

미활용에너지기술 중장기 Road Map

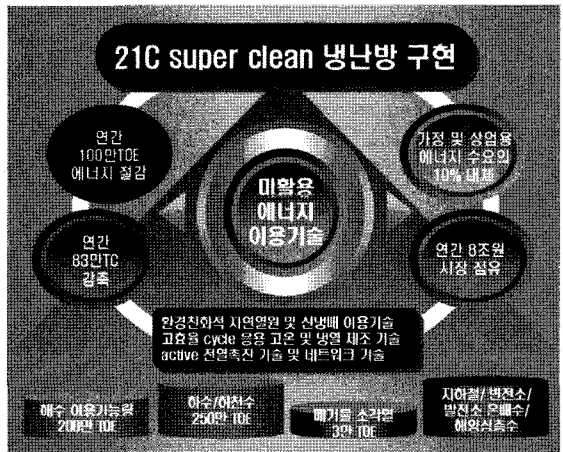
박 준 택 / 한국에너지기술연구원 미활용에너지 · 지열연구센터 (jtpark@kier.re.kr)
 이 영 수 / 한국에너지기술연구원 미활용에너지 · 지열연구센터 (ysless@kier.re.kr)

비전

21C 에너지저소비형 혁신도시 건설을 위하여 대도시 및 공장 등에서 미활용되고 있는 에너지를 이용하여 인근지역의 냉난방·급탕 열원으로 사용하는 열공급 플랜트 개발 및 보급확대를 통해 2015년 기준으로 가정 및 상업용 에너지소비량의 약 10%를 미활용에너지로 공급을 목표로 하고 있다.

개발목표 및 기술수준

현재 국내 미활용에너지 이용기술 수준 및 개발목표는 대략 표 1과 같으며, 참고로 일본의 미활용에너지 이용관련 요소기술별 기술수준은 대략 표 2와 같다.



[그림 1] 미활용에너지기술 비전

<표 1> 국내 미활용에너지 이용기술 수준 및 개발목표

기술내용	개발목표		선진국 최고수준 ('15년)	선진국대비 목표달성도 [%]
	현재 수준	2015년		
• 열회수 -저온배열의 회수 고효율화	70%	95%	95%	100
• 열저장 -연간축열기술/야간축열 기술의 고효율화 -대심도지하이용에 의한 축열조건설	60%	90%	90%	100
• 열승온기술 -고효율 승온기술 -보다 높은 온도로의 승온기술	60%	90%	95%	90
• 플랜트 설계 및 운전기술	70%	90%	90%	100

<표 2> 일본의 미활용에너지 이용관련 요소기술별 기술수준

기술내용	대응기술	기술수준
<ul style="list-style-type: none"> 열회수 -저온배열의 회수 고효율화 	열교환기의 고효율화	<ul style="list-style-type: none"> -판형열교환기의 효율은 99%로 거의 한계 -컴팩트화/저코스트화 -출입구온도차 0 ~ 1℃
<ul style="list-style-type: none"> 열저장 -연간축열기술/야간축열 기술의 고효율화 -대심도지하이용에 의한 축열조건설 	수축열기술의 대응량화 · 효율화	
	빙축열기술의 효율화	빙층진율 80~90%
<ul style="list-style-type: none"> 열승온기술 -고효율 승온기술 -보다 높은 온도로의 승온 기술 	히트펌프의 효율화 · 다기능화	고온용(85℃) COP 8
		냉온경용 COP 6 ~ 7
	흡수식히트펌프의 고효율화	고출력 150 ~ 300℃ ~ COP 1.8
<ul style="list-style-type: none"> 플랜트 설계 및 운전기술 	플랜트 최적계획시스템	평가시간 총래방식의 1/7 정도 단축
	플랜트 최적운전시스템	종합 경제효율 20% 이상 향상

해당기술분야의 중점과제

해당기술에 대한 시장 요구사항

미활용에너지는 일반적으로 온도레벨이 낮고, 수요와 공급에 시간적 차이가 나고, 수요처와의 거리가 멀다는 특징을 가지고 있다. 따라서 미활용에너지를 실제적으로 이용하는 데에는 열의 회수, 저장, 변환, 수송 등 면에서 기술적 과제가 존재하며, 이를 해결하기 위해서는 다음과 같은 대응기술 개발이 필요하다.

