[논문] 한국태양에너지학회 논문집
Journal of the Korean Solar Energy Society

Vol. 32, No. 6, 2012
ISSN 1598-6411
http://dx.doi.org/10.7836/kses.2012.32.6.060

시설원예의 지열냉·난방시스템 경제성 분석

류연수*, 주혜진**, 김진욱***, 박미란****

*한국농어촌공사 농어촌연구원(rsoftwater@ekr.or.kr), **한국농어촌공사 농어촌연구원(joojoouto@ekr.or.kr),
***한국농어촌공사 농어촌연구원(jwkim77@ekr.or.kr), ****한국농어촌공사(mipark@ekr.or.kr)

Economic Analysis of Cooling-Heating System Using Ground Source Heat in Horticultural Greenhouse

Ryoo, Yeon-Su* Joo hye-jin** Kim jin-wook*** Park mi-lan****

*Rural Research Institute Korea Rural Corporation(rsoftwater@ekr.or.kr),
**Rural Research Institute Korea Rural Corporation(joojoouto@ekr.or.kr),
***Rural Research Institute Korea Rural Corporation(jwkim77@ekr.or.kr),
****Korea Rural Community Corporation(mipark@ekr.or.kr)

Abstract

Government Geothermal Cooling-Heating Projects has made efforts to reduce GHG(Greenhouse Gas) emissions and to manage cost of greenhouse farm households. This study evaluated the economic benefits of heating load rate of change by comparing Geothermal Cooling-Heating System with the existing system(greenhouse diesel heating) in the Government Geothermal Cooling-Heating Projects. Economic analysis results shows that,

1) When installing the Cooling-Heating system according to the ratio of 70% heating load in policy standards, the geothermal cooling-heating system has economic efficiency with greenhouse type or scale independent because the investment cost is recovered within 7 years. And It was more economic efficiency the ratio of 50% heating load than 70% heating load.
2) When installing the Cooling-Heating system according to the glass greenhouse of the ratio of 90% heating load, pay period of investment cost is recovered within 5 years. Therefore it is necessary to apply flexible heating sharing according to greenhouse type or scale.

Keywords : 지열 냉·난방시설(Cooling-Heating system Using Ground Source Heat), 원예시설(Horticultural Greenhouse), 천부지열(Shallow Geothermal), 난방부하(Heating Load), 생애주기비용(Life Cycle Cost)

1. 서 론

1970년대 이후 지속적으로 진행되고 있는 지구온난화가 IPCC의 최근 예측보다 더 빠른 속도로 진행되고 있어, 기상이변으로 인한 빈번한 자연재해, 에너지 고갈, 환경오염 등 고질

Submit date : 2012. 9. 11, Judgment date : 2012. 9. 19, Publication decide date : 2012. 12. 10
Communication author : Joo, hye-jin(joojoouto@ekr.or.kr)

적인 문제를 낳게 되었다. 이를 해결하기 위해 세계 각국의 기술개발과 보급정책의 노력으로 2023년에는 신재생, 대체에너지가 전체 에너지의 절반 정도를 차지하게 될 것으로 전망하고 있다.[1)]

이에 따라 태양열, 지열, 풍력 등 신재생에너지에 대한 관심이 제고되고 있는 현실에서 신재생에너지를 온실가스 저감의 해결책으로 보고 있으며, 그 중 2000년대 들어 국내에서 많이 사용되고 있는 지열에너지를 해결책 중 하나로 보고 있다.[2)]

외국에서는 지열 에너지가 건물 냉·난방 에너지원으로서 매우 뛰어난 활용 가치가 있다는 점을 인식하고 지열을 이용한 열펌프 공조 시스템 등이 개발되어 활발히 상용화 및 보급화 되어가고 있는 추세이다.

국내 농업분야의 경우 대체 열원에 대한 관심 부족 및 온실에서 사용하는 경유온풍기나 온수보일러에 비하여 상대적으로 큰 초기투자비 등으로 인하여 지열 냉·난방시설의 적극적인 보급에는 한계가 있었으나 정부의 초기설치 자금지원제도 등을 지속적으로 추진한 결과, '농작물 재배온실'의 난방 시스템으로 지열 보급이 활발히 진행되고 있다.

