

철도인프라용 태양광발전시스템 확대를 위한 기상정보 활용 발전량 예측 비교 연구

Comparative Study to Predict Power Generation using Meteorological Information for Expansion of Photovoltaic Power Generation System for Railway Infrastructure

유복종 · 박찬배* · 이주

Bok-Jong Yoo · Chan-Bae Park · Ju Lee

Abstract When designing photovoltaic power plants in Korea, the prediction of photovoltaic power generation at the design phase is carried out using PVSyst, PVWatts (Overseas power generation prediction software), and overseas weather data even if the test site is a domestic site. In this paper, for a comparative study to predict power generation using weather information, domestic photovoltaic power plants in two regions were selected as target sites. PVSyst, which is a commercial power generation forecasting program, was used to compare the accuracy between the predicted value of power generation (obtained using overseas weather information (Meteonorm 7.1, NASA-SSE)) and the predicted value of power generation obtained by the Korea Meteorological Administration (KMA). In addition, we have studied ways to improve the prediction of power generation through comparative analysis of meteorological data. Finally, we proposed a revised solar power generation prediction model that considers climatic factors by considering the actual generation amount.

Keywords : PVSyst, Photovoltaic power generation, Low carbon energy, PV system, Photovoltaic power generation prediction

초 록 국내에서 태양광 발전설비 설계 시 설계 단계에서의 태양광발전소의 발전량 예측은 국내 현장임에도 불구하고 PVSyst, PVWatts 등 해외 발전량 예측 프로그램과 해외 기상 자료를 이용하여 발전량을 예측하는 경우가 대부분을 차지하고 있는 실정이다. 본 논문에서는 기상정보를 활용한 발전량 예측 비교 연구를 위하여 현재 운영중인 2개 지역의 국내 태양광발전소를 대상으로 선정하였다. 발전량 예측 프로그램인 PVSyst를 활용하여 Meteonorm 7.1 과 NASA-SSE의 해외 기상정보를 이용한 발전량 예측값과 국내 기상청 (Korea Meteorology Administration) 기상 정보를 활용한 발전량 예측 정확성을 비교하였다. 추가적으로, 기상자료 비교 분석을 통한 발전량 예측 개선 방안을 연구하고, 최종적으로 실제 발전량과의 비교 분석을 통해 기후요소가 고려된 태양광 발전량 예측 수정 모델을 제시하였다.

주요어 : PVSyst, 태양광 발전량, 저탄소 에너지, 태양광발전시스템, 태양광 발전량 예측

1. 서 론

기존 37개 선진국에만 온실가스 감축의무가 발생하던 교토체제(2020년 만료 예정)와 달리 2015년 12월 프랑스 파리에서 개최된 제21차 유엔기후변화협약 당사국총회(COP21)에서 “파리협정” 채택으로 2021년부터는 전세국은 신기후체제로 진입하게 된다. 이는 197개 모든 당사국에 감축 의무가 발생하게 되며 한국은 온실가스 감축목표를 2030년 BAU 대비 37%로 결정하여 태양광 등 신재생에너지의 보급 확대를 저탄소 에너지로의 정책 전환을 기하고 있다. 태양광은 저탄소 에너지화에 큰 비중을 차지하는 재생 에너지로써, 최근 국내에서는 다양한 분야에서 태양광 발전에 관심을 가지고 투자를 지속적으로 늘리고 있는 상황이다. 하지만 타 분야에 비해 국내 철도분야에서의 태양광 발전설비 구축 실적은 아직 미비한 수준이다. 최근 국내 철도 역사가 복합적 기능을 수행하는 멀티플렉스 공간으로 변화되면서 전력 다소비형 건물 유형에 들어가지만 태양광 발전 설비 구축

*Corresponding author. E-mail: cbpark@ut.ac.kr.

© 2017 The Korean Society for Railway. All rights reserved.

<https://doi.org/10.7782/JKSR.2017.20.4.474>

실적은 2014년 기준 총 용량 522.12kW로 다소 미진한 수준이다[1,2]. 2016년 한국철도시설공단은 정부의 신재생에너지 보급 확대 및 산업육성 정책에 발맞춰 역사와 주차장, 승강장 등 철도 건물과 부지에 태양광 발전시설을 2020년까지 모두 14만5천 kW 규모로 확대 설치할 계획을 발표하였다[3]. 따라서 향후 국내 철도 건물과 부지에 효율적인 태양광 발전설비 설치를 위하여 정확한 발전량 예측을 바탕으로 하는 최적 설계 기법이 요구된다.

