

실내체육관의 신재생에너지 공급의무비율에 따른 시스템 최적화 연구

A Study on System Optimization according to the Supply Obligations Rate of New and Renewable Energy at an Indoor Gymnasium

박윤하* · 김윤호** · 원안나*** · 황정하****†

Park, Yun-Ha*, Kim, Yun-Ho**, Won, An-Na*** and Hwang, Jung-Ha****†

(Received 08 December 2015; accepted 29 December 2015)

Abstract : In statutes on the promotion of distribution of new and renewable energy, which were revised in 2014, daylight system and fuel cell were added in addition to existing new and renewable energy sources. This study, therefore, aimed at setting up targets for the introduction of daylight system and analyzing the installation rate of new and renewable energy which can be provided by daylight system for the aggressive use of daylight system, thereby deducting the optimal combination ratio with other new and renewable energy sources.

The results of the study are as follows. First, when a prism-shaped daylight system was installed to a round indoor gymnasium among domestic indoor gymnasiums, out of a supply obligations allotment rate of 15% of new and renewable energy, the rate of daylight system was basically set at 2.5%. Second, therefore, with daylight system coming first, the lacked supply obligations rate was taken up by solar photovoltaic, solar heat and geothermal heat. In addition, using the KRESS Program, economic, technical, environmental and complexity evaluations for the upper 5% was made, deducting the optimal ratio of the system. The results produced the following optimal combination ratios: solar photovoltaic (83.3%) in economic evaluation, solar heat (8.3%) and geothermal heat (75%) in technical evaluation, solar photovoltaic (83.3%) in environmental evaluation, and solar photovoltaic (83.3%, the same as in economic evaluation) in complexity evaluation.

Key Words : 신재생에너지(New and Renewable Energy), 공급의무비율(Supply obligations allotment rate), KRESS 프로그램 (KRESS Program), 상위5%(The upper 5%), 최적조합비율(The optimal combination ratio)

****† 황정하(교신저자) : 경북대학교 건축학부

E-mail : Peter@knu.ac.kr, Tel : 053-950-8544

*박윤하, **김윤호 : 경북대학교 건설환경에너지공학부

***원안나 : 경북대학교 건설안전기술연구소

****† Hwang, Jung-Ha(corresponding author) : School of Architectural, Civil, Environmental and Energy Engineering, Kyungpook National University.

E-mail : Peter@knu.ac.kr, Tel : 053-950-8544

*Park, Yun-Ha,** Kim,Yun-Ho : School of Architectural, Civil, Environmental and Energy Engineering, Kyungpook National University.

***Won, An-Na : School of Architectural, Civil, Environmental and Energy Engineering, Kyungpook National University.

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

건물부문의 에너지 사용량은 전체 에너지 사용량 가운데 높은 비중을 차지하고 있다. 이에, 건물부문에서 화석연료에 대한 의존도를 낮추고, 친환경적인 에너지원의 적극적인 활용을 위하여, 2004년부터 공공건축물을 신축하는 경우, 신재생에너지 설비를 의무화하고, 연면적 1,000㎡ 이상 증·개축하는 경우도 건축허가 전 설치계획서를 검토 받아야 하는 신재생에너지 보급 사업(공공기관 신재생에너지 설치의무화 제도, 이하 '설치의무화제도'라 칭함)을 추진해 오고 있다. 신재생에너지의 설치의무비율은 연도별로 증가되어, 2013년 11%에서 2015년 기준 15%, 2020년 이후는 30%까지 증가된다.

또한 다양한 신재생에너지의 보급과 설치를 유도하기 위하여, 2014년 5월에 개정된 법령은 기존 태양광과 태양열 및 지열의 신재생에너지 이외에 집광채광과 연료전지를 추가하여 신재생에너지시스템의 복합 활용에 대한 선택 폭이 넓어졌다.

