갈도상 궤도 생략화 기술	0	0	0	0	0	0	0	0	45
	B23	열차하중(운중/정차) 및 철도 패일 에너지를 이용한 에너지 수확 기술	0	0	0	0	0	0	0	0	45
	B31	선로전환기 고속 제어 기술	0	0	0	0	0	0	0	0	45
	B31	차상중심 열차위치 감지 기술(발스등 차상의 도움 없이 차량 자체적으로 위치를 감지)	0	0	0	0	0	0	0	0	45
	B31	대륙간 초고속 이동이 가능한 1,000km/h급 열차 신호 기술	0	0	0	0	0	0	0	0	45
	B32	철도 LTE-R망을 활용한 철도안전경보시스템 기술	0	0	0	0	0	0	0	0	45

L2	분류 코드	기술명	전문가 우선 순위							환산 점수	순위
			A	B	C	D	E	F	G		
철도 운영 및 환경	C12	철도이용객 보행환경 및 연계교통 정보제공 기술	1	3	1	1	4	5	0	21	1
	C21	무인기 기반 지능형 철도운영 조경보 및 시설물 관리기술	5	2	1	0	0	1	1	20	2
	C12	철도 급행화를 위한 인프라 개량 및 급속 보수보강기술	2	1	0	4	2	2	0	19	3
	C23	Big Data 기반 철도차량 및 인프라 상태 기반 모니터링 및 진단기술	0	2	1	0	1	1	0	19	3
	C23	ICT 기반 철도 테러, 범죄 탐지 및 대응기술	1	0	3	2	2	0	0	16	5
	C21	철도시스템 및 부품 단위 국제 통합 인증기술	3	0	0	1	1	0	0	13	6
	C14	철도차량 입환 자동화 및 무인파킹 기술	1	5	0	1	0	5	0	12	7
	C31	기후변화대비 철도교통분야 대응방안기술	0	2	5	2	0	3	0	12	7
	C21	OPIS 기반 철도차량 및 시설 유지관리체계 구축기술	1	0	0	0	1	0	5	11	9
	C12	지능형 통합 능동 관제시스템 기술	5	5	4	0	4	4	4	10	10
	C32	철도 (초)미세먼지 발생요인 규명 및 제거기술	0	1	1	0	0	0	0	10	10
	C14	IoT기술 기반 화물차량, 화물터널 지능화 및 화물 실시간관리 기술	0	4	5	0	1	0	0	8	12
	C21	ICT기반 철도 시설물 통합 이력관리시스템 기술	0	5	2	5	0	5	0	7	13
	C22	Big data기반 운전관제자(기관사, 관제사 등) 인적요류분석 및 저감기술	0	4	3	4	0	0	0	7	13
	C23	철도 인프라 복합 재난해체 대응 및 복구기술	2	3	0	0	0	0	0	7	13
	C23	철도 사고 피해 확산방지 및 신속대응시스템(복구경비) 기술	4	0	5	0	5	3	0	7	13
	C11	철도건설에 따른 역세권 개발이익분점 및 개발이익배분(환수) 모델 개발	3	0	3	0	0	0	0	6	17
	C12	열차운행 시뮬레이션(TPS 및 MMS 표준) 기술	0	4	4	4	0	0	0	6	17
	C14	철도 위험물 운송의 안전성 확보기술	5	0	0	1	0	0	0	6	17
	C14	철도시설내 유류부지를 활용한 중합물류서비스 제공 기술	4	0	0	5	0	3	0	6	17
	C21	철도 부품 장치의 신뢰성 및 가속수명 시험검증 적용 기술	4	0	0	0	0	2	0	6	17
	C32	철도차량 과적성 및 승차감 향상 기술	4	0	0	5	0	0	3	6	17
	C13	부유식 해상철도 시스템 기술	0	0	1	0	0	0	0	5	23
	C22	IoT기반 철도 위험성 사전예측 및 위험도 관리기술	0	4	4	0	5	0	0	5	23
	C22	철도역사 화재 등 비상시 대피시간 기준 정립 및 안전성 확보 기술	0	0	0	3	0	4	0	5	23
	C22	철도운영을 위한 SMS 기반 범용 위험도 평가 솔루션 설계 및 구축 기술	0	0	4	0	3	0	0	5	23
	C23	승강장 안전문(PSD)과 열차 사이 안전사고 제로화를 위한 장애물검지 센서(레이저 스캐너, 영상 혼합 센서) 기술	1	0	0	0	0	0	0	5	23
	C32	철도진동소음저감형 고분자 압전소재 및 자비발전 시스템 기술	0	4	0	0	3	0	0	5	23
	C32	철도 공구질 및 위해물질 저감기술	0	4	0	3	0	0	0	5	23
	C32	철도차량내 실내 공구질 예측기술	0	5	4	4	0	0	0	5	23
	C32	고속주행체 소음예측 및 저감 기술	1	0	0	0	0	0	0	5	23
	C14	대륙 간 대량의 화물을 운송하는 초고속 화물열차 기술	0	5	0	0	5	4	0	4	32
	C21	철도신호제어시스템 안전성 평가기술	0	0	0	0	4	4	0	4	32
	C23	RFID를 이용한 화재시 철도역사내 구조자 위치 파악 및 파산안전 확보 기술	0	0	0	2	0	0	0	4	32
	C32	지하철 실내공기질과 환기시스템 로봇 기술	0	0	2	0	0	0	0	4	32
	C32	철도차량에 적용가능한 초경량 진동저감 장치 기술	3	0	0	5	0	0	0	4	32
	C14	150km/h급 고속화차 기술	0	0	3	0	0	0	0	3	37
	C21	스마트원격차량유지보수시스템(구축기술예스스마트안전모, 스마트인형)	3	0	0	0	0	0	0	3	37
	C23	궤도/사실 긴급 복구 기술	0	0	0		0	3	0	3	37
	C31	철도차량 탄소 및 폐기물 제로형 자속가능 철도 시스템 기술	0	3	0	0	0	0	0	3	37
	C32	철도차량 주행장치 진동 및 소음 저감기술	5	0	0	4	0	0	0	3	37
	C21	위험도 분석에 의한 철도차량의 운전제어기준 개선 기술	0	0	0	0	4	0	0	2	42
	C13	철도/도로/항공간무한승 복합수송이 가능한 소형 캡슐형 수송기술	5	0	0	0	0	0	0	1	43
	C11	도시내철도폐선부지활용에 의한 도시구조 변화예측 및 도시설계 모델 기술	0	0	0	0	0	0	0	0	44
	C14	철도물류네트워크 분석을 통한 통합관리기술	0	0	0	0	0	0	0	0	44
	C14	기준화차(무개화차)를 활용한 다양한 화물운송용 화물차량 리노베이션 기술	0	0	0	0	0	0	0	0	44
	C14	고속 화물열차 기술	0	0	0	0	0	0	0	0	44
	C21	시설물 데이터 센싱 및 DB 통합관리 기술	0	0	0	0	0	0	0	0	44
	C21	철도 소재 시험검증 적용 기술	0	0	0	0	0	0	0	0	44
	C23	재난대응형로봇기술	0	0	0	0	0	0	0	0	44
	C23	빅데이터 개인정보 보호 기술	0	0	0	0	0	0	0	0	44
	C23	사고재해 피해경감 및 복구장비 개발기술	0	0	0	0	0	0	0	0	44
	C23	철도터널 화재시 봉쇄방지 기술	0	0	0	0	0	0	0	0	44

(2) 키워드 빈도수 평가

□ 키워드 빈도수 평가 개요

- (필요성) 2단계에서 확보한 160개의 후보기술 중 실제 전략적인 연구추진이 필요한 기술로 압축하기 위하여 정량적인 방법으로서 키워드 빈도수 평가 실시함
- (방법론) 전문가로부터 추천받은 키워드를 취합하고, 그 키워드별로 빈도수를 계산하여 이를 가중치로 활용
 - (1) 철도 분야별 전문가를 대상으로 160개 후보기술별로 대표 키워드 5개를 취합
 - (2) 160개 후보기술별 키워드를 중분류(L2) 단위로 그룹화
 - (3) 그룹 내 키워드별 빈도수로 그룹 내 순위 계산
 - (4) (3)의 결과로 획득한 빈도수 순위를 가중치화하여 각 후보 기술 160개 별로 키워드 점수 계산
 - (5) 키워드 점수를 중분류(L2) 별로 순위 도출

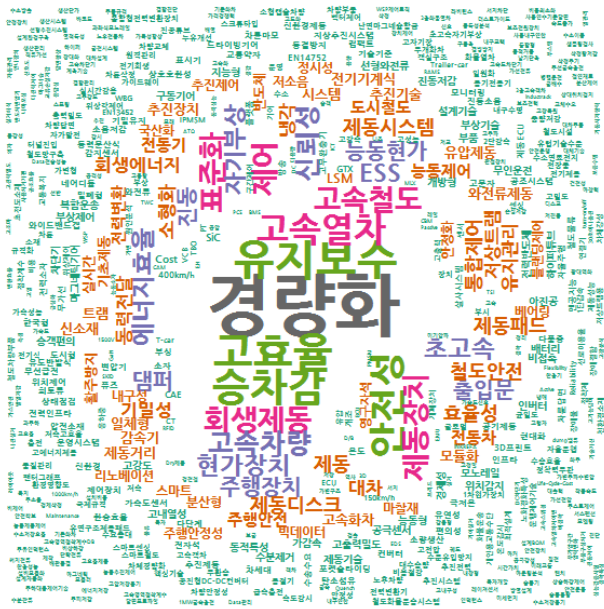
□ 키워드 빈도수 평가 결과

- 철도 중분류(L2)별 키워드 빈도수 순위 및 점수

[표 183] 철도 중분류별 키워드 빈도 순위와 순위별 점수

번호	차량(12)			인프라(13)			운영환경(11)		
	키워드명	순위	점수	키워드명	순위	점수	키워드명	순위	점수
1	경량화	1	10	궤도	1	10	빅데이터	1	10
2	유지보수	2	9.5	실시간	2	9.5	철도시설	2	9.5
3	고효율	3	9	무선통신	3	9	유지보수	3	9
4	승차감	4	8.5	IOT	4	8.5	급행화	3	9
5	안전성	5	8	급전계통	4	8.5	인공지능	5	8.5
6	고속열차	6	7.5	빅데이터	6	8	도시철도	6	8
7	표준화	7	7	유지보수	7	7.5	광역철도	6	8
8	고속철도	7	7	자율주행	7	7.5	모니터링	8	7.5
9	제어	7	7	인공지능	9	7	IOT	9	7
10	제동장치	7	7	고속철도	10	6.5	안전	9	7
11	회생제동	7	7	철도시설	10	6.5	시뮬레이션	11	6.5
12	신뢰성	12	6.5	신재생에너지	10	6.5	통합관리	11	6.5
13	고속차량	12	6.5	위치감지	13	6	재난대응	11	6.5
14	에너지효율	14	6	교량	13	6	시험검증	11	6.5
15	현가장치	14	6	전기철도	13	6	실시간	15	6
16	초고속	14	6	양방향무선통신	13	6	철도물류	15	6
17	자기부상	17	5.5	Maintenance	17	5.5	의사결정	15	6
18	주행장치	18	5	철도교	17	5.5	위험도	15	6
19	출입문	18	5	계통해석	17	5.5	안전성	19	5.5
20	능동현가	18	5	열차제어	17	5.5	ICT	19	5.5
21	댐퍼	18	5	전력품질	21	5	네트워크	19	5.5
22	진동	18	5	열차간직접통신	21	5	진단	19	5.5
23	철도안전	23	4.5	무선급전	23	4.5	철도부품	19	5.5
24	효율성	23	4.5	친환경	23	4.5	신뢰성	24	5
25	통합제어	23	4.5	철도궤도	23	4.5	유지관리	24	5
26	소형화	23	4.5	철도급전시스템	23	4.5	DB	24	5
27	제동	23	4.5	상태진단	23	4.5	소음저감	24	5
28	제동디스크	23	4.5	안전	28	4	화물열차	24	5
29	제동시스템	23	4.5	마이크로그리드	28	4	직결운행	24	5
30	제동패드	23	4.5	LTE-R	28	4	SAR	24	5
31	ESS	23	4.5	철도안전SW	28	4	쾌적성	24	5
32				운용시나리오	28	4	실내공기질	24	5
33				이동폐색	28	4			

○ 철도 중분류(L2)별 키워드 빈도수 기반의 키워드 클라우드는 다음과 같음



[그림 62] 철도차량 분야 키워드 클라우드



[그림 63] 철도시설 분야 키워드 클라우드



[그림 64] 철도운영 및 환경분야 키워드 클라우드

○ 후보기술별 키워드 빈도수 평가 점수 및 순위는 다음과 같음

[표 184] 키워드 빈도수 평가 점수 및 중분류(L2)별 순위

L2	분류 코드	기술명	키워드 목록	환산 점수	순위
철도 차량	A24	고속차량 고성능 고내열성 제동패드 (마찰재 포함) 및 제동디스크 기술	제동패드, 제동디스크, 고내열성, 고속철도, 제동, 고속철도, 기초제동, 제동패드, 제동디스크, 마찰재, 유연패드, 고속차량, 제동장치, 제동패드, 제동디스크, 고성능, 제동패드, 고속철도, 고열, 마찰재, 제동디스크, 마찰재, 열적특성, 공격성, 기초제동, 내마모성, 고속차량, 고내열성제동패드, 고내열성제동디스크, 유연구조제동패드, 마찰재료, 고속차량, 유연구조제동패드, 제동디스크, 접촉성능증대, 고내열성, 고속차량	127	1
	A15	저속 고효율 회생제동기술	회생제동, 전동차, 고효율, 전기회생, 제동기술, 전동차, 회생제동, 고효율, 추진시스템, 블렌딩제동, 제동장치, 회생제동, 저속고효율, 회생제동, 저속, 고효율, 회생제동, 전압제어, ESS, 운동에너지, 회생전력, 친환경제동, 회생제동, 저속고효율, 전동제어, 전기회생, 회생제동기술, 저속, 고효율, 전동차, ECU	103.5	2
	A14	Brake by Wire 전기기계식 제동시스템 기술	전기기계식, 제동장치, Brake by wire, 제동시스템, 제동ECU, 전기기계식제동장치, 기초제동, 경량화, 응답속도, 제동시스템, 제동장치, 전기기계식, 제동, brake by wire, 경량, 전기기계식, Brake by wire, Dry 제동, 제동ECU, 제동엑츠크에이터, 제동신뢰성, 철도차량, 전기기계식제동장치, 공압, 유압, 신뢰도 향상, 경량화, 제동장치, 전기기계식, by wire, 경량화, 신뢰도향상	101.5	3
	A23	동력분산식 고속철도 댐퍼 기술	능동제어, 능동현가, 승차감, 진동저감, 주행안전성, 고속열차, 능동현가, 진동, 승차감, 댐퍼, 제어, 응답성, TBO, 댐퍼건전성, EMU, 주행장치, 현가장치, 능동현가제어, 실시간주행환경센싱, 주행안전성, 댐퍼기술, 원천기술, 댐퍼, 실시간센싱, 능동현가, 주행장치, 동력분산식, 고속철도	99.5	4
	A25	Trailer car 적용 회생제동기술	회생제동, 공기제동, 에너지효율, 제동기술, 제어, 회생제동, 고효율, T-car, 전기제동, 제동시스템, 제동장치, 회생제동, T-car회생, 회생제동, ECU, BCU, 마찰력, 전자제어캘리퍼, ESS, 친환경제동, 회생제동, 공기제동, 에너지효율, Trailer-car, 회생제동기술, Trailer-car, 에너지효율	92	5
	A22	첨단 신소재 적용 철도차량 차체 및 부품 경량화 기술	차체경량화, 에너지효율향상, 유지보수, 난연마그네슘합금, 최적설계, 차체강성, 에너지효율, 유지보수, 차체경량화, 안전성, 철도차량, 신소재, 경량화, 난연마그네슘, 에너지효율향상, 유지보수, 신소재, 경량화, 마그네슘, 에너지효율, 유지보수	90	6
	A13	실시간 주행환경감응형 스마트철도차량 능동제어기술	능동제어, 능동현가, 승차감, 진동저감, 주행안전성, 고속열차, 능동현가, 진동, 승차감, 댐퍼, 제어, 실시간현가제어, 승차감개선, 능동현가, 차체진동, 지능대차, 주행장치, 스마트철도, 능동현가제어, 주행환경감응, 주행안전성향상, 진동저감, 현가장치, 능동제어, 실시간, 감응형, 스마트, 철도차량	81	7
	A23	철도차량 현가장치 동적특성을 고려한 유지관리 기술	유지보수, 현가장치, 철도안전, CBM, 기술기준, 현가장치, 유지관리, 주행안전, 진동, 승차감, 현가장치신뢰도, 표준스프링, 댐퍼특성, 마운팅분석, TBO, 주행장치, 유지관리기준, 현가장치, 사용연수기준답면, 주행안전성, 노후차량의안전성확보, 유지관리기술, 체계적, 현가장치, 철도차량, 동적특성, 안전확보	75.5	8
	A23	고속열차 감/가속 특성 향상을 위한 능동형 추진/제동 통합 제어시스템 기술	추진제어시스템, 제동제어시스템, 능동형, 고속철도, 통합제어, 고속열차, 능동추진제어, 능동제동제어, 정시성, 제동거리, 순간출력, 고속차량, 능동형, 제동장치, 고속철도, 추진, 제동, 통합제어, 정시성, ATO, 응하중제어, 부스팅, 제동블렌딩, 고속차량, 정시성, 통합제어, 추진제동통합, 능동제어, 동특성분석, 정시성향상, 통합제어시스템, 추진제동, 주행상황, 가감속, 승객편의성, 고속열차, 능동제어	71.5	9
	A13	철도차량용 프라이머리 스프링 부식기술	안전성, 승차감, 철도차량용스프링, 1차현가장치, 동적특성변수, 부식, 안전성, 승차감, 진동저감, 내구성, 유지보수, 철도차량, 안전성, 승차감, 프라이머리스프링, 핵심기술, 철도차량, 안전성, 1차현가장치, 스프링, 부식	67	10
	A32	도시철도 차량용 출입문시스템 표준화 기술	도시철도, 출입문시스템, 표준화, EN14752, 제어장치, Safety, 표준화, Life Cycle, 신뢰도, 출입문시스템, 철도차량, 출입문, 표준화, EN14752, 제어장치, 도시철도, 출입문, EN14752, 제어기술, 표준화	66	11
	A52	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 관절장치 기술	저상트램, 차량간연결장치, 고강도, 경량화, 모듈형, 경량화, 안전성, 유지보수, 고강도, 내구성, 철도차량, 고강도, 경량화, 모듈형, 저상트램, 연결장치, 고강도, 경량화, 저상트램, 관절장치, 신뢰성	64	12
	A14	차세대선형와전류제동기술 (점착력무관)	와전류제동, 제동시스템, 제동거리, 비점착, 제어기술, 고속열차, 와전류제동, 블렌딩제어, 점착력무관, 제동거리, 제동장치, 와전류제동, 고속철도, 제동, 와전류, 제동거리, 블렌딩, 레일식와전류, 비점착제동, 선형와전류제동, 전기제동, 친환경제동, 혼합제동, 와류전동제동기술, 점착력기반제동, 블렌딩제어, 제동거리단축, 고속열차제동, 제동기술, 선형와전류, 점착력무관, 블렌딩제어, 제동거리단축, 고속열차	61.5	13

L2	분류 코드	기술명	키워드 목록	환산 점수	순위
	A15	철도차량 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 기술	반도체변압기, 컨버터, 인덕턴스, 고효율, 경량화, 일체형, 경량화, 능동소자, 반도체변압기, 컨버터제어, 반도체, 변압기, 컨버터, 일체형, 경량화, 지능형반도체변압기, 소형화, 효율향상, 기변주파수변압, 고조파보상, 경량화, 부품	58	14
	A11	철도부품장치 규격화 시스템 구축기술	표준화, 안전성, 신뢰성, 철도부품, 규격화, 철도차량부품, 표준화, 부품구성체계, 모듈화, Reliability, 철도차량, 부품장치 규격화, 안전성, 신뢰성, 철도차량, 부품규격, 안전성, 신뢰성, 장치	57.5	15
	A11	빅데이터 기반 차량/인프라 장애/결함 예측기술	빅데이터처리, 장애결함, 안정성향상, 유지보수, 신뢰성, 철도차량, 빅데이터, Reliability, Safety, Maintenance, Fault Defect, 철도차량, 빅데이터, 장애결함, 유지보수, 안전성, 빅데이터, 차량관리, 유지보수, 결함진단, 자동관리, 빅데이터, 유지보수, 장애진단, 인공지능, 결함관리, 철도차량	57	16
	A25	초경량 저소음 능동형 팬터그래프 기술	경량화, 저소음, 초경량, 능동, 팬터그래프, 경량화, 제어, 초경량, 저소음, 팬터그래프, 능동형, 초경량, 경량화, 소음, 능동, 팬터그래프, 경량화, 저소음, 팬터그래프, 능동형, 초경량, 경량화	57	16
	A13	초음파 신호 측정을 통한 차축 베어링의 결함 감시 관제시스템 기술	진동감시, 온도감시, 유지보수, 차축베어링, 대차부품, 모니터링, 유지관리, 진동, 온도, 스미트, 차량하부상태진단, 적외선열화상, 레이저센서, 모니터링, 진단시스템, 차량하부부품, 부품진동감시, 온도감시, 유지보수비용, 실시간감시기술, 스마트철도, 감시, 온도, 베어링, 주행장치, 안전성향상, 유지보수비용최소화, 비용최소화, 진동	56.5	18
	A15	철도차량용 전기공급장치 고효율화 및 모듈화 기술	전기공급, 고속, 모듈화, 고속열차, 전기공급, 에너지효율, 고속철도, 효율성, 모듈화, 고속열차, 효율성, 모듈화, 전기공급, 전기공급, 철도차량, 고속철도, 고속열차, 효율성, 모듈화, 전기공급	56	19
	A24	분산형고속열차진동저감 및 활주방지 시스템 고도화 기술	활주방지, 고속철도, 제동ECU, 제동시스템, 분산형, 고속열차, 활주방지, WSP제어로직, Dump valve, TSI, 고속차량, 제동장치, 활주방지, 분산형, 분산형고속철도, 활주방지, dump valve, WSP, 답면찰상, 활주제어, SKID, 차륜유지보수, 제동장치, 활주방지시스템, 유럽기술수준, 분산형 고속열차, 제어로직, dump밸류, 활주방지시스템, 고도화, 유럽기술수준, 분산형, 고속열차	49	20
	A32	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 기술	철도전장품, 상호호환성, 개방형, 통합제어시스템, 표준화, 표준화, 개방화, 호환성, 유지보수, 통합제어시스템, 철도차량, 전장품, 상호호환성, 개방형, 통합제어, 표준화, 전장품, 플랫폼, 상호호환성, 개방형, 통합제어	48.5	21
	A15	신 전력소자 (와이드밴드갭소자, SiC 전력반도체 등) 적용 고효율 추진제어 전력변환기술	WBG, 전력반도체, 고효율, 소형화, 냉각, 와이드밴드갭소자, 신소재전력소자, 전력변환기, 전력변환기술, 고효율, WBG, 신소재, 전력소자, 전력변환회로, 철도차량, GaN, SiC, 출력밀도향상, 경량화, 고효율전력변환기, 반도체, 반도체	41.5	22
	A32	장애물 감지센서에 의한 전동차 출입문 신속 개폐 장치기술	전동차출입문, 감지센서, 안전운용, 승객안전, 제어장치, 안전성, 작동신뢰성, 유지보수, 센서감지성능, 작동속도, 철도차량, 장애물, 감지센서, 출입문, 개폐장치, 안전성, 장애물, 감지센서, 전동차, 출입문, 개폐장치	40.5	23
	A32	도시철도 차량용 방송/표시기 통합시스템 표준화 기술	도시철도, 방송표시기, 표준화, 가독성향상, 장치제어일원화, Passenger Information System, 표준화, Integrated PIS, Safety, 신뢰성, 철도차량, 도시철도, 방송표시기, 통합시스템, 제어, 일원화, 도시철도, 방송장치, 표시기, 제어일원화, 표준화	39	24
	A15	철도차량용 통합형 (추진제어장치/보조전원 장치) 전력변환장치 기술	모듈형설계, 분산제어, 일체형전원, 병렬운전, 경량화, 통합형전력변환장치, 경량화, 에너지 효율화, 추진제어, 보조전원장치, 추진전력, 보조전력, 통합형, 전력변환장치, 철도차량, 인버터경량화, 대전력제어, 효율향상, 통합형전력변환장치, 추진및보조전원장치연계	34.5	25
	A25	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 기술	드라이빙기어, IPMSM, 추진제어인버터, 마그네틱기어, 경량화, 경량화, 마그네틱기어, 추진시스템, 동기전동기, 제어기술, 마그네틱기어, 동기전동기, 제어시스템, 철도차량, 추진장치, 마그네틱기어, 비접촉힘전달, 영구자석배열, 비접촉공극강성, 부하대응제어기술	34	26
	A23	고속차량용 감속기 베어링 기술	감속기, 베어링, 고속열차, 동력전달시스템, 기어, 모니터링, 유지관리, 진동, 온도, 스미트, 감속기베어링, 토크특성, 감속기장치, 동력전달장치, 샘플링검사, 고속차량, 감속기베어링, 원인분석, 고장분석, 고속차량, 베어링, 감속기, 고속차량, 차량운행불가, 원인분석	32	27
	A35	급속충전기반 ESS 추진 제어 기술 (ESS 일체형 추진 인버터 등)	1MW급속충전, ESS추진, 에너지저장, 30초이내충전, 인버터ESS, 공진형DC-DC컨버터, ESS, 급속충전, 역사충전, 고효율, 인프라이절감, ESS, 급속충전, 추진제어, 효율향상, 비용절감, ESS, 충전, 급속, 추진장치, 트램, 전동차, BMS, PCS, 회생에너지회수, 시스템설치비용경감, 배터리모듈, 컨트롤러, 회생에너지저장	31.5	28