일반적으로 국내에서 태양광 발전설비 설계 시 설계 단계에서의 태양광발전소의 발전량 예측은 국내 현장임에도 불구하고 PVsyst, PVWatts 등 해외 발전량 예측 프로그램과 해외 기상 자료를 이용하여 발전량을 예측하는 경우가 대부분을 차지하고 있는 실정이다. 본 논문에서는 기상정보를 활용한 발전량 예측 비교 연구를 위하여 현재 운영중인 2개 지역의 국내 태양광발전소를 대상으로 선정하였다. 발전량 예측 프로그램인 PVsyst를 활용하여 Meeonorm 7.1과 NASA-SSE의 해외 기상정보를 이용한 발전량 예측값과 국내 기상청 (Korea Meteorology Administration) 기상정보를 활용한 발전량 예측 정확성을 비교하였다. 추가적으로, 기상자료 비교 분석을 통한 발전량 예측 개선 방안을 연구하고, 최종적으로 실제 발전량과의 비교 분석을 통해 기후요소가 고려된 태양광 발전량 예측 수정 모델을 제시하였다.

2. 비교 분석을 위해 선정된 태양광발전소 및 주요 구성품 정보

본 연구에서는 태양광 발전량 예측 PVsyst 프로그램의 기본 제공 해외 기상정보인 Meeonorm 7.1과 NASA-SSE의 발전량 예측값과 국내 기상청(KMA) 기상정보를 이용한 발전량 예측값을 비교하고, 실제 발전량과의 정확도 비교를 위해 현재 운영중인 2개 태양광발전소를 대상으로 선정하였다. 대상지의 상세 정보는 Table 1과 같이 지평 태양광발전소는 2015년 7월 준공하여 상업운전을 시작하지 2년이 경과한 3MW급의 수상 태양광발전소로 경북 상주시 이안면에 위치하고 있다.[2] 송암 태양광발전소는 2014년 1월 준공하여 상업운전을 시작하지 3년이 경과한 2MW급의 지상형 태양광발전소로 강원도 춘천시 송암동 봉어섬에 위치하고 있다.

대상지로 선정된 지평 태양광발전소의 태양광 모듈의 총 설치용량은 DC 3.087MW이며, 적용된 태양광 모듈은 STC(Standard Test Condition) 조건에서 310Wp의 출력을 발생하는 다결정 실리콘 전지로 총 9,960장이 설치되었으며, 태양광 인버터 1대의 용량은 990kVA로 총 3대가 설치되었다[2]. 송암 태양광발전소의 태양광 모듈 설치용량은 총 DC 2.057MW로 적용된 태양광 모듈은 STC(Standard Test Condition) 조건에서 250Wp로 총 8,200장이 설치되었으며, 태양광 인버터 1대의 용량은 500kW로 총 4대가 설치되었다. 비교 분석을 위해 선정된 태양광발전소 각각에 설치된 태양광 모듈과 인버터의 상세 사양은 Table 2와 같다[2].

Table 1. PV Plant site information [2].



Site Information	Jipyong PV Plant [2]	Songam PV Plant
Bird's-eye-view		
Latitude / Longitude	36° 32' 59.67" N 128° 6' 50.10" E	37°51'31.89"N, 127°40'47.29"E
Altitude / Azimuth	97.61 m / South 0°	81 m / South 0°
Photovoltaic capacity	DC 3.0876 MW	DC 2.050 MW
Module	310 Wp(9,960pcs)	250 Wp(8,200pcs)
Inverter / Combiner box	990kW(3pcs) / 24 pcs	500kW(4pcs) / 28 pcs
Array configuration	20 series x 498 parallel	20 series x 410 parallel
Array tilt	Fixed 12°	Variable 15~45°

Table 2 Photovoltaic module and inverter specifications[2].

Site information		Jipyeong PV plant [2]	Songam PV plant
Photovoltaic Module			
Electrical characteristics	Maximum power(P_{max})	310Wp	250Wp
	Open circuit voltage(V_{oc}) at STC	45.2V	38.19V
	Short circuit current(I_{sc}) at STC	8.91A	8.65A
	Module efficiency (%)	16.0%	15.2%
Temperature characteristics	Temperature coefficients of P_{mpp}/V_{mpp}	-0.41%/°C / -0.31%/°C	-0.47%/K / -0.463%/K
	Temperature coefficients of I_{mpp}	+0.055%/°C	-0.008%/K
STC defined as irradiance of 1000W/m ² at AM 1.5, 25°C			
Photovoltaic inverter			
Power Class		990kVA	512kW
Input[DC]	Maximum DC power	1010kW	565kW
	MPP voltage range (at 25°C)	656-850V	450-820V
Output[AC]	Rated power / Rated output voltage	990kVA /405V	500kW / 270V
	Frequency / Phase	60Hz / 3-Phase, 3-Wire	60Hz / 3-Phase, 3-Wire
	Maximum / EURO efficiency	98.6% / 98.4%	98.5% / 98.3%

