

PV学会講演会  
2012. 2.21 (Tue.)  
(於) 東京理科大学 森戸記念館

## メガソーラー 「複数種の太陽電池の性能検証」

**Hiroo Konishi**  
Solar Project Headquarters  
NTT FACILITIES, INC.  
E-mail: konish36@ntt-f.co.jp

1

## 内 容

---

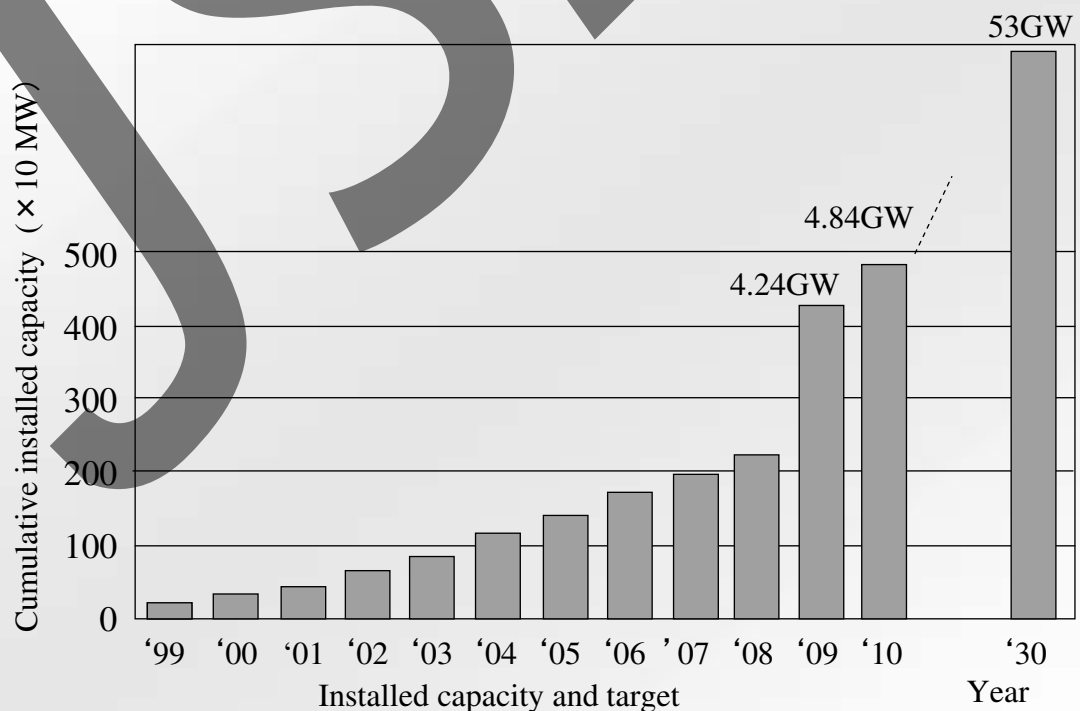
1. はじめに
2. 北杜プロジェクトの概要
3. パワーコンディショナーの開発
4. PVモジュールの特性評価
5. おわりに

2

## はじめに

- 地球温暖化問題やエネルギー資源枯渇問題の対策として自然エネルギーの導入は重要。
- 平成20年6月に「福田ビジョン」が発表され、今後20年間で太陽光発電の普及率を現在の40倍に引き上げるなど、具体的な数値目標が提示。
- 太陽光発電の平成22年末の累積導入量は4.84GWで、目標達成には大規模太陽光発電システムの新たな導入が必要。
- NEDO は2006年“大規模電力供給用太陽光発電システム安定化等実証研究”を公募。山梨県北杜市と北海道稚内市の2ヶ所が選ばれ、それぞれ約2MWと約5MW が建設され実証試験中。
- 大規模太陽光発電システム構築に向け、北杜実証研究サイトで評価した複数種の太陽電池の特性評価結果を概説。

3



Source

Ministry of Economy, Trade and Industry : Advisory Committee for Energy (May 2001)  
Natural Resources and Energy Agency : 2000,2001,2002,2003,2004  
Japan Photovoltaic Energy Association : Photovoltaic Power Generation (2005)  
New Energy and Industrial Technology Development Organization: Wind force Power Generation (2006)

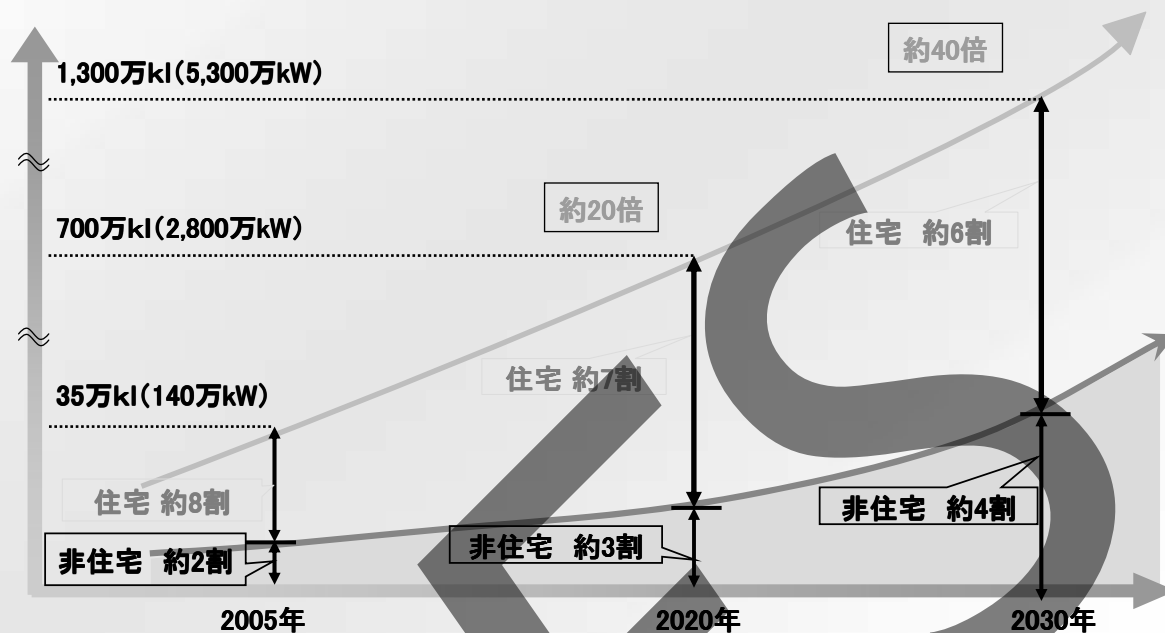
4

# 日本における太陽光発電の導入シナリオ

◇市場規模(福田ビジョン+経済危機対策)

〈太陽光導入目標〉：2020年までに現状の20倍、2030年には40倍に引き上げる(2005年比)

〈コスト低減目標〉：3~5年後にシステム価格を現状の半分



5

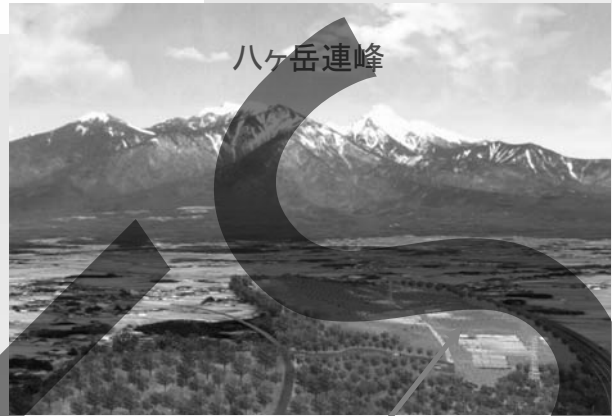
## 内容

1. はじめに
2. 北杜プロジェクトの概要
3. パワーコンディショナーの開発
4. PVモジュールの特性評価
5. おわりに

6

# 北杜大規模電力供給用太陽光発電実証研究サイト

- ★ 設置容量: 約2MW
- ★ 設置面積: 95,656m<sup>2</sup>
- ★ 研究開発期間: 2006-2010
- ★ 場所: 北杜市、山梨県

