

대구신서혁신도시 내 공공건축물의 신재생에너지 시스템 도입시 경제성 평가에 관한 연구

A study on economic evaluation when renewable energy system is introduced in
public buildings inside of Daegu Sin-seo innovation city

김 보 라* 김 주 영** 홍 원 화***
Kim, Bo-ra Kim, Ju-young Hong, Won-hwa

Abstract

According to an increasing demand of political support and development on renewable energy as a solution for the energy problem in Korea, the government has established a goal to raise renewable energy supply from 2.27% to 5% until 2011. Especially in the case of public building in which energy use is in great demand, it would bring a great advantage to develop and utilize the Photovoltaic System as an electric energy and Geothermal Heat Pump System as a thermal energy. On the occasion of Photovoltaic System, Photovoltaic module can be used as an architectural material so that it can reduce construction cost and when we use solar energy, it is possible to make building's own power supply. As for Geothermal Heat Pump System, It can be used infinitely as long as the solar energy exist and operation cost is cheap and yearly efficiency is stable. However, we need to make a plan to reduce early investment expands for these two renewable energy systems and to expand a diffusion rate as we develop a competitive domestic technology level.

So in this study, we are going to perform evaluation of economical efficiency according to the introduction of Photovoltaic System and Geothermal Heat Pump System in public buildings which will be built up inside of Daegu Sin-seo innovation city. As a first step, we will investigate present installation condition of these two renewable energy systems and based upon that, will seek efficient introduction program of renewal energy systems that can be applied in public buildings.

키워드 : 신재생에너지, 태양광발전설비, 지열히트펌프, 공공건축물, 경제성 평가

Keywords : Renewal Energy System, Photovoltaic System, Geothermal System, Public building, Economic evaluation

1. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

현재 우리나라는 자원빈국으로서 석유수입은 물론 에너지 해외의존도가 97%에 달하며 에너지 소비량 및 온실가스 배출량도 세계 12위권에 속한다. 오일쇼크에 따른 경제위기와 더불어 온실가스 감축대책을 위해 세계적으로 신재생 에너지에 대한 관심이 높아지고 그에 따른 연구가 활발해지고 있는 현재, 우리나라에서도 에너지 문제 해결로 신재생 에너지에 대한 정책적 지원 및 개발에 대한 요구가 커지고 있다. 이에 정부는 에너지와 환경문제 인식이 점차 높아짐에 따라 신재생 에너지의 공급비중을 2011년까지 2.27%에서 5%로 높이겠다는 목표를 수립하였고, 2004년 4월 2일부터 '신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법'에 따라 공공건물과 일정 규모 이상의

건물에 대해 신재생에너지 이용설비에 대한 사용 의무화 법안을 시행하고 있다.

특히 에너지사용량이 많은 공공건축물의 경우, 신재생 에너지 분야에서 가장 많이 보급되고 있는 전기에너지로서 태양광발전 시스템을, 열에너지로서 지열히트펌프시스템을 개발하고 활용하여 공공건물에 적용시키는 것은 에너지 소비량 감축에 큰 이점을 가져올 것이다. 태양광발전 시스템의 경우 태양광 모듈이 건축자재의 역할을 겸할 수 있어 건설비용을 절감할 수 있으며 태양광 이용시 건물의 자체적 전력 공급이 가능하며, 지열 히트 펌프 시스템의 경우 태양이 있는 한 무한한 에너지로 사용될 수 있으며 운전비용이 저렴하며 연중효율이 일정한 장점을 가지고 있다. 하지만 국내 실정에 맞는 설계와 연구를 통하여 두 신재생에너지의 초기투자비용을 절감시키는 방안을 마련하고 외국기술에 뒤지지 않는 국내 기술수준을 더욱 향상시켜 보급률을 증대시켜야 할 필요가 있다.