3. 태양광발전소 설계 단계에서의 발전량 예측을 위한 기존 연구

일반적으로, 태양광 발전량 예측에 활용하는 PVsyst 프로그램의 발전량 예측 알고리즘은 Fig. 1과 같다[2,3]. Fig. 1에서 보는 바와 같이, 위도, 경도, 고도 및 시간대 등의 대상지의 위치 정보를 입력하고 Meteororm이나 NASA-SSE의 PVsyst 기본 제공 해외 기상정보를 선택하거나 본 연구와 같이 대상지의 현장 측정 기상정보나 국내 기상청(KMA) 기상정보를 입력한다. 이후 태양광 어레이의 설치 경사각과 고정형, 가변형, 추적형 등 태양광어레이의 설치 형태를 선정한다. 설치하고자 하는 태양광 모듈과 인버터를 선정한 후 모듈과 인버터에 따른 최적의 직, 병렬을 설계하는 System Sizing을 한 후 세부적인 시스템 손실을 적용하고 음영 영향 등의 태양광발전소의 시스템 변수 조정 단계를 거친 후 출력 발전량을 계산하는 알고리즘으로 태양광발전소의 발전량을 예측하게 된다[2,4]. 일반적인 태양광 발전량 예측 프로그램인 PVsyst에서의 연간 발전량 계산식은 식(1)과 같다[2,5]. 여기서, 태양광발전시스템 성능비 PR (Performance Ratio)은 태양광 어레이의 정격조건하(STC)에서의 설치용량인 직류 입력과 태양광발전시스템의 손실을 종합하여 고려한 교류 출력의 비로 태양광발전시스템 전체의 성능저하 및 손실 요인을 평가하는 지표가 된다. 일반적으로 PR 이 80% 이상이면 양호하고, 70% 이하이면 태양광발전 시스템에 관련된 부품의 고장이나 음영의 발생, 시공상의 문제점이 있는 것으로 판단한다[2,6].

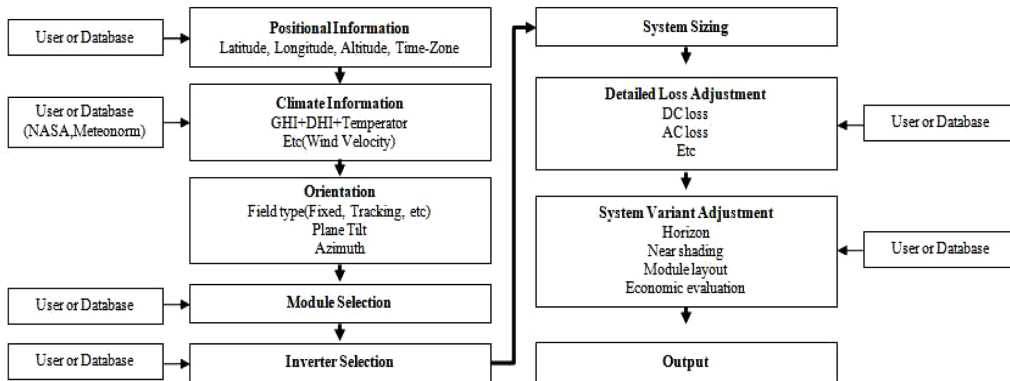


Fig. 1. Photovoltaic power generation volume prediction algorithm [2].

$$P_{year} = I_t \times M_{eff} \times A \times PR \quad (1)$$

여기서, P_{year} 는 연간 태양광 발전량[kWh], I_t 는 경사면 연간 총 일사량[kWh/m²], M_{eff} 는 태양광 모듈 효율[%] (at Standard Test Condition), A 는 태양광 어레이 면적[m²], PR (Performance Ratio) 은 시스템 성능비[%]를 각각 나타낸다. Fig. 2는 국내 기상청(KMA) 기상정보를 이용한 지평 태양광발전소의 연간 예측 발전량으로 수평면 일사량을 시작으로 태양광 모듈과 인버터의 변환 과정을 통해 계통연계점에서 최종 3,775MWh의 연간 발전량이 예측된다[2,4]. 태양광발전소 각각에 Meteonorm 7.1과 NASA-SSE의 해외 기상정보를 이용한 연간 발전량 예측 값과 국내 기상청(KMA) 자료를 이용한 발전량 예측 값을 비교하면 Table 3과 같이 기상정보에 따라 연 발전량, 태양광발전시스템 성능비(PR) 및 일일 발전시간 모두 차이를 보인다.

