The 18th PVST
PHOTOVOLTAIC SYSTEM THINK-IN

第18回
AES太陽光発電システム研究発表会
論文集

2016年3月12日（土）

東京工業大学　ソリューション研究機構
先進エネルギー国際研究センター
黒川浩助 研究室

黒川　浩助
e-mail: kurochan@ssr.titech.ac.jp
http://www.kurochans.net/
国立大学法人　東京工業大学
ソリューション研究機構　先進エネルギー国際研究センター
〒152-8550 東京都目黒区大岡山2-12-1
TEL: 03-5734-3754　　FAX: 03-5734-3754

第 18 回

AES 太陽光発電システム研究発表会

予稿集

開催日時

2016 年 3 月 12 日（土）13 時 00 分～17 時 50 分

開催場所

東京工業大学　大岡山キャンパス

70 周年記念講堂

東京工業大学　ソリューション研究機構　先進エネルギー国際研究センター

黒川浩助 研究室

Program

第 18 回 AES 太陽光発電システム研究発表会
プログラム

平成 28 年 3 月 12 日（土）　13 時 00 分～17 時 50 分
東京工業大学　大岡山キャンパス　70 周年記念講堂

☀　研究発表会

13：00～13：10	書籍「中規模・大規模太陽光発電システム」のご紹介	早稲田大学 研究院准教授　伊藤　雅一
13：10～13：40	サウジアラビアにおける 太陽電池モジュールの規格化	産業技術総合研究所 上席イノベーションコーディネータ 近藤 道雄
13：40～14：10	太陽光発電システムの構造設計 ～風荷重を中心として～	奥地建産株式会社 代表取締役会長　奥地 誠
14：10～14：40	太陽光発電にまつわる最近の動向	経済産業省 課長補佐　大関 崇
	休憩：集合写真撮影　図書館の階段にて	
15：20～15：40	研究室紹介 ～太陽光発電と EMS で持続可能な 電力エネルギー供給の実現を目指す～	東京理科大学 講師　植田 譲
15：40～16：00	研究室紹介	東京理科大学 教授　小泉 裕孝
16：00～16：20	太陽光発電を最大とする 水素エネルギーの利用について	三菱商事株式会社/東京工業大学 特任教授　森原 淳
16：20～16：50	エネルギーとしての新たな展開と挑戦 ～ここまできた太陽光発電システム、 そしてこれから～	資源総合システム 代表取締役社長　一木 修
16：50～17：50	再生可能エネルギー アンサンブル	東京工業大学 特任教授　黒川 浩助
	閉会	

☀　懇親会

研究発表会終了後，懇親会を行います。懇親会会場は，大学生協第 1 食堂です。
（参加費 2000 円）

目　次

研究発表会予稿

近藤 道雄　産業技術総合研究所
サウジアラビアにおける太陽電池モジュールの規格化　1

奥地 誠　奥地建産株式会社
太陽光発電システムの構造設計　～風荷重を中心として～　10

植田 譲　東京理科大学
研究室紹介
～太陽光発電と EMS で持続可能な電力エネルギー供給の実現を目指す～　21

森原 淳　三菱商事株式会社/東京工業大学
太陽光発電を最大とする水素エネルギーの利用について　23

一木 修　資源総合システム
エネルギーとしての新たな展開と挑戦
～ここまできた太陽光発電システム、そしてこれから～　28

黒川 浩助　東京工業大学
再生可能エネルギーアンサンブル　36

研究発表会予稿

サウジアラビアにおける太陽電池モジュールの規格化

Design and Development of photovoltaic performance and reliability testing standards for KSA Climate

標準化が果たすべき役割とは？

FREA　近藤道雄

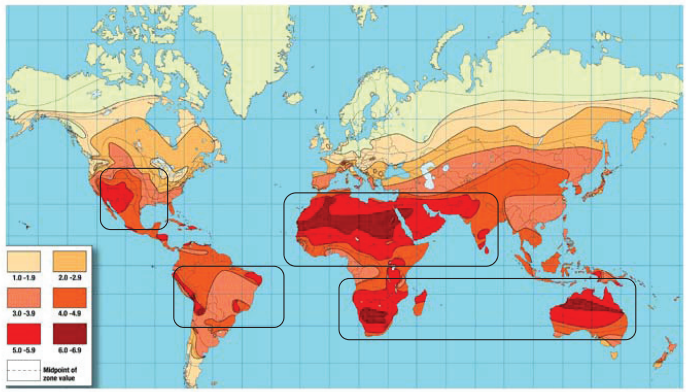
PVTEC Photovoltaic Power Generation Technology Research Association

AIST

Project Motivation

- Solar photovoltaic deployment plan in KSA would be a major contributor to the Kingdom energy mix.
- Last ten years PV market has grown so much but we still have the same module standards issued 10 years ago!
- Degradation and failure due to intense sunlight and high temperature.
- Lack of proper standards for "Arid" environment. New requirements are needed for *Hot Regions*.

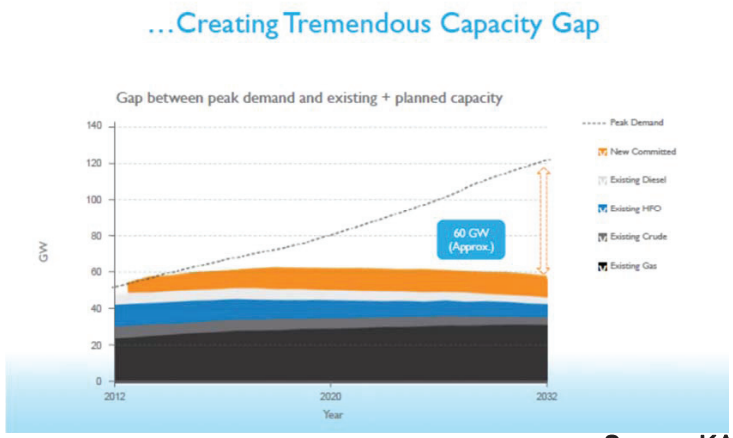
Robust Global Solar Resource



Source: http://howto.altenergystore.com/Reference-Materials/Solar-Insolation-Map-World/a43/

NREL National Renewable Energy Laboratory

3X increase



Source KACARE

Project Highlights

- Project Kicked off in **February 2015**
- Partner: **AIST, PVTEC, JET and University of Tokyo.**
- Project Objective: **To develop and issue PV Standards adapted to Saudi climate conditions to ensure healthy growth of PV industry and market in Saudi Arabia.**
  - **Based on the current IEC standards.**
  - **Prioritize the specific standards.**

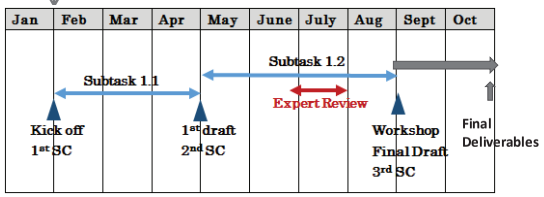
7

RDI Project 2013-02 was initiated

Competitive Process for partner selection

Overview of the Key Steps

- This project was selected as a key immediate start projects.
- **Competitive proposals were reviewed by technical panel** of K.A.CARE and external independent experts.
- **Final selection** based on technical and financial analysis.



6

Progress of the project

Kick-off meeting in JP

Kickoff meeting in KSA

Steering Committee in KSA

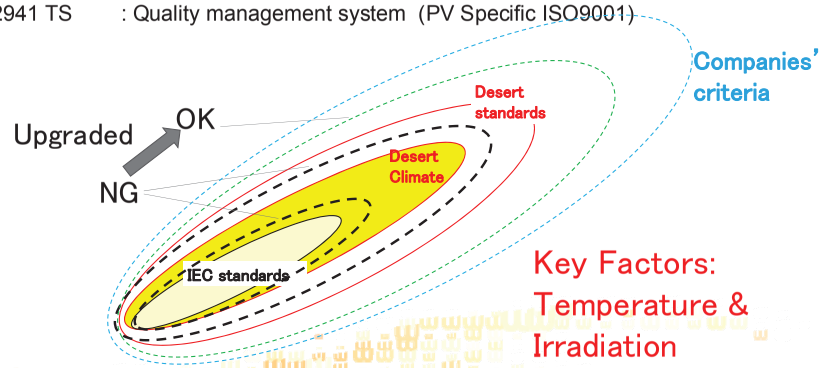
Standard Committee in JP

- 20 Experts elaborate for making draft
- Finish the technical report in 4 months
- Solicit input more than 30 organizations
- Received feedback from 14 organizations to date
- Respond to ~100 comments and revise the report

Stakeholders Engagement

Basic Idea for Climate Specific Standards

Published	61215/61646	: Performance standards. Type approval.
	61730	: Safety standards. Type approval.
To be published	62804 TS	: Potential Induced Degradation TS: Technical Specification
	62941 TS	: Quality management system (PV Specific ISO9001)



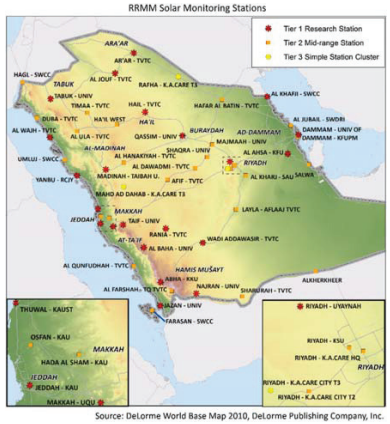
Key Factors: Temperature & Irradiation

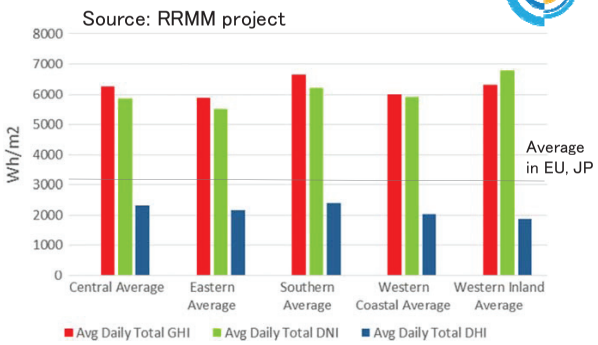
Climate zone in IEC standards

	Climate Zone	Absolute Extreme Value of Temperature	
		High temperature (C)	Low temperature (C)
IEC 60721-3-4 ed.2 (1995)	4K6	55	-20
	4K3 (AB8)	40	-50

- IEC PV standards are designed for temperate climate conditions "in mind".
- 61730 covers environmental condition type AB8 (equivalent to 4K3) as specified in 61730-1, Clause 4.1.1
- Arabic countries (including KSA) belongs to climate zone 4K6 (not covered by IEC standards).

Annual Irradiation in KSA





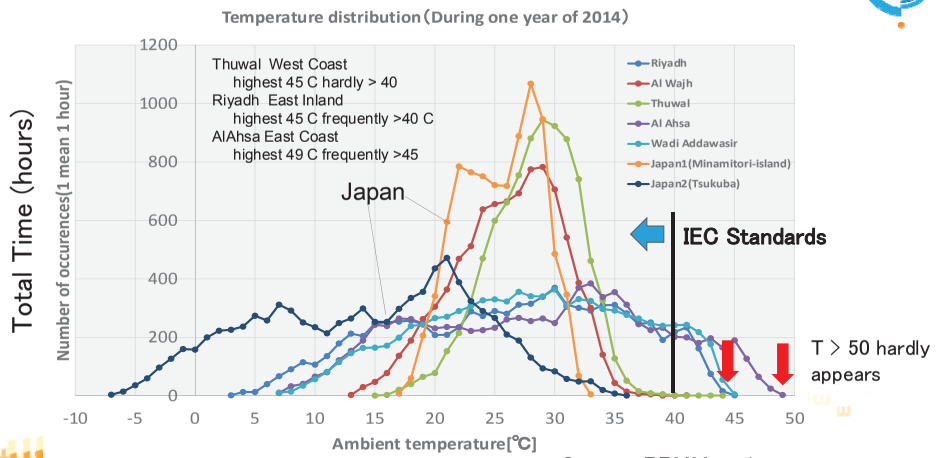
Annual irradiation is nearly double as compared to temperate regions

Extreme temperature ranking (2000~2010)

Place	Mean Max		Absolute Extreme			
	Temp (C)	Month	Temp (C)	Year	Month	Date
Hafer Al-Batin	44.9	8	52	2007	7	15
Jeddah	40	7	52	2010	6	22
Dhahran	44.6	7	51	2009	5	29
Dhahran	44.6	7	51	2007	7	28
Dhahran	44.6	7	51	2009	8	10
Ahsa	46.5	7	50.8	2007	7	30
Dammam	45	7	50.3	2010	6	20
Makka	44.1	6	49.6	2010	6	21
Yanbu	41	8	49.5	2006	6	6
Al Madinah	44.4	8	49	2005	7	20
Arar	43.1	9	49	2010	7	13
Qassim	44.9	8	49	2001	8	10
Qurayat	39.2	8	49	2007	7	29
Rafha	43.8	8	49	2002	7	22
Riyadh	44.3	8	48	2000	7	16

(source PME data)

How frequently does it occur?



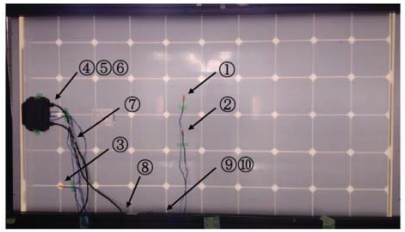
Source: RRMM project

Indoor Test Data

IEC

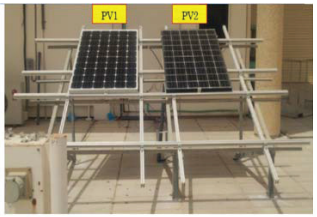
Predicted Highest Module Temperatures

Kyocera (Multi) Open Circuit	Position	Tamb=20	Tamb=40	Tamb=55	Tamb=50 (converted)
	Hottest Cell	63	80.7	92.1	88.3
	Center cell	60.9	78.3	90.3	86.3
	BPD Surface	62.9	81	86.6	84.7
Kyocera (Multi) Short Circuit	**Position**	**Tamb=20**	**Tamb=40**	**Tamb=55**	**Tamb=50 (converted)**
	Hottest Cell	71.4	89.5	104.9	99.7
	Center cell	58	75.8	88.2	84.1
	BPD Surface	64.3	81.7	93.1	89.3



- Temperature difference between ambient and module could be 40 C or more.
- To be proven in the outdoor experiments

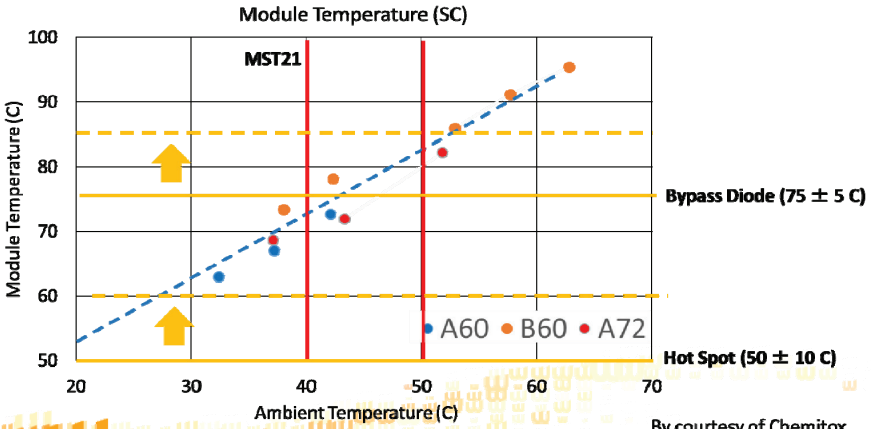
Outdoor measurements in Solar Village



Collaborated with KACST

Module Temperature Vs Ambient Temperature

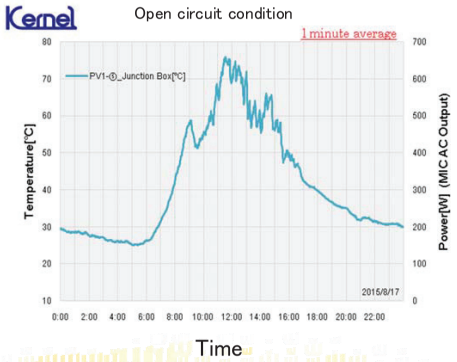
(Indoor @ 1000 W/m2 Class BBA)



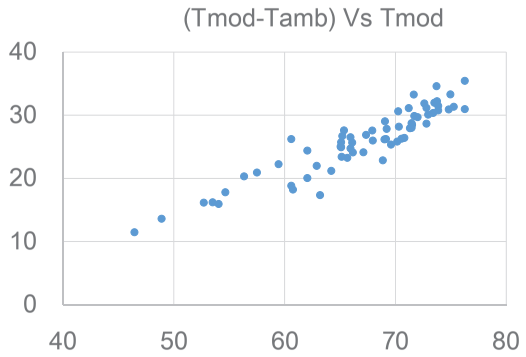
By courtesy of Chemitox

Summary for outdoor test

- Highest module temperature was 76 C in August.
  - Lower than expected
  - Sensitive to wind
  - Radiative cooling is a possible explanation
- Maximum temperature difference between ambient and module is estimated to be 35 C.
  - Consistent with the indoor data.
  - Further investigation is needed.



Module is hotter than ambient



Module Temp. Tmod
Ambient Temp. Tamb

- (Tmod–Tamb) have a wide variation due to Wind & Irradiance
- Maximum value of Tmod–Tamb ~ 35C
- Maximum temperature difference at lower module temperature

Proposal of New Requirements for KSA Standards

IEC Standards #	Title	Test Conditions	Proposal for revision	Remarks
61215-10.8	Outdoor Exposure Test	Total Amount of Irradiation (60 kWh/m²)	120 kW/m²	Annual irradiation in KSA is X2
61215-10.9	Hot Spot Endurance Test	Module Temperature (50 ºC +- 10ºC)	60 ºC +- 10 ºC	Frequently appear in KSA
61215-10.11	Thermal Cycling Test	Temperature range (-40/85ºC) and Cycle # (200)	-40/85C & 500 cyc..	Two options TBD by the stake holder opinion
61215-10.18	Bypass Diode Test	Module Temperature (75 ºC)	85 ºC	Ambient Temp in KSA
61646-10.18	Light Soaking Test	Module Temperature (40~50ºC)	50~60 ºC	Frequently appear in KSA
61730-10.7	Temperature Test MST-21	Ambient Temperature 40 ºC	50 ºC	Ambient Temp in KSA Suspended until 61730-2 Ed2 is issued
Component Test for Encapsulant	Measurement conditions	Testing temperature, UV intensity and duration	BPT = 90 ºC UV = 56 W/m² 4000 hrs	Pass/fail criteria is decrease in transmittance less than 2%.
Component Test for Backsheet	Measurement conditions	Testing temperature, UV intensity and duration	BPT = 70ºC UV = 81 W/m² 4000 hrs	Pass/fail criteria visual inspection
IEC TS 62804	PID test	Voltage, temperature, humidity, duration	System voltage 60 ºC 85% 96 hrs (chamber test)	• To be issued as TS • Pass/fail criteria with < 5% decrease in output power is added
Quality Management	QMS procedure			• Submitted to IEC as CDV

New requirements –ambient temperature

IEC Standards #	Title	Test Conditions	Proposal for revision	Remarks
61215-10.9	Hot Spot Endurance Test	Module Temperature (50 ºC +- 10ºC)	60 ºC +- 10 ºC	Frequently appear in KSA
61215-10.18	Bypass Diode Test	Module Temperature (75 ºC)	85 ºC	Ambient Temp in KSA +10 C

- Module temperature often exceeds 50 C.
- Bypass diode test at higher temperature is more effective than at longer current injection.

New requirements - thermal Cycling

IEC Standards #	Title	Test Conditions	Proposal for revision	Remarks
61215-10.11	Thermal Cycling Test	Temperature range (-40/85ºC) and Cycle # (200)	Temperature range (-40/85ºC) and Cycle # (500)	IEC62892 propose higher temperature tests (NWIP)

- Greater thermal cycle range in desert climate could cause a failure in interconnection (solder bonding).
- TC 500 will be adopted in new IEC standards for all the climate region.
- Higher test temperatures are being discussed in TC82.

Feedback from reviewers

Q1: Do you think the current IEC standards for PV module are sufficient for desert climate like in Saudi Arabia?

No: 15/15

(Except for the comments that KSA has a variation. Some place is moderate)

Q2: Which requirements should be revised for desert climate?

1. Temperature (including thermal cycle) : Yes
   Higher standards are proposed by several reviewers
2. UV :Yes
   UV at high temperature is more effective
3. Humid (DH) :No
   The current IEC is sufficient.
4. Sand blasting :Yes
   No proper standards. Future issue. Soiling also important.
5. Others : Yes
   Standards for BOS (Cable, Combiner box, Inverter)

Possible Failures and degradation in KSA (From Reviewers' feedback)

1. Damage on encapsulant due to accelerated ageing of polymers, adhesive de-bonding
2. Damage and cracking on back sheet due to diffuse radiations (UV)
3. Si module Solder joint and interconnect thermo-mechanical fatigue caused by thermal cycling at the higher temperatures
4. Bypass diode failure
5. Hot Spots, Arcing of interconnects,
6. Damage for antireflective coating of glass and backsheet due to sand blasting

KSA standards mitigate potential risks under the KSA climate.

Reviewers

- Eng. Abdurhman AlAbdulkarim; **Saudi Standards Organization** (**SASO**)
- Dr. Bengt Jaeckel; UL Germany GmbH
- Dr. Abdurhman Alodhaibi; KACST PV Lab; King Abdulaziz City for Science and Technology (KACST)
- Dr. Tony Sample; European Commission Joint Research Centre (JRC)
- Salah Kurtz; National Renewable Energy laboratory (NREL)
- John Wohlgemuth; National Renewable Energy laboratory (NREL)
- Dr. Abdullah M. Al-Shaalan; King Saud University,
- Saudi Electricity Company
- Sumanth Lokanath; First Solar
- Dr. Ernest F. Hasselbrink Jr.; SunPower
- Martinez, Diego & Figgis, Ben; Qatar Environment & Energy Research Institute (QEERI)
- Zhang Zhen; Trinasolar Ltd.

Achievements

- Proposal of final draft of KSA standards, 61215, 61646, 61730, QMS IEC TS 62941 → Technical Report.
- Submitted to stake holders with questionnaire
- Feedback from expert reviewers and reply to the comments (15 feedbacks and more than 100 comments)
- Workshop conducted with local and International participants from Research centers, Academia and Industry achieved consensus on the proposed requirements.
- Outdoor test on-going @ Solar village collaborated with KACST
- *Revised Proposal have been drafted incorporating comments from stakeholders which need to be submitted to SASO.*

総括

- 未知の世界への挑戦： 異文化、砂漠
- 標準化のプロセス
  1. 環境調査
  2. 環境に適合した技術要件
  3. 技術要件の標準化
  4. 標準化のための合意形成（説得力）
- 信頼関係の構築
- 標準を“作る”ことと“理解すること”の違い
- 戦略的標準化の重要性

Implementation of standards

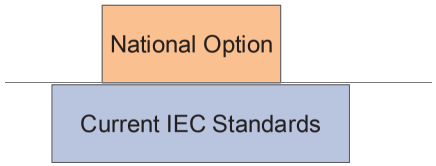
Propose the draft requirements to SASO for implementation.

