

기후변화대비 철도교통분야
대응방안 기획
최종보고서

2015. 1.

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / 한국철도기술연구원
공동연구기관 / (주)에코시안
공동연구기관 / 인하대학교 산학협력단

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부 장관 귀하

이 보고서를 "기후변화대비 철도교통분야 대응방안 기획" 과제의
최종보고서로 제출합니다.

2015. 1.

주관연구기관명 : 한국철도기술연구원

주관연구책임자 : 이재영 선임

연구원 : 정우성 수석

" : 김용기 책임

" : 박옥정 책임

" : 이철규 선임

" : 권태순 선임

" : 김보경 선임

공동연구기관명 : (주)에코시안

공동연구책임자 : 윤태호 소장

연구원 : 황선영 실장

" : 최민호 연구원

공동연구기관명 : 인하대학교 산학협력단

공동연구책임자 : 황용우 교수

연구원 : 김윤재 선임

" : 곽인호 박사과정

요 약 문

1. 기술의 정의 및 필요성

□ 기술의 정의

세부과제명	기술의 정의
1. 기후변화에 따른 재해 조기대응을 위한 철도부문 취약성 평가 및 적응기술 개발	철도시설물의 기후변화 영향을 사전 예측 평가하고, 국내 기후변화 피해사례에 대한 인벤토리 구축을 통해 기후변화 예측 시나리오 설정 및 취약성을 평가하여 이에 따른 관리 및 대응 가이드라인을 제시함으로써 철도 인프라 부문의 기후변화 대응 능력 강화
2. 철도차량 운행에너지 실시간 측정을 통한 온실가스 저감기술 개발	철도차량의 운행에너지를 실시간 계측할 수 있는 측정 장치 기술을 개발하고, 이에 대한 운행에너지 정보 전송 및 관리 시스템을 구축함으로써 경제운전을 지원하여 철도차량 운행에서 소비되는 에너지 및 온실가스를 저감할 수 있는 기술 개발
3. 에너지자립형 철도 인프라 설계·시공 관리 및 신재생에너지 적용기술 개발	철도 인프라 시설의 에너지 절감을 위해 설계 단계에서 부터 에너지 소비량을 관리하고, 친환경 에너지(신재생에너지 및 미활용 에너지)를 확대 적용할 수 있는 기술 개발

□ 필요성

○ 폭우 및 폭설 등의 극단적인 기후변화로 인한 철도부문의 피해가 증가하고 있으며, 미래에 예상되는 해일 및 태풍, 열파 등의 극한 기후변화로 인해 철도시설에 대한 직접적인 피해(레일 절손 및 장출, 철도차량 운행 지연 등)가 예상되며, 이는 결국 인명 피해와 및 물류수송 차질 등을 초래할 수 있음
○ 기후변화로 인해 철도부문(차량, 선로, 역사, 송전선 등)의 피해 증가가 예상되는 현실에서 <u>신규 노선 설계 시 기후변화 취약성을 고려한 설계기준을 적용한 적응능력 향상이 필요함</u>
○ 한국철도공사의 경우 2012년 기준 전철용 약 2,000억, 일반용 약 489억 소요하고 있으나 <u>철도차량 편성별 운행 소비에너지를 실시간 측정할 수 있는 장치 및 정보를 관리할 수 있는 시스템이 없기 때문에 실제 차량편성별/노선별</u>

정확한 에너지 소비량 및 패턴 분석 등이 불가능하여 이를 통한 에너지 비용 절감도 현실적으로 어려움

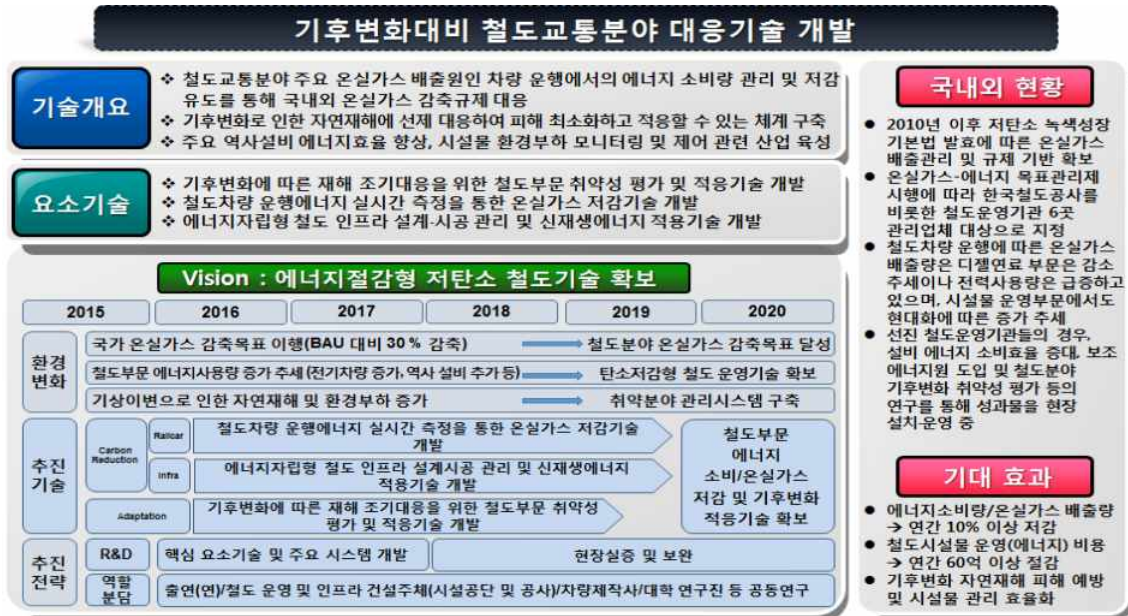
- 현재 철도시설의 에너지 관리는 운영단계에 국한된 관리만을 진행하고 있는 실정이며 기존 철도시설의 신규 시스템 및 계측 인프라 도입 시 공간 등의 제약으로 인한 구축의 어려움, 중복투자 등의 한계 존재함
- 정부의 신재생에너지 보급 정책에 따라 신규 건물의 운영에너지에 대해 신재생 에너지를 최소 10%에서 단계적으로 30%까지 높일 계획이며, 건물 운영 시 에너지 소비가 많은 철도 역사에 대해서도 신재생에너지를 적용해야 함

2. 국내외 동향 및 환경분석

- 유럽의 UIC에서는 2009년 ‘Adaptation of Railway Infrastructure to Climate Change’ 프로젝트를 통해 과거 분석을 통한 철도 인프라의 취약 부분을 확인하고, 현재와 미래의 자연재해와 인프라 자산의 잠재적 영향을 파악하는 다 단계적 접근을 통해 합리적인 자연재해 지도를 개발함
- 호주에서는 기후변화에 대하여 자산과 서비스에 대한 리스크를 평가하기 위해 수송부문 인프라의 취약성 평가를 진행하였으며, 수송부문 인프라 서비스는 도로, 철도, 터널, 다리, 공항 및 항구 부문으로 분류하였음
- 독일 DB(Traction Energy Measurement and billing, TEMA)를 비롯한 스위스 SBB, 네덜란드 NSB 등 유럽 철도운영기관에서는 철도차량의 운행에너지를 실시간 측정할 수 있는 장치 및 데이터 전송시스템을 도입하여 기본적으로 철도차량의 traffic flow를 최적화함으로써 약 5%의 에너지 소비 절감 효과를 볼 수 있다면, 철도차량 내 에너지 정보 측정 장치 설치 및 운전자 경제운전 교육을 통해 10% 이상의 에너지 소비 절감이 가능하였음
- 국내 신재생에너지의 공급은 계속해서 증가하고 있으며, 같은 신재생에너지라도 에너지 생산 효율을 높이기 위한 소재개발에 주력하고 있으나, 아직 최적공급 기술에 대한 분석은 명확하게 이루어지지 않고 있음
- 일본의 JR East는 태양광, 풍력, 재조립 녹화 등이 포함된 Eco-station 계획 수립하였고, 동경역에는 티켓 게이트 바닥에 압전소자를 설치하여 승객의 이동에 따라 발생하는 운동에너지를 변환하여 전력에너지로 생성하고 있음

3. 연구개발과제 구성 및 추진전략

□ 연구개발과제 구성



□ 세부과제별 주요연구내용

세부과제명	주요연구내용
1. 기후변화에 따른 재해 조기대응을 위한 철도부문 취약성 평가 및 적응기술 개발	○ 기후변화 연동 철도부문 취약성 인벤토리 구축 - 국내외 철도부문 기후변화 취약성 평가 동향 분석 - 기상재해와 관련된 철도부문 피해사례 현장조사 - 기후변화 철도부문 취약성 평가 방법론 개발 - 기후변화 연동 철도부문 취약성 DB 구축 ○ 기후변화 시나리오 스케일 상세화 기법 개발 - IPCC 전지구기후모형(GCM, General Circulation Model) 자료 검토 및 적용방안 설계 - 국내 기존 지역기후모델(RCM, Regional Climate Model) 자료 검토 및 적용방안 설계 - 통계적 기법을 통한 스케일 상세화 및 보완 ○ 국내 철도부문 기후변화 취약성 평가 - 기후변화 시나리오에 따른 영향 분석 - 철도부문 기후변화 영향 평가 및 취약성 평가 지표 개발 - 기후변화 영향 및 철도부문 취약성 평가 결과 도출 ○ 철도부문 기후변화 취약성 정보지도(Vulnerability Information Map) 프로그램 개발 - 철도 지리정보 및 기후변화 시나리오 연동 모듈 설계 - 철도부문 기후변화 취약성 정보지도 프로그램 알고리즘 작성

	- 정보지도 프로그램 기능 및 화면설계 - 철도 지리정보 및 기후변화 시나리오 연동 프로그램 프로토타입 제작 - 수요처 전문가 대상 시범운영 및 개선(안) 도출 - 프로그램 매뉴얼 작성 및 교육 방법 개발 - 프로그램 개선방안 보완 및 개발 완료 - 프로그램 현장보급 및 유지보수 방안 제시 ○ 시설별-지역별 재해 취약 우선순위 선정 및 관리방안 제시 - 시설별-지역별 재해 취약 우선순위 선정 - 기후변화를 반영한 철도 인프라 설계 기준 설정을 위한 기초자료 조사 - 기존 철도부문 관제시스템 및 기상청 예·경보 시스템 연계 모듈 개발 ○ 철도부문 기후변화적응 모델 및 가이드라인 제시 - 철도부문 기후변화적응 및 취약성 회피 기술 DB 구축 (적응 수준에 따른 기술 검토) - 기상관측 장비설치 및 모니터링을 통한 철도차량 및 인프라별 기후변화적응 기술적응 모델 개발 - 철도부문 기후변화적응 가이드라인 개발
2. 철도차량 운행에너지 실시간 측정을 통한 온실가스 저감기술 개발	□ 총괄 : 철도차량 경제운전 지원기술 및 운행에너지 측정 장치 성능평가 기술 개발 ○ 경제운전 요구조건 분석 및 시스템 엔지니어링 - 철도차량 운행에너지 소비현황 조사 분석 - 경제운전을 위한 요구조건 분석 - 운행에너지 정보장치 성능시험 기준 수립 - 기존열차 운전용 시뮬레이터 분석 및 경제운전 교육용 프로그램 설계 ○ 경제운전 지원 기술 및 교육용 프로그램 개발 - 노선별/차량별 운행에너지 소비패턴 분석 및 최적 소비 방안 도출 - 노선별/차량별 운행에너지 소비 저감을 위한 경제운전 기법 개발 - 경제운전 도입에 따른 운행에너지 소비절감 효과 검증 현차 시험 - 운행에너지 소비절감 효과 최대화를 위한 경제운전기법 보완 - 경제운전 교육용 프로그램 개발 및 기존열차 운전용 시뮬레이터와의 인터페이스 개발 - 경제운전기법 프로그램의 기존열차 운전용 시뮬레이터 적용 및 평가 - 경제운전 가이드라인 개발 ○ 철도차량 운행에너지 측정 장치 성능인증 방안 제시 - 운행에너지 실시간 정보장치 성능평가 절차서 개발 - 전기철도차량 연비 측정 시험 절차서 작성 - 전기철도차량 연비제 도입 제도(안) 제시 □ 공동 1 : 철도차량 운행에너지 정보 실시간 측정 장치 개발 ○ 운행에너지 정보 실시간 측정 장치 기본설계 - 운행에너지 정보 측정 시스템 요구조건 분석 - 운행에너지 정보 측정 시스템 기본설계 - 운행에너지 정보 측정 시스템 인터페이스 설계 - 운행에너지 정보 측정 시스템 시험기준(안) 작성

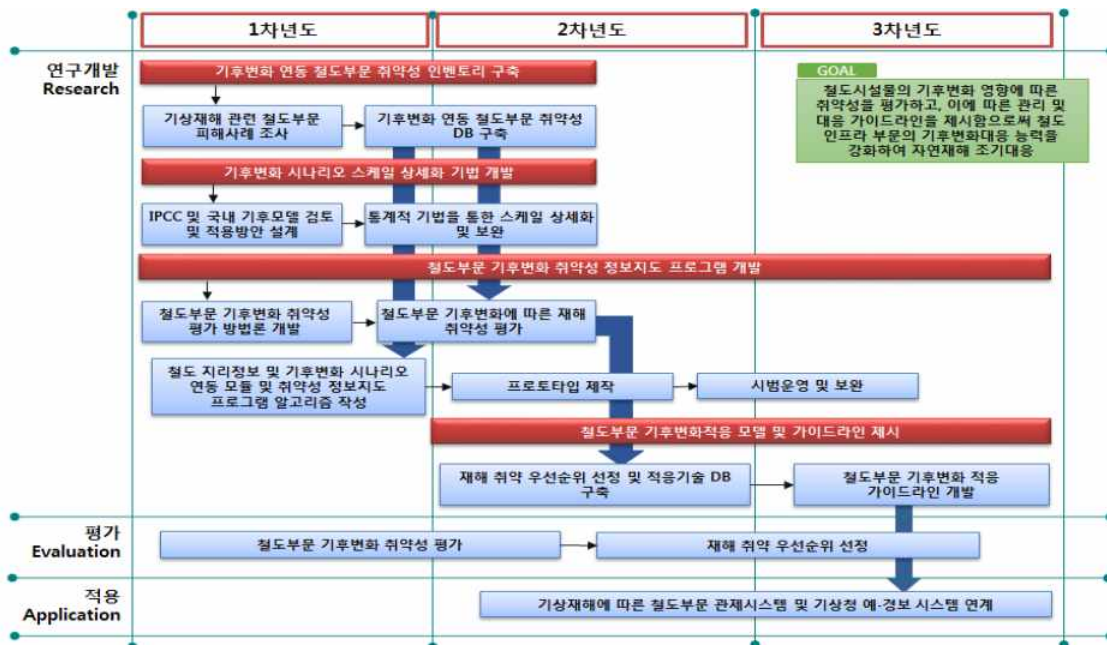
	○ 운행에너지 정보 실시간 측정 장치 상세설계 및 시제품 제작 - 에너지 미터링 장치 하드웨어 상세설계 - 에너지 저감 알고리즘 개발 - 데이터 이력관리 방안 체계 수립 - 소프트웨어 기본설계 및 상세설계 - 인터페이스 모듈 제작 - 시제품 주요모듈 제작 및 시험 ○ 운행에너지 정보 실시간 측정 장치 시제품 제작 및 현차 시험 - 운행에너지 정보 측정 장치 설계 보완 및 시제품 제작 - 시제품 모듈별 시험 및 시운전 절차서 작성 - 대상차량 시제품 설치 - 종합시험 및 기동시험 - 지상 서버구축 및 운행에너지 정보 관리시스템 연계 - 시운전 및 전력소비량 측정 - 시운전 차량 운행 전력사용량 이력관리 체계 구축 □ 공동 2 : 철도차량 운행에너지 정보 실시간 전송 및 관리시스템 개발 ○ 운행에너지 정보 실시간 전송 및 관리시스템 설계 - 시스템 요구조건 분석 - 인터페이스 요구조건 도출 및 시스템의 적합성 분석 - 실시간 데이터 전송방안 분석 - 운행에너지 정보 관리시스템 하드웨어 기본설계 - 운행에너지 정보 관리시스템 소프트웨어 기본설계 ○ 운행에너지 정보 실시간 전송 및 관리시스템 상세설계 및 구축 - 운행에너지 정보 실시간 전송 및 관리시스템 하드웨어 상세설계 - 운행에너지 정보 실시간 전송 통신체계 연구 - 운행에너지 정보 실시간 전송 및 관리시스템 운영 알고리즘 개발 - 운행에너지 정보 실시간 전송 및 관리시스템 소프트웨어 상세설계 - 운행에너지 정보 실시간 전송 및 관리시스템 시스템 기본 시험 ○ 운행에너지 실시간 전송 및 관리시스템 시험운영 및 유지관리방안 제시 - 운행에너지 실시간 운행에너지 정보 측정 장치와 인터페이스 연계 - 운행에너지 실시간 전송 및 관리시스템 성능시험 - 운행에너지 실시간 전송 및 관리시스템 시험운영 및 보완 - 운행에너지 실시간 전송 및 관리시스템 유지관리 매뉴얼 작성
3. 에너지자립형 철도 인프라 설계·시공 관리 및 신재생에너지 적용기술 개발	□ 총괄 : 절감기술 및 친환경 에너지 적용기술의 공급 기준 및 설계기준 지침 적용성 평가 ○ 운영단계 자료 및 문제점 조사 - 실제 운영상 장애요소 조사 - 운영 단계의 에너지 절감기술 조사 - 설계/시공단계에서 예방 방안 및 절감 인프라 구축 방안 도출 ○ 철도 인프라시설 적용가능 절감기술 DB 구축

	○ 신규 절감기술 및 친환경에너지의 철도 적용성 평가 - 전문가 활용을 통한 적용 기술 평가 대상 선정 - 에너지 절감량 등 예상 효과 및 비용 경제성 분석 ○ 절감기술/친환경에너지 공급기준 수립 및 설계 지침 개발 - 경제성, 에너지 생산성, 온실가스 저감도, 에너지 자립도, 적용 가능성 등을 고려한 공급 기준 수립 - 공급기준 및 설계 지침 변경에 따른 경제성 및 효율성 반영 ○ 설계 기준 변경에 따른 사용자 편의성 및 안전성 분석 - 편의성 기준에 따른 적용 기준 도출 □ 공동1 : 철도 인프라시설 친환경 에너지 적용기술 개발 ○ 친환경에너지 기술 개발 동향 조사 및 유사사례 벤치마킹 ○ 압전소자를 이용한 전력전환 기술 개발 및 시제품 개발 - 압전소자 기술 개발 동향 조사 및 유사사례 벤치마킹 - 게이트 바닥에 설치 가능한 압전소자 및 생산전력 저장기술 개발 - 압전소자 시제품 개발 - 기존 및 신설 역사에 대한 시제품 시범적용 및 보완 ○ 기존 역사 유휴공간 활용 태양열 이용 기술 개발 - 태양열 기술 개발 동향 조사 및 유사사례 벤치마킹 - 역사 유휴공간 내 태양열 기술 적용 안정성 분석 - 안정성 분석 결과 활용 기준 역사 태양열 이용 온수공급기술 개발 - 태양열 발전 및 온수 공급장치 시제품 개발 - 기존 역사에 대한 시제품 시범적용 및 보완 ○ 철도차량 정비시설 유휴공간 활용 태양광 이용 기술 개발 - 태양광 기술 개발 동향 조사 및 유사사례 벤치마킹 - 철도차량 정비시설 유휴공간 내 태양광 기술 적용 안정성 분석 - 안정성 분석결과 활용 기준 역사 태양광 생산 전력 저장기술 개발 - 태양광 발전설비 시제품 개발 - 기존 역사에 대한 시제품 시범적용 및 보완 ○ 열차풍을 이용한 지상역사 소형 풍력발전 기술 개발 - 소형 풍력발전 기술 개발 동향 조사 및 유사사례 벤치마킹 - 역사 스크린도어 외부에 설치 가능한 소형 풍력발전 개발 - 소형 풍력발전으로 생산된 전력의 저장 기술 개발 - 소형 풍력발전설비 시제품 개발 - 기존 및 신설 역사에 대한 시제품 시범적용 및 보완 ○ 친환경에너지 최적가용기술(BAT) 평가 알고리즘 개발 □ 공동2 : 철도 인프라 시설의 에너지 자립을 위한 설계·시공 관리 및 평가 시스템 개발 ○ 에코디자인의 철도인프라 시설 적용 가능성 분석 - 친환경, 고효율 에너지 자재 사용
--	---

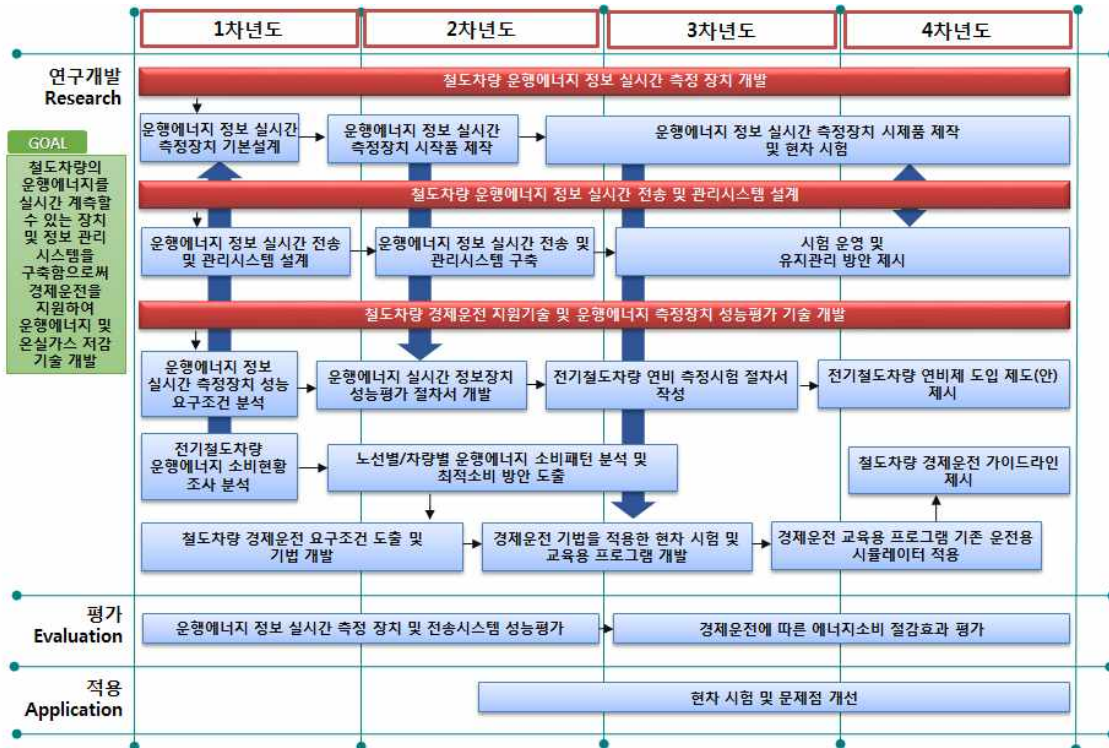
	- 옥상녹화시스템 및 식물이용 설계 - 외단열 시스템 및 고성능 단열재 사용 - 고효율 에너지 설비 기술 - 기타 적용 가능 기술 도출 ○ 설계/시공 단계에 온실가스 절감을 위한 관리요소 도출 및 관리 프로세스 개발 및 기능 정의 - 설계지침에 따른 체크리스트 기능 - 설계/시공 반영 요소 가이드 기능 ○ 친환경에너지 최적사용기술 평가 시스템 모듈 개발 ○ 관리 및 평가 시스템 개발 - 시스템 요구조건 분석 - 설계/시공 각 단계의 주요 기능 및 단계별 연계 분석 반영 - 관리 모니터링 기능 개발 - 예상 에너지 및 온실가스 배출량 절감 분석 기능 개발 - 절감에 따른 경제성 평가 분석 시스템 개발 - 절감 기술 구축에 따른 사용자 편의성 관계 분석 기능 개발 ○ 시스템 시험 운영 및 기능 검토 - 에코디자인의 철도인프라 시설 적용 효과 분석 결과의 시스템 시뮬레이션 적용을 통한 검토 - 개발자, 사용자 등 다양한 테스트 수행
--	--

□ 세부과제별 TRM

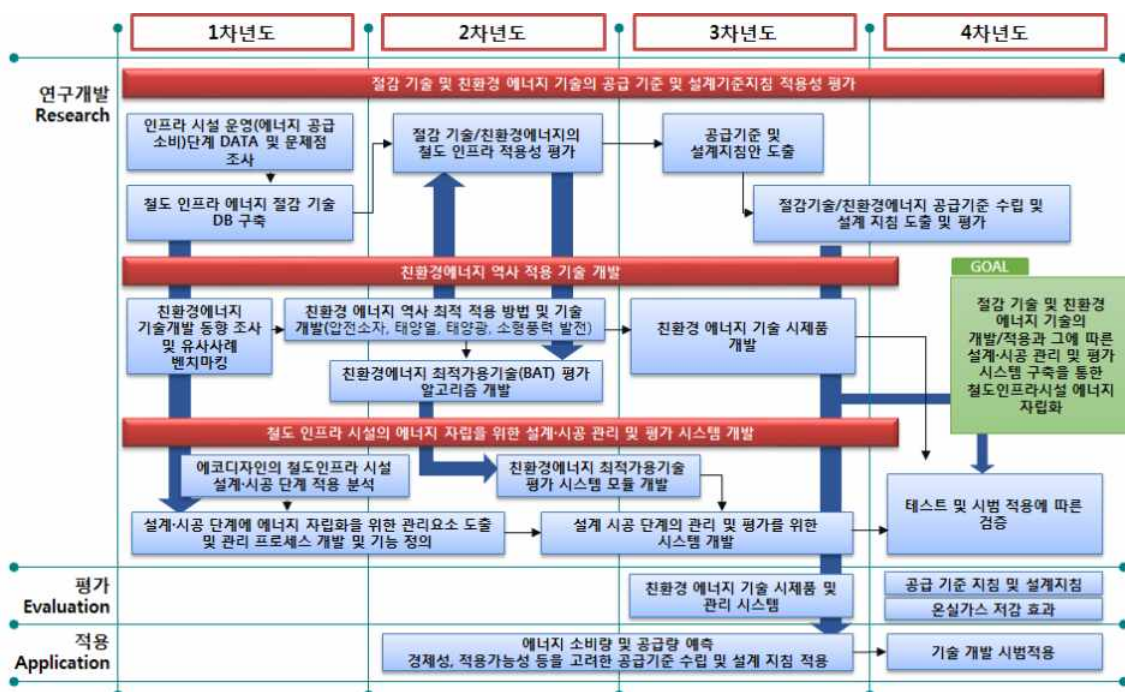
1. 기후변화에 따른 재해 조기대응을 위한 철도부문 취약성 평가 및 적응기술 개발



2. 철도차량 운행에너지 실시간 측정을 통한 온실가스 저감기술 개발



3. 에너지자립형 철도 인프라 설계·시공 관리 및 신재생에너지 적용기술 개발



4. 인력투입계획 및 소요예산 산정

☐ 인력투입계획

(단위 : 명)

과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
1세부과제	5	7	6		18
2세부과제	12	18	14	9	53
총괄	3	5	4	3	15
공동 1	5	7	5	3	20
공동 2	4	6	5	3	18
3세부과제	16	23	21	16	61
총괄	3	4	4	3	14
공동 1	5	7	7	3	22
공동 2	8	12	10	8	25

☐ 소요예산 산정

(단위 : 백만원)

과제명	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		합계		총 합계
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	
1세부과제	400		600		500				1,500		1,500
2세부과제	1,000		1,500		1,200		800		4,500	1,125	5,625
총괄	250		400		300		250		1,200		1,600
공동 1	400	150	600	200	450	175	250	60	1,700	585	2,285
공동 2	350	110	500	170	450	175	300	85	1,600	540	2,140
3세부과제	770	256	1,600	534	1,500	500	650	216	4,520	1,506	6,026
총괄	120		250		200		100		670		670
공동 1	350	138	700	277	700	269	300	118	2,050	802	2,852
공동 2	300	118	650	257	600	231	250	98	1,800	704	2,504

목 차

제출문	I
요약문	ii
목차	xi
그림목차	xiv
표목차	xix
제1장 국내외 정책 및 시장현황 분석	1
제1절 국내외 정책동향	1
1. 국외정책동향	1
2. 국내정책동향	18
제2절 국내외 시장현황	31
1. 국외시장현황	31
2. 국내시장현황	41
제2장 기후변화대비 철도교통분야 대응기술 동향 분석	46
제1절 철도차량 및 인프라 온실가스 관리 및 감축기술	46
1. 국외동향	46
2. 국내동향	72
제2절 친환경에너지 철도교통분야 적용기술	89
1. 태양광 발전	89
2. 태양열	95
3. 풍력에너지	98
4. 지열에너지	103
5. 압전소자	106
6. 기타 신재생에너지	110
제3장 특허 및 논문 동향분석	118

제1절 특허동향 분석	118
제2절 논문동향 분석	136
제4장 소요기술 과제 도출	142
제1절 (1세부과제)기후변화에 따른 재해 조기대응을 위한 철도부문 취약성 평가 및 적응기술 개발	145
1. 필요성	145
2. 연구목표 및 세부연구내용	146
3. 활용방안	149
제2절 (2세부과제)철도차량 운행에너지 실시간 측정을 통한 온실가스 저감기술 개발	150
1. 필요성	150
2. 연구목표 및 세부연구내용	152
3. 활용방안	155
제3절 (3세부과제)에너지자립형 철도 인프라 설계·시공 관리 및 신재생에너지 적 용기술 개발	156
1. 필요성	156
2. 연구목표 및 세부연구내용	165
3. 활용방안	176
제5장 사전타당성 검토	177
제1절 (1세부과제)기후변화에 따른 재해 조기대응을 위한 철도부문 취약성 평가 및 적응기술 개발	177
1. 정책적 타당성	177
2. 기술적 타당성	178
3. 경제적 타당성	179
제2절 (2세부과제)철도차량 운행에너지 실시간 측정을 통한 온실가스 저감기술 개발	180
1. 정책적 타당성	180
2. 기술적 타당성	182
3. 경제적 타당성	185
제3절 (3세부과제)에너지자립형 철도 인프라 설계·시공 관리 및 신재생에너지 적용	

기술 개발	187
1. 정책적 타당성	187
2. 기술적 타당성	189
3. 경제적 타당성	189
제6장 인력투입 계획 및 소요예산 산정	200
제1절 연구일정에 따른 인력투입 계획	200
제2절 소요예산 산정	201
제7장 과제 제안요구서 작성 및 평가기준 설정	202
제1절 과제 제안요구서(RFP)	202
제2절 평가기준 설정	220

그림목차

<그림 1> 기후변화협약 진행상황	2
<그림 2> 각국의 기후변화대응정책 현황	3
<그림 3> 해외 각국의 기후변화대응 관련 입법 사례	3
<그림 4> EU 교통부문의 에너지 및 CO ₂ 배출량 추이 예측 결과	5
<그림 5> 수송부문 주요국의 온실가스 감축 3대 추진 전략과 세부항목 예	9
<그림 6> 2009년 EU 27개국 연료 소비부문 탄소배출량	11
<그림 7> EU 27개국 1990년 대비 2009년 수송수단별 탄소배출량 증감비율	12
<그림 8> EU 27개국 철도부문 전기 에너지원 비율	12
<그림 9> 2020년 EU 탄소배출 원단위 감축목표	13
<그림 10> 수송분야 수단별 에너지 소비량	18
<그림 11> 기후변화협약 대응 1~4차 종합대책 진행 결과	20
<그림 12> 저탄소 녹색성장 비전 및 계획	20
<그림 13> 저탄소 녹색성장 기본법의 주요내용	21
<그림 14> 국내 기후변화대응 정책 Milestone	21
<그림 15> 부문별 이산화탄소 감축률 및 감축량	22
<그림 16> 7대 부문별 감축목표 및 주요 이행수단	22
<그림 17> 온실가스 감축이행계획	23
<그림 18> 모달시프트에 따른 철도교통분야 온실가스 배출량 증가 사례	24
<그림 19> ERP 2020 프로그램	25
<그림 20> 지속가능교통물류발전법 중장기 비전 및 목표	26
<그림 21> 신재생에너지 정책의 변천	28
<그림 22> 유럽 및 미국의 대표적인 거래시장	31
<그림 23> 2008년~2013년 EUA & CER 가격 추이	33
<그림 24> CCX의 가격동향	35
<그림 25> 태양전지 시장 현황 및 전망	36
<그림 26> 전 세계 CSP 설치 누적용량	37
<그림 27> 영국 건설산업 세부 시장 규모	39
<그림 28> 미국 100대 녹색 설계 및 건설사 실적	40
<그림 29> 배출권거래제 운영체계	43
<그림 30> 국산 신재생에너지의 경제성 확보시기	44
<그림 31> 이용형태별 이용 및 보급 전망	45

<그림 32> 일본 JR 그룹 기후변화대비 에너지소비 저감 기술 예	47
<그림 33> JR East 환경인증 획득 건물	47
<그림 34> JR East 태양열을 이용한 재생가능 에너지원 활용	48
<그림 35> 2011년 DB 에너지원 사용 비율	49
<그림 36> 독일 DB ‘EnergieSparen’ 프로그램 실행계획	51
<그림 37> 독일 DB 에코드라이빙을 통한 철도차량 에너지절약 비율	51
<그림 38> Alstom hybrid locomotive	52
<그림 39> HITACHI Hybrid Traction System	53
<그림 40> GE Transportation’s most technologically advanced locomotive	54
<그림 41> MITRAC Energy Saver	54
<그림 42> 도로 및 철도부문 바이오디젤 수요	58
<그림 43> 일본 JR West의 Nada 역사 에너지소비량 평가 예	59
<그림 44> 스마트그리드 구축현황	59
<그림 45> 분야별 CDM사업 전체 비율	61
<그림 46> 교통분야 CDM사업 비율	61
<그림 47> 대표적인 철도부문 CDM 성공 사례	62
<그림 48> 자연재해 통합관리 인자, 프로세스 및 정보흐름	63
<그림 49> 기후변화에 따른 철도노선의 홍수피해 리스크 평가 예	63
<그림 50> 도시시스템의 개념과 하위시스템의 변화속도	70
<그림 51> KTX 서울-부산 편도노선 탄소성적표지 취득 예	73
<그림 52> 철도부문 온실가스 배출 원단위 산정결과 예	73
<그림 53> 전기철도차량 에너지소비량 할당기준별 배분비율 산정결과	74
<그림 54> 한국철도공사 철도부문 온실가스 감축수단 도입 로드맵(안)	75
<그림 55> 국내 철도부문 CDM 사업 등록상태 및 실패 주요원인	75
<그림 56> 디젤전기기관차 온실가스 배출계수 개발 주요결과	77
<그림 57> 철도건설 시공단계 온실가스 인벤토리 예	77
<그림 58> 코레일네트워크 에너지 관리시스템 구성도	80
<그림 59> 통합설계에 따른 비용 및 성능향상효과	81
<그림 60> 기반시설별 평균 기후변화 취약성 지수	82
<그림 61> 사회기반시설의 기후변화 노출 전망 연구흐름도	83
<그림 62> 사회기반시설의 기후변화 취약성 지도	83
<그림 63> 태양전지 종류별 효율 추이	89
<그림 64> 뉴욕 지하철 Coney Island-Stillwell Avenue역	92

<그림 65> 독일 Freiburg Central역	93
<그림 66> 독일 베를린 Lehrter역	93
<그림 67> 다카사키 신간선 역사	94
<그림 68> 의왕철도박물관	94
<그림 69> 경의선 운정 역사	94
<그림 70> 독일의 태양열 시범단지 조성	95
<그림 71> 영국 Tonfanau역 소형 풍력 발전기	101
<그림 72> 미국 Saco역 풍력발전 개념도	101
<그림 73> 네덜란드 철도 선로변 주변 풍력 발전기	102
<그림 74> 서울메트로에서 제안한 풍력발전 개념도	103
<그림 75> 영국 Liverpool South Parkway역	104
<그림 76> 오스트리아 U-Bahn Praterstern역	104
<그림 77> 독일 Bad Lauterberg역의 지열을 이용한 승강장 자동 제설 시스템 · 105	
<그림 78> 네덜란드 Arnhem의 지열을 이용한 자동제설 시스템	105
<그림 79> 지하역사의 지열 냉난방설비 계통도	106
<그림 80> Innowattech사에서 개발한 차량용 압전발전 모듈 모식도	106
<그림 81> 압전발전 응용분야	107
<그림 82> 풍력 에너지를 이용한 압전 하베스팅	107
<그림 83> 프로펠러 회전을 통한 압전발전 실험 모습	108
<그림 84> P(VDF-TrFE) nanostructures 공정 과정 및 결과	108
<그림 85> 압전 하베스팅 응용분야	109
<그림 86> 도쿄 지하철의 발판용 압전발전 장치 및 전력계 모습	110
<그림 87> 도쿄 지하철역 계단에 시범 설치한 압전계단	110
<그림 88> TLS(Terminal Lining System) 개요	111
<그림 89> 코베시 교통국 세이신 야마테선 이타야도 변전소	112
<그림 90> 지멘스의 Sitras HES	113
<그림 91> Aquifer Thermal Energy Storage	115
<그림 92> Borehole Thermal Energy System	116
<그림 93> Water Tank Storage	116
<그림 94> Water-Gravel Pit Storage	117
<그림 95> 국가별 기술성장 단계	121
<그림 96> 상위출원인 국가별 현황	122
<그림 97> 분야별 발명 명칭 및 대표 도면	125

<그림 98> 철도차량 분야 논문 발표 추이	136
<그림 99> 철도 인프라 분야 논문 발표 추이	138
<그림 100> 철도 에너지 절감 및 최적화 관련 논문 발표 건수	140
<그림 101> 친환경 철도 및 신재생 에너지 관련 논문 발표 건수	141
<그림 102> 소요기술 과제 도출 절차	142
<그림 103> 소요기술 과제 도출 1차(안)	142
<그림 104> 소요기술 과제 도출 최종(안)	144
<그림 105> 연구개발과제간 연관성	144
<그림 106> 1세부과제의 필요성	145
<그림 107> 기후변화에 따른 이상기후 발생으로 철도 인프라 피해사례	145
<그림 108> UIC 철도 인프라 기후변화 취약성 평가 예	146
<그림 109> 1세부과제 연구목표 및 내용	147
<그림 110> 1세부과제 TRM	147
<그림 111> 기후변화 연동 철도부문 취약성 인벤토리 예	148
<그림 112> 기후변화 시나리오 스케일 상세화 기법 예	148
<그림 113> 철도부문 기후변화 취약성 평가 및 정보지도 프로그램 예	149
<그림 114> 철도부문 기후변화 적응 가이드라인 예	149
<그림 115> 2세부과제의 필요성	150
<그림 116> 국외 철도차량 에너지 미터링장치	150
<그림 117> 독일 DB 철도차량 운행단계 에너지소비량 측정 시스템	151
<그림 118> 철도차량 에너지 미터링 장치 도입에 따른 에너지소비 저감효과	151
<그림 119> 철도차량 운전자 교육에 따른 에너지소비 저감효과	151
<그림 120> 2세부과제 연구목표 및 내용	152
<그림 121> 2세부과제 TRM	153
<그림 122> 철도차량 운행에너지 정보 실시간 모니터링 장치 예	153
<그림 123> 철도차량 운행에너지 정보 실시간 전송 및 관리시스템 예	154
<그림 124> 철도차량 운행에너지 소비패턴 분석 및 에코드라이빙 교육 프로그램 예	154
<그림 125> 한국철도공사 운전용 연료소비량 측정 장치 도입계획	155
<그림 126> 3세부과제의 필요성	156
<그림 127> 서울 철도 노선 확충 및 연장 예상도	157
<그림 128> 수도권 GTX 진접선, 하남선 노선(안)	157
<그림 129> 마산역 리모델링 전 후 비교	158
<그림 130> 도시철도역사 전력소비량 및 CO ₂ 배출량	162

<그림 131> 3세부과제 연구목표	166
<그림 132> 3세부과제 TRM	166
<그림 133> 연구 방안 내용 예시	171
<그림 134> 역사 신재생에너지 최적가용기술(BAT) 분석 예	172
<그림 135> 신재생에너지 최적 공급 기준 수립 예시	173
<그림 136> 신재생 에너지 적용에 따른 에너지자립도 향상 시뮬레이션	174
<그림 137> 국가 기후변화 적응대책 분야 및 소관부처	177
<그림 138> 레일온도 상승에 따른 열차운전 규제	178
<그림 139> 일 최대기온과 레일온도 상관관계	178
<그림 140> 고속철도노선과 호우시스템의 거리별 경보시스템 구축 예	179
<그림 141> 기후변화 대응 건설패러다임의 변화	187

표목차

<표 1> 제15차 COP회의 결과에 따른 주요국 온실가스 감축목표	1
<표 2> 주요 국가별 온실가스 감축목표	2
<표 3> 국외 주요 국가정책	4
<표 4> EU level의 교통 관련 정책	6
<표 5> 유럽의 건설부문 주요 기후변화 정책	13
<표 6> 일본 ‘국토 교통성 환경행동 계획-녹색물류’ 주요 내용	15
<표 7> 일본 사업별 모달시프트 지원 정책	16
<표 8> 분야별 연간 최종 에너지 소비량	18
<표 9> 분야별 온실가스 배출량	19
<표 10> 건설분야와 관련된 국내 주요 기후변화대응 정책 요약	24
<표 11> 국내 건설분야 환경관련 제도	25
<표 12> 건설기술 녹색성장 실행계획 주요내용	26
<표 13> 연도별 주요 정책 및 제도 변화	28
<표 14> 제3차 기본계획에 의한 신재생에너지 공급목표	30
<표 15> 탄소시장의 구조	32
<표 16> 글로벌 탄소시장의 거래량 및 거래액, 평균가격 추이	33
<표 17> 미국의 탄소시장	34
<표 18> 기후변화대응 관련 법적체계 및 추진경과	41
<표 19> 배출권거래제 시행령 주요항목 및 내용	42
<표 20> 국내 탄소시장 규모	43
<표 21> 국외 철도운영기관별 기후변화 대응기술 요약	46
<표 22> DB 에너지 저감정책 활동	48
<표 23> SBB 에너지 저감정책 활동	49
<표 24> Amtrak 에너지 저감정책 활동	50
<표 25> Amtrack 온실가스 인벤토리 관리 운영 그룹	50
<표 26> 철도 수송분야 CDM UNFCCC 등록 성공 사업	62
<표 27> 철도 인프라에 영향을 미칠 수 있는 자연재해 map 사례	64
<표 28> 기후변화에 의해 철도 인프라에 미치는 영향 및 주요 적응전략	64
<표 29> 리스크 평가 매트릭스	66
<표 30> 2030년 온실가스 저배출 시나리오	66
<표 31> 2030년 온실가스 고배출 시나리오	66

<표 32> 한국철도공사 해당분야 연구과제 추진현황 요약	72
<표 33> 한국철도공사 이외 해당분야 연구과제 추진현황 요약	76
<표 34> 친환경 설계 관련 국외 주요기업의 기술개발 현황	82
<표 35> ‘탄소저감형 및 환경부하 저감을 위한 건설재료 및 관리 기술개발’ 과제 연구방법 ..	84
<표 36> 순환골재의 사용용도에 따른 건설폐기물 성상 분류	87
<표 37> 자재에 대한 비교평가 방법 및 결과	88
<표 38> 태양전지 관련 국외 주요기업의 기술개발 현황	90
<표 39> 연대별 태양열 기술	96
<표 40> 풍력발전시스템 분야의 기술 현황	98
<표 41> 국내 풍력발전시스템 기술 개발 현황	100
<표 42> 국외 압전 하베스팅 기술 경쟁기관	107
<표 43> 서울 지하철 신재생에너지 설치계획	113
<표 44> 서울 지하철 신재생에너지 설치계획에 따른 감축효과	114
<표 45> 검색 DB 및 검색범위	118
<표 46> 분석대상 기술 분류체계	119
<표 47> 분석대상 기술 분류체계 개요	120
<표 48> 관심특허 선별결과	124
<표 49> 철도차량 분야 주요 논문명 및 발행년도	137
<표 50> 철도 인프라 분야 주요 논문명 및 발행년도	139
<표 51> 철도 에너지 절감 및 최적화 관련 논문 발표 추이	140
<표 52> 철도 신재생에너지 및 친환경 분야 논문 발표 추이	141
<표 53> 전문가 자문회의 주요내용 요약	143
<표 54> 예상 신규 노선 및 해당 역 수	158
<표 55> 철도 인프라 시설 구조별 면적	164
<표 56> 철도 인프라 시설 전력사용량	165
<표 57> 운영 자료 조사(예)_전철변전소 수전 현황	167
<표 58> 운영 자료 조사(예)_노선별 에너지 사용량	168
<표 59> 역사 공급 에너지 및 소비 에너지 실태 조사(예)	172
<표 60> 에너지미터기 도입에 따른 경제성 분석	185
<표 61> 시스템(통합관리 시스템)구축 비용(예상)	190
<표 62> 비용편익 분석 예시	191
<표 63> 예상 절감량 분석 예시	192
<표 64> 예상 전력 사용량 절감에 따른 배출량	192

<표 65> 개통 연도별 면적당 에너지 사용량	193
<표 66> 광역철도 주요 역사 에너지사용량	193
<표 67> 향후 구축 계획 신규 노선	194
<표 68> 신규 노선 적용 시 효과 분석	194
<표 69> 건축물별 단위 에너지 사용량, 용도별 보정계수, 지역계수	196
<표 70> 신재생에너지원별 단위 에너지 생산량 및 원별 보정계수	197
<표 71> 신재생에너지원별 기준 단가	197
<표 72> 신규 역사의 예상 에너지 사용량	198
<표 73> 에너지 자립형 역사의 신재생에너지 설치비용	198
<표 74> 신재생에너지 생산에 따른 에너지 절감액	198
<표 75> 에너지자립형 역사에 대한 B/C 분석 결과	199

제1장 국내외 정책 및 시장현황 분석

제1절 국내외 정책동향

1. 국외정책동향

가. 온실가스 관리 및 저감

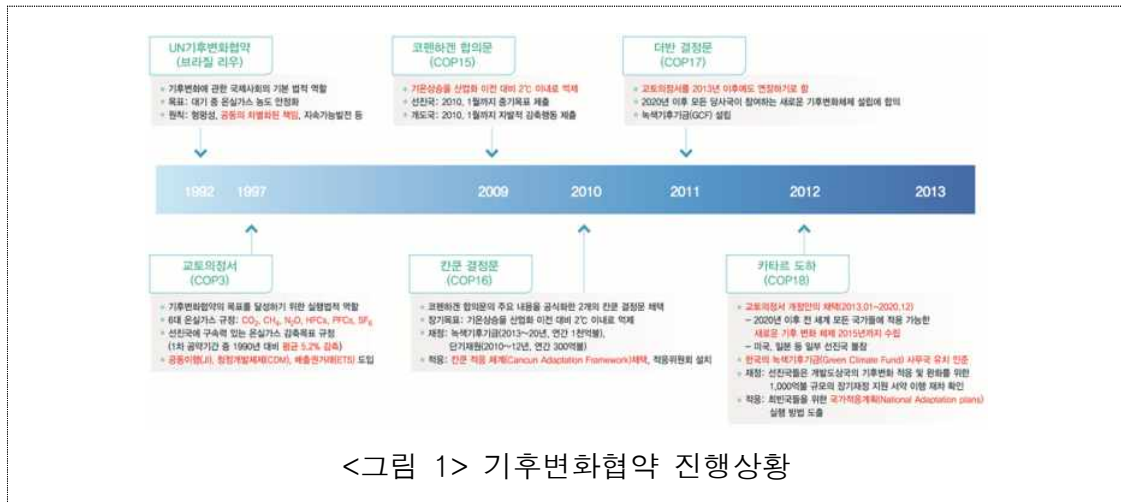
- (범지구적 차원의 기후변화 대응방안 마련 분위기) 1997년 교토의정서는 1990년 대비 2012년까지 평균 5.2%를 줄이기 위해 38개 의무 감축국의 감축목표 수립을 명시하였고, 2009년 12월 제15차 기후변화당사국총회에서는 포스트 교토체제에서의 주요국들 감축목표를 발표함.

<표 1> 제15차 COP회의 결과에 따른 주요국 온실가스 감축목표

구분	기준연도	목표(%)	절대량 (1990년 대비, %)	비고
EU	1990	20~30	-20~-30	
미국	2005	17	-3	하원 통과, 상원 계류 중
일본	1990	25	-25	선진국과 중국, 인도 등 주요 개도국이 참여한다는 전제
중국	2005	40~50	60~150 (2005년 대비)	GDP당 CO ₂ 배출기준
인도	2005	20~25		선진국의 책임공유를 전제로 GDP당 CO ₂ 감축 동참 의사
러시아	1990	25	-25	
호주	2000	5~25	13~-11	
캐나다	2006	20	-3	
브라질	2020(BAU)	36~39	-20 (2005년 대비)	감축수단: 아마존 산림보호
한국	2020(BAU)	30	-4 (2005년 대비)	2020년 배출량 233백만 톤 (2014.1 환경부)

※ 출처: 제15차 COP 회의 결과, 국제무역연구원(2009)

- 멕시코 칸쿤에서는 코펜하겐 협정서 이후 COP16 회의가 열려 2012년 이후 ‘포스트 교토의정서’ 시대의 탄소배출량 감축목표 설정에 대한 본격적인 논의를 진행하였으며, COP18에서 교토의정서 의무 이행 기간을 2020년까지 연장하기로 함.



- COP18 : 선진국은 지구온도 상승을 산업화 이전의 2°C 이내로 억제하기 위해 향후 10년 안에 온실가스 배출량을 1990년 대비 25~40% 감축해야 한다는 IPCC 4차 보고서 권고 수준과 일관성을 유지한다는 감축 원칙은 합의, 코펜하겐합의문에 비해 구체성은 확보했으나 큰 진전은 없는 것으로 보임(포스코경영연구소 녹색성장 연구실, 2011).

□ (주요 국가별 온실가스 감축목표 설정에 따른 대응정책 구체화) 선진국들을 중심으로 중기(2020년) 및 장기(2050년) 온실가스 감축목표들이 제시되고 있으며, 이러한 목표들을 평가하는 기준은 IPCC가 제시한 1990년 대비 25~40% 삭감(선진국) 및 BAU 대비 15~30% 삭감 수준임.

<표 2> 주요 국가별 온실가스 감축목표

국가	중기감축목표(2020년)	비고
유럽연합 (EU)	1990년 대비 20% 감축[EU 단독] 선진국과 선발개도국 동참 시 30% 감축	Double Targets
영국	1990년 대비 34% 감축	기후변화법
미국	2005년 대비 17% 감축	Waxman-Markey 법안[하원가결]
캐나다	2006년 대비 20% 감축 [1990년 대비 3% 감축]	
일본	1990년 대비 25% 감축	하토야마 내각 발표
호주	2000년 대비 5-15%, 25% 감축 [1990년 대비 3-23% 감축]	
러시아	1990년 대비 10-15% 감축	

- EU 기후변화대응정책 및 전략은 ▲ 1991년 최초로 수립되어 2000년 유럽기후 변화프로그램(the European Climate Change Programme, ECCP) 설치를 통하여 총괄적으로 운영하는 것, ▲에너지 효율 개선, ▲신재생에너지의 보급 확대 주력 크게 세 가지로 나뉨.



주요 내용			감축목표
	E U	• EU 기후변화 종합법[Directives]' 발효[09.4] • 배출권거래제(EU-ETS) 도입 및 시행[05]	20% ['90 대비]
	영 국	• 기후변화법 제정, 세계최초 감축목표 명시 [08.12]	34% ['90 대비]
	미 국	• Waxman-Markey Bill [09.6, 하원통과] • Kerry-Lieberman법 공개 [10.5, 상원]	17% ['05 대비]
	일 본	• 지구온난화대책기본법 제정 추진 [10.6, 중의원통과]	25% ['90 대비]
	프랑스	• 그르넬 환경법 제정 [09.7]	30% ['90 대비]
	호 주	• 온실가스에너지의무보고제법 제정[07.9] • 탄소오염감축법안 부결[09, 3차례]	25% ['90 대비]

<그림 3> 해외 각국의 기후변화대응 관련 입법 사례

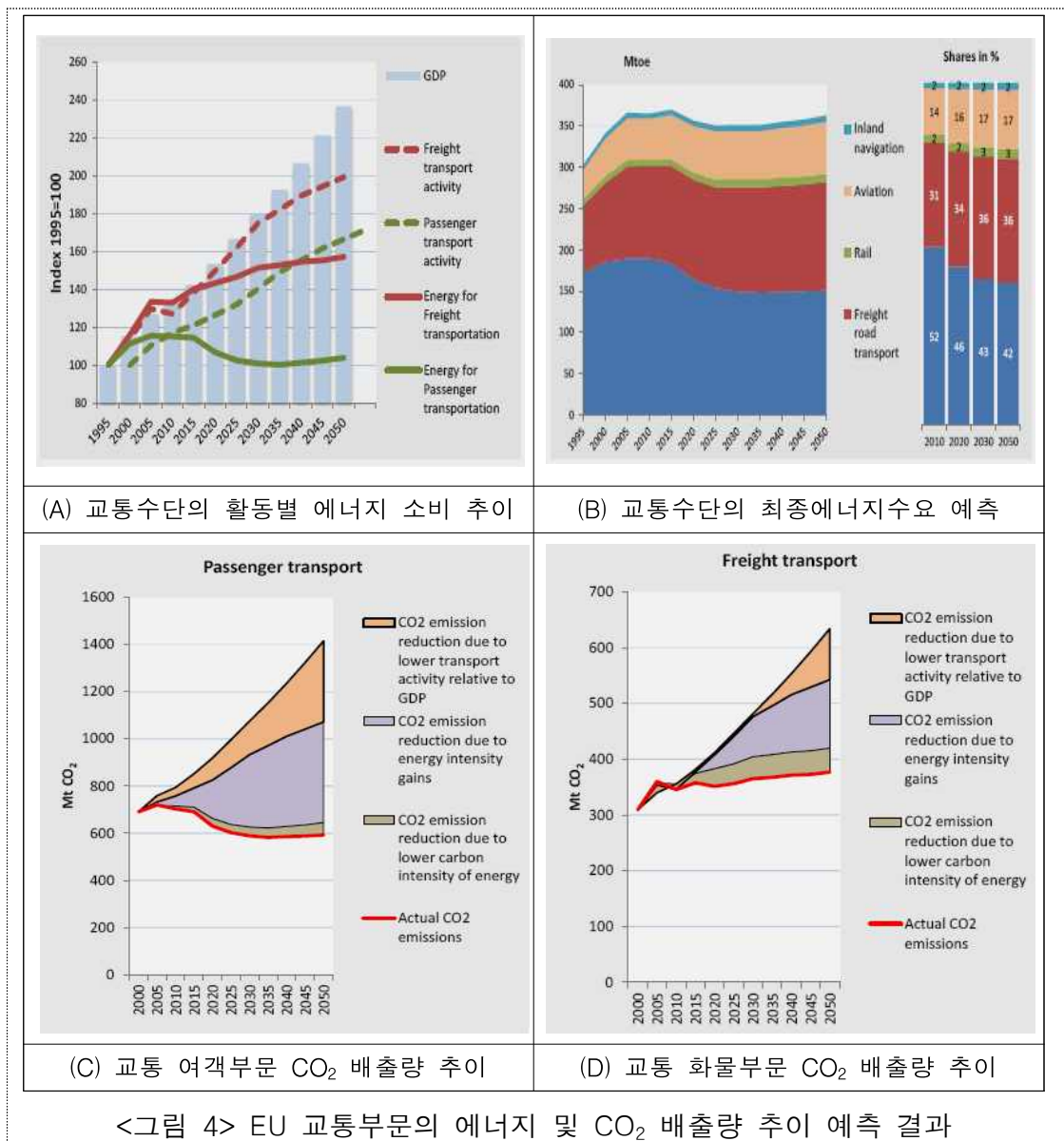
- (주요 선진국들의 정책 동향) 선진국은 녹색성장을 위해 Active(재생에너지, 에너지 효율제고 등) 정책뿐만 아니라 Passive(폐기물 저감, 에너지 사용량 저감, 녹색건설 등) 정책에 투자집중하고 CO₂ 감축목표를 설정하고 정책과 기술개발의 핵심을 에너지 저감을 비롯한 사회·경제적 구조 개편에 주력함.

<표 3> 국외 주요 국가정책

국가	주요내용
미국	· 2005년 에너지 정책법에서 에너지효율 강조, 2020년 주거용, 2025년 비주거용 건축물의 제로 에너지 의무화 추진(DOE, building america 사업) · 2009년 미국 청정에너지안보법 가결(녹색성장, 녹색고용, 온실가스 감축 및 탄소배출권 등 포괄적 규정) · DOE에서 ARPA-E를 설립, 민간수행이 곤란한 원천기술 개발연구 지원 프로그램 운용 · 건축물 에너지 활용 관련, 에너지 스타, HERS운영 · 단열소재 연구 지원 · 2017년 CCS 사업 상용화를 목표로 에너지부(DOE) 산하에 '국립탄소포집센터(NCCC)'를 설립('09.6)하고, 마스터플랜을 수립 중 · 저탄소 시멘트 개발 추진 전략 수립(California Air Resource Board 비전 2020) · Building America : 에너지효율이 높은 빌딩 건설을 위한 파트너십 프로그램(건축가, 공학자, 건설 사업자, 재료 제공업자 등 유기적 연결에 의한 에너지 손실 최대 90% 감축) · 그린빌딩 인증제도인 LEED 운용(생애주기 환경성능 평가)
일본	· “교토의정서 목표달성계획”에서 온실가스 배출량을 1990년 대비 6% 삭감 설정 · “저탄소 사회구현을 위한 국가 행동계획” 수립, 2050년까지 온실가스 60~80% 감축목표 제시 · 경제 산업성은 혁신의 핵심주체로서 기후변화대책 수립, 3Rs(Reduce, Reuse, Recycle)정책 추진 · 환경공생주택 인증제 시행, 단열성, 내구성 자재 사용 등을 고려 · 그린빌딩 인증제도로 CASBEE 운용 · 2005년 ‘쿨 어스(Cool earth)에너지 혁신기술계획’을 제시 · '08년 5월 NEDO 및 RITE 주도의 CCS 사업 상용화를 위한 회사 설립, 실증연구 추진
유럽	· 유럽연합 차원의 빌딩 에너지 효율지침 및 에너지 소비감축 실천계획을 수립 · 유럽연합(EU)은 기술혁신을 통한 세계 탄소시장 선점을 목표로 ‘SET 플랜’을 통해 녹색기술 중점 추진분야를 선정, 집중투자 · 2020년 CCS 상용화를 위한 투자계획 수립
영국	· Climate change Bill에서 2050년 대비 온실가스 배출량 80% 감축 · 에너지법(Energy Act)에서 탄소 포집 및 스마트 등 신기술 적용 지원 · 2020년까지 계획법(Planning Act)에서 주택 에너지 효율 및 절약 추진 · 영국시멘트 협회의 CO₂ 감축 목표 설정(2050년 30%) · 2016년까지 Zero Carbon House 의무화(지속가능 주택규정) · 친환경 성능 인증프로그램 운용(BREEAM), 건축물의 종합적 친환경성 평가
독일	· 연방정부에서 2020년 온실가스 배출량 40% 감축, 에너지 효율성 약 20% 상승 기대 · 기후통합프로그램에서 1차 대책으로 신재생에너지 활용, 건축물 에너지 효율화 요건 강화, 2차 대책으로 주택의 에너지 효율 30% 개선, 에너지 효율화를 위해 30억 유로 투입

- (EU, 교통·에너지 부문 정책을 고려하여 2050년 온실가스 배출 시나리오 분석)

EU는 「EU Energy, Transport & GHG emissions Trends to 2050 - Reference scenario 2013」을 통해 유럽의 경제 상황(e.g., 인구, GDP, 이자율, 환율 등)과 기후변화 대응 관련한 다양한 정책 수단을 고려했을 때, 산업별 향후 에너지 소비 및 CO₂ 배출량 추이를 예측·분석한 결과를 발표함.



□ 에너지 효율과 관련 있는 에코디자인 지침 뿐 아니라, 발전(發電) 및 에너지 세제, EU ETS 지침을 포함한 기후 정책 및 교통부문 관련 정책들이 고려 대상에 포함되었음.

<표 4> EU level의 교통 관련 정책

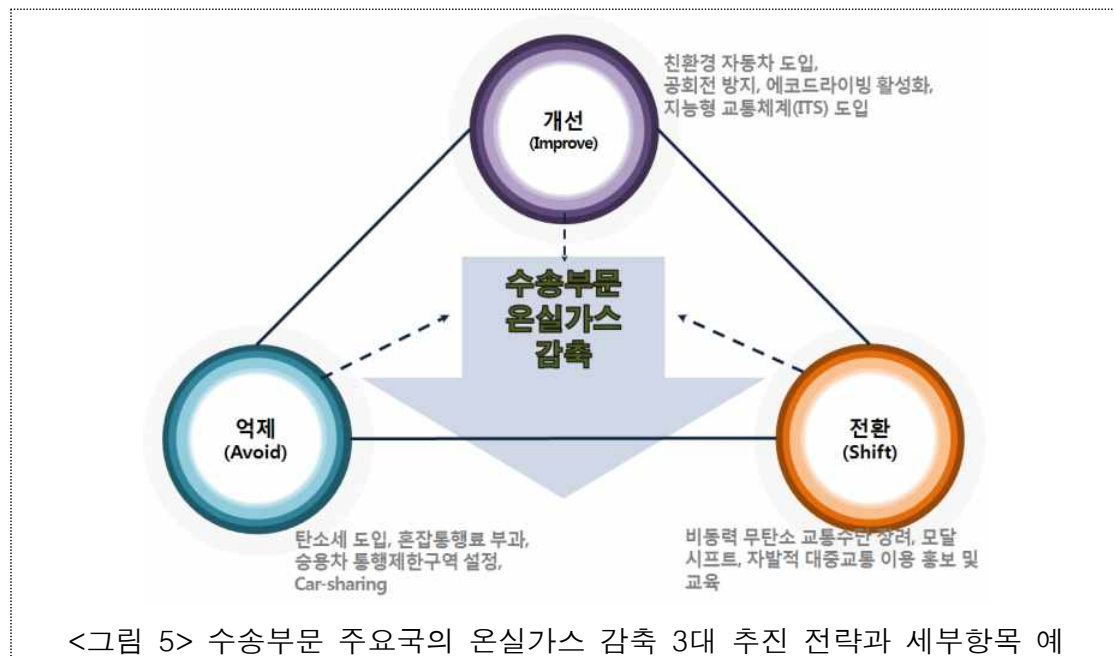
Energy Efficiency		
1	Ecodesign Framework Directive	Directive 2005/32/EC
2	Stand-by regulation	Commission Regulation(EC) No 1275/2008
3	Simple Set-to boxes regulation	Commission Regulation(EC) No 107/2009
4	Office/street lighting regulation	Commission Regulation(EC) No 347/2010
5	Lighting Products in the domestic and Tertiary Sectors regulations	Commission Regulation(EU) No 347/2010 Commission Regulation(EC) No 859/2009 Commission Regulation(EC) No 244/2009 Commission Regulation(EC) No 245/2009
6	External power supplies regulation	Commission Regulation(EC) No 278/2009
7	TVs regulation(+labelling) regulation	Commission Regulation(EC) No 642/2009
8	Electric motors regulation	Commission Regulation(EC) No 640/2009
9	Freezers/refrigerator regulation	Commission Regulation(EC) No 643/2009
10	Household washing machines regulation	Commission Regulation(EU) No 1015/2010
11	Household dishwashers regulation	Commission Regulation(EU) No 1016/2010
12	Industrial fans regulation	Commission Regulation(EU) Regulation No 327/2011
13	Air conditioning and comfort fans regulation	Commission Regulation(EU) No 206/2012
14	Circulators regulation	Commission Regulation(EC) No 641/2009
15	Energy Labelling Directive and delegated Regulations covering : lamps and luminaires, household tumble driers, air conditioners, televisions, household washing machines, household refrigerating appliances, household dishwashers and Commission Directives covering : household electric ovens, household combined washer-driers, household electric tumble driers	Directive 2010/30/EU supplemented by Delegated Regulations and commission directives
16	Labelling of tyres regulations	Regulation(EC) No 1222/2009 Commission Regulation(EU) 228/2011 Commission Regulation(EU) 1235/2011
17	Directive on end-use energy efficiency and energy services	Directive 2006/32/EC
18	Energy Performance of Buildings Directive	Directive 2010/31/EU and Commission Delegated Regulation (EU) No 244/2012
19	Energy Efficiency Directive	Directive 2012/27/EU
Power generation and energy markets		
20	Cogeneration Directive	Directive 2004/8/EC
21	Completion of the internal energy market (including Provisions of the 3 rd package). Since March 2011, the Gas and Electricity Directives of the 3 rd package for an internal EU gas and electricity market are transposed into national law by Members States and the three Regulations : -on conditions for access to the natural gas transmission networks -on conditions for access to the network for cross-border exchange of electricity -on the establishment of the Agency for the Cooperation of Energy Regulators(ACER) are applicable.	Directive 2009/73/EC Directive 2009/72/EC Regulation(EC) No 715/2009 Regulation(EC) No 714/2009 Regulation(EC) No 713/2009
22	Energy Taxation Directive	Directive 2003/96/EC
23	Regulation on security of gas supply	Regulation (EU) 994/2010
24	Regulation on market integrity and transparency(REMIT)	Regulation (EU) 1227/2011
25	Nuclear Safety Directive	council Directive 2009/71/Euratom
26	Nuclear Waste Management Directive	council Directive 2011/70/Euratom

27	Directive on the promotion of the use of energy from renewable sources ("RES Directive")	Directive 2009/28 EC
(cross sectoral) climate policies		
28	EU ETS directive	Directive 2003/87/EC as amended by Directive 2004/101/EC, Directive 2008/101/EC and Directive 2009/29/EC and implementing Decisions, in particular 2010/384/EU, 2010/634/EU, 2011/389/EU(cap), 2011/278/EU, 2011/638/EU(benchmarking and carbon leakage list)
29	Directing on the geological storage of CO ₂	Directive 2009/31/EC
30	GHG Effort Sharing Decision	Decision 406/2009/EC
31	F-gas Regulation	Regulation (EC) No 842/2006
Transport related policies		
32	Regulation on CO ₂ From cars	Regulation (EC) No 443/2009
33	Regulation EURO 5 and 6	Regulation (EC) No 715/2007
34	Fuel Quality Directive	Directive 2009/30/EC
35	Regulation Euro VI for heavy duty vehicles	Regulation (EC) No 595/2009
36	Regulation on CO ₂ from vans	Regulation (EU) No 510/2011
37	Eurovignette Directive on road infrastructure	Directive 2011/76/EU
38	Directive on the Promotion of Clean and Energy Efficient Road Transport Vehicles (in public procurement)	Directive 2009/33/EC
39	End of Life Vehicles Directive	Directive 2000/53/EC
40	Mobile Air Conditioning in motor vehicles Directive	Directive 2006/40/EC
41	Single European Sky II	COM(2008) 389 final
42	directive on inland transport of dangerous goods	Directive 2008/68/EC
43	Third railway package	Directive 2007/58/EC
44	Directive establishing a single European railway area (Recast)	Directive 2012/34/EU
45	Port state control Directive	Directive 2009/16/EC
46	Regulation on common rules for access to the international road haulage market	Regulation (EC) No 1072/2009
47	Directive Concerning social legislation relating to road transport activities	Directive 2009/5/EC
48	Regulation on ground-handling services at Union airports	Part of "Better airports package"
49	Regulation on noise-related operating restrictions at Union airports	Part of "Better airports package"
50	Directive on the sulphur of content of marine fuels	Directive 2012/33/EU
Infrastructure, innovation and RTD and funding		
51	TEN-E guidelines	Decision No 1364/2006/EC
52	EEPR (European Energy Programme for Recovery) and NER 300 (New entrants reserve) CCS and innovative renewable funding programme	Regulation (EC) No 663/2009, ETS Directive 2009/29/EC Article 10a(8), further developed through Commission Decision 2010/670/EU
53	EU research, development RTD and innovation support(7th framework programme) - them 6 and its expected continuation under Horizon 2020, Competitiveness and Innovation Programme, e.g. sustainable industry Low Carbon scheme SILC I(2011-2013)	
54	EU Cohesion Policy-ERDF, ESF and Cohesion Fund	
55	TEN-T guidelines	Decision 884/2004/EC and expected continuation - 30 may 2013 trilogue agreement on revised TEN-T guidelines supported by the Connecting Europe Facility

Environment and other related policies		
56	State aid Guidelines for Environmental Protection and 2008 Block Exemption Regulation	Community guidelines on state aid for environmental protection
57	Landfill Directive	Directive 99/31/EC
58	EU Urban Wastewater Treatment Directive	Directive 91/271/EEC
59	Waste Framework Directive	Directive 2008/98/EC
60	Nitrate Directive	Directive 91/676/EEC
61	Common Agricultural Policy(CAP)	e.g. Council Regulations (EC) No 1290/2005, No 1698/2005, No 1234/2007 and No.73/2009
62	Industrial emissions (Recast of Integrated Pollution and Prevention Control Directive 2008/1/EC and Large Combustion Plant Directive 2001/80/EC)	Directive 2010/75/EU
63	Directive on national emissions' ceilings for certain pollutants	Directive 2001/81/EC
64	Water Framework Directive	Directive 2000/60/EC
65	Substances that deplete the ozone layer	Relevant EU legislation implementing the Montreal Protocol, e.g. Regulation (EC) No 1005/2009 as amended by Commission Regulation (EU) 744/2010
66	Strong national RES policies	National policies on e.g. feed-in tariffs, quota systems, green certificates, subsidies, favourable tax regimes and other financial incentives are reflected.
67	National Energy Efficiency policies	National policies promoting energy efficiency implementing EU directives and policies, as well as specific national policies are fully taken into account
68	Energy Star Program(voluntary labelling program)	
69	International Maritime Organisation(IMO) International convention for the prevention of pollution from ships (MARPOL), Annex VI	2008 amendments - revised Annex VI (prevention of Air Pollution from ships)
70	WTO Agreement on trade with agricultural products from Uruguay round fully respected	
71	Voluntary agreement to reduce PFC (perfluorocarbons, potent GHG) emissions in the semiconductor industry	
72	International Civil Aviation Organisation(ICAO), Convention on International Civil Aviation, Annex 16, Volume II(Aircraft engine emissions)	
73	IMO, Inclusion of regulations on energy efficiency for ships in MARPOL Annex VI	IMO Resolution MEPC.203(62)

(※ 출처: EU ENERGY, TRANSPORT AND GHG EMISSIONS TRENDS TO 2050, EU, 2013)

- (수송부문 온실가스 3대 감축전략, Improve/Avoid/Shift) 국외에서는 수송부문 적용 가능한 온실가스 감축정책을 i) 교통수요를 근원적으로 없애거나 완화시키는 억제(Avoid), ii) 교통수단의 에너지 효율을 높이는 개선(Improve), iii) 승용차 이용을 타 교통수단으로 유도하는 전환(Shift)으로 구분하여 추진함.



○ 개선전략과 관계된 항목은 기술개발이나 투자가 필요한 것이 특징이며, 주요국 및 철도운영기관은 개선(Improve) 전략의 일환으로 에너지와 CO₂ 저감을 위한 장기적 전략과 개선목표치를 다음과 같이 설정함.

- 2020 : 유럽 철도 및 일본의 East JR은 철도운행으로부터 발생하는 CO₂ 배출량을 오는 2017년까지 30% 저감키로 함.
- 2030 : 유럽 철도 및 일본의 East JR은 철도운행으로부터 발생하는 CO₂ 배출량을 오는 2030년까지 50% 저감키로 함.
- 2050 : 유럽 철도는 2050년까지 탄소제로 철도운행을 목표로 함.

※ 철도부문 개선전략 관련 프로젝트(출처: Rail and Sustainable Development, UIC, 2011)

- 유럽 에너지 효율 운행 프로젝트 : 유럽의 TRAINER 프로젝트는 운전자 트레이닝을 통해 에너지 효율 개선을 돕고자 함. 독일의 DB는 이러한 운전자 교육을 통해 전기 및 디젤차량 모두 약 5% 정도의 에너지 절감 효과를 확인함.
- 호주 연료 소비 최소화 프로젝트 : Freightmiser 시스템은 조종실 어드바이스 시스템으로, 장거리 운행 차량 운전자가 운행시간은 유지하면서 연료사용을 최소화하도록 도움. 실제 운행 시, 여행 시간의 증가 없이 5~20% 연료가 절감되는 것을 확인함.
- 일본 철도차량 디자인 프로젝트 : 일본 신칸센 디자인을 개선(e.g., lead nose의 길이와 모양을 최적화시켜서 무게를 줄이거나 VVVF 인버터를 사용하는 등)함으로 인해 최대 속도는 증가했음에도 불과, 에너지 소비량을 40%까지 감소시킴.

- 미국 회생제동 프로젝트 : 회생제동은 전기견인 모터가 발전기가 되어, 차량 제동 에너지가 가용 전력으로 변환되는 시스템을 의미함. Amtrak에서는 이러한 회생제동 장치를 활용하여 에너지 소비량을 8% 저감시킴. 유럽과 일본철도 역시 회생제동 장치를 사용하고 있음.
- 스웨덴 좌석 이용률(load factor) 최적화 프로젝트 : 스웨덴(Green train)의 연구는 여객 좌석용량을 개선하고 회생에너지 용량을 증가시킴으로써 기존 스톡홀름에서 고덴베르그까지의 운행구간에서 좌석-km당 32%까지 에너지 소비 저감 효과가 있음을 제시함.

○ 이에 반해 억제(Avoid) 전략은 법적, 시스템적 지원을 필요로 함. 억제 전략의 예를 들자면, 재택근무나 화상회의를 통해 장거리/근거리 여행으로부터 발생하는 온실가스 배출량을 저감시키는 것이 있음.

○ 전환(Shift) 전략은 교통부문에 있어 이용자(소비자)들의 인식 개선과 관련된 것이 그 특징으로, 화물 및 여객 수송에 대하여 철도로의 모달시프트(modal shift) 등이 전환 전략의 대표적인 예임.

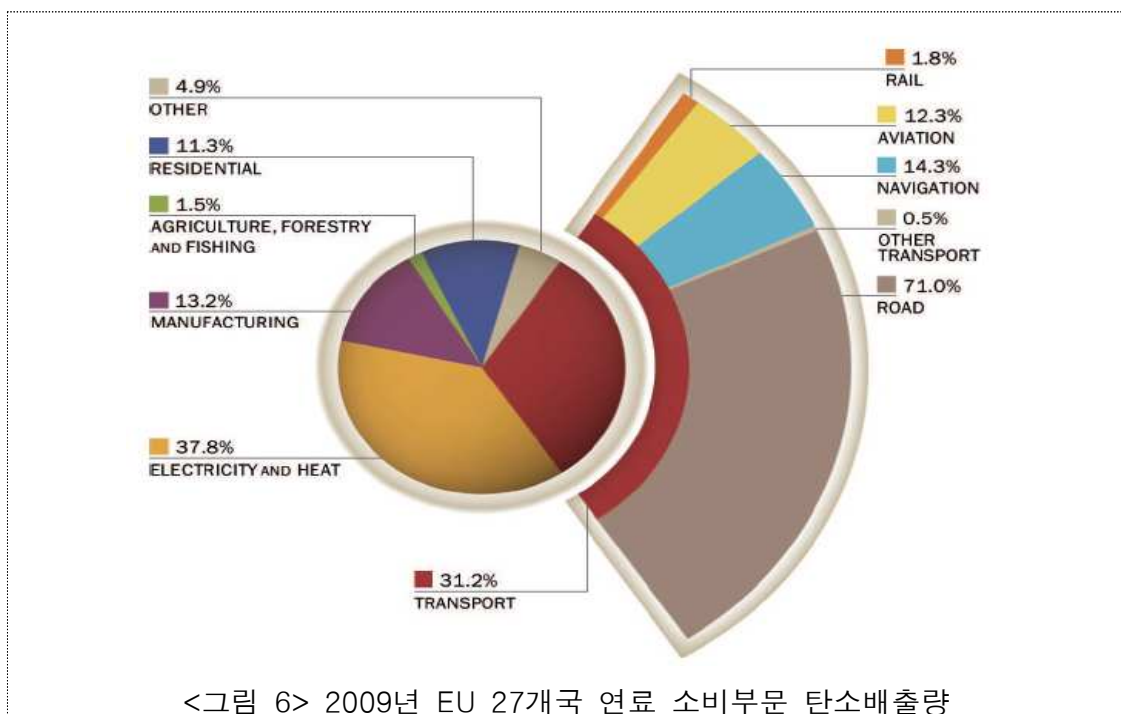
□ (특히, EU의 철도 수송수요 증대 정부지원책 多) EU에서는 환경 친화적이고 에너지 효율성이 높은 철도와 근해(연안)운송 활성화를 통하여 도로운송을 대신하는 운송수단으로써 장려함.

※ EU의 수송수요 증대 정부 지원정책 및 시범사업

- 유럽을 횡단하는 복합교통망, 도로교통, 내륙수운 네트워크 구축과 수송수단 간에 화물을 환적하는 내륙화물터미널의 사용을 지원하는 다양한 정책 및 시범사업 시행
- 복합운송 시범사업(Pilot Action for Combined Transport, PACT) : 유럽연합 회원국 간 복합운송 발전을 위한 재정지원에 관한 규정(Commission Decision 93/45/EEC, 1992.12.22.)을 근거로 유럽연합의 공공의 이익 추구하고 유럽연합 전체의 발전을 촉진하는 유럽연합의 운송정책 목적에 부합하는 사업임. 2001년까지 이어진 PACT 시범사업은 1996년까지 1차 사업으로 33개 분야, 66개 프로젝트가 진행되었으며, 1997년부터 2001년까지 101개의 프로젝트가 선정 및 진행되었는데, 지원예산은 10년간 총 5,300만 유로 해당
- 범유럽 운송네트워크(Trans European Network-Transports; TEN-T) 구축을 위한 규정 : 1996년, 범유럽 네트워크 구축을 위한 가이드라인을 수립하였으며, 2001년에는 항만, 내륙 항만 및 복합운송터미널 등이 포함된 Decision No 1346/2001/EC 수립. 또한, 1995년 9월 TEN-T 사업을 촉진시키고 효과적인 운송 분야의 범유럽 네트워크를 구축하기 위한 금융지원에 관한 규정 제정
- * TEN-T의 금융지원을 바탕으로 1996년부터 2006년까지 총 172개의 TEN-T 프로젝트가 진행되었으며, 건당 평균 370만 유로가 지원됨. 2007년부터 진행된 2차 TEN-T 프로젝트는 233개 사업에 총 66억 9,940만 유로가 책정되어 프로젝트당 평균 2,880만 유로가 책정되어 1차 TEN-T 프로젝트에 비해 건당 6.7배의 재정지원이 이루어짐

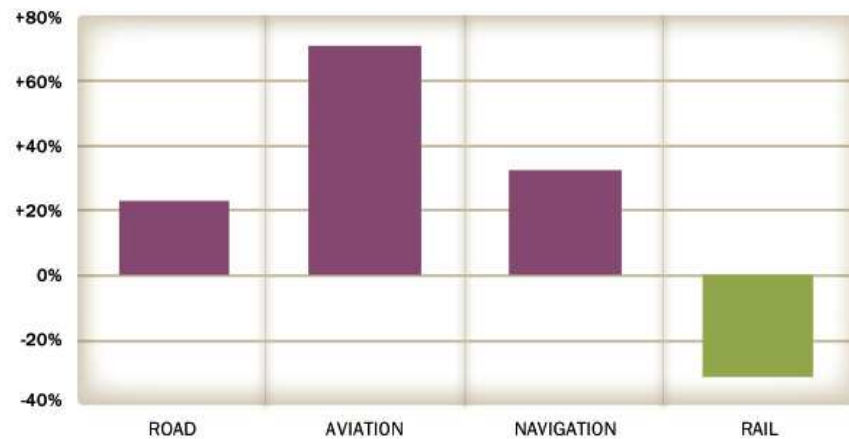
- ** 2007년 이후 주요 프로젝트는 30건으로, 이들 중 18개 사업은 철도, 3개 사업은 철도-도로 연계사업임. 특히 교통부문의 CO₂ 배출량이 2020년에 이르면 현재보다 38% 증가할 것으로 예상되나, 30개 우선사업의 완성으로 연간 약 6.3백만 톤을 감소하여 4%대로 증가율을 감소시킬 것으로 기대
- 마르코폴로 프로그램(Marco Polo program; MP) : 2003년부터 2010년까지 진행된 MP 프로그램은 PACT 프로그램과 같은 Fisk-Funding 프로그램으로 상업적인 교통, 물류 시장에 대한 재정지원 사업으로 도로 위주의 교통·물류 서비스에서 탈피하여 새로운 모드의 교통·물류 서비스를 지원하여 사회적인 교통·물류비용을 절감하는 데 초점을 두고 있음. 특히 MP 프로그램은 환경 친화적인 교통·물류 서비스의 개발에 중점을 두고 복합운송서비스의 개발 강조
- * MP지원 사업은 크게 ▲‘Modal Shift Action’ 사업(도로운송에서 연근해운송, 철도, 내륙수로 및 운송모드 간 결합된 운송시스템), ▲‘Catalyst Action’ 사업(유럽연합 회원국 간 구조적인 시장장벽을 극복하기 위한 사업, 유럽연합 회원국 간 도로로 운송되는 화물을 연근해운송, 철도, 내륙수로 및 운송모드 간 결합된 운송시스템 등을 통해 운송함으로써 도로에 대한 이들 운송모드의 경쟁력을 높이는 사업), ▲‘Common Learning Action’ 사업(화물운송체인에 있어 구조적으로 작업방식 및 작업절차 등을 최적화하기 위한 협력을 도모하기 위한 사업)으로 구분

□ (UIC, 철도부문 탄소배출량 관리 및 체계적 저감 노력 강화) 2012년 UIC(International Union of Railways)는 IEA(International Energy Agency)는 세계 주요국의 철도부문에 대한 에너지 소비량 및 탄소배출량 정보를 포함한 핸드북(Railway Handbook 2012)을 발표함.



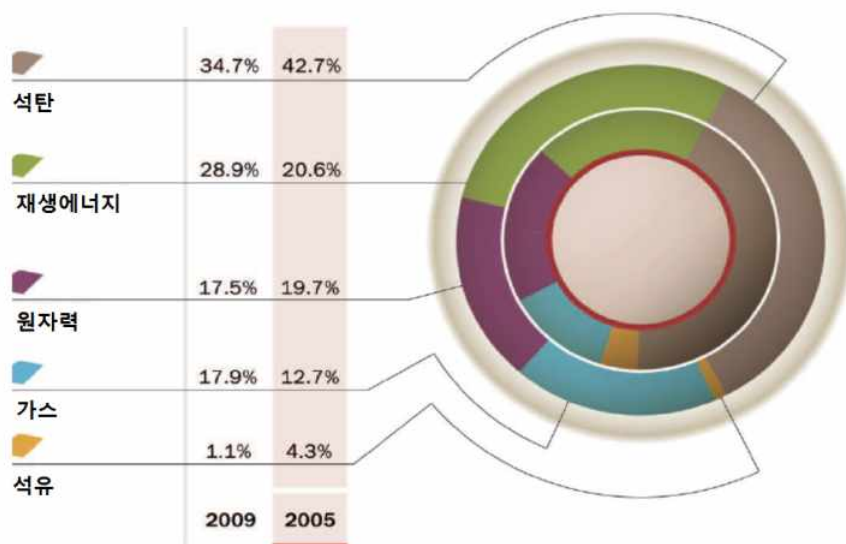
○ 2009년 EU 27개국의 수송부문 전체 탄소배출량 중 71%가 도로에서 기인하

고, 단지 1.8%가 철도에서 배출되고 있으며, 1990년부터 2009년까지 철도를 제외한 수송수단의 탄소배출량이 크게 증가하였음.



<그림 7> EU 27개국 1990년 대비 2009년 수송수단별 탄소배출량 증감비율

- 철도의 탄소배출량 감소에 대한 주요 원인은 전철화율이 1990년 30% 수준에서 2009년 53%로 증가하고 전기차량 운행 비율이 80% 수준을 차지하기 때문으로 특히 유럽의 전력에너지 중 재생에너지원 비율이 평균 30%로 늘어나 탄소배출 원단위 낮은 에너지를 사용하는 철도가 타 수송수단에 비해 유리함.



<그림 8> EU 27개국 철도부문 전기 에너지원 비율

- 또한 수송분담률을 고려한 탄소배출 원단위를 2020년까지 1990년 대비 30% 감축을 목표로 하고 있으며, 2050년 까지 탄소배출 원단위 '0' 철도운영을 위한 노력을 계속하고 있음.



