KIEAE Journal, Vol. 20, No. 6, Dec. 2020, pp.113-118.

KIEAE Journal

Korea Institute of Ecological Architecture and Environment

106

루버일체형 태양광 모듈을 추가 반영한 공동주택의 단지 배치별 실질 에너지자립률 비교 분석을 위한 기초 연구

Basic Study for Analysis of Real Energy Self-Sufficiency Ratio of Apartment Complexes with Louver Integrated PV Modules

조경주* · 윤요선** · 조동우***
Kyungjoo Cho* · Yosun Yun** · Dongwoo Cho***

* *Corresponding author, Research Specialist, Department of Living and Built Environment Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology & Department of Architecture and Architectural Engineering, Yonsei Univ., Seoul, Korea (kyungjoocho@kict.re.kr)*
** *Coauthor, Research Specialist, Department of Living and Built Environment Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology (yyun@kict.re.kr)*
*** *Coauthor, Senior Research Fellow, Department of Living and Built Environment Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Korea (dwcho@kict.re.kr)*

ABSTRACT

Purpose: A strategy of PV module and apartment complex placement was proposed for achieving a practical electricity generation and designing zero energy apartment complex. **Method:** Several research conditions proposed in previous studies were applied as they were in this study such as research site, a unit plan, the primary energy demand for the unit, and the minimum insolation to collect the PV installation cost within an economic period (economic insolation). Louver integrated PV modules(LIPV) and window integrated PV modules(WIPV) were applied in this study and the values analysed in the previous study were applied for the energy self-sufficiency ratio analysis. With apartment placement alternatives, LIPV and WIPV was placed only in the area with the economic insolation part of the apartment envelop. **Result:** Of the plans, the plan III with the minimal distance between buildings according to the law could have 32.4% of all households with PV installation available, and the total energy self-sufficiency ratio was calculated as 50.7%. The plan I, which was proposed by computer simulation tool and modified, could have 63.9% of all households with PV installation available, and the total energy self-sufficiency ratio was calculated as 74.6%. The plan II with the minimum distance between buildings according to the law and the same household number as plan I could have 40.2% of all households with PV installation available, and the total energy self-sufficiency ratio was calculated as 62.8%.

ⓒ 2020. KIEAE all rights reserved.

KEYWORD

태양광모듈
제로에너지
공동주택

PV module
Zero Energy
Apartment Complex

ACCEPTANCE INFO

Received Nov. 16, 2020
Final revision received Dec. 9, 2020
Accepted Dec. 14, 2020

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

국내의 녹색건축물 조성지원법 제 2조 제4호에 의한 '제로에너지건축물'이란 '건축물에 필요한 에너지부하를 최소화하고 신에너지 및 재생에너지를 활용하여 에너지소요량을 최소화하는 녹색건축물'을 말한다[1]. 이 '제로에너지건축물'로 인증받기 위해서는 '건축물에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증 기준 '에 따라 제로에너지건축물 인증을 신청해야한다. 이에 따르면, 해당 건물의 단위면적당 1차에너지 소요량에 대한 1차에너지 생산량의 비율이 20% 이상이 되어야하며 이를 에너지자립률이라 한다. 이 에너지자립률이 20%이상 40%미만일 때 제로에너지 5등급 건축물로 불리게 되며 에너지자립률이 100% 이상일 때 1등급을 획득하게 된다[2].

2020년부터 2024년까지는 연면적 1000㎡ 이상인 공공건축물에 대해서만 제로에너지건축물 인증이 의무화 대상이다. 이 제로에너지건축물 인증 대상은 2025년 이후 부터 30세대 이상 공동주택으로 확대되며, 2030년부터는 연면적 500㎡이상의 모든 건축물로 확대된다. 기존 연구에 따르면, 5층 규모의 저층 공동주택의 경우 옥상에 태양광모듈을 설치하는 것만으로도 20% 정도의 자립률을 달성할 수 있다[3]. 하지만 인동간격 준수나 단지 녹지의무 조성 비율 등의 다양한 제약으로 아파트 단지는 고층화 되고 있기 때문에 옥상에 태양광모듈을 설치하는 것만으로 자립률을 달성하는 것은 한계가 있다[4]. 이에, 벽면 등에 설치하는 건물일체형 태양광발전(BIPV)의 적용은 목표 자립률 달성을 위해서 필연적으로 보인다.