Processes

1. Approval by SASO
2. Establish National Standards
3. Start Certification

Eligibility

Shall be certified by ILAC accredited Laboratory or by Laboratory accredited by IECEE



1 標準化とは ③ ・・・・・ 標準化の機能（標準化の意義）

① 製品の互換性・インターフェースの整合性を確保　非差別化
② 生産効率を向上
③ 製品の適切な品質を確保
④ 正確な情報の伝達・相互理解の促進

⑤ 研究開発による技術の普及
⑥ 安全・安心の確保
⑦ 環境保護
⑧ 企業の産業競争力を強化したり，競争環境を整備
⑨ 貿易の促進

従 来

近 年

日本規格化協会
http://www.jsa.or.jp/wp-content/uploads/1_01.pdf

まとめ

標準化で主導権をとることは技術競争において重要

有望な市場での新しい標準の必要性は新しいビジネスチャンスである

異文化に飛び込む勇気(無謀さ)も時には必要

砂漠に日本の太陽電池を！　(砂漠の最高級車はランクルである)

ご清聴ありがとうございました。

東京工業大学ソリューション研究機構　先進エネルギー国際研究センター
AES　太陽光発電システム研究発表会（第18回）

太陽光発電システムの構造設計
＝風荷重を中心として＝

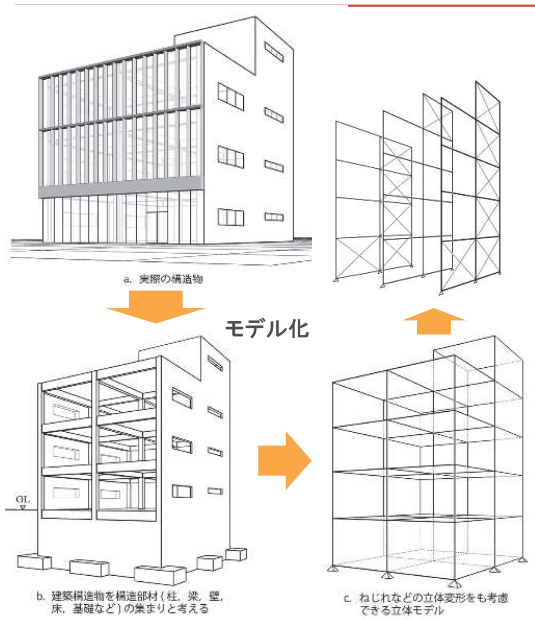
2016年03月12日
日本風工学会
太陽光発電システム風荷重評価研究会
委員　奥地　誠（奥地建産株式会社）

目　　次

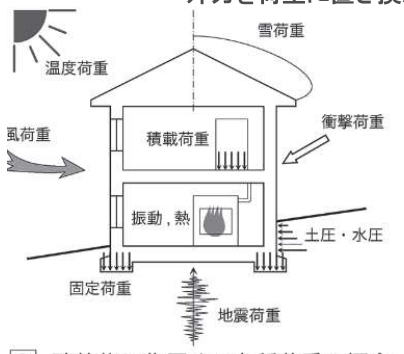
- はじめに･･･構造設計？
  - 風水害と地震災害
  - 風荷重が外力の中では卓越
- 風荷重関連規定の歴史
  - 建築基準法と太陽光関連規定の変遷
- FIT前後の規制緩和
- 強風被害の実例
  - 構造設計「無」／調査不足＆基礎設計無
- JISの落とし穴（設計施工指針ではない！）
- 長期安定化電源を目指せ！
  - （おまけの私見）

はじめに･･･構造設計？
風水害と地震災害

構造設計って？Ⅰ



外力を荷重に置き換え

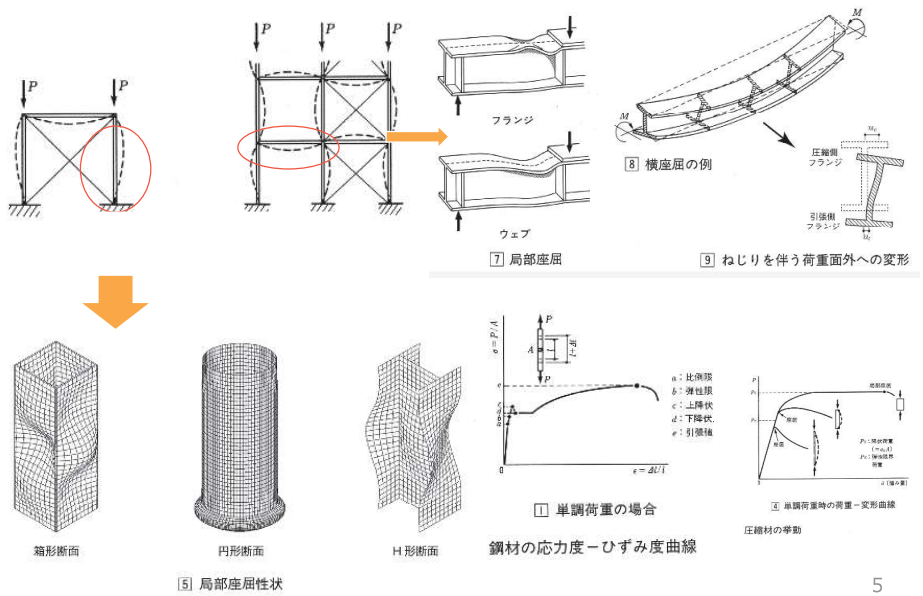


2　建築物に作用する各種荷重の概念

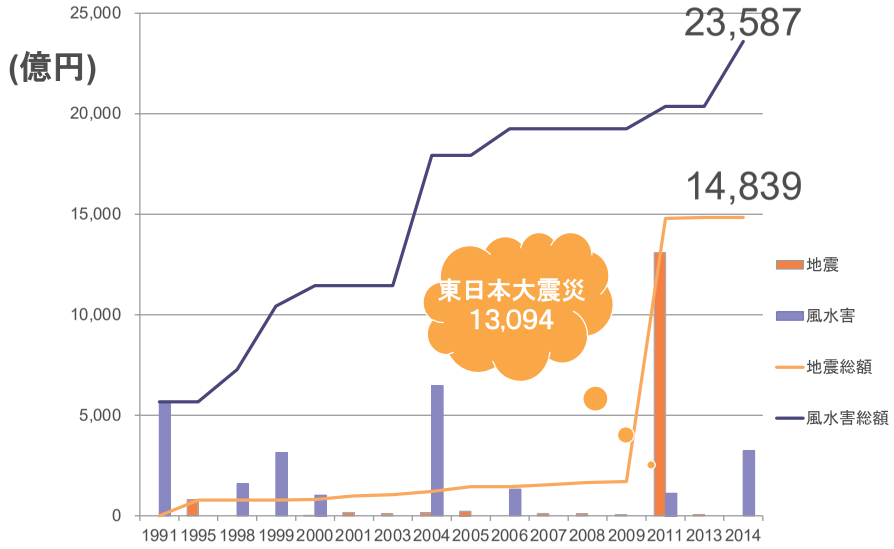
作用方向による分類	原因による分類	作用期間による分類
鉛直荷重（重力による力）	固定荷重	常時荷重（長期）
	積載荷重	
	雪荷重	
主に水平荷重（空気・地盤の作用による力）	風荷重	非常時荷重（短期）
	地震荷重	
	土圧・水圧	常時荷重
その他	振動・衝撃・熱・強制変位	実況による

1　各種荷重・外力の分類

構造設計って？Ⅱ



風水害と地震災害の損害保険支払金額



出典：一般社団法人　日本損害保険協会
日本地震再保険株式会社

一般的に風荷重が外力の中では卓越

想定　垂直積雪量　41cm　2014年2月　東京都三鷹市（法では30cm）
設計基準風速　34m／s　地上設置を想定し　高さ＝5m以下　地面粗度区分Ⅱ
設置角度　20°
モジュール　20kg／枚・架台60kg／kw

太陽光発電システムに加わる荷重

雪荷重　820N／㎡　（法　600N／㎡）
・・・角度低減係数　無視

風荷重　正圧　1023N/㎡
負圧　1279N/㎡

地震荷重　概ね　850～900N/㎡

・・・ということで、本日は風中心に進めさせていただきます

風荷重関連規定の歴史

建築基準法と太陽光関連規定の変遷

風荷重関連規定の歴史

地震荷重への対応が優先された

- 建築基準法関連
  - 1950年　制定（法、令）
    - $q = 60\sqrt{h}$ （kgf/㎡）
      - 全国一律
  - 1981年改定
    - $q = 60\sqrt{h}$ （h≦16m）
    - $q = 120\sqrt[4]{h}$ （h>16m）
  - 2000年（大改訂）
    - **基準風速　地域別　V_0**
    - **構造用骨組みと屋根ふき材等の区分**

$$\overline{q} = 0.6E_r^{\,2}V_0^{\,2}$$

  - 2007年（厳格適用）
    - **屋根ふき材等の構造計算**
- 太陽光発電関連
  - 1993年　規格化start
  - 1997年　TR　C0006
    - 太陽電池アレイ支持構造物設計標準
  - 2004年　JIS　C　8955
    - 架台を**構造用骨組材**と認識
  - 2011年　JIS改定
    - 風荷重は小改定
  - 2012年7月FIT開始

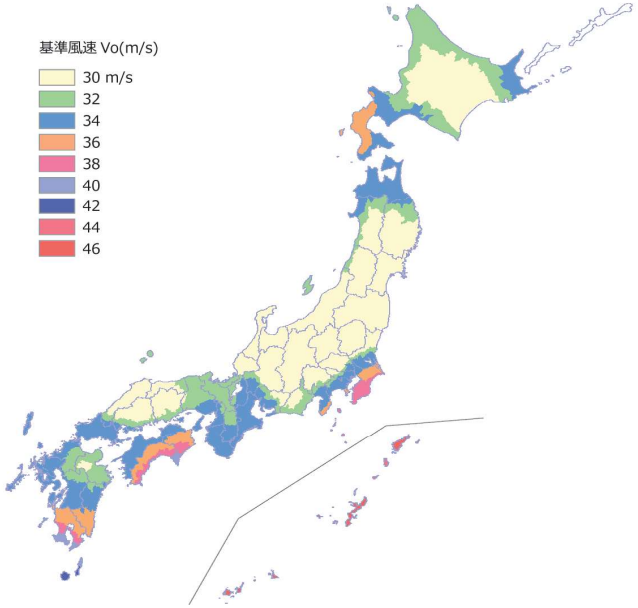
出典：強風災害の変遷と教訓　第二版　日本風工学会

風荷重関連規定の歴史

- 建築基準法関連
  - 1950年　制定（法、令）
    - $q = 60\sqrt{h}$ （kgf/㎡）
      - 全国一律
  - 1981年改定
    - $q = 60\sqrt{h}$ （h≦16m）
    - $q = 120\sqrt[4]{h}$ （h>16m）
  - 2000年（大改訂）
    - 基準風速　地域別　V_0
    - **構造用骨組みと屋根ふき材等の区分**
      - **ピーク風力係数**
  - 2007年（厳格適用）
    - **屋根ふき材等の構造計算**
- 太陽光発電関連
  - 1993年　規格化start
  - 1997年　TR　C0006
    - 太陽電池アレイ支持構造物設計標準
  - 2004年　JIS　C　8955
    - 架台を**構造用骨組材**と認識
  - 2011年　JIS改定
    - 風荷重は小改定
  - 2012年7月FIT開始

出典：強風災害の変遷と教訓　第二版　日本風工学会

地域別となった基準風速（10分間平均）



屋根材の被害写真

読売新聞社提供

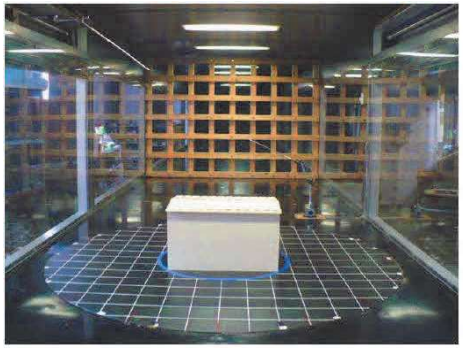
写真-2　飛散したホテルの屋根（円内は貧弱な固定金具）

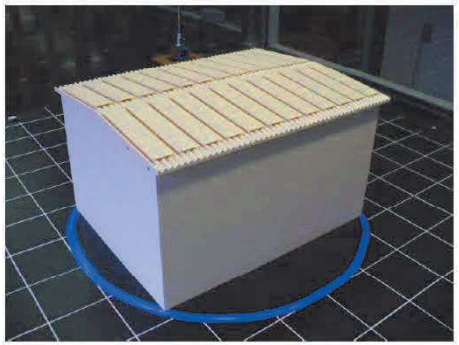
写真-7　屋根ふき材の熱伸縮も原因の一つと考えられる山口情報芸術センターの被害（山口大学藤川氏提供）

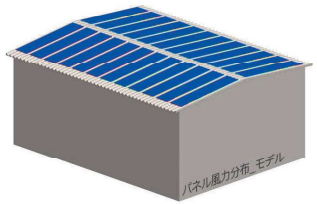
写真-9　飛散物による被害（宮崎気象台提供）

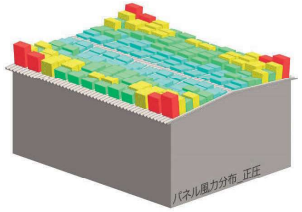
出展：GBRC　2008　台風による強風被害と外装材の耐風設計

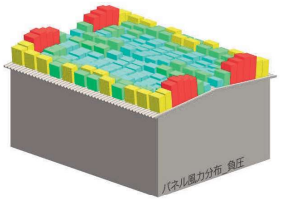
風荷重　折板屋根　ピーク風力係数





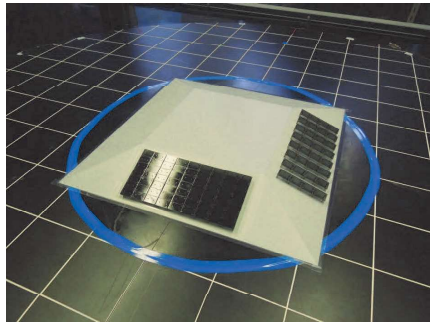




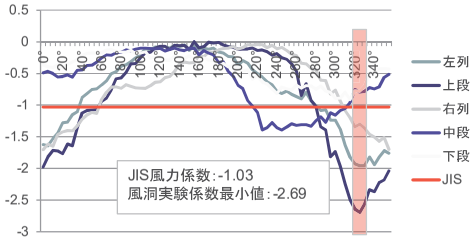


出典：弊社風洞実験写真　場所：財）日本建築総合試験所

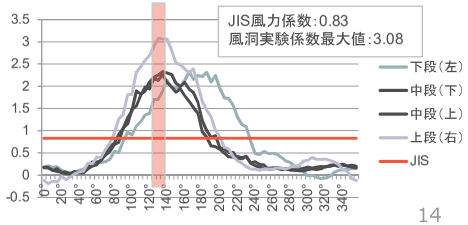
風荷重　地上設置傾斜地　ピーク風力係数



南面傾斜20°（負圧）



東面傾斜20°（正圧）



出典：弊社風洞実験写真　場所：財）日本建築総合試験所

風荷重関連規定の歴史

- 建築基準法関連
  - 1950年　制定（法、令）
    - $q = 60\sqrt{h}$　（kgf/㎡）
      - 全国一律
  - 1981年改定
    - $q = 60\sqrt{h}$　（h≦16m）
    - $q = 120\sqrt[4]{h}$　（h>16m）
  - 2000年（大改訂）
    - 基準風速　地域別　V_0
    - 構造用骨組みと屋根ふき材等の区分
      - ピーク風力係数
  - 2007年（厳格適用）
    - 屋根ふき材等の構造計算

- 太陽光発電関連
  - 1993年　規格化start
  - 1997年　TR　C0006
    - 太陽電池アレイ支持構造物設計標準
  - 2004年　JIS　C　8955
    太陽電池アレイ支持構造物設計標準
    - 架台を構造用骨組と認識
  - 2011年　JIS改定
    - 風荷重は小改定
  - 2012年7月FIT開始

出典：強風災害の変遷と教訓　第二版　日本風工学会

JIS？構造骨組だったのか？

- 当時　太陽光発電架台のピーク風力係数は未解明
- 設計・施工者は建築・土木工学的リテラシーを保有

2010年
当時稀なメガソーラー
使用鋼材重量

新潟　360t／Mw
淡路　160t／Mw
ずいぶん軽い？
※重量鉄骨主流
＝重戦車仕様

今や　60～40t／Mw

四国電力　松山発電所　1996年竣工（モジュールは1985年製　西条から移設）300kw、15年経過時2010年に撮影

風荷重関連規定の歴史

- 建築基準法関連
  - 1950年　制定（法、令）
    - $q = 60\sqrt{h}$ （kgf/㎡）
      - 全国一律
  - 1981年改定
    - $q = 60\sqrt{h}$ （h≦16m）
    - $q = 120\sqrt[4]{h}$ （h>16m）
  - 2000年（大改訂）
    - 基準風速　地域別　V_0
    - **構造用骨組みと屋根ふき材等の区分**
  - 2007年（厳格適用）
    - **屋根ふき材等の構造計算**

- 太陽光発電関連
  - 1993年　規格化start
  - 1997年　TR　C0006
    - 太陽電池アレイ支持構造物設計標準
  - 2004年　JIS　C　8955
    - 架台を**構造用骨組**と認識
  - 2011年　JIS改定
    - 風荷重は小改定
  - 2012年7月FIT開始

出典：強風災害の変遷と教訓　第二版　日本風工学会

大量導入時代の幕開け
FIT前後の規制緩和

FIT（2012年）で何が変わったか　Ⅰ

2011（H23）電気事業法　大改訂を始めとして

JIS　C　8955－2004等　適合義務

1000Kw

20Kw

出力等条件	FIT認定設備 *1【①】（H27.3時点）	①のうち導入 *2 済み設備	技術基準適合維持義務	保安規程	電気主任技術者選任	工事計画届出	事故報告
2,000kW以上	1577件（約3,100万kW）	139件（約150万kW）	要	要	要（選任）	要（使用前自主検査）（使用前安全管理審査）	要 *注3
50kW～2,000kW	約3.3万件（約2,200万kW）	約1.3万件（約750万kW）	要	要	要（選任・外部委託）	不要	要 *注3
50kW未満（一般用電気工作物）	約78万件（約2,500万kW） （10kW未満）約85万件（約380万kW）	約26万件（約600万kW） 約71万件（約310万kW）	要	不要	不要	不要	不要

注１：固定価格買取制度開始後（2012年7月）に認定された設備を指す。
注２：「導入」とは、固定価格買取制度において買取が開始された状態を指す。
注３：臨電所個事故報告は対象。破損事故は５０kW以上の場合

出展：経済産業省　新エネルギー発電設備事故対応・構造強度ワーキンググループ 資料

FIT（2012年）で何が変わったか　Ⅱ

2011（H23）建築基準法関連規定

H23.3.25　国住指第4936号

『太陽光発電設備等に係る建築基準法の取扱いについて』

高さが4メートル以下の場合→『建築物』に該当しない

太陽光発電設備を『屋上』に設置→『屋上』の規制に抵触しない

※4m以下の地上設置型は建基関連法の規定外

H24.7.24　国住指第1152 号

『既存建築物の屋上に太陽電池発電設備を設置する際の建築基準法の取扱いについて』

法第2条第5号に規定する主要構造部に該当せず

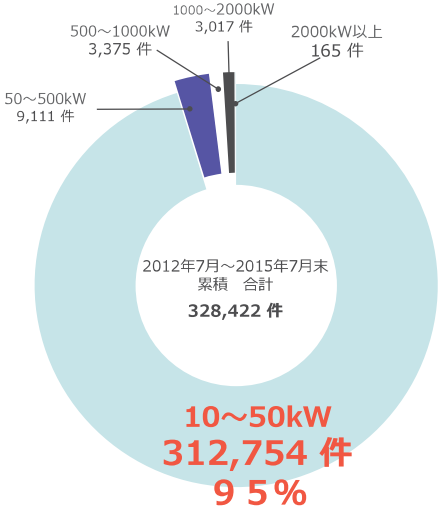
法第2条第13号に規定する増築には該当しない

建築確認は不要である

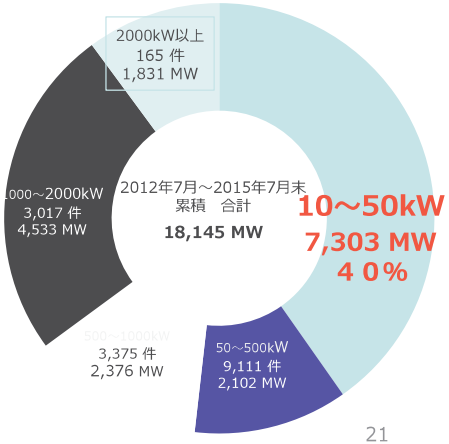
工場立地法、森林法、農地法などの規制緩和策が次々に発表

2015年7月現在の運転開始状況

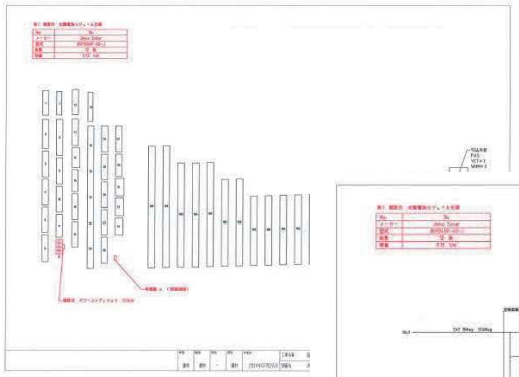
件　数

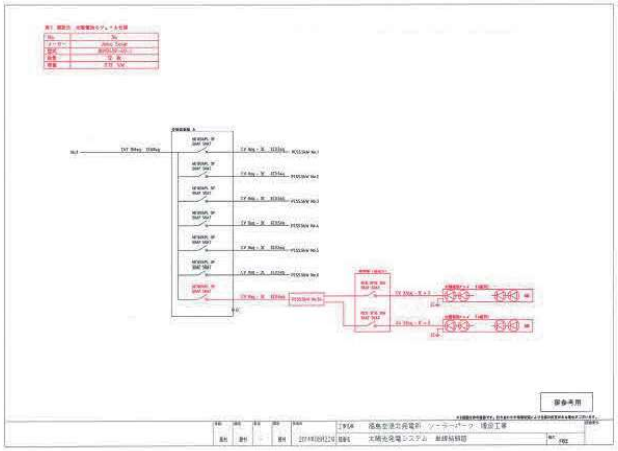


容　量



たった二枚で･･･設備認定





強風被害の実例

強風被害事例①
地上設置型PVの被害

2015年6月　伊勢崎市　ダウンバーストで発生

設計以前の問題か？

強風被害原因

- 想定外の強い風
  - 設計風速
- 設計耐力不足
  - 風荷重の算定、耐力評価方法、安全率
- 施工ミス
  - 現場管理
- 維持管理不足

NO？

設計はされていなかった？

強風被害原因

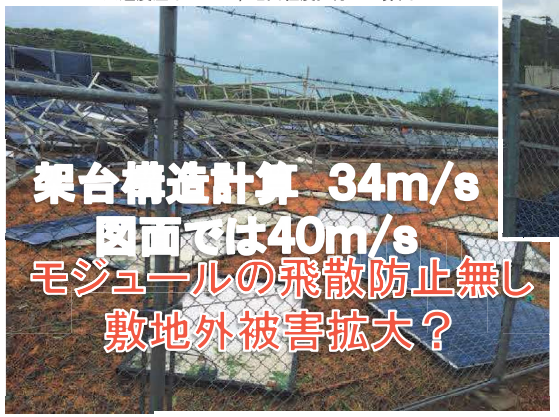
- 想定外の強い風
  - 設計風速
- 設計耐力不足
  - 風荷重の算定、耐力評価方法、安全率
- 施工ミス
  - 現場管理
- 維持管理不足

