

# 太陽光発電における標準化戦略

近藤 道雄

産総研 福島再生可能エネルギー研究所

国際電気標準会議 第82委員会

## Fukushima Renewable Energy Institute

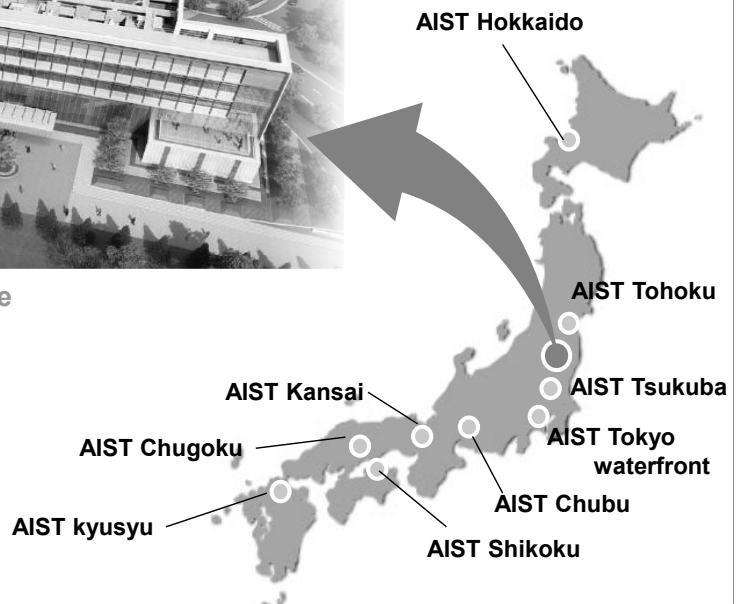


55000 m<sup>2</sup>

Fukushima Renewable Energy Institute



# FREA



# 標準化戦略の背景

- 国内市場とグローバル市場の乖離
- 国際競争力の低下(太陽電池のシェア10%以下 → 半導体と同じ一途)
- 技術戦略、出口戦略、標準化戦略の一体化が必要
- 政策との連動(技術の政策誘導)

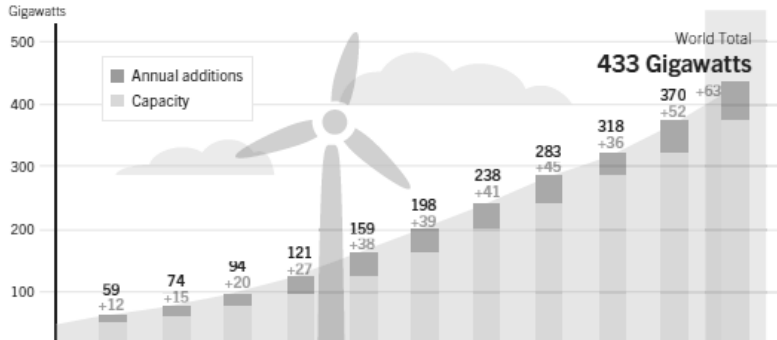


標準化は役に立つのか？

独立行政法人 産業技術総合研究所

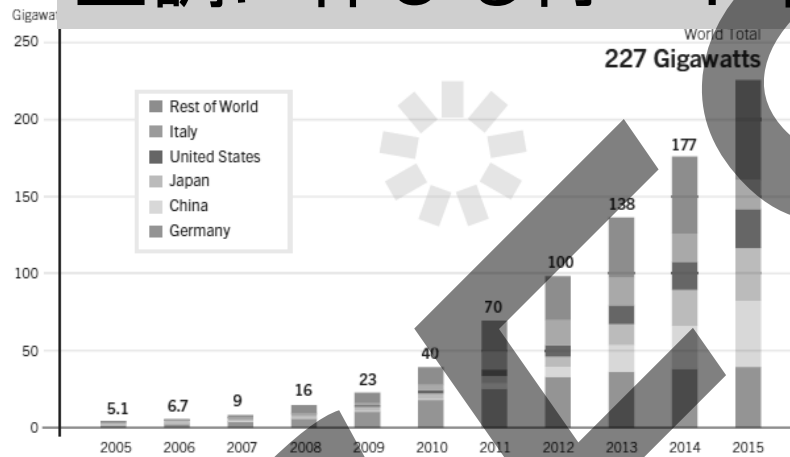
# グローバル市場

Figure 23. Wind Power Global Capacity and Annual Additions, 2005-2015



出典 REN21

Figure 15. S

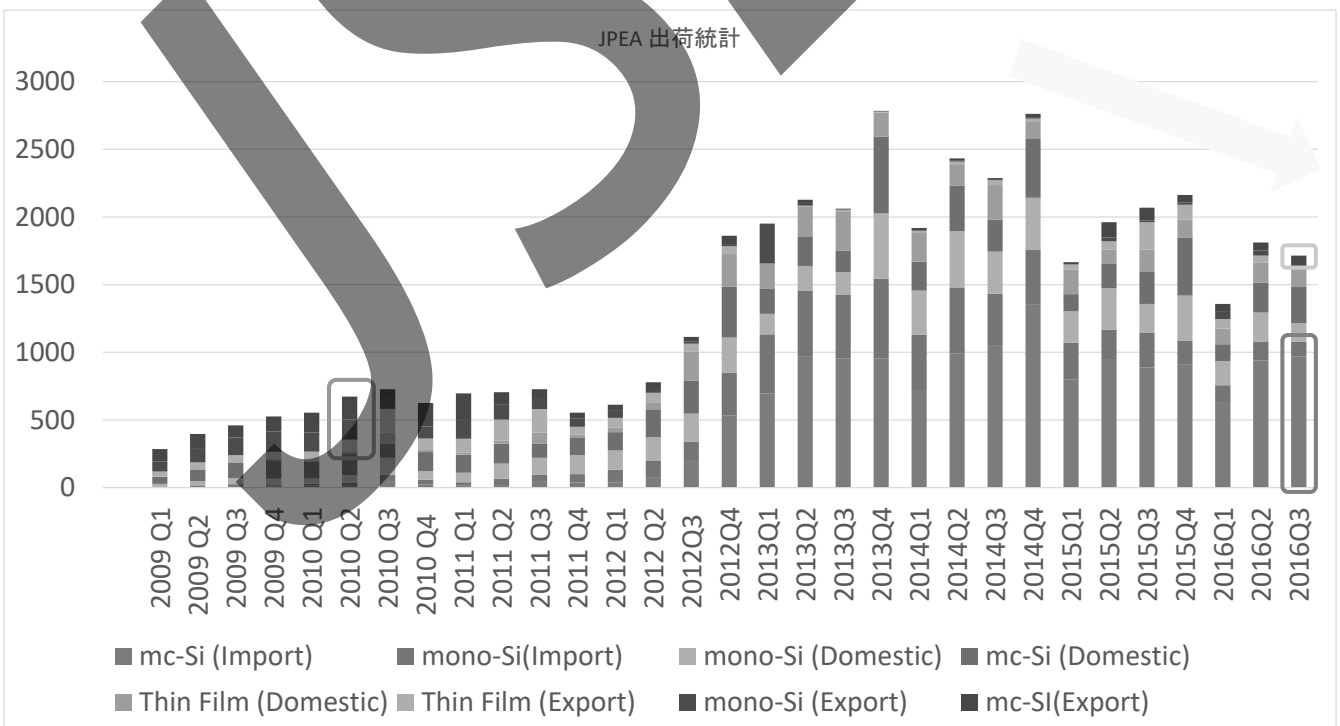


年産70~100GW  
X 15年で1TW

2030年には確実に1TWに

Source: See endnote 9 for this section.