이에 따라 본 연구에서는 대구 신서 혁신도시 내 세월길 공공건축물을 중심으로 태양광 발전 시스템과 지열히트펌프 시스템의 도입에 따른 경제성 평가를 수행하고자 한다. 이를 바탕으로 신서 혁신도시 내 공공건축물에 적용할 수 있는 효율적 신재생 에너지시스템 방안을 고찰

* 정희원(주저자), 경북대학교 건축토목공학부, 학부과정

** 정희원(교신저자), 경북대학교 BK21사업단, 연구원, 공학박사

*** 정희원, 경북대학교 건축토목공학과 교수, 공학박사

"이 연구는 대구지역환경기술개발센터에서 출연한 2008년도 연구개발사업(08-4-80-81)의 지원으로 수행되었음."

하고 나아가 이번 연구를 기초로 공공건축물에 적용될 수 있는 효과적인 신재생 에너지 시스템의 도입을 위한 근거를 마련하고자 한다.

2. 연구 범위 및 방법

본 연구는 대구신서혁신도시 내 공공건축물의 에너지 소비량 추정과 신재생 에너지 수요 예측을 통한 신재생 에너지시스템의 경제성 분석을 하기 위해 대구신서혁신도시 내 공공건축물의 범위와 에너지 공급계획을 조사하여 에너지 소비량을 추정하고 이를 바탕으로 신재생 에너지 수요를 예측하였다.

II. 신서혁신도시의 개요 및 에너지 소비량 추정

1. 혁신도시의 개요 및 각종 시행지침

(1) 혁신도시의 개요

본 연구의 대상인 대구 신서혁신도시 선정지역은 대구 광역시의 동쪽 경계지역으로, 행정구역상으로 동구 신서동 일대(각산, 신서, 율암, 상매, 대림, 숙천, 괴정, 사북동 일대)에 걸쳐 위치하고 있으며 면적은 약 4,216,496m²에 달한다.

표 1. 대구혁신도시 개발지표

구분	내용
위 치	대구시 동구 신서동 혁신도시 일원(팔공이노벨리)
사업기간	2007.4.13 ~ 2012.12.31
시행기관	한국토지공사
이전 공공기관	한국산업기술평가원, 한국산업단지공단, 신용보증기금, 한국학술진흥재단, 한국사학진흥재단, 교육인적자원연구원, 한국교육학술정보원, 한국가스공사, 한국정보사회진흥원, 한국감정원, 중앙신체검사소, 중앙119구조대(개별 이전)
계획인구 규모	27,286인(건설호수 : 9,409호)
도시개발 규모	4,216천m ²
개발밀도	중·저밀
인구밀도	65인/ha

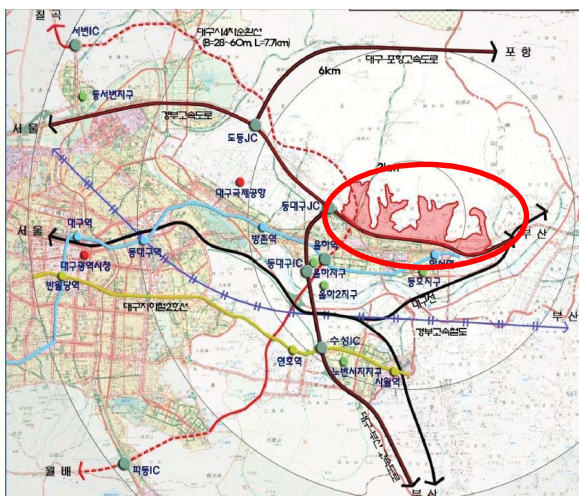


그림 1. 대구신서혁신도시 위치도

(2) 각종 시행지침

대구혁신도시는 태양에너지를 변환시켜 활용하는 에너지 절약형 도시인 솔라시티로 조성하기 위하여 다음과 같은 시행지침을 마련하였다.

