태양광기술의 건물 적용 시험 요구조건에 관한 연구

이유진¹ · 노훈구² · 신대욱^{3*}

¹군산대학교 건축공학과, 석사과정

²군산대학교 건축·해양건설융합공학부, 학사과정

³군산대학교 건축·해양건설융합공학부(건축공학전공), 교수

A Study on Requirements for Building Application Test of Photovoltaic Technology

Lee Yu-Jin¹ · Noh Hun-Gu² · Shin Dae-Uk^{3*}

¹ME Student, Graduate School of Architectural Engineering, Kunsan National University

²BE Student, School of Architecture & Coastal Engineering, Kunsan National University

³Professor, School of Architecture & Coastal Engineering, Kunsan National University

*Corresponding author: daeuk.shin@kunsan.ac.kr

Abstract

Because photovoltaic technology applied to the building is intended for long-term use, it is important to undergoes sufficient test before installation. In general, testing of photovoltaic technology is mainly performed on the components of the system. However, because each component is combined with the building's applied solar technology, various tests are required in its combined state with the building. Therefore, in this study, the current status of photovoltaic technology, procedures, and related facilities were investigated to derive the requirements of the building application test for photovoltaic technology. Based on the results of the investigation, test requirements were derived, such as content to be considered when testing building-applied photovoltaic technology and facility requirements for testing and certification.

Keywords: 태양광기술(Photovoltaic technology), 건물 적용(Building application), 시험 요구조건(Test requirement), 기술/표준/시설 현황(Technology, standards and facilities status)

Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol.42, No.1, pp.141-153, February 2022
<https://doi.org/10.7836/kjes.2022.42.1.141>

pISSN : 1598-6411

eISSN : 2508-3562

Received: 22 December 2021

Revised: 17 January 2022

Accepted: 25 January 2022

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.

1. 서론

건물 저에너지에 대한 관심이 증가함에 따라 태양광발전과 같은 신·재생에너지를 활용하기 위한 정부의 정책 및 기술개발이 증가하고 있다. 태양광발전 시스템은 효율적인 재생에너지 생산을 위하여 설치되므로 설치 후 장기간 사용하였을 때의 적용 타당성 검증이 요구되며, 이는 주로 성능에 대한 다양한 시험을 수행하여 검증한다.

태양광발전 시스템의 시험은 주로 시스템을 구성하는 모듈, 인버터, 접속함, 어레이와 같은 각각의 구성요소에 관하여 수행되고 있다. 각 구성요소에 대한 시험은 KS, ISO 등 국

내외 규격에 의해 엄밀하고 세부적으로 수행되고 있으며, 제품을 개발, 생산, 유통할 때 필수적인 요건으로 인식되어지고 있다. 또한 이러한 규격을 시험할 수 있는 장비, 그리고 장비를 보유하고 있는 기관은 다수 존재하고 있다. 다만 이 기술들을 수요로 하는 건물에 적용되었을 때 발생할 수 있는 접합부, 성능 등 다양한 문제에 대한 시험은 제안되지 않은 상황이다. 개발되고 있는 다양한 태양광 기술이 건물과 연계성이 높은 만큼, 그 연계성을 확인하기 위한 시험 절차도 중요하다고 판단된다.

이에 본 연구에서는 태양광기술의 건물 적용 시험 절차를 마련하기 위한 기초조사 단계로, 국내·외 태양광발전 시스템 관련 기술 및 표준, 시설 현황을 조사하여 건물 적용 시험 절차의 요구조건 도출을 목표로 한다. 현실적인 현황 조사를 위해 국내·외의 주요 기사, 보고서, 기준, 기고문, 특허 등을 통하여 조사하였으며 문헌 자료를 토대로 태양광발전 시스템의 현황, 관련 표준 및 시설 현황으로 구분하여 조사하였다. 마지막으로 조사내용을 분석하여 태양광발전 시스템의 건물 적용 시험 시 고려해야 할 내용을 도출하였다.

2. 태양광발전 시스템 기술 현황 조사

태양광기술의 건물 적용 시험 절차 마련을 위해서는 현재 시장 규모를 파악해야 하므로, 관련된 정부의 정책을 확인하고 이어 관련된 연구 및 기술·특허를 확인하였다. 정책 현황의 경우 환경부, 산업통상자원부 등 국내 정부부처에서 배포한 신·재생에너지 활용에 관한 보도자료를 조사하였으며, 연구 및 기술 현황은 RISS 및 KIPRIS에서 태양광(Photovoltaic)을 검색 후 건물에 적용 가능한 키워드를 중심으로 조사하였다.