L2	분류 코드	기술명	키워드 목록	환산 점수	순위
	A32	기밀성 향상을 위한 포켓 슬라이딩 방식 출입문 모듈화 및 표준화 기술	도시형, 포켓슬라이딩, 기밀성, 저소음, 안전성, 소음저감, 저진동, 안전성, 출입문제어장치, 노화경화특성, 철도차량, 출입문, 기밀성, 포켓슬라이딩, 도시형, GTX, 기밀성, 포켓슬라이딩, 출입문, 도시형, GTX, 출입문, GTX	31	29
	A51	Door-to-Door 운행 기반 무인 개폐용 소형 수송수단 시스템 기술	소형화, 수송, 무인, 통합제어, 문전, 신교통, 소형화, 개인용, 제어, 수송, 무인, 통합제어, 수송, 운행기반, 문전, 무인, 수송수단, 무인, 통합제어, 문전	29.5	30
	A53	한국형 모노레일 주행장치 기술	모노레일, 주행장치, 주행안전성, 승차감, 기술기준, 모노레일, 대차, 현가장치, 과좌식모노레일, 안정성, 동적거동, 운행속도, 안내장치, 경전철, 모노레일, 주행장치, 한국형, 독자개발, 모노레일, 주행장치, 한국형, 독자	29.5	30
	A11	철도차량 지능형 센싱 및 유지관리 자동화 시스템 기술	자동화, 통합, 통합제어, 자동화, 유지관리, 자동화, 통합, 유지보수, 차량, 통합, 차량, 대차, 시스템, 통합, 자동화, 통합, 시스템, 유지관리, 유지, 관리, 차량, 관리, 유지, 차량, 유지, 유지관리, 통합제어, 신뢰성, 조합, 센싱, 시스템, 센싱, 통합제어, 센싱	29.5	30
	A21	초고속 자기부상 핵심기술	부상기술, 추진기술, 주행안전화, 기밀유지, 운행제어기술, 부상기술, 추진기술, 서스펜션, 차량진동제어, Safety, 초고속, 자기부상, 하이퍼루프, 핵심기술, 철도차량, 초고속, 자기부상, 진공튜브, 하이퍼루프	27.5	33
	A12	국내 고유모델의 다단계 푸즈 내장형 동력전달 축 기술	동력전달축, 안정장치, 다단계, 푸즈내장형, 과부하, 안전성, 유지보수, 내구성, 동력전달, 철도차량, 동력전달, 다단계푸즈, 내장형, 안전장치, 구동축, 다단계푸즈, 수입대체, 유지보수, 철도사고	27	34
	A23	레일과 접촉주행하는 철도차량 차륜담면에 대한 동적성능을 고려한 유지관리 기술	차륜, 삭정, 담면프로파일, 주행안전성, 승차감, 대차진동, 차륜담면, 유지관리, 주행안전, 진동, 승차감, 프로파일, 차륜레일접촉, 삭정주기, 차륜담면손상, 크리프곡선, 차륜관리, 차량담면유지관리, 차량담면동적성능, 최적설계, 차륜삭정주기도출, 안전운행확보, 차륜담면, 유지관리, 삭정량저감, 경제삭정, 동적성능, 철도차량, creep curve	27	34
	A21	하이퍼튜브 초고속철도 기술	부상기술, 추진기술, 주행안전화, 기밀유지기술, 운행제어기술, 기밀유지, 부상기술, 추진기술, 튜브내주행안전화, 아진공튜브, 아음속캡슐운행제어, 초고속철도, 하이퍼튜브, 아진공, 차세대초고속, 1000km/h, 초고속, 진공튜브, 하이퍼, 차세대, 아진공, 하이퍼튜브, 초고속, 아진공, 자기부상, 기밀	23.5	36
	A15	전기식 스크류타입 판토틀레프 상승장치 기술	전기모터구동, 스크류타입, 절연설계, 상승하강제어, 비상하강, 무가선방식, 팬터그래프, 스크류타입, 전기식, 철도차량, 무가선, 팬터그래프, 전기식충전, 철도차량, 제어, 무가선집전, 에너지손실저감, 에너지효율향상, 비접촉전력전달기술, 시스템경량화	23	37
	A12	철도차량용 친환경 컴팩트형 고효율 공조시스템 기술	고속철도, 친환경, 지속가능, 컴팩트형, 공조시스템, 공조효율, 환경영향도, 에너지효율, 소음저감, Cost, 철도차량, 고속철도, 친환경, 컴팩트, 공조시스템, 송풍용량, 제트기류, 송풍기, 친환경냉매, 환경개선, 공조시스템, 친환경, 냉매	20	38
	A33	저상트램용 고내구성 구동시스템 기술	트램, 내구성, 구동기어, 2단감속, 대차, 저상트램, 구동기어, 설계, 경량, 저소음, 감속장치, 동력전달, 구동기어, 내구성, 트램, 저소음, 1단감속, 2단감속, 저상트램용, 고내구성구동시스템, 저소음구동기어, 구동기어, 1단감속, 저소음, 경량, 저상트램	20	38
	A23	동력분산식 고속철도 동력전달시스템(드라이빙 기어) 제작 기술	고속열차, 동력분산식, 주행장치, 기어, 동력전달시스템, 드라이빙기어, 유지관리, 윤활성능, 라비린스, 기어설계, 더스트가이드, 브리드, 저소음, 드라이빙기어, 국산화, 누유개선, 수분유입방지, 성능검증시험, 동력전달시스템, 국산화, 누유개선, 수분유입방지, 동력분산식, 고속철도	19.5	40
	A25	고용량 대출력 철도용 히토피터저감형 영구자석동기 전동기기술 (네어디움 영구자석 활용기술)	영구자석전동기, PMSM, 히토피터, 전폐형냉각, 네오디뮴, 효율향상, IPMSM, 철도차량용, 속도센서, 냉각, 소형화, 대출력, 네어디뮴, 영구자석, 효율향상, 히토피터, 고용량, 히토피터, 네어디뮴, 영구자석, 전동기, 대용량, 비히토피터영구자석전동기, 페라이트영구자석, 전동기출력밀도향상, 전동기중량저감, 전동기효율향상	18	41
	A21	대용량 수송용 초고속 2층 철도시스템 기술	급행열차, Value engineering, 신호체계개선, 사용체계개편, Moving Block, System, 2층고속객차, 기속성능, 에너지효율, 장대화, 승차감, 철도차량, 고속객차, 대수송량, 수요증대, 선로이용율, 대수송량, 고속객차, 수요증대, 선로이용율, 한국형	14.5	42
	A11	다종 철도차량 생산을 위한 다품종 소량 제작시스템 기술	부품표준화, 생산단가, 납기단축, 가격경쟁력, 품질확보, 유연성, 3D프린트, 품질관리, Safety, 생산시스템, 철도차량, 다품종, 소량생산, 시스템구축, 3D프린트, 다품종, 철도차량, 생산기술, 소량생산, 제작, 철도차량, 다품종, 3D프린트, 소량생산, 컴팩트, 생산관리	11.5	43
	A45	초전도 추진 전자석 및 전동기 설계 및 해석기술	초전도소재, 부상전자석, LSM, 고자기장, 고출력밀도, LSM, MLX, 초전도전류스위치, Quench, 초전도선재, 고자기장, 전자석, 극저온, 전동기설계, 초고속, 자기부상철도, 전자석, 전동기, 설계해석, 고출력밀도, 교류손실저감, 퀘치, 극저온냉각, 초전도선재	11.5	43

L2	분류 코드	기술명	키워드 목록	환산 점수	순위
	A11	내구연한 경과 전동차 리노베이션 기술	신뢰성검증, 정밀진단, 리노베이션, 내구수명, 사용내구연한, 경제성, Safety, 철도차량내구수명, 리노베이션, 철도차량, 내구연한, 리노베이션, 노후전동차, 차량교체, 노후차량, 교체수요, 경제성, 차량교체, 리노베이션, 차량	11	45
	A12	동절기 객차 동결방지 기술	객차, 동결방지, 배관동결, 수분제거, 수분제거, 결빙방지, 유지보수, 철도차량, 동절기, 동결방지, 무기압구간, 수분잔류, 수분제거, 차륜삭성, 동절기, 동결방지, 수분제거, 급배수	9.5	46
	A15	수소연료전지 기반 철도차량 추진제어시스템 기술	수소가스, 수소충전, 가스안전, 화재진압, 내진설계, 수소연료전지, 충전인프라, 철도차량, 연료전지, 수소충전기, 인프라, 철도차량, 시스템화, 고효율에너지, 친환경에너지, 인프라구축비용, 수소액화기술, 극저온냉각	9	47
	A31	무인운전/무선급전/무형 궤도 원격조정형 트램 시스템 기술	무인운전, 무선급속충전, 자율주행, 철도차량, 고주파전력변환, 차량제어, 비상출입문제, 급전시스템효율, Safety, 철도차량, 무인운전, 무선급전, 유연성, 자율운행, 무인운전, 무선급전, 유연성, 자율운행, 철도차량, 무인운전, 무선급전, 자율주행, AI, AI, 중앙제어, 신호, 열차폐쇄	9	47
	A11	CAE(computer aided engineering)를 활용한 철도차량 설계기술	설계환경구축, 설계자동화, 3DCAD, 철도차량부품, CAE, 모델화, CAM, 설계BOM, 표준화, 철도차량, 설계기술, CAE, 차량부품, 정리, D/B, CAE, 차량부품, 설계기술, 철도차량, 보급	7	49
	A54	저상트램용 고성능 유압제동시스템 기술	유압제동, 저상트램, 제동시스템, 도시철도, 공기제동, 유압제동, 트램, 대차, 기초제동, 제동시스템, 트램, 제동장치, 유압제동, 저상트램, 유압제동, 교호율, EN13452, 조합제동, Passive, Active, 유압제동, 트램, Electro hydraulic brake, 유압제동기술, 저상트램용, 고감속제동, 교호율제동, 도시철도차량, 제동시스템, 유압, 교호율, EN13452, 저상트램, 고감속, EH	6.5	50
	A12	철도차량기밀도향상및평 가기술	철도차량, 기밀도, 터널진입, 승객편의, 미기압과, 이명도, 기밀도, 압력변화, 철도차량, 기밀도, 터널, 승객, 편의성, 철도차량, 기밀도, 터널진입, 승객편의성, 고속차량	6.5	50
	A31	기종점(Door to Door) 레고형 교통수단 및 운영 시스템기술	교통약자, 가변형, 개인용교통수단, 운영시스템, 자율주행, 시설간연결성, Flexibility, Safety, 이동편의, 교통복지, 고려자, 교통약자, 교통복지, 개인용교통수단, 운영시스템, 교통약자, 편의성, 운영, 복지, 가변형	4.5	52
	A12	밀폐형 고무완충기 기술	진동소음, 고무완충기, 밀폐형, 동적특성, 완충기, 진동특성, 내구수명, 노화경화특성, 고무강도, 완충성능, 철도차량, 고무완충기, 밀폐형, 선호도, 글로벌시장, 고무완충기, 밀폐형, 글로벌, 고성능, 연결기	0	53
	A25	철도차량용 DC1,500V급 지능형 고속도차단기 기술	직류가선, VCB, 위상제어, 전압센서, 전류센서, DC차단기, 고속도차단기, 지능형차단기, 고전압, 철도차량용, 차단기, DC, 고전압, 철도차량, 1500V, 절연재료, 차단용량, 차단시간, 단락전류, 퓨즈	0	53
	A55	수소저장용기 설계 및 제작기술	고압저장용기 안전설계, 이중화설계, 철도차량, 재충전, 수소연료전지, 수소저장용기, 철도차량, 수소, 저장, 저장용기, 철도차량, 안정화, 수소저장, 수소저장합금, 열전달특성, 수소저장효율, 수소이동, 수소방출	0	53
철도 시설	B11	상태평가 기반 궤도평가 및 유지보수 장비 기술	Track, Maintenance, Estimation, Evaluation, 빅데이터, 빅데이터, 상태평가, 궤도, 유지보수, 유지보수장비, 빅데이터, Assessment, Track, Maintenance, Equipment, 상태기반유지보수, 빅데이터, 궤도상태, 궤도유지관리, 보수장비, Condition Based Maintenance, 빅데이터, Track Quality, Track Maintenance, Maintenance Equipment, 빅데이터, 딥러닝, 인공지능, 데이터마이닝, 종합검측기술, 빅데이터, deep learning, artificial intelligence, data mining, integrated measurement technology	143.5	1
	B21	IoT기반 철도 전기설비상태정보 공유시스템 기술	IoT, 빅데이터, 센서, 상태진단, 유지보수, 효율화, IoT, 설비진단, 자산관리시스템, 유지보수, 빅데이터, 철도전기설비, IoT, 센서, 철도전기설비 상태공유, 설비진단, 자산관리, IoT센서, IoT통신네트워크, 실시간상태진단, 유지보수, 빅데이터, IoT, 철도전기설비, 상태진단, 자산관리, 빅데이터, 유지보수, 최적화	136	2
	B21	전기철도 급전계통 해석용 실시간 시뮬레이터 기술	전기철도, 시뮬레이터, 신재생에너지, 급전계통, 전력품질, 신재생에너지, 급전계통, 실시간해석기술, 계통연계, 계통모델링, 계통해석, 신뢰성, 실시간시뮬레이터, 전기철도, 급전계통, 경제성, 신뢰성, 전력품질, 실시간전력해석시뮬레이터, 스마트전력기술, 에너지저장장치, 직류철도에너지효율, 에너지관리시스템, 경제성분석, 철도급전시스템, 계통해석, 실시간, 시뮬레이터, 전기철도, 전력량, 피크전력, 신뢰도분석	120	3
	B21	철도급전계통전력품질해 석및개선기술	전력품질, 전기철도, 급전계통, 전기철도, 전원설비, 전력품질, 계통해석, 급전계통, 대책설비, 계통모델링, 급전계통, 전력품질, 해석기술, 철도부하, 전원설비, 고조파, 고조파, 불평형, 역률, 플리커, 전력품질해석, 전력품질진단, 철도급전시스템, 전력품질, 고조파, 3상불평형, 계통해석, 역률, 전력품질개선	88	4

L2	분류 코드	기술명	키워드 목록	환산 점수	순위
	B31	고밀도 운행을 위한 열차간격 제어기술 (이동폐색을 이용하여 선행열차와 후속열차간 안전간격제어)	이동폐색, 열차간격제어, 안전간격, 무선통신, 일반철도, 고속철도, 열차검지, 열차속도, 무선통신, 열차무결성, 열차간직접통신, 열차간협력제어, 양방향이동통신, 실시간열차위치추적, ATP열차간격제어, 안전, 이동폐색, 도시철도, 무선, IoT, 위치검지, 무선통신, 열차간격제어알고리즘, Safety Related S/W, Safety Related H/W, internet of train	84.5	5
	B23	고효율 전력공급 네트워크 개발 기술	상태진단, 급전계통, 전기철도, 마이크로그리드, 고효율, 전력시스템, 마이크로그리드, 급전계통, 무선급전, 효율향상, 계통해석, ICT, 고효율, 직류마이크로그리드, 무선급전, 급전계통, ICT, 자동화, 무선급전장치, 철도전력망해석기술, 에너지저장장치, 에너지관리시스템, 실시간통신네트워크, 전력시스템자동화, 철도급전시스템, 스마트그리드, 마이크로그리드, ICT기반, 전력자동화, 전력효율	81	6
	B21	On-line 정보 에너지관리 네트워크 기반 열차운행 모드제어 기술	친환경, online, 열차제어, 자동제어, 네트워크, 실시간제어, 실시간, 에너지절감, 열차운행, 계통해석, 최적화, 급전계통, 온라인, 에너지관리, 네트워크, 열차운행모드, 에너지절감, 시스템최적화, 차량관제, 전력관제, 실시간전력해석, SCADA, 실시간통신장치, 실시간감시, 열차운행모드, 차량운행전력, 급전시스템, 실시간제어, 철도전기차량, 계통해석	77	7
	B23	신재생에너지 및 ESS 연계 기반 철도전력망의 마이크로그리드 시스템 구축기술	신재생에너지, ESS, 마이크로그리드, SCADA, 친환경, 신재생에너지, ESS, 마이크로그리드, 급전계통, 최적화, 계통연계, 신재생에너지, ESS, 철도전력망, 마이크로그리드, 에너지최적화, 신비즈니스, 신재생에너지, 에너지저장장치, 전력변환시스템, 실시간전력해석, 에너지관리시스템, 철도급전시스템, 신재생에너지, ESS, 마이크로그리드, 에너지효율, 스마트그리드	75.5	8
	B11	IoT기반 무침하 철도노반 건설기술	Railway Subbase, RailroadBed, Settlement Free, Track, IOT, 사물인터넷, 무침하, 노반, 철도, IOT, No sink, roadbed, railroad, 철도노반, 침하, 침하억제/복원, IoT, 유지보수, Railway Roadbed, Settlement, Settlement Restrain Recovery, Internet of Things, Maintenance, 실시간모니터링기술, 다중센서통합기술, 신소재노반재료, 데이터마이닝, 노반침하제어기술, real-time monitoring, echnology, multi-kind sensor integration, new trackbed material, data mining, trackbed settlement control technology	75	9
	B21	전기철도 급전계통 고장해석 및 보호제어 기술	상태진단, 급전계통, 전기철도, 사고예방, 유지보수, 급전계통, 고장해석, 계통해석, 계통모델링, 보호, 시뮬레이션, 급전계통, 고장해석, 보호제어, 전기철도, 급전사고, 검출, 고장계산, 보호계전기, 보호협조시스템, 계전기정정, 고장점분리, 철도급전시스템, 계통해석, 보호제어, 고장해석, 전기철도	71	10
	B11	400km/h급 고속철도 인프라 기술	Railroad Infrastructure, 1000km/h, Ultra High Speed Train, Bridge, Track, 철도, 인프라, 고속철도, railway, Infrastructures, High-speed railway, 고속철도, 철도교량, 철도터널, 철도노반, 철도궤도, High Speed Railway, Railway Bridge, Railway Tunnel, Railway Roadbed, Railway Track, 무조인트교량시스템, 분기시스템, 공기항력, 광폭궤도, 주행안전, jointless continuous bridge system, turnout system, air drag, wide gauge track, running safety	68.5	11
	B31	자율주행기반 차상신호제어기술(지상의 제어서버없이 열차간협업에 의해 열차 스스로 자신의 안전한 주행을 제어)	무인프라, 단대단지역, 위치검지, 지연최소화, 자율주행, 차상신호, 열차제어, 비용절감, 열차간협업, 간격제어성능향상, 수송용량, 구축비용, 열차위치검지, 실시간전송, 열차무결성, 무인자동운행, 양방향이동통신, 분산형제어알고리즘, 보안통신기술, 열차간정보공유, 안전, 차상중심, 자율주행, 설비감축, 위치검지, 무선통신, 자율주행알고리즘, Database최적화, 안전성검증	68.5	11
	B31	인공지능기반 무선통신을 활용한 자율주행기술	인공지능, 무선통신, 자율주행, ATO, 운전사, 자동열차운전, 자동운전, 유연성, 열차동특성, 양방향이동통신, 센싱, 열차간직접통신, 무인자동운행, 인공지능, 인공지능, 운전학습, 차량동특성, AI, 기관사운전, 이상상황대처, 무선통신, 시스템평가, 운용시나리오, 모델링, 모델링	68.5	11
	B12	InSAR 관측을 이용한 고속철도의 지반침하 분석 및 위험성 평가기술	위성SAR, 지반, 구조물, 변위모니터링, 조기검지, Satellite, SAR, Displacement, slope, Structure, overall, 위성 sar, 철도시설물, 변형, 모니터링, 지반, 변형, 위성SAR, 철도시설물, 변형감지, 조기검지, 변위모니터링, SAR, 위성기술, 철도시설, 변형감지, 변상모니터링, 지반변형, sar, 영상화기법, 레이더측량기법, 시설관리, 변형감지	66	14
	B11	합성수지 침목 제조기술	Sleeper, Composite, New Material, Track, Railroad Infra, 합성재료, 침목, 궤도, composite materials, tie, track, 철도궤도, 합성재료, 합성침목, 친환경재료, 유지보수, Railway Track, Composite, aterial, Composite Sleeper, Eco-friendly Material, Maintenance, 합성재료, 재활용소재기술, 경제성, 합성침목보수기술, 내후성재료, composite material, material recycle technology, cost effectiveness, composite sleeper repair technology, weather durable material	64	15

L2	분류 코드	기술명	키워드 목록	환산 점수	순위
	B15	게이트리스/티켓리스기반 이용자 이동정보 제공기술	개찰구, 게이트, 출입문, 이용자, 이동정보, 티켓, 실시간, 표준화, IoT, 게이트리스, 티켓리스, IoT, 이용자, 정보제공, 이동정보, 위치감지, 실시간, 게이트, 티켓, 인공지능, 철도시설, 역사, 위치감지	61.5	16
	B23	대용량 철도 수소연료전지기반 급전시스템 기술	수소연료전지, 친환경, 에너지저장, 급전시스템, 차세대, 신재생에너지, 신재생에너지, 수소연료전지, 급전계통, 계통연계, 계통해석, 수소연료전지, 신재생에너지원, 에너지저장, 급전계통, 대용량, 급전시스템, 수소연료전지, 전력변환장치, 에너지저장장치, 협조제어알고리즘, 철도급전시스템, 연료전지, 신재생에너지, 에너지효율, 스마트그리드	57.5	17
	B11	철도 노후 인프라 보수/보강 및 개량기술	개량, 철도터널, Maintenance, 보수, 개량, 급속, 개량, 교량보강, 궤도, 급속, 궤도평가, 급속, 철도교량, 노반구조물, 노후화, 보수, 빅데이터, 스마트현장관리, 시공장비, 유지보수, 인프라, 철도교, 빅데이터, 철도교, 철도궤도, 철도노반, 터널, 평가기술	54.5	18
	B13	철도용 초장대 철도교량 기술	Long Span Bridge, Railroad Bridge, Sustainable Bridge, Prestressed Concrete, New Bridge, 철도교, 장경간, 장수명, 내구성, Railway bridge, Long-span, Long-life, Durability, 철도교량, 장경간교량, 내구성, 유지보수, 고속철도, Railway Bridge, Long Span Bridge, Durability, Maintenance, High Speed Railway, 고성능콘크리트, 신재료, 합성재료, 일체형교량, 시공기술, high performance concrete, new material, composite material, integrated bridge, construction technology	54.5	18
	B31	지능형 열차 자율주행 기술	자율주행, 상황인지, 판단제어, 주행상황, 열차스스로, 정보수집, 정보분석, 센싱, 데이터추출, 인공지능기술, 양방향무선통신, 열차간정보공유, 안전, 주변인지, 자율주행, 위치검지, 선행열차위치, 자율주행, 무선통신, Pattern Recognition, 인지알고리즘	54.5	18
	B31	열차 운행 무중단 무선통신기반 기존 열차제어시스템 개량 최적화 기술	신호개량, 무선통신, 기존열차제어시스템, 신규열차제어시스템, 영업운영에 지장없는, 열차제어시스템, 상호운영성, 표준화, 비용절감, 무선제어모듈구현, 기존/신규제어인터페이스, 통신모뎀, 열차제어, 혼용운영, 안전, 무중단, 개량, 궤도제거, 무선, 위치검지, 무선통신, Safety Related S/W, Safety Related H/W, 무선열차제어알고리즘	54	21
	B11	소음진동 저감용 스마트 궤도시스템 기술	노반, 궤도, 노반, 광폭궤도, 궤도, 플로팅레일기술, 궤도, 도상, 레일, 매립궤도시스템, 스마트, 신형식궤도, 철도궤도, 철도시설, 침목, 궤도, 침목, 콘크리트궤도, 스마트, 프리캐스트플로팅궤도시스템	51	22
	B11	아스팔트 재료를 이용한 자갈도상 궤도 생력화 기술	Ballast Track, Maintenance, Rehabilitation, Railrad Infra, Railroad, 궤도, 생력화, track, maintenance-free, 철도궤도, 생력화궤도, 레일, 침목, 도상, Railway Track, Maintenance-free Track, Rail, Sleeper, Ballast, 급속궤도시공기술, 프리캐스트궤도시스템, 무보강콘크리트궤도시스템, 천이구간궤도, 콘크리트도상보수기술, rapid track construction technology, precast track system, reinforcementless concrete track system, transition track technology, concrete ballast repair technology	50	23
	B31	이동폐색기반 일반(광역) 및 고속철도 ERTMS/ETCS Level 3 국산화 기술	이동폐색, ETCSL3, 일반철도, 국산화, 고속철도, 수송용량, 비용절감, 공간통합, 자동화, 이동폐색, 무선통신, 데이터처리, 데이터분석, 실시간열차제어, 인공지능, level3, integrity, no track circuit, 개량, 통합, 운용시나리오, 서브시스템정의, 부품인터페이스, subsystem, 시스템종합평가, 시험평가	49.5	24
	B31	지능형 열차운영 & 동적경로 설정기술	자율주행, 지능형열차운영, 동적경로, 열차간협업, 열차간통신, 차상중심, 유연성, 실시간, 정보수집, 정보처리, 자율주행, 협력열차제어, 인공지능, 센싱, 다중열차최적경로탐색, 동적경로, 스케줄, 지능형, 무인, 운용시나리오, 무선통신, 선로운용상태, Safety Related S/W, Safety Related H/W	48.5	25
	B11	LCC 최소화를 위한 고성능 신소재 궤도기술	Track, LCC, Resin, Concrete, Railroad, 고성능, 신소재, 궤도, 주행로, LCC, High-performance, New-materials, Track, Runway, Life Cycle Cost, 철도궤도, 생애주기비용, 신소재, 재료과학, 고성능콘크리트, Railway Track, Life Cycle Cost, New Material, Material Science, High Performance Concrete, 복합재료기술, 초경량재료, 정밀시공, 섬유보강콘크리트, 재활용재료, composite, aterial technology, ultra light weight material, precise construction, fiber reinforced concrete, recycled material	44.5	26

L2	분류 코드	기술명	키워드 목록	환산 점수	순위
	B31	선로전환기 고속 제어기술	선로전환, 고속제어, 수송량향상, 자율주행, 차상중심분기제어, 이동폐색, 자율주행, 군집주행, 인터페이스, 실시간선로제어, 데이터분석, 양방향이동통신, 실시간선로제어, 연동장치, 고속전환, 선로전환기, 수송량극대화, 분기기동특성, 고출력모터기술, 고속가감속, 내환경기술, 시험평가, 선로전환기, 인터페이스	44	27
	B31	고속/일반철도용 무선 신호제어시스템 기술	ICT, 신호제어, 열차인지, 속도감시, 스마트스케줄링, 지능형능동관제, 무선통신, ICT, 열차제어, 관제, 열차이동성인지, 열차위치인지, 열차간격제어, 사물인터넷, 자율주행, 인공지능, 스마트, 관제, 지능형, 통신, 열차추적, 위치검지, 열차운용시나리오, 시스템구현, 안전성도입, 시험평가	43.5	28
	B33	T2T통신기술 (기지국을 거치지않고, 저지연으로차량-차량간 직접통신)	열차간직접통신, 고출력전송, SDR, 간섭최소화, 수신성능, 차상단말솔루션, 단말기직접통신, 열차간직접통신, 열차간직접통신, 인접열차상호인지, 실시간열차위치추적, 장거리직접통신, 다중홈이동통신, virtual coupling, T2T, 선행열차자동인지, 에러율최소화, 위치검지, 무선통신, T2T통신, Safety Related S/W, Safety Related H/W	43.5	28
	B11	대륙간 초고속 이동이 가능한 1000km/h급 열차 인프라 기술	Railroad Infrastructure, 1000km/h, Ultra High Speed Train, Bridge, Track, 초고속, 튜브, 터널, 고속철도, Hyper-speed, tube, tunnel, Hyper-railway, 초고속철도, 1000km/h, 철도교량, 철도터널, 철도노반, 철도궤도, Super High Speed Railway, 1000 km/h Railway, Railway Bridge, Railway Tunnel, Railway Roadbed, Railway Track, 진공튜브, 정밀시공, 주행안전, 기밀, 자기부상, vacuum tube, precise construction, running safety, turnout system, maglev	43	30
	B23	대용량 무선전력 전송 기술 기반 전력공급 기술	무선급전, 자기부상, 하이퍼튜브, 비접촉, 차세대, 무선전력전송, 급전계통, 설계기술, 해석기술, 전력변환, 효율향상, 대용량, 무선전력, 비접촉, 전력공급, 철도차량, 전송기술, 대용량무선급전장치, 무선급전장치상태진단, 무선급전장치유지보수, 무선급전장치효율개선, 전력공급, 철도급전시스템, 무선전력공급, 비접촉, 철도전기차량, 차량운행전력, 신뢰성분석	43	30
	B31	열차 가상 자동분리 결합기술	가상연결해제, 군집주행, 직접적인통신, 수송량극대화, 주행중분리결합, 수송용량, 자동운전, 무결성, 선로장치제도로, 자동군집주행, 열차간직접통신, 실시간센싱정보처리, 실시간열차위치추적, 협력열차제어, 주행중분리결합, 군집주행, 가상, 수송량극대화, virtual coupling, 운용시나리오, 위치검지, 결합분리, 무선통신, 시스템평가	43	30
	B31	열차간통신(T2T)기반 무인 열차자율주행기술	열차간직접통신, 수송용량, 자동화, LTE, 단말간직접통신, 무인자동운행, 열차간협력제어, 실시간열차위치추적, 위치검지, 무선통신, 자율주행알고리즘, Safety Related S/W, Safety Related H/W	41	33
	B32	IoT기반 지능형 커넥티드 철도시스템 기술	IoT, 자동화, 표준플랫폼, IoT플랫폼, 저전력통신, IoT빅데이터처리, 센싱기술, 인공지능, 센서, 네트워크, 유무선통신, 빅데이터분석, 서비스인테이스	40.5	34
	B13	복합 신소재 활용 초경량 초소형-초장대 도시 소형캡슐차량 주행 고가구조물 기술	Railroad Bridge, Railroad Viaduct, Urban Structure, Railroad Infra, PRT, 소형캡슐차량, 고가구조물, 초장경간, 초경량, 자율주행, small capsule-typed transit, elevated-guideway, Ultra long-span, Ultra light-weight, autonomous driving, 캡슐차량, 자율주행교통시스템, PRT, 고가구조물, 장경간가이드웨이, Capsule vehicle, Autonomous Transportation System, Personal Rapid Transit, Sky-Guideway, Long Span Guideway, 저소음강재교량기술, 무조인트교량시스템, 일체형교량시스템, 분기시스템, 승강시스템, low noise steel bridge technology, jointless continuous bridge system, integrated bridge system, turnout system, elevation system	39	35
	B21	친환경 전기철도 변전설비 핵심 기자재 기술	친환경, 급전계통, 전력시스템, 전력설비, 변전설비, 친환경, 전력설비, 반도체소자, 절연설계, 전계해석, 전기철도, 친환경, 변전설비, SF6가스, 스위칭소자, 전력설비, SST, 친환경변전설비, 과도특성분석, 환경영향분석, 변전설비상태, 철도급전시스템, 전철변전소, GIS, SF6, 친환경, 전력설비	37	36
	B31	차상중심 열차위치 검지 기술(발리스등 지상의 도움없이 차량이 자체적으로 위치를 검지)	차상중심, 열차위치검지, 지상의도움없이, 가상발리스, 이동폐색, 지상장치제도로, 열차무결성, GPS수신, 양방향이동통신, 위치정보처리, 위치정보분석, 위치예측, GPS, 위성, 고정밀, RTLS, IPS, real, ime location system, indoor position system, 위치검지, 열차제어, 무선통신, Safety Related S/W, Safety Related H/W	34.5	37
	B32	스마트 철도 인프라를 위한 LTE-R 기반 IoT 통신 기술	LTE-R, 철도안전, 사고저감, LTE-R, 실시간데이터 분석, 실시간데이터처리, 인공지능, 재난통신, 응용분야선정, 전파세기해석, 프로토콜, 텔레그램, QoS확보	34	38
	B32	저전력광커버리지전송기술(지상의IoT통신제공을 위한NB-IoT통신모듈기술)	NB-IoT, 저전력전송, 단말소모전력, 폭넓은커버리지, LTE-R호환성, 저전력, IoT, NB-IoT, LPWA, 저전력통신, IoT플랫폼, 다중홈통신, 무선통신, 저전력Device, 배터리관리운용, 충전기술, NB-IoT, 운용시나리오	34	38
	B15	복합환승기반 인터모달 교통허브 구축 및 운영기술	환승, 빅데이터, 인터모달, 교통허브, 연계, 대규모, 빅데이터, 교통허브, 인터모달, 교통, 허브, 철도시설, 통합연계, 안전성, 표준화, 인터모달, 빅데이터, 교통허브, 인터모달, 교통, 허브	30.5	40