표 2. 솔라시티(에너지절약형) 시행지침

구분	설치기준	비고
단독주택	- 태양집광판 : 2~3kWp 이내로 설치 (의무사항) - 태양집열판 : 평판형 12m ² 이상, 진공관형6m ² 설치 (권장사항)	
공동주택	- 태양집광판 : 세대당 0.3kWp이상 설치 (의무사항)	
상업시설	- "신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법"에서 정한 총건축비의 5%이상에 해당하는 에너지재활용 설비 (의무사항)	특별계획 구역
혁신클러스터, 공공시설	- "신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법"에서 정한 총건축비의 5%이상에 해당하는 에너지재활용 설비 (의무사항)	모든 건축물 적용

본 연구에서는 위의 시행지침 중 '혁신클러스터, 공공시설'부분의 설치기준에 따라 총건축비의 5%이상에 해당하는 에너지재활용 설비기준을 따랐다.

(3) 에너지 공급계획²⁾

집단에너지 공급기본계획³⁾에 의거하여 신서혁신도시 사업지구는 독립적으로 집단에너지 공급타당성이 있으므로 집단에너지를 도입하기로 한다. 사용연료는 LPG를 이용하고 시설규모는 열생산시설 중 CHP는 227MW/155Gcal·hr 이고 HOB는 102Gcal/hr*1기로 계획했다. 열 수송관의 총 길이는 1월에 15.0로 총 2월이며, 축열조는 20,000m³으로 열 생산 용량 257Gcal/hr의 규모로 계획하였다.

전력 공급계획은 신서혁신도시 지구 내에 필요한 최대 전력부하가 포화년도(2014년) 기준 188,501kW로 예측되고 있어 단지 내에 건설 예정인 신설 한전변전소에서 공급받을 계획이다.

2. 혁신도시 내 공공건축물의 개요 및 건축면적 추정

대구 신서혁신도시 내 공공건축물은 2개의 공공청사, 12개의 이전공공기관용지, 3개의 근린공공시설, 3개의 문화 복지 및 교육 연구시설이 건설될 예정이다.

개별 건물의 부지면적과 용적률, 그리고 건물연면적은 표 3과 같다.

2) 한국토지공사, 대구신서 혁신도시(택지) 개발사업 에너지사용 계획 이행계획서, 2007.9
3) 산업자원부 공고 제 2002-240호, 2002.12

표 3. 혁신도시 공공건축물의 부지면적, 용적률에 따른 건물연면적 추정

구분		부지면적 (m ²)	용적률 (%)	건물연면적 (m ²)
공공청사	청1	11,552	400	46,208
	청2	3,706		14,828
이전공공기관 용지	이전1	6,650	400	26,600
	이전2	64,892		259,568
	이전3	24,354		97,416
	이전4	69,864		279,456
	이전5	26,500		106,000
	이전6	16,500		66,000
	이전7	21,405		85,620
	이전8	32,775		131,100
	이전9	11,586		46,344
	이전10	19,224		76,896
	이전11	16,944		67,776
	이전12	9,412		37,648
근린공공시설 (제1종 근린생활시설)	근공1	4,012	200	8,024
	근공2	1,812		3,624
	근공3	3,078	250	7,695
문화복지및 교육연구시설 (문교.사회용)	복1	5,195	400	20,780
	복2	8,388		33,552
	복3	12,892		51,568

3. 공공건축물의 에너지 소비량 추정

각각의 공공건축물의 에너지 소비량을 추정한 결과 전력은 326,285Mcal/m²·yr, 연료는 262,148Mcal/m²·yr, 총 에너지 소비량은 588,433Mcal/m²·yr 정도일 것으로 나타났다.