시설원예의 총 경영비 중 난방에 지출되는 비용은 재배작물에 따라 약 19~58%로 상당 부분을 차지하고 있으며, 난방 에너지원의 약 92%가 유류인 화석에너지로 사용되고 있는 등 해외의존도가 높은 에너지임을 감안할 때, 보다 안정적이고 친환경 대체에너지인 지열 냉·난방시스템의 적용이 매우 중요하다고 할 수 있다.

그러나 지열 냉·난방시스템은 고비용의 초기 시설비로 인하여 보급 활성화에 걸림돌로 작용한다. 따라서 기존 운영 중인 경유난방설비에 지열 냉·난방시설을 설치할 경우, 전체 난방부하에 대하여 어느 정도의 비율로 설치하면 경제성이 있는지 분석하여, 지열 냉·난방시설의 적용성을 알아보고자 한다.

2. 원예시설의 지열 냉·난방시스템

2.1 지열 냉·난방시스템 개요

지열 에너지는 지중(토양, 지하수, 지표수 등)이 태양 복사 에너지나 지구 내부의 마그마 열에 의해 보유하고 있는 에너지를 의미하며, 대체로 특정 깊이의 지중 열은 연중 일정한 온도를 유지하고 있어 항시 꾸준한 에너지를 공급받을 수 있다는 장점이 있다. 대략 10~20℃ 정도의 천부지열(Shallow Geothermal)을 사용하며 냉·난방과 온수·급탕을 동시에 구현할 수 있는 지열 열펌프 시스템은 효율과 성능 면에서 상용 공기열원 열펌프 시스템보다 우수한 것으로 알려져 있는데, 이는 냉난방 사이클에서 각각 냉열원과 온열원의 역할을 하는 지중의 연중 온도 변화가 외기의 변화보다 상대적으로 안정적이기 때문이다.

지열 열펌프 시스템은 일반적으로 토양열원 열펌프(ground-coupled heat pump), 지하수열원 열펌프(ground water heat pump) 그리고 지표수열원 열펌프(surface water heat pump) 등으로 구분되는데 국내·외에서 주로 이용되고 있는 시스템은 토양열원 시스템과 지하수열원 시스템이며, 본 연구에서는 토양열원 시스템을 기본으로 하고 있다.

2.2 시설원예의 지열 냉·난방시스템 특징

지중에 매설된 밀폐형 파이프에 4℃의 물을 1분에 180리터씩 넣고 8℃로 올렸을 경우, 1시간동안 얻은 열량 Q는, Q = 180ℓ/min × 1kg/ℓ × 4℃ × 60분에 의하여 43,200㎉를 지열로부터 얻고, 히트펌프를 거쳐 사용하기 적합한 온도로 만들어 온실로 공급하게 된다. 일반적으로 지중열교환기의 입구와 출구 온도차는 4℃ 내외로, 지중열교환기의 순환모터펌프의 소비열량을 감안하더라도 실제는 많은 에너지를 안정적으로 공급받아 운전되고 있음을 알 수 있다.

1) 박영숙외 3인, "유엔미래보고서2025," 2012, pp20, 114.
2) 최창호,"공공도서관에 지열시스템 적용시 경제성에 관한 연구." 태양에너지학회논문Vol.32,No.1,2012, pp1.

또한 연중 일정한 온도를 유지하는 지열은 지표면으로부터의 깊이에 따라 다르며 우리나라에서 시설원예에 도입하여 적용하는 수직밀폐형의 경우는 통상 300m 이내의 천부지열(Shallow Geothermal)을 이용한 지열 냉·난방시스템을 사용하고 있다. 난방만 가능한 기존의 경유난방설비에 비하여 지열 냉·난방시설은 냉방과 난방으로 전환 운전할 수 있어, 사계절 기후의 한국에서는 동절기와 하절기 고소득 작물의 재배와 출하가 가능하게 할 수 있다.

사람이 주거하는 주택이나 빌딩은 구조적으로 단열을 우수하게 할 수 있으며, 온도환경에 대한 인간의 다양한 대응방법과 여유가 있어, 이를 고려하여 지열 냉·난방시설의 규모를 정하여 적절히 추진할 수 있다. 그러나 식물을 재배하는 온실은 빛의 투과성을 높이기 위해 비닐 또는 유리를 주요 마감재로 적용하는데 이 재료들은 축열기능이 취약하고, 작물의 생육적온 범위의 여유가 적어 난방부하가 증가한다. 이런 상황을 고려할 때 지열 냉·난방시설의 규모가 커지고 고비용의 시설 투자가 요구되는 등 일반건물에 적용하는 경우와는 다른 난방시스템 설치 및 운영의 특수성을 갖게 된다.

