



서울시 녹색건축물 설계기준 신재생에너지 의무설치비율 이행을 위한 소규모 공동주택 최적계획 프로세스 연구

Optimal-Design Process for Residential Buildings to Implement Obligatory Renewable Energy Service Ratio in Green Building Design Criteria, Seoul Metropolitan Government

김미연* · 김형근** · 홍구표***

Kim, Mi-Yeon* · Kim, Hyung-Geun** · Hong, Goopyo***

* SH Urban Research Center, Seoul Housing & Communities Corporation, South Korea (miyeon8377@i-sh.co.kr)

** Coauthor, SH Urban Research Center, Seoul Housing & Communities Corporation, South Korea

*** Corresponding author, SH Urban Research Center, Seoul Housing & Communities Corporation, South Korea (goopyoh@i-sh.co.kr)

ABSTRACT

Purpose: The purpose of this study is to investigate and analyze the renewable energy systems' maximum capacity and service-supply ratio on residential buildings which are recently built. In order to implement the obligatory renewable energy service supply ratio, energy efficient and cost effective renewable systems are suggested. **Method:** First, the renewable energy systems applicable on residential buildings were investigated through literature reviews. Second, energy reduction ratio of primary energy consumption was calculated by using ECO2. Third, the maximum capacity and the initial cost of them were analyzed using drawings of the residential buildings and regulations on the renewable energy systems. Lastly, the cost-performance index was developed to determine the priority of renewable systems for selection. **Result:** With renewable system cost-performance index (RCPI), it is suggested to use mini-PV, PV, BIPV, Solar thermal(ST), and earth energy system(EES) in order. Without RCPI and with only mandatory supply-ratio, it is suggested to use ST, mini-PV, BIPV, PV, and EES in order. Since service supply ratio depends on building's site area, shape, orientation, and so on, these case studies of this current study can install the systems with supply ratio from 37% to 130%. It is suggested to consider the cost and energy reduction with RCPI and with only service supply ratio when the renewable systems are design.

KEYWORD

제로에너지
신재생에너지
에너지 설치비율

Zero Energy
Renewable Energy
Energy Service-Supply Ratio

ACCEPTANCE INFO

Received Feb 8, 2018
Final revision received Mar 15, 2018
Accepted Mar 20, 2018

© 2018 KIEAE Journal

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

온실가스 감축의 일환으로 공공건물은 2020년부터 제로에너지 빌딩이 의무화 되고, 민간건축물은 2025년부터 의무화 된다 [1]. 이를 활성화 하기 위해 국토교통부에서는 '건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증기준'을 고시하고 2017년 1월 20일 시행하였다 [2]. 제로에너지빌딩 인증이 2017년부터는 시장형 공기업, 2018년에는 준시장형 건물에는 의무화 되었으며 점차 공공건물, 민간 건물로 확대 될 방침이다 [3]. 이때 에너지 소비량을 다루는 건물에너지효율등급도 있지만 에너지 생산량인 자립률을 다루는 신재생에너지 분야의 추가 설치가 절대적으로 필요하다. 특히 건물에너지 소비량 중 50% 이상을 차지하는 공동주택의 경우 적용 가능한 신재생에너지원의 선정부터 공급의무비율을 달성하기 위한 다양한 설치 전략이 필요하다. 공동주택은 다수의 세대가 모여 있기 때문에 외기에 노출되

는 표면적을 최소화할 수 있어서 단독 주택에 비하여 열손실 및 냉난방에너지를 줄일 수 있는 형태이다 [4]. 반면에 공동주택에 설치하는 신재생에너지 시스템들은 일정부분 공간과 면적을 차지하게 되어서, 제로에너지 건축물의 구현 또는 에너지 생산량을 높이기 위한 잠재력은 낮아지게 된다.

특히 서울시의 공동주택의 경우 대규모 택지고갈에 따라 소규모 공동주택 사업지구가 중요하게 되었으며, 2017년 9월 발표된 '녹색건축물 설계기준'으로 소규모 공동주택의 에너지 성능 강화와 신재생에너지 설치 의무비율 이행으로 공사비 상승에 대한 부담이 큰 현실에 놓여있다 [5]. 이 기준에 의한 적용대상은 주거와 비주거로 나누어 각각 4개의 등급으로 구분하였다. 주거의 경우 '가'등급은 1,000세대 이상, '나'등급은 300세대 이상부터 1,000세대 미만, '다'등급은 30세대 이상부터 300세대 미만, '라'등급은 30세대 미만으로 구분하였다. 본 연구에서는 '다'등급을 소규모로 범위를 정하였으며, 소규모 공동주택의 경우 공간이 협소하고 가용면적의 확보에 한계가 있어서 신재생에너지 설치 용량 및 비용에 대한 적극적인 검토가 필요하다.

