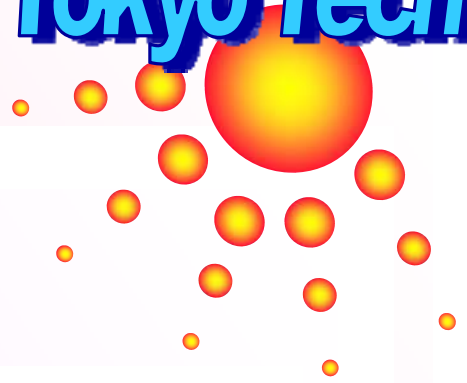


The 16th PVST
PHOTOVOLTAIC SYSTEM THINK-IN

Tokyo Tech



第16回
AES太陽光発電システム研究発表会
論文集

2014年3月15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 16 回

AES 太陽光発電システム研究発表会

予稿集

開催日時

2014 年 3 月 15 日 (土) 13 時 00 分～18 時 00 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

第 16 回 AES 太陽光発電システム研究発表会 プログラム

平成 26 年 3 月 15 日 (土) 13 時 00 分～18 時 00 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 : 05	あいさつ	黒川 浩助
13 : 05～13 : 35	紫綬褒章受賞記念講演： 太陽電池の技術進化は止まらない！	東京工業大学 小長井 誠
13 : 35～14 : 05	エネルギー改革の最新動向	AES センター 柏木 孝夫
14 : 05～14 : 35	I Love PV! 太陽光発電に期待すること	東京大学 松本 真由美
14 : 35～15 : 05	産総研福島拠点開所を控えて	産総研 大谷 謙仁
15 : 05～15 : 35	サハラソーラーブリーダー・アルジェリア奮戦記	日本カーネルシステム 浅井 順
休憩：集合写真撮影		
16 : 15～16 : 45	より安全な太陽光発電へ(1)：特別報告 A 電気システムの安全対策	産総研 大関 崇
16 : 45～17 : 15	より安全な太陽光発電へ(2)：特別報告 B 消防活動における安全性	消防研究センター 塚目 孝裕
17 : 15～17 : 40	より安全な太陽光発電へ(3)：討論・提言 より安全な太陽光発電へ向かって	AES センター 黒川 浩助
17 : 40～18 : 00	閉会	東京工業大学 植田 譲

☀ 懇親会

研究発表会終了後、大学食堂棟 2 階にて懇親会を行います。(参加費 3000 円)

目次

第一編：研究発表会予稿

黒川 浩助 東京工業大学 (論説)太陽光発電システムと電力ネットワークあれこれ	1
小長井 誠 東京工業大学 紫綬褒章受賞記念講演： 太陽電池の技術進化は止まらない！	9
松本 真由美 東京大学 I Love PV! 太陽光発電に期待すること	25
大谷 謙仁 産業技術総合研究所 産総研 福島再生可能エネルギー研究所	37
浅井 順 日本カーネルシステム サハラソーラーブリーダー・アルジェリア奮戦記	45
大関 崇 産業技術総合研究所 より安全な太陽光発電へ(1)：特別報告 A 電気システムの安全対策	59
消防活動における安全性 消防研究センター より安全な太陽光発電へ(2)：特別報告 B 消防活動における安全性	65
黒川 浩助 東京工業大学 より安全な太陽光発電へ(3)：討論・提言 より安全な太陽光発電へ向かって	69

第二編：論文

論文リスト [1996年～2014年]	73
原著論文 [2013年～2014年]	103
国際学会 [2013年～2014年]	115
招待講演 [2013年～2014年]	121
著書・解説 [2013年～2014年]	165
取材記事 [2013年～2014年]	173

研究発表会予稿

太陽光発電システムと電力ネットワークあれこれ

東京工業大学 AES 国際研究センター 黒川 浩助

1. まえがき

再生可能エネルギー分野の導入促進策として 2012 年 7 月に開始された「固定価格買取制度」の効果は、少なくとも、太陽光発電分野に対しては劇的であった。

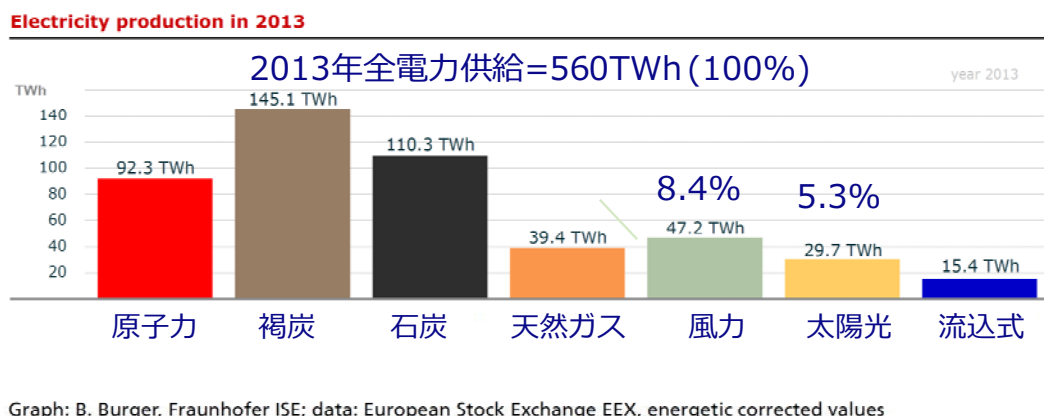
新制度が発足してまだ 2 年弱であるにも拘わらず、欧州では FIT バブルはじけが繰り返されたことを思い起こす。また、この反動から回復するまでいずれも数年を費やしている。それらの国で得られた教訓は、市場の動向を見ながら、買い取り価格の調整を時間遅れなく、小刻みに、適切に繰り返すことではなかったろうか。そして、産業の安定的な発展期へ遷移していきつつあるように窺える。

また、今までも書かしていただいたように、分散型のエネルギー社会へ向かうには、地域に根ざした各種の再生可能エネルギーを、地域毎にバランスの取れた自律分散ネットワークとして形成していくことが不可欠である。その地域地域で獲得できる複数の再生可能エネルギー源を、各々の特性の違いを利用しながら、相補的に組み合わせることで、付加価値を高めていくことが望ましい。このようなソリューションを目指していくためには、太陽光発電だけが「一人勝ち」の状態であることに、むしろ将来の選択の幅を狭めていくという危惧の念を抱いている。

ここでは、欧州での再生可能エネルギーの「大量」導入に伴って、かの地の電力系統に見られる変化を見てみよう。これらを、現在の日本の状況に対比すると、再生可能エネルギーの普及状況の大きな差異と、これらを受け入れてきたネットワークの違い・運営の仕方の違いがクリアに浮かび上がってくるに違いない。

2. 欧州で垣間見られる電力系統構成の変化・需給パターン：ドイツにおける例

図 1 は、2013 年のドイツの全電力供給に対して占める発電種別の実績データ⁽¹⁾である。太陽光発電は 5.3%、風力と合わせると 13.7%を占める。さらに流れ込み式水力を含めれば 16.5%を、再生可能エネルギーが占めたことになる。



5

© Fraunhofer ISE

<http://www.ise.fraunhofer.de/en/downloads-englisch/pdf-files-englisch/news/electricity-production-from-solar-and-wind-in-germany-in-2013.pdf>

Fraunhofer

図 1 ドイツの全電力供給 (2013 年) ⁽¹⁾

ここでは積算値を主題にするわけではないが、既に再生可能エネルギーの貢献度合いが、原子力のシェアとちょうど同じ数字になっている。

次は同じく、ドイツでのトピックとして内外で昨年報道された注目すべき記事⁽²⁾に言及しよう。

図2は昨年第16週1週間のドイツ国内各電源別の時系列データを示している⁽¹⁾。4月18日(木)に注目すると、太陽光発電と風力の和が、午後13時頃に他の電力の和と同じ高さになっている。同図に示すように、太陽光発電+風力の電力が全電力の50%の供給シェアに達したのである。報道によれば、「初」ということのようなのだ。

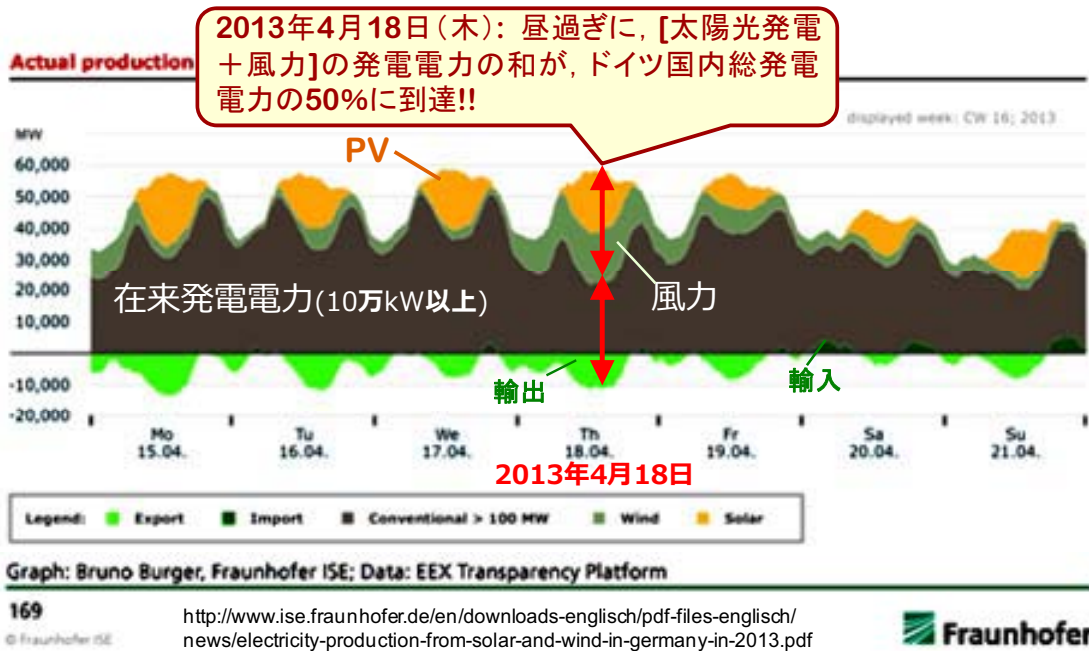


図2 ドイツの2013年4月18日(木)の[太陽光発電+風力]⁽¹⁾
 時間当たり最大供給分担率=50%を記録(注: 水平軸より下に突き出ている部分は輸出分。)

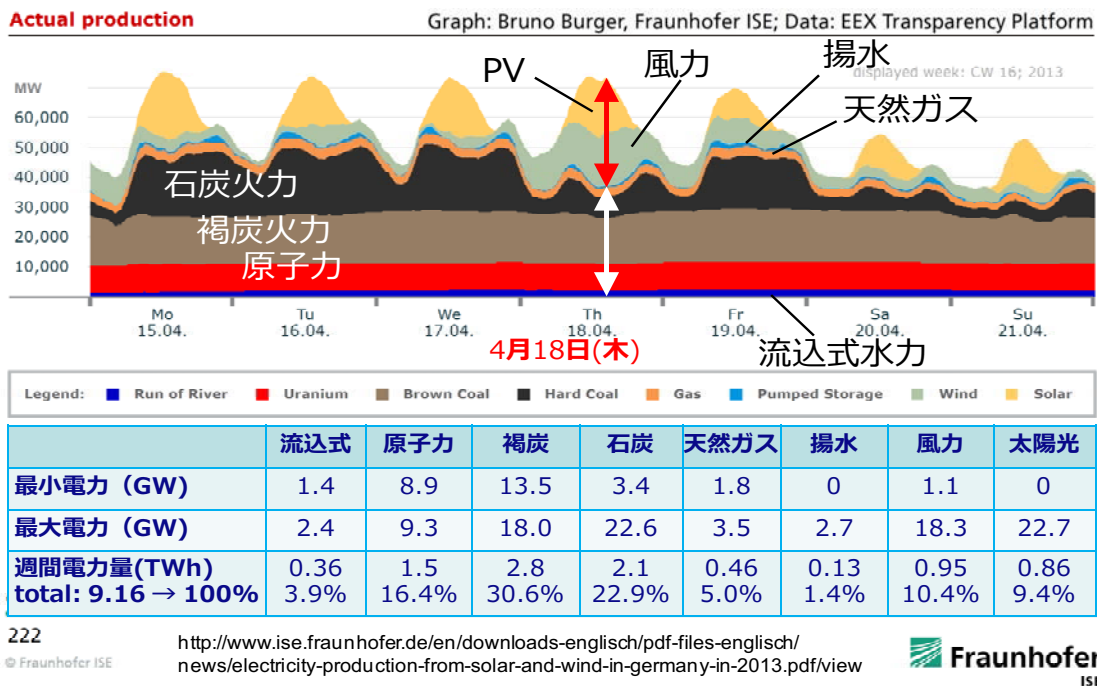


図3 ドイツの2013年4月18日(木)の[太陽光発電+風力]⁽¹⁾
 時間当たり最大供給分担率=50%を記録; 第16週太陽光発電供給率=9.4%

図3中の表を見れば、1週間の積算値でも、太陽光発電+風力の合計でほぼ20%に達していることが分かる。また、図1に示されたように、年間で見れば風力のシェアが高いが、季節によっ

ては太陽光発電も同等の貢献を示している。

筆者の先ず第一の感銘は、ドイツの再生可能エネルギー普及度合いの高さと貢献度合いを、このように時系列データで明確に知ることができたことである。しかし、より大きな衝撃は、このようなデータ整理が可能な、時系列データの全国規模モニタリングがなされ、リアルタイムで公開されているという事実である。わが国の現況とは、余りにも大きな差がある。今後のネットワークの規制緩和の進展と電力自由市場の確立とともに、スマート化に向かった時には、わが国も早くこのようなモニタリング+情報通信網を確立させる必要性を痛感する。

なお、**図2**にも見られるように大略、現状のドイツは電力輸出超過国である⁽¹⁾。また、蛇足ながら、最初のニュースに接した時に、是非とも、ニュース源となった詳細なデータ入手したいと思い、探し回った結果、このソース⁽¹⁾を発見した。フラウンホーファー太陽エネルギー研究所のサイト⁽²⁾を訪れば2011年から2014年1月までの詳細を究めた膨大なパワーポイント図(pdf)に行き当たる。そして、なんと2012年分は環境省サイトの日本語訳⁽⁴⁾にもリンクされていた。

実は、**図1・図2**はほんの一部であり、同文献(1)では合計260枚以上で構成されている。以下に、さらに数枚紹介してみよう。**図4**は昨年の6月15日に記録された、太陽光発電+風力が総供給の61%となったデータである。天気のよい土曜日であったとともに、全消費電力が週日より低いことにも起因している。系統の需給調整の面で詳細な対策は分からないが、このように運用可能であることの参考事例にはなるであろう。