3. 지열 냉·난방시스템의 경제성 분석

3.1 원예시설의 지열 냉·난방시스템 보급현황

정부의 시설비지원과 운전 중 발생하는 저렴한 냉·난방 운전비용과 친환경에너지 이용이라는 장점으로 인하여 초기투자비가 많이 드는 단점에도 불구하고 Table 1과 같이 최근 많이 보급되는 추세이다.

Table 1. Financial Program in Agricultural and Fishery Energy Efficiency Projects

(unit : million-won)

	by 2009	2010	2011	since 2011	total
sum	52,000	265,500	224,060	979,000	1,520,560
national treasury	15,600	139,650	125,450	533,700	814,400
local finance	15,600	59,650	45,130	213,700	334,080
loan	10,400	13,100	16,700	35,800	76,000
pays	10,400	53,100	36,780	195,800	296,080

3.2 시설원예의 경제성 분석 조건

기온분석에 의한 온도분포별 권역[3]에 의하여 각 지역에 지열난방시스템 도입에 따른 최대난방용량을 산정하기 위한 대상온실은 Table 2과 같이 농촌진흥청과 한국농어촌공사에서 표준화하여 보급한 온실 중 피복재와 면적에 의한 4개 유형으로 구분하였다.

Table 2. Focused on greenhouse type or scale

covering material	plastic greenhouse		glass greenhouse	
area(㎡)	1,050	2,376	4,140	9,384
type	A	B	C	D

같은 형식과 면적의 온실에서도 외기온도와 형상에 의해 난방부하용량이 달라지므로, 기온분석에 의한 온도분포별 권역을 구분된 지역의 설계외기기온과 온실의 가로, 세로, 높이, 피복 등 제원을 적용하여 온실난방부하계산 프로그램에 의해 최대난방부하용량을 Table 3와 같이 24type으로 산출하였다.

Table 3. Geothermal heating capacity by region and type

region	type	maximum capacity	type
Gangwon and the central mountainous	A	207.8kW (59RT)	1
	B	600kW (170RT)	2
	C	745.8kW (212RT)	3
	D	1551.5kW (441RT)	4
central inland	A	180.3kW (51RT)	5
	B	520.1kW (148RT)	6
	C	647.2kW (184RT)	7
	D	1346.2kW (382RT)	8
west coast and the southern inland	A	167kW (47RT)	9
	B	481kW (137RT)	10
	C	599kW (170RT)	11
	D	1246.5kW (354RT)	12
east coast	A	155kW (44RT)	13
	B	446.5kW (127RT)	14
	C	555.3kW (158RT)	15
	D	1155.7kW (328RT)	16
south coast	A	139.5kW (40RT)	17
	B	402.2kW (114RT)	18
	C	500kW (142RT)	19
	D	1039.5kW (295RT)	20
Juju Island	A	106.7kW (30RT)	21
	B	308.5kW (88RT)	22
	C	383.1kW (109RT)	23
	D	796.9kW (226RT)	24

3) 류연수외 3인,"남한지역의 최근 30년간 기온분포에 의한 기후권역 설정." 태양에너지학회 추계학술발표대회 논문Vol.31,No.2,2011, pp376~382.

3.3 초기 설치비용

온실의 지열난방시스템에 대한 사업비는 개개의 온실에 대하여 설계하여 공사비를 산정하는 방법을 우선 고려할 수 있으나, 정확히 공사비를 산출하여도 시공업체가 수주하여 사업 수행하는 비용과는 달라, 실제 소요되는 사업비와는 차이가 발생한다. 오히려 정부에서 자금을 지원하기 위하여 정한 지침의 지열용량에 대한 적용사업비가 실제 공사에 투입되는 비용에 가깝기 때문에 경제성평가를 위한 사업비는 2011년 정부지침 지원기준단가 중에서 2011년 보급비율이 62%를 넘는 수직밀폐형 적용단가 1,260천원×(1+0.24)/kW을 사용하였다. 지열난방시스템의 부하분담비율별 사업비는 최대난방부하용량×하분담비율(%)×적용단가로 계산하여 Table 4과 같이 산출하였다.