여기서 문제는 계획시에 목표 자립률을 달성하더라도 주변 환경으로 인한 음영 등에 의해 실제 전력생산량은 계산값과 큰 차이를 보일 수 있다는 점이다. 즉, 사전 계획을 통해 태양광 모듈 설치부위의 음영이나 향 등을 분석하여 적산일사량이 목표치 이상인 부위에만 BIPV를 배치해야 실제 현장에서도 인증시의 자립률을 기대할 수 있다. 또한, 제한된 면적에 태양광모듈을 설치하여 자립률을 획득하기 위해서는 모듈의 전략적 배치가 중요하다.

본 논문은 '공동주택 단지의 실질 자립률 향상을 위한 태양광 모듈의 프로세스 제안[5]'와 '루버일체형 태양광 모듈의 건축적 활용을 위한 발전성능 평가[6]'의 후속 연구이다. 본 선행 연구에서 태양전

pISSN 2288-968X, eISSN 2288-9698
http://dx.doi.org/10.12813/kieae.2020.20.6.113

지 설비 설치비 회수가 가능한 경제적인 적산일사량을 가지는 입면 부위에 태양광 모듈을 설치하는 프로세스[5]와 제한된 면적에서 최대 발전량을 획득할 수 있는 고효율 태양광 배치를 현장 실험을 통해서 실증[6]하였다. 본 선행 연구[6]에서 실증한 루버일체형 태양광 모듈(이하 LIPV)의 경우 LIPV의 그림자로 인해 인접 창호일체형 태양광 모듈(이하 WIPV)의 발전량 저하가 발생하더라도 WIPV와 LIPV를 같이 설치하는 것이 자립률 향상에 도움이 될 수 있음을 확인하였다.

후속 연구인 본 연구에서는 선행 연구에서 제안한 프로세스를 적용하여 태양전지 설비 설치비의 회수가 가능한 경제적인 적산일사량을 갖는 부위에만 고효율 태양광 배치를 적용하고 인동간격별로 구분된 배치대안의 달성가능한 자립률을 분석하였다.

본 연구를 통하여 현장에서도 분석 결과와 유사한 수준의 자립률을 획득할 수 있는 제로에너지 공동주택 설계를 위한 기초 자료를 제시하고자 한다.

1.2. 연구의 방법 및 범위

선행 연구[5]를 통해 기검토된 내용은 아래와 같다.

① 계획을 수행할 단지의 조건은 통계 자료를 통하여 결정하였으며, 용적율 200%, 최저층 12층, 최고층 25층, 총 14개동 900세대로 한다.

② 설치비용 회수를 위한 연간 최소 일사 기준량(이하 경제적 일사 기준량, 500kWh/㎡·yr)의 합계가 가장 큰 안을 등급 산정을 위한 모델로 한다. 단, 경제적 일사 기준량의 합계는 AI 기반 단지계획 시뮬레이션 도구인 Buildit 프로그램[7]으로 계산하였다(Fig. 3.).

③ 기준 세대는 85㎡ 타입이며, ECO2에 의해 계산된 등급용 1차 에너지소요량은 93.3kWh/㎡이었다.

④ 지붕에 설치되는 태양광모듈은 전력생산을 최대로 하기 위해 계단식으로 배치하였다(Fig. 2.). ECO2로 계산된 14개동 지붕에서 생산되는 전력은 1,736,378kWh/yr이다.

⑤ 경제적 일사량 기준량의 합계에 모듈의 효율 및 변환손실을 곱하여 생산가능한 전력을 산정한 결과 최대 88.5%의 자립률을 가질 수 있는 것으로 분석되었다.

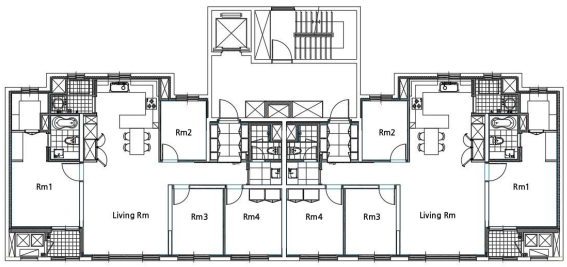


Fig. 1. Zero-Energy Apartment unit plan[5]

Fig. 2. Perspective view of PVs installed in Roof[4]

하지만 이전 연구는 벽체와 같은 각도로만 태양광 모듈을 배치하는 것으로 가정하였고, 실제 설치될 모듈의 사이즈를 고려하지 않은 채 경제적 일사 기준량을 가지는 입면 면적을 태양광모듈 설치가능 면적으로 간략 계산한 기초 연구라는 한계가 있다.

