R&D /

미래철도기반기술개발기획
최종보고서 - I
(신재생에너지 분야)

2009. 10.

주관연구기관 / 한국철도기술연구원
공동연구기관 / 서울메트로

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

Construction & Transportation R&D Report

제 출 문

국토해양부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

본 보고서를 “미래철도기반기술개발기획 과제”의 최종보고서로 제출합니다.

2009. 10. 31.

주관연구기관 한국철도기술연구원
원 장 최 성 규
공동연구기관 서울메트로
사 장 김 상 돈

▣ 주관연구기관 연구책임자	/ 책임연구원 장 용준
▣ 주관연구기관 참여연구원	/ 수석연구원 정 우성
	/ 책임연구원 김 형철
	/ 책임연구원 이 병송
	/ 책임연구원 김 대상
	/ 선임연구원 조 영민
	/ 선임연구원 이 재영
	/ 선임연구원 이 지하
	/ 선임연구원 사공 명
	/ 선임연구원 김 이현
	/ 선임연구원 이 일화
	/ 선임연구원 강 윤석
	/ 선임연구원 박 영
▣ 공동연구기관 연구책임자	/ 책임연구원 이 기승
▣ 공동연구기관 참여연구원	/ 책임연구원 한 택희
	/ 책임연구원 강 현일
	/ 연 구 원 김 윤식
	/ 연 구 원 임 창섭

미래철도 기반기술 개발기획 요약문

I. 사업개요

가. 사업목적

신재생에너지를 이용한 친환경 철도시스템 개발 및 능동적이고 신속하게 대응할 수 있는 철도시설 인프라 분야 핵심기술 개발기획

나. 사업기간

2009. 3. 31 ~ 2009.10. 31 (7개월)

다. 총사업비 : 6,000만원(정부출연금)

라. 시행주체

- 주　　관 : 국토해양부
- 전 담 기 관 : 한국건설교통기술평가원
- 주관연구기관 : 한국철도기술연구원
- 공동연구기관 : 서울메트로

마. 사업내용

- 신재생 에너지 응용기술개발 기획
- 미래철도 인프라 핵심기술 개발 기획

II. 기획연구의 목적 및 필요성

가. 연구목적

○ 미래철도 기반기술개발은 환경친화적인 신재생에너지를 철도시스템에 적용할 수 있는 응용기술 개발과 철도환경에 능동적이고 신속하게 대응할 수 있는 철도시설 인프라 분야의 고유한 핵심기술 개발을 목표로 함.

나. 연구의 필요성

○ 고속철도의 도입으로 인한 전력비용 증가로 환경 친화적이고, 화석연료로부터 자유로운 신재생에너지를 철도시스템에 적용하는 방안 등 에너지 절감을 위한 장기적인 대안수립이 필요함.

○ 법적근거 : 대체에너지법

– 국내의 3,000m^2이상 공공건물의 경우 표준 건축비의 5%를 대체에너지 시설로 건축하여야 하는 의무조항이 제정되어 신재생에너지의 철도역사 적용을 위한 체계적이고 단계적인 전략 수립을 위한 연구개발이 시급히 요구됨.

○ 미래 대체에너지 시장 선점 : 우리나라 연평균 국방비의 2배에 해당하는 26조원이 에너지수입에 지출되며, 세계에서 석유를 4번째로 많이 수입해서 6번째로 많이 사용하고 있는 실정.

○ 미래교통은 보다 높은 수준의 이동효율성, 근접성, 경제성 등이 요구되며, 고속화, 친환경화, 에너지/비용저감 등 철도의 환경도 급하게 변화하고 있음. 이에 능동적으로 대응하기 위하여 새로운 기술수요의 변화를 사전에 분석하고 연구할 필요가 있으며, 외국기술에 의존하고 있는 분야의 High Level 기술개발을 통하여, 국내 철도기술의 국제경쟁력을 향상하고 이를 통하여 해외진출도 추진할 수 있을 것임. 또한 철도의 핵심기술 및 원천기술을 개발할 필요가 있음.

III. 연구개발의 내용 및 범위

가. 신재생 에너지 응용기술개발 기획

- 철도시스템 적용 신재생에너지 기반 연구 기획
- 에너지 절약형 친환경 철도역사/시설기반 개발 기획
- 철도에 적용 가능한 발전기술 개발 (열차풍, 압전소자, 태양광 등) 기획

나. 미래철도 인프라 핵심기술 개발 기획

- 신형식 궤도 시스템 기술 개발 기획
- 미래형 지반 구조물 시스템 기술 개발 기획
- 미래형 철도교량 설계 기술 개발 기획

• 철도터널 핵심 기술 개발 기획

IV. 기획연구 최종결과

가. 최종과제명

1. 녹색성장 구현을 위한 철도 신재생에너지 기술 개발
2. 미래 철도 인프라 기술개발

나. 과제의 최종연구 범위 및 세부과제 도출

■ 녹색성장 구현을 위한 철도 신재생에너지 기술 개발

태양I-① 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 설계

- 태양광 발전 이용 가능 역사 선정 및 D/B 구축
- 철도 역사 지붕 태양전지 적용 방안 연구
- 철도 역사 창/벽면 BIPV 기술 적용 방안 연구
- 철도 역사 적용형태에 따른 태양전지 종류 선정
  - 실리콘 박막형 태양전지
  - 염료감응 반투명형 태양전지
- BIPV 기술 적용을 위한 샘플 모듈 설계 및 제작
- 철도 역사 BIPV 태양전지 샘플 설치 및 시험 평가
- 철도 역사 BIPV 태양광 발전 평가 기술 개발

태양I-② 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 모듈제작 및 설치

- 철도역사 지붕 태양전지 발전기 시스템 설치
- 철도 역사 BIPV 기술 접목을 위한 모듈 제작
- 철도 역사 BIPV 태양광 발전 시험 평가 기술 개발

태양I-③ 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 설치

- 철도역사 지붕 태양광 발전기 시스템 설치
- 철도 역사 BIPV 태양광 발전기 시스템 설치
- 철도 역사 BIPV 태양광 발전 시험 평가 기술 개발

태양I-④ 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 운영 및 검증
- 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 운영 및 검증

태양II-① 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 설계
- 태양광 발전 이용 가능 방음벽/방풍벽 선정 및 D/B 구축
- 철도 선로변 태양전지 적용 방안 연구
- 철도 선로변 BIPV 기술 적용 방안 연구
- 철도 선로변 적용형태에 따른 태양전지 종류 선정
  - 실리콘 박막형 태양전지
  - 염료감응 반투명형 태양전지
- BIPV 기술 적용을 위한 샘플 모듈 설계 및 제작
- 철도 선로변 BIPV 태양전지 샘플 설치 및 시험 평가
- 철도 선로변 BIPV 태양광 발전 평가 기술 개발

태양II-② 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 모듈제작 및 설치
- 철도 선로변 태양전지 발전기 시스템 설치
- 철도 선로변 BIPV 기술 접목을 위한 모듈 제작
- 철도 선로변 BIPV 태양광 발전 시험 평가 기술 개발

태양II-③ 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 설치
- 철도 선로변 태양전지 발전기 시스템 설치
- 철도 선로변 BIPV 태양광 발전기 시스템 설치
- 철도 선로변 BIPV 태양광 발전 시험 평가 기술 개발

태양II-④ 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 운영 및 검증
- 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 운영 및 검증

지열I-① 일반철도역사 (지하100m 이하) 지열 이용 냉/난방 시스템 설계
- 일반철도역사/지하역사 지열 적용 가능역사 선정
- 일반철도역사/지하역사 지열량 계측 및 D/B 구축
- 일반철도역사/지하역사 지열 이용 냉/난방 시스템 설계
- 일반철도역사 샘플 굴착을 통한 지열 에너지 추출 가능량 산출
- 일반철도역사 전체 사용에너지 대비 지열 에너지 적용 비율 산정

• 일반철도역사 지열 에너지 적용 냉/난방 시스템 기초 모듈 제작
• 일반철도역사 지열 에너지 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발

지열I-② 일반철도역사 지열 이용 냉/난방 시스템 모듈 제작
• 일반철도역사 지열 펌프 제작
• 일반철도역사 지열 heat-pump 제작
• 일반철도역사 지열 이용 냉/난방 시스템 제작
• 일반철도역사 지열 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발 (B/C 분석 포함)

지열I-③ 일반철도역사 지열 이용 냉/난방 시스템 설치
• 일반철도역사 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 및 운영
• 일반철도역사 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 및 평가

지열I-④ 일반철도역사 지열 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증
• 도시철도 지하역사 지열 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증
• 기존 철도역사 전체 에너지 부하 대비 대심도 지열 적용 비율 산출

풍력I-① 일반철도역사 풍력발전 시스템 설계
• 열차풍/자연풍 이용 풍력발전 가능 철도역사 선정 및 D/B 구축
• 열차풍/자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 블레이드 선정
• 열차풍/자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 블레이드 설계 및 시험
• 열차풍/자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 블레이드 모듈제작 및 시험 평가
• 열차풍/자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 발전기 설계 및 제작
• 열차풍/자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 발전기 시험 평가
• 열차풍/자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 컨트롤러 설계 및 제작
• 열차풍/자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 컨트롤러 시험 평가
• 열차풍/자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 평가 기술 개발

풍력I-② 일반철도역사 풍력발전 시스템 모듈제작
• 일반철도역사 풍력발전기 설치 가능 용량 결정
• 일반철도역사 풍력발전기 모듈 제작
  - 풍력발전기 10기 모듈제작
  - 발전기 및 컨트롤러 제작
• 일반철도역사 풍력발전기 기타 필요모듈 제작
• 일반철도역사 풍력발전기 평가 기술 개발

풍력I-③ 일반철도역사 풍력발전 시스템 설치
- 일반철도역사 풍력발전기 시스템 설치
- 일반철도역사 풍력발전기 평가 기술 개발

풍력I-④ 일반철도역사 풍력발전 시스템 운영 및 검증
- 일반철도역사 풍력발전 시스템 운영 및 검증 보완

풍력II-① 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 시스템 설계
- 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 가능 지역 선정 및 D/B 구축
- 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 선정
- 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 설계 및 시험
- 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 모듈제작 및 시험 평가
- 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 발전기 설계 및 제작
- 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 발전기 시험 평가
- 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 컨트롤러 설계 및 제작
- 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 컨트롤러 시험 평가
- 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발

풍력II-② 철도 선로변 열차풍 이용풍력발전 시스템 모듈제작
- 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 설치 가능 용량 결정
- 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 모듈 제작
  - 풍력발전기 20기 모듈제작
  - 발전기 및 컨트롤러 제작
- 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 기타 필요모듈 제작
- 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발

풍력II-③ 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 시스템 설치
- 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 시스템 설치
- 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발

풍력II-④ 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 시스템 운영 및 검증
- 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 시스템 운영 및 검증 보완

계통연계-① 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 설계

• 철도 역사/도시철도역사 신재생에너지 적용 가능역사 선정 및 D/B 구축
• 역사 선정에 따른 최적 발전 시스템 선정 및 발전용량 산출
• 철도 역사 신재생에너지 계통연계 시스템 설계
  – 철도 역사 신재생에너지 계통연계 인버터 설계
  – 센서부, 제어부, 보호부, 디스플레이부 설계
  – 신재생에너지 전력품질 안정화 시스템 설계 (철도차량 포함)
• 역사 총 발전량에 기초한 신재생에너지 전력변환 시스템 모델링 및 기초 모듈 제작

계통연계-② 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 모듈 제작
• 철도 역사 신재생에너지 전력변환 시스템 모듈 제작
• 철도 역사 신재생에너지 계통연계 시스템 모듈 제작
  – 철도 역사 신재생에너지 계통연계 인버터 모듈 제작
  – 센서부, 제어부, 보호부, 디스플레이부 모듈 제작
  – 신재생에너지 전력품질 안정화 시스템 모듈 제작 (철도차량 포함)

계통연계-③ 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 설치
• 철도 역사 신재생에너지 전력변환 시스템 설치
• 철도 역사 신재생에너지 계통연계 시스템 설치
  – 철도 역사 신재생에너지 계통연계 인버터 설치
  – 센서부, 제어부, 보호부, 디스플레이부 설치
  – 신재생에너지 전력품질 안정화 시스템 설치 (철도차량 포함)

계통연계-④ 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 운영 및 검증
• 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 운영 및 검증

■ 녹색성장 구현을 위한 도시철도 신재생에너지 기술 개발

지열I-① 도시철도 (지하)역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 설계
• 도시철도 지하역사 지하유출수 적용 가능역사 선정
• 도시철도 지하역사 지하유출수량 계측 및 D/B 구축
• 추출 가능 에너지량에 기초한 냉/난방 시스템 설계
• 도시철도 지하역사 전체 사용에너지 대비 지열 에너지 적용 비율 산정
• 도시철도 지하역사 지하유출수량 적용 냉/난방 시스템 기초 모듈 제작
• 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발

지열I-② 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 모듈 개발

- 도시철도 지하역사 지하유출수 펌프 제작
- 도시철도 지하역사 지하유출수 열교환기 제작
- 도시철도 지하역사 지하유출수 heat-pump 제작
- 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 제작
- 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 기타 모듈 제작
- 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발

지열I-③ 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 설치

- 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 설치 및 운영
- 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 설치 및 평가

지열I-④ 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증

- 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증
- 기존 지하역사 전체 에너지 부하 대비 지하유출수 에너지 적용 비율 산출

지열II-① 도시철도 (지하)역사 대심도(지하100m 이하) 지열 이용 냉/난방 시스템 설계

- 도시철도 지하역사 대심도 지열 적용 가능역사 선정
- 도시철도 지하역사 대심도 지열량 계측 및 D/B 구축
- 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설계
- 도시철도 지하역사 대심도 샘플 굴착을 통한 지열 에너지 추출 가능량 산출

지열II-② 도시철도 (지하)역사 대심도(지하100m 이하) 지열 이용 냉/난방 시스템 모듈 제작

- 도시철도 지하역사 대심도 지열 펌프 제작
- 도시철도 지하역사 대심도 지열 heat-pump 제작
- 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 제작
- 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발 (B/C 분석 포함)

지열II-③ 도시철도 (지하)역사 대심도(지하100m 이하) 지열 이용 냉/난방 시스템 설치

- 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 및 운영
- 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 및 평가

지열II-④ 도시철도 (지하)역사 대심도(지하100m 이하) 지열 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증

- 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증
- 기존 지하역사 전체 에너지 부하 대비 대심도 지열 적용 비율 산출

풍력-① 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 설계

- 도시철도 지하터널 열차풍 이용 가능 역사 선정 및 D/B 구축
- 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 선정
- 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 설계 및 시험
- 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 모듈제작 및 시험 평가
- 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 발전기 설계 및 제작
- 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 발전기 시험 평가
- 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 컨트롤러 설계 및 제작
- 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 컨트롤러 시험 평가
- 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발

풍력-② 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 모듈제작

- 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 설치 가능 용량 결정
- 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 모듈 제작
  - 풍력발전기 20기 모듈제작
  - 발전기 및 컨트롤러 제작
- 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 기타 필요모듈 제작
- 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발

풍력-③ 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 설치

- 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 설치
- 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발

풍력-④ 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 운영 및 검증

- 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 운영 및 검증 보완

압전I-① 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 설계

- 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 가능 역사 선정 및 D/B 구축
- 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전을 위한 압전 소자 선정

- 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전을 위한 압전소자 설계 및 시험
- 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전을 위한 압전소자 모듈제작 및 시험 평가
- 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 평가 기술 개발

압전I-② 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 모듈 제작
- 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 설치 가능 용량 결정
- 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 모듈 제작
- 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 평가 기술 개발

압전I-③ 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템설치
- 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 설치
- 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 평가 기술 개발

압전I-④ 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 운영 및 검증
- 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 운영 및 검증 보완

압전II-① 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 설계
- 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전 가능 역사 선정 및 D/B 구축
- 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전을 위한 압전 소자 선정
- 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전을 위한 압전소자 설계 및 시험
- 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전을 위한 압전소자 모듈제작 및 시험 평가
- 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전 평가 기술 개발

압전II-② 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 모듈 제작
- 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 설치 가능 용량 결정
- 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 모듈 제작
- 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전 평가 기술 개발

압전II-③ 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 설치
- 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 설치
- 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전 평가 기술 개발

압전II-④ 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 운영 및 검증

• 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 운영 및 검증 보완

■ 고성능 저비용 신형식 인프라 실용화 기술 개발 (연구단)

① Silent Track System 개발

- Silent Track System의 각 구간별(교량,분기기) 설계 및 시공기술 개발
- 개발 시스템 궤도의 실내시험 평가
- Silent Track System의 신뢰성 확보 및 고도화
- Silent Track System의 현장시험시공
- 상태평가 및 모니터링 기술확보

② 철도용 고성능 강성보강노반 Testbed 구축 및 성능평가 연구

- 콘크리트궤도용 신형식 노반 Testbed구축
- 콘크리트궤도용 신형식 노반의 장기내구성 평가
- 영업선 상 콘크리트궤도용 신형식 노반 구축 및 사용성 평가

③ 공간이용 효율성 향상을 위한 철도교량 입체화 기술 개발

- 철도교 복층화에 따른 공간 및 에너지 효율성 평가
- 복층교량 진출입방식 및 선형 검토
- 최적화기법을 활용한 복층교량 형식 선정

④ 센서 임베디드 타입 철도터널 콘크리트 라이닝 기술 개발

- 첨단 센서 임베디드 타입 철도터널 콘크리트 라이닝 구조 상세 개발
- 진동 기반의 터널라이닝의 상시 건전도 모니터링 시스템 구축
- 진동 기반의 철도터널 콘크리트 라이닝의 건전도 평가 기준 제시

■ 고성능 철도 인프라 기술 개발

① 침하억제형 신형식 철도 노반구조 개발

- 콘크리트궤도 연약지반처리대책 및 급속시공 기반기술 연구
- 궤도 및 성토 말뚝지지구조의 설계기술개발
- 궤도 및 성토 말뚝지지구조의 시공기술개발

• 연약지반에서의 구조물 접속처리기술 개발

② 고성능 경량 장지간 철도교량 구조 개발
• 고성능 합성 교량 상부 구조 개발
• 강도와 연성이 향상된 고성능 신형식 교각 개발

다. 세부과제의 성과목표 및 지표설정

라. 연구추진 전략 수립

마. 연구과제 공모 RFP 작성 및 평가기준 제시

V. 연구개발 결과의 기대효과 및 활용계획

가. 기대효과
•신재생 에너지를 적용하여 역사에서의 에너지 소비율 감소 추진
•태양 전지기술 및 풍력발전기술등 핵심기초 기술 성장 촉진
•신성장동력과제의 한축으로 활용 가능
•환경 친화적인 전기 철도 시스템 기술에 부합하는 연구로서 과학기술적 측면에서 미래의 도시교통 문제 해결에 크게 기여할 것임
•국내 철도교 기술 향상을 위한 연구 과제 개발 및 이에 따른 기술 발전
•기 개발된 신재생에너지 핵심 기술을 국가적 차원의 활용 방안 제시
•전기에너지 저장장치의 활용 → 철도 시스템에서 요구하는 전력 수요격차를 축소하여 전력설비의 효율적 운용가능 및 불필요한 Peak 전력용 발전설비 투자 억제 효과
•전력전자분야에서 개발된 제어 및 전력전자기술을 태양광발전에 접목시킴으로서 시스템 운용효율 극대화로 에너지 활용효과 극대화
•역사 내에 설치 가능공간이나 최근 고속철로 인하여 급증된 철도 부하량을 일정부분 감당할 수 있으며, 부가가치를 높임으로서 확대 보급에 기여 (전체부하의 대략 25%인 전등부하 및 전열부하를 대치할 수 있을 것으로 기대)
•국내 고유의 철도기반시설 핵심기술 보유로 국제 경쟁력 확보

•자가 발전형 전원 기술 확보로 인한 청정에너지원 기술 발전
•국내 철도교 설계 기술 발전
•21세기 대중교통 수단으로서 안전하고 쾌적한 서비스 제공을 통해 이용승객의 안전성 및 편의성을 제공함으로써 국민복지를 향상하고, 도심지 교통혼잡을 완화하여 물류비용 및 교통비용을 절감하고 쾌적한 도시환경에 기여.
•관련 설계지침서 및 시방서에 최적화 절차가 반영할 수 있는 기반 마련

나. 활용계획

•무공해 발전기술인 태양광발전의 경우 기존 화력발전의 심각한 공해발생을 대체할 수 있으며, 특히 17,160톤·C – 20,280톤·C의 CO2 저감효과가 기대되어 기후변 협약의 대처방안으로 활용될 수 있음
•21세기 대중교통 수단으로서 안전하고 쾌적한 서비스 제공을 통해 이용승객의 안전성 및 편의성을 제공함으로써 국민복지를 향상하고, 도심지 교통혼잡을 완화하여 물류비용 및 교통비용을 절감하고 쾌적한 도시환경에 기여
•기존철도와 고속철도의 효율적 연계로 인한 철도수송체계 확립
•철도 인프라의 환경 친화도를 높이고 유지보수 효율화를 통하여 비용절감 및 공해물질 배출을 저감할 수 있는 연구의 기획 자료로 활용

목 차

요 약 문 ····· i

제1장 서 론

제1절 사업개요 ····· 2
제2절 연구목표 및 주요 연구내용 ····· 3
제3절 필요성 및 타당성 ····· 4
제4절 추진체계 ····· 6
제5절 추진일정 ····· 7

제2장 신재생에너지 응용 기술 개발

제1절 국내·외 기술 개발 현황 분석 ····· 9
1. 국내 기술 및 산업 동향 ····· 9
2. 국외 기술 및 산업 동향 ····· 20
제2절 기술적 요구사항 검토 ····· 82
1. 요소기술 내용 정립 및 개발에 필요한 기술적 요구사항 검토 ····· 82
2. 국내 관련 기업/연구소 기술수준 및 기술 보완사항 분석 ····· 90
3. 경제성 비교 ····· 122
4. 철도 신재생에너지 시장/경제성(B/C) 분석 ····· 127
5. 철도 신재생에너지 인터페이스 기술 ····· 168
제3절 기존연구와의 중복성 검토 ····· 177
1. 기존연구와의 중복성 검토 ····· 177

제4절 과제의 최종연구 목표 및 범위 ····· 179
1. 연구의 최종 목표 ····· 179
2. 연구개발 과제명 ····· 179
3. 연구범위 ····· 179
제5절 연구목표 달성을 위한 세부과제 도출 ····· 180
1. 세부과제 및 핵심요소기술 도출 ····· 180
2. 세부과제의 연구 목표 및 연구내용 ····· 182
3. 세부과제의 연차별 연구내용 및 소요예산 ····· 193
4. 소요 인력 분석 ····· 205
5. 소요 예산 분석 ····· 216
6. 연구 우선순위 ····· 228
제6절 세부과제의 성과목표 지표 설정 및 근거 ····· 241
1. 연차별 성과목표(정량적, 정성적)와 성과지표(필수지표 포함) ····· 241
2. 성과목표와 지표 간 상호연계성을 확보한 성과지표 근거 ····· 245
제7절 연구추진 전략수립 ····· 246
1. 연구추진체계 ····· 246
2. 연계 연구방안 ····· 247
제8절 해외 공동연구 또는 전문가 활용방안 ····· 247
1. 해외 공동연구 ····· 247
2. 전문가 활용방안 ····· 247

제3장 특허동향 조사

제1절 개 요 ····· 249
제2절 동향분석 ····· 257

제4장 연구과제 공모 RFP

1. 연구개발 목표 ····· 286
2. 연구개발 필요성 및 기술동향 ····· 286

3. 연구개발내용 ····· 288
4. 연구개발 추진방법 ····· 288
5. 사업기간 및 소요예산 ····· 289
6. 연구개발 추진전략 및 추진체계 ····· 296
7. 사업기간 및 소요 예산 ····· 296
8. 기타 ····· 297

제5장 결론 ····· 298

제6장 참고문헌 ····· 299

표목차

[표 1-1. 추진일정] ····· 7
[표 2-1. 세계 각국의 풍력 발전 누전 량] ····· 21
[표 2-2. 2005년 신규 풍력발전 설치 현황] ····· 21
[표 2-3. 세계 풍력에너지 발전량] ····· 22
[표 2-4. 일본의 대학과 연구소의주요 연구내용] ····· 61
[표 2-5. 일본의 2030년 기술별 목표] ····· 62
[표 2-6. 유럽의 계통연계에 관계되는 기술조건] ····· 66
[표 2-7. 항목별 지열 에너지 직접 이용 순위 (2005년 기준] ····· 70
[표 2-8. 유럽 주요 국가에서 지열 직접 이용과 지열 열펌프 시스템 현황 (2005년 기준] ····· 71
[표 2-9. 미국 내 지열 열펌프 시스템 설치 사례] ····· 72
[표 2-10. 미국의 주별 설치 용량 현황] ····· 75
[표 2-11. 국내 태양광 발전 누적 보급량 현황] ····· 104
[표 2-12. 태양광분야 신/재생설비 생산실적 (2006 12월까지)] ····· 105
[표 2-13. 연도별 모듈 생산량 및 2007년 생산계획] ····· 105
[표 2-14. 압전변환재료 및 발전장치의 선진국 대비 국내기술 수준] ····· 106
[표 2-15. 냉동·공조산업의 국내 시장 규모] ····· 107
[표 2-16. 국내 관련 기업/연구소 기술수준] ····· 121
[표 2-17. 핵심기술별 기술보완사항] ····· 122
[표 2-18. 국내 년도별 보급량 (현재 및 예상)] ····· 124
[표 2-19. 유럽의 여러 나라별 에너지원의 외부비용 비교 (€cents/kWh)] ····· 125
[표 2-20. 에너지별 발전 단가 비교] ····· 126
[표 2-21. 에너지별 발전 단가 비교 (cents/kWh)] ····· 127

[표 2-22. 개발기관별 유도급전/집전 시스템의 기술적 차이점] ····· 178
[표 2-23. 녹색성장 구현을 위한 철도 신재생에너지 기술 개발의 연구내용과 소요예산] 193
[표 2-24. 녹색성장 구현을 위한 도시 철도 신재생에너지 기술 개발의 연구내용과 소요예산] ····· 178
[표 2-25. 1차년도 성과목표와 성과지표] ····· 241
[표 2-26. 2차년도 성과목표와 성과지표] ····· 242
[표 2-27. 3차년도 성과목표와 성과지표] ····· 243
[표 2-28. 4차년도 성과목표와 성과지표] ····· 244
[표 2-29. 성과목표와 성과지표 근거] ····· 245
[표 3-1 신재생에너지분야 국가별 분석구간 및 특허건수] ····· 251
[표 3-2 분석대상 기술분류] ····· 252
[표 3-3 분석대상 기술범위] ····· 252
[표 3-4 특허분석 지표] ····· 254
[표 3-5 기하평균과 산술평균의 오차 사례] ····· 256
[표 3-6 신재생에너지 분야 전 세계 국가별 주요 출원인 Top10] ····· 265
[표 3-7 미국특허에서 국가별 기술수준] ····· 283

그림목차

[그림 1-1 추진체계] ····· 6
[그림 2-1 제부도 풍력발전을 이용한 가로등 설치] ····· 10
[그림 2-2. KIST가 개발한 염료감응 태양전지 기반의 투명 컬러 태양전지 창] ····· 12
[그림 2-3. 의왕 철도박물관 태양전지를 적용한 승강장 모형] ····· 13
[그림 2-4. 경의선 운정역사 (설계중)] ····· 13
[그림 2-5. 분산형 전원 시스템 개념도] ····· 14
[그림 2-6. 투명 플렉서블 나노발전기] ····· 15
[그림 2-7. 세라믹 압전발전장치] ····· 15
[그림 2-8. PLZT 압전발판 (전기연구원)] ····· 16
[그림 2-9. 철로용 압전발전장치] ····· 16
[그림 2-10. 연중 외기 온도 및 지중온도 변화(2003 - 2004년)] ····· 17
[그림 2-11. 상업용 또는 중대형 건물에 적용된 토양열원 열펌프 시스템] ····· 18
[그림 2-12. 지하수 열원 열펌프 시스템] ····· 18
[그림 2-13. 보조 열원을 병용하는 하이브리드 지열 열펌프 시스템] ····· 19
[그림 2-14. 1980년부터 시작된 미국의 풍력발전기의 발전 추이] ····· 22
[그림 2-15. Bergey사에서 개발한 중소형(10KW) 풍력발전기] ····· 23
[그림 2-16. Bergey사에서 개발한 소형 풍력발전기 도면] ····· 25
[그림 2-17. 풍력발전기를 가정의 전원으로 활용하는 예] ····· 25
[그림 2-18. 소규모 풍속에 적용한 풍력발전기 시스템 (Battery charging 이용)] ····· 26
[그림 2-19. 풍력발전기의 전력을 기존의 전력 계통에 연결] ····· 27
[그림 2-20. Hybrid Power Systems (태양열 + 풍력발전기 시스템 + Battery charging)] ····· 28
[그림 2-21. 풍력발전과 태양열 발전을 동시에 적용한 예] ····· 29
[그림 2-22. 미국 Aerotecture 사가 개발한 수직형 풍력발전기 에어로 터빈

(지름 1.8m)] ····· 30
[그림 2-23. 도시친화형 풍력발전기의 도시 적용] ····· 30
[그림 2-24. 도시친화형 풍력발전기를 일반 건축물에 적용하여 활용] ····· 31
[그림 2-25. 도시친화형 풍력발전기의 교량 적용의 예] ····· 31
[그림 2-26. 미국 도시 친화형 Helical Turbine 형 풍력발전기] ····· 31
[그림 2-27. 미국 소형 풍력발전기 (Southwest Wind Power)] ····· 32
[그림 2-28. 미국 소형 풍력발전기를 이용한 건물/역사 적용 예] ····· 33
[그림 2-29. 미국 소형 풍력발전기를 이용한 건물/역사 적용] ····· 33
[그림 2-30. 독일 풍력발전 기술 발전] ····· 34
[그림 2-31. 독일 풍력발전량] ····· 35
[그림 2-32. 일본의 연도별 풍력 누적 설치 용량 추이] ····· 37
[그림 2-33. 네덜란드 철도 선로변을 따라 설치된 풍력발전기 (중대형의 경우)] ····· 54
[그림 2-34. 네덜란드 철도 선로변을 따라 설치된 풍력발전기 (소형의 경우)] ····· 54
[그림 2-35. 신재생에너지 설비 연평균 증가율] ····· 55
[그림 2-36. 2000 - 2050년 신재생에너지 산업 현황 및 전망] ····· 55
[그림 2-37. 세계 태양광 시장 규모 전망] ····· 56
[그림 2-38. 태양광 기술혁신을 통한 그리드 패러티(Grid Parity)] ····· 57
[그림 2-39. 예상되는 태양전지의 두께 변화] ····· 58
[그림 2-40. 태양전지 가격 하락 추이] ····· 58
[그림 2-41. 에너지별 발전단가 비교(cents/kWh)] ····· 59
[그림 2-42. 일본의 태양광 기술개발 추이] ····· 62
[그림 2-43. 일본의 JR East 다카사키 신간선 역사 승강장] ····· 63
[그림 2-44. 태양전지가 설치된 뉴욕 지하철 Coney Island Still Well Avenue 역 내부 (210kW)] ····· 63
[그림 2-45. 태양전지가 설치된 뉴욕 지하철 Coney Island Still Well Avenue 역 외부 지붕 태양전지판] ····· 63
[그림 2-46. 독일 베를린에 위치한 Lehrter Station; 건물일체형 태양광 시스템(면적: 1870m2, 용량: 189kWp, 시스템 비용: €3.7 million)] ····· 64
[그림 2-47. 독일 Uelzen역 (태양전지 100kW)] ····· 64
[그림 2-48. 바륨 나노와이어 기반의 나노 발전장치] ····· 67

[그림 2-49. EnOcean 및 Ferro Solutions 사의 압전에너지 발전장치] ····· 67
[그림 2-50. LED 조명용 압전 발전장치 사례] ····· 68
[그림 2-51. SMIT의 Solar Ivy] ····· 68
[그림 2-52. 영국 Gloucester시 Sainsbury에 설치된 압전 발전시스템] ····· 69
[그림 2-53. 이노와텍사의 압전에너지 발전장치] ····· 69
[그림 2-54. 일본 압전발전장치의 설치사례] ····· 70
[그림 2-55. 미국 내 지하 열자원 분포 특성] ····· 75
[그림 2-56. 미국 내 지하 6km 심도에서의 온도 분포] ····· 76
[그림 2-57. 일본에서 개발된 지열 열펌프 시스템 설계 및 성능 예측 프로그램] ····· 77
[그림 2-58. 일본에서 제작된 지중 열전도도 측정 장비] ····· 78
[그림 2-59. 일본에서 첫 대량 생산된 소형 지열 열펌프] ····· 78
[그림 2-60. 저에너지 주택 개념도] ····· 79
[그림 2-61. 일본 내 기후에 따른 최적 지열 열펌프 시스템 설치 개념도 (단독주택)] ·· 80
[그림 2-62. 일본의 지열 열펌프 시스템 보급 목표] ····· 80
[그림 2-63. 독일의 열원별 연간 열펌프 판매 대수] ····· 81
[그림 2-64. 독일의 지열 열펌프 판매 대수] ····· 81
[그림 2-65. 서울 메트로에서 고안한 지하철 환기구의 풍력발전 개념도] ····· 91
[그림 2-66. Tail generating system에 대한 개념도] ····· 92
[그림 2-67. Side generating system에 대한 개념도] ····· 92
[그림 2-68. Tail generating system의 유동 해석 그리드] ····· 93
[그림 2-69. 터빈 블레이드 모델링 및 차량과의 결합] ····· 94
[그림 2-70. 차량 주위의 CFD 그리드 분포] ····· 94
[그림 2-71. 차량과 터빈 블레이드와의 유동 간섭현상 및 유동 분포] ····· 95
[그림 2-72. 전체 철도차량 및 후미부 열차풍의 유동 분포] ····· 95
[그림 2-73. 수직축 풍력발전기] ····· 97
[그림 2-74. 수평축 풍력발전기] ····· 97
[그림 2-75. 수직축 및 수평축 풍력발전기의 공력특성 비교] ····· 98
[그림 2-76. 수직축 풍력발전기의 발전 원리] ····· 98
[그림 2-77. 수직축 풍력발전기와 수평축 풍력발전기 발전효율] ····· 99
[그림 2-78. 수직 풍력발전기의 적용 예 (일본백화점 건물 앞)] ····· 99

[그림 2-79. 고속도로 분리대에 설치된 풍력발전기] ····· 100
[그림 2-80. (a) 다결정 실리콘 태양전지 (삼성 SDI), (b)광전기 화학형 박막 태양전지 모듈 (ETRI, KIST)] ····· 102
[그림 2-81. PV용 무변압기형 PCS(한양정공)] ····· 103
[그림 2-82. 국내 태양광 발전 누적 보급량 현황] ····· 104
[그림 2-83. 지열 열펌프를 포함한 분야별 냉동.공조 산업 구성 모듈] ····· 108
[그림 2-84. 지열 열펌프를 포함한 분야별 냉동.공조 부품/모듈/시스템 구성] ····· 109
[그림 2-85. 국내에서 개발된 50마력급 인버터 터보 압축기] ····· 109
[그림 2-86. 국내에서 제작된 10kW급 지중 열전도도 측정기] ····· 110
[그림 2-87. 지열 열펌프 시스템 국내 설치 현장 수 (2000-2005)] ····· 110
[그림 2-88. 지열 냉난방 시스템] ····· 111
[그림 2-89. 지열 냉난방 시스템의 개념도] ····· 112
[그림 2-90. 지열 난방 시스템의 개념도] ····· 112
[그림 2-91. 지열 난방 시스템의 개념도] ····· 112
[그림 2-92. 수직형 지중열 교환기] ····· 113
[그림 2-93. 수평형 지중열 교환기] ····· 116
[그림 2-94. 도시철도 지열 (지하유출수) 봄 여름 수온] ····· 148
[그림 2-95. 신대방역 평면도] ····· 159
[그림 2-96. 신대방역 단면도] ····· 160
[그림 2-97. 군자차량기지 평면도] ····· 161
[그림 2-98. 일본 압전에너지 발전장치의 설치사례] ····· 164
[그림 2-99. Piezoelectric Fiber Composites] ····· 168
[그림 2-100. 터널형 압전발전장치] ····· 169
[그림 2-101. 태양광-풍력-압전-슈퍼캐시터 축전지 계통연계 시스템 계략도] ····· 169
[그림 2-102. 슈퍼캐패시터 계략도] ····· 170
[그림 2-103. 대전지하철공사에 실제 설치된 슈퍼캐패시터] ····· 170
[그림 2-104. 회생인버터 회로] ····· 172
[그림 2-105. 회생인버터] ····· 173
[그림 2-106. 회생인버터 변압기] ····· 173

[그림 2-107. 연구추진체계] ····· 246
[그림 3-1] 신재생에너지 분야의 전세계 출원(등록) 건수 추이] ····· 258
[그림 3-2] 포트폴리오로 본 신재생에너지 분야의 위치] ····· 259
[그림 3-3] 신재생에너지 분야 내·외국인 연도별 특허 출원건수(한국특허)] ····· 260
[그림 3-4] 신재생에너지 분야 내·외국인 연도별 특허 출원건수(미국특허)] ····· 261
[그림 3-5] 신재생에너지 분야 내·외국인 연도별 특허 출원건수(일본특허)] ····· 262
[그림 3-6] 신재생에너지 분야 내·외국인 연도별 특허 출원건수(유럽특허)] ····· 263
[그림 3-7] 신재생에너지 분야 특허점유율 및 증가율에 따른 포트폴리오 분석] ····· 266
[그림 3-8] 신재생에너지 분야 주요국의 기술 분야별 역점 기술분야] ····· 269
[그림 3-9] 신재생에너지 분야 주요국의 세부기술별 역점분야] ····· 270
[그림 3-10] 한국의 신재생에너지 분야 동향] ····· 271
[그림 3-11] 미국의 신재생에너지 분야 동향] ····· 272
[그림 3-12] 일본의 신재생에너지 분야 동향] ····· 273
[그림 3-13] 유럽의 신재생에너지 분야 동향] ····· 274
[그림 3-14] 기술별 출원인 국적 분포(한국)] ····· 275
[그림 3-15] 기술별 출원인 국적 분포(미국)] ····· 275
[그림 3-16] 기술별 출원인 국적 분포(일본)] ····· 276
[그림 3-17] 기술별 출원인 국적 분포(유럽)] ····· 276
[그림 3-18] 신재생에너지 분야 한국특허의 기술별 기업별 동향] ····· 278
[그림 3-19] 신재생에너지 분야 미국특허의 기술별 기업별 동향] ····· 279
[그림 3-20] 신재생에너지 분야 일본특허의 기술별 기업별 동향] ····· 280
[그림 3-21] 신재생에너지 분야 유럽특허의 기술별 기업별 동향] ····· 281
[그림 3-22] 국가별 특허의 질적수준 및 시장확보력] ····· 282
[그림 3-23] 국가별 기술영향력의 구간별 추이 비교] ····· 284

서 론

제1절 사업개요
제2절 연구목표 및 주요 연구내용
제3절 필요성 및 타당성
제4절 추진체계
제5절 추진일정

1절 사업개요

1. 연구목적 및 필요성

○ 미래철도 기반기술개발은 환경친화적인 신재생에너지를 철도시스템에 적용할 수 있는 응용기술 개발과 철도환경에 능동적이고 신속하게 대응할 수 있는 철도시설 인프라 분야의 고유한 핵심기술 개발을 목표로 함.

○ 고속철도의 도입으로 인한 전력비용 증가로 환경 친화적이고, 화석연료로부터 자유로운 신재생에너지를 철도시스템에 적용하는 방안 등 에너지 절감을 위한 장기적인 대안수립이 필요함.

○ 법적근거 : 대체에너지법
- 국내의 3,000m^2이상 공공건물의 경우 표준 건축비의 5%를 대체에너지 시설로 건축하여야 하는 의무조항이 제정되어 신재생에너지의 철도역사 적용을 위한 체계적이고 단계적인 전략 수립을 위한 연구개발이 시급히 요구됨.

○ 미래 대체에너지 시장 선점 : 우리나라 연평균 국방비의 2배에 해당하는 26조원이 에너지수입에 지출되며, 세계에서 석유를 4번째로 많이 수입해서 6번째로 많이 사용하고 있는 실정.

2. 사업기간

2009. 3. 31 ~ 2009. 10. 31 (7개월)

3. 총사업비

60,000천원 (정부출연금)

4. 시행주체

주　　관 : 국토해양부
전 담 기 관 : 한국건설교통기술평가원
주관연구기관 : 한국철도기술연구원
공동연구기관 : 서울메트로

2절 연구목표 및 주요 연구내용

1. 연구목표

○ 신재생 에너지 (풍력, 태양광, 압전소자 등)를 이용한 에너지 절약형 철도 시스템 개발 및 신재생 에너지 철도급전계통연계 기술 개발 과제 기획

○ 철도 인프라 향상을 위한 핵심기술 개발과제의 상세기획 및 검증

2. 주요 연구내용

가. 신재생 에너지 응용기술개발 기획

- 철도시스템 적용 신재생에너지 기반 연구 기획
- 에너지 절약형 친환경 철도역사/시설기반 개발 기획
- 철도에 적용 가능한 발전기술 개발 (열차풍, 압전소자, 태양광 등) 기획

나. 미래철도 인프라 핵심기술 개발 기획

- 신형식 궤도 시스템 기술 개발 기획
- 미래형 지반 구조물 시스템 기술 개발 기획
- 미래형 철도교량 설계 기술 개발 기획
- 철도터널 핵심 기술 개발 기획

3절 필요성 및 타당성

1. 기술적인 측면

- •신재생 에너지를 적용하여 역사에서의 에너지 소비율 감소 추진
- •태양 전지기술 및 풍력발전기술등 핵심기초 기술 성장 촉진
- •신성장동력과제의 한축으로 활용 가능
- •환경 친화적인 전기 철도 시스템 기술에 부합하는 연구로서 과학기술적 측면에서 미래의 도시교통 문제 해결에 크게 기여할 것임
- •국내 철도교 기술 향상을 위한 연구 과제 개발 및 이에 따른 기술 발전
- •기 개발된 신재생에너지 핵심 기술을 국가적 차원의 활용 방안 제시
- •전기에너지 저장장치의 활용 → 철도 시스템에서 요구하는 전력 수요격차를 축소하여 전력설비의 효율적 운용가능 및 불필요한 Peak 전력용 발전설비 투자 억제 효과
- •전력전자분야에서 개발된 제어 및 전력전자기술을 태양광발전에 접목시킴으로서 시스템 운용효율 극대화로 에너지 활용효과 극대화
- •역사 내에 설치 가능공간이나 최근 고속철로 인하여 급증된 철도 부하량을 일정부분 감당할 수 있으며, 부가가치를 높임으로서 확대 보급에 기여 (전체부하의 대략 25%인 전등부하 및 전열부하를 대치할 수 있을 것으로 기대)
- •국내 고유의 철도기반시설 핵심기술 보유로 국제 경쟁력 확보
- •자가 발전형 전원 기술 확보로 인한 청정에너지원 기술 발전
- •국내 철도교 설계 기술 발전

2. 경제·산업적인 측면

- •화석연료 고갈과 공해문제 해결을 위하여 청정에너지를 활용하는 막대한 경제적 파급효과를 유발할 것임
- •미래의 에너지 확보 및 환경 친화적인 전력급전 적용 연구개발에 기여함으로서 미래 대체에너지로서의 연구의 활성화 및 파급효과 기대
- •철도 인프라의 환경 친화도를 높이고 유지보수 효율화를 통하여 비용절감 및

공해물질 배출을 저감할 수 있는 연구의 기획 자료로 활용

- •대체에너지관련 산업의 촉발로 국내수요와 아·태지역 개발도상국 시장의 10%를 점유할 경우 10억불 이상의 산업창출 및 4,000명 이상의 고용증대가 예상됨
- • 97%이상의 에너지수입 의존도와 $100/배럴을 초과하는 고유가 등 심각한 에너지 여건의 대체효과 기대
- •관련기술확보로 시장활성화 및 철도역사 건축비용의 5%에 대한 기술료 수입 예상
- •철도 시설물에 대한 안전성 향상으로 사회적 비용절감

3. 사회·문화적인 측면

- •무공해 발전기술인 태양광발전의 경우 기존 화력발전의 심각한 공해발생을 대체할 수 있으며, 특히 17,160톤·C – 20,280톤·C의 CO2 저감효과가 기대되어 기후변 협약의 대처방안으로 활용될 수 있음
- •21세기 대중교통 수단으로서 안전하고 쾌적한 서비스 제공을 통해 이용승객의 안전성 및 편의성을 제공함으로써 국민복지를 향상하고, 도심지 교통혼잡을 완화하여 물류비용 및 교통비용을 절감하고 쾌적한 도시환경에 기여
- •기존철도와 고속철도의 효율적 연계로 인한 철도수송체계 확립

4절 추진체계

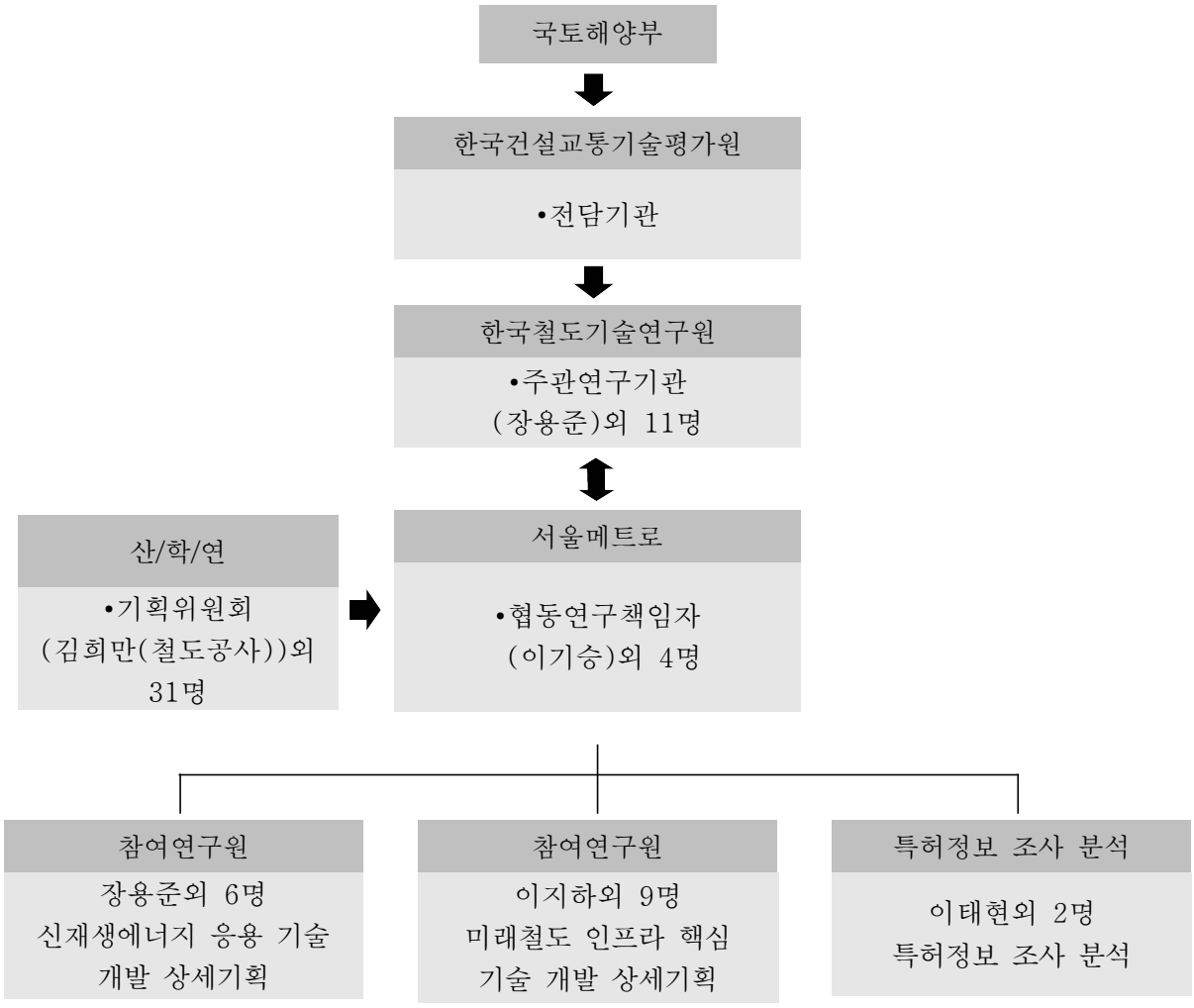


그림 1-1. 추진체계

5절 추진일정

[표 1-1. 추진일정]

일련번호	연구내용	추 진 일 정 (주)							비중 (%)
		1	2	3	4	5	6	7	
1	o 자료조사 및 목표설정	———	———						25
2	- 연구의 목적 및 범위 설정	———							
3	- 국내·외 정책 동향 조사	———	———						
4	- 국내·외 기술개발 동향 조사		———						
5	- 세부과제별 조사자료 분석 및 목표 설정		———						
6	o 주요 핵심기술 도출		———	———	———				25
7	- 세부과제 및 요소기술 도출		———	———					
8	- 영역별 핵심기술 및 세부기술 분석			———	———				
9	- 기술개발 방안 제시				———				
10	o 중간보고서 작성 및 제출			———					
11	o 타당성 분석				———	———			25
12	- 소요비용 및 기간 분석				———				
13	- 기술 및 경제적 타당성 분석				———	———	———		
14	o 목표 및 성과물 제시					———	———	———	25
15	- 세부 추진계획 수립					———	———		
16	- 최종 목표 및 내용 제시							———	
17	- 과제의 성과물 제시							———	
18	o 최종보고서 작성 및 제출							———	100

신재생에너지 응용 기술 개발

제1절 국내·외 기술 개발 현황 분석
제2절 기술적 요구사항 검토
제3절 기존연구와의 중복성 검토
제4절 과제의 최종연구 목표 및 범위
제5절 연구목표 달성을 위한 세부과제 도출
제6절 세부과제의 성과목표 지표 설정 및 근거
제7절 연구추진 전략수립
제8절 해외 공동연구 또는 전문가 활용방안

1절 국내·외 기술 개발 현황 분석

1. 국내 기술 및 산업 동향

가. 풍력 에너지 개발

- 국내에서는 1970년대 오일 파동이후로 신재생에너지의 필요성과 주로 낙도 등지에서 독립전원용으로 설치가 되고, 병행하여 해외 풍력발전기 기술의 도입 및 일부 국산화가 시작이 되었음.

- 80년대 초에는 14KW급 풍력발전기의 실증시험과 5-8KW 소형 풍력발전기 기기의 국산화 개발과 모형 회전자 설계 및 풍동 시험 등의 요소기술 개발에 주력하여 왔으나 체계적인 기술개발 및 연속적인 연구의 부재로 뚜렷한 풍력발전 관련 기술을 확보하지 못하였음.

- 90년대 중반이 되어서는 160KW 규모의 신재생에너지 시범단지가 조성되어 풍력발전 시스템의 실질적인 연구가 수행이 되었음.

- 90년대 초에 대학과 연구원을 중심으로 기초연구 및 소형 풍력 시스템 연구를 시작한 이래 1990년대 중반부터 본격적으로 기술개발을 수행하였음.

- 1 단계(1988 - 1991) 사업으로 전국 64개 기상청 산하 기상 관측소, 일부 지역의 도서 및 내륙 일부 지역에서 관측된 풍속과 풍향자료를 이용한 풍력자원 특성이 이루어졌고, 1933년부터 한국에너지기술연구원이 제주 월령에 풍력, 태양광 및 태양열 시설을 포함한 신재생에너지 시범단지를 조성하여 100KW 풍력발전기 1기와 30KW 풍력발전기 2기를 설치하여, 한국전력 계통선에 연계 실증운전을 하였음.

- 1 단계 사업 기간에 한국화이바가 한국형 중형급 수직축 300KW 풍력발전기를 개발하였음. 한국화이바에서는 계속하여 중대형급(750KW급) 수평축 풍력발전기를 2001년 개발 완료하였음. (주)효성에서는 풍력발전 시스템용 증속기 및 유도 발전기를 2001년말 개발 완료하였음.

• 한국전기연구원에서는 750KW급 제어 및 계통연계장치를 2000년말 개발 종료하였음. (주)우리들에서 50KW급 풍력, 태양광, 디젤복합발전 시스템을 개발 하였음.

• (주) 효성과 유니스산업(주)에서 750KW급 기어드 및 기어리스 풍력발전 시스템 국산화 기술개발을 완료하였음. 또한 1 – 2MW급 중대형 풍력발전 시스템 개발을 2004년부터 추진 중에 있음.

•제부도 풍력발전 적용 (화성시 추진 내용)

'모세의 기적' 제부도에 태양광 및 풍력을 이용한 가로등이 설치되었다. 경기도 화성시는 한국판 '모세의 기적'으로 유명한 서신면 제부도 진입로에 태양광과 풍력을 함께 사용하는 가로등을 설치했다. 신재생에너지를 이용한 태양광 및 풍력 겸용 가로등은 바닷물이 빠지면서 매일 2차례만 모습을 드러내는 제부도 진입로 2.3㎞구간에 모두 41개가 설치되었다. 가로등에는 낮 시간 동안 태양광과 풍력을 이용해 전기를 만들고 저장할 수 있는 태양광 300W, 풍력 400W 규모의 축전기와 소형 프로펠러가 부착돼 야간조명을 밝히도록 되어있다. 화성시에서는 일몰 후 도로가 바닷물에 잠겨 통행이 제한되더라도 관광객들에게 볼거리 제공을 위해 가로등을 계속 켜 놓고 있다.



그림 2-1. 제부도 풍력발전을 이용한 가로등 설치

나. 태양광 에너지 개발

• 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 보유

하고 있음.

- 국내의 비정질 실리콘 태양전지 연구는 그 중요성에도 불구하고 정부의 지원이나 연구시설이 매우 부족한 상황. 해외의 경우 정부의 전폭적인 지원하에 박막 실리콘 태양전지 기술이 오랜 연구 단계를 끝내고 예비 생산(pilot production) 단계에서 대량생산(industrial production) 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 달성.

- 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(한국과학기술연구원), ETRI(한국전자통신연구원), KRICT(한국화학연구원) 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 실적임.



그림 2-2. KIST가 개발한 염료감응 태양전지 기반의 투명 컬러 태양전지 창

- 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 제작.

- 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 한국에너지연구원에서 pilot 규모의 연구기반 구축을 시작으로 태양전지모듈 연구 개발 본격 추진.

- 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 모듈 제조 기술력 확보.

• 국내 철도 역사 적용 사례 : 의왕 철도 박물관



그림 2-3. 의왕 철도박물관 태양전지를 적용한 승강장 모형

• 경의선 운정 역사 14kWp 급 태양광 발전 설비를 적용하기 위하여 설계중.



그림 2-4. 경의선 운정역사 (설계중)

나-A. 태양광 에너지 – 철도전력계통 연계기술 개발

• 경제성장과 산업·사회생활의 고도화에 따라서 증대하는 전력수요에 대해서, 에너지 자원량과 지구환경의 제약이 거론되고 있는 최근의 에너지를 둘러싼 심각한 상황인식을 고려하여 전력수급의 장기적 안정을 확보하기 위해서는, 전력수급양면에 걸친 대책이 강화되어야 한다는 것이 현재 관련 전문가들의 공통된 의견으로 수렴되고 있음.

• 따라서, 종래의 전력공급은 대규모전원의 개발을 중심으로 수요에 대응해 왔

지만, 다양한 에너지원의 효율적 활용을 목표로 한 신재생에너지의 개발과 도입을 적극적으로 추진하는 등의 폭넓은 정책이 마련·시행될 필요가 있음.

- 이와 같은 상황하에 태양광발전(Photovoltaic Generation), 풍력발전(Wind Power Generation), 연료전지발전(Fuel Cell Generation), 전지전력저장시스템(Battery Energy Storage System) 등 소용량의 분산배치가 가능한 발전설비(분산형전원: Dispersed Storage and Generation System)도입이 선진국을 중심으로 추진되고 있음.

- 분산형전원의 개발과 도입에 대해서는, 에너지절약, 에너지 Security의 향상, CO_2배출대책 등의 환경측면에서 태양광 등의 신재생에너지에 의한 발전의 전원도입이 기대되고 있음.

- 한편 이러한 에너지원은, 전력계통과 연계 운전함에 의해 보다 안정한 전원을 얻을 수 있음과 동시에 잉여전력을 계통에 공급함으로써 다양한 에너지원의 효율적 활용도 가능하다는 점에서 기존의 배전계통과 연계를 취하는 형태로 도입·보급되는 것이 바람직하다고 하는 견해가 지배적임.

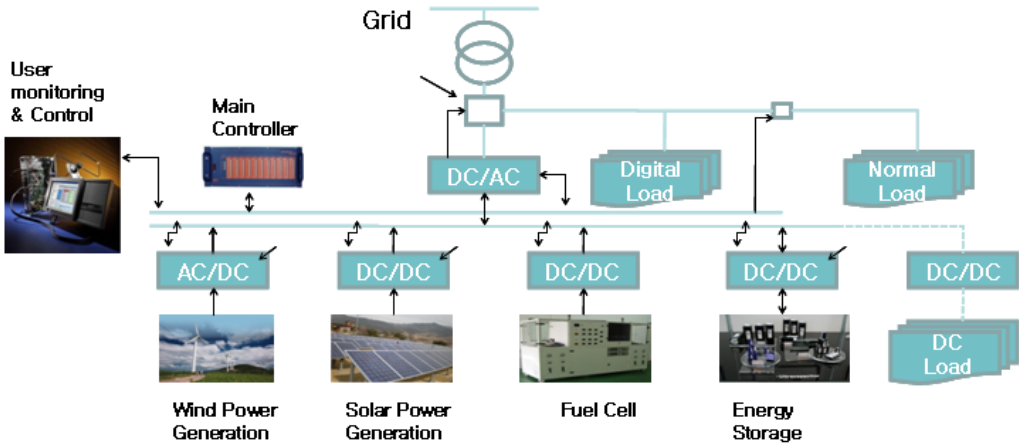
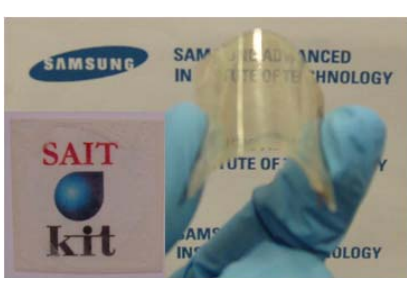


그림 2-5. 분산형 전원 시스템 개념도

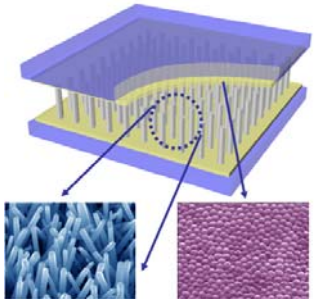
다. 압전발전기술 적용 철도 시스템 구축 기술 개발

- 나노 압전발전기술 개발 – 2009년 삼성전자 종합기술원과 금오공과대 신소재시스템공학부는 휘거나 누르기만 해도 전기 에너지가 발생하는 그림 과 같은 투명 플렉서블 나노발전기를 개발하였다. 산화아연 나노막대기를 투명 전극이 코팅되어 플라스틱으로 구성된 기판사이에 배치하여, 손가락으로 누르거나 또는 구부릴

경우 전력이 발생하는 원리를 구현한 것이다.



(a) 투명 플렉서블 나노발전기



(b) 산화아연 막대기

그림 2-6. 투명 플렉서블 나노발전기

• 고효율 압전발전기술 개발- 2007년 한국과학기술연구원(KIST)의 윤석진 박사팀은 적층형 압전세라믹을 사용하여 압력에 의해 전력을 생산할 수 있는 압전발전장치를 개발하였고, 한국세라믹기술원(KICET)의 백종후 박사팀은 2006년 아래 그림과 같은 압전세라믹을 이용한 압전발전장치를 개발하였다.



(a) 세라믹 압전발전장치



(b) 압전발전장치에 의한 점등

그림 2-7. 세라믹 압전발전장치

• 고효율 압전발전기술 개발- 한국전기연구원 에너지변환소자연구센터 정순종 연구원과 선문대학교 이호용 교수팀은 최근 란탄이란 물질을 PZT에 첨가하면 납을 밀어내고 자리를 잡으면서 PZT 분자에 불균형 상태가 만들어진다는 사실을 발견했다. 이 상태에서 압력이 가해지면 전기를 띤 분자들이 한쪽으로 쏠리는 비율이 높아져 전기 생산 효율이 좋아진다. 이러한 결과를 2009년 8월 중국 시안에서 열린 '국제 강유전체 응용 학회 (IMF-ISAF)'에 발표하였다.



그림 2-8. PLZT 압전발판 (전기연구원)

- 철도용 압전발전기술 개발-한국세라믹기술원과 (주)센불은 공동으로 아래 그림과 같은 철로용 압전발전장치를 개발 중에 있다. 철로용 압전 발전장치는 철로의 목침 사이에 압전발전 모듈을 설치하여 열차의 하중에 의한 압력에너지를 전기에너지로 변환하는 장치이다.

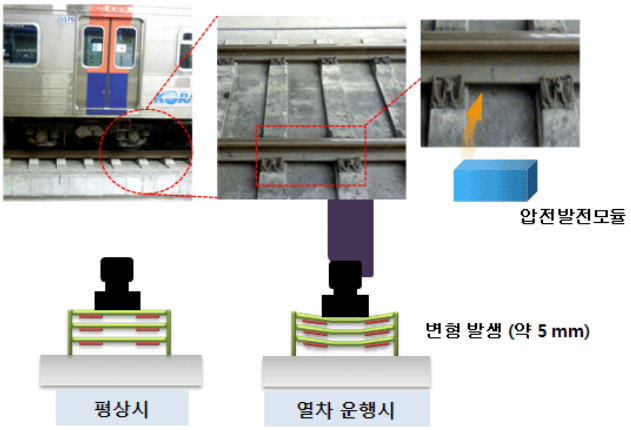


그림 2-9. 철로용 압전발전장치

라. 지열 에너지 기술 개발

- 지열 에너지란 지중이 태양 복사 에너지나 지구 내부의 마그마 열에 의해 보유하고 있는 에너지를 의미함. 대체로 특정 깊이의 지중 열은 연중 일정한 온도를 유지하고 있음. 천부 지열(shallow geometry)의 경우는 10 ~ 20℃ 정도이며, 심부 지열(deep geometry)의 경우는 40 ~ 150℃ 이상의 온도를 보임.
- 지열 에너지를 활용하는 방법은 직접이용과 간접이용 기술로 분류할 수 있음. 직접이용은 중.저온 에너지(10-20℃)를 열펌프나 냉동기와 같은 에너지 변환기기의 열원으로 공급하여 건물 냉난방, 도로 융설, 지역난방 등에 활용하는 기술을 의미함. 반면, 간접 이용 기술은 심부지열 중 80℃ 이상의 고온수나 증기를 끌어올

려 전기를 생산하기 위한 지열 발전(geothermal power plant)에 활용하는 기술임.

- 지열 발전(geothermal power generation) 이란 시추공을 통하여 지하에 저류되어 있는 지열 유체를 분출시키거나 물을 주입시켜 고온의 물이나 수증기를 뽑아낸 후, 그 열에너지를 전기에너지로 변화하는 발전 방식임.
- 지열 열펌프 시스템은 효율과 성능 면에서 상용 공기열원 열펌프 시스템보다 우수한 것으로 알려져 있음. 이는 냉난방 사이클에서 각각 냉열원과 온열원의 역할을 하는 지중의 연중 온도 병화가 외기의 변화보다 상대적으로 안정적이기 때문임. 그러나 시스템의 초기 투자비가 기존 설비보다 다소 큰 것이 단점으로 지적됨.

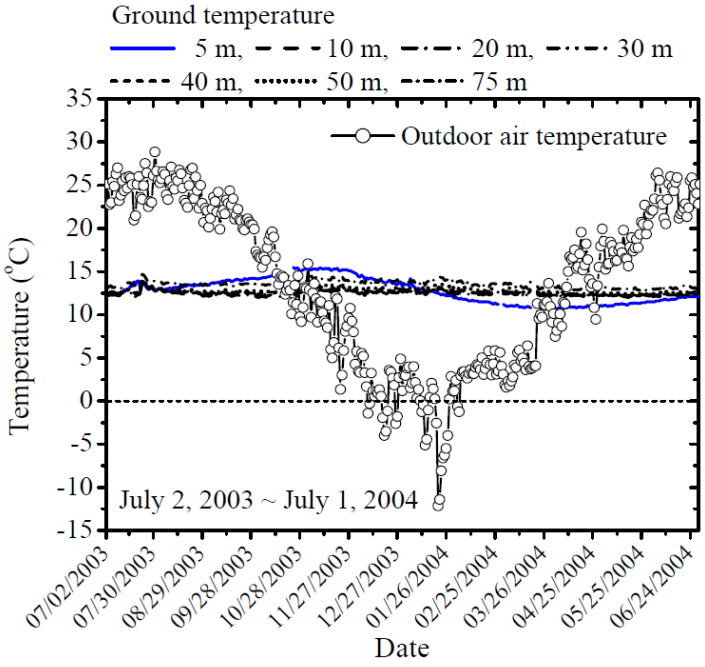
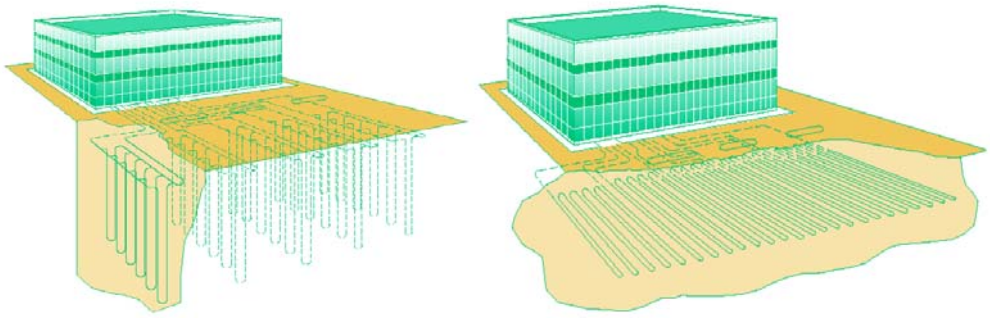


그림 2-10. 연중 외기 온도 및 지중온도 변화(2003 - 2004년)

- 미국 환경 보호청은 현존하는 냉난방 기술 중에서 가장 에너지 효율적이고 환경 친화적이며, 비용 효과가 우수한 공기 조화 시스템으로 지열 열펌프 시스템을 예로 들고 있음. 지열의 경우 열펌프에 비해 44%까지 그리고 에어콘 전열기에 비해 72% 까지 에너지 소비를 절감할 수 있다고 EPA(1993)가 밝혔음.

- 지열 열펌프 시스템의 종류 :

① 토양 열원 열펌프 시스템 (Ground-Coupled Heat Pump Systems) : 지중열 교환기의 매설 형태에 따라 수직형과 수평형 시스템으로 분류됨.



(a) 수직형 시스템　　(b) 수평형 시스템

그림 2-11. 상업용 또는 중대형 건물에 적용된 토양열원 열펌프 시스템

② 지하수 열원 열펌프 시스템 (Ground Water Heat Pump Systems) : 이 시스템은 양질의 지하수가 풍부할 때 이를 열원이나 히트싱크로 활용하는 시스템임.

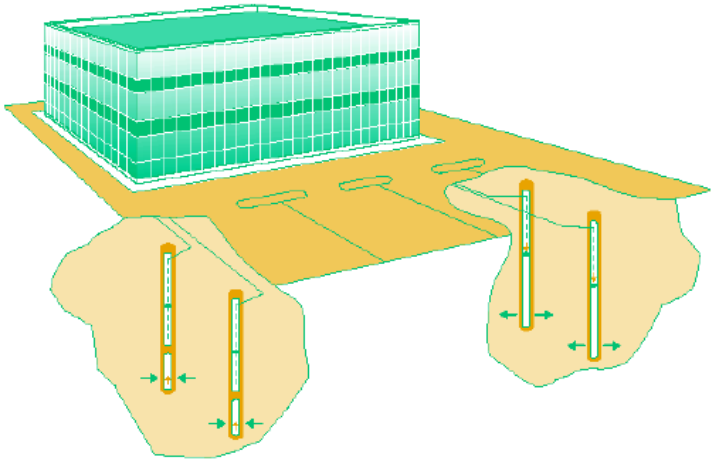


그림 2-12. 지하수 열원 열펌프 시스템

③ 지표수 열원 열펌프 시스템 (Ground Water Heat Pump Systems) : 지표수열원 열펌프 시스템은 자연연못, 인공연못, 호수, 저수지, 원수 등을 냉열원과 온열원으로 활용.

④ 하이브리드 지열 시스템 (Hybrid Geothermal Heat Pump Systems) : 이 시스템은 보조 냉열원(냉각탑 등)이나 보조 온열원(보일러, 태양열 집열판 등)을 병행함으로써 지중열교환기 개수나 길이 등을 줄일 수 있음.

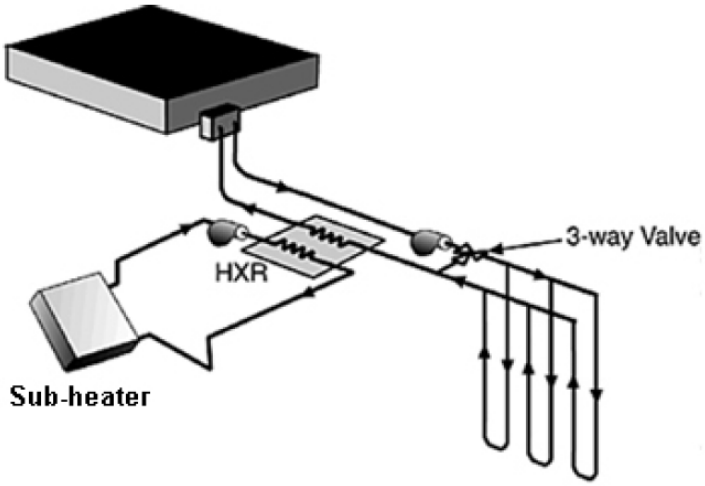


그림 2-13. 보조 열원을 병용하는 하이브리드 지열 열펌프 시스템

• 국내에서 지열 관련 업체가 사업을 시작한 것은 2000년 무렵이며, 열교환기 설치 면적 문제로 대부분 업체가 수직형 지중열교환기를 시공하고 있음. 현재는 (주)지오테크, 가스기술공사 등 100여개가 넘는 업체가 전문기업으로 활동 중에 있음.

• 국내에서도 석유 가격의 급상승과 환경에 대한 우려가 증가하면서 지열을 이용한 전력 생산에 대한 관심이 증가하고 있음. 그러나 지열 분포 특성에 따라 필요한 기술과 수행 능력이 달라지므로 경제적으로 지열을 개발하기 위해서는 국내 특성에 적합한 많은 기술개발이 이루어져야 함.

• 국내에서는 내륙에서 3~10km의 심부 굴착이 가능한 기술개발이 이루어져야 하지만, 기존 굴착 업체들의 기술 수준은 아직 2.5km 심도 안팎의 굴착심도로서 지열발전을 위한 충분한 심도를 굴착할 수 있는 기술을 보유하고 있지는 않음.

• 국내에서는 아직 지열 발전을 전문적으로 수행하는 기업은 없으나 1992년 현대엔지니어링에서 인도네시아의 지열발전소 건설을 수행하였으므로 지열발전 설비 부문의 기술력은 어느 정도 보유하고 있는 것으로 판단됨.

마. 친환경 교통 시스템용 급전 시스템 기술 개발

• 최근 친환경 교통시스템의 중요성 대두로 친환경적인 비접촉 에너지전송 기술의 중요성이 증대되고 있음. 친환경 에너지전송시스템 기술에 있어서 국내의 경우, 소용량의 산업용 비접촉 에너지전송시스템은 청정 공장라인의 이송시스템으로 기술개발이 이루어짐.
• 해외의 경우도 최근 친환경 교통시스템의 중요성 대두로 친환경적인 비접촉

에너지전송 기술의 중요성이 증대되고 있으며, 국내와 유사하게 소용량의 비접촉 에너지전송시스템 기술 개발을 근간으로 대용량의 교통시스템 적용 쪽으로 연구의 방향이 전환되고 있으며, 배터리, 수퍼캐패시터, 연료전지 기술과 융합화 된 버스 및 철도교통 시스템으로의 연구가 진행되고 있음.

- 공공수송부분인 철도 시스템에 연료전지를 이용한 Hybrid 시스템 및 유도급전방식을 고려한 신개념 에너지 전송 급전 시스템의 경우, 국내에서는 적용사례가 없음.
- 국내 자동차 회사에서 개발 중인 연료전지 Hybrid 자동차는 2020년 연료전지 자동차의 양산을 목표로, 실용화 가능성 검증과 기술개발 방향 및 전략을 수립하고, 연료전지 자동차 및 수소생산, 공급, 충전 설비관련 기술 표준화 작업을 위해 현재 미국 에너지성의 시범운행에 참여 중.

2. 국외 기술 및 산업 동향

가. 풍력 에너지 개발

- 1980년대 초부터 풍력발전 제작기술이 급속히 발전하여 독일의 Germanischer Lioyd, 덴마크 DNV 및 RISO 등에서 설계인증, 검증, 검증 평가 기준을 제시하고 있으며, IEA에서는 풍력발전에 관한 국제 규정을 마련하고 있는 단계임.

