

6 June 2011

日本学術振興会 産学協力研究委員会

次世代の太陽光発電システム 第175委員会

信頼性・システム技術研究会

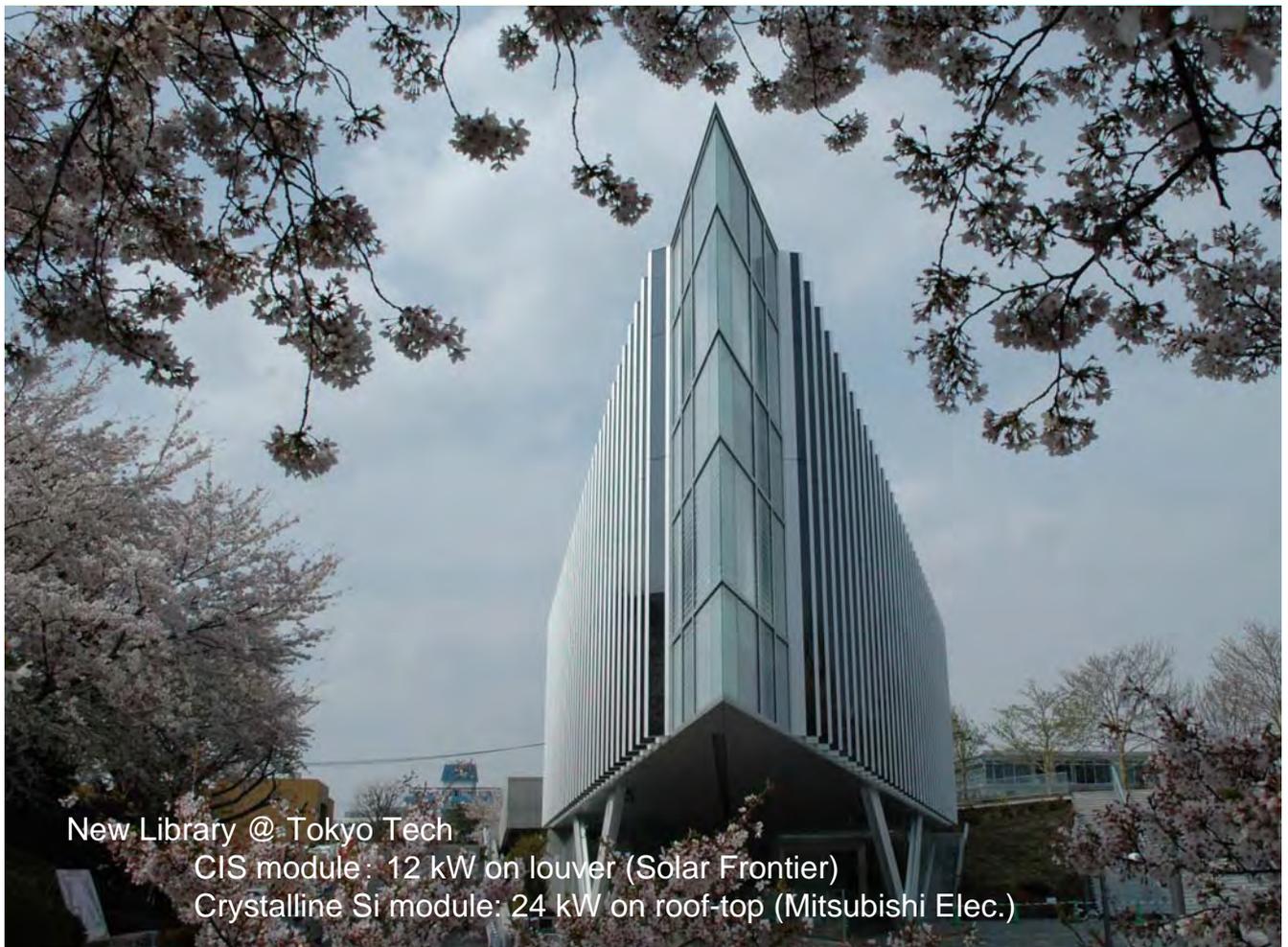
これからの太陽光発電技術

…システム分野を中心として

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

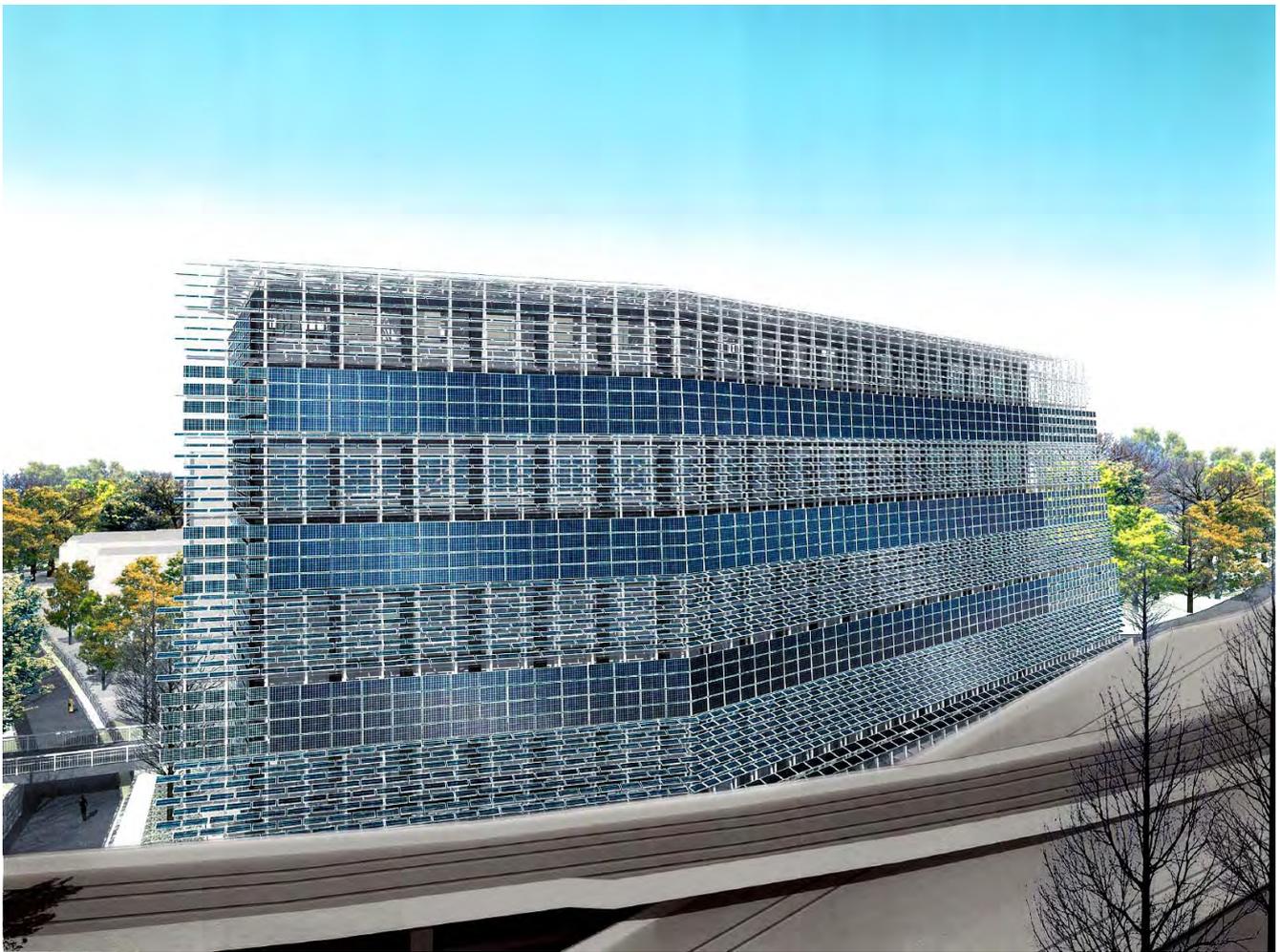
TOKYO TECH AES



New Library @ Tokyo Tech

CIS module: 12 kW on louver (Solar Frontier)

Crystalline Si module: 24 kW on roof-top (Mitsubishi Elec.)



学振175 信頼性・システム技術研究会 6 June 2011

## これからの太陽光発電技術 …システム分野を中心として

### 0. 被災地における太陽光発電

1. これからのシステム課題
2. 住宅用太陽光発電分野
3. メガソーラー, スーパー・メガ
4. 分散発電化・スマート化



# TSUNAMI destroyed all but PV !?



朝日新聞 <http://www.asahi.com/photonews/gallery/110317eg-1/11031904b.html>



# TSUNAMI destroyed all but PV !?



*Here, too!*

<http://kenplatz.nikkeibp.co.jp/article/const/news/20110331/546733/?SS=imgview&FD=1154182637>



# わたり温泉鳥の海 (健在時)



資源総合システム社提供



# Some PV Systems damaged !

大津波15m：宮城県巨理町荒浜の「わたり温泉鳥の海」内部・温泉原泉と30kW太陽光発電が被災; <http://www.youtube.com/watch?v=hj30gezCFI8> (合成：黒川)



**震災で破損した太陽電池パネルには絶対に触れないで！感電する可能性があります。**

# TSUNAMI destroyed all but PV !?



Copyright (C) 2011Ibu-Jiji All Rights Reserved.



<http://ameblo.jp/ibuibu1684/entry-10843469850.html>

# TSUNAMI destroyed all but PV !?



Copyright (C) 2011Ibu-Jiji All Rights Reserved.



<http://ameblo.jp/ibuibu1684/entry-10843469850.html>

# Shinkansen damaged seriously!?



# Shinkansen damaged seriously!?



ケンプラッツ, 2011.3.18

⊕ クリックで拡大

ラーメン高架橋柱の上部が破壊した東北新幹線の第1中曽根高架橋の端部橋柱。曲げせん断破壊とみられる (写真：高橋良和・京都大学防災研究所准教授)

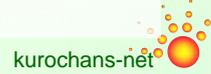


# Shinkansen damaged seriously *but PV!*?



ケンプラッツ, 2011.3.18

第3岡島高架橋は耐震補強されて以内が、躯体に損傷がなかった(写真:高橋良和・京都大学防災研究所准教授) 原典:ケンプラッツ, 2011.3.18



# A Quake destroyed Roof *but PV!*?



駿河湾地震での事例  
ECO JAPAN, 2009年8月26日

Mさん宅の小屋と太陽光発電。同じ敷地にある物置小屋の屋根が損壊しているが、太陽光発電が乗った母屋の屋根は無事だった

Mさん宅の太陽光発電(左)と、物置小屋(右)

<http://eco.nikkeibp.co.jp/article/column/20090824/102061/?ST=print>



# Useful “stand-alone-mode” during power interruption

(黒川研からのメッセージ V.6, 4/27)

朝日 2011.4.1 「声」

## 家の太陽光発電、停電時に活躍

高校教員 藤野 功

(茨城県常陸大宮市 44)

今回の震災で、我が家も5日間ほど停電になった。しかし、昼間はテレビを見て、洗濯機を回し、携帯電話の充電もする、普段通りの生活。太陽光の自家発電をしていたからだ。

一昨年、太陽光パネルを約370万円(うち補助金約70万円)かけて屋根に設置し、昼間は電力を東京電力に売ってきた。今回の震災で、停電でも自家発電します」という業者の言葉が思い出し、専用機器を使っ

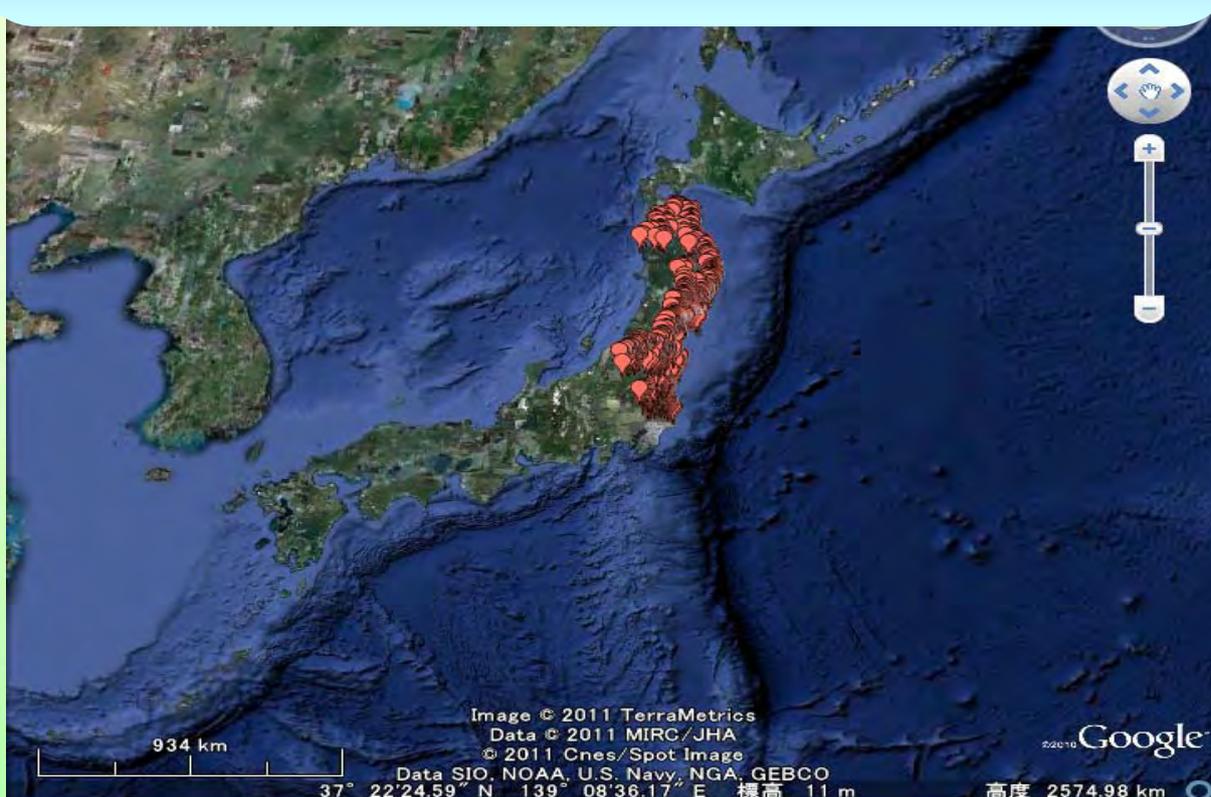
てみると電球の明かりがともり、感動。さらにテレビや冷蔵庫が使えるようになると、気持ちは楽になった。