Table 4. Geothermal project cost according to ratio of the load sharing

unit : thousand-won

type	ratio of the geothermal load sharing					
	50%	60%	70%	80%	90%	100%
1	162,333	194,800	227,267	259,733	292,200	324,667
2	468,720	562,464	656,208	749,952	843,696	937,440
3	582,619	699,143	815,667	932,190	1,048,714	1,165,238
4	1,212,032	1,454,438	1,696,845	1,939,251	2,181,657	2,424,064
5	140,850	169,020	197,191	225,361	253,531	281,701
6	406,302	487,563	568,823	650,083	731,344	812,604
7	505,593	606,711	707,830	808,948	910,067	1,011,185
8	1,051,651	1,261,982	1,472,312	1,682,642	1,892,973	2,103,303
9	130,460	156,552	182,645	208,747	234,829	260,921
10	375,757	450,909	526,060	601,212	676,363	751,514
11	467,939	561,527	655,114	748,702	842,290	935,878
12	973,766	1,168,519	1,363,272	1,558,025	1,752,778	1,947,532
13	121,086	145,303	169,520	193,738	217,955	242,172
14	348,806	418,567	488,328	558,089	627,850	697,612
15	433,800	520,560	607,321	694,081	780,841	867,601
16	902,833	1,083,399	1,263,966	1,444,533	1,625,099	1,805,666
17	108,977	130,773	152,568	174,364	196,159	217,955
18	314,199	377,038	439,878	502,718	565,558	628,397
19	390,600	468,720	546,840	624,960	703,080	781,200
20	812,057	974,469	1,136,880	1,299,292	1,461,703	1,624,115
21	83,354	100,025	116,696	133,366	150,037	166,708
22	241,000	289,200	337,400	385,600	433,800	482,000
23	299,278	359,133	418,989	478,844	538,700	598,555
24	622,538	747,046	871,554	996,061	1,120,569	1,245,077

유가 및 농자재 가격 상승으로 인한 농가의 경영비 부담 경감과 온실가스 절감을 위한 '농어업에너지이용효율화사업' 정부의 정책으로 시설비가 지원되고 있기 때문에 경제성 분석의 초기설치비용은 농가가 실제 부담하는 Table 4의 지열난방시스템의 부하분담비율에 의해 산출된 사업비의 20%를 적용하였다.

3.4 운전비용

(1) 에너지 사용료

지열 냉·난방시스템의 전기사용량은 난방부하용량 설계에 적용하는 연간 가동일수 180일에 대하여 일사량과 기간 내 일정기온 이상의 조건 등으로 인하여 히트펌프난방시스템의 정지시간을 고려한 50%를 적용하고, 히트펌프 규격에 의한 소비전력은 연구과정에서 취득한 데이터를 기준으로 히트펌프 소비전력(kW)은 RT×0.94로, 지열난방시스템 가동 소비전력(kW)은 히트펌프 소비전력(kW)×1.1을 적용하였으며, 경유비와 전기료는 다음과 같이 산출하였다.

지열히트펌프 전력요금은 농작물재배에 적용되는 농사용[4]전력(병)에 해당되어 부가세와 기본요금을 감안한 45원/kWh을 적용하였다.

위의 24개 Type중에서 강원 및 중부산간의 지열시스템 부하분담 비율로 에너지 사용료(단위: 천원)를 Table 5에 1050㎡비닐온실 산출표와 식을 나타내었으며, 비닐·유리 온실의 면적에 의한 결과 그래프를 Fig 1. ~ Fig 4.와 같이 도출하였다.

Table 5 1,050m2 Energy cost of the plastic greenhouses

sorting		geothermal heating pump system						diesel 100%
		50%	60%	70%	80%	90%	100%	
diesel	ℓ	3,821	3,056	2,292	1,528	764	-	15,282
	thousand-won	4,302	3,442	2,581	1,721	860	-	17,208
electricity	kWh	65,886	79,064	92,421	105,418	118,596	131,773	
	thousand-won	2,965	3,558	4,151	4,744	5,337	5,930	-
diesel+electricity thousand-won		7,267	6,999	6,732	6,465	6,197	5,930	17,208

경유비=경유소비량*경유면세가(1,126l/원)*0.001(천원단가)
전기료=전력소비량*전력요금(45kWh/원)*0.001(천원단가)

4) 한국전력공사 홈페이지 사이버지점, 전기요금안내, 2011. 11.