- 풍력발전 시스템은 유럽을 중심으로 시스템의 대형화에 초점을 두고 2MW는 상용화 되고 있으며, 4.5MW는 시험 중이며 독일에서 5MW를 개발중에 있음.

- 독일은 풍력발전 선두 국가로 5MW를 개발 중에 있으며, 2004년 세계 설치용량의 35% (약 16,649MW, 독일전력수요 6%)를 보급중이며, 덴마크에 이어 세계 2위 설비시장 점유(21.5%) 및 연 30억불 풍력시장을 창출해 가고 있음.

- 덴마크는 1980년대부터 풍력발전 시스템을 집중 개발하여 현재 풍력 설비시장의 세계 1위(세계설비시장의 41.7%)를 고수하며, 풍력발전의 대형화와 해상풍력발전 등 국제적인 트렌드를 선도하고 있음.

- 미국은 1980년대 중반까지 세계 풍력발전 시장을 주도하여 왔으나, 정부지원이 줄어들면서 1980년 후반부터 주도권을 빼앗기기 시작했음. 1990년대

초반부터 다시 DOE 지원으로 National Renewable Energy Lab (NREL) 과 산업체 공동으로 대형화 기술을 개발하고, NASA에서 Blade 개발 지원을 적극적으로 하고 있음.

- 1980년대 초부터 풍력발전기의 제작 기술이 급속히 발전하여 2004년도 현재 전 세계적으로 42,912MW 정도의 규모의 풍력발전기가 설치되어 있음.

- 표 2-1에서는 그동안 풍력 발전을 수행한 세계 각국의 발전량 누적치를 나타내었음. 현재의 풍력발전량 누적계는 59,322MW로 나타났음. 표-1에서 보듯 세계 풍력 발전의 3분의 1 이상은 독일이 수행하고 있음. 또 약 3분의 1 이상은 스페인과 미국이 수행하고 있는 것으로 나타나고 있음. 그 나머지 3분의 1미만을 다른 여러 나라가 수행하고 있음.

표 2-1. 세계 각국의 풍력 발전 누전 량

나라명	Germany	Spain	US	India	Denmark	Italy	UK	China	Japan	NL	기타	total
총용량 (MW)	18,428	10,027	9,149	4,430	3,122	1,717	1,353	1,260	1,231	1,219	7,386	59,322
발전율 (%)	31.1	19.6	15.4	7.5	5.3	2.9	2.3	2.1	2.1	2.1	12.5	100

- 또한 2005년 풍력 신규 설치 현황은 다음 표2-2와 같다. 2005년 신규 풍력발전 설치 현황은 미국이 약 20%로 가장 많고, 그 뒤를 독일, 스페인 인도 등이 뒤따른다.

표 2-2. 2005년 신규 풍력발전 설치 현황

나라명	US	Germany	Spain	India	Portugal	China	Italy	UK	France	Australia	기타	total
총용량 (MW)	2,431	1,808	1,764	1,430	500	498	452	446	367	328	1,745	-
발전율 (%)	20.7	15.4	15	12.2	4.2	4.2	3.8	3.8	3.1	2.8	14.8	100

- 표2-3에서 보듯 세계 풍력발전 량은 기하급수적으로 증가하고 있고, 고유가 시대를 맞아 그 발전량의 증가 패턴은 당분간 지속될 전망이다.

표 2-3. 세계 풍력에너지 발전량

Year	1995	1996	1997	199	1999년	2000	2001	2002	2003	2004	2005	비고
MW	4,800	6,100	7,600	10,200	13,600	17,400	23,900	31,000	39,431	47,620	59,322	-

가-A. 미국의 풍력발전기 개발 현황

• 미국의 풍력발전기 개발현황을 그림 2-9에 보였다.

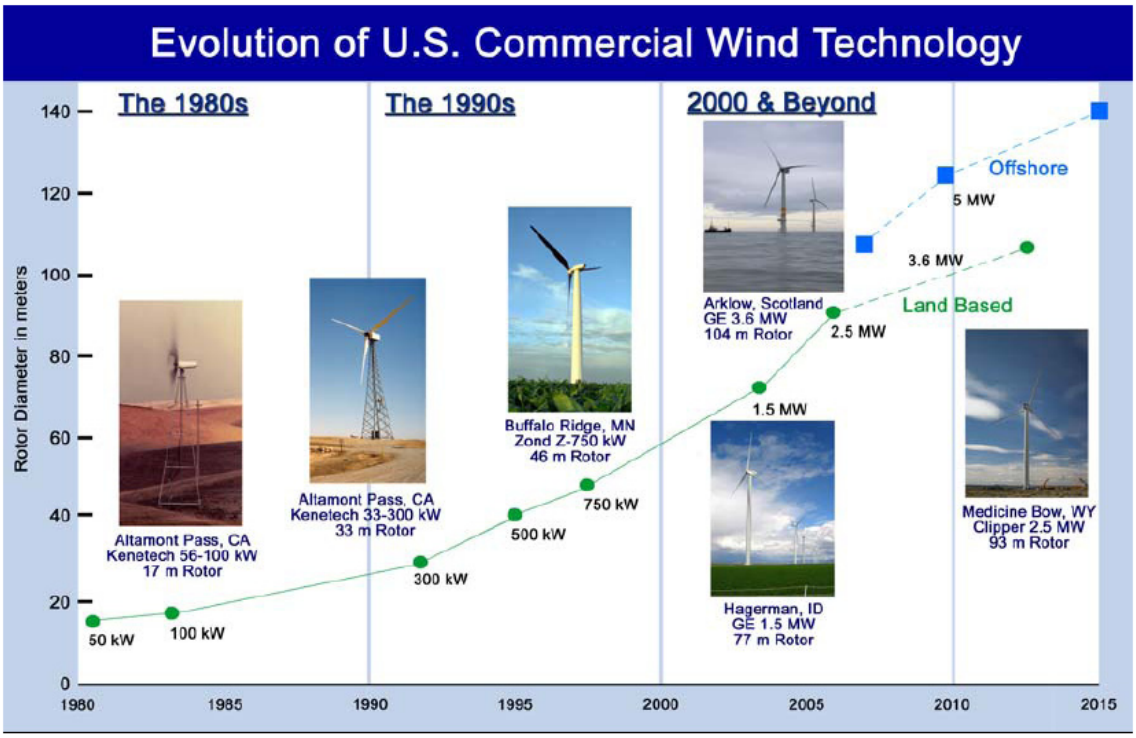


그림 2-14. 1980년부터 시작된 미국의 풍력발전기의 발전 추이
(자료 : DOE. Wind Energy Multiyear Program Plan for 2007-2012)

▸ 1970 - 1980년대

- 연방정부의 주도로 이루어짐(1972년)
- 100KW 또는 그 이상의 풍력발전기의 잠재적 경제성 확인 (1970초)
- 캘리포니아 주는 풍력발전기의 주도적인 역할을 수행 (1981-1985년)

▸ 1990년대

- 기존의 풍력발전기 개선, 기업 간의 경쟁 유도, 선진화된 풍력발전기 개발 등을 중심으로 프로그램 진행
- 국가 대체에너지 연구소(NREL)에 의해 시작된 연구는 풍력발전기의 신뢰성, 대체 서비스, 대용량 유/무효전력발전, 순간 전압변동에 주안점을 두었음(1990년 중반)
- 소형 풍력발전기 개발

▸ 2000년대

- 새로운 2.5MW 풍력발전기를 와이오밍 주에 설치, 이 풍력발전기에 대한 성능 및 음향학 테스트를 수행하여 성능을 검증 (2006년)

가-B. 미국의 중소형 풍력발전기 개발 현황

• 미국은 유럽과 달리 대형 풍력발전과 함께 중소형 풍력발전 기술이 많이 보급되어 있음. 소형 풍력발전기 회사 중 가장 활발히 기술 개발을 하고 있는 회사중 하나가 Bergey Windpower 회사임. 이 회사에서는 20 - 10KW의 중소형 풍력발전기를 비롯하여 200W 미만의 소형 풍력발전기 기술을 보유하고 있음.



그림 2-15. Bergey사에서 개발한 중소형(10KW) 풍력발전기
(날개 한쪽 길이 7m)

• 이 회사에서 개발된 풍력발전기는 미국의 농장 및 도시와 멀리 떨어진 농어촌 지역에서 많이 사용되며, 최근에는 아프리카 및 동남아시아의 미개발 지역

에서 독립 전원으로 활용하고자 많은 양이 전 세계적으로 수출이 되고 있음. 그림 2-10의 풍력발전기는 최대 발전 용량이 10KW 정도가 되는 중소형 발전기 임. 국내에서는 한국에너지기술연구원에서 연구용으로 수입하여 활용하고 있음. 이의 발전 능력을 살펴보면, 다음과 같음.

작동시작 풍속 (Start-up Wind Speed) : 7.5mph = 3.4m/sec
발전시작 풍속 (Cut-in Wind Speed) : 8mph = 3.6m/sec
정격출력 가능 풍속 (Rated Wind Speed) : 31mph = 14m/sec
발전중단 풍속 (Furling Wind Speed) : 36mph = 16.2m/sec

- '작동시작 풍속'이란 풍력발전기의 날개가 움직이는데 필요한 최소한의 풍속이며, '발전시작 풍속'이란 풍력발전기가 전기를 생산하는데 필요한 최소한의 풍속을 말함. '정격출력 가능 풍속'이란 풍력발전기의 정격 용량 표시대로 전력을 생산하는데 필요한 풍속을 말하고, '발전중단 풍속'이란 고 풍속으로 인하여 풍력발전기의 설정 용량을 초과하는 풍속이 발생하였을 경우 풍력발전기에 무리한 힘이 가해져서 풍력발전기의 파손이 있을 수 있으므로 발전기 내부에서 자체적으로 회전 및 발전을 중단시키는 제어 시스템을 말함. 그림 2-11는 중소형 풍력발전기의 도면으로서 블레이드뿐만 아니라, 발전기 내부에 회전자 및 전력변환장치, 구동장치, 블레이드 제어 시스템 등의 복잡하고 정교한 기계들이 들어있음. 풍력발전기의 핵심 기술은 블레이드 제조 기술 및 전력변환 장치 제작 기술이라 할 수 있음. 미국에서는 효율이 높고 소음의 발생이 적은 블레이드의 제작을 위하여 미국의 NASA의 기술이 도입되고 있음.

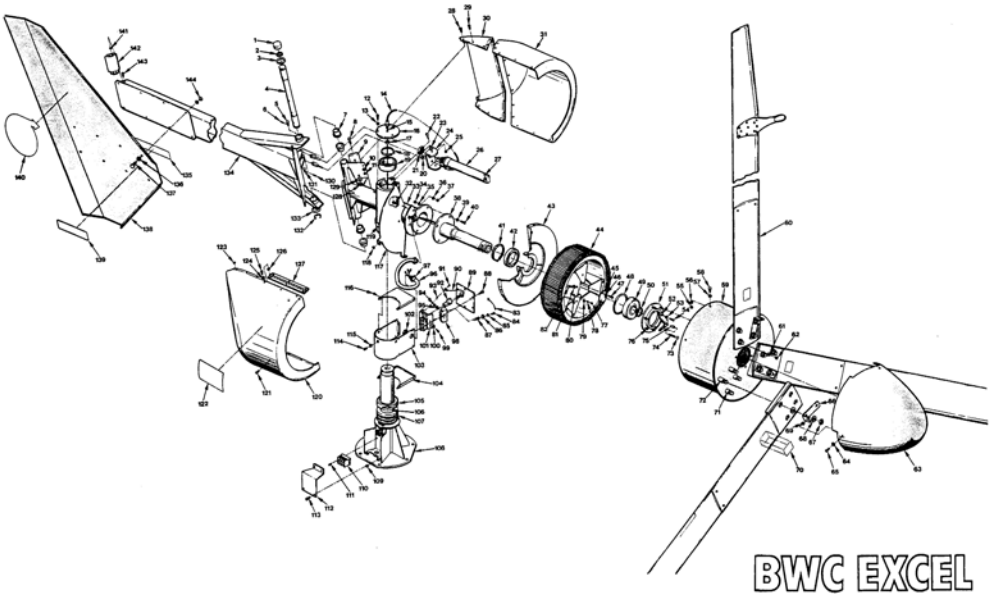


그림 2-16. Bergey사에서 개발한 소형 풍력발전기 도면

• 그림 2-12은 풍력발전기를 가정에서 활용하는 예를 보여 주고 있으며, 미국의 농어촌 지역에서 비상 전원 또는 보조 전원으로 사용을 하고 있음.

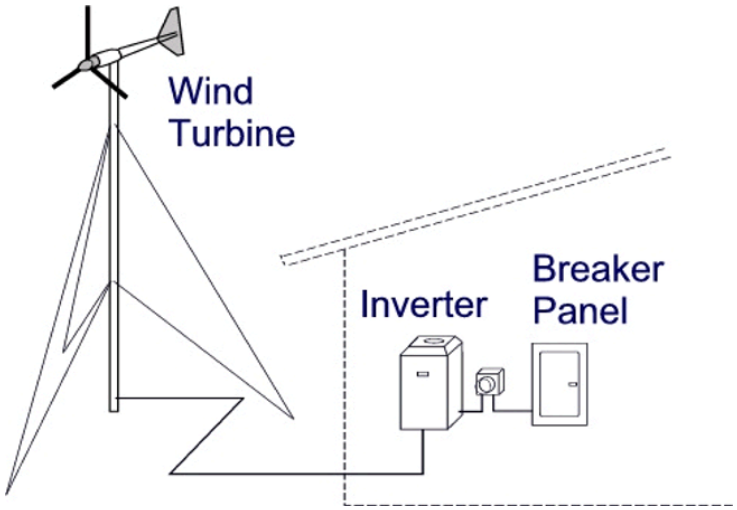


그림 2-17. 풍력발전기를 가정의 전원으로 활용하는 예

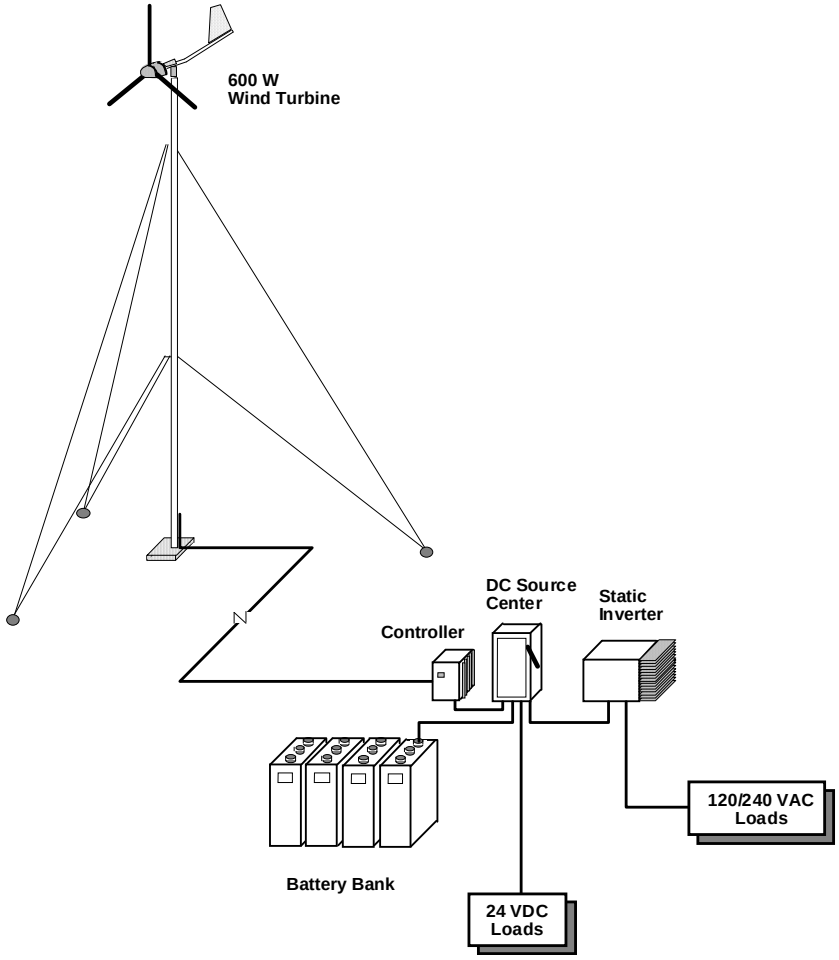


그림 2-18. 소규모 풍속에 적용한 풍력발전기 시스템 (Battery charging 이용)

- 풍력발전을 활용하는 예는 한 가지 방법만이 아니라, 위의 그림 2-13와 같이 풍력발전기에서 생산된 전력을 DC로 배터리에 저장한 후 필요한 전력을 AC로 바꾸어서 사용할 수 있음. 이 경우는 배터리 저장 시스템 구축에 비용이 많이 소요가 됨. 이 보다 저렴하게 사용할 수 있는 방법은 배터리에 저장하지 않고 바로 AC 전기를 기존의 전력 계통에 연결하여 필요한 곳에 사용하는 방법임(그림 2-14). 이 방법은 배터리 저장에 많은 비용을 필요로 하지 않으나, 전기가 생성 되지 않을 때는 풍력발전기로부터 전기를 사용할 수 없는 단점이 있음.

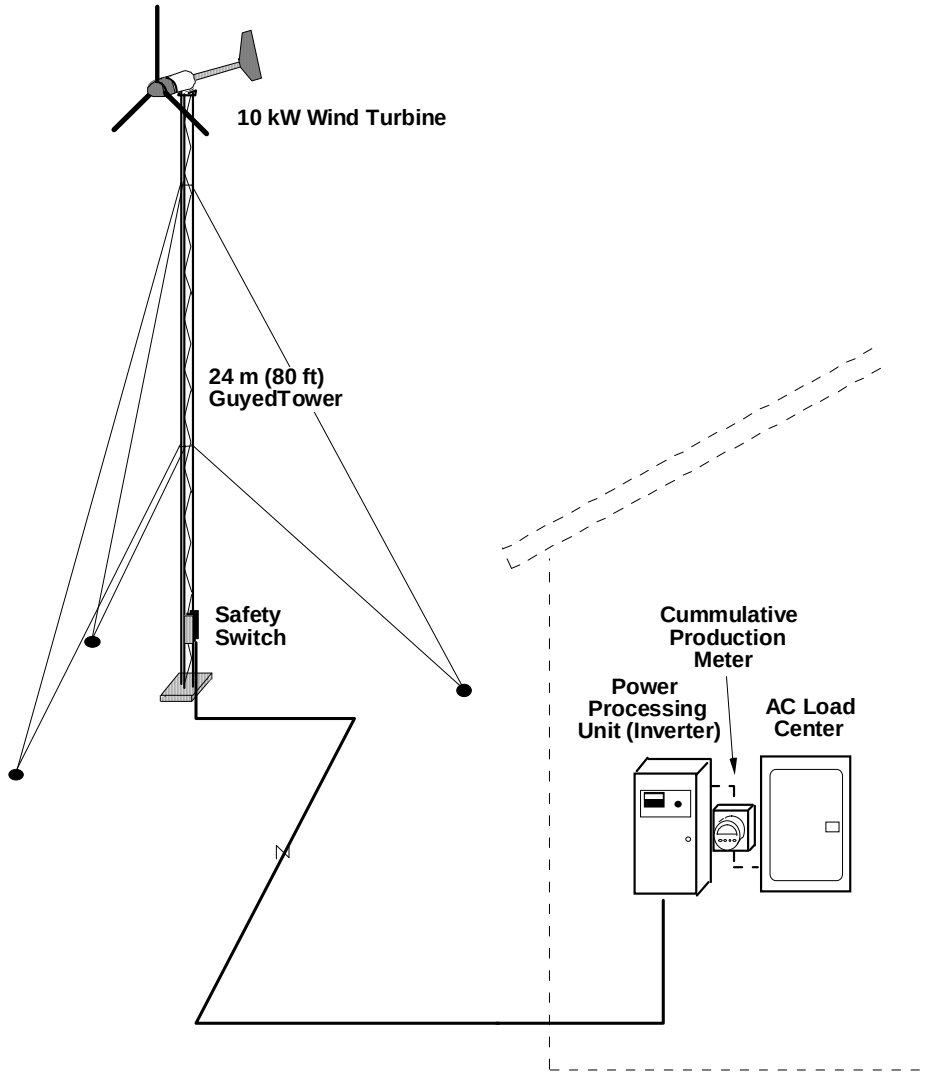


그림 2-19. 풍력발전기의 전력을 기존의 전력 계통에 연결

• 풍력발전과 함께 태양전지판을 함께 사용하면 신재생에너지로부터 더 효율적인 전기를 생산하여 활용할 수 있음. 국내의 경우 겨울에는 고풍속이 유지유지되므로 풍력발전에 유리하고, 여름에는 일조량 및 고온이 유지가 되므로 태양열 발전에 유리하다고 판단되므로, 상호 보완적으로 활용할 수 있는 장점이 있음.

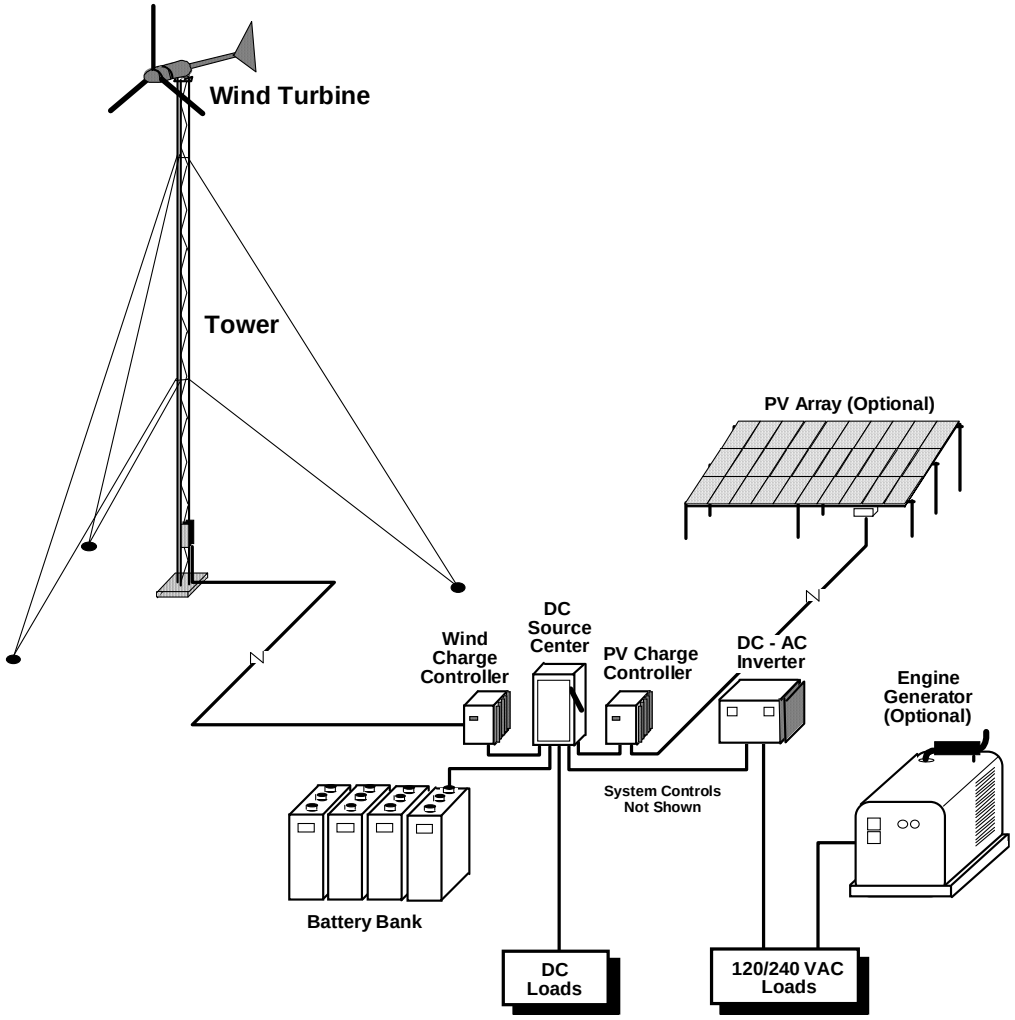


그림 2-20. Hybrid Power Systems (태양열 + 풍력발전기 시스템 + Battery charging)



그림 2-21. 풍력발전과 태양열 발전을 동시에 적용한 예

• 미국에서는 위에서 소개한 20 – 10KW 사이의 중형 풍력발전기 외에 2 – 1KW의 중소형 풍력발전기 기술 개발도 병행하여 진행되고 있다. 미국 시카코Aerotecture 회사에서는 2KW의 전력을 생산하는 수직형 풍력발전기를 개발하였음. 그림 2-17에 나타난 수직형 풍력발전기의 특징은,

- 수직형 풍력발전기
- 정력 전력생산량 : 1.8KW
- 무게 : 386kg, 길이 : 3m, 지름 : 1.8m
- 저소음, 초경량, 무방향, 전전후 현장 적응 가능
- 발전가능 풍속 : 4m/sec

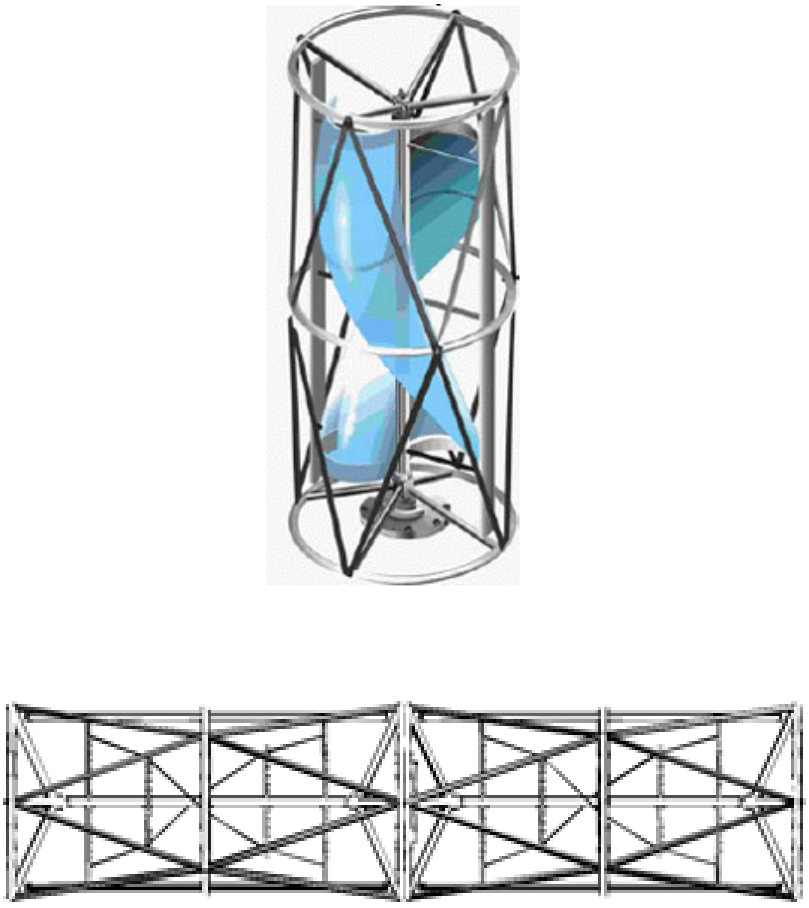


그림 2-22.미국 Aerotecture 사가 개발한 수직형 풍력발전기 에어로 터빈 (지름 1.8m)



그림 2-23. 도시친화형 풍력발전기의 도시 적용



그림 2-24. 도시친화형 풍력발전기를 일반 건축물에 적용하여 활용



그림 2-25. 도시친화형 풍력발전기의 교량 적용의 예



그림 2-26. 미국 도시 친화형 Helical Turbine 형 풍력발전기

가-C. 미국의 소형 풍력발전기 개발 현황

•발전용량이 1KW 이하의 풍력발전기를 소형 풍력발전기라고 정의하였다. 미국에서는 소형 어선이나 요트 등 이동성이 강한 주거환경 시스템에 탑재하여 비상 전력의 생산 원동력으로 활용하는 예가 많이 있음. 또한 이러한 소형 풍력발전기만을 전문적으로 생산하는 회사가 있음. 이 중 한 곳이 미국 아리주조나주에 있는 Southwest Wind Power 회사로서 소형 풍력발전기만을 생산하고 있음.

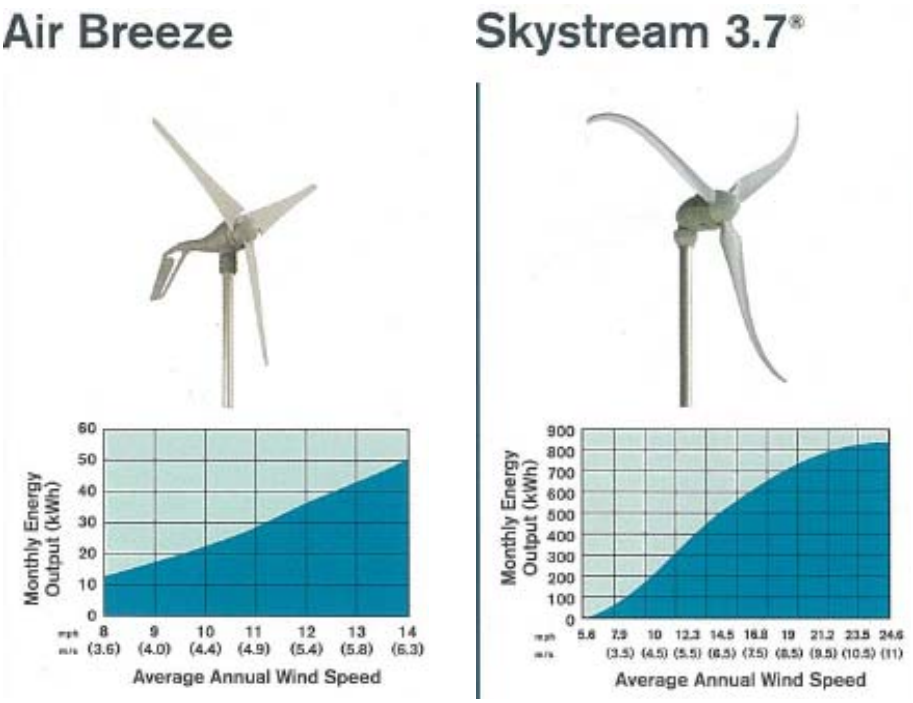


그림 2-27. 미국 소형 풍력발전기 (Southwest Wind Power)

• 발전 용량은 800 - 200W 정도로써 대부분 1KW 미만의 발전 능력을 보유한 풍력발전기 임. 그림 2-22에 소개된 200W의 풍력발전기의 특징은

- 정격발전 용량 : 200W
- 월 생산 전력 발전 용량 : 38kWh/month
- 한 변 날개 길이 : 46in = 1.17m

- 작동시작 풍속 : 2.68m/sec
- 발전중단 풍속 : 49.2m/sec
- 총 무게 : 5.9kg

와 같음. 국내 철도선로변에 풍력발전기를 적용할 경우 주행하는 열차와의 간섭 문제로 인하여 중형 또는 중소형의 풍력발전기를 선로변에 설치하는 것은 불가능하고 그림 2-23과 같은 소형 풍력발전기가 적당하다고 판단됨.



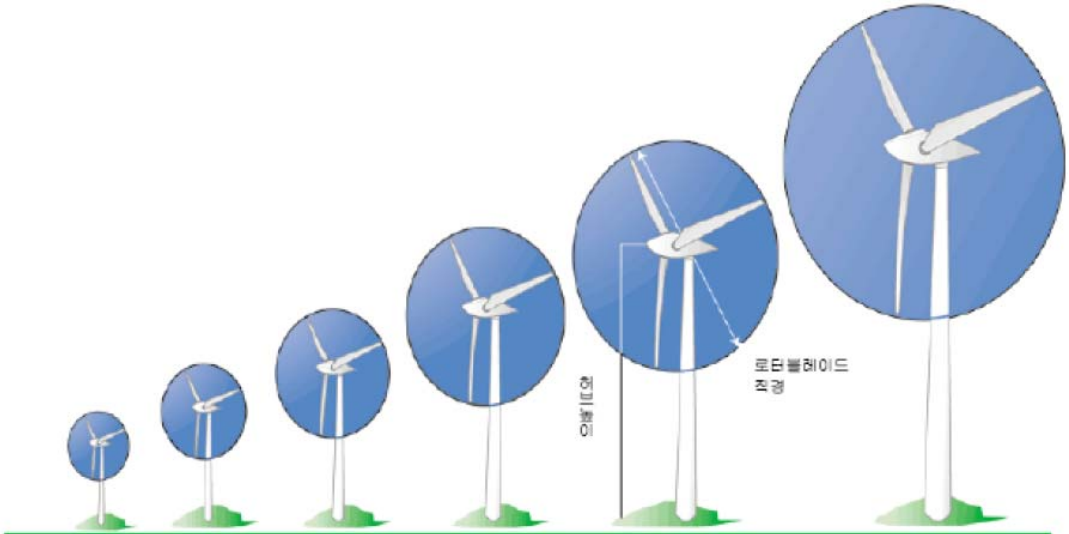
그림 2-28. 미국 소형 풍력발전기를 이용한 건물/역사 적용 예



그림 2-29. 미국 소형 풍력발전기를 이용한 건물/역사 적용
(AeroVironment Inc.)

가-D. 독일의 풍력발전기 개발 현황

• 독일의 지난 15년간의 풍력발전기 개발, 발전현황에 대한 현황이 그림 2-25, 그림 2-26처럼 나와 있음.



	1980	1985	1990	1995	2000	2005
Nennleistung	: 30 kW	80 kW	250 kW	600 kW	1.500 kW	5.000 kW
Rotordurchmesser	: 15 m	20 m	30 m	46 m	70 m	115 m
Nabenhöhe	: 30 m	40 m	50 m	78 m	100 m	120 m
Jahresenergieertrag	: 35.000 kWh	95.000 kWh	400.000 kWh	1.250.000 kWh	3.500.000 kWh	ca. 17.000.000 kWh

그림 2-30. 독일 풍력발전 기술 발전
(자료 : DENA-Quelle: Die Windindustrie in Deutschland, BWE & VDMA Power Systems)

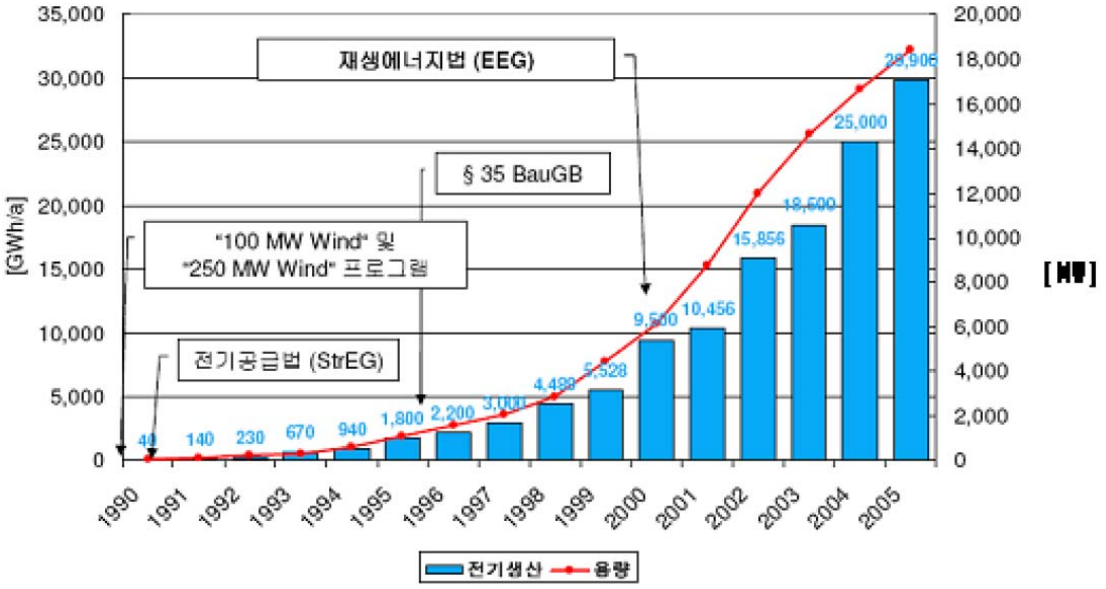


그림 2-31. 독일 풍력발전량
(자료 : DENA-Quelle: BMU 2003, AGEE-STAT 2004)

▸과거

- 1970년대 중반부터 대형시스템에 대한 연구 개발 진행
- 1989년 독일 내 풍력 기술 개발이 활발해지기 전까지 회전자 직경 25미터, 150kW - 250kW 풍력시스템이 주류를 이루었고, 그 다음 단계로 30미터 - 35미터 회전자의 300kW 풍력 시스템이 개발되어 보급됨.
- 1992년 37미터 회전자 직경의 500kW급 풍력 시스템 개발
- 1996년 66미터 회전자 직경의 1.5MW 풍력 시스템이 개발되어 활발히 보급

▸최근

- 최근에는 지역 주민들의 반발로 부지 확보가 어려워지자 해상에 건설할 수 있는 해상, 풍력발전기 개발에 관심을 돌림.
- 이는 이미 영국, 덴마크, 스웨덴 등에서는 실용화된 상황임. 독일은 그들의 선진 경험을 받아들여 경관 훼손이나 지역 주민의 소음 공해가 발생하지 않도록 해안가에서 30-40km 떨어진 곳에 해상 풍력발전 방법을 채택함.

- 독일은 풍력발전 단지를 더욱 확대해 나갈 방침임. 풍량이 많은 내륙지방을 보다 적극적으로 발굴하여 풍력발전시설을 설치하고, 기존의 노후화된 소형 발전시설보다 10배 이상 발전이 가능한 1.5MW급 이상의 최신 시설로 교체하는 리파워링 작업을 추진할 계획임.
- 독일 정부는 해상 풍력발전기를 향후 30년간 약 5,000기 이상 독일령 북해와 발트 해에 추가로 건설할 예정임.
- 2010년까지 2,000MW-3,000MW의 발전시설이 들어갈 예정이고, 민간 투자자들과 전력업체들의 참여가 개발될 계획임.

▸소형 풍력발전

- 독일의 경우 중소형 풍력발전에 대한 기술 개발이 미약한 상황임

가-E. 일본의 풍력발전기 개발 현황

- 일본의 풍력발전은 국가 주도 및 민간 협력이 각각 활발히 진행되고 있으며, 특히 대학 등에서 소형 풍력 발전 및 수직축 발전기와 관련된 연구를 활발하게 진행하고 있으며, 중공업의 강점을 살린 중소기업 중심의 탄탄한 기술 인프라를 구축하고 있음.

- 풍력발전 설비 용량은 2006년 말 1,358기에 총 1,574MW이며, 독일, 스페인, 미국, 덴마크, 인도 등에 이어 세계 9위를 차지하고 있음.

- 2010년까지 총 3,000MW의 풍력발전 설비를 건설할 계획이고, 근래 일본에서는 풍력발전 설비의 규모도 증가되어 2001년 이후 1MW급의 풍력발전 설비가 주로 개발 설치된 반면, 최근에는 2MW급 이상의 설비가 출시되어 설치되고 있음.

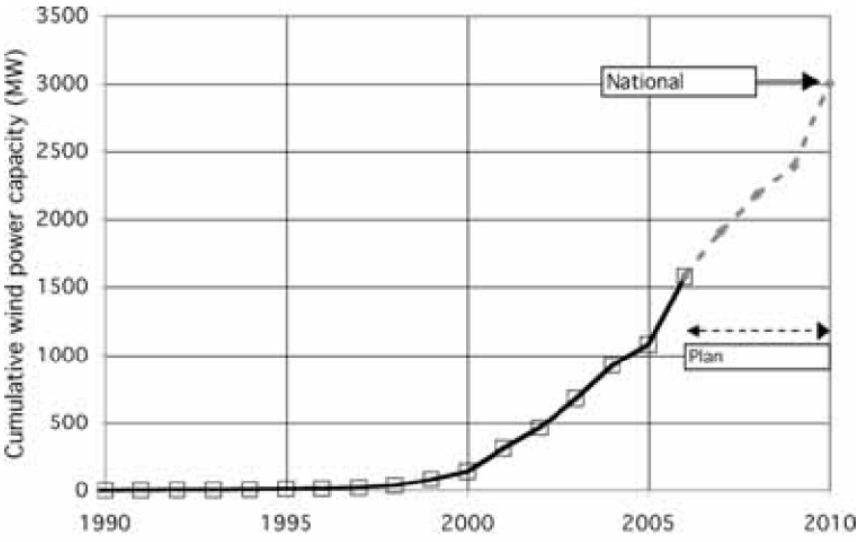


그림 2-32. 일본의 연도별 풍력 누적 설치 용량 추이

- 일본의 풍력발전은 지속적으로 확대 가능성 크며, 풍부한 중공업 인프라를 바탕으로 시스템 기술 확보에 노력 중에 있고, 인접국으로서 한국과 비슷한 풍황이므로, 배울 점이 많음.

- 일본내의 주요 선도 기업은 Mitsubish 중공업으로써 주력 기종은 유도발전기 및 증속기로 구성되었음. 주력 용량은 600 – 1000kW급 영구 자석 다극 동기 발전기를 채용하였고, Gearless type 2MW급 풍력발전기 시스템을 개발 중에 있음.

- 일본 고속열차의 열차풍을 이용한 풍력발전기 기술 (특허 중심)

------ 자기부상 철도차량 풍력발전기 적용기술관련 일본 특허 --------

○ 발명의 명칭 : 자기부상 철도차량용 풍력발전장치

○ 특허권자 :

- 철도종합기술연구소 (RTRI)
- 시미토모 정밀공업주식회사

○ 발명자 :

- 오다 가즈히토 (RTRI)
- 가토 켄이치 (RTRI)

○ 특허출원일 : 1998년 10월 9일

○ 특허청구의 범위 :

[청구항 1] 자기부상차량의 차체구조내부에 흡음수단을 가지며 공기 풍로내부의 흡기와 배기 효율을 높인 비일양단면의 풍로를설치. 앞서 말한 풍로 내부에 발전기를 구동시키는 터빈을 설치하며, 앞서 말한 터빈 및 상류 측 및/또는 하류 측에 정익을 설치, 앞서 말한 터빈 및 적어도 상류 측의 정익을 피치변경 가능토록 하며 정, 역 양방향의 발전을 가능하게 한 것을 특징으로 하는 자기부상차량용 풍력발전장치.

[청구항 2]정익 및/또는 터빈의 피치제어에 의해 터빈이 발생 시키는 저항을 증가시켜 차량의 제동력을 얻음을 특징으로 하는 청구항1 에 기재한 자기부상차량용 풍력발전장치.

[청구항 3]터빈을 프로펠러로 회전시켜 공기 흡입구로부터 공기를 역 분사시켜 차량의 제동력을 얻기위해 터빈이 구동시키는 구동기에 타 전원으로부터의 전력 공급로를 설치. 발전기를 앞서 말한 역 분사용 모터로 작동 가능토록 한 것을 특징으로 하는 청구항1 또는 청구항 2 기재의 자기부상차량용 풍력발전장치.

[청구항 4]정익의 지지부재인 허브 및 페어링에 흡음수단을 사용함을 특징으로 하는 청구항 3에 기재 한 자기부상차량용 풍력발전장치.

[발명에 대한 상세설명]

산업상의 이용분야

이 발명은 자기부상식 철도와 같은 고속철도의 추진 이외에 차량내부에서 소비되는 전기 에너지를 공급하기 위한 차량탑재용 보조전원장치로서 고속추진에 의해 얻어지는 람 에어로 정익 및 터빈의 피치를 변화 가능토록 한 축류 터빈으로 구동시키는 풍력발전장치이며 차체구조내부에 흡음수단을 가지는 비일양단면의 풍로를 설치, 공기 풍로내부의 흡기와 배기효율 을 높이며 또한 차외소음을 저감시킨 자기부상차량용 풍력발전설치에 관한 것임.

종래의 기술

현재 고속, 안전, 무공해를 달성 할 수 있어 종래의 대량교통수단으로서 자기부상식 철도의 개발이 진행되고 있으며 추진원리로는 궤도 측의 부상용 코일 및 추진용 코일과 차량상의 초전도자석과의 사이에서 움직이는 작용으로 차량을 부상시켜 궤도에 비 접촉 상태로 추진시키는 것을 특징으로 하고 있음.

이러한 추진원리 때문에 500km/h라는 상당히 높은 주행속도를 내는 것이 가능함. 따라서 차량 내에서 소비되는 조명 및 에어 컨디셔닝 등 전기 에너지의 공급은 기존에 대표적 방식인 팬터그램 등의 접촉식으로는 위의 고속도에 원인하는

곤란함이 예측되기 때문에 비접촉식 방식이 바람직함.

현재 출원인의 시험노선용 차량상태는 전력수요에 맞춘 용량을 가지는 축전지가 채용되고 있음.

그러나 기존에 실용화 된 자기부상철도는 필요한 모든 전력을 충전식인 2차 전지로 보충하려 하면 현재의 전지기술로는 그 용적, 중량 모두크게 늘어나게 됨. 이것은 자기부상 코일의 부하증대, 또는 유효 적재량의 감소 및 유효객실 공간의 감소를 의미함.

또한 궤도 측의 부상용 코일 및 추진용 코일로부터 유도 집전하는 리니어 제너레이터도 연구되고 있으나 집전능력, 효율, 집전장치의 중량 등의 문제점으로 보아 현시점으로는 반드시 효율이 좋다고 말하기는 어렵움.

이 발명은 자기부상차량에 있어서 추진 이외에 차량 내에서 소비되는 전력을 좋은 효율로 공급할 수 있으며 차량적재에 있어서의 중량, 용적 등이 자기부상추진에 악영향을 끼치지 않는 구성을 가진 자기부상차량용 발전장치의 공급을 목적으로 하고 있음.

발명의 개요

이 발명은 자기부상추진에 악영향을 끼치지 않고 좋은 효율로 발전 할 수 있는 자기부상차량용 발전장치를 목적으로 하며 차량탑재 가능한 발전장치에 대해 신중히 검토한 결과, 자기부상차량이 지상주행차량으로서 초고속주행을 하는 점으로부터 차량의 정지대기에 대한 상대주행에 의해 발생하는 풍압을 이용한 터빈식 풍력발전장치를 충전식 충전지와 결합한 발전, 축전 시스템에 착안하고, 또한 그 실용성과 부수하여 발생하는 기술문제를 신중히 검토한 결과, 발전량의 유효출력 증가에 따라 증대되는 공기저항을 줄이는 것과 터빈에서 발생되는 공력소음, 진동감소, 또한 광범위한 운전에 있어서 날개 면에서 공기가 흩어져 소용돌이를 발생, 소음이 증대되는 것을 방지 할 수 있는 해결법을 발견하여 이 발명을 완성하게 된 것임.

즉 이 발명은

자기부상차량의 차체구조내부에 흡음수단을 가지며 또한 공기의 풍로내부 유입과 배기효율을 높인 비일양단면 풍로를 설치. 앞서 말한 풍로 내에 발전기를 구동시키는 터빈을 설비하고 터빈의 상류 측 및/또는 하류 측에 정익을 설치하며, 앞서 말한 터빈 및 적어도 상류 측의 정익을 피치가변 토록 하여 정, 역 양방향 발전을 가능하게 한 것을 특징으로 하는 자기부상차량용 풍력발전장치임

또한 이 발명은, 앞서 말한 구성에 있어서

터빈을 프로펠러로 회전시켜 공기흡입구로부터공기를 역 분사시켜 차량의 제동력을 얻기 위해 터빈으로 구동시키는 발전기가 타 전원으로부터 전력 공급로를

두고 발전기를 앞서 말한 역 분사용 모터로 작동 가능케 하는 것을 특징으로 하는 자기부상차량용 풍력발전장치 임.

발명의 구성

이 발명은 자기부상차량(이하 차량이라 함) 의 정지대기에 대한 상대주행에 의해 발생하는 풍압을 이용한 풍력발전장치를 충전식 축전지와 결합한 발전시스템에 착안하여 이 실용성과 부수하여 파생되는 공기저항과 소음문제, 폭 넓은 속도영역에 대한 대응, 더욱이 양방향운전을 가능하게 하기 위해 편성차량의 양끝차량에 풍력발전장치를 설치할 때 발생하는 진행방향 후미차량의 대기흐름 방향이 정상시(진행방향)와 반대가 되는 경우, 발전능력에 관한 각 해결법을 제안하는 것으로써 앞서 말한 축전지가 가지는 문제를 회피 할 수 있음.

터빈 축을 발전기의 구동축으로 하는 풍력발전장치의 출력은 대략 주행속도의 3승에 비례 하므로 저속주행 시와 고속주행 시에 각기 다른 발전량의 차이를 차량의 전력수요와 부합 시킬 필요가 생김.

이 문제는 차량의 고속주행 시에 여승출력을 가지도록 풍력발전장치의 용량을 정하고 그 여승출력을 충전 시에 비축하여 저속시의 출력부족을 축전시의 출력으로 보충하는 충전식 축전지와의 발전, 충전 시스템으로 해결할 수 있으며 앞서 말한 모든 수요를 축전지로 보충하는 경우 보다 중량 및 공간을 대폭 절약할 수 있는 장점을 가지게 됨.

또 한편 풍력발전장치를 경량 및 콤팩트 하게 만들기 위해서는 터빈을 매분 수천~ 약 1만 회전으로 운용하는 것이 유효하지만, 터빈이 발생시키는 공력소음, 진동의 증대가 예측 됨.

또한 터빈은 유효출력과 동시에 주행방향과 역방향인 저항을 발생 시킴으로 유효출력을 증가시키는 한편 저항을 줄일 필요가 있으므로 장치전체의 고효율화가 중요함.

앞서 말한 풍력발전장치의 고효율화를 위해서는 터빈의 공기성능 향상이 가장 중요한 요소의 하나가 되지만 터빈에 유입되는 공기와 터빈을 통과한 공기의 차량 외부에 대한 배출성능이 고효율화를 위한 중요과제가 됨.

여기에서 공기통로인 덕트의 단면적은 흐름방향과 동일하게 하지 않으며 운전조건, 즉 차량속도, 터빈 회전 수 등의 조건에 맞추어 최적으로 공기의 압축, 팽창이 이루어지도록 변화시킬 필요가 있다. 즉, 소요편성 열차에 있어서 풍력발전장치를 배치하는 차량의 위치, 해당 차량의 디자인과 공기특성 및 공기 흡입구, 배기구의 위치 등에 따라 공기 흡입구와 배기구 간의 풍로형상을 결정 할 필요가 있으며 뒤에서 말할 신중한 풍로배치가 생각되어, 예를 들면 풍로자체의 형상도 흐름 방향과 동일하지 않으며 터빈의 후류측이 팽창하는 것처럼 덕트의 형상을

끝으로 갈수록 넓어지는 테이퍼를 가지는 구성을 하면 공기성능이 향상됨.

더욱이 본래 차량이 가지고 있는 저소음 특성을 터빈이 발생시키는 소음 때문에 막을 수 없는 것처럼 터빈이 발생 시키는 소음이 풍력발전장치 외부로 가능한 한 전파 되지 않도록 억제 할 필요가 있으며 풍로내벽에 흡음효과를 가지는 소재 및/또는 구조로부터 생기는 흡음수단을 조합하여 터빈에서 방사되는 소음 에너지를 흡수시키는 동시에 터빈의 지지부재인 허브 및 페어링 등에도 흡음수단을 사용할 필요가 있음.

차량용 풍력발전장치는 광범위한 속도영역에서의 운전이 요구됨으로 터빈 단체('P')만으로는 전 영역에 걸쳐 양호한 받음각을 유지 할 수 없으며 예를 들어 어떤 조건하에서는 날개 면에서 공기가 흩어져 소용돌이를 발생시켜 소음이 증대됨.

이에 대처하기 위해 이 발명에서는 정익을 터빈의 전후 양방향 또는 한 방향에만 배치하고 차량속도 또는 풍로내부에 유입되는 공기의 속도에 따라 정익의 피치를 제어하여 터빈의 받음각이 항상 최적화 되도록 하였음.

또한 고속대량운송의 필요성 때문에 설비된 궤도는 차량의 양방향 운전에 맞추어 복수차량 편성이 취해짐으로 그 양끝의 차량에 이 발명에 따른 풍력 발전장치를 탑재하고 어느 진행방향에 대하여 최후미가 되는 차량에 탑재한 풍력발전장치가 완전히 사하중이 되지 않도록 역방향에서의 발전을 가능케 하는 구성, 즉 앞서 말한 터빈도 피치가변토록 하여 편성차량 전체의 발전효율을 높임.

또한 피치가변 정익 및 터빈의 발전 이외의 이용 방법으로서 피치제어에 의해 터빈이 발생 시키는 저항을 증가시켜 차량의 제동력을 얻음으로써 해당차량용 풍력발전장치를 차량운전의 모든 영역에 작동토록 하는 것임.

또한 긴급 시 등에 터빈이 구동시키는 발전기에 충전식 축전지 등 타 전원으로부터의 전력을 공급 가능토록 하여 발전기를 모터로서 사용, 터빈을 프로펠러로 회전시켜 공기흡입구로부터 역 분사시켜 차량에 커다란 제동력을 얻을 수 있음.

발명그림에 기초한 개시

그림1은 이 발명에 의한 풍력발전장치의 일례를 나타내는 자기부상차량의 사시 설명 그림이다. 그림2는 이 발명에 의한 풍력발전장치의 풍로를 나타내는 자기부상차량의 설명그림이며, 같은 그림 a, c, e는 측면설명 그림, 같은 그림b는 같은 그림c 위의 설명 그림. 같은 그림d는 같은 그림e의 윗면을 설명한 그림임.

그림3a는 이 발명에 의한 풍력발전장치의 풍로를 나타내는 자기부상차량의 설명 그림, 같은 그림b는 터빈 날개의 정방향 운전시의 합성속도를 나타내는 종단설명 그림, 같은 그림 c는 터빈 날개의 역방향 운전시의 합성속도를 나타내는 종단면 설명 그림임.

그림4a, b는 이 발명에 의한 터빈 날개의 합성속도의 일례를 나타내는 종단설명

그림임.

그림5는 풍로에 있어서 터빈 날개와 정익의 관계를 나타내는 설명그림 임.

그림6a.b.c는 터빈 날개의 역방향 운전시의 합성속도를 나타내는 종단설명 그림임.

그림7은 이 발명에 의한 풍력발전장치에 사용한 터빈의 일례를 나타내는 풍로의 종단설명 그림임.

그림8a는 이 발명에 의한 풍력발전장치에 사용한 흡음효과를 가지는 소재 및 구조를 나타내는 풍로의 종단설명 그림, 같은 그림b, c는 흡음효과를 가지는 소재 및 구조의 상세사항을 나타내는 풍로벽의 단면설명 그림임.

그림9a는 터빈 소음특성의 일례를 나타내는 주파수와 소음레벨과의 그래프 이며 같은 그림b는 흡음효과를 가지는 소재 또는 구조의 소음특성의 일례를 나타내는 주파수의 흡음레벨과의 관계를 나타낸 그래프임.

풍로배치

아래에 풍력발전장치의 풍로배치와 풍로형상의 일례를 설명한다. 여기서는 선두차량에 풍력발전장치를 설치하는 경우의 일례를 설명하고 있으나 앞서 말한 것과 같이 소요편성차량의 어느 차량위치에도 설치 할 수 있음.

구성1

그림1 및 그림 2a에 나타낸 풍로 (11) 배치 예는 선두차량 (1)의 카울링 선단 하부에 설치한 개구부 (10)으로 흡입한 공기를 소요 길이의 풍로 (11) 에 통과시킨 후 차량 (1) 천정부에 개구된 배기구 (12)로부터 방출 시키는 구성임.

앞서 설명한 풍로 (11)에 있어서 터빈 (13)은 풍로 내부에 흡입된 공기가 적정압축 된 후에 작용하도록 선택 된 소요위치에 배치되어 터빈 (13) 축의 구동력은 풍로 (11) 밖에 설치된 발전기 (14)에 표시하지 않은 전달기구에 의해 전달됨.

구성2

그림2b, c에 나타낸 풍로 (15) 배치 예는 구성1과 같은 개구부 (10)에서 흡입된 공기를 수평으로 터빈(13)에 도입한 후 차량 (1)의 바닥에 개구시킨 배기구 (16)에 의해 방출되는 구성이다. 또한 터빈 (13) 축의 구동력은 풍로 (15) 외부에 설치된 발전기 (14)에 표시 하지 않는 전달기구에 의해 전달됨.

구성3

그림2d, e에 나타낸 풍로 (17) 배치예는 구성1과 같은 개구부 (10)으로부터 흡입 된 공기를 수평으로 도입하여 수평방향으로 배기하기 위해 풍로 (17)은 도중에서 2통로(171) (172)로 나뉘며 각기 터빈 (131) (132)이 배치되고 차량 (1)의 양측 벽에 개구 된 배기구(181) (182)로부터 방출 시키는 구성임.

앞서 말한 풍로(17) 에 있어서 터빈 (131) (132)은 앞과 같이 분기된 2통로 (171) (172) 내부에 흡입된 공기가 적정압축 된 후에 작용 되도록 선정된 소요 위치에 배치되어 터빈 (131) (132) 축의 구동력은 여기에서는 풍로 (17) 밖에 설치된 1기의 발전기 (14)에 표시 하지 않는 전달 기구에 의해 전달됨.

터빈

위에서 선두차량에 풍력발전장치를 두는 경우의 풍로의 일례를 설명했으나, 어느 쪽도 선두차량의 본래의 공기저항 등 공력특성을 가능한 한 변동 시키지 않으며 또한 리프트 및 다운 방향의 계수를 변화 시키지 않도록 고려할 필요가 있음.

따라서 풍로형상 및 풍로내부의 터빈, 특히 블레이드 형상의 공력특성 등이 중요해짐. 아래에 터빈의 일례를 설명함.

구성4

그림3a는 그림1 및 그림 2a에 나타낸 구성1의 풍로 (11)를 사용한 풍력발전장치를 소요편성차량의 선두차량 및 후미차량에 배치한 예를 나타내고 같은 그림b는 터빈의 각블레이드 (20)의 합성속도의 크기를 나타내는 모식도 이며 블레이드 (20)에는 축 방향의 풍속V와 블레이드 회전에 대해 상대적으로 움직이는 주속도 RΩ 의 백터화로 표현 되는 합성속도U가 작용함.

자기부상열차용 풍력발전장치에 사용되는 터빈은 자연풍 속에서 운전되는 풍차에 비하여 시속 300km주행 시 매초80m, 시속 500km 주행 시 매초140m로 풍속이 극히 크며 그 때문에 음속의 한계를 고려한 설계가 필요함.

또한 블레이드에 작용하는 합성속도의 마하수는 쉽게 0.8~0.95 정도에 달하며 이 레벨의 마하수가 되면 공기의 압축성이 작용하게 됨으로 성능해석이나 날개모양의 선정 등에 압축성의 고려가 필요하게 된다. 블레이드 날개 모양은 얇은 날개인 아음속 타입이 적합함.

또한 속도비는 작아도 정격풍속이 충분히 큼으로 실제 회전 수는 크게 5000~9000rpm가 됨. 따라서 디스크 하중은 400~700kw/m^2로 커져 필요 동력에 대해 콤팩트한 터빈으로 해결할 수 있음.

정익

차량용 풍력발전장치는 광범위한 속도영역 에서의 운전이 요구됨으로 터빈 단체만으로는 그 모든 영역에서 양호한 받음각을 유지 할 수 없으며 예를 들어 그림4a에 나타낸 터빈 블레이드 (20)이 적절한 받음각 상태가 되는 경우, 같은 블레이드 (20)이라도 어떤 조건 하에서는 실속 상태가 되어 날개 면으로부터 공기가 흩어져 소용돌이를 발생시켜 소음이 증대됨.

구성5

이에 대처하기 위해 이 발명에서는 그림1, 그림5, 그림7에 나타낸바와 같이 터

빈 (13) 의 전후 위치에 정익(22) (24)을 배치하고 차량 (1) 속도 또는 풍로 (11) 내부 도입풍속에 따라 정익 (22) (24)의 어느 쪽인가의 한쪽 또는 양쪽의 피치를 제어하여 터빈 (13)의 받음각을 항상 최적이 되도록 하였음.

그림5, 그림7에 기초하여 자세히 설명하면 앞서 말한 작용효과를 얻기 위해 가변피치 터빈을 채용할 수 있지만, 회전부에 가변피치기구 가지므로 구조가 복잡해지는 것에 비해 이 발명의 정익 (22) (24) 전체가 풍로 (11)에 고정 배치되어 있기 때문에 정익 (22) (24)의 각 블레이드 (23) (25)에 가변피치기구를 가지도록 하는 것이 용이하며 또한 이 제어가 용이함. 이러한 구성의 이점은 상당해 크다고 할 수 있다. 그리고 그림 7의 후방 정익 (24)의 블레이드 (25)는 고정피치 구성을 나타내고 있음.

또한 후방 정익 (24)는 터빈 (13) 후류의 소용돌이 성분을 제거하고 소용돌이 손실을 감소시키는 효과도 함께 가질 수 있도록 할 수 있음.

또한 전, 후 어느 쪽의 정익(22) (24)에도 그 지지부인 허브 (27), 페어링 (26)에 뒤에서 말할 흡음수단을 설치함으로써 장치의 소음을 한층 저감 시킬 수 있음.

양방향 운전

양방향운전을 가능토록 하기 위해 그림3a에 나타낸 것과 같이 소요편성차량의 선두차량 및 후미차량에 배치한 경우, 진행방향 후미차량의 공기흐름 방향이 정상시(진행방향)와 반대가 되는 경우의 발전능력이 문제가 됨.

즉 그림5의 상태에서 반대로 기류가 들어온 경우를 상정하면 터빈 (13)의 회전방향은 바뀌지 않지만, 그림6b에 나타낸 것처럼 기류가 블레이드 (20)의 캠버쪽에 부딪히고 또한 블레이드 (20)이 되돌아가려는 경향(되돌음 각이 블레이드 밑동으로 볼 때 선단을 향해 증가한다)이 있으므로 블레이드(20)의 대부분에서 받음각이 커져 실속상태에서 작동 함으로 발전효율이 눈에 띄게 저하됨.

이에 그림3c, 그림6c에 나타낸 것과 같이 터빈 (13)의 블레이드 (20)을 정상운전시의 위치에서 180°회전시킨 경우, 가장 효율이 높은 작동을 한다고 할 수 있지만, 180도의 피치변경을 실현하는 기구는 스트로크가 커짐으로 상당히 복잡해지는 결점이 있음.

또한 풍로 (11)은 앞서 말한 것 과 같이 정상방향운전 시에 최대의 효율을 낼 수 있도록 입구에서 출구를 향해 단면적을 넓혀 최적화 되어 있음. 따라서 방향의 경우 단면적이 좁혀 지기 때문에 효율이 매우 낮아지게 됨.

구성6

그림7에서 나타내는 예는 앞서 말한 터빈 (13)의 전후 위치에 정익 (22) (24)을 배치하여 차량 (1) 속도 또는 풍로(11) 내부의 도입풍속에 따라 정익 (22)

(24)의 어느 쪽인가의 한쪽 또는 양쪽의 피치를 제어하여 터빈 (13)의 받음각을 항상 최적으로 하는 것임.

또한 양방향운전을 가능토록 하기 위해터빈 (13)의 블레이드 (20)을 변경각도가 수십 도로 통상의 변화피치 범위와 같은 정도의 크기로 한피치가변기구 (그림표시 안 함)를 설치한 것으로 그림3a에 나타내는 것과 같이 배기구 (12) 측에서 역으로 기류가 들어온 경우, 블레이드 (20)의 피치를 그림 6a에 나타내는 것과 같이 정상시 보다 변경 하고 또한 정익 (22) (24)의 어느 쪽인가 한쪽 혹은 양쪽의 피치를 제어하여 블레이드 (20)의 밑동에서 선단까지의 받음각이 실속각 이하가 되도록 제어 할 수 있다. 또한 그림6a 속의a는정익 피치제어에 의한 편향속도 성분임.

그림7에 나타낸 구성 예는 터빈 (13)의 블레이드 (20)에 간단한 가변피치기구를 설정함에 따라 진행방향 후미차량의 공기흐름방향이 정상시(진행방향)와 반대가 되는 경우에도 발전기의 회전방향은 순방향운전과 같으며 또한 미세한 피치제어로 발전이 가능하게 되어 양방향운전 시에 선두차량 및 후미차량 양방향으로 높은 효율로 발전시킬 수 있다는 이점이 있음.

제동

더욱이 그림7에 나타낸 구성도에 있어 피치 가변정익 및 터빈의 발전 이외의 이용방법으로서 피치제어에 의해 터빈이 발생 시키는 저항을 증가시켜 차량의 제어력을 얻음으로 인해 해당차량용 풍력발전장치를 차량운전의 모든 영역에서 동작을 확보할 수 있음.

이 제동력을 얻을 때, 앞서 말한 진행방향의 선두차량에 설치한 풍력발전설치에서는 예를 들면 전방위치 정익 (22)의 블레이드 (23) 피치제어에 의해 저항을 증가시켜 차량의 제어력을 얻고 또한 후미차량에 설치한 풍력발전장치에서는 정익 (24)의 블레이드 (25) 및 터빈 (13)의 블레이드 (20) 피치제어에 의해 저항을 증가시켜 차량의 제동력을 얻을 수 있음.

또한 터빈으로 구동하는 발전기에 발전기를 모터로서 사용 할 수 있도록 충전식 충전지 등의 타 전원으로부터의 전력공급을 설치, 긴급 시 등에 발전기에 타 전원으로부터의 전력을 공급하여 발전기를 모터로 하고 프로펠러로서 적당한 피치각이 되도록 피치 제어를 하여 터빈을 프로펠러로서 구동 회전시켜 공기를 공기 흡입구로부터 역 분출시킴으로써 차량에 큰 제동력을 줄 수 있음.

흡음수단

터빈의 발생소음이 풍력발생장치외부로 전달됨을 억제하기 위해 풍로내벽에 흡음구조를 설치, 터빈으로부터 방사되는 소음 에너지를 흡수 시킨 구성을 설명함.

구성7

차량에 소요 배치된 풍로, 예를 들면 그림1의 풍로 (1) 의 모든 내벽에 그림8a와 같은 흡음수단 (30)을 설치함.

흡음수단 (30)의 구체적 예로서 다음과 같은 구조를 채용 할 수 있음.

그림8b에 나타낸 예는 내벽재에 공명판 (31)을 사용, 외벽 (33) 과 공명판 (31) 사이에 허니컴 재료 (32) 등을 설치 한 공기층을 두어 흡음소재와 흡음구조를 결합한 구성임.

공명판 (31)의 공명률과 허니컴 재료 (32)에 의한 공기층의 체적은 예를 들면 터빈 소음의 저차(低次)모드 주파수에 맞춰 설계됨.

즉 터빈에 의한 소음은 예를 들면 그림9에서 나타내는 것과 같이 복수차의 피크를 가지고 있는 것에 반하여 흡음수단은 그림9b에 나타내는 것처럼 설정한 주파수를 피크로 하는 흡음특성을 가지고 있으므로 하나의 흡음수단으로 모든 소음을 흡수할 수 없음.

이에 그림8b에 나타낸 흡음수단을 풍로 (11) 의 어떤 곳에 배치하여 어느 주파수의 흡음특성을 가지게 할 것인지를 검토하여 고유의 흡음특성을 부여할 수 있도록 설계 하는 것임.

구성8

그림8c에 나타낸 예는 내벽재에 각종 세라믹, 소결체등의 다공질재료 (34)를 사용하여 그 뒷면에 적당한 공기층, 즉 외벽 (33)과 다공질재료 (34)의 사이에 허니컴 재료 (32) 등을 설치하고 공기층을 두어 흡음소재와 흡음구조를 결합한 구성임.

이 경우 다공질재료 (34)를 내벽재에 사용하기 위해 비교적 고차의 터빈소음주파수에 맞춰서 설계됨.

구성9

소음수단은 풍로 (11)의 내벽뿐만이 아닌 터빈 (13) 측 및 정익 (22) (24) 측에도 설치하는 것이 효과적이며 예를 들면 그림7에서 보는 것과 같이 페어링 (26) 이나 허브 (27)에 앞서 말한 그림8b, c에 나타낸 흡음수단을 설치한다던지 소요 주파수영역에 흡음효과가 있는 흡음 소재를 쓴다던지 혹은 점착시킬 수 있음.

발명의 효과

이 발명은 차량의 고속주행 시에 여승출력을 가지도록 풍력발전장치의 용량을 정해 그 여승출력을 축전지에 비축, 저속 시의 출력부족을 축전지의 출력으로 보충하는 충전식 축전지와의 발전, 충전 시스템이며 또한 발전량의 유효출력의 증가에 다른 공기저항이 적어지도록 억제함.

또한 정익을 배치하여 모든 속도영역에서 양호한 터빈의 받음각을 지속할 수 있으며 발전효율을 향상시키고 터빈이 발생 시키는 공력소음, 진동을 감소시킬 수

있음.

더욱이 정익 및 터빈의 피치제어에 의해 진행방향 후미차량의 풍력발전장치로 역방향 공기흐름에도 미세한 피치 제어로 발전이 가능하며 양방향운전 시에 선두차 및 후미차량의 양쪽에서 효율 좋은 발전을 할수 있으며 자기부상추진에 악영향을 끼치지 않고 효율이 좋은 터빈식 풍력발전장치임.

[그림의 간단한 설명]

그림1은 이 발명에 의한 풍력발전장치의 일례를 나타내는 자기부상차량의 사시설명 그림임. 그림2는 이 발명에 의한 풍력발전장치의 풍로를 나타내는 자기부상차량의 설명 그림이며 같은 그림a, c, e는 측면 설명그림, 같은 그림b는 같은 그림c의 윗면설명 그림, 같은 그림d는 같은 그림e의 윗면설명 그림임.

그림3a는 이 발명에 의한 풍력발전장치의 풍로를 나타낸 자기부상차량의 설명 그림, 같은 그림b는 터빈 날개의 정방향 운동시의 합성속도를 나타낸 종단설명 그림, 같은 그림c는 터빈 날개의 역방향운전시의 합성속도를 나타내는 종단설명 그림임.

그림4a, b는 이 발명에 의한 터빈 날개의 합성속도의 일례를 나타낸 종단설명 그림임.

그림5는 풍로에 있어서 터빈 날개와 정익의 관계를 나타내는 설명그림임.

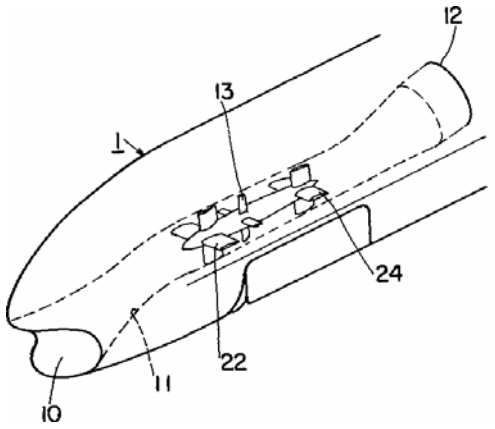
그림6a, b, c는 터빈 날개의 역방향 운동시의 합성속도를 나타내는 종단설명 그림임.

그림7은 이 발명에 의한 풍력발전장치를 사용한 터빈의 일례를 나타낸 풍로의 종단설명 그림임.

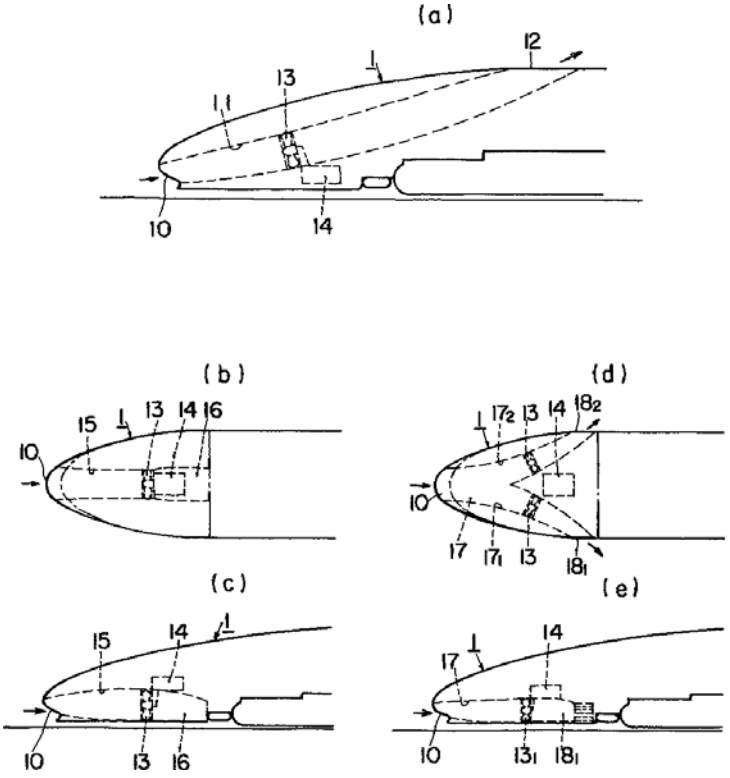
그림8a는 이 발명에 의한 풍력발전장치에 사용한 흡음효과를 가지는 소재 및 구조를 나타내는 풍로의 종단설명 그림, 같은 그림b,c는 흡음효과를 가지는 소재 및 구조의 상세를 나타내는 풍로벽의 단면설명 그림임.