표 4. 에너지소비량 추정

구분	에너지소비량추정(Mcal/m ² *yr)			
	전력	연료	계	
공공청사	청1	10,443	8,872	19,315
	청2	3,350	2,846	6,196
이전 공공기관용지	이전1	6,012	5,107	11,119
	이전2	58,662	49,837	108,499
	이전3	22,016	18,704	40,720
	이전4	63,157	53,656	116,813
	이전5	23,956	20,352	44,308
	이전6	14,916	12,672	27,588
	이전7	19,350	16,439	35,789
	이전8	29,629	25,171	54,800
	이전9	10,474	8,898	19,372
	이전10	17,378	14,764	32,143
	이전11	15,317	13,013	28,330
	이전12	8,508	7,228	15,737
근린공공시설	근공1	1,813	348	2,421
	근공2	819	157	1,093
	근공3	1,739	334	2,322
문화복지 및 교육연구시설	복1	3,678	736	4,414
	복2	5,939	1,188	7,126
	복3	9,128	1,826	10,953
합계	326,285	262,148	588,433	

본 연구에서 에너지 소비량을 추정하기 위해서 경북대 도시환경설비연구실의 건물 용도별 에너지소비원단위(표 5)를 이용하여 산출하였다.

표 5. 건물 용도별 에너지소비원단위

구분	에너지소비원단위(Mcal/m ² ·yr)		
	전력	연료	계
공공기관	226	192	418
문화용건물	177	200	377

4. 공공건축물의 신재생에너지 설치 용량 추정

신재생에너지 수요예측을 위한 총 건축공사비의 5%를 구하기 위해 먼저 총 건축공사비를 추정하였다. 건축공사비는 산업자원부 고시법에 따라 신재생에너지 설비 설치를 위한 건축공사비 산정기준 및 방법을 따른다.

여기서, 표준건축비는 1,441,000원⁴⁾으로 표준건축비에 용도별 기준 계수를 곱하여 용도별 기준 건축공사비를 구한다. 산정기준에서 공공용과 문교사회용을 선택하여 표준건축비를 대입하여 용도별 기준 건축공사비를 산정한 결과 다음과 같다.

표 6. 건물 용도별 공사비 산정

구분	용도별 기준 건축공사비(원)		
공공용	표준건축비 * 0.7	1,008,700	
문교사회용	업무시설	표준건축비 * 0.7	1,008,700
	문화 및 집회시설	표준건축비 * 0.6	864,600

용도별 기준 건축공사비에 따른 각 건물별 건축공사비는 다음과 같다.

표 7. 건물별 건축공사비 산정

구분	건축공사비(원)	
공공청사	청1	37,947,495,740
	청2	30,992,105,760
이전 공공기관용지	이전1	6,955,389,980
	이전2	14,082,460,700
	이전3	122,888,105,340
	이전4	56,941,720,220
	이전5	135,955,006,880
	이전6	65,968,980,000
	이전7	42,365,400,000
	이전8	54,845,036,400
	이전9	76,096,328,000
	이전10	31,074,415,680
	이전11	49,565,097,120
	이전12	44,045,490,720
근린공공시설	근공1	25,811,422,560
	근공2	7,483,747,040
	근공3	3,655,528,800
문화복지 및 교육연구시설	복1	7,218,257,200
	복2	13,373,632,800
	복3	19,999,235,520
합계	29,345,215,680	

공공의무화 법에 따라 총 건축공사비의 5%를 신재생에너지로 도입해야 하므로 위의 비용으로 설치 가능한

4) 2008년 기준, 건설교통부 고시 제2007-621호 : '07.12.28

신재생에너지의 최대 설치 면적 및 용량을 산출하였다. 본 연구에서는 현재 건축물에 가장 많이 보급되고 있는 에너지원인 전기에너지로서 태양광설비를, 열에너지로서 지열설비의 설치 면적 및 용량을 산출하였다. 설치단가는 표 8)의 2009년 신재생에너지 원별 상한설치단가를 적용하였다.

표 8. 2009년 신재생에너지 원별 상한설치단가
(단위 : 천원, VAT포함)

구 분		설 치 단 가	
태양광	일반건물	고 정 식	9,240/kW
		추 적 식	10,900/kW
		B I P V	14,960/kW
	태양광주택	고정식	7,210/kW
태양열	평 판 형	930/m ²	
	단일진공관형	980/m ²	
	이중진공관형	940/m ²	
지열	수직밀폐형	1,250/kW	
	개방형(SCW형)	1,150/kW	

건물 용도별 도입 가능한 신재생 에너지 최대설치가능 용량을 추정한 결과 아래의 표 9와 같이 나타났다.