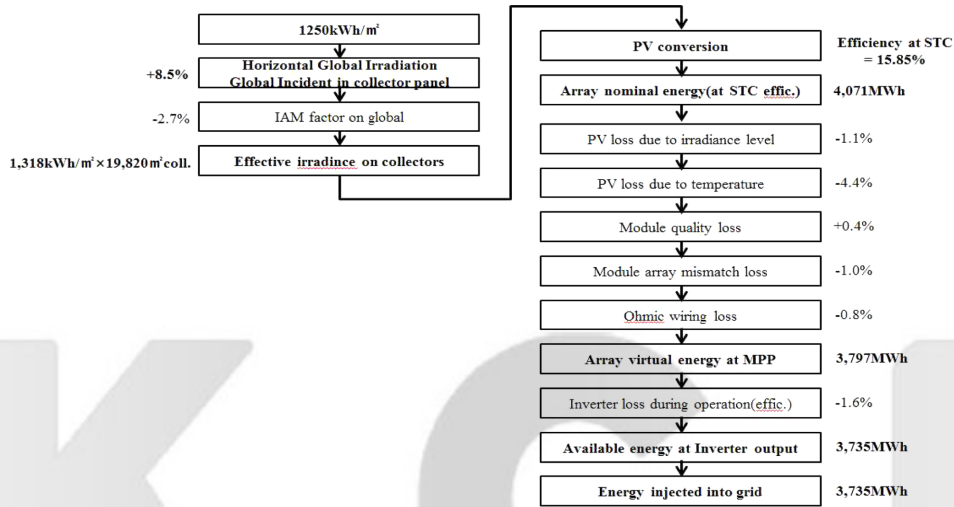


Fig. 2. Loss diagram over the whole year on PVsyst.

Table 3 Comparison of predicted yearly power generation volume calculated using PVsyst.

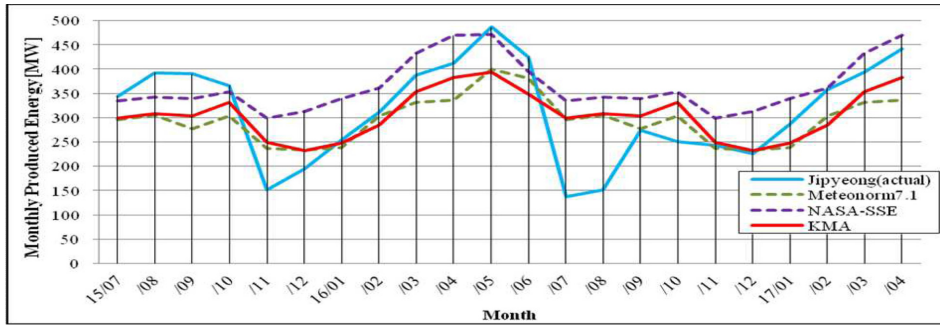
Classification	Jipyong PV Plant			Songam PV Plant		
	Meteonorm7.1	NASA-SSE	KMA	Meteonorm7.1	NASA-SSE	KMA
Produced energy [MWh/year]	3,678	4,452	3,735	2,613	3,327	2,660
PR(Performance Ratio)[%]	82.8	89.7	89.1	86.86	87.01	86.48
Daily produced hour	3.26	3.95	3.31	3.49	4.45	3.55

4. 태양광발전소 실제 발전량을 통한 비교 분석 및 개선 방안 연구

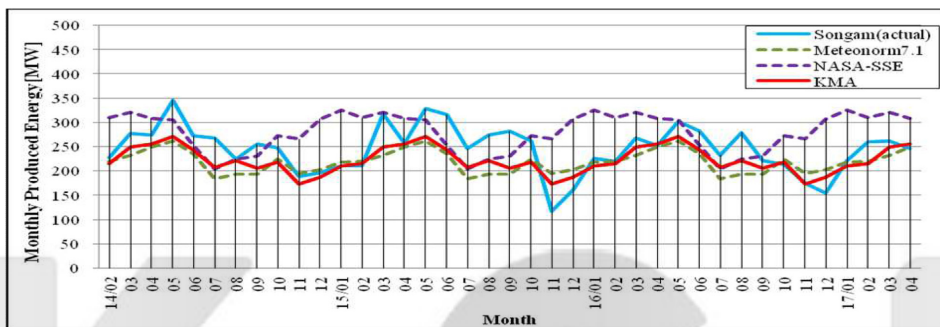
4.1 실제 발전량과 예측값의 비교 분석

대상지의 실제 발전량은 각각의 태양광발전소에 설치된 태양광 발전 모니터링 시스템으로 부터 취득한 정보를 이용하였다. 지평 태양광발전소의 기상 자료별 발전량은 Fig. 3의 (a)와 Table 4와 같이 국내 기상청(KMA) 기상 자료를 이용한 발전량 예측값이 실제 발전량과 유사하며 오차율도 국내 기상청 기상정보를 이용한 발전량 예측값이 오차율 -2.24%로 실제 발전량과 가장 높은 정확도를 보인다[2]. 송암 태양광발전소의 발전량 예측값도 Fig. 3의 (b)와 Table 4와 같이 국내 기상청 기상 자료를 이용한 발전량 예측값이 실제 발전량과 유사하며, 오차율도 -10.06%로 가장 높은 정확도를 보인다.