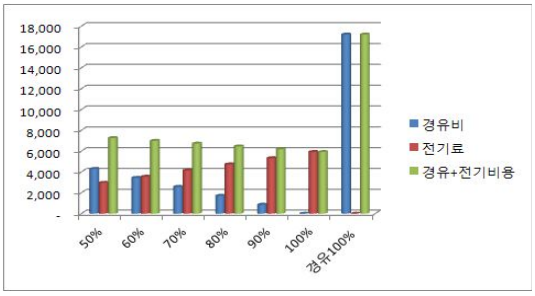

Fig 1. 1,050m2 Energy cost of the plastic greenhouses

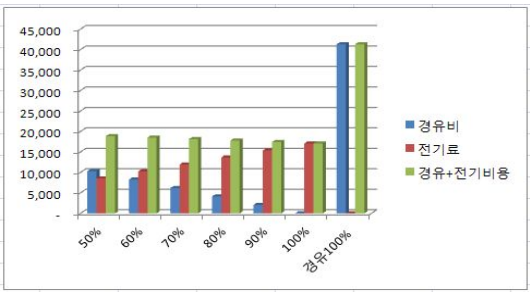

Fig 2. 2,376m2 Energy cost of the plastic greenhouses

Fig 1과 Fig 2의 비닐 온실 에너지 사용료를 보면, 경유난방설비만 100% 가동했을 때보다 지열을 90%~50%로 가동했을 때의 에너지 사용료가 2/3가량 절약되는 것으로 나타났다.

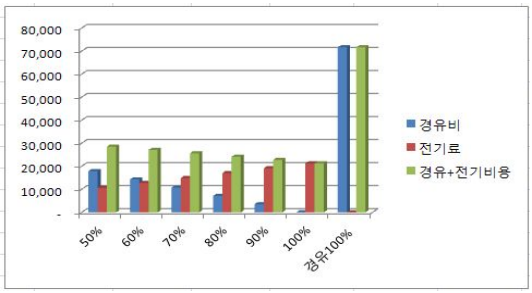

Fig 3. 4,140m2 Energy cost of the glass greenhouse

Fig 3과 Fig 4의 4,140㎡과 9,384㎡ 유리 온실 에너지 사용료는, 경유난방설비만 100% 가동했을 때보다 지열을 가동했을 때 에너지 사용료가 각각 1/3, 1/5 수준으로 나타나 에너지 사용량이 절약되었고, 부하분담 비율은 클수록 에너지 사용료가 줄어드는 것으로 나타났다.

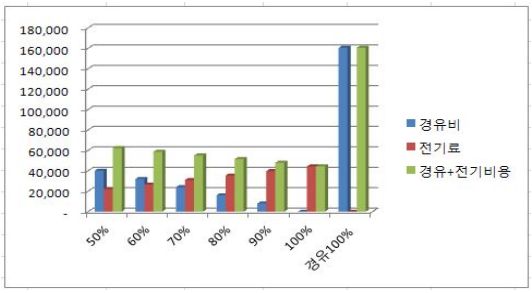

Fig 4. 9,384m2 Energy cost of the glass greenhouse

(3) 운전비 산출

Table 6. Energy consumption of the geothermal greenhouse
unit : thousand-won

sorting / capacity	ratio of the geothermal load sharing			diesel
	50%	70%	90%	100%
207.8kW (59RT)	5,199	5,570	6,197	17,801
600kW (170RT)	12,908	14,806	17,442	43,007
745.8kW (212RT)	21,147	21,494	22,761	73,829
1551.5kW (441RT)	46,853	46,430	47,920	259,099

온실에 기존 경유난방설비를 통해 100% 난방하는 것보다 지열로 50% 분담하여 난방하는 것이 에너지비용을 감소시킬 수 있었으며, 온실면적이 커져 지열 냉·난방시스템의 규모가 커질수록 에너지비용 절감 비율이 더욱 증가하는 것으로 나타났다.