<그림 9> 2020년 EU 탄소배출 원단위 감축목표(단위 : gCO₂/인키로 또는 톤키로)

- (EU 수송·인프라 부문 건설시공에서의 탄소배출량 감축계획 발표) 수송부문에서 인프라 구축 시 저탄소 경제 전환과 노후화된 인프라를 교체 또는 현대화하고 인프라 주변 자연 훼손에 대한 복원을 통해 배출량을 저감하여 건설 시공에서의 탄소배출량을 2008년 대비 2030년까지 15% 감축할 계획을 발표함.

- 건축부문에서는 빌딩 에너지 효율지침 및 에너지 소비감축 실천계획을 수립하고, 세계 탄소시장 선점을 목표로 'SET 플랜'을 통해 녹색기술 중점 추진분야를 선정함. 특히, 모든 신규 공공부문 건물을 제로 탄소화하도록 했으며, 2019년까지는 민간부문까지 확장할 계획임.

<표 5> 유럽의 건설부문 주요 기후변화 정책

기후변화정책	해당기관
2019년까지 제로 탄소 건물화 추진	CLG ¹⁾
2020년까지 대규모 사업장과 공공기관에 배출권 거래제 시행	Defra ²⁾
2020년 15%, 2020년까지 에너지효율성 30% 향상	모든 정부 부처
수송 및 건설시공 시 배출량을 2008년 대비 2012년까지 15% 저감	Strategic Forum

- ※ 독일 : 2020년까지 탄소배출량의 40%를 감축하기 위해 전체 에너지 효율성을 약 20% 증대시킬 계획, 1차 대책으로는 신재생에너지 활용과 건축물 에너지 효율화 강화, 2차 대책으로는 주택의 에너지 효율 30% 개선 및 에너지 효율화를 위해 30억 유로 투입 등을 준비 중임.
- ※ 영국 : 2050년까지 탄소배출량을 80% 감축하기 위해 건축부문 에너지 효율에 대하여 다양한 정책을 추진 중, 2016년까지 Zero Carbon House 의무화를 추진 중에 있으며, 건축물의 종합적인 친환경성 평가를 인증하기 위해 BREEAM³⁾을 사용하고 있음.
- ※ 일본 : 국토교통성은 전체 배출량에 40%를 차지⁴⁾하는 건설부문에서 2010년 3,800만 톤, 에너지 고효율 장비사용 부문에서 20만 톤의 CO₂ 저감 목표를 설정함.
- * 공공건물 건설 시 적용하도록 '녹색공공건물 가이드라인'을 설정하고, 기존 건물 개보수 방안과 내진 설계 및 태양광 발전설비 확충 등을 포함한 '학교 뉴딜' 정책 수립.
- 그린 빌딩 인증제도 카스비(CASBEE, Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency) 운영.
- * 환경오염 저감을 감안한 건물평가 시스템으로서 품질과 환경부담의 경감이라는 측면에서 환경성을 평가
- ** 오사카와 나고야를 포함한 14개 지자체에서는 신축 평가 시 카스비 보고서를 제출하도록 의무화

□ (중국의 친환경 신재생 에너지 발전 capacity 확대 계획) 2007년 중국은 National Climate Change Programme을 통해 2010년까지 2005년 대비 GDP 당 에너지 소비량 20% 감축과 2020년까지는 30%를 추가 감축하겠다고 발표하였으며, 신재생에너지 비율을 10%까지 확대하겠다고 선언함.

- 최근에는 군제사회의 움직임에 편승하고 지속가능한 성장을 위해 저탄소경제로의 전환을 적극 시도를 발표하면서 2020년까지 GDP 당 CO₂ 배출량을 2005년 수준 대비 40~45% 감축목표를 제시함.
- 세부적 감축방안으로 기존의 '신재생에너지 중장기 발전계획'을 대폭 수정하여 풍력과 태양광 발전 능력을 각각 5배, 10배 이상 확대하였음.
- 전기자동차와 하이브리드카의 연구개발 지원, 시장조성 및 인프라 건설에 대한 투자를 확대하고 있음.
- 2020년까지 스마트그리드 구축을 위해 총 4조 위안을 투자할 계획을 발표함.

1) Department for Communities and Local Government

2) Department for Environment, Food and Rural Affairs

3) Building Research Establishment Environmental Assessment Method, 건물에 대한 환경성 평가 방법

4) 강일동, 일본의 저탄소사회 시나리오와 건설의 환경경영 사례, RICON 건설동향 09-06, p15(2009)

□ **(도로 교통분야 온실가스·연비 규제 강화 및 관련 기술개발 활발)** 지구온난화와 관련하여 연비 규제를 강화하려는 움직임이 확산되고 있는 한편, 국내·외 자동차업계에서는 온실가스 배출량 산정 및 검증방법 연구와 온실가스, 연비 인증제도 및 온실가스·연비 규제 시 실적산정에 반영할 수 있는 최신 기술 개발이 활발히 이루어지고 있음.

○ 유럽연합(EU) 집행위원회는 2007년 12월, 2015년까지 자동차의 이산화탄소 배출량을 130g/km 수준으로 감축하도록 의무화함. 자동차메이커에서 엔진 및 차량기술 개발을 수행하여 130g/km 수준을 달성하고, 이후 타이어, 연료, 바이오 연료의 사용 등 추가기술을 적용하여 추가적으로 10g/km 만큼을 감축하여, 2015년까지 해당 부분 CO₂ 평균배출량을 120g/km 수준으로 달성할 계획임.

○ 우리나라의 경우, 2012년 이후의 연비(17km/L 이상) 및 이산화탄소 배출량(140g/km 이하) 규제(안)를 제시하였으며, 2015년 이후에는 전체 신규 판매 차량이 규제안을 만족하여야 함. 이에 따라 자동차 업계는 온실가스 저감대책 수립 및 배출기준달성을 위한 대응방안 연구(국립환경과학원, 2010)에 능동적으로 대처 중임.

□ **(일본 녹색물류 환경행동 계획)** 일본 국토교통성은 2004년 교통 및 물류정책의 모든 측면에서 온실가스 저감 활동을 시키기 위한 “국토교통성 환경행동계획”을 수립, 2006년 4월 시행된 개정 에너지효율화법에 의해 환경물류에 관한 책임을 물류기업뿐만 아니라 화주에게도 부여하여 물류활동에서 발생하는 CO₂ 배출량을 매년 1%씩 줄이도록 의무화함.

<표 6> 일본 ‘국토 교통성 환경행동 계획-녹색물류’ 주요 내용

- CO ₂ 저감을 위해 화주기업·물류사업자·경제단체·행정기관 긴밀한 협력체계 구축
- 자가 트럭 운송에서 영업용트럭으로의 전환
- 트럭운송을 해운 또는 철도로의 모달시프트 촉진
- 철도와 연안 해송으로의 전환을 촉진하기 위해 철도와 연안해송의 기능 향상
- CO ₂ 배출 저감효과가 높은 사업에 대한 지원
- 친환경 연료전지를 사용하는 열차 개발 지원

- (물류종합효율화법 및 세제지원) 지구온난화에 보다 적극적으로 대처하기 위해서 2005년 10월부터 『물류종합효율화법』을 제정하고 시행, 구체적으로는 지구온난화에 대응하여 시설과 운송수단에 대해서 세제상의 특례를 인정하고 있음.
- 2009년부터 시행되고 있는 구체적인 사례를 보면 환경 부담이 적은 교통시설에 대해서 소득세와 법인세를 경감하고 이산화탄소 배출량이 적은 철도화물 수송 사업용의 자산에 대해서 법인세를 감면해주도록 함.
- 국토교통성은 수송부문에서 트럭운송을 해운 또는 철도로의 모달시프트(Modal Shift)를 촉진시키기 위해 지원정책을 추진함.

<표 7> 일본 사업별 모달시프트 지원 정책

구분	목적	내용	비고
신규 사업	화주와 물류기업 간 파트너십에 의한 CO ₂ 배출 감소	- 물류시스템에서 CO₂ 저감에 필요한 추가적 경비(인건비, 설비기기의 구입, 시스템개발비, 기타 경비 등 포함) - 보조대상 경비의 1/2지원(상한 1억 엔)	경제산업성 보조제도
보급 사업	화주와 물류기업 간 파트너십에 의한 에너지 고효율화	- 물류시스템의 에너지 고효율화에 필요한 경비(시설, 설비, 시스템 구축 등 포함) - 보조대상 경비의 1/3지원(상한 5억 엔)	신에너지·산업기술 종합개발기구(NEDO)

나. 신재생에너지

- 일본의 경우 2050년까지 세계 온실가스 배출량을 50% 감축하기 위한 중장기 지구 온난화 대응방안을 포함한 Cool Earth 50을 2007년 발표하고, Sunshine Project, New Sunshine Project, Moonlight program, Top Runner program 등의 정책을 통해 에너지 효율제고와 신에너지 기술의 도입을 위해 노력하고 있음.
- 특히, Cool Earth 50에서 우선개발 기술로 선정한 21개 혁신적 에너지기술 중 태양광 발전이 포함되어 있으며, 혁신적 태양광발전 로드맵을 마련해 2세대 초박막 결정질 실리콘, 초고효율 박막 태양전지, 유기박막/연료감응 등 유기계 태양전지 발전단가를 2030년까지 7¥/kWh, 발전효율 40% 달성, 그리고 3세대 양자 나노구조의 태양전지와 신개념 태양전지를 개발하여 2050년까지

발전효율 40% 이상 달성을 목표로 함.

- 또한 NEDO가 중심이 되어 결정질 실리콘 태양전지의 초박형화, 다양한 태양전지들의 다 접합화 및 헤테로 접합에 의한 고성능화를 포함한 요소기술을 포함하는 All Japan 프로젝트를 추진 중임.

□ 독일의 경우, 재생에너지법(EEG, Renewable Energy Sources Act)을 기반으로 고정가격제, R&D 투자, 태양광 지붕 프로그램, 솔라벨리 조성 등을 지원함.

□ 미국의 경우 청정에너지(Clean energy)에 향후 10년간 1,500억불을 투자하여 500만개의 그린칼라 일자리 창출을 목표로 하고 있으며, 2012년까지 전력의 10%를 재생에너지로 공급하고 2025년까지 25%의 공급목표를 수립함.

- 특히, 경기부양법(American Recovery and Reinvestment Act; ARRA)에서 재생에너지 산업 육성에 209억불을 투입하며 직접적 보조(60억불)보다 감세(10년간 149억불) 지원에 초점을 맞추고 있으며, 2006년 Solar Energy Initiative(SAI)에서 태양광을 2015년까지 다른 에너지원과 경쟁이 가능하고, 정부 보조금 없이 발전하는 것을 목표로 설정함.

- 또한 SAI의 후속 프로그램은 'Sunshine Initiative Project'에 착수하여 2020년까지 연간 2억 달러를 투자할 계획임.

□ 중국의 경우 세계 2위의 에너지 소비국으로 2030년 세계 에너지 수요의 약 20%를 차지할 것으로 예상되며 신재생에너지 부문의 육성을 에너지 안보문제 해결, 환경문제에 대한 국제 사회로부터의 압력해소, 지역균형개발, 신성장동력 창출과 같은 다원적인 효과를 가진 정책으로 인식하고 적극 추진 중임.

- 중국은 넓은 국토와 풍부한 일조량으로 태양광발전에 적합하기 때문에 풍력과 함께 미래 핵심 신재생에너지원으로 육성할 계획이며, 2009년 기준으로 305MW의 태양광발전 누적 설치량을 나타내었으며 2020년까지 20GW의 신규 설치를 목표로 하고 있음.

2. 국내정책동향

가. 온실가스 관리 및 저감

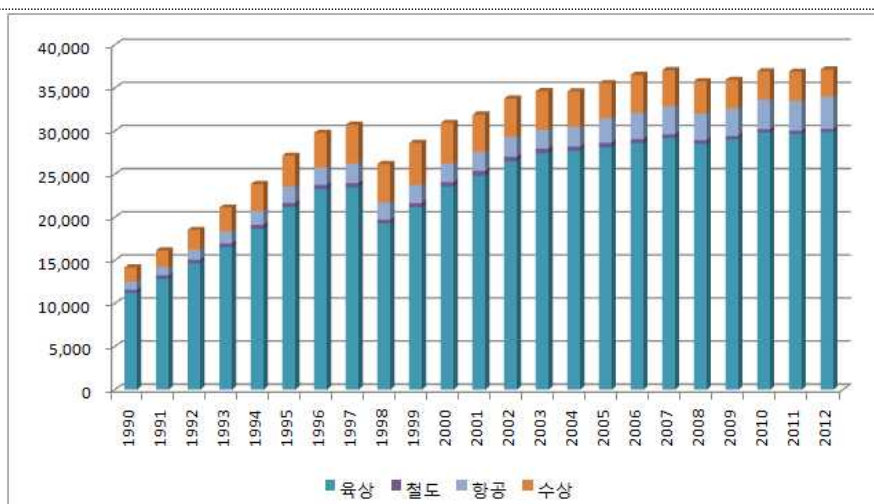
□ (국내 연간 최종에너지 소비량 지속적 증가) 국내 에너지 소비 현황을 살펴보면, 연간 최종에너지 소비량은 지속적으로 증가하고 있음. 2012년의 총 최종에너지 소비량은 208,120천TOE로 1990년에 비해 160% 증가하였음(1990~2010년 기준 연평균 4.9% 상승).

○ 교통부문 2012년 에너지소비량(37,143천TOE) 중 도로교통부문이 29,886천TOE로 전체의 80.5%를 차지하고 있으며, 항공(10.0%), 해운(8.5%), 철도(1.0%)의 순을 나타내고 있음.

<표 8> 분야별 연간 최종 에너지 소비량(단위 : 천TOE, %)

분야	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
산업	36,150 (48.1)	62,946 (51.6)	83,912 (56.0)	94,366 (55.2)	97,235 (56.0)	104,327 (57.5)	106,458 (58.3)	106,119 (58.3)	116,910 (59.8)	126,886 (61.6)	128,324 (61.7)
가정 상업	21,971 (29.3)	29,451 (24.1)	32,370 (21.6)	36,861 (21.6)	35,986 (20.7)	35,916 (19.8)	36,225 (19.8)	35,722 (19.6)	37,256 (19.0)	37,542 (18.2)	37,884 (18.2)
수송	14,173 (18.9)	27,148 (22.3)	30,945 (20.7)	35,559 (20.8)	36,527 (21.1)	37,068 (20.4)	35,793 (19.6)	35,930 (19.7)	36,938 (18.9)	36,875 (17.9)	37,143 (17.8)
공공 기타	2,812 (3.7)	2,416 (2.0)	2,625 (1.7)	4,068 (2.4)	3,836 (2.2)	4,144 (2.3)	4,100 (2.3)	4,295 (2.4)	4,483 (2.3)	4,560 (2.2)	4,769 (2.3)
합계	75,107	121,962	149,852	170,854	173,584	181,455	182,576	182,066	195,587	205,863	208,120
증가율	14.0%	8.7%	4.7%	2.9%	1.6%	4.5%	0.6%	-0.3%	7.4%	5.3%	1.1%

* 출처: 2013년 에너지통계연보, 산업통상자원부 · 에너지경제연구원, 2013



<그림 10> 수송분야 수단별 에너지 소비량

□ (수송부문, 국내 온실가스 주요 배출원) 수송부문은 에너지 부문 중 연료연소 부문에 속하며, 우리나라 온실가스 배출량의 12.2%를 차지하는 주요 배출원임 (2011년 기준).

- 수송부문 온실가스 배출량은 1990년대 경제성장과 더불어 급격히 상승(연평균 7.7%)하였으나, 2000년대 중반 이후 완만한 증가 추세를 보임(최근 5년간 평균 1.0%). 우리나라의 2011년 온실가스 총배출량은 697.7백만톤CO₂e이며, 1990년 총배출량(295.7백만톤CO₂e)에 비해 136.0% 증가함.
- 교통수단별로 살펴보면 교통분야 온실가스(85백만톤CO₂e)는 대부분 도로 부분에서 배출(94.8%)되며, 해운 2.7%, 항공 1.4%, 철도 0.7%, 기타 수송⁵⁾ 0.5%를 차지하고 있음(2011년 기준).

<표 9> 분야별 온실가스 배출량(단위 : 백만톤CO₂e, %)

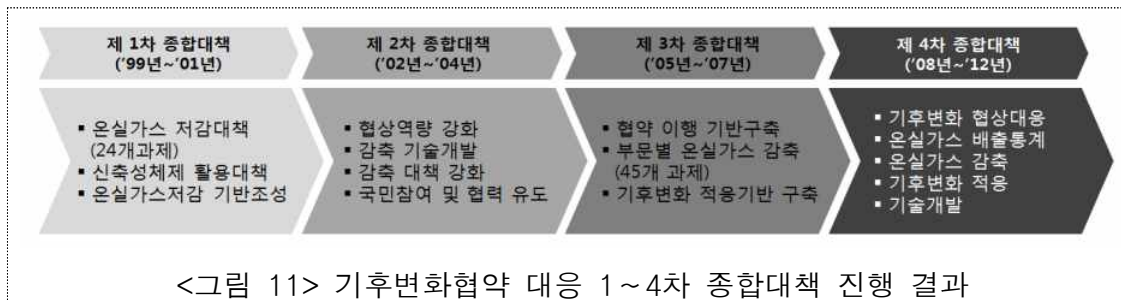
구 분	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
■ 에너지	241.0 (81.5)	353.5 (79.8)	410.8 (80.4)	467.5 (82.1)	473.9 (82.4)	494.4 (83.6)	508.8 (84.0)	515.1 (84.6)	568.9 (85.2)	597.9 (85.7)
- 에너지산업	47.8 (16.2)	91.6 (20.7)	134.9 (26.4)	177.2 (31.1)	186.3 (32.4)	197.7 (33.4)	211.8 (35.0)	230.5 (37.8)	256.1 (38.3)	264.1 (37.9)
- 제조업 및 건설업	76.5 (25.9)	116.9 (26.4)	129.8 (25.4)	134.9 (23.7)	136.3 (23.7)	142.8 (24.1)	147.4 (24.3)	137.0 (22.5)	161.3 (24.2)	182.7 (26.2)
- 수 송	34.8 (11.8)	63.4 (14.3)	68.6 (13.4)	80.4 (14.1)	81.2 (14.1)	85.0 (14.4)	82.8 (13.7)	83.7 (13.7)	85.4 (12.8)	85.0 (12.2)
- 기 타	76.5 (25.9)	78.5 (17.7)	73.3 (14.3)	69.5 (12.2)	64.4 (11.2)	62.8 (10.6)	60.5 (10.0)	58.1 (9.5)	59.0 (8.8)	58.4 (8.4)
- 탈루성 배출	5.4 (1.8)	3.1 (0.7)	4.1 (0.8)	5.4 (0.9)	5.7 (1.0)	6.1 (1.0)	6.3 (1.0)	5.9 (1.0)	7.2 (1.1)	7.7 (1.1)
■ 산업공정	20.2 (6.8)	49.4 (11.2)	58.5 (11.4)	64.5 (11.3)	63.8 (11.1)	60.8 (10.3)	60.6 (10.0)	57.8 (9.5)	62.6 (9.4)	63.4 (9.1)
■ 농 업	24.6 (8.3)	25.3 (5.7)	24.4 (4.8)	22.0 (3.9)	21.8 (3.8)	21.8 (3.7)	21.8 (3.6)	22.1 (3.6)	22.1 (3.3)	22.0 (3.2)
■ 폐기물	9.9 (3.3)	14.6 (3.3)	17.6 (3.4)	15.4 (2.7)	15.8 (2.7)	14.4 (2.4)	14.3 (2.4)	14.1 (2.3)	14.0 (2.1)	14.4 (2.1)
배출량 합계	295.7	442.8	511.2	569.5	575.2	591.4	605.4	609.2	667.8	697.7
증가율		8.3	7.1	0.6	1.0	2.8	2.4	0.6	9.6	4.5

* 배출량 합계는 LULUCF를 제외한 값임(2013년도 국가 온실가스 인벤토리 보고서, 온실가스종합정보센터)

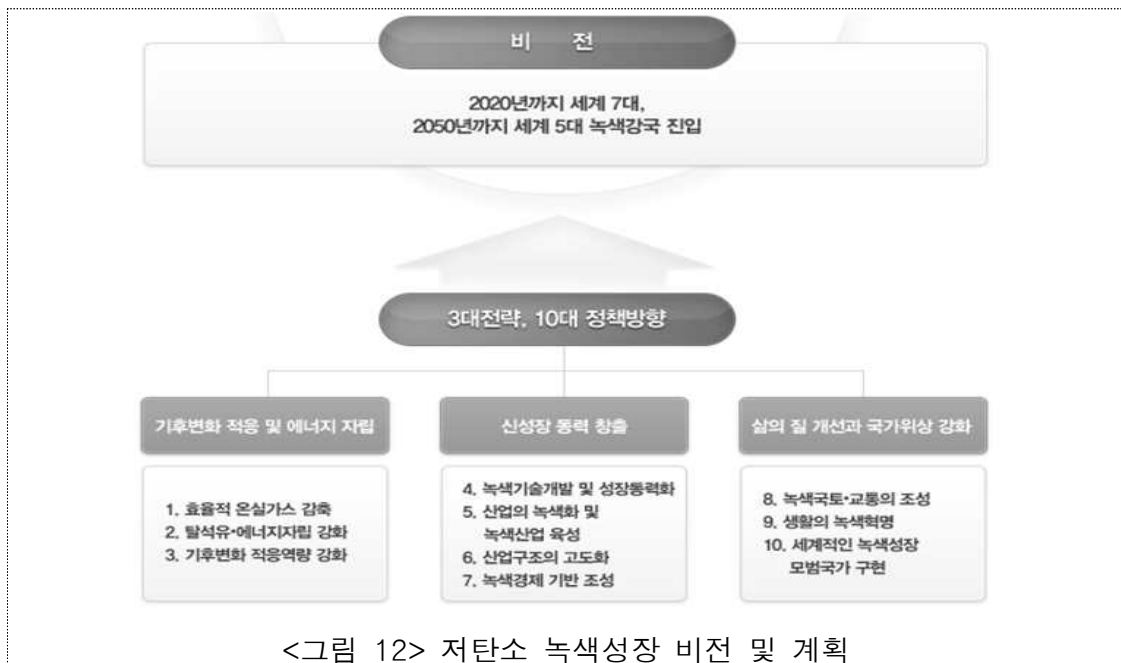
5) 기타 수송분야는 환경부의 “2010년도 국가 온실가스 통계 산정·검증·보고지침”에 의해 추가된 부문으로 분류되지 않은 수송, 파이프라인 수송, 공항 및 항구의 지상 운송수단, 다른 카테고리에 포함되지 않는 비도로 수송 부분이 해당됨

□ (우리나라 기후변화협약 대응체제 마련 분위기) 현재 우리나라는 세계 15위권의 경제규모와 10위권의 온실가스 배출규모를 가지며 국제적 온실가스 감축 의무를 요구받을 수 있는 상황임.

○ 국내에서는 처음으로 1999년부터 제4차에 걸친 ‘기후변화협약 대응 종합대책’을 수립하여 온실가스 감축을 위한 부문별 단기 및 중장기 국가목표를 설정하고, 기후변화 적응대책을 시행하였음.



○ 우리나라는 저탄소 녹색성장이라는 슬로건 아래 각 부문별로 녹색성장 계획을 발표하고, 기후변화대응체제 마련을 위한 제도 마련에 힘씀.



- 정부에서는 저탄소 녹색성장법 제42조 기후변화 대응 및 에너지 목표 관리, 제44조 배출량 및 에너지 사용량 등의 보고, 제46조 총량제한 배출권 거래제 등의 도입 등 온실가스 감축규제에 대한 제도적 기반을 형성함.



- (우리나라 선발개도국으로서 자발적 감축목표 설정) 2009년 11월, 정부에서는 국제환경 변화에 능동적으로 대처하기 위해 국가 온실가스 중기 감축목표를

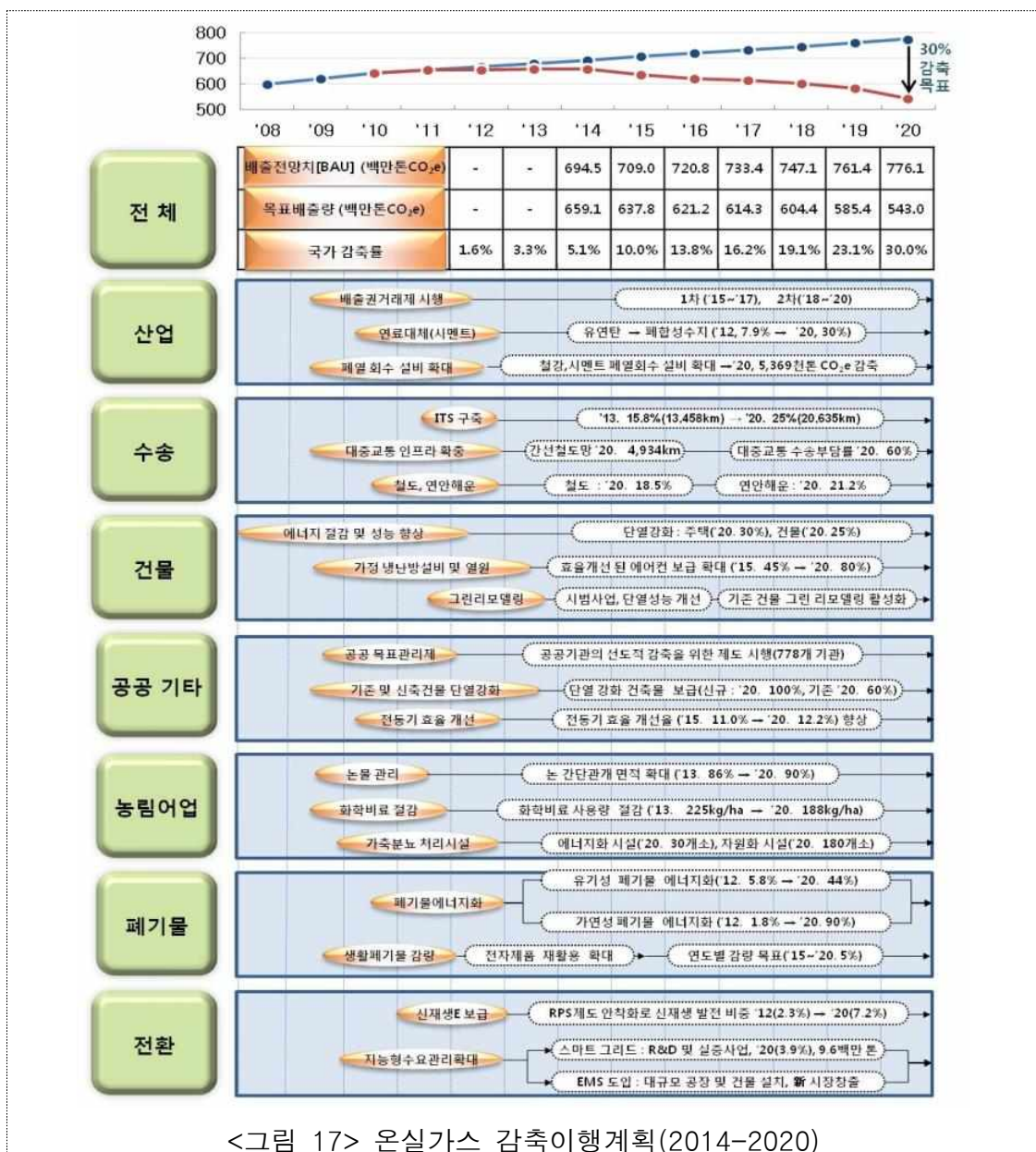
2020년까지 BAU 대비 30%로 설정하여 대내외에 공표함.

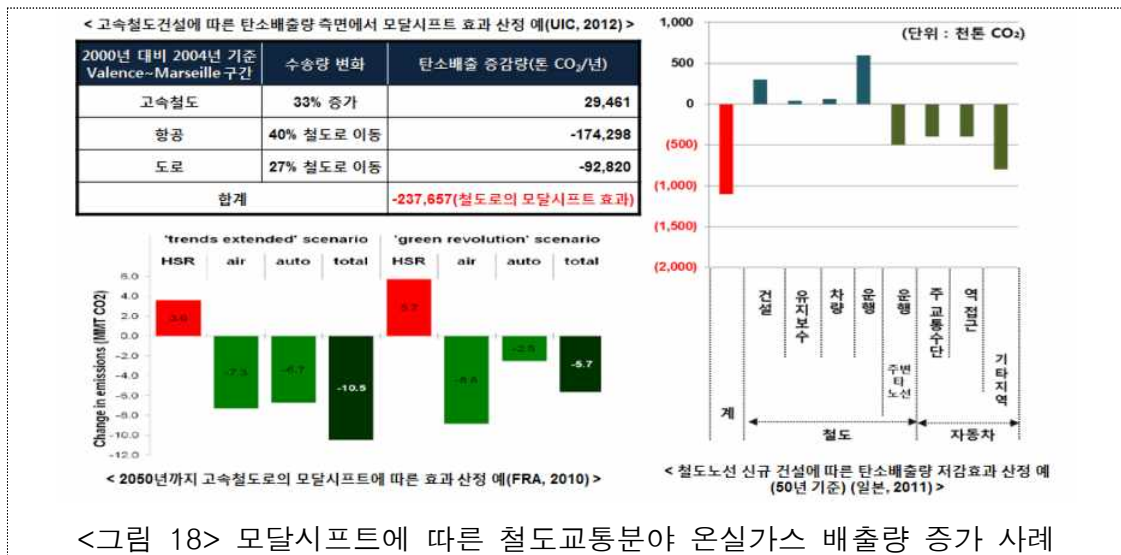
- 2011년 부문별 온실가스 감축목표를 설정하고 2014년 1월 이를 그대로 유지하여 2020년까지 국가 온실가스 감축을 위한 로드맵 마련·확정함. 분야별 감축목표 설정(2011.7): 산업 18.2%, 전환(발전) 26.7%, 수송 34.3%, 건물 26.9%, 농림어업 5.2%로 설정함.



□ (온실가스 감축목표 달성의 Key player, 수송부문) 2020년까지의 국가 온실가스 중기 감축목표를 설정하면서, 전체적으로 약 20%를 차지하고 있는 수송부문의 역할을 강조함.

- (수송부문의 온실가스 감축목표 달성의 주요수단은 철도로의 수요전환)
수송부문의 34.3% 감축목표 달성의 주요수단 중 하나는 타 교통수단에서 철도로의 모달시프트로 이에 따른 철도교통분야의 산업 전반에 걸친 온실가스 배출부담 가중 및 감축에 대한 기술개발 수요가 증대할 것으로 예상됨.





□ (건설·교통분야, 기후변화대응 정책 마련 및 적용) 세부적으로 건설·교통분야에서 기후변화대응에 적용할 수 있는 주요 정책으로는 탄소성적표지제, 환경성적표지제, 배출권거래제, 온실가스·에너지 목표관리제 등이 있음.

○ 현재 시행되고 있는 건축물 분야의 환경관련 제도는 환경 전과정평가 및 에너지 효율 향상을 위한 신재생에너지 도입 등이 있음.

<표 10> 건설분야와 관련된 국내 주요 기후변화대응 정책 요약

정책	시행목적 및 근거	운영기관
탄소성적표지제	제품과 서비스의 생산 및 수송, 유통, 사용, 폐기 등의 과정에서 발생하는 온실가스의 배출량을 제품에 표기하여 소비자에게 제공함으로써 시장주도로 저탄소 소비문화 확산에 기여함(근거: ISO 14040s, 탄소성적표지 인증업무 등에 관한 규정, 환경부 고시 제2009-86호)	환경부
환경성적표지제	환경성적표지제도는 시장에서 녹색소비자가 친환경 제품에 대한 구매를 지원하기 위하여 제품에 대한 정확한 환경성 정보를 쉽고 투명하게 공개함으로써 잠재적으로 시장주도의 지속적인 환경개선을 유도(근거: ISO 14020s, 환경성적표지 작성지침 및 인증기준, 환경부 고시 제2002-30호)	환경부
온실가스·에너지 목표관리제	정부가 관리업체(온실가스 다배출 및 에너지 다소비 업체)의 온실가스 배출량과 에너지 사용량에 대한 목표를 부과하고, 이에 대한 실적을 점검·관리해 나가는 제도로서 국가 온실가스 배출의 효율적 감축을 위하여 국가 전체 배출량의 60% 이상을 차지하는 470개 업체 및 사업장을 대상으로 온실가스 및 에너지 목표관리제를 추진 (근거: ISO 14064, ISO 14065, 온실가스·에너지목표관리 운영지침(안))	환경부
배출권 거래제	교토의정서 제17조에 정의되어 있는 배출권거래제는 온실가스 감축의무 국가가 의무감축량을 초과 달성하였을 경우, 이 초과분을 다른 온실가스 감축의무국가와 거래할 수 있도록 하는 제도(근거: 교토의정서 제17조 규정)	환경부

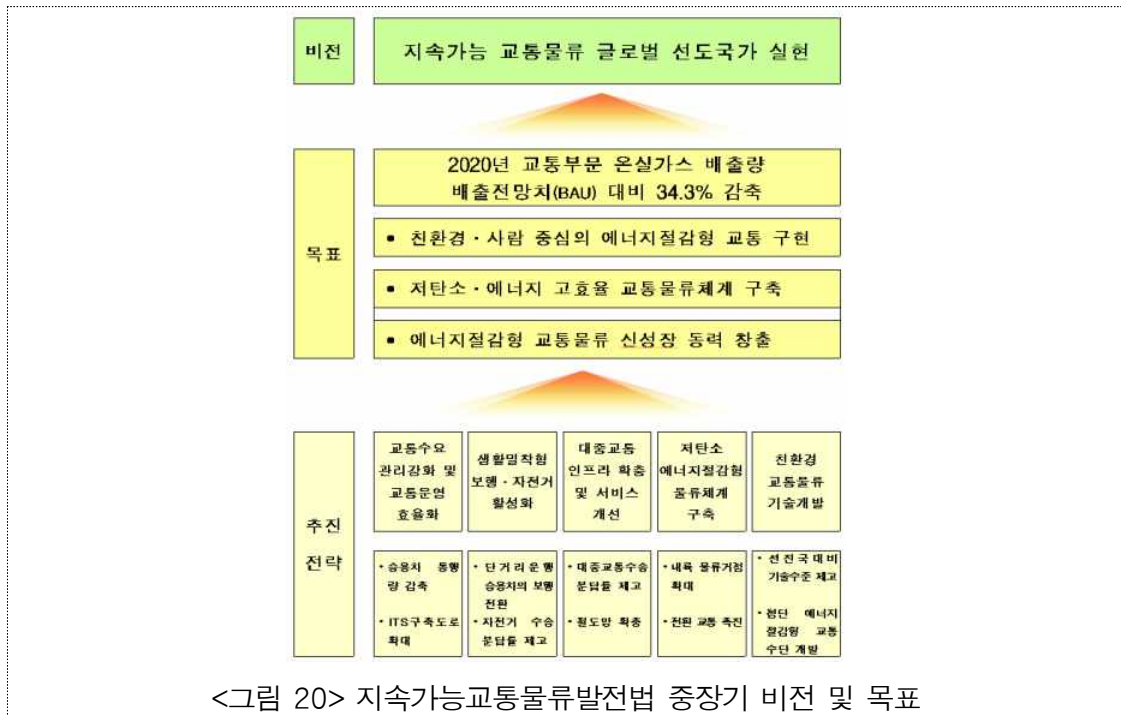
<표 11> 국내 건설분야 환경관련 제도

제 도	시행목적 및 근거	운영기관
친환경건축물	건축물의 생애주기 전체에 걸쳐 환경에 영향을 미치는 요소에 대한 평가를 통해 건축물의 환경성능을 인정함으로써 친환경 건축물의 건설 유도를 촉진함(근거 : 건축법 제 65조, 친환경건축물의 인증에 관한 규칙)	국토해양부, 환경부
건물에너지효율 등급 인증제도	건축분야의 고효율에너지기자재 등의 사용 및 종합 에너지 시스템과의 연계성을 고려하여 일정 성능 이상의 에너지 효율을 높이는 건물에 대하여, 효율 등급 기준에 필요한 사항을 규정하여 에너지 효율 및 절약이 우수한 건물을 보급·촉진함(근거 : 건축물 에너지효율등급 인증규정국토해양부고시 제 2009-1306호)	에너지 관리공단
건축물 에너지절약 설계기준	건축물 부위별 단열규정 명시, 일부 고효율 에너지 기자재 적용 의무화, 에너지 성능지표(EPI) 규정 마련(근거 : 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙)	국토해양부 (의무)
건축물 에너지 관리기준	건축물을 유지·관리함에 있어서 지켜야할 에너지 관리에 관한 기준을 정함. 건축물의 에너지 원단위 관리기준, 종합에너지관리기준, 부위별 에너지 관리기준으로 구분됨(근거 : 에너지이용 합리화법 제 30조)	지식경제부 (의무)
신재생에너지 사용의무화 제도	공공기관이 발주하는 연면적 3천㎡ 이상의 신축건축물에 대해서 건축공사비의 5% 이상을 신재생에너지 설비에 의무적으로 사용하도록 하는 제도	지식경제부 (의무)

- (국토해양부, ERP 2020 프로그램 마련) 2009년 2월 국토해양부 철도차량기술과에서는 철도시스템의 지속가능한 녹색 경쟁력 확보를 위해 2020년까지 온실가스 감축목표 및 이행방안을 수립한 “Eco-green Railway Program 2020”을 발표하였음.



- (국토해양부, 지속가능교통물류발전법) 2009년 6월 국토해양부에서는 지속가능교통물류발전법을 제정·공포하였으며, ‘제1차 지속가능 국가교통물류발전 기본계획(2011~2020)’을 수립하여 녹색교통기술의 개발 및 보급 강화를 위해 노력하고 있음.



- (국토해양부, 건설기술 녹색성장 실행계획 마련) 국토해양부에서는 ‘건설기술진흥 기본계획’을 수정하여 건설단계별 실행계획을 수립하였는데, 재료단계에서의 전 생애적 관점에서 온실가스 배출량을 평가하기 위한 모델을 개발하고 이에 따른 통계시스템을 단계적으로 구축하였음.

<표 12> 건설기술 녹색성장 실행계획 주요내용

추진과제		조치사항	시한
기획 설계	녹색성장 반영 건설기준 정비	정비 대상기준 선정, 신공법 표준품셈에 반영	연 1회
	기술력 평가 강화를 통한 녹색기술 확대	건기법령 개정 교육 실시	지속추진
재료	전 생애적 관점에서 온실가스 평가	(자재 시공 포함) 시설물별 탄소배출량 평가모델 수립	’10
	시설물별 온실가스 배출 통계시스템 구축	통계시스템 구축(R&D 추진)	’12
시공	토사 및 오염물질 유출 방지	건설환경관리 표준시방서 개정	’11

	건설현장 환경보전 및 복원 대책 마련	건설환경관리 표준시방서 개정	'11
	환경관리비 제도 개선	건기법 시행규칙 개정 및 관련고시 제정	'12
유지 보수	시설물 보수, 보강기준 마련	보수, 보강 설계 및 시공 기준 마련	'11
해체	건설폐기물 관리시스템 구축	건설폐기물 재활용에 관한 법률 시행규칙 개정	'12
	폐기물 재활용 기술 개발 및 보급	R&D 수행 및 홍보	'11
녹색건설 기술개발	녹색건설기술 R&D 확대 및 시범사업 추진	녹색 R&D 수행계획 마련, 상시 제안 등 녹색과제 선정	'10. 6 지속추진
	건설기술 연구 협력체계 활성화	건설기술 연구포럼 활성화	'12
녹색성장 인력양성	녹색건설 교육프로그램 개발	녹색인력 역량 모델 및 교육 프로그램 개발	'11
	교육기관 협력 강화	교육기관 협의체 구성	'10 지속추진
녹색성장 지원제도	녹색성장 지원 기반 구축	녹색성장 성과지표 개발	'11
	친환경 시설물 인증제도	인증 기준 마련	'12

나. 신재생에너지

- 정부는 1987년 「대체에너지개발 촉진법」을 제정하고, 태양열과 폐기물 에너지에 대한 상용화 및 보급을 시작하고 본격적인 신재생에너지 기술개발을 추진하였음.
- 1997년에는 신재생에너지의 이용보급을 확대하기 위해 「제1차 신재생에너지 기술개발 및 이용 · 보급 기본계획」 수립하여 2006년 기준 1차 에너지의 2%를 신재생에너지로 공급할 계획을 수립하였으며, 「제2차 신재생에너지 기술개발 및 이용 · 보급 기본계획」을 2003년에 수립하여 2011년까지 총 에너지 수요의 5%를 신재생에너지로 공급하고 태양광 · 풍력 · 연료전지 분야는 선택과 집중을 통한 지원강화와, 수소분야 기반확보를 지원하고, 태양열 · 바이오 분야 등은 보급중심의 실용화 촉진을 위해 지원하였음.
- 이후 2008년 12월에 「제3차 신재생에너지 기술개발 및 이용 · 보급 기본계획 (2009~2030)」을 수립하여 2030년까지 1차 에너지 수요의 11%를 신재생에너지로 보급할 계획을 추진 중에 있음.



- 2009년 1월 태양광10만호 보급사업을 「그린홈 100만호 보급사업」으로 확대하고, 2010년 6월에 신재생에너지 공급의무화제도의 도입, 공공건물 신·재생에너지이용 의무화제도 강화, 신재생에너지이용 건축물인증제 도입, 신·재생에너지전문 기업제도의 등록의무제를 임의신고제로 완화 등을 주요 내용으로 「신에너지 및 재생에너지개발 · 이용 · 보급 촉진법」을 개정하였음.
- 2010년 10월에 발표된 「신재생에너지산업 발전전략」에 따라 우체국, 항구, 학교, 물류창고, 산업단지, 고속도로 휴게소, 군부대시설, 공장건물 등에 대한 10대 그린프로젝트, 해외진출지원사업, 테스트베드 사업을 실시하고 있으며, 2012년 1월부터는 발전 사업자를 대상으로 발전량의 일정비율을 신재생에너지로 발전하여 공급하게 하는 신재생에너지 공급의무화(RPS)제도를 시행하고 있음.

<표 13> 연도별 주요 정책 및 제도 변화

구분	주요 정책 및 제도 변화
1980년대	- 1970년대 석유파동이후 신재생에너지 기술의 태동기 * 태양열, 태양광 등 11개 분야의 신재생에너지 개발을 추진
	- 1987년 12월 「대체에너지기술 촉진법」 공포
	- 1980년 중반부터 태양열 온수기, 폐기물 소각시설을 중심으로 보급 시작
1990년대	- 신재생에너지 기술의 성장기
	- 신재생에너지, 에너지절약, 청정에너지기술에 대한 통합적이고 체계적인 「에너지 기술개발 10년 계획(1997~2006)」을 수립·추진(1997.1)
	- 1997년 1월, 「제1차 신재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획 (1997~2006)」수립
	- 1997년 12월 「대체에너지 개발촉진법」을 「대체에너지개발 및 이용·보급 촉진법」으로 개정 * 태양열, 태양광 폐기물, 바이오 등 다양한 기술의 보급기반 구축
2005년	- 신재생에너지산업 육성 및 보급 활성화

이전	- 2002년 3월 「대체에너지개발 및 이용·보급 촉진법」 재개정 * 발전차액지원, 인증, 공공의무화 도입 등
	- 2003년 2월 「대체에너지개발보급센터」 설립 * 태양광, 풍력, 수소·연료전지 등 3대 분야 중점 개발 - 2003년 9월 「신재생에너지설비 인증제도」 도입 - 2003년 12월 「제2차 신재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획 (2003~2012)」 수립 * 총 1차 에너지 기준 신재생에너지 공급 비중 2006년 3%, 2011년 5% 목표달성을 위한 세부추진계획 수립
	- 2004년 12월 「신에너지 및 재생에너지개발·이용·보급 촉진법」으로 법령 전면 개정 * 국제표준화 지원, 신재생에너지 공공의무화, 발전차액지원 및 전문기업 제도 도입, 신재생에너지기술개발 성과의 사업화 지원, 특성화대학 및 연구센터 지정 인력양성 강화 등
2005년 ~2008.2	- 2006년 9월 「신에너지 및 재생에너지개발·이용·보급 촉진법」 일부 개정 * 기본계획수립 시 “온실가스배출 저감목표” 포함
	- 2007년 7월 「신재생에너지 통합 A/S 신고센터」 개소
2008.3~ (저탄소녹색 성장	- 2008년 8월 「제1차 국가 에너지 기본계획」 수립 - 2008년 12월 「제3차 신재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획」 발표
	- 2009년 1월 태양광 10만호 보급사업을 「그린홈 100만호 보급사업」으로 확대 * 2008.8.15. 대한민국 건국 60주년 기념사, 2020년까지 그린홈주택 100만호 보급 천명 - 2009년 4월 「2009년도 신재생에너지 기술개발 및 이용·보급 실행계획」 발표 * △ 국산제품 보급 확대, △ 기술개발 수출산업화 정책, △ 보급제도 개선 등을 골자로 함 - 2009년 5월 「에너지·자원 기술개발 관리」 업무를 에너지기술평가원으로 이관
	- 2010년 6월 「신에너지 및 재생에너지개발·이용·보급 촉진법」 재개정 * △신재생에너지 공급의무화제도의 도입, △공공건물 신재생에너지 이용의무화제도 강화, △신재생에너지이용 건축물인증제 도입, △신재생에너지 전문기업 제도의 등록 의무제를 신고제로 완화 등 - 2010년 10월 “신재생에너지산업발전전략” 수립
	- 2011년 1월 「신재생에너지산업 발전전략」 세부과제 추진 ■ 「10대 그린프로젝트」 * 우체국, 항구, 학교, 물류창고, 산업단지, 고속도로 휴게소, 군부대시설, 공장건물 등 ■ 「해외진출 지원 사업」 * △ 해외시장조사 및 프로젝트 발굴, △ 해외 신재생에너지 설비인증 획득지원, △ 해외시장 개척지원, △ 신재생에너지 전문가 해외연수·교육, △ 국제 전시회 개최 지원, △ 해외타당성조사사업(F/S) ■ 「테스트베드」 * △ 태양광(3) 충청권, 대경권, 호남권 △ 풍력(2) 호남권, 동남권 △연료전지(1) 대경권 - 2011년 4월

	■ 설치의무화 대상 건축물의 신재생에너지 이용 강화 * 제도 변경 : 건축비 기준 5% 이상 → 에너지사용량 기준 10% 이상 ■ 「건축물인증제」 도입 * 민간소유 1,000m^2 이상의 신축 업무용 건축물 대상 - 2011년 10월 “모두가 체감하고 함께하는 신재생에너지” 대책 발표
	- 2012년 1월 ■ 「RPS 제도」 도입 : 시장원리 적용 * '02년부터 추진된 FIT가 국가재정 부담 등으로 인해 발전 사업자를 대상으로 신재생에너지 공급의무화 시행 ■ 「건축물 연면적 하향 조정」 * 건축물 연면적 하향 : 3,000m^2 이상 → 1,000m^2 이상

- 정부에서는 신재생에너지 보급 목표로 1차 에너지 대비 신재생에너지 비중은 2015년 3.6%, 2020년 4.2%, 2030년 5.7%에 이를 전망이나, 월별 공급 잠재량과 공급 가능량, 월별 기술수준 및 경제성, 월별 설비단가에 따른 투자규모, 월별 국민경제 파급효과 및 산업연관효과 등을 고려하여 2015년 4.3%, 2020년 6.1%, 2030년 11.0%로 설정하였음.

<표 14> 제3차 기본계획에 의한 신재생에너지 공급목표(단위 : 천TOE)

구분	2008	2010	2015	2020	2030	2008~2030 연평균 증가율(%)
태양열	33 (0.5)	40 (0.5)	63 (0.5)	342 (2.0)	1,882 (5.7)	(20.2)
태양광	59 (0.9)	138 (1.8)	313 (2.7)	552 (3.2)	1,364 (4.1)	(15.3)
풍력	106 (1.7)	220 (2.9)	1,084 (9.2)	2,035 (11.6)	4,155 (12.6)	(18.1)
바이오	518 (8.1)	987 (13.0)	2,210 (18.8)	4,211 (24.0)	10,357 (31.4)	(14.6)
수력	946 (14.9)	972 (12.8)	1,071 (9.1)	1,165 (6.6)	1,447 (4.4)	(1.9)
지열	9 (0.1)	43 (0.6)	280 (2.4)	544 (3.1)	1,261 (3.8)	(25.5)
해양	0 (0.0)	70 (0.9)	393 (3.3)	907 (5.2)	1,540 (4.7)	(49.6)
폐기물	4,688 (73.7)	5,097 (67.4)	6,316 (53.8)	7,764 (44.3)	11,021 (33.4)	(4.0)
합계	6,360	7,566	11,731	17,520	33,027	(7.8)
1차 에너지 (백만TOE)	247	253	270	287	300	(0.9)
비중	2.58%	2.98%	4.33%	6.08%	11.0%	

○ 2005년 EU 25개국 내 1만 1,963개 업체를 대상으로 탄소배출 할당량을 지정하며 배출권거래제가 본격 시행됨.

○ 북미와 아시아 지역에서도 거래제를 도입해 10개의 탄소시장을 운영 중임.

○ 스위스, 뉴질랜드, 카자흐스탄(이상 배출권거래제), 호주(탄소가격제) 등이 국가 차원에서 탄소시장을 운영하고 있으며, 미국, 일본, 중국 등은 지자체 중심으로 배출권거래제를 운영하고 있음.

○ 인도(2014년), 한국(2015년), 브라질, 칠레 등도 탄소시장 도입을 계획임.

□ (탄소시장 지역 간 불균형 심화) 주요 배출국의 교토의정서 체제 탈퇴로, 탄소시장 지역 간 불균형이 지속되고 있음.

○ EU의 탄소배출 할당 규모가 전체의 약 73%를 차지해 가장 큰 시장을 형성하고 있으나, 미국(2001년), 캐나다, 일본, 러시아(이상 2011년) 등이 교토의정서 체제를 탈퇴하면서 국가 차원에서보다는 지자체 중심으로 탄소시장을 운영하는 실정임.

<표 15> 탄소시장의 구조(단위: 백만 톤CO₂)

지역	지역	단위	설립시기	할당량*	비중(%)
유럽	EU	국가연합	2005	2,250	72.7
	스위스	국가	2008	3	0.1
아시아/ 태평양	뉴질랜드	국가	2010	32	1.0
	일본 도쿄	지자체	2010	10	0.3
	호주	국가	2012	330	10.7
	카자흐스탄	국가	2013	168	5.4
	중국 선전	지자체	2013	32	1.0
북미	미국 RGGI**	지자체 연합	2009	83	2.7
	미국 캘리포니아	지자체	2012	163	5.3
	캐나다 퀘벡	지자체	2013	23	0.8

* 할당량은 2013년 기준

** Regional Greenhouse Gas Initiative: 미국 10개 주(코네티컷, 델라웨어, 메인, 메릴랜드, 매사추세츠, 뉴햄프셔, 뉴저지, 뉴욕, 로드아일랜드, 버몬트 등)

※ 출처 : Carbon Finance(2013), 삼성경제연구소(2013)

□ (최근까지 탄소배출권 거래량은 증가, 그러나 거래액은 큰 폭 하락) 2012년 글로벌 탄소시장의 거래량은 전년 대비 25.3% 증가했으나, 거래액은 36.7% 하락하고 있음.

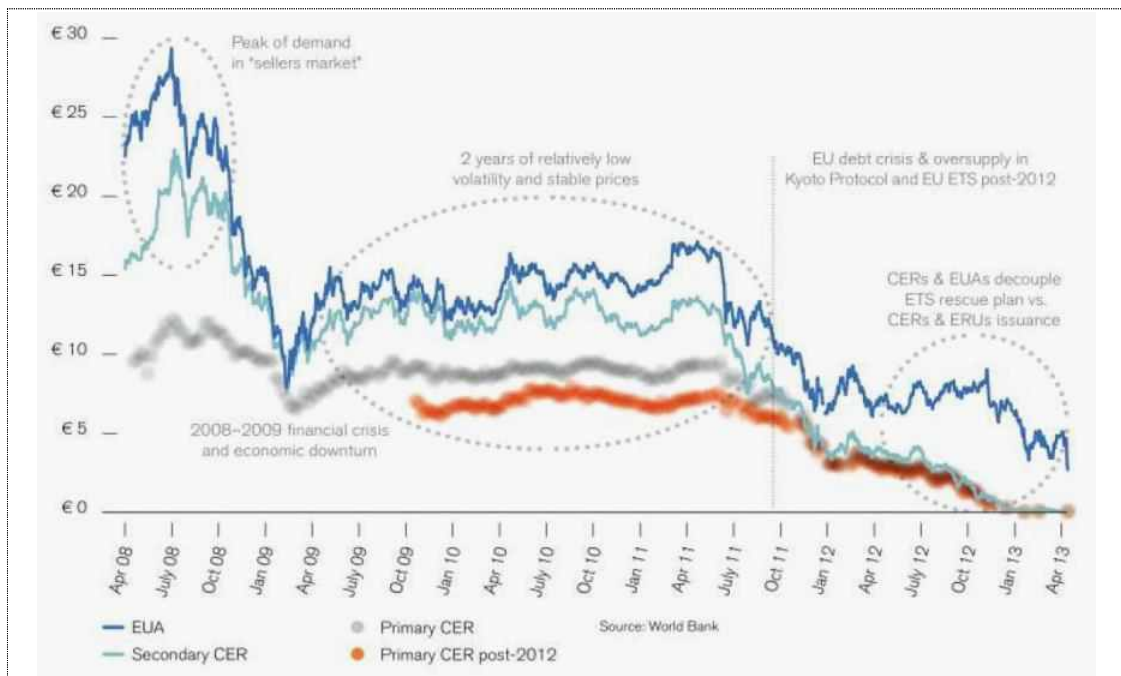
○ 탄소배출권 거래량을 기준으로 2011년 87억 tCO₂는 2012년 109 tCO₂로 증가했으나, 거래액은 동일 기준년 대비 98십억 유로에서 62십억 유로로 감소함.

○ 2012년 탄소배출권의 가격급락(전년대비 △49.5%)이 주요 원인으로 EU의 경기악화에 따른 탄소배출이 급감하며 배출권 공급과잉이 심화되었기 때문임.

<표 16> 글로벌 탄소시장의 거래량 및 거래액, 평균가격 추이(단위: 억 톤CO₂, 십억유로, 유로/톤CO₂)

구분	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년
거래량	2	7	12	31	71	69	87	109
거래액	3	10	21	63	80	86	98	62
가격	15	14	18	20	11	12	11	6

*출처 : Bloomberg New Energy Finance



<그림 23> 2008년 ~ 2013년 EUA & CER 가격 추이

□ (미국 지자체 중심의 탄소시장) 미국의 전체 거래시장의 15% 정도가 옵션 시장이고 주요 시장은 CCX와 RGGI가 있음.

○ 미국이 차지하고 있는 탄소시장의 규모는 약 5억 달러로 전 세계 탄소시장 규모인 1,369억 달러에 비하면 크게 못 미치는 수준임.

<표 17> 미국의 탄소시장

구분		거래량(Mt CO ₂ e)	시장가치(\$M)
RGGI	현물	627	2,192
	경매	116	349
	옵션	22	21
소계		765	2,563
CCX(현물)	CAR	45	42
CCFE(선물, CAR)	VCS	19	21
OTC 옵션 시장	ACR	12	64
소계		76	127
총합계		841	2,690

*RGGI(Regional Greenhouse Gas Initiative) : 동부지역 온실가스 이니셔티브

*CCFE(Chicago Climate Futures Exchange) : CCX의 선물거래소

*CAR(Climate Action Reserve) : 북미 옵션 프로젝트로 나온 옵션 CRTs로 거래

*VCS(Voluntary Carbon Standard) : VCS 프로그램으로 VCU 거래

*ACR(American Carbon Registry) : 프로젝트 기반 탄소 옵션만 다룸

*OTC(Over The Counter market) : 브로커를 통한 거래시장

○ 미국의 시장동향을 살펴보면 2009년 초까지는 거래시장에 대한 기대요소로 인해 거래량이 증가했으나 지속적인 동기부여 부족으로 인해 가격이 하락세이며, 특히 현물시장은 큰 폭으로 하락하였는데(CAR 가격 29% 하락, VCS 44% 하락) 이는 조기행동 감축 크레딧의 포함여부가 불투명했고, 배출권거래제도에 대한 법률 기반이 단단하지 않았기 때문임.

○ 2006년부터 2009년까지의 CCX의 가격동향을 살펴보면, CCX는 한때 8달러에 육박하는 가격 상승시기가 있었으나 경기침체와 같은 외부적 요인 자발적 시장의 내부한계성, 오바마 정부의 기후변화정책의 뒷받침 부족으로 인해 탄소

가격이 급격한 하락세를 나타냄.

- 현재 2010년 CCX의 현재 톤당 가격은 0.1 달러 내외에서 거래가 형성되고 있을 만큼 시장의 기능은 상실했다고 볼 수 있음.

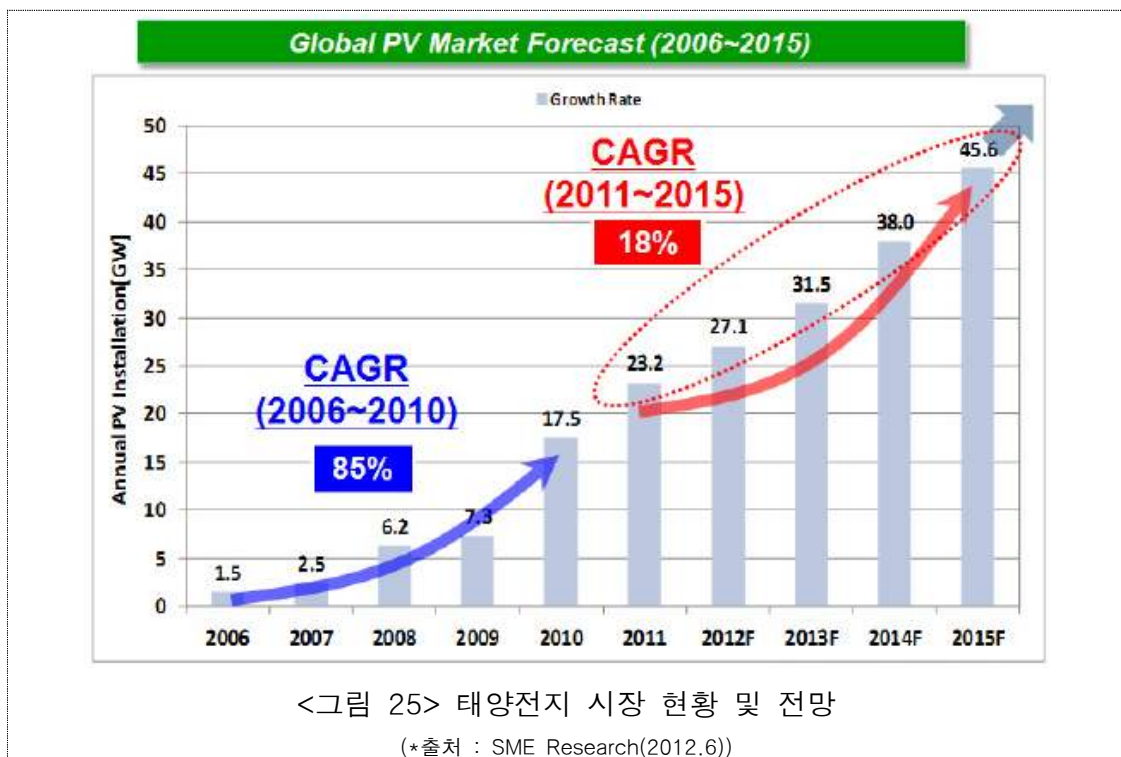


□ (국외 수송부문 탄소 배출권 거래시장 참여 사례, Amtrak 유일) 수송부문 업체에서 탄소 배출권거래를 참여하는 기업의 사례를 조사했으나, 미국의 자발적 거래소인 CCX에 철도 수송업체인 Amtrak이 유일하게 참여하였음.

- 참여 사례가 전무한 이유는 수송부문의 온실가스 배출량이 가지고 있는 부정확한 모니터링 부분과 감축이 쉽지 않은 점과 참여대상의 기준을 정하기 어려운 점 등임.
- Amtrak은 CCX에 참여하여 2010년까지 1998~2001년 기준으로 6%의 감축목표를 부여 받았으며, 매년 감축량 이상을 달성하였음.
- Amtrak의 주요 감축활동으로는 절약 운행과 공회전 방지 등 인적 교육활동을 통한 요소, 자동 멈춤 설비설치, 열차의 공기역학적 형태 변경, 태양광 바이오디젤 등 기술적 요소를 결합한 활동 등이 있음.

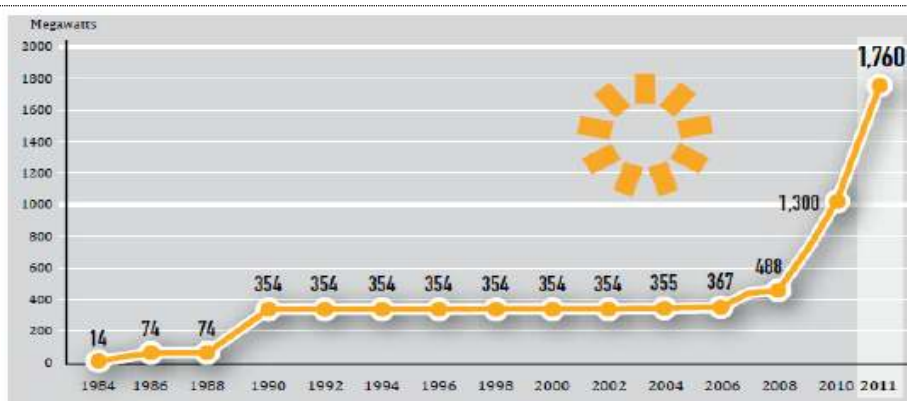
나. 신재생에너지 시장

- 2000년~2011년 사이에 태양광 발전의 연간 시장 성장률은 전 세계 전력발전 기술 중에 가장 빠른 증가세를 보임(태양광 발전 총 누적 설치용량은 대략 2000년 1.5GW에서 2011년 말 70GW로 대폭 증가함).
- 2011년에 1GW 이상을 설치한 국가가 이탈리아, 독일, 중국, 미국, 프랑스, 일본 등 6개 국으로 나타남(EPIA, 2012.5).
- 태양광 발전비용은 지난 30여년에 걸쳐 지속적으로 하락해왔으며, 이는 19.3%의 학습 비율(용량이 2배가 될 때마다 가격은 19.3% 하락)로 나타났고, 제조공정의 확대 및 개발 노력에 의한 실적과 가격 개선 전망을 고려할 때, 이러한 현상은 지속될 것으로 예측됨.



- 태양광 발전을 위한 태양전지 기술 중 결정질 실리콘 태양전지가 전체 태양전지를 주도하고 있으며, 박막 태양전지는 저가 및 고기능성의 장점이 있기 때문에 2014년 이후 시장 회복기에 다시 시장 점유율을 높여 갈 것으로 예측됨.

- 태양열 발전 중 집광형 발전시장은 재도약 중으로, 총 누적 설치용량은 대략 2000년 354MW에서 2011년 말 1,760MW로 비약적으로 상승함. 특히, 2011년에만 460MW가 증가했으며, 420MW를 스페인이 설치하면서 시장을 리드함.
- 현재 건설 중이거나 개발 중인 모든 발전 프로젝트가 완료된다면 전 세계 집광형 태양열발전(CSP, Concentrating Solar Thermal Power)의 설치용량은 2016년에 7.4GW를 초과할 것으로 예상됨.



<그림 26> 전 세계 CSP 설치 누적용량

(*출처 : REM21, 'Renewables 2012 Global Status Report'(2012.6))

- 전 세계에서 운영 중인 태양열 집열기는 2010년 말 그 용량이 195.8GWh이고, 2000년-2010년 사이에 연간 전 세계에 설치된 Glazed Water 집열기는 거의 6배가 증가했고, 전 세계 연간 성장률은 2000년-2010년 동안 21%로 나타남(IEASHC [IEA Solar Heating and Cooling], 2012).
- 중국은 태양 열집열기 설치용량이 117.7GWh로 매우 높은 성장률을 기록한 최대 설치 국가이며, 다른 주요 시장은 유럽(36.0GWh), 미국, 캐나다(16.0GWh) 등임.
- 2010년 전 세계 시장은 13.9%가 성장하고 42.2GW의 설치용량이 새로 증가했으며, 이 중 81.3%가 중국에 설치되었고, 9.3%가 유럽 지역에 설치됨.
- 전 세계 풍력에너지 생산량은 2000년-2011년 사이에 13배 이상 증가했고, 2011년 말까지 2010년 대비 20.2% 증가한 누적용량 238GW가 설치됨.

- 2009년 이후 수력발전을 제외한 신재생에너지 전력생산량 중 가장 큰 몫을 차지하고 있으며, 2009년부터 풍력발전은 바이오매스를 제치고 신재생에너지 원(수력 제외) 중 생산량 선두를 달리고 있음.
 - 풍력에너지는 발전된 기술로, 전 세계에 안정적인 시장이 산재해 있으며, 세계화된 제조업체가 형성되어 있음. 또한, 풍력에너지는 신뢰성이 있고, 가격 절감의 잠재성을 보유한 경쟁력 있는 청정에너지임.
 - 다만, 풍력 에너지가 대량 공급될 때 기후로 인한 공급 변동성(발전을 위한 최소 풍속 요건 불충족 등)은 풍력발전의 전력시스템 연계의 통합에 대한 큰 장애요인으로 작용하며, 사회적 합의와 환경에 관한 문제(주변 경관 훼손 등) 역시 풍력의 공급을 방해하는 주요 방해 인자임.
 - 해상풍력은 중·단기적으로 전 세계 전력생산 분야의 탈탄소화를 위한 가장 중요한 역할을 하고 있으나 그리드 통합, 법적 불확실성, 행정적 난관, 환경에 관한 문제 등 비경제적 장애요인으로 인해 필요한 보급량과 보급률을 달성하는데 어려움이 발생할 것으로 예상됨(IEA, 2011).
- 2011년에 지열(직접 열 이용, 전력생산 포함) 이용은 205TWh로 추정되며, 이중 1/3이 전력생산에 이용되고 2/3가 히트펌프 등에 직접 열로 이용됨.
- 지열발전을 통한 전력은 아이슬란드(25%), 엘살바도르(22%), 케냐 및 필리핀(각각 17%) 코스타리카(13%) 등 최소 24개 국가에서 총 전력수요의 상당한 부분을 담당하고 있음.
 - 지열을 직접 이용한 연간 열 생산량은 매년 10% 정도의 성장을 기록 중으로, 중국이 가장 지열생산 열을 많이 사용하고 있으며, 미국이 그 뒤를 따름.

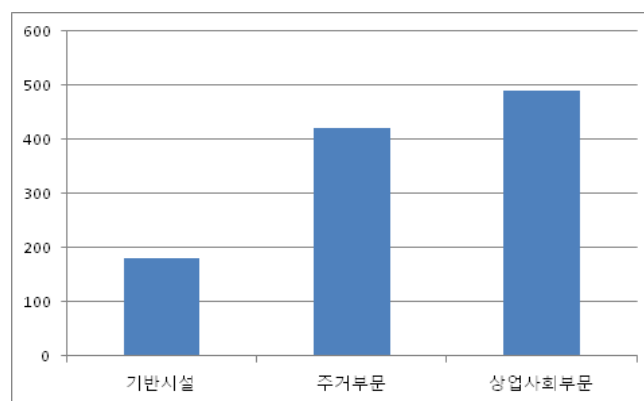
다. 친환경 건축 시장

- 2015년 녹색건축 시장 규모는 1,490억 달러로 전체 건축 시장 규모의 48%를 차지할 것으로 예상되고 있으며, 2005년 녹색건축 시장 규모는 전체 건축 시장 규모의 2%에 불과했으나, 2008년 12%, 2010년 35% 등으로 계속 증가하는 추세임.

- 최근 발간된 그린빌딩 보고서에서 61개국 녹색건축 종사자를 대상으로 설문한 결과, 응답자 중 51%가 2015년이 되면 60% 이상은 녹색건축 프로젝트가 될 것으로 전망하고 있음.
- 60% 이상으로 답변한 응답자를 분석해 보면, 국가마다 상이하며, 싱가포르가 89%, UAE가 74%, 영국이 68%로 조사됨.

□ 영국 건설산업은 연간 약 1,220억 파운드 규모로 GDP의 7.4% 가량을 차지함.

- 상업·사회부문이 490억 파운드(공공부문 200억, 민간부문 290억)로 상업부문, 사회부문 사업은 전통적인 시설공사로 신규 건축과 개보수 공사가 혼재함.
- 주거부문의 공공지출에 있어서 유지보수 규모(100억 파운드)에 비해 신규 건축 규모는 작으며(40억 파운드), 시장 작동원리가 타 건설시장과 상이해 대부분의 사업집행이 지방정부에 의해 수행됨.
- 기반시설이 180억 파운드(공공부문 70억 파운드, 민간부문 110억 파운드)로 토목공사, 긴 공사기간, 대형 개보수공사가 특징이며, 이 중 60%는 민간이 발주하고, 주거부문이 420억 파운드(공공부문 140억 파운드, 민간부문 280억 파운드)를 차지함.



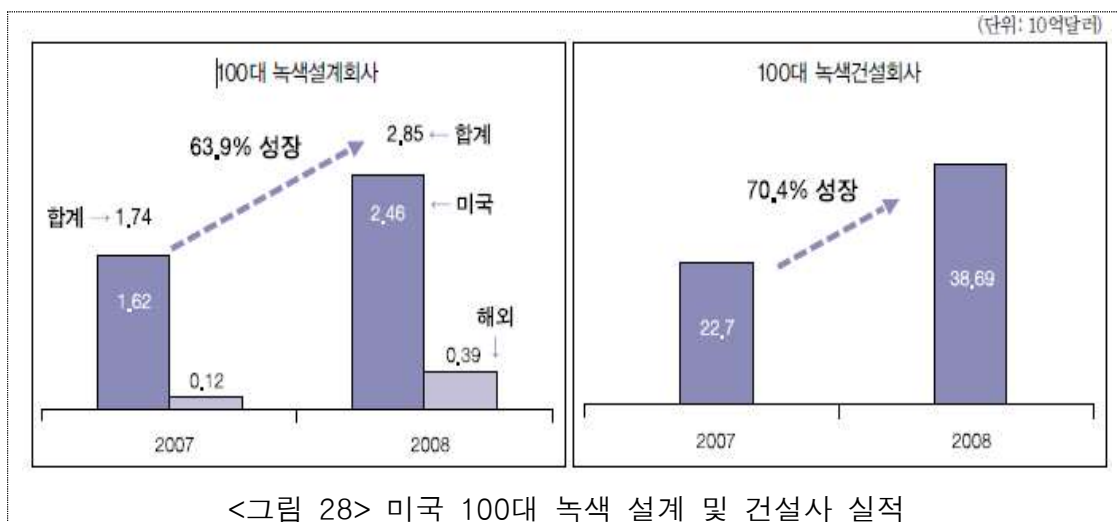
<그림 27> 영국 건설산업 세부 시장 규모

□ 미국 친환경 건축 시장은 그린빌딩협회(USGBC)의 에너지와 환경을 감안한 설계 및 건설을 위한 LEED(Leadership inEnergy and Environmental Design) 인증 제도를 2000년에 도입함.

○ 미국에서 녹색건축을 인증하는 LEED에 등록한 프로젝트 26,385개 중에서 4,327개 프로젝트가 인증되었으며, 중국, 인도, 독일, 스페인 등 해외에서도 LEED에 등록하고 있는 실정임.

○ 2008년 미국 100대 녹색설계 회사의 매출 합계는 전년 대비 63.9% 성장한 28.5억 달러, 녹색건설회사 매출도 전년대비 70.4% 증가한 387억 달러를 기록하였음.

○ 2008년 기준 미국 100대 건설회사의 녹색건설 실적 비중은 상업용 빌딩 25.6%, 교육시설 15.4%, 공공시설 분야 12.1% 순임.



2. 국내시장현황

가. 탄소시장

□ (2015년 탄소시장 도입 예정) 국내에서는 온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률(이하 배출권법) 제정을 통해 2015년부터 할당시스템과 연계된 배출권 거래제를 시행할 예정임.

○ 국내의 경우, 감축실적(Credits)과 배출 허용권(Emission)을 모두 배출권으로 통칭하여 사용 중에 있으며 감축실적은 의무감축 할당시스템과 별개로 자발적 온실가스 감축사업을 추진하여 발생한 감축실적(크레딧)을 의미함.

○ 배출 허용권은 할당시스템 하에서 기업의 감축목표달성을 위해 배출허용총량 범위에서 개별 온실가스 배출업체에 할당되는 온실가스 배출허용권을 말하며 EU-ETS(EUA) 등에서 운영하고 있으며, 현재 우리나라도 온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률 “제2조(정의)”에 따라 배출허용권을 배출권으로 정의하고 있음.

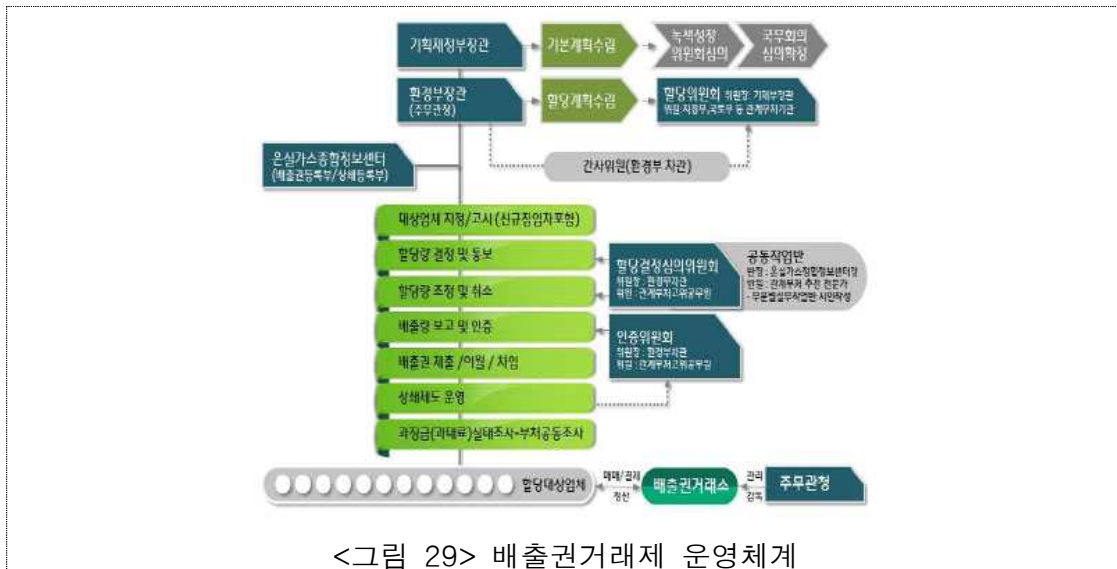
<표 18> 기후변화대응 관련 법적체계 및 추진경과

시행년도	주요 내용
2005	- 지경부 감축실적등록제도(KVER)시행
	- 온실가스 배출 감축사업 등록 및 관리에 관한규정(산자부 고시 제2005-88호)
2009	- 자발적 감축목표 설정(2020 BAU 대비 30% 감축)
	- 저탄소 녹색성장 기본법(법률 제10599호)
2010	- 저탄소 녹색성장 기본법 시행령(시행령 제23755호)
	- 온실가스에너지목표관리제도 시행
2012	- 산림탄소상쇄제도 시행
	- 탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률(법률 제11360호)
	- 탄소배출권거래제도 시행
	- 온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률(법률 제11419호)
	- 온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률 시행령(안)

<표 19> 배출권거래제 시행령 주요항목 및 내용

구분	주요 내용
배출권 할당계획	- 정부는 5년 단위 계획기간별로 배출권의 총 수량, 대상 부문·업종 등을 포함하는 국가 배출권 할당계획 수립한다.
배출권 할당위원회	- 배출권의 할당 및 거래에 관한 주요 사항을 심의·조정하고 배출권 할당계획을 수립하기 위해 기획재정부 장관을 위원장으로 하는 「배출권 할당위원회」를 설치한다.
할당 대상업체	- 녹색성장 기본법에 따른 관리업체 중 연 12만 5천톤 CO ₂ 이상 배출업체 또는 연 2만 5천톤 CO ₂ 이상 사업장(의무적용)과 자발적으로 참여를 신청한 업체를 대상으로 지정 고시한다.
무상할당비율	- 1차(2015~2017) 및 2차(2018~2020) 계획기간의 무상할당 비율을 95% 이상으로 하고, 국제경쟁력에 민감한 업종에 대해서는 무역집약도, 생산비용 등을 고려하여 100% 무상할당 할 수 있는 근거를 마련한다.
적용대상	- 온실가스·에너지 목표관리제가 적용되는 전 부문*에 거래제가 적용되도록 하되, 할당계획에서 부문별·업종별 적용여건 및 국제경쟁력 영향 등을 고려하여 결정한다. * 배출권거래제 적용 시, 온실가스·에너지 목표관리제를 적용하지 않도록 함으로써 이중부담 문제 해소하게 한다.
배출권의 거래	- 할당된 배출권은 매매 등의 방법으로 거래할 수 있으며, 배출권을 거래하려는 자는 배출권등록부에 배출권 거래계정을 등록하여야 한다. - 배출권의 공정한 가격 형성과 안정적 거래를 위하여 배출권 거래소를 지정하거나 설치할 수 있으며, 거래소에서 부정거래행위 등에 관하여 자본시장법 관련 규정 준용한다.
배출량의 보고·검증·인증	- 할당 대상업체는 매 이행연도 종료 후 해당 이행연도의 실제 배출량을 전문 검증기관의 검증을 거쳐 보고하고, 주무관청은 적합성 여부를 평가하여 이를 인증한다.
시장안정화 조치	- 배출권의 가격이 폭등하는 등 긴급한 사유가 있는 경우, 배출권 예비분을 추가 할당하는 방법 등으로 시장안정화 조치를 취할 수 있다.
초과배출에 따른 과징금	- 보유한 배출권을 초과하는 온실가스 배출량에 대해서 과징금을 부과하여 감축의무 이행을 유도하되, 기업들의 불확실성을 해소하고 부담을 완화하기 위해 과징금을 10만원 범위 내에서 시장평균가의 3배 이하로 부과한다.
금융·세제상 지원	- 배출권거래제 도입으로 인한 기업의 경쟁력 감소를 방지하기 위해 온실가스 감축설비 설치 사업 등에 금융·세제상 지원을 하거나 보조금을 지급 가능하다.
벌칙 등	- 거짓·부정한 방법을 통한 할당·상쇄, 거래소에서의 부정거래행위 및 거래소 관계자의 비밀 준수 의무 위반 등에 관한 벌칙(형사처벌)과 각종 보고 및 신고의무 위반에 대한 제재(과태료)를 규정한다.
시행시기	- 배출권거래제는 2015년 1월 1일부터 본격 시행, 이는 기업들에게 충분한 준비기간을 부여하고, 거래시스템 등 인프라 구축 등 배출권거래제 원활한 시행을 위한 2~3년의 준비기간을 고려한 것이다.

- 2012년 7월 국무총리실은 온실가스 배출권거래제 시행령 입법예고와 함께 배출권거래제도의 운영체계(안)를 발표하였으며, 이에 따라 환경부는 배출권거래제도의 주무관청으로 할당결정 심의위원회, 인증위원회 등을 운영하며, 할당위원회의 간사역할을 수행함으로써 배출권거래제도의 할당 등 핵심 업무를 운영하기로 하였음.



- 정부 인센티브 지원, 감축실적 수요 창출 등을 통해 국내시장의 활성화를 도모하고 해외시장에 적극 진출함으로써 2012년 국내 탄소시장 규모를 4,487억 원으로 확대함.

- 1조원 규모의 국내 탄소시장 조성을 목표로 2015년 배출권거래제 시장 출범을 앞두고 있음.

<표 20> 국내 탄소시장 규모(단위 : 억원)

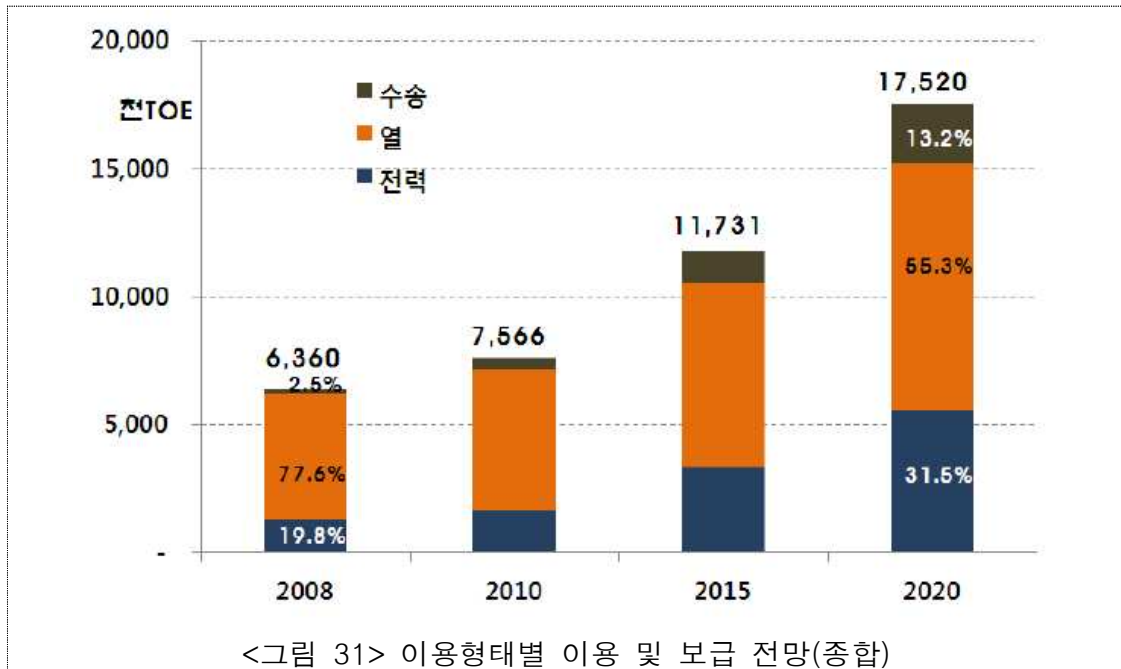
구분	2007	2012	증가율(%)
국내 감축실적 거래	56	144	158
국제시장 진출	1,442	4,343	201
계	1,498	4,487	200
전 세계 시장(감축사업시장으로 한정)	16,424	36,820	142

나. 신재생에너지 시장

- 주요 국산 신재생에너지원별 경제성 확보시기를 살펴보면, 태양광은 1세대 태양전지(Si) 2015년, 2세대 태양전지(Si박막, CIGS) 2015년, 3세대 태양전지(염료감응, 유기) 2020년이고, 풍력은 5MW급 풍력발전기 2016년으로 예측하고 있음.



- 최종에너지 소비는 크게 열, 전기, 수송용으로 구분하고 있으며, 현재 신재생에너지 중 열에너지의 비중이 77.6%(4,935천TOE)에 달하고 있으나, 2020년에는 55.3%(9,689천TOE)로 비중이 감소할 것으로 예상되며, 이에 비하여 전기는 19.38%(1,259천TOE)에서 31.5%(5,519천TOE)로 증가할 것으로 예상되며, 수송용도 2.5%(165천TOE)에서 13.2%(2,313천TOE)로 크게 증가할 전망이다.



다. 친환경 건축 시장

- ☐ 국내 녹색인프라 건설시장의 규모를 2011년에 3조5,700억 원을 시작으로 2015년에는 24조4,600억 원으로 급성장할 것으로 전망하고 있음.
- ☐ 녹색인프라와 관련된 대표적 건설시장으로는 탄소배출권시장과 신재생에너지시장, 그린빌딩 시장이 포함됨.
- ☐ 국내의 경우 녹색건축에 대한 실증 사례가 현재까지는 찾아보기 힘든 실정으로 최근 국토부 보도 자료에 따르면 공공건물의 투자비 회수기간은 총 19년으로 경제성이 떨어지는 것으로 보임.
- ☐ 다양한 원인이 있겠지만 기술수준 및 낮은 에너지 가격이 해외에 비해 사업성이 떨어지는 것으로 보임.

