

太陽電池モジュールの認証試験 規格と試験所認定

一般財団法人 電気安全環境研究所
理事・研究事業センター所長
芝田克明

太陽光発電システムの構成

- 太陽電池モジュール(パネル)
- 太陽電池アレイ化用製品(BOS製品)
 - ケーブル/コネクタ
 - 架台
- インバータ(パワーコンディショナ)

試験規格の現状～太陽電池モジュール

- IEC規格
 - － 性能認証規格と安全性認証規格の二本立て
 - － 性能認証規格は製品別に3つ
 - 結晶系: IEC 61215
 - 薄膜系: IEC 61646
 - 集光型: IEC 62108
 - － 安全性認証規格は、二部構成
 - 構造審査規格: IEC 61730-1
 - 試験規格: IEC 61730-2
- IEC規格への整合化の現状
 - － 北米
 - 性能認証規格: 米国生まれであるが北米ではあまり要求されない。
 - 安全性認証規格: 北米認証規格 (UL 1703) を基にしているが、制定過程でかなりの相違が生じたため整合化作業が難航中。
 - － 欧州
 - 性能認証規格: 2003年以降急激に成長した欧州市場でバイヤーが要求
 - 安全性認証規格: 一部相違のあるEN規格 (EN 61730-1&2) が低電圧指令に基づくCEマーキングのための整合規格になっている。
 - － 日本
 - 性能認証規格: 欧州市場への輸出も視野に完全整合JIS (JIS C 8990 (結晶系) / 8991 (薄膜系)) を制定
 - 安全性認証規格: CEマーキングも可能なように完全整合JIS規格 (JIS C 8992-1&2) を制定。
 - 両規格への適合が住宅用補助金の要件

試験規格の現状～BOS製品

- IEC規格
 - － 太陽光発電システムの設置・安全性要件: IEC 62548 (CDV)
 - － ケーブル: 規格なし
 - － コネクタ: 規格なし。EN規格 (EN 50521) をファーストラックに乗せようとする動きあり。
- 地域規格の現状
 - － 北米
 - システム: NEC (全米電気工事基準)
 - ケーブル: UL 854, UL Subject 4703
 - コネクタ: UL 1703/489
 - － 欧州
 - システム: 各国ごとに要求
 - ケーブル: EN規格原案 (AK411.2.3)
 - コネクタ: EN 50521
 - － 日本
 - システム: JIS C 8954, 8955, 8956
 - ケーブル: JCS 4517 (日本電線工業会規格)、電気用品安全法、電気事業法
 - コネクタ: モジュール部品に対する要求 (IEC 61730-1 7.3項) で事実上肩代わり

試験規格の現状～インバータ

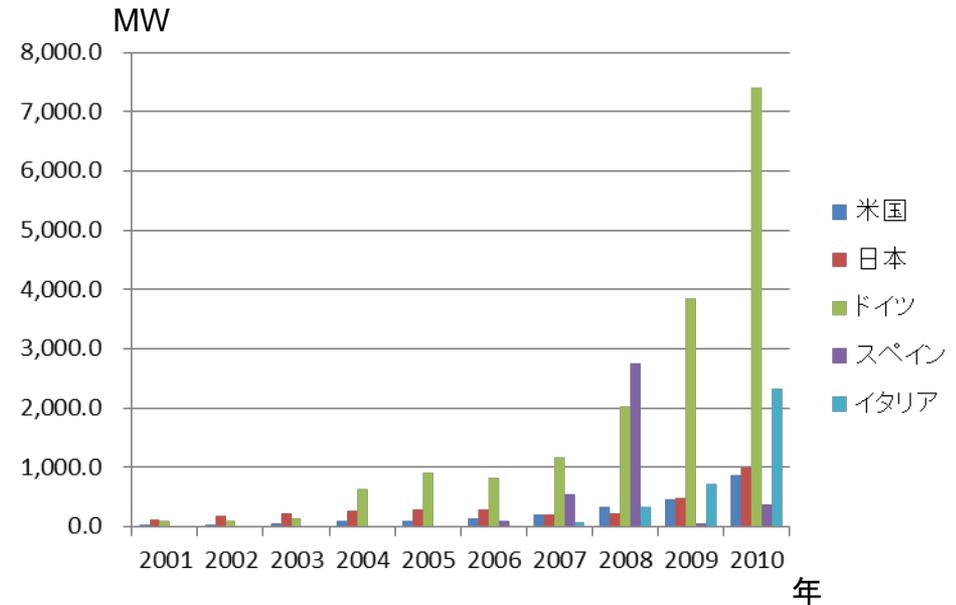
- IEC規格
 - － 製品安全規格: IEC 62109-1&2 (最近制定 (2010/4 及び 2011/6))
 - － EMC規格: IEC 61000 シリーズ
 - － 系統連系規格: IEC 61727 (一般要求事項: 個別要求は地域ルールを容認)
- 地域規格の現状
 - － 北米
 - 製品安全規格: UL 1740
 - EMC規格: FCC規格 (IEC (CISPR) 整合)
 - 系統連系規格: IEEE 1547-1&2、Rule 21
 - － 欧州
 - 製品安全規格: EN 50178 (IEC 62103: パワーエレクトロニクス製品一般要求事項)
 - EMC規格: EN 61000 シリーズ
 - 系統連系規格: 各国要求事項による。(独: DIN/VDE 0126-1-1、英: Distribution Code / Engineering Recommendation G83/1 など)
 - － 日本
 - 製品安全規格: JET 認証では、電気用品の技術基準別表第八を準用
 - EMC規格: JIS 61000 シリーズ
 - 系統連系規格: 系統連系規程 (JEAC 9701)、電気設備技術基準の解釈、電力品質に係る系統連系技術要件ガイドライン