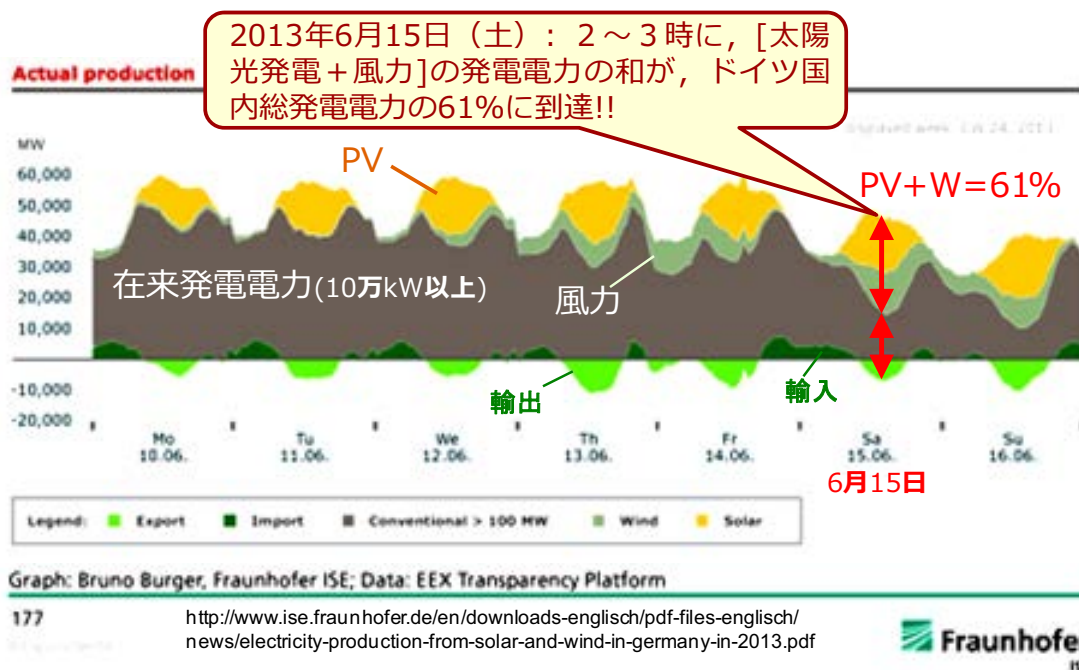


図4 ドイツの2013年6月15日(土)の[太陽光発電+風力] 時間当たり最大供給分担率=61%を記録

図5も同じく6月15日の発電種別の時系列データである。この週の太陽光発電単独で12.6%, 太陽光発電+風力では20.6%, 流れ込み式水力を加えると、26.3%と再生可能エネルギーで1/4を超えた。

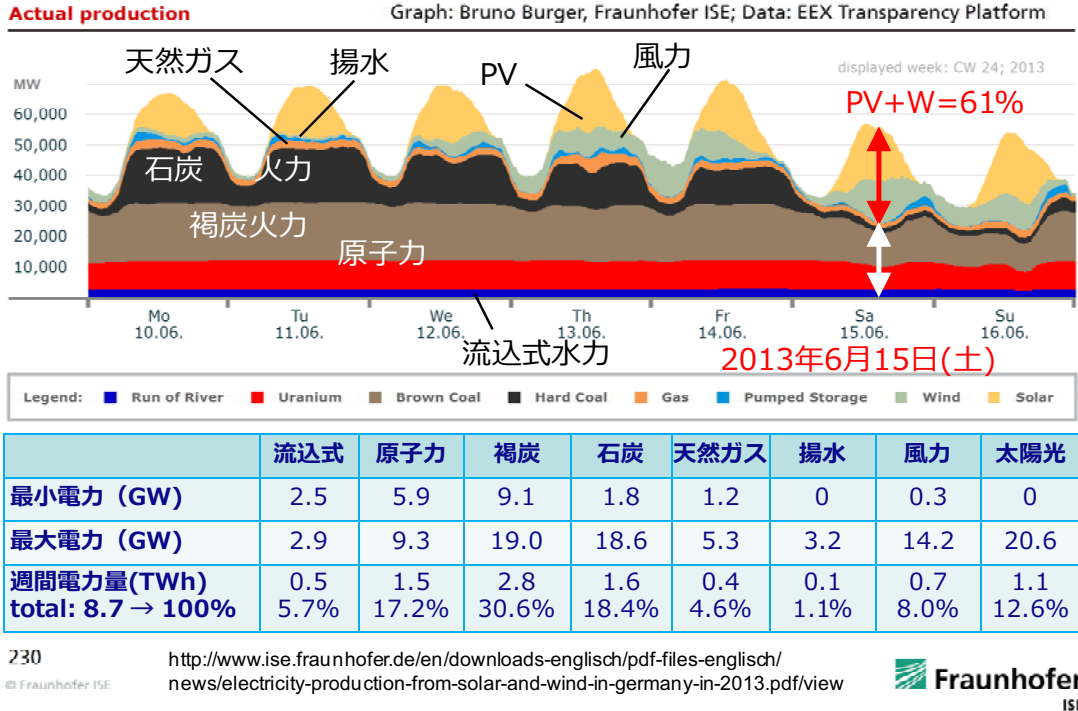
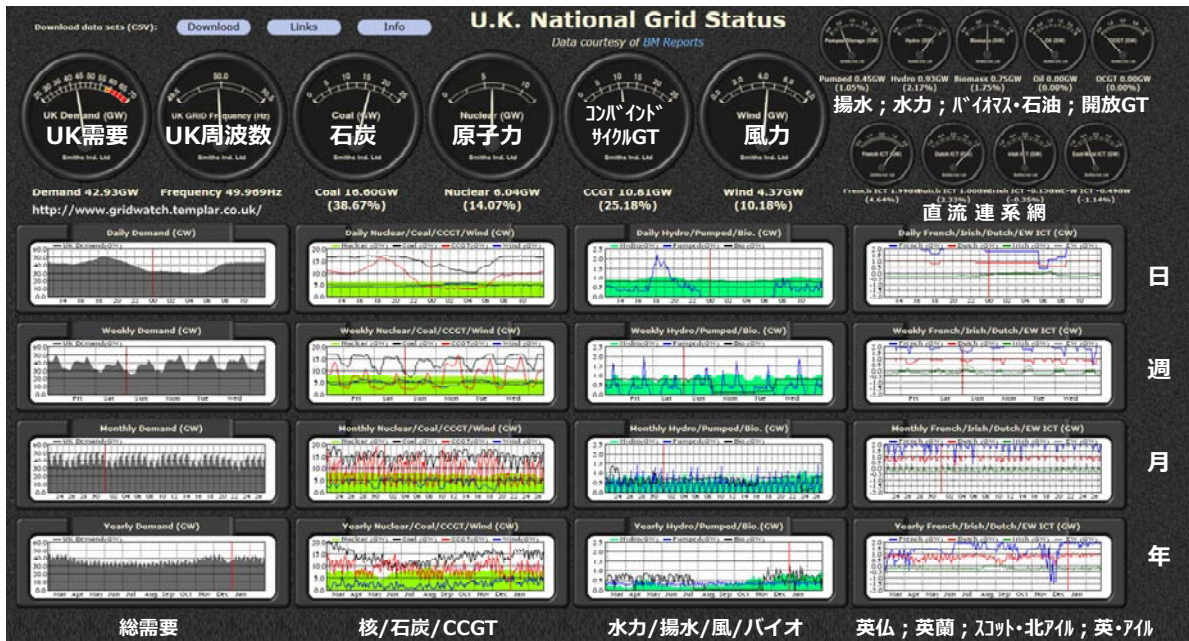


図5 ドイツの2013年6月15日(木)の[太陽光発電+風力]
時間当たり最大供給分担率=61%を記録; 第24週太陽光発電供給率=12.6%

3. 英国における時系列データ表示サイト

図6は、英国の電力総需要電力(GW), 周波数, 発電種別の発電電力(GW), 他国・他地域との直流連系電力(GW)が, 日時系列値(5分毎更新); 週時系列値; 月時系列値; 年時系列値を示したグラフである⁶⁾。左上のアイコンからCSVデータのダウンロードも可能である。



<http://www.gridwatch.templar.co.uk/>

12:25GMT, THU, 27 FEB 2014

図6 英国の発電種別および国際連系線別の時系列運転状況

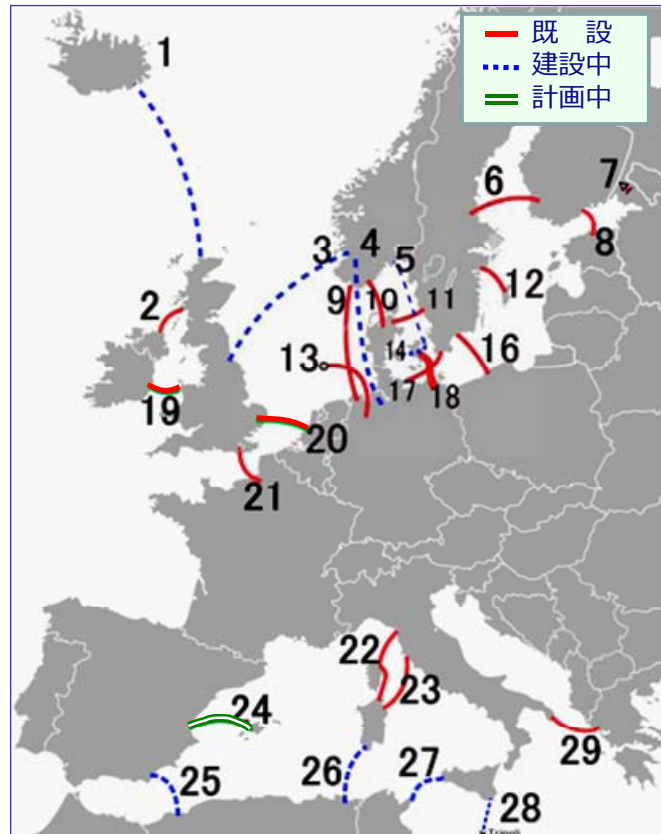


図7 北欧・地中海地域における直流送電系統連系線⁽⁶⁾

同図は、2014年2月27日12時25分（グリニッジ時間）に取り込んだデータで、総需要は42.93GWと表示されている。また発電種別シェアは、石炭火力（瞬時電力38.67%）、原子力（14.07%）、コンバインドサイクル・ガスタービン CCGT（25.18%）、風力発電（10.18%）の他に、揚水発電（1.05%）、水力（2.17%）、バイオマス（1.75%）、石油火力（0%）、開放サイクル・ガスタービン（0%）であった。石炭が最も多く、CCGTが次、3番手が原子力になっている。残念ながら、太陽光発電はこのデータベースでは見えないが、再生可能エネルギー（風力+水力+バイオマス）は、この時点のデータで、合計14.02%を占め、原子力と同レベルである。

直流連系送電網では、英-仏連系線+1.99GW（+4.64%）、英-蘭連系線+1.00GW（2.33%）、スコットランド-北アイルランド連系線-0.15GW（-0.35%）、東西（英-アイルランド）連系線-0.49GW（-1.14%）である。（注：+が輸入；-が輸出）なお、上記の各々の連系線は、図7中の21、20、2、19に該当する。

4. スペインにおける需給調整データ表示サイト

図8・図9は、スペインにおける時系列需給データ表示サイトである⁽⁷⁾。

両者とも総需給を時系列（10分毎に現況画面書換え；過去データ表示可能）で表示している。図8は発電種別の時系列である。太陽光発電は残念ながら、その他に含まれていることである。表示そのものは一見シンプルであるが、各曲線や領域にカーソル・タッチすれば、10分刻みでMWと%が数値で表示される。したがって、そのバックには、発電種別の時系列データが集計されていることが覗かれる。できれば表で一括ダウンロード可能であれば完璧であるが、今のところこのサイトからのリンクは見えていない。

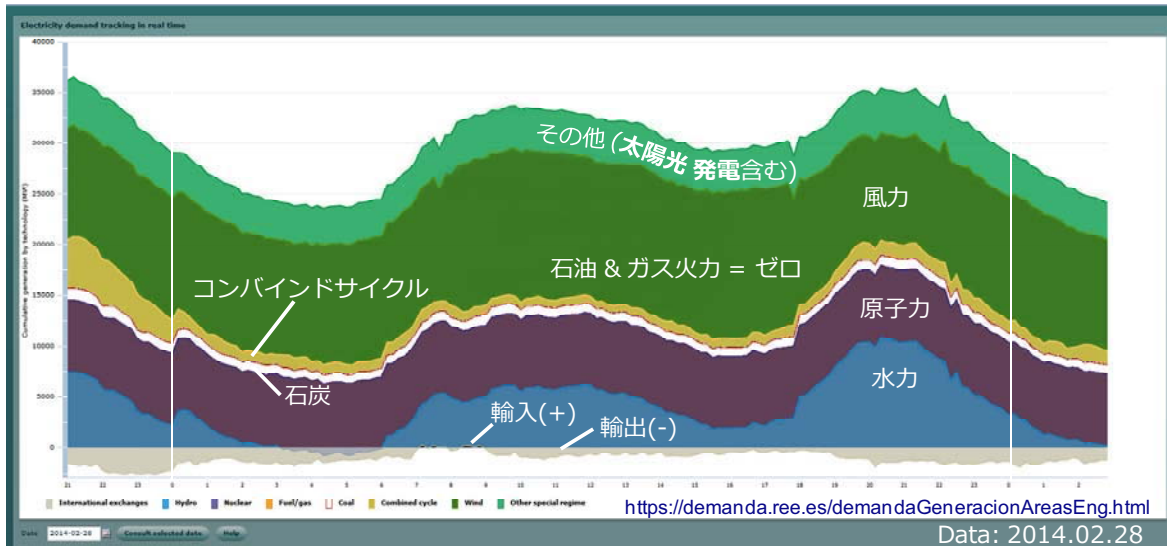


図8 スペインにおける時系列データ表示サイト⁽⁷⁾

図9の画面右側の円グラフの各コンポーネントにもタッチすれば、発電種別に30分毎のシェアが、MWと%で表示される。

同図でもっとも興味深いのは、時系列の需要予測カーブがプロットされていることである。これに基づいた（であろう）1時間毎の供給スケジュールが階段状に示されている。

たまたま、ここに掲載した例では、夜中の1～6時の間に予測値が、実測値を下回っているが、実際に採用した発電計画は実測値を良くカバーしているため、計画作成チームは、この予測アルゴリズムではカウントできなかった因子を（経験と勘で？）読み切ったということであろうか。

