

건축물 적용 태양광 시스템(BIPV) 성능시험 평가기술

김 규 진, 이 승 준, 강 한 빛, 송 종 화 / 한국건설생활환경시험연구원

1. 서 론

현재 전세계 산업별 최종에너지 소비비율은 산업 57%, 수송 20%, 건물 23%를 차지한다. 특히 건축물 분야에서 소비되는 전기에너지의 경우 약 50%를 차지하고 있으며 저에너지 효율 건물시스템으로 인하여 매년 약 17 조 원 이상의 에너지 비용이 낭비되고 있는 실정이다.

세계적으로 화석연료에 의존한 에너지 생산을 이산화탄소 배출량 규제 등을 통하여 규제하고 있으며 이에 따라 신재생에너지원의 개발 및 보급에 대한 관심이 높아지고 있다. 현재 사용되고 있는 신재생에너지원은 태양광, 태양열, 지열, 바이오에너지, 연료전지 등이 있으며, 특히 건축물에서는 태양광, 태양열, 지열 등이 많이 사용되고 있다. 태양광 발전 시스템은 태양으로부터의 에너지를 직접적으로 전기에너지로 변환하는 시스템으로서 타 신재생에너지원에 비해 다소 낮은 에너지변환효율(결정질 태양광 모듈 기준으로 약 20% 이하)을 가지고 있으나 설치 및 유지보수의 용이성 등의 장점으로 인하여 FIT, RPS 등 국가 지원을 기반으로 설치 및 보급이 확산되고 있다.

그 중 건축물에 적용되는 BIPV(Building Integrated Photovoltaics) 시스템은 건물의 지붕 및 입면에 외벽마감재를 PV 모듈로 대체하는 시스템으로서 전기생산 이외의 건축물의 외장재로 사용될 수 있는 시스템이다. BIPV 시

표 1 태양광에너지 설치 대상에 대한 가중치 기준

구분	공급인증서 가중치	대상에너지 및 기준		
		설치유형	지목유형	용량기준
태양광 에너지	0.7	건축물 등 기존시설물을 이용하지 않는 경우	5개 지목 (전, 답, 과수원, 목장용지, 임야)	
	1.0		기타 23개 지목	30kW 초과
	1.2			30kW 이하
	1.5	건축물 등 기존 시설물을 이용하는 경우 유지의 수면에 부유하여 설치하는 경우		

표 2 신재생에너지 보급보조사업 기준 단가 (단위 : 천원, VAT포함)

구 분		기준단가	
태양광	일반건물	고정식	4,972/kW
		추적식	5,604/kW
		BIPV	9,553/kW
	주택	고정식	3,913/kW
		추적식	4,647/kW

스템은 신축건물은 물론 기존 건물에도 쉽게 적용할 수 있으며 유지보수가 쉬운 장점을 가진다. 따라서 BIPV 시스템을 적용한 건물은 건설비용을 절감하고 건물의 가치를 높이는 디자인 요소로도 사용될 수 있으며 특히, 내대지가 부족하고 고층건물이 많은 국내 환경에 가장 적합한 시스템으로 각광받고 있다. 또한 대규모 산업시설, 철도역사 등 대형 건물의 지붕, 외벽, 아트리움 등에 에너지 절감과 시각적 심미성을 동시에 실현하고자 BIPV 시스템을 적용하는 사례가 늘고 있다. 특히, 국내에서는 신재생에