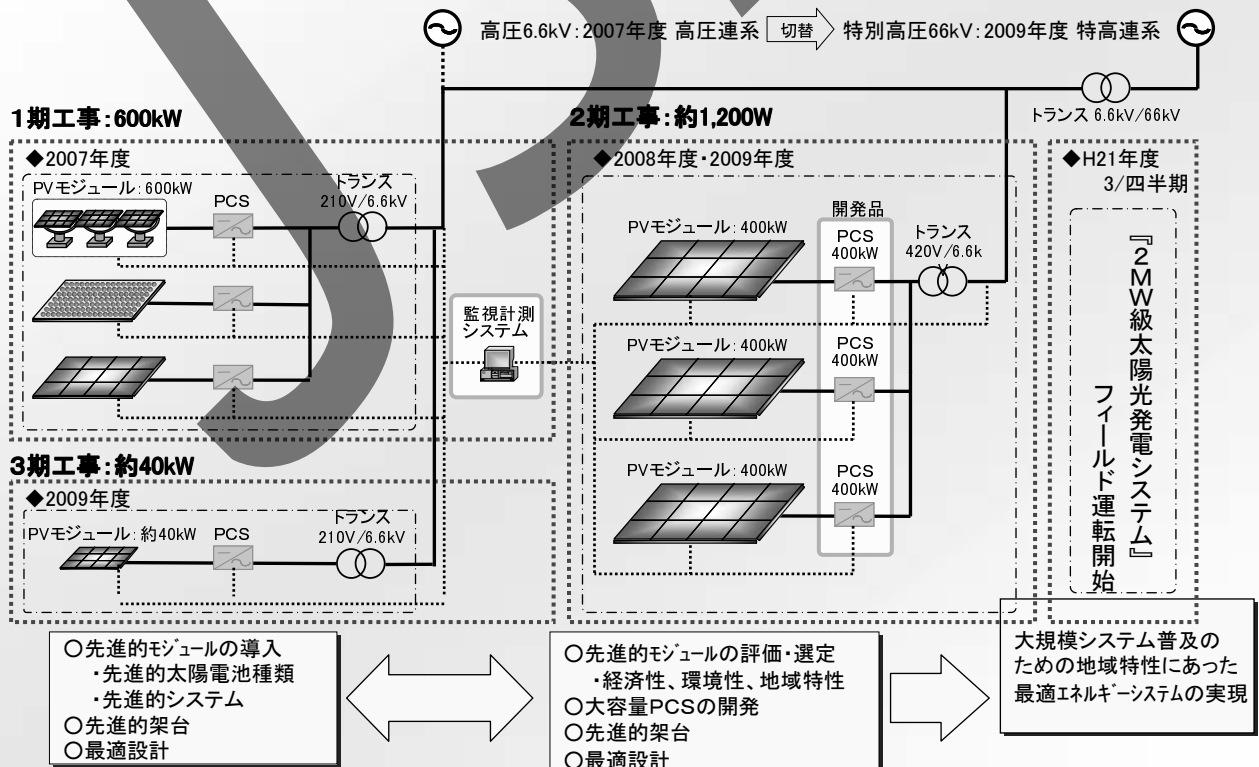


- 北杜市
- ★ 市誕生: March 2006
  - ★ 人口: 50,000 people
  - ★ 面積: 602.89km<sup>2</sup>
  - ★ 特徴: 日照時間日本1  
風光明媚, 農業(肥沃)

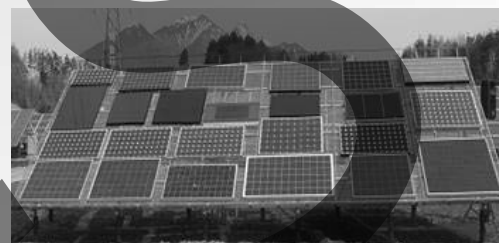
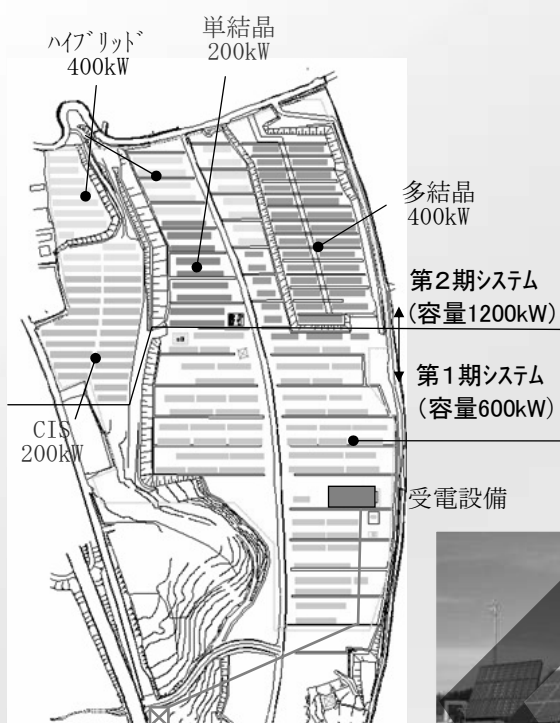
実証研究サイト

中央自動車道  
至東京

## システム構成と主な研究開発課題



## 設備状況



追尾システム

モジュール評価スペース

9

## 内容

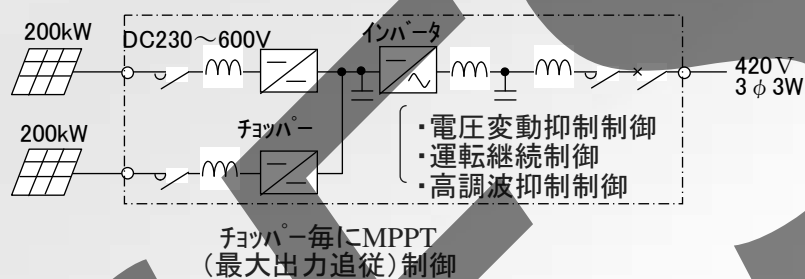
1. はじめに
2. 北杜プロジェクトの概要
3. パワーコンディショナーの開発
4. PVモジュールの特性評価
5. おわりに

## 仕様と構成

### 仕様

項目	仕様	備考
定格容量	420kVA/400kW	
変換方式	チョップパ+高周波PWM	2系統、200kW×2 (独立MPPT制御)
絶縁方式	トランスレス非絶縁	
DC	定格電圧	DC400V
	運転電圧範囲	DC230~600V
AC	定格電圧・相数	AC420V±10% 三相3線
	定格電流	577A
効率	95% (DC500V, 400kW出力時)	設計値 JEC-2410
冷却方式	強制空冷	
設計寿命	15年	予防保全を実施する場合