제2장 기후변화대비 철도교통분야 대응기술 동향 분석

제1절 철도차량 및 인프라 온실가스 관리 및 감축기술

1. 국외동향

가. 온실가스 관리 및 에너지 효율개선 기술

<표 21> 국외 철도운영기관별 기후변화 대응기술 요약

운영기관	분류	주요내용
JR East	인터모달 수송	역 앞의 주차공간을 확보, 렌트 지원을 통해 철도와 도로를 연계
	옥상녹화	철도역사 및 운영기관 건물의 녹화
	압전소자	도교역 출입게이트에 압전소자를 설치하여 전기 생산
	하이브리드 연료전지 철도차량	디젤 하이브리드 연료전지 차량 개발
DB	회생제동	회생제동을 사용하여 전력 재사용
	신재생에너지 적용	수력, 풍력 등 신재생에너지를 사용
	지열이용	지열을 사용하여 난방 및 겨울철 제설에 이용
	Eco Solution	철도를 사용하는 고객들이 그린티켓을 예약하면 해당 기존 철도여행으로 소모될 전력량을 계산해 그것에 상응하는 양을 재생가능에너지로 구매한 후 철도망에 저장하여 사용
	에너지 미터기	철도차량의 운행여정에 따른 에너지소비량을 실시간 측정하여 운전자의 에코드라이빙 및 에너지 소비 저감을 유도
SBB	알파인 법령	알프스를 통과하는 차량에 대한 규제
QR	Energy Efficiency Opportunity	시행령으로 에너지 사용, 온실가스 배출, 운영비 등의 절감과 생산성 효율 증대를 도모
Amtrak	Google Wallet 터미널 시설	열차 티켓팅과 지불을 더욱 빠르게 하기 위해, 스마트폰과 NFC 기술을 적용
	세계무역센터 대중교통 허브	현장의 다양한 교통수단을 통해 접근이 가능하도록 대중교통 허브구축

□ (일본 JR, 인프라 및 차량 에너지 효율개선을 통한 온실가스 감축목표 달성)

일본에서는 회생제동, VVVF 등을 장착한 에너지 효율 철도차량 도입을 확대하여 1991년 대비 15%의 온실가스 배출을 저감하였으며, 역사 설비의 경우에는 신

재생에너지 도입, 그린 지붕, 냉난방설비 CFC 사용중단, 건물 에너지관리 시스템(Building Energy Management System, BEMS) 도입, 자동조명 조절 시스템 및 LED 설치 등으로 일반전력의 에너지소비를 줄이고 있음.

- 일본의 Kiha E200열차는 기존 열차보다 9%의 에너지효율을 개선하였으며, JR East는 2006년 세계 최초의 연료전지 하이브리드 철도차량을 완성하면서, 100km/hr까지 가속하는 시험에서 기초성능을 확인함.



- 2012년 2월, Gran Tokyo South Tower, Gran Tokyo North Tower와 JR Shinagawa East Building들은 건물 효율성 극대화를 추구함과 동시에 에너지 보존과 관련한 적극적인 경영관리 및 CO₂ 배출 감소를 달성하여 최고 환경인증 건물로 인정받음.



- 재생가능 에너지원 사용을 적극 권장하여 2012년 3월 JR Chou 라인 요츠야(Yotsuya) 역을 시작으로 태양열을 이용한 친환경 역사(eco-station)를 운영하고 있으며, 같은 해 6월 도호쿠(Tohoku) 중앙 라인 히라이즈미(Hiraizumi) 역이 두 번째 친환경 역사가 됨.

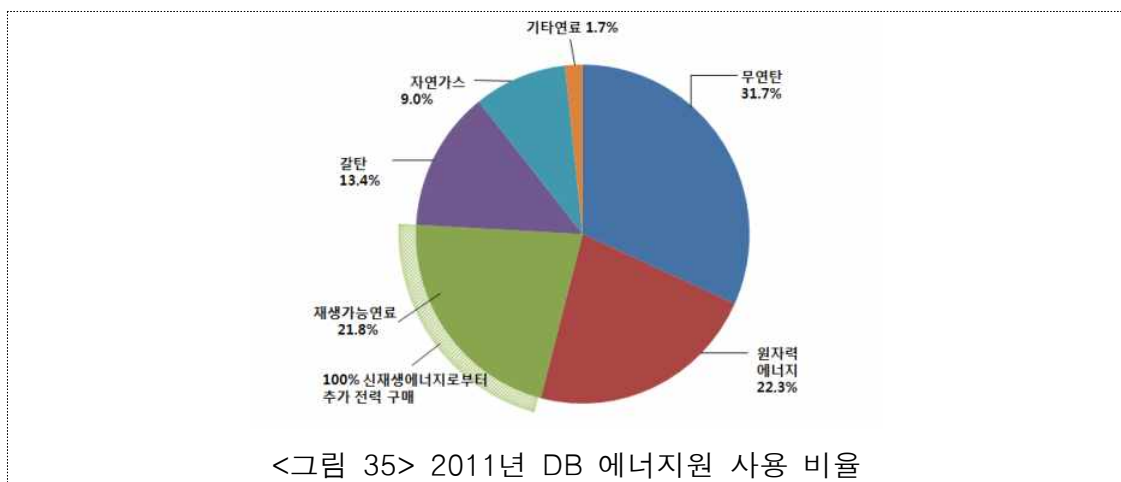


- (독일 DB, 친환경 전력 공급 포함 에너지 저감에 정책 집중) 독일 DB ‘Facts and Figures about Sustainability 2011’에 따르면, 에너지·환경 부문에서 2050년까지 철도산업의 CO₂ 배출 100% 저감을 목표로 하고 있으며, 잠정적으로 2020년까지 신재생 원료비율을 적어도 35%까지 올리고, 다양한 에너지 저감 활동을 통해 CO₂ 배출량을 2020년까지 2006년 대비 최소 20% 감소시키는 것을 계획함.

<표 22> DB 에너지 저감정책 활동

운영기관	에너지 저감기술 및 정책
DB	• 회생제동
	• 수소전기 출력, 지열 등의 신재생에너지 적용
	• 신형엔진 저배출 열차, 차세대 열차(하이브리드 등) 도입
	• Eco-solution, Eco-driving
	• 에너지 미터기
	• 2012년 친환경 전력 공급 계획 - 풍력발전기에서 100GWh 전력 공급
	• 2014년 친환경 전력 계획 - 수력발전소에서 9억kWh 전력 공급 - DB 장거리 열차 운영 전력의 1/3 공급 예상

- 2012년 환경정책 활동결과, 2011년 에너지 공급자원에서 재생 원료 사용비율은 전년도 대비 2% 가량 오른 21.8% 증가하는 경향을 나타냄.
- DB는 매년 33개의 풍력발전기로부터 100GWh의 전력을 얻고 있으며, 또한 2011년에는 RWE Innogy(독일 기반 친환경 전력공급사)와 계약을 통해서 2014년부터 14개의 수력 발전소에서 친환경 전력을 공급받기로 함. 이를 통해 공급되는 전력은 9억 kWh이며, DB가 운용하고 있는 장거리열차의 운행에 필요한 1/3정도의 전력을 공급할 것으로 예상함.



- 모든 사업 분야에서 CO₂ 배출을 2020년까지 2006년 기준으로 최소 20%를 감소시키려고 노력 중으로 이미 2006년과 2011년 사이 CO₂ 배출량을 8.5% 저감하는데 성공함.

- (스위스 SBB, 에너지 저감정책 일환으로 수력발전 활용) SBB는 모든 철도와 전력 네트워크에 사용되는 에너지의 약 80%를 수력발전으로 사용할 것을 정책으로 수립함.

<표 23> SBB 에너지 저감정책 활동

운영기관	에너지 저감정책
SBB	- 수력발전 전력 활용 : 80% 전력을 친환경 에너지로 공급
	- 디젤차량 교체 : 2010년 대비 -0.7% 연료 소비 감소
	- 환경경영시스템 개발
	- 에너지 효율 및 절약 운동, 에코 드라이빙

- (미국 Amtrak, 탄소 오프셋 프로그램 운영 및 온실가스 인벤토리 관리기술 확보) Amtrak은 트랙의 효율성을 개선하는 동시에, 시민참여를 통해 탄소 오프셋 프로그램을 지원 및 배출권 거래시장 참여, 온실가스 인벤토리 운영관리 체계 확보 등 적극적으로 탄소 배출량을 관리함.

<표 24> Amtrak 에너지 저감정책 활동

운영기관	에너지 저감정책
Amtrak	- 신재생에너지 사용, 효율 증대, 재조립
	- 연료교체, 디젤 하이브리드 차량 도입
	- Return to Forest Project* 운영
	- 에너지 관리 및 제어
	- 배출권 자발적 거래시장인 시카고 기후거래소 참여 : 2003년-2010년 온실가스 배출 저감 목표 6% 달성, 2007년-2010년 매년 0.5% 배출 감소
	- 설비 그룹별 운영 계획: CO ₂ 배출량 및 기여 비율 산정
	- Carbonfund. Org 참여 : 이용객들에게 탄소 offset 구입 기회 제공

*니카라과 자연산림에 버려진 목초지를 복원하는 개인 소유자와 소규모 농민을 결합하여 야생동물에 대한 자연 서식지의 역할과 지역 주민을 지원하기 위해 생태 관광의 기회를 제공하는 프로그램

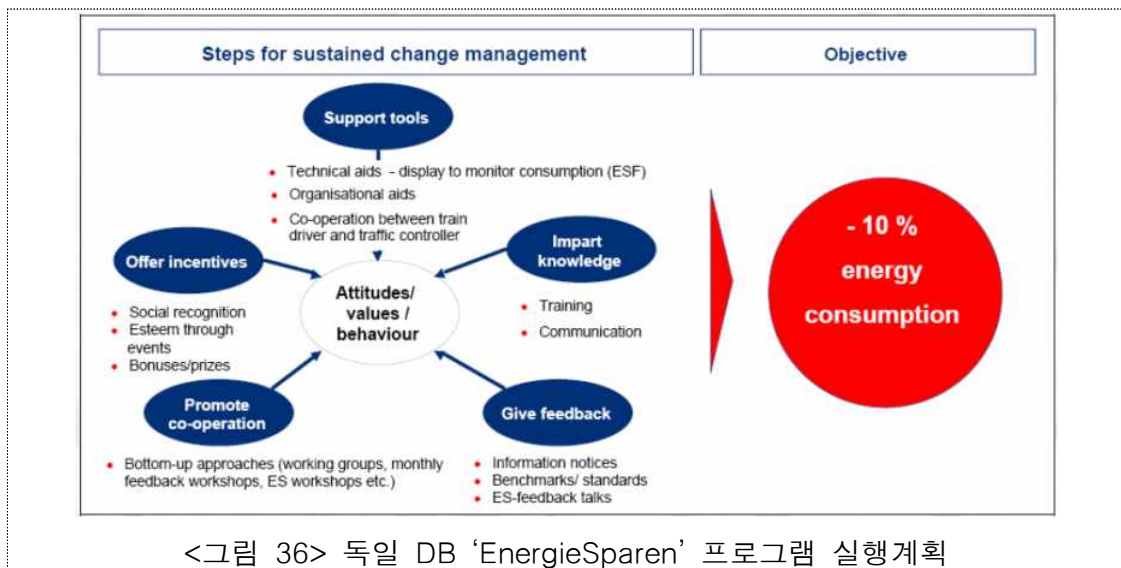
- 철도차량의 운영이 배출량의 상당부분인 81%를 차지하고 있으며, 이를 관리하기 위해 철도차량 운영부문에서 설비그룹 운영관리 체계를 크게 6가지로 구분함.

<표 25> Amtrack 온실가스 인벤토리 관리 운영 그룹

설비그룹	설명
FG-1 철도 차량	- 디젤/전기 기관차 및 여객차 포함
FG-2 고속도로 차량	- 미국 연방 총무청(General Services administration: GSA) 교통수단과 Amtrak에 소유되거나 임대된 모든 교통수단 포함
FG-3 선로	- 모든 전철기, 전철기 히터, 신호, 횡단보도, 조명, 타워, 그리고 선로용지에 있는 다른 장치들 포함 - 병렬/전철기 장비와 변전소는 전차선 시스템의 일부 포함
FG-4 소규모 역사	- 임차인으로써 영향력이 있는 곳, 약간 또는 정비가 발생하지 않는 곳을 포함한 역
FG-5 정비시설	- 다른 시설 그룹들에 표기되지 않은 철도조차장, 정비시설, 보선기관들 및 큰 역들을 포함한 시설을 포함
FG-6 사무실	- 사무실공간은 조차장, 역 또는 Amtrak 시설과 근접되어 있지 않는 것 포함

□ (에코드라이빙 관련 기술개발 및 교육사업 활발) 유럽에서는 에코드라이빙 관련 교육사업을 활발히 수행 중에 있음.

○ 철도차량 운전자들이 더욱 에너지 효율적이면서도 편안하게 차량을 운전토록 하는 것을 목표로 TRAINER(Training programmes to Increase Energy-efficiency by Railways) 프로젝트를 통해 독일에서는 전동차와 디젤기관차 모두에서 평균 5~10%의 에너지를 절약함.



- 호주에서는 장거리 열차 운전자를 지원해 주는 시스템을 기반으로 운전자에게 최적의 속도 정보를 추천하고, 속도변화 및 이상 징후를 자동으로 기록하고 조정하여 소모되는 연료를 5~20% 절감함.

□ (에너지원 전환 철도차량 개발)

- 디젤 하이브리드 철도차량은 고속주행 시 디젤엔진을 이용하고, 저속추진 시에는 배터리를 이용하기 때문에, 기존 디젤기관차의 유해가스 배출을 60% 이하로 줄이고, 에너지 효율이 20% 이상 향상되는 효과를 기대할 수 있음.
- 프랑스 알스톰(Alstom)사는 디젤 발전기와 배터리, 견인 전동기를 포함하는 추진 시스템의 디젤 하이브리드 기관차를 개발하여, 2009년 4월에 네덜란드의 로테르담에서 시험운전을 수행함.

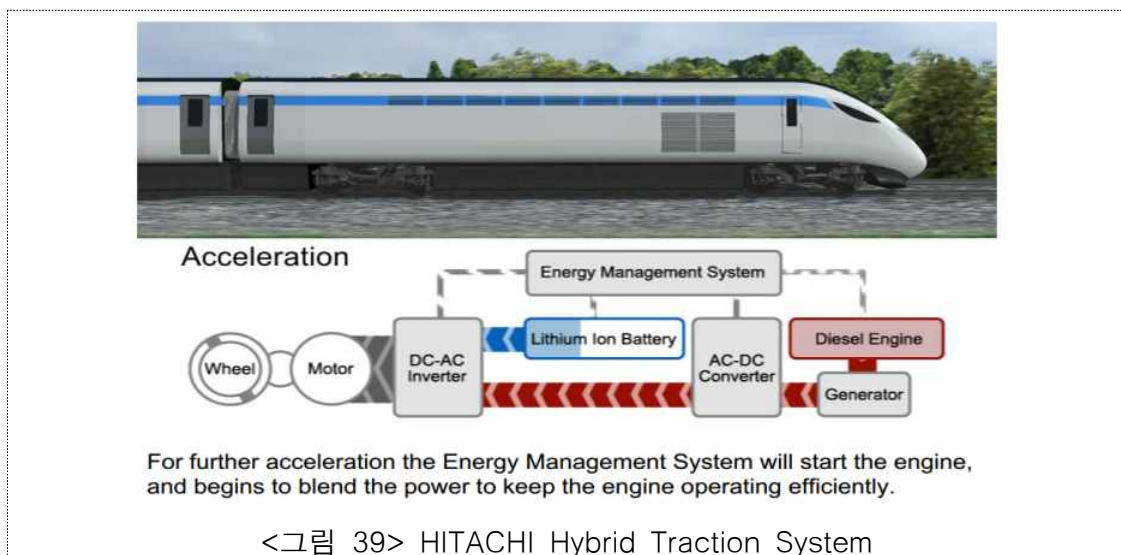


<그림 38> Alstom hybrid locomotive

- 배터리로부터 견인 전동기를 구동시켜 차량의 주동력을 발생시키고 디젤 발전기는 배터리를 충전하거나 필요시 보조 동력으로 사용하는 직병렬 하이브리드 방식으로 알스톰사에 따르면 기존 디젤 기관차에 비해 화석 연료 사용량을 40% 이상 절감할 수 있고, 공해 배출량과 CO₂ 배출량은 각각 55%, 50% 이상, 분진과 질소 산화물도 각각 60%, 40% 이

상 감소가 가능함. 또한, 소음은 15dB 이상 낮추었으며, 정비 비용 또한 15% 감소시킴으로서 수명 주기 비용을 30% 가량 줄임.

- 일본의 히타치(Hitachi)사는 비 전철화 구간을 운행하는 디젤차량의 환경 개선 및 효율 향상을 목표로 2002년부터 2004년까지 하이브리드 시스템을 개발하여 적용성을 확인함. 이후 2007년에는 양산 선행 차량인 Kiha E200이 개발되었고, JR East는 이를 도입하여 중부 고우미선에서 세계 최초로 영업 운행을 개시함.
- 히타치는 Kiha E200으로 기존 디젤차량 대비 에너지 효율을 약 20% 향상시켰으며, 질소 산화물 등 매연 배출량을 60% 이상 감소시킴.
- 주 동력원은 리튬 이온 전지를 이용한 견인 전동기임. 디젤 엔진은 배터리를 충전하기 위해서만 사용되는 직렬 하이브리드 방식으로 제동 시 회생 에너지로 배터리 충전이 가능하고 1회 충전으로 평탄 선로를 5km 정도 주행 가능하며, 엔진의 정지 및 기동은 차량의 주행 상태와 배터리의 전압에 따라 자동으로 조절함. 배터리는 차량의 지붕에 탑재됨.



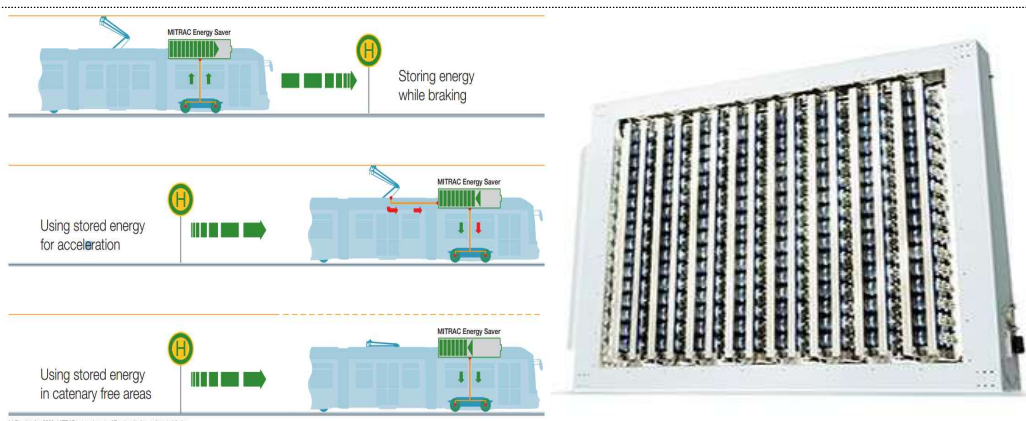
- 미국의 제너럴 일렉트릭(General Electric)은 2010년 상용화를 목표로 2007년에 디젤 하이브리드 기관차 시제차량을 선보였고, 현재 저공해 디젤 전기 기관차를 선보이고 있음.

- PowerHaul Series기관차는 연료소비의 효율을 증대시키고 온실가스 배출량을 줄이면서 더 많은 마력과 견인력을 생성하기 위해 설계됨. V-16, 트윈터보 3,700-GHP 엔진, Advanced AC Traction System을 갖춤.



<그림 40> GE Transportation's most technologically advanced locomotive

- 캐나다의 철도차량 제조사 봄바르디아는 자체 개발한 철도차량용 에너지 저장 시스템인 MITRAC Energy Saver를 상용화하여 독일에서 2003년 9월부터 영업 운전을 시작함.
- Rhein-Neckar-Verkehr 구간에 운행 중인 경전철과 MVV 등이 있으며 트램과 디젤동차에도 이 시스템을 적용 중임.



<그림 41> MITRAC Energy Saver

< 디젤하이브리드 철도차량 사양 요약 >

국가	프랑스
차량이미지	
제작사/차종	Alstom사(디젤-유압 입환기관차 BR 203 개조), 하이브리드 디젤기관차
시스템 구성	디젤엔진 & Ni-cd 배터리에 의한 하이브리드
사양	중량 68톤, 배터리 무게 5800Kg(Ni-Cd), 견인 마력 738HP(550kW), Loading capacity 1600톤, 최고속도 60km/h
개발효과	연료소비 평균 40% 절감, 배기가스 50% 저감, 소음 15dB 저감, 유지보수비 절감

국가	일본
차량이미지	
제작사/차종	도시바 JR화물 HD300형 하이브리드 디젤기관차
운전정비중량	60톤(축중 15톤)
용도	입환기관차(국철시대부터 사용해온 기존 디젤기관차 대체 용)
제작	2010년 3월25일, 제1호기가 토시바 후츠공장에서 완성
시스템 구성	디젤엔진 & 리튬이온전지에 의한 시리즈형 하이브리드
사양	L14300 W2950 H4088, 정비중량 60톤, 축중 15톤, Bo-Bo대차, 최고운전속도 45km/h, 회송최고속도 110km/h, 엔진 270HP, 발전기 160kW, 축전지 최대 70kWh, PWM 전압 제어, 영구자석 동기주전동기
개발효과	배기가스 최대 40%, 소음 10dB 저감
특기사항	국가(국토교통성)가 개발지 지원

국가	일본
차량이미지	

제작사/차종	토큐차량 JR동일본 K1HA E200형 하이브리드 디젤동차
용도	무가선구간 여객수송용(NE Train 1단계)
제작	2006년, 토큐차량제조(주)
시스템 구성	디젤엔진 & 리튬이온전지에 의한 시리즈형 하이브리드
사양	L19500 W2920 H3620, 바닥높이 1130, 디젤엔진 331kW, 주발전기 270kW, SIV 50kVA, 축전지 152kWh, 농형주전동기 95kW 2대, 최고속도 100km/h, 정원 117명(좌석46, 입석71)
개발효과	배기가스 최대 60%(NOx) 저감, 역정차시 소음 30dB, 연료 10% 절감
특기사항	영업용 하이브리드 차량 세계최초(2007년부터 JR동일본 코우미선 영업운행)

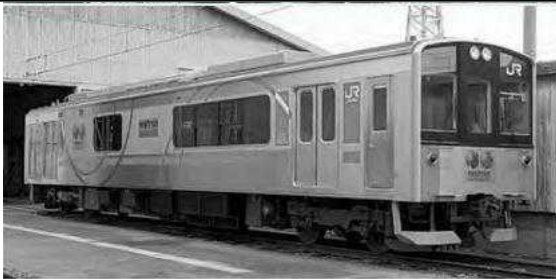
국가	미국
차량이미지	
제작사/차종	GE사 하이브리드 디젤기관차(2007년 4월 시제차 개발)
시스템 구성	디젤엔진 & Sodium nickel chloride 배터리에 의한 하이브리드
사양	4400HP
개발효과	2010년 기준 최신회물 기관차 대비 연료절감 15%, 배기가스 50% 저감

국가	캐나다	
차량이미지		
제작사/차종	Railpower Technologies사 하이브리드 디젤 기관차	
용도	입환 및 본선운전용	
개발	캐나다 Railpower Technologies사(2004년)	
시스템 구성	디젤엔진 & lead acid 배터리(연축전지)에 의한 하이브리드	
차량별 시스템 구성 및 개발효과	RP14BD - 4축 입환 기관차	
	사양	1,400마력, 2GenSet
	개발효과	연료절감 35%, NOx 저감 80%
	RP20BD - 4축 입환/지선용	
	사양	2,000마력, 3GenSet
	개발효과	연료절감 50%, NOx 저감 80%
	RP20CD - 6축 Hump Yard용(구배가 있는 조차장)	
	사양	2,000마력, 3GenSet
	개발효과	연료절감 50%, NOx 저감 80%

○ 연료전지 하이브리드 전동차는 하이브리드 철도 차량에서 디젤엔진을 연료전지로 대체한 형태의 차량임.

- 배터리의 전기 동력 외에 발전한 동력을 함께 사용하며 출발할 때는 차량 최상부에 설치된 대형 연료전지의 동력으로 모터를 돌리고, 큰 에너지가 필요한 가속 주행 시에는 차량 밑 부분에 있는 배터리와 연료전지의 동력을 같이 사용함.
- 연료전기와 배터리를 연동하여 운행할 수 있는 연료전지 하이브리드 전동차는 청정 수소에너지를 활용하여 CO₂ 발생량을 최소화 할 수 있는 수단이나 대용량 연료전지에 대한 상용화 기술 개발기간이 상당히 요구되므로 이를 전동차에 적용하였을 경우에 따른 온실가스 저감 효과를 산출하기는 어려움.

< 연료전지 철도차량 사양 요약 >

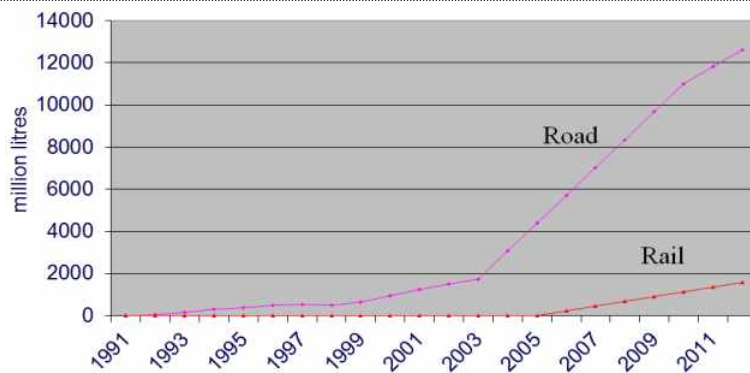
국가	일본
차량이미지	
제작사/차종	JR총연 KUYA R291+KUMOYA R290형 연료전지 하이브리드 전차
용도	무가선 구간 여객수송용 차량 개발을 목적으로 한 시험차
제작	JR총합기술연구소(R291은 2006년, R290은 2008년)
시스템 구성	연료전지 & 리튬이온전지에 의한 시리즈형 하이브리드
사양	최고속도 100km/h, 고체고분자형 연료전지 120kW 1대, 연료전지초퍼 1500V 600kVA, 리튬이온축전지 36kWh 360kW, 배터리 충방전 장치 360kW, 농형주전동기 95kW 2대, 수소탱크 35MPa・약720리터, 연비 5km/kg 2량 편성
개발목적	연료전지시스템 철도차량 적용 시 문제점, 과제 파악
특기사항	연료전지의 철도차량 적용 세계최초
차량이미지	
제작사/차종	토쿄차량 JR동일본 KUMOYA E995형 연료전지 하이브리드

용도	무가선구간 여객수송용 차량 개발을 목적으로 한 시험차(NE Train 2단계)
개발	JR동일본과 JR총합기술연구소가 공동 개발/토쿄차량제조(주), 2008년 개조
시스템 구성	연료전지 & 리튬이온전지에 의한 시리즈형 하이브리드
사양	L20000 W2800 H4052, 리튬이온축전지 19kWh, 농형주전동기 95kW 2대, VVVF 인버터 제어, 최고속도 100km/h, 고체고분자형 연료전지 65kW2대, 수소탱크 35MPa・약270리터
개발목적	연료전지시스템 철도차량 적용 시 문제점・과제 파악

○ 철도차량에 적용되는 LNG 기술은 LNG만을 사용하는 전소 시스템 및 LNG와 디젤을 혼합하여 사용한 혼소시스템 2가지의 방식으로 구별 혼소시스템은 천연가스를 점화하기 위해 디젤연료를 연소실에 분사하는 방식을 주로 사용하고 있으며, 연소실에 디젤연료를 분사할 때 저압 및 고압으로 분사하는 방법이 있음.

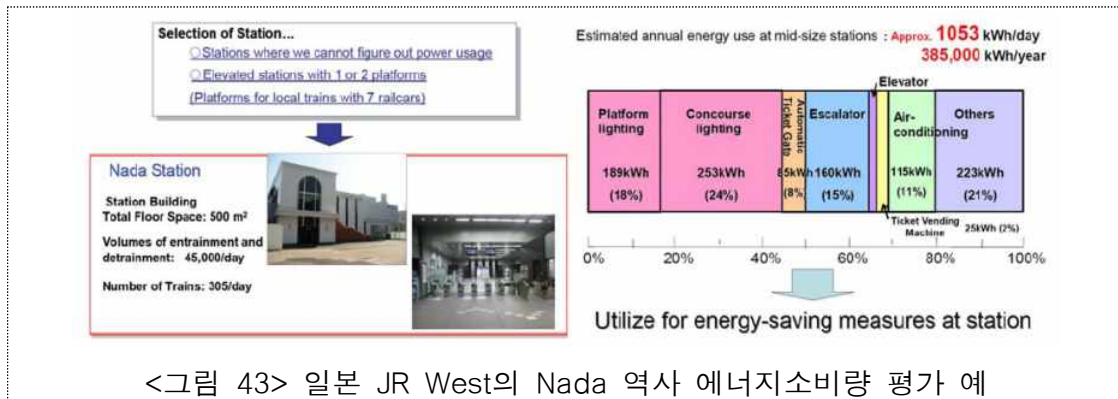
- 미국 회사인 ECI(Energy Conversion Incorporation)사에서는 개조한 입환차량을 LA지역에서 운영하고 있으며, 독일에서는 Usedom 스파 리조트의 CNG 철도차량과 뮌헨의 LNG 입환 철도차량 등 2 가지 청정에너지 철도차량 개발 프로젝트를 수행한 바 있음.
- 국내의 경우 한국가스공사에서 한국철도기술연구원 및 천연가스차량협회 등과 공동으로 LNG 철도차량의 타당성 검토를 위한 기획연구를 수행한 바 있음.

○ 바이오디젤 철도차량은 디젤연료의 대체를 통해 온실가스를 90% 이상까지 저감할 수 있는 잠재력을 가지고 있으며, 대표적으로 인도에서는 바이오디젤 20% 이상 포함한 철도차량이 운행되고 있음.



<그림 42> 도로 및 철도부문 바이오디젤 수요(ATOC, 2007)

- (역사 에너지관리 시스템, Station Energy Management System ; S-EMS) 일본 JR Group에서는 역사 내 건물 에너지관리(Building Energy Management System, BEMS) 시스템을 도입하여 에너지소비 절감방안을 도출하거나 리모텔링 등을 통해 역사 에너지소비 개선을 이루고 있음.



<그림 43> 일본 JR West의 Nada 역사 에너지소비량 평가 예

- JR East는 2009년 역사 내 냉난방 설비 CFC 사용 중단 및 에너지 관리를 통해 2005년 대비 49% 에너지 소비 절감 효과를 확보하였으며, 에너지미터기를 도입하여 자동조명 조절 및 LED 사용을 통해 조명시스템 에너지 소비의 약 30%를 절감하였음.
- 영국 정부는 2020년 말까지 영국 내 2천 6백만 모든 가정에 스마트 미터기를 보급할 계획을 공개하였는바, 향후 관련 유틸리티 기업은 각 가정을 방문하여 스마트 미터기를 설치할 예정임.

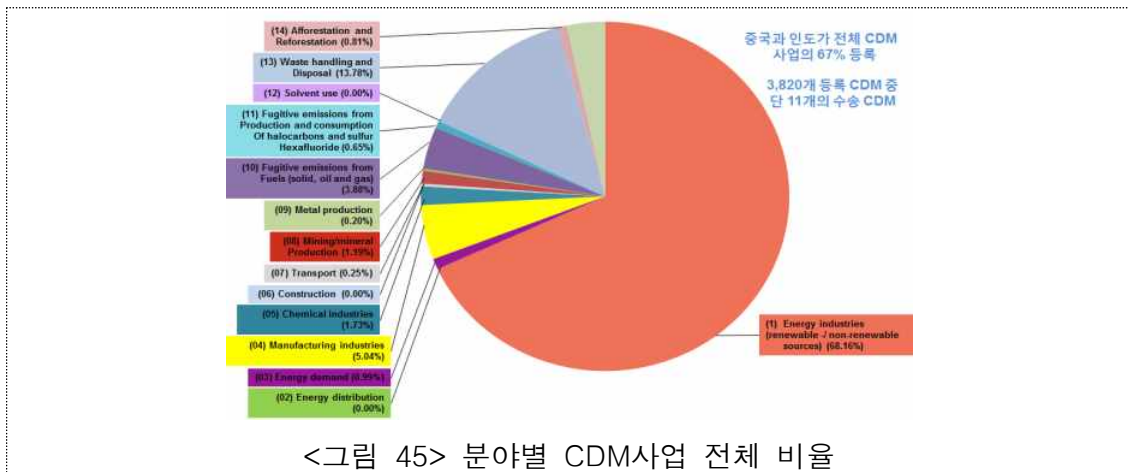


<그림 44> 스마트그리드 구축현황

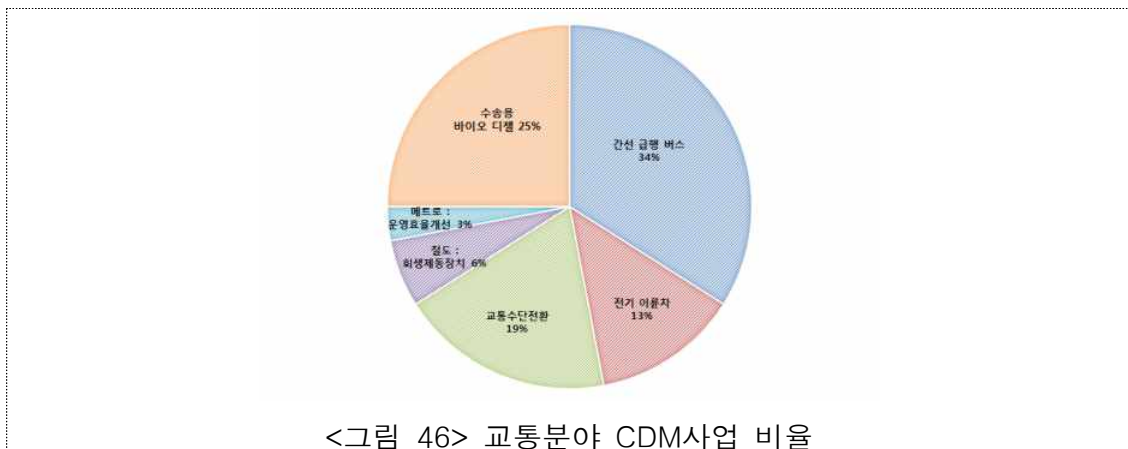
- 영국은 전 세계적 스마트그리드 개발사업 시장이 향후 5년간 270억 파운드에 달할 것으로 예상하고, 스마트 그리드 개발 시장에서 선도적 지위를 차지하기 위해 노력 중이며, 이를 위해 영국 정부는 관련 기업이 스마트 기술 개발을 지원할 수 있도록 6백만 파운드를 지원할 계획임.
- 에너지 사용량을 분석하기 위한 방법은 매우 다양하나, 시뮬레이션을 이용하여 부하 분석하는 방법이 주로 사용됨.
 - 미국 에너지성(DOE, Department of Energy)의 지원에 의해 LBL(Lawrence Berkely Lab.)에서 개발한 DOE-2는 매 시각별 및 연간 냉·난방 부하 및 에너지 소비 해석이 가능함.
 - 미국 육군성이 건물의 냉·난방부하, HVAC 시스템, 플랜트의 에너지 소비량 및 이들의 경제성을 계산하기 위하여 개발한 건물 에너지 해석 프로그램인 BLAST는 건물 각 부분에 대한 실온 및 MRT의 예측이 매시간 단위로 가능함.
 - DOE-2와 BLAST의 장점을 살려, 보다 새로운 시뮬레이션 기능이 추가된 차세대 건물 에너지 해석 프로그램인 EnergyPlus는 에너지 평형 알고리즘을 적용하여 실온의 정확한 예측과 1시간 보다 작은 시간에 대한 시뮬레이션이 가능하게 되어 지금까지 건축가 및 기술자가 기존의 프로그램으로는 불가능했던 다양한 기능이 추가되었으며, 현재 베타 버전 제공 중임.
- 국외의 빌딩 자동제어업체는 설비단위의 에너지 최적운전 기법을 보유하고 있으나, 계절 및 이용객의 유동에 따른 최적운전기법은 구현하고 있지 않음.
 - 하니웰의 EBI시스템은 설비, 전력, 조명, 방범, Access, 방재설비들을 통합시켜 완전한 하나의 통합 빌딩관리시스템으로 빌딩의 규모에 따라 중소형, 대형, 초대형으로 대응할 수 있도록 구성되어 있으며, 하나의 프로그램 및 하나의 화면상에서 설비, 전력, 조명, 출입제어, CCTV시스템을 감시/제어 및 운영함으로써 시스템간의 유기적인 연동이 가능함.
 - 지멘스는 제조업 및 기간산업이 미국에 비해 열세인 유럽의 보루이자 대표적인 업체로 전 세계 두 번째의 빌딩 솔루션 업체인 SBT(Siemens Building

Technologies)를 보유하고 있으며, 특히 SBT의 BEMS 솔루션 Apogee는 전 세계 중대형 빌딩에서 가장 많이 채택되는 솔루션임.

- (수송부문 CDM 사업 등록비율 0.25% 불과) 2012년 UNFCCC의 통계에 따르면 15개의 CDM 사업 영역에서 에너지산업 분야(01)에서의 등록 CDM사업이 68.16%로 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 수송분야(07)는 전체 3,820개의 등록 CDM 사업 중에서 단지 11개로 전체의 0.25%에 불과함.



- 수송분야에서의 철도관련 CDM 사업은 교통수단전환 CDM사업이 19%, 화생제동장치를 통한 에너지효율화 CDM사업이 6%, 운영효율개선 CDM사업이 3%로 수송 전체 CDM사업 중에서 적은 부분을 차지하고 있음.

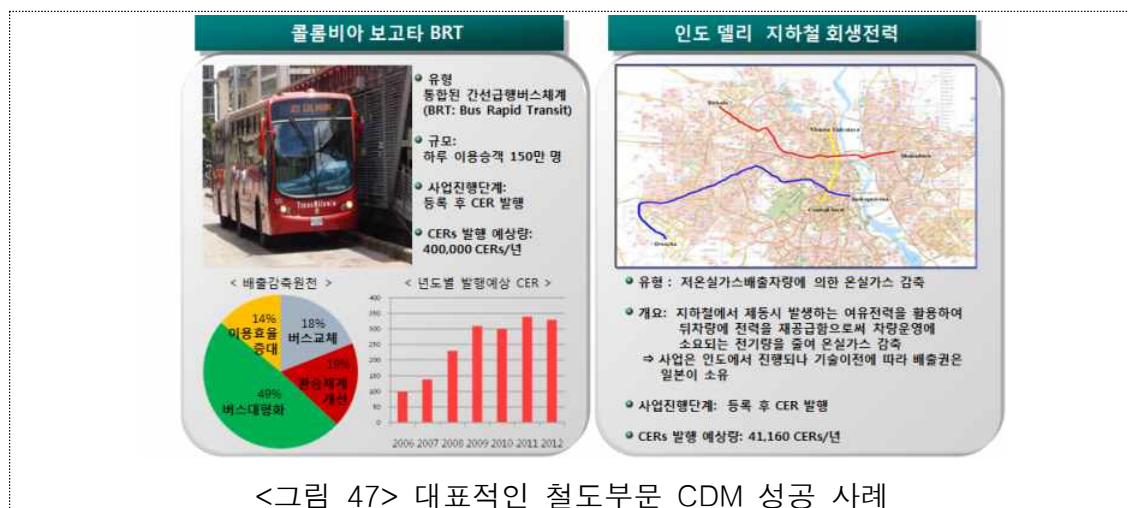


- 수송분야의 CDM 사업에 대한 타당성 확인 및 등록단계에는 2005년부터 현재까지 총 59개 사업의 요청이 있었으나, 그 중 등록된 수송분야 CDM사업은 총 28개뿐(47%)으로 이 중 철도 관련 등록 성공사업은 11개(18%)임.

<표 26> 철도 수송분야 CDM UNFCCC 등록 성공 사업

등록일	사업명	국가	방법론		예상 감축량
2007.12.29	온실가스 저배출차량 교체 사업	인도	AMS-III.C ver.10	전기차 및 하이브리드차에 의한 온실가스 배출량 감축	41,160
2011.02.04	도로수송에서 철도수송으로 수송수단 전환 사업	인도	AMS-III.C ver.11	전기차 및 하이브리드차에 의한 온실가스 배출량 감축	23,001
2011.05.30	EDOMEX주 BRT 1-5호선 사업	멕시코	ACM0016	대중교통 급행수송체계	145,863
2011.06.30	델리시 메트로 사업	인도	ACM0016	대중교통 급행수송체계	529,043
2011.08.10	Insurgentes Metrobus 급행수송체계 사업	멕시코	ACM0016 ver.2	대중교통 급행수송체계	46,544
2011.10.04	뭄바이시 메트로 원 대중교통 급행수송체계 사업	인도	ACM0016 ver.2	대중교통 급행수송체계	195,547
2012.09.12	멕시코시티 메트로 12호선 대중교통 급행수송체계 사업	멕시코	ACM0016 ver.2	대중교통 급행수송체계	136,983
2012.09.24	Metrobus 2-13 대중교통 급행수송체계 사업	멕시코	ACM0016 ver.3	대중교통 급행수송체계	134,601
2012.11.22	구르가온시 메트로의 대중교통 급행수송체계로 수송전환 사업	인도	ACM0016 ver.2	대중교통 급행수송체계	105,863
2012.12.19	경전철(LRT)체계 사업	튀니지	ACM0016 ver.3	대중교통 급행수송체계	29,193
2013.02.25	구이양시 대중교통 급행수송체계 1호선	중국	ACM0016 ver.3	대중교통 급행수송체계	335,188

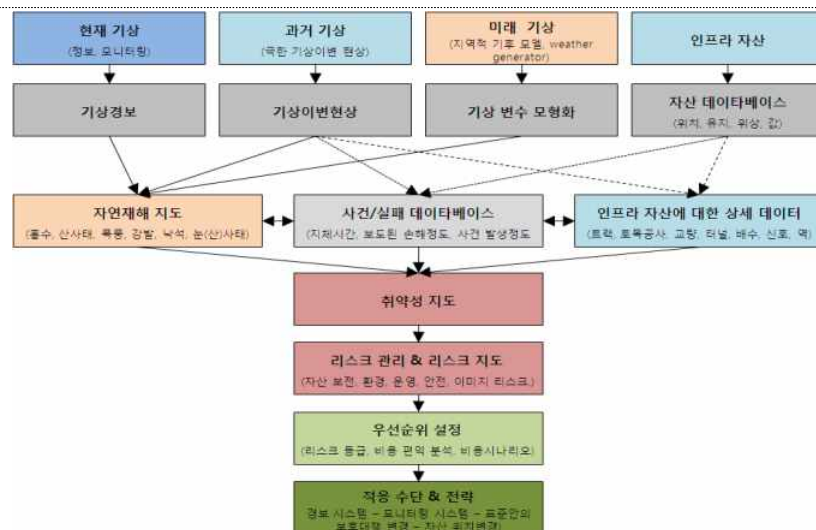
※ 출처 : <http://cdm.unfccc.int> (2013)



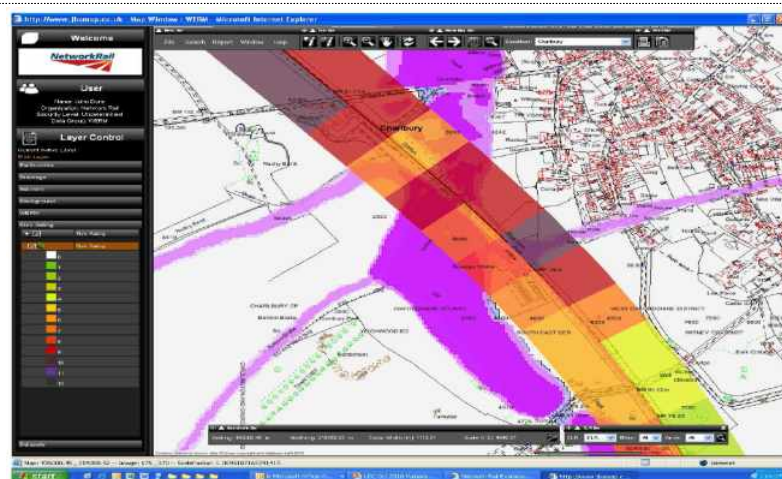
나. 기후변화적응 기술

□ 유럽의 UIC에서는 Adaptation of Railway Infrastructure to Climate Change 프로젝트(ARICC)를 통해 기후변화의 영향에 대비하고 유지, 보수 및 투자비용에 대한 의사 결정권자가 신뢰할 수 있는 도구와 수단을 개발할 계획임.

○ 과거 분석을 통한 철도 인프라의 취약 부분을 확인하고, 현재와 미래의 자연재해와 인프라 자산의 잠재적 영향을 파악하는 다단계적 접근을 통해 합리적인 자연재해 지도를 개발함.

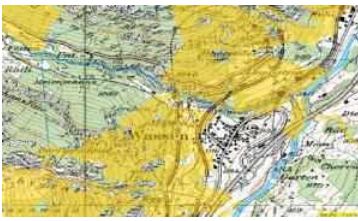


<그림 48> 자연재해 통합관리 인자, 프로세스 및 정보흐름



<그림 49> 기후변화에 따른 철도노선의 홍수피해 리스크 평가 예(British Railway)

<표 27> 철도 인프라에 영향을 미칠 수 있는 자연재해 map 사례

1단계 스크리닝	2단계 잠재 자연재해 지도	3단계 현장 지식의 통합
SBB 네트워크 내 2007년 기후재해 사건	스위스 낙석 발생가능 지역 지도	위험 발생 가능성 지도
		
	스위스 산사태 발생가능 지역 지도	
		
	스위스 낙석 발생가능 철도 트랙지도	
		

<표 28> 기후변화에 의해 철도 인프라에 미치는 영향 및 주요 적응전략(GTZ, 독일, 2009)

기후변화	철도에 미치는 영향	가능한 적응전략
온도상승 및 더 잦은 열 충격	열적팽창으로 인한 선로의 좌굴(buckling)	- Rail stressing(온도에 따른 선로의 팽창 및 축소 고려) 같은 선로의 유지보수 절차 보유 - 고온을 견딜 수 있는 새로운 설계 기준 마련 - 차별화된 속도 제한 조치를 부과하기 위한 관리 절차 - 트랙, 트랙 센서, 신호 수리 및 검사 - 기후 상황과 트랙 조건에 관한 업데이트, 경고 등 배포
	철도 네트워크 내 기온 증가	- 역사, 차량, 지하 네트워크를 위한 에어컨 또는 고성능 냉각 시스템 보유 - 지하 인프라에 대한 온도 모니터링 - 고온에 대한 긴급사태 대책 마련 - 예상된 수요를 맞추기 위한 전력공급에 대한 설계기준 보유(특히 냉방장치 이용에 따른 수요 예측)

더 잦은 가뭄 (토양수분 부족)	집중호우와 결합한 건조토양은 더 많은 산사태 및 침하 발생	- 철도에 대한 영향 가능성 평가(risk mapping) - 정기적인 유지보수 및 고위험 선로에 대한 모니터링 - 고위험 지역의 신규 철도노선 건설 피하기
해수면 상승 및 해안침식	해안가 도시들에서 지하터널의 홍수 및 철도 인프라의 홍수 위험	- 위험지역 확인을 취약성 지도 작성 - 고위험 지역의 개발 제한 - 해안가 지역관리 및 수송 계획 통합 - 방파제, 해안가 습지 보호, 지하 시스템 양수처리 같은 예방조치 강화
더 극단적인 강우 현상 및 홍수	- 지하터널과 철도노선 내 범람 증가 - 침식, 산사태 및 토양수분 증가로 인한 구조의 안전성 감소와 선로손상	- 배수시설 용량 증설 및 집중호우 대비 신규 배수시설 건설 또는 개선 - 정기적인 배수 시스템 검사 - 취약지역에 대한 지도화 및 대체 노선 평가 - 신규 개발에 대해 홍수 위험도 평가 의무화 - 고위험 지역의 개발 제한 - 인프라 보호, 홍수원 및 해안가 관리 개선
	지하 시스템/지하터널 홍수발생 시 배수 취약	- 지하에서의 승객대피 계획 수립 - 양수처리 시설 강화 - 고위험 지역 확인을 위한 취약성 지도 작성 - 고위험 지역 개발 제한
	- 노반의 안전성 약화 - 철도 하부 노반의 강도 및 베어링 용량 저하	- 폭우 시 노반 및 교량 등의 모니터링 조건 강화 - 유지보수 개선
	인프라의 풍화 증가	항 부식제 같은 고내구성 재료 사용
더 센 강도의 빈번한 태풍	역사 및 인프라 건설, 교량, 교차로, 기차 플랫폼, 거리조명 및 신호 손상	설계기준 강화
	해수면 상승 및 높은 조수와 더불어 강한 바람이 부는 동안 바다에 의한 홍수 위험	조기경보 시스템 설치 및 재난 리스크 관리
	- 강한 바람으로 인해 차량 또는 빌딩 폐쇄, 떨어진 나무로 인한 철도 또는 도로 차단 - 낙엽으로 인한 철도의 안전성/흡착 감소 - 전기시스템 또는 철도신호로의 낙뢰발생 증가 - 낙뢰로 인한 전기신호 시스템 혼란	- 철도 인프라를 위한 바람막이 설치 - 신호장비의 적응 설계기준 마련

- 호주에서는 기후변화에 대하여 자산과 서비스에 대한 리스크를 평가하기 위해 수송부문 인프라의 취약성 평가를 진행하였으며, 수송부문 인프라 서비스는 도로, 철도, 터널, 다리, 공항 및 항구 부문으로 분류하였음.

<표 29> 리스크 평가 매트릭스

가능성	중요성				
	Insignificant 1	Minor 2	Moderate 3	Major 4	Catastrophic 5
A (almost certain)	L	M	H	E	E
B (Likely)	L	M	M	H	E
C (moderate)	L	L	M	H	E
D (unlikely)	L	L	M	M	H
E (very unlikely)	L	L	L	M	M

<표 30> 2030년 온실가스 저배출 시나리오

리스크 시나리오	기후변수 (원인)	기후변화 영향	다양한 원인에 의한 리스크	리스크 평가				
				리 스 크 평 가	인 프 라 서 비 스	사 회 적	정 부	금 용
레일 트랙 이동	기온 상승 및 열파	- 대부분 지역에 0.5~1℃ 기온 상승 - 35℃ 넘는 날이 1~4일 증가 - 30℃가 넘는 열파 수 0.5~2배 증가	- 레일 구조물의 이동으로 인한 손상, 장애 및 교체 - 레일 인프라의 유지 및 교체 비용 증가 - 공공 수송 업체와 주정부의 국부화된 비용	L	L (C2)	L (C2)	L (C1)	L (C2)
폭풍우에 의한 레일 피해	극한 강우 증가	극한 강우가 27%까지 증가	- 홍수, 파편, 쓰러진 나무와 산사태로 인한 피해 증가로 레일 구조물의 손상, 장애 및 교체 - 레일 인프라의 유지와 교체 비용 증가 - 공공 수송 서비스의 단기간 손실과 도로수송부문의 혼잡 증대 - 공공 수송 업체와 주정부의 비용증가	M	M (D3)	L (D2)	L (D2)	L (D2)
	폭풍우 빈도 및 강도 증가	폭풍우 발생 빈도와 강도의 증가						
	번개 증가	벼락 증가						

※ L : Low, M : Moderate, H : High

<표 31> 2030년 온실가스 고배출 시나리오

리스크 시나리오	기후변수 (원인)	기후변화 영향	다양한 원인에 의한 리스크	리스크 평가				
				리 스 크 평 가	인 프 라 서 비 스	사 회 적	정 부	금 용
레일 트랙 이동	기온 상승 및 열파	- 대부분 지역에 1~1.5℃ 기온 상승 - 35℃ 넘는 날이 3~10일 증가 - 30℃가 넘는 열파 수 1~5배 증가	- 레일 구조물의 이동으로 인한 손상, 장애 및 교체 - 레일 인프라의 유지 및 교체 비용 증가 - 공공 수송 업체와 주정부의 국부화된 비용	M	L (C2)	M (C3)	L (C2)	L (C2)
폭풍우에 의한 레일 피해	극한 강우 증가	극한 강우가 27%까지 증가	- 홍수, 파편, 쓰러진 나무와 산사태로 인한 피해 증가로 레일 구조물의 손상, 장애 및 교체 - 레일 인프라의 유지와 교체 비용 증가 - 공공 수송 서비스의 단기간 손실과 도로수송부문의 혼잡 증대 - 공공 수송 업체와 주정부의 비용증가	M	M (D3)	L (D2)	L (D2)	L (D2)
	폭풍우 빈도 및 강도 증가	폭풍우 발생 빈도와 강도의 증가						
	번개 증가	벼락 증가						

※ L : Low, M : Moderate, H : High

다. 친환경 건축자재 기술

- 현재 국외 ‘영국 왕립건축연구원(bre) 및 스웨덴 환경경영위원회와 같은 환경 선진국에서는 콘크리트를 포함한 건설제품의 생산부터 해체/폐기까지를 대상으로 환경선언을 위한 지침(PCR : Product Category Rules)개발 및 인증 제도를 운영하며 관련 연구가 활발히 진행되고 있음.
- 환경선진국은 이미 건축물 전과정 환경부하 중 운영단계를 제외하고 가장 많은 CO₂ 배출 부분인 콘크리트에 대한 환경부하 평가 연구를 실시하고 있으며 연구 결과에 근거하여 콘크리트 산업 환경부하 절감 정책 수립에 활용하고 있음.
- 석탄회 이용기술이 발전한 외국에서는 이용분야 및 연구개발 방향 등이 해당 나라의 특수성에 맞게 다양함.
 - 대부분의 국가들은 보다 많은 양의 석탄회를 효율적으로 이용하기 위하여 공공기관을 설립하고, 석탄회의 활용을 위한 기술개발, 재정지원 등 다양한 재 활용 추진체제를 갖추고 지속적인 연구를 수행함.
 - Bottom ash의 재활용에 관한 국외 연구 동향을 살펴보면 Bottom ash를 아스팔트 포장 충전재로 활용(Churchill 등, 1999)하거나, 콘크리트 잔골재로 활용(Ghafoori 등, 1996), 또는 건설공사 시 성토재로 이용(Kim 등, 2005) 등과 같이 Bottom ash를 단순 건설재료로 재활용하기 위한 연구들이 수행됨.
 - 미국 ASTM(1998)에서는 “The Design and Application of Controlled Low-Strength materials(flowable fill)” 표준규격이 제정되었으며, 이는 재활용 재료를 이용한 유동성 뒤채움재의 실내외 실험에 대한 각종 기준과 경제성 분석에 대한 내용이 포함되고, 현재 CSLM과 관련된 ASTM 표준 규격은 5개로 구분됨.
- 순환골재와 관련해 미국은 폐기물의 성상별 혼합율을 용도별로 한정, 일본은 원재료인 건설폐기물의 성상별로 순환골재를 구분하고 각 사용용도를 제안함
 - 일본은 2000년 제정된 건설리사이클법에 따르면 건설폐기물을 처리하여 생산된 순환골재는 전기공동구, 경계블럭, 재생쇄석, 배수로, 보도용 쇄석, 경계

벽, 공원시설, 굴착 뒷채움재, 호안블럭재, 기초재 등으로 재활용하여 사용함.

- 가와사키 제철과 가시마 도로는 공동으로 개발한 ‘철강 슬래그를 주원료로 한 열섬현상을 방지하는 포장기술’의 주요핵심 재료인 보수재는 경화할 때 기공률이 35% 이상이고, 평균 기공 지름이 $1\mu\text{m}$ 가 되는 열섬현상 억제에 철강 부산물인 고로슬래그를 이용함. 2002년 3월에 치바역 앞 버스에인에 시공 후 성능검사를 실시한 결과 포장부분에 5°C 이상 냉각 효과가 확인됨.
- 일본 도쿄도는 도내 주민이나 민간 사업자가 건축물을 신축하거나 개수할 때 지역의 열 환경을 고려한 열섬현상 대책을 수립할 수 있도록 열환경 지도, 지역특성별 고유대책, 건물용도별 대책 등을 포함하는 「열섬현상 대책 가이드라인」을 정리해 발표함.
- 일본 타이세이로텍은 여름철 도로포장의 노면온도를 장기간 낮게 유지할 수 있는 보수성 포장「자동 급수형 쿨로드(쿨로드)」를 개발하여 이는 도로 포장의 내부에 설치한 다기능 센서가 자동으로 급수하기 때문에 비가 내리지 않아도 최소 수량으로 노면의 온도를 낮출 수 있는 특징을 갖고 있음.
- 건설산업에서 CO_2 배출량을 줄이기 위한 각국은 다양한 정책을 시행하고 있으며 정책적 지원과 함께 알칼리 활성 결합재 및 이를 이용한 콘크리트의 실용화를 위한 기술개발이 이루어지고 있음.
- 일본은 건축 관련 5개의 단체에서 2000년에 “지구환경·건축헌장”을 제정하였고, 미국의 오바마 정부는 지속가능 녹색성장 정책을 주요 기조로 삼고 있음. 우리나라에서도 현 정부의 각종 녹색성장 정책에 따라 친환경 인증 건축물, 전라남도의 “탄소제로도시 건설” 선언, 그리고 CO_2 배출 기업에 대한 세금부과 등 다양한 정책이 시행되고 있음.
- 각 국가들은 2000년도 중반 이후 미국, 호주 및 국내를 중심으로 결합재 개발에 따른 수화생성물 평가에서 알칼리 활성 콘크리트의 배합설계 및 역학적 특성 평가로 발전하고 있음.
- 실용화 측면에서 알칼리 활성 콘크리트는 콘크리트 2차 제품, 도로, 오일 저

장탱크 및 항구시설물 등 다양한 분야에 적용이 추진되고 있지만 알칼리 활성 결합재 기반 콘크리트 기술의 실용화를 위한 콘크리트의 배합설계 및 조건에 따른 역학적 특성에 대한 연구가 미비하고 이에 관련된 설계 지침은 아직 마련되지 않은 상태임.

- 따라서 알칼리 활성 결합재 기반 콘크리트의 실용화 및 구조체 적용을 위해서는 다양한 배합조건에 따른 콘크리트의 역학적 특성에 대한 실험결과에 근거한 안정적인 배합설계 모델 및 설계모델들이 제시되어야함.

라. 기타 친환경 기술 현황

- 국외의 경우 기업입지 모형과 관련하여 아직 기초연구단계에 있는 국내 상황과 달리 국외에서는 통합적이고 장기적 관점에서 거시적 기업입지모형뿐만 아니라 미시적 기업입지모형 연구를 활발히 진행 중임.
- 통합적이고 장기적 관점의 도시연구가 진행 중으로 도시의 지속가능한 발전을 위해 다양한 도시정책을 시뮬레이션 하여 비교·평가하지 않고서는 성공적인 정책의 실현을 담보하기가 어려움.
- Wegener (1994)는 도시의 공간구조 변화를 결정하는 핵심 요소 9가지를 제안하면서 각 요소들은 변화하는 속도의 차이가 있고, 서로 유기적으로 연결되어 밀접한 관련성이 있음을 강조함.
- 특히 직장(기업) 요소에 대한 이동 및 변화는 나머지 8가지 요소 모두와 높은 연관성이 있으며 이에 대한 연구는 도시 전반에 미치는 영향을 볼 때 매우 중요하다고 할 수 있음.
- 또한, 도시의 공간구조 변화는 단기적 차원뿐 아니라 장기적 차원에서 관찰하고 예측해야 할 필요성을 강조함.
- 국외연구에서는 이와 같이 장기적 관점에서의 도시모형 연구가 지속적으로 진행되어 왔으며, 이를 통해 지속가능한 도시발전을 도모함.



□ 국외에서는 기업의 입지와 이동을 예측하는 기업입지모형에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이를 다양한 도시정책의 비교·평가를 위해 적용하고 있음.

○ 2000년까지는 통합된 도시모형 속의 일부분으로 포함되어 있어 총량적인 변화를 관찰하고 예측하는 연구가 주로 이루어져온 반면, 2000년 이후부터는 독립적인 기업입지모형으로 개별 기업의 변화와 이동을 관찰하고 예측하는 Micro Simulation 모형이 연구되고 있음.

□ 미국과 유럽, 일본을 중심으로 건설현장의 장비를 통합관리 할 수 있는 시스템을 구축하는 연구가 이미 오래전부터 진행되어 건설현장의 장비의 불필요한 움직임을 최소화 시키고, 장비운전자의 장비운용 형태를 분석하여 연료사용을 효율적으로 관리하도록 지원하는 건설장비 관제시스템 서비스(Construction Fleet Management Solution)와 장비 네비게이터를 제공하는 전문회사가 상당 수 존재하고 있음.

○ 일본 Sokkia 社の 경우 장비 네비게이터(Machine Guidance)와 같은 스마트 시공법을 사용했을 경우, 고속도로 램프구간 시공을 위하여 장비를 연간 800 시간 가동하는 것으로 가정하였을 때, 작업시간 128시간 감소, 연료감소량 3,072ℓ (16% 절감)로 공사비, 공기측면에서 월등한 효과를 보이며 탄소 저감 효과 또한 연간 7.7톤이며 이 기술이 확대 적용될 경우 탄소저감 파급효과는 매우 클 것으로 기대함.

○ Sokkia 社에서는 2010년 국토교통성 북해도 개발국에서 발주한 도시중앙연

락도로 개량공사(공사금액 : 5억 5,398만엔)에서 앞서 말한 장비 네비게이터와 같은 스마트 시공기술을 적용하였으며, 종래공법과 비교하여 착공 전 측량 시 지반선 측량 감소로 측량비용 20% 감소, 공사 측량 및 검사측량의 경우 기준 틀 설치 감소, 측량사 감소, 인건비 감소, 시공오류 감소 등으로 인해 측량비용 75% 감소와 같은 결과를 창출하였음.

- 미국의 통계 조사에 따르면 건설 기계 장비를 이용한 Fleet Tracking과 같은 스마트 시공이 가능한 건설현장에 적용 된다면 년당 50,000갤런의 유류를 사용하고 있는 건설회사의 경우 7,500갤런의 유류, 156,000 파운드의 이산화탄소를 감소(미국 EPA2에서 제시하는 1갤런당 20.8lbs의 이산화탄소 발생, Navman에서 제시한 15%의 연료절감 효과를 기준으로)시킬 수 있을 것으로 예상됨.
 - 유럽연합의 CECE(Commitee for European Construction Equipment)에서는 Eco-Modes, Eco-Driving, Machine control and guidance product 기술 등을 적용하여 평균 약 26% 연료를 절감함.
 - 중국과 캐나다, 호주 다양한 국가에서 최근 관련기술에 대한 개발이 진행되고 있으며, 특히 중국의 경우 글로벌 건설강국 도약을 목표로 건설선진국과의 기술 제휴를 통해 노동집약형 공종에서 벗어나 고기술집약형 공종으로 전환하고 있어 가격과 더불어 기술력까지 갖추어가고 있음.
- 저탄소 교통수요관리방안으로 전 세계적으로 첨단 안전주행기능 차량과 도로 인프라 연계시스템의 확대를 통한 FNC 기반 교통체계, 정보단말과의 연계 등 다양한 녹색 기반의 교통수요관리방안에 관한 연구가 진행 중임.

2. 국내동향

가. 온실가스 관리기술

- 한국철도공사에서는 녹색철도 구현 및 수송산업 선두주자로서의 역량 강화를 위해 2005년 ‘철도환경 발전방안에 관한 연구’를 시작으로 기후변화대응 전략 수립을 위한 과제를 매년 추진하고 있음.

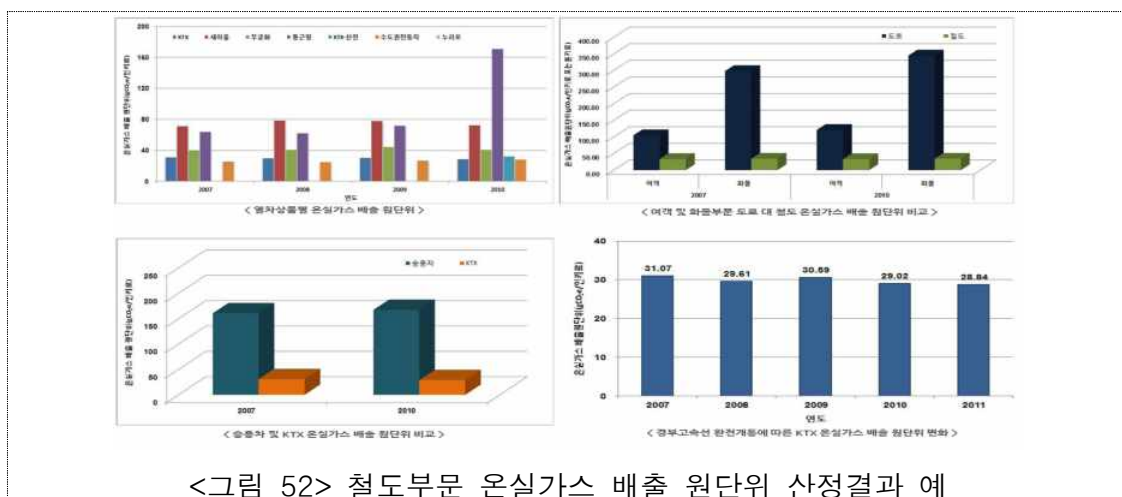
<표 32> 한국철도공사 해당분야 연구과제 추진현황 요약

과제명	연도	연구내용	주요연구성과
철도환경 발전방안에 대한 연구	2005	· 철도환경 실태분석 및 중장기 정책방향 설정 · 철도수송의 환경경제성 분석 및 환경조직 방향 · 기후변화협약에 따른 대처방안	· 한국철도공사 환경부문 현황조사 및 조직개선 방향 제시 · 국내외 철도분야 기후변화대응 추진현황 조사
친환경 철도시스템 구축기반 기술개발	2007	· 선진국 철도 온실가스 배출실태 및 저감전략 분석 · 국내 철도분야 온실가스 인벤토리 구축 · 국내 철도분야 온실가스 배출 저감방안 제시	· 한국철도공사 온실가스 배출원 파악 및 인벤토리 구축(간선철도차량 및 역사 등 시설물, Tier 1 수준)
친환경 철도시스템 구축기반 기술개발 2차	2008	· 인벤토리 관리체계 및 제3자 검증기반 구축 · 철도분야 기후변화대응 중장기 계획 수립 · 저탄소 배출원 철도 홍보전략 수립	· 기구축 인벤토리 보완 및 기후변화대응 중장기 계획 수립(Eco 2015 비전 수립에의 활용)
친환경 철도시스템 구축기반 기술개발 3차	2009	· 인벤토리 제3자 검증 및 EH&S 시스템 연계방안 제시 · K-CDM 사업 참여방안 및 활용방안 수립 · 국내 철도분야 온실가스 배출원단위 산출 및 비교	· 인벤토리 제3자 검증 완료 · 차종별 온실가스 배출원단위 산정 · K-CDM 사업 참여방안 수립
기후변화협약 대비 철도수송 효과 분석	2009	· 국내외 기후변화 대응 현황 · 수송부문 교통수단별 에너지소비 및 온실가스 배출원단위 분석 · 철도수송 효과 분석	· 2007년 기준 교통수단별 에너지소비 및 온실가스 배출 원단위 산정 · 철도 수송분담률 증대에 따른 효과 산정
친환경 철도시스템 구축기반 기술개발 4차	2010	· 저탄소 녹색성장기본법 발효에 따른 대응방안 수립 · 수송분담률 상승에 따른 온실가스 배출량 관리방안 제시 · 탄소배출권 거래시장 도입에 따른 효과적 참여방안 수립	· 한국철도공사 온실가스 중장기 감축목표 수립 · 서울-부산 KTX 탄소성적표지 획득
한국철도공사 온실가스에너지 목표관리 컨설팅	2011	· ‘12년 온실가스 감축목표 이행계획 수립 컨설팅 · 국제 기후변화대응 활동 추이 조사 · 친환경 철도서비스 홍보방안 제시 및 탄소성적표지 인증 추진	· 탄소경영진단 및 기후변화대응 전략 수립 · 감축 항목 선정 및 감축잠재량 평가 · 경춘선 상봉-춘천 및 화물 수송 탄소성적표지 인증
기후변화대응 철도 이용증대를 위한 지원방안 및 효과분석 용역	2012	· 기후변화대응 대내외 여건 및 동향분석 · 수단간 경쟁에서 철도의 환경적 우위성 분석 · 녹색철도 구현을 위한 철도운영전략 및 협력방안 · 철도이용 증대를 위한 지원방안 및 효과분석	· 2010년 기준 도로 및 철도(열차상품별 포함) 온실가스 배출 및 에너지 소비 원단위 업데이트 · 철도이용 증대를 위한 지원방안 제시
온실가스 배출권거래제 시행에 따른 중장기 감축방안 수립 및 대응전략 연구용역	2013	· 온실가스 중장기 관리방안 제시 · 배출권거래제 대응을 위한 온실가스 감축사업 추진방안 체계적 검토 · 배출권거래제 대응방안 수립을 위한 국외사례 조사 및 국내 적용방안 제시 · 배출권거래제 시행 시 수익극대화 방안 제시 · 지속가능한 배출량 관리를 위한 탄소경영기반 구축	· 2020/2050 코레일 온실가스 중장기 배출량 전망 · 국내외 교통부문 CDM 사업 조사 및 참여방안 수립 · 배출권거래제 참여를 위한 포트폴리오 구성 및 효과 분석 · 누리로 탄소성적표지 인증

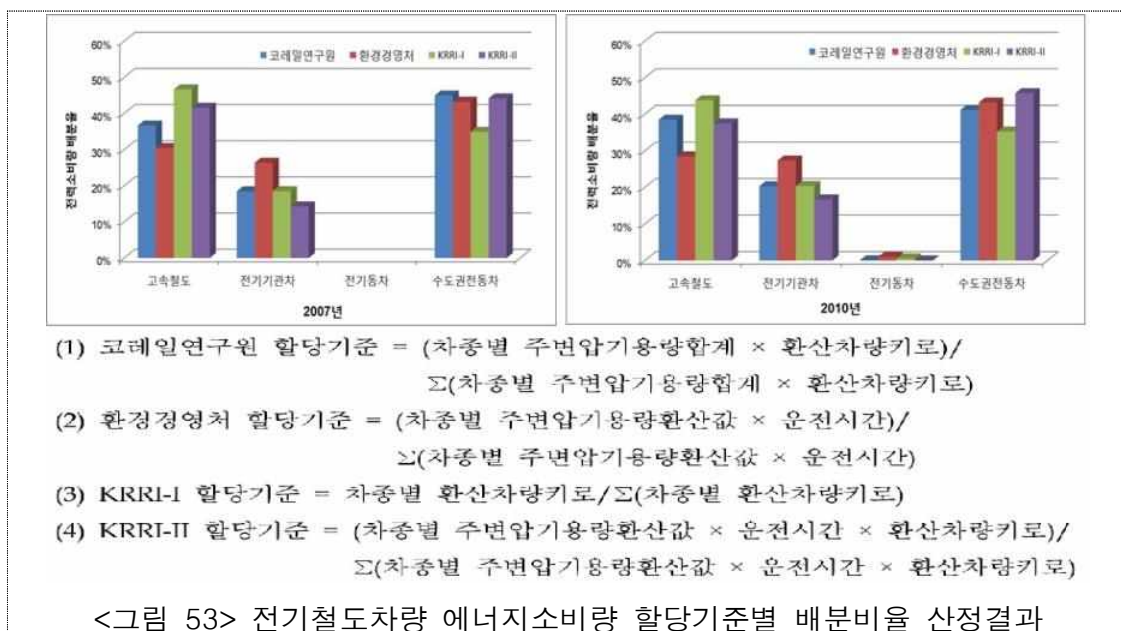
- 2007년부터 ‘친환경 철도시스템 구축기반 기술개발(철도분야 온실가스 감축사업 기반구축)’ 연구용역을 4차까지 추진함으로써 한국철도공사는 온실가스 인벤토리 구축 및 제3자 검증을 조기에 완료함에 따라 정부의 온실가스·에너지 목표관리제 추진에 따른 관리업체 지정 시 효과적인 대응이 가능하였음.
- 2010년에는 KTX 서울-부산 편도노선 운송서비스에 대한 탄소성적표지를 취득하여 승객들에게 녹색정보를 제공하고 있으며, 이를 화물수송, 경춘선 상봉-춘천 노선, 누리로 서울-신창 노선으로 확대하여 탄소성적표지를 취득하였으며, 최근 KTX 서울-부산 편도노선에 대해서는 갱신하여 재취득하였음.



- 2012년 ‘기후변화대응 철도 이용증대를 위한 지원방안 및 효과분석 용역’을 통해 철도수송에 따른 온실가스 배출 및 에너지소비 데이터를 2010년 기준으로 업데이트 하였으며, 열차상품별 할당기준 정립, 경부고속선 완전개통에 따른 효과 분석 등을 하였음.

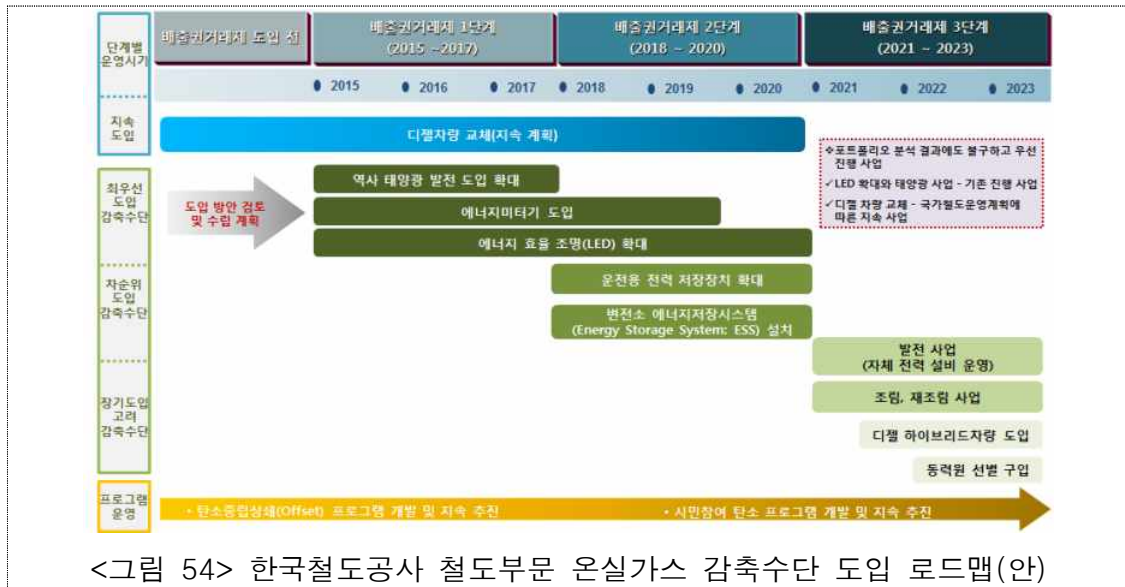


- 전기차량의 경우, 차종별 운행에 따른 노선에서의 전력소비량에 대한 데이터가 전무한 상태로 이에 대한 데이터 산정을 위해 이론적인 할당기준 설정을 위한 연구를 다수 진행하였음.
- 할당기준의 경우, 운전시간, 주변압기 용량, 환산차량키로 등 차량의 운행에 있어서 전력소비량에 영향을 미칠 수 있는 주요 인자를 고려하였으나, 매년 해당 데이터에 대한 실적을 토대로 산정하기 때문에 이에 의한 차종별 전력소비량에 대한 배분이 할당기준에 따라 차이가 크게 발생하는 문제점이 있음.



- 이에 디젤철도차량의 폐기에 따른 전기철도차량의 도입 시 온실가스 배출저감효과에 대한 정확한 데이터 산출이 어려우며, 운영기관에서는 해당 철도차량의 차종별 에너지소비량을 측정하고 연비표기제를 도입할 수 있는 방안에 대한 요구가 증가하고 있음.

○ 2015년 배출권거래제 출범에 따른 감축수단별 효과를 분석하여 감축수단 도입에 대한 로드맵을 작성하였음.



- 국내 철도부문 CDM 사업의 경우에 대부분 등록불가 또는 사업유효화 부적합 판정 상태이며, 이는 감축효과에 대한 정량적인 모니터링이 어렵고 CDM 사업에 대한 인식 부족으로 사업 추진상의 어려움 때문으로 판단됨.

사업명	방법론	예상 감축량	상태
서울시 간선급행 버스시스템	AM0031(간선급행버스시스템)	119,628	사업 유효화 부적합 판정(DOE)
대구도시철도 3호선	ACM0016(대량급행수송 프로젝트)	60,350	등록불가(rejected) 판정(2013.03.08)
인천도시철도 2호선		64,461	등록불가(rejected) 판정(2013.03.07)
부산도시철도 1호선		11,484	등록불가(rejected) 판정(2013.03.08)

국내 CDM 실패 원인 추정	
• CDM 등록 낮은 성공률(2005~2013) - 수송부문: 47% (28/59), 철도분야: 25% (15/59) • 신규 방법론 개발 필요 - 철도를 포함한 수송부문 CDM 사업은 나라의 사회, 문화적 배경이 다르기 때문에 기존 방법론 적용이 어려움 - 공사사업 현황에 맞는 방법론 개발이 필요함 • 추가성 입증 어려움 - 법적, 경제적, 환경적, 기술적 추가성을 입증하기 어려움 • 정량적 계측 어려움 - 원활하고 정확한 자료 수집 어려움과 그에 따른 정확한 배출량 산정 계산 불가능 • 높은 추진 비용 - 건설설치사업, 타당성 확인, 검인증 등 많은 비용이 소요됨 • 사업추진 의사결정 지연 - CDM 인식 부족으로 사업추진 어려움 - 사업경제 설정 어려움 - 베이스라인 계량화 한계 및 모니터링 취약성	

<그림 55> 국내 철도부문 CDM 사업 등록상태 및 실패 주요원인

- 한국철도공사 뿐만 아니라 국토해양부에서는 2009년 ‘기후변화대응 철도분야 온실가스 저감방안 연구’를 통해 2020년까지 철도부문 온실가스 감축목표를 수립하였으며, 국가 R&D로 ‘교통부문 온실가스 저감 및 통합관리 기술개발’을 추진

하여 도로뿐만 아니라 철도의 온실가스 배출량 산정을 위한 Tier 2 & 3 수준의 배출계수 및 모니터링 장치 개발을 진행하였음.

<표 33> 한국철도공사 이외 해당분야 연구과제 추진현황 요약

과제명	발주처	연구기간	연구내용	주요연구성과
기후변화대응 철도분야 온실가스 저감방안 연구	국토 해양부	2009.5 ~ 2010.1	· 국내 철도분야 기후변화대응 중장기 로드맵 수립 · 국내 철도분야 온실가스 저감 가이드라인 제시	· 국내 철도분야(건설단계 제외) 온실가스 배출량 산정(Tier 1 수준) 및 2020년 BAU 예측 · 2020년 철도부문 온실가스 감축목표 설정 및 이행 로드맵 수립
교통부문 온실가스 저감 및 통합관리 기술개발	국토교통 과학기술 진흥원	2009.12 ~ 2012.12	· 철도부문 Tier 2, 3 수준 온실가스 배출계수 및 배출량 산정체계 개발 · 철도부문 온실가스 웹기반 통계 관리시스템 구축 지원 및 전기차량 온실가스 모니터링 장치 개발	· 디젤전기기관차 차형별 온실가스 배출계수 개발(Tier 2&3 수준) · 전기차량 온실가스 모니터링 장치 개발 및 실차 적용 · 수송수단별 온실가스 배출량 관리시스템(KOTEMS) 구축
철도 환경성 개선 및 평가시스템 개발	지식 경제부	2009.1 ~ 2011.12	· 운행단계 수송수단별 온실가스 비교/평가기준 개발 · 수송수단별 온실가스 배출량 비교정보 제공 웹사이트 개발	· 운행단계 수송수단별 온실가스 배출원단위 산출 및 온실가스 배출량 비교정보 제공 웹사이트 시범운영
철도건설산업의 온실가스 감축규제 대응방안 연구	한국철도 시설공단	2009.8 ~ 2010.12	· 철도건설현장에 대한 온실가스 인벤토리 구축 및 분야별 배출실태 파악 · 철도건설분야의 특성을 고려한 온실가스 저감방법론 개발 · 한국철도시설공단 중장기적 기후변화대응 체계구축 및 신재생에너지 개발	· 철도건설단계에서의 온실가스 배출원 파악 및 인벤토리 구축(제3자 검증완료) · 철도건설단계에서의 온실가스 저감방안 제시 · 한국철도시설공단의 중장기 기후변화대응 체계 구축방안 제시
철도건설현장 탄소발자국 산정연구	한국철도 시설공단	2011.5 ~ 2012.12	· 철도건설현장 분야별 탄소발자국 산정방법 개발 및 국내외 사례조사 · 대상노선 선정 및 분야별 탄소배출량 및 원단위 산정 · 철도건설현장 분야별 탄소배출량 원단위 표준화 방안 제시 및 탄소배출량 관리지침 개발	· 철도건설현장 사용 장비 및 건설재료 포함 온실가스 배출량 및 원단위 산정(고속철도 및 일반철도 노선 사례연구 진행) · 철도건설현장 탄소배출량 관리 및 현장적용 방안 제시



- 한국철도시설공단에서는 철도 인프라 건설단계에서부터 탄소배출량 산정을 통해 녹색철도 건설을 위한 연구를 2009년부터 시작하여 2차에 걸쳐 진행하였으며, 이를 통해 경춘선 온실가스 인벤토리 제3자 검증을 완료하였고, 고속철도 건설에 따른 온실가스 배출 원단위를 확보하였음.
- 최근에는 철도건설현장의 탄소배출량 관리를 위한 지침을 제정하여 현장적용을 위한 시범사업을 추진하고 있음.

[illegible]

나. 에너지 효율개선 기술

- 국가 R&D로 ‘교통부문 온실가스 저감 및 통합관리 기술개발’을 통해 전기차량 온실가스 모니터링 장치 기술 개발 연구를 통해 2013년 누리로 열차를 대상으로 온실가스 모니터링 시스템 시제품 제작 연구를 진행하였음.
- 온실가스 모니터링 시스템은 정보의 수집 및 전송을 담당하도록 모듈로 구성되었으며, 정차 상에 설치된 계측용 전압센서와 전류센서를 이용하여 기초정보를 수집함.

※ 2013년 누리로 열차 온실가스 모니터링 및 분석시스템 개요

- 해당 기초정보(에너지 소비량 정보)는 운행모드, GPS 수신데이터를 이용한 차량의 위치, 시각 등의 정보와 함께 저장함.
- 온실가스 모니터링 시스템에서 측정 기록한 에너지 소비량 정보는 플래시 메모리에 저장됨. 플래시 메모리에 저장된 에너지 소비량을 실시간으로 측정 기록한 데이터로서 그 용량이 상당히 방대하므로, 대용량 CF(CompactFlash) 카드를 적용함.
- 온실가스 모니터링 시스템에서 CF카드에 저장된 기록은 노트북 PC를 이용하여 다운로드하여 분석되며, CF카드는 온실가스 모니터링 시스템을 통하여 초기화되어 기록을 재개함.
- 온실가스 모니터링 시스템은 전용 분석프로그램을 제작하여, 소비전력, 누적소비전력량, 누적회생전력량 및 온실가스 배출량을 분석하도록 함.
- 전용 분석프로그램은 노선별/구간별/운행거리별 온실가스 배출량을 세분화하여 산출할 수 있도록 구성함.



< 온실가스 모니터링 시스템 구성 >

- 모니터링 시스템 시제품을 설치하여, 구내시운전을 통해 검증함.
- * 분석프로그램을 통하여 서울-신창, 신창-서울, 서울-제천, 제천-서울, 순천-여수엑스포, 여수엑스포-순천 구간의 기록데이터를 분석하여 전력소비량, 회생전력량 및 온실가스 발생량 등의 구간별 분석결과를 도출



< 온실가스 모니터링 분석프로그램 예시(서울 → 신창 구간 편도) >

- 철도 에너지 관리시스템(EMS: Energy Management System)은 변전소로부터 가선을 통한 전력 공급, 상용 전력계통 변전소로부터 전력 공급, 최근에는 태양광 발전, 풍력 발전 등의 자연 에너지를 이용한 전력 공급을 받아서 철도차량의 동력으로 소비하는 과정의 관리 시스템. 철도차량이 브레이크를 걸 때에는 회생전력이 발생하기 때문에 이를 가선으로 되돌려서 보내 에너지를 절감함.
- 철도 EMS는 역설비의 조명, 공조, 승강기 등을 포함한 전력량 흐름의 전체를 관리하여 피크 전력 및 전체 소비전력을 억제 철도차량 내에도 EMS가 있어 철도차량에 탑재되어 있는 모니터 장치를 중심으로 스마트 계기에 각 장치의 전력량을 관리하고, 브레이크 시 회생 에너지를 배터리 등에 축전하거나 주행하는 데 소비함.
- 전기철도시스템에서 소비하고 남은 잉여에너지를 저장하여 필요 시 사용할 수 있는 에너지 저장시스템을 구축하면 소요전력의 피크값이 감소하도록 조정할 수 있고, 가선의 안정화와 균일한 전력사용을 유도하게 됨.
- 많이 사용하는 에너지저장 소자로는 리튬이온 배터리와 초전도체 에너지 저장장치, 플라이휠, 전기이중층 캐패시터 등이 있으며, 사용 후 다시 충전하여 재사용이 가능한 2차 전지는 미국이 원천기술을 보유하고 있고, 생산기술과 장비는 일본이 거의 독점하고 있음. 현재는 우리나라의 배터리 기술이 발전

하여 일본과 쌍벽을 이루고 있음 2차전지의 성능과 기능은 개량을 거듭하여 80년대에는 니켈카드뮴 소형 2차전지가 중심이 되었고, 니켈수소전지에 이어 리튬이온 계열의 2차전지가 사용되고 있음. 에너지 밀도와 부하특성 및 저온 특성 등 성능향상에 대한 요구가 강해지고 있으며, 하이브리드 자동차에 응용이 될 만큼 성능이 향상된 제품의 개발이 이어지고 있음.