본 연구에서는 선행 연구[5]에서 검토된 경제적 일사 기준량을 가지는 부위에 동일 설치 면적으로 더 높은 전력생산량을 기대할 수 있는 LIPV와 WIPV[6]를 배치하되 실험에 의해 검증된 그림자에 의한 전력 저하량을 고려하여 자립률을 계산하였다.

선행 연구[6]에서 제시한 LIPV와 WIPV를 조합한 LWIPV의 전력생산량은 아래와 같다.

① Fig. 4.와 같이 LIPV와 WIPV를 인접하여 설치하면 LIPV의 그림자에 의해 WIPV의 효율 저하가 발생한다. 실험 결과에 따르면 전운량이 0인 4월의 맑은 날 WIPV의 전력생산량은 LIPV가 설치되지 않았을 때와 비교시 Fig. 3.(c) A부분의 손실로 약 21.2%의 낮은 전력을 생산하였다.

② Fig. 4.의 실험 장소는 동경 126도 북위 37도로 태양 고도가 최대인 시각은 12시 34분경이며, 태양이 약 6시 7분에 떠서 19시에 지는 날의 데이터로 일조시간은 12시간 53분이다[8].

연중 남중고도의 경우 약 12시 10분경부터 12시 50분경까지 변동되었고, 일조시간의 경우도 약 9시간 30분경부터 14시간 50분까지 다양하게 변동되는 경향이 있었다[8]. 이에 태양의 남중시간이 그 중간값인 12시 25분~35분 사이이며 일조시간이 9시간 33분과 14시간 46분의 중간인 11~13시간을 가지는 날의 데이터 중 운량이 0인 실험값을 분석하여 그 저하량을 확인하였다.

선행 연구에 따르면 각각 단독으로 설치되어 그림자의 영향을 받지 않는 경우에도 LIPV가 WIPV보다 약 29% 높은 전력생산량을 보였다(Table 1.).

동일한 실험 조건에서 Fig. 4.와 같이 WIPV의 중간에 LIPV를 설치한다고 가정하면, WIPV 2장을 설치할 수 있는 공간에 LIPV를 추가 배치할 수 있어 그림자로 인한 WIPV의 효율저하 21.2%를 감안하더라도 약 43% 높은 전력을 획득할 수 있다. 정오인 12시 30분 이전은 모두 LIPV의 그림자로 인한 효율저하가 발생한다고 가정해도 WIPV의 발전량 저하는 31.8%로 분석되어 WIPV와 LIPV를 조합한 LWIPV의 적용이 공동주택 자립률 향상에 기여할 수 있을 것으로 분석되었다.

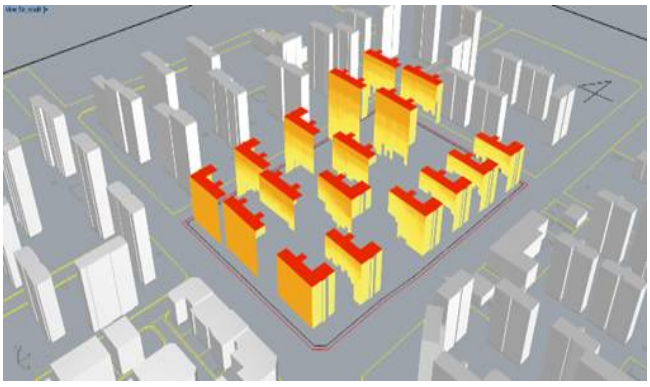


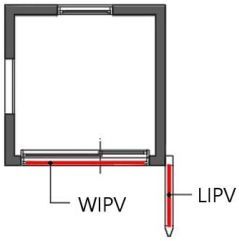
Fig. 3. Buildings' surface with insolation over 500kWh/㎡·yr (roofs + walls) of apartment complex

Table 1. Power generation of LWIPV for a day in April[5]

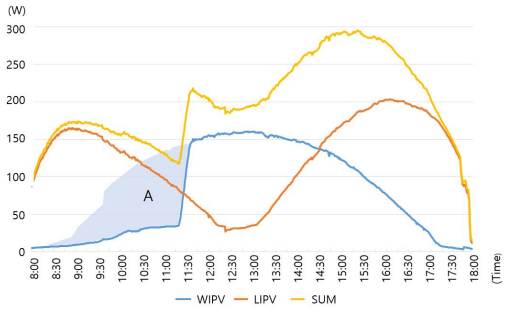
	Power generation Separately installed (Wh/day)	Power generation *LWIPV (Wh/day)
WIPV	952.62	750.35
LIPV	1229.75	1229.75
**WIPV+LIPV+WIPV		2730.45