표 9. 건물 용도별 도입 가능한 신재생에너지 설치가능 용량

구 분	태양광(kW)		지열(kW)		
	고정식	BIPV	수직밀폐형	개방형(SCW형)	
공공청사	청1	167	103	1,240	1,347
	청2	37	23	278	302
이전 공공기관 용지	이전1	76	47	563	612
	이전2	664	410	4,916	5,342
	이전3	308	190	2,278	2,475
	이전4	735	454	5,438	5,911
	이전5	356	220	2,639	2,868
	이전6	229	141	1,695	1,841
	이전7	296	183	2,194	2,384
	이전8	411	254	3,044	3,308
	이전9	168	103	1,243	1,351
	이전10	268	165	1,983	2,155
	이전11	238	147	1,762	1,915
	이전12	139	86	1,032	1,122
근린공공 시설	근공1	40	25	299	325
	근공2	19	12	146	158
	근공3	39	24	289	313
문교시설	복1	72	44	535	581
	복2	108	66	800	869
	복3	158	98	1,174	1,275
합계	4,528	2,795	33,548	36,454	

표 10. 경사각에 따른 대구 월평균 일사량(kWh/m² · day)

경사각	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균값
33°	3130	3462	3723	4023	3938	3545	3200	3258	3270	3517	3064	3014	3428.7
90°	3081	2927	2553	2187	1861	1649	1561	1713	2044	2784	2892	3093	2362.0

5) 에너지관리공단 신재생에너지센터(<http://www.energy.or.kr>)

III. 신재생에너지시스템의 경제성 분석

1. 분석방법

이 연구에서는 경제성 분석의 방법으로 비용-편익비(Benefit-Cost method)를 선택하여 이를 기초로 경제성 평가를 수행하였다. 비용-편익비는 비용의 현재가치에 대한 편익의 현재가치의 비율을 나타내는 것으로써 1이상일 경우 경제성이 있고, 1미만일 경우 경제성이 없는 것으로 판단하는 방법이다.

2. 경제성 분석 및 비교

2.1 태양광 발전설비

태양광 발전설비의 발전량(KWh)은 다음 식을 따른다.

$$E_p = PAS \cdot K \cdot QA \quad (1)$$

PAS : 태양전지 설치용량(kW)

K : 종합설계지수

QA : 경사면 일사량(kWh/m² · day)

여기서 K는 온도에 따른 출력감소, 인버터효율, 배선손실과 평균PR(70~85%)을 감안하여 75%를 적용하였다.

경사면 일사량 QA는 대구의 월평균 일사량으로서, 태양광 고정식 발전식의 경우 평균 최대치 발전량을 보이는 경사각 33°를 기준으로, BIPV식 발전식의 경우 경사각 90°를 기준으로 그 평균값을 적용하였다. 대구지역의 월평균 일사량은 표 10과 같다.

본 연구에서는 공공건물 용도별로 각각 최소, 최대 설치용량 건물 하나씩을 선택하여 4개의 용도별로 2개씩, 총 8개의 건물의 발전량을 분석하였다.

식(1)에 의해 구한 태양광 발전설비 발전량은 표 11과 같다.

표 11. 건물의 태양광 발전설비 발전량(Kwh/day)

구 분	고정식 발전설비 발전량	BIPV식 발전설비 발전량	
공공청사	청1	490.54	209.76
	청2	110.09	47.07
이전 공공기관용지	이전1	222.90	95.31
	이전4	2151.89	920.15
근린 공공시설	근공1	118.45	50.65
	근공2	57.86	24.74
문화복지 및 교육 연구시설	복1	211.68	90.51
	복3	464.47	198.61

표 11을 근거로 20개의 공공건축물의 연간 발전량은 고정식 발전설비의 경우 4,845,114kWh/년, BIPV식 발전설비는 2,071,780kWh/년이 될 것으로 추정된다.