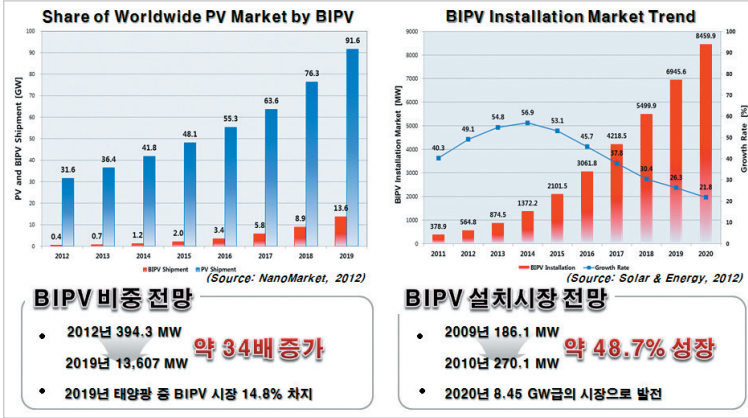


그림 1 세계 BIPV 비중 및 설치시장 전망

너지 설치의무화제도(RPS)를 추진하고 있는데 태양광 분야에서는 내단지 및 일반 건물에 설치되는 태양광 시스템에 비해 BIPV 시스템에 대해서는 높은 가중치를 부여하여 지원하고 있으며 그린홈 100만호 보급사업, 주택지원사업 등 다양한 신재생에너지 보급정책에서도 BIPV 시스템에 대하여 높은 보조금을 지원함으로써 BIPV 시스템의 설치·보급을 가속화하고 있다.

BIPV 시스템에 대한 관심이 증대됨에 따라 태양광 시장에서 BIPV 선점 비중이 2012년 394.3 MW에서 2019년 13,607 MW로 약 34배 증가할 것으로 전망되고 있으며, 공공기관과 주택용 건물에서 창고, 대형건물, 초고층 건물에 이르기까지 광범위하게 적용될 것으로 기대되고 있다. 또한, 국내외적으로 BIPV 시스템의 설치를 장려하기 위하여 각국의 기준에 따라 BIPV를 분류하고 기존 PV 모듈에 대해 높은 혜택을 부여하고 있으며 건축물의 경우, 에너지제로주택, 탄소제로 상업용 건물, 대형 철도역사 에너지절감 등 다양한 분야에 적용이 가능하여 BIPV 시스템의 역할이 매우 중요하므로 향후 건축물 적용 태양광 시스템의 전망은 매우 좋은 것으로 판단된다.

하지만, 태양광 시장에서의 BIPV 비중 증가에도 불구하고 일반 태양광 모듈이 IEC 61215, IEC61646, IEC 61730 등의 시험·인증 규격을 통하여 엄격한 시험을 거쳐 생산·보급되

는 데 반해 BIPV 시스템에 대해서는 명확한 규정과 설치 기준 등이 제시되지 않아 보급 확산에 어려움을 겪고 있다. 특히 BIPV 시스템은 일반 태양광 모듈과는 달리 건축적 자재의 역할을 수행하기 때문에 전기적 요소뿐만 아니라 건축적 요소에 대한 시험을 거쳐야 한다. 또한, 건축물에 설치되기 때문에 일반인의 접근이 용이하여 전기적 안전성 및 구조적 안전성 등에 대한 시험을 수행하여야 한다. 또한, 기존의 창호, 커튼월 등 건축자재와 다른 BIPV 시스템에 대한 설계지침 및 시공지침이 수립되어야 한다.

따라서, BIPV 시스템의 제품기술 동향과 설치 및 시험 동향 분석을 통하여 국내 시험·인증 규격의 필요성을 언급하고, 전력변환장치, 전력저장장치(ESS)를 아우르는 통합시스템에 대한 시험·인증에 관하여 언급하고자 한다.

2. BIPV 시스템의 표준화 현황 및 발전방향

2.1. BIPV 시스템의 제품기술동향

BIPV 시스템에 사용되는 PV 제품의 모듈 형태는 대부분 PVB(Poly Vinyl Butyl)를 사용하여 Glass와 Glass를 접합한 GtoG 형태로 구성되어 있다. BIPV 시스템은 외벽,