L2	분류 코드	기술명	키워드 목록	환산 점수	순위
	B11	영하 30~80℃ 극한 일교차에도 변형없는 신소재, 신공법 철도 레일 기술	Polar Construction, Temperature Deformation, Railroad Infra, Temperature Control, Track, 철도, 건설, 극한, 극서, railway, construction, cold, Heat, 극지건설, 극한지, 극서지, 유라시아철도, 우주건설, Polar Construction, Coldest Place, Hottest Place, Eurasia Railway, Space Construction, 극한환경용재료, 극한환경용케도시스템, 모래유동시뮬레이션기술, 극한환경용시공장비, 극한환경계도유지관리, materials for extreme environment, track system for extreme environment, sand flow simulation technology, construction equipment for extreme environment, track maintenance for extreme environment	30	41
	B32	철도 LTE-R망을 활용한 철도안전경보시스템 기술	서비스연동규격화, RAN sharing, 이중망연동구조, 이중망연동프로토콜, QoS관리, 이중망연동, LTE-R, 통신망연동, 그룹통신, LTE-R, 재난통신, 공공안전망, 열차간직접통신, 양방향이동통신, 무선통신, 프로토콜, 텔레그램, QoS확보, 망관리	28	42
	B13	도시 경관 친화형 초경량 도시 경전철 고가구조물(sky-guideway)건설기술	Railroad Bridge, Railroad Guideway, Long Span Bridge, Prestressed Concrete Bridge, Light-Weight Rail Transit, 경전철, 고가구조물, 장경간, 경량, 스카이가이드웨이, LRT, elevated-guideway, long-span, light-weight, sky-guideway, 경전철, 고가구조물, 장경간가이드웨이, 경량화, 유지보수, Light Railway, Sky-Guideway, Long Span Guideway, Lightening, Maintenance, 고강도고탄성콘크리트, 프리캐스트케도시스템, 프리텐션거더교량시스템, 일체형교량시스템, 무조인트교량시스템, high strength high elastic concrete, precast track system, pretension girder bridge system, integrated, ridge system, jointless continuous bridge system	25	43
	B31	virtualengineering기반 열차제어시스템 구현기술 (simulation을 이용한 시스템 구현 기술)	저비용, 기간단축, 시뮬레이터, 실시간시뮬레이션, 병렬처리, 데이터처리, 시스템모델링, 데이터분석, simulation, testing, 저비용, modeling, 실시간, 운용시나리오기술, 시스템인터페이스, virtual systems, I/Fprotocol, virtual/real systems 인터페이스	23	44
	B23	열차하중(운중/횡압) 및 철도 폐열 에너지를 이용한 에너지 수확 기술	친환경, 신재생에너지, 에너지하베스팅, 에너지절약, 압전소자, 에너지절감, 에너지하베스팅, 전력변환, 철도시스템, 무선급전, 효율향상, 하베스팅, 철도분야, 에너지절감, 소량, 센서, 자가발전, 에너지하베스팅소자, 압전소자, 열차풍, 에너지저장, 전력변환시스템, 집전, 전기철도, 소비에너지, 에너지하베스팅, 에너지절약, 재생에너지, 전력효율	21.5	45
	B22	전차선로 유지관리 및 진단 자동화 기술	전차선로, 유지보수, 진단, 자동화, 복합진단, 전차선로, 유지관리, 자동진단, 측정기술, 센서기술, 상태진단, 중고속, 전차선로, 유지관리, 진단자동화, 전기설비, 센서, 전차선로, 복합센서, 상태진단, 자동진단, 유지관리	16.5	46
	B31	대륙간 초고속 이동이 가능한 1,000km/h급 열차 신호기술	대륙간, 대륙간초고속, 1000km/h급, 열차제어, 초고속, 아진공, 정보전송, 하이퍼터브, 캡슐트레인, 초고속이동환경, 자기부상, 승객압력감소, 아진공상태구현, 아진공유지, 역인터페이스, 부상주행, 안전성, 무선통신	14.5	47
	B33	LTE-R지상장치들의 failure에도 강한 이중화시스템 기술	고신뢰성통신, 장치이중화, 커버리지이중화, 빠른절체, Dual connectivity, LTE-R, 안정성, 가용성, 경제성, LTE-R, 이동통신망구축, 통신모뎀, 양방향이동통신, 통신모듈간인터페이스, 인터페이스, 전파세기해석, 위험시나리오개발, 이중화방한, 전파위협검지, 전파위협저감	14	48
	B15	철도 교통약자 Barrier-free를 위한 무빙워크식 승하차 플랫폼 기술	Railroad Station, Traffic Weak, Railroad Infra, Traffic Facilities, Transportation Facilities, 역사, 노약자, 장애인, 이동성, station, Elderly, Disabled, mobility, 역사, 교통약자, 유니버설디자인, 환승편의, 안전, Station, The Transportation Poor, Universal Design, Transfer convenience, Safety, 이동유형, 공간정보제공, 램프디자인, 이동편의, 패턴분석, movement pattern, spatial information, apply, ramp design, movement convenience, pattern analysis	10.5	49
	B33	신호 제어시스템 사이버 보안기술	신호제어, 사이버보안, 범접식별, 통신보안, 데이터보안, 보안, 암호화, 디지털포렌식, 보안통신, 양자통신, 보안, 사이버, 안전, 사고, 테러, 위협시나리오, 위협대상시스템, 위협침입경로, 위협완화대책, 위협평가	10	50
	B33	off-networkPTT서비스기술(PTT서버도움없이그룹 사용자간PTT서비스제공)	off-network PTT, PTT agency, off-network그룹형성, off-network발언권, 저지연, 높은성능률, 호설성, 프로토콜SW, 그룹통신, 단말간직접통신, 무선그룹통신, LTE, 단말간직접통신, 인접사용자탐색, 사용자이동성, 무선통신, 운용S/W, 프로토콜, 저전력소모, 저전력소모	9	51
	B31	철도신호제어시스템 Safety Critical System 적용을 위한 SIL3인증(IEC61508) Redundancy 공통플랫폼 기술	컴퓨터플랫폼, 철도, SIL, 데이터분석, 보안컴퓨팅, 병렬컴퓨팅, 클라우드컴퓨팅, 암호화, 시스템구현, synchronization, Voting, input-output, 시험평가	0	52

L2	분류 코드	기술명	키워드 목록	환산 점수	순위
철도 운영 및 환경	C12	철도 급행화를 위한 인프라 개량 및 급속 보수보강기술	광역철도, 보수보강, 도시철도, 급행화, 광역철도, 급행화, 광역철도, 직결운행, 광역철도, 급행화, 직결운행, 급행화, 보수보강, 도시철도, 개량, 개량, 보수보강, 시뮬레이션, 보수보강, 급속, 직결운행, 도시철도, 직결운행, 급행화, 도시철도, 직결운행, 급속	140.5	1
	C23	BIG Data 기반 철도차량 및 인프라 상태 기반 모니터링 및 진단기술	철도차량, 철도인프라, 머신러닝, AI, 모니터링, 진단, Condition, Structural, Health, maintenance, monitoring, Risk, 빅데이터, 철도차량, 철도시설, 머신러닝, AI, 진단, 빅데이터, 철도차량, 머신러닝, AI, 모니터링, 진단기술, 빅데이터, 머신러닝, 인공지능, 인프라, 상태진단, 모니터링, 빅데이터, 비정형데이터, 텍스트마이닝, 모니터링, 안전진단	130	2
	C22	IoT기반 철도 위험성 사전예측 및 위험도 관리기술	철도시설, 빅데이터, AI, 위험도인식, 위험도예측, Risk, 빅데이터, Infra, history, Deterioration, Prediction, 철도, 시설물, 위험도, 빅데이터, 인공지능, 시설물, 철도시설물, 인공지능, 빅데이터, 노후화, 이력정보, 철도시설물, 이력관리, 위험도예측, 빅데이터, 분석기술, 이력정보, 빅데이터, 비정형데이터, 텍스트마이닝, 모니터링, 위험예측	127.5	3
	C12	지능형 통합 능동 관제시스템 기술	인공지능, 안전, 의사결정, 빅데이터, 실시간, 능동, 관제, 관제시스템, 모니터링, 인공지능, 관제, 안전, 진단, 실시간, 빅데이터, 인공지능, 관제, 관제시스템, 모니터링, 인공지능, 관제, 안전, 진단, 실시간	125	4
	C14	IOT기술 기반 화물차량, 화물터미널 지능화 및 화물 실시간관리 기술	IoT, ICT, 철도물류, 화물관리, 실시간, 사물인터넷, 철도물류, 실시간화물관리, 물류터미널, 지능형시스템, 사물인터넷, 실시간관리, 지능화, 화물열차, 화물터미널, 철도물류, IOT, 화차운용계획, 화물열차관제, 입환계획, 최적화, IOT, 실시간, 물류안전, 물류정보, AI, IOT	109	5
	C21	ICT기반 철도 시설물 통합 이력관리시스템 기술	철도시설, ICT, 위험도, 유지관리, 통합이력관리, ICT, Infra, History, management, Renewal Rehabilitation, Reinforcement, ICT, 철도, 시설물, 이력관리, 위험도, 최적화, ICT기반, 철도시설물, 위험도기반, 의사결정시스템, 안심지도, ICT, 철도시설물, 이력관리, 위험도, 의사결정, 잔존수명, ICT, Hazard평가, Risk평가, 의사결정시스템, 보수보강	108.5	6
	C21	무인기 기반 지능형 철도운행 조기경보 및 시설물 관리기술	인공지능, 재난대응, 모니터링, 안전, 무인기, 드론, 인공지능, 유지관리, 모니터링, 재난대응, 안전, 드론, 안전성, 조기경보, 경보, 철도시설, 실시간, 재난대응, 인공지능, 무인비행체, 조기경보, 철도시설, 실시간	96.5	7
	C23	궤도/시설 긴급 복구 기술	Estimation & Replacement, Maintenance, Track, Railroad Bridge, Railroad Infra, 궤도, 교량, 토목시설, 긴급복구, 교체, track, bridge, civil-infrastructures, recovery, replacement, 철도인프라, 긴급복구, 철도교량, 철도터널, 철도노반, 철도궤도, Railway Infrastructure, Emergency Recovery, Railway Bridge, Railway Tunnel, Railway Roadbed, Railway Track, 긴급복구장비기술, 교량긴급복구기술, 콘크리트궤도긴급복구기술, 노반구조물평가기술, 임시궤도긴급설치기술, equipment technology for rapid restoration, rapid bridge restoration technology, rapid concrete track, estoration technology, trackbed structure evaluation technology, rapid temporary track installment technology	96	8
	C21	시설물 데이터 센싱 및 DB 통합관리 기술	철도시설, 위치기반, 이력관리, 센싱, DB화, 통합관리, Infra, DB, platform, management, 철도, 안전, 시설물, 데이터, 센싱, DB, 철도시설물, 데이터센싱, DB통합관리, 위치기반, 실시간통합관리, 철도시설물, 데이터센싱, 통합관리, 데이터베이스, 노후도, 유지관리, Data통합관리, 시설물이력카드DB, 모니터링, 실시간통합관리, 데이터센싱	91	9
	C14	철도물류네트워크 분석을 통한 통합관리기술	철도물류, 네트워크분석, 네트워크관리, 통합관리, 화물수요, 물류네트워크, SCM, 물류정보, 철도운송효율화, 통합관리, 철도물류, 통합관리, 네트워크분석, 철도운송량, 효율성분석, 철도물류, 화물관제, 최적화모형, 네트워크최적화, 네트워크디자인, 철도운영, 물류네트워크, 효율성, 철도운송량, 통합관리기술	82.5	10
	C12	철도이용객 보행환경 및 연계교통 정보제공 기술	보행환경, 철도운영, 연계, 빅데이터, 정보제공, 실시간, 보행환경, 연계교통, 보행, 빅데이터, 보행환경, 빅데이터, 보행, 정보제공, 보행, 철도운영, 연계, 연계교통, 연계교통, 빅데이터, 이용객, 실시간, 실시간, 보행, 열차운행계획, 빅데이터, 인공지능, 정보제공, 휴대폰위치추적	76.5	11
	C22	Big data기반 운전관계자(기관사, 관제사 등) 인적오류분석 및 저감기술	철도차량, 운전관계자, 인적오류, 빅데이터, 진단분석, 오류저감, 빅데이터, 인적과실, 운전관계자, 인공지능, 이미지센싱, 운행data, 빅데이터, 인적과실, 휴먼에러, 오류감지, 시뮬레이터, 빅데이터, 운전관계자, 시뮬레이션, 열차운행기록, 이미지센싱, 진단기술, 빅데이터, 비정형데이터, 텍스트마이닝, 휴먼에러분석, VR시뮬레이터	76	12
	C21	CPS기반 철도차량 및 시설 유지관리체계 구축기술	CPS, 공간정보, 철도시설, 재난대응, 유지관리, Augment, 3D, BIM, Maintenance, Disaster, CPS, 철도시설, 유지관리, 재난, 3d공간정보, 증강현실, CPS기반, 철도시설, 재난관리, 유지관리, 구글탱고, 증강현실, 철도시설, 재난대응, 유지관리체계, 3차원공간, 시설관리, AR, 3차원이미지, 이미지융합, 재난유지관리	71	13

L2	분류 코드	기술명	키워드 목록	환산 점수	순위
	C23	재난대응형로봇기술	재난대응, 로봇, 유지보수, 점검조사, 자동원격, Robot, emergency, Disaster, Remote, Control, 재난, 대응, 로봇, 점검, 진단, 유지보수, 재난대응형, 로봇기술, 응급대응, 자동화, 원격화, 재난대응, 무인로봇, 점검진단, 유지보수, 재난재해, 원격대응, 재난대응로봇, 유지보수, 자동원격, 센싱정밀도, 고내구성	67.5	14
	C21	철도시스템 및 부품 단위 국제 통합 인증기술	인증, 철도부품, 통합관리, 국제인증, 철도부품, 통합인증, 통합관리, 철도시스템, 철도부품, 통합, 국제, 인증, 통합관리, 철도부품, 철도시스템, 국제인증, 철도부품, 통합인증, 통합관리, 철도시스템, 철도부품, 통합, 시험검증	65.5	15
	C23	빅데이터 개인정보 보호 기술	빅데이터, 개인정보보호, 침해, 연결성, 데이터확보, 빅데이터, 개인정보, 철도, 안전, 침해, 데이터, 빅데이터, 개인정보, 보호기술, 정보침해, 데이터확보, 빅데이터, 개인정보, 데이터관리, 정보보호, 빅데이터, 비정형데이터, 텍스트마이닝, 모니터링, 개인정보	64.5	16
	C21	스마트원격지원유지보수 시스템구축기술(예:스마 트안전모,스마트안경)	스마트기술, 원격지원, 실시간연결, 유지보수시스템, 설비운용, Smart, Remote, Monitoring, 스마트, 안전, 원격지원, 유지보수, 스마트그리드, 실시간, 스마트원격지원, 유지보수, 시스템구축, 스마트그리드, 정보검색시스템, 스마트, 원격지원, 유지보수, 화상송수신, 대응메뉴얼, 정보검색, 유지보수, 스마트그리드, 정보검색시스템, 화상송수신	64	17
	C23	ICT 기반 철도 테러, 범죄 탐지 및 대응기술	테러, 안전, 안전성, IoT, 예방, 관제, 관제시스템, IoT, 관제기술, 테러방지, 안전, 모니터링, IoT, 관제, 안전성, IoT, 예방, 관제	60.5	18
	C21	철도 부품 장치의 신뢰성 및 가속수명 시험검증 적용 기술	철도시스템, 철도부품, 신뢰성, 가속수명, 시험검증, 철도, 부품, 신뢰성, 가속수명, 시험, 검증, 부품장치, 신뢰성평가, 가속수명, 시험검증, 적용기술, 철도부품, 철도장치, 신뢰성, 가속수명, 시험검증, 국제인증, 철도부품, 신뢰성평가, 평가기준, 평가방법, 국제상호인정	51	19
	C23	철도 인프라 복합 재난재해 대응 및 복구기술	재난재해, 상태진단, 조기감지, 능동제어, 대응기술, Natural, risks, hazard, IoT, 빅데이터, 4차산업혁명기반, 재난, 재해, 사고, IoT, 진단, 재난재해, 사고감지, 능동제어, 대응기술, 상태진단, 4차산업혁명, 재난감지, 능동제어, 대응기술, hazard, 위험대응, 빅데이터, IoT, Hazard평가, Risk평가, 대응복구, 사고	46.5	20
	C14	철도차량 입환 자동화 및 무인피킹 기술	철도물류, 인공지능, 자동화, 물류, 자동화, 입환, 인공지능, 로봇, 인공지능, 무인, 운송, 자동화, 물류, 철도물류, 입환, 물류, 자동화, 입환, 무인, 인공지능, 입환	46	21
	C32	지하철 실내공기질과 환경개선 로봇 기술	실내공기질, 환경로봇, 덕트청소, 미세먼지, 오염제어, 지하공간, 실내공기질, 모니터링, 로봇, 인공지능, 통합관리, 실내공기질, 환경로봇, 오염도, 인공지능, 평가기술	46	21
	C12	열차운행 시뮬레이션(TPS 및 MTMS 표준) 기술	TPS, MTMS, 시뮬레이션, 열차운행, 표준화, Train performance simulator, 시뮬레이션, 표준TPS, 다중열차시뮬레이션, 미시적모델링, 사전모의테스트, 철도운행, 시뮬레이션, TPS, MTMS, 표준기술, 경제운전, 열차운행시뮬레이션, 최소시각, 경제운전, 운전시분, 철도신호, MTMS, TPS, 열차운행, 효율성, 안전, multi-train movement simulator	33	23
	C14	철도 위험물 운송의 안전성 확보기술	위험물, 화물운송, 사고방지, 관리감시, 안전성확보, 위험물, 화물, 운송, 안전성, 확보, 안전, 위험물운송, 안전성확보, 화물운송, 사전관리, 감시, 위험물, 화물운송, 안전성, 사고대응, 위험물감시, 사고감시, 위험물수송, Hazard평가, Risk평가, 사전관리, 운송안전	29	24
	C21	위험도 분석에 의한 철도차량의 운전제어기준 개선 기술	철도차량, 운전제어, 국내기준, 위험도분석, 평가신뢰성, 철도차량, 운전제어, 기준, 위험도, 분석, 데이터, 위험도분석, 운전제어, 철도차량, 신뢰성확보, 개선기술, 위험도, 분석기술, 철도차량, 운전제어, 신뢰성, 기술개선, 운전제어, Hazard평가, Risk평가, 신뢰성	27	25
	C14	대륙 간 대량의 화물을 운송하는 초고속 화물열차 기술	고속철도, 대륙철도, 철도물류, 고속화물열차, 고부가가치화물, 400km/h, 초고속열차, 화물열차, 장대화차, 대륙철도, 400km/h, 초고속, 다량편성, 시간가치, 화물열차, 대륙간철도, 화물열차, 고속열차, 고속대차, 화물수요예측, 시스템엔지니어링, 초고속물류, 대륙화물, 고속화, 화물열차, 고부가가치화물	26	26
	C32	철도진동소음저감형 고분자 압전소재 및 자가발전 시스템 기술	진동소음저감, 고분자압전소재, 승차감향상, 장착위치선정, 응답특성직동, 철도차량진동, 소음저감, 철도승차감, 변환효율, 광대역화, 철도, 진동소음, 고분자, 압전소재, 자가발전, 승차감, 무소음, 고분자, 압전소재, 자가발전, 편의성	25.5	27
	C14	철도시설내 유틸부지를 활용한 종합물류서비스 제공 기술	물류서비스, 유틸부지, 종합물류, 철도시설, 철도유틸부지, 종합물류서비스, 철도시설, 유틸부지, 철도물류, 종합물류서비스, 물류기술, 서비스과학, 서비스디자인, 종합물류, 3PL, CFS, 종합물류, 서비스향상, 효율성, 유틸부지, 수익증대	25	28
	C21	철도 소재 시험검증 적용 기술	철도부품, 소재, 내환경, 내진동, 전자파차단, 시험검증, 충격, 철도, 시험, 검증, 부품, 국산화, 소재, 철도소재, 시험검증, 적용기술, 내진동충격, 전자파향상, 철도소재, 시험검증, 핵심부품, 국산화, 내진동, 전자파향상, 핵심부품, 내진동, 내충격, 전자파, 소재개발	25	28

L2	분류 코드	기술명	키워드 목록	환산 점수	순위
	C32	철도 공기질 및 위해물질 저감기술	공조시스템, 지능형, 쾌적성, 공기정화, 공기질 관리, 공조시스템, 실내조성, 인공지능, 공기정화, 쾌적성, 편의성, HVAC, 덕트, IAQ, 공기정화, 쾌적성, Indoor Air Quality	23.5	30
	C32	철도차량 쾌적성 및 승차감 향상 기술	모니터링, 실내, 소음, 진동, 승객편의, 개선기술, 철도차량, 소음진동, 철도운행, 쾌적성, 쾌적성, 평가기술, 쾌적성, 소음, 진동, 승차감, 평가기술	22.5	31
	C13	부유식 해중철도 시스템 기술	Floating Bridge, Floating Tunnel, Offshore Structure, Railroad Infra, Vehicle-Train Interaction, 부유식, 해중철도, 해중터널, floating, underwater railway, underwater tunnel, 해중철도, 해중터널, 고속철도, 해양구조물, 해양환경하중, Submerged Floating Railway, Submerged Floating Tunnel, High Speed Railway, Offshore Structure, Offshore Environmental Loads, 방재안전기술, 부유식터널기술, 구조건전성, 해중터널유지관리기술, 해중터널거동시뮬레이션기술, disaster prevention and safety technology, floating tunnel technology, structural integrity monitoring system, submerged tunnel maintenance, submerged tunnel behavior simulation technology, 감시시스템	19.5	32
	C14	150km/h급 고속화차 기술	철도화물운송시스템, 복합운송, 고속화물철차, 철도시설, 철도망구축, 대차모델, 차량동역학, 차량안정성, 에너지효율, 철도물류, 철도차량, 고속화차, 속도증속, 대차기술, 150km/h, 150km/h, 화물열차, 속도증가, 화차용고속대차, 기술개발, 고속화차, 주행장치, 용접대차, 주행성능, 주행안전, 허가장치, 현대화	17	33
	C23	사고재해 피해경감 및 복구장비 개발기술	철도사고, 피해저감, 긴급복구, 복구체계, 복구장비, 사고, 재해, 복구장비, 피해경감, 철도, 안전, 사고재해, 피해경감, 복구장비, 개발기술, 철도사고, 사고피해, 피해경감, 복구장비, 복구체계, 철도시설, 철도사고, 신속복구, 신속복구전략, 복구장비, 피해경감, 신속복구체계	16.5	34
	C32	철도차량내 실내 공기질 예측기술	실내공기질, 예측모델, 영향인자, 철도차량, 오염제어, 제거기술, 철도차량, 실내공기질, 예측기술, 선진기술, 시장잠재력, Indoor Air Quality, 실내공기질, IAQ, 오염도, 미세먼지, 공기질, 예측기술	15	35
	C32	철도차량 주행장치 진동 및 소음 저감기술	주행장치, 진동저감, 소음저감, 철도차량, 소음저감, 철도차량, 진동저감, 소음저감, 설계기술, 원천기술, 개선기술, 능동소음제어, 진동메타물질, 능동진동제어, 진동메타물질, 음향메타물질	15	35
	C32	철도 (초)미세먼지 발생요인 규명 및 제거기술	초미세먼지, 메커니즘, 원인인자, 오염제어, 대기오염, 초미세먼지, 발생원인, 모니터링, 인체독성, 제거기술, 통합관리, 초미세먼지, 연소, 호흡기질환, 정화시설, 평가시설	14	37
	C22	철도역사 화재 등 비상시 대피시간 기준 정립 및 안전성 확보 기술	철도역사, 화재, 대피기준, 대피경로, 안전확보, 비상, 대피시간, 지하역사, 재난, 대피시간, 안전성, 철도역사, 대피시간, 피난경로, 대형재난, 인명피해, 철도역사, 화재대응, 비상대피, 기준정립, 안전성, 재난사고, 피난안전, 철도역사, 피난가능시간, 피난완료시간, 피난경로, 이용자수	11	38
	C32	고속주행체 소음예측 및 저감 기술	소음예측, 유동소음, 고속주행, 초고속, 철도차량, 초고속열차, 소음예측, 하이퍼루프, 선진기술, 시장잠재력, 소음저감, 하이퍼루프, 초고속열차, 고속주행체, 소음예측, 소음저감	10	39
	C14	기존화차(무개화차)를 활용한 다양한 화물운송용 화물차량 리노베이션 기술	무개화차, 화물운송, 수송수요예측, 개조기술, 철도물류, 수송수요, 유지보수, Cost, 수송효율, 철도차량, 기존화차, 무개화차, 수송수요, 기술개조, 기존화차, 리노베이션, 화물운송, 개조기술, 경제성	9.5	40
	C11	도시내철도폐선부지활용에 의한 도시구조 변화예측 및 도시설계 모델 기술	폐선부지, 부지재활용, 도시미관, 도시계획, 도시설계, 철도폐선부지, 부지활용방안, 예측모델, 선진사례연구, 주변환경적합성, 통합관리, 예측모델, 도시설계모델, 철도폐선부지, 복합물, 박물관	6.5	41
	C14	고속 화물열차 기술	철도화물운송시스템, 복합운송, 고속화물철차, 철도시설현대화, 철도망구축, 철도물류, 에너지효율, 2층화물열차, 차량안정성, 고속화물수송, 철도차량, 고속화물, 시간가치, 고속화, 화주, 현대화, 화물열차, 고속, 400km/h, 시간단축, 물류	6	42
	C22	철도운영을 위한 SMS 기반 범용 위험도 평가 솔루션 설계 및 구축 기술	철도안전관리체계, 실효성, 위험도평가, 현장기반, 평가체계, 철도안전관리체계, SMS, 실효성, 위험도, 현장, 평가, SMS, 현장실효성, 평가기술, 위험도평가, 모형제시, 철도안전, 관리체계, 현장실효성, SMS, 개선모형, 위험도평가, SMS, Hazard평가, Risk평가, 현장평가	6	42
	C32	철도차량에 적용가능한 초경량 진동저감 장치 기술	초경량, 진동저감, 철도차량, 편의성, 소음저감, 철도차량, 초경량, 진동저감, 저소음, 선진기술, 시장잠재력, 철도차량진동, 경량화, 최적설계, 다중물리해석기반설계, 진동메타물질	5	44
	C11	철도건설에 따른 역세권 개발이익산정 및 개발이익배부(환수) 모델 개발	타당성, 철도건설, 역세권, 개발이익, 경제성, 철도건설사업, 타당성분석, 역세권개발, TOD, 경제성, 철도건설, 타당성분석, 경제성분석, 역세권개발, 개발이익환수, 철도건설, 부대사업, BC분석, 다목적의사결정, AHP, 역세권개발, 수익향상, 경제성분석, 개발이익환수, 철도건설	0	45