* *Fig. 4.*
** *Fig. 5.*

(a) Photo



(b) Plan



(C) Power generations

Fig. 4. LWIPV Installation [5]

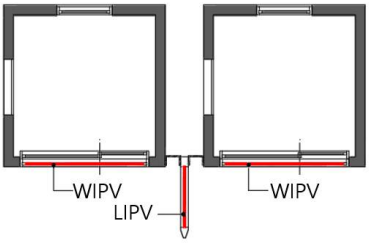


Fig. 5. WIPV+LIPV+WIPV

2. 적용된 태양광 모듈 및 동배치

2.1. 태양광 모듈과 발전량 계산

본 연구에 적용된 태양광모듈은 이전의 실험 연구와 동일한 사양의 양면형 모듈이다. 이 모듈의 특성은 Table 2.와 같다.

제로에너지 건축물 인증시 1차에너지소요량 계산을 위해 사용되는 ECO2 프로그램의 계산결과 동서향으로 배치된 양면형 모듈은 191kWh/yr·㎡(후면통풍형, 동서 양면기준)를 생산할 수 있는 것으로 계산되어 남향수직 단면 모듈 124kWh/yr·㎡보다 54% 높은 전력생산량을 보이는 것으로 계산된다(Table 3.).

Table 2. Specification of bifacial PV modules for experiments[6]

	Bifacial PV module
Rated power (Pmax)(W)	310±3%
Rated current (Imax) (A)	9.23
Rated voltage (Vmax) (V)	33.59
Short circuit current (Isc)(A)	9.77±3%
Open circuit voltage (Voc)(V)	39.97±3%
Efficiency (%)	18.8
Module size (mm)	1650 x 990
Solar cell type	Single Crystal
Cell's number (EA)	60

Table 3. Power generation of 1㎡ PV according to the direction (calculated using ECO2)

	South (kWh/yr)	East (kWh/yr)	West (kWh/yr)
0°	169		
45°	187	153	140
90°	124	101	90
East+West(90°)	191	174*	

* *The efficiency of eastern part of LIPV is 83% of western part*

이는 양면형 모듈의 후면이 전면에 비해 약 70~80% 효율 보이는 것을 고려하지 않은 값이다. 선행 연구 결과[6]에 따라 후면의 효율을 83%로 가정할 경우 그 전력생산량은 174kWh/yr·㎡로 계산된다. 즉, 실제로는 남향 수직 단면 모듈 대비 약 40% 높은 전력을 생산할 수 있다.

아래 계산에서 볼 수 있듯이 장당 1.63㎡(Table 2.)의 WIPV 2장과 LIPV 1장을 조합한 LWIPV는 ECO2 프로그램으로 그 전력생산량을 산정시 715.57kWh/yr을 생산할 수 있다. 후면의 효율 저하와 LIPV의 그림자로 인한 WIPV의 효율저하 21.2%를 고려하면 LWIPV 1set은 연간 602.97kWh/yr의 전력을 생산하는 것으로 가정할 수 있다.

① 효율저하를 고려하지 않을 경우
(124*2 + 191)*1.63= 715.57(kWh/yr)
② LIPV 후면의 효율을 고려할 경우
(124*2 +174)*1.63= 687.86(kWh/yr)
③ LIPV 후면의 효율과 WIPV 효율저하를 고려할 경우
(124*2*0.79 + 174)*1.63= 602.97(kWh/yr)

본 실험 대상일은 12시 30분에 태양이 정남에 위치하는 날로 데이터에 따르면 약 11시 30분부터 그림자의 영향을 받지 않는 것으로 분석되고 있다. 태양의 궤적에 따라 LIPV의 동쪽에 위치한 WIPV의 경우 약 13시 30분부터 그림자의 영향을 받을 것으로 분석된다.

2.2. WIPV와 LIPV의 단위세대 적용

본 연구에서는 선행 연구[5]에서 적용된 남향 85㎡ 타입 판상형 4bay 공동주택 유닛을 대상으로 LWIPV를 배치하였다.

ⓒ2020. Korea Institute of Ecological Architecture and Environment all rights reserved.