2.1 태양광발전 시스템의 정책 현황

태양광발전 시스템의 정책 현황은 국내 정부에서 배포된 신·재생에너지 활용과 관련된 자료들을 조사하였다. 먼저 재생에너지 비율을 현재의 6.6%에서 약 70%로 확대하는 계획인 ‘2050 탄소중립 시나리오’가 2020년 10월 처음으로 발표되었다¹⁾. 지구 평균기온 상승을 2°C 이하로 유지하기 위한 장기저탄소발전전략(LEDs, Long-term low greenhouse gas Emission Development Strategies)과 국가온실가스감축목표(NDC, Nationally Determined Contribution)를 달성하기 위하여 에너지 주공급원을 화석연료에서 신·재생에너지로 적극적으로 전환하기 위한 전략을 추진 중이다.

산업통상자원부에서는 우리나라 에너지는 석탄, 석유 등 해외 수입 에너지에 전적으로 의존하고 있으며 의존도가 90% 이상이라고 발표하였다. 반면 태양광, 풍력은 국산 에너지이므로 해외 에너지 의존도를 줄이는 방안으로 신·재생에너지의 발전량을 늘려야 한다며 ‘신·재생에너지 3020 이행계획’을 발표하였다²⁾. 3020은 2030년까지 재생에너지 비중을 20%까지 늘리겠다는 것을 의미한다. 또한 재생에너지 보급을 활성화하기 위하여 ‘도시형 자가용 태양광 확대’, ‘농가 태양광 확대’와 같은 방안을 제시하였다³⁾.

위와 같이 국내 정부의 정책 키워드는 재생에너지 비율 확대, 건물의 경우 제로에너지 건물·그린리모델링 확대와 같은 방안을 추진 중이다. 또한 2050 탄소중립 시나리오의 부문별 에너지 수요 변화와 같이 건물에서의

에너지 수요를 46.9백만 TOE에서 36백만 TOE로 감소시키기 위하여 건물에 적용하기 위한 태양광발전 시설의 연구 및 기술 개발이 증가할 것으로 보인다.

2.2 태양광발전 시스템의 연구 및 기술 현황

재생에너지 비율 확대와 같은 정책을 달성하기 위하여 태양광과 관련된 연구 및 기술의 개발 현황이 증가하고 있는지, 최근 집중하고 있는 키워드가 무엇인지에 대한 조사가 필요하다. 먼저 관련 연구 현황을 알아보기 위하여 RISS에서 최근 20년간의 태양광(Photovoltaic)을 국내·외 학술지를 대상으로 검색하여 각 연도의 학술지 출간편수를 도출하였으며 결과는 Fig. 1과 같다.

국내·외 학술지 모두 최근까지 꾸준히 연구가 진행되고 있으며 국외 학술지의 경우 2014년에 가장 많은 반면, 국내 학술지는 최근 정점을 찍고 있음을 파악할 수 있다. 건물에 적용되는 태양광기술과 관련된 반복되는 키워드 중 페로브스카이트(재료 연구) 및 태양광 추적장치, BIPV, 태양광 패널 청소로봇(건물 적용 연구)과 같은 네 가지 키워드를 중점으로 다루기 위하여 RISS에서 검색 결과를 도출하였다. 국내 태양광 연구 핵심 키워드는 Fig. 2, 국외는 Fig. 3과 같다. 키워드 검색 결과 페로브스카이트와 관련된 연구가 최근 10년간 가장 많이 진행되고 있으며 BIPV의 경우 최근 20년간 꾸준히 연구가 진행되고 있다.

Fig. 1 RISS search results related to Photovoltaic (2001-2021)

Fig. 2 RISS search results of photovoltaic keywords in domestic research (2001-2021)

Fig. 3 RISS search results of photovoltaic keywords in abroad research (2001-2021)

위와 동일한 핵심 키워드 관련 국내 특허는 KIPRIS에서 검색하였으며 그 결과는 Fig. 4와 같다. 연구 현황의 경우 페로브스카이트 및 BIPV와 관련된 논문이 많았으나 국내 특허의 경우 태양광 추적 장치와 관련된 특허가 가장 많았다. 그 이유는 실리콘 태양전지와 관련된 기술은 꾸준히 발표되었기 때문에 그 이외의 방법으로 효율을 올릴 수 있는 추적 장치를 개발하여 효율을 극대화시키기 위함이라고 추측해볼 수 있다. 비슷한 이유로 페로브스카이트 태양전지와 관련된 특허 역시 최근 10년 사이 증가하고 있음을 확인할 수 있다. 본 논문에서 대표적으로 조사한 페로브스카이트 태양전지, 태양광 추적장치, BIPV, 태양광 청소 로봇과 관련한 연구, 기술 및 특허는 Table 1과 같다.

