

# 미활용에너지기술 중장기 Road Map

이영수<sup>†</sup>, 박준택, 백영진, 신광호\*

한국에너지기술연구원(KIER) 미활용-지열에너지연구센터, 충남대학교 대학원\*

## A Road Map of the Unutilized Energy Technology

Young-Soo Lee<sup>†</sup>, Jun-Taek Park, Young-Jin Baik, Kwang-Ho Shin\*

Unutilized and Geothermal Energy Research Center, Korea Institute of Energy Research(KIER),  
Yeosung P.O Box 103, Taejon 305-600, Korea

\*Graduate school of Mechanical Design Engineering, Chungnam National University,  
Daejeon 305-764, Korea

**ABSTRACT:** The unutilized energy in urban area is commercially and environmentally worth recycling since it can be used as a good energy resource for the heating and cooling supply. Therefore, once heating and cooling demands are near the available unutilized energy resources, a high performance district heating and cooling can be realized by the network of unutilized energy technology. In relation to this circumstance, a road map of the unutilized energy technology is presented in this study.

**Key words:** Unutilized energy(미활용에너지), Heat pump(히트펌프)

### 1. 서론

지구온난화와 기후변화협약 등 급변하는 세계 정세와 산업화의 확산으로 인한 에너지자원의 고갈에 능동적으로 대처하기 위해서는 1차 에너지의 사용을 최대한 줄이면서 환경 친화적인 산업구조 형태를 갖는 에너지 이용기술의 개발 및 도입이 요구된다.

최근 대도시를 중심으로 가정 및 상업용 냉난방, 급탕의 열수요가 급증하고 있는데 이러한 열수요의 대부분은 비교적 저온인 100℃ 미만이다. 이러한 열원의 경우 증래와 같이 화석연료의 연소에 의한 고온, 고질의 에너지를 사용할 필요 없이 대도시 지역내의 각종 미활용에너지를 활용한 승온이나 열변환하여 냉난방, 급탕용 열수요를 가능하게 할 수 있다. 이는 기술적으로 열펌프 등의 기술 진전에 따른 결과로 저온, 저질의

에너지를 열수요에 맞게 변환할 수 있게 되었기 때문이다.

특히 도시지역에서 미활용되고 있는 각종 에너지를 회수하여 인근 지역의 냉난방, 급탕용 열원으로 사용하는 것은 사회적 및 환경적으로 경제성이 매우 높을 것으로 사료되며, 이와같이 대규모 열수요처에 다양한 미활용에너지가 존재할 경우 네트워크화하여 지역열공급으로 활용할 수 있다.

### 2. 연구내용 및 범위

#### 2.1 국내기술 현황 및 기술수준

국내에서 최초의 미활용에너지 관련 연구는 1991년 한전 기술연구원에서 수행한 “변압기 배열을 이용한 난방시스템 개발”이며, 그 후 1993년부터 산업자원부에서 미활용에너지 이용의 필요성을 인식하고 에너지절약기술개발 기본계획('92-'96)에서 미활용에너지기술이 정부주도사업

<sup>†</sup>Corresponding author

Tel.: +82-42-860-3161; fax: +82-42-860-3133

E-mail address: yslee@kier.re.kr

Table 1 Domestic R&D level

R&D Contents	Objectives of R&D		Developed country's level in 2015 (%)	Goal achievement (%)
	Present level (%)	2015 (%)		
○ Heat recovery - Low temperature waste heat recovery efficiency enhancement	70	95	95	100
○ Thermal storage - Long-term(year) / night-time thermal-storage performance enhancement - Construction of underground thermal storage in metropolis	60	90	90	100
○ Heating Technology - Higher efficiency - Higher temperature	60	90	95	90
○ Plant design and operation technology	70	90	90	100

으로 분류된 이후, 1993년 4월에 미활용에너지이용기술 기획과제로서 “미활용에너지 종합이용시스템 개발”과제가 추진되었다. 또한 “도시미활용에너지이용 열펌프시스템 개발” 과제가 3년간 추진되어 서울 탄천하수처리장에 50RT급 열펌프가 시범 설치되었다.