3.5 총비용

본 연구는 기상분석에 의한 온도분포의 기온권역별 지역모델 중에서 '강원 및 중부산간권역'을 대상으로 기존에 사용하는 경유난방설비와 온실 난방부하에 대한 부하분담 비율별 지열난방시스템을 설치하였을 경우를 설정하고, 운영비용 및 운전비용을 기초로 생애주기비용 분석(LCC : Life Cycle Cost)[5]을 수행하였다.

5) 생애주기비용 분석이란(LCC : Life Cycle Cost) 구입, 운영, 유지관리, 그리고 최종적인 처분에 이르기까지 프로젝트의 전체비용을 합산하여 분석함으로써 총 비용의 관점에서 가장 경제적인 대안을 선택하기 위한 일종의 경제성 평가 기법을 의미한다.

Table 7. LCC analysis cost(1,050m2 Plastic greenhouses)
unit : thousand-won

sorting	207.8kW(59RT) ratio of the geothermal load sharing			diesel
	50%	70%	90%	100%
Initial costs	32,466	45,453	58,440	4,191
Energy costs	103,969	111,395	123,944	356,010
Maintenance costs	76,798	107,519	138,240	11,944
waste disposal costs	15,000	15,000	15,000	15,000
total value of LCC	228,234	279,367	335,623	387,146
Life-Cycle(y)	20	20	20	20

Table 8. LCC analysis cost(2,376m2 Plastic greenhouses)
unit : thousand-won

sorting	600kW(170RT) ratio of the geothermal load sharing			diesel
	50%	70%	90%	100%
Initial costs	93,744	131,241	168,739	12,103
Energy costs	258,158	296,119	348,843	860,133
Maintenance costs	221,751	310,451	399,152	34,494
waste disposal costs	15,000	15,000	15,000	15,000
total value of LCC	588,653	752,811	931,734	921,730
Life-Cycle(y)	20	20	20	20

기존 경유난방설비의 초기 투자비용은 총 LCC 비용대비 1.3%를 나타내며, 에너지 비용부분에서 전체 비용의 93.3%를 나타내어 에너지 비용이 LCC 비용에서 큰 부분을 차지하고 있음을 알 수 있다.

Table 9. LCC analysis cost(4,140m2 Glass Greenhouse)
unit : thousand-won

구분	745.8kW(212RT) ratio of the geothermal load sharing			diesel
	50%	70%	90%	100%
Initial costs	116,523	163,133	209,742	24,338
Energy costs	422,923	429,869	455,224	1,476,575
Maintenance costs	290,142	406,201	522,258	73,014
waste disposal costs	15,000	15,000	15,000	15,000
total value of LCC	844,588	1,014,203	1,202,224	1,588,927
Life-Cycle(y)	20	20	20	20

LCC분석을 통하여 지열 시스템(50% 분담비율 기준)이 기존 경유난방설비 대비 운전기간 20년 동안 발생하는 순이익은 158,912천원(1,050㎡ 비닐온실), 333,077천원(2,376㎡ 비닐온실), 744,339천원(4,140㎡ 유리온실), 1,720,183천원(9,384㎡ 유리온실)이다. 이와 같이 온실 규모가 커질수록 순이익이 큰 것으로 나타났다.

Table 10. LCC analysis cost(9,384m2 Glass Greenhouse)
unit : thousand-won

sorting	1551.5kW(441RT) ratio of the geothermal load sharing			diesel
	50%	70%	90%	100%
Initial costs	242,406	339,368	436,331	50,628
Energy costs	937,050	928,583	958,411	3,300,718
Maintenance costs	603,591	845,026	1,086,464	151,884
waste disposal costs	15,000	15,000	15,000	15,000
total value of LCC	1,798,047	2,127,977	2,496,206	3,518,230
Life-Cycle(y)	20	20	20	20

지열난방시스템과 기존 경유난방설비의 경제성 분석을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 초기 투자비용이 경유난방시스템에 비해 지열 시스템이 7~13배 정도 비싸지만, 지열난방시스템 설치 후 20년간 에너지 소비량 등 비교했을 때 기존 경유난방설비보다 경제적인 것을 확인 할 수 있었다. 단, 600kW(170RT) 지열난방시스템의 난방부하 분담비율이 90%일 때는 비경제적인 것으로 나타났다.

