

산악철도 실용화 기술개발 기획

최종보고서

2017. 01. 31.

Infrastructure
R&D Report

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

목 차

1장. 개요	1
1절. 기획 과제 정의 및 범위	1
1. 기획 과제의 정의	1
가. 산악철도 실용화 기술의 정의	1
나. 산악철도 실용화 기획 연구의 정의	1
다. 산악철도 실용화 과제의 목표	1
라. 산악철도 실용화 과제의 최종 성과물	2
2. 기획 과제의 배경 및 필요성	2
가. 산악철도의 사회적 필요성	2
나. 산악철도의 경제적 필요성	4
다. 산악철도의 기술적 필요성	5
라. 후속 실용화 연구개발의 필요성	6
마. 실용화 사업 이전 과제의 개요	7
바. 산악철도 관련 세미나 개최 실적	10
3. 기획 과제의 범위	11
가. 기획 연구의 범위	11
나. 산악철도 실용화 연구의 범위	12
2절. 기술 분류 및 내용	14
1. 기술분류 체계도	14
가. 산악철도 실용화 기술의 구성	14
나. 산악철도 실용화 기술의 분류	14
2장. 동향조사 및 환경분석	17
1절. 국내외 정책동향	17

1. 국외 정책동향	17
2. 국내 정책동향	19
2절. 국내외 시장현황 및 전망	22
1. 국외 시장현황 및 전망	22
2. 국내 시장현황 및 전망	30
3절. 국내외 기술동향	35
1. 국외 기술동향	35
2. 국내 기술동향	39
3. 특허분석	44
가. 특허 조사방법	44
나. 특허 분석결과	46
다. 국내외 핵심특허	60
4. 논문분석	86
가. 논문 조사방법	86
나. 논문 정량분석	87
다. 국내외 핵심논문	88
4절. 연구개발 인프라 분석	90
1. 연구인력 인프라	90
2. 실험장비 및 관련 기자재 인프라	91
3. 해외 협력기관 인프라	93
3장. 기술수요 및 수준 · 예측조사	96
1절. 기술수요조사	96
1. 개요	96

가. 기술수요조사의 목적	96
나. 기술수요조사의 절차	97
다. 기술수요조사 발송 및 응답개요	98
2. 기술수요조사 분석결과	99
2절. 기술수준 및 예측조사	104
1. 개요	104
가. 기술수준/예측조사의 목적	104
나. 기술수준/예측조사의 절차	104
다. 기술수준/예측조사 발송 및 응답개요	105
라. 기술수준/예측조사 항목 설정	105
2. 기술수준/예측조사 결과	109
가. 산악철도 시스템 기술	109
나. 산악철도 시험노선 건설 기술	109
다. 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발	110
3. 기술수준/예측분석 결과	110
가. 기술수준 및 기술격차 추세	110
나. 기술성숙도(TRL)	114
다. 최고기술보유국	116
라. 기술기반(인프라) 성숙도	119
마 기술수준-중요도 포트폴리오 분석	120
바. 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 분석	124
4장. 연구개발과제 구성 및 추진전략	128
1절. SWOT/Issue-Tree 분석	128
1. SWOT 분석	128
가. 내외부 요인 분석	128
나. 포지션별 전략 수립	129

2. Issue-tree 분석	130
가. 정책·기술·시장 동향 핵심 Keyword	130
나. 핵심이슈 및 R&D Needs	132
2절. 비전 및 목표	133
1. 비전	133
2. 목표	133
3. 단계별 목표	135
3절. 중점추진분야	136
1. 중점추진분야 1 (산악철도 시스템 기술 분야)	136
가. 개요	136
나. 연차별 목표 및 내용	136
다. 기대효과 및 파급효과	137
2. 중점추진분야 2 (산악철도 시험노선 건설 기술 분야)	137
가. 개요	137
나. 연차별 목표 및 내용	137
다. 기대효과 및 파급효과	138
3. 중점추진분야 3 (산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발 분야)	138
가. 개요	138
나. 연차별 목표 및 내용	138
다. 기대효과 및 파급효과	139
4절. 연구개발과제 구성	140
1. 후보과제 Pool 구성	140
가. 후보과제 Pool 구성 방법	140
나. 후보과제 Pool 중복성·유사성·위계 검토	140
다. 후보과제 Pool로부터 최종 추진과제 도출	147
2. 연구개발 추진과제	148
가. (중점추진분야 1) 산악철도 시스템 기술 분야 추진과제	148

나. (중점추진분야 2) 산악철도 시험노선 건설기술 분야 추진과제	148
다. (중점추진분야 3) 산악철도 운영 및 유지보수 분야 추진과제	149
5절. 세부과제별 주요내용 및 추진전략	150
1. (중점추진분야 1) 산악철도 시스템 기술 (1세부)	150
2. (중점추진분야 2) 산악철도 시험노선 건설기술 (2세부)	150
3. (중점추진분야 3) 산악철도 운영 및 유지보수 (3세부)	151
6절. 과제 간 연계관계	153
7절. 과제별.연차별 기술로드맵	154
1. 총괄 로드맵	154
2. 과제별 로드맵	155
가. (중점추진분야 1) 산악철도 시스템 기술 분야	155
나. (중점추진분야 2) 산악철도 시험노선 건설기술 분야	156
다. (중점추진분야 3) 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발 분야	157
8절. 기술개발 성능목표 및 성과지표	158
9절. 성과의 활용방안	163
10절. 연구수행체계 제안	164
5장. 인력투입계획 및 소요예산 산정	165
1절. 인력투입 및 소요예산	165
1. 전체사업 인력 및 소요예산	165
2. 중점추진 분야별 인력 및 소요예산	168
2절. 주요 연구장비/재료비 상세내역	177
1. 산악철도 차량시스템 예산	177

2. 산악철도 시험선 건설 예산	181
3. 산악철도 시험선 지자체 매칭 예산	185
4. 산악철도 시험선 건설 방식에 따른 예산 검토	186

6장. 사전타당성 검토 189

1절. 정책적 타당성 189

1. 국가전략의 중요성	189
가. 상위 국정 과제에 따른 추진의 중요성	189
나. 국토개발 정책적 중요성	190
다. 사회문화적 기여도와 중요성	190
라. 정부지원의 타당성	191
마. 사업 추진의 시급성	191
2. 상위계획 부합성	192
가. 국가 R&D 상위 계획과의 부합성	192
나. 국가 중장기 계획과의 부합성	194
3. 정책적 추진 의지	198
가. 지자체의 산악관광 개발 의지	198
나. 지자체와 연구기관과 협조 체계	199
다. 산악철도 도입을 위한 정책적 추진	200
라. 재정 확보 가능성	201

2절. 기술적 타당성 204

1. 기술개발 계획의 적절성	204
가. 세계 최고의 사양	204
나. 저진동, 저소음 기술	204
다. 매립형 Rack Rail 콘크리트 궤도 기술	205
라. 산악지역 친환경 무가선 추진	205
2. 기술 개발의 성공 가능성	206
가. 기존 핵심기술 개발의 성과	206

나. 유사시스템 개발을 통해 축적된 기술력	206
다. 지자체와 협력 관계 구축	206
라. 위험 요인에 대한 극복 방안	207
3. 기존 사업과의 중복성	208
가. 유사과제와 중복성 검토	208
3절. 경제적 타당성	210
1. 실용화 노선 경제성 분석	210
가. 지리산 국립공원	210
나. 한라산 국립공원 영실진입로	212
2. R&D 과제 경제성 분석	215
가. 비용산출	215
나. 편익산출	215
다. 정량적 효과 분석 결과	221
3. 기대 효과	223
가. 사회적 기대 효과	223
나. 경제적 기대 효과	223
다. 과학기술적 기대 효과	226
7장. 시험선 운행 계획	227
1절. 노면전차법 개정(안)	227
2절. 산악열차 운행 시나리오	228
8장. 과제 제안요구서 작성 및 시험선 후보지 선정계획 ·	232
1절. 과제 제안요구서	232
1. 과제의 구성	232
2. 과제 제안요구서	233
2절. 산악철도 시험 선로 건설 절차	246

1. 관련 법률 현황	246
2. 관련 법률 적용	247
가. 법률 적용 검토	247
나. 시험선로 건설 및 운행 절차	249
다. 관련 법률 원문	249
3. 시험선로 건설 시의 예상 문제 및 대책	257
가. 주민들의 반대 및 민원 대책	257
나. 환경단체 반대 대책	257
4. 환경단체에 대한 의견 수렴	258
가. 개요	258
나. 주요내용	258
5. 환경부 의견	259
가. 공원생태과	259
나. 국립공원 관리공단(지리산북부관리사무소)	259
다. 국립공원 관리공단(종복원기술원)	259
라. 국립공원 관리공단(국립공원연구원)	259
6. 산악철도 건설에 대한 지자체 동향	260
가. 수요조사 개요	260
나. 수요조사 결과	260
다. 수요조사 회신 공문	262
라. 산악철도 관련 지자체 계획	267
3절. 시험 선로 후보지 선정 평가	271
1. 선정 평가에 필요한 요인	271
가. 시험선로 요구조건	271
나. 지자체 요구 사항	272
다. 연구성과의 활용 계획	272
라. 추가 고려 항목	273
2. 평가 기준	273
가. 평가 착안 사항	273
나. 평가 기준표	273
다. 평가항목 세부 고려 사항	276

그림 목 차

그림 1.1 산악도로 운행 산악트램	2
그림 1.2 산악트램 정거장	2
그림 1.3 산악도로의 로드킬	3
그림 1.4 산악도로 차량 정체	3
그림 1.5 급구배 급곡선 산악도로	4
그림 1.6 겨울철 결빙 산악도로	4
그림 1.7 대차시스템 동적 성능 시험	9
그림 1.8 소규모 시험선 주행성능 시험	9
그림 1.9 완성된 급구배 추진 대차	10
그림 1.10 매립형 Rack 궤도	10
그림 1.11 전략 세미나 개최식	10
그림 1.12 세미나 주제 발표	10
그림 1.13 평창 순환 관광용 트램 내부	10
그림 1.14 평창 순환 교통망	10
그림 1.15 산악철도 세미나 주제발표	11
그림 1.16 산악철도 세미나 토론	11
그림 1.17 산악 트램	11
그림 1.18 산악지형 관광열차	11
그림 1.19 산악철도 실용화 사업 기술분류 체계도	14
그림 2.1 스위스 로토히른 철도	17
그림 2.2 스위스 모빌리티 구성	18
그림 2.3 독일 뷔리스호펜 산림	18
그림 2.4 전경련 세미나	19
그림 2.5 대통령주재 무역투자진흥회의	19
그림 2.6 규제개혁 끝장 토론회	20
그림 2.7 산악지역 규제 현장 확인	20
그림 2.8 Drachenfels Railway	24
그림 2.9 Aigle-Ollon-Monthey-Champéry railway	24
그림 2.10 Pilatus railway	25
그림 2.11 Panoramique des Domes Rack railway	26
그림 2.12 Skitube Alpine Railway	26
그림 2.13 Lyon Metro Line C	27
그림 2.14 대표적인 산악 관광지 분포도	28
그림 2.15 국내에서 운행 중인 관광용 강삭 철도	31
그림 2.16 석굴암 노선	32
그림 2.17 한라산 영실 노선	32
그림 2.18 지리산 노선	32
그림 2.19 노선별 설문조사 결과	32

그림 2.20	스페인 Monistrol-Montserrat 구간 Rack Railway	35
그림 2.21	스위스 루체른-인터라켄 Ost 구간 Rack Railway	35
그림 2.22	라이네 샤페-용프라우 구간 운행 산악열차	36
그림 2.23	클라이네 샤페-용프라우 구간 운행 산악열차	36
그림 2.24	알스툼사의 APS 전력 공급 시스템 개요	37
그림 2.25	SWIMO 차량의 시스템 구성3)	38
그림 2.26	포르투갈 Xabregas 교량 구간 Edilon 매립형 궤도	38
그림 2.27	국내 개발 중인 R=10 m과 급구배 180 % 주행이 가능 대차	39
그림 2.28	대차 프레임 하중 시험	40
그림 2.29	대차 추진 성능 시험	40
그림 2.30	파노라마 차체 적용 3량 1편성 산악열차 구성도	41
그림 2.31	하부 연결기 3D 구조	41
그림 2.32	상부 연결기 3D 구조	41
그림 2.33	국내에서 개발된 무가선 저상트램 시험 운행	42
그림 2.34	국내에서 개발중인 산악열차용 매립형 PC 궤도 개념도	42
그림 2.35	탄성 충전재 조립체 성능 시험	43
그림 2.36	국내에서 개발중인 산악열차용 매립형 PC 궤도 시제품	43
그림 2.37	산악철도 분야의 특허로 본 OS-Matrix	50
그림 2.38	OS-Matrix 종합분석 결과	51
그림 2.39	기술발전도 : 연결기 및 연결막 분야	53
그림 2.40	기술발전도 : 배터리 분야	55
그림 2.41	기술발전도 : 동력전달장치 분야	56
그림 2.42	기술발전도 : 탄성 피니언 분야	57
그림 2.43	기술발전도 : 탄성 충전재 분야	58
그림 2.44	기술발전도 : 신호 장치 분야	59
그림 2.45	학술지별 논문 발표	87
그림 2.46	연도별 논문발표 건수	87
그림 2.47	논문 주요 저자 및 연구기관	88
그림 2.48	대차 동특성 시험기	91
그림 2.49	제동 시험기	91
그림 2.50	드라이빙기어 시험기	91
그림 2.51	추진장치 성능 시험기	92
그림 2.52	레일체결장치 시험기	92
그림 2.53	차륜 레일 접촉 시험기	92
그림 2.54	급구배 대차 주행 시험기	92
그림 2.55	드럼 제동 장치 성능 시험기	93
그림 2.56	피니언 하중 시험기	93
그림 2.57	일본 국립교통안전환경 연구실의 동특성 시험기	94
그림 2.58	급곡선을 모사하기 위한 시험기 작동 개요 1	94
그림 2.59	급곡선을 모사하기 위한 시험기 작동 개요 2	95

그림 3.1 기술수요조사 프로세스	96
그림 3.2 기술수준/예측조사 프로세스	105
그림 3.3 산악철도 실용화 기술의 기술수준	111
그림 3.4 산악철도 실용화 기술의 기술격차 추세	111
그림 3.5 산악철도시스템 기술의 기술수준	112
그림 3.6 산악철도시스템 기술의 기술격차 추세	112
그림 3.7 산악철도 시험노선 건설 기술의 기술수준	113
그림 3.8 산악철도 시험노선 건설 기술의 기술격차 추세	113
그림 3.9 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발의 기술수준	113
그림 3.10 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발의 기술격차 추세	114
그림 3.11 도심 지하 물류창고 관련 기술의 기술성숙도	114
그림 3.12 산악철도시스템 기술의 기술성숙도	115
그림 3.13 산악철도 시험노선 건설 기술의 기술성숙도	115
그림 3.14 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발의 기술성숙도	116
그림 3.15 산악철도 실용화 기술 최고기술보유국 비중	117
그림 3.16 산악철도시스템 기술 최고기술보유국 비중	117
그림 3.17 산악철도 시험노선 건설 기술 최고기술보유국 비중	118
그림 3.18 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발 최고기술보유국 비중	119
그림 3.19 산악철도 실용화 기술의 성숙도	120
그림 3.20 산악철도 실용화 기술의 성숙도(중분류 단위)	120
그림 3.21 기술수준-중요도 포트폴리오 영역구분	121
그림 3.22 산악철도시스템 기술분야 기술수준-중요도 포트폴리오	122
그림 3.23 산악철도 시험노선 건설 기술 분야 기술수준-중요도 포트폴리오	123
그림 3.24 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발 분야 기술수준-중요도 포트폴리오	124
그림 3.25 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 영역구분	124
그림 3.26 산악철도시스템 기술 분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오	125
그림 3.27 산악철도 시험노선 건설 기술 분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오	126
그림 3.28 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발 분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오	127
그림 4.1 산악철도 실용화 SWOT 분석	128
그림 4.2 Issue tree 분석 결과 요약	132
그림 4.3 비전 및 목표	133
그림 4.4 산악트램 시험노선 길이 산정	134
그림 4.5 트램 이격 거리	135
그림 4.6 과제 간 연결 관계	153
그림 4.7 산악철도 실용화 과제 총괄 로드맵	154
그림 4.8 중점추진분야 1 기술개발 로드맵	155
그림 4.9 중점추진분야 2 기술개발 로드맵	156
그림 4.10 중점추진분야 3 기술개발 로드맵	157
그림 4.11 산악트램 구성도	159
그림 4.12 연구수행 체계	164
그림 4.13 Twist bed 종단면(안)	187

그림 4.14 교량 공사비	188
그림 6.1 국가 전략 지표	189
그림 6.2 과학기술 기본 계획 추진전략	192
그림 6.3 과학기술 기본 계획 추진전략- 중장기 창의역량 강화 부문 중점 추진과제	193
그림 6.4 제4차 국토종합계획 수정계획(2011-2020)의 비전과 목표	194
그림 6.5 (국가기간교통망계획 하반기 추진전략(2011-2020) 추진전략 및 추진과제	196
그림 6.6 제3차 국가철도망 구축계획의 비전 및 목표	197
그림 6.7 제1차 지속가능 국가교통물류발전 기본계획의 비전 및 목표	198
그림 6.8 지리산 웰빙 허브 산업특구 지형도	200
그림 6.9 국내 철도 및 도시철도분야 정부투자 계획	202
그림 6.10 철도 수송력 향상기술/대용량·고속화 철도기술의 투자 실적 및 계획	202
그림 6.11 (좌)탄성 피니언 시작품 (우)탄성 vs. 강체피니언 진동 비교 시험	204
그림 6.12 매립형 Rack rail 콘크리트 궤도	205
그림 6.13 시험운영중인 무가선 저상 트램	206
그림 6.14 산악철도 1-1구간	210
그림 6.15 산악철도 1-2구간	211
그림 6.16 산악철도 1-3구간	211
그림 6.17 산악철도 2구간	211
그림 6.18 산악철도 영실진입로	213
그림 6.19 산악지역 자동차 운행 현황	224
그림 6.20 산업 연관표 기본 구성	224
그림 7.1 프랑스 Puy de dome 전용 운영 사례	228
그림 7.2 시험선 전용 운행(안)	229
그림 7.3 상용노선 전용 운행(안)	229
그림 7.4 상용노선 혼용 운행(안)	230
그림 7.5 Stuttgart 산악철도 전용 및 혼용 구간 예	230
그림 8.1 산악철도 실용화 사업의 구성	233
그림 8.2 도로 점용 허가 절차	247
그림 8.3 궤도 사업 허가 절차	247
그림 8.4 시험선로 건설 및 운행절차	249
그림 8.5 회신 공문 (서울특별시)	262
그림 8.6 회신 공문 (남원시)	263
그림 8.7 회신 공문 (하동군)	264
그림 8.8 회신 공문 (태백시)	265
그림 8.9 회신 공문 (평창군)	266
그림 8.10 남원시 산악철도 계획	267
그림 8.11 알프스 하동 프로젝트(하동군)	267
그림 8.12 서울시 전기차 보급 및 인프라 확충 정책	268
그림 8.13 지리산 산악철도관련 언론보도	269
그림 8.14 급구배 추진시스템 성과발표회 및 수요자자체 패널 토론회	270
그림 8.15 산악열차 Test bed 개념도	272

표 목 차

표 1.1 연차별 주요 연구 내용	8
표 1.2 산악철도 실용화 기술개발 기획의 기술분류체계	15
표 2.1 국외 Rack railway 산악열차 현황	22
표 2.2 국외의 폐쇄된 Rack railway 현황	27
표 2.3 산악철도 차량 시장 규모	29
표 2.4 세계 철도시스템 규모 (2012-2014, 철도차량산업 육성방안 공청회)	30
표 2.5 산악철도 시스템 시장	30
표 2.6 산악철도 경제적 파급효과 분석 결과	34
표 2.7 국내 대표 산악철도 건설 가능지 예상 사업비 산정	34
표 2.8 라인에 사이텍-용프라우 구간 운행 산악열차 제원 1	36
표 2.9 클라인에 사이텍-용프라우 구간 운행 산악열차 제원 2	36
표 2.10 검색 DB 및 검색 범위	44
표 2.11 분석대상 기술 분류	44
표 2.12 분석대상 기술 분류기준	45
표 2.13 기술분류별 핵심 키워드	45
표 2.14 기술 분류별 유효특허 선별 기준	46
표 2.15 기술 분류별 유효특허 선별 결과	47
표 2.16 권리범위분석.1	61
표 2.17 권리범위분석.2	63
표 2.18 권리범위분석.3	65
표 2.19 권리범위분석.4	67
표 2.20 권리범위분석.5	69
표 2.21 권리범위분석.6	71
표 2.22 권리범위분석.7	73
표 2.23 권리범위분석.8	75
표 2.24 권리범위분석.9	78
표 2.25 권리범위분석.10	81
표 2.26 권리범위분석.11	84
표 2.27 피인용도가 높은 산악열차 관련 주요 핵심 논문	89
표 2.28 국내 산악열차 과련 연구 인력 및 인프라	90
표 3.1 산악열차 기술 분류 체계	97
표 3.2 기술수요조사 발송 및 응답개요	98
표 3.3 대분류 1 (산악철도 시스템 기술)에 대한 기술 수요 결과	99
표 3.4 대분류 2 (산악철도 시험노선 건설 기술)에 대한 기술 수요 결과	103
표 3.5 대분류 3 (산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발)에 대한 기술 수요 결과	103
표 3.6 기술수준/예측조사 발송 및 응답개요	105
표 3.7 기술수준 평가 기준	106
표 3.8 기술격차추세 평가 기준	106

표 3.9 기술성숙도(TRL) 평가 기준	107
표 3.10 기술기반 성숙도 평가 기준	107
표 3.11 기술 핵심성 평가 기준	108
표 3.12 시급성 평가 기준	108
표 3.13 과학기술적 파급효과 평가 기준	109
표 3.14 산악철도 시스템 기술 수준 조사 결과	109
표 3.15 산악철도 시험노선 건설 기술 조사 결과	110
표 3.16 산악철도 운영 및 유지보수 기술 조사 결과	110
표 3.17 산악철도시스템 기술 최고기술보유국 조사결과	118
표 3.18 산악철도 시험노선 건설 기술 최고기술보유국 조사결과	118
표 3.19 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발 최고기술보유국 조사결과	119
표 4.1 정책, 기술 및 시장에 대한 key word	130
표 4.2 산악열차 실용화 기술 단계별 목표	135
표 4.3 중점 추진 분야 1의 연차별 목표 및 내용	136
표 4.4 중점 추진 분야 2의 연차별 목표 및 내용	137
표 4.5 중점 추진 분야 3의 연차별 목표 및 내용	138
표 4.6 대분류 1에 대한 후보과제 Pool 검토	141
표 4.7 대분류 1에 대한 후보과제 Pool 검토(계속)	142
표 4.8 대분류 2에 대한 후보과제 Pool 검토	143
표 4.9 대분류 3에 대한 후보과제 Pool 검토	145
표 4.10 최종 추진과제 List	147
표 4.11 중점추진분야 1에 대한 주요내용 및 추진 전략	150
표 4.12 중점추진분야 2에 대한 주요내용 및 추진 전략	151
표 4.13 중점추진분야 3에 대한 주요내용 및 추진 전략	151
표 4.14 성능 목표	158
표 4.15 제1세부 성과지표	160
표 4.16 제2세부 성과지표	161
표 4.17 제3세부 성과지표	162
표 5.1 공사비 비교	188
표 6.1 국토교통 R&D 중장기전략의 철도 기술 발전전략	193
표 6.2 중장기계획 부합성 대상 계획	194
표 6.3 산악관광 활성화를 위한 정책건의 내 규정 개정안	199
표 6.4 유사과제와 중복성 검토	208
표 6.5 지리산 산악철도 경제성 분석 결과	212
표 6.6 한라산 산악철도 경제성 분석 결과	214
표 6.7 연구개발사업 예산	215
표 6.8 연구개발사업 예산의 현재가치	215
표 6.9 국내 산악철도 프로젝트 연장 및 사업비 추정	216
표 6.10 운영시장 규모 추이	218
표 6.11 철도기술분야 기술수명주기(TCT)	219
표 6.12 연구단 총 편익의 현재가치	220

표 6.13 매출편익의 현재가치	220
표 6.14 비용절감 편익의 현재가치	221
표 6.15 산악철도 경제적 파급효과 분석 결과	226
표 8.1 산악철도 건설 관련 법률 현황	246
표 8.2 궤도 사업 허가에 필요한 서류	248
표 8.3 철도차량 운전면허 종류별 운전이 가능한 철도차량(제11조 관련)	251
표 8.4 자연공원법 시행령	256
표 8.5 수요조사표 (사전 검토 단계)	260
표 8.6 수요조사표 (계획 수립 단계)	260
표 8.7 수요조사 결과(총괄)	261
표 8.8 수요조사 결과(세부계획 수립 지자체 수요조사 상세내용)	261
표 8.9 적정성 평가 항목	274
표 8.10 평가 항목 및 가중치	275
표 8.11 사업목적 달성의 적합성 평가 항목	276
표 8.12 제안기관의 추진의지 평가 항목	277
표 8.13 재원조달 및 향후 경제적 효과 평가 항목	278

제1장 개요

1절 기획과제 정의 및 범위

1. 기획과제의 정의

가. 산악철도 실용화 기술의 정의

- 급구배 추진시스템 핵심 기술 개발을 기초로 산악철도의 실제 노선 실용화를 목적으로 하여 산악트램 1편성을 제작하고, 단거리 시험노선 (1km 내외)을 건설하며, 시험운행을 통해 성능을 평가하여 연관 기술을 검증함으로써, 상용 운행에 대비하는 기술

나. 산악철도 실용화 기획 연구의 정의

- 산악철도 실용화를 위하여 관련 국내외 기술동향을 분석하고, 타당성을 조사하며, 기술 개발 사업 추진을 위한 핵심기술을 도출하고, 전략을 제시하여 실용화 추진 방안을 제안함

다. 산악철도 실용화 과제의 목표

- 산악철도시스템의 실용화 기술 개발
 - 국내 주요 산악관광지에 적용하기 위해 『급구배 추진시스템 핵심 기술 개발』사업의 성과를 활용하여 구배 180%, 최소 곡선 반경 10m 이상의 매립형 무가선 궤도상에서 운행 가능한 산악트램 시스템 개발
 - 랙앤피니언 추진장치를 적용하여 급경사를 이동하고, 랙을 포함하는 프리캐스트 콘크리트 패널을 이용하여 매립형 궤도를 구축하고, 도로와 겸용할 수 있는 궤도시스템 개발
- 산악철도 테스트베드 건설 및 시험 운영
 - 국내 급경사와 급곡선의 도로가 있는 산악 관광지 중 한 곳을 후보지로 선정하고, 산악트램이 운행할 수 있도록 도로상에 1 km 내외의 매립형 궤도를 건설
 - 시험 노선상에서 산악트램의 시험 운영 및 산악트램과 궤도시스템의 성능 평가 및 검증

- 시험 운행 중 산악철도의 유지보수 실시 및 향후 상용 운행에 대비한 기초 자료 취득

라. 산악철도 실용화 과제의 최종 성과물

○ 산악철도 시험 선로

- 1 km 내외 산악철도 매립형 콘크리트 궤도
- 전력 공급 시스템
- 시험운행을 위한 간이 정거장
- 산악트램 검사 및 유지보수를 위한 검수고

○ 시험운행을 위한 산악트램

- 1편성 산악트램
- 산악트램 시험평가를 위한 계측시스템
- 산악트램 시험평가 보고서

○ 산악철도 운영 기술

- 산악트램 유지보수 기준 및 매뉴얼
- 콘크리트 랙궤도 유지보수 기준 및 매뉴얼



그림 1.1 산악도로 운행 산악트램



그림 1.2 산악트램 정거장

2. 기획과제의 배경 및 필요성

가. 산악철도의 사회적 필요성

- 우리나라 국토의 70%는 산악 지역으로 형성되어 있고, 아름다운 산악 지역마다 관광지가 형성되어 있으며, 경치가 수려하고 환경이 보전된 산악 관광지역은 국민들에게 휴식 공간을 제공하고 있으므로, 유명 산악 관광지마다 관광객들이 붐비고 있음

- 국민소득 3만불 시대에 관광과 레저는 국민들에게 풍요로운 삶과 재충전의 기회를 제공할 수 있는 필수적인 활동이 되고 있으며, 소득 증가에 따른 관광 수요도 증가에 의해 코레일에서 운영하고 있는 산악 관광열차의 승객은 급증하고 있기에 주말에는 사전 예약이 되지 않으면 이용 자체가 불가능한 실정임
 - 중부 내륙지방에서 분천역에서 철암역까지 왕복하면서 관광객의 인기를 끌며 국민들에게 삶의 여유와 만족, 볼거리와 휴식을 제공할 수 있는 백두대간 협곡열차 V-Train같은 관광열차는 앞으로 더욱 수요가 늘어날 전망이고, 아름다운 산이 가득한 우리 국토에서 산악 관광에 대한 수요는 더욱 증가할 전망이다
 - 휴식을 위해 산악 관광지를 찾는 관광객들에게 좀 더 안락하고 추억에 남을 교통 편의를 제공하는 것은 국가적 관점에서 필요한 일이라 할 수 있음

- 우리나라는 도로 교통이 발달되어 있어 산악 관광지 곳곳까지 자동차로 운행할 수 있기에 자동차가 다니는 도로에는 예외 없이 배출 가스에 의한 대기오염으로 인한 환경 훼손 문제가 따르게 되며, 산악 지역에서 자생하고 있는 동물들이 산악 도로를 질주하는 자동차에 의해 희생되는 경우가 빈발하고 있기에 산악지역에서 환경을 보전하며 관광객들에게 교통 편의성을 제공해 줄 수 있는 대안은 철도 이외에는 없음
 - 지리산에서만 한해에 70여건의 로드킬(road kill)이 발생하여 동물들이 희생되고 있음
 - 자동차는 환경을 오염시킬 뿐만 아니라 산악지역에서 생태계를 파괴하는 역할까지 할 수 있음



그림 1.3 산악도로의 로드킬



그림 1.4 산악도로 차량 정체

- 급경사와 급곡선이 빈번한 산악 도로에서 관광객의 이동 안전성을 확보하고, 겨울철 폭설과 결빙에도 좌우되지 않는 이동 편의성을 제공하기 위해서는 산악철도가 반드시 필요하게 됨
 - 산악 지역의 도로는 험난한 지역을 오르기 위해 급경사와 급곡선이 빈발하고 있는데, 급곡선은 자동차 운행 측면에서 사고의 원인이 되는 경우가 많고, 급구배는 겨울철 자동차의 통행이 금지되고 있어 관광객의 이동이 곤란함
 - 산악 지역은 겨울철에 온도가 급강하하고 눈이 많이 쌓이게 되어 도로의 노면은 결빙 상태가 되며, 지리산의 경우 겨울철인 12월에서 2월까지 산악 도로의 자동차 통행이 금지되고 있음
 - 겨울철에 도로가 제 기능을 다하지 못하기 때문에 아름다운 설경을 즐기기 위한 관광객의 희망은 실현되기 어려운 경우가 많고, 겨울철 관광객 유입 감소로 지역 경제도 타격을 받고 있는 실정임
 - 스위스 융프라우나 오스트리아의 인스부르크와 같이 세계의 우수 관광지는 지형과 기후 조건을 극복하기 위해 산악철도가 100여 년 전부터 운행되고 있음



그림 1.5 급구배 급곡선 산악도로



그림 1.6 겨울철 결빙 산악도로

나. 산악철도의 경제적 필요성

- 산악철도는 관광객들이 좀 더 편리하고 안전하게 산악 지역을 이동하면서 자연을 감상할 수 있는 여건을 제공해 주므로 관광객 증가를 통한 음식, 숙박업 등 지역 경제 활성화를 위해 필요한 교통수단임
 - 겨울철에 폭설과 결빙으로 산악 도로의 활용이 금지되면 자연스럽게 관광객이 급감하게 되고 이로 인해 지역 경제는 타격을 입기 때문에 지역 경제 활성화 측면에서 산악철도가 필요함
- 소득 증가에 따른 국민의 여가 활동 증가는 관광이 하나의 산업으로 발전해 갈 수 있는 기반이 됨

- 우리나라를 찾는 외국 관광객이 연간 1,000만 명이 넘는 상황에서 관광은 대규모 산업으로서 발전할 여지가 크나, 외국 관광객들은 쇼핑 등을 주목적으로 찾는 경우가 많으므로 서울의 명동이나 동대문, 강남 등에 몰리고 있는 반면, 상대적으로 빈약한 자연 관광지를 개발함으로써 외국 관광객들에게 다양한 볼거리를 제공하고 그들이 기꺼이 지갑을 열게 함으로써 관광이 대규모 산업으로 성장하기 위해서는 관광 산업의 기초 인프라에 대한 개발과 투자가 필수적임
 - 관광 산업은 성장이 예상되는 서비스 산업으로서 다양한 일자리를 창출할 수 있고, 음식, 숙박과 지역 특산품 판매 등의 경제 활성화 효과를 가져올 수 있으므로 창조 경제를 실현하는 방안이 됨
- 국외 산악철도는 산악지역의 자연환경보전법 시행 전에 건설이 되었음. 이러한 이유로 국외의 경우 산악지역 자연환경보전법 시행 이후 산악열차 신규 건설이 많이 없는 상태임. 하지만, 관광 수요의 증가로 기존 산악열차 노선의 용량을 증대시키고 있는 상황이며, 본 기술 개발을 통하여 기존 도로를 활용하는 경우, 국외에 기술 수출 가능성도 있음

다. 산악철도의 기술적 필요성

- 국내에 산악철도를 건설하기 위한 첫 번째 조건은 환경 훼손 없이 친환경적으로 운영되는 교통수단이 되는 것이므로 기존에 산악 지역을 따라 건설된 도로를 활용해야 함
- 도로를 따라 철도가 운영되는 경우, 지역 주민의 반발 등이 발생할 수 있으므로 기존 도로의 통행을 차단하지 않고 도로와 겸용으로 운행할 수 있는 방안이 제시되어야 하므로 매립형 궤도를 적용해야 함
 - 산악철도는 열차가 경사를 오르기 위해 특수한 궤도인 톱니 기어의 랙(rack)을 이용하게 되는데, 돌출된 랙이 있는 궤도상을 자동차가 함께 지나 다닐 수 있도록 매립형 궤도를 특수하게 설계하고 시공할 필요가 있음
 - 기존 도로위에서 차량에 전력을 공급하는 전차선을 설치하게 되면 산악 조망을 해칠 뿐만 아니라, 전차선 건설에 따른 환경 훼손도 불가피하게 발생하게 되고, 자동차의 통행에 지장을 줌과 동시에 안전사고를 유발할 수 있는 문제점이 있게 되며, 급곡선 부분에서는 집전장치가 전차선을 원활하게 추종하기도 설치하기도 어려운 상황이므로 전차선이 없는 무가선 방식의 산악트램 운영이 필요함
- 기존의 산악 도로는 가파른 산악 지형을 따라 건설되어 있으므로 급경사와 급곡선이 대다수를 이루고 있어, 산악철도가 급경사와 급곡선을 운행할 수

있는 시스템을 갖추어야 함

- 국내의 산악 도로 현황을 조사한 자료에 따르면 경사는 최대 180%까지 가파르고, 곡선은 반경이 최소 10m까지 급한 것을 알 수 있는데, 이는 세계 산악철도 사례를 살펴봐도 유례가 없는 제한조건으로서 기술적으로 해결해야 하는 큰 과업이 됨
 - 산악철도가 경사를 오를 때에는 구배 저항을 이기기 위해 톱니 기어 방식의 랙앤피니어(rack&pinon) 추진장치를 사용하는데 강철과 강철이 맞물리면서 접촉에 의한 진동과 소음이 많이 발생하여 객실 승객의 승차감을 저하시키므로, 산악철도 분야의 후발 주자로서 기존 기술에 비해 경쟁력을 가지려면 진동과 소음을 획기적으로 감소할 수 있는 추진장치의 개발이 필요함
- 산악철도는 관광용 철도이므로, 기존의 객실 창문은 외부 소음 차단과 구조 강도 확보 등의 관점에서 면적을 필요 최소로 설계하는 경향이 있으나, 산악철도는 승객들이 자유롭게 객실에 앉아 자연경관을 볼 수 있도록 외부 경치의 조망을 최대화 한 창문의 면적을 늘린 파노라마 차체가 되어야 함
- 산악철도의 건설은 산악 지형에서 진행되기 때문에 공사 환경이 열악하고 긴 겨울철 공사가 불가하기 때문에 공사 기간의 제약을 받게 되는데, 이러한 문제를 해결하기 위해서는 궤도 공사를 신속하게 진행할 수 있는 설계와 시공 방법이 필요하며, 공사에 따른 주민과 관광객의 불편을 최소화하기 위해서도 공사 기간의 단축이 필요함
- 산악 지역에서 궤도의 유지보수 작업 장비의 활용과 지형적인 불리함 등 어려운 점이 많기 때문에 시공 단계부터 대책 마련이 필요한데, 이러한 문제에 대한 대책으로서 공장에서 제작하여 현장에서 설치할 수 있는 프리캐스트 콘크리트 패널 공법의 적용이 필요함
- 프리캐스트 콘크리트 매립형 궤도는 산악철도의 건설 기간 및 비용을 절감할 수 있을 뿐만 아니라 기존 철도에 비해 유지보수 작업이 줄어들게 되므로 생애주기 비용을 절감할 수 있는 방안이 되므로 프리캐스트 콘크리트 매립형 랙 궤도 기술이 필요함

라. 후속 실용화 연구개발의 필요성

- 1단계 연구개발 사업인 『급구배 추진시스템 핵심기술 개발』 사업에서 추진 장치와 궤도와 관련한 핵심기술을 개발하였는데, 핵심기술이 실제 상용화되기 위해서는 실용화 단계를 거쳐서 실제와 유사한 조건에서 검증이 필요함

- 1단계 사업의 성과물인 『급구배 추진 대차시스템』, 『매립형 콘크리트 Rack 궤도』, 『파노라마 차체』 등 핵심부품 기술의 검증을 위해 실제 상황과 동일한 테스트 베드에서 성능에 대해 시험 평가 및 확인이 필요함
 - 테스트 베드 역할을 할 수 있는 시험선로를 건설하고 실제 시제 산악트램을 제작하여 시험 운영함으로써 핵심 부품 기술의 상용화 가능성을 검증할 필요가 있음
 - 개발된 핵심 부품기술을 활용하고 부가가치를 창출하기 위해서는 실용화 사업을 통해 전체 시스템을 제작하여 가시화하고, 시험·운영함으로써 수요자에게 효과성을 입증할 필요가 있음
- 1단계 사업에서 개발한 핵심기술은 단지 부품들만 가시화되고 산악철도시스템 전체에 대한 실제 형상을 볼 수 없으므로 핵심기술 개발 성과가 우수하다 하더라도 실제 시스템을 볼 수 없기에 탑승하여 운영을 체감해 보지 못하면 실용화는 지연될 수밖에 없음
- 지자체에서도 해외의 산악철도 시스템에 대한 견학과 벤치마킹은 많이 하였으나 실제 국내 실정에 적합한 시스템은 찾아보기 어렵다는 것을 인식하고 있음
 - 소비자들은 실제 체험해보고 상품을 구매하려는 성향이 강하다는 사실을 적용해 보면, 실제 운용되는 시스템을 보여주고 탑승을 체험시켜 본 후에 시스템의 구매를 요구하는 것이 적절할 것임
- 현재 개발이 완료되어 오송기지에서 시험운영중인 무가선 저상트램이 실례로 제시될 수 있음
- 무가선 저상트램이 개발 중에 있을 때에는 도시철도 건설을 계획하는 여러 지자체에서 도입을 검토할 뿐, 실제 건설을 결정하지 못하고 있었으나, 일단 무가선 저상트램이 개발 완료되고 시험운영이 개시된 후 상황은 많이 호전되기 시작하였음
 - 무가선 저상트램을 견학하고 시험 탑승을 한 후, 지자체의 단체장이나 지방의회 의원들, 주민들이 편리함과 경제성을 보고 도입 결정을 쉽게 하는 것을 여러 사례가 입증하고 있음
 - 대전시의 경우 이미 결정해 놓은 시스템을 변경하여 2기 도시철도시스템으로 무가선 저상트램을 결정한 사례가 이러한 과정을 간접적으로 뒷받침하고 있음

마. 실용화 사업 이전 과제 개요

- 1단계 과제(급구배 추진시스템 핵심기술 개발)의 최종 목표

- 국내외 산악지역에서 교통수단으로 활용되거나, 대도시 고지대의 교통 복지 향상 및 스포츠 행사나 이벤트 기간에 대량 승객 수송을 위해 활용되기 위해, 산악철도의 핵심기술을 개발함
- 급구배(180%이상)에서 운행이 가능한 대차시스템, 산악지역에 적합한 경량 구조 차체, 저진동 랙앤피니언(rack & pinion) 추진장치, 프리캐스트 콘크리트 매립형 궤도를 개발함

○ 연차별 주요 연구 내용

표 1.1 연차별 주요 연구 내용

구분 (연도)	세부연구목표	연구개발 수행내용
1차 년도 (2013)	<ul style="list-style-type: none"> • 급구배 추진 대차 시스템 개념 설계 	<ul style="list-style-type: none"> - 급구배 추진시스템 요구조건 분석 - 급구배 추진시스템 기본 사양 결정 - 급구배 추진시스템 구성품 결정 - 급구배 추진시스템 신뢰성 기반 개념 설계 - 급구배 추진 대차프레임 초기 강도해석 및 평가 - 급구배 추진 Rack & Pinion 개념설계 - 급구배 추진 대차 개념 설계
	<ul style="list-style-type: none"> • 급구배 운행 경량 구조체 개념 설계 	<ul style="list-style-type: none"> - 급구배 운행 경량구조체 초기 강도해석 및 평가 - 급구배 운행 경량구조체 개념설계
	<ul style="list-style-type: none"> • 급구배 궤도시스템 개념설계 	<ul style="list-style-type: none"> - 궤도/ 대차 호환성 검토 - 급구배 추진시스템 운행 노선 조사 및 환성 분석 - 급구배 궤도시스템 개념 설계 - 급구배 궤도시스템 탄성충진재 요구조건 분석
2차 년도 (2014)	<ul style="list-style-type: none"> • 급구배 추진 대차 시스템 상세 설계 	<ul style="list-style-type: none"> - 급구배 추진시스템 상세 사양 결정 - 급구배 추진 대차시스템 상세 설계안 도출 - 급구배 추진 Rack & Pinion 시제품 개발
	<ul style="list-style-type: none"> • 급구배 운행 경량 구조체 상세 설계 	<ul style="list-style-type: none"> - 급구배 운행 경량구조체 상세 설계안 도출
	<ul style="list-style-type: none"> • 급구배 추진 궤도 시스템 상세 설계 	<ul style="list-style-type: none"> - 급구배 추진시스템 운행 구간 노선 설계 - 급구배 궤도시스템 상세설계안 도출 - 급구배 궤도시스템 탄성충진재 및 베딩재 시제품 개발

3차 년도 (2015)	<ul style="list-style-type: none"> 급구배 추진시스템 성능시험 및 평가 기술 	<ul style="list-style-type: none"> 급구배 추진 대차프레임 하중시험 및 평가 급구배 궤도시스템 하중시험 및 평가 급구배 추진 시스템 핵심 부품(전동기 및 추진제어 장치, Rack & Pinion 시제품) 호환성 시험 및 평가 급구배 추진 대차시스템 동특성 시험 및 평가
	<ul style="list-style-type: none"> 급구배 추진 대차 시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 급구배 추진 대차프레임 제작(1set) 급구배 추진 대차시스템 시제품 (1set) 완성
	<ul style="list-style-type: none"> 급구배 추진 궤도 시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 급구배 궤도시스템 탄성충진재 및 베딩재 완성 시제품 제작 급구배 궤도시스템 시제품(1set) 완성 급구배 추진시스템 운행 구간노선 타당성 검토
4차 년도 (2016)	<ul style="list-style-type: none"> 급구배 추진시스템 성능보완 	<ul style="list-style-type: none"> 급구배 추진 요소기술 성능검토 및 설계 보완
	<ul style="list-style-type: none"> 급구배 추진 대차 시스템 인터페이스 시험 	<ul style="list-style-type: none"> 급구배 기어방식 추진체 곡선부 인터페이스 설계 급구배 추진시스템 시험궤도상 성능 검증 및 평가
	<ul style="list-style-type: none"> 급구배 궤도시스템 성능 검증 	<ul style="list-style-type: none"> 소규모 시험궤도(10R) 제작 급구배 추진시스템 노반설계 기준분석 및 인허가 사항 검토



그림 1.7 대차시스템 동적 성능 시험



그림 1.8 소규모 시험선 주행성능 시험

○ 1단계 사업의 주요 성과

- 180% 이상 급구배에서 운행이 가능한 Rack & pinion 대차 개발
- R=10 m 운행이 가능한 독립 차륜 적용 대차 개발
- 산악도로 선형을 고려한 산악트램 선형설계 기준(안) 개발
- 프리캐스트 콘크리트 패널을 적용한 매립형 Rack 궤도 개발
- R=10m, 100% 경합구간을 포함한 소규모 시험궤도 제작 및 주행 실험

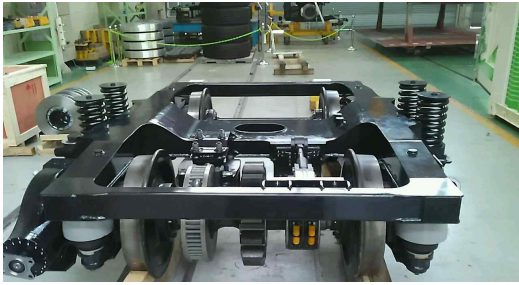


그림 1.9 완성된 급구배 추진 대차



그림 1.10 매립형 Rack 궤도

바. 산악철도 관련 세미나 개최 실적

○ 평창 동계올림픽 개최지 녹색순환교통망 구축 전략 세미나 개최

- 일시 및 장소

· 2011. 12. 8. 서울교육문화회관



그림 1.11 전략 세미나 개최식



그림 1.12 세미나 주제 발표

- 주요발표 내용

- 평창 순환대중교통망 노선 선정 전략(철도연 임진기)
- 평창 순환대중교통망 구축을 위한 산악철도 기술 개발(철도연 서승일)
- Ropeway 기술 동향 및 소치 동계올림픽 지역 네트워크 구축 사례 (Doppelmyre, Leitner)
- 평창 알펜시아 현황 및 향후 운영 계획(강원개발공사, 박영규)



그림 1.13 평창 순환 관광용 트램 내부



그림 1.14 평창 순환 교통망

○ 산악철도 세미나 개최

- 일시 및 장소

· 2014. 11. 12. 서울 대한상공회의소



그림 1.15 산악철도 세미나 주제발표



그림 1.16 산악철도 세미나 토론

- 주요발표 내용

- 산악지역 교통 편의성 향상을 위한 산악트램 기술 개발(철도연 서승일)
- 지리산 산악트램의 경제성 평가(철도연 엄진기)
- 산악 교통시설의 지역 관광 활성화 효과(문화관광연 박경열)
- Mountain Railways in Europe(Carsten Lienemann, TÜV Rheinland Korea)



그림 1.17 산악 트램



그림 1.18 산악지역 관광열차

3. 기획 과제의 범위

가. 기획 연구의 범위

○ 급구배 급곡선 추진 산악철도 국내외 관련 연구 및 기술동향 및 특허조사

- 국내/외 차량시스템 기술 현황 및 특허기술 조사
- 산악철도 인프라 국내외 기술 현황 및 특허기술 조사

- 산악철도 운영 및 유지보수기술 기술 현황 및 특허기술 조사
 - 산악철도 노선 후보지 평가 및 경제성 분석
- 산악철도 실용화를 위한 소요 기술 도출
 - 산악철도 차량시스템 기술
 - 산악철도 시스템 핵심부품 기술
 - 산악철도 시험선(test bed) 구축 관련 기술
 - 산악철도 시험 운행 및 성능 평가 기술
 - 산악철도 시험선 운영 기술
 - 산악철도 유지보수 기술
 - 산악철도 실용화 기술개발 전략 제시
 - 산악철도 실용화를 위한 핵심 기술개발 과제 도출
 - 국내 산악지역 환경에 적합한 산악철도 기술 개발, 활용 방안 및 실용화 전략 제시
 - 본 과제 추진을 위한 전문인력 및 소요예산 산정
 - 산악철도 실용화 기술 개발을 위한 국내외 전문인력 조사
 - 실용화를 위한 운영기관 역할 정의 및 구체적인 참여방안 마련
 - 산악철도 실용화 기술개발을 위한 과제별 소요 예산(시험선 구축 예산 포함) 산정
 - 산악철도 시험선(test bed) 구축 전략 제시
 - 최종성과물의 현장적용시 정부, 운영기관 및 민간기업의 역할범위에 대한 검토 및 제시

나. 산악철도 실용화 연구의 범위

- 산악철도시스템 개발
 - 산악트램 1편성 설계
 - 산악트램 성능 검증 및 평가를 위한 시험계측시스템 설계
 - 산악트램 1편성 제작
 - 산악트램 성능 검증 및 평가를 위한 시험계측시스템 제작 및 설치
 - 산악트램 시험 운행
 - 산악트램 성능 검증 및 평가
 - 산악트램 신뢰성 평가

○ 산악철도 시험노선 구축 및 시험 운행

- 국내 산악지역 대상 도로 겸용 산악철도 시험노선 후보지 선정
- 시험노선 건설을 위한 사전 준비 및 승인
- 시험노선 건설을 위한 실시설계
- 매립형 프리캐스트 콘크리트 궤도 패널 시제품 제작 및 평가
- 산악트램 검수고 설계
- 시험노선상 매립형 프리캐스트 콘크리트 궤도 부설
- 시험노선 건설
- 산악트램 검수고 건설
- 시험노선상 산악트램 시험 운행
- 시험노선 궤도 성능 평가
- 산악트램과 궤도간 인터페이스 시험 및 성능 평가

○ 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발

- 해외 산악트램 운영 및 유지보수 현황 조사 및 분석
- 산악철도 운영계획 수립
- 산악트램 운영 및 유지보수 기준 설정
- 산악철도 주요 후보지 경제성 분석 및 방법론
- 산악철도 운영 및 유지보수 매뉴얼 작성
- 산악트램 시험 운영 및 유지보수 체계 구축
- 산악철도시스템 차량 및 궤도 유지보수 수행
- 산악철도 수익성 향상을 위한 운영 전략 수립
- 산악철도 영업 운영 주체의 거버넌스 구조 연구

2절 기술 분류 및 내용

1. 기술분류 체계도

가. 산악철도 실용화 기술의 구성

- 산악트램을 제작하고 시험노선을 건설하여 산악트램을 시험 운영함으로써 산악철도시스템 전체에 대한 성능 평가와 검증이 주요 목표임
- 세부 기술로 산악철도시스템 제작, 시험노선 건설, 산악철도 운영과 이에 따른 유지보수로 분류 가능

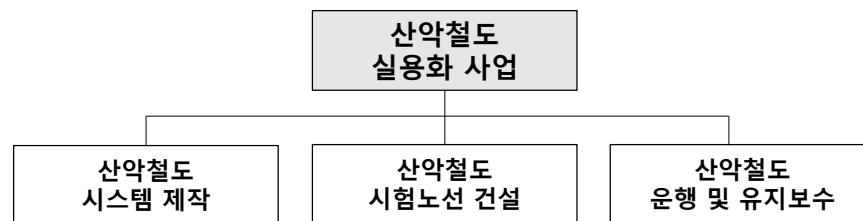


그림 1.19 산악철도 실용화 사업 기술분류 체계도

- 산악철도시스템 제작 과제에서는 산악철도에 적합한 산악트램의 기본 사양을 결정하고 1단계 사업 성과를 바탕으로 핵심 부품을 제작한 후에 시험운행을 위한 차량 1편성을 제작하고 성능평가를 수행함
- 산악철도 시험노선 건설 과제에서는 시험노선을 건설하기에 적합한 후보지를 선정하고 1 km 내외의 단거리 시험선로와 시범 정거장, 검수시설, 전력 공급 시설 등을 건설하여 산악트램이 주행할 수 있는 인프라를 제공함
- 산악철도 운영 및 유지보수 과제에서는 산악트램이 시험운영하면서 발생하는 각종 장애를 보완하면서 유지보수를 실시하고 관련 자료를 정리하여 향후 운영을 위한 기초 자료로 활용함

나. 산악철도 실용화 기술의 분류

- 산악철도 실용화를 위해 필요한 산악트램의 제작, 시험노선 건설, 운영 과정에 따라 기술을 분류함

- 산악트램의 제작 및 시험노선 건설 과정에 필요한 시스템엔지니어링 과정을 산악철도시스템 기술에 포함시켜 중분류에서 고려함
- 산악철도를 구성하는 차량과 궤도, 운영의 요소기술 및 구성품을 세부기술로 분류함

표 1.2 산악철도 실용화 기술개발 기획의 기술분류 체계

대분류	중분류	소분류
1. 산악철도 시스템 기술	1.1 차량시스템	1.1.1 랙피니언 추진장치
		1.1.2 전력 및 충전 배터리
		1.1.3 차축 및 개별회전 차륜
		1.1.4 대회전 차량 연결장치
		1.1.5 대차/차체 인터페이스 성능
		1.1.6 파노라마 차체
		1.1.7 관광용 객실
		1.1.8 추진 및 구동시스템
		1.1.9 대차프레임
		1.1.10 현가장치
	1.2 궤도시스템	1.2.1 산악철도 노선 선정 및 평가
		1.2.2 산악철도 노선 설계
		1.2.3 산악궤도 설계기준 및 시방서
		1.2.4 산악노반 설계기준 및 시방서
		1.2.5 도로교통 겸용 법규
	1.3 시험선 성능 시험 및 평가	1.3.1 산악트램 시험계측시스템
		1.3.2 산악궤도 시험계측시스템
		1.3.3 산악트램 성능 검증 및 평가
		1.3.4 산악트램 신뢰성 평가
		1.3.5 산악궤도 성능 검증 및 평가
1.3.6 산악트램과 궤도간 인터페이스 시험 및 성능 평가		
2. 산악철도 시험노선 건설 기술	2.1 궤도건설	2.1.1 산악철도 시공
		2.1.2 매립형 프리캐스트 콘크리트 궤도 패널
		2.1.3 랙 레일
		2.1.4 충전재
		2.1.5 체결장치

	2.2 건축물	2.2.1 산악철도 정거장
		2.2.2 산악트램 검수고 및 설비
		2.2.3 산악철도 급전시설
		2.2.4 산악철도 관제시설
3. 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발	3.1 신호시스템	3.1.1 자동차 차단 및 방호장치
		3.1.2 단선구간 신호보안
		3.1.3 차량/차량 및 차량/관제 통신
	3.2 운영기술	3.2.1 제설 및 제빙
		3.2.2 산악지역 낙하물 방지
		3.2.3 산악철도 수익성 향상을 위한 운영 전략
		3.2.4 산악철도 운행 스케줄
		3.2.5 산악철도 안전기술
		3.2.6 산악철도 환경성 평가
	3.3 유지보수 기술	3.3.1 산악궤도 유지보수 기준 및 매뉴얼
		3.3.2 산악트램 유지보수 기준 및 매뉴얼
		3.3.3 산악궤도 유지보수 체계
		3.3.4 산악트램 유지보수 체계

제2장 동향조사 및 환경분석

1절 국내외 정책동향

1. 국외 정책동향

- 전 세계적으로 산악열차가 가장 발전된 국가는 스위스이다. 스위스는 2007년 세계경제 포럼 선정 ‘가장 경쟁력 있는 관광지’에 뽑히기도 하였다. 이러한 원동력은 스위스 전통의 ‘산촌진흥계획¹⁾’에 있다고 할 수 있음
- 스위스의 산촌진흥계획은 지형, 지리의 불리성을 극복하고 산촌 인구의 도시 유출을 최소화하면서 지역경제를 활성화하는 효과를 거두어 관광과 연결시키는 계획을 말함
- 이러한 산촌진흥계획의 핵심은 알프스 등 수려한 자연자원을 바탕으로 철도, 도로 등 최고 수준의 인프라를 구축하여 스키, 산악, 휴양 등 다양한 관광자원을 공급 및 연계하는 것이라고 할 수 있음
- 스위스는 4대 특급 열차라는 빙하특급, 베르니나 특급, 빌헬름 텔 특급 및 골든 패스를 운행하면서 많은 수익을 창출하고 있다. 또한, 지역간 연계협력을 통한 관광네트워크를 구축하고 있으며, 대표적인 사례로 역사문화생태 탐방 열차인 로트호른 철도가 있음



그림 2.1 스위스 로트호른 철도

- 스위스 관광청의 목표는 스위스의 관광 수요를 촉진시키는 것이다. 특이한 점은 스위스 관광청의 예산은 연방정부 기부금, 연방철도와 같은 회원사의

1) 산악낙후지역의 스위스형 발전방안, 동양대학교 지역개발연구소 (2012)

기부금과 상업 활동 이익금으로 이루어져 있음. 또한, 스위스 관광청은 지방 정부와 많은 부분에서 협작을 하고 있으며, 관광사업 관련 여러 기관에서 예산을 충당함으로써 자연스럽게 관광 활성화에 기능이 초점이 맞추어져 있음

- 2015년 문화체육관광부는 보도자료를 통하여 ‘두루누비’ 시스템 구축 계획²⁾을 발표하였음. 두루누비 시스템은 현재 조성된 걷기여행길, 자전거길의 적극적인 활용과 더불어 길에 관한 일관적이고 통합적인 안내서비스 제공에 대한 요구 증가에 따른 것으로 이를 위하여는 힐링·웰빙 등으로 변화하는 관광트렌드에 부합하는 대중교통, 장비대여, 숙박, 관광자원 등과의 체계적 연계 시스템 필요함. 이러한 ‘두루누비’ 시스템의 모델은 ‘스위스 모빌리티’이며 스위스에서 이러한 사업이 성공한 이유는 스위스의 발달된 이동수단과 관광지 네트워크를 연결하는 플랫폼이 뛰어나기 때문임



[하이킹]

[사이클링]

[산악자전거]

[스케이팅]

[카누]

그림 2.2 스위스 모빌리티 구성



그림 2.3 독일 베리스토펜 산림

- 스위스뿐만 아니라 여러 유럽 및 선진 국가에서는 산악지역을 친환경적으로 개발하여 지역경제 발전에 기여하도록 정책을 가져가고 있음. 대표적인 예로 독일에서는 산림치유를 의료 행위로 간주하여 의료보험을 적용하고 있음

2) 문화체육관광부 보도자료 (2015.01.28.)

- 자연치유로 유명한 독일비리스호펜은 연간 100 만명 휴양객으로 15,000명 지역주민 대다수가 동 산업 종사할 정도로 지역경제 활성화에 큰 기여 하고 있음

2. 국내 정책동향

- 최근 정부 및 지방자치단체는 친환경적으로 산지를 활용하는 방식으로의 정책 방향 전환 필요성에 공감하고 산악관광 활성화 대책을 내놓고 있음
- 국내 국토의 약 70% 가 산악지형이나 그 동안에는 산림녹화에 정책의 우선 순위가 있어 관광자원으로서 산지의 적극 활용은 미흡하였으며 대부분 개발을 불허하였음
- 대표적인 예로 '80년 내장산에 마지막으로 케이블카가 설치된 이후 국립공원 내 케이블카의 설치 사례가 없음. 이에, 전국경제인연합회에서는 산악관광 활성화를 위한 정책과제를 정부에 건의('14.8)하는 등 여러 분야에서 산악관광 활성화 대책을 제시하였음³⁾
- 전국경제인연합회는 '15년7월16일 국회헌정기념관 대강당에서 이승철 전경련 부회장, 최문순 강원도 지사, 박주선 국회교문위원장, 황영철 국회의원, 염동열 국회의원 등 150여명이 참석한 가운데 '평창동계올림픽 활용방안 세미나'를 개최, 이승철 민관합동창조경제추진단장(전경련 부회장)이 '평창동계올림픽 활용한 강원도 산지관광 활성화 방안'을 주제로 발표하였으며, 산악관광 활성화를 위한 정부의 정책적 지원을 촉구하였음



그림 2.4 전경련 세미나



그림 2.5 대통령주재 무역투자진흥회의

- 정부는 대통령 주재 제8차 무역투자진흥회의('15.7.9)에서 관광 산업 활성화

3) 궤도 안전관리체계 및 기준 개선 연구, 한국교통연구원 (2015)

대책을 마련하였고, 이후, '15.7월 '산악관광 활성화 대책'을 발표하여 규제 완화를 위한 정책방향을 제시하였는데, 이는 전체 산지의 70%를 산악관광 진흥구역으로 지정하여 관광휴양시설 설치를 허용하고자 하는 내용임

- 행정자치부와 전라북도는 '15년 7월10일 남원 주천면 일대 산악지역 도로 현장을 점검한 후, 남원에서 '전북 규제개혁 끝장토론회'를 개최하였는데, 정중섭 장관은 "한국은 풍부한 산악자원을 보유하고도 외국에 비해 개발과 투자가 불가능한 경우가 많다"고 지적하고 "사회적 합의를 통한 일정한 기준에 맞춰 산악관광을 활성화시킬 필요가 있다"고 강조하였으며, 이환주 남원시장 은 이 자리에서 "남원시가 역점사업으로 추진하고 있는 지리산 산악철도 시범도입 등 산악관광 개발사업이 신속히 추진될 수 있도록 규제를 과감하게 풀어달라"고 요구하였고, 지리산에 산악철도와 케이블카, 산악호텔을 허용할 지를 놓고 중앙정부와 해당 자치단체가 '끝장토론'을 벌였음



그림 2.6 규제개혁 끝장 토론회



그림 2.7 산악지역 규제 현장 확인

- 최근 환경부 국립공원위원회에서 '15.8월 강원도와 양양군이 신청한 설악산 국립공원 오색 케이블카 설치공원 계획 변경안을 조건부 승인하여 사실상 승인해줌으로써 정부 정책 방향에 따른 대표적인 사례로 꼽히고 있음
- 국립공원이자 유네스코 생물권 보전지역 등으로 보호받던 설악산에 정부가 케이블카 설치를 승인하면서 전국 도처에서 케이블카 추진사업이 본격적으로 추진될 전망이다, 전북 남원시(지리산)에서는 케이블카 설치사업 및 산악 열차를 도입하려고 추진 중에 있음
- 2016년 3월 22일 궤도 운송법 일부 개정을 통하여 '제2장 궤도사업 및 전용 궤도' 중 제4조의 2 (산악벽지형 궤도에 대한 궤도사업의 승인)이 포함되었음. 이러한 개정을 통하여 산악열차 추진의 법적 근거가 마련되었음. 제 4조의 2는 아래와 같음

- '제4조의2' (산악벽지형 궤도에 대한 궤도사업의 승인)

- ① 산악벽지형 궤도에 대한 궤도사업을 경영하려는 자는 제4조제1항 및 제2항에 따른 궤도사업의 허가를 신청하기 전에 시장·군수·구청장 또는 특별시장·광역시장을 거쳐 국토교통부장관의 승인을 받아야 한다. 승인을 받은 사항을 변경하려는 경우에도 또한 같다.
- ② 국토교통부장관은 제1항에 따른 승인을 할 때에는 관계 전문가 등의 의견을 들어 승인 여부를 결정하여야 하며, 공공의 안전 등을 위하여 필요한 조건을 붙일 수 있다.
- ③ 제1항에 따른 승인의 절차 등에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.
[본조신설 2016.3.22] [[시행일 2017.3.23.]]⁴⁾

4) 궤도 운송법 (일부개정 2016.03.22.)

2절 국내의 시장현황 및 전망

1. 국외 시장현황 및 전망

○ 국외의 대표적인 Rack railway 열차 현황은 아래와 같음⁵⁾

표 2.1 국외 Rack railway 산악열차 현황

대륙	국가	노선	개통년 도	개보수 현황/비고
유럽	오스트리아	Achensee Railway	1889	-
		Schneeberg Railway	1893	-
	체코 공화국	Cograilway Tanvald - Harrachov	1902	• 2010년 2월 추가 확장
	프랑스	Lyon Metro Line C	1974	-
		MontBlanc Tramway	1907	-
		Montenvers Railway	1909	-
		Petit train de la Rhune	1924	-
		Panoramique des Domes	2012	-
	독일	Drachenfels Railway	1883	• 2004-2005년도 관광 목적으로 재건축
		Stuttgart Rack Railway	1884	• 2004년 트랙의 상부 구조 교체
		Wendelstein Rack Railway	1912	-
		Bavarian Zugspitze Railway	1929	-
	헝가리	Budapest Cogwheel Railway	1874	-
	이탈리아	Sassi - Superga tramway	1884	-
	슬로바키아	Štrba rack railway	1896	-
스페인	Vall de Núria Rack Railway	1931	-	
스위스	Rheineck - Walzenhaus en mountain railway	1896	-	

5) https://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page

		Bernese Oberland railway	1890	• 1991년 트랙(노선)용량 증설
		Aigle - Leysin railway	1900	-
		Aigle - Ollon - Monthey - Champéry railway	1907	• 2001년 이래로 지속적으로 용량 증설
		Bex - Villars - Bretaye railway	1898	-
		Brienz - Rothorn railway	1892	-
		Dolderbahn-Betriebs railway	1895	• 2004년에 일부노선 재 완공
		Gornergrat railway	1896	• 상부 터미널 재건축
		Jungfrau railway	1898	-
		Pilatus railway	1889	• 2001년 랜드마크로 지정
		Wengernalp railway	1893	• 2005년 두 개 노선 개통
아시아	인도	Nilgiri Mountain Railway	1908	• 2005년 유네스코 세계문화유산 지정
	일본	Ikawa Line	1935	• 2009년 자동 열차정지 시스템 적용
남아메리카	아르헨티나	Transandine Railway	1910	-
	브라질	Corcovado Rack Railway	1884	-
	칠레	Arica - LaPaz railway	1913	-
북아메리카	미국	Manitou and Pike's Peak Railway	1889	-
		Mount Washington Cog Railway	1868	-
		Quincy and Torch Lake Cog Railway	1997	• 2009년 차량 개선
아프리카	앙골라	Benguela railway	1920	• 2006-2014년 재건축
오세아니아	호주	West Coast Wilderness Railway	1899	-
		Skitube Alpine Railway	1988	• 도로 수송능력 한계로 건설

- 표에서 알 수 있듯이 대부분의 Rack railway 열차는 유럽에 집중되어 있는 것을 알 수 있음. 특히, Rack railway 열차가 개통된 년도는 약 100년이 지난 곳이 많은 것을 알 수 있음. 하지만, 개보수 현황/비고란에서 알 수 있듯이 2000년대 이후로 많은 Rack railway가 개보수 되고 있는 것을 알 수 있음. 특히, 이용객 증대로 인한 용량 증설이 많음
- 독일의 Drachenfels Railway는 2004-2005년에 관광 목적으로 재개발 되어 관광안내소 및 산악철도 시스템을 현대화한 사례임



그림 2.8 Drachenfels Railway

- 스위스의 Aigle - Ollon - Monthey - Champéry railway는 Aigle 도심지를 거점으로 Champéry까지 대중교통 및 관광객을 수송하는 목적으로 건설이 되었으며, 이용객 증가로 지속적으로 확장을 하고 있음

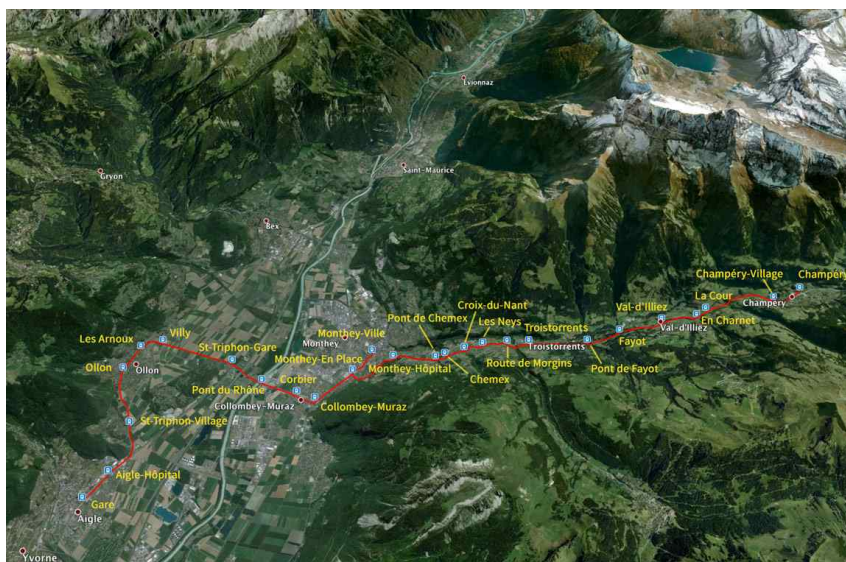


그림 2.9 Aigle-Ollon-Monthey-Champéry railway

- 스위스의 Pilatus railway는 2011년 랜드마크로 지정되어 꾸준히 산악관광객이 찾는 명소로 자리잡고 있으며, Rack & Pinion 방식으로 운행이 되는 세계 최고의 급경사를 운행하고 있음

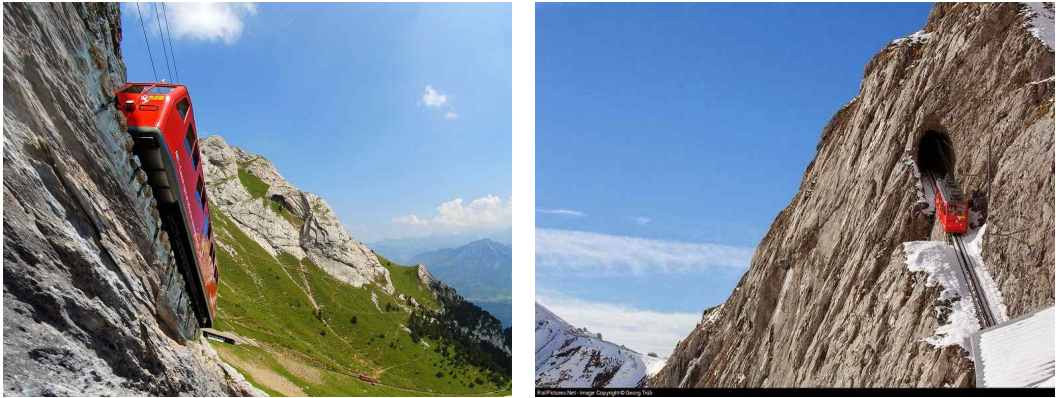


그림 2.10 Pilatus railway

- 인도의 Nilgiri Mountain Railway의 경우, 2005년 유네스코 세계유산으로 등재되었으며, 산악열차를 관광자원화 한 대표적인 사례로 볼 수 있다. 이 밖에 Quincy and Torch Lake Cog Railway는 원래 광업용으로 열차를 운행하였으나 보수 공사 후 관광자원으로 활용이 되고 있다. 이렇게 산악열차는 주로 관광 자원이 많은 산악 지역을 중심으로 현재까지 꾸준히 운행이 되고 있다.
- 최근 건설된 예로는 프랑스의 Panoramique des Domes Rack railway 산악열차(2012)와 호주의 Skitube Alpine Railway (1988)이 있음. Panoramique des Domes Rack railway은 산악열차와 자동차용 도로가 평행하게 건설된 점이 특이점임. 또한, 호주의 Skitube Alpine Railway은 근처의 산악관광자원의 개발(특히 스키장의 확장 등)에 따른 기존 도로 수송 능력의 한계로 산악철도를 건설한 대표적인 사례임.
- 하지만 해외의 경우도 국내와 유사하게 강화된 자연보전법에 따라 신규 건설이 어려움. 따라서 기존 도로를 활용하는 본 기술이 성공적으로 개발된다면, 향후 해외 진출도 가능할 것으로 보임



그림 2.11 Panoramique des Domes Rack railway



그림 2.12 Skitube Alpine Railway

- Rack railway 열차는 비단 산악 지역에만 적용이 되는 것이 아니라, 프랑스의 Lyon Metro Line C와 독일의 Stuttgart Rack Railway와 같이 대중교통으로도 활용이 되고 있음



그림 2.13 Lyon Metro Line C

- 위에서 언급한 바와 같이 관광 자원이 풍부한 지역에서의 산악열차가 성공적으로 운행이 되고 있는 사례는 많이 있다. 하지만, 이와는 반대로 Rack railway를 이용한 산악열차가 운행을 하다가 폐쇄된 곳도 여러 곳이 존재하며 대표적인 지역은 아래의 표와 같음.