본 연구의 목적은 최근 준공 또는 건설 중인 소규모 공동주택

을 대상으로 신재생에너지를 설치할 수 있는 가능한 용량 및 설치 공급비율을 검토한다. 또한 신재생에너지 설치 의무비율 이행을 위해 비용을 고려한 신재생에너지 원별 적용방안을 분석 및 제시하고자 한다.

1.2. 연구의 방법 및 범위

Fig. 1과 같이 연구방법의 흐름을 나타내었다. 먼저 다양한 신재생에너지원 중 공동주택에 설치가능한 신재생에너지를 조사한다. 최근 준공한 소규모 공동주택을 대상으로 ECO2 프로그램을 활용하여 에너지 요구량 및 소요량을 분석하고, 적용 가능한 신재생에너지원 중심으로 에너지 절감량을 도출한다. 공동주택 도면파악을 통해 설치가능한 신재생에너지원별 최대 용량 및 설치면적을 검토하고 신재생에너지 원별 기준단가를 통해 공사비를 분석한다. 에너지 절감량과 비용의 상관관계를 통해 개발한 비용성능평가지수를 고려하여 소규모 공동주택에 적용 가능한 신재생에너지원을 분석한다.

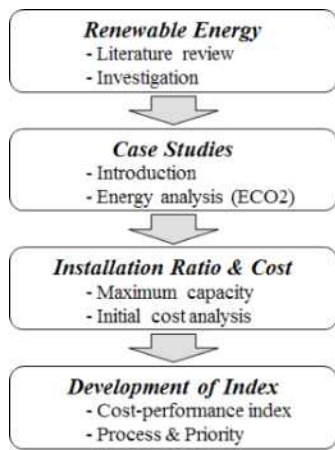


Fig. 1. Flow of research methodology

2. 공동주택 적용 가능한 신재생에너지와 용량 산정

2.1. 이론고찰을 통한 공동주택에 적용 가능한 신재생에너지

2013년부터 2017년까지 건축물에너지효율등급 1++인증을 받은 건물 69개를 대상으로 적용한 신재생에너지를 살펴보면 태양광을 적용한 건물이 46개, 지열을 적용한 건물이 11개, 태양광+지열을 적용한 건물이 6개로 나타났다 [6]. 즉 건축물에너지효율등급 인증을 높게 받은 건물에서 적용한 신재생에너지원은 태양광과 지열인 것으로 나타났다. 정민희의 연구에서는 공동주택에 적용 가능한 신재생에너지 시스템은 태양광, 태양열, 지열을 제시하였다 [7]. 백승효의 연구는 공동주택에 신재생에너지를 적용하는 프로그램을 개발하였고, 이에 대한 신재생에너지 시스템으로는 지열, 태양광, 태양열, 풍력시스템을 적용하였다 [8]. 이수진의 연구에서는 공동주택 단지차원에서 태양광, 태양열, 지열, 풍력, 연료전지를 적용 가능 기술로 설정하고 공동주택 단지의 1차에너지 소비량에 대한 에너지절감율을 산출하여 에너지성능을 분석하였다 [9].

즉 공동주택에 적용 가능한 신재생에너지 시스템을 정리하면 <표1>과 같다. 다만, 풍력은 진동과 소음으로, 연료전지는 에너지 저장과 수송에 대한 문제가 있어서 단시일 내에 소규모 공동주택에 적용은 어려울 것으로 판단되었다 [4].

Table 1. Applicable renewable energy systems on multi-family residential buildings by literature review

Authors	Renewable energy systems
Ki-Tae Kim et al. [6]	Photovoltaic system(PV), Solar thermal system(ST), Geothermal energy system(GES)[10]
Min-Hee Chung et al. [7]	PV, ST, GES
Seung-Hyo Baek et al.[8]	PV, ST, GES, Wind
Soo-Jin Lee et al.[9]	PV, ST, GES, Fuel Cell System(FCS)

① 미니태양광

서울시는 2012년 4월 ‘원전 하나 줄이기’ 정책을 추진하면서 이 중 하나로 ‘아파트 미니태양광 설치사업’을 진행하고 있다. 본 연구에서는 세대 발코니에 가장 많이 설치되고 있는 250W 용량의 미니 태양광 발전시스템을 선정하였다 [11]. 일반적으로 5층 이상 구간에서 설치하는 것이 이상적이어서 5층 이상 세대에 우선 설치하지만, 소규모 공동주택이면서 의무설치 비율을 지켜야 할 경우 용량 미달시에는 전체층에 설치하는 것도 고려하였다.

② 옥상 설치 태양광

옥상의 설치 유효면적은 계단실등의 공간을 제외하고 옥상 전체의 70%를 설치 가능한 면적으로 가정하였다. 발전량이 가장 높은 설치각도는 약 30° 이기 때문에 [12,13], 본 연구에서도 태양광 설치각도는 30° 로 하였다.

③ BIPV(Building-Integrated Photovoltaic)

BIPV를 벽면에 설치 적용하는 것으로 가정하였고 설치각도는 90° 이며, 남향, 동향, 서향 벽체에 BIPV시스템을 적용하는 것으로 하였다.