1995년에는 “지하철 폐열이용 지역열공급시스템 도입 타당성연구”가 수행되었고, 한국전력공사에서는 “폐수열을 이용한 복합건물에서의 축열식 히트펌프시스템 개발”과제가 추진되었다. 1997년에는 “지역별 미활용에너지 부존량 및 이용가능성 기획조사”가 실시되었고, 서울시, 경기도, 대구시 등 지자체에서 지역에너지개발사업으로 지역미활용에너지 실태조사 및 이용방안 연구가 수행되었다.

1997년부터 미활용에너지 기술연구회가 구성되어 국내외 관련기술현황 파악 중장기 기술개발 전략 및 과제도출 등의 활동이 있었으며, 또한 에너지기술개발 10개년 계획(97-2006)에서는 미활용에너지 이용기술이 중점기술개발사업 12개 프로그램중의 하나로 추진되었다. (에너지절약량 목표치, 2006년 기준 150만toe).

낙동강 하천수를 열원으로 한 화훼단지 난방을 위한 열펌프시스템 적용이 시도되었고, 또한 해수를 열원으로 한 양식장 난방을 위한 시스템 개발연구가 추진되었으며, 2000년에는 경주 토비스

콘도 건물에 총 600RT규모의 수축열식 히트펌프 시스템이 2003년 12월 말 설치, 운전되었다. 그리고 향후 CO<sub>2</sub> 배출량 규제 및 거래제도 도입에 대처하기 위하여 2002년 10월부터는 과학기술부의 21세기 프론티어사업으로 이산화탄소저감 및 처리기술 개발사업중에서 미활용에너지 이용을 위한 기술개발이 추진되고 있다. 여기에서는 미활용에너지로서 하천수 온도차에너지 이용을 대상으로 1단계에서 열의 회수, 변환, 수송, 저장 등 핵심요소 기술개발을 완료하고 현재 2단계에서 100RT급 실증시험을 목표로 추진중에 있다.

현재 미활용에너지기술의 전략적 위상을 보면, 최근 국가과학기술위원회가 선정한 6T분야 77개 미래유망신기술중, ET분야에서 미활용에너지이용기술이 선정되었으며, 국가과학기술지도(NTRM)에서도 에너지환경분야의 핵심기술의 하나로서 에너지분야중 전략적 중요도가 매우 높은 선택집중 투자분야로 평가되었다. Table 1은 현재 국내 미활용에너지 이용기술 수준 및 개발목표를 나타낸다.

## 2.2 국외기술 현황 및 기술수준

### 2.2.1 선진국 기술동향

선진국중 미활용에너지 분야 기술개발 R&D 프로그램이 보고된 나라는 일본이며, 2012년까지 민생용 에너지수요량의 10%를 미활용에너지로 공급한다는 목표로 연구개발이 추진되고 있다.<sup>(1)</sup>

### 2.2.2 선진국 기술수준

일본의 미활용에너지 이용관련 요소기술별 기술수준은 대략 Table 2와 같다.

### 2.2.3 선진국의 R&D Program

일본의 경우 NEDO를 중심으로 “미이용에너지 고도활용 부하평준화 냉난방기술개발”, “광역에너지이용 네트워크시스템기술(에코·에너지도시)”, “에너지사용합리화 해양자원활용시스템개발” 등 미활용에너지기술의 전반적인 분야에 걸쳐 종합적이고 체계적으로 다양한 기술개발사업을 추진하였다.

“미이용에너지 고도활용 부하평준화 냉난방기술개발”은 1991년부터 1997년까지 7년간 도시미활용에너지를 이용한 냉난방, 급탕 열이용기술의

Table 2 R&D level in Japan

R&D Contents	Corresponding technology	R&D level
○ Heat recovery - Low temperature waste heat recovery efficiency enhancement	Heat exchanger performance enhancement	- Efficiency of plate HX is near 99% (saturated) - Reduction of size and cost - Temperature difference between inlet and outlet : 0~1°C
○ Thermal storage - Long-term(year) / night-time thermal-storage performance enhancement - Construction of underground thermal storage in metropolis	Water thermal storage capacity and efficiency enhancement  Ice thermal storage performance enhancement	  - Ice packing factor : 80~90%
○ Heating Technology - Higher efficiency - Higher temperature	Heat pump efficiency and performance enhancement	- High temp.(85°C) : COP 8 - Simultaneous heating and cooling : COP 6~7 - High temperature output : 150~300°C
	Absorption heat pump efficiency enhancement	~ COP 1.8
○ Plant design and operation technology	Optimal plant design system	- Evaluation time reduction up to 1/7
	Optimal plant operation system	- Overall economy eff. enhancement up to 20%

