

공공용 업무시설의 신재생에너지시스템 최적화 연구

A Study on the Optimization of New Renewable Energy Systems in Public-Purpose Facilities

이용호* · 서상현** · 조영흠*** · 황정하****†

Lee Yong-Ho*, Seo Sang-Hyun**, Cho Young-Hum*** and Hwang Jung-Ha****†

(Submit date: 2013. 9. 13. Judgment date: 2013. 9. 15. Publication decide date : 2013. 10. 24.)

Abstract : This study set out to devise an optimized system to take into account life cycle cost(LCC) and ton of carbon dioxide(TCO₂) by applying the weighted coefficient method(WCM) to "public-purpose" facility buildings according to the mandatory 5% and 11% of new renewable energy in total construction costs and anticipated energy consumption, respectively, based on the changes of the public obligation system.

- (1) System installation capacity is applied within the same new renewable energy facility investment according to the mandatory 5% of new renewable energy in total construction costs. Both LCC and TCO₂ recorded in the descending order of geothermal, solar, and photovoltaic energy. The geothermal energy systems tended to exhibit an excellent performance with the increasing installation capacity percentage.
- (2) Optimal systems include the geothermal energy(100%) system in the category of single systems, the solar energy(12%)+geothermal energy(88%) system in the category of 2-combined systems, and the photovoltaic energy(12%)+solar energy(12%)+geothermal energy(76%) system and the photovoltaic energy(12%)+solar energy(25%)+geothermal energy(63%) system in the category of 3-combined systems.
- (3) LCC was the highest in the descending order of photovoltaic, geothermal and solar energy due to the influences of each energy source's correction coefficient according to the mandatory 11% of new renewable energy in anticipated energy consumption. The greater installation capacity percentage photovoltaic energy had, the more excellent tendency was observed. TCO₂ recorded in the descending order of geothermal, photovoltaic and solar energy with the decreasing installation capacity of photovoltaic energy. The greater installation capacity percentage a geothermal energy system had, the more excellent tendency it demonstrated.
- (4) Optimal systems include the geothermal energy(100%) system in the category of single systems, the photovoltaic energy(62%)+geothermal energy(38%) system in the category of 2-combined systems, and the photovoltaic energy(50%)+solar energy(12%)+geothermal energy(38%) system and the photovoltaic energy(12%)+solar energy(12%)+geothermal energy(76%) system in the category of 3-combined systems.

Key Words : 공공의무화제도(Public obligation system), 신재생에너지(New Renewable energy), 예상에너지사용량(Energy consumption), 가중계수법(WCM: Weighted coefficient method)

****† 황정하(교신저자) : 경북대학교 건축토목공학부
E-mail : peter@knu.ac.kr, Tel : 054-530-1375

*이용호 : 경북대학교 건축토목공학부

**서상현 : 경북대학교 건축토목공학부

***조영흠 : 영남대학교 건축학부

****† Hwang Jung-Ha(corresponding author) : School of Architecture & Civil Engineering, Kyungpook National University.

E-mail : peter@knu.ac.kr, Tel : 054-530-1375

*Lee Yong-Ho : School of Architecture & Civil Engineering, Kyungpook National University.

**Seo, Sang-Hyun : School of Architecture & Civil Engineering, Kyungpook National University.

***Cho, Young-Hum : School of Architecture, Yeungnam University.

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

기후변화에 따른 온난화현상 문제가 심각화 가운데 국내의 에너지 소비에 따른 온실가스 배출량은 세계 6위를 차지하며, 이 가운데 건물에너지 소비량은 25%로 향후, 지속적으로 증가될 것으로 전망된다. 이에 정부는 건물에너지절약 정책의 일환으로 기존의 화석에너지를 대체할 수 있는 신재생에너지의 적극적 도입을 유도하고자 2004년 3월부터 신·증·개축하는 연면적 3,000㎡이상 공공기관 건물을 대상으로 총건축공사비의 5%를 신재생에너지 설비에 투자하도록 하는 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법」 공공의무화 제도¹⁾를 시행하여 여러 차례 법령 개정을 통해 현재는 연면적 1,000㎡이상 공공건물은 예상에너지사용량의 11% 이상을 신재생에너지로 설치하도록 의무화는 관련법과 규정을 강화하고 있다. 그러나 건축물의 단위면적당 에너지 사용량과 연면적에 의한 산정식을 이용하는 현행 설치용량 계획은 해당건물의 에너지소비 특성을 반영하기 어려워 효율적인 설치방안을 제시하기가 어렵다. 이에, 신재생에너지원별 이용특성과 건물의 에너지사용특성이 반영된 적정 용량의 선정과 경제성(LCC : Life Cycle Cost) 및 환경성(TCO₂ : Ton of Carbon Dioxide)이 고려된 등급별 배점합산 방식의 가중계수법(WCM: Weighted Coefficient Method)²⁾에 따른 최적설계의 필요성이 요구된다.