Fig. 4 KIPRIS search results of photovoltaic keywords in domestic research (2001-2021)

Table 1 Investigation subjects of trends in photovoltaic systems

	No.	Contents	Category
Photovoltaic Perovskite	1	Solar cell research using perovskite	Research
	2	Perovskite-amorphous silicon heterojunction solar cell	Patent
Photovoltaic Tracker	3	A study on the solar power generation system with real-time solar tracking modules	Research
	4	Device for tilting solar module and system for tracking solar module comprising the same	Patent
BIPV	6	Color realization BIPV system with optical screen	Patent
	7	Window for BIPV module with tilt opening	Patent
Photovoltaic Cleaning Robot	8	An AI robot that manages solar panels	Technology
	9	Cleaning system of solar panel	Patent
	10	Solar cell cleaning robot and cleaning method using the same	Patent

(1) 페로브스카이트 태양전지

페로브스카이트는 결정구조에서 다양한 조성으로 합성할 수 있으며 고온의 열처리가 필요하지 않아 제조공정이 단순하고, 단가도 낮다는 것에 착안하여 연구⁴⁾가 진행되고 있다. 또한 실리콘의 1/60 수준인 두께와 가볍고 유연하며 반투명성을 띠는 특성으로 도심에서 사용성이 높아질 것으로 기대되며 다양한 색상으로 미학적인 특징을 살려 건물 외벽에 부착하는 태양전지나 BIPV 등에 응용될 수 있다. 본 논문에서 조사한 대표적인 특허로는 실리콘 흡수층 사이 페로브스카이트 흡수층을 적층하여 단파장 빛은 페로브스카이트가, 장파장 빛은 실리콘이 흡수하여 고효율을 낼 수 있는 이중접합 태양전지(Fig. 5)⁵⁾가 있다.

하지만 유기물이 사용되기 때문에 열과 수분에 취약한 내구성의 문제가 해결되지 않았으며 페로브스카이트에 포함되는 납 성분이 환경적인 문제가 발생할 수 있다⁶⁾. 따라서 이를 건물에 적용할 경우 실리콘 태양전지와와의 효율 비교 시험 및 무더운 환경에서의 내구성 시험 또는 강우에 대한 내구성 시험이 추가로 필요할 것으로 보인다.

(2) 추적형 태양광발전 시스템

고정형 태양광발전 시스템이 태양의 고도가 낮을 때 효율이 떨어지는 단점을 개선하기 위하여 추적형 태양광발전 시스템의 연구가 진행되고 있다. 실시간 태양추적 모듈을 가진 태양광 발전시스템 구현에 관한 연구⁷⁾에서는 고도와 관계없이 꾸준히 발전성능을 발휘하며 선박과 같이 이동하는 구조물에서도 신속하게 태양의 위치 정보를 받아 지속해서 고효율의 발전을 할 수 있는 태양광 추적 발전시스템을 제안하였다. 이와 같이 이동하는 구조물의 추적형 태양광발전 시스템 연구가 진행되고 있는데, 이보다 낮은 기술력을 요구하는 건축물에 대한 적용은 더욱 활발해질 것으로 기대된다.

관련 특허로는 탈착 가능한 유닛과 태양광 모듈의 회전축 회전 방향에 따라 좌우 방향으로 상하 조정시키는 유닛으로 이루어진 태양광 추적 시스템⁸⁾이 있다. 이는 설치 위치가 자유롭다는 장점이 있어 Fig. 6과 같이 건물의 발코니 난간에 설치될 수 있는데, 이 때 발코니 난간과 해당 시스템이 결합되는 부위의 안전성 시험 및 건물에 결합된 상태에서의 추적 효율 성능 시험이 필요할 것으로 보인다.

Fig. 5 Perovskite-amorphous silicon heterojunction solar cell

Fig. 6 Device for tilting solar module and system for tracking solar module

(3) BIPV (Building integrated photovoltaic system)

건물 일체형 태양광 설비(BIPV) 기술은 일반적인 태양광 패널처럼 전기도 생산할 수 있고 외장재처럼 단열, 내풍 등의 기능을 모두 갖추고 있다. 또한 검은색, 회색 같은 외벽 색깔을 구현할 수 있어 보이지 않는 태양광 패널이라고도 불리며 관련 특허로는 광학 스크린을 태양광 패널 전면에 설치하여 건물의 미관을 훼손시키지 않고 색상구현이 가능한 시스템(Fig. 7)⁹⁾이 개발되었다. 이는 구조가 간편하여 제작 및 설치에 드는 시간과 비용을 절감하고, 광학스크린 외면에 형광 필름을 부착하여 태양광 투과량을 높일 수 있다.