L2	분류 코드	기술명	키워드 목록	환산 점수	순위
	C13	철도/도로/항공간무환승 복합수송이 가능한 소형 캡슐형 수송기술	완전무인자동운전시스템, 적정구동모터, 적정대차시스템, 복합운송시스템, 환승효율성, 이용객편의, 캡슐형수송시스템, 수송효율, 철도, 무환승, 복합운송, 소형캡슐형, 환승효율성, 무환승, 소형캡슐, 환승효율, 수송시스템, 미래교통	0	45
	C21	철도신호제어시스템 안전성 평가기술	신호제어, 안전성평가, SIL, RAM, 인증체계, 위험원도출, 종합안전대책, 안전계획서, 안전요구사항, 안전심사평가, 평가, 안전성, 신뢰성, 기본, 시험, hazards, hazards mitigation, Hazards control, Safety, assess Process, 시험평가	0	45
	C23	철도 사고 피해 확산방지 및 신속대응시스템(복구장비) 기술	철도사고, 확산방지, 신속사고대응, 대응전략, 증강현실, 사고, 대응, 시나리오, 전략, 교육, 복구시간, 열차사고, 확산방지, 대응전략, 사고대응, 증강현실, 사고피해, 시나리오, 확산방지, 대응전략, 복구시간, 패턴분석, 사고예방, 대응시나리오, 대응전략, 복구, VR시뮬레이터	0	45
	C23	승강장 안전문(PSD)과 열차 사이 안전사고 제로화를 위한 장애물검지 센서(레이저 스캐너, 영상 혼합 센서) 기술	PSD, 안전사고, 장애물검지, 레이저스캐너, 영상혼합센서, PSD, 승강안전문, 장애물검지센서, 레이저스캐너, 영상혼합센서, 노후, 안전사고, PSD, 장애물검지센서, 안전사고, 레이저스캐너, 영상혼합센서, 승강안전문, 안전사고, 장애물검지, 검지센서, 레이저스캐너, 영상센서, 안전사고, PSD, 레이저스캐너, 영상혼합센서	0	45
	C23	RFID를 이용한 화재시 철도역사 내, 구조자 위치 파악 및 피난안전 확보 기술	철도역사, 화재, 위치검지, 인명구조, 피난, RFID, 화재, 철도, 역사, 위치파악, 피난안전, RFID, 철도역사화재, 요구구조자, 위치파악, 피난안전확보, RFID, 무선인식, 화재감지, 구조자위치검지, 피난안전, 화재대피, 피난안전, RFID, 위치검지, 위치통보, 구조구급, 이용자수	0	45
	C23	철도터널 화재시 붕괴방지 기술	철도터널, 화재, 붕괴방지, 안정성평가, 내화기술, 철도, 화재, 안정성, 붕괴, 방지, 터널, 철도터널, 붕괴방지, 화재온도, 화재안전성확보, 2시간이상, 철도터널, 화재감지, 붕괴방지, 화재안전성, 내화성능, 화재온도, 붕괴안전, 철도터널, 화재온도, 한계온도, 내화구조, 구난역	0	45
	C31	기후변화대비 철도교통분야 대응방안기술	극한기후, 자연재해, 기후환경, 기후변화적응, 안전기준, 내한성, 철도인프라, 극한환경, 기후변화, 안전운행, 표준기술, 체계적관리, 극저온, 철도인프라, 시험기준, 자동차검사기준, 내구성	0	45
	C31	철도차량 탄소 및 폐기물 제로형 지속가능 철도 시스템 기술	폐기물, 자원순환, 재이용, 재활용, 에너지회수, 철도시스템, 자원순환, 폐기물제로, 재이용, 친환경기술, 업사이클링, 재활용, 폐기물, 친환경, 에너지변화, 재생에너지	0	45

(3) 정책 연계성 검토

□ 정책 연계성 검토 개요

- (필요성) 2단계에서 확보한 160개의 후보기술 중 실제 전략적인 연구추진이 필요한 기술로 압축하기 위하여 철도교통 R&D 상위 계획상 연계성 검토 필요
- (방법론) 상위계획 상 중요도를 160개 후보기술별로 5점 척도로 채점하여 우선순위 도출
 - 국토교통 종합계획 (15건의 중점 과학기술 연구내용) 등 반영
 - 사업체계 개편 용역 및 기획보고서 연구내용 반영
(철도차량 부품·장치개발 사업기획 등 사업기획 4개 과제에 수록된 기술 검토)

□ 정책 연계성 검토 결과

○ 160개 후보기술 별 정책 연계성 평가 점수 및 순위는 다음과 같음

[표 185] 정책 연계성 평가 점수 및 중분류(L2)별 순위

L2	분류 코드	기술명	평가 점수	순위
철도 차량	A13	실시간 주행환경감응형 스마트철도차량 능동제어기술	20	1
	A21	하이퍼튜브 초고속철도 기술	20	1
	A12	철도차량용 친환경 컴팩트형 고효율 공조시스템 기술	18	3
	A32	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 기술	18	3
	A15	철도차량 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 기술	16	5
	A32	기밀성 향상을 위한 포켓 슬라이딩 방식 출입문 모듈화 및 표준화 기술	16	5
	A25	고용량 대출력 철도용 회도류저감형 영구자석동기 전동기기술 (네어디움 영구자석 활용기술)	16	5
	A23	고속열차 감/가속 특성 향상을 위한 능동형 추진/제동 통합 제어시스템 기술	14	8
	A25	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 기술	14	8
	A31	무인운전/무선급전/무형궤도 원격조정형 트램 시스템 기술	14	8
	A15	신 전력소자(와이드밴드갭소자, Sic 전력반도체 등) 적용 고효율 추진제어 전력변환기술	12	11
	A22	첨단 신소재 적용 철도차량 차체 및 부품 경량화 기술	12	11
	A11	철도차량 지능형 센싱 및 유지관리 자동화 시스템 기술	10	13
	A15	철도차량용 통합형(추진제어장치/보조전원장치) 전력변환장치 기술	10	13
	A15	수소연료전지 기반 철도차량 추진제어시스템 기술	10	13
	A15	철도차량용 전기공급장치 고효율화 및 모듈화 기술	10	13
	A55	수소저장용기 설계 및 제작기술	10	13
	A24	고속차량 고성능 고내열성 제동패드(마찰재 포함) 및 제동디스크 기술	5	18
	A25	초경량 저소음 능동형 팬터그래프 기술	5	18
	A35	급속충전기반 ESS 추진 제어 기술 (ESS 일체형 추진 인버터 등)	5	18
	A51	Door-to-Door 운행기반 무인 개인용 소형 수송수단시스템 기술	5	18
	A11	빅데이터 기반 차량/인프라 장애/결함 예측기술	4	22
	A14	Brake by Wire 전기기계식 제동시스템 기술	4	22
	A33	저상트램용 고내구성 구동시스템 기술	4	22
	A45	초전도 추진 전자석 및 전동기 설계 및 해석기술	4	22
	A12	철도차량기밀도향상및평가기술	3	26
	A12	밀폐형 고무완충기 기술	3	26
	A15	전기식 스크류타입 판토틀레프 상승장치 기술	3	26
	A23	동력분산식 고속철도 댐퍼 기술	3	26
	A23	동력분산식 고속철도 동력전달시스템(드라이빙기어) 제작 기술	3	26
	A32	도시철도 차량용 출입문시스템 표준화 기술	3	26
	A32	도시철도 차량용 방승/표시기 통합시스템 표준화 기술	3	26
	A52	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 관절장치 기술	3	26
	A54	저상트램용 고성능 유압제동시스템 기술	3	26
	A21	초고속 자기부상 핵심기술	2	35
	A21	대용량 수송용 초고속 2층 철도시스템 기술	2	35
	A11	철도부품장치 규격화 시스템 구축기술	0	37
	A11	다종 철도차량 생산을 위한 다품종 소량 제작시스템 기술	0	37
	A11	내구연한 경과 전동차 리노베이션 기술	0	37
	A11	CAE(computer aided engineering)를 활용한 철도차량 설계기술	0	37
	A12	국내 고유모델의 다단계 퓨즈 내장형 동력전달 축 기술	0	37
	A12	동절기 객차 동결방지 기술	0	37
	A13	철도차량용 프라이머리 스프링 부위기술	0	37
	A13	초음파 신호 측정을 통한 차축 베어링의 결함 감시 관제시스템 기술	0	37
	A14	차세대선형외전류제동기술(접착력무관)	0	37
	A15	저속 고효율 회생제동기술	0	37
	A23	철도차량 현가장치 동적특성을 고려한 유지관리 기술	0	37
	A23	고속차량용 감속기 베어링 기술	0	37
	A23	레일과 접촉주행하는 철도차량 차륜담면에 대한 동적성능을 고려한 유지관리 기술	0	37
	A24	분산형고속열차진동저감및 활주방지 시스템 고도화 기술	0	37
	A25	Trailer car 적용 회생제동기술	0	37
	A25	철도차량용 DC1,500V급 지능형 고속도차단기 기술	0	37

L2	분류 코드	기술명	평가 점수	순위
	A31	기종점(Door to Door) 레고형 교통수단 및 운영 시스템기술	0	37
	A32	장애물 감지센서에 의한 전동차 출입문 신속 개,폐 장치기술	0	37
	A53	한국형 모노레일 주행장치 기술	0	37
철도 시설	B33	신호 제어시스템 사이버 보안기술	18	1
	B21	On-line 정보 에너지관리 네트워크 기반 열차운행 모드제어 기술	16	2
	B11	대륙간 초고속 이동이 가능한 1000km/h급 열차 인프라 기술	14	3
	B23	신재생에너지 및 ESS 연계 기반 철도전력망의 마이크로그리드 시스템 구축기술	14	3
	B15	게이트리스/티켓리스기반 이용자 이동정보 제공기술	12	5
	B21	전기철도 급전계통 해석용 실시간 시뮬레이터 기술	12	5
	B23	대용량 무선전력 전송 기술 기반 전력공급 기술	12	5
	B31	열차간통신(T2T)기반 무인 열차자율주행기술	12	5
	B23	대용량 철도 수소연료전지기반 급전시스템 기술	10	9
	B31	지능형 열차 자율주행 기술	10	9
	B21	IoT기반 철도 전기설비상태정보 공유시스템 기술	8	11
	B32	IoT기반 지능형 커넥티드 철도시스템 기술	8	11
	B21	전기철도 급전계통 고장해석 및 보호제어 기술	6	13
	B23	고효율 전력공급 네트워크 개발 기술	6	13
	B31	자율주행기반 차상신호제어기술(지상의 제어서버없이 열차간협업에 의해 열차 스스로 자신의 안전한 주행을 제어)	6	13
	B31	인공지능기반 무선통신을 활용한 자율주행기술	6	13
	B31	열차 가상 자동분리 결합기술	6	13
	B33	T2T통신기술(기지국을 거치지않고, 저지연으로 차량-차량간 직접통신)	6	13
	B13	도시 경관 친화형 초경량 도시 경전철 고가구조물(sky-guideway)건설기술	5	19
	B15	복합환승기반 인터모달 교통허브 구축 및 운영기술	5	19
	B22	전차선로 유지관리 및 진단 자동화 기술	4	21
	B31	고속/일반철도용 무선 신호제어시스템 기술	4	21
	B31	대륙간 초고속 이동이 가능한 1,000km/h급 열차 신호기술	4	21
	B11	소음진동 저감용 스마트 궤도시스템 기술	3	24
	B11	철도 노후 인프라 보수/보강 및 개량기술	2	25
	B13	철도용 초장대 철도교량 기술	2	25
	B31	고밀도 운행을 위한 열차간격 제어기술 (이동폐색을 이용하여 선행열차와 후속열차간 안전간격제어)	2	25
	B31	열차 운행 무중단 무선통신기반 기존 열차제어시스템 개량 최적화 기술	2	25
	B11	IoT기반 무침하 철도노반 건설기술	1	29
	B11	아스팔트 재료를 이용한 자갈도상 궤도 생력화 기술	1	29
	B21	철도급전계통전력품질해석및개선기술	1	29
	B32	스마트 철도 인프라를 위한 LTE-R 기반 IoT 통신 기술	1	29
	B11	상태평가 기반 궤도평가 및 유지보수 장비 기술	0	33
	B11	400km/h급 고속철도 인프라 기술	0	33
	B11	합성수지 침목 제조기술	0	33
	B11	LCC 최소화를 위한 고성능 신소재 궤도기술	0	33
	B11	영하 30 ~ 80℃ 극한 일교차에도 변형없는 신소재, 신공법 철도 레일 기술	0	33
	B12	InSAR 관측을 이용한 고속철도의 지반침하 분석 및 위험성 평가기술	0	33
	B13	복합 신소재 활용 초경량·초슬림·초장대 도시 소형캡슐차량 주행 고가구조물 기술	0	33
	B15	철도 교통약자 Barrier-free를 위한 무방위크식 승하차 플랫폼 기술	0	33
	B21	친환경 전기철도 변전설비 핵심 기자재 기술	0	33
	B23	열차하중(윤중/횡압) 및 철도 폐열 에너지를 이용한 에너지 수확 기술	0	33
	B31	이동폐색기반 일반(광역) 및 고속철도 ERTMS/ETCS Level 3 국산화 기술	0	33
	B31	지능형 열차운행 & 동적경로 설정기술	0	33
	B31	선로전환기 고속 제어기술	0	33
	B31	차상중심 열차위치 감지 기술(발리스등 지상의 도움없이 차량이 자체적으로 위치를 감지)	0	33
	B31	virtualengineering기반 열차제어시스템 구현기술 (simulation을 이용한 시스템 구현 기술)	0	33
	B31	철도신호제어시스템 Safety Critical System 적용을 위한 SIL3인증(IEC61508) Redundancy 공통플랫폼 기술	0	33
	B32	저전력광커버리전송기술(지상의IoT통신제공을위한NB-IoT통신모듈기술)	0	33
	B32	철도 LTE-R망을 활용한 철도안전경보시스템 기술	0	33
	B33	LTE-R지상장치의 failure에도 강한 이중화시스템 기술	0	33
	B33	off-networkPTT서비스기술 (PTT서버도움없이 그룹 사용자간 PTT서비스제공)	0	33
철도 운영	C21	무인기 기반 지능형 철도운행 조기경보 및 시설물 관리기술	20	1
	C23	BIG Data 기반 철도차량 및 인프라 상태 기반 모니터링 및 진단기술	20	1
	C12	지능형 통합 능동 관제시스템 기술	16	3

L2	분류 코드	기술명	평가 점수	순위
및 한 경	C21	ICT기반 철도 시설물 통합 이력관리시스템 기술	16	3
	C21	철도시스템 및 부품 단위 국제 통합 인증기술	16	3
	C23	ICT 기반 철도 테러, 범죄 탐지 및 대응기술	16	3
	C21	시설물 데이터 센싱 및 DB 통합관리 기술	12	7
	C22	IoT기반 철도 위험성 사전예측 및 위험도 관리기술	12	7
	C21	철도 부품 장치의 신뢰성 및 가속수명 시험검증 적용 기술	10	9
	C23	철도 인프라 복합 재난재해 대응 및 복구기술	10	9
	C23	사고재해 피해경감 및 복구장비 개발기술	10	9
	C23	철도 사고 피해 확산방지 및 신속대응시스템(복구장비) 기술	10	9
	C32	철도차량 쾌적성 및 승차감 향상 기술	10	9
	C32	철도 (초)미세먼지 발생요인 규명 및 제거기술	10	9
	C21	CPS기반 철도차량 및 시설 유지관리체계 구축기술	8	15
	C21	철도 소재 시험검증 적용 기술	8	15
	C32	지하철 실내공기질과 환경개선 로봇 기술	8	15
	C32	철도 공기질 및 위해물질 저감기술	8	15
	C21	스마트원격지원유지보수시스템구축기술 (예:스마트안전도,스마트안경)	6	19
	C32	철도차량 주행장치 진동 및 소음 저감기술	6	19
	C32	고속주행체 소음예측 및 저감 기술	4	21
	C32	철도차량에 적용가능한 초경량 진동저감 장치 기술	4	21
	C32	철도차량내 실내 공기질 예측기술	3	23
	C12	철도 급행화를 위한 인프라 개량 및 급속 보수보강기술	2	24
	C14	철도차량 입한 자동화 및 무인피킹 기술	2	24
	C23	재난대응형로봇기술	2	24
	C22	Big data기반 운전관계자(기관사, 관제사 등) 인적오류분석 및 저감기술	1	27
	C23	궤도/시설 긴급 복구 기술	1	27
	C31	기후변화대비 철도교통분야 대응방안기술	1	27
	C11	도시내철도폐선부지활용에 의한 도시구조 변화예측 및 도시설계 모델 기술	0	30
	C11	철도건설에 따른 역세권 개발이익산정 및 개발이익배부(환수) 모델 개발	0	30
	C12	철도이용객 보행환경 및 연계교통 정보제공 기술	0	30
	C12	열차운행 시뮬레이션(TPS 및 MTMS 표준) 기술	0	30
	C13	부유식 해중철도 시스템 기술	0	30
	C13	철도/도로/항공간무환승 복합수송이 가능한 소형 캡슐형 수송기술	0	30
	C14	IOT기술 기반 화물차량, 화물터미널 지능화 및 화물 실시간관리 기술	0	30
	C14	철도물류네트워크 분석을 통한 통합관리기술	0	30
	C14	철도 위험물 운송의 안전성 확보기술	0	30
	C14	대륙 간 대량의 화물을 운송하는 초고속 화물열차 기술	0	30
	C14	철도시설내 유희부지를 활용한 종합물류서비스 제공 기술	0	30
	C14	150km/h급 고속화차 기술	0	30
	C14	기존화차(무개화차)를 활용한 다양한 화물운송용 화물차량 리노베이션 기술	0	30
	C14	고속 화물열차 기술	0	30
	C21	위험도 분석에 의한 철도차량의 운전제어기준 개선 기술	0	30
	C21	철도신호제어시스템 안전성 평가기술	0	30
	C22	철도역사 화재 등 비상시 대피시간 기준 정립 및 안전성 확보 기술	0	30
	C22	철도운행을 위한 SMS 기반 범용 위험도 평가 솔루션 설계 및 구축 기술	0	30
	C23	빅데이터 개인정보 보호 기술	0	30
	C23	승강장 안전문(PSD)과 열차 사이 안전사고 제로화를 위한 장애물검지 센서(레이저 스캐너, 영상 혼합 센서) 기술	0	30
	C23	RFID를 이용한 화재시 철도역사 내, 구조자 위치 파악 및 피난안전 확보 기술	0	30
	C23	철도터널 화재시 붕괴방지 기술	0	30
	C31	철도차량 탄소 및 폐기물 제로형 지속가능 철도 시스템 기술	0	30
	C32	철도진동소음저감형 고분자 압전소재 및 자가발전 시스템 기술	0	30

라. 4단계 - 중점 추진 기술 선정

(1) 대상기술 압축을 위한 3가지 방법의 AHP 분석을 위한 가중치 도출

□ 제2차 철도산업 전문가포럼

- 제2차 철도 산업 전문가 포럼에 참석한 전문가 9인이 개별적으로 평가한 3가지 방법별 가중치를 평균하여 최종 가중치 도출

[표 186] 대상기술 압축을 위한 3가지 방법론 가중치 도출

	방법론		
	전문가 우선순위	키워드 빈도수	정책 연계성
전문가 A	0.4	0.3	0.3
전문가 B	0.4	0.2	0.4
전문가 C	0.6	0.1	0.3
전문가 D	0.5	0.2	0.3
전문가 E	0.8	0.1	0.1
전문가 F	0.6	0.1	0.3
전문가 G	0.4	0.2	0.4
전문가 H	0.6	0.1	0.3
전문가 I	0.5	0.2	0.3
최종 가중치	0.53	0.17	0.3

[표 187] 제 2차 철도산업전문가포럼 개요

< 제 2차 철도산업전문가포럼 >

- 일 시 : 2017년 10월 24일(화) 10:00 ~ 12:00
- 장 소 : 한국철도기술연구원 대회의실
- 참 석 : 30명 (철도산업 분야별 외부전문가 23명, 원내전문가 7명)
- 내 용
 - 유망/공백기술 도출 방법론 검토
 - 유망/후보 대상 기술 목록 검토
 - 유망/공백기술 방법론별 중요도 평가 (가중치 제시)

- 가중치 부여한 최종 160개 후보 기술별 우선순위는 다음과 같음

[표 188] 최종 평가 점수 및 중분류(L2)별 순위

L2	분류 코드	기술명	중분류(L2)별 순위			최종 점수	순위
			전문가 우선순위	키워드 빈도수	정책 연계성		
철도 차량	A13	실시간 주행환경감응형 스마트철도차량 능동제어기술	9	7	1	6.26	1
	A15	신 전력소자(와이드밴드갭소자, SiC 전력반도체 등) 적용 고효율 추진제어 전력변환기술	3	3	23	9	2
	A14	Brake by Wire 전기기계식 제동시스템 기술	6	19	13	10.31	3
	A24	고속차량 고성능 고내열성 제동패드(마찰재 포함) 및 제동디스크 기술	1	28	18	10.69	4
	A51	Door-to-Door 운행기반 무인 개인용 소형 수송수단시스템 기술	1	30	18	11.03	5
	A35	급속충전기반 ESS 추진 제어 기술(ESS 일체형 추진 인버터 등)	6	16	18	11.3	6
	A32	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 기술	9	22	11	11.81	7
	A25	고용량 대출력 철도용 회로류저감형 영구자석동기 전동기기술	12	1	18	11.93	8
	A21	하이퍼튜브 초고속철도 기술	16	21	3	12.95	9
	A25	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 기술	15	36	1	14.37	10

	A52	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 관절장치 기술	8	12	27	14.38	11
	A15	철도차량 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 번입기 기술	4	42	18	14.66	12
	A15	철도차량용 전기공급장치 고효율화 및 모듈화 기술	12	41	5	14.83	13
	A12	철도차량용 친환경 컴팩트형 고효율 공조시스템 기술	21	14	5	15.01	14
	A22	첨단 신소재 적용 철도차량 차체 및 부품 경량화 기술	4	30	27	15.32	15
	A15	수소연료전지 기반 철도차량 추진제어시스템 기술	16	38	3	15.84	16
	A25	초경량 저소음 능동형 팬터그래프 기술	23	6	11	16.51	17
	A11	철도차량 지능형 센싱 및 유지관리 자동화 시스템 기술	20	26	8	17.42	18
	A32	기밀성 향상을 위한 포켓 슬라이딩 방식 출입문 모듈화 및 표준화 기술	11	47	13	17.72	19
	A21	대용량 수용용 초고속 2층 철도시스템 기술	23	29	5	18.62	20
	A15	철도차량용 통합형(추진제어장치/보조전원장치) 전력변환장치 기술	28	9	8	18.77	21
	A23	고속열차 감/가속 특성 향상을 위한 능동형 추진/제동 통합 제어시스템 기술	23	25	13	20.34	22
	A11	빅데이터 기반 차량/인프라 장애/결함 예측기술	21	16	23	20.75	23
	A23	레일과 접촉주행하는 철도차량 차륜단면에 대한 동적성능을 고려한 유지관리 기술	19	50	13	22.47	24
	A24	분산형고속열차진동저감 및 활주방지 시스템 고도화 기술	16	20	37	22.98	25
	A15	저속 고효율 회생제동기술	12	34	37	23.24	26
	A11	저상트램용 고성능 유압제동시스템 기술	23	2	37	23.63	27
	A45	초전도 추진 전자석 및 전동기 설계 및 해석기술	23	43	23	26.4	28
	A13	초음파 신호 측정을 통한 차축 베어링의 결함 감시 관제시스템 기술	28	8	37	27.3	29
	A12	국내 고유모델의 다단계 퓨즈 내장형 동력전달 축 기술	30	13	37	29.21	30
	A23	철도차량 현가장치 동적특성을 고려한 유지관리 기술	31	18	37	30.59	31
	A25	철도차량용 DC1,500V급 지능형 고속도차단기 기술	44	4	27	32.1	32
	A14	차세대선형와전류제동기술(점착력무관)	39	5	37	32.62	33
	A23	동력분산식 고속철도 댐퍼 기술	42	47	8	32.65	34
	A25	Trailer car 적용 회생제동기술	44	11	27	33.29	35
	A23	동력분산식 고속철도 동력전달시스템(드라이빙기어) 제작 기술	31	34	37	33.31	36
	A31	무인운전/무선급전/무형궤도 원격조정형 트램 시스템 기술	39	10	37	33.47	37
	A13	철도차량용 프라임러리 스프링 부쉬기술	36	40	27	33.98	38
	A32	도시철도 차량용 출입문시스템 표준화 기술	34	50	27	34.62	39
	A12	밀폐형 고무완충기 기술	44	24	27	35.5	40
	A32	장애물 감지센서에 의한 전동차 출입문 신속 개,폐 장치기술	39	23	37	35.68	41
	A32	도시철도 차량용 송/표시기 통합시스템 표준화 기술	36	53	27	36.19	42
	A55	수소저장용기 설계 및 제작기술	44	53	13	36.23	43
	A15	전기식 스크류타입 판토타그래프 상승장치 기술	31	53	37	36.54	44
	A31	기종점(Door to Door) 레고형 교통수단 및 운영 시스템기술	42	37	27	36.65	45
	A33	저상트램용 고내구성 구동시스템 기술	44	38	23	36.68	46
	A11	다종 철도차량 생산을 위한 다품종 소량 제작시스템 기술	44	15	37	36.97	47
	A12	철도차량기밀도향상및평가기술	36	43	37	37.49	48
	A11	철도부품장치 규격화 시스템 구축기술	34	52	37	37.96	49
	A23	고속차량용 감속기 베어링 기술	44	27	37	39.01	50
	A21	초고속 자기부상 핵심기술	44	30	37	39.52	51
	A53	한국형 모노레일 주행장치 기술	44	33	36	39.73	52
	A11	내구연한 경과 전동차 리노베이션 기술	44	45	37	42.07	53
	A12	동절기 객차 동결방지 기술	44	46	37	42.24	54
	A11	CAE(computer aided engineering)를 활용한 철도차량 설계기술	44	49	37	42.75	55
철도 시설	B21	IoT기반 철도 전기설비상태정보 공유시스템 기술	1	2	11	4.17	1
	B23	신재생에너지 및 ESS 연계 기반 철도전력망의 마이크로그리드 시스템 구축기술	11	8	3	8.09	2
	B23	대용량 철도 수소연료전지 기반 급전시스템 기술	5	33	5	9.76	3
	B21	전기철도 급전계통 해석용 실시간 시뮬레이터 기술	3	50	1	10.39	4
	B21	On-line 정보 에너지관리 네트워크 기반 열차운행 모드제어 기술	16	3	5	10.49	5

	B33	신호 제어시스템 사이버 보안기술	18	7	2	11.33	6
	B31	고밀도 운행을 위한 열차간격 제어기술 (이동폐색을 이용하여 선행열차와 후속열차간 안전간격제어)	11	17	9	11.42	7
	B11	철도 노후 인프라 보수/보강 및 개량기술	15	16	5	12.17	8
	B15	게이트리스/티켓리스기반 이용자 이동정보 제공기술	2	40	19	13.56	9
	B11	소음진동 저감용 스마트 궤도시스템 기술	10	5	27	14.25	10
	B15	복합환승기반 인터모달 교통허브 구축 및 운영기술	8	18	27	15.4	11
	B13	철도용 초장대 철도교량 기술	8	22	25	15.48	12
	B31	열차간통신(T2T)기반 무인 열차자율주행기술	3	46	21	15.71	13
	B13	도시 경관 친화형 초경량 도시 경전철 고가구조물(sky-guideway)건설기술	11	1	33	15.9	14
	B11	상태평가 기반 궤도평가 및 유지보수 장비 기술	6	43	19	16.19	15
	B11	대륙간 초고속 이동이 가능한 1000km/h급 열차 인프라 기술	20	30	3	16.6	16
	B22	전차선로 유지관리 및 진단 자동화 기술	11	18	27	16.99	17
	B23	대용량 무선전력 전송 기술 기반 전력공급 기술	6	38	25	17.14	18
	B32	스마트 철도 인프라를 위한 LTE-R 기반 IoT 통신 기술	20	30	5	17.2	19
	B31	열차 운행 무중단 무선통신기반 기존 열차제어시스템 개량 최적화 기술	16	21	21	18.35	20
	B23	고효율 전력공급 네트워크 개발 기술	26	10	13	19.38	21
	B21	전기철도 급전계통 고장해석 및 보호제어 기술	26	11	13	19.55	22
	B31	지능형 열차 자율주행 기술	22	28	13	20.32	23
	B31	고속/일반철도용 무선 신호제어시스템 기술	31	18	9	22.19	24
	B33	T2T통신기술(기지국을 거치지 않고, 저지연으로 차량-차량간 직접통신)	24	28	21	23.78	25
	B31	자율주행기반 차상신호제어기술(지상의 제어서버없이 열차간협업에 의해 열차 스스로 자신의 안전한 주행을 제어)	40	6	13	26.12	26
	B31	이동폐색기반 일반(광역) 및 고속철도 ERTMS/ETCS Level 3 국산화 기술	40	11	13	26.97	27
	B11	LOC 최소화를 위한 고성능 신소재 궤도기술	34	34	11	27.1	28
	B11	400km/h급 고속철도 인프라 기술	22	35	33	27.51	29
	B12	InSAR 관측을 이용한 고속철도의 지반침하 분석 및 위험성 평가기술	18	48	33	27.6	30
	B33	LTE-R지상장치에 failure에도 강한 이중화시스템 기술	34	4	30	27.7	31
	B32	IoT기반 지능형 커넥티드 철도시스템 기술	26	24	33	27.76	32
	B21	철도급전계통 전력품질해석 및 개선기술	26	26	33	28.1	33
	B31	인공지능기반 무선통신을 활용한 자율주행기술	31	11	33	28.2	34
	B31	철도신호제어시스템 Safety Critical System 적용을 위한 SIL3인증 (IEC61508) Redundancy 공통플랫폼 기술	31	14	33	28.71	35
	B31	virtualengineering기반 열차제어시스템 구현기술	40	30	13	30.2	36
	B13	복합 신소재 활용 초경량 초슬람 초장대 도시 소형캡슐차량 주행 고가구조물 기술	26	44	33	31.16	37
	B31	열차 가상 자동분리 결합기술	24	52	33	31.46	38
	B31	지능형 열차운영 & 동적경로 설정기술	34	25	33	32.17	39
	B21	친환경 전기철도 변전설비 핵심 기자재 기술	34	36	33	34.04	40
	B11	IoT기반 무침하 철도노반 건설기술	45	9	30	34.38	41
	B32	저전력광커버리지전송기술	34	38	33	34.38	41
	B11	영하 30~80℃ 극한 일교차에도 변형없는 신소재, 신공법 철도 레일 기술	34	41	33	34.89	43
	B11	합성수지 침목 제조기술	45	15	33	36.3	44
	B11	아스팔트 재료를 이용한 자갈도상 궤도 생력화 기술	45	23	30	36.76	45
	B31	대륙간 초고속 이동이 가능한 1,000km/h급 열차 신호기술	45	47	21	38.14	46
	B31	선로전환기 고속 제어기술	45	27	33	38.34	47
	B15	철도 교통약자 Barrier-free를 위한 무빙워크식 승하차 플랫폼 기술	40	49	33	39.43	48
	B31	차상중심 열차위치 감지 기술	40	51	33	39.77	49
	B33	off-networkPTT서비스기술(PTT서버도움없이그룹사용자간PTT서비스제공)	45	37	33	40.04	50
	B32	철도 LTE-R망을 활용한 철도안전경보시스템 기술	45	42	33	40.89	51
	B23	열차하중(윤중/횡압) 및 철도 폐열 에너지를 이용한 에너지 수확 기술	45	45	33	41.4	52
철도 운영	C23	BIG Data 기반 철도차량 및 인프라 상태 기반 모니터링 및 진단기술	2	7	1	2.55	1
	C21	무인기 기반 지능형 철도운행 조기경보 및 사설물 관리기술	4	2	1	2.76	2