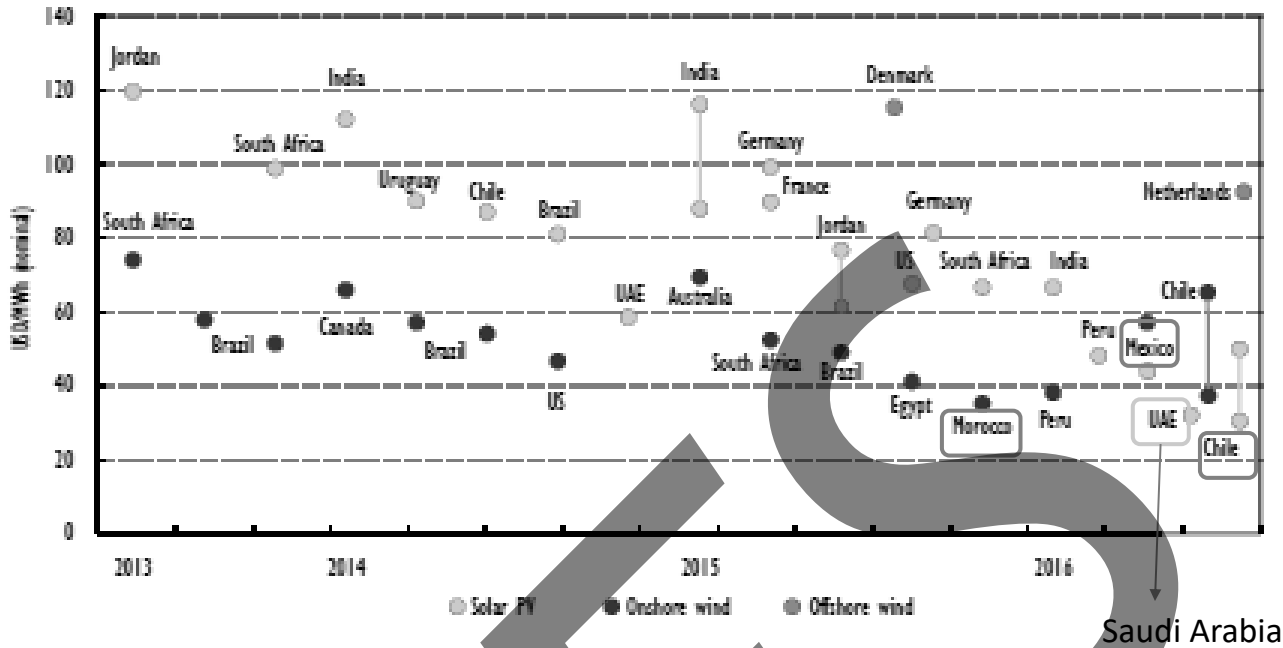
太陽光にも陰り



過半数が海外生産 or 輸入

グローバル化したマーケットは価格競争を激化させ新興国に主導権を奪われた

Figure 2.5 Recent announced long-term remuneration contract prices for renewable power by date of announcement and to be commissioned over 2016-21



再エネが最も安い電力に

コストの検証 (2014)

電源	原子力	石炭火力	LNG火力	風力(陸上)	地熱	一般水力	小水力(80万円/kW)	小水力(100万円/kW)	バイオマス(専焼)	バイオマス(混焼)	石油火力	太陽光(効)	太陽光(住宅)	ガスコジェネ	石油コジェネ
設備利用率	70%	70%	70%	20%	83%	45%	60%	60%	87%	70%	30・10%	14%	12%	70%	40%
稼働年数	40年	40年	40年	20年	40年	40年	40年	40年	40年	40年	40年	20年	20年	30年	30年
発電コスト(円/kWh)	10.1~(8.8~)	12.3(12.2)	13.7(13.7)	21.9(15.6)	19.2(10.9)	11.0(10.8)	23.3(20.4)	27.1(23.6)	29.7(28.1)	12.6(12.2)	30.6~43.4(30.6~43.3)	24.3(21.0)	29.4(27.3)	13.8~15.0(13.8~15.0)	24.0~27.9(24.0~27.8)
2011コスト等検証委	8.9~(7.8~)	9.5(9.5)	10.7(10.7)	9.9~17.3	9.2~11.6	10.6(10.5)	19.1~22.0	19.1~22.0	17.4~32.2	9.5~9.8	22.1~36.1(22.1~36.1)	30.1~45.8	33.4~38.3	10.6(10.6)	17.1(17.1)

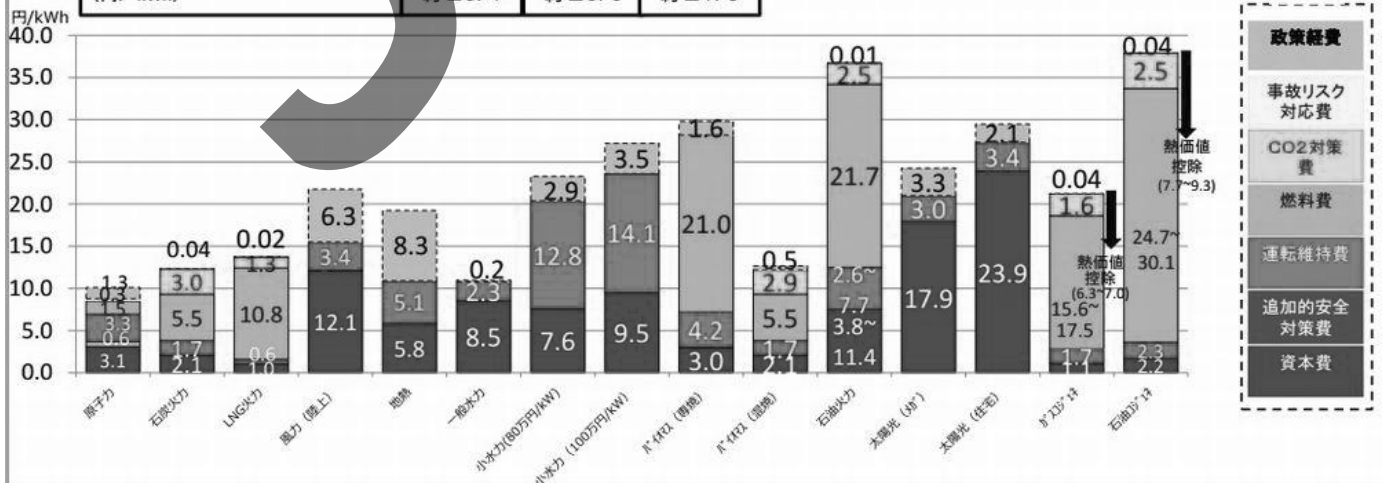
※1 燃料価格は足元では昨年と比較して下落。それを踏まえ、感度分析を下記に示す。