4. 경제성 분석에 따른 결과

4.1 실질 할인율

LCC 분석을 위해서는 미래비용을 현재비용으로 환산해야 하며 미래 비용을 추정하기 위해 사용되는 개념은 실질할인율(real discount rate)이다. 실질할인율은 일반적으로 돈의 실제 가치 반영과 비용평가와 연관해서 사용한다.

Table 11. Real discount rate

year	inflation(%)	interest rate(%)	real discount rate(%)
2003	3.8	6.24	2.4
2004	3.6	5.9	2.2
2005	2.8	5.59	2.7
2006	2.2	5.99	3.7
2007	2.5	6.55	4.0
2008	4.7	7.17	2.4
2009	2.8	5.65	2.8
2010	2.9	5.51	2.5
average	3.16	6.08	2.8

따라서 n년 후의 돈의 가치를 알아보기 위해 본 연구는 실질 할인율을 적용하였으며, 계산식은 아래와 같다.

할인율 = (1+i)/(1+j)-1
= (1+0.0608)/(1+0.0316)-1
= 0.028
여기서, i : 이자율, j : 물가 상승률

4.2 LCC 계산

지열과 경유 냉·난방 시스템 모두 2년차부터 유지관리비가 들어가며, 20년 후 폐기 처분 및 설치 비용이 들어간다. 이 두 가지 설비 각각에 실질 할인율을 적용하였으며, 계산식은 아래와 같다.

연차별 생애비용
= {∑운전비*(1+0.028)n} + 전년도 총사용비용
생애주기 20년으로 n=1~20까지로 본다.

생애주기 기간 안에 초기 투자에 소요된 자금을 그 투자로부터 발생하는 현금흐름으로부터 모두 회수하는 데 걸리는 회수기간(Payback Period)이 짧을수록 경제성이 양호한 것으로 판단하여 다음과 같이 규모별, 부하분담 비율별 회수기간을 작성하였다.

Table 12. Payback period of the initial cost(1,050m2 Plastic greenhouses)

unit : thousand-won

payback period	207.8kW(59RT) ratio of the geothermal load sharing			diesel
	50%	70%	90%	100%
1st-year	37,810	51,179	64,811	22,490
2nd-year	47,346	62,724	78,636	41,930
3rd-year	57,035	74,433	92,644	61,897
4th-year	66,883	86,312	106,841	82,405
5th-year	76,893	98,366	121,231	103,469
6th-year	87,070	110,598	135,821	125,106
7th-year	97,419	123,015	150,615	147,332
8th-year	107,945	135,620	165,620	170,161

Table 13. Payback period of the initial cost(2,376m2 Plastic greenhouses)

unit : thousand-won

payback period	600kW(170RT) ratio of the geothermal load sharing			diesel
	50%	70%	90%	100%
1st-year	107,013	146,462	186,670	56,314
2nd-year	132,325	178,448	226,110	103,578
3rd-year	158,019	210,872	266,067	152,115
4th-year	184,106	243,747	306,554	201,960
5th-year	210,596	277,084	347,587	253,150
6th-year	237,501	310,898	389,180	305,722
7th-year	264,833	345,201	431,350	359,715
8th-year	292,603	380,007	474,112	415,170

Table 14. Payback period of the initial cost(4,140m2 Glass Greenhouse)

unit : thousand-won

payback period	745.8kW(212RT) ratio of the geothermal load sharing			diesel
	50%	70%	90%	100%
1st-year	138,261	185,228	233,141	100,234
2nd-year	175,115	228,252	283,307	181,906
3rd-year	212,595	271,912	334,147	265,762
4th-year	250,718	316,226	385,680	351,864
5th-year	289,502	361,212	437,924	440,275

Table 15. Payback period of the initial cost(9,384m2 Glass Greenhouse)

unit : thousand-won

payback period	1551.5kW(441RT) ratio of the geothermal load sharing			diesel
	50%	70%	90%	100%
1st-year	290,570	387,097	485,593	329,348
2nd-year	370,263	478,414	590,558	511,349
3rd-year	451,342	571,105	696,941	698,234
4th-year	533,846	665,208	804,782	890,139
5th-year	617,815	760,763	914,120	1,087,205

Table 12~15에서와 같이, 온실 생애주기 기간(20년) 동안 지열(70% 부하부담)냉·난방 시스템을 사용 했을 시, 초기투자비를 각각 5년(1,050㎡ 비닐온실), 7년(2,376㎡ 비닐온실), 4년(4,140㎡ 유리온실), 2년(9,384㎡ 유리온실)차에 회수하는 것으로 나타났다.