이를 종합하면, 해외 Meteonorm7.1 기상 자료를 이용한 발전량 예측 값은 실제 발전량 보다 적은 발전량을 보이며 대상지 모두 부(-)의 값으로 오차율 8.74%이다. NASA-SSE의 해외 기상 자료를 이용한 발전량 예측값은 실제 발전량 보다 다소 많은 발전량 예측 값을 보이며 정(+)의 값으로 오차율 14.55%이다. 국내 기상청(KMA) 기상 자료를 이용한 발전량 예측값은 실제 발전량 보다 적은 부(-)의 값이며 오차율 6.15%로 Meteonorm7.1과 NASA-SSE와의 중간 정도의 발전량 예측값을 보여 해외 기상 자료를 이용한 발전량 예측값 보다 국내 현장의 경우 국내 기상청 기상 자료를 이용하여 발전량을 예측하는 경우가 실제 발전량과 가장 높은 정확도를 보임을 알 수 있다.



a) Jipyong PV Plant



b) Songam PV Plant

Fig. 3. Comparison of predicted monthly power generation[2].

Table 4 Comparison of actual power generation volume and simulated power generation volume.

PV plant	Period	Actual power generation volume[MWh]	Meteonorm7.1 [MWh]	NASA-SSE [MWh]	KMA [MWh]	Misc.
Jipyong	15.07~17.04	6,881.6	6,512.3 (-5.37%)	8,036.7 (16.79%)	6,727.5 (-2.24%)	The number in () marks an error factor
Songam	14.02~17.04	9,575.9	8,542.3 (-12.10%)	10,920.0 (12.31%)	8,700.3 (-10.06%)	

4.2 기상 자료 비교를 통한 발전량 예측과의 관련도 분석

태양광 발전량 예측에 이용한 기상정보는 Meteonorm 7.1과 NASA-SSE의 해외 기상 자료와 국내 기상청(KMA)의 기상정보를 이용하였다. Meteonorm은 스위스 Meteotest사에서 개발한 소프트웨어로 전세계 8,300곳 이상의 기상관측소에서 일사량, 온도, 습도, 강수량, 일별 강수량, 풍향, 풍속, 일조시간 등 8개 기상요소를 제공하고 있다[2,6]. NASA-SSE는 NASA-Surface Meteorology and Solar Energy 제공 기상데이터로 1983년부터 2005년까지 22년의 관측값으로 일사량, 평균기온을 포함한 14개의 기상요소와 22개 관측지점의 기상 자료를 제공하고 있다.

국내 기상청(KMA) 제공 기상 자료는 20년간(1988~2007)의 태양에너지 최적 활용을 위한 기상자원 분석 보고서와 고해상(1km)의 태양광 기상자원지도(2009~2010)를 제공하고 있다[2,8]. 지평 태양광발전소의 국내 기상청 기상 자료는 대상지와 가장 근접한 기상 관측지점인 추평령 기상대(위도 36.22N, 경도 122.99E, 해발고도 242.2m)의 기상 자료를 이용하였고 송암 태양광발전소의 국내 기상청 기상 자료는 대상지와 가장 근접한 춘천 기상대(위도 37.90N, 127.74E, 해발고도 77.8m)의 기상 자료를 이용하였다[2,9].

태양광 발전량에 영향을 주는 주요한 기상 요소로는 일사량과 온도로 일사량은 태양광 모듈 표준시험 조건(STC)인 1000W/m²을 기준으로 표준 일사량에 가까울 수록 발전량이 높으며 온도는 모듈 표준시험 조건인 모듈 온도 25°C를 기준으로 기준 온도보다 높으면 낮은 발전량을 보인다. 모듈 제조사에서는 Table 2와 같이 출력 온도계수 등을 제공하고 있다. 지평 태양광발전소의 경우 일사량은 Fig. 4의 (a)와 Table 5에서 보는 바와 같이 실제 일사량 측정값과 국내 기상청(KMA), Meteonorm 7.1 순으

로 일사량이 유사함을 보이며 NASA-SSE의 경우 실제 값과의 차이를 보이고 있다. 온도도 Fig. 4의 (b)와 Table 6과 같이 NASA-SSE를 제외한 나머지 기상 자료가 실제 값과 유사함을 보인다. 송암 태양광발전소의 경우도 일사량은 Fig. 4의 (b)와 Table 5에서 보는 바와 같이 NASA-SSE를 제외한 일사량이 실제 값과 유사함을 보이며 온도는 Fig. 5의 (b)와 Table 6에서와 같이 실제 측정값과 가장 유사한 국내 기상청 온도 값도 평균 11°C의 차이로 발전량 예측에서도 오차가 클 것으로 보여 정확한 발전량 예측을 위해서는 기상요소 중 일사량 뿐만이 아니라 온도 요소가 함께 고려되어야만 정확한 발전량 예측이 가능함을 알 수 있다.