### 回路構成

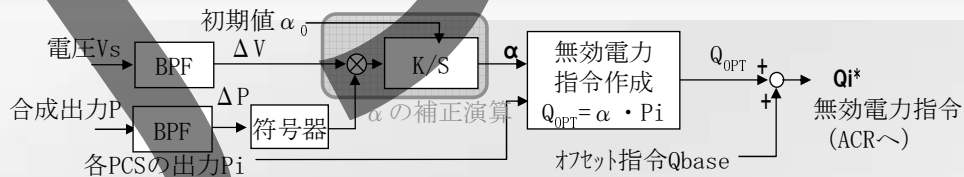


11

## 電圧変動抑制制御技術

### 制御ブロック

- ・  $\Delta P$  (有効電力変動) と  $\Delta V$  (電圧変動) の相関を利用し、 $\Delta V$  を最小化する  $\alpha$  演算:  $Q_{OPT} = \alpha P_i$
- ・ 無効電力のオフセット調整によりPCSの調整範囲を確保

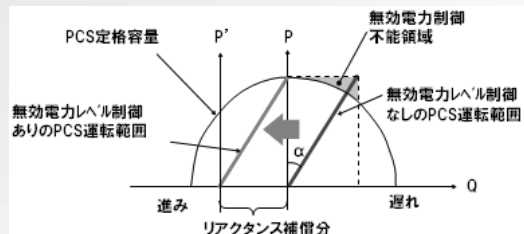
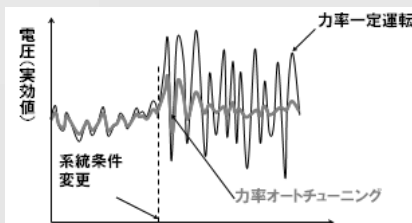


### 力率オートチューニング

系統条件が変化しても連系点電圧やPVシステムの発電出力等の計測データから逐次最適な力率を決定しながら制御

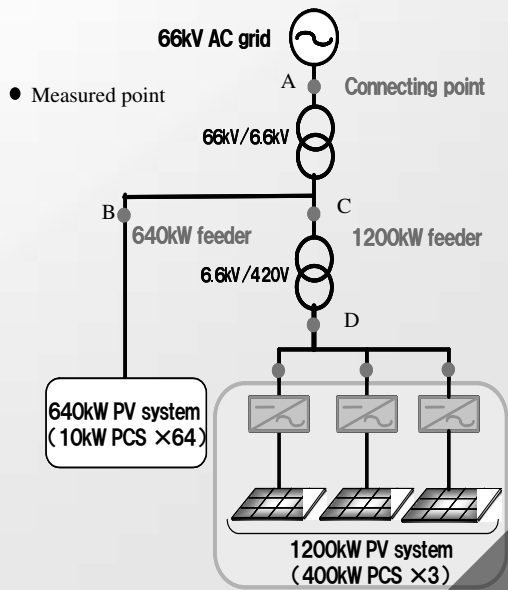
### 無効電力レベル制御

構内設備のリアクタンス分を考慮して無効電力のベース分を調整することにより、PVの発電出力が大きい場合でもPCSの無効電力調整可能量を確保

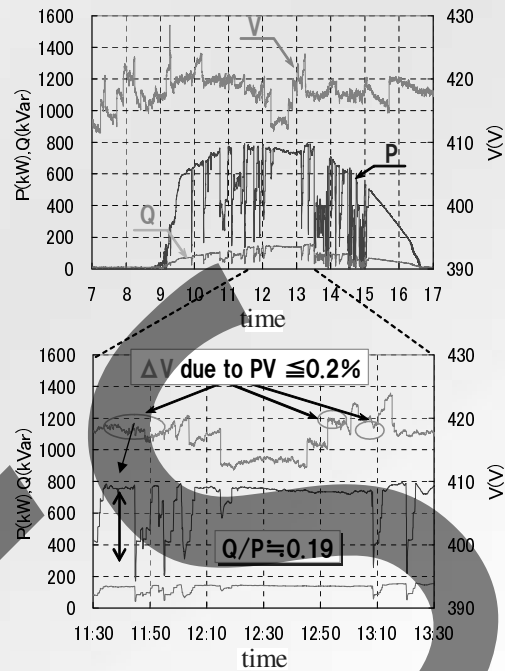


12

## 電圧変動の測定



系統安定化機能検証のためのデータ測定場所



13

## 高調波抑制対策技術

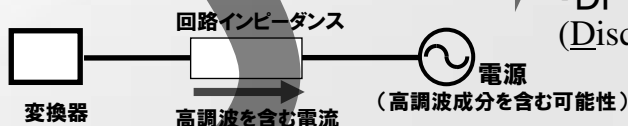
高調波が系統へ与える影響を考慮し、流出高調波電流の抑制について検討

### ■ 高調波の発生要因分析

#### ● 系統側の要因

- ・系統電圧歪み  
(高調波電圧歪み, 回路非対称性など)

- ・高速演算による高応答電流制御
- ・位相補償付き受電点電圧フィードフォワード
- ・DFTによる基本波位相検出  
(Discrete Fourier Transformation)



変換器の出力電圧が純正弦波であったとしても、電源側に高調波成分があれば、高調波電流が発生

#### ● 変換器側(PCS)の要因

- ・スイッチング素子の遅れ、
- ・デッドタイム、制御遅れ、
- ・素子の非線形性など

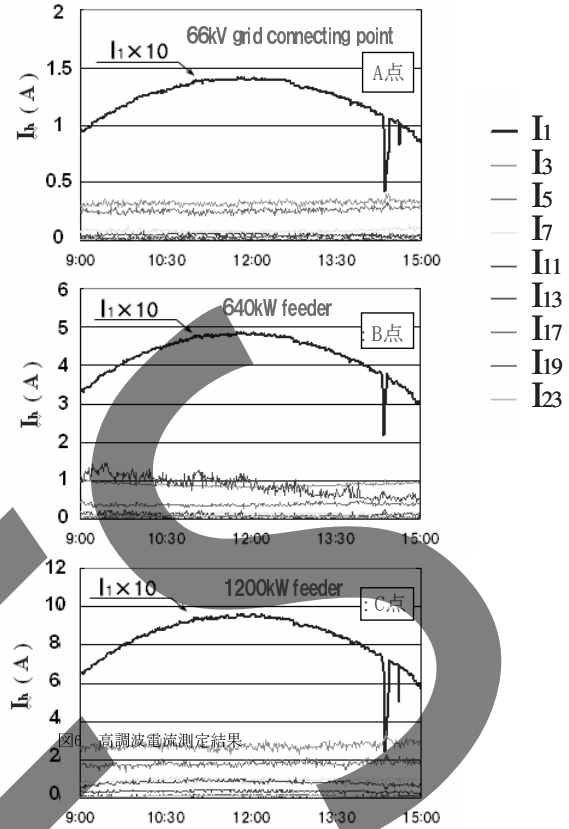
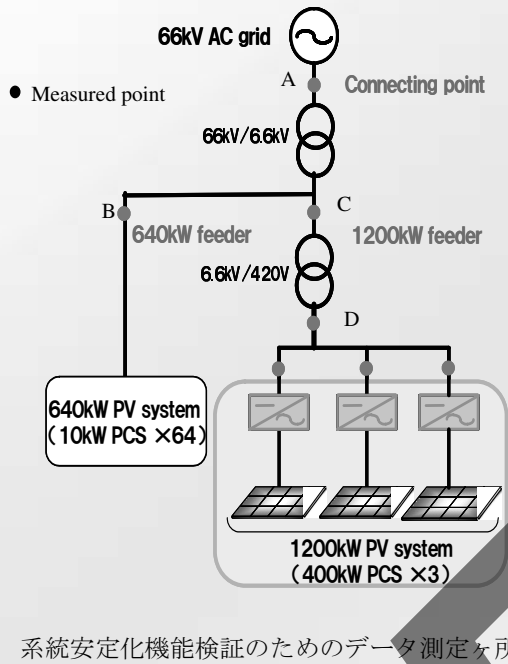
- ・高応答電流制御
- ・デッドタイム補償による電圧正弦波化