※2 2011年の設備利用率は、石炭:80%、LNG:80%、石油:50%、10%

化石燃料火力の感度分析

燃料価格10%の変化に伴う影響(円/kWh)	石炭	LNG	石油
	約±0.4	約±0.9	約±1.5

※3 ( )内の数値は政策経費を除いた発電コスト



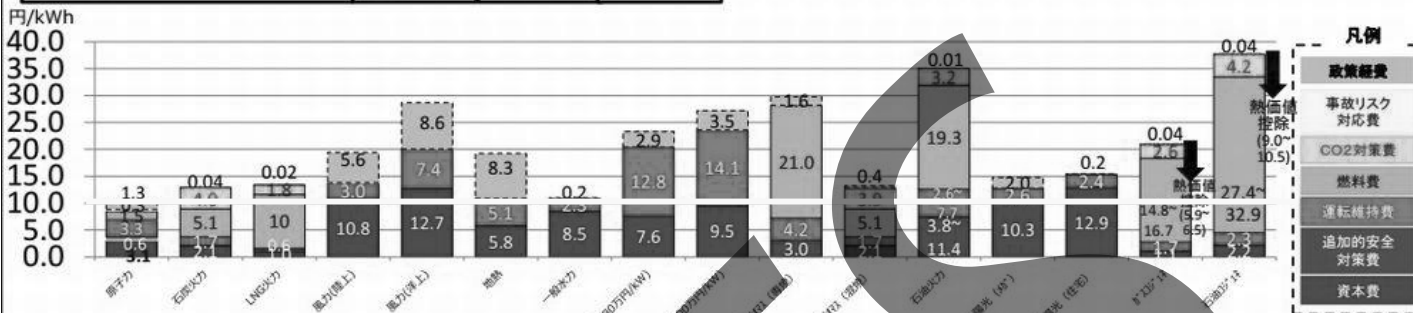
電源	原子力	石炭火力	LNG火力	風力(陸上)	風力(洋上)	地熱	一般水力	小水力(80万円/kW)	小水力(100万円/kW)	バイオマス(専焼)	バイオマス(混焼)	石油火力	太陽光(公)	太陽光(住宅)	ガスコジェネ	石油コジェネ
設備利用率	70%	70%	70%	20~23%	30%	83%	45%	60%	60%	87%	70%	30・10%	14%	12%	70%	40%
稼働年数	40年	40年	40年	20年	20年	40年	40年	40年	40年	40年	40年	40年	30年	30年	30年	30年
発電コスト(円/kWh)	10.1~(8.8~)	12.9(12.9)	13.4(13.4)	13.9~21.9(9.8~15.6)	28.7~33.1(20.2~23.2)	19.2(10.9)	11.0(10.8)	23.3(20.4)	27.1(23.6)	29.7(28.1)	13.3(12.9)	28.9~41.6(28.9~41.6)	12.7~15.5(11.0~13.4)	12.5~16.4(12.3~16.2)	14.4~15.6(14.4~15.6)	27.2~31.1(27.1~31.1)
2011コスト等検証委	8.9~	10.3	10.9	8.8~17.3	8.6~23.1	9.2~11.6	10.6	19.1~22.0	19.1~22.0	17.4~32.2	9.5~9.8	25.1~38.9	12.1~26.4	9.9~20.0	11.5	19.6

※1 今後の政策努力により化石燃料の調達価格が下落する可能性あり。感度分析の結果は下記の通り。

※2 2011年の設備利用率は、石炭:80%、LNG:80%、石油:50%、10%

※3 ()内の数値は政策経費を除いた発電コスト

燃料価格10%の変化に伴う影響(円/kWh)	石炭 約±0.4	LNG 約±0.9	石油 約±1.5
------------------------	-------------	--------------	-------------



<自然変動電源(太陽光・風力)の導入拡大に伴う調整コスト> ※導入割合については、総発電電力量が1兆kWhの場合

自然変動電源の導入割合	再エネ全体の導入割合	調整コスト
800億kWh(8%)程度	21%程度	年間 4,000億円程度
900億kWh(9%)程度	22%程度	年間 5,000億円程度
1200億kWh(12%)程度	25%程度	年間 7,000億円程度

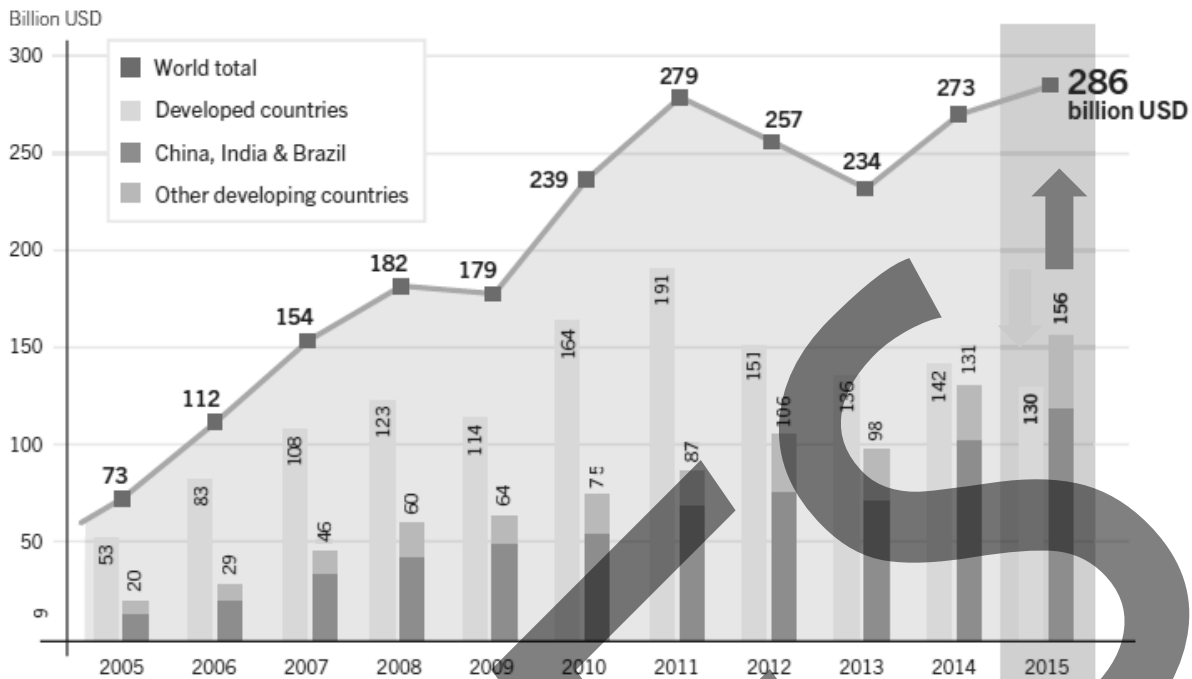
出典 資工庁

独立行政法人 産業技術総合研究所

# 経済創出の光と影



Figure 35. Global New Investment in Renewable Power and Fuels, Developed, Emerging and Developing Countries, 2005–2015



Source: BNEF, see footnotes i and iii for this section.

投資先は先進国から新興国へ：低コスト化圧力

WEO2016

## 長期的課題

### FIT終了後の発電事業の継続性

- 経済性
  - 利益を生み出すメカニズム、インセンティブ
  - 政策による市場の先導
    - 買い取り価格の設定
    - ハイブリッドへのインセンティブ
    - 取引のプラットフォーム（仮想通貨？託送料？）
- 技術的持続可能性
  - 維持管理、寿命、EOL問題(リサイクル)

## 標準化にかかわる項目

## 夏のピークカット効果

2016年度夏季最大需要日における太陽光発電供給力

単位 万kW	東3社	中西6社	九州	9社計
最大電力需要 (8月)	6293	6893	1455	16260
PV供給力	566(494.7)	977(598.5)	283(152.3)	<b>1826(1093.2)</b>
PV設備量	1228	2094	629	3951
出力比率(%)	46(53.3)	47(34.9)	45(44.9)	46.2(41.4)
供給比率(%)	9	14.2	19.5	11.2(6.7)

青字は2015実績

2016年度は夏季最大需要日で9~20%のピーク需要を賄った。  
 (注:地域によって日が異なることを注意)  
 → 予備率確保に貢献

太陽光の寄与がなくなると夏の電力不足が深刻化

## 国際標準化とは



# 1 標準化とは ① …… スポーツルールの変更と国際競争力



[http://www.nipponkogyokai.or.jp/wp-content/uploads/1\\_01.pdf](http://www.nipponkogyokai.or.jp/wp-content/uploads/1_01.pdf)