태양광 패널을 건물의 벽면이나 옥상에 설치하기 어려운 상황에 창문에 적용하는 경우가 있는데, 이러한 상황에서 사용이 가능한 프로젝트 개폐방식의 BIPV 모듈이 적용된 태양광 발전시스템용 창문(Fig. 8)¹⁰⁾이 개발되었다. 일반적인 프로젝트 창문의 경우 냉난방 효율 및 추락방지 등의 이유로 창호가 창호프레임과 30 ~ 45° 정도만 개방되므로 우리나라의 남중고도에 대해 태양전지판이 수직으로 배치될 수 없는 기간이 많아 전력 생산 효율이 현저히 떨어지는 것과, 환기 효율이 떨어지고 창밖에 대한 시야가 제한되는 등의 문제점을 해결하기 위하여 해당 기술이 개발되었다. BIPV 기술은 건물에 적용되므로 태양광 발전 효율과 같은 기술적 요소 시험뿐만 아니라 건물에 적용 시 다양한 환경에서의 시험 및 내구성 시험과 같은 건축적 요소에 대한 시험이 추가로 필요할 것으로 보인다.

Fig. 7 Color realization BIPV system with optical screen

Fig. 8 Window for photovoltaic power generation system using BIPV module with tilt opening

(4) 태양광패널 청소 로봇

태양광 설비에 4차 산업혁명을 접목한 인공지능 로봇을 사용한 기술도 개발되고 있다¹¹⁾. 태양광 패널은 장기간 설치되기 때문에 수명을 늘리기 위한 관리가 필수적인데, 사람의 힘만으로는 부족한 청소, 감시, 점검 등을 로봇을 사용하여 관리하고 있다. 기존 연구에서 개발된 패널 세척 로봇(Fig. 9)¹²⁾은 세척 기술뿐만 아니라 패널 훼손 부분의 정보를 획득할 수도 있어 관리의 편의성을 증가시키는데 매우 중요한 기술이 될 것이다.

또한 비접촉식 태양광 패널 클리닝 시스템(Fig. 10)¹³⁾은 케이블을 따라 태양광 패널과 일정 간격 이격된 채로 청소 유닛을 이동함으로써, 태양광 패널에 접촉되지 않고 청소가 가능한 비접촉 클리닝 시스템이다. 본 발명은 태양광 패널이 설치된 구조체의 전면 상단과 하단에 가로 방향으로 설치되는 가이드레일에 각각 결합하여 이동하므로 역시 연결부위에 대한 안전성 및 내구성 평가와 관련된 시험이 필요할 것으로 보인다.

Fig. 9 Solar Cell Cleaning Robot

Fig. 10 Cleaning system of solar panel

3. 태양광발전 시스템 관련 표준·시설 현황

건물에 적용하기 위한 태양광 기술 시험의 절차 마련을 위하여 태양광발전 시스템에 대한 국내·외 표준 및 시설 현황을 조사하였다. 국내 표준의 경우 KS를 중심으로, 국외표준의 경우 IEC (International Electrotechnical Commission)를 KS화 한 KS C IEC를 위주로 확인하였고, 추가로 태양광발전 관련 ASTM (American Society for Testing and Materials)의 일부도 확인하였다. 본 논문에서 조사한 태양광발전 시스템 관련 국내·외 표준은 Table 2와 같으며, 건물에 적용되는 태양광발전 시스템은 구성 요소별로 분할된 경우가 많아서 각각의 요소에 해당하는 개별 규격을 태양광발전 모듈, 인버터 및 기타로 구분하여 조사를 수행하였다. 시설 현황의 경우 본 논문에서 조사한 국내·외 관련 표준을 인증하는 시설에 대하여 조사하였다.