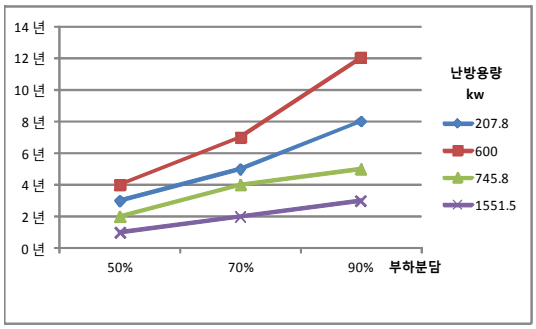

Fig 5. Payback period of the initial cost

Fig 5는 지열 냉·난방시스템의 규모별 회수기간을 나타낸 것으로써, 규모가 클수록 회수기간이 짧아졌으며, 지열 냉·난방시스템의 부하부담 비율이 높을수록 회수 기간이 길어지는 것을 알 수 있었다.

5. 결 론

기존 운영 중인 경유난방설비 온실에 친환경 신재생에너지인 지열 냉·난방시설을 온실 전체 난방부하에 대하여 어느 정도의 비율로 설치하면 경제성이 있는지 분석한 것으로 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 비닐온실과 유리온실 그리고 재배면적의 대소 모두, 지열 냉·난방시설 70%(정부지침 온실 난방부하용량)에 대하여 투자비 회수가 7년 이내로 나타나 경제성이 있음을 알 수 있다.

(2) 초기 투자비용이 경유난방설비에 비해 지열 시스템이 7~13배 정도 차이가 나지만, 지열 시스템 설치 후 20년간 에너지 소비량 등에서 기존 경유난방설비보다 경제적인 것을 확인 할 수 있다.

(3) 기존 정부지침 온실 난방부하용량은 지열 70%, 경유 30%였으나, 본 연구의 경제성분석 결과, 지열 냉·난방시스템의 부하분담 비율이 50%일 때가 보다 경제적임을 알 수 있다.

(4) 경유난방설비에 지열 냉·난방시스템을 설치하여 투자 회수기간 산정 시, 지열 냉·난방시스템의 비닐온실은 규모가 작을수록, 유리온실은 규모가 클수록 경제성이 좋은 것으로 나타났고, 난방부하분담의 비율은 낮을수록 초기투자비 회수기간이 줄어드는 것을 볼 수 있다.

후 기

이 논문은 2011년 한국농어촌공사 자체 연구과제 “원예시설의 보일러와 지열난방시스템 부하분담에 관한 연구”로 수행된 자료를 활용하였음을 알려드립니다.

Reference

1. Lee D.C, Economic Research of Colling-Heating System Using Ground Source Heat in a public library, thesis for degree of Kwangwoon University, 2012
2. Seo C.Y, A Selection of Geat Source System by LCC Analysis : A Case Study of National Gogeung Youth Space Experience Center, for degree of Hanyang University, 2009, pp44-45.
3. Ryu Y.S, Establishment of Climate Region by Recent 30-year Temperature Range in South Korea Area, The Korea Solar Energy Society Vol.31, No.2, 2011, pp376~382.
4. Choe C.H, A Study on the Economic Analysis of Cooling-Heating System Using Ground Source Heat in a public library, thesis for degree of Kwangwoon University, The Korea Solar Energy Society, Vol. 32, No. 1, 2012, pp64~66.
5. Kim M.G, Design standards for greenhouse environment (II), Rural Research Institute, 1997, pp54~56.
6. Park Y.S, State of the Future 2025, 2012, pp20, pp114
7. Seong G.H, A Study on Life Cycle Cost Analysis of Rail Structures depending on Roadbed Composition, thesis for degree of Hanyang University, 2010, pp28-29
8. Park J.S, A Study on the Improvement Method of the LCC and the Maintenance Management in Public Educational Facilities BTL Projects, thesis for degree of Honam University, 2011.02, pp9-12