• 열회수기술

미활용에너지는 주로 중저온 열원이므로 열회수 시 열교환 효율향상이 중요하다. 따라서 미활용열원에 대응하는 고성능 열교환기가 필요하며, 아울러 부식성과 오염이 심한 열원인 경우 전열면 오염방지 및 제거기술, 생물부착방지기술, 내식성 재료 코팅기술 등이 요구된다.

• 축열기술

열발생과 열수요가 시간적으로 일치하지 않을 경우 미활용열원을 모두 저장하였다 유효하게 이용할 수 있는 축열기술이 필요하며, 특히 도심지 지하에 대응량 축열조 건설이 요구된다.

• 열변환기술

미활용에너지는 온도가 낮아 그 상태로 이용이 어려우므로 온도포텐셜의 변환기술이 필요하다. 압축식 및 흡수식 열펌프의 고성능화가 요구되며, 특히 흡수식의 경우 보다 저온에서 구동가능 열펌프기술이 필요하다.

• 열수송기술

미활용에너지는 열원의 부존지점과 수요지점이 거리적으로 떨어져 있는 경우가 많으므로 열수송기술이 요구된다. 산업폐열구동 장거리 열수송기술, 저비용 배관부설방법 등 새로운 기술개발이 필요하다.

• 플랜트 최적설계 및 운전기술

미활용에너지 이용시스템의 원활한 도입을 도모하기 위해서는 미활용에너지원, 열수요처 등에 따라 플랜트 계획의 적합성을 신속하게 평가하기 위한 최적화 소프트웨어 개발이 필요하다. 또한 계획된 플랜트에 대해 미활용에너지량, 열수요량, 열원기기 출력변화 예측, 시스템 기동상황 진단 등 플랜트 최적운전을 실현하기 위한 소프트웨어도 요구된다.

중점과제 및 세부단위기술

- 온도차에너지이용 지역열공급 플랜트 개발
 - 2단 터보압축기 설계 및 제작기술
 - 저온 열회수 증발기 설계기술
 - 고온출력 응축기 설계기술
 - 2단 터보형 열펌프사이클 설계 및 제어기술
 - 열공급 네트워크 구성 및 통합제어 기술
- 해수열원이용 지역열공급 시스템 개발
 - 해수열원 및 적용처 DB 구축
 - 냉온열제조기술
 - 최적운전 및 네트워크
- 폐열이용 하이브리드 열원 고효율 히트펌프 시스템
 - 폐열을 이용한 냉난방 및 급탕용 하이브리드 히트펌프 개발 및 평가
 - LCC(life cycle cost) 기법을 적용한 하이브리드 히트펌프 경제성 평가
 - 폐열이용 하이브리드 히트펌프 최적 제어로직 기술
 - 고효율 공기 및 폐열이용 하이브리드 사이클 설계 및 해석

- 고효율 폐열회수용 열교환기 개발
- 폐열이용 가능 site 선정 및 현장 성능 모니터링
- 산업폐열구동 에너지장거리 수송시스템 개발
 - 농도차이용 상온에너지 장거리 수송시스템
 - 화학첨가제에 의한 에너지수송 변환기술
 - 나노/마이크로 입자에 의한 에너지장거리 수송/저장기술
- 산업폐열원 GHP이용 고효율 온수제조기술
 - 내식성 열교환기 전열촉진 기술
 - 폐수전처리 및 열교환 세정기술
 - 열펌프 승온 및 고성능화 기술

중점과 제별 기술개발 목표 및 내용

중점과제인 ① 온도차에너지이용 지역열공급 플랜트 개발, ② 해수열원이용 지역열공급 시스템 개발, ③ 공기 및 폐열이용 하이브리드 열원 열펌프 개발, ④ 산업폐열구동 에너지 장거리 수송시스템 개발, ⑤ 산업폐열원 GHP이용 고효율 온수제조기술에 대한 단계별 기술개발 내용 및 목표는 대략 표 3 ~ 7 과 같다.