이에 본 연구는 신재생에너지원에 새로 추가된 집광채광을 공공건축물에 우선적으로 도입하고, 집광채광만으로 신재생에너지 공급의무비율을 충족시킬 수 없는 경우, 태양광과 태양열 및 지열을 활용하여 부족한 공급 의무비율을 보완하고자 한다. 이를 위하여 공공건축물 중에 집광채광을 보다 효율적으로 사용할 수 있을 것으로 판단되어지는 실내체육관을 대상건축물로 선정하였다. 이에 대상건축물의 건축물의 에너지 사용특성을 반영한 신재생에너지원의 시스템에 대하여 경제성과 환경성 및 기술성 또한 복합성을 평가하여 신재생에너지 공급의무비율에 적합한 시스템의 최적

비율을 도출하고자 한다.

1.2 연구방법 및 범위

본 연구는 집광채광시스템을 공공건축물인 실내체육관에 우선적용하고 신재생에너지 공급의무비율에 따른 시스템의 최적 비율을 제시한 연구로서 연구방법과 범위는 다음과 같다.

- (1) 2000~2012년까지 국내에서 건설된 실내체육관의 평면형태를 조사 분석하였다.
- (2) 조사분석을 통하여 얻어진 원형 실내체육관을 대상건축물로 선정하여 신재생에너지 공급의무비율 15%(2015년 기준)를 적용하였다.
- (3) 대상건축물의 에너지사용량을 Energy Plus Ver 8.1을 이용하여 분석하고, 운영방식에 따른 조명부하를 산출하였다.
- (4) 설치 가능한 집광채광에 대하여 신재생에너지 공급의무 분담율을 산출하였다.
- (5) 신재생에너지 공급의무비율은 집광채광 도입을 우선으로 하고, 나머지 부족한 공급의무비율은 태양광과 태양열 및 지열을 이용하여 신재생에너지 시스템을 구성하였으며, KRESS 프로그램으로 상위 5%에 대한 경제성과 환경성 및 기술성 또한 복합성을 평가하여 시스템의 최적 비율을 도출하였다.

2. 대상 건축물의 선정 및 개요

2.1 대상 건축물의 선정

국내 체육시설 건립현황을 조사한 결과, Fig. 1과 같이 2000년~2012년까지 총 581개의 시설이 건립되었으며 이 가운데 장방형 평면은 82%(477개)로 소규모 다목적구장이나 학교강당용으로 사용되고 있으며, 원형은 중규모 이상으로 문화행사와 구기종목 및 생활체육활동 등으로

사용되며 18%(104개)를 차지하고 있어, 집광채광 설치가 용이한 원형형태의 실내체육관을 분석대상 건축물로 선정하였다.

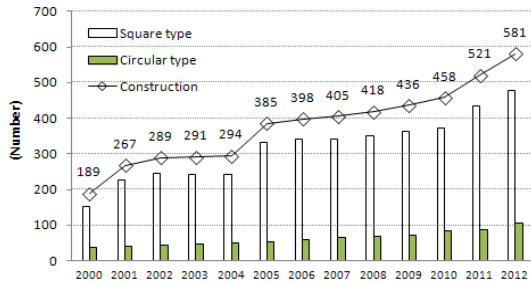


Fig. 1 The current construction state of gymnasiums in the nation(2012)

2.2 수치계산 조건

건물에너지 분석 프로그램인 EnergyPlus ver.8.1을 이용하였으며, 대상건축물의 벽체와 유리의 열관류율, 설비시스템의 냉·난방, 실내 재실인원, 조명기기, 사용전력량 등의 입력조건은 Table 4와 같다. 기상데이터는 한국태양에너지학회에서 제공하는 대구지역의 표준기상데이터¹⁾를 적용하였다.

Table 1 The input conditions of EnergyPlus simulation

Area (m ²)	Building area	8,178.55
	Total floor area	17,476.30
	Total number	One basement, eight on the ground
Structure heat generation amount (W/m ² .K)	Walls	0.47
	Glass	2.7
Internal heat generation amount (W/m ²)	Human bodies	0.5
	Lighting	20
	Equipment	22
Preset temperature (°C)	Cooling	26
	Heating	18

1) 한국태양에너지학회(The Korean Solar Energy Society) 대한민국 주요도시의 표준 기상 데이터를 한국건축친환경설비학회 공동으로 작성하여 배포

대상 건축물에 대한 천정의 조명기구는 현장조사와 자료를 통하여 Fig. 2와 같이 중앙천장 ①~⑥열에 (MF400 LS/U)의 조명기구 60개와 캐워크 상부 1단링(MT1500 B/BH)에 38개, 2단링(MT1000 B/BH)에 104개의 총 3종 202개의 조명기구가 설치되어 있음을 확인하였다.