개발을 목적으로 산학연 협동으로 약 94.3억의 연구비를 투입하여 추진하였으며, 이를 통해 저온 및 고온 미활용에너지 활용 열플랜트의 요소기술 개발을 완료하고, 실증시험을 통해 확대보급을 추진하고 있는 실정으로, 주요 연구내용은 Table 3과 같다.

일본 통상성 공업기술원에서는 1993년부터 2000년까지 8년간 공장폐열의 지역 열공급기술의 개발을 목표로 “광역에너지이용 네트워크시스템 기술개발” 일명 에코에너지도시 프로젝트를 산학연 합동으로 약 11.8억엔의 연구비를 투입하여 추진하였다. 또한 일본 NEDO에서는 1999년부터 2003년까지 5년간 “에너지사용합리화 해양자원활용시스템 개발” 프로젝트를 통해 해양심층수를

Table 3 R&D program in Japan

R&D program	Contents
Development of heating and cooling load equalization technology using unutilized energy, 9,430 million Won, 1991~1997	○ Heat exchanger development for the use of unutilized energy
	○ High density heat transport system development
	○ Low temperature unutilized energy source heat pump
	○ Turbine driven turbo heat pump
	○ High efficiency absorption heat pump
	○ Waste heat driven absorption heat pump
	○ Underground thermal storage in metropolis
	○ Optimal plant design scheme ○ Optimal plant operation scheme

이용한 발전소 복수기 냉각수로 이용하는 연구를 추진한바 있다.

### 2.2.3. 선진국 기술보급현황

도시배열이나 온도차에너지 등을 지역냉난방용 열원으로 이용함으로써 화석연료 사용을 줄이게 되어 지역환경까지 배려한 환경 친화적인 우수한 에너지공급시스템으로서 21세기의 도시기반시설로서 없어서는 안 될 것으로 평가되고 있다.

미활용에너지 기술보급이 가장 오래된 나라는 북유럽이며, 특히 스웨덴, 덴마크 등에서는 1980년대초부터 도시 및 산업 미활용에너지를 이용한 대규모 열공급을 실시하고 있으며, 도시 기반시설로 열공급 배관망이 구축되어 있다.

미활용에너지의 이용은 규모의 경제성으로부터 대규모 빌딩의 냉난방시스템이나 지역냉난방으로 실용화되고 있는데, 특히 일본의 경우에는 전국 136지구에서 행해지고 있는 지역열공급 사업중 26.5%인 36지구가 미활용에너지를 열원으로 이용하여 생활환경 개선이나 에너지절약에 성과를 올리고 있다.

미활용에너지원별 활용비율은 소각장 폐열이용이 약 26%로 가장 많고, 그 다음이 하수, 하천수 등의 순이며, Fig. 1은 해외 미활용에너지 열원별 이용현황을 나타낸 것으로 하천수, 하수.

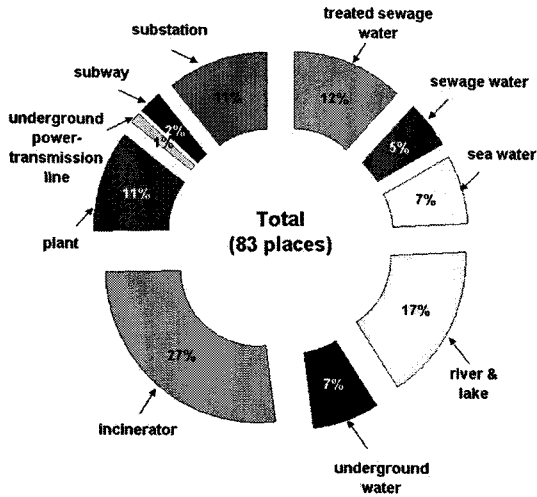


Fig. 1 The present status of unutilized energy usage in overseas

해수 등 온도차에너지가 절반정도를 차지하고, 쓰레기 소각열이 1/4 정도를 차지하고 있다. 우리나라에서도 실질적인 대체에너지의 보급 확대를 위해서는 온도차에너지를 미활용에너지의 보급 확대가 절실히 필요한 시점이다.

