

친환경에너지타운 내 850 kW급 태양광발전시스템 운영결과 분석

김득원¹ · 허재혁² · 김민휘³ · 이동원^{2,†}

¹한국에너지기술연구원 재생에너지연구소 신재생열융합연구실, 기술원

²한국에너지기술연구원 재생에너지연구소 신재생열융합연구실, 책임연구원

³한국에너지기술연구원 재생에너지연구소 신재생열융합연구실, 선임연구원

Operational Result Analysis of 850 kW Photovoltaic System in Eco-friendly Energy Town

Kim Deukwon¹ · Heo Jaehyuk² · Kim Minwhi³ · Lee Dongwon^{2,†}

¹Engineer, Renewable Heat Integration Laboratory, Korea Institute of Energy Research

²Principal Researcher, Renewable Heat Integration Laboratory, Korea Institute of Energy Research

³Senior Researcher, Renewable Heat Integration Laboratory, Korea Institute of Energy Research

[†]Corresponding author: dwlee@kier.re.kr

Abstract

Global climate change demands a change in the social infrastructure, and the transformation of the energy system is indispensable to global trends. Jincheon, an eco-friendly energy town located in the innovative city of Chungbuk, is the first renewable energy-based town in Korea. Renewable energy sources, such as photovoltaic, solar thermal, geothermal, and sewage heat are combined to achieve energy sufficiency in the unit area. In this study, the operational results of an 850 kW photovoltaic system, among the renewable energy systems in Jincheon, were analyzed. Based on the operating data from 2018 to 2020, the capacity factor, generation benefit, and CO₂ reduction effect were studied. The capacity factor was 14.5%/yr, the generation benefit was 200.6 million won/yr, and the CO₂ reduction was 494.7 tons of CO₂ eq./yr. Through this study, it was confirmed that Jincheon could serve as a representative example of an eco-friendly energy town during this time of transition of the new energy system.

Keywords: 신재생에너지(Renewable Energy), 태양광발전(Photovoltaic System), 설비이용률(Capacity Factor), 발전수익(Generation Benefit), 온실가스(Greenhouse Gas), 전력량요금(Energy Charge)

1. 연구배경 및 목적

2015년 파리협정이 채택된 이래로 모든 국가가 자국의 상황을 반영하여 기후변화에 대응하는 체제가 마련되었다. 이에 우리나라도 세계적인 규제강화 및 기후변화에 적극적으로 대응하기 위해 2014년 온실가스 감축 로드맵을 수립하였고, 2018년 7월에는 2030년 온실가스감축 기본로드맵의 수정안을 마련하면서 기후변화 전반에 기준을 강화하였

OPEN ACCESS



Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol.41, No.2, pp.25-37, April 2021
<https://doi.org/10.7836/kses.2021.41.2.025>

pISSN : 1598-6411

eISSN : 2508-3562

Received: 25 January 2021

Revised: 23 February 2021

Accepted: 28 February 2021

Copyright © Korean Solar Energy Society

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution NonCommercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

다¹⁾. 2020년 12월에는 2050 탄소중립 추진전략을 발표하였는데, 이는 경제구조의 저탄소화, 신유망 저탄소산업 생태계 조성, 탄소중립사회로의 공정전환 등을 통해 급격한 기후변화에 대해 보다 능동적인 생태계 구축을 목표로 하고 있다. 이를 위해서는 새로운 경제 및 사회인프라가 구축되어야 하며, 신에너지체계를 구축함에 있어 근본적인 혁신이 있어야 한다.

2050년 에너지전환을 위해 신재생에너지기술은 신에너지체계 구축을 위해 필요한 핵심기술이다. 신재생에너지는 2015년 최종 에너지 수요의 19%를 담당하고 있으며, 2010년 이래로 매년 0.17%씩 성장하고 있다. 이러한 추세면 2050년에는 최종에너지수요량의 2/3 만큼을 재생에너지로 공급할 수 있으며, 2050년까지 목표한 온실가스감축량에 상당부분을 절감할 수 있다²⁾. 신에너지체계의 구축에 다양한 신재생에너지를 활용한 분산형에너지시스템은 구체적인 대안이 될 수 있다. 이미 많은 연구에서 신재생에너지 중심의 분산형에너지시스템관련 온실가스 저감효과와 경제성평가가 진행되었다. Anarbaeb et al.³⁾의 연구에서는 2014년부터 2018년까지 진행된 우즈베키스탄의 농업부문에서 바이오가스, 태양열, 태양광 등이 결합된 융복합 에너지시스템에서 운영기간 중 133,840.5 톤 CO₂ eq.의 온실가스를 절감하였으며, Karunathilake et al.⁴⁾의 연구에서는 태양광, 폐열, 지열, 가스난방, 계통전력 등의 에너지원으로 구성된 4가지의 시나리오를 구성하여, 커뮤니티를 대상으로 한 신재생에너지 융복합시스템의 LCC분석을 하였으며, 기존 계통전력과 가스난방시스템대비 신재생에너지 융복합시스템에서 최대 60%의 온실가스가 절감됨을 확인하였다.