및 한 경	C23	ICT 기반 철도 테러, 범죄 탐지 및 대응기술	6	4	3	4.76	3
	C21	철도시스템 및 부품 단위 국제 통합 인증기술	5	18	3	6.61	4
	C12	지능형 통합 능동 관제시스템 기술	11	6	3	7.75	5
	C21	ICT기반 철도 시설물 통합 이력관리시스템 기술	9	15	3	8.22	6
	C12	철도 급행화를 위한 인프라 개량 및 급속 보수보강기술	3	1	24	8.96	7
	C12	철도이용객 보행환경 및 연계교통 정보제공 기술	1	11	30	11.4	8
	C21	CPS기반 철도차량 및 시설 유지관리체계 구축기술	10	13	15	12.01	9
	C23	철도 인프라 복합 재난피해 대응 및 복구기술	20	3	7	13.21	10
	C32	철도 (초)미세먼지 발생요인 규명 및 제거기술	7	21	24	14.48	11
	C14	철도차량 입환 자동화 및 무인피킹 기술	11	45	9	16.18	12
	C22	IoT기반 철도 위험성 사전예측 및 위험도 관리기술	16	31	9	16.45	13
	C21	철도 부품 장치의 신뢰성 및 가속수명 시험검증 적용 기술	13	5	30	16.74	14
	C14	IOT기술 기반 화물차량, 화물터미널 지능화 및 화물 실시간관리 기술	15	37	9	16.94	15
	C32	철도차량 쾌적성 및 승차감 향상 기술	14	12	27	17.56	16
	C22	Big data기반 운전관계자(기관사, 관제사 등) 인적오류분석 및 저감기술	22	20	9	17.76	17
	C23	철도 사고 피해 확산방지 및 신속대응시스템(복구장비) 기술	16	30	15	18.08	18
	C31	기후변화대비 철도교통분야 대응방안기술	23	19	9	18.12	19
	C32	철도 공기질 및 위해물질 저감기술	7	45	27	19.46	20
	C12	열차운행 시뮬레이션(TPS 및 MTMS 표준) 기술	16	23	30	21.39	21
	C14	철도 위험물 운송의 안전성 확보기술	16	28	30	22.24	22
	C14	철도시설내 유류부지를 활용한 종합물류서비스 제공 기술	20	35	23	23.45	23
	C32	지하철 실내공기질과 환경개선 로봇 기술	23	24	30	25.27	24
	C32	철도차량내 실내 공기질 예측기술	23	26	30	25.61	25
	C32	고속주행체 소음예측 및 저감 기술	44	9	7	26.95	26
	C11	철도건설에 따른 역세권 개발이익산정 및 개발이익배부(환수) 모델 개발	36	21	15	27.15	27
	C32	철도진동소음저감형 고분자 압전소재 및 자발발전 시스템 기술	27	27	30	27.9	28
	C13	부유식 해중철도 시스템 기술	32	35	19	28.61	29
	C21	시설물 데이터 센싱 및 DB 통합관리 기술	38	17	19	28.73	30
	C22	철도역사 화재 등 비상시 대피시간 기준 정립 및 안전성 확보 기술	23	45	30	28.84	31
	C21	스마트 원격지원 유지보수시스템 구축기술	38	8	27	29.6	32
	C22	철도운행을 위한 SMS 기반 범용 위험도 평가 솔루션 설계 및 구축 기술	30	44	21	29.68	33
	C23	승강장 안전문(PSD)과 열차 사이 안전사고 제로화를 위한 장애물검지 센서 기술	27	38	30	29.77	34
	C23	궤도/시설 긴급 복구 기술	33	39	21	30.42	35
	C14	대륙 간 대량의 화물을 운송하는 초고속 화물열차 기술	27	42	30	30.45	36
	C32	철도차량에 적용가능한 초경량 진동저감 장치 기술	44	34	9	31.8	37
	C32	철도차량 주행장치 진동 및 소음 저감기술	33	32	30	31.93	38
	C23	사고재해 피해경감 및 복구장비 개발기술	30	45	30	32.55	39
	C21	철도 소재 시험검증 적용 기술	44	28	15	32.58	40
	C23	재난대응형로봇기술	44	14	24	32.9	41
	C21	철도신호제어시스템 안전성 평가기술	44	10	30	34.02	42
	C23	RFID를 이용한 화재시 철도역사 내, 구조자 위치 파악 및 피난안전 확보 기술	33	45	30	34.14	43
	C14	철도물류네트워크 분석을 통한 통합관리기술	38	33	30	34.75	44
	C14	150km/h급 고속화차 기술	44	16	30	35.04	45
	C23	빅데이터 개인정보 보호 기술	42	25	30	35.51	46
	C21	위험도 분석에 의한 철도차량의 운전제어기준 개선 기술	36	45	30	35.73	47
	C31	철도차량 탄소 및 폐기물 제로형 지속가능 철도 시스템 기술	38	45	30	36.79	48
	C14	기존화차(무개화차)를 활용한 다양한 화물운송용 화물차량 리노베이션 기술	44	40	30	39.12	49
	C11	도시내철도폐선부지활용에 의한 도시구조 변화예측 및 도시설계 모델 기술	44	41	30	39.29	50
	C13	철도/도로/항공간무한승 복합수송이 가능한 소형 캡슐형 수송기술	43	45	30	39.44	51
	C14	고속 화물열차 기술	44	42	30	39.46	52
	C23	철도터널 화재시 붕괴방지 기술	44	45	30	39.97	53

(2) 프라운호퍼 등 해외기관 전문가의 기술 검토

□ KRRI~프라운호퍼 기술검토 등 연구교류

[표 189] KRRI~프라운호퍼 국제세미나 개요

< 철도교통 유망기술 발굴을 위한 KRRI_프라운호퍼 국제세미나 >	
○ 일 시	: 2018년 1월 29일(월) 14:00 ~ 16:00
○ 장 소	: 한국철도기술연구원 11동 해무홀
○ 내 용	- 중점 추진기술 검토를 위한 양국 기술현황 분석 - 중점 추진기술 기술 목록 검토

○ 프라운호퍼의 미래유망기술 관련 연구방법 및 DB구축 방법

- 1) 전문가 집단이 우선순위를 정하여 기술로드맵을 활용해 정부와 공유(정부보조금)
- 2) 기업과 공동프로젝트를 통해 상용화 여부 결정

○ 프라운호퍼의 미래유망기술 관련 주요 추진분야

- 프라운호퍼는 철도의 안정성, 사고방지를 중요한 테마로 여기며, 제조사와 재료, 운영, 유지보수까지 협의를 실시하여 미래유망기술 관련 연구를 추진
- 프라운 호퍼의 미래유망기술 주요 추진분야

[표 190] 프라운호퍼 미래유망기술 주요 추진분야

구 분	세부 분야	주요 추진분야
철도 인프라	계획·개발	· ASTRA 교통 및 경제 관리 모델을 통해 교통 수요 및 인프라 확장 조치와 관련하여 다양한 전략을 고려한 교통 시나리오 분석 · 철도 네트워크에서의 교통 상황을 재현하는 교통 시뮬레이션 · 레일과 지점(point)에서의 마모와 재료 피로뿐만 아니라 용접 공정의 품질을 평가하기 위한 시뮬레이션 및 계산절차 개발
	운영	· 비용, 총수익(yield), 민감도 분석면에서 효과 분석 · 높은 내구성 및 다양한 디자인 옵션을 갖춘 신소재와 흡음 성능과 명료성을 결합한 마이크로 천공 재료(소음 예방 아이디어 상품) 연구 · 작업 현장에서 발생하는 소음을 해결하기 위해 플라스틱 필름과 멤브레인으로 만들어진 팽창식 소음 차단 요소 개발
	서비스/유지관리	· 다방향에서 국부적인 접선력을 측정하는 특수 메저링 휠 개발 및 트랙에 장착된 센서가 있는 상부구조 모니터링 · 레일과 지점의 마모 및 구름 접촉 피로 상호작용과 접촉변형 조사 및 시뮬레이션
화물·로지스틱	계획	· 운송 조건, 운송 계획 및 실현 절차, 기술 및 관리 조건 분석 · 상품의 위치와 상태에 대한 현장 점검하는 텔레매스틱 어플리케이션
	프로세스 최적화	· 시뮬레이션 방법을 이용한 등록, 조사, 평가
	정보 및 통신 시스템	· 그래픽 사용자 인터페이스(GUIs)의 개발 및 설계, 서비스 제공 및 판매와 관련된 소프트웨어 제조사의 경험과 지식을 결합한 응용 프로그램에 대한 기능적 설계
철도 차량	개발	· 안전 관련 소프트웨어 라이선스와 관련하여 EN 50128에 따른 분포 및 모듈러 건축 개발, 검증 및 인증, 개발 프로세스 개선, 안전 문서 작성에 대한 조언 · 부품 크기, 재료 분류 방법, 부품 검사에 대한 종합적인 수치 및 실험

구 분	세부 분야	주요 추진분야
		· 차체, 베어링, 브레이크, 휠, 휠 고정 축(wheel-set axles), 완전한 휠 세트와 같이 응력에 노출되는 구조 및 안전 부품 · 제조 시뮬레이션 및 최적화 · 최신 소음 분석 방법, 위생, 실내 환경(climate), 좌석 편의, 충돌 분석 · 소음 설계 절차, 음향 구성 개발, 유저빌리티 엔지니어링(usability engineering)
	제조	· 차량 부품의 비파괴 차원(dimensional) 측정 및 검사, 재료 특성 관련 연구개발 · 기본적인 물리적 절차, 센서, 모든 통신 기기에 대한 환경과 기반 기술 분야(equipment engineering), 취급 기술, 결과 평가 및 문서화를 위한 기술, 새로운 검사 절차 및 장치의 입증 및 검증 · 비전 검사(Machine vision)
	운영	· 이동식(즉, 차량 자체 일부), 정적식(즉, 선택된 오버런 점에 위치) 솔루션 · 비접촉 적외선 센서 방법을 통해 여객 및 화물 열차를 차단하기 위해 과열 가능성에 따른 축 베어링과 브레이크를 모니터링하는 정적식 솔루션 · 레일헤드에 결합하여 열차가 해당 트랙 구간을 지나는 동안 접지면의 손상 여부를 검사하는 초음파 탐침 · 위치를 벗어난 로드 또는 버퍼 오버런을 감지하고 적절한 통제하는 최신 레이저 기술을 적용한 프로파일 스캐너 · 과도한 배기가스 배출, 화재 또는 누출을 감지하는 분광 측정 장치
	유지 관리 및 상태 모니터링	· 스트레인 측정시험, 남아 있는 장비의 후속 수명 계산, 파괴 역학 조사 · 유지관리 점에서 휠 마모상태를 확인하는 휠 세트 측정 장치 · 화물 차량의 블록 제동 휠의 림에서의 과도한 잔류 인장 응력 관련 초음파 검사 장치 · 광학 측정 기술, 초음파, 와상 전류 검사 절차 · RFID 기술과 결합된 관리 시스템
여객 수송	계획	· 기술, 사회, 기업 경향을 특징으로 하는 교통과 시나리오를 통해 사회적 비용의 예측, 평가 · 개별 동력 교통과 대중 교통(P+R 개념, 주차 정보 시스템)을 연결하는 개념, 복합 운송 시간표 정보 솔루션
	운영	· 위치 기반 서비스를 통해 각종 수송 기관을 통합한 노드(intermodal nodes)에서의 종합적인 승객 관리
	정보기술	· 대중 교통 승객 이동을 위한 내비게이션 솔루션 · 데이터 통합, 데이터 교환을 위한 인터페이스 개발, 기업간 외부 서비스 제공자 간의 데이터 전송·수신 솔루션 · 위성 내비게이션 기술

○ 검토 시사점

- 미래지향적인 중점추진기술 목록이 다양하게 분포되어 있음
- 철도 안정성, 사고방지 부문은 매우 중요한 부문
- 해당 기술의 개발은 향후 국제 공동연구 등을 실시로 대한민국의 글로벌 해외진출과 독일 철도기술의 첨단화에 기여할 수 있을 것으로 판단됨

3. 소결 - 철도 분야별 중점추진 기술 도출

□ 철도차량 분야

[표 191] 철도차량 분야 중점추진기술 20선

순번	소분류	세부분류	세세부분류	기술명
1	일반	주행	대차시스템 기술	실시간 주행환경감응형 스마트철도차량 능동제어기술
2	일반	추진제어	전력변환기술	신 전력소자(와이드밴드갭소자, SiC 전력반도체 등) 적용 고효율 추진제어 전력변환기술
3	일반	제동	전기제동시스템기술	Brake by Wire 전기기계식 제동시스템 기술
4	고속	제동	기계제동시스템기술	고속차량 고성능 고내열성 제동패드(마찰재 포함) 및 제동디스크 기술
5	일반	차량시스템	미래 차량시스템 (고밀도분야)	Door-to-Door 운행기반 무인 개인용 소형 수송수단시스템 기술
6	도시	추진제어	하이브리드추진기술	급속충전기반 ESS 추진 제어 기술(ESS 일체형 추진 인버터 등)
7	도시	차체 및 설비	기타 차량설비기술	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 기술
8	고속	추진제어	전동기기술	고용량 대출력 철도용 희토류저감형 영구자석동기 전동기기술
9	고속	차량시스템	미래 차량시스템 (초고속분야)	하이퍼튜브 초고속철도 기술
10	고속	추진제어	전력변환기술	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 기술
11	신교통	차체 및 설비	연결기 및 완충장치기술	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 관절장치 기술
12	일반	추진제어	차상급전기술	철도차량 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 협업기 기술
13	일반	추진제어	차량급전기술	철도차량용 전기공급장치 고효율화 및 모듈화 기술
14	일반	차체 및 설비	공조 및 여압장치기술	철도차량용 친환경 컴팩트형 고효율 공조시스템 기술
15	고속	차체 및 설비	차체구조물기술	첨단 신소재 적용 철도차량 차체 및 부품 경량화 기술
16	일반	추진제어	하이브리드추진기술	수소연료전지 기반 철도차량 추진제어시스템 기술
17	도시	추진제어	차상급전기술	초경량 저소음 능동형 팬터그래프 기술
18	일반	차량시스템	차량유지관리	철도차량 지능형 센싱 및 유지관리 자동화 시스템 기술
19	도시	차체 및 설비	차체구조물기술	기밀성 향상을 위한 포켓 슬라이딩 방식 출입문 모듈화 및 표준화 기술
20	고속	차량시스템	미래 차량시스템 (초고속분야)	대용량 수송용 초고속 2층 철도시스템 기술

□ 철도시설 분야

[표 192] 철도 시설분야 중점추진기술 20선

순번	소분류	세부분류	세세부분류	기술명 (기술정의)
1	전철전력	급전계통기술	급전계통 운영 및 제어기술	IoT기반 철도 전기설비상태정보 공유시스템 기술
2	전철전력	전력(에너지변환 및 공급)기술	철도용 스마트그리드 기술	신재생에너지 및 ESS 연계 기반 철도전력망의 마이크로그리드 시스템 구축기술
3	전철전력	전력(에너지변환 및 공급)기술	신재생에너지 및 전기저장장치 연계 네트워크 기술	대용량 철도 수소연료전지 기반 급전시스템 기술
4	전철전력	급전계통기술	급전계통 해석 및 설계기술	전기철도 급전계통 해석용 실시간 시뮬레이터 기술
5	전철전력	급전계통기술	급전계통 운영 및 제어기술	On-line 정보 에너지관리 네트워크 기반 열차운행 모드제어 기술
6	신호통신	철도통신전송 및 통신망기술	열차무선통신망 기술	신호 제어시스템 사이버 보안기술
7	신호통신	신호제어기술	열차운행제어기술	고밀도 운행을 위한 열차간격 제어기술 (이동폐색을 이용하여 선행열차와 후속열차간 안전간격제어)
8	궤도토목	궤도/주행로 기술	궤도/주행로 유지관리기술	철도 노후 인프라 보수/보강 및 개량기술
9	궤도토목	정거장(역사) 기술	정거장 설비시스템 기술	게이트리스/티켓리스기반 이용자 이동정보 제공기술
10	궤도토목	궤도/주행로 기술	궤도/주행로 해석/설계기술	소음진동 저감용 스마트 궤도시스템 기술
11	궤도토목	정거장(역사) 기술	정거장 설계 및 운영기술	복합환승기반 인터모달 교통허브 구축 및 운영기술
12	궤도토목	철도교량(고가구조물) 기술	철도교량, 고가구조물 해석/설계 기술	철도용 초장대 철도교량 기술
13	신호통신	신호제어기술	열차운행제어기술	열차간통신(T2T)기반 무인 열차자율주행기술
14	궤도토목	철도교량(고가구조물) 기술	철도교량, 고가구조물 해석/설계 기술	도시 경관 친화형 초경량 도시 경전철 고가구조물(sky-guideway)건설기술
15	궤도토목	궤도/주행로 기술	궤도/주행로 유지관리기술	상태평가 기반 궤도평가 및 유지보수 장비 기술
16	궤도토목	궤도/주행로 기술	궤도/주행로 해석/설계기술	대륙간 초고속 이동이 가능한 1000km/h급 열차 인프라 기술
17	전철전력	전차선로기술	전차선로 집전성능평가 및 유지관리기술	전차선로 유지관리 및 진단 자동화 기술
18	전철전력	전력(에너지변환 및 공급)기술	무선급전기술	대용량 무선전력 전송 기술 기반 전력공급 기술
19	신호통신	철도통신서비스기술	IoT 통신서비스 기술	스마트 철도 인프라를 위한 LTE-R 기반 IoT 통신 기술
20	신호통신	신호제어기술	신호통신설비 유지관리기술	열차 운행 무중단 무선통신기반 기존 열차제어시스템 개량 최적화 기술

□ 철도운영 및 환경 분야

[표 193] 철도 운영 및 환경분야 중점추진기술 20선

순번	소분류	세부분류	세세부분류	기술명 (기술정의)
1	철도안전	사고/재난 예방/대응기술	사고예방 및 복구기술	BIG Data 기반 철도차량 및 인프라 상태 기반 모니터링 및 진단기술
2	철도안전	안전엔지니어링 기술	시스템 안전 관리체계 기술	무인기 기반 지능형 철도운행 조기경보 및 시설물 관리기술
3	철도안전	사고/재난 예방/대응기술	방법 및 보안기술	ICT 기반 철도 테러, 범죄 탐지 및 대응기술
4	철도안전	안전엔지니어링 기술	안전성 검증/인증 기술	철도시스템 및 부품 단위 국제 통합 인증기술
5	철도계획 운영	철도운영효율화 기술	철도교통관제기술	지능형 통합 능동 관제시스템 기술
6	철도안전	안전엔지니어링 기술	시스템 안전 관리체계 기술	ICT기반 철도 시설물 통합 이력관리시스템 기술
7	철도계획 운영	철도운영효율화 기술	여객 및 화물운영 최적화 기술	철도 급행화를 위한 인프라 개량 및 급속 보수보강기술
8	철도계획 운영	철도운영효율화 기술	철도서비스기술	철도이용객 보행환경 및 연계교통 정보제공 기술
9	철도안전	안전엔지니어링 기술	시스템 안전 관리체계 기술	CPS기반 철도차량 및 시설 유지관리체계 구축기술
10	철도안전	사고/재난 예방/대응기술	재해예방 및 복구기술	철도 인프라 복합 재난재해 대응 및 복구기술
11	철도환경	쾌적성/편의성 기술	공기질관리기술	철도 (초)미세먼지 발생요인 규명 및 제거기술
12	철도계획 운영	철도물류기술	물류운송시스템 기술	철도차량 입환 자동화 및 무인피킹 기술
13	철도안전	위험도평가기술	위험도 분석 및 평가기술	IoT기반 철도 위험성 사전예측 및 위험도 관리기술
14	철도안전	안전엔지니어링 기술	안전성 검증/인증 기술	철도 부품 장치의 신뢰성 및 가속수명 시험검증 적용 기술
15	철도계획 운영	철도물류기술	물류정보화기술	IOT기술 기반 화물차량, 화물터미널 지능화 및 화물 실시간관리 기술
16	철도환경	쾌적성/편의성 기술	쾌적성 기술	철도차량 쾌적성 및 승차감 향상 기술
17	철도안전	위험도평가기술	위험도 분석 및 평가기술	Big data기반 운전관계자(기관사, 관제사 등) 인적오류분석 및 저감기술
18	철도안전	사고/재난 예방/대응기술	사고예방 및 복구기술	철도 사고 피해 확산방지 및 신속대응시스템(복구장비) 기술
19	철도환경	환경평가/복원기술	기후변화대응기술	기후변화대비 철도교통분야 대응방안기술
20	철도환경	쾌적성/편의성 기술	공기질관리기술	철도 공기질 및 위해물질 저감기술

제6절 기술확보 추진전략 수립

1. 기술확보 추진전략 수립 개요

가. 용어의 정의

□ 용어 정의의 대상

- 본 절에서는 향후 중점적으로 연구개발을 추진할 유망·공백 기술을 도출하고자 아래와 같은 용어의 정의가 필요함

- 유망기술, 공백기술, 유망공백기술, 확보기술, 민간주도형 기술

□ 유망기술의 정의

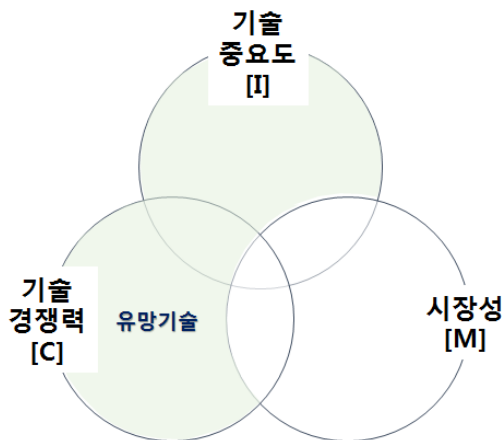
- 유망기술이란 시장이 일부 성숙하거나, 아직 시장성이 뚜렷하게 보이지 않는 기술이지만, 국가 및 산업측면에서 기술적 중요도 및 기술경쟁력이 높아 향후 우리가 기술을 선도할 수 있을만한 기술로서, 전략적으로 연구개발이 필요한 기술

- 3절에서 도출한 시장성은 낮으나, 4절에서 도출한 기술중요도 혹은 기술경쟁력은 높은 영역으로 표현

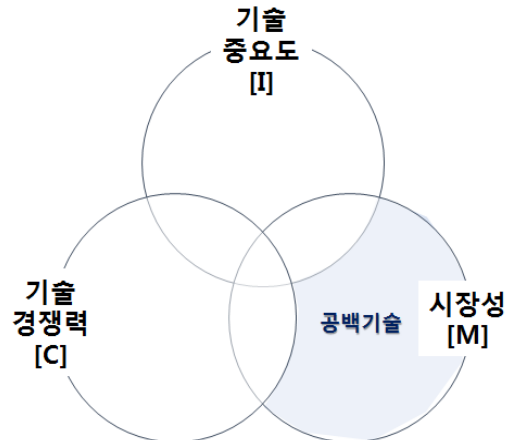
□ 공백기술의 정의

- 공백기술이란 시장이 성숙하거나, 향후 시장성이 크게 확대될 것으로 예상되는 기술이지만, 국내 기술경쟁력이 선진국 대비 낮아 전략적으로 연구개발이 필요한 기술

- 3절에서 도출한 시장성은 높으나, 4절에서 도출한 기술중요도와 기술경쟁력이 낮은 영역으로 표현



[그림 65] 유망기술의 정의



[그림 66] 공백기술의 정의

□ 유망공백기술의 정의

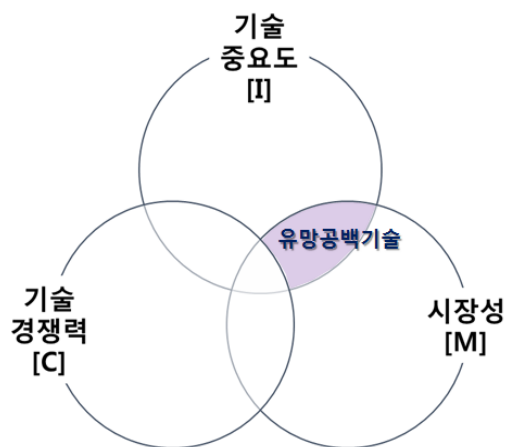
- 유망공백기술이란 시장성과 기술적중요도 모두 높으나, 국내 기술경쟁력이 선진국 대비 낮은 기술로서, 최우선순위로 연구개발이 필요한 기술
- 3절에서 도출한 시장성과 4절에서 도출한 기술중요도가 모두 높으면서, 4절에서 도출한 기술경쟁력은 낮은 영역으로 표현

□ 민간주도형 기술의 정의

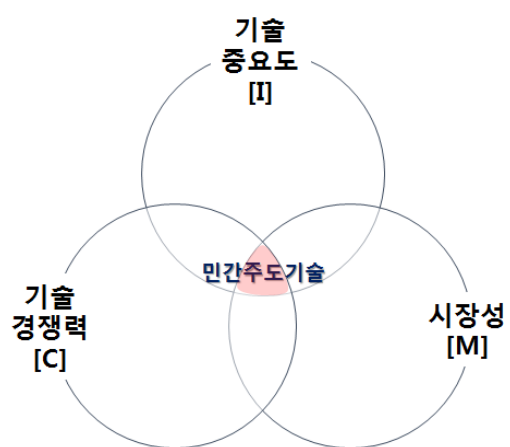
- 민간주도형 기술이란 시장성, 기술적중요도, 기술경쟁력이 모두 높아 민간주도로 연구개발이 가능한 기술
- 3절에서 도출한 시장성, 4절에서 도출한 기술경쟁력 및 기술중요도가 모두 높은 영역으로 표현

□ 확보기술의 정의

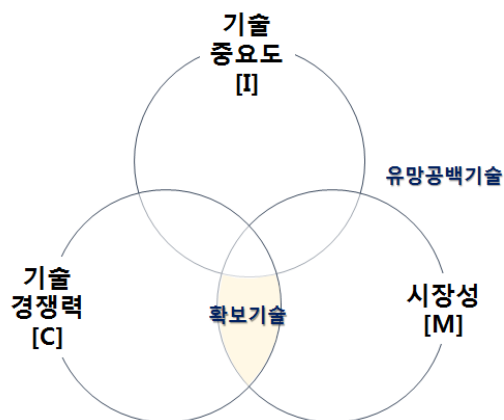
- 확보기술이란 기술적 중요도와는 별개로 국내 기술경쟁력과 시장성이 높아 이미 연구개발을 통해 국내 자체 기술경쟁력을 확보한 기술로서, 추가 연구개발 요소가 적은 기술
- 4절에서 도출한 기술경쟁력과 시장성이 모두 높은 영역으로 표현



[그림 67] 유망공백기술의 정의



[그림 68] 민간주도형 기술의 정의



[그림 69] 확보 기술의 정의

나. 유망·공백 기술 도출 기본 방향

□ 유망·공백 기술의 최종 활용 목적

- 유망·공백기술을 도출하는 최종 목적은 철도분야에서 국가 연구개발이 필요한 기술의 우선 순위를 정하고 향후 국가 연구개발사업으로 추진할 과제를 도출하는 데 활용하는 것임
- 따라서, 본절에서 도출하는 유망·공백 기술을 기준으로 향후 국가 주도하에 연구개발이 필요한 기술 확보 전략을 수립하고자 함

