

제로에너지 건축물 확산을 위한 건물 일체형 태양광 적용방안 연구

박승준¹, 진현우², 이승준³, 오충현^{4*}

¹한국에너지공단 부장, ²(주)비아이엠에스 기술연구소 책임연구원,
³한국건설생활환경시험연구원 수석연구원, ⁴동국대학교 바이오환경과학과 교수

A Study on the Application of BIPV for the Spread of Zero Energy Building

Seung-Joon Park¹, Hyun-Woo Jeon², Seung-Joon Lee³, Choong-Hyeon Oh^{4*}

¹Team Manager, Incheon Regional Headquarters, Korea Energy Agency

²Head Researcher, Dept. of Research Institute, BIMS Co., Ltd.

³Energy & Environment Business Division, Korea Conformity Laboratories

⁴Professor, Dept. of Biological and Environmental science, Dongguk University

요약 국내 제로에너지건축물 의무화를 대응하기 위해서 신재생에너지 자립률을 높이려면 고층 건물일체형 태양광에 한계가 있고 옥상에 PV모듈을 설치하는 것만으로는 부족하다. 따라서 제로에너지건축물을 실현할 수 있는 핵심 에너지원으로 BIPV(Building Integrated PhotoVoltaic, 이하 BIPV)는 가장 주목받는 산업이다. 이에 본 연구는 BIPV 산업의 올바른 방향 제시와 활성화를 위해 설계자, 시공자, 제품 제조자, 유지관리자 등 경력 10년 이상 전문가를 대상으로 BIPV 산업의 문제점을 자율 토론 방식으로 설문 조사를 시행하였다. BIPV 적용의 산업적 문제점으로는 제품 인증을 위한 표준 및 인증기준의 범위 확대, 다품종 소량 생산의 현황을 고려한 인증범위 개선, 컬러 모듈과 루버 모듈 및 지붕형 제품을 수용할 수 있는 표준 개정 필요성, 인증제품 의무화를 통한 외산 모듈의 국내 유입 차단 필요성, BIPV 제품 정보 획득의 어려움, BIPV의 건축 적용 부위 등에 대한 정확한 가이드라인으로 참여자간의 혼란 야기 방지 필요, BIPV 정의의 명확한 정립과 지원 정책이나 제도가 부족하다는 문제들을 도출하였다. 이에 본 연구는 산업계에서 바라보는 시장 변화와 영향을 주고 있는 요소, 경쟁력 강화를 위한 필요한 개선 사항을 바탕으로 대응 방안과 방향성을 제시하고 제안하는데 그 목적이 있다.

주제어 : 건물일체형 태양광시스템, 건축정보모델설계, 가이드라인, 정책, 제도

Abstract In order to increase the self-reliance rate of new and renewable energy in order to respond to the mandatory domestic zero-energy buildings, the taller the building, the more limited the site area, and installing PV modules on the roof is not enough. Therefore, BIPV (Building integrated photovoltaic, hereinafter BIPV) is the industry receiving the most attention as a core energy source that can realize zero-energy buildings. Therefore, this study conducted a survey on the problems of the BIPV industry in a self-discussing method for experts with more than 10 years of experience of designers, builders, product manufacturers, and maintainers in order to suggest the right direction and revitalize the BIPV industry. Industrial problems of BIPV adjustment are drawn extension range of standard and certification for products, range improvement for current small condition of various kind productions, need to revise standards for capable of accomodating roof-type, color-module and louver-module, necessary of barrier in flow of foreign modules into korea through domestic certification mandatory, difficulty in obtaining BIPV information, request to prevent confusion among participants by exact guidelime about architectural application part of BIPV, and lack of the BIPV definition clearness, support policy, etc. Based on the improvements needed for the elements, giving change and competitiveness impacts aims to present and propose counter measures and direction.

Key Words : Building Integrated Photovoltaic, Building Information Modeling, Guide Line, Policy, Institution

*Corresponding Author : Choong-Hyeon Oh(ecology@dongguk.edu)

Received June 11, 2021

Revised August 17, 2021

Accepted September 20, 2021

Published September 28, 2021

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

전 세계가 주목하고 있는 기후변화에 대응하는 노력은 1972년 스톡홀름에서 범지구적 환경이슈를 처음으로 다룬 이래 1997년 교토 의정서에서는 6대 온실가스를 규정하고, 2015년 파리기후변화협약을 통하여 교통의정서를 대체할 기후변화대응 합의를 이끌어냈다. 파리기후변화협약에서는 2023년부터 5년마다 당사국이 감축약속을 지키는지를 검토하도록 규정하였다. 따라서 세계 각국에서는 이산화탄소 발생량 감소를 위한 노력을 기울이고 있다. 이에 우리나라도 동참하여, 탈석탄과 재생에너지 확대라는 에너지 전환 원칙으로 탄소제로 방안을 위한 다양한 정책이 추진되고 있다.[1]

최근 정부는 한국판 뉴딜을 발표하였으며, 그 중 그린 뉴딜의 주요 추진과제인 건축물의 에너지 절감 및 생산에 관한 관심이 높아지고 있다. 지난 2014년에 작성된 ‘제로에너지건축 국가 로드맵’은 이후 관련 법령 개정을 통해 제도적 기반이 마련되었고, 2020년부터 본격적인 제도 시행에 들어갔다.[2] 재생에너지 3020 이행계획과 저탄소 녹색성장의 미래를 위한 민간건축물의 제로에너지 건축의무화에 대비하여, 건축물은 가장 많은 에너지를 소비하는 분야로 이산화탄소 저감의 핵심적인 역할을 수행할 것으로 기대를 모으고 있다.

그동안의 건물들은 에너지를 소비하는데 초점을 맞췄다면, 제로에너지건축물은 자체적으로 에너지를 생산하고 소비하는데 초점이 맞춰져 기술력이 발전되고 있다. 현재 에너지 자립률 100%이상을 맞추기 위해서 건축물 옥상과 지상 주차장 등을 활용해 PV 모듈을 많이 설치하고 있다. 하지만 대지면적에 한계가 있고 고층 건물일수록 에너지 자립률을 높이려면 옥상에 PV모듈을 설치하는 것만으로는 부족하다. 따라서 제로에너지건축물을 실현할 수 있는 핵심 에너지원으로 BIPV(Building Integrated Photovoltaic 이하 BIPV)는 가장 주목받고 있는 기술이다.

이에 본 연구자는 BIPV 산업의 올바른 방향을 제시하기 위해서 설계자, 시공자, 제품제조사, 유지관리자의 경력 10년 이상 전문가 대상으로 BIPV 산업의 자율토론펙식의 설문조사를 시행하여 업계에서 바라보는 시장 변화와 영향을 주고 있는 요소[3], 경쟁력 강화를 위한 필요한 사항, 그리고 BIPV 시장 활성화를 위한 개선 의견 등 다양한 내용을 제안하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구의 수행방법과 절차는 다음과 같다.