표 2.2 국외의 폐쇄된 Rack railway 현황

국가	노선	사용기간	비고
독일	Höllentalbahn	1887~1993	• Rack rail way 방식에서 Adhesion railway로 변환
이탈리아	Opicina Tramway	1902~1928	• Rack rail way 방식에서 강삭철도로 변환
	Rittnerbahn	1907~1966	• Rack section을 케이블카로 대체
	Paola-Cosenza of Ferrovie dello Stato	1915~1987	• 터널 건설로 폐쇄
	Lercara Bassa-Filaga-Palazzo Adriano-Magazzolo of Ferrovie dello Stato	1924~1959	• 광부들의 운송수단으로 사용하였으나 폐광으로 인한 폐쇄

- 표에 나타난 바와 같이 폐쇄 원인은 다양한 것으로 분석되었다. 폐광으로 인한 사용자의 감소, 대체 운송수단의 개발, Adhesion 방식으로 대체되면서 산악열차가 폐쇄가 되었으며, 이는 관광자원으로의 효용가치가 떨어지기 때문으로 분석됨.

- 해외 사례에서 알 수 있듯이, 스위스와 같이 산악 관광 자원이 풍부한 곳에 산악열차가 활발히 운행이 되고 있는 것을 알 수 있음.
- 세계적으로 관광에 관한 경제 규모는 444천만 US 달러로 이중 산악 관광이 차지하는 비중은 15-20%인 67-89천만 US 달러(670,000-890,000억원) 임. 이중 유럽의 알프스가 전체 산악관광 규모 중 7-10%를 차지하고 있음⁶⁾
- 이에 많은 국가들이 산악 관광 활성화를 통한 경제 발전을 도모하고 있음. 하지만, 65개국에 걸쳐 475개의 자연보호 지구가 있으며, 전체 면적은 264백만 헥타르 (2.64x10¹² m²)에 이르고 있음. 또한, 이 중 140개의 산악 지역은 유네스코에 의하여 자연보호 지구로 지정되어 있음.⁶⁾ 이러한 이유로 산악 관광에 대한 개발은 제한될 수밖에 없음.

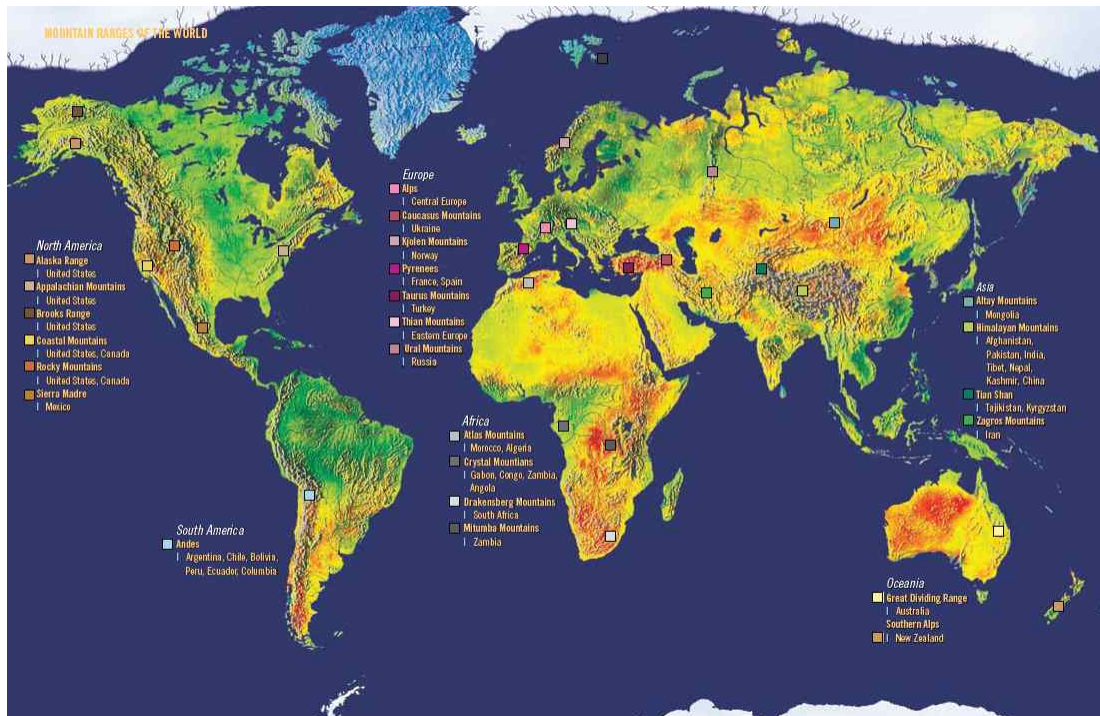


그림 2.14 대표적인 산악 관광지 분포도

- World tourism Organization (UNWTO)에서는 정기적으로 Conference를 통하여 세계 관광에 대한 전략을 제시하고 있으며, 최근에는 계절적 요인 극복을 통한 산악관광 발전에 대한 전략을 제시하였다. 주요한 전략으로는 환경 지속 가능성 및 산악 접근성을 높여 산악 관광수요 창출이 있으며, 본 연구에서 개발하고 있는 산악열차는 환경 지속가능성 및 산악지역 접근성을 극

6) Tourism & Mountain Development, International Symposium on Mountain Economy, 2014.

대화 할 수 있는 기술로 활용 가치가 높은 것으로 보인다⁷⁾. 본 연구에서 개발하고 있는 산악 열차는 기존의 전용선을 이용하는 산악열차와는 차별성이 있으며 세계최초로 개발되는 신기술 이므로 완전한 개발이 이루어지지 않은 상태에서 세계 시장을 예측하는 데에는 무리가 있다. 하지만, 자연환경 훼손을 최소화 하므로 자연보존 지구에도 도로가 있는 경우, 적용이 가능할 것으로 판단된다. 위의 그림은 전세계에 분포한 대표적인 산악 관광지를 보여주며, 본 연구 개발 성과품이 적용 가능한 지역으로 판단된다⁸⁾.

- 위에서 언급한 세계 시장은 산악철도 차량 및 건설을 포함한 시스템에 대한 시장이다. 산악열차 시장을 철도 차량에 한정하면 보다 세계 시장 규모를 정량적으로 분석 할 수 있다.
- 특히, 본 연구에서 개발되는 산악열차는 무가선으로 운행이 되며, R=10m의 곡선 주행이 가능함으로 다른 산악철도보다 기술적 우위에 있을 것으로 판단되며, 지속가능한 산악관광이 화두가 되는 시점에서 활용도가 높아 신규 산악철도 시장에서 경쟁력이 있을 것으로 판단된다.
- 표 2.1의 해외 산악철도 사례를 보다 상세히 분석한 결과, 총 38개소 연장은 1,030.5 km, 평균 연장은 30.3km로 나타났다.
- 본 연구에서는 지리산에 대한 타당성 조사를 수행하였으며, 이 때 연장 35.63km 구간에서 7편성(예비 편성 포함)이 운행하는 것으로 가정하였다. 해외의 평균 연장이 30.3km로 지리산과 유사하므로 7편성 운영을 가정하고 1량당 가격을 24억원(1량 당 약 40명 승객 탑승)으로 가정하면 하면 차량 교체 주기가 일반적으로 25년 이므로 아래와 같이 산악철도 신규 차량 시장을 예측할 수 있다.

표 2.3 산악철도 차량 시장 규모

총개소	평균연장 (km)	차량 편성 (편성)	차량 교체 주기(년)	차량비용 (5량 1편성, 억원)	시장규모 (억원/년)
38	30.3	7	25	100	1,064

- 2016년 철도차량산업 육성방안 공청회⁹⁾ 자료에 따르면 해외 철도 시장 현황에서 차량 신조 시장은 총 122조원으로 이 중 철도차량은 70조원, 기타 시스

7) www.traveldailynews.com

8) UNEP(2007), Tourism & Mountains.

9) 철도차량산업 육성방안 공청회, 2016년 6월 15일, 더케이호텔(서울)

템은 52조원으로 나타났다. 즉 신조 철도 차량사업 대비 기타 시스템 시장의 비율은 74%로 이를 적용하면, 산악철도 시조시장은 1851.36억원/년으로 계산된다.

- 또한, 유지보수 시장은 시조시장 대비 98%의 비중을 차지하고 있으므로 총 철도 시스템 시장(인프라 시장 제외)은 3665.7억원/년이다.

표 2.4. 세계 철도시스템 규모 (2012-2014, 철도차량산업 육성방안 공청회)

철도시스템 시장 (242조원)			
신조시장 (122조원)		유지보수시장 (120조원)	
철도차량 (70조원)	기타 시스템 (52조원)	철도차량 (70조원)	기타 시스템 (50조원)

- 마지막으로 인프라 구조물 유지보수 비용은 3.3억원/년이 소요 될 것으로 예측되며, 총 연장 1,030.5km을 고려하면 3,400.7억원/년의 시장이 창출되는 것으로 나타났다. 종합하면 총 산악열차 세계 시장은 약 7,066.4억원/년으로 추산된다.

표 2.5 산악철도 시스템 시장

산악철도 시스템 시장 (7,066.4억원/년)				
신조차량 시장 (1,851.36억원/년)		차량유지보수시장 (1814.34억원/년)		인프라 유지보수 시장 (3,400.7억원/ 년)
철도차량 (1,064억원/년)	기타 시스템 (787.36억원/년)	철도차량 (1058.37억원/년)	기타 시스템 (755.97억원/년)	

2. 국내 시장현황 및 전망

- 국내에는 현재 Rack railway를 활용한 산악열차는 없음. 하지만, 최근 들어 여가 시간의 증가로 산악 관광에 대한 수요가 증가하고 있으며, Rack railway와 유사하게 급경사를 주행하는 강삭철도가 운행 중임 (사례: 추추파크 인클라인드 트레인)



그림 2.15 국내에서 운행 중인 관광용 강삭 철도

- 기존 도로를 활용한 Rack railway 산악열차가 실용화가 된다면, 환경파괴를 최소화하여 산악열차를 건설할 수 있으므로, 여러 산악 관광지에 활용이 될 것으로 판단됨
- 한국철도 기술연구원에서는 국토교통부의 지원을 받아 ‘급곡선/급구배 차량 시스템 기술개발’ 과제를 수행하면서 Rack railway 산악열차가 적용될 수 있는 산악 관광지에 대한 기초적인 타당성 분석을 수행 하였으며, 그 결과를 요약 하면 다음과 같음
- 기초 타당성 분석에 활용된 후보지는 석굴암, 지리산, 영실 및 태종대이다. 각각 후보지에 대하여 잠재 이용객들을 대상으로 설문조사를 수행하였음¹⁰⁾
- 후보지 4개소(석굴암, 지리산, 영실, 태종대)에 대한 수요자 만족도 조사결과 총 1,047명에 대한 설문조사 시행하였으며, 설문 조사 시행 결과 약 85%에 이르는 885명이 장래 Rack railway 산악열차 적용 시 긍정적인 답변을 제시 하였음

10) 급곡선/급구배 차량 시스템 기술개발 2차년도 연구 보고서 (2015)



그림 2.16 석굴암 노선



그림 2.17 한라산 영실 노선

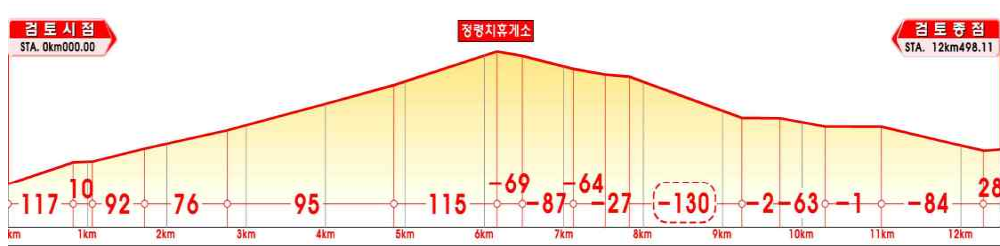


그림 2.18 지리산 노선

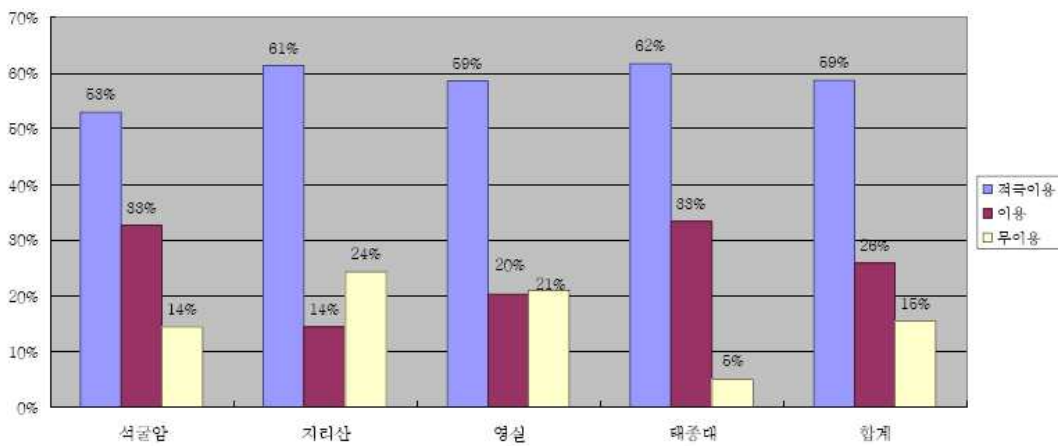


그림 2.19 노선별 설문조사 결과

- 구체적으로 후보지 4개소의 긍정적 답변 비율을 살펴보면 다음과 같음
 - 석굴암 진입로 : 85.7 % (보통이다 32.7 %, 이용한다 53.0 %)
 - 지리산 도로 : 75.7 % (보통이다 14.4 %, 이용 한다 61.3 %)
 - 영실진입로 : 81.7 % (보통이다 20.6 %, 이용한다 61.1 %)
 - 태종대 순환로 : 95.0 % (보통이다 33.3 %, 이용한다 61.7 %)

- 후보지 4개소의 산악열차 적용 시 장점은 다음과 같이 분석되었음
 - 석굴암 진입로 : 토목공사비 절감, 관광홍보 효과
 - 지리산 도로 : 토목공사비 절감, 사계절 이용 가능
 - 영실진입로 : 친환경 교통수단
 - 태종대 순환로 : 친환경 교통수단

- 후보지 4개소의 산악열차 적용 시 단점은 다음과 같이 분석되었음
 - 석굴암 진입로 : 대중교통 연계부족
 - 지리산 도로 : 대중교통 연계부족
 - 영실진입로 : 대중교통 연계부족
 - 태종대 순환로 : 대중교통 연계부족

- 설문조사를 통한 각 지점의 수요자 만족도 조사결과 산악열차 적용에 대한 높은 만족도를 나타내고 있으며 단점으로는 공통적으로 환승의 불편이 도출됨에 따라 타 교통수단과의 연계방안이 해결되면, 활용도가 높아 향후 시장성이 있다고 판단됨

- 본 기획연구에서는 위의 4개의 후보 노선 중 국내의 대표적인 관광지인 지리산과 한라산에 대한 추가 경제성 분석을 수행하였으며, 그 결과는 6장에 기술하였. 경제성 분석 결과 지리산은 B/C가 0.83에서 1.126의 값을 나타냈으며, 한라산은 B/C가 1.33을 보여 사업 타당성이 있는 것으로 나타났다. 또한, 지리산과 한라산의 산악철도에 대한 경제적 파급효과 분석 결과 지리산과 한라산에 대하여 각각 아래의 표와 같이 경제적 파급효과가 나타났다.

표 2.6 산악철도 경제적 파급효과 분석 결과

(단위 : 억원)

대상지역	구간	총사업비	총경제 파급효과	생산유발액	수입유발액	부가가치 유발액
지리산	1-1	718	2,353	1,635	172	546
	1-2	300	984	684	72	228
	1-3	301	986	685	72	229
	2	1192	3,909	2,716	286	907
	계	2,510	8,232	5,720	602	1,910
한라산		131	428	297	31	99

표 2.7 국내 대표 산악철도 건설 가능지 예상 사업비 산정

지역	현장조사결과			예상 사업비 (억원)
	연장	최급기율기	최소곡선반경	
남산순환로	3km276	115%	15m	226.9
하늘공원순환로	2km604	120%	15m	180.4
갯바위 진입로	5km498	130%	30m	380.8
석굴암 진입로	7km676	78%	12m	531.7
한계령 도로	18km860	100%	10m	1306.3
미시령 옛길	10km845	130%	15m	751.2
백담사 진입로	6km289	100%	10m	435.6
지리산 도로	35km63	130%	10m	2467.8
한라산 영실진입로	2.5km	165%	10m	173.2
태백시-오투리조트 구간	12km093	130%	15m	837.6
하동(최참판댁-형제봉)	7.1km	140%	15m	491.8
			총액	7783.2

○ 위에서 언급한 4개 노선을 포함한 급구배/급곡선 구간이 있는 지역이면서 국내에 적용이 가능한 노선 본 연구진에서는 기 분석하였으며, 그 결과는 위의 표와 같다. 본 기획 연구를 수행하면서 지리산 및 한라산에 대한 총 소요 금액(건설, 차량 구입, 유지보수비 포함)을 산출하였으며 평균적으로 69.26억 원/km의 예산이 소요되는 것으로 나타났다. 이를 근거로 위의 표에 나타난 지역의 예상 시장을 산출하면 7783.2억 원으로 나타났다. 위의 표에 나타난 지역외에 추가로 산악열차를 건설될 가능성은 충분히 있는 것으로 판단이 되므로 총 시장 규모는 이보다 커질 것으로 예상된다.

3절 국내의 기술동향

1. 국외 기술동향

- 유럽 및 일본에서는 Rack railway 산악열차가 활발히 운행 중에 있음. Rack railway 산악열차 제작에 있어 최고 수준의 기술력을 보유하고 있는 회사는 스위스의 Stadler社임
- Stadler社의 Rack railway 산악열차는 그리스의 Diakofto - Kalavryta 구간 (2009년 도입), 스페인의 Monistrol-Montserrat 구간 (2003년 도입), 스위스 루체른-인트라켄 Ost. 구간 (2012년 도입) 등에 사용이 되고 있음



그림 2.20
스페인 Monistrol-Montserrat 구간
Rack Railway



그림 2.21 스위스 루체른-인트라켄
Ost 구간 Rack Railway

- Rack railway 산악열차 분야 선도업체인 스위스 Stadler社 매출은 2012년 22억 스위스 프랑(약 2,559억원)에서 2013년은 23억 스위스 프랑(약 2,675억)으로 증가하였음¹¹⁾
- 세계적으로 가장 대표적인 Rack railway 산악열차는 스위스의 융프라우 철도로 표고는 3,454 m, 최급구배율 250 ‰이며 최급구배시 속도는 약 14 km/h 임. 라우터부르넨에서 융프라우 정상까지의 총 12km구간은 융프라우 철도회사의 산악열차 가운데서도 관광객이 가장 선호하는 구간으로서, 라우터부르넨에서 클라이네 샤이텍 까지는 바깥을 볼 수 있는 산악지역으로 운행되고 있음. 융프라우 철도에도 Stadler社의 산악열차가 사용되고 있으며 주요 제원은 다음과 같음

11) Stadler Group annual report



그림 2.22 라이네 샤틀텍-융프라우 구간 운행 산악열차

표 2.8 라이네 샤틀텍-융프라우 구간 운행 산악열차 제원 1

항 목	재원
제작사	STADLER (스위스)
운행 시작 년도	2002년
편성	4량 1편성
궤간	1,000 m
최대 승차 정원	200 명
공차중량	45 t
급전 전압	1,125 V/50Hz
최대 등판 구배	250 ‰
등판 운행 속도	14 km/h
건인용량	804 kW
기동견인력	220 kN

표 2.9 클라이네 샤틀텍-융프라우 구간 운행 산악열차 제원 2



그림 2.23 클라이네 샤틀텍-융프라우 구간 운행 산악열차

항 목	재원
제작사	STADLER (스위스)
운행 시작 년도	2004년
편성	4량 1편성
궤간	1,000 m
최대 승차 정원	238명
공차중량	47.5 t
급전 전압	DC 1,500 V
최대 등판 구배 및 속도	180 ‰(21 km/h) 250 ‰(14 km/h)
건인용량	4×220kW=880kW
기동견인력	240 kN

○ 위의 Stadler社의 Rack railway 산악열차는 디젤 혹은 가스를 통하여 동력을 전달함. 하지만, 본 연구에서 목표로 하는 산악열차는 환경 파괴를 유발할

수 있는 건설을 최소화하기 위하여 무가선 방식 구동을 채택하고 있음

- 무가선 방식 구동의 최고 기술력을 보유하고 있는 기관은 프랑스의 Alstom 과 일본 가와사키 중공업이 있음
- 알스톰사의 APS 시스템은 프랑스의 보르도 (Bordeaux)시에서 최초 적용된 방식으로 일반 전철 현수방식(Catenary)에 비해 건설비용이 높으나 가공에 노출되지 않는 특징을 부각시켜 상징성을 갖는 다리위의 선로와 도심 중앙 광장에 처음으로 적용되었음
- APS 전력공급 시스템은 아래의 그림과 같이 750 V 직류 도체 레일 (Conductor rail)을 도심선로 중간에 설치하여 경량전차가 레일 위를 움직일 때 차량 바로 밑 부분의 도체 레일만을 활성화하는 원리를 이용한 시스템임. 따라서 추가적인 궤도 하부에 공사가 필요함
- 알스톰사의 APS 전력 공급 시스템 개요¹²⁾

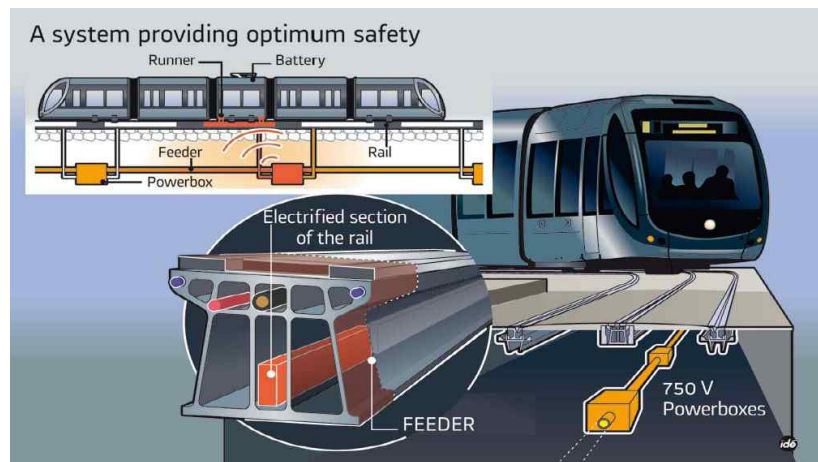


그림 2.24 알스톰사의 APS 전력 공급 시스템 개요

- 일본 가와사키 중공업의 SWIMO는 Smooth WIn MOVer의 줄임말로써, 차량의 좌석 밑에 탑재된 Gigacell (Ni-MH) 니켈수소 전지에 전력을 저장하여 전차선 없이 운행이 가능하도록 제작된 차량시스템으로서, 저장대차를 사용하여 노면선로를 운행하는 차세대 친환경 저소음 노면전차 (트램)를 말함. 일본의 SWIMO 시스템은 상대적 우위에 있는 Battery기술을 이용하여 무가선 차량을 개발한 경우로 볼 수 있으며, 본 연구의 취지에 부합함

12) 국내외 무가선 하이브리드 저장트램의 기술 동향. 포스코엔지니어링 기술보 제27권 제 1호, pp.47-69.

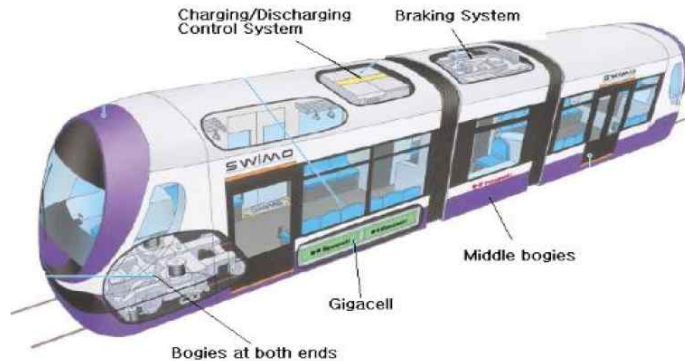


그림 2.25 SWIMO 차량의 시스템 구성3)

- 국외의 Rack railway 산악열차는 대부분 전용 선로를 사용하여 운행함. 하지만, 본 연구에서 목표로 하는 Rack railway 산악열차 궤도는 기존 도로를 활용하기에 이를 위하여서는 PC 매립형 궤도가 사용되어야 함
- 국외에는 Rack이 설치된 PC 매립형 궤도의 사례는 없으나 다양한 형태의 매립형 궤도는 이미 널리 사용되고 있음. 매립형 궤도 건설에 있어 중요한 기술은 수지를 활용한 레일 체결임. 이 기술에 대한 최고 기술력 보유 기관은 네덜란드의 Edilon임

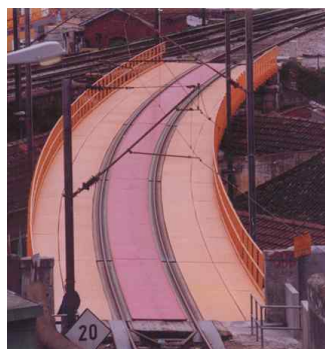


그림 2.26 포르투갈 Xabregas 교량 구간 Edilon 매립형 궤도

- 매립형 궤도를 사용함으로써 자동차와 열차의 혼합 운행이 가능함. 또한, 매립형 궤도는 일반적인 체결장치를 사용하는 궤도에 비하여 소음 및 진동이 적고, 체결력 또한 좋은 것으로 알려져 있음. 하지만, 이러한 매립형 궤도의 산악열차 적용 사례가 없으므로 이에 대한 연구가 필요 할 것으로 판단됨

2. 국내 기술동향

- 국내 실정에 맞는 산악열차를 개발하기 위한 연구로 국내에서는 ‘급곡선/급구배 차량 시스템 기술개발’이 국토 해양부의 지원으로 2013년부터 한국철도기술연구원에서 진행 중에 있음
- 국내에 산악열차를 실용화하기 위해서는 환경파괴를 최소화 하기 위한 기존 도로를 활용한 궤도 건설이 필수적임. 기존 산악 도로는 급곡선과 급구배가 빈번히 발생하고 국내 산악 지형에 적용하기 위해서는 곡선 반경 R=10 m, 급구배 180 % 주행이 가능하여야 함
- 앞서 설명한 국외의 Rack railway 산악열차는 주로 전용선에 건설이 되므로 건설 조건과 차량의 곡선 주행 성능이 까다롭지 않음
- 현재 국내에서는 곡선 반경 R=10 m와 급구배 180 %의 주행이 가능한 대차가 개발되고 있음. 개발 되고 있는 대차는 열차 추진을 위한 Pinion이 장착되며, 제동력 향상을 위한 드럼 제동 장치, R=10 m의 급곡선 주행을 위한 독립구동 방식을 채택하고 있음

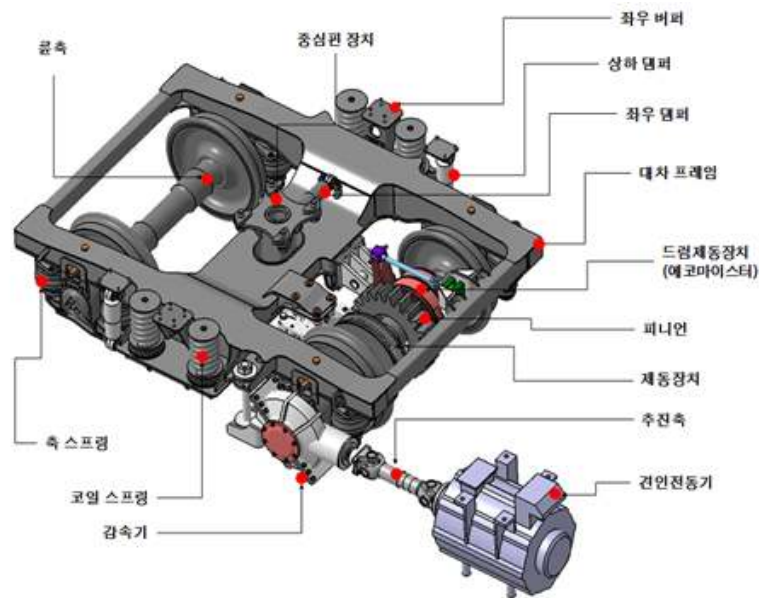


그림 2.27 국내 개발 중인 R=10 m과 급구배 180 % 주행이 가능 대차

- 개발되고 있는 대차는 대차 프레임의 하중, 피로시험 및 추진 성능 시험을 완료 하였으며, 소규모 시험 노선에서 R=10m 주행 성능 시험을 완료 함



그림 2.28 대차 프레임 하중 시험



그림 2.29 대차 추진 성능 시험

○ 대차 개발 외에 Rack railway 산악열차용 경량 파노라마 차체 개발, R=10

m 및 180 % 구배 등판에 대응할 수 있는 연결기 구조 증에 대하여 연구 및 기본 설계를 완료하였고 축소모형 제작 및 시험을 진행하고 있음

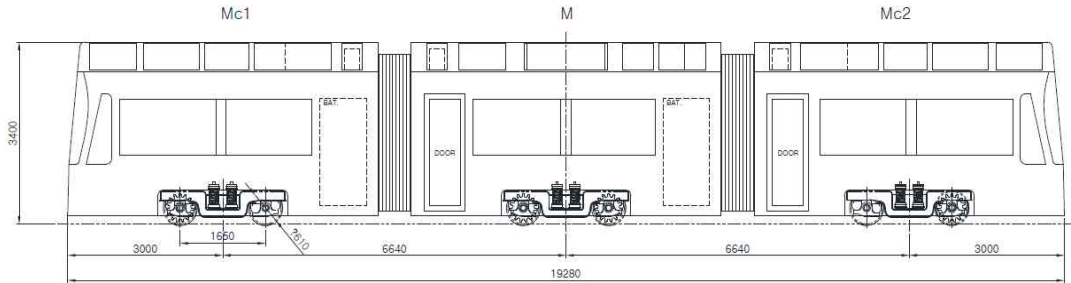


그림 2.30 파노라마 차체 적용 3량 1편성 산악열차 구성도

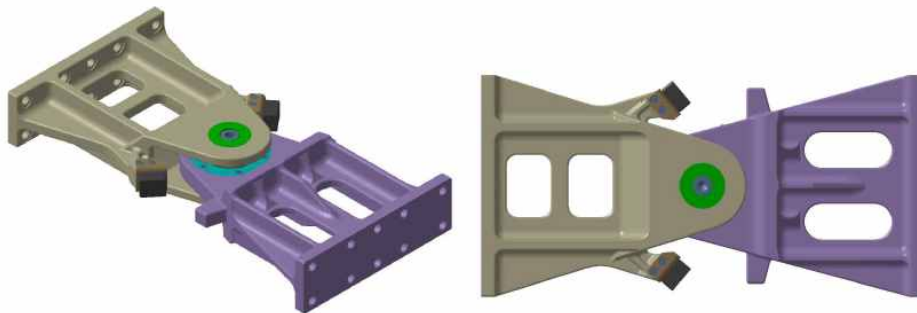


그림 2.31 하부 연결기 3D 구조

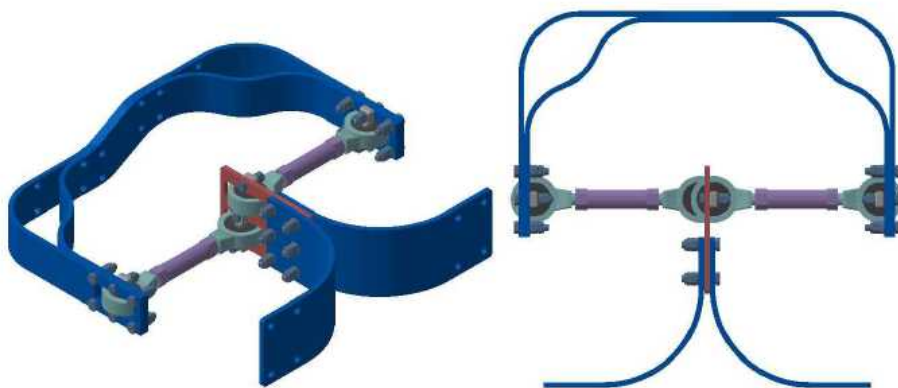


그림 2.32 상부 연결기 3D 구조

○ 본 연구에서 Rack railway 산악열차는 무가선 운영을 목표로 하고 있음. 국내에서는 국토교통부의 지원으로 ‘무가선 저상트램 시스템 연구 개발’이 이

루어 졌으며, 차량 개발 완료 후 시험선을 구축하여 시험 운영을 수행하고 있음. 이러한 연구 결과를 Rack railway 산악열차에 활용 할 수 있을 것으로 판단됨



그림 2.33 국내에서 개발된 무가선 저상트램 시험 운행

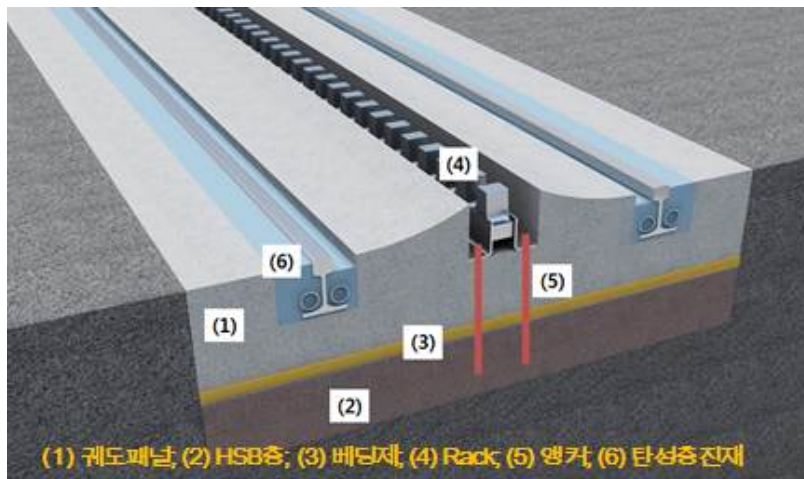


그림 2.34 국내에서 개발중인 산악열차용 매립형 PC 궤도 개념도

- 국내에서는 ‘급곡선/급구배 차량 시스템 기술개발’의 일환으로 산악열차용 매립형 PC 궤도가 개발 중에 있음. 개발하고 있는 궤도는 궤도패널, HSB 층, 베딩재, Rack, 앵커, 및 레일과 탄성 충전재로 구성됨
- 개발하고 있는 산악 궤도는 급경사 지역에서 패널의 슬라이딩을 방지하기

위하여 앵커를 HSB 층과 연결하고 앵커를 활용하여 Rack을 고정 시키는 점이 기존 매립형 궤도와 차별성이 있음

- 국내에서 수행된 ‘무가선 트램’ 연구개발에서 탄성 충진재를 활용한 매립형 궤도가 연구가 되었음. 하지만, 개발된 탄성 충진재는 코르크를 활용하여 탄성을 충부히 확보한것에 비하여 본 연구진에서 개발되고 있는 탄성 충진재는 잔골재를 함유하여 산악지형의 환경조건에 보다 적합하게 개발되고 있어 차이가 있음
- 현재 연구 개발을 통하여 탄성 충진재 성능과 시험 및 궤도 종방향 저항 시험을 완료 하였으며, 5 m길이의 시작용품을 제작하였음. 또한 R=10m 및 100%의 경사를 포함한 소규모 시험선을 건설하여 궤도 시공성을 검증 하였음

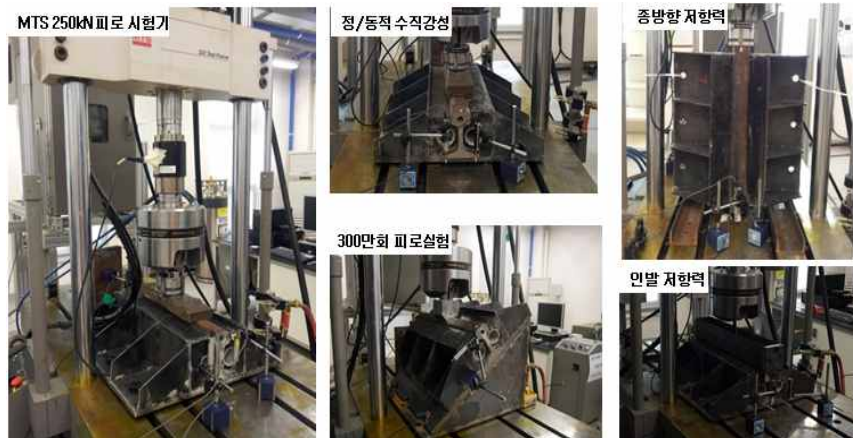


그림 2.35 탄성 충진재 조립체 성능 시험



그림 2.36 국내에서 개발 중인 매립형 Rack 궤도

3. 특허분석

가. 특허 조사방법

○ 본 분석에서는 산악철도를 비롯하여 급구배 및 급곡선 등 산악환경에서 운행이 가능한 철도 기술에 대해 2016년 3월까지 출원공개 또는 출원등록된 한국, 미국, 일본, 유럽, 국제(PCT)특허를 분석 대상으로 함

○ 본 분석에서 분석 대상 특허의 검색 DB 및 범위는 다음과 같음

표 2.10 검색 DB 및 검색 범위

자료 구분	국 가	검색 DB	검색구간	검색범위
공개·등록특허 (공개·등록일 기준)	한국특허 (KIPO)	FOCUST	- 2016.3	특허공개 및 등록 전체문헌
	미국특허 (USPTO)	FOCUST		
	일본특허 (JPO)	FOCUST		
	유럽특허 (EPO)	FOCUST		
	국제특허 (PCT)	FOCUST		

※ 정량분석구간: 한국, 미국, 일본, 유럽, 국제(PCT) ~2015 (출원년도 기준)

※ 정성분석구간: 전체분석구간 대상 (~2016)

○ 본 분석에서는 과제의 연구내용을 기초로 기획범위내의 기술을 기술 분류별로 구분하여 대분류부터 소분류까지 가지치기 식으로 분류하였으며, 심층 분석 시의 기술 분야를 동일하게 적용하였음

표 2.11 분석대상 기술 분류

대분류	중분류	소분류
산악철도 실용화 기술개발 (A)	Rack&Pinion Railway (AA)	연결기 및 연결막 (AAA)
		배터리 (AAB)
		동력전달장치 (AAC)
		탄성 피니언 (AAD)
	프리캐스트 패널 궤도 시스템 (AB)	탄성 충전재 (ABA)
교통 시스템 (AC)	신호장치 (ACA)	

- 기술 분류기준은 위에 작성된 기술 분류체계의 가장 하위분류인 소분류의 기술범위를 한정함

표 2.12 분석대상 기술 분류기준

대분류	중분류	소분류	검색개요 (기술범위)
산악철도 실용화 기술개발 (A)	Rack&Pinion Railway (AA)	연결기 및 연결막 (AAA)	산악철도에 있어서, 차량과 차량 사이를 연결하기 위한 것으로, 연결기, 연결막, 건널판 등이 있음
		배터리 (AAB)	랙앤피니언 방식의 열차로, 충전 배터리를 통해 전력을 공급
		동력전달장치 (AAC)	랙앤피니언 추진시스템에서 전동기와 피니언 기어를 연결하여 동력을 전달하는 축
		탄성 피니언 (AAD)	랙앤피니언 추진시스템에서 피니언 기어의 진동 및 소음을 감소시킬 수 있는 기술
	프리캐스트 패널 궤도 시스템 (AB)	탄성 충전재 (ABA)	매립형 궤도 시스템의 진동 및 소음을 감소시킬 수 있는 기술
	교통 시스템 (AC)	신호장치 (ACA)	일반도로와 겸용할 수 있는 산악철도 신호 시스템

- 연구내용을 통해 기술내용에 근거하여 키워드를 도출하고, 도출된 키워드는
검수를 통하여 1-2 차례의 수정과정을 거쳐 최종 핵심 키워드를 도출함

표 2.13 기술분류별 핵심 키워드

대분류	중분류	소분류	키워드
산악철도 실용화 기술개발 (A)	Rack&Pinion Railway (AA)	연결기 및 연결막 (AAA)	coupler, diaphragm, gangway
		배터리 (AAB)	충전 배터리, 자가충전
		동력전달장치	flexible shaft, power transmission

		(AAC)	shaft, transmission & reduction shaft
		탄성 피니언 (AAD)	rack & pinion, 탄성기어, elastic pinion, elastic gear
	프리캐스트 패널 궤도 시스템 (AB)	탄성 충전재 (ABA)	매립형 궤도, 콘크리트 프리캐스트 패널, 탄성 충전재, elastic filler
	교통 시스템 (AC)	신호장치 (ACA)	railway signal, 신호기, sign, indicator, sign marker, 신호 시험, crossing signal, crossing barrier

○ Main 키워드는 산악철도, 산악 트램, 급구배, 급곡선, 영문으로는 mountain railway, mountain railroad, mountain tram, steep slope, high gradient, sharp curve로 표현함

나. 특허 분석결과

○ 앞장에서 도출된 분류 체계와 키워드를 바탕으로 최종 검색식을 도출하였음. 최종 도출된 검색식을 바탕으로 검색을 수행하고 유효 특허 선별 기준을 마련하여 적용하였음. 유효 특허 선별 기준은 다음과 같음

표 2.14 기술 분류별 유효특허 선별 기준

대분류	중분류	소분류	노이즈제거 및 유효특허 추출기준
산악철도 실용화 기술개발 (A)	Rack&Pinion Railway (AA)	연결기 및 연결막 (AAA)	-최소 곡선 반경 10m -flexible, twist 가능
		배터리 (AAB)	-급구배 추진이 가능한 고효율 배터리 탑재 -무가선 트램, 친환경 열차
		동력전달장치 (AAC)	-전동기 및 피니언 연결 -랙앤피니언 추진시스템에 탄성축 적용
		탄성 피니언	-급구배 추진을 위한 랙앤 피니언 시스템

		(AAD)	(구배 180%을 등판) -진동, 소음 감쇠를 위한 탄성 기어 -해외 관련특허 저촉여부
	프리캐스트 패널 궤도 시스템 (AB)	탄성 충전재 (ABA)	-도로 겸용 매립형 궤도시스템 -콘크리트 패널과 레일간 충전 -진동, 소음 저감
	교통 시스템 (AC)	신호장치 (ACA)	-일반도로 겸용 신호시스템 -산악열차의 진행, 정지, 속도와 진로 등 의 운전조건 지시 장치

○ 위의 선별 기준을 적용하여 유효특허를 선별하였고 그 결과는 다음과 같음

표 2.15 기술 분류별 유효특허 선별 결과

대분류	중분류	소분류	유효데이터 건수					계	
			한국 KIPO	미국 USPT O	일본 JPO	유럽* EPO	국제 PCT		
산악철 도 실용화 기술개 발 (A)	Rack&Pinion Railway (AA)	연결기 및 연결막 (AAA)	4	81	26	14	4	129	
		배터리 (AAB)	1	6	17	2	1	27	
		동력전달장치 (AAC)	3	8	26	18	6	61	
		탄성 피니언 (AAD)	10	6	34	2	1	53	
	소 계		18	101	103	36	12	270	
		프리캐스트 패널 궤도 시스템 (AB)	탄성 충전재 (ABA)	9	10	2	7	2	30
	소 계		9	10	2	7	2	30	
		교통 시스템 (AC)	신호장치 (ACA)	38	14	60	12	8	132
	소 계		38	14	60	12	8	132	
	총 계		65	125	165	55	22	432	

* 유럽은 EPO(유럽특허청)에 출원한 특허 및 유럽 내 19개 각국에 출원한 특허를 포함

○ 분석 대상 특허 및 논문 선정 기준은 다음과 같음

- 산악철도의 실용화 기술개발과 관련하여 산악철도 기술을 우선적으로 심층 분석하되, 급구배 및 급곡선 운행 구간이 연속적으로 다수 출현하는 산악환경에 적용될 수 있는 철도 기술 관련 특허기술을 포함하여 정성적으로 분석하고자 함
- 연결기 및 연결막 분야에서는, 최소 곡선 반경이 10m인 급곡선 운행 구간에서 운행시 안정적으로 주행 가능한 연결부를 달성하기 위해서 차량과 차량 사이 연결부위가 플렉서블하고 비틀림(twist) 가능하도록 연결하는 연결기, 연결막(diaphragm), 건널판(gangway) 등을 제공하는 특허기술을 조사 분석함
- 배터리 분야에서는, 산악열차로 한정된 특허문헌은 거의 조사되지 않기에 급구배 추진에 적합한 고효율 배터리를 장착한 철도 차량, 무가선 트램, 친환경 열차 등에 구비된 배터리 및 충전 기술을 개시하는 특허기술을 조사 분석함. 또한, 급전 방식이 아닌, 전력을 자체 공급하는 시스템을 구비한 열차도 포함시킴
- 동력전달장치 분야는, 전동기와 피니언 기어를 유연하게 연결할 수 있는 동력전달축을 포함하는 랙앤피니언 추진시스템을 적용한 철도 차량을 우선적으로 조사 분석하되, 피니언 기어 대신 베벨 기어나 다른 감속 기어를 사용하는 경우도 포함하여 분석 대상으로 함
- 탄성 피니언 분야는, 랙앤피니언 추진시스템을 적용하고 있는 철도 차량에 있어서 진동 및 소음 감소를 위해 피니언 기어에 탄성 부재를 구비하는 특허가 있는지 조사함. 특히, 해외에 관련특허의 출원여부를 중점적으로 조사 분석함
- 탄성 충전재 분야는, 매립형 궤도 시스템에 있어서 콘크리트 프리캐스트 패널과 레일 사이를 탄성 부재로 충전하는 기술을 우선적으로 조사 분석함. 또한 진동 및 소음을 감소시킬 수 있는 기술을 개시한 특허 문헌을 분석 대상으로 함
- 신호장치 분야는, 산악철도의 교통시스템에 있어서 일반도로와 겸용할 수 있는 철도 신호 시스템을 개시하고 있는 특허와, 특히, 건널목 구간에서 제

공될 수 있는 신호시스템 및 차단장치 들을 분석 대상으로 함

○ 특허 분석 기준은 다음과 같음

- Tech-tree OS-Matrix 분석: 대분류가 아닌 중분류 이하의 기술영역을 설정하여 분석함, 목적 및 구성요소(해결수단)을 설정할 때 기술전문가의 의견을 중심으로 요소를 구성함, 기본적으로 특허를 대상으로 분석하고 과제에 따라 논문분석을 병행할 수 있음
- IP History 분석: 기술 분류, 주요출원인 또는 주요발명자를 기준으로 분석함, 주요특허의 흐름을 파악하여 기술의 변화추이를 예측함
- 권리범위분석: 권리범위 분석은 대상특허에 대한 청구범위 해석을 포함함, 주요성능 및 청구범위 분석을 포함하여 구체적인 회피설계를 제시함

○ Tech-tree OS-Matrix 분석 결과

- 여기에서는 심층 분석 분야의 핵심특허들 중에서 중요한 이슈로 다루고 있는 당면 과제들과 이를 해결하기 위해 채택된 해결수단과의 상관관계를 도식화하여 살펴봄
- Tech-tree OS-Matrix 분석을 통해, 산악철도 기술 분야에 있어서 현재 이슈가 되고 있는 목표 해결과제와 이를 해결하기 위해 도입한 핵심특허들로부터 파악된 기술적 수단들을 구체적으로 파악함으로써 심층 분석 분야의 현재까지의 기술개발현황과 공백기술을 파악할 수 있으며, 향후 연구개발 방향 정립 및 미래 R&D 과제 도출에 있어서의 기초 자료로 활용이 가능함
- 산악철도 실용화 기술개발 관련기술은 아래에 나타난 바와 같이 해결하고자 하는 과제 측면에서 크게 급곡선 주행 안정성 향상 기술, 급구배 주행 안정성 향상 기술, 진동 및 소음 저감을 통한 승차감 향상 기술, 건널목 안전성 향상 기술로 나뉠 수 있음

		해결수단							
		Flexible Diaphragm [A]	Coupler [B]	Battery-powered [C]	Flexible Shaft [D]	Elastic Pinion [E]	Elastic Filler [F]	Railway Signal [G]	Crossing Signal [H]
해결과제	급곡선 주행 안정성 향상 [A]	AA[9]	AB[11]	AC	AD[7]	AE	AF	AG[9]	AH
	급구배 주행 안정성 향상 [B]	BA	BB	BC[17]	BD	BE	BF	BG[1]	BH
	진동 및 소음 저감, 승차감 향상 [C]	CA	CB	CC	CD	CE[5]	CF[8]	CG	CH
	건널목 안전성 향상 [D]	DA	DB	DC	DD	DE	DF	DG	DH[6]

그림 2.37 산악철도 분야의 특허로 본 OS-Matrix

- 각 과제를 해결하기 위한 수단으로는, 차량간 연결기 및 연결막의 유연성을 향상시키는 기술, 고효율 배터리 탑재 및 충전 기술, 동력전달장치의 유연성 향상 기술, 랙앤피니언 기어의 충격 완화 기술, 도로점용 산악철도의 신호장치 개발기술 등이 도입되고 있는 것으로 나타남
- 산악철도 관련기술은 해결하고자 하는 과제 측면에서 급곡선 주행 안정성 향상 기술 36건, 급구배 주행 안정성 향상 기술 18건, 진동 및 소음 저감을 통한 승차감 향상 기술 13건, 건널목 안전성 향상 기술 6건 등으로 나타난다. 주로 급곡선 주행 안정성 향상 기술에 많은 특허가 출원됨을 관찰할 수 있으며, 상대적으로 급구배 주행 안정성 향상이나 승차감 및 교통안전 향상 기술에서는 그리 다양한 해결수단의 개발이 이루어지고 있지 않은 것으로 나타남
- 산악철도의 핵심적인 기술이라 할 수 있는 급구배 주행을 위한 다양한 해결수단의 개발과 적극적인 특허활동이 요구됨

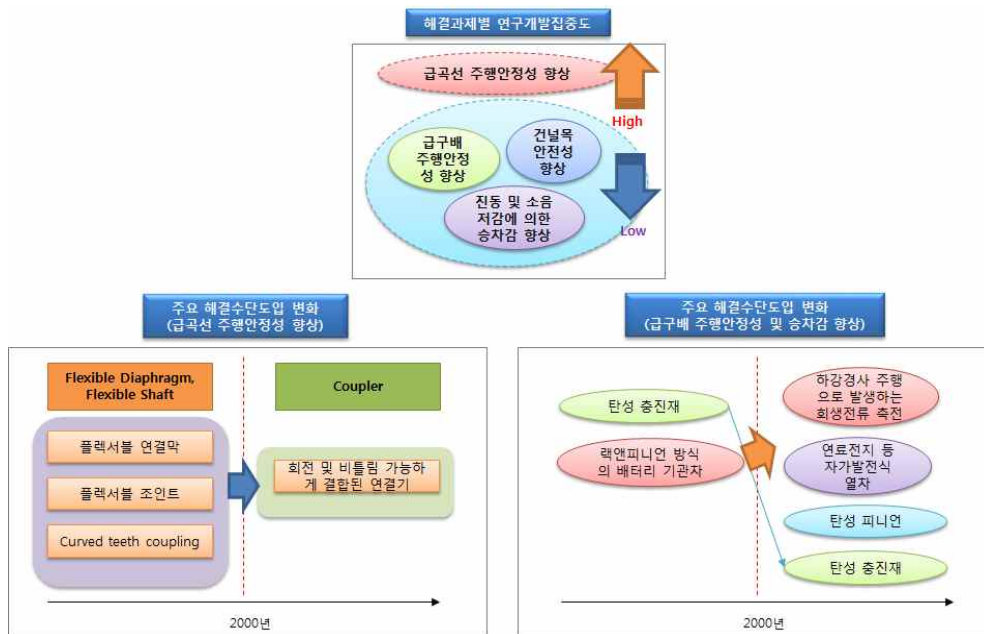


그림 2.38 OS-Matrix 종합분석 결과

- 주요 해결수단의 도입 변화는 급곡선 주행안정성 향상 측면에서 두드러지고 있으며, 2000년을 기준으로 Flexible Diaphragm과 Flexible Shaft에 대한 기술개발에서 Coupler에 대한 기술개발로 변화하였음
- 구체적으로는 2000년 이전 플렉서블 연결막을 비롯한 Flexible Shaft 분야에서 전동 모터와 감속 기어를 연결하는 동력전달축에 플렉서블 조인트 및 Curved teeth coupling을 제공하는 기술에 대한 특허가 다수 출원되었으며, 이후 차량 간 Coupler 분야에서 회전 및 비틀림을 가능하게 하는 기술개발이 활발히 진행된 것으로 파악됨
- 급구배 주행안정성 및 승차감 향상 측면분야에서 주요 해결수단은 회생전류 배터리 축전 기술, 자체 전력공급 기술, 탄성 피니언 기술개발 등이 부각되고 있음
- 구체적으로는 단순히 배터리를 구비한 랙엔피니언 방식의 기관차에 대한 기술은 2000년 이후 하강경사 주행으로 발생하는 회생전류를 배터리에 축전하는 기술개발 및 회생전류 축전을 제어하는 기술개발과 연료전지를 통해 자체적으로 전력을 공급하여 추진할 수 있는 철도 차량의 기술개발로 변화하였음
- 기획위원이 중점을 두고 있는 탄성 피니언 및 건널목 구간에 적용되는 신

호장치에 대한 기술도 비교적 최근에 도입된 해결수단으로서 R&D방향을 집중할 분야로 사료됨

○ IP History 분석 결과

- 세부기술별 주요특허를 선별하여 출원연도별(우선권 주장일 반영)로 주요 기술들을 나열한 것임. 기술발전도는 해당기술에서 주요특허를 관별해 내어 시계열적으로 펼쳐 놓은 그림이며, 이러한 주요특허의 흐름을 파악하여 기술의 변화추이를 예측할 수 있음
- 각 기술분야별 주요 출원인별 특허들 중 과제와 부합되며 패밀리수와 인용도수가 높은 특허를 위주로 선별하고, 시계열적으로 나열하여 시간적인 특허흐름을 분석함
- 기술발전도에는 각 특허건에 대하여 출원년도, 출원국, 문헌번호, 법적상태, 발명의 명칭, 주요내용 및 대표도를 포함시켜 각 특허에 대한 내용 이해를 도우면서 관련 있는 특허들을 화살표로 연결하고 이에 대한 부연설명을 실시함으로써 기술의 발전 방향에 대한 이해를 돕는다.
- 기술발전도로 살펴본 연결기 및 연결막 분야의 주요 기술내용은 크게 연결막, 연결기, 갱웨이(건널판), 버퍼로 분류될 수 있음

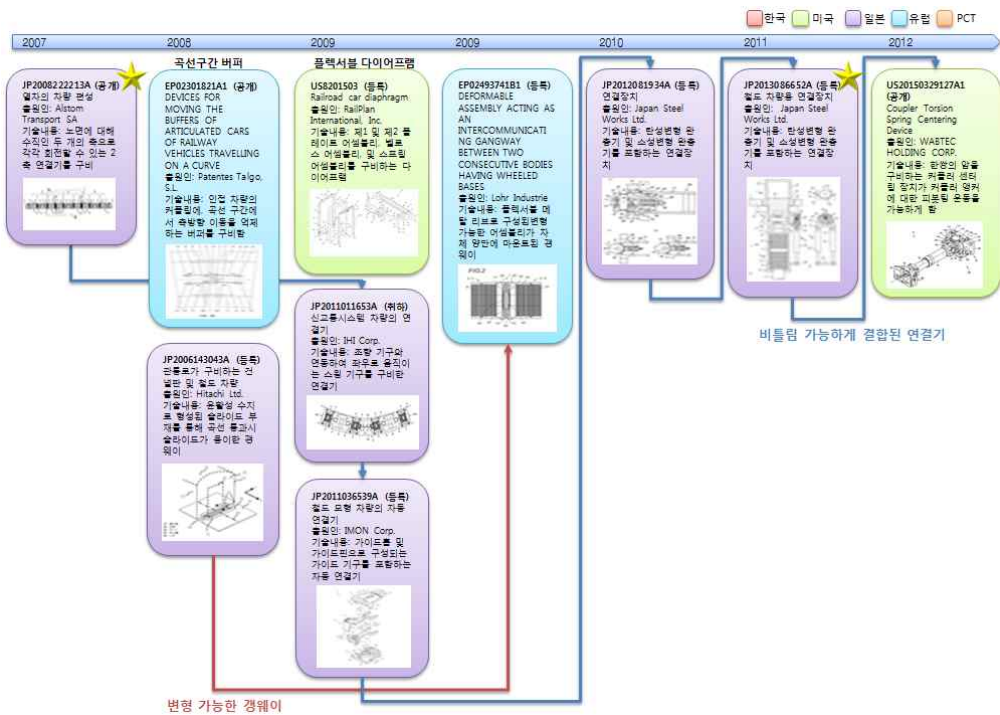
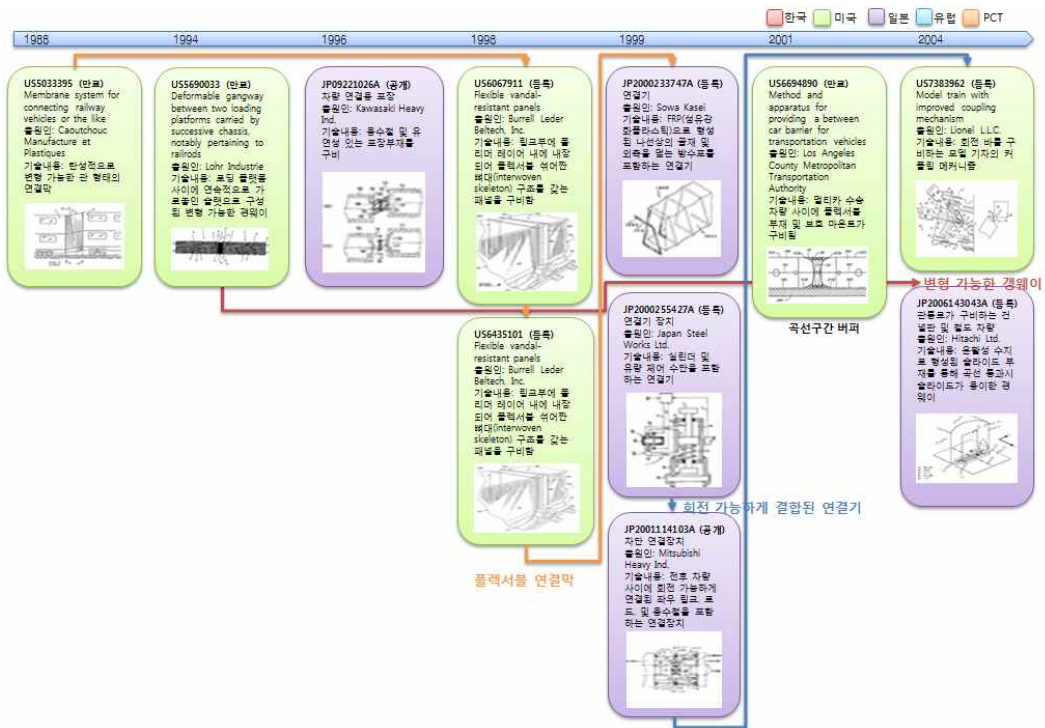
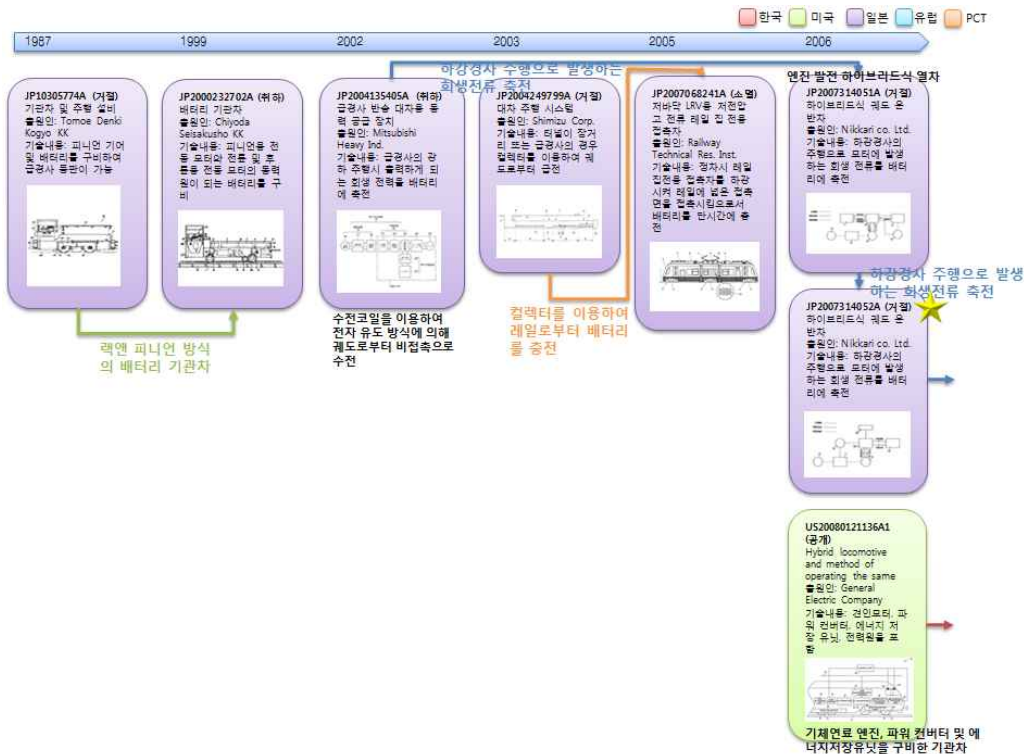


그림 2.39 기술발전도 : 연결기 및 연결막 분야

- 먼저 미국 주도로 연결막에 대한 기술개발이 활발히 이루어졌으며, 이후 일본 주도로 연결기에 대한 기술개발이 활발히 이루어지는 경향을 보임
- 연결막에 대해선, 1988년을 시작으로 1990년대 후반 플렉서블한 연결막으로 기술개발이 이루어졌으나, 이후 최근까지 두드러진 특허활동이 나타나지 않는 것으로 파악됨
- 변형 가능한 갱웨이에 대한 기술은 프랑스의 Lohr Industrie와 일본의 Hitachi가 특허권을 확보하고 있음
- 비틀림 가능하게 결합된 연결기에 관한 기술은 1990년대 후반 실린더형과 용수철형 등에서 볼조인트타입 연결봉, 미세조정스프링을 구비한 스윙기구, 완충기, 롤링 토션바를 포함하는 커플러 등으로 기술개발이 이루어지고 있음
- 기술발전도의 별 표시는 권리범위분석 대상 특허임



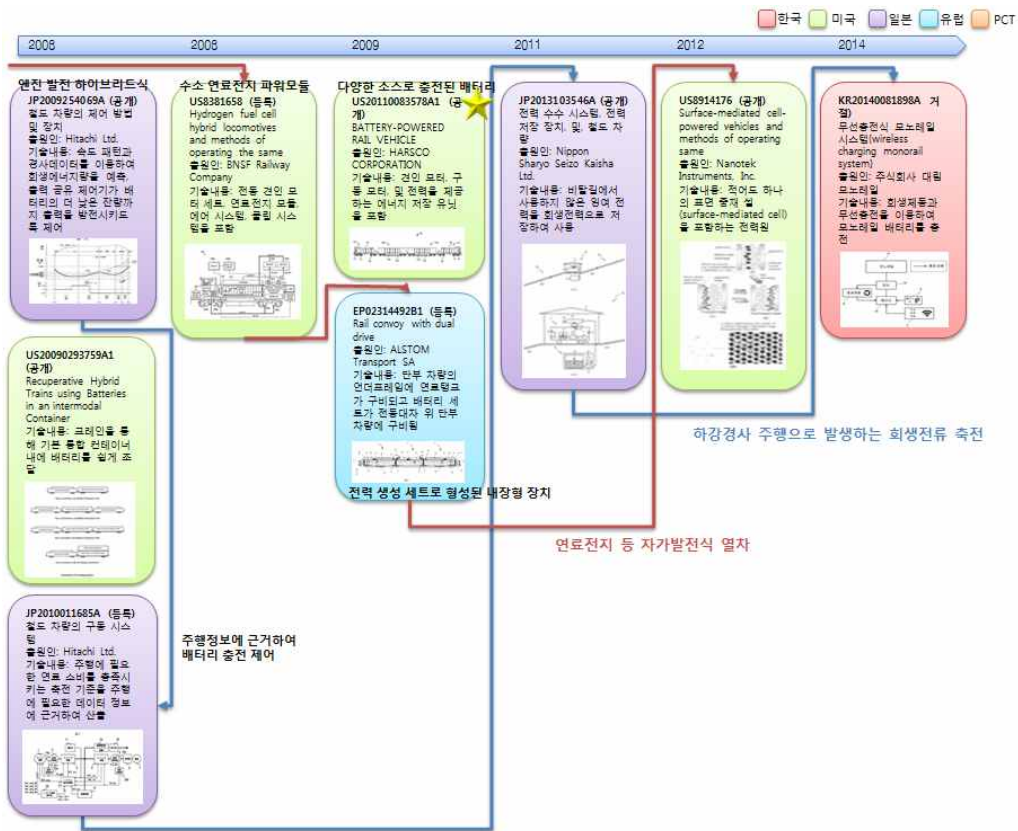


그림 2.40 기술발전도 : 배터리 분야

- 배터리 분야의 주요특허들은, 산악열차 분야를 포함하되 ‘랙앤피니언 방식’ 또는 ‘급구배 추진에 적합한 철도 차량’으로 범위를 넓혀 한정된 결과임
- 주요 기술내용은 크게, 회생전류 배터리 축전, 컬렉터를 이용한 배터리 충전, 배터리 구동 랙앤피니언식 열차, 연료전지 등 자가발전식 열차로 분류될 수 있음
- 먼저 일본 주도로 회생전류를 배터리에 축전하는 기술개발이 활발히 이루어졌으며, 이후 미국 주도로 자가발전식 열차에 대한 기술개발이 활발히 이루어지는 경향을 보이고 있음
- 이미 1987년에 배터리를 구비한 랙앤피니언식 열차에 대한 특허가 출원되었으며 1999년에는 급구배 급곡선 구간 운영을 위한 랙앤피니언식 배터리 열차에 대한 특허가 출원되었음
- 이후 2000년대 초반부터 급경사의 하강 주행시 모터에 발생하는 회생전류를 배터리에 축전하는 엔진 발전 하이브리드식 열차에 대한 특허출원이 일

본을 중심으로 활발히 이루어지고 있음

- 자가발전식 열차에는 기체연료 엔진, 수소 연료전지, SMC(Surface-mediated cell) 등의 방식이 출원되었음
- 회생전류를 배터리에 축전하는 방식에서, 주행에 필요한 데이터 정보에 근거하여 배터리의 충전 및 방전을 제어하는 기술에 대한 특허가 출원되었음
- 기술발전도에 별 표시는 권리범위분석 대상 특허임

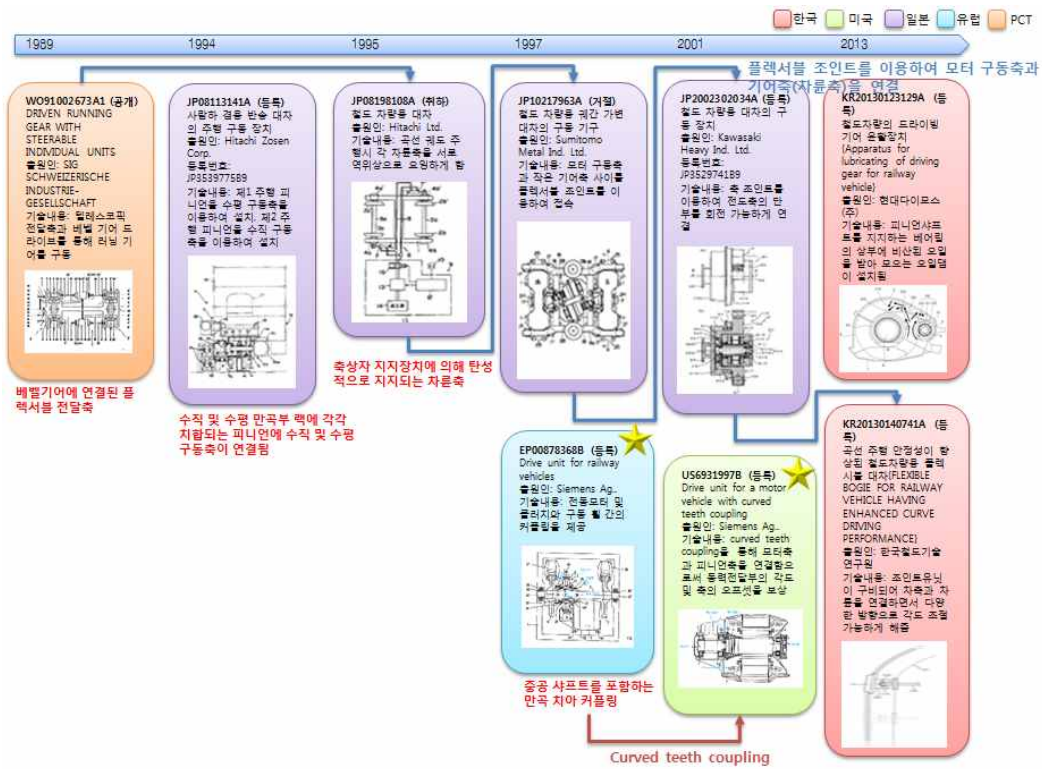


그림 2.41 기술발전도 : 동력전달장치 분야

- 동력전달장치 분야는 일본 주도로 1990년대 활발한 특허활동이 이루어진 것으로 파악됨
- 텔레스코픽 전달축, 연통된 수직 및 수평 구동축에 대한 특허가 출원된 이후, 탄성부재를 통해 차륜축을 지지하거나, 다양한 방식의 플렉서블 조인트를 축 단부에 개재하는 방식으로 기술개발이 진행되고 있음
- 최근 한국은 피니언기어를 포함하는 차축 단부에 볼조인트부가 구비된 기

술에 관한 특허권을 확보하였음

- Siemens는 curved teeth coupling을 통해 모터축과 피니언축을 연결함으로써 동력전달부의 각도 및 축의 오프셋을 보상할 수 있는 기술을 보유하고 있으며, 독일에 우선권을 두고 유럽, 미국 등 주요 시장국에 다수의 패밀리 특허를 보유하고 있으므로 동력전달장치 분야의 선두기업으로 파악됨
- 기술발전도에 별 표시는 권리범위분석 대상 특허임

