

도시 신재생에너지 이용시스템 개발을 위한 사례조사 연구

고명진*, 강승아*, 고유미*, 왕문희*, 최미영*, 김용식**

*인천대학교 대학원 건축공학과의(whistlemj@incheon.ac.kr), (whistle@incheon.ac.kr),
(mintart@naver.com), (koyumi84@nate.com), (adreaming@nate.com), (ke_ke_82@nate.com)

**인천대학교 건축공학과(newkim@incheon.ac.kr)

The Case Study on Urban Renewable-energy Using System Development

Go, Myeong-Jin*, Kang, Seung-A*, Go, Yu-Mi*, Wang, Moon-Hee*, Choi, Mi-yuon*,
Kim, Yong-Shik**

*Dept. of Architecture Eng., Graduate School, University of Incheon(whistle@incheon.ac.kr),
(mintart@naver.com), (koyumi84@nate.com), (adreaming@nate.com), (ke_ke_82@nate.com)

**Dept. of Architecture Eng, University of Incheon(newkim@incheon.ac.kr),

Abstract

As the instability of international societies on the energy resources has increasingly been deepened due to excessive use of fossil fuels, the importance of energy saving and global environment protection has highlighted, So the interests in environment-friendly and stable new & renewable energy have been dramatically increased. The studies on reconstructing the old-fashioned towns economically, socially and physically have been also significantly increased. In this urban regeneration, renewable-energy using systems were aggressively applied to overcome the energy and environmental problems of the existing towns. There have been many of studies on the compound applications of the renewable-energy using systems in the advanced countries while they are insufficient in Korea.

As a preliminary study of urban renewable-energy using system development, this paper surveyed the foreign cases applied to key technologies such as geothermal energy, hydrogen fuel cell and bioenergy among the renewable-energies in urban built environment.

Keywords : 도시재생(Urban Regeneration), 지열에너지(Geothermal energy), 수소연료전지(Hydrogen fuel cell), 바이오에너지(Bioenergy), 사례조사(Case study)

1. 서론

최근 전 세계적으로 에너지자원을 둘러싼 국제사회의 불안정이 심화되고 에너지절약 및 환경보호의 중요성이 부각되면서 환경친화적이며 안정적인 신재생에너지에 대한 관심이 증가하고 있다. 또한, 산업구조의 변화 및 신도시·신시가지 위주의 도시 개발로 인해 상대적으로 낙후되어 있는 기존 도시를 새로운 기능을 도입·창출하여 경제적, 사회적, 물리적으로 부흥시키는 도시재생에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 도시재생에 있어 기존 도시의 에너지 및 환경 문제에 대한 해결방안으로 신·재생에너지 기술이 적극적으로 적용되고 있다.

이와 같은 상황을 반영하여 신·재생에너지 이용시스템의 기술 및 보급에 있어 우위에 있는 선진국에서는 최근 개별적인 신재생에너지 이용시스템의 개발 및 보급을 넘어 도시차원에서 신재생에너지 이용시스템을 복합적으로 적용하기 위한 연구를 진행하고 있다. 국내의 경우에도 신재생에너지와 관련한 기술개발 및 보급 활성화를 위해 노력하고 있지만, 현재까지는 개별적인 기술개발 및 보급단계로 도시재생차원에서의 복합적 적용에 대한 기술개발 및 연구는 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 도시 신재생에너지 이용시스템 개발을 위한 선행 연구로써 신재생에너지 중 지열에너지와 수소·연료전지, 바이오에너지를 대상으로 도시차원에서 적용된 요소기술의 국외 적용사례를 조사 및 분석하고자 한다.

2. 지열에너지

2.1 지열에너지의 개념 및 기술의 종류

(1) 지열에너지의 개념

일반적으로 지열에너지는 지구가 가지고 있는 지중 열에너지를 총칭하며, 지표면으로부터의 깊이에 따라 대략 10~20℃ 정도의

천부지열(shallow geothermal)과 40~150℃ 이상의 심부지열(deep geothermal)로 구분된다. 지열에너지의 활용 측면에서는 천부지열은 건축물 냉난방, 온실, 도로 융설 등에 활용되는 직접이용(direct use)과 지열발전에 활용되는 간접이용(indirect use)기술로 분류할 수 있다.