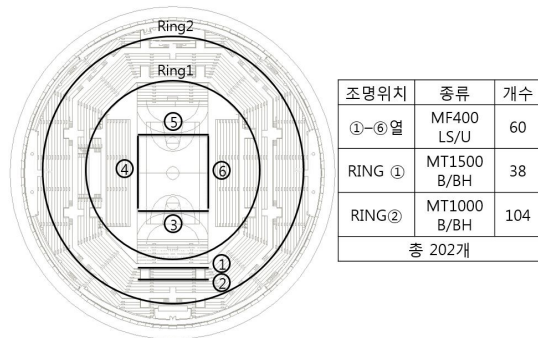


Fig. 2 Lighting in the target building layout

수치계산에 적용된 실내체육관의 운영스케줄은 방문조사를 통해 공식경기·일반경기·레크리에이션으로 구분되며 Table 2~3과 같다. 공식경기과 일반경기는 연간 25~42일로 평균 34일정도가 운영되고 있으며 레크리에이션, 탁구·배드민턴·배구·핸드볼·댄스 등의 체육활동 목적으로 일평균 2.8시간이 사용되고 있는 것으로 나타났다.

Table 2 Official and General game use indoor Gymnasium schedule

Division		Indoor Gymnasium official and general game using Schedule					
Using days Monthly	Mon	1	2	3	4	5	6
	Day	2 (1/0/1)	4 (2/2/0)	2 (1/0/1)	3 (1/2/0)	5 (1/2/2)	5 (4/1/0)
	Mon	7	8	9	10	11	12
	Day	0 (0/0/0)	3 (2/1/0)	6 (4/2/0)	3 (1/2/0)	0 (0/0/0)	1 (0/1/0)
Total		34 (17/12/4)					

* Using days monthly(Weekdays/Weekend/Holidays)

Table 3 Recreational use indoor Gymnasium schedule

Division		Recreational use indoor gym schedule		
		dys	Hours of use	use count
Exercise Type	Badminton	mon-fri	19:00~22:00	3
	Table tennis	mon-fri	14:00~17:00	3
	volleyball	sat	14:00~17:00	3
	Handball	sun	14:00~7:00	3
	Dance	mon-fri	10:00~12:00	2

2.3 대상 건축물의 에너지사용량

대상건축물의 연간에너지 사용량에 대한 수치계산 결과는 Fig. 3과 같다.

전체 예상에너지 사용량(411,426kwh/yr)에 대한 에너지사용비율을 살펴보면 난방 52%, 냉방 32%, 전력 14%, 급탕 2%, 순으로 구분되며 이 가운데 조명부하에 소요되는 에너지 사용량은 전력부하의 약 34%(19,674kWh)가 사용됨을 알 수 있었다. 즉, 총에너지 사용량의 4.7%가 조명부하에 사용되는 것으로 나타났다.

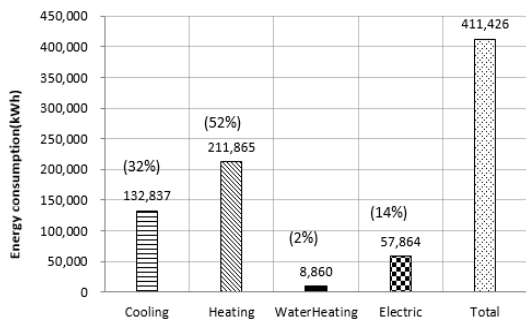


Fig. 3 Energy consumption per load to the target building

3. 신재생에너지 공급의무비율


3.1 집광채광의 신재생에너지 공급의무비율 분담률

현재 한국에너지공단에서 인증하는 집광채

광은 프리즘 형태와 광덕트 형태의 2종류가 존재하나, 본 연구에서는 태양의 궤도변화에 영향을 적게 받으며, 중규모 이상의 원형 실내체육관에 설치 시, 빛의 세기에 의한 눈부심이 없고, 또한 실내온도변화에 영향을 주지 않는 장점을 가지고 있는 프리즘형태의 집광채광을 적용하였다.

