

도시재생을 위한 신재생에너지 적용에 관한 기초 연구

김성은*, 정민희**, 박진철***, 이연구****

*중앙대학교 대학원 건축학과(seongeun03@hotmail.com), **중앙대학교 대학원 건축학과(mhloveu@hotmail.com),
중앙대학교 건축학과(jincpark@cau.ac.kr), *중앙대학교 건축학과(ekrhee@cau.ac.kr)

A Basic Study on the Application Plan of Renewable Energy Systems for Urban

Kim Seong-Eun*, Chung, Min-Hee**, Park, Jin-Chul***, Rhee, Eon-Ku****

*Dept. of Architecture, Graduate School, Chung-Ang University(seongeun03@hotmail.com),
**Dept. of Architecture, Graduate School, Chung-Ang University(mhloveu@hotmail.com),
***Dept. of Architecture, Chung-Ang University(jincpark@cau.ac.kr),
****Dept. of Architecture, Chung-Ang University(ekrhee@cau.ac.kr)

Abstract

Many countries are faced with problems of energy demand and environmentally. Renewable energy is the interesting solution to deal this problems. In Korea, it is planed to apply the renewable energy to 5% of total energy demand by 2011. For this, the government has supported by various promotion program of renewable energy policy. Consideration of renewable energy system is essential for sustainable urban regeneration. Renewable energy application will be possible to make friendly environmental and sustainable city and deal with the energy and environment problem.

This study will provide fundamental data to applying renewable energy systems for urban generation. There are evaluated for economic feasibility of renewable energy systems and analyzed application of them by building type as a urban energy source.

Keywords : 도시재생(Urban Regeneration), 신재생에너지(Renewable Energy), 에너지절약(Energy conservation), 적용방안(Application Plan)

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

환경문제에 대한 관심이 높아지고, 고유가 상태가 지속되면서 안정적 에너지 공급과 친 환경적으로 에너지 문제를 해결하기 위한 방법으로 신재생에너지에 대한 관심이 높아지

고 있다. 국내에서도 현재 2% 내외의 신재생 에너지 보급률을 2011년까지 5%로 달성한다는 목표 하에 신재생에너지 기술개발 및 보급사업을 추진하고 있다.

기존 도시의 낙후된 이미지, 환경 및 성능을 개선하기 위해서는 도시의 계획적, 미적 측면뿐만 아니라 반드시 에너지측면을 고려

해야한다. 신재생에너지의 적용은 화석 에너지 사용량 절감과 환경오염 방지를 위한 해결방안으로써 쾌적하고 환경적인 도시 환경구축이 가능하게 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 도시차원에서 신재생에너지를 적용하기 위한 기초자료를 제공하고 신재생에너지의 경제성 및 적용성을 분석하였다.

1.2 연구범위 및 방법

본 연구에서는 도시재생을 위한 신재생에너지 기술 적용의 기초자료를 제공하고, 태양광, 태양열, 풍력, 지열, 연료전지, 바이오에너지의 6가지 신재생에너지에 대한 경제성 및 적용성 분석을 실시하였다. 이를 통하여 도시적용의 타당성을 제시하였으며, 도시내 주요 건물 유형에 따른 신재생에너지의 적용범위를 제시하였다.

2. 신재생에너지의 경제성분석

도시내 적용가능한 6가지 신재생에너지인 태양광, 태양열, 풍력, 지열, 연료전지, 바이오에너지를 대상으로 서울지역에 적용할 경우 경제성분석 및 적용 타당성 검증하고자 하였다.

태양광, 태양열, 풍력시스템의 경우 MOCK-UP STUDY를 고려하여 시스템을 선정한 후 단위 면적 혹은 단위용량에 따른 성능예측을 통한 경제성 및 환경성능평가를 실시하였으며 지열, 연료전지, 바이오에너지 시스템의 경우 선행연구를 조사 분석을 통하여 경제성을 평가하였다.

2.1 태양광

일반적으로 공급되는 주택용 태양전지로 단결정의 경우 효율면에서 뛰어나지만 비교적 고가이기 때문에 주로 단결정보다는 다결정 태양전지가 주로 사용된다. 따라서 다결정 태양전지모듈(80Wp)을 사용한 경우에 경

제성을 분석하였다.