그림9a는 터빈 소음특성의 일례를 나타내는 주파수와 소음 레벨과의 그래프 이며 같은 그림b는 소음효과를 가지는 소재 및 구조의 흡음특성의 일례를 나타내는 주파수와 흡음레벨과의 관계를 나타낸 그래프임.

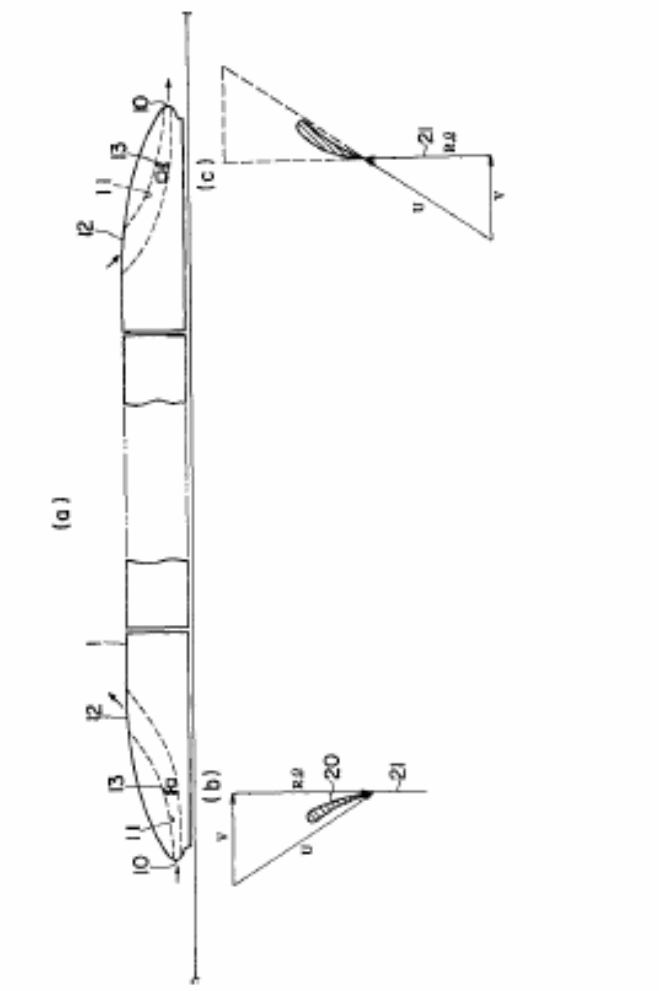
1=선두차량, 10=개구부, 11,15,17=풍로, 12,16,181,182=배기구, 13,131,132=터빈, 14=발전기, 171,172=통로, 20,23,25=블레이드, 21=회전면, 22,24=정익, 26=페어링, 27=허브, 30=흡음수단, 31=공명판, 32=허니컴 재료, 33=외벽, 34=다공질재료


12
13
1
24
22
11
10

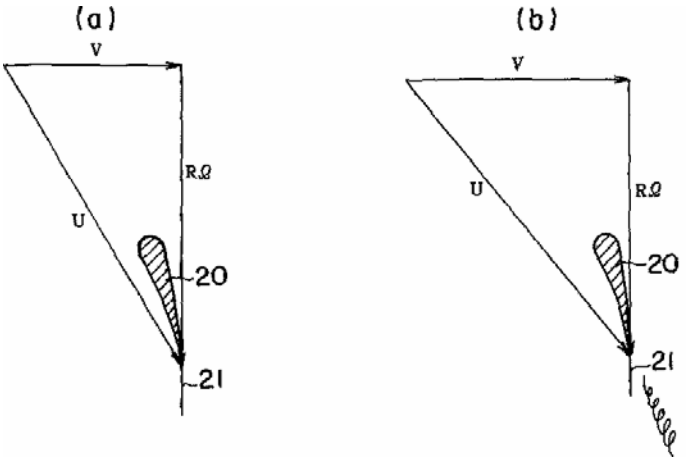
[그림 1]


(a)
12
1
13
11
10
14
(b)
15
1
13
14
16
10
(d)
17₂
13
14
18₂
10
17
17₁
13
18₁
(c)
15
14
1
10
13
16
(e)
14
17
1
10
13₁
18₁

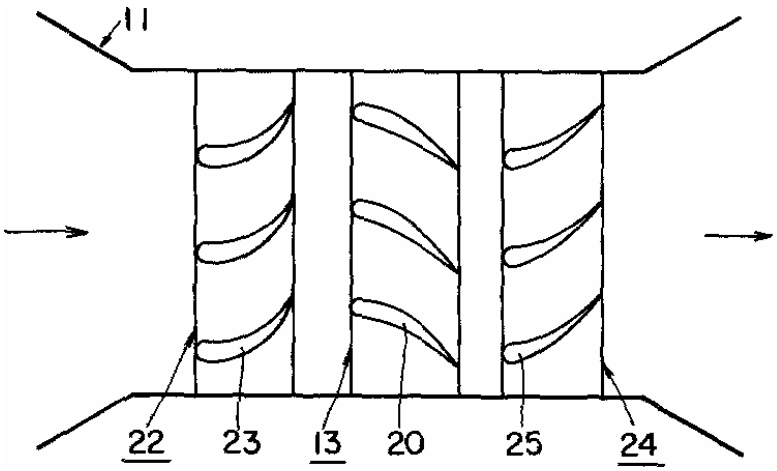
[그림 2]



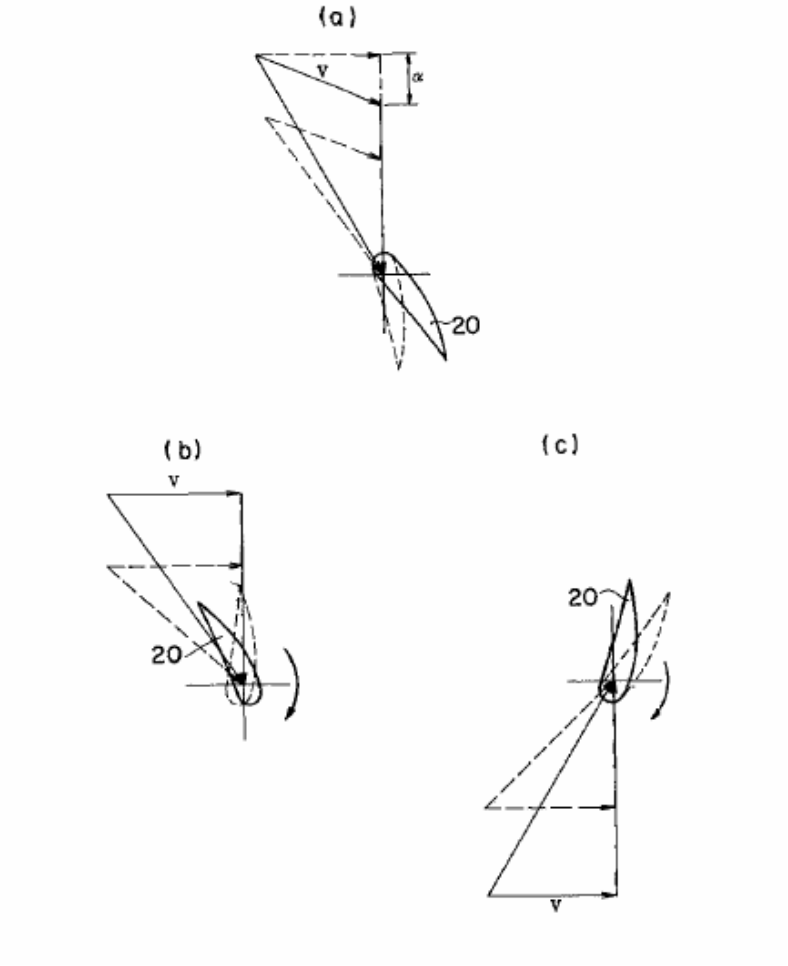
[그림 3]



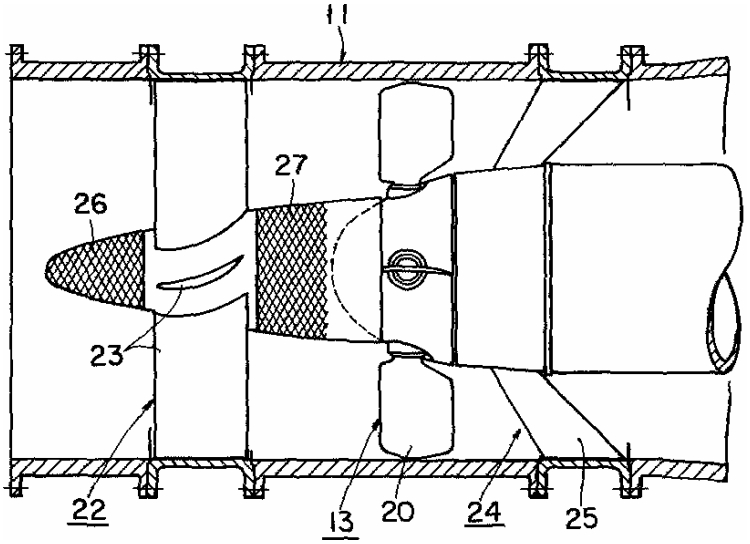
[그림 4]



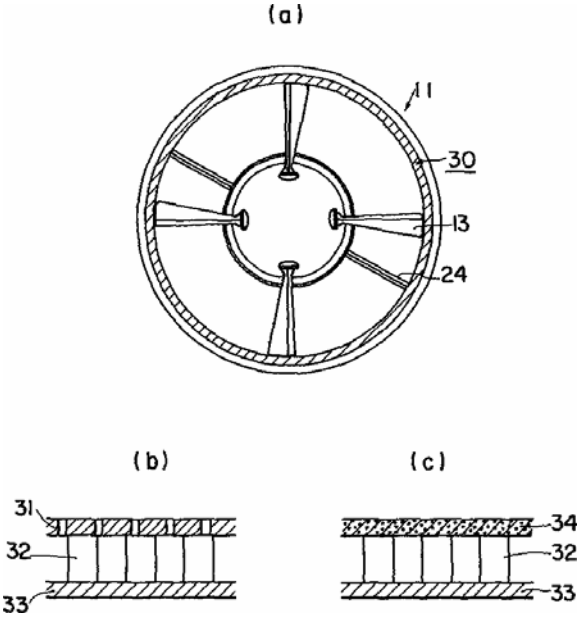
[그림 5]



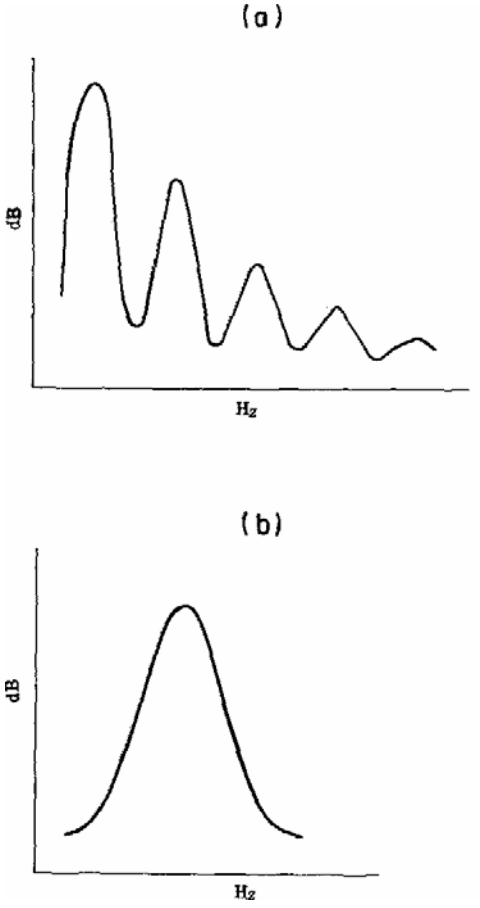
[그림 6]



[그림 7]



[그림 8]



[그림 9]

---자기부상 철도차량 풍력발전기 적용기술관련 일본 특허 끝 ---

가-F. 네덜란드의 철도 풍력발전기 개발 현황

- RailWind 프로젝트 : 네덜란드 철도 회사인 Prorail 과 에너지 개발회사인 Evelop의 공동프로젝트인 “RailWind" 를 통하여 철도 선로변을 따라 풍력발전기 설치 예정 (2011년)



그림 2-33. 네덜란드 철도 선로변을 따라 설치된 풍력발전기 (중대형의 경우)



그림 2-34. 네덜란드 철도 선로변을 따라 설치된 풍력발전기 (소형의 경우)

나. 태양광 에너지 개발

- 신재생에너지 설비 연평균 증가율 : 2002-2006년까지 5년간 풍력, 태양열 온수기, 지열, 독립형 태양광을 포함한 세계 신.재생에너지 설비규모는 연간 15-30%의 성장세를 나타내고 있으며, 이중 계통연계형 태양광발전 설비는 연평균 60%의 성장세를 보이고 있음.

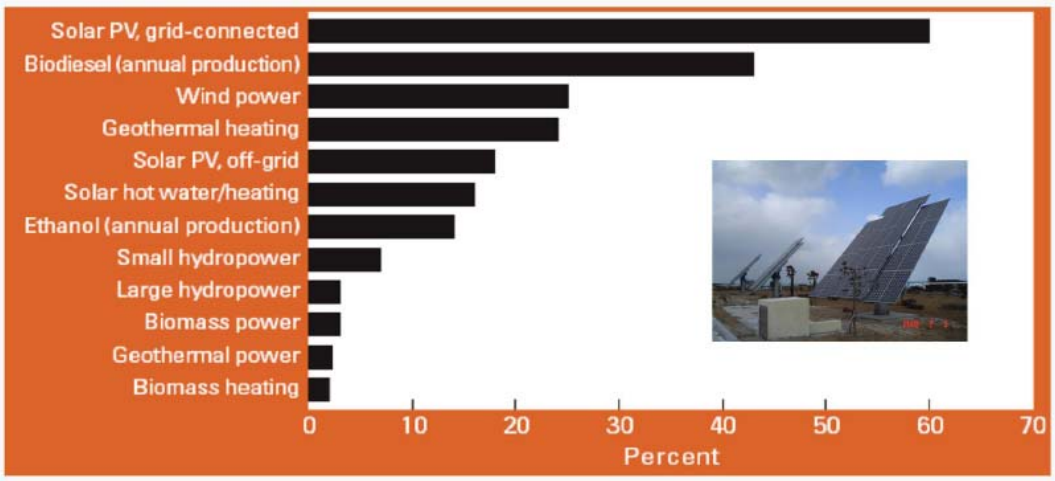


그림 2-35. 신재생에너지 설비 연평균 증가율

• 신재생에너지 산업 현황 및 전망 : 2006년 기준 세계 전력생산량 중 신재생에너지 비중은 4%에 불과 했으나, 2040년 이후 생산량은 50% 이상 확대될 것으로 예상. 이중 태양에너지 비중이 가장 클 것으로 전망됨.

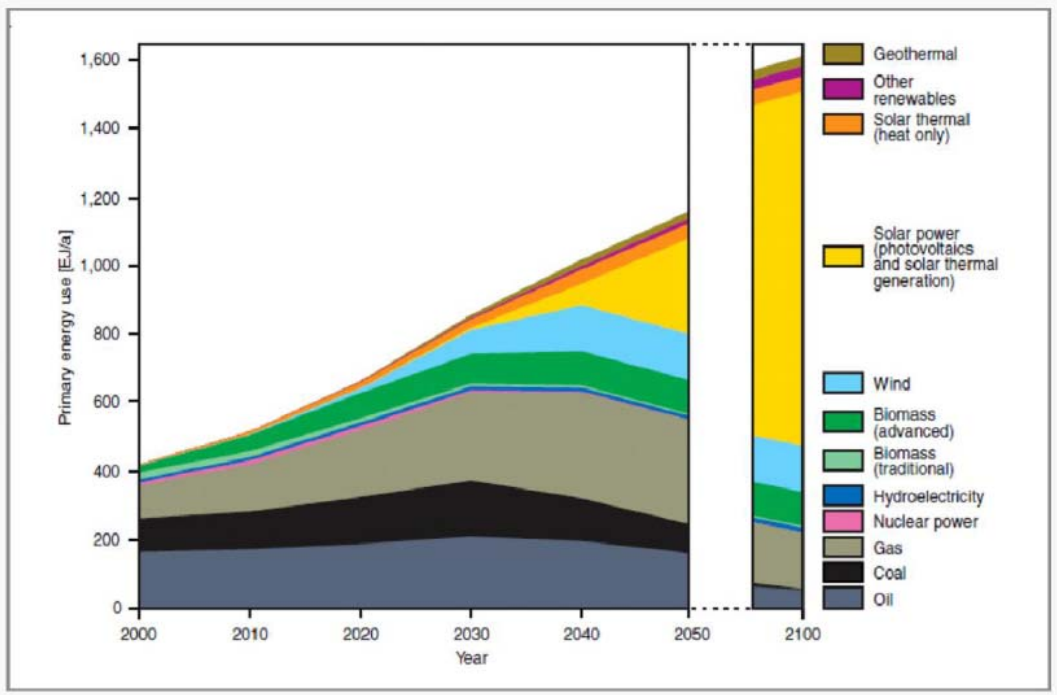


그림 2-36. 2000 – 2050년 신재생에너지 산업 현황 및 전망

• 세계 태양광 시장 규모 전망 : 2008년 이후 금융위기에 따른 수요 감소 및 투자 축소 등으로 일시적인 하향세를 보이고 있으나, 정책적인 지원과

꾸준한 기술 개발을 통한 발전단가 절감 효과로 2009년 이후 연평균 30% 내외의 성장을 지속할 것으로 예상.

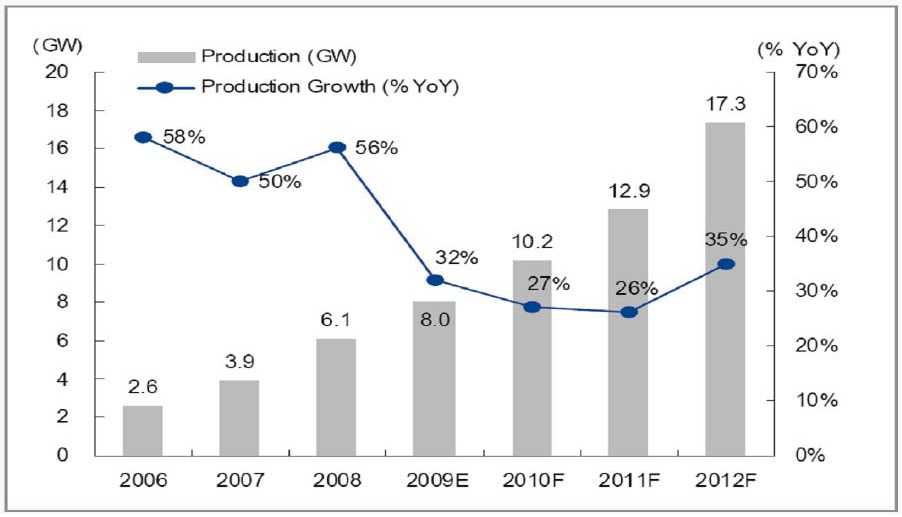


그림 2-37. 세계 태양광 시장 규모 전망

• 폴리실리콘부터 잉곳, 웨이퍼, 셀, 모듈, 발전시스템에 이르기 까지 태양광 산업의 시장규모는 2008년 약 507억 달러에서 2009년 960억 달러로 89% 성장하는 데 이어 2011년 2,283억 달러로 성정한 뒤 2012년에 2,744억 달러에 이를 것으로 예측.

• 국내 태양광 시장규모 전망 : 국내 태양광 시장 규모는 2007년부터 2010년까지 연평균 137%의 높은 성장세를 나타낼 것으로 예상되며, 2007년 5억 달러 규모에서 2010년에 53억 달러 규모로 3년 만에 10배 이상 성장할 것으로 전망.

•그리드 패리티란 기존 화석연료에 의한 발전단가와 신재생에너지에 의한 발전단가가 동일한 수준이 되는 시점으로, 기존에는 기술혁신을 통해 2014년에 도달할 것으로 예상했으나 최근에는 2012년까지 앞당겨질 것이란 의견이 지배적임.



그림 2-38. 태양광 기술혁신을 통한 그리드 패러티(Grid Parity)

- 1,2차 오일 쇼크 이후 석유대체에너지 확대를 위해 태양전지용 실리콘 기판을 싸게 공급할 수 있는 새로운 poly-Si 대량생산기술이 요구됨.

- '90년대부터는 웨이퍼 생산업체들을 중심으로 단결정 반도체용 실리콘 단결정의 연속 성장 기술의 개발이 가시화되면서 입자형 poly-Si의 중요성이 더욱 강조됨.

- 2000년 이후 미국,독일,일본,노르웨이 등을 중심으로 활발히 전개되어온 선진국의 기술개발은 PV 산업의 빠른 발전에 기인

- 특히 '04년 말 이후 보다 심각해진 유가의 고공행진은 PV 산업의 지속적인 발전을 가능하게 함으로써 고순도 Si 원료소재의 공급부족이 예상보다 더욱 심각해질 것이라는 점이 선진국의 상용화 노력을 가속화시킴.

- 선진국의 poly-Si 제조업체 및 태양전지 업체들은 2000년부터 Si 원료소재의 품귀사태와 PV(Photovoltaics)산업의 경쟁력이 저가의 원료소재 확보에 있다는 점을 이미 예견해왔음.

- 현재 태양전지 분야 최대의 화두는 "가격을 어떻게 최소화 할 것이냐" 임. 특히 실리콘 원료의 공급과 함께 잉곳/웨이퍼 분야에 있어서의 이 명제는 i) 웨이퍼의 두께 감소와 ii) 수율과 생산성 증대를 극대화 하는 방안으로 기술개발을 유도하고 있음. 웨이퍼의 두께 감소는 차례로 후속공정인 셀 제조와 모듈

제조공정에 적용할 새로운 공정 기술이나 장치의 개발을 요구하고 있음.

- 그림 2-3은 앞으로의 예상되는 태양전지의 두께 변화를 보여주고 있음. 현재 180μm 두께 수준까지 박형 웨이퍼와 결정질 태양전지의 제조가 가능하다고 알려지곤 있으나, 수율이 너무 낮아 여전히 200-300μm 수준의 웨이퍼가 주류를 이루고 있음.

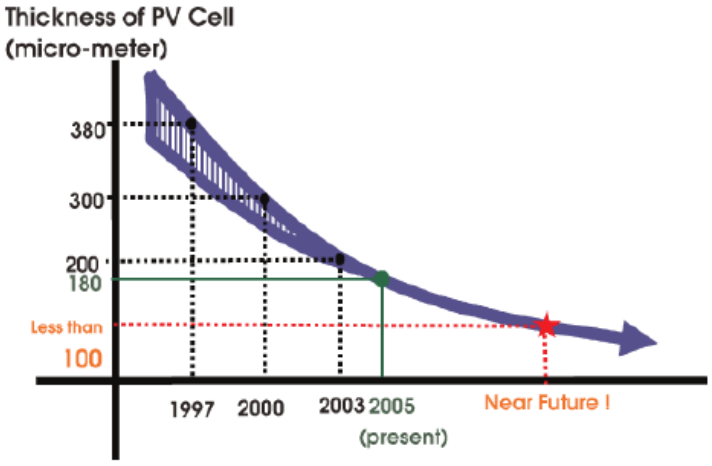


그림 2-39. 예상되는 태양전지의 두께 변화

- 최근 20여 년간 집중적인 기술개발의 결과 태양전지 가격이 1/7 이하로 대폭 하락



그림 2-40. 태양전지 가격 하락 추이

- 현재 태양전지 소재는 웨이퍼 형태의 결정질실리콘 태양전지가 주도하고 있는데, 태양 전지 단가는 약 3-4 $/W로 특수용도 (등대, 도서 전화, 오지 전력공급, 통신, 의료 등)에서는 경제성이 확보되어 있으나, 기존의 발전방식(화력방식)과 경쟁 가능하기 위해서는 제조단가의 획기적인 저감 필요.

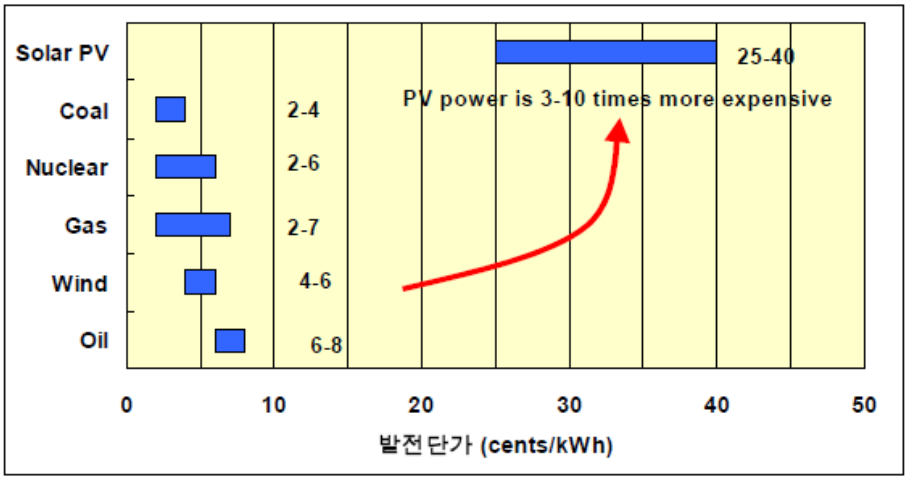


그림 2-41. 에너지별 발전단가 비교(cents/kWh)

- 집중적인 연구개발 투자 시 전 세계 에너지 수요의 상당부분 태양광(PV)과 연료전지로 충당 가능 전망

- 연료감응 태양전지는 대학과 연구소 경우 고효율화를 위한 나노소재 전극개발, 염료 설계 및 합성, 산화-환원 전해질 개발, 고체 홀 전도체 개발, 금속 대전극 개발 등 주로 요소 기술개발을 통한 고효율화 및 메카니즘 연구에 주력하고 있으며, 일본의 경우 기업 중심으로 셀 제작 및 모듈화 기술개발 분야에 연구를 수행하고 있음.

- 2006년부터 Austria의 Solar Systems는 빅토리아 주에 154MW 용량의 태양광 발전 시스템 프로젝트를 진행하고 있음. 이 프로젝트에서는 500배 집광을 이용하는 초고효율 III-V 화합물 반도체 다중접합 태양전지 모듈을 채택하여 프로제트 수행 중. 2013년 설치 완료 예정.

- 태양광 발전 시스템의 확대 보급을 위해서는 시스템의 가격을 낮추는 것이 중요하며, 시스템의 저가화를 위해서는 태양전지의 고효율 화에 의한 저가화 제조기술과 인버터의 저가화 기술개발로 분류할 수 있으며, 태양전지의 저가화는 상당기간 어려울 것으로 예상하고 있어 인버터의 저가화에 기술개발을 주력하고 있음.

- 인버터의 절연방식중 상용주파수 절연변압기 사용방식은 인버터의 가격중에서 절연 변압기가 커다란 위치를 차지하고 있으며, 절연변압기에 의해 인버터

전체의 크기, 전력손실의 저감에 한계가 있기 때문에 고주파 절연방식의인버터가 외국에서는 개발되었음.

나-A. 일본의 태양(광)전지기술 개발현황

- 현재 전 세계 태양전지 시장의 절반을 일본 기업이 보유
  - Sharp : 단결정, 다결정 실리콘 태양전지 양산
  - Kanaka : 이중접합 실리콘 박막 태양전지 기술
  - Sanyo : 이종접합 신기술 개발 시장 진출
  - Mitsubishi 중공업 : 박막 실리콘 태양전지 양산기술 보유
  - Fuji Electric : a-Si 태양전지를 개발
  - Hitachi : 2003년 9월 새로운 구조의 bi-facial 결정질 실리콘 생산

- 대학교, 공공 연구소 집중 육성 인력 공급 및 기반기술 제공

- 일본의 경우 1980년부터 1988년까지 신에너지 개발기구(NEDO)의 Sunshine Project에서도 poly-Si 제조업체들(Osaka Titanium, Shinetsu)과 대학의 참여하에 입자형 저가 poly-Si 연속 생산 기술개발에 주력하였음.

- 결정질 실리콘 태양전지 연구 분야에서 가장 앞선 기술을 보유하고 있는 일본은 실리콘 태양전지에 관한 연구를 강하게 드라이브 하고 있음.

- 비정질 실리콘 태양전지는 1평방미터 크기 대면적에 7-8% 수준의 상업생산 단계임.

- 일본의 Kaneka 사는 현재 연간 20MW급 비정질 실리콘계 태양전지 모듈 생산라인 보유중이며, 40MW급 모듈 생산라인 설치 예정.

- 일본의 Mitsubishi사는 현재 연간 10MW급 비정질 실리콘계 태양전지 모듈 생산라인 보유중이며, 100W의 전력이 발생하는 1.55m^2의 비정질 실리콘계 태양전지 모듈 생산 중.

- 대학과 연구소의 경우 고효율화를 위한 나노소재 전극개발, 염료 설계 및 합성, 산화-환원 전해질 개발, 고체 홀 전도체 개발, 금속 대전극 개발등 주로 요소 기술개발을 통한 고효율화 및 메카니즘 연구에 주력, 기업 중심으로 셀

제작 및 모듈화 기술개발 분야에 연구를 수행 중임.

표 2-4. 일본의 대학과 연구소의주요 연구내용.

연구기관	주요 연구개발 내용	주요 성과	대표적 연구자
AIST	■ 유기염료 연구	■ 쿠마린계 염료 개발 (세계최고수준)	Dr. H. Sugihara
동경과학대	■ 유기염료 연구	■ 쿠마린계 염료 개발	Prof. H. Arakawa
오사카대	■ 전도성 고분자 연구 ■ 광전자전달 메카니즘 연구	■ 홀전도성 고분자 염료감응 고체전지 개발	Prof. S. Yanagida
큐슈기술대	■ 고분자 전해질 연구	■ 고분자 전해질 개발	Prof. S. Hayase
토인대	■ 플렉시블 태양전지 연구	■ 플라스틱 염료감응 태양전지 모듈 개발	Dr. T. Miyasaka
샤프	■ 염료감응 태양전지 모듈 연구	■ 염료감응 태양전지 등가회로 규명	Dr. L. Han
토요타	■ 염료감응 태양전지 모듈 연구	■ 모듈 안정성 평가	Dr. Morohito
후지쿠라	■ 염료감응 태양전지 모듈 연구	■ 저항 감소 그리드 코팅기술 개발	Dr. N. Tanabe
히다치막셀	■ 플렉시블 염료감응 태양전지 모듈 연구	■ 대면적 플라스틱 염료감응 태양전지 개발	Dr. T. Sekiguchi

나-B. 일본의 태양(광)전지 기술개발 프로젝트 현황

- 2004년 2030년을 목표로 장기 기술개발 계획 수립.

- 지난 30년 동안 기술수요/가능성추구형의 4 ~ 5년 기간의 단기 과제를 추진하여왔으며, 2005년 전체 기술개발 프로그램이 종료하며 초기 시장형성과 함께 시계 최대의 태양전지 생산 및 태양광 발전 보급의 성과를 얻었음.

- 전 세계적으로 에너지자원 문제와 지구환경문제를 해결하기 위한 에너지 기술로서의 태양광 발전의 중요성이 증대되며 이에 따른 경제성 향상을 위한 장기적인 기술개발 전략을 수립.

- 일본의 경우 추진전략을 “Seeds 선행형 기술개발”에서 시장대응형 기술개발로 전환하고 에너지 공급기술로서의 이용확대를 위한 태양광 방전의 역할을 제시하며, 기술개발 전략으로 태양광 발전 로드맵(PV2030)을 수립함.



그림 2-42. 일본의 태양광 기술개발 추이

- 향후 2030년까지의 기간은 태양광발전이 본격적인 시장형성기기로 이용확대를 통해 에너지자원 문제와 지구환경문제에 대응하는 주요한 에너지원으로서의 인식과 신뢰확보의 기간으로 전망함.

- 제약이 없는 태양광발전의 이용확대 실현을 목표로 2030년 누적보급량 100GW, 총발전량의 10% 공급을 목표로 함.

표 2-5. 일본의 2030년 기술별 목표

항 목	목표 연도
모듈 가격	100엔/W (2010) 75엔/W (2020) < 50엔/W (2030)
모듈 고효율화	
모듈 수명	30년 (2020)
재료의 안정 공급	약 1g/W (2030)
인버터 가격	15,000엔/W (2020)
축전지	10엔/W (2020)

나-C. 일본의 철도역사 태양(광)전지 적용의 예

• 일본의 JR East 다카사키 역사 승강장에 2001년 100kWp, 2004년 100kWp 용량의 태양광 설비를 시설하였음.



그림 2-43. 일본의 JR East 다카사키 신간선 역사 승강장

나-D. 미국의 철도역사 태양(광)전지 적용의 예

• 미국의 뉴욕 지하철 Coney Island Still Well Avenue 역 (210kW)



그림 2-44. 태양전지가 설치된 뉴욕 지하철 Coney Island Still Well Avenue 역 내부(210kW)



그림 2-45. 태양전지가 설치된 뉴욕 지하철 Coney Island Still Well Avenue 역 외부 지붕 태양전지판

나-E. 독일의 철도역사 태양(광)전지 적용의 예

• 독일 베를린 Lehrter역 (태양전지 189kWp)

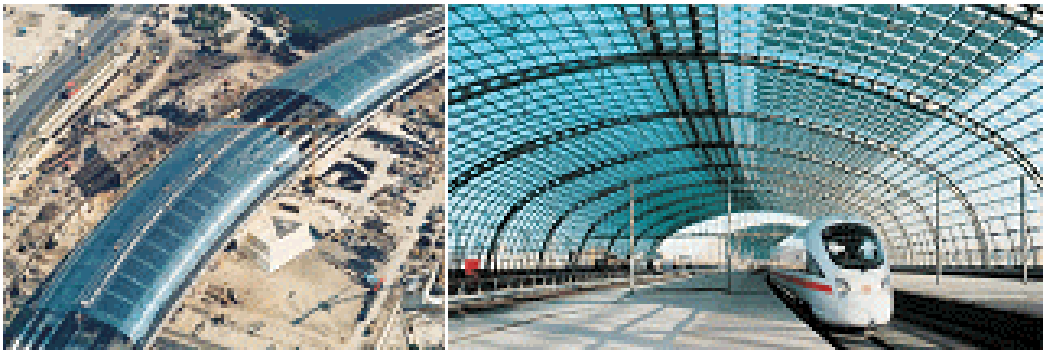


그림 2-46. 독일 베를린에 위치한 Lehrter Station; 건물일체형 태양광 시스템(면적: 1870m2, 용량: 189kWp, 시스템 비용: €3.7 million)

• 독일 Uelzen역 (태양전지 100kW)



그림 2-47. 독일 Uelzen역 (태양전지 100kW)

나-F. 태양광 에너지 - 철도전력계통 연계기술 개발

• 미국, 일본, 유럽에서는 태양광발전 등 재생가능에너지의 보급촉진을 목적으로서, 보조금제도 등의 경제적 제도의 정비와 더불어 계통연계기술조건 등의 기술적 측면에도 가이드라인의 정비를 꾀하고 있음.

• 공통된 특징으로서는, 대상전원을 신에너지전원에 국한시키는 나라는 없고, 수력 및 열병합 등 분산형전원 전체를 대상전원으로 하고 있음.

- 오히려 신에너지전원에 대해 경험이 풍부한 기존의 소수력 등에 적용되고 있던 기술조건을 개정 또는 추가한 형태의 규정을 적용하고 있는 실정임.

- 계통연계에 관계되는 기술조건은 다음 표와 같으며, 그 주요특징에 대해 다음과 같이 기술함.

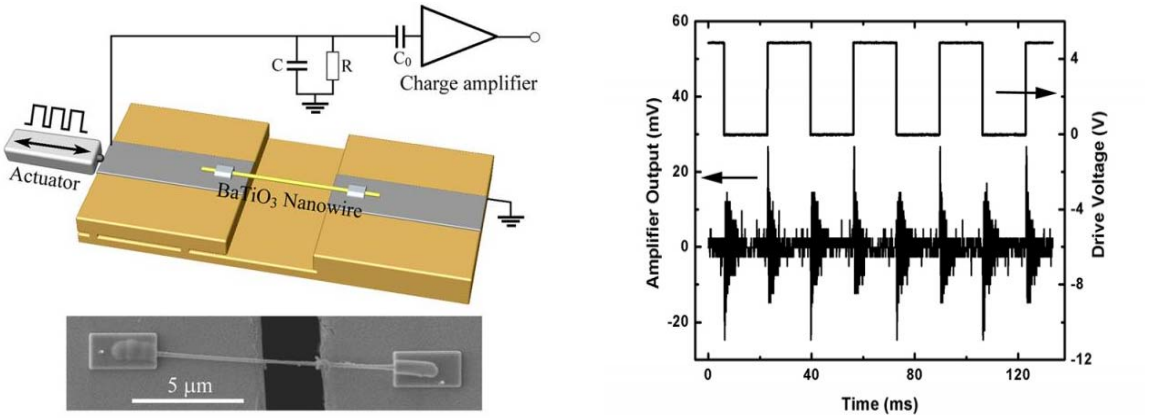
표 2-6. 유럽의 계통연계에 관계되는 기술조건

	영 국	독일(RWE)	스위스 (EWZ)	이탈리아	미국(NEPS)	미국(PG&E)	일 본
대 상 전 원	주로 열병합.	태양광,풍력, 소형열병합, 수력	열병합, 신에너지	제한없음	열병합. 신에너지는 시험단계로 개별협의	특별히 제한없음. 신에너지는 개별협의 대응	열병합, 신에너지
보수관리상의 요건	옥외개폐기설치	옥 외 개 폐 기 설치, 릴레이 제정값 규정		옥외개폐기설치	태양광수용가 표시,옥외개폐기설치	옥외개폐기 설치, 10kW이상은 절연변압기 사용	옥 외 개 폐 기 설치, 릴레이 제정값 규정
전력품질관리상 의 요건	상시전압변동: 94~106%, 고조파: 별도 가 이 드 라 인 G5/3으로 규정	상시전압변동: 94~106%, 고조파, 플리커에 대한 규정이 있음, 역률: 지상 80% ~진상 90%	상시전압변동: 94~106%, 고조파: 3% 이하	상시전압변동: 94~106%, 역률: 지상 90% ~진상 90%	상시전압변동: 94~106%, 고조파: 5% 이하, 역률: 지상 95% ~진상 95%	상시전압변동 : 94~106% (순 시전압변동은 120%), 고조파,전압계급,단락전류에 대한규정있음. 역률: 지상 80% ~진상90%	상시전압변동: 94~106%, 고조파: 5% 이 하, 역률: 지상85% ~100%
필요한 보호계전기	과전압, 부족전압, 과주파수, 부족주파수	과전압, 부족전압, 과주파수, 부족주파수 단,인버어터 연계의 경우 양방향 주파수 계 전 기 는 불필요	과전압, 부족전압, 과주파수, 부족주파수 과전류	과전압, 부족전압, 과주파수, 부족주파수 과전류 지락과전압	과전압, 부족전압, 과주파수, 부족주파수 인버어터연계의 경우 내장의 기능도 가능	과전압, 부족전압, 과주파수, 부족주파수	과전압, 부족전압, 과주파수, 부족주파수 인버어터연계의 경우 내장의 기능도 가능
단독운전방지에 관한 대책	가이드라인에서 방지를 규정, 주파수 변화율 계전기를 권장함	소수력의 경험 때문에 문제는 없다.	중요한 연구개발 과제로 인식	중요한 과제로 하고 있으나 연구에 착수한 단계	경험이 없고 중요 과제로 고려되지 않는다.	off-peak 전력의 1/2이하의 용량에 연계를 제한	역조류유무에 따라단독운전 검출기능부, 옥 외 개 폐 기,RPR,역충전검출기능

다. 압전발전기술 적용 철도 시스템 구축 기술 개발

• 나노 압전 발전기술 – 일리노이 주립대학교의 Min-Feng Yu는 2007년 바륨 티타늄 나노와이어를 이용한 나노 발전장치를 개발하였다. 바륨 티타늄 나노와이어를 두개 전극 사이에 놓고 와이어 끝의 한쪽은 고정시킨채 다른 한쪽은 자유롭게 움직일 수 있게 하여 외부에서 가해진 진동에 의해 전기 에너지를 생산하는 방식이다.

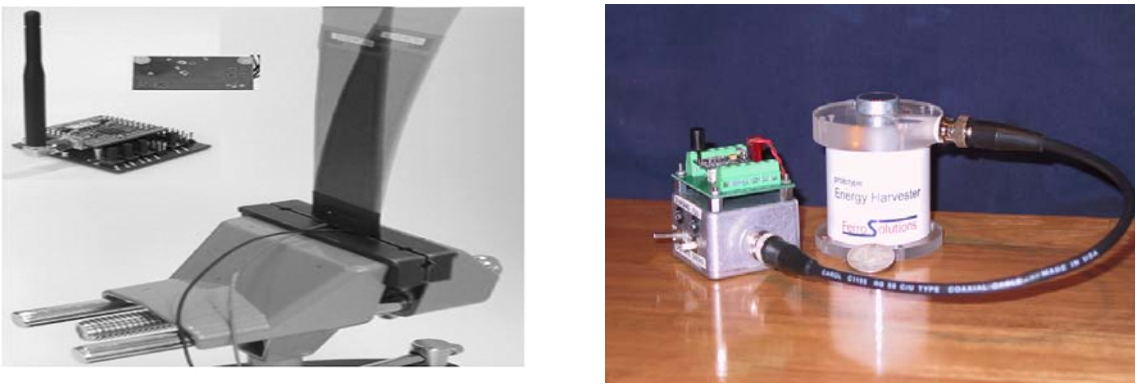
• 고효율 압전 발전기술 – 텍사스대학이 연구하여 발표한 것을 보면 풍속과 전력 출력 관계가 선형적으로 증가하는 것을 볼 수 있었고, 최대 출력 전력은 6.7 kΩ의 부하저항에 의하여 10 mph의 풍속에서 7.5 mW의 전력을 얻었다.



(a) 바륨 나노와이어 발전장치 (b) 출력전압 파형

그림 2-48. 바륨 나노와이어 기반의 나노 발전장치

• 고효율 압전 발전기술 – 독일 EnOcean 사는 아래 그림과 같은 Transmitter Module에 압전 방식의 Power Generator를 채택하고, 배터리가 필요 없이 스위치를 눌렀을 때 발생하는 에너지를 센서구동, RF 무선신호 송수신, 각종 변환기를 작동시키는데 활용하였다. 또한 미국의 Ferro Solutions 사는 Energy Harvester라는 이름의 에너지 발전시스템을 개발하여 각종 무선전자기기, 센서, MEMS 등에 응용하고 있다.



(a) EnOcean사의 Power Generator (b) Ferro Solutions사의 Energy Harvester

그림 2-49. EnOcean 및 Ferro Solutions 사의 압전에너지 발전장치

• LED 조명용 압전 발전기술 – 영국, 일본, 미국 등에서는 압전소자를 이용한 LED 조명용 발전장치에 대한 연구를 활발히 진행 중에 있다. 현재 개발된 압전에너지 발전장치의 경우 성인 (60kg 기준) 1인당 0.5W에서 1W 정도의 순간전력이 생산 가능하다.

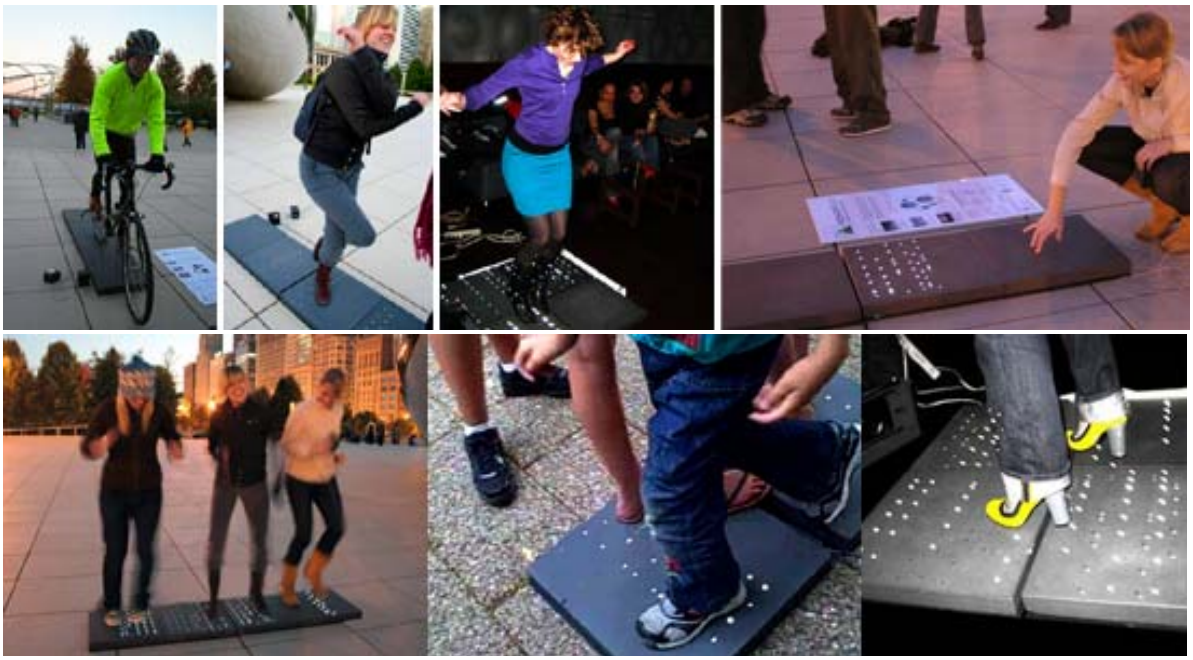
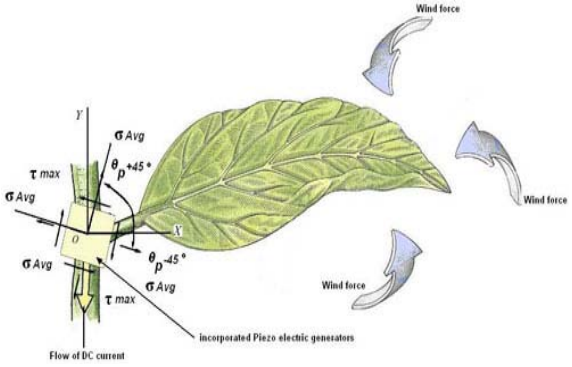


그림 2-50. LED 조명용 압전 발전장치 사례

• 복합 신재생에너지 발전기술 – 미국의 SMIT (Sustainably Minded Interactive Technology)에서는 태양전지판과 풍력 및 압전에너지 발전이 복합적으로 결합된 Solar Ivy를 개발하였다. Solar Ivy는 잎사귀 형태로 건물에 손쉽게 부착하여 에너지를 생산할 수 있으며, 각 잎에 압전 제네레이터가 있는 폴리에틸렌 위에 박막 필름을 입힌 구조로 햇빛이 비추거나 바람이 불 때 에너지를 생산하게 된다.



(a) Solar Ivy 동작원리



(a) Solar Ivy

그림 2-51. SMIT의 Solar Ivy

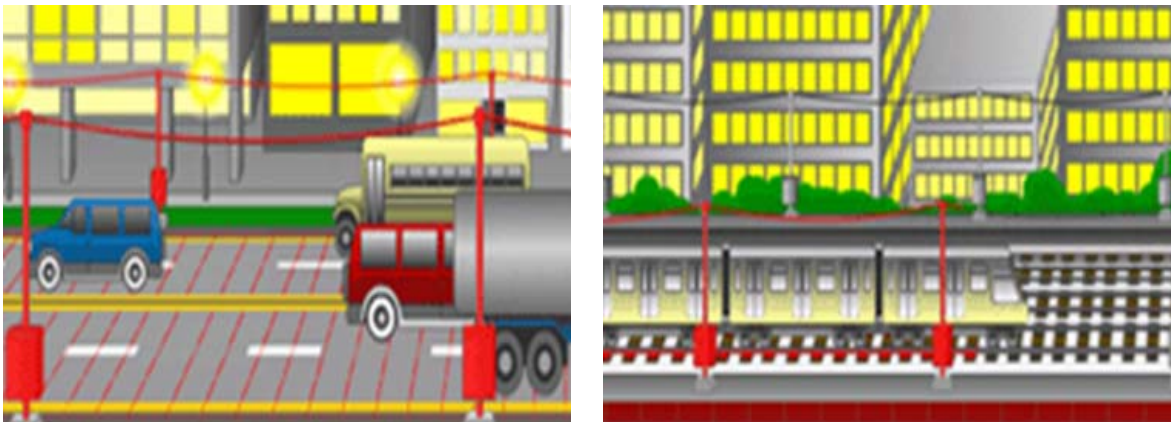
• 도로용 압전 발전기술 – 영국의 Gloucester시에 Sainsbury에서는 최근 압전소자를 이용한 발전시스템을 입구에 설치하여 운영 중에 있다. 입구에 진입하는 차량의 하중을 이용하여 시간당 30 kWh의 전력을 생산 중이다. 생산된 전력은 Sainsbury의 부대시설인 checkout 라인에 공급하고 있다.



(a) People-Powered Checkout Lines (b) People-Powered system of Sainsbury

그림 2-52. 영국 Gloucester시 Sainsbury에 설치된 압전 발전시스템

• 철도 및 도로용 압전 발전기술 – 이스라엘의 이노와텍(Innowattech)사는 최근 도로와 철도의 궤도 밑에 압전에너지모듈을 설치하여 전력을 생산하는 장치를 개발 중에 있다. 도로용 압전에너지장치의 경우 1km당 500kW와 철도용 압전에너지장치의 경우 1km당 150kW의 전력 생산이 개발 목표이다.



(a) 도로용 압전에너지 발전장치 (b) 철도용 압전에너지 발전장치

그림 2-53. 이노와텍사의 압전에너지 발전장치

• 철도용 압전 발전기술 – 일본의 Keio 대학의 요시야스 타케후지(Yoshiyasu Takefuji)는 JR-EAST와 공동으로 압전에너지장치를 개발하여 아래 그림과 같이 동경역의 게이트에 시범 설치하여 유동인구에 따른 발전량을 표시하고 있다. 또한 유동인구가 많은 시부역의 보도에 압전에너지장치를 설치하여 운영 중에 있다.



(a) 동경역 게이트 (b) 시부야역 보도

그림 2-54. 일본 압전에너지 발전장치의 설치사례

라. 지열 에너지 기술 개발

- 2005년도 기준, 전 세계 지열 열펌프 시스템 보급대수는 12kW급 열펌프 유닛으로 환산하였을 때 약 130만대로 추정되며 지난 5년간 매년 10% 이상의 증가율을 보인 것으로 조사되었음. 특히 미국, 서유럽(오스트리아, 스위스, 스웨덴 등) 터키, 중국 등이 전 세계 지열 열펌프 시스템의 보급을 주도하고 있음.

표 2-7. 항목별 지열 에너지 직접 이용 순위 (2005년 기준)

순위	이용량 (TJ/year)	시설용량 (MWt)	면적대비 이용량	인구대비 이용량	면적대비 시설용량	인구대비 시설용량	지난 5년간 이용량 증가율	지난 5년간 시설용량 증가율
1	중국 (45,373)	미국 (7,817)	아이슬란드	아이슬란드	아이슬란드	아이슬란드	노르웨이	노르웨이
2	스웨덴 (36,000)	스웨덴 (3,840)	이스라엘	스웨덴	스위스	스웨덴	덴마크	덴마크
3	미국 (31,239)	중국 (3,687)	스위스	뉴질랜드	스웨덴	노르웨이	칠레	네덜란드
4	터키 (24,840)	아이슬란드 (1,844)	덴마크	그루지야	덴마크	스위스	네덜란드	칠레
5	아이슬란드 (24,500)	터키 (1,495)	그루지야	덴마크	헝가리	헝가리	포르투갈	벨기에/체코

- 이용량 면에서 제일 앞서고 있는 중국은 텐진.샨시.헤베이 및 베이징 부근 지역

에서의 지역 난방(6,391 TJ/year), 온천(25,095 TJ/year), 지열 열펌프 시스템(6,569 TJ/year)에 지하 열자원을 적극적으로 활용하고 있는 지열 에너지 직접 이용 선진국이라고 할 수 있음. 특히, 2008년에 개최되는 베이징 올림픽을 Green Olympic이라는 구호 아래 지열 열펌프 시스템 보급에 주력하고 있는 것으로 조사되었음.

- 면적대비 이용량에서 1위인 아이슬란드는 국토 자체가 대서양 판이 갈라지는 곳에 있기 때문에 지하 열자원이 풍부하며 아울러 국가 전체 난방의 87%를 지열로 공급하고 있음. 또한 이스라엘이나 스웨덴 등은 주로 심부 시추공을 이용한 지역 난방, 온천 및 농업, 양식업 등에 지열 에너지를 활용하고 있음.

- 미국은 지열 열펌프 시스템을 포함하여 전 세계 지열 에너지 직접 이용을 주도하고 있는 나라로서, 2005년 기준, 전체 직접 이용 시설용량은 7,817 MWt, 이용량은 31,239 TJ/year (8,678 GWh) 임. 이중에서 지열 열펌프 시스템이 용량 면에서는 92%(7,200 MWt), 이용량 면에서는 71%(22,214 TJ/year)를 차지하고 있음.

표 2-8. 유럽 주요 국가에서 지열 직접 이용과 지열 열펌프 시스템 현황 (2005년 기준)

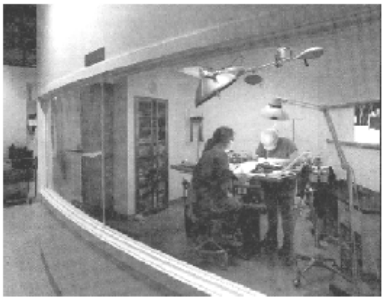
	지열 에너지 직접 이용 총시설용량 (MWt)	지열 열펌프 시스템 시설용량 (MWt)	총 용량 중 지열 열펌프 시스템의 비율(%)	총 지열 에너지 직접 이용량 (TJ/year)	지열 열펌프 시스템 이용량 (TJ/year)	총 이용량 중 지열 열펌프 시스템의 비율	설치 대수 (12 kW급 열펌프로 환산)
오스트리아	352.0	300	85.2	2,229.9	1,450	65.0	25,000
핀란드	260.6	260	99.8	1,950.0	1,950	100.0	40,000
독일	504.6	400	79.3	2,909.8	2,200	75.6	30,000
노르웨이	600.0	600	100.0	3,085.0	3,085	100.0	14,000
스웨덴	3,840.0	3,300	85.9	36,000.0	28,440	79.0	275,000
스위스	584.7	525.4	89.9	4,229.3	2,854	67.5	35,000

- 미국의 대표적인 지열 열펌프 시스템 설치 사례를 적용 건물별로 아래에 정리하였음.

표 2-9. 미국 내 지열 열펌프 시스템 설치 사례

설치 사례	시스템 설명
1. 주거용 사례(residential cases)	
	·소재지: 하트포드 (Hartford), 코네티컷주, 개인 주택 ·냉난방 유닛: 4.2 RT 열펌프 ·지중 열교환기: 복수정(2 wells)의 지하수 이용 방식 ·지중 열교환기: 1000 ft 폴리에틸렌 튜브 ·지하수: 250 ft 깊이, 2개의 직립정 (well)
	·소재지: 오션시 (Ocean city), 메릴랜드주, 아파트 ·건물 개요: 14층, 104 가구, 가구 당 900 ft^2 ·냉난방 유닛: 107개의 Heat Pump 사용 (총 222 RT) ·지중 열교환 방식: 수직 밀폐형 지중열교환기 ·지중열교환기: 160개의 보어홀(borehole)을 각각 175 ft 깊이로 건물 주차장에 설치. 폴리에틸렌 파이프를 사용하였으며, 파이프 총 길이는 10 miles.
2. 상업용 사례(commercial cases)	
	·Phillips 66 Service Station ·소재지: 프레어리 빌리지(Prairie Village), 캔자스주 ·시스템 개요: 수직 밀폐형 지중 열교환 방식 10개의 보어홀을 각각 325 ft 깊이로 설치. 고밀도 폴리에틸렌 파이프 사용. ·시스템 용량: 5 RT, 1대의 열펌프 사용 (플로리다 히트 펌프) ·시스템 COP: 3.0 - 3.5, 시스템 EER: 11.6 - 13.5
	·Hazleton St. Joseph Medical Center, 병원 ·소재지: Freeland, Luzerne County, 펜실베니아주 ·건물 개요: 면적 6,500 ft^2, 설계 열 손실: 151,500 Btu/hr ·지열 열펌프 시스템 개요: 물 대 공기 방식 열펌프 유닛 설치 (5 RT 2대, 7.5 RT 1대) ·6개의 보어홀을 각각 220 ft 깊이로 설치. ·총 길이 3100 ft, 직경 1.5" 의 폴리에틸렌 파이프 사용.

2. 상업용 사례(residential cases) (계속)



·Wildlife Center of Verginia, 야생동물 센터
·소재지: Waynesboro, 버지니아주
·건물 개요: 5700 ft^2
·시스템 개요: 4 RT 열펌프 유닛 (2대), 5 RT 열펌프 유닛 (2대), 총 18 RT. 총 길이 11530 ft의 폴리에틸렌 파이프를 슬린키 (slinky) 방식으로 구성, 2500 ft의 트렌치 (trench) 작업.
·공사 금액: 열펌프, 덕트, 배관 등: $43,000,
지중 열교환기 설치: $16,000



·The Galt House East Hotel, 호텔
·소재지: Louisville, 켄터키주
·건물 개요: 870,000 ft^2, 600개의 객실, 100 가구의 아파트, 그 외 부대시설로 구성.
·시스템 개요: 총 4500 RT, 밀폐형 지하수 이용 시스템, 4개의 보어홀을 각각 130 ft 깊이로 설치
·월 평균 25,000$의 에너지 절약효과.
·공기 열원 열펌프와 비교시 연간 CO_2 180만 파운드, SO_2 44,000 파운드, NO_x 33,000 파운드 그리고 5,500 파운드의 미세 먼지 저감 효과 발생.



·The Prairie Electric, 사무실
·소재지: Vancouver, 워싱턴주
·건물 개요: 전체면적 25,000 ft^2, 사무실과 창고로 구성.
·시스템 개요:
- 밀폐형 표층수(연못) 이용 지열 열펌프 시스템
- 총 길이 9000 ft의 파이프를 지중 열교환기로 사용.
- 2대의 6 RT 열펌프 유닛 사용.



·Blue River Resort, 휴양시설
·소재지: British Columbia
·건물 개요: 39600 ft^2, 객실과 부대 편의 시설로 구성.
·시스템 개요:
- 밀폐형 수직 지중열 이용 지열 열펌프 시스템
- 23대의 열펌프 유닛 설치 (총 103 RT)
- 34개의 보어홀을 각각 200 ft 깊이로 설치

3. 학교 사례(school building cases)

	·Neff Elementary School ·소재지: Lancaster, 펜실베니아주 ·건물 개요: 총면적 148,530 ft^2의 2층 건물. ·시스템 개요: - 140개의 보어홀을 각각 288 ft 깊이로 설치 - 350 RT 냉방용량 ·총 설치 금액: $2,033,268
	·Onamia Elementary School ·소재지: Onamia, 미네소타주 ·건물 개요: 78,000 ft^2 ·시스템 개요: - 수직 밀폐형 시스템 - 총 193 RT 용량 (53개의 열펌프 유닛) - 50개의 보어홀을 각각 560 ft 깊이로 설치 - 지중 열교환기 내 열교환 유체의 유량: 400 gpm

4. 공공기관 사례(government facilities)

	·Northwest Louisiana Juvenile Detention Center ·소재지: Coushatta, 루지애나주 ·건물 개요: 총 면적 14,993 ft^2 ·시스템 개요: - 수직 밀폐형 지열 열펌프 시스템 - 총 34 RT의 냉방용량. - 44개의 보어홀을 각각 250 ft 깊이로 설치.
	·Clark County PUD Headquarters ·소재지: Vancouver, 워싱턴주 ·건물 개요: 32,000 ft^2 면적의 건물을 리모델링 하면서 2,300 ft^2 면적의 회의실에 지열 열펌프 시스템 적용. ·시스템 개요: - 개방형 지하수 이용 시스템 (open-loop water well) ·총 설치비: 11,600$

표 2-10. 미국의 주별 설치 용량 현황 (2006)

Alaska	California	Hawaii	Nevada	Utah
400 kW	2,492 MW	35 MW	276 MW	26 MW

※ 출처: Geothermal Energy Association

- 미국의 경우, 1990년대까지는 관공서나 군부대, 학교 등 공공기관에 주로 설치되었으며, 1999년도를 기준으로 약 35만 대의 지열 열펌프가 설치된 것으로 추정됨. 미국 내 전체 지열 열펌프 시스템 중, 수직형이 46%, 수평형은 38% 그리고 15%가 개방형 방식인 것으로 조사되었음.

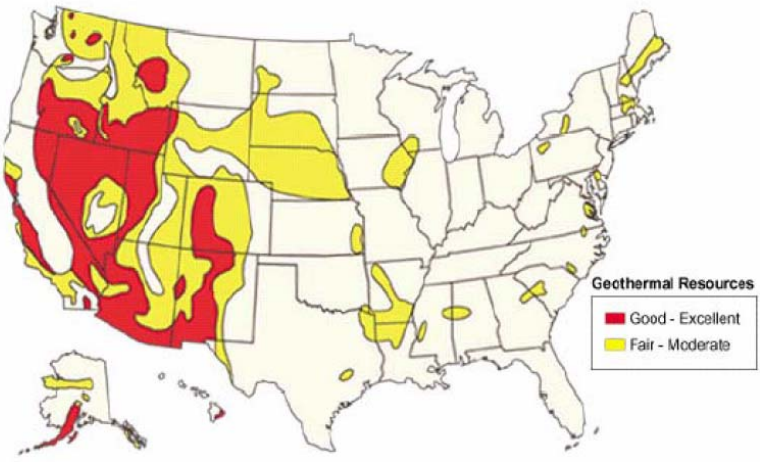


그림 2-55. 미국 내 지하 열자원 분포 특성

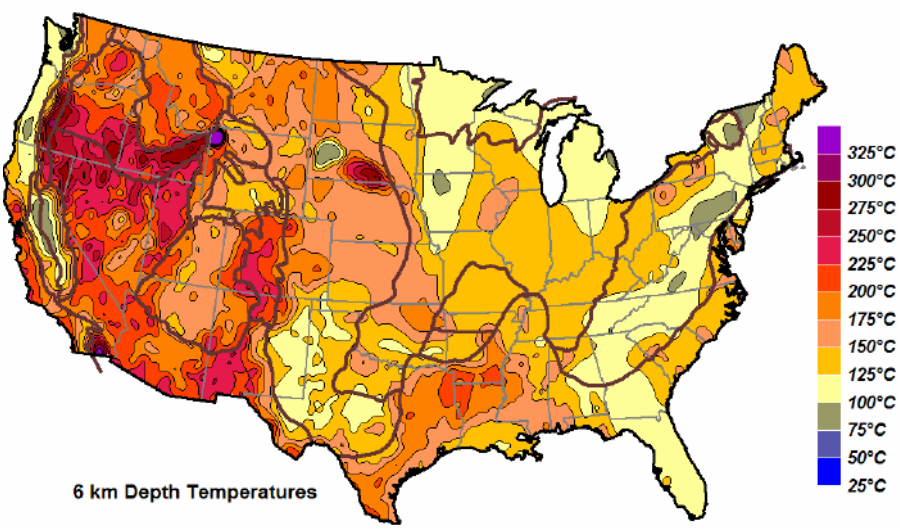


그림 2-56. 미국 내 지하 6km 심도에서의 온도 분포

- 캐나다의 경우는 기후 특성상 주로 건물난방에 지열 열펌프 시스템을 활용하고 있음. 미국과 인접해 있다는 지리적 특성 상, 캐나다의 지열 열펌프 관련 기술은 거의 미국과 동일한 수준을 보이고 있음.

- 캐나다는 몬트리올 엑스포에 사용하였던 건물을 보수하여 박물관으로 활용하고 있으며, 이 건물에 지열 열펌프를 설치하여 운전한 결과 약 21%의 에너지 절감 효과를 보았다는 보고가 있음. 캐나다에서 지열 열펌프 시스템은 주로 마니토바와 온타리오 주에 설치되고 있음.

- 캐나다의 지열 열펌프 시장은 2000년대부터 10 ~ 15% 비율로 증가한 것으로 조사되었음. 지열 열펌프 시스템은 약 36,000대(435MWe)가 설치되었으며, 이를 통해 2004년까지 매년 약 600백만 kWh(2,160 TJ/년)의 에너지 절감과 약 20만 톤의 온실가스 배출을 줄인 것으로 조사됨.

- 일본에서는 온천과 발전을 중심으로 지열을 이용하고 있음. 일본 정부는 지구 온난화를 억제하는 노력의 일환으로 지열 열펌프 시스템을 적용하는 프로그램을 시작하였으며, 이 프로그램에 따라 고효율 지열 열펌프 병원, 도서관, 시청 등 공공기설 60여 곳에 시범적으로 적용하였음.

- 일본에서도 과도한 시추비용 (약80$/m)이 지열 열펌프 시스템 보급에 가장 큰

걸림돌임. 따라서 시스템의 효율을 증대시켜 과다한 시추비용에 의한 초기투자비의 회수기간을 줄이려는 노력이 경주되고 있음. 일본의 경우, 지하수가 풍부하여 이를 열원으로 직접 이용하거나 지중에서 지하수의 흐름 등이 있을 경우의 지열 시스템 성능 등에 대한 연구가 이루어지고 있음.

- 일본에 지열 열펌프 시스템이 도입된 것은 우리와 거의 비슷한 시기이지만, 공조.냉동 산업과 열펌프 기술이 발달한 나라답게 최근 들어 높은 보급률을 보이고 있으며, 많은 연구개발 결과들이 발표되고 있음.

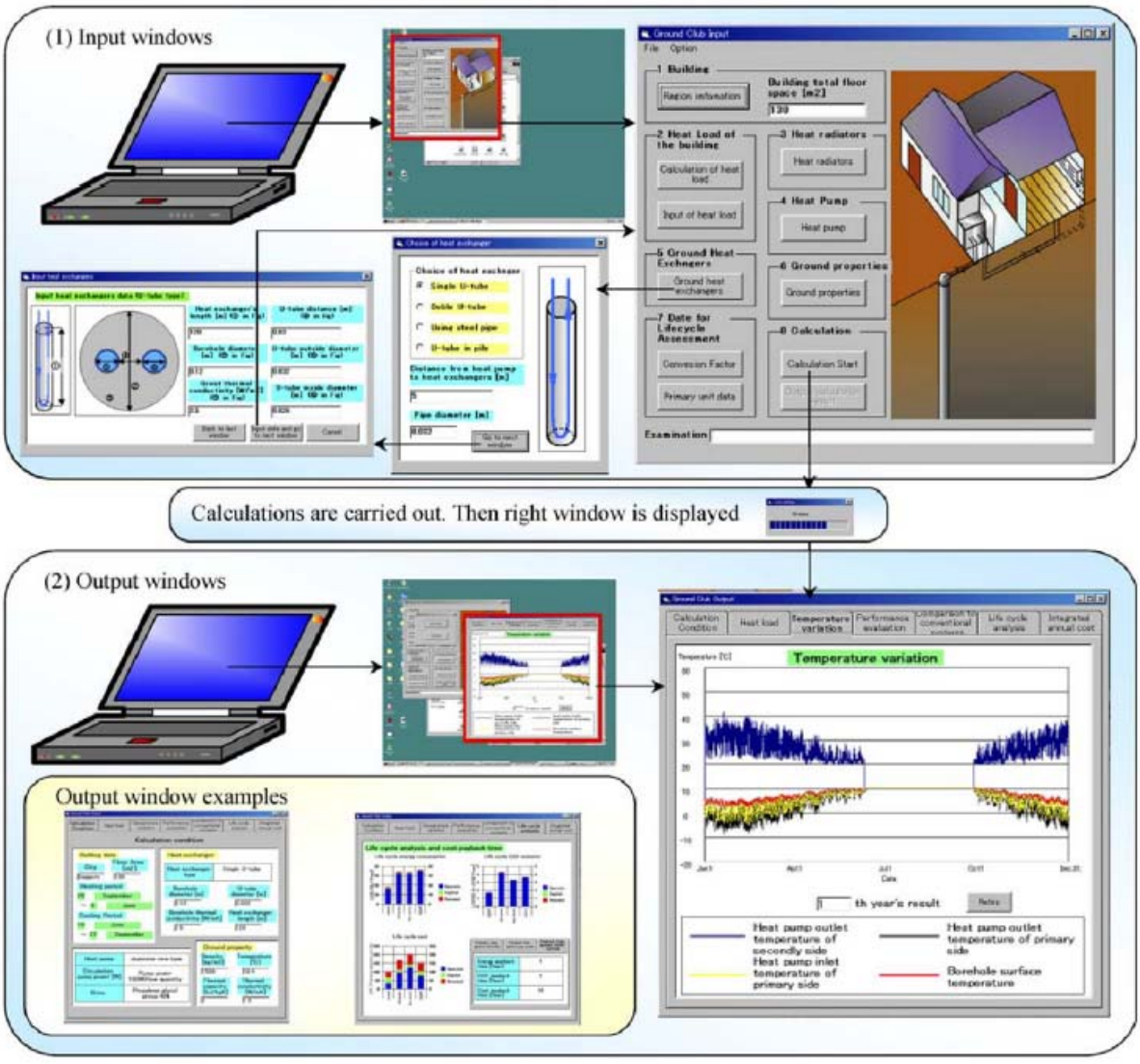
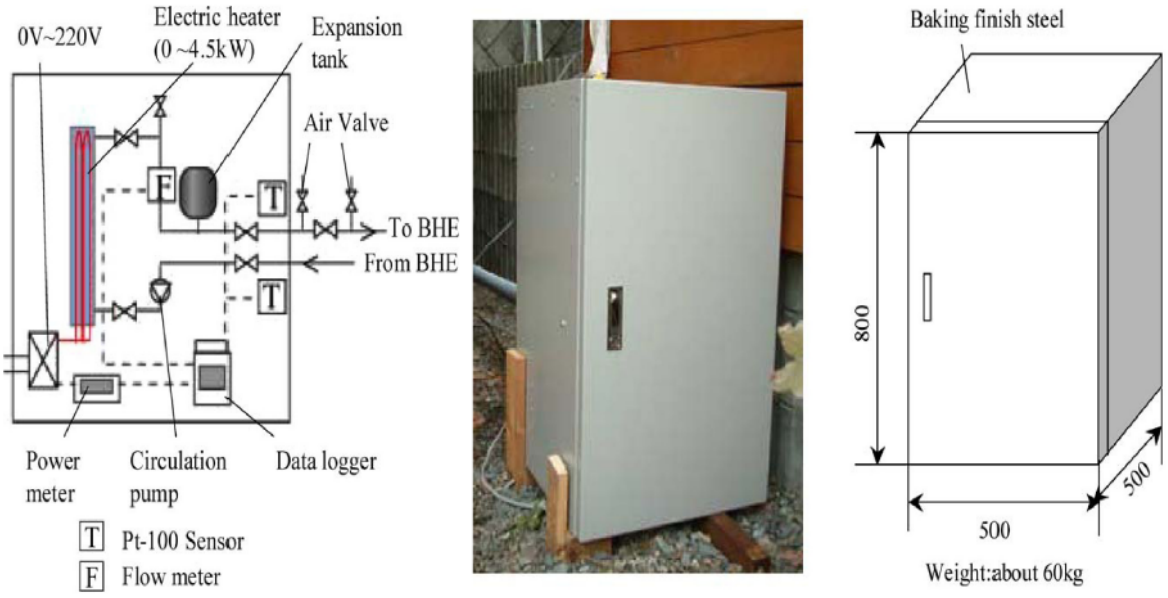


그림 2-57. 일본에서 개발된 지열 열펌프 시스템 설계 및 성능 예측 프로그램



(a) 열응답 시험장치 내부 구성 (b) 열응답 시험장치 외관 및 크기.