따라서, 본 연구는 「공공용」 업무시설 가운

데 법령 개정 이전 즉, 총건축공사비 5% 이상이 신재생에너지 설치로 투자된 복합청사 건물을 대상으로 신재생에너지 시스템의 용량비율 변화에 따른 경제성(LCC)과 환경성(TCO₂)을 분석하는 한편, 현행 시행되고 있는 신재생에너지 도입비율 11% 법령('13.01)에 따른 비교 분석을 통하여 공공의무화 제도에 따른 신재생에너지시스템의 최적화를 도출하였다.

1.2 연구방법 및 범위

본 연구는 공공의무화 제도에 따른 복합청사건물의 신재생에너지 최적화 적용에 관한 연구로 연구방법과 범위는 다음과 같다.

- (1) 국내 「공공용」 업무시설 가운데 신재생에너지 시스템이 설치된 복합청사 용도의 건물을 대상으로 선정하였다.
- (2) Energy Plus Ver 7.0 시뮬레이션 툴을 이용하여 대상건물의 연간 총에너지사용량과 에너지 사용패턴을 분석하였다.
- (3) 대상건물에 대한 신재생에너지시스템의 최적화를 위하여 가중계수법에 따른 경제성과 환경성 및 복합성을 비교분석하였다.
- (4) 가중계수법에 따른 비교분석은 대상건물의 총 건축공사비 5%와 예상에너지사용량 11%에 해당하는 신재생에너지시스템 적용방안별 경제성과 환경성을 분석한 후, 등급별로 배점을 부여하여 복합성에 따른 신재생에너지시스템의 최적화 방안을 도출하였다.

2. 대상건물의 에너지사용량과 가중계수법

2.1 대상건물 선정

대상건물은 Table. 1과 같이 2008년도 완공된 연면적 35,520㎡의 복합청사 용도 건물로

1) 신·재생에너지 설비의 지원 등에 관한지침 공고 제 2013-7호 신·재생에너지 설비의 지원등에 관한 기준 별표3

2) 이용호, 홍준호, 조영흠, 황정하, 소방서건물의 신재생에너지시스템 최적화에 관한연구, 한국태양에너지학회 논문집, Vol.33, No.1, 2013.

본관은 구청사 지상10층과 지하 2층, 구의회는 지상 3층과 지하 2층, 청소년수련관은 지상 4층과 지하 2층으로 구성되어있으며, 보건소는 지상4층과 지하2층으로 구성되어있다. 대상 복합청사 건물은 층별 행정업무공간과 주민복지공간 및 문화공간으로 크게 구분되어지며, 각 실별로 사용목적에 맞게 냉·난방기와 조명기기가 설치되어 있고, 건물 배치는 남서향의 배치형태를 취하고 있으며, 총건축공사비의 5.1%가 신재생에너지시스템(지열: 150RT, 태양열: 30㎡, 태양광: 165kW)에 투자 설치되었다.

Table 1. The current state of the subject complex government buildings



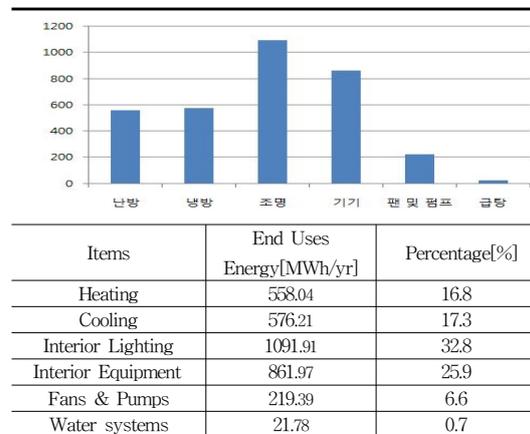
Building use	Public-purpose facilities	
Building layout	Town hall	3,423.6㎡
	City council	2,567.7㎡
	Auditorium	1,711.8㎡
	Public Health	855.9㎡
Construction area	8,559㎡	
Grpss area	35,520㎡	
building direction	South-West	
Building Floor(height)	1 ~ 10F, 2BF (4.5m)	
Construction Cost	22,481,694,770 (won)	
Renewable Energy investment	1,149,993,000 (won)	
Construction cost according to the percentage of renewable energy investments	5.1%	