우리나라의 연평균 일사량은 3,090kcal/m²으로, 2,170kcal/m²인 유럽보다 태양 에너지 활용 잠재성 크다. PV 어레이의 설치각도 33°로하여 표 1과 같이 연간 태양열 발전량¹⁾과 전기요금 절감액²⁾을 구하였다.

표 1. PV의 투자회수 기간 및 연간 CO₂ 감축량 (단위 모듈당)

계통연계형		
시스템 효율(%)	태양광 발전량(kWh)	전기요금 절감액(원)
80	914	98,261.8
단순 투자회수기간(년)	연간 CO ₂ 감축량(CO ₂ ton/kw)	
20.2	0.39	
독립형		
시스템 효율(%)	태양광 발전량(kWh)	전기요금 절감액(원)
60	685	73,696.38
단순 투자회수기간(년)	연간 CO ₂ 감축량(CO ₂ ton/kw)	
26.9	0.29	

* 사용된 전기요금 : 107.51원/kWh(한국전력 전력통계속보 2008.03, 14. 시장가격 및 정산단가, 2008년 기준)

* CO₂ 저감량=연간에너지 발전량(kWh)× CO₂ 배출계수 (0.424 TCO₂ /MWh (2003년 기준값))

* 태양광시스템의 설치가격 : 약 650만원/kW, 정부 보조금 : 설치비용의 최대 70%

PV는 초기투자비가 높고 발전효율이 낮아 현재까지 경제성이 낮은 것으로 조사되었으나 에너지원가 상승 및 PV단가의 하락으로 앞으로 경제성 확보가 예상된다. 태양광의 경우 소규모보다 대규모의 건물에 설치할 경우 경제성이 유리하다.

2.2 태양열

태양열급탕 및 난방기로 주로 사용되는 것은 평판형 집열기이다. 경제성 평가를 위해서 일일집열량이 2,067.6kcal/m²·day(2.63 m²)인 집열기를 선정하여 45°로 설치한 경우

1) 태양광 발전량(kWh/년) = 1일당 PV출력용량 × 연간 각도 보정 일사량 × 효율

2) 전기요금 절감액(원/년) = 전력단가(원/kWh) × 전력량(kWh/년)

의 태양열 생산열량³⁾ 및 연간 화석연료 절감량⁴⁾을 평가한 결과는 표 2와 같다.

표 2. 태양열급탕기의 경제성분석 및 CO₂ 평가

연료	보일러 등유	도시가스 (LNG)	도시가스 (LPG)	전력
단위	ℓ	Nm ³	Nm ³	kWh
총발열량 (kcal)	8,950	10,550	15,000	2,150
화석연료 절감량 (ℓ/m ² 년)	71.5	60.7	42.7	297.8
에너지판매가 (2007.11 기준) (원/ℓ)	1,056.0	558.3	2,926.8	77.3
화석연료 절감액 (원/m ² 년)	75,548	33,884	124,936	23,021
단순회수기간(년)	6	13.4	3.6	19.7
탄소배출 환산계수 (tonC/toe)	0.812	0.637	0.713	-
CO ₂ 저감효과 (TCO ₂ /m ² 년)	0.191	0.15	0.167	-

* 태양열급탕시스템의 설치가격 : 약 90만원/m², 정부 보조금 : 설치비용의 최대 50%

태양열급탕기의 경우 낮은 초기투자비와 높은 시스템 효율로 기타 다른 시스템에 비하여 경제성이 높은 것으로 나타났다.

2.3 풍력

풍력시스템의 발전 성능은 대형 시스템일 수록 발전 성능이 좋아지나 도시에 적용하기에는 장소, 풍향 등 입지 조건의 제약으로 아직 기술적 보완이 요구된다. 따라서 상대적으로 적용성이 높은 1kW급 소형 풍력시스템을 선정하여 설치 높이에 따라, 연간발전전력량평가⁵⁾한 결과는 표 3과 같다.