그림 2-58. 일본에서 제작된 지중 열전도도 측정 장비



그림 2-59. 일본에서 첫 대량 생산된 소형 지열 열펌프

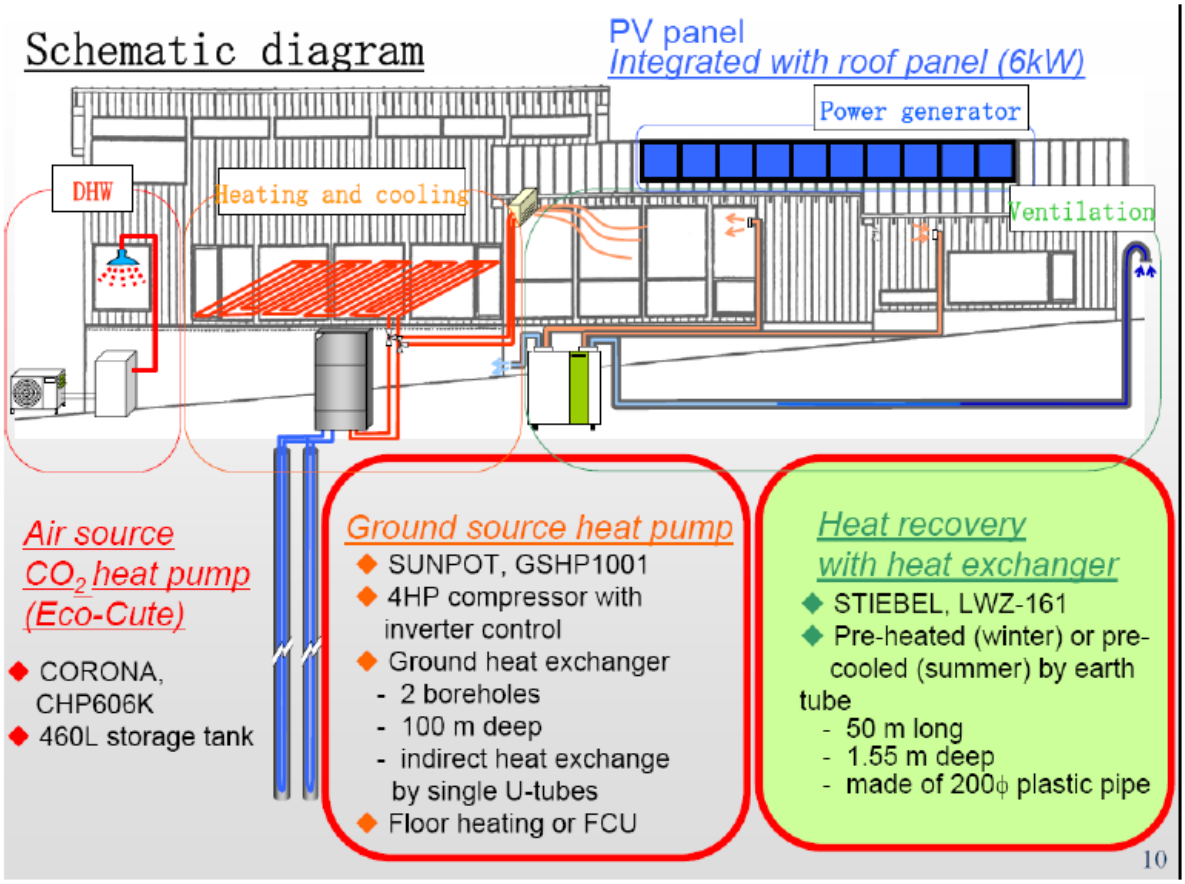
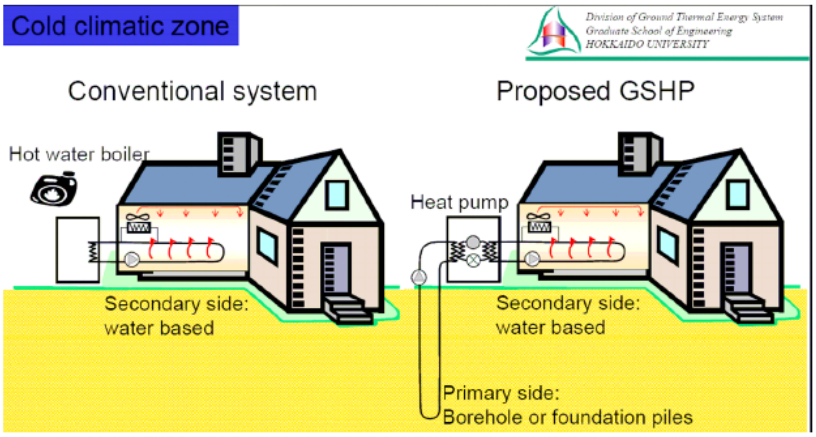
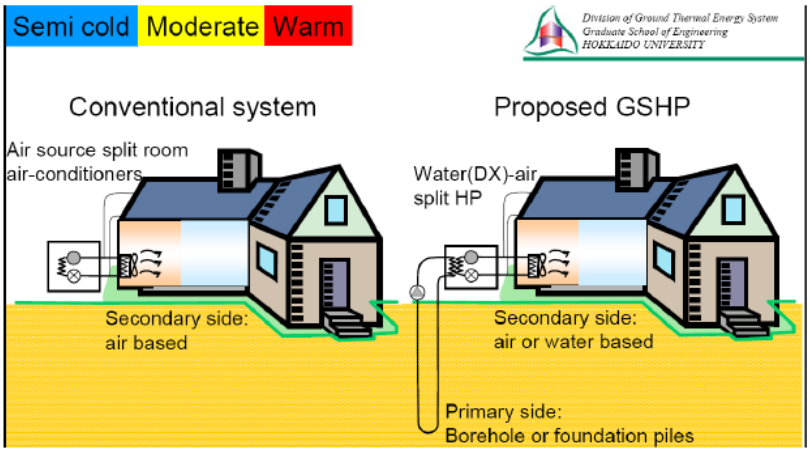


그림 2-60. 저에너지 주택 개념도



(a) 추운 지방



(b) 온화하거나 더운 지방

그림 2-61. 일본 내 기후에 따른 최적 지열 열펌프 시스템 설치 개념도 (단독주택)

- 일본에서는 에너지 절약과 환경보호 차원에서 고효율 냉난방 설비를 비롯하여 지열 열펌프 시스템의 사용을 적극 권장하고 있으며, 이에 따라 보급률도 지속적인 성장세를 보이고 있음. 여기에 지열 열펌프 시스템을 설치할 경우, 설치비의 일부를 지원하거나 관련 세금을 절감해주는 지열 시스템 설치 장려 프로그램을 시행하고 있음.

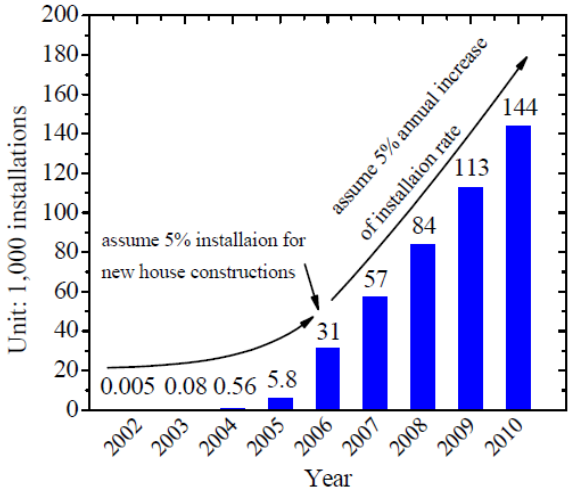


그림 2-62. 일본의 지열 열펌프 시스템 보급 목표

- 독일의 히트펌프 시장에서 GSH 시스템의 점유율을 살펴보면, 1980년대에 30%를 못미치다가 1996년에는 78%, 그리고 2002년에는 82%에 이른 것으로 나타났음. 심지어 2001-2002년 경제침체에 의한 전체적인 건설경기의 불황에도 불구하고 GSHP 시스템의 판매는 증가하기도 하였음.

- 독일에서는 1970년대 후반까지 열펌프 설치 사례가 거의 없었음. 건물 냉난방을 위한 열펌프 설치가 붐을 이룬 1980년대부터 공기 열원 열펌프 시장이 형성 되었으나, 이후 1990년대 중반까지 감소하였음. 이는 연료 가격이 다시 감소하였기 때문임. 그러나 1990년대 중반 이후부터 에너지 절약과 환경보호 차원에서 신/재생에너지를 이용해야 한다는 인식이 대두되면서 다시 증가하였으며, 이러한 추세는 현재도 유지되고 있음.

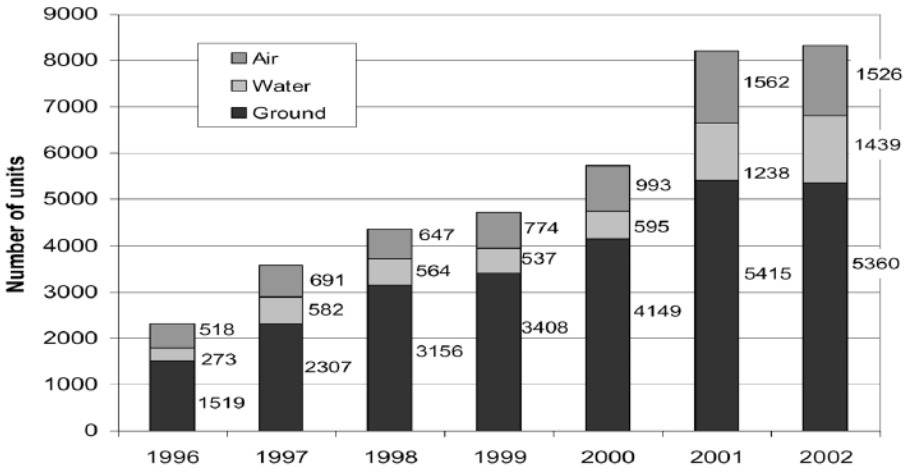


그림 2-63. 독일의 열원별 연간 열펌프 판매 대수

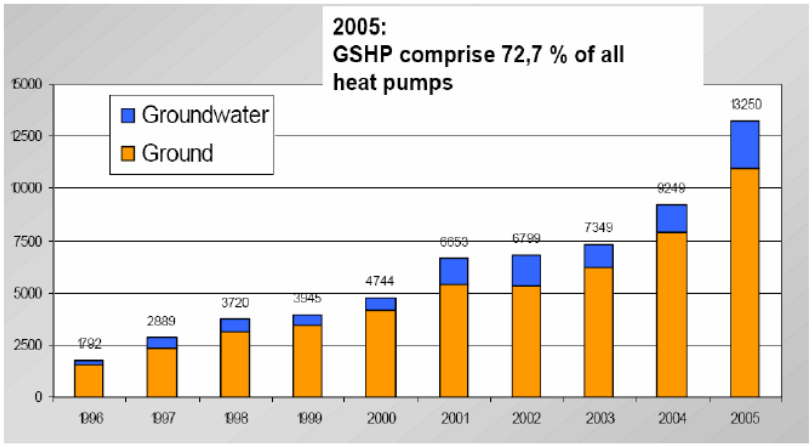


그림 2-64. 독일의 지열 열펌프 판매 대수

마. 친환경 교통 시스템용 급전 시스템 기술 개발

- 독일, 프랑스, 영국 등을 포함하는 유럽연합에서는 2002년도부터 EVIAC (Electric Vehicle Inductive Automatic Charging)를 구성하여 전기자동차 및 경량전철에 활용할 수 있는 유도 급전기술을 공동 개발하고 있음.

- 유도 급전기술을 수송시스템에 적용한 사례로는 미국 라스베가스 관광객 수송을 위한 환경친화적인 궤도전용 유도 급전 경량전철 상용화.
- 뉴질랜드의 경우 오크랜드 대학에서 연구를 수행하여, 환경친화적인 도로전용 유도급전 소형자동차시험선을 구축하여 상용화 검증시험이 진행 중임.
- 일본의 경우, 다양한 방식의 Hybrid 복합열차 시스템의 개발과 발전성능 향상 위주의 특허보유하고 있으며, 이중 다수는 Hybrid 시스템의 발전성능 개선에 직접 관련된 연료전지 기술임.
- 미국과 유럽의 경우에도 이미 Hybrid 추진 시스템을 적용한 철도 시스템 개발을 정부차원에서 추진하고 있음.

2절 기술적 요구사항 검토

1. 요소기술 내용 정립 및 개발에 필요한 기술적 요구사항 검토

가. 녹색성장 구현을 위한 철도 신재생에너지 기술 개발

태양I-① 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 설계

- 태양광 발전 이용 가능 역사 선정 및 D/B 구축
- 철도 역사 지붕 태양전지 적용 방안 연구
- 철도 역사 창/벽면 BIPV 기술 적용 방안 연구
- 철도 역사 적용형태에 따른 태양전지 종류 선정
  - 실리콘 박막형 태양전지
  - 염료감응 반투명형 태양전지
- BIPV 기술 적용을 위한 샘플 모듈 설계 및 제작
- 철도 역사 BIPV 태양전지 샘플 설치 및 시험 평가
- 철도 역사 BIPV 태양광 발전 평가 기술 개발

태양I-② 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 모듈제작 및 설치

- 철도역사 지붕 태양전지 발전기 시스템 설치
- 철도 역사 BIPV 기술 접목을 위한 모듈 제작
- 철도 역사 BIPV 태양광 발전 시험 평가 기술 개발

태양I-③ 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 설치

- 철도역사 지붕 태양광 발전기 시스템 설치
- 철도 역사 BIPV 태양광 발전기 시스템 설치
- 철도 역사 BIPV 태양광 발전 시험 평가 기술 개발

태양I-④ 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 운영 및 검증

- 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 운영 및 검증

태양II-① 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 설계

- 태양광 발전 이용 가능 방음벽/방풍벽 선정 및 D/B 구축
- 철도 선로변 태양전지 적용 방안 연구
- 철도 선로변 BIPV 기술 적용 방안 연구
- 철도 선로변 적용형태에 따른 태양전지 종류 선정
  - 실리콘 박막형 태양전지
  - 염료감응 반투명형 태양전지
- BIPV 기술 적용을 위한 샘플 모듈 설계 및 제작
- 철도 선로변 BIPV 태양전지 샘플 설치 및 시험 평가
- 철도 선로변 BIPV 태양광 발전 평가 기술 개발

태양II-② 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 모듈제작 및 설치

- 철도 선로변 태양전지 발전기 시스템 설치
- 철도 선로변 BIPV 기술 접목을 위한 모듈 제작
- 철도 선로변 BIPV 태양광 발전 시험 평가 기술 개발

태양II-③ 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 설치

- 철도 선로변 태양전지 발전기 시스템 설치
- 철도 선로변 BIPV 태양광 발전기 시스템 설치
- 철도 선로변 BIPV 태양광 발전 시험 평가 기술 개발

태양II-④ 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 운영 및 검증

- 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 운영 및 검증

지열I-① 일반철도역사 (지하100m 이하)지열 이용 냉/난방 시스템 설계 (광명역 대상)

- 일반철도역사/지하역사 지열 적용 가능역사 선정
- 일반철도역사/지하역사 지열량 계측 및 D/B 구축
- 일반철도역사/지하역사 지열 이용 냉/난방 시스템 설계
- 일반철도역사 샘플 굴착을 통한 지열 에너지 추출 가능량 산출
- 일반철도역사 전체 사용에너지 대비 지열 에너지 적용 비율 산정
- 일반철도역사 지열 에너지 적용 냉/난방 시스템 기초 모듈 제작
- 일반철도역사 지열 에너지 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발

지열I-② 일반철도역사 지열 이용 냉/난방 시스템 모듈 제작

- 일반철도역사 지열 펌프 제작
- 일반철도역사 지열 heat-pump 제작
- 일반철도역사 지열 이용 냉/난방 시스템 제작
- 일반철도역사 지열 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발 (B/C 분석 포함)

지열I-③ 일반철도역사 지열 이용 냉/난방 시스템 설치

- 일반철도역사 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 및 운영
- 일반철도역사 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 및 평가

지열I-④ 일반철도역사 지열 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증

- 도시철도 지하역사 지열 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증
- 기존 철도역사 전체 에너지 부하 대비 대심도 지열 적용 비율 산출

풍력I-① 일반철도역사 풍력발전 시스템 설계

- 열차풍/자연풍 이용 풍력발전 가능 철도역사 선정 및 D/B 구축
- 열차풍/자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 블레이드 선정
- 열차풍/자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 블레이드 설계 및 시험
- 열차풍/자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 블레이드 모듈제작 및 시험 평가
- 열차풍/자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 발전기 설계 및 제작
- 열차풍/자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 발전기 시험 평가
- 열차풍/자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 컨트롤러 설계 및 제작
- 열차풍/자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 컨트롤러 시험 평가
- 열차풍/자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 평가 기술 개발

풍력I-② 일반철도역사 풍력발전 시스템 모듈제작

- 일반철도역사 풍력발전기 설치 가능 용량 결정
- 일반철도역사 풍력발전기 모듈 제작
  - 풍력발전기 10기 모듈제작
  - 발전기 및 컨트롤러 제작
- 일반철도역사 풍력발전기 기타 필요모듈 제작
- 일반철도역사 풍력발전기 평가 기술 개발

풍력I-③ 일반철도역사 풍력발전 시스템 설치

- 일반철도역사 풍력발전기 시스템 설치
- 일반철도역사 풍력발전기 평가 기술 개발

풍력I-④ 일반철도역사 풍력발전 시스템 운영 및 검증

- 일반철도역사 풍력발전 시스템 운영 및 검증 보완

풍력II-① 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 시스템 설계

- 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 가능 지역 선정 및 D/B 구축
- 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 선정
- 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 설계 및 시험
- 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 모듈제작 및 시험 평가
- 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 발전기 설계 및 제작
- 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 발전기 시험 평가
- 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 컨트롤러 설계 및 제작
- 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 컨트롤러 시험 평가
- 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발

풍력II-② 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 시스템 모듈제작

- 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 설치 가능 용량 결정
- 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 모듈 제작
  - 풍력발전기 20기 모듈제작
  - 발전기 및 컨트롤러 제작
- 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 기타 필요모듈 제작
- 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발

풍력II-③ 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 시스템 설치
• 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 시스템 설치
• 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발

풍력II-④ 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 시스템 운영 및 검증
• 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 시스템 운영 및 검증 보완

계통연계-① 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 설계
• 철도 역사/도시철도역사 신재생에너지 적용 가능역사 선정 및 D/B 구축
• 역사 선정에 따른 최적 발전 시스템 선정 및 발전용량 산출
• 철도 역사 신재생에너지 계통연계 시스템 설계
  - 철도 역사 신재생에너지 계통연계 인버터 설계
  - 센서부, 제어부, 보호부, 디스플레이부 설계
  - 신재생에너지 전력품질 안정화 시스템 설계 (철도차량 포함)
• 역사 총 발전량에 기초한 신재생에너지 전력변환 시스템 모델링 및 기초 모듈 제작

계통연계-② 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 모듈 제작
• 철도 역사 신재생에너지 전력변환 시스템 모듈 제작
• 철도 역사 신재생에너지 계통연계 시스템 모듈 제작
  - 철도 역사 신재생에너지 계통연계 인버터 모듈 제작
  - 센서부, 제어부, 보호부, 디스플레이부 모듈 제작
  - 신재생에너지 전력품질 안정화 시스템 모듈 제작 (철도차량 포함)

계통연계-③ 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 설치
• 철도 역사 신재생에너지 전력변환 시스템 설치
• 철도 역사 신재생에너지 계통연계 시스템 설치
  - 철도 역사 신재생에너지 계통연계 인버터 설치
  - 센서부, 제어부, 보호부, 디스플레이부 설치
  - 신재생에너지 전력품질 안정화 시스템 설치 (철도차량 포함)

계통연계-④ 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 운영 및 검증
• 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 운영 및 검증

나. 녹색성장 구현을 위한 도시철도 신재생에너지 기술 개발

지열I-① 도시철도 (지하)역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 설계

- 도시철도 지하역사 지하유출수 적용 가능역사 선정
- 도시철도 지하역사 지하유출수량 계측 및 D/B 구축
- 추출 가능 에너지량에 기초한 냉/난방 시스템 설계
- 도시철도 지하역사 전체 사용에너지 대비 지열 에너지 적용 비율 산정
- 도시철도 지하역사 지하유출수량 적용 냉/난방 시스템 기초 모듈 제작
- 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발

지열I-② 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 모듈 개발

- 도시철도 지하역사 지하유출수 펌프 제작
- 도시철도 지하역사 지하유출수 열교환기 제작
- 도시철도 지하역사 지하유출수 heat-pump 제작
- 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 제작
- 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 기타 모듈 제작
- 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발

지열I-③ 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 설치

- 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 설치 및 운영
- 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 설치 및 평가

지열I-④ 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증

- 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증
- 기존 지하역사 전체 에너지 부하 대비 지하유출수 에너지 적용 비율 산출

지열II-① 도시철도 (지하)역사 대심도(지하100m 이하) 지열 이용 냉/난방 시스템 설계

- 도시철도 지하역사 대심도 지열 적용 가능역사 선정
- 도시철도 지하역사 대심도 지열량 계측 및 D/B 구축
- 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설계
- 도시철도 지하역사 대심도 샘플 굴착을 통한 지열 에너지 추출 가능량 산출

지열II-② 도시철도 (지하)역사 대심도(지하100m 이하) 지열 이용 냉/난방 시스템 모듈 제작

- 도시철도 지하역사 대심도 지열 펌프 제작
- 도시철도 지하역사 대심도 지열 heat-pump 제작

• 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 제작
• 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발 (B/C 분석 포함)

지열II-③ 도시철도 (지하)역사 대심도(지하100m 이하) 지열 이용 냉/난방 시스템 설치
• 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 및 운영
• 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 및 평가

지열II-④ 도시철도 (지하)역사 대심도(지하100m 이하) 지열 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증
• 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증
• 기존 지하역사 전체 에너지 부하 대비 대심도 지열 적용 비율 산출

풍력-① 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 설계
• 도시철도 지하터널 열차풍 이용 가능 역사 선정 및 D/B 구축
• 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 선정
• 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 설계 및 시험
• 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 모듈제작 및 시험 평가
• 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 발전기 설계 및 제작
• 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 발전기 시험 평가
• 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 컨트롤러 설계 및 제작
• 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 컨트롤러 시험 평가
• 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발

풍력-② 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 모듈제작
• 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 설치 가능 용량 결정
• 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 모듈 제작
  - 풍력발전기 20기 모듈제작
  - 발전기 및 컨트롤러 제작
• 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 기타 필요모듈 제작
• 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발

풍력-③ 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 설치
• 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 설치

• 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발

풍력-④ 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 운영 및 검증
• 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 운영 및 검증 보완

압전I-① 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 설계
• 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 가능 역사 선정 및 D/B 구축
• 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전을 위한 압전 소자 선정
• 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전을 위한 압전소자 설계 및 시험
• 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전을 위한 압전소자 모듈제작 및 시험 평가
• 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 평가 기술 개발

압전I-② 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 모듈 제작
• 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 설치 가능 용량 결정
• 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 모듈 제작
• 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 평가 기술 개발

압전I-③ 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템설치
• 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 설치
• 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 평가 기술 개발

압전I-④ 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 운영 및 검증
• 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 운영 및 검증 보완

압전II-① 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 설계
• 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전 가능 역사 선정 및 D/B 구축
• 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전을 위한 압전 소자 선정
• 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전을 위한 압전소자 설계 및 시험
• 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전을 위한 압전소자 모듈제작 및 시험 평가
• 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전 평가 기술 개발

압전II-② 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 모듈 제작
• 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 설치 가능 용량 결정

• 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 모듈 제작
• 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전 평가 기술 개발

압전II-③ 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 설치
• 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 설치
• 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전 평가 기술 개발

압전II-④ 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 운영 및 검증
• 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 운영 및 검증 보완

2. 국내 관련 기업/연구소 기술수준 및 기술 보완사항 분석

가. 풍력 에너지 개발

가-A. 지하철 환기구 풍력 활용 발전 시스템 (서울메트로):

•지하철 1 ~ 4호선을 운영하는 서울메트로는 지하철 환기구의 바람을 이용한 풍력발전 설비를 고안했다고 2008년 10월 29일 밝혔음. 전동차가 달릴 때 생기는 주행풍이나 환기장치 가동으로 생기는 바람으로 풍차 모양의 소형 발전기를 돌려 전기를 만드는 것 임. 지하철 환기구 내부 풍속은 초속 8.5 ~ 10m로, 풍력발전이 가능한 풍속인 초속 4m를 훨씬 넘어서 경제성이 있는 것으로 분석됐음. 지하철 환기구에 설치되는 발전기는 날개가 1개 조로 돼 있는 일반 풍력발전기와 달리 날개가 2개 조로 구성돼 있음. 안쪽 날개가 돌면서 나오는 바람으로 바깥 날개를 회전시켜 전력을 한 차례 더 만들기 때문에 최대 70%까지 전기 생산 효율을 높일 수 있다는 것임. 이 설비의 개발은 2005년 7월 당시 서울메트로 신사업 개발단에 근무하던 민강만 부장 등 직원 4명의 아이디어에서 출발했음. 올해 4월 '도시철도 시설을 이용한 발전 시스템'이라는 명칭으로 특허 출원됐으며, 29일 서울시청에서 열린 '고객 감동 창의경영 사례 발표회'에서 우수 사례로 소개됐음. 서울메트로는 올 연말까지 3호선 을지로3가역 환기구에 발전기를 설치해 시범운영한 뒤 내년 하반기부터 추가 설치에 들어갈 예정임. 지하철 1 ~ 4호선 구간에서 풍력발전이 가능한 환기구는 모두 586곳으로 조사됐음. 환기구 1곳당 풍력발전기 15기를 설치할 수 있고, 1기당 설치비용은 340만원임. 서울메트로는 최장 5년에 걸쳐 약 300억원을 투

입해 가능한 모든 곳에 풍력발전기를 설치한다는 계획임. 이렇게 설치된 발전기 전체를 가동할 경우 연간 6400만kW의 전력을 생산해 매년 77억원의 전기를 생산해 낼 수 있다는 것임. 풍력발전기는 지하철 환기구 내에 설치되기 때문에 바깥에서는 보이지 않아 미관에도 문제가 없다는 것이 서울메트로 측의 설명임.

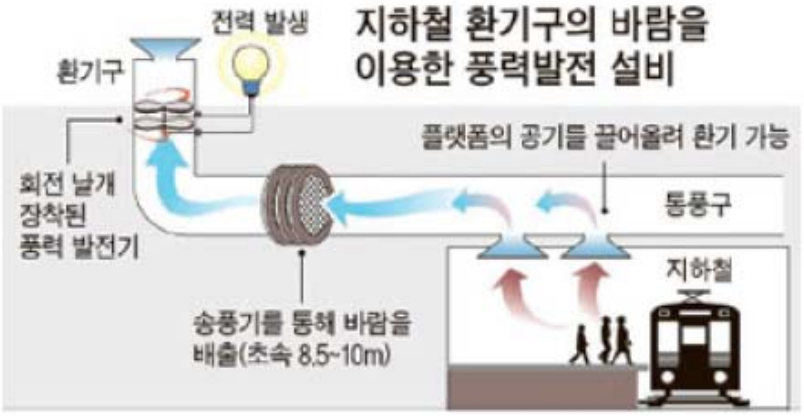


그림 2-65. 서울 메트로에서 고안한 지하철 환기구의 풍력발전 개념도

- 이에 대하여 학계의 전문가들은 의견은 '지하철 환풍기에서 발생하는 바람을 활용해 전력을 생산하는 것은 가능한 일이지만, 환풍기 앞에 바람개비를 설치하면 환기 효율이 떨어지고, 그에 따라 동일한 환기 효율을 유지하려면 더 많은 전력이 소모될 수밖에 없다는 주장'이 제기 되었음. 이들은 지하철 환풍기에서 풍력발전을 하면 환기 효율이 떨어지기 때문에 이전과 동일한 환기 효율을 유지하려면 더 많은 전력이 필요하다는 논리를 펴고 있음. 이들은 특히 전력소모, 환기효율 등 다른 조건을 그대로 유지하면서 이런 방식으로 전력을 추가 생산할 수 있다는 주장은 자연의 가장 근본적 물리법칙 중 하나인 '열역학 제2법칙'에 어긋나는 것이라고 주장하고 있음.

  KAIST 임춘택 항공우주공학과 교수의 의견은 "환풍기 뒤에 발전기를 달면 공기 저항이 늘어나 원래의 환기 효율을 유지하려면 그만큼의 전력이 더 필요하다"며 "10㎾의 에너지를 얻기 위해선 원래 100㎾의 힘으로 달리던 전동차가 120㎾의 힘으로 달려야 하는 셈"이라고 지적했음. 임 교수는 "환풍기로 풍력발전을 할 수 있다는 주장은 에너지 보존법칙과 공기역학 이론에도 어긋나는 것"이라고 주장하고 있음.

가-B. 자기부상 열차 후미부 열차풍을 이용한 풍력발전 기술 개발

•자기부상 열차의 고속주행 후 속도 저감 시 자기 브레이크를 발생시켜 속도를 저감하는 것 보다는 공기 저항을 증가시켜 속도 저감을 하는 기술을 연구 중 열차의 후미부에서 발생하는 열차풍을 이용하여 풍력발전을 통해 버려지는 열차풍을 이용하여 전력을 생산 시키고, 자기부상 열차의 속도도 공기 마찰 브레이크를 이용하여 동시에 감속 시킬 수 있는데서 아이디어를 얻었음.

1. 시스템의 원리 및 구조 :

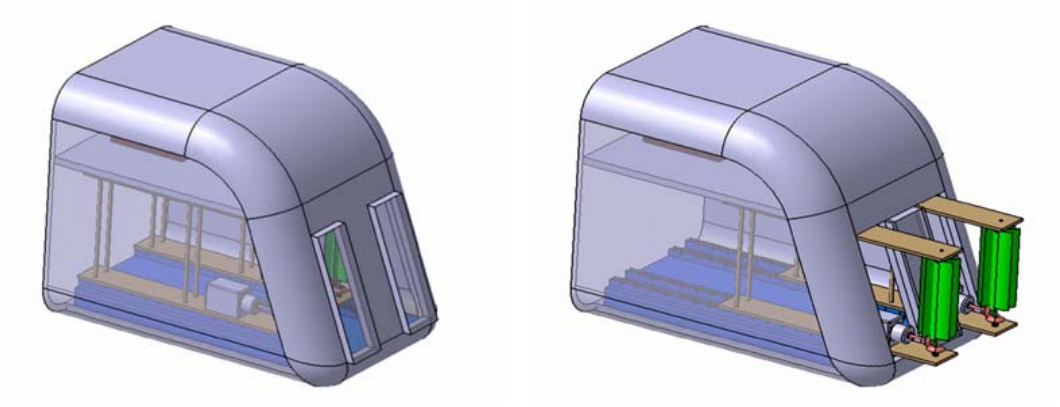


그림 2-66. Tail generating system에 대한 개념도

▸ Tail generating system :

- 터빈 블레이드의 회전에 따른 토크가 축을 통하여 기어박스로 전달됨
- 기어박스에서 생산된 전기는 상부의 축전지에 저장됨
- 터빈 블레이드는 이송장치와 개폐장치를 통하여 열차내부로 출입이 가능함.

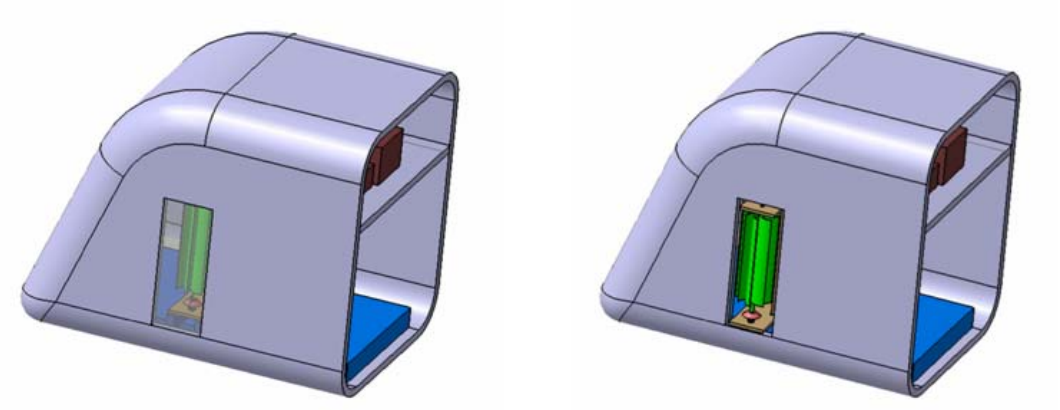


그림 2-67. Side generating system에 대한 개념도

▸ Side generating system :

- Tail generating system 보다 발전효율이 좋음.
- Side뿐 아니라 열차의 Top 부분에도 설치 가능
- 열차 내부 시스템의 공간 확보 문제만 해결되면 Side와 Top을 동시에 활용할 수 있음.

2. Tail generating system에 대한 유동 해석을 통한 검증 :

- 자기부상 열차 : 길이 13m, 너비 3m, 높이 3m
- 터빈 : 직경 1.2m, 높이 : 1.5m
- 유동해석 코드 : ANSYS CFX-11

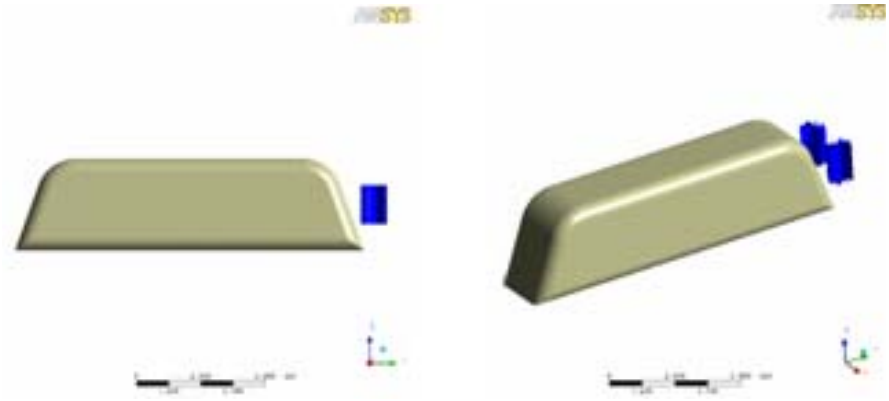


그림 2-68. Tail generating system의 유동 해석 그리드

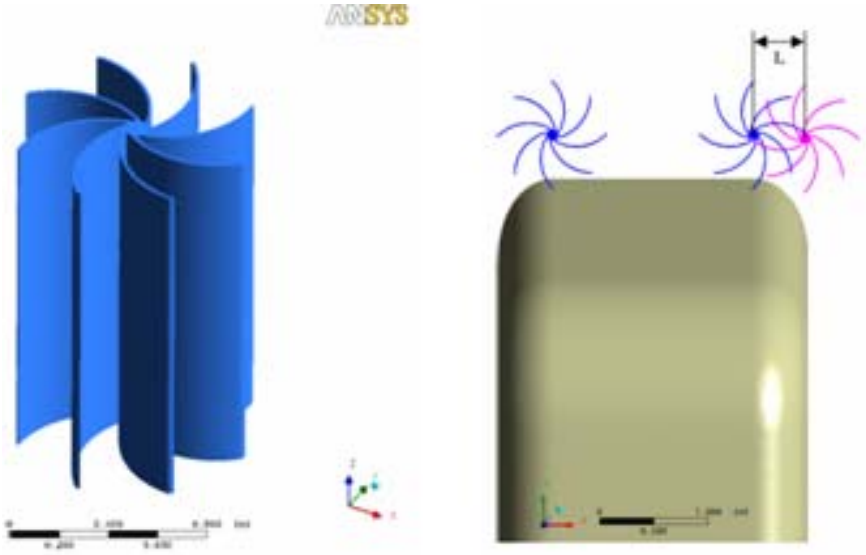


그림 2-69. 터빈 블레이드 모델링 및 차량과의 결합

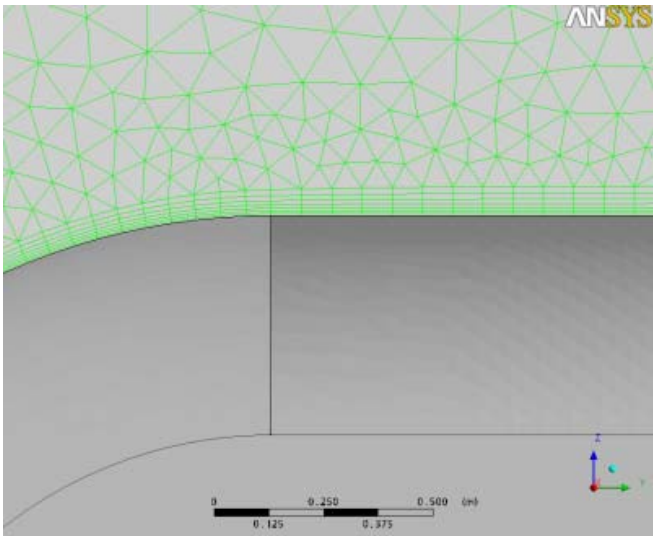


그림 2-70. 차량 주위의 CFD 그리드 분포

▸ Tail generating system에 대한 유동 해석 결과 :

- 자기부상 열차에 풍력발전 시스템의 응용을 통한 자기 부상 열차의 고속주행 시 안정적 주행의 가능성을 보여줌.
- 자기부상 열차의 열차풍을 이용한 풍력발전의 가능성 확인
- 고유가 시대의 잉여 에너지의 사용 가능한 시스템에 대한 새로운 비전을 제시

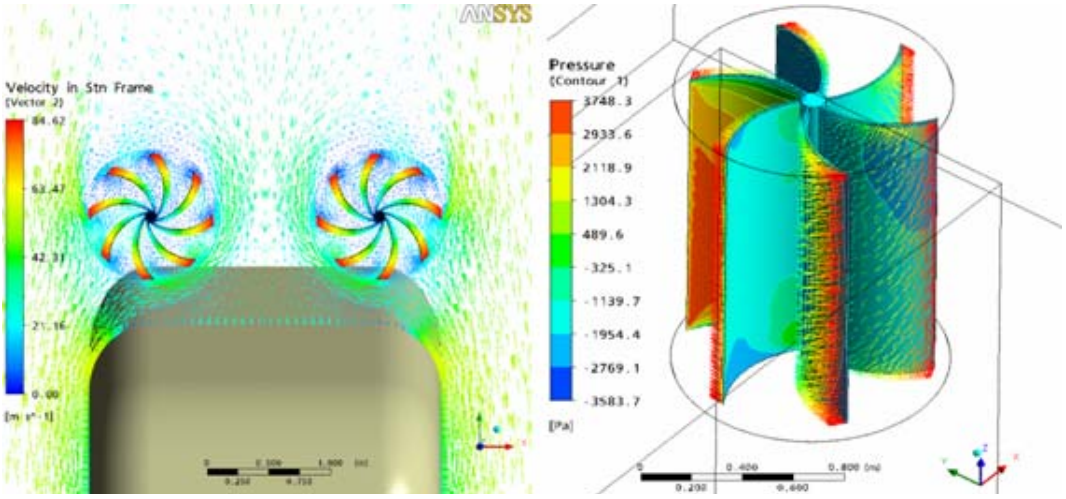


그림 2-71. 차량과 터빈 블레이드와의 유동 간섭현상 및 유동 분포

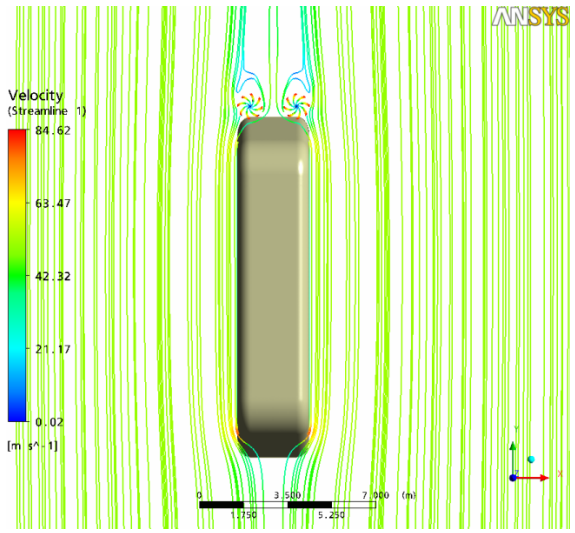


그림 2-72. 전체 철도차량 및 후미부 열차풍의 유동 분포

가-C. 국내 업체의 풍력발전기 기술 개발 사례

- 대형 풍력발전기는 주로 대기업에서 기술개발에 주력하고 있는 반면 국내 벤처기업에서는 중소형 풍력발전기 기술 개발에 주력하고 있음. 소형 풍력발전기의 종류에는 수평축 (프로펠라형) 풍력발전기와 수직축 풍력발전기가 있으며 각각의 풍력발전기는 장점과 단점을 갖고 있음.

○ 수평축형(프로펠러형)과 수직축형의 장・단점

종류	장점	단점
수평축형 (프로펠러형)	- 타워가 높아 높은 바람을 얻을 수 있음 - 자립형 타워를 사용하므로 설치면 면적이 비교적 적음 - 개발역사가 길음	- 날개형상이 복잡하여 양산 가공이 곤란함. - 보수점검이 어려움 - 풍향에 대한 날개제어가 어려움 - FRP를 사용하고 날개의 고도가 회전에 따라 달라 낙뢰에 취약한 구조를 갖고 있음 - 소음이 심함 - 자연경관을 해침 - 발전함에 있어서 수평축에 비해 2-3배의 풍속을 요함
수직축형	- 풍향에 관계없이 발전이 가능함 - 보수점검이 용이함 - 설치비용이 저렴함 - 양산가공이 쉬움 - 소음이 적음 - 설치면적이 적고, 친환경적임 - 미풍에서도 기동성이 뛰어남 - 회전날개의 높이가 일정하고 알루미늄 합금을 사용하여 낙뢰에 강함	- 타워가 낮아 얻는 풍속이 수평축 풍력에 비하여 상대적으로 적음 - 한국에서는 개발역사가 짧아 실적이 적으나 외국, 특히 미국은 약 350만대가 설치되어 현재 운영되고 있음 - 수평축 풍력보다 2배의 날개길이를 요함

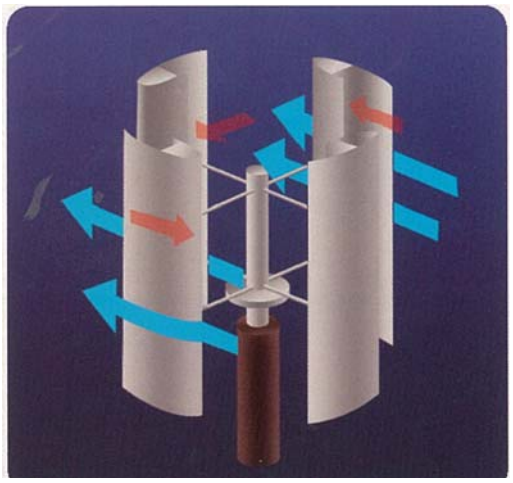


그림 2-73. 수직축 풍력발전기



그림 2-74. 수평축 풍력발전기

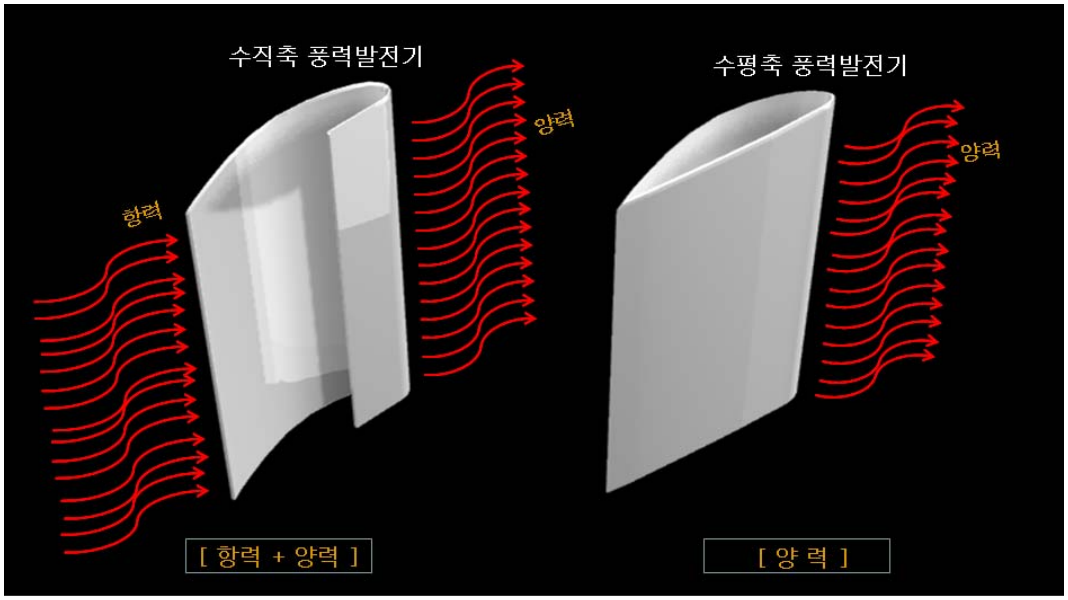


그림 2-75. 수직축 및 수평축 풍력발전기의 공력특성 비교

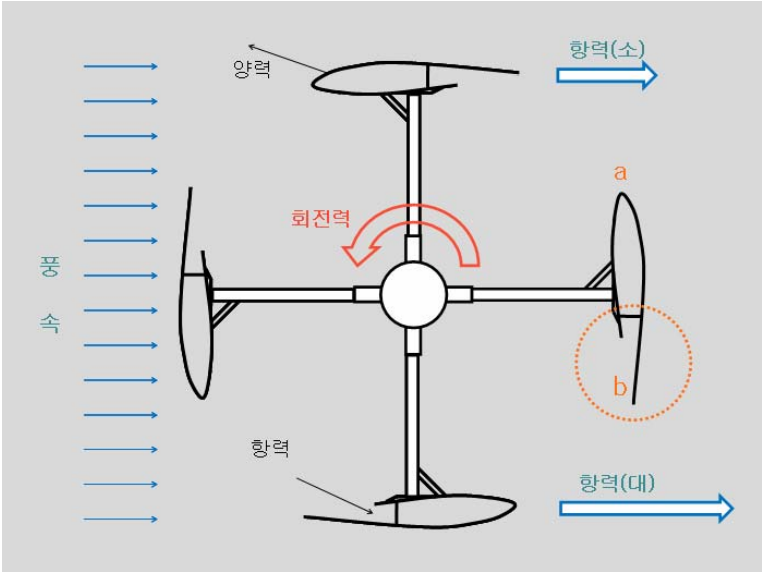


그림 2-76. 수직축 풍력발전기의 발전 원리

- 수직축 풍력발전기에 사용되는 블레이드는 기존의 프로펠러형 블레이드와는 기술적인 측면에서 비교가 됨. 기존의 프로펠러형 블레이드가 양력만을 사용하여 회전력을 얻는 것에 비하여 수직축에 사용되는 블레이드는 양력 및 항력을 동시에 사용하여 회전력을 얻도록 되어있기 때문에 이론적으로는 수평축 블레이드보다 효율이 더 좋은 것으로 되어있음.

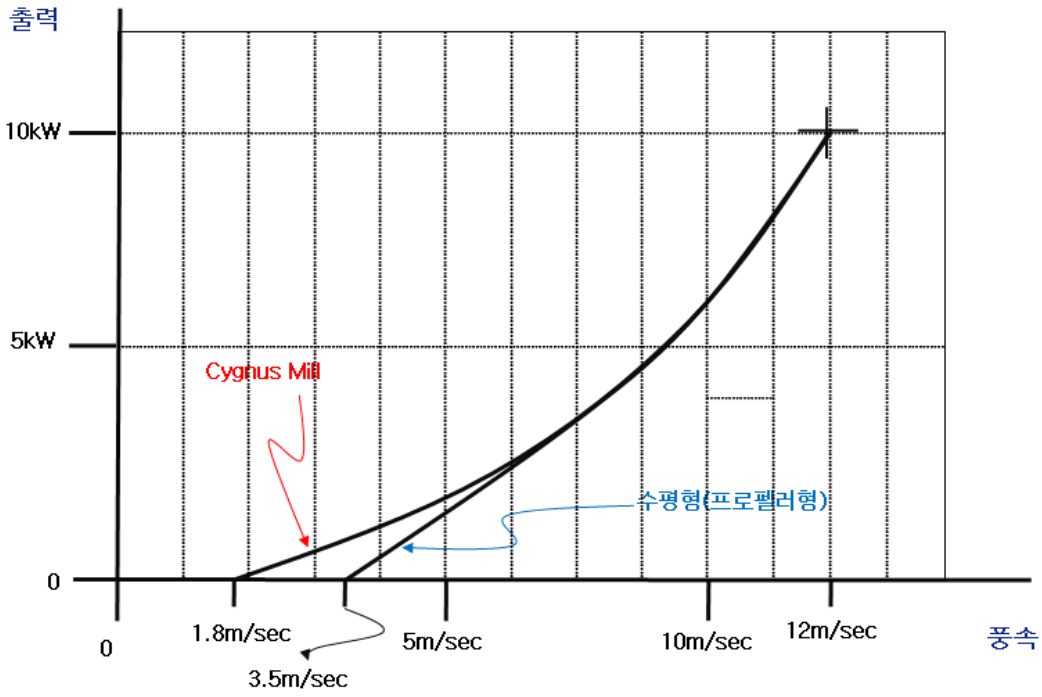


그림 2-77. 수직축 풍력발전기와 수평축 풍력발전기 발전효율



그림 2-78. 수직 풍력발전기의 적용 예 (일본백화점 건물 앞)

가-D. 국내 철도산업 풍력발전기 기술 개발 가능성

- 철도 선로변 환경의 특성을 활용한 풍력발전 시스템 개발
  - 유리한 조건 : ① 철로 주변에는 지면 및 공중에 확보된 공간이 있음
    ② 철로를 따라 자연풍황이 유리한 곳이 있음
    ③ 자연풍 외에 열차의 운행으로 인한 열차풍 활용 가능
  - 연구개발 내용 : ① 철로 주변 환경을 최대로 활용하는 구조물(지지대) 개발
    ② 평균 풍속에서 최대효율을 발생시키는 풍력발전기 개발
    ③ 발전된 전력의 수집 및 분산 시스템 개발 :
    한전 배전망 연결, 자체 축전지 저장, 수소에너지 저장 장치 개발
  - 해외의 유사 프로젝트 : 네덜란드 철도 회사 Prorail의 Railwind 프로젝트 – 철도 선로변을 따라 풍력발전기 설치 예정

- 지하철 철로 교행 공간을 활용한 풍력발전 시스템 개발
  - 유리한 조건 : 지하철 공간에는 열차 통과시 직접 발생하는 고풍속 외에도 운행시 발생하는 공기 압력파가 상존
  - 연구개발 내용 : ① 설치 공간에서 최대 효율을 발휘할 수 있는 풍력 발전기 개발
    ② 풍력발전기로부터 생산된 전력의 수집 및 저장 시스템 개발
    ③ 풍력발전기 상황 모니터링 시스템 개발
  - 해외의 유사 프로젝트 : 고속도로 중앙분리대에 설치한 수직형 풍력발전기

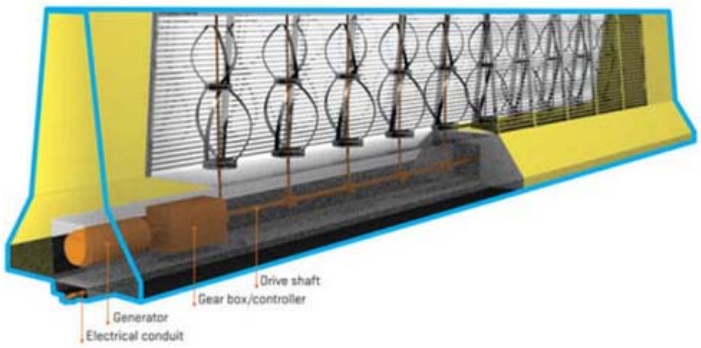


그림 2-79. 고속도로 분리대에 설치된 풍력발전기

• 철도 선로변 전광판 광고 시스템 개발
  – 철도 선로변에 신재생에너지를 활용한 광고판 설치

나. 태양광 에너지 개발

• 고순도 TCS 분리정제 및 태양전지용 Poly Si 제조기술 확립(동양제철화학(주)) : Poly Si 박편화 제작 기술을 사용하여 Fz growth 없이 부정형 Poly Si의 carbon, Donor & Acceptor의 불순물을 평가하는 기술 개발

• 다결정 실리콘 잉곳 양산기술 개발 완료: 태양전지용 핵심소재인 잉곳과 웨이퍼를 저렴한 비용으로 양산할 수 있는 기술을 국내 최초로 완성하여 다결정 실리콘 잉곳의 생산성을 기존보다 20-40%이상 향상 시킨 선진국 수준의 잉곳을 한 번에 양산 가능

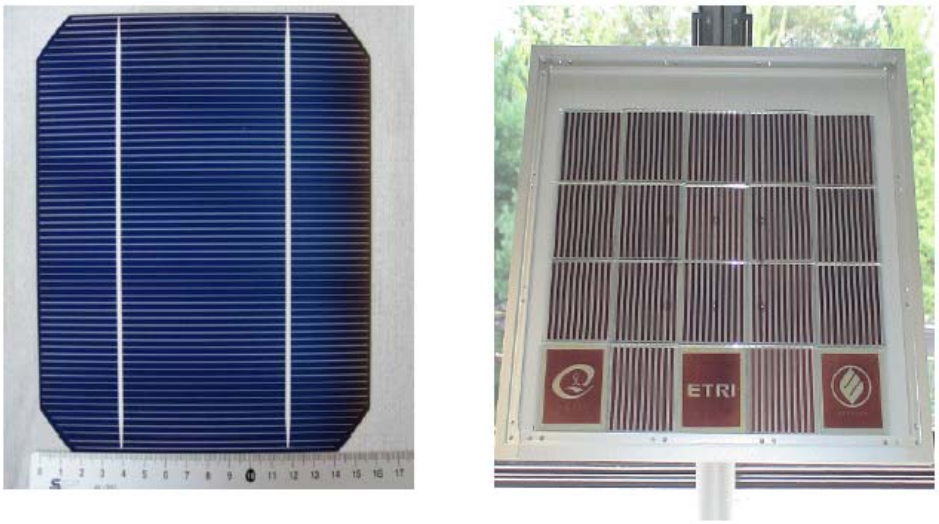
• 저가 고품질 태양전지용 단결정 Si 기판의 상용화 기술개발 :
  – 폐 Si 폐기물 재활용 기술 개발
  – 저가 고품질 태양전지용 단결정 Si 기판의 상용화 기술 개발

• 저가 고안정화 ZnO 유리기판 상용화 (고려대학교) :
  – 기존의 마이크로 결정 실리콘 박막 태양전지의 전류밀도와 효율을 17% 향상
  – 4세대 박막 태양전지라 불리는 적측형 박막 태양전지를 제작하여 안정화 효율이 12% 달성

• 결정질 실리콘 태양전지의 고효율화를 위한 전극개발
  – Homegeneous emitter용 Texture etching 공정, PECVD 반사방지막(SiNx) 공정, diffusion 공정, 전극 printing 공정, co-firing 공정조건 확립

• 저가 · 고효율 결정질 실리콘 태양전지 상용화 기술 개발 (삼성SDI)
  – 결정질 실리콘 태양전지 고 효율화 및 저가격화 핵심 제조장비인 PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) 장비를 개발하여 상용화, Emitter diffusion, texturing 및 isolation 기술은 각 단위 공정을 in-line 공정으로 전환하고 양산 기술 개발 및 고 효율화를 통하여 단결정 실리콘 기판에서 17.1% 달성

• 저가 고효율 실리콘계(protocrystalline Si/μ c-Si:H) 적층형 박막 태양전지 개발 (KASIT)
  - 초기효율 9.28%의 프로터 결정 실리콘 다층막 태양전지 제작
  - 초기효율 7.76%의 하층 전지용 마이크로 결정 실리콘 태양전지 제작



(a) (b)

그림 2-80. (a) 다결정 실리콘 태양전지 (삼성 SDI),
(b)광전기 화학형 박막 태양전지 모듈 (ETRI, KIST)

• 광전기 화학형 박막 태양전지 모듈화 요소기술 개발 (KIST, ETRI)
  - 효율 5.3% 광전기 화학형 박막 태양전지 모듈 제조
  - 광전기화학형 모듈화 요소 기술 개발

• CIGS 박막 태양전지 미니 모듈 개발 (한국에너지기술연구원)
  - 동시 진공 증발법을 이용한 CIGS 태양전지의 경우 소면적에서 17% 이상의 효율을 달성하여 세계 최고 효율 (19.5%)의 80% 이상의 수준에 도달

• 130 미크론급 박형 결정질 실리콘 태양전지 기술 개발 ((주)LG 화학)
  - 130 미크론급 단결정 실리콘 태양전지 시제품을 제작하여 15.5%의 효율을 달성함

• 연료감응 태양전지 서브모듈 개발 (한국과학기술연구원)
  - 효율 11% 염료감응 태양전지 단위셀 제조 (AM 1.5, 1 sun 조건)
  - 단위전지 효율 11%의 나노섬유 구조 전극개발

• 건축환경을 고려한 BIPV용 태양전지 모듈 및 제조기술 개발 (한국에너지기술연구원)
  – BIPV용 태양전지 모듈 개발
  – PV 모듈 구성요소 국산화율 85% 이상의 기술 개발
  – BIPV 시스템 시범적용 설치 운전

• 지붕재형 금속일체형 태양전지 모듈의 개발
  – 태양전지모듈에서 발생하는 열을 패널의 금속이 방열시켜 그 효율을 안정화와 최대발전효율을 갖는 제품개발

• 공공건물용 무변압기형 PCS 상용화 제품개발 (현대중공업)
  – 입력전압의 허용범위 가장 넓은 고효율 부스트 타입 DC/DC 컨버터를 개발
  – 무효 전력을 이용한 방지 기술을 개발하여 방지 시간을 단축



그림 2-81. PV용 무변압기형 PCS(한양정공)

• 1kW급, 2kW급 PV용 무변압기형 PCS 개발 (한양전공(주)

• 지역에너지/시범보급사업 태양광발전시스템에 대한 모니터링 실증연구 (한국에너지기술연구원)

• 중소형 건물 태양광발전 시스템 실증연구 (한국전기연구원)

• 국내의 태양광발전시스템의 연도별 보급량은 '88년까지 500kW의 소량이 설치되었으나 '96년에는 누적설치량이 2MW를 초과하였으며, '97년말에는 약 2.5MW에 이름.

• 2003년 12월에 수립한 "제2차 신.재생에너지 기술개발 및 이용.보급 기본계획"에 따라 태양광 주택 100,000호 보급 사업 공공건물의무화 제도, 발전차액보존제도 등에 힘입어 2004년에 설치량이 2.6MW, 2005년 5MW, 2006년 22MW 증가하였으며, 2007년에는 누적설치량이 90MW에 육박할 것으로 기대됨.

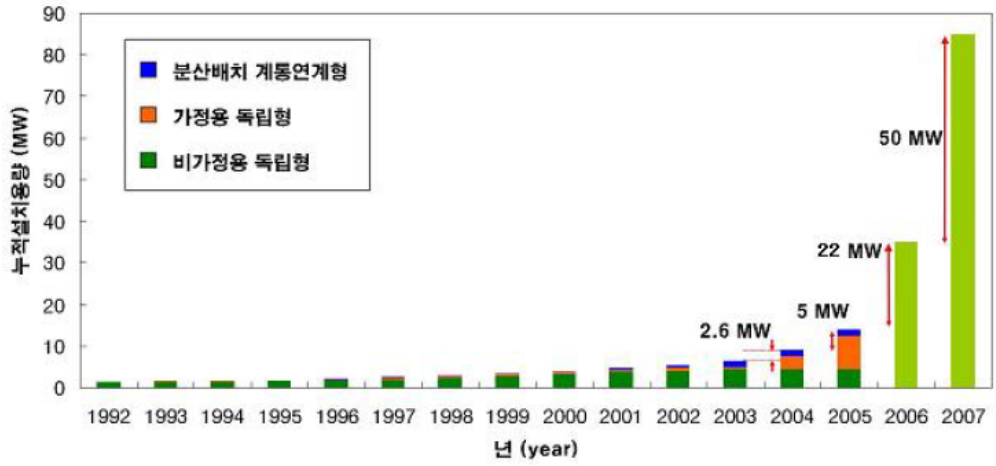


그림 2-82. 국내 태양광 발전 누적 보급량 현황

표 2-11. 태양광 전문기업

분야	업 체 명
부품/소재	동양제철화학(주), (주)싶트론, (주)글로실, (주)KCC, (주)나노팩, (주)대주전자재료, (주)진흥공업, (주)창성, (주)네오세미테크, (주)세미머터리얼즈, (주)비제이P&S, (주)에이텍, (주)경남알미늄, (주)기린산업, (주)렉서
태양전지	(주)KPE, (주)미리넷솔라, (주)현대중공업, (주)LG화학, (주)한국철강
모듈	(주)에스에너지, (주)쏠라테크, (주)경동솔라, (주)LS산전, 심포니에너지(주), 유니슨(주), (주)세아티이씨, (주)씨엠테크놀러지, (주)현대중공업, (주)서울마린

PCS	핵스파워(주), 이화전기공업(주), 한양전공(주), (주)현대중공업, (주)다쓰테크, (주)맥스컴, (주)윌링스
장비	(주)주성엔지니어링, 코닉시스템(주), (주)P&I, 참앤씨(주), 노아텍트라(주), 퀄리플로나라테크(주), (주)여의시스템

표 2-12. 태양광분야 신/재생설비 생산실적 (2006 12월까지)

NO.	업 체 명	분 야	생 산 실 적
1	(주)실트론	잉곳 및 웨이퍼	태양전지용 잉곳 및 웨이퍼 80억 규모 생산
2	(주)KPE	태양전지	태양전지 25MW 생산 (18MW 수출, 7MW 내수)
3	(주)에스에너지	모듈	모듈 3MW 생산
4	(주)심포니에너지	모듈	모듈 10MW (수출 3.5MW, 내수 6.6MW)
5	(주)현대중공업	모듈	모듈 4.5MW 생산 (2.8MW 수출, 1.7MW 내수)
6	(주)경동솔라	모듈	모듈 4MW 생산
7	(주)LS산전	모듈	모듈 1MW 생산
8	(주)에타솔라	모듈	모듈 200KW 생산
9	(주)쏠라테크	모듈	모듈 100KW 생산
10	헥스파워시스템(주)	PCS	총 600대 (3.7MW) 판매(2006년 10월 말 기준) 2006년 말까지 약 4MW 생산 판매 예정
11	한양전공(주)	PCS	인버터 : 2.5KW급, 3KW급, 5KW급 인버터 총 18대 판매(2006 10월 말 기준)2006년 말까지 약 38대 생산 판매 예정

표 2-13. 연도별 모듈 생산량 및 2007년 생산계획

생산업체	2005 생산 Capacity (MW)	2006 생산 Capacity (MW)	2006 생산량 (MW)	2006 가동율 (%)	2007 생산계획 (MW)
심포니에너지	30	50	6.5	13	25
S-에너지	20	20	2.2	11	5
현대중공업	10	10	4.5	45	17
경동쏠라	10	20	2	10	6
유니슨	10	10	1	10	2.5
LS산전	10	10	0.5	5	4
쏠라테크	10	10	0.2	2	3
계	100	130	16.9	13	62.5

다. 압전발전기술 적용 철도 시스템 구축 기술 개발

① 국내 관련 기업/연구소 기술 수준

- 현재 압전변환재료에 대한 연구는 한국세라믹기술원에서 PMNT-PZ-PT계의 압전세라믹 물질에 대한 연구를 진행 중에 있으며, 한국과학기술연구원(KIST)에서는 압전엑츄에이터 설계기술을 확보하여 선형, 회전형, 카메라 폰형 등 다양한 초음파모터 연구개발을 진행 중에 있음. 또한 서울대, 고려대 등압전 진동 시스템에 대한 다각적인 연구가 진행 중에 있음.

표 2-14. 압전변환재료 및 발전장치의 선진국 대비 국내기술 수준

연번	항목	사양	평가방법	선진국 대비 수준
1	Kp(%)	70	EMAS	107% (Japan/murata)
2	$d_{33}(10^{-12}m/V)$	700	EMAS	77% (Japan/murata)
3	Qm	80	EMAS	100% (Japan/murata)
4	변위(mm)	10	LPV method	100% (USA/ACT)
5	발전량(mW)	10	EMAS	75%(USA/ACT)

② 기술 보완사항 분석

- 현재 국내에 연구 개발된 압전변환재료의 특성 중 기계적 변위에 대한 품질계수 및 전기기계결합계수의 특성은 선진국 대비 동등 또는 우수하나 압전발전소자로서 필수 사항이라 할 수 있는 압전계수와 발전량의 개발치는 아직 미흡한 실정임. 이는 기본적인 압전변환재료에 대한 연구와 함께 압전발전장치의 최적화 설계에 대한 연구가 병행되지 못하였기 때문임. 이를 해결하기 위해선 기존에 주로 연구되고 있는 단일 켄틸레버 형태의 압전발전장치 연구 분야를 확대하여 여러 캔틸레버를 원형으로 배치하는 등의 다양한 압전발전장치에 대한 연구가 필요함.

라. 지열 에너지 기술 개발

• 국내 지열 열펌프 시스템의 보급 현황은 2006년도에만 10,007 RT(1 unit/RT일 경우 10,007 unit)에 이르고 있으며, 매년 100% 이상의 급속한 성장을 보이고 있음. 하지만, 국내 전체 냉동공조 산업에서 차지하는 비중은 아직 미미한 수준임.

표 2-15. 냉동·공조산업의 국내 시장 규모

(단위 : 물량-천대, 금액-억원)

구분		2001년	2002년	2003년	2004년	2005년
냉동·공조산업	물량	46,300	44,847	62,019	71,024	72,878
	금액	78,540	77,380	76,340	90,450	132,565

※ 산출근거 : 한국냉동공조협회 2006 통계현황.

• 국내의 지열 열펌프 시스템은 현재까지 교육시설, 사회복지시설, 산업시설 등에 주로 보급되었음. 이러한 시설들에 설치되는 10RT 이상의 중대형 열펌프는 유닛뿐만 아니라 핵심 부품의 대부분을 거의 수입에 의존하였으나, 최근 국내에서 생산된 열펌프의 보급이 증가 하고 있음.

• 국내의 지열 열펌프 산업은 미국, 유럽, 일본 등의 선진국과 비교했을 때, 산업주체 간 협력 네트워크 구조가 매우 약한 편임.

• 국내에는 지하수 개발 등의 목적으로 시추공을 시공하는 업체뿐만 아니라 토목구조물 시공을 위한 탐사 목적의 천공 업체도 상당수 존재함. 하지만 대부분의 업체가 심부를 굴착할 수 있는 장비를 보유하고 있지 못하고, 2.5km 정도의 심부굴착이 가능한 소규모의 굴착업체들이 2,3개 정도는 있으나, 저본 규모가 영세하여 리스크가 큰 지열발전을 위한 심부의 굴착을 수행하기는 어려움.

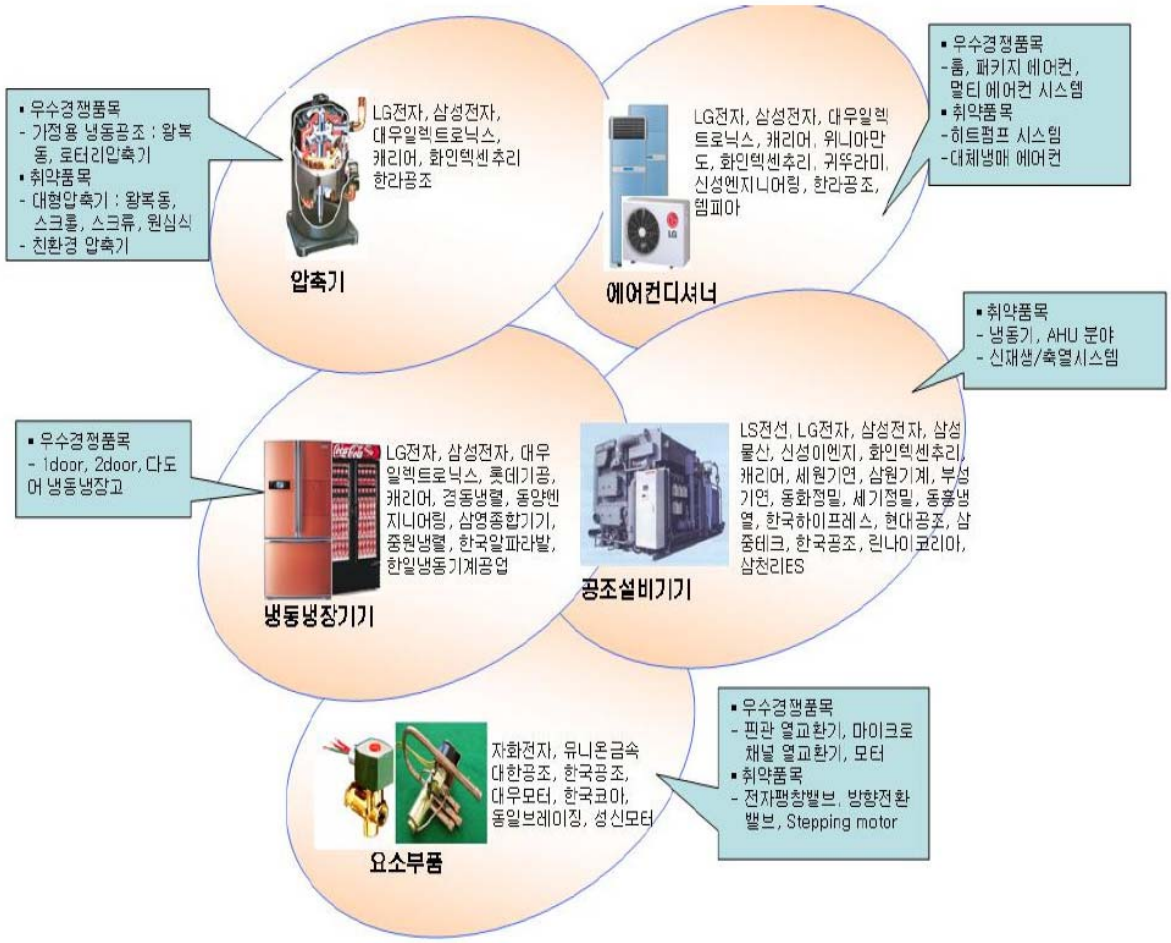


그림 2-83. 지열 열펌프를 포함한 분야별 냉동.공조 산업 구성 모듈

- 국내에 지열발전 플랜트가 시공된 사례가 없기 때문에 지열발전에 경험이 있는 국내 전문가는 거의 없다고 할 수 있으나, 관련된 학과인 자원공학, 지지학, 기계공학 등의 전공자들을 중심으로 학제융합 프로젝트를 진행시킨다면 지열발전분야 기술인력 확보가 가능할 것임.



그림 2-84. 지열 열펌프를 포함한 분야별 냉동.공조 부품/모듈/시스템 구성

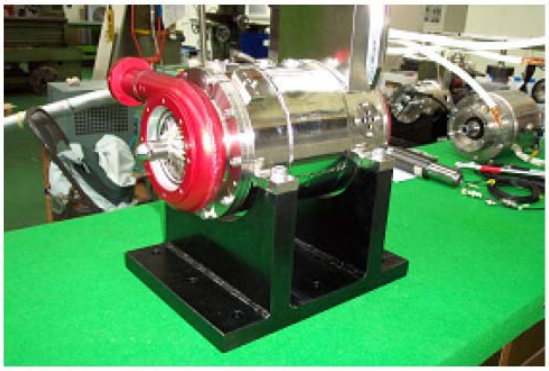


그림 2-85. 국내에서 개발된 50마력급 인버터 터보 압축기



그림 2-86. 국내에서 제작된 10kW급 지중 열전도도 측정기

- 우리나라는 2000년경에 지열 냉난방 시스템을 처음 도입한 후, 초기 시장 진입 단계에서 많은 시행착오를 겪었음. 전문 시공기술과 관련 기준 등이 없어, 소비자들의 만족도가 높지 않았던 것도 사실임. 하지만 2003년도부터 체계적인 시스템을 도입하고, 기술 인력이 확보되면서 경쟁력을 바탕으로 한 시장 확보가 가능하게 됨. 여기에 정부 지원에 의한 보급정책에 힘입어, 2003년까지 약 30개소에 시스템이 설치되었음.

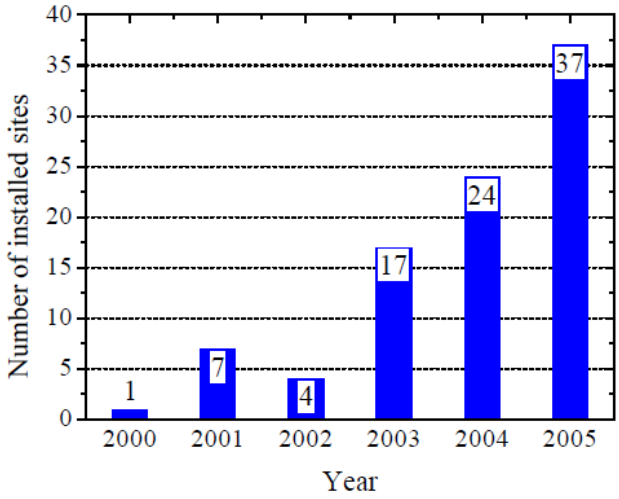


그림 2-87. 지열 열펌프 시스템 국내 설치 현장 수 (2000-2005)

- 지열냉난방 시스템은 타 신재생에너지원 중에서 유일하게 냉난방과 관련된 시스템으로 국내 냉난방 시장은 약 13조원 규모의 거대한 시장을 형성하고 있음. 기존 냉난방 설비는 석유나 가스 등 화석 연료를 사용하여 자원고갈 및 환경 파괴의 주범인 시스템으로 이를 대체할 수 있는 시스템을 필요로 하고 있음. 지열시스템은 전기 및 지중에너지를 열원으로 사용함으로 기존의 냉난방시스템이 가지고 있는 문제를 해결할 유일한 냉난방 시스템임.

• 지열냉난방 시스템은 뜨거운 지열(온천)과는 무관함. 사계절 일정한 지중온도(15℃)를 이용해 냉난방을 공급하는 시스템 임.