すべての日にちを通して追跡はしていないので、断定的には言えないが、予測、計画、実際にほぼ絡み合っただけでプロットされているので、実用的な精度は、大略的には確保されているとの印象を受けた。（この原稿を書きながら、過去1年程度の平日を月別にランダムに選択しながら見てみたが、ここで示した程度の外れ状況は他には発見できなかった）より統計的な追跡を試してみたいと感じている。

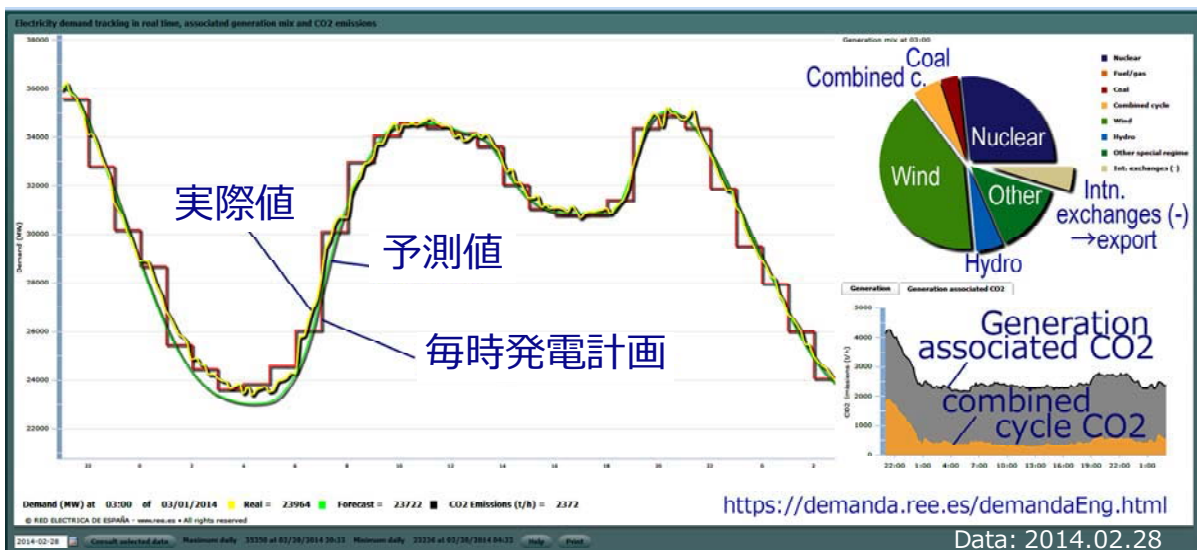


図9 スペインにおける時系列データ表示サイト⁽⁸⁾

5. 日本における需給データ共有化整備・発電量予測技術の動向

今回の概況調査を通して強く感じたことは、彼我の差が大きいということである。わが国では、残念ながら電力系統の時系列も、積算値でさえ公開はされていない（と筆者は感じている）。

国内では実際のデータを利用した調査・研究は非常に難しく感じられる。しかし、地域・分散型の再生可能エネルギーの利用を意味あるものにするためには、このような系統運用情報や情報は不可欠である。スマートグリッドを掛け声倒れにしないために、ダイナミック・プライシングを意味あるものにするためにも、電力市場情報を含めた情報の公開が大前提とならざるを得ない。

これからの時代が、ネットワークの自由化と、「真の」電力自由取引市場の整備が前提で動き出しそうな気配が感じられる今日この頃、日本の環境整備が向かう参考イメージとして、上記3ヵ国で実施されているデータ共有例を紹介した。

スペインでは既に、発電量予測データを含めた公開システムを構築していることが、非常に感銘深かった。今のところ、このサイトでは予報値も事後配信されているが、本来は、ある程度の正答確率が確かめられ、事前配信されれば、地域分散型のスマートコミュニティの運営にも、大きな効用が期待される。このような目的で、わが国でも組織的な「予測」研究開発が実施されていることをお知らせしたい。

図10は、NEDO太陽光発電システム次世代高性能技術開発（発電量予測技術）として、2010～2014年度の期間で実施されているプロジェクトの体系を示している⁽⁸⁾。（研究チーム：2大学、2研究機関、1法人）このように、気象学、太陽光発電工学、電力工学を含む幅広い領域の専門家が集まった研究体制は、初の試みである。気象庁で運用・改良されつつある、スパコン・モデルによる気象予報システムが、「雨」ではなく「太陽光」を追求するという命題の大きな変化を可能にしつつある。

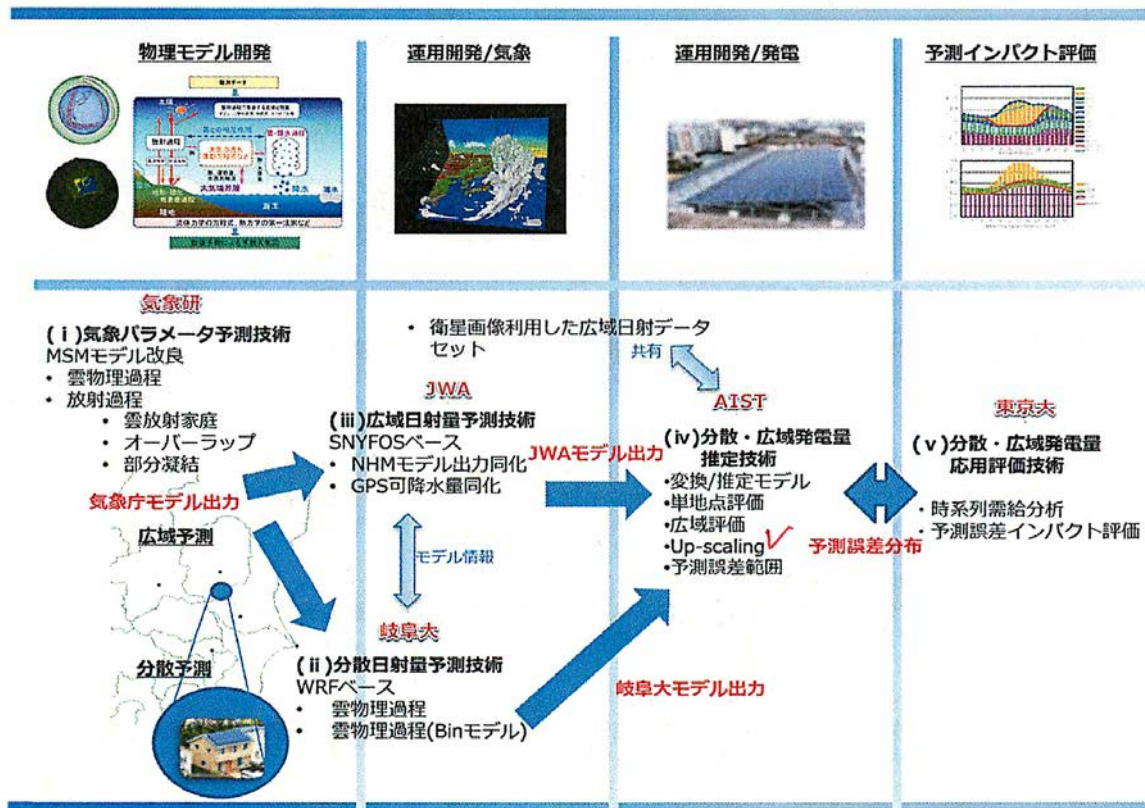


図10 発電量予測技術研究プロジェクト⁽⁸⁾

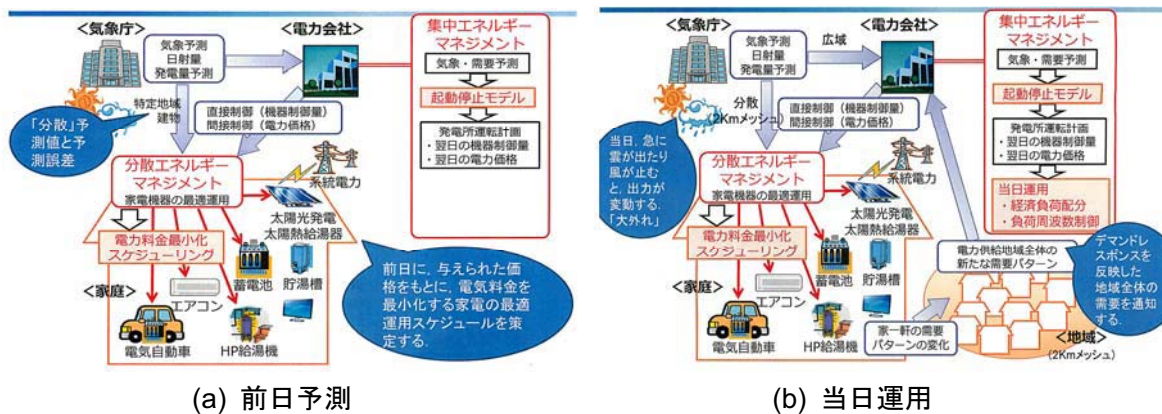


図 11 太陽光発電の発電量予測技術の利用シーン⁽⁸⁾

広域運用を主目的にしている現在の電気事業では、今までは原子力をベースとして、中間領域を火力発電主体の燃料調整運転により、需給調整の主な分を運用してきた。これは、実は起動時間を要するために、本来は前日のうちに翌日の運転計画を定めることが主体になる。従って、この目的には、前日の夜までに予報値を出すことが不可欠となるために、スパコンでの予報演算結果が得られる時間が重要になることも分かってきた。大量のデータと複雑なアルゴリズムをうまく調整し、予測精度の向上という相反する面を考慮しながら、出力データとして翌日の「日射量」を算出可能にするという今までにない要求に目途を付けつつある。

また、図 11 に一例を示すように、当日になって、上位システムからの時系列予測日射量を全国規模の需給調整から、スマートコミュニティの「賢い」運用、さらには個人のスマートハウスでの運用のために、有効に利用される時代が比較的近いうちに到来すると思われる。いろいろな規模と分野の利用システムや、その配信システム、また、ダイナミックプライシングでの最適化運用ソフトや自由電力市場とのリンクなどが上げられる。これらを円滑にしていくためのビジネスモデル構築も重要課題だ。

なお、本プロジェクトの技術面での展開については、文献⁽⁹⁾を一例として上げておく。

これらの結果は、今後のエネルギーシステム変革においても、重要な意味と可能性を持つものと筆者は期待している。

【参考文献】

- (1) <http://www.ise.fraunhofer.de/en/downloads-englisch/pdf-files-englisch/news/electricity-production-from-solar-and-wind-in-germany-in-2013.pdf>
- (2) <http://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1304/23/news022.html>
- (3) <http://www.ise.fraunhofer.de/en/renewable-energy-data>
- (4) https://www.challenge25.go.jp/roadmap/media/Solar_Wind_2012_12b_j.pdf
- (5) <http://www.gridwatch.templar.co.uk/>
- (6) http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_HVDC_projects (注：同文献中 19 番 (version によっては 20 番も) 建設中となっているが、文献(5)では両者とも運転データが表示されているので、該当部分を既設に訂正)
- (7) <http://demanda.ree.es/demandaEng.html>
- (8) <https://demanda.ree.es/demandaGeneracionAreasEng.html>
- (8) NRDO 太陽光発電システム次世代高性能技術開発、発電量技術、NEDO 技術資料 2013.6.10
- (9) 大関：太陽光発電システムの発電把握・予測の技術動向、太陽エネルギー、2013、Vol.39、No.6 (通巻 218 号)

紫綬褒章受章記念講演

太陽電池の技術進化は止まらない！

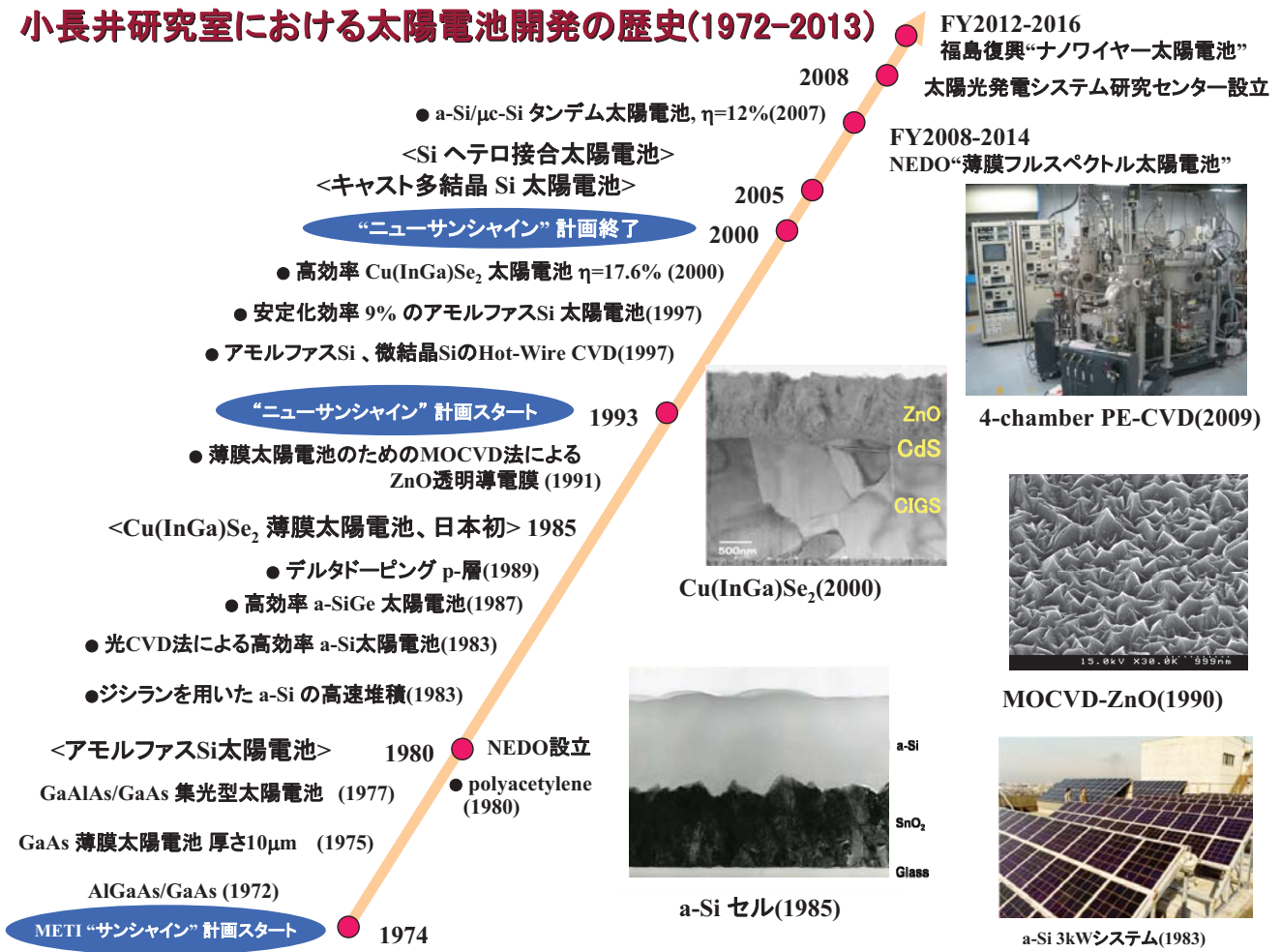
小長井 誠

東京工業大学大学院理工学研究科

講演内容

1. 42年間の太陽電池研究の歩み
2. 太陽電池研究開発の現状
 - ☀️ 最新動向
 - ☀️ ペロブスカイト太陽電池はゲームチェンジャーになれるか？
3. 将来に向けての技術進化
 - ☀️ 波長スプリットティング・低倍率集光方式
 - ☀️ FUTURE- PV Innovation