본 연구에 사용된 집광채광은 (Table. 4)²⁾와 같다.

Table 4 The characteristics and installation conditions of a prism-shaped daylight system

Prism (P1)	Condensing area	Energy production	Correction factor
	0.72m ²	94.7 kWh/set-yr	11.70

다음 Fig. 4는 운영스케줄에 따른 기존 조명에너지사용량과 프리즘형태의 집광채광을 적용한 조명에너지사용량의 수치계산을 도출 및 비교하였다. 그 결과, 2015년도 설치의 무화제도의 신재생에너지 공급 의무비율 기준 15% 가운데 집광채광만으로 평균 2.5% 공급의무비율을 분담³⁾할 수 있는 것으로 나타났다.

- 2) 신·재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침 제2014-20호 제48조 관련, 단위에너지 및 원별 보정계수에서 제시하는 모델
- 3) 선행연구 <박윤하 외 3인, 집광채광시스템을 적용한 실내체육관의 신재생에너지 공급의무 분담률에 관한 연구, 한국태양에너지학회 논문집, Vol.35, No.3, 2015>에 의하여 도출된 값이며, 이에 신재생에너지 원의 최적도입방안을 도출함.

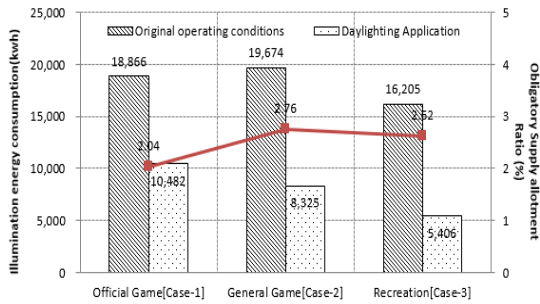


Fig. 4 The supply obligations allotment rate of daylight system

3.2 에너지사용특성을 고려한 신재생에너지 시스템 적용

신재생에너지 공급의무비율 15% 가운데 집광채광의 비율을 기본 2.5%로 하고 부족한 공급의무비율 12.5%는 KRESS 프로그램을 이용하여 태양광과 태양열 및 지열을 이용한 신재생에너지 시스템을 구성하였으며, 구성된 시스템에 대하여 경제성, 기술성, 환경성 및 복합성을 평가하였다.

4. KRESS 프로그램을 이용한 신재생에너지시스템 최적화 도출

4.1 KRESS프로그램

본 연구에서 개발·이용된 KRESS⁴⁾ 프로그램은 기존법규와 연계하여 국내 「신에너지 및 재생에너지 이용·촉진·보급 법」에서 지정하고 있는 11종의 신·재생에너지원 가운데 건축물에 적합하다고 판단되는 태양광과 태양열 및 지열에 집광채광과 연료전지를 추가하여 신재생에너지원 조합의 최적비율을 도출할 수 있는 프로그램으로 KRESS ver2.0를 사용하였다.

KRESS에는 지식경제부 고시 공공의무화 제도 신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 규정의 건축물의 용도별 단위에너지 사용량과 용도별 보정계수 및 신재생 에너지원의 단위 에너지생산량, 원별 보정계수 및 가중치⁵⁾를 사용하였다.

Ffig. 5와 같이 KRESS에서 선호하는 신재생에너지원을 적용하면 10% 단위로 신재생에너지원별 적용 비율과 용량이 구분되어지고 색상으로 우선 순위를 나타낸다.