架台はOK？

地盤調査→基礎設計？？？
架台とモジュールの緊結不足

強風被害事例②
地上設置型PVの被害

事故発生日時:2015年8月25日　午前6時ごろ
行橋市　6～7時台の気象庁のデータ(最大値)
平均風速　　17.4m／s　速度圧※　217N／㎡
最大瞬間　　34.5m／s
設計基準風速　34m／s　　速度圧※　828N／㎡
※速度圧はh=5m, 地面粗度区分Ⅲで算出



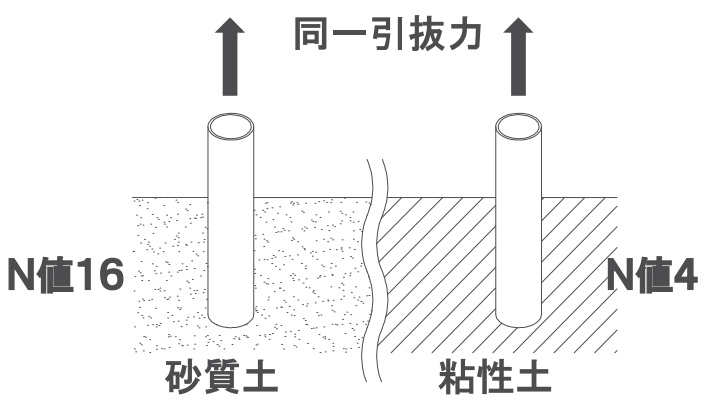
杭にまつわる怪しい話
某マンションは建て替え

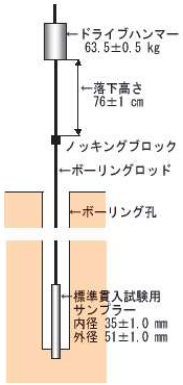
台風15号の被害
(福岡県行橋市)

出展:
https://twitter.com/RossoRR/status/635960059239235993 60/photo/1

地盤調査は必須です！

砂質土と粘性土の引抜力





出展:吉見吉昭:『地盤と建築構造のはなし』

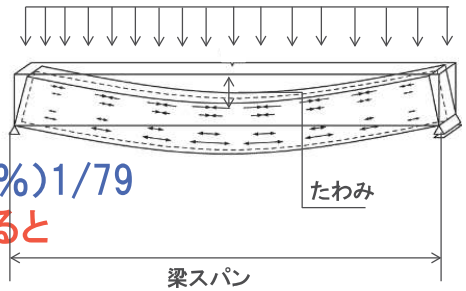
N値とは
ロッド(鉄管)の先端にサンプラーを付けて、重さ63.5kgのハンマーを75cmの高さから自由落下させて
サンプラーが30cm地面に貫入するのに必要な打撃回数のことです
標準貫入試験用サンプラーは内径35±1.0 mm, 外径51±1.0 mm(厚さ　約8mm)

標準＋各種設計基準＝正解！

- 8.2　許容応力度
  - a) 構造用鋼材 長期荷重の設計応力に対する構造用鋼材の許容応力度
    1) 許容引張応力度
    $\sigma_Y/1.5\ \sigma$　ただし，$0.7_B/1.5\ \sigma$ 以下
- 柱梁要素やたわみ、細長比、横ねじれ座屈等
  構造計算の為の項目が不足している

例：単管（φ48．4mm　t　2．3）で梁計算

梁スパン　　＝　X　mm
等分布荷重　　＝　1.05N/㎜
短期許容応力度＝　235N/㎟
X=2571mm（136%）
たわみ　　32.48mm　（342%）1/79
たわみ　1/200　で算定すると
X=1890mm（100%）
たわみ　　9.49mm　（100%）



原因？

- 極めて導入しやすい制度設計
  - 導入量の飛躍的拡大（明）
  - 脱法・違法認識の無い案件増大（暗）
    - 善意？の案件（経験ない・・・総参加型）
    - JIS　の誤用・・・（2016年　改定予定）
- 結果として…
  - 強風によるモジュール飛散（第三者への被害）
  - ・・・再生可能エネルギーへの不信感

太陽光発電システムの耐風設計

長期安定化電源を目指せ！

太陽光発電架台のリスクと対策
代表的リスクの種類

- 自然
  - 気象　　温湿度、雨、風、雪、地震、津波、雷、飛来海塩
  - 地形　　地盤、地質、水害、腐食性ガス
- 社会
  - 地域社会　安全、環境（光、水利、電圧）、境界
  - 人工地盤　地盤沈下、がけ崩れ、腐食性ガス
  - 建築物　　屋根、建築物構造、施工
- 維持、運用
  - 環境　　土壌汚染
  - 人　　侵入→感電、盗難、破壊
  - 動植物　　害獣、害虫、雑草

長期安定化＝耐久性＆メンテナンス

各種構造物の構造設計・性能

- テント倉庫と農業用鉄骨ビニールハウス
  - 似て非なるもの…

人間の滞在時間
被害のインパクト(経済・社会的)

設計基準・安全性に対する考え方の調和が必要

要求される構造性能

- 建築物
  - 主要構造(柱・梁など)
    - まれに起こる地震・暴風・大雪(再現期間50年程度)

    に対し損傷させない(弾性設計＝許容応力度)
    - 極めてまれに起こる地震・暴風・大雪

    (再現期間500年程度)

    に対し、倒壊させない(弾塑性設計＝限界耐力)
- 太陽光発電システム(私見です！)
  - まれに起こる地震・暴風・大雪(再現期間50年程度)

  に対して損傷は限定的・破壊しない(容易に修復)
  - 極めてまれに起こる暴風(地震・大雪は除く)

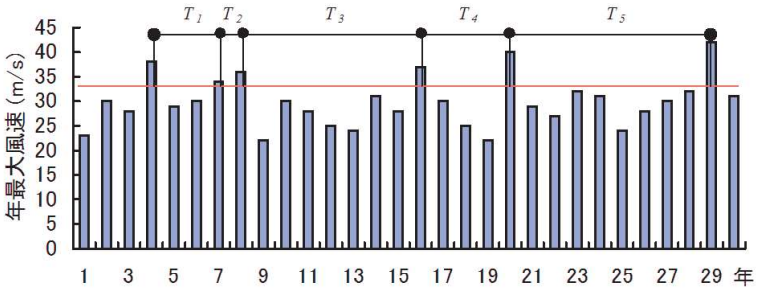
  (再現期間500年程度)

  に対し、飛散させない(設置場所により緩和可能？)

再現期間50年の風速とは？

- 年最大風速が、ある風速を超える平均的な年数を風速の再現期間という。
- 再現期間50年の風速は、50年間に起こり得る最大の風速ではない。

再現期間はT_1, T_2, T_3, …の平均値

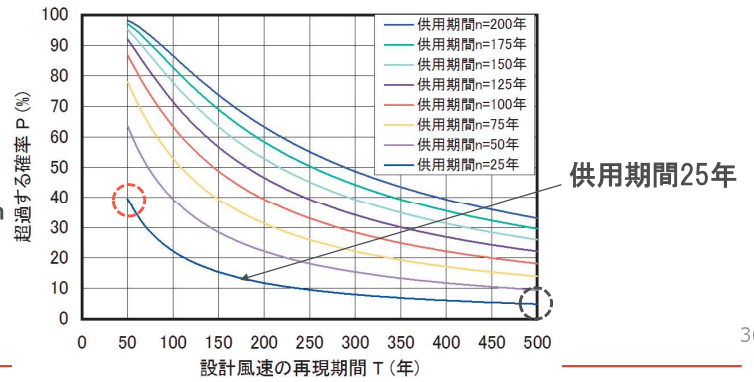


風速の再現期間と超過確率

- 再現期間50年の風速で設計された太陽光発電設備が25年間設置された場合(供用期間25年)、設計風速を超える確率は40%程度
- 再現期間500年でも5%程度

$$p = \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

T:再現期間(年)
n:供用期間
p:超えない確率
P:超過確率(1−p)



耐風設計・耐風性能評価における課題

- 耐風設計ガイドの整備
  - 構造設計の方法や事例などを示した資料の整備
- 太陽電池モジュールの耐風性能の表示
  - 許容耐力，限界耐力が明示されていないものが多い
- 農地利用の太陽光発電設備の扱い
  - 簡易的な設置（容易に撤去できること）を前提とした農地利用の太陽光発電設備の耐風設計をどうすべきか。
- 保守点検計画の重要性の説明
  - 施主（事業主）に対して，保守点検の計画を提示するとともに，その重要性を説明する。

社会システムにおける課題

- 構造安全を確保するシステムの整備
  - 有資格者による構造設計（あるいは構造計算の確認）。
  - 第三者による確認の実施
- 被害発生時の報告義務の厳格化
  - 構造的欠陥を明確にし，情報を共有することによって性能の向上を図る。

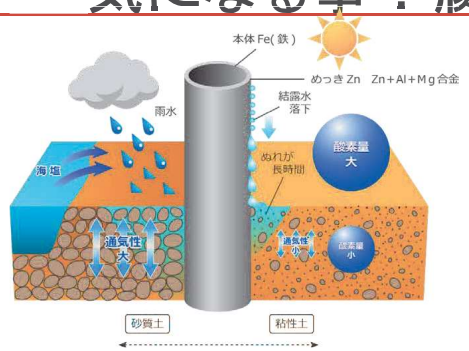
最後に…

設計荷重設定
↓
構造設計
↓
性能評価
↓
施行
↓
保守点検

全てが適切に実施されて安全性が確保される

現状ではそれぞれの段階において問題や課題があり，
それらを少しでも解決できるよう活動しています。

気になる事！腐食（おまけ）

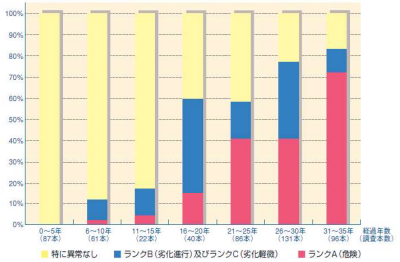


異種金属接触腐食　ステンレスと亜鉛めっき

最少　6～7年程度で穴あき

① 鋼製照明用ポール設置後、6～10年でランクA（危険）に至るような腐食進行したものが見受けられます。設置環境状況や、メンテナンス状況により腐食程度が大きくばらつきます。
→ 定期的な点検・補修を行うことによりトラブルを未然に防ぐことが出来ます。

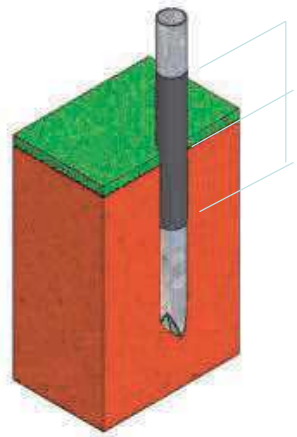
【経過年数別腐食状態】



出典：鋼製照明用ポール点検・診断のおすすめ
社団法人日本照明器具工業会

取り替え困難な基礎は･･･

最低限　地際防錆仕様



50cm

30cm

亜鉛めっきだけではNG
土中では亜鉛の方が鉄よりも腐食に弱いとされています

ご清聴ありがとうございました

東京理科大学
TOKYO UNIVERSITY OF SCIENCE

植田研究室紹介
～太陽光発電とEMSで持続可能な電力エネルギー供給の実現を目指す～

植田　譲

工学部第一部 電気工学科 講師

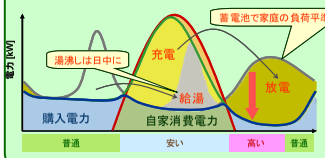
太陽光発電システム研究発表会（第18回）
2016年3月12日

研究テーマ

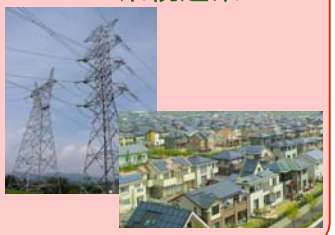
東京理科大学
TOKYO UNIVERSITY OF SCIENCE

・太陽光発電システム

・エネルギーマネジメント



・系統連系

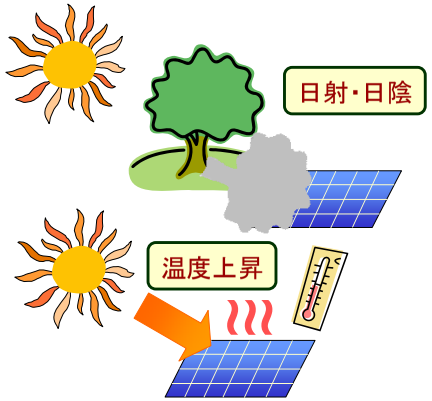


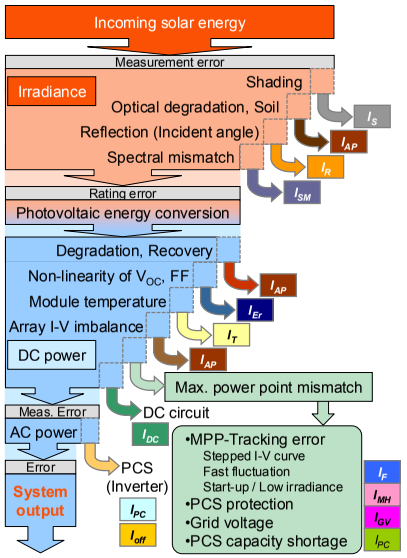
The Japan-U.S. Smart Grid Collaborative Demonstration Project
in New Mexico, United States.

NEDO 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

性能評価 太陽光発電システム発電性能の高度解析

東京理科大学 TOKYO UNIVERSITY OF SCIENCE





- 太陽光発電は長い運用期間中，システムの健全性を維持する事が重要
- データ解析や実験により，各種損失の影響を定量化

モニタリング 自己診断支援システムの開発

東京理科大学 TOKYO UNIVERSITY OF SCIENCE

- インターネットを利用した自己診断支援システムを開発
- システムの健全性をwebベースの技術でモニタリング

市役所に設置した機器で日射量・気温を測定

http://ssspv.net

グリーン電力証書モデル事業にて設置した電力量計やパワコンで総発電量を測定し，入力

MEXT/JST FUTURE-PV Innovation

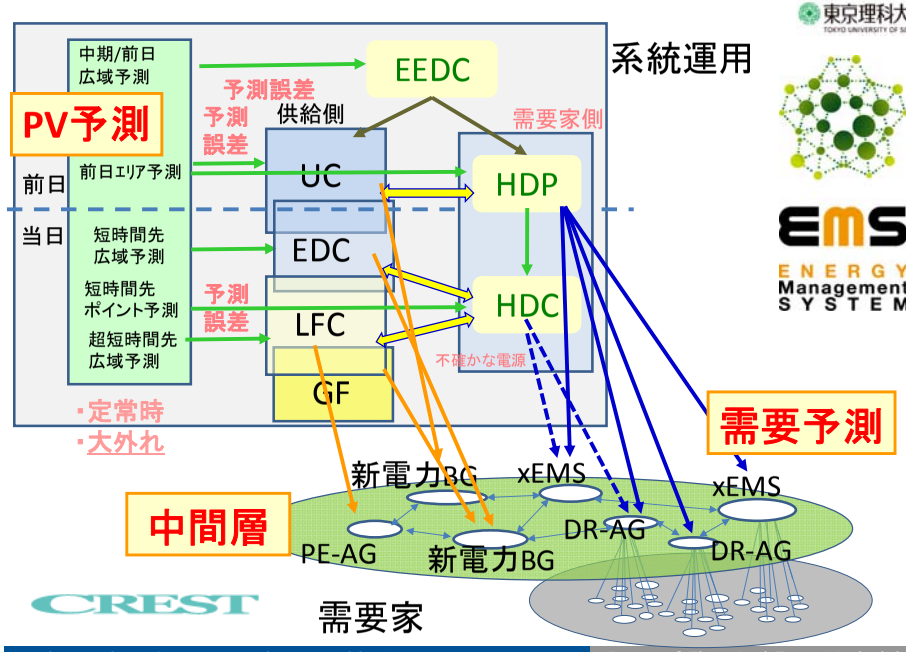
革新的エネルギー研究開発拠点形成事業
FUTURE – PV Innovation

MEXT JST

- 低倍率集光・波長スプリッティング型システムを用いてナノワイヤー太陽電池の屋内外における発電特性評価，損失分析を行う。
- 得られた知見の高効率デバイス開発へのフィードバック，さらには屋外発電特性にもとづく最適システム設計と年間発電量評価を行う。

Kaneka

東京理科大学 TOKYO UNIVERSITY OF SCIENCE



太陽光発電を最大とする水素エネルギーの利用について

○森原 淳，三谷 崇，小田 拓也（東京工業大学）
川﨑 憲広（東京都立産業技術高等専門学校）

1. はじめに

長崎県対馬市は、九州･福岡と韓国･釜山の間に位置する国境離島であり、本土からの送電線がなく、必要なエネルギーの大半を島外からの供給で賄っている。資源･エネルギーの問題は、地域の社会･経済の存続に関わる重要な問題であるため、再生可能エネルギーを活用した持続可能な資源循環型社会の構築を通じて、化石燃料に頼らない、安心・快適で豊かな「次世代型･エネルギー自立の島」を目指している。

東京工業大学 AES センターは長崎県および対馬市と連携して「対馬環境エネルギーコンソーシアム」および平成 25･26 年度の総務省委託「分散型エネルギーインフラプロジェクト」を通じて、対馬のエネルギー自給率向上を図るため計画策定に協力してきた。

構想の概要を図 1 に示す。1)地産エネルギー熱源の活用では、対馬にある豊富なバイオマス資源を利用して、集合住宅や公共施設に対して熱を供給し、重油ボイラーなどの化石燃料の利用の削減を目的としている。既に複数個所に於いて、既に実施されているが、これを更に拡大しようとするものである。

更に対馬に漂着する浮遊ゴミについても資源化を計画している。対馬はまさに対馬海流の通り道にあり、海岸線では大量の浮遊ゴミが漂着しこれが海岸線を汚染し、大きな社会問題となっている。その上、清掃に対して大きな負担が生じており、国からの補助金でこれを対処しているのが現状である。本コンソーシアムでこの課題を国際的に取り組むこととし、オランダのデルフト大学にて開発されている技術の導入を構想した。

次に 2)省エネの推進に対しては、デマンドレスポンスという概念を用いる事とした。対馬の特長としては、全戸にケーブルテレビが配備されており、対馬テレビの視聴率がきわめて高い点が特徴である。この特性を利用して、ケーブルテレビにて省エネを呼びかけ、デマンドレスポンスによる省エネの推進を本年度よりスタートさせた。

3)再生可能エネルギー買い取り制度の活用に関しては、島内では既に６MW の太陽光や風力発電が導入されており、これを以下にして活用するかについて、2)のデマンドレスポンスのプロジェクトと関連しながら「再生可能エネルギーを最大現に活用するエネルギーの消費方法」として、検討することとした。

最後に水素の活用についてであるが、余剰となった再生可能エネルギーを水素に変換して活用することを検討している。

2. 地産エネルギー熱源の活用

対馬市で最も人口の多い厳原地域では、熱需要も多く特

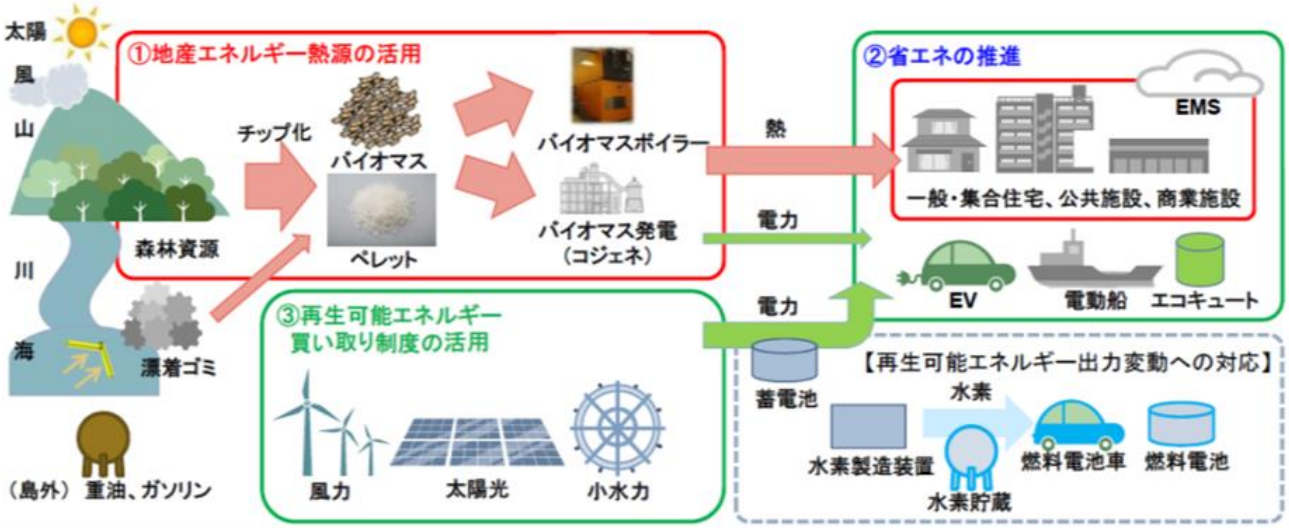


図 1 「次世代型･エネルギー自立の島」構想の概要

に現在計画されている国内ターミナルや市営診療所などの公共の施設において熱の活用を計画した。その概要を図２に示す。

図２ 厳原におけるバイオマスボイラー設置計画

本計画の対象エリアでは、主に個別供給を計画している。ボイラー設置場所としては、旧厳原いづはら病院及び厳原国内ターミナルであり、それぞれ近隣の施設へ、バイオマスの燃焼により熱を供給する。