太陽電池製品と第三者認証

- 投資家の要求（ファイナンス、保険）
- 小規模発電設備設置者（消費者）保護
- 電力会社の要求事項（系統連系要件）の包括認証
- 公的助成又は公共部門調達要件

欧州市場で性能認証が要求された背景

- フィード・イン・タリフ制度の導入による市場の急拡大
 - － ドイツ(2003年)
 - － スペイン(2008年)
 - － イタリア(2009年)



- 長期固定価格での高額買取り(20年)
 - － 投資コスト回収リスク軽減の必要性
 - － メーカー保証要求するも倒産リスクは回避できず
 - － 最低の性能保証としてのIEC認証

小規模設置者向け性能認証の義務付け

- 小規模設置者向け公的助成制度を有する国
 - 日本(住宅用太陽光発電導入支援対策費補助金)
 - 英国(MCS(Micro-generation Certification Scheme)-FIT Scheme)
 - 豪州(Renewable Energy Target (RET) Scheme)
 - 米・加州(California Solar Initiative (CSI) /New Solar Homes Partnership (NSHP))
- 消費者保護の観点から国(公的機関)が認証を要求
 - IEC性能認証+安全性認証(日・英・豪)
 - ANSI/UL規格による安全性認証+IEC規格による性能測定(加州)
 - 性能に関する要求はモジュールのみ。発電システム全体に対する要求はなし。

住宅用太陽光発電システムと認証

- 消費者保護
 - 電気事業法上、保安責任は住宅所有者にあるが、通常電気安全の知識に乏しく、また屋根の上の静的システムの異常にも気付きにくい。
 - 長期間に亘り住宅の屋根に乗せて使う苛酷な使用条件
 - 200万円は、個人にとっては大きな投資
- 適切な施工で初めてシステムとしての安全が確保
 - 施工技術者の資格認定と研修
 - 施工用部品(ケーブル・コネクタ)の認証(互換性にも配慮)
- 系統連系手続きを容易にするためのインバータ認証
 - 電力会社の要求事項への適合性証明を包括的に実施

太陽光発電システムの潜在リスク

- 通常の家電製品に比べ大きな容量 (3 ~ 6 kw)
- 相対的に高い電圧 (DC 400-500 V)
- 直流アークしゃ断の困難さ →
- 発電(直流側充電)を止める(日照を遮る)のが困難
- 長期間(15-20 年)屋根の上で苛酷な使用条件
- ホットスポット現象 →
 - 住宅の屋根では特に配慮が必要



(写真: 豪NSW大学)



(写真: 産業技術総合研究所)

太陽光発電システムの法規制(日本)

－ 一般住宅向け設備の場合 －

- 電事業法上は一般の電気設備と同等の扱い
 - － 電気設備に適用される安全基準を適用
 - － 配電系統に接続して使用する場合、連系のための保護措置を適用
- 電気用品安全法の対象外
- 消費生活用製品安全法の消費生活用製品に該当
 - － 第35条(重大製品事故報告)及び第39条(危害防止命令)の適用対象
 - － 平成19年以降、太陽電池モジュールの焦げ2件、太陽光用パワコンの発煙5件の報告あり。