발전단가(원/kWh)는 전력단가로서 아래 표12)의 일반용 전력(을)의 고압A, 선택1의 중간부하의 평균값인 80.3의 값을 적용하였다.

표 12. 1,000kW이상 계약전력에 적용되는 일반용 전력(을)의 전기요금표

구분	기본요금(원/kW)	전력량 요금(원/kWh)			
		시간대	여름철(7~8월)	봄,가을철(3~6, 9~10월)	겨울철(11~2월)
고압 선택 A 1	5,660	경부하	45.00	45.00	45.00
		중간부하	90.40	67.40	83.30
		최대부하	155.60	90.40	112.30

태양광발전설비의 사업비는 건축공사의 5%로, 할인율은 7%, 내구년수는 30년으로 하여 비용대편익 값을 산출하였다.

연간운전관리비는 표 13을 참고하여 평균값인 0.5%를 적용하였다.

표 13. 태양광 O&M Cost 비율

구분	설비투자비 대비 O&M비용	출처
ECN	0.4~1.0%	-ECN-C-03-006
EPRI(미)	0.21%	-EPRI TAG
NREL(미)	0.6%	-NREL/CD-520-33586

표 14. 비용대편익비 분석

구분	비용대편익
태양광 고정식 발전설비	0.208
태양광 BIPV식 발전설비	0.089

표 14에서, 태양광발전시스템의 8개의 건물에 대한 비용 대 편익 비를 산출한 결과 태양광 고정식 발전설비의 경우 0.208, BIPV식 발전설비의 경우 0.089로 나타났다. 비록 비용대편익비 분석에서 경제성은 없는 것으로 나타났으나 태양광 셀을 건물 외장재로 사용할 경우 건설 시 재료비용을 절약할 수 있으며, 신재생에너지 홍보의 장으로서의 역할도 가능할 것이라 본다.

2.2 지열 히트펌프 설비

(1) 연간 부하량 및 에너지 비용 산출

본 연구에서는 지열히트펌프 시스템 중 수직밀폐형 시스템 도입 시 경제성 분석을 하였다. 지열 히트펌프 설비의 연간 부하량 및 연간 에너지 비용의 계산을 위해 신재생에너지 연구기관에서 제공하는 Retscreen 프로그램을

사용하였다. 태양광발전설비와 마찬가지로 공공건물 용도별로 각각 최소, 최대 설치용량 건물 하나씩을 선택하여 4개의 용도별로 2개씩, 총 8개의 건물의 부하량과 에너지 비용을 산출하였다. 프로그램의 입력 값으로는 냉방부하, 냉방면적, 냉방성능계수, 발전단가를 입력하였다. 본 연구에서는 냉방 운전에만 따른 부하량 및 에너지 비용만 산출하여 경제성 분석을 하였다.

비교분석대상으로서 중온수 흡수식 냉방 시스템의 비용 산출은 지열 히트펌프 시스템의 냉방 성능계수와 연간 냉방 부하량을 통해 산출하였다. 중온수 흡수식 냉방 시스템의 성능계수 0.7과 지열히트펌프 시스템의 냉방 성능계수 3.6을 기준으로 하여 연간 냉방부하량을 산출한 결과 총 8개 건물의 지열히트펌프 시스템의 평균 연간 냉방부하량은 1,645,825Mcal/y, 중온수 흡수식 냉방 시스템은 8,464,242Mcal/y로 나왔다.

그림 3은 두 시스템의 연간발전량을 비교한 것이다.