対象施設として、市有施設では、厳原国内ターミナル、市営診療所（旧いづはら病院跡）、健康管理センター等（旧いづはら病院跡）がある。また、民間施設としては、介護老人保健施設つしま彩光園や特別養護老人ホーム（旧いづはら病院跡）を計画している。本計画は、既に詳細設計が済んでおり、来年度には開始する予定である。

3.水素エネルギー導入可能性検証

国がエネルギー基本計画に示した水素社会を基にコミュニティレベルで取り組める水素の活用方法について検討した。経済性の成立については、未解決であるが、不安定な再生可能エネルギーの安定化を目的とした蓄エネルギー機能、水素コミュニティを構築による雇用創出･産業育成や地域経済活性化の面から対馬市で先行実証を行う意義がある。

特に、水素はあらゆる地域、場所で作る事ができ、しかも長期の保存が可能である。この側面は、地産地消の二次エネルギーとしての価値が高く、また、輸送用原料として利用できる事に大きな意義がある。したがって、特に離島として対馬市では、水素を利用しようとした場合、船で持ち込む以外に手立てがない。したがって、この水素を地域の小水力や太陽光発電、バイオマスのガス化という能エネルギーで作ることは地産地消の観点からも意義は大きい。

対馬市での検討対象モデルとして、市役所に近い居住地域に建てられている複合施設の入り口付近にスマート水素製造装置（SHS）を設置し、燃料電池自動車に水素を供給することを基本としている。特に、2020 年代前半までに、居住地域としての実証設備モデルを、SHS の設置により外部給電装置を用いて停電時にセンター建物への保安用電力を供給することで、レジリエンスな地域社会の構築に貢献できる。

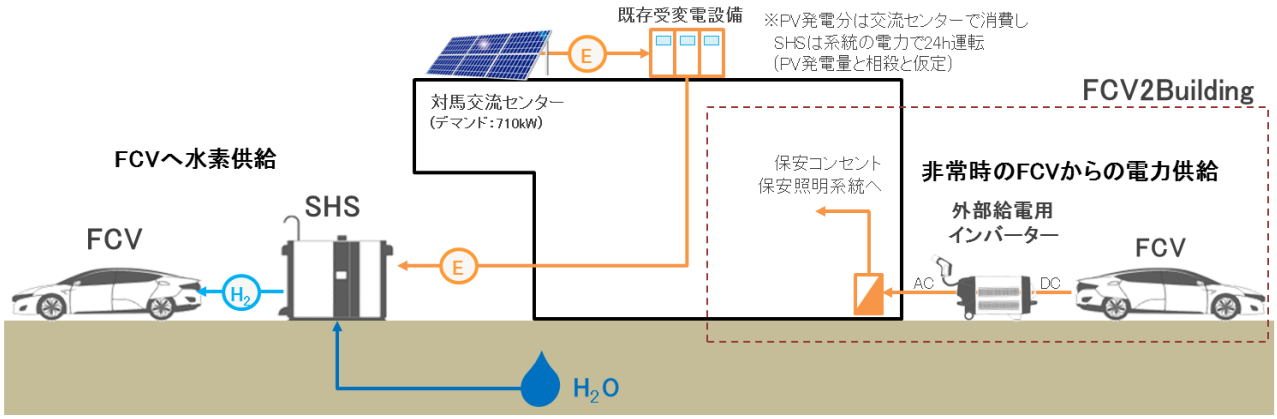


図３ レジリエンスな水素ステーションの設置構想

4．水素の電力系統と連携しての活用

経済産業省が発表している2015年３月末時点の太陽光発電（PV：Photovoltaics）の設備認定量は23.3GWに達しており、日本政府による2020年時点のPV導入目標量28GWに迫る勢いである。

図４に示すように、地域別にPV設備認定量を見ると、東北地域や九州地域はすでに年間最大電力需要を上回っている。

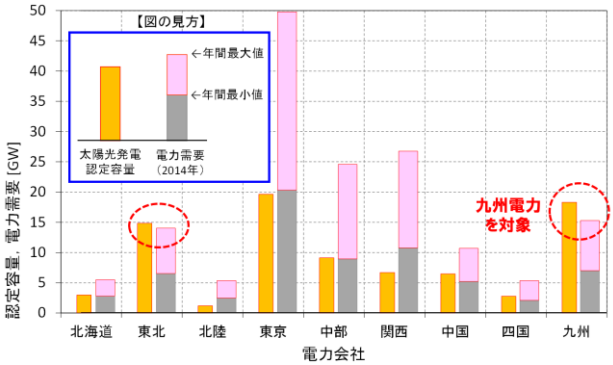


図４　PV設備認定量の状況

また、これらの地域以外でも年間最小電力需要に迫る設備認定量となっている。これは、再生可能エネルギー（RES：Renewable Energy Source）によるCO2フリーの電力が余剰電力として捨てられる可能性があることを意味している。

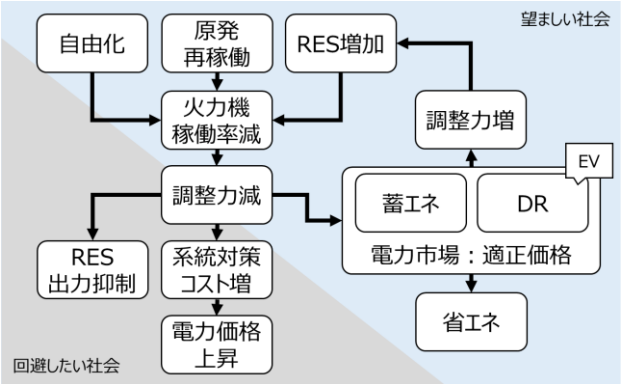


図５　電力システムの環境変化に伴う電源運用の転換

今後、RESの更なる導入量増加や電力自由化、原子力発電所の再稼動など、既存の電力システムを取り巻く環境が変化していく。電力系統内の電源が増加することで火力発電所の稼働率が減少すると、電力需要やRES出力の変動に対応する調整力（運転予備力や瞬動予備力、LFC容量など）が低下し、電力系統が不安定になることが予想される。このとき、RES由来のCO2フリー電力を出力抑制することは回避したい電源運用である。一方、蓄電やDRなどを有効活用すれば、更なるRESの導入が可能となり、目指すべき社会の姿となる。

持続可能な社会を目指し、RESを最大限に取り入れる必要があると考えると、PVは非常に高いポテンシャルがある。しかし、RESは出力が不安定なため、大量に導入された場合には、電力系統へ大きな影響を与える恐れがある。このようなRESを最大限に取り入れるには、バッファとなるシステムの導入が不可欠である。電力系統レベルの電力貯蔵は膨大な容量の貯蔵システムが必要となり、蓄電池で対応するにも限界がある。そこで、水素社会を見据え、電力を水素エネルギーとして貯蔵する方法が注目されている。水素エネルギーは、貯蔵容量を拡張しやすく、長期貯蔵に適しており、電力系統以外でも燃料電池車等の用途にも活用できる。

RESが大量導入された将来の電力システムにおいて、LFCなどの制約を考慮した上で、どの程度の貯蔵しなければならない余剰電力が発生するかを算出する手段が求められている。そこで、対象地域全体の日射量を推定し、その結果を用いて最適電源運用を決定することで、年間の最小余剰電力量や総電源運用コストなどを算出する手法を開発する。

電力需要と比較してPVの設備認定量の割合が高く、他地域よりも日照条件が良いために系統運用が早い時期に厳しくなると想定される九州地域を検討の対象とした。

1)九州地域の太陽光発電量の検討

本検討の課題は以下の２点である。

① 対象地域のPV出力推定

② PV大量導入時の最適電源運用

まず、①のPV出力推定手法について説明する。気象庁の日射量と日照時間のデータから九州地域全体の日射量を推定する。九州地域の場合、日射量観測地点は８ヵ所であり、日照時間観測地点は81ヵ所である。まず、観測地点の緯度、経度および日付の情報から、大気外水平日射量を算出し、日照時間と合わせて水平面日射量を算出する。水平面日射量を直達成分、天空散乱成分及および地面反射成分の３つの成分に直散分離し、傾斜角と方位角の情報

を基に傾斜面日射量を算出した。また、8+81 ヵ所以外の地点については空間補間法を用いて算出し、1km メッシュの日射量を算出した。算出した計算結果の一例を図 X3 に示す。

今までは、地域内で観測された「日射量のデータの活用」から地域全体の PV 出力を推定していた。本手法により、利用可能観測データを増やし、「空間補間法」を用いて未観測領域の日射量を推定することが可能となった。これにより、公表されている各地域の PV 導入量から精度よく PV 出力を推定することが可能となった。

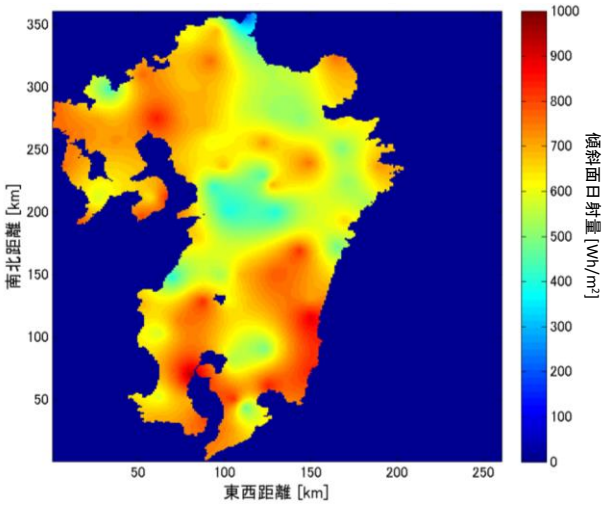


図６　九州の推定傾斜面日射量(2010 年 11 月 1 日 14 時)

2）PV 運用時の最適電源運用

次に、②の PV 大量導入時の最適電源運用について説明する。①で得られた PV 出力と、公表されている以下のデータを用いて最適電源運用を決定する。揚水発電所については、原子力発電所が稼動していないため実績値が非常に低いため、10 倍して使用した。

- ✓ 電力需要：電力会社発表統計資料
- ✓ 水力発電量：電力調査統計（エネルギー資源庁）
  自流式、貯水池式
- ✓ 他社受電：電力調査統計（エネルギー資源庁）
- ✓ 地熱：電力調査統計（エネルギー資源庁）
- ✓ 原子力：運転率 80%（国内 PWR 平均値）
- ✓ 太陽光発電量：気象庁データから換算

火力発電機と揚水発電機の最適電源運用を決定する問題では、すべての運用状態を同時に決定することは困難であり、計算時間も増大する。そこで、火力発電機の運用計画と揚水発電所の運用計画を分割し、それぞれの運用状態を固定して交互に問題を解く。

火力発電機の運用状態を決定する問題には，タブー探索を適用する。この時揚水発電所の運用状態は固定する。発電機の起動停止状態は 0-1 変数の決定変数であり，発電機出力は従属変数である。発電機出力は、等ラムダ法を適用し経済負荷配分で決定する。揚水発電所の運用は，タブー探索で求めた火力発電機の運転状態を固定し、内点法により決定する。火力発電機と揚水発電所の運用計画を交互に解き，解が収束したところで計算を終了する。

図７に開発手法を用いて決定した最適電源運用の数値計算結果を示す。再エネの出力抑制が最大となるゴールデンウィーク中の 2014.4.29～5.5 を計算対象とした。原子力は稼働率 80%で 235 万 kW が稼動していると仮定した。PV は 1634 万 kW が導入されているとして数値計算を行った。図７上図が PV 等を含む総発電電力量を示し，下図が最適化した火力と揚水の発電電力量を示している。

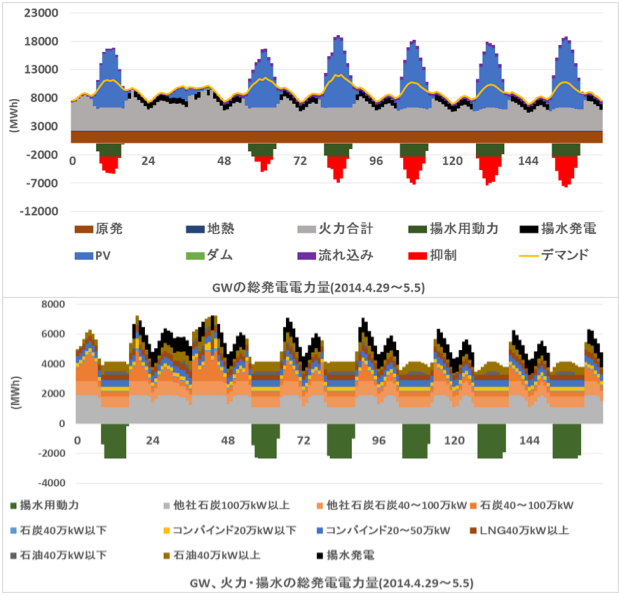


図７　数値計算結果

計算結果では、考察期間中 PV 出力量を 24.3%抑制し、24.0%を揚水電力として利用している。抑制されるはずの PV 出力の一部を揚水動力として利用し、抑制量を低減している。PV 導入量が増大する場合には、揚水発電所の稼働率を上げることによって、抑制電力の低減が可能であることを示した。

5．CATV によるデマンドレスポンス

株式会社コミュニティメディア、東京工業大学 日高研究室が共同で科学技術振興財団(JST)の CREST の研究成果を基に、デマンドレスポンスの実験を対馬市で開始することとなった。その内容についての実際に使われるチラシを図７に示す。

本実証実験の目的は、再生可能エネルギーの理ようを最大限利用することを目指すために、再生可能エネルギーの発電状況をケーブルテレビに表示する等して電力利用者に理解してもらい、市民の協力を得ようとしているものであり、実証実験としては世界的にも新しい取組である。本取り組みに必要なスマートメータについては、九州電力にも協力してもらい、B ルートと呼ばれる方式を活用している。実施期間は、2016 年夏から 2020 年３月までの５年間である。本取り組みにより、再生可能エネルギーをより大量に使える地域となるモデルケースを目指している。

図６ モニターに利用されているチラシの内容

6．対馬プロジェクトの現時点での総括

対馬市のエネルギーインフラの将来像として、次世代型のエネルギー自立の島を目指すために、エネルギー需給の将来像（ベストミックスプラン）を描き、実現するために必要な施策を盛り込んだ、基本構想を策定する。

また、総務省の調査事業で得られたデータや成果を基にして、再生可能エネルギーの導入拡大に向けて、インフラ整備等を具体的に検討し、地域活性化を目指す。

新･再生可能エネルギーとしては、当面はバイオマス発電･熱利用、太陽光発電、陸上風力発電であるが、将来は浮体式洋上風力発電を用いた大規模なウインドファームについても検討する。さらに、水素を用いる燃料電池自動車の普及も検討していく。今後についても、東工大 AES センターは長崎県および対馬市と連携して、「対馬環境エネルギーコンソーシアム」および総務省の指導のもと、対馬市でのエネルギーサービス事業化の可能性を検討する。そして、エネルギーインフラの整備を通じて化石燃料の削減に役立て、地域活性化を実現し、国境離島におけるバイオマスエネルギー、風力、太陽光発電などの再生可能エネルギー導入に向けた課題解決の世界的なモデルを構築する。

以上

エネルギーとしての新たな展開と挑戦

～ ここまできた太陽光発電システム、そしてこれから ～

1. はじめに
2. 世界市場
3. 日本市場
4. 太陽光発電システムのこれから
5. おわりに

AES 太陽光発電システム研究発表会（第18回）
2016年3月12日
株式会社資源総合システム　一木 修＆太陽光発電タスクフォースチーム
TEL:03-3551-6345　FAX:03-3553-8954　E-mail : ikki@rts-pv.com

© 株式会社資源総合システム 2016　無断複写・複製、無断転載を禁止します。

1.1　太陽光発電発展の経緯

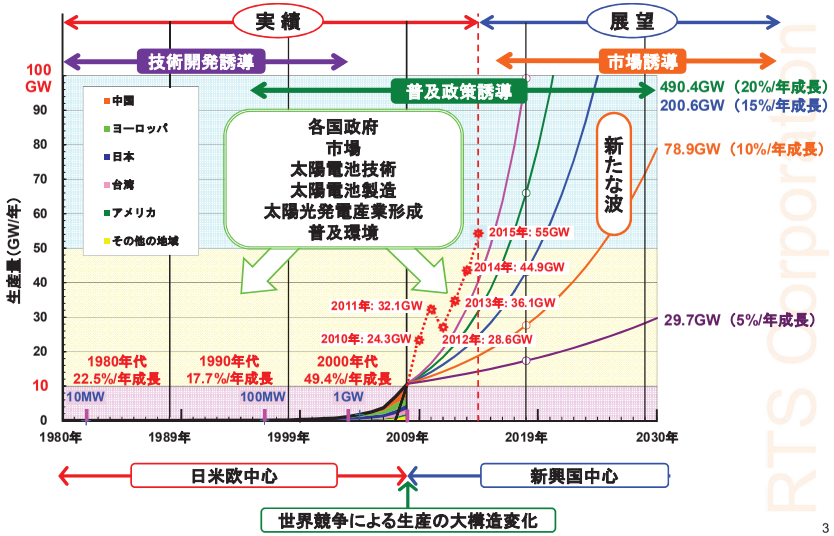
第1期	1954年～	アメリカ・ベル研究所で、太陽電池発明、公開
第2期	1974年～	サンシャイン計画により、技術開発への取り組みスタート
第3期	1994年～	新エネルギー導入大綱策定により、普及への取り組みスタート
第4期	2014年～	第4次エネルギー基本計画で、エネルギーとしての展開スタート（累積導入20GW達成）

新たなサイクルへ移行 ⇓ 大発展を遂げる20年間の始まり

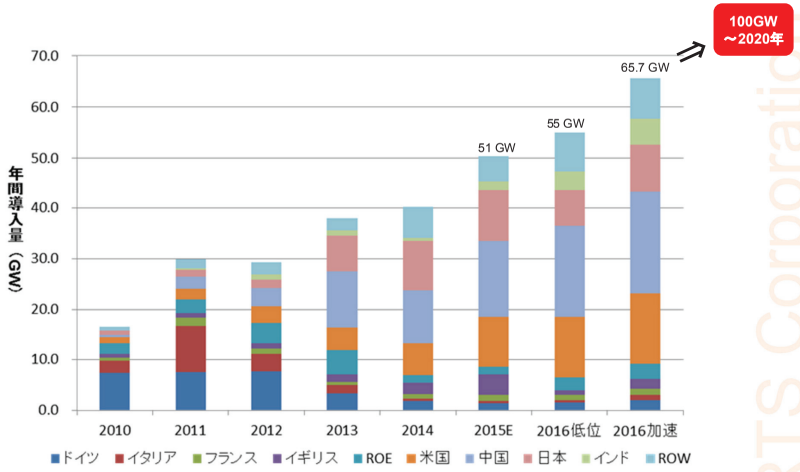
第5期	～2034年	基幹エネルギーとしての世界展開（ベース電源の仲間入り）

出典：㈱資源総合システム「太陽光発電情報」（2015年3月）

1.2　太陽電池生産の推移と今後の展望

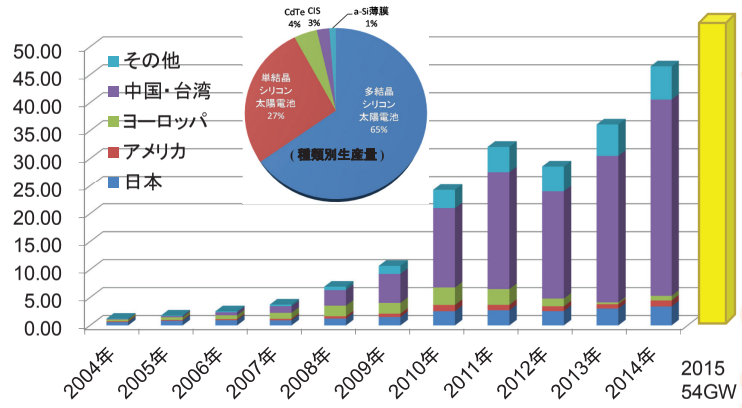


2.1　世界の年間市場規模の推移と2016年の見通し（DCベース）



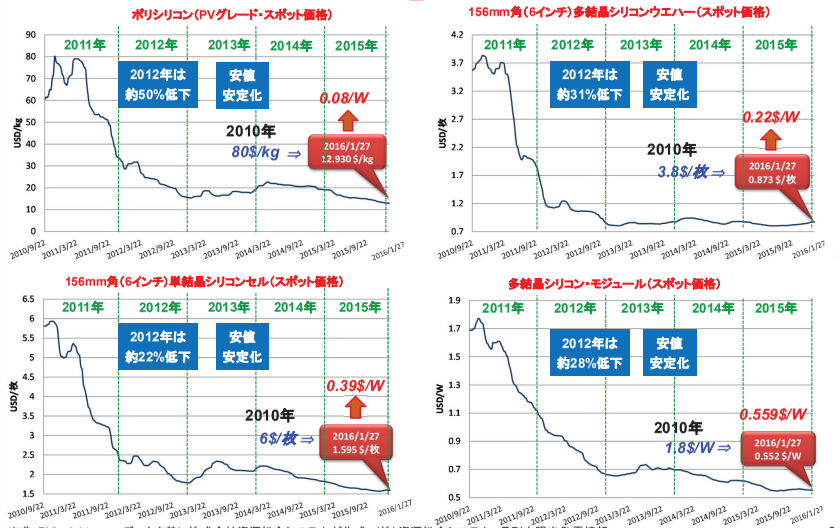
出典：㈱資源総合システム「太陽光発電情報」（2015年2月）

2.2 太陽電池モジュールの生産状況



出典：㈱資源総合システム

2.3 価格の推移（2016年1月27日時点）



出典：PVinsights.comデータを基に株式会社資源総合システムが作成 （株）資源総合システム 月刊太陽光発電情報

2.4 太陽電池モジュール供給トップ10企業（速報）

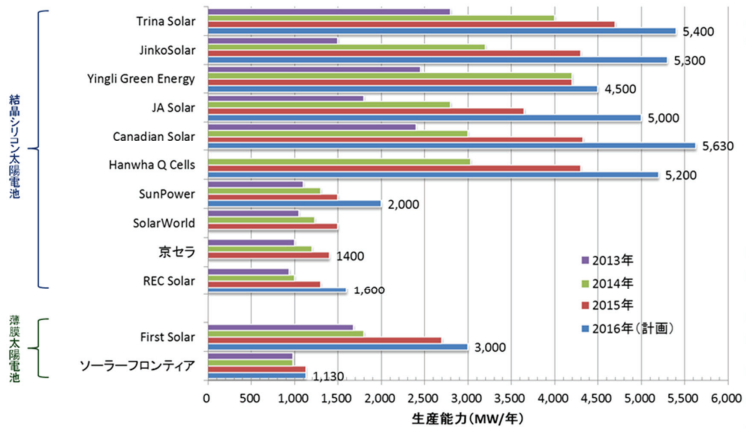
年間5GW/年時代の到来

順位	2015年出荷量（GW）		順位	2014年出荷量（MW）	
1	Trina Solar（中国）	5.5～5.6	1	Trina Solar（中国）	3,659
2	Jinko Solar（中国/マレーシア）	4.2～4.5	2	Yingli Green Energy（中国）	3,361
3	Canadian Solar（中/カナダ）	4.15～4.2	3	Canadian Solar（カナダ/中）	3,100
4	JA Solar（中国）	3.5～3.6	4	Jinko Solar（中国/マレーシア）	2,862
5	Hanwha Q CELLS	3.2～3.4	5	JA Solar（中国）	2,400
6	First Solar（米/マレーシア）	2.8～2.9	6	Sharp（日本）	2,000
7	Yingli Green Energy（中国）	2.25～2.4	7	Renesola（中国）	1,970
8	Shunfeng International Clean Energy（中国）	~2	8	First Solar（アメリカ/マレーシア）	1,846
9	Renesola（中国）	1.6～1.8	9	Hanwha Q-cells（中国/ドイツ/マレーシア）	1,466
10	SunPower（米/フィリピン/マレーシア）	1.3～1.4	10	京セラ（日本）	1,400