### ■ 400kW-PCSでの高調波電流抑制目標値 (新ガイドラインの80%)

次数	5次	7次	11次	13次	17次	19次	23次	25次~
高調波 [%]	3.2	2.3	1.5	1.2	0.91	0.82	0.70	0.64

14

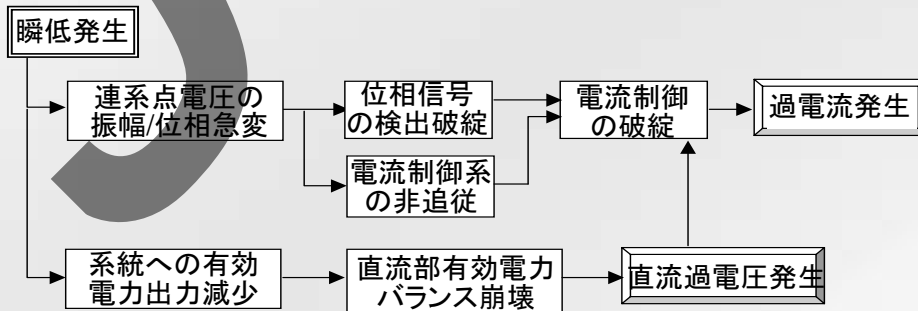
# 高調波電流の測定



# 瞬低対策技術

一般的なPCSでは、瞬低発生時に20%程度の電圧低下でゲートブロックにより動作停止を行っているが、大容量のPVシステムが系統に連系されるようになると、系統に与える影響が大きいため、瞬低発生時にできる限り運転継続（40%低下まで）が可能なPCSを開発

## ■ 瞬低時運転継続時の問題点



## ■ 対策

- 電圧に位相急変や波形歪みがある中での、基本波正相に関する位相信号の確実な検出
- 安定かつ高速な電流制御系、直流電圧制御系の構築

- DFTによる位相検出
- 離散制御を考慮した制御系チューニング



## 内 容

1. はじめに
2. 北杜プロジェクトの概要
3. パワーコンディショナーの開発
4. PVモジュールの特性評価
5. おわりに

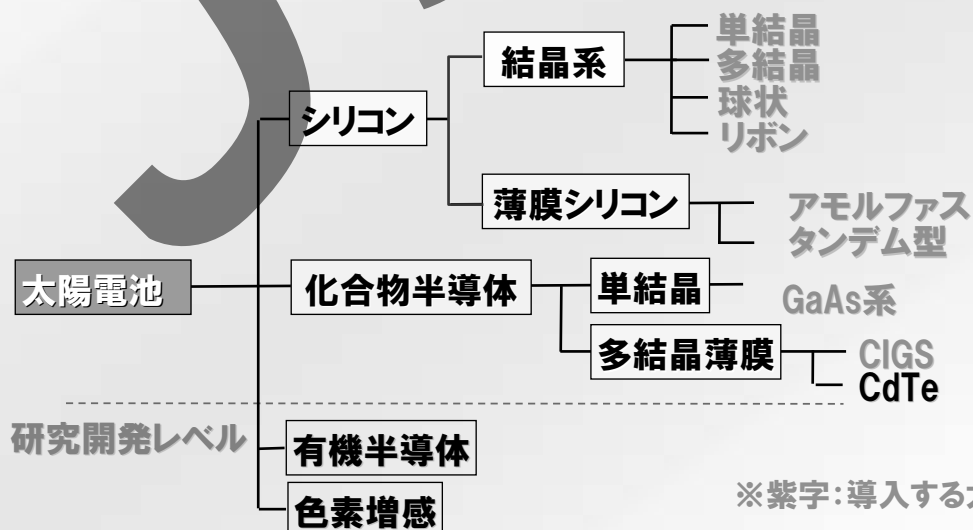
17

## 各種PVモジュール

### ・先進的PVの選定

従来の結晶系モジュールに加え、化合物半導体太陽電池や集光型システム等、いわゆる先進的と分類されるモジュール(システム)を中心に選定・導入し、各モジュールの大規模システムへの適性を実環境において評価