Table 2 Standards & procedures in photovoltaic systems

No.	Standard No.	Standard	Revision
1	KS C 8536 ¹⁴⁾	General rules for stand alone photovoltaic power generating system	2020
2	KS C 8561 ¹⁵⁾	Crystalline silicone photovoltaic (PV) module (performance)	2020
3	KS C 8562 ¹⁶⁾	Thin film photovoltaic (PV) modules (Performance)	2021
4	KS C 8563 ¹⁷⁾	Photovoltaic (PV) Module Safety Qualification	2020
5	KS C 8577 ¹⁸⁾	Building integrated photovoltaics (BIPV) modules — The requirement of performance evaluation	2021
6	KS C 8560 ¹⁹⁾	Photovoltaic microinverter (grid-tied type, stand-alone type)	2020
7	KS C 8564 ²⁰⁾	Small scale photovoltaic inverter (grid-tied type, stand-alone type)	2020
8	KS C 8565 ²¹⁾	Medium and large size photovoltaic inverter (grid-tied type, stand-alone type)	2020
9	KS C 8567 ²²⁾	Photovoltaic combiner box	2019
10	KS C 8568 ²³⁾	Daylight collecting system	2020
11	KS C IEC 61215 ²⁴⁾	Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval	2016
12	KS C IEC 61724 ²⁵⁾	Photovoltaic system performance monitoring - Guidelines	2017
13	KS C IEC 61730-1 ²⁶⁾	Photovoltaic (PV) Module Safety Qualification - Part 1 : Requirements for Construction	2020
14	KS C IEC 62253 ²⁷⁾	Photovoltaic pumping systems — Design qualification and performance measurements	2018
15	KS C IEC 62548 ²⁸⁾	Photovoltaic (PV) arrays - Design requirements	2020
16	KS C IEC 62817 ²⁹⁾	Photovoltaic system — Design qualification of solar trackers	2016
17	KS C IEC TS 62727 ³⁰⁾	Photovoltaic systems - Specification for solar trackers	2020
18	ASTM E1038-10 ³¹⁾	Standard test method for determining resistance of photovoltaic modules to hail by impact with propelled ice balls	2019
19	ASTM E1171-15 ³²⁾	Standard test methods for photovoltaic modules in cyclic temperature and humidity environments	2019
20	ASTM E1597-10 ³³⁾	Standard test method for saltwater pressure immersion and temperature testing of photovoltaic modules for marine environments	2019
21	ASTM E1830-15 ³⁴⁾	Standard test methods for determining mechanical integrity of photovoltaic modules	2019

3.1 국내·외 태양광발전 시스템 관련 표준 현황

본 논문에서 조사한 국내 표준의 대상품목 및 시험항목은 Table 3과 같으며, 공통적으로 온도상승과 관련된 시험 항목이 존재하고 그 외에는 온습도 사이클, 내열성, 밀폐성과 같은 항목이 존재한다. 국내 표준은 각각의 구성요소 및 주변기기(모듈, 인버터, 채광기, 어레이 등)에 대한 표준들이 많은 반면, 국외 표준의 경우 주변기기들의 표준뿐만 아니라 결합된 상태에서의 우박이나 해양환경과 같은 특정한 환경에서의 시험 항목도 존재하고 있음을 확인할 수 있다. 국외 표준의 대상품목 및 시험항목은 Table 4와 같다.

2장에서 언급된 태양광 기술이 건물에 적용될 경우 필요한 시험 항목으로는 온도, 습도와 같은 기본적인 환경 시험과 더불어 건물과 결합된 상태에서의 결합부위의 안전성 시험 및 지속적인 강우, 강풍 등 특정한 환경에 대한 성능과 내구성을 검증할 시험 항목이 있어야 한다. 그러나 국내 표준 및 시험 항목의 경우 결합된 상태에서의 시험이 아닌 구성요소에 각각 대한 시험이 주를 이루고 있기 때문에 전체 시스템 및 건물과 결합된 상태에서의 시험 항목이 추가로 필요할 것으로 보인다.

태양광발전 모듈 안전 조건(KS C IEC 61730)의 경우 태양광발전 모듈이 지붕이나 구조물에 적용될 때 모듈의 성능 및 기계적인 시험을 다루고 있다. 해당 시험의 시험 항목으로 모듈 손상 시험, 기계적 하중 시험, 부분 방전 시험 등이 존재하지만, 기계적 하중 시험 외에는 본 연구의 목적인 건축물과 결합 시의 안전성 시험이라고 보기에 어렵다. 요약하자면 태양광 기술이 건물에 적용되었을 때 각각의 태양광 기술이 결합되어 건축물과 연결된 시스템적인 요소와 시스템과 건물이 결합되는 부분의 구조적인 요소를 다룬다는 점에서 본 연구와 다르다.

Table 3 Domestic Standards & procedures in photovoltaic systems

No.	KS C					
	8577	8560	8564	8565	8567	8568
Target Item	BIPV Module	Micro Inverter	Small scale Inverter	Large scale Inverter	Combiner Box	Daylight Collecting System
Humidity		○	○	○		
Temperature and Humidity Cycle	○	○	○	○		
Heat Resistance	○	○			○	○
Corrosion Resistance					○	
Airtight (IP)		○			○	○
Temperature Rises	○	○	○	○	○	○
Rain	○					○
Weathering						○
Mechanical load	○					○
Impact Resistance						○
Salt Water Spray	○					○
Hot spot Durability	○					
UV	○	○				
Fire Resistance	○					