(2) 천부지열에너지 이용시스템 요소기술

우리나라의 경우 화산활동과 관련된 고온성 지열에너지가 부존하지 않는 지역적 특성을 고려할 때, 지열에너지의 이용은 건축물의 냉난방에 직접 이용하는 천부지열에너지를 이용한 기술로 한정되는 경향이 있다. 이러한 특성을 고려하여 본 연구에서는 천부지열에너지 이용시스템으로 조사의 범위를 한정하였으며 조사된 기술을 표 1에 나타내었다.

표 1. 천부지열에너지 이용시스템 기술의 종류

항목	기술의 종류
Classical GSHP (Ground Source Heat Pumps)	Borehole heat exchanger (vertical)
	Ground heat collector (horizontal)
Direct expansion GSHP	Heat pipe heat exchanger
	Heat pipe borehole heat exchanger
UTES (Underground Thermal Energy Storage)	Aquifer storage (ATES)
	Borehole storage (BTES)

2.2 천부지열에너지 이용시스템 기술의 적용현황

천부지열에너지 이용시스템에 대한 연구는 유럽연합 및 미국, 캐나다 등 해외 선진국을 중심으로 활발히 진행되고 있으며 건축물의 초기 계획 및 설계 단계에서부터 건축물 냉난방시스템으로 적극적으로 고려하여 건설되고 있다. 표 1에 기술한 천부지열에너지 이용시스템 기술의 국외 적용현황을 표 2에 나타내었다.

표 2. 천부지열에너지 이용시스템 기술의 적용현황

사례명	적용기술 개요
 New housing estate 't Rieshout in Zetten, Netherlands	<ul style="list-style-type: none"> 연립주택 수직형 지열히트펌프 시스템 열회수 장치 (성능:95%) 수직형 지중열교환시스템과 태양열 시스템의 복합시스템 적용
 One family house in Ternits, Austria	<ul style="list-style-type: none"> 1가구/2가구 주택 수평형 지열히트펌프 시스템 수평형 지중열교환기와 결합된 DX(direct expansion) heat pump 시스템
 One family house in Freistadt, Upper Austria, Austria	<ul style="list-style-type: none"> 1가구/2가구 주택 수직형 지열히트펌프 시스템 수직형 지중열교환기와 결합된 DX(direct expansion) heat pump 시스템
 New housing estate De Teuge in Zutphen, Netherlands	<ul style="list-style-type: none"> 연립주택 대수층열저장 시스템 (Aquifer Thermal Energy Storage) ventilation convector 태양열 시스템
 The renewable energy house in Brussels, Belgium	<ul style="list-style-type: none"> 수직형 지열히트펌프 시스템 진공형 태양열 시스템 태양열 시스템 바이오매스 시스템 Thermally Driven Cooling Machine (TDCM)
 Zero Energy Home 5	<ul style="list-style-type: none"> 수평형 지열히트펌프 시스템 (건축물의 기초 및 상하수도 시설과 통합되어 적용) PV Solar 시스템 배수 열회수 시스템 ASHRAE 62.2 기계환기

2.3 천부지열에너지 이용시스템 기술의 적용현황 분석

사례조사 결과, 다가구 및 연립주택 등에 천부지열에너지 이용시스템이 건축물 냉난방시스템으로 많이 적용되고 있었다. 국내의 경우, 외국과 달리 도심지에서의 주거유형에서 공동주택이 많은 부분을 차지한다는 점을 고려해야겠지만, 충분히 도시주거공간의 냉난방시스템으로 천부지열에너지 이용시스템이 적용 가능하다고 판단된다. 또한, DX(direct expansion) heat pump가 유럽 및 미국, 캐나다 등에서 적용이 증가하고 있음을 확인할 수 있었다. 이 기술은 heat pipe를 이용한 방식으로 수직형 BHE시스템과 결합할 경우 냉방이 가능하고 천공비용이 저렴하다는 장점이 있어 국내 도심지의 부족한 대지면적을 고려할 때 적용이 필요한 기술이라 판단된다.