④ 태양열

옥상 설치 태양광과 동일한 면적으로 산정하였으며, 옥상에 이중진공관형 타입을 설치하는 것으로 하였다.

⑤ 지열

대지면적의 50%를 설치 가능면적으로 가정하고, 설치면적 25㎡당 용량 4RT로 산출하였다.

2.2. 신재생에너지 용량 산정 및 의무설치 비율

정부는 신재생에너지 개발·이용·보급 촉진법을 제정 시행하여 공공기관 건물들의 신재생에너지 설비를 의무적으로 설치 공급하도록 유도하였다[14].

서울시 녹색건축물 설계기준에 의하면 신재생에너지 설치비율을 연도, 규모, 용도별로 구분하고 있으며 본 연구에서 다루고 있는 주거건물의 경우 2015년 2%부터 2023년 10%까지 매년 1%씩 증가하여 의무적으로 설치할 것을 규정하였다 [5]. 설치비율은 신재생에너지 설비의 지원등에 관한 규정에 따른다 [15]. 단 서울시는 단위에너지사용량에서 공동주택은 230kWh/㎡y로 정하였으며, 본 연구에서도 이를 반영하였다.

신재생에너지 설비규정을 살펴보니 단위에너지 생산량에 미니태양광 항목의 신설과, 단위에너지사용량에는 공동주택이 숙박식

설로 대체 사용하고 있으므로 공동주택 용도의 추가가 필요하다.

3. ECO2를 이용한 에너지 소요량 분석

3.1. 대상건물 개요

소규모 공동주택도 서울에서 사업승인 신청 시 ECO2 프로그램을 이용하여 건물에너지효율등급 인증 제출이 의무화 되어 있으며, 신재생에너지 의무설치비율을 이행해야 한다. 따라서 최근 준공 및 준공을 앞두고 있는 서울시에 위치한 4개의 소규모 공동주택을 선정하여 1차에너지 소요량을 분석하고, 신재생에너지를 설치 할 경우 1차에너지 절감량, 설치 가능 용량과 초기비용을 파악하였다. 대상 단지에 대해 면적, 세대수, 단열재 두께, 창호의 열관류율, 보일러 용량 및 효율, 조명밀도, 기존 신재생에너지 설치여부 및 용량을 <표 2>에 나타내었다.

3.2. 에너지 평가 및 분석

4개의 소규모 공동주택의 에너지 성능을 파악하기 위해 ECO2프로그램을 사용하였다. ECO2는 건축물의 에너지효율 등급을 평가하기 위한 도구로 ISO 13790과 DIN V 18599를 근거로 개발되었으며, 월 평균 기상데이터를 바탕으로 건물의 월별 에너지 요구량 및 시스템 성능에 따른 소요량을 예측하고, 연간 단위면적당 1차에너지소요량(kWh/m².y)을 산출한다. 에너지 소요량은 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기 에너지로 구분하며, 시스템 성능을 평가하기 위해 공조처리, 난방기기, 난방공급시스템, 난방분배시스템, 냉방기기, 냉방분배시스템 신재생 기기를 각각 입력하도록 구성되어 있다 [16]. ECO2는 동적해석 에너지

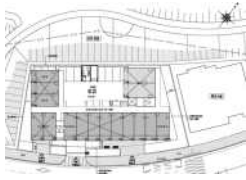



해석 프로그램인 EnergyPlus에 비해 제한적이지만 사용이 용이하며 건물에너지 요구량과 설계된 설비의 용량과 효율에 의해 에너지 소비량을 계산하게 된다 [17]. ECO2에서 신재생에너지원은 태양광, 태양열, 지열, 연료전지를 입력할 수 있으며, 향후 추가 신재생에너지원 설치에 대한 고려가 필요하다.

각 단지의 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기와 전체 1차에너지소요량은 Fig. 2와 같이 나타났다. 4개단지 모두 난방에너지가 전체 에너지 중 61%~68%로 가장 높게 차지하였고, 그 다음 조명에너지가 18%~20%, 급탕에너지가 13%~20%로 나타났다. G단지에서는 급탕이 20%, 조명에너지가 19%로 나타났으나 나머지 3개단지는 조명에너지가 두 번째로 높게 나타났다.

K단지의 1차에너지 소비량이 196kWh/m²y로 다른 단지에 비해 가장 높게 나타났으며 이는 세대 배치가 동향과 서향으로 이루어져 일사의 영향을 적게 받는 것으로 판단된다. 남향으로 배치된 G단지가 정남배치가 없는 K단지에 비해 에너지 성능이 40% 더 높은 것으로 파악되었다. 단지별 일사량 파악을 위해 친환경주택성능평가 프로그램을 활용한 결과를 <표 3>에 나타내었다. 남향세대가 거의 없는 K단지와 C단지가 일사량이 낮게 나타나는 것을 알 수 있다. 따라서, 유사한 단열재 두께와 고효율 설비등으로 에너지 절약적 설계를 계획하여도 주동의 향배치로 인한 일사량의 차이가 있으며 이는 실제 에너지 요구량에 직접적인 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 소규모 공동주택일 경우 에너지 소요량에 있어서 향별 배치의 영향은 더욱 크게 나타날 것으로 판단된다.