Table 4 Abroad Standards & procedures in photovoltaic systems

No.	KS C IEC				ASTM			
	62093	62253	62817	62548	1038-10	1171-15	1597-10	1830-15
Target Item	Components System	Pump System	PV Tracker	PV arrays	Hail	Temperature and Humidity Cycle	Marine Environments	Mechanical Integrity
UV	○			○				
Temperature Cycle	○					○		
Humidity Freeze	○		○					
Temperature and Humidity								
Hail					○			
High temperature and High humidity		○						
Airtight		○	○	○				
Operating temperature range			○	○				
Wind load			○	○				○
Snow load			○	○				○
etc	Moisture Resistance		Water spray Freeze	Mechanical load			Flooded by seawater	Mechanical load

3.2 국내·외 태양광발전 시스템 관련 시설 현황

태양광발전 관련 시험을 시행할 수 있는 국내·외 시설 중 본 논문에서 조사한 태양광발전 관련 KS, KS IEC 기준을 인증하는 시설을 조사하였으며 그 결과는 Table 5와 같다. 국내 시설에서의 태양광발전 관련 인증은 대부분 모듈과 그 주변기기를 위한 인증이며, 국외 시설에서의 태양광발전 관련 인증은 시스템 전반적인 것과 세부 사항에 관한 인증이 추가적으로 존재하고 있다.

Table 5 Abroad Standards & procedures in photovoltaic systems

No.	KS C								KS C IEC			
	8577	8560	8561	8562	8563	8564	8565	8567	61215	61646	61730	etc
KCL	○		○	○	○			○	○	○	○	
KTL	○		○	○		○	○	○	○	○	○	
KTC	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	62109
SINO VOLTAICS									○	○	○	62716, TS 62804
SGS									○	○	○	
CENER									○	○	○	62108, 61701
TUV									○	○	○	
Solar PTL									○		○	61853, 62670, 61724

3.1에서 언급하였듯 태양광 기술의 건물 적용을 위해서는 온도, 습도, 강우, 일사, 강풍과 같은 다양한 환경에 대한 성능시험이 필요하기 때문에 이와 같은 환경 모사가 가능한 시설이 필요하며, 건물과 결합된 상황에서의 성능과 안전성을 평가할 수 있도록 단위 세대 정도의 시험체를 수용할 수 있는 대형 시험시설이 필요하다고 판단된다.

4. 태양광발전 기술의 건물 적용 시험을 위한 요구사항 도출

앞서 태양광기술의 건물 적용 시험 절차를 마련하기 전, 현재 태양광 기술의 시장 규모를 파악하여 최근 집중하고 있는 키워드가 무엇인지에 대하여 조사하였다. 신·재생에너지의 비율을 확대하겠다는 정책에 맞게 최근 20년간의 학술지 출간 편수 및 특허 현황을 확인하였으며, 기존의 태양광 기술의 단점을 보완하거나 널리 보급하기 위한 연구가 진행되고 있음을 확인하였다. 본 논문에서 조사한 태양광 기술 중 건물에 적용 가능한 키워드로는 페로브스카이트 태양전지 및 태양광 추적장치, BIPV, 태양광 패널 청소로봇의 네 가지의 기술을 식별하였다. 위 기술들은 단독으로 건물에 설치되는 것이 아닌 태양광발전 시스템과 결합하여 적용하므로, 건물에 적용하기 전 각 기술에 대한 성능 평가뿐만 아니라 대상 기술과 태양광발전 시스템이 결합된 상태에서의 전체적인 성능 및 신뢰성 시험이 필요하다.

태양광발전 기술에 대한 관련 표준 및 시험 항목, 그리고 표준을 인증하는 시설에 대하여 조사한 부분에서는, 표준의 시험 항목으로 국내의 경우 온도 상승에 관한 시험이 공통적으로 존재하고 있으며, 주로 시스템을 구성하는 모듈(태양광발전 모듈, 건물 일체형 모듈 등)과 그 주변기기(마이크로 인버터, 태양광발전용 인버터, 접속함, 채광기, 어레이 등)에 대한 시험이 제정되어 있다. 반면 국외에서는 각 구성요소별 표준뿐만 아니라 시스템이 결합된 상태에서의 우박이나 해양환경에 대한 시험이 존재하고 있으며, 이를 인증하는 시설 역시 국내는 대부분 구성요소를 위한 인증, 국외는 구성요소 및 시스템 전반적인 것에 대한 인증이 존재하고 있다.