유럽에는 신재생에너지와 연계된 분산형에너지 시스템의 실증사례가 활발히 운영 중에 있다. 독일, 덴마크, 오스트리아 등 유럽 선진국을 중심으로 다양한 신재생에너지 융복합단지의 실증사례가 있으며, 국내 친환경에너지타운 구축에 많은 영향을 주었다. 대표적인 성공사례로 독일 운데마울과 오스트리아 귀쾨마울이 있다⁵⁾. 운데마울은 기피시설인 폐기물처리시설에 바이오에너지, 태양광 등의 신재생에너지가 연계된 마을이다. 마을에서 생산된 전력은 전력회사에 판매하고 있으며, 열에너지를 인근 마을에 저렴한 가격으로 공급하는 등 다양한 수익모델을 창출하여 유럽의 대표적인 친환경에너지타운으로 거듭났다. 귀쾨마울은 유럽 최초로 신재생에너지를 이용하여 전력 및 열에너지 100% 자립을 이룬 마을로 한때는 오스트리아에서 가장 가난한 마을 중 하나였지만, 마을에 바이오매스, 태양광, 태양열 등 신재생에너지 설비들을 구성하여 현재는 수십 개의 에너지기업을 유치한 부유한 마을로 탈바꿈하였다. 유럽 뿐만 아니라 일본은 여러 도시를 대상으로 스마트 에너지 시스템을 도입하였으며, 진보된 기술을 보유하고 있다. 오사카에 위치한 NEXT21은 연료전지 기반의 열병합발전시스템을 중심으로 ESS, 태양광등이 결합된 신재생에너지 융복합 커뮤니티로 에너지공유를 통한 친환경에너지설계의 대표적인 사례이다. 또한, 기타큐슈지방의 Yahata Higashida 지역은 상업용, 주거용, 산업단지에 수소커뮤니티를 구축하여 전체 이산화탄소발생량의 50%를 절감 및 에너지공유를 통한 피크부하를 저감시키는 도시가 설계되었다⁶⁾.

국내의 대표적인 신재생에너지 기반 분산형 에너지시스템으로 충북혁신도시에 위치한 진천 친환경에너지타운을 들 수 있다. 진천 친환경에너지타운은 2017년부터 운영 중에 있으며, 기피시설인 수질복원센터 인근에 태양광, 태양열, 지열, 하수열 등의 신재생에너지를 연계하여 단위지역의 열 및 전력수요의 100% 자립화를 이루

었다. 전력의 경우 지역 내 전체 소비전력의 138% (2018/6/1 ~ 2019/5/31 기준)를 생산하여 한국전력공사에 판매하고 있으며, 계통전력을 소비하는 방식으로 운영되고 있다⁷⁾.

본 연구에서는 진천 친환경에너지타운 내 신재생에너지 중 태양광발전시스템에 초점을 맞추어 2018년 1월 1일부터 2020년 12월 31일까지 진천 친환경에너지타운에 설치된 태양광발전시스템의 누적 발전량 데이터를 이용하여 설비이용률, 발전수익, 온실가스 저감량 등을 분석하고자 한다.

2. 시스템 개요 및 설비제원

연구의 배경이 된 진천 친환경에너지타운 내 태양광발전시스템은 총 848.32 kW급으로서, 5개의 발전소로 구분되어 가동 중에 있다. 진천 친환경에너지타운의 태양광발전시스템은 지역 내 공공건물의 지붕과 주차장 등 기존 건축물을 활용하여 설치되었으며, 각 발전소의 설치위치 및 용량은 Table 1과 같다.

실증운전이 시작된 2017년도에는 1호기부터 4호기까지 총 750 kW 용량의 태양광발전시스템이 구축되었으며, 2017년 12월 근린공원에 97.92 kW 용량의 발전소가 추가로 준공되어 현재 총 850 kW용량의 태양광발전시스템이 운영되고 있다. 각 발전소의 설치위치 계통도 및 실증사진은 Fig. 1과 Fig. 2와 같다.

Table 1 Specification of photovoltaic system

Category	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5
Capacity	150.08 kW	79.73 kW	93.8 kW	426.79 kW	97.92 kW
Location	Public health center Childcare center Management center Sports park	Library	High school	Water purification center	Neighborhood park center