본 연구에서 적용하기로 한 신재생에너지원별 설치를 통해 ECO2로 분석한 에너지 절감량을 4장에서 검토하였다.

Table 2. Case studies and input data for energy analysis

		S-residential building	K-residential building	G-residential building	C-residential building
Plan					
Completion date		Oct. 2016	Feb. 2016	May 2018	Jun. 2017
Location		Nowon-Gu	Gandong-Gu	Guro-Gu	Guro-Gu
Site area(m ²)		1,366	1,373	2,070	3,321
Gross floor area(m ²)		1,924	4,055	7,709	10,072
Units		48	76	39	138
Insulation (0.27W/m ² K) thickness (mm)	Wall	150	120	150	120
	Roof	250	160	185	210
	Floor	240	210	130	140
Window	layers (mm)	5low-e+6(Ar)+5 5low-e+6(Ar)+5	5+12(Air)+5 5+12(Air)+5	5low-e+12(Ar)+5 5+12(Air)+5	5+12(Air)+5 5+12(Air)+5
	U-value (W/m ² K)	0.9 (Frame:PL)	1.2 (Frame:PL)	1.3 (Frame:PL)	0.99 (Frame:PL)
Door	U-value (W/m ² K)	1.33	1.8	1.8	1.8
Boiler		16,000 kcal/h (88%)	16,000 kcal/h (91%)	20,000 kcal/h(91%)	16,000 kcal/h (91%)
Lighting (W/m ²)		6.7	7.8	10	6.2
Renewable energy		-	-	PV (34.7m ² / 6kW)	-

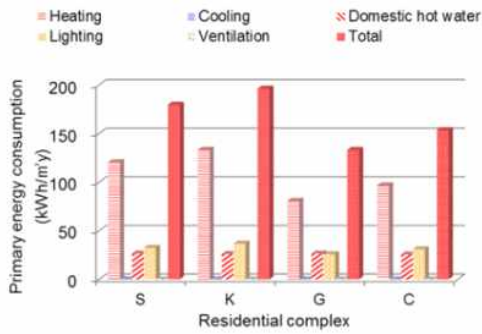


Fig. 2. Primary energy consumption of case studies using ECO2

Table 3. Solar radiation by using green home program

Residential complex	Building Energy Efficiency Rating		Green Home Performance Evaluation Program		
	Primary energy consumption (kWh/m²K)	Rating	Saving ratio	Total solar radiation (GJ)	Solar radiation /area (MJ/m²)
S	180	2	30.6	142	127
K	196	3	24.5	85	51
G	133	1	32.4	127	70
C	154	2	27.1	198	49

4. 신재생에너지 설치 비율 및 비용 검토

4.1. 대상 단지별 신재생에너지 최대용량 검토

현행 건축물에너지효율등급 인증 기준에 의하면 신재생에너지를 통해 생산된 에너지는 세대에 이용하는 경우만 인정하고 있으며, 부대시설에 적용되는 경우에는 신재생에너지 설치를 인정하지 않고 있다. 본 연구에서는 생산된 에너지를 세대에 이용하고 있다고 가정하였다. 향후 신재생에너지를 공동주택 세대에 적용할 수 있는 구체적 방안 마련이 필요할 것으로 판단된다.

서울시에 2017년 사업승인을 받은 공동주택의 경우 신재생 에너지를 예상에너지 사용량의 4%이상 설치해야 하며, 4개의 대상단지를 대상으로 신재생에너지원별 최대 설치 용량을 검토하였다.

미니태양광은 발코니에 설치되며, 5층 이상을 설치한 용량과 전체층을 다 설치한 용량으로 구분하여 <표 4>에 나타내었다. 5층이상 세대 발코니에 설치시 G단지가 10층으로 가장 높아 최대 8.25kW가 생산되며, 전체 세대 설치시 세대수가 가장 많은 C단지에서 34.5kW가 생산되는 것으로 나타났다.

Table 4. Capacity of mini-PV by residential complex

Residential complex	Units	mini PV	
S (4-stories)	48	Over 5 th floor	-
		All	12.00 kW
K (5-stories)	76	Over 5 th floor	4.75 kW
		All	19.00 kW
G (10-stories)	39	Over 5 th floor	8.25 kW
		All	9.75 kW
C (5-stories)	138	Over 5 th floor	7.25 kW
		All	34.5 kW

태양광과 태양열은 옥상면적의 70%를 가능 설치면적으로 가정하여 최대설치 용량을 <표 5>에 나타내었다. 옥상에 태양광을 설치한 경우 미니태양광보다 단지별로 약 2배에서 4배의 용량을 더 설치할 수 있는 것으로 나타났다.