電気事業法

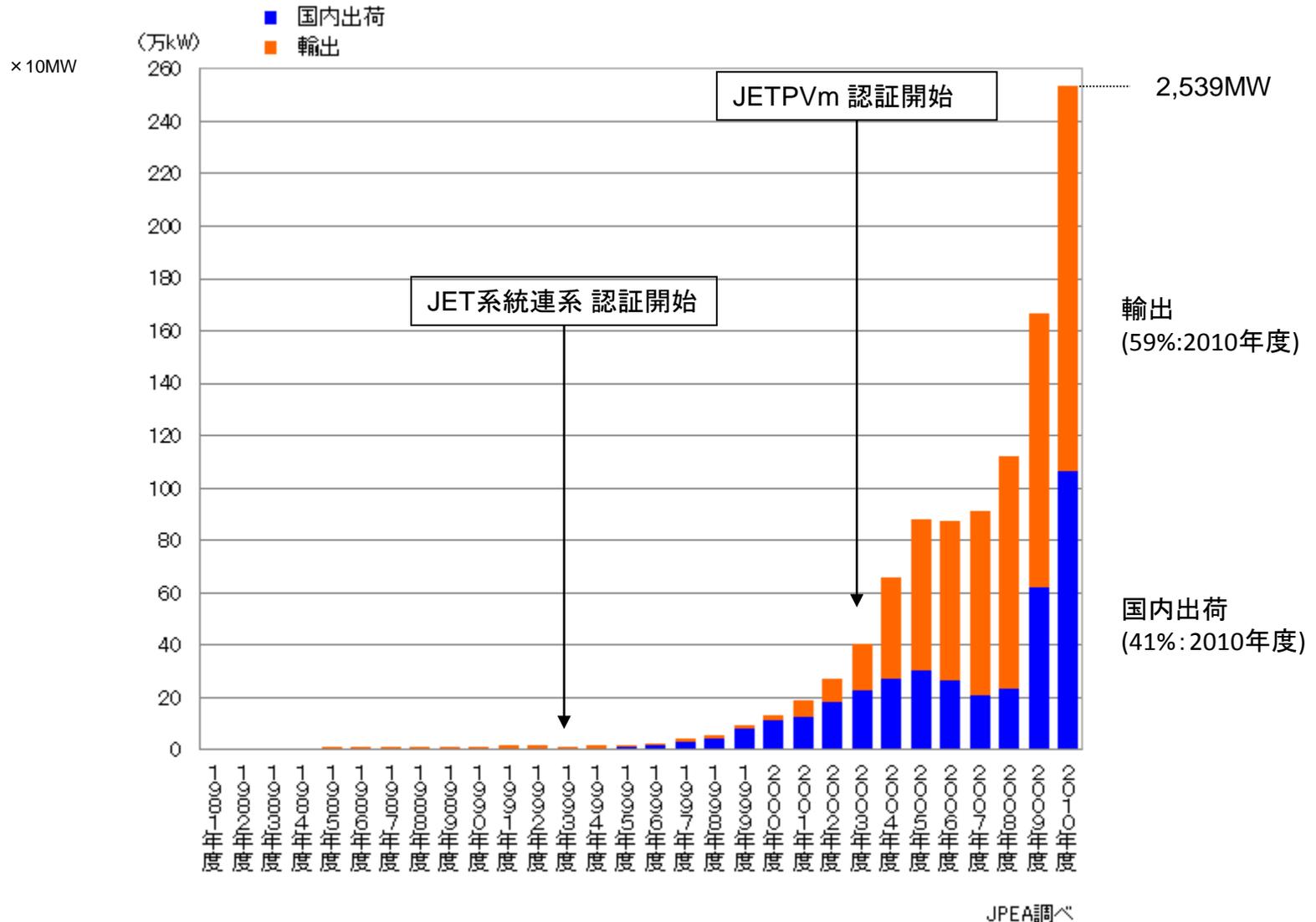
(電気工作物の定義／一般用電気工作物の範囲)

電気事業法(第38条)・電気事業法施行規則(第48条)

低圧配電線(≦600V)と連系する発電設備(小出力発電設備)について、施設条件を緩和(法的手続き必要なし)

- ・太陽電池発電設備 < 50kW
- ・風力発電設備 < 20kW
- ・水力発電設備 < 10kW
- ・内燃力を原動力とする火力発電設備 < 10kW
- ・燃料電池発電設備(PEFC又はSOFC) < 10kW

日本国内出荷推移 (1981- 2010年度)



(出典: JPEA)

太陽電池製品試験所認定

- 認証機関同士のピアアセスメントスキーム（IECEE-CB制度）との役割分担
- 公的助成制度や公共部門グリーン調達における輸入障壁問題との関係
- 製品ごとの温度差
 - － 直流側（地域差小）
 - － 交流側（地域差大：電力会社の配電網の設計思想に大きな地域差）

ILAC試験所認定が要求される事例 (太陽電池関係)その1

- 米国(加州)のCalifornia Solar Initiative (CSI)の事例
 - The requirement for PV module eligibility is listing to UL 1703 by a NRTL whose OSHA scope includes UL 1703 and additional performance parameter testing at an International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) affiliated laboratory.

ILAC試験所認定が要求される事例 (太陽電池関係)その2

- 英国のMCS(Micro-generation Certification Scheme)-FIT Schemeの事例
 - 出力50kW以下のPVシステムは、MCS(Microgeneration Certification Scheme)認証を取得することで、高額レートでの買取対象となる。
 - 適用規格は、BS EN 61215(第2版)とBS EN 61646(第1版)
 - 規格適合性のevidenceは、UKAS認定試験所又はこれとequivalentな試験所(MLA認定試験所はOK)の適合性試験結果。

JNLA認定区分(太陽電池関係)

区分 No.	試験方法の 区分の名称	告示に定める 試験方法	製品試験に係る日本工業規格の番号、項目番号及び記号 (引用する試験方法は例示)
40	絶縁試験	JISC8990 JISC8991	JISC8990の10. 3、10. 15 JISC8991の10. 3、10. 20
101	外観・構造試験	JISC8990 JISC8991	JISC8990の10. 1 JISC8991の10. 1
106	耐久性・耐食性試験	JISC8990 JISC8991	JISC8990の10. 8、10. 9、10. 10、10. 11、10. 12、10. 13 JISC8991の10. 8、10. 9、10. 11、10. 12、10. 13
107	機械的強度試験	JISC8990 JISC8991	JISC8990の10. 14、10. 16、10. 17 JISC8991の10. 14、10. 15、10. 16、10. 17
141	太陽電池特性試験	JISC8911 JISC8913 JISC8914 JISC8916 JISC8931 JISC8935 JISC8990 JISC8991	JISC8911の4. 、5. 、6. JISC8913 JISC8914 JISC8916 JISC8931の4. 、5. 、6. JISC8935 JISC8990の10. 2、10. 4、10. 5、10. 6、10. 7、10. 18 JISC8991の10. 2、10. 4、10. 5、10. 6、10. 7、10. 18、10. 19