첫째, 제로에너지건축물의 액티브 적용기술과 기술내용을 알아보고 제로에너지건축물의 기술요소를 도출한다. 둘째, 제로에너지건축물의 국외 정책과 제로에너지건축물의 인증등급의 요소와 사례를 통한 문제점을 도출한다. 셋째, 제로에너지건축물 사례 분석을 통해서 기존 등급을 받은 제로에너지건축물에서의 BIPV 적용의 범위와 한계를 도출한다. 넷째, 각각의 사례를 통해서 제로에너지건축물의 에너지 자립률을 높이기 위한 방안과 BIPV 적용을 통한 액티브 기술 향상의 필요성을 제시한다. 다섯 번째, BIPV 관련 설계자, 시공자, 제품제조사, 유지관리자의 경력 10년 이상 전문가 대상으로 BIPV 산업의 자율토론펙식의 설문조사를 통해 BIPV 적용현황과 문제점을 도출한다.

여섯 번째, 제조분야, 건축설계분야, 시공분야, 정책/제도분야의 BIPV 활성화를 위해 정책적 대응방안과 방향성을 제시하고 제안하는데 목적이 있다.

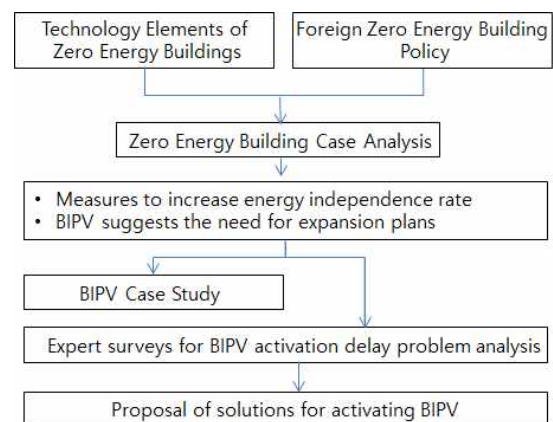


Fig. 1. Procedures for conducting research

2. 이론적 고찰

2.1 제로에너지건축물 정의

제로에너지 건축물(Zero Energy Building 이하 ZEB)이란 단열재, 고성능 창호 등을 적용하여 건축물의 에너지 부하를 최소화하고(패시브), 고효율 설비, 건물에너지 관리시스템(BEMS) 및 신재생에너지(태양광, 지열 등)를 활용하여(액티브) 에너지소요량을 최소화하는 건축물을 의미한다.[4] 건축물의 에너지효율화 측면에서 가장 높은

수준의 제로에너지건축물을 구현하기 위해서는 건축, 전기, 기계, 에너지 측면의 종합적인 고려가 필요하다.

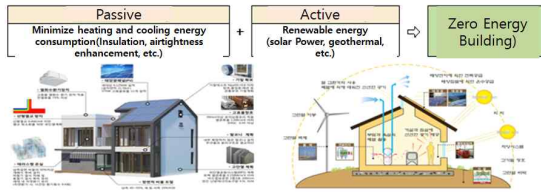





Fig. 2. Conceptual Chart of Zero Energy Architecture




패시브 적용기술은 작은 에너지원만으로도 쾌적한 실내환경을 유지할 수 있게 하는 기술로 자연환기, 고기밀, 외부차양, 고성능 창문, 외단열, 자연채광이 있다. 액티브 적용기술은 다른 기자재보다 적게 에너지를 사용하면서도 높은 성능으로 운전이 가능하거나 스스로 에너지를 생산할 수 있는 기술로 고효율 보일러, 고효율기기, 폐열 회수 환기장치, LED조명, 건물에너지관리시스템이 있다.

신재생에너지는 수소, 산소, 등 화학반응을 통해 전기 또는 열을 생산하는 신에너지와 재생 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 재생에너지로 구분하며, 태양광 발전, 태양열, 연료전지, 지열이용, 냉난방 장치가 있다. 1천㎡ 이상 공공건축물을 시작으로 2030년까지 제로에너지건축이 단계적으로 의무화되고, '25년부터는 공공건축물을 5백㎡ 이상으로 확대 적용되며, '2030년에는 5백㎡ 이상 모든 건축물을 대상으로 의무화가 전면 시행된다. 제로에너지건축은 「녹색건축물 조성 지원법」 개정2020년 1월 1일부터 의무화되었다.[5]

2.2 국외 제로에너지건축물 정책

Table 1. Status of Zero Energy Building Policies by Country[4]

Nation	Main substance
 the United States	All new commercial buildings for 30 years, 50% of commercial buildings for 40 years, and all commercial buildings for 50 years.
 the United Kingdom	Through low carbon and energy conservation plans, policies are being pursued to regulate eco-friendly buildings with an energy efficiency rating (EPBD) (BREEM).
 Canada	Promoting building energy efficiency policies to commercialize phased Net Zero Ready Home by 32 years

 Germany	After establishing a basic national energy plan for 22, regulations on the obligation to use renewable energy and energy requirements of new homes shall not exceed 100 kWh/m ² per year
 Japan	More than half of the houses, all new public buildings, and all new houses and private buildings are planned to be zero-energy buildings by 2020.
 Singapore	Mandatory green mark certification for all new buildings with a total floor area of 2,000m ² or more and existing buildings that renovate major structures in 2008

국의 제로에너지건축물 정책에서 건물에너지 효율이나 신재생에너지 관련 정책의 일반적인 내용은 Table 1과 같이 국내의 정책과 크게 다르지 않다. 차이는 일반 정책이 아니라 이러한 일반 정책을 종합하여 시행하는 방식에 있다. 대표적으로 미국과 유럽에서는 성공적인 제로에너지건축물이 될 수 있도록 정부와 지자체가 특수한 형태로 지원을 추가하거나 기존의 정책을 제로에너지건축물 의무화로 강화하고 적극적으로 적용할 수 있도록 유도하고 있다.

2.3 국내 제로에너지건축물 사례

건축물에 필요한 에너지 부하를 최소화하고 신재생에너지를 활용하여 에너지 소요량을 최소화하는 녹색건축물 대상으로 에너지 자립률에 따라 1~5등급까지 제로에너지건축물로 인증 받은 사례이다[6].