しかし夜間は発電できないのが悩み。いつか家庭用蓄電器が開発されれば、停電も怖くなくなるだろう。

東電も政府も今回の原発事故を反省し、膨大な費用がかかる原発開発をやめ、太陽光発電の利用拡大を図るべきだ。各地の行政機関や企業、家庭などの屋根に太陽光パネルがずらりと設置されたら、どんな社会になるだろうか。



# Location of Quake Shelters



# Useful “Emergency PV”



<http://www.kahoku.co.jp/news/2011/04/20110405t36044.htm>

大船渡市の基石コミュニティセンターに設置された太陽光発電機



<http://headlines.yahoo.co.jp/hl?a=20110405-00000008-maip-soci.view-000>



<http://www.47news.jp/CN/201105/CN2011050301000487.html>



無償提供する移動型太陽光発電機を前に「自社技術が役立てば」と話す宮内会長（左）＝春日井市で

エムエムシー他  
中日2011.4.7

# Useful “Emergency PV”



発電パネルを設置する東北大の土屋教授（左）ら。シートは丸めて運べる＝3月28日、宮城県石巻市北上町、中山写す

1kWフレキシブル太陽電池：  
南極観測の経験を活かして

<http://www.asahi.com/shimbun/nie/kiji/kiji/20110425.html>

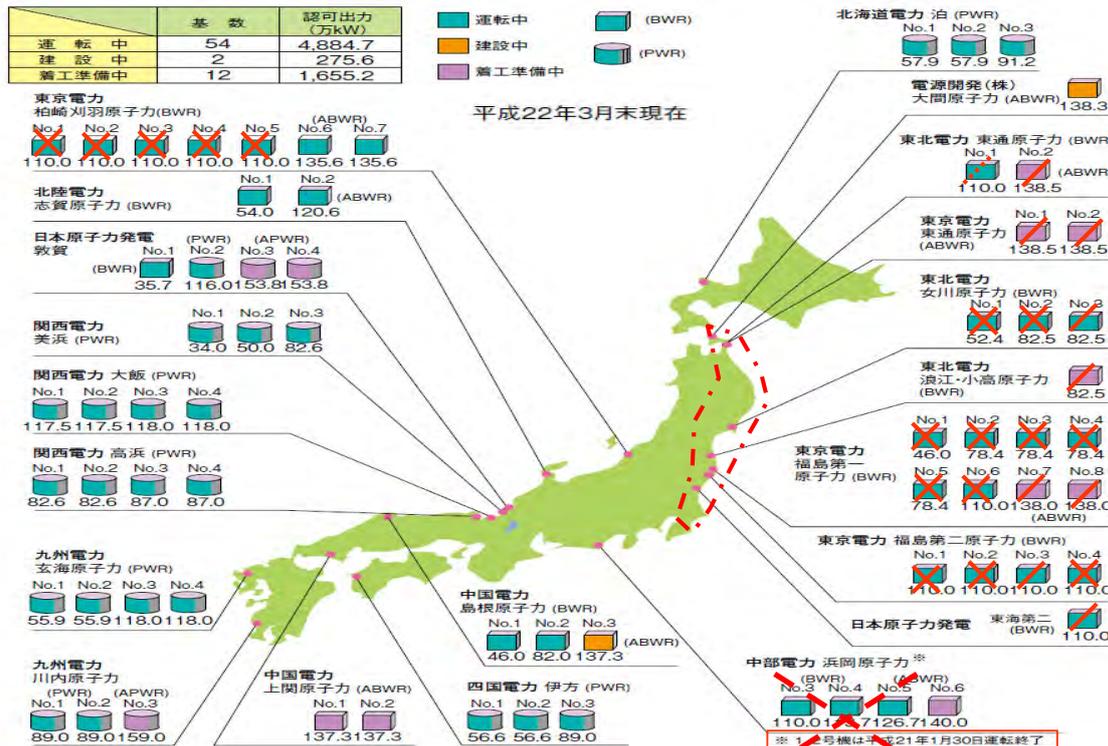


避難所に設置された太陽光発電を使った浄水器＝1日、宮城県南三陸町歌津の歌津中学校、橋本弦撮影

アフリカ仕様の太陽光発電浄水装置  
造水能力：500L/時  
（エスイーバイオマステクノ社）



# Highly Dense Nuke Location, too much!



2 years until reinforced against TSUNAMI

19

kurochans-net



【出典】電事連:FEPC INFOBASE2010

## 集中電源 と 自律分散電源 再生可能エネルギー

集中電源	分散電源 (再生可能エネ等)
<b>各々の特性の比較</b>	
国家規模・広域・電気事業者のニーズに基づいた計画 (エネルギー基本計画・各社ごとの事業計画)	地域ニーズに密着し、地域の身近な再生可能エネルギー源を選択
規模のメリット追求 (運転効率・経済性):ますます大きく、集中化	個人、コミュニティ、自治体の需要に応じて持続可能な最適化が可能 (PV住宅で現状70~80%自給可能→効率増で100%へ)
供給側と需要側の距離が拡大し、全体システムは硬直化	地域の需要変化にフレキシブルに細やかに迅速に対応しやすい
需給関係が変化すると、送電設備などの中間インフラも追加投資必要	上位系統増強しなくとも弱小系統を強化できる; <b>災害時には自立発電が可能</b>
無電化地域の電化には新しい送電線や燃料輸送ルートが必要	既存系統がない地域でも、送電線建設や燃料輸送せずに利用可能
局地的な需要増大対応のために全システムに及ぶ変更の可能性 (潮流・短絡容量増大→直流送電で対策可能!)	配電系統の運転特性を需要制御を使って改良できる可能性 (蓄電・パワーロータ等による潮流制御)
10~20年の計画・建設期間・投資負担は大; 見えない外部コスト (立地対策, 廃棄物, 災害復旧・保険)	一般に工期が短く、資金の回収が早まり、 <b>投下資金の地域還元, 地域産業の育成も容易</b>

2度の体験からの示唆:冗長度のある自律分散システムをもっと使うべき

### パラダイム・シフト

メガパワー・集中立地のリスクは一旦起きてしまうと巨大で国家規模の被害: <b>国家規模リスク評価・マネージメントが重要 (3E → 4E)</b>	多数の小型電源のどこかが故障しても全体が止まることはない (これを活かせるシステムインフラ整備は可能! →スマート化ソリューション)
---	--



## 復興へ向かって（提言）...文責：黒川

（黒川研からのメッセージ V.4, 4/27）

### ● 復興：短期視点

- ・ 先ずは復興・量の確保
- ・ 必死の省エネルギー
- ・ 住宅用PV(停電対応), 防災型スクールPV(避難所対応)導入促進

### ● 中期視点

- ・ 現状東西連系限界100万kW:周波数変換(BTB: Back-to-Back)増設を  
メガソーラー用パウコンのBTBへの転用可能性は？
- ・ 北海道風力:北本連系線へ(現状最大60万kW)
- ・ メガソーラー・ビジネス導入促進(分散自律化の目玉！FIT早期実施不可欠)
- ・ 防災計画PVバージョン and スマートコミュニティ化(蓄エネ機能)

### ● 長期：スマート化2030年目標の前倒し・AESの目指すところへ

- ・ エネルギー基本計画の見直しは必須
- ・ 「分散自律システムと基幹電源ベストミックス」を基本設計とする
- ・ ナショナル・リスク・アセスメントに基づいた冗長性を確保・増大
- ・ 過度なメガ電源集中立地を回避し分散立地へ
- ・ 直流送電を挿入した、中央基幹線(一部2ルート)による「国全体でカバーする広域融通体制」確立(リスク分散に必要な50・60異周波連系容量を確保)... **National Backbone Inter-tie**

## 緊急調査提案：復興に際して、PVの現況は？

（黒川研からのメッセージ V.4, 3/30）

### ● 住宅用太陽光発電がどれだけ健在か？（現地調査必要）

- ・ 地震・津波でのPV被害状況(程度と数)
- ・ 災害時のPVの役立て方
- ・ 自立コンセントを使用したか？役だったか？標準化は？
- ・ 強度補強効果はあるのか？(+, 0, -)
- ・ 電気火災の原因にならなかったか？
- ・ 感電事故は？ (注) 自立コンセント使い方: [http://www.env.go.jp/earth/info/pv\\_pamph/full.pdf](http://www.env.go.jp/earth/info/pv_pamph/full.pdf)

### ● エコスクール・産業用PVの現況は？（現地調査必要）

- ・ 地震・津波でのPV被害状況(程度と数)
- ・ 健在なPV
- ・ 強度補強効果はあるのか？(+, 0, -)
- ・ 避難所での運用は？役立ったか？

### ● 災害対策としての太陽光発電を考える！（詳述あり）

- ・ 緊急復興:防災型学校PV(自律型・避難施設)・同公共施設
- ・ 防災倉庫に太陽電池は常備？(ソーラーランタン, 充電器etc.)
- ・ 太陽光発電利点を活かした復興計画立案, 地域産業復興

# AES国際研究センターからのメッセージ！

2010.4.28(夕)日経全面広告

主観: AES 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センター)

<http://aes.ssr.titech.ac.jp/> TEL 03-5734-3429



## エネルギーシステムは社会の生命線！

## AES国際研究センターからのメッセージ！

2010.4.28(夕)日経全面広告切抜

今後10年以上、国民に原発新設が受け入れられるとは考えにくい。エネルギー基本計画の原発増分20%を他の手段へ代替必要！

原子力や火力をベースに、高効率分散電源と再生可能エネの利用拡大・ハーモニーを！

先進エネルギーシステムは「分散型ネットワーク」と「スマート化」で、既存インフラに再生可能エネを最大限に取り込む！

太陽光発電、風力発電、燃料電池、リアルタイムプライシング、EV蓄電池利用、...

集中型リスクを分散型ネットワークで軽減、東西を貫いた基幹送電線を整備、冗長性を持たせ自然災害に強いインフラを！

震災からの復興を日本のエネシス革新の契機に、次世代エネシスづくり加速化を！

主観: AES 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センター)

<http://aes.ssr.titech.ac.jp/> TEL 03-5734-3429



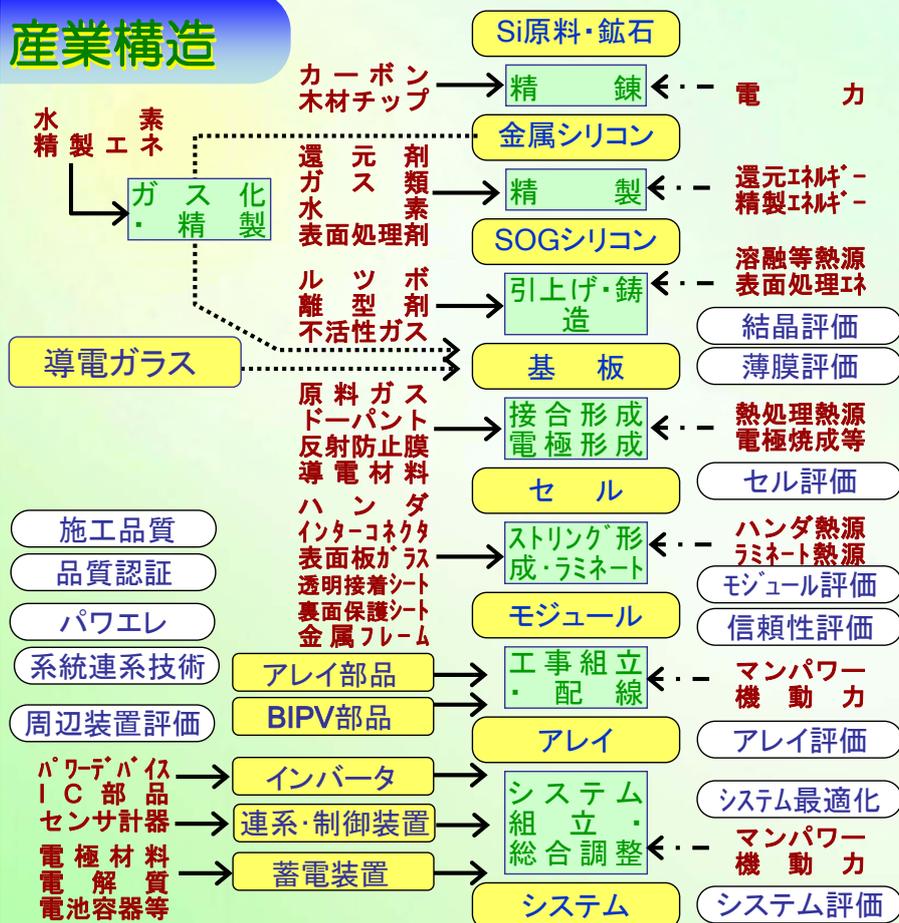
# 防災型スクールPV・公共施設

(黒川研からのメッセージ V.4, 3/30)

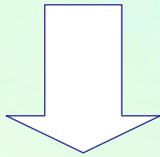
- 災害対策としての太陽光発電を考える！
  - ・ 緊急復興：防災型学校PV(自律型・避難施設)・同公共施設
  - ・ 防災倉庫に太陽電池は常備？(ソーラーランタン, 充電器etc., 蓄電池)
  - ・ 太陽光発電利点を活かした復興計画立案・スマート化(+蓄電)
- 防災型スクールPV・公共施設PV (避難所としての追加仕様)
  - ・ 自立運転機能装備PVシステム(例:20kW程度/1箇所)
  - ・ 避難場所になる体育館などに予め, 防災用の配線・器具を設置
  - ・ 蓄電池装備(自己放電のない耐久性に優れたもの:メンテ容易な)
  - ・ 防災井戸・ポンプ・PVDライブ浄水設備
  - ・ 防災通信施設・防災拡声器・携帯充電サービス
  - ・ 防災LEDランプ
  - ・ 防災医療薬品ストッカー(冷蔵庫)
  - ・ 標準仕様・装備を制定し, 学校施設・公共施設に標準採用を？