사례조사를 통해 건축물의 에너지 자립도를 높이기 위해 적용되는 건축물 에너지절약 기술과 신재생에너지 이용기술, 친환경기술 등이 복합적으로 적용되고 있음을 확인할 수 있었다. 특히, 지열에너지 이용시스템과 태양열 및 태양광 이용시스템, 바이오에너지 이용시스템 등과 같은 신재생에너지 이용기술이 건축물에 함께 적용되고 있었다. 이를 통해 최근 국내에서 도시의 에너지 및 환경문제를 해결하기 위해 적극적으로 적용되고 있는 신재생에너지 이용기술이 복합적으로 적용되어야 하며 이에 대한 시스템화 연구가 필요할 것으로 사료된다.

3 수소 연료전지

3.1 수소 연료전지의 개념 및 기술의 종류

(1) 수소 연료전지의 정의

연료전지란 연료의 산화에 의해서 생기는 화학에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 고효율의 친환경 발전시스템 전지를 말한다. 본 논문에서는 도시를 재생시키는 차원

에서 수소를 이용하여 에너지 생산이 가능하도록 하는 수소 연료전지에 초점을 맞추어 기술 개요에 대해 기술하고자 한다. 표 3은 연료전지 종류별 특징에 대해 나타낸 것이다.

표 3. 연료전지의 종류

	PAFC 인산염 연료전지	AFC 알칼리 연료전지	PEMFC 고분자 전해질 연료전지	DMFC 메탄올 연료전지	MCFC 용융 탄산염 연료전지	SOFC 고체 산화물 연료전지	
전해질	H ₂ PO ₄	KOH	Nafion	Nafion	62% Li ₂ CO ₃ 38% K ₂ CO ₃	YSZ	
전극 재료	연료극	Pt/C	80% Pt 20% Pd	Pt black 또는 Pt/C	Pt black 또는 PtRu/C	90% Ni 10% Cr	Ni-ZrO ₂
	공기극	Pt alloy/C	90% Au 10% Pt	Pt black 또는 Pt/C	Pt black 또는 Pt/C	Li- doped NiO	Sr- doped LaMnO ₃
작동 온도(°C)	190 ~ 200	80 ~ 90	25 ~ 80	20 ~ 90	650	600 ~ 1,000	
효율 (%)	40	40	46	30	45	~ 50	
연료	수소	수소	수소	메탄올	메탄	메탄 프로판, 부탄 디젤	
출력범위 (kW)	100 ~ 5,000	1 ~ 100	1 ~ 250	1 ~ 100	1,000 ~ 10,000	1,000 ~ 10,000	
주요용도	분산발전	우주선용 전원	가정용 자동차용	휴대용 전원	대규모발전	대규모발전	
개발 단계	상용화	상용화	실험- 실증	실험- 실증	상용화추 진	개발- 시험	

(2) 연료전지 해외 기술 동향

선진국 연료전지기술은 이미 실증연구 및 실용화단계에 도달해 있으며, 미국과 일본이 상용화 기술을 보유하고 있는 실정이다. 미국은 1970년대, 일본은 1980년대 초부터 본격적인 개발에 착수했으며 정부가 적극적으로 지원하고, 기업이 모든 기술을 보유하고 있는 상황이다. 유럽, 미국, 일본 등 선진국에서는 90년대 말부터 100kW급 이상의 용융탄산염 연료전지(MCFC)가 상용화되어 있고 MW급 대용량이 현재 실증시험 단계에 있다.

3.2 수소 연료전지 기술 적용 현황

표 4는 수소 연료전지 기술 적용 현황에 대해 나타낸 것이다.