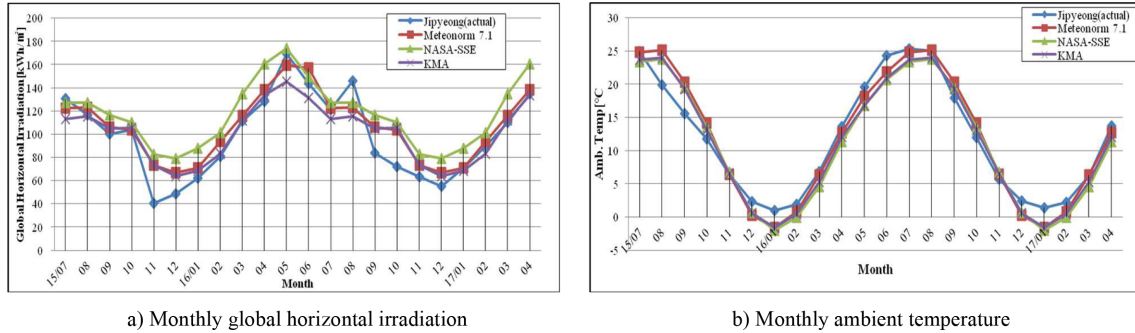


Fig. 4. Monthly global horizontal irradiation and ambient temperature at Jipyeong PV plant.

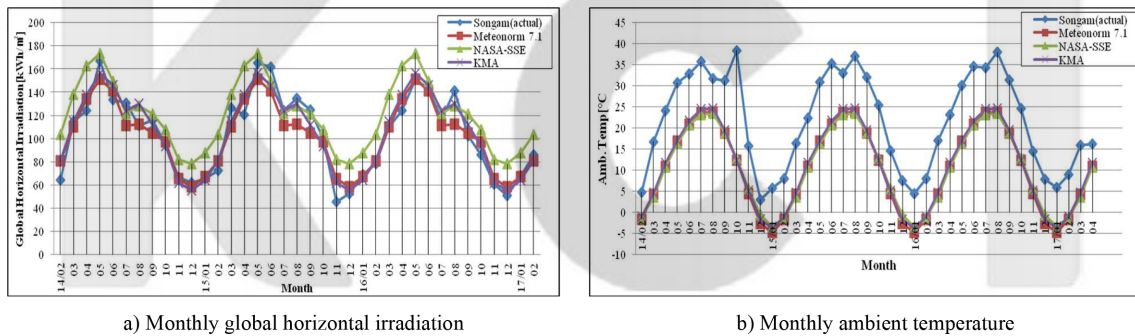


Fig. 5. Monthly global horizontal irradiation and ambient temperature at Songam PV plant.

Table 5 Comparison of actual GHI and simulated GHI.

PV plant	Period [Month]	Actual GHI [KWh/m ²]	Meteonorm7.1 [KWh/m ²]	NASA-SSE [KWh/m ²]	KMA [KWh/m ²]
Jipyeong	15.07~17.04	2,186.36	2,344.90	2,577.6	2,223.30
Songam	14.02~17.04	4,087.95	4,029.00	4,766.50	4,164.90

Table 6 Comparison of actual ambient temperature and simulated ambient temperature.

PV plant	Period [Month]	Actual ambient temperature [°C]	Meteonorm7.1 [°C]	NASA-SSE [°C]	KMA [°C]
Jipyeong	15.07~17.04	11.84	11.76	10.94	11.12
Songam	14.02~17.04	21.76	10.14	10.38	10.76

4.3 태양광 발전량 예측 수정 모델 제시

태양광 발전량에 영향을 주는 주요 기상 요소로는 일사량과 온도이다. 일사량은 대상지 2곳 모두 NASA-SSE를 제외한 기상 자료 값이 실제 값과 유사함을 보이나 송암 태양광발전소의 경우 온도는 실제 값과 기상 자료 값의 차이가 큰 이유로 인해 예측 발전량의 오차에도 영향을 주고 있어 태양광 발전량 예측에 일사량과 온도가 함께 고려된 발전량 예측 수정 모델 제시가 필