□ 유망·공백 기술 도출을 위한 지표 설정

- 유망·공백기술을 도출하기 위한 지표로 시장성, 기술경쟁력, 기술중요도를 사용함
- 시장성(M)은 제 3절에서 도출한 환경분석의 결과를 토대로, 소분류(L3) 단위의 시장규모 및 시장성장률을 매트릭스 분석을 통하여 종합적으로 고려하여 판단
- 기술경쟁력(C)의 경우, 제4절에서 제시한 논문/특허 분석기반 정량적인 기술수준 분석의 결과로 도출한 시장확보력지수(PFS)과 특허경쟁력지수(TS)를 종합적으로 고려하여 판단
- 기술중요도(I)의 경우, 제4절 전문가 델파이조사 기반 정성적인 기술수준 분석 결과로 도출하고 정부지원필요성, 기술개발시급성, 기술개발과급성 종합적으로 고려하여 판단
- 시장성, 기술경쟁력, 기술중요도 영역에 포함되는 세부분류(L4)별로 기술

다. 기술 확보 전략 수립 절차

□ 기술 확보 전략 수립 프로세스

- 기술 확보 전략 수립 프로세스는 크게 3단계(유망~공백 기술영역 검토(중점추진기술과의 매칭), 영역별 확보전략 검토, 기술카드 작성)으로 구성됨
- (1단계) 유망~공백기술 영역 검토는 앞서 제시한 유망/공백 기술의 정의에 따라 기술분류체계의 세부분류(L4) 수준으로 해당 영역을 도출하고, 5절에서 도출한 중점추진기술과 매칭함
- (2단계) 유망~공백기술 영역별로 기술개발의 시점/기간을 기준으로 기술확보 유형을 나누고 기술 확보전략을 수립
- (3단계) 철도 분야별 전문가의 서면 자문을 바탕으로 유망~공백 기술 카드 작성

[표 194] 유망·공백기술 도출 프로세스

도출방법				결과물	
1 단계	유망공백 기술영역 검토 및 매칭	방법론	환경 분석 논문/특허기반 정량적 기술수준분석	유망~공백기술 영역 도출 (세분류(L4)단위) 중점추진기술 60개와 매칭	
		투입 지표	·시장규모 ·성장률 ·특허경쟁력지수 (TS) ·정부지원필요성 ·시급성 ·과급성		
		영역	시장성(M) 기술경쟁력(C) 기술중요도(I)		
2 단계	영역별 확보전략 검토	방법론	기술영역별 확보전략 전략 유형화		기술확보 추진 로드맵
		기준	·기술개발 시점 및 기간: (초)단기, 중기, 장기		
3 단계	기술카드 작성	방법론	철도 분야별 전문가 대상 서면 자문		총 60개 유망/공백 기술의 기술카드
		항목	·글로벌동향, 중점추진필요성, 기술목표, 추진내용, 예상성과물, 추진체계, 기대효과 등		

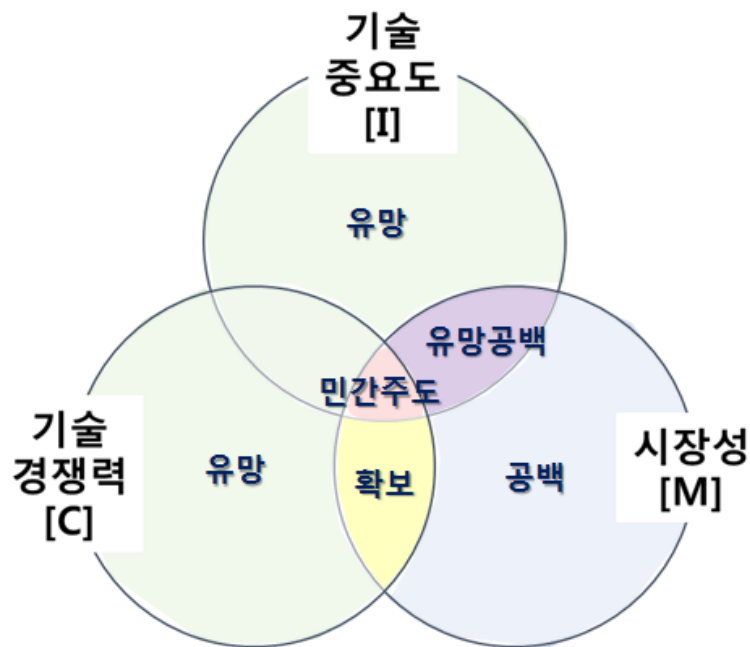
2. (1단계) 유망~공백 기술영역 검토

가. 유망·공백 대상영역 선정 방법

□ 유망·공백 대상영역 선정 프로세스

○ 철도교통분야 환경분석, 델파이조사, 특허분석 기반 지원기술 영역 선별

구분	내용
기술적 중요도[I] (델파이조사)	▪ 단기간 산업육성 효과가 높거나, 장기간 계획 수립이 필요한 영역 선별
기술경쟁력[C] (특허분석)	▪ 국내 기술 영향력이 높아 산업유지가 요구되는 영역이나, 시장 선도 가능성이 높은 영역 선별
시장성[M] (규모 및 성장률)	▪ 국내 기술수준이 낮아 시장진입을 위한 전략이 요구되거나, 시장 미성숙 단계로 국내 기술적 우위 가능성이 높은 영역 선별



구분	의미	지원기술 영역
(IUC) - M	- 기술중요도 혹은 기술경쟁력에 해당되는 영역 - 시장성은 고려하지 않음	유망 영역
M - (IUC)	- 시장성에 해당되는 영역 - 기술적 중요도 혹은 기술경쟁력은 고려하지 않음	공백 영역
(InM) - C	기술중요도, 시장성에는 해당되지만, 기술경쟁력에는 해당되지 않는 영역	유망&공백 영역
I ∩ C ∩ M	기술적 중요도, 기술경쟁력, 시장성 모두 해당되는 영역	민간주도 영역
(C∩M) - I	시장성, 기술경쟁력에는 해당되지만, 기술중요도에는 해당되지 않는 영역	확보 영역

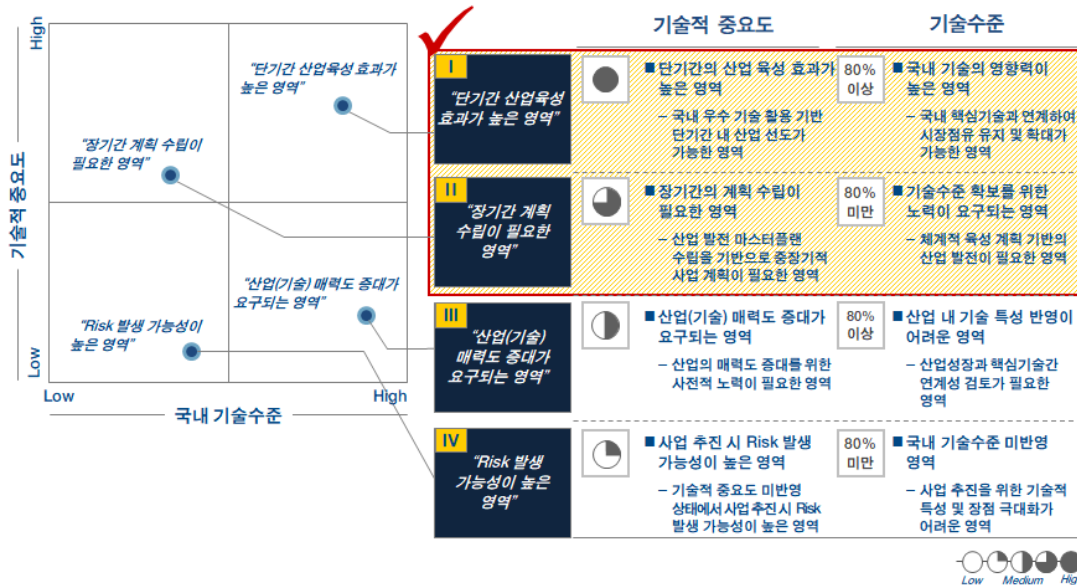
※ I: 기술적중요도, C: 기술경쟁력(특허), M: 시장성

[그림 70] 대상영역 선정 프로세스

나. 유망·공백 기술 대상영역 선정 과정

□ 기술적 중요도

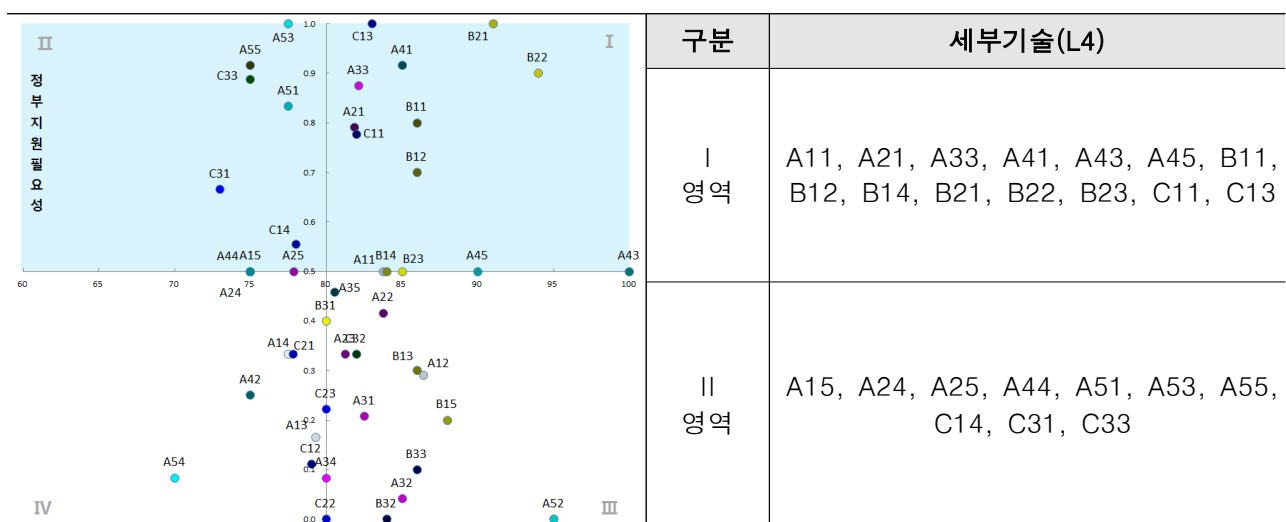
- 기술적중요도 선정 기준인 정부지원 필요성, 기술개발 시급성, 기술개발 파급성 각각의 해당 영역(I, II 영역)에서 요구되는 세부기술(L4)영역 도출



기술적중요도 선정기준표		
구분	도출방법	내용
정부지원 필요성	델파이조사	민간영역의 자발적 참여를 기대 할 수 없어 기술개발에 정부차원의 투자가 필요한 정도
기술개발 시급성	델파이조사	해당 분야 기술이 국가 주요 발전 기술로써 선제적 대응이 필요한 정도
기술개발 파급성	델파이조사	현 시점에서 해당 분야가 국내 기술수준 향상, 연구인력양성, 인프라 확대 등에 기여하는 정도

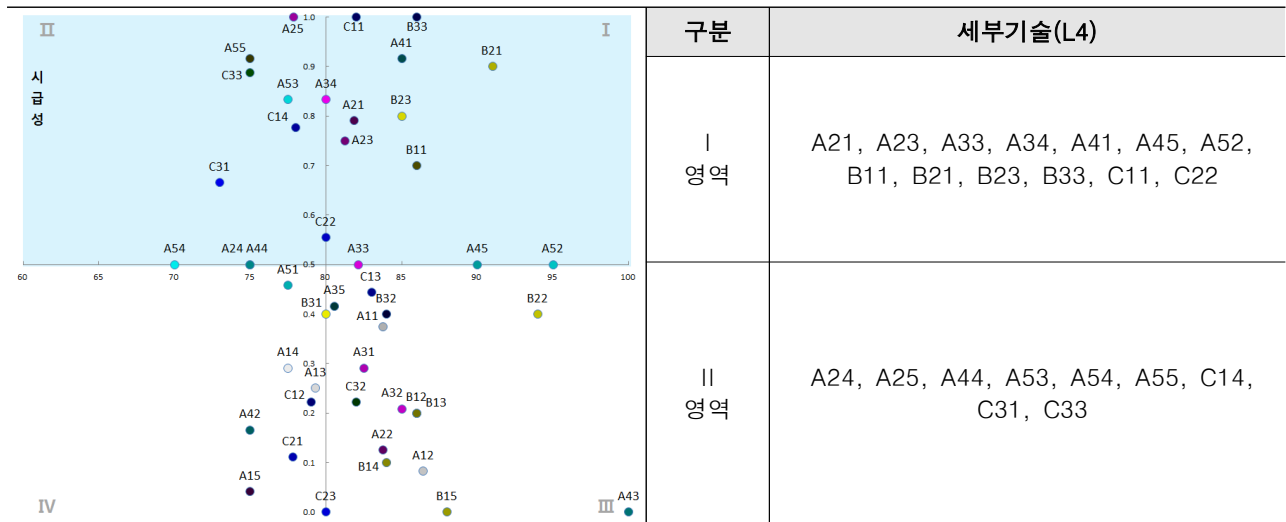
[그림 72] 지원기술 대상영역 선정_기술적중요도 선정기준

○ 정부지원 필요성



[그림 73] 지원기술 대상영역 선정_정부지원 필요성

○ 기술개발 시급성



[그림 74] 지원기술 대상영역 선정_기술개발 시급성

○ 기술개발 파급성



[그림 75] 지원기술 대상영역 선정_기술개발 파급성

○ 정부지원 필요성, 시급성, 파급성에서 요구되는 세부기술(L4)영역 30개 도출

- (단기간 산업육성 효과가 높은 영역) 국내 우수 기술 활용 기반 단기간 내 산업 선도가 가능한 영역으로 국내 핵심기술과 연계하여 시장유지 및 확대가 가능한 17개 기술 도출

중분류(L2)	소분류(L3)	세부기술(L4)
철도차량	고속철도	A21 차량시스템, A23 주행
	도시철도	A33 주행, A34 제동
	자기부상철도	A41 차량시스템, A45 추진제어
	신교통철도	A52 차체 및 설비

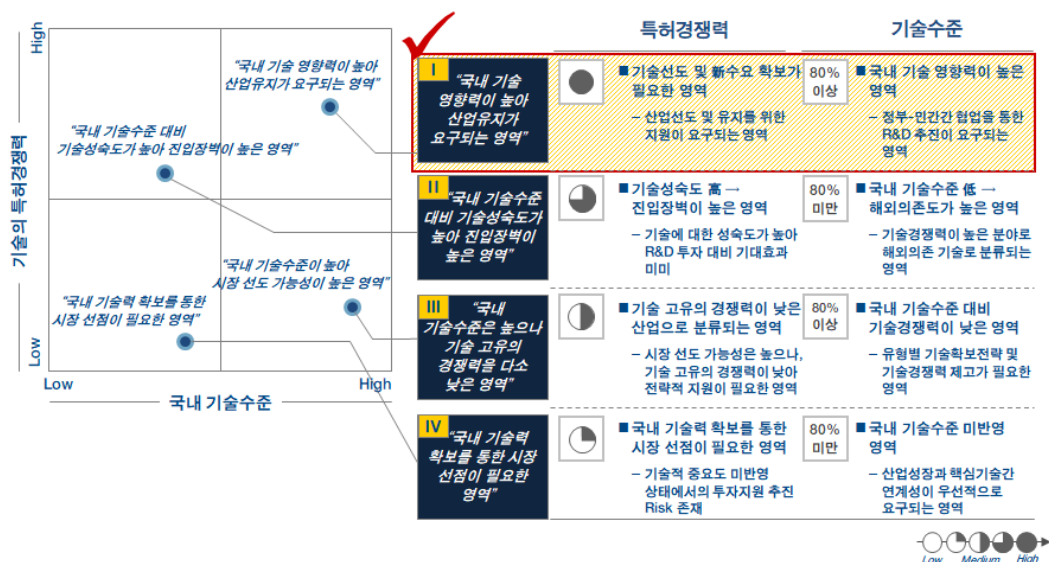
중분류(L2)	소분류(L3)	세부기술(L4)
철도시설	궤도토목	B11 궤도/주행로기술, B12 노반기술, B15 정거장(역사) 기술
	전철/전력	B21 급전계통기술, B23 전력(에너지변환 및 공급) 기술
	신호통신	B33 통신전송 및 통신망기술
철도운영 및 환경	계획 및 운영	C11 철도교통 계획기술, C13 모드연계기술
	철도안전	C22 위험도평가기술
	철도환경	C32 쾌적성/편의성기술

- (장기간 계획 수립이 필요한 영역) 산업 발전 마스터플랜 수립을 위한 기반으로 중장기적 계획이 필요하며, 체계적 육성으로 기술수준 확보가 요구되는 13개 기술 도출

중분류(L2)	소분류(L3)	세부기술(L4)
철도차량	일반철도	A13 추진제어, A14 제동, A15 추진제어
	고속철도	A24 제동, A25 추진제어
	자기부상철도	A44 제동
	신교통철도	A53 주행, A54 제동, A55 추진제어
철도운영 및 환경	계획 및 운영	C12 철도운영효율화기술, C14 철도물류기술
	철도환경	C31 환경평가/복원기술, C33 친환경소재기술

□ 기술경쟁력[C]

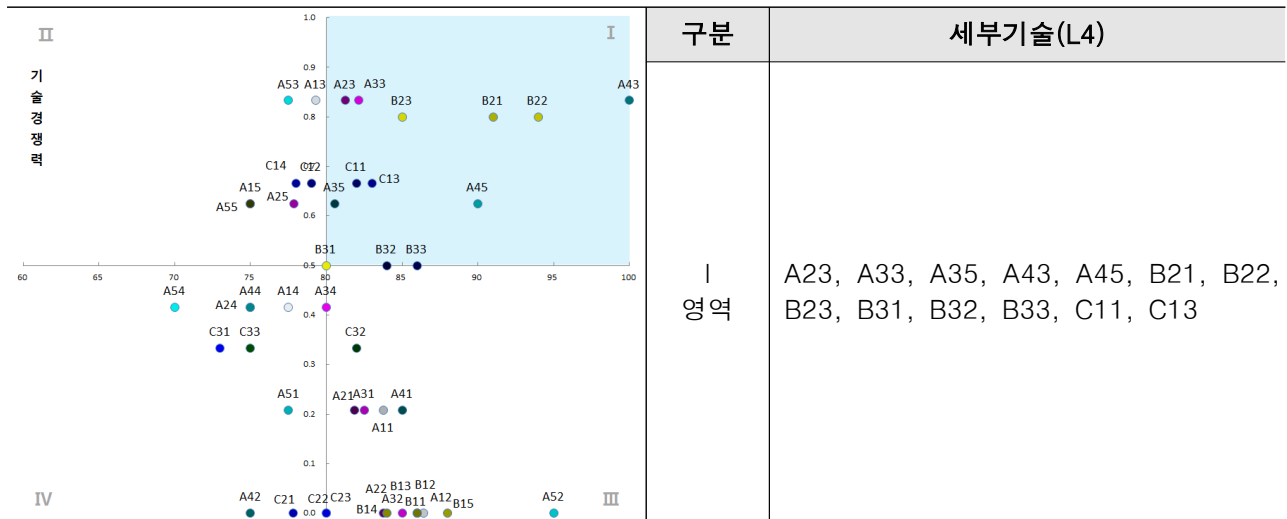
- 기술경쟁력 선정 기준인 특허기술경쟁력과 특허시장확보력의 각각 해당 영역(I 영역)에서 요구되는 세부기술(L4)영역 도출



기술의 기술경쟁력 선정기준표		
구분	도출방법	내용
특허기술경쟁력(TS)	영향력(인용)지수 x 특허건수	특허 키워드별 TS 지수 산출 후, 정규화를 통한 상대적 순위 도출
특허시장확보력(PFS)	해당키워드 PFS/전체 PFS	특허 키워드별 PFS지수 산출 후, 정규화를 통한 상대적 순위 도출

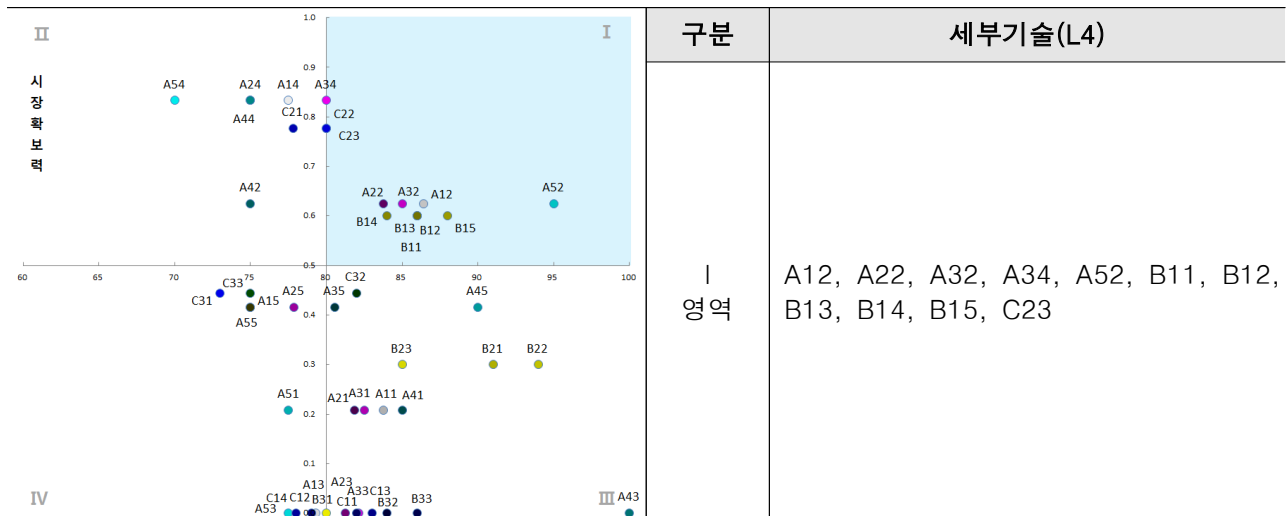
[그림 76] 지원기술 대상영역 선정_특허경쟁력 선정기준

○ 특허기술경쟁력



[그림 77] 지원기술 대상영역 선정_특허기술경쟁력

○ 특허시장확보력



[그림 78] 지원기술 대상영역 선정_특허시장확보력

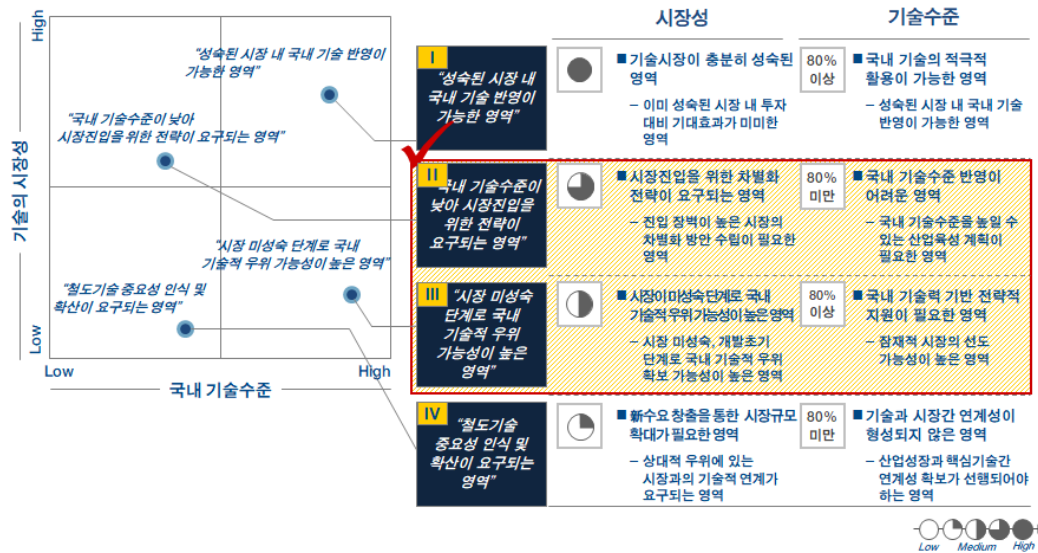
○ 특허기술경쟁력과 특허시장확보력 측면에서 산업유지 및 시장 선도 가능성이 높은 세부 기술(L4)영역 30개 도출

- (국내 산업유지가 요구되는 영역) 국내 기술영향력이 높아 기술선도 및 신수요 확보가 필요한 영역으로 관련 기술 25개 도출

중분류(L2)	소분류(L3)	세부기술(L4)
철도차량	일반철도	A12 차체 및 설비
	고속철도	A22 차체 및 설비, A23 주행
	도시철도	A32 차체 및 설비, A33 주행, A34 제동, A35 추진제어
	자기부상철도	A43 주행, A45 추진제어
	신교통철도	A52 차체 및 설비
철도시설	궤도토목	B11 궤도/주행로기술, B12 노반기술, B13 철도교량(고가구조물) 기술, B14 철도터널기술, B15 정거장(역사)기술
	전철/전력	B21 급전계통기술, B22 전차선로기술, B23 전력(에너지변환 및 공급) 기술
	신호통신	B31 신호제어기술, B32 통신서비스기술, B33 통신전송 및 통신망 기술
철도운영 및 환경	계획 및 운영	C11 철도교통 계획기술, C13 모드연계기술
	철도안전	C23 사고대응기술

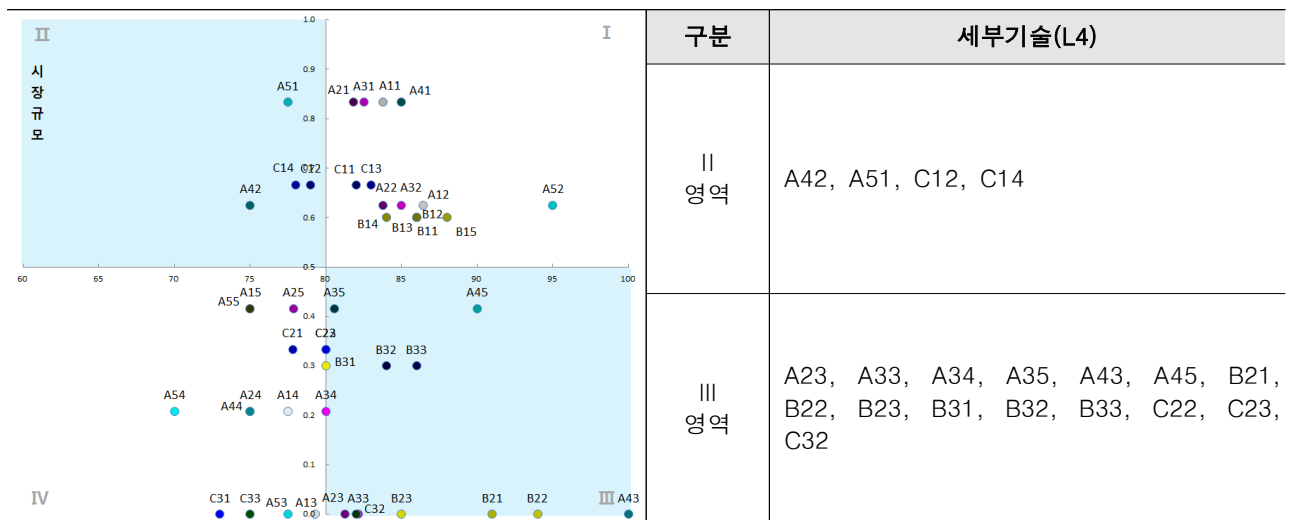
□ 시장성[M]