出典：㈱資源総合システム調べ、一部推計を含む

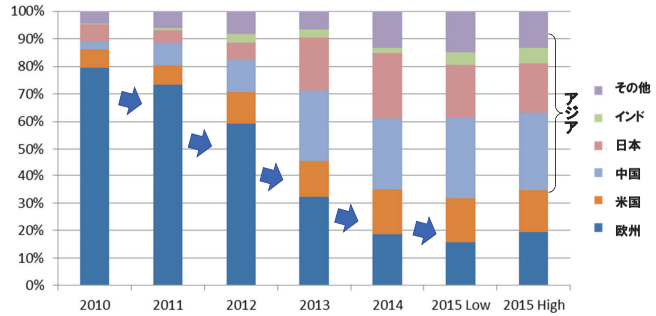
2.5 企業別のモジュール生産量と2016年の生産能力（計画）

- 結晶シリコン太陽電池では中国、台湾企業が上位を独占、先進企業はシェアを後退
- 薄膜はFirst Solarとソーラーフロンティアのみ



2.6 市場と生産地域の移動

・急速な導入拡大で市場は飽和し、新市場に移動 ⇒ コストダウンで新たな市場が形成
・当面の主要市場は欧州から 中国、日本、米国 へ。アジア地域へのシフトが顕著
・経済性の改善で、インド、東南アジア諸国、中南米など新興市場が拡大の兆し



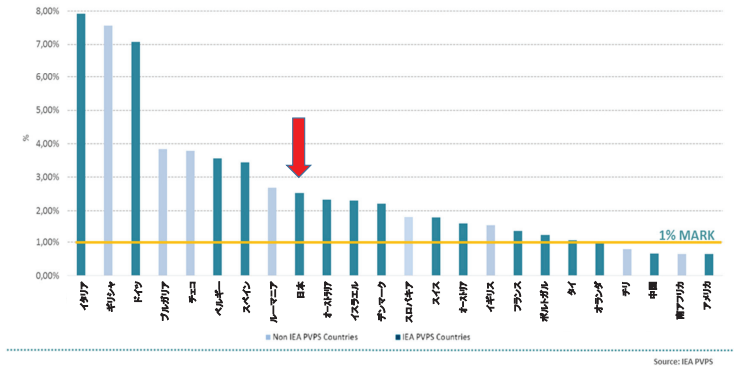
	2010	2011	2012	2013	2014	2015 Low	2015 High
欧州市場	80%	73%	59%	32%	18.7%	~16%	~19%

2.7 太陽光発電による電力生産

太陽光発電は主要な電力供給技術の1角に成長しつつある
　ー国内では、総発電量の約2%を供給、海外では7%を超える国も出現

FIGURE 4: 2014 THEORETICAL PV PRODUCTION

Source: IEA-PVPS



2.8 世界市場の現状と今後の変化・進展

現状

- 世界市場規模は、年間50GWに到達
- 普及の原動力は、FIT制度とその採用国の拡大。先進国はポストFITを模索中
- 普及主導地域は、欧州から中国・日本を中心とするアジアとアメリカに移行
- 太陽光発電システム価格の劇的低下で、一部地域ではグリッドパリティ達成
- 太陽電池の無秩序な価格低下競争が終焉し、品質競争の始まり
- 太陽電池主要生産国は、欧米が脱落し、中国・台湾を中心に日本を含む東アジア圏に
- 結晶Si太陽電池による市場支配、変換効率20%を超えるモジュール量産の夜明け

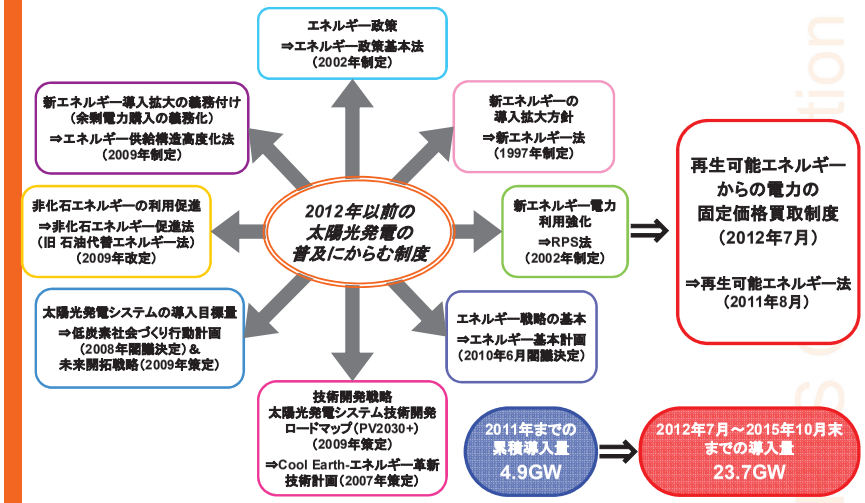
今後

- 太陽光発電が電力供給の選択肢に
- 世界市場は、年間100GW規模を目指すも、成長スピードは高度成長から安定成長へ移行
- 普及拡大は、中国・インドを中心とするアジアが主導し、中南米、アフリカ地域の新・新興市場が勃興
- 日米欧では、ICTを活用したビジネスモデル等、市場原理による導入に移行
- 太陽電池生産では、変換効率20%を超える太陽電池モジュールのGW規模での生産の実現
- GW発電所の実現
- 太陽電池製造業界は、再編、集約
- 太陽光発電システムは、信頼性が重視され、1ドル/Wを目指して緩やかに低下

**ICTと再生可能エネルギー活用の本格化で
エネルギー供給構造の大変革へ**

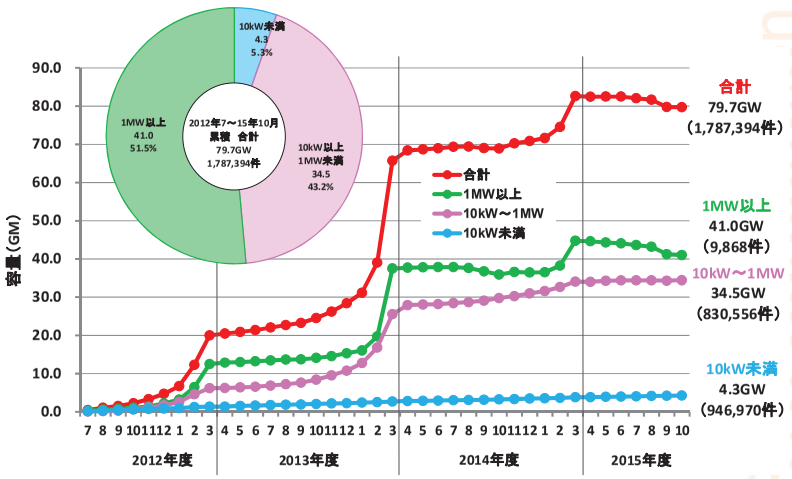
RTS Corporation

3.1 わが国におけるこれまでの太陽光発電普及環境整備



3.2 設備認定量（累積）の推移（月別）

認定

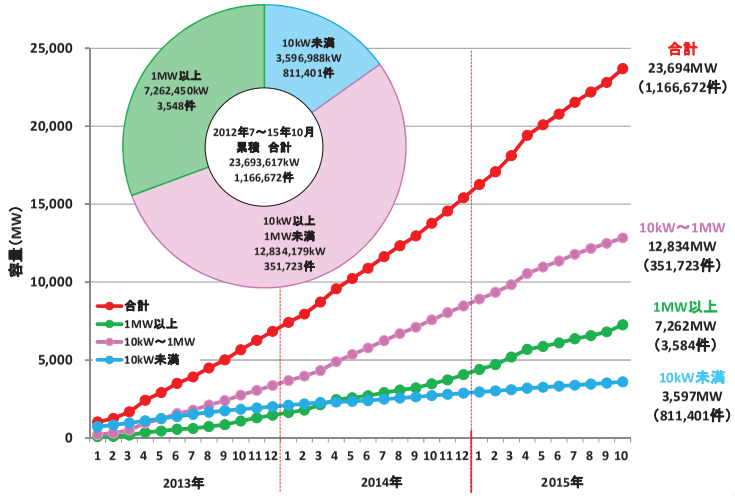


© RTS Corporation

出典：経済産業省資料から（株）資源総合システムが作成

3.3 運転開始した認定設備の累積容量の推移（2015年10月末時点）

導入



出典：MET!設備認定資料より　株式会社資源総合システム作成

3.4 固定価格買取制度の目的（意義）と成果・貢献度

固定価格買取制度の目的（意義）（再生可能エネルギー法 第一条）	成果・貢献度	コメント
再生可能エネルギー源の利用促進	◎	• 太陽光発電システムの運開量は20GW規模に到達
わが国の国際競争力の強化	○／△	• 太陽光発電システム製品の高度化の進展 • 太陽電池モジュールの海外依存度大
わが国の産業の振興	△～○	• EPC、発電事業など新たな分野の芽生え
地域の活性化	△	• 47都道府県全県で導入進展 • 地産地消の芽生え
国民経済の健全な発展	×／△	• 固定買取価格kWh当たり40円及び36円案件の大量残留 • 国民負担金の想定以上のスピードでの増加

出典：㈱資源総合システム「太陽光発電情報」（2015年8月）

3.5 2030年のエネルギー需給構造の見通しにおける再生可能エネルギーの内訳

電源構成			発電量(億kWh)				発電容量(万kW)	
			2013年度		2030年度		2013年度	2030年度
				総発電量に対する比率		総発電量に対する比率		
再生可能エネルギー	太陽光	住宅	―	―	95	0.9%	760	900
		非住宅	―	―	654	6.1%	1,340	5,500
		小計	92	1.0%	749	7%	2,100	6,400
	風力	地上	―	―	161	1.5%	―	918
		洋上	―	―	22	0.2%	―	82
		小計	49	0.5%	182	1.7%	270	1,000
	水力		800	8.5%	939～981	8.8～9.2%	4,650	4,847～4,931
	地熱		26	0.3%	102～113	1.0～1.1%	52	140～155
	バイオマス		37	0.4%	394～490	3.7～4.6%	252	602～728
合計			1,004	10.7%	2,366～2,515	22～24%	―	―

※ 総発電量：2013年度：9397億kWh ⇒ 2030年度：1兆650億kWh

出典：METI 長期エネルギー需給見通し 資料

3.6 日本市場の現状と今後の変化・進展

現状

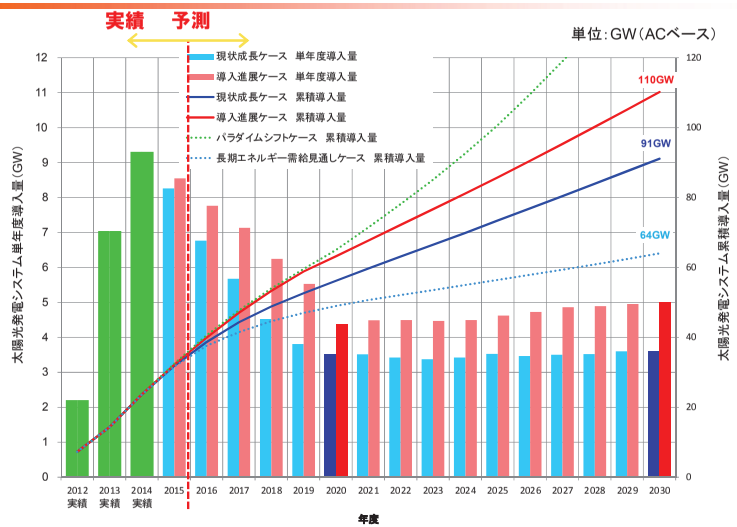
- 固定価格買取制度により、年間導入量は9GW規模に拡大
- 設備認定量は2015年10月末時点で79.7GW、運転開始量は23.7GWに広がり、累積導入量で28GWを突破、30GW目前
- 住宅に加えて、産業・事業施設と発電事業用市場を短期間に形成
- FIT下で太陽光発電による発電・売電事業が実現し、多様な産業から新規参入
- 太陽光発電システム価格低下は進むも、国際水準からは不十分
- 導入量の拡大で、ピーク時の発電設備としてのkW価値を認知

今後

- FITの見直しと系統連系制約で、新規の設備認定量は大幅低下
- 年間導入量は導入促進期間（特需）を終了し、持続的成長市場に移行
- 中心市場は、住宅、未利（活）用地、各種施設の屋根・屋上
- 導入主導地域は、接続可能量に余裕のある電力中3社管内に集中
- 自家消費モデルなどの新たなビジネスモデルの誕生と勃興
- 海外太陽電池メーカーの日本市場撤退の続出
- 電力システム改革の進展とともに、年間4～6GW規模の安定市場形成
- モノ作り中心の太陽光発電産業構造が変貌し、電力サービス部門が国内市場を牽引

太陽光発電を中心とする再生可能エネルギーの本格発展へ

3.7 日本市場の見通し



出典：㈱資源総合システム、「月刊太陽光発電情報」

4.1 COP21に連動して生まれた新たな再生可能エネルギー導入推進への取り組み

- インド・モディ首相主導の各国政府による太陽光発電普及のための「国際太陽光同盟（ISA）」の設立
- 世界各地域の太陽光発電産業団体による太陽光発電市場発展のための「世界太陽光発電連盟（GSC）」の設立
- 20ヶ国によるクリーンエネルギーの技術革新を推進する取り組み「ミッション・イノベーション」の発足
- 世界主要民間企業によるミッション・イノベーションを支える「エネルギー革新連合」の設立
- 世界主要な国際開発金融機関6機関による「クリーンエネルギー投資拡大」の共同声明
- 欧米系大企業による使用電力を100%再生可能エネルギーにしていく「RE100」への加盟企業の増加
- アフリカ開発銀行による2030年300GW導入を目指す「アフリカ再生可能エネルギー・イニシアチブ（AREI）」の発足

→ **世界レベルでの再生可能エネルギーの導入への加速**

出典：㈱資源総合システム「太陽光発電情報」（2015年12月）

4.2 今後の太陽光発電の利用環境変化

供給側の変化

- ・低炭素社会を軸にした電力供給システムへの転換
  - ー 原子力電力システムの後退にも対応
- ・世界の人口増加、民度向上に対応した電力インフラの増強
- ・社会・経済情勢に影響されにくい電力安定供給の確保
- ・新規の電力インフラ投資の抑制
- ・分散型電源の役割重視

↓

利用側の変化

- ・安定・安心かつ安価な電力の利用（災害時なども）
  - ー設置場所に自由度、地産地消型の利用
- ・エネルギー需給全体での最適化でコストダウン
  - ーデマンドレスポンス、HEMS,BEMS・スマートタウン
- ・小規模でも自由化された電力市場の利用
  - ー ICT 等利用したエネルギーシステム

↓

エネルギー需給体制の転換の始まり

4.3 基幹エネルギーの条件と太陽光発電への要求

- 安心 ☀
- 安全 ☀
- 安定 ☽
- 安価 ☽
- 簡便 ☀

☀：OK
☽：アプローチ中

→

- ○ 発電量の変動対策と予測性
- ○ 経済性と信頼性
- ○ 変換効率と発電量確実性
- ○ 安全性と耐久性
- ○ 供給構造の大規模性・安定性
- ○ 利用の多様性

4.4 基幹エネルギーに向けた今後5年間の重要な取り組み

分野	視点	具体的対応
太陽光発電の経済性、事業性の確保	イニシャル	☼ 太陽光発電システム設置コストの低減
	ランニング	☼ 太陽光発電システム運用コストの低減
	事業領域	☼ 再投資可能なビジネス設計
太陽光発電の発電量変動への対処	太陽光発電側	☼ 太陽光発電側での発電量変動への対処
	電力系統側	☼ 電力系統における変動対策
	需要側	☼ 発電と需要のマッチング確保
発電量予測と信頼性の確保	設備	☼ 機器の耐久性向上
	運用	☼ 太陽光発電システムの運用信頼性の向上と系統運用技術の高度化
	供給	☼ 発電量予測の確立
太陽光発電のスマート化	単独利用	☼ 一般利用者用太陽光発電システム ☼ 発電事業者用太陽光発電システム
	広域利用	☼ 地域コミュニティ連携の安定電力需給システム
	電力市場	☼ 電力の市場取引への参加
太陽光発電産業競争力の強化	モノ作り	☼ 太陽光発電システム製造産業の高度化
	利活用	☼ 太陽光発電の利活用産業の発展
	海外	☼ 戦略的海外展開
技術開発の加速	デバイス	☼ 太陽電池、システムの高効率化、低コスト化、生産性向上
	システム	☼ システム長期安定運用
	応用	☼ 新たな利用形態・利用分野の開拓

出典：㈱資源総合システム「太陽光発電情報」（2015年6月）

4.5 太陽光発電の対応方向

・再生可能ｴﾈﾙｷﾞｰを最大限に利用した新しいｴﾈﾙｷﾞｰ需給システムへ
　－分散型消費（民生分野）と集中型消費（産業分野）で異なる対応－
・太陽光発電の対応方向：（分散型電源として長所を生かした対応）
　分散型消費（民生分野）＝地域での地産地消型システム対応で中心的役割
　集中型消費（産業分野）＝既存電力システムの中に繰り入れ（補完的な役割）

太陽電池製造

1. 高効率、低コスト、高信頼性のモジュールの供給
　設置場所、分散型システム構築に自由度、＝地産地消への適合
2. 高生産性と生産規模の確保、先端的モジュールの供給
　安定供給 と技術発展性の維持で、利用分野の発展をバックアップ

太陽光発電システム供給

1. 地域内で地産地消を目指すスマートシステムの供給
2. 電力系統に供給する大規模発電システム（メガソーラー）の供給

4.6 太陽光発電システムの普及拡大を進めるべきこれからの日本市場

太陽光発電システムの普及拡大を進めるべきこれからの市場

10kW以上

【導入意義】
・系統制約が少ない
・用地費、造成費、系統連系、規制対応などの付帯費用負担が少ない
・導入へのリードタイムが短い
・自家消費型への移行も可能
・地産地消型の発展への基本システム
・電力協議が容易
・長期にわたる活用が可能
⋮

産業施設	（導入レベル3）
業務施設	（導入レベル2）
商業施設	（導入レベル3）
流通施設	（導入レベル2～3）
公共施設	（導入レベル4～5）
学校・文教施設	（導入レベル4～5）
集合住宅	（導入レベル2～3）
道路施設	（導入レベル2）
鉄道施設	（導入レベル2）
空地、特殊市場・その他	（導入レベル1）

【導入課題】
・自家消費型、地産地消型の普及誘導策
・経済性・収益性の向上
・屋根借りに対する法的対応整備
・導入へのビジネスモデル化、標準化
・屋根設置における耐荷重への対応
⋮

【導入レベル】
1:未開拓　2:開拓段階　3:初期市場の芽生え段階　4:初期市場段階　5:本格市場への移行段階

出典：㈱資源総合システム「太陽光発電情報」（2015年10月）

5.1 新たなサイクルを乗り切る各主要セクターの役割

【政府】

☀ 再生可能エネルギーを活用していくという、ブレない国家意思の堅持と実行

☼ **持続的な国内市場の維持・確保**
- 導入政策＋産業政策＆地域振興政策
- 地産地消型・需要地立地の導入誘導・推進

☼ **長期安定エネルギーに向けた事業環境整備**
- 系統連系制約からの最大限の解放
- エネルギー貯蔵促進制度（法）の整備
- 技術開発支援
- 予見性を高める情報公開（価格情報、認定情報、電力系統情報、出力抑制情報）

☼ **海外展開への積極的支援**
- 海外エネルギーインフラ整備支援
- 国際標準化の主導

出典：㈱資源総合システム「太陽光発電情報」（2015年11月）

新たなサイクルを乗り切る各主要セクターの役割

【太陽光発電業界】

☀ 太陽光発電産業の早期自立と国際競争力

☼ **太陽光発電の低コスト化の加速**
- 技術革新への対応と規模の確保

☼ **たゆまぬ技術開発と競争力の維持**
- 先端技術の確保
- 国内製造基盤の強化
- 安定したサプライチェーンの形成

☼ **多様なビジネスモデルの開発・展開**
- 自家消費型太陽光発電システム商品（スマート太陽光発電システム）展開
- 太陽光発電をベースとする発電事業
- 多様な太陽光発電利活用事業展開