해외의 미활용에너지 이용현황을 국가별로 분석한 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 일본, 스웨덴을 포함한 북유럽국가, 미국이 활발하고, 그 외 국가는 이용실적이 미흡하다.

일본은 대체에너지 공급목표를 2010년에 3% (19,100천 TOE)로 잡고 있으며, 그중에서 3% (580천 TOE)를 온도차에너지로 공급할 예정이고 이는 원유 환산량으로 하면 72만kl로 민생용 에너지 수요량의 10%이며, 그중 온도차에너지의 도입 목표량은 약 80.5%인 58만kl으로, Table 4에 나타내었다.

### 3. 해당기술의 Product-Tree

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

#### 3.1 열회수기술

미활용에너지는 주로 중저온 열원이므로 열회

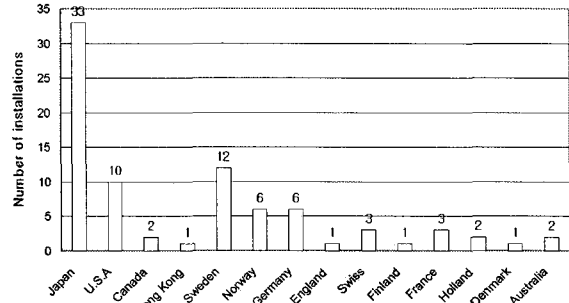


Fig. 2 The present status of unutilized energy usage in each country

수시 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.

#### 3.2 축열기술

열발생과 열수요가 시간적으로 일치하지 않을 경우 미활용 열원을 모두 저장하여 유효하게 이용할 수 있는 축열기술이 필요하며, 특히 도심지 지하에 대용량 축열조 건설이 요구된다. 또한 축열기술은 열병합발전과 쓰레기 소각로에 의한 지역난방에 개발된 기술을 동일하게 적용이 가능하며, 대규모 산업공정 플랜트에서 필요로 하는 열을 확보하여야 하는 경우와 건물 지하수조의 수축열에도 활용할 수 있다.

#### 3.3 열변환기술

미활용에너지는 온도가 낮아 그 상태로 이용이 어려우므로 온도포텐셜의 변환기술이 필요하다.

Table 4 Target annual usage of temperature difference energy in Japan

1996	%	1997	1998	2010		2010/1996	
				%	%		
33	0.5	36	41	580	3	0.09	about 20 times

(unit : thousand TOE)

(\*1) A ratio to the total renewable energy in 1996 (6.85 million TOE)

(\*2) A ratio to the total renewable energy in 2010 (19.10 million TOE)

(\*3) A ratio to the total primary energy in 2010 (6,160 million TOE)