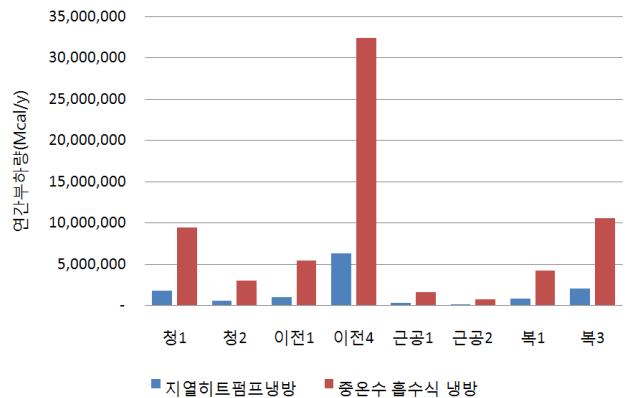


그림3. 지열시스템과 중온수흡수식 시스템의 연간부하량

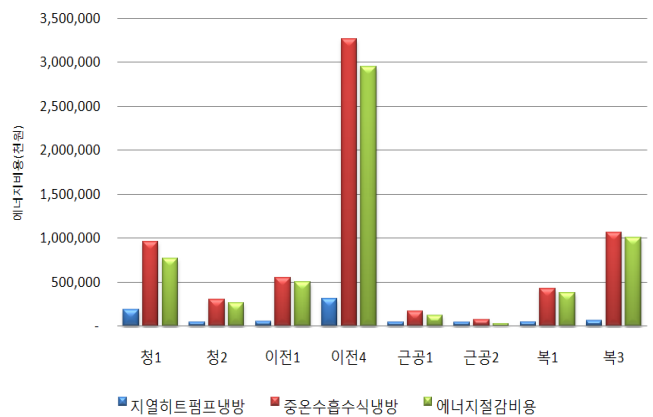


그림4. 연간에너지비용 및 에너지절감비용

그림 4는 지열히트펌프시스템과 중온수흡수식시스템의 연간부하량에 따른 연간에너지비용을 비교하여 그에 따른 에너지 절감비용을 나타낸 것이다. 지열히트펌프 냉방 시 평균 에너지비용은 100,294천원이며 중온수흡수식냉방은 852,738천원으로 평균 에너지절감액이752,443천원으로 중온수흡수식 시스템에 비해 지열히트펌프시스템의 냉방

6) 한국전력공사 사이버지점(<http://cyber.kepco.co.kr>)

비용이 훨씬 적게 드는 것을 확인할 수 있다.

(2) 비용대편익 경제성 분석

경제성 분석을 할 때에는 물가상승에 따른 화폐의 시간적 가치를 반영해야 하는데, 이를 위해 통계청의 물가 상승률과 이자율을 조사하여 최근 10년간(1997~2006)의 물가 상승률을 3.4%로 산정하였다. 이자율은 은행의 예금 금리를 사용하여 최근 10년간 이자율인 6.46%를 적용하여 물가상승률과 이자율을 적용한 할인율 7%를 적용하였다. 계산연차는 미국 공조학회 및 미국 에너지성 자료를 참고하여 지열히트펌프 시스템의 수명을 20년으로 설정하였다.

표 15. 비용대편익비 분석

구분	내용
초기투자비용	915,597 천원
연간 냉방 에너지비용	976,295 천원
연간 에너지 절감액	584,909 천원
비용/편익	2.89

표 15의 비용편익비 분석은 총8개 건물의 평균값을 구한 것으로서 초기투자비용은 915,597천원, 연간 냉방 에너지비용은 976,295천원, 냉방에서의 연간 에너지 절감액은 584,909천원이었다. 이를 바탕으로 계산한 비용편익비는 2.89로 1이상의 값을 나타냈으므로 경제성이 있다고 판단할 수 있다.