Table 2. Pangyo 2nd Techno Valley Corporate Support Hub

		
Location	Seongnam-si, Gyeonggi-do	
Floor area	78,802.08m ²	
Purpose	Business Facilities	
Certification	Grade 5 of Zero Energy Building	
Self-reliance rate	20.20%	
Renewable technology (Supply Ratio 23.45%)	Solar energy	Fixed: PV 612.75 kWp (Rooftop) BIPV: 13.44 kWp (atrium top)
	Geothermal	Geothermal heat pump 2,931.96 kW
	Fuel Cells	Fuel Cell 5 kW

Table 3. Asan Central Library


		
Location	Asan City, Chungcheongnam-do	
Floor area	9,037.21m ²	
Purpose	Educational Research Facilities	
Certification	Grade 5 of Zero Energy Building	
Self-reliance rate	28.86%	
Renewable technology (Supply Ratio 23.45%)	Solar energy	Fixed: PV 565.32m ²
	Geothermal	Geothermal heat pump 598.07 kW

Table 4. Songdo Hillstate Lake


		
Location	Songdo-dong, Yeonsu-gu, Incheon	
Floor area	155,833.02m ²	
Purpose	Apartment	
Certification	Grade 5 of Zero Energy Building	
Self-reliance rate	23.37%	
Renewable technology (Supply Ratio 23.45%)	Solar energy	Solar installation capacity per generation: 0.89 kWp Module 325W/Efficiency 16.85%

Table 2 ~ Table 4는 국내 업무시설, 교육시설, 공동주택 제로에너지건축물 5등급 인증을 받은 대표적 사례이다. 기술적으로 단열과 기밀성을 강화하여 에너지 낭비를 최소화하는 패시브 기술과 신재생에너지 발전이 필수적으로 도입 되었다. 에너지 자립률을 맞추기 위해서 건축물 옥상과 지상 주차장 등을 활용해 태양광 PV 모듈을 많이 설치하였다. 하지만 대지면적에 한계가 있고 고

층 건물일수록 에너지 자립률을 높이려면 옥상에 PV모듈을 설치하는 것만으로는 부족한 것으로 조사되었다.

대부분의 제로에너지건축물을 추진하고 있는 참여자들은 “이것을 극복하고 실현할 수 있는 핵심 에너지원으로 BIPV라고 해도 과언은 아니다”라고 한다. 하지만, BIPV는 전기 분야와 건축 분야를 아우르는 산업이다. 어느 한쪽의 성향에 맞춰 사업을 진행하기란 매우 어려운 일이다. 따라서, 본 연구자는 BIPV 산업의 올바른 방향을 제시하고 시장의 활성화를 위해서 건축설계자, BIPV 설치 시공자, 모듈 제품제조자, 유지관리자의 경력 10년 이상 전문가 대상으로 BIPV 활성화를 위한 자율토론펙식의 설문조사를 시행하고, 산업계에서 바라보는 시장 변화와 영향을 주고 있는 요소, 경쟁력 강화를 위한 필요한 개선사항, 그리고 BIPV 시장 활성화를 위한 개선사항과 정책 등의 다양한 의견을 종합하여 제안하였다.

3. BIPV 정의 및 BIPV 문제점 도출

3.1 BIPV의 정의 및 설명

BIPV의 정의는 태양전지 모듈을 건축물에 설치하여 건축부자재의 역할과 전력생산을 동시에 할 수 있는 시스템으로, 창호, 스펀드럴, 커튼월, 이중 파사드, 외벽, 지붕재 등 건축물을 일부 또는 완전히 둘러싸는 벽, 창, 지붕 형태로 모듈이 제거될 경우 건물 외피의 핵심기능이 상실 또는 훼손될 수 있어 다른 건축자재로 대체되어야 하는 구조를 뜻한다[7].



Fig. 3. BIPV Installation Case of Euljiro Twin Tower in Seoul

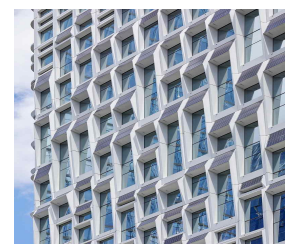


Fig. 4. BIPV installation of Hanwha Group's headquarters

Fig.3는 서울 을지로 트윈타워 빌딩, Fig.4는 한화그룹 본사 빌딩으로 2021년도 서울지역에 준공된 커튼월과 외벽을 활용한 BIPV 적용 최근사례이다.

BIPV는 태양광 발전 모듈을 건축자재화 하여 건물의

벽에 부착함으로써 초기투자비의 경제적 이득, 별도의 발전 부지가 필요 없는 점, 건물의 부가가치가 높아지는 점 등의 많은 복합적인 장점을 이용하는 기술이라고 할 수 있다. 국내에서는 대규모의 BIPV 시장이 열릴 것으로 지속적으로 기대해 왔으나, 실상은 현재까지도 건축설계의 디자인적 문제, 도시미관 문제, 발전성능과 관련된 효율성의 문제, 경제성의 문제 등과 같은 몇 가지 핵심 장애요인에 의해 아직까지도 본격적인 시장이 열리고 있지 못한 실정이다.[8]

이러한 이유는 건축외장재로서의 가치를 지닌 BIPV가 아닌, 현재의 모호한 기준에만 맞춘 형태의 제품들이 BIPV라는 이름으로 설치되고 있고, BIPV의 건축적, 전기적 특성에 대한 이해도 차이에 의해 여러 가지 문제점들이 발생하고 있기 때문이다.[9] 이에 BIPV 시장의 활성화를 위해서 다음과 같이 설문조사를 통해 각 산업군에서의 문제점을 도출하였다.

3.2 설문조사 개요

Table 5. Survey Overview

Division	1st	2nd
Survey Goal	Analysis of BIPV Disabling Factors	Analysis of BIPV Construction/Design Issues, Construction/Design Guidelines Considerations, and Disabling Dissemination
Survey Target	6 product manufacturers, 3 Architecture design firms, 6 specialized construction companies, 2 maintenance companies, 2 agencies	
Survey Way	Self-discussion in the form of face-to-face and non-face questions	
Survey Period	Mid-July 2020	



Fig. 5. Free expert survey 1st and 2nd survey

본 설문은 산업통상자원부 전력정보화 및 정책지원사업의 “BIPV 보급확대를 위한 설계 및 시공기준에 관한 연구”의 일환으로 설문조사의 방법은 BIPV 프로젝트 주요 참여기업인 건축설계회사 3곳, BIPV 전문 시공회사 6곳, 모듈제품제조사 6곳, 유지관리기업 2곳, 인증/표준

관련 지자체연구기관 2곳의 경력 10년 이상의 전문가가 자율토론방법으로 수행하였다.