小長井研究室における太陽電池開発の歴史(1972-2013)



昔(1974年)の応用物理学会講演会のプログラム 太陽電池の発表は、阪大と東工大のみ

(表1) 昔の応用物理学会講演会のプログラムより抜粋

昭和49年 (1974年) 春の応用物理学	
1 p M 2	Graded Bandgap Ga _{1-x} Al _x As ヘテロ接合型太陽電池 東工大 小長井誠、高橋清
昭和50年 (1975年) 秋の応用物理学	
22a B13	Peeled Film Technology による GaAs 薄膜太陽電池 東工大 小長井誠、小倉基次、高橋清
22p B1	C.V.D.法によるSnO ₂ /Si ヘテロ接合太陽電池の試作と基礎特性 阪大基礎工 西澤宏、佐田千年長、高倉秀行、浜川圭弘
22p B6	GaAs _{1-x} P _x /GaAs ヘテロ接合太陽電池の試作と基礎特性 阪大基礎工 西澤宏、高倉秀行、浜川圭弘

1976年頃、GaAs集光型太陽電池の試作



Journal of Crystal Growth 45 (1978) 277-280
© North-Holland Publishing Company

The world's first GaAs thin-film concentrator prepared by Peeled Film Technology(1978)

歴史は繰り返す！！

HIGH EFFICIENCY GaAs THIN FILM SOLAR CELLS BY PEELED FILM TECHNOLOGY

Makoto KONAGAI, Mitsunori SUGIMOTO and Kiyoshi TAKAHASHI

Department of Physical Electronics, Tokyo Institute of Technology, 2-12-1, Ohokayama, Meguro-ku, Tokyo 152, Japan

p-GaAs/n-GaAs thin film concentrator solar cells were fabricated by Peeled Film Technology. This is the first paper that reports the concentration characteristics of thin film solar cells. The energy conversion efficiency of thin film solar cells at a concentration ratio of 109 is 9.4% and the output power density is 0.82 W/cm². n-Ga_{1-x}Al_xAs/p-GaAs heterojunction thin film solar cells were also fabricated. The initial heterojunction thin film solar cell with a Al mole fraction of 0.5 showed an efficiency of up to 13.5% (AM 1.5). It is proposed that Multi-Peeled Film Technology will give numerous GaAs thin films by selective etching of (GaAl)As/GaAs multi-layered structures.

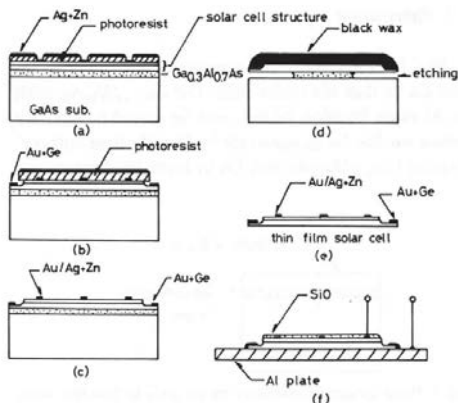
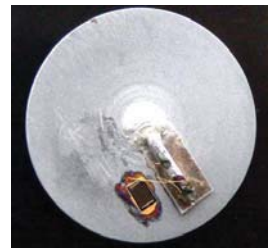


Fig. 2. Fabrication processes of thin film solar cells.

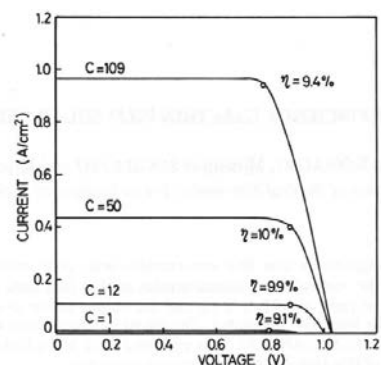
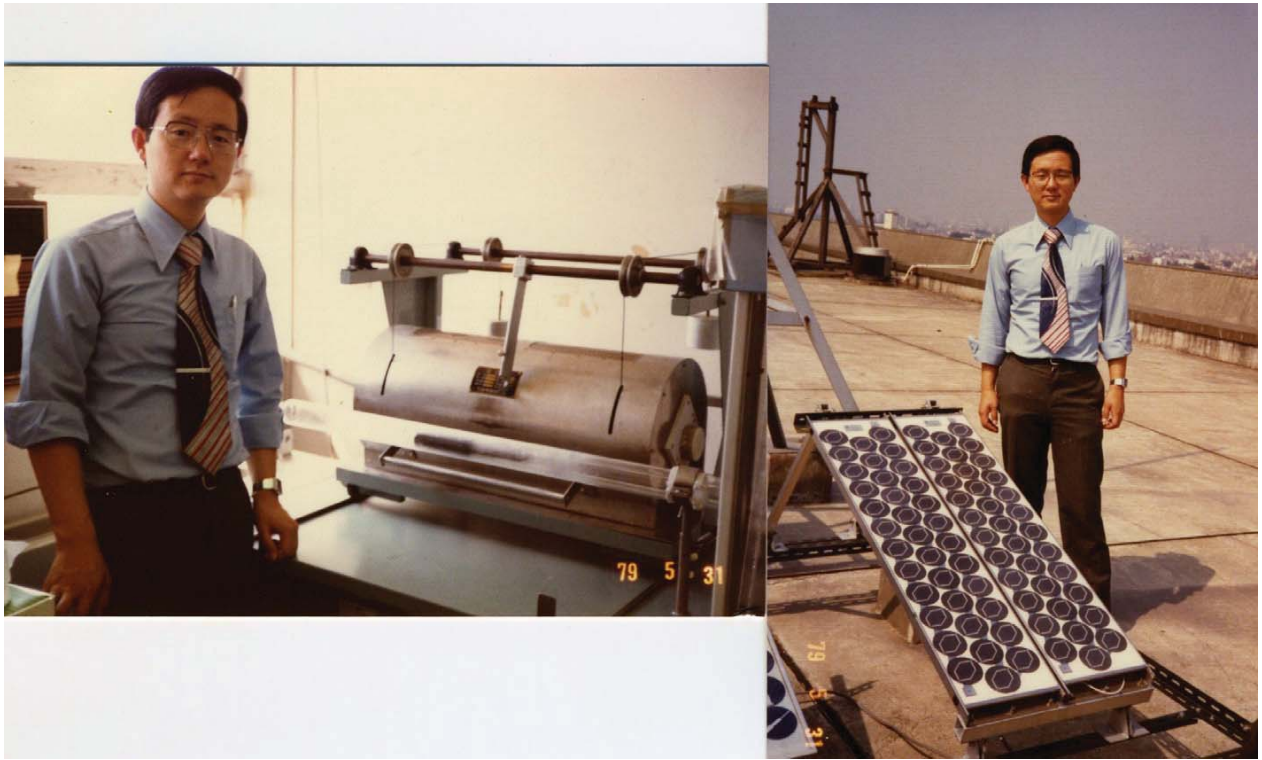


Fig. 3. Current-voltage characteristics of thin film solar cells under the concentration of sunlight. C = concentration ratio, η = efficiency. Input power is 80 mW/cm² for C = 1 (1 sun).



屋外暴露、最長記録？

1982年の南3号館屋上



電気学会論文誌

昭和56年2月
101巻
A分冊 2号

The Transactions of The Institute of Electrical Engineers of Japan Vol. 101-A, No. 2, Feb., 1981

ポリアセチレン薄膜の電気的性質と 太陽電池への応用

正員	小長井	誠	(東工大)
正員	高橋	清	(東工大)
非会員	西畑	一宏	(東工大)
非会員	白川	英樹	(東工大)
非会員	池田	朔次	(東工大)

講演内容

1. 42年間の太陽電池研究の歩み

2. 太陽電池研究開発の現状

- ☀️ 最新動向
- ☀️ ペロブスカイト太陽電池はゲームチェンジャーになれるか？

3. 将来に向けての技術進化

- ☀️ 波長スプリットング・低倍率集光方式
- ☀️ FUTURE- PV Innovation

Solar Cell Efficiency Tables (version 43), Progress in Photovoltaics, 22(2014)

Classification	Efficiency (%)	Area (cm ²)	Voc (V)	Jsc (mA/cm ²)	FF (%)	Test Center (and date)	Description
Si(crystalline, FZ)	25.0±0.5	4.00(da)	0.705	42.7	82.8	Sandia(3/99)	UNSW PERL
Si (large crystalline)	23.7±0.6	100.7(t)	0.745	39.38	80.9	AIST(5/11)	Sanyo, HIT
Si(large crystalline)	21.4±0.6	15780(da)	68.6	6.293	78.4	NREL(10/09)	SunPower
Si(multicrystalline)	20.4±0.5	1.002(ap)	0.664	38.0	80.9	NREL(5/04)	FhG-ISE
Si (large multicrystalline)	19.3±0.5	217.7(t)	0.651	38.8	76.4	AIST(7/09)	Mitsubishi Electric
Si(multicrystalline)	17.3±0.5	12753(ap)	33.6	8.63	76.1	ASIT(x/10)	Kyocera
GaAs (thin film)	28.8±0.9	0.9927(ap)	1.122	29.68	86.5	NREL(5/12)	Alta devices
Si(amorphous)	10.1±0.3	1.036(ap)	0.886	16.75	67.0	NREL(7/09)	Oerlikon,U.Neuchatel
Si(microcrystalline)	10.8±0.3	1.045(da)	0.523	28.24	73.2	AIST(9/13)	AIST
a-Si/μc-Si	11.9±0.8	1.227	1.346	12.92	68.5	NREL(8/10)	Oerlikon, Neuchatel
a-Si/μc-Si(thin film)	12.3±0.4	0.962(ap)	1.365	12.93	69.4	AIST(7/11)	Kaneka (thin film)
a-Si/nc-Si/nc-Si	13.4±0.4	1.006(ap)	1.963	9.52	71.9	NREL(7/12)	LG Electronics
CIGS (thin film)	20.0±0.6	0.419(ap)	0.692	35.7	81.0	NREL(10/07)	NREL, CIGS on glass
CIGS (thin film)	20.8±0.6	0.5005ap)	0.7574	34.77	79.2	FhG-ISE(10/13)	ZSW
CIGS	13.5±0.7	3459(ap)	31.2	2.18(A)	68.9	NREL(8/02)	Showa Shell(Cd free)
CIGS	15.7±0.5	9703(ap)	28.24	7.254(A)	72.5	NREL(11/10)	Miasole
CZTSS (thin film)	12.0±0.3	0.4348ap)	0.4592	34.8	69.4	Newport(7/13)	IBM solution grown
CdTe	19.6±0.5	1.005(ap)	0.8573	28.59	80.0	Newpoet(6/13)	GE Global Research
Dye sensitized	11.9±0.4	1.005(da)	0.744	22.47	71.2	AIST(9/12)	Sharp
Dye sensitized	9.9±0.4	17.11(ap)	0.719	19.4	71.4	AIST(8/10)	Sony, 8 parallel cell
Organic	10.7±0.3	1.013(da)	0.872	17.75	68.9	AIST(10/12)	Mitsubishi Chemical
Organic (submodule)	8.2±0.3	24.99(da)	0.797	15.17	67.6	AIST(1/13)	Toshiba, four series cells
Perovskite	14.1±0.3	0.2090(ap)	1.007	21.34	65.7	Newport(5/13)	EPFL
5J GaAs/InP bonded	38.8±1.9	1.021(ap)	4.767	9.56	85.2	NREL(7/13)	Spectrolab 5 junction

Small area cell efficiencies reported for thin-film Si solar cells

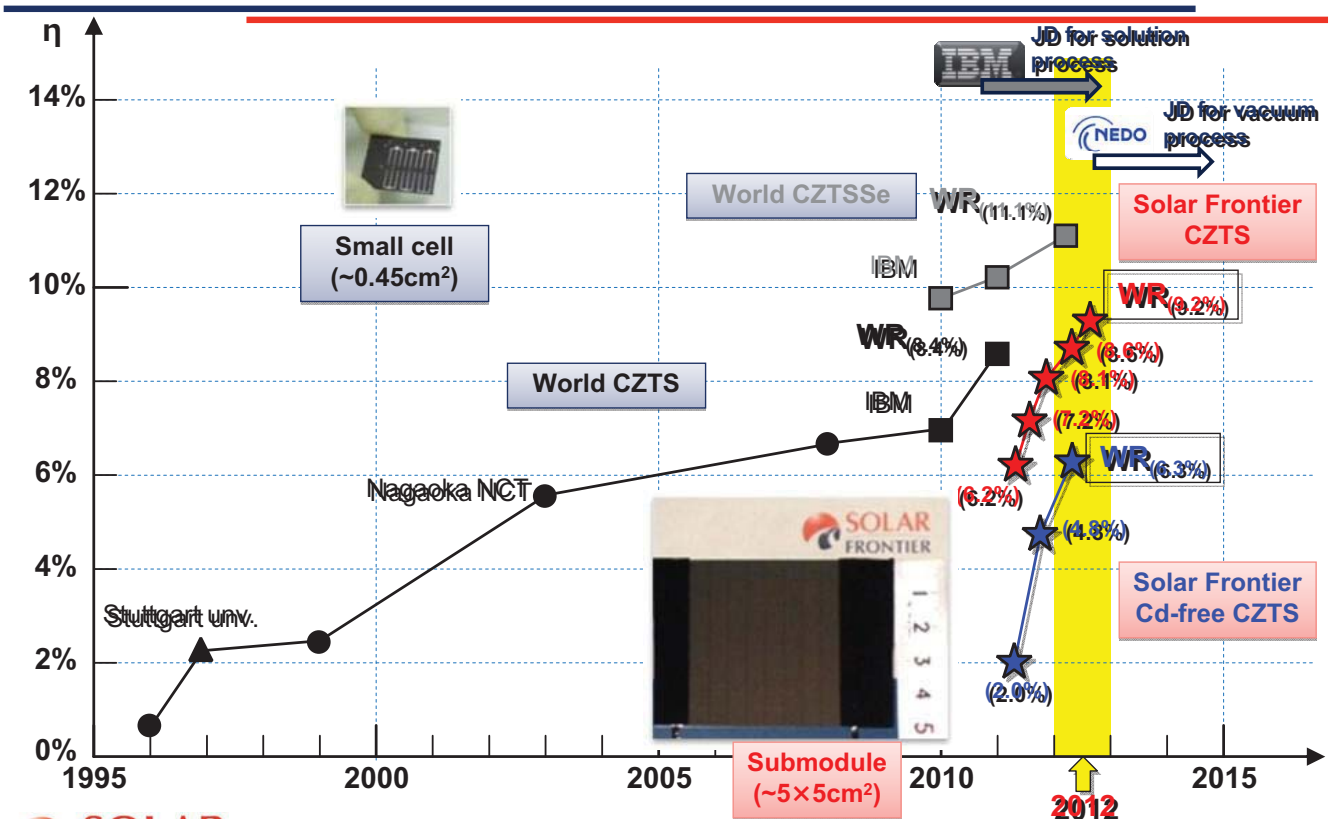
(A.Shah et al., Solar Energy Materials and Solar Cells, 119(2013) 311-316)