性能認証規格(IEC 61215/JIS C 8990) の試験項目

カテゴリー	規格に定められた試験項目	
機能チェック (Functional check)	10.1	目視検査(Visual inspection)
	10.2	最大出力の決定(Pmax determination)
	10.3	絶縁試験(Insulation test)
	10.15	湿潤漏れ電流試験(Wet leakage test)
特性 (Characteristics)	10.4	温度係数(temperature coefficients)の測定
	10.5	公称動作セル温度(NOCT)の測定
	10.6	基準状態(STC)及びNOCTにおける特性
	10.7	低放射照度(low irradiance)における特性
前処理／予備的試験 (Preconditioning/Preliminary test)	10.10	紫外線照射試験(UV preconditioning test)
	10.8	屋外曝露試験(Outdoor exposure test)
長期耐久性 (Long term durability)	10.11	温度サイクル試験(Thermal cycling test)
	10.12	結露凍結試験(Humidity freeze test)
	10.13	高温高湿試験(Damp heat test)
さまざまな運用ストレスに対する 耐久性 (Durability to various operating stress)	10.18	バイパスダイオード温度試験(Bypass diode thermal test)
	10.9	ホットスポット耐久試験(Hot spot endurance test)
	10.14	端子強度試験(Termination robustness test)
	10.16	機械的荷重試験(Mechanical load test)
	10.17	降雹試験(Hail test)

安全性認証規格(IEC 61730-2/JIS C 8992-2) の試験項目

カテゴリー	規格に定められた試験項目	
感電危険	10.2	接近性試験 (Accessibility test)
	10.3	切断性試験 (Cut susceptibility test)
	10.4	接地連続性試験 (Ground continuity test)
	10.5	インパルス電圧試験 (Impulse voltage test)
	10.6	耐電圧試験 (Dielectric withstand test)
火災危険	10.7	温度試験 (Temperature test)
	10.8	火災試験 (Fire test)
	10.9	逆電流過負荷試験 (Reverse current overload test)
機械的ストレス	10.10	衝撃破壊試験 (Module breakage test)
部品	11.1	部分放電試験 (Partial discharge test)
	11.2	配線管曲げ試験 (Conduit bending)
	11.3	端子ボックスノックアウト試験 (Terminal box knock out)