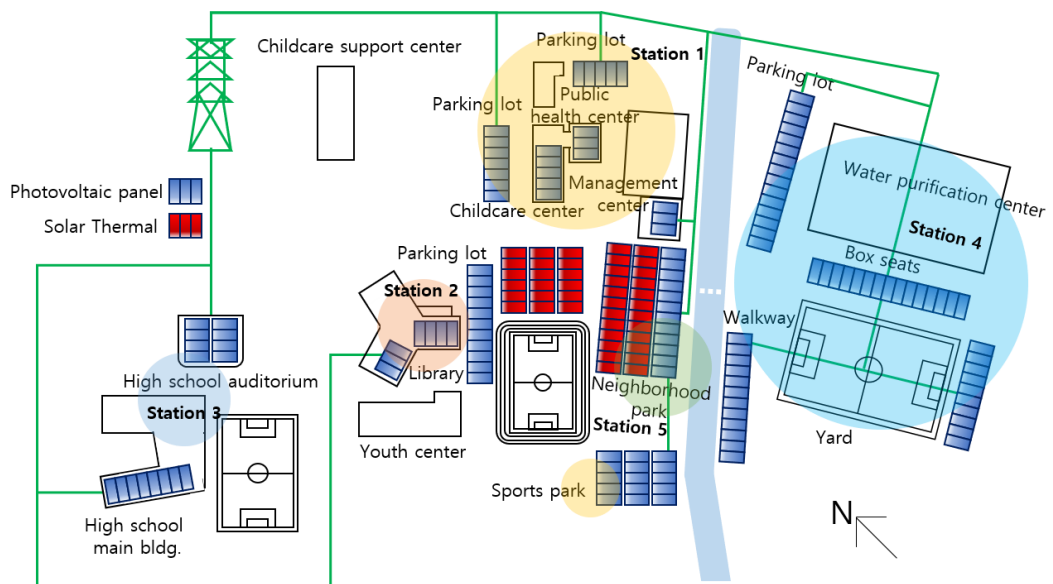


Fig. 1 Schematic diagram of photovoltaic system in Jincheon eco-friendly energy town

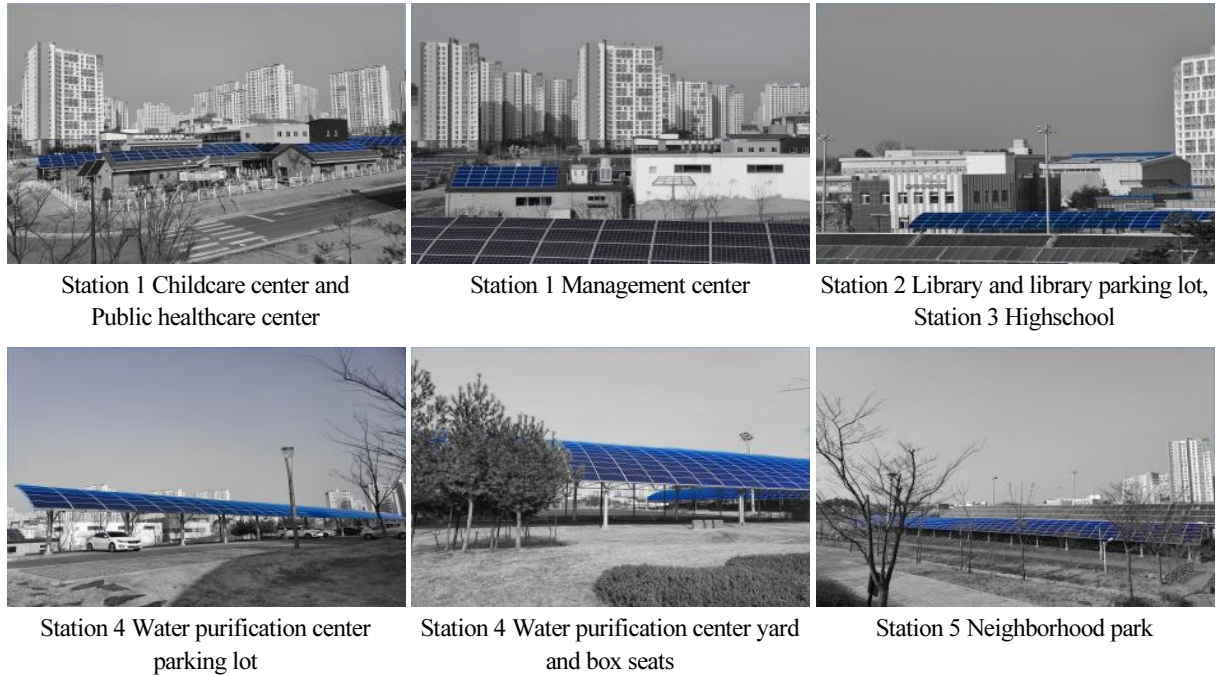


Fig. 2 Site photo of photovoltaic system in Jincheon eco-friendly energy town

3. 연구방법

본 연구에서는 2018년 1월 1일부터 2020년 12월 31일까지의 전력데이터와 외기온도 및 일사량 등의 외기환경데이터를 기반으로 연구가 진행되었다. 전력데이터는 5개의 태양광발전소에 설치된 인버터에서 측정되었고, 외기환경데이터는 진천 친환경에너지타운 내 태양열집열기 주차장에 설치된 일사계 및 외기온습도계에서 측정되었다. 각 측정기기에 대한 제원은 Table 2와 같다.

Table 2 Specification of instrument

Category	Model	Specification
Station 1 Inverter	DSP-3375KT DSP-33100K	75 kW, 100 kW
Station 2 Inverter	DSP-33100KT	100 kW
Station 3 Inverter	DSP-33100KT	100 kW
Station 4 Inverter	DSP-33255K, DSP-33200K	255 kW, 200 kW
Station 5 Inverter	DSP-33100K	100 kW
Outdoor temperature and humidity sensor	GOTH-1420	Temp. (-35 ~ 80) °C, Humidity (0 ~ 100)%

3.1 발전수익 분석방법

태양광발전시스템은 계통전력과 연계되어 한국전력공사에 판매하고 있는데, 각 인버터에서 측정된 발전량

은 신재생에너지 SMP+1REC고정의 판매수익계산법에 따라 발전수익이 계산되었다. 또한, 계산된 발전수익 분석을 위해 전기요금절감비용이 계산되었는데, 생산된 전력을 자체적으로 소비하였을 경우의 전력량요금 절감비용을 의미한다.