3) 태양열 생산열량(kcal/m²년) = ∑(월별 일사량×월별 일 수) × 시스템 효율

4) 연간 화석연료 절감량(ℓ/m²년) = 태양열 생산열량/화석연료 발열량×보일러효율×배관손실

※보일러 효율 80%, 배관손실 10% 화석연료 절감금액(원/m²년)

5) 연간발전전력량(kWh) = ∑(Vi × Fi × 8760(h))

Vi : 풍속계급 i의 발전출력(kW), Fi : 풍속계급 i의 출현율(%)

표 3. 풍력발전시스템의 경제성 및

구분	기본 요금 (원)	전기 요금 (원)	연간 발전량 (kWh/1대)	1년 요금 (원)	단순회수기간 (년)	연간 CO ₂ 저감량 (TCO ₂ /kW)
18M	4,03	55.3	240.29	61,648	24.3	0.10
50M	0		513.02	76,728	19.5	0.22

* 대형풍력발전기의 경우 시스템 단가가 1,500~2,000 천원/kW인 것과 비교하여 소형풍력발전기의 경우 8,000~10,000 천원/kW로 단위용량당 발전단가가 높음

소형풍력발전 시스템의 경우 안정된 풍향 추적장치를 장착하여 풍향의 추적에는 크게 무리가 따르지 않으므로 풍향의 안정도보다는 풍속의 세기를 중요하게 고려하여야 한다. 또한 단위kW당 초기투자비가 높아 경제성 확보가 아직 어렵다. 따라서 공공공간에 설치하여 홍보 및 교육용으로 활용하는 것이 가능하다.

2.4 지열시스템

지열히트펌프 시스템은 설계와 시공에 있어서 신축 건물은 물론 개보수 건물에도 시스템을 설치가 가능하다. 또한 건물의 설비 개보수 시 기존 덕트나 냉각탑 등을 그대로 활용할 수 있다.

지열히트펌프 시스템은 지중열교환기를 제외한 나머지 구성기기 등이 건물 내부에 설치되기 때문에, 외기의 영향을 받지 않고 또한 파손의 우려도 거의 없다. 따라서 내구성과 신뢰도가 높고, 20년 이상 교체 없이 사용할 수 있다. 이때 지중열교환기는 통상 50~70년의 수명이 보장된다.

지열시스템에 대한 경제성은 선행연구인 지열히트펌프협회(IGSHPA)의 경제성 분석⁶⁾에 따르면 국내에 지열히트펌프 시스템 적용 시 투자회수기간은 4~8년 정도로 평가되었다. 선진국의 경우는 지열히트펌프 시스템의 회수기간은 2~3년 정도로 나타났다.

6) 안은영, 김성용, 송윤호, 지열자원 활용에 대한 사적, 공공적 관점에서의 비용편익분석, 한국지구시스템공학회지, 42권, 4호, 2005 pp.318-329

즉, 국내 지열히트펌프 시스템 관련 기술이 개발되고 보급 활성화로 시장이 형성될 경우 경제성은 더욱 확보될 것으로 전망된다.

2.5 연료전지

국내 연료전지 경제성 분석 자료에 의한 평가인 '가정 상업용 연료전지의 경제성 분석'⁷⁾에 따르면, 연료전지기술개발의 현재 초기 투자비 및 설치 단가 등에 있어서 경제성이 낮게 나타났다. 그러나, 수소연료전지 에너지 파크 등을 통한 교육 및 홍보 효과로 활용가능하며 시스템의 안정화 및 효율이 상승된다면 다양한 건물에 적용 가능할 것이다.

2.6 바이오에너지

바이오에너지의 경우, 목질계와 유기성 폐자원을 이용한 방법으로 나눌 수 있다. 그 중 목질계 바이오매스 에너지를 이용하는 경우 다른 화석연료에 비해 에너지 효율성이 떨어지고, 원료수집에 오히려 많은 비용이 들고, 원료의 저장과 등의 문제로 인해 적용이 어렵다. 부족한 자원과 원료공급 인프라 및 효율적인 순환구조의 미비로 농·임업지역 및 제지공단 등의 특정지역 외에는 경제성이 낮은 것으로 나타났다.