앞에서 언급하였듯이 태양광발전 기술을 건물에 적용하기 위해서는 대상 기술과 시스템이 결합된 상태에서의 평가가 이루어져야 작동 및 성능 발현 여부를 제대로 판단할 수 있다. 또한 건물에 설치되는 만큼 주변 안전에 대한 고려가 반드시 이루어져야 하며 설치 후 수년 동안의 성능과 내구성이 보장되어야 하므로 이를 검증할 수 있는 시험이 필요하다. 마지막으로 시스템이 실제로 설치될 환경이 작동 환경에 부합하는지에 대한 검증이 필요하므로, 전기적 요소뿐만 아니라 건축적 요소에 대한 시험도 반드시 거쳐야 함을 알 수 있다.

따라서 본 논문에서 도출한 태양광발전 기술의 건물 적용 시험 요구조건으로는 Fig. 6의 태양광 추적 장치가 포함된 패널이 베란다에 설치되는 경우, 혹은 Fig. 10의 패널과 가이드레일이 결합되어 이동하는 청소 로봇의 경우처럼 각 기술들과 건물이 결합되는 경우 그 결합 부위에 대한 문제가 발생할 것으로 판단하였다. 현재 각 기술에 대한 연구는 활발히 진행되고 있는 상태이므로 이를 건물에 적용할 시 결합 부위의 안전성에 관한 연구 등 신뢰성시험에 대한 연구가 추가로 필요할 것으로 보이며, 이와 관련된 국내의 표준 제정 및 환경모사가 가능한 시험 시설이 필요하다고 판단된다. 이러한 요구 조건을 충족하기 위해서 온도, 습도, 강우, 일사, 강풍 등을 다루

는 일반적인 환경 시험 기준을 참고하여 구성요소별 성능 평가와 환경 성능이 보장될 수 있는 절차가 설계되어야 한다. 또한 건물과 결합된 상황에서 성능과 안전성에 대한 문제점 여부를 판단할 수 있도록 단위 세대 정도의 시험체를 수용할 수 있는 대형 시험시설이 필요하다고 판단된다. 이와 관련하여 발코니에 설치되는 태양광 추적 장치에 대한 시험 방법을 예로 들면 Fig. 11과 같다.

Fig. 11 Example of a solar tracking module test method installed in a building

이 외에 시험 시설 부분에서 부가적으로 고려할 내용은 다음과 같다. 추적형 태양광발전 시스템 등 움직이는 시료를 고려하여 일사 장비를 움직이거나 시료를 움직일 수 있는 설비가 갖추어져야 하며, 개발품의 성능을 기존 제품과 비교하기 위한 플랫폼이 필요하다. 또한 이동식 요소들의 충전 등을 위한 전기 인입에 대한 인프라도 구축해야 하며, 부가적으로 세척기능, 파손부위 정보에 대한 신뢰성 평가 등 다양한 시험에 대해 유연하게 대처할 수 있어야 하고 국외의 시험 시설과 같이 해수 등 특수한 상황에서의 시험이 가능한 종합적인 시설이 요구된다.

5. 결론

본 논문에서는 태양광발전 시스템의 건물 적용시험 표준을 마련하기 위한 기초조사 단계로서 태양광발전 시스템 국내·외 현황 및 표준절차를 조사하여 건물 적용 시험의 요구조건을 분석하였다. 다양한 종류의 문헌을 통해 태양광과 관련한 정책, 연구, 기술, 특허 현황을 조사하여 발전 방향을 파악하였으며, 이에 따른 표준과 절차의 현황과 이를 수행하는 시설들을 파악하였다. 조사한 내용을 기반으로 한 본 연구의 분석 및 결론은 다음과 같다.

- (1) 최근 20년간 기존의 태양광 기술의 단점을 보완하거나 널리 보급하기 위한 연구가 진행되고 있으며, 본 논문에서 조사한 태양광 기술 중 건물에 적용 가능한 키워드로는 페로브스카이트 태양전지, 태양광 추적

장치, BIPV, 태양광 패널 청소로봇의 네 가지를 확인하였다. 위 기술들은 단독으로 설치되는 것이 아닌 건물과 결합하여 사용되어야 한다.

- (2) 태양광발전 시스템의 시험 표준은 주로 각각의 구성요소에 대하여 제정되었으며, 국내 시험시설의 경우 모듈과 같은 구성요소에 대한 인증이 대부분이다. 건물에 적용하기 위해서는 각 구성요소가 결합된 부위의 안전성 및 건물에 적용한 후 다양한 환경에 대한 전체 시스템 관련 시험이 필요하다.
- (3) 태양광 기술을 건물에 적용한 전체 시스템 대해 시험 할 수 있는 시설이 필요하며, 시설의 규모는 건물을 수용할 수 있을 정도로 대형시설이 되어야 한다. 시스템과 건물을 연결하는 시험은 신뢰성시험이 추가 될 것이며, 대표적인 신뢰성 시험으로서 환경 시험이 가능해야 한다. 또한 일사나 시료를 움직일 수 있는 설비와 비교를 위한 플랫폼, 전기 인입에 대한 대형 인프라가 필요하다.