## 標準化のジレンマ

- 競争ルールを決めた方が有利
- 統一されたルールは市場の単一化を生む
- 単なる価格競争に陥りやすい
- 製造者と消費者の論理の違い
- 投資家の目線が標準化を支配しつつある
- 差別化と競争の戦略
- 公平な競争の場を確立すること

## 2 標準化の歴史－多様な市場ニーズに対応した新たな標準化戦略－

### ■ General Motors社社長 Alfred P.Sloanの標準化戦略

- 徹底的な標準化による1機種（T型フォード）戦略を取り続けたFord社
- これに対しGeneral Motors社は、消費者の多様な嗜好・需要に対応するため、安価な大衆車から高価な高級車まで、多様な市場ニーズに対応した複数車種戦略をとり顧客を獲得。



Alfred P.Sloan  
(米.1875-1966)

【ご提供:ゼネラルモーターズ・アジア・パシフィック・ジャパン】

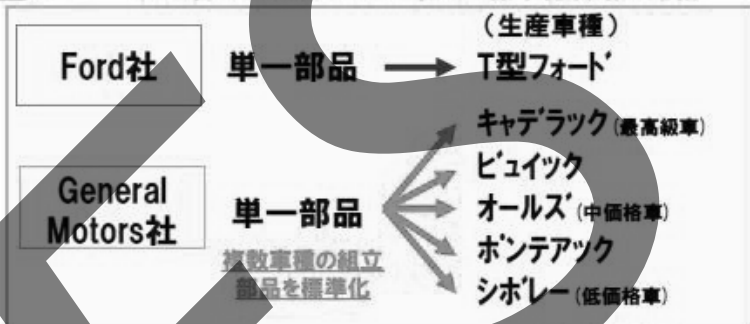
General Motors車製品ポリシー  
“すべての財布(purse)と目的(purpose)にあった車を生産”



General Motors社自動車生産ライン

【ご提供:ゼネラルモーターズ・アジア・パシフィック・ジャパン】

### Ford社とGeneral Motors社との標準化戦略の比較



規格化協会

- ◆ WTO設立協定（マラケシュ協定）：WTOの目的は「生活水準を高め、完全雇用並びに高水準の実質所得及び有効需要並びにこれらの着実な増加を確保し並びに物品及びサービスの生産及び貿易を拡大する」ことである。
- ◆ 条文2.4 加盟国は、強制規格を必要とする場合において、関連する国際規格が存在するとき又はその仕上がりがあるときは、当該国際規格又はその関連部分を強制規格の基礎として用いる。ただし、気候上の又は地理的な基本的要因、基本的な技術上の問題等の理由により、当該国際規格又はその関連部分が、追求される正当な目的を達成する方法として効果的でなく又は適当でない場合は、この限りでない。

### IEC/ISO（国際標準）の意義

- ◆ 国際市場においても円滑に経済取引を行っていくには、相互理解、互換性の確保、消費者利益の確保などを図る。
- ◆ 新技術・製品の国際的普及のためにも、技術内容が国際的に理解できる形で共有される。

国際規格が可能な限り幅広い市場・地域で使用されるため、国際規格は原則同一の内容を追求しつつも、一定の特別の状況の基では、内容の相違を認める概念

Regional Standards  
National Standards

IECにおける国際市場性政策  
Essential Difference in Requirements


世界市場の主要な分野におけるニーズへの対応 厳密に特定された場合には、次の何れかに基づく複数の要求事項(EDR)を一つの規格の中で規定として組み入れてもよい。

- a) 技術インフラにおける相違(電圧, 周波数等)
- b) 気候条件の相違
- c) 法・規制的要求事項

例: 耐火性能、防火性能に対する要求事項、建築基準法など

欧州ではEU規格、指令に適合したことを示すCEマークが販売の必要条件

- 欧州経済地域に加盟している国において、各国ごとの異なる安全認証手続きに煩わされることなく、製品を自由に流通・販売することを可能にすること。
- 企業に同じルールを課すことにより、公平な競争を促すこと。
- 製品の消費者、使用者が同じレベルの健康、安全、環境に関する保護を享受できるようにすること
- EU規格(～国際規格)の厳密な遵守
- EU主導(ドレスデン協定、ウイーン協定)

 01234 <sup>4</sup>	
AnyCo Ltd, PO Box 21, B-1050 06 01234-CPD-00234 <sup>5</sup>	
7mm intumescent interlayer, fire resistant, laminated safety glass EN 14449	
Laminated safety glass, intended to be used in buildings and construction works	
Characteristics	
Resistance to fire	E30 <sup>6</sup>
Reaction to fire	NPD
External fire performance	NPD
Bullet resistance	NPD
Explosion resistance	NPD
Burglar resistance	NPD
Pendulum body impact resistance	3(B)3
Resistance against sudden temperature changes and temperature differentials	40K
Wind, snow, permanent and imposed load resistance	7mm
Direct airborne sound insulation	31(-2;-3)dB
Thermal properties	5,6W/(m <sup>2</sup> .K)
Radiation properties:	
Light transmittance and reflectance	0,88/0,08
Solar energy characteristics	0,73/0,07



Chinese Export マーク

No performance determined

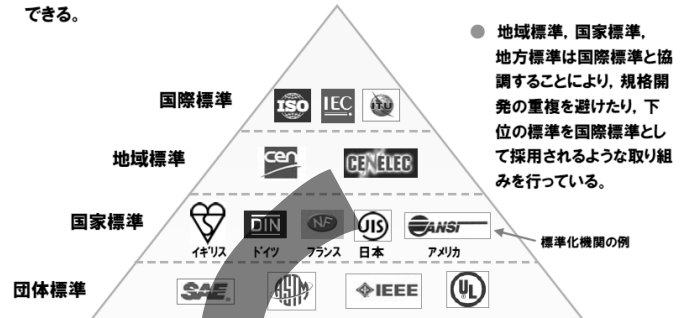
U-value

General Requirements for glass in building  
EN 14449 (Laminated Glass) : ISO12543-x (1998~)

# 太陽光発電における標準化

## 国際標準化機関 IEC/ISO/ITU

■ 「標準」は地理上、政治上または経済上の水準から四つの階層(hierarchy)に分類できる。



- IEC TC82 : Solar Photovoltaic Power Systems
- IEC における関連TC
  - TC8: 電力供給に関わるシステムアспект
  - TC47: 半導体デバイス など
- ISO でも関連するTC
  - TC160 建築用ガラス (BIPV) など

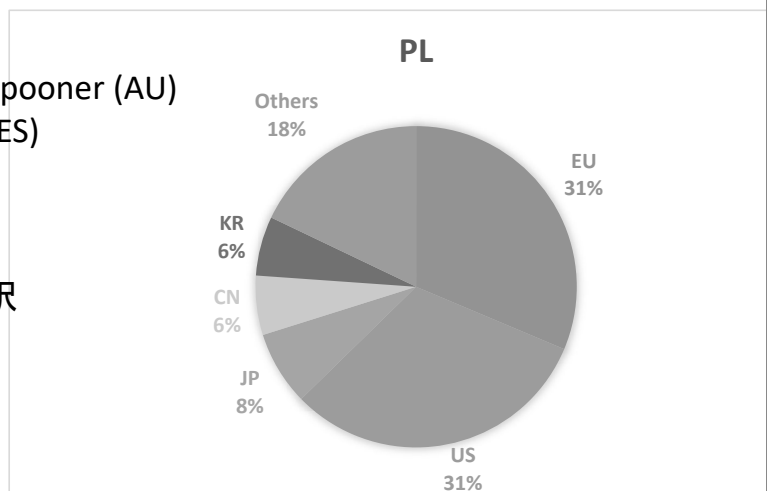
## 国際標準化 IEC TC82における日本のポジション

TC82 議長 日本、幹事国 米国  
 Michio Kondo (JP) Chair  
 Vice Chair is nominated from CN  
 George Kelly (US) Secretary  
 Howard Barikmo (US) Assistant Secretary  
 Liang Ji (US) Assistant Secretary