### ■太陽電池種類 & 導入モジュール種類一覧



※紫字: 導入する太陽電池種類

18

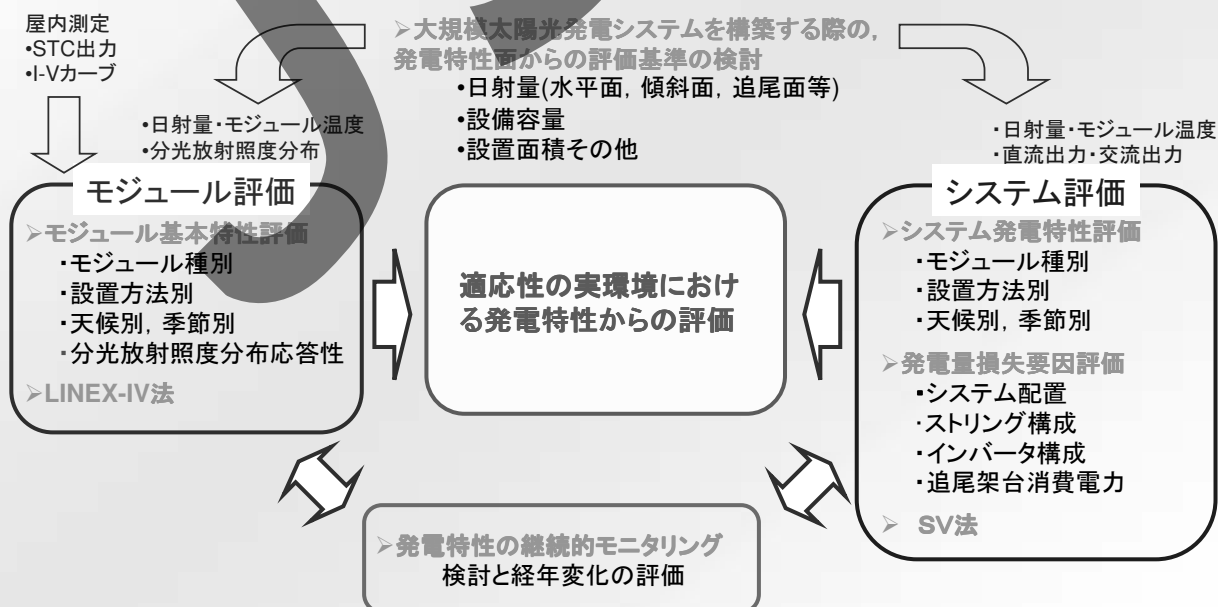
## 太陽電池の方式

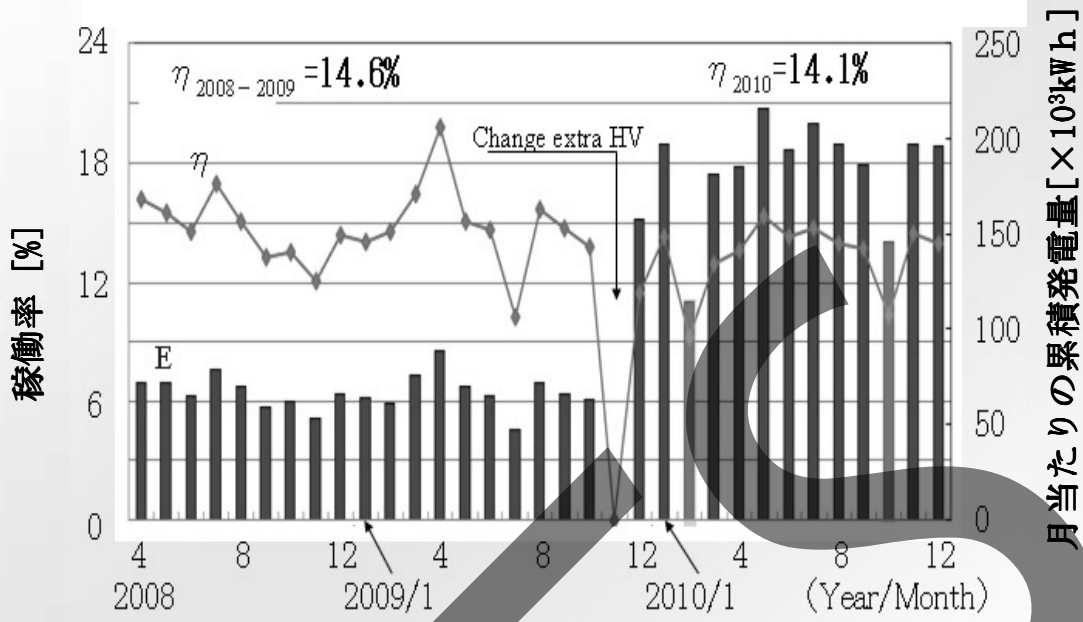
分類	材 料	発電効率	世界シェア	構造・製法	利 点	欠 点	主要メーカー
Si系	単結晶	13~19% 25%(実験室)	40%+	単結晶p型Si層上にn型Si層をトープ	高効率 高信頼性	高コスト	Q-Cells, Suntech, etc.,
	多結晶	11~17% 18%(実験室)	40%-	多結晶p型Si層上にn型Si層をトープ	単結晶に比べ 低コスト	単結晶に比べ 効率低い	Q-Cells, Sharp, Kyocera, etc.
	アモルファス /薄膜	6~10% 16%(実験室)	5%+	CVDプロセスでp,i,n 層を成膜	Si使用量小 製造時の製造 エネルギー小	光劣化発生	Sharp, United Solar, etc.
	単結晶+ アモルファス (HIT)	15~17% 22%(実験室)	4%+	n型単結晶Si層上にCVDプロセスでi,p 層を成膜	高効率 温度特性良	製造が1社	SANYO
化合物系	Ga・As	20%、28%	少量	有機金属 気相成長法	高効率 耐放射線	高コスト	Azur Space, Solar Power, etc.
	Cd・Te	10% 16%(実験室)	5%-	N型のCdS層上にp 型CdTe多結晶層を 形成	バンドギャップ値 が発電に最適 製造法が多用	Cdを使用	First Solar etc.
	Cu・In・Se/Cu ・In・Ga・Se	10~12% 19%(実験室)	1%-	CIS/CIGS層を蒸着 成膜	高光吸収率 製造時必要 エネルギー小	In資源に依存	Honda, Solar Frontia, etc.

参考: EE Times Japan, 畑陽一郎、「太陽電池の夜明け-効率向上とコスト低下進め2015年離陸-」、2008.9

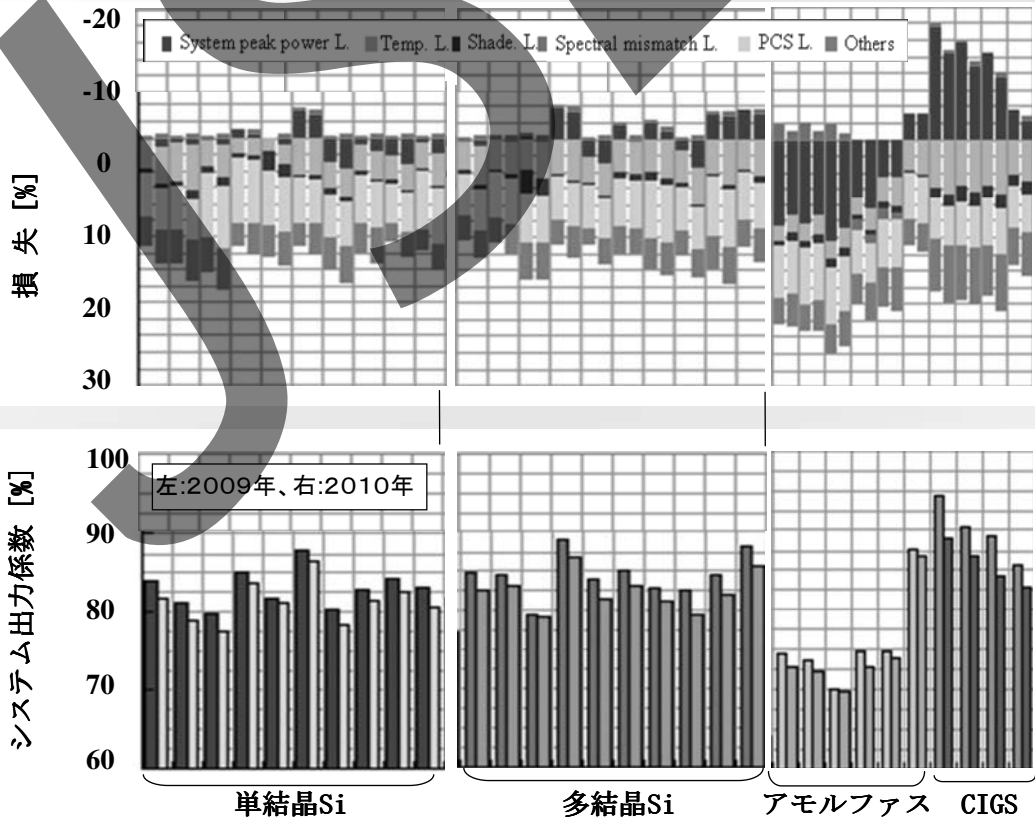
## 先進的PVモジュールの適応性の評価

様々な先進的PVモジュールの大規模太陽光発電システム構築への適応性を実環境におけるモジュール及びシステムそれぞれの発電特性の面から評価

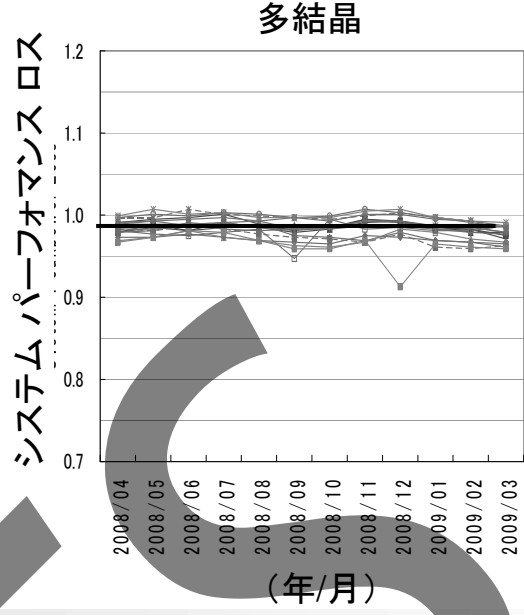
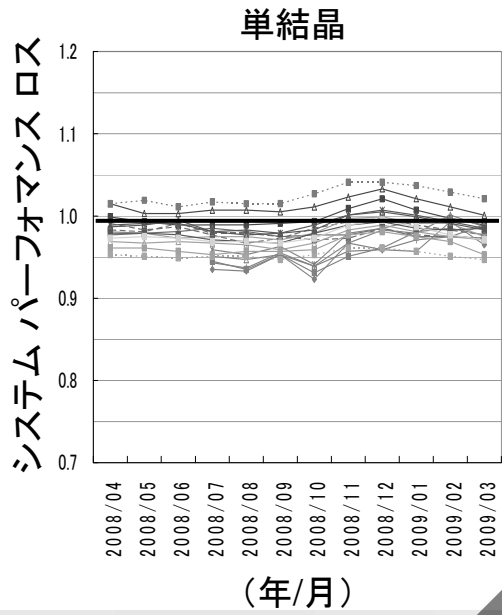