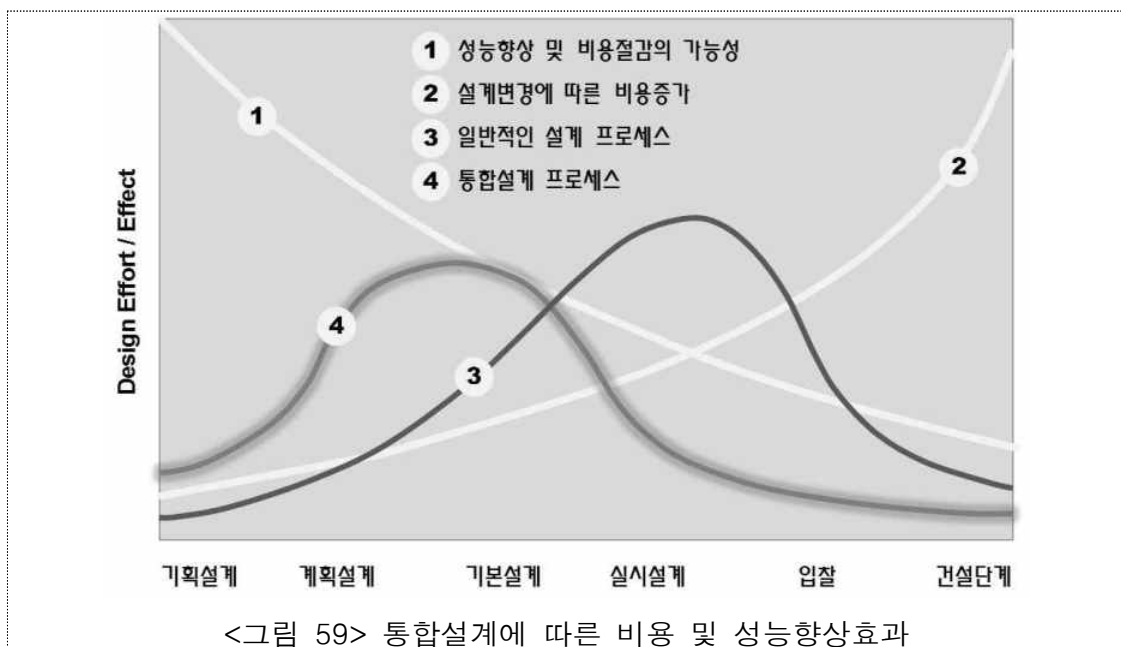
- 코레일네트웍스에서는 IT 기반 ESCO 시범사업 일환으로 송내역 여객 편의시설의 에너지 관리시스템 구축하여 역사 내 구역별 전기 사용량을 실시간 모니터링하고, 에너지 사용과 손실을 실시간으로 차단함.



- 현재까지 국내의 건물 에너지 관리는 관리자의 경험을 바탕으로 정성적·주관적인 기준으로 이루어져왔으며, 건물을 설계, 시공, 운영하는 과정에서 일어나는 에너지 소비를 통합적으로 고려하지 못하고 있는 실정임.

- 국내 BEMS 적용사례 중 COEX는 전기, 가수, 수도, 냉난방 등의 에너지 단가를 반영한 부하예측 시뮬레이션과 이를 토대로 한 에너지 종류별 단가, 기간별 작동설비의 원가를 산출하여 시스템에 적용하여 운영을 최적화하는 기능을 제공하고 있으나, 대형 건물에 대한 에너지 절감 방법론에 국한되었음.

- 삼성물산의 BEMS는 일본 전문기관의 자문을 통해 개발하였으나, 각종 기기에 대한 운전 및 성능 정보, 에너지사용량 등을 수집하여 통계 처리하는 수준에 그쳐 자동제어를 이용한 적극적 에너지 절감을 도모하지 않은 한계가 있음.
- 건축물의 설계단계에서 사용되어지는 에너지 부하해석 프로그램은 MIRAE98, RTS-SAREK 등이 존재하며, 이는 건축물 실내외 조건을 정상상태로 가정하여 최대 열 부하를 계산하고, 공조 설비의 장치용량의 표준을 마련하는 데에 이용됨.
- 시시각각 변하는 외부환경, 실온변동 현황, 열 부하를 산출하는 데에 한계를 나타내며, 연간 에너지소비량을 분석하여 평가기준으로 설정하기에는 부적합하고, 에너지사용량을 분석하는 경우에는 비효율적이고 데이터의 정확성이 떨어짐.
- (친환경 통합설계 프로세스) 일반 설계 프로세스와 비교하였을 때 설계 초기 단계부터의 반복적인 검토를 통해서 최종 설계에서 효율성과 최적화의 만족을 높일 수 있는 설계 기술임.



- 예비조사, 개념설계, 기본설계, 본설계 및 상세설계 총 5개 단계로 이루어져 있으며, 설계 프로세스 수준에 적합한 전문가 집단을 건축디자인, 에너지디자인

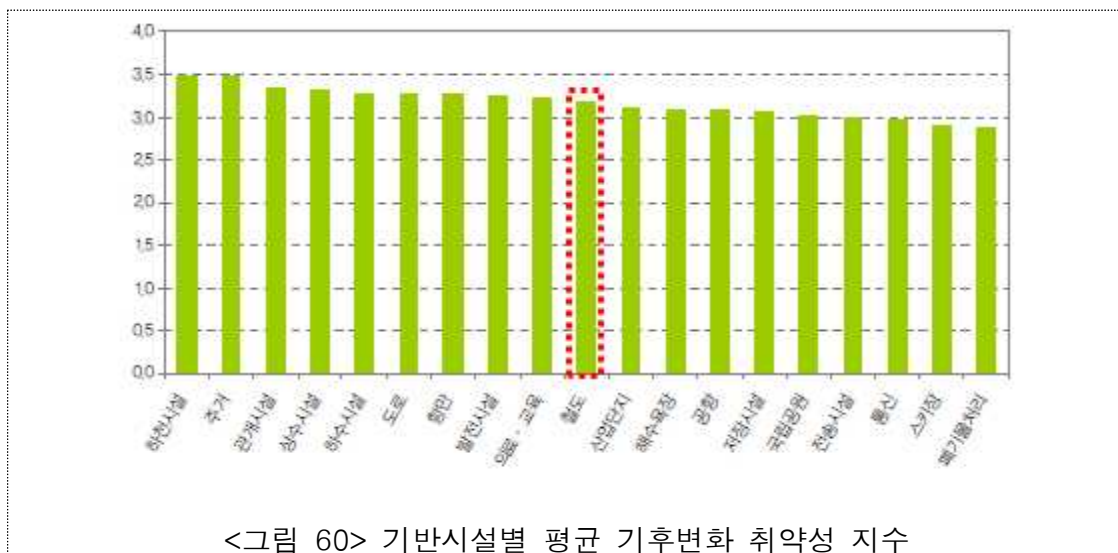
인, 구조디자인, 시공/COST 로 4가지 영역으로 나누어 각 단계별 구체적인 업무분담과 체크리스트를 제시함.

<표 34> 친환경 설계 관련 국외 주요기업의 기술개발 현황

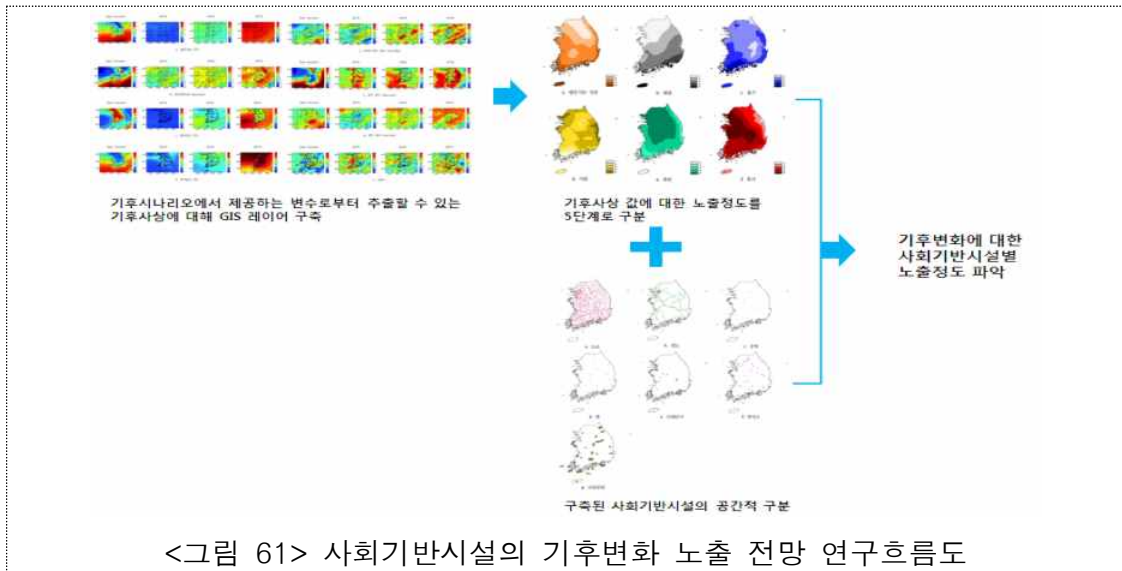
대분류	중분류	세분류
부하 저감기술	건축계획기술	건물배치 및 형상관련기술
		공간배치기술
고효율 설비	공조계획기술	종합계획기술
		실내 환경 계획기술
		에너지소비량 해석기술
		기기용량 산정기술
		공조시스템 최적화기술

다. 기후변화적응 기술

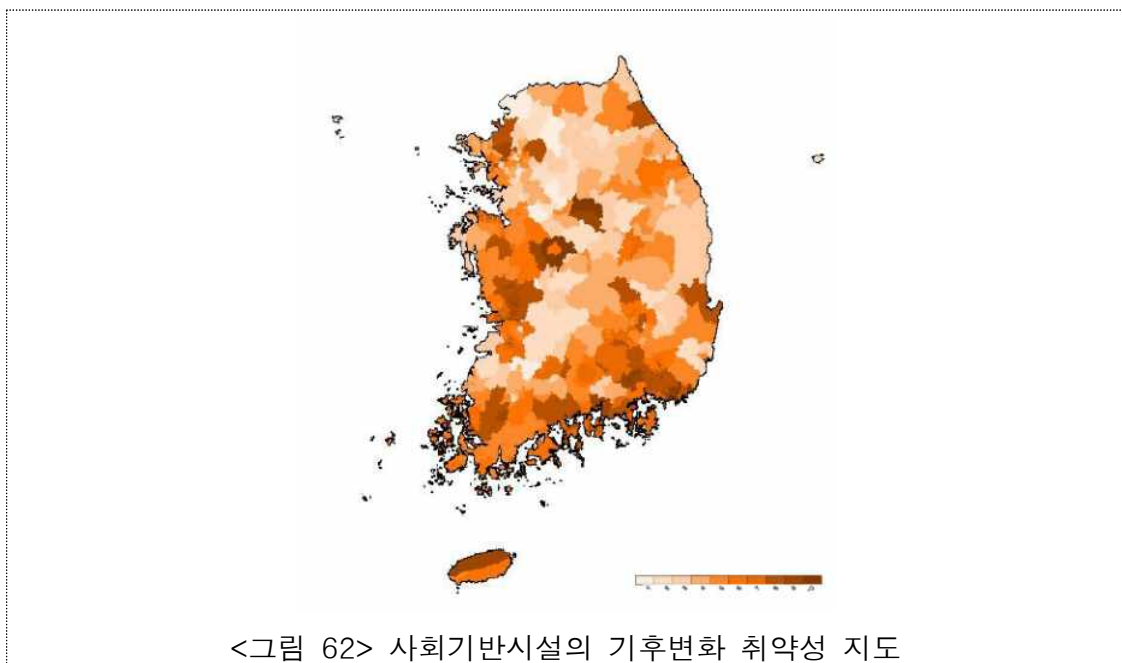
- 한국환경정책·평가연구원(KEI)에서 기후변화적응 연구를 활발히 진행하고 있으나, 사회전반에 걸친 평가가 주를 이루고 있으며, 철도분야의 특화된 연구는 거의 전무한 실정임.



- 국립기상연구소의 기후변화연구 시나리오 A1B를 바탕으로 평균기온 상승, 홍수, 가뭄, 폭한, 폭서의 개별 기후사상의 분석을 수행하였음.



- 2010년 전국 단위로 정주지를 중심으로 기후사상 중 홍수와 태풍에 대해 우리나라의 전반적인 사회기반시설의 취약성을 평가하였음.



라. 친환경 건축자재 기술

- 국가 R&D로 ‘탄소저감형 및 환경부하 저감을 위한 건설재료 및 관리 기술개발’을 통하여 CO₂ 배출저감형 건설구조재료 개발, 환경부하저감형 건축재료 개발,

건설재료의 CO₂ 통합관리기술 개발과 같이 3분야의 연구를 수행함.

<표 35> ‘탄소저감형 및 환경부하 저감을 위한 건설재료 및 관리 기술개발’ 과제 연구방법

연구 분야	구분	과제내용
CO ₂ 배출 저감형 건설구조재료 개발	시멘트 저감형 결합재를 이용한 50MPa급 고성능 콘크리트 실용화 기술 개발	· HVMA 고강도 레미콘 실용화 기술개발
		· HVMA SCC 개발 및 실용화
		· PC 제품용 고성능 무시멘트 콘크리트 개발 및 실용화
	비소성 결합재를 활용한 CO ₂ 저감형 콘크리트 개발	· 비소성 결합재를 활용한 CO ₂ 저감형 시멘트, 콘크리트 개발
		· 비소성 결합재를 활용한 CO ₂ 저감형 콘크리트 활용기술 개발
		· 비소성 결합재와 자원순환형 골재를 활용한 무시멘트 경량콘크리트 개발 및 실용화
	에너지 저감형 비정질 강섬유 개발 및 실용화	· 에너지 저감형 비정질 강섬유 이용실용화 기술개발
		· 비정질 강섬유 혼입 탄소저감형 감모르타르 실용화 기술개발
		· 복합섬유 보강 고강도 복합재 제조 및 활용기술 개발
	Carbon negative 시멘트 제조 및 활용기술 개발	· Carbon negative cement 제조 및 활용기술 개발
환경부하저감형 건축재료 개발	열손실 지수 30% 저감형 EEH(Energy Efficiency Housing) 시스템 개발	· EEH 시스템 구축기술 개발
		· 단열콘크리트 생산기술 개발
		· 고단열 복합 PC 외벽 시스템 개발
		· 단열콘크리트 배합설계 및 특성평가
	고효율 에너지 저감형 건축 단열도료 및 단열재 실용화 기술 개발	· 공동주택의 에너지 저감형 건축자재(DB 구축) 활용기술 개발
		· 고효율 에너지 저감형 단열도료 실용화 기술개발
		· 상변화물질 및 이를 혼입한 건축용 도장재료 제조
건설재료의 CO ₂ 통합관리 기술개발	LEC 내외장재 실용화 기술 개발	· LEC(Low Energy Curing) 내외장재 제조 및 공정기술 개발
		· LEC(Low Energy Curing) 내외장재의 환경기능성 부여 및 실용화 기술개발
	건설자재 분야 LCI DB 구축 및 탄소라벨링 시스템화	· 건설자재 LCI DB 및 CO ₂ 통합 관리시스템 구축
	건설재료의 LCCO ₂ 평가 기술 및 탄소배출 저감 관리기술 개발	· 건설재료의 LCCO ₂ 평가 및 탄소배출 저감관리
	탄소저감형 건설재료 활용 가이드 및 시방서 개발	· 탄소저감형 건설재료 활용을 위한 환경설계 및 녹색시방 기준 개발

- 미래창조과학부에서는 ‘콘크리트 산업 환경부하(CO₂) 최적 설계 및 예측 시스템 개발’의 과제를 수행함으로써 정부 및 지역사회의 저탄소 녹색 개발 정책에 부합하고 콘크리트 산업의 지속가능한 성장·발전을 위한 콘크리트 산업을 대상으로 원재료 생산, 원재료 수송, 콘크리트 제조 부분으로 구분하고 환경부하(CO₂) 평가 및 최적설계기법을 연계한 국내 유일 세계 수준의 “콘크리트 산업 환경부하(CO₂) 최적설계 및 예측 시스템 개발”을 목적으로 함.
- 본 연구를 통해 ISO 14044 기준(LCA)을 준용하여 콘크리트의 전과정 환경부하(CO₂)평가기법을 정립하고, 약 860개의 배합설계, 원재료 생산업체 위치 정보, 제조설비 에너지사용량 등의 DB를 구축 및 적용하여 “콘크리트 전과정 환경부하(CO₂)평가 시스템”을 개발함.
 - 최적배합설계 및 최적조달기법이 적용된 “콘크리트 전과정 환경부하(CO₂)배출량 및 경제성 평가 시스템”을 개발하였으며, 이를 이용하여 콘크리트의 환경부하(CO₂)배출량/저감성능 평가 및 예측 시 사용할 수 있음.
 - 개발된 평가시스템은 2015년부터 시행될 탄소배출권거래제(CDM)에 대응하는 탄소저감 콘크리트 기술의 국제 경쟁력을 높일 수 있으며, 한국형 “탄소저감형 콘크리트 시방서 및 설계지침”의 개발 시 기초자료 및 이를 지원하는 시스템으로 활용 가능함.
 - 과제와 관련해 국내 국토교통부는 ‘녹색건축물 활성화를 위한 온실가스 배출량 평가 연구’ 수행 중 주요 건축자재(콘크리트, 시멘트, 철근, 형강)의 생산 시 온실가스 배출량 평가를 통해 녹색건축물 인증제도 내 “3.4.3 재료의 탄소배출량 정보 표시” 항목을 지원하는 SUSB-BEGAS 프로그램이 개발함.
- 최근 현대산업개발은 국토교통부의 건설기술연구사업 지원을 바탕으로 한국건설기술연구원과 2년간 공동연구 끝에 사전 제작 콘크리트(PC)와 단열재를 하나로 합친 ‘고단열 복합 PC 외벽 시스템’을 국내최초로 개발함.

- 일반적으로 콘크리트 제조공정에서 단열 성능을 향상시키기 위해서는 단열재 두께를 늘려야 하지만 비용이 상승하고 벽 두께가 두꺼워지는 문제가 발생했으나 개발된 기술은 기존 단열재와 두께는 동일하면서 단열 성능을 40% 이상 높일 수 있음.
- ‘저탄소형 비소성 카올린을 사용한 무시멘트계 친환경 무기패널의 제조기법 연구’의 과제를 통해 정부 및 지역사회의 저탄소 녹색개발 정책에 부합하고 콘크리트 산업의 지속가능한 성장·발전을 위한 콘크리트 산업을 대상으로 원재료 생산, 원재료 수송, 콘크리트 제조 부분으로 구분하여 환경부하(CO₂) 평가 및 최적 설계기법을 연계한 국내유일 세계수준의 콘크리트 산업 환경부하(CO₂) 최적설계 및 예측 시스템을 개발함.
- ‘Bottom ash 재활용을 위한 친환경 보수/보강재료 개발’ 과제는 재활용 재료를 이용한 친환경 뒤채움 보수/보강재료 개발(지반), 도로-구조물-지반 상호작용을 고려한 실내모형실험 및 도로하부 기초 해석법 개발(도로), 재활용 재료의 장기 환경 안정성 평가 및 설계용 환경설계인자 DB 구축(환경) 연구를 수행함.
- ‘마이크로파를 접목한 알칼리 활성화 천연황토 콘크리트 결합재 개발’ 연구 과제를 통해 천연황토와 알칼리 활성화제와의 반응을 통해 경화를 유도하는 알칼리 활성화 천연황토 결합재의 배합에 따른 특성을 분석하고, 결합재 제조과정에 마이크로파 가열법을 접목하여 생산의 효율성을 향상시킴.
- ‘자원 및 산업부산물 등을 이용한 재활용 콘크리트의 성능 목표 및 노출환경 기반형 최적 배합설계 기법 개발 및 수리 기법 콘크리트 구조물 적용’ 연구 과제는 폐비닐보강섬유, 재생골재, 산업부산물 등 시멘트를 제외한 모든 재료를 재활용 재료로 적용한 재활용 콘크리트의 통계적 기법(최적화 실험계획법, 반응표면분석법: Box Beknhen Design 방법 도입)을 도입한 성능목표 및 환경 기반형 최적 배합설계 기법개발과 수리기반 콘크리트 구조물에 적용하기 위한 성능을 평가함.
- 국가 R&D ‘순환골재 및 다공성 기포를 이용한 친환경 투수 흙 콘크리트 개발’은 흙 콘크리트 생산에 사용되는 주골재의 90%를 순환골재로 사용하고, 배합 시 다공성기포를 발포하여 투수 콘크리트보다 투수성을 50% 이상 높여 도시열섬

저감을 위하여 포장재의 증발열을 이용해 포장 표면 온도를 10℃ 이상 낮추고, 압축강도를 15MPa 이상 가지는 친환경 투수 혹은 콘크리트 제품 개발함.

<표 36> 순환골재의 사용용도에 따른 건설폐기물 성상 분류

용 도		용 도			
		폐콘크리트	폐아스팔트 콘크리트	건설 폐재류	폐토사
도로기층용	입도조정기층	○	×	○	×
	빈배합 콘크리트 기층	○	×	○	×
	가열 아스팔트 혼합물 기층	×	○	×	×
도로보조기층용		○	×	○	×
콘크리트용		○	×	○	×
콘크리트 제품제조용		○	×	○	×
하수관거 설치용 모래대체 잔골재		○	×	○	×
아스팔트 콘크리트용	플랜트 재생가열 아스팔트 혼합물	×	○	×	×
	현장가열 표층 재생 아스팔트 포장	×	○	×	×
	플랜트 재생 상온 아스팔트 혼합물	×	○	×	×
동상방지층 및 차단층용		○	×	○	×
노상용		○	×	○	×
노체용		○	×	○	×
되메우기 및 뒷채움용		○	×	○	×
성토용		○	×	○	○
복토용		○	×	○	○
매립시설의 복토용		○	×	○	○

○ : 사용이 가능한 용도, × : 사용이 불가능한 용도

- 탄소저감요소를 적용한 건설재료의 환경영향평가 비교 연구(콘크리트 제품 생산 단계에서의 지구온난화 영향을 중심으로)를 통해 건설재료 생산단계에서의 CO₂ 배출 저감을 위한 노력의 일환으로써, 주요 건설재료인 콘크리트 제품을 선정하여 생산단계에서 탄소배출을 저감하기 위해 산업부산물 사용 등 요소기술을 적용한 개발 제품의 CO₂ 배출량을 산정하고 이를 기준 제품과 비교하여 제품의 투입재료 중 산업부산물의 사용 비율에 따른 CO₂ 배출 감축효과를 비교 분석함.

<표 37> 자재에 대한 비교평가 방법 및 결과

자재	평가 방법 및 결과
HVMA 고강도 콘크리트	· 기존 제품의 순환자원 투입비율 6.8%보다 약 3배가량 투입비율을 높여 21.9%의 순환자원을 사용. · 지구온난화 관점에서의 탄소배출량은 약 1/5로 배출량이 감소함. · 생산과정에서 투입된 전력사용량은 동일한 공정을 거치는 것으로 이로 인한 탄소배출량의 증감은 없음.
PC부재용 무시멘트 콘크리트	· 순환자원 투입비율이 15.7%에 해당하며, 기준제품은 순환자원이 투입되지 않은 것을 비교. · 대상 제품의 투입물 중 시멘트 대체 산업부산물(고로슬래그 미분말)로 배합 시, 시멘트 생산에 의한 환경영향이 배제되어 제조전단계의 원료채취에 의한 탄소배출량이 약 73% 감축함.
무시멘트 경량 콘크리트 패널	· 대상 자재의 순환자원 원료 투입비율은 83.8%이고, 기준제품은 4.6%의 순환자원 원료를 사용하는 것을 비교. · 시멘트 대체 원료로 배합 시, 생산과정에서 순환자원 투입비율이 약 20배 증가 시 탄소배출량은 약 54%저감함.
비정질 강섬유를 혼입한 콘크리트 제품	· 순환자원 투입율에 따른 탄소배출량 평가 결과는 미미하여 비교할 수 없을 것으로 판단하여 본 제품의 특징인 투입물질(신소재)의 변경으로 인한 환경 영향을 비교함. · 비정질 강섬유를 혼입한 콘크리트 1㎡ 생산 시 탄소배출량은 243.4 kgCO₂-eq.이며, 일반 콘크리트 생산 시 320.1 kgCO₂-eq.에 비해 약 25%의 탄소배출량이 감축.

제2절 친환경에너지 철도교통분야 적용기술

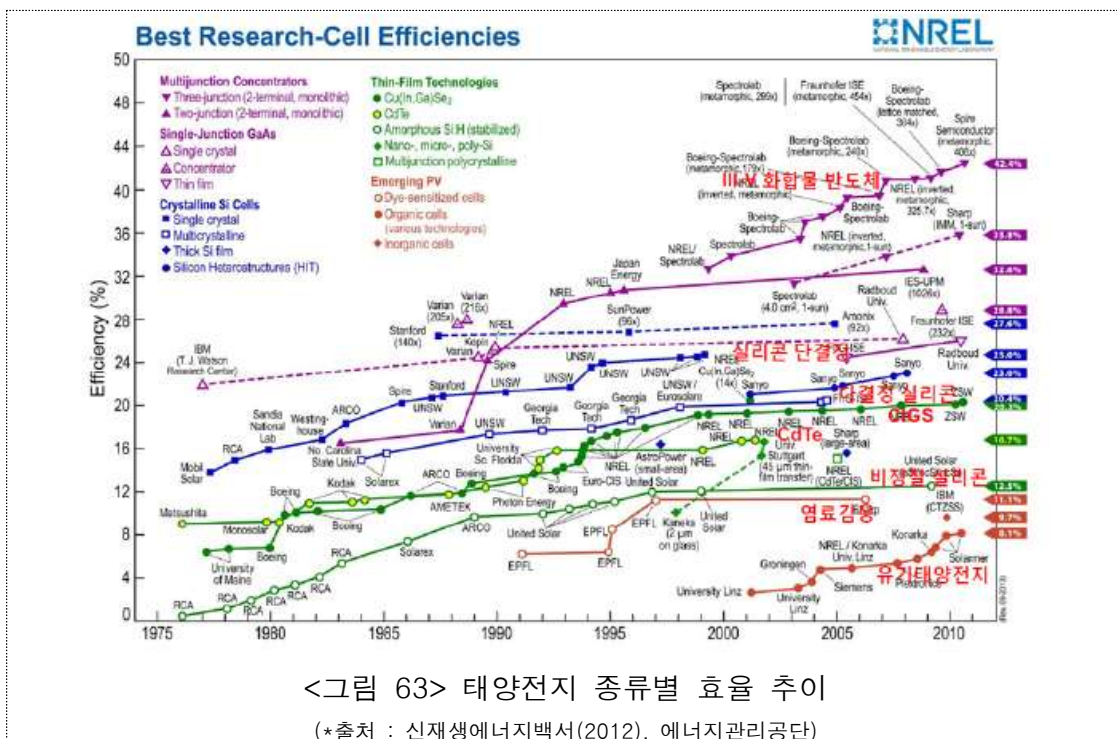
1. 태양광 발전

가. 일반 현황

□ 결정질 실리콘 태양전지의 경우 최근 실험실 및 상업용 모듈의 효율이 기술개발에 의해 증가하고 있으며, 최근에는 실리콘 웨이퍼의 두께를 줄이는 연구를 진행 하고 있음.

○ 미국과 일본은 고효율 태양전지 제조에 강세를 보이는 반면 중국은 가격 경쟁력을 지닌 제품 개발을 주력하고 있음.

○ 또한 상대적으로 낮은 1~18%의 에너지 변환 효율에도 불구하고 저렴한 제조 단가를 지닌 중국 대규모 태양광 업체는 웨이퍼 원재료부터 모듈까지 수직계열화하는 추세와 맞물려 강력한 가격 경쟁력을 통해 현재까지 대부분의 시장을 차지하고 있음.



<표 38> 태양전지 관련 국외 주요기업의 기술개발 현황

기업명	국가	주요 기술개발 및 사업화 활동
Q-Cells	독일	○ 2002년 사업개시 이후 결정질 실리콘계 태양전지에 주력 ○ 2007년 생산량 370MW로 일본 Sharp를 제치고 1위 등극 ○ 박막형 파일럿 생산라인 운영 ○ 2012년 도산 후 한국의 한화케미칼에 매각
Sharp	일본	○ 2007년 폴리실리콘 가격상승에 대처, 실리콘 자체 생산 개시 ○ 박막형 태양전지 생산능력을 15MW에서 160MW로 증설 예정 ○ 2010년까지 박막전지 1GW급 공장 신규 설립 계획
Suntech	중국	○ 2001년 사업개시 이후 급성장, 2007년 태양전지 생산 세계 3위, 모듈 생산 1위, 2011년 이후 셀/모듈 생산 세계 1위 ○ 중국 상해에 50MW 박막 태양전지 생산라인 신설 예정
Kyocera	일본	○ 실리콘 원료에서 태양전지, 모듈 조립까지 일괄 생산체제 확립 ○ 전 세계 4개 생산거점(일본, 중국, 멕시코, 체코)을 기반으로 2010년까지 태양전지 500MW 설비 구축 계획
Würth Solar	독일	○ 진공증발법을 이용하여 CIGS 박막증착, 하향식 선형증발원을 사용하여 60x120cm²에서 평균 11%의 효율을 확보 ○ 연간 15MW 생산라인을 보유, 2008년 30MW, 2009년 100MW 생산라인을 추가건설 예정
Sharp	일본	○ 염료감응 태양전지의 경우, 2006년 0.219cm²에서 11.1%를 달성하고 최근 모듈 25.6cm²에서 7.8%를 달성

□ 중국에서는 방음벽에 태양전지를 적용하여 전기를 생산하고 이를 철도역사의 에너지로 이용하고 있음.

- 상하이 지하철 3호선(Metro Line 3) 일부 구간에 360m 길이의 태양전지 방음벽이 설치되었는데, 설치면적은 약 200m²이고 총 600,000위안(미화 88,235 달러)이 소요되었으며, 이를 통해 연간 5,000kWh의 전력을 공급할 수 있고, 3,500kg의 이산화탄소 발생을 억제할 수 있음.

□ (태양광) 국내에서는 한국과학기술원에서 태양전지의 성능에 큰 영향을 미치는 pi 계면의 특성을 향상시키기 위하여 다양한 완충층 물질을 개발하고 물리적인 메커니즘을 규명, 초기효율 12%인 세계적인 수준의 태양전지 제작 기술을 보유하고 있음.

- 국내의 비정질 실리콘 태양전지 연구는 그 중용성에도 불구하고 정부의 지원이나 연구시설이 매우 부족한 상황. 해외의 경우 정부의 전폭적인 지원 하에 박막 실리콘 태양전지 기술이 오랜 연구 단계를 끝내고 예비 생산 단계에서

대량생산 단계로 넘어가고 있는데 비해 국내의 경우 아직 대학이나 연구소의 실험실에서 소면적의 셀, 모듈을 연구하는 수준에 머무르고 있음.

- 90년대 중반부터 연구가 진행된 CIS/CIGS 태양전지의 경우 최근 한국에너지기술연구원과 한국과학기술원의 공동연구를 통하여 소면적 태양전지 효율 17.6%를 달성함.
- 국내 염료감응 태양전지는 각 요소 기술별로 분산 연구개발을 수행하고 있는 실정이며, 최근 요소기술들이 융합되어 고효율 신뢰성 있는 소자 개발을 위한 종합적인 체계를 구축하고 있음.
- KIST, ETRI, KRICT 등에서 연구를 수행 중이며, KIST는 세계적 수준인 효율 11%의 염료감응 태양전지 요소기술을 확보하고 있음.
- 염료감응 태양전지 관련 연구 대학은 서울대, 한양대, 고려대, 인하대, 가톨릭대, 전북대 등 약 16여 대학에서 개별적으로 기초연구 수행하고 있으며, 연구인력 및 연구 분야가 점차 확대되어가는 추세임.
- 유기전자 태양전지의 경우 2007년에 광주과학기술원에서 적층기법으로 티타늄 고분자 태양전지를 제작하여 셀 단위에서 세계최고수준인 6.5%의 효율을 달성, 상용화를 위한 공정기술은 아직 부족한 실정임.
- 한국에너지기술연구원에서 80년대 중반 3인치 단결정 및 다결정 실리콘 기판을 사용하여 결정계 실리콘 태양전지 기초연구를 수행하였으며, 시제품을 사용하여 광전자 연구소에서 실리콘 레진 방식으로 13W급 소형 태양전지 모듈 시제품 제작하였음.
- 90년대 삼성전자 및 LS산전에서 0.5 MW/year 규모의 pilot line으로 등대용 등 소규모 민수용 태양전지모듈 생산판매 하였음.
- 2001년 이전까지 국내에서는 태양전지모듈에 대한 연구개발이 전혀 없었으며, 2001년 한국에너지기술연구원에서 pilot 규모의 연구기반 구축을 시작으로 태

양전지모듈 연구 개발을 본격 추진함.

- 태양전지 모듈의 장수명화는 국가 경제적 손실을 줄이는데 가장 중요한 역할을 할 것으로 기대되나, 아직까지 집중적이고 체계적인 연구가 부족한 상황임.
- 한국에너지기술연구원에서 BIPV용 태양전지모듈 연구개발 과제 및 에스에너지에서 수행중인 지붕형 모듈 연구개발을 통하여 건물적용 태양전지 모듈제조 기술력을 확보하였음.

나. 철도교통분야 적용 현황

- 태양광 에너지가 적용된 대표적인 예로 뉴욕 지하철(MTA, Metropolitan Transportation Authority)에서 운영하는 Coney Island-Stillwell Avenue 역이 있음.
- 2001년에 재건축이 시작되어 2005년 5월에 완공되었으며, 총 재건축 비용은 3억 달러 소요됨.
- 역사의 지붕은 독일 SCHOTT사의 2,800개의 건물일체형 박막 태양전지모듈(thin-film building-integrated photovoltaic module)로 덮여있으며, 총 면적은 약 6800m²에 이름. 출력은 210kWp로서 연간 25만kWh를 생산할 수 있고, 하절기에는 역사 운영에 필요한 에너지의 2/3, 동절기에는 1/6을 충당할 수 있는 양임. 또한 빛의 20~25%는 태양 전지판을 통과하여 역사 구내로 유입되어 조명 역할을 하도록 하였음.



<그림 64> 뉴욕 지하철 Coney Island-Stillwell Avenue역

- 독일 Freiburg Central역에는 240개의 태양전지 모듈이 달린 19층 높이의 태양 전지가 정면에 설치되어 있고, Freiburg시는 현재 전체 에너지의 2%만을 태양광을 비롯한 재생에너지에서 얻으며, 50%는 천연가스, 30%는 원자력, 나머지는 기타 에너지원으로 얻어지고 있으나, 향후 2010년까지 재생에너지 비율을 10%까지 올릴 계획으로 있음.



<그림 65> 독일 Freiburg Central역

- 2002년에 건설된 독일 베를린의 Lehrter Bahnhof역 지붕에는 1,700m²의 면적에 780개의 태양전지가 설치되었는데, 발전용량은 180kW로 연간 274,000kWh의 전력을 생산할 수 있음.



<그림 66> 독일 베를린 Lehrter역

- 일본의 JR East 다카사키역 지붕에는 2001년 100kWp, 2004년 100kWp 용량의 태양광 설비가 설치되어 연간 약 25만kWh를 생산할 수 있음.



<그림 67> 다카사키 신간선 역사

- 의왕 철도 박물관 및 경의선 운정 역사 내 태양광이 적용되어 운영되고 있음.



<그림 68> 의왕철도박물관



<그림 69> 경의선 운정 역사

2. 태양열

가. 일반 현황

□ 태양열 집열기는 평판형, 단일진공관형 및 이중진공관형 집열기로 상용화되었으며, 이 중에서 이중진공관형 집열기는 거의 중국에서만 생산되고 있음.

○ 태양열 시장의 90% 이상을 차지하고 있는 주거용 태양열시스템은 설치가 용이하면서 좁은 공간에 설치 가능하도록 시스템의 콤팩트화 및 패키지가화가 빠른 속도로 진행되어 왔으며, 이를 위해 태양열 축열조를 포함한 펌프, 열교환기, 밸브류는 물론 보조열원인 가스버너나 전기 히터까지도 축열조에 내장시킨 제품이 독일, 오스트리아 등에서 개발되어 보급되고 있음.

○ 과거 태양열시스템은 주로 각각의 건물에 설치하여 건물별로 운영하는 것이 대부분이었으나, 이러한 시스템들은 계절별 부하크기와는 반대로 부하가 없거나 아주 적은 하절기에 오히려 일사량이 많아 태양열을 효과적으로 이용하는데 좋지 않은 조건을 가지고 있어 이러한 단점을 극복하기 위해 최근에 개발 및 보급 확대되고 있는 시스템이 태양열 블록 히팅시스템과 태양열 지역난방 시스템임.

○ 이러한 태양열 블록 히팅시스템은 독일에서는 10개의 신축단지를 태양열로 난방 및 급탕 부하의 대부분을 공급하는 대규모 태양열 블록히팅 시범단지를 조성하였고, 그 결과, 2002년도부터 SolarThermie 2000 Plus라는 프로젝트를 통해서 이러한 시범사업을 확대 추진하고 있음.



□ 1980년대에는 자연형 및 설비형 온수급탕시스템, 블랙크롬코팅기술, 저온 축열재 기초기술개발 등을 추진하여 온수급탕 시스템 확립 및 실증을 완료함.

○ 1990년대 차온 제어, 온수기 저가화, PTC 및 중온 축열재 기초기술, 공조 등에 활용하는 기술개발에 주력하여 태양열 시스템의 차온 제어 기술을 확립하고, 2000년대 단일진공관형 집열기를 개발, 대량 생산체제를 갖추었으며, 이를 이용하여 건물의 냉난방시스템의 실증시험을 완료하였으며, 해수담수화 기술개발 등이 진행됨.

○ 수입에 의존하고 있는 흡열판(Absorb plate)의 국산화 기술개발 및 흡열판과 동관의 열전달 손실을 최소화하기 위한 초음파 용접기의 국산화, 저온 분야 집열기의 손실 최소화를 위해 메가 집열기 개발이 추진됨.

<표 39> 연대별 태양열 기술

구분	기술	실증	특성
1980년대	- 자연형/설비형 - 코팅 : 블랙크롬 - 저온축열재기초(축열탱크포함) - 건물 적용 기초	- 농수산 - 건조시스템	- 기초 기술의 개발과 새로운 적용 영역을 탐색 - 온수급탕 시스템 확립 및 실증완료
1990년대	- 차온 제어 - 온수기 저가화 - PTC/중온 축열재 기초 - 공조/냉난방 시스템		- 태양열 시스템 차온 제어 확립
2000년대	- 채널 평판형 집열기 - 이중진공관(CPC형), 단일진공관, 태양열 조리기 - 공조/냉난방 시스템 - 열교환기/축열조 일체형 - 신코팅, 저가형 집열판접합, 메가 집열기, 모듈 타입 진공관, 비유리식 단일진공관	- 비닐하우스 - 산업공정열(80℃) - 해수담수화 - 냉난방 - 지역난방 - 오수처리, 평판형 - ZESH-1차	- 신기술 개발과 저가형 추진 중 - 다양한 분야의 실증시스템에 적용 - 산업공정열용 집열기 및 시스템 기술 연구 필요

○ 한국 태양열업체들 중 순수하게 태양열 설비만을 설계·엔지니어링, 제조·유통, 설치·시공하고 있는 경우는 거의 없음.

○ 평판형 집열기 업체로는 쏘라맥스사·신양에너지사 2개사, 이중진공 태양열업체로 코팩이티에스사·세운시스템즈사 2개사, 그리고 단일진공업체로 선다코

리아사 1개사 등 총 5개사에 불과함.

- 태양열 제조부문을 집열장치, 축열장치 및 자동제어장치 3부분으로 구분하고 관련 사업특성을 설계·엔지니어링, 제조·유통, 설치·시공 등으로 구분할 수 있음에도 한국 태양열업체들은 태양열 설비업에 전념하지 못함.
- 태양열업계의 집광채광과 연료전지 설비사업 진출전망은 미래의 빌딩기술 변화추이에 따라 유동적인 것으로 보이며 향후 신재생에너지원 기술간 융복합화 경향과 에너지기술과 빌딩 기술간의 접목이 가속화되면 같은 빌딩과 도시 내에서 적용 가능한 태양광·집광채광·우드펠릿(바이오매스)·연료전지·지열 등 설비 업체들과의 교류협력은 가속화될 전망이다.
- 국내 태양열 온수설비 약 90% 이상이 자연순환형(Thermosiphon)임에 반하여 한국에서는 펌프 강제순환 방식의 이른바 설비형 태양열(Active Solar) 기술이 2003년 이후 수년 동안 정부 보급 사업을 통하여 뿌리 내린 것으로 평가됨.
- 공동주택에 대한 태양열 설비를 공급하기 위한 빌딩기술도 시급하게 개발이 필요하며, 국내 태양열 기술개발은 저온형 태양열설비 개발을 핵심 분야로 하여, 중대규모 태양열 발전기술 실용화, 초고온 태양로 기술, 태양열 수소 생산기술에 집중 투자하고 있음.

나. 철도교통분야 적용 현황

- 태양열 에너지가 적용된 대표적인 예로 벨기에의 철도 공기업인 인프라벨에서는 3.4km의 철도 터널 지붕에 태양전지판 1만6,000개를 설치하였음.
- 철도 터널지붕에 설치된 태양 전지판에서는 연간 3.3GWh의 전력을 생산하는데 이는 매년 열차 4,000대의 동력을 공급하는 양의 전력으로 태양 전지판에서 생산된 전력은 전국 송전선망으로 흐르지 않고 기차역으로 직접 공급되어 열차 운행을 위한 전기로 사용됨.
- 철도 터널지붕에 태양전지판 설치 금액은 약 241억 6,000만원이 소요되었지만, 9년 안에 투자금액을 회수할 수 있을 것으로 예상됨.

3. 풍력에너지

가. 일반 현황

□ EU에서는 제5차 Framework project의 일부로 5MW 풍력발전 시스템 개발 3개 과제, 블레이드 7개 과제, 자원조사 및 wind map 3개 과제, 풍력발전단지 4개 과제, 풍력에너지 네트워크 등 5개 분야 총 20개 기술개발 과제에 46백만 유로를 투입하여 기술개발이 진행 중임. 또한 8~10MW급의 초대형 풍력터빈 개발을 위한 기초 응용연구로 약 40개 기관이 참여한 UPWIND 프로젝트(EU 6th Framework Programme, FP6)가 5년간 추진되어 2011년에 완료됨.

○ 미국에서는 재생에너지연구소(NREL, National Renewable Energy Laboratory)의 풍력기술센터(NWTC, National Wind Technology Center)의 주관으로 1.5MW 풍력 터빈용 영구자석 발전기(PM, permanent magnet)와 전력 시스템에 대한 연구를 통해 저속, 또는 중속 발전기를 사용하여 비용 절감을 시도하는 등 세 가지의 드라이브트레인 개발 중임.

<표 40> 풍력발전시스템 분야의 기술 현황

기술영역	동향	기술발전 전망
블레이드 기술	■ 길이 50m 내외 대형 개발 완료 ■ 30년의 피로수명 유지	■ 길이 90m 내외 대형 개발 완료 ■ 35년의 피로수명 유지
축 구동계 기술	■ 5MW 용량 축 구동계 실용화	■ 7MW 이상의 동력전달 전망
증속기 기술	■ 2~3단으로서 95% 이상의 전달 효율을 지닌 5MW급 증속기 실용화	■ 1단으로 6~7MW급 증속기 개발 전망
발전기 기술	■ 5MW 권선형 유도기기 실용화 ■ 1,800kW Ring 발전기 실용화 ■ Multipole, Multiple PMG 실용화	■ 초대형 권선형 유도기기 전망 ■ 초대형 영구자석발전기 개발 전망
전력 연계장치 기술	■ 5MW급 권선형 유도발전기기 전력 연계기술 실용화 ■ 1,800 kW급 연계형 전력변환기 실용화	■ 전력연계장치의 대용량화(7~10MW급)
요잉기술	■ 고신뢰도의 요잉시스템 실용화	■ 고신뢰도의 요잉 시스템 상용화
타워기술	■ 90~100m 내외의 스틸, 콘크리트 등의 타워 개발	■ 100m 이상의 장대 및 하이브리드 타워, 다양한 수요처 대응 타워 개발전망
안전장치 기술	■ 수백 bar 수준의 유압장치 실용화(fail safe) ■ 전기구동에 의한 안전장치 실용화(full feathering)	■ 유압이나 전기구동 안전장치의 대용량화 전망
시스템 조합기술	■ 3~5MW용량의 시스템 실용화	■ 6~10MW급의 시스템 조합
시스템	■ ADAMS/WT, Bladed 등 다양한 해석	■ 수십만~수백만 FOD를 갖는 해석 tool

기술영역	동향	기술발전 전망
해석기술	tool 실용화(수만 FOD 수준)	실용화 전망
시스템 감시 및 진단	- 회전기계류 진동의 차수분석, Spectrum 분석, Harmonic 해석, Trend의 통계적 분석 - S/W 개발 및 실용화	- 회전기계류의 수명예측 및 유지관리 최적화 - 다수 풍력발전기의 통합화 기술 수요충족
설계평가	- 설계/평가 도구(software)의 비약적 발전 - 국가적 지원에 의한 평가 시험 연구 결과의 설계 반영에 따른 제작비용 저감화 추세	- 불확실성 해소에 따른 신뢰성 및 운전률 향상 - 설계평가 규격 관련 안전계수의 최적화 노력 지속 전망
요소시험	- 환경조건에 따른 재료시험 방법의 발전 - 시험연구의 결과에 따른 요소 설계 수정반영	- 풍력 전용 시험 기기의 개발 수요 증가 - 국제적 시험 연구 노력 활성화 예상
평가 및 실증	- 풍력기기에 대한 국제적 Round-Robin test 진행 중 - 성능시험 관련 국제규격 및 절차서 등의 제정	- 성능평가 결과의 국제적인 신뢰성 향상 노력 지속 - 성능시험관련 상호 인정 공인 시험소 제도의 도입 예상
인증	- 국가적 지원체제에 따른 풍력설비 인증 제도의 법제화 국가 증가 추세 - 풍력기기에 대한 사업추진 및 보험에 따른 인증요구 증가 - 국제규격의 제정 및 이에 따른 각국의 부응화 추세	- 국제규격으로의 인증 부합화 경향 가속 - 각국 인증기관 사이의 공조 시도를 통한 선도적 지위 확보 노력 예상 - 각국의 국제 표준화 작업 참여 노력 예상 - 인증에 따른 수출 장벽의 해소 노력 지속 전망

□ 국내 풍력발전시스템의 기술개발은 ‘대체에너지개발촉진법’에 따라 체계적인 기술개발이 시작되었음.

○ 750kW급, 1.5MW급 풍력발전시스템 개발 및 실증이 완료되어 국제인증을 취득하였고, 2MW급의 중대형 풍력발전시스템 개발이 완료되어 현재 실증연구가 진행 중이며, 3MW급 해상 풍력발전 시스템의 개발이 진행 중임.

○ 향후 풍력발전시스템은 점차 대형화되는 추세이며, 해상 풍력발전시스템의 수요가 점차로 증가할 것으로 예상되고 있는 상황에서 국내 중대형 풍력시스템 산업 관련 참여기업은 시공업체를 제외한 시스템 제작, 설계, 풍력발전 부품 생산, 단지개발 기업 등 50여개 업체가 있음.

○ 효성은 750kW급, 2MW급 풍력발전시스템을 개발 완료하고 실증 중에 있으며, 유니슨은 2MW급 풍력발전 시스템 개발 완료 및 실증 중에 있고, 유니슨 750kW급 풍력발전 시스템은 실증을 완료하여 한국수력원자력 고리원전 1,2호기 건설부지에 1기를 국산 풍력발전기를 첫 번째로 공급하기로 계약을 체결함.

○ 현대중공업은 변압기, 차단기 회전기 등을 주력 생산하고 있으며 1997년도부

터 일본 미쓰비시에 600kW, 660kW 및 1,100kW급 발전기를 수출하고 있음.

- 두산중공업은 3MW급 해상풍력시스템을 개발 중에 있고, 한진산업은 1.5MW급 풍력발전기를 개발하여 실증 및 인증을 완료하였고, 급 듀얼로터 풍력발전기 개발을 완료하고 실증 준비 중에 있음.
- 블레이드 부분에서는 애드컴텍에서 국내 최초 2MW급 블레이드를 개발 완료하여 실증 준비 중에 있고, 한국화이바에서 저풍속 고효율 750kW급 블레이드를 개발 중임.
- 동국S&C에서는 중대형 풍력타워를 생산하여 수출하고 있으며, 보국전기에서는 750kW급 기어리스 풍력발전시스템의 발전기를 생산, 개발 및 수출 중에 있음.
- 또한 대표적인 풍력발전 부품 관련 참여기업으로 PSM 평산(rotor shaft, 플렌지), 현진소재(main shaft), 태웅(main shaft) 등이 단조부품을 생산하고 있으며 부품관련 수출을 주도하고 있음.

<표 41> 국내 풍력발전시스템 기술 개발 현황

분류	개발현황
육상 풍력발전	○ 750kW급 gearless type 풍력발전 시스템 개발 완료/상용화(유니슨) ○ 750kW급 geared type 풍력발전 시스템 개발 완료/실증 중(효성) ○ 1.5MW급 육상용 풍력발전 시스템 개발 및 실증 완료(한진) ○ 2MW급 geared type 풍력발전 시스템 개발 완료/운전 중(효성) ○ 2MW급 PMSG type 풍력발전 시스템 개발 완료 (유니슨)
해상 풍력 발전	○ 해상 풍력 실증단지 조성 연구(에기연) ○ 해상용 3MW급 풍력발전기 개발 진행 중(두산중공업)
풍력발전 시스템용 부품 국산화 개발	○ 600kW급, 750kW급 발전기 및 증속기(효성) ○ 2MW급 기어드 타입 발전기용 증속기(효성) ○ 750kW급 PMSG형 발전기(유니슨) ○ 2MW급 DFIG 발전기(효성) ○ 2MW급 PMSG형 발전기(보국전기) ○ 750kW급, 2MW급 블레이드 개발 및 3MW급 개발 중(KM) ○ 750kW급, 2MW급 PMSG용 전력변환기 개발(플라스포) ○ 750kW급, 2MW급 DFIG용 전력변환기(효성)

나. 철도교통분야 적용 현황

- 철도교통분야 적용이 유력시 되는 소형풍력발전 기술의 시장 확대를 위하여 분산발전 기술과 연계한 micro grid에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며 장기적으로는 신재생에너지 보급 확대와 지속가능사회의 실현을 위한 다양한 형태의 복합 기술에 대한 구상 및 기술개발이 진행 중임.
- 영국 웨일스의 서부 해안가에 있는 Tonfanau역에는 소형 풍력 발전기가 설치되어 야간에 철도 조명을 이용하는 전력으로 이용하고 있음.



<그림 71> 영국 Tonfanau역 소형 풍력 발전기

- 미국 Saco역에 연간 90kWh의 전력을 생산할 수 있는 풍력발전을 설치하여 철도역사에 필요한 에너지를 공급하였으며, 풍력발전날개 설치비용은 약 20만 달러 소요되었고, 이는 10~12년 정도 경과하면, 해당 비용을 회수할 수 있음.



<그림 72> 미국 Saco역 풍력발전 개념도

- RailWind 프로젝트는 네덜란드 철도 회사인 Prorail과 에너지 개발회사인 Evelop의 공동프로젝트로 철도 선로변을 따라 풍력발전기 설치함.



<그림 73> 네덜란드 철도 선로변 주변 풍력 발전기

- 지하철 1~4호선을 운영하는 서울메트로는 지하철 환기구의 바람을 이용한 풍력 발전 설비를 고안하였음.
- 전동차 주행 시 발생하는 주행풍이나 환기장치 가동으로 생기는 바람으로 풍차 모양의 소형 발전기를 돌려 전기를 생산하는 원리로 지하철 환기구 내부 풍속은 초속 8.5~10m이기 때문에 풍력발전이 가능한 풍속인 초속 4m을 초과하여 경제성이 있는 것으로 분석되었음.
 - 지하철 환기구에 설치되는 발전기는 날개가 1개 조로 돼 있는 일반풍력발전기와 달리 날개가 2개 조로 구성돼 있으며, 안쪽 날개가 돌면서 나오는 바람으로 바깥 날개를 회전시켜 전력을 한 차례 더 만들기 때문에 최대 70%까지 전기 생산 효율을 높일 수 있음.
 - 지하철 1~4호선 구간에서 풍력발전이 가능한 환기구는 모두 586곳으로 조사됐었으며, 환기구 1곳당 풍력발전기 15기를 설치할 수 있고, 1기당 설치비용은 340만원임.
 - 서울메트로는 최장 5년에 걸쳐 2013년 까지 약 300억 원을 투입해 가능한 모든 곳에 풍력발전기를 설치한다는 계획으로 이와 같이 설치된 발전기 전체를

가동할 경우 연간 6400만kW의 전력을 생산해 매년 77억원의 전기를 생산해 낼 수 있다고 판단함.



4. 지열에너지

가. 일반 현황

□ 미국은 세계 지열발전 산업을 주도하고 있으며, 지열 자원을 효과적으로 활용하기 위한 탐사와 데이터베이스 구축에 많은 연구비를 투자하고 있고, 지열자원 최적 이용기술, 심부 시추기술, 저온 지열발전 사이클의 효율향상 기술, EGS 기술 등 다양한 분야에서 기초 및 응용 연구를 진행하고 있음.

○ 독일은 고온의 지열자원이 부족한 이유로 독일에서는 1970년대 후반까지는 열펌프 설치 사례가 거의 없으며, 주로 EGS 기술 개발에 많이 투자하고 있음에 건물 냉난방을 위한 열펌프 설치가 붐을 이룬 1980년대부터 공기열원 열펌프 시장이 형성되었으나, 이후 1990년대 중반 이후부터 에너지 절약과 환경보호 차원에서 신재생에너지를 이용해야 한다는 인식이 대두되면서 다시 증가하였으며, 바이너리 사이클과 지역난방을 연계한 지열 복합발전에도 적극적인 관심을 보이고 있음.

○ 일본 역시 EGS 기술과 바이너리 발전 기술 개발에 역점을 두고 심부 지열 자원 활용기술과 저류층 모사(Kyushu대학, AIST), 심부 지열자원 탐사와 시추기술 개발(Tohoku대학, Kyushu대학, Akita대학, AIST), 전국 규모의 지열 자원 평가 및 데이터베이스 구축 등을 추진하고 있음.

나. 철도교통분야 적용 현황

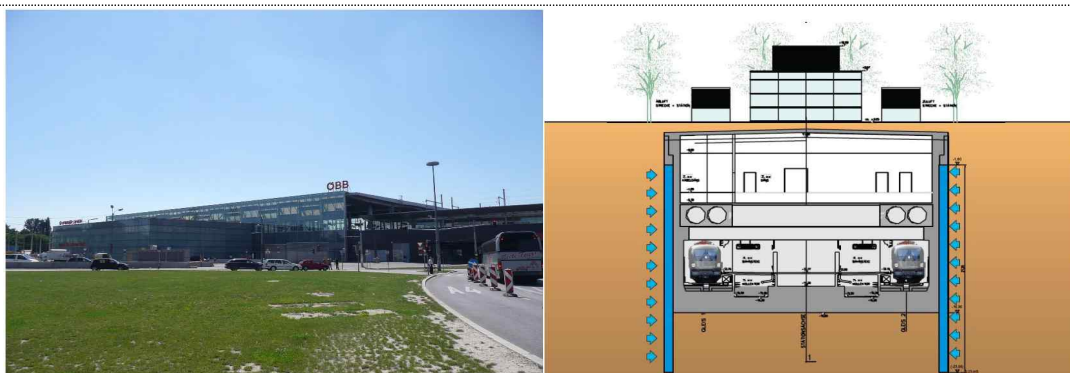
- 영국의 Liverpool South Parkway 역의 경우 3,200만 파운드 (한화 약 700억원)를 들여서 만든 환경 친화적인 역사로서 난방에 필요한 에너지의 60%를 지열로부터 얻도록 만들어졌으며 이 외에도 2.3톤의 재생 알루미늄을 사용한 지붕, 연간 70만 리터의 빗물 재활용 시스템, 태양전지를 이용한 전기 생산 등 다양한 환경적 요소가 고려되었음.



<그림 75> 영국 Liverpool South Parkway역

- 오스트리아 U-Bahn의 Praterstern역에서는 최근 리노베이션 공사를 통해 지하에서 냉방 및 난방을 위한 에너지를 얻을 수 있도록 하였으며, 이를 통해 역사 건물 및 역 구내 상가의 냉·난방, 계단 및 표면의 결빙 방지 등이 가능함.

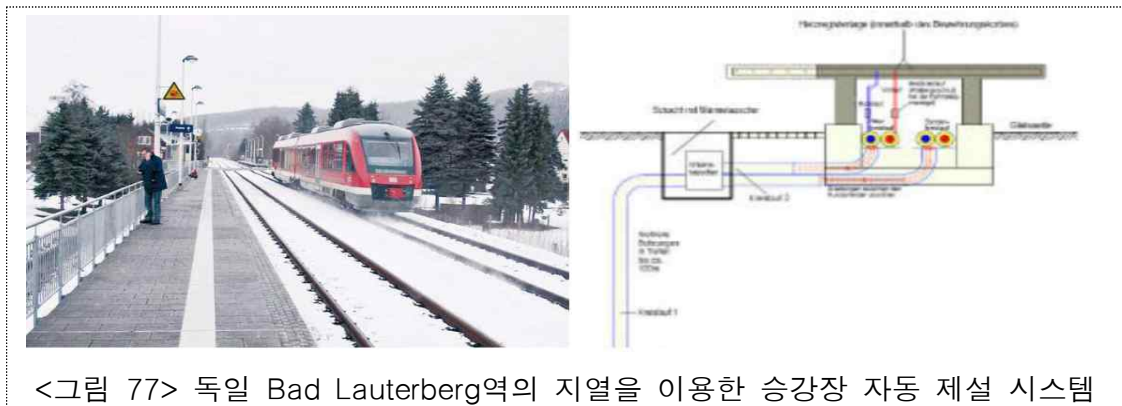
- 전체 길이 306m, 깊이 24m의 diaphragm wall과 역사 건물의 ground slab를 통해 건물을 냉방할 수 있는데, piping이 설치된 diaphragm wall 면적 7.35m², ground slab 면적 3.5m², 난방용량 154kW, 냉방용량 92kW임.



<그림 76> 오스트리아 U-Bahn Praterstern역

□ 독일 Barbis의 Bad Lauterberg역의 2005년 설치된 지열을 이용한 자동제설시스템은 지열을 이용하여 승강장을 가열함으로써 눈이 왔을 때 저절로 눈이 녹도록 하였음.

○ 승강장 아래에는 9개의 시추공 열 교환기(BHE ; Borehole Heat Exchanger)를 200m 깊이까지 설치하였으며, 승강장의 길이는 200m, 총면적은 600㎡이고, 열량은 130W/㎡임.



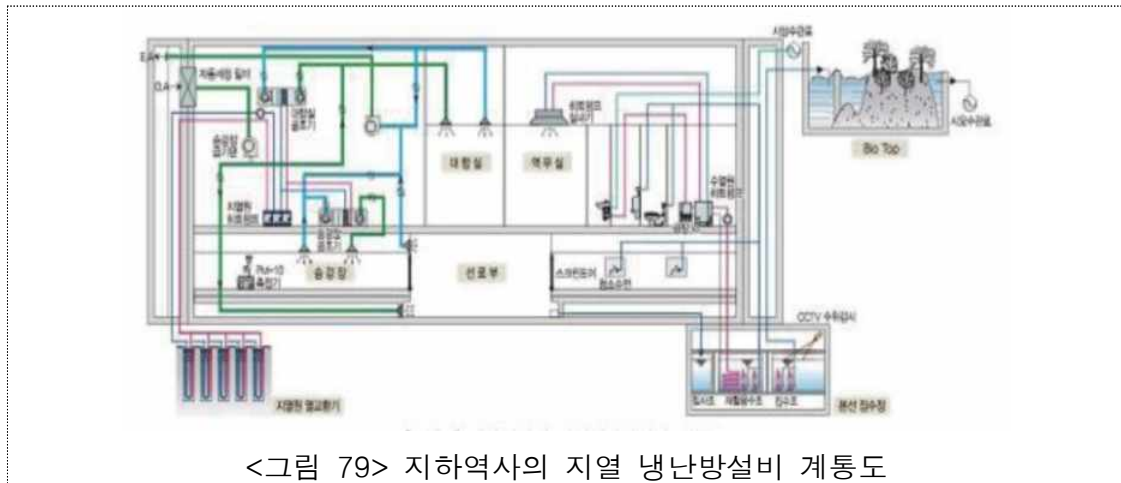
□ 네덜란드에서는 지역시스템을 이용한 자동제설 시스템으로 철도 선로의 결빙 방지로 이용하고 있으며, 2003년 네덜란드의 Arnhem에 시범적으로 설치하여 2004년에는 Lelystad의 32개 전철기에 설치함.



□ 최근의 지하 역사에서는 지열 및 수열원을 이용한 신재생에너지 설비를 적극 수용하고 있으며, 일례로 소사-원시 복선전철의 정거장 설비 계통도로 지열을 이

용한 정거장 내 냉난방 공조 설비와 수열원을 이용한 히트펌프 적용을 나타냄.

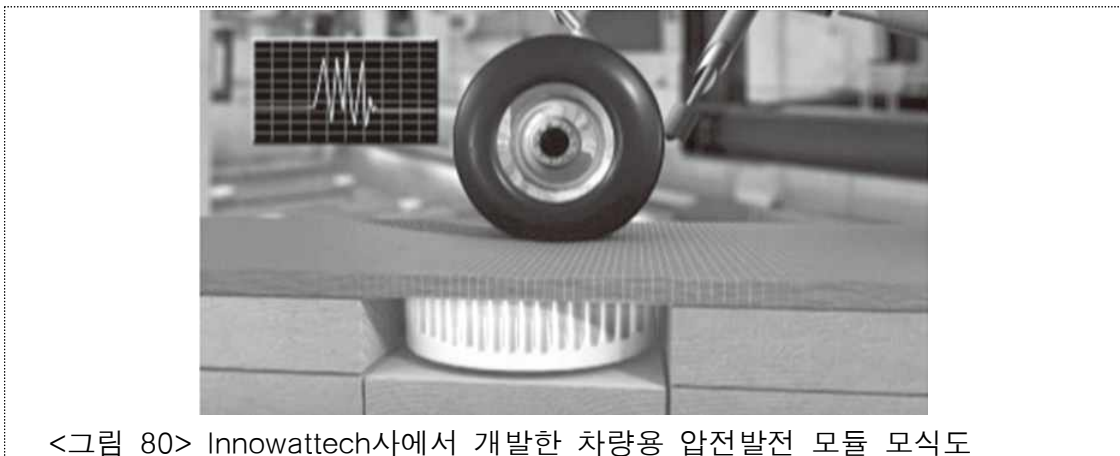
- 지하 역사 중에서 개착식 공법을 적용하는 경우 지열 냉난방 설비 적용을 위한 지열원 열교환기의 설치부지 확보가 용이하므로 신규로 계획하는 지하 역사에 적용이 용이한 것으로 판단됨.

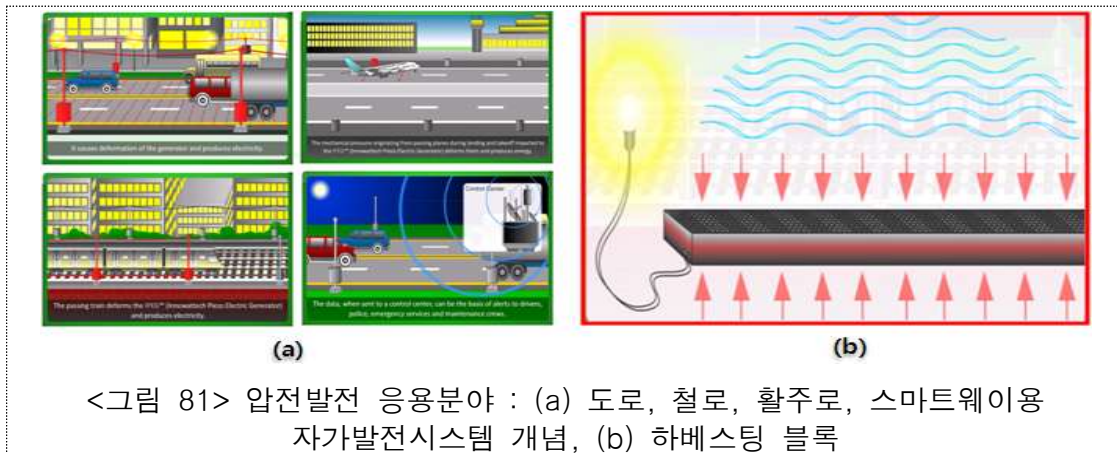


5. 압전소자

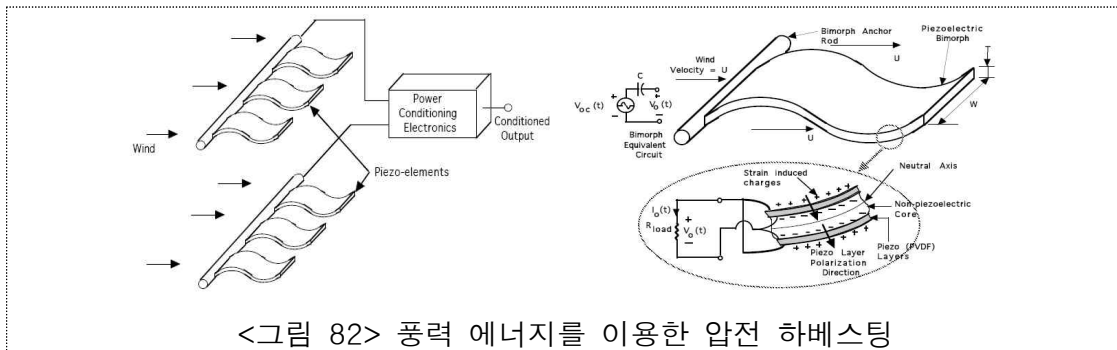
가. 일반 현황

- 이스라엘 Innowatech사에서는 도로기반 압전발전 운행 중으로 교통 신호등, 가로등, 스마트 그리드 전력망으로 전달 될 수 있도록 연구개발 중임.
- 도로의 차량흐름을 이용한 압전발전을 상용화하였으며, 1km당 약 200kW 정도의 전력 생산이 가능함.





- 미네소타 대학에서는 유연한 복합 압전소재를 개발하여 불어오는 바람의 힘과 반대 방향으로 반작용으로 저항하는 압전 날개에서 전기를 생산하는 연구를 하고 있으며, 실용화를 위해 연구 중임.



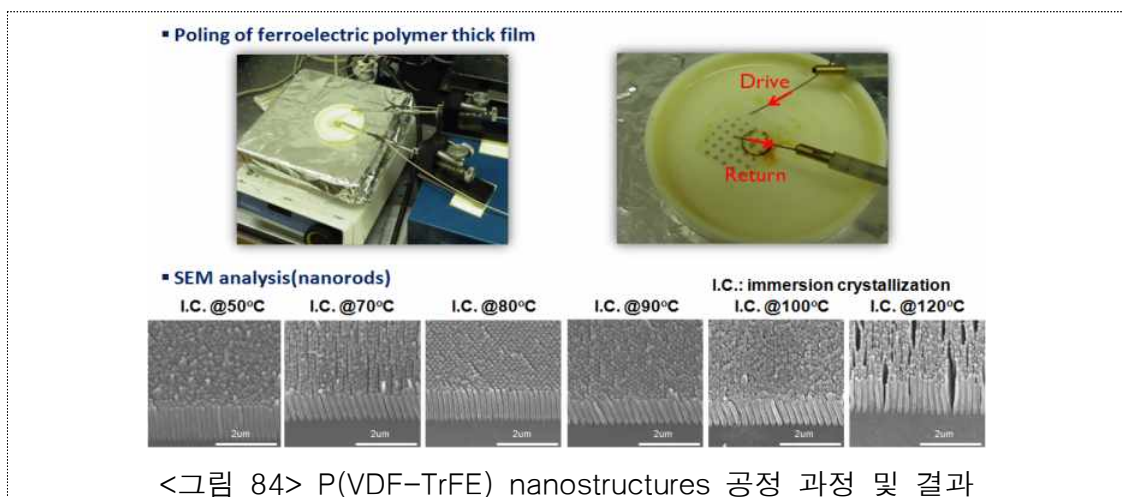
<표 42> 국외 압전 하베스팅 기술 경쟁기관

국가명	기술명	개발단계	개발 내용	개발주체
미국	Micro Power Generation(MPG)	개발 중	MEMS 기반의 다양한 에너지원을 소형화 개발 추진 중	MIT
미국	바람을 이용한 압전 banner	개발 중	바람을 이용한 압전 banner를 개발하였으며, power lighting, various sensors, other devices, architectural, building elements clothing 등에 이용 가능	조지아 공대
일본	진동에너지 LSI 구동 전력	개발 중	건물의 미세한 진동을 이용해서 구동전력으로 사용	히타치제작소
일본	WINDMILL 시스템	Pilot	도로 램프구동을 위해서 압전 소자를 이용한 WINDMILL 시스템을 개발	NEC-TOKIN
이스라엘	도로용 압전발전 기술	상용화	도로용 압전블록을 생산 제작하여 자동차 도로에 실제 적용	Innowatech
독일	Transmitter Module에 압전방식의 Power Generator	상용화	배터리가 필요 없이 스위치를 눌렀을 때 발생하는 에너지를 센서구동, RF 무선신호 송수신 및 각종 변환기를 작동시키는데 활용	EnOcean사

- 한양대학교 전기공학과에서는 수류를 이용한 압전 하베스팅 실험에서 수류에 의한 프로펠러 회전으로 압전 하베스팅 모듈 제작 및 실험으로 순간 전압 10V 측정 및 최적 조건을 확립함.



- 한국세라믹기술원에서는 2004년부터 에너지 하베스팅을 위한 자가발전용 압전 세라믹 조성개발 및 모듈 개발을 위한 연구를 수행하여 왔으며, 최근에는 프로펠러의 움직임을 응용한 압전체의 시스템을 구성하여 RPM과 저항 변화에 따른 발전 특성 변화의 결과, 10kΩ 저항과 130RPM의 최적 조건을 확립함.
- KAIST에서는 압전 하베스팅 시스템을 위한 고 전력밀도 나노구조 polymer 압전 소재의 제조와 특성분석 연구를 통하여 thick film에서 최적의 polling 조건 확립과 nanorod 형성을 위한 최적 공정조건을 확립함.



- Nano rods 구조체를 이용한 시스템의 경우, 전극문제 등 몇 가지 문제점만 해결되면 전기발전 능력을 더 크게 할 수 있어서 향후 이 재료에 대한 관심과 지속적인 연구개발이 필요할 것으로 생각함.
- 소재개발에 있어서는 압전 하베스팅을 위한 세라믹 fiber에 관한 연구는 거의 불모지 상태로 국내외 학회지에 보고된 예가 드물며, 복합소재를 연구하고 있는 한국세라믹기술원, 건국대 등에서 해외 기업으로부터 구매 후 변형된 소자에 관한 연구를 진행하는 것이 전부일 정도로 기술의 중요성에 비해 연구개발 빈도가 매우 저조한 편임.
- 또한 세라믹스 폴리머 복합 소재에 대한 연구는 FPCB(flexible printed circuit board) 분야에서 유전체 세라믹-폴리머 분야에 일부 진행되고 있으나 압전 분야에서는 거의 연구가 이루어지지 않고 있으며 따라서 압전 복합소재의 응용분야는 거의 전무 하다고 할 수 있음.
- 기업으로는 (주)센블에서 세라믹 압전체를 이용한 압전블럭 개발 및 상용화를 통해 도로용, 철로용, 해양용에 응용하는 연구를 하고 있음.



나. 철도교통분야 적용 현황

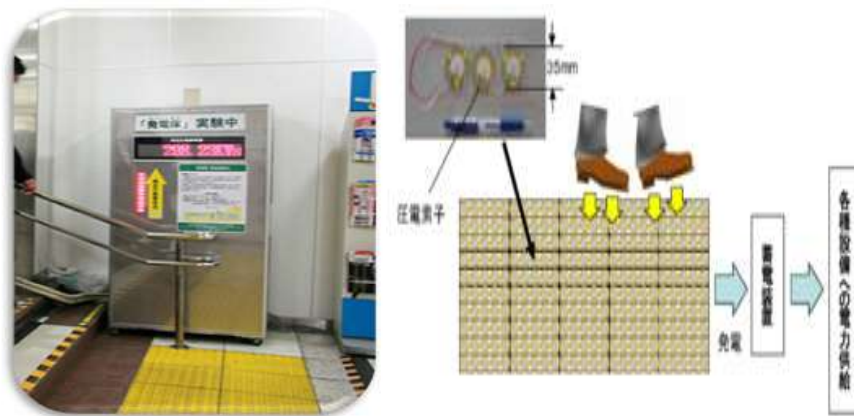
- 일본 철도회사인 JR에서는 사람들이 지하철 개찰구를 지나갈 때 압전 소자를 밟게 하여 압전발전을 구현함.

- 발전된 전력으로 자동개찰기를 구동시키는 실험을 진행 중으로 하루에 약 6 kWs 전력을 생산할 수 있다고 함.



<그림 86> 도쿄 지하철의 발판용 압전발전 장치 및 전력계 모습

- 2006년 10월 JR 도쿄 마루노우치역 북쪽에 압전소자를 이용하여 게이트 및 계단에 압전발전 바닥을 설치하여 하루에 100W 전력을 생산하고 있으며 내구성(10만명/일 출입)을 검증하고 있음.



<그림 87> 도쿄 지하철역 계단에 시범 설치한 압전계단

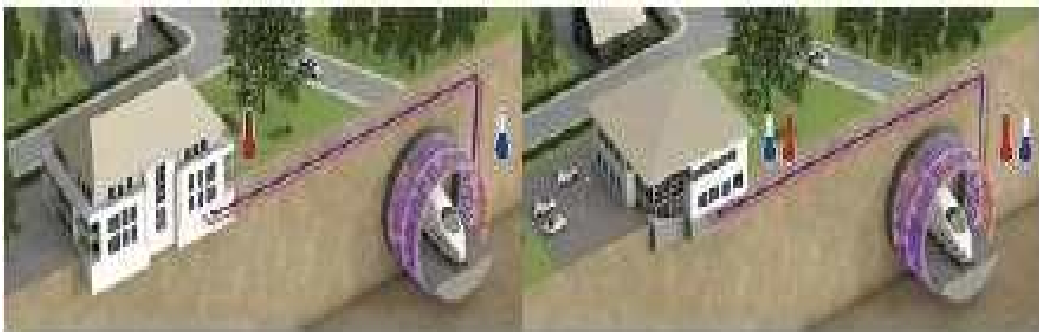
6. 기타 신재생에너지

가. TLS(Terminal Lining System)

- Terminal Lining System이란 터널 콘크리트 라이닝의 내부에 물 등의 유체가 흐를 수 있도록 배관을 설치하여 터널 내부의 열을 흡수할 수 있도록 한 장치로

지열 및 터널 내 차량운행에 의하여 발생하는 폐열을 흡수하는 역할을 하여 지하역사의 열원 장치로 사용 가능하고, 터널 내부의 침몰수를 추출하는 대신 콘크리트 라이닝 내부에 설치된 흡열관을 통해 터널의 표면으로부터 터널 내부의 열을 직접 흡수하며, 하절기에 열차의 운행으로 터널 내부의 온도가 과도하게 상승하는 것을 막을 수 있음.

- TLS는 하절기 도시철도의 냉방부하에 사용되는 에너지를 절약할 수 있는 터널 냉각 장치로서의 기능도 갖고 있음.
- TLS의 설치 방법으로는 콘크리트 라이닝의 내부에 흡열관을 매립하여 설치하는 방법과 터널 내부에 흡열관을 노출하여 설치하는 방법 등이 있으며 전자의 경우 미리 조립된 라이닝 세그먼트를 굴착과 동시에 설치하는 TBM 터널에 사용된 예가 있으며, 후자의 경우 NATM 터널의 내벽에 흡열관을 노출하여 설치된 TLS를 제작한 사례가 존재함.
- TLS는 독일, 오스트리아, 영국 등에 설치된 사례가 있으며, 오스트리아의 Jenbach에서는 TBM방식의 Branner 지하 터널에 대하여 54m 구간에 달하는 TLS를 설치한 사례가 있음.



<그림 88> TLS(Terminal Lining System) 개요

나. 회생에너지

- 국내 기술 분야별 구간별 출원동향을 보면, 에너지저장장치 및 하이브리드 시스템 분야 모두 특허 출원이 빠른 속도로 활발해지고 있는 것으로 나타남.

- 국내 전동차 탑재용 에너지저장장치 관련 현재 기술수준 및 인프라 수준은 선진국에 비해 다소 기술격차가 나지만 기술개발 완료시 선진국과 동등 수준이 될 것으로 예상됨.
- 전동차는 제동 시에 생성되는 전기에너지를 효율적으로 사용하기 위해 회전 운동 에너지를 전기에너지로 회수하여 가선에 되돌리는 회생제동 기술을 적용하고 있으나 회생에너지 대부분이 활용되지 못하고 낭비되고 있음.
- 국내 철도차량에서의 경우, 발생하는 회생에너지는 전원으로 환원되어 가선의 전압전동에 직접적인 영향을 주게 되어 저항으로 열로서 낭비되거나, 정해진 전압범위를 넘어서게 되면 발전제동(Dynamic Brake)을 통하여 차량 내 저항기에서 열로 소비되는 시스템으로 경제적으로 큰 손실이 발생되고 있는 실정임.

□ 철도교통분야 적용 현황

- 일본 고베 지하철에서는 DC 1,500V급 전용 리튬 이온전지를 이용한 회생전력 저장장치를 2007년 지하철에 세계처음으로 채용함. 연간 358MWh의 에너지 절약효과가 있음.



<그림 89> 코베시 교통국 세이신 야마테선 이타야도 변전소

- 독일의 지멘스사는 회생에너지 저장이 가능한 750V급 18kWh 용량의 고밀도 Ni-MH 배터리와 0.85kWh 용량의 슈퍼캐패시터를 이용하여 운행 중 가선으로부터 에너지를 저장하고 가선이 없는 구간에서 저장된 에너지를 사용하는 방식의 차량을 개발하여 운행 중임.



<그림 90> 지멘스의 Citras HES(hybrid energy-storage system)

다. 유출 지하수 활용 승강장 냉난방

□ 부산교통공사는 부산도시철도 대연역과 문현역, 부암역, 수정역, 남산정역 등 5개 승강장에 지하수 활용 냉방화 시설을 설치하고 2014년까지 12개 승강장에 연차적으로 추가설치를 진행함.

○ 지하수 활용 냉방화 사업은 지하철 승강장 부근 20도 이하의 지하수를 이용해 승강장 냉방시스템을 구축하는 것으로 2010년부터 부산 도시철도 1,3호선 연산역과 서면역, 부전역 등 3개 승강장에서 시범사업을 벌인 결과 승강장 온도가 평균 4.5도 감소하는 냉방효과를 도출하였고 지하역사당 평균 3,800만원의 전기료 절감효과를 바탕으로 추가설치를 진행 중임.

□ 서울시 1~4호선의 유출수는 평균 214m³/일, 5~8호선은 680m³/일 정도이며 이를 활용하여 냉난방을 할 경우, 에너지 절감량은 약 30%로 예상됨.

<표 43> 서울 지하철 신재생에너지 설치계획(단위 : kW)

구분	지열	태양열	태양광	계
9호선 3단계	580 (정거장 7개소)	23 (정거장 2개소)	24 (정거장 8개소)	627
우이선		6 (차량기지 1개소)	49 (종합관리동 1개소)	55
신림선 (실시설계 중)	167 (정거장 5개소, 차량기지 1개소)	21 (차량기지 1개소)	8 (정거장 5개소)	196
동북선 (민자협상 중)	1,196 (차량기지 1개소)			1,196
계	1,943 (14개소)	50 (4개소)	81 (14개소)	2,074

*출처 : 서울시 보도자료

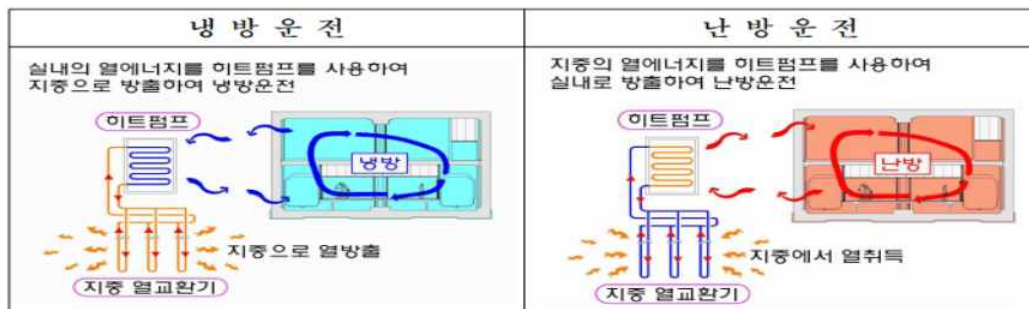
<표 44> 서울 지하철 신재생에너지 설치계획에 따른 감축효과

구분	에너지원별 절감량(MWh/년)				절감액 (천원)
	지열	태양열	태양광	계	
9호선 3단계	134	13	33	180	21,600
우이선		4	67	71	8,520
신림선 (실시설계 중)	39	12	11	62	7,440
동북선 (민자협상 중)	275			275	33,000
계	448	29	111	588	70,560

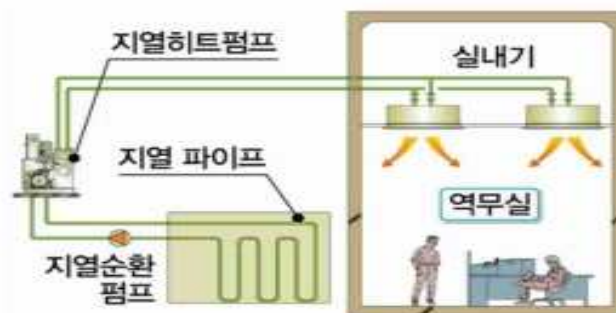
*출처 : 서울시 보도자료

< 지열·태양광·태양열 냉난방 시스템 원리 및 구성도 >

- * 땅속(150~200m)의 온도(약 15℃)는 외부환경에 관계없이 일정한 것을 이용하여 하절기에는 실외보다 낮은 온도의 공기를, 동절기에는 실외보다 따뜻한 공기를 실내로 유입시켜 냉·난방을 하는 시스템임.
- * 지중 열교환(지열배관)→ 냉난방 열원생산(히트펌프)→ 냉난방 공급(실내기 또는 공기조화기)
- * 지열파이프 : 순환배관을 설치하여 열교환 (땅속 180m에 설치)
- * 히트펌프 : 낮은 온도에서 높은 온도로 열을 끌어 올린다하여 열펌프(heat pump)라고 하며, 압축냉매 증발 시 발생한 저온으로 냉방하고, 냉매 응축 시 발생된 열로 난방 하는 장치임(기계실에 설치).
- * 실내기 : 냉·난방 공급장치(실내에 설치)



< 지하철 냉난방시스템 원리>



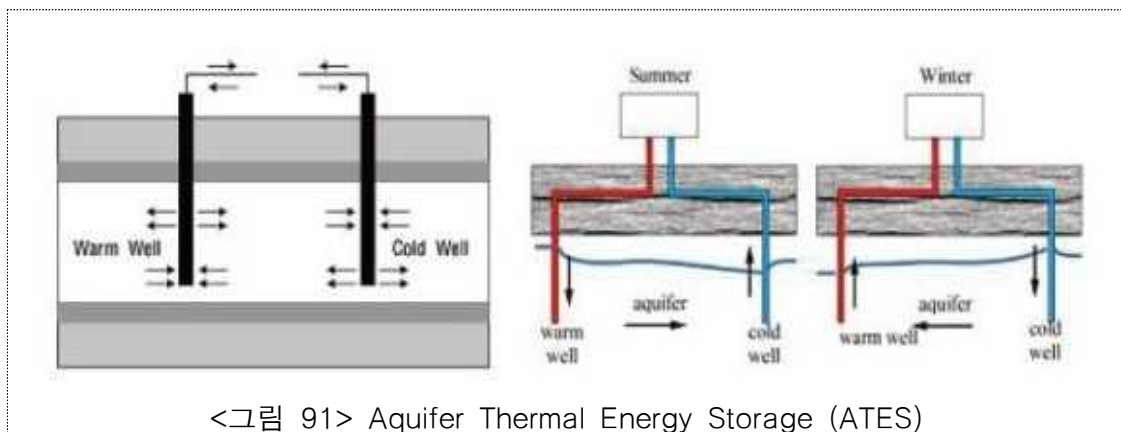
< 지하철 냉난방시스템 구성도 >

라. 신재생 에너지 및 폐열 활용을 위한 장기 열 저장장치

- 신재생에너지는 에너지가 생산 및 소비되는 시기가 상이하여 시스템 내 에너지 저장장치의 존재가 필수적임.