WG1 (用語) H. Shimizu (JP)  
 WG2 (モジュール) Tony Sample(GB)  
 WG3 (システム) M. Cotterell (GB) T. Spooner (AU)  
 WG6 (BOS) G. Ball (US) V. Salas (ES)  
 WG7 (集光) K. Araki (JP)  
 WG8 (セル) H. Jin (CN)

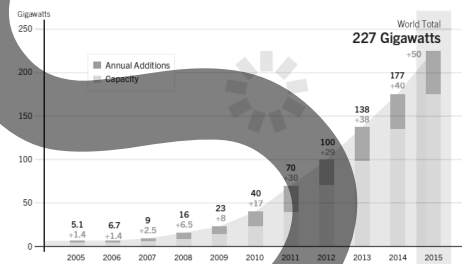
### 進行中プロジェクト 67 におけるPLの内訳

EU 21  
 US 21  
 JP 5 (JET 3, TUV 1, Company 1)  
 CN 4  
 KR 4  
 Others 11



# Strategic Business Plan

- It was written in 2009 (Financial Crisis)
- PV technology, industry and market have shown big progress and change.
  - Cumulative installation: 23 GW (2009) to >300 GW (2016)
  - Market: 9 GW (2009) to 75 GW (2016)
- A key word : “Diversity” , “Integration” and “Harmonization”
- Liaisons
  - JRC,IEA, PVGAP → JRC, IEA, ISO, PVQAT (SEMI)
  - Intra-TC collaboration → Project Team



TC 82 Plenary Meeting 2017 Nara,  
Chair’s presentation

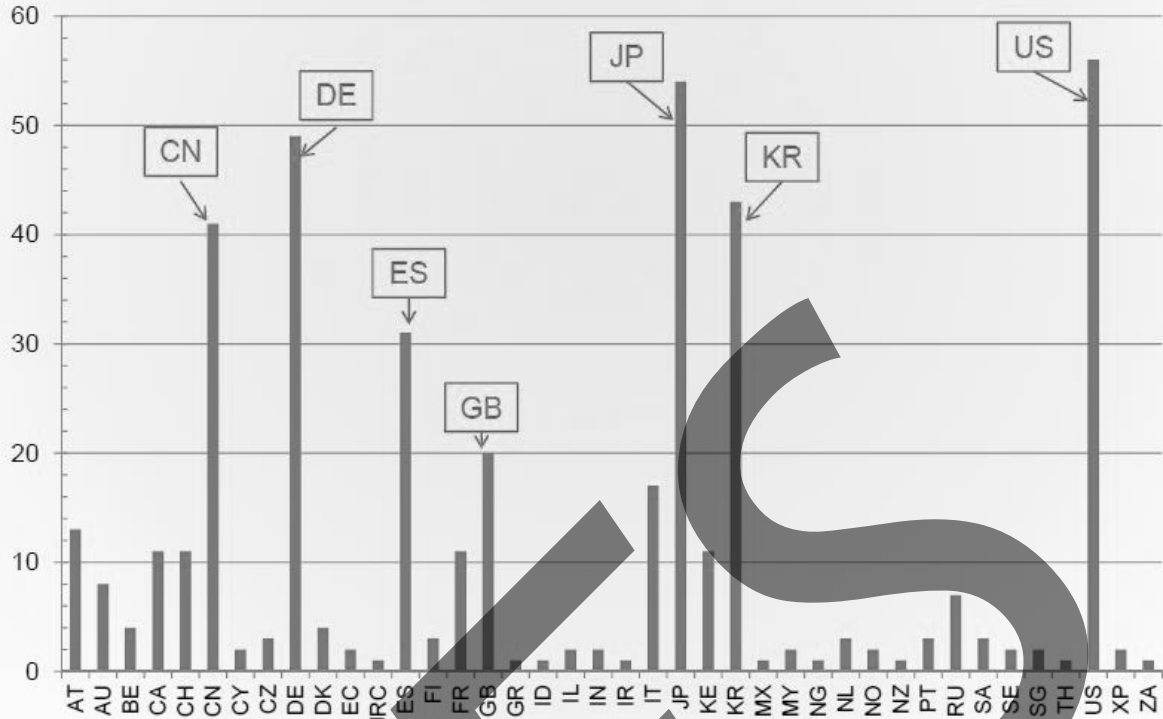
## Some figures on IEC renewable energy TCs

TC	Short title	Date of creation	No. of publications issued	No. of projects in programme of work
4	Hydraulic turbines	~ 1920	26	11
82	Solar PV	1981	91	70 (see NOTE)
88	Wind energy	1987	31	23
105	Fuel cells	1999	19	13
114	Marine energy	2007	9	8
117	Solar thermal	2011	0	8

NOTE: Among all IEC TCs / SCs TC 82 has the largest programme of work in terms of the number of projects

Status: 2017-05-08

# Number of experts involved in TC 82 per NC



5

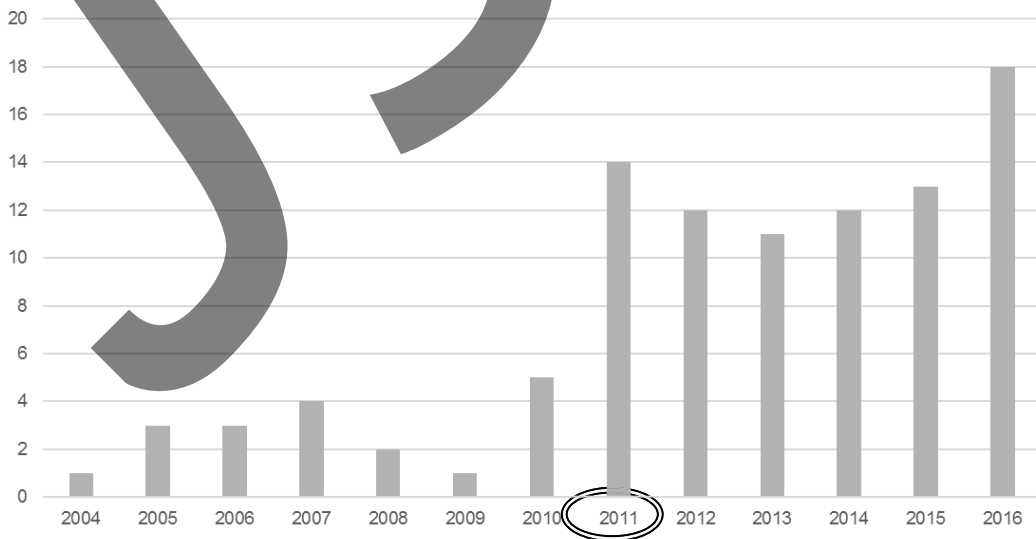
IEC TC 82 meeting 2017-05, Nara, Japan

Status: 2017-05-08



# 'PVQAT Effect' on TC82

TC82 New Projects



**Remarkable development, demonstrating importance and visibility of IEC standards in PV**

# International PV Module Quality Assurance Forum

www.pvqat.org

San Francisco, July 2011

**Goals:**

- 1. Create a QA rating system to differentiate the relative durability of module designs**
  - 1) Consider wear out in different climates
  - 2) Provide a basis for manufacturers' warranties (often >25 y)
  - 3) Provide investors with confidence in their investments
  - 4) Provide data for setting insurance rates
- 2. Create a guideline for factory inspections of the QA system used during manufacturing.**