신재생에너지 발전수익은 REC수익과 SMP수익의 합으로 구성된다. 이때 SMP는 계통한계가격으로, 한국전력공사가 태양광발전시스템에서 생산된 전력을 구매하는 가격을 의미한다. SMP수익은 한국전력 전력수급 계약방식을 적용하여, 측정된 발전량(kWh)에 가중평균 통합SMP가격(원/kWh)을 곱하여 부가가치세 10%를 포함하여 계산하였으며, 식(1)과 같다.

$$SMP수익 = 발전량(kWh) \times 가중평균\ 통합\ SMP가격(원/kWh) \times 1.1 \tag{1}$$

가중평균 통합SMP가격⁸⁾은 한국전력거래소의 전력계통정보시스템에서 제공된 자료를 활용하였으며, 월별 가중평균 통합SMP가격은 Table 3과 같다.

Table 3 Weighted average price of total SMP (Unit : ₩/ kWh)

Year	Month											
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
2018	92.23	90.75	101.47	90.91	87.64	89.79	87.27	91.02	92.87	102.36	105.11	109.95
2019	111.28	105.85	112.42	99.44	79.65	78.54	79.76	84.83	79.64	88.21	81.83	84.18
2020	84.54	81.91	83.35	75.38	70.91	70.92	71.25	63.01	55.94	50.39	49.8	67.14

REC는 에너지관리공단에서 발급하는 공급인증서로, REC가격은 공급의무발전사와 매매되는 가격을 의미한다. REC수익은 SMP+1REC가 고정된 방식으로 계산하였는데, 1REC당가에 REC발급량을 곱하여 부가가치세 10%를 포함하여 계산하였으며, 식(2)와 같다.

$$REC수익 = 1REC당가(원) \times REC발급량 \times 1.1 \tag{2}$$

여기서 1REC당가는 SMP+1REC고정가격⁹⁾에서 통합SMP기준가격(MWh)을 뺀 값을 의미한다. SMP+1REC고정가격은 매년 상/하반기 경쟁 입찰을 통해 선정되며, 2018년 상반기부터 2020년 하반기까지 선정된 육지지역 평균가격을 REC수익 계산에 반영하였다. 2018년 상반기부터 2020년 하반기까지 고정가격선정금액은 Table 4와 같다.

Table 4 Main land average price (Unit : ₩/(SMP+1REC))

	2018	2019	2020
The 1 st half	179,965	167,333	151,735
The 2 nd half	173,982	159,267	143,826

REC 발급량¹⁰⁾은 월 간 전력공급량(MWh)에 설비별 가중치가 곱해진 값으로 계산되며, 소수점 이하는 다음 달로 이월된다. 진천 친환경에너지타운 내 설치된 태양광설비의 가중치¹¹⁾는 Table 5와 같으며, 측정된 발전량을 기준으로 계산된 REC발급량은 Table 6과 같다.

Table 5 Renewable energy certificate (REC) weight of Jincheon eco-friendly energy town

Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5
1.1803	1.035	1.2	1.035	1.027

Table 6 Renewable energy certificate (REC) issued in Jincheon eco-friendly energy town

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
2018	67	91	109	116	122	124	119	102	99	96	71	72
2019	78	84	104	109	143	122	99	114	85	89	73	62
2020	65	79	115	135	120	116	89	85	94	100	68	66

발전된 전력을 자체적으로 소비하였을 경우 전력량요금 절감효과는 진천 친환경에너지타운에서 가장 많은 전력을 소비하는 통합제어관리실에 적용되고 있는 전력량요금인 일반용 전력(을) 고압 A 선택2의 전력량요금을 계산하였다¹²⁾. 전력량요금은 Table 7과 Table 8에서와 같이 계절별, 시간별로 적용되는 요금이 상이하므로 월별 시간별 발전량을 기준으로 각 시간대에 맞는 요금을 산출하였다.

Table 7 Energy charge by season and time-period

(Unit : ₩/ kWh)

	Summer (6 ~ 8)	Spring and Fall (3 ~ 5, 9 ~ 10)	Winter (11 ~ 2)
off-peak	56.1	56.1	63.1
mid-peak	109.0	78.6	109.2
on-peak	191.1	109.3	166.7

Table 8 Season and time-period

	Summer (6 ~ 8) / Spring and Fall (3 ~ 5, 9 ~ 10)	Winter (11 ~ 2)
off-peak	23:00 ~ 09:00	23:00 ~ 09:00
mid-peak	09:00 ~ 10:00	09:00 ~ 10:00
	12:00 ~ 13:00	12:00 ~ 17:00
	17:00 ~ 23:00	20:00 ~ 22:00
on-peak	10:00 ~ 12:00	10:00 ~ 12:00
	13:00 ~ 17:00	17:00 ~ 20:00
		22:00 ~ 23:00

실제로 청구되는 전기요금은 계약전력에 따른 기본요금과 전력사용량에 따른 전력량요금의 합계에 부가가치세 10%와 전력산업기반기금 3.7%가 포함되어 계산된다. 본 연구에서 산출된 전기요금절감비용에는 기본요금은 제외하였으며, 태양광발전시스템에서 생산된 전력량만큼 자체적으로 소비하였을 경우 절감할 수 있는 전력량에 해당하는 전력량요금만이 고려되었다. 또한, 본 연구에 적용된 전력량요금 계산은 발전수익과의 단순비교를 목적으로 하고 있으며, 친환경에너지타운에서 소비되는 시간별 전력 패턴은 고려되지 않았다.