○ Aquifer Thermal Energy Storage (ATES)

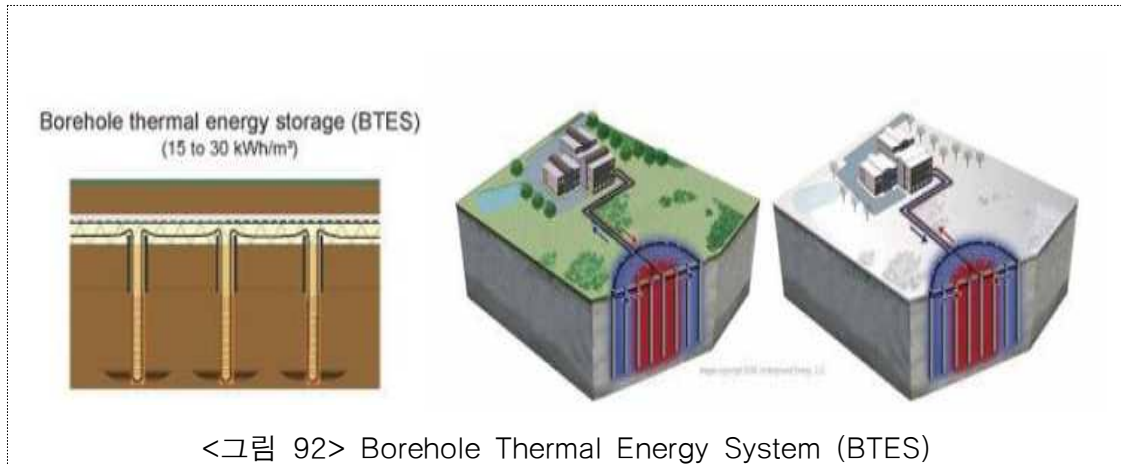
- ATES는 지하수를 함유하고 있는 지하 대수층을 이용한 축열 시스템으로 대수층으로부터 끌어올린 지하수와 열 교환을 통해 열에너지의 저장 및 사용을 하는 설비임.
- 대수층 내 지하수의 열을 직접 사용하거나 축열체로 사용하여 장기간 열을 저장 할 수 있으며 열간섭을 피할 수 있도록 거리를 둔 Cold Well과 Warm Well의 두 가지로 구성하여 하절기와 동절기의 작동 방식에 따라 대수층 내 지하수를 지상에서 열교환하여 냉수와 온수를 각각 저장함.
- 국내의 경우 일반적인 지하수위는 지하 10m 전후에 분포하고 있는 특성으로 대수층이 발달되어 있는 지역이 많아 ATES 시스템이 유리함.



○ Borehole Thermal Energy System (BTES)

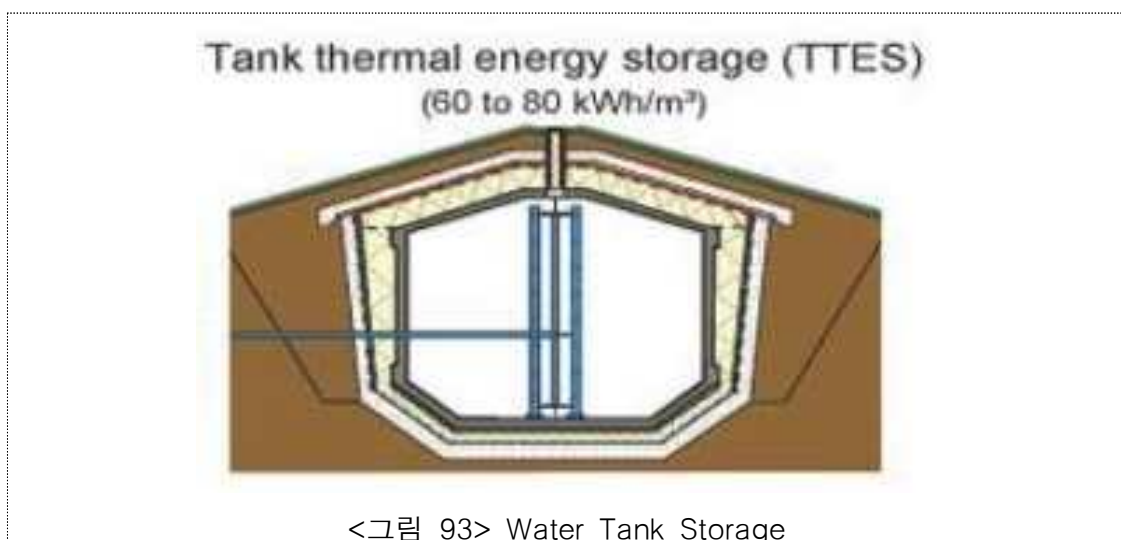
- BTES는 수직형 지열시스템과 같은 Borehole을 구성하여 지하의 지층 및 암반에 열을 저장하였다 필요 시 사용하는 시스템임.
- 하절기 히트펌프 폐열의 히트싱크로만 활용하는 지열시스템과는 달리 폐열 및 신재생 에너지원로부터의 열원을 장기간 저장하여 동절기에 사용하는 시스템으로 지하수가 없거나 대수층 내 지하수의 유속이 매우 느린

지역에서 사용 가능한 기술임.



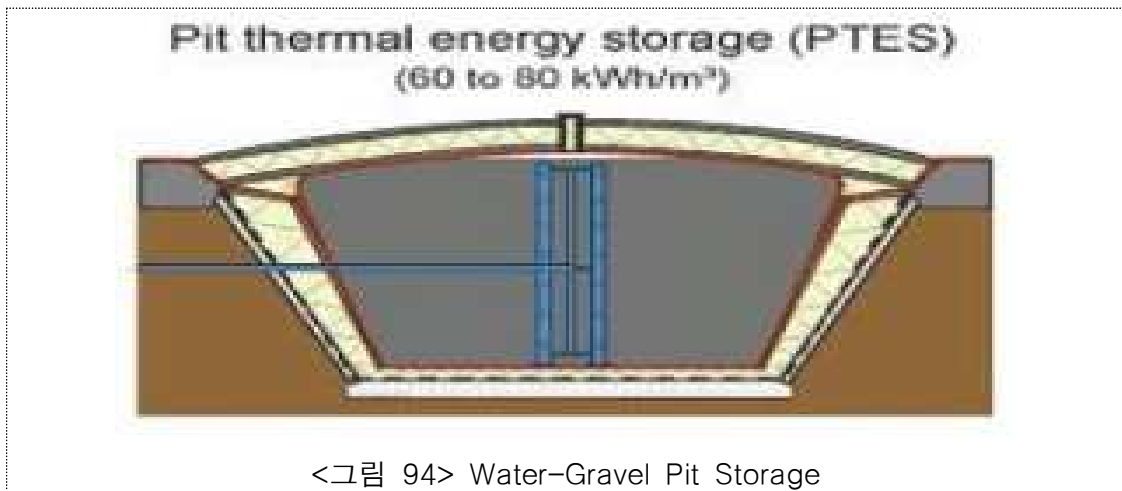
○ Water Tank Storage

- 인공적인 Water Tank를 구성하여 축열체로 사용하는 시스템으로 물을 축열체로 구성하여 적용하며 Water Tank의 크기에 따라 내부 온도상승한 물의 축열을 직접적으로 사용할 수 있으며 상하온도층이 형성되는 경우 온도층을 활용하여 시스템을 구성할 수 있음.
- 일반적으로 장기 축열시스템 뿐만 아니라 단기 축열시스템에도 사용되는 시스템으로 인공적인 구조물 구성과 단열조건으로 구성할 수 있는 장점으로 열의 축적과 사용을 효과적으로 제어할 수 있음.



○ Water-Gravel Pit Storage

- Water Tank Storage와 유사한 시스템으로 단열 시공을 한 대형 PIT(웅덩이)를 구성하여 단열한 후 내부에 물과 Gravel(자갈)을 혼합하여 축열체를 구성하는 시스템이며, 독일 등 유럽에 많이 사용되고, 인공적인 구조물 구성과 단열조건으로 구성할 수 있는 장점으로 인해 열의 축적과 사용을 효과적으로 제어할 수 있음.



제3장 특허 및 논문 동향분석

제1절 특허동향 분석

- 본 분석에서는 각 기술트리에 부합하는 유효특허를 추출하기 위하여, 1993년(출원일 기준)부터 2014년 10월(검색일 기준) 현재까지 출원 공개된 한국, 미국, 일본 및 유럽(영국, 프랑스, 독일 개별국 추가 검색)의 공개 및 등록특허 총 1,259건을 분석 대상으로 함.

<표 45> 검색 DB 및 검색범위

자료 구분	국 가	검색 DB	분석구간	검색범위
공개·등록특허 (공개·등록일 기준)	한국	WIPS	1993 ~ 현재(2014)	특허공개 및 등록 전체문서
	미국			특허공개, 특허공개(공표), 특허공개(재공표) 전체문서
	일본			특허공개 및 등록 전체문서
	유럽특허 (EPO, 5개국 특허청 ¹⁾)			EP-A(Applications) 및 EP-B(Granted) 전체문서

※ 정량분석구간 : 한국, 미국, 일본, 유럽 - 1993. 1 ~ 2012. 12(출원년도 기준)

※ 정성분석구간 : 한국, 미국, 일본, 유럽 - 1993. 1 ~ 2014. 10(공개·등록년도 기준) 국제 특허 분류 기준에 의거하여 IPC코드 B61(철도)에 해당하는 세부 기술 위주로 검색하였으며 각 국가별로 등록된 연도별 특허현황 등을 분석하였음.

- 본 분석에서는 과제의 기술요약서를 기초로 연구범위내의 기술을 정량분석 대상으로 하여 동향분석(정량분석)을 실시하였으며, 상기 동향분석에서의 기술 분야와 심층 분석의 기술 분야를 동일하게 적용함.

1) 유럽 19개 각국 특허청 : 유럽특허제도는 유럽특허조약의 회원국 사이에서 유효한 유럽특허를 부여하기 위해 만들어진 제도로써 유럽특허조약(EPC : European Patent Convention)에 따라 유럽특허청(EPO)에서 운영함. 유럽특허청(EPO)에 출원함과 관계없이 유럽의 각국 특허청에 출원한 특허를 포함하여 분석함. (GB, FR, DE)

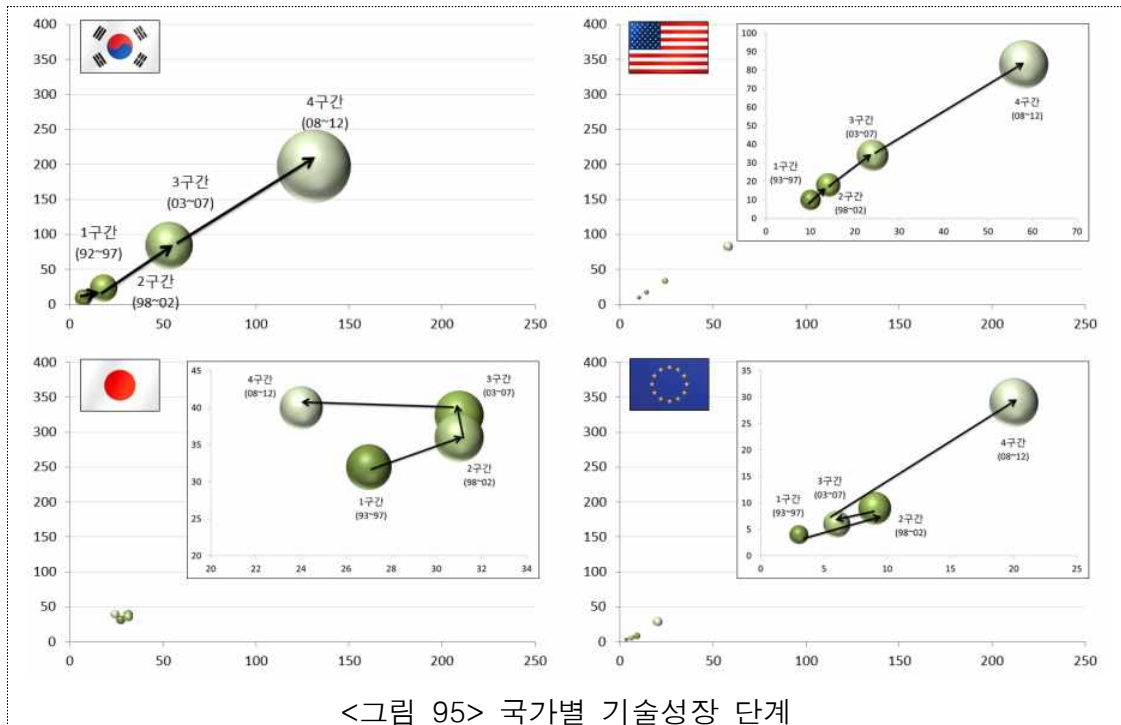
<표 46> 분석대상 기술 분류체계

대분류	중분류	소분류
(A) 저탄소형 철도인프라 개발	(AA) 철도역사 소재	(AAA) 건설재료 및 구성요소 개발기술
	(AB) 철도역사 시공 및 공법	(ABA) 환경부하 저감형 시공기술
	(AC) 철도역사 운영	(ACA) 역사운영 및 재난방재감시기술
	(AD) 철도역사 설계관리	(ADA) 친환경디자인
	(AE) 궤도 및 노반	(AEA) 노반재료개발 기술
		(AEB) 자원절감/순환형 시공기술
		(AEC) 고속철도 콘크리트궤도 유지보수기술
	(AF) 교량	(AFA) 저탄소 재료활용 철도교량기술
		(AFB) 환경부하 저감형 보수 및 보강기술
	(AG) 터널	(AGA) 탄소흡수용 터널재료 개발 및 시공기술
		(AGB) 워터젯을 이용한 굴착 보조공법
	(AH) 전철	(AHA) 저탄소 재료활용 송전탑
	(AI) 신재생에너지	(AIA) 친환경에너지 발전설비 교량상부 적용기술
		(AIB) 친환경에너지 적용 터널조명 및 기계설비 가동기술
		(AIC) 친환경에너지 철도역사 적용기술
(B) 저탄소형 철도차량 운행	(BA) 전력에너지	(BAA) 스마트미터링 및 에코드라이빙

<표 47> 분석대상 기술 분류체계 개요

대분류	중분류	소분류	소분류 간략설명	검색개요(기술범위)
(A) 저탄소형 철도인프라 개발	(AA) 철도역사 소재	(AAA) 건설재료 및 구성요소 개발기술	•환경부하 저감을 위한 건설재료 및 구성요소 개발기술	•벽체, 창호 등 공조설비(공기조화), 조명설비, 제연설비, 승강설비, 단열설비 관련기술
	(AB) 철도역사 시공 및 공법	(ABA) 환경부하 저감형 시공기술	•신축, 리모델링, 유지보수 공사 시 공기단축 기술 및 장수명화를 촉진하는 보수 및 보강기술	•신축, 리모델링, 유지보수 공사 시 공기단축 기술 •장수명화를 촉진하는 보수 및 보강기술
	(AC) 철도역사 운영	(ACA) 역사운영 및 재난방재감시기술	•역사운영, 재난방재 및 승객의 안전, 편의를 위한 기술	•운영상 장애요소, 최적화를 위한 운영 및 모니터링 기술 •재난방재 및 안전, 승객 편의관련 요소
	(AD) 철도역사 설계관리	(ADA) 친환경디자인	•역사 에너지/온실가스 저감을 위한 친환경디자인 및 관리시스템	•효율적인 친환경디자인 역사 •설계 품질기준 및 지침, 일정, 품질관리, 에너지검토 제시
	(AE) 궤도 및 노반	(AEA) 노반재료개발 기술	•궤도 및 노반건설 공사 시 투입되는 철도인프라 소재 생산 시 발생되는 탄소배출량 저감 기술	•비정질강섬유 활용 마감 모르타르 •바이오폴리머 콘크리트 침목 •프리캐스트 콘크리트 궤도
		(AEB) 자원절감/순환형 시공기술	•궤도 및 노반공사 시 투입자재를 줄이거나 공사 중 발생하는 2차자원의 재활용 기술	•자원절감형 선로선형 최적화 기술 •순환골재를 활용한 무시멘트 콘크리트 제조 •준설토의 시멘트 대체재로 활용기술
		(AEC) 고속철도 콘크리트궤도 유지보수기술	•부속철도 콘크리트궤도 하부노반의 부동침하에 따른 보수 시 적용 가능한 저탄소형 유지보수 기술	•궤도틀림 저감을 위한 체결구 개선 •장수명 궤도시공기술 •콘크리트 궤도 하부노반 부동침하 보수 시 저탄소 자재 적용 기술
	(AF) 교량	(AFA) 저탄소 재료활용 철도교량기술	•교량 공사에서 투입되는 자재를 저탄소 장수명 소재 하이브리드 기술을 통해 탄소저감 및 장수명화 도모기술	•초고성능 콘크리트 적용 철도 교량 •철도용 분리형 스페리칼 교량받침 •고에너지 흡수강 적용 교량 •접합부 제거 일체형 교량
		(AFB) 환경부하 저감형 보수 및 보강기술	•교량의 유지보수 공사 시 공기단축 기술 및 교량의 장수명화를 촉진하는 보수 및 보강기술	•분사식 섬유보강 복합재료 •미가공 부산물활용 모르타르 제조 및 강도 향상 및 수축 저감 기술 •유지보수에 대한 급속시공 기술
	(AG) 터널	(AGA) 탄소흡수용 터널재료 개발 및 시공기술	•GTX, 도시철도 등 통과 터널 내 대기오염저감 장치와 탄소흡수가 동시에 가능한 재료의 개발 및 시공기술	•탄소포집 격리용 시멘트 기반 결합재 •탄소포집용 활성산업부산물을 활용한 시멘트 콘크리트 시공기술 •바이오 케미컬 이용 CO ₂ 흡수 기술
		(AGB) 워터젯을 이용한 굴착 보조공법	•터널 굴착 시 최외 각공을 대신하여 워터젯을 이용한 선행절삭 굴착공법 •굴착 시 발생 지하수의 워터젯 재이용	•굴착 시 발생지하수의 워터젯으로 재이용 기술 •장대터널에 대한 워터젯 이용 저진동 저소음 터널 굴착 공법 개발
	(AH) 전철	(AHA) 저탄소 재료활용 송전탑	•전철전력 송전탑 공사 시 발생하는 탄소배출량 저감 기술	•탄소저감 전신주 재료개발 기술 •장수명 전신주 시공 및 유지보수 기술
	(AI) 신재생 에너지	(AIA) 친환경에너지 발전설비 교량상부 적용기술	•교량 상부 및 지상 연결부문 활용 친환경에너지 적용기술	•풍력, 태양광이 조합된 하이브리드 발전 설비의 교량 적용기술 •압전소자 이용 발전가능 교량 받침
		(AIB) 친환경에너지 적용 터널조명 및 기계설비 가동기술	•터널 상부 및 유류부지 활용 태양광 풍력 등 친환경에너지 적용기술	•터널 상부 태양광 발전설비 •풍력 발전설비 터널 적용기술 •터널 내 환기팬 등 기계설비 공급용 하이브리드 발전 설비
		(AIC) 친환경에너지 철도역사 적용기술	•철도역사에 적용 가능한 친환경에너지 기술	•풍력, 태양광이 조합된 하이브리드 발전 설비 •친환경에너지를 활용한 역사 조명기술
(B) 저탄소형 철도차량 운영	(BA) 전력 에너지	(BAA) 스마트미터링 및 에코드라이빙	•철도차량 스마트미터링 및 에코드라이빙	•IT기반 인터페이스 기술, 소비패턴 분석, 최적화기술, DB 구축 및 에코드라이빙 가이드라인

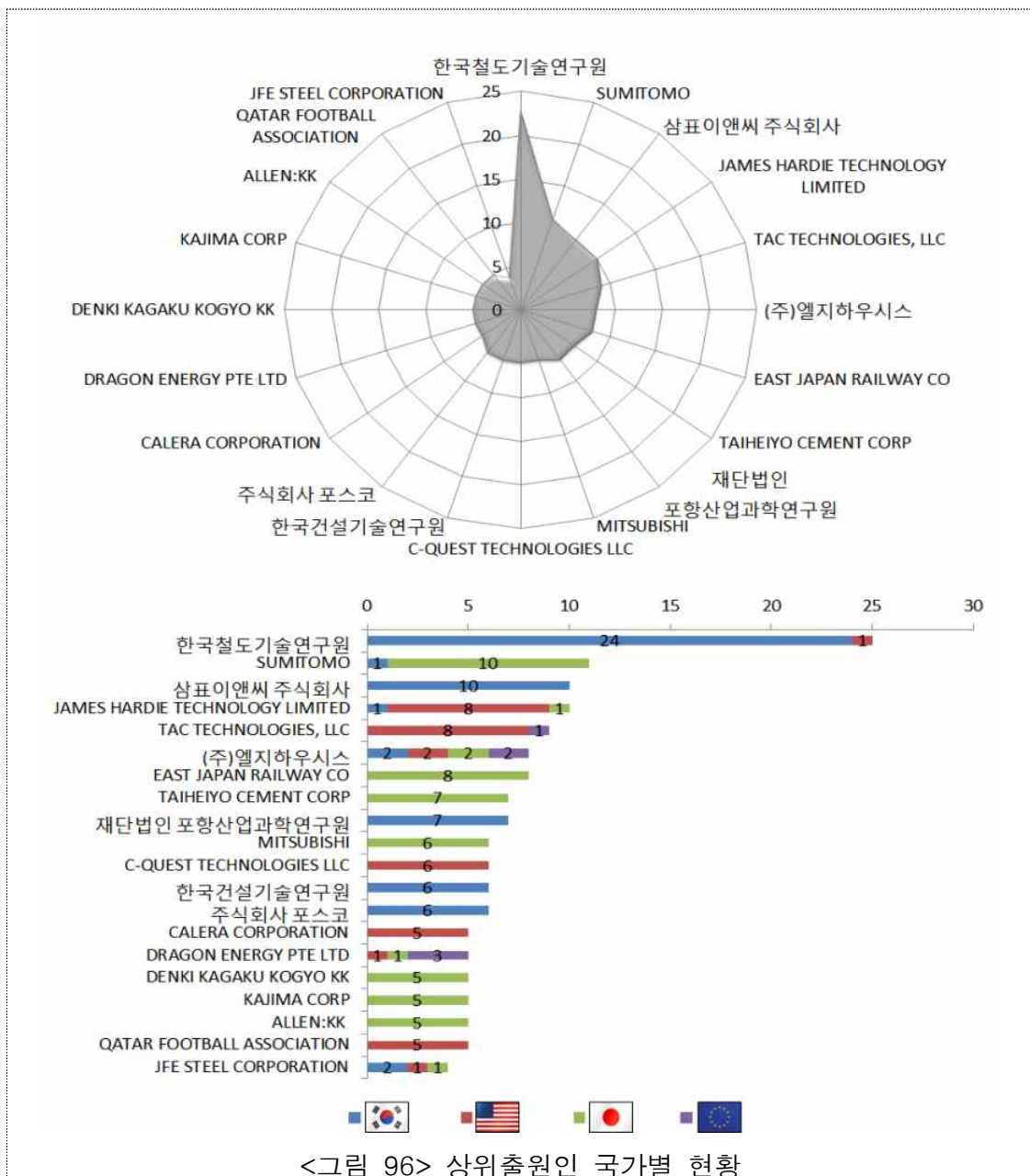
- 먼저 해당분야의 기술 성장단계를 파악하기 위하여 한국, 일본, 미국 유럽 4개국에서의 기술위치를 전체 출원 중 최근의 출원 동향을 1구간(1992-1997), 2구간(1998-2002), 3구간(2003-2007), 4구간(2008-2012)으로 나누어 각각의 구간별 특허출원 동향을 통한 기술의 위치를 살펴보았음.



- 한국특허와 미국특허의 기술위치는 2구간(1998-2002)부터 출원 건수와 출원 인수가 계속 증가하는 성장기 단계로 판단됨. 즉, 3구간(2003-2007)부터 4구간(2008-2012)까지 출원건수 및 출원인수가 크게 증가하고 있어 태동기를 지나 성장기에 진입한 것으로 보임.
- 일본특허의 기술위치는 성숙기 단계에 있는 것으로 판단되며, 특히, 3구간(2003-2007)을 기점으로 출원건수 증가율이 감소하고 4구간(2008-2012)에는 출원인수가 감소하고 있어 성장기를 지나 성숙기로 진입한 것으로 보임.
- 유럽특허의 기술위치는 성장기 단계에 있는 것으로 판단되며, 특히 3구간(2003-2007)에 출원인수와 출원건수가 감소하여 기술성장이 정체되려는 조짐을 보였으나, 4구간(2008-2012)에 출원인수와 출원건수가 다시 증가하는 양상을 보임.

○ 따라서 한국은 동일 구간에서 출원인수가 줄어들고 출원건수가 주춤하는 일본의 성숙기 단계와 비교하여 약간 뒤쳐져 있는 것으로 볼 수 있음.

□ 본 분석에서는 상위 출원인의 점유율과 국가별 랭킹 등을 통해 해당 분야의 주요 상위 출원인의 국적을 살펴보면, 일본 8개社, 한국 6개社, 미국 3개社, 유럽 1개社 순으로 나타남.



- 상위 출원인 Top 20을 추출한 결과, 1위는 한국의 한국철도기술연구원, 2위는 일본의 SUMITOMO이며, 3위는 삼표이엔씨 주식회사이며, 모두 자국 내 출원비중이 높고 공통적으로 (AEA)노반재료개발 기술 분야에 주력하고 있는 것으로 나타남.
- 한국철도기술연구원의 경우 최근 5년의 특허출원도 증가하고 있어 지속적인 연구개발이 이루어지는 것으로 분석됨.
- 특히, (주)엘지하우시스와 (주)엘지화학의 경우 한국, 일본, 미국, 유럽에 고르게 특허출원을 하고 있어 국제적인 시장경쟁력을 확보하려 하는 것으로 판단됨.
- 대부분의 한국국적의 출원인의 경우 국내출원에 집중되어있어 국제적인 시장 경쟁력이 미흡한 것으로 분석되므로 타 국가에 대한 지식재산확보의 필요성이 요구됨.

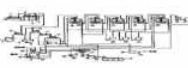
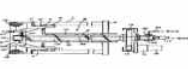
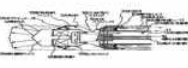
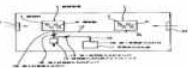
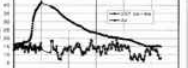
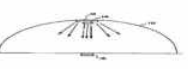
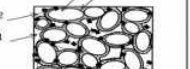
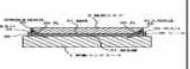
<표 48> 관심특허 선별결과

대분류	중분류	소분류	유효특허 건수				
			한국 (KIPO)	미국 (USPTO)	일본 (JPO)	유럽 (EPO)	계
(A) 저탄소형 철도 인프라 개발	(AA) 철도역사 소재	(AAA) 건설재료 및 구성요소 개발기술	-	-	-	-	-
	(AB) 철도역사 시공 및 공법	(ABA) 환경부하 저감형 시공기술	4	3	1		8
	(AC) 철도역사 운영	(ACA) 역사운영 및 재난방재감시기술	2	1	2	1	6
	(AD) 철도역사 설계관리	(ADA) 친환경디자인	3		2		5
	(AE) 궤도 및 노반	(AEA) 노반재료개발 기술	24		10		34
		(AEB) 자원절감/순환형 시공기술	24	1	3		28
		(AEC) 고속철도 콘크리트궤도 유지보수 기술	7		13		20
	(AF) 교량	(AFA) 저탄소 재료활용 철도교량기술	49	2	4	2	57
		(AFB) 환경부하 저감형 보수 및 보강기술	6				6
	(AG) 터널	(AGA) 탄소흡수용 터널재료 개발 및 시공기술	4	13	2	1	20
		(AGB) 워터젯을 이용한 굴착 보조공법	7	3	10	1	21
	(AH) 전철	(AHA) 저탄소 재료활용 송전탑	2		2		4
	(AI) 신재생에너 지	(AIA) 친환경에너지 발전설비 교량상부 적용기술	14	3	4		21
		(AIB) 친환경에너지 적용 터널조명 및 기계설비 가동기술	11	1	7	1	20
		(AIC) 친환경에너지 철도역사 적용기술	13	15	4	7	39
(B) 저탄소형 철도차량 운행	(BA) 전력에너지	(BAA) 스마트미터링 및 에코드라이빙	10	2			12
총계			180	44	64	13	301

□ 관심특허 IP History 분석은 기술전문가가 선정한 관심특허 301건을 연도별로 나열하였으며, 기술개발 현황 및 R&D 유망 기술을 파악하기 위해 출원국가, 출원인, 발명의 명칭 및 대표 도면이 도시됨.

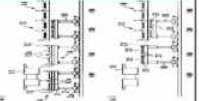
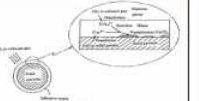
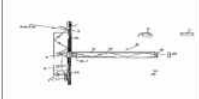
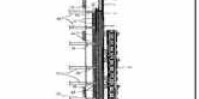
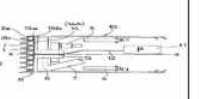
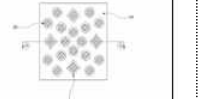
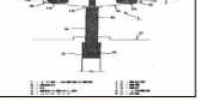
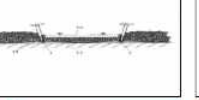
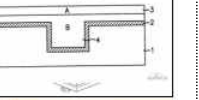
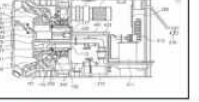
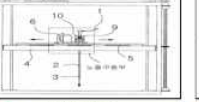
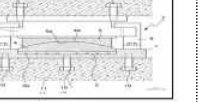
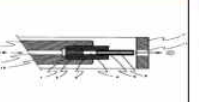
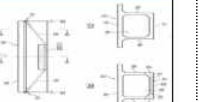
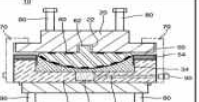
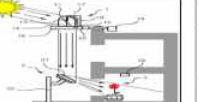
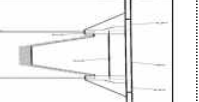
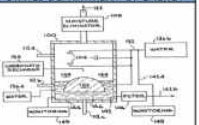
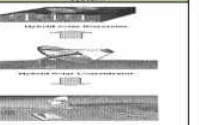
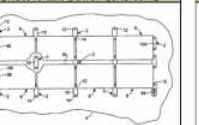
1987	1992	1993	1994	1995
<				

<그림 97> 분야별 발명 명칭 및 대표 도면

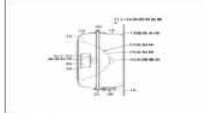
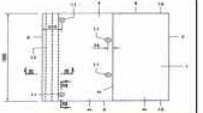
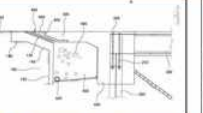
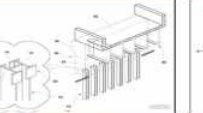
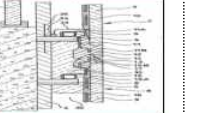
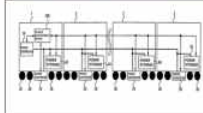
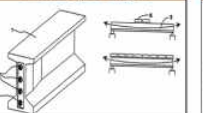
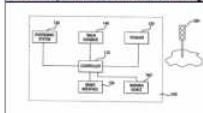
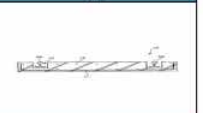
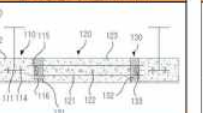
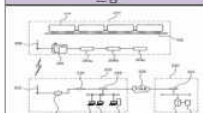
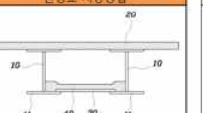
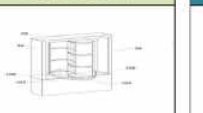
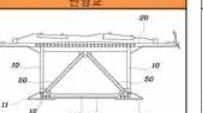
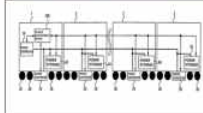
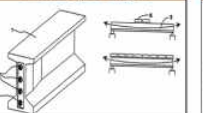
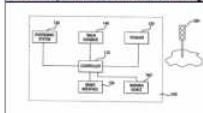
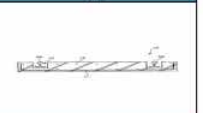
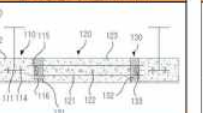
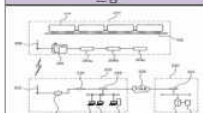
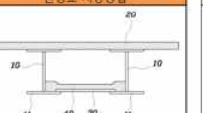
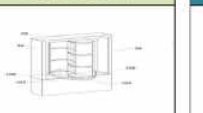
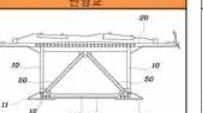
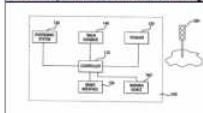
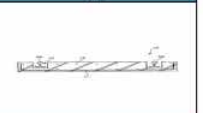
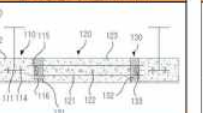
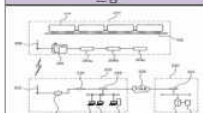
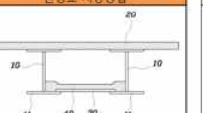
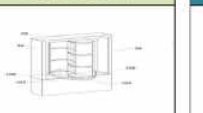
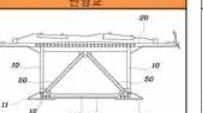
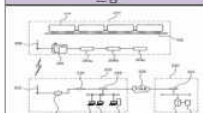
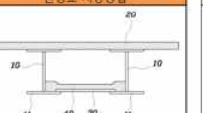
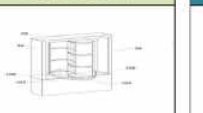
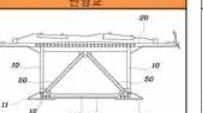
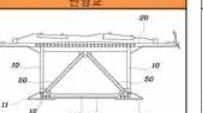
1996	1997	1998	1999	2000					
 일본등록특허 (AD) JP2903003 HANEDA CONCRETE INDUSTRIAL CO. LTD (JP) 철도 역로 플랫폼 	 일본등록특허 (AE) JP4073521 TAIHEYO CEMENT CORP. (JP) 시멘트 모르타르 제조 방법   일본등록특허 (AG) JP3177475 NAKAGURO KENSETSU KK (JP) 굴진 방법   일본공개특허 (AG) JP1998-299380 KAJIMA CORP. (JP) 소액경 터널의 구축 공법   미국등록특허 (AD) US6182403 CANON INC (JP) Combination solar battery and roof unit and mounting method thereof   유럽공개특허 (AD) EP0828035 CANON INC (JP) Combination solar battery and roof unit and mounting method thereof   한국등록특허 (AD) KR0276183 CANON INC (JP) 콤비네이션형 태양 전지 및 지붕 유니 트와 그 장착 방법 	 일본공개특허 (AC) JP1999-201522 KAJIMA CORP. (JP) 자연 에너지 이용 열 회수형 외동 건물 급배기 시스템   일본공개특허 (AE) JP2000-001348 MITSUBISHI (JP) 수경성 재료 및 시멘트의 제조 방법   한국등록특허 (AF) KR0312066 동아건설산업 주식회사 (KR) 일체식교대교량의 시공 방법 	 일본공개특허 (AE) JP2001-040603 ANAMIZU KK (JP) 철도 직관 궤도상의 보수 방법 및 장치   일본공개특허 (AE) JP2001-098503 EAST JAPAN RAILWAY CO. (JP) 올레브 궤도용 레일 체결 장치의 보수 방법   한국공개특허 (AF) KR2000-0074430 현대건설주식회사 (KR) 블라이트 리지 시멘트와 고미분말 무기 재료와 고성능콘크리트 및 하이브리드 콘 크리트   일본등록특허 (AF) JP3610828 PC BRIDGE CO LTD (JP) 고강도 경량 합성 커터로 및 그 구축 방 법   일본공개특허 (AG) JP2002-503775 DREDGING INTERNATIONAL N.V. (EP, BE) 준설기 또는 굴착기를 이용하여 지반   일본공개특허 (AD) JP2000-222905 TOYOTA (JP) 터널내에서의 태양전지 발전 시스템 	 일본등록특허 (AE) JP4657417 DENKI KAGAKU KOGYO KK (JP) 시멘트 급결제   한국등록특허 (AE) KR034141 박승범 (KR) 저렴공제 및 신소재   일본등록특허 (AE) JP4238329 SHIMIZU CORP. (JP) 수재와 보재의 가설 방법 및 그 장치   일본공개특허 (AE) JP2001-262501 CENTRAL JAPAN RAILWAY COMPANY (JP) 서교 전회 공법   일본등록특허 (AE) JP4222587 EAST JAPAN RAILWAY CO (JP) 슬라브식 궤도의 보수 방법   미국등록특허 (AG) US6332652 NAKAKURO CONSTRUCTION CO., LTD. (JP) Turned excavator with variable   미국등록특허 (AG) US6449883 DREDGING INTERNATIONAL N.V. (EP, BE) Method and device for dredging 					
■ AA	■ AB	■ AC	■ AD	■ AE	■ AF	■ AG	■ AH	■ AI	■ BA
철도역사 소재	철도역사 시공 및 공법	철도역사 운영	철도역사 설계관리	궤도 및 노반	교량	터널	전철	신재생에너지	전력에너지

<그림 79> 분야별 발명 명칭 및 대표 도면(계속)

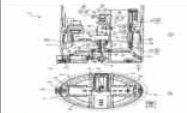
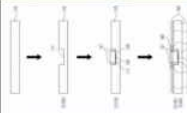
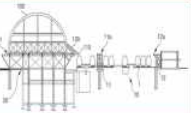
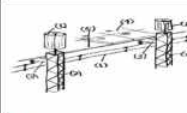
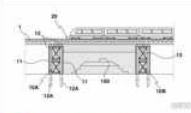
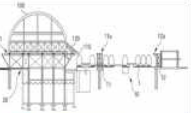
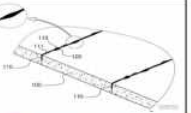
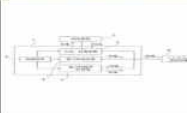
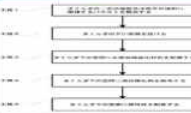
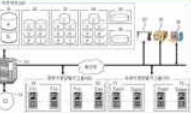
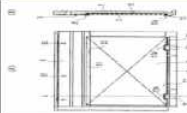
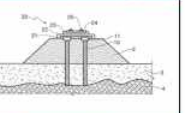
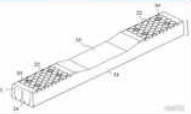
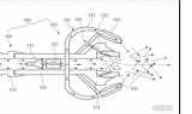
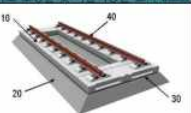
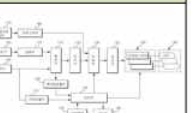
<그림 79> 분야별 발명 명칭 및 대표 도면(계속)

2000	2001	2001	2002	2003					
 일본공개특허 (AH) JP2003-066529 AKITA UNISO KK (JP) 패콘크리트 전신주의 재활용 장치 	 일본공개특허 (AE) JP2003-020603 SHIMIZU CORP (JP) 철도교의 가새 방법 	 미국등록특허 (AG) US6843843 JFE STEEL CORPORATION (JP) Underwater immersion block and method to produce the same 	 한국공개특허 (AE) KR2003-0093632 홍창희 (KR) 환경친화성 혼합 시멘트, 이로부터 제조된 시멘트 경화체 및 그 제조방법 	 한국등록특허 (AC) KR0437316 주식회사창성씨이엠 (KR) 철도 건설정보 통합관리 시스템 					
 한국등록특허 (AI) KR0343626 한국에너지기술연구원 (KR) 고효도 자연광 인공광 복합 조명 장치 	 일본공개특허 (AE) JP2003-105703 TEKKEN CONSTR. CO. LTD (JP) 궤도 용의 평형 교량 공법 및 그 변형 교량 구조 	 일본등록특허 (AG) JP4424528 KAJIMA CORP (JP) 심도 굴진 공법 	 한국등록특허 (AE) KR0946109 주식회사 포스코 (KR) 철도 최적 환로 설계 방법 	 한국등록특허 (AE) KR0438139 재단법인 중앙대학교 산학연교육연구재단 (KR) 복층그리드 부산물과 경합물 및 연결 					
 유럽등록특허 (AI) EP1071139 KANEKA CORPORATION (JP) Photovoltaic cell module tile 	 일본공개특허 (AF) JP3752999 JFE STEEL CORPORATION (JP) 상하부 일체 구조의 교량 및 그 시공 방법 	 한국등록특허 (AG) KR0757369 주식회사 케이티 (KR) 위탁넷 노즐이 설치된 보조판만을 구비한 터널 굴진기 	 일본공개특허 (AE) JP2004-169462 TOGAWA YOSHIAKI (JP) 콘크리트 교각교면의 개수 공법 	 한국등록특허 (AF) KR0318444 최광철 (KR) 교량용 스페리얼 배어링 					
	 한국등록특허 (AF) KR0421770 두산건설 주식회사 (KR) 자유선형의 일체 접착식 섬유강화 복합 소재 교량 바닥판 그 제조방법 및 연결 	 한국등록특허 (AG) KR0757369 주식회사 케이티 (KR) 이동식 위탁넷 노즐을 구비한 터널 굴진기 	 한국등록특허 (AG) KR0452164 한국지질자원연구원 (KR) 화전식 위탁넷 슬러터 	 한국등록특허 (AF) KR0319696 최광철 (KR) 교량용 스페리얼 배어링 					
	 한국등록특허 (AF) KR0255377 주식회사 국민씨아이 (KR) 자유선형의 일체 접착식 섬유강화 복합 소재 교량 바닥판 및 연결구조 	 일본등록특허 (AG) JP4005791 SUGINO MACHINE LTD (JP) 굴착용 노즐 장치 	 한국등록특허 (AI) KR0531244 공정식 (KR) 지하철 차량 주행통을 이용한 풍력발전 시스템 	 일본등록특허 (AF) JP204388 ORIENTAL SHIRAIISHI CORP (JP) PC아크케다교 					
	 한국등록특허 (AF) KR0262486 주식회사 케이엘 (KR) 구면형 교차장치 	 미국등록특허 (AI) US6409467 GUTTERMAN, HOWARD (US) Wind-generated power system 	 한국공개특허 (AI) KR2004-0019444 한국에너지기술연구원 (KR) 태양추적 반사거울방식 자연채광장치 	 한국등록특허 (AF) KR055433 주식회사 국민씨아이 (KR) 콘크리트 충전 섬유강화 복합소재 말뚝을 이용한 구조인트일체식 교대구조 					
	 미국등록특허 (AG) US6890497 THE UNITED STATES OF AMERICA AS REPRESENTED BY THE UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY 	 미국등록특허 (AI) US6603069 UT-BATTELLE, LLC (US) Adaptive, full-spectrum solar energy system 	 미국등록특허 (AI) US7435897 SCHOTT SOLAR, INC. (US) Apparatus and method for mounting photovoltaic power generating 	 일본공개특허 (AI) JP2004-274810 SATO TEKKO CO. LTD (JP) 교량에 있어 발전 방법 및 교량의 변위 흡수 방법 및 방식 방법 					
■ AA	■ AB	■ AC	■ AD	■ AE	■ AF	■ AG	■ AH	■ AI	■ BA
철도역사 소재	철도역사 시공 및 공법	철도역사 운영	철도역사 설계관리	궤도 및 노반	교량	터널	전철	신재생에너지	전력에너지

<그림 79> 분야별 발명 명칭 및 대표 도면(계속)

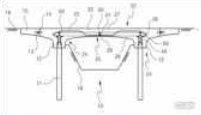
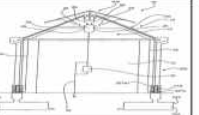
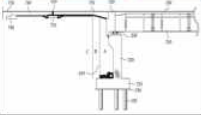
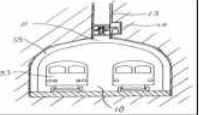
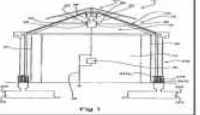
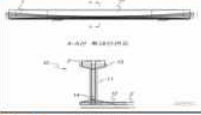
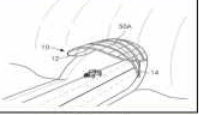
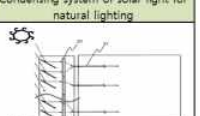
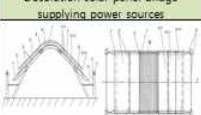
2003	2004	2004	2004	2005																														
일본공개특허 (AI) JP2005-183077 TOSHIBA (JP) 터널을 조명 장치 	미국공개특허 (AB) US2004-0231286 LAING RAIL LIMITED (EP, GB) Prefabricated unit for refurbishment or construction of platforms 	한국등록실용신안 (AF) KR0349100 장원섭 (KR) 프리몰렉스빔 교대 일체식 교량 	한국등록특허 (AF) KR0696298 주식회사 도영엔지니어링 (KR) 일체식교대 교량에 있어 교대와 예미치 말뚝의 집합부구조 및 그 시공방법 	미국등록특허 (AB) US7665254 BBG GMBH AMP, CO KG (EP, DE) Wall cladding panel for the outside wall of a building with a solar 	미국등록특허 (BA) US7237492 HITACHI LTD (JP) Railway car drive system 	일본등록특허 (AC) JP4684637 TSUJIMOTO MAKOTO (JP) 역사 공간의 환경 제어 시스템 	미국등록특허 (AF) US7373683 (주)대우건설 (KR) Construction method for prestressed concrete girder bridges 	한국등록특허 (AF) KR0696299 주식회사 도영엔지니어링 (KR) 일체식교대 교량에 있어 교대와 예미치 말뚝의 집합부구조 및 그 시공방법 	한국등록특허 (AE) KR0706786 삼표이엔비 주식회사 (KR) 프리캐스트 슬래브 캐드 시스템 및 시공방법 	미국등록특허 (BA) US6903658 QUANTUM ENGINEERING, INC. (US) Method and system for ensuring that a train operator remains alert during 	일본공개특허 (AE) JP2005-232922 MITSUBISHI (JP) 노면 전차의 궤도 슬래브판 및 그 시공 방법 	한국등록특허 (AF) KR0621928 재단법인 포항산업과학연구원 (KR) 프리캐스트 캐더와 프리캐스트 바닥판 을 이용한 하로철도 구조 	한국등록실용신안 (AF) KR0376197 아이엔에스알 주식회사 (KR) 일체식 교대 교량의 합성구조 	일본등록특허 (AE) JP4846278 TAISEI CORP (JP) 캐드의 시공 방법 	한국등록특허 (BA) KR0630467 한국철도기술연구원 (KR) 도시철도 차량의 운행정보 자동수집 시스템 	한국공개특허 (AE) KR2005-0100995 주식회사 삼성콘크리트 (KR) 바닥 예인을 이용한 철도용 콘크리트 방음벽구조 및 제조방법 	한국등록특허 (AF) KR0621928 재단법인 포항산업과학연구원 (KR) 프리캐스트 캐더를 갖는 이중합성 철도 판형교 시공방법 	일본공개특허 (AI) JP2006-105107 MOTHERS KK (JP) 태양광 용력 발전 장치 	한국등록특허 (AE) KR0671352 주식회사 유니온 (KR) 바닥예인을 포함하는 내화 라이닝을 모 크타르 조성물 	한국공개특허 (AE) KR2005-0100995 주식회사 삼성콘크리트 (KR) 바닥 예인을 이용한 철도용 콘크리트 방음벽구조 및 제조방법 	한국등록특허 (AE) KR0599008 주식회사 포스코 (KR) 프리캐스트 캐더를 갖는 이중합성 철도 판형교 	일본공개특허 (AI) JP2004-197560 CANON INC (AU) 건물 및 공기 유통 장치 	일본공개특허 (AE) JP2008-524471 RAIL ONE GMBH (EP, DE) 궤도 차량을 위한 콘크리트 궤도 	한국등록특허 (AF) KR0722501 홍석희 (KR) 프리캐스트 P S C 단열골레브거더를 1 필치치구조나 강결합체구조로 연결장치 	일본등록특허 (AE) JP4320731 MITSUBISHI (JP) 콘크리트 도상 구조체의 시공 방법 	한국등록특허 (AF) KR0638673 유성근 (KR) 일체식교대 교량에 있어 교대와 강재 거더의 집합부구조 및 그 시공방법 	한국등록특허 (AF) KR0638674 유성근 (KR) 일체식교대 교량에 있어 교대와 강재 거더의 집합부구조 및 그 시공방법 	한국등록실용신안 (AF) KR0394787 홍석희 (KR) 프리캐스트 P S C 단열골레브거더를 1 필치치구조나 강결합체구조로 연결장치 	한국등록특허 (AF) KR0722501 홍석희 (KR) 프리캐스트 P S C 단열골레브거더를 1 필치치구조나 강결합체구조로 연결장치 	한국공개특허 (AF) KR2005-0073906 장원섭 (KR) 프리몰렉스빔 교대 일체식 교량 및 그 시공방법 	한국등록특허 (AF) KR0638673 유성근 (KR) 일체식교대 교량에 있어 교대와 강재 거더의 집합부구조 및 그 시공방법 	한국등록특허 (AF) KR0638674 유성근 (KR) 일체식교대 교량에 있어 교대와 강재 거더의 집합부구조 및 그 시공방법 	한국등록실용신안 (AF) KR0394787 홍석희 (KR) 프리캐스트 P S C 단열골레브거더를 1 필치치구조나 강결합체구조로 연결장치 	한국등록특허 (AF) KR0722501 홍석희 (KR) 프리캐스트 P S C 단열골레브거더를 1 필치치구조나 강결합체구조로 연결장치 
미국등록특허 (BA) US7237492 HITACHI LTD (JP) Railway car drive system 	일본등록특허 (AC) JP4684637 TSUJIMOTO MAKOTO (JP) 역사 공간의 환경 제어 시스템 	미국등록특허 (AF) US7373683 (주)대우건설 (KR) Construction method for prestressed concrete girder bridges 	한국등록특허 (AF) KR0696299 주식회사 도영엔지니어링 (KR) 일체식교대 교량에 있어 교대와 예미치 말뚝의 집합부구조 및 그 시공방법 	한국등록특허 (AE) KR0706786 삼표이엔비 주식회사 (KR) 프리캐스트 슬래브 캐드 시스템 및 시공방법 	미국등록특허 (BA) US6903658 QUANTUM ENGINEERING, INC. (US) Method and system for ensuring that a train operator remains alert during 	일본공개특허 (AE) JP2005-232922 MITSUBISHI (JP) 노면 전차의 궤도 슬래브판 및 그 시공 방법 	한국등록특허 (AF) KR0621928 재단법인 포항산업과학연구원 (KR) 프리캐스트 캐더와 프리캐스트 바닥판 을 이용한 하로철도 구조 	한국등록실용신안 (AF) KR0376197 아이엔에스알 주식회사 (KR) 일체식 교대 교량의 합성구조 	일본등록특허 (AE) JP4846278 TAISEI CORP (JP) 캐드의 시공 방법 	한국등록특허 (BA) KR0630467 한국철도기술연구원 (KR) 도시철도 차량의 운행정보 자동수집 시스템 	한국공개특허 (AE) KR2005-0100995 주식회사 삼성콘크리트 (KR) 바닥 예인을 이용한 철도용 콘크리트 방음벽구조 및 제조방법 	한국등록특허 (AF) KR0621928 재단법인 포항산업과학연구원 (KR) 프리캐스트 캐더를 갖는 이중합성 철도 판형교 시공방법 	일본공개특허 (AI) JP2006-105107 MOTHERS KK (JP) 태양광 용력 발전 장치 	한국등록특허 (AE) KR0671352 주식회사 유니온 (KR) 바닥예인을 포함하는 내화 라이닝을 모 크타르 조성물 	한국공개특허 (AE) KR2005-0100995 주식회사 삼성콘크리트 (KR) 바닥 예인을 이용한 철도용 콘크리트 방음벽구조 및 제조방법 	한국등록특허 (AE) KR0599008 주식회사 포스코 (KR) 프리캐스트 캐더를 갖는 이중합성 철도 판형교 	일본공개특허 (AI) JP2004-197560 CANON INC (AU) 건물 및 공기 유통 장치 	일본공개특허 (AE) JP2008-524471 RAIL ONE GMBH (EP, DE) 궤도 차량을 위한 콘크리트 궤도 	한국등록특허 (AF) KR0722501 홍석희 (KR) 프리캐스트 P S C 단열골레브거더를 1 필치치구조나 강결합체구조로 연결장치 	일본등록특허 (AE) JP4320731 MITSUBISHI (JP) 콘크리트 도상 구조체의 시공 방법 	한국등록특허 (AF) KR0638673 유성근 (KR) 일체식교대 교량에 있어 교대와 강재 거더의 집합부구조 및 그 시공방법 	한국등록특허 (AF) KR0638674 유성근 (KR) 일체식교대 교량에 있어 교대와 강재 거더의 집합부구조 및 그 시공방법 	한국등록실용신안 (AF) KR0394787 홍석희 (KR) 프리캐스트 P S C 단열골레브거더를 1 필치치구조나 강결합체구조로 연결장치 	한국등록특허 (AF) KR0722501 홍석희 (KR) 프리캐스트 P S C 단열골레브거더를 1 필치치구조나 강결합체구조로 연결장치 	한국공개특허 (AF) KR2005-0073906 장원섭 (KR) 프리몰렉스빔 교대 일체식 교량 및 그 시공방법 	한국등록특허 (AF) KR0638673 유성근 (KR) 일체식교대 교량에 있어 교대와 강재 거더의 집합부구조 및 그 시공방법 	한국등록특허 (AF) KR0638674 유성근 (KR) 일체식교대 교량에 있어 교대와 강재 거더의 집합부구조 및 그 시공방법 	한국등록실용신안 (AF) KR0394787 홍석희 (KR) 프리캐스트 P S C 단열골레브거더를 1 필치치구조나 강결합체구조로 연결장치 	한국등록특허 (AF) KR0722501 홍석희 (KR) 프리캐스트 P S C 단열골레브거더를 1 필치치구조나 강결합체구조로 연결장치 					
미국등록특허 (BA) US6903658 QUANTUM ENGINEERING, INC. (US) Method and system for ensuring that a train operator remains alert during 	일본공개특허 (AE) JP2005-232922 MITSUBISHI (JP) 노면 전차의 궤도 슬래브판 및 그 시공 방법 	한국등록특허 (AF) KR0621928 재단법인 포항산업과학연구원 (KR) 프리캐스트 캐더와 프리캐스트 바닥판 을 이용한 하로철도 구조 	한국등록실용신안 (AF) KR0376197 아이엔에스알 주식회사 (KR) 일체식 교대 교량의 합성구조 	일본등록특허 (AE) JP4846278 TAISEI CORP (JP) 캐드의 시공 방법 	한국등록특허 (BA) KR0630467 한국철도기술연구원 (KR) 도시철도 차량의 운행정보 자동수집 시스템 	한국공개특허 (AE) KR2005-0100995 주식회사 삼성콘크리트 (KR) 바닥 예인을 이용한 철도용 콘크리트 방음벽구조 및 제조방법 	한국등록특허 (AF) KR0621928 재단법인 포항산업과학연구원 (KR) 프리캐스트 캐더를 갖는 이중합성 철도 판형교 시공방법 	일본공개특허 (AI) JP2006-105107 MOTHERS KK (JP) 태양광 용력 발전 장치 	한국등록특허 (AE) KR0671352 주식회사 유니온 (KR) 바닥예인을 포함하는 내화 라이닝을 모 크타르 조성물 	한국공개특허 (AE) KR2005-0100995 주식회사 삼성콘크리트 (KR) 바닥 예인을 이용한 철도용 콘크리트 방음벽구조 및 제조방법 	한국등록특허 (AE) KR0599008 주식회사 포스코 (KR) 프리캐스트 캐더를 갖는 이중합성 철도 판형교 	일본공개특허 (AI) JP2004-197560 CANON INC (AU) 건물 및 공기 유통 장치 	일본공개특허 (AE) JP2008-524471 RAIL ONE GMBH (EP, DE) 궤도 차량을 위한 콘크리트 궤도 	한국등록특허 (AF) KR0722501 홍석희 (KR) 프리캐스트 P S C 단열골레브거더를 1 필치치구조나 강결합체구조로 연결장치 	일본등록특허 (AE) JP4320731 MITSUBISHI (JP) 콘크리트 도상 구조체의 시공 방법 	한국등록특허 (AF) KR0638673 유성근 (KR) 일체식교대 교량에 있어 교대와 강재 거더의 집합부구조 및 그 시공방법 	한국등록특허 (AF) KR0638674 유성근 (KR) 일체식교대 교량에 있어 교대와 강재 거더의 집합부구조 및 그 시공방법 	한국등록실용신안 (AF) KR0394787 홍석희 (KR) 프리캐스트 P S C 단열골레브거더를 1 필치치구조나 강결합체구조로 연결장치 	한국등록특허 (AF) KR0722501 홍석희 (KR) 프리캐스트 P S C 단열골레브거더를 1 필치치구조나 강결합체구조로 연결장치 	한국공개특허 (AF) KR2005-0073906 장원섭 (KR) 프리몰렉스빔 교대 일체식 교량 및 그 시공방법 	한국등록특허 (AF) KR0638673 유성근 (KR) 일체식교대 교량에 있어 교대와 강재 거더의 집합부구조 및 그 시공방법 	한국등록특허 (AF) KR0638674 유성근 (KR) 일체식교대 교량에 있어 교대와 강재 거더의 집합부구조 및 그 시공방법 	한국등록실용신안 (AF) KR0394787 홍석희 (KR) 프리캐스트 P S C 단열골레브거더를 1 필치치구조나 강결합체구조로 연결장치 	한국등록특허 (AF) KR0722501 홍석희 (KR) 프리캐스트 P S C 단열골레브거더를 1 필치치구조나 강결합체구조로 연결장치 										
한국등록특허 (BA) KR0630467 한국철도기술연구원 (KR) 도시철도 차량의 운행정보 자동수집 시스템 	한국공개특허 (AE) KR2005-0100995 주식회사 삼성콘크리트 (KR) 바닥 예인을 이용한 철도용 콘크리트 방음벽구조 및 제조방법 	한국등록특허 (AF) KR0621928 재단법인 포항산업과학연구원 (KR) 프리캐스트 캐더를 갖는 이중합성 철도 판형교 시공방법 	일본공개특허 (AI) JP2006-105107 MOTHERS KK (JP) 태양광 용력 발전 장치 	한국등록특허 (AE) KR0671352 주식회사 유니온 (KR) 바닥예인을 포함하는 내화 라이닝을 모 크타르 조성물 	한국공개특허 (AE) KR2005-0100995 주식회사 삼성콘크리트 (KR) 바닥 예인을 이용한 철도용 콘크리트 방음벽구조 및 제조방법 	한국등록특허 (AE) KR0599008 주식회사 포스코 (KR) 프리캐스트 캐더를 갖는 이중합성 철도 판형교 	일본공개특허 (AI) JP2004-197560 CANON INC (AU) 건물 및 공기 유통 장치 	일본공개특허 (AE) JP2008-524471 RAIL ONE GMBH (EP, DE) 궤도 차량을 위한 콘크리트 궤도 	한국등록특허 (AF) KR0722501 홍석희 (KR) 프리캐스트 P S C 단열골레브거더를 1 필치치구조나 강결합체구조로 연결장치 	일본등록특허 (AE) JP4320731 MITSUBISHI (JP) 콘크리트 도상 구조체의 시공 방법 	한국등록특허 (AF) KR0638673 유성근 (KR) 일체식교대 교량에 있어 교대와 강재 거더의 집합부구조 및 그 시공방법 	한국등록특허 (AF) KR0638674 유성근 (KR) 일체식교대 교량에 있어 교대와 강재 거더의 집합부구조 및 그 시공방법 	한국등록실용신안 (AF) KR0394787 홍석희 (KR) 프리캐스트 P S C 단열골레브거더를 1 필치치구조나 강결합체구조로 연결장치 	한국등록특허 (AF) KR0722501 홍석희 (KR) 프리캐스트 P S C 단열골레브거더를 1 필치치구조나 강결합체구조로 연결장치 	한국공개특허 (AF) KR2005-0073906 장원섭 (KR) 프리몰렉스빔 교대 일체식 교량 및 그 시공방법 	한국등록특허 (AF) KR0638673 유성근 (KR) 일체식교대 교량에 있어 교대와 강재 거더의 집합부구조 및 그 시공방법 	한국등록특허 (AF) KR0638674 유성근 (KR) 일체식교대 교량에 있어 교대와 강재 거더의 집합부구조 및 그 시공방법 	한국등록실용신안 (AF) KR0394787 홍석희 (KR) 프리캐스트 P S C 단열골레브거더를 1 필치치구조나 강결합체구조로 연결장치 	한국등록특허 (AF) KR0722501 홍석희 (KR) 프리캐스트 P S C 단열골레브거더를 1 필치치구조나 강결합체구조로 연결장치 															
한국공개특허 (AE) KR2005-0100995 주식회사 삼성콘크리트 (KR) 바닥 예인을 이용한 철도용 콘크리트 방음벽구조 및 제조방법 	한국등록특허 (AE) KR0599008 주식회사 포스코 (KR) 프리캐스트 캐더를 갖는 이중합성 철도 판형교 	일본공개특허 (AI) JP2004-197560 CANON INC (AU) 건물 및 공기 유통 장치 	일본공개특허 (AE) JP2008-524471 RAIL ONE GMBH (EP, DE) 궤도 차량을 위한 콘크리트 궤도 	한국등록특허 (AF) KR0722501 홍석희 (KR) 프리캐스트 P S C 단열골레브거더를 1 필치치구조나 강결합체구조로 연결장치 	일본등록특허 (AE) JP4320731 MITSUBISHI (JP) 콘크리트 도상 구조체의 시공 방법 	한국등록특허 (AF) KR0638673 유성근 (KR) 일체식교대 교량에 있어 교대와 강재 거더의 집합부구조 및 그 시공방법 	한국등록특허 (AF) KR0638674 유성근 (KR) 일체식교대 교량에 있어 교대와 강재 거더의 집합부구조 및 그 시공방법 	한국등록실용신안 (AF) KR0394787 홍석희 (KR) 프리캐스트 P S C 단열골레브거더를 1 필치치구조나 강결합체구조로 연결장치 	한국등록특허 (AF) KR0722501 홍석희 (KR) 프리캐스트 P S C 단열골레브거더를 1 필치치구조나 강결합체구조로 연결장치 	한국공개특허 (AF) KR2005-0073906 장원섭 (KR) 프리몰렉스빔 교대 일체식 교량 및 그 시공방법 	한국등록특허 (AF) KR0638673 유성근 (KR) 일체식교대 교량에 있어 교대와 강재 거더의 집합부구조 및 그 시공방법 	한국등록특허 (AF) KR0638674 유성근 (KR) 일체식교대 교량에 있어 교대와 강재 거더의 집합부구조 및 그 시공방법 	한국등록실용신안 (AF) KR0394787 홍석희 (KR) 프리캐스트 P S C 단열골레브거더를 1 필치치구조나 강결합체구조로 연결장치 	한국등록특허 (AF) KR0722501 홍석희 (KR) 프리캐스트 P S C 단열골레브거더를 1 필치치구조나 강결합체구조로 연결장치 																				
일본등록특허 (AE) JP4320731 MITSUBISHI (JP) 콘크리트 도상 구조체의 시공 방법 	한국등록특허 (AF) KR0638673 유성근 (KR) 일체식교대 교량에 있어 교대와 강재 거더의 집합부구조 및 그 시공방법 	한국등록특허 (AF) KR0638674 유성근 (KR) 일체식교대 교량에 있어 교대와 강재 거더의 집합부구조 및 그 시공방법 	한국등록실용신안 (AF) KR0394787 홍석희 (KR) 프리캐스트 P S C 단열골레브거더를 1 필치치구조나 강결합체구조로 연결장치 	한국등록특허 (AF) KR0722501 홍석희 (KR) 프리캐스트 P S C 단열골레브거더를 1 필치치구조나 강결합체구조로 연결장치 	한국공개특허 (AF) KR2005-0073906 장원섭 (KR) 프리몰렉스빔 교대 일체식 교량 및 그 시공방법 	한국등록특허 (AF) KR0638673 유성근 (KR) 일체식교대 교량에 있어 교대와 강재 거더의 집합부구조 및 그 시공방법 	한국등록특허 (AF) KR0638674 유성근 (KR) 일체식교대 교량에 있어 교대와 강재 거더의 집합부구조 및 그 시공방법 	한국등록실용신안 (AF) KR0394787 홍석희 (KR) 프리캐스트 P S C 단열골레브거더를 1 필치치구조나 강결합체구조로 연결장치 	한국등록특허 (AF) KR0722501 홍석희 (KR) 프리캐스트 P S C 단열골레브거더를 1 필치치구조나 강결합체구조로 연결장치 																									
한국공개특허 (AF) KR2005-0073906 장원섭 (KR) 프리몰렉스빔 교대 일체식 교량 및 그 시공방법 	한국등록특허 (AF) KR0638673 유성근 (KR) 일체식교대 교량에 있어 교대와 강재 거더의 집합부구조 및 그 시공방법 	한국등록특허 (AF) KR0638674 유성근 (KR) 일체식교대 교량에 있어 교대와 강재 거더의 집합부구조 및 그 시공방법 	한국등록실용신안 (AF) KR0394787 홍석희 (KR) 프리캐스트 P S C 단열골레브거더를 1 필치치구조나 강결합체구조로 연결장치 	한국등록특허 (AF) KR0722501 홍석희 (KR) 프리캐스트 P S C 단열골레브거더를 1 필치치구조나 강결합체구조로 연결장치 																														

<그림 79> 분야별 발명 명칭 및 대표 도면(계속)

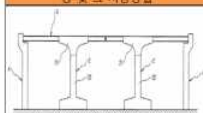
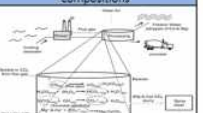
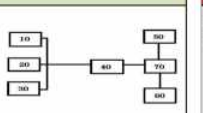
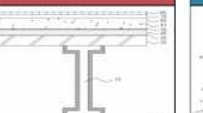
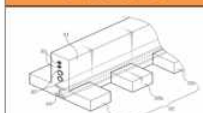
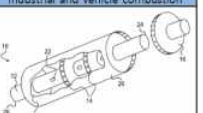
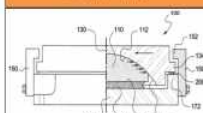
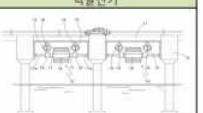
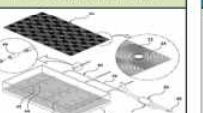
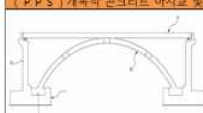
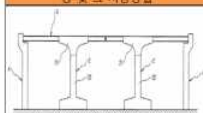
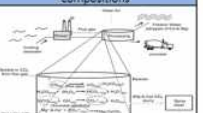
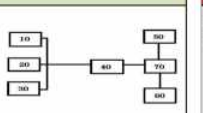
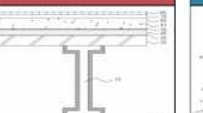
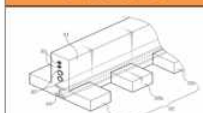
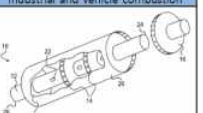
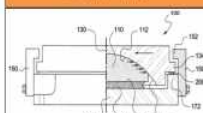
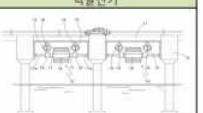
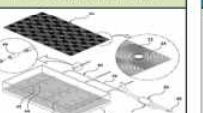
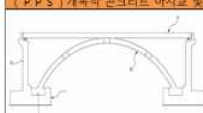
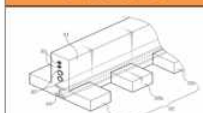
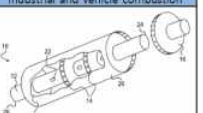
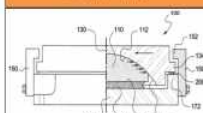
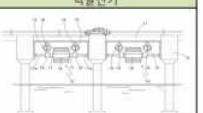
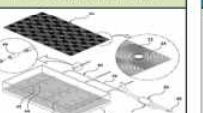
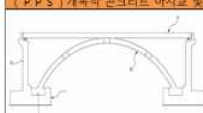
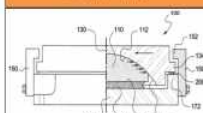
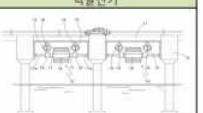
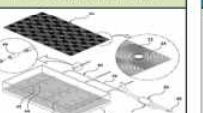
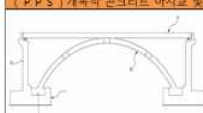
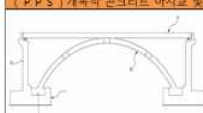
2005	2006	2007	2007	2008
일본등록특허 (AG) JP4150832 TOKYO METRO CO LTD (JP) 굴진 방법 및 굴진 장치 	일본등록특허 (AD) JP3123177 TAISEI CORP (JP) 가설 동조 	한국등록특허 (AB) KR0946978 주식회사 한진중공업 (KR) 역사 구조물의 분할건축방법 	한국등록특허 (AE) KR2009-0073530 삼표이엔씨 주식회사 (KR) 프리캐스트 슬래브 궤도용 시멘트 모르타르 조성을 및 이를 이용한 프리캐스트 	유럽등록특허 (AC) EP2165046 KESSLER + LUCH ENTWICKLUNGS- UND INGENIEURGESELLSCHAFT MBH AMP, CO. KG (EP, DE) 
한국공개특허 (AU) KR2006-0084686 (주) 피에스티테크 (KR) 단위모듈이 적용된 교량용 풍력발전 시스템 	한국등록특허 (AE) KR0773991 오재용 (KR) 준설로 고화처리 방법 	한국등록특허 (AB) KR0944691 주식회사 한진중공업 (KR) 역사 구조물의 건축방법 	일본등록특허 (AE) JP4897607 ALLEN KK (JP) 슬라브식 궤도에 있어서의 보수 방법 	한국등록특허 (AE) KR0901753 주식회사 에스엔비코리아 (KR) 컨테이너 및 화물야적 장비용 크레인 레일지지용 P-C형속결로 유닛구조 및 
일본공개특허 (AD) JP2006-283742 OKA TATSUJI (JP) 자연 에너지와 공간을 유로 절충한 발전 방식 	한국등록특허 (AE) KR0759924 김장현 (KR) 열차 운행중 신속한 궤도 교체 공법 	한국등록특허 (AE) KR0691289 주식회사 한진중공업 (KR) 역사 구조물의 건축방법 	한국공개특허 (AE) KR2009-0043631 김남주 (KR) 콘크리트도로의 줄눈보수시공방법 	한국등록특허 (AE) KR0901107 한미기초개발주식회사 (KR) 기포혼합처리로 채소 방법 및 제조 장치 
일본공개특허 (AD) JP2007-049855 CHUDEN GIUTSU CONSULTANT KK (JP) 터널내 전기설비의 전력 공급 시스템 	일본등록특허 (AE) JP4928118 HOKKAIDO RAILWAY CO (JP) 유도상 궤도에 있어서의 도상 보수 방법 	한국등록특허 (AC) KR0811453 한국철도시설공단 (JP) 지능형 철도건설관리시스템 및 그 운용 방법 	일본등록특허 (AF) JP4428721 TOKYU CONSTRUCTION CO LTD (JP) 러면 철도 고가다리의 구축 방법 	한국등록특허 (AE) KR0945833 한국국채청과 산학협력단 (KR) 굴착기역사를 이용한 고성능 경량골재 및 그 제조방법 
일본등록특허 (AI) JP4305924 SHINTO CO LTD (JP) 발전기 등과 식생 기능을 구비한 지붕 구조 	한국등록특허 (AF) KR0422407 (주)서해이엔씨 (KR) 스페리칼 타입의 교량본침 	일본공개특허 (AE) JP2008-303567 KYUSHU RAILWAY CO (JP) 벨리스트 행진 궤도 	한국등록특허 (AF) KR0761511 (주)국한산업 (KR) 복합섬유원과 고강도 그물망을 이용한 콘크리트 구조물 내진보강공법 	한국공개특허 (AE) KR2010-0084054 한국철도기술연구원 (KR) 알루미늄으로 보강된 콘크리트 궤도구조 와 그 시공 및 보수방법 
대표도면이 없습니다.				
한국등록특허 (AF) KR0773715 메크로드 주식회사 (KR) 유지 보수가 용이한 스페리칼 교차장치 	한국등록특허 (AE) KR0922836 극동엔지니어링(주) (KR) 정유보관 피복 특허 	한국공개특허 (AF) KR0757104 세기하이테크건설 주식회사 (KR) 탄성 고분자 복합 소재를 이용한 콘크리트 및 강구조물의열해 중성화방지 	한국공개특허 (AF) KR0757104 세기하이테크건설 주식회사 (KR) 탄성 고분자 복합 소재를 이용한 콘크리트 및 강구조물의열해 중성화방지 	한국공개특허 (AE) KR2010-0012600 (주) 캐머콘 (KR) 숏크리트 타설 장치 및 이를 이용한 콘크리트 구조물의순상부 단면 보수방법 
한국등록특허 (AB) KR0946978 주식회사 한진중공업 (KR) 역사 구조물의 분할건축방법 	한국공개특허 (AE) KR2009-0072213 삼표이엔씨 주식회사 (KR) 프리캐스트 슬래브 궤도용 시멘트 모르타르 조성을 및 이를 이용한 프리캐스트 	한국공개특허 (AI) KR2009-0044227 이성계 (KR) 터널 조영 장치 	한국등록특허 (AF) KR0998414 이기택 (KR) 교대역할 감관일독과 프리캐스트커터 입체화교관 시공방법 	

■ AA	■ AB	■ AC	■ AD	■ AE	■ AF	■ AG	■ AH	■ AI	■ BA
철도역사 소재	철도역사 시공 및 공법	철도역사 운영	철도역사 설계관리	궤도 및 노반	교량	터널	전철	신재생에너지	전력에너지

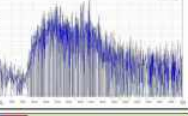
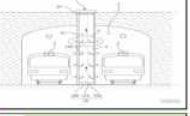
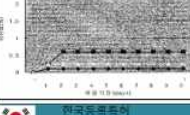
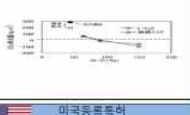
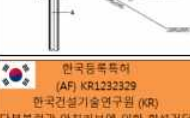
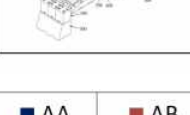
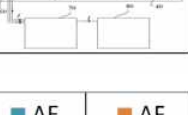
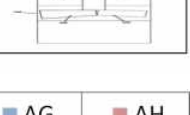
<그림 79> 분야별 발명 명칭 및 대표 도면(계속)

2008	2008	2008	2008	2009					
 한국등록특허 (AF) KR0983861 주식회사 동성엔지니어링 (KR) 무고대, 무반점 및 무신축이음의 일체 식 복합슬래브교량 및이의 시공방법 	 일본공개특허 (AJ) JP2009-236001 KAWAMOTO ATSUYA (JP) 다리에 사용되는 차도 발전 장치 	 유럽등록특허 (AJ) EP2048452 DRAGON ENERGY PTE LTD (SG) Roof based energy conversion system 	 한국공개특허 (AJ) KR2010-0102094 DRAGON ENERGY PTE. LTD. (SG) 지붕 기반 에너지 전환 시스템 	 일본공개특허 (AJ) JP2011-106226 RAILWAY TECHNICAL RESEARCH INSTITUTE (JP) 강철도교 지지부의 보강 방법 					
 한국등록특허 (AF) KR0972884 한국도로공사 (KR) 감박스거더를 이용한 반일체식 교대 교 량의 시공방법 	 한국등록특허 (AJ) KR1179281 민승기 (KR) 풍력발전기 	 유럽공개특허 (AJ) EP2336670 DRAGON ENERGY PTE LTD (SG) Roof based energy conversion system 		 한국등록특허 (AE) KR0943096 강현진 (KR) 제지매시를 이용한 디가능성 결함재 조 성물 					
 한국등록특허 (AJ) KR1127130 두산건설 주식회사 (KR) 교량의 프리캐스트 합성형 프리스트레 스트 박스 거더교시공방법 	 한국공개특허 (AJ) KR2010-0061027 코오롱건설주식회사 (KR) 터널의 직관순환 시설물을 이용하는 태 양광 발전기 및 이를포함하는 보조전원 	 영국공개특허 (AJ) GB2453614 DRAGON ENERGY PTE LTD (SG) ROOF BASED ENERGY CONVERSION SYSTEM 		 한국등록특허 (AE) KR0945141 충남대학교산학협력단 (KR) 경량 시멘트 복합재 및 그 제조방법 					
 한국등록특허 (AF) KR1133420 필대연 (KR) 프리캐스트 콘크리트 연결부 및 이를 이용한 합성거터티교의연속화 공법 	 일본공개특허 (AJ) JP2010-156300 UCHIDA HIROSHI (JP) 지하철 차량 주행시에 터널내에서 발생 되는 풍압을 이용한 소전력 풍력 발전 	 유럽등록특허 (AJ) EP2195852 주식회사 엔에스넷 (KR) CONDENSING SYSTEM OF SOLAR LIGHT FOR NATURAL LIGHTING 		 한국등록특허 (AE) KR0965816 유성아연이(주) (KR) 광형온장재 생산플랜트 및 광형온장재 를 이용한 연막지배 계통공법 					
 한국등록특허 (AF) KR0895343 정민선 (KR) 전단철근을 사용하지 않은 프리텐션과 모스트텐션을 병용한 초고강도 섬유보 	 한국등록특허 (AJ) KR0880683 주식회사 엔에스넷 (KR) 태양광 집광 시스템 	 미국등록특허 (AJ) US8491138 주식회사 엔에스넷 (KR) Condensing system of solar light for natural lighting 		 한국등록특허 (AE) KR1342975 김승아 (KR) 예코소일 및 이의 시공방법 					
 미국등록특허 (AG) US7947240 EXPANSION ENERGY, LLC (US) System and method of carbon capture and sequestration 	 한국공개특허 (AJ) KR2009-0097279 김수현 (KR) 실내조명 재생전기에너지 	 일본공개특허 (AJ) JP2009-091894 DRAGON ENERGY PTE LTD (SG) 지붕 지지 에너지 변환 시스템 		 한국등록특허 (AE) KR0951415 경상대학교산학협력단 (KR) 무색소 비시멘트계 콘크리트 조성물 및 이를 이용한 콘크리트 보강 시공방법 					
 미국등록특허 (AJ) US7748068 MIN CARROLL (US) Decorative solar panel bridge supplying power sources 	 유럽공개특허 (AJ) EP2107617 MAGN-ETHIC S.R.L. (EP, IT) Architectural covering with photovoltaic modules 	 미국공개특허 (AJ) US2009-0095339 DRAGON ENERGY PTE LTD (SG) Roof Based Energy Conversion System 		 한국등록특허 (AE) KR0953944 민정철 (KR) 중성도를 이용한 무근콘크리트용 콘크 리트 조성물 					
■ AA	■ AB	■ AC	■ AD	■ AE	■ AF	■ AG	■ AH	■ AI	■ BA
철도역사 소재	철도역사 시공 및 공법	철도역사 운영	철도역사 설계관리	궤도 및 노반	교량	터널	전철	신재생에너지	전력에너지

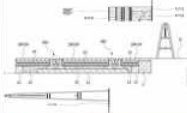
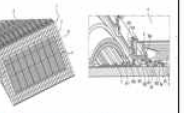
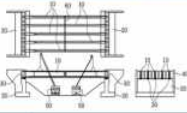
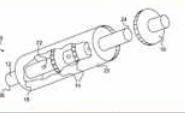
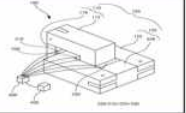
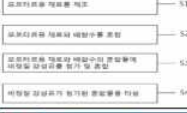
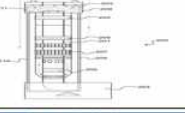
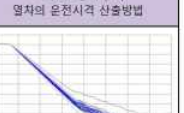
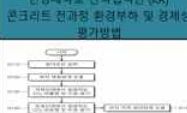
<그림 79> 분야별 발명 명칭 및 대표 도면(계속)