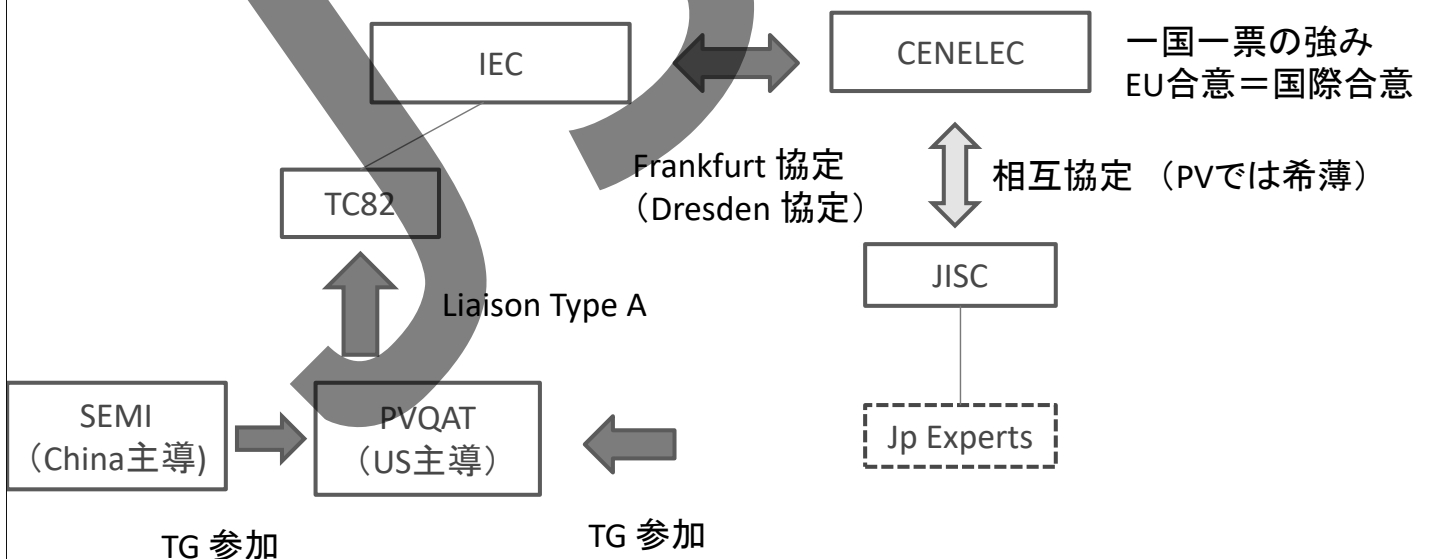
**Hosted by**  
NREL  
AIST  
PVTEC

Effort started in 2011  
has now grown as  
"PVQAT"

**Supported by**  
METI  
US DOE  
JRC, SEMI PV Group

独立行政法人 産業技術総合研究所

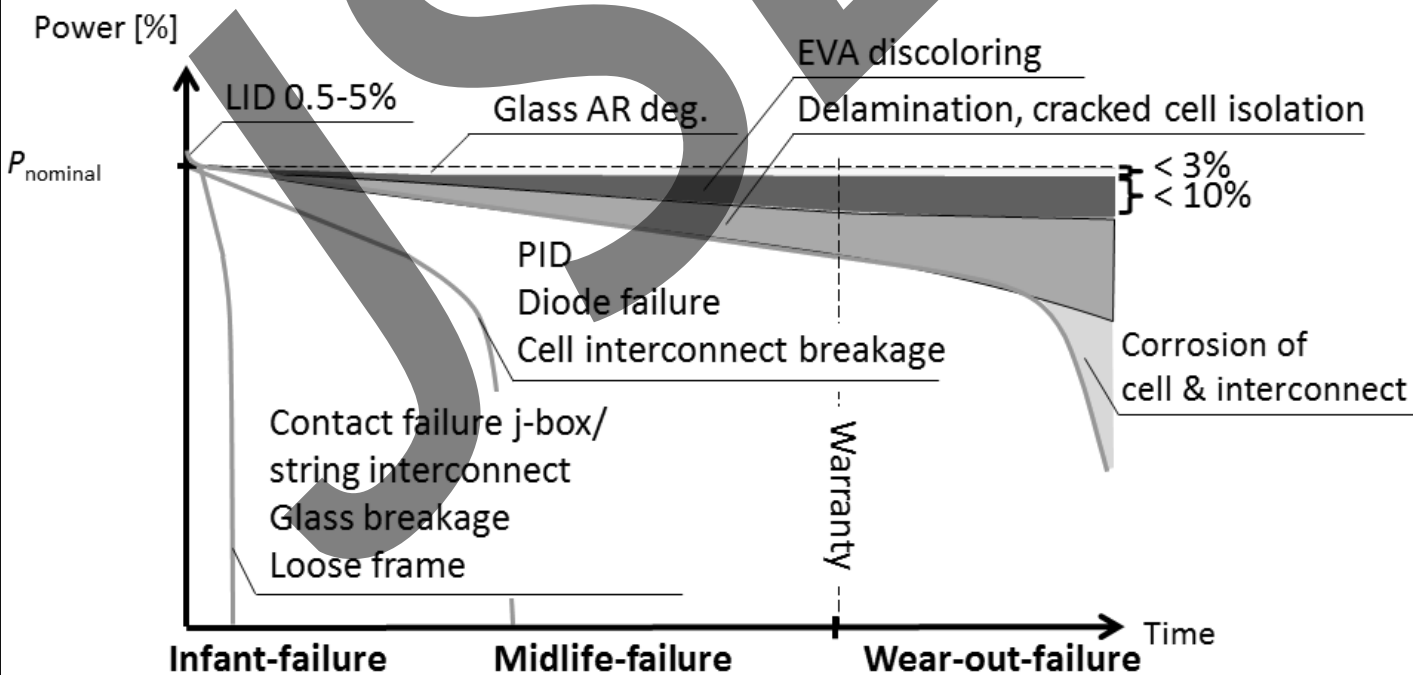
## Fast Track



日本の戦略は？  
米、中、欧 とのパートナーシップ

# 安全性と信頼性という問題 (PV)

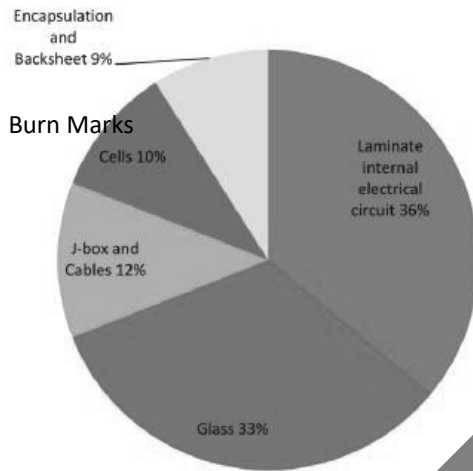
## Lifetime Power Generation



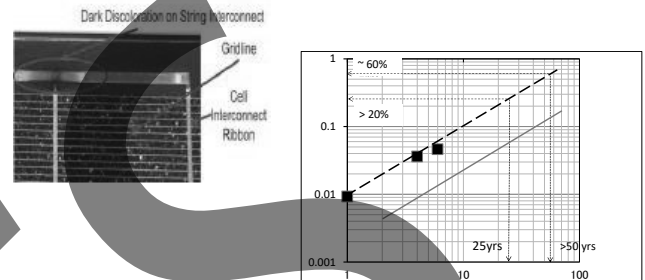
(source :IEA report review of failures of PV modules 2014)