2.2 에너지 사용량

대상건물의 연간 총에너지사용량을 예측하고자 미국에너지부에서 제공하는 Energy Plus Ver 7.0 프로그램을 이용하여 대상건물에 대한 설비시스템의 냉·난방능력과 실내재실인원, 조명기기, 사용전력량 등의 건물이용 스케줄을 적용하였고, 기상데이터는 한국태양

에너지 학회에서 제공하는 인천지역의 표준 기상데이터를 적용하여 분석하였다. 대상건물의 연간 총에너지사용량은 Table. 2와 같이 3,329.29 MWh/yr 사용되며, 에너지 사용 패턴은 난방사용량의 경우는 558.04 MWh/yr이며, 냉방사용량은 576.21 MWh/yr, 조명사용량은 1,091.91 MWh/yr, 기기사용량은 861.97 MWh/yr, 팬 및 펌프사용량은 219.39 MWh/yr, 급탕사용량은 21.78 MWh/yr로 조명에 의한 에너지 사용량이 총사용량의 32.8%로 가장 높은 비율을 차지하고 있으며, 냉·난방 에너지사용량(냉방 17.3%, 난방 16.8%)은 총사용량의 34% 비율로 대상건물의 용도가 업무시설로 조명 에너지와 냉·난방에너지 사용비율이 높은 것으로 나타났다.

Table. 2 Analysis of energy consumption in the subject buildings



2.3 가중계수법(WCM)

공공의무화제도 변화 기준에 따라 시스템별 고려사항이 적용되어야 함으로 본 절에서는 지식경제부 고시 공공의무화 제도 신재생에너지 설비 도입비율 건축공사비의 5%(2004년 03월 기준)과 예상에너지사용량 11%(2013년 기준)에 따라 Fig. 1과 같이 건물형태와 시스템 특성을

반영하여 가로축(X:0~100%)은 태양광시스템, 세로축(Y:0~100%)은 태양열시스템, 대각선축(Z:0~100%)은 지열시스템으로 복합적용방안 [C01~45]분류표를 작성하여 가중계수법(WCM)에 따른 경제성(LCC)과 환경성(TCO₂)을 상호 비교 분석하였다.

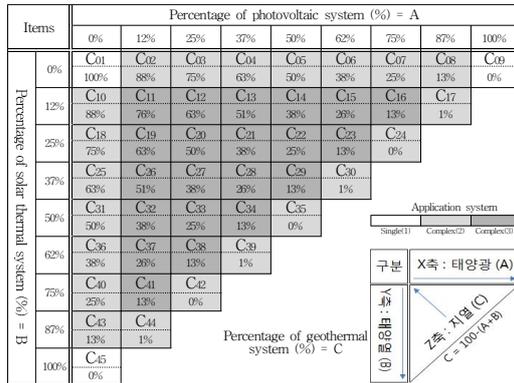


Fig. 1 Categorization of mixed application of new renewable energy systems

가중계수법에 따른 경제성(LCC : Life Cycle Cost)분석은 총비용을 현재가치 기준으로 산정하였으며, 초기투자비용의 경우, EHP와 급탕보일러 등은 제조사의 견적을 토대로 공사비를 추정하였으며, 신재생에너지시스템의 경우는 지식경제부고시에 의한 2011년 월별기준단가³⁾를 적용하여 초기투자비용(P_I)을 추정하였다. 또한, 주기적으로 반복되어지는 유지보수비용(P_{MR})과 교체비용(P_R)은 (1)~(2)식을 적용하여 산출하였으며, 실질할인율(i)은 국토해양부고시 기준에 따른 (3)식에 Table. 34의 명목할인율과 물가상승율을 반영하여

3) 지식경제부고시 제2011-3호 「신재생에너지설비의 지원 등에 관한 기준」 제11조.
4) 이성락, 정남기, 이건기, 이승훈, 오명도, 공동주택 에너지 절약성능에 따른 LCC분석, 대한설비공학회 2010 동계학술 발표대회 논문집, pp254-259. 2010.