표 4. 연료전지 기술 적용 현황

 Grimstad의 에너지 공원 (노르웨이)	<ul style="list-style-type: none"> 태양광 발전 태양집열기 50kW 수전해장치 수소 저장 탱크 Neste NP100G (알칼리형 연료전지) - 전격동력 119W/m² - 총 전격출력 20 kW_{DC}
 Utsira 풍력-수소 연료전지 (노르웨이)	<ul style="list-style-type: none"> 풍력발전기 600kW 2대 수소엔진 55kW 연료전지 10kW 수전해조 10Nm³/h, 48kW 수소저장 장치 2400Nm³
 Solar Wasserstoff-Bayern 프로 젝트 (독일)	<ul style="list-style-type: none"> 태양전지, 수전해에 의한 수소 제조, 저장, 수소이용 시스템 등으로 구성 연료 전지: 6.5 kW알칼리형, 79 kW인산형 PEM 연료 전지(10 kW)와 저장장치
 Schatz Solar Hydrogen Process (독일)	<ul style="list-style-type: none"> 태양전지로부터 얻은 전기로 전기분해에 의해 수소를 생산하고, 이를 기체상태로 저장한 후 연료전지로 이용하는 플랜트 시스템 구성 - 7kW급 태양 전지 - 6kW급 수전해장치 - 10Nm³ 수소 저장장치 - 1.5kW급 고분자 연료전지로 수소 이용
 DTE Energy - Hydrogen Technology (미국)	<ul style="list-style-type: none"> 20여 가구에 전력공급 연료전지 승용차에 수소 공급 전체 에너지 발생량 500kWh/day 170kW급 수전해조 5000psi이상의 수소압축저장 용기 25~75kW급의 연료전지 시스템
 NEXT 21 (일본)	<ul style="list-style-type: none"> 일본 최초 주요 에너지원이 오직 연료전지인 건물 100kW급 전기 생산 가능하여 에너지 자급 연료전지에 의한 열은 흡수식 냉온수기에 의해 냉수와 온수 생산에 이용

3.3 연료전지 기술 적용 현황 분석

유럽, 미국, 일본 등 선진국을 중심으로 수소 연료전지 개발에서부터 실증연구가 진행되고 있으며 뿐만 아니라 상용화된 시스템으로도 수소 연료전지가 생산되고 있다. 위의 사례들은 주로 국가적인 기술 개발 차원의 프로젝트로써 기획되었다. 국내에서도 수소 연료전지 시스템에 관한 국가차원의 기술개발 프로젝트 및 전략적 지원정책 등에 관하여 산·학·연이 공동으로 참여하는 연구개발사업을 수행할 필요가 있다고 생각된다.

4. 바이오에너지

4.1 바이오에너지의 개념 및 기술의 종류

바이오에너지란 태양광을 이용한 광합성에 의해 생성되는 바이오매스(biomass)를 연료로 하여 얻어지는 것을 말한다. 바이오에너지는 바이오매스에 따라 목질계와 유기성폐기물로 구분될 수 있다. 그림1은 바이오매스 종류별 바이오에너지 변환 형태 및 기술이용방법을 나타낸다. 목질계 바이오매스는 농작물, 목재 등의 재생에너지로 쓰일 수 있는 모든 유기물 중 셀룰로오스 및 리그닌으로 구성된 목질계 자원을 말하며, 유기성폐자원 바이오매스에는 축산분뇨, 음식물쓰레기, 하수슬러지 등이 포함된다.

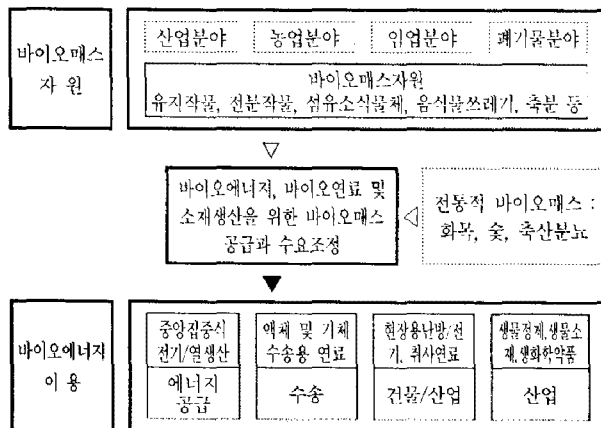


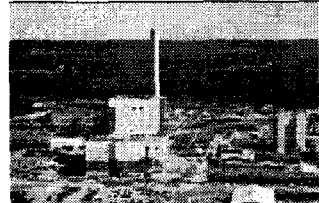

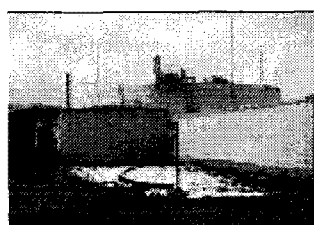
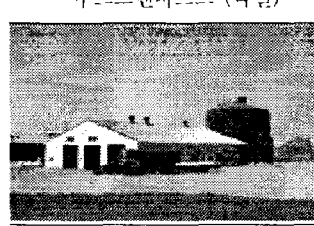