IV. 결론

본 연구는 태양광발전시스템과 지열히트펌프시스템의 경제성을 알아보기 위해 대구신서혁신도시 내 세워질 공공건출물을 대상으로 경제성 평가를 수행하였다. 본 연구에서는 용도별로 각각 최소, 최대 설치용량 건물 하나씩을 선택하여 총 8개의 건물을 대상으로 하였으며 솔라시티 시행지침에 따라 총 건축공사비의 5%에 해당하는 에너지설비를 하였을 때의 경제성 평가를 실시하였다. 경제성 평가 방법은 비용-편익비 방식을 이용하였다. 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 태양광발전시스템의 경우 발전량 산출식을 통해 각 건물에 적용될 태양광발전시스템의 발전량을 산출하여 연간발전량을 계산하였다. 그 결과, 20개의 공공건출물의 총 연간 발전량은 고정식 발전설비의 경우 4,845,114kWh/년, BIPV식 발전설비는 2,071,780kWh/년으로 추정되었고 태양광발전시스템의 8개의 건물에 대한 비용대편익 비를 산출한 결과 태양광 고정식 발전설비의 경우 0.208, BIPV식 발전설비의 경우 0.089로 나타났다.

(2) 지열히트펌프 시스템의 경우 시스템의 연간부하량과 에너지비용값을 이용하여 비교분석대상인 중온수 흡수식 냉방 시스템의 비용을 산출하였다. 그 결과 총 8개

건물의 지열히트펌프 시스템의 평균 연간 냉방부하량은 1,645,825Mcal/y, 중온수 흡수식 냉방 시스템은 8,464,242Mcal/y으로 나타났다.

(3) 평균 에너지비용은 지열히트펌프 냉방 시 100,294천원, 중온수흡수식냉방 시 852,738천원으로 평균 에너지 절감액이 752,443천원으로 나타나 지열히트펌프시스템의 냉방비용이 훨씬 적게 드는 것을 확인할 수 있었다.

(4) 지열히트펌프시스템의 비용편익비는 평균 2.89로 경제성이 있는 것으로 나타났다.

(5) 총 건축공사비의 5%에 해당하는 태양광, 지열 설비용량을 실제 건물에 적용하여 발전할 경우 기상이나 일조 등 다른 환경적 요인에 의해 효율이 떨어질 것이라 예상된다.

(6) 태양광고정식 발전시스템의 경우, 각 건물의 지붕 면적에 따라 설치 가능한 용량이 달라질 것이며, BIPV식 시스템과 복합 설치될 경우 그에 따른 효율도 떨어질 것이라 예상된다.

(7) 지열히트펌프 시스템의 경우, 실제 지어질 건물의 주차장 및 각종 부속시설에 따른 설치 가능한 대지면적을 자세히 검토할 필요가 있을 것이다. 따라서 추후, 각 설비시스템 설비용량이 실제 지어질 공공건출물에 다 적용될지는 추후 검토할 것이다.

향후, 본 연구에 추가하여 지열히트펌프시스템의 경우 난방 운전에 따른 비용조사뿐 아니라 SCW형 지열시스템의 경제성 분석도 수행하고자 한다. 또한 태양열시스템의 경제성 분석을 함께 수행할 것이며 이로 인해 솔라시티 시행지침에 따라 대구신서혁신도시 내 지어질 공공건출물에 도입될 신재생에너지시스템의 효율적 도입방안과 보급을 위한 자료를 마련하고자 한다.

참고문헌

1. 한국토지공사(2007.9), 대구신서 혁신도시(택지) 개발사업 에너지사용 계획 이행계획.
2. 김주영(2008.6), 신재생에너지시스템의 건축물 적용을 위한 가이드라인 개발, 경북대학교 공학박사학위논문.
3. 이원호·김주영·홍원화(2007), 오피스 빌딩에 적용된 지열히트펌프 시스템의 경제성 평가에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, v01, n2007.
4. 양승진·김재민·김주영·홍원화·안창환(2008), 대학 기숙사에 도입된 SCW GWHP 시스템의 경제성 평가에 관한 연구, 한국건축환경설비학회 논문집, v02, n4.
5. 전창빈·박준모·김옥규(2008), 국내외 태양광 발전 효율성 및 경제성 분석, 학술발표대회논문집.
6. 손병후(2006), 지열 열펌프 시스템의 경제성 분석.
7. 박성룡(2006), 지열시스템 설치사례 분석.
8. <http://www.energy.or.kr>
9. <http://cyber.kepco.co.kr>
10. <http://www.taegugas.co.kr>