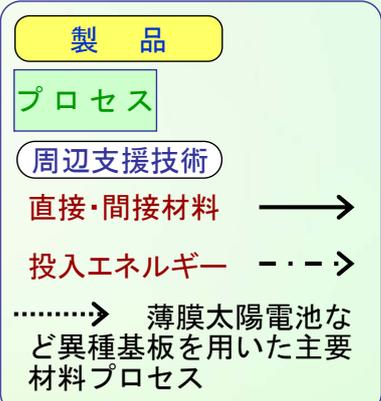
## 産業構造



復興のために  
PVによる  
地域活性化

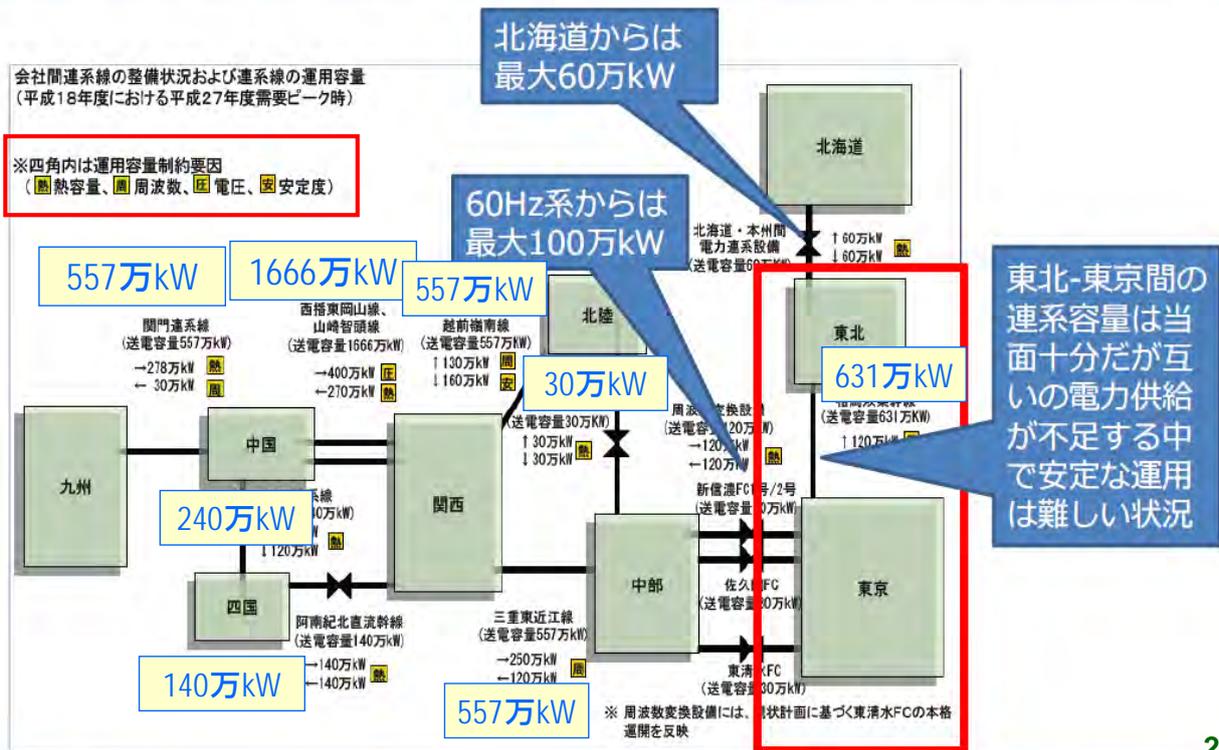


裾野の広い  
サプライ・チェーン



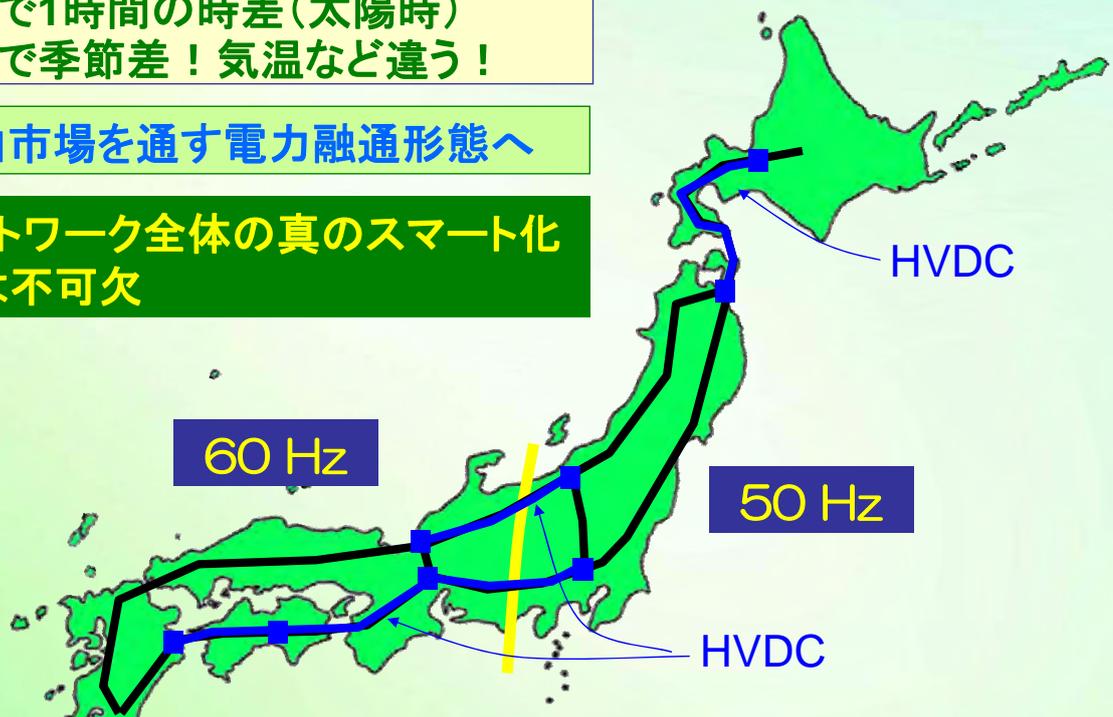
## 2. 既に何が行われているか？ 連系線の活用

[http://www.ogimotolab.iis.u-tokyo.ac.jp/Energy\\_Integration\\_including\\_lessons\\_from\\_the\\_quake.pdf](http://www.ogimotolab.iis.u-tokyo.ac.jp/Energy_Integration_including_lessons_from_the_quake.pdf)



## Proposed National Backbone Grids (tentative)

- ・東西で1時間の時差(太陽時)
- ・地域で季節差! 気温など違う!
- ・自由市場を通す電力融通形態へ
- ・ネットワーク全体の真のスマート化には不可欠



Kurokawa's Proposal: National Backbone Grids (tentative)

# これからの太陽光発電技術 …システム分野を中心として



- 0. 被災地における太陽光発電
- 1. これからのシステム課題
- 2. 住宅用太陽光発電分野
- 3. メガソーラー, スーパー・メガ
- 4. 分散型システムとのミックス・スマート化へ

## 太陽光発電「世界一」奪還へ 次世代技術開発プロジェクト (2010~2014)

【目的】2020年国内導入量を20倍, 世界市場における競争力強化



● オール・ジャパン体制

【開発目標】発電コスト14円/kWhのため, モジュールコスト75円/W, 変換効率20%に目途を

### 実用化コスト競争力強化

結晶シリコン太陽電池

→低コストシリコンプロセス, 効率向上

薄膜シリコン太陽電池

→All-Japanでのプロセス開発

CIS・化合物太陽電池

→CIS薄膜の低コスト化, 集光型PV

次世代の低コスト太陽電池に目途

有機系太陽電池

→効率・寿命向上, 低コスト化, シス化

評価技術国際標準, 材料・構造革新等

共通基盤(評価・リサイクル等)

共通基盤(共通材料・部材・機器システム等)

### 革新的太陽電池

- ・3研究グループ(2008~2014)
- ・日欧共同公募(2010~2014)

40%超太陽電池 (2030→2050)

## これからのシステム課題

### 1. 復興対策として

- ・ 災害への太陽光発電耐久性
- ・ 防災型太陽光発電システム: 自立運転モード, 防災機器とのシステム化(避難所としての運用前提, 夜間運用蓄電, 水浄化装置電源, 内閣府災害対策基本法防災倉庫指定品目化), 学校に対する標準システム制定・標準化
- ・ コミュニティ復興計画への導入: 各地域自治体・都市計画専門家グループとの緊密な連携, 例: 太陽エネルギーデザイン研究会
- ・ 太陽光発電システムの防火対策(復興・一般): 発火限界をつかむことが基本(→適正な安全率); トラッキング(接続箱, コネクター, etc), アーキング(ブロッキングダイオード, フューズ, スイッチ, 配線, etc), ホットスポット(モジュール発火, バイパスダイオード), **消火方法**

## これからのシステム課題

### 2. kWから, kWhへ

- ・ 生涯発電量の確保が最重要
- ・ 実質稼働率の向上: モジュール信頼性, パワコン信頼性, 施工信頼性, システム信頼性, モニタリング, ユーザーに対する「見える化」サービス制度化, 発電量保証・検定・認証制度, 各種標準化(JIS・IEC国内体制強化)
- ・ ライフサイクルkWh: システム寿命延長, モジュール寿命延長, パワコン寿命延長・モジュール寿命との一致, リユース・リサイクル・廃棄

### 3. 住宅・ビルのゼロ・エネルギー活動への主体的組み込み

- ・ ゼロ・エネルギー住宅 ZEH: PVは主役!
- ・ ゼロ・エネルギービル ZEB: ここでもPVが主役
- ・ ゼロ・エネルギー・タウン ZETへ発展?!:  
街並みから, 都市計画専門家との連携重要  
→ マスタードール, パナソニック1000戸タウン

## これからのシステム課題

### 4. メガソーラーからスーパーメガへ

- 未利用地は膨大に存在, スマコミへの組み込みニーズ大
- 低コスト・短工期のアレイフィールド建設工法, 軽量・高信頼性・高強度モジュール構造, 低CO2, . . .
- 地域産業への拡がり, 被災地復興にも一役
- 世界市場への進出: **SI**の養成
- 太陽光発電は世界の基幹エネルギーへ

## これからのシステム課題

### 5. 次世代スマグリ化への拡がり時代の趨勢

- **太陽光発電は主要な共通要素**(家庭, ビル, コミュニティ, ソーラーシティ, 広域連系へ発展, サンベルト地帯, 多国籍間世界連系)
- **スマグリ技術動向の見極め: PV導入に役立つスマグリ**
- **スマグリ標準化: PVサイドの早期の組織的参加**, PVパワコンサイドからの提案 (HEMS・BEMS・CEMS・負荷能動化との調和機能・IF), パワコンへの要求仕様 (IECでも動き)
- **発電変動(定時変化+不規則変動)調和機能をインフラ化・地域系統構成改良1: 蓄電スターション, 日射量・発電量予報(地域・広域), 地域・広域ならし効果**([負荷-太陽光発電電力]と系統電力の差分が重要)
- **地域系統構成改良2「配電線の双方向潮流電圧問題」:** アクティブ電圧制御, SiCパワエレ導入(参考:NEDO)
- **地域開発と一体化へ: 都市計画, 地域開発, 植物工場, 産業団地, 太陽光発電コンビナート, ソーラーブリーダー**

## これからのシステム課題

### 6. 太陽光発電は世界の基幹エネルギーへ

- 多国間相互連系系統(例: 北欧, 中欧, 環地中海): 再生可能エネルギー導入に貢献
- VLS-PV, SSB(シリコン・ソーラー・ブリーダー概念)

### 7. 元気な次世代の専門家の育成が重要

- 長期・超長期の変わらないビジョンが大切
- PV2030, PV2030+, IPCC特別報告, に続くもの

## これからの太陽光発電技術 …システム分野を中心として

0. 被災地における太陽光発電
1. これからのシステム課題
2. 住宅用太陽光発電分野
3. メガソーラー, スーパー・メガ
4. 分散型システムとのミックス・スマート化へ



## 住宅用太陽光発電システムの実力

- 3-4kW/軒 → 70-80% 家庭用電力供給
- 償却年数 およそ10年!
- 将来はオール電化住宅100%供給も可能に
- すでに約80万軒：集合が重要・これがねらい！！
- 真の持続性；セキュリティ（おらがエネ）