2009	2009	2009	2010	2010																														
유럽등록특허 (AF) EP2088244 SSF INGENIEURE AG (EP, DE) Reinforced concrete or composite bridge and method for their 	미국등록특허 (AG) US7771684 CALERA CORPORATION (US) CO2-sequestering formed building materials 	한국공개특허 (AD) KR2011-0060397 현대건설주식회사 (KR) 풍력발전 터빈이 부착된 교량 방풍벽 및 이를 구비한 교량 	미국공개특허 (AB) US2012-0111860 QATAR FOOTBALL ASSOCIATION (QA) MICROCLIMATE COOLING SYSTEM 	한국등록특허 (AE) KR0965300 민경철 (KR) 중성토를 이용한 콘크리트 조성물 	한국등록특허 (AF) KR0903570 (주)효영이씨에스 (KR) 강재 거더 일체 연결형 다강간 복합 교량 및 그 시공방법 	미국등록특허 (AG) US7815880 CALERA CORPORATION (US) Reduced-carbon footprint concrete compositions 	한국공개특허 (AD) KR2010-0120866 지오아이엠(주) (KR) 터널조형 시스템 	한국등록특허 (AB) KR1025629 니석주 (KR) 철도선상역사의 배덕단열 시공방법 	한국등록특허 (AE) KR0966512 (주) 화랑건설엔지니어링 (KR) 식생토류중벽 및 그 시공방법 	한국등록특허 (AF) KR0911148 여주대학교산학협력단 (KR) 교량의 경량화된 교량 	미국등록특허 (AG) US7914758 KENNETH D. MURRAY (US) Captured CO2 from atmospheric, industrial and vehicle combustion 	한국등록특허 (AD) KR093671 이주상 (KR) 터널형 풍력발전기 	미국공개특허 (AC) US2012-0131861 QATAR FOOTBALL ASSOCIATION (QA) INDOOR/OUTDOOR STADIUM 	한국공개특허 (AE) KR2012-008925 원정식 (KR) 공사장 및 각종 중성토를 이용한 내강도성이 탁월한 콘크리트 제조방법 	한국등록특허 (AF) KR103274 조영철 (KR) 스퍼리컬 베어링 	한국등록특허 (AD) KR1099535 임미숙 (KR) 교량의 교각 사이 공바람을 이용한 풍력발전기 	한국등록특허 (AD) KR0913341 김주수 (KR) 실내 재광을 태양광 집광장치 	한국공개특허 (AE) KR2012-0026672 조그혁 (CA) 철도용 침목 	한국공개특허 (AE) KR2012-0026672 조그혁 (CA) 철도용 침목 	한국등록특허 (AF) KR0941066 서병철 (KR) 프리스트레스 프리캐스트 세그먼트 (P.P.S.) 개복식 콘크리트 아치교 및 	한국등록특허 (AD) KR093472 김성중 (KR) 교각에 설치되는 수력과 풍력을 이용한 복합 발전장치 	한국등록특허 (AD) KR1027782 한국방진방음 주식회사 (KR) 관분배기 및 이를 이용한 태양광 조영 시스템 	한국등록특허 (AE) KR1085044 주식회사 씨엠디가솔린 (KR) 증기양생 콘크리트 2차재용 제조용 무기결합재 	한국등록특허 (AE) KR1210595 한국철도기술연구원 (KR) 서냉 한기로 산화슬래그를 이용한 중량 콘크리트 조성물 	한국등록특허 (AF) KR1014198 (주)에이비티 (KR) 하이브리드 탄소섬유판과 폴리에터 오르탄을 이용한 콘크리트 구조물의 보수 	한국등록특허 (AD) KR1040111 인하대학교 산학협력단 (KR) 압전체를 이용한 발전기 	한국등록특허 (AD) KR1005825 김주수 (KR) 친환경 건축물을 위한 다목적 재광장치 	한국등록특허 (AE) KR1040547 주식회사 도원엔지니어링 (KR) 부생황과 고로슬래그, 폐콘크리트분쇄 및 첨가제를 이용하는 중위, 광중지, 제 	미국등록특허 (AE) US8221541 한국철도기술연구원 (KR) Heavy weight concrete composition using slag byproducts 	일본공개특허 (AG) JP2011-525885 CALIX LTD (EP, GB) 결합제 조성물 	한국등록특허 (AD) KR1040113 인하대학교 산학협력단 (KR) 압전체를 이용한 발전기 	한국등록특허 (AE) KR1052906 삼표이엔씨 주식회사 (KR) 프리스트레스 슬래브 궤도 시스템 및 프리스트레스 슬래브 궤도 시스템 시공 방법 	일본공개특허 (AE) JP2012-082104 TAIHEYO CEMENT CORP (JP) 시멘트, 플랑크톤, 해초 및/또는 폐조류 등 식물 공해물/쓰레기를 이용한 시멘트 조 	일본공개특허 (AE) JP2012-082104 TAIHEYO CEMENT CORP (JP) 시멘트, 플랑크톤, 해초 및/또는 폐조류 등 식물 공해물/쓰레기를 이용한 시멘트 조 
한국등록특허 (AF) KR0903570 (주)효영이씨에스 (KR) 강재 거더 일체 연결형 다강간 복합 교량 및 그 시공방법 	미국등록특허 (AG) US7815880 CALERA CORPORATION (US) Reduced-carbon footprint concrete compositions 	한국공개특허 (AD) KR2010-0120866 지오아이엠(주) (KR) 터널조형 시스템 	한국등록특허 (AB) KR1025629 니석주 (KR) 철도선상역사의 배덕단열 시공방법 	한국등록특허 (AE) KR0966512 (주) 화랑건설엔지니어링 (KR) 식생토류중벽 및 그 시공방법 	한국등록특허 (AF) KR0911148 여주대학교산학협력단 (KR) 교량의 경량화된 교량 	미국등록특허 (AG) US7914758 KENNETH D. MURRAY (US) Captured CO2 from atmospheric, industrial and vehicle combustion 	한국등록특허 (AD) KR093671 이주상 (KR) 터널형 풍력발전기 	미국공개특허 (AC) US2012-0131861 QATAR FOOTBALL ASSOCIATION (QA) INDOOR/OUTDOOR STADIUM 	한국공개특허 (AE) KR2012-008925 원정식 (KR) 공사장 및 각종 중성토를 이용한 내강도성이 탁월한 콘크리트 제조방법 	한국등록특허 (AF) KR103274 조영철 (KR) 스퍼리컬 베어링 	한국등록특허 (AD) KR1099535 임미숙 (KR) 교량의 교각 사이 공바람을 이용한 풍력발전기 	한국등록특허 (AD) KR0913341 김주수 (KR) 실내 재광을 태양광 집광장치 	한국공개특허 (AE) KR2012-0026672 조그혁 (CA) 철도용 침목 	한국공개특허 (AE) KR2012-0026672 조그혁 (CA) 철도용 침목 	한국등록특허 (AF) KR0941066 서병철 (KR) 프리스트레스 프리캐스트 세그먼트 (P.P.S.) 개복식 콘크리트 아치교 및 	한국등록특허 (AD) KR093472 김성중 (KR) 교각에 설치되는 수력과 풍력을 이용한 복합 발전장치 	한국등록특허 (AD) KR1027782 한국방진방음 주식회사 (KR) 관분배기 및 이를 이용한 태양광 조영 시스템 	한국등록특허 (AE) KR1085044 주식회사 씨엠디가솔린 (KR) 증기양생 콘크리트 2차재용 제조용 무기결합재 	한국등록특허 (AE) KR1210595 한국철도기술연구원 (KR) 서냉 한기로 산화슬래그를 이용한 중량 콘크리트 조성물 	한국등록특허 (AF) KR1014198 (주)에이비티 (KR) 하이브리드 탄소섬유판과 폴리에터 오르탄을 이용한 콘크리트 구조물의 보수 	한국등록특허 (AD) KR1040111 인하대학교 산학협력단 (KR) 압전체를 이용한 발전기 	한국등록특허 (AD) KR1005825 김주수 (KR) 친환경 건축물을 위한 다목적 재광장치 	한국등록특허 (AE) KR1040547 주식회사 도원엔지니어링 (KR) 부생황과 고로슬래그, 폐콘크리트분쇄 및 첨가제를 이용하는 중위, 광중지, 제 	미국등록특허 (AE) US8221541 한국철도기술연구원 (KR) Heavy weight concrete composition using slag byproducts 	일본공개특허 (AG) JP2011-525885 CALIX LTD (EP, GB) 결합제 조성물 	한국등록특허 (AD) KR1040113 인하대학교 산학협력단 (KR) 압전체를 이용한 발전기 	한국등록특허 (AE) KR1052906 삼표이엔씨 주식회사 (KR) 프리스트레스 슬래브 궤도 시스템 및 프리스트레스 슬래브 궤도 시스템 시공 방법 	일본공개특허 (AE) JP2012-082104 TAIHEYO CEMENT CORP (JP) 시멘트, 플랑크톤, 해초 및/또는 폐조류 등 식물 공해물/쓰레기를 이용한 시멘트 조 	일본공개특허 (AE) JP2012-082104 TAIHEYO CEMENT CORP (JP) 시멘트, 플랑크톤, 해초 및/또는 폐조류 등 식물 공해물/쓰레기를 이용한 시멘트 조 					
한국등록특허 (AF) KR0911148 여주대학교산학협력단 (KR) 교량의 경량화된 교량 	미국등록특허 (AG) US7914758 KENNETH D. MURRAY (US) Captured CO2 from atmospheric, industrial and vehicle combustion 	한국등록특허 (AD) KR093671 이주상 (KR) 터널형 풍력발전기 	미국공개특허 (AC) US2012-0131861 QATAR FOOTBALL ASSOCIATION (QA) INDOOR/OUTDOOR STADIUM 	한국공개특허 (AE) KR2012-008925 원정식 (KR) 공사장 및 각종 중성토를 이용한 내강도성이 탁월한 콘크리트 제조방법 	한국등록특허 (AF) KR103274 조영철 (KR) 스퍼리컬 베어링 	한국등록특허 (AD) KR1099535 임미숙 (KR) 교량의 교각 사이 공바람을 이용한 풍력발전기 	한국등록특허 (AD) KR0913341 김주수 (KR) 실내 재광을 태양광 집광장치 	한국공개특허 (AE) KR2012-0026672 조그혁 (CA) 철도용 침목 	한국공개특허 (AE) KR2012-0026672 조그혁 (CA) 철도용 침목 	한국등록특허 (AF) KR0941066 서병철 (KR) 프리스트레스 프리캐스트 세그먼트 (P.P.S.) 개복식 콘크리트 아치교 및 	한국등록특허 (AD) KR093472 김성중 (KR) 교각에 설치되는 수력과 풍력을 이용한 복합 발전장치 	한국등록특허 (AD) KR1027782 한국방진방음 주식회사 (KR) 관분배기 및 이를 이용한 태양광 조영 시스템 	한국등록특허 (AE) KR1085044 주식회사 씨엠디가솔린 (KR) 증기양생 콘크리트 2차재용 제조용 무기결합재 	한국등록특허 (AE) KR1210595 한국철도기술연구원 (KR) 서냉 한기로 산화슬래그를 이용한 중량 콘크리트 조성물 	한국등록특허 (AF) KR1014198 (주)에이비티 (KR) 하이브리드 탄소섬유판과 폴리에터 오르탄을 이용한 콘크리트 구조물의 보수 	한국등록특허 (AD) KR1040111 인하대학교 산학협력단 (KR) 압전체를 이용한 발전기 	한국등록특허 (AD) KR1005825 김주수 (KR) 친환경 건축물을 위한 다목적 재광장치 	한국등록특허 (AE) KR1040547 주식회사 도원엔지니어링 (KR) 부생황과 고로슬래그, 폐콘크리트분쇄 및 첨가제를 이용하는 중위, 광중지, 제 	미국등록특허 (AE) US8221541 한국철도기술연구원 (KR) Heavy weight concrete composition using slag byproducts 	일본공개특허 (AG) JP2011-525885 CALIX LTD (EP, GB) 결합제 조성물 	한국등록특허 (AD) KR1040113 인하대학교 산학협력단 (KR) 압전체를 이용한 발전기 	한국등록특허 (AE) KR1052906 삼표이엔씨 주식회사 (KR) 프리스트레스 슬래브 궤도 시스템 및 프리스트레스 슬래브 궤도 시스템 시공 방법 	일본공개특허 (AE) JP2012-082104 TAIHEYO CEMENT CORP (JP) 시멘트, 플랑크톤, 해초 및/또는 폐조류 등 식물 공해물/쓰레기를 이용한 시멘트 조 	일본공개특허 (AE) JP2012-082104 TAIHEYO CEMENT CORP (JP) 시멘트, 플랑크톤, 해초 및/또는 폐조류 등 식물 공해물/쓰레기를 이용한 시멘트 조 										
한국등록특허 (AF) KR103274 조영철 (KR) 스퍼리컬 베어링 	한국등록특허 (AD) KR1099535 임미숙 (KR) 교량의 교각 사이 공바람을 이용한 풍력발전기 	한국등록특허 (AD) KR0913341 김주수 (KR) 실내 재광을 태양광 집광장치 	한국공개특허 (AE) KR2012-0026672 조그혁 (CA) 철도용 침목 	한국공개특허 (AE) KR2012-0026672 조그혁 (CA) 철도용 침목 	한국등록특허 (AF) KR0941066 서병철 (KR) 프리스트레스 프리캐스트 세그먼트 (P.P.S.) 개복식 콘크리트 아치교 및 	한국등록특허 (AD) KR093472 김성중 (KR) 교각에 설치되는 수력과 풍력을 이용한 복합 발전장치 	한국등록특허 (AD) KR1027782 한국방진방음 주식회사 (KR) 관분배기 및 이를 이용한 태양광 조영 시스템 	한국등록특허 (AE) KR1085044 주식회사 씨엠디가솔린 (KR) 증기양생 콘크리트 2차재용 제조용 무기결합재 	한국등록특허 (AE) KR1210595 한국철도기술연구원 (KR) 서냉 한기로 산화슬래그를 이용한 중량 콘크리트 조성물 	한국등록특허 (AF) KR1014198 (주)에이비티 (KR) 하이브리드 탄소섬유판과 폴리에터 오르탄을 이용한 콘크리트 구조물의 보수 	한국등록특허 (AD) KR1040111 인하대학교 산학협력단 (KR) 압전체를 이용한 발전기 	한국등록특허 (AD) KR1005825 김주수 (KR) 친환경 건축물을 위한 다목적 재광장치 	한국등록특허 (AE) KR1040547 주식회사 도원엔지니어링 (KR) 부생황과 고로슬래그, 폐콘크리트분쇄 및 첨가제를 이용하는 중위, 광중지, 제 	미국등록특허 (AE) US8221541 한국철도기술연구원 (KR) Heavy weight concrete composition using slag byproducts 	일본공개특허 (AG) JP2011-525885 CALIX LTD (EP, GB) 결합제 조성물 	한국등록특허 (AD) KR1040113 인하대학교 산학협력단 (KR) 압전체를 이용한 발전기 	한국등록특허 (AE) KR1052906 삼표이엔씨 주식회사 (KR) 프리스트레스 슬래브 궤도 시스템 및 프리스트레스 슬래브 궤도 시스템 시공 방법 	일본공개특허 (AE) JP2012-082104 TAIHEYO CEMENT CORP (JP) 시멘트, 플랑크톤, 해초 및/또는 폐조류 등 식물 공해물/쓰레기를 이용한 시멘트 조 	일본공개특허 (AE) JP2012-082104 TAIHEYO CEMENT CORP (JP) 시멘트, 플랑크톤, 해초 및/또는 폐조류 등 식물 공해물/쓰레기를 이용한 시멘트 조 															
한국등록특허 (AF) KR0941066 서병철 (KR) 프리스트레스 프리캐스트 세그먼트 (P.P.S.) 개복식 콘크리트 아치교 및 	한국등록특허 (AD) KR093472 김성중 (KR) 교각에 설치되는 수력과 풍력을 이용한 복합 발전장치 	한국등록특허 (AD) KR1027782 한국방진방음 주식회사 (KR) 관분배기 및 이를 이용한 태양광 조영 시스템 	한국등록특허 (AE) KR1085044 주식회사 씨엠디가솔린 (KR) 증기양생 콘크리트 2차재용 제조용 무기결합재 	한국등록특허 (AE) KR1210595 한국철도기술연구원 (KR) 서냉 한기로 산화슬래그를 이용한 중량 콘크리트 조성물 	한국등록특허 (AF) KR1014198 (주)에이비티 (KR) 하이브리드 탄소섬유판과 폴리에터 오르탄을 이용한 콘크리트 구조물의 보수 	한국등록특허 (AD) KR1040111 인하대학교 산학협력단 (KR) 압전체를 이용한 발전기 	한국등록특허 (AD) KR1005825 김주수 (KR) 친환경 건축물을 위한 다목적 재광장치 	한국등록특허 (AE) KR1040547 주식회사 도원엔지니어링 (KR) 부생황과 고로슬래그, 폐콘크리트분쇄 및 첨가제를 이용하는 중위, 광중지, 제 	미국등록특허 (AE) US8221541 한국철도기술연구원 (KR) Heavy weight concrete composition using slag byproducts 	일본공개특허 (AG) JP2011-525885 CALIX LTD (EP, GB) 결합제 조성물 	한국등록특허 (AD) KR1040113 인하대학교 산학협력단 (KR) 압전체를 이용한 발전기 	한국등록특허 (AE) KR1052906 삼표이엔씨 주식회사 (KR) 프리스트레스 슬래브 궤도 시스템 및 프리스트레스 슬래브 궤도 시스템 시공 방법 	일본공개특허 (AE) JP2012-082104 TAIHEYO CEMENT CORP (JP) 시멘트, 플랑크톤, 해초 및/또는 폐조류 등 식물 공해물/쓰레기를 이용한 시멘트 조 	일본공개특허 (AE) JP2012-082104 TAIHEYO CEMENT CORP (JP) 시멘트, 플랑크톤, 해초 및/또는 폐조류 등 식물 공해물/쓰레기를 이용한 시멘트 조 																				
한국등록특허 (AF) KR1014198 (주)에이비티 (KR) 하이브리드 탄소섬유판과 폴리에터 오르탄을 이용한 콘크리트 구조물의 보수 	한국등록특허 (AD) KR1040111 인하대학교 산학협력단 (KR) 압전체를 이용한 발전기 	한국등록특허 (AD) KR1005825 김주수 (KR) 친환경 건축물을 위한 다목적 재광장치 	한국등록특허 (AE) KR1040547 주식회사 도원엔지니어링 (KR) 부생황과 고로슬래그, 폐콘크리트분쇄 및 첨가제를 이용하는 중위, 광중지, 제 	미국등록특허 (AE) US8221541 한국철도기술연구원 (KR) Heavy weight concrete composition using slag byproducts 	일본공개특허 (AG) JP2011-525885 CALIX LTD (EP, GB) 결합제 조성물 	한국등록특허 (AD) KR1040113 인하대학교 산학협력단 (KR) 압전체를 이용한 발전기 	한국등록특허 (AE) KR1052906 삼표이엔씨 주식회사 (KR) 프리스트레스 슬래브 궤도 시스템 및 프리스트레스 슬래브 궤도 시스템 시공 방법 	일본공개특허 (AE) JP2012-082104 TAIHEYO CEMENT CORP (JP) 시멘트, 플랑크톤, 해초 및/또는 폐조류 등 식물 공해물/쓰레기를 이용한 시멘트 조 	일본공개특허 (AE) JP2012-082104 TAIHEYO CEMENT CORP (JP) 시멘트, 플랑크톤, 해초 및/또는 폐조류 등 식물 공해물/쓰레기를 이용한 시멘트 조 																									
일본공개특허 (AG) JP2011-525885 CALIX LTD (EP, GB) 결합제 조성물 	한국등록특허 (AD) KR1040113 인하대학교 산학협력단 (KR) 압전체를 이용한 발전기 	한국등록특허 (AE) KR1052906 삼표이엔씨 주식회사 (KR) 프리스트레스 슬래브 궤도 시스템 및 프리스트레스 슬래브 궤도 시스템 시공 방법 	일본공개특허 (AE) JP2012-082104 TAIHEYO CEMENT CORP (JP) 시멘트, 플랑크톤, 해초 및/또는 폐조류 등 식물 공해물/쓰레기를 이용한 시멘트 조 	일본공개특허 (AE) JP2012-082104 TAIHEYO CEMENT CORP (JP) 시멘트, 플랑크톤, 해초 및/또는 폐조류 등 식물 공해물/쓰레기를 이용한 시멘트 조 																														

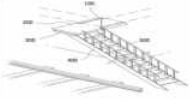
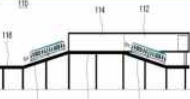
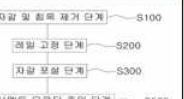
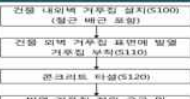
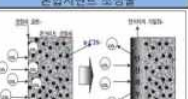
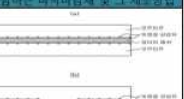
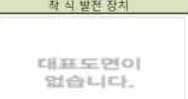
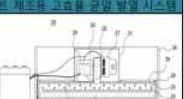
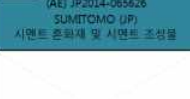
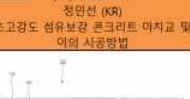
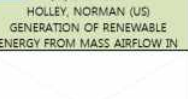
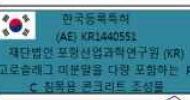
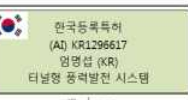
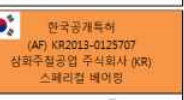
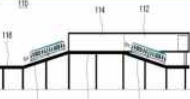
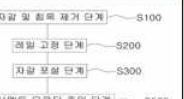
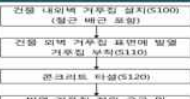
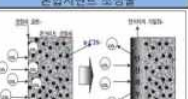
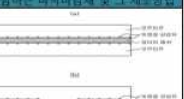
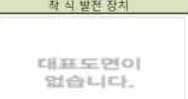
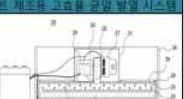
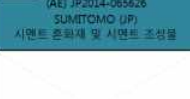
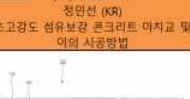
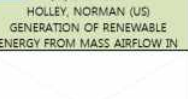
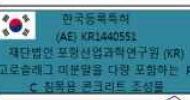
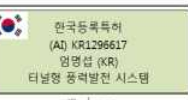
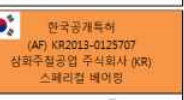
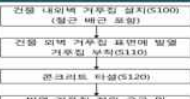
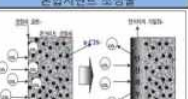
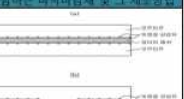
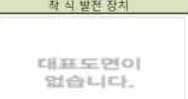
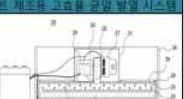
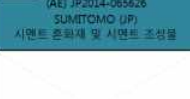
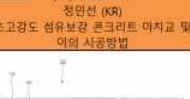
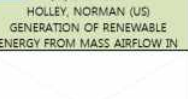
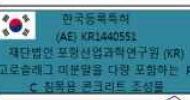
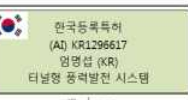
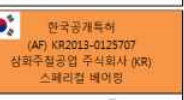
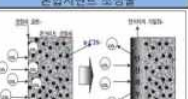
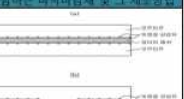
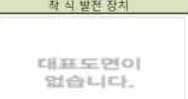
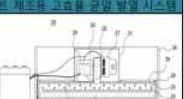
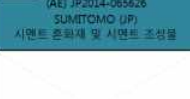
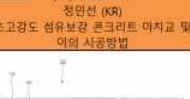
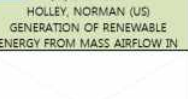
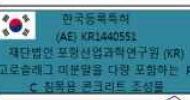
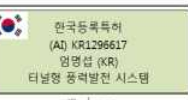
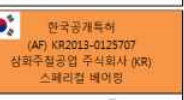
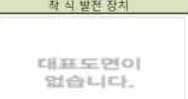
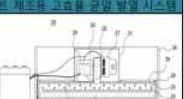
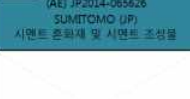
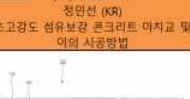
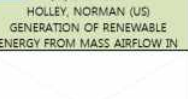
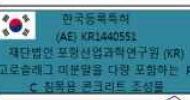
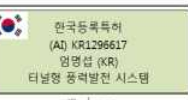
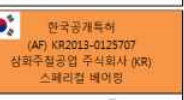
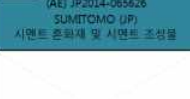
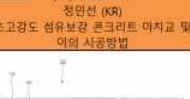
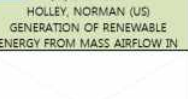
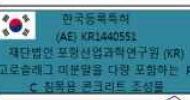
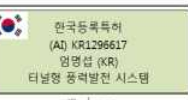
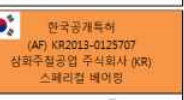
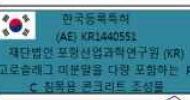
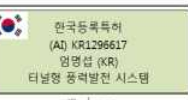
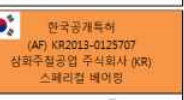
<그림 79> 분야별 발명 명칭 및 대표 도면(계속)

2010	2010	2010	2010	2010					
 한국공개특허 (AE) KR2012-0066774 김연숙 (KR) 유용머신들을 이용한 페로니컬 슬래그의 회절인화형 전자재료 소재 제조방법 	 한국등록특허 (AF) KR0999355 청암산업건설 주식회사 (KR) 콘크리트 구조물의 단면 보수보강용 모로티르 조성물 및 이를 이용한 시공법 	 한국공개특허 (AG) KR2012-0073821 한양대학교 산학협력단 (KR) 아산화탄소 흡수력이 촉진된 이산화탄소 저장 콘크리트 및 그 제조방법 	 한국등록특허 (AD) KR1139061 (주)한미글로벌건축사사무소 (KR) 지하철 차량의 주행용을 이용한 동력발전 장치 	 한국등록특허 (BA) KR1041475 (주)한티기술 (KR) 열차 운행정보 기록 장치 및 기록 방법 					
 한국공개특허 (AE) KR2012-0066765 김연숙 (KR) 페로니컬슬래그를 이용한 시멘트 모르타르용 및 콘크리트를 절결재 재결합 	 일본등록특허 (AG) JP5504000 KAJIMA CORP (JP) CO2 흡수 프라캐스트 콘크리트 및 그 제조 방법 	 미국등록특허 (AI) US8487469 FRANK L CHRISTY (US) Solar wind tree 	 한국공개특허 (AI) KR2012-0078259 한국건설기술연구원 (KR) 터널 내 동력발전 시스템 및 방법 	 한국등록특허 (BA) KR1047892 대아티아이(주) (KR) 열차충돌 예측 기능을 가지는 관제 센터 시스템 					
 한국등록특허 (AE) KR1219592 한국건설기술연구원 (KR) 반복 습윤 주입을 이용한 연공구조 및 그 주입과 연결 설비의 개량 	 미국등록특허 (AG) US8137444 CALERA CORPORATION (US) Systems and methods for processing CO2 	 한국등록특허 (AI) KR1110042 태크원 주식회사 (KR) 분해 조립식 태양광 및 풍력 발전장치 	 한국등록특허 (AI) KR0977298 김주수 (KR) 태양광을 이용한 친환경의 다목적 재광 및 공조장치 	 한국등록특허 (BA) KR1037175 대아티아이(주) (KR) 열차운행정보분석장치를 활용한 열차 운행 제어 시스템 및 그 방법 					
 유럽공개특허 (AE) EP2218825 SSF INGENIEUR AG (EP, DE) Bridge for railways and girders and method for its manufacture 	 유럽공개특허 (AG) EP2500328 GEOSILEX TRENZA METAL, S.L. (EP, ES) CO2-CAPTURING BINDER 	 한국등록특허 (AI) KR1138607 주식회사 지엠티테크 (KR) 난간용 풍력발전장치 	 한국등록특허 (AI) KR1152592 김태섭 (KR) 반사를 이용한 태양광의 집광 및 태양광의 과도한 실내유입 방지 기능을 하 	 한국등록특허 (BA) KR1227768 (주)모스코아씨티 (KR) 열차 노선의 평균 경사도 산출 장치 및 방법 					
 한국등록특허 (AF) KR1278704 주식회사 아델시티 (KR) 교량용 배덕판 일체형 가터 	 미국공개특허 (AG) US2013-0112115 GEOSILEX TRENZA METAL, S.L. (EP, ES) CO2-CAPTURING BINDER 	 한국등록특허 (AI) KR1116226 금호전기주식회사 (KR) 태양광과 풍력을 이용한 발전장치 및 이를 포함한 조명시스템 	 미국등록특허 (AI) US8191321 VINCENT JACK MCLELLAN (US) Building integrated solar array support structure device, system, and 						
 한국등록특허 (AF) KR1082765 이기택 (KR) 교대역할 강관말뚝과 프리캐스트거더 일체화교량 시공방법 	 미국등록특허 (AG) US8006446 CALERA CORPORATION (US) CO2-sequestering formed building materials 	 미국등록특허 (AI) US8156594 MIN CARROLL (US) Decorative solar panel bridge supplying power sources 	 한국등록특허 (AI) KR1194332 성균관대학교산학협력단 (KR) 지능형 인지 반사경을 이용한 자연 채광 시스템 						
 한국등록특허 (AF) KR1232329 한국건설기술연구원 (KR) 단부블록과 아지리브에 의한 합성거더를 이용한 교량 및 그 시공방법 	 미국등록특허 (AG) US8470275 CALERA CORPORATION (US) Reduced-carbon footprint concrete compositions 	 한국공개특허 (AI) KR2012-0066456 재단법인 포항산업과학연구원 (KR) 하이브리드 진동발전장치 	 미국등록특허 (AI) US8421265 GRAYHAWKE APPLIED TECHNOLOGIES (US) System and method for generating 						
■ AA	■ AB	■ AC	■ AD	■ AE	■ AF	■ AG	■ AH	■ AI	■ BA
철도역사 소재	철도역사 시공 및 공법	철도역사 운영	철도역사 설계관리	궤도 및 노반	교량	터널	전철	신재생에너지	전력에너지

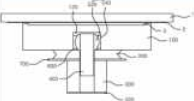
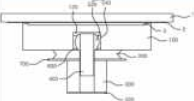
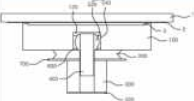
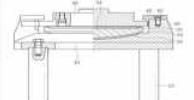
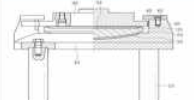
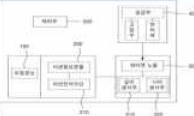
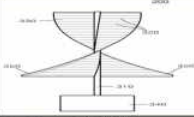
<그림 79> 분야별 발명 명칭 및 대표 도면(계속)

2011	2011	2011	2011	2011					
 한국등록특허 (AE) KR1128448 김용택 (KR) 프리카스트 레일 장치의 시공방법 	 한국등록특허 (AF) KR1237492 한국철도기술연구원 (KR) 오거 및 연방장비를 이용한 선로 하부 구조물 시공 방법 	 한국등록특허 (AF) KR1096513 주식회사 유비스 (KR) 산업부산물을 이용한 속결형 결집재를 포함하는 콘크리트 구조물의 단면 보수 	 한국공개특허 (AH) KR2011-0136759 김수형 (KR) 전단력이 보강된 현상주 및 그 보강방법 	 미국등록특허 (AI) US8555569 INSTITUT DE RECHERCHE FONDAMENTALE EN TECHNOLOGIES SOLAIRES-IRFES (EP, FR) 					
 한국등록특허 (AE) KR1315371 주식회사 알씨산업 (KR) 플러이 엑스 자오를리마를 이용한 고강도 콘크리트 조성물 및 그 콘크리트 재 	 한국등록특허 (AG) KR1034013 (주)지승찬선텐트 (KR) 단부 격벽 일체형 피에스씨 거더를 이용한 변일체식 교각 교량의 급속 시공 	 미국등록특허 (AG) US8211394 KENNETH D. MURRAY (US) Captured CO2 from atmospheric, industrial and vehicle combustion 	 한국등록특허 (AI) KR1261827 안하대학교 산학협력단 (KR) 압연재를 이용한 발전기 	 미국공개특허 (AI) US2013-0067836 MIASOLE (US) BUILDING INTEGRABLE INTERCONNECTION STRUCTURES 					
 한국등록특허 (AE) KR1439302 주식회사 모스코 (KR) 배정된 장편과 광화 콘크리트의 제조방법 	 한국등록특허 (AF) KR1093573 아이진 주식회사 (KR) 유지 보수형 스텔라칼 교차장치 	 미국등록특허 (AG) US8354086 KENNETH D. MURRAY (US) Captured CO2 from atmospheric, industrial and vehicle combustion 	 한국등록특허 (AI) KR1074635 삼일주식회사 (KR) 하이브리드형 조명장치 	 미국공개특허 (AI) US2012-0096781 BRUCE ROMESBURG (US) Structural Insulated Monolithic Photovoltaic Solar-Power Roof and 					
 한국등록특허 (AE) KR1294013 삼표이앤씨 주식회사 (KR) 프리카스트 콘크리트 슬라브 캐드 및 그 시공방법 	 한국등록특허 (AF) KR1157499 주식회사 케이알티씨 (KR) 분리형 스텔라칼 타일의 교량용 교차장치 	 유럽공개특허 (AG) EP2623706 한국과학기술원 (KR) EXCAVATION SYSTEM USING A WATER JET, AND EXCAVATION 	 한국등록특허 (AI) KR1234280 주식회사 씨피마셀 (KR) 자가발전이 가능한 하이브리드형 가로 등 	 미국등록특허 (AI) US879847 POLEFAB INC. (CA) Hybrid light pole fixture 					
 한국공개특허 (AE) KR2013-0075334 재단법인 오형산업과학연구원 (KR) 벽정된 감성유 시멘트 복합체 및 이를 이용한 콘크리트 	 한국등록특허 (AF) KR1300296 박종민 (KR) 스텝형상을 갖는 격벽교대 일체형 피에스씨 거더를 이용한 변일체식 교대 교 	 일본공개특허 (AG) JP2014-505183 한국과학기술원 (KR) 위터켓을 이용한 굴착 시스템 및 이것을 이용한 굴착 방법 	 한국공개특허 (AI) KR2013-0011442 연선숙 (KR) 환동구에 설치된 동력발전장치 	 한국등록특허 (BA) KR1253684 한대로템(주) (KR) 열차의 운전시각 산출방법 					
 한국등록특허 (AE) KR132952 주식회사 이발맥스 (KR) 노면트램플 복합체 및 이를 이용한 노면케도 	 한국등록특허 (AF) KR1198997 (주)프랑키씨에스 (KR) 개구형 프리스트레스트 관형상 단경관 유-커터교 및 이의 시공방법 	 한국등록특허 (AG) KR1401652 한국과학기술원 (KR) 위터켓을 이용한 굴착 시스템 및 이를 이용한 굴착 방법 	 미국공개특허 (AI) US2011-0260533 BRADLEY SPENCER HARDIN (US) Sustainable Modular Structure Powered by Green Energy 	 한국등록특허 (BA) KR1195479 한대로템(주) (KR) 철도차량용 모바일 운전지휘원내 시스템 					
 한국등록특허 (AE) KR1130612 한양대학교 산학협력단 (KR) 콘크리트 전과정 환경부하 및 경제성 평가방법 	 한국등록특허 (AF) KR1160187 주식회사 서한기술단 (KR) 철도교량용 프리캐스트 일체형 캐드커 데크 이외의 제작 및 시공방법 	 미국공개특허 (AG) US2013-0200680 한국과학기술원 (KR) EXCAVATION SYSTEM USING A WATER JET, AND EXCAVATION 	 한국등록특허 (AI) KR1060156 이주상 (KR) 지붕형 하이브리드 발전 시스템 						
■ AA	■ AB	■ AC	■ AD	■ AE	■ AF	■ AG	■ AH	■ AI	■ BA
철도역사 소재	철도역사 시공 및 공법	철도역사 운영	철도역사 설계관리	캐드 및 노반	교량	터널	전철	신재생에너지	전력에너지

<그림 79> 분야별 발명 명칭 및 대표 도면(계속)

2012	2012	2012	2012	2013																																																		
 한국공개특허 (AD) KR2014-0084889 서울메트로 (KR) 송강강 설치와 화한식 선로 중첩개단 	 한국등록특허 (AE) KR1244804 (주)대한치오이엔씨 (KR) 지반소 진원강 복합식 등벽 	 한국등록특허 (AG) KR1279988 한국철도기술연구원 (KR) 마이크로파에 의해 발열되는 발열 거꾸 집을 이용한 터널 콘크리트 라이닝 시 	 미국공개특허 (AI) US2014-0096763 THERMA-HEXX, LLC (US) MODULAR FLUID THERMAL TRANSFER DEVICE 	 한국공개특허 (AD) KR2014-0091436 대명공방전도코퍼 (KR) 도로 및 철도 구간에 설치한 스마트 슬 리웨어 	 한국공개특허 (AD) KR2014-0086524 한국철도기술연구원 (KR) 경전철을 정거장 	 한국등록특허 (AE) KR1258821 주식회사 광명기업 (KR) 고로슬래그를 이용한 다기능 다공성 콘 크리트 블록 및 이를 이용한 등벽 구조 	 한국등록특허 (AG) KR1234091 (주) 철도안전연구소 (KR) 프리캐스트 콘크리트 슬래브의 적접 설 치를 통한 철도지하횡단 교법 	 미국공개특허 (AI) US2012-0291768 LIMING FU (CN) SOLAR ENERGY-POWERED HEATING AND COOLING SYSTEM FOR 	 한국공개특허 (AE) KR2014-0094863 한국철도기술연구원 (KR) 자갈 채도 개량 공법 	 한국등록특허 (AE) KR1322597 한국철도기술연구원 (KR) 마이크로파에 의해 발열되는 발열 거꾸 집을 이용한 건물 시공 방법 	 한국등록특허 (AE) KR1398853 강원도립대학산학협력단 (KR) 순환공재를 이용한 식생용액의 시공방 법 	 미국등록특허 (AG) US8545781 KING FAHD UNIVERSITY OF PETROLEUM AND MINERALS (SA) Carbon dioxide adsorbent 		 일본공개특허 (AE) JP2014-162667 SUMITOMO (JP) 시멘트 혼화재 및 시멘트 조성물 	 한국등록특허 (AE) KR1258821 주식회사 광명기업 (KR) 고로슬래그를 이용한 다기능 다공성 콘 크리트 블록 및 이를 이용한 등벽 구조 	 한국등록특허 (AF) KR1256331 삼화주철공업 주식회사 (KR) 스퍼리얼 배어링 	 한국공개특허 (AG) KR2014-0070781 형용평희공업(주) (KR) 수축보상 및 CO2 흡수기능을 갖는 혼합시멘트 조성물 		 한국등록특허 (AE) KR1439786 주식회사 포스코 (KR) 배정질 강섬유를 부치한 와이어 메쉬를 포함하는 배터미칼재 및 그 제조방법 	 한국등록특허 (AE) KR1384673 한국철도기술연구원 (KR) 보령노면 지지율 감성복합재 및 그 시공방법 	 한국등록특허 (AF) KR1350485 한국철도기술연구원 (KR) 일체형 전역 블록을 포함하는 교량-토 공 접속구간용 보강토 등벽 	 한국공개특허 (AD) KR2014-0031063 김동우 (KR) 교각의 자체 충전기능을 갖는 교각 부 착 식 발전 장치 		 한국등록특허 (AE) KR1411260 한국철도기술연구원 (KR) 마이크로파를 이용한 프리캐스트 콘크 리트 재조류 고요율 균열 발열 시스템 	 일본공개특허 (AE) JP2014-065426 SUMITOMO (JP) 시멘트 혼화재 및 시멘트 조성물 	 한국등록특허 (AF) KR1199561 정민선 (KR) 초고강도 섬유보강 콘크리트 마치고 및 여의 시공방법 	 유럽공개특허 (AI) EP2742236 HOLLEY, NORMAN (US) GENERATION OF RENEWABLE ENERGY FROM MASS AIRFLOW IN 		 한국등록특허 (AF) KR1381410 (주) 동서엔지니어링 (KR) 일체형동식 일체거터 교량 	 한국등록특허 (AE) KR1440551 재단법인 포항산업과학연구원 (KR) 고로슬래그 미분말을 다량 포함하는 P C 침출슬라 콘크리트 조성물 	 한국등록특허 (AF) KR1272145 상영엔텍(주) (KR) 스퍼리얼 배어링 	 한국등록특허 (AI) KR1296617 영명섭 (KR) 터널형 동력발전 시스템 		 한국공개특허 (AF) KR2013-0125707 삼화주철공업 주식회사 (KR) 스퍼리얼 배어링 	■ AA	■ AB	■ AC	■ AD	■ AE	■ AF	■ AG	■ AH	■ AI	■ BA	철도역사 소재	철도역사 시공 및 공법	철도역사 운영	철도역사 설계관리	궤도 및 노반	교량	터널	전철	신재생에너지	전력에너지
 한국공개특허 (AD) KR2014-0086524 한국철도기술연구원 (KR) 경전철을 정거장 	 한국등록특허 (AE) KR1258821 주식회사 광명기업 (KR) 고로슬래그를 이용한 다기능 다공성 콘 크리트 블록 및 이를 이용한 등벽 구조 	 한국등록특허 (AG) KR1234091 (주) 철도안전연구소 (KR) 프리캐스트 콘크리트 슬래브의 적접 설 치를 통한 철도지하횡단 교법 	 미국공개특허 (AI) US2012-0291768 LIMING FU (CN) SOLAR ENERGY-POWERED HEATING AND COOLING SYSTEM FOR 	 한국공개특허 (AE) KR2014-0094863 한국철도기술연구원 (KR) 자갈 채도 개량 공법 	 한국등록특허 (AE) KR1322597 한국철도기술연구원 (KR) 마이크로파에 의해 발열되는 발열 거꾸 집을 이용한 건물 시공 방법 	 한국등록특허 (AE) KR1398853 강원도립대학산학협력단 (KR) 순환공재를 이용한 식생용액의 시공방 법 	 미국등록특허 (AG) US8545781 KING FAHD UNIVERSITY OF PETROLEUM AND MINERALS (SA) Carbon dioxide adsorbent 		 일본공개특허 (AE) JP2014-162667 SUMITOMO (JP) 시멘트 혼화재 및 시멘트 조성물 	 한국등록특허 (AE) KR1258821 주식회사 광명기업 (KR) 고로슬래그를 이용한 다기능 다공성 콘 크리트 블록 및 이를 이용한 등벽 구조 	 한국등록특허 (AF) KR1256331 삼화주철공업 주식회사 (KR) 스퍼리얼 배어링 	 한국공개특허 (AG) KR2014-0070781 형용평희공업(주) (KR) 수축보상 및 CO2 흡수기능을 갖는 혼합시멘트 조성물 		 한국등록특허 (AE) KR1439786 주식회사 포스코 (KR) 배정질 강섬유를 부치한 와이어 메쉬를 포함하는 배터미칼재 및 그 제조방법 	 한국등록특허 (AE) KR1384673 한국철도기술연구원 (KR) 보령노면 지지율 감성복합재 및 그 시공방법 	 한국등록특허 (AF) KR1350485 한국철도기술연구원 (KR) 일체형 전역 블록을 포함하는 교량-토 공 접속구간용 보강토 등벽 	 한국공개특허 (AD) KR2014-0031063 김동우 (KR) 교각의 자체 충전기능을 갖는 교각 부 착 식 발전 장치 		 한국등록특허 (AE) KR1411260 한국철도기술연구원 (KR) 마이크로파를 이용한 프리캐스트 콘크 리트 재조류 고요율 균열 발열 시스템 	 일본공개특허 (AE) JP2014-065426 SUMITOMO (JP) 시멘트 혼화재 및 시멘트 조성물 	 한국등록특허 (AF) KR1199561 정민선 (KR) 초고강도 섬유보강 콘크리트 마치고 및 여의 시공방법 	 유럽공개특허 (AI) EP2742236 HOLLEY, NORMAN (US) GENERATION OF RENEWABLE ENERGY FROM MASS AIRFLOW IN 		 한국등록특허 (AF) KR1381410 (주) 동서엔지니어링 (KR) 일체형동식 일체거터 교량 	 한국등록특허 (AE) KR1440551 재단법인 포항산업과학연구원 (KR) 고로슬래그 미분말을 다량 포함하는 P C 침출슬라 콘크리트 조성물 	 한국등록특허 (AF) KR1272145 상영엔텍(주) (KR) 스퍼리얼 배어링 	 한국등록특허 (AI) KR1296617 영명섭 (KR) 터널형 동력발전 시스템 		 한국공개특허 (AF) KR2013-0125707 삼화주철공업 주식회사 (KR) 스퍼리얼 배어링 	■ AA	■ AB	■ AC	■ AD	■ AE	■ AF	■ AG	■ AH	■ AI	■ BA	철도역사 소재	철도역사 시공 및 공법	철도역사 운영	철도역사 설계관리	궤도 및 노반	교량	터널	전철	신재생에너지	전력에너지					
 한국등록특허 (AE) KR1322597 한국철도기술연구원 (KR) 마이크로파에 의해 발열되는 발열 거꾸 집을 이용한 건물 시공 방법 	 한국등록특허 (AE) KR1398853 강원도립대학산학협력단 (KR) 순환공재를 이용한 식생용액의 시공방 법 	 미국등록특허 (AG) US8545781 KING FAHD UNIVERSITY OF PETROLEUM AND MINERALS (SA) Carbon dioxide adsorbent 		 일본공개특허 (AE) JP2014-162667 SUMITOMO (JP) 시멘트 혼화재 및 시멘트 조성물 	 한국등록특허 (AE) KR1258821 주식회사 광명기업 (KR) 고로슬래그를 이용한 다기능 다공성 콘 크리트 블록 및 이를 이용한 등벽 구조 	 한국등록특허 (AF) KR1256331 삼화주철공업 주식회사 (KR) 스퍼리얼 배어링 	 한국공개특허 (AG) KR2014-0070781 형용평희공업(주) (KR) 수축보상 및 CO2 흡수기능을 갖는 혼합시멘트 조성물 		 한국등록특허 (AE) KR1439786 주식회사 포스코 (KR) 배정질 강섬유를 부치한 와이어 메쉬를 포함하는 배터미칼재 및 그 제조방법 	 한국등록특허 (AE) KR1384673 한국철도기술연구원 (KR) 보령노면 지지율 감성복합재 및 그 시공방법 	 한국등록특허 (AF) KR1350485 한국철도기술연구원 (KR) 일체형 전역 블록을 포함하는 교량-토 공 접속구간용 보강토 등벽 	 한국공개특허 (AD) KR2014-0031063 김동우 (KR) 교각의 자체 충전기능을 갖는 교각 부 착 식 발전 장치 		 한국등록특허 (AE) KR1411260 한국철도기술연구원 (KR) 마이크로파를 이용한 프리캐스트 콘크 리트 재조류 고요율 균열 발열 시스템 	 일본공개특허 (AE) JP2014-065426 SUMITOMO (JP) 시멘트 혼화재 및 시멘트 조성물 	 한국등록특허 (AF) KR1199561 정민선 (KR) 초고강도 섬유보강 콘크리트 마치고 및 여의 시공방법 	 유럽공개특허 (AI) EP2742236 HOLLEY, NORMAN (US) GENERATION OF RENEWABLE ENERGY FROM MASS AIRFLOW IN 		 한국등록특허 (AF) KR1381410 (주) 동서엔지니어링 (KR) 일체형동식 일체거터 교량 	 한국등록특허 (AE) KR1440551 재단법인 포항산업과학연구원 (KR) 고로슬래그 미분말을 다량 포함하는 P C 침출슬라 콘크리트 조성물 	 한국등록특허 (AF) KR1272145 상영엔텍(주) (KR) 스퍼리얼 배어링 	 한국등록특허 (AI) KR1296617 영명섭 (KR) 터널형 동력발전 시스템 		 한국공개특허 (AF) KR2013-0125707 삼화주철공업 주식회사 (KR) 스퍼리얼 배어링 	■ AA	■ AB	■ AC	■ AD	■ AE	■ AF	■ AG	■ AH	■ AI	■ BA	철도역사 소재	철도역사 시공 및 공법	철도역사 운영	철도역사 설계관리	궤도 및 노반	교량	터널	전철	신재생에너지	전력에너지										
 한국등록특허 (AE) KR1258821 주식회사 광명기업 (KR) 고로슬래그를 이용한 다기능 다공성 콘 크리트 블록 및 이를 이용한 등벽 구조 	 한국등록특허 (AF) KR1256331 삼화주철공업 주식회사 (KR) 스퍼리얼 배어링 	 한국공개특허 (AG) KR2014-0070781 형용평희공업(주) (KR) 수축보상 및 CO2 흡수기능을 갖는 혼합시멘트 조성물 		 한국등록특허 (AE) KR1439786 주식회사 포스코 (KR) 배정질 강섬유를 부치한 와이어 메쉬를 포함하는 배터미칼재 및 그 제조방법 	 한국등록특허 (AE) KR1384673 한국철도기술연구원 (KR) 보령노면 지지율 감성복합재 및 그 시공방법 	 한국등록특허 (AF) KR1350485 한국철도기술연구원 (KR) 일체형 전역 블록을 포함하는 교량-토 공 접속구간용 보강토 등벽 	 한국공개특허 (AD) KR2014-0031063 김동우 (KR) 교각의 자체 충전기능을 갖는 교각 부 착 식 발전 장치 		 한국등록특허 (AE) KR1411260 한국철도기술연구원 (KR) 마이크로파를 이용한 프리캐스트 콘크 리트 재조류 고요율 균열 발열 시스템 	 일본공개특허 (AE) JP2014-065426 SUMITOMO (JP) 시멘트 혼화재 및 시멘트 조성물 	 한국등록특허 (AF) KR1199561 정민선 (KR) 초고강도 섬유보강 콘크리트 마치고 및 여의 시공방법 	 유럽공개특허 (AI) EP2742236 HOLLEY, NORMAN (US) GENERATION OF RENEWABLE ENERGY FROM MASS AIRFLOW IN 		 한국등록특허 (AF) KR1381410 (주) 동서엔지니어링 (KR) 일체형동식 일체거터 교량 	 한국등록특허 (AE) KR1440551 재단법인 포항산업과학연구원 (KR) 고로슬래그 미분말을 다량 포함하는 P C 침출슬라 콘크리트 조성물 	 한국등록특허 (AF) KR1272145 상영엔텍(주) (KR) 스퍼리얼 배어링 	 한국등록특허 (AI) KR1296617 영명섭 (KR) 터널형 동력발전 시스템 		 한국공개특허 (AF) KR2013-0125707 삼화주철공업 주식회사 (KR) 스퍼리얼 배어링 	■ AA	■ AB	■ AC	■ AD	■ AE	■ AF	■ AG	■ AH	■ AI	■ BA	철도역사 소재	철도역사 시공 및 공법	철도역사 운영	철도역사 설계관리	궤도 및 노반	교량	터널	전철	신재생에너지	전력에너지															
 한국등록특허 (AE) KR1384673 한국철도기술연구원 (KR) 보령노면 지지율 감성복합재 및 그 시공방법 	 한국등록특허 (AF) KR1350485 한국철도기술연구원 (KR) 일체형 전역 블록을 포함하는 교량-토 공 접속구간용 보강토 등벽 	 한국공개특허 (AD) KR2014-0031063 김동우 (KR) 교각의 자체 충전기능을 갖는 교각 부 착 식 발전 장치 		 한국등록특허 (AE) KR1411260 한국철도기술연구원 (KR) 마이크로파를 이용한 프리캐스트 콘크 리트 재조류 고요율 균열 발열 시스템 	 일본공개특허 (AE) JP2014-065426 SUMITOMO (JP) 시멘트 혼화재 및 시멘트 조성물 	 한국등록특허 (AF) KR1199561 정민선 (KR) 초고강도 섬유보강 콘크리트 마치고 및 여의 시공방법 	 유럽공개특허 (AI) EP2742236 HOLLEY, NORMAN (US) GENERATION OF RENEWABLE ENERGY FROM MASS AIRFLOW IN 		 한국등록특허 (AF) KR1381410 (주) 동서엔지니어링 (KR) 일체형동식 일체거터 교량 	 한국등록특허 (AE) KR1440551 재단법인 포항산업과학연구원 (KR) 고로슬래그 미분말을 다량 포함하는 P C 침출슬라 콘크리트 조성물 	 한국등록특허 (AF) KR1272145 상영엔텍(주) (KR) 스퍼리얼 배어링 	 한국등록특허 (AI) KR1296617 영명섭 (KR) 터널형 동력발전 시스템 		 한국공개특허 (AF) KR2013-0125707 삼화주철공업 주식회사 (KR) 스퍼리얼 배어링 	■ AA	■ AB	■ AC	■ AD	■ AE	■ AF	■ AG	■ AH	■ AI	■ BA	철도역사 소재	철도역사 시공 및 공법	철도역사 운영	철도역사 설계관리	궤도 및 노반	교량	터널	전철	신재생에너지	전력에너지																				
 일본공개특허 (AE) JP2014-065426 SUMITOMO (JP) 시멘트 혼화재 및 시멘트 조성물 	 한국등록특허 (AF) KR1199561 정민선 (KR) 초고강도 섬유보강 콘크리트 마치고 및 여의 시공방법 	 유럽공개특허 (AI) EP2742236 HOLLEY, NORMAN (US) GENERATION OF RENEWABLE ENERGY FROM MASS AIRFLOW IN 		 한국등록특허 (AF) KR1381410 (주) 동서엔지니어링 (KR) 일체형동식 일체거터 교량 	 한국등록특허 (AE) KR1440551 재단법인 포항산업과학연구원 (KR) 고로슬래그 미분말을 다량 포함하는 P C 침출슬라 콘크리트 조성물 	 한국등록특허 (AF) KR1272145 상영엔텍(주) (KR) 스퍼리얼 배어링 	 한국등록특허 (AI) KR1296617 영명섭 (KR) 터널형 동력발전 시스템 		 한국공개특허 (AF) KR2013-0125707 삼화주철공업 주식회사 (KR) 스퍼리얼 배어링 	■ AA	■ AB	■ AC	■ AD	■ AE	■ AF	■ AG	■ AH	■ AI	■ BA	철도역사 소재	철도역사 시공 및 공법	철도역사 운영	철도역사 설계관리	궤도 및 노반	교량	터널	전철	신재생에너지	전력에너지																									
 한국등록특허 (AE) KR1440551 재단법인 포항산업과학연구원 (KR) 고로슬래그 미분말을 다량 포함하는 P C 침출슬라 콘크리트 조성물 	 한국등록특허 (AF) KR1272145 상영엔텍(주) (KR) 스퍼리얼 배어링 	 한국등록특허 (AI) KR1296617 영명섭 (KR) 터널형 동력발전 시스템 		 한국공개특허 (AF) KR2013-0125707 삼화주철공업 주식회사 (KR) 스퍼리얼 배어링 																																																		
■ AA	■ AB	■ AC	■ AD	■ AE	■ AF	■ AG	■ AH	■ AI	■ BA																																													
철도역사 소재	철도역사 시공 및 공법	철도역사 운영	철도역사 설계관리	궤도 및 노반	교량	터널	전철	신재생에너지	전력에너지																																													

<그림 79> 분야별 발명 명칭 및 대표 도면(계속)

2013		2013		2014	
 한국등록특허 (AF) KR1291685 삼영엘텍(주) (KR) 구면배어원을 이용한 교량받침	 한국등록특허 (BA) KR1299526 한국철도공사 (KR) 열차운행 계획시스템 및 그 방법	 한국등록특허 (AF) KR1414280 대경산업(주) (KR) 유지보수가 용이한 스테리칼 받침			
					
 한국등록특허 (AF) KR1386048 협성산업 주식회사 (KR) 스페리칼 받침		 일본등록실용신안 (AI) JP3190499 HIROSE MASASHI (JP) 터널식 풍력 발전시설			
					
 한국공개특허 (AG) KR2014-0021495 한국과학기술원 (KR) 워터젯을 이용한 굴착 장치					
					
 한국공개특허 (AG) KR2014-0017469 한국과학기술원 (KR) 워터젯을 이용한 굴착 방법					
					
 한국등록특허 (AI) KR1381246 (주)케이에이치에너지 (KR) 터널 또는 지하차도의 풍력발전장치					
					
 한국등록특허 (BA) KR1351507 현대료템 주식회사 (KR) CBTC모드 다관성 열차의 운행 제어방법					
					
 한국등록특허 (BA) KR1406716 한국철도기술연구원 (KR) 열차제어 시뮬레이션 시스템					
					

■ AA	■ AB	■ AC	■ AD	■ AE	■ AF	■ AG	■ AH	■ AI	■ BA
철도역사 소재	철도역사 시공 및 공법	철도역사 운영	철도역사 설계관리	궤도 및 노반	교량	터널	전철	신재생에너지	전력에너지

<그림 79> 분야별 발명 명칭 및 대표 도면(계속)

제2절 논문동향 분석

□ (철도차량 온실가스 관리 및 감축기술) 논문동향 분석을 위하여 다음과 같은 분석 범위를 설정하여 분석함.

○ 키워드 : (Railway Hybrid) or (Railway Energy) or (Railway CO₂)

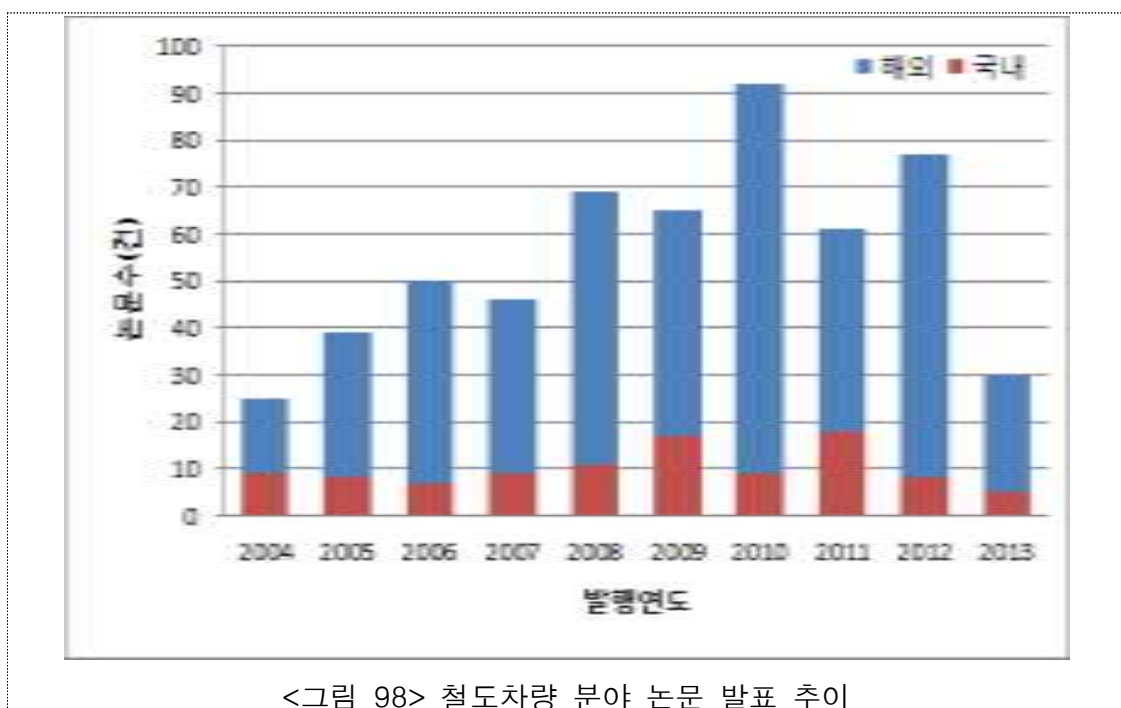
○ 분석구간 : 2004.1.1~2013.12.31

□ 철도차량 온실가스 관리 및 감축기술 논문 발표 추이 및 주요 등재 저널

○ 철도 차량 하이브리드와 에너지 관련 논문이 매년 수십 건의 논문이 발표되고 있음.

○ 주요 등재저널은 Electrical Systems for Aircraft, Railway and Ship Propulsion(ESARS), Electrical Machines and Systems(ICEMS) 등이며, 철도 관련 학회 및 전자, 에너지 관련 저널에서 주로 발표되고 있음.

○ 국내의 경우 대부분 한국철도학회 저널을 통해 논문이 발표되고 있음.



□ 철도차량 온실가스 관리 및 감축기술 논문 발표 주제 분야

- 최근 발표된 철도차량 관련 논문의 주제 분야를 살펴보면 회생 전력을 활용한 에너지 절감 및 온실가스 감소, 기존 디젤 엔진 등 화석연료를 활용한 주동력원과 배터리를 활용한 보조동력원으로 인한 에너지 절감 등이 있음.

<표 49> 철도차량 분야 주요 논문명 및 발행년도

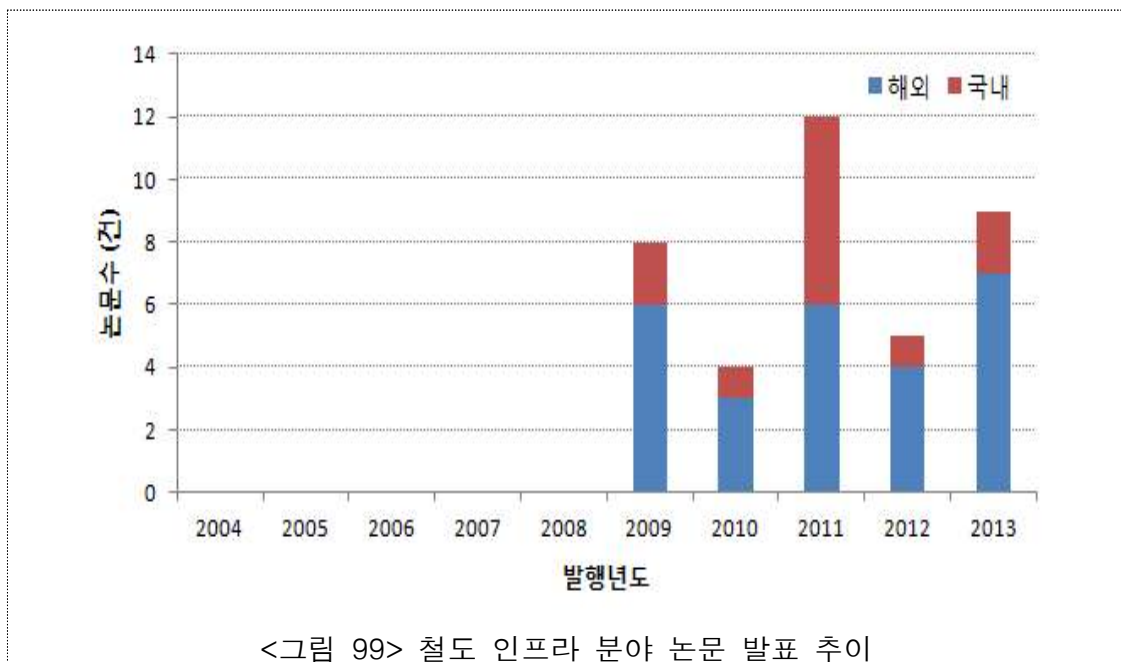
구분	논문명	저널명	발행년도
국내	The Modeling of Hybrid Railway Vehicle Power System Using Fuel Cell and IPT System	대한전기학회	2008
	하이브리드 시스템 철도차량 분석	한국자동차공학회	2009
	철도차량용 연료전지 하이브리드 동력시스템	한국철도학회	2008
국외	Fixed energy storage technology applied for DC electrified railway (traction power substation)	Electrical Systems for Aircraft, Railway and Ship Propulsion (ESARS)	2012
	Electric railway traction systems and techniques for energy saving	Electric Traction Systems	2012
	Application of Energy Storage Technologies for Electric Railway Vehicles-Examples with Hybrid Electric Railway Vehicles	IEEJ transactions on electrical and electronic engineering	2010

□ (철도 인프라 온실가스 관리 및 감축기술) 논문동향을 분석하기 위하여 다음과 같은 분석범위를 설정하여 분석함.

- 키워드 : (Railway Infrastructure) and (Energy or CO2)
- 분석구간 : 2004.1.1~2013.12.31

□ 철도 인프라 온실가스 관리 및 감축기술 논문동향 논문 발표 추이 및 주요 등재 저널

- 철도 인프라 온실가스 관리 및 감축기술 관련 논문 발표건수는 2000년 말부터 발표되기 시작하였으며 40여건으로 미비한 실정임.
- 주요 등재저널은 Railway Traction Systems (RTS 2010), Energy policy, Applied energy 등이며, 철도관련 저널보다는 에너지관련 저널에서 발표되고 있는 실정임.
- 국내의 경우, 대부분 한국철도학회 저널을 통해 논문이 발표되고 있으며 철도 인프라의 관심도가 점차 증가하고 있는 추세임.



□ 철도 인프라 온실가스 관리 및 감축기술 논문 발표 주제 분야

- 수송수단의 사용단계뿐만 아니라 해당 인프라 건설에 따른 온실가스 관리 및 감축기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있음.

<표 50> 철도 인프라 분야 주요 논문명 및 발행년도

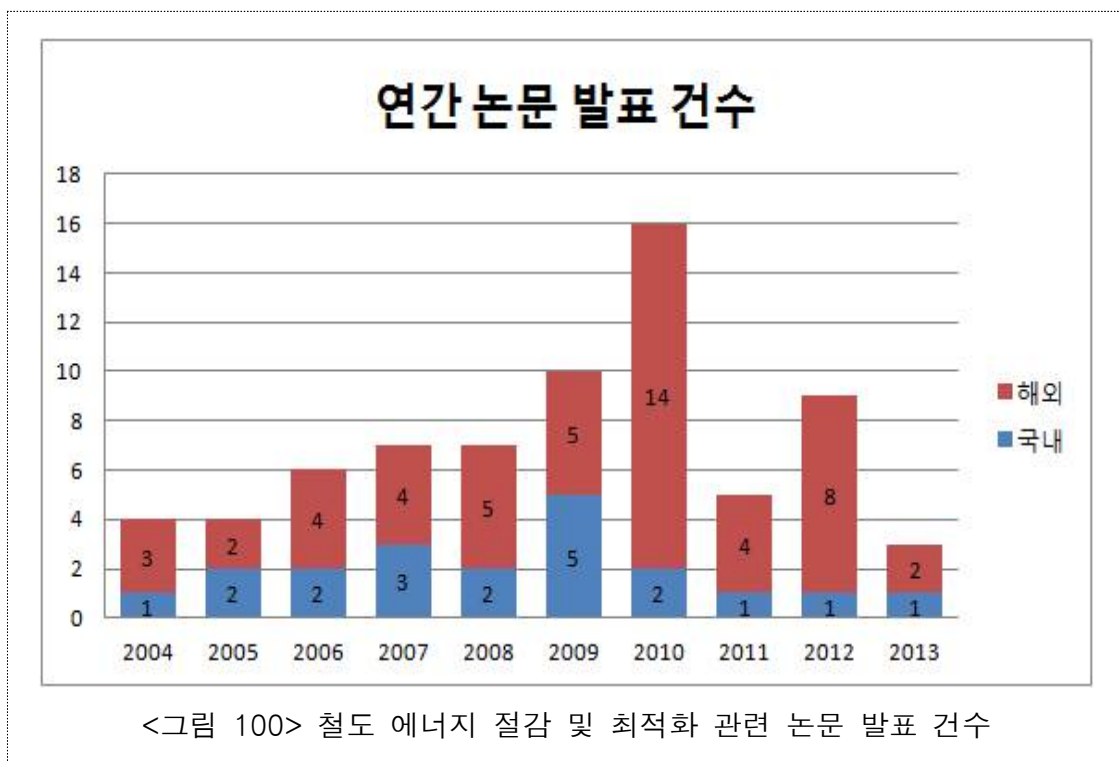
구분	논문명	저널명	발행년도
국내	Estimating the Efficiency of Transportation Energy Consumption based on Railway Infrastructure and Travel behavior Characteristics	International journal of railway	2013
	철도건설의 온실가스 배출량 산정평가	한국철도학회	2011
	철도용 연료전지 및 유도급전을 이용한 Hybrid system 연구	대한전기학회	2008
국외	Supporting the design of railway systems by means of a Sobol variance-based sensitivity analysis	Transportation research	2013
	Optimizing the power upgrade solution of the Sub Surface Railway	Railway Traction Systems	2010
	Screening of environmental pressure from products in the Swedish railway infrastructure: Implications for strategic environmental management	Resources, conservation, and recycling	2007

□ (철도 에너지 절감) 철도 에너지 절감과 관련된 총 논문 발표 수 71건으로 국내 논문 발표 건수를 조사한 바로는 2004년부터 2013까지 20건의 논문을 발표한 것으로 조사되었고 해외 논문은 51건이 조사됨.

- 철도 에너지 절감 및 최적화를 키워드로 검색을 해본 결과 국내와 해외의 논문 발표건수에서 상당한 차이가 났으며 국내에서는 한국철도기술연구원에서 가장 많은 논문자료를 보유하고 있는 것으로 파악됨.
- 해외 논문은 Electrical Systems for Aircraft, Railway and Ship Propulsion (ESARS) 컨퍼런스에서 최다로 발표했으며, 국내에서는 2009년에 해외에서는 2010년에 논문이 최대로 발표됨.
- 철도 에너지 절감 및 최적화 분야에서는 2009년, 2010년 연구가 활발해지는 추세를 나타냈다가 최근 주춤하고 있는 추세지만 국내·외에서 환경 관련 이슈가 생기며 많은 논문이 발표될 것으로 예상됨.

<표 51> 철도 에너지 절감 및 최적화 관련 논문 발표 추이

연도	국내	해외
2004	1	3
2005	2	2
2006	2	4
2007	3	4
2008	2	5
2009	5	5
2010	2	14
2011	1	4
2012	1	8
2013	1	2
합계	20	51

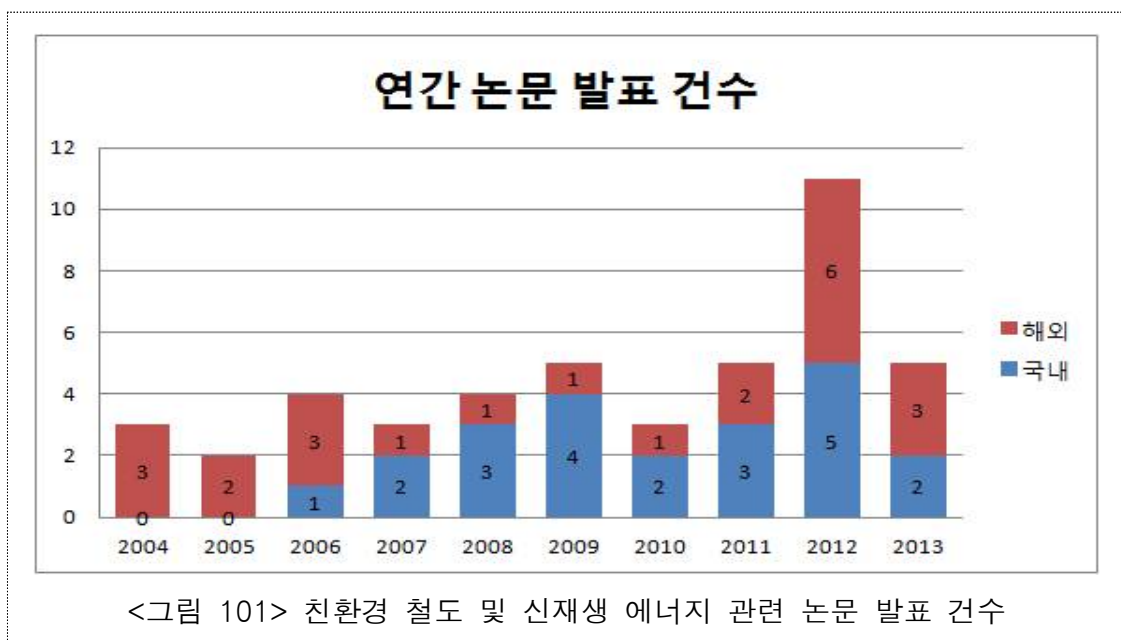


- (철도 신재생 에너지 및 친환경) 철도 신재생 에너지와 친환경 부분 논문은 국내와 해외가 비슷하게 논문을 발표하는 것으로 분석되었으며, 2012년경에 가장 많은 논문이 발표된 것으로 분석됨.

- 국내논문은 철도기술연구원 학술대회 논문집에서 가장 많은 논문이 발표된 것으로 분석되고 해외는 Environmental Science and Information Application Technology(ESIAT)라는 저널에서 가장 많은 논문을 발표한 것으로 분석됨.
- 향후 에너지 절감과 마찬가지로 환경문제로 인해 이슈가 될 부분이며 지속적으로 논문이 발표될 것으로 예상됨.

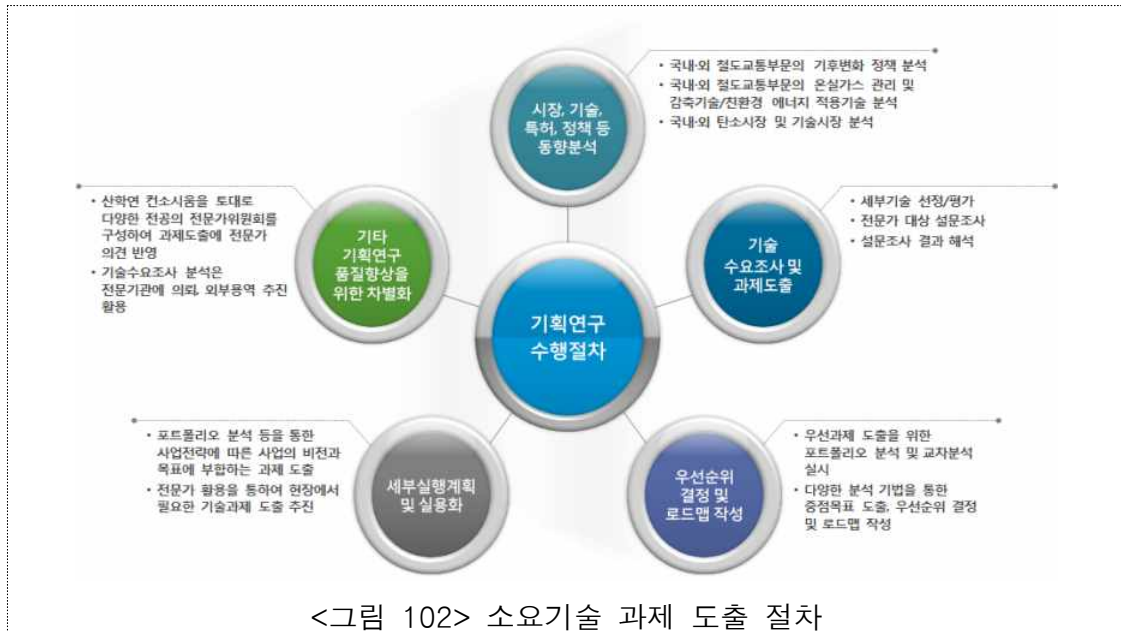
<표 52> 철도 신재생에너지 및 친환경 분야 논문 발표 추이

연도	국내	해외
2004	0	3
2005	0	2
2006	1	3
2007	2	1
2008	3	1
2009	4	1
2010	2	1
2011	3	2
2012	5	6
2013	2	3
합계	22	23



제4장 소요기술 과제 도출

□ 앞서 살펴본 바와 같이 국내외 기술동향, 특허 및 논문 현황 분석 결과와 수요처 전문가 장기자문 등을 통해 1차적으로 세부과제 4개를 도출하여 3차에 걸친 전문가 자문회의를 수행하였음.

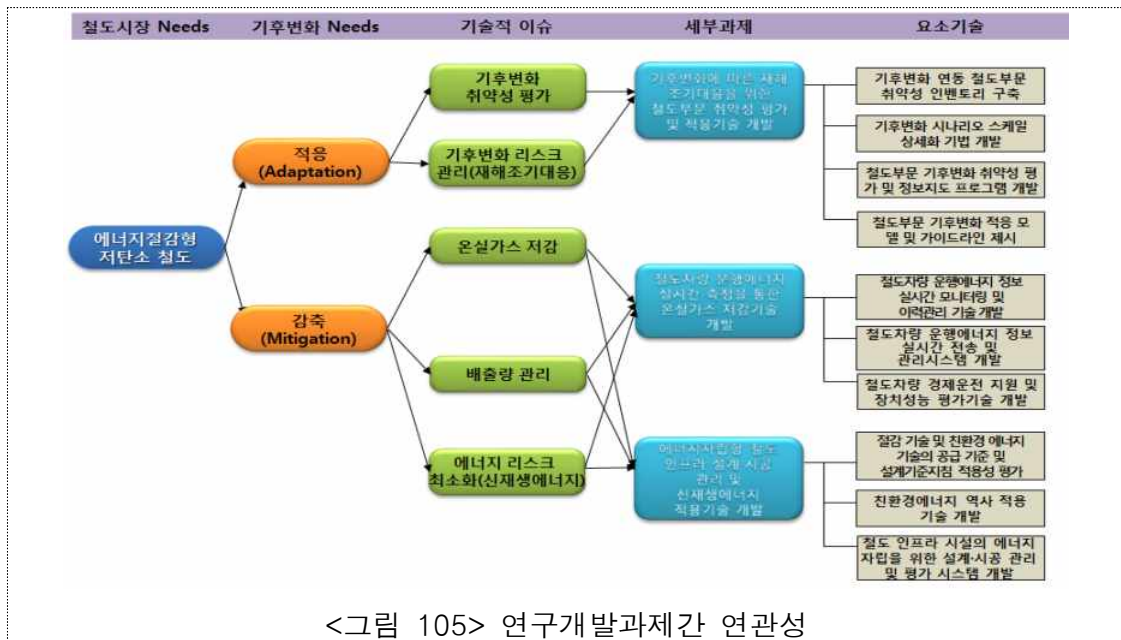
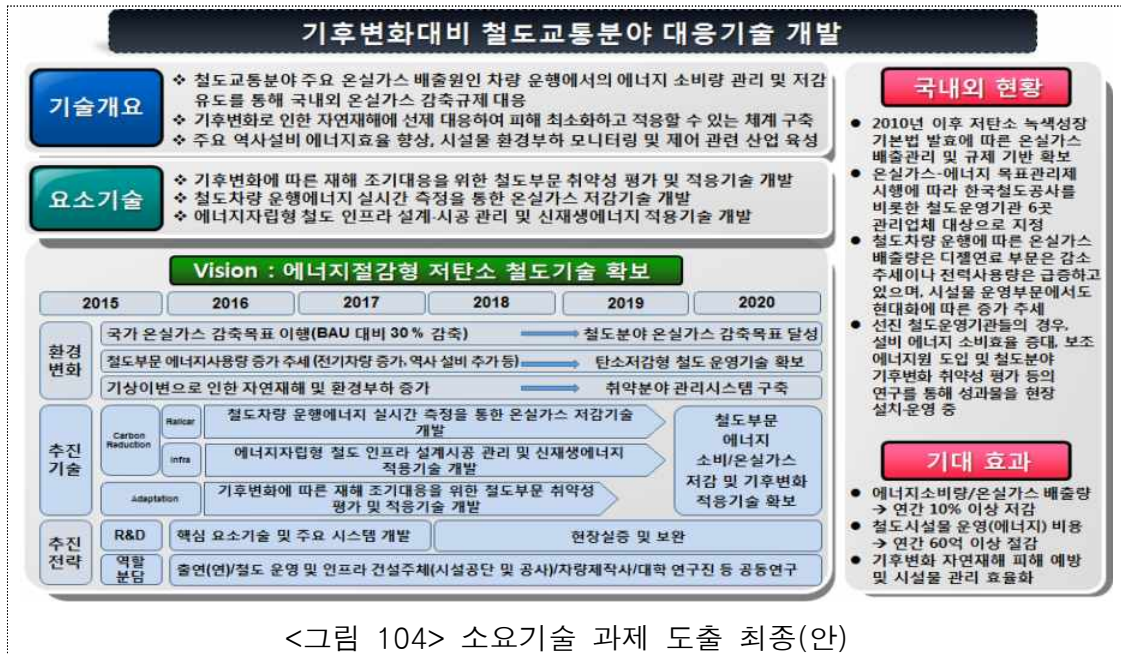


- 전문가 자문회의의 주요내용을 요약하면, 각 세부과제별 개발 우선순위에 대한 의견으로 환경변화에 따른 시급성을 고려하였을 때 제안과제 중 세부과제 ‘재난재해 조기대응 철도분야 기후변화 리스크 진단 및 관리기술 개발’을 우선적으로 추진하는 것에 대한 의견이 많았음
- 세부과제 ‘기후변화대응 그린 역사 신축 및 리모델링 관리시스템 개발’ 및 ‘저탄소형 철도인프라 재료 및 시공기술 개발’ 과제에 대해서는 기존 과제와의 차별성을 확보하는 부분과 연구범위의 축소에 대한 의견이 대부분이었음.
- 또한 중간평가를 통해 전담기관 담당자의 주요의견으로 과제 간 연계성 및 연구범위를 조정하고, 당초 기획연구 범위에 포함되어 있는 신재생에너지 적용에 대한 연구내용을 반영하는 부분에 대한 의견이 있었음.

<표 53> 전문가 자문회의 주요내용 요약

일시	자문위원	의견
2014.10.10	한국철도시설공단 한국시설안전공단 대학교 교수 등 5인	- 정책연구 과제의 시급성 제시 - 세부과제 간 타 연구과제와의 중복 여부 검토 - 본 과제 수행을 통한 경제적 효과 분석결과 구체적 제시 - 개발된 기술의 활용에 대한 고민 필요
2015.01.07	한국철도공사 한국시설안전공단 KISTEP 대학교 교수 등 5인	- 시설별 탄소배출량 비중을 검토하여 체계적 저감대책 마련 필요 - 정책/건설/운영 등 각 단계별 대응마련 필요 - 철도부문 기후변화적응 기술개발은 시의 적절 - 철도차량 운행에너지 실시간 측정의 경우 단순 데이터 취합 수준이 아니라 에코드라이빙에 대한 제시가 필요하며 기존 시뮬레이터 활용 검토 및 연비측정에 대한 정책지원 필요 - 철도역사 뿐만 아니라 철도차량 정비시설의 경우에도 신재생에너지 적용 검토 필요
2015.01.14	한국철도시설공단 한국기계연구원 KISTEP 대학교 교수 등 7인	- 세부과제명은 과제내용을 명확하게 반영할 수 있도록 수정 - 재난재해 및 기후변화에 대한 구체적인 시나리오 구성 필요 - 예상되는 재난재해로 인한 설계기준 변경에 대한 제시 필요 - 신재생에너지 분야뿐만 아니라 옥상녹화 등 생태학적 접근을 통한 역사 설계 및 시공 가이드라인 검토 필요 - 에코드라이빙에 대한 개념 명확히 제시

- 전문가 자문회의 및 중간평가 의견을 반영하여 세부과제 2개를 통합하여 축소하고, 해당과제에 신재생에너지 적용기술에 대한 내용을 추가하였으며, 각각의 세부과제명을 보다 구체적으로 작성하여 보완하였음.

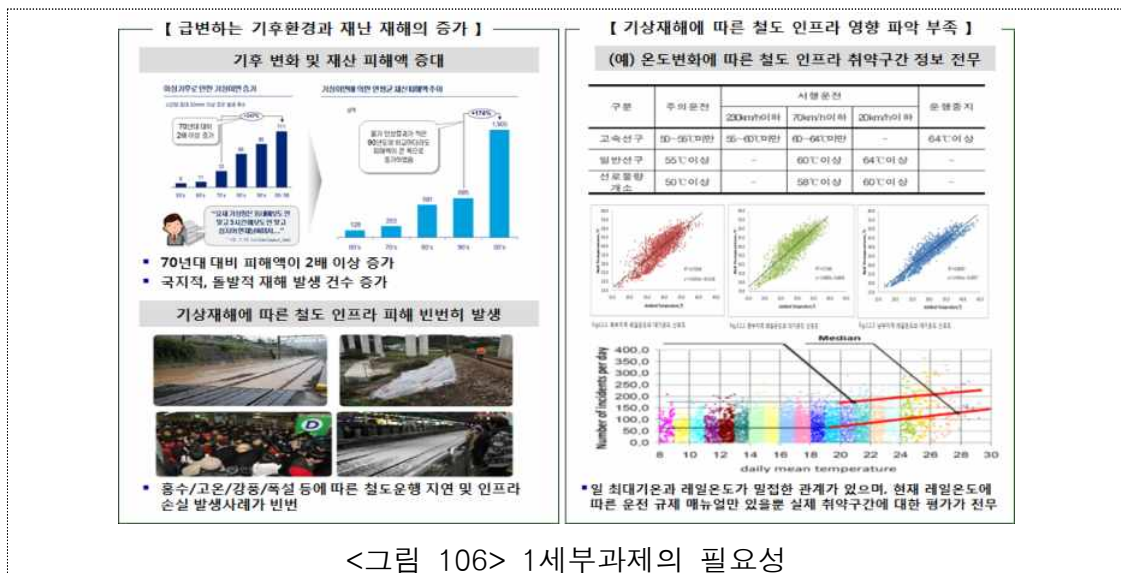


□ 세부과제별 우선순위는 정책 및 기술변화 동향, 현재 국가 R&D 추진 흐름, 해당분야의 특허 출원 및 논문 게재 현황, 전문가 자문의견 및 중간평가 결과 등을 모두 고려하여 세부과제의 순위를 설정하였음.

제1절 (1세부과제)기후변화에 따른 재해 조기대응을 위한 철도 부문 취약성 평가 및 적응기술 개발

1. 필요성

- 급변하는 기후환경과 재난재해의 증가에 따른 철도 인프라에 미치는 영향을 파악하기 위한 연구가 부족함.



- UIC, Network Rail 등 유럽을 중심으로 기후변화에 따른 철도 인프라에 미치는 리스크를 평가하여 적응전략을 수립 중에 있음.



- 유럽의 UIC에서는 Adaptation of Railway Infrastructure to Climate Change 프로젝트를 통해 기후변화의 영향에 대비하고 유지, 보수 및 투자비용에 대한 의사 결정권자가 신뢰할 수 있는 도구와 수단을 개발할 계획임.

Factor	Effect	Impact on Railways/Assets
Temperature		
High temperatures and heat waves	overheating	infrastructure & rolling stock equipment
Sudden temperature changes	tension	track buckling, slope fires, signaling problems
Intense sunlight	overheating	
Precipitation		
Intense rainfall	soil erosion, land slides, flooding	damage to embankments, earthwork
Extended rain periods	slower drainage, soil erosion	other infrastructure assets, operation
Flooding: coastal, surface water, fluvial	landslides, desiccation	drainage systems, tunnels, bridges
Drought	desiccation	earthworks desiccation
Wind		
Storm/gale (inland)	higher wind forces	damage to installations, catenary
Coastal storms & sea level raise	uprooting of trees	restrictions/disruption of train operation
Lightning strikes & thunderstorms	Coastal flooding	embankments, earthwork, operation
	Overvoltage	catenary and signaling
Vegetation	Faster plant growth, new plants	vegetation management

Priority	Resilience and future-proofing	Adaptability	Vulnerability
	Track buckling, railway equipment, track-related	✓	✗
	Windows of opportunity for track maintenance	✓	✗
	Incidence of long or shorted from equipment	✓	✗

Priority	Resilience and future-proofing	Adaptability	Vulnerability
	Track buckling, railway equipment, track-related	✓	✗
	Windows of opportunity for track maintenance	✓	✗
	Incidence of long or shorted from equipment	✓	✗

<그림 108> UIC 철도 인프라 기후변화 취약성 평가 예

- 과거 분석을 통한 철도 인프라의 취약 부분을 확인하고, 현재와 미래의 자연재해와 인프라 자산의 잠재적 영향을 파악하는 다단계적 접근을 통해 합리적인 자연재해 지도를 개발함.

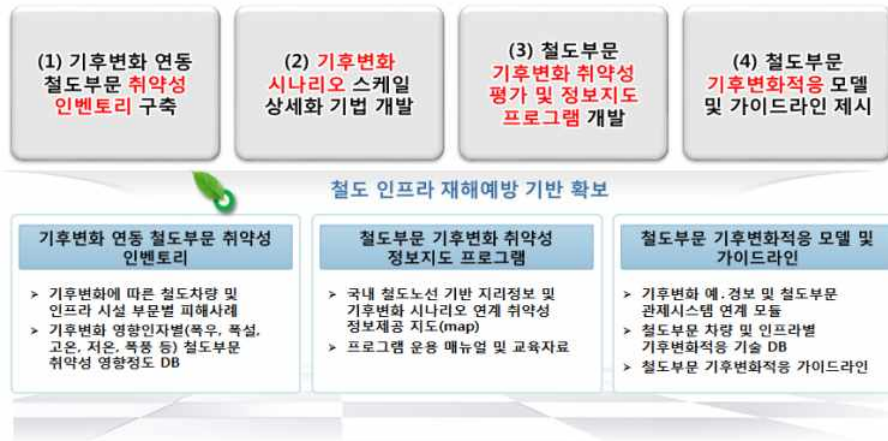
- 호주에서는 기후변화에 대하여 자산과 서비스에 대한 리스크를 평가하기 위해 수송부문 인프라의 취약성 평가를 진행하였으며, 수송부문 인프라 서비스는 도로, 철도, 터널, 다리, 공항 및 항구 부문으로 분류하였음.