☼ **世界市場獲得に向けた戦略的国際展開**

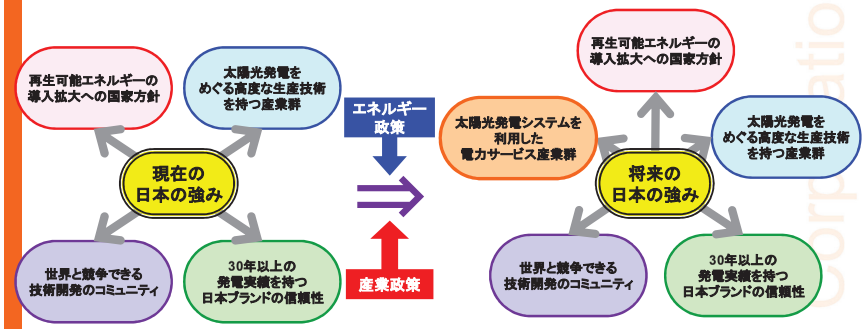
出典：㈱資源総合システム「太陽光発電情報」（2015年11月）

5.2 技術開発・研究開発機関への期待

太陽光発電の未来に向けて「攻めの技術開発」を展開し、産業の発展を維持すべき

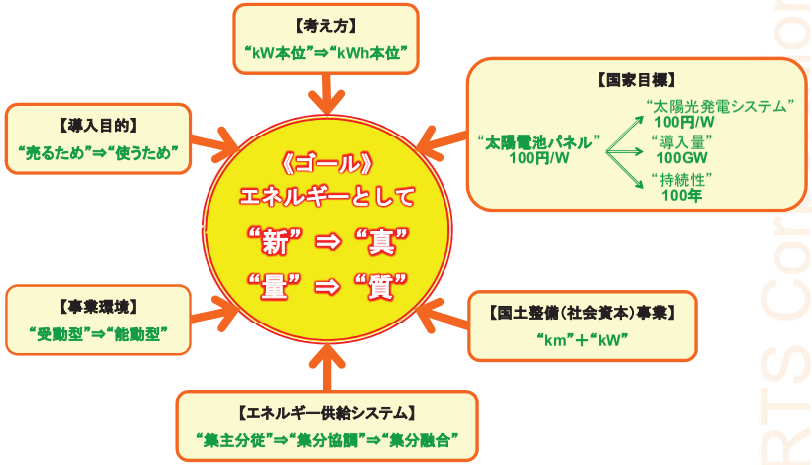
- 原理・技術の探索・追求
  - ー新たな太陽電池の開発可能性
    - ・新たな高性能デバイスの開発の可能性探索
  - ー新たな材料特性の提示と開発可能性
    - ・材料面からの可能性追求
- イノベーションをベースとする攻めの技術開発
  - ー技術体系全体を見通したイノベーション
  - ー差別化ができる高性能太陽電池＝チャンピオン性能の追求
- 産業界と一体となった技術開発／技術改善
  - ー産業界をリードできる新たなプロセス／技術
  - ー開発における方向性、現象の解明
- 人材育成
  - ー 技術をベースに事業全体を見通せる人材の育成
  - ー 太陽光発電の技術/研究開発者の育成
  - ー 企業の技術者の教育・育成への貢献

5.3 日本のさらなる強みの構築に向けて



5.4 エネルギーとしての本格導入にシフトしていくための太陽光発電システムの展開像

【太陽光スマート国家の実現に向けて】



出典：㈱資源総合システム「太陽光発電情報」（2015年4月）

ご清聴ありがとうございました。

【本セッションは、以下の㈱資源総合システム資料を基に構成 】

(1) 太陽光発電マーケット2015（2015年7月）
(2) 太陽光発電企業世界ファイル2015（2015年6月）
(3) 太陽光発電ビジネスサポートマニュアル（2015-2016年版）（2015年7月）
(4) 太陽光発電海外市場レポート2015年版 - 海外主要市場と新興市場 –（2015年7月）
(5) 日本市場における2020/2030年に向けた太陽光発電導入量予測（2015年7月）
(6) 住宅用太陽光発電システム市場の現状と見通し（2015年7月）
(7) 太陽光発電情報（各号）
(8) 各種コンサルティング資料

【太陽光発電に関するお問合せ先】

info@rts-pv.com
http://www.rts-pv.com/
株式会社 資源総合システム

第18回太陽光発電研究発表会 12 Mar. 2016

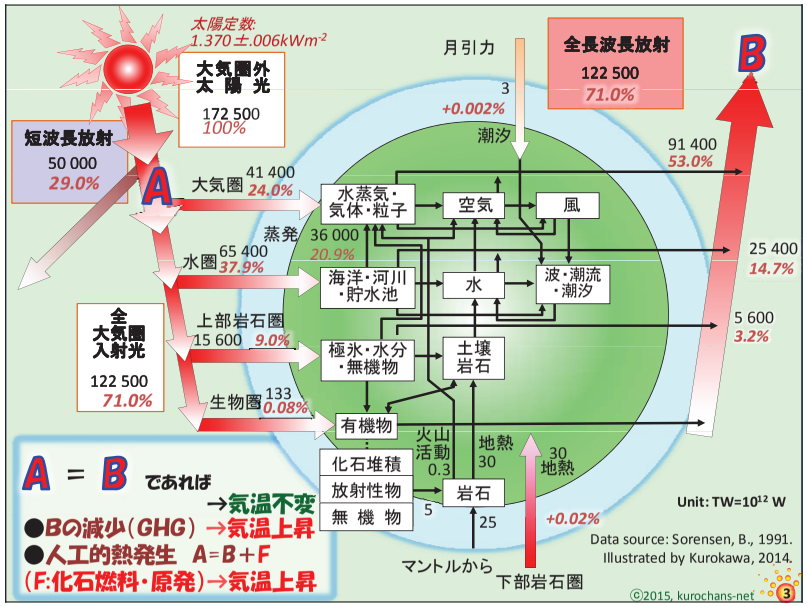
再生可能エネルギー アンサンブル

黒　川　浩　助

東京工業大学ソリューション研究機構
AES 国際研究センター　特任教授

再生可能エネルギー協議会　代表
東京農工大学　名誉教授
福島大学　客員教授

再生可能エネルギー導入促進フォーラム@建築会館2015.11.13（講演再録）



第18回太陽光発電研究発表会 12 Mar. 2016

再生可能エネルギー アンサンブル

- 再生可能エネルギー：真の価値
  - 多くは太陽エネルギー起源：地球環境持続性の意味
  - フットプリントとバイオキャパシティ
- 太陽光発電価値連鎖
  - 太陽光発電：時代の流れ
  - 太陽光発電価値連鎖

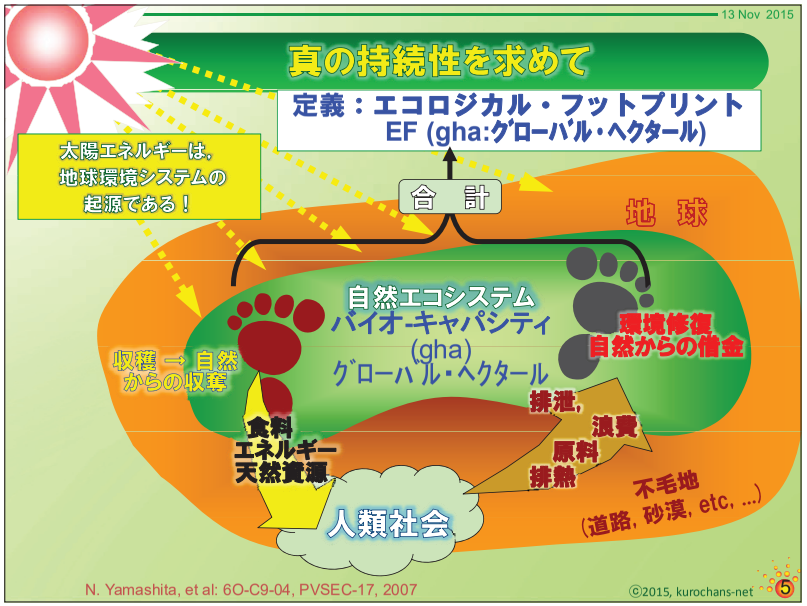
〔実施例特別報告〕
- 再生可能エネルギー熱利用加速化支援対策費補助金
- 独立型再生可能エネルギー発電システム等対策費補助金

再生可能エネルギー導入促進フォーラム@建築会館2015.11.13（講演再録）

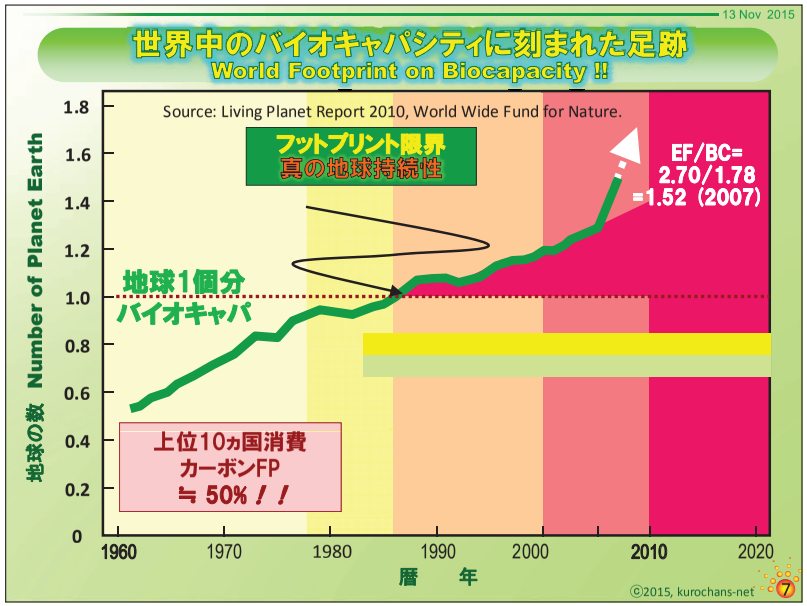
第18回太陽光発電研究発表会 12 Mar. 2016

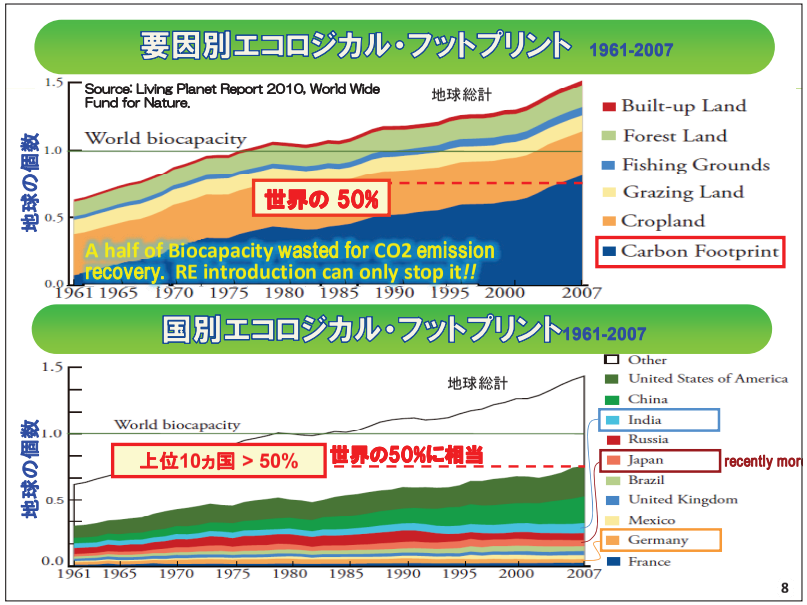
再生可能エネルギー アンサンブル

- 再生可能エネルギー：真の価値
  - 多くは太陽エネルギー起源：地球環境持続性の意味
  - フットプリントとバイオキャパシティ
- 太陽光発電価値連鎖
  - 太陽光発電：時代の流れ
  - 太陽光発電価値連鎖

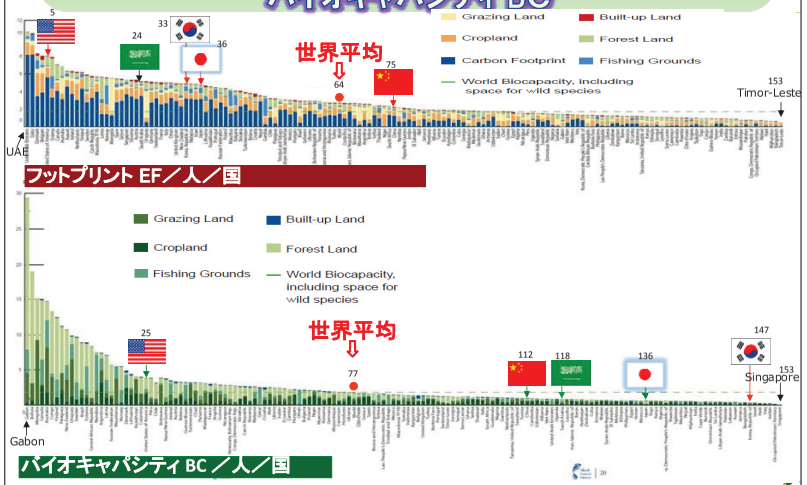

13 Nov 2015
真の持続性を求めて
定義：エコロジカル・フットプリント
EF (gha:グローバル・ヘクタール)
太陽エネルギーは、
地球環境システムの
起源である！
合　計
地　球
自然エコシステム
バイオ-キャパシティ
(gha)
グローバル・ヘクタール
環境修復
自然からの借金
収穫 → 自然
からの収奪
食料
エネルギー
天然資源
排泄,
浪費
原料
排熱
人類社会
不毛地
(道路, 砂漠, etc, ...)
N. Yamashita, et al: 6O-C9-04, PVSEC-17, 2007
©2015, kurochans-net
5

13 Nov 2015
真の持続性を求めて
太陽エネルギーは、
地球環境システムを
廻す動力である！
地　球
自然環境システム ＝
バイオキャパシティ
(gha)
環境修復
自然からの借金
収穫 →
自然からの
収奪
e−
カーボンフット
プリント
負担なしに
食料
エネルギー
天然資源
排泄,
浪費
原料
排熱
人類社会
不毛地
(道路, 砂漠, etc, ...)
マジック？
カーボン固定・
バイオキャパシティ
消費なし発電が
可能！！
N. Yamashita, et al: 6O-C9-04, PVSEC-17, 2007
©2015, kurochans-net
6


13 Nov 2015
世界中のバイオキャパシティに刻まれた足跡
World Footprint on Biocapacity !!
Source: Living Planet Report 2010, World Wide Fund for Nature.
フットプリント限界
真の地球持続性
EF/BC=
2.70/1.78
=1.52 (2007)
地球1個分
バイオキャパ
上位10ヵ国消費
カーボンFP
≒ 50% ！！
地球の数 Number of Planet Earth
1.8
1.6
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0
1960
1970
1980
1990
2000
2010
2020
暦　年
©2015, kurochans-net
7


要因別エコロジカル・フットプリント 1961-2007
Source: Living Planet Report 2010, World Wide Fund for Nature.
地球総計
World biocapacity
世界の 50%
A half of Biocapacity wasted for CO2 emission recovery. RE introduction can only stop it!!
地球の個数
1.5
1.0
0.5
0.0
1961 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2007
Built-up Land
Forest Land
Fishing Grounds
Grazing Land
Cropland
Carbon Footprint
国別エコロジカル・フットプリント 1961-2007
地球総計
World biocapacity
上位10ヵ国 > 50%
世界の50%に相当
地球の個数
1.5
1.0
0.5
0.0
1961 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2007
Other
United States of America
China
India
Russia
Japan
recently mor
Brazil
United Kingdom
Mexico
Germany
France
8

国別：エコロジカル・フットプリント EF バイオキャパシティ BC



Source: ECOLOGICAL FOOTPRINT ATLAS 2010
http://www.footprintnetwork.org/images/uploads/Ecological%20Footprint%20Atlas%202010.pdf

kurochans-net 9

13 Nov 2015

再生可能エネルギー・アンサンブル（1）

種　類	国内資源分布・立地容易性	変　動　性	他の特徴・課題
太陽光発電	・**ポテンシャル大** ・年間日射量国内地域差：ほぼ±10%程度 ・どこでもほぼ利用可 ・年平均1000時間程度稼働	・昼間・正弦波半波状 ・**脈動**：快晴・晴・薄曇り・曇天・雨天 ・日射強度に**比例した出力**	・**コスト低減が急速に進行中**
太陽熱利用	・低温利用有利 ・日本の太陽熱発電：直達分少なく不利	・昼間・正弦波半波状 ・日射強度に**非線形な出力** (低日射・変動で不利) ・**温水貯蔵が可能**	・**家庭給湯などに好適** ・80万台/1980年度販売ピーク；現状5万台/年程度 ・最近は見直しの機運あり
地上風力発電	・適地であれば2000時間/年～稼働 ・地域によって，資源量差大きい	・**昼間・夜間に稼働** ・**脈動率が大**(瞬間最大風速と平均風速の比)	・立地環境規制
洋上風力発電	・**海洋国：ポテンシャル大** ・陸上より風況は良好 ・建設工法開発進行中	・陸上に比較し，脈動小	・遠浅海岸が少なく浮上型の開発に力 ・海底ケーブル網必要 ・漁業権問題

ⓒ2015, kurochans-net 10

13 Nov 2015

再生可能エネルギー・アンサンブル（2）

種　類	国内資源分布・立地容易性	変　動　性	その他の特徴・課題
バイオマス発電	・森林国：ポテンシャル大 ・森林と消費地の距離	・**燃料調整により需給調整運転可能**	・林業の衰退が現状のネック
中小水力発電	・**未利用水力はある**	・**24時間定出力** ・流域降水雨量依存 ・季節差あり	・水利権問題
空気熱ヒートポンプ	・どこにでもある ・**省エネルギー空調の選択肢として**	・**熱源24時間利用可能**	・**太陽光発電と併設→貯湯 (昼→夕・夜へピークシフト)** ・深夜電力も利用可能
地中熱ヒートポンプ	・どこにでもある ・**ZEB/ZEH* での選択肢**	・**熱源24時間利用可能**	・基礎工事工法の開発進展が重要
地熱発電	・**世界3位のポテンシャル**	・**24時間定出力**	・立地環境規制 ・温泉業界との共存 **→バイナリー・サイクル有望**
電力貯蔵（水素貯蔵）	・**EV産業発展→低コスト化** ・**HEMS/BEMS**用蓄電池の普及** ・**新型蓄電池登場・大容量化** ・ベース系統には揚水発電	・**変動調整** ・**ピークシフト** ・**需給調整**	・**地域内でのある程度の需給安定化でコスト・メリット** ・**電力自由取引に期待**

注*) ZEB / ZEH :Zero Energy Building; Zero Energy House
注**) HEMS / BEMS: Home / Building Energy Management System

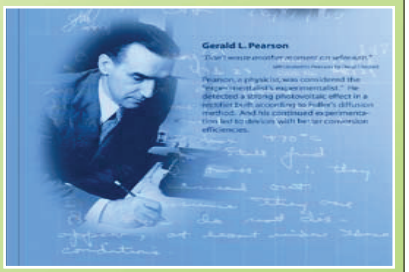
ⓒ2015, kurochans-net 11

第18回太陽光発電研究発表会

12 Mar. 2016

再生可能エネルギー アンサンブル

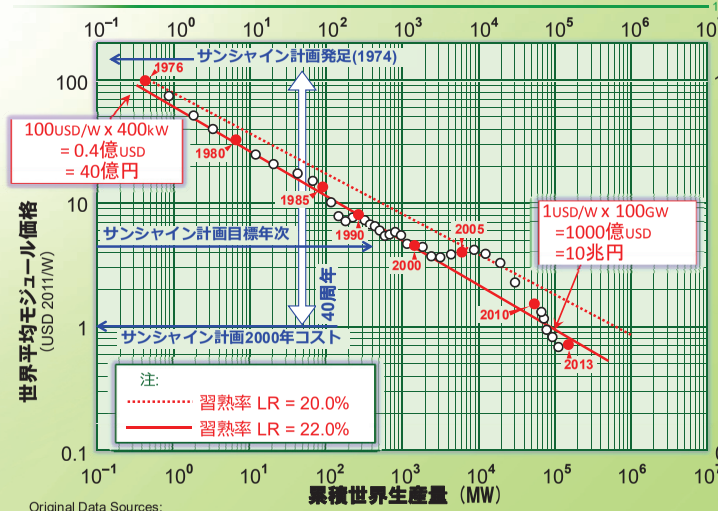
- 再生可能エネルギー：真の価値
  - 多くは太陽エネルギー起源：地球環境持続の意味
  - フットプリントとバイオキャパシティ
- 太陽光発電価値連鎖
  - 太陽光発電：時代の流れ
  - 太陽光発電価値連鎖



カルビンS.フラー
ジェラルド ピアソン
ダリルM.チャピン

60年前：1953年，ベル研究所においてシリコンP-N接合太陽電池の発明され，1954年にニューヨークで記者発表

ⓒ2015, kurochans-net



Original Data Sources:
(1) 1976-2005: Gregory Nemet (University of Wisconsin) : Learning Curves for Photovoltaics, June 2007, International Energy Agency
(2) 2006-2013: International Technology Roadmap for Photovoltaics (SEMI-ITRPV), Report 2014 http://www.itrpv.net/Reports/Downloads/
(3) Learning curve fit by K. Kurokawa, 2014.