Table 6. Expert Questions and Survey Content

Division	Main question substance
1	What is the biggest challenge in designing/constructing BIPV?
2	How would you like to benefit from installing BIPV?
3	Did you find system design difficult when designing with BIPV?
4	What information do you think is most important when installing/constructing BIPV?
5	What are the technical challenges of applying BIPV?
6	What do you think is important when writing guidelines related to BIPV technology?
7	What do you think is the appropriate weight for BIPV development?
8	Please provide policy suggestions and other comments to enable BIPV dissemination.

BIPV 적용 업무 수행 시 발생하는 어려움 등에 대한 실무자 및 전문가 인식 현황 파악을 위해 기존 BIPV 활성화 문제의 연구내용을 바탕으로 설문내용을 구성하였다. 주요 설문내용은 Table 6과 같이 첫째, “현재 건물적용태양광(BIPV) 설계/시공시 가장 큰 어려운 점은 무엇입니까?” 둘째, “BIPV 설치 시 어떠한 혜택을 받으면 좋겠습니까?” 셋째, “BIPV적용 건축설계 시 시스템 설계가 어렵다고 느끼셨습니까?” 넷째, “BIPV 설치/시공 시 가장 중요하다고 생각되는 정보는 무엇입니까?” 다섯째, “BIPV 적용 시 기술적으로 어려운 사항은 무엇입니까?” 여섯째, “BIPV기술 관련된 가이드라인 작성 시 중요하다고 생각하시는 점은 무엇입니까?” 일곱째, “BIPV 발전가중치는 어느 정도가 적당하다고 생각하십니까?” 여덟째, “BIPV 보급 활성화를 위한 정책 제안과 기타의견을 제시하여 주십시오.”로 총 8가지 질문 사항으로 실시하였다.

3.3 문제점 도출 설문조사 결과 분석

자율토론 방식의 설문조사 결과는 다음과 같이 각분야에서 Keyword를 도출하고 BIPV 활성화 지연의 문제점을 분석하였다.

3.3.1 자율토론 방식의 설문조사 결과 분석

첫 번째, 자율질문의 ‘현재 건물적용태양광(BIPV) 설계/시공시 가장 큰 어려운 점은 무엇입니까?’에서는 건축과 전기를 동시에 고려해야 하기 때문과 음영문제, 입

Table 7. Keyword analysis by life cycle based on survey results

Division	Keyword
Product	Expanding certified product bugs, producing small quantities of various products, Acceptance of product diversification, obligation to certify distribution business
Design	Lack of information on applied products, design of converged products, Performance verification of exterior materials, design of building materials, Landmark demonstration required
Construction	Construction safety verification, construction/maintenance dryness basis, Lifecycle verification, improved construction quality
Policy/System	Improved dissemination policy, weight segmentation, Diversify penetration, distinguish BIPV from BAPV

면과 어울리지 않아서(심미적 문제), 설치면적이 부족해서, 비용 대비 실제 효율이 미약하여 경제적이지 못하다는 문제가 도출 되었다.

두 번째, 자율질문의 'BIPV 설치 시 어떠한 혜택을 받으면 좋겠습니까?' 에서는 법인세 및 소득세 일부감면, 전기요금 감면, BIPV 설치 시 국가 보조금 지원, 건물에너지 관련 지자체 및 국가 인증 가점 혜택이 없다는 문제가 도출 되었다.

세 번째, 자율질문의 'BIPV적용 건축설계 시 시스템설계가 어렵다고 느끼셨습니까?' 에서는 건축설계자들이 시스템까지 설계하기는 어렵다는 의견이 대부분이었다.

네 번째, 자율질문의 'BIPV 설치/시공 시 가장 중요하다고 생각되는 정보는 무엇입니까?' 에서는 대부분의 전문가분들이 발전량 예측, 설계 유효성 검증, 안전성 확보, 경제성, 음영분석이라는 의견으로 답하였다.

다섯 번째, 자율질문의 'BIPV 적용 시 기술적으로 어려운 사항은 무엇입니까?' 에서는 설치 용량산정, 디테일 설계, 시스템의 이해, 전부 다 어렵다라는 문제점이 도출 되었다.

여섯 번째, 자율질문의 'BIPV기술 관련된 가이드라인 작성 시 중요하다고 생각하시는 점은 무엇입니까?' 에서는 자세한 기술정보, 디자인 사례, 설치 디테일, BIPV 인허가사항의 의견으로 논의 되었다.

일곱 번째, 자율질문의 'BIPV 발전 가중치 신재생에너지 공급인증서(REC)는 어느 정도가 적당하다고 생각하십니까?' 에서는 REC 가중치 2~5 까지 다양한 의견들이 논의 되었다[10]. REC를 상향 조정하고 매전이 아닌 발전량 기준으로 REC를 발급한다면 설치용량에 따른 수익금의 증가가 가능하다는 의견을 내놓았다.

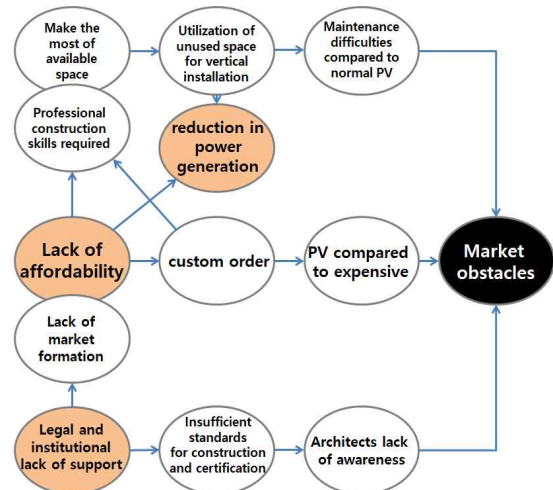


Fig. 6. Analysis of the Causes of Harm

BIPV의 시장 장애요인을 종합해보면 Fig 6와 같이 분석 되었다. BIPV는 시스템이 전기자재와 건축자재의 요건을 동시에 충족해야 하기 때문에 표준화된 안이 필요하지만, 수립하기 어렵고, BIPV는 제각기 틀린 건물 모양의 외피에 적용하다 보니 소량 주문제작으로 제품 단가가 고가이며, 수직면으로 적용하는 경우가 많기 때문에 이로 인해 발전성능이 저감된다. 이에 따라 경제성분석(ROI : Return of Investment)에 취약하다, 또한 법적, 제도적 지원 장치 부족과 건축 설계자를 위한 설계단계에서 필요한 정보 부족으로 조사 분석되었다. 이러한 내용을 각 분야별로 세부적으로 문제점을 도출하였다.