산출하였다.

$$P_{MR} = \frac{M}{(1+i)} + \frac{M}{(1+i)^2} + \dots + \frac{M}{(1+i)^n} \quad (1)$$

$$= M \times \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

(P_{MR}:유지보수비용 현재가치, n:년수, i :실질할인율(물가), M:연간유지보수비용)

$$P_R = \sum R_n \times \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right] \quad (2)$$

(P_R:교체비용 현재가치, R_n:순가치, i :실질할인율(물가), n:년수)

$$i = \frac{(1+i_n)}{(1+f)} - 1 \quad (3)$$

(i :실질할인율, i_n : 명목할인율, f :물가상승률)

Table. 3 LCC analysis variables

[Unit: %]					
The period of analysis	Explicit discount rate	Rate of inflation	Electric rate of increase	Gas rate of increase	Oil rate of increase
20 Year	6.13	2.96	5.78	1094	13.3
The actual discount rate	Inflation	3.08			
	Electric	0.33			
	Gas	4.34			
	Oil	0.01			

에너지비용(P_V)은 분석기간 20년 동안의 전기와 유류 및 가스사용에 따른 소요비용으로 (4)식에 적용하여 현재가치로 산정하였다.

$$P_V = \sum \frac{N_V}{(1+i)^n} \quad (4)$$

(P_V:에너지비용 현재가치, N_V:순가치, i :실질할인율(전기, 유류, 가스), n:년수)

경제성(LCC) 분석을 위한 적용방안별 총비용의 현재가치는 초기투자비용(P_I)에 (1)~(4)식

을 통하여 산정된 유지보수비용(P_{MR})과 교체비용(P_R) 및 에너지비용(P_V)을 합산하여 (5)식과 같이 산정하였다.

$$LCC = P_I + P_{MR} + P_R + P_V \quad (5)$$

(P_I : 초기투자비, P_{MR} : 유지보수비용 현재가치, P_R : 교체비용 현재가치, P_V : 에너지비용 현재가치)

가중계수법에 따른 적용방안별 환경성(TCO_2 : Ton of Carbon Dioxide)분석은 시뮬레이션을 통하여 총에너지사용량을 산출하고, Table. 4와 같은 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)⁵⁾ 탄소배출 계수에 따른 에너지열량 환산기준으로 (6)식을 이용하여 에너지사용량에 따른 CO_2 배출량을 산출하였다.

Table. 4 Calories based on energy conversion

Energy Class	Unit	standard radiant value		Carbon emission factor ton C/toe
		kcal	Ton of Oil Equivalent (10^3 TOE)	
Oil(Kerosene)	ℓ	8,200	0.820	0.812
Gas(LNG)	Nm ³	9,420	0.942	0.637
Electric (Consumption standards)	kwh	2,300	0.230	0.557

$$TCO_2 = [Eu(kwh) \times 0.000230 \times 0.558] + [Fu(l) \times 0.000820 \times 0.812] + [Gu(Nm^3)0.000942 \times 0.637] \times 44/12 \quad (6)$$

(Eu: 전기사용량, Fu: 유류사용량, Gu: 가스사용량)

5) 이산화탄소 발생량 계산: IPCC 2006 Guidelines.

3. 총건축공사비 5%기준에 따른 분석

3.1 경제성(LCC)

신재생에너지 도입비율 총건축공사비 5% 기준에 따른 적용방안별 경제성은 Fig. 2와 같이 지열을 단일시스템으로 적용한 [C01]경우에 초기투자비용(P_I) 68.65%, 유지보수비용(P_{MR}) 0.24%, 교체비용(P_R) 24.43%, 에너지비용(P_V) 6.68%의 총 15.34(억원)이 소요되며, 태양열 단일시스템[C45]의 경우는 초기투자비용(P_I) 69.05%, 유지보수비용(P_{MR}) 0.03%, 교체비용(P_R) 24.57%, 에너지비용(P_V) 6.35%인 총 16.43(억원)이 소요되었고, 태양광 단일시스템 [C09]은 초기투자비용(P_I) 68.76%, 유지보수비용(P_{MR}) 0.48%, 교체비용(P_R) 24.47%, 에너지비용(P_V) 6.29%인 총 16.70(억원)이 소요되어 지열의 비중이 증가할수록 경제성이 향상되는 반면, 태양광과 태양열의 비중이 증가되면 경제성이 감소되는 경향이 나타났다.

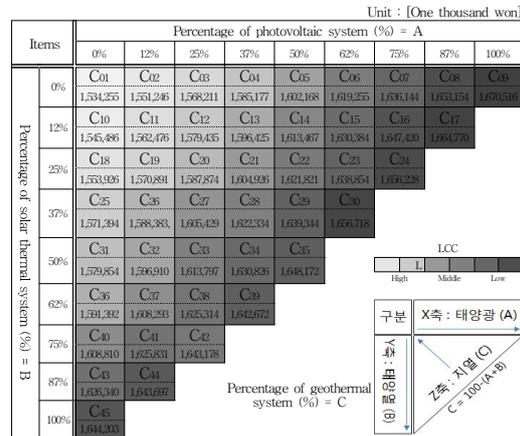


Fig. 2 LCC according to the mandatory 5% of new renewable energy in total construction costs

총건축공사비 5%기준에 따른 등급배점에 의한 경제성의 우선순위는 Fig. 3과 같이 지열

시스템의 비중이 클수록 등급이 높은 반면, 태양광시스템의 비중이 클수록 등급이 낮아지는 경향을 보이며, 매우 우수한 등급(+3)은 [C01], [C10]이며, 매우 미흡한 등급(-3)은 [C09], [C17] 인 것으로 나타났다.