3.2 설비이용률 계산방법

설비이용률(Capacity Factor)은 하루 중 발전소가 최대로 가동할 수 있는 시간의 비율로, 태양광발전시스템의 경우 하루 24시간 중 발전시간의 비로 계산되며 식(3)과 같다.

$$\text{설비이용률} = \frac{\text{1일발전시간}}{24} \times 100 \quad (3)$$

이때 발전시간은 설비의 용량에 대한 발전량의 비로, 시간당 최대로 발전할 수 있는 발전량대비 하루 중에 발전량 총량의 비율을 의미하며 식(4)와 같다.

$$\text{발전시간} = \frac{\text{발전량}}{\text{설비용량}} \quad (4)$$

3.3 온실가스 저감효과 분석방법

온실가스 저감효과는 개정된 전력배출계수¹³⁾를 이용하여 온실가스 배출량에 지구온난화지수를 곱한 CO₂ eq. (전력배출계수 0.45941)와 CO₂배출량(전력배출계수 0.4567)을 계산하였으며, 산림청의 국내 주요 산림수종의 표준 탄소흡수량자료와 비교하였다. 산림청자료¹⁴⁾에 따르면 우리나라의 대표적인 나무인 30년생 소나무 숲 1 ha는 매년 10.8 톤의 CO₂를 흡수하며, 에너지효율 2등급 승용차가 연간 15,000 km를 달리 경우 승용차 1대당 연간 2.43톤의 CO₂를 배출한다고 한다. 이 지표를 기준으로 친환경에너지타운 내 태양광발전시스템의 년평균 발전량에 해당하는 온실가스 저감효과를 분석하였다.

4. 성능측정 결과 및 분석

4.1 외기조건

분석대상 기간 중 진천 친환경에너지타운의 외기조건은 Fig. 3과 같다. 일사량은 봄철인 4, 5월 달이 가장 높았으며, 태양의 고도가 연중 가장 높은 여름철은 장마의 영향으로 봄철보다 상대적으로 낮게 측정되었다. 태양의 고도가 가장 낮은 겨울철의 일사량은 당연히 가장 낮았다.

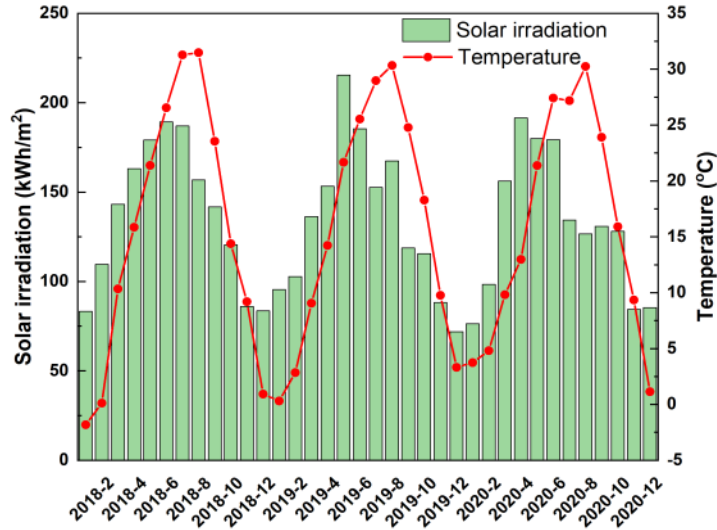


Fig. 3 Solar irradiation and Temperature during the analysis period

4.2 태양광발전시스템 설비이용률

태양광발전은 주간시간대에만 가동되며, 일사량이 적은 새벽 및 저녁시간에는 발전용량만큼 전력을 생산하기 어렵다. 태양광발전시스템의 월별 이용률은 주간시간에 한정된 태양광발전시스템의 특성상 25%를 넘기는 어려우며, 2018년 태양광발전소의 이용률¹⁵⁾은 전국 평균 15.3%정도이다. 진천 친환경에너지타운의 연평균 이용률은 14.5% (연평균 발전시간 3.48시간)로 측정되었으며, 분석대상 기간 중 설비이용률, 일사량, 외기온도그래프는 Fig. 4와 같다.