### NEDO/群馬県太田市集中連系プロジェクト



## 東京都23区 PV導入可能地域



黄部分が抽出された屋根領域

# 東京都23区 PV導入可能地域



約20%が住宅屋根

屋根面積の半分に  
PV設置

PV面積=65.0 km<sup>2</sup>

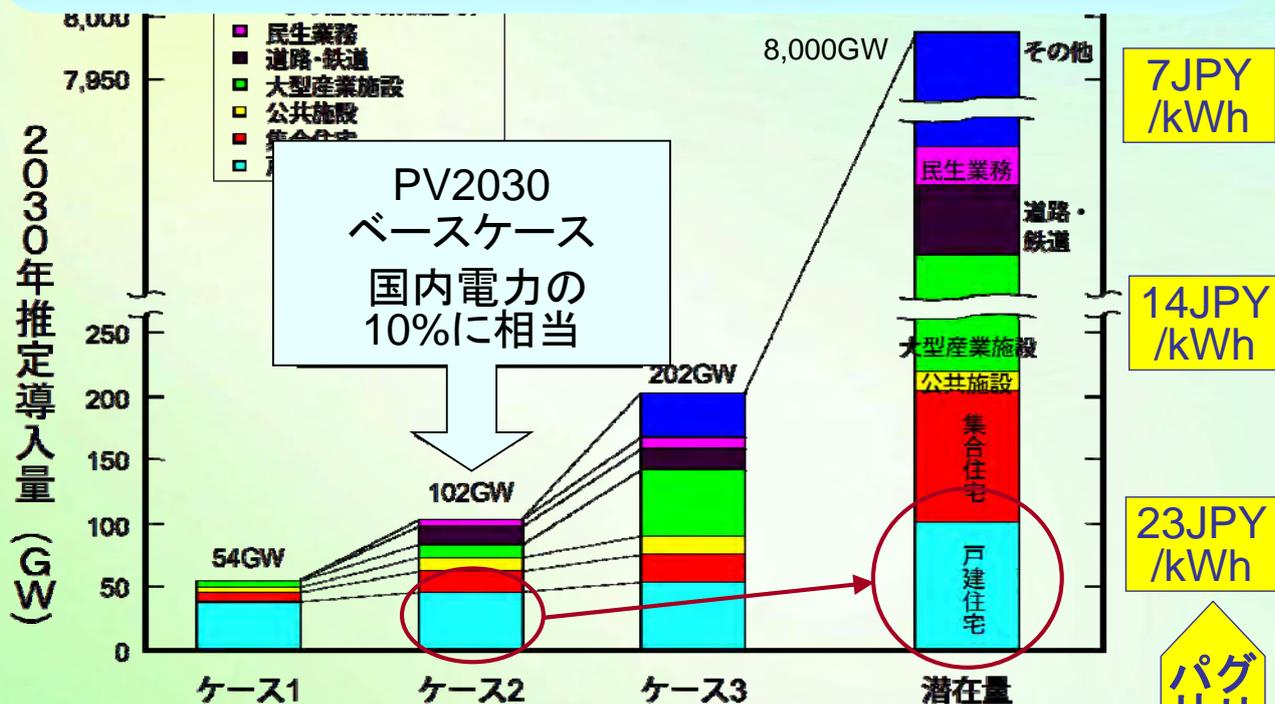
PV総容量=9.7 GW

総発電量=10.8 TWh/Y

黄部分が  
抽出された屋根領域



## “PV2030” 導入想定量：ポテンシャルは充分！



Case 1: 技術開発が産業界に任せられた場合  
 Case 2: 技術開発とその実用化が2030年まで本ロードマップにより実施される場合(標準ケース)  
 Case 3: 技術開発が前倒しで完成して、2030年頃には大規模発電の実用化も大規模に実現している場合  
 潜在量: 戸建て住宅や集合住宅、公共施設、未利用地等々の設置場所で、物理的に設置可能な導入量

出典: 2030年に向けた太陽光発電ロードマップ(PV2030)検討委員会報告書, NEDO, 2004年6月, 図4.2, p.13.



ポテンシャル合計  
7,985 GW

国内電気の8倍程度

設置可能な太陽光発電(GW)

設置場所	ポテンシャル	Case 2	
個人住宅	1.3 %	44.6 %	23JPY /kWh
集合住宅	1.3 %	16.2 %	
公共用	0.2 %	10.2 %	14JPY /kWh
産業用	3.6 %	10.0 %	
道路/鉄道用地	0.7 %	14.5 %	7JPY /kWh
事業用	0.4 %	4.5 %	
未利用地	92.5 %	0.0 %	
合計	7,985 GW	102 GW	

PV2030 目標  
102 GW

1/80

PV2030 Base Case ≡ 国内電気の需要のおよそ10% (～ 2兆円/年 市場)



元データ: NEDO「PV2030+」ロードマップ報告書, p.115-116



<http://www.nedo.go.jp/content/100116421.pdf>

参考資料

(資料5) 国内の太陽光発電システムの設置分野と設置可能量の見積もり

(1) PV2030 で推定する分野別導入量と物理的導入可能量

PV2030: 分野別PVシステム導入量の見積

分野	2030年 推定導入量 (MW)			物理的潜在量				
	ケース1	ケース2	ケース3	施設数・面積	データ出 源	単位導入規模	物理的導入可能規模 (MW)	
住宅	45,290	61,890	75,274				206,955	
	戸建住宅(表層含む)	37,056	45,410	53,134	25,269,406 (戸)	①	4 (kW/戸)	101,078
	共同住宅	8,246	8,246	16,599,706 (戸)	②	3 (kW/戸)	49,799	
公共施設	8,234	8,234	13,696	1,859,306 (棟)	③	3.0 (kW/棟)	56,079	
	3,507	10,430	13,453				13,947	
	学校施設	2,455	7,365	8,838	73,852 (施設)	④	12.0 (kW/施設)	8,838
	文化施設	196	294	440	29,350 (施設)	④	15 (kW/施設)	440
	自治体庁舎	143	538	645	10,751 (施設)	④	60 (kW/施設)	645
	医療・福祉施設	775	1,162	1,743	116,188 (施設)	④	15 (kW/施設)	1,743
	上下水処理場	236	1,072	1,767	3,574 (施設)	④	500 (kW/施設)	1,767
郵便局	-	-	-	24,693 (施設)	④	2.0 (kW/施設)	494	
工業施設	5,071	10,207	53,072				290,722	
	事業所建物建築面積	2,890	6,936	38,536	38.5 (km <sup>2</sup> )	④	0.2 (kW/m <sup>2</sup> )	77,071
	非建築用地(敷地面積-建築面積)	2,180	3,271	14,536	1,088 (km <sup>2</sup> )	④	0.2 (kW/m <sup>2</sup> )	213,551
交通・運輸施設	0	14,836	16,428				54,540	
	鉄道施設(駅舎)	0	500	500	10,000 (施設)	(概数)	100 (kW/施設)	1,000
	鉄道施設(高架橋部防音壁)	0	239	265	4 (km <sup>2</sup> )	④	0.2 (kW/m <sup>2</sup> )	795
	道路施設(高速道路防音壁)	0	13,426	14,817	224 (km <sup>2</sup> )	④	0.2 (kW/m <sup>2</sup> )	44,752
	道路施設(高速道路遮音壁)	0	671	746	11 (km <sup>2</sup> )	④	0.2 (kW/m <sup>2</sup> )	2,238
	空港施設	-	-	-	5 (km <sup>2</sup> )	④	0.2 (kW/m <sup>2</sup> )	925
民生業務施設	0	4,589	8,610				4,830	
	ガソリンスタンド	0	378	847	56,444 (施設)	④	30 (kW/施設)	31,998
	事務所ビル(屋根・屋上面積)	0	4,192	7,764	116 (km <sup>2</sup> )	④	0.2 (kW/m <sup>2</sup> )	23,291
	スーパー・百貨店(屋根・屋上面積)	-	-	-	9 (km <sup>2</sup> )	④	0.2 (kW/m <sup>2</sup> )	1,736
ホテル・旅館(屋根・屋上面積)	-	-	-	26 (km <sup>2</sup> )	④	0.2 (kW/m <sup>2</sup> )	5,273	
農業施設	-	-	-				95,871	
	ビニルハウス・ガラス室	-	-	-	468 (km <sup>2</sup> )	④	0.2 (kW/m <sup>2</sup> )	93,664
	農業用機械	-	-	-	2,186,828 (施設)	④	1 (kW/施設)	2,187
未利用空間	-	-	-				7,290,434	
	農耕地	-	-	-	15,002 (km <sup>2</sup> )	④	0.2 (kW/m <sup>2</sup> )	3,000,482
	林野地	-	-	-	6,711 (km <sup>2</sup> )	④	0.2 (kW/m <sup>2</sup> )	1,342,228
	河川	-	-	-	172 (km <sup>2</sup> )	④	0.2 (kW/m <sup>2</sup> )	34,464
	ダム	-	-	-	2 (km <sup>2</sup> )	④	0.2 (kW/m <sup>2</sup> )	394
	自然公園	-	-	-	11,547 (km <sup>2</sup> )	④	0.2 (kW/m <sup>2</sup> )	2,309,370
	海岸	-	-	-	139 (km <sup>2</sup> )	④	0.2 (kW/m <sup>2</sup> )	27,897
沼澤	-	-	-	2,878 (km <sup>2</sup> )	④	0.2 (kW/m <sup>2</sup> )	575,598	
電気事業用	0	0	35,000					
水素製造用	-	-	-					
計	54,167	101,932	201,838				7,984,467	



元データ: NEDO「PV2030+」ロードマップ報告書, p.115



<http://www.nedo.go.jp/content/100116421.pdf>

参考資料

データ出所: ①住宅・土地統計調査報告、②「非住宅分野における太陽光発電システム技術に関する調査研究」、③「太陽光発電評価に関する調査研究」、④工業統計表(用地・用水編)、⑤農業センサス(2) 前提条件

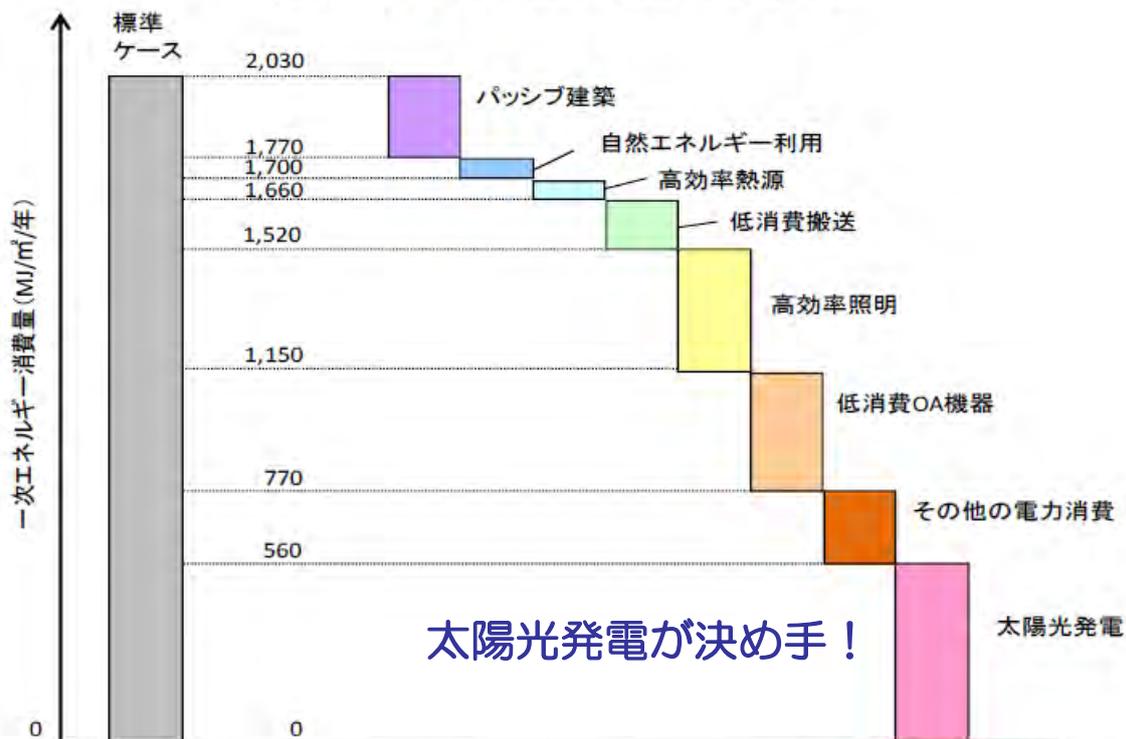
戸建住宅	2020	2030
ケース1	19,416 既築住宅の1/6に3kW 2011~2020年の新築住宅の25~80%に4kW	37,056 既築住宅の1/3に3kW 2021~2030年の新築住宅の80%に4kW
ケース2	19,416 同上	45,410 既築住宅の1/3に4kW 2021~2030年の新築住宅の80%に5kW
ケース3	19,416 同上	53,134 既築住宅の1/3に4kW 2021~2030年の新築住宅の80%に5.5kW
集合住宅	2020	2030
ケース1	1,952 非木造住宅の1/6に10kW/棟(15戸/棟)	8,234 非木造住宅の1/3に20kW/棟(15戸/棟)
ケース2	3,672 非木造住宅の1/6に10kW/棟(15戸/棟) 2011~2020年の新築非木造住宅の0~40%に2kW/戸	16,480 非木造住宅の1/3に20kW/棟(15戸/棟) 2021~2030年の新築非木造住宅の40~80%に3kW/戸
ケース3	3,672 同上	22,140 非木造住宅の1/3に30kW/棟(15戸/棟) 2021~2030年の新築非木造住宅の40~80%に3kW/戸 木造住宅の1/3に5kW/棟(5戸/棟)
公共施設	2020	2030
ケース1	1,903 学校施設(73,652施設)の1/3に50kW 文化施設(29,350施設)の1/3に10kW 自治体庁舎(10,751施設)の1/3に20kW 医療・福祉施設(116,188施設)の1/3に10kW 上下水道施設(3,574施設)の1/3に100kW	3,807 学校施設の2/3に50kW 文化施設の2/3に10kW 自治体庁舎の2/3に20kW 医療・福祉施設の2/3に10kW 上下水道施設の2/3に100kW
ケース2	3,477 学校施設の1/3に100kW 文化施設の1/3に10kW 自治体庁舎の1/3に50kW 医療・福祉施設の1/3に10kW 上下水道施設の1/3に300kW	10,430 学校施設に100kW 文化施設に10kW 自治体庁舎に50kW 医療・福祉施設に10kW 上下水道施設に300kW
ケース3	3,477 同上	13,453 学校施設に120kW 文化施設に15kW 自治体庁舎に60kW 医療・福祉施設に15kW 上下水道施設に500kW
大型産業	2020	2030
ケース1	3,017 建築面積(385,355,000m <sup>2</sup> )の1/30相当の建屋の屋根:15% 敷地面積(1,453,812,000m <sup>2</sup> )の1/10相当の工場において、敷地面積の5%:15%	5,071 建築面積の1/20相当の建屋の屋根:15% 敷地面積の1/5相当の工場において、敷地面積の5%:15%
ケース2	3,017 同上	10,207 建築面積の1/10相当の建屋の屋根:18% 敷地面積の1/4相当の工場において、敷地面積の5%:18%
ケース3	3,017 同上	53,072 建築面積の1/2相当の建屋の屋根:20% 敷地面積の5%:20%
道路鉄道	2020	2030
ケース1	0	0
ケース2	3,667 駅舎屋根(10,000)の1/6に50kW 法面等(223,760,000m <sup>2</sup> )の1/10:15% 遮音壁(2,797,000m:11,188,000m <sup>2</sup> )の1/10:15% 鉄道高架橋(1,988,851m:3,977,702m <sup>2</sup> )の1/10:15%	14,836 駅舎屋根の1/2に100kW 法面等の1/3:18% 遮音壁の1/3:18% 鉄道高架橋の1/3:18%
ケース3	3,667 同上	16,428 駅舎屋根の1/2に100kW 法面等の1/3:20% 遮音壁の1/3:20% 鉄道高架橋の1/3:20%
民生業務	2020	2030
ケース1	0	0
ケース2	930 事務所ビル屋上(116453489m <sup>2</sup> )の1/20:15%ガソリンスタンドの1/10に10kW	4,569 事務所ビル屋上の1/5:18% ガソリンスタンドの1/3に20kW
ケース3	930 同上	8,610 事務所ビル屋上の1/3:20% ガソリンスタンドの1/2に30kW



元データ:NEDO「PV2030+」ロードマップ報告書, p.116



ゼロ・エネルギー・ビル ZEBに至る道筋!