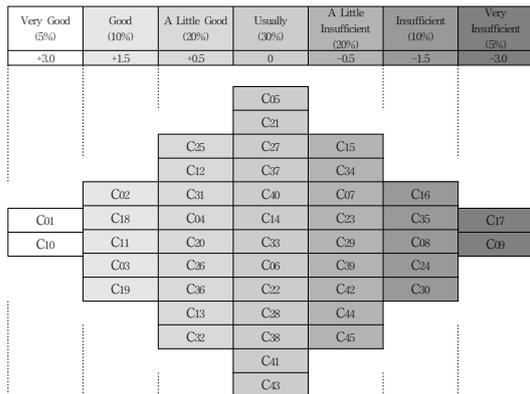


Fig. 3 Distribution of grades according to the applications of the mandatory 5% of new renewable energy in total construction costs

3.2 환경성(TCO₂)

총건축공사비 5%기준에 따른 적용방안별 환경성은 Fig. 4와 같이 지열 단일시스템[C01]을 적용한 경우는 전기사용량(E_u) 88.9%, 유류사용량(F_u) 9%, 가스사용량(G_u) 2.1%로 총 1,405(TCO₂)가 배출되었으며, 태양열 단일시스템[C45]을 적용한 경우는 전기사용량(E_u) 94%, 유류사용량(F_u) 3.8%, 가스사용량(G_u) 2.2%로 총 1,432(TCO₂)의 CO₂가 배출되며, 태양광 단일시스템[C09]을 적용한 경우는 전기사용량(E_u) 86.7%, 유류사용량(F_u) 10.7%, 가스사용량(G_u) 2.6%로 총 1,437(TCO₂)의 CO₂가 배출되어 경제성 분석과 동일하게 지열의 비중이 증가할수록 환경성이 향상되는 반면, 태양광과 태양열의 비중이 증가될수록 환경성이 감소하는 경향이 나타났다.

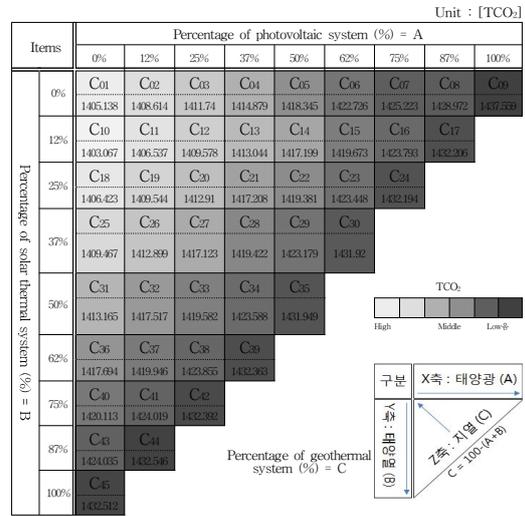


Fig. 4 TCO₂ according to the mandatory 5% of new renewable energy in total construction costs

총건축공사비 5%기준에 따른 환경성의 우선순위는 Fig. 5와 같이 지열시스템의 비중이 클수록 등급이 높은 반면, 태양광시스템의 비중이 커질수록 등급이 낮아지는 경향을 보이며, 매우 우수한 등급(+3)은 [C01, C10]이며, 매우 미흡한 등급(-3)은 [C09, C17]로 경제성과 동일한 경향으로 나타났다.