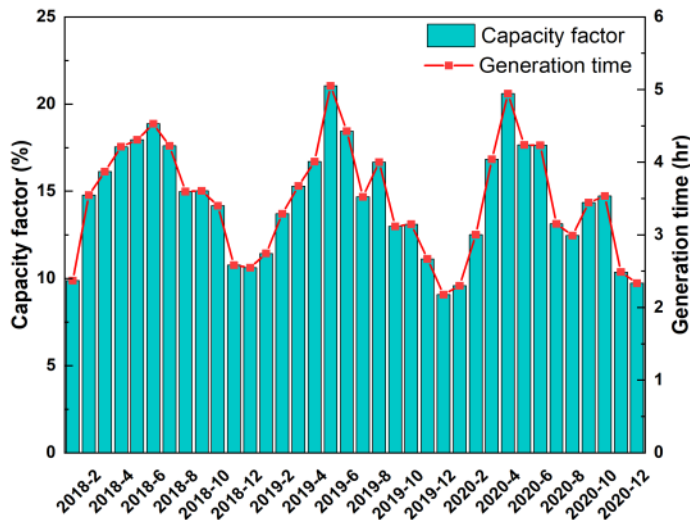


Fig. 4 Capacity factor, solar irradiation and outdoor temperature during the analysis period

설비이용률은 일사량과 외기온도에 영향을 받는다. 일사량이 증가할수록 발전효율이 증가되어 설비이용률은 증가하며, 외기온도가 높을수록 발전효율이 감소되어 설비이용률은 감소하게 된다. Table 9에 계절별 일사량, 외기온도, 설비이용률 평균값을 나타내었으며, 일사량이 가장 많은 봄철 태양광발전시스템의 설비이용률이 가장 높고, 일사량이 가장 낮은 겨울철 태양광발전시스템의 설비이용률은 낮게 측정되었다. 또한, 비슷한 일사조건에서 외기온도가 높을 경우 설비이용률은 낮게 측정되었다. 대표적인 예로 2018년 봄철 일평균 일사량은 5.28 kWh/m²이고, 2018년 여름철 일평균 일사량은 5.79 kWh/m²로 여름철 일사량이 봄철 일사량보다 높으나 높은 외기온도의 영향으로 발전효율이 감소되어 여름철 태양광발전시스템의 설비이용률은 낮게 측정되었다.

Table 9 Outdoor temperature, Solar irradiation and Capacity factor by season

Year	Category	Spring (3 ~ 5)	Summer (6 ~ 8)	Fall (9 ~ 10)	Winter (11 ~ 2)
2018	Outdoor temperature (°C)	15.86	29.77	18.97	2.11
	Solar irradiation (kWh/m ²)	5.28	5.79	4.30	3.02
	Capacity factor (%)	17.21	17.13	14.59	11.44
2019	Outdoor temperature (°C)	14.99	28.28	21.53	4.06
	Solar irradiation (kWh/m ²)	5.49	5.49	3.84	2.99
	Capacity factor (%)	17.70	16.58	13.05	11.28
2020	Outdoor temperature (°C)	14.72	28.28	19.91	4.76
	Solar irradiation (kWh/m ²)	5.73	4.79	4.24	2.85
	Capacity factor (%)	18.34	14.38	14.54	10.52

4.3 기대수익 및 발전수익

발전수익은 계산방식에 따라 계산결과가 상이 할 수 있다. 본 연구에는 SMP+1REC고정가격계산방식으로 발전수익을 계산하였으며, 여기서 REC가중치는 고정변수이고, SMP+1REC고정가격과 SMP가격은 발전수익을 결정하는 독립변수이다.

SMP가격은 국제유가에 간접적인 영향을 받으며, 지속적인 국제유가의 하락으로 SMP가격은 하락하였다. 또한, 태양광 보급 확대 정책에 따른 태양광발전의 지나친 공급량으로 수요를 초과한 REC공급량에 따라 REC가격은 하락하게 되었고, 고정가격계약시장의 정책적인 문제 등 복합적인 요인으로, SMP+1REC고정가격이 하락하게 되었다. 발전수익을 결정하는 두 개의 독립변수 모두 지속적으로 감소하고 있으며, Fig. 5의 그래프에서와 같이 kWh당 태양광발전수익은 감소 추세에 있다. 발전수익은 고정가격방식으로 계산하였음에도 불구하고, SMP가격과 SMP+1REC고정가격의 지속적인 하락으로 인해 발전에 따른 판매수익은 감소하게 되었다. 현 물시장거래방식으로 발전수익을 계산하였을 경우 태양광 발전수익대비 전력량요금 절감효과는 더 커질 것으로 예상된다.