Table 5. Capacity of PV and ST by residential complex

Residential complex	Roof area × 0.7	PV (1kW=7m²)	ST
S	280.5m²	40.1kW	280.5m²
K	176.11m²	25.2kW	176.11m²
G	215.42m²	30.8kW	215.42m²
C	894.0m²	127.7kW	894.0m²

지열의 경우는 대지면적의 50%의 면적을 설치하였기에 대지면적이 넓은 C단지가 266RT로 용량이 큰 것을 알 수 있다.

Table 6. Capacity of GES by residential complex

Residential complex	Site area × 0.5	GES (4RT/25m²)
S	683.0m²	109.3 RT
K	686.5m²	109.8 RT
G	1,035.0m²	165.6 RT
C	1,660.5m²	265.7 RT

BIPV의 경우에는 북측을 제외한 입면 벽체의 면적으로 살펴 보았으며 각 방위별 용량은 <표 7>에 나타내었다.

Table 7. Capacity of BIPV by residential complex

Residential complex	BIPV	
	Orientation /Area	Capacity (kW) (1kW=10m²)
S	Southeast / 158m²	15.8
	Southwest / 140m²	14.0
	East / 193m²	19.3
K	South / 266	26.6
	East / 227	22.7
	West / 293	29.3
G	Southeast / 301m²	30.1
	Southwest / 311m²	31.1
C	Southeast / 522m²	52.2
	Southwest / 470m²	47.0
	East / 330m²	33.0

4.2. 비용성능평가를 고려한 신재생에너지원 분석

신재생에너지원별 기준단가는 한국에너지공단에서 고시한 기준단가인 <표 8>를 참고하였고, 신재생에너지원별로 설치비용을 계산하였다.

Table 8. Cost by renewable energy systems

Systems		Cost(KRW)
mini-PV		660,000/unit
PV	Fixed installation	4,972,000/kW
	BIPV	9,553,000/kW
ST	Twin-glass evacuated tube	1,012,000/m²
EES	Closed loop	1,260,000/kW

신재생에너지 설치 비용대비 에너지절감율의 효과를 분석하기 위해 신재생에너지 비용성능지수 (Renewable Cost-Performance Index, RCPI)를 도출하였으며 식(1)과 같다. 여기서 에너지절감효과와는 ECO2프로그램을 이용하였다.

$$\text{신-재-생-에-너-지-비-용-성-능-지-수 (RCPI)} = \frac{\text{에-너-지-절-감-효-과}}{\text{해-당-신-재-생-에-너-지-설-치-공-사-비}} \quad \dots \text{식(1)}$$

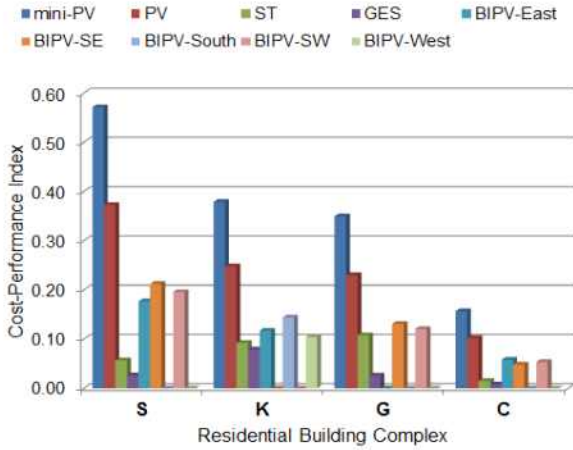


Fig.3. RCPI by renewable energy systems

각 단지별 적용 가능한 최대 용량, 설치비용 그리고 비용성능지수 산정 결과에 대해 <표 9>와 신재생에너지원별 비용성능지수를 Fig. 3에 나타내었다. 단지별 규모에 따라 비용성능지수는 차이를 보였으나 적용해야 할 신재생에너지원의 우선순위는 동일하게 나타났다. 따라서, 소형 공동주택에서 신재생에너지의 무설치비용과 1차에너지 소요량 절감율을 고려한 비용성능지수로 분석한 결과 미니태양광 > 옥상태양광 > 벽면의 BIPV > 태양열 > 지열의 순으로 나타났다.

4.3. 공급의무 비율에 따른 비용 산정

Fig.4는 각 단지의 적용 가능한 신재생에너지 설치용량에 따라 공급의무비율을 산정한 결과이다. K단지의 경우 미니태양광은 전체설치 시 공급의무비율이 4.3%이고, 옥상 태양광은 5.7%, BIPV는 45.3%, 태양열은 16.0%, 지열은 11.1%로 산정되었다. 즉 K단지는 검토한 신재생에너지원을 모두 설치할 경우 76%의

공급비율이 가능한 것으로 나타났다. 소규모 공동주택에서는 BIPV와 태양열 설치 시 다른 신재생에너지 설치보다 공급의무비율이 높게 나타나는 것을 알 수 있다. 아울러, 옥상 태양광보다는 옥상 태양열이 동일한 면적을 설치할 경우, 신재생에너지공급비율이 약 2.5배 더 높은 것으로 산정되었다. 이는 신재생에너지 생산량에서, 옥상 태양열의 원별설치규모가 단위차이로 인해 옥상 태양열보다 약 5배 높게 나타나고, 단위에너지생산량은 약 2배 작게 나타나서 공급비율의 결과에도 영향을 끼치는 것으로 나타났다.