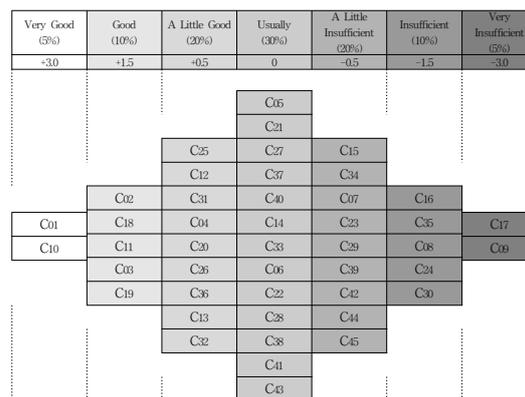


Fig. 5 Distribution of grades according to the applications of the mandatory 5% of new renewable energy in total construction costs

3.3 복합성(LCC+TCO₂)

경제성과 환경성의 배점을 합산하여 적용방안별 복합성을 평가한 결과 Fig. 6과 같이 단일시스템 적용의 경우는 지열(100%)인 [C01]이 배점(+6)으로 우수하며, 2가지 복합시스템의 경우는 태양열(12%)+지열(88%)인 [C10]이 배점(+6)으로 우수한 시스템이고, 3가지 복합시스템의 경우는 태양광(12%)+태양열(12%)+지열(76%)인 [C11]과 태양광(12%)+태양열(25%)+지열(63%)인 [C19]가 배점(+3.0)으로 우수한 시스템으로 나타났다.

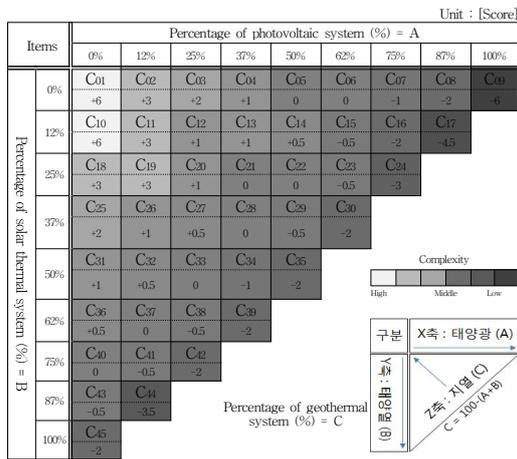


Fig. 6 Complexity according to mandatory 5% of new renewable energy in total construction costs

따라서, 본 연구 대상건물에 기준에 설치되어 있는 태양광(12%)+태양열(12%)+지열(76%) 시스템 이외에도 태양광(12%)+태양열(25%)+지열(63%)시스템이 우수한 것으로 판단된다.

4. 예상에너지사용량 11%기준에 따른 분석

4.1 경제성(LCC)

신재생에너지 도입비율 예상에너지사용량

11%기준에 따른 적용방안별 경제성은 Fig. 7과 같이 지열을 단일시스템으로 적용한 [C01]경우에 초기투자비용(P_I) 71.78%, 유지보수비용(P_{MR}) 0.25%, 교체비용(P_R) 25.54%, 에너지비용(P_V) 2.43%의 총 41.31(억원)이 소요되며, 태양열 단일시스템 [C45]의 경우는 초기투자비용(P_I) 71.65%, 유지보수비용(P_{MR}) 0.50%, 교체비용(P_R) 25.49%, 에너지비용(P_V) 2.36%인 총 44.77(억원)이 소요되었고, 태양광시스템은 어레이 설치면적의 제약으로 인하여 [C06]과 같이 최대 62%까지만 시스템의 적용이 가능하며, 초기투자비용(P_I) 71.26%, 유지보수비용(P_{MR}) 0.39%, 교체비용(P_R) 25.36%, 에너지비용(P_V) 2.99%인 총 34.72(억원)이 소요되어 지열과 태양열의 비중이 증가할수록 경제성이 감소되는 반면, 태양광의 비중이 증가되면 경제성이 증가되는 경향이 나타났다.

이는 지식경제부 신재생에너지 설비의 지원에 관한 기준(에서 태양광시스템의 생산량에 따른 보정계수가 4.14로 적용된 반면, 지열시스템의 생산량에 따른 보정계수가 0.7로 적용된 경향인 것으로 판단된다.

예상에너지사용량 11%기준에 따른 경제성의 우선순위는 Fig. 8과 같이 태양광시스템의 비중이 클수록 등급이 높은 반면, 태양열시스템의 비중이 클수록 등급이 낮아지는 경향을 보이며, 매우 우수한 등급은 [C06]이며, 매우 미흡한 등급은 [C45]인 것으로 나타났다.