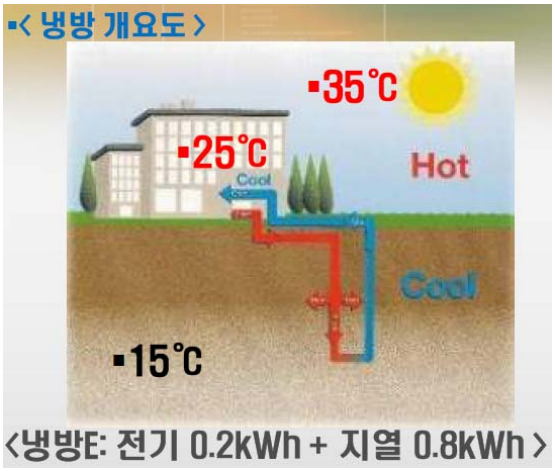




그림 2-88. 지열 냉난방 시스템

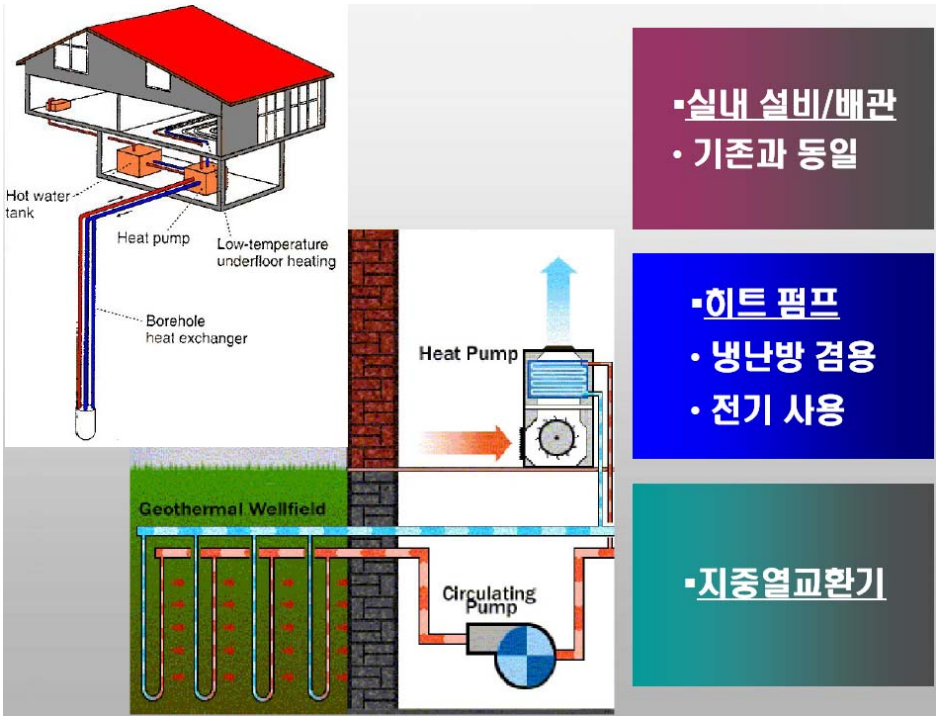


그림 2-89. 지열 냉난방 시스템의 개념도

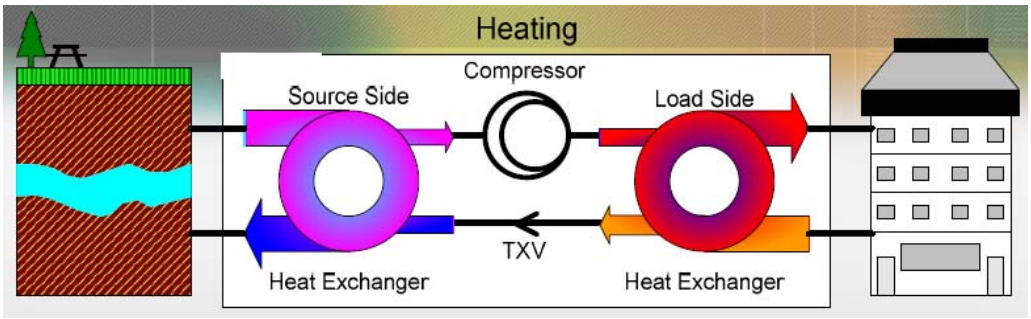


그림 2-90. 지열 난방 시스템의 개념도

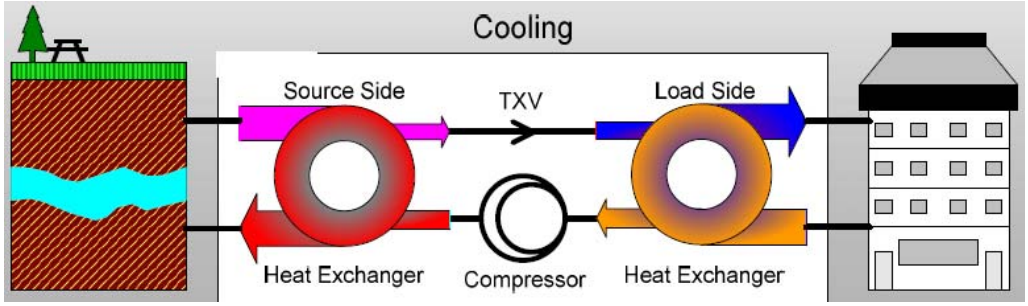


그림 2-91. 지열 냉방 시스템의 개념도

• 지열냉난방 시스템의 장단점 ;

– 장점 : ① 연간 운전비가 저렴 (기존 대비 20~40% 절감)

② 1개 시스템에서 냉난방 및 급탕이 모두 가능

③ 설비가 단순하며, 연료탱크나 보일러가 불필요 (안전성)

④ 탄소 배출이 거의 없는 무공해 시스템 (교토의정서 온실가스 배출관련)

⑤ 기계실 면적 최소화

– 단점 : ① 지중열교환기를 설치할 부지가 필요

② 시공비가 고가 (기존 대비 50–100% 상승)

③ 공사간섭으로 인한 공기지연 발생 가능

• 수직형 지중열 교환기 :

– 장점 : ① 기장 일반적인 형태 (높은 신뢰성)

② 시공 부지가 협소

③ 열교환 성능 우수

– 단점 : ① 높은 시공비

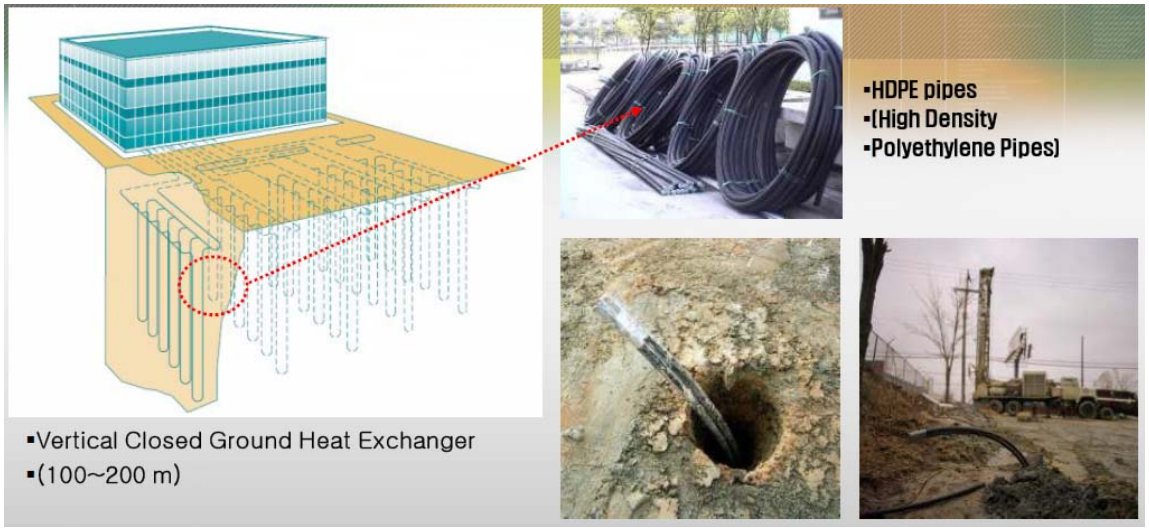


그림 2–92. 수직형 지중열 교환기

– 지중열 교환기 시공 순서 :

① 설계깊이 까지 시추공(bore hole) 굴착



② 지중 열교환기 설치



③ 트레미(tremie)관을 통한 그라우트 타설



④ 건물까지 트렌치 굴착 및 열교환기 연결





⑤ 복토 및 다짐



• 수평형 지중열 교환기 :

– 장점 : ① 시공비 저렴
② 시공이 용이
③ 유지보수가 간단함

– 단점 : ① 넓은 설치 부지가 필요
② 타 형태 대비 열 성능 미흡
③ 도심지에 설치 불가능
④ 국내 시공사례가 적음



그림 2-93. 수평형 지중열 교환기

- 지중열 교환기 시공 순서 :

① 설치 깊이까지 굴착



② 파이프 설치



③ 복토



• 지열 냉난방 적용 사례 :

① 덕평 자연 휴게소 :

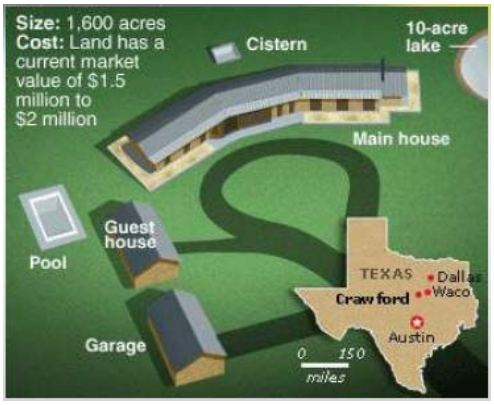




▶ 특징 :

– 수직형 지중 열교환기
– 굴착 깊이 150m
– 지역 냉난방, 태양광 적용
– 코오롱 건설사 시공

② Texas White House :





▶ 특징 :

- Vertical Loop
- 굴착 깊이 100m
- 침실 4개, 372m^2 적용
- 연가 25% 에너지 절감

③ Empire State Building :



▶ 특징 :

- 102층 381m
- Water-Source loop
- 굴착 깊이 457m
- 20 ton 히트 펌프 15개설치 (1997.12)
- 적용면적 6,040m^2

– 층 단위로 단계적으로 적용

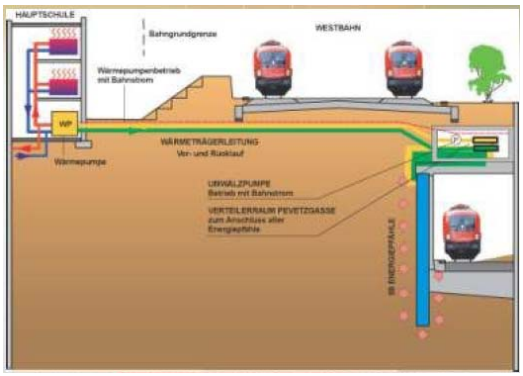
④ 송도 테크노파크 IT/BT




▶ 특징 :

– 위치 : 한국 인천
– 건물 층 : 31층
– 난방 부하 : 422kW
– 냉방부하 : 770kW

⑤ Lainz Tunnel – A :

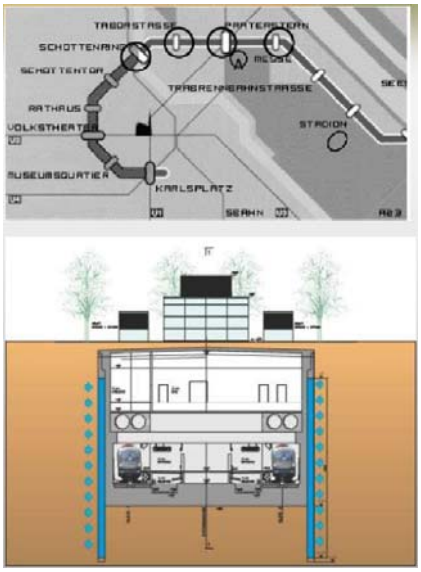


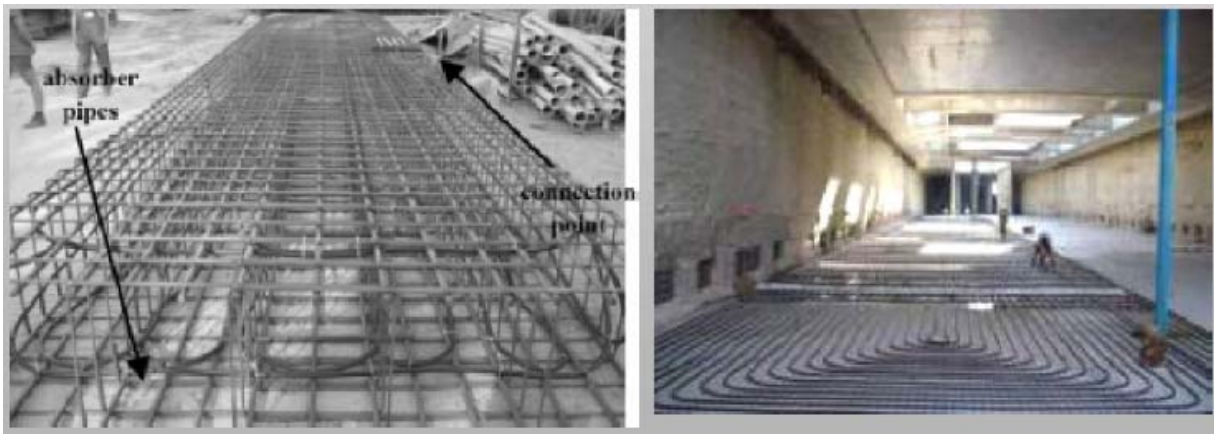


▶ 특징 : 도심 지하철 터널을 이용한 지열난방

- 위치 : 오스트리아 비엔나
- 기간 : 2001 - 2005년
- 난방 용량 : 100kW
- 연간 난방에너지 사용량 : 144MWh

⑥ Underground Railway Station U2/3 Praterstern, Vienna -A :





▶ 특징 : 도심 지하철 터널을 이용한 지열난방

- 위치 : 오스트리아 비엔나 U2/3 라인 환승역 프라터스테른 역에 적용

- 기간 : 2001 - 2005년
- 난방 부하 : 154kW
- 냉방 부하 : 92kW

마. 친환경 교통 시스템용 급전 시스템 기술 개발

• 연료전지 및 유도급전 기술을 이용한 Hybrid 에너지전송시스템의 궤도열차 시스템 적용사례는 없으며, 단지 국내 자동차 회사에서 개발 중인 연료전지 Hybrid 자동차는 2020년 연료전지 자동차의 양산을 목표로, 실용화 가능성 검증과 기술개발 방향 및 전략을 수립하고, 연료전지 자동차 및 수소생산, 공급, 충전 설비관련 기술 표준화 작업을 위해 현재 미국 에너지성의 시범운행에 참여 중에 있음.

표 2-16. 국내 관련 기업/연구소 기술수준

국내선도연구기관	주요 연구활동 및 기술수준
○ 한국전기연구원	○ 산업자동화부분에서 (주)그린파워, 신성ENG와 협력하여 LCD 생산 클린룸의 LCD 이송용 선형횡자속전동기 전원공급용 비접촉 전원공급 장치 상용화함(2006년). 개발된 기술은 Rail-mounted E-Core Type으로 그린파워가 보유중인 상용화 제품은 출력용량이 0~100kW, 레일길이가 10~200m임. ○ 콘베이어 용 소용량 유도급전장치 개발 (급전영역의 최대 거리 50m, 연속급전방식이므로 Hybrid 전력변환/급전/집전 관련 연구부분 연계 연구 無)
○ KAIST	○ KAIST에서는 그린파워텍, CT&T, ATT R&D와 협력하여 온라인 전기자동차에 공진형 자기유도 기술을 적용한 실험모델 구축(2009년 2월). 군집 운행이 가능한 소형 자동차 시스템(골프카트 규모)에 적용한 사례임.

• 유도 급전 기술의 경우, 소용량의 산업용 에너지전송시스템 기술개발이 연구원과 기업 중심으로 이루어지고 있으며, 소용량의 경우 기술이 성숙단계에 도달한 것으로 판단되나, 대용량의 교통시스템의 경우 국내는 초기 연구 단계 수준임.

표 2-17. 핵심기술별 기술보완사항

핵심기술	기술 보완사항
고주파 전력변환 및 배터리 충전 기술	■ 고주파 전력변환장치의 주파수 추적 제어알고리즘 개발 ■ 배터리 급속충전 및 부하전력 Management System 설계 기술개발
전자장 해석을 이용한 고효율 유도 집전구조설계 및 최적화 기술	■ 고효율 유도 급전/집전 구조의 특성해석 및 최적화 기술개발 (전자장해석 이용) ■ 고효율 유도 급전/집전구조의 설계 기술개발
Hybrid 차량 시스템의 적용연계 기술	■ 철도 차량용 연료전지 Hybrid 에너지 전력 추진 시스템의 해석 기술개발
집전구조 제작 및 집전성능 시험평가를 통한 성능향상 및 신뢰성 기술	■ Hybrid 유도급전/집전 system 제작 및 신뢰성 평가 기술개발

3. 경제성 비교

가. 국내 대형 및 소형 풍력발전기의 경제성 비교

- 소형 풍력발전기의 경제성을 분석하기 위해서는 화석 연료를 사용하여 발전하는 발전소 및 탄소 배출량 등을 같이 비교하여야 하지만, 여기서는 일단 국내에서 개발된 대형 풍력발전기와 본 과제에서 중점적으로 활용하고자 하는 소형 풍력발전기와의 단순 비교를 통하여 어떤 형태가 경제성을 더욱 가지고 있는지를 알아보는 것도 소형 풍력발전기에 대한 경제적인 힌트를 얻을 수 가 있음.

❑ 750KW 풍력발전기와 선로변 설치 가능 소형 풍력발전기 발전 단가 비교 (제품 단순 비교)

비교항목	750KW 급 (유니슨)	Aero 제품	Air Breeze (Southwest) 제품	비고
발전용량	750KW	1.8KW	500W	정격출력 기준
동일 용량 대수	1대	417대	1,500대	정격출력 기준
설치비용 단가	100,000만원	2,000만원	200만원	정격출력 기준
동일용량 설치비용	100,000만원	834,000만원	300,000만원	정격출력 기준
설치비용대 발전단가	**133만원/KW**	**1,111만원/KW**	**400만원/KW**	정격출력 기준

2. KTX 한 대 운행시 시간당 소형 풍력발전기 발전 용량 **(열차풍만 고려)**

가정 : 1) KTX 한 대 통과시 풍속 : 5 ~ 14m/sec
2) KTX 한 대 통과시 풍속 유지 시간 : 10 sec
3) 각 소형 풍력 발전기 100% 운전 유지 조건

- **Aero 제품 (수직축)** :

KTX 1대 통과 시 : (발전용량) × (지속시간) = 1.8 KW/hr × 10 sec
= **5W/hr**

시간 당 KTX 4대 통과 가정 시 : 5W/hr × 4 = **20W/hr**

대형 풍력발전기 750KW과 동일한 출력을 발전하기 위해서 필요한 Aero 제품 발전기 대수 : 750KW/20W = **37,500대**

-------- **가격 : 7,500억원 (750배)**

- **Air Breeze(Southwest) 제품 (수평축)** :

KTX 1대 통과 시 : (발전용량) × (지속시간) = 0.5 KW/hr × 10 sec
= **1.4W/hr**

시간 당 KTX 4대 통과 가정시 : 1.4W/hr × 4 = **5.6W/hr**

대형 풍력발전기 750KW과 동일한 출력을 발전하기 위해서 필요한 Aero 제품 발전기 대수 : 750KW/5.6W = **133,928대**

-------- **가격 : 2,679억원 (268배)**

위의 사항은 단순히 대형 풍력발전기와 소형 풍력발전기가 동일하게 정격 출력으로 발전을 한다는 가정 하에 이루어진 경제성 비교이지만, 소형 풍력 발전기를 철도 선로변에 설치하였을 경우 대형 풍력발전기의 발전 효율에 훨씬 못 미친다는 것을 확연히 알 수 있는 분석 자료라고 판단됨.

나. 풍력발전기의 비용효과 비교

- 독일, 덴마크, 네덜란드 등 선진 유럽에서는 2025 ~ 2030년 까지 자국의 총 전력 생산량의 15 ~ 30% 정도까지를 풍력발전으로 대체하고자함.

- 선진 유럽에서는 2020 ~ 2030년까지 이산화탄소 발생량의 30 ~ 50%를 저감한다는 목표를 가지고 있음. 또한 화석연료에 의한 전력생산 방식에 대항하여 육상/해상 풍력 발전의 경쟁력을 확보하고자 정부 정책을 세우고 있음.

- 일본과 같은 경우는 풍력발전의 경쟁력을 위하여 세금 우대 정책을 통한 인센티브 프로그램을 개발하고 있음.

- 국내의 경우는 2007년 9월 말 현재 국내에 보급된 풍력발전 시스템은 총 122여기이며, 이는 약 176MW 용량임. 정부에서는 2015년도 까지 신재생에너지 비율을 전체전력의 15%로 높이고자 함.

표 2-18. 국내 년도별 보급량 (현재 및 예상)

년도	2007년	2010년	2015년	2020년	2025년	2030년
신규보급 (MW)	176	824	4,000	4,000	3,000	2,000
누적보급 (MW)	176	1,000	5,000	9,000	12,000	14,000

- 발전 방식에 따른 소요면적은 풍력 1,335m^2/GWh, 석탄 3,642m^2/GWh, 태양

열 3,561m^2/GWh, 태양광발전 3,237m^2/GWh로서 풍력발전이 가장 작은 면적을 필요로 함.

- 풍력발전은 공해물질 저감효과도 매우 커서 1MW급 풍력발전기 1대가 1년간 운전하여 2GWh의 전력을 생산한다면 약 600톤 – 1,000톤의 석탄을 대체하게 되어, 아황산가스(SO2)는 연간 약 2.6톤, 질소산화물(NOx)는 1.3톤, 이산화탄소(CO2)는 1,700톤, 부유분진은 연간 약 0.07톤 정도 공해물질 배출이 억제되는 부가적인 효과가 있음.

- 따라서, 화석연료에 의한 전력생산 방식에 비하여 풍력발전 전력생산 방법은 이러한 공해물질을 전혀 배출하지 않으므로, 경제성의 비교 시 공해물질 처리 비용도 포함시켜야 할 것이다. 이러한 비용을 외부비용 (extra cost) 이라고 함.

- 표 3-1은 유럽의 나라별 2003년의 외부비용 (환경비용, extra cost)의 비교를 €cents/kWh로 나타냄.

표 2-19. 유럽의 여러 나라별 에너지원의 외부비용 비교 (€cents/kWh)

나라	석탄/갈탄	토탄	석유	가스	핵	Biomass	수력	풍력
벨기에	4 – 15			1 – 2	0.5			
덴마크	4 – 7			2 – 3		1		0.1
스페인	5 – 8			1 – 2		3 – 5		0.2
핀란드	2 – 4	2 – 5				1		
프랑스	7 – 10		8 – 11	2 – 4	0.3	1	1	
독일	5 – 8		3 – 5	1		0 – 0.8	1	0.25
이탈리아			3 – 6	2 – 3			0.3	
네덜란드	3 – 4			1 – 2	0.7	0.5		
노르웨이				1 – 2		0.2	0.2	0–0.25
스웨덴	2 – 4					0.3	0–0.7	
영국	4 – 7		3 – 5	1 – 2	0.25	1		0.15

위의 표에서처럼, 화석 연료로 인한 외부비용은 풍력발전에 의한 외부비용에 비하여 영국의 경우 27 ~ 47배 정도 비용이 듦.

- 유럽 위원회(European Commission)는 CO2 배출의 감축을 CO2 톤당 €16 ~ €26될 것이라고 예측하였으며, 영국의 경우는 이보다 훨씬 높은 €49로 예측함.

- 표 3-2는 2002년 영국에서 발표된 자료로 에너지별 발전단가 비교를 바탕으로 2020년의 예상 발전단가 비교를 보이는데, 이 예측 보고서에서는 Biomass를 포함해 육/해상 풍력발전이 CO2 감축에 고효율, 저비용임이라고 결론을 내리고 있음.

표 2-20. 에너지별 발전 단가 비교

분야	2020년의 단가
	€cents/kWh
태양광	15 - 24
풍력-육상	2.3 - 3.8
풍력-해상	3 - 4.5
농작물	3.8 - 6
조력	4.5 - 9
화석(CO2 저감)	4.5 - 6.8
원자력	4.5 - 6
복합가스	3 - 3.5
Coal gasification	4.5 - 5.3

다. 압전발전기술 적용 철도 시스템 구축 기술 개발

- 압전발전은 공해물질 저감효과도 매우 커서 1MW급 풍력발전기 1대가 1년간 운전하여 2GWh의 전력을 생산한다면 약 600톤 - 1,000톤의 석탄을 대체하게 되어, 아황산가스(SO2)는 연간 약 2.6톤, 질소산화물(NOx)는 1.3톤, 이산화탄소(CO2)는 1,700톤, 부유분진은 연간 약 0.07톤 정도 공해물질 배출이

억제되는 부가적인 효과가 있음.

표 2-21. 에너지별 발전 단가 비교 (cents/kWh)

항목	풍력	태양광	오일 및 가스	압전발전
Cost, per kwh	3-10	10-20	8-16	3-10
Payback, years	12-30	20-30	10-13	6-12
Reliable	×	×	○	○
Clean	○	○	×	○
Deployment Availability	×	×	○	○
Low maintenance cost	×	×	×	○

※ 출처 : 이스라엘 이노와텍 사 (www.innowattech.co.il)

4. 철도 신재생에너지 시장/경제성(B/C) 분석

가. 일반 철도역사 신재생에너지 적용 시장 분석

• 현재 신재생에너지 적용 계획된 철도 역사 :

❑ 공주역사 및 정읍역사 필요전력 및 신재생에너지 적용 부하검토

■ 신재생에너지 법적사용량(2008년 기준)
- 1,140,000 원/kW(2008년 지열상한공사비)
- 1,441,000 원/㎡(2008년 표준건축비)

▷ 공주역사(역사연면적 : 7312.18㎡)
- 건축공사비 : 5,000 x 1,441,000 x 0.7 + 2,312.18 x 1,441,000 x 0.7 x 0.8
= 6,909,336,773 원
- 신재생에너지공사비 : 6,909,336,773 원 x 5%(법적의무사항) = 345,466,838.6 원
- 신재생에너지 사용량 : 345,466,838.6 원 ÷ 1,140,000 원/kW ≒ 303 kW

▷ 정읍역사(역사 및 지원시설 연면적 : 10,516.04㎡)

- 건축공사비 : 5,000 x 1,441,000 x 0.7 + 5,000 x 1,441,000 x 0.7 x 0.8 + 516.04 x 1,441,000 x 0.7 x 0.6 = 9,390,617,729 원
- 신재생에너지공사비 : 9,390,617,729 원 x 5%(법적의무사항) = 469,530,886.4 원
- 신재생에너지 사용량 : 469,530,886.4 원 ÷ 1,140,000 원/kW ≒ 412 kW

■ 공주역사 (신규 호남고속철도 2014년 이후 적용 예상)

전체부하(kW)	지열적용부하(kW)	비율(지열/전체*100)%	비고
516.06	303	**58.7**	최소의무규정

■ 정읍역사 (신규 호남고속철도 2014년 이후 적용 예상)

전체부하(kW)	지열적용부하(kW)	비율(지열/전체*100)%	비고
720.23	412	**57.2**	최소의무규정

■ 공주역사 신재생에너지 적용 시 경제성 분석

▷ 공주역사 신재생에너지 적용의 경제성 :

- 신재생에너지 사용량 : 303 kW
- 신재생에너지 설치비용 : 3.5 억원
- 현재 한전 전력비용(산업용) : 60원/kWh
- 신재생에너지 1일 사용 전력비용 : 303kW x 24h x 60원/kWh ≃ 436,320원 (세금 제외)
- 신재생에너지 설치비용 보전 기간 : 3.5억원 ÷ 436,320원 ≃ 792일 ≃ 2년

∴ 따라서 공주역사에 신재생에너지 설치 후 2년 내에 신재생에너지 설치비용을 회수 할 수 있음.

■ 정읍역사 신재생에너지 적용 시 경제성 분석

▷ 정읍역사 신재생에너지 적용의 경제성 :

– 신재생에너지 사용량 : 412 kW
– 신재생에너지 설치비용 : 4.7 억원
– 현재 한전 전력비용(산업용) : 60원/kWh
– 신재생에너지 1일 사용 전력비용 : 412kW x 24h x 60원/kWh ≃ 593,280원 (세금 제외)
– 신재생에너지 설치비용 보전 기간 : 4.7억원 ÷ 593,280원 ≃ 792일 ≃ 2년
∴ 따라서 정읍역사에도 신재생에너지 설치 후 2년 내에 신재생에너지 설치비용을 회수 할 수 있음.

❑ 송정리 역사 필요전력 및 신재생에너지 적용 부하검토

■ 송정리 역사 부하집계

1. 여객시설

구 분	실 명	면적 (㎡)	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	비 고
여객시설	콘코스	1259.8	188,970.0	151,176.0	
	대합실	600.0	90,000.0	72,000.0	
	여객화장실(장애인포함)	184.2	27,630.0	22,104.0	
	유아방	35.7	5,355.0	4,284.0	
	유실물 취급소	35.7	5,355.0	4,284.0	
	편익시설(판매시설)	59.5	8,925.0	7,140.0	
	TMO	157.4	23,610.0	18,888.0	

2. 역무시설

구 분	실 명	면적 (㎡)	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	비 고
역무시설	매표실	30.6	4,590.0	3,672.0	
	역장실	48.2	7,230.0	5,784.0	
	역무실	102.3	15,345.0	12,276.0	
	전산실	23.5	3,525.0	2,820.0	
	고객상담실	17.0	2,550.0	2,040.0	
	직원화장실	45.4	6,810.0	5,448.0	
	휴양실(침실)	111.2	16,680.0	13,344.0	
	직원회의실	30.0	4,500.0	3,600.0	
	식당 및 주방	20.1	3,015.0	2,412.0	
	용역원대기실	48.2	7,230.0	5,784.0	
	종합통제실(방제센타)	25.5	3,825.0	3,060.0	
	운전신호실	35.0	5,250.0	4,200.0	
	체력단련실	58.3	8,745.0	6,996.0	
	수송실	43.2	6,480.0	5,184.0	
	승무원사무실	33.1	4,965.0	3,972.0	
	승무원대기실	10.1	1,515.0	1,212.0	
	공익요원실	33.6	5,040.0	4,032.0	

3. 지원시설

구 분	실 명	면적 (㎡)	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	비 고
전기 사업소	사무실	34.0	5,100.0	4,080.0	
	침실(남)	24.7	3,705.0	2,964.0	
	침실(여)	24.7	3,705.0	2,964.0	
	식당, 주방	11.4	1,710.0	1,368.0	
	화장실(남)	7.2	1,080.0	864.0	
	화장실(여)	3.6	540.0	432.0	
	갱의실	7.1	1,065.0	852.0	
	화의실	27.1	4,065.0	3,252.0	
	작업실	61.1	9,165.0	7,332.0	
	용역사무실	51.7	7,755.0	6,204.0	
	감시실	18.5	2,775.0	2,220.0	

구 분	실 명	면적 (㎡)	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	비 고
정보 통신 사업소	사무실	35.1	5,265.0	4,212.0	
	침실(남)	24.7	3,705.0	2,964.0	
	침실(여)	24.7	3,705.0	2,964.0	
	식당, 주방	11.1	1,665.0	1,332.0	
	화장실(남)	7.2	1,080.0	864.0	
	화장실(여)	3.6	540.0	432.0	
	갱의실	7.4	1,110.0	888.0	
	회의실	63.6	9,540.0	7,632.0	
	작업실	61.1	9,165.0	7,332.0	
	용역사무실	51.7	7,755.0	6,204.0	
	감시실	20.0	3,000.0	2,400.0	

구 분	실 명	면적 (㎡)	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	비 고
신호 제어 사업소	사무실	27.9	4,185.0	3,348.0	
	침실(남)	24.7	3,705.0	2,964.0	
	침실(여)	24.7	3,705.0	2,964.0	
	식당, 주방	10.8	1,620.0	1,296.0	
	화장실(남)	7.2	1,080.0	864.0	
	화장실(여)	3.6	540.0	432.0	
	갱의실	7.1	1,065.0	852.0	
	회의실	29.3	4,395.0	3,516.0	
	작업실	61.1	9,165.0	7,332.0	
	용역사무실	48.7	7,305.0	5,844.0	
	감시실	16.7	2,505.0	2,004.0	

구 분	실 명	면적 (㎡)	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	비 고
시설 사업소	사무실	36.6	5,490.0	4,392.0	
	침실(남)	24.7	3,705.0	2,964.0	
	침실(여)	24.7	3,705.0	2,964.0	
	식당, 주방	18.0	2,700.0	2,160.0	
	화장실(남)	7.6	1,140.0	912.0	
	화장실(여)	3.6	540.0	432.0	
	갱의실	11.3	1,695.0	1,356.0	
	화의실	27.1	4,065.0	3,252.0	
	작업실	61.1	9,165.0	7,332.0	
	용역사무실	51.7	7,755.0	6,204.0	
	계측기관리실	18.9	2,835.0	2,268.0	

구 분	실 명	면적 (㎡)	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	비 고
차량주재	사무실	32.2	4,830.0	3,864.0	
	침실	32.0	4,800.0	3,840.0	
	화장실	8.5	1,275.0	1,020.0	

구 분	실 명	면적 (㎡)	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	비 고
건축주재	작업실	55.5	8,325.0	6,660.0	

구 분	실 명	면적 (㎡)	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	비 고
전기 사업소 (일반선)	사무실	37.2	5,580.0	4,464.0	
	침실(남)	24.7	3,705.0	2,964.0	
	침실(여)	24.7	3,705.0	2,964.0	
	식당, 주방	10.6	1,590.0	1,272.0	
	갱의실	6.6	990.0	792.0	
	회의실	29.7	4,455.0	3,564.0	
	작업실	65.8	9,870.0	7,896.0	
	용역사무실	56.4	8,460.0	6,768.0	
	감시실	18.9	2,835.0	2,268.0	

구 분	실 명	면적 (㎡)	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	비 고
정보통신 분소 (일반선)	사무실	35.1	5,265.0	4,212.0	
	갱의실	7.4	1,110.0	888.0	
	식당, 주방	11.1	1,665.0	1,332.0	
	감시실	20.0	3,000.0	2,400.0	
	용역사무실	50.8	7,620.0	6,096.0	

구 분	실 명	면적 (㎡)	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	비 고
관리분소 (일반선)	사무실	35.8	5,370.0	4,296.0	
	회의실	24.7	3,705.0	2,964.0	

구 분	실 명	면적 (㎡)	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	비 고
신호제어 분소 (일반선)	사무실	47.0	7,050.0	5,640.0	
	식당, 주방	17.7	2,655.0	2,124.0	
	갱의실	10.5	1,575.0	1,260.0	
	신호직무교육장	72.4	10,860.0	8,688.0	
	감시실	22.4	3,360.0	2,688.0	

구 분	실 명	면적 (㎡)	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	비 고
차량 사무소 (일반선)	사무실	27.3	4,095.0	3,276.0	
	회의실	27.3	4,095.0	3,276.0	
	숙직실	24.7	3,705.0	2,964.0	

구 분	실 명	면적 (㎡)	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	비 고
시설관리 분소 (일반선)	사무실	27.3	4,095.0	3,276.0	
	숙직실	24.7	3,705.0	2,964.0	
	작업실	47.0	7,050.0	5,640.0	

구 분	실 명	면적 (㎡)	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	비 고
기계관리반 (일반선)	사무실	27.3	4,095.0	3,276.0	
	회의실	21.6	3,240.0	2,592.0	
	숙직실	24.7	3,705.0	2,964.0	
	작업실	41.3	6,195.0	4,956.0	

구 분	실 명	면적 (㎡)	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	비 고
선로분소 (일반선)	사무실	27.3	4,095.0	3,276.0	
	숙직실	24.7	3,705.0	2,964.0	
	회의실	21.6	3,240.0	2,592.0	
	작업실	37.6	5,640.0	4,512.0	

구 분	실 명	면적 (㎡)	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	비 고
노조사무실 (일반선)	사무실	50.8	7,620.0	6,096.0	
	회의실	28.2	4,230.0	3,384.0	

4. 변전시설

구 분	실 명	면적 (㎡)	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	비 고
백양사 변전소	숙직실	72	10,800.0	8,640.0	
	사무실	188	28,200.0	22,560.0	
	탕비실	45	6,750.0	5,400.0	
	통신실	245	36,750.0	29,400.0	
	전철제어반실	480	72,000.0	57,600.0	
	전력제어반실	420	63,000.0	50,400.0	

구 분	실 명	면적 (㎡)	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	비 고
노령 급전구분소	전철제어반실	308.9	46,335.0	37,068.0	
	통신실	136.5	20,475.0	16,380.0	
	화장실	13	1,950.0	1,560.0	

구 분	실 명	면적 (㎡)	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	비 고
모현 병렬급전 구분소	변압기반실	198	29,700.0	23,760.0	
	수배전반실	216	32,400.0	25,920.0	
	통신실	108.9	16,335.0	13,068.0	
	전철제어반실	194.4	29,160.0	23,328.0	

구 분	실 명	면적 (㎡)	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	비 고
송현 병렬급전 구분소	변압기반실	198	29,700.0	23,760.0	
	수배전반실	216	32,400.0	25,920.0	
	통신실	108.9	16,335.0	13,068.0	
	전철제어반실	194.4	29,160.0	23,328.0	

구 분	실 명	면적 (㎡)	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	비 고
장성 급전구분소	변압기반실	216	32,400.0	25,920.0	
	수배전반실	234	35,100.0	28,080.0	
	통신실	118.8	17,820.0	14,256.0	
	전철제어반실	210.6	31,590.0	25,272.0	

구 분	실 명	면적 (㎡)	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	비 고
하남 병렬급전 구분소	변압기반실	198	29,700.0	23,760.0	
	수배전반실	216	32,400.0	25,920.0	
	통신실	108.9	16,335.0	13,068.0	
	전철제어반실	194.4	29,160.0	23,328.0	

■ 송정리 역사 신재생에너지(지열) 적용 가능 전력량

1. 여객시설

구 분	실 명	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	선정장비	비 고
여객시설	콘코스	188,970.0	151,176.0	공기조화기	
	대합실	90,000.0	72,000.0	지열히트펌프	
	여객화장실(장애인포함)	27,630.0	22,104.0	전기방열기	
	유아방	5,355.0	4,284.0	지열히트펌프	
	유실물 취급소	5,355.0	4,284.0	지열히트펌프	
	편익시설(판매시설)	8,925.0	7,140.0	지열히트펌프	
	TMO	23,610.0	18,888.0	지열히트펌프	
	합계	**349,845**	**279,876**		

2. 역무시설

구 분	실 명	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	선정장비	비 고
역무시설	매표실	4,590.0	3,672.0	지열히트펌프	
	역장실	7,230.0	5,784.0	지열히트펌프	
	역무실	15,345.0	12,276.0	지열히트펌프	
	전산실	3,525.0	2,820.0	지열히트펌프	
	고객상담실	2,550.0	2,040.0	지열히트펌프	
	직원화장실	6,810.0	5,448.0	전기방열기	
	휴양실(침실)	16,680.0	13,344.0	지열히트펌프	
	직원회의실	4,500.0	3,600.0	지열히트펌프	
	식당 및 주방	3,015.0	2,412.0	지열히트펌프	
	용역원대기실	7,230.0	5,784.0	지열히트펌프	
	종합통제실(방제센타)	3,825.0	3,060.0	지열히트펌프	
	운전신호실	5,250.0	4,200.0	지열히트펌프	
	체력단련실	8,745.0	6,996.0	지열히트펌프	
	수송실	6,480.0	5,184.0	지열히트펌프	
	승무원사무실	4,965.0	3,972.0	지열히트펌프	
	승무원대기실	1,515.0	1,212.0	지열히트펌프	
	공익요원실	5,040.0	4,032.0	지열히트펌프	
	합계	**107,295**	**85,836**		

구분	냉방	난방	계	비율	비고
지열	240,540	192,432	432,972	52.7	
일반	216600	173,280	389,880	47.3	
계	457,140	365,712	822,852		

3. 지원시설

구 분	실 명	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	선정장비	비 고
전기 사업소	사무실	5,100.0	4,080.0	전기히트펌프	
	침실(남)	3,705.0	2,964.0	전기히트펌프	
	침실(여)	3,705.0	2,964.0	전기히트펌프	
	식당, 주방	1,710.0	1,368.0	전기히트펌프	
	화장실(남)	1,080.0	864.0	온수방열기	
	화장실(여)	540.0	432.0	온수방열기	
	갱의실	1,065.0	852.0	전기히트펌프	
	화의실	4,065.0	3,252.0	전기히트펌프	
	작업실	9,165.0	7,332.0	전기히트펌프	
	용역사무실	7,755.0	6,204.0	전기히트펌프	
	감시실	2,775.0	2,220.0	전기히트펌프	

구 분	실 명	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	선정장비	비 고
정보 통신 사업소	사무실	5,265.0	4,212.0	전기히트펌프	
	침실(남)	3,705.0	2,964.0	전기히트펌프	
	침실(여)	3,705.0	2,964.0	전기히트펌프	
	식당, 주방	1,665.0	1,332.0	전기히트펌프	
	화장실(남)	1,080.0	864.0	온수방열기	
	화장실(여)	540.0	432.0	온수방열기	
	갱의실	1,110.0	888.0	전기히트펌프	
	회의실	9,540.0	7,632.0	전기히트펌프	
	작업실	9,165.0	7,332.0	전기히트펌프	
	용역사무실	7,755.0	6,204.0	전기히트펌프	
	감시실	3,000.0	2,400.0	전기히트펌프	

구 분	실 명	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	선정장비	비 고
신호 제어 사업소	사무실	4,185.0	3,348.0	전기히트펌프	
	침실(남)	3,705.0	2,964.0	전기히트펌프	
	침실(여)	3,705.0	2,964.0	전기히트펌프	
	식당, 주방	1,620.0	1,296.0	전기히트펌프	
	화장실(남)	1,080.0	864.0	온수방열기	
	화장실(여)	540.0	432.0	온수방열기	
	갱의실	1,065.0	852.0	전기히트펌프	
	회의실	4,395.0	3,516.0	전기히트펌프	
	작업실	9,165.0	7,332.0	전기히트펌프	
	용역사무실	7,305.0	5,844.0	전기히트펌프	
	감시실	2,505.0	2,004.0	전기히트펌프	

구 분	실 명	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	선정장비	비 고
시설 사업소	사무실	5,490.0	4,392.0	전기히트펌프	
	침실(남)	3,705.0	2,964.0	전기히트펌프	
	침실(여)	3,705.0	2,964.0	전기히트펌프	
	식당, 주방	2,700.0	2,160.0	전기히트펌프	
	화장실(남)	1,140.0	912.0	온수방열기	
	화장실(여)	540.0	432.0	온수방열기	
	갱의실	1,695.0	1,356.0	전기히트펌프	
	화의실	4,065.0	3,252.0	전기히트펌프	
	작업실	9,165.0	7,332.0	전기히트펌프	
	용역사무실	7,755.0	6,204.0	전기히트펌프	
	계측기관리실	2,835.0	2,268.0	전기히트펌프	

구 분	실 명	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	선정장비	비 고
차량주재	사무실	4,830.0	3,864.0	전기히트펌프	
	침실	4,800.0	3,840.0	전기히트펌프	
	화장실	1,275.0	1,020.0	온수방열기	

구 분	실 명	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	선정장비	비 고
건축주재	작업실	8,325.0	6,660.0	전기히트펌프	

구 분	실 명	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	선정장비	비 고
전기 사업소 (일반선)	사무실	5,580.0	4,464.0	전기히트펌프	
	침실(남)	3,705.0	2,964.0	전기히트펌프	
	침실(여)	3,705.0	2,964.0	전기히트펌프	
	식당, 주방	1,590.0	1,272.0	전기히트펌프	
	갱의실	990.0	792.0	전기히트펌프	
	회의실	4,455.0	3,564.0	전기히트펌프	
	작업실	9,870.0	7,896.0	전기히트펌프	
	용역사무실	8,460.0	6,768.0	전기히트펌프	
	감시실	2,835.0	2,268.0	전기히트펌프	

구 분	실 명	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	선정장비	비 고
정보통신 분소 (일반선)	사무실	5,265.0	4,212.0	전기히트펌프	
	갱의실	1,110.0	888.0	전기히트펌프	
	식당, 주방	1,665.0	1,332.0	전기히트펌프	
	감시실	3,000.0	2,400.0	전기히트펌프	
	용역사무실	7,620.0	6,096.0	전기히트펌프	

구 분	실 명	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	선정장비	비 고
관리분소 (일반선)	사무실	5,370.0	4,296.0	전기히트펌프	
	회의실	3,705.0	2,964.0	전기히트펌프	

구 분	실 명	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	선정장비	비 고
신호제어 분소 (일반선)	사무실	7,050.0	5,640.0	전기히트펌프	
	식당, 주방	2,655.0	2,124.0	전기히트펌프	
	갱의실	1,575.0	1,260.0	전기히트펌프	
	신호직무교육장	10,860.0	8,688.0	전기히트펌프	
	감시실	3,360.0	2,688.0	전기히트펌프	

구 분	실 명	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	선정장비	비 고
차량 사무소 (일반선)	사무실	4,095.0	3,276.0	전기히트펌프	
	회의실	4,095.0	3,276.0	전기히트펌프	
	숙직실	3,705.0	2,964.0	전기히트펌프	

구 분	실 명	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	선정장비	비 고
시설관리 분소 (일반선)	사무실	4,095.0	3,276.0	전기히트펌프	
	숙직실	3,705.0	2,964.0	전기히트펌프	
	작업실	7,050.0	5,640.0	전기히트펌프	

구 분	실 명	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	선정장비	비 고
기계관리반 (일반선)	사무실	4,095.0	3,276.0	전기히트펌프	
	회의실	3,240.0	2,592.0	전기히트펌프	
	숙직실	3,705.0	2,964.0	전기히트펌프	
	작업실	6,195.0	4,956.0	전기히트펌프	

구 분	실 명	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	선정장비	비 고
선로분소 (일반선)	사무실	4,095.0	3,276.0	전기히트펌프	
	숙직실	3,705.0	2,964.0	전기히트펌프	
	회의실	3,240.0	2,592.0	전기히트펌프	
	작업실	5,640.0	4,512.0	전기히트펌프	

구 분	실 명	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	선정장비	비 고
노조사무실 (일반선)	사무실	7,620.0	6,096.0	전기히트펌프	
	회의실	4,230.0	3,384.0	전기히트펌프	

4. 변전시설

구 분	실 명	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	선정장비	비 고
백양사 변전소	숙직실	10,800.0	8,640.0	전기히트펌프	
	사무실	28,200.0	22,560.0	전기히트펌프	
	탕비실	6,750.0	5,400.0	전기히트펌프	
	통신실	36,750.0	29,400.0	패키지에어컨	
	전철제어반실	72,000.0	57,600.0	패키지에어컨	
	전력제어반실	69,000.0	50,400.0	패키지에어컨	

구 분	실 명	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	선정장비	비 고
노령 급전구분소	전철제어반실	46,335.0	37,068.0	패키지에어컨	
	통신실	20,475.0	16,380.0	패키지에어컨	
	화장실	1,950.0	1,560.0	온수방열기	

구 분	실 명	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	선정장비	비 고
모현 병렬급전 구분소	변압기반실	29,700.0	23,760.0	패키지에어컨	
	수배전반실	32,400.0	25,920.0	패키지에어컨	
	통신실	16,335.0	13,068.0	패키지에어컨	
	전철제어반실	29,160.0	23,328.0	패키지에어컨	

구 분	실 명	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	선정장비	비 고
송현 병렬급전 구분소	변압기반실	29,700.0	23,760.0	패키지에어컨	
	수배전반실	32,400.0	25,920.0	패키지에어컨	
	통신실	16,335.0	13,068.0	패키지에어컨	
	전철제어반실	29,160.0	23,328.0	패키지에어컨	

구 분	실 명	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	선정장비	비 고
장성 급전구분소	변압기반실	32,400.0	25,920.0	패키지에어컨	
	수배전반실	35,100.0	28,080.0	패키지에어컨	
	통신실	17,820.0	14,256.0	패키지에어컨	
	전철제어반실	31,590.0	25,272.0	패키지에어컨	

구 분	실 명	냉방부하 (kcal/h)	난방부하 (kcal/h)	선정장비	비 고
하남 병렬급전 구분소	변압기반실	29,700.0	23,760.0	패키지에어컨	
	수배전반실	32,400.0	25,920.0	패키지에어컨	
	통신실	16,335.0	13,068.0	패키지에어컨	
	전철제어반실	29,160.0	23,328.0	패키지에어컨	

– 호남고속철도 신규역사 필요전력 및 신재생에너지 적용 부하 종합 –

■ 공주역사 (신규 호남고속철도 2014년 이후 적용 예상)

전체부하(kW)	지열적용부하(kW)	비율(지열/전체*100)%	B/C
516.06	303	**58.7**	**2년 내 설치비 회수**

■ 정읍역사 (신규 호남고속철도 2014년 이후 적용 예상)

전체부하(kW)	지열적용부하(kW)	비율(지열/전체*100)%	B/C
720.23	412	**57.2**	**2년 내 설치비 회수**

■ 송정리역사 (신규 호남고속철도 2014년 이후 적용 예상)

전체부하(kcal/h)	지열적용부하(kcal/h)	비율(지열/전체*100)%	B/C
822,852	432,972	**52.6**	**2년 내 설치비 회수**

나. 도시철도 지하역사 신재생에너지 적용 시장 분석

• 현재 신재생에너지 적용 계획된 도시철도역사 :

❑ 인천 지하철 2호선 지열 및 태양열, 태양광 신재생에너지 적용 예정 –

■ 인천 지하철 2호선 27개역사 (21개 지하역사, 6개 지상역사)

– 총건설비 : 2조 1천 649억원 / 27개역사

- 역사 당 건축공사비 : 약 8백억원 / 1개 역사
- 지열 적용 구간 : 역무실, 기능실의 냉/난방 (승강장, 대합실의 냉방은 제외)
- 신재생에너지공사비 : 약 5 ~ 7억원 **(5% 법적의무사항)**
- 신재생에너지 사용량 : 약 10RT ≃ 30,240kcal/h ≃ 총 필요 전력량의 20~30%

(※ 1RT = 3,024kcal/h)

❑ 서울메트로 지열 신재생에너지 적용 가능성 (지하유출수 이용)

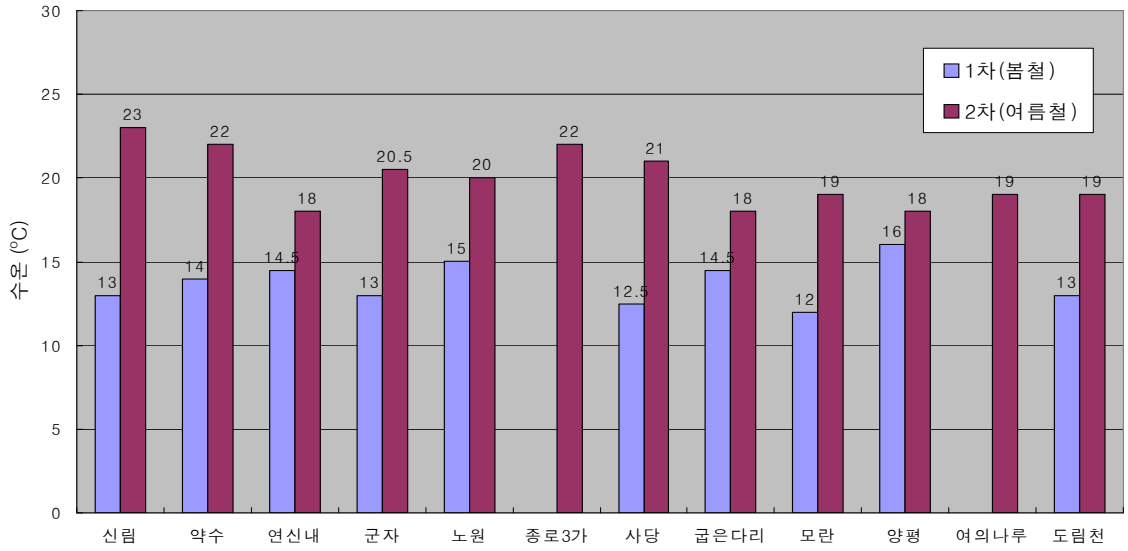


그림 2-94. 도시철도 지열 (지하유출수) 봄 여름 수온

■ 을지로 입구역사

전체부하(kW)	지열적용부하(kW)	비율(지열/전체*100)%	B/C
1501.32	437.16	**29.1**	**2년 내 설치비 회수**

● 전체부하 산정 기준

연번	부하(kW)	용량[kW]	비 고
1	냉방	350.66	
2	난방	86.50	
3	1호계 조명용 저압배전반(L1)	76.08	
4	2호계 조명용 저압배전반(L2)	72.93	
5	조명 상시용 저압배전반 (1호계 상시)	34.50	
6	1호계 동력용 저압배전반(P1)	283.45	
7	P1-2 동력용	16.00	
8	2호계 동력용 저압배전반(P2)	276.60	
9	편의시설 저압배전반(P2)	33.00	
10	동력 상시용 저압배전반 (1호계 상시)	257.80	
11	동력 상시용 저압배전반 (1호계 상시) UNIT	13.80	
	합계	1,501.32	

▶ 냉방 부하

연번	배선용차단기	부하명	용량[kW]	간선규격	비 고
1	4P 400AF/300AT	냉방용 #1	155.00	CV 60㎟/1C*4L, E:IV 14㎟	
2	4P 400AF/300AT	냉방용 #2	149.00	CV 60㎟/1C*4L, E:IV 14㎟	
3	4P 100AF/50AT	실외기 #1	19.76	CV 8㎟/1C*4L, E:IV 5.5㎟	
4	4P 100AF/75AT	실외기 #2	26.90	CV 8㎟/1C*4L, E:IV 5.5㎟	
		합계	350.66		

▶ 난방 부하

연번	배선용차단기	부하명	용량[kW]	간선규격	비 고
1	4P 100AF/40AT	동파방지	20.00	CV 14㎟/1C*4L, E:IV 5.5㎟	
2	4P 50AF/400AT	L-1H	22.00	CV 5.5㎟/1C*4L, E:IV 5.5㎟	
3	4P 50AF/50AT	L-2H	8.10	CV 5.5㎟/1C*4L, E:IV 5.5㎟	
4	4P 50AF/40AT	L-3H	15.00	CV 8㎟/1C*4L, E:IV 5.5㎟	
5	4P 50AF/40AT	L-4H	21.40	CV 8㎟/1C*4L, E:IV 5.5㎟	
		합 계	86.50		

▶ 1호계 조명용 저압배전반(L1)

연번	차단기	부 하 명	용량[kW]	간선규격	비고
1	3P225AF/200AT	L-1-A	7.11	CV 5.5㎟/1C*3, E:IV 5.5㎟	
2	3P100AF/40AT	L-2-A	14.68	CV 5.5㎟/1C*3, E:IV 5.5㎟	
3	3P100AF/50AT	L-3-A	17.82	CV 14㎟/1C*3, E:IV 5.5㎟	
4	3P100AF/50AT	L-4-A	14.78	CV 14㎟/1C*3, E:IV 5.5㎟	
5	3P100AF/30AT	L-5-A	4.8	CV 5.5㎟/1C*3, E:IV 5.5㎟	
6	3P100AF/30AT	L-6-A	4.97	CV 5.5㎟/1C*3, E:IV 5.5㎟	
7	3P100AF/30AT	L-7-A	5.22	CV 5.5㎟/1C*3, E:IV 5.5㎟	
8	3P100AF/30AT	L-8-A	6.7	CV 5.5㎟/1C*3, E:IV 5.5㎟	
		합 계	76.08		

▶ 2호계 조명용 저압배전반(L2)

연번	배선용차단기	부 하 명	용량[kW]	간선규격	비고
1	3P100AF/50AT	L-1-B	8.26	CV 5.5㎟/1C*3, E:IV 5.5㎟	
2	3P100AF/50AT	L-2-B	12.64	CV 8.0㎟/1C*3, E:IV 5.5㎟	
3	3P100AF/50AT	L-3-B	11.12	CV 14㎟/1C*3, E:IV 5.5㎟	
4	3P100AF/50AT	L-4-B	17.32	CV 14㎟/1C*3, E:IV 5.5㎟	
5	3P100AF/50AT	L-5-B	5.6	CV 5.5㎟/1C*3, E:IV 5.5㎟	
6	3P100AF/50AT	L-6-B	6.08	CV 5.5㎟/1C*3, E:IV 5.5㎟	
7	3P100AF/50AT	L-7-B	6.07	CV 5.5㎟/1C*3, E:IV 5.5㎟	
8	3P100AF/30AT	L-8-B	5.84	CV 5.5㎟/1C*3, E:IV 5.5㎟	
		합 계	72.93		

▶ 조명 상시용 저압배전반 (1호계 상시)

연번	배선용차단기	부 하 명	용량[kW]	간선규격	비고
1	3P 100AF/ 40AT	전기실	8.50	CV 8.0㎟/1C*3L, E:IV 5.5㎟	
2	3P 100AF/ 40AT	방송실	10.00	CV 8.0㎟/1C*3L, E:IV 5.5㎟	
3	3P 100AF/ 40AT	통신기계실	10.00	CV 8.0㎟/1C*3L, E:IV 5.5㎟	
4	3P 100AF/ 30AT	방제용	5.00	CV 8.0㎟/1C*3L, E:IV 5.5㎟	
5	3P 100AF/ 30AT	큐비클조명	1.00	CV 8.0㎟/1C*3L, E:IV 5.5㎟	
		합 계	34.50		

▶ 1호계 동력용 저압배전반(P1)

연번	차단기	부 하 명	용량[kW]	간선규격	비 고
1	4P 400AF/ 300AT	외선측환기실	152.70	CV 150㎟/1C*4L, E:IV 22㎟	
2	4P 100AF/ 50AT	물탱크실	6.60	CV 5.5㎟/1C*4L, E:IV 5.5㎟	
3	4P 100AF/ 100AT	청원전력 #1	36.77	CV 22㎟/1C*4L, E:IV 5.5㎟	
4	4P 100AF/ 75AT	청원전력 #3	44.61	CV 22㎟/1C*4L, E:IV 5.5㎟	
5	4P 100AF/100AT	SK 통신실	7.00	CV 5.5㎟/4C, E:IV 5.5㎟	
6	4P 100AF/50AF	장난감대여점	24.77	CV 14㎟/1C*4L, E:IV 5.5㎟	
7	4P 100AF/100AF	승강장분수대	10.00	CV 38㎟/1C*4L, E:IV 5.5㎟	
8	2P 100AF/60AF	전파기지국	1.00	TFR-CV22㎟/1C*2L,E:IV 8㎟	
		합 계	283.45		

▶ P1-2 동력용

연번	배선용차단기	부 하 명	용량[kW]	간선규격	비 고
1	4P 100AF/50AT	PSD광고	16.00	TFR-8 16㎟/1C*4L, E:HIV 14㎟	
		합 계	16.00		

▶ 2호계 동력용 저압배전반(P2)

연번	배선용차단기	부 하 명	용량[kW]	간선규격	비 고
1	4P 400AF/ 300AT	내선측 환기실	147.50	CV 150㎟/1C*4L, E:IV 14㎟	
2	4P 100AF/ 100AT	청원전력 #2	27.10	CV 22㎟/1C*4L, E:IV 5.5㎟	
3	4P 100AF/ 40AT	청원전력 #4	6.20	CV 5.5㎟/1C*4L, E:IV 5.5㎟	
4	4P 100AF/ 40AT	청원전력 #5	7.20	CV 5.5㎟/1C*4L, E:IV 5.5㎟	
5	4P 100AF/ 60AT	하나은행	6.90	CV 14㎟/4C, E:IV 8㎟	
6	4P 100AF/ 75AT	더패이스 샵	8.00	CV 8.0㎟/4C, E:IV 5.5㎟	
7	4P 100AF/ 100AT	철도토목분소	50.40	CV 22㎟/1C*4L, E:IV 5.5㎟	
8	4P 100AF/ 40AT	202-6호(스넥코너)	19.70	CV 14㎟/1C*4L, E:IV 5.5㎟	
9	4P 100AF/ 30AT	IMT 2000	3.60	CV 14㎟/4C, E:IV 8㎟	
		합 계	276.60		

▶ 편의시설 저압배전반(P2)

연번	배선용차단기	부 하 명	용량[kW]	간선규격	비 고
1	4P 100AF/50AT	E/V 내선(내부)	11.00	TFR-CV8㎟/1C*4L, E:HIV 5.5㎟	
2	4P 100AF/50AT	E/V 외선(내부)	11.00	TFR-CV8㎟/1C*4L, E:HIV 5.5㎟	
3	4P 100AF/50AT	E/V 외부	11.00	TFR-CV8㎟/1C*4L, E:HIV 5.5㎟	
		합 계	33.00		

▶ 동력 상시용 저압배전반 (1호계 상시)

연번	배선용차단기	부 하 명	용량[kW]	간선규격	비 고
1	4P 225AF/ 200AT	외선측 제연설비	41.00	CV 22㎟/1C*4L, E:IV 5.5㎟	
2	4P 225AF/ 125AT	내선측 제연설비	41.00	CV 22㎟/1C*4L, E:IV 5.5㎟	
3	4P 225AF/ 200AT	배수펌프	33.00	CV 22㎟/1C*4L, E:IV 8.0㎟	
4	4P 225AF/ 200AT	물탱크실	75.40	CV 60㎟/1C*3L, N:CV8㎟ E:IV 14㎟	
5	4P 100AF/ 50AT	오수펌프	11.00	CV 14㎟/1C*4L, E:IV 5.5㎟	
6	4P 100AF/ 50AT	충전기반	11.00	HIV 14㎟/1C*3L	
7	4P 100AF/ 50AT	터널조명(시청측외선)	10.00	CV 14㎟/1C*4L, E:IV 5.5㎟	
8	4P 100AF/ 50AT	터널조명(시청측내선)	10.00	CV 14㎟/1C*4L, E:IV 5.5㎟	
9	4P 100AF/ 50AT	터널조명(3가측 내선)	10.00	CV 14㎟/1C*4L, E:IV 5.5㎟	
10	4P 100AF/ 50AT	터널조명(3가측 외선)	10.00	CV 14㎟/1C*4L, E:IV 5.5㎟	
11	4P 100AF/ 50AT	비상콘센트	2.70	HIV 14㎟/1C*4L, E:IV 5.5㎟	
12	4P 100AF/ 50AT	비상콘센트	2.70	HIV 14㎟/1C*4L, E:IV 5.5㎟	
		합 계	257.80		

▶ 동력 상시용 저압배전반 (1호계 상시) UNIT

연번	배선용차단기	부 하 명	용 량 [kW]	간선규격	비 고
2	4P 100AF/ 50AT	대합실 셔터	5.00	CV 5.5㎟/1C*3L, E:IV 5.5㎟	
3	4P 100AF/ 30AT	W/L(장애인 리프트)	2.20	CV 5.5㎟/1C*4L, E:IV 5.5㎟	
4	4P 100AF/ 50AT	W/L(장애인 리프트)	2.20	CV 5.5㎟/1C*4L, E:IV 5.5㎟	
5	4P 100AF/ 50AT	W/L(장애인 리프트)	2.20	CV 5.5㎟/1C*4L, E:IV 5.5㎟	
6	4P 100AF/ 50AT	W/L(장애인 리프트)	2.20	CV 5.5㎟/1C*4L, E:IV 5.5㎟	
		합 계	13.80		

■ 신촌입구역사

전체부하(kW)	지열적용부하(kW)	비율(지열/전체*100)%	B/C
1471.19	298	**20.2**	**2년 내 설치비 회수**

● 전체부하 산정 기준

연번	부하(kW)	용량[kW]	비 고
1	냉방	298.00	
2	1호계 조명용 저압배전반	80.27	
3	2호계 조명용 저압배전반	70.49	
4	1호계 동력용 저압배전반(P1)	558.80	
5	2호계 동력용 저압배전반(P2)	463.63	
	합계	1,471.19	

▶ 냉방 부하

연번	배선용차단기	부 하 명	용 량(KVA)	간선규격	비고
1	3P 400AF/400AT	냉방MCCB(좌)	149	IV100㎟ x 3	
2	3P 400AF/400AT	냉방MCCB(우)	149	IV100㎟ x 3	
		합 계	298.00		

※ 신촌역난방 부하 없음.

▶ 1호계 조명용 저압배전반

연번	배선용차단기(규격)	부 하 명	용량(kW)	간선규격	비고
1	3P 100AF/ 100AT	L-1A	6.54	CV22㎟ x 3	
2	3P 100AF/ 100AT	L-2A	17.48	CV22㎟ x 3	
3	3P 100AF/ 60AT	L-3A	18.05	CV22㎟ x 3	
4	3P 100AF/ 50AT	L-4A	4.16	IV8㎟ x 3	
5	3P 100AF/ 50AT	L-5A	3.36	IV8㎟ x 3	
6	3P 100AF/ 50AT	L-6A	4.40	IV8㎟ x 3	
7	3P 100AF/ 50AT	L-7A	5.78	IV8㎟ x 3	
8	3P 100AF/ 50AT	컴퓨터싸인보드	1.30	CV5.5㎟ x 2	
9	3P 100AF/ 50AT	선물코너	4.00	IV8㎟ x 3	
10	3P 50AF/ 50AT	회전식광고	13.00	IV8㎟ x 4	
11	3P 50AF/ 50AT	소화전콘센트	2.20	HIV14㎟ x 3	상시
		합 계	80.27		

▶ 2호계 조명용 저압배전반

연번	배선용차단기 (규격)	부 하 명	용량(kW)	간선규격	비고
1	3P100AF/100AT	L-1B	6.87	CV8㎟ x 3	
2	3P 100AF/ 60AT	L-2B	12.40	CV22㎟ x 3	
3	3P 100AF/ 60AT	L-3B	10.41	CV22㎟ x 3	
4	3P 100AF/ 50AT	L-4B	6.92	CV8㎟ x 3	
5	3P 100AF/ 50AT	L-5B	6.20	CV8㎟ x 3	
6	3P 100AF/ 50AT	L-6B	4.40	CV8㎟ x 3	
7	3P 100AF/ 50AT	L-7B	4.64	CV8㎟ x 3	
8	3P 100AF/ 50AT	청원전력	7.80	CV22㎟ x 3	
9	3P 100AF/ 50AT	광고전원	4.80	CV5.5㎟ x 3	
10	3P 100AF/ 100AT	현금지급기.도서판매	3.65	CV5.5㎟ x 3	
11	2P 30AF/ 30AT	멀티비젼동영상	1.20	CV5.5㎟ x 3	
12	2P 30AF/ 30AT	멀티비젼동영상	1.20	CV5.5㎟ x 3	
		합 계	70.49		

▶ 1호계 동력용 저압배전반(P1)

연번	배선용차단기 (규격)	부 하 명	용량(kW)	간선규격	비고
1	3P 400AF/250AT	환기실 A	337	IV100㎟ x 3	
2	3P 225AF/ 225AT	배수펌프	59.00	CV60㎟ x 3	
3	4P 100AF/ 50AT	에어컨 분전함	3.85	CV8㎟ x 4	
4	3P 100AF/ 50AT	소화콘센트	6.00	HIV14㎟ x 3	
5	4P 100AF/ 100AT	H-2	18.00	IV22㎟ x 4	
6	3P 50AF/ 50AT	전기실에어콘	3.15	CV5.5㎟ x 2	

7	3P 225AF/ 225AT	물탱크실	55.40	HIV50㎟ x 3	상시
8	3P 100AF/ 50AT	충전기반	7.50	IV38㎟ x 3	상시
9	3P 200AF/ 125AT	AFC	32.83	IV22㎟ x 3	상시
10	3P 100AF/ 50AT	소화콘센트	6.00	HIV14㎟ x 3	상시
11	3P 100AF/ 100AT	UPS	7.44	IV38㎟ x 3	상시
12	4P 50AF/ 50AT	화장품가게	4.00	CV5.5㎟ x 4	뒷면
13	2P 60AF/ 60AT	전파기지국	18.63	CV22㎟ x 2	뒷면
		합 계	558.80		

▶ 2호계 동력용 저압배전반(P2)

연번	배선용차단기 (규격)	부 하 명	용 량(kW)	간선규격	비고
1	3P 400AF/400AT	환기실B	337.00	IV150㎟ x 3	
2	4P 100AF/ 100AT	H-1	34.50	IV14㎟ x 4	
3	4P 100AF/ 100AT	환기실에어콘	15.50	CV5.5㎟ x 4	
4	4P 100AF/ 100AT	조형분수대	7.50	IV22㎟ x 4	
5	3P 100AF/50AT	오수펌프	15.00	IV14㎟ x 3	
6	3P 100AF/50AT	승강장 셔터	6.00	IV8㎟ x 3	
7	4P 100AF/ 100AT	구청민원실	5.90	CV8㎟ x 3	
8	4P 50AF/ 50AT	A환기실에어콘	3.85	CV5.5㎟ x 2	
9	3P 50AF/50AT	전기실에어콘	3.15	CV5.5㎟ x 2	
10	3P 50AF/15AT	매표실앞 셔터	1.60	IV2㎟ x 3	
11	4P 50AF/50AT	프렌치키스	15.00	CV5.5㎟ x 4	뒷면
12	4P 100AF/75AT	전파기지국	18.63	CV38㎟ x 4	벽체
		합 계	463.63		

❑ 서울메트로 고가역사(지상역사) 태양광 신재생에너지 적용 가능성

■ **신대방역 태양전지 리모델링 비용 및 효과 분석(B/C 분석)**

- 신대방역사 지붕 면적 : 17.075m × 241.470m ≒ 3,662m^2 (단면만 고려)
- 신대방역사 적용 태양전지 스펙 :

  – 면적 1m × 1m =1m^2, – 용량 : 180W, – 비용 : 400천원/개

- 신대방역사 지붕을 태양전지로 리모델링 할 경우 비용 및 전력량 :
  - 전체 필요 면적 = 3,662m^2
  - 이론적 전력 산출량 = 3,662 × 180W = 659,173 W ≒ 659 kW
  - 이론적 비용 = 3,662 × 400,000원 = 14.648 억원
  - 면적당 비용 = 400천원/m^2
  - kW당 공사금액 = 2,222천원/kW
- 신대방역사 태양전지 설치비용 보전 기간 (비용 대 효과)
  - 태양전지 1일 사용 전력비용 : 659kW x 9h x 60원/kWh ≃ 355,860원
  - 태양전지 설치비용 보전 기간 : 14.7억원 ÷ 355,860원 ≃ 4,130일 ≃ 11년

※ 서울메트로 신대방역 평면 및 단면도

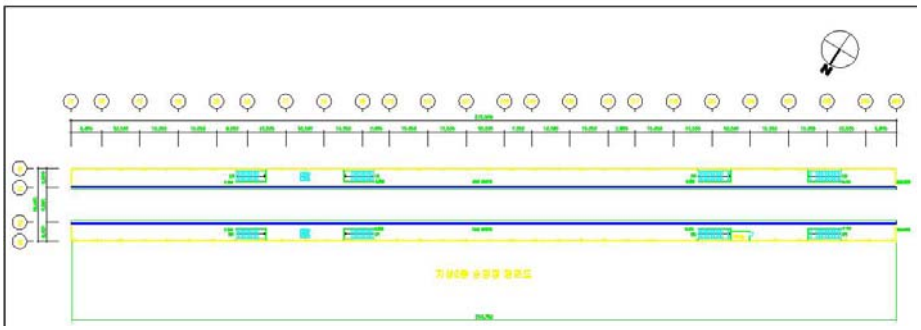


그림 2-95. 신대방역 평면도

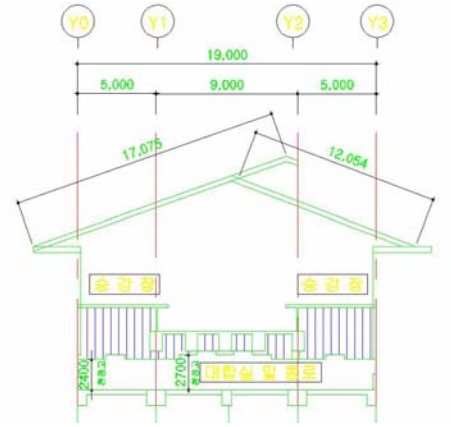


그림 2-96. 신대방역 단면도

■ 서울메트로 군자 차량 기지 태양전지 리모델링 비용

- 군자차량기지 지붕 면적 : 114m × 227m ≒ 25,878m^2 (단면만 고려)
- 군자차량기지 적용 태양전지 스펙 :

  – 면적 1m × 1m =1m^2 , – 용량 : 180W, – 비용 : 400천원/개
- 군자차량기지 지붕을 태양전지로 리모델링 할 경우 비용 및 전력량 :

  – 전체 필요 면적 = 25,878m^2

  – 이론적 전력 산출량 = 25,878 × 180W = 4,658,040 W ≒ 4,658 kW

  – 이론적 비용 = 25,878 × 400,000원 = 103.512 억원

  – 면적당 비용 = 400천원/m^2

  – kW당 공사금액 = 2,222천원/kW

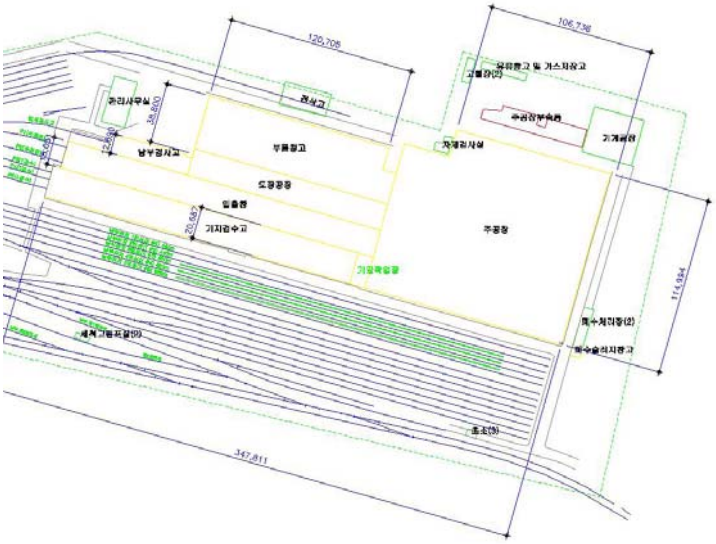


그림 2-97. 군자차량기지 평면도

다. 기존역사 신재생에너지 적용 시장 분석 (광명역사)

❑ 광명 고속철도 역사 연간 전력 사용량 및 전력 요금

(단위 : KWH) (단위 : 원)

년도	구분	월별													년간 분석결과		
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	계	최소치	평균치	최대치
2006	사용량	1,000,539	866,283	793,812	521,190	643,342	756,831	897,690	1,011,632	774,932	683,924	712,083	874,321	9,536,579	521,190	794,715	1,011,632
2007	사용량	978,320	755,808	698,791	529,940	577,294	725,527	848,778	991,200	677,987	562,054	608,674	860,861	8,815,234	529,940	734,603	991,200
2008	사용량	946,275	785,121	560,415	469,228	480,586	486,742	775,775	746,679	559,447	499,283	502,164	713,376	7,525,091	469,228	627,091	946,275
2006	요금	63,870,320	58,313,430	53,240,010	37,035,080	43,525,750	51,002,840	70,352,200	79,764,450	50,583,490	45,704,880	50,070,110	57,194,740	660,657,300	37,035,080	55,054,775	79,764,450

2007	요금	64,975,060	53,019,820	51,172,780	39,530,220	41,717,980	51,598,410	70,942,430	82,417,330	46,393,480	41,003,850	48,076,770	61,902,930	652,751,060	39,530,220	54,395,922	82,417,330
2008	요금	68,915,280	57,225,980	41,153,500	37,127,140	37,346,670	38,805,860	67,399,410	64,566,930	41,529,920	38,440,830	45,101,500	60,342,980	597,956,000	37,127,140	49,829,667	68,915,280

- 2006년 광명역사 월 평균 전력 사용량 / 월평균 요금 : 794,715kWh / 55,054천원
- 2007년 광명역사 월 평균 전력 사용량 / 월평균 요금 : 734,603kWh / 54,696천원
- 2008년 광명역사 월 평균 전력 사용량 / 월평균 요금 : 627,091kWh / 49,829천원

-2006년 광명역사 년간 전력 사용량/년간 요금 : 9,536,579kWh / 660,657,300천원
-2007년 광명역사 년간 전력 사용량/년간 요금 : 8,815,234kWh / 652,751,060천원
-2008년 광명역사 년간 전력 사용량/년간 요금 : 7,525,091kWh / 597,956,000천원

❑ 광명 고속철도 역사 지붕 태양전지 리모델링 비용 및 효과 분석

- 광명역사 지붕 총 면적 : 308m × 154m = 47,492m^2 (절단면만 고려)
- 광명역사 태양전지 적용 면적(가정) : 14,400m^2
- 광명역사 적용 태양전지 스펙 :
  - 면적 1m × 1m =1m^2
  - 용량 : 180W
  - 비용 : 400,000원/개

- 광명역사 지붕을 태양전지로 리모델링 할 경우 비용 및 전력량 :
  - 전체 필요 면적 = 14,400m^2
  - 이론적 전력 산출량 = 14,400 × 180W = 2,592,000 W = 2,592 kW
  - 이론적 비용 = 14,400 × 400,000원 = 57 억원
  - 면적당 비용 = 400천원/m^2

– kW당 공사금액 = 2,199천원/kW

• 광명역사 태양전지 설치비용 보전 기간 (비용 대 효과)

– 태양전지 30일 사용 전력 : 2,592kW x 9h x 30일 ≃ 700,000kWh ≃ 0.53억원(월전기료)

– 태양전지 설치비용 보전 기간 : 57억원 ÷ 0.53억원 ≃ 107개월 ≃ 9년

(※ 실리콘 박막 태양전지 가격은 계속 하락하고 있으며, 지금 같은 추세라면 4년내에 설치비용을 회수 할 수 있을 것으로 판단)

– 한전 매입가격 (436.37원/kW)를 고려하면 ≃ 2,592kWx365일x436.37원/kW ≃ 4억4000만원 / 년간 획득 결과

❑ 독일 베를린 Lehrter Station 역의 경우 :

– 전체 면적 : 1,870m^2 (광명역사의 1/25)

– 전력산출량 = 약 200kW

– 비용 : €3.7million = 약55억원

– 면적당 비용 = 2,940천원/m^2

– kW당 공사금액 = 27,500천원/kW

❑ 도시철도 승강장 및 대합실 압전발전 적용 가능성 및 수요

▷연구동향

일본의 Keio 대학의 요시야스 타케후지(Yoshiyasu Takefuji)는 JR-EAST와 공동으로 압전에너지장치를 개발하여 아래 그림과 같이 동경역의 게이트에 시범 설치하여 유동인구에 따른 발전량을 표시하고 있음. 또한 유동인구가 많은 시부역의 보도에 압전에너지장치를 설치하여 운영 중.