## Failure mechanism



- Initial failure mainly J-BOX, glass breakage, cell breakage, delamination (not shown)
- 8 years' wear-out failures occur on glass breakage and interconnection



- PV module failure in 8 years
- Failure rate is 2% after ~ 10years (DeGraaff)
- Power loss > 20% occurs at a rate of 3% (Kato, AIST)

## IEC 61730: PHOTOVOLTAIC (PV) MODULE SAFETY QUALIFICATION (JIS8992: 太陽電池モジュールにかかわる安全性適格性 確認)

この規格は、太陽電池モジュール(以下、モジュールという。)がその寿命の間、電気的にも機械的にも安全な運転を達成するための、試験に関する要求事項について規定する。機械的作用又は環境の影響で発生する感電、火災及び人的傷害を査定するための具体的な項目を規定する(JISはIEC旧版対応)

IEC: during their **expected lifetime** (旧版) → 新版では削除された(ある意味後退)

**旧版 4.1.1** All modules shall be able to operate under environmental condition type AB8 according to IEC 60364-5-51 (新版:Scope)

## IEC 61215 : Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval (2005 発行、2016改訂版発行)

(JIS C 8990:地上設置の結晶シリコン太陽電池 (PV) モジュール-設計適格性確認及び形式認証のための要求事項)

この規格は、JIS C 60721-2-1 に定義する一般屋外の気候で、長期運転に適した地上設置太陽電池モジュールの設計適格性確認及び形式認証に対する要求事項を規定する。

### JPL Block Qualification Test

Test	I	II	III	IV	V
Thermal Cycles	100 -40 to +90C	50 -40 to +90C	50 -40 to +90C	50 -40 to +90C	200 -40 to + 90C
Humidity	70C,90% 68 hrs	5 cycles 40 to 23C 90%	5 cycles 40 to 23C 90%	5 cycles 54 to 23C 90%	10 cycles 85 to -40C 85%
Hot Spot (intrusive)					3 cells 100 hrs
Mechanical Load		100 cycles ± 2400 Pa	100 cycles ± 2400 Pa	10000 ± 2400 Pa	10000 ± 2400 Pa
Hail				9 impacts ¾" -45 mph	10 impacts 1" - 52 mph
High Pot		<15 µA 1500 V	< 50 µA 1500 V	< 50 µA 1500 V	< 50 µA 2*Vs+1000

Source J Wohlgemuth

## Block V

### Major differences in Block V were

- Thermal cycles increased from 50 to 200
- Humidity freeze implemented (before that it was a much milder humidity cycle)
- Addition of hot spot test

Whipple reported on 10 years of field results in 1993 (using data from Rosenthal, Thomas and Durand) that

- Pre-Block V modules suffered from 45% field failure rate
- Post- Block V modules suffered from < 0.1% field failure rate

**Clearly the addition of these 3 tests dramatically reduced the infant mortality rate of PV modules.**

One can argue that the Block V test made growth of commercial PV possible.

JW

## Block VI

---

**JPL was in the process of finalizing a Block VI Specification when the program fell victim to Reagan budget cuts.**

**Additions they were planning in 1985:**

- Test for bypass diodes
- UV exposure test
- Damp heat (85C/85% RH) – To simulate the corrosion failures observed in fielded PVB modules.

JW

## IEC 61215

---

**International Standard incorporating the best ideas from around the world – but also remembering that it was developed by international compromise.**

**Block VI was the basis for 61215.**

**EU 502 provided UV Test, Outdoor Exposure Test and lower maximum temperature in thermal cycle.**

**Several tests from Block VI were not included in IEC 61215 – most notably:**

- Dynamic Mechanical Load Test, because the test defined in Block V was unsuitable for large sized modules.
- Bypass Diode Thermal Test, because international community didn't think the test was adequately developed.

**IEC 61215 rapidly became the qualification test to pass in order to participate in the PV marketplace, especially in Europe.**

## 太陽光発電(主に住宅用)の安全性に関する公開情報

消費者庁 消費者安全 事故情報データベースシステム  
[http://www.jikojooho.go.jp/ai\\_national/](http://www.jikojooho.go.jp/ai_national/)

キーワード 太陽光 ヒット数 283件  
 (注:同一事故で複数回登録されているので実際の件数は約半数)

**モジュールからの発煙発火 17件** ただし、施工不良を含む  
 シャープ 6件 、 京セラ 2件

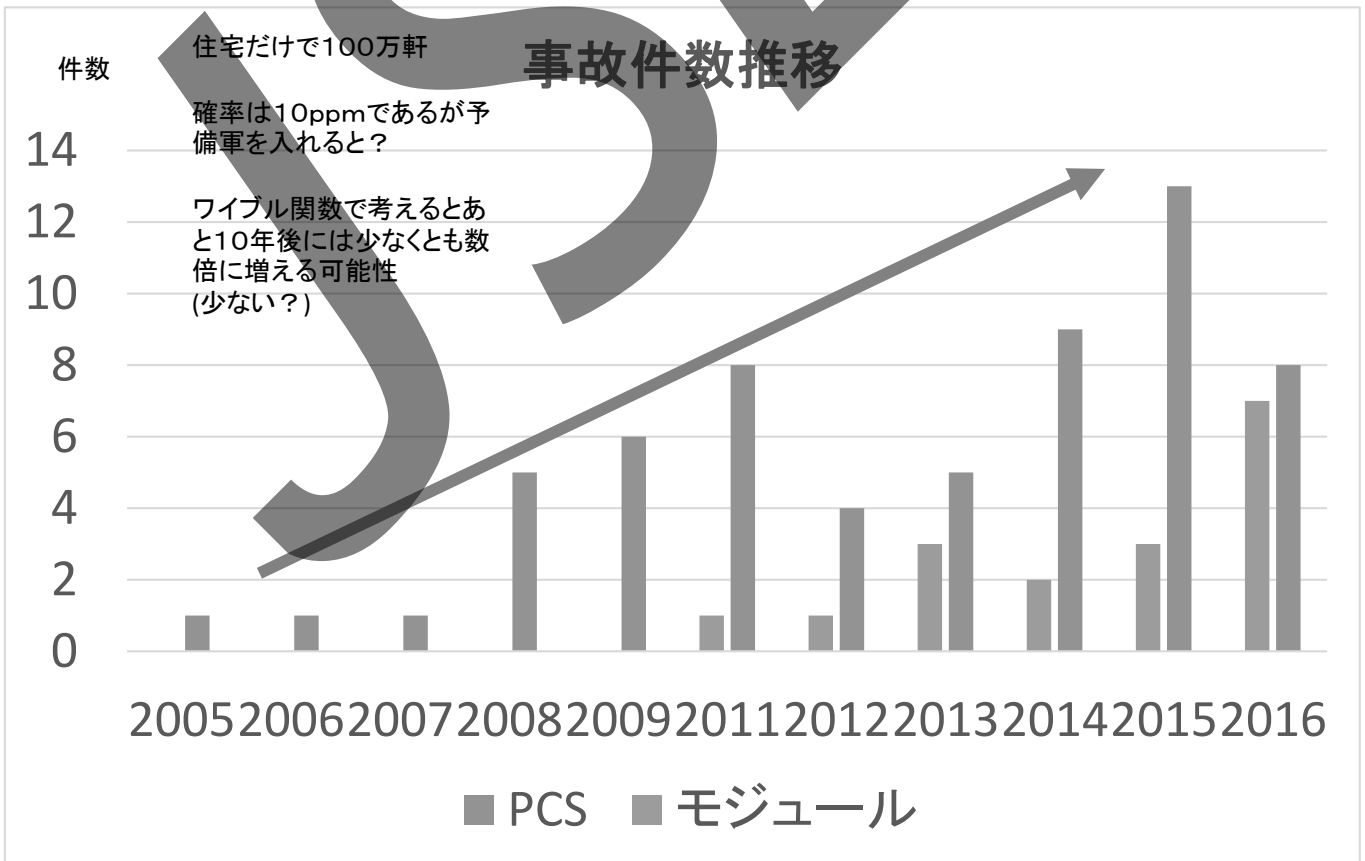
**パワーコンディショナからの発煙発火 56件** (施工不良や小動物などの偶発要因含む)  
 京セラ(オムロン) 17件、パナソニック(三洋) 10件、シャープ 6件  
 報告の多い機種 PVL-U0044 PVN-402(403、405) SSI-TL40A2 (TL45A1)