3. 신재생에너지의 적용성 분석

도시에 신재생에너지를 적극 활용하기 위해 에너지의 특성에 따라 적용가능한 건물유형을 조사하였다.

표 4는 국내외 적용사례, 경제성분석을 통한 신재생에너지의 적용성을 분석한 결과이다. 6가지 신재생에너지 중 태양광 및 태양열 시스템이 도시 내 적용성이 가장 높은 것으로 나타났다. 또한 표 5는 건물 유형별 적용가능 시스템을 나타낸다. 태양광 및 태양열, 지열의 경우 전력과 온수를 필요로 하는

모든 건물에서 적용 가능하나, 연료전지의 경우 현재 기술수준의 경우 적용성이 낮았다. 그러나 향후 기술개발을 통해 적용성이 높아질 것으로 판단된다.

표 4. 신재생에너지 적용성

구분	에너지원	산출에너지	보급도	정부지원	설비규모	적용성
태양광	태양광	전기	2	70%	중형	上
태양열	태양열	열	2	50%	중형	上
풍력	바람	전기	2	70%	초대형	下
					소형	上
지열	지중열	열	3	50%	대형	中
연료전지	메탄올	전기	4	80%	소형	下
바이오	식물/에탄올	열/전기	4	50%	대형	下

1: 아주높음 2: 높음 3: 보통, 4: 적음

표 5. 도시건물유형에 따른 적용 시스템

도시건물유형		태양광	태양열	풍력	지열	바이오	연료전지
주거건물	공동주택	1	1	3	2	3	3
	일반주택	1	1	4	1	4	3
상업용건물		1	3	4	1	4	3
업무용건물		1	1	4	1	4	3
교육시설		1	1	3	1	3	3
공공문화시설		1	1	4	1	3	3
기반시설		1	3	1	3	2	4

1: 아주 높음, 2: 높음, 3: 보통, 4: 낮음

경제성을 제외한 도시에 적용가능한 신재생에너지는 태양광>지열>태양열>연료전지>풍력>바이오 순으로 나타났다. 특히, 태양광인 경우 소규모에서 대규모까지 광범위하고 다양한 분야에 적용이 가능하고 BIPV형태로 보급이 활발하게 이루어지고 있다. 또한, 지열은 최근 도심지 고층건물과 공동주택의 지하주차장과 연결되어 보급이 촉진되고 있다. 그러나, 풍력인 경우 풍속유지를 위한 입지조건이 요구되고 있어 도심지에 적용하기에