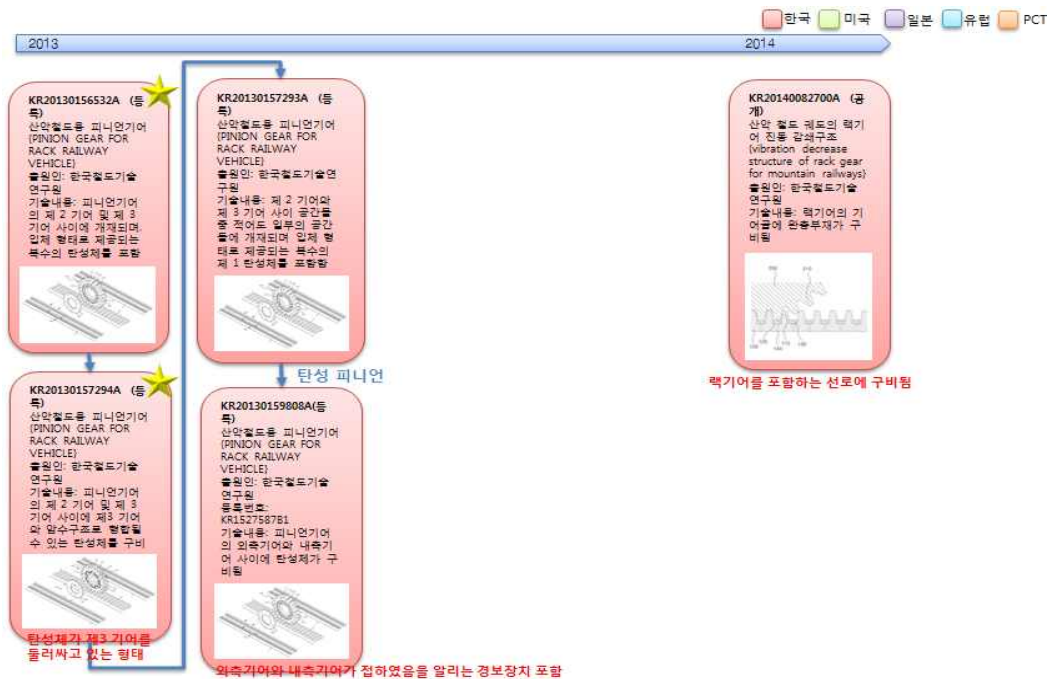


그림 2.42 기술발전도 : 탄성 피니언 분야

- 탄성 피니언 분야는 한국이 주요특허를 선점하고 있음
- 2013년 피니언기어의 외측기어와 내측기어 사이에 다양한 방식으로 탄성체가 구비되는 특허들이 출원되었고, 2014년에는 선로상의 랙기어에 완충부재가 구비되는 특허가 출원되었음
- 해외특허에서 산악철도를 위한 피니언기어에 탄성체가 구비되는 기술은 조사되지 않았음
- 기술발전도에 별 표시는 권리범위분석 대상 특허임

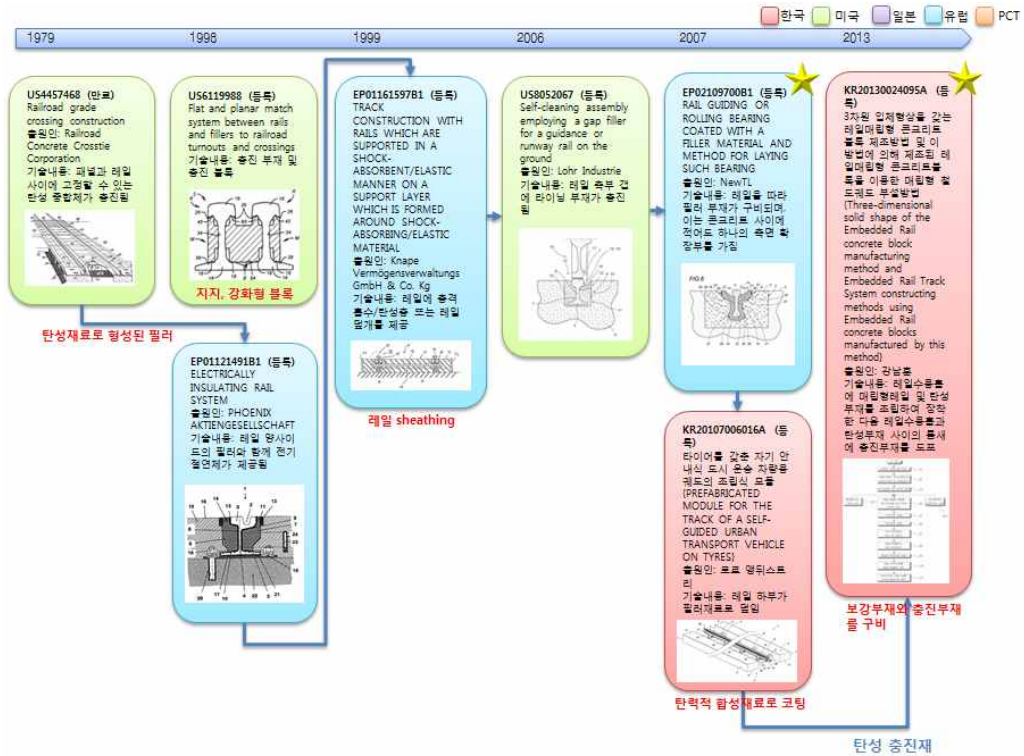


그림 2.43 기술발전도 : 탄성 충전제 분야

- 탄성 충전제 분야는 1979년부터 미국 및 유럽 주도로 관련 기술개발이 연속적으로 이루어져 오고 있음
- 충전 블록, 레일 sheathing, lining, 코팅 등 다양한 형태의 충전제를 포함하는 특허가 출원되었으며, 충전제의 대부분은 탄성 재료로 형성됨
- 단순히 산악열차로 한정하기 보다는, 매립형 궤도 시스템에 있어서 콘크리트 프리캐스트 패널과 레일 사이를 탄성 부재로 충전하는 기술을 우선적으로 조사 분석한 결과임
- 탄성 충전제 분야의 주요특허들은 대부분 권리가 유지되고 있으며 충전제의 종류, 구성, 형태 등 충전제에 대한 구체적 한정, 제조단계 또는 설치시 특징 등을 구체적으로 권리화하고 있는 결과로 해석됨
- 기술발전도에 별 표시는 권리범위분석 대상 특허임

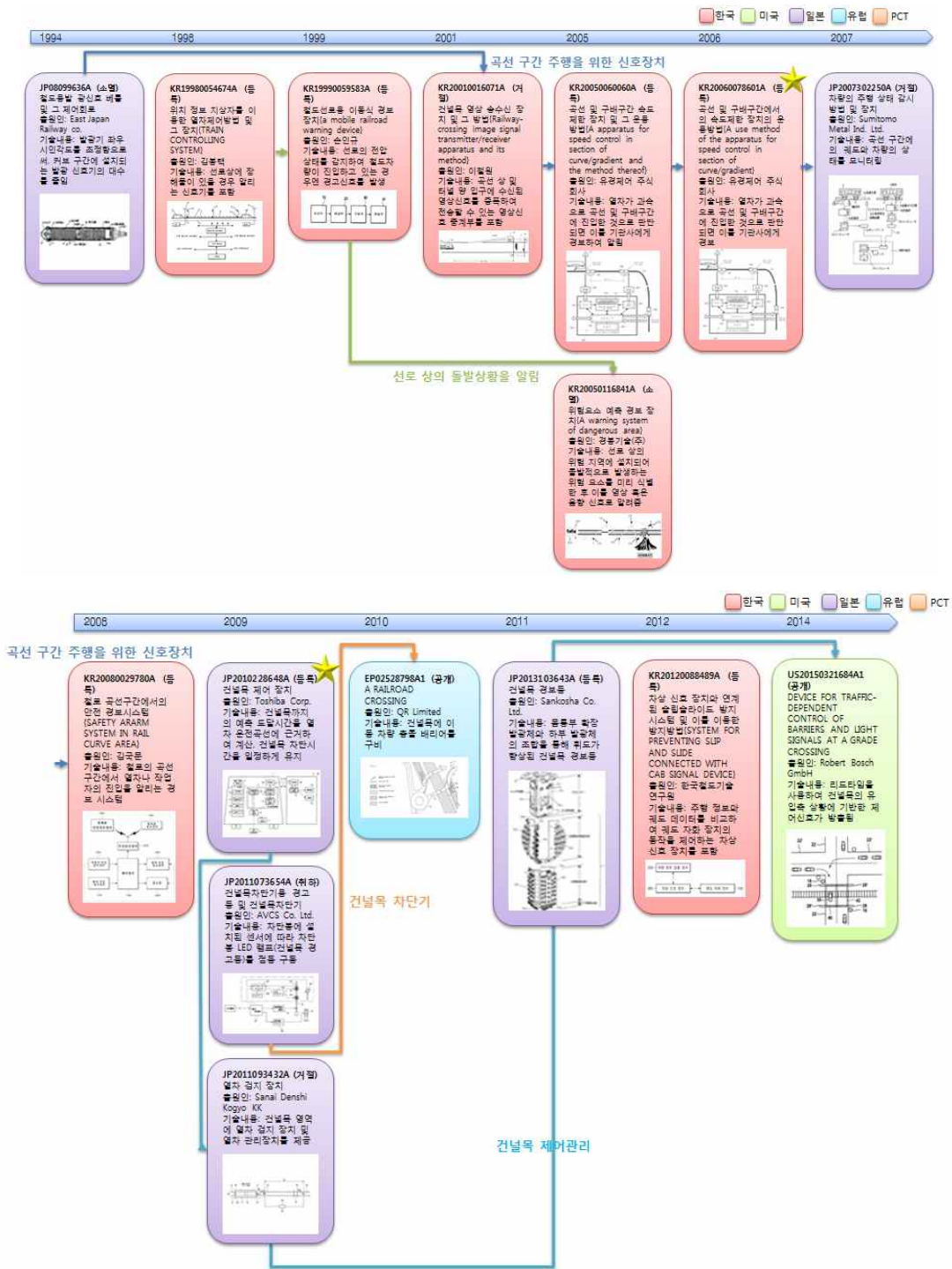


그림 2.44 기술발전도 : 신호 장치 분야

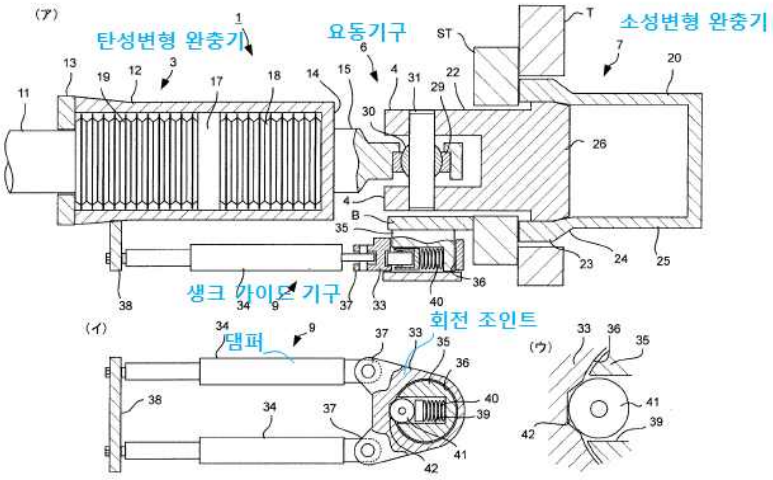
- 신호장치 분야는, 산악철도의 교통시스템을 포함하되, 산악환경의 특징인 급구배 및 급곡선 환경에서 일반도로와 겸용할 수 있는 철도 신호 시스템으로 범위를 넓혀 한정함

- 2008년까지는 일본과 한국 주도로 곡선 구간 주행을 위한 신호장치에 관한 기술과 선로 상의 돌발 상황을 알리는 신호장치에 관한 기술개발이 활발하였음
- 2009년부터는 건널목 제어 및 차단에 관한 기술개발이 활발히 이루어진 것으로 파악됨
- 곡선구간의 신호 장치에 관한 기술은 곡선구간에 설치된 발광 신호기, 영상신호 전송, 열차진입 경보, 궤도 및 열차 모니터링 기술 등을 포함함
- 건널목 신호장치에 관한 기술은 건널목 경보등, 차단기, 건널목 영역의 열차 제어관리 기술을 포함함
- 건널목 신호 장치에 관한 기술은 타 국가들이 특허권을 선점하고 있는 것으로 파악됨
- 기술발전도에 별 표시는 권리범위분석 대상 특허임

다. 국내외 핵심특허

- 본 절에서는 앞서 도출된 핵심 특허에 대한 권리 범위 분석을 수행하고 IP 전략을 도출함
- 권리 분석에 사용된 특허는 아래와 같음

표 2.16 권리범위분석. 1 : 철도 차량용 연결 장치

철도 차량용 연결장치			
국가	JP	문헌종류	B2
등록번호 (등록일)	5650089 (2014.11.21)	출원번호 (출원일)	2011228815 (2011.10.18)
출원인	Japan Steel Works Ltd. (JP)	IPC(Main)	B61G-007/12
발명자	Saito Yasushi, Hazama Teruyuki	우선권주장	-
기술분류	연결기 및 연결막	법적상태 (존속기간)	등록(유지) (2031.10.18)
패밀리특허	-		
해결과제 및 기술효과	<p>【해결과제】 곡선 구간에서도 차량 간 안전하게 연결할 수 있는 연결장치를 제공</p> <p>【기술효과】 한 쌍의 댐퍼를 통해 연결기가 수평으로 유지될 수 있음. 또한, 회전 조인트에 의해 축방향을 지향할 수 있음</p>		
주요도면 및 핵심기술	 <p>- 연결기(2), 탄성변형 완충기(3), 요동(swing) 기구(6), 소성변형 완충기(7), 생크(shank) 가이드 기구(9)를 포함하는 연결장치(1)</p> <p>- 생크 가이드 기구(9)는, 차량(T)측에 고정되어 있는 설치부재(B)에 대해 회전 가능하게 설치되는 회전 조인트(33)와, 이 회전 조인트(33) 한 쌍의 접속단부(37, 37)에 접속되어 있는 댐퍼(34, 34)로 구성됨</p> <p>- 댐퍼(34, 34) 한편의 단부는 탄성변형 완충기(3)의 소정 부재에 접속됨</p>		

【구성요소 분석】

■ 연결장치 : 차량측에 설치되는 지지부와, 다른 차량에 연결하게 되는 연결기, 상기 연결기를 상기 지지부에 대해 적어도 수평 방향과 연직 방향으로 요동 자유롭게 접속하는 요동 기구, 비연결 상태의 상기 연결기를 탄성적으로 수평 유지하는 생크 가이드 기구를 포함

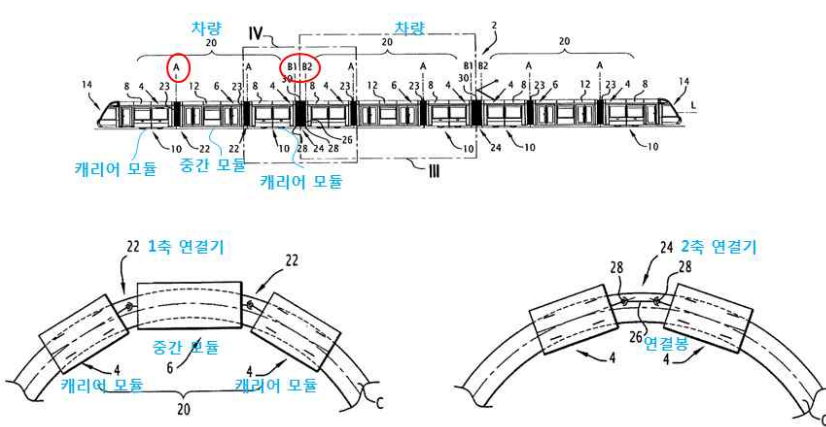
○ 생크(shank) 가이드 기구 : 차량에 고정하게 되는 설치부재에 수평면내에서 회전 가능하게 설치되는 회전 조인트와, 소정의 압압력을 가지는 한 쌍의 댐퍼로 구성됨

- 한 쌍의 댐퍼 : 각각 한편의 단부가 상기 회전 조인트에 형성된 한 쌍의 접속단부에 접속하게 되고, 한편의 단부는 상기 연결기의 하부에 접속됨
- 회전 조인트 : 한 쌍의 접속단부가 축방향에 대해 좌우 대칭에 위치하는 기준 회전 위치를 나타낼 때 소정의 임계 모멘트가 작용할 때까지 회전이 억제되고, 상기 기준 회전 위치에서 소정 범위의 회전 각도를 나타낼 때 상기 기준 회전 위치로 돌아가려고 하는 복원 모멘트가 작용하고, 상기 소정 범위를 넘는 회전 각도를 나타낼 때 상기 복원 모멘트의 작용이 정지하도록 되어 있는 것을 특징으로 함

【권리범위 분석】

- 연결기, 탄성 및 소성변형 완충기, 및 스윙 기구를 포함하는 연결장치를 전제로 하고 있으며, 제안하고 있는 생크 가이드 기구의 구성 및 작용 또한 독립항에서 구체적으로 한정하고 있어 권리범위는 다소 좁다고 판단됨
- 그러나, 생크 가이드 기구는 댐퍼와 회전 조인트를 포함하는 것으로 비교적 심플한 구성이므로, 연결기를 탄성적으로 수평 유지하기 위해 별도의 가이드 기구를 구비하려면 본 특허기술의 생크 가이드 기구와 같은 형상 및 연결 관계는 실시하지 않는 것이 바람직하다고 사료됨

표 2.17 권리범위분석.2 : 열차의 차량 편성

열차의 차량 편성			
국가	JP	문헌종류	A
공개번호 (공개일)	2008222213 (2008.09.25)	출원번호 (출원일)	2008056565 (2008.03.06)
출원인	Alstom Transport Sa. (FR)	IPC(Main)	B61G-005/02
발명자	Hermant Patrick	우선권주장	FR 200753731 (2007.03.08)
기술분류	연결기 및 연결막	법적상태 (존속기간)	심사 미청구
패밀리특허	AU2008201109A1, AU2008201109B2, CN101259848A, CN101259848B, EP1967436A1, FR2913391A1, JP2008222213A, US2008216703A1, US7814841B2		
해결과제 및 기술효과	<p>【해결과제】 도시 노면 전차에 있어서, 곡률 반경이 작은 곡선부에서 차량이 안정적인 상태로 구부러질 수 있고, 승차감이 좋은 열차의 차량 편성을 제공</p> <p>【기술효과】 연결되는 차량과 차량 사이 자유도가 커지고, 곡률 반경이 작은 곡선부 레일에서 각 차량이 안정적으로 구부러질 수 있어, 승차감이 향상되고 차륜의 피로감을 줄일 수 있음</p>		
주요도면 및 핵심기술	 <ul style="list-style-type: none"> - 1축 연결기(22)는 연결부(25)가 노면에 대하여 수직인 축 A를 중심으로 회전할 수 있음 - 2축 연결기(24)는 연결부(28)가 2개 있고, 각각 노면에 대해 수직인 2개의 축 B1, B2를 중심으로 회전할 수 있음 - 축 B1, B2는 연결봉(26)을 끼워 서로 간격을 두고 있고, 축 B1은 캐리어 모듈(4)과 연결봉(26), 축 B2가 인접하는 캐리어 모듈(4')과 연결봉(26)이 접합하고 있고, 두 개의 축 B1, B2 각각을 중심으로 회전할 수 있음. 따라서 2축 연결기(24)는 연결기(22)보다 회전의 자유도가 커짐 		

【구성요소 분석】

- 레일상의 가이드 유지 수단(10)에 고정하게 되는 캐리어 모듈(4)과, 그 주행 방향(L)의 전후가 상기 캐리어 모듈(4)에 끼이는 중간 모듈(6)로 구성되는 차량이 2대 이상 연결되는 차량 편성
 - 1축(single articulation) 연결기 : 상기 캐리어 모듈(4)과 상기 중간 모듈(6)이 노면에 대하여 수직인 축을 중심으로 서로 회전할 수 있도록 1축(single articulation)로 연결됨
 - 2축(dual articulation) 연결기 : 상기 차량(20)과 인접하는 차량(20')은 노면에 대하여 수직인 2개의 축으로 각각 회전할 수 있는 2축(dual articulation) 연결기(24)로 서로 연결되는 것을 특징으로 하는 열차의 차량 편성.

【권리범위 분석】

- 두 개의 캐리어 모듈과 중간 모듈로 구성되는 차량, 차량내 캐리어 모듈과 중간 모듈 간 single articulation 연결기를 사용하고, 차량 간 dual articulation 연결기를 사용하는 경우 본 특허와 저촉될 가능성이 있음
- 두 연결기의 기능을 한정하고 있을 뿐 구체적인 형상 및 구조를 제시하고 있지 않아 권리범위는 상당히 넓게 설정되어 있다고 판단됨. 다만, 본 특허에서는 연결기를 포함하는 차량 편성을 구체화 하고 있어, 이를 배제시 회피 가능성은 높아질 것으로 사료됨
- 프랑스에 우선권을 둔 특허로 유럽, 중국, 미국 등 주요 시장국에서 9개의 패밀리 특허가 출원된 점으로 보아 시장에서도 영향력 있는 특허로 판단됨

표 2.18 권리범위분석.3 : 하이브리드식 궤도 운반차

하이브리드식 궤도 운반차			
국가	JP	문헌종류	A
공개번호 (공개일)	2007314052 (2007.12.06)	출원번호 (출원일)	2006146132 (2006.05.26)
출원인	Nikkari Co. Ltd. (JP)	IPC(Main)	B61C-007/04
발명자	Ishihara Teruhisa	우선권주장	-
기술분류	배터리	법적상태 (존속기간)	거절
패밀리특허	-		
해결과제 및 기술효과	<p>【해결과제】 하이브리드식 궤도 운반차에 있어서, 발전기 장비가 필요없고, 경량화, 저가격화를 도모함</p> <p>【기술효과】 배터리의 전력을 회생 전류를 통해 확보, 하강경사가 반복되는 궤도 운반차의 특수성으로 충분히 마련될 수 있음</p>		
주요도면 및 핵심기술	<p>- 감속기(11)도 탑재되어, 엔진(8) 또는 모터(9)의 동력을 감속하고 랙(5)에 맞물리는 피니언 구동륵(12)에 전달</p> <p>- 내리막 주행할 때, 타성에 따라 구동륵(12)이 돌러지고, 모터(9)에 회생 전류가 발생, 이를 배터리(10)에 축전함</p> <p>- 엔진(8)을 구동원으로 하는 오름 경사용의 것(22a)인지, 모터(9)를 구동원으로 하는 완만한 오름 경사, 평지 또는 하강경사용의 것(22b)인지 판별을 위해 도그 스위치(22)를 설치</p>		

【구성요소 분석】

■ 오르막 및 내리막 구배에 가설되는 궤도에 구동바퀴를 구동하여 주행하는 궤도 운반차

○ 엔진, 모터 및 배터리를 탑재하고, 엔진 구동 바퀴를 구동하여 주행하고 완만한 오르막 경사, 평지와 내리막 구배는 배터리를 전원으로 하는 모터에서 구동바퀴를 구동하여 주행하는 동시에, 내리막 구배의 주행으로 모터에 발생하는 회생 전류를 배터리에 축전하는 것을 특징으로 하는 하이브리드식 궤도 운반차.

【권리범위 분석】

- 궤도 운반차에서 모터에 발생하는 회생 전류를 배터리에 축전하는 것이 핵심 사항임
- 엔진, 모터 및 배터리를 탑재하는 궤도 운반차에서 내리막 주행에 따른 배터리 축전만을 한정하고 있어 권리범위는 넓다고 판단되나, 본 특허는 거절결정된 건이기에 상기한 기술을 실시하는 데는 문제가 없으며, 내리막 주행에 따른 회생 전류 축전 기술을 연구개발 시 본 특허를 검토할 필요가 있음
- 한편, 본 특허 기술은 궤도 운반차에 대해 실시하는 것으로 한정되어 있어, 승객을 태워 나르는 본 과제의 산악열차에 적용하기에는 실질적으로 한계가 있을 수 있음

표 2.19 권리범위분석.4 : Battery-powered rail vehicle

Battery-powered rail vehicle			
국가	US	문헌종류	A
공개번호 (공개일)	20110083578 (2011.04.14)	출원번호 (출원일)	12/899905 (2010.10.07)
출원인	Harsco Co. (US)	IPC(Main)	B61C-003/00
발명자	Sami; Syed Reza Ahmed	우선권주장	US 61/250906 (2009.10.13)
기술분류	배터리	법적상태 (존속기간)	포기
패밀리특허	AU2010307134A1, CN102596677A, EP2488399A2, JP2013507903A, TW201124293A, US2011083578A1, WO2011046801A2, WO2011046801A3		
해결과제 및 기술효과	전류(전동 실린더, 전동 액추에이터)를 통해 동력을 공급하고, 유압 실린더 및 유압 기름의 필요성을 배제함으로써 환경 및 안전 문제를 해결할 수 있는 배터리 구동의 차량 편성을 제공		
주요도면 및 핵심기술	 <ul style="list-style-type: none"> - 2개의 추진차(10), 추진차 간에 배치되는 2개의 작업차(100)를 가지는 차량 편성 - 추진차(10)의 동력은, 추진차에 배치되는 한 개 또는 복수의 배터리, 배터리백 또는 에너지 저장 유닛(18)에 의해 제공됨 - 배터리백(18)이 DC 버스(20)에 DC 전력을 제공, 견인 장치(21) 및 복수의 트랙션 모터(22)까지 흐를 수 있음 - 브레이크 모드인 경우, 트랙션 모터(22)는 DC 버스(20)에 동력을 되돌리기 위해 발전기로 기능, 동력은 배터리백(18)에 돌아오도록 흐를 수 있음 - 배터리백(18)은 주차 상태 및 이동 상태에서 서드 레일 또는 카테나리로부터 충전될 수 있음 		
대표청구항 분석	【구성요소 분석】		

■ A rail consist comprising:

- at least one propulsion car having at least one traction motor;
- at least one working car having at least one working device;
- at least one energy storage unit provided on the consist, the at least one energy storage unit providing power to the at least one traction motor and the at least one working device, the at least one energy storage unit providing sufficient power for work mode, travel speeds and curve characteristics; whereby the use of the at least one energy storage unit provides safety, environmental and operational benefits.

【권리범위 분석】

- 추진차 및 작업차를 포함하는 철도 차량에 배터리를 통해 전력을 공급하는 것이 핵심 사항임
- 트랙션 모터와 구동장치에 배터리만으로 충분한 전력을 공급하는 구성으로 권리범위가 상당히 넓게 설정되어 있음. 그러나, 본 특허는 포기된 건으로 상기한 기술내용을 사용하는 데는 문제가 없으며, 다만, 특허권을 확보하기 위해선 배터리를 보다 구체화하는 방안이 필요한 것으로 사료됨
- 미국에 우선권을 둔 특허로 해외출원 및 유럽, 일본, 중국 등 주요 시장국에 8개의 패밀리 특허가 출원된 점으로 보아 시장 측면에서 영향력 있는 특허로 판단됨

표 2.20 권리범위분석.5 : Drive unit for a motor vehicle with curved teeth coupling

Drive unit for a motor vehicle with curved teeth coupling			
국가	US	문헌종류	B2
등록번호 (등록일)	6931997 (2005.08.23)	출원번호 (출원일)	10/473695 (2002.03.27)
출원인	Siemens Ag. (DE)	IPC(Main)	B61C-009/00
발명자	Gernot Hohl	우선권주장	DE 101 17 749 (2001.04.09) WO 2002DE001133 (2002.03.27)
기술분류	동력전달장치	법적상태 (존속기간)	등록(유지) (2022.03.27)
패밀리특허	AT383291T, DE10117749A1, DE50211518D1, EP1377489A1, EP1377489B1, US2004107865A1, US6931997B2, WO02081280A1		
해결과제 및 기술효과	용이하게 장착될 수 있는 커플링을 통해 라우터와 동력전달 피니언 간 각도 및 축 방향의 오프셋이 보상됨		
주요도면 및 핵심기술	<ul style="list-style-type: none"> - 구부러진 치아 커플링(curved teeth coupling, 9)이 모터축(4)과 피니언축(6)에 마운트됨 - 치아 커플링(9)은 내부 치아 시스템을 갖는 제1 연결부(10) 및 외부 치아 시스템을 갖는 제2 연결부(11)를 포함 - 제1 연결부(10)는 피니언축(6)에 안전하게 연결되고, 제2 연결부(11)는 모터축(4)에 안전하게 연결됨 - 연결부(10, 11)는 서로 내부로 용이하게 밀어 넣어질 수 있고, 이때 모터가 전달부(1)에 마운트됨 		

【구성요소 분석】

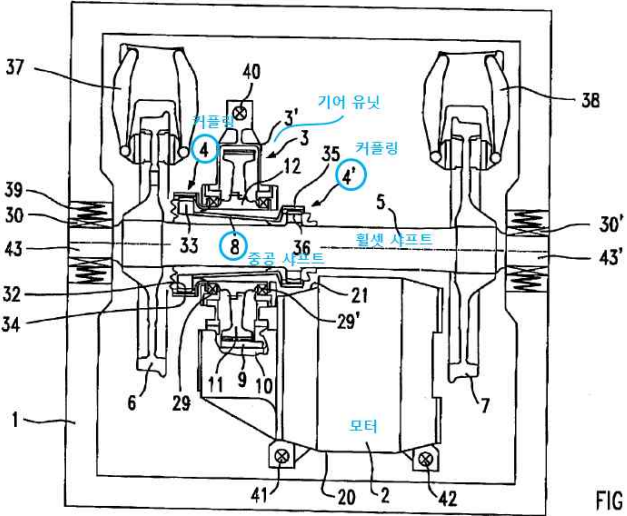
Apparatus for driving railway vehicles with a rotor device (3, 4) of an induction machine having

- a solid motor shaft (4),
- a transmission shaft (6),
- a transmission device,
- and a coupling device (9) between the rotor device (3, 4) and the transmission shaft (6), characterized in that the coupling device (9) is a curved teeth coupling with a first coupling section (10) with internal tooth system and a second coupling section (11) with external tooth system, and wherein the first coupling section (10) is securely connected with the shaft (6), and the second coupling section (11) is securely connected with the motor shaft (4), or the first coupling section (10) is securely connected with the motor shaft (4), and the second coupling section (11) is securely connected with the transmission shaft (6), and wherein the rotor device (3, 4) is supported only on the coupling-distal side in a bearing (5)

【권리범위 분석】

- curved teeth coupling을 통해 모터축과 피니언축을 연결함으로써 동력전달부의 각도 및 축의 오프셋을 보상하는 것이 핵심 사항임
- curved teeth coupling은 쉽게 밀어 넣어 끼워질 수 있는 내부 및 외부 치아가 형성된 제1 및 제2 연결부를 갖는, 비교적 간단한 구성 및 연결 관계를 포함하고 있어 권리범위는 상당히 넓게 개시되어 있다고 사료됨
- 또한, 독일에 우선권을 둔 특허로 해외출원 및 유럽, 미국 등 주요 시장국에 8개의 패밀리 특허가 출원된 점으로 보아 시장 측면에서도 영향력 있는 특허로 판단됨

표 2.21 권리범위분석.6 : Drive unit for railway vehicles

Drive unit for railway vehicles			
국가	EP	문헌종류	B1
등록번호 (등록일)	0878368 (2002.11.06)	출원번호 (출원일)	1998107641 (1998.04.27)
출원인	Siemens Ag. (DE)	IPC(Main)	B61C-009/44
발명자	Jaufmann, Christian, Dr. Unger, Alexander, Dipl.-Ing.	우선권주장	DE 19719747 (1997.05.09) DE 29803149 (1998.02.23)
기술분류	동력전달장치	법적상태 (존속기간)	등록(유지)
패밀리특허	AT227221T, DE29803149U1, DE59806145D1, EP0878368A1, EP0878368B1, ES2186940T3		
해결과제 및 기술효과	철도 차량의 드라이브 유닛에 있어서, 전동 모터 및 클러치와 구 동 휠 간의 커플링을 제공		
주요도면 및 핵심기술			
	<ul style="list-style-type: none"> - 전동 모터(2)와 클러치(4, 4')를 사용하는 철도 차량의 드라이브 유닛으로, 구동휠(6,7) 사이로 연장되는 휠 샤프트(5)와 결합됨 - 제1 클러치 부재(4)는 트랜스미션과 중공 샤프트(8) 사이에 연결되고, 휠 샤프트를 수용하면서 제2 클러치 부재(4')는 중공 샤프트와 휠 샤프트 사이에 배치됨 		

【구성요소 분석】

Drive unit for rail vehicles, comprising an electric motor (2) with a gear unit (3) and a coupling (4, 4') mounted on the vehicle frame (1) or chassis, with the wheelset shaft (5) of both traction wheels (6, 7) being passed through a hollow shaft (8),

and the coupling (4, 4'), which includes the hollow shaft (8), being provided between the wheelset, consisting of the wheelset shaft (5) and traction wheels (6, 7), and the gear unit (3),

characterised in that the coupling is designed as a curved tooth coupling, with a first part (4) of the curved tooth coupling being provided between the gear unit (3) and the hollow shaft (8) and the output drive-end second part (4') of the curved tooth coupling being provided between the hollow shaft (8) and the wheelset (5-7).

【권리범위 분석】

- 중공 샤프트를 포함하는 커플링의 구성 및 연결 관계를 한정하고 있음
- 커플링은 중공 샤프트를 포함하되, 만곡 치아 커플링의 제1 및 제2 부분으로 형성되는, 비교적 간단한 구성 및 연결 관계를 포함하고 있어 권리범위는 상당히 넓게 개시되어 있다고 사료됨
- 중공 샤프트를 배제하거나, 커플링 제1 및 제2 부분이 기어 유닛 및 휠셋과 갖는 연결관계를 배제하는 방식으로 회피 가능할 것으로 판단됨
- 또한, 독일에 우선권을 두면서 유럽, 스페인, 오스트리아 등 6개의 패밀리 특허가 출원된 점으로 보아 유럽 시장에서 높은 특허장벽을 형성하고 있다고 판단됨

표 2.22 권리범위분석.7 : 산악철도용 피니언기어

산악철도용 피니언기어			
국가	KR	문헌종류	B1
등록번호 (등록일)	1527589 (2015.06.03)	출원번호 (출원일)	29130156532 (2013.12.16)
출원인	한국철도기술연구원 (KR)	IPC(Main)	B61B-013/02
발명자	서승일, 문형석, 사공 명	우선권주장	-
기술분류	탄성 피니언	법적상태 (존속기간)	등록(유지) (2033.12.16)
패밀리특허	-		
해결과제 및 기술효과	진동 및 소음을 저감할 수 있는 피니언기어를 제공		
주요도면 및 핵심기술	<p>- 각각의 탄성체(130)는 제 2 기어(116)와 제 3 기어(125) 사이마다 배치될 수 있음</p> <p>- 탄성체(130)는 입체 형태를 가지도록 제공될 수 있고, 탄성체(130)는 부싱타입(또는 썸기형)일 수 있음</p>		

【구성요소 분석】

- 내부에 중공부가 형성되고, 외측면에는 산악지형에 마련되는 랙기어와 치합하는 복수의 제 1 기어이가 원주방향을 따라 서로 이격 배치되며, 내측면에는 복수의 제 2 기어이가 원주방향을 따라 서로 이격 배치되는 외측기어;
- 상기 중공부에 수용되고, 구동축에 연결되며, 외측면에는 복수의 제 3 기어이가 원주방향을 따라 서로 이격 배치되는 내측기어; 및
- 상기 제 2 기어이와 상기 제 3 기어이의 사이 공간에 각각 개재되며, 입체 형태로 제공되어 탄성 변형이 가능한 복수의 탄성체; 를 포함하고, 상기 제 2 기어이 및 상기 제 3 기어이는 서로 엇갈리게 배치되고, 상기 복수의 탄성체는 상기 제 2 기어이 및 상기 제 3 기어이 사이에 각각 개재되는 산악철도용 피니언기어.

【권리범위 분석】

- 산악철도용 피니언기어에 있어서, 외측기어, 내측기어, 및 탄성체를 포함하는 구성 및 그 연결 관계를 상당히 구체적으로 한정하고 있어 권리범위는 다소 좁은 편이라 판단되며, 이러한 연결 관계를 변형시키는 방식으로 회피 가능할 것으로 사료됨

표 2.23 권리범위분석.8 : 3차원 입체형상을 갖는 레일매립형 콘크리트블록 제조방법 및 이 방법에 의해 제조된 레일매립형 콘크리트블록을 이용한 매립형 철도궤도 부설방법

3차원 입체형상을 갖는 레일매립형 콘크리트블록 제조방법 및 이 방법에 의해 제조된 레일매립형 콘크리트블록을 이용한 매립형 철도궤도 부설방법			
국가	KR	문헌종류	A
공개번호 (공개일)	20130024095 (2014.09.16)	출원번호 (출원일)	20130024095 (2013.03.06)
출원인	강남훈 (KR)	IPC(Main)	E01B-002/00
발명자	강남훈	우선권주장	-
기술분류	탄성 충전재	법적상태 (존속기간)	등록(유지) (2033.03.06)
패밀리특허	-		
해결과제 및 기술효과	<p>철도 건설 현장에서 요구되는 선형, 구배 및 캔트를 구비하는 자유로운 형태를 갖는 3차원 입체형상의 레일매립형 콘크리트블록을 현장에서 측량한 계획선형에 맞게 공장에서 정확하고 편리하게 사전 제작하고, 제작된 레일매립형 콘크리트블록을 현장으로 운반하여 간편하게 시공할 수 있는 3차원 입체형상을 갖는 레일매립형 콘크리트블록 제조방법 및 이 방법에 의해 제조된 레일매립형 콘크리트블록을 이용한 매립형 철도궤도 부설방법을 제공</p>		
주요도면 및 핵심기술	<p>매립형 레일 (R1) 충진 부재 (620) 탄성 부재 (600)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 매립형레일(R1)은 헤드부(RH)를 제외하고 나머지 부분은 탄성부재(600)로 감싸는 구조 - 레일수용홈(101)과 탄성부재(600) 사이에 충진부재(620)를 충전하 		

	<p>는 단계를 더 포함</p> <ul style="list-style-type: none"> - 곡선구간에서는 그 선회 곡률 정도에 따라 매립형레일(R1)의 내측 또는 외측 사이의 공간에 틈이 발생할 수 있는데 이때에도 충전부재(620)를 충전하여 매립형레일(R1)이 횡 방향으로 움직이지 않도록 함
대표청구항 분석	<p>【구성요소 분석】</p> <p>다수가 연결되어 레일 매립형 철도궤도를 이루도록 상면에 레일수용홈을 가진 3차원 입체 형상의 레일매립형 콘크리트블록을 제조하는 방법에 있어</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 상기 레일매립형 철도궤도가 설치되어야 하는 현장의 평면선형, 구배 및 캔트를 고려한 계획선형을 측량하는 단계; ○ 상기 계획선형과 반대되는 선형으로 임시레일을 설치하기 위해 높이 조절과 구배 및 캔트 조절이 가능하게 이루어진 다수의 궤광조립장치를 공장 지반에 일렬로 배열 설치하는 단계; ○ 상기 궤광조립장치의 레일고정구에 상기 임시레일을 설치하여 상기 계획선형과 반대되는 선형으로 임시레일의 위치를 조정하는 단계; ○ 상기 임시레일 상에 다수의 제1거푸집을 길이방향으로 배열 설치하는 단계; ○ 상기 레일수용홈을 성형하기 위한 다수의 제2거푸집을 상기 제1거푸집 바닥에 길이방향으로 배열하여 설치하는 단계; ○ 상기 제1거푸집 상에 콘크리트를 타설하는 단계; ○ 상기 제1거푸집에 타설된 콘크리트를 양생하는 단계; ○ 상기 양생이 완료된 레일매립형 콘크리트블록을 상기 제1거푸집에서 분리하여 뒤집는 단계; ○ 상기 양생이 완료되어 형성된 레일수용홈으로부터 상기 제2거푸집을 분리하는 단계;를 포함하고, <p>■ 상기 궤광조립장치는,</p> <ul style="list-style-type: none"> - 상기 철도궤도의 레일 간격보다 긴 폭으로 이루어져서 공장 지반에 고정 설치되는 베이스플레이트; - 상기 베이스플레이트 상에 피벗 조립되어 좌,우로 회전되며, 상부 일측에 이송스크류가 구비되어 있는 회전플레이트; - 상기 회전플레이트 상에서 이송스크류에 의해 길이방향으로 슬라이딩 되게 설치되는 이동플레이트; 및 - 상기 이동플레이트에 설치되어 상기 철도 궤도가 설치되어야 하는 현장의 평면선형, 종단선형, 횡단선형에 일치되

도록 구매 및 캔트를 고려하여 측량한 계획 선형에 반대되는 선형으로 상기 제1거푸집을 임시레일 상에 설치하기 위한 레일조립수단; 으로 이루어진 것을 특징으로 하는 3차원 입체형상을 갖는 레일매립형 콘크리트블록 제조방법.

【권리범위 분석】

- 제 3항 및 4항에서 콘크리트블록과 매립형 레일 사이를 탄성부재 및 충전부재로 충전하는 내용을 개시하고 있음
- 그러나, 독립항에서 임시레일, 제1 및 제2 거푸집 설치 등 다수의 제조 단계를 상당히 구체적으로 한정하고 있어 권리범위는 좁게 설정되어 있다고 사료되며, 이러한 구체적 구성을 배제하는 경우 회피 가능할 것으로 판단됨

표 2.24 권리범위분석.9 : Rail guiding or rolling bearing and laying method

Rail guiding or rolling bearing and laying method			
국가	US	문헌종류	B1
등록번호 (등록일)	8167218 (2012.05.01)	출원번호 (출원일)	12/22050 (2007.12.21)
출원인	Lohr Industrie (FR)	IPC(Main)	E01B-021/00
발명자	Andre; Jean-Luc	우선권주장	FR 07 00050 (2007.01.05.) WO 2007FR002161 (2007.12.21.)
기술분류	탄성 충전재	법적상태 (존속기간)	등록(유지) (2027.12.21)
패밀리특허	CN101641478A, CN101641478B, EP2109700A2, EP2109700B1, FR2911154A1, FR2911154B1, JP2010514965A, JP5116045B2, KR20090098904A, RU2009129932A, RU2456397C2, US2010213268A1, US8167218B2, WO2008096079A2, WO2008096079A3, WO2008096079A4		
해결과제 및 기술효과	가이드 혹은 롤링 레일이 지면에 가설되기 전에 이미 충전 물질로 코팅되어진 상태로 가이드장치 또는 롤링 지지물을 공급		
주요도면 및 핵심기술	<p>- 레일(10)은 그 사용 장소에 설치하기 전, 중간과 아래부분 높이에서 다량의 충전물질(8)로 코팅됨</p> <p>- 코팅(18)의 중앙부(20)는 우선 올라가며 고정 물질(4) 위에 놓이는 측면 연장부(16)를 적어도 하나 형성하도록 윗부분에서 넓</p>		

	<p>게 벌어짐</p> <ul style="list-style-type: none"> - 충전 물질(8)은 앞서 설명된 기능을 수행할 만큼 충분히 탄력적이며 이 적용에서 견뎌야 하는 외부 기후 조건 및 이용 조건들에 맞추어진 어떤 알맞은 합성물질
대표청구항 분석	<p>【구성요소 분석】</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ A guiding support comprising: ■ a guiding rail (10) and a slot (2) filled with a sealing material (4) in which the guiding rail (10) is positioned, the guiding rail (10) comprising: <ul style="list-style-type: none"> ○ a head (11) of a shape suitable for the rolling of at least one guiding wheel (15), ○ a base (12) being shaped similar to a shape of the head (11), ○ the guiding rail (10) being symmetrical relative to a medial longitudinal plane, and ○ a web (13) joining the head (11) to the base (12), ○ the guiding rail (10), before being positioned, being partially coated with a filler material (8), substantially over its full length, to form a coating (18) comprising at least one lateral extension (16) that contacts the sealing material (4) and has a formed lateral groove (9) which facilitates passage of the guiding wheel (15); ○ the guiding rail (10), coated with the filler material (8), being directly held in place by the sealing material (4); the guiding rail (10) having a slender cross-section and a combined width of the head (11) and the filler material (8), including the at least one lateral extension, extending normal to the medial longitudinal plane being greater than a combined width of the base (12) and the filler material (8), extending normal to the medial longitudinal plane, such that the guiding rail (10) and the filler material (8) together form a Y-shaped configuration; and the guiding rail (10) facilitating bending of the guiding rail, about the medial longitudinal plane, during installation, while being positioned on site, without any additional bending stage. <p>【권리범위 분석】</p> <ul style="list-style-type: none"> - 가이드 레일이 충전부재로 코팅되고 확장부 및 측면 홈을 구비하는 것이 핵심사항임 - 또한, 가이드 레일의 형상 및 설치시 특징 등도 독립항에 구체

적으로 한정되어 있어 권리범위는 넓지 않다고 사료되며, 상기한 한정 사항을 배제하는 경우 회피 가능할 것으로 판단됨

- 한편, 프랑스에 우선권을 두면서 중국, 일본, 미국 등 주요국에 다수의 패밀리 특허를 가지고 있어 시장 측면에서도 영향력 있는 특허로 판단됨

표 2.25 권리범위분석.10 : 곡선 및 구배구간에서의 속도제한 장치의 운용방법

곡선 및 구배구간에서의 속도제한 장치의 운용방법			
국가	KR	문헌종류	A
등록번호 (등록일)	0650196 (2006.11.20)	출원번호 (출원일)	20060078601 (2006.08.21)
출원인	유경제어 주식회사 (KR)	IPC(Main)	B61L-023/14
발명자	지정근	우선권주장	-
기술분류	신호 장치	법적상태 (존속기간)	등록(유지) (2025.07.05)
패밀리특허	KR100650196B1, KR100697303B1, KR200397383Y1, KR20070005972A		
해결과제 및 기술효과	ATS(AUTOMATIC TRAIN STOP) 지상자를 이용하여 곡선 및 구배구간에 진입하는 열차의 속도를 사전에 확인한 다음, 열차의 과속여부를 판단하여 만일 열차가 과속으로 운행하고 있을 경우, 이를 기관사에게 경보하여 알리는 한편, 일정시간 동안 아무런 조치가 없을 경우 ATS 지상자를 통해 자동으로 열차를 제동하도록 함		
주요도면 및 핵심기술	<p>- 곡선구간의 개시지점에서 열차의 진행방향을 기준으로 해서 볼</p>		

	<p>때, 그 후방으로 일정거리 떨어진 지점(곡선구간의 주의지점)의 지상에 설치된 후, 열차의 차상자가 평상시 발진하는 주파수인 78KHz에 공진함으로서 차량의 통과를 인지하고 상기 공진신호(열차의 통과신호)를 열차검지용 CR-BOX(200)로 전송하는 열차검지용 지상자(100)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 열차검지용 지상자(100)로부터 전송된 공진신호(78KHz)를 수신하고 동 신호에 응답하여 동작함으로서 열차가 곡선 구간의 주의지점을 통과하였음을 검지부(320)로 알리는 열차검지용 CR-BOX(200) - 열차검지용 CR-BOX(200)로부터 전송된 열차의 통과신호(열차의 검지신호)를 마이크로프로세서부(310) 및 상태감시부(340)로 전송하는 검지부(320) - 곡선 및 구배구간 속도제한장치의 운용상태 및 전방신호기의 조건입력에 의한 속도제한 해제용 지상자출력과 집중감시장치로 기기상태정보를 송·수신하여 본원발명에 의한 속도제한장치의 동작상황을 총괄하여 감시하고 제어하는 상태감시부(340) - 열차검지용 지상자(100)와 속도제한용 지상자(500)간의 거리와 그 거리에서의 제한 속도를 계산하여 제어시간을 산출하는 한편, 상기 검지부(320)로부터 열차의 통과신호가 수신되면 이와 동시에 상기 제어시간을 체크한 다음, 열차의 속도를 제어하기 위한 조건(속도제어조건)을 실은 신호(속도제어신호)를 속도제어부(330)로 전송함으로써, 최종적으로 열차의 차상자로 열차의 속도제어신호를 알릴 수 있도록 하는 마이크로 프로세서부(310) - 마이크로 프로세서부(310)로부터 열차의 속도제어신호가 수신되면 이를 지상자 제어함(400)으로 전송하는 속도제어부(330)
대표청구항 분석	<p>【구성요소 분석】</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 곡선 및 구배구간 속도제한 장치를 운용함에 있어서, <ul style="list-style-type: none"> ○ 열차가 곡선구간의 주의 지점을 통과하였음을 검지하는 단계와; ○ 열차의 과속 여부를 판단하는 단계와; ○ 열차가 과속으로 운행하는 것으로 판단될 경우 열차의 속도를 제어하기 위한 속도제어신호를 속도제한용 지상자를 통해 차상자로 전송하는 단계와; ○ 과속으로 주행한 열차에 제동이 걸렸을 경우, 즉시 속도제한 해제용 지상자(600)를 통해 속도제한해제신호를 차상자로 전송하는 단계로; 이루어짐을 특징으로 하는 곡선 및 구배구간 속도제한 장치의 운용방법. <p>【권리범위 분석】</p>

- 열차가 곡선 및 구배구간을 지날 때 과속 여부에 따라 열차에 속도제한 신호를 전송할 수 있는 것이 핵심 사항임
- 검지, 판단, 및 전송 단계를 포함하는 비교적 심플한 운용방법으로 한정되어 있어 권리범위는 넓은 편이라 사료되며, 어느 한 단계를 배제할 수 있다면 회피 가능함

표 2.26 권리범위분석.11 : 건널목 제어 장치

건널목 제어 장치			
국가	JP	문헌종류	B
등록번호 (등록일)	5171712 (2013.01.11)	출원번호 (출원일)	2009079788 (2009.03.27)
출원인	Toshiba Co. (JP)	IPC(Main)	B61L-029/28
발명자	Suzuki Mitsuaki 외 3인	우선권주장	-
기술분류	신호 장치	법적상태 (존속기간)	등록(유지) (2029.03.27)
패밀리특허	-		
해결과제 및 기술효과	건널목 필요 경보 시간을 확보하는 동시에, 차량의 주행 속도에 상관없이 건널목의 차단시간을 일정하게 함		
주요도면 및 핵심기술	<p>차상 건널목 제어부</p> <p>지상 건널목 제어부</p> <p>운전곡선 예측부</p> <p>건널목 제어 타이밍 연산부</p> <p>지상 건널목 제어부</p>		
	<ul style="list-style-type: none"> - 차상 건널목 제어부(5)는 차량상에 갖춰지고, 건널목 장치를 제어하는 지상 건널목 제어부(10)와 무선으로 통신하여 지상 건널목 제어부를 제어함 - 운전 곡선 예측부(16)는, 노선상에 있는 지점으로부터 앞의 주행 속도를 나타내는 운전 곡선을 예측하고 예측 운전 곡선을 형성함 - 건널목 제어 타이밍 연산부(17)는 예측 운전 곡선에 근거하여 현재 위치로부터 건널목까지의 도달시간을 예측하고, 예측 운전 곡선 및 도달시간에 근거하여 건널목 경보 및 차단에 필요한 시간을 확보할 수 있는 건널목 제어 지령 발신 위치를 산출하고 차량이 해당 위치에 도달하면 건널목에 대해 차단 지령을 출력함 		

【구성요소 분석】

- 차상 건널목 제어 장치,
 - 지상 건널목 제어부와 무선으로 통신을 행하는 **송수신부**와,
 - 노선상에 있는 지점으로부터 앞의 주행 속도를 나타내는 운전 곡선을, 열차 타이어, 현재 위치, 노선 정보에 따라 예측하고, **예측 운전 곡선을 생성하는 수단**과,
 - 상기 예측 운전 곡선에 근거하여 현재 위치로부터 **건널목까지의 도달시간을 예측하는 수단**과,
 - 상기 예측 운전 곡선 및 도달시간에 근거하여 건널목 경보 및 차단에 필요한 시간을 확보할 수 있는 **건널목 제어 지령 발신 위치를 산출**하고, 차량이 해당 위치에 도달하면 건널목에 대하여 **차단 지령을 출력하는 수단**과,
 - 상기 차단 지령을 출력 후에 상기 건널목의 앞에 정지하기 위한 **건널목 정지 패턴을 생성**하는 한편, 상기 건널목 제어부로부터의 정상 응답에 의하여 상기 건널목 정지 패턴을 소거하는 동시에, 이 건널목 정지 패턴을 소거한 뒤에 상기 지상 **건널목 제어부로부터 이상 신호를 수신**하고, **건널목 정지 패턴을 재생성하는 수단**을 구비하는 것을 특징으로 하는 차상 건널목 제어 장치.

【권리범위 분석】

- 열차 타이어 정보 등에 근거하여 건널목까지의 도달 시간을 예측하는 수단과, 건널목 경보 및 차단에 필요한 시간을 확보하여 차단 지령을 출력하는 수단을 통해, 건널목 차단 시간을 일정하게 유지하면서 건널목 차단 시간을 확보하는 열차 제어를 행할 수 있는 것이 핵심 사항임
- 산악열차에 한정되는 것은 아니나, 산악열차의 환경 특징인 급구배 및 급곡선이 빈번한 운행 조건에서 이에 대한 운행정보를 실시간으로 충분히 반영할 수 있는 시스템인 본 특허는 기술적으로 영향력이 있을 수 있다고 사료됨
- 건널목 도달시간을 예측하고 차단지령을 출력하기 위한 구성 및 그 연결 관계에 대한 권리범위가 비교적 넓게 개시되어 있다고 사료되며, 본 발명의 특징이 되는 예측 운전 곡선 생성 수단, 차단 지령 출력 수단, 및 건널목 정지 패턴 재생성 수단 중 어느 하나를 배제하는 경우 회피 가능함

○ 권리 분석 결과는 다음과 같다.

- 권리범위분석 결과, 연결기 및 연결막 분야에 있어서 특허권을 확보하고자 한다면, 댐퍼와 회전 조인트로 구성된 생크 가이드 기구의 형상 및 연결관계는 배제하는 것이 바람직하며, 차량 내 캐리어 모듈과 중간 모듈 간 single articulation 연결기 사용 및 차량 간 dual articulation 연결기 사용 기술은 차량편성 배제 시 회피 가능할 것으로 사료됨
- 배터리 분야에 있어 궤도 운반차에서 모터에 발생하는 회생 전류를 배터리에 축전하는 것은 자유실시 가능하나, 산악열차에 적용하는 기술개발이 필요하고, 트랙션 모터와 구동장치에 배터리만으로 충분한 전력을 공급하는 구성은 자유실시 가능하나, 배터리를 보다 구체화 하는 방안이 필요함
- 동력전달장치 분야에 있어서, curved teeth coupling은 증공 샤프트를 배제하거나, 커플링 제1 및 제2 부분이 기어 유닛 및 휠셋과 갖는 연결 관계를 배제하는 방식으로 회피 가능할 것으로 판단됨
- 탄성 피니언 분야는 외측기어, 내측기어, 및 탄성체를 포함하는 구성 및 그 연결 관계를 상당히 구체적으로 한정하고 있기에 연결 관계를 변형시키는 방식으로 회피 가능할 것으로 판단됨
- 탄성 충전재 분야의 경우, 가이드 레일이 충전부재로 코팅되어 확장부 및 측면 홈을 구비하는 형상은 배제하는 것이 바람직하며, 매립형 철도궤도 부설 방법에 대해서는 다수의 제조 단계를 구체화 또는 설치 시 특징 등을 권리화 하는 것이 용이할 것으로 사료됨
- 신호 장치 분야에서는, 열차가 곡선 및 구배구간을 지날 때 과속 여부를 검지, 판단, 및 제어신호를 전송하는 방법을 배제하는 것이 바람직하며, 건널목까지의 도달 시간을 예측하는 수단과, 건널목 경보 및 차단에 필요한 시간을 확보하여 차단 지령을 출력하는 수단 배제 시 회피 가능할 것으로 판단됨

4. 논문분석

가. 논문 조사방법

○ 산악열차 관련 연구 동향을 파악하기 위하여 논문 분석을 수행하였다. 논문

분석은 산악열차 관련 키워드를 논문 검색 DB에 입력하여 직접 검색하였음

나. 논문 정량분석

- 논문 정량 분석을 통하여 학술지별 논문 발표건수, 연도별 논문 발표 건수 및 주요 연구 기관을 파악하였음
- 산악열차 관련하여 많은 특허가 도출된 것은 상반되게 산악철도 관련 논문 발표 건수는 많지 않았다. 하지만, 2006년 이후 매년 3건 내외로 꾸준히 발표되고 있는 상황인 것을 알 수 있었음

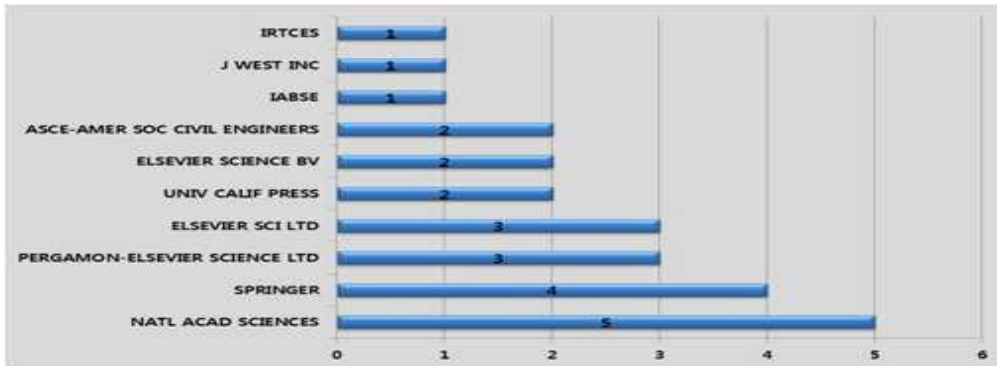


그림 2.45 학술지별 논문 발표

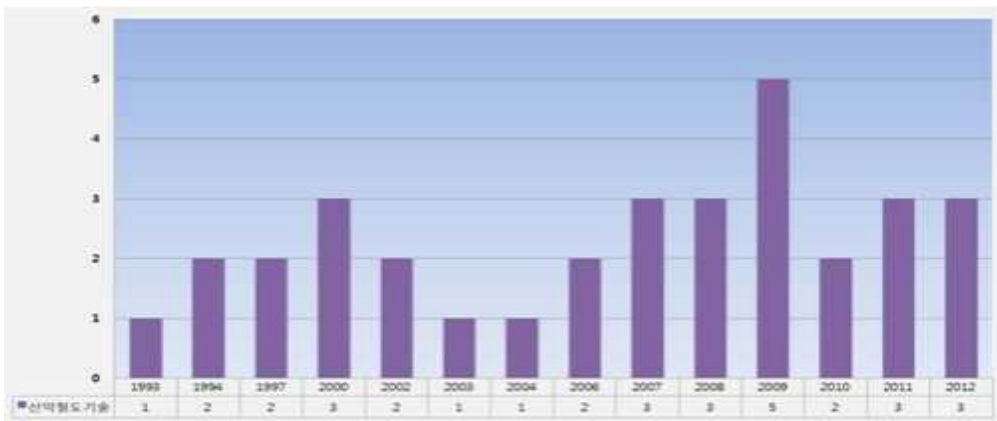


그림 2.46 연도별 논문발표 건수

- 산악열차 관련하여 논문이 발표 되고 있는 주요 등재 저널은 NATL ACAD SCIENCES, SPRINGER, PERGA MON-ELSEVIER SCIENCE LTD, ELSEVIER SCI LTD등이며, 미국/유럽의 저널을 통해서 대부분의 논문이 발표되고 있는 것을 알 수 있었음

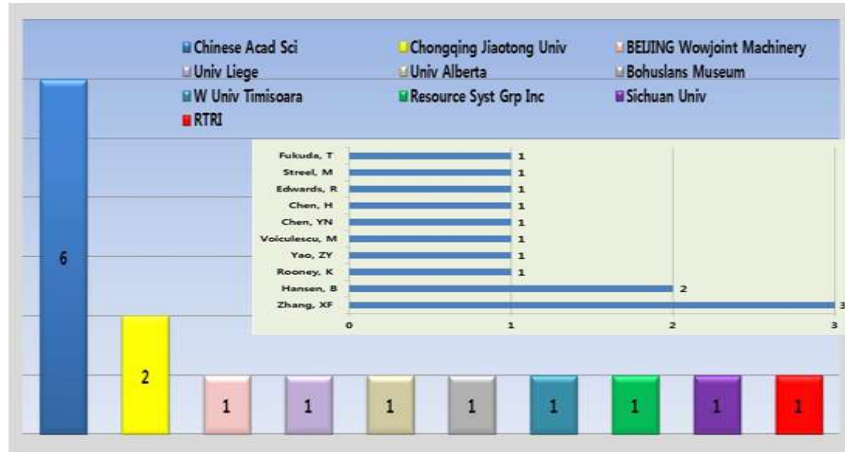


그림 2.47 논문 주요 저자 및 연구기관

- 산악철도 관련 논문의 최다 저자는 중국의 Zhang XF이며, 최다 연구기관 역시 China Acad Sci인 것으로 나타남
- 기타 Chongqing Jiaotong Univ, Beijing Wowjoint Machinery, Sichuan Univ 등 중국의 기관에서 논문을 많이 발표하고 있는데, 이는 중국의 최근 특허 출원 건수 급증과 맞물려 관련 분야의 기술에 집중하고 있다고 판단됨

다. 국내외 핵심논문

- 본 논문 분석에서는 산악열차와 관련 하여 출판된 논문 중 피인용도가 높은 주요 핵심 논문을 도출하였음
- 그 결과, 중국 및 스위스의 산악철도 운행에 관한 논문이 피인용도가 높게 나타나고 있었음
- 그 외 산악지형 터널 관련 논문들도 피인용이 높은 것으로 나타나고 있는데, 이러한 것으로 보아 산악 지형에서 철도를 운영하고 있는 사례를 중심으로 주로 논문을 발표되고 있다고 판단할 수 있음
- 하지만, ‘Late Frasnian-Famennian Climates based on playnomorph analyses and the question of the Late Devonian glaciations’를 제외한 논문의 피인용도수는 타 분야에 비하여 전반적으로 적은 것으로 나타났음

표 2.27 피인용도가 높은 산악열차 관련 주요 핵심 논문

번호	논문제목	저널명	발표년도	피인용수
1	Late Frasnian-Famennian Climates based on playnomorph analyses and the question of the Late Devonian glaciations	ELSEVIER SCIENCE BV	2000	105
2	Using tracer tests and hydrological observations to evaluate effects of tunnel drainage on groundwater and surface waters in th Northern Apennines (Italy)	SPRINGER	2009	11
3	Atmospheric carbonyl compounds in Chinese background area: A remote mountain of th Qinghai-Tibetan Plateau	AMER GEOPHYSI CAL UNION	2007	6
4	ASSEMENT OF GEOMORPHIC HAZARDS AND PRIORITIES FOR FOREST MANAGEMENT ON THE RIGI NORTH FACE, SWITZERLAND	UNIV CALIF PRESS	1994	6
5	Heavy metal contamination in soil alongside mountain railway in Sichuan, China	SPRINGER	2009	5
6	Snow avalanche hazards in the FgraAY massif (South Carpathians): Romanian Carpathians-Management and perspectives	SPRINGER	2009	5
7	Of superquarries and mountain railways: Recurring themes in Scottish environmental conflict	ROYAL SCOTTISH GEOGRAP H SOC	2002	4

4절 연구개발 인프라 분석

1. 연구인력 인프라

- Rack railway 산악열차를 성공적으로 개발하기 위하여 차량 및 인프라에 대한 종합적인 연구가 필요함
- 실용화 과제를 수행하는 연구진은 차량, 궤도/토목, 전기, 추진시스템의 철도 차량의 제작 경험과 개발 경험을 가진 연구진으로 구성 될 예정임
- 차량개발은 고속철도차량, 표준전동차개발, 틸팅차량개발에 참여한 관련분야 10년 이상의 연구경험을 가진 참여연구원으로 구성될 예정이며, 궤도/토목 분야 또한 기존의 고속철도 운영 유지보수 관련 국가 R&D의 참여한 우수연구진으로 구성될 예정임

표 2.28 국내 산악열차 관련 연구 인력 및 인프라

항목	상세 항목	기관	인력	관련 인프라	기술수준(%)
차량	대차	우진산전	○	○	75
		현대로템	○	○	70
	차체	우진산전	○	○	80
		현대로템	○	○	80
	Pinion 및 제동 장치	에코마이스터	○	○	70
궤도/토목	궤도 설계	철도관련 설계 회사	○	○	80
	궤도 패널 제작	태명실업	○	○	85
		CS 글로벌	△	○	85
	탄성 충전재	빌드캠	○	○	70
		ERS	△	○	70
	Rack 제작	우림기계	○	○	70
		월드트랙	△	○	70
	궤도 시공	철도관련 시공회사	○	○	80

- 관련 연구뿐만이 아니라 실용화노선 건설을 위하여 차량 제작 및 노선 건설이 가능한 국내 인프라가 필요하다. Rack railway 산악열차에 대한 연구 개발에 경험이 있거나 제작 및 시공이 가능한 국내의 관련 기관은 다음과 같이 조사되었다. 표에서 ○은 관련 제원이 풍부함, △는 보통 수준을 나타냄

2. 실험장비 및 관련 기자재 인프라

- 본 기획연구를 수행하고 있는 한국철도기술연구원은 철도차량 국내 유일의 철도관련 전문 연구기관으로 철도차량 대차시험기 차륜레일 접촉시험기 및 각종 궤도 성능시험기를 보유하고 있으며 이를 활용하여 가압열차 실용화 연구를 수행할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 한국철도기술연구원은 철도관련 시험인증 업무를 수행하는 기관임
- 한국철도기술연구원에서 보유하고 있는 대표적인 시험 장비는 다음과 같음

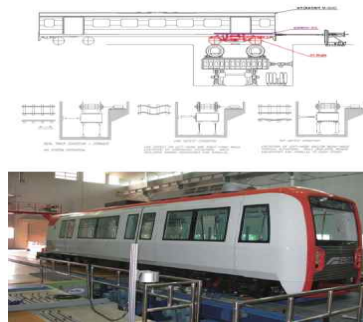


그림 2.48 대차 동특성 시험기



그림 2.49 제동 시험기



그림 2.50 드라이빙기어 시험기



그림 2.51 추진장치 성능 시험기



그림 2.52 레일체결장치 시험기

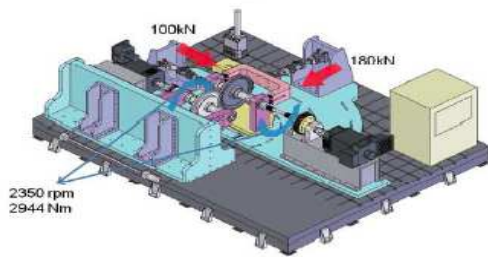


그림 2.53 차륜 레일 접촉 시험기

- 위의 시험 인프라는 범용 심험기로 이밖에 한국철도기술연구원은 ‘급곡선/급구배 추진 시스템 개발’과제를 통하여 Rack railway 열차에 특화된 시험 장비를 구축 하였으며, 대표적으로 급구배 대차 주행 시험기, 드럼 제동 장치 성능 시험기 및 피니언 하중 시험기가 있음



그림 2.54 급구배 대차 주행 시험기



그림 2.55 드럼 제동 장치 성능 시험기

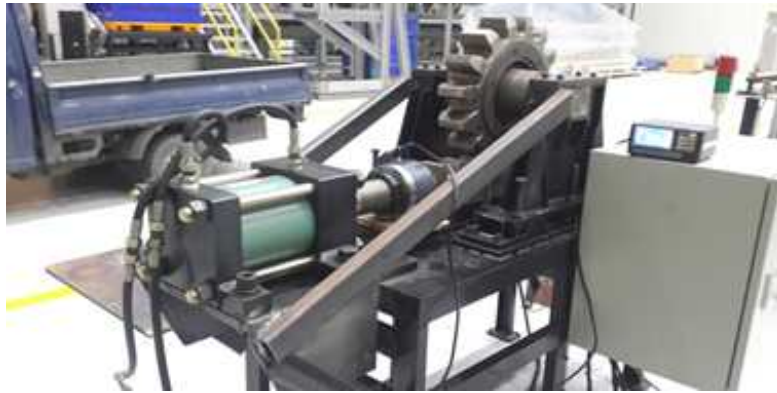


그림 2.56 피니언 하중 시험기

3. 해외 협력기관 인프라

- 본 기획연구를 수행하고 있는 한국철도기술연구원은 여러 국외 연구기관과 협력 관계를 구축하고 있다. 이 중 Rack railway 산악열차 개발과 관련하여 관계가 있는 대표적인 해외 연구 기관은 일본의 국립교통안전환경연구실이 있음
- 구체적으로 일본 국립교통안전환경연구실이 보유하고 있는 동특성 시험 장비는 트랙의 Irregularity는 모사가 불가하지만 산악지역이 많아 비번한 곡선이 발생하는 일본의 특성에 따라 급곡선을 모사하는데 장비의 초점이 맞추어져 있다. 이러한 점에서 본 과제와의 관련성이 높다고 할 수 있음
- 다음의 사진은 곡선 주행 모사가 가능한 일본 국립교통안전환경연구실 동특성 시험 장비의 개략적인 개요를 보여줌



그림 2.57 일본 국립교통안전환경 연구실의 동특성 시험기

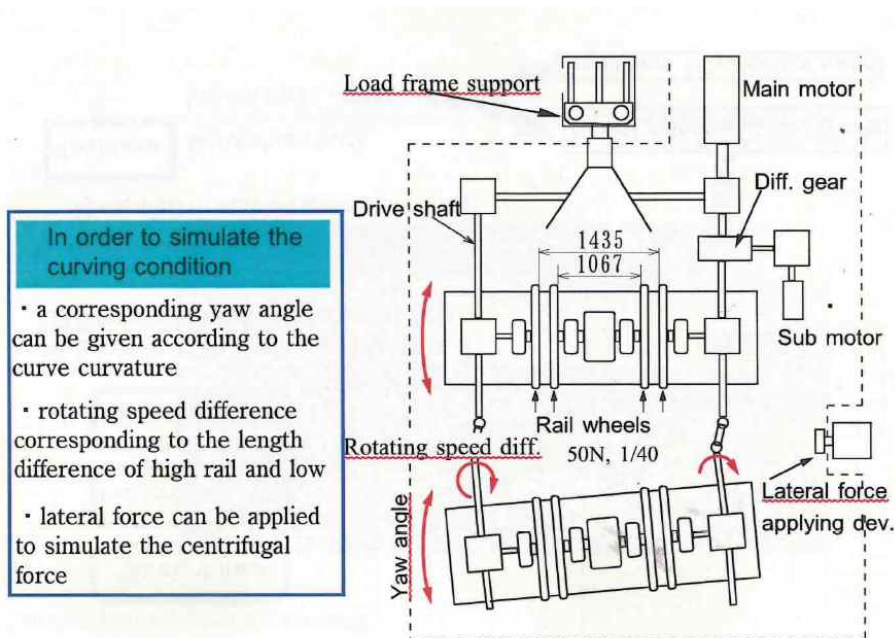


그림 2.58 급곡선을 모사하기 위한 시험기 작동 개요 1

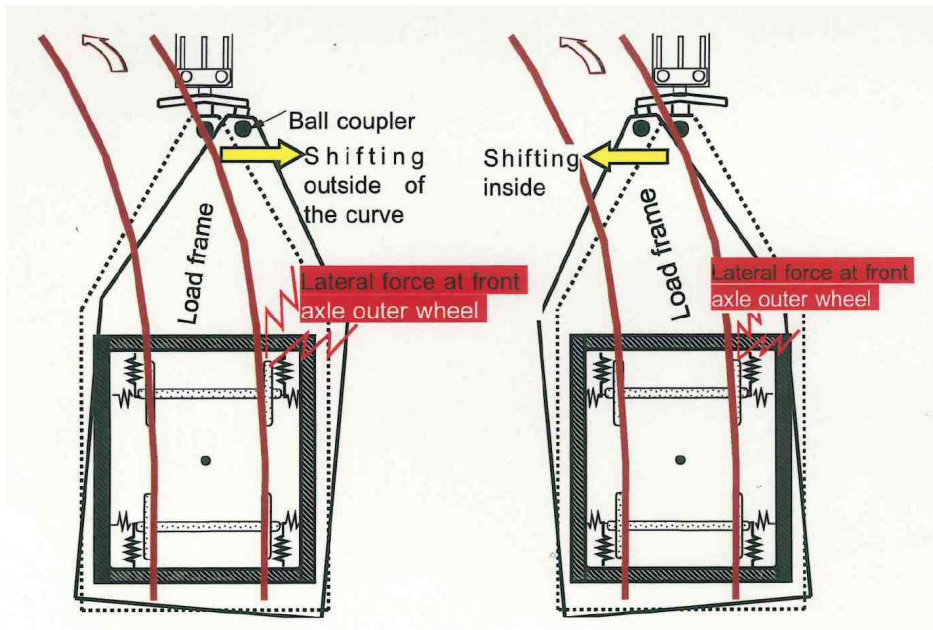


그림 2.59 급곡선을 모사하기 위한 시험기 작동 개요 2

제3장 기술수요 및 수준 · 예측조사

1절 기술수요조사

1. 개요

가. 기술수요조사의 목적

- 기술수요조사는 산악철도 실용화 기술 확보를 위해 기술개발이 필요한 기술아이템 도출을 목적으로 함
 - 동 산업 전문가를 대상으로 세계적 수준의 산악철도 실용화 기술 확보를 위해 기술개발이 필요한 기술아이템에 대한 기술수요를 조사함
 - 기술수요조사는 기술개발 우선순위를 파악하고 기술개발 과제간의 효율적인 자원배분 방안을 마련하기 위한 사전 조사에 해당됨
 - 산악철도 실용화 기술의 분류체계를 제시하고 수요조사를 실시하며, 기술분류체계 상 연구개발 아이템이 많이 제안된 기술분야는 기술개발 니즈가 높은 기술분야로, 연구개발 아이템이 제안되지 않은 기술분야는 기술개발 니즈가 없거나 기술 개발 인프라가 미비한 기술분야로 볼 수 있음

조사 절차

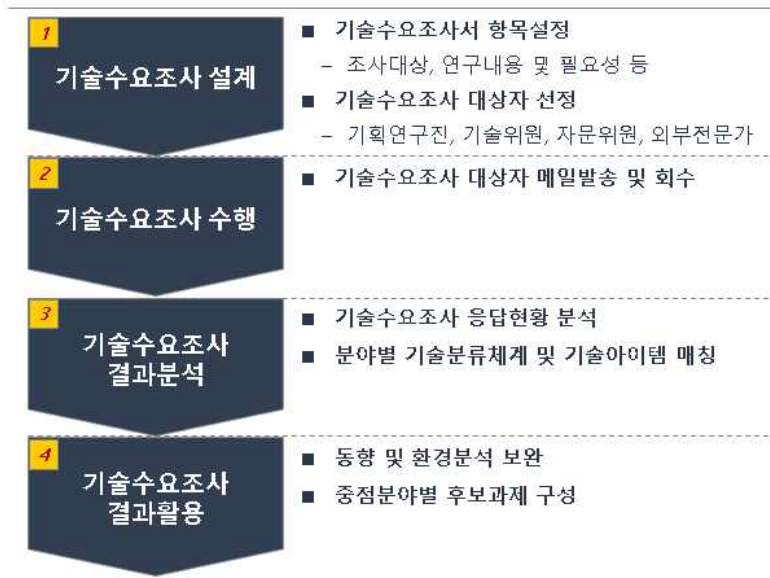


그림 3.1 기술수요조사 프로세스

나. 기술수요조사의 절차

- 기술수요조사는 기술수요조사 설계, 기술수요조사 수행, 기술수요조사 결과 분석, 기술수요조사 결과 활용 순으로 추진
 - 기술수요조사 설계단계에서는 기술수요조사서 항목을 결정하고 기술수요조사 대상자를 설정함
 - 기술수요조사 수행단계에서는 기술수요조사 대상자에게 조사서를 발송하고 회신함
 - 기술수요조사 결과분석단계에선 기술분류체계와 회신된 기술아이템을 매칭하고, 응답현황 및 기술분류체계별 기술수요를 분석함
 - 기술수요조사 결과활용단계에서는 회신 조사서 내용으로 동향 및 환경분석 내용을 보완하고, 기술아이템은 중점분야별 후보과제 구성에 활용

표 3.1 산악열차 기술 분류 체계

대분류	중분류	소분류
1. 산악철도시스템 기술	1.1 차량시스템	1.1.1 파노라마 차체
		1.1.2 관광용 객실
		1.1.3 추진 및 구동시스템
		1.1.4 대차프레임
		1.1.5 현가장치
		1.1.6 차축 및 개별회전 차륜
		1.1.7 대회전 차량 연결장치
		1.1.8 드럼 제동 장치
		1.1.9 대차/차체 인터페이스 성능
		1.1.10 랙피니언 추진장치
		1.1.11 전력 및 충전 배터리
	1.2 궤도시스템	1.2.1 산악 궤도 설계 기준 및 시방서
		1.2.2 산악 궤도 노반 안정화 기술
		1.2.3 산악 궤도 슬라이딩 방지 기술
		1.2.4 산악 궤도 주행 안정성 향상 기술
		1.2.5 산악 궤도 내구성 향상 기술
	1.3 시험선 성능 시험 및 평가	1.3.1 산악트램 시험계측시스템
		1.3.2 산악궤도 시험계측시스템
		1.3.3 산악트램 성능 검증 및 평가

		1.3.4 산악트램 신뢰성 평가
		1.3.5 산악케도 성능 검증 및 평가
		1.3.6 산악트램과 케도간 인터페이스 시험 및 성능 평가
2. 산악철도 시험노선 건설 기술	2.1 케도건설	2.1.1 매립형 PC Rack 케도 패널 제작 기술
		2.1.2 매립형 PC Rack 케도 시공 기술
		2.1.3 Rack 레일 제작 및 시공 기술
		2.1.4 매립형 레일용 탄성 충전재 제작 및 시공 기술
3. 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발	3.1 신호시스템	3.1.1 자동차 차단 및 방호장치
		3.1.2 단선구간 신호보안
		3.1.3 차량/차량 및 차량/관제 통신
	3.2 운영기술	3.2.1 제설 및 제빙 기술
		3.2.1 산악철도 운행 기술
		3.2.3 산악철도 안전기술
		3.2.4 산악철도 환경성 평가
	3.3 유지보수 기술	3.3.1 산악케도 유지보수 기준 및 매뉴얼
		3.3.2 산악트램 유지보수 기준 및 매뉴얼
		3.3.3 산악케도 유지보수 체계
		3.3.4 산악트램 유지보수 체계

다. 기술수요조사 발송 및 응답개요

○ 기술수요조사는 산업 전문가를 대상으로 E-mail을 통하여 수행

표 3.2 기술수요조사 발송 및 응답개요

구분	내용
조사기간	2016년 4월 20일 ~ 5월 10일(3주간)
조사대상	산업 전문가
조사방법	E-mail을 통한 설문조사

2. 기술수요조사 분석결과

- 기술수요조사에는 산업 전문가 43명이 참여
 - 산업 전문가 43명이 총 30건의 기술아이템을 제안함

- 제안 받은 기술아이템은 총 30건으로 기술 분야별로는 다음과 같음
 - 기술 분야별로 파노라마 차체 1건, 대차프레임 2건, 차축 및 개별회전 차륜 1건, 대외전 차량 연결장치 2건, 드럼 제동 장치 2건, 랙피니언 추진장치 4건, 전력 및 충전 배터리 2건, 산악 궤도 설계 기준 및 시방서 1건, 추진 및 구동시스템 1건, 현가장치 1건, 매립형 PC Rack 궤도 패널 제작 기술 1건, Rack 레일 제작 및 시공 기술 3건, 매립형 레일용 탄성 충전재 제작 및 시공 기술 1건, 산악철도 운행기술 1건, 단선구간 신호보안 1건, 산악트램 유지보수 기준 및 매뉴얼 1건등을 제안 받음

- 산악철도 시스템 기술은 다시 차량, 궤도, 및 시험선 성능평가로 나뉘게 되며, 산악철도 운영 및 유지보수 기술은 신호, 운영, 및 유지보수 기술로 나뉨

- 각각의 중분류에 대하여 연구진이 필요하다고 생각되는 기술을 소분류로 나누었으며, 이를 기반으로 국내의 관련 전문가들에게 기술 수요 조사를 수행함

- 기술수요 조사 결과, 아래와 같은 기술 수요가 예측되었다.