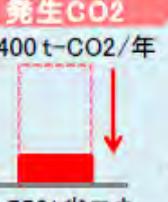
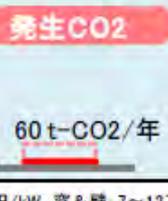
太陽光発電が決め手!



ZEBの実現と展開に関する研究会, Nov. 2009  
<http://www.meti.go.jp/report/downloadfiles/g91124d01j.pdf>



# ZEBの実現可能性！ (PV積極利用ケース-2025年)

太陽光発電設置場所 ・外壁:南,東,西(全面) (多結晶50%, 薄膜25%) ・屋根:屋根面の70% ・地上空き地:空き地の20%	将来	・建築:-75% 省エネ ・太陽電池効率 多結晶:25%, 薄膜:18%	初期投資額	費用削減額
<b>A 都心立地型</b> ・建物階数、高さ:20F、約80m ・容積対象床面積:20,000㎡ ・建築面積 40m×25m:1,000㎡ ・敷地面積 :1,650㎡ 	発生CO2 400 t-CO2/年  ▲75%省エネ	発電 365 t-CO2/年 寄与率 91% 発電効率向上	13.4 億円 太陽電池+省エネ投資	費用効果 ▲1.7億円/20年 省エネ+発電利用 11.7億円/20年
<b>B 都市周辺立地型</b> ・建物階数、高さ:10F、約40m ・容積対象床面積:10,000㎡ ・建築面積 40m×25m:1,000㎡ ・敷地面積 :1,650㎡ 	発生CO2 200 t-CO2/年  ▲75%省エネ	発電 238 t-CO2/年 寄与率119% 発電効率向上	7.0 億円 太陽電池+省エネ投資	費用対効果 ▲0.7億円/20年 省エネ+発電利用+発電売却 6.3 億円/20年
<b>C 郊外立地型</b> ・建物階数、高さ:3F、13m ・容積対象床面積:3,000㎡ ・建築面積 40m×25m:1,000㎡ ・敷地面積 :2,500㎡ 	発生CO2 60 t-CO2/年  ▲75%省エネ	発電 172 t-CO2/年 寄与率287% 発電効率向上	2.6 億円 太陽電池+省エネ投資	費用対効果 0.1億円/20年 省エネ+発電利用+発電売却 2.7 億円/20年

\*2025年太陽電池コスト:屋上&地上:20万円/kW、窓&壁:7~12万円/㎡、電力単価:15円/kWhとそれぞれ想定。出所)森本委員プレゼン資料より事務局作成



ZEBの実現と展開に関する研究会

<http://www.meti.go.jp/report/downloadfiles/g91124d01j.pdf>, Nov. 2009

## 火災時のPV施設に対する消防対策



John Berdner, SolarEdge, Israel: Solar systems safety standards – from the view of an inverter manufacturer, 1st Pohton PV Safety Conf, San Francisco, 215 Feb. 2011.



# 火災時のPV施設に対する消防対策



Protecting the protectors, Photon International, May 2005.

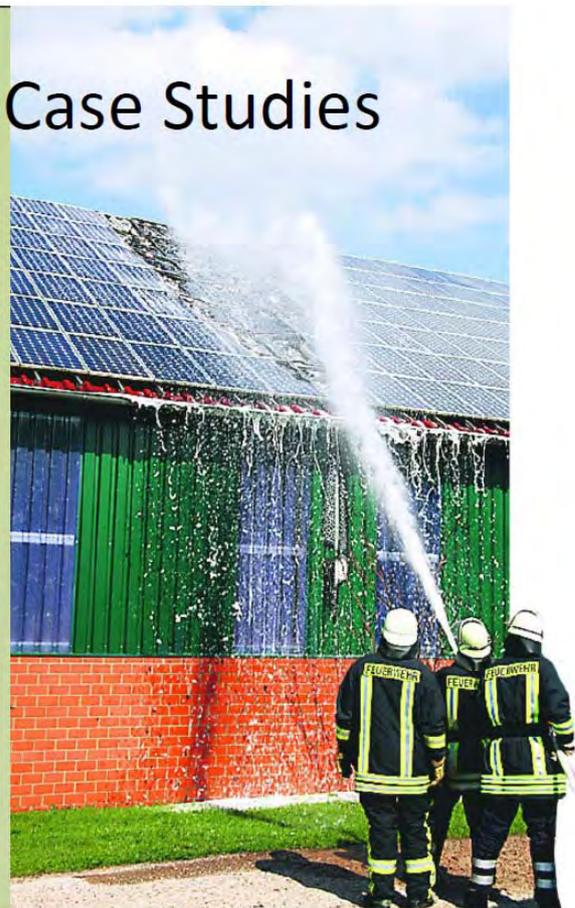


## PV Fire-Related Case Studies

Matt Paiss, Fire Captain  
 San Jose Fire Department  
 San Jose, CA

- PV Related
- Non-PV Related

Photon's 1<sup>st</sup> PV Safety Conference  
 15 Feb 2011 SF, CA



# 太陽光発電が原因にならないために！



エコ住宅トラブル(1) 太陽光発電パネルで布団発火, 日経BP社ケンプラッツ, 2010/07/27.

# 太陽光発電が原因にならないために！

Research Institute for Sustainable Energy: RISE社ビデオ映像



DC Arcing:

[http://www.rise.org.au/standards/RISE\\_DC\\_arcing2007\\_lowspeed.wmv](http://www.rise.org.au/standards/RISE_DC_arcing2007_lowspeed.wmv)

[http://www.rise.org.au/standards/RISE\\_DC\\_arcing2007\\_highspeed.wmv](http://www.rise.org.au/standards/RISE_DC_arcing2007_highspeed.wmv)

本サイトは現在アクセス不能； その他関連映像を含めてダウンロード済み

# 太陽光発電が原因にならないために！



PV Arcing:

<http://www.youtube.com/watch?v=UyJ1rt8wyx8>



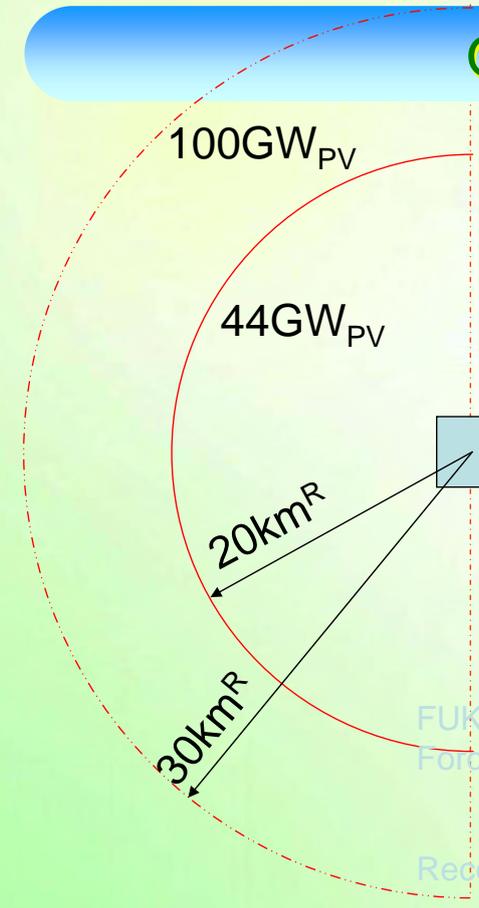
## これからの太陽光発電技術 …システム分野を中心として

0. 被災地における太陽光発電
1. これからのシステム課題
2. 住宅用太陽光発電分野
3. メガソーラー, スーパー・メガ
4. 分散型システムとのミックス・スマート化へ



# Case Studies

PV



**Assumptions:**  
 PV module efficiency = 15% nominal  
 Space factor = 50%  
 Performance ratio = 80%  
 Annual system yield = 1000 hrs

4km<sup>2</sup> ≈ 1GW<sub>PV-system</sub>  
 (=1.25GW<sub>PV</sub>)  
 → 1.25 TWh/Y  
 ≈ 3km<sup>R</sup>半円

約2000億円  
 (~7円/kWh相当)

**Average Nuke's Space**

0.7km<sup>2</sup> ≈ 1GW<sub>Nuke</sub>  
 → 7 TWh/Y  
 (80% capacity factor)

FUKUSHIMA #1Site  
 Forced Evacuation Area

Recommended Evacuation Area



**Foundation by Earth-Screw-Bolt**

**10 MW Solarpark Pocking**

# スーパーメガソーラー施工



Les Mees (7) (7 of 44)

# スーパーメガソーラー施工



Sant Alberto (17) (9 of 18)

## スーパーメガソーラー施工



08905\_Olmedilla(Cuenca) 55MW PV Plant

学振175 信頼性・システム技術研究会

6 June 2011

### これからの太陽光発電技術

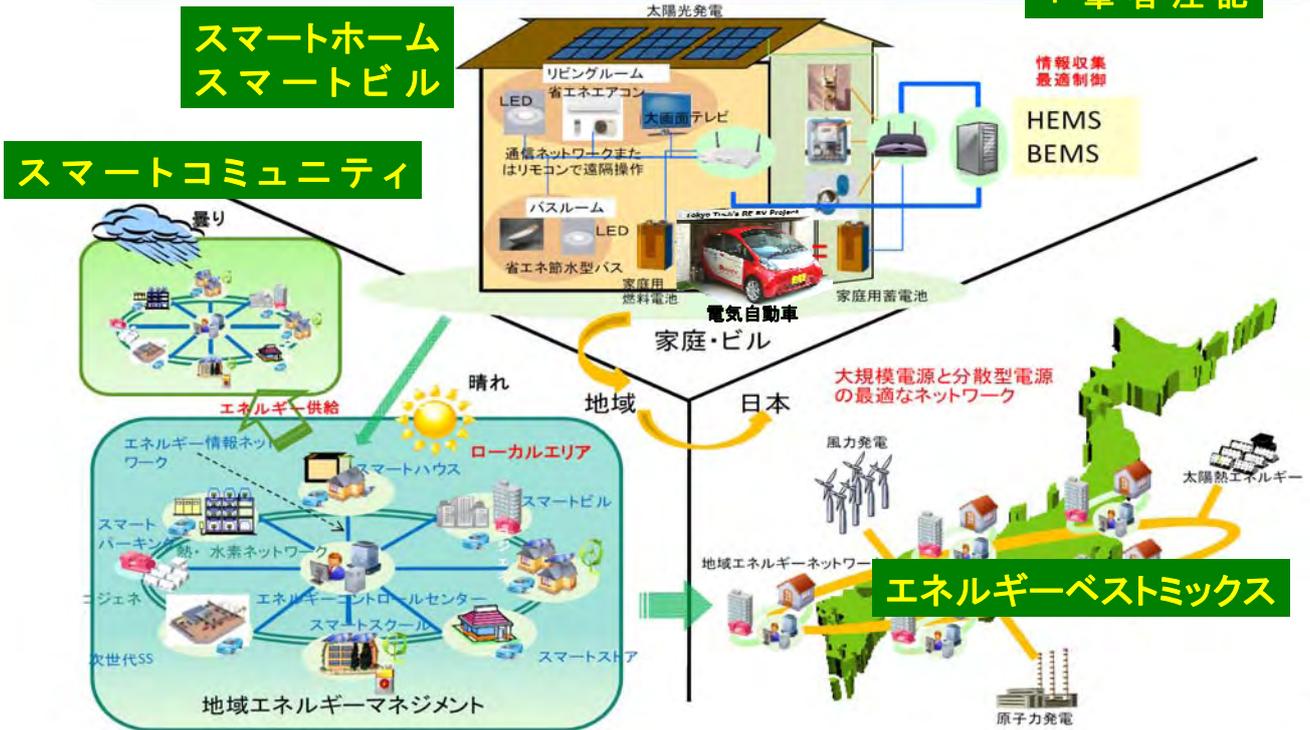
…システム分野を中心として

0. 被災地における太陽光発電
1. これからのシステム課題
2. 住宅用太陽光発電分野
3. メガソーラー, スーパー・メガ
4. 分散型システムとのミックス・スマート化へ



# 日本型スマートグリッド

\* 筆者注記



出典: 経産省: 次世代エネルギー・社会システム協議会, 中間とりまとめ  
<http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g100119a04j.pdf>



# スマートタウンへ: ZET



- 3-4kW/軒  
 → 70-80% 家庭用電力供給
- 将来100%供給も可能に



NEDO/群馬県太田市集中連系プロジェクト

## マスター・シティ計画 (アブダビ)

再生可能エネルギー100%自立都市！を目指して

総面積6.5平方キロ、開発費は220億ドル(約2兆円)太陽エネルギー等、再生可能エネルギーで都市全体をまかなう「マスター」はアラビア語で「源泉」  
2015年の完成予定