si薄膜太陽電池の構造	研究機関	初期変換効率(%)	安定化効率(%)	測定機関	発表年
Single a-Si	TEL Solar		10.1	NREL	2009
	IMT Neuchatel	11.2	9.47	NREL	2004
Single μc-Si	IMT Neuchatel		10.9		2013
	IMT Neuchatel		10.7	ISE	2013
	AIST		10.7		2013
	Uni-Solar		10.6		2012
	FZJ		10.3		2006
Tandem a-Si/μc-Si	Uni-Solar	13.6	12.4		2006
	TEL Solar	13.9	12.34		2011
	Kaneka		12.3	AIST	2013
	Panasonic	13.5	12.2		2011
	PVcomB/Masdar	13.3	12.1		2013
	TEL Solar		11.91	NREL	2010
	IMT Neuchatel	13.7	11.8		2012
Triple-junction					
a-Si/a-SiGe/a-SiGe	Uni-Solar	14.5	13.0	NREL	1997
	Uni-Solar	11.4	10.4		2010
a-Si/a-SiGe/μc-Si	LGE	16.1			2013
	Uni-Solar	15.1	13.3		2006
a-Si/a-SiGe/μc-Si	Uni-Solar	13.66	13.6		2012
	LGE		13.44	NREL	2013
	Uni-Solar	14	12.9		
	Uni-Solar		12.5	NREL	2010

Small area cells and sub/mini-modules efficiencies reported for CIGS thin-film solar cells
(P.Reinhard et al., Solar Energy Materials and Solar Cells, 119(2013) 311-316)

CIGSの製膜方法	研究機関	変換効率(%)	備考
Vacuum-based			
Co-evaporation(CIGSe)	Empa	20.4	Flexible polyimide
Co-evaporation(CIGSe)	ZSW	20.4	
Co-evaporation(CIGSe)	ZSW	19.1	Zn(O,S) buffer
Co-evaporation(CIGSe)	NREL	20	
Co-evaporation(CIGSe)	NREL	15.8	Wide bandgap, 1.44eV
Sputtering,Selenization	Aoyama Gakuin Univ	19.7	Zn(O,S) buffer, with Solar Frontier
Co-evaporation(CIGSe)	HZB	19.4	High growth Temp.
Co-evaporation(CIGSe)	AIST	19.4	
Co-evaporation(AgIGSe)	IEC Delaware	17.9	Wide bandgap Ag based
Co-evaporation(CIGSe)	Uppsala	18.6	
Non-vacuum-based			
Printing(ink) & selenization(CIGSe)	Nanosolar	17.1	Ink-based precursor
Electrodepo. & selenization(CIGSe)	Solopower	15.4	Solution-based precursor
Hydrazine-based (CIGSSe)	IBM	15.2	Pure solution

Efficiency improvement of CZTS thin-film solar cells - $\text{Cu}(\text{SnZn})(\text{Sse})_2$



Perovskite Solar Cells

Science 11月2日号 REPORT

Science 2 November 2012; Vol. 338 no. 6107 pp. 643-647
DOI: 10.1126/science.1228604

有機金属ハロゲン化物ペロブスカイト結晶の ナノ超構造を用いる高効率のハイブリッド太陽電池

Efficient Hybrid Solar Cells Based
on Meso-Superstructured Organometal Halide Perovskites

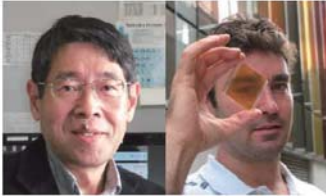


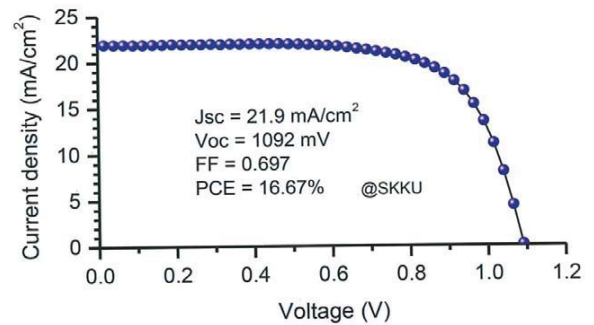
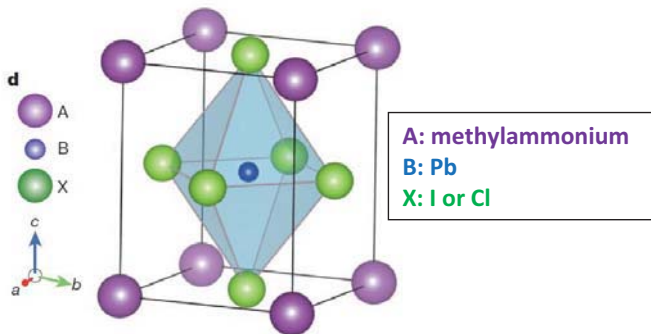
写真 (左: 宮坂 力、右: Dr. Henry J. Snaith)

宮坂 力 *Tsutomu Miyasaka*
桐蔭横浜大学 大学院工学研究科 医用工学専攻 教授
村上 拓郎 *Takuro Murakami*
産業総合技術研究所太陽光発電工学研究センター 研究員
Michael M. Lee, Joël Teuscher, Henry J. Snaith
Clarendon Laboratory, Department of Physics, University of Oxford

Contact E-mail: miyasaka@toin.ac.jp
所在地: 225-8503 神奈川県横浜市青葉区鉄町 1614



Nam-Gyu Park



I-V curve of $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ perovskite solar cell

Organic Photovoltaics Tap Our Future, Feb.5,2014, Univ. Tokyo, p.16

太陽電池技術の現状と将来展望

	結晶 Si 系	Si 薄膜	CIGS	CdTe	有機・色素 ペロブスカイト
変換効率 実測値、小面積	25%	13.4 % (triple, stabilized)	20.8 %	19.6 %	11.9%(dye) 10.7 %(organic) 16.9%(ペロブスカイト)
変換効率 大面積	23%	10.4 % (triple, stabilized)	18 %	16 %	-
利点	・高信頼性 ・超寿命 ・高効率	・大面積 (several m^2) ・温度係数: 小 ・資源的制約なし	・20%以上の 高効率 ・EPT (~ 0.7 Year)	低コスト製造	低コスト製造
課題	・薄型化 ($100\mu\text{m}$ 以下) ・低コスト化 ・効率向上のための 革新技術 (ワイヤーSi)	・光劣化 ・トリプル接合	・資源的制約 (50-100 GW) ・リサイクル、 リユース ・In代替 ・非真空プロセス	・資源的制約 (50-100 GW) ・変換効率向上 ・リサイクル、 リユース	・変換効率向上 ・信頼性向上

講演内容

1. 42年間の太陽電池研究の歩み

2. 太陽電池研究開発の現状

- ☀️ 最新動向
- ☀️ ペロブスカイト太陽電池はゲームチェンジャーになれるか？

3. 将来に向けての技術進化

- ☀️ 波長スプリットティング・低倍率集光方式
- ☀️ FUTURE- PV Innovation

Past/ Present/ Future of Thin-Film PV

Si Thin-Film



a-Si single junction
MHI, single-junction

a-Si/μc-Si tandem
KANEAK, tandem

SHARP tandem
(2011) Thai, 73MW

1976-1990: $\eta = 6-10\%$

1990-2013: 10-13%

2050: $\eta = 40\%$

CIGS Thin-Film

1995-2013: 15-20%



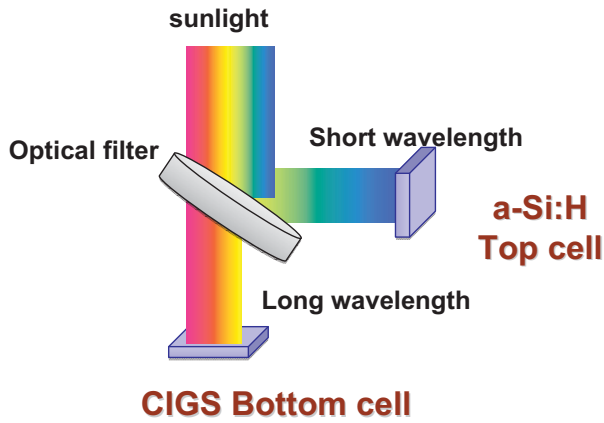
CIGS, Solar Frontier

Eg=2.2 eV, Voc=1.3V (a-SiO, a-SiC)
Eg=1.7 eV, Voc=1.0V (a-Si)
Eg=1.4 eV, Voc=0.9V (a-SiGe, CdTe, CIGS, Si nano dots)
Eg=1.1 eV, Voc=0.6V (μc-Si, CIGS)
Eg=0.6 eV, Voc=0.2V (Ge)

Thin-film full spectrum

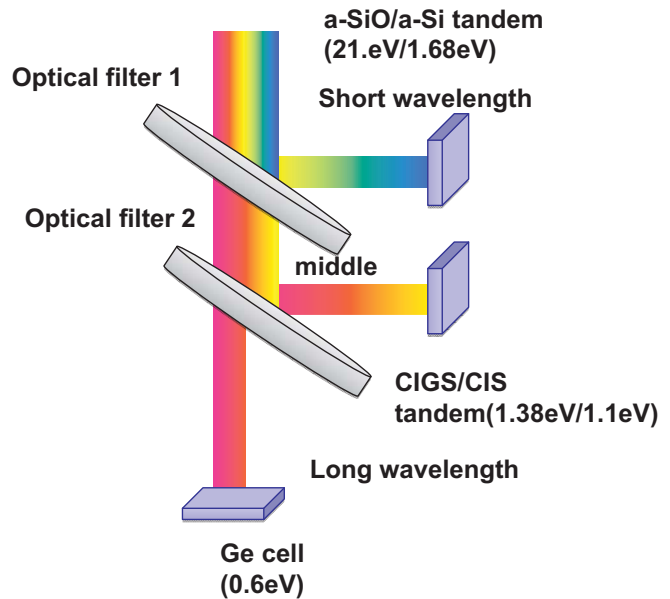
Spectral Splitting Structure

(1) Spectral Splitting Structure with single optical filter



An efficiency of **22 %** has been achieved for a-Si//CIGS 4-terminal structure(1sun).

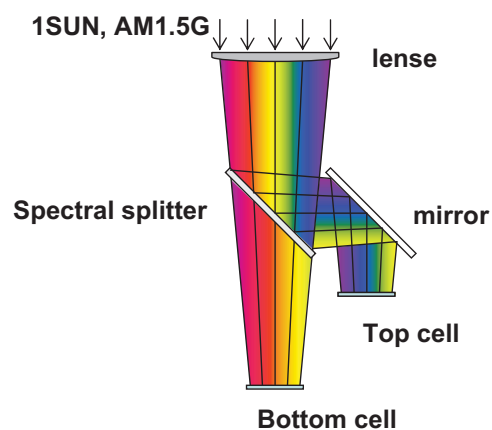
(2) Spectral Splitting Structure with dual optical filters



Efficiencies of **30-40 %** will be expected achieved 5-junction solar cells.



Future Prospects Spectral splitting concentrator



講演内容

1. 42年間の太陽電池研究の歩み

2. 太陽電池研究開発の現状

- ☀️ 最新動向
- ☀️ ペロブスカイト太陽電池はゲームチェンジャーになれるか？

3. 将来に向けての技術進化

- ☀️ 波長スプリットティング・低倍率集光方式
- ☀️ FUTURE- PV Innovation

文部科学省 革新的エネルギー研究開発拠点形成事業 FUTURE - PV Innovation

(FUkushima Top-level United center for Renewable Energy
research – PhotoVoltaics Innovation)

研究課題

ナノワイヤー太陽電池

研究総括

小長井誠
東工大教授



研究期間

2012-2016 (5年間)

研究実施場所

産総研福島再生可能エネルギー
研究所(郡山)

わが国における太陽電池技術開発のロードマップ PV2030+

material	2010		2017		2025				2050
	module (%)	cell (%)	module (%)	cell (%)	module (%)	cell (%)	cost (yen/W)	life (y)	module
c-Si	16	20	20	25	25	30*	50	30(40)	Efficiency target of 40 %
Thin-film Si	12	15	14	18	18	20	40	30(40)	
CIGS	15	20	18	25	25	30	50	30(40)	
III-V	28	40	35	45	40	50	50	30(40)	
dye	8	12	10	15	15	18	<40		
organic		7	10	12	15	15	<40		

30%* : exceeding the theoretical limit

「ナノワイヤー太陽電池」研究のねらい

1. 量子効果を用いた禁制帯幅制御ワイドギャップ・ナノワイヤー太陽電池

- ☀ ナノワイヤーでSiの禁制帯幅制御(1.3-1.7eV)。
- ☀ オールSiタンデム太陽電池のトップセルとして。
- ☀ 将来的には、Siナノワイヤーのみで28%レベルの変換効率(現在のGaAs太陽電池と同レベル)。