<표 3> 온도차에너지이용 지역열공급 플랜트 개발

단계	기술개발 내용	목 표
■ 최종 개발목표		
<ul style="list-style-type: none"> • 온도차에너지이용 지역열공급 플랜트 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 온도차에너지를 이용한 1,000 RT급 열공급 플랜트 실증화 		
1단계 (06 ~ 08)	<ul style="list-style-type: none"> • 실증사이트 조사 및 타당성 분석 • 핵심요소기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 열회수 열교환기술 : 자동여과장치기술, 미생물 부착방지 기술 - 저온열회수 증발기 설계, 제작 및 시험 - 고온출력 응축기 설계, 제작 및 시험 - 2단 터보열펌프 설계 및 제작기술 - 2단 터보형 열펌프사이클 설계 및 제어기술 • 고장진단 및 성능진단 감시시스템 개발 • 주요 단위 플랜트 연계 최적화 운전제어기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 실증플랜트 사이트 선정 및 평가 • 저온열회수 증발기 및 고온출력 응축기 개발 • 500 RT급 고효율 2단 터보 열펌프 설계기술개발 • 실증플랜트 설계
2단계 (09 ~ 11)	<ul style="list-style-type: none"> • 1,000 RT급 2단압축 터보형 열펌프 설계 및 제작기술 개발 • 실증플랜트 설치, 운전 및 성능평가 • 열공급 네트워크 구성 및 통합제어 기술 	<ul style="list-style-type: none"> • 지역열공급 네트워크 구성을 위한 냉온열제조시스템의 현장 적용 성능평가 • 실증플랜트 통합운전 및 관리기술 • 지역열공급 네트워크 플랜트 최적설계를 위한 핵심기술 확립

<표 4> 해수열원이용 지역열공급 시스템 개발

단계	기술개발 내용	목 표
■ 최종 개발목표 • 해수열원이용 지역열공급 시스템 개발 - 해수를 열원으로 하는 1,000 RT급 지역열공급 플랜트 실증화		
1단계 (06 ~ 08)		
2단계 (09 ~ 11)	• 해수열원이용 지역열공급 시스템 개발 - 해수열원 및 적용처 DB 구축 : 해수열 이용가능량 및 환경영향 평가기술, 해수열원이용 지역 냉난방사이트 조사분석 - 해수열회수 열교환기술 : 내식성 및 고효율 열교환기의 설계 및 제작기술, 자동여과장치기술, 부식방지기술, 파울링저감기술, 미생물 부착방지기술 - 냉온열제조기술 : 고효율 압축기 및 냉매적용기술, 사이클구성 및 해석기술, 증발기 및 응축기 설계기술, 용량제어기술, 요소기기의 최적화 기술 - 최적운전 및 네트워크 : 시스템 설계 및 제어, 운전기술, 성능평가기술	• 해수열원이용 지역열공급 시스템 개발 - 해수열원 DB 구축 및 적용처 개발에 따른 지역냉난방 공급기술 개발 - 해양생물 및 부식에 의해 발생하는 열교환기의 성능저하 대책방안과 해수온도변화에 최적대응하는 냉온수제조 열펌프시스템의 고효율화/대용량화 기술 개발 - 해수열원이용 200 RT급 지역냉난방 실증 및 적용 평가
3단계 (12 ~ 15)	• 해수열원이용 대규모 지역열공급 시스템 개발 - 실증사이트 조사 및 타당성 분석 - 시스템 설계 및 제작 - 실증플랜트 설계 및 건설 - 운전제어 및 성능평가기술 - 경제성 평가 및 보급활성화 방안	• 해수열원이용 대규모 지역열공급 시스템 개발 - 해수를 열원으로 하는 1,000 RT급 지역열공급 플랜트 실증화

<표 5> 공기 및 폐열이용 하이브리드 열원 열펌프 개발

단계	기술개발 내용	목 표
■ 최종 개발목표 - 운전조건에 따라 공기와 폐열열원으로 작동 가능한 하이브리드 히트펌프 시스템에 대한 해석 및 설계 모델의 개발 - 하이브리드 시스템의 설계/제작, 운전특성의 측정, 최적제어 기술의 확립 - 기존 공기 열원 히트펌프시스템에 대비 30% 에너지 절감		
1단계 (06 ~ 08)	• 공기와 폐열을 이용한 하이브리드 히트펌프 최적사이클 성능 해석 • 하이브리드 히트펌프 경제성 평가 • 소용량 하이브리드 히트펌프 설계 및 제작 • 하이브리드 히트펌프 최적제어 로직 구현 • 고성능 폐열회수 열교환기 개발	• 난방 COP : 3.0 냉방 COP : 4.0 • 투자회수기간 목표 : 3년
2단계 (09 ~ 10)	• 대용량 하이브리드 히트펌프 설계 및 제작 • 대용량 하이브리드 히트펌프 성능평가 • 폐열이용 가능 site 선정 및 현장 성능 모니터링	• 대용량 하이브리드 히트펌프 신뢰성 확보 • 연간 에너지 절감액 기존시스템 대비 30% 달성