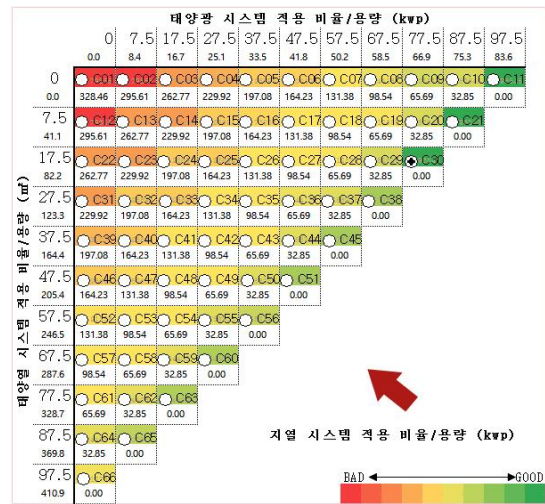


Fig. 5 KRESS Program Matrix

Fig. 6은 Fig. 5, 매트릭스의 신재생에너지원 비율과 용량에 '건축물에 신재생에너지시스템 적용을 위한 설문조사'를 통하여 도출된 가중치를 반영하여 적용방안(C01~C66)을 7등급으로 나누어 우선순위를 나타낸다.

4) KRESS Program (ver.1~2) 경북대학교 건물에너지설비연구실 2013 Ver1.0, 2015 Ver2.0 개발

5) 한정하 외 3인, 공공용 업무시설의 신재생에너지시스템 최적화 연구, 한국태양에너지학회 논문집, Vol.33 No.5, pp95-104, (2013)

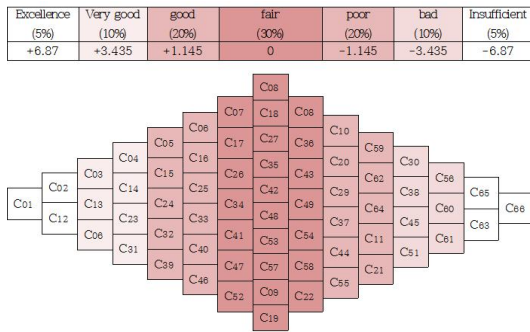


Fig. 6 Scoring rate chart

Fig. 7과 같이 KRESS의 평가항목으로 경제성, 기술성, 환경성 및 복합성으로 구분하였으며 경제성은 초기투자비와 유지관리비 및 에너지비용이 평가항목 이고, 기술성은 금액대비효율과 생산량, 환경성은 CO₂배출량을 평가항목으로 사용하였다.

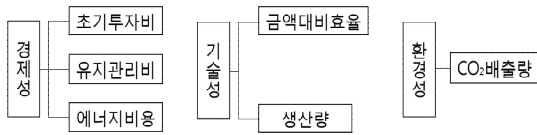


Fig. 7 Evaluation items applicable to the KRESS Program

4.2 KRESS 프로그램에 사용된 계산식

(1) 경제성

① 초기투자비

초기투자비는 신재생에너지시스템 적용에 사용된 투자비용을 의미하며 한국에너지공단 신재생에너지센터에서 2012년 신재생에너지의 설치단가기준⁶⁾에 제시된 것을 사용하였다.

6) 신재생에너지센터 공고 제2012-3호 신재생에너지 설비의 지원등에관한 지침

② 유지관리비

신재생에너지시스템 설비의 사용기간 동안의 유지보수비용, 교체비용에 소요되는 비용을 현재 가치 기준으로 식 (1)~(3) 과 같이 산정하였다.

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

P_{MR} : 유지보수비용의 현재가치 n : 년수
 i : 실질할인율
 M : 연간유지보수비용

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

P_R : 교체비용의 현재가치 n : 년수
 i : 실질할인율
 R_n : 순가치

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

i : 실질할인율 n : 년수
 i_n : 명목할인율
 f : 물가상승률

③ 에너지비용

에너지비용은 분석기간 20년 동안의 전기와 유류 및 가스사용에 따른 소요비용으로 현재가치로 산정하였으며 실질할인율은 식 (4)를 이용하였다.

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

P_V : 에너지비용의 현재가치 n : 년 수
 i : 실질할인율
 N_V : 순가치

(2) 기술성

① 공급 신뢰성

신재생에너지의 안정적 공급 평가방법은

불균형지수(Inequality Coefficient; IC)를 활용하여 월별데이터의 불균형을 평가하였으며 에너지공급 신뢰도 평가식⁷⁾은 식 (5)와 같다.

$$IC = \left(\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=0}^n (D_t - S_t)^2} \right) / \left(\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=0}^n (D_t)^2} + \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=0}^n (S_t)^2} \right) \quad (5)$$

IC : 에너지공급 신뢰도
 D_t : t시간에서의 에너지수요
 S_t : t시간에서의 에너지공급

② 효율성

효율성은 신재생에너지시스템 적용에 사용된 순수한 투자비용대비 생산량의 비를 의미하며 신재생에너지의 단위에너지 생산량과 신재생에너지 원별 기준단가를 비율로 계산⁸⁾하였다.