### 미활용에너지 총괄 기술지도

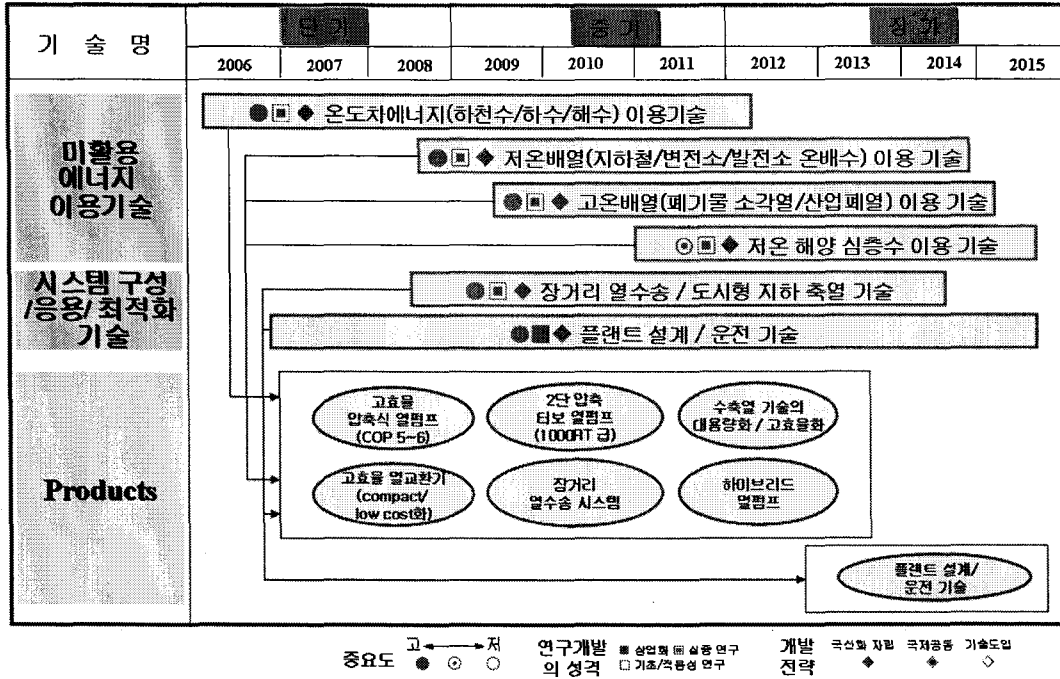


Fig. 3 A comprehensive road map of the unutilized energy

### 미활용에너지 이용기술 로드맵

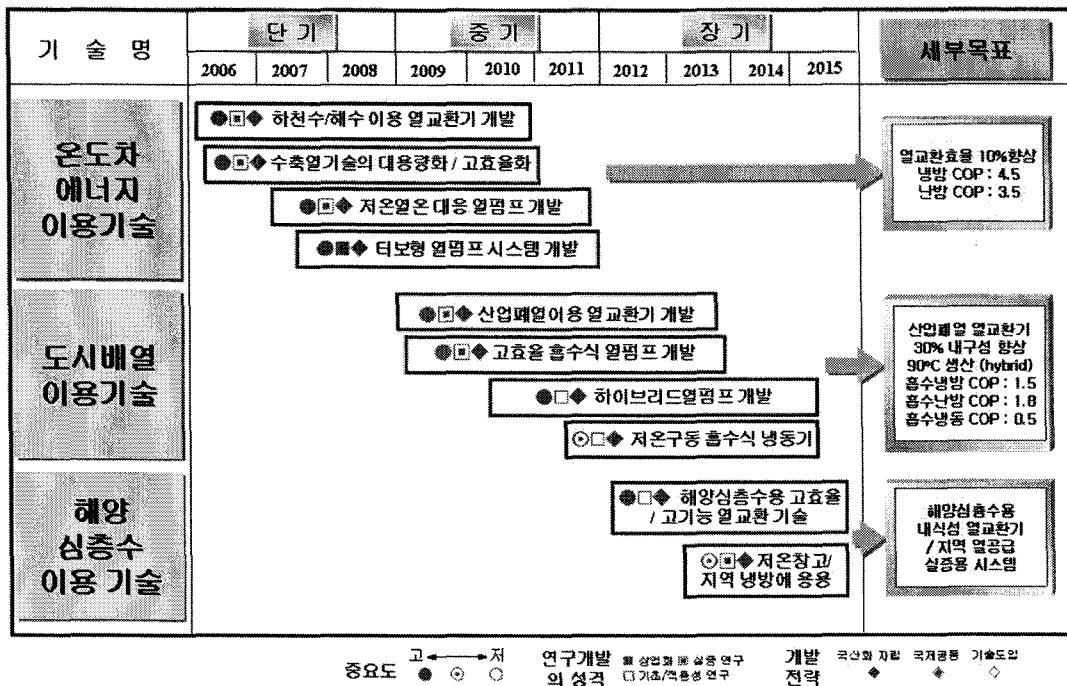


Fig. 4 A road map of the unutilized energy technology

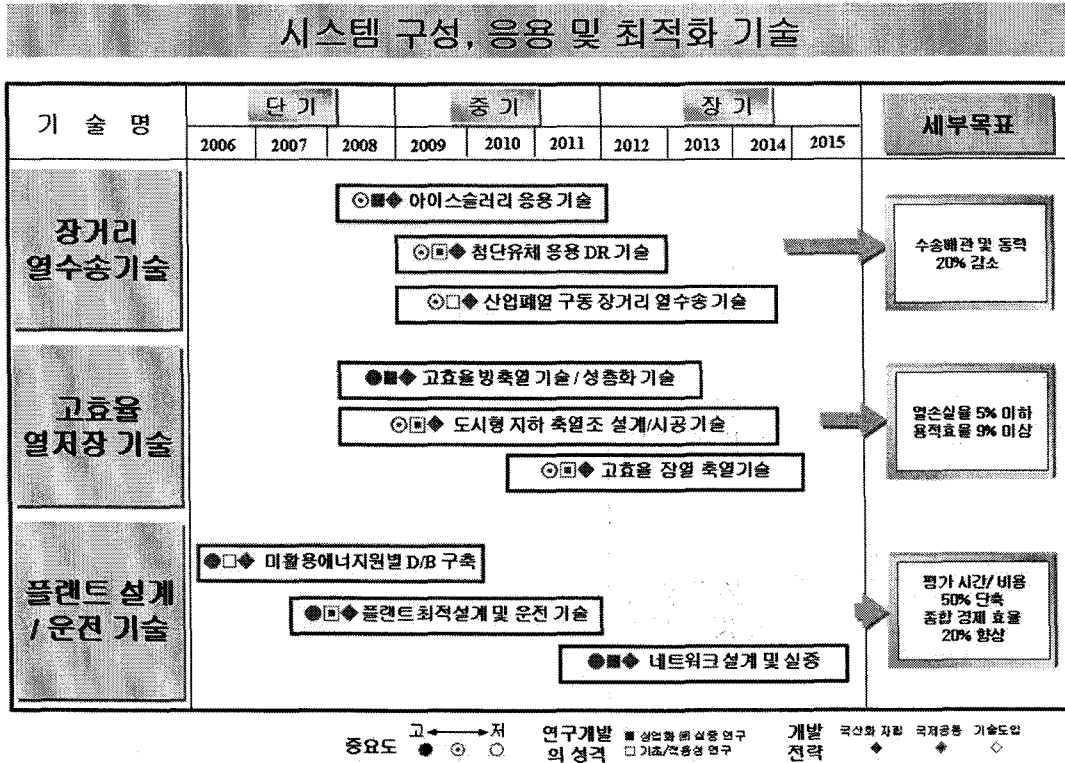


Fig. 5 A road map of system manufacturing, application and optimization

압축식 및 흡수식 열펌프의 고성능화가 요구되며, 특히 흡수식의 경우보다 저온에서 구동 가능한 열펌프기술이 필요하다.

#### 4. 중장기 로드맵(Road map)

이상을 바탕으로, Fig. 3~5에 각각 미활용에너지 총괄 기술지도, 미활용에너지 이용기술 로드맵 및 시스템 구성, 응용 및 최적화 기술을 나타내었다.