종류	장점	단점	효율	시장점유율
결정질 실리콘 (c-Si)	· 높은 효율 · 반도체 공정을 이용하여 · 막 두께 감소로 인한 · 장기안정도 높음 · 내구성·신뢰성 높음	· 비투과·온도계수가 높음 · 경사각에 따른 효율 · 의존성 높음 · Shading effect · 색구현 불가능 · 복잡한 공정	15%	87%
비정질 실리콘 (a-Si)	· 비교적 높은 효율 (TJ 등) · 온도계수 비교적 낮음 · 경사각에 따른 효율 · 의존성 낮음 · 투과도 조절용이 (스크라이빙 등)	· 광학외로 인한 효율저하 · 자생산성 · 투과도 구현을 위한 추가 · 가공필요	8%	12%
CIGS	· 비교적 높은 효율 · 생산단가 저렴 · 심미성(Amost black)	· 온도계수 높음 · 비투과 · 고비용소재 · 자생산성	12%	0.1%
염료감응형 (DSSC)	· 투과형 · 다양한 색구현 가능 · 생산단가 저렴 · 제조적합성	· 낮은 효율 · 짧은 수명 · 낮은 내구성	7%	<0.1%
유기 소태 (OPV)	· 투과도 조절 가능 · 유연한 형태 구현 · 다양한 색구현 가능 · 간단한 공정 · 생산단가 매우 저렴	· 낮은 효율 · 짧은 수명 · 낮은 내구성	<5%	<0.1%

그림 2 BIPV 제품 특징 및 건물 적용분야



창호, 커튼월, 차양, 스펀드럴, 지붕 등에 다양하게 적용이 가능하며 특히 국내의 경우에는 창호, 커튼월, 지붕 등에 80% 이상이 GtoG를 사용한 복층유리의 형태로 설치되어 있다. BIPV 시스템에 적용될 수 있는 태양전지는 결정형 실리콘 태양전지, 비정질 실리콘 태양전지, CIGS, 염료감응형 태양전지, 유기태양전지 등이 있는데, 결정형 실리콘 태양전지와 비정질 실리콘 태양전지가 상용화 제품으로 생산되고 있으며 시장의 약 95% 이상을 점유하고 있다. 이는 앞서 언급한 태양전지 소재 중 가장 높은 효율과 장기 안정성을 가지고 있으며 국내의 반도체 생산 기술 안정화를 바탕으로 많은 제조업체들이 다년간의 양산 경험을 가지고 있어 생산공정이 안정화되어 있어 공급이 원활하기 때문이다.

빌딩 혹은 철도역사 등 대형건축물에 적용되는 GtoG형 태양전지는 광투과도를 가져야 하는데 결정형 실리콘 태양전지의 경우 태양전지 셀의 배열을 조절하여 광투과를 구현하고 있으며 비정질 실리콘 태양전지의 경우는 박막 셀의 레이저 스크라이빙 등을 통하여 광투과를 구현할 수 있다. CIGS 태양전지의 경우 낮은 생산단가와 비교적 높은 효율 등의 장점으로 인하여 최근 각광받는 태양전지 소재로 주목받고 있으나, 셀 소재 및 구조의 특성상 광투과를 구현할 수 없기 때문에 일부 광투과가 요구되지 않는 스펀드럴 등에 적용되고 있다. 이들 태양전지 소재들이 창호 및 커튼월에서 요구되는 광투과를 구현하고 있으나, 소재 측면에서 투과도를 구현할 수 없기 때문에 염료감응형 태양전지와 유기태양전지가 BIPV 시스템에 적용되기에 적합한 소재로 대두되고 있다. 염료감응형 태양전지와 유기태양전지는 소재의 개발을 통하여 다양한 색상 및 투과도 구현이 가능하며 공정이 간단하여 생산단가가 저렴한 장점이 있는

반면 낮은 에너지변환효율, 짧은 수명, 낮은 내구성 등의 단점으로 인하여 현재 연구단계 및 시험생산단계에 머물고 있다.