2. 연구목표 및 세부연구내용

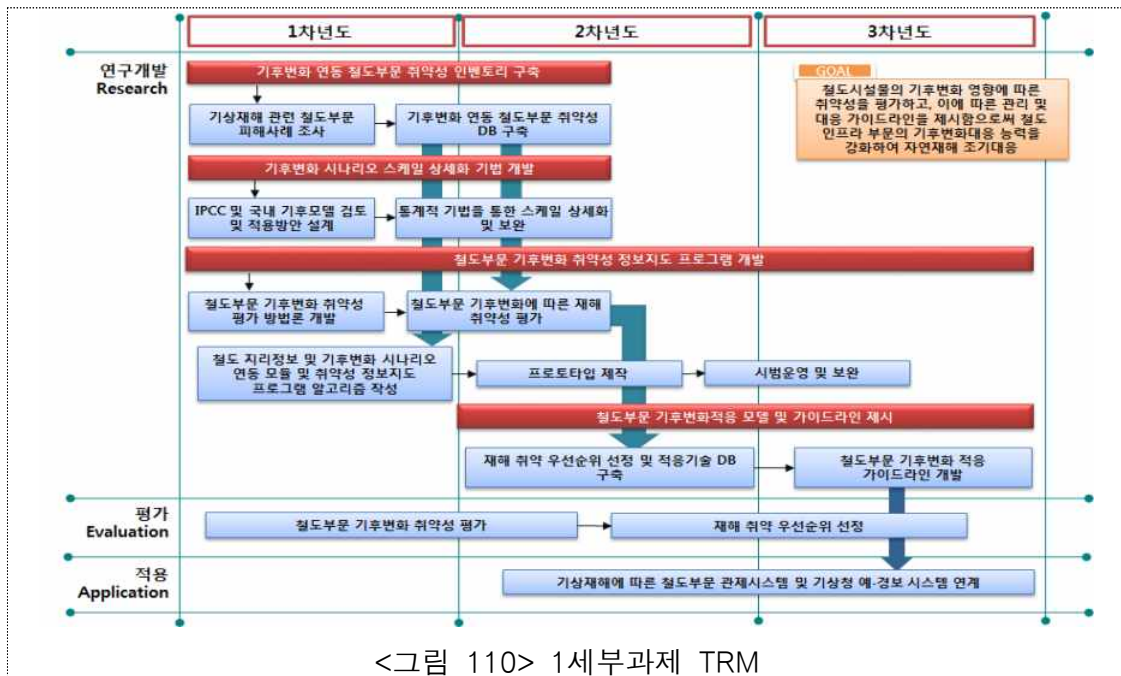
가. 연구목표

- 철도시설물의 기후변화영향을 사전 예측평가하고, 국내 기후변화 피해사례에 대한 인벤토리 구축을 통해 기후변화 예측 시나리오 설정 및 취약성을 평가하고, 이에 따른 관리 및 대응 가이드라인을 제시함으로써 철도 인프라 부문의 기후변화대응 능력을 강화하여 재난·재해에 조기 대응하고자 함.

철도시설물의 기후변화에 따른 취약성을 사전 평가하여 적응전략을 수립함으로써 기상재해 조기대응 능력 강화



<그림 109> 1세부과제 연구목표 및 내용



<그림 110> 1세부과제 TRM

나. 세부연구내용

□ 기후변화 연동 철도부문 취약성 인벤토리 구축

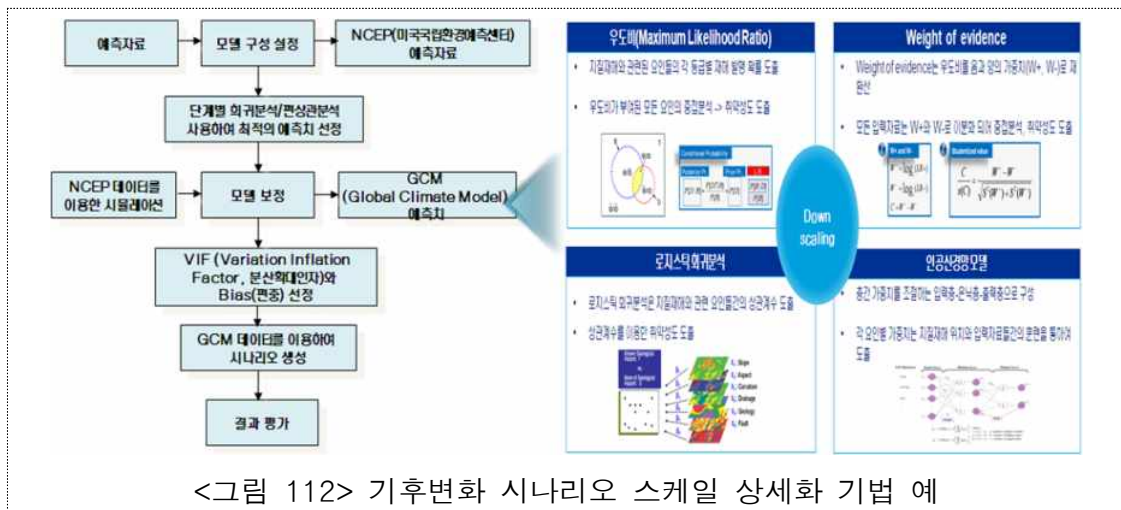
- 기후사상에 따른 철도부문의 사건사고 지점 위치 및 규모 속성 등에 대한 데이터베이스를 구축함.

요소		추세	영향	철도/자산에 대한 영향
1. 온도		분포패턴의 변화, 평균과 최대온도 상승		
	고온 및 열파		과열	인프라 장비 철도차량 장비
	급격한 기온 변화		수축 과열	좌굴(座屈)
	일사 강도 증가			좌굴, 사면화재, 신호전달 문제
2. 강수량		분포패턴의 변화, 극한 사건의 발생 증가		
	집중 호우	EXAMPLE	토양침식, 토지축면, 홍수	제방 및 토목공사 피해
	우기 기간 증가		느린 배수, 토양침식 산사태 토지 가뭄	다른 인프라 자산, 운영
	홍수:해안,지표수,하천			배수시스템, 터널, 다리
	가뭄			토지 가뭄
3. 풍향		분포 패턴의 변화, 극한 사건의 발생 증가		
	폭풍 및 돌풍(내륙)		강력한 풍속	설치물 및 전차선 (catenary) 피해
			강발(僵拔)	기차운영 방해/제한
	해안 폭풍 및 해수면 상승		해안지역 홍수	제방, 시설 피해
4. 번개 및 뇌우			과전압	장비 및 신호 전달 문제
5. 식생		식물의 성장 촉진, 새로운 식물		식생 관리

<그림 111> 기후변화 연동 철도부문 취약성 인벤토리 예

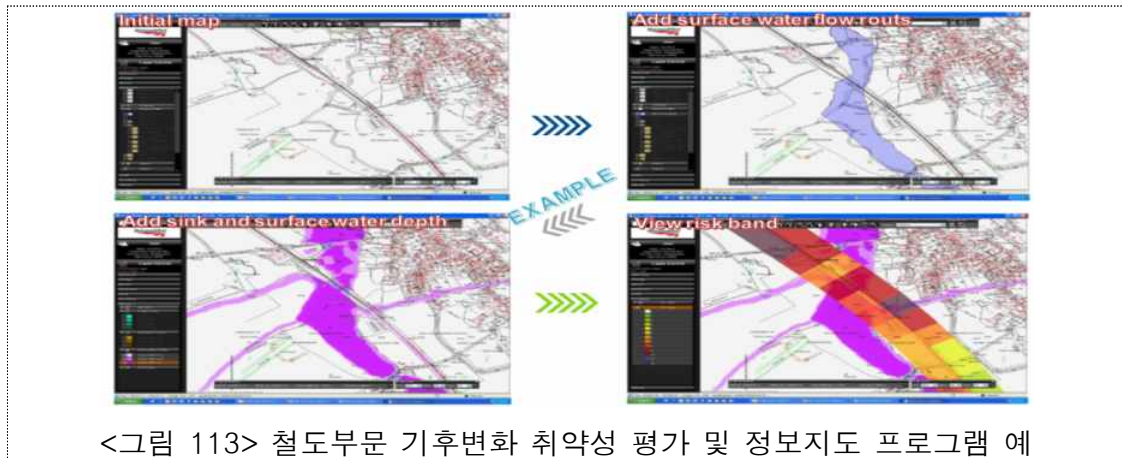
□ 기후변화 시나리오 스케일 상세화 기법 개발

- 기후모델을 철도부문의 취약성 평가에 이용하기 위해 통계적 기법을 토대로 스케일을 상세화함.



□ 철도부문 기후변화 취약성 평가 및 정보지도 프로그램 개발

- 기후시나리오에 따라 철도부문의 취약성을 정량적으로 평가하고 GIS 기반으로 해당정보를 시각화하여 제공함.



□ 철도부문 기후변화 적응 모델 및 가이드라인 제시

- 기후변화 적응기술에 대한 데이터베이스를 구축하여 철도부문의 적응 역량을 강화하기 위한 연구방안을 모색함.

기후변화	철도에 미치는 영향	가능한 적응전략
온도상승 및 더 잦은 열 충격	- 열팽창으로 인한 선로의 좌굴(buckling) - 철도 네트워크 내 기온 증가	- Rail stressing(온도에 따른 선로의 팽창 및 축소 고려) 같은 선로의 유지보수 절차 보유 - 그늘을 만들 수 있는 새로운 설계 기준 마련 - 차별화된 속도 제한 조치를 부과하기 위한 관리 절차 - 트랙, 트랙 센서, 선로의 수리 및 검사 - 기후 상황과 트랙 조건에 관한 업데이트된 경고 등 배포
더 잦은 가뭄 (토양수분 부족)	집중호우와 결합한 건조로 인한 더 많은 산사태 및 침하 발생	- 철도에 대한 영향 가능성 평가(risk mapping) - 정기적인 유지보수 및 고위험 선로에 대한 모니터링 - 고위험 지역의 신규 철도노선 건설 피하기
해수면 상승 및 해안침식	해안가 도시들에서 지하터널의 침수 및 철도 인프라의 침수 위험	- 위험지역 확인을 위한 지도 작성 - 고위험 지역의 개발 제한 - 해안가 식각관리 및 수문 계획 통합 - 완충대, 해안가 습지 보호, 지하 시스템 양수처리 같은 예방조치 강화
더 극단적인 강우 현상 및 홍수	- 지하터널과 철도노선 내 범람 증가 - 침식, 산사태 및 토양수분 증가로 인한 구조의 안전성 감소와 산호손상 - 노반의 안전성 약화 - 철도 하부 노반의 강도 및 배어링 용량 저하 - 인프라의 물리 증가	- 철도시설 운영 중상 및 집중호우 대비 신규 배수시설 건설 또는 개선 - 정기적인 배수 시스템 검사 - 위험지역에 대한 지도화 및 대체 노선 평가 - 신규 개발에 대해 침수 위험도 평가 의무화 및 고위험 지역의 개발 제한 - 인프라 보호, 침수권 및 해안가 관리 개선 - 지하에서의 습격대피 계획 수립 및 양수처리 시설 강화 - 고위험 지역 확인을 위한 위험성 지도 작성 및 고위험 지역 개발 제한 - 복구 시 노반 및 교량 등의 모니터링 조건 강화 - 유지보수 개선 - 물 무식제 같은 고내구성 재료 사용 - 설계기준 강화
더 센 강도의 빈번한 태풍	- 역사 및 인프라 건설, 교량, 교차로, 기차 플랫폼, 거리조명 및 신호 손상 - 해수면 상승 및 높은 조수와 더불어 강한 바람이 부는 동안 바다에 의한 침수 위험 - 강한 바람으로 인해 차량 또는 빌딩 재해, 떨어진 나무로 인한 철도 노선 차단 - 낙엽으로 인한 철도의 안전성/흡착 감소 - 전기시스템 또는 철도신호의 낙뢰발생 증가 - 낙뢰로 인한 전기신호 시스템 중단	- 조기경보 시스템 설치 및 재난 리스크 관리 - 철도 인프라를 위한 바람막이 설치 - 신호장비의 적응 설계기준 마련

<그림 114> 철도부문 기후변화 적응 가이드라인 예

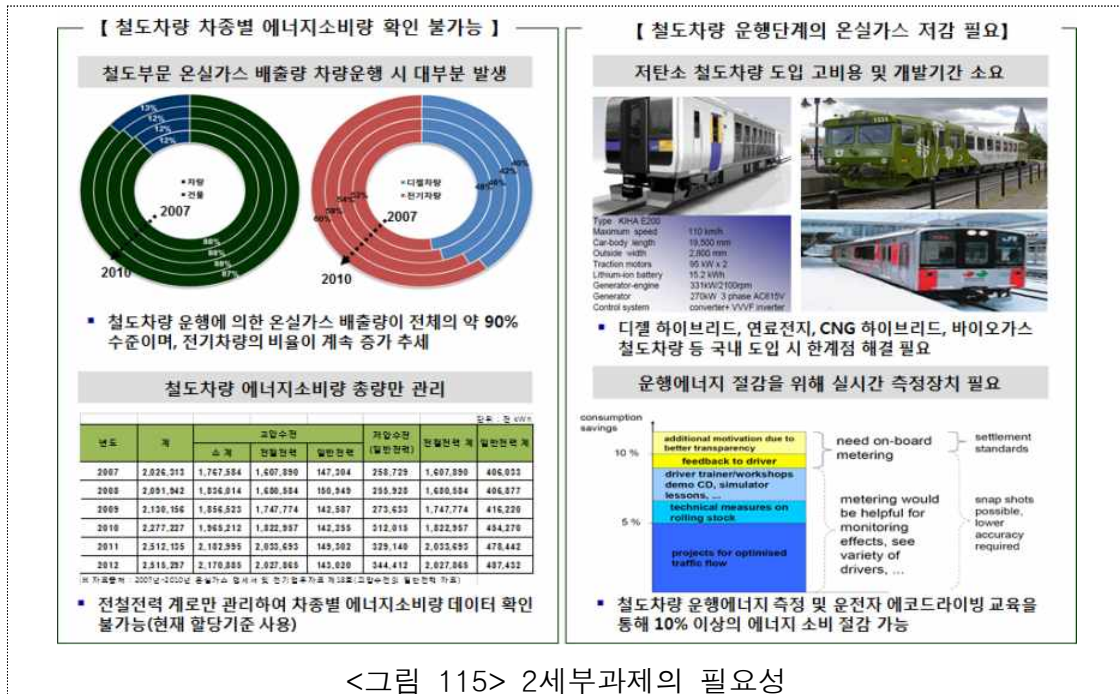
3. 활용 방안

- 지자체뿐만 아니라 국가차원에서 철도부문의 기후변화적응 역량을 평가하여 재난재해 예방을 위한 투자 시 기초자료로 활용 가능하며, 신규 철도노선 건설 시 기후변화를 고려한 설계 가이드라인을 마련할 수 있는 기반을 구축함.

- 기후변화 취약성 평가를 기반으로 위험도 지역에 대한 대책 수립 및 기술 개발 항목을 도출하여 후속 R&D 추진에 활용함.

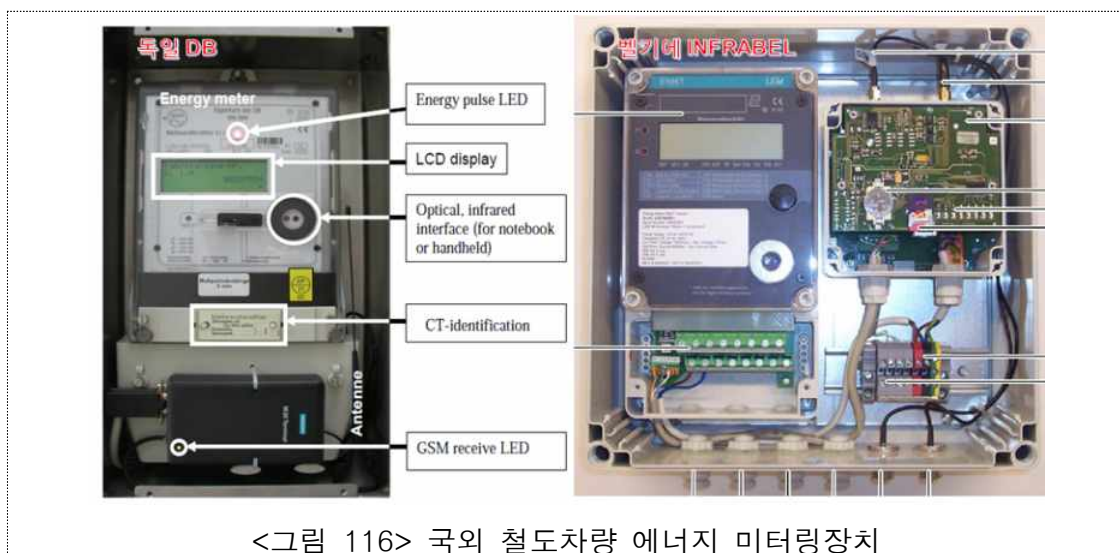
제2절 (2세부과제)철도차량 운행에너지 실시간 측정을 통한 온실가스 저감기술 개발

1. 필요성

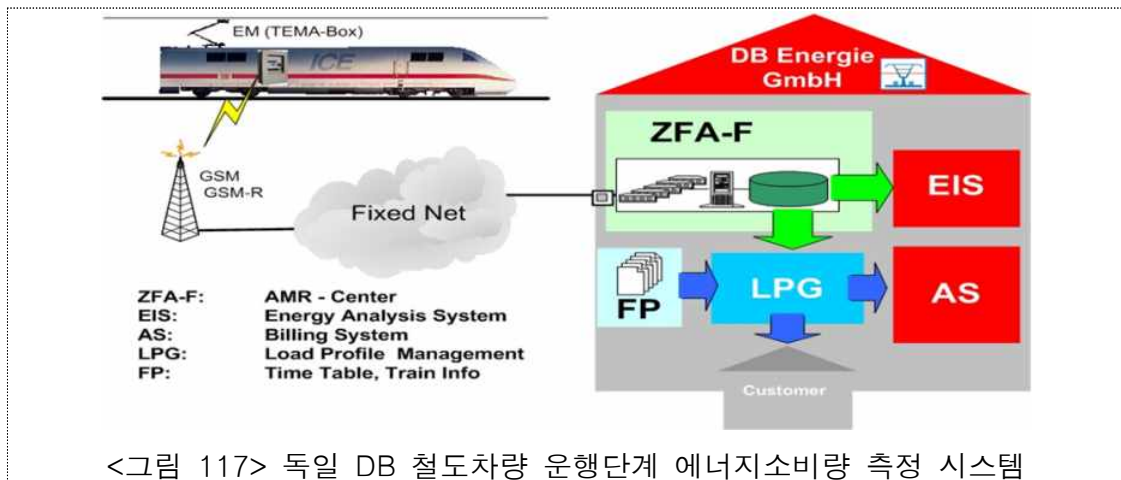


<그림 115> 2세부과제의 필요성

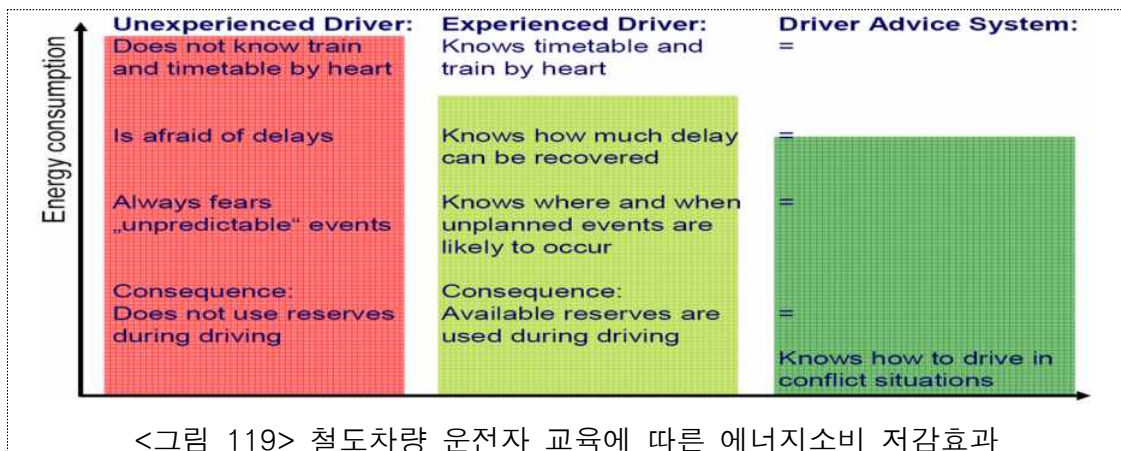
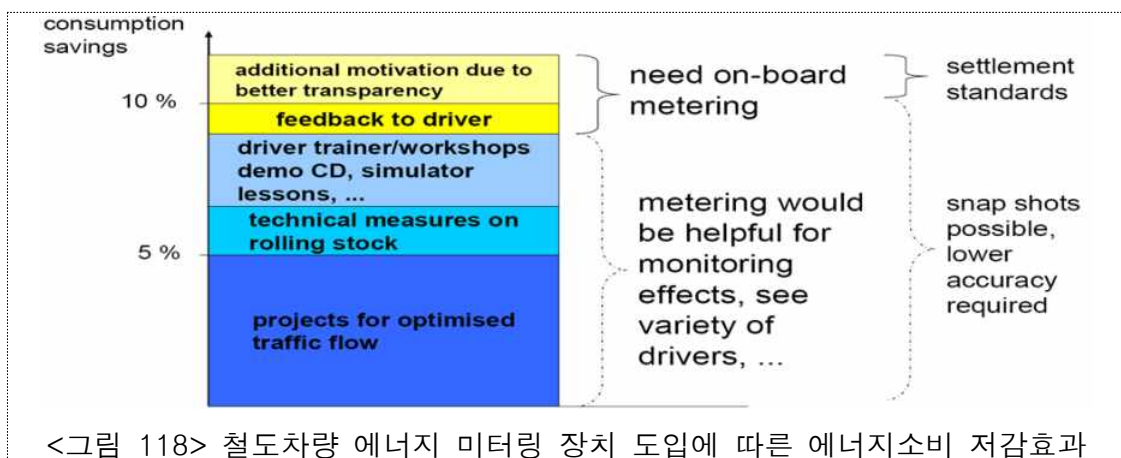
- 독일 DB(Traction Energy Measurement and billing, TEMA)를 비롯한 스위스 SBB, 네덜란드 NSB 등 유럽 철도운영기관에서 도입하고 있는 실정임.



<그림 116> 국외 철도차량 에너지 미터링장치



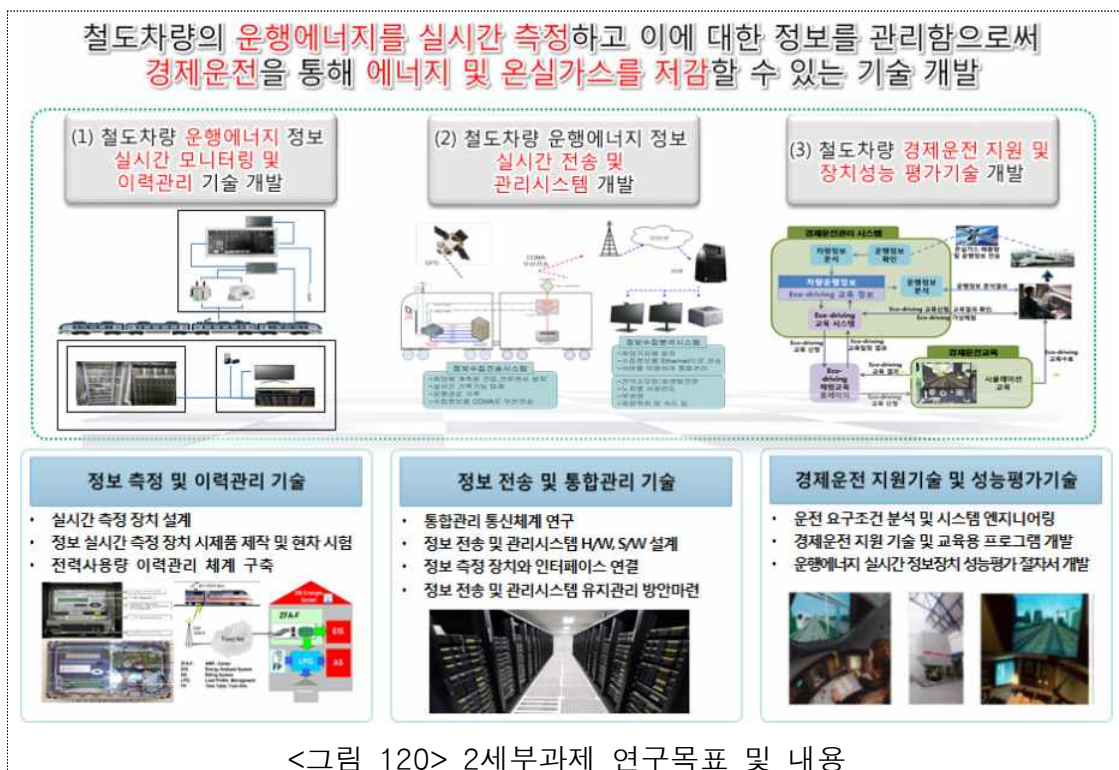
- 철도차량의 운행에 따른 에너지 소비량을 실시간 측정하여 운전자의 에코드라이빙 및 에너지 소비(온실가스 배출) 저감을 유도함.

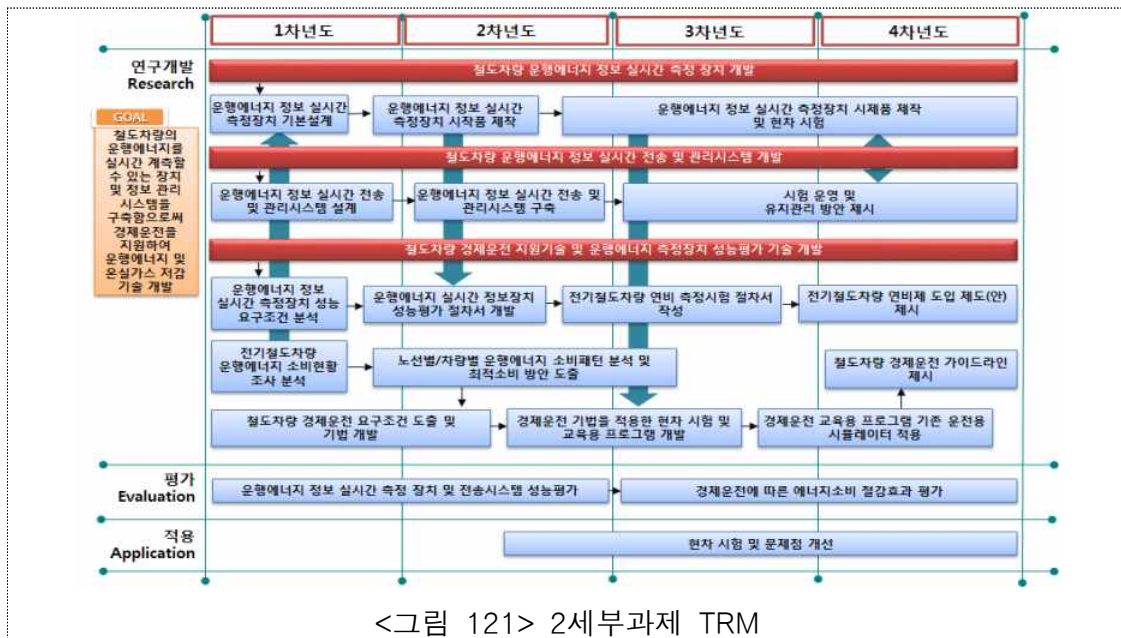


2. 연구목표 및 세부연구내용

가. 연구목표

- 철도차량의 운행 단계에서 소비되는 전력에너지를 실시간(real time)으로 측정하여 운영기관 서버로 즉시 전송이 가능하도록 인터페이스를 구축함으로써 차종별 전력에너지 소비량 데이터 수집이 가능하도록 기술을 개발하고자 함.
- 스마트미터링을 통해 철도차량의 운행 구간에서 소비 전력에너지에 대한 데이터베이스를 구축하고 패턴 분석을 통해 다소비 구간의 원인을 파악하여 에코드라이빙을 위한 최적 운행패턴 도출에 활용함.
- 철도차량의 실제 운행 시 발생하는 전력에너지 소비패턴을 분석하여 해당 노선에서의 최적 에너지 소비가 가능한 운행패턴을 도출하고, 이를 운전자에게 교육할 수 있는 교육 프로그램을 개발하여 철도차량의 운행에너지 소비량의 10% 이상 절감을 목표로 함.





나. 세부연구내용

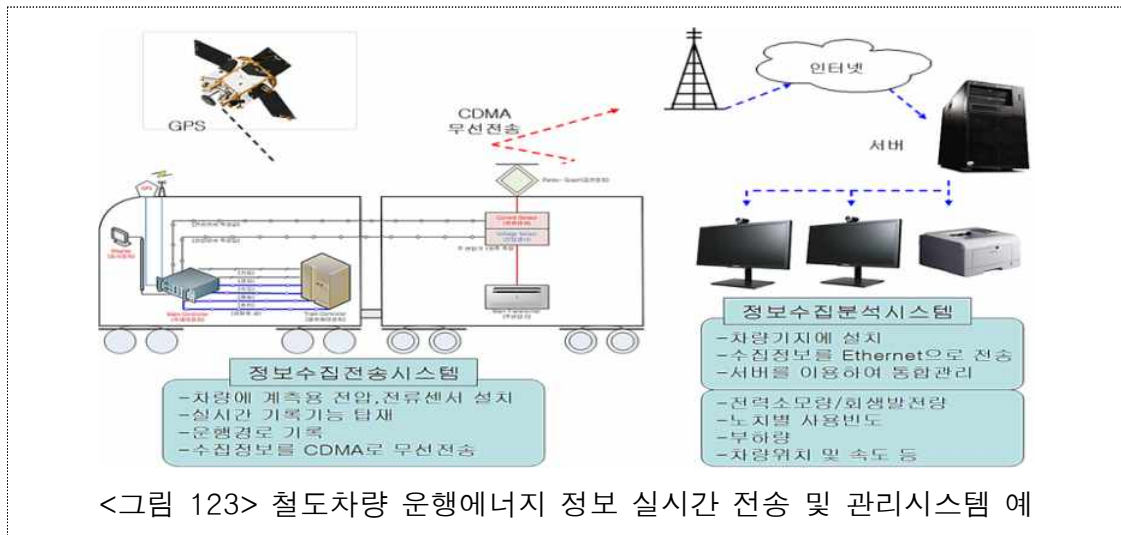
□ 철도차량 운행에너지 정보 실시간 모니터링 및 이력관리 기술 개발

- 철도차량의 운행단계에서 실시간(real time) 소비전력 및 운행모드, 위치 정보 등을 측정할 수 있는 모니터링 장치를 개발함.



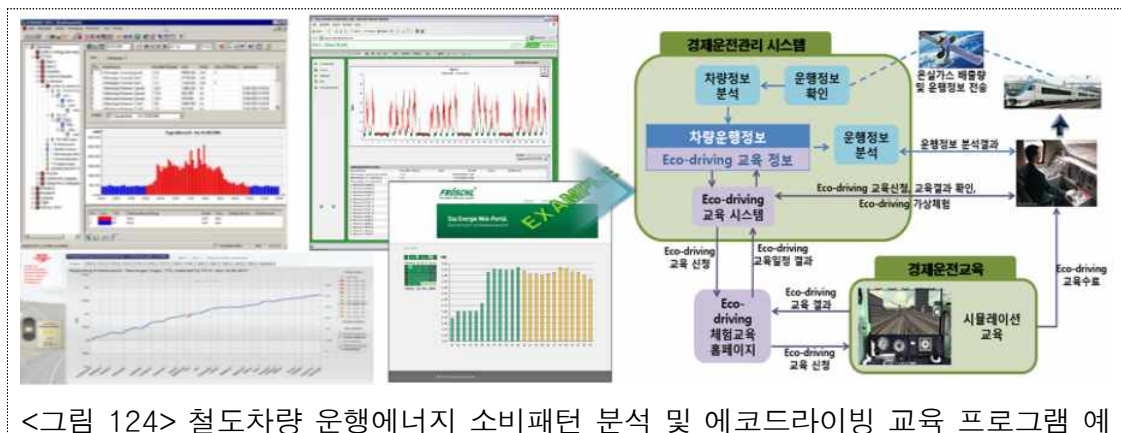
□ 철도차량 운행에너지 정보 실시간 전송 및 관리시스템 개발

- 철도차량의 운행 단계에서 소비되는 전력에너지를 실시간으로 측정하여 운영 기관 서버로 즉시 전송이 가능하도록 인터페이스를 구축함으로써 차종별 전력에너지 소비량 데이터의 수집이 가능함.



□ 철도차량 경제운전 지원 및 장치성능 평가기술 개발

- 철도차량의 실제 운행 시 발생하는 전력에너지 소비패턴을 분석하여 해당 노선에서의 최적 에너지 소비가 가능한 운행패턴을 도출하고, 이를 운전자에게 교육할 수 있는 에코드라이빙 교육 프로그램을 개발함.



3. 활용 방안

- 수요처인 한국철도공사의 2013년 ‘운전용 연료소비량 측정 장치 도입계획’에 따라 전기철도차량의 경우에 기 설치된 적산전력계의 개량 및 미설치된 차량에 도입이 시급함에도 불구하고, 개발비용에 대한 현실적인 문제로 인해 해당 계획이 보류된 상태로 본 과제의 기술개발을 수요처와 연계하여 추진함으로써 실용화를 조기에 달성할 수 있을 것으로 판단됨.

- (경유) 연료사용량 측정장치 미설치된 동력차에 경유사용량 측정장치 추가설치 추진 (210대 예정)
 - ✓ 소요예산 : 약 45억원 (대당 2,145 만원)
- (전기) 기존설비는 구간별 사용량 실적관리를 위해 MMI화면에 사용량 표출 및 데이터 저장될 수 있도록 개량
 - ✓ 소요예산 : 약 6.4억원(개량비용)
 - ✓ 적산전력계 설치 : 756량 1,621억, 설비개량 : 1년/6.4억원 예상(엔지니어링센터-916)
- (향후 도입 차량) 차량제작 시 연료사용량 측정장치 설계에 반영하여 도입

구분	분석내용
고속열차	◦ KTX : 적산전력계(전기량 측정) 미설치 ◦ KTX-산천 : 적산전력계(전기량 측정) 설치(24편성)
동력차	◦ DL : 연구원의 연구과제 수행을 위해 경유사용량 측정장치(3량) 설치 * 과제명 : 철도 주요선구(경부.호남.장항선) 연료사용량 분석 및 표준연비 산출 * 승무원의 연료사용량 편차 : 약 6.3 ~ 35.2%(첨가제 현차시험 결과보고) ◦ 8000호대 : 적산전력계(전기량 측정) 미설치 ◦ 8100 ~ 8200, 8500호대 : 적산전력계(전기량 측정) 설치
동차	◦ 누리로 : 적산전력계(전기량 측정) 8편성 설치(16대) ◦ RDC, CDC : 경유사용량 측정장치 미설치
광역차량	◦ ITX-청춘 및 전동차량 전량 미설치

<그림 125> 한국철도공사 운전용 연료소비량 측정 장치 도입계획(2013)

- 광역철도 차량뿐만 아니라 운행에너지 정보측정 장치는 도시철도 차량에도 충분히 활용이 가능하며, 변전소 피크전력 관리와 연계하여 본 과제 수행 시 해당내용을 반영한 기술개발을 추진할 수 있음.
- 수요처의 기술수요를 고려한 시장성 평가를 통해 중소기업으로의 기술이전 및 기술개발 성과물에 대한 성능검증을 철도기준 규격에 맞도록 진행함으로써 조기에 실용화가 가능하도록 지원함.

제3절 (3세부과제)에너지자립형 철도 인프라 설계·시공 관리 및 신재생에너지 적용기술 개발



1. 필요성

□ (에너지자립형 철도인프라 설계·시공 관리 및 신재생에너지 적용기술 개발)

현재 철도시설의 에너지 관리는 운영단계에 국한된 관리만을 진행하고 있는 실정이며 기존 철도시설의 신규 시스템 및 계측 인프라 도입 시 공간 등의 제약으로 인한 구축의 어려움, 중복투자 등의 한계 존재함.

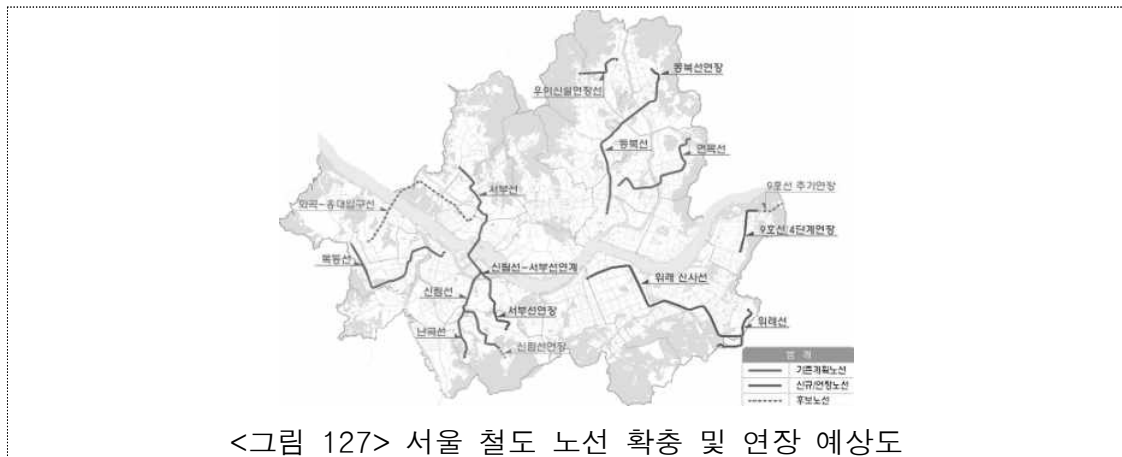
○ 역사의 설계, 시공 단계의 에너지 소비항목 등을 분석하여 각 단계별로 효과적이고 합리적인 의사결정을 위한 가이드라인을 제공함으로써 에너지 사용량 절감 목표를 달성할 수 있도록 도와주는 기술이 필요함.

- 각 단계에서 특정요소가 다른 단계에서 미치는 요인 등을 분석하여 세부적인 관리가 가능할 수 있어야함.

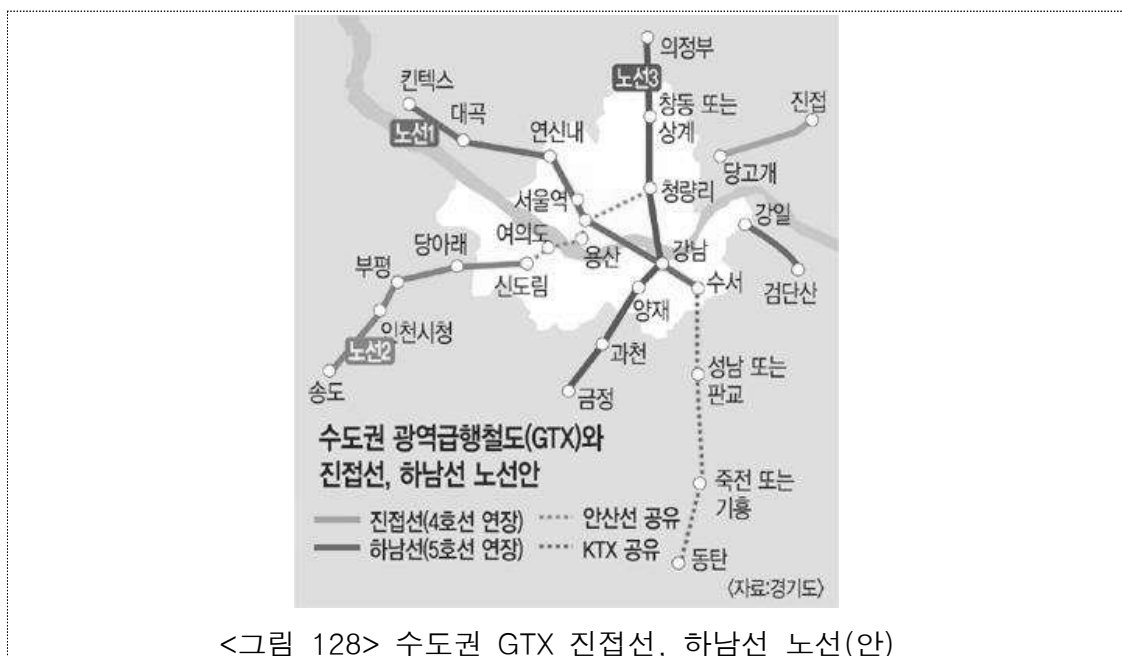
□ (에너지 절감 필요 수요의 증가) 철도의 기능만을 수행하는 역사보다 복합기능

을 가진 철도역사 요구되고 있으며 고속철도, GTX 등의 신규 철도 건설로 인한 역사 신축 및 리모델링 수요가 증대되고 있음.

- 현재 14년 착공 된 전철사업만 11개로 420.6km 노선이 확충 및 연장 예정으로 기반시설인 역사 신축에 대한 요구가 증대됨.



- 수도권 교통난 완화를 위해 GTX 전체 사업의 기본계획 수립 위한 예산이 배정될 계획임.



- 내용연수가 경과된 역사가 26.8%로 노후화된 역사의 안전성, 편의성 등의 개선의 이유로 역사 리모델링에 요구가 증대됨.



<그림 129> 마산역 리모델링 전 후 비교

- 신규 노선 예정 및 건설 중인 철도 노선

<표 54> 예상 신규 노선 및 해당 역 수

동해선_포항~삼척간 철도건설 노선	신규역사수 : 19개 총 건설거리 : 165.861 km	
제천도담 복선전철	신규역사수 : 4개 총 건설거리 : 17.4 km	

부전마산 복선전철	신규역사수 : 6개 총 건설거리 : 30.4km	
서해선 : 홍성~송산 복선전철	신규역사수 : 8개 총 건설거리 : 89.239km	
성남 여주선 : 판교~여주 복선전철	신규역사수 : 11개 총 건설거리 : 53.8km	
소사원시선 : 소사~원시 복선전철	신규역사수 : 13개 총 건설거리 : 23.313km	
원주강릉선	신규역사수 : 9개 총 건설거리 : 118.643km	

이천 충주문경선	신규역사수 : 9개 총 건설거리 : 94.3km	
장항선 2단계	신규역사수 : 4개 총 건설거리 : 33.13km	
원주제천 복선전철	신규역사수 : 5개 총 건설거리 : 41.1km	
덕소~원주 복선전철	신규역사수 : 18개 총 건설거리 : 90.4km	

영천~신경주	신규역사수 : 미정 총건설거리 : 25.6km	
양산 도시철도 (노포-양산선 연장)	신규역사수 : 7개 총건설거리 : 12.51km	
천안~청주공항 북선전철	신규역사수 : 1개 총건설거리 : 56.1km	
소사~대곡선	신규역사수 : 1개 총건설거리 : 19.6km	
삼성~동탄 광역급행철도	신규역사수 : X 총건설거리 : 39.5km	
별내선 (서울8호선 연장)	신규역사수 : 6개 총건설거리 : 12.906.km	

□ (건물에 의한 에너지 소비절감 필요성 및 운영단계 관리의 한계 극복) 건물이 차지하는 에너지 소비량이 우리나라 전체 에너지 소비량의 24%를 차지하며, 운영단계에서 에너지 관리시스템 도입은 시설 투자의 중복 등으로 인하여 경제성 및 효율성이 떨어지므로 설계단계에서부터 관리 계획이 필요함.

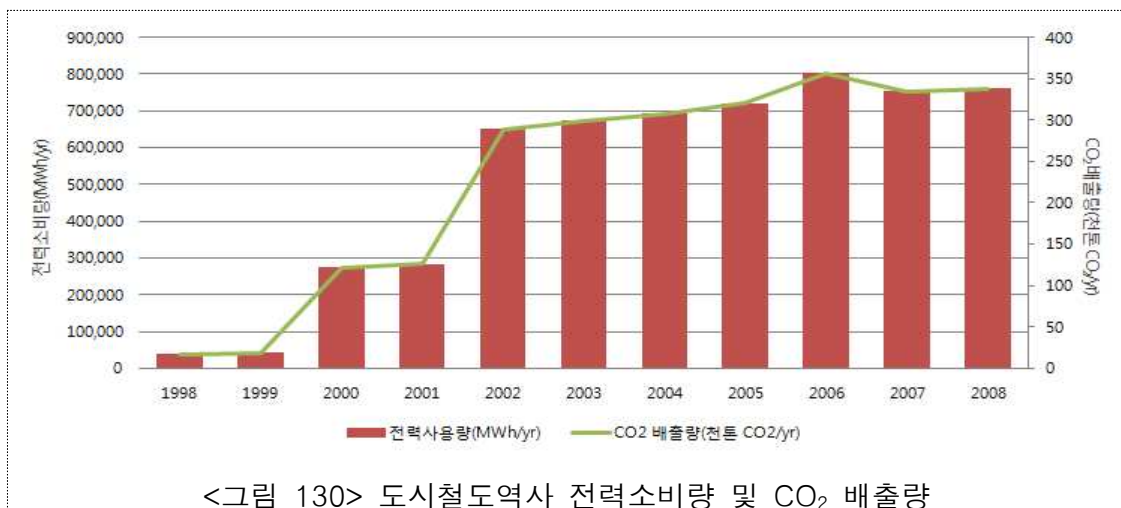
○ 단계별 세부 감축 가능 항목 등을 DB화하고 각각의 연계성 및 영향을 분석하여 통합 관리할 경우 큰 효과가 있을 것으로 예상됨.

□ (역사 내 소비에너지의 대체 필요) 정부의 신재생에너지 보급 정책에 따라 신규 건물의 운영에너지에 대해 신재생에너지를 최소 10%에서 단계적으로 적용 비율을 높여야 함.

○ 기후변화대응 철도분야 온실가스 저감방안 연구('10)에 따르면, 철도역은 역사운영설비를 비롯해 전력소비가 많은 곳으로 2008년 기준 도시철도역사(기타 시설물 포함)에서의 전력소비량은 약 762,142 MWh 이었으며, 간선철도에서의 전력소비량은 약 261,438 MWh로 나타남.

○ 일부 역사에서 신재생에너지(특히, 태양광)가 적용되어 냉난방 및 전력공급에 이용되고 있으나 그 자립율은 10% 이내로 여전히 많은 양의 에너지를 외부에서 구입해오고 있음.

○ 역사 내 전력에너지 소비에 따른 탄소배출량은 454 천tCO₂로 이를 줄이기 위한 방안 모색이 필요함.



□ (역사 내 에너지 자립도 향상을 통한 탄소저감 도모) 역사 내 에너지 소비의 대부분은 전력이며, 전력에너지를 신재생에너지로 대체 공급 시 에너지 자립도 향상 및 탄소저감 효과가 큼.

- 역사 내 탄소배출은 전력에 의한 간접배출로 외부 공급 전력의 자체 수급 시장기간의 효과를 볼 수 있음.
- 현재 건설 중인 신규 역사에는 태양광 발전 설비를 비롯한 신재생에너지 설비가 시공 중에 있음.

- 가장 손쉽게 설치할 수 있는 태양광 발전 설비의 경우, 전력생산 후 공급 시 약 0.6 kgCO₂/kWh를 저감할 수 있음.

- 역사는 복합시설로 에너지절감 및 신재생에너지원 요소가 일반 건물에 비해 상대적으로 높아 다양한 신재생에너지 적용이 가능함.

- 현재 신규역사 신축 시 적용 가능한 신재생에너지로 태양광, 지열, 풍력만 고려되고 있으나, 지하에 건설되는 역사의 경우 지하유출수를 이용한 에너지 기술, 바이오매스 기술 등 다양한 신재생에너지 적용이 가능함.

- 역사 이용고객이 철도 역사 게이트 출입구 통과 시 게이트에 설치된 압전 소자를 밟게 됨으로써 전력을 생산하고 이를 저장하여 역사 내 필요한 곳에서 사용할 수 있는 신재생에너지 기술 적용이 가능함.

- 역사 스크린도어 외부에 열차풍을 이용한 소형 풍력발전 설비를 설치하여 전력을 생산하는 신재생에너지 기술 적용이 가능함.

- 철도차량 정비시설 유휴공간에 안정성 분석 결과 후 태양열 설비를 설치하여 철도차량 정비시설 내 온수를 공급할 수 있는 신재생에너지 기술 적용이 가능함.

- 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 제 12조제2항 및 동법 시행령 제15조, 건축법시행령 별표 1 및 철도건설법 제2조에 따라 철도시설

은 신재생에너지 공급의무 대상 건축물에 속하며, 철도시설에는 철도의 선로, 역 시설, 차량 정비기지, 선로 보수기지 등이 포함됨.

- 하지만 승무사무소, 검수고(기관차 검수 및 정비고), 전기실, 건널목처소 등은 건축법 제3조에 정의된 “운전보안시설”로 건축법 적용제외 시설로 분류되어 신재생에너지 공급의무 대상 건축물에서 제외되어 철도차량 정비시설을 신재생에너지 공급의무 대상에 포함시키면 에너지절감 효과가 클 것으로 예상됨.

<표 55> 철도 인프라 시설 구조별 면적

(단위 : m²)

구 분		계		목조, 기타		경량철골		조적조		철골-철근콘크리트	
		동수	면적	동수	면적	동수	면적	동수	면적	동수	면적
지역 본부별	서울	270	430,315	7	559	14	1,441	81	10,120	168	418,195
	수도권서부	511	830,448	13	1,249	17	1,095	98	17,610	383	810,494
	수도권동부	536	713,371	6	376	30	3,804	116	12,452	384	696,739
	강원	234	73,500	7	273	35	7,312	141	15,979	51	49,936
	충북	401	82,897	11	1,214	26	549	272	25,711	92	55,423
	대전충남	566	519,262	8	1,063	23	2,868	198	29,075	337	486,256
	전북	229	111,835	7	357	42	3,175	67	9,645	113	98,658
	광주	270	127,42	4	209	62	8,419	65	7,571	139	111,229
	전남	234	111,240	13	1,415	37	2,030	82	9,181	102	98,614
	경북	336	79,119	22	1,663	39	5,038	194	21,482	81	50,936
	대구	442	280,974	38	5,505	57	3,185	160	15,192	187	257,092
	부산경남	594	397,987	47	2,948	100	12,323	194	22,444	253	360,272
	오송고속시설	131	38,943	11	498	15	523	-	-	105	37,922
	경주고속시설	54	40,624	-	-	6	2,403	-	-	48	38,221
	합계	4,808	3,837,943	194	17,329	503	54,165	1,668	196,462	2,443	3,569,987
차량 정비단	수도권차량	33	205,026	-	-	4	490	-	-	29	204,536
	부산차량	101	186,967	1	1,441	30	4,202	15	1,620	55	179,704
	대전차량	92	177,834	-	-	7	545	14	1,083	71	176,206
	합계	226	569,827	1	1,441	41	5,237	29	2,703	155	560,446

- 철도 지사 및 본부, 철도 차량정비창의 2013년 전력 사용량은 352,643,097kw이며, 신재생에너지 의무할당 비율 10%를 적용하면 연간 35,264,310kw의 전력을 절감할 수 있어 연간 약 40억 원의 비용절감 효과가 있음.

<표 56> 철도 인프라 시설 전력사용량

(단위 : kW)

구분 년도	지사 및 본사	철도차량 정비창	합계	신재생에너지 의무할당비율	단가 (원/kwh)	비용전환금액 (원)
2011	317,563,078	11,576,734	329,139,812	32,913,981	89.02	2,930,002,606
2012	334,757,475	9,654,622	344,412,097	34,441,210	101.97	3,511,970,153
2013	343,453,059	9,190,068	352,643,097	35,264,310	116.18	4,097,007,501

□ (역사 적용 신재생에너지 최적가용기술(BAT) 분석 표준 필요) 현재 철도 역사에 적용되는 신재생에너지는 특별한 적용 기준이 없이 보여주기 식으로 설치되고 있음.

- 역사 내 에너지 자립율 향상과 저탄소 역사의 실현을 위해서는 역사 신재생에너지의 올바른 적용을 위해 기술성, 경제성, 환경성 등 복합적인 항목을 고려해 적정기술로의 평가가 우선시 되어야 함.

2. 연구목표 및 세부연구내용

가. 연구목표.

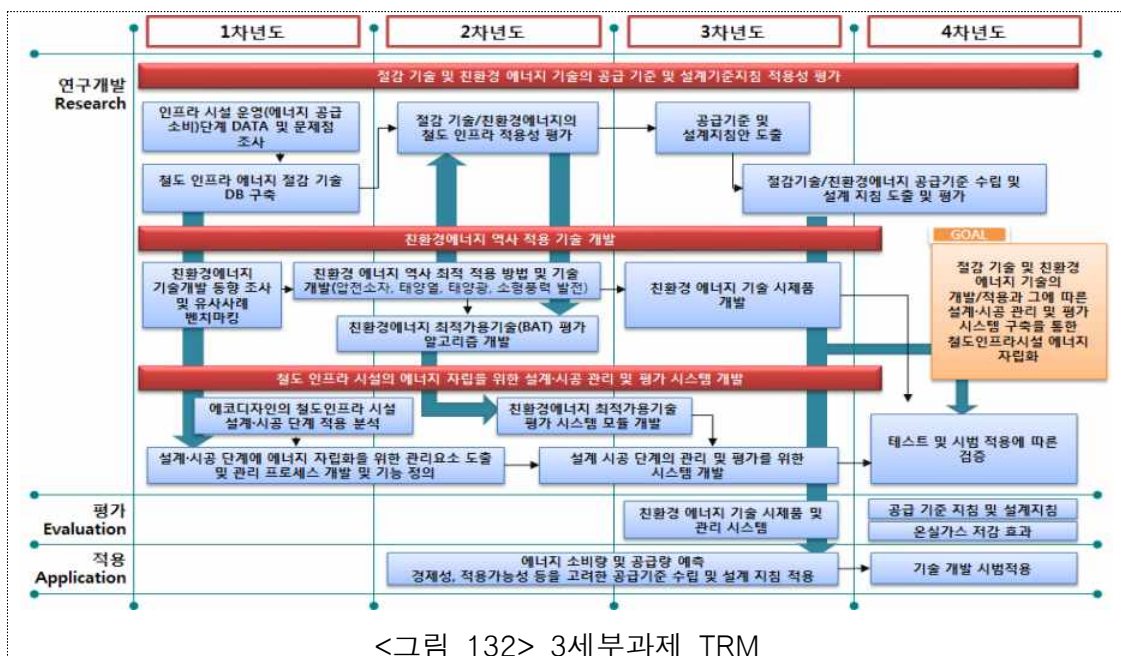
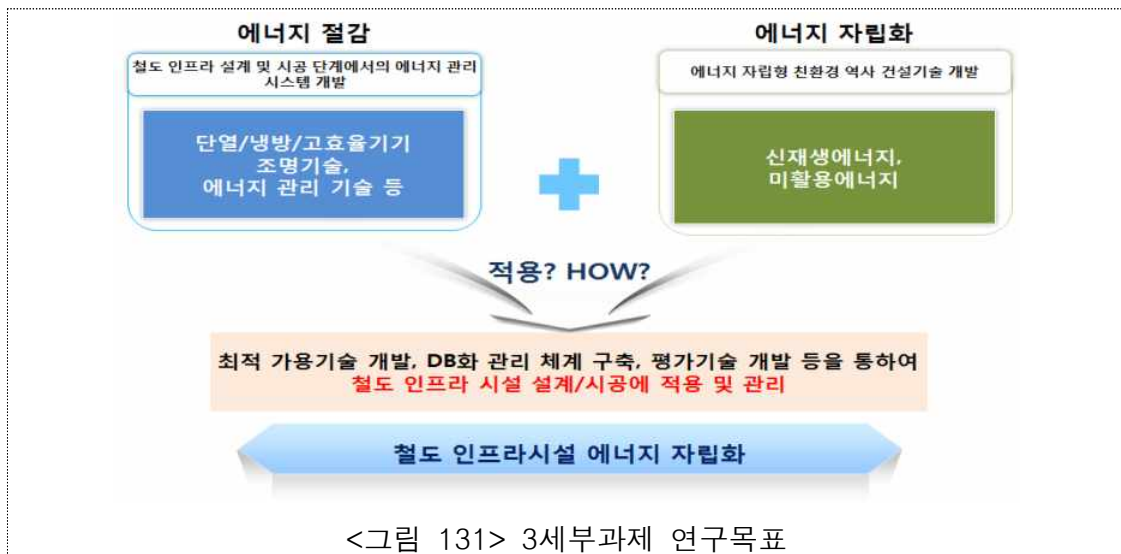
□ (3-1. 에너지 자립형 철도 인프라 설계·시공 관리 기술 개발) 기존 시설 대비 15% 이상 에너지 절감 효과를 달성하고자 함.

- 설계/시공 단계에 온실가스 절감을 위한 관리요소 도출 및 관리 프로세스 개발
- 절감 기술 및 신규 특허 기술의 설계/시공 단계 적용 분석 및 가능 List 도출
- 실제 실현 가능 기술 평가 및 선정
- 절감 기술의 철도 인프라 시설 설계 기준 지침 적용성 평가

□ (3-2. 에너지 자립율 향상을 위한 역사 친환경에너지 기술 개발) 친환경 에너지(신재생에너지 등) 적용을 통한 에너지자립형 친환경 역사 건설로 역사 운영 에너지 자립 50% 이상 달성하고자 함.

- 친환경 에너지 역사 최적적용방법 개발

- 친환경에너지 철도역사 공급기준 수립
- 개발 기술 적용 시뮬레이션 및 시범 적용 및 실증화
- 에너지 자립을 향상을 위한 역사 친환경에너지 기술 개발



나. 세부연구내용

(1) 3-1. 에너지 자립형 철도 인프라 설계·시공 관리 기술 개발

□ (역사 건축 기술 및 에너지 자립을 위한 기술 동향 분석) 에너지 자립형 철도 인프라 구축을 위한 건설 단계별 에너지 사용인자 도출을 위한 사전조사

○ 운영단계 자료 및 문제점 조사

- 실제 운영상 장애요소 및 운영 단계 에너지 절감 기술 조사
- 설계/시공 단계에서 예방방안 및 절감 인프라 구축 방안 도출
- 해당 선로별 수전 현황부터 구간 별, 주요 활동별, 역사별, 기기별 에너지 사용량을 조사하고 다양한 유형의 에너지 사용패턴을 DB화하여 비교 분석
- 그에 따른 효율성 분석 고효율 사례 조사

<표 57> 운영 자료 조사(예)_전철변전소 수전 현황

선별	변전소 명칭	용량				`13년			한전 변전소
		설비 [kVA]	계약 [kW]	단위 [MVA]	종별	최대전력 (kW)	평균전력 (kW)	부하율 (%)	
고속선	안 산	210,000	105,000	75/100 (고배 5별도)	(을)B-II	33,141	6,681	20	일 동
	평택	256,000	128,000	90/120 (고배 8별도)	(을)B-II	39,623	8,467	21	추 팔
	신청주	248,000	124,000	93/124 (고배 3/4포함)	(을)B-II	37,695	8,969	23	청원
	옥천	250,000	125,000	90/120 (고배 5별도)	(을)B-II	37,216	8,345	22	옥천
	김천	250,000	125,000	90/120 (고배 5별도)	(을)B-II	37,135	8,052	22	김천
	대구	190,000	125,000	60 (고배 5별도)	(을)B-II	25,449	5,566	33	범물
	울산	190,000	95,000	90 (고배 5별도)	(을)B-II	27,752	5,867	31	울주
	부산	190,000	95,000	90 (고배 5별도)	(을)B-II	26,238	5,929	35	노포
경부선	구로	255,000	127,500	60/80 (고배 7.5별도)	(을)B-II	58,632	29,458	58	구로,구공
	군포	99,000	99,000	33 (고배 3포함)	(을)B-II	38,430	19,608	56	의왕
	평택	120,000	60,000	30/40	(을)B-II	26,628	12,909	54	송탄
	조치원	120,000	45,000	45/60	(을)B-I	11,872	3,206	27	조치원
	옥천	80,000	40,000	30/40	(을)B-I	6,384	1,108	16	옥천
	직지사	80,000	40,000	30/40	(을)B-I	9,688	8,083	17	금릉
	사곡	80,000	80,000	30/40	(을)B-II	11,760	10,295	33	남구미
	경산	120,000	45,000	45/60	(을)B-I	9,744	7,793	22	노변
가야선	밀양	120,000	45,000	45/60	(을)B-I	10,808	10,640	27.4	초동
	가야	280,000	140,000	90/120 (고배 10별도)	(을)B-I	8,415	8,401	45.2	범천
경전선	진례	80,000	30,000	30/40	(을)B-I	5,933	5,557	17.7	신김해
	군북	80,000	40,000	30/40	(을)B-I	6,104	6,028	17	가야
호남선	계룡	120,000	45,000	45/60	(을)B-I	10,304	3,027	30	신계룡
	익산	120,000	45,000	45/60	(을)B-II	11,536	10,150	34	이리
	백양사	120,000	45,000	45/60	(을)B-I	9856	9750	26.2	고창
	노안	80,000	40,000	30/40	(을)B-I	6944	6806	28.8	평동
	일로	80,000	40,000	30/40	(을)B-I	7000	6977	24.6	영암
충북선	증평	80,000	40,000	40	(을)B-I	8,019	1,259	16	증평

	총 주	80,000	40,000	40	(을)B-Ⅰ	4,088	3,626	23.1	총 주
경의선	고양기지	280,000	140,000	90/120 (고배 15/20별도)	(을)B-Ⅱ	40,996	10,766	26	능 곡
경인선	주 안	66,000	66,000	33 (고배 3포함)	(을)B-Ⅱ	17,724	8,338	54	신인천
경원선	의정부	120,000	60,000	60	(을)B-Ⅱ	29,190	24,792	55	의정부
경춘선	마 석	80,000	40,000	40	(을)B-Ⅱ	10,976	8,685	51	마 석
	남춘천	80,000	40,000	40	(을)B-Ⅱ	5,901	5,623	47	남춘천
분당선	모 란	112,000	36,000	36 (고배 6포함)	(을)B-Ⅱ	21,084	19,999	51	중원,성현
일산선	원 당 (원흥포함)	36,880	27,920	4.48 (고배 5별도)	(을)A-Ⅱ	10,464	4,702	45	지 도
	백 석 (화정포함)	36,880	27,920	4.48 (고배 5별도)	(을)A-Ⅱ				일 산
	주 업	18,440	13,960	4.48 (고배 5별도)	(을)A-Ⅱ				송 포
중앙선	구 리	120,000	45,000	45/60	(을)B-Ⅱ	10,360	9,250	40	구 리
	매 곡	80,000	40,000	30/40	(을)B-Ⅱ	9,520	8,619	39	지 제
	원 주	20,500	20,500	10 (고배 0.5별도)	(을)A-Ⅰ	5,976	4,980	17	원 주
	봉 양	21,000	21,000	10 (고배 1별도)	(을)A-Ⅰ	8,998	7,783	39.4	왕 압
	단 양	66,000	44,000	22 (고배 2별도)	(을)B-Ⅰ	16,174	14,293	24.8	단 양
전라선	순 천	80,000	30,000	30/40	(을)B-Ⅰ	8,274	4,956	22.4	서순천
	덕 양	80,000	30,000	30/40	(을)B-Ⅰ	6,258	3,761	29.7	화 치
	전 주	80,000	30,000	30/40	(을)B-Ⅰ	6,552	5,987	17	동전주
	남 원	80,000	40,000	30/40	(을)B-Ⅱ	6,720	6,211	22	남 원
영동선	동백산	60,000	30,000	30	(을)A-Ⅰ	19,536	2,580	15.8	태 백
	동 해	60,000	30,000	30	(을)A-Ⅰ	8,544	1,706	23.8	북 평
	춘 양	66,000	33,000	33 (고배 3포함)	(을)B-Ⅱ	9,566	1,786	21.1	영 주
태백선	석 항	60,000	30,000	30	(을)A-Ⅰ	12,240	11,096	23.17	영 월

<표 58> 운영 자료 조사(예)_노선별 에너지 사용량

노선번호	노선명		역구간	철도거리	영업거리	에너지 사용량	
	선명	세부노선명		(km)	(km)	여객	화물
	92개 노선		합계	3,587.8	3,567.0		
	고속선	10개 노선	계	368.5	366.7		
101	경부고속선	경부고속본선	시흥연결선~부산연결선	346.4	346.4		
1011		시흥연결선	시흥~광명	1.5	1.5		
1012		대전북연결선	고속선~대전조차장	5.8	5.8		
1013		대전남연결선	옥천~고속선	4.2	4.2		
1014		대구북연결선	고속선~신동	3.5	3.5		
1015		광명주박기지선	광명~광명기지	1.4	-		
1016		오송정비기지선	고속선분기~오송기지	0.3	-		
1017		영동정비기지선	고속선분기~영동기지	0.1	-		
1018		대구남연결선	경부선~고속선분기	4.0	4.0		
1019		부산연결선	고속선분기~경부선	1.3	1.3		
	일반선	82개 노선	계	3,219.3	3,200.3		
201	경부선	경부본선	서울~부산	441.7	441.7		
2011		용산삼각선	삼각선(경부~경원)	0.5	-		
2012		구로삼각선	삼각선(경부~경인)	1.2	-		
2013		구로기지선	구로~구로기지	1.4	-		
...	...	...	...				
	노선수	92개 노선		78.3			

- 설계/시공 단계에 적용 가능한 절감 기술 분석
 - 절감 기술 DB 구축
 - 에코디자인 및 친환경 설계 적용 방안 분석
 - 설계/시공 단계에 온실가스 절감을 위한 관리요소 도출 및 관리 프로세스 개발
 - 설계지침에 따른 체크리스트 기능
 - 설계/시공 반영 요소 가이드 기능
 - 설계 시공에 단계의 관리 및 분석을 위한 시스템 개발
 - 시스템 요구조건 분석
 - 설계/시공 각 단계의 주요 기능 및 단계별 연계 분석 반영
 - 관리 모니터링 기능 개발
 - 예상 에너지 및 온실가스 배출량 절감 분석 기능 개발
 - 절감에 따른 경제성 평가 분석 시스템 개발
 - 절감 기술 구축에 따른 사용자 편의성 관계 분석 기능 개발
 - 시스템 시험 운영 및 기능 검토
 - 에코디자인의 철도인프라 시설 적용 효과 분석 결과의 시스템 시뮬레이션 적용을 통한 검토
 - 개발자, 사용자 등 다양한 테스트 수행
- (절감 기술 및 신규 특허 기술의 설계·시공 단계 적용 분석) 각 단계별 에너지 절감 기술 및 적용 가능한 특허기술 등을 분석
- 에코디자인의 철도인프라 시설 적용 가능성 및 효과 분석
 - 친환경, 고효율 에너지 자재 사용
 - 옥상녹화시스템 및 식물이용 설계

- 외단열 시스템 및 고성능 단열재 사용
- 고효율 에너지 설비 기술
- 기타 적용 가능 기술 도출

○ 신규 절감 기술의 철도 적용성 평가

- 전문가 활용을 통한 적용 기술 평가 대상 선정
- 에너지 절감량 등 예상 효과 분석
- 비용 및 경제성 분석

○ 신규 노선 적용 시 모달시프트 효과 및 절감 기술적용에 따른 국가 온실가스 절감 효과 분석

- 예상 온실가스 절감 분석
- [국가온실가스에너지목표관리제]에 미치는 영향 및 효과 분석

□ (절감 기술의 철도 인프라 시설 설계 기준 지침 적용성 평가) 절감 기술 등이 실제 인프라 시설 설계기준의 적용 가능한가를 평가

○ 설계 지침 중 에너지 및 온실가스 배출 관계 인자 분석

- 에너지 사용량 및 배출량에 영향을 미치는 요소 DB화
- 각 항목별 기술 적용 가능성 조사

○ 절감 기술의 철도 시설 설계 기준 지침 적용성 평가

- 절감 시스템에 대한 LCC(생애주기비용) 분석
- 지침 변경에 따른 추가 투자요소 분석
- 적용에 따른 공사비 증감 등의 경제성 평가
- 온실가스 절감량 및 에너지 사용 효율화 분석
- 적용 여부 반영에 따른 신규 지침(안) 도출

○ 설계 기준 변경에 따른 사용자 편의성 분석

- 편의성 기준에 따른 적용 기준 도출



- (적용 테스트 및 활용 가이드라인 도출) 실제 철도시설의 데이터를 기반으로 하여 효과성 분석 및 활용 가이드라인 도출

○ 단계별 가이드라인 및 시스템 매뉴얼 도출

- 신규 역사 및 리모델링된 기존 역사의 각 단계별 데이터 수집 및 시뮬레이션을 통하여 기술 효과 분석 및 보완

(2) 3-2. 에너지자립을 향상을 위한 역사 친환경에너지 기술 개발

1) 에너지자립을 향상을 위한 역사 친환경에너지 평가 기술 개발

- (친환경 에너지 역사 최적적용방법 개발) 현재 운영 중인 역사에너지 공급 및 소비실태 조사를 통한 적용 가능한 신재생에너지 대체가능성 분석

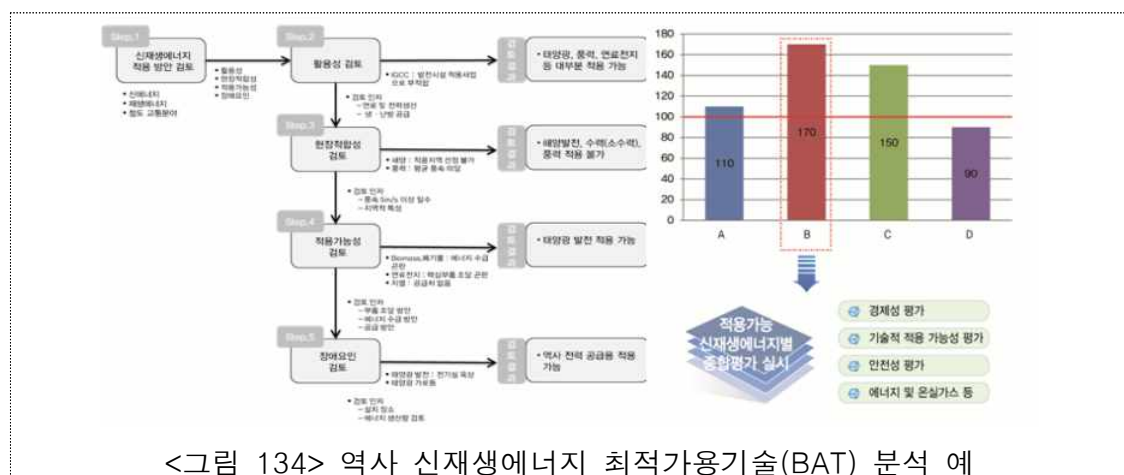
○ 간선철도, 도시철도 등 역사 내 공급 및 소비 에너지 실태 조사

- 에너지 다소비 철도역사의 원인 분석을 통한 에너지 소비특성의 정량화
- 철도역사 신재생에너지 적용 현황 조사

<표 59> 역사 공급 에너지 및 소비 에너지 실태 조사(예)

지역	에너지소비량						에너지 비용 (백만원)	신재생 에너지 소비량 (TOE)	신재생에너지 대체가능성
	전력 (MWh)	경유 (L)	휘발유 (L)	LNG (m³)	기타 (TOE)	합계 (TOE)			
서울	470	300	-	-	-	-	-	-	10%
대전	320	200	-	-	-	-	-	7,000	20%
부산	400	100	-	-	-	-	-	-	15%
순천	50	100	-	-	-	-	-	-	-
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

- 역사 내 유희공간(옥상, 주차시설, 플랫폼 등)내 신재생에너지 적용성 분석
- 국내 역사 내 적용 가능 신재생에너지 기술 조사 및 미활용 에너지 발굴
- 역사별 신재생에너지별 신재생에너지 대체 가능성 분석
- 역사 내 신재생에너지 최적가용기술(BAT) 평가 시스템 개발
 - 신규 역사 신재생에너지 적용 시 최적가용기술 평가 기술 개발
 - 설계 대안별, 지하역사/지상역사별 신재생에너지 최적가용을 분석



- (친환경에너지 철도역사 공급기준 수립) 현재 운영 중인 역사에너지 공급 및 소비실태 조사를 통한 친환경에너지 공급기준 수립
 - 지상 및 지하 역사 친환경에너지 공급기준 수립

- 역사 공급 및 소비 에너지 실태 조사 결과를 활용하여 지상 및 지하역사 에너지 소비량 및 공급량 예측
- 경제성, 에너지생산성, 온실가스저감도, 에너지자립도, 적용가능성 등을 고려한 공급기준 수립



□ (개발 기술 적용 시뮬레이션 및 시범 적용) 에너지자립도 및 탄소중립률 향상 방안에 대한 적용 시뮬레이션을 통한 효과 검증 후 신규 건설 예정 역사와 연계하여 에너지자립형 철도역사 건설

○ 신재생에너지 최적가용을 분석 시스템 개발(웹기반)

○ 철도 인프라 시설 에너지 통합 관리 시스템과 연계



2) 에너지자립을 향상을 위한 역사 친환경에너지 적용 기술 개발

□ (압전소자를 이용한 전력전환 기술 개발) 철도 이용객이 역사 통과 시 압전소자를 밟게 하여 전력을 생산하여 저장할 수 있는 압전소자 발전 기술 개발

○ 게이트 바닥에 설치 가능한 압전소자 개발

- 게이트 바닥, 역사 내 계단 등 역사 내 압전발전 바닥을 설치하여 전력을 생산할 수 있는 압전소자 개발

○ 압전소자로 생산된 전력의 저장 기술 개발

- 생산된 전력을 압전소자 설치 인근의 게이트, 조명 등으로 전달하여 즉시 사용하거나 축전설비 등을 설치하여 생산된 전력을 저장하여 필요 시 사용할 수 있도록 저장 기술 개발

○ 압전소자 발전 설비 시제품 개발

○ 기존 및 신설 역사에 대한 시제품 시범적용 및 보완

- 시제품 적용을 위한 시공매뉴얼 작성 및 시범적용을 통한 시공성, 안정성, 경제성, 신재생에너지 생산량 검증, 보완사항 도출

□ (기존 역사 유휴공간 활용 태양열 이용 기술 개발) 기존 역사의 유휴공간인 역사 옥상에 태양열 이용 설비를 설치하여 전력 생산 및 온수공급이 가능한 기술 개발

○ 기존 역사 유휴공간 내 신규 태양열 발전 기술 적용 안정성 분석

- 지역별 일조량, 설치가능 규모 등을 고려하여 태양열 이용 설비 설치 시 일정량 이상의 전력생산, 난방 및 급탕 가능 여부 검토
- 기존 역사의 옥상에 태양열 이용 설비 설치에 따른 역사의 구조적 안정성 검토

○ 안정성 분석 결과 활용 기존 역사 태양열 이용 온수공급기술 개발

○ 태양열 발전 및 온수 공급장치 시제품 개발

○ 기존 역사에 대한 시제품 시범적용 및 보완

- 시제품 적용을 위한 시공매뉴얼 작성 및 시범적용을 통한 시공성, 안정성, 경제성, 신재생에너지 생산량 검증, 보완사항 도출

□ (철도차량 정비시설 유휴공간 활용 태양광 이용 기술 개발) 기존 철도차량 정비시설의 유휴공간인 시설 옥상에 태양광 발전 설비를 설치하여 전력을 생산할 수 있는 태양광 발전 기술 개발

○ 철도차량 정비시설 유휴공간 내 신규 태양광 기술 적용 안정성 분석

- 지역별 일조량, 설치가능 규모 등을 고려하여 태양광 발전 설비 설치 시 일정량 이상의 전력생산 가능 여부 검토
- 기존 철도차량 정비시설 옥상에 태양광 발전 설비 설치에 따른 역사의 구조적 안정성 검토

○ 안정성 분석 결과 활용 철도차량 정비시설 태양광으로 생산된 전력의 저장 기술

○ 태양광 발전설치 시제품 개발

○ 기존 역사에 대한 시제품 시범적용 및 보완

- 시제품 적용을 위한 시공매뉴얼 작성 및 시범적용을 통한 시공성, 안정성, 경제성, 신재생에너지 생산량 검증, 보완사항 도출

□ (열차풍을 이용한 지상역사 소형 풍력발전 기술 개발)

○ 역사 스크린도어 외부에 설치 가능한 소형 풍력발전설비 개발

○ 소형 풍력발전으로 생산된 전력의 저장 기술 개발

○ 소형 풍력발전설비 시제품 개발

○ 기존 및 신설 역사에 대한 시제품 시범적용 및 보완

- 시제품 적용을 위한 시공매뉴얼 작성 및 시범적용을 통한 시공성, 안정성, 경제성, 신재생에너지 생산량 검증, 보완사항 도출

3. 활용방안

- **(Test-Bed 역사를 선정하여 개발기술 효과 검증)** 기존 및 신설 역사 중 에너지 예측 및 진단을 통한 조사를 선행하여 건축 유형, 규모 등을 고려하여 다양한 분석이 가능하도록 함.

- 철도역사 건설 전문업체, 유지보수 전문업체, 신재생에너지 원천기술 보유 기업, 관련분야 연구기관, 철도시설공단 및 철도공사 등의 공공기관의 산·학·연·관으로 이루어진 컨소시엄을 구성해 연구를 추진함.

- 성과 확산

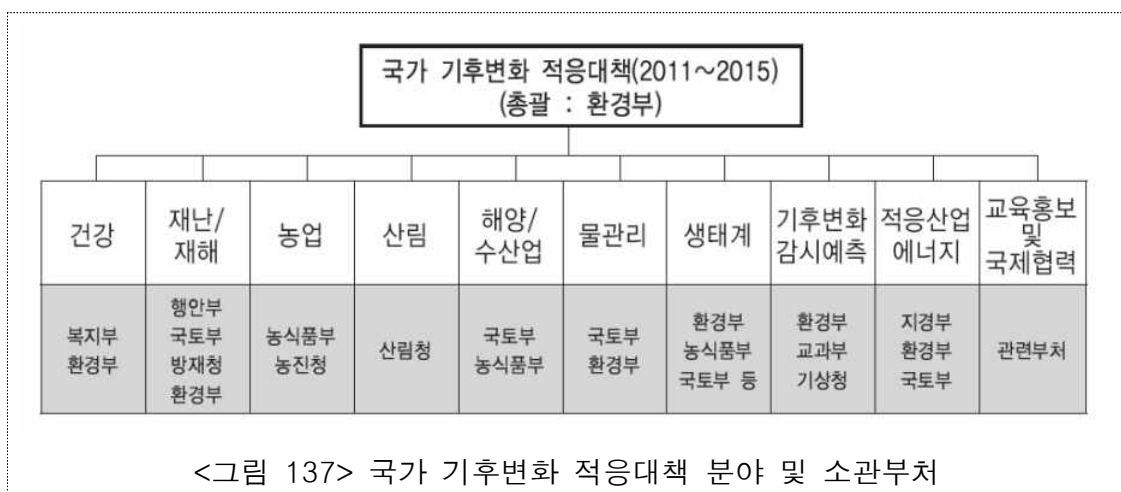
- 신규 노선을 중심으로 철도시설공단, 철도공사 등의 연계를 통하여 에너지 소비가 큰 대규모 역사를 구축 대상으로 선정하여 설계표준 개정을 통한 절감 기술 중 의무적 적용이 가능하도록 하고, ESCO 사업 등 기존의 정책 사업과 연계함.

제5장 사전타당성 검토

제1절 (1세부과제)기후변화에 따른 재해 조기대응을 위한 철도 부문 취약성 평가 및 적응기술 개발

1. 정책적 타당성

- (온실가스 감축과 더불어 기후변화적응 필요) 최근까지 기후변화의 주요 관심은 기후변화 원인물질인 온실가스를 어떻게 줄일 것인지에 대한 감축의 문제였으나, 지구온난화가 기정사실화된 현 시점에서 감축과 더불어 변화하는 기후변화에 적응하는 것이 무엇보다 중요함.
- 따라서 예상되는 기후변화 악영향(예를 들면, 폭염, 폭우, 폭설, 폭풍 등)으로부터 정확한 기후변화 영향 및 취약성 분석 결과를 토대로 기후변화 영향에 비용효과적인 적응대책 마련이 필요함.
- (국가차원에서 기후변화 영향평가 및 적응대책 수립) 법적근거로는 저탄소녹색성장기본법 제48조제4항 및 같은 법 시행령 제38조 기후변화 영향평가 및 적응대책 수립으로 환경부 장관은 관계부처와 협의하여 5년 단위로 적응대책 수립 및 시행해야 하며, 관계부처 및 지자체는 소관사항에 대해 세부시행계획을 수립하여 시행함.



- (기후변화 취약성 지도 작성 및 시설물 설계기준 재설정 포함) 재난재해

분야에서 재해 유형별 기후변화 취약성 지도 작성 및 방재기준 강화가 포함
되어 있으며, 자연재해 저감시설물 설계용량 증대 및 설계기준 재설정 등을
추진함.

2. 기술적 타당성

- (대형사고 발생에 대한 조기대응) 기상재해에 따른 지반약화, 산사태, 홍수, 침수 등으로 인해 선로유실 및 운행시간 지연 등이 실질적으로 발생하고 있으며, 나아가 열차 탈선, 전복사고로 인한 대형 인명 사고 유발의 우려가 있음.
- (온도변화에 따른 철도 인프라 취약구간 정보 전무) 일 최대기온과 레일온도 간의 상관성에 대한 연구결과가 발표되었으며, 국내에서는 현재 레일온도에 따른 열차운전 규제 매뉴얼만 있을 뿐 사전에 미리 예측하여 취약구간이 어디이며, 이에 대해 어떻게 조기 대응할 것인가에 대한 가이드라인이 미흡함.

구분	주의운전	서행운전			운행중지
		230km/h이하	70km/h이하	20km/h이하	
고속선구	50~55℃미만	55~60℃미만	60~64℃미만	-	64℃이상
일반선구	55℃이상	-	60℃이상	64℃이상	-
선로불량 개소	50℃이상	-	58℃이상	60℃이상	-

<그림 138> 레일온도 상승에 따른 열차운전 규제

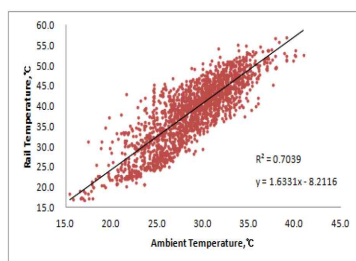


Fig3.2.1. 북부지역 레일온도와 대기온도 산포도

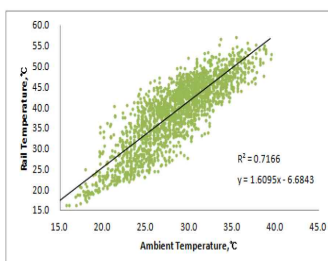


Fig3.2.2. 중부지역 레일온도와 대기온도 산포도

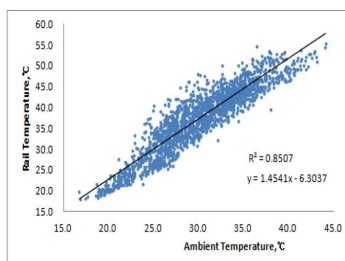
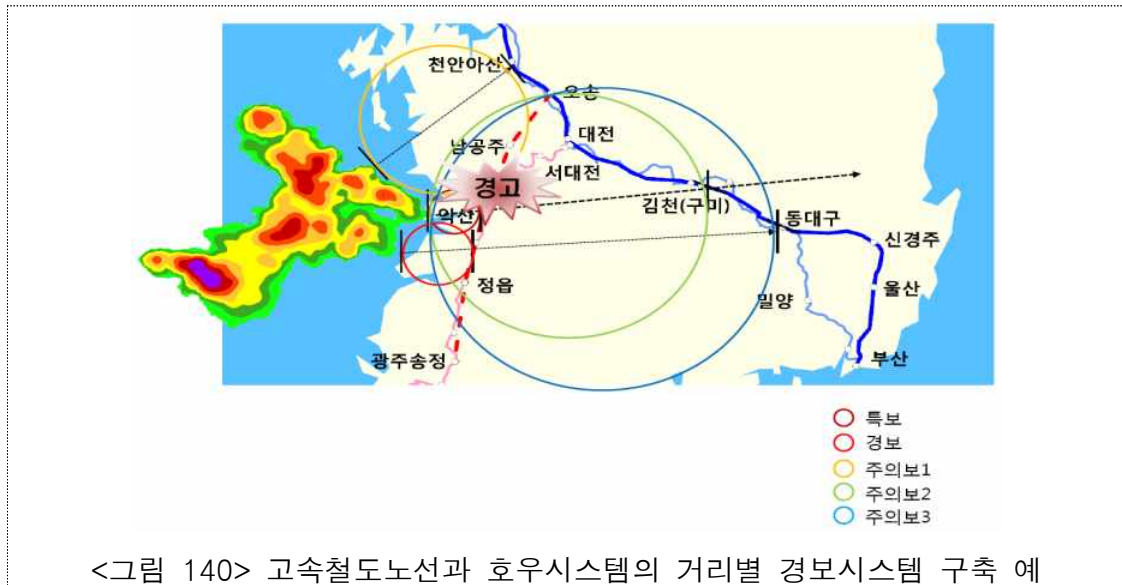


Fig3.2.3. 남부지역 레일온도와 대기온도 산포도

<그림 139> 일 최대기온과 레일온도 상관관계

- (기상재해 예측을 통한 철도 인프라 시설 경보시스템 구축 필요) 기상 시나리오를 기반으로 호우를 예측하여 실제 철도 운영노선에 미치는 영향을 평가하고 이에 따른 경보시스템을 연계할 수 있도록 기술 개발이 필요함.