Fig. 6.에서 볼 수 있듯이 1.0m 하부에 WIPV를 설치하여 거주자의 시야를 확보하고 LIPV를 6.6m 간격으로 배치하여 인접 LIPV의 그림자에 의한 영향을 최소화 하였다. 그 결과 세대당 WIPV 8장과 LIPV 2.5장(평균)이 설치되었고 여기에 Table 3.의 계산결과와 식3에 의한 LWIPV의 효율저하를 고려한 세대당 1차에너지생산량은 아래와 같다.

(174*2.5장 + 124*8장*0.79)*1.63*2.75=5105.17(kWh/yr)

Fig. 6.의 WIPV는 모두 21%의 효율저하가 발생하는 것으로 계산되었음에도 불구하고 WIPV 8장만 설치한 경우보다 약 23% 높은 전력을 생산하는 것으로 분석되었다. 실제 상황에서는 운량이나 인근 구조물에 의한 그림자의 영향, 연간 태양의 방위각, 남중고도의 변화 등으로 효율저하 값의 변동이 발생할 것으로 분석되어지나 본 연구에서는 연간 일사에 의한 영향이 실험날과 동일한 것으로 가정하고 발전량을 분석하여 자립률을 산정하는 것을 목표로 하였다.

제안된 공동주택에 LWIPV를 배치하기 전 아래와 같은 배치 기준 및 자립률 산정을 위한 기준 및 제한사항을 정하였다.

① 선행연구와 같이 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 경제적 일사 기준량을 넘는 부위에만 LWIPV를 설치한다.

② 분석을 용이하게 하기 위해 태양광 모듈은 층단위로 배치하며 경제적 일사 기준량을 넘는 부위가 세대 입면의 일부일 경우 해당 세대에는 LWIPV를 설치하지 않는 것으로 한다.

③ 서향과 동향의 측벽에는 LWIPV를 배치하지 않는다.

④ 자립률은 1차에너지소요량으로 환산하여 계산한다.

⑤ 상부의 LIPV 및 건축적 장치가 하부층 WIPV의 발전량에 미치는 영향을 최소화하기 디자인을 구조물에 반영하되 상부에서 발생하는 그림자가 하부층의 PV에 미치는 영향에 대한 분석은 본 연구에서는 배제한다.

2.3. 동 배치와 태양광 모듈 설치 부위 선정

총 3개의 대안으로 LWIPV를 배치하여 단지 전체 자립률을 분석하였으며 이를 위해 가정한 내용은 아래와 같다.

① 정북 방향의 인접대지는 공공공지, 녹지, 광장 등으로 가정하여 일조 등의 확보를 위한 건축물의 높이 제한에 영향을 받지 않는 것으로 한다.

② 건축물의 남쪽 방향의 건축물의 높이가 낮고, 주된 개구부의 방향이 남쪽을 향한다. 이에 최소 동간 거리는 마주보는 두 건축물 중 높은 건축물 높이(H)의 0.4배로 한다.

③ 측벽에는 창이 없다.

④ 계단실과 엘리베이터 코어의 높이는 본 배치에서 고려하지 않는다.

⑤ 부대시설 등의 배치는 고려하지 않았으며 건물이 없는 공간은 지피류를 식재하는 것으로 가정하였다.

첫 번째 대안은 Plan I으로 Buildit에 의해 제안된 안을 인동간격에 의한 분석이 용이한 배치로 단순화한 수정된 대안이다(Fig. 7.).

Fig. 7.의 Step1은 1164세대를 조건으로 경제적인 적산일사량을 가지는 부위의 합계가 제일 높은 배치이며 컴퓨터 시뮬레이션에 의해 이전 연구에서 제안된 것이다. 인동간격에 의한 자립률 분석을 용이하게 하기 위해 일렬로 정리하였다.

Fig. 7.의 Step2는 컴퓨터 시뮬레이션에 의해 제안된 인동간격의 평균값을 적용하여 일렬로 정리하는 과정의 개념도이다. 남향동만의 일렬배치로 단순화하기 위해 변경된 블록이 붉은색으로 표현되어있다.

Fig. 7.의 Step3는 컴퓨터 시뮬레이션에 의해 제안된 동별거리의 평균값을 적용하여 일렬로 정리한 최종본이다. 모든 동을 남향으로 조정하기 위해 대지경계선이 약간 조정되었다.

위의 Plan I을 기준으로 인동간격 및 층수를 달리하여 다음의 3가지 배치안을 작성하였다 (Table 4.).