ⓒ2015, kurochans-net

太陽電池モジュール・コストダウン基本戦略

分 子 側 の 改 善

② 材料使用量低下：薄型セル；集光によるセル面積減少
③ 材料選択による改善
④ 面積当たりのタクトタイム(m^2/ sec)短縮による量産性改善
⑤ 生産歩留まり改善

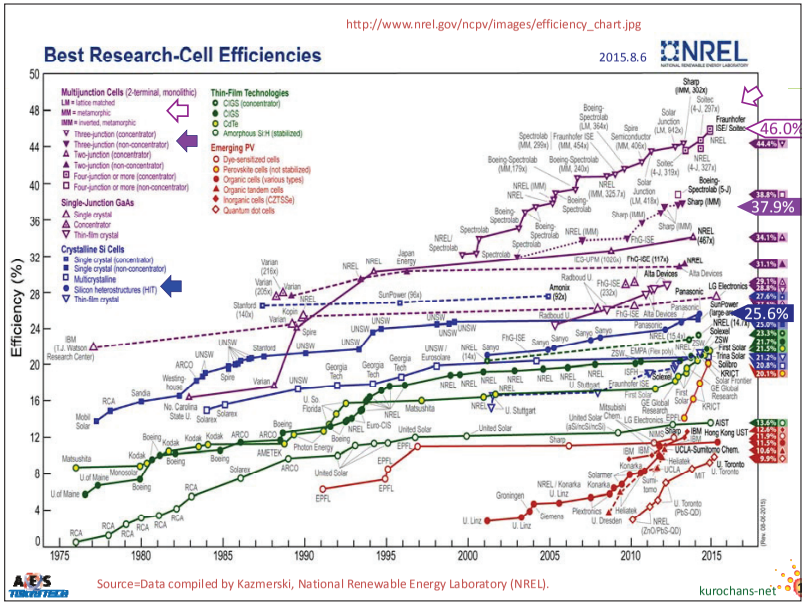
$$\frac{\text{Cost}}{\text{Watt}}\downarrow = \frac{\text{Cost/m}^2}{\text{Watt/m}^2} = \frac{\text{Process Cost}\ \downarrow}{\text{Cell Efficiency}\ \uparrow} \qquad (1)$$

分 母 側 の 改 善

① セル効率改善：材料選択，デバイス構造，製造プロセス改良，etc. ⇨ 面積当たりセル出力 Watt/m^2 増加

ⓒ2015, kurochans-net

http://www.nrel.gov/ncpv/images/efficiency_chart.jpg

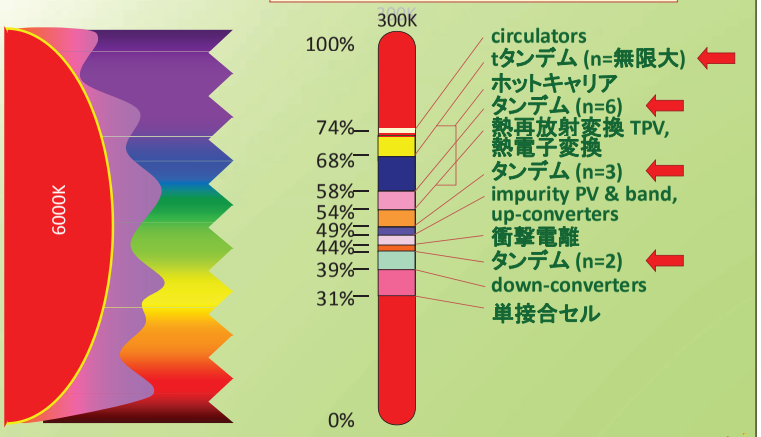


Source=Data compiled by Kazmerski, National Renewable Energy Laboratory (NREL).

kurochans-net

第3世代太陽電池動作概念 by Prof. Martin Green

$\eta \leq 93.3\%(直達) = 73.7\%(全天)$



[Source] Martin Green, UNSW: Photovoltaics – Electricity from Sunlight

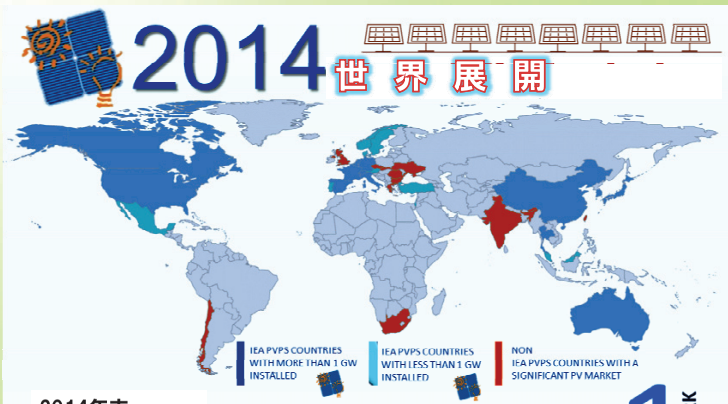
©2015, kurochans-net

日本の行き方： NEDO 太田市プロジェクト ～ 2010

- 3-4kW/軒 →家庭の消費電力の70-80% kWh
- FIT 20 年 →7 年で回収!→*さらに, 30～40年運転可能性*
- 100万軒 突破:1 Million Houses

©2015, kurochans-net

2014 世界展開



2014年末

177 GW

世界設置量（累積）

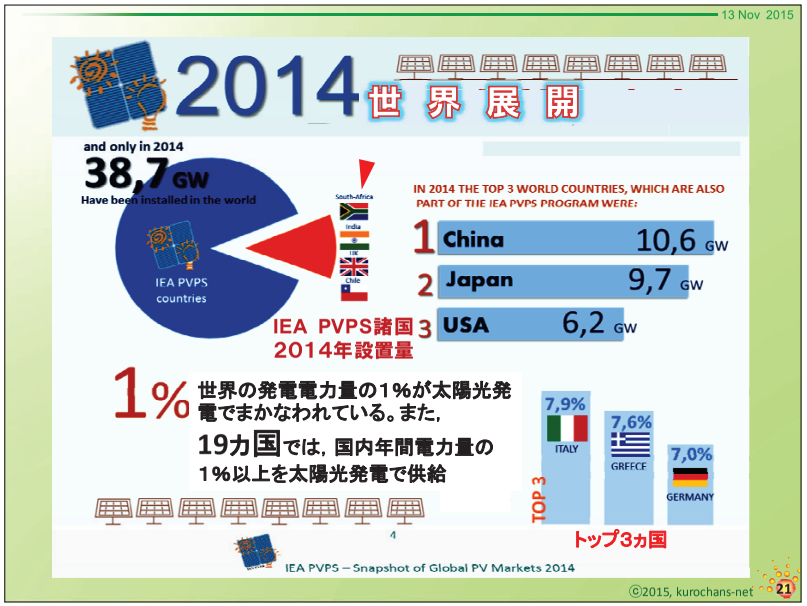
20ヵ国が累積1GWをマーク
2014年に5ヵ国が少なくとも1GW設置

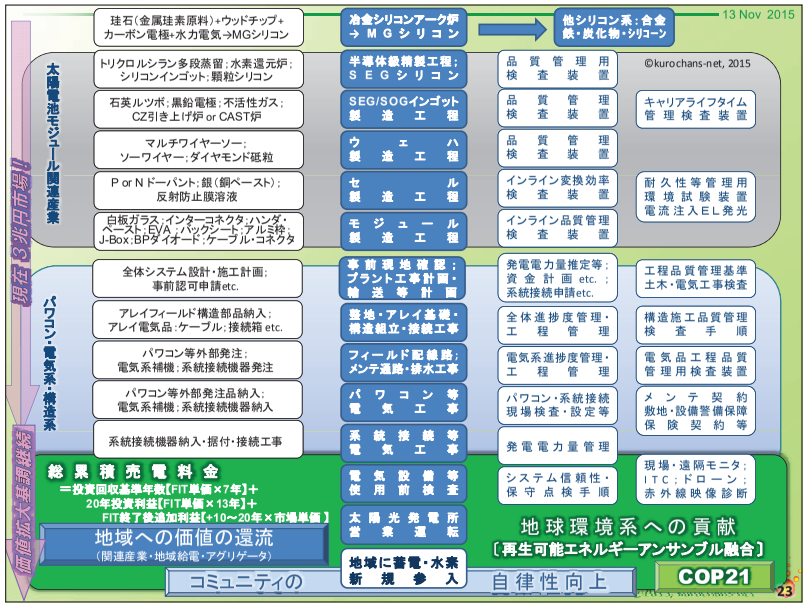
1 GW MARK

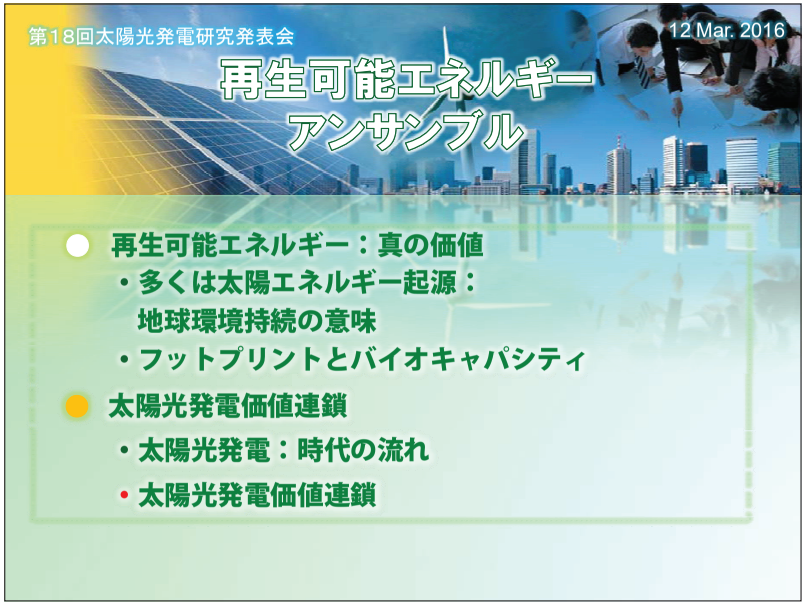
of cumulative PV systems capacity at the end of 2014 and 5 countries installed at least 1 GW in 2014 (compared to 9 in 2013).

IEA PVPS – Snapshot of Global PV Markets 2014

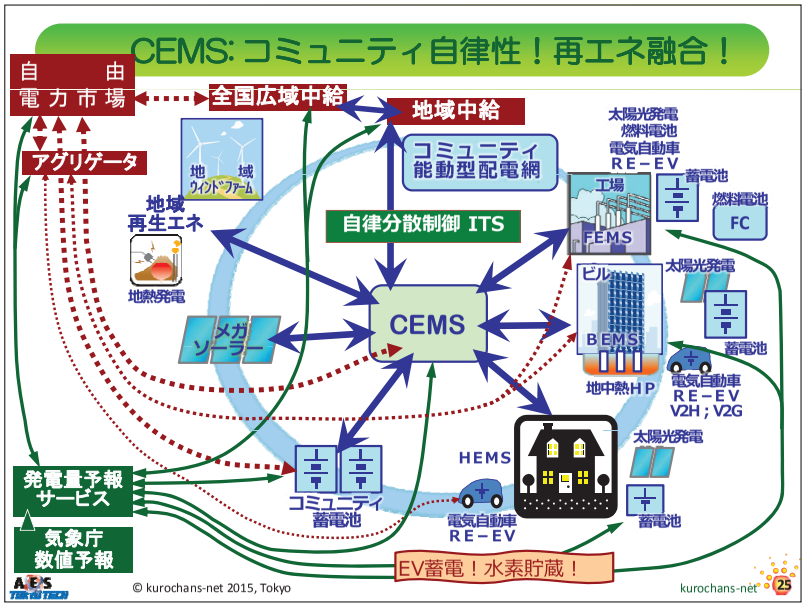
©2015, kurochans-net


13 Nov 2015
2014 世界展開
and only in 2014
38,7 GW
Have been installed in the world
IEA PVPS countries
IN 2014 THE TOP 3 WORLD COUNTRIES, WHICH ARE ALSO PART OF THE IEA PVPS PROGRAM WERE:
1 China 10,6 GW
2 Japan 9,7 GW
3 USA 6,2 GW
IEA PVPS諸国 2014年設置量
1% 世界の発電電力量の1%が太陽光発電でまかなわれている。また，
19カ国では，国内年間電力量の1%以上を太陽光発電で供給
7,9% ITALY
7,6% GREECE
7,0% GERMANY
TOP 3
トップ3ヵ国
IEA PVPS – Snapshot of Global PV Markets 2014
©2015, kurochans-net
21

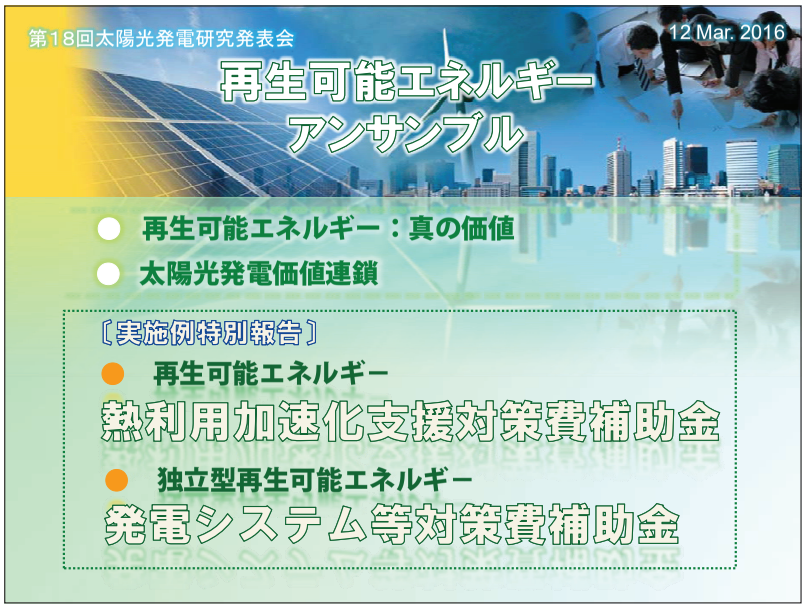

13 Nov 2015
現在約3兆円市場
太陽電池モジュール関連産業
パワコン・電気系・構造系
総合産業
珪石(金属珪素原料)+ウッドチップ+カーボン電極+水力電気→MGシリコン
冶金シリコンアーク炉 → MGシリコン
他シリコン系：合金鉄・炭化物・シリコーン
トリクロルシラン多段蒸留；水素還元炉；シリコンインゴット；顆粒シリコン
半導体級精製工程；SEGシリコン
品質管理用検査装置
©kurochans-net, 2015
石英ルツボ；黒鉛電極；不活性ガス；CZ引き上げ炉 or CAST炉
SEG/SOGインゴット製造工程
品質管理検査装置
キャリアライフタイム管理検査装置
マルチワイヤーソー；ソーワイヤー；ダイヤモンド砥粒
ウェハ製造工程
品質管理検査装置
P or N ドーパント；銀(銅ペースト)；反射防止膜溶液
セル製造工程
インライン変換効率検査装置
耐久性等管理用環境試験装置 電流注入EL発光
白板ガラス；インターコネクタ；ハンダ・ペースト；EVA；バックシート；アルミ枠；J-Box；BPダイオード；ケーブル・コネクタ
モジュール製造工程
インライン品質管理検査装置
全体システム設計・施工計画；事前認可申請etc.
事前現地確認；プラント工事計画・輸送等計画
発電電力量推定等；資金計画etc.；系統接続申請etc.
工程品質管理基準 土木・電気工事検査
アレイフィールド構造部品納入；アレイ電気品：ケーブル；接続箱 etc.
整地・アレイ基礎・構造組立・接続工事
全体進捗度管理・工程管理
構造施工品質管理 検査手順
パワコン等外部発注；電気系補機；系統接続機器発注
フィールド配線路；メンテ通路・排水工事
電気系進捗度管理・工程管理
電気品工程品質管理用検査装置
パワコン等外部発注品納入；電気系補機；系統接続機器納入
パワコン等電気工事
パワコン・系統接続現場検査・設定等
メンテ契約 敷地・設備警備保障 保険契約等
系統接続機器納入・据付・接続工事
系統接続等電気工事
発電電力量管理
総果積充電料金
＝投資回収基準年数【FIT単価×7年】＋20年投資利益【FIT単価×13年】＋FIT終了後追加利益【+10～20年×市場単価】
電気設備等使用前検査
システム信頼性・保守点検手順
現場・遠隔モニタ；ITC；ドローン；赤外線映像診断
地域への価値の還流
（関連産業・地域給電・アグリゲータ）
太陽光発電所営業運転
地域に蓄電・水素新規参入
地球環境系への貢献
〔再生可能エネルギーアンサンブル融合〕
コミュニティの
自律性向上
COP21
23

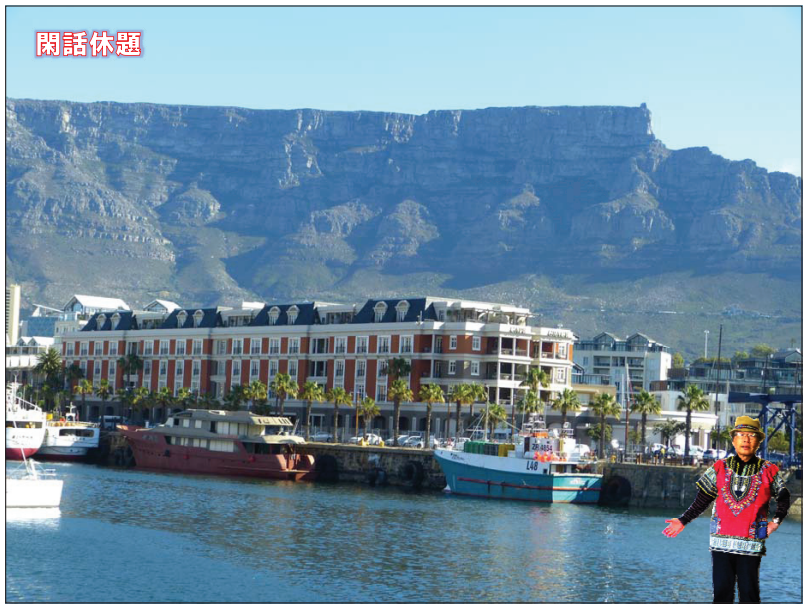

第18回太陽光発電研究発表会
12 Mar. 2016
再生可能エネルギー アンサンブル
再生可能エネルギー：真の価値
・多くは太陽エネルギー起源：地球環境持続の意味
・フットプリントとバイオキャパシティ
太陽光発電価値連鎖
・太陽光発電：時代の流れ
・太陽光発電価値連鎖

太陽光発電産業コミュニティ（イメージ）
佐倉第３工業団地
V2H：社員所有EV充電 →夕刻家庭ピーク
太陽光発電供給率
屋根面積の70%に21MW，壁面積の60%に6MW，駐車場の70%に9MWが設置可能（団地面積の37%）．地域発電量は消費量の約40%～70%(推定方法で異なる)
潜在導入可能量
全国工業団地の約60%を想定すると約2,600万kWが可能(年間24,000GWh相当)
(出典) PVTECシステム実用化委員会・第3章住宅コミュニティケーススタディ，1995.3.
24


CEMS: コミュニティ自律性！再エネ融合！
自由
電力市場
全国広域中給
地域中給
アグリゲータ
コミュニティ
能動型配電網
自律分散制御 ITS
地域
ウィンドファーム
地域
再生エネ
地熱発電
メガ
ソーラー
CEMS
太陽光発電
燃料電池
電気自動車
RE−EV
蓄電池
工場
FEMS
燃料電池
FC
ビル
BEMS
太陽光発電
蓄電池
地中熱HP
電気自動車
RE−EV
V2H；V2G
HEMS
太陽光発電
蓄電池
電気自動車
RE−EV
コミュニティ
蓄電池
発電量予報
サービス
気象庁
数値予報
EV蓄電！水素貯蔵！
© kurochans-net 2015, Tokyo
kurochans-net
25

閑話休題
IEC TC82 Plenary Meeting
5 Nov.2015, Pretoria, South Africa


第18回太陽光発電研究発表会
12 Mar. 2016
再生可能エネルギー
アンサンブル
再生可能エネルギー：真の価値
太陽光発電価値連鎖
〔実施例特別報告〕
再生可能エネルギー
熱利用加速化支援対策費補助金
独立型再生可能エネルギー
発電システム等対策費補助金


閑話休題

1－1. 補助事業の概要

＜再生可能エネルギー－**熱利用加速化**支援対策費補助金＞

- エネルギー消費に占める冷暖房、給湯等の熱需要の割合は業務部門での割合が大きく、再生可能エネルギーの一層の拡大には、発電分野だけでなく熱利用分野での導入を加速することが重要
- 地域における再生可能エネルギー熱利用の拡大を図るため、平成23年度から太陽熱や地中熱、バイオマス熱利用設備等の導入支援を開始
- **平成26年度末までに473事業で再生可能エネルギー熱利用設備を設置完了**

1. 補助対象設備

太陽熱利用 | 温度差エネルギー利用 | 雪氷熱利用 | 地中熱利用 | バイオマス熱利用 | バイオマス燃料製造

2. 補助事業者・補助率

- ・地方公共団体 ・非営利民間団体（社会福祉法人・医療法人・学校法人など） ➡ 補助対象経費の1／2以内
- ・民間事業者等（法人及び青色申告を行っている個人事業者） ➡ 補助対象経費の1／3以内

3. 予算の推移

年度	H23年度	H24年度	H25年度	H26年度	H26年度補正（H27年度）
予算	35億円	40億円	40億円	40億円	60億円

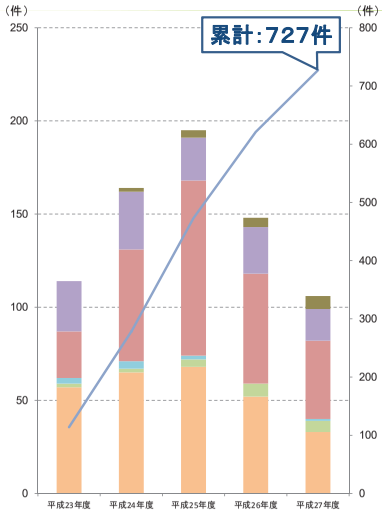
13 Nov 2015

再生可能エネルギー
熱利用加速化支援対策費補助金
実施状況

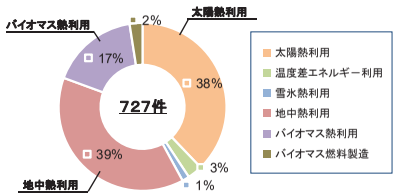
©2015, kurochans-net

1－2. 年度別補助金交付件数

＜再生可能エネルギー－**熱利用加速化**支援対策費補助金＞



＜エネ種別の比率＞



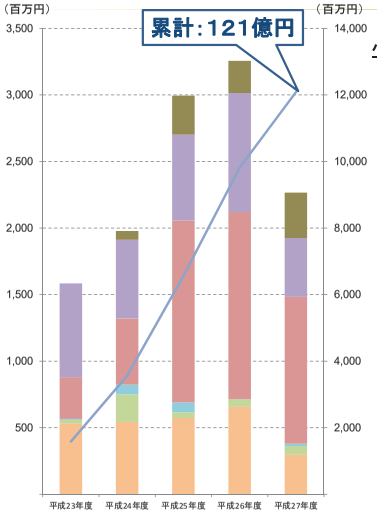
■年度別補助金交付件数（件）

	H23年度	H24年度	H25年度	H26年度	H27年度	合計
太陽熱	57	65	68	52	33	275
温度差	2	2	4	7	6	21
雪氷熱	3	4	2	-	1	10
地中熱	25	60	94	59	42	280
バイオマス熱	27	31	23	25	17	123
バイオ製造	-	2	4	5	7	18
計	114	164	195	148	106	727

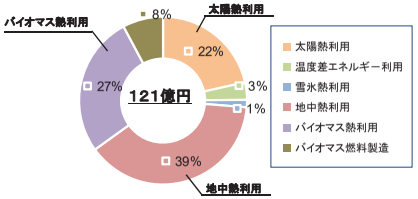
※H23～H26年度は確定件数、H27年度は第2次公募締切までの申請件数

1－3．年度別補助金交付金額

＜再生可能エネルギー－**熱利用加速化**支援対策費補助金＞



＜エネ種別の比率＞



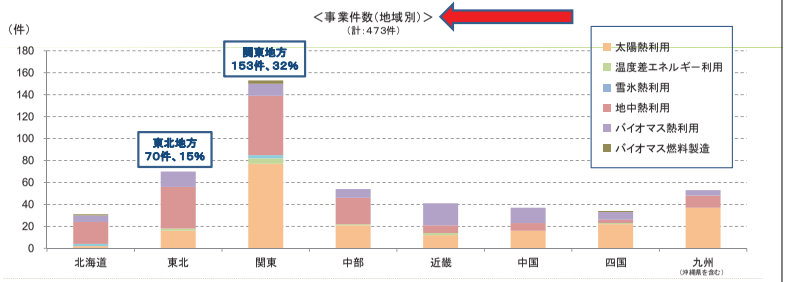
■年度別補助金交付金額（百万円）

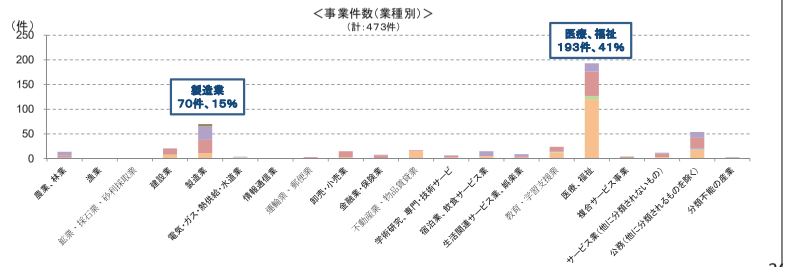
	H23年度	H24年度	H25年度	H26年度	H27年度	合計
太陽熱	530	544	573	657	297	2,600
温度差	30	207	43	58	66	403
雪氷熱	7	73	74	-	18	172
地中熱	313	497	1,367	1,406	1,103	4,686
バイオマス熱	705	591	645	894	442	3,276
バイオ製造	-	66	293	242	341	942
計	**1,584**	**1,978**	**2,995**	**3,256**	**2,266**	**12,079**