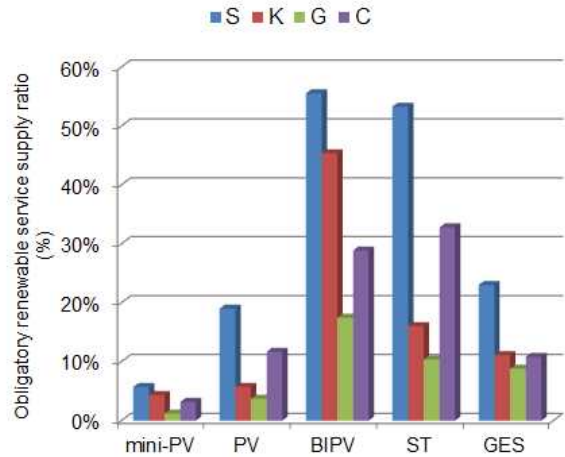


Fig.4. Obligatory renewable energy service supply ratio on each system

신재생에너지 공급의무비율과 설치비용만을 고려하는 경우, 앞서 다루었던 비용성능지수와는 다르게 태양열 > 미니태양광 > BIPV > 태양광 > 지열 순으로 적용하는 것이 경제적인 것으로 나타났다.

Table 10은 건물에너지효율등급에서 1차에너지소요량 절감을 산정과 비용을 고려한 비용성능지수와 공급의무비율만을 고려한 경우 단지별 신재생에너지 시스템과 비용을 나타내었다. 즉, 소규모 공동주택 계획시 2018년 기준으로 신재생에너지 공급의무비율 5%를 설치하기 위해서는 비용성능지수를 고려한 경우 S와 C 단지는 미니태양광을 K와 G 단지는 미니태양광과 옥상 태양광을 설치해야 하는 것으로 나타났다. 이 때 소요되는 예상 금액은 연면적당 14,5천원에서 23.9천원까지 나타났다. 공급의무비율만을 고려할 경우는 4개의 단지가 태양열을 설치하면 가

Table 9. Initial cost and RCPI about renewable energy by residential buildings

	S			K			G			C		
	Initial cost (KRW)	Energy saving (kWh/m ²)	RCPI	Initial cost (KRW)	Energy saving (kWh/m ²)	RCPI	Initial cost (KRW)	Energy saving (kWh/m ²)	RCPI	Initial cost (KRW)	Energy saving (kWh/m ²)	RCPI
mini-PV	32M	18.1	0.57	50M	19.0	0.38	26M	9.0	0.35	91M	14.3	0.16
PV	199M	74.3	0.37	125M	31.0	0.25	153M	35.2	0.23	635M	65.0	0.10
ST	284M	16.2	0.06	178M	16.5	0.09	218M	23.5	0.11	905M	13.6	0.02
GES	484M	13.0	0.03	487M	38.6	0.08	734M	19.2	0.03	1,177M	9.8	0.01
BIPV-East	151M	26.7	0.18	217M	25.4	0.12	-	-	-	315M	18.4	0.06
BIPV-SE	184M	39.1	0.21	-	-	-	288M	37.7	0.13	499M	24.2	0.05
BIPV-South	-	-	-	254M	36.6	0.14	-	-	-	-	-	-
BIPV-SW	134M	26.2	0.20	-	-	-	297M	35.9	0.12	449M	24.2	0.05
BIPV-West	-	-	-	280M	29.3	0.10	-	-	-	-	-	-

능하고, 이 때 면적당 13.7천원 정도의 비용이 발생하는 것으로 산정되었다. 따라서 1차에너지 소요량 절감률을 고려할 것인지, 비용에 따른 공급의무비율만을 고려할 것인지에 따라 신재생에너지 시스템 선정이 달라지며 비용차이도 면적당 10천원 정도까지 나타나는 것으로 분석되었다.