요하다. 대상지별 실제 발전량과 예측 발전량의 정확도 비교를 위해 일사량이 주로 고려된 PVsyst의 발전량 계산식 식(1)를 적용한 발전량 예측값과 일사량과 온도 및 모듈 경년에 따른 출력 감소율 계수 f_{aging} 요소가 함께 고려된 태양광 발전량 예측 수정 모델 계산식 식(2)와 식(3)을 적용하여 실제 발전량과의 정확도를 비교 하였다[10,11].

$$P_{corr-aging}(t) = P_{stc} \times \frac{G(t)}{1000} + [1 + \frac{\% \beta}{100}(T_c(t) - 25)] \times f_{dirt} \times f_{mm} \times f_{cable} \times f_{inv} \times f_{aging} \quad (2)$$

$$T_c(t) = T_a(t) + (\frac{T_{NOCT} - 20}{G_{NOCT}})G(t) \quad (3)$$

여기서, $P_{corr-aging}$ 는 온도 보정 출력 발전량[kWh], P_{stc} 는 태양광어레이의 정격 출력[kW], $G(t)$ 는 기상 자료 경사면 일사량 [W/m^2], $\% \beta$ 는 모듈사 제공 출력 온도 계수[%/°C], $T_c(t)$ 는 측정 시간 t에서의 모듈 온도[°C], T_{NOCT} 는 정격 동작 조건에서의 모듈 온도[°C], G_{NOCT} 는 정격 동작 조건에서의 일사량 [W/m^2] (800 W/m^2 적용), f_{dirt} 는 오염 감소율(일반적으로 0.97 적용), f_{mm} 는 모듈 mis-match factor, f_{cable} 는 케이블 손실율(일반적으로 0.95에서 0.99 적용), f_{inv} 는 인버터 최대 효율[%], f_{aging} 는 모듈 경년 출력 감소율(2년차부터 0.01씩 감소 적용)을 각각 나타낸다. 대상 태양광 발전소 2곳에 일사량이 주로 고려된 발전량 예측 계산식 식(1)과 일사량과 온도가 함께 고려된 태양광 발전량 예측 수정 모델 계산식 식(2)와 식(3)을 적용하여 예측 발전량과 실제 발전량을 비교한 결과, Table 7과 같이 지평 태양광발전소는 국내 기상청(KMA) 기상 자료를 이용하여 발전량 예측 계산식 식(1)를 적용할 경우 -2.24%의 오차율에서 태양광 발전량 예측 수정 모델 계산식 식(2)와 식(3)을 적용할 경우에 오차율 1.53%로 정확도가 개선됨을 알 수 있다. Meteonorm7.1의 기상 자료를 이용한 발전량 예측의 경우에도 태양광 발전량 예측 수정 모델 계산식 식(2)와 식(3)을 적용하는 경우가 오차범위에서 유사하게 발전량이 예측됨을 보인다.

송암 태양광발전소의 경우도 국내 기상청 기상정보를 이용하여 태양광 발전량 예측 수정 모델 계산식 식(2)와 식(3)을 적용하는 경우가 예측 발전량과 실제 값의 차이가 당초 -10.06%의 오차율에서 -8.81%로 정확도가 개선됨을 보이며, Meteonorm7.1의 기상 자료를 이용한 발전량 예측의 경우도 당초 -12.10%의 오차율에서 0.66%의 오차율로 정확도가 향상되어 대상지 2곳 모두 발전량 예측 수정 모델 계산식 식(2)와 식(3)을 적용하여 발전량을 예측하는 경우가 정확도가 개선됨을 보인다. 다만, NASA-SSE 기상 자료를 이용한 발전량 예측의 경우는 실제 기상 자료 값과 큰 차이로 인해 대상지 2곳 모두 일사량이 주로 고려된 발전량 예측 계산식 식(1)를 적용하는 것이 오차율이 적어 발전소 설계시 발전량 제시용으로 활용함이 적정하다.

Table 7. Comparison of actual power generation volume and simulated power generation volume.

PV Plant	Equation	Period [Month]	Actual power generation volume[MWh]	Meteonorm7.1 [MWh]	NASA-SSE [MWh]	KMA [MWh]	Misc.
Jipyong	Eq.(1)	15.07~17.04	6,881.6	6,512.3	8,036.7	6,727.5	The number in () marks an error factor
	Eq.(2)			7,321.5	8,291.9	6,986.9	
	Eq.(3)			(6.39%)	(20.49%)	(1.53%)	
Songam	Eq.(1)	14.02~17.04	9,575.9	8,542.3	10,920.0	8,700.3	
	Eq.(2)			9,639.9	12,299.8	8,800.4	
	Eq.(3)			(0.66%)	(22.15%)	(-8.81%)	

5. 결 론

철도인프라용 태양광발전시스템 적용 확대를 위해 현재 운영중인 2개의 국내 태양광발전소를 대상으로 하여 Meteonorm 7.1과 NASA-SSE의 해외 기상정보와 국내 기상청(KMA) 기상정보를 이용한 기상정보별 발전량 예측 값과 실제 발전량을 비교한 결과 국내 기상청(KMA) 기상정보를 이용한 발전량 예측 값이 Meteonorm 7.1과 NASA-SSE의 해외 기상정보를 이용한 발전량 예측 값 보다 높은 정확도로 분석되어 앞으로 국내 철도 현장의 태양광 발전량 예측에 있어 해외 기상정보 보다 국내 기상청 기상 자료의 많은 활용이 기대된다.