표 3.3 대분류 1 (산악철도 시스템 기술)에 대한 기술 수요 결과

중분류	기술명	연구내용	관련 소분류
1.1	산악철도용 Pinion 제동 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 필요 제동력을 구현하는 Band Type 의 제동장치 개발 • 원활한 추진을 위한 드럼의 무게 최소화 • 산악 지형의 온도 변화에 적합한 Band 마찰재 개발 	1.18
	밴드타입의 제동장치 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 유지보수가 용이한 밴드 타입의 브레이크 개발 • 피니언의 제동력 확보를 위한 브레이크 요소 안전을 적용 	1.18
	패드 타입의 탄성체를 적용한	<ul style="list-style-type: none"> • 저진동 탄성 피니언 개발 • 주행 안정성 확보를 위한 패드타입의 	1.1.10

탄성 피니언 기술 개발	탄성체 개발	
저진동 탄성 추진장치 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 일반 피니언 대비 진동저감 성능 확보 • 유지보수 및 교체가 용이한 부싱 타입의 탄성체 삽입 	1.1.10
급구배 추진 Rack 제작 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 대차 피니언의 모듈에 맞는 랙의 치형 설계 • 대량 생산이 가능한 랙 제작공정 기술 개발 • 주행 안정성에 적합한 랙 소재 개발 	1.1.10 2.1.3
분할기어 방식의 탄성 피니언 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 분할 기어 체결 기술 개발 • 치형 오차 제거를 위한 가공기술 개발 	1.1.10
곡선부 주행이 가능한 랙 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 곡선 반경 10m 구간 주행이 가능한 랙 치형 설계 • 랙 및 피니언 치형 가공 기술 개발 	1.1.10 2.1.3
급구배시 원활한 주행이 가능한 랙 진입부 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 랙 구간 진입시 피니언의 원활한 맞물림을 위한 진입부 설계 • 랙 진입부 완충 설비 검토 및 적용 	1.1.10 2.1.3
랙 체결장치 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 궤도와 랙 체결 검토 및 설계 • 체결장치 형상 및 소재, 요소 등 상세 설계 	1.1.10 2.1.3
곡선부 랙 체결장치 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 궤도와 랙 체결 방안 검토 및 설계 • 체결장치 형상 및 소재, 요소 등 상세 설계 	1.1.10 2.1.3
급구배 차량용 고효율 제동장치 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> • 고훈답, 고성능, 고효율의 제동제어시스템 개발 • 고훈량 기초제동장치 개발(180%에서 제동성능 달성) • 협궤에 적합한 고훈답, 출력의 컴팩트한 사이즈 구현 	1.1.12.
에너지 효율 강화를 위한 차량 배터리 관리 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 회생 에너지 저장율90% 이상 • 회생효율을 위한 최적화된 VVVF 인버터(초퍼) 개발 • 고효율 전력 관리 기술 • 역행, 타행, 회생 모드시 적용 패턴 최 	1.1.11

		<p>적화로 에너지 효율 극대화</p> <ul style="list-style-type: none"> 차량 종합 에너지 관리 기술 	
	<p>급곡선 및 급구배에서 차체간 거동 추종 및 충격저감이 가능한 연결기 및 통로연결막에 대한 연구개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> 차량의 최대 압축하중, 충돌하중 및 급곡선/급구배에서 발생하는 차량의 트위스트 하중이 고려된 연결기의 개발 급곡선/급구배 경합 구간에서 차체간 발생하는 트위스트를 흡수할 수 있는 연결기 구조 연구(회전 및 압축하중을 동시에 고려할수 있는 구조) 차체 최대 압축 및 신축량이 고려된 통로연결막 개발 급곡선/급구배가 경합된 구간에서의 통로바닥판 구조 연구 	1.1.7
	<p>급곡선 주행을 위한 산악형 조향 대차 시스템 기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> 궤도와 랙(Rack)과 인터페이스를 고려한 조향 가능한 윤축의 개발 (피니언에 랙이 끼이는 현상을 고려, 부드러운 곡선 주행이 가능한 기술 개발) 조향 메커니즘 설계, 성능 해석 시제 대차 제작 및 성능평가 	1.1.6
	<p>산악 최악환경조건에 따른 충전 배터리 구동 안정화 기술 제안</p>	<ul style="list-style-type: none"> 배터리를 위한CHARGE 및 DISCHARGE의 구동 환경 기준 완화 기술 개발 배터리 팩 구성 및 박스 구조 최적화를 통한 산악지형 환경조건 대응 기술 개발 	1.1.11
	<p>급구배 차량 연결장치 기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> 좌우 60도 이상, 상하 20도 이상의 동작 범위의 연결장치 및 완충구조 개발 	1.1.7
	<p>급곡선 주행을 고려한 차동장치가 장착된 1축 피벗스윙 대차시스템</p>	<ul style="list-style-type: none"> 철제 차륜 차축에 차동기어를 적용하여 급곡선 주행시 발생하는 좌우 차륜의 회전수를 보정할 수 있는 차축의 개발 2축대차로는 급곡선 주행의 한계가 있으므로, 1축 대차를 피벗 및 스윙장치를 이용하여 2축으로 구성하고, 각 축이 곡선에 따라 자유롭게 회전될 수 있도록 구성된 프레임 시스템 개발 	1.1.6 1.1.4

	파노라마 설치 차체의 최적화 설계 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 파노라마 차체 강도 검토 • 파노라마 부 유리 강도 확보 방안 검토 • 파노라마 부 취부 방안 검토 • 파노라마 적용 부 강도, 강성 평가 	1.1.1
	대차 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 대차시스템 주요 부품의 구성 개발 • 차량 주행안정성을 고려한 현가장치 개발 • 구조적 강도 및 경량화를 구현한 대차 프레임 개발 • 최소곡선 주행이 가능하며 유지보수성을 고려한 차축 및 차륜의 개발 • 차량의 운행에 따른 동적 특성을 고려한 대차/차체 인터페이스 기술 개발 	1.1.4 1.1.5 1.1.9
1.2	산악궤도 연속화 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • PC 패널 연속화 조인트 개발 • PC 패널 조인트 반복 하중 실험을 통한 성능 검증 • 시공성을 고려한 PC 패널 연속화 시공 방법 개발 • 산악궤도 레일 및 Rack 연속화 기술 개발 	1.2.3 1.2.4
	산악 궤도 내구성 증진을 위한 궤도 재료 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • R=10m 가공에 대응할 수 있는 레일 및 Rack 제작 기술 개발 • 급곡선에 따른 Rack-Pinion 인터페이스 설계 • 동결용해, 염화물 및 중성화 저항성이 뛰어난 콘크리트 재료 개발 	1.2.5
	산악궤도 설계기준 정립	<ul style="list-style-type: none"> • 개발차량의 성능 및 제원 분석을 통한 도로설계 및 철도설계기준을 만족하는 산악철도 설계기준 정립 • 산악지형특성 및 차량주행안정성을 확보 가능한 선형계획 수립 • 산악지형에서의 궤도패널 시공성 및 품질확보 개발 기준 정립 	1.2.1 1.2.4 2.1.2 2.1.3

표 3.4 대분류 2 (산악철도 시험노선 건설 기술)에 대한 기술 수요 결과

중분류	기술명	연구내용	관련 소분류
2.1	내후성이 뛰어난 탄성충진재 개발 및 시공기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 내구성이 우수한 충진재 개발 • 반복 하중 실험을 통한 성능 검증 • 시공성을 고려한 연속 시공 방법 개발 • 산악궤도 레일 및 Rack 연속화 기술개발 	2.1.4
	산악 궤도 설계기준 정립	<ul style="list-style-type: none"> • 산악지형에서의 궤도패널 시공성 및 품질확보 개발 기준 정립 	2.1.2 2.1.3
	매립형 궤도패널 거푸집 개발 연구	<ul style="list-style-type: none"> • 곡선반경/ 기울기 조건별 가변이 가능한 몰드 제작 • 시공오차(중거)의 최소화 가능한 궤도패널 및 길이 조정 가능 몰드 제작 	2.1.1 2.1.3

표 3.5 대분류 3(산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발)에 대한 기술 수요 결과

중분류	기술명	연구내용	관련 소분류
3.1	산악철도 무선신호시스템 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 산악철도 GPS 기반 위치검측시스템 설계 • 산악철도 무선통신 시스템 구축 연구 	3.1.1
	전방 장애물 감시 및 제동 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 센서 (비전, IR등)에 의한 전방 감시 및 장애물 인식 • 장애물 인식에 따른 제동 제어 기술 • 감시 및 제동 제어 성능 시험 및 평가 	3.1.2
3.2	산악철도 혹한기 유지보수 안전시스템 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> • 매립형궤도 결빙방지시스템 설계(지열, 열선, 통풍을 이용한 시스템 설계) • 비접촉, 화상 전송을 이용한 낙석 결빙 보고시스템 기술개발 	3.2.1
	산악철도 운행중 급속 충전기술	<ul style="list-style-type: none"> • 장거리 비접촉 충전 시설 개발 • 배터리 효율 향상 기술 개발 • 급속 충전 기술 개발 	3.2.1
3.3	매립형궤도 분리형 유지보수기술개발	<ul style="list-style-type: none"> • 산악철도 매립형 궤도 교체 시스템 설계 • 충전제/ 패널 고정 시스템 설계 	3.3.1

2절 기술수준 및 예측조사

1. 개요

가. 기술수준/예측조사의 목적

- ‘산악철도 실용화 기술 기획’연구의 기술수준/예측조사는 관련 기술의 실현시기, 기술수준 등 기술혁신 동향을 정량적으로 평가하여 과제우선순위평가를 위한 기초자료로 활용하는 것을 목적으로 함
 - 산업 전문가를 대상으로 산악철도 실용화 기술의 기술수준, TRL단계, 인프라 성숙도, 중요도 등을 조사함
 - 연구개발 사업 계획과 전략 수립에 활용하기 위해 적합한 자료와 다양한 예측방법을 사용하여 미래의 기술변화 파악에 필요한 정보를 수집함
 - 현재 기술의 수준을 살펴봄으로써 기술변화를 예측하고, 이를 기반으로 기술개발의 방향을 설정함

나. 기술수준/예측조사의 절차

- 기술수준/예측조사는 기술수준/예측조사 설계, 기술수준/예측조사 수행, 기술수준/예측조사 결과분석, 기술수준/예측조사 결과 활용 순으로 추진
 - 기술수준/예측조사 설계단계에서는 기술수준/예측조사서 항목을 결정하고 기술수준/예측조사 대상자를 설정함
 - 조사항목은 기술수준/예측조사를 수행한 선행연구의 기술수준/예측조사항목을 검토하여 기술개발 추진방향 설정에 시사점을 줄 수 있는 항목으로 구성함
 - 세부 기술분야별 최고기술보유국과 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준, 기술격차추세, TRL, 인프라 성숙도, 기술적 중요도, 기술개발의 시급성 등을 조사항목으로 설정함
 - 기술수준/예측조사 수행단계에서는 기술수준/예측조사 대상자에게 조사서를 발송하고 회신하며, 2Round에 걸친 Mini-델파이 방법을 활용함
 - 2Round조사에서는 응답자별로 본인의 1Round 응답결과와 전체 조사대상자 응답 통계자료를 함께 제공하고 통계자료를 확인 후 1Round 응답결과를 수정할 수 있도록 하여 조사항목별로 전문가의 합의를 유도함
 - 기술수준/예측조사 결과분석단계에선 기술분류체계별 조사 결과에 대한 통계분석과 기술수준-중요도, 기술기반 성숙도-중요도의 포트폴리오 분석을 수행함

- 기술수준/예측조사 결과활용단계에서는 분석결과를 기반으로 세부과제기획 또는 RFP 작성 시 연구개발추진전략 설정에 활용하고 사전타당성(기술수준 및 성공가능성, 사업추진의 시급성, 기술개발 계획의 적절성) 작성 시 근거자료로 활용함

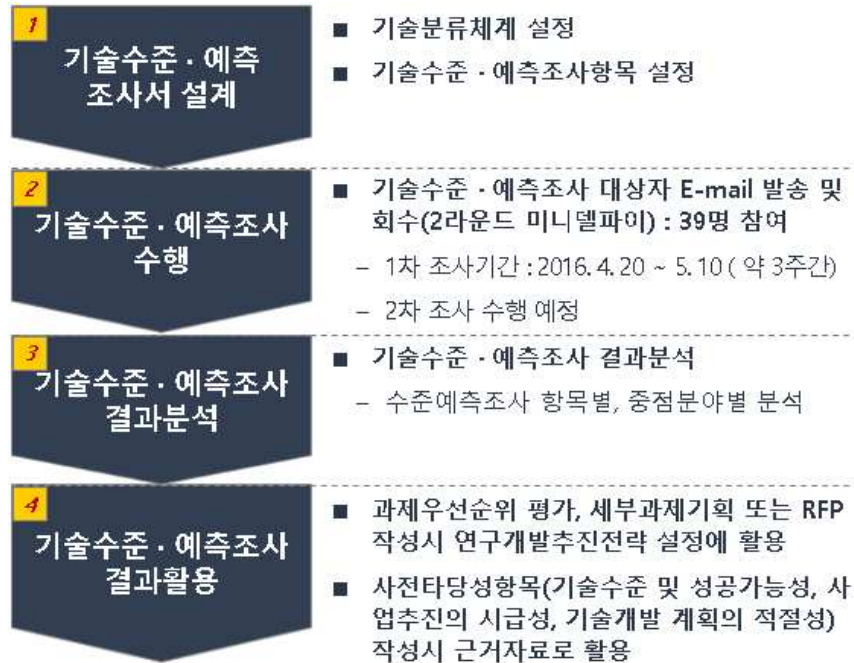


그림 3.2 기술수준/예측조사 프로세스

다. 기술수준/예측조사 발송 및 응답개요

- 기술수준/예측조사는 내부 기획연구진 및 외부전문가들을 대상으로 E-mail 을 발송하여 조사함

표 3.6 기술수준/예측조사 발송 및 응답개요

구분	내용
조사기간	- 1차 조사기간 : 2016년 4월 20일 ~ 5월 10일 (3주간) - 2차 조사기간 : 2016년 5월 27일 ~ 6월 01일 (1주간)
조사대상	- 산업 전문가
조사방법	- E-mail을 통한 설문조사

라. 기술수준/예측조사 항목 설정

(1) 국내 기술수준 및 기술격차

- ‘국내 기술수준’은 ‘16년 현재 시점에서 해당기술의 최고기술보유국 대비 국내 기술수준을 나타냄
 - 기술수준의 평가 기준은 다음과 같음

표 3.7 기술수준 평가 기준

기술수준	설명
100%	- 독보적 세계 최고
81% ~ 99%	- 기술 분야를 선도
61% ~ 80%	- 선진기술의 모방개량이 가능
41% ~ 60%	- 선진기술의 도입적용이 가능
1% ~ 40%	- 연구개발능력이 취약
0%	- 우리나라에서 관련 연구가 전혀 진행되고 있지 않음

- ‘기술격차추세’는 세계 최고기술과 국내 기술수준 격차가 어떻게 변화하고 있는지를 나타내는 지표로 5점 척도로 평가
 - 기술격차추세의 평가 기준은 다음과 같음

표 3.8 기술격차추세 평가 기준

구분	설명
5	- 최고기술과 기술격차가 “빠르게 확대 중”
4	- 최고기술과 기술격차가 “확대 중”
3	- 최고기술과 기술격차가 “유지되고 있음”
2	- 최고기술과 기술격차가 “축소 중”
1	- 최고기술과 기술격차가 “빠르게 축소 중”

(2) 기술성숙도(TRL)

- ‘기술성숙도(TRL)’는 해당기술의 국내외 기술성숙도를 나타내는 지표로 사용
 - 기술성숙도(TRL)의 평가 기준은 다음과 같음

표 3.9 기술성숙도(TRL) 평가 기준

기술성숙도 단계	설명
1단계	- 기초이론/실험 등 기초연구가 시작되고 응용연구로 전환되기 시작하는 단계
2단계	- 실용목적의 아이디어, 특허 등 개념이 정립되는 단계
3단계	- 실험실 규모의 기본성능평가가 수행되는 단계
4단계	- 실험실 규모의 핵심성능평가가 수행되는 단계
5단계	- 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계
6단계	- 파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계
7단계	- 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이뤄지는 단계
8단계	- 시제품 제작 및 신기술 검증/인증/표준화가 수행되는 단계
9단계	- 사업화가 완료된 단계

(3) 최고기술 보유국

- ‘최고기술 보유국’은 ‘16년 현재 시점에서 해당기술의 최고기술을 보유한 국가를 나타냄

(4) 기술기반 성숙도

- ‘기술기반 성숙도’는 ‘16년 현재 시점에서 해당 기술과 관련된 국내 산업/기술 연구인력, 장비 등 인프라 수준을 나타내는 지표로 5점 척도로 제시
 - 기술기반 성숙도의 평가 기준은 다음과 같음

표 3.10 기술기반 성숙도 평가 기준

구분	설명
5	- 세계선도 연구인력 및 장비 등 확보
4	- 최고기술보유국과 동등한 수준
3	- 최고기술보유국보다 낮지만 자체연구개발 수행가능 인력 장비 확보
2	- 국내 관련 연구인력, 장비가 매우적어 해외협력연구가 필요한 수준
1	- 국내 관련 연구인력, 장비 인프라 전무

(5) 기술적 중요도

- ‘기술 핵심성’은 해당기술이 ‘산악철도 실용화 기술’ 내에서 차지하는 상대적인 중요도를 나타내는 지표로 5점 척도로 제시
 - 기술 핵심성의 평가 기준은 다음과 같음

표 3.11 기술 핵심성 평가 기준

구분	설명
5	해당기술이 ‘산악철도 실용화 기술’ 내에서 차지하는 상대적인 중요도가 매우 높음
4	해당기술이 ‘산악철도 실용화 기술’ 내에서 차지하는 상대적인 중요도가 높음
3	해당기술이 ‘산악철도 실용화 기술’ 내에서 차지하는 상대적인 중요도가 보통임
2	해당기술이 ‘산악철도 실용화 기술’ 내에서 차지하는 상대적인 중요도가 낮음
1	해당기술이 ‘산악철도 실용화 기술’ 내에서 차지하는 상대적인 중요도가 매우 낮음

- ‘시급성’은 해당 기술이 적정 수준을 구현해야 하는 시기를 고려하여 기술개발이 시급한 정도를 나타내는 지표로 5점 척도로 제시
 - 시급성의 평가 기준은 다음과 같음

표 3.12 시급성 평가 기준

구분	설명
5	- 적정수준 구현시기를 고려 시 기술개발이 매우 시급함
4	- 적정수준 구현시기를 고려 시 기술개발이 시급함
3	- 적정수준 구현시기를 고려 시 기술개발이 시급한 정도가 보통임
2	- 적정수준 구현시기를 고려 시 기술개발이 시급하지 않음
1	- 적정수준 구현시기를 고려 시 기술개발이 전혀 시급하지 않음

- ‘과학기술적 파급효과’는 해당 기술이 타 요소기술 개발에 미치는 영향력을 나타내는 지표로 5점 척도로 제시
 - 과학기술적 파급효과의 평가 기준은 다음과 같음

표 3.13 과학기술적 파급효과 평가 기준

구분	설명
5	- 타 요소기술 개발에 미치는 영향력이 매우 높음
4	- 타 요소기술 개발에 미치는 영향력이 높음
3	- 타 요소기술 개발에 미치는 영향력이 보통임
2	- 타 요소기술 개발에 미치는 영향력이 낮음
1	- 타 요소기술 개발에 미치는 영향력이 매우 낮음

2. 기술수준/예측조사 결과

가. 산악철도 시스템 기술

표 3.14 산악철도 시스템 기술 수준 조사 결과

구분	1. 산악철도 시스템 기술		
	1.1 차량시스템	1.2 궤도시스템	1.3 성능 시험 및 평가
기술수준(%)	64.6	51.4	56.9
기술격차추세(5점 척도)	2.6	3.0	3.4
TRL 단계 (1~9단계)	최고기술	6.9	8.1
	국내	4.2	1.9
기술기반 인프라 성숙도(5점 척도)	3.0	3.1	2.4
기술적중요도(5점 척도)	4.4	3.7	4.6
시급성(5점 척도)	4.0	4.4	4.4
파급효과(5점 척도)	4.0	3.3	4.4

나. 산악철도 시험노선 건설 기술

표 3.15 산악철도 시험노선 건설 기술 조사 결과

구분		1. 산악철도 시험노선 건설 기술	
		2.1 궤도건설	
기술수준(%)		63.6	
기술격차추세(5점척도)		3.0	
TRL 단계 (1~9단계)	최고기술	7.1	
	국내	5.0	
기술기반 인프라 성숙도(5점척도)		3.1	
기술적중요도(5점척도)		4.0	
시급성(5점척도)		4.1	
파급효과(5점척도)		3.9	

다. 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발

표 3.16 산악철도 운영 및 유지보수 기술 조사 결과

구분		1. 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발		
		3.1 신호시스템	3.2 운영기술	3.3 유지보수 기술
기술수준(%)		60.0	52.4	53.8
기술격차추세(5점척도)		3.0	3.1	3.5
TRL 단계 (1~9단계)	최고기술	8.0	7.3	9.0
	국내	6.7	4.0	4.5
기술기반 인프라 성숙도(5점척도)		3.0	2.5	2.0
기술적중요도(5점척도)		5.0	3.8	4.3
시급성(5점척도)		4.0	4.0	4.3
파급효과(5점척도)		3.0	3.5	5.0

3. 기술수준/예측분석 결과

가. 기술수준 및 기술격차추세

- 산악철도 실용화 기술의 기술수준 평균은 58.9%로 조사됨
 - 산악철도 시험노선 건설 기술은 기술수준 63.6%로 타 기술 대비 가장 수준이 높은 것으로 나타남
 - 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발(신호시스템 및 유지보수 기술 제외)은 기술수준 55.4%로 타 기술 대비 가장 수준이 낮은 것으로 나타남

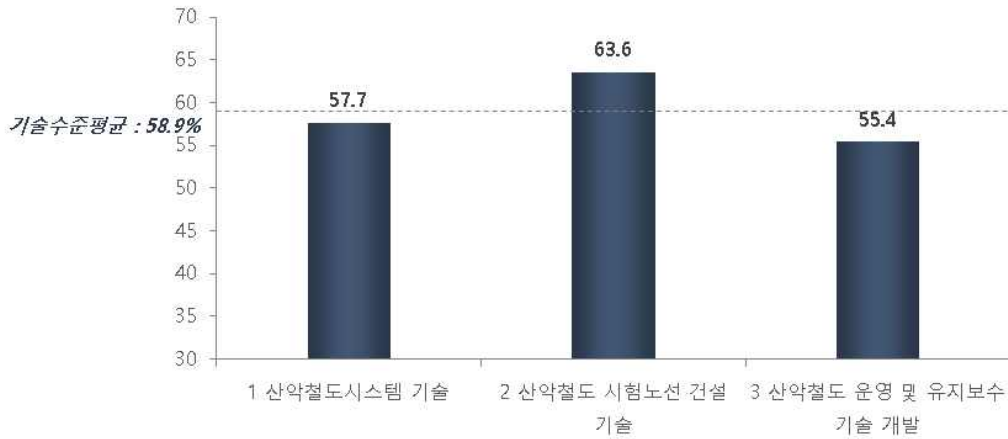


그림 3.3 산악철도 실용화 기술의 기술수준

- 산악철도 실용화 기술의 기술 격차는 유지 또는 조금씩 확대중인 것으로 나타남
 - 산악철도 시스템 기술 및 산악철도 시험노선 건설 기술은 기술격차가 유지에 가까운 것으로 나타남

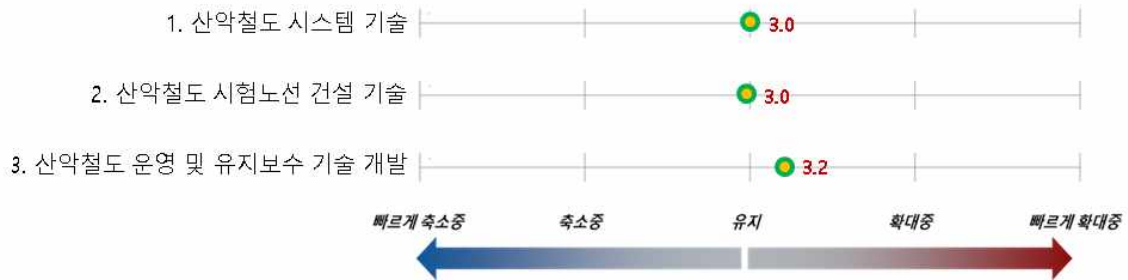


그림 3.4 산악철도 실용화 기술의 기술격차 추세

(1) 산악철도시스템 기술

- 산악철도시스템 기술의 평균 기술수준은 57.7%임
 - 궤도시스템은 상대적으로 기술수준이 51.4%로 낮으며, 차량시스템이 64.6%로 상대적 기술 수준이 가장 높음

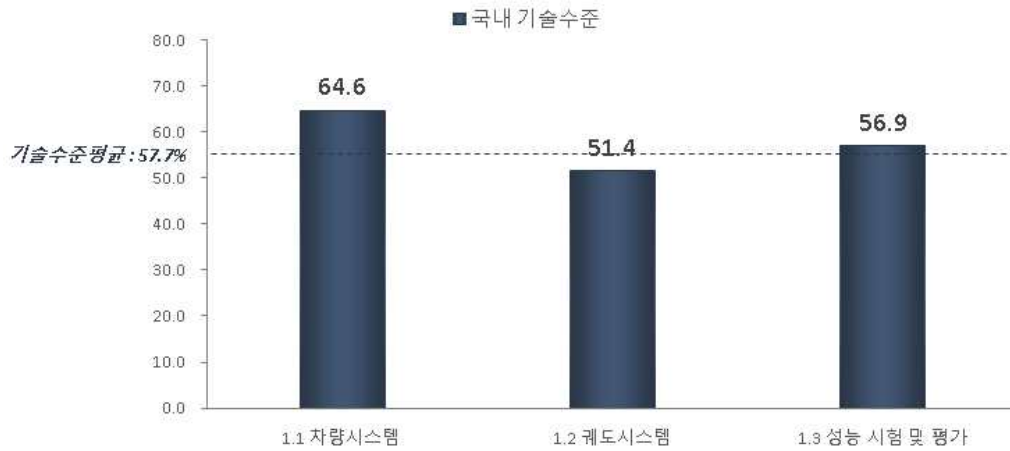


그림 3.5 산악철도시스템 기술의 기술수준

- 산악철도시스템 기술은 중분류 기술에 따라 기술 격차 추세가 다양하게 나타남
 - 차량시스템은 축소, 궤도시스템은 유지 중이며 성능 시험 및 평가는 확대중인 것으로 조사되었음

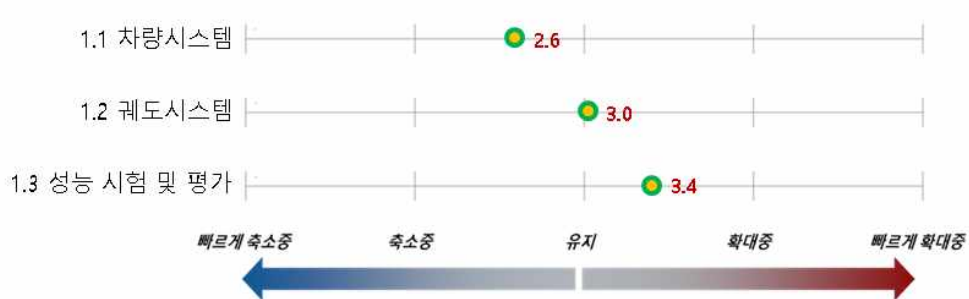


그림 3.6 산악철도시스템 기술의 기술격차 추세

(2) 산악철도 시험노선 건설 기술

- 산악철도 시험노선 건설 기술의 기술수준은 63.6%임

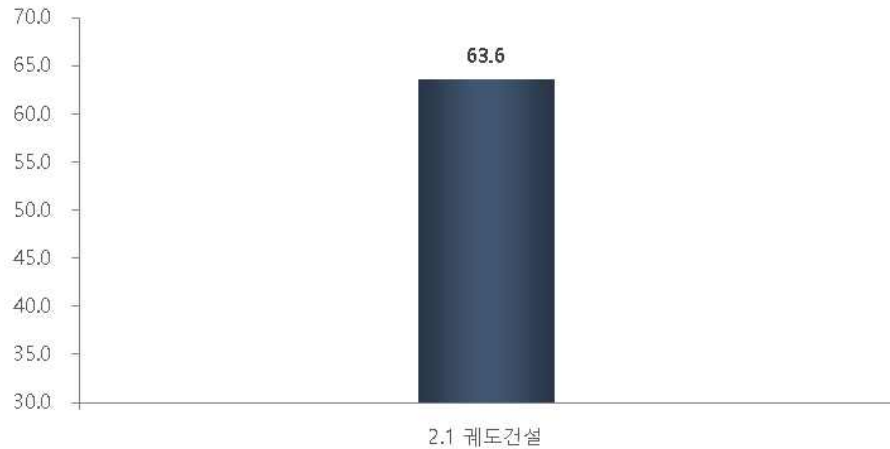


그림 3.7 산악철도 시험노선 건설 기술의 기술수준

○ 산악철도 시험노선 건설 기술의 기술 격차는 유지되고 있는 것으로 나타남



그림 3.8 산악철도 시험노선 건설 기술의 기술격차 추세

(3) 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발

○ 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발의 기술수준은 55.4%임
 - 신호시스템이 60.0%로 가장 기술 수준이 높으며 운영기술은 52.4%로 가장 수준이 낮게 나타남



그림 3.9 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발의 기술수준

- 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발은 기술 격차가 유지 및 확대되고 있는 것으로 나타남
 - 신호시스템은 기술 격차가 유지되고 있음
 - 운영기술 및 유지보수 기술은 기술 격차가 확대되고 있음

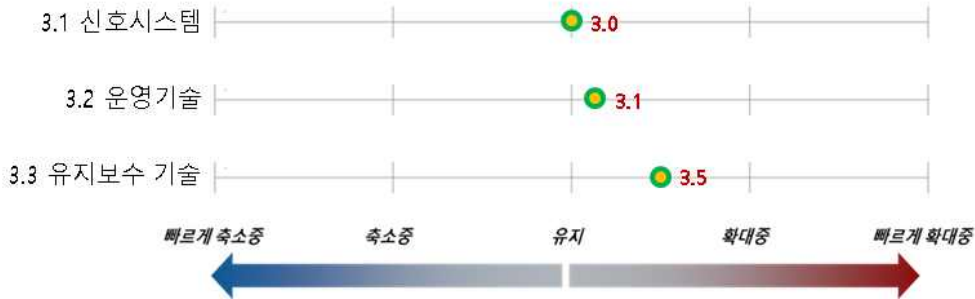


그림 3.10 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발의 기술격차 추세

나. 기술성숙도(TRL)

- 산악철도 실용화 기술의 국내 TRL 단계는 3~5단계, 해외 TRL 단계는 7~8 단계인 것으로 나타남
 - 산악철도 실용화 기술의 국내 TRL 단계는 3~5단계로 실험실 규모의 핵심 성능 평가 및 확정된 시스템의 시제품 제작과 성능평가가 수행되고 있음
 - 국외의 경우 관련 기술의 TRL 단계는 7단계로 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지는 단계임

	TRL 1	TRL 2	TRL 3	TRL 4	TRL 5	TRL 6	TRL 7	TRL 8	TRL 9
산악철도시스템 기술			★ 3.6					● 7.7	
산악철도 시험노선 건설 기술				★ 5.0			● 7.1		
산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발				★ 5.0				● 8.1	
	기초 이론/ 실험 등 기초연구가 시작되고 응용연구로 전환되기 시작하는 단계	실용목적의 아이디어, 특허 등 개념이 정립되는 단계	실험실 규모의 기본성능평가가 수행되는 단계	실험실 규모의 핵심성능평가가 수행되는 단계	확정된 시스템의 시제품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계	파일럿 규모의 시제품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계	신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지는 단계	시제품 제작 및 신기술 검증/인증/표준화가 수행되는 단계	사업화가 완료된 단계

그림 3.11 산악철도 실용화 기술의 기술성숙도

(1) 산악철도시스템 기술

- 산악철도시스템 기술의 국내 TRL 단계는 1~4단계, 해외 TRL 단계는 6~8 단계로 나타나 해외보다 국내의 기술성숙도가 매우 낮은 것으로 파악됨

- 산악철도시스템 기술의 국내 TRL 단계는 1~4단계로 나타남
- 차량시스템과 궤도시스템은 4단계로 실험실 규모의 핵심성능평가가 수행됨
- 성능시험 및 평가는 1단계로 기초이론/실험 등 기초연구가 시작되고 응용연구로 전환되기 시작하는 단계임
- 산악철도시스템 기술의 국외 TRL 단계는 6~8단계로 나타남
- 차량시스템은 7단계로 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어짐
- 궤도시스템은 6단계로 파일럿 규모의 시제품 제작 및 성능평가를 수행함
- 성능시험 및 평가는 8단계로 시제품 제작 및 신기술 검증/인증/표준화가 수행되는 단계임



그림 3.12 산악철도시스템 기술의 기술성숙도

(2) 산악철도 시험노선 건설 기술

○ 산악철도 시험노선 건설 기술의 국내 TRL 단계는 5단계, 국외 TRL 단계는 7단계인 것으로 나타남

- 산악철도 시험노선 건설 기술의 국내 TRL 단계는 5단계로 확정된 시스템의 시제품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계임
- 산악철도 시험노선 건설 기술의 국외 TRL 단계는 7단계로 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지는 단계로 파악됨



그림 3.13 산악철도 시험노선 건설 기술의 기술성숙도

(3) 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발

- 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발의 국내 TRL 단계는 3~6단계, 해외 TRL 단계는 7~9단계로 나타남
 - 운영 및 유지보수 기술의 국내 TRL 단계는 3~6단계로 나타남
신호시스템은 6단계로 파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가를 수행
 - 운영 기술 및 유지 보수 기술은 4단계로 실험실 규모의 핵심성능평가가 수행됨
 - 운영 및 유지보수 기술의 해외 TRL 단계는 7~9단계로 나타남
 - 신호시스템은 8단계로 파일럿 규모의 시작품 제작 및 신기술 검증/인증/표준화가 수행되는 단계로 파악 됨
 - 운영기술은 7단계로 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지는 단계로 파악 됨
 - 유지보수 기술은 9단계로 사업화가 완료된 단계임



그림 3.14 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발의 기술성숙도

다. 최고기술보유국

- 산악철도 실용화 기술의 최고기술보유국을 조사한 결과 스위스가 가장 많은 최고기술을 보유한 것으로 나타남
 - 최고기술보유국은 스위스(50.7%), 일본(17.1%), 네덜란드(11.7%), 오스트리아(7.4%)순으로 조사되었으며, 이를 동향 및 환경분석 대상국가로 고려할 수 있음
 - 기타 국가는 스웨덴, 프랑스, 캐나다 등임

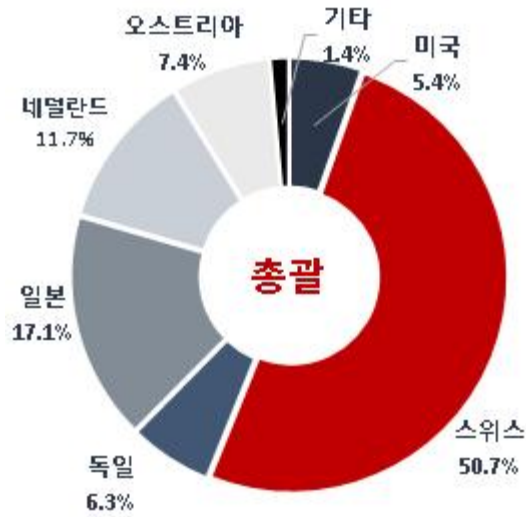


그림 3.15 산악철도 실용화 기술 최고기술보유국 비중

(1) 산악철도시스템 기술

- 산악철도시스템 기술의 최고기술보유국을 조사한 결과 스위스가 가장 많은 최고기술을 보유한 것으로 나타남
 - 최고기술보유 비중은 스위스 42.9%, 일본 26.8%로 조사됨
 - 성능 시험 및 평가 기술의 경우 스위스가 100%의 최고기술보유국으로 조사되었음

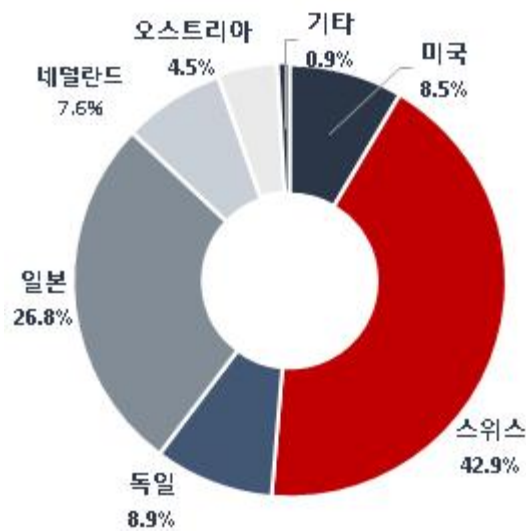


그림 3.16 산악철도시스템 기술 최고기술보유국 비중

표 3.17 산악철도시스템 기술 최고기술보유국 조사결과

중분류	최고기술보유국(비중,(%))						
	미국	스위스	독일	일본	네덜란드	오스트리아	기타
1.1 차량시스템	2.2%	70.8%	3.4%	10.1%	0.0%	11.2%	2.2%
1.2 궤도시스템	14.3%	14.3%	14.3%	42.9%	14.3%	0.0%	0.0%
1.3 성능 시험 및 평가	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

*기타 국가는 스웨덴, 프랑스, 캐나다 등임

(2) 산악철도 시험노선 건설 기술

- 산악철도 시험노선 건설 기술의 최고기술보유국을 조사한 결과 네덜란드가 가장 많은 최고기술을 보유한 것으로 나타남
 - 최고기술보유국은 네덜란드 54.5%, 스위스 40.9%, 독일 4.5%로 조사됨

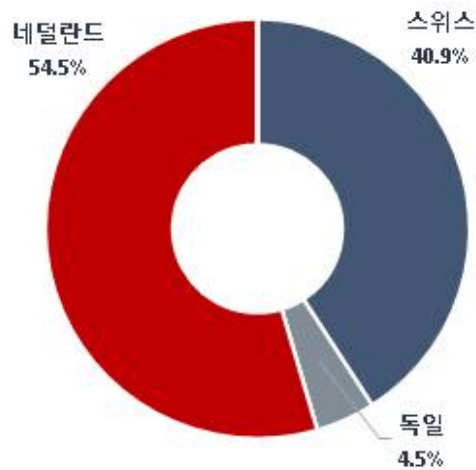


그림 3.17 산악철도 시험노선 건설 기술 최고기술보유국 비중

표 3.18 산악철도 시험노선 건설 기술 최고기술보유국 조사결과

중분류	최고기술보유국(비중,(%))						
	미국	스위스	독일	일본	네덜란드	오스트리아	기타
2.1 궤도건설	0.0%	40.9%	4.5%	0.0%	54.5%	0.0%	0.0%

*기타 국가는 스웨덴, 프랑스, 캐나다 등임

(3) 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발

- 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발의 최고기술보유국을 조사한 결과 스위스가 모든 최고기술을 보유한 것으로 나타남
 - 최고기술보유국은 스위스 77.1%, 오스트리아 19.3%로 조사 됨

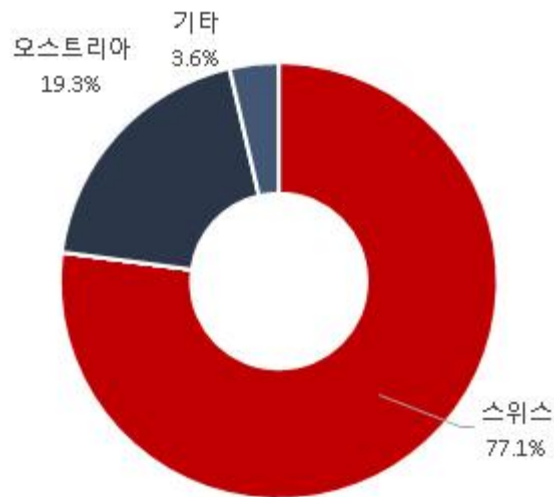


그림 3.18 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발 최고기술보유국 비중

표 3.19 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발 최고기술보유국 조사결과

중분류	최고기술보유국(비중,%)						
	미국	스위스	독일	일본	네덜란드	오스트리아	기타
3.1 신호시스템	0.0%	87.5%	0.0%	0.0%	0.0%	12.5%	0.0%
3.2 운영기술	0.0%	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	50.0%	0.0%
3.3 유지보수 기술	5.4%	50.7%	6.3%	17.1%	11.7%	7.4%	1.4%

*기타 국가는 스웨덴, 프랑스, 캐나다 등임

라. 기술기반(인프라) 성숙도

- 산악철도 실용화 기술의 성숙도 조사결과 산악철도 시험노선 건설 기술을 제외하면 자체 기술개발 수행역량이 부족한 것으로 나타남

- 산악철도 시스템 기술은 2.8점으로 자체수행 능력이 다소 부족한 것으로 나타남
- 산악철도 시험노선 건설 기술은 3.1점으로 자체수행 가능한 것으로 나타남
- 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발은 2.4점으로 해외 협력이 필요한 것으로 나타남



그림 3.19 산악철도 실용화 기술의 성숙도

- 중분류 수준에서는 궤도시스템 및 궤도건설의 기술기반(인프라) 성숙도가 3.1로 가장 높고, 성능 시험 및 평가, 운영기술의 성숙도가 2.4로 가장 미흡한 것으로 나타남

- 신호시스템 및 유지보수 기술의 성숙도 조사는 보장 예정임



그림 3.20 산악철도 실용화 기술의 성숙도(중분류 단위)

마. 기술수준-중요도 포트폴리오 분석

- 4분면별 전략은 기술 수준과 기술의 중요도를 축으로 함
 - I : 재원에 따라 적극적인 투자로 기술수준향상을 추구해야 하는 영역
 - II : 기술혁신을 통해 더 넓은 시장창출이 가능한 유망한 영역
 - III : 기술 및 시장변화에 따른 대응이 필요한 영역

- IV : 기술시급성이나 파급효과는 높지 않으나 수익성이 양호하여 다른 핵심 기술과 연계성을 전략적으로 고려해야 하는 영역

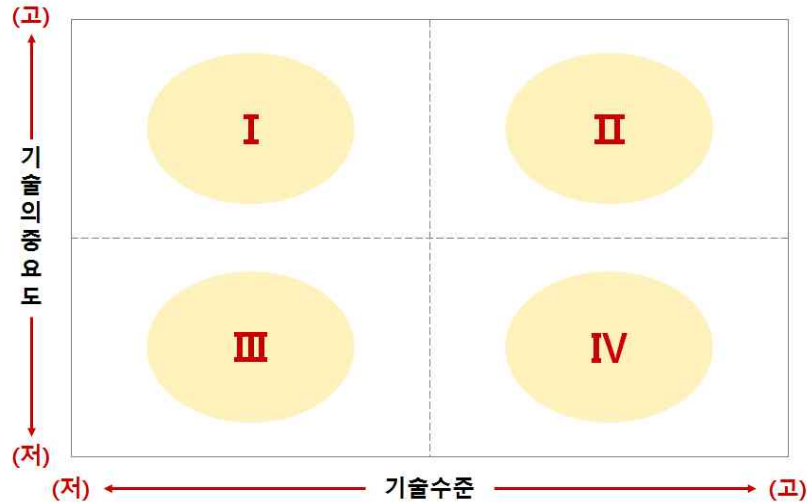


그림 3.21 기술수준-중요도 포트폴리오 영역구분

- 산악철도시스템 기술 분야의 기술수준-중요도 포트폴리오 분석 결과 주로 I, II, III영역에 해당되는 것으로 분석됨
 - 1.1.6(차축 및 개별회전 차륜), 1.1.10(랙피니언 추진장치), 1.3.1(산악트램 시험계측시스템), 1.3.3(산악트램 성능 검증 및 평가), 1.3.4(산악트램 신뢰성 평가), 1.3.6(산악트램과 궤도간 인터페이스 시험 및 성능 평가)은 I 영역에 포함되어 적극적 투자로 기술수준향상을 추구해야 함
 - II영역에 포함된 1.1.3(추진 및 구동시스템), 1.1.4(대차프레임), 1.1.5(현가장치), 1.1.7(대회전 차량 연결장치), 1.1.8(드럼 제동 장치), 1.1.11(전력 및 충전 배터리), 1.3.2(산악궤도 시험계측시스템), 1.3.5(산악궤도 성능 검증 및 평가)는 더 넓은 시장창출이 가능할 것으로 분석됨
 - 1.1.1(과노라마 차체), 1.2.1(산악 궤도 설계 기준 및 시방서), 1.2.2(산악 궤도 노반 안정화 기술), 1.2.3(산악 궤도 슬라이딩 방지 기술), 1.2.4(산악 궤도 주행 안정성 향상 기술), 1.2.5(산악 궤도 내구성 향상 기술)는 III영역에 포함되어 기술 및 시장변화에 따른 대응이 필요함
 - 1.1.2(관광용 객실), 1.1.9(대차/차체 인터페이스 성능)는 IV영역에 포함되어 기술시급성이나 파급효과는 높지 않으나 수익성이 양호하여 다른 핵심기술과 연계성을 전략적으로 고려해야함

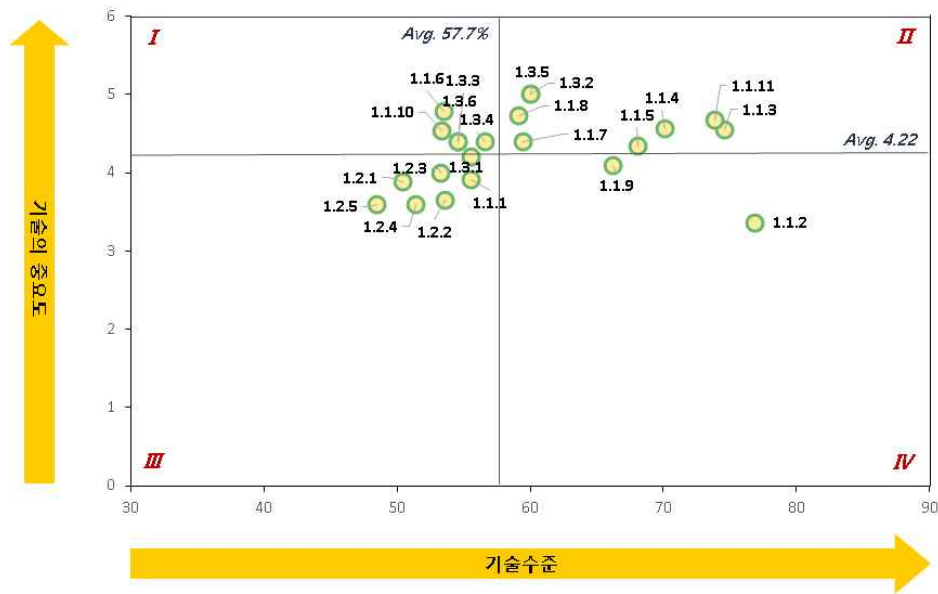


그림 3.22 산악철도시스템 기술분야 기술수준-중요도 포트폴리오

- 산악철도 시험노선 건설 기술 분야의 기술수준-중요도 포트폴리오 분석 결과 주로 IV영역에 해당되는 것으로 분석됨
 - 2.1.3(Rack 레일 제작 및 시공 기술)은 I 영역에 포함되어 적극적인 투자로 기술수준향상을 추구해야 함
 - II영역에 포함된 2.1.2(매립형 PC Rack 궤도 시공 기술)는 더 넓은 시장창출이 가능할 것으로 분석됨
 - 2.1.1(매립형 PC Rack 궤도 패널 제작 기술), 2.1.4(매립형 레일용 탄성 충전재 제작 및 시공 기술)는 IV영역에 포함되어 기술시급성이나 파급효과는 높지 않으나 수익성이 양호하여 다른 핵심기술과 연계성을 전략적으로 고려해야함

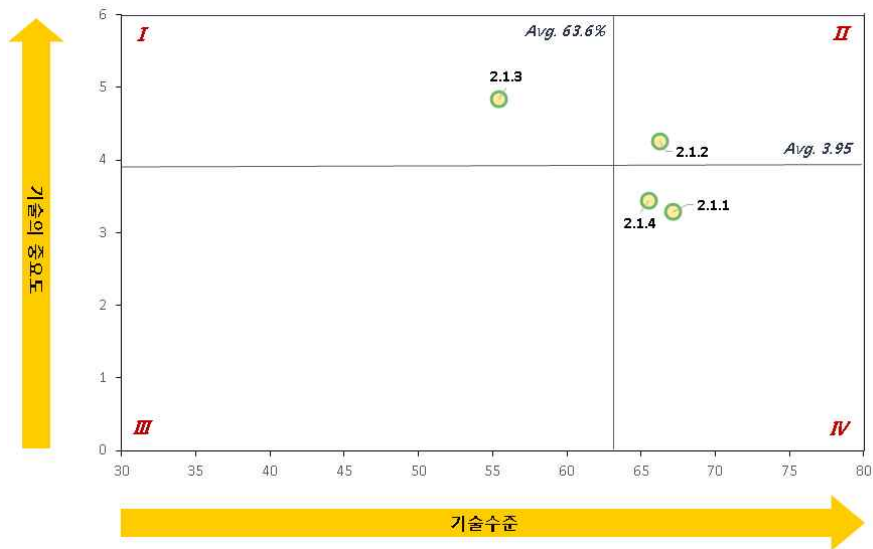


그림 3.23 산악철도 시험노선 건설 기술 분야 기술수준-중요도 포트폴리오

- 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발 분야의 기술수준-중요도 포트폴리오 분석 결과 주로 II, III영역에 해당되는 것으로 분석됨
 - 3.3.1(산악궤도 유지보수 기준 및 매뉴얼), 3.3.2(산악트램 유지보수 기준 및 매뉴얼)는 I 영역에 포함되어 적극적 투자로 기술수준향상을 추구해야 함
 - II영역에 포함된 3.1.1(자동차 차단 및 방호장치), 3.1.2(단선구간 신호보안), 3.1.3(차량/차량 및 차량/관제 통신)은 더 넓은 시장창출이 가능할 것으로 분석됨
 - 3.2.2(산악철도 운행 기술), 3.2.3(산악철도 안전 기술), 3.2.4(산악철도 환경성 평가), 3.3.3(산악궤도 유지보수 체계), 3.3.4(산악트램 유지보수 체계)는 III영역에 포함되어 기술 및 시장변화에 따른 대응이 필요함
 - 3.2.1(제설 및 제빙 기술)은 IV영역에 포함되어 기술시급성이나 파급효과는 높지 않으나 수익성이 양호하여 다른 핵심기술과 연계성을 전략적으로 고려해야함

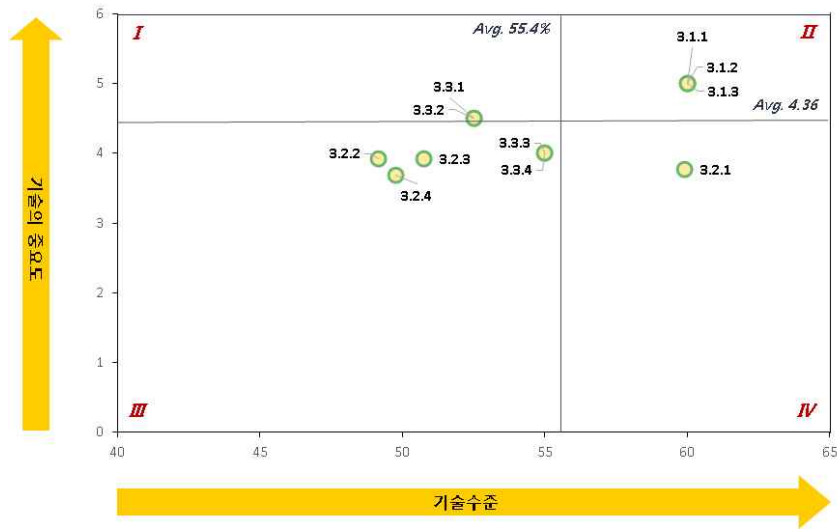


그림 3.24 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발 분야
기술수준-중요도 포트폴리오

바. 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 분석

○ 4분면별 전략은 기술기반성숙도와 평균 중요도를 축으로 함

- I : 기술기반 관리-유지 영역
- II : 기술개발 추진과 동시에 기술기반을 지속적으로 확대해 나아갈 필요가 있는 영역
- III : 점진적으로 기술기반을 확보해 나아가야 할 영역
- IV : 기술기반 확보가 시급한 영역

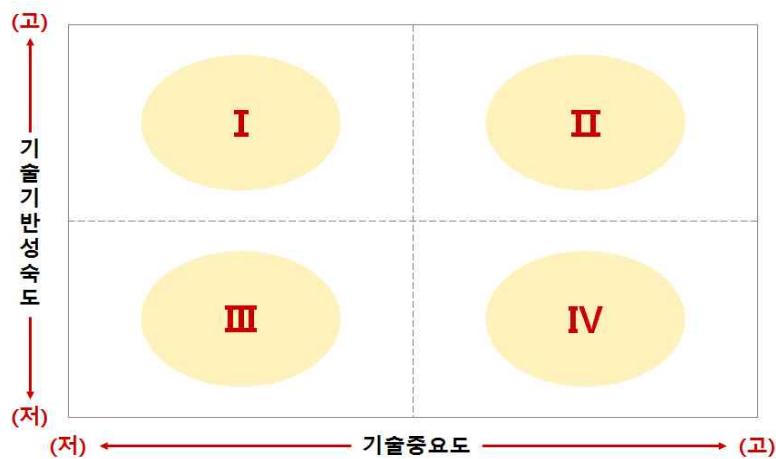


그림 3.25 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 영역구분

- 산악철도시스템 기술 분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 분석 결과 주로 I 영역에 해당되는 것으로 분석됨
 - 1.1.1(파노라마 차체), 1.1.2(관광용 객실), 1.1.9(대차/차체 인터페이스 성능), 1.2.1(산악 궤도 설계 기준 및 시방서), 1.2.2(산악 궤도 노반 안정화 기술), 1.2.3(산악 궤도 슬라이딩 방지 기술), 1.2.4(산악 궤도 주행 안정성 향상 기술), 1.2.5(산악 궤도 내구성 향상 기술)는 I 영역에 포함되어 기술기반 관리-유지가 이루어져야 함
 - 1.1.3(추진 및 구동시스템), 1.1.4(대차프레임), 1.1.5(현가장치)는 II 영역에 포함되어 기술개발 추진과 동시에 기술기반을 지속적으로 확대할 필요가 있음
 - 1.1.6(차축 및 개별회전 차륜), 1.1.7(대회전 차량 연결장치), 1.1.8(드럼 제동장치), 1.1.10(랙피니언 추진장치), 1.1.11(전력 및 충전 배터리), 1.3.1(산악트램 시험계측시스템), 1.3.2(산악궤도 시험계측시스템), 1.3.3(산악트램 성능 검증 및 평가), 1.3.4(산악트램 신뢰성 평가), 1.3.5(산악궤도 성능 검증 및 평가), 1.3.6(산악트램과 궤도간 인터페이스 시험 및 성능 평가)은 IV영역에 포함되어 기술기반 확보가 시급함

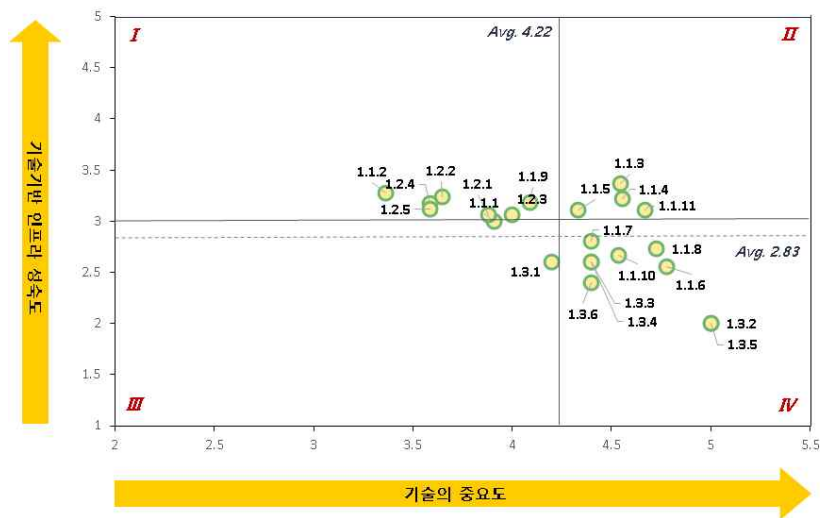


그림 3.26 산악철도시스템 기술 분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오

- 산악철도 시험노선 건설 기술 분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 분석 결과 I, II영역에 주로 해당되는 것으로 분석됨
 - 2.1.1(매립형 PC Rack 궤도 패널 제작 기술), 2.1.4(매립형 레일용 탄성 충전재 제작 및 시공 기술)는 I 영역에 포함되어 기술기반 관리-유지가 이루어져야 함

- 2.1.2(매립형 PC Rack 레도 시공 기술), 2.1.3(Rack 레일 제작 및 시공 기술)은 II영역에 포함되어 기술개발 추진과 동시에 기술기반을 지속적으로 확대할 필요가 있음

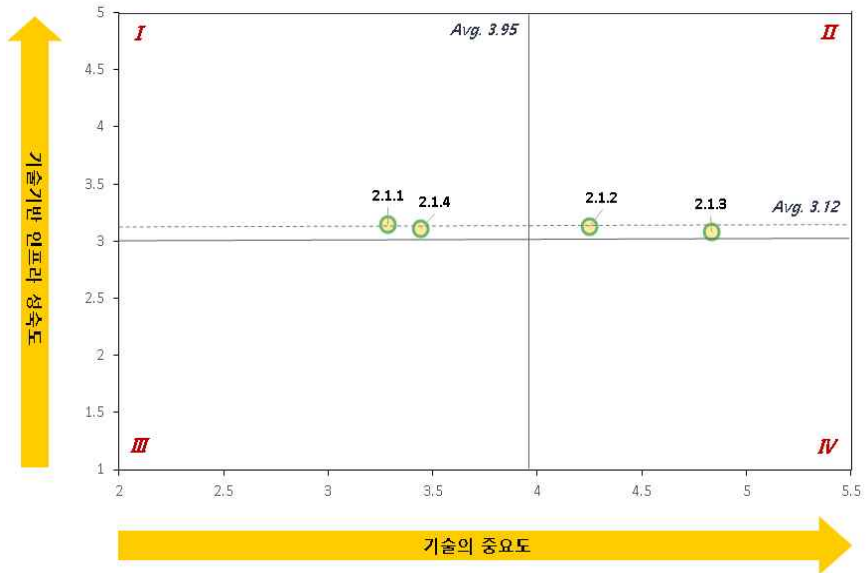


그림 3.27 산악철도 시험노선 건설 기술 분야의
기술기반성숙도-중요도 포트폴리오

- 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발 분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 분석 결과 주로 II, III영역에 해당되는 것으로 분석됨
 - 3.1.1(자동차 차단 및 방호장치), 3.1.2(단선구간 신호보안), 3.1.3(차량/차량 및 차량/관제 통신)은 II영역에 포함되어 기술개발 추진과 동시에 기술기반을 지속적으로 확대할 필요가 있음
 - 3.2.1(제설 및 제빙 기술), 3.2.2(산악철도 운행 기술), 3.2.3(산악철도 안전 기술), 3.2.4(산악철도 환경성 평가), 3.3.3(산악궤도 유지보수 체계), 3.3.4(산악트램 유지보수 체계)는 III영역에 포함되어 점진적으로 기술기반을 확보해야 함
 - 3.3.2(산악트램 유지보수 기준 및 매뉴얼)는 IV영역에 포함되어 기술기반 확보가 시급함

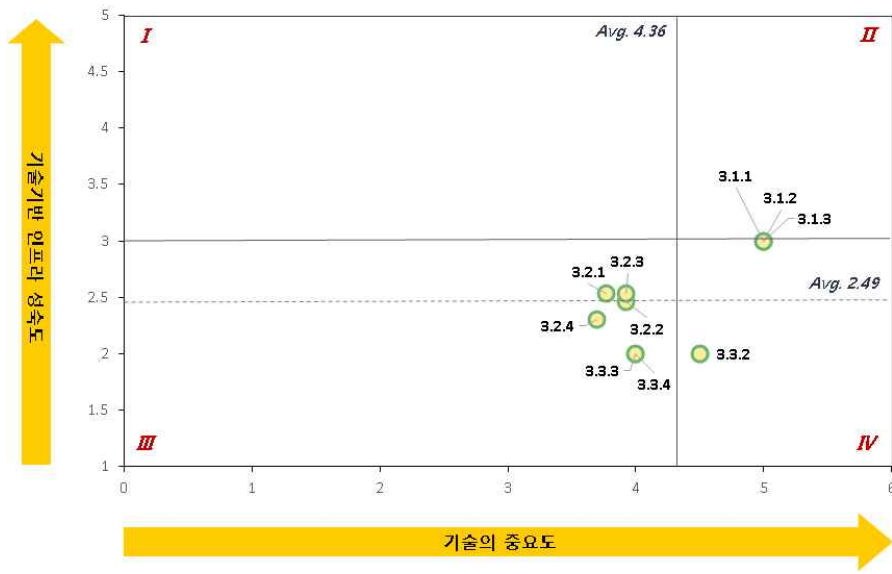


그림 3.28 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발 분야의
기술기반성숙도-중요도 포트폴리오

4장. 연구개발과제 구성 및 추진전략

1절. SWOT / Issue-Tree 분석

1. SWOT 분석

- 산악철도 실용화 연구를 수행하기 위해 현재의 연구개발 여건을 다음과 같이 SWOT를 통해 분석하였다.