(3) 환경성

① CO₂ 배출량

IPCC 에너지열량 환산기준에 따른 탄소배출 계수를 이용하여 식 (6)으로 CO₂배출량을 산출하였다.

$$T_{CO_2} = F_{toe} \times K_{FC} \times (44/12) \quad (6)$$

T_{CO_2} : 연간이산화탄소 발생량 (ton)
 F_{toe} : 해당연료 TOE (ton)
 K_{FC} : 해당연료 탄소배출계수

7) 정민희, 신재생에너지시스템의 도시 복합적용을 위한 최적안 선정 알고리즘 개발, 중앙대학교 대학원, 공학박사학위논문,2012
 8) 홍준호, 건축물의 신재생에너지시스템 최적 적용비율 도출에 관한 연구, 경북대학교 대학원, 공학석사학위논문,2014

5. 최적화 비율 도출

5.1 경제성 평가

경제성은 초기투자비용, 유지관리보수비, 에너지비용을 평가항목으로 평가하였으며 가중치가 반영된 우선순위 가운데 상위 5%에 대한 신재생에너지시스템의 1~3순위의 평균 비율을 다음 Fig. 8과 같이 분석하였다.

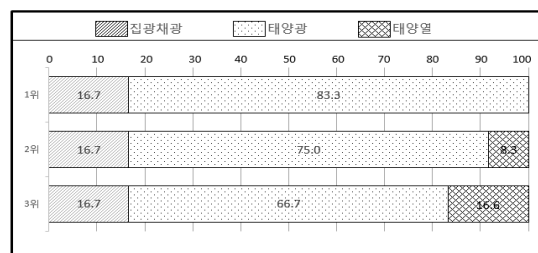


Fig. 8 The rate (%) of upper 5% new and renewable energy through economic evaluation

신재생에너지 공급의무비율 2.5%에 해당하는 집광채광 16.7%를 고정하였을 때, 1순위는 태양광(83.3%)이고, 2위는 태양광(75%) → 태양열(8.3%)로 태양광의 비율이 낮아지고 태양열이 추가되었다. 3순위는 태양광(66.7%) → 태양열(16.6%)로 2순위에서 태양열이 차지한 비율보다 8.3%증가하였다.

따라서, 경제성은 태양광의 비율이 태양열이나 지열보다 높게 도출되었다.

5.2 기술성 평가

기술성은 금액대비효율과 생산량을 평가항목으로 평가하였다. 상위 5%에 해당하는 1~3순위의 신재생에너지원 비율을 Fig. 9와 같이 나타내었다.

신재생에너지 공급의무비율 2.5%에 해당하는 집광채광 16.7%를 고정하였을 때, 1순위는 지열(83.3%), 2순위는 지열(75%) → 태양

열(8.3%), 3순위는 지열(75%)→태양광(8.3%) 순으로 2와 3 순위에서 태양열과 태양광을 추가하였으나 지열의 비율이 높게 도출되었다.

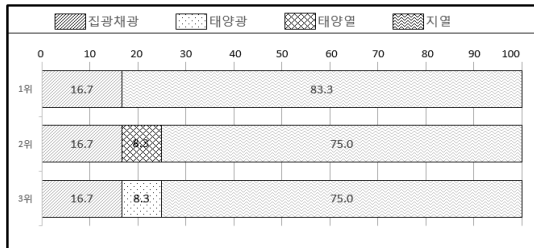


Fig. 9 The rate (%) of upper 5% new and renewable energy through technical evaluation

5.3 환경성 분석

환경성은 CO₂배출량을 평가항목으로 평가하였으며, 상위 5%에 해당하는 1~3순위의 신재생에너지원 비율과 그에 따른 평균값을 Fig. 10에 나타냈으며, CO₂배출량이 적은 에너지원이 우수하게 평가되도록 하였다.