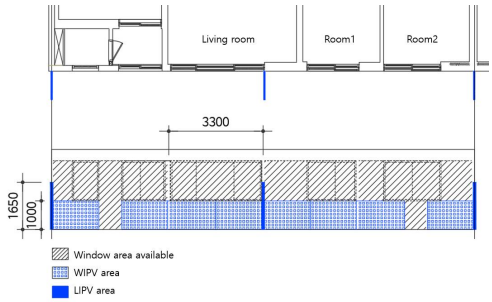
① 컴퓨터가 제안한 배치를 수정하여 조정한 배치안 Plan I

② Plan I과 동일 세대수 조건에서 건축법상 최소 인동간격인 0.4H을 적용한 배치안 Plan II

③ 건축법상 최소 인동간격으로 최대 세대수를 배치한 배치안 Plan III

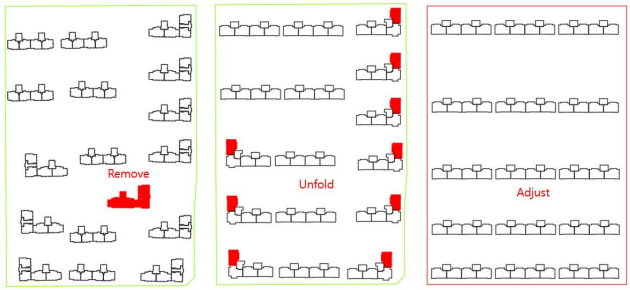
Plan I과 Plan II를 비교하여 최적 배치를 통한 발전량 증가 정도를 확인하고 Plan I과 Plan III와의 비교를 통해 건축법에 의거한 최대 세대수를 배치한 케이스와의 자립률을 비교하였다.

(a) Partial Perspective



(b) LIPV installation

Fig. 6. LWIPV installation for Zero Energy apartments

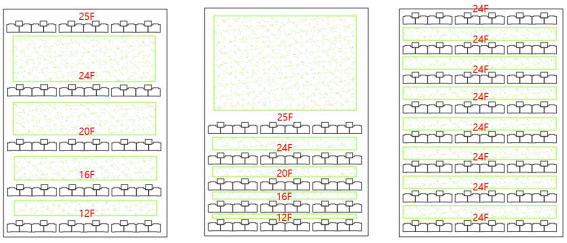


(a) Step1 *(b) Step2* *(c) Step3*

Fig. 7. Modification process for Plan I

Table 4. Plan alternatives for analyses

	Number of floors	Building Distance between buildings	Number of households
Plan I	12F~25F	Simulation	1164
Plan II	12F~25F	0.4H	1164
Plan III	24F	0.4H	2304



(a)Plan I *(b)Plan II* *(c)Plan III*

위와 같은 3개의 안에 경제적일사량을 가지는 입면 부위에만 LWIPV를 배치한 후 단지별 자립률을 분석하였다.

3. 자립률 분석 결과

세대가 생산할 수 있는 1차에너지생산량 5,105kWh/yr는 세대당 필요한 1차에너지소요량 10,263kWh/yr의 약 41.16%이며 지붕에서 생산하는 1차에너지생산량 1,023,223kWh/yr을 포함하여 16층까지 제로에너지 건축물 1등급을 달성할 수 있다(자립률 101.7%). 지붕에서 생산되는 1차에너지만으로 달성할 수 있는 자립률은 Plan I과 II의 경우 42.8%였으며, Plan III의 경우 34.6% 였다. 이는 Plan I,II보다 Plan III가 세대수는 98%,동 수는 60% 많은데서 오는 차이로 분석된다.

Table 5., 6.은 Plan I, II, III의 계산 결과를 보여주는 것이다.

Table 5. An analysis of Plan I ,II

		12F Buildings	16F Buildings	20F Buildings	24F Buildings	25F Buildings	Total
Plan I	(A) Total Households(EA)	144	192	240	288	300	1164
	(B) Total P.E.R(kWh/yr)	1,477,872	1,970,496	2,463,120	2,955,744	3,078,900	11,946,132
	(C) PV Households(EA)	144	120	144	180	156	744
	(D) LWIPV P.E.P(kWh/yr)	735,144	612,620	735,144	918,931	796,407	3,798,246
	(E) Total P.E.P(kWh/yr)	1,758,367	1,635,843	1,758,367	1,942,154	1,819,630	8,914,361
	(F) Energy S.R	119.0%	83.0%	71.4%	65.7%	59.1%	74.6%
Plan II	(A) Total Households(EA)	144	192	240	288	300	1164
	(B) Total P.E.R(kWh/yr)	1,477,872	1,970,496	2,463,120	2,955,744	3,078,900	11,946,132
	(C) PV Households(EA)	144	72	84	96	72	468
	(D) LWIPV P.E.P(kWh/yr)	735,144	367,572	428,834	490,096	367,572	2,389,219
	(E) Total P.E.P(kWh/yr)	1,758,367	1,390,795	1,452,057	1,513,319	1,390,795	7,505,334
	(F) Energy S.R	119%	70.6%	59.0%	51.2%	45.2%	62.8%