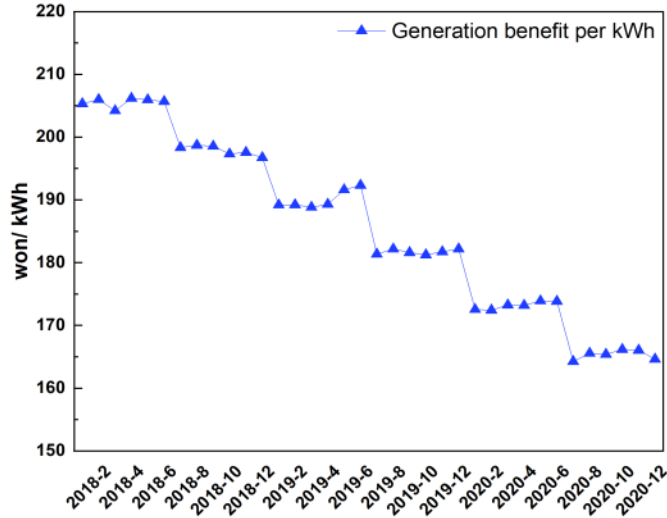


Fig. 5 Generation profit per kWh

진천 친환경에너지타운 내 태양광발전으로 인한 발전수익 및 전력량 감소에 따른 전력량요금 절감비용은 Fig. 6과 같다. 전력량요금 절감효과는 생산된 전력을 전력량요금으로 환산하였을 경우에 계산되었는데, 계산에 적용된 전력량요금은 여름철(6 ~ 8월), 최대부하시간(10 ~ 12, 13 ~ 17)에 가장 높아 해당시간대에 가장 높은 절감효과를 볼 수 있다. 2019년 여름철의 태양광 발전량 판매에 따른 발전수익과 전력량요금 절감비용의 격차는 2018년 대비 줄어들었으며, 2020년 경우 상대적으로 전력량요금이 높은 여름철의 전력량요금 절감비용이 발전수익을 초과하였다.

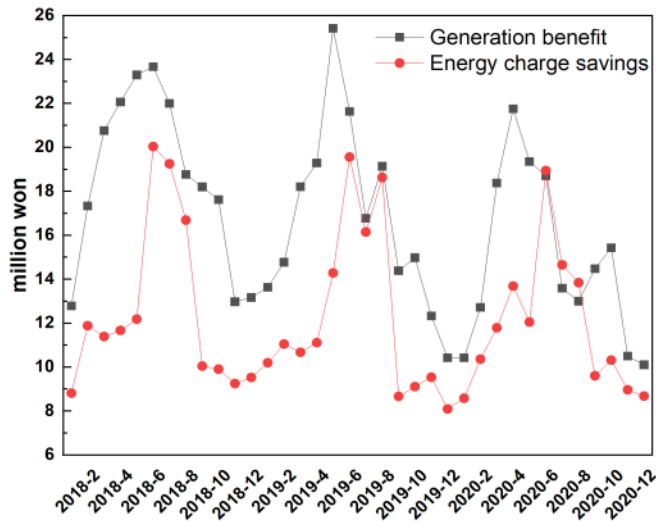


Fig. 6 Comparison between generation profit and energy charge

4.4 온실가스 저감효과

년도 별 온실가스 저감효과는 Table 10과 같다. 850 kW용량의 태양광발전시스템에서 연평균 1074.0 MWh의 전력을 생산하였으며, 이것은 494.7 톤 CO₂ eq.의 온실가스가 절감됨을 의미한다. 이는 우리나라의 대표적인 30년생 소나무 숲 45.5 ha가 흡수하는 탄소량이며, 에너지소비효율 2등급 승용차 약 202 대가 년 간 배출하는 이산화탄소를 저감하는 효과와 같다. 2030 국가 온실가스 감축목표¹⁶⁾에 따르면 우리나라는 2017년 국가 온실가스 총 배출량 709.1 Mt CO₂ eq. 대비 24.4% 감축을 목표로 하고 있으며, 이는 173.0 Mt CO₂ eq.에 해당하며 진천 친환경에너지타운 내 850 kW 급 발전시스템 약 350,000개가 절감하는 온실가스 감축량과 같은 양이다.

Table 10 CO₂ reduction and CO₂ reduction indicator by year

	Solar radiation (kWh/m ²)	Power generation (MWh)	CO ₂ reduction (ton CO ₂ eq.)	Pine grove (ha)	Passenger car (ea)
2018	1,643.0	1,102.0	506.3	46.6	207
2019	1,603.0	1,077.7	495.1	45.6	203
2020	1,571.4	1,050.7	482.7	44.4	197

5. 결론

본 연구에서는 진천 친환경에너지타운 내 태양광발전시스템의 운영결과를 분석하였다. 태양광발전으로 인한 설비이용률, 발전수익 및 온실가스 저감효과를 확인하였으며 주요 내용은 아래와 같다.

- (1) 진천 친환경에너지타운 내 850 kW 급 태양광발전시스템의 연평균 발전량은 1076.8 MWh이다.
- (2) 년도 별 설비의 이용률은 2018년 14.9% 2019년 14.5% 2020년 14.1%로 연평균 14.5%이다.
- (3) 이를 통한 발전수익은 2018년 222.6 백만원, 2019년 200.9 백만원 2020년 178.4 백만원인데, 발전수익이 매년 감소한 가장 큰 이유는 SMP+1REC 고정가격과 SMP가격이 낮아졌기 때문이다.
- (4) 생산된 전력을 전력량요금으로 환산하여 계산된 전력량요금 절감효과는 2018년 150.6 백만원, 2019년 147.0 백만원, 2020년 141.4 백만원이다.
- (5) 2020년 여름철(6월 ~ 8월)에는 전력량요금 절감효과가 발전수익을 초과하였다.
- (6) 진천 친환경에너지타운 내 태양광발전시스템은 연평균 30년생 소나무 숲 45.5 ha가 흡수하는 탄소량을 절감하고 있으며, 이는 승용차 약 202대가 연간 배출하는 이산화탄소량을 절감하는 것과 같다.