<ul style="list-style-type: none"> - 산악 관광 수요 증대에 따른 산악교통수단 필요성 대두 - 정부의 산악지역 활용/활성화 대책 등장 - 백두대간 협곡열차 및 레일바이크의 성공에 따른 개선된 산악교통 시스템 요구 	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 산악철도 기술 부족 - 국내 산악철도 운영기술 부족 - 산악 레저 기반시설 부족 - 산악교통과 기존 대중 교통간의 연계 부족 					
	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="598 1131 837 1232">S</td> <td data-bbox="837 1131 1077 1232">W</td> </tr> <tr> <td data-bbox="598 1232 837 1339">O</td> <td data-bbox="837 1232 1077 1339">T</td> </tr> </table>	S	W	O	T	
S	W					
O	T					
<ul style="list-style-type: none"> - 산악철도 시스템 도입으로 인한 지역경제 활성화 - 산악 관광/레저 관련 사업 활성화 - 세계 선도적 산악철도 제작기술 및 운영유지보수기술 확보를 통한 해외 진출 - 산악지역 신규 궤도 공사 불가 	<ul style="list-style-type: none"> - 해외유수 산악철도 제작업체 국내 산악철도 산업 잠식 - 산악철도기술의 홍보부족 - 산악철도기술에 대한 환경 및 주민 반대 					

그림 4.1. 산악철도 실용화 SWOT 분석

가. 내외부 요인 분석

- 최근 정부는 '15.7월 '산악관광 활성화 대책'을 발표하여 규제 완화를 위한 정책방향을 제시하였고 이는 전체 산지의 70%를 산악관광 진흥구역으로 지

정하여 관광휴양시설 설치를 허용하고자 하는 내용으로 정부 차원에서 산악 지형 활용 및 활성화에 목표를 두고 있는 것은 본 사업에서 강점으로 작용할 것으로 분석됨

- 또한, 레일바이크와 산악지형의 케이블카의 성공적 운영에 따른 지방자치 단체의 산악지형 활성화에 대한 관심이 증대하고 있는 것 또한 강점으로 분석됨
- 하지만, 현재 국토 교통부에서 ‘급구배 추진 시스템 핵심기술개발’ 사업 외에 마땅히 산악 열차에 대한 연구가 국내에서 진행이 되지 않은 상황이며, 국내의 산악열차에 대한 기술은 아직 초기 단계로 이는 약점으로 분석됨
- 또한, 산악지역에 열차가 운영이 되더라도 기존 대중교통과의 연계가 원활히 이루어지지 않는 경우, 경제성이 떨어질 수 있으며 이는 약점으로 분석됨
- 앞서 언급하였듯이 국내의 산악열차 기술 수준이 해외에 비하여 낮은 수준이므로 해외 우수 업체의 적극적 영업활동으로 인하여 국내 시장이 잠식될 수 있음. 이는 위협으로 분석됨
- 하지만, 현재 국내에서 개발되고 있는 산악열차는 기존 도로를 활용하여 건설이 되므로 이는 해외 산악열차와 분명히 다른 차별성이 있으며, 오히려 선도적인 기술 개발을 통하여 해외 시장에 진출이 가능할 것으로 보이며, 이는 기회로 판단됨

나. 포지션별 전략 수립

- SWOT 분석에서 나타난 약점 중 국내 산악철도 기술 기반 미비 문제는 산악철도 실용화 사업 연구 개발을 통하여 해소 될 수 있을 것으로 판단됨.
- 현재 개발하고 있는 산악 철도는 기존 도로를 활용하여 R=10m 곡선과 180% 구배를 주행할 수 있는 산악철도 시스템을 구축하는 것으로 성공적 연구 개발이 진행 된다면, 세계 최고 수준의 기술 개발이 이루어 질 것으로 기대 됨. 따라서 위협으로 분석된 해외 우수 업체의 국내 시장 잠식 문제도 해결이 가능할 것으로 판단됨
- 또한, 약점으로 분석 된 환경 및 주민의 반대는 주로 현재 개발되고 있는 산악철도가 기존의 산악열차(전용선 주행)와 동일하다는 인식에서 기인하는 점

이 상당함으로, 현재 개발되고 있는 산악열차의 우수성과 환경 파괴가 최소화 된다는 점을 부각시켜 적극적 홍보 활동을 취해야 할 것으로 판단됨

2. Issue-Tree 분석

가. 정책 · 기술 · 시장 동향 핵심 Keyword

- 산악철도에 대한 정책, 기술, 시장에 관련된 key word를 다음과 같음

표 4.1 정책, 기술 및 시장에 대한 Keyword

구분	Keyword
정책	<ul style="list-style-type: none"> • 관광 활성화 • 지방 경제 활성화 • 산간벽지 교통 복지
기술	<ul style="list-style-type: none"> • Rack & Pinion • 독립구동 대차 • 무가선 전력 공급 • 매립형 PC 궤도 제작/시공 • 동절기 운행
시장	<ul style="list-style-type: none"> • 산악 관광/레저 • 도심지 급구배 지역

- 정책에 대한 Keyword는 관광활성화, 지방 경제 활성화 및 산간벽지 교통 복지를 선정하였음. 각각 Keyword에 대한 검색 수행 후 아래와 같은 결론 도출
- 정부는 '15.7월 '산악관광 활성화 대책'을 발표 하였으며, 전국 경제인 연합은 산악 관광활성화를 위한 대책을 정부에 건의하였음. 또한, 2015년 문화체육 관광부는 보도자료를 통하여 '두루누리' 시스템 구축을 발표 하였으며, 민간 및 정부 차원에서 산악 관광 및 지방 경제 활성화를 위한 많은 대책이 발표 되고 있음
- 또한, 정부는 2016년 3월 궤도운송법 일부 개정을 통하여 산간벽지에 대중 교통 활성화를 위한 법률적 기반을 마련하였음. 위와 같이 산악지역에 대한 교통 인프라 구축에 대해 관심과 구체적인 계획이 발표 되고 있어 산악열차에 대한 관심이 증가되고 있는 추세임

- 기술에 대한 keyword 분석 결과는 다음과 같음. Rack & Pinion 방식은 오래전부터 유럽 등지에서 산악열차의 추진 방식으로 사용이 되어 왔으며, 검증된 기술임. 다만, 국외의 대부분의 산악열차는 전용선으로 급곡선이 포함 되어 있지 않음. 이에 급곡선이 주행이 가능한 Rack & Pinion 방식에 대한 연구는 미진한 것으로 나타남.
- 본 연구에서는 급곡선 주행을 위하여 독립구동 방식의 대차를 사용하고 있음. 도심지 급곡선을 주행하는 일부 트램의 경우 독립구동 방식의 대차를 사용하고 있음. 본 연구에서 개발 중인 대차의 경우, 추가로 Pinion이 장착이 되므로 이에 대한 연구 필요. 또한, 열차가 편성 되어 급곡선 및 급구배 주행 시 차량 간 연결기 및 상대 운동에 대한 연구가 필요한 것으로 나타남
- 본 연구에서는 자연 환경 파괴를 최소화하기 위한 무가선 방식의 전력 공급을 구상하고 있음. 한국철도기술연구원에서는 국토교통부의 지원을 받아 무가선 트램을 개발하였으며, 이에 대한 기술을 활용할 수 있을 것으로 기대됨
- 한국철도기술연구원에서는 PC 형태의 PST 궤도가 개발되었음. 이러한 궤도는 고속철도용으로 개발이 되었으며 매립형태의 궤도는 아님. 매립형 궤도에 대한 PC 궤도는 국내에 개발된 사례는 없음. 매립형 궤도의 경우, 레일은 수지를 활용하여 고정을 함. 국외에서는 Eldison 및 Sika에서 매립형 레일 고정용 수지를 개발하였음.
- 기존 도로를 활용하여 궤도를 시공하는 경우, 다양한 곡률 반경이 발생하게 됨. 따라서 이러한 모든 곡률반경에 대하여 PC 궤도를 만드는 것은 많은 몰드가 필요하게 됨. 국내에서는 저심도 철도기술 개발 과제를 통하여 가변형 곡선 몰드가 개발 중에 있음. 이러한 연구 결과를 활용하여 산악철도 용 가변형 몰드를 제작 할 수 있을 것으로 기대됨
- 동절기에 원활한 산악열차 운영을 위하여 산악지형에 맞는 운행 방안이 필요함. 이는 공차 운행 및 취약개소의 열선 매립 등으로 해결할 수 있을 것으로 파악됨
- R=10m, 180‰구배에서 운행이 가능한 산악열차가 개발된다면 국내의 대부분의 산악 지형에 적용이 가능한 것으로 분석됨. 국외의 경우, 최근에 산악열차가 신설된 경우는 드문 것으로 나타남. 이는 자연환경 보전법에 따른 것으로 본 연구에서 기획하고 있는 기술은 국외 시장에도 진출이 가능 할 것으로 보임

나. 핵심이슈 및 R&D Needs

○ 핵심 Keyword 분석에 따른 R&D needs는 다음과 같이 나타남

- 급곡선 주행 가능 Rack & Pinion 시스템
- 급곡선 및 급구배 주행 가능 차량 연결기 및 차량 거동 분석
- Pinion 포함 독립구동 대차 및 무가선 전력공급 방안 마련
- 곡선 및 구배 경합부 시공 방안 및 가변형 PC 궤도 몰드 개발
- 동절기 운행 및 유지보수 방안 개발

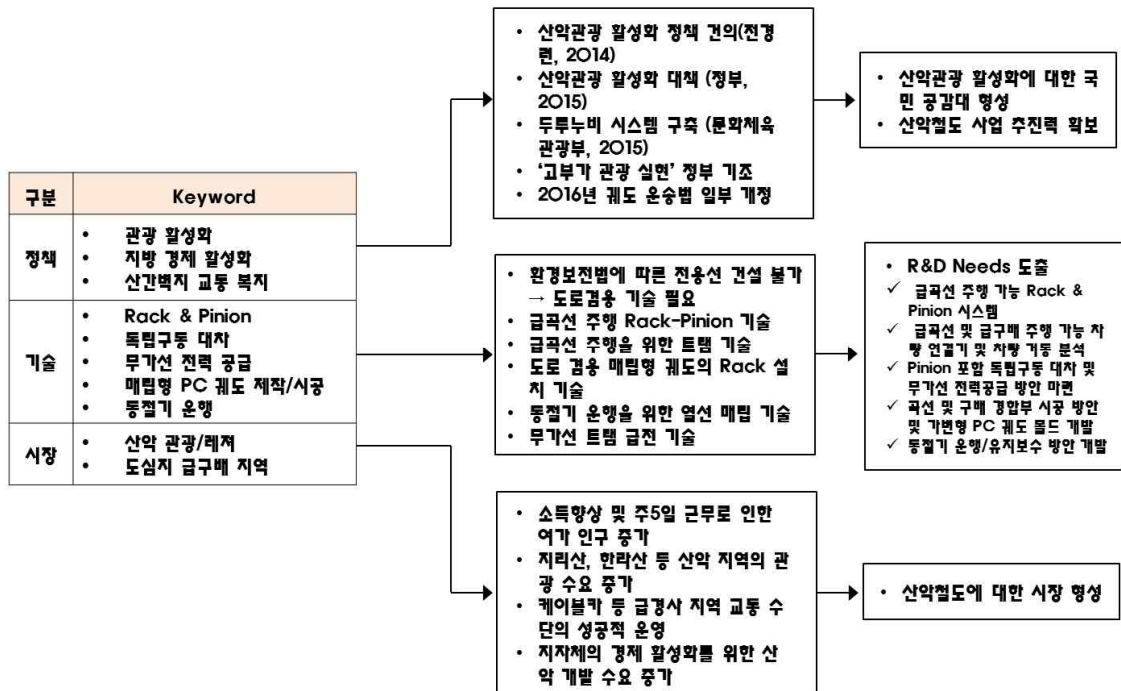


그림 4.2. Issue tree 분석 결과 요약

2절. 비전 및 목표

1. 비전

- 본 연구에서 기획중인 ‘산악철도 실용화 사업’의 비전은 산악 지역 주민에게 교통 편익을 제공하고 국내 산악지역 관광을 활성화하는 것임

2. 목표

- 국내 산악지역에 적합한 산악철도 시스템의 실용화 기술 개발
- 산악철도 시험선로 구축 및 운영 기술 개발

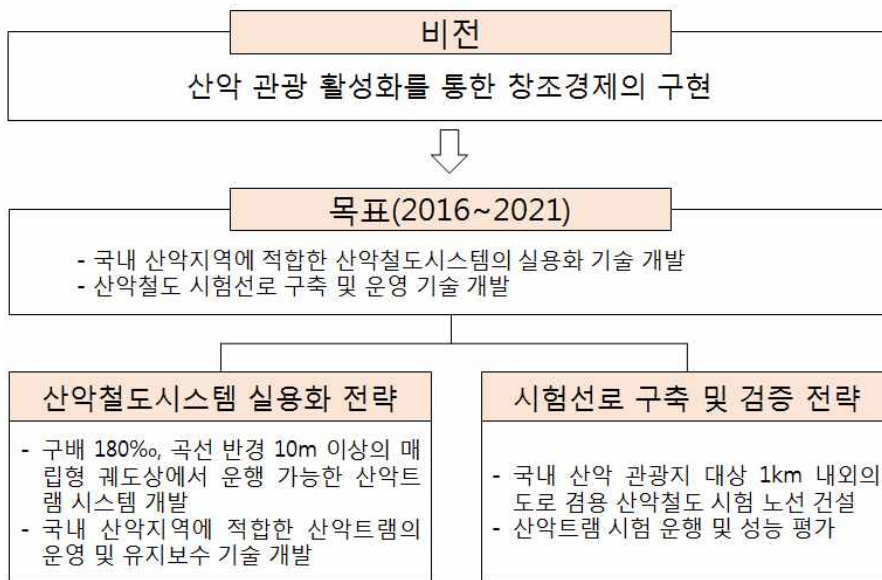


그림 4.3 비전 및 목표

- 연구 목표를 달성하기 위하여 (1) 산악철도 시스템 실용화 전략과 (2) 시험선로 구축 및 검증 전략이 필요함
- 산악철도 시스템 실용화 전략은 구배 180%, 곡선 반경 10m 이상의 매립형 궤도상에서 운행 가능한 산악트램 시스템 개발 하고 국내 산악지역에 적합한 산악트램의 운영 및 유지보수 기술 개발함
- 시험선로 구축 및 검증 전략은 국내 산악 관광지 대상 1 km 내외의 도로

겸용 산악철도 시험 노선 건설하고 산악트램 시험 운행 및 성능을 평가 함

- 시험선로 1km 선정에 대한 근거는 다음과 같음
- 본 연구에서 시험노선의 필수조건은 구배 180 ‰과 곡선 반경 10 m임. 구배가 보장되었다는 가정하에 산악지역에서 산악트램은 곡선 반경 10 m의 구간을 좌우로 경험을 하여야함
- 개발하고 산악트램의 평균 가감속도는 0.5 km/h/s이며, 최고 속도는 15 km/h임. 따라서 최고시속에 도달하기 까지는 30초가 소요되며, 일정기간 최고 속도는 지속이 되어야 함
- 이러한 상황들을 고려하여 시험 노선 개략도가 도출 되었으며, 필요 노선 길이는 1,062.8m로 계산되었음. 따라서 시험노선의 길이는 약 1km 내외가 되어야 함

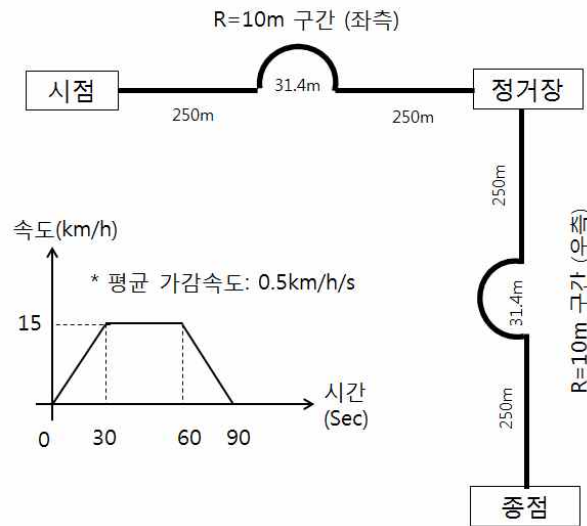


그림 4.4 산악트램 시험노선 길이 산정

- 이밖에, 일반적인 트램 철도차량은 교통신호제어기의 설치가 요구되는데 교통신호제어기는 트램 전용선으로 가정하였을 때 교차로간 거리와 일반도로 사양의 평균거리를 감안하여 최소 400m이상으로 이격하여 설치하고 있음
- 기존에 설치된 트램 시험선 건설 사례를 참고하였을 때 출발선과 도착선 양단의 100m 여유 노선을 제외하고 최소한 교차로 2개소를 고려하여 설치하였을 경우 1km 시험노선이 필요함



그림 4.5 트램 이격 거리¹³⁾

- 기어방식 추진체의 신뢰성 시험을 수행하기 위해서는 기어에 적용되는 하중이 한쪽방향으로 일정거리에 작용하여야 한다. 철도차량은 회차시 자동차와 달리 U turn을 하지 않고 차량이 완전 정차후 같은 방향으로 역주행을 하는 구조로 시험선 구간이 1 km 이하일 경우 과도한 제동 및 회차 운영으로 차량의 정상적인 주행특성을 반영한 시험결과를 예측하기 어려워 최소거리 1 km로 결정 하는 것이 바람직함
- 일반적인 철도차량의 경우 운전제어 노치 1단 2단 변속 시 거의 1 km 이상으로 진행하게 되는데 안전거리 확보측면에서 철도차량 최소 가속 운영거리를 1 km로 결정하는 것이 바람직함

3. 단계별 목표

- 산악열차 실용화 기술은 3단계로 진행되며, 각 단계의 수행년도 및 목표는 다음과 같음

표 4.2 산악열차 실용화 기술 단계별 목표

단계	연구 기간	단계별 목표
1	<ul style="list-style-type: none"> • 1-2차 년도 (2016.10-2018.09) 	<ul style="list-style-type: none"> • 산악트램 1편성 상제 설계 • 시험노선 선정 및 건설 인허가 • 산악궤도 기술 개발/시험노선 실시 설계 • 시험노선 전용 운영 및 유지보수 연구
2	<ul style="list-style-type: none"> • 3-4차 년도 (2018.10-2020.09) 	<ul style="list-style-type: none"> • 산악트램 1편성 제작 • 시험노선 건설 • 산악철도 운영 및 유지보수 연구
3	<ul style="list-style-type: none"> • 5차 년도 (2020.10-2021.09) 	<ul style="list-style-type: none"> • 산악트램 시험 운행 및 성능 평가 • 시험노선 계측 및 성능 평가 • 산악철도 운영 및 유지보수 매뉴얼 작성

13) 2014년 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2014.7.16.-18

3절. 중점추진분야

1. 중점추진분야 1 (산악철도 시스템 기술 분야)

가. 개요

- 중점추진 분야 1은 산악철도 시스템 기술 분야이다. 중점추진 분야 1에서는 산악열차 실용화를 위하여 반드시 필요한 산악트램 및 산악 궤도 기술을 개발한다. 또한, 개발된 산악트램 및 궤도의 성능 평가를 위하여 시험선 계측시스템을 개발하고 현장 계측 후 성능을 평가한다.

나. 연차별 목표 및 내용

- 중점추진 분야 1의 연차별 목표 및 내용은 다음의 표와 같음

표 4.3 중점 추진 분야 1의 연차별 목표 및 내용

대분류	연차	목표	내용
1. 산악철도 시스템 기술	1	산악철도 시스템 설계	<ul style="list-style-type: none"> • 산악트램 1편성 상세 설계 • 산악궤도 건설 기준(안) 정립 • 산악철도 계측시스템 설계
	2	산악철도 시스템 실시설계/구성품 제작	<ul style="list-style-type: none"> • 산악트램 핵심 구성품 제작 • 산악철도 시험노선 실시 설계 • 산악철도 계측시스템 제작
	3	산악철도 시스템 제작 1단계	<ul style="list-style-type: none"> • 산악트램 핵심 구성품 제작 • 산악트램 1편성 제작 • 산악트램 유지보수 기준 개발 • 산악철도 궤도 성능 검증안 제시 • 산악철도 계측시스템 시험 설치 및 검증
	4	산악철도 시스템 제작 2단계 및 시험	<ul style="list-style-type: none"> • 산악트램 1편성 제작 완료 • 산악철도 궤도 성능 검증 • 산악철도 계측시스템 현장 설치 및 계측
	5	산악철도 시스템 평가	<ul style="list-style-type: none"> • 산악철도 시험선 트램 운영 • 산악궤도 최종 설계 기준 정립 • 현장 계측 및 결과 분석

다. 기대효과 및 파급효과

- 중점추진 분야 1은 산악철도 시스템 기술 개발로 실용화에 필수적인 산악트램 1편성 제작 및 산악궤도 기술을 개발한다.
- 본 연구에서 목표로 하고 있는 산악트램 및 궤도 성능은 R=10m 곡선과 급구배 180‰ 등판을 목표로 하고 이는 세계 최고 사양이므로 국내는 물론 국외의 산악지형에도 활용될 가능성이 크다고 할 수 있다.

2. 중점추진분야 2 (산악철도 시험노선 건설 기술 분야)

가. 개요

- 중점추진 분야 2는 산악철도 시험노선 건설 기술이다. 중점 추진 분야 2는 시험선 구축에 초점이 맞추어져 있다. 먼저 1차년도에 후보지를 선정하고 2차년도 궤도 구성품 제작, 3-4차년도에 시험선을 건설 후 5차년도에 운영한다.

나. 연차별 목표 및 내용

표 4.4 중점 추진 분야 2의 연차별 목표 및 내용

대분류	연차	목표	내용
2. 산악철도 시험노선 건설 기술	1	산악철도 시험노선 선정	<ul style="list-style-type: none"> • 시험노선 건설을 위한 사전 준비 • 산악철도 시험노선 후보지 선정
	2	시험노선 궤도 구성품 제작	<ul style="list-style-type: none"> • 궤도 시공(안) 제시 및 시방서 작성 • 궤도 시공 구성품 제작 • 궤도 유지보수 기술 개발
	3	산악철도 시험노선 건설 1단계	<ul style="list-style-type: none"> • 궤도 시공 구성품 제작 • 산악철도 시험노선 건설 1단계 • 산악트램 검수고 등 부속물 건설 1단계
	4	산악철도 시험노선 건설 2단계	<ul style="list-style-type: none"> • 산악철도 시험노선 건설 완료 • 산악철도 시험노선 검수
	5	산악철도 시험선 운영	<ul style="list-style-type: none"> • 산악철도 시험선 궤도 운행 및 보수

다. 기대효과 및 파급효과

- R=10 m 곡선과 급구배 180 % 등판이 경합되는 극한 조건의 궤도 건설은 유례를 찾기 힘들다. 이러한 궤도의 시공에 대한 기술력을 축적함으로써 유사 궤도 건설 (시험선의 연장에 따른 건설 수요 발생 등)에 파급 효과가 클 것으로 기대된다.

3. 중점추진분야 3 (산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발 분야)

가. 개요

- 중점추진분야 3은 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발 분야이다. 국내에는 산악열차 운행 경험이 거의 없으므로 1차년도에는 해외 유사 산악철도 운영 및 유지보수 기술을 조사 분석한다. 이 후 2차년도에는 시험선 중심의 운행 기술 개발, 3-5차년도는 실용화 시점에서 적용될 운행 기술을 개발한다.

나. 연차별 목표 및 내용

표 4.5 중점 추진 분야 3의 연차별 목표 및 내용

대분류	연차	목표	내용
3. 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발	1	산악철도 운행 기술 현황 조사	<ul style="list-style-type: none"> • 해외 산악철도 신호 시스템 현황 조사/분석 • 해외 산악철도 운영 현황 조사/분석 • 해외 산악철도 유지보수 현황 조사/분석 • 해외 산악철도 관련 법령 및 기술기준 조사/분석
	2	시험노선 운행 계획 수립	<ul style="list-style-type: none"> • 시험노선용 신호 계획 수립 • 시험노선용 운영 계획 수립 • 시험노선용 유지보수 계획 수립
	3	산악철도 운행 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 산악철도 통신시스템 기술 개발 • 산악철도 방재 기술 개발 • 경제적인 산악트램 유지보수 기술 개발
	4	산악철도 운행 기준 작성	<ul style="list-style-type: none"> • 산악철도 신호 기준 작성 • 산악철도 운영 기준 작성 • 산악열차 유지보수 기준 작성
	5	산악철도 운행 기술 검증 및 최종 매뉴얼 작성	<ul style="list-style-type: none"> • 산악트램 운행기술 시험선 평가 • 산악철도 통신시스템 매뉴얼 작성 • 산악철도 운영 매뉴얼 작성 • 산악철도 유지보수 매뉴얼 작성

- 제 3세부 과제에서 정의하고 있는 유지보수 기술은 산악철도를 운영함에 있어 발생할 수 있는 전반적인 유지보수 (차량, 궤도, 신호/통신, 충전시설, 안전시설 등)를 지칭한다. 차량 및 궤도의 유지보수 기술은 1세부에서 별도로 개발이 되므로 이러한 연구 결과는 제3세부에서 인터페이스 검토를 통하여 통합적으로 평가한다.
- 또한 개발하고자 하는 산악철도는 기존 도로를 활용하여 도로와 평행하게 건설이 되므로 전용선을 이용하는 기존 철도와는 다른 신호/통신 체계가 필요할 것으로 판단되며 주로 도로와 인접하여 운행함으로서 또는 향후 자동차와 혼합 운영을 함으로서 발생하는 문제에 대하여 연구를 주로 수행한다.

다. 기대효과 및 파급효과

- 시험선 구축을 통하여 산악열차 실용화 기반이 마련되고 추후 시험선을 연장하여 상용화 노선이 구축 될 수 있다. 이 때 필요한 운행 기술을 미리 개발함으로 상용화 노선 운행에 파급 효과가 클 것으로 기대된다.

4절. 연구개발과제 구성

1. 후보과제 Pool 구성

가. 후보과제 Pool 구성 방법

- 후보과제 Pool은 3장에서 수행된 기술수요 조사 결과와 기술/수준 예측 결과 필요하다고 판단된 과제를 활용하여 구성 하였다.

나. 후보과제 Pool 중복성 · 유사성 · 위계 검토

- 구성된 후보과제에 대하여 중복성, 유사성 및 위계를 다음과 같이 검토 하였다. 표에서 연노랑으로 표시된 과제는 본 연구진이 기술수요조사에서는 빠져 있지만 기술 수준/예측 조사 결과에서 중요도가 높은 과제를 중심으로 연구 수행 시 필요하다고 판단되어 삽입한 과제를 나타낸다.
- 중복성은 제안된 과제가 기존의 수행 연구과제와 유사하거나 중복이 되는 정도를 ○, △, ×로 표시하였다. ○는 중복성이 많음, △는 보통, ×는 중복성이 없음을 나타낸다.
- 유사성은 ‘제안된 과제내’에서 유사한 연구 주제를 나타내며, 알파벳 타입으로 묶어서 표시하였다.

표 4.6 대분류 1에 대한 후보과제 Pool 검토

대분류	중분류	후보과제명	중복성	유사성	위계
1	1.1 차량시스템	• 산악철도용 Pinion 제동 기술 개발	×	A	
		• 밴드타입의 제동장치 개발	×	E	
		• 패드 타입의 탄성체를 적용한 탄성 피니언 기술 개발	×	A	
		• 저진동 탄성 추진장치 기술 개발	×	A	
		• 급구배 추진 Rack 제작 기술 개발	×	F	1.2 혹은 2.1로 변경
		• 분할기어 방식의 탄성 피니언 기술 개발	×	×	
		• 곡선부 주행이 가능한 랙 개발	×	F	1.2 혹은 2.1로 변경
		• 급구배시 원활한 주행이 가능한 랙 진입부 기술 개발	×	F	1.2 혹은 2.1로 변경
		• 랙 체결장치 개발	×	F	1.2 혹은 2.1로 변경
		• 곡선부 랙 체결장치 개발	×	F	1.2 혹은 2.1로 변경
		• 급구배 차량용 고효율 제동장치 기술개발	×	E	
		• 에너지 효율 강화를 위한 차량 배터리 관리 기술	×	B	
		• 급곡선/급구배에서 차체간 거동 추종/충격저감이 가능한 연결기 및 통로연결막에 대한 연구개발	×	C	
		• 급곡선 주행을 위한 산악형 조향 대차 시스템 기술 개발	×	×	
		• 산악 최악환경조건에 따른 충전 배터리 구동 안정화 기술 제안	×	B	
		• 급구배 차량 연결장치 기술 개발	×	C	
		• 급곡선 주행을 고려한 차동장치가 장착된 1축 피봇스윙 대차시스템	△	△	
		• 파노라마 설치 차체의 최적화 설계 기술 개발	△	△	
		• 대차 시스템 개발	△	△	
		• 산악트램 핵심 구성품 제작	×	×	
		• 산악트램 1편성 상세 설계	×	×	
		• 산악트램=궤도 인터페이스 상세 설계	×	×	
		• 산악트램 1편성 제작 및 시험선 운행	×	×	
• 산악트램 핵심 구성품 성능 검증	×	×			
• 산악트램 시험선 운영 및 신뢰성평가	×	×			

- 급구배 추진 Rack 제작 기술 개발, 곡선부 주행이 가능한 랙 개발, 급구배시 원활한 주행이 가능한 랙 진입부 기술 개발, 랙 체결장치 개발, 곡선부 랙 체결장치 개발의 경우, 연구 체계상 1.2에서 수행하거나 2.1 궤도 시공 부속품 제작에 포함하는 것이 바람직함
- 급곡선 주행을 고려한 차동장치가 장착된 1축 피봇 스윙 대차시스템은 실용화 단계 사업에서는 적합하지 않으므로 후보과제에서 제외하며, 1단계 사업에서 수행된 대차시스템 설계(안)을 활용하는 것이 바람직함
- 파노라마 설치 차체의 최적화 설계 기술 개발은 산악트램 1편성 상세 설계과제에 포함하여 수행 가능 함
- 대차시스템 개발은 1단계 사업인 “급구배 추진시스템 핵심 기술” 개발 과제를 통하여 완료되었으며, 추가 보완 기술은 “산악트램 핵심 구성품 제작” 후보과제에서 수행하여 제작 및 성능검증이 이루어지도록 하는 것이 바람직함

표 4.7 대분류 1에 대한 후보과제 Pool 검토(계속)

대분류	중분류	후보과제명	중복성	유사성	위계
1	1.2 궤도시스템	• 산악궤도 연속화 기술 개발	△	△	-
		• 산악궤도 내구성 증진을 위한 궤도 재료 기술 개발	△	△	-
		• 산악궤도 설계기준 정립	×	×	-
		• 산악궤도 노반/궤도 실시설계	×	×	-
		• 산악궤도 노반/궤도 성능검증 기술	×	×	-
		• 산악궤도 안정성 평가 기술	×	×	-
	1.3 시험선 성능 시험 및 평가	• 산악트램 계측 시스템 기술	×	×	-
		• 산악궤도 노반/궤도 계측 시스템 기술	×	×	-

- 산악열차 연속화 기술 개발 : 기존 슬라브 연속화 기술과 유사 후보 과제에서 제외
- 산악궤도 내구성 증진을 위한 궤도 재료 기술 개발 : 기존 고내구성 궤도 재료와 유사. 다만, 산악지형에 초점을 맞추어 수행 될 필요 있음. 제목 ‘산악철도용 고성능 재료 기술 개발’으로 수정
- 산악 궤도 설계 기준 정립 : 국내에 산악열차 관련 설계기준 없음. 연구 필요. 다만, 노반과 궤도로 분리 필요
- 기술 수요 조사 외에 산악철도 시험노선 건설을 위해서는 노반/궤도 실시 설계 및 성능검증 기술 필요. 과제 신설
- 중분류 1.3의 경우, 시험선 성능 평가를 위하여 산악트램, 노반 및 궤도 계측 시스템 기술 개발 과제 신설

표 4.8 대분류 2에 대한 후보과제 Pool 검토

대분류	중분류	후보과제명	중복성	유사성	위계
2	2.1 궤도건설	• 내후성이 뛰어난 탄성충진재 개발 및 시공기술 개발	△	×	1.2로 변경
		• 산악 궤도 설계기준 정립	×	×	1.2로 변경
		• 매립형 궤도패널 거푸집 개발 연구	△	A	-
		• 산악철도 시험노선 선정 기술	×	×	-
		• 산악철도 시공 기술 개발	×	×	-
		• 산악철도 시공 부속품 제작 기술	×	A	-
		• 산악철도 시공 및 운영	×	×	-

- 내후성이 뛰어난 탄성충진재 개발 및 시공기술 개발 : 연구 개발 체계상 1.2로 변경
- 산악 궤도 설계기준 정립 : 연구 개발 체계상 1.2로 변경
- 매립형 궤도패널 거푸집 개발 연구 : 산악철도 시공 부속품 제작 기술로 포함.
- 기술 수요 조사 외에 산악철도 시험노선 건설을 위해서는 시험노선 선정, 시공 기술 개발, 시공 부속품 제작 및 시공 필요.
이에 과제 신설

표 4.9 대분류3에 대한 후보과제 Pool 검토

대분류	중분류	후보과제명	중복성	유사성	위계
3	3.1 신호 시스템	• 산악철도 무선 신호 시스템 구축	×	A	-
		• 전방 장애물 감시 및 제동 기술	×	B	
		• 산악철도 신호계획 수립	×	A	-
		• 산악철도 통신 시스템 기술 개발 및 평가	×	×	
		• 산악철도 방호 시스템 기술 개발 및 평가	×	B	-
		• 신호시스템 성능 시험	×	×	-
		• 신호시스템 기준 수립 및 매뉴얼 작성	×	×	
	3.2 운영기술	• 산악철도 흑한기 유지보수 안전 시스템 개발	×	A	-
		• 산악철도 운행 중 급속 충전 기술	×	B	-
		• 산악철도 시험선로 운영 계획 수립	×	×	
		• 산악철도 수익성 향상 운영 기술 개발	×	×	-
		• 산악철도 방재 및 안전 기술 개발/검증	×	A	-
		• 산악철도 운영 기준 수립 및 매뉴얼 작성	×	×	-
		• 산악철도 급전 기술 개발/검증	×	B	-
		• 산악철도 운영 관련 법령 기준 제·개정 방안 연구	×	×	-
		• 산악철도 경제성 평가 모델 개발	×	×	-
	3.3 유지보수 기술	• 매립형 궤도 분리형 유지보수 기술 개발	×	A	-
		• 산악철도 차량 유지보수 기준 수립 및 매뉴얼 작성	×	×	
		• 산악철도 인프라 유지보수 기준 수립 및 매뉴얼 작성	×	A	-

○ 시험선로 운행 및 실제 산악철도의 도입과 운영을 위하여 필요하다고 판단되는 기술을 중심으로 후보과제 군을 도출.

- 1차평가 결과 법·제도 검토 필요 의견을 반영하여 “산악철도 운영 관련 법령 기준 제개정 방안 연구” 후보과제에 포함.
- 2차평가 결과 경제성 부문 심층 검토 필요 의견을 반영하여 “산악철도 경제성 평가 모델 개발” 후보과제에 포함.

다. 후보과제 Pool로부터 최종 추진과제 도출

○ 후보과제로부터 현 과제 목표와의 적합성 여부를 판별하였으며 중복 과제는 통합하여 최종 추진 과제 List를 도출하였다.

표 4.10 최종 추진과제 List

대분류	중분류	최종 추진 과제 List
1. 산악철도 시스템 기술	1.1 차량시스템	1.1.1 산악트램 및 산악트램-궤도 인터페이스 상세 설계
		1.1.2 산악트램 핵심 구성품 제작 및 성능 검증
		1.1.3 산악트램 1편성 제작 및 완성차 시험
		1.1.4 산악트램 시험선 운영 및 신뢰성 평가
	1.2 궤도시스템	1.2.1 산악철도 노반/궤도 설계기준 개발
		1.2.2 산악철도 노반/궤도 실시 설계
		1.2.3 산악철도 노반/궤도 성능검증 기술 개발
		1.2.4 산악철도용 고성능 재료 기술 개발
		1.2.5 산악궤도 안정성 평가 기술 개발
	1.3 시험선 성능 시험 및 평가	1.3.1 산악트램 계측 시스템 기술 개발
		1.3.2 산악철도 노반/궤도 계측 시스템 기술 개발
2. 산악철도 시험노선 건설 기술	2.1 궤도건설	2.1.1 산악 철도 시공 기술 개발
		2.1.2 산악철도 시공 부속품 제작 기술
		2.1.3 산악철도 시공, 시운전 및 유지보수
3. 산악철도 운영 기술 개발	3.1 신호/통신시스템	3.1.1 산악철도 시험선로 신호/통신계획 수립/성능평가
		3.1.2 산악철도 신호/통신시스템 기술 개발
		3.1.3 산악철도 신호/통신시스템 기준 수립 및 매뉴얼 작성
	3.2 운영기술	3.2.1 산악철도 시험선로 운영계획 수립
		3.2.2 산악철도 수익성 향상 운영 기술 개발
		3.2.3 산악철도 방재 및 안전 기술 개발/검증

		3.2.4 산악철도 급전 기술 개발/검증
		3.2.5 산악철도 운영 기준 수립 및 매뉴얼 작성
		3.2.6 산악철도 운영 관련 법령 기준 제·개정 방안 연구
		3.2.7 산악철도 경제성 평가 모델 개발
	3.3 유지보수 기술	3.3.1 산악철도 차량 유지보수 기준 수립 및 매뉴얼 작성
		3.3.2 산악철도 인프라 유지보수 기준 수립 및 매뉴얼 작성

2. 연구개발 추진과제

가. (중점추진분야 1) 산악철도 시스템기술 분야 추진과제

○ 차량 시스템 분야

- 산악 트램 및 산악트램-궤도 인터페이스 상세 설계
- 산악 트램 핵심 구성품제작/성능 검증
 - 대차, Pinion 추진/제동 장치, 연결기, 배터리 등 핵심 부품
- 산악 트램 1편성 제작 및 완성차 시험
 - 트램 제작 및 핵심 부품 성능 평가/인증, 유지보수 기술 개발
- 산악트램 시험선 운영 및 신뢰성 평가
 - 산악트램 완성차 신뢰성 평가

○ 궤도 시스템 분야

- 산악 철도 노반/궤도 설계 기술/기준 개발
 - 노반 지지력, 궤도 시스템 및 궤도 구성품 설계 기술/기준 개발
- 산악 철도 노반/궤도 실시 설계
- 산악철도 노반/궤도 성능검증 기술 개발, 궤도 유지보수 기술 개발
- 산악철도용 고성능 재료 기술 개발
 - 고내구성 콘크리트, 베딩재 및 탄성 충전재 성능 고도화 (내구성 향상 등)
- 산악궤도 안정성 평가 기술 개발

○ 시험선 성능 시험 및 평가

- 산악 트램 계측 시스템 기술 개발
- 산악 철도 노반/궤도 계측 시스템 기술 개발

나. (중점추진분야 2) 산악철도 시험노선 건설기술 분야 추진과제

○ 궤도 건설 분야

- 산악 철도 시공 기술 개발
- 산악 철도 시공 부속품 제작 기술
- 산악 궤도 시공, 시운전 및 유지보수

다. (중점추진분야 3) 산악철도 운영 및 유지보수 분야 추진과제

○ 신호/통신 시스템 분야

- 시험선로 신호/통신 계획 수립
- 시험노선용 신호/통신 시스템 성능 시험
- 산악철도 신호/통신 시스템 기술 개발 및 평가
 - 기존 단선 운행 신호/통신 기술 적용성 검토 및 보완
 - 자동차 운행 차단신호기 등 개발
- 산악철도 신호/통신 시스템 기준 수립 및 매뉴얼 작성

○ 운영 기술 분야

- 산악철도 시험 선로 운영계획 수립
- 산악철도 수익성 향상 운영 기술 개발
- 산악철도 방재 및 안전기술 개발/검증
 - 산악궤도 열선 매립 기술, 산악철도용 배장기 및 전방 장애물 검지 기술
- 산악철도 운영 기준 수립 및 매뉴얼 작성
- 산악철도 운영 관련 법령 기준 제·개정 방안 연구
- 산악철도 경제성 평가 모델 개발

○ 유지보수 기술 분야

- 산악철도 차량 유지보수 기준 수립 및 매뉴얼 작성
- 산악철도 인프라 유지보수 기준 수립 및 매뉴얼 작성

5절. 세부과제별 주요내용 및 추진전략

1. (중점추진분야 1) 산악철도 시스템 기술 (1세부)

- 1세부 과제인 산악철도 시스템 기술은 1-1 ‘산악철도 차량 시스템 개발’, 1-2 ‘산악철도 궤도 시스템 기술’, 및 1-3 ‘시험선 성능평가 기술’로 나뉜다. 각각의 세세부에 대한 주요 내용 및 추진 전략은 아래와 같다.

표 4.11 중점추진분야 1에 대한 주요내용 및 추진 전략

중분류	주요 연구 내용	추진전략
1.1 차량시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 산악 트램 및 산악트램-궤도 인터페이스 상세 설계 • 산악 트램 핵심 구성품제작/성능 검증 • 산악 트램 1편성 제작 및 완성차 시험 • 산악트램 시험선 운영 및 신뢰성 평가 	<ul style="list-style-type: none"> • 철도 차량 전문 기관 참여 (실용화 실적이 있는 기관 참여 필요) • 궤도 설계 전문 기관 참여 (실용화 실적이 있는 기관 참여 필요)
1.2 궤도시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 산악 철도 노반/궤도 설계 기술/기준 개발 • 산악 철도 노반/궤도 실시 설계 • 산악철도 노반/궤도 성능검증 기술 개발 • 산악철도용 고성능 재료 기술 개발 • 산악궤도 안정성 평가 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 철도 차량 및 궤도 전문 연구 기관 참여 • 각 연구 기관의 유기적 연결을 위한 SE 전문 연구 기관 참여
1.3 시험선 성능 시험 및 평가	<ul style="list-style-type: none"> • 산악 트램 계측 시스템 기술 개발 • 산악 철도 노반/궤도 계측 시스템 기술 개발 	

2. (중점추진분야 2) 산악철도 시험노선 건설기술 (2세부)

- 2세부 과제인 산악철도 시험노선 건설 기술 1.2와 1.3 세세부에서 개발된 기술을 바탕으로 하여 시험선을 건설하는 과제이다. 각각의 세세부에 대한 주요 내용 및 추진 전략은 아래와 같다.

표 4.12 중점추진분야 1에 대한 주요내용 및 추진 전략

중분류	주요 연구 내용	추진전략
2.1 궤도건설	<ul style="list-style-type: none"> • 산악 철도 시공 기술 개발 • 산악 철도 시공 부속품 제작 기술 • 산악 궤도 시공, 시운전 및 유지보수 	<ul style="list-style-type: none"> • 시험선 제공 지방자치 단체와 긴밀한 협조를 위한 자문단 구성 • 철도 궤도 전문 시공 기관 및 연구 기관 참여

3. (중점추진분야 3) 산악철도 운영 및 유지보수 (3세부)

- 3세부 과제는 산악철도가 상용화 되었을 때 필요한 신호, 운영 및 유지보수 기술에 대한 연구를 수행하는 세부과제로 각각의 세세부에 대한 주요 내용 및 추진 전략은 아래와 같다.

표 4.13 중점추진분야 3에 대한 주요내용 및 추진전략

중분류	주요 연구 내용	추진전략
3.1 신호/통신 시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 산악철도 시험선로 신호/통신 계획 수립 • 시험노선용 신호/통신 시스템 성능 시험 • 산악철도 신호/통신 시스템 기술 개발 • 산악철도 신호/통신 시스템 기준 수립 및 매뉴얼 작성 	<ul style="list-style-type: none"> • 철도 신호 전문 연구기관 참여 • 상용선 운행 경험이 있는 전문 철도 운영사 참여 • 궤도 및 차량 전문 유지보수 기관 참여
3.2 운영기술	<ul style="list-style-type: none"> • 산악철도 시험 선로 운영계획 수립 • 산악철도 수익성 향상 운영 기술 개발 • 산악철도 방재 및 안전기술 개발/검증 • 산악철도 운영 기준 수립/매뉴얼 작성 • 산악철도 운영 관련 법령 기준 제·개정 방안 연구 • 산악철도 경제성 평가 모델 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 각 연구 기관의 유기적 연결을 위한 SE 전문 연구 기관 참여 • 철도안전인증연구소 기술 기준팀과 협력

<p>3.3 유지보수 기술</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 산악철도 차량 유지보수 기준 수립 및 매뉴얼 작성 • 산악철도 인프라 유지보수 기준 수립 및 매뉴얼 작성 	
------------------------	---	--

6절. 과제 간 연계관계

- 산악철도 실용화 과제는 크게 산악철도시스템 기술개발과제, 산악철도 시험노선 건설기술 그리고 산악철도 운영 및 유지보수기술개발 분야로 이루어짐
- 각 세부 과제가 추구하는 최종목표는 산악철도 시스템 개발임. 산악철도시스템 기술개발과제는 산악철도 시험노선 건설기술에 필요한 궤도시스템 기술, 신뢰성 평가 기술 그리고 시운전에 적용되는 3량 1편성의 차량을 제작 하는 것임. 산악철도 시험노선 건설기술 분야는 시험선을 건설하여 차량/궤도 신뢰성 평가 Test bed를 구축하는 것임. 시운전을 통하여 얻어진 결과를 기반으로 산악철도 운영기술과 유지보수기술의 개발 및 제시가 이루어질 예정임

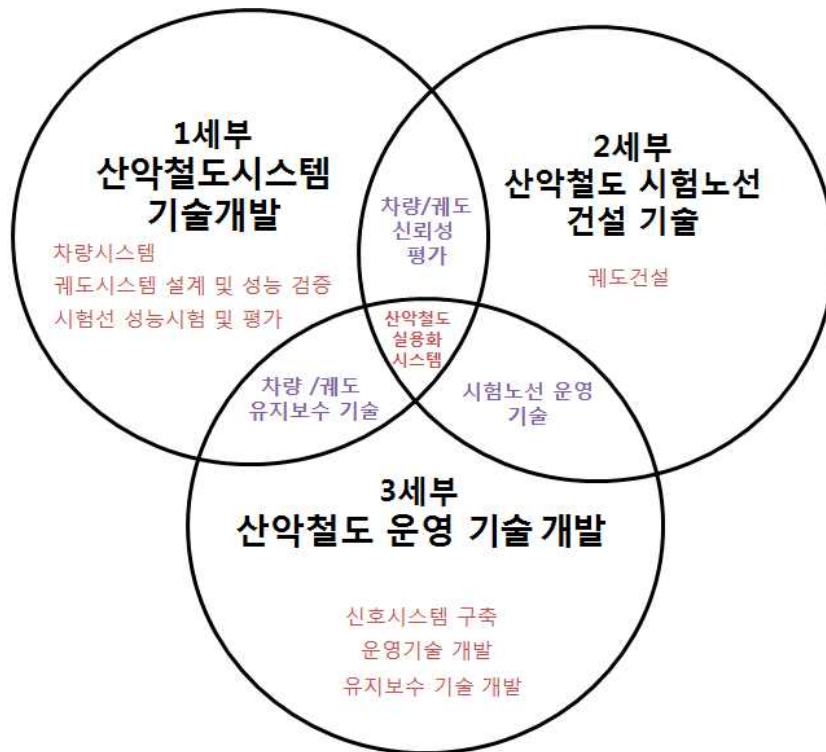


그림 4.6 과제간 연계 관계

7절. 과제별 · 연차별 기술로드맵

1. 총괄 로드맵

○ 연구과제 총괄 로드맵은 다음과 같음

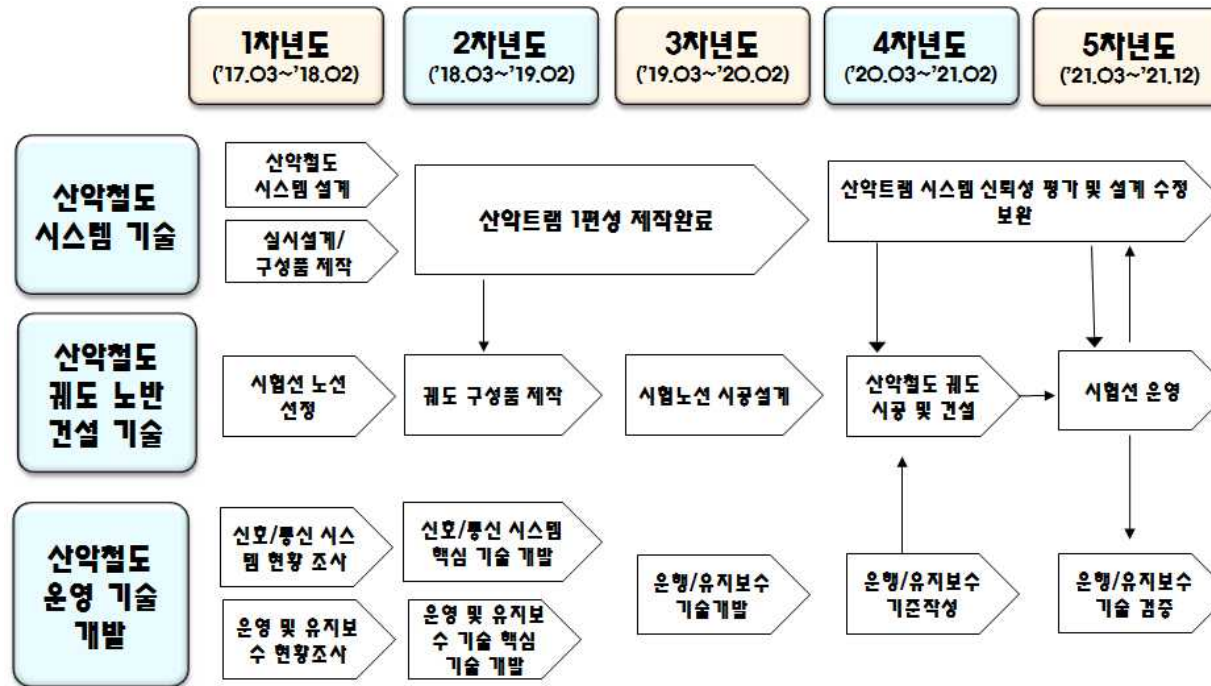


그림 4.7 산악철도 실용화 과제 총괄 로드맵

2. 과제별 로드맵

가. (중점추진분야 1) 산악철도 시스템 기술 분야

○ 중점 추진분야 1 '산악철도 시스템 기술'분야에 대한 연구개발 로드맵은 다음과 같음

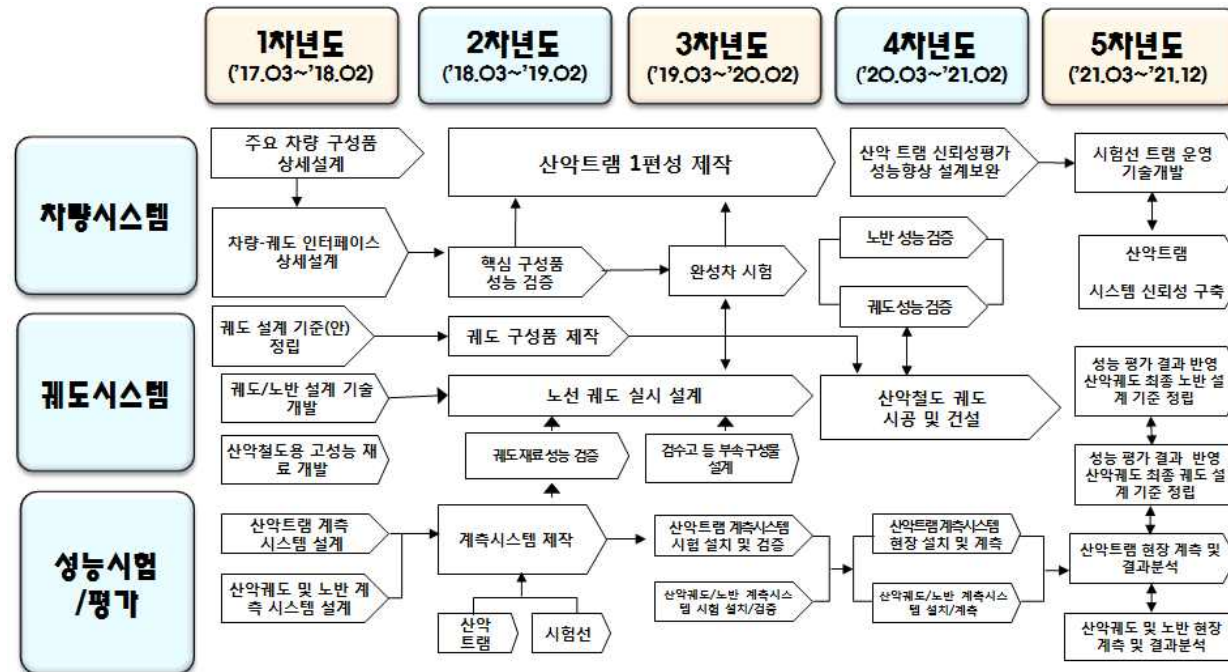


그림 4.8 중점 추진분야 1 기술개발 로드맵

나. (중점추진분야 2) 산악철도 시험노선 건설 기술 분야

○ 중점 추진분야 2 ‘산악철도 시험노선 건설 기술’ 분야에 대한 연구개발 로드맵은 다음과 같음

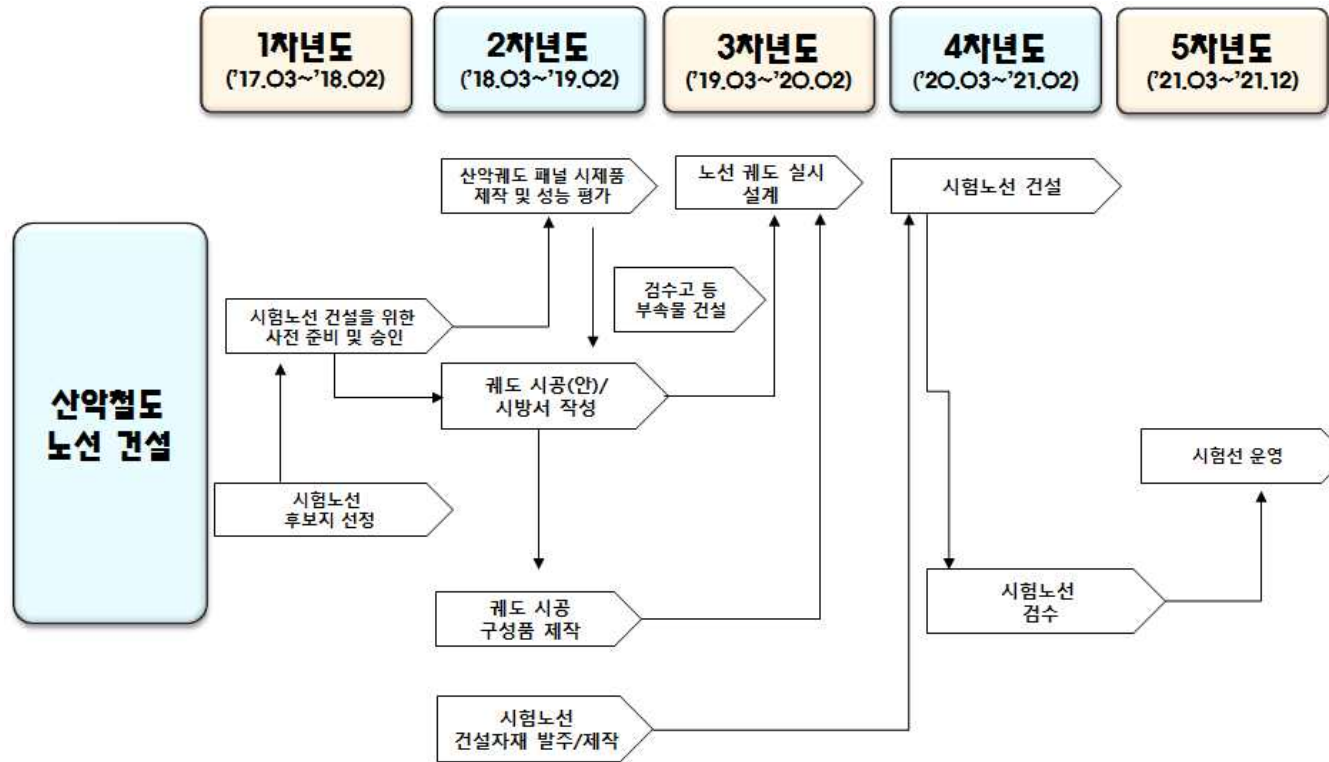


그림 4.9 중점 추진분야 2 기술 개발 로드맵

다. (중점추진분야 3) 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발 분야

○ 중점 추진분야 3 '산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발' 분야에 대한 연구개발 로드맵은 다음과 같음

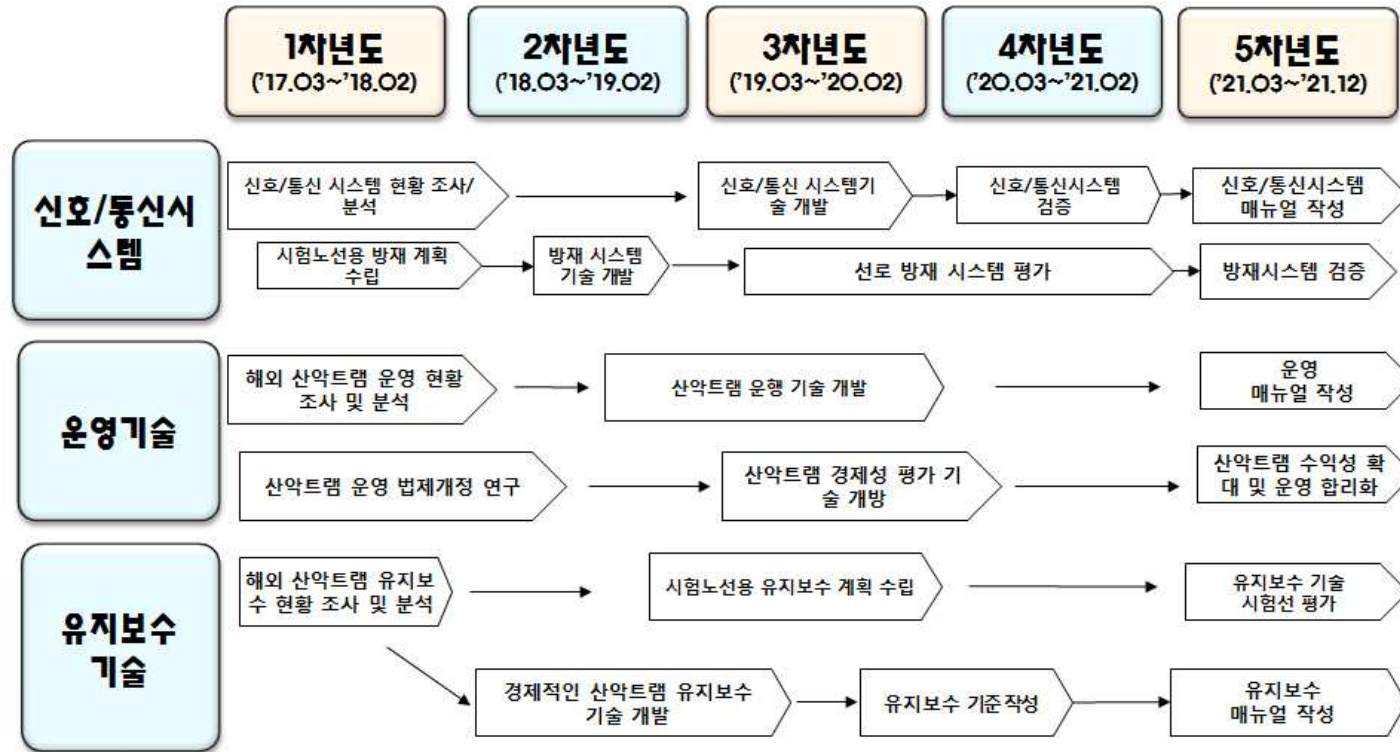


그림 4.10 중점 추진분야 3 기술 개발 로드맵

8절. 기술개발 성능목표 및 성과지표

- 산악열차 실용과 과제에서 목표로 하는 차량 및 궤도 시스템의 성능 목표는 다음과 같음

표 4.14 성능 목표

구분	세부 항목		성능목표
산악트램	궤간		• 1,000 mm
	승강장 연단 높이		• 350 mm (레일상면 기준)
	최고속도	평지	• 50 km/h
		120‰ 구간	• 15km/h
		180‰ 구간	• 5km/h
		R=10m 구간	• 5km/h
	최대 가속도	평지	• 3.5 km/h/s
		120‰ 구간	• 1.0 km/h/s
		180‰ 구간	• 0.5 km/h/s
	감속도	상용	• 3.5 km/h/s
비상		• 4.5 km/h/s	
소음		• 80 dB(A) Leq(5초, Fast Mode) 이하 - 직선평탄선로에서 최고운행속도로 공차운행 시	
산악궤도	선형		• 기존 도로 선형 유지 - 180‰ 구배 이하, 곡선 반경 R=10m 이상 구간
	노반		• 노반 상태 양호 ($K_{30}=0.111 \text{ kN/m}^3$) 이상
	궤도	종방향 저항력	• 앵커 전단 응력 < 허용 응력 (180‰ 구배 기준)
		탄성 충전재	• KRS TR 0014-15R 기준 이상
		레일	• R=10m 가공 시 두부 변형 없음
		그라우트 베딩재	• 부착강도 1.0N/mm^2 이상 • 휨강도 6.0 N/mm^2 이상 • 들뜸 없음
	시공	궤간 공차	• 2 mm 이내
		Rack-레일 수직 공차	• +4 mm 이하

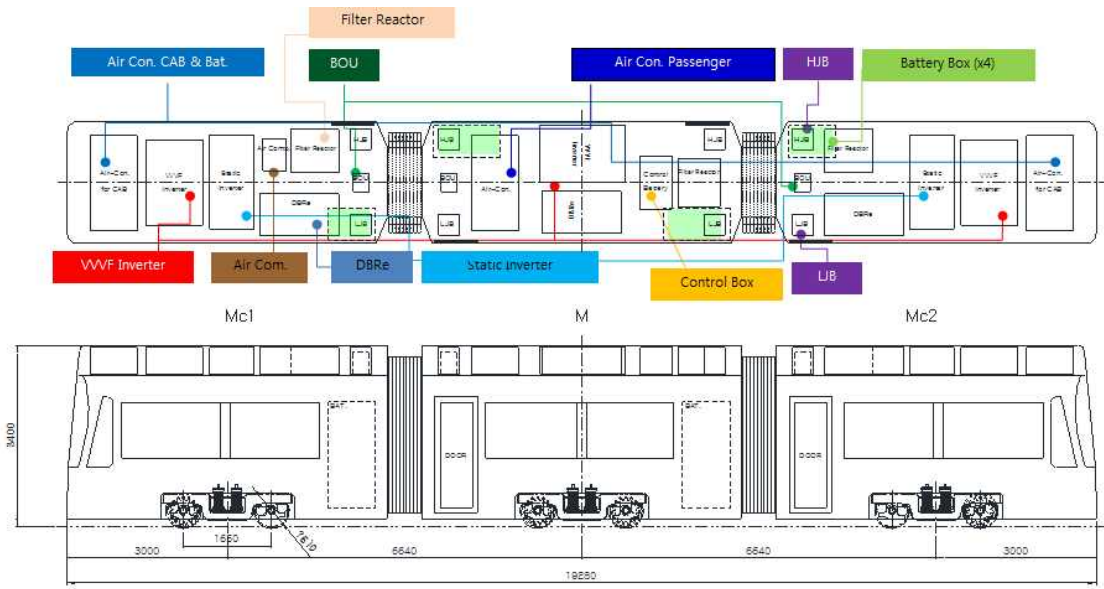


그림 4.11 산악트램 구성도

○ 본과제의 1-5차년도에의 각 세부별 성과 지표는 다음과 같음

표 4.15 제1세부 성과지표

성과목표	성과지표	측정방법	목표치	가중치
산악철도 시스템 개발 (급구배 180%, 급곡선 10m 이상 도로 겸용 선로에서 운행이 가능한 산악철도 시스템 기술개발)	산악트램 차량 설계기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 산악트램 1편성 상세 설계도면 <ul style="list-style-type: none"> 차체, 대차, 추진체(pinion), 승객편의시설, 급전장치, 추진제어장치, 제동장치, 연결기, 감속기, 연결막) 	10건	15%
	산악트램 성능평가기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 산악트램 완성차 시험 보고서 1식 산악철도 시험선 트램 운영 보고서 1식 산악트램 성능 시험 및 검증 결과보고서 1식 산악트램 신뢰성 평가 기술보고서 1식 	4식	15%
	산악트램 차량 완성 시작품 (3량 1편성)	<ul style="list-style-type: none"> 산악트램 핵심 구성품 시작품 <ul style="list-style-type: none"> (대차, 추진제어장치, 차체, 급전시스템 Pinion, 제동 장치, 연결기, 감속기 등) 산악트램 완성 시작품 (3량1편성) 	산악트램 시작품 (3량 1편성)	30%
	산악 궤도 시스템 설계	<ul style="list-style-type: none"> 산악궤도 노반 설계 기준(안) 1식 산악궤도 궤도 설계 기준(안) 1식 산악철도 시험노선 노반 실시 설계 보고서 1식 산악철도 시험노선 궤도 실시 설계 보고서 1식 산악궤도 안정성 평가 기술 보고서 1식 시험노선용 탄성 충전재 시공기술서 1식 산악트램 검수고 등 부속 구성물 설계 보고서 1식 	7식	15%
	산악 궤도 시스템 인증 체계구축	<ul style="list-style-type: none"> 탄성 충전재 성능 검증 및 인증 보고서 1식 산악철도 노반 성능 검증 및 인증 보고서 1식 산악철도 궤도 성능 검증 및 인증 보고서 1식 	3식	10%
	시험선 성능 시험 및 평가 계측시스템 제작	<ul style="list-style-type: none"> 산악트램 계측시스템 시작품 1식 산악궤도 및 노반 계측시스템 시작품 1식 산악트램 계측 시스템 시험 및 평가보고서 1식 산악궤도 및 노반 계측 시스템 시험 및 평가 보고서 1식 	4건	15%
	지적재산권/논문	<ul style="list-style-type: none"> 계재 논문 3건 특허 등록 8건 	11건	
	총계			

표 4.16 제2세부 성과지표

성과목표	성과지표	측정방법	목표치	가중치
산악철도 시험선 개발/시공 (급구배 180%, 급곡선 10m 이상 도로 겸용 선로에서 운행이 가능한 산악철도 Test bed 건설)	산악철도 시험노선 선정	<ul style="list-style-type: none"> • 시험노선 공모서 • 선형 만족여부(100% 이상, R=10m 구간 포함 여부) • 지자체 매칭 적정성(건설비 부담 등) • 지자체 활용방안 적정성(노선 연장을 통한 상용화 등) • 지자체 민원 해결방안의 적정성 	시험노선 선정	15%
	산악철도 시험선 시공기법 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 산악철도 시험선 건설 시방서 1식 • 산악철도 건설자재 성능평가 보고서 1식 • 궤도 패널 몰드 설계/제작 보고서 1식 • 정밀시공(랙-레일 공차 4mm 이내, 레일 R=10m 벤딩 등)을 위한 설계부자재 설계/성능평가 보고서 1식 	5식	20%
	산악철도 시험선 성능 평가	<ul style="list-style-type: none"> • 180% 구배부 궤도 슬라이딩 방지 검토 보고서 1식 • 180% 구배부 레일 장출 방지 검토 보고서 1식 • 180% 구배부 랙 및 체결구 응력 검토 보고서 1식 • R=10m 구간 횡압 및 레일 마모 측정 보고서 1식 • 궤도 노반 압력 및 장기거동 예측 보고서 1식 • 궤도 환경하중 영향 평가 보고서 1식 	6식	20%
	산악철도 시험선 완성품	<ul style="list-style-type: none"> • 산악철도 시험선(궤도, 급전, 검수고 시설 포함) 1식 • 산악철도 시험선(궤도, 급전, 검수고 시설 포함) 검수 보고서 1식 	2식	30%
	지적재산권 /논문	<ul style="list-style-type: none"> • 게재 논문 5건 • 특허 등록 5건 	10건	15%
	총계			

표 4.17 제3세부 성과지표

성과목표	성과지표	측정방법	목표치	가중치
산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발 (급구배 180%, 급곡선 10m 이상 도로 겸용 선로에서 운행이 가능한 산악철도 운영 및 유지보수 기술개발)	산악철도 신호/통신 시스템 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 산악철도 통신시스템 개발 (차량-차량, 차량-관제) 1건 산악철도 신호시스템 (건널목, 대피선, 시험선 자동차 차단 등) 개발 1건 	2건	25%
	산악철도 운영기술개발	<ul style="list-style-type: none"> 산악철도 수익성 향상을 위한 운영 전략 수립 보고서 1식 산악철도 통신시스템 기술 운영 보고서 1식 산악철도 신호시스템 기술 운영 보고서 1식 선로 제설 및 제빙 기술 개발 보고서 1식 산악철도 방재 시스템 기술 개발 보고서 1식 산악철도 효율성 증대를 위한 법 재·개정 보고서 1식 산악철도 경제성 평가 방법개발 보고서 1식 산악철도 안전 운영 매뉴얼 1식 산악철도 방재 시스템 운영 매뉴얼 1식 	9식	40%
	산악철도 유지보수 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> 해외 산악철도 유지보수 현황 조사 분석 보고서 1식 산악철도 신호/통신시스템 유지보수 매뉴얼 1식 산악철도 차량 유지보수 매뉴얼 1식 산악철도 선로/노반/궤도유지보수 매뉴얼 1식 산악철도 방호시스템 유지보수 매뉴얼 1식 	5식	25%
	지적재산권 / 논문	<ul style="list-style-type: none"> 게재 논문 3건 특허 등록 5건 	8건	10%
총계				100%

9절. 성과의 활용방안

- 중점추진 분야 1은 산악철도 시스템 기술 개발로 실용화에 필수적인 산악트램 1편성 제작 및 산악궤도 기술을 개발함. 개발된 산악트램 1편성은 연구 기간 안에서는 궤도와 인터페이스, 차량 신뢰성 검증에 활용됨
- 연구 종료 후에는 시제 차량은 Test bed 노선 연장에 따른 산악열차 상용화 시에 보조차량으로 활용될 수 있음. 또한, 본 연구에서 개발된 산악트램은 세계 최고사양으로 제작이 됨으로, 해외 진출 시 홍보 등에 활용이 될 수 있음
- 중점 추진 분야 1 중 산악궤도 기술과 중점 추진 분야 2의 궤도 건설 기술 부분은 R=10 m 곡선과 급구배 180 %의 등판이 경합되는 극한 조건의 궤도 건설 기술을 개발하는 것으로, 이러한 궤도의 시공에 대한 기술력을 축적함으로써 유사 궤도 건설 (시험선의 연장에 따른 건설 수요 발생 등)에 활용을 할 수 있음
- 시험선 구축을 통하여 산악열차 실용화 기반이 마련되고 추후 시험선을 연장하여 상용화 노선이 구축 될 수 있다. 이 때 필요한 운행 기술을 중점 추진 분야 3에서 미리 개발함으로 상용화 노선 운행에 활용이 가능함

10절. 연구수행체계 제안

○ 산악철도 실용화 연구는 주관연구기관이 연구 총괄을 수행한다. 연구의 목표가 시험선 구축을 통한 개발 산악트램의 검증 및 상용화 운행 기술을 개발하는 것이므로 Test bed 제공 지방자치단체의 자문단을 구성하여 의견을 반영한다.

○ 또한, 차량, 궤도, 신호 및 운영에 관한 전문기관이 연구에 참여하여 연구를 수행 하여야 하며, 구체적인 연구 수행 체계(안)은 아래와 같다.