3.4 모듈 제품 분야의 문제점 도출

BIPV는 주택용, 공공건물, 상업시설, 공장 등 다양한 건축물에 활용되어야 하며, 건축물 외피에 적용되어 전력을 생산함과 동시에 시각적 심미성을 갖추어야 하지만 [11], 현재 건축물에 BIPV 적용은 결정형 중심의 유리나 판넬을 대체하여 커튼월의 스펀드럴이나 AL-판넬을 대체하여 주로 설치되는 어두운 청색 계열의 일반 PV 모듈을 그대로 사용한 BIPV 모듈 형태로 적용되고 있고, 건축에서 사용하기엔 다른 건축외장재 대비 너무 비싸다는 이유로 건축 업계에서 외면 받고 있다고 조사 되었다. 따라서, 다양한 디자인의 건물에 적용되기 위해서는 건자재이면서 태양광을 활용한 신재생에너지 발전을 병행할 수 있는 여러 제품이 마련될 필요가 있다.

3.5 건축설계 분야의 문제점 도출

건축설계사 등 설계전문가는 건물에 적용되는 태양광

제품의 색상, 크기, 성능, 등의 요소와 건축적용 가능성 등을 검토할 수 있는 시스템이 구성되어 있지 않아 설계 적용이 쉽지 않은 것으로 조사되었다. BIPV시스템은 건축물에 태양광발전시스템이 통합되어 건축 부자재 기능과 전력생산 기능을 동시에 수행하는 특성을 동시에 반영해야 한다. 건축외장재로서 BIPV 모듈은 건축물의 외피에 적용되어 건물의 디자인에 직접적 영향을 끼치므로 전기적 특성 등을 반영한 건물 외피디자인을 건축가들이 구현하기 위해서는 관련 정보 및 설계 기준과 안전성에 대한 가이드라인이 없어 적용에 어려움을 겪고 있는 현황이다.[12]

3.6 시공 산업군의 문제점 도출

BIPV는 건설 분야의 건축적 성능을 갖는 건축자재라고 할 수 있다. 따라서 BIPV는 발주자, 제조기업, 전문 시공업체, 건축설계 사무소의 관련자들 간의 업무에 대한 이해를 할 수 있는 공통된 시공 유의사항과 설치 유형별 가이드라인 제시가 필요하다고 조사되었다. BIPV의 건축 적용 부위 등에 대한 정확한 가이드라인을 통해서 각각 참여자들간의 혼란을 야기될 수 있는 사항을 방지하기 위함이다. BIPV의 제품특성 제공 및 시공 가이드라인을 통해 시공의 안전성과 유지관리 기준과 방안도 필요한 것으로 조사되었다.

3.7 정책/제도의 문제점 도출

BIPV 시장을 활성화 시키기 위해서는 BIPV 정의와 법·규정이 명확하게 정립되어야 한다. 또한, 선진국대비 지원 정책이나 제도가 부족한 상황이다. 국내 대표적인 태양광 관련 정책은 신재생에너지 설치의무화제도, 신재생에너지 보급보조사업, 신재생에너지 의무할당제 등으로 나뉜다.[13] 신재생에너지 설치의무화제도와 보급 보조 사업은 고정식, 추적식, BIPV 로 분류하고, 신재생에너지 의무할당제의 경우 건축물 등 기존 시설물의 사용 여부로 분류하고 있다. 각 정책은 PV시스템 보다 BIPV 시스템에 대해 설치의무화의 경우, 보정계수(5.48), 의무할당제의 경우, 건축물은 REC가중치(1.5)등 높은 인센티브를 부여하고 있다. 그러나, BIPV시스템에 대한 인센티브 기준이 개별 정책별로 상이하기 때문에 저기술 저비용의 시스템에도 고기술, 고비용의 시스템과 동일하게 인센티브가 부여되는 문제가 있다. 현재 BIPV 모듈제조기업 관계자들이 가장 힘들어하는 부분이 바로 BIPV에 대한 모호한 정의이다. 이것은 BIPV와 BAPV(Building

Attached Photovoltaic)의 인센티브 지원이 많이 틀리기 때문이다. 하지만 이분법적 구별이 확실하지 않다. 정부의 전폭적인 지원 아래 시장 규모를 넓혀가고는 있지만, 모호한 정의로 인해 발생하는 부작용도 만만치 않다. 자칫 BIPV에 대한 부정적인 인식을 확산시키는 계기로 작용할 것이라는 우려도 따르고 있다.

4. BIPV 활성화를 위한 전략 및 방안 제시

4.1 모듈제품 분야의 확대 전략 및 방안 제안

BIPV로서 가져야 하는 기본 요건인 의장적 측면에서 건축과의 조화성을 위해서는 현재 BIPV로 분류되는 제품의 적용범위를 확대 시켜야 한다.



Fig. 7. Color Module



Fig. 8. Steel plate integral



Fig. 9. Roof type



Fig. 10. Louver type

다양한 설치형태가 적용되는 건물의 특성상 설치형태에 맞춘 다품종 소량생산 제작이 많기 때문에 지붕, 창호, 외벽 등 다양한 형태로 건자재화 되고 있는 새로운 제품들과 컬러, LED 등 경쟁력을 더해 줄 기능에 대한 인증 범위 개선이 필요하다. 일반 건축외장재와 비교해도 손색 없는 다양한 형태, 소재, 색상을 입힌 BIPV 모듈과 국내 환경에 가장 적합한 시스템으로서 전기에너지 생산과 기능 등의 특징을 갖고 있는 Fig 7 ~ Fig 10과 같이 건축 디자인적으로 활용할 수 있는 요소 제품의 적용범위를 확장시켜야 한다. 단, BIPV는 건자재이면서 태양광을 활용한 재생에너지 발전을 병행할 수 있는 전기 자재 제품의 두 가지 특성을 동시에 반영해야 하기 때문에 기존 태양광 인증인(KS C 8561)과 건자재 시험(KS C 8577)에 전기 안전성(접지연속성, 내열시험, 역전류과부하시험, 충격전압시험, 절단취약성, 구조안전성), 구조 성능(구슬

낙하, 고온저항, 모듈과괴 시험), 내화 성능(내화시험)등 BIPV인증을 받은 제품으로 다변화의 확대가 필요하다.

4.2 건축설계 산업군의 확대 전략 및 방안 제안

건물에 설치하는 BIPV는 외장 마감재의 지붕과 외벽 등과 조화롭고 통일감 있는 디자인을 필요로 하기 때문에 최적의 설계안을 도출하기 위해서는 기획단계에서부터 건축 설계자가 색상, 크기, 성능, 등의 요소와 건축적 용 기능성 등을 검토할 수 있는 시스템으로 제조사, 시공자의 관련 참여자들 간의 정보공유와 건축의 종합적인 반영이 경제적이고 합리적인 디자인 대안을 만들어 낼 수 있다. 따라서 설계 초기단계에서 검토할 수 있는 시스템이 가장 중요하다.