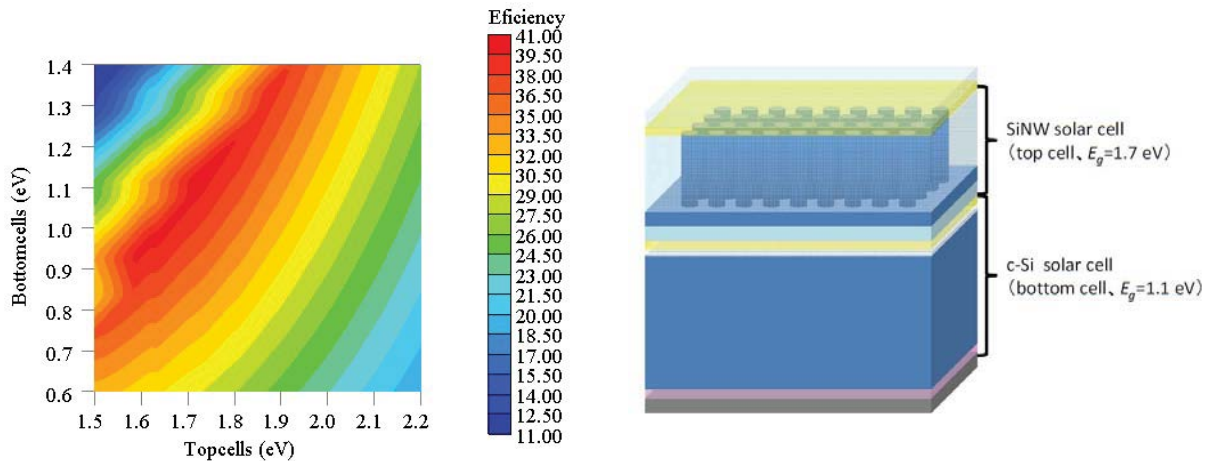
2. 超薄型ワイヤーSi太陽電池

- ☀ バルク再結合を抑制するため、超薄型構造を採用。
- ☀ 超薄型構造による光吸収の減少を、ワイヤー構造による光閉じ込め効果の大幅増強でカバー。
- ☀ 超薄型で開放電圧が大幅にアップした高効率Si太陽電池を実現。

「ナノワイヤー太陽電池」研究のわらい

☀️シリコン太陽電池の変換効率向上のための革新技術

☀️シリコンナノワイヤーによる禁制帯幅制御とタンデム太陽電池の実現



理論変換効率分布

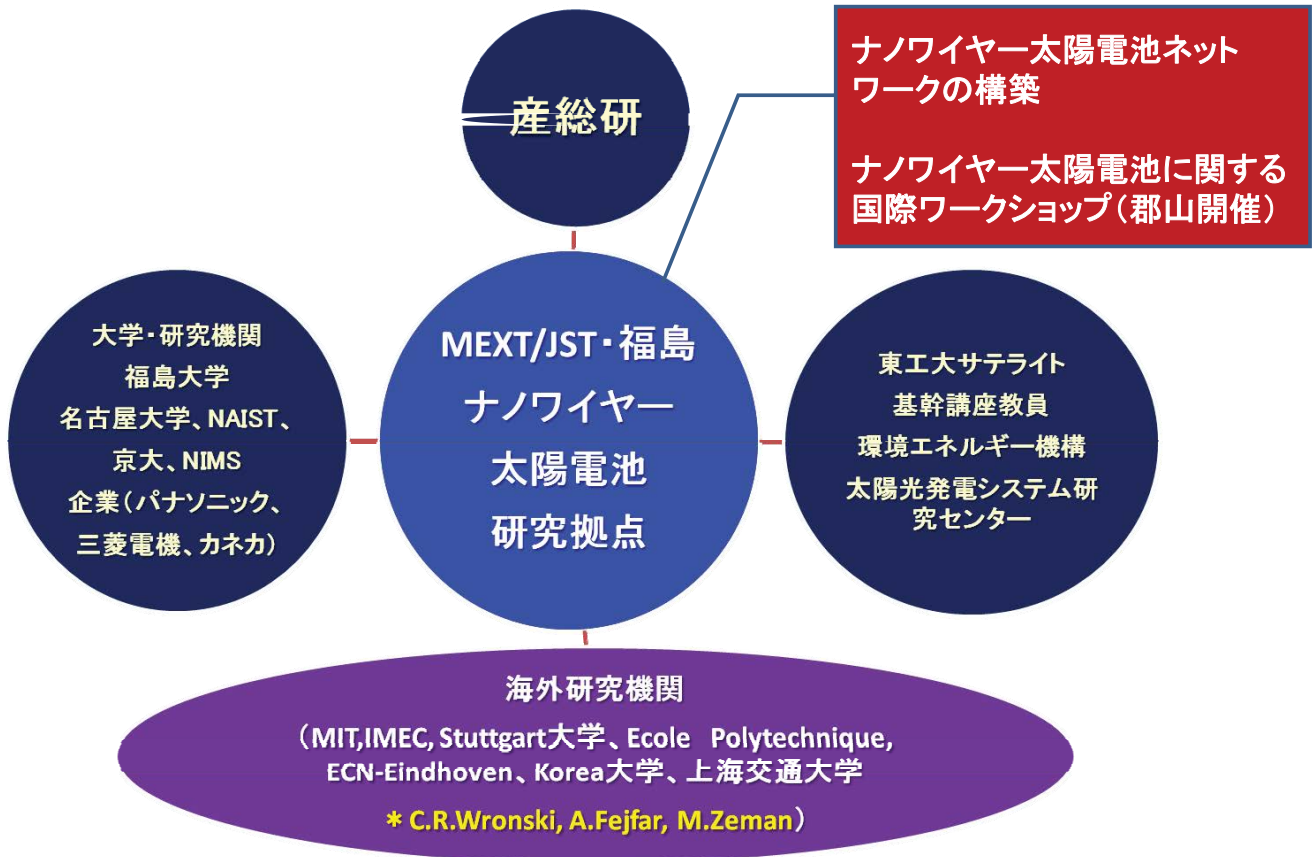
2層タンデム太陽電池で変換効率30%以上が狙える

- ボトムセル: 1.1 eV (Siの禁制帯幅と等しい)
- トップセル: 1.4–1.7 eV (ナノワイヤーにより実現)

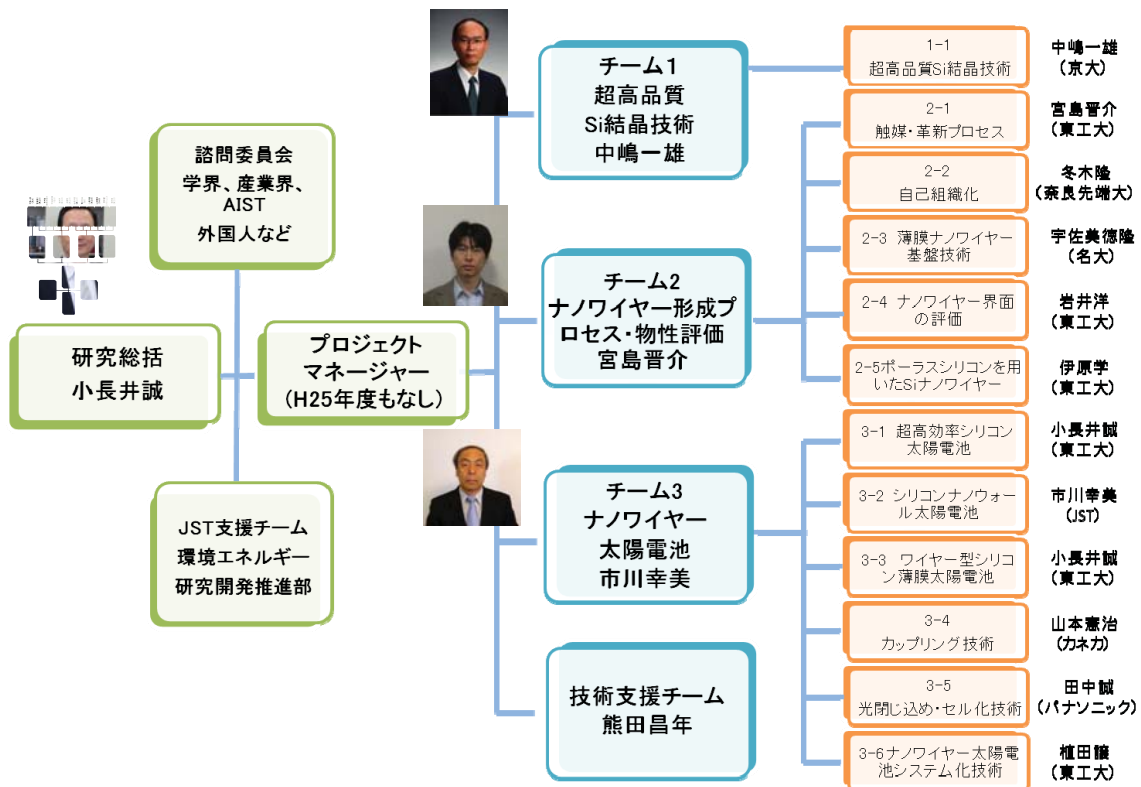
変換効率30%を達成するための課題

- Si ナノワイヤーの作製技術
- 禁制帯幅制御
- ワイヤーによる吸収率増大効果の解明
- デバイス構造 (接合&電極)、デバイス物理
- ワイヤー表面のパッシベーション
- キャリア輸送機構
- タンデム構造
- NW, MW & Nano-Wall

FUTURE - PV Innovationの研究組織



革新的エネルギー研究開発拠点形成事業 「ナノワイヤー太陽電池」研究組織 H25年度～



福島復興に向けて

- ・明確な目標をもって挑戦的課題に取り組む
- ・国際的なチームを構成し、成果を世界に発信
- ・福島を革新的太陽電池の世界的研究拠点に育てる
- ・省庁間連携の新しいスタイルを構築



1981年、浜川ツアーで米国出張



1984年、浜川ツアーで米国出張



私の趣味は、海外からの訪問研究者とポラロイドカメラでスナップ写真を撮ること。

国際ネットワークづくり



I Love PV! 太陽光発電に期待すること



東京大学 教養学部附属教養教育高度化機構
環境エネルギー科学特別部門 客員准教授
松本 真由美

1

本日の内容

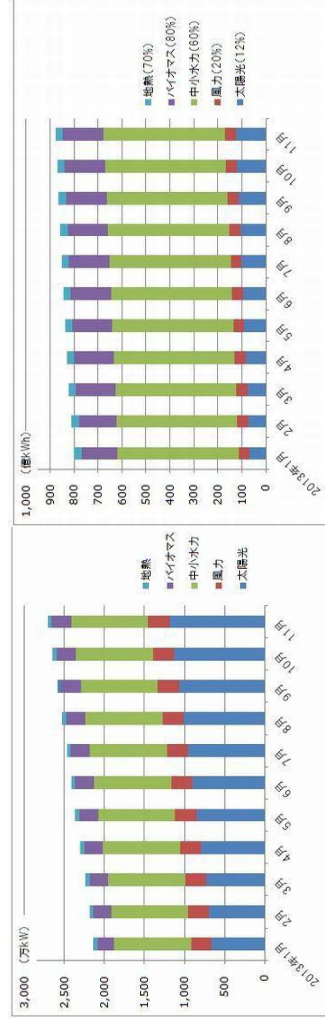
1. 最近気になった話題
2. 世界的に広がる太陽エネルギー利用
3. 太陽光発電への期待



2

日本の電力の10%を超えた再生可能エネルギー 年間100億kWhのペースで増加

- 年間の再生可能エネルギー発電量が電力会社10社の総販売量の10%を超える規模に
- 13年運転開始した設備だけで100億kWhに達する見込み、再エネ比率は1年で1ポイント以上上昇
- 13年11月末時点、運転開始した設備の発電規模は累計2705万kW。太陽光が全体の4割以上、中小水力が35%、風力とバイオマスが1割ずつ



再生可能エネルギー設備容量

再生可能エネルギーの年間発電量

出典:ITメディア 2014年2月26日

1. 最近気になった話題

- 太陽光発電のトピックやニュース等

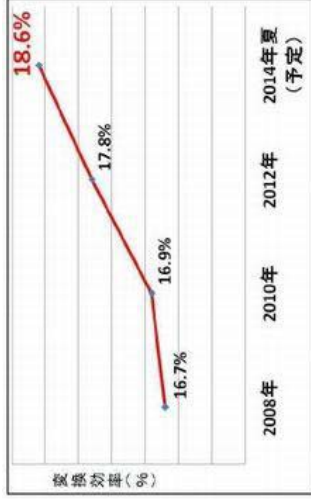
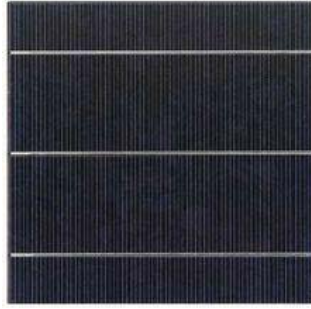


25

3

京セラ、多結晶シリコン型太陽電池セルで 変換効率18.6%達成、今夏販売へ

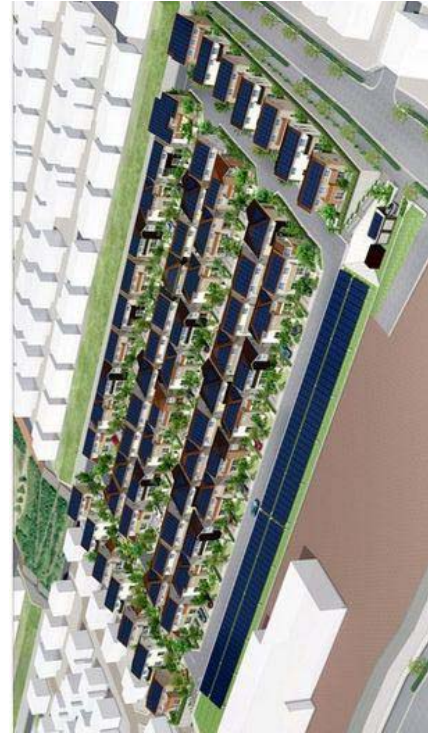
- 京セラは、多結晶シリコン太陽電池で同社の過去最高値(17.8%)を0.8ポイント上回る変換効率18.6%を達成。セル(量産レベル)の開発に成功したと発表。2014年夏より、この高効率セルを採用した高出力太陽光パネルを国内向けに販売予定
- 単結晶タイプの新製品はセルの変換効率が19.0%まで上がり、多結晶タイプを上回る。モジュールにすると48枚のセルの構成で15.5%に。



出典: ITmedia 2014年2月26日 写真は多結晶シリコン太陽電池(京セラ)

三重県桑名市の住宅地でネット・ゼロ・エネルギー

- 住宅街に100kWの太陽光発電所で年間約10万kWhの電力を作り、13年度の買取価格で年間の売電収入360万円を見込む。
- 64戸のスマートハウス(HEMS装備)を建設し、売電収入は住宅のメンテナンスやエネルギーの見える化の費用にあてて。家庭単位と街全体のエネルギー利用状況は画面で確認できる。