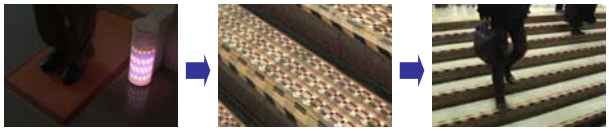




그림 2-98. 일본 압전에너지 발전장치의 설치사례

※ 서울메트로 2호선 강남역

▶ 압전발전시스템 1set 발전량

길이	폭	높이	발전량	비고
30cm	30cm	5cm	0.1W	성인 60kg 기준, 2step

▶ 일수송인원 = 124,717명

▷ 출구계단

출구번호	길이(m)	폭(m)	면적(m2)	출구방향
1번	5.0	4.0	20.0	농협,역삼동
2번	5.0	4.0	20.0	말죽거리
3번	5.0	3.5	35.0	우성APT
4번	5.0	4.0	20.0	서초동
5번	5.0	4.0	20.0	진흥APT
6번	5.0	4.1	20.5	중소기업은행
7번	5.0	4.3	21.5	제일은행
8번	5.0	4.0	20.0	국기원

- 강남역사 계단 설치 예상 면적 = 177 m^2

▷ **역사통로**

설치개수(EA)	길이(m)	폭(m)	비고
4	10m	4m	

- 강남역사 통로 설치 예상 면적 = 160 m^2

▶ 일수송인원에 근거한 압전발전에 의한 일일 예상 발전량 :

124,717명(일수송인원) × 0.1W/m (1step 발전량) × 20steps (예상 진동 수) × 0.5(압전효율) = 124,717W ≃ **125kW**

예상 비용 : 600,000원/m^2 × 337m^2 (177m^2 + 160m^2) ≃ 2억원 (재료비만 고려)
경제성 : **태양전지에 비하여 2배 정도 고가** (그러나 대량 생산이 이루어지면 단가 하락 예상)

□ 서울메트로 일수송인원

(단위 : 명)

순위	역 명	수송인원
1	강 남	124,714
2	잠 실	96,090
3	삼 성	93,724
4	신 림	92,356
5	서울역(1)	83,081
6	고속터미널	81,844
7	종 각	80,721
8	선 릉	80,518
9	강 변	76,052
10	신 촌	74,464
11	구로디지털	74,309
12	홍대입구	71,032
13	신도림	69,638
14	역 삼	67,060
15	을지로입구	63,706
16	서울대입구	63,615
17	종로3가(1)	62,108
18	건대입구	61,742
19	양 재	61,017
20	청량리	59,217
21	수 유	58,536
22	사당(2)	58,054
23	혜 화	57,888
24	압구정	57,210
25	명 동	54,506
26	교대(2)	53,024
27	연신내	50,848
28	당 산	50,221
29	충무로	47,369
30	창 동	47,340
31	남부터미널	47,004
32	미아삼거리	44,376
33	대 림	43,703
34	회 현	43,448
35	쌍 문	41,938
36	시청(1)	40,912
37	종로5가	40,780
38	낙성대	36,686
39	총신대입구	36,260
40	합 정	36,093
41	동대문(4)	35,180
42	사당(4)	35,043
43	시청(2)	34,159
44	길 음	33,260
45	이 대	32,931
46	안 국	32,540
47	동 · 운(4)	32,440
48	신 사	32,350
49	구 의	32,111
50	영등포구청	31,286
51	신대방	31,253
52	성신여대	30,908
53	노 원	30,618
54	봉 천	30,397
55	제기동	29,938
56	상 계	29,725
57	성 수	29,413
58	홍 제	29,360
59	신 천	27,732
60	경복궁	27,322
61	동대문(1)	26,494
62	방 배	25,998
63	문 래	25,714
64	불 광	25,565
65	신설동(1)	24,780
66	숙대입구	23,993
67	동 · 운(2)	23,476
68	미 아	23,445
69	신용산	23,393
70	서 초	22,793
71	뚝 섬	21,995
72	한성대입구	21,737
73	녹 번	21,449
74	성 내	21,166
75	을지3가(2)	20,792
76	종합운동장	20,643
77	한양대	19,944
78	왕십리	19,822
79	약 수	18,789
80	신정네거리	18,765
81	신 당	18,366
82	을지로4가	17,650
83	교대(3)	17,282
84	당고개	16,700
85	동대입구	16,550
86	아 현	16,170
87	충정로	15,589
88	매 봉	15,531
89	수 서	15,128
90	대 치	14,843
91	종로3가(3)	14,531
92	상왕십리	14,242
93	구파발	14,072
94	금 호	13,458
95	대 청	13,209
96	을지3가(3)	12,158
97	서울역(4)	12,118
98	옥 수	12,053
99	일 원	11,977
100	양천구청	11,938
101	이 촌	11,928
102	도 곡	11,655
103	동묘앞	11,250
104	독립문	10,901
105	삼각지	8,345
106	잠 원	8,019
107	신설동(2)	6,169
108	무악재	5,951
109	동 작	4,598
110	지 축	4,170
111	학여울	4,164
112	용 답	3,237
113	용두역	2,569
114	신 답	2,278
115	남태령	1,530
116	도림천	1,096
계	**3,953,345**	

예상 연구내용 및 소요예산 (백만원) : (**운영기관 및 학계의견**)

구 분	연 구 내 용	정부출연금	민간부담금
1차년도 (2010년)	○ 압전 발전시스템의 기술요건 정립 및 기본설계 • 국내외 문헌 및 보고서 입수 분석 – 문헌조사비 (50백만원) • 차세대 고효율 압전 발전시스템의 설계요건 및 성능평가 요건정립 • 압전 발전시스템의 기본설계 및 설계도서 작성 – 기본설계 및 설계도 (50백만원) – 유한요소해석을 이용한 시뮬레이션 (200백만원)	300	50
2차년도 (2011년)	○ 철도 역사 적용 압전 발전시스템 개발 – Ⅰ • 역사용 압전 발전시스템의 시스템의 기본설계 보완 및 상세설계 (200백만원) • 철도 역사용 압전 발전 모듈 및 전력공급 장치 개발 – 압전발전 모듈 제작 (300백만원)	500	100
3차년도 (2012년)	○ 철도 역사 적용 압전 발전시스템 개발 – Ⅱ • 철도 역사용 압전 발전 모듈 및 전력공급 장치 개발 – 전력공급장치 개발 (200백만원) • 대규모 유동인구에 따른 시스템의 성능평가 및 보완제작 (200백만원)	400	100
4차년도 (2013년)	○ 철도 역사 적용 압전 안전유도시스템 개발 • 철도역사내 안전유도시스템의 최적설계 및 시제품제작 (100백만원) • 내열성 및 내구성을 고려한 시스템의 성능평가 및 보완제작 (50백만원) • 시스템의 전기설비 현장시험 시공 및 현장 적용성 평가 (50백만원)	200	50
		1,200	300
합계		1,500	

5. 철도 신재생에너지 인터페이스 기술

가. 철도시스템 적용 신재생에너지 인터페이스 기술

❑ 철도 터널 압전 발전 장치 시스템 :

▷ 연구동향 : Advanced Cerametrics에서 제작한 Piezoelectric Fiber Composites을 사용하여 13초 동안 30 Hz 진동으로 880mJ(40V)을 얻을 수 있는 Energy Harvesting System을 제작하였다. 이는 분당 0.7mJ을 필요로 하는 LCD 시계를 20시간동안 작동시킬 수 있으며, 이러한 Fiber Composites은 의료장치, 건물, 장비 콘트롤 장치, 스포츠용품 등에 응용하고 있다. 이와 관련하여 일본의 세이코사에서는 발전 성능이 1mm의 진폭으로 2Hz 주기로 진동시 30분에 0.66J 정도로 전자시계의 소모 전력은 충분히 확보될 수 있는 것으로 보고하고 있다. 또한 Advanced Cerametrics에서는 압전소자와 결합된 구조에 강철로 이루어진 볼을 압전세라믹 소자판으로 떨어뜨려서 소자판과의 충돌에 의해 기계적 충돌에너지를 적용시켜서, 파형진동을 기판을 포함한 압전 세라믹 소자 판에 야기시키는 것에 위해 전기적인 에너지를 얻었다.

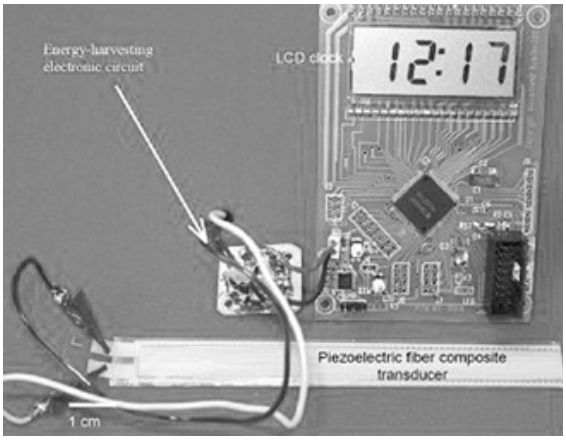


그림 2-99. Piezoelectric Fiber Composites

▷ 연구내용 : 터널을 주행하는 열차풍에 의한 압력 및 진동에 의해 전력을 발생

하는 터널형 압전발전장치 : 철도 터널용 압전 발전장치 모듈 설계, 압전장치 시세품 개발, 압전발전장치 시험 및 평가 필요.

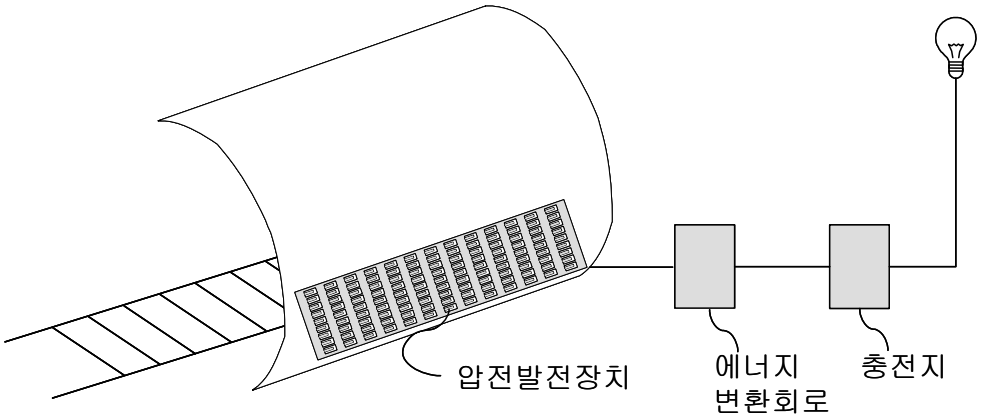


그림 2-100. 터널형 압전발전장치

❑ 철도 역사 신재생에너지 인터페이스 기술

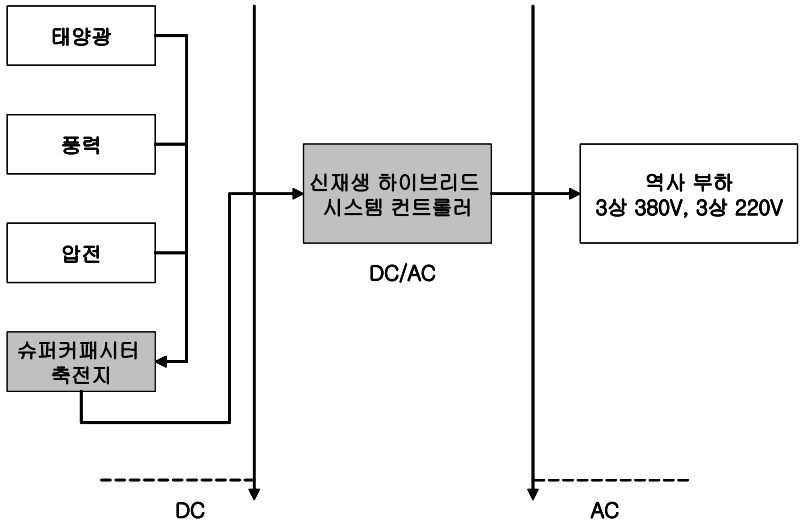


그림 2-101. 태양광-풍력-압전-슈퍼캐시터 축전지 계통
연계시스템 계략도

▶ 슈퍼캐패시터를 이용한 대용량 신재생에너지 저장장치

- 슈퍼캐패시터는 전기화학적 에너지저장장치로 일반 배터리 대비 적은 에너지 밀도를 가지나, 극히 낮은 내부저항의 특징으로 약 20배이상의 출력밀도를 구현할 수 있다. 슈퍼캐패시터는 배터리보다 광범위한 온도에서도 높은 신뢰성을 유지/작동하며, 특히 50만 사이클 이상의 수명을 가지는(유지보수비 불필요) 차세대 에너지 저장장치이다.

특성	Capacitor	Super-Capacitor	Battery
방전시간	<수초 단위	>수분 단위	>수십분 단위
충전시간	초 단위	초~분 단위	시간 단위
에너지밀도(Wh/kg)	0.01 ~ 0.1	5 ~ 10	10 ~ 100
출력밀도(W/kg)	<100,000	<10,000	<1,000
효 율	>95%	90% ~ 98%	50% ~ 85%
수명(회)	>500,000	>500,000	<1,000
온도특성	-55℃ ~+125℃	-40 ~ +70℃	0℃ ~ +60℃
응답속도	수 msec	수 msec	수 sec
환경성	친환경	친환경	폐기물 발생

▶ 대전지하철공사 에너지회생시스템용 슈퍼캐패시터

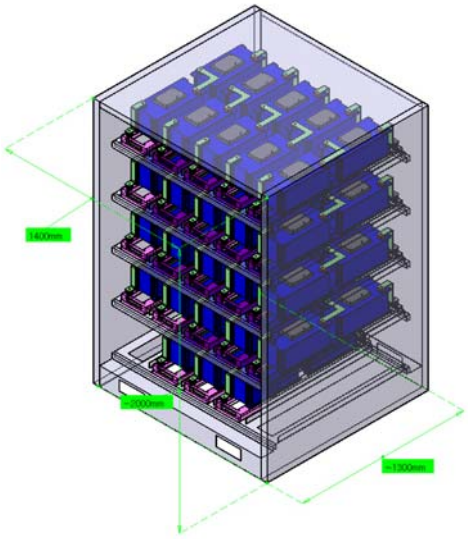


그림 2-102. 슈퍼캐패시터 계략도

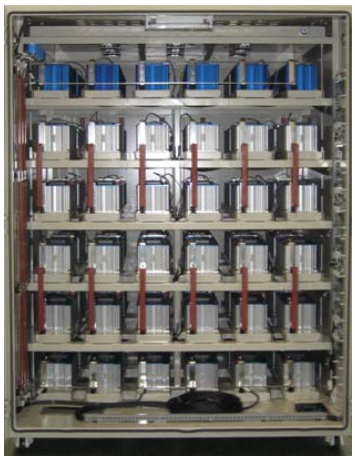


그림 2-103. 대전지하철공사에 실제 설치된 슈퍼캐패시터

○ 구성

구 분	내 용	비 고
에너지저장장치	에너지 발생부	에너지 변환기기
	제 어 부 전압변환부	자동제어부
		안전장치제어부

○ 필요조건

1) 재 료

가. 시스템의 재료는 KS 규격품 또는 동등 이상이어야 한다.

나. 제조 및 가공형태

: 에너지저장장치는 에너지 발생부, 전압변환부와 제어설비 등을 수용할 수 있는 제어함 등으로 구성하여야 하며, 양방향으로 전류의 이동이 이루어질 수 있도록 구성하여야 한다.

다. 에너지 발생부

:본체의 각 부분은 기계적, 전기적 전자력에 충분히 견디어야 하며, 에너지 발생 및 충전이 원활해야 한다.

라. 제어부

: 에너지저장장치를 전기적 자동 또는 수동조작이 가능하도록 전원장치, CPU, 제어모듈 등을 수용할 수 있는 구조이여야 한다.

마. 전압변성부

: 에너지 발생부와 부하측간 전원공급이 원활해야 하며, 부하에 전원공급을 원활하게 시행할 수 있는 구조이어야 한다.

2) 성능 및 특성

가. 에너지저장장치는 전철변전소 등에 설치되어 부하에 공급되는 전력품질 데이터를 취득·분석하여 원격감시제어시스템으로 전송할 수 있는 구조이어야 한다.

나. 이 장치는 현장에서 유지보수 및 고장진단을 수행할 수 있는 칼라 MMI 모듈(LCD Monitor Panel)이 구비되어야 하며, 필요시 휴대용 컴퓨터를

이용하여 편리하게 사용할 수 있도록 별도 Port가 구비 되어야 한다.

다. 각 기능 모듈에는 입/출력 상태를 눈으로 직접 알아볼 수 있도록 표시하여야 한다.

라. 변전소에서 공급하는 부하가 설정치(5%~10%)보다 초과되었을 경우 에너지저장장치는 전력을 공급하여 변전소에서 공급하는 부족분의 전력을 보상하여야 한다.

마. 사고 발생시는 보호계전기 등을 이용하여 전차선로와 에너지저장장치를 분리하여야 한다.

바. 부하의 입력 전압 노이즈에 대하여 에너지저장장치는 동작하지 않아야 한다.

▶ 신재생에너지 하이브리드 시스템 컨트롤러

○ 인버터 [inverter] : 직류전력을 교류전력으로 변환하는 장치(역변환장치)

○ 예) 직류 회생장치에 사용되는 인버터((DC1620V, 1000kW, HITACHI)

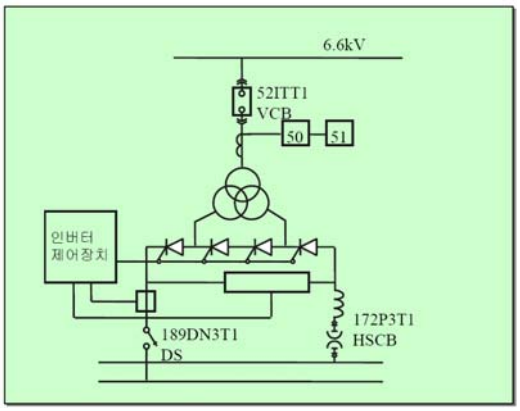


그림 2-104. 회생인버터 회로



그림 2-105. 회생인버터



그림 2-106. 회생인버터 변압기

○ 원리 : 직류 회생에너지를 사이리스터 인버터에서 교류로 변환. 전력계통으로 되돌림에 따라 에너지를 소비한다.

○ 부대설비

- 고조파필터/직류필터, 역률, 전압보상장치, 인버터용변압기

○ 시스템 요구사항

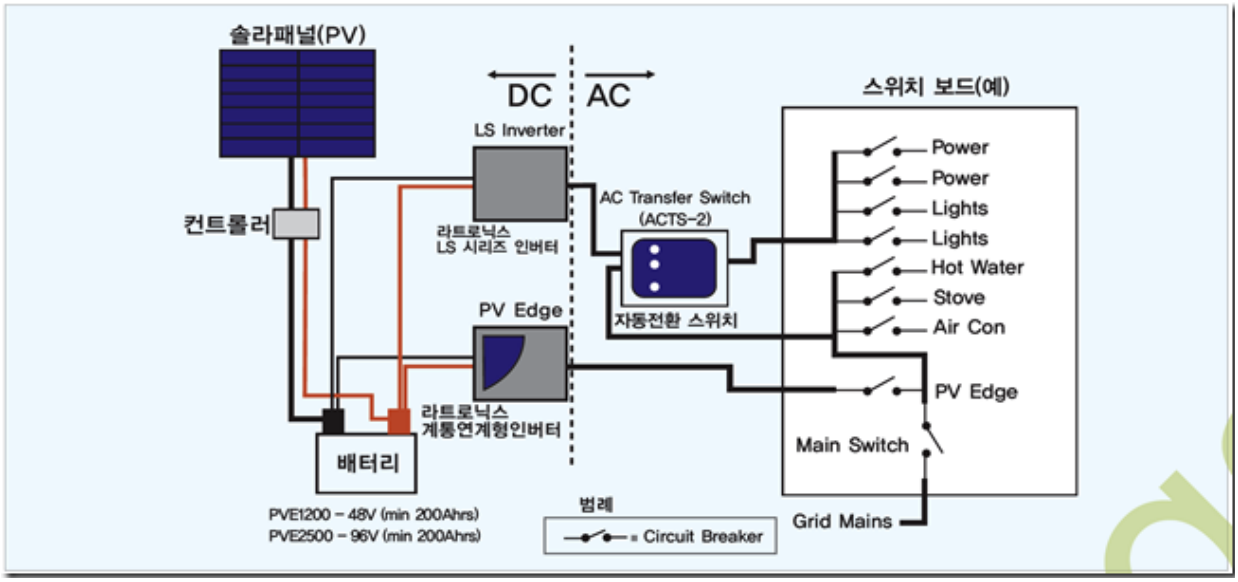
가. 에너지 변환부의 단위별 용량은 1MVA이상

나. 에너지 변환부의 전압은 AC ->DC , DC->AC 변환 구조이여야 한다.

다. 에너지 변환부 및 부하측은 동기가 이루어져야 한다.

※ 참고

○ 일반적인 태양 에너지 관련 주요 장치 및 기술



▷ 태양에너지 발전장치 구성

1. 태양전지 어레이(PV array)
2. 인버터(Inverter)
3. 직류 전력 조절장치(DC Power Condition)
4. 계통 연계 제어
5. 축전지(Battery)

○ 기존연구와의 차별화

– 기존연구 : 2006년 전기연구원에서 개발한 신재생에너지 계통연계시스템은 태양광-풍력에 의해 생산된 전력을 납축전지를 이용하여 3상 220V으로 연계하는 시스템.

– 기획연구 : 태양광-풍력-압전에 의해 생산되는 전력을 슈퍼캐패시터 축전지를 이용하여 역사전기설비 전원으로 적합한 3상220V와 3상 380V로 연계하는 시스템. (서울메트로 역사설비 전원공급방식 참조)

(서울메트로 역사설비 전원공급방식)

서울 메트로 정거장 각 부분에서 사용하는 전기기기는 다양한 규격과 용량으로 구성되어 있으며 각 기기에 적합한 전원공급 방식은 다음과 같다.

가. 동력간선 : 3Φ3W 380V, 3Φ4W 380/220V × 2회선(배수펌프용 MCCB)

나. 조명간선 : 3Φ4W 380/220V

다. 신호기계실 전원 : 1Φ2W 220V(전용변압기)

라. 통신 및 AFC 전원 : 3Φ4W 380/220V × 1회선, 3Φ3W 380V × 1회선

마. 터널 조명 및 콘센트 전원 : 3Φ4W 380/220V(층별 2회선 공급)

바. 냉동기 전원 : 3Φ3W 6.6KV

사. 냉동기 부대설비 전원 : 3Φ3W 380V

아. 터널 환기설비 전원 : 3Φ3W 380V

자. 에스컬레이터 전원 : 3Φ4W 380/220V

차 엘리베이터 전원 : 3Φ3W 380V

카. 장애자용 휠체어리프트 전원 : 1Φ2W 220V

타. 비상 콘센트 전원 : 3Φ4W 380/220V

파. 전동 샷다 전원 : 3Φ3W 380V

○ 연구내용

: 태양광, 풍력 및 압전장치에 의해 발생된 전력을 역사의 전기설비 전원으로 사용하는 철도 역사 신재생에너지(태양광, 풍력, 압전) 인터페이스를 위한 계통연계 시스템 개발로서, 세부 연구내용은 신재생에너지 하이브리드 시스템 컨트롤러 개발과 슈퍼캐패시터를 이용한 대용량 신재생에너지 저장장치개발이다.

▶ 계통연계 인버터 시스템 :

– 태양광, 풍력, 압전시스템으로부터 공통 직류단에 입력되고 있는 직류전

력을 교류전력 3상220V 와 3상380V으로 변환하여 계통에 투입한다.

▷ 주변장치

고조파 필터/ 직류필터

역률,전압보상장치

인버터용 변압기

▶ 연구개발내용

○ 기초기술 및 전력변환기 기본 모델 개발

○ 계통연계 인버터 시제품제작 및 주변장치 설계

○ 계통연계 인버터 성능평가

○ 현장시험 시공 및 현장 적용성 평가

3절 기존연구와의 중복성 검토

1. 기존연구와의 중복성 검토

가. 풍력에너지 적용 철도 시스템 및 역사 구축 기술 개발

- 풍력에너지를 이용한 기존의 산업계에의 적용 기술은 다양하게 진행되어 왔으나, 국내에서 철도 시스템에 적용 사례는 현재 까지는 없음.
- 중복성 없음.

나. 태양광 에너지 적용 철도 시스템 구축 기술 개발

- 태양광에너지를 이용하여 전력을 생산하고 있는 경우는 여러 산업분야에서 진행되고 있으므로, 기 수행된 연구성과 및 자원을 활용하여 철도 시스템 적용 연구 과제를 수행하는 것이 필요.
- 중복성 없음.

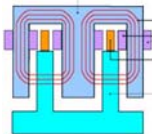
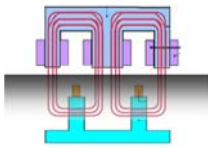
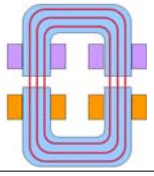
다. 압전발전기술 적용 철도 시스템 구축 기술 개발

- 철도에 적용 가능한 압전발전기술 개발은 지식경제부의 신재생에너지 지원 사업과 동일한 사업 영역에 있고 기술적 유사성이 높기 때문에, 기 수행된 연구성과 및 자원을 최대한 본 사업에 반영하여 국가 지원 연구 과제의 성과물의 활용도를 높일 수 있도록 추진하는 것이 바람직함.
- 중복성 없음.

라. 친환경 교통 시스템용 급전 시스템 구축 기술 개발

- 공공수송부분인 철도 시스템에 관련된 기관에서 연료전지를 이용한 Hybrid 시스템의 적용사례는 없으며, 철도차량을 대상으로 한 연료전지 및 유도급전/집전을 이용한 Hybrid 전력 공급 시스템 개발 관련 검토 연구는 전 세계적으로 한국철도기술연구원이 최초임.
- 유도급전기술의 경우, 원리적 측면에서는 모두 동일하나 중복성의 판단은 1차 코어의 유무 및 2차 코어의 형상설계, 무접촉 자유도 등의 기술적 분석을 통해 적용 가능성을 가지는 시스템의 분류가 동일한지 여부에 따라 달라지는 것이 타당함.

표 2-22. 개발기관별 유도급전/집전 시스템의 기술적 차이점

개발기관	유도급전 Type 및 형상	기술적 특징			일반적인 적용 System	급전성능	
		Primary core	Pickup core	무접촉 자유도		주행중 급전	급속 충전
전기연	< E-core > 	core less	E	1D	공장/자동화	상	중
KAIST	< Flat E-core > 	core less	E	3D	도로차량	중	하
철도연	< U-core > 	U	U	3D	궤도차량	상	상

1) 원리적 측면 : 전기기기 및 전력전자 교과서에 수록된 변압기 및 교류 전원장치의 기본원리

2) 중복성 비교 : 중복성이라 함은 선행 연구 결과의 직접 및 단순 설계변경에 의한 적용 가능성을 기준으로 검토

- 철도연에서 제안한 시스템의 경우, 공공운송시스템의 특성상 1차 급전시스템에 의한 전자파 차단을 위해 차량의 운행제어와 함께 가선전원(1차 급전측)의 ON/OFF 제어가 필요하며, 이외에도 전력변환 설비의 최소화를 위하여 급속충전에 의한 배터리 운행 및 구간 충전에 필요한 차량 추진시스템의 Energy Management System 개발이 함께 이루어지는 특징을 가짐.

4절 과제의 최종연구 목표 및 범위

1. 연구의 최종 목표

- 신재생 에너지 (풍력, 태양광, 지열, 압전소자 등)를 이용하여 환경친화적이고, 화석연료 소비를 감소시킬 수 있는 철도 역사 시스템 개발 및 도시철도 지하역사를 포함한 신재생에너지 적용 기술 개발
  - 일반철도역사/선로변 신재생에너지 적용 기술 개발 및 인터페이스 기술 개발
  - 도시철도(지하)역사 신재생에너지 적용 기술 개발

2. 연구개발 과제명

녹색성장 구현을 위한 철도 신재생에너지 기술 개발

3. 연구범위

가. 풍력에너지 적용 철도 시스템 및 역사 구축 기술 개발

- 철도 역사/시스템에 중소형 고효율 저소음 풍력발전 시스템을 적용하고 발전된 전력을 활용하여 역사 및 철도 시스템 적력으로 활용하는 기술 개발.

나. 태양광 에너지 적용 철도 시스템 구축 기술 개발

- 철도 시스템 적용 실리콘 박막형/염료 감응(유기) 태양전지 기술 개발을 통하여 태양에너지를 이용한 친환경적인 중규모 철도 모델 역사 통합형 BIPV (Building Integrated Photovoltaic) 시스템을 개발.

다. 압전발전기술 적용 철도 시스템 구축 기술 개발

- 철도 시스템 적용 고효율 압전조성 기술을 통하여 진동에너지, 열차풍 에너지, 압력에너지 등을 전기적 에너지로 변환하여 친환경적인 철도 시스템을 구축하고자 함.

라. 지열 에너지 적용 철도 시스템 구축 기술 개발

- 지열 에너지 적용 철도 역사 시스템 최적 운전제어 기술 개발
- 철도역사 적용 연료 전지와 지열 시스템 연계 기술 개발
- 대/저심도 철도 터널 냉난방/지열열병합 연계 기술 개발
- 기존 역사 리모델링 기술을 통한 지열 에너지 적용 기술 개발

5절 연구목표 달성을 위한 세부과제 도출

1. 세부과제 및 핵심요소기술 도출

1.1 연구 방향 :

가. 일반철도역사/선로변 신재생에너지 적용 기술 개발 및 인터페이스 기술 개발 – 신재생에너지 비율 **80% 목표**

나. 도시철도(지하)역사 신재생에너지 적용 기술 개발 – 신재생에너지 비율 **30~50% 목표**

1.2 일반철도역사와 도시철도 지하역사 신재생에너지 적용 기술 차이 :

	일반철도역사 신재생에너지 적용 기술	**도시철도 지하역사 신재생에너지 적용 기술**	비고
적용 가능 신재생에너지	1. 지열 2. 태양전지 3. 풍력	1. 지열 2. 압전 3. 풍력	
신재생에너지 적용 시 역사의 장점	1. 지상역사이므로 태양전지 적용 가능 2. BIPV 기술 적용 가능 3. 지열 공사(지하300m) 수월 4. 위치에 따라 풍력발전 가능	1. 대규모 승객들로 인하여 압전 발전 유리 2. 지하터널벽과 철도차량 사이의 각격이 매우 좁아 압전 발전 가능 3. 스크린 도어의 지하 밀폐성으로 인하여 풍력발전	

		유리 4. 지하유출수 이용시 지열 효율 유리	
신재생에너지 적용 예정 역사	- 호남고속철도 역사 : **공주, 정읍, 송정리, 익산역** 등 (지열) : 2014년 이후 적용예정	- **인천도시철도공사** (지열 및 태양전지) : 인천 지하철 2호선 27개 역사 전체, 2014년 개통 예정- 현재 진행 중	

1.3 현재 철도 시스템에 적용 예정 신재생에너지와 차후 R&D를 통하여 적용될 신재생에너지 기술의 차이

	현재 철도 적용 예정 신재생에너지 기술	R&D를 통하여 철도 적용 가능 신재생에너지 기술
기술의 차이점	- 현재는 실리콘 박막 태양전지, 지열에너지 등 **이미 확인된 기성재품**에 가까운 신재생에너지 기술만 적용 예정 - 중소형 업체 수준에서 가능한 기술만 적용	- 염료감응 반투명 태양전지 (BIPV) - 환경 적응 블레이드 설계를 통한 풍력발전기 기술 - 신소재 압전발전 기술 - 지하유출수(저심도)를 이용한 지열 에너지 적용 기술

2. 세부과제의 연구 목표 및 연구내용

가. 녹색성장 구현을 위한 철도 신재생에너지 기술 개발

연 구 목 표	연 구 내 용
녹색성장 구현을 위한 철도 신재생 에너지 기술 개발	태양I-① 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 설계 • 태양광 발전 이용 가능 역사 선정 및 D/B 구축 • 철도 역사 지붕 태양전지 적용 방안 연구 • 철도 역사 창/벽면 BIPV 기술 적용 방안 연구 • 철도 역사 적용형태에 따른 태양전지 종류 선정 – 실리콘 박막형 태양전지 – 염료감응 반투명형 태양전지 • BIPV 기술 적용을 위한 샘플 모듈 설계 및 제작 • 철도 역사 BIPV 태양전지 샘플 설치 및 시험 평가 • 철도 역사 BIPV 태양광 발전 평가 기술 개발 태양I-② 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 모듈제작 및 설치 • 철도역사 지붕 태양전지 발전기 시스템 설치 • 철도 역사 BIPV 기술 접목을 위한 모듈 제작 • 철도 역사 BIPV 태양광 발전 시험 평가 기술 개발 태양I-③ 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 설치 • 철도역사 지붕 태양광 발전기 시스템 설치 • 철도 역사 BIPV 태양광 발전기 시스템 설치 • 철도 역사 BIPV 태양광 발전 시험 평가 기술 개발 태양I-④ 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 운영 및 검증 • 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 운영 및 검증 태양II-① 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 설계 • 태양광 발전 이용 가능 방음벽/방풍벽 선정 및 D/B 구축

	• 철도 선로변 태양전지 적용 방안 연구 • 철도 선로변 BIPV 기술 적용 방안 연구 • 철도 선로변 적용형태에 따른 태양전지 종류 선정 – 실리콘 박막형 태양전지 – 염료감응 반투명형 태양전지 • BIPV 기술 적용을 위한 샘플 모듈 설계 및 제작 • 철도 선로변 BIPV 태양전지 샘플 설치 및 시험 평가 • 철도 선로변 BIPV 태양광 발전 평가 기술 개발 태양II-② 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 모듈제작 및 설치 • 철도 선로변 태양전지 발전기 시스템 설치 • 철도 선로변 BIPV 기술 접목을 위한 모듈 제작 • 철도 선로변 BIPV 태양광 발전 시험 평가 기술 개발 태양II-③ 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 설치 • 철도 선로변 태양전지 발전기 시스템 설치 • 철도 선로변 BIPV 태양광 발전기 시스템 설치 • 철도 선로변 BIPV 태양광 발전 시험 평가 기술 개발 태양II-④ 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 운영 및 검증 • 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 운영 및 검증 지열I-① 일반철도역사 (지하100m 이하) 지열 이용 냉/난방 시스템 설계 (광명역 대상) • 일반철도역사/지하역사 지열 적용 가능역사 선정 • 일반철도역사/지하역사 지열량 계측 및 D/B 구축 • 일반철도역사/지하역사 지열 이용 냉/난방 시스템 설계 • 일반철도역사 샘플 굴착을 통한 지열 에너지 추출 가능량 산출 • 일반철도역사 전체 사용에너지 대비 지열 에너지 적용 비율 산정 • 일반철도역사 지열 에너지 적용 냉/난방 시스템 기초 모듈

	제작 • 일반철도역사 지열 에너지 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발 지열I-② 일반철도역사 지열 이용 냉/난방 시스템 모듈 제작 • 일반철도역사 지열 펌프 제작 • 일반철도역사 지열 heat-pump 제작 • 일반철도역사 지열 이용 냉/난방 시스템 제작 • 일반철도역사 지열 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발 (B/C 분석 포함) 지열I-③ 일반철도역사 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 • 일반철도역사 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 및 운영 • 일반철도역사 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 및 평가 지열I-④ 일반철도역사 지열 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증 • 일반철도역사 지열 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증 • 기존 철도역사 전체 에너지 부하 대비 대심도 지열 적용 비율 산출 풍력I-① 일반철도역사 풍력발전 시스템 설계 • 자연풍 이용 풍력발전 가능 철도역사 선정 및 D/B 구축 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 블레이드 선정 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 블레이드 설계 및 시험 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 블레이드 모듈제작 및 시험 평가 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 발전기 설계 및 제작 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 발전기 시험 평가 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 컨트롤러 설계 및 제작 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 컨트롤러 시험 평

	가 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 평가 기술 개발 풍력I-② 일반철도역사 풍력발전 시스템 모듈제작 • 일반철도역사 풍력발전기 설치 가능 용량 결정 • 일반철도역사 풍력발전기 모듈 제작 - 풍력발전기 10기 모듈제작 - 발전기 및 컨트롤러 제작 • 일반철도역사 풍력발전기 기타 필요모듈 제작 • 일반철도역사 풍력발전기 평가 기술 개발 풍력I-③ 일반철도역사 풍력발전 시스템 설치 • 일반철도역사 풍력발전기 시스템 설치 • 일반철도역사 풍력발전기 평가 기술 개발 풍력I-④ 일반철도역사 풍력발전 시스템 운영 및 검증 • 일반철도역사 풍력발전 시스템 운영 및 검증 보완 풍력II-① 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 시스템 설계 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 가능 지역 선정 및 D/B 구축 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 선정 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 설계 및 시험 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 모듈제작 및 시험 평가 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 발전기 설계 및 제작 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 발전기 시험 평가 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 컨트롤러 설계 및 제작 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 컨트롤러 시험 평가 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발

	풍력II-② 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 시스템 모듈제작 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 설치 가능 용량 결정 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 모듈 제작 - 풍력발전기 20기 모듈제작 - 발전기 및 컨트롤러 제작 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 기타 필요모듈 제작 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발 풍력II-③ 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 시스템 설치 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 시스템 설치 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발 풍력II-④ 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 시스템 운영 및 검증 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 시스템 운영 및 검증 보완 계통연계-① 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 설계 • 철도 역사/도시철도역사 신재생에너지 적용 가능역사 선정 및 D/B 구축 • 역사 선정에 따른 최적 발전 시스템 선정 및 발전용량 산출 • 철도 역사 신재생에너지 계통연계 시스템 설계 - 철도 역사 신재생에너지 계통연계 인버터 설계 - 센서부, 제어부, 보호부, 디스플레이부 설계 - 신재생에너지 전력품질 안정화 시스템 설계 (철도차량 포함) • 역사 총 발전량에 기초한 신재생에너지 전력변환 시스템 모델링 및 기초 모듈 제작 계통연계-② 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 모듈제작

	• 철도 역사 신재생에너지 전력변환 시스템 모듈 제작 • 철도 역사 신재생에너지 계통연계 시스템 모듈 제작 – 철도 역사 신재생에너지 계통연계 인버터 모듈 제작 – 센서부, 제어부, 보호부, 디스플레이부 모듈 제작 – 신재생에너지 전력품질 안정화 시스템 모듈 제작 (철도차량 포함) 계통연계-③ 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 설치 • 철도 역사 신재생에너지 전력변환 시스템 설치 • 철도 역사 신재생에너지 계통연계 시스템 설치 – 철도 역사 신재생에너지 계통연계 인버터 설치 – 센서부, 제어부, 보호부, 디스플레이부 설치 – 신재생에너지 전력품질 안정화 시스템 설치 (철도차량 포함) 계통연계-④ 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 운영 및 검증 • 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 운영 및 검증

나. 녹색성장 구현을 위한 도시 철도 신재생에너지 기술 개발

연 구 목 표	연 구 내 용
녹색성장 구현을 위한 도시 철도 신재생에너지 기술 개발	지열I-① 도시철도 (지하)역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 설계 • 도시철도 지하역사 지하유출수 적용 가능역사 선정 • 도시철도 지하역사 지하유출수량 계측 및 D/B 구축 • 추출 가능 에너지량에 기초한 냉/난방 시스템 설계 • 도시철도 지하역사 전체 사용에너지 대비 지열 에너지 적용 비율 산정 • 도시철도 지하역사 지하유출수량 적용 냉/난방 시스템 기초 모듈 제작 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발

	지열I-② 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 모듈 개발 • 도시철도 지하역사 지하유출수 펌프 제작 • 도시철도 지하역사 지하유출수 열교환기 제작 • 도시철도 지하역사 지하유출수 heat-pump 제작 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 제작 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 기타 모듈 제작 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발 지열I-③ 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 설치 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 설치 및 운영 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 설치 및 평가 지열I-④ 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증 • 기존 지하역사 전체 에너지 부하 대비 지하유출수 에너지 적용 비율 산출 지열II-① 도시철도 (지하)역사 대심도(지하100m 이하) 지열 이용 냉/난방 시스템 설계 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 적용 가능역사 선정 • 도시철도 지하역사 대심도 지열량 계측 및 D/B 구축 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설계 • 도시철도 지하역사 대심도 샘플 굴착을 통한 지열 에너지 추출 가능량 산출

	지열II-② 도시철도 (지하)역사 대심도(지하100m 이하) 지열 이용 냉/난방 시스템 모듈 제작 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 펌프 제작 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 heat-pump 제작 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 제작 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발 (B/C 분석 포함) 지열II-③ 도시철도 (지하)역사 대심도(지하100m 이하) 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 및 운영 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 및 평가 지열II-④ 도시철도 (지하)역사 대심도(지하100m 이하) 지열 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증 • 기존 지하역사 전체 에너지 부하 대비 대심도 지열 적용 비율 산출 풍력-① 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 설계 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 가능 역사 선정 및 D/B 구축 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 선정 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 설계 및 시험 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 모듈제작 및 시험 평가 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 발전기 설계 및 제작 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 발전기 시험 평가 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 컨트롤러 설계 및 제작 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 컨트롤러 시험 평가

	• 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발 풍력-② 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 모듈제작 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 설치 가능 용량 결정 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 모듈 제작 - 풍력발전기 20기 모듈제작 - 발전기 및 컨트롤러 제작 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 기타 필요모듈 제작 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발 풍력-③ 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 설치 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 설치 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발 풍력-④ 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 운영 및 검증 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 운영 및 검증 보완 압전I-① 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 설계 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 가능 역사 선정 및 D/B 구축 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전을 위한 압전소자 선정 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전을 위한 압전소자 설계 및 시험

	• 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전을 위한 압전 소자 모듈제작 및 시험 평가 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 평가 기술 개발 압전I-② 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 모듈 제작 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 설치 가능 용량 결정 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 모듈 제작 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 평가 기술 개발 압전I-③ 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 설치 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 설치 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 평가 기술 개발 압전I-④ 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 운영 및 검증 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 운영 및 검증 보완 압전II-① 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 설계 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전 가능 역사 선정 및 D/B 구축 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전을 위한 압전 소자 선정 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전을 위한 압전소자 설계 및 시험 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전을 위한 압전소

	자 모듈제작 및 시험 평가 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전 평가 기술 개발 압전II-② 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 모듈 제작 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 설치 가능 용량 결정 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 모듈 제작 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전 평가 기술 개발 압전II-③ 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 설치 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 설치 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전 평가 기술 개발 압전II-④ 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 운영 및 검증 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 운영 및 검증 보완

3. 세부과제의 연차별 연구내용 및 소요예산

가. 녹색성장 구현을 위한 철도 신재생에너지 기술 개발

[표 2-23. 녹색성장 구현을 위한 철도 신재생에너지 기술 개발의 연구내용과 소요예산]

구 분	연 구 내 용	소요예산 (백만원)
1차년도 (2010년)	태양I-① 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 설계 • 태양광 발전 이용 가능 역사 선정 및 D/B 구축 • 철도 역사 지붕 태양전지 적용 방안 연구 • 철도 역사 창/벽면 BIPV 기술 적용 방안 연구 • 철도 역사 적용형태에 따른 태양전지 종류 선정 – 실리콘 박막형 태양전지 – 염료감응 반투명형 태양전지 • BIPV 기술 적용을 위한 샘플 모듈 설계 및 제작 • 철도 역사 BIPV 태양전지 샘플 설치 및 시험 평가 • 철도 역사 BIPV 태양광 발전 평가 기술 개발 태양II-① 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 설계 • 태양광 발전 이용 가능 방음벽/방풍벽 선정 및 D/B 구축 • 철도 선로변 태양전지 적용 방안 연구 • 철도 선로변 BIPV 기술 적용 방안 연구 • 철도 선로변 적용형태에 따른 태양전지 종류 선정 – 실리콘 박막형 태양전지 – 염료감응 반투명형 태양전지 • BIPV 기술 적용을 위한 샘플 모듈 설계 및 제작 • 철도 선로변 BIPV 태양전지 샘플 설치 및 시험 평가 • 철도 선로변 BIPV 태양광 발전 평가 기술 개발 지열I-① 일반철도역사 대심도(지하100m 이하) 지	1,450

	열 이용 냉/난방 시스템 설계 (광명역 대상) • 일반철도역사 지하역사 대심도 지열 적용 가능역사 선정 • 일반철도역사 지하역사 대심도 지열량 계측 및 D/B 구축 • 일반철도역사 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설계 • 일반철도역사 대심도 샘플 굴착을 통한 지열 에너지 추출 가능량 산출 • 일반철도역사 전체 사용에너지 대비 지열 에너지 적용 비율 산정 • 일반철도역사 지열 에너지 적용 냉/난방 시스템 기초 모듈 제작 • 일반철도역사 지열 에너지 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발 풍력I-① 일반철도역사 풍력발전 시스템 설계 • 자연풍 이용 풍력발전 가능 철도역사 선정 및 D/B 구축 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 블레이드 선정 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 블레이드 설계 및 시험 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 블레이드 모듈제작 및 시험 평가 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 발전기 설계 및 제작 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 발전기 시험 평가 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 컨트롤러 설계 및 제작 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 컨트롤러 시험 평가 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 평가 기술	

	개발 풍력II-① 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 시스템 설계 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 가능 지역 선정 및 D/B 구축 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 선정 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 설계 및 시험 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 모듈제작 및 시험 평가 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 발전기 설계 및 제작 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 발전기 시험 평가 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 컨트롤러 설계 및 제작 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 컨트롤러 시험 평가 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발 계통연계-① 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 설계 • 철도 역사/도시철도역사 신재생에너지 적용 가능 역사 선정 및 D/B 구축 • 역사 선정에 따른 최적 발전 시스템 선정 및 발전 용량 산출 • 철도 역사 신재생에너지 계통연계 시스템 설계 - 철도 역사 신재생에너지 계통연계 인버터 설계 - 센서부, 제어부, 보호부, 디스플레이부 설계 - 신재생에너지 전력품질 안정화 시스템 설계(철도차량 포함)	

	• 역사 총 발전량에 기초한 신재생에너지 전력변환 시스템 모델링 및 기초 모듈 제작	
2차년도 (2011년)	태양I-② 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 모듈제작 및 설치 • 철도역사 지붕 태양전지 발전기 시스템 설치 • 철도 역사 BIPV 기술 접목을 위한 모듈 제작 • 철도 역사 BIPV 태양광 발전 시험 평가 기술 개발 태양II-② 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 모듈제작 및 설치 • 철도 선로변 태양전지 발전기 시스템 설치 • 철도 선로변 BIPV 기술 접목을 위한 모듈 제작 • 철도 선로변 BIPV 태양광 발전 시험 평가 기술 개발 지열I-② 일반철도역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 모듈 제작 • 일반철도역사 대심도 지열 펌프 제작 • 일반철도역사 대심도 지열 heat-pump 제작 • 일반철도역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 제작 • 일반철도역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발 (B/C 분석 포함) 풍력I-② 일반철도역사 풍력발전 시스템 모듈제작 • 일반철도역사 풍력발전기 설치 가능 용량 결정 • 일반철도역사 풍력발전기 모듈 제작 - 풍력발전기 10기 모듈제작 - 발전기 및 컨트롤러 제작 • 일반철도역사 풍력발전기 기타 필요모듈 제작 • 일반철도역사 풍력발전기 평가 기술 개발 풍력II-② 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 시스템 모듈제작	6,400

	• 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 설치 가능 용량 결정 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 모듈 제작 – 풍력발전기 20기 모듈제작 – 발전기 및 컨트롤러 제작 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 기타 필요모듈 제작 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발 계통연계–② 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 모듈 제작 • 철도 역사 신재생에너지 전력변환 시스템 모듈 제작 • 철도 역사 신재생에너지 계통연계 시스템 모듈 제작 – 철도 역사 신재생에너지 계통연계 인버터 모듈 제작 – 센서부, 제어부, 보호부, 디스플레이부 모듈 제작 – 신재생에너지 전력품질 안정화 시스템 모듈 제작	
3차년도 (2012년)	태양I–③ 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 설치 • 철도역사 지붕 태양광 발전기 시스템 설치 • 철도 역사 BIPV 태양광 발전기 시스템 설치 • 철도 역사 BIPV 태양광 발전 시험 평가 기술 개발 태양II–③ 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 설치 • 철도 선로변 태양전지 발전기 시스템 설치 • 철도 선로변 BIPV 태양광 발전기 시스템 설치 • 철도 선로변 BIPV 태양광 발전 시험 평가 기술 개발 지열I–③ 일반철도역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시	5,300

	스템 설치 • 일반철도역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 및 운영 • 일반철도역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 및 평가 풍력I-③ 일반철도역사 풍력발전 시스템 설치 • 일반철도역사 풍력발전기 시스템 설치 • 일반철도역사 풍력발전기 평가 기술 개발 풍력II-③ 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 시스템 설치 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 시스템 설치 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발 계통연계-③ 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 설치 • 철도 역사 신재생에너지 전력변환 시스템 설치 • 철도 역사 신재생에너지 계통연계 시스템 설치 - 철도 역사 신재생에너지 계통연계 인버터 설치 - 센서부, 제어부, 보호부, 디스플레이부 설치 - 신재생에너지 전력품질 안정화 시스템 설치	
4차년도 (2013년)	태양I-④ 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 운영 및 검증 • 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 운영 및 검증 태양II-④ 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 운영 및 검증 • 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 운영 및 검증 지열I-④ 일반철도역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증	1,150

	• 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증 • 기존 철도역사 전체 에너지 부하 대비 대심도 지열 적용 비율 산출 풍력I-④ 일반철도역사 풍력발전 시스템 운영 및 검증 • 일반철도역사 풍력발전 시스템 운영 및 검증 보완 풍력II-④ 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 시스템 운영 및 검증 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 시스템 운영 및 검증 보완 계통연계-④ 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 운영 및 검증 • 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 운영 및 검증	
총 계		14,300

나. 녹색성장 구현을 위한 도시 철도 신재생에너지 기술 개발

[표 2-24. 녹색성장 구현을 위한 도시 철도 신재생에너지 기술 개발의 연구내용과 소요예산]

구 분	연 구 내 용	소요예산 (백만원)
1차년도 (2010년)	지열I-① 도시철도 (지하)역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 설계 • 도시철도 지하역사 지하유출수 적용 가능역사 선정 • 도시철도 지하역사 지하유출수량 계측 및 D/B 구축 • 추출 가능 에너지량에 기초한 냉/난방 시스템 설계	1,400

	• 도시철도 지하역사 전체 사용에너지 대비 지열 에너지 적용 비율 산정 • 도시철도 지하역사 지하유출수량 적용 냉/난방 시스템 기초 모듈 제작 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발 지열II-① 도시철도 (지하)역사 대심도(지하100m 이하) 지열 이용 냉/난방 시스템 설계 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 적용 가능역사 선정 • 도시철도 지하역사 대심도 지열량 계측 및 D/B 구축 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설계 • 도시철도 지하역사 대심도 샘플 굴착을 통한 지열 에너지 추출 가능량 산출 풍력-① 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 설계 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 가능 역사 선정 및 D/B 구축 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 선정 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 설계 및 시험 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 모듈제작 및 시험 평가 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 발전기 설계 및 제작 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 발전기 시험 평가 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 컨트롤러 설계 및 제작 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 컨트롤러 시험	

	평가 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발 압전I-① 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 설계 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 가능 역사 선정 및 D/B 구축 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전을 위한 압전 소자 선정 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전을 위한 압전소자 설계 및 시험 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전을 위한 압전소자 모듈제작 및 시험 평가 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 평가 기술 개발 압전II-① 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 설계 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전 가능 역사 선정 및 D/B 구축 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전을 위한 압전 소자 선정 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전을 위한 압전소자 설계 및 시험 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전을 위한 압전소자 모듈제작 및 시험 평가 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전 평가 기술 개발	
2차년도 (2011년)	지열I-② 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 모듈 개발 • 도시철도 지하역사 지하유출수 펌프 제작 • 도시철도 지하역사 지하유출수 열교환기 제작 • 도시철도 지하역사 지하유출수 heat-pump 제작	2,450

	• 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 제작 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 기타 모듈 제작 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발 지열II-② 도시철도 (지하)역사 대심도(지하100m 이하) 지열 이용 냉/난방 시스템 모듈 제작 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 펌프 제작 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 heat-pump 제작 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 제작 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발 (B/C 분석 포함) 풍력-② 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 모듈제작 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 설치 가능 용량 결정 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 모듈 제작 - 풍력발전기 20기 모듈제작 - 발전기 및 컨트롤러 제작 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 기타 필요모듈 제작 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발 압전I-② 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 모듈 제작 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 설치 가능 용량 결정 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스	

	템 모듈 제작 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 평가 기술 개발 압전II-② 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 모듈 제작 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 설치 가능 용량 결정 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 모듈 제작 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전 평가 기술 개발	
3차년도 (2012년)	지열I-③ 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 설치 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 설치 및 운영 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 설치 및 평가 지열II-③ 도시철도 (지하)역사 대심도(지하100m 이하) 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 및 운영 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 및 평가 풍력-③ 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 설치 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 설치 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발 압전I-③ 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템설치	2,150

	• 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 설치 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 평가 기술 개발 압전II-③ 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 설치 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 설치 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전 평가 기술 개발	
4차년도 (2013년)	지열I-④ 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증 • 기존 지하역사 전체 에너지 부하 대비 지하유출수 에너지 적용 비율 산출 지열II-④ 도시철도 (지하)역사 대심도(지하100m 이하) 지열 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증 • 기존 지하역사 전체 에너지 부하 대비 대심도 지열 적용 비율 산출 풍력-④ 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 운영 및 검증 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 운영 및 검증 보완 압전I-④ 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 운영 및 검증 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 운영 및 검증 보완	1,000

	압전II-④ 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 운영 및 검증 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 운영 및 검증 보완	
총 계		**7,000**

4. 소요 인력 분석

가. 녹색성장 구현을 위한 철도 신재생에너지 기술 개발

□ 연구내용 별 소요 인력 (Man-Year)

구 분	연 구 내 용	합계
1차년도 (2010년)	태양I-① 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 설계 • 태양광 발전 이용 가능 역사 선정 및 D/B 구축 • 철도 역사 지붕 태양전지 적용 방안 연구 • 철도 역사 창/벽면 BIPV 기술 적용 방안 연구 • 철도 역사 적용형태에 따른 태양전지 종류 선정 – 실리콘 박막형 태양전지 – 염료감응 반투명형 태양전지 • BIPV 기술 적용을 위한 샘플 모듈 설계 및 제작 • 철도 역사 BIPV 태양전지 샘플 설치 및 시험 평가 • 철도 역사 BIPV 태양광 발전 평가 기술 개발	2.0
	태양II-① 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 설계 • 태양광 발전 이용 가능 방음벽/방풍벽 선정 및 D/B 구축 • 철도 선로변 태양전지 적용 방안 연구 • 철도 선로변 BIPV 기술 적용 방안 연구 • 철도 선로변 적용형태에 따른 태양전지 종류 선정 – 실리콘 박막형 태양전지	2.0

	– 염료감응 반투명형 태양전지 • BIPV 기술 적용을 위한 샘플 모듈 설계 및 제작 • 철도 선로변 BIPV 태양전지 샘플 설치 및 시험 평가 • 철도 선로변 BIPV 태양광 발전 평가 기술 개발	
	지열I-① 일반철도역사 (지하100m 이하) 지열 이용 냉/난방 시스템 설계 (광명역 대상) • 일반철도역사/지하역사 지열 적용 가능역사 선정 • 일반철도역사/지하역사 지열량 계측 및 D/B 구축 • 일반철도역사/지하역사 지열 이용 냉/난방 시스템 설계 • 일반철도역사 샘플 굴착을 통한 지열 에너지 추출 가능량 산출 • 일반철도역사 전체 사용에너지 대비 지열 에너지 적용 비율 산정 • 일반철도역사 지열 에너지 적용 냉/난방 시스템 기초 모듈 제작 • 일반철도역사 지열 에너지 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발	2.0
	풍력I-① 일반철도역사 풍력발전 시스템 설계 • 자연풍 이용 풍력발전 가능 철도역사 선정 및 D/B 구축 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 블레이드 선정 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 블레이드 설계 및 시험 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 블레이드 모듈제작 및 시험 평가 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 발전기 설계 및 제작 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 발전기 시험 평가 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 컨트롤러 설계 및 제작	2.0

	• 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 컨트롤러 시험 평가 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 평가 기술 개발	
	풍력II-① 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 시스템 설계 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 가능 지역 선정 및 D/B 구축 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 선정 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 설계 및 시험 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 모듈제작 및 시험 평가 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 발전기 설계 및 제작 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 발전기 시험 평가 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 컨트롤러 설계 및 제작 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 컨트롤러 시험 평가 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발	2.0
	계통연계-① 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 설계 • 철도 역사/도시철도역사 신재생에너지 적용 가능 역사 선정 및 D/B 구축 • 역사 선정에 따른 최적 발전 시스템 선정 및 발전 용량 산출 • 철도 역사 신재생에너지 계통연계 시스템 설계 - 철도 역사 신재생에너지 계통연계 인버터 설계 - 센서부, 제어부, 보호부, 디스플레이부 설계 - 신재생에너지 전력품질 안정화 시스템 설계(철도차량 포함)	2.0

	• 역사 총 발전량에 기초한 신재생에너지 전력변환 시스템 모델링 및 기초 모듈 제작	
2차년도 (2011년)	태양I-② 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 모듈제작 및 설치 • 철도역사 지붕 태양전지 발전기 시스템 설치 • 철도 역사 BIPV 기술 접목을 위한 모듈 제작 • 철도 역사 BIPV 태양광 발전 시험 평가 기술 개발	3.0
	태양II-② 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 모듈제작 및 설치 • 철도 선로변 태양전지 발전기 시스템 설치 • 철도 선로변 BIPV 기술 접목을 위한 모듈 제작 • 철도 선로변 BIPV 태양광 발전 시험 평가 기술 개발	3.0
	지열I-② 일반철도역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 모듈 제작 • 일반철도역사 대심도 지열 펌프 제작 • 일반철도역사 대심도 지열 heat-pump 제작 • 일반철도역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 제작 • 일반철도역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발 (B/C 분석 포함)	3.0
	풍력I-② 일반철도역사 풍력발전 시스템 모듈제작 • 일반철도역사 풍력발전기 설치 가능 용량 결정 • 일반철도역사 풍력발전기 모듈 제작 - 풍력발전기 10기 모듈제작 - 발전기 및 컨트롤러 제작 • 일반철도역사 풍력발전기 기타 필요모듈 제작 • 일반철도역사 풍력발전기 평가 기술 개발	3.0
	풍력II-② 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 시스템 모듈제작 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 설치 가능 용량 결정 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 모듈 제작 - 풍력발전기 20기 모듈제작	3.0

	– 발전기 및 컨트롤러 제작 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 기타 필요모듈 제작 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발	
	계통연계-② 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 모듈 제작 • 철도 역사 신재생에너지 전력변환 시스템 모듈 제작 • 철도 역사 신재생에너지 계통연계 시스템 모듈 제작 – 철도 역사 신재생에너지 계통연계 인버터 모듈 제작 – 센서부, 제어부, 보호부, 디스플레이부 모듈 제작 – 신재생에너지 전력품질 안정화 시스템 모듈 제작 (철도차량 포함)	3.0
3차년도 (2012년)	태양I-③ 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 설치 • 철도역사 지붕 태양광 발전기 시스템 설치 • 철도 역사 BIPV 태양광 발전기 시스템 설치 • 철도 역사 BIPV 태양광 발전 시험 평가 기술 개발	3.0
	태양II-③ 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 설치 • 철도 선로변 태양전지 발전기 시스템 설치 • 철도 선로변 BIPV 태양광 발전기 시스템 설치 • 철도 선로변 BIPV 태양광 발전 시험 평가 기술 개발	3.0
	지열I-③ 일반철도역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 • 일반철도역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 및 운영 • 일반철도역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 및 평가	3.0
	풍력I-③ 일반철도역사 풍력발전 시스템 설치 • 일반철도역사 풍력발전기 시스템 설치 • 일반철도역사 풍력발전기 평가 기술 개발	3.0

	풍력II-③ 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 시스템 설치 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 시스템 설치 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발	3.0
	계통연계-③ 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 설치 • 철도 역사 신재생에너지 전력변환 시스템 설치 • 철도 역사 신재생에너지 계통연계 시스템 설치 - 철도 역사 신재생에너지 계통연계 인버터 설치 - 센서부, 제어부, 보호부, 디스플레이부 설치 - 신재생에너지 전력품질 안정화 시스템 설치 (철도차량 포함)	3.0
4차년도 (2013년)	태양I-④ 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 운영 및 검증 • 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 운영 및 검증	2.0
	태양II-④ 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 운영 및 검증 • 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 운영 및 검증	2.0
	지열I-④ 일반철도역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증 • 기존 철도역사 전체 에너지 부하 대비 대심도 지열 적용 비율 산출	2.0
	풍력I-④ 일반철도역사 풍력발전 시스템 운영 및 검증 • 일반철도역사 풍력발전 시스템 운영 및 검증 보완	2.0
	풍력II-④ 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 시스템 운영 및 검증 • 철도 선로변 풍력발전 시스템 운영 및 검증 보완	2.0
	계통연계-④ 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 운영 및 검증	2.0

	• 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 운영 및 검증	
총 계		60

나. 녹색성장 구현을 위한 도시철도 신재생에너지 기술 개발

□ 연구내용 별 소요 인력 (Man-Year)

구 분	연 구 내 용	합계
1차년도 (2010년)	지열I-① 도시철도 (지하)역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 설계 • 도시철도 지하역사 지하유출수 적용 가능역사 선정 • 도시철도 지하역사 지하유출수량 계측 및 D/B 구축 • 추출 가능 에너지량에 기초한 냉/난방 시스템 설계 • 도시철도 지하역사 전체 사용에너지 대비 지열 에너지 적용 비율 산정 • 도시철도 지하역사 지하유출수량 적용 냉/난방 시스템 기초 모듈 제작 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발	2.0
	지열II-① 도시철도 (지하)역사 대심도(지하100m 이하) 지열 이용 냉/난방 시스템 설계 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 적용 가능역사 선정 • 도시철도 지하역사 대심도 지열량 계측 및 D/B 구축 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설계 • 도시철도 지하역사 대심도 샘플 굴착을 통한 지열 에너지 추출 가능량 산출	2.0
	풍력-① 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 설계 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 가능 역사 선정 및 D/B 구축	2.0

	• 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 선정 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 설계 및 시험 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 모듈제작 및 시험 평가 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 발전기 설계 및 제작 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 발전기 시험 평가 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 컨트롤러 설계 및 제작 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 컨트롤러 시험 평가 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발	
	압전I-① 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 설계 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 가능 역사 선정 및 D/B 구축 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전을 위한 압전 소자 선정 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전을 위한 압전소자 설계 및 시험 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전을 위한 압전소자 모듈제작 및 시험 평가 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 평가 기술 개발	2.0
	압전II-① 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 설계 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전 가능 역사 선정 및 D/B 구축 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전을 위한 압전 소자 선정 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전을 위한 압전소자 설계 및 시험	2.0

	• 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전을 위한 압전소자 모듈제작 및 시험 평가 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전 평가 기술 개발	
2차년도 (2011년)	지열I-② 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 모듈 개발 • 도시철도 지하역사 지하유출수 펌프 제작 • 도시철도 지하역사 지하유출수 열교환기 제작 • 도시철도 지하역사 지하유출수 heat-pump 제작 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 제작 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 기타 모듈 제작 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발	2.0
	지열II-② 도시철도 (지하)역사 대심도(지하100m 이하) 지열 이용 냉/난방 시스템 모듈 제작 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 펌프 제작 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 heat-pump 제작 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 제작 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발 (B/C 분석 포함)	2.0
	풍력-② 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 모듈제작 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 설치 가능 용량 결정 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 모듈 제작 - 풍력발전기 20기 모듈제작 - 발전기 및 컨트롤러 제작 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 기타 필요모듈 제작 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 평가	2.0

	기술 개발	
	압전I-② 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 모듈 제작 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 설치 가능 용량 결정 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 모듈 제작 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 평가 기술 개발	2.0
	압전II-② 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 모듈 제작 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 설치 가능 용량 결정 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 모듈 제작 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전 평가 기술 개발	2.0
3차년도 (2012년)	지열I-③ 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 설치 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 설치 및 운영 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 설치 및 평가	2.0
	지열II-③ 도시철도 (지하)역사 대심도(지하100m 이하) 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 및 운영 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 및 평가	2.0
	풍력-③ 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 설치 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 설치 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발	2.0
	압전I-③ 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템설치	2.0

	• 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 설치 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 평가 기술 개발	
	압전II-③ 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 설치 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 설치 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전 평가 기술 개발	2.0
4차년도 (2013년)	지열I-④ 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증 • 기존 지하역사 전체 에너지 부하 대비 지하유출수 에너지 적용 비율 산출	2.0
	지열II-④ 도시철도 (지하)역사 대심도(지하100m 이하) 지열 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증 • 기존 지하역사 전체 에너지 부하 대비 대심도 지열 적용 비율 산출	2.0
	풍력-④ 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 운영 및 검증 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 운영 및 검증 보완	2.0
	압전I-④ 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 운영 및 검증 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 운영 및 검증 보완	2.0
	압전II-④ 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 운영 및 검증 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 운영 및 검증 보완	2.0
총 계		**40**

5. 소요 예산 분석

가. 녹색성장 구현을 위한 철도 신재생에너지 기술 개발

□ 연구내용 별 소요 예산 (단위 : 억원)

구 분	연 구 내 용	합계	
		정부	민간
1차년도 (2010년)	태양I-① 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 설계 • 태양광 발전 이용 가능 역사 선정 및 D/B 구축 • 철도 역사 지붕 태양전지 적용 방안 연구 • 철도 역사 창/벽면 BIPV 기술 적용 방안 연구 • 철도 역사 적용형태에 따른 태양전지 종류 선정 – 실리콘 박막형 태양전지 – 염료감응 반투명형 태양전지 • BIPV 기술 적용을 위한 샘플 모듈 설계 및 제작 • 철도 역사 BIPV 태양전지 샘플 설치 및 시험 평가 • 철도 역사 BIPV 태양광 발전 평가 기술 개발	2	0.5
	태양II-① 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 설계 • 태양광 발전 이용 가능 방음벽/방풍벽 선정 및 D/B 구축 • 철도 선로변 태양전지 적용 방안 연구 • 철도 선로변 BIPV 기술 적용 방안 연구 • 철도 선로변 적용형태에 따른 태양전지 종류 선정 – 실리콘 박막형 태양전지 – 염료감응 반투명형 태양전지 • BIPV 기술 적용을 위한 샘플 모듈 설계 및 제작 • 철도 선로변 BIPV 태양전지 샘플 설치 및 시험 평가 • 철도 선로변 BIPV 태양광 발전 평가 기술 개발	2	0.5
	지열I-① 일반철도역사 대심도(지하100m 이하) 지열 이용 냉/난방 시스템 설계 (광명역 대상) • 일반철도역사 지하역사 대심도 지열 적용 가능역	2	0.5