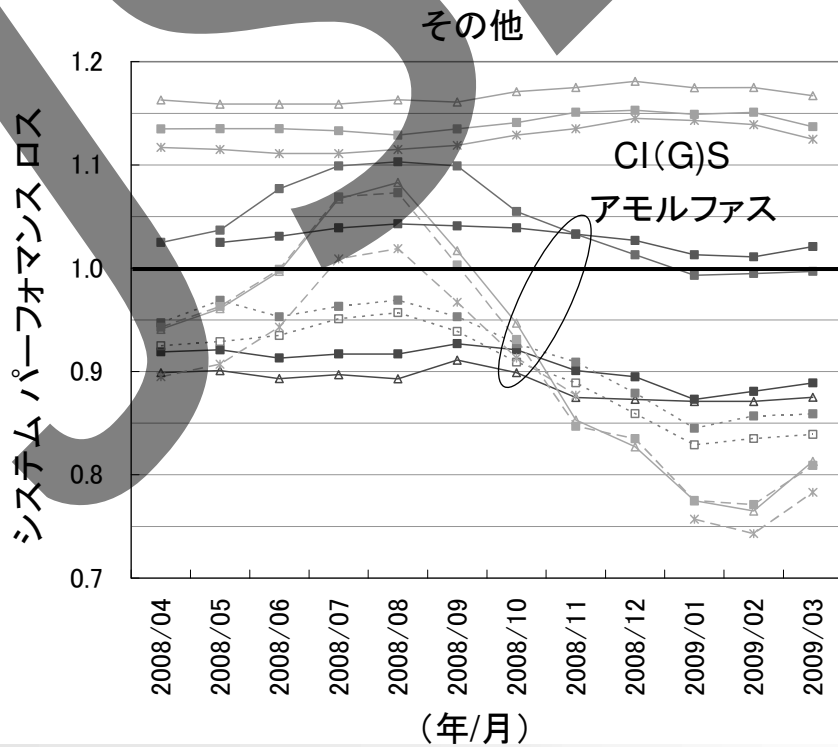
月当たりの稼働率と累積発電量



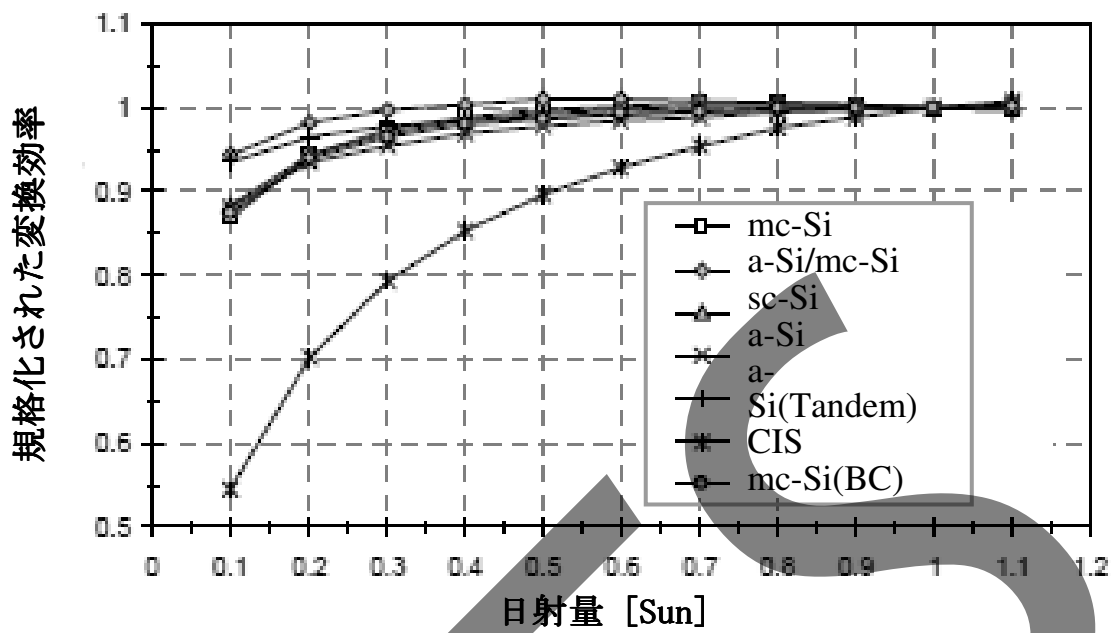
各種PVモジュールの出力係数と損失分析結果



システム パフォーマンス ロス (1)



システム パフォーマンス ロス (2)



日射に対するモジュールの変換効率(室内測定結果)

表2 室内測定結果から求めたセルの温度係数

Cell type	TC [%/°C]
Single-Crystalline Silicon	-0.46
Multi-crystalline Silicon	-0.49
Amorphous Silicon	-0.26
Amorphous Silicon [Tandem]	-0.31
Compound semiconductor	-0.46

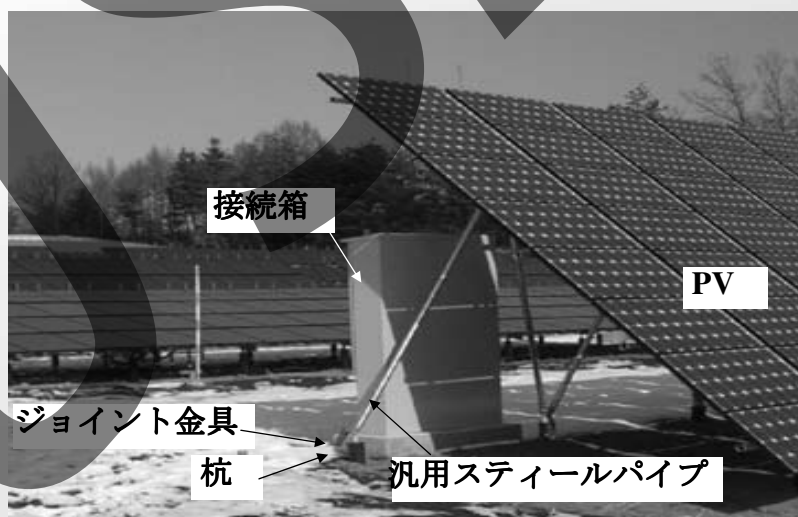
表 3 経年劣化率

Type	System [%/year]	Module [%/year]	NREL(暴露年)***
mc-Si	-1.34		-0.91(6)
sc-Si	-1.15	-1.26	-0.3~-0.51(8)
HIT	-1.25	-0.81	-1.59(2.5)
a-Si	-3.99	-9.39*	-0.62~-2.47(12)
a-Si tandem	-4.27		
CIS 1	-4.30	-1.77* **	-1.63(7)
CIS 2	-2.05		

- \* Final measurements performed in winter
- \*\* 4 hours light saking before the measurement
- \*\*\* C.R.Osterwald, et. al., "Comparison of degradation rates of individual modules held at maximum power", 1-4244-0016-3/06, 2006 IEEE