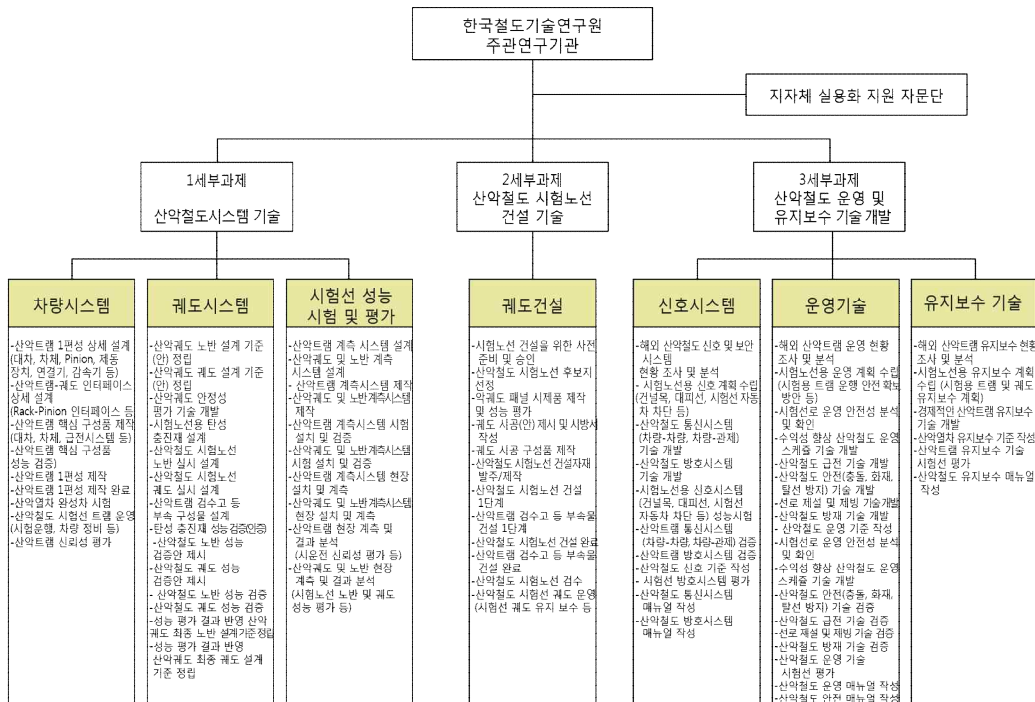


그림 4.12 연구수행 체계

제5장 인력투입계획 및 소요예산 산정

1절. 인력투입 및 소요예산

1. 전체사업 인력 및 소요예산

- 예산 산정의 경우 정부출연금만으로 계상한 예산과 기업부담금을 포함한 예산으로 구분하여 예산 산정하였다. 기업부담금의 경우 전체 예산의 25%로 산정하였으며, 시험선 건설 시 지자체 매칭 예산은 13.51억원으로 계산하였음
- 과제별 투입 인력

[단위 : 명]

세부 과제	세세부 과제	총 인력 투입	총 인력 구성비
1. 산악철도시스템 기술	1.1 차량시스템	249	37.6%
	1.2 궤도시스템	128	19.3%
	1.3 시험선 성능 시험 및 평가	65	9.8%
	소계	442	66.8%
2. 산악철도 시험노선 건설 기술	2.1 궤도건설	113	17.1%
	소계	113	17.1%
3. 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발	3.1 신호시스템	26	3.9%
	3.2 운영기술	45	6.8%
	3.3 유지보수 기술	36	5.4%
	소계	107	16.2%
	합계	662	100.0%

○ 비목별 총괄 소요예산 (정부출연금으로 예산 산정)

[단위 : 천원]

비목		1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		합 계	
		금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율
직 접 비	인건비	216,600	21.7%	809,200	20.2%	1,075,900	15.4%	1,499,400	16.7%	1,698,400	21.2%	5,299,500	18.3%
	연구장비/ 재료비	486,750	48.7%	2,175,000	54.4%	3,905,300	55.8%	5,114,250	56.8%	3,806,800	47.6%	15,488,100	53.4%
	연구활동비	199,480	19.9%	625,560	15.6%	1,296,995	18.5%	1,488,600	16.5%	1,541,600	19.3%	5,152,235	17.8%
	연구수당	20,720	2.1%	90,440	2.3%	173,600	2.5%	220,140	2.4%	242,960	3.0%	747,860	2.6%
	소계	923,550	92.4%	3,700,200	92.5%	6,451,795	92.2%	8,322,390	92.5%	7,289,760	91.1%	26,687,695	92.0%
간접비		76,450	7.6%	299,800	7.5%	548,205	7.8%	677,610	7.5%	710,240	8.9%	2,312,305	8.0%
합계		1,000,000	100.0%	4,000,000	100.0%	7,000,000	100.0%	9,000,000	100.0%	8,000,000	100.0%	29,000,000	100.0%

○ 비목별 총괄 소요예산 (기업부담금 및 지자체 매칭 포함 예산)

[단위 : 천원]

비목		1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		합 계	
		금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율
직 접 비	인건비	216,600	16.5%	809,200	15.7%	1,075,900	11.8%	1,499,400	12.9%	1,698,400	16.1%	5,299,500	14.0%
	연구장비/ 재료비	486,750	37.1%	2,175,000	42.1%	3,905,300	42.9%	5,114,250	44.1%	3,806,800	36.1%	15,488,100	41.1%
	연구활동비	199,480	15.2%	625,560	12.1%	1,296,995	14.2%	1,488,600	12.8%	1,541,600	14.6%	5,152,235	13.7%
	연구수당	20,720	1.6%	90,440	1.8%	173,600	1.9%	220,140	1.9%	242,960	2.3%	747,860	2.0%
	소계	923,550	70.4%	3,700,200	71.7%	6,451,795	70.8%	8,322,390	71.8%	7,289,760	69.1%	26,687,695	70.7%
간접비		76,450	5.8%	299,800	5.8%	548,205	6.0%	677,610	5.8%	710,240	6.7%	2,312,305	6.1%
정부출연금		1,000,000	76.3%	4,000,000	77.5%	7,000,000	76.8%	9,000,000	77.6%	8,000,000	75.8%	29,000,000	76.9%
기 업 부 담 금	현금	28,333	2.2%	113,333	2.2%	154,000	1.7%	207,000	1.8%	234,667	2.2%	737,333	2.0%
	현물	255,000	19.4%	1,020,000	19.8%	1,386,000	15.2%	1,863,000	16.1%	2,112,000	20.0%	6,636,000	17.6%
	소계	283,333	21.6%	1,133,333	22.0%	1,540,000	16.9%	2,070,000	17.9%	2,346,667	22.2%	7,373,333	19.5%
지자체 매칭		28,000	2.1%	26,880	0.5%	571,290	6.3%	523,200	4.5%	201,630	1.9%	1,351,000	3.6%
합계		1,311,333	100.0%	5,160,213	100.0%	9,111,290	100.0%	11,593,200	100.0%	10,548,297	100.0%	37,724,333	100.0%

2. 중점추진 분야별 인력 및 소요예산

(1) 산악철도시스템 기술 (1세부)

○ 산악철도시스템 기술 관련 투입 인력

[단위 : 명]

세부 과제	세세부 과제	년차	인력 투입	인력구성비	
1.산악철도 시스템 기술	1.1 차량시스템	1	27	6.1%	
		2	43	9.7%	
		3	63	14.3%	
		4	63	14.3%	
		5	53	12.0%	
	소계			249	56.3%
	1.2궤도시스템	1	11	2.5%	
		2	26	5.9%	
		3	19	4.3%	
		4	32	7.2%	
		5	40	9.0%	
	소계			128	29.0%
	1.3시험선 성능 시험 및 평가	1	3	0.7%	
		2	17	3.8%	
		3	12	2.7%	
		4	15	3.4%	
		5	18	4.1%	
	소계			65	14.7%
합계			442	100.0%	

○ 산악철도시스템 기술 관련 비목별 소요예산 (1세부 : 정부출연금으로 예산 산정)

[단위 : 천원]

비목		1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		합 계	
		금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율
직 접 비	인건비	150,000	21.4%	482,000	18.5%	372,750	9.6%	604,800	11.3%	723,600	16.3%	2,333,150	13.7%
	연구장비/ 재료비	390,750	55.8%	1,727,000	66.4%	2,908,500	74.9%	3,947,850	73.7%	2,667,600	60.1%	11,641,700	68.6%
	연구활동비	111,700	16.0%	235,600	9.1%	399,490	10.3%	524,565	9.8%	721,320	16.2%	1,992,675	11.7%
	연구수당	7,400	1.1%	25,000	1.0%	32,970	0.8%	41,220	0.8%	48,000	1.1%	154,590	0.9%
	소계	659,850	94.3%	2,469,600	95.0%	3,713,710	95.6%	5,118,435	95.6%	4,160,520	93.7%	16,122,115	94.9%
간접비		40,150	5.7%	130,400	5.0%	171,290	4.4%	236,565	4.4%	279,480	6.3%	857,885	5.1%
합계		700,000	100.0%	2,600,000	100.0%	3,885,000	100.0%	5,355,000	100.0%	4,440,000	100.0%	16,980,000	100.0%

○ 산악철도시스템 기술 관련 비목별 소요예산 (1세부 : 기업부담금 포함 예산)

[단위 : 천원]

비목		1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		합 계	
		금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율
직 접 비	인건비	150,000	16.1%	482,000	13.9%	372,750	7.2%	604,800	8.5%	723,600	12.2%	2,333,150	10.3%
	연구장비/ 재료비	390,750	41.9%	1,727,000	49.8%	2,908,500	56.1%	3,947,850	55.3%	2,667,600	45.1%	11,641,700	51.4%
	연구활동비	111,700	12.0%	235,600	6.8%	399,490	7.7%	524,565	7.3%	721,320	12.2%	1,992,675	8.8%
	연구수당	7,400	0.8%	25,000	0.7%	32,970	0.6%	41,220	0.6%	48,000	0.8%	154,590	0.7%
	소계	659,850	70.7%	2,469,600	71.2%	3,713,710	71.7%	5,118,435	71.7%	4,160,520	70.3%	16,122,115	71.2%
간접비		40,150	4.3%	130,400	3.8%	171,290	3.3%	236,565	3.3%	279,480	4.7%	857,885	3.8%
정부출연금		700,000	75.0%	2,600,000	75.0%	3,885,000	75.0%	5,355,000	75.0%	4,440,000	75.0%	16,980,000	75.0%
기 업 부 담 금	현금	23,333	2.5%	86,667	2.5%	129,500	2.5%	178,500	2.5%	148,000	2.5%	566,000	2.5%
	현물	210,000	22.5%	780,000	22.5%	1,165,500	22.5%	1,606,500	22.5%	1,332,000	22.5%	5,094,000	22.5%
	소계	233,333	25.0%	866,667	25.0%	1,295,000	25.0%	1,785,000	25.0%	1,480,000	25.0%	5,660,000	25.0%
합계		933,333	100.0%	3,466,667	100.0%	5,180,000	100.0%	7,140,000	100.0%	5,920,000	100.0%	22,640,000	100.0%

(2) 산악철도 시험노선 건설 기술 (2세부)

○ 산악철도 시험노선 건설 기술 관련 투입 인력

[단위 : 명]

세부 과제	세세부 과제	년차	인력 투입	인력 구성비
2. 산악철도 시험노선 건설 기술	2.1 궤도건설	1	3	2.7%
		2	21	18.6%
		3	28	24.8%
		4	35	31.0%
		5	26	23.0%
	소계			113
합계			113	100.0%

○ 산악철도 시험노선 건설 기술 관련 비목별 소요예산 (2세부 : 정부출연금으로 예산 산정)

[단위 : 천원]

비목		1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		합 계	
		금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율
직 접 비	인건비	27,000	18.0%	124,800	20.8%	499,800	21.0%	627,750	22.5%	316,800	33.0%	1,596,150	23.2%
	연구장비/ 재료비	48,000	32.0%	192,000	32.0%	761,600	32.0%	892,800	32.0%	307,200	32.0%	2,201,600	32.0%
	연구활동비	51,450	34.3%	185,640	30.9%	730,660	30.7%	806,310	28.9%	156,480	16.3%	1,930,540	28.1%
	연구수당	5,400	3.6%	24,960	4.2%	99,960	4.2%	125,550	4.5%	63,360	6.6%	319,230	4.6%
	소계	131,850	87.9%	527,400	87.9%	2,092,020	87.9%	2,452,410	87.9%	843,840	87.9%	6,047,520	87.9%
간접비		18,150	12.1%	72,600	12.1%	287,980	12.1%	337,590	12.1%	116,160	12.1%	832,480	12.1%
합계		150,000	100.0%	600,000	100.0%	2,380,000	100.0%	2,790,000	100.0%	960,000	100.0%	6,880,000	100.0%

○ 산악철도 시험노선 건설 기술 관련 비목별 소요예산 (2세부 : 지자체 매칭 예산 포함)

[단위 : 천원]

비목		1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		합 계	
		금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율
직 접 비	인건비	27,000	15.2%	124,800	19.9%	499,800	16.9%	627,750	18.9%	316,800	27.3%	1,596,150	19.4%
	연구장비/ 재료비	48,000	27.0%	192,000	30.6%	761,600	25.8%	892,800	26.9%	307,200	26.4%	2,201,600	26.7%
	연구활동비	51,450	28.9%	185,640	29.6%	730,660	24.8%	806,310	24.3%	156,480	13.5%	1,930,540	23.5%
	연구수당	5,400	3.0%	24,960	4.0%	99,960	3.4%	125,550	3.8%	63,360	5.5%	319,230	3.9%
	소계	131,850	74.1%	527,400	84.1%	2,092,020	70.9%	2,452,410	74.0%	843,840	72.6%	6,047,520	73.5%
간접비		18,150	10.2%	72,600	11.6%	287,980	9.8%	337,590	10.2%	116,160	10.0%	832,480	10.1%
지자체 매칭		28,000	15.7%	26,880	4.3%	571,290	19.4%	523,200	15.8%	201,630	17.4%	1,351,000	16.4%
합계		178,000	100.0%	626,880	100.0%	2,951,290	100.0%	3,313,200	100.0%	1,161,630	100.0%	8,231,000	100.0%

(3) 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발 (3세부)

○ 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발 관련 투입 인력

[단위 : 명]

세부 과제	세세부 과제	년차	인력 투입(명)	인력 구성비	
3. 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발	3.1 신호시스템	1	2	1.9%	
		2	8	7.5%	
		3	3	2.8%	
		4	4	3.7%	
		5	9	8.4%	
	소계			26	24.3%
	3.2 운영기술	1	3	2.8%	
		2	12	11.2%	
		3	5	4.7%	
		4	7	6.5%	
		5	18	16.8%	
	소계			45	42.1%
	3.3 유지보수 기술	1	2	1.9%	
		2	8	7.5%	
		3	5	4.7%	
		4	6	5.6%	
		5	15	14.0%	
	소계			36	33.6%
	합계			107	100.0%

○ 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발 관련 비목별 소요예산 (3세부 : 정부출연금으로 예산 산정)

[단위 : 천원]

비목		1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		합 계	
		금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율
직 접 비	인건비	39,600	26.4%	202,400	25.3%	203,350	27.7%	266,850	31.2%	658,000	25.3%	1,370,200	26.7%
	연구장비/ 재료비	48,000	32.0%	256,000	32.0%	235,200	32.0%	273,600	32.0%	832,000	32.0%	1,644,800	32.0%
	연구활동비	36,330	24.2%	204,320	25.5%	166,845	22.7%	157,725	18.4%	663,800	25.5%	1,229,020	23.9%
	연구수당	7,920	5.3%	40,480	5.1%	40,670	5.5%	53,370	6.2%	131,600	5.1%	274,040	5.3%
	소계	131,850	87.9%	703,200	87.9%	646,065	87.9%	751,545	87.9%	2,285,400	87.9%	4,518,060	87.9%
간접비		18,150	12.1%	96,800	12.1%	88,935	12.1%	103,455	12.1%	314,600	12.1%	621,940	12.1%
합계		150,000	100.0%	800,000	100.0%	735,000	100.0%	855,000	100.0%	2,600,000	100.0%	5,140,000	100.0%

○ 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발 관련 비목별 소요예산 (3세부 : 기업부담금 포함 예산)

[단위 : 천원]

비목		1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		합 계	
		금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율
직 접 비	인건비	39,600	19.8%	202,400	19.0%	203,350	20.8%	266,850	23.4%	658,000	19.0%	1,011,000	14.8%
	연구장비/ 재료비	48,000	24.0%	256,000	24.0%	235,200	24.0%	273,600	24.0%	832,000	24.0%	1,600,000	23.4%
	연구활동비	36,330	18.2%	204,320	19.2%	166,845	17.0%	157,725	13.8%	663,800	19.1%	1,579,701	23.1%
	연구수당	7,920	4.0%	40,480	3.8%	40,670	4.2%	53,370	4.7%	131,600	3.8%	202,200	3.0%
	소계	131,850	65.9%	703,200	65.9%	646,065	65.9%	751,545	65.9%	2,285,400	65.9%	4,518,060	66.0%
간접비		18,150	9.1%	96,800	9.1%	88,935	9.1%	103,455	9.1%	314,600	9.1%	607,099	8.9%
정부출연금		150,000	75.0%	800,000	75.0%	735,000	75.0%	855,000	75.0%	2,600,000	75.0%	5,140,000	75.1%
기 업 부 담 금	현금	5,000	2.5%	26,667	2.5%	24,500	2.5%	28,500	2.5%	86,667	2.5%	166,666	2.4%
	현물	45,000	22.5%	240,000	22.5%	220,500	22.5%	256,500	22.5%	780,000	22.5%	1,542,000	22.5%
	소계	50,000	25.0%	266,667	25.0%	245,000	25.0%	285,000	25.0%	866,667	25.0%	1,708,666	24.9%
합계		200,000	100.0%	1,066,667	100.0%	980,000	100.0%	1,140,000	100.0%	3,466,667	100.0%	6,848,666	100.0%

2절. 주요 연구장비/재료비 상세내역

1. 산악철도 차량시스템 예산

○ 소요예산

[단위 : 천원]

주요과업	소요 예산	비고
산악철도 차량 제작	6,035,000	-
산악철도 추진 장치 및 밴드 제동 제작	1,553,000	-
산악철도 감속기 제작	700,000	-
합계	8,288,000	

○ 상세내역

[단위 : 천원]

품명 및 공정	규격	단위	수량	단가	금액	비고
산악철도 차량 제작						
총액					6,035,000	
1. 차체					570,000	
차체 프레임 제작 조립			3	190,000	570,000	
2. 추진 배터리 모듈		set	1	1,400,000	1,400,000	
배터리셀,렉,제어장치구동용 배터리						
3. 전기장치					1,770,000	
(추진장치)		set	3	283,333	850,000	
인버터,모터,기어박스,주회로스위 치,마스콘						
(보조전원장치)		set	2	115,000	230,000	
SIV, 보조배터리						

(TMS & PA/PIS)		set	3	100,000	300,000	
TMS, 방송/표시장치						
(기타 전기장치)		set	3	130,000	390,000	
배전반,히터,접퍼케이블, 정선박스, 전선, 제어대 부품 외						
4. 기장/제동장치		set	3	216,667	650,000	
BOU,기초제동장치,공기압축기, 압력스위치, 콕크 외						
5. 대차		set	3	228,667	686,000	
프레임,윤축,서스펜션, 센터피봇 장치 외						
6. 의장설비		set	3	306,667	920,000	
냉/난방장치,도어시스템,내장판, Cab모듈,유리창,의자 외						
7. 기타 부자재		set	1	39,000	39,000	
정병류,배선/배관자재,기타 부자재						

[단위 : 천원]

품명 및 공정	규격	단위	수량	단가	금액	비고
산악철도 추진 장치 및 밴드 제동 제작						
총 금액					1,553,000	
1. 탄성피니언					265,000	
설계			1	15,000	15,000	강도
제작		set	8	25,000	200,000	테스트용 포함
성능시험			1	25,000	25,000	인증
내구시험			1	25,000	25,000	인증
2. 탄성체					100,000	
배합설계			1	12,000	12,000	

제작		set	8	8,000	64,000	set 당 12ea
내열내한시험			1	12,000	12,000	
물성시험			1	12,000	12,000	경도,인장 강도,신장
3. 랙					700,000	
직선부 설계			1	15,000	15,000	
곡선부 설계			1	25,000	25,000	R=10m 외
제작		m	1000	400	400,000	
지그제작			2	20,000	40,000	
강도시험			1	20,000	20,000	
현장시공		m	1000	200	200,000	
4. 랙 체결장치					200,000	
직선부 설계			1	10,000	10,000	
곡선부 설계			1	10,000	10,000	R=10m 외
제작		set	1,000	120	120,000	set 당 4ea
조립		set	1,000	60	60,000	볼트 포함
5. 밴드브레이크					288,000	
설계			1	25,000	25,000	
라이닝 배합설계		0	1	12,000	12,000	마찰계
드럼제작		ea	6	8,000	48,000	테스트용 포함
밴드라이닝제작		set	6	20,000	120,000	2Band Type
유압유니트 제작		set	6	10,000	60,000	
제동성능시험			1	20,000	20,000	인증
조립 및 설치		식	6	500	3,000	

[단위 : 천원]

품명 및 공정	규격	단위	수량	단가	금액	비고
산악철도 감속기 제작						
총 금액					700,000	
1. 감속기 제작					557,000	
소재비		SET	30	110,400	150,000	
가공비		SET	40	10,200	102,000	
열처리비		SET	30	4,700	47,000	
방진구제작		SET	23	18,000	53,000	
기타 구매품		SET	10	25,000	25,000	
금형비		SET	9	60,000	180,000	
2. 무부하 작동 시험 장치					143,000	
Base		SET	1	30,000	30,000	
고정 브라켓		SET	1	12,000	12,000	
커플링		SET	1	20,000	20,000	
구동 모터		SET	1	15,000	15,000	
컨트롤러		SET	1	30,000	30,000	
토크,온도,RPM,센서		SET	1	25,000	25,000	
시험기 수정/보완		SET	2	11,000	11,000	

2. 산악철도 시험선 건설 예산

○ 소요예산

[단위 : 천원]

주요과업	소요 예산	비고
산악궤도 1km 제작	3,770,000	-
탄성 충진재 및 베딩재 제작/시공	1,000,000	-
산악궤도 노반 공사 및 인허가	252,429	-
합계	5,022,429	

○ 상세내역

[단위 : 천원]

품명 및 공정	규격	단위	수량	단가	금액	비고
산악궤도 1km 제작비						
총 금액					3,770,000	
1. 측량					10,000	
노반인수.인계관련 측량	토공구간	km	1	10,000	10,000	
2. 노반					284,800	
노반 터파기 및 처리비	토공구간	km	1	284,800	284,800	
3. 궤도부설					359,700	
궤도부설	50kgN	km	1	25,000	25,000	
패널설치	토공구간	km	1	30,000	30,000	
패널정정	토공구간	km	1	35,000	35,000	
진단키 설치	토공구간	EA	3,200	50	160,000	
바닥물청소	토공구간	km	1	10,000	10,000	
판넬 측면막기	토공구간	km	1	20,000	20,000	
HSB층 타설	토공구간	m ³	380	65,000	24,700	

장대레일 소운반	토공구간	km	1	5,000	5,000	
베딩제 타설	토공구간	km	1	10,000	10,000	
충진제 타설	토공구간	km	1	10,000	10,000	
Rack 설치	토공구간	km	1	30,000	30,000	
4. 용접공사					9,500	
레일가스압접		개소	20	250	5,000	
테르밋트용접		개소	10	450	4,500	
5. 자재반입					16,000	
레일운반	L=20m	EA	100	80	8,000	
궤도패널운반	L=5m	EA	200	40,000	8,000	
Rack 운반					-	
베딩제&충진제					-	
6. 부대공사					80,000	
조명설비		km	1	30,000	30,000	
레일연마		km	1	50,000	50,000	
7. 자재비					240,000	
레일	L=20m	EA	100	2,000	200,000	
접착제	L=20m	EA	100	200	20,000	
가고정장치	L=20m	EA	100	200	20,000	
8. 강제폴드					250,000	
직선부 및 곡선부 폴드		EA	25	10,000	250,000	
8. 패널 생산/기타 부속품		식	1	1,800,000	1,800,000	
9. 건축물 시공		식	1	1,800,000	540,000	
10. 급전시설 시공 등		식	1	1,800,000	180,000	

[단위 : 천원]

품명 및 공정	규격	단위	수량	단가	금액	비고
탄성 충전제 및 베딩제 제작/시공						
총 금액					1,000,000	
1.노무비					90,000	
노반인수.인계관련 측량	토공구간	km	1	90,000	90,000	
2.경비 및 재경비					200,000	
노반 터파기 및 처리비	토공구간	km	1	200,000	200,000	
3. 재료비					700,000	
베딩제 재료비			1	500,000	500,000	
충진제 재료비		ton	1	200,000	200,000	
5. 자재반입					10,000	
PVC운반 및 체결	2km	EA	100	80	8,000	
베딩제&충진제					2,000	

[단위 : 천원]

품명 및 공정	규격	단위	수량	단가	금액	비고
산악케도 노반 공사 및 인허가						
총 금액					252,429	
1. 기본/실시설계					82,978	
현지 답사 및 조사					24,668	
설계 및 노선 계획/분석					58,310	
2. 실측 노선 측량					33,388	
노선측량	토공구간	km			33,388	
3. 지반조사					31,748	
광역조사 및 탐사		식	1		15,500	
시추조사		식	1		2,160	
현장원위치시험		식	1		6,600	
실내토질시험		식	1		4,538	
부대공		식	1		950	
성과분석 및 보고서작성		식	1		2,000	
4. 인허가					47,557	
인허가 도서작성					47,557	
5. 노반					56,758	
노반 공사					56,758	

3. 산악철도 시험선 지자체 매칭 예산

- 산악철도 시험선 건설 시 특정 지자체의 부지를 활용하여 건설이 될 수 있으며, 이때 지자체에서 건설비의 일부를 부담을 하는 것이 바람직하다. 본 절에서는 이러한 산악 철도 지자체 매칭예산에 대한 개략적인 내역을 산출하였으며 그 결과는 아래와 같다 (지리산 국립공원 기준) 총 매칭 예산은 13.51억으로 총 건설 비 50.22억 대비 약 27% 수준 임.

항목	단가	수량	금액	비고
용지비	5,900원/m ²	16,000m ²	1.75억원	보상배율 1.75
기타 유지관리비	158.14백만원/년	5년	7.91억원	-
전기 사용료	17.1백만원/년	5년	0.85억원	-
과리 지원인력	30백만원/년	2인, 5년	3.0억원	-
		총액	13.51억원	건설비대비 27%

- 위에서 산출된 내역의 근거는 다음과 같다.

○ 용지비 산출

- 편입지역 : 전북 남원시 주천면 고기리 인근
- 편입면적 : 16,660m² (본선 : 16,000m², 검수고 : 500m², 변전건물 : 160m²)
- 기준 공시지가 : 5,900원/m²

* 전북 남원시 주천면 고기리 326(전), 국토교통부 표준공시지가 열람 참조

- 용지비 산출 : 5,900 x 16,660 x 1.75 = 약175백만원

* 주1 : 상세설계 후 편입현황 및 편입면적 조정 예상

* 주2 : 도로편입구간은 공시지가 미제시로 근접 토지의 공시지가로 대체

* 주3 : 도로.철도부분 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정.보완연구(제5판) 지목별 보상배율에 의거 1.75보상배율 적용 및

○ 유지관리 비용산정

- 산정 근거 : 「교통시설_투자평가지침(5차 개정)(국토교통부, 2013.11)」의 지방도의 유지관리비 참조하였으며, 고속도로 유지관리비의 수선유지비는 동일적용 및 운영비는 고속도로 유지비의 50%적용(2008년10월기준)
- 전체 운영비 및 유지보수비 합계 : 158.14백만원
- 운영비 : 183.7백만원/km x 0.5 x 1.1692(E/S) = 107.39백만원

- 유지보수비 합계 : 50.75백만원

① 상시보수비 : 26.8백만원/km x 1.1692(E/S) = 31.33백만원

② 설비보수비 : 9.1백만원/km x 1.1692(E/S) = 10.64백만원

③ 포장의 연간 유지보수비 : 7.51백만원/km x 1.1692(E/S) = 8.78백만원

* E/S = 2015년12월 기준에 대한 건설공사비 지수 참조

○ 전기 사용료

- 보고서상 지리산 산악철도 타당성 분석 시 총노선 (35.631km)에 대한 전기 사용료는 609백만원/년으로 계산되었으며, 이는 km당 17.1백만원/년 임.

○ ‘해수담수화플랜트 테스트베드 건설지 선정 공모’ (2008.10)의 경우, 지자체 부담 내역은 (1) 건설지 (26,400m² 이상), (2) 담수 이용 수요 존재 (일일 45,460 m³ 이상), (3) 송수 시스템 및 회수/배수관 부담이 있으며, 구체적인 금액은 명시 되어 있지 않음

○ ‘도시형 자기부상열차 실용화 사업 시범노선 건설’ (2007.3)의 경우, 용지 제공 및 용지를 제외한 시범노선 건설의 20% 이상 부담을 지자체가 하도록 규정하고 있음. 또한, 실용화 사업 이후 시험노선 상업 운영을 위한 추가 시설에 대한 부담도 명시하고 있음

○ 본 기획과제에서는 기획한 지자체 부담 내역은 용지 보상을 제외한 부담내역이 건설비 대비 약 23%이므로 기존 사례에 비교하여 적절한 수준으로 판단됨

4. 산악철도 시험선 건설 방식에 따른 예산 검토

○ 시험노선은 개발 중인 산악트램의 가감속도 및 최고속도를 감안하여 4장의 그림 4.4와 같이 약 1km 내외로 계획되고 있음

○ 산악 도로지역의 여러가지 여건으로 Test bed가 현장에 설치하기 어려운 경우, 인공 구조물을 사용하여 Test bed를 건설하여야 함. 인공 구조물을 활용하여 구배를 건설하는 방법은 크게 (1) 성토, (2) 절토, 및 (3) 교량 구조를 활용하는 방안이 있음

○ 그림 4.4에서 시점과 정거장 사이 혹은 정거장과 종점 사이 (거리 약 500m)에 180%의 구배를 건설하는 경우, 성토, 절토 혹은 교량의 높이는 약 90m로 계산됨. 절토 및 성토의 경우 높이와 폭의 비율이 약 1:2로 건설하는 것이 바람직하므로 Test bed 폭이 최소 180m 이상이 되어야함. 이는 현실적으로 부지 확보에 어려움이 있음.

○ 또한, 성토의 경우 철도 상부노반의 다짐도 기준을 만족하기 대단히 어려우며, 절토의

경우 배수 등에 대한 문제가 있어 현실적으로 test bed 건설이 어려움

- 대안으로 교량을 건설하는 방법이 있으나 이러한 방법도 교각의 높이가 약 90m에 이르므로 구배를 조정하여 교각의 높이를 현실적으로 설정할 필요가 있음. 이러한 사항들을 고려하여 종단면도(안)을 아래와 같이 작성하였음.

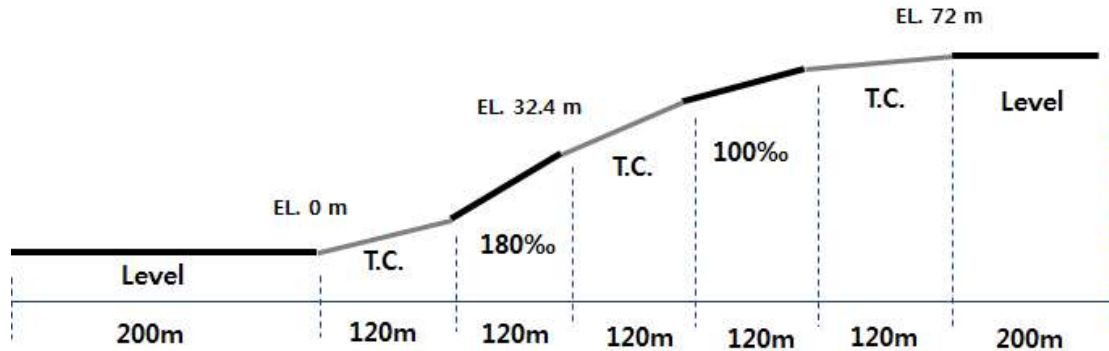


그림 4.13 Test bed 종단면(안)

- 직선 구간은 시점과 종점부에 200 m로 설정하였으며, 완화곡선(T.C.)의 길이는 최소화하여 산악트램의 길이 (28.8m)의 약 4배로 설정하였다. 구배 구간을 모두 180‰로 설정하는 경우, 교각의 형고가 증가하기 때문에 일부 구간만 최대 180‰로 설정하였음
- Test bed의 길이는 1km로 설정하였으며, 최대 높이는 약 72m이다. PC 박스 거더의 지간이 일반적으로 30-40m이므로 구배 구간 (총 800m)에는 약 20개의 교각이 필요할 것으로 판단됨
- 교량이 없는 구간은 200m로 평지에 건설이 되며, 나머지 800m는 교량으로 구성된다. 교량이 없는 구간에서는 1km당 궤도 공사비가 직접비 기준 약 50억원이 필요함 (2세부 과제 예산 기준)
- ‘도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판)’(2008)에 따르면 교량 공사 시 단선, 일반부에서 가장 저렴한 직접기초 교량이 149억원/km로 제안하고 있다. 이러한 공사비는 2007년 기준으로 현재 가치로 환산하는 경우 물가상승률 3%를 적용하면 약 194억원임

〈표 III-65〉 교량형식 조합 표준공사비(개략적 기준: 2007년 기준)

(단위: 억원/km)

구 분		단 선		복 선		복선전철	
		일반부	도시부	일반부	도시부	일반부	도시부
교 량	직접기초	149	209	260	363	260	363
	말뚝기초	219	306	321	450	321	450

주: 1) 교량 상부 복선 폭(B) = 10.9m, 상부 단선 폭(B) = 6.0m 기준.
2) 부가세 제외.

그림 4.13 교량 공사비 (도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구)

표 5.1 공사비 비교

구배 구현 방식	항목	단가 (직접비, 억원/km)	금액 (억원)
기준도로 활용	궤도 공사비	50**	50
	총액		50
교량 활용	궤도 공사비	50**	50
	교량 공사비	155*	155
	총액		205

주) * 2세부 과제 예산 직접비 기준

** 도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판) 기준, 물가 상승률 3% 가정

○ 물가상승률을 적용하고 교량구간 0.8km에 대한 공사비를 계산하면 약 155억원이다. 이 금액에 궤도 공사비 50억원/km를 더하면 총 공사비는 205억원(직접비 기준)으로 산출됨

○ 마지막으로 교량 상 Rack 궤도를 설치하는 경우, Rack 궤도-교량 상호작용에 대한 연구가 수행되지 않았으므로 이에 대한 추가 연구도 필요하므로 기존 도로를 활용하는 것이 보다 경제적인 것으로 판단됨

제6장 사전타당성 검토

1절 정책적 타당성

1. 국가전략의 중요성

가. 상위 국정 과제에 따른 추진의 중요성

○ “희망의 새 시대”를 열고자 하는 현 정부의 4대 국정기조는 “경제 부흥”, “국민 행복”, “문화 융성”, “평화 통일 기반 구축”으로 그 체계도는 다음 그림 6.1과 같음.

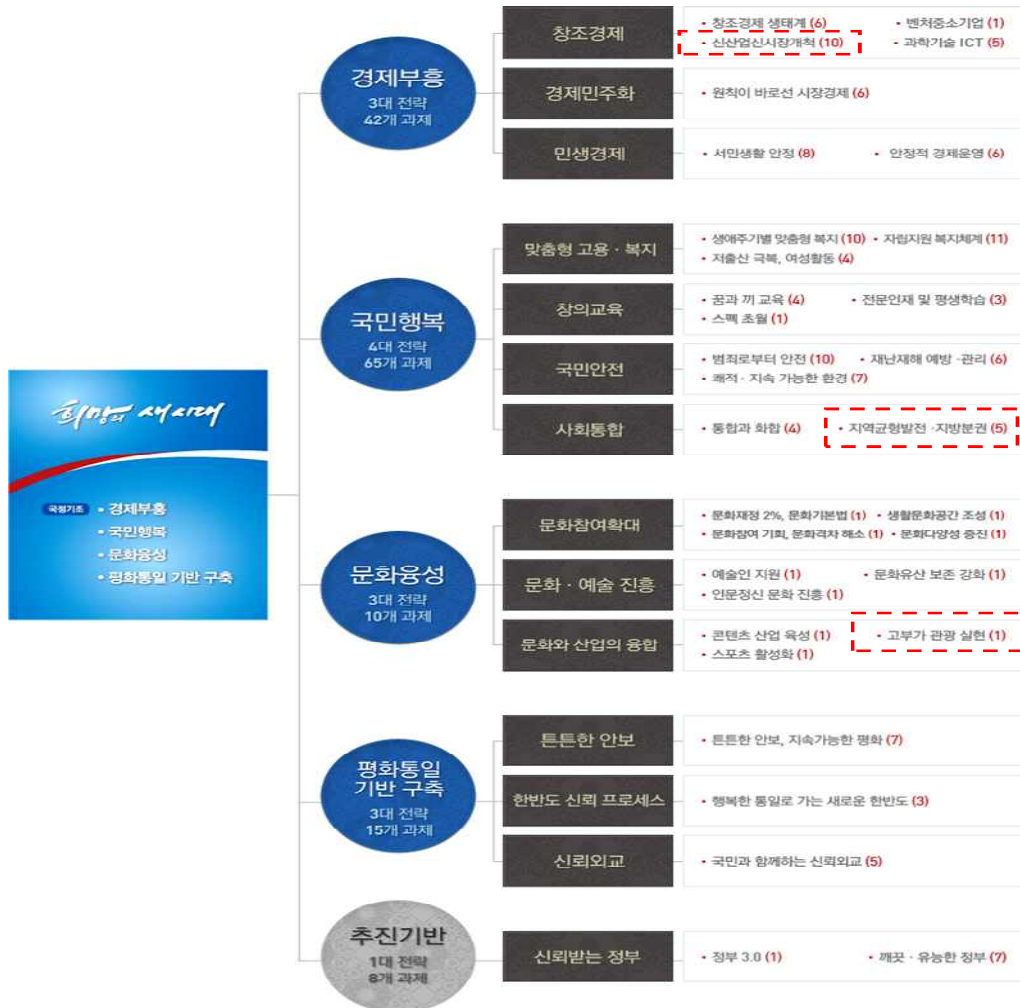


그림 6.1 국가 전략 지표

○ 산악철도의 도입을 통해 관광 산업이 새롭게 발전할 수 있으며, 이로 인해 창조경제의

근간이 되는 “신산업 신시장 개척”이 가능할 것으로 기대 됨.

- 또한, 산악철도 건설을 통하여 산악지역의 관광객 증가 및 지역 경제 활성화 효과로 국민 통합의 근거가 되는 “지역 균형 발전”이 가능할 것으로 기대 됨.
- 산악철도는 기존의 자동차와 도보 중심의 산악관광에서 벗어나 관광객의 이동 편의성을 획기적으로 개선하였으며, 겨울철 일반 관광객들이 설경을 감상할 수 있는 기회를 제공해 주므로 “문화융성”을 위한 “고부가 관광 실현”이 가능 함.

나. 국토개발정책적 중요성

- 사업 목적은 교통시설이 낙후된 산악지역 주민의 생존권 및 교통기본권 보장을 위한 산악철도시스템 실용화로써 국토 균형발전에 기여함
 - 산악지역의 주 교통망인 도로의 경우 폭설과 결빙 발생 시 도로가 폐쇄되어 지역 주민의 교통기본권 및 생존권이 침해되고 있음
 - 도로 폐쇄 시 생필품 확보에 어려움을 겪을 수 있으며, 도로 우회로 인한 도로이용객의 이동시간 지연이 발생함
- 산악철도 시스템은 기존 도로시설을 활용하며 온실가스가 발생하지 않는 무가선 저상 트램을 기반으로 하여 산악지역의 자연환경 개선에 기여함
 - 기존의 도로시설을 이용하므로, 산악철도 인프라 건설로 인한 자연훼손을 최소화할 수 있음
 - 산악철도가 실용화되어 운행될 경우, 온실가스를 배출하는 자동차 교통수단을 대체하여 온실가스 저감에 기여함
- 산악철도 시스템이 실용화되면 관광객의 이용 편의성을 제공하여 지역 관광산업 활성화를 유발하며, 이로 인한 지역경제 활성화에 기여함
 - 산악철도 시스템은 지역의 대표 관광상품으로 국내 거주 관광객뿐만 아니라, 특히 중국, 일본 등 국내에서 차량사용이 불편한 해외 관광객 유입이 확대될 것으로 전망됨
 - 해외 산악지역의 유명 관광지의 경우, 산악철도를 건설하여 관광객의 이동 편의를 제공하며 관광객을 유치하고 있음

다. 사회문화적 기여도와 중요성

- 산악철도 시스템은 고령화로 접어들고 있는 국내 사회여건에서 고령층 인구의 교통복지에 기여함

- 수명 증가 및 저출산으로 국내는 급속하게 고령화사회로 변모하고 있음
- 고령층은 신체능력 저하로 인해 교통사고 발생률이 높음

- 동 연구단 사업을 통한 산악철도 시스템은 자동차 운행을 대체하여, 자동차 운행으로 인한 교통사고를 줄이는 데에 기여함
 - 산악도로는 급구배, 급곡선으로 교통사고의 위험이 높으며, 산악철도 시스템을 도입하여 자동차 운행을 대체할 경우, 자동차 운행으로 인한 교통사고를 저감할 수 있음

라. 정부지원의 타당성

- 동 연구단 개발 기술은 공공성을 지닌 산악철도 시스템을 개발하는 사업으로 공공이익 실현을 추구하는 정부지원 사업으로 추진하는 것이 타당함
 - 동 연구단 사업을 통한 산악철도 시스템은 국토의 균형발전, 산악지역의 자연환경 개선, 지역경제 활성화, 고령층 인구 교통복지, 교통사고 저감 등 공공이익 실현을 추구하고 있음
- 동 연구단은 산악철도 실용화를 위한 시험노선 구축 및 시제차량 제작·운영기술을 개발하며, 대규모 예산이 투입되어야 하므로 이를 민간에서 단독으로 수행하기 어려우며, 정부지원이 필요함

마. 사업 추진의 시급성

- 전라북도, 남원시의 ‘지리산 산악철도 시범사업’ 추진을 고려할 때, 해당 시범사업으로 기술개발성과가 직접 연계되는 동 연구단 사업은 즉각적으로 추진되어야 함
 - 전라북도와 남원시는 ‘지리산 산악철도 시범사업’을 ‘17년에 추진하기 위해 국토부에 지리산 산악철도 시범사업을 건의하여 국토부의 ‘17년 예산에 반영하기 위한 노력을 기울이고 있음
- 산악철도 핵심기술을 개발한 ‘급구배 차량시스템 핵심기술’의 진부화로 기술개발 성과가 사장되지 않도록 ‘급구배 차량시스템 핵심기술’ 개발사업에 이어 동 연구단 사업을 추진하는 것이 필요함
 - ‘급구배 차량시스템 핵심기술’사업에서 개발한 Rack & Pinion 시스템이 반영된 대차, 궤도 설계/제작 및 차량-궤도 인터페이스 기술 등을 개발함
 - ‘급구배 차량 시스템 핵심기술’의 개발품이 적용된 산악철도 시스템 실용화사업이 지연되어 추진될 경우, 제작 시제품의 보관문제, 참여기업의 사업여건 변화 등으로 실용화 사업 추진에 어려움이 있을 수 있음
 - 실용화 사업 지연기간 동안 새로운 기술들이 부상하는 경우, 개발기술의 효과가 감소

하여 실용화 추진동력을 상실할 수 있음

2. 상위계획 부합성

가. 국가 R&D 상위 계획과의 부합성

- 현 정부는 제3차 과학기술기본계획(2013-2017)에 나타나듯이 경제부흥과 국민행복을 위하여 5개의 전략 분야를 고도화하고 19개 분야 78개 중점 과제를 추진 중에 있음 (그림 6.2, 그림 6.3).

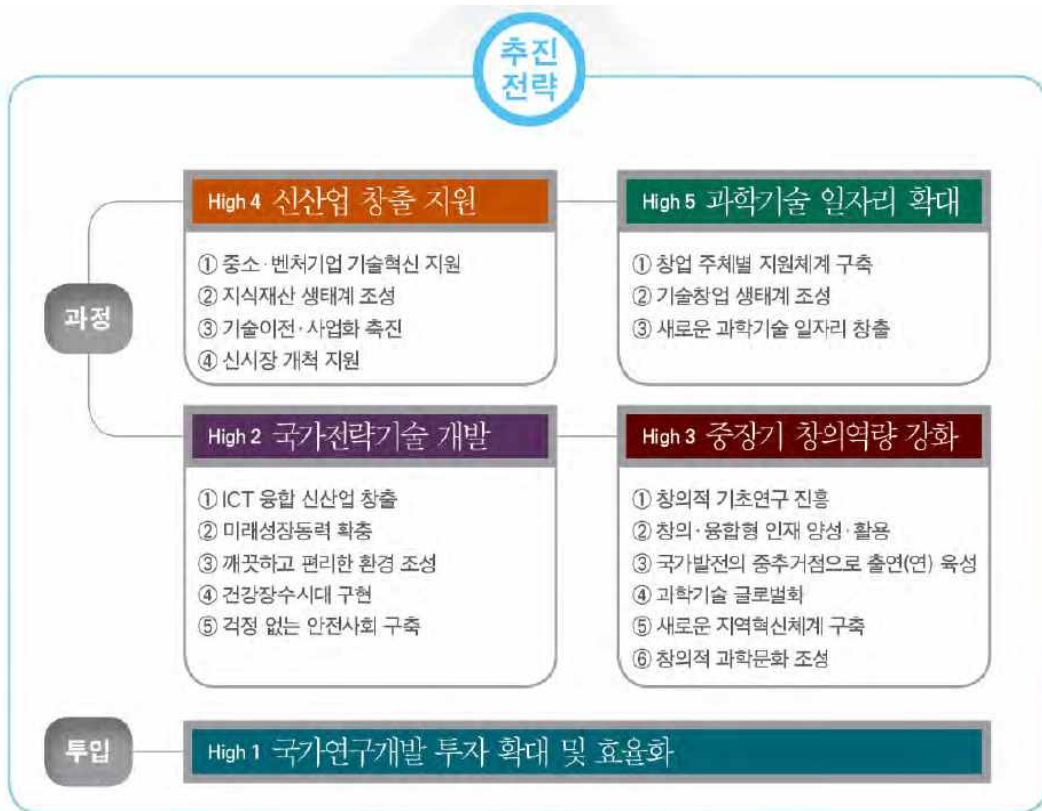


그림 6.2 과학기술 기본 계획 추진전략

부문	추진과제
증장기 창의역량 강화	9. 국가발전의 중추거점으로 출연(연) 육성
	출연(연)별 고유 미션 및 정체성 명확화
	중소기업 지원 및 일자리 창출 역량 강화
	개방과 융합연구 촉진
	자율과 책임의 출연(연) 운영체계
10. 과학기술 글로벌화	글로벌 과학기술 외교 강화
	과학기술 ODA 확대
	전략 분야 국제공동연구 활성화
	국제 과학기술 허브 구축
	국제협력 인프라 조성
11. 새로운 지역혁신체계 구축	지역 산·학·연 네트워크 활성화
	지역 수요에 기반한 기술개발 지원
	지역 맞춤형 인재 양성과 일자리 창출
	지역 연구개발 투자 확대 및 자율성 강화
	지역 연구개발 기획·관리 역량 강화
	중앙과 지역의 연구개발 추진체계 정비
12. 창의적 과학문화 조성	상상·도전 장벽 과학문화 확산
	수요자 맞춤형 프로그램 개발·보급
	과학기술 문화복지 및 인프라 확충
	과학기술인 사회 참여 및 연구윤리 강화

그림 6.3 과학기술 기본 계획 추진전략- 증장기 창의역량 강화 부문 중점 추진과제

- 산악철도 실용화 기술 개발 사업은 산악 지역에서 관광활성화를 위해 필요한 기술 개발 사업으로써, 그림 6.3에 표시된 바와 같이, “새로운 지역혁신 체계 구축”을 위한 추진 과제인 “지역 수요에 기반한 기술개발 지원”과 부합함.
- '14.07 수립된 국토교통 R&D 중장기전략의 교통분야에서는 철도 기술에 대하여 4개 중점분야로 전략을 수립하고, 산악철도 관련 부분에 대한 세부 계획을 수립함
 - 철도 기술은 4개 중점분야 및 세부기술분야로 구분되며, 중기적('14~'18), 장기적('19~'23)으로 철도의 수송분담률, 수송효율, 세계시장 점유율, 건설·운영유지비 절감, 사고 감소 등의 목표를 설정

표 6.1 국토교통 R&D 중장기전략의 철도 기술 발전전략

전략	세부 기술 분야
철도 수송력 향상 기술	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 대용량·고속화 철도기술 ▪ ICT기반 고밀도 철도기술 ▪ 신개념 철도 추진·제어 기술
철도 안전·편의 향상 기술	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도사고 예방·대응 기술 ▪ 철도 안전인증체계 지원기술 ▪ 여객 편의성 및 쾌적성 향상기술
철도 건설·운영비 절감 기술	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도 운영 및 유지관리 기술 ▪ 저비용 철도 인프라 건설기술 ▪ 친환경 철도기술
철도 소재·부품·장치 고도화 기술	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 고부가가치 철도핵심부품 기술

- 이 가운데 철도 수송력 향상 기술에는 대용량·고속화 철도기술의 세부 기술 분야로 포함하며, 대용량·고속화 철도기술의 추진에는 도서·산간 지역 등 철도 이용 소외지역의 최소화를 목표의 하나로 함
 - 산간 지역의 철도망 확충을 통한 철도 소외지역 최소화를 목표로 하고 있으며, '14년~'23년 기간 수립된 기술로드맵에는 산악철도를 건설하기 위한 필수기술인 급곡선/급구배 광역철도 차량주행기술을 포함함

나. 국가 중장기 계획과의 부합성

- 국가 중장기계획으로 '산악철도 실용화 기술 개발' 사업과의 연관성을 고려하여 제4차 국토종합계획 수정계획, 제3차 국가철도망 구축계획, 제3차 철도산업발전 기본계획, 제1차 지속가능 국가교통물류발전 기본계획의 5개 중장기계획을 선정하였으며 각각의 부합성을 분석함

표 6.2 중장기계획 부합성 대상 계획

계획명	근거법령
제4차 국토종합계획 수정계획	국토기본법 제9조
국가기간교통망계획	국가통합교통체계효율화법 제4조
제3차 철도산업발전 기본계획	철도산업발전기본법 제5조
제1차 지속가능 국가교통물류발전 기본계획	지속가능 교통물류 발전법 제7조

- 제4차 국토종합계획 수정계획(2011~2020)은 국토기본법 제9조를 근거로 하여 국토부에서 수립하였으며, '선진형 교통망 확충' 및 '산악관광 활성화'등이 산악철도 추진 목표와 부합함

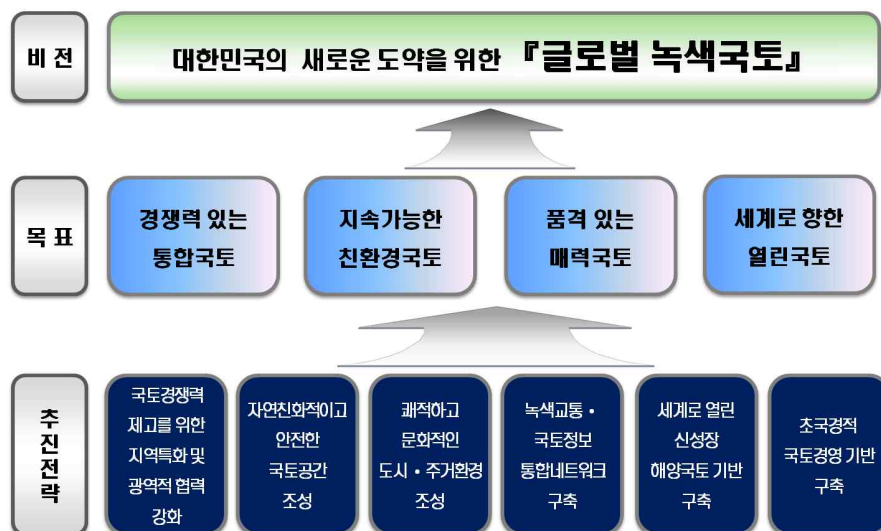


그림 6.4 제4차 국토종합계획 수정계획(2011~2020)의 비전과 목표

- 동 계획에는 권역별 발전방향을 수립하고 있으며, 호남권 발전의 방향으로 선진형 교통망 확충과 산악관광 활성화를 제시하였음
 - 호남권을 광주대도시권, 전주 광역도시권, 새만금권, 목포권, 광양만권, 덕유산·지리산권의 6대 성장거점으로 구분하여 육성책을 마련하였으며, 덕유산·지리산권은 기존 관광시설단지 및 섬진강과 지리산, 덕유산을 활용하여 국제적인 휴양형 산악관광과 문화를 융합한 녹색성장거점으로 육성할 것을 목표로 함
 - 산악관광 활성화에는 교통서비스 개선 등의 인프라 구축이 포함될 것으로 전망되며, 산악철도 기술 개발의 근거와 상통함
- 국가기간교통망계획 제2차 수정계획(2001~2020)은 국가통합교통체계효율화법 제4조를 근거로 수립되었으며, 국토균형발전 및 교통기본권의 확보는 산악철도 실용화 사업과 연계성이 높음
- 동 계획에서는 미래사회를 대비하여 국가교통체계 효율화를 통한 교통기본권의 확보로 국가경쟁력을 강화함을 목표로 함
 - 5대 추진전략 11개 추진 과제를 설정하고 있으며 ‘녹색 성장 교통체계 전환’ 과제에서 저탄소 녹색 성장형 교통체계 구축을 목표로 하고 있음.
 - ‘산악철도 실용화 기술 개발’ 과제는 산악지방의 교통약자에게 서비스를 제공하여 교통기본권을 보장하고 국토 균형발전의 기틀을 마련함을 목표로 하고 있으므로, 동 계획의 국토균형발전 및 교통기본권 확보등의 추진 목표에 직접적으로 기여함
 - 또 한, 친환경 철도 교통 시스템의 산악 지역 도입으로 저탄소 녹색 성장형 교통 체계 구축에 직접적으로 기여 함.



그림 6.5 국가기간교통망계획 하반기 추진전략(2011~2020)의 추진전략 및 추진과제

- 제3차 국가철도망 구축 계획은 철도건설법 제4조 규정에 의한 10년 단위의 법정계획으로 철도투자의 효율적 체계적 수행을 목표로 하고 있으며, 지역개발 촉진 및 관광 자원 활용 방향은 산악철도 실용화 사업의 목표에 부합함
 - 본 계획 수립의 배경이 되는 대내외 여건변화와 대응과제로 신성장동력 확보의 필요성을 언급하고 있으며, 철도망 구축을 통해 성장잠재력이 있는 지역의 자연 및 문화 관광 자원을 활용하여 지역개발을 촉진함을 언급함
 - 지역개발 촉진 및 관광 자원의 활용 등은 ‘산악철도 실용화 기술 개발’ 과제의 목표와 부합하나, 세부적인 목표와 추진 방향에서 산악철도와 연관된 부분은 상세히 드러나지 않음



그림 6.6 제3차 국가철도망 구축계획의 비전 및 목표

- 제1차 지속가능 국가교통물류발전 기본계획(2011~2020)은 지속가능 교통물류발전법 제 7조를 근거로 하며 5개 추진전략을 수립하고 있으며, ‘친환경 교통 물류 기술 개발’ 및 ‘대중교통 인프라 확충 및 서비스 개선’은 산악철도 시스템의 추진 목표와 부합함
 - ‘대중교통 인프라 확충 및 서비스 개선’ 전략에서는 세부 추진과제로 ‘철도망 확충’ 포함. ‘친환경 교통 물류 기술 개발’ 전략에서는 세부 추진과제로 ‘첨단 녹색 교통 수단 개발’을 포함
 - 산악트램 개발 시 산악지형으로 철도망 확충이 가능함. 또한 본 과제가 목표로 하는 산악트램의 경우 친환경 무가선으로 추진되며 최고 사양을 목표로 하므로 세부추진과제와 부합함.

비전 지속가능 교통물류 글로벌 선도국가 실현

목표	2020년 교통부문 온실가스 배출량 배출전망치(BAU) 대비 34.3% 감축
	• 친환경·사람 중심의 녹색교통 구현
	• 저탄소·에너지 고효율 교통물류체계 구축
	• 녹색교통물류 신성장 동력 창출

추진 전략	교통수요 관리강화 및 교통운영 효율화	생활밀착형 보행·자전거 활성화	대중교통 인프라 확충 및 서비스 개선	저탄소 녹색물류체계 구축	친환경 교통물류 기술개발
	• 승용차통행량 감축 • ITS 구축도로 확대	• 단거리운행 승용차의 보행전환 • 자전거 수송분담률 제고	• 대중교통수송분 담률 제고 • 철도망 확충	• 내륙 물류거점 확대 • 전환 교통 촉진	• 선진국대비 기술수준 제고 • 첨단 녹색교통수단 개발

그림 6.7 제1차 지속가능 국가교통물류발전 기본계획의 비전 및 목표

3. 정책적 추진 의지

가. 현 정부의 산악관광 개발 의지

- 정부는 관계부처 합동으로 '15.07.09 '관광산업 육성 대책'을 수립하고 세부 정책 과제를 제시하였으며, 산악관광 활성화를 세부 추진 대책으로 수립하였음
 - 산악관광 활성화 대책의 개선방안으로 '산악관광진흥구역'을 도입하여 관광휴양시설 입지를 허용하는 방안을 제안하고 있음
- '14.06 전국경제인연합회에서는 '산악관광 활성화를 위한 정책방향'을 건의하였으며, 동 건의에서는 8대 과제 중 하나로 '자연공원 내 케이블카·산악열차 확대'를 제안하고 있음
 - 케이블카·산악열차가 노약자, 여성 및 외국 관광객 유치 및 지역경제에 큰 기여를 함에도 불구하고 규제로 인하여 활성화가 저해되는 점을 지적함

- 호주, 스위스 등 관광 선진국들은 산악열차 등을 통해 산지 자연환경의 관광효과를 극대화하고 있음을 지적함
- 자연공원 식도설치 및 운영 가이드라인 기본 방향에 대하여 산악열차 설치를 허용하도록 법령 개정안을 제시함

표 6.3 산악관광 활성화를 위한 정책건의 내 규정 개정안

현행	개정(안)
<p>자연공원 식도설치·운영 가이드라인 1 (기본방향)</p> <p>가. 기존 탐방로나 도로의 제한 내지 폐쇄를 유도할 수 있는 지역 등 자연친화적 공원환경 조성에 기여할 수 있는 지역을 우선 선정</p> <p>나. 중요한 생태·경관자원과 전통사찰 등 문화자원은 최대한 보전</p> <p>다. 주요 경관을 조망할 수 있는 곳에 설치하되, 주요 봉우리는 피함</p> <p>라. 왕복이용을 전제로 하고 기존 탐방로와 연계를 피함</p> <p>마. 자연환경 훼손을 최소화할 수 있는 친환경기술을 활용하고, 훼손지에 대한 복원·복구방안을 적극 강구</p>	<p>자연공원 식도설치·운영 가이드라인 1 (기본방향)</p> <p>가. 기존 탐방로나 도로의 제한 내지 폐쇄를 유도할 수 있는 지역 등 자연친화적 공원환경 조성에 기여할 수 있는 지역을 우선 선정</p> <p>나. 중요한 생태·경관자원과 전통사찰 등 문화자원은 최대한 보전</p> <p>다. 주요 경관을 조망할 수 있는 곳에 설치하되, 주요 봉우리는 피함</p> <p>라. 삭제</p> <p>마. 자연환경 훼손을 최소화할 수 있는 친환경기술을 활용하고, 훼손지에 대한 복원·복구방안을 적극 강구</p>

나. 지자체의 산악관광 개발 의지

- (지리산 허브밸리 조성) 남원시는 지난 2005년 지식경제부로부터 ‘지리산 웰빙 허브 산업특구’를 지정받아 ‘지리산 허브밸리’를 조성.
 - 본 사업의 사업기간은 2005년~2015년(11년)으로 지리산 허브밸리, 식품 클러스터, 향토산업 등 총 사업비 899억 규모의 사업으로 진행. (그림 6.4).
- (백두대간 생태문화공원 조성) 남원시 운봉읍 일대에 백두대간 주제길, 산악 모험원, 숲속 휴양원 등 체험휴양시설과 야생 동·식물전시관을 갖춘 국내 최대의 사계절 테마파크형 생태문화 전시관을 포함한 생태문화공원을 조성하는 사업 추진.
 - 지리산 둘레길과 백두대간 마루금에 연접해 한반도를 형상화한 모습으로 꾸며지는 이 시설은 한반도 생태계의 핵심축인 백두대간의 문화·역사·생태자원을 홍보하고 국민이 체험할 수 있는 시설로 세워 짐.
 - 조성사업은 ‘생태·문화 전시관’과 ‘생태·문화공원 체험 휴양시설’ 등 2개 지구로 나누



그림 6.8 지리산 웰빙 허브 산업특구 지형도

어 조성되며, 사업기간은 2010년~2014년(5년)으로 총 사업비 400억원 규모의 사업으로 진행.

- (지리산권 관광개발 공동연계사업) 지리산권 7개 시·군이 보유하고 있는 지역의 개성을 살린 특화거리 조성 및 각 시군의 관광을 홍보하고 관광객 편의를 제공하는 공동연계사업
 - 타운투어리즘 조성 등 10개 사업으로 진행하며, 사업기간은 2008년~2017년(10년), 총 사업비는 109억원 규모의 사업으로 진행.
- 전라북도 남원시에서는 지리산 산악철도 시범 도입 사업을 위하여 총 사업비 2,860억원(국비)을 편성하고 총장 28km의 산악열차 개선을 계획함

다. 산악철도 도입을 위한 정책적 추진

- '16.03 '궤도운송법'이 개정됨에 따라 산악철도에 대한 근거 법령이 마련되었음
 - 개정된 궤도운송법의 주된 내용으로는 궤도건설심의위원회의 정비 및 산악벽지형 궤도 도입을 언급하고 있음
 - (궤도건설심의위원회 정비) 궤도건설심의위원회의 기능이 '궤도시설의 건설·설비 기준' 제·개정 및 '특별건설승인' 시 관계 전문가의 의견을 듣기 위한 기관 내부 행정 절차에 해당하므로, 「정부위원회 정비계획」(행자부)에 따라 법률에서 규정된 위원회 설치근거를 삭제하고 시행규칙으로 이관('16.6.23 시행)
 - (산악벽지형 궤도 도입) 산악벽지에 거주하는 국민의 교통편의 제공 및 관광증진을 위해 산악벽지의 급경사에서 운행이 가능한 산악벽지형 궤도를 도입하고, 그 허가·승인에 관한 절차 및 산악벽지형 궤도 사업자에 대한 국가 재정지원에 대한 근거

를 마련('17.3.23 시행)

- 국토부에서는 산악벽지형 궤도 도입과 관련하여 구체적인 궤도의 요건, 지원대상, 방법 및 절차 등에 대해 하위법령에 위임한 사항은 동 규정의 시행시기('17.03)를 고려하여, 관계자 의견 수렴과 국내·외 유사사례 조사·분석 등을 통해 별도로 개정을 추진할 예정임

○ 동 연구단 사업 관련하여 '지리산 산악철도 시범사업'이 전라북도와 남원시를 중심으로 적극적으로 추진되고 있음

- 전라북도와 남원시는 지리산 산악철도 시범사업 추진을 위해 국토부에 '17년도 예산 반영을 건의함
- 남원 임실 순창지역 국회의원은 공약으로 제시한 지리산 산악철도 시범사업의 예산반영을 위해 지자체와 공조체계를 구축함

○ 국토부는 동 연구단 사업에 관심을 갖고 적극 추진의지를 보이고 있음

- 국토부는 산악철도 시스템을 구성하는 핵심부품 개발사업인 '급구배 차량시스템 핵심 기술개발'사업의 중간성과를 확인하기 위해 '16년 5월 산악철도 궤도 및 대차 시제품 시연회를 요청함
- 국토부의 요청으로 동 연구단 사업 기획을 추진함

라. 재정 확보 가능성

○ 정부에서 발표한 '14~'18 기간의 국가재정운용계획에서는 SOC 분야에 약 110조 원, 철도 분야에 약 33조 원의 투자를 계획함

- SOC 분야는 선진국 사회로 접어들면서 충분한 인프라가 갖추어졌고, 이에 정상화 단계에 돌입하면서 필연적으로 예산 추이는 낮아지고 있음
- 철도 네트워크 분야에서는 주요 거점역과 국가교통 기간망을 연결하여 전국적인 철도 네트워크를 확대할 것으로 방향을 설정함

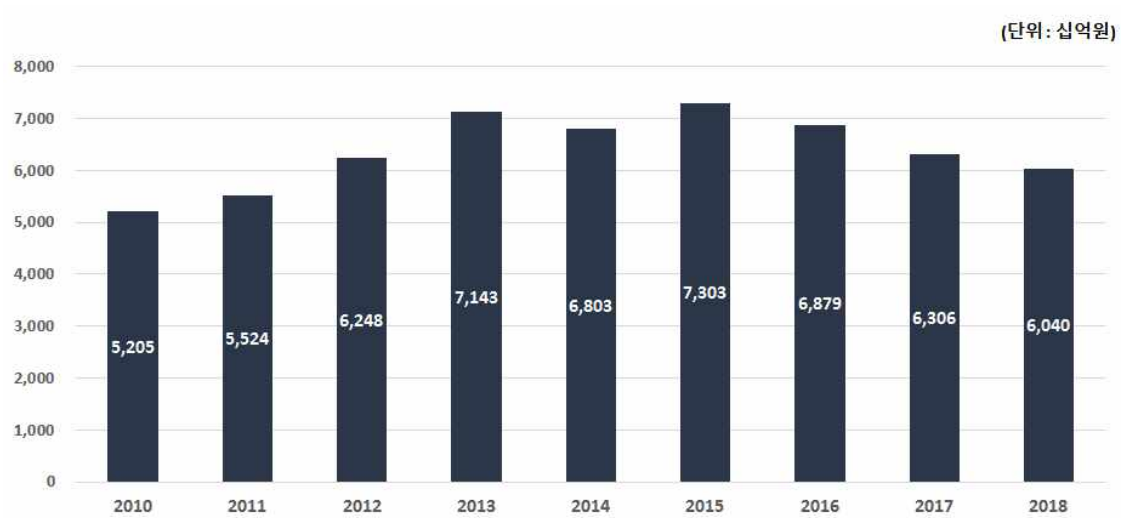


그림 6.9 국내 철도 및 도시철도분야 정부투자 계획

- 국토교통 R&D 중장기 전략 내 철도 기술 투자 계획은 감소 추세에 있으며 철도 수송력 향상 기술의 투자금은 '13년까지 일정한 수준을 유지하였음
 - 철도 수송력 향상기술은 '12년을 정점으로 감소하고 있으며, 철도수송력 향상기술은 300억 원 수준을 유지하고 있음
 - '14년 이후 대용량·고속화 철도기술의 예산 자료는 확보되지 않았으나, 철도 수송력 향상기술의 예산이 절반으로 줄어든 '13년에도 큰 변화가 없었음을 비추어볼 때, '14년 이후 대용량·고속화 철도기술의 예산 비중은 예년보다 클 것으로 추측됨

(단위: 백만원)

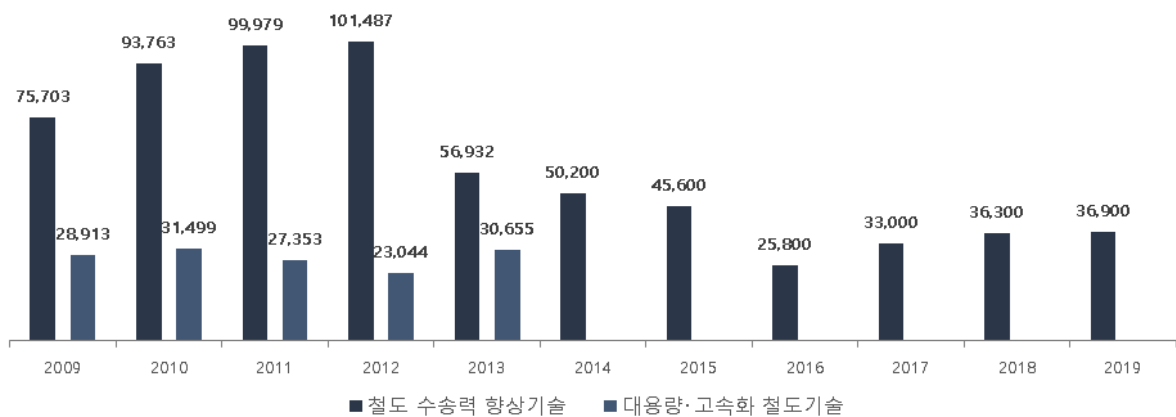


그림 6.10 철도 수송력 향상기술/대용량·고속화 철도기술의 투자 실적 및 계획

- 남원시는 지리산 산악철도 사업을 위하여 '16년 국비 10억 원의 예산을 확보하는 성과를 올렸음
 - 남원시는 국토부의 철도기술연구사업에 산악철도 시범도입 예산 291억 원을 건의하여 왔으며, '16년도 시범도입을 위한 연구개발비 및 테스트 베드 사업 10억 원을 확보하였음

- 그러나 남원시가 소속된 전라북도의 '17년 국가 예산에서는 산악철도를 비롯한 사업 예산이 다수 삭감되어 재원 확보가 절실한 상황임
 - 지리산 산악철도 시범도입 예산인 100억 원은 전액 부처예산에 반영되지 못하여 재원 마련 가능성에 부정적인 영향을 미침

2절 기술적 타당성

1. 기술개발 계획의 적절성

가. 세계 최고의 사양

- 개발 예정인 산악철도는 험준한 국내 산악 도로에 적합하도록 급곡선 및 급구배 구간
에 운영 가능하도록 설계 됨
- 세계 최고인 곡선 반경 10m에서 운영이 가능하며, 주요 사양은 다음과 같음.
 - 도로 겸용
 - 운행 가능 곡선 반경 10m
 - 최대 상승 구배 180%

나. 저진동 · 저소음 기술

- 산악철도는 기어 형태의 랙액피니언 추진장치로 경사를 올라감으로써 기어가 맞물리
면서 마찰과 접촉에 의한 진동과 소음이 발생하여 객실 승차감을 저해 함
- 스위스 융프라우 산악열차의 소음 측정 결과(2014.4.22) 랙액피니언 대차 상부 객실의
소음은 89dBA로 측정 됨

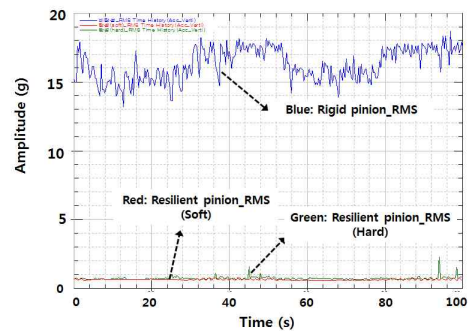


그림 6.11 (좌)탄성 피니언 시제품 (우)탄성 vs. 강체피니언 진동 비교 시험

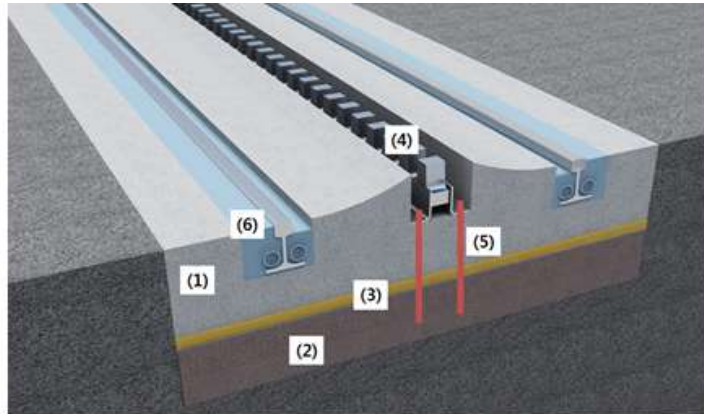
- 객실 소음을 최소화하기 위해 그림 6.5(좌)와 같은 탄성 피니언을 개발하여 추진장치
에 적용하였으며 강체 피니언과 비교 시험한 결과, 그림 6.5(우)와 같이 진동 수준이

1/20로 감소됨을 보임

- 이러한 저진동·저소음 탄성 피니언 기술이 적용된다면 세계에서 가장 쾌적한 산악 트램 객실 개발이 가능할 것으로 기대 됨

다. 매립형 Rack Rail 콘크리트 궤도 기술

- 랙을 포함하여 레일을 매립할 수 있는 콘크리트 패널을 개발하여 산악철도 궤도에 적용한다면 산악철도 건설 공사기간을 단축할 뿐만 아니라 품질이 향상될 것으로 기대 됨.
- 랙 레일 콘크리트 패널 기술은 적용한 사례가 없으므로 세계 최초의 기술이 될 것으로 예상되며 콘크리트 패널에 열선을 매립하면 동절기에 결빙을 제거할 수 있는 효과가 있음



(1) 궤도패널; (2) HSB층; (3) 베딩제; (4) Rack; (5) 앵커; (6) 탄성충진제

그림 6.12 매립형 Rack rail 콘크리트 궤도

라. 산악지역 친환경 무가선 추진

- 산악지역에서 경관 피해를 막고 추가의 환경 훼손을 막기 위해서는 전차선이 없는 것이 유리함.
- 개발 될 산악철도는 무가선으로 운행할 수 있도록 대용량 고효율 배터리와 그에 따른 전력공급 장치 및 추진 제어장치를 적용할 예정이며 이러한 무가선 산악철도는 세계 최초로 시도되는 기술임.