※H23～H26年度は確定額、H27年度は第2次公募締切までの申請金額

1－4．導入状況（地域別・業種別）

＜再生可能エネルギー－**熱利用加速化**支援対策費補助金＞

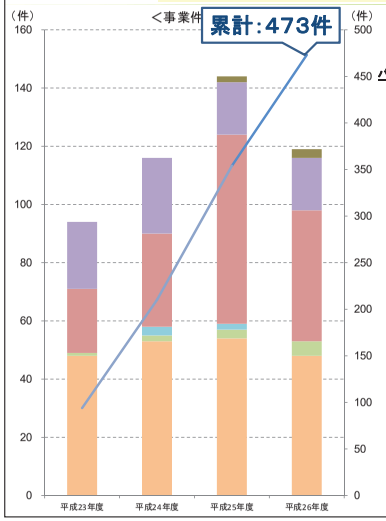




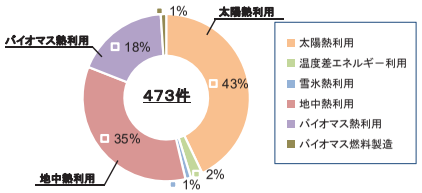
1－4．導入状況（年度別）

＜再生可能エネルギー－**熱利用加速化**支援対策費補助金＞

- **平成23年度から平成26年度までに473事業が完了**
- **太陽熱利用（43%）、地中熱利用（35%）で全体の約8割を占める**



＜エネ種別の比率＞



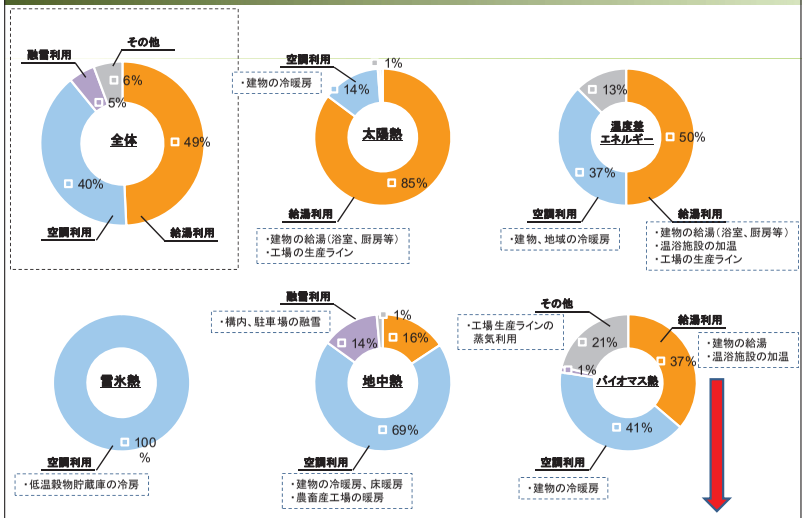
■事業件数（件）

	H23年度	H24年度	H25年度	H26年度	合計
太陽熱	48	53	54	48	203
温度差	1	2	3	5	11
雪氷熱	-	3	2	-	5
地中熱	22	32	65	45	164
バイオマス熱	23	26	18	18	85
バイオ製造	-	-	2	3	5
計	**94**	**116**	**144**	**119**	**473**

※複数年事業は最終年度に計上

1－5．熱供給先の用途

＜再生可能エネルギー－**熱利用加速化**支援対策費補助金＞

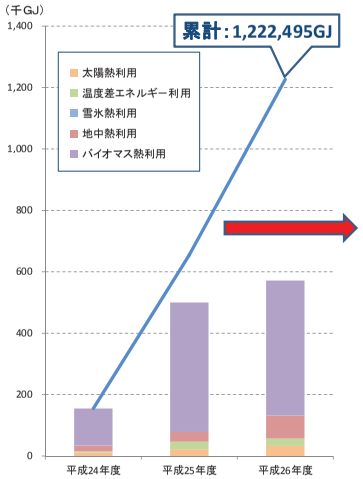


- **熱供給量の累計は１２２万ＧＪうち，８０％がバイオマス熱利用**

1－6. 熱供給量（年度別）

＜再生可能エネルギー**熱利用加速化**支援対策費補助金＞

・熱供給量の累計は1，222，495GJうち、80%がバイオマス熱利用



■熱供給量（GJ）

集計期間	平成24年度	平成25年度	平成26年度	合計
太陽熱	11,086（47件）	22,388（101件）	28,932（144件）	62,406（292件）
温度差エネルギー	3,954（1件）	23,714（3件）	23,704（5件）	51,373（9件）
雪氷熱	-	604（3件）	658（3件）	1,263（6件）
地中熱	19,327（22件）	31,743（52件）	74,430（112件）	125,501（186件）
バイオマス熱	120,446（23件）	421,646（45件）	439,861（65件）	981,953（133件）
計	154,814（93件）	500,096（204件）	567,585（329件）	1,222,495（626件）

※利用状況報告により集計

■燃料製造量（Nm³）

集計期間	平成24年度	平成25年度	平成26年度	合計
バイオマス燃料製造	-	-	44,580（2件）	44,580（2件）

※利用状況報告により集計

1－9. 被災者支援の取組と再生可能エネルギー熱利用

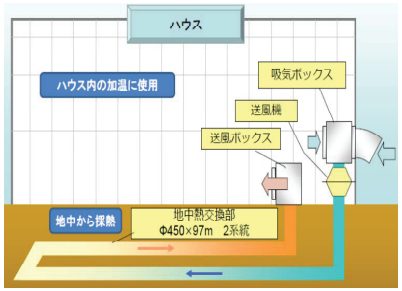
震災被災者支援を契機として市とJAが連携強化

→東日本大震災により被災した宮城県亘理町のいちご生産者の受入・支援をJAが積極的に進め、いちご栽培の定着拡大を目指した取組を推進

伊達市就農支援研修センター地中熱ハウス設置事業（平成26年度）

冬場のいちご生産における暖房費削減を目的

- 園芸ハウス直下に熱交換管を埋設
- 冬期は地中熱でハウス内温度をある程度確保
- 不足時暖房機運転



年間想定温熱生産量：**215**GJ／年

（ハウス内）

1－8. 震災からの復興と再生可能エネルギー熱利用

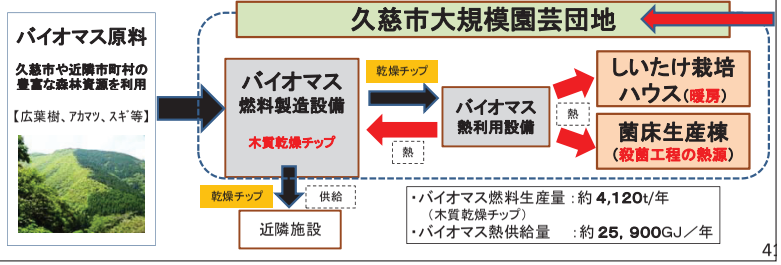
久慈市復興計画

- Ⅰ．生活を再建する
- Ⅱ．水産業を復興する
- Ⅲ．交流人口を拡大する
- Ⅳ．災害に強いまちづくりを進める
- **Ⅴ．再生可能エネルギー等に取り組む**

- ○保健医療施設に発電・蓄電設備を整備
- ○避難所に発電・蓄電設備を整備
- **○木質バイオマスの活用**
- ○住宅用太陽光発電システムの普及促進
- **○再生可能エネルギーの開拓**
- ○地球温暖化対策の推進
- ○LED電灯の普及促進

■　必要な電力は、自らの手で創造する「自助」
■　地域や近隣の人々がお互いに支え合う「共助」
■エネルギーの活用・供給の拠点となる「まち」を目指す

久慈市大規模園芸団地地用バイオマス供給施設整備事業　（平成26年度～平成27年度）



・バイオマス燃料生産量：約 **4,120**t/年（木質乾燥チップ）
・バイオマス熱供給量　：約 **25，900**GJ／年

独立型再生可能エネルギー

発電システム等対策費補助金

実施状況

©2015, kurochans-net

2－1. 補助事業の概要

＜独立型再生可能エネルギー発電システム等対策費補助金＞

- 再生可能エネルギーはエネルギー起源の温室効果ガスの排出削減に寄与することから、再生可能エネルギー発電設備を設置し、その電力を自ら消費するニーズの高まり
- 再生可能エネルギーの導入拡大を図るため、平成24年度から自家消費向け（固定価格買取制度の設備認定を受けないもの、年間発電量がひとつの需要先の年間消費電力量の範囲内であるもの）の再生可能エネルギー発電設備等の導入支援を開始
- **平成26年度末までに273事業で独立型再生可能エネルギー発電設備を設置完了**

1. 補助対象となる再生可能エネルギー熱利用設備

太陽光発電　風力発電　バイオマス発電　水力発電　地熱発電　蓄電池

2. 補助事業者・補助率について

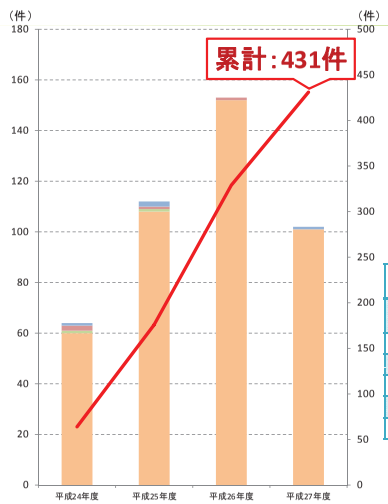
- ・地方公共団体
  ・非営利民間団体（社会福祉法人・医療法人・学校法人など） ➡ 補助対象経費の1／2以内
- ・民間事業者等（法人及び青色申告を行っている個人事業者） ➡ 補助対象経費の1／3以内

3. 事業予算の推移

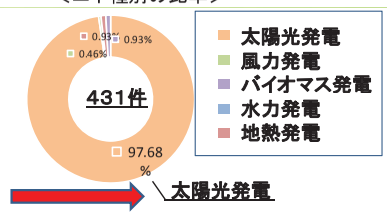
年度	H24年度	H25年度	H26年度	H26年度補正（平成27年度）
予算	9．8億円	30億円	25億円	35億円

2－2. 年度別補助金交付件数

＜独立型再生可能エネルギー発電システム等対策費補助金＞



＜エネ種別の比率＞



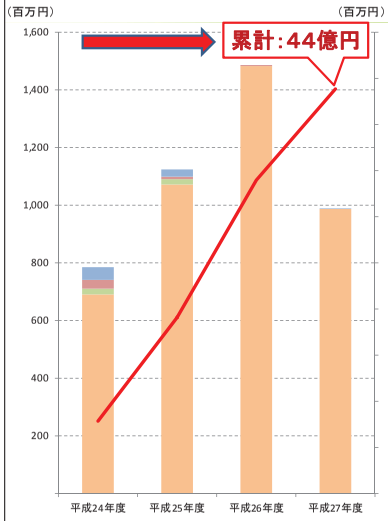
■年度別補助金交付件数（件）

	H24年度	H25年度	H26年度	H27年度	合計
太陽光発電	60（7）	108（9）	152（18）	101（18）	420
風力発電	1	1	-	-	2
バイオマス発電	2	1	1	-	4
水力発電	1	2	-	1	4
地熱発電	-	-	-	-	-
計	64	112	153	102	431

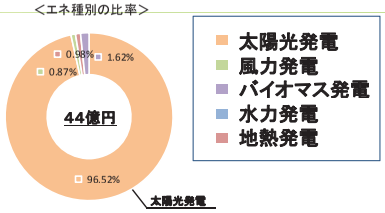
※H24～H26年度は確定件数、H27年度は第2次公募締切までの申請件数
※括弧は蓄電池併設の案件数

2－3. 年度別補助金交付金額

＜独立型再生可能エネルギー発電システム等対策費補助金＞



＜エネ種別の比率＞



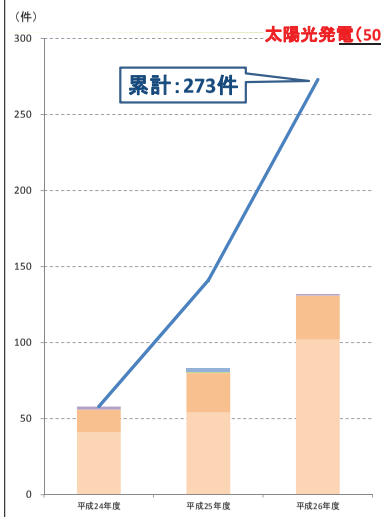
■年度別補助金交付金額（百万円）

	H24年度	H25年度	H26年度	H27年度	合計
太陽光発電	691	1,072	1,483	987	4,232
風力発電	20	18	-	-	38
バイオマス発電	30	9	4	-	73
水力発電	44	25	-	2	71
地熱発電	-	-	-	-	-
計	785	1,124	1,486	989	4,384

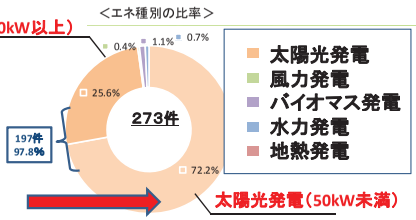
※H23～H26年度は確定額、H27年度は第2次公募締切までの申請金額
※太陽光発電には蓄電池設備の金額を含む

2－4. 導入状況（年度別）

＜独立型再生可能エネルギー発電システム等対策費補助金＞



＜エネ種別の比率＞



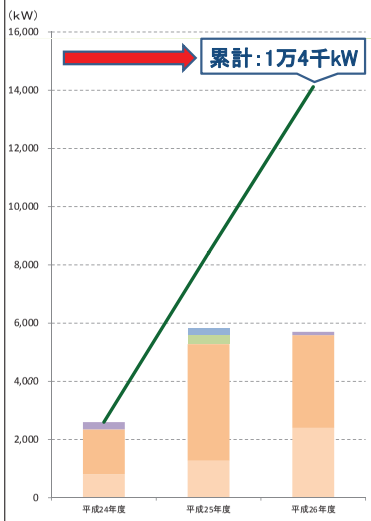
■事業実施件数（件）

	H24年度	H25年度	H26年度	合計
太陽光発電　（小計）	56	80	131	267
50kW未満	41	54	102	197
50kW以上	15	26	29	70
風力発電	-	1	-	1
バイオマス発電	2	-	1	3
水力発電	-	2	-	2
計	58	83	132	273

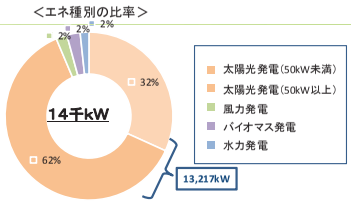
※複数年事業は最終年度に計上

2－4. 導入状況（発電出力）

＜独立型再生可能エネルギー発電システム等対策費補助金＞



＜エネ種別の比率＞



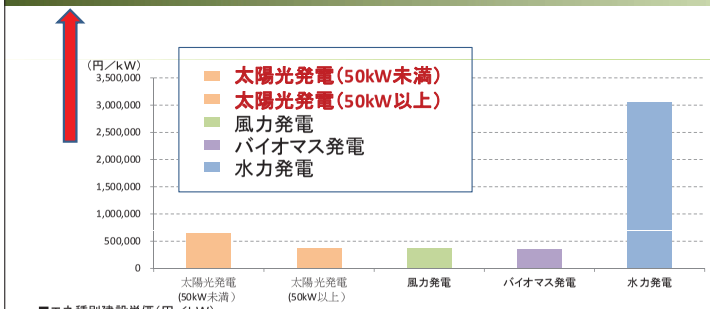
■発電出力（kW）

	件数	出力	最大
太陽光発電　（小計）	267件	13,217kW	
50kW未満	197件	4,486	49
50kW以上	70件	8,731	600
風力発電	1件	300	300
バイオマス発電	3件	362	130
水力発電	1件	237	235
合計	273件	14,116	-

※複数年事業は最終年度に計上

2－5. 建設単価

＜独立型再生可能エネルギー発電システム等対策費補助金＞



■エネ種別建設単価（円／kW）

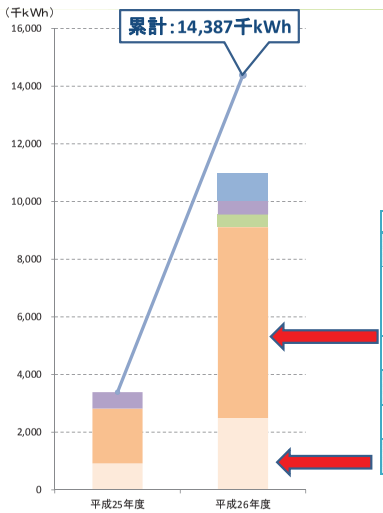
	太陽光発電（50kW未満）	太陽光発電（50kW以上）	風力発電	バイオマス発電	水力発電
件数	197	70	1	3	2
平均値	657,589	507,081	367,272	357,744	3,061,585
（平成24年度）	712,940	474,354	-	374,953	-
（平成25年度）	667,020	503,959	367,272	-	3,061,585
（平成26年度）	630,348	526,808	-	323,326	-
（平成27年度）	603,750	370,000	-	-	750,278
中間値	618,000	435,740	367,272	323,326	750,278
最大値	1,736,842	972,222	367,272	482,353	5,650,000
最小値	224,881	232,500	367,272	267,554	473,170

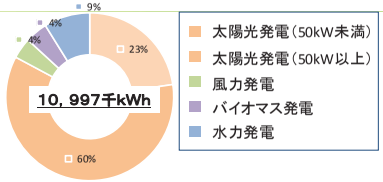
※建設単価＝補助対象経費（交付申請時）÷発電出力（交付申請時）

2－6. 発電電力量（年度別）

＜独立型再生可能エネルギー発電システム等対策費補助金＞

＜平成26年度発電電力量の比率＞





■発電電力量（kWh）

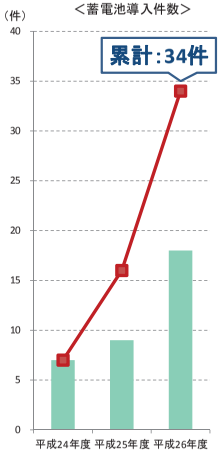
	平成25年度	平成26年度	合計
太陽光発電　（小計）	2,821,372（56件）	9,108,659（136件）	11,930,031（192件）
50kW未満	917,059（41件）	2,492,917（95件）	3,409,976（136件）
50kW以上	1,904,312（15件）	6,615,743（41件）	8,520,055（56件）
風力発電	-	440,627（1件）	440,627（1件）
バイオマス発電	567,821（2件）	474,425（2件）	1,042,246（4件）
水力発電	-	973,837（2件）	973,837（2件）
計	3,389,193（58件）	10,997,549（141件）	14,386,741（199件）

※利用状況報告により集計

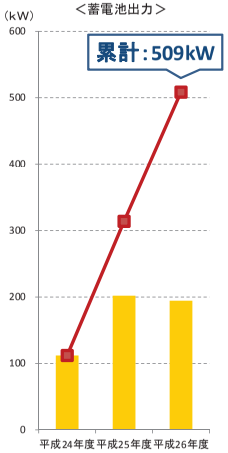
2－7. 導入状況（蓄電池）

＜独立型再生可能エネルギー発電システム等対策費補助金＞

＜蓄電池導入件数＞



＜蓄電池出力＞



■蓄電池出力

	10kW未満	20kW以下	30kW以下	30kW以上	合計
件数	10件	14件	6件	4件	34件
出力	28kW	141kw	120kW	220kW	509kW

〔黒川の参考コメント〕

蓄電池の設置：

- 自律度向上の切り札
- スマート化への道
- システム改革の進行とともに新ビジネスの可能性

2－8．事例③

工業用水の活用による小水力発電事業

東レ株式会社名古屋事業場　小水力発電設備導入事業（平成27年度～平成28年度）

尾張東部浄水場

標高差で給水

・わずかな落差や流水の持つ流速を利用
・工場・施設などの省エネの手段としても有効

名古屋事業場　第3工場

工業用水

工場内の消費電力の一部として使用

冷却水として使用（冷却水ピット）

発電出力：67kW

年間想定発電電力量：約364,000kWh／年

第18回太陽光発電研究発表会　12 Mar. 2016

再生可能エネルギー アンサンブル

- 再生可能エネルギー：真の価値
  - 多くは太陽エネルギー起源：地球環境持続性の意味
  - フットプリントとバイオキャパシティ
- 太陽光発電価値連鎖
  - 太陽光発電：時代の流れ
  - 太陽光発電価値連鎖

〔実施例特別報告〕
- 再生可能エネルギー熱利用加速化支援対策費補助金
- 独立型再生可能エネルギー発電システム等対策費補助金

再生可能エネルギー導入促進フォーラム@建築会館2015.11.13（講演再録）

第18回太陽光発電研究発表会　12 Mar. 2016

時代が求める分散調和型「再生可能エネルギー・アンサンブル」

- わが国の太陽光発電や風力発電では，昨年「系統接続保留問題」が大きく取り上げられた。これを契機として，再生可能エネルギーは地域分散型システムの特性を活かした「利口なシステム」へ向かおうとしている。複数の地域再生可能エネルギー源をうまく組み合わせ，パワエレによる高速高精度制御，エネルギー貯蔵機能の追加，地域最適化を優先した制御ロジックが求められているが，技術的には機は熟している判断される。
- 本年末にはパリにおいて，COP21が開催されるため，一時関心が薄れていた地球温暖化対策について国内でも再び関心は高まりつつある。この面での「再生可能エネルギー」は，本質的に持続可能であるという基本認識を忘れないで欲しい。再生可能エネルギー時代の到来を待ちたい。
- 再生可能エネルギー産業は，太陽光発電でも見られるように，地域型のバリューチェン構成，装置産業だけでなく，多様な需要形態や立地の多様性，建設・運転・保守など，また，発電エネルギー価値の地域還元は地域の価値を高める。
- 再生可能エネルギーはシステム自身が本質的に地域型であり，システムの自律性が発揮されることにより，メリットの最大化ができる。時代は地域新規参入事業への展開など，地域に根ざした幅広いバリューチェーン形成・拡大・展開の機運が高まろうとしている。

©2015, kurochans-net

～Memo～

～Memo～