최근 여러 신기술을 건설에 적용한 이른바 스마트 건설로 전반적인 산업의 패러다임이 바뀌고 있다. 그중에서도 ‘BIM(Building Information Modeling) 기술은 스마트 건설의 핵심으로 큰 활용도를 가진 기술이다[14]. BIM은 3차원 모델과 건설정보 (자재, 공정, 공사비, 제원 등)를 결합해 건설 수 과정의 정보를 통합 생산·관리·활용하는 기술이다. 이러한 디지털건축(BIM)기술과 BIPV 설계 기술을 융합하게 되면, 기획단계에서 가상의 공간에서 3차원 모델을 통해 BIPV 적용을 위한 다양한 분석을 수행할 수 있다는 장점이 있다. 또한, BIM 시스템은 시공에 있어 설계와 시공계획을 동시에 양방향성으로 진행할 수 있기 때문에 가상의 공간에서 시공 전 설계 오류 및 생략된 사항을 신속히 파악하고, 시공 시 발생하는 건물의 설계 문제에 신속히 대응할 수 있다. BIM기반의 BIPV 설계의 근본적인 목적은 디자인 정보를 명확하게 하여 설계의도와 빠른 시간 내에 이해하고 평가함으로써 신속한 의사결정을 유도하도록 하는 것이다.

BIM 설계 기술의 핵심은 3D설계 형상의 라이브러리이다. BIPV 라이브러리 속성정보에 전기적 특성(출력, 효율, 단락 전류, 개방전압, 최대출력 동작 전류, 최대 출력 동작 전압, 온도 계수, 출력, 온도 범위)과 제품의 사양(배열, 셀 타입, 모듈 크기, 무게, 모듈 타입)의 정보를 입력하여 시각화된 정보로 건축설계자들에게 제공하게 되면 설계 단계부터 혼란을 방지 할 수 있으며, 건물의 운영과 유지관리(O&M)에서 이를 활용하여 기계적 설비 설정, 제어, 설비교체, 건물 이력관리가 가능하여 건축물의 관리 및 운영에 있어 용이하다. 이러한 시스템과 건축물 에너지성능평가(ECO2) 프로그램과 연계 한다면 BIPV 설계 시장이 활성화 될 것이다.

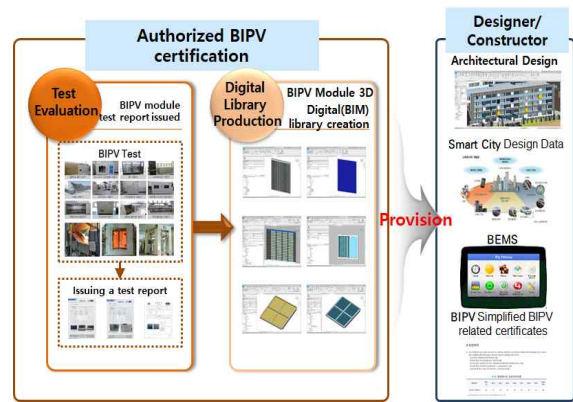


Fig. 11. Communicating information through a digital design (BIM) library

4.3 시공 분야의 확대 전략 및 방안 제안

현재 한국에너지공단에서 제시하고 있는 태양광시공 기준 및 가이드라인은 “신재생에너지센터 공고 제 2020-05호, 신재생에너지 설비의 지원 등에 관한지침”, “[별표1] 신재생에너지 설비 원별 시공기준 (태양광설비 시공기준)”, “[별표1-1] 태양광설비 시공가이드라인”을 준용하여 시공사가 설비 시공을 진행하고 있다.[15] 하지만 태양광 설비의 시공기준에서는 태양광발전 모듈, 태양광 발전용 인버터, 태양광 발전용 접속함, 지지대 및 부속 자재, 전기배선 등에 대한 공통준수사항과 설치 유형별 준수사항을 제시하고 있다. BIPV 내용은 미비하여 수정 보완이 필요한 상황이다. “BIPV 설비 시공가이드라인”을 설치유형별 시공기준을 마련하여 건축 설계자 중심과 시공자 중심으로 내용을 보완/추가 하여 BIPV 설계자, 시공자를 위한가이드가 될 수 있도록 지침을 제안한다.

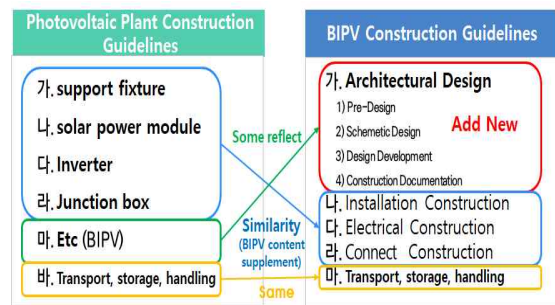


Fig. 12. Modifying and proposing BIPV construction guidelines

기존 태양광설비 시공 가이드라인 내용과 본연구자가 제안하는 BIPV 시공가이드라인 내용 비교는 Fig. 12와 같다.

BIPV는 일반 태양광설비와 다르게 건물과 일체하여 설치하여야 하기 때문에 건축물 설계와 연계하여 진행되어야 한다. 이에 따라 가이드라인에 설계부분을 추가하여 시공시 고려 사항을 제시하여야 한다. 기존 태양광설비 시공 가이드라인은 지지대, 태양광발전모듈, 인버터, 접속함 부분은 설치/전기/접지 공사에 포함된 내용으로 제시되고 있다. 제안하고자 하는 BIPV 시공가이드라인은 설치공사, 전기공사, 접지공사는 유사하게 개정안을 제시하고 기타 부분에 BIPV 설계에 대한 내용이 있는 부분으로써 설계 부분에 반영하여 재정립되어야 한다.

4.4 정책/제도의 방안 제안

4.4.1 BIPV 명확한 정의의 정립

BIPV 모듈은 건축물의 외부 마감재 역할을 하기 때문에 설치위치 및 조건에 따라 외피의 핵심요구기능 및 성능 확보를 위해 측정해야할 항목 및 그에 따른 시험방법이 틀려지게 된다. 특히 BIPV 모듈이 유리를 포함하는 경우와 설치각도에 따라 안정성 및 내구성과 관련해서는 파손에 대비한 성능 검증이 매우 중요하다.

따라서 BIPV 모듈을 적용한 건축물 외피는 공기, 물, 열, 빛, 음 등의 전달을 억제하기 위한 내부 및 외부공간의 물리적 구분 장치로, 거실 또는 거실 외 공간을 둘러싸고 있는 벽·지붕·바다·창 및 문 등으로서 외기에 직접 면하는 부위로 정의하여야 한다.