<표 6> 산업폐열구동 에너지 장거리 수송시스템 개발


단계	기술개발 내용	목 표
<p>■ 최종 개발목표</p> <p>산업폐열 구동 에너지 장거리 수송 시스템 개발</p>		
1단계 (06 ~ 08)	<ul style="list-style-type: none"> • 농도차 이용 상온 에너지 장거리 수송시스템 - 핵심 및 기반 기술 개발 - 시스템 모델링 및 최적 설계 	온도에너지 포텐셜이 없는 상온의 상태에서 에너지/물질의 수송을 가능하게 하여 단열재가 없는 수송관을 이용할 수 있어서 장거리수송관의 설치 및 유지비가 획기적으로 줄어들게 하는 핵심연구기술
2단계 (09 ~ 11)	<ul style="list-style-type: none"> • 화학첨가제에 의한 에너지 수송 변환 기술 	이성분 혼합물에 화학적 첨가제를 부가하여 표면장력의 불균형으로 인한 마란고니 대류를 발생시켜서 열·물질전달을 획기적으로 증가시키는 기술
3단계 (12 ~ 15)	<ul style="list-style-type: none"> • 나노/마이크로 입자에 의한 에너지 장거리 수송/저장 기술 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 나노입자의 종류 및 체적분율에 따른 이성분나노유체의 열전달성능 촉진 측정 2. 나노캡슐을 이용한 열저장 성능촉진 측정 : 나노캡슐화된 PCM분말 추가시 열저장성능 촉진 정량화 3. 나노입자의 분산 안정도와 열전달 및 에너지 저장 촉진 능력을 상호 비교하여 열전달 촉진 계수가 1.25, 에너지저장 촉진 계수가 1.20 이상인 최적 나노입자, 나노캡슐 및 화학첨가제 선정지표 제시