2. 기술 개발의 성공 가능성

가. 기존 핵심기술 개발의 성과

- 1단계 사업에서 대차시스템, 급경사 추진장치, 탄성 피니언, 콘크리트 매립형 궤도등 산악철도의 핵심기술을 개발 하였으며 성능 검증을 완료 함
- 1단계 사업을 통하여 산악철도 핵심 기술을 확보함으로써 산악철도 실용화 사업의 기반이 확고히 마련 됨.

나. 유사시스템 개발을 통해 축적된 기술력

- 산악트램과 유사한 무가선 저상트램 기술이 완성되어 오송기지에서 시험운영에 성공 하였으며, 신뢰성 평가가 진행되고 있음
- 친환경 산악철도를 위해 도입할 무가선 배터리 추진 기술은 무가선 저상트램의 기술을 벤치마킹하고, 배터리 수명과 운영에 대하여 축적된 기술을 활용할 수 있음
- 따라서 무가선 저상트램 기술개발 과제를 통해 축적된 기술력을 산악트램 개발에 적용함으로써 산악철도시스템 개발의 성공 가능성을 높일 수 있음



그림 6.13 시험운영중인 무가선 저상 트램

다. 지자체와 협력 관계 구축

- 남원시를 비롯하여 다양한 지자체에서 산악철도를 이용한 관광 활성화에 큰 관심을 보이고 있으며, 1단계 사업부터 협력 관계를 구축하였음

- 지자체의 협력은 기술 이외의 인허가 문제와 환경단체의 압력 등을 극복하는 데에 큰 도움이 되고 있으며 실용화 사업 추진을 위한 다양한 지원으로 기술개발의 성공 가능성을 더욱 높임

라. 위험 요인에 대한 극복방안

- (환경단체) 녹색연합 등 환경단체는 청정 산악지역에 산악철도를 건설하는 것을 환경보전의 논리로 반대할 수 있음
 - 산악철도는 자동차에 의한 온실 가스 배출을 감소시키기 때문에 환경을 보전하기 위해 건설되는 것이라는 점과 도로를 따라 건설되므로 환경 훼손이 없다는 점을 강조할 수 있음
 - 또한, 무가선 방식으로 산악철도가 운행하므로 전차선을 건설할 필요가 없고, 도로상의 매립형 궤도만 존재하므로 산악 조망을 해치지 않는다는 점을 강조하여 대응할 수 있음
- (지역 주민) 산악지역 주민들은 산악철도의 운행으로 인해 통행에 불편을 초래할 수 있다고 반대할 수 있음
 - 하지만, 산악철도로 인해 겨울철 통행이 불가능했던 도로가 철도 겸용으로 바뀜에 따라 통행이 가능해져 더욱 편리해 지고 겨울철 관광객이 증가함으로 지역 경제가 더 활성화된다는 점을 설명할 수 있음
- (인허가) 산악철도 실용화 사업에서 추진하고 있는 1km 내외의 산악철도 시험노선을 건설하기 위해서 부지 이용 및 시설물 건설을 위한 인허가가 필요함
 - 인허가는 관련 지자체의 협력 관계를 구축함으로 승인을 받을 수 있을 것으로 전망되며 궤도운송법에 따라 건설하면 관련 법규상 승인도 문제가 없을 것으로 예상 됨
- (기술적 문제) 급곡선·급구배부 운행과 도로겸용 운행에 대하여 여러 기술적 문제들이 대두되었으나 다음과 같은 방안으로 극복 가능 함
 - 곡선 반경 10m를 운행하면서 급경사도 이동해야하는 과정에서 기술적인 문제가 있으나 개발된 성과를 활용하고, 사전 시뮬레이션을 통하여 검증을 수행함으로써 극복이 가능 함
 - 배터리에 의한 무가선 추진이 배터리 중량과 수명 등의 관점에서 문제로 지적될 수 있으나 기존 무가선 저상트램에서 축적된 기술을 활용하고 본 실용화 사업을 통해 성능이 개량되면 해소 가능 함
 - 산악철도의 도로 겸용 운행에 따라 자동차와의 충돌 등 사고를 우려할 수 있으나 신호시스템을 적용하여 미연에 방지할 수 있음

- 단선 구간에서 신호시스템의 도움으로 일 방향으로 산악트램을 우선 운행시키고 자동차는 대기하고 있다가 산악트램이 지나가면 진행할 수 있게 하여 충돌을 막을 수 있음
- 산악트램은 도로 중앙에서 단선으로 3m 폭의 노선을 점유하고 있으므로 자동차가 피해갈 수 있는 공간은 충분 함

3. 기존 사업과의 중복성

가. 유사과제와 중복성 검토

- 산악철도 실용화 기술과 유사한 기존 수행 사업은 “무가선 저장트램 실용화 기술”과 “저비용 저심도 지하철도시스템 실용화 기술 개발” 등이 있음
- 도시철도 기술과 산악철도 기술은 차별성이 있으나 연계 가능한 기술도 있음. 표 6.1- 유사과제와 중복성 검토에 기존 과제와의 연계 및 차별화 방안을 제시 함

표 6.4 유사과제와 중복성 검토

유사과제명	발주처	수행 기관	내용 및 주요기술	구분	활용 및 차별화방안
무가선 저장트램 실용화 기술개발	국토교통과학기술진흥원	한국철도기술연구원	○무가선 저장트램 차량 시스템 성능 및 신뢰성 향상 기술	중복 없음	○차별화 방안 -무가선 저장 트램 :도심지 평지 주행 산악트램 : 급구배, 급곡선 산악 주행 -도시형 무가선 트램은 독립 구동 방식 대차시스템을 적용하나 산악트램은 피니언 설치를 위해 차축이 필요하고 독립 구동이 불가함 -도시형 매립 궤도에 비해 산악철도의 매립 궤도는 중앙에 랙이 위치하여 프리캐스트 콘크리트 패널을 이용하여 제작됨 ○활용 방안 -트램 차량기술 활용 -무가선 배터리 추진 기술 활용
			-시험선 확장 설계 및 구축	연계 가능	
			-대용량 배터리 등 주요 핵심장치 신뢰성 및 성능 향상	고도화	
			-유/무가선 복합주행 주행성능 및 신뢰성 시험	중복됨	
-비접촉 보조급전 시스템 개발 및 에너지 최적화 기술개발					
○도심지용 인프라 시스템 구축기술 개발					
-도로교통신호 연계형 트램 신호시스템 기술 개발					
-무가선 매립형 분기기					

			<p>개발 및 안정 성능 평가 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> -매립형 궤도 신뢰성 검증 및 도심형 급속시공 기술 개발 -매립형 궤도 성능향상 및 유지관리 기술개발 -도심지용 친환경 전력 공급시설 구축기술 개발 ○무가선 저상트램 운영 및 안전 기술 개발 -무가선트램 운영기술 및 지원시스템 개발 -저상트램 탈선 방지 기술개발 -트램차량 충돌안전 성능평가 기술개발 			<p>-매립형 궤도 기술을 활용하여 매립형 레레일 기술 개발</p>	
저비용 저심도 지하철도 시스템 실용화 기술개발	국토교통과학기술진흥원	한국철도기술연구원	<p>○도시미관, 소음진동, 접근성 및 환승 편의성이 고려된 저비용, 고효율의 신개념 도시철도시스템 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> -도로 곡선 및 구배 주행을 위한 저심도 차량 개발 -저심도 궤도 및 토목 기술 개발 -저심도형 친환경/슬립 정거장 기술 개발 -저심도 실용화 기술 개발 	중복 없음	연계 가능	○	<p>○차별화 방안</p> <ul style="list-style-type: none"> -저심도 차량 : 도심지 도로 하부 주행 산악트램 : 급구배, 급곡선 산악 주행 -저심도 철도는 전용 궤도 이나 산악철도는 자동차검용 궤도 ○활용 방안 -슬립형 정거장을 산악철도 정거장에 활용 -갱웨이 기술 활용
				중복됨			

3절 경제적 타당성

1. 실용화 노선 경제성 분석

- 본 연구에서는 산악열차가 적용될 수 있는 국내 노선 중에 대표적으로 지리산과 한라산 국립공원에 대하여 경제성 분석을 수행하였다. 경제성 분석 내용은 별권 첨부 하였으며, 주요 결과는 아래와 같다.

가. 지리산 국립공원

- 지리산 국립공원내 기존도로 선형과 동일한 선형을 적용 기존도로 외부지점점유가 최소화 되도록 노선계획을 수립
- 노반 계획 시 매립형 궤도를 적용하고 시설점유 폭이 2.5m로 현재 지리산 구내에 위치한 기존도로 폭이 약 7~8m이므로 산악철도 운행 시 일반 자동차 운행은 가능하나 안전을 위해서는 구간별 신호 시설 설치 등을 통하여 산악철도 운행 시 일반 차량의 통제가 필요 할 것으로 판단 됨
- 1구간(육모정~고기삼거리~정령치~도계쉼터)
 - 육모정~도계쉼터 구간은 현재 지방도 60호선, 737호선 구간으로 남원시에서 지리산으로 이동시 이용되는 도로이며 관광객 수요가 많은 정령치 휴게소 접근이 가능
 - 기존 지방도60호선, 732호선 부지를 최대한 활용하는데 주안점을 두고 산악철도 노선을 선정하였으며 순차적 추진을 고려하여 1-1(고기삼거리~정령치),1-2(정령치~도계쉼터),1-3(육모정~고기삼거리)구간으로 나누어 검토



그림 6.14 산악철도 1-1구간



그림 6.15 산악철도 1-2 구간

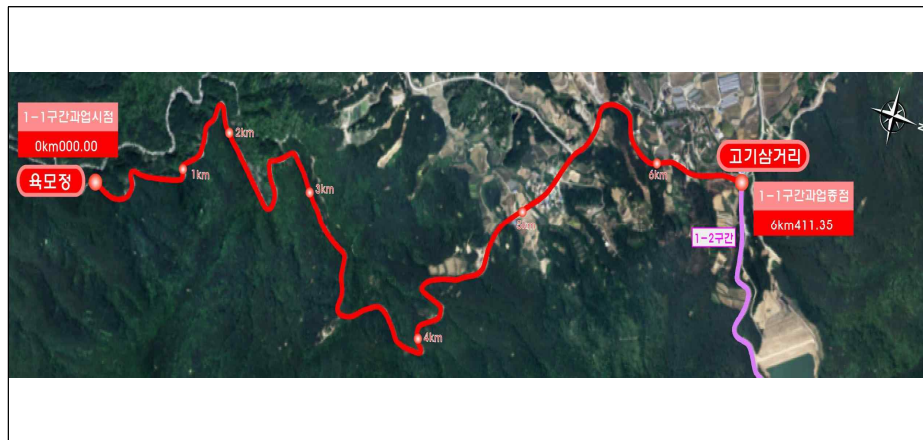


그림 6.16 산악철도 1-3구간



그림 6.17 산악철도 2구간

○ 2구간(천은사~성삼봉~심원~도계쉼터~달궁)

- 천은사~달궁 구간은 현재 지방도 861호선 구간으로 전남 구례군에 위치한 천은사에서

- 전북 남원시 달궁을 연결하는 도로이며 관광객 수요가 많은 노고단 이동을 위한 성삼재와 심원마을 입구를 경유하는 구간 임
- 본 구간 또한 기존 지방도861호선 부지 활용을 주안점으로 하여 산악철도 종평면 선형 계획시 도로 선형을 최대한 준용토록 선형계획을 수립 함.
 - 도계웹터에서 달궁삼거리 구간은 1구간과 중첩되는 구간으로 1구간 검토시 계획된 선형계획과 동일하게 반영 함

○ 경제성 분석 결과

- 가치평가 설문에 의한 B/C 분석결과, 1구간은 1.24, 2구간은 0.79, 전체(1+2구간)는 1.03으로 산정되어, 1구간과 전체구간은 경제성이 있는 것으로 나타남
- 본 검토 결과는 비수기 유발수요만 반영되었으나, 성수기에 대한 유발수요도 예상되므로 향후 유사사례를 바탕으로 추가 고려할 필요가 있으며, 성수기에 대한 유발수요 반영시 본 분석값보다 높아질 여지가 있음

표 6.5 지리산 산악철도 경제성 분석 결과

구 분		산정결과	비고	
사업비 (억원)	1 구간	1197.69	-	
	2 구간	1132.74		
	합계	2330.43		
운영비 (억원)	1구간	101.89		
	2 구간	78.87		
	합계	180.76		
B/C (CVM 설문 가치평가)	1구간	1.24	2025년 기준 약 1,339천명/년 이용	공통적용사항 탑승률 50.7%
	2구간	0.79	2025년 기준 약 721천명/년 이용	
	CVM 설문 가치평가 (1+2구간)	1.03	2025년 기준 약 2,060천명/년 이용	

나. 한라산 국립공원 영실진입로

- 영실진입로(영실매표소~영실휴게소)는 총 2.5km에 기존도로를 최대한 이용하며 기존도로 외부지점 점유를 최소화하도록 노선계획을 수립
- 국내 산악철도 적용과 관련하여 총 연장이 약 2.5km가 되는 영실매표소~영실휴게소 구간에 대한 분석결과 급구배, 급곡선이 상당수 분포되어 있는 구간으로 최소 곡선반경은 10m이며 최급기울기는 165%로 분석됨

- 현재 영실진입로의 경우는 매표소에서 휴게소까지 좁은 폭의 2차로로 된 도로로 동절기시 경우, 강설 시에는 안전을 위하여 차량은 통제하고 있음
- 영실매표소까지 기존 인프라 시설로 버스가 운행하고 있으며, 버스 하차 후 급구배 시스템으로 바로 환승이 가능토록 승강장을 검토하여 인프라 시스템과의 상호 연계가 될 수 있도록 검토함



그림 6.18 산악철도 영실진입로

- 영실진입로의 경우는 기존 임도를 포장 이용하는 구간으로 도로이며 현재 한라산국립공원 관리사무소에서 유지보수를 진행하고 있어 장래 산악철도 적용시 한라산국립공원 관리사무소와의 연계를 검토 하여야 할 것으로 판단됨
- 노선현황
 - 영실진입로(영실매표소~영실휴게소) 구간은 현재 폭원 8.0m, 왕복2차로로 운영 중에 있으며, 일반차량의 통행이 가능하며 영실매표소까지 대중교통 1개 노선이 있음

○ 경제성 분석 결과

- 지불가치를 고려한 종합사용가치 편익에 따른 경제성 분석 결과 총 할인비용은 437.25 억원, 총 할인편익은 376.87억 원이며, B/C=0.86, NPV=-60.4억 원, IRR=2.57%으로 분석 되었음

표 6.6 한라산 산악철도 경제성 분석 결과

구분	총 할인비용	총 할인편익	결과
B/C	437.25	376.87	0.86
NPV			-60.4억 원
IRR			2.57%

2. R&D 과제 경제성 분석

가. 비용산출

- 동 연구개발사업은 2017년 3월부터 2021년 12월에 걸쳐 추진되며, 사업예산은 정부출연금과 기업부담금을 합쳐 총 363.33억원임
 - 연구예산의 47.0%인 170.7억원은 연구장비 및 재료비로 사용되며, 세부적으로 시제차량 제작에 82.9억원, 시험노선 구축에 55.7억원이 소요됨
- 동 연구개발사업 예산 363.3억원을 현재가치로 환산 시, 예산의 현재가치는 337.2억원임
 - 현재가치 산정을 위한 할인율은 10년 만기 국고채 할인율인 2.15%를 적용함

표 6.7 연구개발사업 예산

(단위 : 억원)

비목		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합 계
직접비	인건비	2.79	9.75	7.98	8.88	11.84	41.24
	연구장비/재료비	3.26	27.35	52.68	53.07	34.36	170.72
	연구활동비	2.85	8.07	11.89	10.90	15.95	49.65
	연구수당	0.33	0.98	1.13	1.10	1.63	5.17
	소계	9.23	46.15	73.68	73.94	63.78	266.79
간접비		0.77	3.85	6.32	6.06	6.22	23.21
정부출연금		10.00	50.00	80.00	80.00	70.00	290.00
기업 부담금	현금	0.28	1.40	1.77	1.83	2.05	7.33
	현물	2.55	12.60	15.90	16.50	18.45	66.00
	소계	2.83	14.00	17.67	18.33	20.50	73.33
합계		12.83	64.00	97.67	98.33	90.50	363.33

표 6.8 연구개발사업 예산의 현재가치

(단위 : 억원)

구분	2017	2018	2019	2020	2021	합 계
연구개발사업 예산	12.8	64.0	97.7	98.3	90.5	363.3
연구개발사업 예산의 현재가치	12.6	61.3	91.6	90.3	81.4	337.2

- 동 연구개발사업 예산의 현재가치 337.2억원을 투입되는 비용으로 설정함

나. 편익산출

- 본 연구단의 편익은 기술개발을 통해 기존에는 불가능하였던 국내 산악철도 사업 수행이 가능해짐에 따라 발생하는 편익으로 고려함
 - 산악철도 건설 관련하여 ‘급구배 차량시스템 기술개발’연구를 추진하였으며, 해당 연

- 구에서는 산악철도 차량 및 인프라 핵심 기술을 개발하였음
 - 실제 산악철도가 구축되고 운영되기 위해서는 개발기술을 적용한 시제차량 제작 및 시험선을 구축하고, 시험운행을 통해 개발기술의 안전성 및 신뢰성이 확보되어야 함
 - 국내 지형 및 환경요건, 가격적 측면에서 현실적으로 해외 기술의 국내 도입은 불가능함
 - 국내에 산악철도가 구축 및 운영되기 위해서는 시제차량 제작 및 시험선 구축, 시험 운영 등을 수행하는 등 연구개발사업이 필수적으로 추진되어야 함
- 연구단의 편익으로 개발기술에 기반한 산악철도 구축사업 수주로 인한 시공사/차량제작사 매출편익과, 산악철도 운영 시 철도운영기관의 매출편익이 발생함
 - 동 연구단 참여기업은 개발기술을 활용하여 국내 산악철도 차량 판매 및 산악철도 인프라 건설사업 수주를 통해 매출을 발생시킴
 - 동 연구단을 통해 산악철도가 구축되고, 산악철도 운영 시 철도운영기관은 이용객에게 승차권을 판매하여 매출을 발생시킴
 - 편익은 ‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 제2판(KISTEP, 2014)’을 기반으로 산정함
 - 매출편익은 ‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 제2판’에 의거하여 아래와 같이 산정함

$$\text{매출편익} = \text{시장규모} \times \text{시장점유율} \times \text{사업기여율} \times R\&D\text{기여율} \times \text{부가가치율} \times \text{사업화성공률}$$

- 산악철도 건설 및 차량 구매 시장규모는 국내에서 추진이 전망되는 산악철도 프로젝트의 총 사업비로 산정하며, 지리산 산악철도 시장을 포함하여 2017년~2021년간 총 8,399.5억원 규모로 형성될 것으로 전망됨
 - 지리산 산악철도 사업비는 지리산 산악철도를 대상으로 수행한 ‘산악철도 신설사업’관련 경제성 평가자료의 사업비 2,467.8억원으로 전망하였으며, 지리산 산악철도 연장 35.6Km를 고려할 때, 1Km당 사업비는 69.3억원으로 분석됨
 - 그 외 국내 산악철도 프로젝트의 1Km당 사업비가 지리산 산악철도의 1Km당 사업비와 동일한 것으로 가정할 경우, 지리산 산악철도를 포함한 국내 산악철도 프로젝트의 연장은 121.3Km이며, 시장규모는 총 8,399.5억원으로 추정함
 - 연도별 사업비는 선행 경제성 평가자료에 기반하여 1차년도에 10%, 2차년도에 20%, 3차년도에 30%, 4차년도에 30%, 5차년도에 10%로 배분함

표 6.9 국내 산악철도 프로젝트 연장 및 사업비 추정

프로젝트 명	연장(Km)	사업비(억원)
지리산 도로	35.63	2,467.8
남산 순환로	3.276	226.9
하늘공원 순환로	2.604	180.4
갯바위 진입로	5.498	380.8
석굴암 진입로	7.676	531.7
한계령 도로	18.86	1,306.3
미시령 옛길	19.845	1,374.5
백담사 진입로	6.289	435.6
한라산 영실진입로	2.5	173.2
태백시-오투리조트	12.093	837.6
하동(최참관댁-형제봉)	7.001	484.9
총계	121.272	8,399.5

- 산악철도 운영시장규모는 이용객수 전망과 차량운임을 곱하여 산정하며, 지리산 산악철도 시장을 포함한 운영시장 규모는 2022년 894.9억원에서 2033년 1,447.0억원으로 추정함
 - 지리산 산악철도 이용객수는 지리산 산악철도를 대상으로 수행한 ‘산악철도 신설사업’ 관련 경제성 평가자료의 이용객수 추이를 기반으로 철도연장에 비례하여 이용객이 증감하는 것으로 가정함
 - 지리산 산악철도를 대상으로 수행한 ‘산악철도 신설사업’관련 경제성 평가자료에서는 2025년 이용객수는 연간 2,059,820명에서 매년 4.7%씩 증가하여 2030년 2,360,301명에 도달하며, 이후 인구정체에 따라 연간 이용객수는 2,360,301명이 유지되는 것으로 분석함
 - 프로젝트가 21년에 종료된 이듬해인 2022년부터 운영매출이 발생할 것으로 고려하였으며, 2022년 이용객수에서 매년 4.7%씩 이용객수가 증가하여 2025년 2,059,820명에 도달하는 것으로 고려하여 역으로 2022년, 2023년, 2024년의 이용객 수를 추정함
 - 철도운임은 지리산 산악철도를 대상으로 수행한 ‘산악철도 신설사업’관련 경제성 평가자료의 소비자 지불의사 조사결과를 기반으로 2025년 15,501원을 매년소비자물가상승률인 1.9%로 증가하는 것으로 산정함
 - 철도운영시장규모는 이용객수에 운임을 곱하여 산정하며, 매출규모는 프로젝트별로 연장에 따라 비례하여 증가하는 것으로 산정함

표 6.10 운영시장 규모 추이

구분	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
지리산 산악철도 이용객수(명)	1,794,327	1,878,786	1,967,222	2,059,820	2,116,688	2,175,126	2,235,178	2,296,888	2,360,301	2,360,301	2,360,301	2,360,301
지리산 산악철도 운임(원)	14,653	14,930	15,213	15,501	15,795	16,094	16,399	16,709	17,026	17,348	17,677	18,011
지리산 산악철도 운영시장 매출(억원)	262.9	280.5	299.3	319.3	334.3	350.1	366.5	383.8	401.9	409.5	417.2	425.1
국내 산악철도 운영시장 매출(억원)	894.9	954.7	1,018.6	1,086.8	1,137.9	1,191.5	1,247.6	1,306.3	1,367.8	1,393.7	1,420.1	1,447.0

- 산악철도 시장은 개발기술이 확보되어야만 형성되는 시장이며, 개발기술을 활용하는 참여기업 외에는 시장참여가 불가능하므로, 시장점유율은 100%로 설정함
- 사업기여율은 ‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침’에 따라 산악철도 구축에 적용되는 연구개발사업 중 동 연구단이 차지하는 비중으로 적용하며, 산정결과 83.0%로 도출됨
 - 산악철도 건설을 위한 연구개발사업으로는 동 연구단 사업 외에, ‘급구배 차량시스템 핵심기술개발사업’이 있으며, 관련 총 연구개발사업예산 중 동 연구단의 연구개발사업 예산 비중으로 사업기여율을 산정함
 - ‘급구배 차량시스템 핵심기술개발사업’의 총 연구개발사업예산(정부+민간)은 74.6억원이며, 동 연구단의 총 연구개발사업예산(정부+민간)은 363.3억원으로 동 연구개발사업이 차지하는 비중은 83.0%임
- R&D 기여율은 ‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침’의 권고에 따라 35.4%를 적용함
 - ‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침(KISTEP, 2014)’은 2013년 7월 국가과학기술심의회에서 심의된 ‘제3차 과학기술기본계획’에서 최근 데이터를 적용하여 새롭게 구한 수치인 35.4%를 활용하는 것을 권고함
- 부가가치율은 한국은행에서 발간한 ‘2012년 산업연관표’를 기준으로 철도차량과 철도건설의 평균 부가가치율인 30.2%를 적용함
 - 동 연구단은 산악철도차량 개발과 함께 산악철도 건설 개발도 함께 추진하므로 부가가치율은 철도차량 산업과 철도건설 산업의 평균 부가가치율인 30.2%로 산정함

- 2012년 철도차량 산업의 총 투입계는 2조 6,480억원, 중간투입계는 7,587억원으로 철도차량 산업의 부가가치율은 28.7%임
 - 2012년 철도건설 산업의 총 투입계는 6조 4,420억원, 중간투입계는 1조 9,856억원으로 철도건설 산업의 부가가치율은 30.8%임
- 동 연구단의 사업화 성공률은 국내 R&D 사업화 성공률에 대한 선행연구결과를 준용하여 30.0%로 설정함
- 산업기술연구회에 대한 2010년 국정감사에서 국가 R&D의 사업화 성공률은 30% 수준인 것으로 분석됨
- 지리산 및 한라산 산악철도 구축에 따른 운영편익은 ‘산악철도 신설사업’관련 경제성평가자료의 편익 산정자료에 기반하여 2022년부터 2033년까지 12년간 발생하는 것으로 적용함
- 편익은 운행이 개시될 것으로 예상되는 2022년부터 발생하며, 관련 기술분야의 평균 기술수명주기 12년을 고려하여 2033년까지 편익이 발생하는 것으로 설정함
 - ‘기술가치평가 실무가이드(산업부, 2014)’는 각 산업분야의 기술수명주기(TCT 기준)표를 제공하고 있으며, 철도분야의 기술수명주기는 평균 12.59년임

표 6.11 철도기술분야 기술수명주기(TCT)

기술분류	기술수명주기(TCT)
철도 방식; 달리 분류되지 않는 설비	12.53년
기관차; 동력차	9.90년
철도차량의 종류와 차체 세부	14.71년
철도차량 현가장치	16.13년
철도차량에 특별히 적용되는 연결기; 철도차량에 특별히 적용되는 인장 또는 완충 장치	13.22년
철도 차량에 특유한 제동 장치 또는 기타 감속 장치; 철도 차량에서의 제동장치 또는 그 밖의 감속 장치의 설비 또는 배치	12.28년
차량을 이동하는 것 또는 교환하는 것	8.99년
철도를 위한 다른 보조 장치	13.80년
철도 교통의 안내; 철도 교통의 보안	11.79년
평균	12.59년

자료 : 기술가치평가 실무가이드, 산업부, 2014

- 현재가치 산정을 위한 할인율은 10년만기 국고채 할인율인 2.15%를 적용함

○ 연구단의 총 편익의 현재가치는 438.5억원으로 분석됨

표 6.12 연구단 총 편익의 현재가치

편익항목	편익의 현재가치(억원)
시공사/차량제작사 매출편익의 현재가치	139.5억원
철도운영기관 매출편익의 현재가치	298.9억원
총 편익의 현재가치	438.5억원

○ 시공사/차량제작사 매출편익의 현재가치는 총 139.5억원으로 분석됨

표 6.13 시공사/차량제작사 매출편익의 현재가치

구분	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	계
시장규모 (억원)	840.0	1,679.9	2,519.9	2,519.9	840.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,399.5
시장점유 율(%)	100.0																	-
사업기여 율(%)	83.0																	-
R&D기 여율(%)	35.4																	-
부가가치 율(%)	30.2																	-
사업화성 공률(%)	30.0																	-
편익(억 원)	14.9	29.8	44.7	44.7	14.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	149.0
편익의 현재가치 (억원)	14.6	25.6	41.9	41.1	13.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	139.5

○ 철도운영기관 매출편익의 현재가치는 총 298.9억원으로 분석됨

표 6.14 철도운영기관 매출편익의 현재가치

구분	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	계
시장규모 (억원)	-	-	-	-	-	894.9	954.7	1,018.6	1,086.8	1,137.9	1,191.5	1,247.6	1,306.3	1,367.8	1,393.7	1,420.1	1,447.0	14,466.7
시장점유 율(%)	100.0																	
사업기여 율(%)	83.0																	
R&D기 여율(%)	35.4																	
부가가치 율(%)	30.2																	
사업화성 공률(%)	30.0																	
편익(억 원)	-	-	-	-	-	23.8	25.4	27.1	28.9	30.3	31.7	33.2	34.8	36.4	37.1	37.8	38.5	385.0
편익의 현재가치 (억원)	-	-	-	-	-	21.0	21.9	22.9	23.9	24.5	25.1	25.7	26.4	27.0	27.0	26.9	26.8	298.9

다. 정량적 효과 분석 결과

- 동 연구단 사업의 경제성은 ‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침’에서 제시하는 비용-편익 분석으로 확인함
 - 비용-편익 분석은 미래 편익흐름의 현재가치 합계가 미래 비용흐름의 현재가치 합계보다 크거나 같은 사업을 선정하는데 활용되는 방법임
 - B/C ratio가 1보다 크면 편익이 비용을 상쇄하므로 사업의 경제성은 확보되는 것으로 볼 수 있음
 - B/C ratio가 크면 클수록 사업비용 한 단위 당 편익 발생이 크므로 경제적 효과가 큰 사업으로 볼 수 있음
 - B/C ratio는 편익과 비용의 비율로 나타내며, 산정식은 아래와 같음

$$B/C \text{ ratio} = \sum_{t=0}^T \frac{B_t}{(1+r)^t} / \sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

t : 편익/비용 발생시점(년도)

B_t : t 년도에 발생한 편익

C_t : t 년도에 발생한 비용

r : 할인율

- 비용으로 동 연구개발사업 예산의 현재가치인 337.2억원을 투입함
- 편익으로 동 연구개발사업 편익의 현재가치 총합인 438.5억원을 계산됨
- B/C ratio는 1.30으로 산정되어, 동 연구개발사업은 경제성이 있는 것으로 분석됨

3. 기대 효과

가. 사회적 기대 효과

- 산악철도의 도입으로 자동차 운행을 억제할 수 있으며, 이에 따라 다양한 환경보호 효과를 기대할 수 있음
 - 일산화탄소, 아황산가스, 탄화수소, 질소산화물, 미세먼지 등 자동차 운행에 따른 유해가스 배출이 억제 가능하며 이에 따라 산악청정지역의 대기환경 보전이 가능 함
 - 관광지에서 교통 소음이 절감되어 쾌적한 생태계 조성이 가능하며 관광 환경이 개선 됨
 - 한적한 산악도로에서 자동차 질주에 따라 야생동물의 로드킬(road kill)이 발생하는 사고가 빈발하였으나(지리산 일대에 연70건 정도 발생) 자동차 운행 감소에 따라 로드킬이 감소되어 야생동물 보호와 환경 보전에 기여할 수 있음
- 급경사, 급곡선 지역에서 전방을 주시할 수 없어서 자동차 사고가 빈발하였으나, 급경사/급곡선부 운행 가능한 산악철도 도입으로 교통사고가 감소될 수 있음
- 산악지역에 철도에 의한 대중교통망이 구축됨으로써 주민과 관광객에게 편리하고 안전한 이동 편의성이 제공 됨
 - 특히 동절기에 결빙에 의해 도로가 차단되는 현상을 막을 수 있어서 주민들의 불편을 해소할 수 있으며 겨울철 관광객이 증가할 수 있을 것으로 전망 됨

나. 경제적 기대효과

1) 정성적 기대효과

- 국민소득 증가와 함께 관광 수요가 증가하고 있으며, 산악철도 도입을 통하여 산악지역 관광산업 발전에 기여가능 함
 - 코레일에서 운행하는 관광열차인 백두대간 협곡열차(V-Train, O-Train)의 경우, 연간 40만명 이상 관광객이 이용하고 있어 열차가 지나가는 봉화군, 단양군 등의 지역 경제 활성화에 크게 기여하고 있음
 - 이러한 추세를 볼 때에 편리한 산악 교통 인프라의 구축에 의해 관광객들이 증가할 것으로 예상 됨
 - 특히, 관광 비수기(12월~2월)인 겨울철에도 폭설과 결빙에 관계없이 산악철도가 운영될 수 있어 겨울 관광객이 대폭 증가할 것으로 예상 됨
- 산악지역 관광 산업 발전으로 지역 주민들의 소득 증가, 일자리 창출 등 지역 경제 발

전이 가능 함

- 관광객 증가로 인하여 인근 시군의 숙박과 음식업의 매출 증가, 지역 특산품과 농산품의 매출 증가 등 지역 상권의 활성화가 가능 함
- 지역 상권 활성화로 신규 고용이 증가하여 지역 주민들에게 신규 일자리를 제공할 수 있으며 지역 주민들의 소득 증가와 함께 지역 경제 발전이 가능 함



그림 6.19 산악지역 자동차 운행 현황:
성수기 자동차 운행 증가(좌) 및 겨울철 운행 통제(우)

2) 정량적 기대효과

- 산업연관표는 행렬 형식으로 기록된 것이기 때문에 보는 방향에 따라 경제구조를 다양하게 파악할 수 있음

	내생부문					외생부문					총수요	총 산출액
	농림수산물	철도차량	기타제조업상품	중간수요계	민간소비지출	민간고정자본형성	수출	최종수요계				
내생부문	농림수산물	3,011,311	-	1,212,850	35,836,853	13,240,320	291,703	435,470	14,797,807	50,634,660	43,490,512	
	철도차량	-	133,133	1,589	352,457	-	595,614	199,869	788,509	20,049,905	16,359,129	
	기타제조업제품	824,880	14,184	-	43,428,327	242,436	-	764,542	522,106	44,441,578	43,428,327	
	중간투입계	18,884,748	798,228	43,428,327								
외생부문	피용자보수	2,681,280	153,007	-								
	영업잉여	19,266,100	49,918	-								
	고정자본소모	2,025,151	36,856	-								
	생산세	633,233	39,183	-								
	(공제)보조금	-	-91	-								
부가가치계	24,605,764	278,873	-									
총투입액	43,490,512	1,077,101	43,428,327									

그림 6.20 산업 연관표 기본 구성

- 먼저 산업연관표를 세로(열)방향으로 보면 각 산업부문이 재화 및 용역을 생산하기 위

하여 지출한 생산비용의 구성을 나타내는데, 이를 투입구조라 함

- 한편, 산업연관표를 가로(행)방향으로 보면 각 산업부문의 생산물이 어떤 부문에 중간 수요 또는 최종수요의 형태로 얼마나 팔렸는가를 나타내는데, 이를 배분구조라 함

2-1) 산업연관 분석 계수 정의

○ 투입계수

- 투입계수는 각 산업부문이 재화나 서비스의 생산에 사용하기 위하여 다른 산업으로부터 구입한 각종 원재료, 연료 등 중간투입액과 피용자보수, 고정자본소모 등 부가가치를 해당 산업의 총투입액(총산출액)으로 나눈 것임
- 투입계수의 종류는 생산자 가격평가표에서 도출되는 투입계수, 국산거래표에서 도출되는 국산투입계수, 그리고 수입거래표에서 도출되는 수입투입계수 등이 있음

○ 생산유발계수

- 생산유발계수란 총 생산자가격평가표 대비 해당산업 국산거래표 비율을 의미
- 최종수요가 한 단위 증가하였을 때 이를 충족시키기 위하여 각 산업 부문에서 직·간접으로 유발되는 산출액 단위를 말하는 것으로 도출 과정에서 역행렬이 이용되므로 역행렬계수라고도 함

○ 수입유발계수

- 수입투입계수는 총 생산자가격평가표 대비 해당산업 수입거래표 비율을 의미
- 최종수요가 한 단위 증가할 때 각 산업부문에서 직·간접으로 유발되는 수입액 단위를 의미함

○ 부가가치유발계수

- 부가가치유발계수란 최종수요가 한 단위 발생할 경우 국민경제 전체에서 직간접으로 유발되는 부가가치단위를 보여주는 계수를 말함
- 생산자가격평가표에 제시된 총투입액 대비 부가가치계의 비율을 생산유발계수표와 곱하여 부가가치유발계수표 산출

2-2) 경제적 기대효과 분석 결과

- 항목별 파급효과는 생산유발계수표, 수입유발계수표, 부가가치유발계수표에서 투자항목 부분과 해당항목의 투자금액을 곱하여 산출함

○ 총경제 파급효과는 생산유발액, 수입유발액, 부가가치유발액을 모두 더한 값을 의미함

○ 분석결과 지리산은 8,232억원, 한라산은 428억원의 경제적 파급효과가 발생함

표 6.15 산악철도 경제적 파급효과 분석 결과

(단위 : 억원)

대상지역	구간	총사업비	총경제 파급효과	생산유발액	수입유발액	부가가치 유발액
지리산	1-1	691	2,353	1,635	172	546
	1-2	292	984	684	72	228
	1-3	293	986	685	72	229
	2	1,150	3,909	2,716	286	907
	계	2,426	8,232	5,720	602	1,910
한라산		131	428	297	31	99

다. 과학기술적 기대 효과

- 산악철도의 핵심 기술인 급구배·급곡선 운행 트램 기술은 도시철도 분야에도 활용가능하며 이를 통하여 노면 트램의 한계를 극복할 수 있음
 - 도시의 도로를 따라 가는 트램의 경우 일부 구간에서 트램의 상승 범위 60%과 곡선 반경 25m를 초과하는 경우도 종종 발생. 본 실용화 사업에서 검증된 산악철도의 급구배·급곡선 기술을 적용하여 노면 트램의 적용 노선 확장 가능
- 저진동·저소음 랙앤피니언 기술은 운반기계 등 다양한 분야에 적용 가능하며 작업자 소음 감소, 효율증가등 타 분야에도 파급효과가 클 것으로 예상 됨
- 기후조건이 가혹한 산악철도의 급전과 대용량 배터리 충전 기술을 활용하여 버스나 경전철 등 타 교통수단의 추진에 활용가능 함
- 본 사업의 최종 목표인 세계 최고성능 산악철도시스템 개발이 성공적으로 추진된다면 국가 기술경쟁력 증대 및 해외진출을 통한 국부 창출이 가능 함

제7장 시험선 운행 계획

1절 노면전차법 개정(안)

- 현재 국내의 법체계 상 궤도와 도로의 혼합사용을 금지하고 있음. 국내에서도 노면전차에 대한 도입을 검토하면서 노면전차법을 재정하고 있음. 하지만, 아직까지 노면전차법에 대한 개정안이 확립되지 않아 시나리오별 산악철도 운행 계획을 수립하여 법재정에 맞도록 운영을 할 필요가 있음
- 노면전차를 도로에서 운행하는 경우 도로의 일정공간을 차지하고 다른 교통수단과의 공동 이용에 어려움이 있지만 현행법상 노면전차 전용로에 관한 사항을 규정하고 있지 않아 이를 명시할 필요가 있음.
- 이에 도시철도건설자가 도로에 노면전차를 건설하는 경우 노면전차 전용차로를 설치하도록 함으로써 노면전차의 이용을 촉진하고 원활한 교통소통을 확보하려는 것임(안 제18조 및 제18조의2 신설).
 - 제18조의2(노면전차의 건설·운전 및 전용로의 설치 등)
 - 제18조의2(노면전차의 건설·운전 및 전용차로의 설치 등) ① 도시철도 건설자는 노면전차를 도로에 건설하는 경우 안전표시나 노면표시 등으로 노면전차의 통행구간을 표시한 노면전차 전용차로를 설치하여야 한다.
 - ② 제1항에 따른 노면전차 전용차로의 설치 및 노면전차의 건설·운전 등에 필요한 사항은 국토교통부령으로 정한다.

2절 산악열차 운행 시나리오

- 산악열차 운행시나리오는 크게 도로와 전용과 혼용으로 구분할 수 있음. 전용은 산악열차 궤도와 도로를 분리하여 운행하는 것으로 원칙적으로 차량의 궤도 진입을 불허함. 하지만, 건널목과 같은 곳에서 궤도에 차량 진입이 가능함
- 아래의 그림은 산악열차 전용 궤도를 사용한 운행 개념을 나타냄. 궤도와 도로를 연석등으로 분리하여 운행을 함. 대부분의 산악도로는 2차선이므로 상하행 운행 차량의 안전을 위한 장치가 요구됨. 유사한 사례로는 프랑스의 Puy de dome이 있음. 이러한 운행 방식은 도시철도법 개정과 상관없이 적용 할 수 있을 것으로 판단됨.



그림 7.1 프랑스 Puy de dome 전용 운영 사례

- 해외의 대부분의 전용으로 산악열차를 운행하는 경우, 자갈 궤도를 사용하고 있다. 하지만, 법제도의 변화에 따른 혼용 운영의 가능성과, 비상 시 자동차의 궤도 진입 등을 도려하면 매립형으로 궤도를 건설하는 것이 바람직하다. 또한 콘크리트 궤도가 자갈궤도보다 유지보수 측면에서 유리하고, 자갈 궤도를 활용한 산악철도 궤도 건설에 대한 국내의 기술이 전무함으로 콘크리트 궤도를 활용한 궤도 건설이 바람직함.
- 다음 그림은 산악철도 궤도가 한차선을 점유하는 시험선 전용 운영(안)을 보여준다. 먼저 시험선은 약 1km 내외이므로 시험선 운영 시 시험구간 외는 평소와 같이 2차로로 운영을 한다. 시험선 구간에서 차량은 단선 운영을 하고 시험선 양 끝에 설치된 신호와 차단막을 활용하여 차량을 교행함.



그림 7.2 시험선 전용 운행(안)



그림 7.3 상용노선 전용 운행(안)

- 위의 그림은 상용노선에서의 전용 운행(안)을 보여준다. 대부분의 산악도로는 2차선으로 약 8~9m의 폭을 가지고 있으며, 일부 확폭된 도로가 있다. 이러한 경우, 산악열차 전용 노선을 포함하여 3차선이 가능한 지역은 차량에 2차선을 할여하여 교행을 한다. 부득히 하게 2차선을 차량에 할여를 못하는 경우는 시험선 운행(안)과 같이 1차선만 차량에 할여를 하며 양쪽 끝단에서 신호와 차단기를 활용하여 차량을 교행 하게 한다.

- 아래의 그림은 산악트램 궤도를 중앙에 설치하고 양쪽으로 차량 통행을 허가하는 혼용 운행(안)이다. 산악도로 폭이 넓어 3차로가 가능한 경우는 차량과 산악열차가 서로 간섭 없이 운행이 가능하다. 도로폭이 좁은 경우는 산악열차와 차량의 간섭이 발생할 수 있으며, 이때는 혼용 운영이므로 열차를 비껴가기 및 따라가기 등의 방법으로 운영이 가능하다.



그림 7.4 상용노선 혼용 운행(안)



그림 7.5 Stuttgart 산악철도 전용 및 혼용 구간 예

- 국외의 경우, 한가지 노선의 경우에도 여러 가지 상황을 고려하여 전용 및 혼용을 혼합하여 사용을 하고 있다. 대표적인 노선은 독일 Stuttgart의 도심지를 통과하는 산악 열차로 아래의 그림과 같이 전용 및 혼용을 혼합하여 사용하고 있다. 본 시험선도 향후 노면 전차법 개정 방안을 고려하여 다양한 운행 시나리오가 적용될 수 있도록 시스템을 구축할 필요가 있음

제8장 과제 제안요구서 작성 및 시험선 후보지 선정계획

1절 과제 제안요구서

1. 과제의 구성

- 기술분류체계에 맞추어서 산악철도 실용화 기술개발을 위한 연구개발사업을 3세부과제로 나누어서 수행함
- 연구비와 사업 규모를 고려하여 연구단 사업으로 정하고 세부과제별 주관기관을 선정하여 과제를 수행함
- 제1세부과제 “산악철도시스템 개발”은 차량과 인프라를 포괄하여 관련 기술을 개발하여야 하므로, 철도시스템 전체를 연구할 수 있는 총괄기관이 주관하고 관련 기술 보유 기업이 참여함
- 제2세부과제 “산악철도 시험노선 건설 및 운영”은 시험선로 1km를 건설하는 것이 주요 내용이므로 기술개발보다는 단순 인허가와 건설이 주요 과업이 되어 출연연구기관이 지자체의 도움을 받아 건설사업을 주관함
- 제3세부과제 “산악철도 운영 및 유지보수”는 산악트램을 시험선로에서 운영하면서 유지보수를 하는 것이 주요 과업이므로 운영기관이 주관하는 것이 적절함

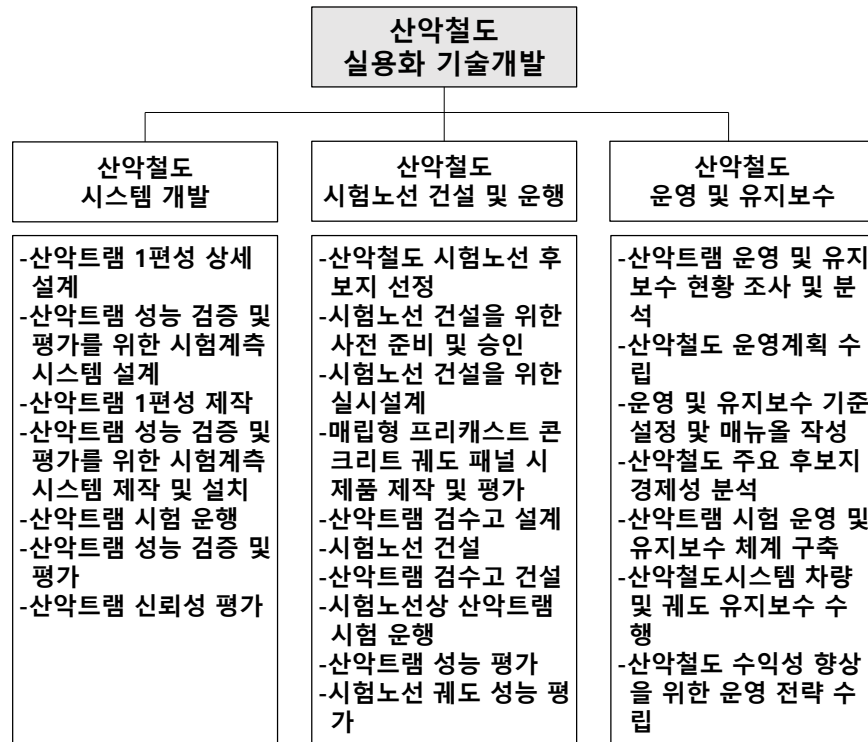


그림 8.1 산악철도 실용화 사업의 구성

2. 과제 제안요구서

연구과제명	총괄 : 산악철도 실용화 기술 개발
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 급구배 180%, 급곡선 10m 이상 도로 겸용 선로에서 운행이 가능한 산악트램 1편성 제작, 1km 내외 시험노선 및 산악철도 시스템 운영 및 유지보수 기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 급경사와 급곡선이 빈번한 산악 도로에서 관광객의 이동 안전성을 확보하고, 겨울철 폭설과 결빙에도 좌우되지 않고 이동 편의성을 제공하기 위해서는 산악철도가 필요함 ○ 소득 증가와 함께 관광 수요도 급증하고 있으며, 이에 따른 새로운 교통수단의 필요성이 증가하고 있음 ○ 산악철도는 관광객들이 좀더 편리하고 안전하게 산악 지역

	<p>을 이동하면서 자연을 감상할 수 있는 여건을 제공해 주므로 관광객 증가를 통한 음식, 숙박업 등 지역 경제 활성화를 위해서 필요한 교통수단임</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 국내에 산악지역에 환경 훼손이 없이 산악철도를 건설하기 위해서는 도로와 겸용으로 운행할 수 있는 매립형 Rack 궤도를 적용할 필요가 있음 ○ 기존 도로위에서 차량에 전력을 공급하는 전차선을 설치하게 되면 산악 조망을 해칠 뿐만 아니라, 전차선 건설에 따른 환경 훼손도 불가피하게 발생하게 되고, 자동차 통행에도 지장을 받게 되며, 자동차의 안전사고를 유발할 수도 있으므로 무가선 방식의 산악궤도를 건설할 필요가 있음
<p>□ 기술동향</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유럽에서 100여년 전부터 Rack railway 산악열차가 개발되어 활발히 운행 중에 있으며, 기어방식의 급구배 주행기술은 크게 아브트(Abt), 슈트루프(Strub), 리겐바흐(Riggenbach), 로허(Locher)방식이 있으며, 스위스의 Stadler社는 Rack railway 산악열차 제작에 있어 최고 수준의 기술력을 보유하고 있음 ○ 세계적으로 가장 대표적인 Rack railway 산악열차는 스위스의 융프라우 철도로 표고는 3,454 m, 최급구배율 250%이며 최급구배시 속도는 약 14 km/h 임. 라우터부르넨에서 융프라우 정상까지는 융프라우철도회사의 산악열차 가운데서도 관광객이 가장 선호하는 구간으로서 총 12 km이며, 라우터부르넨에서 클라이네 샤이텍 까지는 바깥을 볼 수 있는 산악지역으로 운행되고 있음 ○ 국내에서 급구배(180%이상)에서 운행이 가능한 대차시스템과 산악지역에 적합한 경량구조 차체, 저진동 랙앤피니언(rack & pinion) 추진장치 및 도로겸용이 가능한 매립형 Rack 궤도에 관한 핵심기술을 개발하여 성능을 검증하였음
<p>3. 연구개발 내용</p>	
	<p>1세부 : 산악철도시스템 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 산악트램 개발 ○ 산악 궤도시스템 개발 ○ 시험선 성능 시험 및 평가

2세부 : 산악철도 시험노선 구축 및 시범 운행

- 산악철도 시험노선 선정
- 산악철도 시험노선 건설 및 유지보수

3 세부 : 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발

- 산악철도 신호/통신 시스템 기술 개발
- 산악철도 운영기술
- 산악철도 유지보수 기술

4. 연구개발 추진 방법

추진전략

- 연구성과 활용의 최종적인 목표가 산악철도 운영이므로 철도시스템의 각 부분을 담당하는 전문가의 참여가 필요하며 핵심기술 개발과 함께 산악철도 시스템엔지니어링 기능이 추가되어야 함
- 지자체, 관련 기관 및 기업 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축 필요
 - 개발품 보급 및 확산을 위한 관련 법·제도 마련을 위해 기관 의견 수렴
 - 실수요자의 의견을 연구개발 내용에 반영
- 산악 지역 유관기관 및 지방자치단체와의 긴밀한 연계를 통해 인허가 승인 추진 및 수요자 중심의 연구개발 추진
- 시험선로 요구조건을 충족시킨 후보지 중에서 평가기준에 따라 우선순위 결정

추진체계

- 산악철도 시스템, 시험선 건설 및 운영/유지보수 분야로 분류하여 과제 수행
- 연구기관의 총괄 주관에 의한 시스템 통합 추진
- 전문가로 구성된 자문위원회를 통하여 개발 기술의 점검과 함께 산악철도 노선 선정, 운영 계획 수립, 관광 활성화 등의 자문 수행
- 산악지역 건설 유경험 시공사 주도로 인허가 승인 추진 및 건설 시행

5. 최종성과물

- 시험운행을 위한 산악트램
- 시험운행을 위한 산악궤도 시험노선

- 시험운영 및 상용운영을 위한 운영/유비보수 매뉴얼
- 시험운행을 통한 산악철도 시스템 신뢰성 검토 보고서

6. 기대효과 및 파급효과

- 사회적 기대효과
 - 국내 산악 관광 지역 교통망 제공을 통한 지역 발전기여
 - 관광객 이동 편의 제공 및 만족도 향상
 - 산악벽지 지역 주민 교통기본권 제공
 - 산악철도 도입에 따른 지역 관광 활성화 및 지역 발전
 - 친환경 교통수단 도입에 따른 산악 지역 환경 보존
- 경제적 기대효과
 - 관광 활성화에 따른 지역 경제 발전
 - 대중교통망 구축에 따른 산악지역 방문객의 지속적 증가 및 관광운행 수입 증가
- 기술적 기대효과
 - 이전 개발된 철도 기술의 창조적 융복합을 통한 첨단 급구배 교통망 구축
 - 관련부품 기업의 기술 확보에 따른 해외진출 기반조성
 - 급구배 운행 기술의 운반기계 등 타 분야 적용 가능
 - 배터리 충전 기술의 타 교통수단 활용

7. 연구개발기간 및 소요예산

- 총 연구기간 : 2017. 01.~2021. 12.
- 총 정부출연금 : 29,000 백만원

연구과제명	제 1세부 : 산악철도시스템 개발	
1. 연구개발 목표		
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 급구배 180%, 급곡선 10m 이상 도로 겸용 선로에서 운행이 가능한 산악트램 1편성 제작 및 관련 철도시스템 기술 개발 	
2. 연구개발 필요성 및 기술동향		
<input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 급경사와 급곡선이 빈번한 산악 도로에서 관광객의 이동 안전성을 확보하고, 겨울철 폭설과 결빙에도 좌우되지 않고 이동 편의성을 제공하기 위해서는 산악철도가 필요함 ○ 국내의 산악 도로 현황에 따라 최대 구배 180%, 곡선 반경이 최소 10m까지 운행 가능한 산악트램이 개발되어야 함 ○ 1단계 연구개발 사업인 『급구배 추진시스템 핵심기술 개발』 사업에서 추진장치와 궤도와 관련한 핵심기술을 개발하였는데, 핵심기술이 실제 상용화되기 위해서는 실용화 단계를 거쳐서 실제와 유사한 조건에서 검증이 필요함 	
<input type="checkbox"/> 기술동향	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유럽에서 100여년 전부터 Rack railway 산악열차가 개발되어 활발히 운행 중에 있으며, 기어방식의 급구배 주행기술은 크게 아브트(Abt), 슈트루프(Strub), 리켄바흐(Riggenbach), 로허(Locher)방식이 있는데, 스위스의 Stadler사는 Rack railway 산악열차 제작에 있어 최고 수준의 기술력을 보유하고 있음 ○ 국내에서 급구배(180%이상)에서 운행이 가능한 대차시스템과 산악지역에 적합한 경량구조 차체, 저진동 랙앤피니언(rack & pinion) 추진장치를 개발하여 성능을 검증하였음 	
3. 연구개발 내용		
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 산악트램 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 산악트램 1편성 상세 설계 - 산악트램-궤도 인터페이스 상세 설계 - 산악트램 핵심 구성품 제작 (대차, 추진제어장치, 차체, 급전시스템 Pinion, 제동 장치, 연결기, 감속기 등) - 산악트램 1편성 제작 	

- 산악트램 완성차 시험
- 산악트램 유지보수 기술 개발
- 산악트램 성능 시험 및 검증
- 산악트램 신뢰성 평가
- 산악 궤도시스템 개발
 - 산악궤도 노반 설계 기준(안) 정립
 - 산악궤도 궤도 설계 기준(안) 정립
 - 산악궤도 안정성 평가 기술 개발
 - 산악궤도 고성능 건설 재료 개발
 - 산악철도 시험노선 노반 실시 설계
 - 산악철도 시험노선 궤도 실시 설계
 - 산악트램 검수고 등 부속 구성물 설계
 - 산악철도 노반 성능 검증안 제시/성능평가
 - 산악철도 궤도 성능 검증안 제시/성능평가
- 시험선 성능 시험 및 평가
 - 산악트램 계측 시스템 설계
 - 산악궤도 및 노반 계측 시스템 설계
 - 산악트램 계측시스템 제작
 - 산악궤도 및 노반 계측시스템 제작
 - 산악트램 계측시스템 시험 설치 및 검증
 - 산악궤도 및 노반 계측시스템 시험 설치 및 검증
 - 산악트램 시운전시 성능 계측 및 평가
 - 산악궤도 및 노반 현장 계측 및 평가

4. 연구개발 추진 방법

- 추진전략
 - 연구성과 활용의 최종적인 목표가 산악철도 운영이므로 철도시스템의 각 부분을 담당하는 전문가의 참여가 필요하며 핵심기술 개발과 함께 산악철도 시스템엔지니어링 기능이 추가되어야 함
 - 지자체, 관련 기관 및 기업 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축
 - 개발품 보급 및 확산을 위한 관련 법·제도 마련을 위해 기관 의견 수렴
 - 실수요자의 의견을 연구개발 내용에 반영
 - Top-down 방식으로 원천기술 개발
 - 시스템 설계 및 해석을 통한 아키텍처 및 시스템 사양 개발

	<ul style="list-style-type: none"> - 테스트베드 개발을 통한 설계 및 제어 수정보완 및 시스템 통합 구축, 핵심 기술 검증
<input type="checkbox"/> 추진체계	<ul style="list-style-type: none"> ○ 트램시스템, 궤도, 시험계측 분야로 분류하여 과제 수행 ○ 차량 및 부품, 노선 설계 민간기업의 참여 추진 ○ 연구기관의 총괄 주관에 의한 시스템 통합 추진 ○ 전문가로 구성된 자문위원회를 통하여 개발 기술의 점검과 함께 산악철도 노선 선정, 운영 계획 수립, 관광 활성화 등의 자문 수행
5. 최종성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시험운행을 위한 산악트램 ○ 산악궤도 시스템 설계 도면 ○ 산악트램 시험평가를 위한 계측시스템 ○ 산악철도시스템 관련 특허 및 지적재산권, 논문
6. 기대효과 및 파급효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사회적 기대효과 <ul style="list-style-type: none"> - 국내 산악 관광 지역 교통망 제공을 통한 지역 발전기여 - 관광객 이동 편의 제공 및 만족도 향상 - 산악벽지 지역 주민 교통기본권 제공 - 산악철도 도입에 따른 지역 관광 활성화 및 지역 발전 - 친환경 교통수단 도입에 따른 산악 지역 환경 보존 ○ 경제적 기대효과 <ul style="list-style-type: none"> - 관광 활성화에 따른 지역 경제 발전 - 대중교통망 구축에 따른 산악지역 방문객의 지속적 증가 및 관광운영 수입 증가 ○ 기술적 기대효과 <ul style="list-style-type: none"> - 이전 개발된 철도 기술의 창조적 융복합을 통한 첨단 급구배 교통망 구축 - 관련부품 기업의 기술 확보에 따른 해외진출 기반조성 - 급구배 운행 기술의 운반기계 등 타분야 적용 가능 - 배터리 충전 기술의 타 교통 수단 활용
7. 연구개발기간 및 소요예산	<ul style="list-style-type: none"> ○ 총 연구기간 : 2017. 01.~2021. 12. ○ 총 정부출연금 : 16,980백만원

연구과제명	제2세부 : 산악철도 시험노선 구축 및 시범 운행
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 산악철도 시험노선 후보지 선정 및 1km 내외 시험노선, 검수시설 건설
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내에 산악지역에 환경 훼손이 없이 산악철도를 건설하기 위해서는 도로와 겸용으로 운행할 수 있는 매립형 랙 궤도를 적용할 필요가 있음 ○ 기존 도로위에서 차량에 전력을 공급하는 전차선을 설치하게 되면 산악 조망을 해칠 뿐만 아니라, 전차선 건설에 따른 환경 훼손도 불가피하게 발생하게 되고, 자동차 통행에도 지장을 받게 되며, 자동차의 안전사고를 유발할 수도 있으므로 무가선 방식의 산악궤도를 건설할 필요가 있음 ○ 산악철도의 건설은 산악 지형에서 진행되기 때문에 공사 환경이 열악하고 긴 겨울철 공사도 불가하여 공사 기간의 제약을 받게 되는데, 이러한 문제를 해결하기 위해서는 궤도 공사를 신속하게 진행할 수 있는 설계와 시공 방법이 필요하며, 공사에 따른 주민과 관광객의 불편을 최소화하기 위해서도 공사 기간의 단축이 필요함
□ 기술동향	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해외 산악철도 궤도 시스템 기술동향 <ul style="list-style-type: none"> - 해외에서 운행되는 산악철도는 전용노선으로 운행이 되고 있으므로, 궤도구조는 대부분 일반적인 레일+침목+자갈도상으로 구성되고 있음 - 알스톰사의 무가선 급전 시스템은 프랑스의 보르도 시에서 최초 적용된 방식으로 일반 전철 현수방식(Catenary)에 비해 건설비용이 높으나 가공에 노출되지 않는 특징을 부각시켜 상징성을 갖는 다리위의 선로와 도심 중앙 광장에 처음으로 적용되었음 ○ 매립형 궤도 시스템에 대한 기술동향 <ul style="list-style-type: none"> - 매립형 궤도의 분류방법은 표면포장방법에 따라 나누어지며, 국외에서는 트램과 같은 도시형 철도에 많이 사용이 되고 있음 - 국내에서는 무가선트램 연구단에서 매립형궤도를 개발하

	<p>여 현재 오송시험선에 시험부설을 완료한 상태임</p> <ul style="list-style-type: none"> - 국내에서는 ‘급곡선/급구배 차량 시스템 기술개발’의 일환으로 산악열차용 매립형 PC 궤도를 개발하였으며 개발된 궤도는 궤도패널, HSB 층, 베딩재, Rack, 앵커, 및 레일과 탄성 충진재로 구성되어 있음
<p>3. 연구개발 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 산악철도 시험노선 선정 <ul style="list-style-type: none"> - 국내 산악지역 대상 도로 겸용 산악철도 시험노선 후보지 선정 - 시험노선 건설을 위한 사전 준비, 인허가 및 승인 ○ 산악철도 시험노선 건설 <ul style="list-style-type: none"> - 궤도 시공(안) 제시 및 시방서 작성 - 궤도 시공 구성품 제작 - 시험노선 건설 - 산악트램 검수고 건설
<p>4. 연구개발 추진 방법</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 추진전략 <ul style="list-style-type: none"> ○ 산악 지역 유관기관 및 지방자치단체와의 긴밀한 연계를 통해 인허가 승인 추진 및 수요자 중심의 연구개발 추진 ○ 시험선로 요구조건을 충족시킨 후보지 중에서 평가기준에 따라 우선순위 결정 ○ 궤도운송법에 따라 시험선로 해당 지자체에서 산악철도 운행 허가 취득 ○ 도로법에 기초하여 도로관리청의 도로 변경 승인 후 건설 착수 ○ 지자체로 제공 받은 전력 시설에 기초하여 검수고 등 건설 ○ 지역 주민 및 환경 단체의 반대에 대한 대응 마련 <input type="checkbox"/> 추진체계 <ul style="list-style-type: none"> ○ 연구기관의 주관하에 위탁 건설 위주의 과업 수행 ○ 산악지역 건설 유경험 시공사 주도로 인허가 승인 추진 및 건설 시행
<p>5. 최종성과물</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 산악철도용 매립형 프리캐스트 콘크리트 궤도 시스템 ○ 산악철도용 궤도 시공 가이드(안) ○ 1km급 산악철도 시험 노선

6. 기대효과 및 파급효과

- 사회적 기대효과
 - 국내 산악 관광 지역 교통망 제공을 통한 지역 발전기여
 - 관광객 이동 편의 제공 및 만족도 향상
 - 산악벽지 지역 주민 교통기본권 제공
 - 산악철도 도입에 따른 지역 관광 활성화 및 지역 발전
 - 친환경 교통수단 도입에 따른 산악 지역 환경 보존
- 경제적 기대효과
 - 관광 활성화에 따른 지역 경제 발전
 - 대중교통망 구축에 따른 산악지역 방문객의 지속적 증가 및 관광운행 수입 증가
 - 시험선로를 기초로 상용화 선로 확대 가능
 - 프리캐스트 패널 시공에 의한 공사 기간 단축 및 비용 절감
- 기술적 기대효과
 - 산악철도 건설 기술 이전 개발된 철도 기술의 창조적 융복합을 통한 첨단 급구배 교통망 구축
 - 관련 시공사의 기술 확보에 따른 해외진출 기반조성
 - 프리캐스트 콘크리트 패널 기술의 일반 선로 적용 확대

7. 연구개발기간 및 소요예산

- 총 연구기간 : 2017. 01.~2021. 12.
- 총 정부출연금 : 6,880백만원

연구과제명	제 3 세부 : 산악철도 운영 및 유지보수 기술 개발
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 산악철도 시스템 운영/유지보수 기술개발 및 실용화 대비 기준 및 매뉴얼 제작
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
<input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 산악지역에서 경제적이고 효율적인 지속가능한 교통시스템 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 건설비용이 저렴하고, 운영 및 유지보수 비용이 적게 드는 교통시스템 필요 - 승객 변동에 따라 탄력적인 운영이 가능한 교통시스템 적용 ○ 도로 겸용 선로에서 안전성 확보를 위한 산악트램 운영 기술 필요 ○ 실용화 대비 유지보수 기술 확보 필요 ○ 개발된 산악트램의 건설된 시험선로에서 시험운행을 통한 성능 검증 및 신뢰성 확보 필요 ○ 폭설 및 결빙 대비 운영 기술 확보 필요
<input type="checkbox"/> 기술동향	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해외 산악철도 운영 및 유지보수 기술 현황 <ul style="list-style-type: none"> - 유럽 산악철도는 100여년의 운영 역사를 가지고 있으며 건설 및 운영을 위한 규격과 지침을 보유하고 있음 - 산악철도 운영사는 폭설 및 결빙 대비 제설 및 제빙 장비 및 운용 기술을 보유하고 있음 - 랙 궤도의 시공 및 유지보수 기술을 보유하고 있음 ○ 국내 기술 현황 <ul style="list-style-type: none"> - 태백시 추추파크에서 급구배 운행 강삭철도가 관광용으로 운영되고 있으며, 유지보수가 시행되고 있음 - 오송기지 1km 매립형 궤도에서 무가선 저상트램이 시험운행을 지속하고 있음
3. 연구개발 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 산악철도 신호시스템 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 산악철도 신호/통신시스템 기술 개발 - 산악철도 방호시스템 기술 개발

	<ul style="list-style-type: none"> - 시험노선용 신호/통신 시스템 (건널목, 대피선, 시험선 자동차 차단 등) 성능시험 - 산악철도 신호/통신 시스템 기준 작성 ○ 산악철도 운영기술 <ul style="list-style-type: none"> - 시험선로 운영 안전성 분석 및 확인 - 산악철도 안전(충돌, 화재, 탈선 방지) 기술 개발 - 산악철도 방재 기술 개발 - 산악철도 운영 기준 작성 - 산악철도 운영 관련 법제도 제개정 연구 - 산악철도 경제성 평가 기술 개발 ○ 산악철도 유지보수 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 해외 산악철도 유지보수 현황 조사 분석 - 산악철도 유지보수 기준 개발 - 산악철도 유지보수 매뉴얼 제작
4. 연구개발 추진 방법	
<input type="checkbox"/> 추진전략	<ul style="list-style-type: none"> ○ 철도 운영 및 유지보수 경험이 풍부한 운영기관 참여 필수 ○ 산악철도 운영을 목표로 관련 운영 및 유지보수 경험 축적 및 기준 및 매뉴얼 확보 ○ 산악 지역 유관기관 및 지방자치단체와의 긴밀한 연계를 통해 수요자 중심의 연구개발 추진 ○ 산악철도 운영을 위한 관련 법 및 제도적 보완 사항 검토 및 대비 ○ 산악철도의 운영 수익성 확보 전략 준비
<input type="checkbox"/> 추진체계	<ul style="list-style-type: none"> ○ 철도 전문 운영기관 주관 ○ 전문가로 구성된 자문위원회를 통하여 개발 기술의 점검과 함께 급구배 노선 선정, 운영 계획 수립, 관광 활성화 등의 자문 수행
5. 최종성과물	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 산악철도 운영 및 유지보수 기준 ○ 산악철도 운영 및 안전 매뉴얼 ○ 산악철도 유지보수 매뉴얼 ○ 산악철도 신호/통신시스템 매뉴얼 ○ 산악철도 방호시스템 매뉴얼

- 산악철도 운영 관련 법제도 개선
- 산악철도 운행 관련 특허 지적재산권
- 산악철도 운행 관련 논문

6. 기대효과 및 파급효과

- 사회적 기대효과
 - 안전한 산악철도의 구현
 - 산악철도 이용객 확대
- 경제적 기대효과
 - 산악철도 운영 수익 극대화
 - 산악철도 유지보수 비용 절감
- 기술적 기대효과
 - 신호 및 방호시스템의 일반철도 건널목 활용

7. 연구개발기간 및 소요예산

- 총 연구기간 : 2017. 01.~2021. 12.
- 총 정부출연금 : 5,140백만원

2절 산악철도 시험 선로 건설 절차

1. 관련 법률 현황

표 8.1 산악철도 건설 관련 법률 현황

법령	관련조항	비고
도로법	<p>□ 도로의 점용 허가(법 제61조)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 공작물·물건, 그 밖의 시설을 신설·개축·변경 또는 제거하거나 그 밖의 사유로 도로(도로구역을 포함한다)를 점용하려는 자는 도로관리청의 허가를 받아야 한다. <p>□ 점용허가 대상(시행령 제55조 제4호)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 철도·궤도, 그 밖에 이와 유사한 것 	<ul style="list-style-type: none"> - 궤도 시설에 대해서 도로의 점용허가가 가능함
도로교통법	<p>□ 도로에서의 금지행위(법 제68조 제1항)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 누구든지 함부로 신호기를 조작하거나 교통안전시설을 철거·이전하거나 손괴하여서는 아니 되며, 교통안전시설이나 그와 비슷한 인공구조물을 도로에 설치하여서는 아니 된다. <p>□ 차마의 정의(법 제2조 가항)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 차란 자동차, 건설기계, 원동기장치자전거, 자전거, 사람 또는 가축의 힘이나 그 밖의 동력으로 도로에서 운전되는 것. (철길이나 가설된 선을 이용하여 운전되는 것, 유모차와 행정자치부령으로 정하는 보행보조용 의자차는 제외) <p>□ 철길 건널목의 통과(법 24조)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 철길 건널목에서 신호기에 따라 통과 	<ul style="list-style-type: none"> - 교통안전시설이나 그와 비슷한 인공구조물을 도로에 설치하여서는 아니 된다는 규정이 있으나, 도로법 제61조 및 같은법 시행령 제55조에서 궤도시설을 점용허가 대상으로 규정하고 있음 - 도로교통법에 따라 도로에서는 차마만 운행 가능하며, 궤도 운행 조항은 없음 - 궤도를 건널목으로 간주하여 신호기 설치
궤도운송법 및 도시철도법	<p>□ 궤도운송법(법 제3조, 제4조)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 적용제외대상 : 도시철도법을 적용받는 도시철도 및 도시철도사업 - 지자체장 허가에 의해 궤도사업 가능 <p>□ 도시철도법(법 제2조 제2항)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 도시철도란 도시교통의 원활한 소통을 위하여 도시교통권역에서 건설·운영하는 철도·모노레일·노면전차·선형유도전동기·자기부상열차 등 궤도에 의한 교통시설 및 교통수단을 말한다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 성남시 궤도의 사례는 도시교통권역에서 건설·운영하는 도시철도법에 따른 궤도시설을 적용. 도시교통권역인 경우에 도시철도법을 적용 - 산악지역은 도시교통권역으로 볼 수 없으므로 궤도운송법 적용
철도안전법	<p>□ 철도차량 운전면허(법 제10조)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 철도차량을 운전하려는 사람은 국토교통부장관으로부터 철도차량 운전면허를 받아야 한다. - 운전면허의 종류(시행령 제11조) : 고속철도차량 운전면허, 제1종 전기차량 운전면허, 제2종 전기차량 운전면허, 디젤차량 운전면허, 철도장비 운전면허 	<ul style="list-style-type: none"> - 차량 운전자 자격요건이 궤도차량에 대한 규정이 없음

2. 관련 법률 적용

가. 법률 적용 검토

○ 도시철도법 적용 검토

- 산악철도는 산악지역 벽지형 궤도이므로 도시철도법에 따른 “도시교통권역”에 해당하지 않으므로 도시철도법 적용이 곤란

○ 도로교통법 적용 검토

- 도로교통법에 따르면 도로에는 “차마”만 다닐 수 있으므로 산악트램 운행이 곤란

○ 도로법 적용 검토

- 도로법 제61조(도로의 점용 허가)에 따라 도로관리청(지방도이므로 전북도청)의 허가를 받아 도로상에 궤도 시설 점유 가능
- 도로 점용 허가 절차는 그림 8.2와 같음

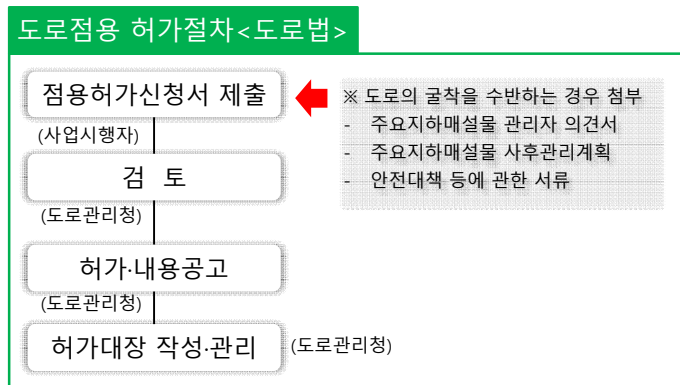


그림 8.2 도로 점용 허가 절차

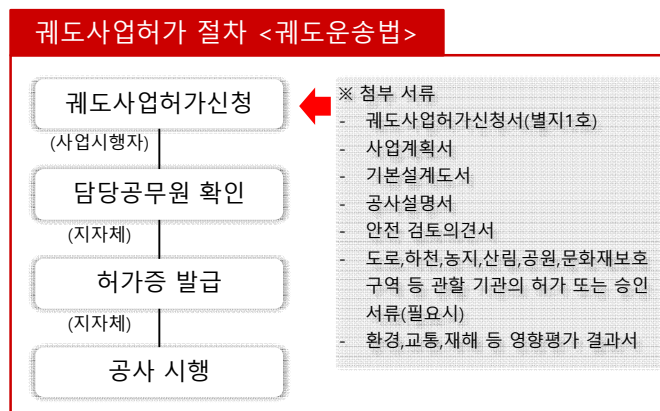


그림 8.3 궤도 사업 허가 절차

○ 궤도운송법 적용 검토

- 도로법에 따라 산악궤도 건설 승인과 완공 후, 궤도운송법 제4조(궤도사업의 허가)에 따라 해당 지자체장의 승인을 받아 산악트램 운행 가능
- 궤도사업 허가를 위한 절차는 그림 8.3 과 같음

- 궤도사업 허가에 필요한 서류의 주요 내용은 표 7.2와 같음

표 8.2 궤도 사업 허가에 필요한 서류

구 분	대 상
환경영향 평가	<ul style="list-style-type: none"> - 철도건설법 및 도시철도법: 길이 4킬로미터 이상, 면적 10만제곱미터 이상 - 궤도운송법: 삭도의 길이 2킬로미터 이상, 삭도 제외 길이 4킬로미터 이상, 면적 10만제곱미터 이상 ※ 환경영향평가 대상에 해당하지 않는 사업은 규정에 따라 소규모 환경영향평가 실시
사전재해 영향평가	자연재해에 영향을 미치는 각종 행정계획 및 개발사업으로 인한 재해 유발 요인을 예측·분석하고 대책을 마련하는 것으로 검토대상으로 교통시설의 건설이 이에 해당함
자연공원 인허가	공원구역에서 공원사업 외에 건축물 등 공작물을 건설하거나 토지의 형질변경을 수반하는 행위를 하는 경우 허가를 받아야 함

- 궤도 운송법 3조 적용범위의 6항을 보면 ‘군사목적이나 연구개발 등의 목적으로 설치·운영하는 궤도’에 대하여는 궤도 운송법을 따르지 않아도 문제가 없음. 즉, 시험선의 건설 및 운영은 연구개발 사업의 목적 범위안에서 궤도 사업을 득하지 않는 경우도 허용될 수 있음

나. 시험선로 건설 및 운행 절차

- 궤도 운송법 3조 6항에 따라 시험선의 경우, 궤도 운송 자격을 득하지 않는 경우도 궤도의 설치 및 운영이 가능함 따라서, 시험 노선을 공모한 후 도로의 점용허가를 받고 시험 노선의 설치 및 운영이 가능함

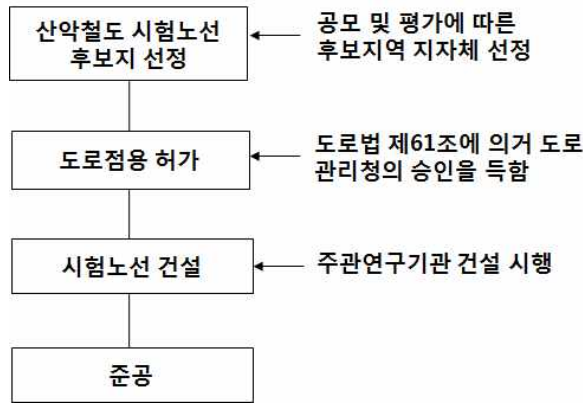


그림 8.4 시험선로 건설 및 운행 절차

다. 관련 법률 원문

○ 도로교통법

제2조(정의)

17. "차마"란 다음 각 목의 차와 우마를 말한다.