## 復興プランの提案例

伊澤委員長(日大): 太陽エネルギーデザイン研究会資料

# FEMSプロジェクト (イメージ)

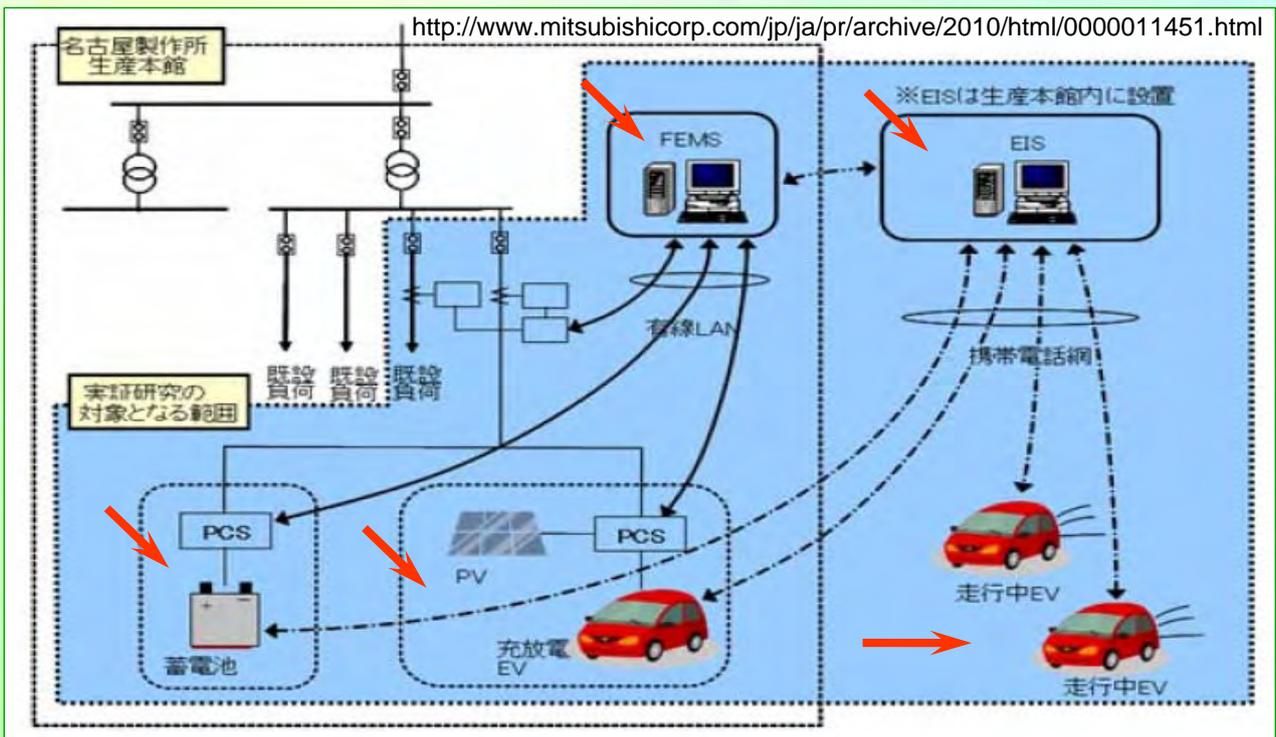


佐倉第3工業団地

66 kurochan

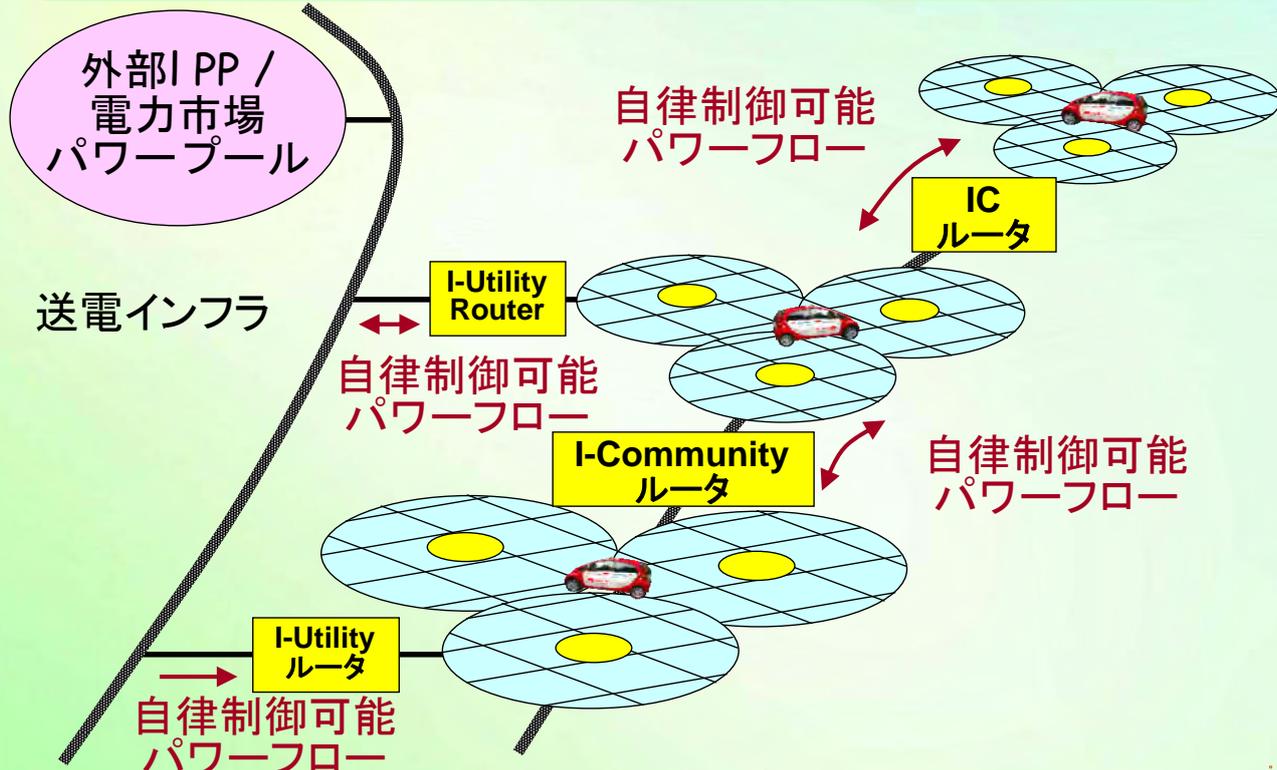


## AES/三菱グループ：V2Xプロジェクト



NEDO蓄電複合システムプロジェクト: 三菱商事, 三菱自動車, 三菱電機, 三菱総研, 東工大指導 (H23よりMETIプロジェクトへ)

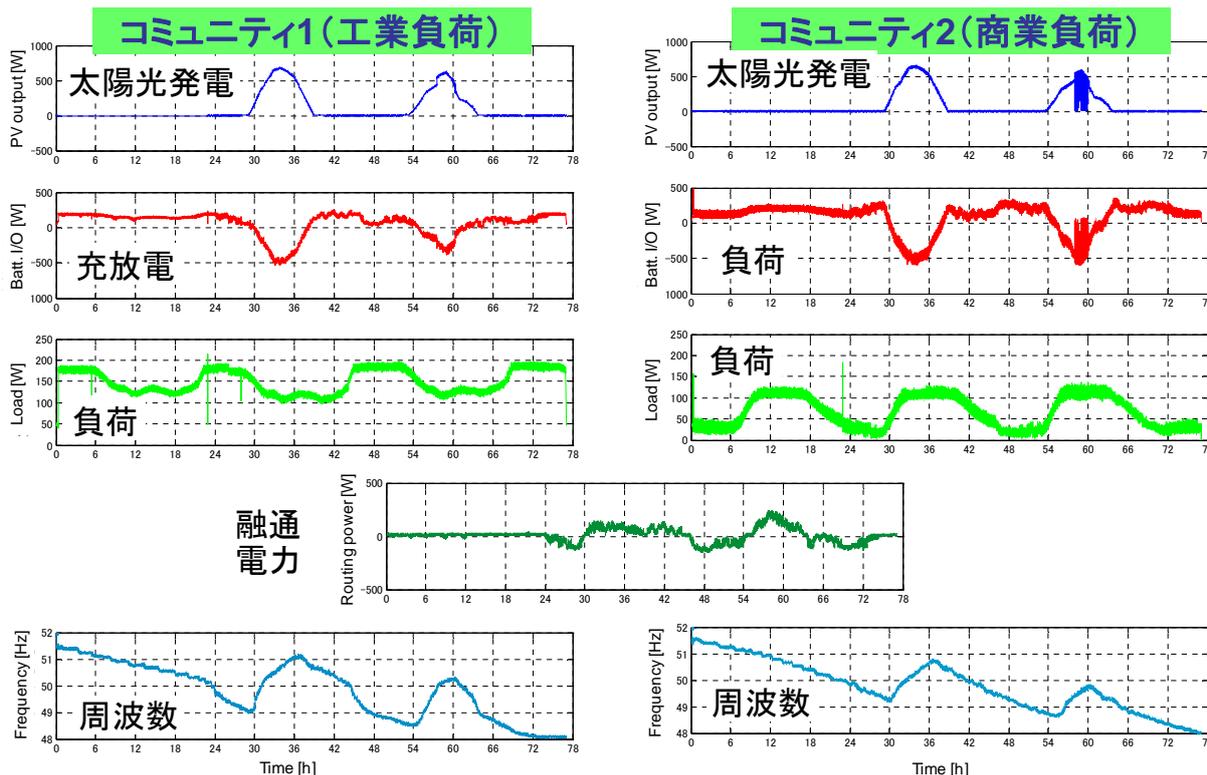
# AE-PVC 自立度向上型PV概念拡張 広域自律ネットワークの形成



黒川他:分散型太陽光発電地域運転特性および統合制御運用, 太陽エネ学会誌, Vol.36, No.1, 2010.



# パワールータによる コミュニティ間の自律分散制御



黒川他:分散型太陽光発電地域運転特性および統合制御運用, 太陽エネ学会誌, Vol.36, No.1, 2010.



# Tokyo Tech's RE-EV Project

**KIDS DESIGN AWARD 2008** キッズデザイン賞受賞

**cesibo**  
この車の個性や創造性を重んじた新しい生活様式によって2008年度キッズデザイン賞を受賞しました。

**GOOD DESIGN** グッドデザイン賞受賞

**RE-EVプロジェクト**  
再生可能エネルギーを利用した電気自動車充電インフラシステムの研究プロジェクト  
システム住宅研究「アイフルホーム」は、フロンティア賞を受賞した「RE-EVプロジェクト」(東京工業大学、三菱自動車)に参画し、フロンティアシステム住宅にも実験的に導入されています。

**JAPAN SHOP SYSTEM AWARDS 2009** 2009年最優秀賞受賞

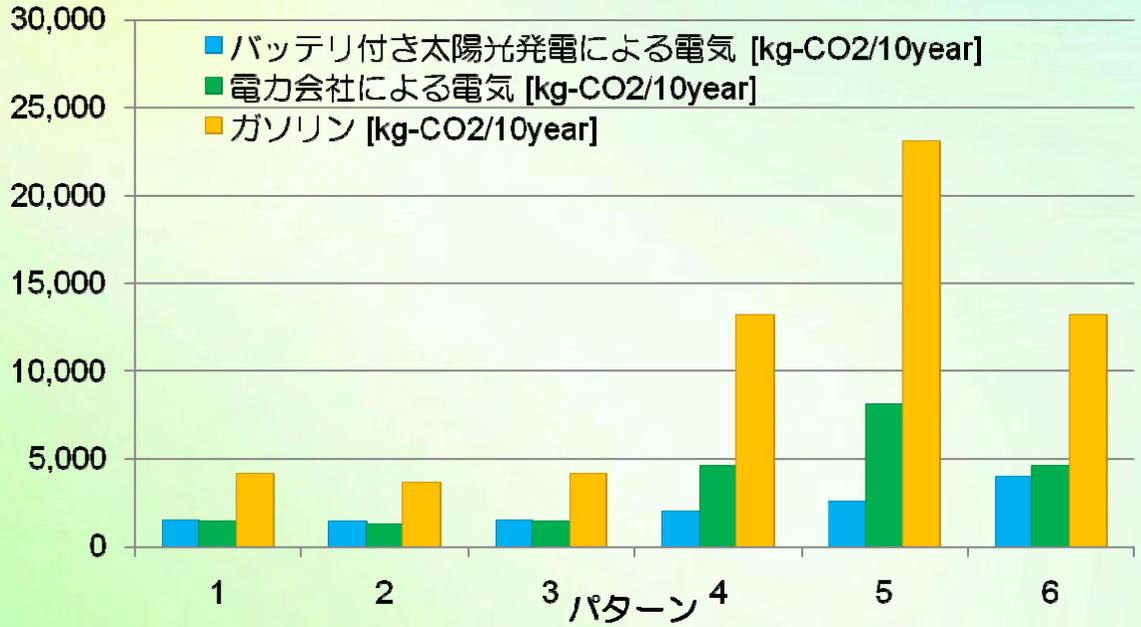
太陽光発電搭載の電気自動車対応住宅

**cesibo**  
10th ANNIVERSARY



70   
kurochans-net

## 10年間走行時の二酸化炭素排出量の比較



● 走行距離が短ければ差は少ない  
● うち、1,270 kg-CO2は外付けバッテリー

# 目指すところ：階層化スマートネットワーク

社会コストミニマム  
情報系リスク抑制

全国大・広域融通網  
(FACTS, HVDC classic)

上流から  
下流へ  
受動型  
概念

アクティ  
ブな概念

地域基幹超高圧系統  
(FACTS, HVDC, 揚水)

情報通信系

中給

特高系

サーバ

配電系

サーバ

CEMS

サーバ

HEMS

サーバ

情報集約化・マクロ化

自律分散  
処理系構築

特別高圧系統  
(メガソーラ, 蓄電St, HVDC-Lite)

安定化  
ピークカット  
(非同期)

双方向

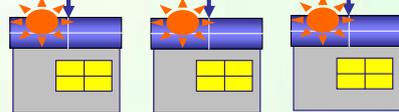
一方向

コミュニティ系統  
(パワエレ, 蓄電St)