후기

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 21DPSC-C163235-01).

REFERENCES

1. 2050 Carbon Neutral Committee, 2050 Carbon Neutral Scenario, 2020.10.
2. Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE), Energy Information for a Safe and Clean World, 2019.
3. Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE), Renewable Energy 3020 Implementation Plan, 2017.
4. Yoo, J. J., Seo, G. K., Chua, M. R., Park, T. G., Lu, Y., Rotermund, F, Kim, Y. K., Moon, C. S., Jeon, N. J., Correa-Baena, J, Bulović, V, Shin, S. S., Bawendi, M. G., and Seo, J. W., Efficient Perovskite Solar Cells via Improved Carrier Management, Nature, Vol. 590, pp. 587-593, 2021.
5. Hanbat National University Industry-Academic Cooperation Foundation, Perovskite-amorphous Silicon Heterojunction Solar Cell and Method for Preparing the Same, KR Patent 10-2016-0003310, 2017.03.31.
6. Seo, H. Y., Blue Chip of Solar Cell, Perovskite, Energy Facility Management, 2021.
7. Yoon, J. H., Development of Innovative Solar Technology for the Green New Deal, Energy News Paper, 2020.10.06., Retrieved from: <https://www.energy-news.co.kr/news/articleView.html?idxno=73042>
8. Kim, D. H., Device for Tilting Solar Module and System for Tracking Solar Module Comprising the the Same, KR Patent 20-2018-0003123, 2018.11.02.
9. CSEnergy, Color realization BIPV system with optical screen, KR Patent 10-2020-0036993, 2021.07.06.
10. BOO ROUK ENERGY CO., Window for photovoltaic Power Generation System using BIPV Module with Tilt Opening, 10-2018-0076250, 2018.11.22.
11. Seo, H. Y., Now is the Era of Power Plant Automation, Energy Facility Management, 2021.06.13, Retrieved from: <http://www.energycenter.co.kr/news/articleView.html?idxno=1335>
12. Sungkyunkwan University Industry-Academic Cooperation Foundation, Solar Cell Cleaning Robot and Cleaning Method Using the Same, KR Patent 10-2015-0130525, 2016.03.28.
13. ETOPIA CO., Cleaning System of Solar Panel, 10-2014-0075715, 2014.06.20.
14. KS C 8536, General Rules for Stand Alone Photovoltaic Power Generating System.

15. KS C 8561, Crystalline Silicone Photovoltaic (PV) Module (Performance).
16. KS C 8562, Thin Film Photovoltaic (PV) Modules (Performance).
17. KS C 8563, Photovoltaic (PV) Module Safety Qualification.
18. KS C 8577, Building Integrated Photovoltaics (BIPV) Modules — The Requirement of Performance Evaluation.
19. KS C 8560, Photovoltaic Microinverter (grid-tied type, stand-alone type).
20. KS C 8564, Small Scale Photovoltaic Inverter (grid-tied type, stand-alone type).
21. KS C 8565, Medium and Large Size Photovoltaic Inverter (grid-tied type, stand-alone type).
22. KS C 8567, Photovoltaic Combiner Box.
23. KS C 8568, Daylight Collecting System.
24. KS C IEC 61215, Crystalline Silicon Terrestrial Photovoltaic (PV) Modules – Design Qualification and Type Approval.
25. KS C IEC 61724, Photovoltaic System Performance Monitoring - Guidelines for Measurement, Data Exchange And Analysis.
26. KS C IEC 61730-1, Photovoltaic (PV) Module Safety Qualification - Part 1 : Requirements for Construction.
27. KS C IEC 62253, Photovoltaic Pumping Systems – Design Qualification and Performance Measurements.
28. KS C IEC 62548, Photovoltaic (PV) Arrays - Design Requirements.
29. KS C IEC 62817, Photovoltaic System – Design Qualification of Solar Trackers.
30. KS C IEC TS 62727, Photovoltaic Systems - Specification for Solar Trackers.
31. ASTM E1038-10, Standard Test Method for Determining Resistance of Photovoltaic Modules to Hail by Impact with Propelled Ice Balls.
32. ASTM E1171-15, Standard Test Methods for Photovoltaic Modules in Cyclic Temperature and Humidity Environments.
33. ASTM E1597-10, Standard Test Method for Saltwater Pressure Immersion and Temperature Testing of Photovoltaic Modules for Marine Environments.
34. ASTM E1830-15, Standard Test Methods for Determining Mechanical Integrity of Photovoltaic Modules.