安全性認証試験10.2,3,及び5の前処理試験として、性能認証試験項目の10.9～13及び10.16～17(環境試験／機械的強度試験)を実施

IEC61730-2 試験シーケンス

TS 8992-2

モジュール安全性試験 MST

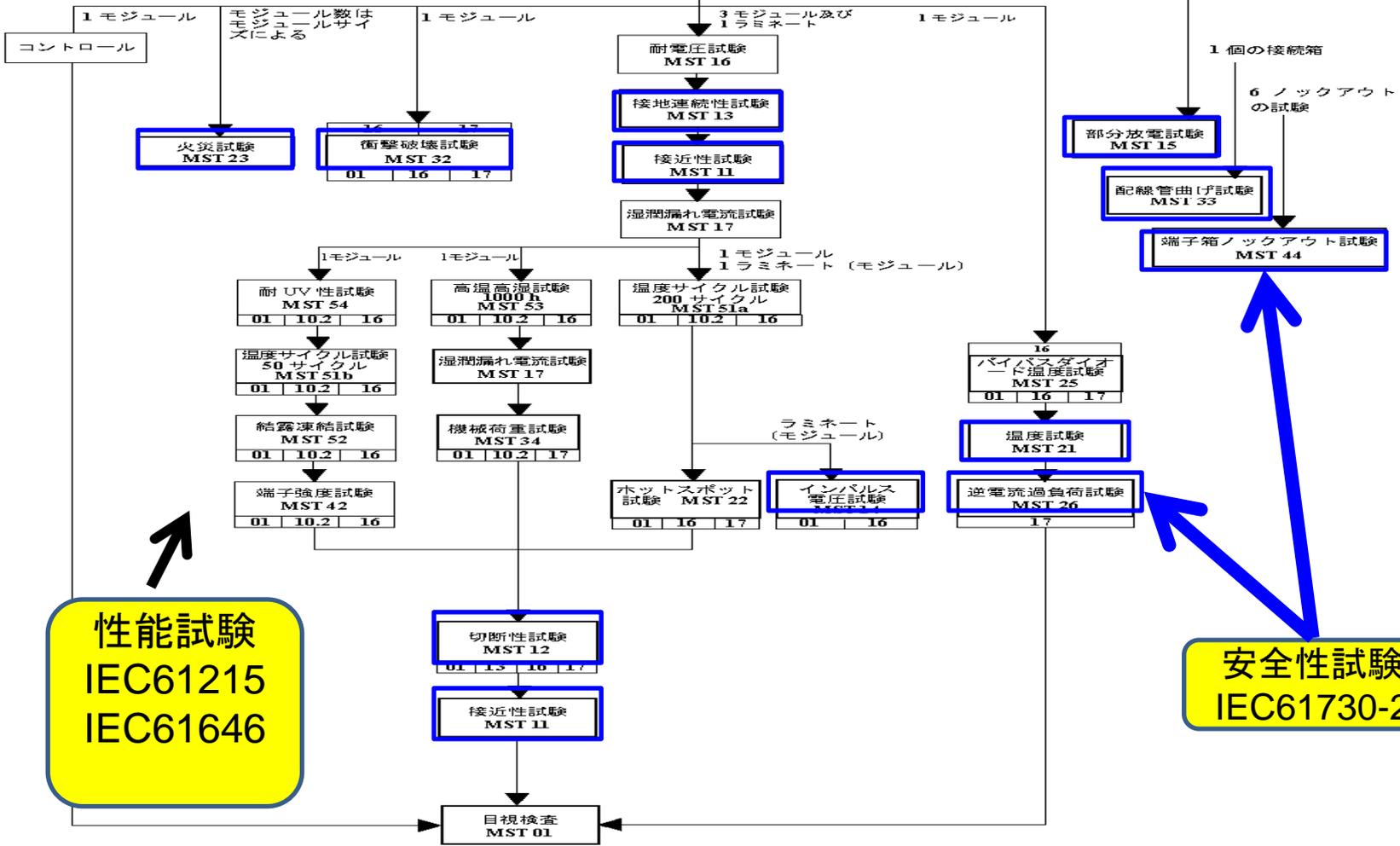
IEC 61215
JIS C 8991

モジュール性能試験 MPT

01 10.2 17

各ボックスの番号は MST または MPT (必要場合) の後に行う最終判定の参照先
01 = 安全性 MST 01
10.2 = 性能 (IEC 61215, JIS C 8991)
17 = 安全性 MST 17

7 モジュール又は
6 モジュール及び 1 ラミネート

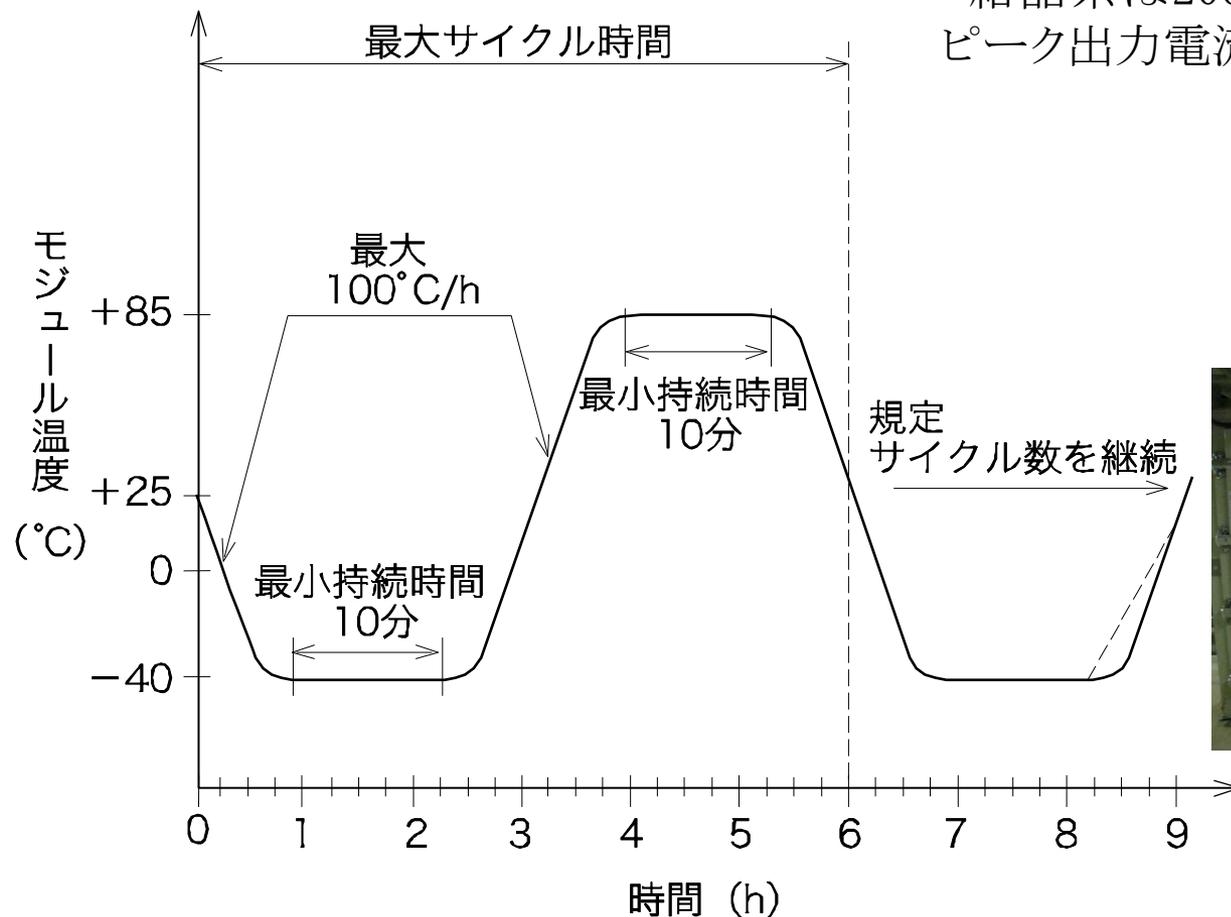


性能試験
IEC61215
IEC61646

安全性試験
IEC61730-2

IEC 61215 10.11 温度サイクル試験

- $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ から $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ までのサイクルを50回及び200回。
- 結晶系は200サイクル中STCピーク出力電流を通電する。