7) 박달영외 18명, 5kW급 고분자 전해질 연료전지 시스템 실증연구, 한국가스공사 연구개발원, 199p, 2006

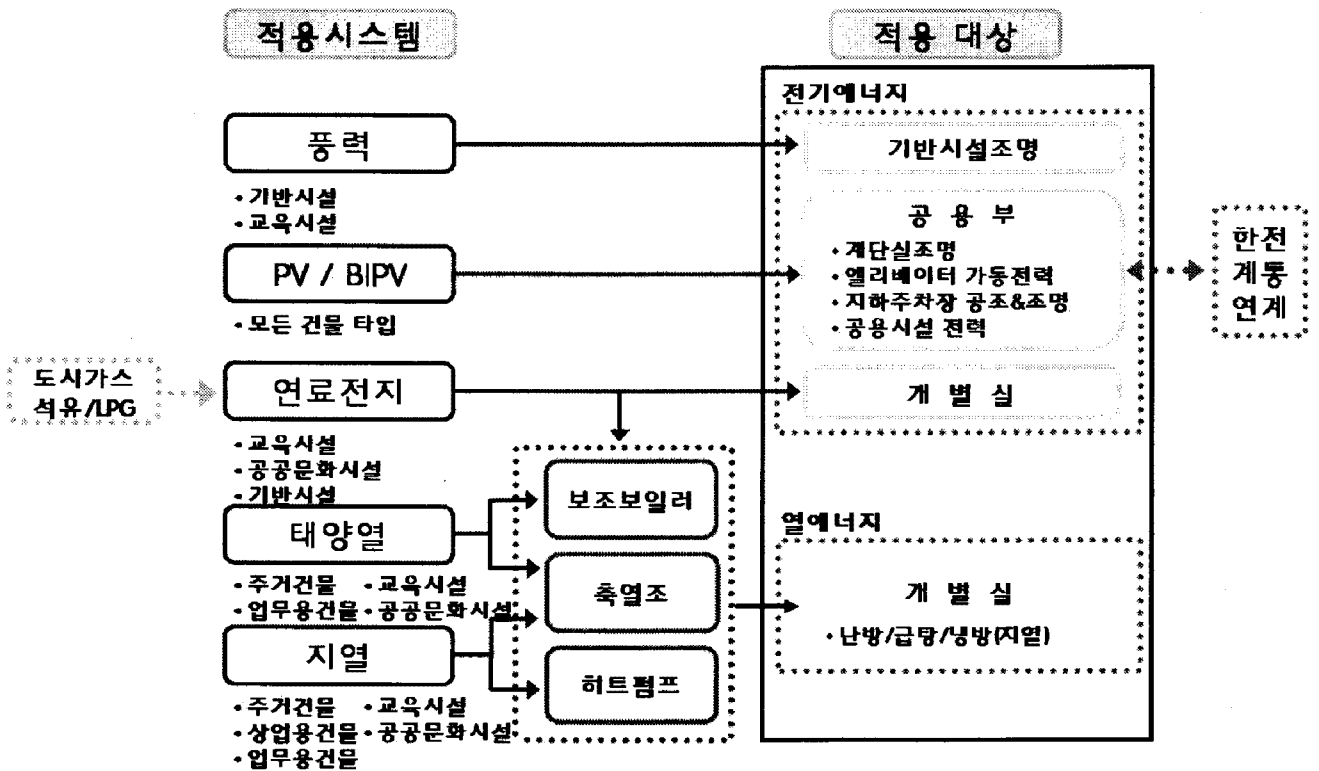


그림 1. 도시적용 설계안

는 아직 해결해야할 점들이 남아있다.

그림 1은 신재생에너지의 도시보급을 위한 적용시스템과 적용대상에 대한 설계안을 작성한 것이다.

크게 전기에너지를 생산하는 시스템과 열에너지를 생산하는 시스템으로 나눌 수 있으며 적용대상의 요구 특성에 따라 적합한 시스템을 선정해야한다. 풍력, PV/BIPV/ 연료전지를 통해 생산된 전기에너지는 한전계통과 연계하여 건물 및 도시 전력 부하 저감을 위해 기반시설의 조명시설, 건물의 공용부 및 개별실의 소비전력을 담당하도록 한다. 연료전기/태양열/지열시스템을 통해 생산된 열은 축열조에 온수를 모아 건물의 급탕 부하를 담당하도록 한다.

그림 2는 도시에 적용되었을 때의 예이다. 사무소 건물의 입면이나 주택의 지붕면에 PV를 적용하거나 태양열 시스템을 적용할 수 있다. 또한, 지열시스템의 경우 모든 건물 타입에서 적용가능하며, 풍력시스템의 경우 교육 및 홍보용으로 공원이나 관공서와 같은

공공장소에 적용가능하다.

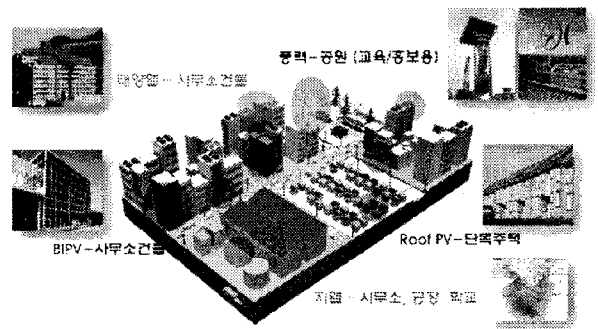


그림 2. 도시적용예시

4. 결론

본 연구는 신재생에너지 기술의 도시 적용을 위한 기초자료를 제공하고자 태양광, 태양열, 풍력, 지열, 연료전지, 바이오에너지의 6가지 에너지에 대한 경제성 및 적용성 분석하였다. 본 연구의 결과를 각 시스템별로 요약하면 다음과 같다.