건축물 외피의 기능은 크게 지지기능(구조적 안정성), 에너지 및 물질전달의 제어기능(단열, 기밀, 방습, 방수(수밀), 방음, 차양, 채광 등) 및 마감기능(내풍압성, 내구성, 내화성, 심미성)으로 구분할 수 있으며, 건축물의 종류 및 용도에 따라 요구되는 외피의 기능 및 성능을 충족시키기 위해 다양한 건축물 외장재를 조합 구성하여 외피를 형성한다. PV모듈은 태양복사를 수광하여 전기를 생산하는 장치로, 그 특성상 건축물 외피의 외기와 면하는 최단 외측에 설치되는 것이 일반적임으로 BIPV 모듈의 설치 유형은 마감 기능을 대체하는 것이 주된 적용 형태이며, 경우에 따라서는 에너지 및 물질 전달의 제어 기능을 BIPV 모듈 내에 포함하는 형태도 발생할 수 있다.

따라서, Table 8과 같이 심미성과 같은 주관적 평가 요소와 차양 및 채광, 방음과 같은 객관적 정량적 성능 인증 척도가 부족한 요소를 제외하고, BIPV 모듈이 적용된 외피가 가져야 하는 핵심 요구 기능은 내풍압성, 내구성, 내화성, 단열, 기밀, 방습, 방수(수밀) 등 7가지로 제안하며, 핵심 요구 기능에서 구현이 필요한 성능(세부 기

Table 8. BIPV Definition and BIPV System Definition Proposition

Division	Substance
BIPV Definition Proposal	If a PV module is applied as part of a building envelope and performs the function of a PV module that produces electricity at the same time, it is defined as Building Integrated Photovoltaics (BIPV), and the material that performs this function is defined as a BIPV module. At this time, whether the BIPV module meets the building exterior function (additional: when the BIPV module is removed from the building envelope, it may lose or damage the core required function of the building envelope, so it must be replaced with other appropriate building materials). The type of installation of the BIPV module is primarily applicable to replace the finishing function, and in some cases, it may include "control functions of energy and material transfer" within the BIPV module. Therefore, with the exception of subjective evaluation factors such as aesthetics and lacking objective quantitative performance certification measures such as shading and lighting and soundproofing (additional: core requirements that a BIPV system should have are wind-resistant, durable, flame-resistant, insulated, confidential, waterproof).
BIPV Systems	A BIPV system is a product that is configured to simultaneously function and power production of building materials, including BIPV modules. The core requirement functions referred to in BIPV (additional: responsible for at least one function) and the core requirement functions not in the BIPV module shall be met through separate building materials. In cases of controversy over the recognition of the BIPV, a committee shall be held to determine the recognition.

술기준)은 시험관련 전문가들의 논의를 거쳐서 제정할 필요성이 있다.

한편, BIPV 모듈이 적용된 외피에서 BIPV 모듈은 7개 핵심 요구 기능 중 최소 1개 이상의 기능을 담당하고 그 성능을 인정받아야 한다.

4.4.2 신재생에너지공급 의무화 제도(RPS)에 있어서 공급인증서(REC) 거래 모델 및 가중치 신설 제시

신재생에너지공급 의무화 제도(RPS)에서 BIPV 보급 활성화를 위해서는 가정 주택 혹은 공동 주택에서의 수익구조를 개선하여 설치세대에 지원하는 것이 필요하다. 기존 태양광 발전소는 전력생산량의 거래(SMP) 및 1 MW 생산당 1의 REC를 발급하고 이를 전력거래소 등을 통하여 발전사업자의 신재생에너지공급 의무화제도를 충족하는 것으로 수익 구조를 가진다. 또한, SMP 및 REC를 거래하기 위해서는 전력거래사업자를 등록하여 한전과 계약하는 형태로 구성되어 있다. 하지만, 일반 태양광 발전소와는 달리 BIPV는 지속적으로 에너지를 소비하는 건물에 적용되기 때문에 매전을 통한 수익을 창출하기가 쉽지 않다. 따라서, BIPV를 설치한 주택에 대해서는 한

전 등으로의 매전의 행위가 발생하지 않고 건물에서 사용하더라도 그 발전량에 따른 신재생에너지공급인증서(REC)를 통하여 추가적인 지원이 가능하도록 제도 개선이 필요하다. 건물 단위의 BIPV 설치에 대해서는 별도의 사업자를 등록하는 것이 적절하나, 소량의 태양광 모듈을 설치한 개인 등에 대해서는 소량의 REC 거래를 위하여 각 세대가 전력거래 사업자로 등록되어 대량의 사업자 발생 및 관리 등의 문제점이 발생할 소지가 있으므로 지역별, 가입자별 등으로 구분하여 각 세대에서 발생하는 REC를 총괄 대리하여 거래하고 이의 수익금을 각 세대에 분배할 수 있는 별도의 지원사업자의 마련이 필요하다. 또한, 일반 태양광 발전의 건축물 설치 확대를 위해 REC 당 1.5의 가중치를 부여하고 있으나, 고기술, 고비용의 BIPV를 유인 확산하기에는 낮은 유인 정책으로 볼 수 있다. 따라서, 현행 REC 가중치에 관한 건축물 규정과 구분하여 BIPV 규정을 별도 신설함과 더불어 가중치 상향 조정에 대한 연구가 필요하다.

5. 결론

본 연구자는 각 산업군에서의 설문조사를 통해 문제점을 도출하고 그에 따른 해결 방법을 제시하였다.

BIPV 문제점으로 제품 인증을 위한 표준 및 인증기준의 범위 확대, 다품종 소량 생산의 현황을 고려한 인증 범위 개선, 컬러 모듈, 루버 모듈과 지붕형 및 강판 일체형 등 다양한 제품군을 포괄적으로 수용할 수 있는 표준 개정 필요성, 인증 제품 의무화를 통한 외산 모듈의 국내 유입 차단의 필요성, BIPV 제품의 정보 획득의 어려움, BIPV의 건축 적용 부위 등에 대한 정확한 가이드라인으로 참여자들 간의 혼란 야기 방지 필요, BIPV 정의의 명확한 정립과 지원 정책이나 제도가 부족하다는 문제 관계를 도출하였다. 문제점에 대한 해결방안을 다음과 같이 제안한다.

1. BIPV는 건물과 부합하는 디자인적 요소가 적용된 제품으로 시스템의 등급과 성능, 기능성 제품들의 등급을 구분해 지원 가능한 정책 등의 제도 마련이 필요하다.
2. 국내 건축 설계자들이 활용할 수 있는 디지털 디자인 BIM기반 BIPV 성능 예측 시뮬레이션, 디지털 설계도서, 오류 설계 방지, 경제성 평가 등의 디지털 기반의 설계 검증 지원 프로그램 활성화가 된다면 참여자간의 혼란을 초기 설계에 차단할 수 있다.
3. "BIPV 모듈"은 'KS C 8577에 따라 KS인증을 득한

태양광 모듈'로 정의하며, "BIPV 제품"은 'BIPV 모듈을 건축물에 설치하여 건축 부자재의 역할 및 기능과 전력 생산을 동시에 할 수 있는 태양광설비로서, 설치 유형별 건축물 이용 태양광 분류 중에 해당하는 경우에 한함'으로 정의하여 사용할 수 있다.