出典: ITメディア 2014年2月28日

パナソニック、湘南藤沢スマートタウンで 18年度までに売上高270億円へ

- 『Fujisawaサステイナブル・スマートタウン』総区画数約600戸のスマートハウスを2013年2月15日(土)販売開始
- 13年度から18年度に建設する住宅1000戸に関連する売上高で約270億円を見込む。
- 街の公共用地を活用してソーラーパネルを設置。平常時は売電により街のマネジメント機能を担い、非常時は周辺地域の人々の非常用コンセントとして開放



コミュニティソーラー

出典: パナソニック ホームページ

シャープ、タイでメガソーラー建設受注 事業構造の転換図る

- シャープがタイで約52MWのメガソーラーの建設を受注したと発表。薄膜太陽電池モジュール約40万枚を設置し、年内の運転開始をめざす。タイで受注は10件目。
- 保守・管理は、同社が2011年3月の首都バンコクに設立した子会社SSMAが手がけ、特別な訓練を受けたスタッフが発電事業者の運営を支援する。
- 太陽電池の生産・販売だけでなく、発電所の設計、機器調達、建設から、保守・管理まで一括で請け負う形に事業構造の転換を図る。
- 同社は市場拡大が見込める日本やタイへの経営資源集中を図る一方、欧米からの撤退を進める。

出典: SankeiBiz 2014年1月28日

ソーラーアワード2013 「アナベル」

光をあてると電気がたまる次世代の「蓄電機能内蔵太陽電池」の開発・研究

【テクノロジー部門】

蓄電機能がある色素増感太陽電池
東京大学先端科学技術研究センター 瀬川浩司教授

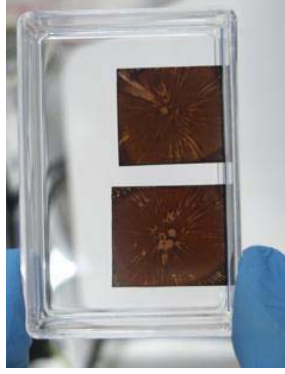


アジサイの葉の部分
が太陽電池で、花びらが蓄電池で、光を受けた葉が発電し、水色の花びらが濃青に変色。電気が溜まっていく様子を一目で確認できる。

高効率で進化する 有機無機ペロブスカイト太陽電池

色素増感型と有機薄膜型の太陽電池が12%を超える太陽光エネルギー変換効率に届く中で、両者の原理を融合した新しい塗布型の太陽電池として、有機無機複合化合物のペロブスカイト結晶を使う固体薄膜太陽電池が16%を超える効率に届き、この研究が世界的規模で活発化している。

応用物理学会 第83巻第2号/ 桐蔭横浜大学大学院工学研究科 宮坂力教授

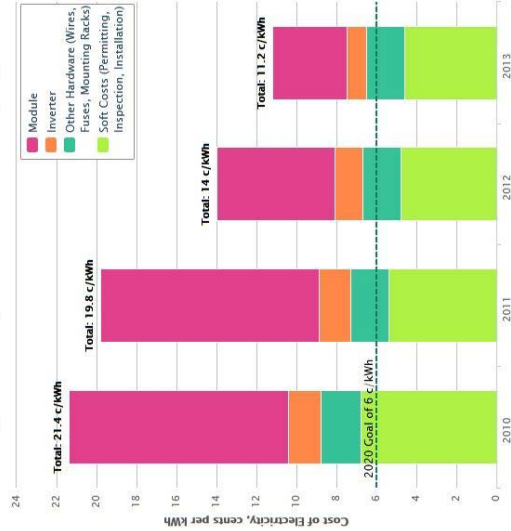


ペロブスカイト(アルキルアミノ鉛ヨウ化物)の固体薄膜の例。ガラス基板上、800nmまでの可視光を吸収し、褐色に着色

出典：桐蔭横浜大学 宮坂研究室

米国の太陽光コストが大きく下がる

The Falling Price of Utility-Scale Photovoltaic (PV) Projects



・米エネルギー省 (Department of Energy) は、今年2月、大規模太陽光発電システムの導入コストが1kWh当たり11.2セント(1米ドル100円の場合、11.2円)まで下がったと発表

・緑の点線が目標値。0.06米ドル/1kwhは、従来型の大規模発電と価格競争できる水準

大規模太陽光発電システムのコストの変化と内訳

出典：国立再生可能エネルギー研究所 (NREL)

太陽光発電の雇用効果一直接雇用5万人超

今年1月28日のオバマ大統領の一般教書演説

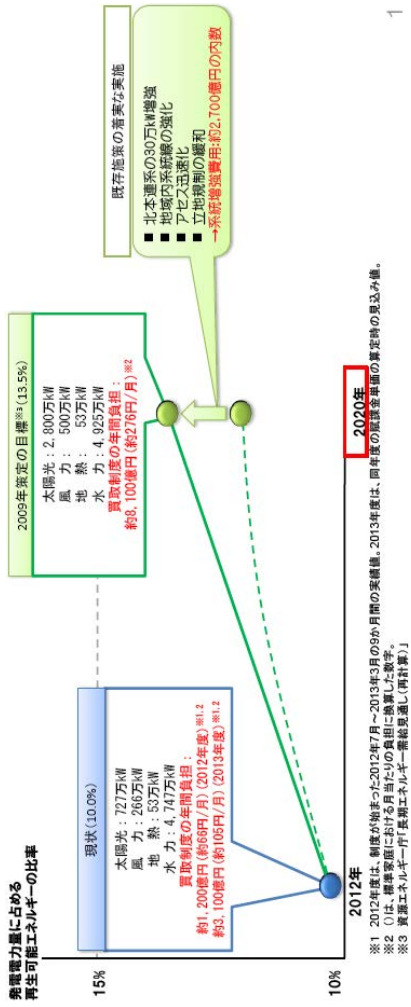
● アメリカでは石油と天然ガスの生産が活発化している一方で、太陽エネルギーにおいても世界の主導的立場にある。4分に1基の太陽光発電システムが米国の住宅や企業に設置され、太陽電池モジュールの設置は国内に雇用を生み出している。資金を必要としない化石燃料産業に対する年間40億ドルもの助成を廃止するための賢明な税制措置を進め、資金を必要とする将来の燃料への投資を拡大しよう。

● National Solar Jobs Census 2013：米国の太陽エネルギー産業の雇用数は14万2千名を超えた。



再生可能エネルギーの今後の導入ペースと買取制度による負担は？

- 2020年に再エネ13.5%到達するためには、太陽光が一定の導入ペースを維持し、「特定風力集中整備地区」の地域内系統線の強化などが必要
- この場合、買取制度における賦課金の負担は、2020年で年間約8100億円。系統整備の合計費用は2700億円の試算



出典：資源総合システム「太陽光発電情報」2014年1月

出典：経済産業省資源エネルギー庁

2012年の世界の太陽光発電システム累積導入量は100GWを超えたが、13年の導入量は約35GW。12年の29.3GWから約19%の成長となる。

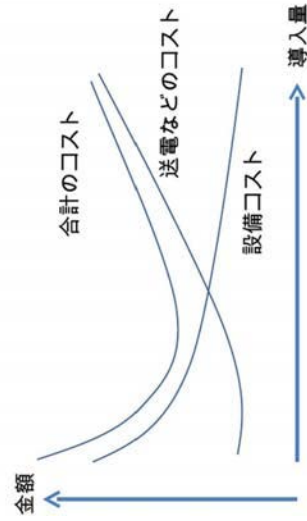
14年の世界市場は、現状成長ペースで38GW、導入進展ペースで46GWと予測。

アジアおよび北米市場は引き続き伸びて、欧州市場は成熟化が進む見通し。中東、南米、南アフリカ等での導入も予測されている。

太陽光のインフラ整備のためのコスト予測

- 日本は、地理的な問題で送電線網が欧州ほど連携していないため、欧州よりも大きな費用負担
- 3500万kWの太陽光設備導入のために送電線と蓄電池の整備に2兆～24兆円が必要

図表-3 日本の太陽光発電のコスト予想



出典：国際環境経済研究所

太陽光発電の魅力

コスト、変換効率など課題はありますが・・・

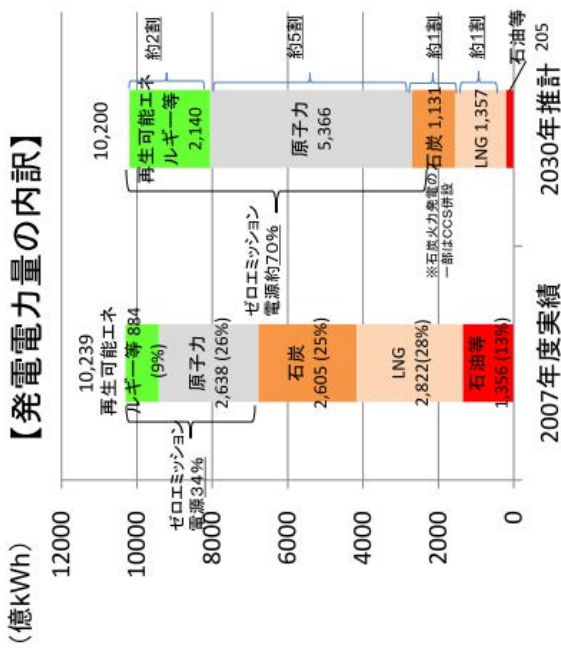
- 資源が無尽蔵にあり、枯渇することはない。
- リードタイムが短く、他のエネルギーに比べて導入しやすい。
- ゼロエミッション電源で低炭素
- エネルギー自給率の向上
- 日本の技術の強みを活かして、経済成長につながる可能性
- 太陽エネルギーの数万分の1を電気エネルギーに変換するだけで、全世界の電力需要を賄う可能性もある。

・・・等、利点はたくさん！

震災前、2030年にゼロエミッション電源70%の ベストミックスを想定 (2010年6月)

※2030年の「再生可能エネルギー等」には、
家庭等での発電量も含む

【発電力量の内訳】



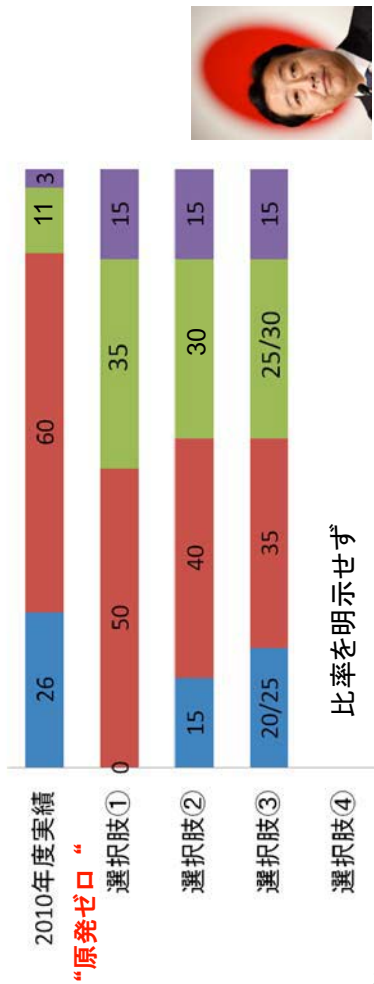
2. 世界で広がる太陽エネルギー利用

- 日本のエネルギー政策の動向
- アジア各国の太陽光施策



震災後の2012年夏、 2030年代原発ゼロのエネルギー選択枝を提示

電源比率 (%)



10%の節電を含む、20%の省エネを前提としての選択枝

エネルギー基本計画、最終段階へ

総合エネルギー調査会 基本政策分科会
「エネルギー基本計画に対する意見の骨子(案)」(2013.12.13)

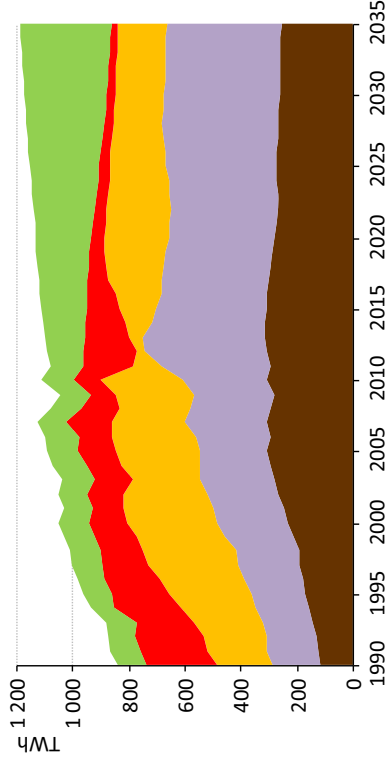


- 3E+S(安定供給・コスト低減・環境負荷低減・安全性) + 「国際的視点」と「経済成長」
- 法定スケジュールに従い、電力システム改革を断行
- 今後3年間、再生可能エネルギーの最大限の導入を加速。固定価格買取取制度はコスト増などの課題を含め、海外の状況も参考にあり方を検討
- 原子力は、安定供給、コスト低減・温暖化対策の観点から、安全確保を大前提に引き続き活用する重要なベース電源(原子力の依存度は可能な限り低減)
- 国が前面に立つて、最終処分を取り組みを推進(核燃料サイクルは引き続き着実に進める)
- 業務・家庭部門、運輸部門、産業部門の各部門における省エネの強化
- 資源国との事業連携など新たな資源の共同調達を推進
- 新たな競争環境整備により、経営基盤が強化された総合エネルギー企業を創出

2030年の日本の電源構成は再生可能エネルギーとエネルギーの効率化が主導

日本の電源構成

IEA WEO 2012



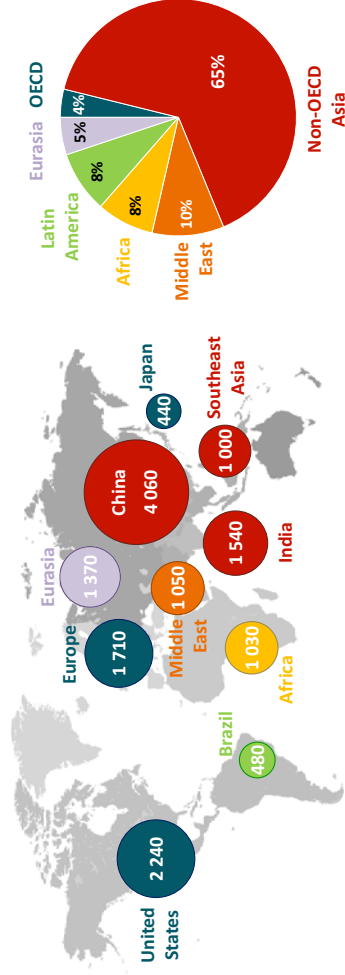
原子力は2020年までに20%に回復するが、その後2035年に15%まで減少。
 その穴を埋めるのは、再生可能エネルギー（水力含む）の
 3倍増、LNGの引き続き高い輸入依存、そしてエネルギー効率化