신재생에너지 공급의무비율 2.5%에 해당하는 집광채광 16.7%를 고정하였을 때, 1순위는 태양광(83.3%)로 경제성과 동일하며, 2순위도 태양광(75%)→태양열(8.3%)으로 경제성 2순위와 일치하고, 3순위 또한, 태양광 (66.7%)→태양열(16.6%), 경제성과 동일하게 태양광의 비율이 높게 도출되었다.

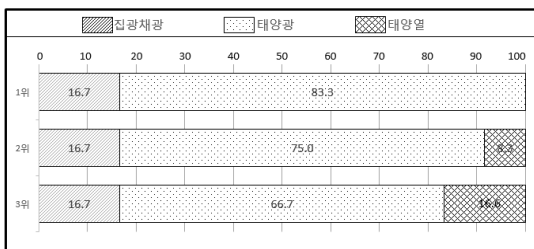


Fig. 10 The rate (%) of upper 5% new and renewable energy through environmental evaluation

5.4 복합성 평가

복합성은 경제성, 기술성, 환경성을 종합적으로 평가한 항목으로, 타 평가항목과 동일하게 상위 5%에 해당하는 1~3순위의 신재생에너지 비율을 나타내고 그에 따른 평균값을 Fig. 11에 나타냈다.

1위~3순위까지 신재생에너지원별 비율을 살펴보면 경제성과 유사한 패턴으로 나타났으며, 최적비율이 집광채광(16.7%)와 태양광(83.3%)으로 도출되었다. 지열의 경우 0%로 설치용량이 제시되지 않았으며, 이는 지열이 경제성과 환경성에서 차지하는 비율이 낮아, 이와 같은 결과가 도출된 것으로 여겨진다.

따라서, 실내체육관의 에너지 사용특성이 고려된 신재생에너지원은 태양광의 비율이 높은 것이 유리한 것으로 나타났다.

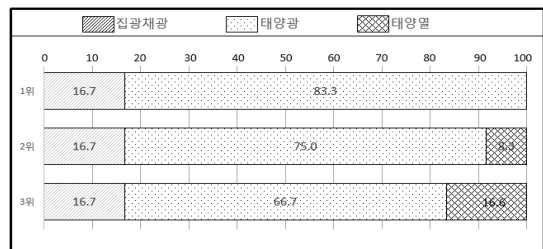


Fig. 11 The rate (%) of upper 5% new and renewable energy through complexity evaluation

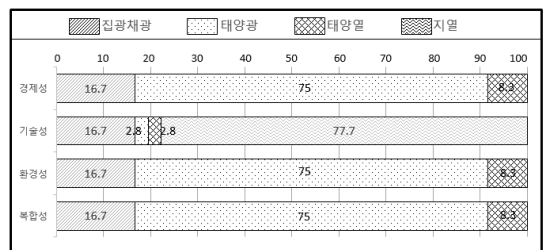


Fig. 12 The mean rate (%) of new and renewable energy for the upper 5%

6. 결 론

본 연구는 공공건축물인 실내체육관을 대상으로 신재생에너지원으로 사용 가능한 집광채광시스템을 우선 적용하여 공급의무 부담율을 분석하고, 나머지 부족한 공급의무비율에 해당하는 신재생에너지 시스템의 최적비율을 고찰하였다. KRESS프로그램을 이용하여 평가항목별 상위 5%에 대하여 경제성, 기술성, 환경성 및 복합성을 평가하여 시스템의 최적비율을 도출한 연구로서, 그 결과는 다음과 같다.