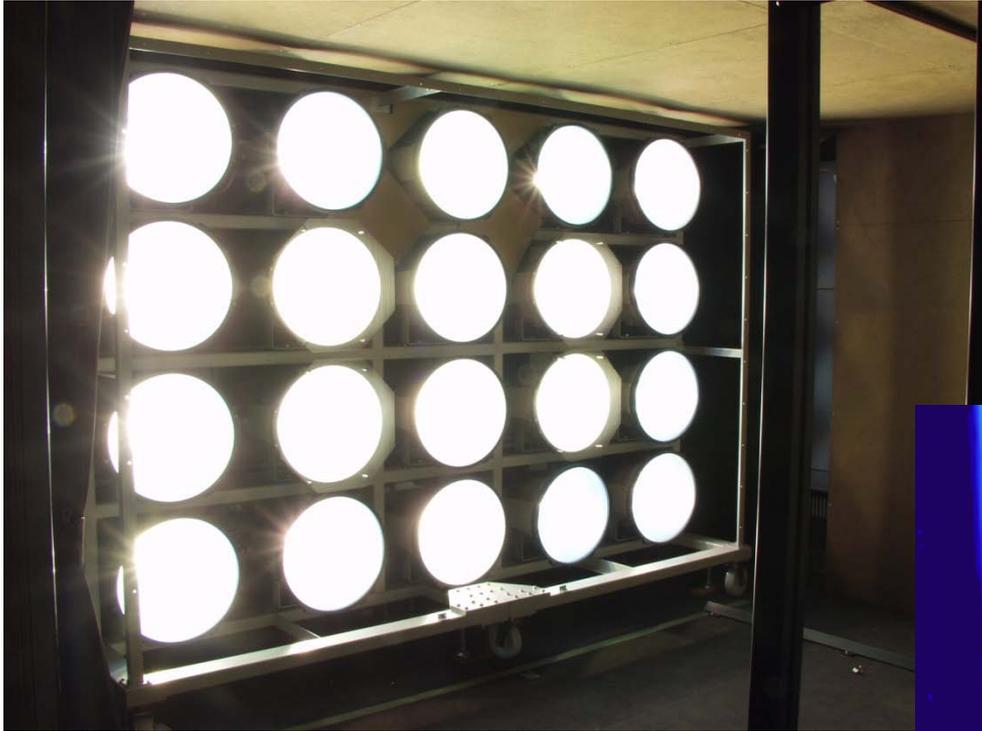


IEC 61215 10.13 高温高湿試験

+85 °C, 85 %RHで 1000時間



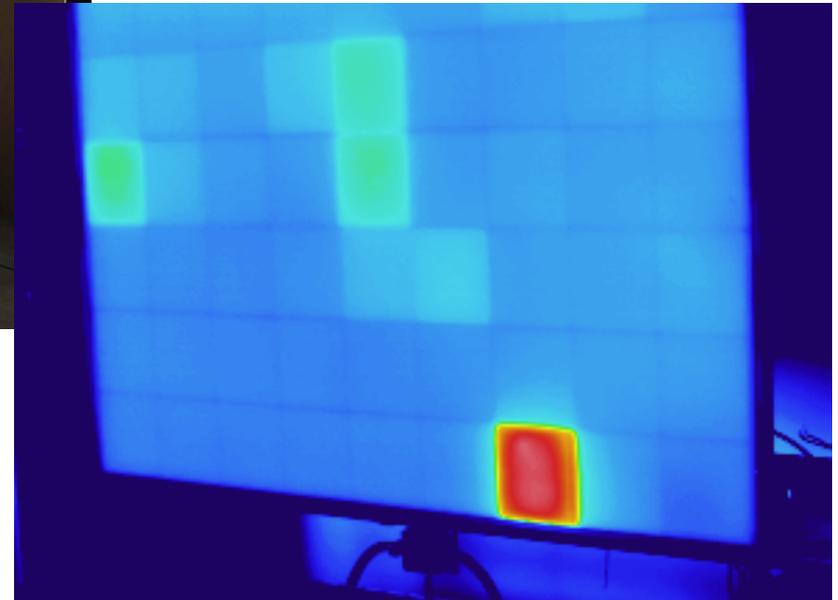
10.9 ホットスポット試験



定常光ソーラシミュレータ

セル出力の不均一性や
モジュールに木の葉が載ったり、
建物の陰がかかると、セルが
厳しい条件にさらされることになる。

このような条件を再現して、
モジュールの耐久性を調べる。



セルを遮蔽

IECEE-PV-FCS制度メンバー

Country	NCB	CBTL	
		Name	Country
Austria	OVE	OPFZ Arsenal	Austria
Belgium	SGS Belgium-CEBEC	SGS Germany CTS Microelectronics/Photovoltaics	Germany
France	○ LCIE	LCIE China	China
Germany	○ VDE	○ VDE	Germany
	○ TÜV Rheinland LGA Products (TÜV Rh)	○ TÜV Rh Product Safety	Germany
		TÜV Rh Taiwan	Taiwan
		ITRI	Taiwan
		TÜV Rh Shanghai	China
	TÜV SUD	PI Berlin	Germany
		Eurotest Laboratori Srl	Italy
		YOT	China
		TTC Taiwan	Taiwan
		RETC	USA
TÜV InterCert		Eurotest Laboratori Srl	Italy
	Albarubens Srl	Italy	
India	○ STQC	○ ETDC	India
Italy	○ IMQ S.p.A	○ IMQ S.p.A.	Italy
	ICIM S.p.A.	Eurofins Modulo Uno	Italy
Japan	○ JET	○ JET Tokyo	Japan
	TÜV Rh Japan	TÜV Rh Yokohama	Japan
		TÜV Rh Shanghai	China
		TÜV Rh Taiwan	Taiwan
Korea	NREC	KTL	Korea
		KIER	Korea
Spain	○ AENOR	○ Fundacion Cener-CIEMAT	Spain
Singapore	ITS Singapore	ITS Shanghai	China
USA	○ UL Inc.	○ UL Inc.	USA
		Exova Canada	Canada
		UL-CCIC	China
		QSTC	China
	UL Int. Germany	Germany	
	ITS USA	ITS Los Angeles	USA
TÜV Rh NA	TÜV Rh PTL	Germany	

2011年9月9日現在：○は、制度発足時(2004年)からのメンバー

IECEEメンバー増の背景

- 太陽電池カテゴリーでIECEE-PV-FCS (Full Certification Scheme) 制度が発足した際(2004年1月)は、7カ国8認証機関であったが、2007年ごろから新たに参加する機関が増えるとともに、当初予定を変更して認証を断念する機関もでてきた結果、2011年9月現在で11カ国18機関となっている。これら18のNCB(国内認証制度運営機関)の下で試験を行っているCBTL(承認されたCB試験機関)は、11カ国30機関を数える。