	사 선정 • 일반철도역사 지하역사 대심도 지열량 계측 및 D/B 구축 • 일반철도역사 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설계 • 일반철도역사 대심도 샘플 굴착을 통한 지열 에너지 추출 가능량 산출 • 일반철도역사 전체 사용에너지 대비 지열 에너지 적용 비율 산정 • 일반철도역사 지열 에너지 적용 냉/난방 시스템 기초 모듈 제작 • 일반철도역사 지열 에너지 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발		
	풍력I-① 일반철도역사 풍력발전 시스템 설계 • 자연풍 이용 풍력발전 가능 철도역사 선정 및 D/B 구축 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 블레이드 선정 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 블레이드 설계 및 시험 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 블레이드 모듈제작 및 시험 평가 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 발전기 설계 및 제작 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 발전기 시험 평가 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 컨트롤러 설계 및 제작 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 컨트롤러 시험 평가 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 평가 기술 개발	2	0.5
	풍력II-① 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 시스템 설계 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 가능 지역 선	2	0.5

	정 및 D/B 구축 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 선정 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 설계 및 시험 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 모듈제작 및 시험 평가 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 발전기 설계 및 제작 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 발전기 시험 평가 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 컨트롤러 설계 및 제작 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 컨트롤러 시험 평가 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발		
	계통연계-① 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 설계 • 철도 역사/도시철도역사 신재생에너지 적용 가능 역사 선정 및 D/B 구축 • 역사 선정에 따른 최적 발전 시스템 선정 및 발전 용량 산출 • 철도 역사 신재생에너지 계통연계 시스템 설계 - 철도 역사 신재생에너지 계통연계 인버터 설계 - 센서부, 제어부, 보호부, 디스플레이부 설계 - 신재생에너지 전력품질 안정화 시스템 설계 • 역사 총 발전량에 기초한 신재생에너지 전력변환 시스템 모델링 및 기초 모듈 제작	1.6	0.4
2차년도 (2011년)	태양I-② 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 모듈제작 및 설치 • 철도역사 지붕 태양전지 발전기 시스템 설치 • 철도 역사 BIPV 기술 접목을 위한 모듈 제작 • 철도 역사 BIPV 태양광 발전 시험 평가 기술 개발	23.2	5.8
	태양II-② 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 모듈제	5.6	1.4

	작 및 설치 • 철도 선로변 태양전지 발전기 시스템 설치 • 철도 선로변 BIPV 기술 접목을 위한 모듈 제작 • 철도 선로변 BIPV 태양광 발전 시험 평가 기술 개발		
	지열I-② 일반철도역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 모듈 제작 • 일반철도역사 대심도 지열 펌프 제작 • 일반철도역사 대심도 지열 heat-pump 제작 • 일반철도역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 제작 • 일반철도역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발 (B/C 분석 포함)	3.6	0.9
	풍력I-② 일반철도역사 풍력발전 시스템 모듈제작 • 일반철도역사 풍력발전기 설치 가능 용량 결정 • 일반철도역사 풍력발전기 모듈 제작 - 풍력발전기 10기 모듈제작 - 발전기 및 컨트롤러 제작 • 일반철도역사 풍력발전기 기타 필요모듈 제작 • 일반철도역사 풍력발전기 평가 기술 개발	2.8	0.7
	풍력II-② 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 시스템 모듈제작 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 설치 가능 용량 결정 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 모듈 제작 - 풍력발전기 20기 모듈제작 - 발전기 및 컨트롤러 제작 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 기타 필요모듈 제작 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발	5.6	1.4
	계통연계-② 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 모듈 제작 • 철도 역사 신재생에너지 전력변환 시스템 모듈	10.4	2.6

	제작 • 철도 역사 신재생에너지 계통연계 시스템 모듈 제작 – 철도 역사 신재생에너지 계통연계 인버터 모듈 제작 – 센서부, 제어부, 보호부, 디스플레이부 모듈 제작 – 신재생에너지 전력품질 안정화 시스템 모듈 제작		
3차년도 (2012년)	태양I-③ 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 설치 • 철도역사 지붕 태양광 발전기 시스템 설치 • 철도 역사 BIPV 태양광 발전기 시스템 설치 • 철도 역사 BIPV 태양광 발전 시험 평가 기술 개발	23.2	5.8
	태양II-③ 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 설치 • 철도 선로변 태양전지 발전기 시스템 설치 • 철도 선로변 BIPV 태양광 발전기 시스템 설치 • 철도 선로변 BIPV 태양광 발전 시험 평가 기술 개발	5.6	1.4
	지열I-③ 일반철도역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 • 일반철도역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 및 운영 • 일반철도역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 및 평가	4.0	1.0
	풍력I-③ 일반철도역사 풍력발전 시스템 설치 • 일반철도역사 풍력발전기 시스템 설치 • 일반철도역사 풍력발전기 평가 기술 개발	2.4	0.6
	풍력II-③ 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 시스템 설치 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 시스템 설치 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발	3.2	0.8
	계통연계-③ 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 설치 • 철도 역사 신재생에너지 전력변환 시스템 설치	4.0	1.0

	• 철도 역사 신재생에너지 계통연계 시스템 설치 – 철도 역사 신재생에너지 계통연계 인버터 설치 – 센서부, 제어부, 보호부, 디스플레이부 설치 – 신재생에너지 전력품질 안정화 시스템 설치		
4차년도 (2013년)	태양I–④ 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 운영 및 검증 • 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 운영 및 검증	1.6	0.4
	태양II–④ 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 운영 및 검증 • 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 운영 및 검증	1.6	0.4
	지열I–④ 일반철도역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증 • 기존 철도역사 전체 에너지 부하 대비 대심도 지열 적용 비율 산출	1.6	0.4
	풍력I–④ 일반철도역사 풍력발전 시스템 운영 및 검증 • 일반철도역사 풍력발전 시스템 운영 및 검증 보완	1.6	0.4
	풍력II–④ 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 시스템 운영 및 검증 • 철도 선로변 풍력발전 시스템 운영 및 검증 보완	1.6	0.4
	계통연계–④ 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 운영 및 검증 • 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 운영 및 검증	1.2	0.3
총 계		**114.4**	**28.6**

– 소요 예산 근거 자료:

□ 태양전지 비용 : 광명역사 지붕의 약 1/3 면적 = 14,400m^2

• 적용 태양전지 스펙 및 전체 비용:

– 면적 1m × 1m =1m^2

- 용량 : 180W
- 비용 : 400,000원/개
- 이론적 비용 = 14,400 × 400,000원 = 약 57 억원 (재료비만 고려)

□ 지열 비용 :

• 호남고속철도 공주역사(7312m^2 : 신규역사) 지열 공사비 : 3.5억원 (R&D 제외)

• 호남고속철도 정읍역사(10,516m^2 : 신규역사) 지열 공사비 : 4.7억원 (R&D 제외)

※ 역사 개보수일 경우 비용 상승

□ 풍력 발전기 비용 :

• 풍력발전기 1기 제작비용 : 30,000천원/개 × 10기 = 약 3억원 (R&D 포함)

• 전력발전기 및 컨트롤러 제작 및 설치 비용 : 30,000천원/개 × 10기 = 약 3억원 (R&D 포함)

나. 녹색성장 구현을 위한 도시 철도 신재생에너지 기술 개발

□ 연구내용 별 소요 예산 (단위 : 억원)

구 분	연 구 내 용	합계	
		정부	민간
1차년도 (2010년)	지열I-① 도시철도 (지하)역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 설계 • 도시철도 지하역사 지하유출수 적용 가능역사 선정 • 도시철도 지하역사 지하유출수량 계측 및 D/B 구축 • 추출 가능 에너지량에 기초한 냉/난방 시스템 설계 • 도시철도 지하역사 전체 사용에너지 대비 지열 에너지 적용 비율 산정 • 도시철도 지하역사 지하유출수량 적용 냉/난방 시스템 기초 모듈 제작 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스	2	0.5

	템 평가 방법 개발		
	지열II-① 도시철도 (지하)역사 대심도(지하100m 이하) 지열 이용 냉/난방 시스템 설계 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 적용 가능역사 선정 • 도시철도 지하역사 대심도 지열량 계측 및 D/B 구축 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설계 • 도시철도 지하역사 대심도 샘플 굴착을 통한 지열 에너지 추출 가능량 산출	1.6	0.4
	풍력-① 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 설계 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 가능 역사 선정 및 D/B 구축 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 선정 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 설계 및 시험 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 모듈제작 및 시험 평가 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 발전기 설계 및 제작 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 발전기 시험 평가 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 컨트롤러 설계 및 제작 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 컨트롤러 시험 평가 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발	2	0.5
	압전I-① 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 설계 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 가능 역사 선정 및 D/B 구축 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전을 위	2.8	0.7

	한 압전 소자 선정 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전을 위한 압전소자 설계 및 시험 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전을 위한 압전소자 모듈제작 및 시험 평가 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 평가 기술 개발		
	압전II-① 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 설계 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전 가능 역사 선정 및 D/B 구축 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전을 위한 압전 소자 선정 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전을 위한 압전소자 설계 및 시험 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전을 위한 압전소자 모듈제작 및 시험 평가 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전 평가 기술 개발	2.8	0.7
2차년도 (2011년)	지열I-② 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 모듈 개발 • 도시철도 지하역사 지하유출수 펌프 제작 • 도시철도 지하역사 지하유출수 열교환기 제작 • 도시철도 지하역사 지하유출수 heat-pump 제작 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 제작 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 기타 모듈 제작 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발	3.2	0.8
	지열II-② 도시철도 (지하)역사 대심도(지하100m 이하) 지열 이용 냉/난방 시스템 모듈 제작 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 펌프 제작 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 heat-pump 제작 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스	2.0	0.5

	템 제작 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발 (B/C 분석 포함)		
	풍력-② 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 모듈제작 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 설치 가능 용량 결정 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 모듈 제작 - 풍력발전기 20기 모듈제작 - 발전기 및 컨트롤러 제작 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 기타 필요모듈 제작 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발	5.6	1.4
	압전I-② 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 모듈 제작 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 설치 가능 용량 결정 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 모듈 제작 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 평가 기술 개발	5.6	1.4
	압전II-② 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 모듈 제작 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 설치 가능 용량 결정 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 모듈 제작 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전 평가 기술 개발	3.2	0.8
3차년도 (2012년)	지열I-③ 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 설치 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 설치 및 운영	3.6	0.9

	• 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 설치 및 평가		
	지열II-③ 도시철도 (지하)역사 대심도(지하100m 이하) 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 및 운영 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 및 평가	4.0	1.0
	풍력-③ 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 설치 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 설치 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발	3.2	0.8
	압전I-③ 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템설치 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 설치 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 평가 기술 개발	4.4	1.1
	압전II-③ 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 설치 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 설치 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전 평가 기술 개발	2.0	0.5
4차년도 (2013년)	지열I-④ 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증 • 기존 지하역사 전체 에너지 부하 대비 지하유출수 에너지 적용 비율 산출	1.6	0.4
	지열II-④ 도시철도 (지하)역사 대심도(지하100m 이하) 지열 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증 • 기존 지하역사 전체 에너지 부하 대비 대심도 지열	1.6	0.4

	적용 비율 산출		
	풍력-④ 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 운영 및 검증 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 운영 및 검증 보완	1.6	0.4
	압전I-④ 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 운영 및 검증 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 운영 및 검증 보완	1.6	0.4
	압전II-④ 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 운영 및 검증 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 운영 및 검증 보완	1.6	0.4
총 계		**56.0**	**14.0**

- 소요 예산 근거 자료:

□ 지열 비용 :

• 호남고속철도 공주역사(7312m^2 : 신규역사) 지열 공사비 : 3.5억원 (R&D 제외)

• 호남고속철도 정읍역사(10,516m^2 : 신규역사) 지열 공사비 : 4.7억원 (R&D 제외)

※ 역사 개보수일 경우 비용 상승

□ 풍력 발전기 비용 :

• 풍력발전기 1기 제작비용 : 30,000천원/개 × 20기 = 약 6억원 (R&D 포함)

• 설치 비용 : 10,000천원/개 × 20기 = 약 2억원

□ 압전 발전 비용 :

• 압전발전 1기 제작비용 : 1,500 천원 / m^2

• 강남역사 필요 부분 압전소자 적용의 경우 :

- 예상 비용 : 600,000원/m^2 × 337m^2 (177m^2 + 160m^2) ≃ 2억원 (순수 재료비만 고려)

6. 연구 우선 순위

가. 녹색성장 구현을 위한 철도 신재생에너지 기술 개발

□ 연구내용 별 소요 예산 (단위 : 억원)

구 분	연 구 내 용	예산	우선 순위
1차년도 (2010년)	태양I-① 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 설계 • 태양광 발전 이용 가능 역사 선정 및 D/B 구축 • 철도 역사 지붕 태양전지 적용 방안 연구 • 철도 역사 창/벽면 BIPV 기술 적용 방안 연구 • 철도 역사 적용형태에 따른 태양전지 종류 선정 - 실리콘 박막형 태양전지 - 염료감응 반투명형 태양전지 • BIPV 기술 적용을 위한 샘플 모듈 설계 및 제작 • 철도 역사 BIPV 태양전지 샘플 설치 및 시험 평가 • 철도 역사 BIPV 태양광 발전 평가 기술 개발	2.5	1 ※ 역사의 특성에 따라 면적 조정 가능
	태양II-① 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 설계 • 태양광 발전 이용 가능 방음벽/방풍벽 선정 및 D/B 구축 • 철도 선로변 태양전지 적용 방안 연구 • 철도 선로변 BIPV 기술 적용 방안 연구 • 철도 선로변 적용형태에 따른 태양전지 종류 선정 - 실리콘 박막형 태양전지 - 염료감응 반투명형 태양전지 • BIPV 기술 적용을 위한 샘플 모듈 설계 및 제작 • 철도 선로변 BIPV 태양전지 샘플 설치 및 시험 평가 • 철도 선로변 BIPV 태양광 발전 평가 기술 개발	2.5	2

	지열I-① 일반철도역사 대심도(지하100m 이하) 지열 이용 냉/난방 시스템 설계 (광명역 대상) • 일반철도역사 지하역사 대심도 지열 적용 가능역사 선정 • 일반철도역사 지하역사 대심도 지열량 계측 및 D/B 구축 • 일반철도역사 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설계 • 일반철도역사 대심도 샘플 굴착을 통한 지열 에너지 추출 가능량 산출 • 일반철도역사 전체 사용에너지 대비 지열 에너지 적용 비율 산정 • 일반철도역사 지열 에너지 적용 냉/난방 시스템 기초 모듈 제작 • 일반철도역사 지열 에너지 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발	2.5	1
	풍력I-① 일반철도역사 풍력발전 시스템 설계 • 자연풍 이용 풍력발전 가능 철도역사 선정 및 D/B 구축 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 블레이드 선정 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 블레이드 설계 및 시험 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 블레이드 모듈제작 및 시험 평가 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 발전기 설계 및 제작 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 발전기 시험 평가 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 컨트롤러 설계 및 제작 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 컨트롤러 시험 평가 • 자연풍 이용 철도역사 적용 풍력발전기 평가 기술 개발	2.5	2

	풍력II-① 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 시스템 설계 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 가능 지역 선정 및 D/B 구축 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 선정 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 설계 및 시험 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 모듈제작 및 시험 평가 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 발전기 설계 및 제작 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 발전기 시험 평가 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 컨트롤러 설계 및 제작 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 컨트롤러 시험 평가 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발	2.5	1
	계통연계-① 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 설계 • 철도 역사/도시철도역사 신재생에너지 적용 가능 역사 선정 및 D/B 구축 • 역사 선정에 따른 최적 발전 시스템 선정 및 발전 용량 산출 • 철도 역사 신재생에너지 계통연계 시스템 설계 - 철도 역사 신재생에너지 계통연계 인버터 설계 - 센서부, 제어부, 보호부, 디스플레이부 설계 - 신재생에너지 전력품질 안정화 시스템 설계 • 역사 총 발전량에 기초한 신재생에너지 전력변환 시스템 모델링 및 기초 모듈 제작	2.0	1
2차년도 (2011년)	태양I-② 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 모듈제작 및 설치 • 철도역사 지붕 태양전지 발전기 시스템 설치	29.0	1 ※ 역사 의

	• 철도 역사 BIPV 기술 접목을 위한 모듈 제작 • 철도 역사 BIPV 태양광 발전 시험 평가 기술 개발		특성에 따라 면적 조정 가능
	태양II-② 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 모듈제작 및 설치 • 철도 선로변 태양전지 발전기 시스템 설치 • 철도 선로변 BIPV 기술 접목을 위한 모듈 제작 • 철도 선로변 BIPV 태양광 발전 시험 평가 기술 개발	7.0	2
	지열I-② 일반철도역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 모듈 제작 • 일반철도역사 대심도 지열 펌프 제작 • 일반철도역사 대심도 지열 heat-pump 제작 • 일반철도역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 제작 • 일반철도역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발 (B/C 분석 포함)	4.5	1
	풍력I-② 일반철도역사 풍력발전 시스템 모듈제작 • 일반철도역사 풍력발전기 설치 가능 용량 결정 • 일반철도역사 풍력발전기 모듈 제작 - 풍력발전기 10기 모듈제작 - 발전기 및 컨트롤러 제작 • 일반철도역사 풍력발전기 기타 필요모듈 제작 • 일반철도역사 풍력발전기 평가 기술 개발	3.5	2
	풍력II-② 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 시스템 모듈제작 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 설치 가능 용량 결정 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 모듈 제작 - 풍력발전기 20기 모듈제작 - 발전기 및 컨트롤러 제작 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 기타 필요모듈 제작	7.0	1

	• 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발		
	계통연계-② 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 모듈 제작 • 철도 역사 신재생에너지 전력변환 시스템 모듈 제작 • 철도 역사 신재생에너지 계통연계 시스템 모듈 제작 - 철도 역사 신재생에너지 계통연계 인버터 모듈 제작 - 센서부, 제어부, 보호부, 디스플레이부 모듈 제작 - 신재생에너지 전력품질 안정화 시스템 모듈 제작	13.0	1
3차년도 (2012년)	태양I-③ 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 설치 • 철도역사 지붕 태양광 발전기 시스템 설치 • 철도 역사 BIPV 태양광 발전기 시스템 설치 • 철도 역사 BIPV 태양광 발전 시험 평가 기술 개발	29.0	1
	태양II-③ 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 설치 • 철도 선로변 태양전지 발전기 시스템 설치 • 철도 선로변 BIPV 태양광 발전기 시스템 설치 • 철도 선로변 BIPV 태양광 발전 시험 평가 기술 개발	7.0	2
	지열I-③ 일반철도역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 • 일반철도역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 및 운영 • 일반철도역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 및 평가	5.0	1
	풍력I-③ 일반철도역사 풍력발전 시스템 설치 • 일반철도역사 풍력발전기 시스템 설치 • 일반철도역사 풍력발전기 평가 기술 개발	3.0	2
	풍력II-③ 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 시스템 설치 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 시스템 설치	4.0	1

	• 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발		
	계통연계-③ 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 설치 • 철도 역사 신재생에너지 전력변환 시스템 설치 • 철도 역사 신재생에너지 계통연계 시스템 설치 - 철도 역사 신재생에너지 계통연계 인버터 설치 - 센서부, 제어부, 보호부, 디스플레이부 설치 - 신재생에너지 전력품질 안정화 시스템 설치	5.0	1
4차년도 (2013년)	태양I-④ 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 운영 및 검증 • 일반철도역사 태양광 발전기 시스템 운영 및 검증	2.0	1
	태양II-④ 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 운영 및 검증 • 철도 선로변 태양광 발전기 시스템 운영 및 검증	2.0	2
	지열I-④ 일반철도역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증 • 기존 철도역사 전체 에너지 부하 대비 대심도 지열 적용 비율 산출	2.0	1
	풍력I-④ 일반철도역사 풍력발전 시스템 운영 및 검증 • 일반철도역사 풍력발전 시스템 운영 및 검증 보완	2.0	2
	풍력II-④ 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 시스템 운영 및 검증 • 철도 선로변 열차풍 이용 풍력발전 시스템 운영 및 검증 보완	2.0	1
	계통연계-④ 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 운영 및 검증 • 철도역사 신재생에너지 계통연계 시스템 운영 및 검증	1.5	1
총 계		**143**	

- 연구 우선 순위 근거:

□ 태양전지 : 태양광 에너지 이용의 경우 현재 실리콘 박막의 가격이 계속적으로 급격히 하락하고 있으며, 반면에 에너지 효율은 상당히 우수한 것으로 인정되고 있음. 또한 역사에 설치하는 태양전지에 비하여 선로변에 설치하는 태양전지의 경우 전기를 끌어오는 설비까지 필요하므로 비용이 조금 더 상승할 수 있음. 그러나 역사에 설치되는 태양전지의 비용을 줄이고 선로변에 태양전지를 설치하여 독립전원으로 사용된다면 비용에 비하여 효율이 급상승할 수 있음.

□ 지열 에너지 : 지열에너지의 경제성 및 효율은 영국, 오스트리아, 독일 등지의 철도역사에서 이미 확인된 에너지이며, 호남고속철도 역사인 정읍, 송정리, 공주역사에 이미 설치 계획이 되어있음. 또한 인천지하철 2호선 에서도 설치 계획이 되어 있음. 따라서 지열 에너지는 신재생에너지 활용에 있어서 1순위라고 판단됨.

□ 지상(자연풍) 풍력 에너지 : 풍력에너지의 경우 설치비용에 비하여 경제성이 아주 우수한 것으로 신재생에너지 분야에서 인식되고 있음. 따라서 선로변의 풍속 환경을 고려하여 설치를 한다면 우수한 신재생에너지라고 판단됨.

나. 녹색성장 구현을 위한 도시 철도 신재생에너지 기술 개발

□ 연구내용 별 소요 예산 (단위 : 억원)

구 분	연 구 내 용	예산	우선 순위
1차년도 (2010년)	지열I-① 도시철도 (지하)역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 설계 • 도시철도 지하역사 지하유출수 적용 가능역사 선정 • 도시철도 지하역사 지하유출수량 계측 및 D/B 구축 • 추출 가능 에너지량에 기초한 냉/난방 시스템 설계 • 도시철도 지하역사 전체 사용에너지 대비 지열 에너지 적용 비율 산정	2.5	1

	• 도시철도 지하역사 지하유출수량 적용 냉/난방 시스템 기초 모듈 제작 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발		
	지열II-① 도시철도 (지하)역사 대심도(지하100m 이하) 지열 이용 냉/난방 시스템 설계 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 적용 가능역사 선정 • 도시철도 지하역사 대심도 지열량 계측 및 D/B 구축 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설계 • 도시철도 지하역사 대심도 샘플 굴착을 통한 지열 에너지 추출 가능량 산출	2.0	2
	풍력-① 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 설계 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 가능 역사 선정 및 D/B 구축 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 선정 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 설계 및 시험 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 블레이드 모듈제작 및 시험 평가 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 발전기 설계 및 제작 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 발전기 시험 평가 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 컨트롤러 설계 및 제작 • 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 컨트롤러 시험 평가 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발	2.5	1
	압전I-① 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 설계	3.5	1

	• 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 가능 역사 선정 및 D/B 구축 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전을 위한 압전 소자 선정 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전을 위한 압전소자 설계 및 시험 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전을 위한 압전소자 모듈제작 및 시험 평가 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 평가 기술 개발		
	압전II-① 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 설계 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전 가능 역사 선정 및 D/B 구축 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전을 위한 압전 소자 선정 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전을 위한 압전소자 설계 및 시험 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전을 위한 압전소자 모듈제작 및 시험 평가 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전 평가 기술 개발	3.5	3
2차년도 (2011년)	지열I-② 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 모듈 개발 • 도시철도 지하역사 지하유출수 펌프 제작 • 도시철도 지하역사 지하유출수 열교환기 제작 • 도시철도 지하역사 지하유출수 heat-pump 제작 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 제작 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 기타 모듈 제작 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발	4.0	1
	지열II-② 도시철도 (지하)역사 대심도(지하100m 이하) 지열 이용 냉/난방 시스템 모듈 제작	2.5	2

	• 도시철도 지하역사 대심도 지열 펌프 제작 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 heat-pump 제작 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 제작 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 평가 방법 개발 (B/C 분석 포함)		
	풍력-② 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 모듈제작 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 설치 가능 용량 결정 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 모듈 제작 - 풍력발전기 20기 모듈제작 - 발전기 및 컨트롤러 제작 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 기타 필요모듈 제작 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발	7.0	1
	압전I-② 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 모듈 제작 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 설치 가능 용량 결정 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 모듈 제작 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 평가 기술 개발	7.0	1
	압전II-② 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 모듈 제작 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 설치 가능 용량 결정 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 모듈 제작 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전 평가 기술 개발	4.0	3

3차년도 (2012년)	지열I-③ 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 설치 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 설치 및 운영 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 설치 및 평가	4.5	1
	지열II-③ 도시철도 (지하)역사 대심도(지하100m 이하) 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 및 운영 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 설치 및 평가	5.0	2
	풍력-③ 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 설치 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 설치 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 평가 기술 개발	4.0	1
	압전I-③ 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템설치 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 설치 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 평가 기술 개발	5.5	1
	압전II-③ 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 설치 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 설치 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전 발전 평가 기술 개발	2.5	3
4차년도 (2013년)	지열I-④ 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증 • 도시철도 지하역사 지하유출수 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증 • 기존 지하역사 전체 에너지 부하 대비 지하유출수 에너지 적용 비율 산출	2.0	1
	지열II-④ 도시철도 (지하)역사 대심도(지하100m 이	2.0	2

	하) 지열 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증 • 도시철도 지하역사 대심도 지열 이용 냉/난방 시스템 운영 및 검증 • 기존 지하역사 전체 에너지 부하 대비 대심도 지열 적용 비율 산출		
	풍력-④ 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 운영 및 검증 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 운영 및 검증 보완	2.0	1
	압전I-④ 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 운영 및 검증 • 도시철도 지하역사 승강장/대합실 압전발전 시스템 운영 및 검증 보완	2.0	1
	압전II-④ 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 운영 및 검증 • 도시철도 지하터널 열차풍 이용 압전발전 시스템 운영 및 검증 보완	2.0	3
총 계		**70.0**	

- 연구 우선 순위 근거:

□ 지하 열차풍 풍력 에너지 : 지하 열차풍의 경우 최근에 도시철도에 설치된 스크린 도어의 효과로 인하여 지하 터널에서는 계속적인 터널 풍이 존재하는 것으로 확인이 되었으며, 이는 풍력발전을 하기에 최소 풍량 2.5m/sec를 상회하는 것으로 조사되었음. 따라서 지하 터널에서 열차풍을 활용할 수 있는 특수 풍력발전기를 제작을 하여 열차풍을 이용할 수 있다면 경제성이 매우 뛰어난 신재생에너지 라고 판단됨.

□ 압전 에너지 : 도시철도 역사의 경우 사용하는 승객이 하루 평균 10만이 넘는 것으로 조사되었음. 다른 신재생에너지 설치비용에 비하여 약간 고가인 압전 소자의 모듈임에도 불구하고 적절한 배치 및 운영이 있다면 뛰어난 경제성이 보장이 되는 것으로 판단됨.

□ 지열 에너지 : 지열에너지의 경제성 및 효율은 영국, 오스트리아, 독일 등지의 철도역사에서 이미 확인된 에너지이며, 호만고속철도 역사인 정읍, 송정리, 공주역사에 이미 설치 계획이 되어있음. 또한 인천지하철 2호선 에서도 설치 계획이 되어 있음. 따라서 지열 에너지는 신재생에너지 활용에 있어서 1순위라고 판단됨.

6절 세부과제의 성과목표·지표 설정 및 근거

1. 연차별 성과목표(정량적, 정성적)와 성과지표(필수지표 포함)

[표 2-25. 1차년도 성과목표와 성과지표]

구분	성과목표	성과지표		측정방법	최종목표치	목표치 설정 근거
1차연도	1. 논문 (핵심기술 정립)	1-1	학술지 게재 논문건수 (국내/국외)	국내외 학술지 논문게재 건수 제시	2편	교통분야 R&D사업의 평균 학술지 게재 건수는 1.60건/10억
		1-2	SCI급 학술지 게재 논문 건수	SCI급 학술지 게재 논문 건수 제시	-	교통분야 R&D사업의 평균 SCI급 학술지 게재 건수는 0.16건/10억
		1-3	학술회의 발표 논문건수 (국내/국외)	학술회의에 참가해 발표한 건수	4편	교통/철도분야 R&D사업의 평균 학술회의 발표 건수는 4건/10억
	2. 연구성과 확산 노력	2-1	기술 상호교류 정도	상호교류 실적	4건	운영기관의 협의회를 통한 협의와 연구반영
	3. 특허 (핵심기술 개발)	3-1	특허출원 건수(국내)	해당 사업을 통해 산출된 특허출원 건수	-	해당사업을 통해 산출된 특허 출원 건수
	4. 실용화	4-1	시제품 출시 건수	시제품 출시 건수	-	개발 될 신재생에너지 시제품의 목표 건수를 명확히 함

[표 2-26. 2차년도 성과목표와 성과지표]

구분	성과목표	성과지표		측정방법	최종목표치	목표치 설정 근거
2차연도	1. 논문 (핵심기술 정립)	1-1	학술지 게재 논문건수 (국내/국외)	국내외 학술지 논문게재 건수 제시	2편	교통분야 R&D사업의 평균 학술지 게재 건수는 1.60건/10억
		1-2	SCI급 학술지 게재 논문 건수	SCI급 학술지 게재 논문 건수 제시	-	교통분야 R&D사업의 평균 SCI급 학술지 게재 건수는 0.16건/10억
		1-3	학술회의 발표 논문건수 (국내/국외)	학술회의에 참가해 발표한 건수	6편	교통/철도분야 R&D사업의 평균 학술회의 발표 건수는 4건/10억
	2. 연구성과 확산 노력	2-1	연구개발 관련 홍보건수	세미나, 워크샵 개최	2건	연구개발 중간성과에 대한 대국민, 정부 대상 홍보
		2-2	기술 상호교류 정도	상호교류 실적	2건	운영기관의 협의회를 통한 협의와 연구반영
	3. 특허 (핵심기술 개발)	3-1	특허등록 건수(국내)	해당 사업을 통해 산출된 특허출원 건수	-	해당사업을 통해 산출된 특허등록 건수
		3-2	특허출원 건수(국내)	해당 사업을 통해 산출된 특허등록 건수	2건	해당사업을 통해 산출된 특허 출원 건수
	4. 인력양성	4-1	분야별 인력양성	인력양성 배출실적	-	해당연구를 통한 전문인력 양성

[표 2-27. 3차년도 성과목표와 성과지표]

구분	성과목표	성과지표		측정방법	최종목표치	목표치 설정 근거
3차연도	1. 논문 (핵심기술 정립)	1-1	학술지 게재 논문건수 (국내/국외)	국내외 학술지 논문게재 건수 제시	2편	교통분야 R&D사업의 평균 학술지 게재 건수는 1.60건/10억
		1-2	SCI급 학술지 게재 논문 건수	SCI급 학술지 게재 논문 건수 제시	-	교통분야 R&D사업의 평균 SCI급 학술지 게재 건수는 0.16건/10억
		1-3	학술회의 발표 논문건수 (국내/국외)	학술회의에 참가해 발표한 건수	4편	교통/철도분야 R&D사업의 평균 학술회의 발표 건수는 4건/10억
	2. 연구성과 확산 노력	2-1	연구개발 관련 홍보건수	세미나, 워크샵 개최	2건	연구개발 중간성과에 대한 대국민, 정부 대상 홍보
		2-2	기술 상호교류 정도	상호교류 실적	4건	운영기관의 협의회를 통한 협의와 연구반영
	3. 특허 (핵심기술 개발)	3-1	특허등록 건수(국내)	해당 사업을 통해 산출된 특허출원 건수	1건	해당사업을 통해 산출된 특허등록 건수
		3-2	특허출원 건수(국내)	해당 사업을 통해 산출된 특허등록 건수	2건	해당사업을 통해 산출된 특허 출원 건수
	4. 실용화	4-1	시제품 출시 건수	시제품 출시 건수	1건	해당사업을 통해 산출된 시제품 제작

[표 2-28. 4차년도 성과목표와 성과지표]

구분	성과목표	성과지표		측정방법	최종목표치	목표치 설정 근거
4차연도	1. 논문 (핵심기술 정립)	1-1	학술지 게재 논문건수 (국내/국외)	국내외 학술지 논문게재 건수 제시	2편	교통분야 R&D사업의 평균 학술지 게재 건수는 1.60건/10억
		1-2	SCI급 학술지 게재 논문 건수	SCI급 학술지 게재 논문 건수 제시	1편	교통분야 R&D사업의 평균 SCI급 학술지 게재 건수는 0.16건/10억
		1-3	학술회의 발표 논문건수 (국내/국외)	학술회의에 참가해 발표한 건수	6편	교통/철도분야 R&D사업의 평균 학술회의 발표 건수는 4건/10억
	2. 연구성과 확산 노력	2-1	연구개발 관련 홍보건수	세미나, 워크샵 개최	2건	연구개발 중간성과에 대한 대국민, 정부 대상 홍보
		2-2	기술 상호교류 정도	상호교류 실적	4건	운영기관의 협의회를 통한 협의와 연구반영
	3. 특허 (핵심기술 개발)	3-1	특허등록 건수(국내)	해당 사업을 통해 산출된 특허출원 건수	1건	해당사업을 통해 산출된 특허등록 건수
		3-2	특허출원 건수(국내)	해당 사업을 통해 산출된 특허등록 건수	1건	해당사업을 통해 산출된 특허 출원 건수
	4. 실용화	4-1	시제품 출시 건수	시제품 출시 건수	1건	해당사업을 통해 산출된 시제품 제작
	5. 인력양성	5-1	분야별 인력양성	인력양성 배출실적	1인	해당연구를 통한 전문인력 양성

2. 성과목표와 지표간 상호연계성을 확보한 성과지표 근거

[표 2-29. 성과목표와 성과지표 근거]

성과목표	성과지표	연계성
논문	학술지 게재 논문건수 SCI급 학술지 게재 논문건수 학술회의 발표 논문건수	연구진행에 따른 학술발표를 통하여 보완하여 연구결과의 완성도에 따라 학술지 게재 또는 SCI급에 발표를 성과지표로 설정
연구성과 확산노력	연구개발 관련 홍보건수 기술확산을 위한 교류정도	연구개발 결과의 홍보와 상용화를 촉진하기 위해 기술교류를 성과지표로 설정
특허	특허출원 및 등록건수	가시적 핵심개발 기술과 제품에 대한 건수를 성과지표로 설정
실용화	시제품 출시 및 제품화 건수	실용화를 위한 단계로 시험부설이 필요하며 이를 위하여 시제품 출시 및 제품 건수를 지표로 설정
생산성 제고	비용절감효과 현장적용실적	기술개발에 의한 해외제품 대비 비용절감효과와 개선된 공정개선을 검증할 수 있는 현장부설 건수를 지표로 설정

7절 연구추진 전략수립

1. 연구 추진 체계

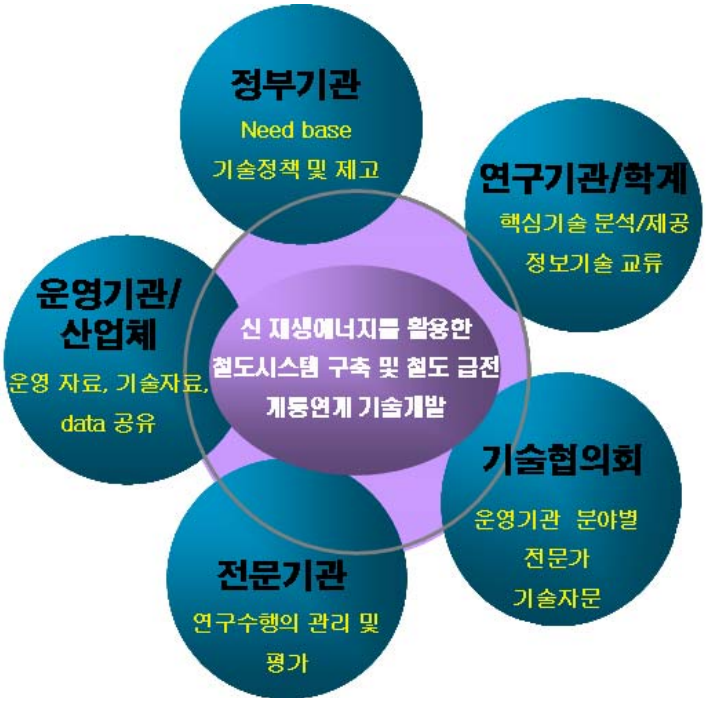


그림 2-107. 연구추진체계

• 수요자·사용자 중심의 개발
- 철도 운영기관 기술협의체 의견 수렴
- 철도 운영기관 현장적용 및 시스템 검증에 참여 유도

• 국내외 기술 협력체계 구축 운영
- 국내외 전문기관 및 전문가와의 기술협조 체계 구축
- 기업의 기술 개발 투자 및 유도

• 학계 및 운영기관과의 기밀한 협조
- 학계의 전문가 그룹 기술 자문 및 협조 체제 구축
- 철도 운영기관 기술협의체 의견 수렴

– 철도 운영기관 현장적용 및 시스템 검증에 참여 유도

• 국내외 전문가 기술 자문 협조
– 국내외 전문기관 및 전문가와의 기술협조 체계 구축
– 기업의 기술 개발 투자 및 유도

2. 연계 연구방안

• 신재생에너지를 활용한 철도시스템 구축 연구
– 지식경제부 산하의 에너지연구원 및 건설기술연구원의 신재생에너지 적용 기술 개발 관련 팀과 공동연구 추진

8절 해외 공동연구 또는 전문가 활용방안

1. 해외 공동연구

– 필요에 따라서 조치 예정

2. 전문가 활용방안

• 당해 분야 산-학-연 전문가 자문그룹 구성 및 정기적 자문회의 개최
• 당해 기술개발의 수요처인 운영기관의 실무자로 구성된 기술협의회 구성 및 상시 자문체계 구축

특허 동향 조사

1. 개 요

2. 동향분석

I

개요

제 1절 분석 배경 및 목적

제 2절 분석범위

제 3절 분석기준

1. 분석 배경

본『신재생에너지 기술개발』은 미래철도 기반기술 산업의 경향과 우리나라 기술수준에 대한 국내외 특허 분석을 통하여 2009년도 미래철도 기반기술 개발사업 신재생에너지분야의 투자 방향을 점검하고 동시에 전략적이고 내실 있는 연구기획이 가능하도록 하는 사업임.

2. 분석 목적

○ 신재생 에너지는 다른 발전 방식과 달리 대기오염 등의 공해가 전혀 없는 청정에너지원이며, 고갈의 염려가 없는 무한에너지로서, 철도역사의 미래 에너지 확보 및 환경 친화적인 전력급전 적용 연구개발이 필요함.

○ 고속철도의 도입으로 인한 전력비용 증가로 환경 친화적인 풍력, 태양광, 태양열, 압전소자, 지열, 연료전지 등을 통한 발전을 철도 역사에 적용하는 방법을 비롯하여, 신재생에너지를 철도시스템에 적용하는 방안 등 에너지 절감을 위한 장기적인 대안수립이 필요함.

본 특허동향조사 보고서는 신재생에너지 기술개발에 관한 특허동향을 분석함으로써 우리나라의 기술 수준, 선진 기업의 연구개발 동향 및 핵심특허 현황 등을 파악하여 본 연구개발과제 수행의 타당성에 대한 객관적인 특허정보를 제공하기 위함.

제 2 절 분석범위

본 분석에서는 연구성과의 파급효과 및 연구의 필요성을 고려하여 선택된 신재생에너지의 5개 연구기획 기술분야(풍력에너지, 태양에너지, 압전소자, 지열에너지, 연료전지)를 특허분석대상으로 하였으며, 1990년 01월 ~ 2009년 06월까지 출원공개된 한국, 일본, 유럽 및 미국공개특허와 1991년 01월 ~ 2009년 06월까지 출원등록된 미국등록특허를 분석 대상으로 함.

○ 분석대상 특허[1)]

<표3-1> 신재생에너지분야 국가별 분석구간 및 특허건수

자료 구분	국 가	전체분석구간	정량분석 대상특허	정성분석 대상특허
공개특허 (출원일 기준)	한국	1990 ~ 2009.06(검색일)	276	276
	일본	1990 ~ 2009.06(검색일)	484	484
	유럽	1990 ~ 2009.06(검색일)	37	37
	미국	1990 ~ 2009.06(검색일)	-	80
등록특허 (등록일 기준)	미국	1991 ~ 2009.06(검색일)	216	216
합계			**1,013**	**1,093**

※ *정량분석구간: 한국, 일본, 유럽 – ~2009(출원년도), 미국 – ~2009(등록년도)*
※ *정성분석구간: 전체분석구간 대상 (~2009.6(검색일))*

1) ※ 한국, 일본 및 유럽특허: 출원일 기준으로 분석하며, 일반적으로 특허출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 관련정보를 대중에게 공개하고 있음. 따라서 아직 미공개 상태의 데이터가 존재하는 2008~2009년 자료는 유효하지 않으므로 **정량분석은 ~2007년까지 한정**함. 단, **정성분석에는 가장 최근 특허자료까지 포함**시킴
※ 미국특허: 등록일 기준으로 분석하기 때문에 최근 데이터도 유효하므로 **정량분석은 ~2008년 데이터까지 포함**하였으며, **정성분석은 2009년 자료도 포함**. 반면 **미국공개특허는 출원시에 선택에 의해 공개되어 통계적인 의미는 없으므로 정량분석 대상에서는 제외하고, 정성분석에만 포함**시킴

제 3 절 분석기준

1. 기술 분류

○ 분석대상 기술분류

<표 3-2> 분석대상 기술분류

중분류	분류기호	소분류	분류기호
신재생에너지	AA	풍력에너지	AAA
		태양에너지	AAB
		압전소자	AAC
		지열에너지	AAD
		연료전지	AAE

○ 분석대상 기술범위

<표 3-3> 분석대상 기술범위

중분류	소분류	검색개요 (기술범위)
신재생에너지	풍력에너지	철도역, 교량, 및 역사건물 등에 풍력에너지를 이용한 전력 생산 기술
	태양에너지	철도역 및 지하철 등에 태양전지, 태양열, 태양광 등의 태양에너지를 이용한 전력 생산 기술
	압전소자	철도역사 및 시설물 등에 압전소자를 이용한 전력 생산 기술
	지열에너지	철도역사 및 시설물 등에 지열에너지를 이용한 기술
	연료전지	풍력, 태양광, 압전소자 등에 의한 전력 에너지를 적용한 계통 연계형 연료전지 급전 시스템 기술

2. 분석 방법

본 분석에서는 양적인 통계를 의미하는 정량분석과 각 특허가 갖는 기술적인 내용을 의미하는 정성분석으로 나누어 분석함

○ 정량분석 방법

- 특허를 출원연도별, 국가별, 기술별 및 출원인별로 분류하여 각 부문별 특허건수, 점유율 및 증가율 등으로 구분하여 분석을 수행함

- 이를 통해 세계의 특허동향과 우리의 수준을 비교하고, 중분류 각 분야에서 세부 기술 분야별 연구개발 현황과 주요 기업을 살펴봄으로써 국가차원의 연구개발 및 국제협력의 필요성 등에 대한 기초자료를 제시함

○ 정성분석 방법

- 특허분석 자문위원회에서 도출된 특정 기술분야에 대하여 특허망 구축을 하고 있는 주요 기업을 살펴보고, 그 사례를 몇 가지로 심층분석함

- 핵심분야에 대한 기술의 흐름을 파악하고, 핵심특허는 별도로 심층적인 권리분석을 수행하여 권리범위 현황 파악 및 이를 통해 공백기술을 도출할 수 있도록 하였음

- 기획위원회의 참여 전문가들과 협의하여 핵심 원천특허에 대한 회피설계방안을 마련함

3. 분석 지표[2)]

○ 특허 분석 지표

<표 3-4> 특허분석 지표

구분	지표	의미	정의
양적 측면	특허건수	특허활동	-
	특허활동지수 (Activity Index)	상대적 특허활동	$AI = \frac{\frac{\text{특정기술분야의특정출원인건수}}{\text{특정기술분야전체출원건}}}{\frac{\text{특정출원인총건수}}{\text{전체총건수}}}$
질적 측면	인용도지수 (Cites Per Patent)	인용도지수 ∝ 영향력	인용도지수 = $\frac{\text{피인용수}}{\text{특허건수}}$
	영향력지수 (Patent Impact Index)	상대적 영향력	PII = $\frac{\text{해당국가의피인용비}}{\text{전체피인용비}}$
	기술력지수 (Technology strength)	기술력	TS = 특허건수*영향력지수
	시장확보지수 (Patent Family Size)	시장확보지수 ∝ Market size	PFS = $\frac{\text{해당출원인 평균 특허Family수}}{\text{전체평균 특허Family수}}$
	과학적 연계성 (Science Linkage)	기초과학과의 연계성	SL(NPR) = $\frac{\text{인용 비특허문헌수}}{\text{특허건수}}$

○ 특허활동지수(Activity Index)

상대적 집중도를 살펴보기 위한 지표로서, 그 값이 1보다 큰 경우에는 상대적 특허활동이 활발함을 나타내며 구하는 방법은 아래와 같음

$$A.I. = \frac{\frac{\text{특정기술 분야의 특정출원인 건수}}{\text{특정기술분야 전체 건수}}}{\frac{\text{특정 출원인 총건수}}{\text{전체 총건수}}}$$

○ 인용도 지수(CPP, Cites Per Patent)

특정 특허권자의 특허들이 이후 등록되는 특허들에 의해 인용되는 회수의 평균값으로, 이 값이 클수록 주요특허 또는 원천특허를 많이 가지고 있다는 것을 의미하며 많이 인용되는 특허를 가진 특허권자는 경쟁에서 유리한 위치를 점할 수 있음

○ 영향력지수(Patent Impact Index)

한 시점을 기준으로 삼아 과거의 기술적 활동을 반영하는 지표로서, 특정 출원인(특허권자)이 소유한 기술의 질적수준을 측정하는 지수임. PII가 1이면 평균 인용 빈도임을 나타내고, 2이면 평균보다 2배 많은 빈도로 인용됨을 나타냄

2) 특허활동지수(AI), 인용도 지수(CPP), 영향력 지수(PII), 기술력 지수(TS), 시장확보지수(PFS) 및 연구개발방향(NPR) 등의 지표는 특허정보분석에 일반적으로 사용되는 지표로서 미 상무성 기술정책국, OECD 등에서 발간하는 다수의 기술정책 관련 보고서에서 활용되고 있음.

PII = 특정기술 분야의 특정출원인의 피인용비/전체 피인용비

○ 기술력지수(Technology Strength)

기술력지수가 클수록 해당 국가(또는 연구주체)의 기술력이 높음을 의미함

TS = 특허건수 × 영향력지수

○ 시장확보지수(Patent Family Size)

한 발명에 대해 각 국가마다 출원된 특허를 Family patent라 지칭함. 해당국가에서 상업적인 이익 또는 기술경쟁 관계에 있을 때에만 해외에 특허를 출원하므로 Family Patent 수가 많을 때에는 특허를 통한 시장성이 크다고 판단되어 이를 시장확보력의 지표로 사용함

$$PFS = \frac{\text{해당출원인(소유권자)평균 } PatentFamily\text{수}}{\text{전체평균 } PatentFamily\text{수}}$$

○ 연구개발방향(비특허문헌, Non-patent Reference)

과학과 기술과의 연계성을 알아보는 지표로 미국특허에서 인용된 문헌 중에 비특허문헌이 많은 경우 기초과학(basic science)과의 연계성이 깊은 것으로 해석되며, 특허문헌이 많은 경우 응용기술(applied technology)과의 연계성이 깊은 것으로 해석됨

○ 기하평균과 산술평균

(상대)성장률은 연평균 성장률의 평균값으로 산정하며, 이때 산술평균을 이용하면 아래 표와 같은 오차가 발생할 수 있음. 따라서, (상대)성장률을 산출시에는 반드시 기하평균을 이용함

<기하평균 계산식>

$$G(\%) = [\{(1+g_1)(1+g_2)\cdots(1+g_n)\}^{1/n} - 1] \times 100$$

구간 : n, 각 구간의 증가율: g, 연평균 증가율: G

<표 3-5> 기하평균과 산술평균의 오차 사례

구분		1996년	1997년	1998년	1999년
특허출원건수		8,885건	3,865건	195건	2,720건
증가율			-56.5%	-95.0%	1,294.9%
연평균 증가율	산술평균	(-56.5-95.0+1294.9)/3 = 381.1%			
	기하평균	$\{((1-0.565)(1-0.95)(1+12.9))^{1/3} - 1\} \times 100 = -32.9\%$			

II

동향 분석

제 1절 전 세계 신재생에너지 분야의 동향

제 2절 신재생에너지 분야 기술별 동향

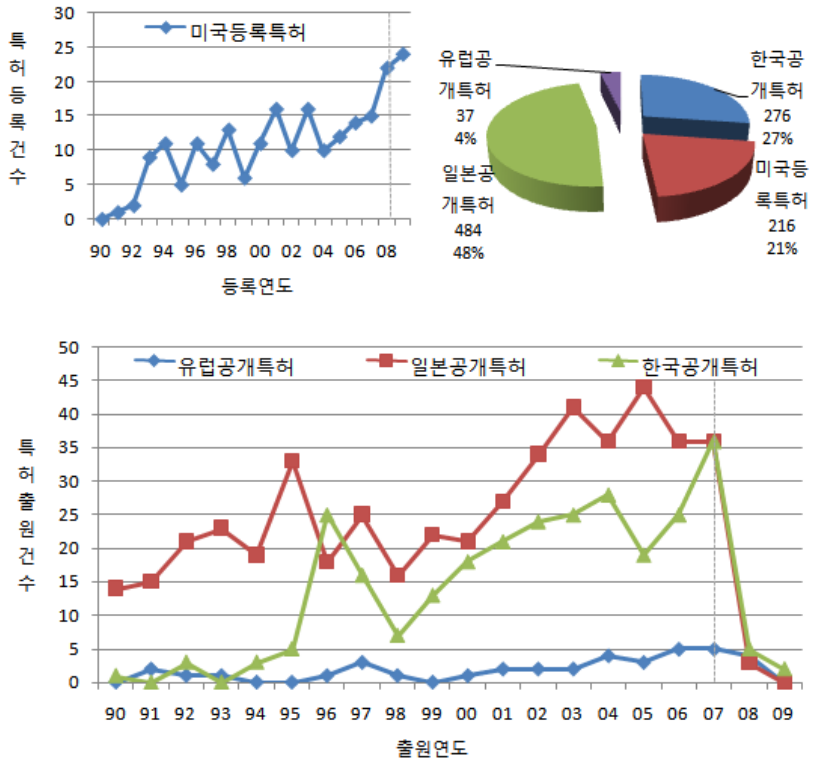
제 3절 주요 출원인 동향 및 공동연구

제 4절 기술경쟁력 비교분석

제 1 절 전 세계 신재생에너지 분야의 동향

1. 연도별 동향

○ 신재생에너지 기술개발 분야의 연도별 동향을 살펴보면, 1990년대 이후로 전 세계의 특허출원건수가 지속적인 증가 추세를 보임



※분석구간 : 한국,일본,유럽특허 ~2007.12(출원연도), 미국특허 ~2008.12(등록연도)

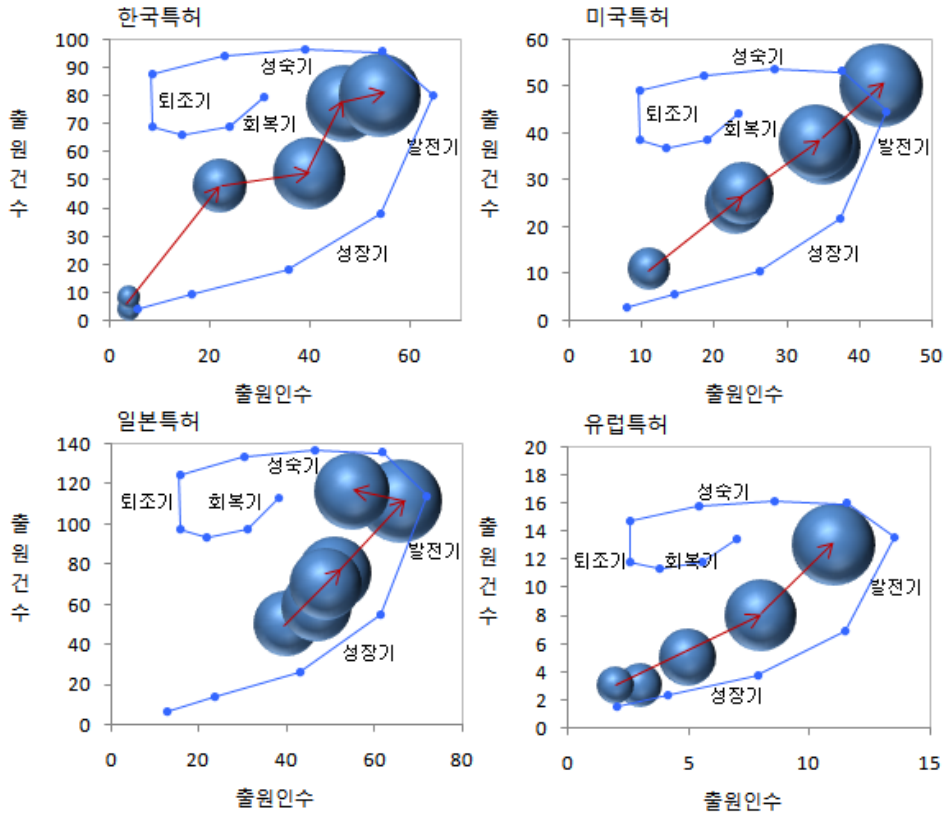
그림 3-1. 신재생에너지 분야의 전세계 출원(등록) 건수 추이

○ 한국은 90년대 중반 활발한 특허 출원 경향을 보이다가 90년대 후반 주춤하였으나, 2000년도 중반부터 급격한 증가 추세를 보이고 있으며, 일본은 2000년도부터 지속적으로 증가하였으나 최근 다소 감소하는 경향을 보임. 미국과 유럽의 경우, 90년대 이후로 최근까지 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있음.

○ 신재생에너지 기술개발 분야의 전 세계 특허 점유율은 한국공개특허 276건(27%), 일본공개특허 484건(48%), 미국등록특허 216건(21%), 유럽공개특허 37건(4%)의 분포로 나타나, 일본에서 관련 분야의 기술개발이 가장 활발하게 이루어지고 있는 것으로 나타남.

2. 포트폴리오로 본 신재생에너지 분야의 위치

○ 신재생에너지 분야의 특허건수와 출원인수 변화의 상관관계를 통해 기술의 위치를 살펴보는 포트폴리오 기본 모델에서, 한국특허, 미국특허, 유럽특허는 발전기에 있고, 일본특허는 발전기를 지나 성숙기에 있는 것으로 나타남

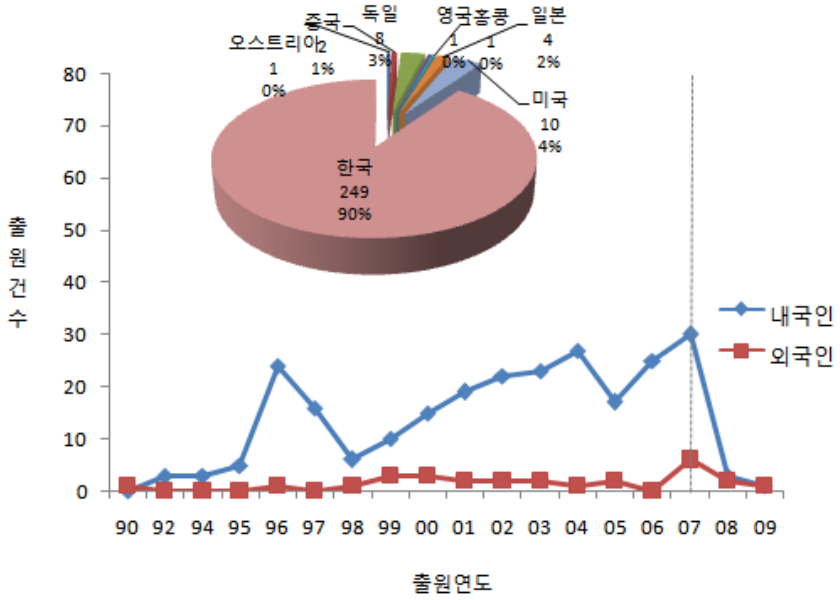


1. 분석구간 : 한국, 일본, 유럽 – '90~'92, '93~'95, '96~'98, '99~'01, '02~'04, '05~'07(출원연도)
미국 – '91~'93, '94~'96, '97~'99, '00~'02, '03~'05, '06~'08(등록연도)
2. X축 : 출원인수(특허권자수), Y축 : 출원건수(특허건수)

그림 3-2. 포트폴리오로 본 신재생에너지 분야의 위치

3. 국가별 특허 동향 및 점유율

○ 한국특허에서의 신재생에너지 분야 국가별 출원 동향을 살펴보면, 내국인에 의한 출원 점유율이 90%, 외국인에 의한 출원 점유율이 10%로 나타났으며, 06년도부터 외국인에 의한 출원 증가가 두드러짐

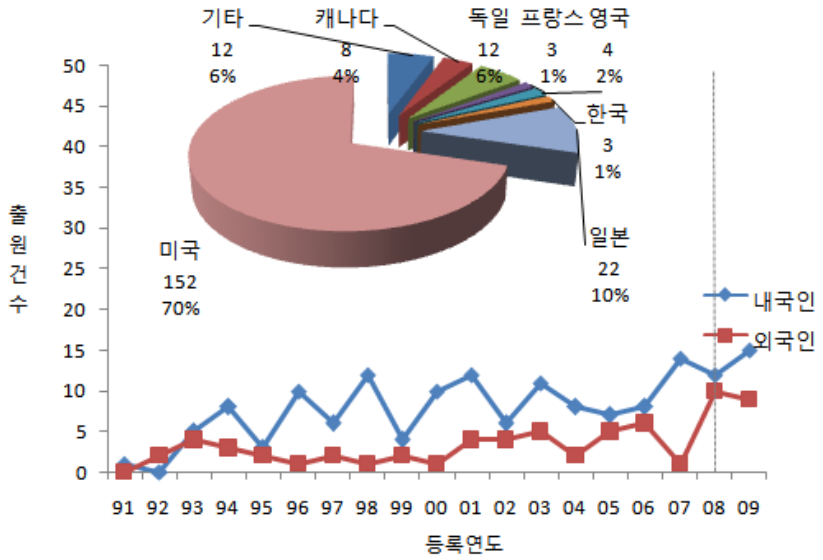


1. 제 1 출원인 기준
2. 분석구간 : ~2007년(출원연도)

그림 3-3. 신재생에너지 분야 내·외국인 연도별 특허 출원건수(한국특허)

○ 외국인에 의한 출원 동향으로는, 미국이 10건(4%), 독일이 8건(3%), 일본이 4건(2%)으로 우세하게 나타났으며, 그 외 중국, 오스트리아, 영국, 홍콩의 국내 출원 활동이 조사되었음

○ 미국특허에서의 신재생에너지 분야 국가별 출원 동향을 살펴보면, 내국인에 의한 출원 점유율이 70%, 외국인에 의한 출원 점유율이 30%로 나타나 외국인에 의한 미국 특허 출원이 활발이 이루어지고 있는 것으로 나타남

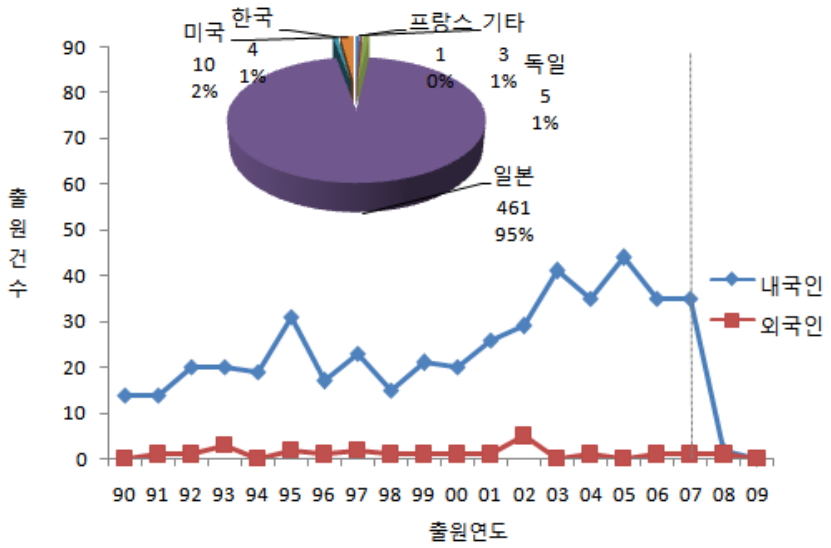


1. 제 1 출원인 기준
2. 분석구간 : ~2008년(등록연도)

그림 3-4. 신재생에너지 분야 내·외국인 연도별 특허 출원건수(미국특허)

○ 외국인에 의한 출원 동향으로는, 일본이 22건(10%), 독일이 12건(6%), 캐나다가 8건(4%), 영국 4건(2%)으로 우세하게 나타났으며, 그 외 프랑스, 한국을 비롯하여 기타 외국인(스위스, 덴마크, 스페인, 핀란드, 홍콩, 이스라엘, 스웨덴, 대만)의 미국 출원 활동이 조사되었음

○ 일본특허에서의 신재생에너지 분야 국가별 출원 동향을 살펴보면, 내국인에 의한 출원 점유율이 95%, 외국인에 의한 출원 점유율이 5%로 나타나 내국인에 의한 특허 출원이 압도적으로 우세한 것으로 나타남.

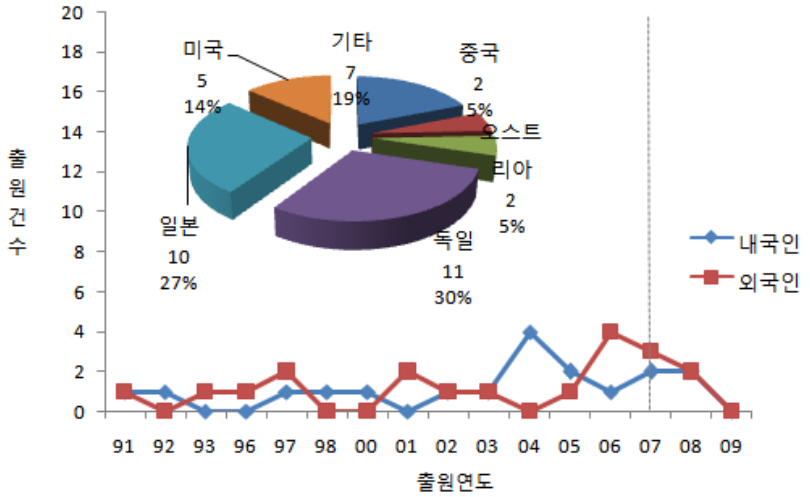


1. 제 1 출원인 기준
2. 분석구간 : ~2007년(출원연도)

그림 3-5. 신재생에너지 분야 내·외국인 연도별 특허 출원건수(일본특허)

○ 외국인에 의한 출원 동향으로는, 미국이 10건(2%), 독일이 5건(1%), 한국이 4건(1%)으로 우세하게 나타났으며, 그 외 프랑스를 비롯하여 기타 외국인(호주, 스위스)의 일본 출원 활동이 조사되었음.

○ 유럽특허에서의 신재생에너지 분야 국가별 출원 동향을 살펴보면, 독일이 11건(30%), 일본이 10건(27%), 미국이 5건(14%)으로 우세하게 나타났으며, 그 외 오스트리아, 중국, 이탈리아, 네덜란드, 스페인, 룩셈부르그, 대만의 출원 활동이 조사되었음.



1. 제 1 출원인 기준
2. 분석구간 : ~2007년(출원연도)

그림 3-6. 신재생에너지 분야 내·외국인 연도별 특허 출원건수(유럽특허)

4. 전 세계 국가별 주요 출원인

○ 신재생에너지 분야 주요 특허권자는 Railway Technical Res Inst(일본), Toyota Motor(일본), Electric Power Research Institute(미국), 현대자동차(한국), Nordex Energy(독일)으로 나타남.

○ 일본과 한국에서는 소수 기업의 집중적인 특허 활동이 두드러진 반면, 미국과 유럽에서는 다수 출원인 및 개인에 의한 특허 활동이 활발하여 특허권자에 대해 분산된 점유율을 보임.

○ 국내에서는 현대자동차의 압도적인 출원 활동이 조사되었으며, 기아자동차, 대우자동차, 한라공조, 현대모비스 등이 그 뒤를 이음.

○ 미국의 경우 Electric Power Research Institute, Genedics LLC, General Electric, Union Oil 등이 주요출원인으로 나타났으며, Bowling Green State University, Honda Motor, Northern Power Systems, Railpower Technologies, Toyota Jidosha, 현대자동차 등의 특허 활동도 두드러짐.

○ 일본의 경우 주요출원인은 Railway Technical Res Inst, Toyota Motor, Nissan Motor, Honda Motor, Hitachi, Matsushita Electric, Toshiba, East Japan Railway, Misawa Kankyo Gijutsu 순으로 나타남.

○ 유럽에서는 독일 기업 Nordex Energy, A.Fiedr.Flender AG, J. Eberspächer의 출원 활동 외에, Toyota Jidosha, Central Japan Railway 등의 일본 기업과 Era Powe, Eva Signal 등의 미국 기업의 활동도 두드러진 것으로 조사되었음.

<표 3-6> 신재생에너지 분야 전 세계 국가별 주요 출원인 Top10

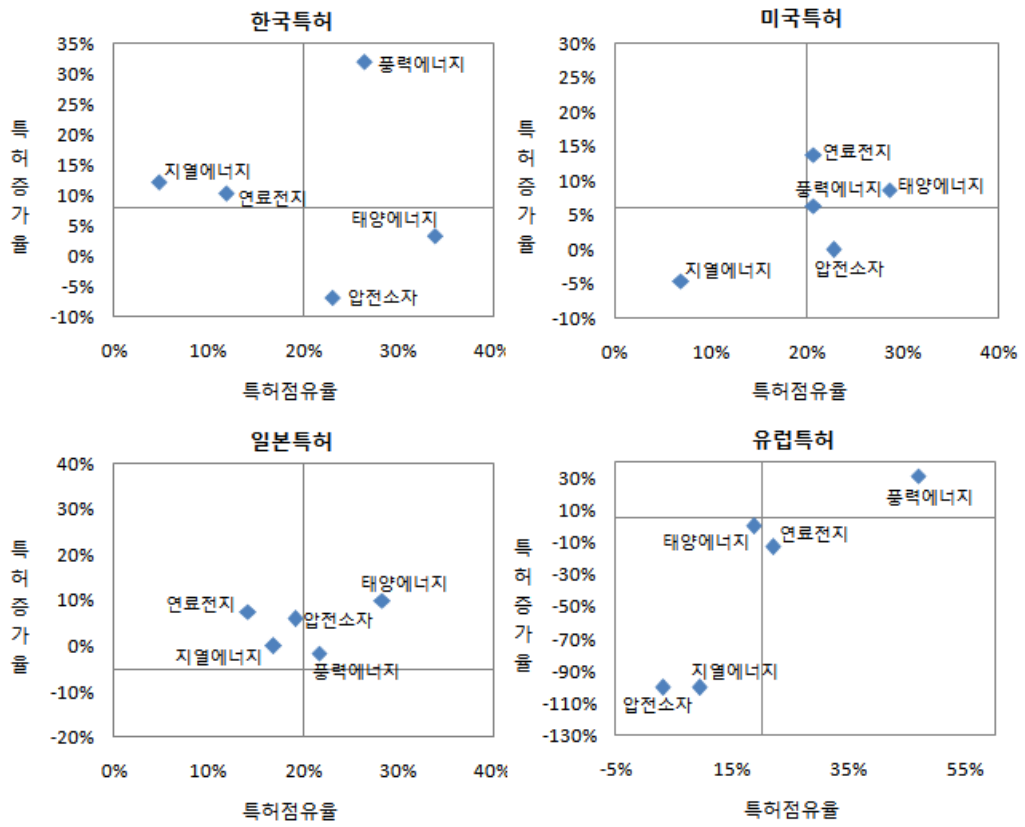
순위	미국		한국		일본		유럽	
	특허권자	건수	출원인	건수	출원인	건수	출원인	건수
1	Electric Power Research Institute (미국)	4	현대자동차 (한국)	56	Railway Technical Res Inst (일본)	47	Nordex Energy (독일)	3
2	Genedics LLC (미국)	4	기아자동차 (한국)	13	Toyota Motor (일본)	24	Toyota Jidosha (일본)	3
3	General Electric (미국)	4	대우자동차 (한국)	13	Nissan Motor (일본)	14	A.Fiedr.Flender AG (독일)	3
4	Union Oil (미국)	4	한라공조 (한국)	8	Honda Motor (일본)	11	Awa Technical Agencies (중국)	1
5	Bowling Green State University (미국)	3	현대모비스 (한국)	5	Hitachi (일본)	10	Central Japan Railway (일본)	1
6	Honda Motor (일본)	3	한국건설기술연구원 (한국)	4	Matsushita Electric (일본)	10	Eickhoff Maschinenfabrik (독일)	1
7	Northern Power Systems (미국)	3	현대중공업 (한국)	4	Toshiba (일본)	9	Era Power (미국)	1
8	Rialpower Technologies (미국)	3	엔이씨 (한국)	3	East Japan Railway (일본)	7	Eva Signal (미국)	1
9	Toyota Jidosha (일본)	3	코오롱건설 (한국)	3	Central Japan Railway (일본)	5	Honda Motor (일본)	1
10	현대자동차 (한국)	2	한국철도기술연구원 (한국)	3	Misawa Kankyo Gijutsu (일본)	5	J. Eberspächer (독일)	1

1. 제 1 출원인 기준 배제(공동출원인 포함)

2. 분석구간: 한국, 일본, 유럽- ~2009년(출원년도), 미국- ~2009년(등록년도)

5. 세부기술별 발전가능성

○ 특허점유율과 특허증가율을 통한 포트폴리오 분석은 연구개발이 지속적으로 이루어지고 있는 분야(1사분면) 및 최근 각광받는 분야(2사분면) 등을 파악하고 이를 통해 연구개발 투자가 이루어져야 할 세부과제 도출을 위한 하나의 지표로 활용될 수 있음.



1. 제 1출원인(특허권자) 기준
2. 분석구간: 한국, 일본, 유럽- '90~'07(출원연도), 미국- '91~'08(등록연도)
3. X축: 100%/기술분야 개수, Y축: 분석구간의 연평균 증가율의 기하평균값
4. 분석의미: 1사분면- 지속적으로 특허출원이 활발, 2사분면- 최근 특허출원이 활발
3사분면- 초창기(도입기) 기술, 4사분면- 최근 특허출원이 감소추세

그림 3-7. 신재생에너지 분야 특허점유율 및 증가율에 따른 포트폴리오 분석

○ 신재생에너지 분야의 세부기술별 특허점유율에 따른 특허증가율을 살펴보면, 한국의 경우 풍력에너지 분야가 연구개발이 지속적으로 이루어지고 있는 분야로 나타났고, 지열에너지와 연료전지 분야는 최근 각광받는 분야로 나타났으며, 태양에너지와 압전소자 분야는 최근 특허출원이 감소 추세인 것으로 나타남

○ 미국의 경우, 연료전지, 태양에너지 및 풍력에너지 분야는 연구개발이 지속적으로 이루어지고 있는 분야로 나타난 반면, 압전소자 분야는 최근 특허출원이 감소 추세인 것으로 나타났으며, 지열에너지 분야는 도입 기술로 나타남.

○ 일본의 경우, 태양에너지와 풍력에너지 분야는 연구개발이 지속적으로 이루어지고 있는 분야로 나타났으며, 압전소자, 지열에너지 및 연료전지 분야는 최근 특허출원이 활발한 분야로 나타남.

○ 유럽의 경우, 풍력에너지 분야는 연구개발이 지속적으로 이루어지고 있는 분야로 나타난 반면, 태양에너지, 압전소자 및 지열에너지 분야는 초창기 도입 기술로 나타났으며, 연료전지 분야는 특허출원이 저조한 것으로 나타남.