汎用高圧配電系統

スマートハウス  
HEMS・BEMS  
PV, FC, HP, PH-EV,  
RE-EV, Super-HP

自律分散コミュニティ  
RE-EV集合



PVハウス



## スマートコミュニティ実証実験 (NEDO/沖電：宮古島メガソーラー)



Photo & composite by kurochan, Mar. 2011

# スマートコミュニティ（宮古島メガソーラー）

系統規模	約50,000kW	既設内燃力設備	76,500kW
------	-----------	---------	----------

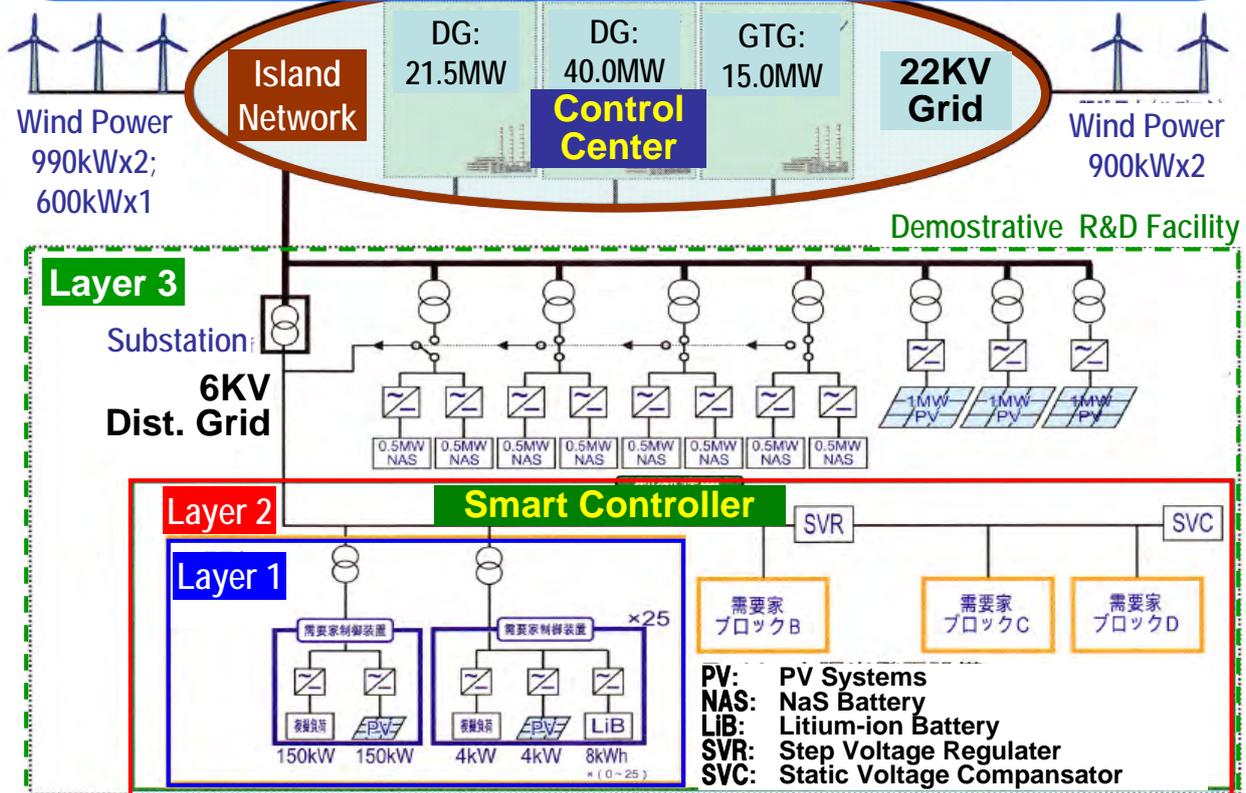
新設蓄電装置	4,000kW (NAS) 200kWh (LiB)
--------	-------------------------------



太陽光発電導入比率	8%
新設太陽光発電設備	4,000kW
新太陽光発電設備 推定CO <sub>2</sub> 排出削減量	約4,000t/年
既設新工ネ設備	風力発電 4,200kW

出典：NEDO/沖縄電力「次世代エネルギー・社会システム実証」

# スマートコミュニティ実証実験 (NEDO/沖電：宮古島メガソーラー)



Source: NEDO/Okinawa Electric Power C. "Next Generation System Proj."

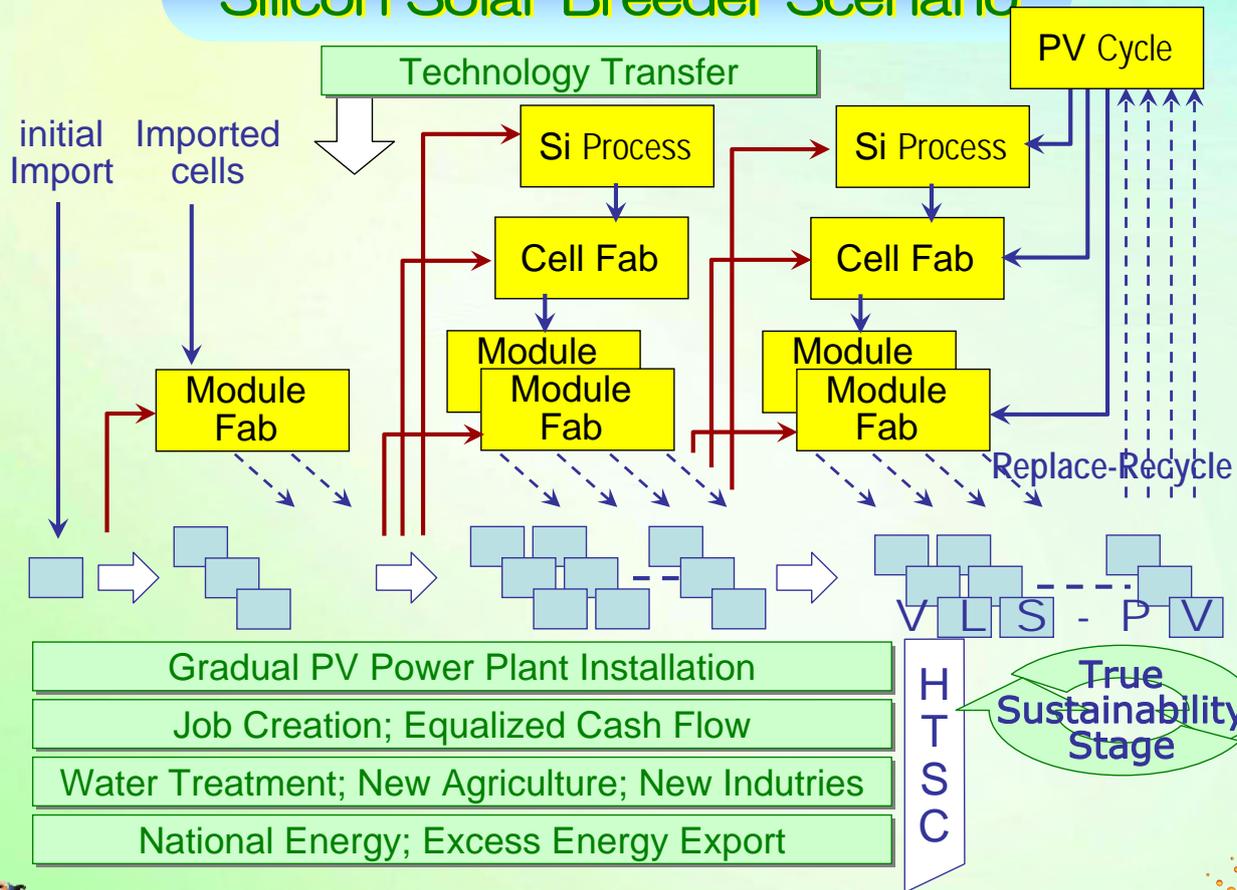
## スマグリにおける情報システム（1）

- **電力品質**
  1. 逆潮流による電圧上昇（配電系改良）
  2. 出力変動；一斉解列による瞬時電圧・周波数変動
- **系統運用**
  1. 潮流管理が複雑化
  2. 需給調整容量・分散電源超過（→蓄電機能・スマート化）
- **保護・保安**
  1. 短絡容量増大停電リスク（→パワールータ）
  2. 単独運転の確実な防止（→系統階層化）
- **情報系の保安・セキュリティ**
  1. 情報系巨大化・複雑化による運用保守コスト増大
  2. 情報系巨大化・複雑化による運用リスクの増大
  3. プライバシーの侵害
  4. 電力の窃盗
  5. 社会セキュリティの脆弱化・サイバーテロ危惧

## スマグリにおける情報システム（2）

- **ブロック分割化・階層構造化が必要**  
ブロックごと・階層ごとのエンド・ツー・エンドのセキュリティを確保
- **階層上位へ向かう情報量を集約化・マクロ化**  
プライバシー確保, トラフィック負荷軽減のため
- **地域で自律運用も可能**  
広域に拡大するリスク抑制のために, 限定された地域内で, 必要な電源が得られる時には, 階層ごと・ブロックごとに自律運用を可能にするシステム設計が必要
- **自律分散型EMSアルゴリズムを構築**  
階層ごと・ブロックごとで, 上位からのEMS指令の解釈と, 受け持ち地域の状態把握から, 地域指令の具体化・細分化を行う
- **ブロック間・階層間にゲートウェイ設置**  
必要な認証手続きを実施

# Silicon Solar Breeder Scenario



## これからの太陽光発電技術

…システム分野を中心として

- 0. 被災地における太陽光発電
- 1. これからのシステム課題
- 2. 住宅用太陽光発電分野
- 3. メガソーラー, スーパー・メガ
- 4. 分散型システムとのミックス・スマート化へ
- + まとめ



# サンライズ計画へ！

日経 2011. 5. 22  
太陽光パネル

## 全ての新築ビル・住宅に

### 2010年までに首相、サミットで表明へ

サンライズ計画  
1000万件！

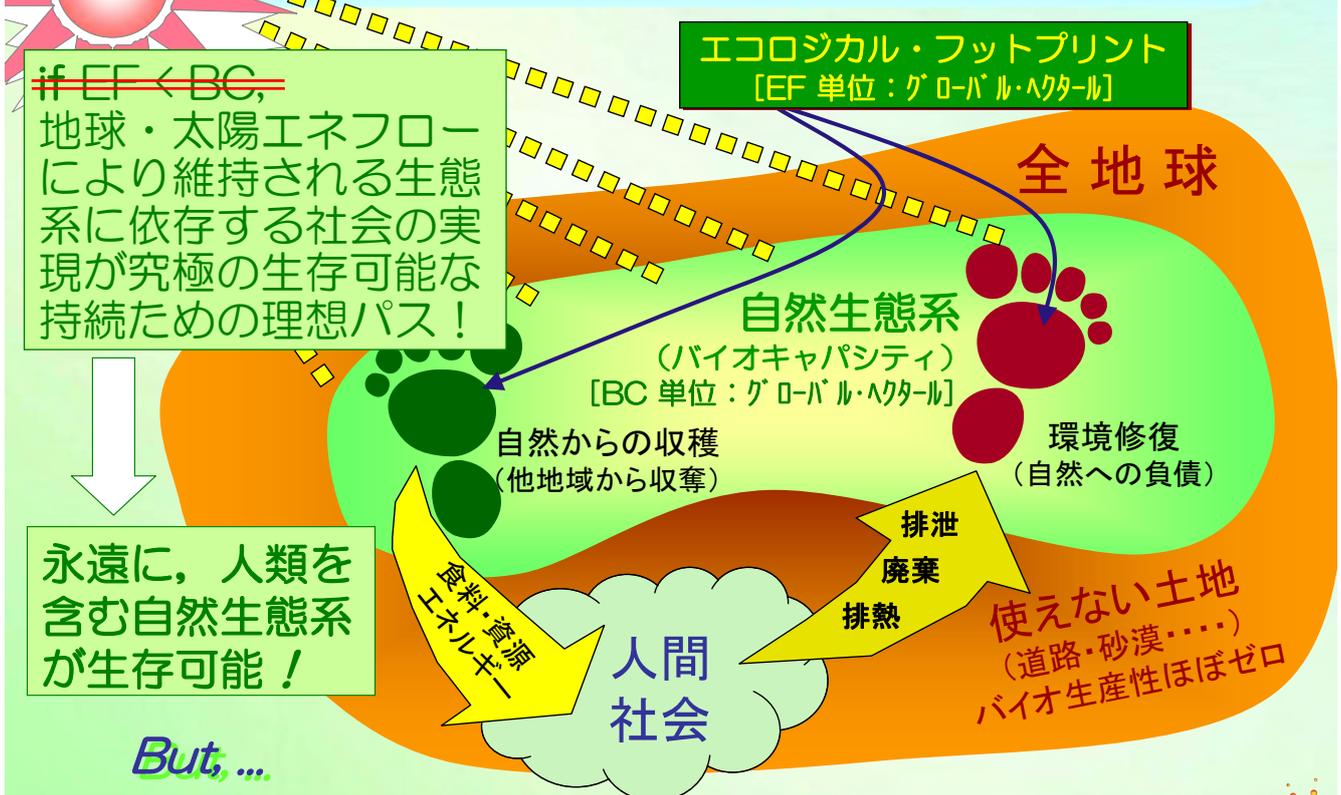
政府は、2010年までに首相、サミットで表明へ、全ての新築ビル・住宅の屋根に太陽光パネルを設置する構想を盛り込む方向で調整に入った。太陽光バイオマスなどの再生エネルギーを重視する。首相はサミット初日の冒頭発言で、原子力発電について安全性を徹底し、置拡大は具体策の一つ

で、技術革新で太陽光発電のコストを大幅に引き下げて普及を促す考えだ。サミットでは再生可能エネルギーの技術革新に向けた取り組み「サンライズ計画」の名称が打ち出す考え。首相がサミットに出発する直前の23、24両日に首相官邸で開く準備会合で最終調整する。政府は昨年まとめたエ