(A) The number of households
(B) Primary energy requirement for 100% energy self-sufficiency of (A)
(C) The number of households with insolation over 500kWh/㎡·yr
(D) Primary energy production of LWIPVs of the buildings
(E) Primary energy production of LWIPVs and roof PVs of the buildings
(F) Energy self-sufficiency rate of the buildings

Table 6. An analysis of Plan III

		24F Buildings (Southernmost)	24F Buildings	Total
Plan III	(A) Total Households(EA)	288	2016	2,304
	(B) Total P.E.R(kWh/yr)	2,955,744	20,690,208	23,645,952
	(C) PV Households(EA)	307	439	746
	(D) LWIPV P.E.P(kWh/yr)	1,567,287	2,241,170	3,808,457
	(E) Total P.E.P(kWh/yr)	2,590,510	9,403,728	11,994,238
	(F) Energy S.R	87.6%	45.5%	50.7%

ⓒ2020. Korea Institute of Ecological Architecture and Environment all rights reserved.

Plan I의 경우, 경제적 일사 기준량을 충족하는 세대수가 744세대로 전체 1164세대의 63.9%로 분석되었다. Plan I의 건물들은 59.1%~83.0%(최남단 건물 제외)까지의 동별 자립률을 보였으며 1164세대 전체의 총 자립률은 74.6%로 계산되었다.

Plan II의 경우, 경제적 일사 기준량을 충족하는 세대수가 468세대로 전체 1164세대의 40.2%이다. Plan II의 16층 동의 경우 이격거리가 33.6m(12F 높이)에서 17.92m(6.4F 높이)로 줄어 경제적 일사 기준량을 가지는 층의 높이도 6개층인 것으로 분석되었다. Plan II의 16층 동별 자립률은 70.6%로 계산되었다.

Plan II의 건물들은 45.2%~70.6%(최남단 건물 제외)까지의 동별 자립률을 보였으며 1164세대 전체의 총 자립률은 62.8%로 계산되었다.

Plan III의 경우, 경제적 일사 기준량을 충족하는 세대수가 746세대로 전체 2304세대의 32.4%이다. 이 안은 대지에 24개층인 동만 배치된 안이며 모든 동의 남측 이격거리는 26.8m로 동일하다. 경제적 일사 기준량을 가지는 층은 19층부터 24층까지로 이 부분에만 LWIP를 설치할 수 있었다. Plan III에서 그림자의 영향을 받는 동의 자립률은 약 45.5%로 계산되었고, 최남측 동의 경우 87.6%의 자립률을 가지는 것으로 계산되었다. Plan III의 2304세대 전체의 총 자립률은 50.7%로 계산되었다

4. 결론

후속 연구인 본 연구에서는 선행 연구에서 제안한 ①경제적 적산일사량의 획득이 가능한 입면 부위 태양광 모듈 배치와 ②자립률 향상이 가능한 태양광 모듈의 배치를 적용한 공동주택 단지 세가지 배치대안의 달성가능한 자립률을 분석하였다.

그 결과는 아래와 같다.

1) 본 연구의 동배치 대안에서 지붕의 태양광모듈이 생산하는 1차 에너지만으로 달성할 수 있는 자립률은 Plan I과 II의 경우 42.8%였으며, Plan III의 경우 34.6%로 계산되었다.

2) 통계를 통해 용적률과 세대수 등을 정한 후, 컴퓨터 시뮬레이션 툴에 의해 확인된 경제적 일사 기준량을 가지는 부위에만 PV를 배치한 Plan I의 경우, 경제적 일사 기준량을 충족하는 세대수가 744세대로 전체 1164세대의 63.9%이었다. 이 744세대에 LWIPV를 배치하여 획득할 수 있는 총 자립률은 지붕 태양광 모듈 발전량을 포함하여 총 74.6%로 계산되었다.