- 시장성 선정 기준인 시장규모와 성장률의 각각 해당 영역(Ⅱ, Ⅲ 영역)에서 요구되는 세부 기술(L4)영역 도출



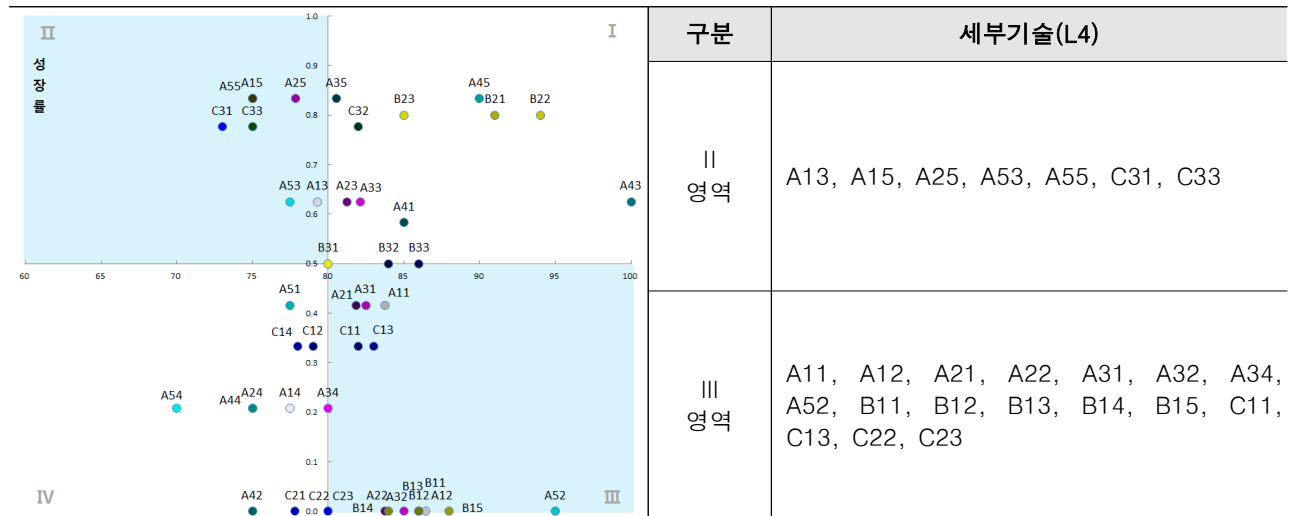
[그림 79] 지원기술 대상영역 선정_시장성 선정기준

○ 시장규모



[그림 80] 지원기술 대상영역 선정_시장규모

○ 성장률



[그림 81] 지원기술 대상영역 선정_성장률

○ 시장규모와 성장률(연평균 CAGR %) 기반 각 영역별 요구되는 기술(소분류) 26개 도출

- (시장진입을 위한 전략이 요구되는 영역) 국내 기술수준이 낮아 시장진입을 위한 차별화 전략이 요구되는 영역으로 관련 기술 11개 도출

중분류(L2)	소분류(L3)	세부기술(L4)
철도차량	일반철도	A13 주행, A15 추진제어
	고속철도	A25 추진제어
	자기부상철도	A42 차체 및 설비
	신교통철도	A51 차량시스템, A53 주행, A55 추진제어
철도운영 및 환경	계획 및 운영	C12 철도운영효율화, C14 철도물류기술
	철도환경	C31 환경평가/복원기술, C33 친환경소재기술

- (국내 기술적 우위 가능성이 높은 영역) 시장 미성숙, 개발초기 단계로 국내 기술력 기반 잠재적 시장의 우위 확보 가능성이 높은 영역으로 15개 기술 도출

중분류(L2)	소분류(L3)	세부기술(L4)
철도차량	고속철도	A23 주행
	도시철도	A33 주행, A34 제동, A35 추진제어
	자기부상철도	A43 주행, A45 추진제어
철도시설	전철/전력	B21 급전계통기술, B22 전차선로기술, B23 전력(에너지변환 및 공급) 기술
	신호통신	B31 신호제어기술, B32 통신서비스기술, B33 통신전송 및 통신망기술
철도운영 및 환경	철도안전	C22 위험도평가기술, C23 사고대응기술
	철도환경	C32 쾌적성/편의성기술

다. 유망·공백 기술 대상영역 도출 결과

□ 시장성, 기술경쟁력, 기술중요도 영역 내 세부분류(L4) 선정 결과

○ 기술중요도(I), 기술경쟁력(C), 시장성(M) 포함 영역

[표 195] 세부분류(L4)별 우위 영역

기술중요도 포함	기술경쟁력 포함	시장성 포함
A21 차량시스템, A23 주행, A33 주행, A34 제동, A41 차량시스템, A45 추진제어, A52 차체 및 설비, B11 궤도/주행로기술, B12 노반기술, B15 정거장(역사) 기술, B21 급전계통기술, B23 전력(에너지변환 및 공급) 기술, B33 통신전송 및 통신망기술, C11 철도교통 계획기술, C13 모드연계기술, C22 위험도평가기술, C32 쾌적성/편의성기술, A13 추진제어, A14 제동, A15 추진제어, A24 제동, A25 추진제어, A44 제동, A53 주행, A54 제동, A55 추진제어, C12 철도운영효율화기술, C14 철도물류기술, C31 환경평가/복원기술, C33 친환경소재기술	A12 차체 및 설비 A22 차체 및 설비, A23 주행 A32 차체 및 설비, A33 주행, A34 제동, A35 추진제어 A43 주행, A45 추진제어 A52 차체 및 설비 B11 궤도/주행로기술, B12 노반기술, B13 철도교량(고가구조물) 기술, B14 철도터널기술, B15 정거장(역사)기술 B21 급전계통기술, B22 전차선로기술, B23 전력(에너지변환 및 공급) 기술 B31 신호제어기술, B32 통신서비스기술, B33 통신전송 및 통신망 기술 C11 철도교통 계획기술, C13 모드연계기술 C23 사고대응기술	A13 주행, A15 추진제어 A25 추진제어 A42 차체 및 설비 A51 차량시스템, A53 주행, A55 추진제어 C12 철도운영효율화, C14 철도물류기술 C31 환경평가/복원기술, C33 친환경소재기술, A23 주행 A33 주행, A34 제동, A35 추진제어 A43 주행, A45 추진제어 B21 급전계통기술, B22 전차선로기술, B23 전력(에너지변환 및 공급) 기술 B31 신호제어기술, B32 통신서비스기술, B33 통신전송 및 통신망기술 C22 위험도평가기술, C23 사고대응기술 C32 쾌적성/편의성기술

□ 대상 영역별 세부분류(L4) 선정 결과

[표 196] 대상 영역별 세부분류(L4)

	해당 세부분류(L4)
유망영역	A12, A22, A31, A32, A52, B11, B12, B13, B14, B15, C11, C13
공백영역	A13, A15, A25, A35, A42, A43, A51, A53, A55, B22, B31, B32, C12, C14, C22, C23, C31, C32, C33
유망공백영역	A11, A14, A21, A24, A41, A44, A54, C21
민간연계영역	A23, A33, A34, A45, B21, B23, B33

라. 유망·공백 기술 대상영역과 중점추진기술과의 매칭

□ 중점추진기술 60개와의 매칭 방법 검토

- 5절에서 도출한 중점추진기술 60개와 유망영역, 공백영역, 유망&공백영역 등 4개 영역별 세부 분류를 매칭
- 중점추진기술 중 일부는 철도분야별 전문가 검토를 통해 분야별 유형의 추진영역의 성격보다 추진기술의 기술개발의 시급성과 기술확보 시점 등을 종합적으로 고려하여 추진 영역을 조정함. (기존 영역은 괄호 안에 표시)

□ 중점추진기술별 대상영역 매칭 결과

○ 철도차량 분야

[표 197] 철도차량 분야 중점추진기술과 유망/공백 유형 매칭

순번	소분류	세부분류	L4코드	중점추진기술명	유망/공백 유형
1	일반	주행	A13	실시간 주행환경감응형 스마트철도차량 능동제어기술	공백
2	일반	추진제어	A15	신 전력소자(와이드밴드갭소자, SiC 전력반도체 등) 적용 고효율 추진제어 전력변환기술	공백
3	일반	제동	A14	Brake by Wire 전기기계식 제동시스템 기술	유망 (유망공백)
4	고속	제동	A24	고속차량 고성능 고내열성 제동패드(마찰재 포함) 및 제동디스크 기술	유망공백
5	신교통	차량시스템	A51	Door-to-Door 운행기반 무인 개인용 소형 수송수단시스템 기술	공백
6	도시	추진제어	A35	급속충전기반 ESS 추진 제어 기술(ESS 일체형 추진 인버터 등)	공백
7	도시	차체 및 설비	A32	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 기술	유망
8	고속	추진제어	A25	고용량 대출력 철도용 회로류저감형 영구자석동기 전동기기술	공백
9	고속	차량시스템	A21	하이퍼튜브 초고속철도 기술	유망 (유망공백)
10	고속	추진제어	A25	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 기술	공백
11	신교통	차체 및 설비	A52	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 관절장치 기술	공백 (유망)
12	일반	추진제어	A15	철도차량 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 기술	공백
13	일반	추진제어	A15	철도차량용 전기공급장치 고효율화 및 모듈화 기술	공백
14	일반	차체 및 설비	A12	철도차량용 친환경 컴팩트형 고효율 공조시스템 기술	공백 (유망)
15	고속	차체 및 설비	A22	첨단 신소재 적용 철도차량 차체 및 부품 경량화 기술	유망
16	일반	추진제어	A15	수소연료전지 기반 철도차량 추진제어시스템 기술	공백
17	도시	추진제어	A25	초경량 저소음 능동형 팬터그래프 기술	공백
18	일반	차량시스템	A11	철도차량 지능형 센싱 및 유지관리 자동화 시스템 기술	유망공백
19	도시	차체 및 설비	A32	기밀성 향상을 위한 포켓 슬라이딩 방식 출입문 모듈화 및 표준화 기술	공백 (유망)
20	고속	차량시스템	A21	대용량 수송용 초고속 2층 철도시스템 기술	유망 (유망공백)

○ 철도시설 분야

[표 198] 철도시설 분야 중점추진기술과 유망/공백 유형 매칭

순번	소분류	세부분류	L4코드	중점추진기술명	유망/공백 유형
1	전철전력	급전계통기술	B21	IoT기반 철도 전기설비상태정보 공유시스템 기술	공백 (민간연계)
2	전철전력	전력 (에너지변환 및 공급)기술	B23	신재생에너지 및 ESS 연계 기반 철도전력망의 마이크로그리드 시스템 구축기술	공백 (민간연계)
3	전철전력	전력 (에너지변환 및 공급)기술	B23	대용량 철도 수소연료전지 기반 급전시스템 기술	민간연계
4	전철전력	급전계통기술	B21	전기철도 급전계통 해석용 실시간 시뮬레이터 기술	민간연계
5	전철전력	급전계통기술	B21	On-line 정보 에너지관리 네트워크 기반 열차운행 모드제어 기술	민간연계
6	신호통신	철도통신전송 및 통신망기술	B33	신호 제어시스템 사이버 보안기술	민간연계
7	신호통신	신호제어기술	B31	고밀도 운행을 위한 열차간격 제어기술 (이동폐색을 이용하여 선행열차와 후속열차간 안전간격제어)	공백
8	궤도토목	궤도/주행로 기술	B11	철도 노후 인프라 보수/보강 및 개량기술	유망공백 (유망)
9	궤도토목	정거장(역사) 기술	B15	게이트리스/티켓리스기반 이용자 이동정보 제공기술	유망
10	궤도토목	궤도/주행로 기술	B11	소음진동 저감용 스마트 궤도시스템 기술	유망
11	궤도토목	정거장(역사) 기술	B15	복합환승기반 인터모달 교통허브 구축 및 운영기술	유망
12	궤도토목	철도교량 (고가구조물) 기술	B13	철도용 초장대 철도교량 기술	유망
13	신호통신	신호제어기술	B31	열차간통신(T2T)기반 무인 열차자율주행기술	유망 (공백)
14	궤도토목	철도교량 (고가구조물) 기술	B13	도시 경관 친화형 초경량 도시 경전철 고가구조물(sky-guideway)건설기술	유망
15	궤도토목	궤도/주행로 기술	B11	상태평가 기반 궤도평가 및 유지보수 장비 기술	유망
16	궤도토목	궤도/주행로 기술	B11	대륙간 초고속 이동이 가능한 1000km/h급 열차 인프라 기술	유망
17	전철전력	전차선로기술	B22	전차선로 유지관리 및 진단 자동화 기술	공백
18	전철전력	전력(에너지변 환 및 공급)기술	B23	대용량 무선전력 전송 기술 기반 전력공급 기술	민간연계
19	신호통신	철도통신서비스 기술	B32	스마트 철도 인프라를 위한 LTE-R 기반 IoT 통신 기술	공백
20	신호통신	신호제어기술	B31	열차 운행 무중단 무선통신기반 기존 열차제어시스템 개량 최적화 기술	공백

○ 철도운영 및 환경 분야

[표 199] 철도운영 및 환경 분야 중점추진기술과 유망/공백 유형 매칭

순번	소분류	세부분류	L4코드	중점추진기술명	유망/공백 유형
1	철도안전	사고/재난 예방/대응기술	C23	BIG Data 기반 철도차량 및 인프라 상태 기반 모니터링 및 진단기술	공백
2	철도안전	안전엔지니어링 기술	C21	무인기 기반 지능형 철도운행 조기경보 및 시설물 관리기술	유망공백
3	철도안전	사고/재난 예방/대응기술	C23	ICT 기반 철도 테러, 범죄 탐지 및 대응기술	공백
4	철도안전	안전엔지니어링 기술	C21	철도시스템 및 부품 단위 국제 통합 인증기술	유망공백
5	철도계획 운영	철도운영효율화 기술	C12	지능형 통합 능동 관제시스템 기술	유망 (공백)
6	철도안전	안전엔지니어링 기술	C21	ICT기반 철도 시설물 통합 이력관리시스템 기술	유망공백
7	철도계획 운영	철도운영효율화 기술	C12	철도 급행화를 위한 인프라 개량 및 급속 보수보강기술	유망공백 (공백)
8	철도계획 운영	철도운영효율화 기술	C12	철도이용객 보행환경 및 연계교통 정보제공 기술	공백
9	철도안전	안전엔지니어링 기술	C21	CPS기반 철도차량 및 시설 유지관리체계 구축기술	유망공백
10	철도안전	사고/재난 예방/대응기술	C23	철도 인프라 복합 재난재해 대응 및 복구기술	공백
11	철도환경	쾌적성/편의성 기술	C32	철도 (초)미세먼지 발생요인 규명 및 제거기술	공백
12	철도계획 운영	철도물류기술	C14	철도차량 입환 자동화 및 무인피킹 기술	공백
13	철도안전	위험도평가기술	C22	IoT기반 철도 위험성 사전예측 및 위험도 관리기술	공백
14	철도안전	안전엔지니어링 기술	C21	철도 부품 장치의 신뢰성 및 가속수명 시험검증 적용 기술	유망공백
15	철도계획 운영	철도물류기술	C14	IOT기술 기반 화물차량, 화물터미널 지능화 및 화물 실시간관리 기술	유망 (공백)
16	철도환경	쾌적성/편의성 기술	C32	철도차량 쾌적성 및 승차감 향상 기술	공백
17	철도안전	위험도평가기술	C22	Big data기반 운전관계자(기관사, 관제사 등) 인적오류분석 및 저감기술	공백
18	철도안전	사고/재난 예방/대응기술	C23	철도 사고 피해 확산방지 및 신속대응시스템(복구장비) 기술	공백
19	철도환경	환경평가/복원기 술	C31	기후변화대비 철도교통분야 대응방안기술	공백
20	철도환경	쾌적성/편의성 기술	C32	철도 공기질 및 위해물질 저감기술	공백

3. (2단계) 유망 및 공백영역 상의 중점추진기술별 확보전략 검토

가. 4대 영역별 기술 확보 전략

□ 4대 영역별 확보 전략 개요

- 4대 영역에 해당하는 중점추진 기술을 확보하기 위한 전략을 도출함에 있어 각 영역에 해당되는 기술의 확보시점을 중심으로 전략을 도출

[표 200] 4대 영역별 기술 확보 전략

기술영역	영역별 정의	확보 전략	기술 확보 목표 시점
유망	기술적 중요도(↑), 기술경쟁력(↑), 시장성(↓)	중장기적 관점에서 선점가능한 유망 기술 확보	중장기 (5~10년 이후 목표)
공백	기술적 중요도(-), 기술경쟁력(-), 시장성(↑)	세계 선도형 실용화 기술 확보	단기 (5년 내외 목표)
유망공백	기술적 중요도(↑), 기술경쟁력(↓), 시장성(↑)	세계 선진국과의 기술격차 감소, 핵심기술의 국산화	중장기 (5~10년 이후 목표)
민간연계	기술적 중요도(↑), 기술경쟁력(↑), 시장성(↑)	기 확보 기술의 고도화	

□ 유망 영역의 중점추진기술 확보 전략

- 유망 영역의 경우, 기술적 중요도와 기술 경쟁력이 상대적으로 높지만, 현재 시장규모 및 성장률 측면에서 미성숙한 시장을 보유하고 있음
- 따라서, 당장 실용화보다는 중장기적 관점에서 기술 확보가 가능하도록 전략적 연구개발 실시 필요

□ 공백 영역의 중점추진기술 확보 전략

- 공백 영역의 경우, 현재 시장규모 및 성장률 측면에서 빠른 시일내에 시장이 확대될 것으로 기대되는 시장성에 비해 기술 경쟁력이 시장을 선점한 선도국가에 비해 상대적으로 낮은 영역임
- 따라서, 해외 선진 국가와 기술격차를 해소할 뿐 만 아니라 기술을 선도하여 시장을 선점할 수 있도록 연구개발 실시 필요

□ 유망공백 영역의 중점추진기술 확보 전략

- 유망공백 영역의 경우, 현재 시장규모 및 성장률 측면에서 이미 시장이 존재하고 있으며, 해외 선진기술에 대한 의존도가 높지만 핵심 요소기술로서 빠른 시일 내에 확보해야 하는 기술이지만 내수 부족 등의 이유로 민간영역의 자발적 참여를 기대할 수 없어 기술개발에 정부차원의 투자가 필요한 기술 영역
- 따라서, 빠른 시일 내에 해외 선도국가와의 기술 격차를 해소하고, 실용화 및 국산화가 가능하도록 정부주도하에 최우선적 연구개발 실시 필요, 다만 과제 유형에 따라 단기 및 중장기 성격의 기술로 구분하여 추진

□ 민간연계 영역의 중점추진기술 확보 전략

- 민간연계 영역의 경우, 현재 우리가 보유하고 있는 기술로서 기술 경쟁력도 있고, 시장도 이미 형성되어 있으며, 기술적 중요도 또한 높아 민간에서 충분히 개발이 가능한 기술
- 민-관 협력으로 개발 및 상용화 가능한 기술

나. 국토교통 R&D 상위 계획과의 연계 전략

□ 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(안)

- 국토교통과학기술 육성법 제4조에 따라 2018년~2027년 기간 동안 국토교통 과학기술의 장기적 · 종합적 정책방향과 중장기 투자계획을 설정하는 최상위 법정 종합계획임.
- “혁신을 통한 성장, 사람 중심의 국토교통”이라는 비전하여 4대 추진전략과 12대 세부 추진과제를 수립함.

[표 201] 국토교통과학기술 연구개발 종합계획 추진전략 및 세부 추진과제

추진전략	세부 추진과제
1. 4차 산업혁명 대응 혁신성장동력 육성	1-1 초연결 도시 구현 기술 개발 1-2 무인이동체 자율주행 기술 개발 1-3 디지털 기반 국토정보 기술 고도화
2. 기술융합을 통한 새로운 가치창출	2-1 융합기술을 통한 건설 지능화 실현 2-2 고부가가치 건설기술 창출 2-3 기존 수송시스템 혁신기술 도입
3. 사람 중심의 국토교통 기술개발	3-1 재난·재해 예방 등 안전기술 3-2 친환경 생활공간 조성 기술 개발 3-3 사회이슈 해결형 기술 개발
4. 미래지향적 R&D 시스템 도입	4-1 국토교통 R&D 관리체계 혁신 4-2 국토교통 연구개발 기반 강화 4-3 연구개발 성과와 산업간 연결고리 강화

- 철도교통 분야의 중점추진기술의 경우 국토교통과학기술 연구개발 종합계획의 세부 추진과제 중 2-3, 3-1, 3-2, 3-3과 밀접한 연관이 있음
- “2-3 기존 수송시스템 혁신기술 도입”과 관련하여 친환경초고속 철도시스템, 무인자율철도시스템, 철도·항공 전략산업화, 지능형 자동화물운송 및 스마트 물류센터 분야에 연계하여 추진되어야 함. 해당분야와 관련이 있는 본 과제의 중점추진기술은 다음과 같음

[표 202] 국토교통과학기술 연구개발 종합계획 및 세부 추진과제 2-3 연계 중점추진기술

분야	번호	2-3 기존 수송시스템 혁신기술 도입 관련 중점추진기술
철도차량	5	Door-to-Door 운행기반 무인 개인용 소형 수송수단시스템 기술
	9	하이퍼튜브 초고속철도 기술
	16	수소연료전지 기반 철도차량 추진제어시스템 기술
	20	대용량 수송용 초고속 2층 철도시스템 기술
철도시설	3	대용량 철도 수소연료전지 기반 급전시스템 기술
	13	열차간통신(T2T)기반 무인 열차자율주행기술
	16	대륙간 초고속 이동이 가능한 1000km/h급 열차 인프라 기술
	19	스마트 철도 인프라를 위한 LTE-R 기반 IoT 통신 기술
	20	열차 운행 무중단 무선통신기반 기존 열차제어시스템 개량 최적화 기술
운영 및 환경	9	CPS기반 철도차량 및 시설 유지관리체계 구축기술
	12	철도차량 입환 자동화 및 무인피킹 기술
	15	IOT기술 기반 화물차량, 화물터미널 지능화 및 화물 실시간관리 기술

- 또한 “3-1 재난재해 예방 등 안전기술 개발” 과 “3-2 친환경 생활공간 조성기술 개발” 및 “3-3 사회이슈 해결형 기술 개발” 과 연계하여 철도교통의 안전, 친환경 등과 관련한 기술개발을 연계되어 추진되어야 함. 해당분야와 관련이 있는 본 과제의 중점추진기술은 다음과 같음

[표 203] 국토교통과학기술 연구개발 종합계획 및 세부 추진과제 3-1,2,3 연계 중점추진기술

분야	번호	국토교통과학기술 연구개발 종합계획 및 세부 추진과제 관련 중점추진기술
철도차량	14	철도차량용 친환경 콤팩트형 고효율 공조시스템 기술
철도시설	2	신재생에너지 및 ESS 연계 기반 철도전력망의 마이크로그리드 시스템 구축기술
	3	대용량 철도 수소연료전지 기반 급전시스템 기술
	6	신호 제어시스템 사이버 보안기술
	8	철도 노후 인프라 보수/보강 및 개량기술
	10	소음진동 저감용 스마트 궤도시스템 기술
	14	도시 경관 친화형 초경량 도시 경전철 고가구조물(sky-guideway)건설기술
	17	전차선로 유지관리 및 진단 자동화 기술
운영 및 환경	1	BIG Data 기반 철도차량 및 인프라 상태 기반 모니터링 및 진단기술
	2	무인기 기반 지능형 철도운행 조기경보 및 시설물 관리기술
	3	ICT 기반 철도 테러, 범죄 탐지 및 대응기술
	7	철도 급행화를 위한 인프라 개량 및 급속 보수보강기술
	10	철도 인프라 복합 재난재해 대응 및 복구기술
	11	철도 (초)미세먼지 발생요인 규명 및 제거기술
	13	Iot기반 철도 위험성 사전예측 및 위험도 관리기술
	16	철도차량 쾌적성 및 승차감 향상 기술
	17	Big data기반 운전관계자(기관사, 관제사 등) 인적오류분석 및 저감기술
	18	철도 사고 피해 확산방지 및 신속대응시스템(복구장비) 기술
	19	기후변화대비 철도교통분야 대응방안기술
	20	철도 공기질 및 위해물질 저감기술

- 이러한 추진전략에 따라 국토교통 8대 혁신성장동력을 제시하고 있으며, 철도교통 기술과 관련해서는 “지능형철도” 및 “스마트물류”가 직접적으로 관련되어 있음.



[그림 82] 8대 혁신성장동력

□ 제3차 국가철도망 구축계획 (2016~2025)

- 철도투자를 효율적·체계적으로 수행하기 위하여 중장기(10년 단위) 국가철도망구축계획을 수립
- 계획의 주요내용은 철도의 중장기 건설계획, 다른 교통수단과의 연계교통체계 구축, 소요재원의 조달방안, 환경친화적인 철도 건설방안 등이 있음
- 또한, 효율적이고 경쟁력이 있으며, 지역발전을 선도하고 안전·편리한 철도 구현을 위한 6대 추진방향을 설정하였으며 세부 내용은 다음과 같음
 - (1) 철도운영 효율성 제고 (2) 주요 거점간 고속 이동 서비스 제공
 - (3) 대도시권 교통난 해소 (4) 안전하고 이용하기 편리한 시설 조성
 - (5) 철도물류 경쟁력 강화 (6) 통일시대를 대비한 한반도 통합철도망 구축
- 제3차 국가철도망 구축계획과 본 과제의 중점추진기술의 연계
 - 제3차 국가철도망 구축계획의 6대 추진방향과 관련하여 다음 중점추진기술의 추진이 밀접한 연계성을 가지고 있음

[표 204] 제3차 국가철도망 구축계획 연계 중점추진기술

분야	번호	제3차 국가철도망 구축계획 관련 중점추진기술
철도차량	20	대용량 수송용 초고속 2층 철도시스템 기술
철도시설	9	게이트리스/티켓리스기반 이용자 이동정보 제공기술
	11	복합환승기반 인터모달 교통허브 구축 및 운영기술
	16	대륙간 초고속 이동이 가능한 1000km/h급 열차 인프라 기술
운영및 환경	7	철도 급행화를 위한 인프라 개량 및 급속 보수보강기술
	8	철도이용객 보행환경 및 연계교통 정보제공 기술

□ 제3차 철도안전 종합계획(안) (2016~2020)

- 5년마다 수립되는 철도안전종합계획(법정계획) 으로서 철도안전정책방향을 제시하는 국가 종합계획
- 국민이 안심하고 신뢰하는 인명중시 철도안전 구현을 위해 6대분야 (40대 중점 추진과제) 추진
 - (1) 자발적 안전관리 정착 (2) 재난대응 역량 강화
 - (3) 안전한 철도인프라 확충 (4) 안전산업 활성화
 - (5) 국민이 안심하는 운행안전 확보 (6) 안전정책 추진기반 강화
- 제3차 철도안전 종합계획과의 중점추진기술의 연계

[표 205] 제3차 철도안전 종합계획 연계 중점추진기술

분야	번호	제3차 철도안전 종합계획 연계 중점추진기술
철도차량	18	철도 지능형 센싱 및 유지관리 자동화 시스템 기술
철도시설	8	철도 노후 인프라 보수/보강 및 개량기술
	15	상태평가 기반 궤도평가 및 유지보수 장비 기술
	17	전차선로 유지관리 및 진단 자동화 기술
운영 및 환경	1	BIG Data 기반 철도차량 및 인프라 상태 기반 모니터링 및 진단기술
	2	무인기 기반 지능형 철도운영 조기경보 및 시설물 관리기술
	10	철도 인프라 복합 재난재해 대응 및 복구기술
	13	Iot기반 철도 위험성 사전예측 및 위험도 관리기술
	14	철도 부품 장치의 신뢰성 및 가속수명 시험검증 적용 기술
	17	Big data기반 운전관계자(기관사, 관제사 등) 인적오류분석 및 저감기술
	18	철도 사고 피해 확산방지 및 신속대응시스템(복구장비) 기술

□ 국토교통부 철도기술연구사업 후속사업(안)

- 국토교통부 철도기술연구사업이 일몰됨에 따라 후속과제를 위해 4개의 기획과제가 추진 중임.
- “1. 철도차량 부품개발 사업”과 “4. 철도차량 유지관리 자동화 기술 개발사업”의 경우 철도차량 분야에 대해 핵심부품 단위의 연구 및 철도차량 유지관리 자동화를 위한 운영기술 연구가 추진될 계획임.
- “2. 에너지 30% 저감 친환경 철도기술 개발사업”은 에너지 절감을 위한 차량분야 기술과 시설분야에서의 전철전력분야와 신호통신분야의 연구가 추진될 계획이며, “3. 철도 인프라 스마트 개량 기술개발 사업”은 시설분야 유지관리, 재난재해 안전기술, 철도이용객 수송량 확대, 인프라 친환경성 향상 및 역사 이용객 편의성 향상과 관련된 연구가 추진될 계획임.
- 본 과제에서 제시되는 중점추진 기술은 전반적으로 후속 철도기술연구사업과 긴밀한 연계성을 가지고 추진되어야 함

[표 206] 철도기술연구사업 후속사업 기획(안)

사업명	비전 및 목표
1. 철도차량 부품개발 사업	철도 부품기술 고도화를 통한 고부가가치 철도차량 부품산업 육성을 위해 철도부품 국산화 및 성능향상과 미래시장 선점을 위한 기술선도
2. 에너지 30% 저감 친환경 철도기술 개발사업	소비에너지 저감으로 발전소 1개 축소 가능한 친환경 철도 달성을 위해 에너지 30% 절감 달성
3. 철도 인프라 스마트 개량 기술개발 사업	철도인프라 개량기술의 첨단화를 통한 안전하고 편리한 국민생활 체감형 철도교통 구현을 위해 철도인프라 스마트 유지관리 및 개량 기술개발을 통한 노후율 감축, 안전성 및 편의성 비용의 20% 절감 달성
4. 철도차량 유지관리 자동화 기술 개발사업	자동화 기술기반 철도 안전성, 신뢰성 향상 및 유지관리비용 절감을 위해 철도차량 유지관리 자동화로 유지보수주기 20% 연장, 유지보수비 20% 절감 달성

다. 중점추진기술 확보 로드맵

□ 유망 영역의 중점추진 기술 확보 로드맵

○ 철도차량 분야

[표 207] 철도차량 분야 유망 영역 기술 확보 로드맵

	중분류 (L3)	세분류 (L4)	기술명	기술 개발 및 확보 시점 (연도)									
				19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	일반	제동	Brake by Wire 전기기계식 제동시스템 기술	■	■	■	■	■	■	■	■		
2	도시	차체 및 설비	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 기술	■	■	■	■	■	■	■			
3	고속	차량시스템	하이퍼튜브 초고속철도 기술	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4	고속	차체 및 설비	첨단 신소재 적용 철도차량 차체 및 부품 경량화 기술	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5	고속	차량시스템	대용량 수송용 초고속 2층 철도시스템 기술	■	■	■	■	■	■	■	■		