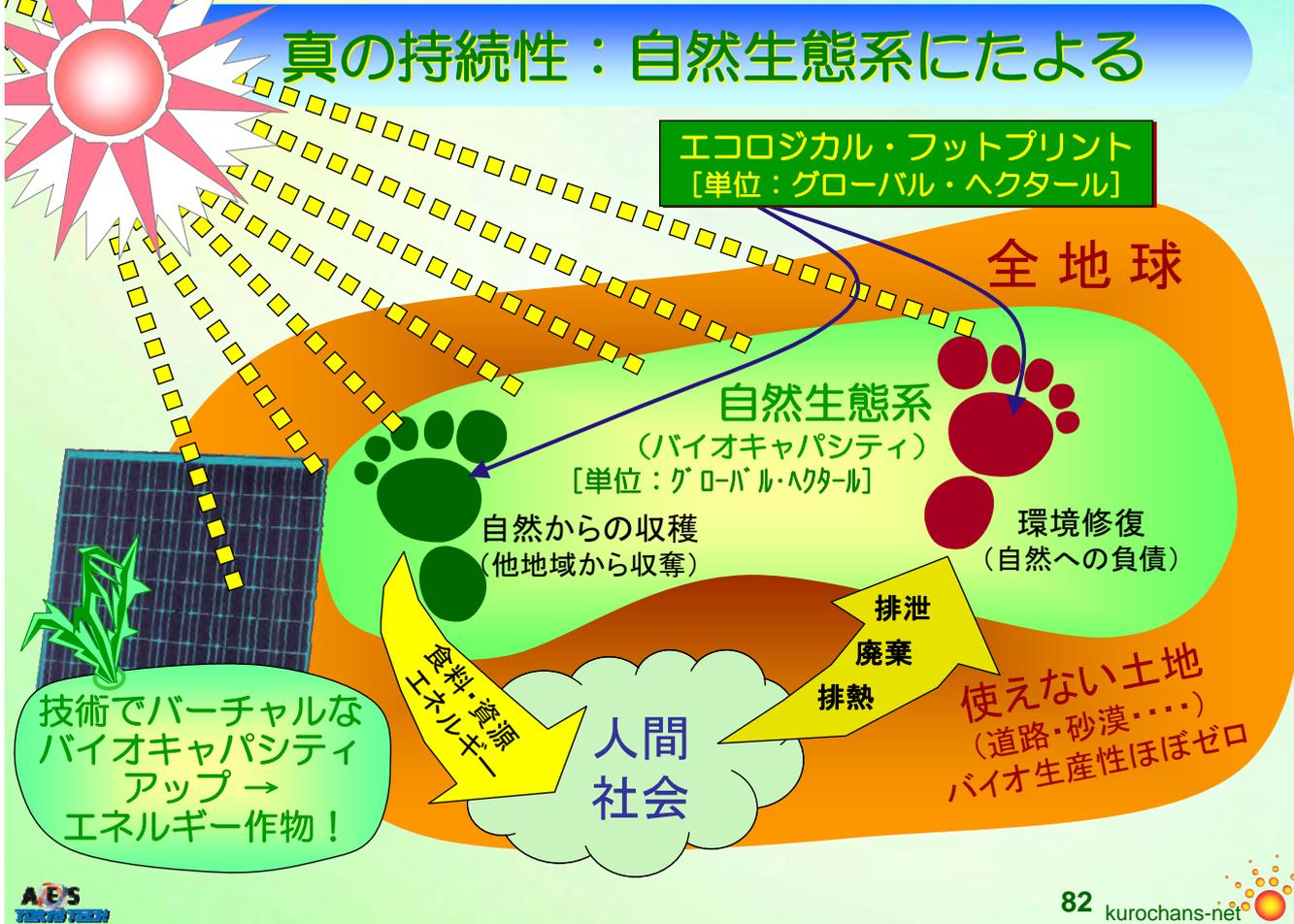
エネルギー基本計画で、30年までに原子力への依存度を5割に、再生可能エネルギーは2割に引き上げる目標を設定した。福島第1原子力発電所事故を踏まえて見直す方向だが、事故収束の見通しが立たないため、サミット時点では新たな目標設定は見送る。その代わりに太陽光パネル設置拡大などの具体策を強調する考えだ。



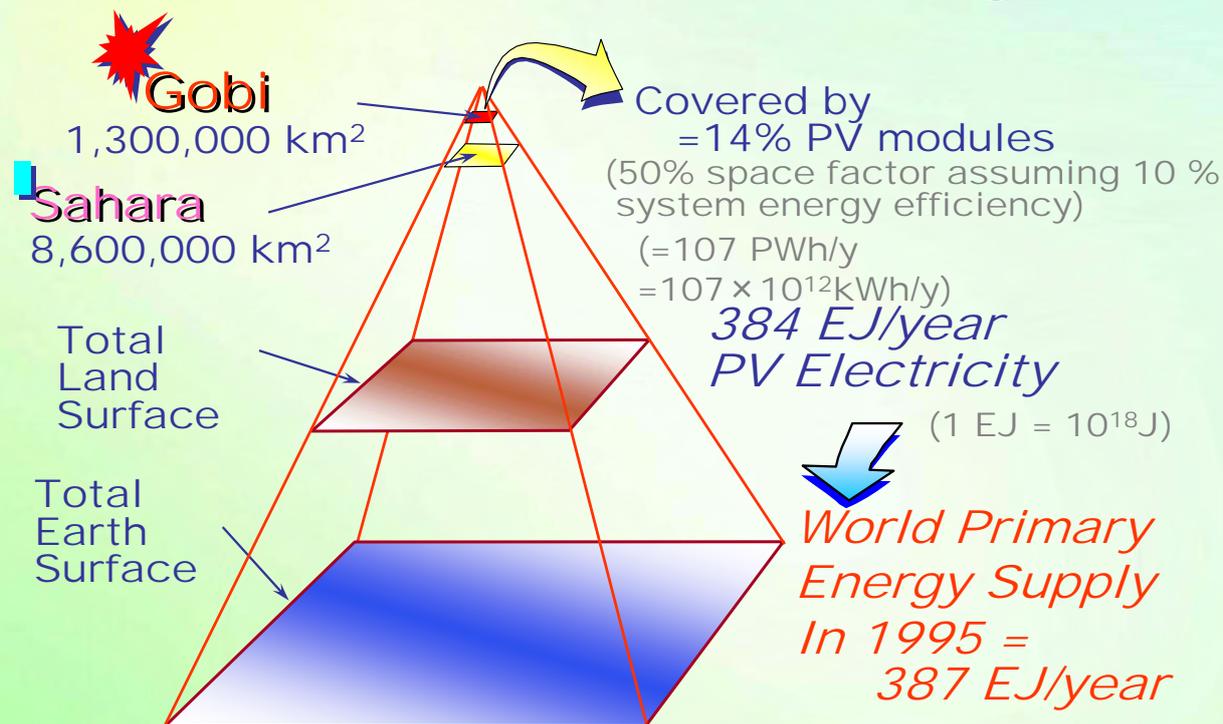
## 真の持続性：自然生態系にたよる



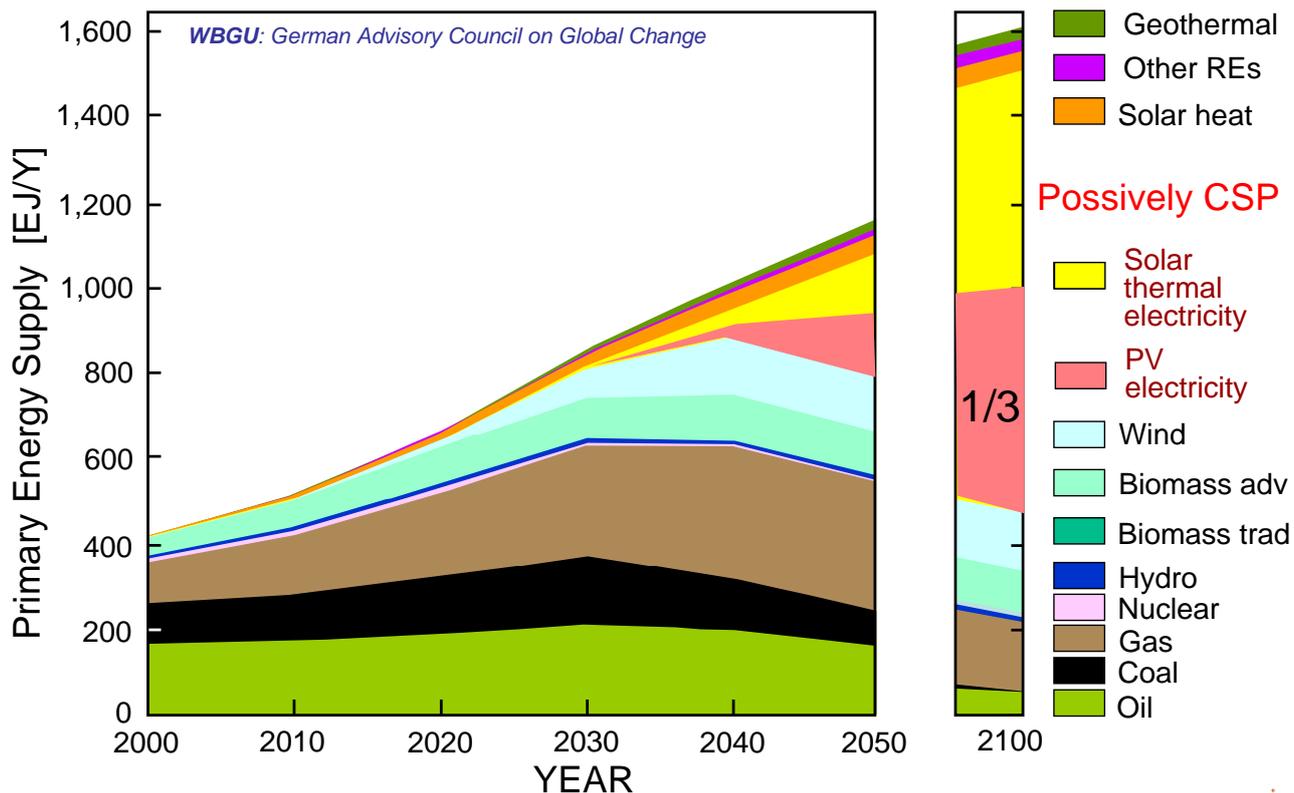
# 真の持続性：自然生態系にたよる



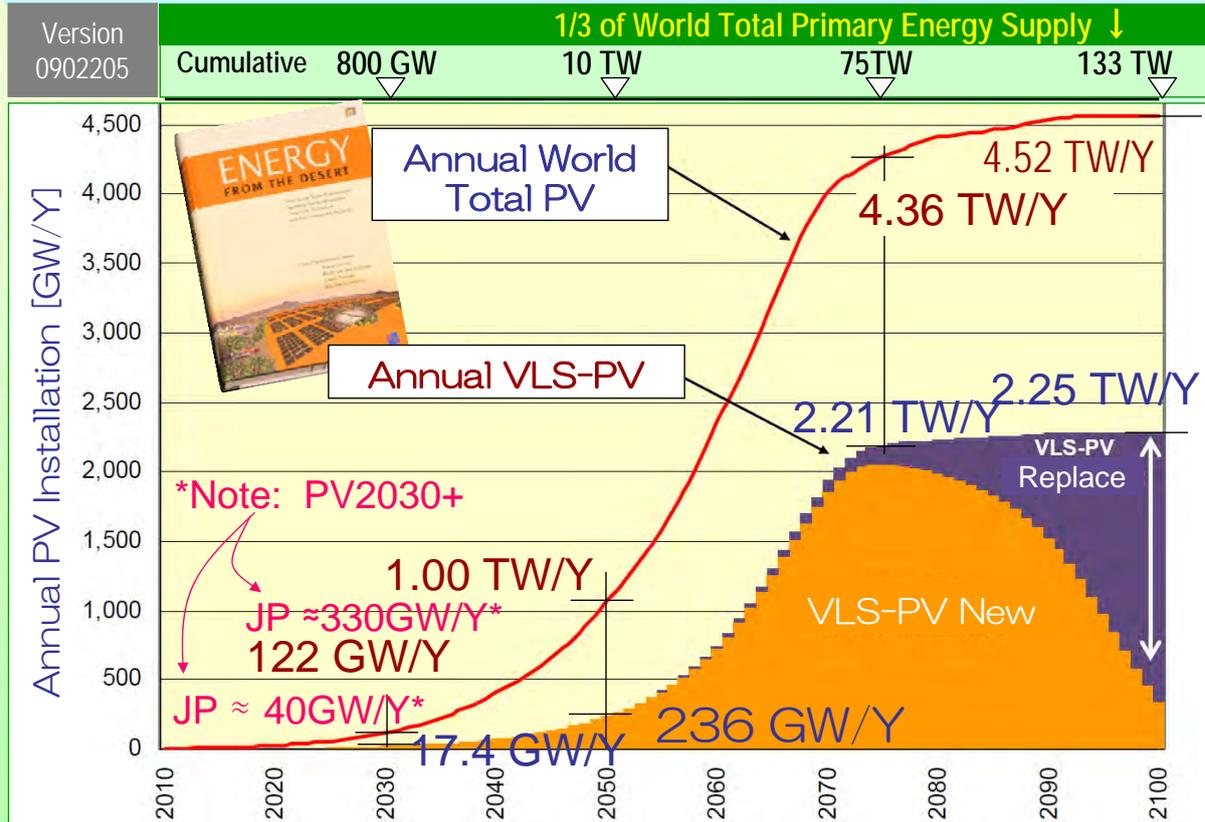
## PV for 21st Century Solar Pyramid



# 2100年へ向かって：我々の未来！



# 超長期の世界太陽光発電システム市場！



Special Report Renewable Energy Sources (SRREN)

says that

**77% of the world energy demand  
will be supplied by  
RENEWABLE ENERGY SOURCES  
in 2050.**

This Summary for Policymakers was formally approved  
at the 11th Session of Working Group III of the IPCC,  
Abu Dhabi, United Arab Emirates. 5-8 May 2011.