3) Plan I과 동일한 세대수에 법정 최소 인동거리를 적용한 Plan II의 경우, 경제적 일사 기준량을 충족하는 세대수가 468세대로 전체 1164세대의 40.2%이었다. 이 468세대에 LWIPV를 배치하여 획득할 수 있는 총 자립률은 지붕 태양광 모듈 발전량을 포함하여 총 62.8%로 계산되었다.

4) 동일한 대지에 법정 최소 인동거리를 적용하여 최대 세대수를 배치한 Plan III의 경우, 경제적 일사 기준량을 충족하는 세대수가 746세대로 전체 2304세대의 32.4%이었다. 이 746세대에 LWIPV를 배치하여 획득할 수 있는 총 자립률은 지붕 태양광 모듈 발전량을 포함하여 총 50.7%로 계산되었다.

위의 결과에 따르면 선행연구를 통하여 제안된 LWIPV를 공동주택 단지에 배치한 결과 이를 경제적 일사기준량 이상을 획득하는 입면 부위에만 배치해도 제로에너지건축물 4등급 이상을 획득할 수 있는 것으로 분석되었다(지붕 PV에 의한 발전량 포함). 다만 본 결과는 이미 본문에서 논한 것과 마찬가지로 4월에 실험값을 연간 데이터에 반영했다는 한계와 상부층의 그림자가 하부층에 미치는 복합적인 영향에 대한 분석은 제외되었다는 한계가 있다. 이에 후속 연구로 LWIPV의 연간 발전량 분석을 통한 효율저하를 확인하고 현장적용을 통해 상부층의 그림자가 하부층의 WIPV에 미치는 영향에 대한 모니터링 연구를 병행할 예정이다. 이를 통하여 현장에서도 분석 결과와 유사한 수준의 자립률을 획득할 수 있는 제로에너지 공동주택 설계를 위한 기초자료로 제시하고자 한다.

Acknowledgement

This study is a part of the research result conducted with research fund supporting in 2020 of Ministry of Science and ICT. The project code : 20200037-001.

Reference

[1] 국토교통부, 녹색건축물 조성 지원법, 법률 제17229호. // (Ministry of Land, Infrastructure and Transport(MLIT), Green Buildings Construction Support Act, 2020.)

[2] 국토교통부, 건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증기준, 국토교통부 고시 제2018-675호. // (Ministry of Land, Infrastructure and Transport(MLIT), Criteria for Building Energy Efficiency Certification and Zero Energy Building Certification, MLIT, 2018.)

[3] 이응신, 허다운, 이명주, 태양광 전지판 설치를 통한 제로에너지 가능 공동주택 층수에 관한 연구. 대한건축학회 논문집, 제32권 제11호, 2016, pp.37-44. // (E.S. Lee, D.W. Hur, M.J. Lee, A Study on the Impacts of Number of Story to Obtain Zero Energy Apartment by Installing Solar Panels - Focused on apartment in Seoul, Journal of the architectural institute of Korea, 32(11), 2016, pp.37-44.)

[4] 건축물통계, 국가통계포털, http://kosis.kr/index/index.do, 2020.10.20 // (Architecture Statistics, National Statistics Portal, http://kosis.kr/index/index.do, 2020.10.20.)

[5] 조경주, 조동우, 공동주택 단지의 실질 자립률 향상을 위한 태양광 모듈의 배치 프로세스 제안. 한국생태환경건축학회 논문집, 제20권 제4호, 2020, pp.83-88. //(K.J. Cho, D.W. Cho, Installation Process Proposal of Apartment PV Modules for Improving Real Energy Self-Sufficiency, Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment(KIEAE), 20(4), 2020, pp.83-88.)

[6] 조경주, 조동우, 루버일체형 양면형 태양광 모듈의 건축적 활용을 위한 발전성능 평가 -구름이 적은 맑은 날을 중심으로. 한국생태환경건축학회 논문집, 제20권 제5호, 2020, pp.129-134. //(K.J. Cho, D.W. Cho, Evaluation of Power Generation Performance for Architectural Applications of Louver-integrated Bifacial Solar Modules – Focus on clear day's data, KIEAE Journal, 20(5), 2020, pp.129-134.)

[7] Buildit, Artificial Intelligence Program for Architectural Design, www.buildit.co.kr, 2020.06.02.

[8] 한국천문연구원, https://astro.kasi.re.kr/life/pageView/10, 2020. 11. 25. //(Korea Astronomy and Space Science Institute, https://astro.kasi.re.kr/life/ pageView/ 10, 2020. 11. 25.)