2.2 BIPV 시스템의 시험 · 인증 동향

앞서 언급한 바와 같이 국내에서 현재 건물에 적용되는 BIPV 시공 사례가 증가하는 추세이나 BIPV에 관한 인증 기준이 존재하지 않아 제조업체가 PV 모듈에 관한 인증과 전자제에 관한 인증을 따로 획득하고 있는 실정이다. 일례로 국내의 에스에너지에서는 국내 업계 최초로 BIPV

표 3 BIPV에 적용가능한 태양광 모듈 및 건축자재성능 표준 현황

적용분야	기준번호	기준명
PV 모듈	KSC IEC 61215	결정계 실리콘 지상용 태양전지 모듈 설계인증 및 형식승인
	KSC IEC 61646	박막 태양광 모듈-디자인 필요조건과 형식승인
	KSC IEC 61701	태양전지 모듈의 염수분무시험
	KSC IEC 61730	태양광발전모듈 안전조건: 제1부 구성요건, 제2부 시험요건
	KSC IEC 31645	태양광 모듈의 자외선시험
	KSL 2514	판유리의 가시광선 투과율, 반사율, 방사율, 태양열 취득률 시험
	KSL 2002	강화유리
	KSL 2004	접합유리
단열성능	KSF 1010:2005	건축물의 부위별 성능분류
	KSL 2525	판유리의 열저항 및 건축관련 연관류율의 계산방법
	KSF 2277	건축용 구성재의 단열성능 측정방법
Array 지지구조물	KSF 2278	창호의 단열성 시험방법
	KSF 2296	창호의 내포압 시험방법
	KSF 2294	창호의 구조적 성능 시험방법
	KSC 61730-2	태양광발전모듈 안전조건: 제2부 시험요건
	KSF ISO-2	구조설계기본-구조물의 지진작용
시스템 (화재안전관련)	KSF 4029	가압 시멘트판기와
	KSF 3010	점토기와
	KSC IEC 61730-2	태양광발전모듈 안전조건: 제2부 시험요건
	KSF 2257-1	건축부재의 내화시험방법-일반요구사항
	KSF 2269	지붕의 방화 시험 방법
시스템 (자연현상에 대한 안전성)	KSF ISO 13785-1	건축물 외장구성재에 대한 연소성능 시험방법 : 제1부 중간 규모 시험
	KSF 2845	유리구획 부분의 내화 시험 방법
	KSC IEC 61173	태양광발전시스템의 과전압 방지 지침
	KSF 2293	창호의 수밀성 시험방법
	KSF 2295	창호의 결로 방지 성능 시험 방법
	KSC IEC 60364-7-712	건축전기설비-제7-714부 : 특수설비 또는 특수장소에 대한 요구사항-태양전지 전원시스템
시스템 (소음방지)	KSC IEC 60947-1	서전압 개폐장치 및 제어장치-제1부 일반규정
	KSC 0228	환경 시험 방법(전기, 전자) 온습도 조합 시험 방법
	KSF ISO 15186-1	음향세기를 이용한 건축물과 건축물 부재의 차음성능 측정방법 : 제1부 실험실 측정방법
	KSF 2235	외벽 및 외벽 부재의 공기 전달을 차단 성능 현장 측정 방법
	KSF 2808	건물 부재의 공기 전달을 차단 성능 실험실 측정 방법

표 4 각국의 성능평가 시험기준 및 인증 시스템 동향

국 가	내 용
유럽 (독일)	• 유럽의 대표적인 시험인증평가기관인 TUV-SUD와 IEC가 BIPV관련 표준 마련 중 (prEN50583)
네덜란드	• 네덜란드의 NVN 7250 Solar energy systems-Integration in roofs and facades - Construction aspects 표준(案)이 제정 중
영국	• 2010년 5월 Solar FITs를 시작하면서, 영국의 BRE(Building Research Establishment)가 BIPV에 관한 표준을 가지고 있음 - BRE Digest 238, PV integration into buildings, 2004 - BRE Digest 489, wind loads on roof-based PV systems, 2004 - BRE Digest 495, mechanical installation of roof-mounted PV systems, 2005 - Understanding BIPV, TM25, and the Chartered Institute of Building Services Engineers(CIBSE), 2000 • 2011년 8월부터 시행되고 있는 MCS 017 표준 강화
프랑스	• CSTB(건물과학기술센터)에서 BIPV관련 인증과 평가를 담당
중국	• 중국 정부의 각 부처와 산학연 기관들, 태양광 제조업체 및 건설업체들이 토론과 의견수렴을 통해 BIPV 표준제정에 관하여 검토 • 중국의 국가유리표준기술위원회가 BIPV 참조용 GtoG모듈에 관한 GB(중국국가표준 국가표준중국표준 제안
미국	• 미국의 시험인증기관인 UL(Underwriters Laboratories)는 PV 모듈을 UL 1703과 IEC 61215/IEC 61646을 결합한 인증 서비스를 제공하고 있음 • ASTM 국제표준위원회가 태양광 적용 참조에 관한 표준과 거치형 PV모듈의 설치기준을 마련중