가. "차"란 다음의 어느 하나에 해당하는 것을 말한다.

- 1) 자동차
- 2) 건설기계
- 3) 원동기장치자전거
- 4) 자전거
- 5) 사람 또는 가축의 힘이나 그 밖의 동력(動力)으로 도로에서 운전되는 것. 다만, 철길이나 가설(架設)된 선을 이용하여 운전되는 것, 유모차와 행정자치부령으로 정하는 보행보조용 의자차는 제외한다.

나. "우마"란 교통이나 운수(運輸)에 사용되는 가축을 말한다.

제6조(통행의 금지 및 제한)

- ① 지방경찰청장은 도로에서의 위험을 방지하고 교통의 안전과 원활한 소통을 확보하기 위하여 필요하다고 인정할 때에는 구간(區間)을 정하여 보행자나 차마의 통행을 금지하거나 제한할 수 있다. 이 경우 지방경찰청장은 보행자나 차마의 통행을 금지

하거나 제한한 도로의 관리청에 그 사실을 알려야 한다.

- ② 경찰서장은 도로에서의 위험을 방지하고 교통의 안전과 원활한 소통을 확보하기 위하여 필요하다고 인정할 때에는 우선 보행자나 차마의 통행을 금지하거나 제한한 후 그 도로관리자와 협의하여 금지 또는 제한의 대상과 구간 및 기간을 정하여 도로의 통행을 금지하거나 제한할 수 있다.
- ③ 지방경찰청장이나 경찰서장은 제1항이나 제2항에 따른 금지 또는 제한을 하려는 경우에는 행정자치부령으로 정하는 바에 따라 그 사실을 공고하여야 한다. <개정 2013.3.23., 2014.11.19.>
- ④ 경찰공무원은 도로의 파손, 화재의 발생이나 그 밖의 사정으로 인한 도로에서의 위험을 방지하기 위하여 긴급히 조치할 필요가 있을 때에는 필요한 범위에서 보행자나 차마의 통행을 일시 금지하거나 제한할 수 있다.

제24조(철길 건널목의 통과)

- ① 모든 차의 운전자는 철길 건널목(이하 "건널목"이라 한다)을 통과하려는 경우에는 건널목 앞에서 일시정지하여 안전한지 확인한 후에 통과하여야 한다. 다만, 신호기 등이 표시하는 신호에 따르는 경우에는 정지하지 아니하고 통과할 수 있다.
- ② 모든 차의 운전자는 건널목의 차단기가 내려져 있거나 내려지려고 하는 경우 또는 건널목의 경보기가 울리고 있는 동안에는 그 건널목으로 들어가서는 아니 된다.
- ③ 모든 차의 운전자는 건널목을 통과하다가 고장 등의 사유로 건널목 안에서 차를 운행할 수 없게 된 경우에는 즉시 승객을 대피시키고 비상신호기 등을 사용하거나 그 밖의 방법으로 철도공무원이나 경찰공무원에게 그 사실을 알려야 한다.

제68조(도로에서의 금지행위 등)

- ① 누구든지 함부로 신호기를 조작하거나 교통안전시설을 철거·이전하거나 손괴하여서는 아니 되며, 교통안전시설이나 그와 비슷한 인공구조물을 도로에 설치하여서는 아니 된다.

○ 도로법

제61조(도로의 점용 허가)

- ① 공작물·물건, 그 밖의 시설을 신설·개축·변경 또는 제거하거나 그 밖의 사유로 도로(도로구역을 포함한다. 이하 이 장에서 같다)를 점용하려는 자는 도로관리청의 허가를 받아야 한다. 허가받은 기간을 연장하거나 허가받은 사항을 변경(허가받은 사항 외에 도로 구조나 교통안전에 위험이 되는 물건을 새로 설치하는 행위를 포함한다) 하려는 때에도 같다.
- ② 제1항에 따라 허가를 받아 도로를 점용할 수 있는 공작물·물건, 그 밖의 시설의 종류와 허가의 기준 등에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

시행령 제55조(점용허가를 받을 수 있는 공작물 등)

법 제61조제2항에 따라 도로점용허가(법 제107조에 따라 국가 또는 지방자치단체가 시행하는 사업에 관계되는 점용인 경우에는 협의 또는 승인을 말한다)를 받아 도로를 점용할 수 있는 공작물·물건, 그 밖의 시설의 종류는 다음 각 호와 같다.

4. 철도·궤도, 그 밖에 이와 유사한 것

○ 철도안전법

제10조(철도차량 운전면허)

① 철도차량을 운전하려는 사람은 국토교통부장관으로부터 철도차량 운전면허(이하 "운전면허"라 한다)를 받아야 한다. 다만, 제16조에 따른 교육훈련 또는 제17조에 따른 운전면허시험을 위하여 철도차량을 운전하는 경우 등 대통령령으로 정하는 경우에는 그러하지 아니하다.

② 운전면허는 대통령령으로 정하는 바에 따라 철도차량의 종류별로 받아야 한다.

시행령 제11조(운전면허 종류)

① 법 제10조제2항에 따른 철도차량의 종류별 운전면허는 다음 각 호와 같다.

1. 고속철도차량 운전면허
2. 제1종 전기차량 운전면허
3. 제2종 전기차량 운전면허
4. 디젤차량 운전면허
5. 철도장비 운전면허

② 제1항 각 호에 따른 운전면허(이하 "운전면허"라 한다)를 받은 사람이 운전할 수 있는 철도차량의 종류는 국토교통부령으로 정한다.

시행규칙 제11조(운전면허의 종류에 따라 운전할 수 있는 철도차량의 종류) 별표1의2

표 8.3 철도차량 운전면허 종류별 운전이 가능한 철도차량(제11조 관련)

운전면허의 종류	운전할 수 있는 철도차량의 종류
1. 고속철도차량 운전면허	가. 고속철도차량 나. 철도장비 운전면허에 따라 운전할 수 있는 차량
2. 제1종 전기차량 운전면허	가. 전기기관차 나. 철도장비 운전면허에 따라 운전할 수 있는 차량
3. 제2종 전기차량 운전면허	가. 전기동차 나. 철도장비 운전면허에 따라 운전할 수 있는 차량
4. 디젤차량 운전면허	가. 디젤기관차 나. 디젤동차 다. 증기기관차 라. 철도장비 운전면허에 따라 운전할 수 있는 차량

5. 철도장비 운전면허	가. 철도건설과 유지보수에 필요한 기계나 장비 나. 철도시설의 검측장비 다. 철도·도로를 모두 운행할 수 있는 철도복구장비 라. 전용철도에서 시속 25킬로미터 이하로 운전하는 차량 마. 사고복구용 기중기
--------------	---

비고:

1. 시속 100킬로미터 이상으로 운행하는 철도시설의 검측장비 운전은 고속철도차량 운전면허, 제1종 전기차량 운전면허, 제2종 전기차량 운전면허, 디젤차량 운전면허 중 하나의 운전면허가 있어야 한다.
2. 선로를 시속 200킬로미터 이상의 최고운행 속도로 주행할 수 있는 철도차량을 고속철도차량으로 구분한다.
3. 동력장치가 집중되어 있는 철도차량을 기관차, 동력장치가 분산되어 있는 철도차량을 동차로 구분한다.
4. 철도차량 운전면허(철도장비 운전면허는 제외한다) 소지자는 철도차량 종류에 관계없이 차량기지 내에서 시속 25킬로미터 이하로 운전하는 철도차량을 운전할 수 있다. 이 경우 다른 운전면허의 철도차량을 운전하는 때에는 국토교통부장관이 정하는 교육훈련을 받아야 한다.
5. “전용철도”란 「철도사업법」 제2조제5호에 따른 전용철도를 말한다.

○ 궤도운송법

제3조(적용 범위)

다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 궤도 및 궤도사업에 대하여는 이 법을 적용하지 아니한다.

1. 「도시철도법」을 적용받는 도시철도 및 도시철도사업
2. 「철도사업법」을 적용받는 철도 및 철도사업
3. 「관광진흥법」을 적용받는 유기사설(遊技施設)·유기기구(遊技機具) 및 유기사설업
4. 「광산보안법」을 적용받는 운반시설
5. 「승강기시설 안전관리법」을 적용받는 승강기
6. 군사 목적이나 연구개발 등의 목적으로 설치·운영하는 궤도
7. 개인 또는 법인의 사유지에서 적재량 500킬로그램 미만(삭도의 경우에는 200킬로그램 미만)의 화물만을 운송하는 궤도

제4조(궤도사업의 허가)

- ① 궤도사업을 경영하려는 자는 특별자치시장·특별자치도지사·시장·군수 또는 자치구의 구청장(이하 "시장·군수·구청장"이라 한다)의 허가를 받아야 한다. 다만, 궤도가 둘 이상의 특별자치시·특별자치도·시·군 또는 자치구(이하 "시·군·구"라 한다)의 행정구역에 걸쳐 있는 경우에는 주된 사무소의 소재지를 관할하는 시장·군수·구청장이 관계 시장·군수·구청장과 협의하여 허가한다. <개정 2013.3.22.>
- ② 제1항에도 불구하고 궤도의 전부 또는 일부가 특별시 또는 광역시의 행정구역 내에 있는 「자연공원법」 제2조제2호에 따른 국립공원 또는 같은 조 제3호에 따른 도립공원, 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」 제2조제3호나목에 따른 도시자연공원(이하 "국립공원등"이라 한다)에 건설되는 경우에는 특별시장 또는 광역시장(이하 "특별시장·광역시장"이라 한다)의 허가를 받아야 한다. 다만, 국립공원등이 둘 이상의 특별시 또는 광역시의 행정구역을 포함하고 있고 국립공원등에 건설되는 궤도가 둘 이상의 특별시 또는 광역시의 행정구역에 걸쳐 있는 경우에는 주된 사무소의 소재지를

관할하는 특별시장·광역시장이 관계 특별시장·광역시장과 협의하여 허가한다. <개정 2011.9.16., 2013.3.22.>

③ 제1항 및 제2항에 따른 궤도사업의 허가기준은 다음 각 호와 같다.

1. 궤도시설의 건설 및 설비가 제15조에 따른 궤도시설의 건설·설비기준에 적합할 것. 다만, 제16조에 따른 특별건설승인을 받은 경우에는 그러하지 아니하다.
2. 도로·하천·농지·산림·공원·문화재보호구역 등을 점용하는 경우에는 관할 행정기관의 장 또는 관리자의 허가나 승인 등을 받을 것

④ 궤도사업자는 제1항 및 제2항에 따라 허가받은 사항 중 대통령령으로 정하는 사항을 변경하려면 대통령령으로 정하는 구분에 따라 변경허가를 받거나 변경신고를 하여야 한다.

⑤ 시장·군수·구청장 또는 특별시장·광역시장은 제1항·제2항 또는 제4항에 따라 허가 또는 변경허가를 할 때에는 이용자의 안전과 편의 증진, 재해 방지, 환경 보전 및 주변 교통에 미치는 영향 최소화 등을 위하여 필요한 조건을 붙일 수 있다.

⑥ 제1항·제2항 및 제4항에 따른 허가·변경허가 및 변경신고의 절차 등에 관하여 필요한 사항은 국토교통부령으로 정한다.

제4조의2(산악벽지형 궤도에 대한 궤도사업의 승인)

① 산악벽지형 궤도에 대한 궤도사업을 경영하려는 자는 제4조제1항 및 제2항에 따른 궤도사업의 허가를 신청하기 전에 시장·군수·구청장 또는 특별시장·광역시장을 거쳐 국토교통부장관의 승인을 받아야 한다. 승인을 받은 사항을 변경하려는 경우에도 또한 같다.

② 국토교통부장관은 제1항에 따른 승인을 할 때에는 관계 전문가 등의 의견을 들어 승인 여부를 결정하여야 하며, 공공의 안전 등을 위하여 필요한 조건을 붙일 수 있다.

③ 제1항에 따른 승인의 절차 등에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

[본조신설 2016.3.22.]

[시행일 : 2017.3.23.] 제4조의2

○ 궤도운송법 시행규칙

제2조(정의)

2. "도시철도"란 도시교통의 원활한 소통을 위하여 도시교통권역에서 건설·운영하는 철도·모노레일·노면전차(路面電車)·선형유도전동기(線形誘導電動機)·자기부상열차(磁氣浮上列車) 등 궤도(軌道)에 의한 교통시설 및 교통수단을 말한다.

제3조(궤도사업의 허가 신청) ① 「궤도운송법」(이하 "법"이라 한다) 제4조제1항에 따라 궤도사업의 허가를 받으려는 자는 별지 제1호서식의 궤도사업허가신청서(전자문서로 된 신청서를 포함한다)에 다음 각 호의 서류를 첨부하여 특별자치도지사·시장·군수 또는 자치구의 구청장(이하 "시장·군수·구청장"이라 한다) 또는 특별시장 또는 광역시장(이하 "특별시장·광역시장"이라 한다)에게 제출하여야 한다.

1. 사업계획서
2. 기본설계도서
3. 공사설명서
4. 법 제20조에 따른 안전검사전문기관의 안전에 관한 검토의견서
5. 도로·하천·농지·산림·공원·문화재보호구역 등을 관할하는 행정기관 등의 허가나 승인이 필요한 지역 안에서 운영하는 궤도시설인 경우에는 관할 행정기관 등의 허가나 승인을 증명하는 서류
6. 환경·교통·재해 등에 관한 영향평가를 실시한 경우에는 그 영향평가 결과서
 - ② 제1항에 따른 신청서를 제출받은 담당 공무원은 「전자정부법」 제21조제1항에 따른 행정정보의 공동이용을 통하여 법인등기부 등본(법인의 경우만 해당한다)을 확인하여야 한다. 다만, 법인설립이 예정인 경우에는 신청인으로 하여금 직접 법인설립계획서를 첨부하도록 해야 한다.
 - ③ 제1항제1호의 사업계획서에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.
 1. 주사무소 및 영업소의 명칭과 위치
 2. 궤도시설의 운영 목적
 3. 궤도시설의 종류·방식 및 특징
 4. 운행계획
 5. 필요한 자금의 명세와 조달 방법
 6. 연간 추정 수송량 및 추정 수지계산서
 7. 사업타당성에 대한 용역을 실시한 경우에는 그 용역 결과물
 - ④ 제1항제2호의 기본설계도서에는 다음 각 호의 사항을 포함하여야 한다.
 1. 축척 500분의 1 또는 2,000분의 1의 용지(用地)를 표시한 도면(행정구역 경계선, 축척·방위 및 용지의 경계를 포함한다) 및 선로배치도
 2. 축척 2,000분의 1 이상의 실측평면도(정류장 및 선로 등 궤도시설의 명칭 및 위치, 선로 중심선 좌우 40미터 이내에 설치된 건물·위험물저장소·전신전화선·동력선 등을 포함)
 3. 축척 2,000분의 1 이상의 실측중단도(선로중심선의 지반높이·선로경사 및 수평거리, 정류장의 명칭·위치, 지주(支柱)의 명칭·위치, 선로가 횡단하게 되는 지물(地物)의 위치 및 높이를 포함한다)
 - ⑤ 제1항제3호의 공사설명서에는 다음 각 호의 사항을 포함하여야 한다.
 1. 궤도시설 공사계획(착공 예정시기, 공사기간 및 공사일정표를 포함한다)
 2. 다음 각 목 중 해당하는 사항에 대한 설명서, 계산서 및 도면
 - 가. 선로를 지지하는 지주의 종류, 기초, 간격 및 강도계산서
 - 나. 와이어로프나 레일 등의 종류, 규격, 무게, 설치방법, 설치높이, 기울기 및 강도계산서
 - 다. 궤도차량의 최고운전속도, 대수, 정원, 적재량 및 구조
 - 라. 동력설비의 종류, 방식, 능력 및 원동기의 소요출력계산서

- 마. 제동방식, 제동거리 및 제동력 계산서
 - 바. 구동활차(驅動滑車) 및 차축(車軸)의 강도계산서
 - 사. 선로주변 보호설비의 내용 및 그 위치
 - 아. 보안통신설비와 피뢰장치의 내용
 - 자. 전선로·변전소 및 배전소의 내용
 - 차. 정류장에서의 기계설치 내용
 - 카. 그 밖의 관련 설비 등에 관한 내용
3. 사람을 운송하는 삭도의 경우에는 제2호에 해당하는 사항 외에 다음 각 목의 사항을 추가로 포함시켜야 한다.
- 가. 궤도차량의 이동방법
 - 나. 와이어로프 및 궤도차량의 보안설비, 기계의 제동장치, 궤도차량 및 원동기의 설치 장소와 신호방법
 - 다. 와이어로프의 구조, 유효단면적, 과단력(破斷力), 평균 인장강도(引張強度), 접속방식 및 긴장방식
 - 라. 주원동기 및 예비원동기의 구조 및 구동방법
 - 마. 승강장에서 승강대와 차량 간의 간격 및 높이
 - 바. 지표면 또는 이를 대신하는 구조물 표면의 구축방식

○ 도시철도법

제2조(정의)

2. "도시철도"란 도시교통의 원활한 소통을 위하여 도시교통권역에서 건설·운영하는 철도·모노레일·노면전차(路面電車)·선형유도전동기(線形誘導電動機)·자기부상열차(磁氣浮上列車) 등 궤도(軌道)에 의한 교통시설 및 교통수단을 말한다.

○ 자연공원법

제4장 자연공원의 보전

제23조(행위허가) ① 공원구역에서 공원사업 외에 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 행위를 하려는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 공원관리청의 허가를 받아야 한다. 다만, 대통령령으로 정하는 경미한 행위는 대통령령으로 정하는 바에 따라 공원관리청에 신고하고 하거나 허가 또는 신고 없이 할 수 있다.

1. 건축물이나 그 밖의 공작물을 신축·증축·개축·재축 또는 이축하는 행위
2. 광물을 채굴하거나 흙·돌·모래·자갈을 채취하는 행위
3. 개간이나 그 밖의 토지의 형질 변경(지하 굴착 및 해저의 형질 변경을 포함한다)을 하는 행위
4. 수면을 매립하거나 간척하는 행위
5. 하천 또는 호소(湖沼)의 물높이나 수량(水量)을 늘거나 줄게 하는 행위
6. 야생동물[해중동물(海中動物)을 포함한다. 이하 같다]을 잡는 행위

7. 나무를 베거나 야생식물(해중식물을 포함한다. 이하 같다)을 채취하는 행위
 8. 가축을 놓아먹이는 행위
 9. 물건을 쌓아 두거나 묶어 두는 행위
 10. 경관을 해치거나 자연공원의 보전·관리에 지장을 줄 우려가 있는 건축물의 용도 변경과 그 밖의 행위로서 대통령령으로 정하는 행위
- ② 공원관리청은 다음 각 호의 기준에 맞는 경우에만 제1항에 따른 허가를 할 수 있다.
1. 제18조제2항에 따른 용도지구에서 허용되는 행위의 기준에 맞을 것
 2. 공원사업의 시행에 지장을 주지 아니할 것
 3. 보전이 필요한 자연 상태에 영향을 미치지 아니할 것
 4. 일반인의 이용에 현저한 지장을 주지 아니할 것
- ③ 공원관리청은 제1항에 따른 허가를 하려는 경우에는 대통령령으로 정하는 바에 따라 관계 행정기관의 장과 협의하여야 한다. 이 경우 대통령령으로 정하는 규모 이상의 행위에 대하여는 추가로 해당 공원위원회의 심의를 거쳐야 한다.

○ 자연공원법 시행령

표 8.4 자연공원법 시행령

[별표 1의2] <개정 2011.5.3>

공원자연보존지구에서 허용되는 최소한의 공원시설 및 공원사업(제14조의2제2항 관련)

구분		규모
공공시설	관리사무소	부지면적 2,000제곱미터 이하
	매표소	부지면적 100제곱미터 이하
	탐방안내소	부지면적 4,000제곱미터 이하
안전시설		별도의 제한규모 없음
조경시설		부지면적 4,000제곱미터 이하
휴양 및 편의시설	야영장	부지면적 6,000제곱미터 이하
	휴게소	부지면적 1,000제곱미터 이하
	진망대	부지면적 200제곱미터 이하
	야생동물관찰대	부지면적 200제곱미터 이하
	대피소	부지면적 2,000제곱미터 이하
	공중화장실	부지면적 500제곱미터 이하
교통·운송시설	도로	2차로 이하, 폭 12미터 이하(일방통행방식의 지하차도 및 터널은 편도 2차로 이하, 폭 12미터 이하로 하며 구난·대피 공간을 추가할 수 있음)
	탐방로	폭 3미터 이하, 차량 통과구간은 폭 5미터 이하
	교량	폭 12미터 이하
	케도 (삭도 제외)	2킬로미터 이하, 50명용 이하
	삭도	5킬로미터 이하, 50명용 이하
	선착장	부지면적 300제곱미터 이하
	헬기장	부지면적 400제곱미터 이하
공원사업		공원구역에서 기존시설의 이전·철거·개수

3. 시험선로 건설 시의 예상 문제 및 대책

가. 주민들의 반대 및 민원 대책

○ 지역 주민에 대한 설명회 개최

- 기초자치단체 의원 대상 산악철도 시험선로 건설 계획 및 향후 계획 보고
- 지역 주민 대상 산악철도의 친환경성과 지역 개발 및 경제적 효과에 대해 지자체와 공동으로 주민 설명회 개최
- 산악 자연환경 훼손이 없음을 적극적으로 홍보

○ 관련법에 기초하여 건설 과정에서 행정절차 준수

- 궤도운송법에 기초하여 궤도운송 허가를 득함
- 도로법 및 도로교통법에 따라 관리청의 사전 허가를 득함
- 허가 사항에 따라 공사 시행

○ 건설 기간의 단축 및 우회도로 제시

- 시험선로 건설 기간을 단축하여 교통 통행 금지 기간 대폭 축소
- 교통 통행 금지 시에 우회 도로 확보

○ 산악트램 운행기간 중 교통 통제 최소화

- 시험선로 건설 이후 산악트램 시험운행 스케줄을 주민 불편을 최소화하도록 계획함
- 계획된 스케줄을 주민들에게 사전에 공지
- 정해진 시간에만 교통을 통제하고 산악트램의 시험운행 실시

나. 환경단체 반대 대책

○ 환경 영향 평가 실시

- 시험선로 건설에 대해 권위 있는 기관에서 환경 영향 평가 실시
- 환경 영향 평가를 첨부하여 시험선로 건설 허가를 득함

○ 자연공원법 등 환경보호 관련법 사전 조사

- 시험선로는 1km 이므로 자연공원법 시행령 “공원자연보전지구 내에 2km 궤도 건설 금지 이상”에 위배되지 않음

○ 환경단체와 토론회 개최

- 산악철도의 친환경성에 대해 환경단체 대상 사전 설명
- 산악철도와 환경 보존에 대한 전문가 토론회 개최

- 환경단체의 의견 수렴 및 설득

○ 반대 시위에 대한 대책

- 반대 시위의 사전 원인 해소
- 반대 시위 시에 지자체의 지원을 받아 공권력 보호 요청
- 시위 장기화 시에 별도 과업 기간 연장 고려

4. 환경단체에 대한 의견 수렴

가. 개 요

- 일 시 : 2016년 4월
- 참석인원 : 환경 관련 5단체 총 13명

나. 주요내용

<A 연합>

- 산악철도만 추진한다면 긍정적으로 평가할 수 있으나, 케이블카도 추진하면서, 관광호텔까지 연결한다면 사업 추진에 동의하기 어려움 (산악철도 사업에 케이블카와 관광호텔 등 개발 사업을 포함하는 것으로 인식됨)
- 환경부는 국립공원 내의 어떠한 시설 설치에 대해 부정적인 입장이며, 케이블카와 산악철도는 큰 차이가 없는 시설로 생각하고 있음

<K 모임>

- 산악철도가 케이블카보다 환경훼손이 적은 수단이라고는 하지만, 환경부는 산악철도를 케이블카와 같은 개념의 사업으로 바라봄
- 산악철도 사업은 B/C가 나오지 않아서 사업성이 없다고 생각되며, 본 연구가 페이퍼워크에 그치지 않을까 우려됨
- 케이블카보다는 친환경적 사업이지만, 산악철도가 환경훼손이 전혀 없는 사업은 아님
- 산악철도를 도입하더라도, 초기투자비는 물론 운영비가 매우 높아 지자체에서 유지·운영이 불가능하다고 생각됨
- 산악철도 시범 도입 사업 전에 지방도의 문제점 논의가 먼저 이뤄져야 함
- 또한, 기존 지리산 방문객들의 설득이 필요함

<J 연합>

- 케이블카보다 산악철도가 환경적인 교통수단이라는 장점이 있지만, 그 보다 환경훼손을 최소화할 수 있는 다른 방법도 있을 것임. 국비로 산악철도 사업비를 충당하기는 힘들 것임
- 산악철도 시설 투자비와 지방도 수요를 고려하여 투자 가치가 있는지 따져봐야 함 (철도 시설 투자 대비 겨울철 통제구간인 지방도 수요 파악이 필요함)

- 현재 구간에서 운행되는 산악철도의 조망권 확보가 어려울 것이라고 생각됨
- 지리산과 설악산의 산악레저의 차이가 있으며, 지리산을 찾는 탐방객의 방문패턴 파악하여 고려하는 것이 중요하다고 생각됨
- 1개시 단독적으로 사업을 진행하지 않고 인근 군와 사전협의로 공동목표를 설정하는 것이 좋겠음

<H 새명>

- 인접 시군과 충분한 논의·협의 없이 산악철도 사업을 추진하는 것은 기초 작업이 이뤄지지 않은 것으로 다음 단계(사업의 실행화)를 이루기 어렵다고 생각됨
- 경제적 문제를 간과하지 말고 철도사업의 경제성을 보다 꼼꼼히 따져봐야 함

<J연대>

- 과거 북한산 산악철도도 무산된 예가 있듯이 4~5천억 투자 대비 흑자를 기대하기 어려울 것임
- 산악철도는 지역주민의 생활권을 해결하는 문제라고 보기 어려움
- ※ 전북연구원 『지리산 산악철도 시범도입 타당성 분석 연구』 중간보고서 참조

5. 환경부 의견

가. 공원생태과

- 국립공원 내 추가시설 도입에 대해 매우 민감
(케이블카=산악철도=관광개발)

나. 국립공원 관리공단(지리산북부관리사무소)

- 산악철도 도입에 대한 공식입장은 밝힐 수 없음
- 사업구간은 겨울철 해빙기 낙석사고 위험이 있으므로 안전 검토가 필요함

다. 국립공원 관리공단(중복원기술원)

- 도로통제 계획에 대해 긍정적으로 평가하나, 사찰(천은사)과 지역주민의 동의가 선결되어야 함
- 야생동물에게 미치는 사업 전후 영향 검토 필요함

라. 국립공원 관리공단(국립공원연구원)

- 국립공원 관리공단의 존재 목적은 생태계 보전으로, 지리산에 어떠한 추가시설 도입이라도 타지역 확산이 우려됨
- 향후 여행패턴은 고지대 방문이 아니라 저지대 문화를 체험하는 SLOW 패턴으로 변화될 것임
- ※ 전북연구원 『지리산 산악철도 시범도입 타당성 분석 연구』 중간보고서 참조

6. 산악철도 건설에 대한 지자체 동향

가. 수요조사 개요

○ 산악 관광 가능 지자체 대상 수요조사 실시

- 수신자 : 하동군, 경주시, 대구광역시, 울산광역시, 울주군, 부산광역시, 양양군, 인제군, 태백시, 평창군, 제주특별자치도, 남원시, 무주군, 및 서울특별시. 총 14개 지자체
- 조사기간 : 2016년 9월 13일 - 2016년 9월 30일
- 조사 양식 : 아래와 같이 사전 검토 단계 및 계획 수립 단계로 구분하여 조사 수행

[별첨 1] 수요조사표

산악철도 도입을 위한 사전 검토 단계에 해당하는 경우 1번 수요조사표 작성을 부탁드리며, 계획 수립 단계에 해당하는 경우 수요 조사표 1번 및 2번 추가 항목을 모두 작성하여 주시기 바랍니다.

표 8.5 수요 조사표 (사전 검토 단계)

연번	지자체	사업 위치	입지 (용도지역·지구·구역)	궤도 연장(km)	주 목적	필요성
1						

표 8.6 수요 조사표 (계획 수립 단계)

연번	예상 이용수요 (연간)	사업 시기	사업비	최대 기울기	최소 곡선반경	기존도로 활용 가능 여부
1						

나. 수요조사 결과

○ 수요조사 회신 지자체

- 총 5개 지자체 응답

- 사전 검토 단계 : 하동군, 태백시 및 평창군 총 3개 지자체
- 계획 수립 단계 : 서울특별시, 남원시 총 2개 지자체

표 8.7 수요조사 결과 (총괄)

연번	지자체	사업 위치	입지 (용도지역 · 지구 · 구역)	궤도 연장(km)	주 목적	필요성	성세 계획
1	서울특별시	남산공원	자연녹지지역 (도시공원, 도시자연공원)	7	관광객 수송	남산공원 대기청정지역 구현을 위한 친환경 대체 교통수단 도입	o
2	남원시	-1구간(육모 정~고기삼거 리~정령치~도 계삼거리~달 궁) -2구간(천은 사~성삼재~도 계삼거리~달 궁)	-공원지역 (공원자연보존 지구, 공원자연환경 지구) -백두대간보 호지역 (핵심구역, 완충구역)	3	-산악벽지 형 궤도(교통 시설) -관광형 궤도	-산악벽지형 주민들의 겨울철 교통기본권 확보 -환경훼손이 최소화되면서 사계절 지리산 관광이 가능한 친환경 녹색교통시스템 도입 필요성 제기	o
3	경남 하동군	화개,악양,청 암면	보전관리지역	12.4	관광객 수송	하동군 대표 관광지 간 연계 관광자원화	x
4	태백시	피재⇔ 매봉산	계획관리지역, 보전관리지역, 농림지역	2.84	관광연계 대중교통	관광연계 대중교통	x
5	태백시	시내⇒절골⇒ 오투⇒서학⇒ 시내(환형)	도시계획구역	10.89	관광연계 대중교통	관광연계 대중교통	x
6	평창군	횡계리 산1-134 일원	계획관리지역 외	3.5	관광	규제프리존	x

표 8.8 수요조사 결과 (세부계획 수립 지자체 수요조사 상세내용)

연번	지자체	예상 이용수요 (연간)	사업 시기	사업비	최대 기율기	최소 곡선반 경	기존도로 활용 가능 여부
1	서울특별시	약 3백만명	2018년	약 2,500억원	161%	22m	가능
2	남원시	300만	2016~2024	2,510억원	180%	10m	가능

개방 공유 소통 협력하는 정부 3.0



남 원 시



수신 한국철도기술연구원장
(경유)

제목 산악철도 궤도사업 수요조사에 따른 자료 제출

1. 문화관광과-28151(2016.09.28.)호 한국철도기술연구원 산악철도 궤도사업 수요조사와 관련입니다.

2. 위 호와 관련 「산악철도 실용화 기술개발」 R&D 과제 궤도사업 수요조사에 따른 수요조사표 붙임과 같이 제출합니다

붙임 수요조사표 1부. 끝.

남 원 시 장

주무관 양진호 관광개발담당 한중수 문화관광과장 유세환 2016. 9. 29.

협조자

시행 문화관광과-28303 접수

우 55738 전라북도 남원시 시청로 60, (도통동, 남원시청) / www.namwon.go.kr

전화번호 063-620-6186 팩스번호 063-620-6707 / wlsgh024@korea.kr / 부분공개(5)

그림 8.6 회신 공문 (남원시)

새로운 하동, 더 큰 하동!



하 동 군



수신자 한국철도기술연구원장
(경유)

제목 산악철도 궤도사업 수요조사표 제출

귀 원의 무궁한 발전을 기원드리며, 미래교통시스템연구실-119(2016.9.13.) 호와 관련하여, 우리 군에서 추진중인 산악철도 궤도사업 수요조사표를 붙임과 같이 제출합니다.

붙 임 수요조사표 1부. 끝.

하 동 군



주무관 구회진 관광개발담당주사 이종열 문화관광실장 전결 09/26
김계현

협조자

시행 문화관광실 22812 (2016.09.26.)

접수 미래교통시스템연구실-123
(2016.09.27.)

우 52333 경상남도 하동군 하동읍 군청로 23
전화 055-880-2374 전송 055-880-2369

/ http://www.hadong.go.kr
/ rjstjf@korea.kr

/ 비공개(5)

그림 8.7 회신 공문 (하동군)

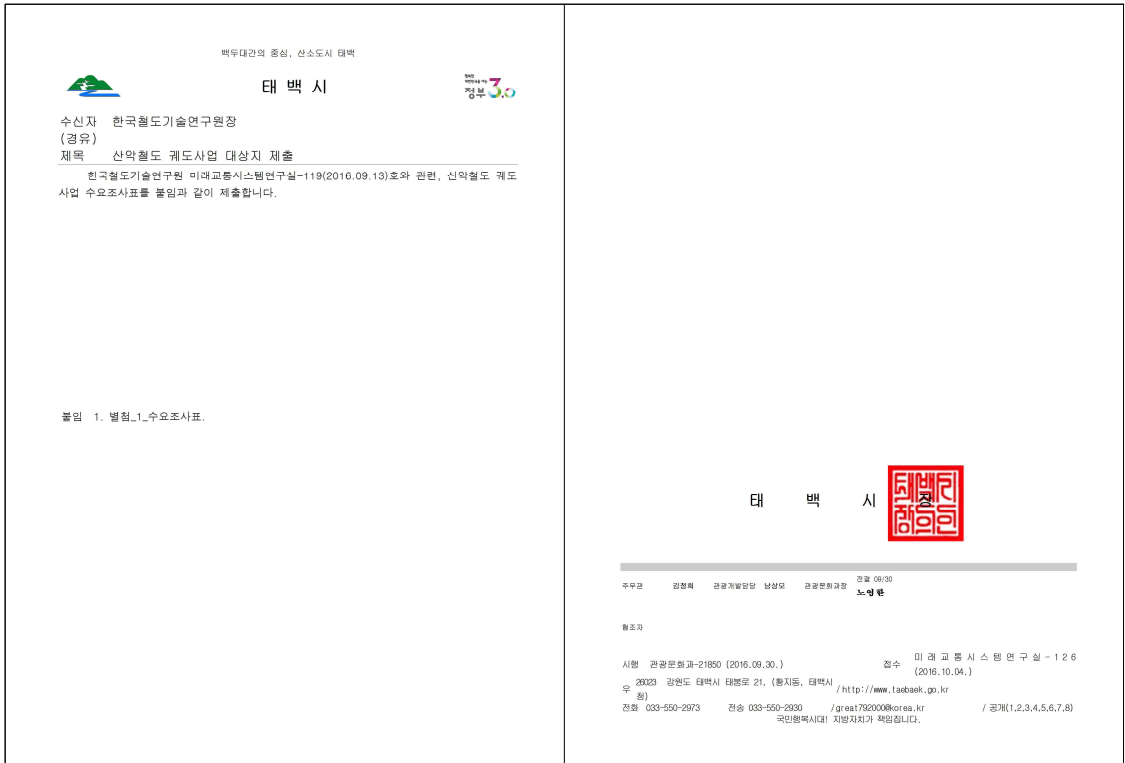


그림 8.8 회신 공문 (태백시)

도약하는 평창, 함께 웃는 군민



평 창 군



수신자 한국철도기술연구원장
(경유)

제목 산악철도 궤도사업 수요조사표 제출

한국철도기술연구원 미래교통시스템연구실-119(2016. 9. 13.)호와 관련하여, 우리군 내의 산악철도 궤도사업 관련 자료를 불임과 같이 제출합니다.

불임 산악철도 궤도사업 수요조사표 1부. 끝.

평 창 군



주무관 전은희 관광개발담당 김경숙 문화관광과장 전결 10/07
남동선

협조자

시행 문화관광과-23084 (2016.10.07.)

접수 미래교통시스템연구실-128
(2016.10.07.)

우 25374 강원도 평창군 평창읍 군청길 77, (평창군 / http://www.happy700.or.kr
청)

전화 033-330-2751 전송 033-330-2256 / dkdle14574@korea.kr / 비공개(5,7)
2018평창동계올림픽 성공개최는 굿-매너평창 문화시민이 앞장서겠습니다!

그림 8.9 회신 공문 (평창군)

라. 산악철도 관련 지자체 계획

- 현재 개발 중인 산악열차와 가장 유사한 형태 (무가선 기준도로 활용 Rack & Pinion 방식 산악열차)의 산악철도를 계획하고 있는 지자체는 남원시임
- 남원시는 ‘지리산 산악철도 시범도입에 따른 사업 타당성 분석 연구’를 통하여 구체적인 노선을 선정하고 사업 편익 분석 및 사업 추진 전략을 구축하였음

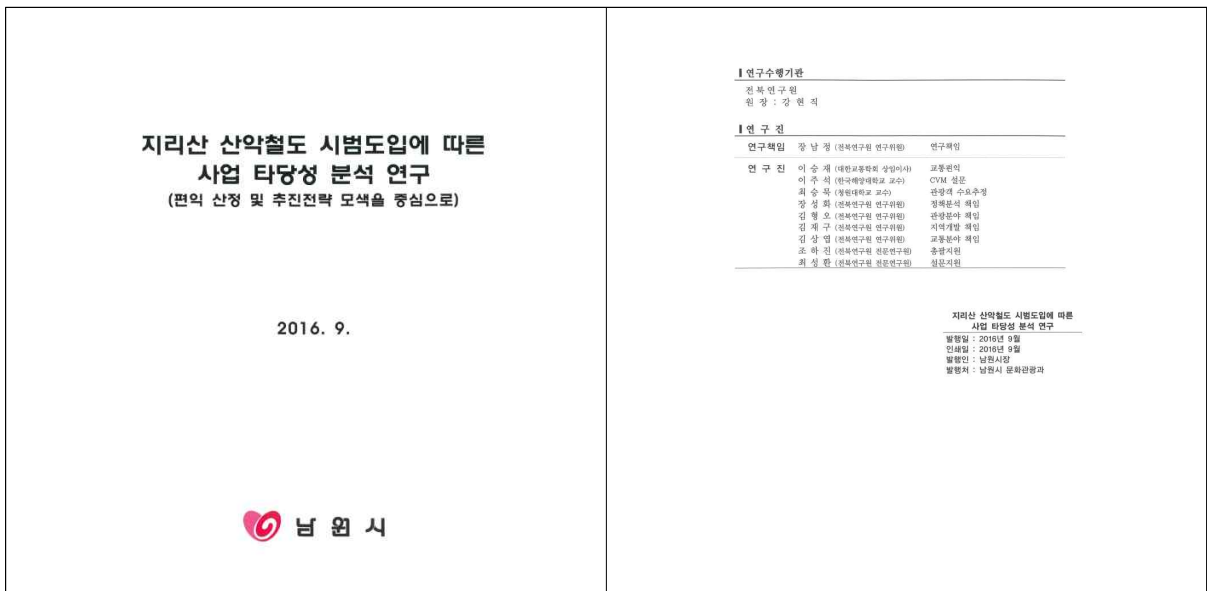


그림 8.10 남원시 산악철도 계획

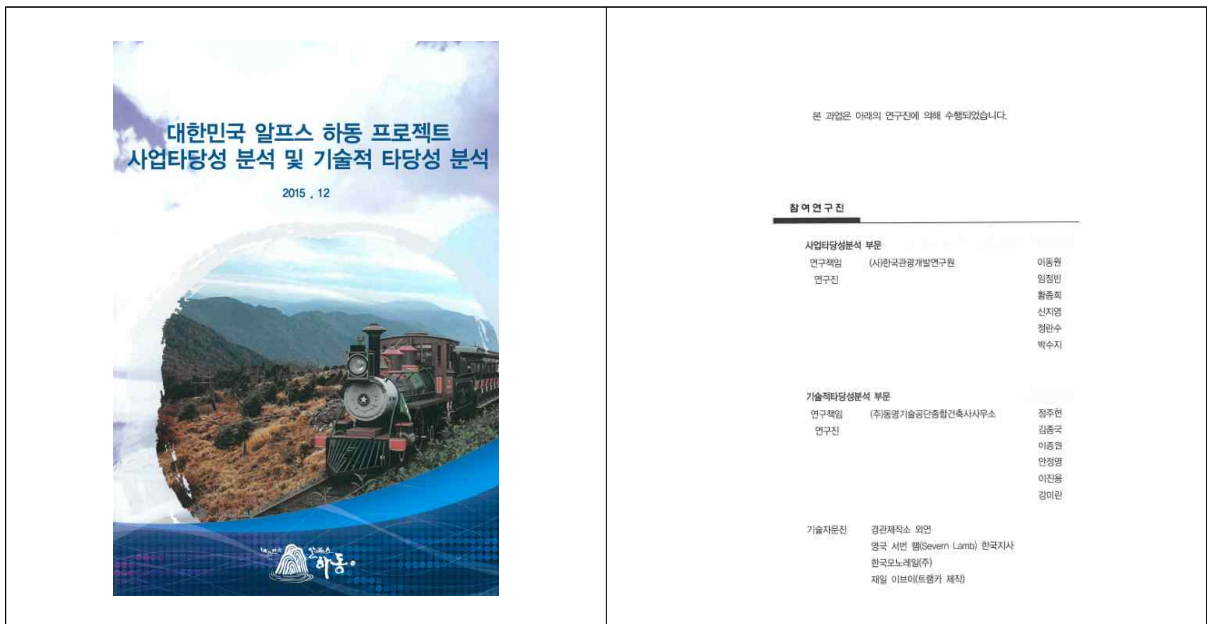


그림 8.11 알프스 하동 프로젝트 (하동군)

- 하동군은 2015년 ‘하동 알프스 프로젝트 사업타당성 분석 및 기술적 타당성 분석 연구’를 수행하였음. 당초 삭도 및 모노레일 등 복합 운송시스템을 도입하여 계획을 수립함
- 금번 산악열차 수요조사를 통하여 하동 알프스 프로젝트 중 일부구간 (화개,악양,청암면) 12.4 km에 대하여 산악열차로 대체하려는 계획을 회신해 옴

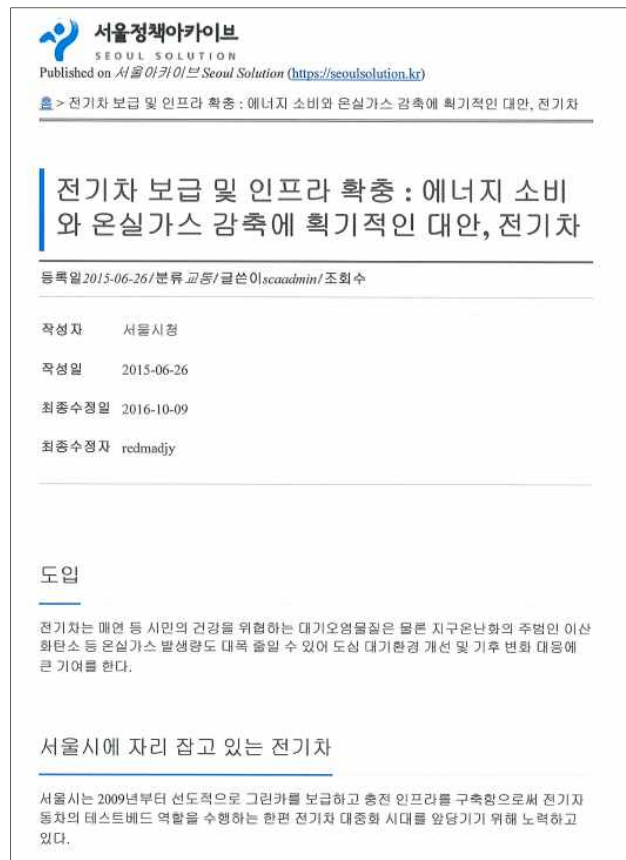


그림 8.12 서울시 전기차 보급 및 인프라 확충 정책

- 서울시는 대기질 개선과 온실가스 저감을 위하여 친환경 그린카 보급을 추진하고 있음. 이를 위해 남산순환 전기버스를 9대 운행하고 있음
- 이번 수요조사를 통하여 장기적으로 남산순환 전기버스를 친환경 산악열차로 대체하는 계획을 회신하였으며, 구체적인 사업비와 시기를 명시하였음
- 위의 지자체 중 가장 구체적인 계획을 가지고 있는 곳은 남원시로 지리산 산악철도에 대한 많은 언론 홍보를 하고 있으며 시의 주요사업으로 추진을 하고 있음. 적극적인 대외 홍보를 통하여 관련예산을 확보하려고 노력 중이다. 아래의 그림은 남원시에서 추진하고 있는 지리산 산악열차와 관련된 언론 기사 중 일부를 보여준다.

지리산 달릴 34km 철도... 한국의 융프라우 꿈꾼다

지리산 산악철도 건설 사업은 이환주 남원시장의 역점 사업이다. 국립공원 제1호인 지리산에 처음 산악철도를 건설해 세계적인 사계절 관광지로 육성한다는 계획이다. 2013년부터 한국철도기술연구원과 함께 추진한다. 매년 수백만명의 관광객이 몰리는 스위스 알프스 융프라우 산악열차를 벤치마킹했다.

산악철도는 기존의 지리산 횡단도로 노면에 폭 2m의 철도를 건설하는 친환경 녹색교통 시스템이다. 지리산에 케이블카를 건설하려던 계획이 환경파괴 문제로 무산되자 환경보전과 관광객 유치라는 두 마리 토끼를 모두 잡기 위해 꺼내든 카드다. 1차 구간은 주천면 옥모정~고기삼거리~정령치~달궁삼거리를 잇는 18km로 지방도

737호선 위에 건설된다. 2차 구간은 달궁삼거리~성삼재~구례 천은사를 잇는 16km로 지방도 861호선을 이용한다. 산악열차인 트랩(노면 전차)은 튼튼바퀴를 부착해 경사가 급하고 곡선이 심한 지형도 운행할 수 있다. 폭설과 결빙 등 곳은 날씨에도 운행할 수 있다. 겨울이면 교통이 마비되는 지리산권 주민들의 교통난

도 해소된다. 총사업비 3330억원이 투입되는 이 사업은 2013년 4월 남원시와 한국철도기술연구원 이 시범 도입 양해각서를 체결하면서 본격화했다. 지난 3월 산악철도에 국비를 지원할 수 있도록 한 '레도운송법 개정안'이 국회를 통과해 탄력받았다. 이 시장은 올해 타당성 연구용역을 마무리하고 내년 이 시범노선이 건설될 수 있도록 총력전을 펼칠 방침이다. 걸림돌이 되는 자연공원법은 중앙 부처에 규제 완화를 요구했다. 남원 임승학 기자 shlim@seoul.co.kr

<2016년 10월 25일 언론보도, 서울신문>

[대한민국 도시 이야기-남원] 지리산 달리는 34km 산악철도 건설..남원 '한국판 융프라우' 꿈꾼다


도시 브랜드가 경쟁력이다 - '신환경 힐링도시' 남원 <하>환경 모존과 관광객 유치 승부수, 청정지역·성심재 사계절 방문 가능 연내 타당성 연구용역 끝내기로...행자부, 관계부처에 규제개혁 요청 '전세계 관광객 몰리는 땅' 될 것'

한국경제 | 남원민간신문 | 2016.09.21. 18:09 | 수정 2016.09.21. 21:14


댓글 0 카카오톡 트위터 페이스북

[강경민/최성국 기자]


지리산은 1967년 제1호 국립공원으로 지정됐다. 해발 1916.7m의 천왕봉을 중심으로 능선 길이가 동서로 40km가 넘는 거대한 산악군을 형성한다. 높이 1500m 이상 봉우리가 18개, 1000m 이상은 40개에 달한다. 피아골 뱀사골 칠선한신 등 4대 계곡은 국내 최고의 가을 단풍 절경을 자랑한다. 화염사 쌍계사 등 국보와 보물을 간직한 대사찰과 수많은 암자가 지리산 자락에 안겨 있다. '어리석은 사람이 머물면 지혜로운 사람으로 달라진다'고 해서 지리산(智異山)이라는 이름이 붙여졌다.



동탄 호수공원을 품은 **특급 프리미엄 입지**



1 전북 남원시내 전경



지리산 산악철도 예정 구간: 달궁삼거리, 정령치, 고성삼거리, 화암사, 천은사, 회암사, 구례군

<2016년 9월 21일 언론보도, 한국경제>

"지리산 산악철도 도입에 정치권 힘 모아달라"

남원·원주 등 7개 시군, 새누리 전북도당에 건의

뉴스1 | 홍성우 기자 | 2016.08.11. 15:26

댓글 0 카카오톡 트위터 페이스북

(남원=뉴스1) 홍성우 기자 = 남원 원주 진안 무주 정수 임실 순창 등 전북지역 7개 자치단체가 11일 남원시청에서 새누리당 전북도당(위원장 정운천 국회의원)과 예산정책협의회를 가졌다.

이날주 남원시장은 이 자리에서 "전북 발전의 패러다임은 동부산악권을 새로운 관광거점으로 만드는 것"이라며 "남원시가 추진 중인 지리산 산악철도 도입을 위해 전북 정치권이 힘을 모아 달라"고 건의했다.

남원시는 올해 1km 구간의 지리산 산악철도 시범사업을 유지하기 위해 행정력을 집중하고 있는 상태다.



1 새누리당 전북도당(위원장 정운천)이 11일 남원시청에서 (남원=뉴스1) 홍성우 기자 = 남원 원주 진안 무주 정수 임실 순창 등 전북지역 7개 자치단체와 예산정책협의회를 갖고 있다. (사진제공=남원시) © News1 홍성우 기자

원주군은 이날 삼례 삼색(三色)마을 조성사업과 내수면 수산식품산업거점단지 조성, 진안군은 지역권 산림지유원 조성의 국립화와 진안고원 산악초 식물원리서 조성을 현안으로 제시했다.

<2016년 8월 11일 언론보도, 뉴스 1>

그림 8.13 지리산 산악철도관련 언론보도

- 이 밖에 1단계 급구배 추진시스템 핵심기술개발 과제에서는 2016년 12월에 관련 연구 성과 발표회를 진행하면서 수요 지자체를 대상으로 패널 토론회를 가졌다. 남원시, 태백시, 하동군에서 각 지자체의 계획을 발표하였으며 점차적으로 산악철도 도입 계획을 구체화 하고 있는 것을 알 수 있었다.



그림 8.14 급구배 추진시스템 성과발표회 및 수요지자체 패널 토론회 (2016/12/06, 더케이호텔 서울)

3절 시험 선로 후보지 선정 평가

1. 선정 평가에 필요한 요인

가. 시험선로 요구조건

○ 도로 요구 조건

- 자동차가 운행하고 낙석 방지 펜스가 있는 폭 4m, 길이 1km 이상 도로
- 시험선로 내에 구배 100% 이상, 곡선 반경 10m 구현이 가능
- 시험선로상 폭 10m, 길이 30m 이상 정거장 설치가 공간
- 시험선로상 트램 운행시에 위험요인이 없을 것

*180%은 국내의 극히 일부구간에 존재함으로 Test bed 조건에는 맞지 않음 180%에 대한 검증은 시험선 구축 시 검수고 진출입 구간과 같은 곳에 인위적으로 제작을 하여 검증 수행

○ 주차 및 정비 시설 건설 요구 조건

- 길이 40m, 폭 10m 이상 검수고를 건설할 수 있는 부지
- 3상 AC 380V 전원 공급
- 길이 20m , 폭 3m 이상 트램 및 구원 차량 유치 선

나. 지자체 요구 사항

○ 시험선로 제공

- 시험선로 요구조건을 만족하는 시험선로 무상 제공
- 주차 및 정비 시설 요구조건을 만족하는 부지 및 전력 시설 무상 제공
- 건설기간 중 유틸리티 무상 사용

○ 인허가 승인

- 궤도운송법에 따라 주관기관에 대해 궤도사업 및 운행 허가
- 도로법에 따라 도로상 시험선로 건설을 위한 도로관리청의 승인 주관 및 건설중 차량 통행 금지 시행
- 도로교통법에 따라 시험선로 시종점에 건널목 차단기 설치 승인 주관 및 산악트램 운행 중 자동차 대기 시행
- 환경영향 평가 및 검토

○ 이해관계자 민원 해결

- 환경 단체 반대 시 건설 공기 지연이 없도록 설득 및 해결
- 주민 민원 제기 시 건설 공기 지연이 없도록 설득 및 해결

- 민원 해결 및 관련 비용 부담

○ 시험 노선 활용계획 수립 및 법제도 개정

- 시험 노선에 연구 종료 후 지자체는 시험노선을 활용하여 상용선 운영을 하여야 하며 이에 대한 계획 (예산 확보 방안 포함)을 제출하여야 한다.
- 또한, 지자체는 상용노선의 원활한 운영을 위하여 관련 법개정에 노력하여야 한다.

다. 연구성과의 활용 계획

1) Test bed구간 연장을 통한 상용 노선 건설

- 연구 성과 건설된 시험선을 연장하여 상용화 노선과 연계하는 방안으로 시험선 활용의 가장 바람직한 방법으로 판단됨
- 시험선 후보지 결정 시 지자체의 상용화 계획을 반영한 추진 전략제시 필요하며 상용노선 건설을 후보지 선정 시 강제할 필요가 있음
- 연구 성과 개발된 시제차량을 예비 차량 등으로 활용 할 수 있음

2) Test bed구간의 산악열차 전용 시험선로로 활용

- Test bed 구간의 연장을 통한 상용화 노선 건설이 안될 경우, 향후 예상되는 국내 및 국외 산악열차 개발 시 차량 및 인프라 성능 검증 시험선로로 활용
- 시험선로로 사용하는 기간은 차량을 통재함. 시험선로로 운행 되지 않는 경우는 일반 도로로 활용 (매립형 궤도 건설로 차량 운행에 지장이 없도록 함)
- 또한, 겨울철과 같이 차량의 운행이 되지 않는 기간에 산악열차 홍보 및 체험장으로 활용이 가능함



그림 8.15 산악열차 Test bed 개념도

3) 단위 기술에 대한 상용화

- 단위기술로 상용화 할 수 있는 기술은 급구배 대차, 연결기 및 매립형 궤도가 있음. 특히, 급구배 대차의 경우 R=10m의 급곡선이 없는 일반 산악철도에는 바로 사용할 수

있도록 개발이 진행된 상태임. 따라서, 자연환경 파괴 문제가 없는 일반 산지 혹은 급경사 지역에 철도가 필요한 경우 상용화 가능성이 큰 기술임

라. 추가 고려 항목

- 지자체의 추가 지원에 대한 고려
 - 지자체의 추가 현금 지원에 대한 추가 고려
 - 시험 운영 시 선로 유지보수 지원에 대한 추가 고려

2. 평가 기준

가. 평가 착안 사항

- 시험선로 건설에 필요한 선로와 검수고에 대한 기본 요구조건의 미충족시에는 시험선로 운영이 불가하므로 탈락
- 지자체의 지원 사항에 대해서는 지자체의 지원 계획과 지원사항의 충실성에 따라 정량적으로 평가
- 시험선로가 건설되어 산악트램의 시험운행이 실시되고 본 사업이 종료된 후, 지자체의 향후 시험선로 활용 계획의 충실성과 추가 건설되는 산악철도 노선의 경제성에 대해 평가
- 시험선로 건설에 필요한 비용과 시험운영 중 선로 유지보수에 필요한 장비 및 인력 지원에 대해 평가

나. 평가 기준표

- 사전 적격성 평가
 - 시험선로 요구조건과 주차 및 정비 시설 요구조건은 반드시 충족되어야 필수 요구조건이므로 미충족시에는 탈락
 - 부지 및 전력시설 무상 제공도 필수 항목으로서 미충족시에 탈락

표 8.9 적격성 평가 항목

항목	평가지표	평가결과	
부지	시험선로용 도로의 요구조건 충족 - 자동차가 운행하고 낙석 방지 펜스가 있는 폭 4m, 길이 1km 이상 도로 - 시험선로 내에 구배 100% 이상, 곡선 반경 10m 구현이 가능 - 시험선로상 폭 10m, 길이 30m 이상 정거장 설치가 공간 - 시험선로상 트램 운행시에 위험요인이 없을 것	예	아니오
	주차 및 정비시설의 요구조건 충족 - 길이 40m, 폭 10m 이상 검수고를 건설할 수 있는 부지 - 3상 AC 380V 전원 공급 - 길이 20m , 폭 3m 이상 트램 및 구원 차량 유치 선	예	아니오
시설 제공	시험선로 부지 무상 제공	예	아니오
	전력시설 무상 건설	예	아니오

○ 평가 항목 및 가중치

표 8.10 평가 항목 및 가중치

평가항목	세부평가항목	세세부 평가항목	가중치
사업목적 달성의 적합성 (30)	노선의 적정성 (20)	- 선형	7
		- 정거장 입지	3
		- 차량기지 입지 및 규모	3
사업목적 달성의 적합성 (30)	운영 지원 계획의 적정성 (7)	- 노선 활용 계획	7
		- 운영 지원 계획	3
		- 유지관리 지원 계획	2
사업목적 달성의 적합성 (30)	홍보계획의 우수성 (3)	- 비상시 지원 방안	2
		- 지역 상징물 및 비전과의 연계성	1
		- 국내 홍보계획	1
사업목적 달성의 적합성 (30)	사업시행 일정계획 (25)	- 국외 홍보계획	1
		- 사업추진일정 지원계획	5
		- 인허가등 행정업무 처리계획	10
제안기관 추진의지 (50)	환경 및 안전 관리 계획 (5)	- 교통 통제 등 승인 계획	10
		- 건설·시험운행과정의 환경 및 안전 관리 지원 계획	3
		- 운영 과정의 환경 및 안전 관리 계획	2
제안기관 추진의지 (50)	용지확보 및 주민동의 (20)	- 주민의견 수렴	5
		- 용지확보 계획	5
		- 지장물 이전계획	5
제안기관 추진의지 (50)	용지확보 및 주민동의 (20)	- 갈등관리계획	5
		- 실용화 노선의 경제성	4
		- 수요추정의 신뢰성	1
재원조달 및 향후 경제적 효과 (20)	향후 경제적 효율성 (6)	- 건설비 및 운영비 추정의 신뢰성	1
		- 지역경제 파급효과	2
		- 지역경제 파급효과	2
재원조달 및 향후 경제적 효과 (20)	제안기관의 건설비 분담규모 (10)	- 제안기관 분담액(용지비 포함)	3
		- 제안기관 분담액(용지비 제외)	2
		- 건설비 분담비율(용지비 포함)	3
재원조달 및 향후 경제적 효과 (20)	제안기관의 건설비 분담규모 (10)	- 건설비 분담비율(용지비 제외)	2
		- 재원조달 계획의 적정성(2)	2
		- 분담비 조달계획	2
	계		100.0

다. 평가항목 세부 고려 사항

○ 사업 목적 달성의 적합성(30)

표 8.11 사업목적 달성의 적합성 평가 항목

세부 항목	세세부 평가항목	평가시 고려요소
노선의 적정성 (20)	- 선형 (7)	- 평면 및 종단 선형의 형태 - 곡선반경의 크기 - 교량 통과 유무 - 기타 공사비 및 운영비에 영향을 미칠 수 있는 요소 유무 등
	- 정거장 입지(3)	- 정거장 위치 및 주변 부지 확보 - 정거장 간 거리의 적정성
	- 차량기지 입지 및 규모(3)	- 본선과의 거리 및 접근성 - 토지 이용관련 법령과의 적합성(시공성 측면) - 차량기지 규모 및 면적 - 주변 환경규제 지역(수질보전지역 등)유무 - 주변 민원발생(소음 등) 소지 여부 등 - 급전 및 급수 시설의 활용성
	- 노선 활용 계획(7)	- 시험선로의 활용 방안 적절성 - 장래 확장계획의 시범노선과의 연계성 - 확장계획의 신뢰성(교통수요, 실현가능성 등) 등
운영 지원 계획의 적정성 (7)	- 운영 지원 계획 (3)	- 운영 지원 체계(조직)의 실효성 - 운영 장애 요인 발생 시 대응 계획 - 운영 인력 지원 계획
	- 유지관리계획 (2)	- 유지관리를 위한 시설 및 장비 제공 계획 - 유지관리 인력 지원 계획
	- 비상시 대처방안 (2)	- 비상시 장비 동원 및 구원 계획 - 사고유형별 비상대응 절차 - 안전관리 인력 확보방안 등
홍보 계획의 우수성 (3)	- 지역 상징물 및 비전과의 연계성 (1)	- 지역 상징시설과의 연계방안 - 지역 기본계획 또는 발전계획 등에서 제시하는 비전과의 연계성 - 지역 이미지와의 조화성 등
	- 국내 홍보계획 (1)	- 건설 단계에서의 홍보 전략 - 운영 단계에서의 홍보 전략 - 국내 관광객(또는 방문객) 규모에 따른 홍보효과등
	- 국외 홍보계획 (1)	- 국제적 행사와의 연계 등 국외 홍보 전략 - 외국인 관광객(또는 방문객) 규모에 따른 홍보 효과 등

○ 제안 기관의 추진 의지(50)

표 8.12 제안기관의 추진의지 평가 항목

세부 항목	세세부 평가항목	평가지 고려요소
사업 시행 일정 계획 (25)	- 사업추진일정 지원 계획 (5)	- 유관기관 및 사업단과의 업무협조체계 구축방안 - 연차별 지원업무에 대한 이해도 및 지원계획 - 주요공정 준수를 위한 지원계획 등
	- 인허가 등 행정 업무 처리계획 (10)	- 제안기관 주도의 행정업무에 대한 이해도 - 제도운송법에 의한 제도사업자 승인 계획 - 제도시설 건설 및 준공 승인 계획 - 사전재해영향성, 사전환경성 평가 승인 계획
	- 교통 통제 등 승인 계획 (10)	- 도로법에 따른 도로변경 승인 계획 - 도로교통법에 따른 교통 통제 승인 계획 - 신호등 설치 계획
환경 및 안전 관리 계획 (5)	- 건설·시험운행 과정의 환경 및 안전 관리 지원 계획 (3)	- 소음·진동·분진 등 환경관리 지원계획 - 소음·진동, 경관, 전파장애 등 생활환경 관련 민원 발생시 지원계획 - 공사중 교통처리 및 안전 관리 지원계획 등
	- 운영 과정의 환경 및 안전 관리 계획 (2)	- 사후 환경 영향 관리계획 등 운영중 환경관리계획 등 - 운영중 안전 관리 지원 계획
용지 확보 및 주민 동의 (20)	- 주민의견 수렴 (5)	- 노선 통과지역 및 차량기지 예정지역 거주 주민들의 사업 추진에 대한 동의 방법 및 수준 - 의견수렴 방법 및 수준의 실효성 등
	- 용지확보 계획 (5)	- 용지확보의 용이성 등
	- 지장물 이전계획 (5)	- 지장물 내역 및 규모의 대소 - 지장물 이전 용이성 등
	- 갈등관리계획 (5)	- 주민, 환경단체 등의 민원발생시 대응방안 등

○ 재원조달 및 향후 경제적 효과(20)

표 8.13 재원조달 및 향후 경제적 효과 평가 항목

세부 항목	세세부 평가항목	평가시 고려요소
향후 경제적 효율성 (6)	- 실용화 노선의 경제성 (6)	- 실용화 노선의 B/C - 실용화 노선의 재무성
	- 수요추정의 신뢰성 (1)	- 해당 노선 연계 교통망 및 사회경제지표(인구, 자동차 대수) 대비 추정수요의 적정성 - 관광객 방문 추이
	- 건설비(용지보상비포함) 및 운영비 추정의 신뢰성 (1)	- 건설비 및 운영비 추정과정에 사용된 변수들의 적정성 - 유사시설(노면트램 등)과의 운영비 비교
지역경제 파급효과 (2)	- 지역경제 파급효과 (2)	- 건설비 규모와 지역경제 파급효과 규모를 비교 (지역경제 파급효과는 KDI 예타에서 활용하는 지역경제 파급효과 계수 활용)
제안 기관의 사업비 분담 규모 (10)	- 제안기관 분담액 (용지비 포함) (3)	- 제안기관의 건설비 분담액(용지비 포함)의 규모
	- 제안기관 분담액 (용지비 제외) (2)	- 제안기관의 건설비 분담액(용지비 제외)의 규모
	- 건설비 분담비율 (용지비 포함) (3)	- 건설비(용지비 포함)대비 제안기관의 건설비분담액의 비율
	- 건설비 분담비율 (용지비 제외) (2)	- 건설비(용지비 제외)대비 제안기관의 건설비 분담액의 비율
재원조달 계획의 적정성 (2)	- 분담비 조달계획 (2)	- 제안기관 분담비 조달계획의 건설성(의회동의 또는 의견청취 등) 및 실현가능성 등