Table 10. Renewable system and cost by considering of RCPI and supply ratio (GFA: Gross floor area)

Residential-Complex	Renewable Energy & Cost (1,000 KRW)	By consideration of RCPI		By consideration of supply ratio	
		5%	10%	5%	10%
S	System	mini-PV	mini-PV PV	ST	ST
	Cost/GFA	14.5	40.0	13.8	27.7
K	System	mini-PV PV	mini-PV PV	ST	ST
	Cost/GFA	16.0	43.1	13.7	27.4
G	System	mini-PV PV	mini-PV PV BIPV	ST	ST
	Cost/GFA	23.9	45.6	13.7	27.4
C	System	mini-PV	mini-PV PV	ST	ST
	Cost/GFA	19.0	46.0	13.7	27.4

2023년 의무비율 10%를 만족하기 위해서는, 1차에너지소요량 절감률을 고려할 경우는 S, K, C단지는 미니태양광 전체 설치와 일부 태양광을 설치해야 하며, G단지의 경우에는 미니태양광, 태양광과 BIPV도 일부 설치해야 하는 것으로 나타났다. 이 때 발생하는 비용은 면적당 40천원에서 46천원 정도로 산정되었다. 공급의무비율만을 고려 할 경우 4개 단지 모두 태양열을 설치하면 가능한 것으로 나타났고, 면적당 27천원 정도의 비용이 예상되었다.

4개단지 최대 설치 가능비율은 37%에서 130%까지 단지별 큰 차이를 보였으며 이는 단지면적, 옥상면적, 입면면적의 크기와 형태에 따른 것으로 판단된다. 이때의 설치비용은 면적당 200천원부터 660천원까지 산정되었다.

따라서, 서울시 소규모 공동주택 사업시 신재생에너지 공급의무비율을 이행해야 할 때 본 연구에서 제시하는 비용성능지수의 고려와 경제적인 공급의무비율을 검토하여 비교한 건축계획이 필요하다.

5. 결론

본 연구는 서울시 소규모 공동주택을 대상으로 신재생에너지를 설치할 경우 현실 가능한 공급의무비율과 경제성을 고려하여 검토하였으며 결론은 다음과 같다.

- 신재생에너지 설치 시 비용대비 1차에너지 소요량 절감효과가 큰 것은 미니태양광 > 태양광 > BIPV > 태양열 > 지열 시스템 순으로 나타났다.
- 설치 공급의무비율만을 고려할 경우 경제적인 시스템은 태양열 > 미니태양광 > BIPV > 태양광 > 지열 순으로 나타났다.

- 2018년 소규모 공동주택 사업 검토시 신재생에너지 설치의 무비율 5%를 공급할 경우 면적당(m²) 약 15천원에서 25천원을 고려해야하는 것을 알 수 있다.
- 2023년 신재생에너지 의무비율 10% 설치하는 본 연구에서 선정한 소규모 공동주택 모두 가능한 것으로 나타났으며, 각 단지별 면적당 비용은 40천원부터 46천원까지 나타나는 것을 알 수 있다.
- 4개단지를 분석한 결과, 소규모 공동주택에 적용 가능한 신재생에너지 공급 비율은 37%~130%로 건물의 형상과 대지면적에 따라 크게 차이가 나타나는 것을 알 수 있다.
- 따라서 소규모 공동주택에서 신재생에너지 의무설치 비용을 공급하려 할 때 비용만을 고려하면 태양열의 적용을, 1차에너지소요량 절감을 우선 고려하면 미니태양광과 태양광의 적용을 계획하는 것이 바람직한 것을 알 수 있다.

신재생에너지를 통해 생산되는 에너지를 공동주택에서 각 세대별로 사용할 수 있는 사용처에 대한 해결방안의 제시도 시급히 필요한 사항이며 추후 연구가 필요하다. 또한 제로에너지건물을 위해서는 건물 부하를 더욱 줄이거나, off-site 신재생에너지 설치 및 지원도 고려해 보아야 할 것으로 판단된다.

Acknowledgement

본 연구는 국토교통부 도시건축 연구개발사업의 연구비지원(17AUDP-B067603-05)에 의해 수행되었습니다.

Reference

- [1] 김한기, 제로에너지 시대를 준비하며, 대한건축학회지, 제 61권, 제 8호, 통권 459호, 2017, pp.4-5 // (Kim, Hankee, To be Ready for the Zero Energy World, Review of Architecture and Building Science, Vol.61, No.8, Serial No.459, 2017, pp.4-5)
- [2] 건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증에 관한 규칙, 국토교통부령 제399호, 2017 // (Regulations on Building Energy Efficiency Rating and Zero Energy Building Certification, 2017, Notification No.399 of Ministry of Land, Infrastructure and Transport)
- [3] 공공기관 에너지이용 합리화 추진에 관한 규정, 산업통상자원부 고시 제2017-13호, 2017 // (Regulation on the Rationalization of Energy Use by Public Institution, Notification No.2017-13 of Ministry of Trade, Industry and Energy, 217)
- [4] 정창현, PV시스템 적용 공동주택의 에너지 제로화를 위한 적정 건축규모 검토, 한국건축환경설비학회 논문집, 제 11권, 제 2호, 2017, pp.113-120 // (Cheong, Chang Heon, Appropriate Size of a Net Zero-Energy Multi-Family Housing using PV system, Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, Vol.11, No.2, 2017, pp.113-120)
- [5] 서울특별시 녹색건축물 설계기준, 서울특별시고시 제2017-352호, 2017 // (Design codes for sustainable buildings in Seoul, Notification No.2017-352 of Seoul City)
- [6] 김기태, 장문기, 송일화, 김성민, 건축물에너지효율등급 인증현황분석을 통한 에너지 자립률 고찰, 한국건축환경설비학회 논문집, Vol.11, No.4, 2017, pp.331-341 // (Ki-Tae Kim, Mun-Ki Jang, Il-Hak Song, Sung-Min Kim, A Study on the Energy Self-sufficiency Rate Based on the Analysis of Building Energy Efficiency Rating System, Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, Vol.11, No.4, 2017, pp.331-341)
- [7] 정민희, 박진철, 이연구, 공동주택의 신재생에너지 시스템 적용에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제28권 제1호, 2008, pp.591-594 // (Chung Min-Hee, Park Jin-Chul, Rhee Eon-Ku, A study