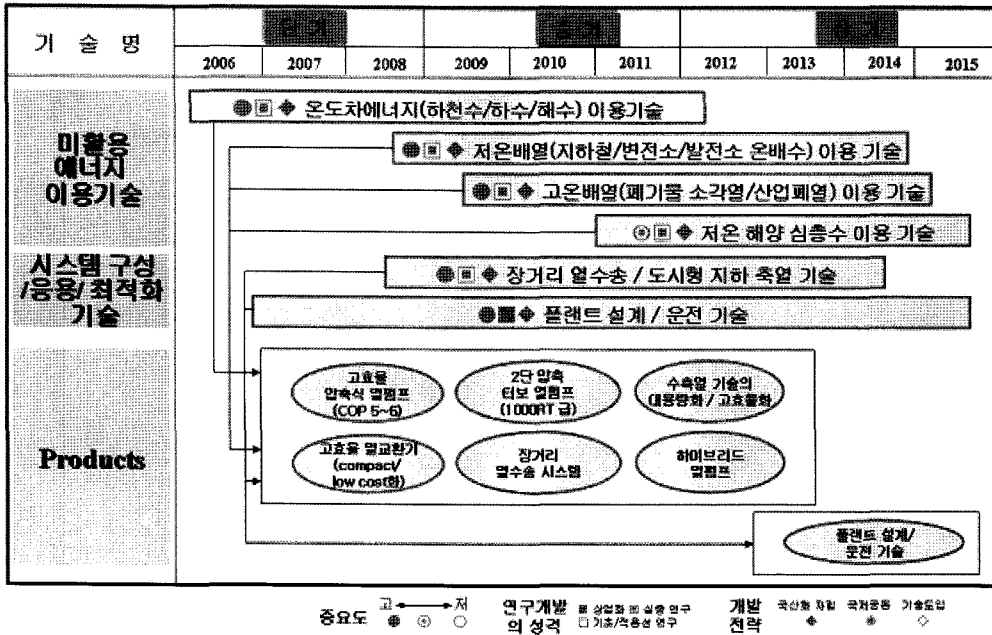
<표 7> 공기 및 폐열이용 하이브리드 열원 열펌프 개발

단계	기술개발 내용	목 표
<p>■ 최종 개발목표</p> <p>산업폐열원 GHP이용 고효율 운수제조기술 개발</p>		
1단계 (06 ~ 08)	<ul style="list-style-type: none"> • 내식성 열교환기 선정 및 전열촉진기술 • 폐수전처리 및 열교환 세정기술 • 열펌프승온 및 고성능화 기술 • 시스템기본설계 및 최적 사이클 해석 • 폐열회수시스템 모델링 및 장치설계 	시스템 요소 및 기반기술
2단계 (09 ~ 11)	<ul style="list-style-type: none"> • 실증시험 및 평가 • 상품화 및 내구성 실험 	실증기술의 확립 및 실증화

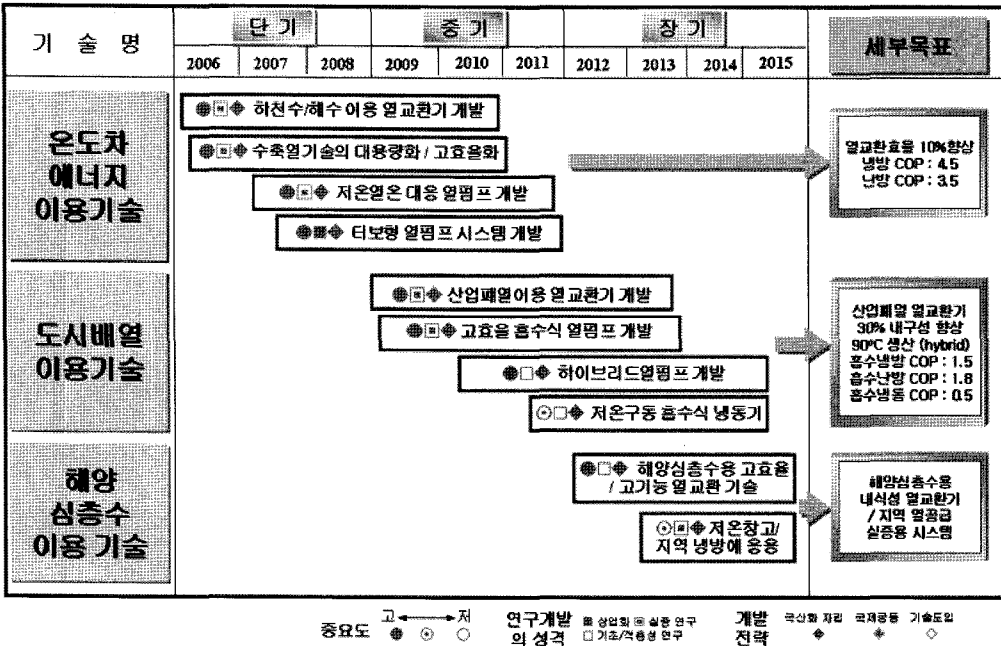
중장기 로드맵(Road map)

그림 2 ~ 4에 각각 미활용에너지 총괄 기술지도,

미활용에너지 이용기술 로드맵 및 시스템 구성, 응용 및 최적화 기술을 나타내었다. 



[그림 2] 미활용에너지 총괄 기술지도



[그림 3] 미활용에너지 이용기술 로드맵

기술명	단기			중기			장기			세부목표		
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014		2015	
장거리 열수송 기술	◎●◆ 아이스슬러리 응용 기술 ◎□◆ 첨단유체 응용 DR 기술 ◎□◆ 산업폐열 구동 장거리 열수송 기술										수송해관 및 동력 20% 감소	
	●●◆ 고효율 병목열 기술/성층화 기술 ◎□◆ 도시형 지하 축열조 설계/시공 기술 ◎□◆ 고효율 잠열 축열 기술											열손실률 5% 이하 용적효율 9% 이상
	●□◆ 마을용 에너지원별 D/B 구축 ◎□◆ 플랜트 최적설계 및 운전 기술 ●●◆ 네트워크 설계 및 실증											

중요도 고 → 저 연구개발 의 성격 ● 성립회 및 실용 연구 □ 기초/역형성 연구 개발 전략 ◆ 국산화 지향 ◇ 국제공동 ◊ 기술도입

[그림 4] 시스템 구성, 응용 및 최적화 기술