3. 경제적 타당성

- (풍수해 피해액 10년마다 3.2배씩 증가) 지난 100년 간 국내 6대 도시 평균기온 1.7℃ 상승 및 강수량 19% 증가, 43년간 해수면 8cm 상승으로 인해 폭염, 열대성 질환에 의한 인명피해 증가, 농작물 재배적지 북상, 한 대성 어종 어획량 급감, 풍수해 피해액이 10년마다 3.2배씩 증가하고 있는 실정임.
- (800조원이 넘는 기후변화 비용 발생) 2009년 KEI 보고서에 따르면, 금세기 말까지 약 800조원이 넘는 기후변화 비용이 발생할 것으로 예상되며, 정확한 기후변화 영향 및 취약성 분석을 통해 사전대비와 시행착오를 최소화하여 획기적인 비용절감이 가능함.
- (연간 철도분야 피해 복구비용 50억원 이상 절감 가능) 2010년 폭설피해에 따른 복구비용이 500억 이상이었으며, 이 중 철도분야(철도차량 운행지연, 전차선 이상 등)를 1%로 예측 시 기후변화 취약성 평가를 통해 적응기술을 도입할 경우에 약 연간 50억 이상 비용 절감을 달성할 수 있음.

제2절 (2세부과제)철도차량 운행에너지 실시간 측정을 통한 온실가스 저감기술 개발

1. 정책적 타당성

가. 국가전략의 중요성

□ (저탄소 녹색성장 기본법 및 국토해양 추진전략과의 부합) 저탄소 녹색성장 기본법 제 53조는 정부가 교통부문의 온실가스 감축을 위한 환경을 조성하고 온실가스 배출 및 에너지의 효율적 관리를 위해 제정했음.

○ 동 법에 따르면, 정부는 에너지 소비량과 온실가스 배출량을 최소화하는 저탄소 교통체계를 구축하기 위하여 대중교통분담률, 철도수송분담률 등에 대한 중장기 및 단계별 목표를 성절 및 관리해야 한다고 정하고 있음.

○ 2005년 기준으로 지난 15년간 우리나라의 탄소배출량은 2배 이상으로 증가하였으며, 우리나라의 전체 탄소 배출량은 산업분야 52%, 건물 25%, 교통 17%, 기타 6%로 나타남.

○ 환경부는 전 분야를 망라하여 최고 수치에 해당되는 수송분야 이산화탄소 배출량 감축률을 34.3%로 설정함.

□ (기후변화 위기와 에너지 자원의 고갈) 세계 에너지 수요는 2030년까지 60%가 증가('02년 대비)할 것으로 전망되며 매년 약 5,680억 달러의 추가재원 소요 예상됨.

○ 이와 관련하여 석유파동으로 인해 화석연료 비용이 증가하였고, 원전 등의 고장으로 인해 국가차원의 에너지 안보를 마련하고자 화력발전소의 증설로 화석연료 소비량 증가로 인해 온실가스 배출량 및 배출계수 증가를 초래하였으며, 국가 전체적으로 에너지 피크 관리 등의 위기를 겪고 있음.

○ 최근 철도는 전기에너지원으로 전환되어 가면서 철도노선의 증설 및 기존노선의 전철화로 철도 운영기관은 매년 막대한 에너지 비용을 지출하고 있는 상황이고, 철도 운행에 있어 가장 많은 에너지를 소모하고 있는 운행단계에서 에너지 소비를 절감할 수 있고 각 차량별 연비를 파악하여 혁신적인 에너지 저감 방안과 효율화 향상 기술 개발이 필요함.

나. 정부 지원의 타당성

(1) 정부정책방향

□ 최종에너지 수요는 2006년~2030년 기간 동안 기준 전망 1.4%에 비해 낮은 연평균 0.7% 증가할 전망이다.

○ 석탄 및 석유의 비중은 감소하는 반면, 네트워크 에너지(전력, 도시가스, 열에너지)의 비중은 지속적으로 증가할 전망이다.

□ 주요 에너지원별 최종에너지 수요 전망

○ (석유) 원료용 및 수송용 수요 증가에도 불구하고, 연료유가 도시가스 등으로 지속 대체될 것으로 예상되어 연평균 0.1%의 증가율을 보일 것으로 예상.

○ (전력) 상업용을 중심으로 꾸준한 수요 증가가 예상되어 연평균 1.6%의 증가율을 기록할 전망이다.

○ (도시가스) 이용의 편리성 및 청정성으로 수요가 비교적 빠르게 증가하여 연평균 2.0%의 증가율을 보일 전망이다.

○ (신재생에너지·열에너지) 각각 연평균 7.5%, 3.7%의 증가율을 보여 수요비중이 지속 상승할 것으로 예상.

□ 기후변화대응, 에너지 안보, 수요관리 등 에너지 분야의 주요 현안을 효과적으로 해결하기 위한 ‘문제 해결형 산업’으로 시장의 흐름에 맞추어 가용 가능한 신기술·정보통신기술(ICT) 등을 신속하게 활용하여 사업화 하는 새로운 형태의 사업군을 의미함.

○ 해당기술은 에너지 효율화 향상 및 절감기술이므로, 기술이 개발되면 차량에 대한 연비정보 확보, 스마트 에너지 미터링 및 경제운전 기술개발을 통해 차량운영에 대한 에너지 소모가 줄어들고 이는 온실가스 감축을 이뤄낼 수 있는 창조적 혁신기술이라 판단되며, 정부의 에너지 절약 정책 방향과 일치함.

(2) 국가 연구 개발사업 주요 분야(에너지 환경 및 ICT 분야)

- ☐ (안정적 에너지 수급을 위한 에너지효율 향상, 전력산업분야 투자 확대)에너지 자원융합 핵심기술 개발(에너지효율향상) : ('13) 1,212 → ('14) 1,335억원 (10.1% 증)
- ☐ 기상관측 원천기술 확보와 기후변화 대응 맞춤형 기상서비스 제공을 위한 기술 개발 투자 확대

(3) 상위계획과의 부합성

- ☐ 창조경제 실현을 위한 국토교통 R&D 중장기전략에 부합
 - (글로벌 시장 선도) 글로벌 시장에서 우위를 점할 수 있는 경쟁력 높은 국토교통 기술개발을 통해 국가 경쟁력 제고
 - (융·복합 신산업 창출기반 조성) ICT 등과 국토교통기술의 창조적 융·복합을 통해 새로운 인프라 및 신시장 창출 도모
- ☐ 국가기간교통망계획 제2차 수정계획(2001~2020)에 부합
 - 철도기술개발 및 실용화 촉진을 통한 세계 최고수준의 철도기술 확보
 - 녹색교통수단 개발을 촉진하여 해외시장 진출 및 성장동력으로 활용

2. 기술적 타당성**가. 개요**

- ☐ 검토대상 : 철도차량 운행에너지 저감을 위한 스마트미터링 장치 및 경제운전 기술개발
- ☐ 검토위원 : Korail 등 운영기관 관련 전문가 및 대학교수를 전문가로 선정하여 타당성 검토 실시

□ 검토내용 : 기술개발의 기술적 타당성

□ 검토기간 : 2014. 8. 1~12. 31

□ 검토방식 : 전문가 장기자문 및 단기자문

나. 기술적 타당성 검토결과

(1) 사업의 창의성과 연계성

- 철도교통은 현재 가장 에너지 효율적이며 환경 친화적인 교통수단 중 하나이며 철도 시스템의 에너지 효율과 환경적 지속가능성을 개선하기 위한 기술 개발과 적용을 장려하기 위해 에너지 효율화, 환경개선, 엔지니어링 연구 사업의 수행이 필요함.
- 고속으로 주행하는 전기철도차량은 주행시간을 비약적으로 단축시켜 국민 생활을 혁신적으로 바꿔놓은 반면 운행할 때마다 대량의 에너지를 소모함에 소비에너지를 스마트 에너지 미터링을 통해 실제 운행상에서의 소모되는 에너지 계측과 이력관리가 필요함.
- 일반시설물의 전기사용효율개선을 위하여 시도되고 있는 다양한 스마트 에너지 미터링 기술과의 차별화됨.
- 현재 철도차량 편성별, 노선별로 에너지 소비량 계측이 이루어지고 있지 않아 에너지관리에 많은 애로사항이 발생하고 있음. 차량에너지 소비 계측 및 이력관리를 통해 스마트 에너지 미터링 기반으로 에너지 효율운전을 시도하는 연구는 중복성이 없는 것으로 판단됨.
- 에너지 소비가 많은 철도분야에서 특히 차량에 소비되는 전력 에너지 효율화 기술은 국가 창조경제 및 융·복합 신산업 창출기반 조성의 ICT기반 전략에 적합한 기술개발이라고 판단됨.

(2) 기술개발의 적절성

- 현재 국내에서는 운행되고 있는 철도차량에 대한 연비 정보가 전무한 실정으로 이에 대한 데이터 확보가 필요하며, 디젤차량보다 온실가스배출량이 적은 전기 철도차량의 운영 대수도 계속 증가하고 신선노선의 증설도 증가하고 있는 추세이므로 이에 대한 운영에너지의 관리가 매우 시급함.
- 지금까지 철도차량에서 소비하는 연료량과 전력에너지 소비량에 대한 정확한 계측과 이력관리가 이루어지지 않아 차량편성별 에너지관리를 위한 계측관리가 절실히 필요하며, 차량시스템의 전환고가 노선별 차량운행에 따른 회생에너지 발생량 및 소비량 계측 등 운전자의 운전습관에 따라 급가속, 급제동 등의 이유로 같은 구간을 운행하여도 전력사용량에 차이가 있어 미터링을 기반으로 에코드라이빙 장치 기술개발이 시급함.

(3) 기술개발의 우수성

- 세부과제별 연계성이 있도록 구성하였으며 스마트 에너지 미터링 및 경제운전을 통해 실제 철도운영 노선에서의 에너지 저감할 수 있어 경제적 · 환경적 효과는 물론 운영기관의 경영에도 기여도가 매우 클 것으로 판단됨.
- 스마트 에너지 미터링, 에코드라이빙장치 및 경제운전기술, 통합관리시스템 개발은 현장적용성 및 실용화 가능성에 중점을 두어 추진하는 것이 적절한 것으로 생각되며, 각 세부과제의 성과물을 유기적으로 구성한 것으로 판단됨.

(4) 기술수준 및 개발성공 가능성

- 철도차량 에너지 미터링 장치 개발 시 에너지소비 측정기술은 단순하게 보이나 철도차량은 고압(AC 25KV, DC 1.5KV) 전력을 사용하고 시스템도 매우 복잡함.
 - 실제로 이를 측정하고 데이터화하여 운행전력을 효율화시키고 나아가 차량의 안전운행을 위한 매우 어려운 기술이나, 이러한 기술은 실제 운영상의 안전운행과 유지비용을 줄이는데 시간이 갈수록 더욱 필요하게 될 것으로 사료됨.
- 따라서 스마트미터링 기반 에코드라이빙장치 및 경제운전, 각종 제어 기술 개발뿐만 아니라 현장 적용을 통한 실용화를 위해서는 철도 운영기관이 사업 초기단계부터 적극 참여함으로써 현 철도 운영기관의 시스템과의 인터페이스 및 요구

조건을 보다 면밀하게 검토하고 제품을 개발하는 것은 필수적이라 할 수 있음.

- 본 연구는 스마트 에너지 미터링 기반 경제운전기술을 기반으로 철도차량의 연비를 확보함으로써 에너지 저감관리 분야에서 철도차량 운행에너지 절감과 온실가스 저감을 통해 철도 운영기관의 에너지 비용 저감은 물론 전력운용의 효율화 향상을 위한 것으로 연구결과는 다양한 철도에너지 및 운영비용 절감 관련 국책사업 수행 시 필요성과 당위성을 제시할 수 있는 자료로 정부의 지원이 가장 우선 시 되어야하는 과제임.

3. 경제적 타당성

- 전기철도차량의 에너지미터기 도입에 따른 에너지 절감효과를 5% 가정할 경우, 차종별 100% 도입 시 투자비용은 평균 1년 이내로 회수가 가능하며, 온실가스 감축효과도 크게 나타남.

<표 60> 에너지미터기 도입에 따른 경제성 분석

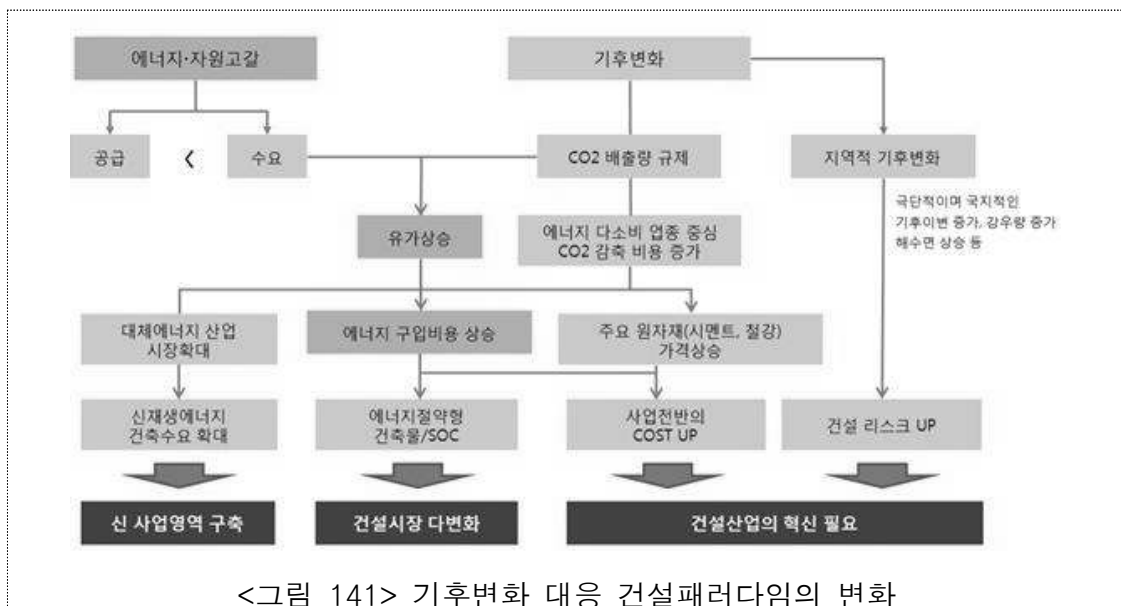
항목	내용																																																		
방법론	KTX, 전기기관차, 전기동차, 누리로 등 전기철도차량 설치 시 발생하는 비용, 수익 분석, 온실가스 저감량 등을 분석함																																																		
분석 기준	- 할인율 : 7.32% - 기술수명 : 15년																																																		
비용분석	- 차량 당 2,000유로(UIC 기준), 환율 1,450원으로 2012년 보유대수 기준으로 투자를 할 경우에 대한 투자비용을 산정함 2012년 말 현재 공사가 보유하고 있는 전기철도차량은 고속차 1,160대, 간선형 전동차 32대, 전동차 2,381대임 - 차종별 에너지미터기 도입 시 투자비용은 - 간선형 전동차(누리로): $2,000 \times 8 \times 1,450 = 23.2$백만 원 - KTX: $2,000 \times 116 \times 1,450 = 336.4$백만 원 - 전기동차: $2,000 \times 714 \times 1,450 = 2,071.4$백만 원 - 전기기관차: $2,000 \times 204 \times 1,450 = 591.6$백만 원 - 비용 분석은 에너지미터기에 대한 투자 계획 및 해당 차량의 특성을 고려하여 해당 시점에서의 보유대수를 토대로 최종 산정해야 함 <차종별 에너지미터기 설치대수> <table><tr><th>차종</th><th>2012</th><th>2013</th><th>2014</th><th>2015</th><th>2016</th><th>2017</th><th>2018</th><th>2019</th><th>2020</th></tr><tr><td>KTX</td><td>116</td><td>116</td><td>116</td><td>138</td><td>138</td><td>138</td><td>138</td><td>147</td><td>147</td></tr><tr><td>전기동차</td><td>714</td><td>748</td><td>756</td><td>751</td><td>790</td><td>787</td><td>799</td><td>839</td><td>841</td></tr><tr><td>전기기관차</td><td>204</td><td>209</td><td>200</td><td>200</td><td>195</td><td>193</td><td>193</td><td>193</td><td>193</td></tr><tr><td>누리로</td><td>8</td><td>8</td><td>8</td><td>8</td><td>8</td><td>8</td><td>8</td><td>8</td><td>8</td></tr></table>	차종	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	KTX	116	116	116	138	138	138	138	147	147	전기동차	714	748	756	751	790	787	799	839	841	전기기관차	204	209	200	200	195	193	193	193	193	누리로	8	8	8	8	8	8	8	8	8
차종	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020																																										
KTX	116	116	116	138	138	138	138	147	147																																										
전기동차	714	748	756	751	790	787	799	839	841																																										
전기기관차	204	209	200	200	195	193	193	193	193																																										
누리로	8	8	8	8	8	8	8	8	8																																										

제3절 (3세부과제)에너지자립형 철도 인프라 설계·시공 관리
및 신재생에너지 적용기술 개발

1. 정책적 타당성

가. 정부 지원의 타당성

- ☐ 전 세계적으로 철도 교통부문의 온실가스 저감 및 기후변화 대응을 위한 대책 및 기술개발에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 철도역사 에너지 관련 기술개발 수준은 많이 뒤쳐져 있는 상황임.
- ☐ 선진국 기술을 극복하기 위해서 장기적인 계획에 따른 정부의 적극적인 지원이 필요하며, 주요 선진국도 기후변화를 대비한 철도역사 관련 기술개발이 활발히 이루어지고 있으며 이에 대한 대응을 위한 정부의 지원이 필요함.
- ☐ 우리나라도 2013년부터 온실가스 감축 의무국으로 분류됨에 따라 녹색성장 개념을 도입한 연구가 활발한 지금 국내 철도역사 분야 기술의 국외 및 타 교통수단 대비 기술 경쟁력 확보가 시급함.
- ☐ 에너지·자원고갈과 기후변화는 건설산업(철도역사 포함) 전반의 비용과 리스크를 증대시켜 설계, 시공, 리모델링 등의 건설산업 혁신, 신 사업영역 구축을 요구함.



나. 상위계획과의 부합성

- 정부의 녹색성장 관련 주요 정책으로는 녹색성장 국가전략(녹색성장 위원회), 그린 IT 국가전략기획(녹색성장위원회), 2010국토해양 R&D발전전략(국토교통부), 신재생에너지기본계획(지식경제부) 등이 있으며 본 연구와 부합성이 높은 상위유관계획임.
 - 국토교통부의 중장기 도로정책이 기존의 개발 위주에서 인간, 환경, 효율성을 중심으로 한 정책으로 패러다임 전환을 추구하는 측면에서 본 연구는 매우 부합함.
 - 건물 부문 국가온실가스 감축 목표 달성을 위하여 효율 개선 정책을 제시하며 다양한 방안을 추진 중임.
- 정부의 신재생에너지 보급 정책에 따라 신규 역사 건설 시 신재생에너지의 도입은 필수불가결한 사항임.
 - 현재 철도역의 신재생에너지 도입율은 매우 낮은 상황이며, 태양광 등의 단일화된 신재생에너지원의 사용으로 에너지자립율이 매우 낮은 상황임.
 - 철도역사는 지리적 위치와 지하 구조물로의 건설 유무에 따라 적용 가능한 신재생에너지의 종류가 달라지며, 최적가용기술 분석을 통해 최적의 신재생에너지 적용 역사 건립 시 운영에너지를 줄이는 한편 친환경 에코스테이션의 건립이 가능함.
- 산업부에서는 그린에너지 전략로드맵에 따라 기술개발이 지속적으로 이루어지고 있으나 수요처 중 하나인 철도에서는 개발된 기술의 실제 적용 사례가 부족하여 그 효용성 검증이 요구됨.
 - 철도 역사는 공공기관에서 운영하는 대표적인 공공시설로 역사 에너지 자립율의 향상은 건물분야 에너지 소비 절감과 탄소저감으로 직결됨.
 - 신재생에너지 생산 기술은 계속해서 발전되어가고 있으나 수요처에서의 실증

화에 대한 비용투자 등의 이유로 도입을 꺼려하고 있어 최적가용기술 분석을 통한 역사 내 신재생에너지 적용기술은 그 효과가 클 것으로 예상된다.

2. 기술적 타당성

(1) 사업의 창의성

- ☐ 기존의 운영단계에서의 에너지 관리를 벗어나 시공단계에서의 관리를 기술을 개발함으로써 친환경 역사 기술 및 신재생 에너지 도입 등 에너지 절감과 자립화를 함께 도입할 수 있도록 함.

(2) 기술개발의 적정성

- ☐ 현재 철도시설의 에너지 관리는 운영단계에 국한된 관리만을 진행하고 있는 실정이며 기존 철도시설의 신규 시스템 및 계측 인프라 도입 시 공간 등의 제약으로 인한 구축의 어려움, 중복투자 등의 한계를 벗어날 수 있음.
- ☐ 에너지 효율 설비 투자 등의 현재 절감 방안으로는 한계가 있음. 역사의 기능이 다양해지고 상업시설과의 연계로 인한 에너지 소비량이 급증하고 있고 그에 따라 설계 단계부터 에너지 절약을 위한 기술 도입이 필요함.

3. 경제적 타당성

(1) 에너지 자립형 철도 인프라 설계·시공 관리 기술 개발

가. 분석개요

- ☐ 철도사업 비용 책정 적정성 검토 (한국개발연구원, 2007) 및 철도투자평가 비용부문의 합리화 방안 연구 (대한교통학회, 2008)의 검토 공사비 자료를 기준으로 분석함.
- ☐ 사업 기획 단계로 실제 구축비용 등의 산출이 불가능하기 때문에 타당성 분석을 위한 방법론 위주로 분석하고, 역사 부지, 용도, 인접 시설 등 다양한 요건에 의해 실제 공사비 산정이 불가능 하여 개략적 비용을 산정함.
- ☐ 그린역사 구축을 위한 비용으로 친환경 건축 비용, 에너지 통합 관리 시스템 구

축비용, 설계·시공·운영 가이드 비용 등이 예상됨.

○ 설계비용

- 계획 설계와 실시 설계로 나뉨.
- 설계의 경우 부지의 특성, 건물의 난이도에 따라 금액이 다양하기 때문에 향후 대상 선정 후 기존설계비 대비 3~5%의 그린역사 설계 추가 비용이 들 것으로 예상됨.

○ 시공비용(건축 공사비)

- 건축공사의 경우 크게 건축공사, 토목공사, 기계설비공사, 전기·통신공사로 나뉨.

○ 에너지자립형 철도인프라 설계·시공 관리 시스템 구축비용

- 관리시스템의 구축을 위한 센서, 계측기 등의 하드웨어와 기타 철도 제어 관리 시스템과 호환이 가능한 소프트웨어가 필요함.
- 계측기, 센서, 서버 등의 경우 타 시스템과 호환 가능해야 함.

<표 61> 시스템(통합관리 시스템)구축 비용(예상)

(단위 : 천만원/식)

구분		내역	비고
시스템	HW	계측기, 센서, 서버 등	5
	SW	통합관리 시스템	5

○ 기타 비용

- SE비용 : 여러 하부 시스템의 부분간 인터페이스를 구축 및 관리하여, 시스템 기능을 극대화하고 안전한 시스템 운영을 위한 것으로 통상 시스템 공사비의 5% 적용.

□ 비용편익 분석(B/C)

- 일반적인 비용 편익 분석을 통하여 경제성 평가 분석 가능.

- 설계, 시공 시 일반적인 건설 대비 에너지 자립형 철도 시설 구축의 경우 추가 되는 비용을 산정하고 실제 운영단계에서 나타날 수 있는 효과 또는 성능 목표를 통하여 분석 가능.

<표 62> 비용편익 분석 예시

구분	금액		비고
	기존역사	그린역사	
에너지 자립형 철도인프라 설계	A	B	
에너지 자립형 철도인프라 건축 시공	C	D	
관리시스템 구축비용	E	F	
설계, 시공, 운영 가이드 비용	-	G	

B = 편익: 예상되는 에너지 절감량에 따른 가치로써 관리시스템의 성능목표 및 예측량을 기준으로 산정한 편익, 보통 시스템 관리의 경우 연간 10%~20%로 설정, 그린역사의 경우 신축에 따른 효과 분석이 필요하기 때문에 비슷한 형식의 타 역사와의 비교분석 필요

C = 비용: $(b-a)+(d-c)+(e-f)+g$ 의 기존 역사 건축에 따른 비용 대비 추가 금액 산정이 필요, 기존 건축물 신축 시 친환경 건축물 규제에 따른 금액 등은 제외 할 필요가 있음

나. 분석결과

- ☐ 투자대비 절감 분석 시 기존 도시 철도 및 광역철도를 구분하였고 광역철도의 경우 대표적인 KTX 역사의 2013년 전력 사용량을 바탕으로 분석함.
- ☐ 운영 시 예상 절감량을 바탕으로 투자 대비 절감 분석을 통하여 기초 타당성 조사를 수행한 결과, 지하철 역(1~4호선)을 기준으로 역 평균 전력사용량은 2,191,763kWh으로 운영 시 10% 절감목표를 달성할 경우 연간 219,176kWh 사용량 절감되며 전력단가를 통한 단순 계산으로 산출한 예상 절감 비용은 약 15,000,000원 이상이 될 것으로 예상됨.
- 운영 시 절감에 따른 단순 ROI를 보았을 때 시스템의 성능 목표는 15% 절감을 설정하여 구축할 필요가 있음.
- 기타 시공 시 자재 사용, 공기 단축 등에 따른 에너지 절감량은 현재 관련

데이터가 없기 때문에 산출이 어려움.

<표 63> 예상 절감량 분석 예시

구분	호선	면적당전력소비량 (kWh/㎡)	총면적 (㎡)	역수	역사별 평균 에너지사용량(kWh)
서울지하철	1	317	87,594	10	2,776,730
	2	221	379,998	50	1,679,591
	3	267	299,412	34	2,351,265
	4	228	223,448	26	1,959,467

구분	전력량 요금(원/kWh)		
	여름철(6~8월)	봄·가을철 (3~5,9~10월)	겨울철(11~2월)
저압전력	81	59.2	79.3
평균 단가	71.35		
*산업용(갑) I 요금 적용			
예상절감량	219,176 kWh		
예상절감액	약 15,000,000원		

구분		1안	2안
예상 시스템 구축비용		50,000,000	100,000,000
예상 ROI	10% 절감	3.2년	6.4년
	15% 절감	2.1년	4.3년
	20% 절감	1.6년	3.2년

□ 역사에서 발생하는 온실가스 배출량은 에너지 사용량에 비례하며, 실제 전력사용량의 10% 절감 시 연간 100톤 규모의 이산화탄소가 저감 가능함.

○ 이는 역사 규모 및 전력 사용량에 따라 달라지며, 연료 사용에 따른 효과를 적용하면 추가적인 저감 효과를 볼 수 있음.

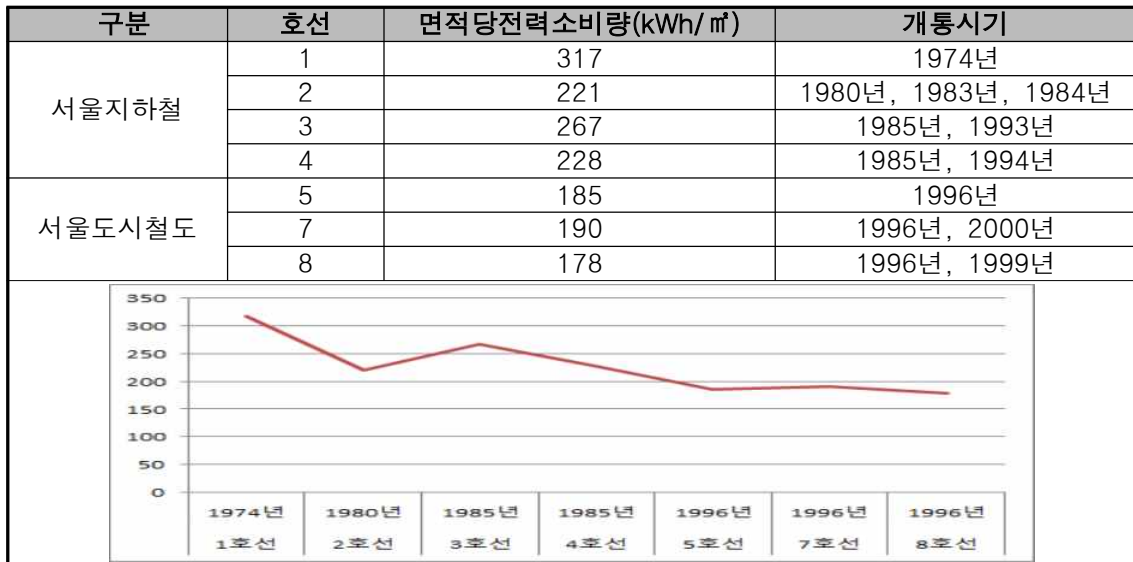
○ 특히 그린 역사 구축에 따른 단열, 고효율 조명, 고효율 기기 등을 도입 및 신재생 에너지 사용 등은 더 큰 효과를 가능하게 함.

<표 64> 예상 전력 사용량 절감에 따른 배출량

가정	절감량(kWh)	배출계수 (tCO ₂ eq/MWh)	저감 배출량 (tCO ₂ eq)
전력 10%절감 시	219,176	0.4598	100.78

- 신축 건물일수록 단위 면적당 에너지 사용량이 감소하며, 이는 건축물의 노후화에 따른 문제와 함께 새로운 역사일수록 단열 등이 효과적이고, 기기의 발달로 점차 고효율 기기를 사용하였기 때문임.

<표 65> 개통 연도별 면적당 에너지 사용량



- 광역 철도 역사 중 대표적인 역사를 바탕으로 조사함.

- 다양한 규모와 형태로 이루어진 역사로 평균 전력 사용량 2,682,023kWh, 최소 218,856kWh, 최대 6,729,102kWh로 많은 차이를 보임.

<표 66> 광역철도 주요 역사 에너지사용량

역 명	연면적 (㎡)	전력사용량 (kWh)	연면적대비 전력사용량 (kWh/㎡)	비 고
부산역	59,431	1,127,317	19.0	
광명역	40,184	5,029,666	125.2	
동대구역	26,794	6,729,102	251.1	구내 사업소 포함
용산역	26,428	6,553,442	248.0	구내 사업소 포함
서울역	15,992	5,080,332	317.7	구내사업소, 쇼핑물, 지하철 포함
대전역	14,215	2,116,100	148.9	
청량리역	20,842	518,549	24.9	
영등포역	16,629	1,314,373	79.0	
천안아산역	36,043	2,333,370	64.7	
신경주역	31,275	2,419,671	77.4	
순천역	5,872	218,856	37.3	
광주역	7,024	1,703,561	242.5	구내 사업소 포함
울산역	18,185	1,962,967	107.9	
익산역	4,990	441,017	88.4	

□ 역사의 형태 및 운영 조건에 따라 전력사용량의 패턴은 달라질 것으로 판단되나, 현재는 구내 편의 시설 및 상업 시설이 있는 경우에 전력사용량이 높은 것으로 보이며, 이는 단순 에너지 사용량 비교가 어렵기 때문에 향후 본 과제 시 고객의 편의 및 안전과 연관된 지표 분석이 필요함.

□ 단순 계산에 따른 에너지 절감 효과 반영 시 주요 철도역사 평균 전력 사용량 268만 kWh 중 40만kWh 감축 가능(전력사용량 15% 감축 時)하며, 향후 구축 계획 중인 신규 노선의 총 106개의 역사만 고려 시 약 4200만kWh 감축 가능함.

<표 67> 향후 구축 계획 신규 노선

노선명	신규역사수	총 건설 거리
동해선	19개	165.9
제천도담 복선전철	4개	17.4
부전마산 복선전철	6개	30.4
서해선	8개	89.2
성남여주선	11개	53.8
소사원시선	13개	23.3
원주강릉선	9개	118.6
이천충주문경선	9개	94.3
장항선2단계	4개	33.1
원주제천 복선전철	5개	41.1
덕소~원주 복선전철	18개	90.4
영천~신경	미정	25.6

○ 연간 전력 평균 단가 75.31원 적용 시 약 30억원 절감 가능(산업용(갑)요금 적용)함.

<표 68> 신규 노선 적용 시 효과 분석

총 노선 수		106	
주요 역사 평균 에너지 사용량(kWh)		2,682,023	
절감율(%)		15%	
총 절감량(kWh)		402,303	
전력 단가(원)		71.35	
		30% 도입 시	100% 도입 시
신규노선역사의 도입시	절감량	12,793,250	42,644,166
	절감 금액	912,798,391	3,042,661,303

- 기존 역사 및 도시철도 역사 고려 시 더 큰 효과가 있을 것으로 예상되며, 단, 신규 역사의 규모 및 사용용도 등이 고려되어야 함.

(2) 에너지자립을 향상을 위한 역사 친환경에너지 기술 개발

가. 분석방법

- 철도 역사 내 소비 에너지를 친환경에너지로 대체적용 시 발생 비용은 초기투자비만 투입되는 것이 아니라 지속적인 운영비가 소요되므로 비용항목을 분석함에 있어 연간 투입비와 운영비 등의 항목들을 균일한 척도로 비교할 필요가 있으며, 편익 역시 단기간에 한번만 발생하는 것이 아니라 지속적으로 발생하는 항목들이 존재하기 때문에 비용과 편익에 의한 화폐가치를 균일한 척도로 환산이 필요함.
- 비용-편익 분석에 있어 균등한 화폐가치로 환산하기 위한 방법으로 가장 많이 이용되는 방법이 NPV(Net Present Value, 순현재가치) 기법과 IRR(Interest Rate of Return, 내부수익률) 기법, B/C 비(Benefit Cost ratio, 편익 · 비용 비율) 등임.
- 비용 항목은 신규 철도 역사 설립 시 투입되는 신재생에너지 설치비로 설정하였고, 편익 항목은 신재생에너지 적용에 따른 에너지 절감액으로 설정함.
- 철도 역사에서 소비되는 에너지를 신재생에너지로 전량 대체하기 위해서 고려되어야 할 우선순위는 여러 신재생에너지원 중 최적의 신재생에너지원의 조합임.
 - 즉, 단일 신재생에너지원으로 소비되는 에너지를 전량 대체할 것인가와 여러 신재생에너지원을 복합적으로 고려할 것인가가 가장 핵심적인 고려사항이며, 이를 정량적으로 분석해 내기 위해서는 항목 중 다른 사항보다 경제성과 에너지 생산 용이성 등을 복합적으로 고려한 최적가용기술(BAT) 분석이 필요함.
 - 본 연구에서는 에너지 자립형 역사를 위한 신재생에너지의 복합적 고려를 위해 가장 효과적으로 역사에 적용이 가능한 태양광(고정식) 발전 설비와 지열(수직밀폐형)로 100% 에너지를 대체했을 시 비용-편익 분석을 수행함.

2. 분석결과

(1) 비용

□ (신재생에너지 설치비) 산업통상자원부에서는 공공기관 신축건축물에 대해 공공기관이 신축하는 연면적 1,000 m²이상의 건축물에 대하여 예상에너지사용량의 10%이상을 신재생에너지(2011.4.13 이후 까지)로 공급토록 의무화하는 제도인 ‘신재생에너지 설치 의무화사업’을 시행 중에 있음.

○ 신규 역사는 공공기관에 속하며, 신설되는 기관으로 신축건축물이 필요로 하기 때문에 건축비용을 산정할 때 일반 건축비와는 별개로 신재생에너지 설치 비용에 대해 산정할 필요가 있음²⁾.

○ 신재생에너지 공급 의무비율은 예상 에너지 사용량 대비 신재생에너지 생산량의 비율로 산정하며, 이때 신재생에너지 생산량이란 신·재생에너지를 이용하여 공급되는 에너지를 의미하고, 신재생에너지 설비를 이용하여 연간 생산하는 에너지의 양을 보정한 값으로 예상 에너지사용량이란 건축물에서 연간 사용이 예측되는 총 에너지의 양을 보정한 값³⁾임.

<표 69> 건축물별 단위 에너지 사용량, 용도별 보정계수, 지역계수

구분		단위 에너지사용량 ¹⁾ (kWh/㎡·yr)	용도별 보정계수 ²⁾	구분	지역계수 ³⁾
공공용	교정 및 군사시설	392.07	1.64	서울	1.00
	방송통신시설	490.18	1.31	인천	0.97
	업무시설	371.66	1.73	경기	0.99
문교/ 사회용	문화 및 집회시설	412.03	1.56	충청	1.00
	종교시설	257.49	2.50	강릉	0.97
	의료시설	643.52	1.00	대전	1.00
	교육연구시설	231.33	2.78	충북	1.00
	노유자시설	175.58	3.67	전북	1.04
	수련시설	231.33	2.78	충남	0.99
	운동시설	235.42	2.73	광주	1.01
	묘지관련시설	234.99	2.74	대구	1.04
	관광휴게시설	437.08	1.47	부산	0.93
상업용	장례식장	234.99	2.74	경남	1.00
	판매 및 영업시설	408.45	1.58	울산	0.93
	운수시설	374.47	1.72	경북	0.98
	업무시설	374.47	1.72	전남	0.99
	숙박시설	526.55	1.22	제주	0.97

1) 단위 에너지 사용량: 용도별 건축물의 단위 면적당 연간 사용이 예측되는 에너지의 양

2) 용도별 보정계수: 건축물 용도별 연간 사용이 예측되는 에너지의 양을 보정하기 위한 계수

3) 지역계수: 지역별 기상조건을 고려한 계수

2) 역사의 운영주체는 철도시설공단으로 공공용 시설에 해당됨.

3) 신·재생에너지 생산량 및 예상 에너지사용량은 법 제12조제2항 및 영 제15조제3항에 의함.

- 예상 에너지 사용량은 건축 연면적에 단위 에너지사용량, 용도별 보정계수, 지역계수를 곱하여 산정함.
- 신재생에너지 생산량은 신재생에너지원별 설치규모에 단위 에너지 생산량과 원별 보정계수를 곱하여 산정됨.

<표 70> 신재생에너지원별 단위 에너지 생산량 및 원별 보정계수

신·재생에너지원		단위 에너지생산량 ¹⁾		원별 보정계수 ²⁾
태양광	고정식	1,358	kWh/kW·yr	4.14
	추적식	1,765		3.59
	BIPV	923		11.70
태양열	평판형	596	kWh/㎡·yr	1.92
	단일진공관형	745	kWh/㎡·yr	1.76
	이중진공관형	745	kWh/㎡·yr	1.54
지열	수직밀폐형	2,045	kWh/kW·yr	0.70
	개방형	2,045		0.64
집광채광	프리즘	94.7	kWh/set·yr	11.70
	광덕트	139.7		11.70

1) 단위 에너지 생산량: 신재생에너지원별 단위 설치규모에서 연간 생산되는 에너지의 양

2) 원별 보정계수: 신재생에너지원별 연간 에너지 생산량을 보정하기 위한 계수

- 신재생에너지원별 기준 단가는 산업통상자원부 고시 제2011-3호(2011.1.12)에서 규정한 사업의 최고 설치단가로 적용함.

<표 71> 신재생에너지원별 기준 단가

신·재생에너지원		기준(천원)
태양광	고정식	7,180/kW
	추적식	8,093/kW
	BIPV	13,796/kW
태양열	평판형	5,650/kW
	단일진공관형	6,710/kW
	이중진공관형	13,055/kW
지열	수직밀폐형	1,012/㎡
	개방형	1,160/㎡
집광채광	프리즘	1,030/㎡
	광덕트	1,690/kW

- 신규 역사의 예상 에너지 사용량은 단위에너지 사용량 및 용도별 보정계수로 상업용 운수시설을 적용하고, 지역계수를 1.0으로 적용해 총 50,557,719kWh로 산정함.

<표 72> 신규 역사의 예상 에너지 사용량

건축연면적(㎡) ¹⁾	단위에너지 사용량 ²⁾ (kWh/㎡·yr)	용도별 보정계수 ²⁾	지역계수 ³⁾	예상에너지 사용량 (kWh·yr)
78,495	374.47	1.72	1.0	50,557,719

- 1) 광명역사 연면적 적용(지하 2층-지상 2층 규모, 철골, 철근 콘크리트조)
 2) 상업용 운수시설 적용
 3) 보수적 적용을 위해 서울로 가정함

- 신재생에너지로 태양광(고정식)을 선택하고 100% 공급 시 신재생에너지 설치비용은 646억 원으로 추정됨.

<표 73> 에너지 자립형 역사의 신재생에너지 설치비용

필요 신·재생에너지 생산량 ¹⁾ (kWh/yr)	보정계수 ²⁾	태양광(고정식) 단위 에너지 생산량 ²⁾ (kWh/kW·yr)	설치규모 (kW)	태양광(고정식) 기준 단가 ²⁾ (천원/kW)	설치 비용 (억원)
50,557,719	4.14	1,358	434	7,180	646

- 1) 신·재생에너지 공급 100% 적용
 2) 신·재생에너지원으로 태양광(고정식) 적용

(2) 편익

- (신재생에너지 생산에 따른 에너지 절감액) 2013년 철도통계연보의 일반전력사용량 현황의 2013년 기준 전력공급 단가 116.18원/kWh를 적용해 연간 운영비용을 산정함.

<표 74> 신재생에너지 생산에 따른 에너지 절감액

필요 신·재생에너지생산량 ¹⁾ (kWh/yr)	전력공급단가(원/kWh) ²⁾	에너지절감액(억원/년)
50,557,719	116.18	59

- 1) 신·재생에너지 공급 100% 적용
 2) 2013년 철도통계연보 제시 2013년 기준 일반전력공급 단가

(3) B/C 분석

□ KDI에서 제시한 할인율 5.5%를 적용하고 역사 건설 후 20년간 운영 시 B/C는 1.15로 나타나 경제성이 존재하는 것으로 평가됨.

○ 총 비용 산정 시 역사 건설 기간에 대한 고려는 없고 전체 비용이 단일년도에 투입되는 것으로 가정하고, 신재생에너지 설비의 연간 운영비로 고려할 수 있는 태양광 발전의 유지보수를 위한 비용은 고려하지 않았으며, 20년 이후 신규 설치가 필요할 것으로 가정함.

○ 20년간 에너지 절감액은 동일 성능으로 에너지를 계속해서 생산한다는 가정하에 계산하였으며, 할인율은 공통적으로 고려함.

<표 75> 에너지자립형 역사에 대한 B/C 분석 결과

구분	총액	순현재가치
편익(억원)	1,174.72	701.92
비용(억원)	645.67	612.01
B/C Ratio	1.15	

제6장 인력투입 계획 및 소요예산 산정

제1절 연구일정에 따른 인력투입 계획

(단위 : 명)

과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
1세부과제	5	7	6		18
2세부과제	12	18	14	9	53
총괄	3	5	4	3	15
공동 1	5	7	5	3	20
공동 2	4	6	5	3	18
3세부과제	16	23	21	16	61
총괄	3	4	4	3	14
공동 1	5	7	7	3	22
공동 2	8	12	10	8	25

제2절 소요예산 산정

(단위 : 백만원)

과제명	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		합계		총 합계
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	
1세부과제	400		600		500				1,500		1,500
2세부과제	1,000		1,500		1,200		800		4,500	1,125	5,625
총괄	250		400		300		250		1,200		1,600
공동 1	400	150	600	200	450	175	250	60	1,700	585	2,285
공동 2	350	110	500	170	450	175	300	85	1,600	540	2,140
3세부과제	770	256	1,600	534	1,500	500	650	216	4,520	1,506	6,026
총괄	120		250		200		100		670		670
공동 1	350	138	700	277	700	269	300	118	2,050	802	2,852
공동 2	300	118	650	257	600	231	250	98	1,800	704	2,504

제7장 과제 제안요구서 작성 및 평가기준 설정

제1절 과제 제안요구서(RFP)

1. (1 세부과제)기후변화에 따른 재해 조기대응을 위한 철도부문 취약성 평가 및 적응기술 개발

연구과제명	세부과제 1. 기후변화에 따른 재해 조기대응을 위한 철도부문 취약성 평가 및 적응기술 개발
1. 연구 목표	철도시설물의 기후변화영향을 사전 예측평가하고, 국내 기후변화 피해사례에 대한 인벤토리 구축을 통해 기후변화 예측 시나리오 설정 및 취약성을 평가하고, 이에 따른 관리 및 대응 가이드라인을 제시함으로써 철도 인프라 부문의 기후변화 대응 능력을 강화하여 자연재해 조기대응
2. 연구 필요성	○ 폭우 및 폭설 등의 극단적인 기후변화로 인한 철도부문의 피해가 증가하고 있으며, 미래에 예상되는 해일 및 태풍, 열파 등의 극한 기후변화로 인해 철도시설에 대한 직접적인 피해(레일 절손 및 장출, 철도차량 운행 지연 등)가 예상되며, 이는 결국 인명 피해와 및 물류수송 차질 등을 초래할 수 있음 ○ 유럽의 UIC에서는 2009년 ‘Adaptation of Railway Infrastructure to Climate Change’ 프로젝트를 통해 기후변화의 영향에 대비하고 유지, 보수 및 투자비용에 대한 의사결정권자가 신뢰할 수 있는 도구와 수단을 개발하였음 ○ 과거 분석을 통한 철도 인프라의 취약 부문을 확인하고, 현재와 미래의 자연재해와 인프라 자산의 잠재적 영향을 파악하는 다단계적 접근을 통해 합리적인 자연재해 지도를 개발함. ○ 호주에서는 기후변화에 대하여 자산과 서비스에 대한 리스크를 평가하기 위해 수송부문 인프라의 취약성 평가를 진행하였으며, 수송부문 인프라 서비스는 도로, 철도, 터널,

	다리, 공항 및 항구 부문으로 분류하였음 ○ 기후변화로 인해 철도부문(차량, 선로, 역사, 송전선 등)의 피해 증가가 예상되는 현실에서 신규 노선 설계 시 기후변화 취약성을 고려한 설계기준을 적용한 적응능력 향상이 필요함 ○ 이에 기존 및 신규 관리대상의 범위가 확대됨에 따라 철도 부문에 대한 지속적인 관리가 필요하며, 이는 기후변화 현상이 일시적인 현상이 아니고, 보다 집중화되고 강화되고 있는 시점에서 효과적인 예·경보를 할 수 있는 시스템 구축이 필요함
3. 연구 중점분야	○ 국내 철도부문 취약성 DB 구축 및 평가 ○ 철도부문 기후변화 취약성 정보지도 프로그램 개발 ○ 철도부문 기후변화적응 모델 및 가이드라인 제시
4. 연구 내용	○ 기후변화 연동 철도부문 취약성 인벤토리 구축 - 국내외 철도부문 기후변화 취약성 평가 동향 분석 - 기상재해와 관련된 철도부문 피해사례 현장조사 - 기후변화 철도부문 취약성 평가 방법론 개발 - 기후변화 연동 철도부문 취약성 DB 구축 ○ 기후변화 시나리오 스케일 상세화 기법 개발 - IPCC 전지구기후모형(GCM, General Circulation Model) 자료 검토 및 적용방안 설계 - 국내 기존 지역기후모델(RCM, Reginal Climate Model) 자료 검토 및 적용방안 설계 - 통계적 기법을 통한 스케일 상세화 및 보완 ○ 국내 철도부문 기후변화 취약성 평가 - 기후변화 시나리오에 따른 영향 분석 - 철도부문 기후변화 영향 평가 및 취약성 평가 지표 개발 - 기후변화 영향 및 철도부문 취약성 평가 결과 도출

- 철도부문 기후변화 취약성 정보지도(Vulnerability Information Map) 프로그램 개발
 - 철도 지리정보 및 기후변화 시나리오 연동 모듈 설계
 - 철도부문 기후변화 취약성 정보지도 프로그램 알고리즘 작성
 - 정보지도 프로그램 기능 및 화면설계
 - 철도 지리정보 및 기후변화 시나리오 연동 프로그램 프로토타입 제작
 - 수요처 전문가 대상 시범운영 및 개선(안) 도출
 - 프로그램 매뉴얼 작성 및 교육 방법 개발
 - 프로그램 개선방안 보완 및 개발 완료
 - 프로그램 현장보급 및 유지보수 방안 제시
- 시설별-지역별 재해 취약 우선순위 선정 및 관리방안 제시
 - 시설별-지역별 재해 취약 우선순위 선정
 - 기후변화를 반영한 철도 인프라 설계 기준 설정을 위한 기초자료 조사
 - 기존 철도부문 관제시스템 및 기상청 예·경보 시스템 연계 모듈 개발
- 철도부문 기후변화적응 모델 및 가이드라인 제시
 - 철도부문 기후변화적응 및 취약성 회피 기술 DB 구축(적응 수준에 따른 기술 검토)
 - 기상관측 장비설치 및 모니터링을 통한 철도차량 및 인프라별 기후변화적응 기술적용 모델 개발
 - 철도부문 기후변화적응 가이드라인 개발

□ 주요 산출물

- 기후변화 연동 철도부문 취약성 인벤토리
 - 기후변화에 따른 철도 부문별 피해사례
 - 기후변화 철도부문 취약성 영향정도 DB
- 철도부문 기후변화 취약성 정보지도 프로그램
 - 국내 철도노선 기반 지리정보 및 기후변화 시나리오 연계 취약성 정보제공 지도(map)
 - 프로그램 운용 매뉴얼 및 교육자료
- 철도부문 기후변화적응 모델 및 가이드라인
 - 기후변화 예·경보 및 철도부문 관제시스템 연계 모듈
 - 철도부문 차량 및 인프라별 기후변화적응 기술 DB
 - 철도부문 기후변화적응 가이드라인

5. 연구 추진방법	□ 추진전략 ○ 단계별 목표를 수립하고, 그에 적합한 추진전략 및 일정계획 수립 ○ 정부 및 철도운영기관 및 공단 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축 - 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 기술수요처 의견수렴 - 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영 ○ 관련분야 전문가 자문 - 과제성공률 제고를 위한 자문회의 등 내·외부 전문가 의견 수렴 ○ 해외 선진기술에 대한 지속적인 벤치마킹을 위한 외국기업체 및 연구기관과의 협력 추진 ○ 축적된 기술을 반영하고, 산학연의 공동 연구개발 체계를 구축하고 기초 연구와 설계 및 해석, 평가가 이루어 질 수 있는 추진체계 구축 □ 추진체계 ○ 연구담당 주체별 역할 - 주관연구기관 : 연구사업의 총괄 기획·관리 및 철도부문 기후변화 취약성 정보지도 프로그램 개발(별도 용역 추진) - 위탁연구기관 : 철도부문 기후변화 취약성 피해사례 인벤토리 구축(철도운영기관 또는 공단) 및 평가 방법론 개발(학계)
6. 사업기간 및 소요예산	○ 연구기간: 협약일로부터 총 3년 ○ 연구예산: 1,500백만원(정부 1,500백만원) 1차년도(2016) : 400백만원(정부 400백만원) 1차년도(2017) : 600백만원(정부 600백만원) 1차년도(2018) : 500백만원(정부 500백만원)

2. (2 세부과제)철도차량 운행에너지 실시간 측정을 통한 온실가스 저감기술 개발

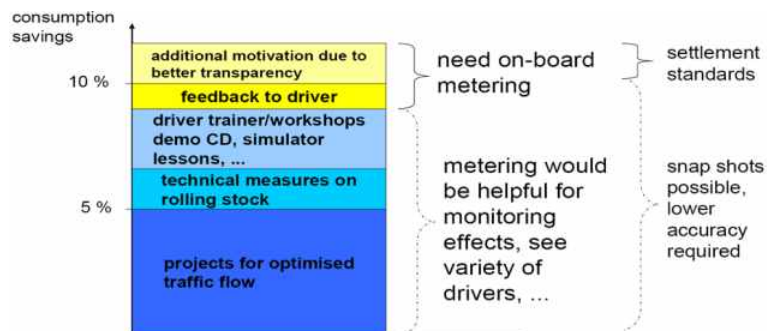
연구과제명	세부과제 2. 철도차량 운행에너지 실시간 측정을 통한 온실가스 저감기술 개발
1. 연구 목표	철도차량의 운행에너지를 실시간 계측할 수 있는 측정 장치 기술을 개발하고 이에 대한 운행에너지 정보 전송 및 관리 시스템을 구축함으로써 경제운전을 지원하여 철도차량 운행에서 소비되는 에너지 및 온실가스를 저감할 수 있는 기술을 개발하고자 함 ○ 철도차량의 차상 탑재형 실시간 운행에너지 정보 측정 장치 기술 개발을 기반으로 - 철도차량 운행에너지 정보 실시간 모니터링 및 이력관리 - 철도차량 운행에너지 정보 실시간 전송 및 관리시스템 개발 - 철도차량 경제운전 지원 및 장치성능 평가기술 개발
2. 연구 필요성	○ 한국철도공사의 경우 2012년 기준 전철용 약 2000억, 일반용 약 489억 소요하고 있으나 철도차량 편성별 운행 소비에너지를 실시간 측정할 수 있는 장치 및 정보를 관리할 수 있는 시스템이 없기 때문에 실제 차량편성별/노선별 정확한 에너지 소비량 및 패턴 분석 등이 불가능하여 이를 통한 에너지 비용 절감도 현실적으로 어려움 ○ 실제 한국철도공사에서는 해당 노선에서 철도차량의 운행 시 소비되는 에너지 측정 데이터가 전무(일부 차량의 경우에 적산전력계가 설치되어 있으나 단순히 운행전력에너지 데이터가 축적만 되고 있는 실정으로 별도 해당 데이터에 대한 관리가 추가적으로 이루어지지 않고 있기 때문에 실제 무용지물인 상태)하여 노선별/차량편성별 탄소성적표지 취득 시 정량적인 산출값을 산술식(운전시간, 환산차량키로, 주변압기용량 등 차량별 에너지소비량에 영향을 주는 인자를 조합하여 만든 할당식)에 의해 도출하고 있으며, 이는 매년 실적에 따라 차이가 발생함

< 방법론에 따른 전기차량 차종별 전력량 할당비율 >

구분	2007				2008			
	코레일연구원	환경경영체	KARI-I	KARI-II	코레일연구원	환경경영체	KARI-I	KARI-II
고속철도	36.64%	30.43%	46.63%	41.57%	33.87%	28.38%	45.01%	38.39%
전기기관차	18.43%	26.36%	18.49%	14.28%	24.32%	29.53%	21.10%	18.73%
수도권전동차	44.93%	43.21%	34.88%	44.15%	41.81%	42.09%	33.89%	42.88%
구분	2009				2010			
	코레일연구원	환경경영체	KARI-I	KARI-II	코레일연구원	환경경영체	KARI-I	KARI-II
고속철도	32.90%	27.59%	44.60%	37.30%	38.48%	28.49%	43.80%	37.49%
전기기관차	23.43%	29.51%	20.75%	18.55%	20.30%	27.32%	20.38%	16.73%
전기동차	0.04%	0.50%	0.29%	0.01%	0.05%	0.99%	0.57%	0.02%
수도권전동차	43.63%	42.40%	34.36%	44.14%	41.17%	43.20%	35.25%	45.76%

- (1) 코레일연구원 할당기준 = (차종별 주변압기용량합계 × 환산차량키로)/Σ(차종별 주변압기용량합계 × 환산차량키로)
- (2) 환경경영체 할당기준 = (차종별 주변압기용량환산값 × 운전시간)/Σ(차종별 주변압기용량환산값 × 운전시간)
- (3) KARI-I 할당기준 = 차종별 환산차량키로/Σ(차종별 환산차량키로)
- (4) KARI-II 할당기준 = (차종별 주변압기용량환산값 × 운전시간 × 환산차량키로)/Σ(차종별 주변압기용량환산값 × 운전시간 × 환산차량키로)

○ 독일 DB(Traction Energy Measurement and billing, TEM A)를 비롯한 스위스 SBB, 네덜란드 NSB 등 유럽 철도운 영기관에서는 철도차량의 운행에너지를 실시간 측정할 수 있는 장치 및 데이터 전송시스템을 도입하여 철도차량 운 행 시 소비되는 에너지를 절감하는 효과를 얻고 있음. 특 히 기본적으로 철도차량의 traffic flow를 최적화함으로써 약 5%의 에너지 소비절감 효과를 볼 수 있다면, 철도차량 내 에너지 정보 측정 장치 설치 및 운전자 경제운전 교육 을 통해 10% 이상의 에너지 소비절감이 가능한 것으로 보고되고 있음



< 철도차량 에너지 미터링 장치 도입에 따른 에너지소비 저감효과(독일 DB) >

- 따라서, 철도차량의 운행에너지 효율개선을 위하여 실시간 으로 편성단위별 철도차량(냉난방장치, 조명장치 등 부대설 비 포함) 운행에너지 소비량 및 주요 주행정보(속도 등)를 측정할 수 있는 장치개발이 필수적임
- 또한, 철도차량 편성별, 노선별 실시간 운행에너지 소비량

	을 집계하고 이를 운영관리시스템에 송신 후 이를 기반으로 동시 추진되는 철도차량에 대한 에너지 소비 형태를 기관사에 재송신함으로써 실시간 운행 에너지 소비량을 관리할 수 있는 경제운전 지원기술 및 운행에너지 정보 관리시스템 기술 개발이 요구됨
3. 연구 중점분야	○ 경제운전 지원 및 장치성능 평가 기술 개발 - 경제운전 지원을 위한 교육용 프로그램 개발 - 경제운전 가이드라인 개발 - 경제운전 지원 기술개발 및 장치 성능평가 ○ 철도차량 운행에너지 정보 실시간 측정 장치 개발 - 운행에너지 정보 측정 장치 설계 및 주요모듈 제작 - 운행에너지 정보 측정 장치 시제품 제작 및 시험 - 현차 시운전 및 성능평가 ○ 철도차량 운행에너지 정보 실시간 전송 및 관리시스템 개발 - 운행에너지 정보 전송 인터페이스 개발 - 운행에너지 정보 관리시스템 구축 - 운행에너지 정보 관리시스템 시험운영 및 평가
4. 연구 내용	□ 총괄 : 철도차량 경제운전 지원기술 및 운행에너지 측정 장 치 성능평가 기술 개발 ○ 경제운전 요구조건 분석 및 시스템 엔지니어링 - 철도차량 운행에너지 소비현황 조사 분석 - 경제운전을 위한 요구조건 분석 - 운행에너지 정보장치 성능시험 기준 수립 - 기존열차 운전용 시뮬레이터 분석 및 경제운전 교육용 프로그램 설계 ○ 경제운전 지원 기술 및 교육용 프로그램 개발 - 노선별/차량별 운행에너지 소비패턴 분석 및 최적 소비 방안 도출 - 노선별/차량별 운행에너지 소비 저감을 위한 경제운전 기법 개발 - 경제운전 도입에 따른 운행에너지 소비절감 효과 검증

현차 시험

- 운행에너지 소비절감 효과 최대화를 위한 경제운전기법 보완
- 경제운전 교육용 프로그램 개발 및 기존열차 운전용 시뮬레이터와의 인터페이스 개발
- 경제운전기법 프로그램의 기존열차 운전용 시뮬레이터 적용 및 평가
- 경제운전 가이드라인 개발

○ 철도차량 운행에너지 측정 장치 성능인증 방안 제시

- 운행에너지 실시간 정보장치 성능평가 절차서 개발
- 전기철도차량 연비 측정 시험 절차서 작성
- 전기철도차량 연비제 도입 제도(안) 제시

□ 공동 1 : 철도차량 운행에너지 정보 실시간 측정 장치 개발

○ 운행에너지 정보 실시간 측정 장치 기본설계

- 운행에너지 정보 측정 시스템 요구조건 분석
- 운행에너지 정보 측정 시스템 기본설계
- 운행에너지 정보 측정 시스템 인터페이스 설계
- 운행에너지 정보 측정 시스템 시험기준(안) 작성

○ 운행에너지 정보 실시간 측정 장치 상세설계 및 시제품 제작

- 에너지 미터링 장치 하드웨어 상세설계
- 에너지 저감 알고리즘 개발
- 데이터 이력관리 방안 체계 수립
- 소프트웨어 기본설계 및 상세설계
- 인터페이스 모듈 제작
- 시제품 주요모듈 제작
- 시제품 주요모듈 시험

○ 운행에너지 정보 실시간 측정 장치 시제품 제작 및 현차 시험

- 운행에너지 정보 측정장치 설계 보완 및 시제품 제작
- 시제품 모듈별 시험 및 시운전 절차서 작성
- 대상차량 시제품 설치
- 종합시험 및 기동시험

- 지상 서버구축 및 운행에너지 정보 관리시스템 연계
- 시운전 및 전력소비량 측정
- 시운전 차량 운행 전력사용량 이력관리 체계 구축

□ 공동 2 : 철도차량 운행에너지 정보 실시간 전송 및 관리시스템 개발

○ 운행에너지 정보 실시간 전송 및 관리시스템 설계

- 시스템 요구조건 분석
- 인터페이스 요구조건 도출 및 시스템의 적합성 분석
- 실시간 데이터 전송방안 분석
- 운행에너지 정보 관리시스템 하드웨어 기본설계
- 운행에너지 정보 관리시스템 소프트웨어 기본설계

○ 운행에너지 정보 실시간 전송 및 관리시스템 상세설계 및 구축

- 운행에너지 정보 실시간 전송 및 관리시스템 하드웨어 상세설계
- 운행에너지 정보 실시간 전송 통신체계 연구
- 운행에너지 정보 실시간 전송 및 관리시스템 운영 알고리즘 개발
- 운행에너지 정보 실시간 전송 및 관리시스템 소프트웨어 상세설계
- 운행에너지 정보 실시간 전송 및 관리시스템 시스템 기본 시험

○ 운행에너지 실시간 전송 및 관리시스템 시험운영 및 유지관리방안 제시

- 운행에너지 실시간 운행에너지 정보 측정 장치와 인터페이스 연계
- 운행에너지 실시간 전송 및 관리시스템 성능시험
- 운행에너지 실시간 전송 및 관리시스템 시험운영 및 보완
- 운행에너지 실시간 전송 및 관리시스템 유지관리 매뉴얼 작성

□ 주요 산출물

○ 경제운전 지원 및 성능평가 기술 개발

- 경제운전 지원 교육용 프로그램 개발(기존열차 운전자 교육용 시뮬레이터 연계)

- 운행패턴별 에너지 소비분석서
- 경제운전용 철도차량 노선별 운행선도
- 실시간 철도차량 운행에너지 정보 측정 장치 개발
 - 시스템 요구 사양서
 - 인터페이스 및 장치 상세설계서
 - 장치 시제품
 - 분석프로그램
 - 시운전 운행 노선평가 결과서
- 철도차량 운행에너지 실시간 정보 전송 및 관리시스템 개발
 - 운행에너지 정보 전송 및 관리시스템(H/W, S/W)
 - 운행에너지 정보 전송 및 관리 알고리즘
- 철도차량 실시간 운행에너지 측정 장치 도입 및 경제운전을 통한 에너지소비 및 온실가스 배출 저감 효과
- 전기철도차량 연비제 제도 도입(안)

5. 연구 추진방법

- ☐ 추진전략
 - 단계별 목표를 수립하고, 그에 적합한 추진전략 및 일정계획 수립
 - 정부 및 관련 기업·공사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축
 - 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 기술수요처 의견수렴
 - 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영
 - 관련분야 전문가 자문
 - 각종 유사 선진시스템 및 적용 사례에 대한 조사
 - 과제성공률 제고를 위한 자문회의 등 내·외부 전문가 의견 수렴
 - 해외 선진기술에 대한 지속적인 벤치마킹을 위한 외국기업체 및 연구기관과의 협력 추진
 - 축적된 기술을 반영하고, 산학연의 공동 연구개발 체계를 구축하고 기초 연구와 설계 및 해석, 평가가 이루어 질 수 있는 추진체계 구축
 - 산·학·연의 협동 추진체계 및 외부 전문가 자문위원회 구성을 통해 연구 내용의 질적 향상 및 객관성 확보
- ☐ 추진체계

	○ 본 연구단은 개발기술의 실용화 및 사업화를 위해 산업체, 연구기관 및 학계 컨소시엄으로 구성하여 공동연구를 수행해야 함 ※ 관련 기술을 확보한 연구기관 및 성과물을 활용할 수 있는 산업체 참여 유도 ○ 관련 정부기관, 수요기관, 운영기관 등과의 연계를 통한 실용화 등의 협력체계 구축 ○ 연구신청자는 과다한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성을 도모할 것 ○ 연구진의 연구 참여율을 높여 연구 집중도 제고 필요 ○ 산·학·연·관 역할분담 및 공조체제에 의한 연구개발 추진 ○ 기술개발 사업의 효율성을 위해 세계 선진 기술을 주도할 수 있는 세부 기술 분야로 나누어 중점 연구 ○ 연구담당 주체별 역할 - 주관연구기관: 연구사업의 총괄 기획·관리 및 경제운전 지원 및 장치 성능 평가 기술개발·평가체계 구축 - 참여연구기관: 기술개발사업비 중 일부를 부담하며 기술개발사업의 세부연구 수행, 시작품 제작 및 성과 활용
6. 사업기간 및 소요예산	○ 연구기간 : 협약일로부터 총 4년 ○ 연구예산 : 5,625백만원(정부 4,500백만원, 민간 1,125백만원) - 총괄 : 1,200백만원(정부 1,200백만원) - 공동 1 : 2,285백만원(정부 1,700 백만원, 민간 585백만원) - 공동 2 : 2,140백만원(정부 1,600 백만원, 민간 540백만원)

3. (3 세부과제)에너지자립형 철도 인프라 설계·시공 관리 및 신재생에너지 적용기술 개발

연구과제명	세부과제 3. 에너지자립형 철도 인프라 설계·시공 관리 및 신재생에너지 적용기술 개발
1. 연구 목표	○ 절감기술 및 친환경 에너지 기술의 개발·적용과 그에 따른 설계·시공 관리 및 평가 시스템 구축을 통한 철도 인프라 시설의 에너지 자립화 - 신재생에너지 보급 정책에 따라 신규 건물의 운영에너지 중 10% 이상을 신재생에너지로 적용하여 탄소 중립형 철도시설 구축 - 철도역사 특성을 고려한 에너지 소비관리 시스템 기술력 선점 및 선진국 대비 기술 수준 90% 이상 달성 - 기술 도입을 통한 기존 철도 인프라 시설의 면적 대비 온실가스 배출량 평균의 15% 이상 절감 ○ 절감기술 및 친환경 에너지 기술의 공급 기준 및 설계지침 도출
2. 연구 필요성	○ 현재 철도시설의 에너지 관리는 운영단계에 국한된 관리만을 진행하고 있는 실정이며 기존 철도시설의 신규 시스템 및 계측 인프라 도입 시 공간 등의 제약으로 인한 구축의 어려움, 중복투자 등의 한계 존재함 - 역사의 설계, 시공 단계의 에너지 소비항목 등을 분석하여 각 단계별로 효과적이고 합리적인 의사결정을 위한 가이드 라인을 제공함으로써 에너지 사용량 절감 목표를 달성할 수 있도록 도와주는 기술이 필요함 ○ (에너지 절감 필요 수요의 증가) 철도의 기능만을 수행하는 역사보다 복합기능을 가진 철도역사 요구되고 있으며 고속철도, GTX 등의 신규 철도 건설로 인한 철도 인프라 건설 수요가 증대되고 있음 - 현재 14년 착공 된 전철사업만 11개로 420.6km 노선이 확충 및 연장 예정 - 수도권 교통난 완화를 위해 GTX 전체사업의 기본계획 수립

위한 예산 배정

- 2020년 전국 주요도시 KTX 고속철도망 구축 사업 진행 및 예정(제2차 국가 철도망 구축계획)
- 내용연수가 경과된 역사가 26.8%로 노후화된 역사의 안전성, 편의성 등의 개선의 이유로 역사 리모델링 요구 증대
- 국토교통부 예산 일부 증가, 호남고속철도, 경부고속철도 2단계 사업, 수도권 고속철도에 중점 투자 결정
- 2018년 평창 동계올림픽 지원을 위한 원주~강릉 철도 건설

○ 정부의 신재생에너지 보급 정책에 따라 신규 건물의 운영에너지에 대해 신재생에너지를 최소 10%에서 단계적으로 30%까지 높일 계획이며, 건물 운영 시 에너지 소비가 많은 철도 역사에 대해서도 신재생에너지를 적용해야 함

- 철도역은 역사운영설비를 비롯해 전력소비가 많은 곳으로 기후변화대응 철도분야 온실가스 저감방안 연구('10)에 따르면, 2008년 기준으로 도시철도역사(기타 시설물 포함)에서의 전력소비량은 약 762,142MWh 이었으며, 간선철도에서의 전력소비량은 약 261,438MWh로 나타남
- 일부 역사에 대해서 신재생에너지(특히, 태양광)가 적용되어 냉난방 및 전력공급에 이용되고 있으나 그 자립율은 10% 이내로 여전히 많은 양의 에너지를 외부에서 구입해오고 있음
- 또한, 철도차량 정비시설은 유휴공간이 많은 데도 불구하고, 신재생에너지공급 의무시설로 지정되어 있지 않아 신재생에너지 설치 시 효과 클 것으로 기대 됨
- 역사 내 전력에너지 소비에 따른 탄소배출량은 454천CO₂로 이를 줄이기 위한 방안 모색이 필요함

○ 역사 내 에너지 소비의 대부분은 전력이며, 전력에너지를 신재생에너지로 대체 공급 시 에너지 자립도 향상 및 탄소저감에 기여

- 역사 내 탄소의 배출은 고정배출이며, 한번 설비 설치로 장기간의 효과를 볼 수 있음
- 현재 건설 중인 신규 역사에는 태양광 발전 설비를 비롯한 신재생에너지 설비가 시공 중에 있음
- 가장 손쉽게 설치할 수 있는 태양광 발전 설비의 경우, 약

	0.6 kgCO₂/kWh의 탄소를 저감할 수 있음 ○ 또한, 역사는 복합시설로 에너지절감 및 신재생에너지원 요소가 일반 건물에 비해 상대적으로 높아 다양한 신재생에너지를 적용할 수 있음 - 현재 신규역사 신축 시 적용 가능한 신재생에너지로 태양광, 지열, 풍력만 고려되고 있으나, 지하에 건설 가능한 역사의 경우 지하유출수를 이용한 에너지 기술, 바이오매스 기술 등 다양한 신재생에너지 적용가능 - 역사 내 플랫폼에는 철도차량 진출입시 발생하는 열차풍을 이용해 소형 풍력 발전이 가능함 ○ 역사 내 신재생에너지의 적용을 위해서는 기술성, 경제성, 환경성 등 복합적인 항목을 고려해 최적가용기술(BAT) 분석을 수행할 필요가 있음 - 현재는 정확한 방법론에 의한 적용가능성 평가는 이루어지지 않으며, 수많은 방법론 중 어떤 항목이 타당한지에 대한 연구도 이루어지지 않음
3. 연구 중점분야	○ 절감 기술 및 친환경 에너지 적용 기술의 공급 기준 및 설계 기준 지침 적용성 평가 - 절감기술/친환경 에너지 공급기준 수립 및 설계 지침 개발 - 사용자 편의성 및 안전성 등을 고려한 적용성 평가 ○ 친환경 에너지 역사 적용 기술 개발 - 친환경 에너지 역사 최적적용방법 개발 - 에너지 자립율 향상을 위한 역사 친환경에너지 기술 개발 ○ 절감 기술 및 친환경에너지 적용을 위한 철도 인프라 시설의 설계·시공 관리 및 평가 시스템 개발 - 에코디자인의 철도인프라 시설 적용 분석 - 개발 기술의 관리 프로세스 정립 및 시스템 개발 ○ 개발 기술 적용 시뮬레이션 및 시범 적용 및 실증화
4. 연구 내용	

□ 총괄 : 절감기술 및 친환경 에너지 적용기술의 공급 기준 및 설계기준 지침 적용성 평가

○ 운영단계 자료 및 문제점 조사

- 실제 운영상 장애요소 조사
- 운영 단계의 에너지 절감 기술 조사
- 설계/시공단계에서 예방 방안 및 절감 인프라 구축 방안 도출

○ 철도 인프라시설 적용가능 절감 기술 DB 구축

○ 신규 절감 기술 및 친환경에너지의 철도 적용성 평가

- 전문가 활용을 통한 적용 기술 평가 대상 선정
- 에너지 절감량 등 예상 효과 분석
- 비용 및 경제성 분석

○ 절감기술/친환경에너지 공급기준 수립 및 설계 지침 개발

- 경제성, 에너지생산성, 온실가스저감도, 에너지자립도, 적용 가능성 등을 고려한 공급 기준 수립
- 공급기준 및 설계 지침 변경에 따른 경제성 및 효율성 반영

○ 설계 기준 변경에 따른 사용자 편의성 및 안전성 분석

- 편의성 기준에 따른 적용 기준 도출

□ 공동1 : 철도 인프라시설 친환경 에너지 적용 기술 개발

○ 친환경에너지 기술 개발 동향 조사 및 유사사례 벤치마킹

○ 압전소자를 이용한 전력전환 기술 개발 및 시제품 개발

- 압전소자 기술 개발 동향 조사 및 유사사례 벤치마킹
- 게이트 바닥에 설치 가능한 압전소자 개발 및 압전소자로 생산된 전력의 저장기술 개발
- 압전소자 시제품 개발
- 기존 및 신설 역사에 대한 시제품 시범적용 및 보완

○ 기존 역사 유휴공간 활용 태양열 이용 기술 개발

- 태양열 기술 개발 동향 조사 및 유사사례 벤치마킹

- 역사 유휴공간 내 태양열 기술 적용 안정성 분석
 - 안정성 분석 결과 활용 기준 역사 태양열 이용 온수공급 기술 개발
 - 태양열 발전 및 온수 공급장치 시제품 개발
 - 기존 역사에 대한 시제품 시범적용 및 보완
- 철도차량 정비시설 유휴공간 활용 태양광 이용 기술 개발
- 태양광 기술 개발 동향 조사 및 유사사례 벤치마킹
 - 철도차량 정비시설 유휴공간 내 태양광 기술 적용 안정성 분석
 - 안정성 분석결과 활용 기준 역사 태양광으로 생산된 전력의 저장기술 개발
 - 태양광 발전설비 시제품 개발
 - 기존 역사에 대한 시제품 시범적용 및 보완
- 열차품을 이용한 지상역사 소형 풍력발전 기술 개발
- 소형 풍력발전 기술 개발 동향 조사 및 유사사례 벤치마킹
 - 역사 스크린도어 외부에 설치 가능한 소형 풍력발전 개발
 - 소형 풍력발전으로 생산된 전력의 저장 기술 개발
 - 소형 풍력발전설비 시제품 개발
 - 기존 및 신설 역사에 대한 시제품 시범적용 및 보완
- 친환경에너지 최적가용기술(BAT) 평가 알고리즘 개발
- 공동2 : 철도 인프라 시설의 에너지 자립을 위한 설계·시공 관리 및 평가 시스템 개발
- 에코디자인의 철도인프라 시설 적용 가능성 분석
- 친환경, 고효율 에너지 자재 사용
 - 옥상녹화시스템 및 식물이용 설계
 - 외단열 시스템 및 고성능 단열재 사용
 - 고효율 에너지 설비 기술
 - 기타 적용 가능 기술 도출
- 설계/시공 단계에 온실가스 절감을 위한 관리요소 도출 및 관리 프로세스 개발 및 기능 정의
- 설계지침에 따른 체크리스트 기능

	- 설계/시공 반영 요소 가이드 기능 ○ 친환경에너지 최적가용기술 평가 시스템 모듈 개발 ○ 관리 및 평가 시스템 개발 - 시스템 요구조건 분석 - 설계/시공 각 단계의 주요 기능 및 단계별 연계 분석 반영 - 관리 모니터링 기능 개발 - 예상 에너지 및 온실가스 배출량 절감 분석 기능 개발 - 절감에 따른 경제성 평가 분석 시스템 개발 - 절감 기술 구축에 따른 사용자 편의성 관계 분석 기능 개발 ○ 시스템 시험 운영 및 기능 검토 - 에코디자인의 철도인프라 시설 적용 효과 분석 결과의 시스템 시뮬레이션 적용을 통한 검토 - 개발자, 사용자 등 다양한 테스트 수행
□ 주요 산출물	○ 국가 설계 지침 개선안 및 효과 분석 - 지침변경에 따른 경제성 평가 분석 - 신규 지침(안) 도출 - 설계 지침 변경에 따른 사용자 편의성 분석서 ○ 절감기술 및 친환경에너지 철도역사 공급기준 ○ 철도 인프라 시설 설계/시공 단계의 관리 및 평가 시스템 - 역사내 친환경에너지 최적가용기술(BAT) 평가 - 설계·시공 단계의 에너지 효율성 향상을 위한 관리 기능 - 설계·시공의 친환경에너지 및 절감기술 적용 관리 기능 - 친환경에너지 및 절감기술 적용에 따른 효과 평가 기능 ○ 절감기술 및 신규특허 기술의 적용 분석서 - 에너지 절감량 분석 - 적용 가능성 및 타당성 분석 - 경제성 평가 분석서 ○ 친환경 에너지 역사 최적적용방법 ○ 에너지 자립율 향상을 위한 역사 친환경에너지 기술

	- 압전소자를 이용한 전력전환 기술 - 기존 역사 유휴공간 활용 태양열 이용 기술 - 철도차량 정비시설 유휴공간 활용 태양광 이용 기술 - 열차품을 이용한 지상역사 소형 풍력발전 기술
5. 연구 추진방법	□ 추진전략 ○ 연구성과의 실용화 극대화를 위한 전략 수립 - 연구내용, 개발기술, 성과물간 연계가 표출되는 기술개발 및 성과 로드맵 수립 - 산·학·연·공공기관으로 연구진을 구성하여 실용적인 연구 수행 - 연구개발 결과의 현장적용을 통한 검증 강화 및 적용사례 확보 ○ 기존 절감기술 및 알고리즘 활용 극대화 - 기존에 사용되고 있는 절감기술과의 연계방안 도출 ○ 타 분야 및 해외 선진 사례 벤치마킹을 통해 친환경에너지 적용방법 및 공급기준 개발 후 실 수요처인 철도시설공단 및 철도공사, 건설업체 의견 수렴을 하여 기준 확정 ○ 전문가 집단으로 구성된 자문위원회를 통한 연구개발 결과의 상시 feedback □ 추진체계 ○ 철도역사 건설 전문업체, 유지보수 전문업체, 신재생에너지 원천기술 보유 기업, 관련분야 연구기관, 철도시설공단 및 철도공사 등의 공공기관의 산·학·연·관으로 이루어진 컨소시엄을 구성해 연구 추진
6. 사업기간 및 소요예산	○ 연구기간: 협약일로부터 총 4년 ○ 연구예산: 6,030백만원(정부 4,520백만원, 민간 1,510백만원) - 총괄 : 670백만원(정부 670백만원) - 공동 1: 2,854백만원(정부 2,050 백만원, 민간 804백만원) - 공동 2: 2,506백만원(정부 1,800 백만원, 민간 706백만원)

제2절 평가기준 설정

1. 제안요청 과제의 목적과 제안과제의 연구목표의 일치도 : 배점 30점

세부항목	평가내용	배점				
		우수	양호	보통	미흡	불량
과제목적의 적합성	과제의 목적에 적합한 과제인가?	30	25	20	15	10
소계						

2. 연구목표 달성을 위한 전문성 및 추진체계 : 배점 30점

세부항목	평가내용	배점				
		우수	양호	보통	미흡	불량
최종 목표	연구개발 최종목표의 적절성 및 부합성?	10	8	6	4	2
단계별 목표	단계별 목표의 적절성 및 부합성?	10	8	6	4	2
연구 추진체계	목표 달성을 위한 체계적인 연구추진체계를 갖추고 있는가?	10	8	6	4	2
소계						

3. 자체설정 목표 달성 가능성 : 배점 40점

세부항목	평가내용	배점				
		우수	양호	보통	미흡	불량
연구성과	정량적 연구목표는 적절한가?	10	8	6	4	2
연구의 독창성	연구 결과의 독창성(국내외 최초 등)?	10	8	6	4	2
실용성	연구 결과의 실용성?	10	8	6	4	2
결과활용	기대성과 및 활용방안의 적절성?	10	8	6	4	2
소계						

참고문헌

- 철도환경 발전방안에 대한 연구, 최종보고서, 한국철도기술연구원, 2005
- 친환경 철도시스템 구축기반 기술개발, 최종보고서, 한국철도기술연구원, 2007
- 친환경 철도시스템 구축기반 기술개발 2차, 최종보고서, 한국철도기술연구원, 2008
- 친환경 철도시스템 구축기반 기술개발 3차, 최종보고서, 에코프론티어, 2009
- 친환경 철도시스템 구축기반 기술개발 4차, 최종보고서, 한국철도기술연구원, 2010
- 기후변화대응 철도분야 온실가스 저감방안 연구, 최종보고서, 한국철도기술연구원, 2010
- 철도건설산업의 온실가스 감축규제 대응방안 연구, 최종보고서, 한국철도기술연구원, 2010
- 철도건설현장 탄소발자국 산정연구, 최종보고서, 한국철도기술연구원, 2012
- 교통부문 온실가스 저감 및 통합관리기술개발, 최종보고서, 교통안전공단, 2012
- 철도 환경성 개선 및 평가시스템 개발, 최종보고서, 한국철도기술연구원, 2011
- 기후변화대응 철도이용 증대를 위한 지원방안 및 효과분석, 최종보고서, 한국철도기술연구원, 2012
- 온실가스 배출권 거래제 시행에 따른 중장기 감축방안 수립 및 대응전략 연구용역, 최종보고서, 한국철도기술연구원, 2013
- 기후변화대응을 위한 철도이용 증대방안 및 효과분석 연구 (2013년도 철도학회 추계 학술대회 논문집)
- 국외 철도부문 온실가스 저감정책 동향 (한국철도기술 웹진)
- 철도 기술 개발 및 응용동향 (월간전기)
- 하이브리드 철도차량 기술개발 동향 및 과제 (한국철도기술 Vol. 32)
- 청정에너지 철도차량 개발 동향 (박덕신, 김기동, 김병환)
- 철도차량용 전장품의 에너지 절감 기술 (첨단기술정보분석)
- 도시철도시스템 에너지 절감을 위한 에너지 저장시스템 (한국철도기술)
- 철도차량의 회생에너지를 이용한 에너지 저장시스템의 국내 사례조사 (한국철도기술지)

- 환경오염물질 배출을 줄인 청정에너지 철도차량 기술 (한국철도기술지)
- 철도차량용 전장품의 에너지 절감 기술 (첨단기술정보분석)
- 국외 철도부문 온실가스 저감정책 동향 (정우성, 조영민)
- 도시철도차량 탑재용 회생에너지 저장 및 활용 기술개발 기획 (미래도시철도기술개발사업, 국토해양부, 한국건설교통기술평가원)
- 청정에너지 철도차량 개발동향 (한국철도기술)
- 하이브리드 철도차량 기술개발 동향 및 과제 (한국철도기술)
- 친환경 철도건축물 설계 마스터플랜 (한국철도기술 Vol. 33)
- 철도시스템 지열에너지 적용기술 및 경제성 (한국철도 기술 Vol. 45)
- 해외의 신재생 에너지 이용 철도역사 구축사례 (조영민, 정우성, 이재영)
- 폐열 및 신재생에너지를 활용한 냉난방 시스템 (월간전기)
- 철도에너지 효율 향상 연구, 한국철도기술연구원, 한문섭
- Railway-technology.com
- ABB.com
- metro9.co.kr
- jreast.co.jp
- www.unife.org
- www.iee-trainer.eu
- www.uic.org
- EU Transport Greenhouse Gases : Routes to 2050, UIC, 2010
- Keeping Climate Change Solutions on Track: The Role of Rail, UIC, 2010
- Rail and Sustainable Development, UIC, 2011
- EU Energy, Transport and GHG Emissions, Trends to 2050, European Commission, 2013
- UIC study on Railways and Biofuels, ATOC, 2007

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

비매품