#### 5. 결론

미활용에너지는 국내 부존량이 대량이며, 열펌프의 열원으로 이용할 경우 아주 유효하다. 그러나 저온이며, 오염부식성이 강한 열원수이기 때문에 냉난방·급탕 열로 이용하기 위해서는 보다 높은 온도로의 승온기술과 COP향상 기술과 함께, 열원수의 전처리와 부식방지 기술개발이 필요하다. 아울러 경제성 제고를 위해 사회기반시설로의 배관망 설치, 초기투자비 증가분에 대한

보조금 지원 등 시책마련이 필요하다.

앞으로 시간이 흐를수록 에너지소비에 대한 규제가 점점 강화될 것이다. 반면 국민생활의 쾌적성 지향에 따라 냉난방·급탕열수요가 급증할 것으로 전망되고 있다. 이러한 에너지 사정을 고려할 때 열공급부문에서도 에너지 이용 효율화가 절실히 요구되고 있으며, 이를 위한 미활용에너지를 적극적으로 활용하는 것이 필요하다.

#### 후 기

본 연구는 과학기술부의 21세기 프론티어 연구개발사업인 이산화탄소 저감 및 처리기술개발 사업단의 연구비 지원(BB2-101)으로 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. Lee, Y. S., 2005, Energy-resources technology plan analysis report - unutilized energy section, KEMCO.