- on the Application of Renewable Energy Systems to Apartment Houses, Vol.28, No.1, 2008, pp.591-594)
- [8] 백승효외 4인, 신재생 에너지 관련 건축 법규 기반의 공동주택 신재생 에너지 적용 평가 프로그램 개발, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제33권 제1호, 2013, pp.251-252 // (Baek, Seung-Hyo et al., Development of the Evaluation Program of Renewable Energy Application in Residential Buildings Based on Building Codes, Vol.33, No.1, 2013, pp.251-252)
- [9] 이수진외 4인, 공동주택에서의 신재생에너지 적용에 따른 에너지성능 분석, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제32권 제2호, 2012, pp.251-252 // (Lee, Soo-Jin et al., An Energy Performance Analysis of Renewable Energy Systems for an Apartment Complex, Vol.32, No.2, 2012 pp.251-252)
- [10] 캐나다 신재생에너지 센터,
<http://www.nrcan.gc.ca/energy/publications/efficiency/heating-heat-pump/6833>
- [11] 백중학, 윤순진, 서울시 '원전 하나 줄이기'를 위한 전략적 틈새로서 미니태양광사업과 에너지 시민성의 변화 - 서울시 노원구 주민 인식조사를 바탕으로, 서울도시연구, Vol.16, No.3, 2015, pp.91~111 // (Jong Hack Baek, Sun-Jin Yun, The Mini-PV Project as a Strategic Niche for One Less Nuclear Power Plant of Seoul and Changes in Energy Citizenship - Based on the Survey of Residents' Awareness in Nowon-gu, Seoul, Seoul Studies, Vol.16, No.3, 2015, pp.91~111)
- [12] 이봉섭외 3인, 태양의 입사각에 따른 일사강도와 PV 시스템의 발전량 데이터 분석에 관한 연구, 조명·전기설비학회논문집, Vol.30, No.5, 2016, pp.33-38 // (Bong-Seob Lee et al., A study on Data Analysis of Irradiance According to the Incident Angle of the Sun and the Generation Amount of PV System, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol.30, No.5, 2016, pp.33-38)
- [13] 김동수, 신우철, 윤종호, 건물적용 태양광발전시스템의 국내 지역에 따른 설치각도별 연간 전력생산량 예측에 관한 연구, 한국생태환경건축학회, Vol.14, No.1, 2014, 67-74 // (Kim, Dong Su, Shin, U Cheol, Yoon, Jong Ho, Annual energy yield prediction of building added PV system depending on the installation angle and the location in Korea, KIEAE Journal, Vol.14, No.1, 2014, 67-74)
- [14] 홍준호, 건축물의 신재생에너지시스템 최적 적용비율 도출에 관한 연구, 경북대학교 석사학위논문, 2014 // (Jun Ho hong, A Study on Select of New Renewable Energy Equipments According to the Usage Characteristics of Building Energy, Kyungpook National University, thesis, 2014)
- [15] 신.재생에너지 설비의 지원등에 관한 규정, 산업통상자원부 고시 제 2016-249호 // (Regulations on the Support, etc. of Renewable Energy Systems , Notification No.2016-249 of Ministry of Trade, Industry and Energy)
- [16] 조수외 3인, 제로에너지빌딩의 기술 패키지 적용을 위한 에너지성능 평가 도구 비교분석 및 개선방안 제안, 한국건축친환경설비학회 논문집, Vol.11, No.4, 2017, pp.319-330 // (Soo Cho et al., An Suggestion of Improvement Plan and Analysis of Comparison about the Energy Performance Evaluation Tools for Application of the Technical Package in Zero Energy Building, Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, Vol.11, No.4, 2017, pp.319-330)
- [17] 김연아외 3인, 그린리모델링 에너지성능 평가도구의 냉난방부하 해석 특징 비교, 한국건축친환경설비학회 논문집, Vol.10, No.6, 2016, pp.449-455 // (Soo Cho et al., An Suggestion of Improvement Plan and Analysis of Comparison about the Energy Performance Evaluation Tools for Application of the Technical Package in Zero Energy Building, Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, Vol.10, No.6, 2016, pp.449-455)