- なお、太陽電池カテゴリーについては、IECEE制度がそもそも想定していた「国内(安全性)認証制度」の位置付けがあいまいになっている。これは、国境を越えて同じ製品仕様の太陽電池モジュールが大規模に取引されるという特徴に加え、その商取引に際しても、①安全性認証よりも性能認証が重視されるとともに、②IECEE-PV-FCS制度加盟認証機関の認証書(試験レポート)がパスポート代わりとなり、さらには、③これを内外無差別に公的助成の条件とするケース(日本、豪州など)が出てきたことによるものと考えられ、2007年以降、加盟機関が倍増した背景にもなっている。

IECEE Retesting Guideline

- 太陽電池メーカーでは、住宅の屋根の形状や日照条件・気候にきめ細かく対応できるように、数多くのモデルを取り揃えている。屋根材や壁材と一体となったモデルも生産されている。
- これら全モデルに対してすべての試験を実施することはせずに、国際的に合意されたルール（Retesting Guideline (IECEE) http://www.iecee.org/ctl/retest_guidelines/retest_guidelines.html）に基づき、フル試験を行った基本モデルとの違いに応じて、必要な試験項目のみ選択して実施し派生モデルの認証を行う運用が行われている。

IECEE-PV認証機関の認証が要件と なっている事例その1

- 日本の住宅用太陽光発電導入支援対策費補助金の事例
 - － 原則、財団法人電気安全環境研究所(以下、JET)の「太陽電池モジュール認証(JETPVm 認証)」相当の認証(性能認証、安全性認証(火災試験を含む))*)を受けているもので、J-PECに登録されているもの。

*)IEC規格に基づき、JETが認証した太陽電池モジュール、または、IECEE-PV-FCS制度に加盟している海外認証機関の認証についても同等と判断する。

但し、海外認証機関の認証において、JET認証と比較して不足する試験がある場合は別途追加実施するものとする。

IECEE-PV認証機関の認証が要件と なっている事例その2

- 豪州のRenewable Energy Target (RET) Schemeの事例
 - Module testing must be performed by a test laboratory approved to test PV modules to these standards *) under the IECEE CB scheme (CBTL). The certificate must be issued by a National Certifying Body (NCB) associated with that laboratory, who are accredited to certify PV Module testing under the IECEE CB Scheme.
 - * AS/NZS5033 Section 4 states that modules shall be compliant with IEC/EN61730 AND either IEC/EN61215 or IEC/EN61646.

長期信頼性の重要性と現状の認証試験の限界

- キーワード: 長期信頼性の重要性
 - 高発電コスト
 - 長期に亘る投資コスト回収
 - 太陽電池モジュールの構造と寿命
 - メーカー保証の信用性

- キーワード: 現状の認証試験の限界
 - 出力低下率: 5-10% vs. 20%
 - 不十分な紫外線劣化試験
 - EVAに対する材料評価基準がない
 - 発電システムを構成する機器・部品の寿命のばらつき

長期信頼性の重要性

- 在来電源(原子力等)との発電コストの大きな差
→高額な固定買取価格を設定してもなお投資回収に長期間
- 太陽電池モジュールの償却コストが支配的(住宅用の場合、施工費用の償却も重要)
→実寿命の延長が効果的
- 太陽電池モジュールはラミネート構造で製造されるため、修理や部材交換が困難
→ノーメンテナンスで何年使えるかがすべて
- 20年メーカー保証したとして、20年後まで何社が生き残るのか？