6) 지식경제부 고시 제 2013-11, 신재생에너지 설비의 지원등에 관한 규정(태양광=생산량(kW)1358×보정계수4.14=5622.12, 태양열=생산량(m²)596×보정계수1.92=1144.32, 지열=생산량(kW)2045×보정계수0.7=1431.5)

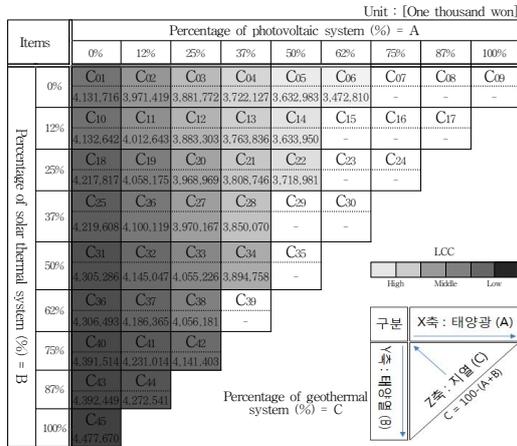


Fig. 7 LCC according to the applications of the mandatory 11% of new renewable energy in anticipated energy consumption

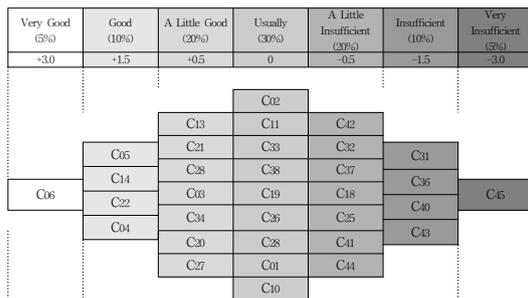


Fig. 8 Distribution and categorization of grades according to the mandatory 11% of new renewable energy in anticipated energy consumption

4.2 환경성(TCO₂)

예상에너지사용량 11%기준에 따른 적용방안별 환경성은 Fig. 9와 같이 지열 단일시스템을 적용한 경우, 전기사용량(E_u) 84.7%, 유류사용량(F_u) 11.6%, 가스사용량(G_u) 3.7%로 총 1,370(TCO₂)의 CO₂가 배출되었으며, 태양열 단일시스템을 적용한 경우는 전기사용량(E_u) 92%, 유류사용량(F_u) 4.5%, 가스사용량(G_u) 3.5%로 총 1,435(TCO₂)의 CO₂가 배출되며, 태양광 단일시스템을 적용한 경우는 전기사용량(E_u) 87.8%, 유류사용량(F_u) 10%, 가스사용

량(G_u) 2.2%로 총 1,421(TCO₂)의 CO₂가 배출되어 총건축공사비 5% 기준과 동일하게 지열의 비중이 증가할수록 환경성이 향상되는 반면, 태양열의 비중이 증가될수록 환경성이 감소하는 경향이 나타났다. 예상에너지사용량 11%기준에 따른 환경성의 우선순위는 Fig. 10과 같이 지열시스템의 비중이 클수록 등급이 높은 반면, 태양열시스템의 비중이 커질수록 등급이 낮아지는 경향을 보이며, 매우 우수한 등급(+3)은 [C01]이며, 매우 미흡한 등급(-3)은 [C45]인 것으로 나타났다.

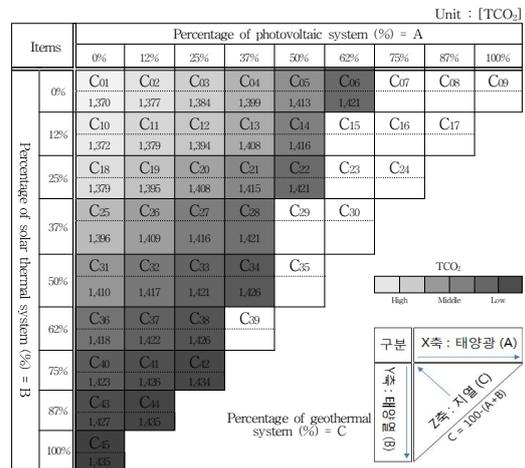


Fig. 9 TCO₂ according to the mandatory 11% of new renewable energy in anticipated energy consumption

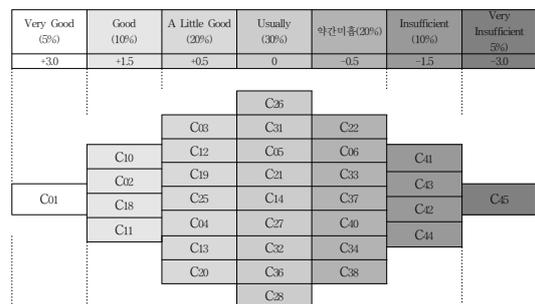


Fig. 10 Distribution and categorization of grades according to the mandatory 11% of new renewable energy in anticipated energy consumption

4.3 복합성(LCC+TCO₂)

경제성과 환경성분석의 배점을 합산하여 적용방안별 복합성을 평가한 결과 Fig. 11과 같이 단일시스템 적용의 경우는 지열(100%)인 [C01]이 배점(+3)으로 우수한 시스템으로 나타났고, 2가지 복합시스템의 경우는 태양광(62%)+지열(38%)인 [C06]이 배점(+2.5)으로 우수한 시스템으로 나타났으며, 3가지 복합시스템의 경우는 태양광(12%)+태양열(12%)+지열(76%)인 [C11]과 태양광(50%)+태양열(12%)+지열(38%)인 [C14]가 배점(+1.5)으로 복합성이 우수한 시스템으로 나타났다.