“

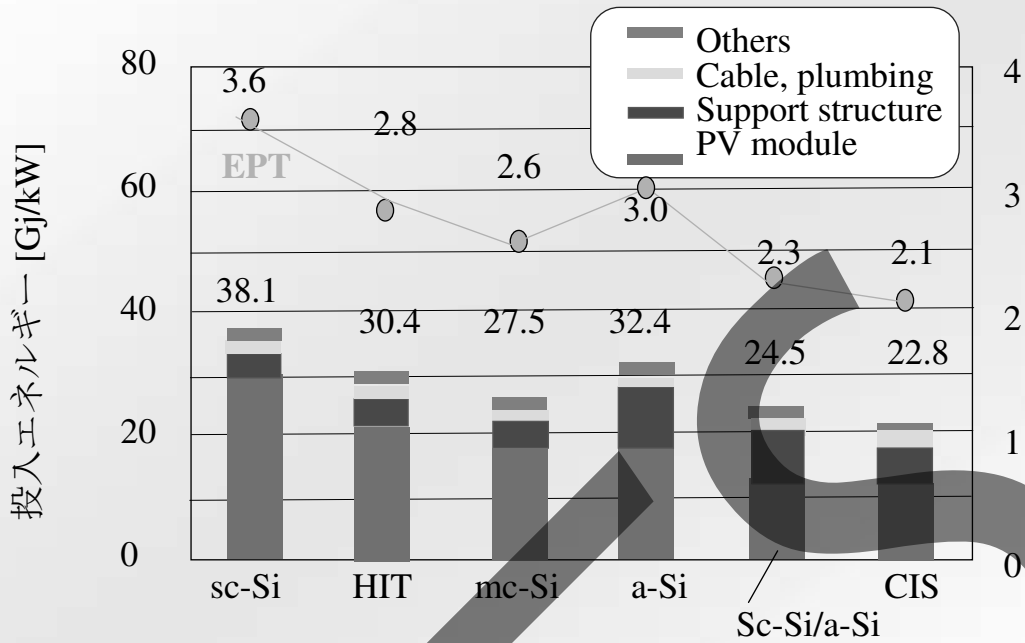
杭打ち工法による架台



架台のLCA 評価 (10kW PV アレイ対象)

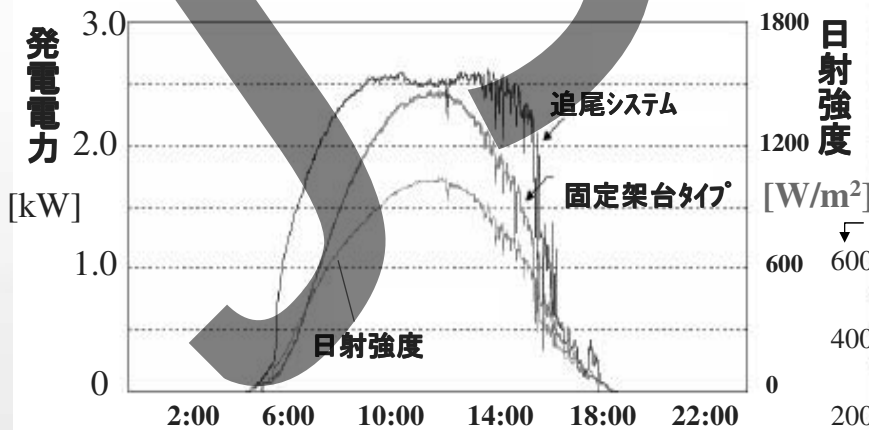
	従来構築方法 (コンクリート基盤)		開発した 杭打ち工法
入力エネルギー [GJ]	51.6 (29.9+22.4)*	81%	41.8 (23.9+17.8)*
CO2 排出量[kg-C]	1586 (678+908)*	58%	919 (556+414)*

\*: (supporting stand + base)

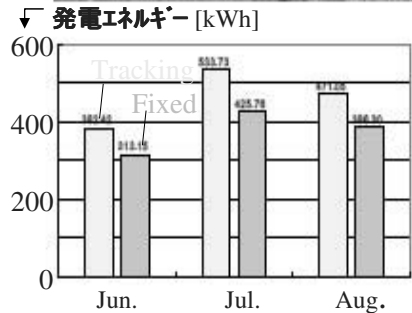


投入エネルギーとエネルギーペイバックタイムEPT

### 一軸追尾システムの発電特性

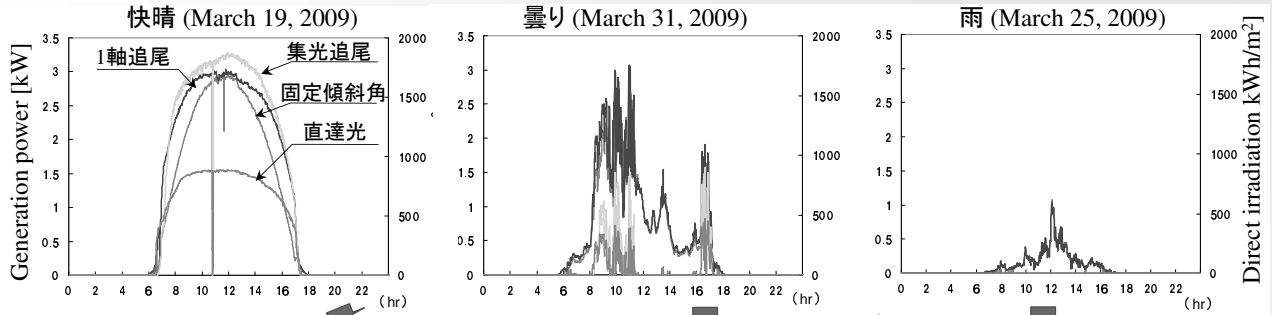


(Measured Jun. 17 2008)



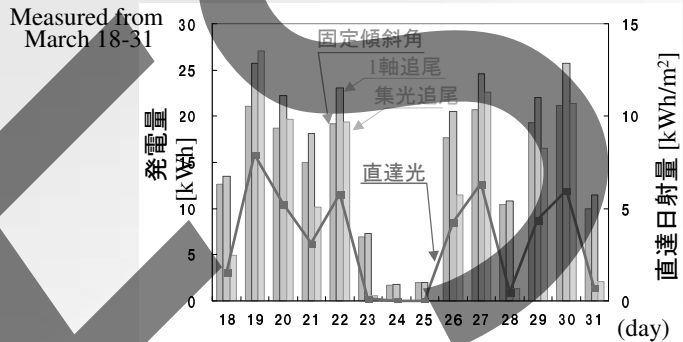
$$\frac{\text{一軸追尾システムの発電エネルギー}}{\text{固定架台(30度)の発電エネルギー}} = 1.23$$
 (Jun.-Aug. 2008)