**接続ユニットからの発煙発火 13件**

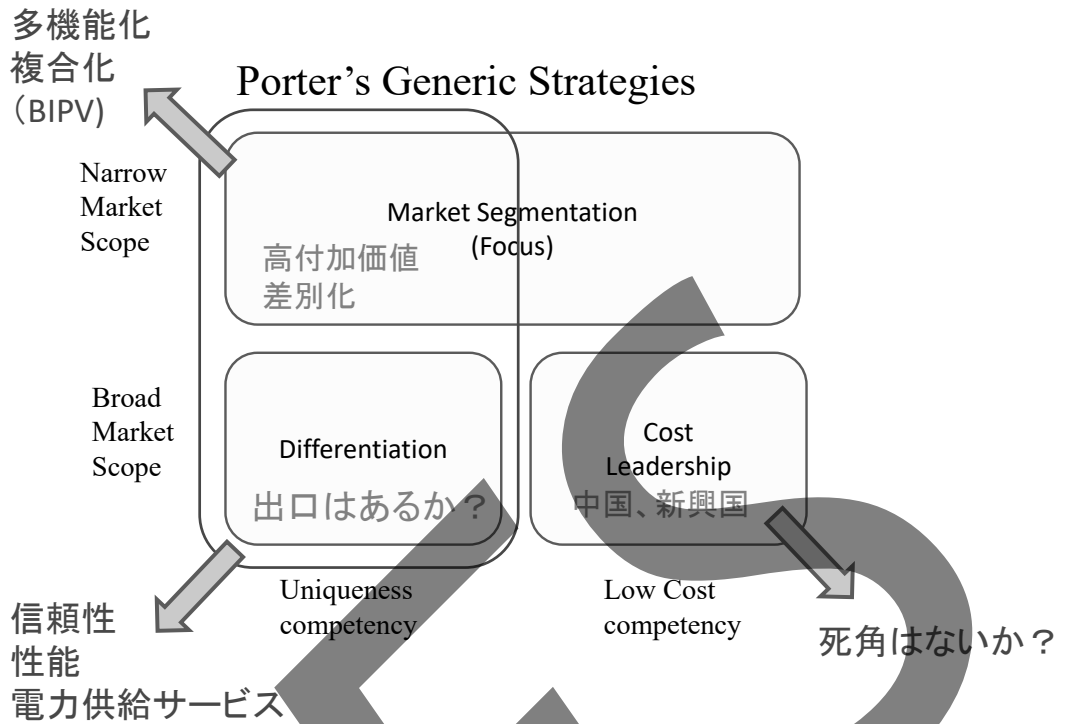
**落雪事故 49件** (キーワード雪)

ID:8166 太陽光発電システムのパネルがこげていた。メーカーは取り付けてしばらくはあり得ることなので異常ではないと言うが問題視したい

独立行政法人 産業技術総合研究所



# 新しい市場: 出口戦略 (競争戦略)



# 高付加価値市場の創生

## Shape of BIPV



KANEKA



### II. BIPV (Building Integrated Photovoltaic)

#### BIPV Installation \_ Roof Type

BIPV System is integrated with building roof and it can be possible for generating & day-lighting



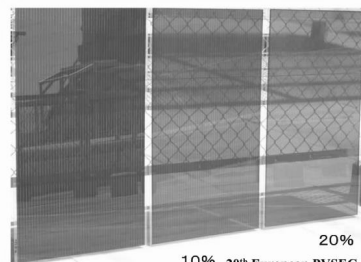
Green Technology for the Smart Planet  
Clean Energy from Solar and Windows  
www.eagm.com

EAGON & 이관창호

EAGON



### The external appearance with the super see-through modules



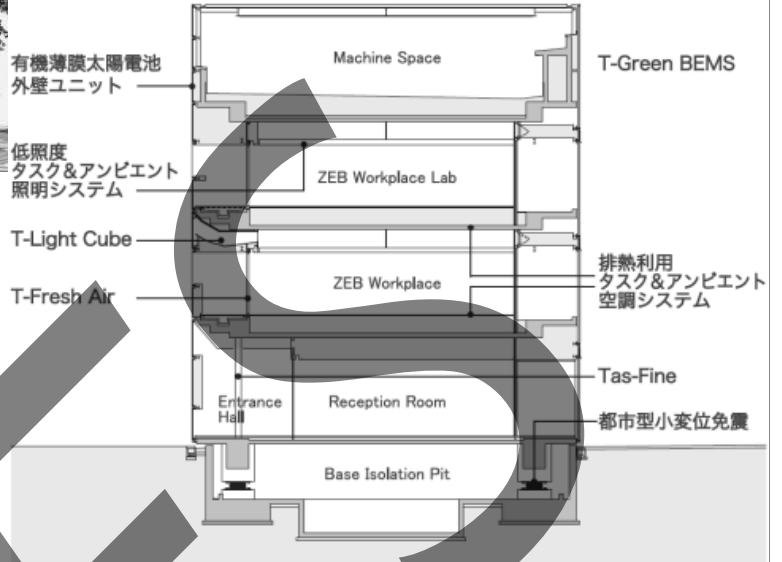
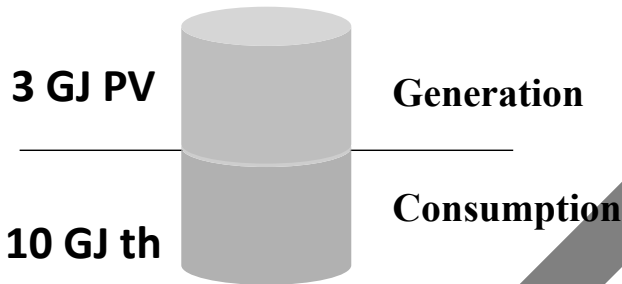
10% 20<sup>th</sup> European PVSEC, Barcelona, 2005,  
K.Kishimoto et.al. (SHARP)

Sharp



Demonstration of ZEB

~60 kW PV  
Rooftop c-Si  
Façade organic



Source: Taisei Corporation

独立行政法人 産業技術総合研究所

- MENAなどの高日射地域や風況の良い地域での市場開拓
- 過酷な環境下での高い信頼性がセールスポイント
- 価格競争が厳しい（高価であることの合理性）
- 地域適合は机上ではわからない
- 地産地消による流通の簡素化（日本でも低コスト）



Link with the future - 未来につながることをしよう -

福島に太陽電池工場 (INFINI)

結晶 Si 太陽電池モジュール TCO ヒーター（開発）

- 融雪太陽光発電（結晶 Si 太陽電池）

薄膜 Si 太陽電池モジュール ファブリックヒーター（商品化）

- 設計柔軟性
- 北側屋根でも発電可能（薄膜 Si 太陽電池）



逆電流加熱システムを持つ 薄膜 Si 太陽電池モジュール（開発）

- 設計柔軟性
- ファブリックヒーター不使用による低費用化
- 北側屋根用薄膜 Si 太陽電池（発電可能）

融雪型太陽電池（積雪地専用）