現状の認証試験（評価基準）の限界

- 現状のIEC規格（性能認証規格：IEC 61215/61646）の試験条件は、必ずしも現実の使用条件・使用期間を加速再現できていない。
- メーカー保証における許容出力低下幅は、1%/年（20%/20年）
- 一方、現状のIEC規格の合格基準は5%/8%/10%（5～10年の使用期間相当）
- 現状の紫外線照射量 15 kWh/m²は、自然光300時間相当にすぎない。（温度サイクル50試験＋結露凍結試験のシーケンスの前処理条件との位置付け）
- EVAの評価基準がない（EVA以外に使える封止材がない）
- その他（塩水噴霧、ホットスポット）

日米(欧)の太陽電池研究機関共同プロジェクト (PVモジュールQA国際フォーラム)(1/3)

International PV Module Quality Assurance Forum

http://www.nrel.gov/ce/ipvmqa_forum/index.cfm

- このフォーラムは、PVメーカーが1回の試験を行うだけで、あらゆる国のあらゆる顧客のニーズを満たすようなふるい分けシステムを開発するために国際的な参加を呼び掛けるものである。仮に、PVシステムの顧客が期待される性能を評価するために、容易に地域別気象データやPVモジュールのふるい分けデータを使用できるようになれば、このふるい分けシステムの価値は最大化されるであろう。
- このフォーラムのゴールは、利害関係者がその地域のストレスに耐える能力をモジュールが有しているかどうかを速やかに評価できるような規格作りのコンセプトを定義することにある。それによって、製品開発を行う者、普及のためのインセンティブプログラムを設計する者、民間事業として投資判断を行う者にとって、リスクが軽減されるとともに信頼性が増す。

日米(欧)の太陽電池研究機関共同プロジェクト (PVモジュールQA国際フォーラム)(2/3)

- 標準的なPVモジュールふるい分けシステムは、以下の関係者にとって価値があるであろう。
 - インセンティブプログラム運営者:モジュール設計のための最低限の耐久性を定義できる。
 - 投資家:最低限の基準を満たしたモジュールを使用することで有利な金利で資金調達ができる。
 - 保険会社:最低限の基準を満たしたモジュールに対する保険料率を下げる事ができる。
 - コミュニティ:望ましい耐久性につながる規格を提供することによって、不必要な追加コストを支払わずに設置コストを引き下げることができる。
 - モジュールメーカー:特定の市場や顧客にとって望ましい信頼性を確保しつつコストを最小化するように、モジュールの設計を最適化することができる。
 - モジュール材料メーカー:顧客とのよきコミュニケーションを通じ、材料のコストを下げる事ができる。

日米(欧)の太陽電池研究機関共同プロジェクト (PVモジュールQA国際フォーラム) (3/3)

- IEC 61215、IEC 61646及びIEC 62108といった認証規格は、最低限の設計基準を定めたもので、20－30年の使用に信頼性を与えることを意図していない。また、地域によるストレスの差に応じて要求内容を調整するメカニズムも提供していない。PVシステムの顧客にとって、さまざまなストレスに対するPVモジュールの耐久性を比較するための情報を提供するふり分けシステムは役に立つツールとなろう。そして、PVシステムの定量的な寿命予測の正確性を改善していくための出発点となるであろう。

太陽電池の出力測定と校正機関認定

- 太陽電池の基準デバイス(基準セル／基準モジュール)は、JCSS認定範囲外
 - － 基準セル(一次・二次)については産総研(太陽光発電工学研究センター)がASNITE認定取得済み(ASNITE 0021 C)
 - － 二次基準セルについては、JETでも校正を行っており、ASNITE認定取得を目指している。
 - － 二次基準モジュールについては、校正サービス提供に向けて準備中。
- 米国では、NREL(国立再生可能エネルギー研究所)が供給する一次基準セルを用いて、二次基準セル及び二次基準モジュールを校正する機関に対して認定する枠組み(A2LA)が出来ている。

太陽電池の出力測定における課題

- キーワード: 何故絶対値測定が難しいのか？
 - 自然太陽光とソーラシミュレータによる屋内測定
 - セルの出力のばらつき(結晶系の場合)
 - アモルファスシリコンの性能の不安定さ
- キーワード: 何故、kWh評価が重要なのか？
 - STC(基準状態: AM1.5, 1000W/m², 25°C) と実際の使用条件
 - ROI(投下資本利益率)計算の前提

何故絶対値測定が難しいのか？

- 自然太陽光を用いた屋外測定の困難さ (天候の不安定さ)
- ソーラシミュレータ法の弱点
 - 自然太陽光 (基準太陽光) とのスペクトルの違い
 - 照度むら (十分な平行度確保の困難さ)
- 基準デバイス (校正済み) と被測定品との分光感度特性の違い
- セルの性能のばらつき (結晶系の場合)
- 基準セルを擬似セルで代用 (アモルファスの場合)

何故、kWh評価が重要なのか？

- 太陽電池モジュールの銘板には、STC条件での最大出力をW表示 (JIS C8918 9.表示)
- STC 条件は現実にはごくたまにしか現れない。
 - 緯度差・季節差 (Air mass値の変化、傾き角度固定).
 - 天候差・日中の太陽照射角度差
 - セル温度による出力変化 (外気温、風速、入射エネルギー)
- ROI (投下資本利益率) 計算の前提
 - IEC 61853シリーズ (Energy Rating) を整備中
- 世界中の気候データを収集する必要性

ご清聴ありがとうございました。

END