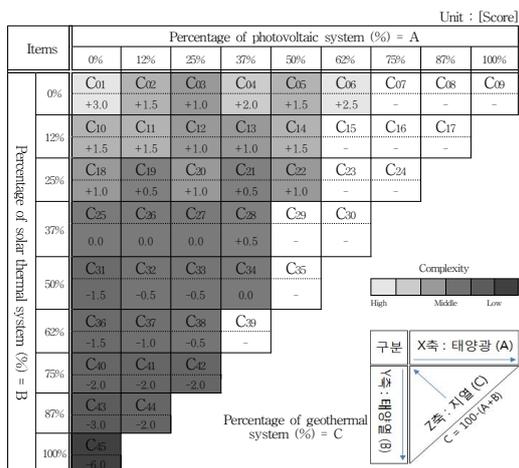


Fig. 11 Complexity according to the applications of the mandatory 11% of new renewable energy in anticipated energy consumption

5. 결 론

본 연구는 「공공용」 업무시설 건물을 대상으로 공공의무화 제도 변화에 따른 신재생에너지 의무비율 총건축공시비 5%와 예상에너지사용량 11%기준을 대상으로 가중계수법을 이용하여 경제성 및 환경성이 고려된 최적화 시스템을 도출하고자 하였다.

(1) 이전, 신재생에너지 도입비율 총건축공시비 5%기준에서는 동일한 신재생에너지 설비투자액 내에서 시스템 설치용량이 적용됨에 따라 경제성과 환경성 모두 지열>태양열>태양광 순으로 지열시스템의 설치용량비율이 클수록 우수한 경향을 보였다. 이에 따라, 단일시스템은 지열(100%)시스템, 2가지 복합시스템은 태양열(12%)+지열(88%), 3가지 복합시스템은 태양광(12%)+태양열(12%)+지열(76%)시스템과 태양열(12%)+태양열(25%)+지열(63%)시스템이 최적시스템으로 나타났다.

(2) 현행, 신재생에너지 도입비율 예상에너지사용량 11%기준에서는 각 에너지원별 보정계수 영향으로 인하여 경제성은 태양광>지열>태양열 순으로 태양광의 설치용량 비율이 클수록 우수한 경향을 보인 반면, 환경성은 태양광의 설치용량이 감소됨에 따라 지열>태양광>태양열 순으로 지열시스템의 설치용량 비율이 클수록 우수한 경향을 보였다.

이에 따라 단일시스템은 지열(100%)시스템, 2가지 복합시스템은 태양광(62%)+지열(38%), 3가지 복합시스템은 태양광(50%)+태양열(12%)+지열(38%)시스템과 태양광(12%)+태양열(12%)+지열(76%)시스템이 최적시스템으로 나타났다.

이상 본 연구는 공공의무화 제도 기준에 따라 경제성과 환경성을 고려하여 등급별 배점을 합산한 가중계수법 적용으로 최적시스템을 도출하였으나, 추후, 초기투자비, 유지관리보수비, CO₂ 발생량, 에너지원별 선호도와 같은 비정량적인 영향요인의 가중치를 고려한 최적 시스템 도출이 보완되어야 할 것으로 사료된다.

후 기

“이 논문은 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2011-0012071)”

참 고 문 헌

1. Lee, Y. H., 2013, A Study on the Optimization of a Renewable Energy System in Fire Station Buildings, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 33, No. 1, pp. 79-88.
2. An, K. H., 2011, A Study on Energy Conservation Plan of Eco-friendly School by EnergyPlus, Journal of the Architectural Institute of Korea Planning&Design, Vol. 27, NO. 12, pp19-26.
3. Lee, H. W., 2011, A CO₂ Emission Reduction Method through Correlation Analysis of Design Parameters in Buildings, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 31, NO. 1, pp100-106.
4. Lee, S. R., 2010, Life Cycle Cost Analysis of Energy Saving Performance for Apartment, Proceeding of The SAREK 2010, Winter Annual Conference, pp254-259.