■: 기획 및 기초연구 단계 / ■: 핵심기술 연구개발 단계 / □: 예상 기술 확보 시점(실용화연구)

○ 철도시설 분야

[표 208] 철도시설 분야 유망 영역 기술 확보 로드맵

	중분류 (L3)	세분류 (L4)	기술명	기술 개발 및 확보 시점 (연도)									
				19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	궤도토목	정거장(역사) 기술	게이트리스/티켓리스기반 이용자 이동정보 제공기술	■	■	■	■	■	■	■			
2	궤도토목	궤도/주행로 기술	소음진동 저감용 스마트 궤도시스템 기술	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3	궤도토목	정거장(역사) 기술	복합환승기반 인터모달 교통허브 구축 및 운영기술	■	■	■	■	■	■	■	■		
4	궤도토목	철도교량(고가 구조물) 기술	철도용 초장대 철도교량 기술	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5	신호통신	신호제어기술	열차간통신(T2T)기반 무인 열차자율주행기술	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6	궤도토목	철도교량(고가 구조물) 기술	도시 경관 친화형 초경량 도시 경전철 고가구조물(sky-guideway)건설기술	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
7	궤도토목	궤도/주행로 기술	상태평가 기반 궤도평가 및 유지보수 장비 기술	■	■	■	■	■	■	■			
8	궤도토목	궤도/주행로 기술	대륙간 초고속 이동이 가능한 1000km/h급 열차 인프라 기술	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

9

○ 철도운영 및 환경 분야

[표 209] 철도운영 및 환경 분야 유망 영역 기술 확보 로드맵

	중분류 (L3)	세분류 (L4)	기술명	기술 개발 및 확보 시점 (연도)									
				19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	철도계획 및 운영	철도운영효율화 기술	지능형 통합 능동 관제시스템 기술	■	■	■	■	■	■	■	■		
2	철도계획 및 운영	철도물류기술	IOT기술 기반 화물차량, 화물터미널 지능화 및 화물 실시간관리 기술	■	■	■	■	■	■	■			

■: 기획 및 기초연구 단계 / ■: 핵심기술 연구개발 단계 / □: 예상 기술 확보 시점(실용화연구)

□ 공백 영역의 중점추진 기술 확보 로드맵

○ 철도차량 분야

[표 210] 철도차량 분야 공백 영역 기술 확보 로드맵

	중분류 (L3)	세분류 (L4)	기술명	기술 개발 및 확보 시점 (연도)									
				19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	일반	주행	실시간 주행환경감응형 스마트철도차량 능동제어기술	■	■	■	■	■	■				
2	일반	추진제어	신 전력소자(와이드밴드갭소자, SiC 전력반도체 등) 적용 고효율 추진제어 전력변환기술	■	■	■	■	■	■				
3	신교통	차량시스템	Door-to-Door 운행기반 무인 개인용 소형 수송수단시스템 기술	■	■	■	■	■	■				
4	도시	추진제어	급속충전기반 ESS 추진 제어 기술 (ESS 일체형 추진 인버터 등)	■	■	■	■	■					
5	고속	추진제어	고용량 대출력 철도용 히트류저감형 영구자석동기 전동기기술 (네어디툼 영구자석 활용기술)	■	■	■	■	■	■				
6	고속	추진제어	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 기술	■	■	■	■	■	■				
7	신교통	차체 및 설비	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 관절장치 기술	■	■	■	■	■					
8	일반	추진제어	철도차량 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 기술	■	■	■	■	■	■	■			
9	일반	추진제어	철도차량용 전기공급장치 고효율화 및 모듈화 기술	■	■	■	■	■	■				
10	일반	차체 및 설비	철도차량용 친환경 컴팩트형 고효율 공조시스템 기술	■	■	■	■	■	■				
11	일반	추진제어	수소연료전지 기반 철도차량 추진제어시스템 기술	■	■	■	■	■	■	■			
12	고속	추진제어	초경량 저소음 능동형 팬터그래프 기술	■	■	■	■	■					
13	도시	차체 및 설비	기밀성 향상을 위한 포켓 슬라이딩 방식 출입문 모듈화 및 표준화 기술	■	■	■	■	■					

■: 기획 및 기초연구 단계 / ■: 핵심기술 연구개발 단계 / ■: 예상 기술 확보 시점(실용화연구)

○ 철도시설 분야

[표 211] 철도시설 분야 공백 영역 기술 확보 로드맵

	중분류 (L3)	세분류 (L4)	기술명	기술 개발 및 확보 시점 (연도)									
				19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	전철전력	급전계통기술	IoT기반 철도 전기설비상태정보 공유시스템 기술	■	■	■	■	■					
2	전철전력	전력(에너지)변환 및 공급기술	신재생에너지 및 ESS 연계 기반 철도전력망의 마이크로그리드 시스템 구축기술	■	■	■	■						
3	신호통신	신호제어기술	고밀도 운행을 위한 열차간격 제어기술 (이동폐색을 이용하여 선형열차와 후속열차간 안전간격제어)	■	■	■	■	■	■	■			
4	전철전력	전차선로기술	전차선로 유지관리 및 진단 자동화 기술	■	■	■	■	■					
5	신호통신	철도통신서비스기술	스마트 철도 인프라를 위한 LTE-R 기반 IoT 통신 기술	■	■	■	■						
6	신호통신	신호제어기술	열차 운행 무중단 무선통신기반 기존 열차제어시스템 개량 최적화 기술	■	■	■	■	■	■				

■: 기획 및 기초연구 단계 / ■: 핵심기술 연구개발 단계 / ■: 예상 기술 확보 시점(실용화연구)

○ 철도운영 및 환경 분야

[표 212] 철도운영 및 환경 분야 공백 영역 기술 확보 로드맵

	중분류 (L3)	세분류 (L4)	기술명	기술 개발 및 확보 시점 (연도)									
				19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	철도안전	사고/재난 예방/대응기술	BIG Data 기반 철도차량 및 인프라 상태 기반 모니터링 및 진단기술	■	■	■	■	■	■				
2	철도안전	사고/재난 예방/대응기술	ICT 기반 철도 테러, 범죄 탐지 및 대응기술	■	■	■	■	■					
3	철도계획 및 운영	철도운영효율화기술	철도이용객 보행환경 및 연계교통 정보제공 기술	■	■	■	■	■					
4	철도안전	사고/재난 예방/대응기술	철도 인프라 복합 재난재해 대응 및 복구기술	■	■	■	■	■	■				
5	철도환경	쾌적성/편의성 기술	철도 (초)미세먼지 발생요인 규명 및 제거기술	■	■	■	■						
6	철도계획 및 운영	철도물류기술	철도차량 입환 자동화 및 무인피킹 기술	■	■	■	■	■	■				
7	철도안전	위험도평가기술	IoT기반 철도 위험성 사전예측 및 위험도 관리기술	■	■	■	■						
8	철도환경	쾌적성/편의성 기술	철도차량 쾌적성 및 승차감 향상 기술	■	■	■	■	■					
9	철도안전	위험도평가기술	Big data기반 운전관계자(기관사, 관제사 등) 인적오류분석 및 저감기술	■	■	■	■						
10	철도안전	사고/재난 예방/대응기술	철도 사고 피해 확산방지 및 신속대응시스템(복구장비) 기술	■	■	■	■						
11	철도환경	환경평가/복원 기술	기후변화대비 철도교통분야 대응방안기술	■	■	■	■	■					
12	철도환경	쾌적성/편의성 기술	철도 공기질 및 위해물질 저감기술	■	■	■	■	■	■				

■: 기획 및 기초연구 단계 / ■: 핵심기술 연구개발 단계 / ■: 예상 기술 확보 시점(실용화연구)

□ 유망공백 영역의 중점추진 기술 확보 로드맵

○ 철도차량 분야

[표 213] 철도차량 분야 유망공백 영역 기술 확보 로드맵

	중분류 (L3)	세분류 (L4)	기술명	기술 개발 및 확보 시점 (연도)									
				19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	고속	제동	고속차량 고성능 고내열성 제동패드(마찰재 포함) 및 제동디스크 기술	■	■	■	■	■	■				
2	일반	차량시스템	철도차량 지능형 센싱 및 유지관리 자동화 시스템 기술	■	■	■	■	■	■	■	■	■	

■: 기획 및 기초연구 단계 / ■: 핵심기술 연구개발 단계 / □: 예상 기술 확보 시점(실용화연구)

○ 철도시설 분야

[표 214] 철도시설 분야 유망공백 영역 기술 확보 로드맵

	중분류 (L3)	세분류 (L4)	기술명	기술 개발 및 확보 시점 (연도)									
				19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	궤도토목	궤도/주행로 기술	철도 노후 인프라 보수/보강 및 개량기술	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

■: 기획 및 기초연구 단계 / ■: 핵심기술 연구개발 단계 / □: 예상 기술 확보 시점(실용화연구)

○ 철도운영 및 환경 분야

[표 215] 철도운영 및 환경 분야 유망공백 영역 기술 확보 로드맵

	중분류 (L3)	세분류 (L4)	기술명	기술 개발 및 확보 시점 (연도)									
				19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	철도안전	안전엔지니어 링기술	무인기 기반 지능형 철도운영 조기경보 및 시설물 관리기술	■	■	■	■	■	■				
2	철도안전	안전엔지니어 링기술	철도시스템 및 부품 단위 국제 통합 인증기술	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3	철도안전	안전엔지니어 링기술	ICT기반 철도 시설물 통합 이력관리시스템 기술	■	■	■	■	■	■	■	■		
4	철도계획 및 운영	철도운영효율 화기술	철도 급행화를 위한 인프라 개량 및 급속 보수보강기술	■	■	■	■	■	■	■	■		
5	철도안전	안전엔지니어 링기술	CPS기반 철도차량 및 시설 유지관리체계 구축기술	■	■	■	■	■	■	■	■		
6	철도안전	안전엔지니어 링기술	철도 부품 장치의 신뢰성 및 가속수명 시험검증 적용 기술	■	■	■	■	■	■				

■: 기획 및 기초연구 단계 / ■: 핵심기술 연구개발 단계 / □: 예상 기술 확보 시점(실용화연구)

□ 민간연계영역의 중점추진 기술 확보 로드맵

- 철도차량 분야 - 해당 없음
- 철도시설 분야

[표 216] 철도시설 분야 민간연계 영역 기술 확보 로드맵

	중분류 (L3)	세분류 (L4)	기술명	기술 개발 및 확보 시점 (연도)											
				19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		
1	전철전력	전력(에너지)변환 및 공급기술	대용량 철도 수소연료전지 기반 급전시스템 기술	■	■	■	■	■	■	■	■				
2	전철전력	급전계통기술	전기철도 급전계통 해석용 실시간 시뮬레이터 기술	■	■	■	■	■							
3	전철전력	급전계통기술	On-line 정보 에너지관리 네트워크 기반 열차운행 모드제어 기술	■	■	■	■	■	■	■					
4	신호통신	철도통신전송 및 통신망기술	신호 제어시스템 사이버 보안기술	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
5	전철전력	전력(에너지)변환 및 공급기술	대용량 무선전력 전송 기술 기반 전력공급 기술	■	■	■	■	■							

■: 기획 및 기초연구 단계 / ■: 핵심기술 연구개발 단계 / ■: 예상 기술 확보 시점(실용화연구)

- 철도운영 및 환경 분야 - 해당없음

4. (3단계) 유망~공백 기술별 기술카드

□ 유망~공백 기술별 기술카드 작성 방법

○ 중점추진 전략카드 작성개요

- 각 세세부 부문별 전문가를 활용하여 해당 전략카드를 작성, 검토를 실시함
- 총 60개의 중점추진기술 별로 전략카드 작성

○ 중점추진 전략카드 세부내용

- 기술명, 기술정의 : 60개 중점추진 기술별로 기술의 특징을 정의
- 기술분류 : 기술분류 1에서는 신기술분류체계에 맞춘 분류내용을 기입하고, 기술분류 2에서는 분야간 인터페이스, 4차산업혁명 융합, 미래교통 시스템 등의 내용을 기입
- 과제유형, 성과물 유형, 적용대상 : 해당 기술(과제) 속성에 맞는 내용을 기입
- 글로벌 동향 : 기술동향, 관련정책, 관련시장 등 기입
- 중점추진 필요성 : 기술 선정이유 및 선진국 대비 격차요인 기입
- 주요내용 및 예상성과 : 과제목표, 추진내용, 예상성과물·스펙 등 기입
- 추진방법 : 추진체계와 사업기간, 소요예산 등을 기입
- 기대효과 : 경제적 효과, 사회적 효과, 정책적 효과를 기입

□ 유망-공백기술 기술별 기술카드 (60개) : 세부내용 부록참조

[표 217] 유망-공백기술 기술별 기술카드 리스트

중분류	소분류	세부분류	기술명 (기술정의)
철도차량	일반	주행	실시간 주행환경감응형 스마트철도차량 능동제어기술
철도차량	일반	추진제어	신 전력소자(와이드밴드갭소자, Sic 전력반도체 등) 적용 고효율 추진제어 전력변환기술
철도차량	일반	제동	Brake by Wire 전기기계식 제동시스템 기술
철도차량	고속	제동	고속차량 고성능 고내열성 제동패드(마찰재 포함) 및 제동디스크 기술
철도차량	일반	차량시스템	Door-to-Door 운행기반 무인 개인용 소형 수송수단시스템 기술
철도차량	도시	추진제어	급속충전기반 ESS 추진 제어 기술(ESS 일체형 추진 인버터 등)
철도차량	도시	차체 및 설비	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 기술
철도차량	고속	추진제어	고용량 대출력 철도용 희토류저감형 영구자석동기 전동기기술
철도차량	고속	차량시스템	하이퍼튜브 초고속철도 기술
철도차량	고속	추진제어	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 기술
철도차량	신교통	차체 및 설비	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저장트램용 관절장치 기술
철도차량	일반	추진제어	철도차량 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 기술
철도차량	일반	추진제어	철도차량용 전기공급장치 고효율화 및 모듈화 기술
철도차량	일반	차체 및 설비	철도차량용 친환경 컴팩트형 고효율 공조시스템 기술
철도차량	고속	차체 및 설비	첨단 신소재 적용 철도차량 차체 및 부품 경량화 기술
철도차량	일반	추진제어	수소연료전지 기반 철도차량 추진제어시스템 기술
철도차량	도시	추진제어	초경량 저소음 능동형 팬터그래프 기술
철도차량	일반	차량시스템	철도차량 지능형 센싱 및 유지관리 자동화 시스템 기술
철도차량	도시	차체 및 설비	기밀성 향상을 위한 포켓 슬라이딩 방식 출입문 모듈화 및 표준화 기술
철도차량	고속	차량시스템	대용량 수송용 초고속 2층 철도시스템 기술
철도시설	전철전력	급전계통기술	IoT기반 철도 전기설비상태정보 공유시스템 기술
철도시설	전철전력	전력 (에너지변환 및 공급)기술	신재생에너지 및 ESS 연계 기반 철도전력망의 마이크로그리드 시스템 구축기술
철도시설	전철전력	전력 (에너지변환 및 공급)기술	대용량 철도 수소연료전지 기반 급전시스템 기술
철도시설	전철전력	급전계통기술	전기철도 급전계통 해석용 실시간 시뮬레이터 기술
철도시설	전철전력	급전계통기술	On-line 정보 에너지관리 네트워크 기반 열차운행 모드제어 기술
철도시설	신호통신	철도통신전송 및 통신망기술	신호 제어시스템 사이버 보안기술
철도시설	신호통신	신호제어기술	고밀도 운행을 위한 열차간격 제어기술 (이동폐색을 이용하여 선행열차와 후속열차간 안전간격제어)
철도시설	궤도토목	궤도/주행로 기술	철도 노후 인프라 보수/보강 및 개량기술
철도시설	궤도토목	정거장(역사) 기술	게이트리스/티켓리스기반 이용자 이동정보 제공기술

철도시설	궤도토목	궤도/주행로 기술	소음진동 저감용 스마트 궤도시스템 기술
철도시설	궤도토목	정거장(역사) 기술	복합환승기반 인터모달 교통허브 구축 및 운영기술
철도시설	궤도토목	철도교량 (고가구조물) 기술	철도용 초장대 철도교량 기술
철도시설	신호통신	신호제어기술	열차간통신(T2T)기반 무인 열차자율주행기술
철도시설	궤도토목	철도교량 (고가구조물) 기술	도시 경관 친화형 조경량 도시 경전철 고가구조물(sky-guideway)건설기술
철도시설	궤도토목	궤도/주행로 기술	상태평가 기반 궤도평가 및 유지보수 장비 기술
철도시설	궤도토목	궤도/주행로 기술	대륙간 초고속 이동이 가능한 1000km/h급 열차 인프라 기술
철도시설	전철전력	전차선로기술	전차선로 유지관리 및 진단 자동화 기술
철도시설	전철전력	전력(에너지변환 및 공급)기술	대용량 무선전력 전송 기술 기반 전력공급 기술
철도시설	신호통신	철도통신서비스기술	스마트 철도 인프라를 위한 LTE-R 기반 IoT 통신 기술
철도시설	신호통신	신호제어기술	열차 운행 무중단 무선통신기반 기존 열차제어시스템 개량 최적화 기술
철도운영및환경	철도안전	사고/재난 예방/대응기술	BIG Data 기반 철도차량 및 인프라 상태 기반 모니터링 및 진단기술
철도운영및환경	철도안전	안전엔지니어링기술	무인기 기반 지능형 철도운행 조기경보 및 시설물 관리기술
철도운영및환경	철도안전	사고/재난 예방/대응기술	ICT 기반 철도 테러, 범죄 탐지 및 대응기술
철도운영및환경	철도안전	안전엔지니어링기술	철도시스템 및 부품 단위 국제 통합 인증기술
철도운영및환경	철도계획운영	철도운영효율화기술	지능형 통합 능동 관제시스템 기술
철도운영및환경	철도안전	안전엔지니어링기술	ICT기반 철도 시설물 통합 이력관리시스템 기술
철도운영및환경	철도계획운영	철도운영효율화기술	철도 급행화를 위한 인프라 개량 및 급속 보수보강기술
철도운영및환경	철도계획운영	철도운영효율화기술	철도이용객 보행환경 및 연계교통 정보제공 기술
철도운영및환경	철도안전	안전엔지니어링기술	CPS기반 철도차량 및 시설 유지관리체계 구축기술
철도운영및환경	철도안전	사고/재난 예방/대응기술	철도 인프라 복합 재난재해 대응 및 복구기술
철도운영및환경	철도환경	쾌적성/편의성 기술	철도 (초)미세먼지 발생요인 규명 및 제거기술
철도운영및환경	철도계획운영	철도물류기술	철도차량 입환 자동화 및 무인피킹 기술
철도운영및환경	철도안전	위험도평가기술	IoT기반 철도 위험성 사전예측 및 위험도 관리기술
철도운영및환경	철도안전	안전엔지니어링기술	철도 부품 장치의 신뢰성 및 가속수명 시험검증 적용 기술
철도운영및환경	철도계획운영	철도물류기술	IOT기술 기반 화물차량, 화물터미널 지능화 및 화물 실시간관리 기술
철도운영및환경	철도환경	쾌적성/편의성 기술	철도차량 쾌적성 및 승차감 향상 기술
철도운영및환경	철도안전	위험도평가기술	Big data기반 운전관계자(기관사, 관제사 등) 인적오류분석 및 저감기술
철도운영및환경	철도안전	사고/재난 예방/대응기술	철도 사고 피해 확산방지 및 신속대응시스템(복구장비) 기술
철도운영및환경	철도환경	환경평가/복원기술	기후변화대비 철도교통분야 대응방안기술
철도운영및환경	철도환경	쾌적성/편의성 기술	철도 공기질 및 위해물질 저감기술

제4장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 목표달성도

□ 과제 성과와 관련한 목표 달성도

[표 218] 과제 성과와 관련한 목표 달성도

핵심 성과물 (level1)		단위 성과물 (level2)		당해단계 성과목표		목표치	검증방법	목표달성 여부
				질적목표(측정방법)				
1	철도 생태계 분석결과	1-1	생태계 분석맵	①	철도생태계 도식화 맵	1권	보고서	○
				②	철도생태계 상관관계도	1권	보고서	○
2	기술분류 체계수립 결과	2-1	기술분류체계 체계	①	기술체계도 (5단계 분류)	1권	보고서	○
1	철도교통 분야 상세 기술별 기술경쟁력 조사	1-1	기술경쟁력 분석	①	철도교통 논문/특허 DB 도출	1권	보고서	○
				②	특허/논문 분석 결과 도출	1권	보고서	○
		1-2	기술수준 조사	①	델파이조사	1권	보고서	○
				②	조사결과 표준화	1권	보고서	○
		1-3	철도 R&D 파급효과 분석	①	생산유발효과 도출	1권	보고서	○
				②	고용유발효과 도출	1권	보고서	○
				③	부가가치유발효과 도출	1권	보고서	○
3	상세기술 확보전략	3-1	유망공백기술 도출(안)	①	유망공백기술 목록제시	1권	보고서	○
		3-2	유망기술 확보전략 (안)	②	전략안 제시	1권	보고서	○
계								

2. 관련분야 기여도

□ 철도부문 기술수준 파악 및 유관정책 수립에 참고자료로서 활용되어 관련분야에 기여

제5장 연구개발성과의 활용계획

- 국내 철도교통 산업의 글로벌화 할 수 있는 기본·기초 자료로써 국가와의 상대수준 비교를 통해 국내 철도 교통 산업의 전략 수립 및 지원이 필요한 분야 선정 등의 기반자료로 활용
- 정성·정량적으로 조사·분석된 기술수준 평가 결과물은 최종적으로 철도교통 분야의 지원 시책, R&D과제 개발, 종합계획 등을 수립하는 단계에서 표준화된 기반/근거 자료로 활용
- 기업에서 활용할 시, 내부적으로 신사업 기획 및 추진전략 마련의 타당성 확보에 기반자료로 활용가능
- 전담기관 차원에서는 기술수준 평가를 통해 선도기술, R&D필요 분야 등을 파악하고, 과제 기획 시 국가 기술 확보 전략 설정의 근거 자료로 활용
- 국토교통종합계획 및 철도R&D 사업기획 관련 참고자료로 활용

제6장 연구과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

○ 해당사항 없음

제7장 연구개발성과의 보안등급

○ 해당과제는 일반등급에 속하는 연구과제임

제8장 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비현황

구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록 번호
- 해당사항 없음 -								

제9장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행실적

○ 해당사항 없음

제10장 연구개발과제의 대표적 연구 실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/ 기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/ 특허 등록 국가	영향력 지수	논문 게재일 /특허 등록일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
- 해당사항 없음 -									

제11장 기타 사항

○ 해당사항 없음

제12장 참고문헌

- [1] 철도차량산업 육성 목표 및 추진전략, 국토교통부, 2016.12
- [2] 녹색열차 구현을 위한 철도차량시스템 경량화 연구, 한국철도기술연구원, 2014.12
- [3] 2017년도 국토교통과학기술 연구개발사업 시행계획, 국토교통부, 2016.12
- [4] 철도 R&D 추진방향, 철도국[철도정책과], 2016.8
- [5] 국토교통 RnD 동향 report_철도교통분야, 국토교통과학기술진흥원, 2015
- [6] 제3차 철도산업발전기본계획(2016~2020), 국토교통부, 2017.2
- [7] 차세대 고속철도시스템 실용화기반구축사업 기획보고서, 국토해양부·한국건설교통기술평가원, 2012.8
- [8] 해외고속철도 기술발전 동향 및 우리나라 발전방향 연구, 국토교통부, 2010.12
- [9] 철도선진국 고속철도 개발 비교연구, 한국철도학회, 2015
- [10] 철도차량 안전성 향상 및 경량화를 위한 추진시스템 기술개발 기획 보고서, 한국철도기술연구원, 2016.12
- [11] 철도 광개토 프로젝트 Railway Technology 2020(철도요소기술분야), 한국철도기술연구원, 2010.1
- [12] 철도차량 소비전력량 평가에 따른 틸팅기술 효과분석, 한국철도학회논문집 제 15권 4호, 2012.8
- [13] 철도차량산업 육성방안, 국토교통부 2016.6
- [14] Pinpoint Braking, Siemens, 2016.4
- [15] The Flexible RACO Modular System, RACO, 2016.11
- [16] 미래철도 전망 2040, 국토교통과학기술진흥원, 2016.8
- [17] Strategic Rail Research and Innovation Agenda, ERRAC
- [18] 영국 철도확장 프로젝트, nipa, 2012
- [19] 초고속 추진 및 시스템 엔지니어링 기술 개발, 한국철도기술연구원, 2015.3
- [20] 제일재경일보(第一财经日报) 보도자료, 2016.10
- [21] 도시형자기부상열차의 실용화 제고방안에 관한 연구, 우송대학교 녹색철도대학원, 2014
- [22] 도시형자기부상열차 실용화사업 운영/총괄관리, 국토교통부·국토교통과학기술진흥원, 2013
- [23] 중국 철도 발전에 따른 한중협력 및 대응방안, 대외경제정책연구원·한국교통연구원, 2013
- [24] 항복 거동을 이용한 신개념 기초 내진설계 기법 연구, 국토교통부, 2016.11
- [25] 저심도 터널 시공 위한 모듈식 개착 공법, 한국철도기술연구원, 2016.12
- [26] Worldwide Market for Railway Industries, SCI Verkehr Cologne, 2016.9
- [27] Alstom and Huawei to test first LTE 4G for CBTC, International Railway Journal, 2014.8
- [28] 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계구축 및 성능평가 성과 실용화 계획, 한국철도기술연구원, 2015
- [29] 원주-강릉구간에 ‘철도무선통신망’ 구축, 한국철도시설공단, 2015.3

- [30] emerging media Response, 佐藤正樹, 2017.3
- [1] 교통의 기호성을 고려한 교통 선택 행동 모델, 일본철도종합연구소, 2015.6
- [31] 철도운임 산정기준 개정 연구 최종보고서, 안전회계법인, 2013.11
- [32] A Flagship Joint Technology Initiative in Horizon 2020 Work Programme 2014-2015, ECDC, 2014
- [33] 중소기업 기술로드맵(녹색제조-08. 수송기계), 중소기업청, 2014
- [34] European Rail Research Advisory Council, ERRAC ROADMAP, 2012
- [35] 국토교통 R&D 중장기전략, 국토교통과학부, 2014.7
- [36] 2018년도 정부연구개발 투자방향 및 기준, 과학기술정보통신부, 2017.7
- [37] 2020년 철도산업 미래상[보도자료], 국토교통부, 2017.2
- [38] 제3차 철도안전 종합계획(안), 국토교통부, 2016.6
- [39] 철도기술과 화제, KORAIL, 2012.12
- [40] 2012년 주요연구개발성과, 일본 철도 종합 연구소, 2013
- [41] 2013년 주요연구개발성과, 일본 철도 종합 연구소, 2014
- [42] 실시간 철도안전 관제를 위한 데이터 처리방안 연구, (주)대아티아이, 2016.8
- [43] Horizon 2020 in brief, European Commission, 2014
- [44] 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(안)('18~'27), 2017.8
- [45] 고속철도 기술수준 분석보고서, 국토교통부 · 국토교통과학기술진흥원, 2015
- [46] 미래 첨단 철도 건설을 위한 궤도 시스템 기술, 대한토목학회 뉴스레터, 2013.8
- [47] 철도 운영 효율화를 위한 차량 개발 및 환경 인프라 구축기술, 국토해양부, 2012
- [48] 고속철도 전철변전소 피크전력 저감을 위한 기술개발 연구, (주)우신산전 중앙연구소, 2015
- [49] 철도인프라용 에너지 관리시스템 설계, 한국철도기술연구원, 2016
- [50] 2015 국토교통 기술경쟁력분석 보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2015.12
- [51] 중국 철도 분야 민간 자본 유치 계획, 중국온라인매체 평파이뉴스(thepaper.cn), 2017.8
- [52] Worldwide Market for Railway Industries, SCI Verkehr Cologne, 2016.9
- [53] 트럼프 정부 인프라 투자정책(US-China Economic and Security Review Commission, Center for Strategic and International Studies(CSIS), Financial Times, Washington Post, Bloomberg, South China Morning Post, Chicago Sun-Times), 2017.6
- [54] 트럼프 정부 철도분야 주요 인프라 프로젝트(NewYork Times, McClatchy DC), 2017
- [55] 일본 정부의 철도산업 해외진출 강화 전략, 한일재단 일본지식정보센터(kjc.or.kr)
- [56] 틸팅열차 TEMU200 수출(railway.gov.tw/ko/index.aspx), 타이완 철도국, 2015.3
- [57] 해외철도동향, 국토교통부 철도산업정보센터(kric.go.kr)