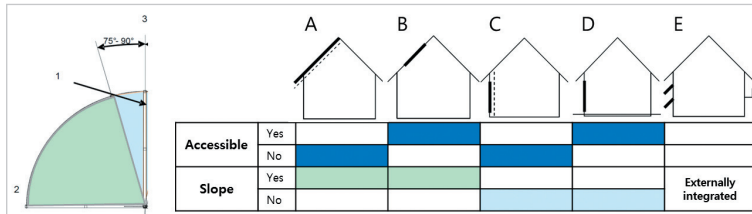


그림 3 prEN50583 규격의 PV 분류 기준

에 대하여 결정형 태양광 모듈 인증(KS IEC 61215)과 더불어 GtoG 인증(KS L 2004)과 시스템 풍하중 인증(DIN 52338) 및 구조적 안정성(EN 12600) 시험을 통하여 BIPV 시스템의 신뢰성을 획득하였다.

BIPV 시스템에 대하여 준용할 수 있는 국내 KS 표준은 태양광 시스템으로써의 PV 모듈 성능, 건축자재로써의 단일 성능, 지지구조물, 화재안전, 구조적 안전성, 차음 성능 등이다. 표 3에 BIPV에 적용가능한 태양광 모듈 및 건축자재 성능의 표준현황을 나타내었다. 국내에서 BIPV 시스템에 대한 표준을 제정하고자 하는 논의가 진행되어 왔으나, 정부기관, 학계 및 산업체 간의 이해관계가 상충하여 표준화 제정이 지연되고 있는 상황이다.

국외에서도 건축물에 적용되는 BIPV 시스템의 수요 증가를 대응하기 위하여 미국, 영국, 프랑스 등에서는 태양

광 모듈에 대한 표준과 건축자재에 대한 표준을 준용하여 인증을 수행하고 있다. 또한, 독일, 중국, 네덜란드 등은 BIPV 시스템에 대한 시험·인증 규격을 제안한 상태이다. 표 4에 각국의 BIPV 시스템에 대한 성능평가 시험기준을 정리하였다.

유럽에서는 독일의 TUV-SUD와 IEC가 Eurocode를 토대로 BIPV의 새로운 표준인 prEN50583을 상정하여 추진중이다. prEN50583은 BIPV와 BAPV를 명확하게 구분하여 정의하였으며, BIPV의 범위와 요구사항을 설정하여 다섯 가지의 분류로 나누어 필수 성능검사 항목을 규정하였다. prEN50583에 따르면 BIPV는 PV 모듈이 건축물의 구성요소이면서 건설제품지침(CPD, Construction Product Directive) 89/106/ECC에 정의된 기능을 제공하는 것으로 정의하고 있으며 이외의 경우를 BAPV(Building Applied Photovoltaics)로 정의하고 있다. prEN50583에서는 먼저 태양광 모듈에 대하여 EN61215, EN61646, EN61730의 전기 표준 규격 중 하나를

준수해야 하며 건축재료에 대하여 CPD 89/106/ECC에 정의된 필수 요구사항에 따라 인증을 수행하도록 규정하고 있다. CPD 89/106/EEC에 정의된 필수 요구사항은 기계적 저항 및 안전성 (Mechanical resistance and stability), 화재 안전(Safety in case of fire), 건강과 환경(Hygiene, health and the environment), 사용 안전(Safety in use), 노이즈에 대한 보호(Protection against noise), 에너지 경제와 보온성(Energy economy and heat retention)이다. 또한, BIPV 시스템이 적용되는 설치각도와 접근가능성(Accessible)에 따라 다섯 가지로 분류하여 각각에 대하여 요구되는 성능 시험법을 만족하도록 규정하고 있다. 그림 3에 prEN50583에서 규정하는 BIPV 시스템의 분류를 정리하여 나타내었으며 표 5에 각각의 분류에 대한 적용 시험법을 정리하여 나타내었다.