진천 친환경에너지타운 내 태양광발전시스템은 도시지역을 대상으로 공공건물의 지붕, 산책로, 주차장 등을 활용하여 설치되었다. 이와 같은 건축물을 활용한 태양광발전시스템 뿐만 아니라 도시의 유휴부지, 농어촌지역 등 다양한 공간에 태양광발전시스템 보급이 활성화되어야한다. 2019년 국내의 경우 신재생에너지 발전설비 중 67%가 태양광설비이며¹⁷⁾, 2050년 신재생에너지 로드맵¹⁸⁾에서도 태양광발전으로 최종에너지소비량 중 신재

생에너지공급량의 15%를 공급할 것으로 전망하고 있다. 태양광발전은 풍력발전과 함께 신에너지체계 구축에 가장 중요한 에너지원이 될 것이며, 에너지효율의 향상과 보급 활성화를 통해 상당량의 온실가스를 절감할 수 있을 것이다.

기후변화는 전 세계적으로 각국 간의 협의가 필요하고 인류가 반드시 해결해야하는 문제이다. 기후변화의 주범인 온실가스를 저감하는 노력은 반드시 이행되어야하며, 신재생에너지를 활용한 친환경에너지타운은 경제논리를 넘어서 기후변화를 완화할 수 있는 의미 있는 시도라고 생각한다. 본 연구에서는 진천 친환경에너지타운의 신재생에너지원 중 전력분야에 한정하여 운영결과를 분석하였다. 향후 진천 친환경에너지타운에 구성된 태양열, 지열, 하수열원 등 신재생에너지의 운영결과를 분석하고자 한다. 또한, 친환경에너지타운의 소비 전력패턴을 고려하여 태양광발전시스템에서 생산된 전력을 자체적으로 소비하였을 경우 필요한 적정 ESS용량을 산출하고자 한다. 이를 통해 친환경에너지타운에서 발생하는 모든 열 및 전력수요에 대해 신재생에너지로 공급이 가능한지 확인하고자 한다.

후기

본 연구는 에너지기술평가원의 에너지기술개발사업의 연구지원을 받아 수행되었음(과제번호 : 2018201060010A).

REFERENCES

1. Ministry of Foreign Affairs, Climate Change, URL[http://www.mofa.go.kr/www/wpge/m_20150/contents.do], Accessed 2021.01.16.
2. Gielen, D., Boschell, F., Saygin, D., Bazilian, M. D., Wagner, N., and Gorini, R., The Role of Renewable Energy in the Global Energy Transformation, *Energy Strategy Reviews*, Vol. 24, pp. 38-50, 2019.
3. Anarbaev, A., Tursunov, O., Kodirov, D., Muzafarov, S., Babayev, A., Sanbetova, A., Batirova, L., and Mirzaev, B., Reduction of Greenhouse Gas Emissions from Renewable Energy Technologies in Agricultural Sectors of Uzbekistan, *E3S Web of Conferences*, Vol. 135, 2019.
4. Karunathilake, H., Perera, P., Ruparathna, R., and Hewage, K., Renewable Energy Integration into Community Energy Systems: A Case Study of New Urban Residential Development, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 173, pp. 292-307, 2016.
5. Waal, R. M. and Stremke, S., Energy Transition: Missed Opportunities and Emerging Challenges for Landscape Planning and Designing, *Sustainability*, Vol. 6, pp.4386-4415, 2014.
6. Ceglia, F., Esposito, P., Marrasso, E., and Sasso, M., From Smart Energy Community to Smart Energy Municipalities: Literature Review, Agendas and Pathways, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 254, 2020.
7. Lee, D. W., Heo, J. H., Kim, M. H., and Kim, D. W., The Technology Development and Demonstration Research for Jincheon Eco-Friendly Energy Town Construction, Project Report of Ministry of Science and ICT, 2019.
8. Korea Power Exchange, Electric Power Statistics Information System, Weighted Average SMP.

9. Korea Energy Agency, URL[https://www.knrec.or.kr/business/rps_bidding.aspx]. Accessed 2021.01.16.
10. Ministry of Trade Industry and Energy, Guidelines on the Management and Operation of Renewable Portfolio Standard and Renewable Fuel Standard, Announcement 2020-105, 2020.
11. Jincheon County Office, Confirmation of issuance application of Renewable Energy Certificate, 2020.
12. Korea Electric Power Company, Electric Rates Table, 2019.07.01. application.
13. Korea Environment Corporation, Climate Change & Carbon Market, ETS insight, Vol. 18, 2020.
14. Korea Forest Service, Standard Carbon Sequestration of Major Tree Species, 2012.
15. Green Energy Times, URL[<http://www.gnetimes.co.kr/news/articleView.html?idxno=54585>], Accessed 2021.01.15.
16. Ministry of Environment, 2030 National Determined Contribution, 2020.
17. Korea Power Exchange, Statue of 2019 Power Plant Facilities, 2020.
18. IRENA, Global Energy Transformation, A Roadmap to 2050, IRENA, Abudabi, 2018.