# 追尾システムの評価

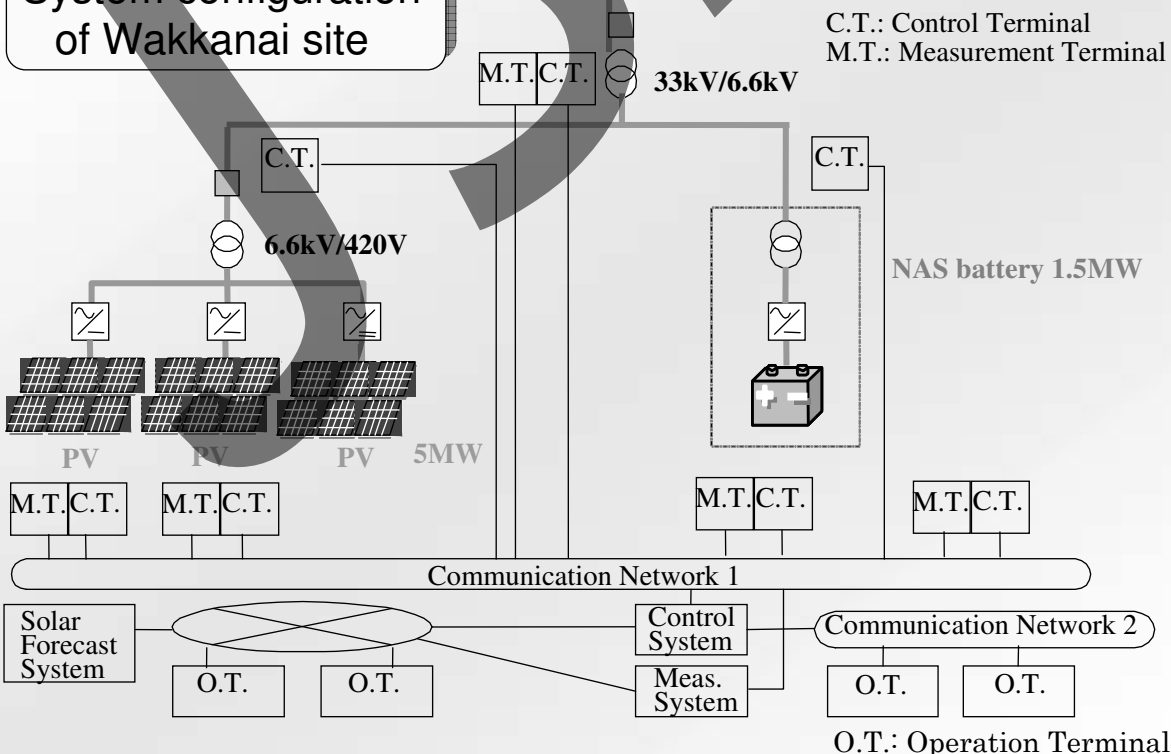


	発電量[kWh]	効果[%]	発電量[kWh]	効果[%]	発電量[kWh]	効果[%]
固定傾斜角	21.1	-	9.96	-	1.95	-
1軸追尾	25.7	22.0	11.4	14.5	2.03	4.1
集光追尾	26.7	26.5	2.00	-79.9	0.01	-99.5

- ✓ 快晴日の追尾効果は大きい
- ✓ 1軸追尾は曇り日でも効果がある。
- ✓ 集光追尾は直達光が影響するので気象条件に大きく依存。曇りや雨の日は効果がないが、快晴日は固定傾斜角に対して26.5%向上。



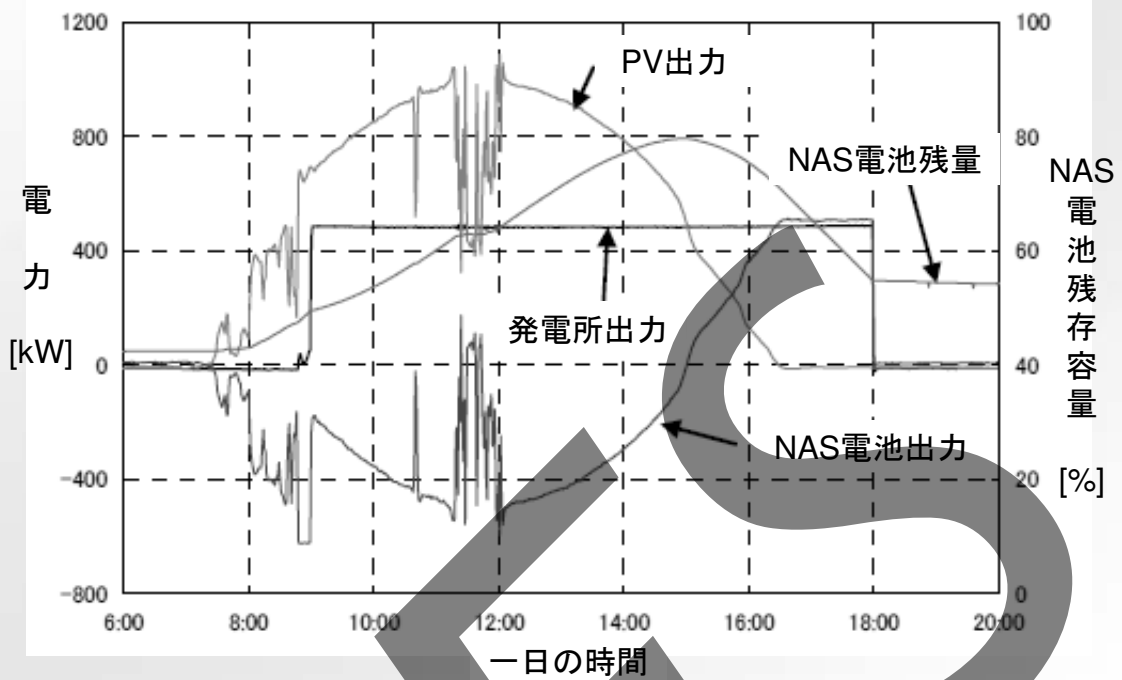
## System configuration of Wakkanai site



(S.Miwa, et. al., "Intro. of Wakkanai Mega-Solar Project", 50-C6-04, PVSEC-17, Fukuoka, Dec.3-7, 2007)を修正



## 計画運転試験結果



S. MIWA, et al., "WAKKANAI MEGA-SOLAR PROJECT 1-YEAR RESULT", 5AO.7.1, 23rd European Photovoltaic Solar Energy Conference, 1-5 September 2008, Valencia, Spain **33**

**WARNING!** 一般的な太陽光発電システムは停電時に発電を停止します。



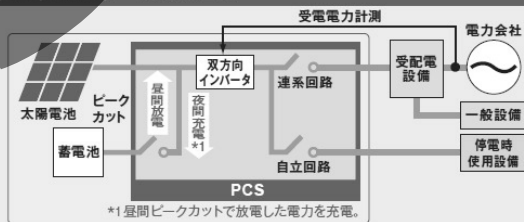
**CHANGE!** 自立運転、ピークカットなど、ニーズにあわせたサービスメニュー。

### 停電対応型太陽光発電システムのサービスメニュー

**Type2-2** NEW!

電気料金の削減が可能。

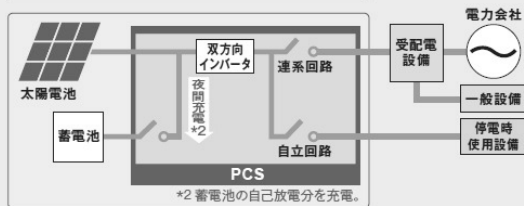
自立運転 蓄電池 ピークカット



**Type2-1**

夜間や不日照時でも安定した電力を供給。

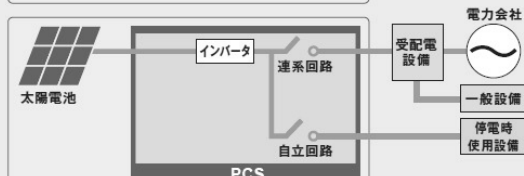
自立運転 蓄電池



**Type1**

停電時に自立回路へ自動的に電力を供給。

自立運転



## 太陽光発電システム普及・拡大にむけて

太陽光発電システムの系統導入の普及・拡大には、システムの低コスト化、高効率化は勿論のこと、出力変動抑制が必要不可欠である。

対策として、

- 日射量予測技術の開発と計画運転への反映
- 負荷と太陽光発電電源との協定制御
- 既設電源による出力調整
- 低コストなエネルギー蓄積装置の開発
- スマートグリッド技術の活用

等が考えられ、これらの早期開発と実用化が望まれる。

35

## おわりに

NEDO北杜実証試験プロジェクトの概要とこれまで得られた成果、特に複数種の太陽電池の性能検証結果を紹介。将来の計画に参考になれば幸いである。

研究をサポートしていただきましたNEDO、また研究・開発にご協力いただきました関係者の皆様に感謝申し上げます。

36