- (1) 실내체육관의 운영스케줄은 공식경기·일반경기·레크리에이션으로 구분되고, 공식경기와 일반경기는 평균 34일정도 운영되고 있으며 레크리에이션, 탁구, 배드민턴·배구·핸드볼·댄스 등의 체육활동 목적으로 일평균 2.8시간이 사용되고 있는 것으로 나타났다.
- (2) 프리즘형태의 집광채광은 2015년도 설치의무화제도의 신재생에너지 공급의무비율 기준 15% 가운데 2.5%를 차지하며, 이는 시스템 조합비율에서 16.7%로 나타났다.
- (3) KRESS ver2.0 프로그램을 이용하여 상위 5%에 해당하는 경제성, 기술성, 환경성 그리고 복합성 평가를 실시한 결과 경제성은 태양광(83.3%), 기술성은 태양열(8.3%)과 지열(75%), 환경성은 태양광(83.3%)으로 신재생에너지원 비율이 나타났으며, 복합성은 경제성과 동일하게 태양광(83.3%)의 비율이 높게 나타났다.
- (4) 경제성은 초기투자비용과 유지관리비용 및 에너지비용이 낮은 태양광, 기술성은 금액 대비효율과 생산량이 높은 지열, 환경성에서 CO₂배출량이 낮은 태양광의 평가점수가 높아, 최적 비율이 높게 나타난 것으로

사료된다.

- (5) 실내체육관의 에너지사용특성은 급탕 사용률이 낮으며 냉·난방과 조명의 전기사용량이 높으므로 이를 분담할 수 있는 태양광과 집광채광이 우선시되어야 한다.

이상 본 연구를 통해 집광채광을 기본으로 태양광과 태양열 및 지열을 조합하여 신재생에너지 공급의무비율에 따른 경제성, 기술성, 환경성 그리고 복합성으로 분석하였으며, 시스템의 최적화 비율을 제시할 수 있었다.

향후, 시스템 최적화 도출을 위한 KRESS 프로그램에 적용된 평가요소를 추가 보완하면 좀 더 정확한 예측이 가능할 것으로 판단된다.

후 기

“이 논문은 2015년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (NRF-2011-0012071)”

Reference

1. Park, Y. H, Lee, Y. H, Cho, Y. H, Hwang, J. H, A Study on the Supply obligations allotment rate of New Renewable Energy in Indoor Gymnasiums with the Application of a Daylighting System, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 35, No. 3, pp.27-40, 2015.
2. Hong, J. H Lee, Y. H Cho, Y. H, Hwang, J. H, A Study on the Planning of Hybrid Renewable Energy Systems Optimization Apply in the general hospital building, The society of Air-conditioning and Refrigerating Engineers of Korea, Vol. 2013 No. 6 ,2013.

3. Lee, Y. H, Hong, J. H, Kim, Y. K, Cho, Y. H, Hwang, J. H, Analysis of Effects of Building Energy Consumption Characteristics on the Optimization Ratio for New and Renewable Energy Systems, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 34, No.5, pp.117-126, 2014.
4. Park J. B, Byon K. M, Lee K, Ko J. B, Chun S. H, Park C. Y, Lim J. M, Hur S. K, The Analysis Of Daylight Collecting System's Efficiency Through Light Design Simulations, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 2013, No. 5, pp.76-77, 2013.
5. Kim M. S, Lee C. S, Oh D. H, Sung T. K, Jung C. B, Kim B. C, The Development of Solar Tracking Prismatic Daylighting System, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 2012, No. 11, pp.151-154, 2012.
6. Kang E. C, Choi Y. J, Lee E. J, Concentrating POF Daylighting System Efficiency Evaluation Study, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 2010, No. 11, pp.309-314, 2010.
7. Oh S. J, Han H. J, Chun W. G, A Comparative Study on Daylighting Performance Prediction of Light Tube and Dish Concentrator, Journal of The Korea Society for Energy Engineering, Vol. 21, No. 2, pp.124-132, 2012.
8. Song K. D, Park G. W, Ryu H. K, A Study On Lighting Diffusion System Of Daylight Duct System, Journal of the Korea Institute of building construction, Vol. 11, No.1, pp.99-104, 2011.
9. Shin S. W, Oh S. J, Lim S. Y, Kim W. S, Chun W. G, A Comparative Study on Daylighting Performance Prediction of Light Tube and Dish Concentrator, Journal of the Korea Society of Energy and Climate Change, Vol.2012, No.5, pp.46-46, 2012.
10. Lee, S. R., Jeung, N. G., Lee, K. K., Lee, S. H., Oh, M. D., Life Cycle Cost Analysis of Energy Saving Performance for Apartment, SAREK, Winter Annual Conference, pp.254-259, 2010.