표 5 prEN50583 규격의 유형별 CPD 요구사항

CPD Requirement Category	Standards, guidelines, test methods				
	A	B	C	D	E
① Mechanical resistance and stability	Annex A	-	EN 13116, EN 12179	-	-
② Safety in case of fire	EN 13501-5	EN 13501-2, EN 13501-5	EN 13501-2	EN 13501-2	-
③ Hygiene, health and the environment	Annex B	-	-	-	-
④ Safety in use	-	EN 14351-1	-	-	-
⑤ Protection against noise	-	-	-	-	-
⑥ Energy economy and heat retention	EN410, C,2, EN ISO6946 EN673 or EN674 or EN675		EN410, C,2, EN13947 EN673 or EN674 or EN675		EN410, EN13363, EN14500

Annex A : Methods for determining the uplift resistance of BIPV roof elements and theirs now-load-bearing capability

Annex B : rain penetration test

EN 13501 : Fire classification standards

EN 14351-1 : Windows and doors — Part 1: Windows and external pedestrian doorsets without resistance to fire and/or smoke leakage characteristics

EN 410 and C,2 : Calculation of light and solar energy characteristics

EN ISO 6946 : Calculation of thermal characteristics of roof construction

EN 673, EN 674, EN 675 : Determination of thermal characteristics of glass in buildings

EN 13116 : Curtain walling - Resistance to wind load - Performance requirements

EN 12179 : Curtain walling - Resistance to wind load - Test method

EN 13947 : Thermal performance of curtain walling - Calculation of thermal transmittance

EN 14500 : Blinds and shutters, Thermal and visual comfort, Test and calculation methods

표 6 중국 GB규격 성능평가 사항

시험 제목	중국 규격	IEC 61215	IEC 61646	시험 제목	중국 규격	IEC 61215	IEC 61646
육안검사	△	○	○	단자 강도 시험	○	○	○
최대 출력 결정	△	○	○	습윤 누설 전류시험	○	○	○
절연시험	○	○	○	기계적 하중 시험	○	○	○
온도계수 측정	○	○	○	우박 시험	○	○	○
공칭 작동셀 온도(NOCT) 측정	○	○	○	바이패스 다이오드 열 시험	○	○	○
STC 및 NOCT에서 성능측정	○	○	○	광조사	○	-	○
낮은 방사 조도 특성	○	○	○	크기 허용오차	○	-	-
옥외 노출 시험	○	○	○	만곡도	○	-	-
과열점 내구성 시험	○	○	○	낙구 충격 저항	○	-	-
자외선(UV) 시험	○	○	○	쇼트백 충격시험	○	-	-
온도 사이클 시험	○	○	○	내열성	○	-	-
결로 동결 시험	○	○	○	풍압성능	○	-	-
고온 고습 시험	○	○	○				

중국에서는 국가유리표준기술위원회를 중심으로 BIPV 창호용 GtoG 모듈에 관한 GB 표준을 제정하고 인증을 수행하고 있다. 유럽에서 진행중인 prEN50583이 BIPV 시스템의 건축물 적용위치, 형태 등을 세분화하여 구성한 것과는 달리 GB 표준에서는 GtoG 모듈로 규정하여 인증을 수행하고 있다. GB 표준에서는 기본적인 태양전지 성능 및 안전성 표준인 IEC61215, IEC61646, IEC61730을 인용하고 추가적으로 크기허용오차, 만곡도, 낙구충격저항,

쇼트백 충격시험, 내열성 시험, 풍압성능을 시험하도록 규정하고 있다. 표 6에 중국 GB 표준 성능평가 사항과 IEC 61215 및 IEC 61646의 비교분석을 나타내었다. 중국 GB 표준을 국내 표준 현황과 비교하면 낙구충격저항 및 쇼트백 충격시험, 내열성 시험은 국내 강화유리 시험법인 KS L 2002의 시험법 일부와 유사하며 풍압 성능 또한 창호 내풍압 시험법인 KS F 2296의 시험법 일부와 유사하다.