태양광 발전량에 영향을 주는 주요 기후 요소는 일사량과 온도로 기상 자료 비교를 통한 발전량 예측과의 관련도를 분석하면 일사량은 대상지 2곳 모두 국내 기상청(KMA), Meteonorm 기상 자료 순으로 그 값이 실제 값과 유사함을 보이나 송암 태양광발전소의 경우 온도는 실제 값과 가장 유사한 기상청(KMA) 기상 자료도 11°C의 차이를 보여 발전량 예측에 일사량과 온

도를 함께 고려하여야만 정확도가 향상된 발전량 예측이 가능함을 알 수 있다.

본 논문에서는 지금까지 기후요소 중 일사량만을 주로 고려한 태양광 발전량 예측에서 일사량과 온도가 함께 고려된 태양광 발전량 예측 수정 모델식 제시하여 국내 기상청(KMA) 기상정보를 이용하여 국내 철도 현장의 태양광발전시스템 발전량 예측에 적용할 경우 정확도가 더욱 향상된 태양광 발전량 예측이 가능함을 보였다. 향후, 본 논문에서 제시한 태양광 발전량 예측 수정 모델식의 세밀한 손실 요소 개발 연구로 태양광 에너지를 이용한 철도인프라의 태양광발전시스템 적용 확대에 신기후 체제에 대응한 저탄소 에너지화에 기여함이 필요하다 판단된다.

후 기

이 논문은 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 진행중인 한국연구재단-기초연구지원사업(No. 2016R1D1A1B03932224)의 지원을 받아 수행된 연구임.

References

- [1] Korean Railroad Corporation (2015) Electrical operations data, KORAIL Report 22.
- [2] B.J. Yoo, J. Lee (2017) A study on photovoltaic power generation amount forecast at design stage for extended application in the field of railways, *Journal of the Korean Society for Railway*, 20(2), pp. 182-189.
- [3] www.yonhapnews.co.kr/bulletin/2016/07/21/0200000000AKR20160721086800063.html (Accessed 11 June 2017)
- [4] www.pvsyst.com (Accessed 27 January 2017)
- [5] S.M. Cheong, J. S. Lee (2014) *Design of photovoltaic power generation system*, Eduall, 83, Moraena-ro, Mapo-gu, Seoul, Korea, pp.103.
- [6] B.J. Kim, J.W. Park, J.H. Yun, W.C. Shin (2015) The development of performance evaluation program of building integrated photovoltaic system, *Korea Institute of Ecological Architecture Environment Journal*, 15 (4), pp.85-86.
- [7] Meteororm (2014) Meteororm global meteorological database, Handbook Part I : Software Meteororm.
- [8] National Institute of Meteorological Sciences (2013) Meteorological resource map data from technology development research to support green growth (2010-) and Applied Research to Develop Meteorological Technologies (2013-).
- [9] Korea Meteorological Administration (2008) An analysis of meteorological resources for optimal utilization of solar energy
- [10] A. M. Omar, M. Z. Hussin, S. Shaari, K. Sopian (2014) Energy yield calculation of the grid connected photovoltaic power system, *2014 8th International Conference on Renewable Energy Sources (RES 14)*, At Kuala Lumpur, pp.163-164.
- [11] C. E. B. E. Sidi, M. L. Ndiaye, A. Ndiaye, P. A. Ndiaye (2015) *Outdoor performance analysis of a monocrystalline photovoltaic module: Irradiance and temperature effect on exergetic efficiency*, *International Journal of Physical Sciences* 10(11), pp.353.

(Received 26 July 2017; Revised 2 August 2017; Accepted 20 August 2017)

Bok-Jong Yoo : ybjong@gmail.com

Department of Electrical Engineering, Hanyang University, 222 Wangsimni-ro, Seongdong-Gu, Seoul 04763, Korea

Chan-Bae Park: cbpark@ut.ac.kr

Department of Railroad Operation System Engineering, Korea National University of Transportation, Cheoldobangmulgwan-ro, Uiwang-si, Gyeonggi-do 16106, Korea

Ju Lee ; julee@hanyang.ac.kr

Department of Electrical Engineering, Hanyang University, 222 Wangsimni-ro, Seongdong-Gu, Seoul 04763, Korea