첫째, 태양열시스템과 지열시스템의 경우 다른 건물에 비해 다양한 건물에 적용이 가능하다. 태양열시스템의 경우 초기투자비가 적어 주거용 건물 등의 소규모 건물에의 설치도 적합하다. 지열시스템의 경우 초기투자비가 많이 소요되긴 하지만 기기의 내구성 및 신뢰도가 높으며, 장수명이며, 초기투자비 회수기간도 짧아 경제성을 갖는다.

둘째, 태양광시스템의 경우 초기투자비가 높고 발전효율이 비교적 낮아 경제성이 떨어졌다. 그러나 다른 시스템에 비해 적용성은 매우 높아 다양한 건물의 입면 또는 지붕면, 그 외 가로 시설물 등에 적용 가능하다. 태양광시스템의 시장 및 기술이 빠르게 발전하고 있으므로 추후 경제성이 높아질 것으로 기대된다.

셋째, 풍력시스템의 경우 소형 시스템은 대형 시스템에 비해 효율 및 경제성이 낮으며, 따라서 도심지 적용성은 매우 낮다. 그러나 소형 발전기와 PV시스템 등 기타 신재생에너지 시스템과 통합된 하이브리드형 소형풍력발전시스템을 통하여 도심지에 적용할 수 있을 것이다. 또한 단순히 에너지발전의 이익을 얻는 것이 아니라 가시성을 살려 공원이나 교육시설에 설치함으로써 홍보 및 교육용으로 활용할 수 있을 것이다.

넷째, 바이오에너지 및 연료전지는 경제성 및 적용성이 낮아 아직 도시에 적용하기에 어렵다. 그러나 바이오에너지의 경우 유기성 폐자원 바이오에너지의 경우, 도시지역의 특성과 원료공급의 문제를 고려해 볼 때 음식물쓰레기 처리 가스플랜트 시스템의 도입을 고려한다면 도시 적용가능성이 있다. 연료전지의 경우는 시스템의 좀 더 개발되어 상용화된다면 다양한 용도의 건축물에 적용할 가능성이 크다.

도시 재생을 위해 신재생에너지를 적용하는 것은 시스템의 경제성뿐 만 아니라, 그 적용 대상 도시의 기후, 용도, 입지, 위치, 규모

등의 다양한 조건을 고려하여 적용대상에 적합한 시스템을 선정해야 한다. 또한 이러한 신재생에너지 이용기술을 복합적으로 적용되므로 여러 기술을 통합하고 한꺼번에 관리 및 제어할 수 있어야 한다. 향후 신재생에너지 이용기술을 복합적으로 적용하는 연계시스템에 관한 연구로 진행되어야 할 것이다.

후 기

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

참 고 문 헌

1. 도시재생사업단 사전기획연구(최종), 한국건설교통기술평가원, 대한주택공사 주택도시연구원, 2006.11.
2. 홍원화, solar city 개념과 대구광역시 추진 방안, 한국태양에너지학회지, v.2, n.3, 2003
3. 산업자원부, 에너지관리공단 신재생에너지 센터, 신재생에너지 RD&D 전략 2030[태양광, 태양열, 풍력, 지열, 연료전지, 바이오에너지], 2007.11
4. 한국농촌경제연구원(KREI), 목질바이오매스 열에너지 개발의 경제성분석과 에너지용 산림폐재의 지속적 확보방안, 2005.10
5. 중앙대학교, 도시신재생에너지 이용시스템 개발 1, 2차년도 통합연구결과보고서, 국토해양부, 2008. 4
6. 안은영, 김성용, 송윤호, 지열자원 활용에 대한 사적, 공공적 관점에서에서의 비용편익분석, 한국지구시스템공학회지, vol.42, n.4, 2005
7. 박달영 외 18명, 5kW급 고분자 전해질 연료전지 시스템 실증연구, 한국가스공사 연구개발원 pp. 190, 2006