그림 1. 바이오매스 종류별 바이오에너지 변환 형태 및 기술이용방법

표 5. 바이오에너지 국외 기술적용현황

목질계 바이오 에너지	
 Juhde Bioenergy Village	<ul style="list-style-type: none"> 독일 괴팅엔 인근 지역 운데 2000년 10월 냉난방용 펠릿의 생산 바이오가스, 우드칩을 사용하여 전기 및 열을 자급자족
 Mauenheim Bioenergy Village	<ul style="list-style-type: none"> 독일 마우엔하임 바이오가스, 첨단 목재 에너지(우드칩), 태양광 시설을 이용하여 전기 및 열을 자급자족 연간 약 2백만kWh 전력 생산
 Alholmens Kraft CHP	<ul style="list-style-type: none"> 핀란드 서해안, Pietarsaari 2001년 10월 세계 최대의 바이오매스 열병합 시스템 550MW의 발전 증기량: 100MW 60MW의 지역난방
유기성 폐자원 바이오에너지	
 브라비아 (덴마크)	<ul style="list-style-type: none"> 운전개시년 : 1996년 발효조용량(m³): 2500*2 폐기물처리량(m³/년) <ul style="list-style-type: none"> - 가축분뇨 85,000 - 유기폐기물 12,000 - 하수 오니 3,000 가스생성량(m³/년) 3,000,000
 후르스텐마르드 (독일)	<ul style="list-style-type: none"> 운전개시년 : 1998년 발효조용량(m³): 3,300*2 폐기물처리량(m³/년) <ul style="list-style-type: none"> - 가축분뇨 57,000 - 유기폐기물 13,000 - 생활쓰레기 15,000 가스생성량(m³/년) 3,400,000 전기(kw) : 275
 벳가이쵸 (일본)	<ul style="list-style-type: none"> 운전개시년 : 2001년 발효조용량(m³): 1500 폐기물처리량(m³/년) <ul style="list-style-type: none"> - 가축분뇨: 16,570 가스생성량(m³/년) 1,362

4.2 바이오에너지 기술적용현황

바이오에너지 활용에 적용 가능한 자원과 기술의 종류가 다양한 만큼 각 나라들은 자국의 바이오에너지 자원 실정에 적합한 기술을 개발 및 적용하기 위해 노력하고 있으며, 표 5에 국외 바이오에너지 기술적용현황을 나타내었다.

4.3 바이오에너지 기술적용현황 분석

목질계 바이오에너지의 경우 유럽은 풍부한 임산 자원을 통해 원료 수급이 용이하여 기술개발 및 적용이 활발히 진행되고 있었다. 그러나 국내의 경우 상대적으로 부족한 임산자원과 원료 공급 인프라 구축의 미비로 농·임업지역 및 제지공단 등의 특정지역 외에는 경제성이 낮은 것으로 판단된다.

유기성폐자원 바이오에너지 이용에 있어, 유럽은 대량의 메탄가스를 생산하기 위해 축산분뇨, 하수슬러지, 음식물쓰레기 등을 혼합 처리하고 있으며, 일본은 주로 축산분뇨를 처리하고 있다. 국내 도시재생에 있어 활용 가능한 유기성폐자원은 도심지라는 지역적 특성 및 원료공급 문제로 인해 음식물쓰레기를 이용한 가스플랜트가 적합하다고 판단된다.

5. 결론

본 연구에서는 도시 신재생에너지 이용시스템 개발을 위한 선행 연구로써 신재생에너지 중 지열에너지와 수소·연료전지, 바이오에너지를 대상으로 도시차원에서 적용된 요소기술의 국외 적용사례를 조사 및 분석하였다. 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 지열에너지

국내의 경우 화산활동과 관련된 고온성 지열에너지가 부존하지 않는 지역적 특성상, 지열에너지의 이용은 천부지열에너지를 이용한 기술로 한정되는 경향이 있다.