제 2 절 신재생에너지 분야 기술별 동향

1. 기술분야별 주요 국가의 특허활동 및 역점 분야

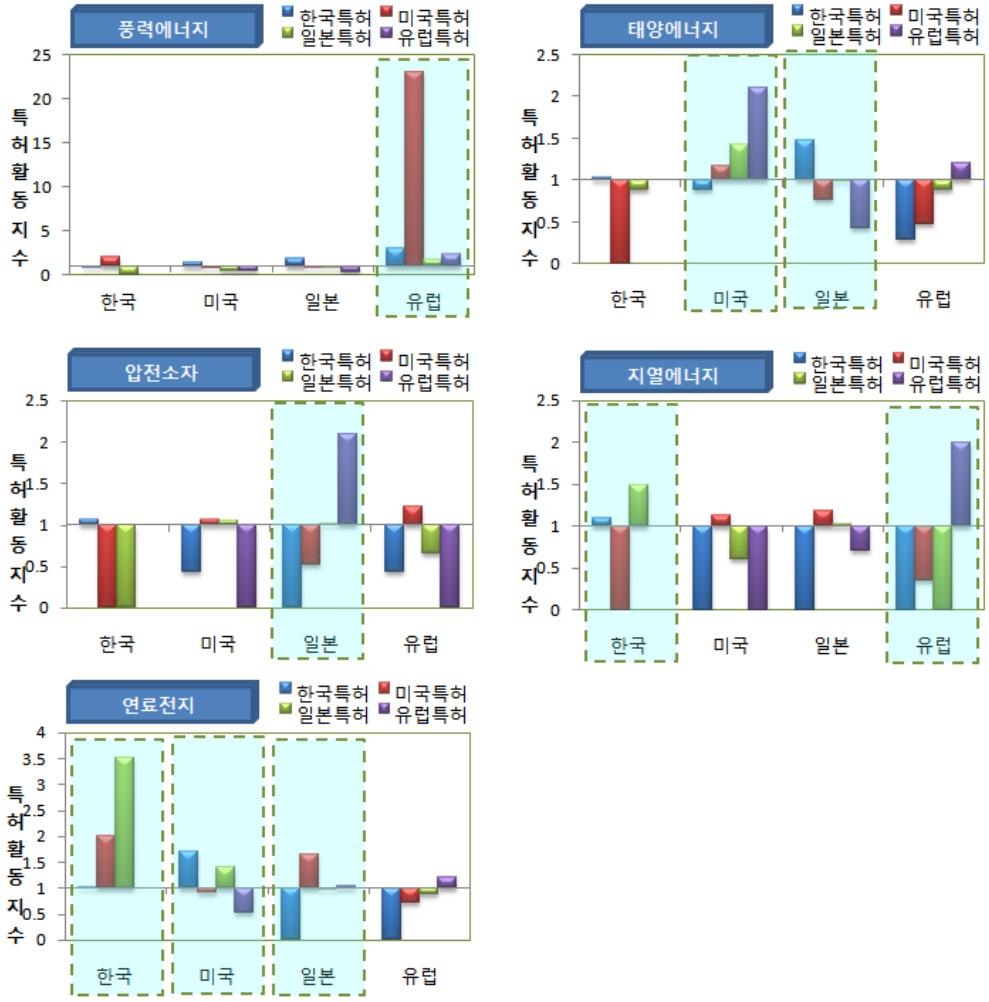
○ 기술 분야별로 출원된 특허의 출원인 국적별 특허활동지수(AI)를 산출한 결과, 풍력에너지 분야에서는 유럽 출원인의 미국내 특허 활동이 상대적으로 활발한 것으로 나타남.

○ 태양에너지 분야에서는 미국 출원인의 유럽내 특허 활동과, 일본 출원인의 한국내 특허 활동이 상대적으로 활발한 것으로 나타남.

○ 압전소자 분야에서는 일본 출원인의 유럽내 특허 활동이 상대적으로 활발한 것으로 나타남.

○ 지열에너지 분야에서는 유럽 출원인의 자국내 특허 활동과, 한국 출원인의 일본내 특허 활동이 상대적으로 활발한 것으로 나타남.

○ 연료전지 분야에서는 한국 출원인의 일본내 특허 활동과, 미국 출원인의 한국내 특허 활동, 그리도 일본 출원인의 미국내 특허 활동이 상대적으로 활발한 것으로 나타남.



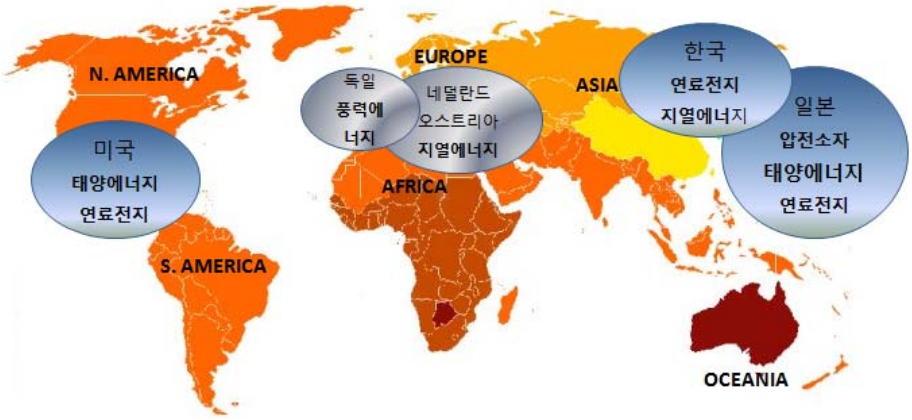
1.분석구간: 한국,일본,유럽- ~2007년(출원연도), 미국- ~2008년(등록연도)

2.산출예시

$$\text{섬유원사분야 한국특허에서 일본의 AI} = \frac{\dfrac{\text{섬유원사 한국 전체건수중에서 일본출원인의 건수(20건)}}{\text{섬유원사 한국 전체건수(20건)}}}{\dfrac{\text{한국 전체건수중에서 일본출원인의 건수(50건)}}{\text{한국 전체건수(100건)}}} = 2.0$$

그림 3-8. 신재생에너지 분야 주요국의 기술 분야별 역점 기술분야

○ 상기에서 도출한 세부과제별 AI(특허활동지수)값과 특허건수를 감안하여 최종적인 국가별 역점기술 분야를 살펴보면, 풍력에너지 분야에서 유럽이, 태양에너지 분야에서 미국과 일본이, 압전소자 분야에서 일본이, 지열에너지 분야에서 유럽과 한국이, 연료전지 분야에서 미국, 일본, 및 한국이 특허활동을 집중하고 있는 것으로 나타남



1.분석구간: 한국,일본,유럽특허- ~2007년(출원연도), 미국특허- ~2008년(등록연도)

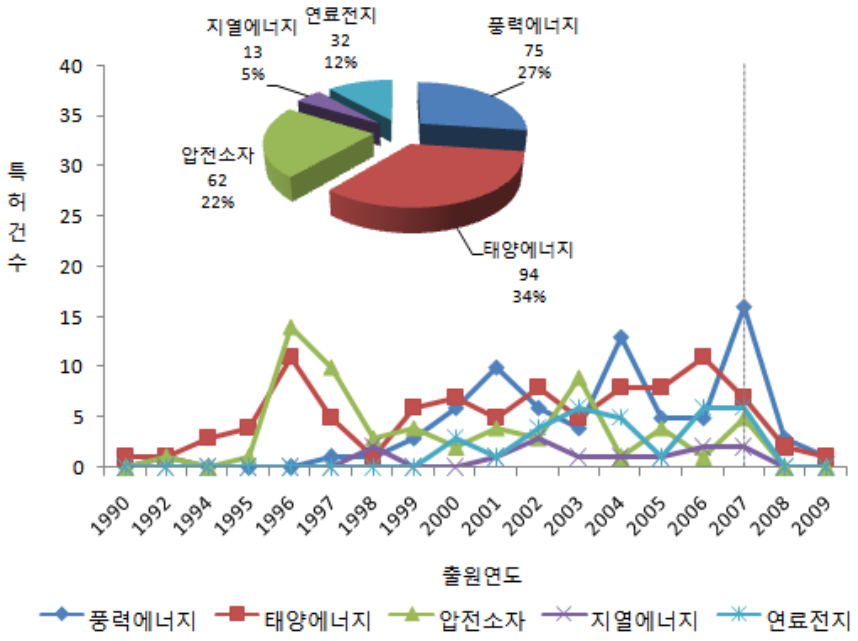
*2.**상기 역점분야는 [그림 4-8]에서 도출한 AI(특허활동지수)값과 각국의 기술분야별 특허건수 등을 감안하여 도출한 결과임***

그림 3-9. 신재생에너지 분야 주요국의 세부기술별 역점분야

2. 세부 기술의 연도별 특허동향

○ 기술별 출원 점유율로 연구개발 집중 분야를 살펴본 결과, 한국특허는 풍력에너지 분야에서 2000년대 이후부터 급격히 증가하는 추세를 보이고 있으며, 태양에너지와 연료전지 분야에서도 지속적으로 증가하는 경향을 보임.

○ 한국특허에서 압전소자 분야는 90년대 중반과 2003년도 크게 증가했다가 최근 다시 주춤하는 경향을 보이고 있으며, 지열에너지 분야는 90년대 후반부터 특허 출원이 시작되어 양적으로 가장 적은 점유율을 나타내고 있음.

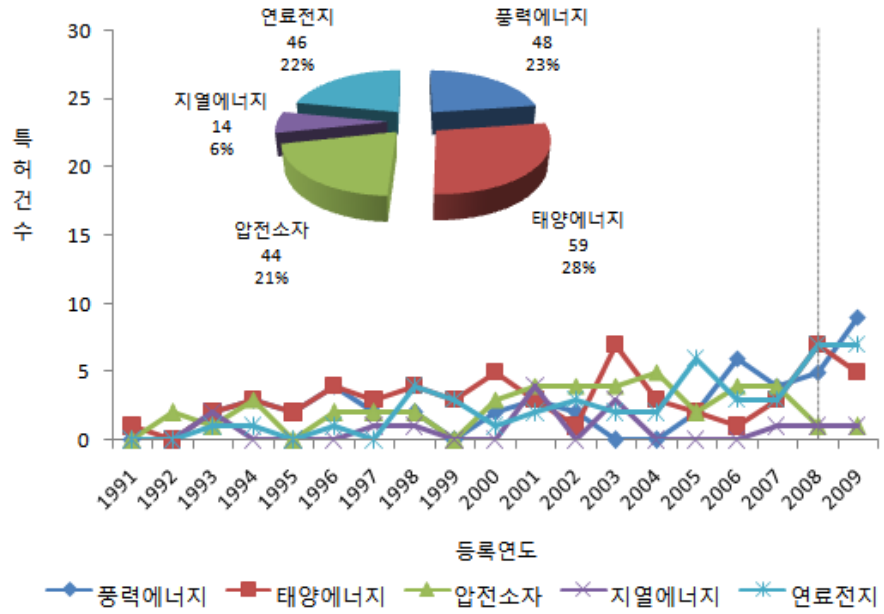


※분석구간: 한국특허 ~2007년(출원연도)

그림 3-10. 한국의 신재생에너지 분야 동향

○ 미국특허는 풍력에너지와 연료전지 분야에서 지속적으로 증가하는 추세를 보이고 있으며, 태양에너지 분야는 2003년도 활발한 증가 추세를 보이다가 다소 주춤했으나 최근 다시 회복세를 나타내고 있음.

○ 미국특허에서 압전소자 분야는 90년대 중반부터 꾸준히 증가하였으나 최근 감소 추세로 나타났으며, 지열에너지 분야는 2000년도 초반 가장 활발한 연구개발이 이루어진 것으로 조사되었음.



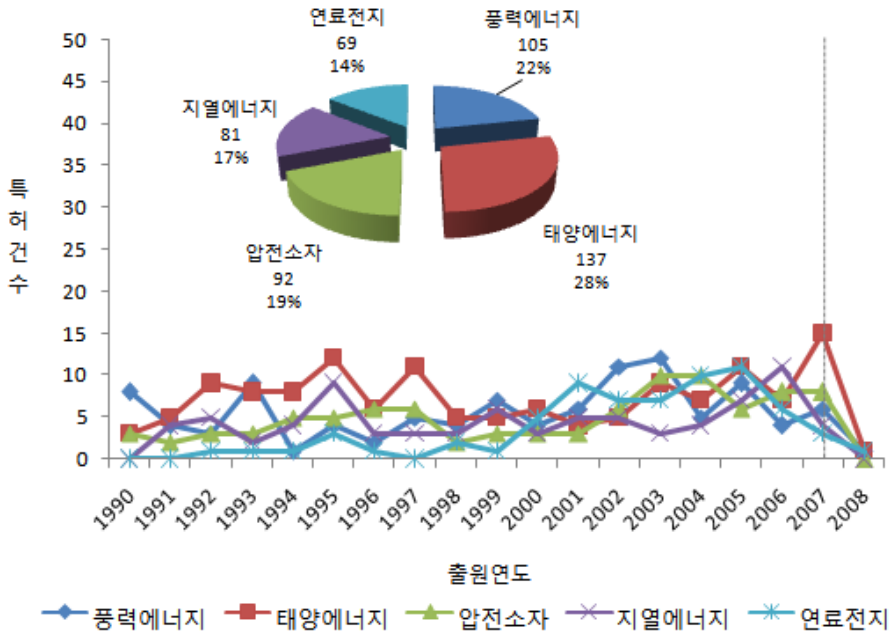
※분석구간: 미국특허 ~2008년(등록연도)

그림 3-11. 미국의 신재생에너지 분야 동향

○ 최근 미국특허는 연료전지와 태양에너지 분야에서 가장 집중적인 연구개발 활동을 보이고 있는 것으로 조사되었음.

○ 일본특허는 태양에너지 분야에서 90년대 초반부터 높은 특허 점유율을 보이고 있으며, 90년대 후반부터 2000년도 초반까지 주춤하는 경향을 보였으나 최근 급격한 회복세를 보임.

○ 일본특허는 풍력에너지와 연료전지 분야에서 2000년도 초반 꾸준한 증가 추세를 보였으나 최근 감소 추세로 나타남.



※분석구간: 일본특허 ~2007년(출원연도)

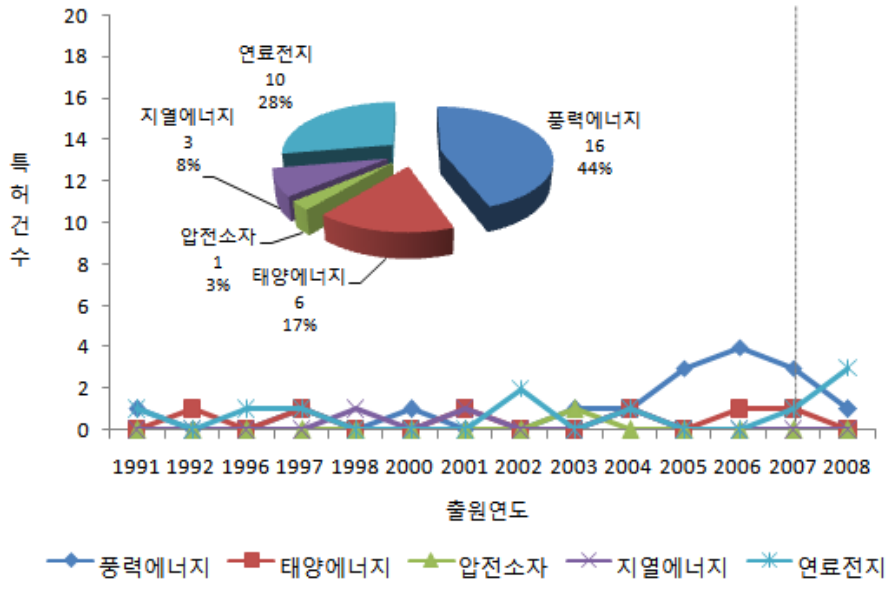
그림 3-12. 일본의 신재생에너지 분야 동향

○ 일본특허의 경우 지열에너지 분야에서 상대적으로 높은 점유율을 나타내고 있으며, 2006년도까지 활발한 증가 추세를 보임.

○ 일본은 압전소자 분야에서 2000년도 초반부터 집중적인 연구개발 활동을 보이고 있는 것으로 조사되었음.

○ 유럽특허는 풍력에너지 분야에서 가장 높은 점유율을 나타내고 있으며, 2004년도부터 급격히 증가하여 2006년도 가장 집중적인 연구개발 활동을 보인 것으로 나타남.

○ 유럽특허는 최근 태양에너지 분야에서 증가 추세를 보이고 있으며, 연료전지 분야는 2002년도 크게 증가하였다가 감소하는 경향을 보였으나 2006년도부터 다시 회복세를 보이는 것으로 나타남.



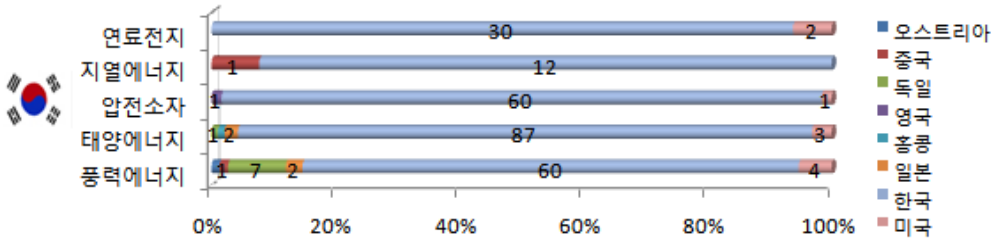
※분석구간: 유럽특허 ~2007년(출원연도)

그림 3-13. 유럽의 신재생에너지 분야 동향

○ 유럽특허는 90년대 후반부터 2000년도 초반까지 지열에너지 분야에서 꾸준한 특허 점유율을 나타냈으나, 최근 감소하는 추세를 나타내고 있으며, 압전소자 분야에서는 특허 출원이 미비한 것으로 조사되었음.

3. 세부 기술별 출원인 국적 분포

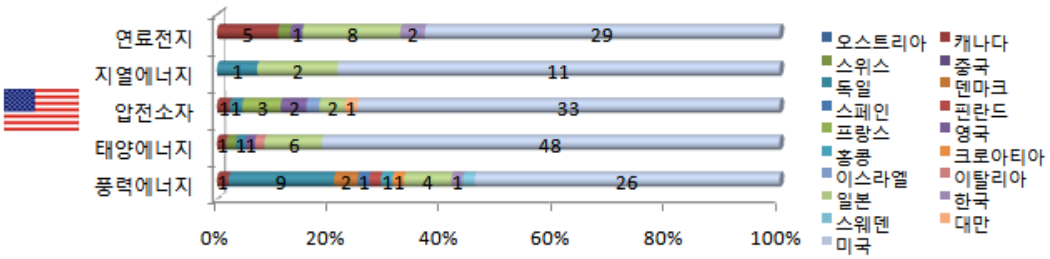
○ 한국특허에서 한국은 신재생에너지의 전 분야에서 압도적으로 우세한 점유율을 차지하고 있는 가운데, 외국인으로는 미국이 풍력에너지와 연료전지 분야에서 특허출원을 집중하고 있으며, 독일은 풍력에너지 분야에서 활발한 출원 활동을 나타내고 있고, 일본은 풍력에너지와 태양에너지 분야에서, 그리고 중국은 지열에너지 분야에서 특허 활동을 나타내고 있음.



1. 제 1출원인 기준, 2. 분석구간: 한국특허 ~2007년(출원연도)

그림 3-14. 기술별 출원인 국적 분포(한국)

○ 미국특허에서 미국은 신재생에너지의 전 분야에서 우세한 점유율을 차지하고 있는 가운데, 특히 태양에너지와 지열에너지 분야에서 특허 활동을 집중하고 있고, 외국인으로는 일본이 풍력에너지, 태양에너지, 및 연료전지 분야에서 활발한 특허 활동을 진행하고 있으며, 독일은 풍력에너지 분야에서, 캐나다는 연료전지 분야에서 전략적인 출원 활동을 보이고 있음.

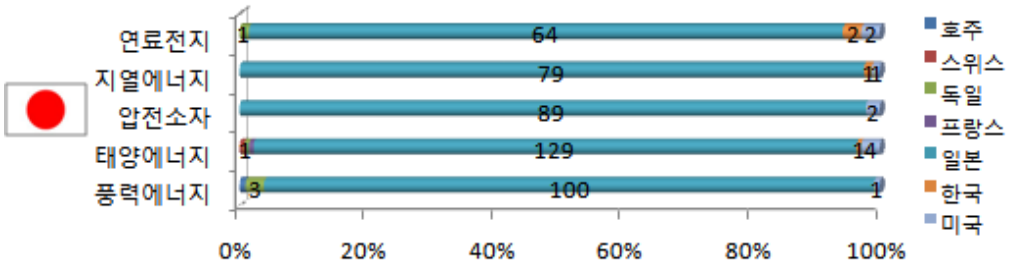


1. 제 1특허권자 기준, 2. 분석구간: 미국특허 ~2008년(등록연도)

그림 3-15. 기술별 출원인 국적 분포(미국)

○ 그 외 미국특허에서 덴마크, 스페인, 핀란드, 홍콩, 크로아티아, 한국, 스웨덴이 풍력에너지 분야에서 특허 활동을 전개하고 있으며, 스위스, 영국, 이탈리아는 태양에너지 분야에서, 캐나다, 프랑스, 영국, 이스라엘, 대만 등이 압전소자 분야에서 특허 활동을 집중하고 있고, 일본의 지열에너지 분야와 한국의 연료전

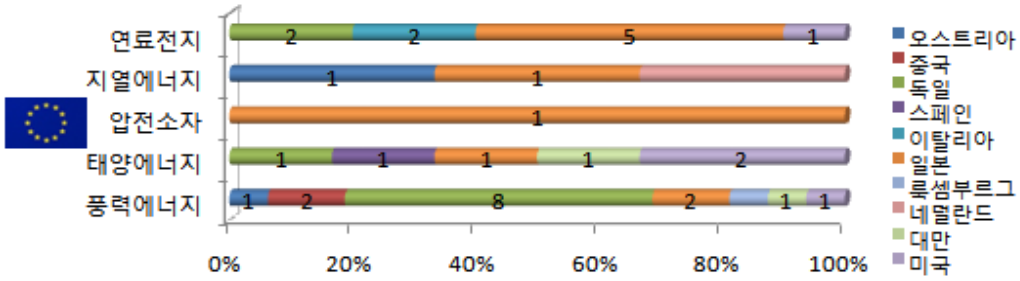
지 분야에서의 활동도 두드러지게 나타나고 있음.



1. 제 1출원인 기준, 2. 분석구간: 일본특허 ~2007년(출원연도)

그림 3-16. 기술별 출원인 국적 분포(일본)

○ 일본특허에서 일본은 신재생에너지의 전 분야에서 압도적으로 우세한 점유율을 차지하고 있는 가운데, 외국인으로는 미국이 태양에너지, 압전소자 및 연료전지 분야에서 전략적인 특허 활동을 전개하고 있고, 독일은 풍력에너지 분야에서 특허 활동을 집중하고 있으며, 한국의 연료전지 분야 등에서의 활동도 두드러지게 나타나고 있음.



1. 제 1출원인 기준, 2. 분석구간: 유럽특허 ~2007년(출원연도)

그림 3-17. 기술별 출원인 국적 분포(유럽)

○ 유럽특허에서 독일은 풍력에너지 분야에서 압도적으로 우세한 점유율을 나타내고 있으며, 일본은 신재생에너지의 전 분야에서 활발한 특허 활동을 진행하고 있는 것으로 조사되었음.

○ 유럽특허에서 미국은 태양에너지를 비롯하여 풍력에너지와 연료전지 분야에 특허 활동을 집중하고 있으며, 중국은 풍력에너지 분야에 특허 활동을 집중하고 있음. 그 외, 오스트리아, 룩셈부르그, 대만이 풍력에너지 분야에서, 스페인, 대만이 태양에너지 분야에서, 네덜란드가 지열에너지 분야에서, 이탈리아

가 연료전지 분야에서 활동하고 있는 것으로 조사되었음.

제 3 절 주요출원인 동향

1. 주요 기업의 역점분야 및 공백기술

○ 한국특허에서 현대자동차는 연료전지, 압전소자, 태양에너지 및 풍력에너지 분야에서 모두 활발한 특허 활동을 보이고 있는 것으로 나타났으며, 특히 연료전지와 압전소자 분야에서 가장 집중적인 연구개발을 진행하고 있는 것으로 나타났고, 반면, 지열에너지 분야는 공백기술로 조사되었음.

○ 기아자동차와 대우자동차는 압전소자와 태양에너지 분야에서 활발한 특허 활동을 보이고 있는 것으로 나타났으며, 한라공조는 태양에너지 분야에서 집중적인 연구개발을 진행하고 있는 것으로 나타남.



1. 제 1출원인 기준, 2. 분석구간: 한국특허 ~2007년(출원연도)

그림 3-18. 신재생에너지 분야 한국특허의 기술별 기업별 동향

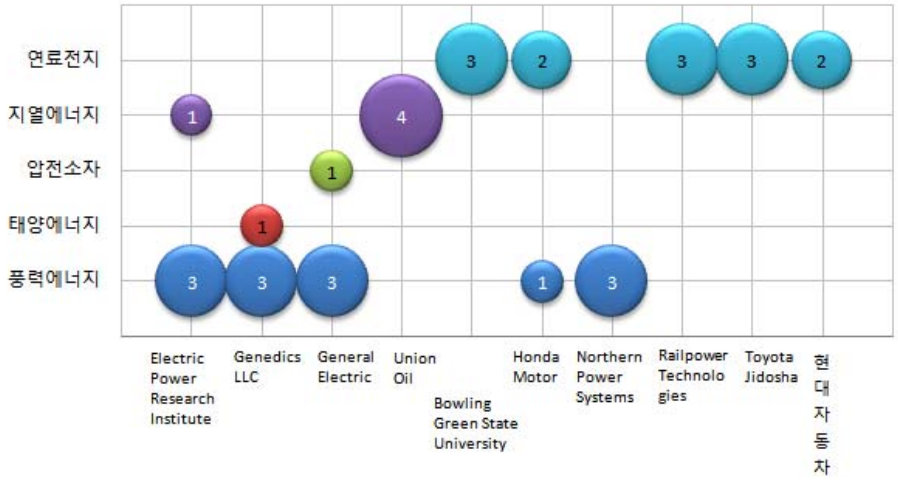
○ 현대모비스와 한국건설기술연구원은 압전소자가, 현대중공업은 풍력에너지가 역점 분야인 것으로 나타남.

○ 한국특허의 경우, 코오롱건설이 지열에너지 분야에서 가장 집중적인 연구개발을 진행하고 있는 것으로 조사되었음.

○ 미국특허에서 Electric Power Research Institute, Genedics LLC, General Electric, 그리고 Northern Power System사는 풍력에너지 분야에서 활발한

특허 활동을 보이고 있는 것으로 나타났으며, Bowling Green State University, Railpower Technologies, 및 Toyota Jidosha는 연료전지 분야에서 집중적인 연구개발을 진행하고 있는 것으로 나타남.

○ 미국특허의 경우, Union Oil사는 지열에너지 분야에서 가장 집중적인 연구개발을 진행하고 있는 것으로 조사되었음.

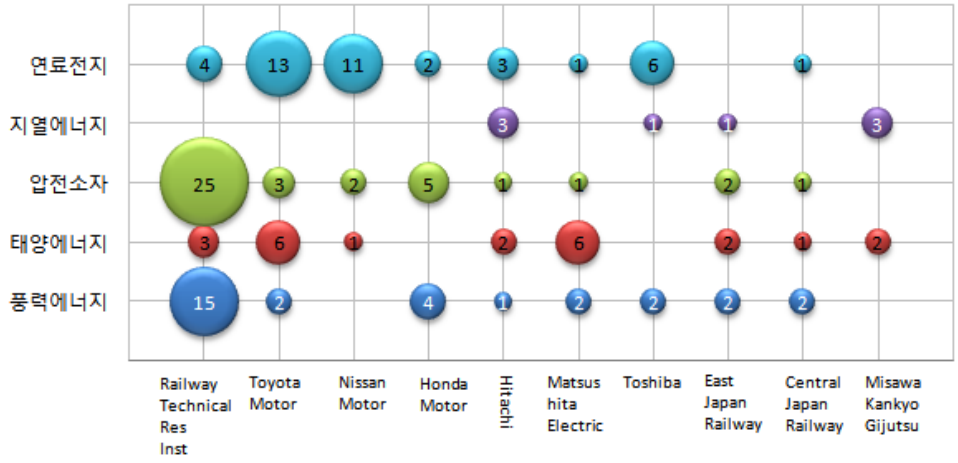


1. 제 1출원인 기준, 2. 분석구간: 미국특허 ~2008년(등록연도)

그림 3-19. 신재생에너지 분야 미국특허의 기술별 기업별 동향

○ 미국특허에서 주요 기업의 경우, 풍력에너지와 연료전지는 역점 기술 분야로 나타났으나, 압전소자와 태양에너지는 이들 기업의 공백기술로 나타남.

○ 일본특허에서 Railway Technical Res Inst는 압전소자, 풍력에너지, 연료전지, 및 태양에너지 분야에서 모두 활발한 특허 활동을 보이고 있는 것으로 나타났으며, 특히 압전소자와 풍력에너지 분야는 가장 집중적인 연구개발이 진행되고 있는 것으로 나타났고, 반면, 지열에너지 분야는 공백기술로 조사되었음.



1. 제 1출원인 기준, 2. 분석구간: 일본특허 ~2007년(출원연도)

그림 3-20. 신재생에너지 분야 일본특허의 기술별 기업별 동향

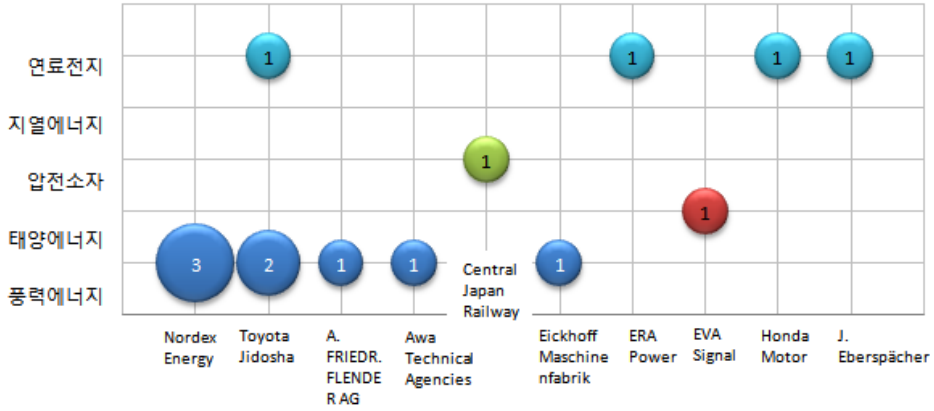
○ Toyota Motor도 연료전지, 태양에너지, 압전소자 및 풍력에너지 분야에서 모두 활발한 특허 활동을 보이고 있는 것으로 나타났으며, 지열에너지 분야는 공백기술로 조사되었음.

○ Hitachi는 지열에너지를 포함하여 신재생에너지의 전 분야에서 활발한 특허 활동을 보이고 있는 것으로 나타남.

○ Toyota Motor, Matsushita Electric은 태양에너지 분야에서 두드러진 연구 활동을 보임.

○ East Japan Railway의 경우 연료전지 분야가 공백기술로 나타났고, Central Japan Railway의 경우 지열에너지 분야가 공백기술로 조사되었음.

○ 일본특허의 경우, 한국과 미국에 비해 상대적으로 신재생에너지의 전 기술 분야에서 공백기술이 없이, 활발한 연구개발이 이루어지고 있는 것으로 나타남.



1. 제 1출원인 기준, 2. 분석구간: 유럽특허 ~2007년(출원연도)

그림 3-21. 신재생에너지 분야 유럽특허의 기술별 기업별 동향

○ 유럽특허에서 Nordex Energy와 Toyota Jidosha는 풍력에너지 분야에 역점을 두고 있으며, Central Japan Railway는 압전소자 분야에서, Eva Signal은 태양에너지 분야에서 특허 활동을 보이고 있음.

○ 유럽특허의 주요 출원인들은 풍력에너지와 연료전지 분야에 역점을 두고 있으며, 지열에너지는 이들 기업의 공백기술로 조사되었음.

제 4 절 기술경쟁력 비교분석

1. 질적수준을 고려한 각국의 시장력

○ 신재생에너지 분야에서 덴마크는 특허의 기술적 영향력이 가장 크게 나타났고, 크로아티아, 캐나다, 일본, 미국, 핀란드, 홍콩 및 영국 등도 특허의 질적 수준이 높은 것으로 조사되었음.

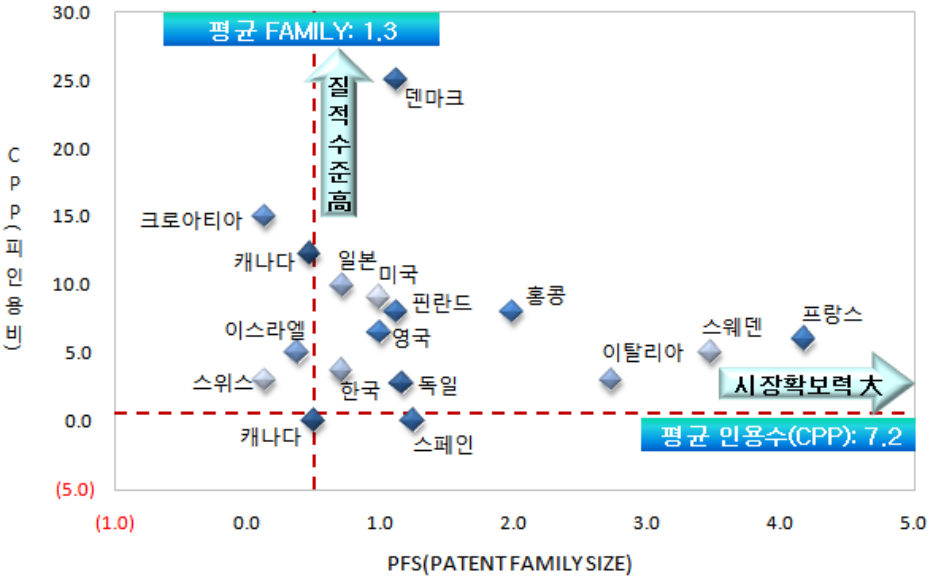


그림 3-22. 국가별 특허의 질적수준 및 시장확보력

○ 프랑스는 특허의 시장 확보력이 가장 크게 나타났으며, 스웨덴, 이탈리아, 홍콩 등도 시장의 확보를 위해 노력하는 정도가 크게 나타남.

○ 일본과 한국은 평균 정도의 시장 확보력을 보였으며, 일본은 평균을 상회하는 특허의 질적 수준을 보인 반면, 한국은 특허의 질적 수준이 평균에 못미치는 것으로 나타남.

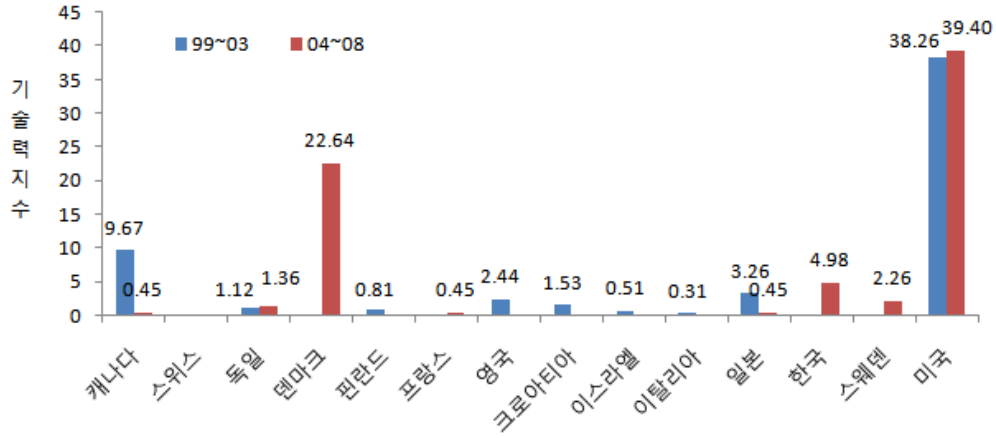
2. 주요국가의 기술력 비교

○ 미국등록특허에서 기술수준을 측정하는 3가지 지표(특허등록건수, 영향력지수(PII), 기술력지수(TS))를 통해 국가별 분포를 살펴본 결과, 미국의 기술 수준은 두 구간('99~'03, '04~'08)에서 모두 가장 높은 것으로 나타났으며, '99~'03 구간에서는 캐나다가, '04~'08 구간에서는 덴마크가 그 뒤를 이음.

<표 3-7> 미국특허에서 국가별 기술수준

특허등록건수				영향력 지수(PII)				기술력 지수(TS)			
'99~'03		'04~'08		'99~'03		'04~'08		'99~'03		'04~'08	
캐나다	2	캐나다	2	캐나다	4.83	캐나다	0.23	캐나다	9.67	캐나다	0.45
스위스	0	스위스	2	스위스	-	스위스	0	스위스	0	스위스	0
독일	4	독일	3	독일	0.28	독일	0.45	독일	1.12	독일	1.36
덴마크	0	덴마크	2	덴마크	-	덴마크	11.32	덴마크	0	덴마크	22.64
핀란드	1	핀란드	0	핀란드	0.81	핀란드	-	핀란드	0.81	핀란드	0
프랑스	1	프랑스	1	프랑스	0.10	프랑스	0.45	프랑스	0.10	프랑스	0.45
영국	2	영국	1	영국	1.22	영국	0	영국	2.44	영국	0
크로아티아	1	크로아티아	0	크로아티아	1.53	크로아티아	-	크로아티아	1.53	크로아티아	0
이스라엘	1	이스라엘	0	이스라엘	0.51	이스라엘	-	이스라엘	0.51	이스라엘	0
이탈리아	1	이탈리아	0	이탈리아	0.31	이탈리아	-	이탈리아	0.31	이탈리아	0
일본	3	일본	9	일본	1.10	일본	0.05	일본	3.26	일본	0.45
한국	0	한국	3	한국	-	한국	1.66	한국	0	한국	4.98
스웨덴	0	스웨덴	1	스웨덴	-	스웨덴	2.26	스웨덴	0	스웨덴	2.26
미국	42	미국	48	미국	0.91	미국	0.82	미국	38.26	미국	39.40

○ 구간별 비교를 통해 캐나다는 2003년도 이후 기술 수준이 크게 하락하였고, 덴마크는 2003년도 이후 기술 수준이 크게 상승한 것으로 나타났으며, 한국과 스웨덴의 기술 수준 상승도 두드러지게 나타남.



※분석구간: 미국특허 1999~2008년(등록연도)

그림 3-23. 국가별 기술영향력의 구간별 추이 비교

○ 독일, 영국, 일본의 기술 수준도 높게 나타났으며, 독일의 경우 최근기술 수준이 더욱 높아진 반면, 영국과 일본은 떨어진 것으로 나타남.

1) PII(**영향력 지수**, Patent Impact Inzdex)란 특정특허권자의 특허가 이후 등록된 특허들에 의해 인용되는 횟수의 평균값인 **인용도지수(CPP)**를 전체 피인용비로 나눈 상대적인 CPP를 나타내므로, 이 값이 클수록 상대적으로 그 이후에 인용이 많이 되었고 이후 특허에 영향을 많이 주었다는 의미, 즉 질적수준이 높다는 것을 의미함 (PII = 해당국가의 CPP/ 전체 CPP)

2) TS(**기술력 지수**, Technology Strength)란 영향력지수에 특허건수를 곱한 값으로 질적수준과 양적수준를 동시에 의미함 (TS = PII X 특허건수)

연구과제 공모 RFP

1. 연구개발 목표
2. 연구개발 필요성 및 기술동향
3. 연구개발범위
4. 연구개발내용
5. 연구개발 추진 방법
6. 연구개발 추진전략 및 추진체계
7. 사업기간 및 소요 예산
8. 기타

연구과제명	녹색성장 구현을 위한 철도 신재생에너지 기술 개발

1. 연구개발 목표

○ 신재생 에너지 (풍력, 태양광, 지열, 압전소자 등)를 이용한 철도차량-철도역사 계통연계 시스템 개발

○ 철도차량-철도역사 계통연계 신재생에너지 평가 기술 개발

2. 연구개발 필요성 및 기술동향

□ 연구개발의 필요성	○화석 에너지의 고갈로 인한 에너지 비용 급상승 (원유 : $100이상/배럴 예상) ○화석 연료의 환경 파괴 가속화 및 원자력 에너지 이용의 위험성 지속 ○ 고유가로 인한 정부주도의 신재생에너지(풍력, 조력, 태양열) 개발사업 본격 추진 ○ 국내 대기업의 신성장동력으로 신재생에너지 사업을 선정 ○ 선진 각국의 신재생에너지 연구 및 개발 사업의 각축 ○ 신재생 에너지는 다른 발전방식과 달리 대기오염 등의 공해가 전혀 없는 청정에너지원이며, 고갈의 염려가 없는 무한 에너지로서 철도역사 미래의 에너지 확보 및 환경 친화적인 전력급전 적용 연구개발이 필요. ○ 고속철도의 도입으로 인한 전력비용 증가로 환경 친화적인 태양광발전을 철도 역사에 적용하는 방법을 비롯한 신재생에너지를 철도시스템에 적용하는 방안 등 에너지 절감을 위한 장기적인 대안수립이 필요. ○ 국내의 3,000m^2이상 공공건물의 경우 표준 건축비의 5%를 대체에너지 시설로 건축하여야 하는 의무조항(대체에너지법)이 제정되어 철도역사 적용을 위한 목표지향적인 기술개발계획의 체계적, 단계적 전략 수립에 의한 적용 성 연구개발이 시급히 요구됨. ○철도역사의 유휴공간을 전력부하특성과 유사한 태양광발전시스템을 적용 설치 운전한다면 국가적 차원인 에너지 해결에 커다란 역할을 할 것으로 기대
□ 기술동향	○독일은 풍력발전 선두 국가로 5MW를 개발 중에 있으며, 2004년 세계 설치 용량의 35% (약 16,649MW, 독일전력수요 6%)를 보급중이며, 덴마크에 이어 세계 2위 설비시장 점유(21.5%) 및 연 30억불 풍력시장을 창출해 가고 있다.

	○덴마크는 1980년대부터 풍력발전 시스템을 집중 개발하여 현재 풍력 설비시장의 세계 1위(세계설비시장의 41.7%)를 고수하며, 풍력발전의 대형화와 해상풍력발전 등 국제적인 트렌드를 선도하고 있다. ○ RailWind 프로젝트 : 네덜란드 철도 회사인 Prorail 과 에너지 개발 회사인 Evelop의 공동프로젝트인 “RailWind" 를 통하여 철도 선로변을 따라 풍력발전기 설치 예정 (2011년) ○ 신재생에너지 산업 현황 및 전망 : 2006년 기준 세계 전력생산량 중 신재생에너지 비중은 4%에 불과 했으나, 2040년 이후 생산량은 50% 이상 확대될 것으로 예상. 이중 태양에너지 비중이 가장 클 것으로 전망됨. ○ 세계 태양광 시장 규모 전망 : 2008년 이후 금융위기에 따른 수요 감소 및 투자 축소 등으로 일시적인 하향세를 보이고 있으나, 정책적인 지원과 꾸준한 기술 개발을 통한 발전단가 절감 효과로 2009년 이후 연평균 30% 내외의 성장을 지속할 것으로 예상. ○ 국내 태양광 시장규모 전망 : 국내 태양광 시장 규모는 2007년부터 2010년까지 연평균 137%의 높은 성장세를 나타낼 것으로 예상되며, 2007년 5억 달러 규모에서 2010년에 53억 달러 규모로 3년 만에 10배 이상 성장할 것으로 전망. ○ 나노 압전발전기술 개발– 일리노이 주립대학교의 Min-Feng Yu는 2007년 바륨 티타늄 나노와이어를 이용한 나노 발전장치를 개발하였음. ○ 철도용 압전발전기술 개발– 이스라엘의 이노와텍(Innowattech)사는 최근 도로와 철도의 밑에 압전발전모듈을 설치하여 전력을 생산하는 장치를 개발 중에 있다. 도로용 압전발전장치의 경우 1km당 500kW가 생산가능하고, 철도용 압전발전장치의 경우 1km당 150kW의 전력이 생산 가능함. ○ 2005년도 기준, 전 세계 지열 열펌프 시스템 보급대수는 12kW급 열펌프 유닛으로 환산하였을 때 약 130만대로 추정되며 지난 5년간 매년 10% 이상의 증가율을 보인 것으로 조사되었음. 특히 미국, 서유럽(오스트리아, 스위스, 스웨덴 등) 터키, 중국 등이 전 세계 지열 열펌프 시스템의 보급을 주도하고 있음. ○ 미국은 지열 열펌프 시스템을 포함하여 전 세계 지열 에너지 직접 이용을 주도하고 있는 나라로서, 2005년 기준, 전체 직접 이용 시설 용량은 7,817 MWt, 이용량은 31,239 TJ/year (8,678 GWh) 임. 이 중에서 지열 열펌프 시스템이 용량 면에서는 92%(7,200 MWt), 이용량 면에서는 71%(22,214 TJ/year)를 차지하고 있음.

	○ 일본에서는 에너지 절약과 환경보호 차원에서 고효율 냉난방 설비를 비롯하여 지열 열펌프 시스템의 사용을 적극 권장하고 있으며, 이에 따라 보급률도 지속적인 성장세를 보이고 있음. 여기에 지열 열펌프 시스템을 설치할 경우, 설치비의 일부를 지원하거나 관련 세금을 절감해주는 지열 시스템 설치 장려 프로그램을 시행하고 있음.
3. 연구개발범위	(향후 공모과제의 주요 연구범위)
	○ 녹색성장 구현을 위한 철도 신재생에너지 기술 개발 – **태양전지**, **지열**, **풍력** 발전 이용 신재생에너지 일반철도역사/선로변 적용 기술 개발 – **철도차량–철도역사** 신재생에너지 계통연계 시스템 기술 개발 – 철도 적용 신재생에너지 평가 기술 개발 – 일반 철도 역사 신재생에너지 비율 **80%** 목표 : **(지열: 40~50 %, 태양광: 20 ~ 30%, 풍력 : 10 ~ 20%)** ○ 녹색성장 구현을 위한 도시철도 신재생에너지 기술 개발 – **지하유출수(지열)**, **풍력**, **압전** 발전 이용 신재생에너지 도시철도역사/터널 적용 기술 개발 – **도시 철도 차량–역사** 적용 신재생에너지 평가 기술 개발 – 도시 철도 역사 신재생에너지 비율 **50%** 목표 : **(지열: 20~30 %, 압전: 20 ~ 30%, 풍력 : 10 ~ 20%)**
4. 연구개발내용	
	○ 녹색성장 구현을 위한 철도 신재생에너지 기술 개발 – 일반철도역사/선로변 **철도차량–철도전력 계통연계** 태양광 발전 시스템 기술 개발 – 지열 이용 철도 **역사공조 시스템 연계** 냉/난방 시스템 기술 개발 (지하역사 포함) – **열차풍**/자연풍 이용 **철도 역사/선로변/터널** 풍력발전 시스템 기술 개발 – **철도차량–철도역사 신재생에너지 철도전력 계통연계 시스템** 기술 개발 – 철도 적용 신재생에너지 평가 기술 개발 ○ 녹색성장 구현을 위한 도시철도 신재생에너지 기술 개발 – 도시철도 지하유출수(또는 지열) 이용 **역사공조 시스템 연계** 냉/난방 시스템 기술 개발 – 지하역사 **승강장/대합실/철도터널 철도차량–철도역사 계통연계 압전발전** 시스템 기술 개발

<table>
<tr><td></td><td>– 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전 시스템 기술 개발
– 도시 철도 적용 신재생에너지 평가 기술 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">5. 연구개발추진 방법</td></tr>
<tr><td>제 1 과제</td><td>1. 녹색성장 구현을 위한 철도 신재생에너지 기술 개발</td></tr>
<tr><td>1차년도</td><td>
<table>
<tr><th>연구목표</th><th>연구 추진전략</th></tr>
<tr><td>철도 신재생에너지 기초 모듈 설계 및 평가 기술 개발</td><td>– 철도역사/선로변 철도차량–철도전력 계통연계 태양광 발전기 시스템 설계
•태양광 발전 이용 가능 철도역사/선로변 D/B 구축 및 선정
•철도차량–철도전력 계통연계 BIPV 기술 적용을 위한 기초 모듈 설계 및 제작
•철도 역사/선로변 실리콘박막/염료감응 태양전지 샘플 설치 및 철도전력 계통연계 시험 평가
•철도 역사/선로변 태양광 발전 평가 기술 개발

– 지열 이용 철도 역사공조 시스템 연계 냉/난방 시스템 설계 (지하역사 포함)
•지열 적용가능 철도 역사 지열량 조사, D/B 구축 및 사양 개발
•지열 적용 철도 역사공조 시스템 연계 냉/난방 시스템 설계 및 기초 모듈 제작
•지열/철도역사 공조연계 냉/난방 시스템 평가 기술 개발

– 철도역사/선로변/터널 열차풍/자연풍 이용 풍력발전기 시스템 설계
•열차풍/자연풍 적용 풍력발전 가능 철도역사/선로변/터널 D/B 구축 및 사양 개발
•철도역사/선로변/터널 적용 가능 풍력발전기 블레이드 타입 선정/설계/제작 및 시험 평가
•철도 풍력발전기/컨트롤러 기본설계/모듈제작 및 시험 평가
•열차풍/지연풍 이용 철도전력 계통 연계(철도차량 포함) 풍력발전기 평가 기술 개발</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

		– 철도차량-철도역사 신재생에너지 철도전력 계통 연계 시스템 설계 •철도역사 최적 발전 시스템 사양 개발 및 발전용량 산출 •철도 신재생에너지 계통연계 시스템 기초설계 (인버터, 센서부, 제어부, 보호부, 디스플레이부 등) •철도차량-철도역사 계통연계 전력 품질 안정화 시스템 설계 및 기초 모듈 제작 **– 철도적용 신재생에너지 평가 기술 개발**
2차년도	**연구목표**	**연구 추진전략**
	철도 신재생에너지 상세설계/모듈제작 및 평가기술 개발	**– 철도차량-철도전력 계통연계 태양광 발전기 시스템 상세 설계 및 모듈 제작** •철도차량-철도전력 계통연계 BIPV 기술 적용 모듈 상세 설계 및 모듈제작 •철도전력 계통연계 역사/선로변 실리콘박막/염료감응 태양전지 모듈제작 및 시험 설치 •철도 역사/선로변 태양광 발전 평가 기술 개발 **– 지열 이용 철도 역사공조 시스템 연계 냉/난방 시스템 상세설계 및 모듈제작(지하역사 포함)** •지열 적용 철도 역사공조 시스템 연계 냉/난방 시스템 상세 설계 •철도 역사공조 시스템 연계 지열 heat-pump, 열교환기 상세설계 및 모듈제작 •지열/철도역사 공조연계 냉/난방 시스템 평가 기술 개발 **– 철도역사/선로변/터널 철도차량-철도전력 계통연계 풍력발전기 시스템 상세 설계 및 모듈 제작** •철도역사/선로변/터널 적용 가능 풍력발전기 블레이드 상세설계/모듈 제작 및 시험 평가 •철도 풍력발전기/컨트롤러 상세설계/모듈제작 및 시험 평가

		•열차풍/지연풍 이용 철도차량-철도전력 계통 연계 풍력발전기 평가 기술 개발 **- 철도차량-철도역사 신재생에너지 철도전력 계통 연계 시스템 상세설계 및 모듈 제작** •철도역사 신재생에너지 계통 연계 전력변환 시스템 상세 설계 및 모듈제작 •철도 신재생에너지 계통연계 시스템 상세설계(인버터, 센서부, 제어부, 보호부, 디스플레이부 등)/모듈 제작 및 시험 평가 •철도차량-철도역사 계통연계 전력 품질 안정화 시스템 상세설계(철도 차량 포함)/모듈 제작 및 시험 평가 **- 철도적용 신재생에너지 평가 기술 개발**
3차년도	**연구목표**	**연구 추진전략**
	철도 신재생에너지 설치 운영 및 평가 기술 개발	**- 철도차량-철도전력 계통연계 태양광 발전기 시스템 설치 및 운영 기술 개발** •철도차량-철도전력 계통연계 BIPV 기술 적용 태양광 발전 시스템 설치 및 운영 •철도전력 계통연계 역사/선로변 실리콘박막/염료감응 태양광 발전 시스템 설치 및 운영 •철도 역사/선로변 태양광 발전 평가 기술 개발 **- 지열 이용 철도 역사공조 시스템 연계 냉/난방 시스템 설치 및 운영 기술 개발** •지열 적용 철도 역사공조 시스템 연계 냉/난방 시스템 설치 및 운영 •철도 역사공조 시스템 연계 지열 heat-pump, 열교환기 설치 및 운영 •지열/철도역사 공조연계 냉/난방 시스템 평가 기술 개발 **- 철도역사/철도교량 열차풍/자연풍 이용 풍력발전기 시스템 설치 및 운영 기술 개발** •철도역사/철도교량 적용 풍력발전기 블레이드/발

		전기/컨트롤러 integration 기술 개발 및 설치 운영 기술 개발 •열차풍/지연풍 이용 철도차량-철도전력 계통 연계 풍력발전기 평가 기술 개발 **- 철도차량-철도역사 신재생에너지 철도전력 계통 연계 시스템 설치 및 운영 기술 개발** •철도역사 신재생에너지 계통 연계 전력변환 시스템 설치 및 운영 •철도 신재생에너지 계통연계 시스템 설치 및 시험 평가 •철도차량-철도역사 계통연계 전력 품질 안정화 시스템(철도 차량 포함) 설치 및 시험 평가 **- 철도적용 신재생에너지 평가 기술 개발**
4차년도	**연구목표**	**연구 추진전략**
	철도 신재생에너지 시스템 운영 및 검증	**- 철도차량-철도전력 계통연계 태양광 발전기 시스템 운영 및 검증** •철도차량-철도전력 계통연계 BIPV 기술 적용 태양광 발전 시스템 운영 및 검증 •철도전력 계통연계 역사/선로변 실리콘박막/염료감응 태양광 발전 시스템 운영 및 검증 **- 지열 이용 철도 역사공조 시스템 연계 냉/난방 시스템 운영 및 검증** •지열 적용 철도 역사공조 시스템 연계 냉/난방 시스템 운영 및 검증 **- 철도역사/선로변/터널/교량 철도차량-철도전력 계통연계 풍력발전기 시스템 운영 및 검증** •철도역사/선로변/터널 적용 철도차량-철도전력 계통 연계풍력발전 시스템 운영 및 검증 **- 철도차량-철도역사 신재생에너지 철도전력 계통 연계 시스템 운영 및 검증** •철도 신재생에너지 계통연계 시스템 운영 및 검

		증 •철도차량-철도역사 계통연계 전력 품질 안정화 시스템(철도 차량 포함) 운영 및 검증 **- 철도적용 신재생에너지 평가 기술 개발**
제 2 과제	2. 녹색성장 구현을 위한 도시철도 신재생에너지 기술 개발	
1차년도	**연구목표**	**연구 추진전략**
	도시철도 신재생에너지 기초 모듈 설계 및 평가 기술 개발	**- 도시철도 지하역사 지하유출수 및 지열 이용 철도 역사공조 시스템 연계 냉/난방 시스템 설계** •(지하유출수)지열 적용가능 도시철도 역사 지열량 조사, D/B 구축 및 사양 개발 •(지하유출수)지열 적용 도시철도 역사공조 시스템 연계 냉/난방 시스템 설계 및 기초 모듈 제작 •지열/도시철도역사 공조연계 냉/난방 시스템 평가 기술 개발 **- 도시철도 지하터널 열차풍 이용 풍력발전기 시스템 설계** •열차풍 적용 풍력발전 가능 도시철도역사/터널 D/B 구축 및 사양 개발 •도시철도역사/터널 적용 가능 풍력발전기 블레이드 타입 선정/설계/제작 및 시험 평가 •도시철도 풍력발전기/컨트롤러 기본설계/모듈제작 및 시험 평가 •열차풍 이용 도시철도전력 계통 연계(철도차량 포함) 풍력발전기 평가 기술 개발 **- 도시철도 지하역사/터널 승강장/대합실 철도 전력 계통 연계 압전 발전 시스템 설계** •도시철도 지하역사/터널 승강장/대합실 압전발전 가능 역사/터널 DB 구축 및 사양 개발 •도시철도 지하역사/터널 승강장/대합실 압전발전을 위한 압전 소자 기초 설계/모듈제작 및 시험 평가 •도시철도 지하역사 승강장/대합실 철도전력 계통

	연계 압전발전 시스템 평가 기술 개발 **– 도시철도적용 신재생에너지 평가 기술 개발**

2차년도

연구목표	연구 추진전략
도시철도 신재생에너지 상세 설계/모듈제작 및 평가 기술 개발	**– 도시철도 지하역사 지하유출수 및 지열 이용 철도 역사공조 시스템 연계 냉/난방 시스템 상세 설계 및 모듈제작** •(지하유출수)지열 적용 도시철도 역사공조 시스템 연계 냉/난방 시스템 상세 설계 및 모듈제작 •도시철도 역사공조 시스템 연계 지열 펌프, 열교환기, heat-pump 상세설계 및 모듈제작 •지열/도시철도역사 공조연계 냉/난방 시스템 평가 기술 개발 **– 철도차량-철도전력 계통연계 열차풍 이용 풍력발전기 시스템 상세 설계 및 모듈제작** •도시철도역사/터널 적용 가능 풍력발전기 블레이드 타입 상세설계/제작 및 시험 평가 •도시철도 풍력발전기/컨트롤러 상세설계/모듈제작 및 시험 평가 •열차풍 이용 도시철도전력 계통 연계(철도차량 포함) 풍력발전기 평가 기술 개발 **– 도시철도 지하역사/터널 승강장/대합실 철도차량-철도 전력 계통 연계 압전 발전 시스템 상세 설계 및 모듈제작** •도시철도 지하역사/터널 승강장/대합실 압전발전을 위한 압전 소자 상세 설계/모듈제작 및 시험 평가 •도시철도 지하역사 승강장/대합실 철도차량-철도전력 계통 연계 압전발전 시스템 평가 기술 개발 **– 도시철도적용 신재생에너지 평가 기술 개발**

3차년도

연구목표	연구 추진전략
도시철도 신재생에너지 설치 운영 및 평가 기술 개발	**– 도시철도 지하역사 지하유출수 및 지열 이용 철도 역사공조 시스템 연계 냉/난방 시스템 설치 및 운영 기술 개발** •(지하유출수)지열 적용 도시철도 역사공조 시스템 연계 냉/난방 시스템 설치 및 운영 •지열/도시철도역사 공조연계 냉/난방 시스템 평가 기술 개발 **– 철도차량–철도전력 계통연계 열차풍 이용 풍력발전기 시스템 설치 및 운영 기술 개발** •도시철도역사/터널 적용 가능 풍력발전기 설치 및 운영 기술 개발 •열차풍 이용 도시철도전력 계통 연계(철도차량 포함) 풍력발전기 평가 기술 개발 **– 도시철도 지하역사/터널 승강장/대합실 철도차량–철도 전력 계통 연계 압전 발전 시스템 설치 및 운영 기술 개발** •도시철도 지하역사/터널 승강장/대합실 압전발전 시스템 설치 및 운영 기술 개발 •도시철도 지하역사 승강장/대합실 철도차량–철도전력 계통 연계 압전발전 시스템 평가 기술 개발 **– 도시철도적용 신재생에너지 평가 기술 개발**

4차년도

연구목표	연구 추진전략
도시철도 신재생에너지 시스템 운영 및 검증	**– 도시철도 지하역사 지하유출수 및 지열 이용 철도 역사공조 시스템 연계 냉/난방 시스템 운영 및 검증** •(지하유출수)지열 적용 도시철도 역사공조 시스템 연계 냉/난방 시스템 운영 및 검증

	– 철도차량–철도전력 계통연계 열차풍 이용 풍력 발전기 시스템 운영 및 검증 •도시철도역사/터널 적용 가능 풍력발전기 운영 및 검증 **– 도시철도 지하역사/터널 승강장/대합실 철도차량 –철도 전력 계통 연계 압전 발전 시스템 운영 및 검증** •도시철도 지하역사/터널 승강장/대합실 압전발전 시스템 운영 및 검증 **– 도시철도적용 신재생에너지 평가 기술 개발**

6. 연구개발 추진전략 및 추진체계

□ 추진전략

○ 수요자·사용자 중심의 개발
- 철도 운영기관 기술협의체 의견 수렴
- 철도 운영기관 현장적용 및 시스템 검증에 참여 유도
- 신재생에너지 역사 구축 및 에너지 효율 검증

○ 국내외 기술 협력체계 구축 운영
- 국내외 전문기관 및 전문가와의 기술협조 체계 구축
- 기업의 기술 개발 투자 및 유도

□ 추진체계

○ 연구단 : 운영규정 제4조에 해당하는 기관

○ 주관 연구기관 : 기업/대학/연구원

○ 협동 연구기관 : 기업/대학/연구원

□ 성과목표·지표 설정 등

○ 성과목표(지표)별 달성목표치 및 가중치 등을 연구개발계획서에 제안하여야 하며, 이는 과제신청 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용됨

○ 성과지표 중 논문, 산업재산권은 성과목표로 제시하여야 함

7. 사업기간 및 소요예산

○ 총 사업기간 : 4년
- 당해연도 사업기간: 1년

○ 사업예산 :

- 총연구비 : 21,300백만원 (정부 : 17,040)
- 당해연도 연구비: 2,850백만원 (정부 : 2,280)

(단위 : 백만원)

	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	총계
연구비	2,280	7,080	5,960	1,720	17,040
민간	570	1,770	1,490	430	4,260
총사업비	2,850	8,850	7,450	2,150	21,300

※ 제 1 과제 총 예산 : (단위 : 백만원)

	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	총계
정부	1160	5,120	4,240	920	11,440
민간	290	1,280	1,060	230	2,860
총사업비	1,450	6,400	5,300	1,150	14,300

※ 제 2 과제 총 예산 : (단위 : 백만원)

	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	총계
정부	1,120	1,960	1,720	800	5,600
민간	280	490	430	200	1,400
총사업비	1,400	2,450	2,150	1,000	7,000

※ 총 사업비 및 연차별 지원예산은 선정평가, 정부예산 사정 또는 매칭 펀드 비율에 따라 조정 될 수 있음

8. 기타

○ 2차년도 이후 예산은 예산반영에 따라 변경 될 수 있음
○ 기업참여시 기업부담금은 “건설교통기술연구개발사업 운영규정”의 기준을 따르되 추가부담가능
○ 기 수행된 과제 및 현재 진행 수행중인 과제와 본 RFP 상의 연구내용과 중복성 검토 및 연계활용방안을 구체적으로 연구계획에 포함

결론

1. 신재생에너지 응용 기술 개발 : 화석 에너지의 고갈로 인한 에너지(원유) 비용 급상승 및 화석 연료 사용으로 인한 환경 파괴 가속화와 원자력 에너지 이용의 위험성 지속으로 인하여 신재생에너지에 대한 관심이 증가되고 있는 상황에서 국내외 및 선진 각국에서 신성장 동력 산업으로 신재생에너지 연구개발 및 산업계에의 적용이 활발히 진행이 되고 있음. 철도 분야에서도 신재생에너지를 활용하여 친환경적이고 화석연료의 의존성을 낮출 수 있는 에너지 시스템을 구축하는 것이 절실히 요구됨.

   본 연구 과제를 통하여 국내외 신재생에너지의 활용 현황과 국외 연구개발 내용을 조사하여 철도 분야에서의 신재생에너지 기술 적용 가능성을 분석한 후 국내에서 확보하여야 할 신재생에너지 기술을 도출하였으며, 도출된 연구주제에 대하여 실용화 가능성 및 철도와의 연계성 등을 전문가 집단과 협의 및 검토를 통하여 최종적으로 RFP를 도출하였음. 본보고서는 최종보고서로서 향후 추진해야 될 연구 주제 및 연구내용을 도출하였으며, '일반철도 역사/선로변 신재생에너지 적용 기술 개발 및 인터페이스 기술 개발' 및 도시철도(지하)역사 신재생에너지 적용 기술 개발'을 연구 주제로 하여 풍력에너지, 태양광 에너지, 압전발전 적용 기술, 지열 에너지 등의 신재생에너지를 철도 역사 및 시스템에 적용하는 기술을 RFP에 포함시켰음.

참고문헌

[1] 한국과학기술정보연구원, “풍력발전, 태양전지, 조력발전”, 2007
[2] DOE. Wind Energy Multiyear Program Plan for 2007-2012
[3] DENA-Quelle: Die Windindustrie in Deutschland, BWE & VDMA Power Systems
[4] DENA-Quelle: BMU 2003, AGEE-STAT 2004
[5] RIST 제16권 제4호, 2002년
[6] EWEC, Wind Energy-The Fact, 2003년 기준
[7] Sea Wind Europe, published by Greenpeace, 2004
[8] 에너지 관리공단, “신재생에너지 R&D 전략 2030 - 풍력”
[9] 에너지 관리공단, “신재생에너지 R&D 전략 2030 - 태양광”
[10] 에너지 관리공단, “신재생에너지 R&D 전략 2030 - 지열”
[11] Progress in Photovoltaics: Res. Appl. 2005
[12] M. Rogol. Solar Power, CLSA Asia-Pacific, 2004
[13] M. Rogol. Solar Power, CLSA Asia-Pacific, 2004
[14] REN21, 2007, Renewable 2005 GLOBAL STATUS REPORT
[15] EPA, 1993, Space Conditioning: The Next Frontier, Office of Air and Radiation, 430-R-93-0044(4/93). Energy Protection Agency, Washington D.C.
[16] 박치현, 김창용, 이희근, (1999) “수치해석 기법을 이용한 터널 라이닝 안전성 평가에 관한 역해석 연구”, 터널과 지하공간, 한국암반공학회, Vol.9, pp.296-305.
[17] 우종태, 이송, (2002) “계측에 의한 터널 라이닝의 안전성 분석”, 한국구조물진단학회, 제6권 제 3호, pp. 103-110.
[18] 안제훈, 서백수, (2004) “충격반향기법의 주파수영역 해석을 이용한 구조물 안

전진단에 관한 연구", 터널과 지하공간, 한국암반공학회지, 제14권 제 1호, pp.35-42.
[19] 이준석, 최일윤, (2002) "정적 내공변위를 이용한 터널라이닝 손상 검출기법에 관한 연구", 한국지반공학회논문집, 제18권 6호, pp.153-160.
[20] 윤태국, 이유석, 한자중, 안상로, (2004) "도로터널 아치부의 라이닝결함에 대한 안전성평가", 한국구조물진단학회, 제 8권 제 4호, pp.43-49.
[21] 이인모, 이주공, 이성원, 조국환, (2004) "웨이블릿 변환을 이용한 터널 콘크리트 라이닝의 비파괴 검사기법 연구", 대한토목학회논문집, 제 24권 6호, pp.375-381.
[22] 박석균, (2004) "콘크리트 터널 라이닝 배면공동의 깊이 및 두께변화에 따른 전자파 레이더의 반사파 특성", 한국콘크리트공학회, 추계학술발표회논문집, 16권2호,pp.789-792.
[23] 방춘석, 이준석, 최일윤, 이희업, 김연태, (2004) "철도터널 라이닝에 대한 손상도 파악기법의 현장적용", 한국철도학회, 춘계학술대회논문집, pp.1142-1147.
[24] 오영석, (2001), "초음파법을 이용한 무근콘크리트 터널라이닝의 품질평가 방법", 터널기술, Vol. 3, No. 2, pp.68-78.
[25] 김영근, 이용호, 정한중, 신상범, 조철현, (1997), "지하레이다(GPR)를 이용한 터널 라이닝 비파괴시험에 관한 연구", 한국암반공학회지, 터널과지하공간, Vol. 7, No. 4, pp.274-283.
[26] 김영근, 이용호, 정한중 (1997) "적외선 열화상기법을 이용한 콘크리트 터널 라이닝의 비파괴 시험에 관한 연구", 한국암반공학회지, 터널과지하공간, Vol. 7, No. 1, pp.75-83.
[27] 장석재, 곽수정, 김두준, (2006) "철도 터널 공사용 록볼트 인발 시험의 문제점과 개선방안에 관한 연구", 한국철도학회논문집, v.9, no.1, pp.89-94.
[28] 유정동; 배명호; 이용준; 민복기; 이인모; 이종섭 (2009) "해머 타격 반사법을 이용한 현장 록볼트 건전도 평가", 터널기술, v.11, no.1, pp.47-56.
[29] 이인모; 김현진; 한신인; 이종섭 (2007) "유도파에 대한 푸리에 및 웨이브렛 변환을 이용한 록볼트의 건전도 평가", 터널기술, v.9, no.4, pp.403-413.
[30] J.A.Richards, (1998) "Inspection, maintenance and repair of turnnels: international lessons and practice", Tunnelling and underground space Technology, Vol. 13, No. 4, pp.369-375.
[31] T.Asakura, Y.Kojima, (2003) "Tunnel maintenance in Japan", Tunnelling and underground space Technology, Vol. 18, pp.161-169.
[32] J.S.Yoon, M.Sagong, J.S.Lee, K.S. Lee, (2009) "Feature extraction of a concrete tunnel liner from 3D laser scanning data", NDT&E International, Vol.

42, pp.97-105.

[33] A.A.Shah, Y.Ribakov, (2008) "Non-destructive measurements of crack assessment and defect detection in concrete structures", Materials & Design, Vol. 29, pp.61-69.

[34] S.N.Yu, J.H.Jang, C.S.Han, (2007) "Auto inspection system using a mobile robot for detecting concrete cracks in a tunnel", Automation in Construction, Vol. 16, pp.255-261.

[35] W.L.Wang, T.T.Wang, J.J.Su, C.H.Lin, C.R.Seng, T.H.Huang, (2001) "Assessment of damage in moutain tunnels due to the Taiwan Chi-Chi Earthquake", Tunnelling and underground space Technology, Vol. 16, pp.133-150.

[36] J.S.Lee, I.Y.Choi, H.U.Lee, H.H.Lee, (2005) "Damage identification of a tunnel liner based on deformation data", Tunnelling and underground space Technology, Vol. 20, pp.73-80.

[37] P.Qiao, K.Lu, W.Lestari, J.Wang, (2007) "Curvature mode shape-based damge detection in composite laminated plates", Composite Structures, Vol. 80, pp.409-428.

[38] B.H.Kim, H.J. Joo, and T.Park, (2006) "Nondestructive damage evaluation of a curved thin beam", Structural Engineering and Mechanics An International Journal, Vol. 24, No. 6, pp.665-682.

[39] Kim, B.H., Stubbs, N. and Park, T, (2005) "Flexural Damage Index Equations of a Plate", Journal of Sound and Vibration, Vol. 283, No. 1, pp. 341-368.

[40] Kim, B.H., Kim, H. and Park, T. (2006) "Nondestructive Damage Evaluation of Plates Using the Multi-Resolution Analysis of Two-Dimensional Haar Wavelet", Journal of Sound and Vibration, Vol. 292, pp. 82-104.

[41] Kim, B.H. Park, T., and Voyiadjis, G. Z. (2006) "Damage Estimation on Beam-like Structures Using the Multi-resolution Analysis", International Journal of Solids and Structures, Vol. 43, pp. 4238-4257.

[42] D.H.Zou, Y.Cui, V.Madenga, C. Zhang, (2007) "Effects of frequency and grouted length on the behaviour of guided ultrasonic waves in rock bolts", International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Vol. 44, pp. 813-819.

[43] R.D.Neilson, A.Ivanovic, A.J.Starkey, A.A.Rodger, (2007), "Design and

dynamic analysis of a pneumatic impulse generating device for the non-destructive testing of grouted anchorages", Mechanical Systems and Signal Processing, Vol. 21, pp.2523-2545.

[44] A.Ivanovic, R.D.Neilson, (2008) "Influence of geometry and material properties on the axial vibration of a rock bolt", International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Vol. 45, pp. 941-951.

[45] V.Madenga, D.H.Zou, C.Zhang, (2006) "Effects of curing time and frequency on ultrasonic wave velocity in grouted rock bolts", Journal of Applied Geophysics, Vol. 59, pp.79-87.

[46] F.-Q.Gao, H.-P.Kang, (2008) "Effect of pre-tensioned rock bolts on stress redistribution around a roadway-insight from numerical modeling," Journal of China University of Mining & Technology, Vol. 18, pp.509-515.

[47] A.Ivanovic, A.Starkey, R.D.Neilson, A.A.Rodger, (2003) "The influence of load on the frequency response of rock bolt anchorage", Advances in Engineering Software, Vol. 34, pp.697-705.

[48] A.Starkey, A.Ivanovic, R.D.Neilson, A.A.Rodger, (2003) "Use of neural networks in the condition monitoring of ground anchorages", Advances in Engineering Software, Vol. 34, pp.753-761.

[49] 천병식(1998), "최신 지반주입 -이론과 실제-", 원기술

[50] (주)한국지오텍(2003), "마이크로시멘트 현장제조 및 실시간 시공모니터링을 이용한 최적그라우팅 시스템 개발 연구"

[51] (주)한국지오텍(2005), "고성능 그라우팅 자동관리 시스템 개발", 한국토지공사

[52] 米倉 亮三, 島田 俊介, 大野 康年(2007), "恒久グラウト·本設注入工法 ; 藥液注入の耐久性と耐震補強の設計施工", 山海堂

[53] 土質工學會, "藥液注入工法の調査・設計から施工まで", 日本土質工學會, 1985.2

[54] 島田俊介, 佐藤 武, 多久 實, "最先端技術の藥液注入工法", 理工圖書, 1989.6

[55] 檜坦 外, "藥液注入材の長期耐久性について", 第18回土質工學研究發表會. 1983.6

주 의 사 항

1. 본 보고서는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 미래철도기술개발사업의 최종보고서입니다.
2. 본 보고서의 내용을 발표 할 때에는 반드시 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 미래철도기술개발사업임을 밝혀야 합니다.
3. 국가보안 차원에서 필요하다고 인정되는 내용은 대외적으로 발표 및 공개하여서는 아니 됩니다.

본 보고서와 관련하여 문의를 원하시는 분은 아래의 문의처로 연락을 주시기 바랍니다.

■ 문의처 : 한국건설교통기술평가원 TEL 031)381-6311
한국철도기술연구원(주관연구기관) TEL 031)460-5355
서울메트로(협력연구기관) TEL 02)6110-5754

미래철도 기반기술개발 기획연구 최종보고서

■ 발행일 / 2009. 10. 31.

■ 발행처 / 한국철도기술연구원(주관연구기관)

경기도 의왕시 월암동 360-1

Tel : 031-460-5355

■ 인쇄처 / 000