4. 결 론

BIPV 시스템은 기존 PV 모듈과는 달리 건물의 외피를 대체하면서 태양광 발전을 할 수 있는 시스템으로서 기존 건축물에 쉽게 적용이 가능하며 별도의 대지를 요구하지 않기 때문에 국토 면적이 좁고 고층건물이 많은 국내에서 적용하기에 가장 적합한 시스템으로 인지되고 있다. 또한 건축 분야에서 패시브 하우스를 거쳐 액티브 하우스를 지향하고 있는 시점에서 건축물에 BIPV 시스템의 적용은 증가할 것으로 예상된다.

하지만 BIPV 시스템에 대한 명확한 규정 및 표준과 설치기준 등이 부재된 상황에서 PV 모듈 시험을 거쳐 건축물에 적용되고 있는 실정이다. BIPV 시스템은 일반 태양광 모듈 성능과 함께 건축 자재의 역할을 동시에 수행할 수 있어야 하기 때문에 PV 모듈시험법만으로는 BIPV 시스템의 성능을 평가할 수 없다. 따라서, 전기적 성능과 건축자재의 성능 및 전기적 안전성을 복합한 BIPV 시스템에 대한 표준 제정이 시급하다. 이에 따라, 한국건설생활환경시험연구원(KCL)에서는 에너지관리공단의 지원을 받아 “BIPV성능평가 기준구축” 사업수행을 통해 KS제정 및 국제표준(안)을 도출하기 위한 작업을 진행하고 있다. BIPV 시스템에 대한 국제 표준이 존재하지 않기 때문에 국내에서 BIPV 시스템 표준의 제정은 물론 실증평가 및 신뢰성 평가를 통한 안전성 확보를 통하여 국내외 BIPV 시스템의 시험·인증 산업을 주도 하는 데에 기여할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 지식경제부, 신·재생에너지 설비의 지원 등에 관한 기준 및 지침, 2013.
2. 에너지관리공단 신재생에너지센터, 신재생에너지설비 인증제도, 2013.

3. Gazzetta Ufficiale, 2013.
4. Erneuerbare-Energien-Gesetz, 2013.
5. In Tariff, PV-Tech.
6. Joint Research Center, Commission of the European Communities.
7. “전세계 BIPV 기술 및 시장 전망(2009~2020) 2nd version”, Solar and Energy, 2012.
8. European Standard DRAFT, prEN50583.
9. Bjørn Petter Jelle et al., “Building integrated photovoltaic products: A state-of-the-art review and future research opportunities”, Sol. Energ. Mater. Sol. Cells, pp.69-95, 2012.
10. European Committee for Electro-technical Standardization, Crystalline Silicon Terrestrial Photovoltaic(PV) Modules-Design Qualification and Type Approval, EN61215, European Standard, 2005.
11. European Committee for Electro-technical Standardization, Photovoltaic(PV) Module Safety Qualification-Part 1 : Requirements for Construction, EN 61730-1, European Standard, 2007a.
12. European Committee for Electro-technical Standardization, Photovoltaic(PV) Module Safety Qualification-Part 2 : Requirements for Testing, EN61730-2, European Standard, 2007b.
13. European Committee for Electrotechnical Standardization, Thin-film Terrestrial Photovoltaic (PV) Modules-Design Qualification and Type Approval, EN 61646, European Standard, 2008.
14. Underwriters Laboratories Inc., UL 1703 UL Standard for Safety Flat-Plate Photovoltaic Modules and Panels, 2002.