사례조사를 통해, 국내 도심지에서 공동주

택 및 고층건물이 많다는 부분을 고려하여야 겠지만, 천부지열에너지 이용시스템은 건축물 냉난방시스템으로 적용이 가능하다고 판단되며 도시의 에너지 및 환경문제를 해결하기 위해 신재생에너지 이용기술이 복합적으로 적용되어야 할 것으로 사료된다.

2) 수소연료전지

수소 연료전지의 경우 기존의 발전기관보다 훨씬 친환경적이며 공해물질의 배출이 적음에도 비교적 높은 제품가격 및 수명 등의 문제로 현재, 국내에서는 상용화가 불리한 상황이라고 할 수 있다. 그러나 정부의 체계적인 지원전략을 수립한다면 친환경 고효율의 수소 연료전지 시스템의 도입이 가능하리라 본다.

3) 바이오에너지

목질계 바이오에너지의 경우 부족한 임산 자원과 원료 공급 인프라 구축의 미비로 농·임업지역 및 제지공단 등의 특정지역 외에는 경제성이 낮은 것으로 판단된다. 유기성폐자원 바이오에너지를 이용한 도시 신재생에너지 이용시스템의 개발에 있어서, 국내 도시지역의 특성과 원료공급의 문제를 고려해 볼 때 음식물쓰레기 처리 가스플랜트 시스템의 도입이 적합하다고 판단된다.

후 기

본 연구는 국토해양부가 주관하고 한국건설교통기술평가원이 시행하는 2007년도 첨단도시개발사업(과제번호:07도시재생B04) 지원 사업으로 이루어진 것으로 이에 감사를 드립니다

참고문헌

1. 신재생에너지 RD&D전략 2030 (지열에너지), 산업자원부, 2007

2. 송윤호, 안은영, 세계 지열에너지자원 활용 현황 분석과 향후 전망, 한국지구시스템공학회지, 42권 4호, 2005
3. Walter J. Eugster, Burkhard Sanner, Technological Status of Shallow Geothermal Energy in Europe, Proceedings European Geothermal Congress, 2007
4. <http://groundreach.fiz-karlsruhe.de/en>
5. <http://www.egec.org>
6. <http://www.eere.energy.gov>
7. 이원용, 연료전지와 수전해시스템 이용 에너지 저장 및 발전, 한국그린빌딩협회의회 강습회 자료집, 2006.02
8. 심규성, 수소에너지 시스템 기술, Kosen Expert Review, 2002
9. Maurice Kaya, Hawaii Hydroen Power Park, FY 2003 Progress Report, 2003
10. Torstein Valand, Will Bartholdsen, Morten
11. Ottestad, Magne Vage, Grimstad Renewable Energy Park, fuel cell & Infrastructure Technologies Program Review, 2004
12. <http://www.h2fc.or.kr>
13. Jong-Jin Kim, Next 21 : A prototype Muti-Family housing Complex,
14. T.Nakken, L.R. Strand, E.Frantzen, R.Rohden, P.O.Eide, The Utsira wind -hydrogen system-operation experience, European wind Energy Conference & Exhibition, 2006
15. 민경택, EU, 목질 바이오매스 에너지 이용현황, 한국농촌경제연구
16. 에너지관리공단, 신재생에너지통계, 2006
17. 목질계 바이오매스의 에너지 활용방안 - 우드칩을 이용한 에너지 생산설비를 중심으로, 산업자원부, 2007
18. 허남호, 유기성폐기물의 바이오가스화 기술 및 현황, 한국태양에너지 학회지, 2005.02
19. 최인규, 목질계 바이오에너지의 이용현황 및 전망, 기후변화협약 대응 학술심포지움
20. 신재생에너지 RD&D전략 2030 (목질계 바이오에너지), 산업자원부, 2007
21. 신재생에너지 RD&D전략 2030 (유기성 폐자원 바이오에너지), 산업자원부, 2007
22. 류태우, 바이오매스 가스화 고효율 복합발전 시스템 기술개발, 한국생산기술연구원, 2007. 11
23. 배재근, 음식물쓰레기 자원화시설의 설계 현황평가 및 개선방안, 2004.05
24. <http://swseo.yongsu.net/topmenu.htm>