4. 분류 기준에 따라 건축 자재로서의 필요 성능과 시공에 필요한 기준 또는 가이드라인을 마련하여 발주처, 시공사, 감리사 등은 해당 시공기준을 최소한의 요구 조건으로 참고토록 하고, 시공사는 자체적인 시방서를 마련하여 시공함이 필요하다.
5. BIPV 관련 정책, 제도 조사를 통하여 국가에너지 분야 정책 진행 및 방향성 설정에 대한 정책과 제도 제안 제시로 시스템 성능평가 기준·방법을 활용한 태양광 산업 육성에 대한 국가 정책사업과 표준화 구축 또는 민간사업의 사업화 투자 효과 등의 성과 목표가 달성될 것으로 판단된다.

본 연구에서는 BIPV 시스템이 건축물에 적용되는데 요구되는 정의 및 범위를 설정하고 설계 단계에서 필요한 기술적인 개선 사항들을 도출하였으며, BIPV 산업 종사자들을 대상으로 조사연구를 수행하여 핵심 요구 기능 및 정책적 방안을 도출하였다. 이 연구결과는 BIPV 시스템이 건축물에 적용되는데 있어서 기본적으로 검토되는 설계단계의 기초가 될 것으로 판단되며, 따라서 본 연구를 바탕으로 도심지의 BIPV 기반 마이크로 그리드 제도 개선에 관한 연구가 추가적으로 수행된다면 국내외 신재생에너지 비중 확대 및 제로에너지건축물 의무화 정책 개선에 큰 기회가 될 것이다.

REFERENCES

- [1] IRENA. (2020). A summary of Reaching zero with renewables. *Eliminating CO2 emissions from industry and transport in line with the 1.5° C climate goal. United nation* : International Renewable Energy Agency.
- [2] Industrynews. (2020). *Revitalization of the BIPV market, the establishment of clear standards must precede.* : www.industrynews.co.kr.
- [3] Industrynews. (2020). *BIPV, improvement of building material awareness and support for realistic certification are key to sustainable growth.* : www.industrynews.co.kr.
- [4] Korea Energy Agency. (2020). *Zero energy building 2020 Certification Guide.* Korea : Korea Energy Agency.

[5] Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (2019). *A Plan to Spread Zero Energy Architecture*. Korea : Ministry of Land, Infrastructure and Transport.

[6] Korea Energy Agency. (2020). *Zero energy building ver1 Technology & Component*. Korea : Korea Energy Agency.

[7] Korea Energy Agency. (2020). *Partially amended guidelines on the support, etc. of renewable energy facilities*. Korea : Korea Energy Agency.

[8] J, H. Yoon. (2018). (*SPECIAL ARTICLES*) *Examination of the current status of domestic building-integrated photovoltaic (BIPV) technology and proposal of activation measures by sector*. The Magazine of Korean Solar Energy Society 16(2), 2018.12, 21-30(10 pages).

[9] S, K, Kim Lee, K, S. Lee. (2021). *A Study on the Aesthetic Elements for Building Integrated Photovoltaics(BIPV) Design*. Journal of the Architectural Institute of Korea 37(5), 2021.5, 53-64 (12 pages).
DOI : <https://doi.org/10.5659/JAIK.2021.37.5.53>

[10] Korea Energy Economics Institute(2016). *Renewable Energy Supply Certificate (REC) Price Prediction Methodology development and operation*. Korea : Korea Energy Economics Institute.

[11] H. W. Jeon. (2020). *Study on the Establishment of BIM-based Building Integrated Photovoltaic (BIPV) Architecture Optimized Design Environment*. Published doctoral dissertation, University of Konkuk, seoul.

[12] H. W. Kim. (2020). *A study on measures to promote the spread of new and renewable energy BIPV*. : Ulsan Research Institute.

[13] S, M, LEE, (2017), *Development of BIPV power generation prediction algorithm for Mock-up analysis*. Published doctoral dissertation, University of seoul.

[14] Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (2021). *Construction Industry BIM Basic Guidelines*. Korea : Ministry of Land, Infrastructure and Transport.

[15] Korea Energy Agency. (2020). *Partially amended guidelines on the support, etc. of renewable energy facilities*. Korea : Korea Energy Agency.

박 승 준(Seung-Joon Park)

[정회원]



- 1991년 3월 : 건국대 기계공(학사)
- 2014년 3월 : 동국대학원 신재생공학(석사 수료)
- 2021년 2월 ~ 현재 : 동국대학원 신재생공학(석.박사 통합과정 수료)
- 1991년 8월 ~ 현재 : 한국에너지관리공단 인천지역본부 기술팀장
- 관심분야 : 신재생에너지, BIPV, 건축물 에너지, 융.복합에너지
- E-Mail : psj@energy.or.kr

전 현 우(Hyun-Woo Jeon)

[정회원]



- 2020년 8월 : 건국대학교 건축공학과 박사
- 2010년 3월 ~ 현재 : (주)비아이엠에스 기술연구소 책임연구원
- 2019년 12월 ~ 현재 : 한국건물태양광협회 이사
- 관심분야 : BIPV, BIM설계, 건물에너지, 신재생에너지, 스마트건설
- E-Mail : melts@ebims.co.kr

이 승 준(Seung-Joon Lee)

[정회원]



- 2018년 2월 : 아주대학교 시스템공학과 박사
- 2003년 3월 ~ 2013년 2월 : LG전자 전자기술원 책임연구원
- 2013년 3월 ~ 현재 : 한국건설생활환경시험연구원(KCL) 수석연구원
- 2016년 3월 ~ 현재 : 태양광발전 KS 전문위원회 전문위원
- 2016년 3월 ~ 현재 : IEC TC82 /IECRE 전문위원
- 2017년 6월 ~ 현재 : ISO 전문위원
- 관심분야 : BIPV, System Engineering, MBSE, M&S
- E-Mail : seungioon2.lee@kcl.re.kr

오 충 현(Choong-Hyeon Oh)

[정회원]



- 2001년 8월 : 서울시립대 조경학과(공학박사)
- 2004년 3월 ~ 현재 : 동국대 바이오환경과학과 교수
- 관심분야 : 도시생태, 생물다양성, 생태계서비스
- E-Mail : ecology@dongguk.edu