出典：IEA (国際エネルギー機関)

エネルギー需要増加はアジアへ移る

WEO 2013

Primary energy demand, 2035 (Mtoe) Share of global growth 2012-2035



China is the main driver of increasing energy demand in the current decade, but India takes over in the 2020s as the principal source of growth

出典：IEA (国際エネルギー機関)

OBSERVATION STUDY MISSION ON PHOTOVOLTAIC AND SOLAR CELL TECHNOLOGY

アジア太平洋地域のパートナーに日本の太陽光発電技術を紹介し、情報交換

By ASIAN PRODUCTIVITY ORGANIZATION

14-18 OCT 2013, TOKYO AND KITAKYUSHU, JAPAN



Solar Manufacturing Scenario: India

Indian Solar Manufacturing Capacity

- Solar Modules :2000 MW
- Solar Cells :1000 MW

- Predominantly C-Si based manufacturing facilities
- Indian solar manufacturers have executed export orders amidst stiff global competition; this is their testimony to product quality and price competitiveness

石炭火力が6割、水力2割、再生エネ1割
 日射量は日本の2倍、PV最適国
 12億人の人口のうち、無電化地域が85%

Major Challenges in Solar Manufacturing

- No presence in upstream supply chain like poly-silicon, wafers
- Weak supply chain for other raw materials and inputs
- High cost of capital @13-15%
- Inverted duty structure
- Heavy dependence upon imported technology
- Land cost and acquisition issues
- Lack of cost competitiveness due to low volume of production
- Difficulties in alignment between the Federal and State Government policies as the subject falls under Concurrent List
- Slow pace of Government policy implementation

出典：インド代表者 OBSERVATION STUDY MISSION ON PHOTOVOLTAIC AND SOLAR CELL TECHNOLOGY

CURRENT STATUS OF SOLAR DEVELOPMENT IN LAO

Type of System	Unit	Ins Cap (kW)	Supporters	Remark
SHS	13,106	459.57	JICA, WB	
BCS	3	5	JICA	
Hybrid	2	100/40	NEDO	(Solar +SHP)
Solar roof	1	236	JICA	Wattay Airport
Solar roof	1	150	JICA	EDL' Building
Mini-grid	2	4.8/6.5	FONDE M	For Community
Solar crop dryers	2		ACMEC/ University	For community and university
Telecom		122	Telecom	



Wattay International Airport switches to solar



出典：ラオス代表者の資料

Major Challenges on PV & Solar Cell Technology

PV technology development challenges

Policy & Financial Support

Not much policy and not much financial support

Human resource

Not much human resource working in this area

Technology & Knowhow

Imported PV product & technology are more convenient and proven than those developed in country

PV product commercialization

Most of R&D are on shelf.

To commercialization of new developed PV product needs to take many risks

PV project implementation challenges

Project feasibility

Not attractive if government does not support

Quality of solar module

Efficiency along 25 years, how to ensure it.

Permitting work

Factory work permit

Power generator license

... more than 10 licenses

2012年末の太陽光発電電累積導入量は前年度79MWから376MWに拡大
2007年からFIT導入

INDONESIA STRATEGY FOR SOLAR PV DEVELOPMENT

Background :

- As an archipelago, Indonesia has many small distributed islands without electricity
- Electricity for small islands (out of big islands) almost 100% generated by fossil fuel oil plants.
- Fuel transportation for small and distributed islands is complex and costly.



Objectives :

- to replace diesel power plant or reduce fossil fuel oil consumption
- to increase electrification ratio

Priorities :

- For the region with electrification ratio less than 60% and there is no availability of other renewable energy source
- For the system has been electrified, it will not increase cost of existing electricity supplied.

出典：インドネシア代表者資料

電化率は約6割。1億人弱が電気が電気がない暮らし。2025年までに電化率を95%に

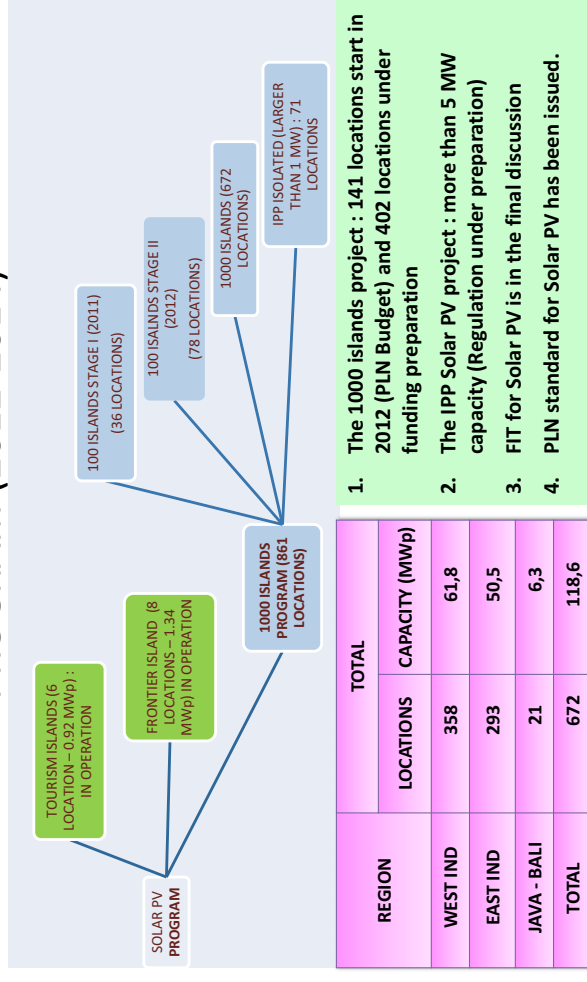
FOR SUCCESSFULLY SOLAR HOUSE ENERGY:



- Using LED (super Efficient lamp)
- One solar panel and tree lamp each house
- Easy to install (1 hour)
- Per Customer Pay about US\$ 4 / month
- If lamp and panel broken, company should repair or change with new one.
- Education for student and people
- Kooperation with Local Province Bank

出典：インドネシア代表者資料

DIAGRAM OF SOLAR PV IMPLEMENTATION PROGRAM (2012-2014)



Under reviewed additional location (185 locations), total will be 857 locations

Till 2013, Sept 13'th already 120.000 set PV solar home system implemented in Indonesia

3. 太陽光発電への期待

- 未来へつなぐエネルギー



「農林漁業再エネ推進法」 農地のみなし転用等可能に、再エネ対象地拡大へ

- 2013年11月15日成立した農林水産省「農林漁業の健全な発展と調和のとれた再生可能エネルギー電気の発電の促進に関する法律」
- 2014年3月から4月に国は基本方針を策定。それに基づき、市町村は基本計画を作成する。これに併せて農林漁業の健全な発展に資する取り組みに関する事項を定める。
 - ・再エネ発電事業者は、基本計画作成についての提案ができる。
 - ・基本計画は、市町村、発電事業者、農林漁業者およびその団体、関係住民、学識経験者による協議会で協議する必要がある。
- 市町村が設備整備計画を認定する場合は、事前に4 ha超の農地転用は農林水産大臣の同意、4ha以下は都道府県知事の同意が必要
- 設備整備計画が認定されると、農転許可のみなし取得となる。同様に、森林法、漁港漁場整備法、海岸法、自然公園法、温泉水等についても、設備整備計画の認定によりワンストップでのみなし取得が可能になる。

社会的受容性

- 導入が進んでくると、景観問題等が生じてくる。
- 「地元との共生」「地域活性化の理念」が今後さらに問われてくる。
- 地域経営戦略(まちづくり)との整合性
(本来地域資源は地域のものであり、地域のステークホルダーが事業の全体あるいは大部分を担い、社会的、経済的利益的の大部分が地域に分配される取り組みを今後広げていく必要性)
- コミュニティベースの人材育成、能力開発
- 市民ファンド等、市民が参画できる仕組み等

富士山の山麓での太陽光発電の自粛を 富士市が要請

富士山の山麓で太陽光発電の自粛を要請、世界文化遺産の景観を守る。
2012年12月12日



写真はイメージ



住宅・建物の省エネ対策は多様化へ

- 2013年10月1日、省エネ法に基づき住宅の省エネルギー基準が14年ぶりに改正された。
 - ※住宅全体の一次エネルギー表示に変更。創エネ設備による省エネ効果はエネルギー削減量として差し引く。

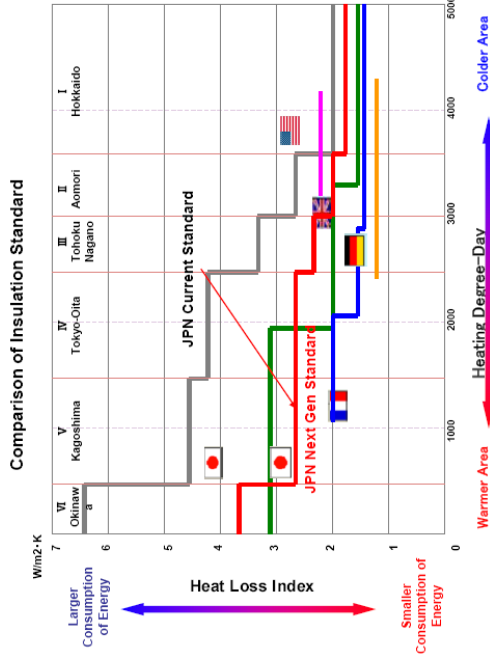
2020年に向けて

- ◇ 国土交通省が、2020年に新築住宅の断熱基準の義務化を行うことを発表。断熱基準に適合していなければ、家を建てることができなくなる。
- ◇ 設備機器一辺倒だった日本の省エネ節電対策も、今後は断熱リフォームや日射コントロールなど多様化していくことが期待されている。

日本の断熱化率は先進国で最低

日本の新築住宅のうち、平成11年度基準断熱基準の適合率は約50%。既存住宅(約5000万戸)全体の適合率は6~7%で、断熱性能は欧米に比べると、非常に低水準

Building codes and Energy regulations



住宅・オフィスの様々なシーンで活かす

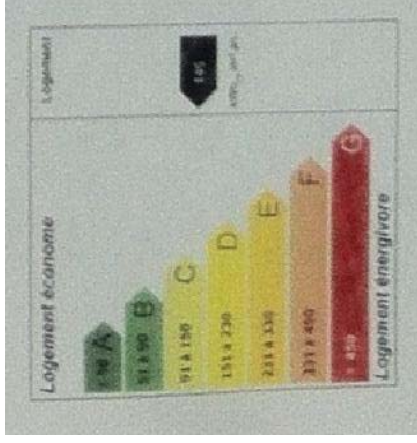
アモルファスシリコン、結晶シリコン、有機薄膜

- 遮熱効果が高い窓への装着、建材一体型
- 垂直壁面
- 垂直局面
- 部屋を仕切るパテーション
- 橋や公共施設の通路の屋根
- ..等、デザインの一部分として導入

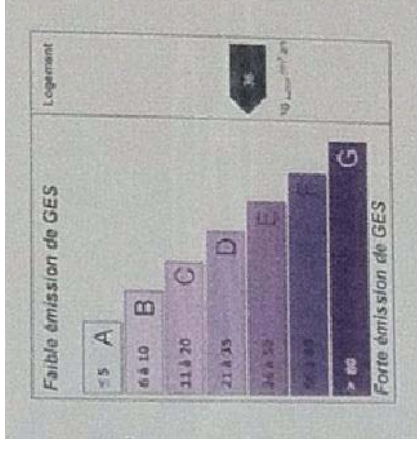


省エネ性能、環境性能の表示(ラベリング)の義務付け

一次エネルギー消費量
145kwh/平米・年で、Gランク



二酸化炭素排出量
36kg/平米・年で、Eランク



単位は建築物の一年間の床面積あたりの暖冷房にかかる一次エネルギー消費量 kWh/平米・年、二酸化炭素排出量kg/平米・年

ソーラーシェアリング(農電併業)

2013年4月1日、農林水産省がこれまで農地転用にあたるとして認めていなかった農地への太陽光パネルの設置を認めた。

認可条件

- > 農地に支柱を立てて架台を設置し、その下部の農地で農業生産が支障なく継続され、周辺の営農に影響を与えないこと
- > 支柱の基礎部分については一時転用を許可し、期間は3年間
- > 年1回の報告を義務付け。3年後更新は可能だが、同じ地域の単収と比較して2割以上減少している時、品質に著しい劣化が生じている場合は更新許可しない。



“半電半農”で復興を
福島・南相馬で始まる

今月20日から売電を開始する予定
農業と再生可能エネルギーを両立させる

ビニールハウスへの装着



イメージ

Capacity of PV: 14kW

現在、この型は政府に認可されていません。

出典：(社)えこえね南相馬研究機構

身近な愛用品として、人のそばにいる

想定ユーザーを考え、バリエーションを増やしてほしい。

- ランプ、照明
- 自宅の郵便＆新聞ポスト
- 携帯電話や充電器
- 腕時計
- 小物入れやオルゴール
- レディース用のバッグ
- X'mas限定品の小物・・・等



身近な愛用品として、人のそばにいる

すでに製品化されているものもたくさんある。

- ソーラー電卓
- ソーラー腕時計
- ソーラー玩具
- 太陽電池付き携帯電話
- 太陽電池付きバッグ・・・等



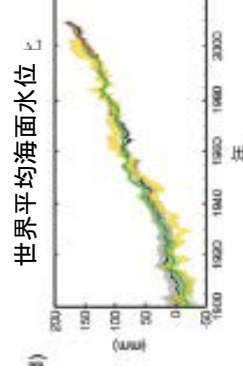
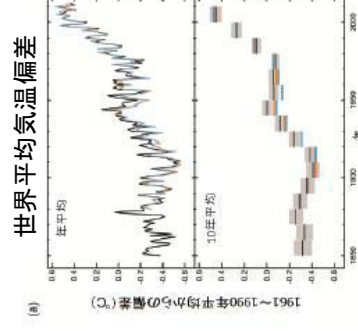
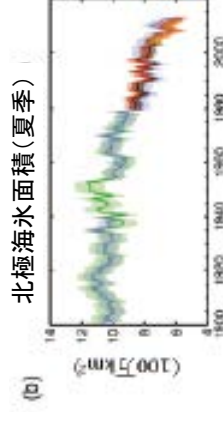
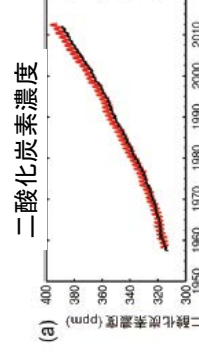
タカラトミー「のほほん族 花」



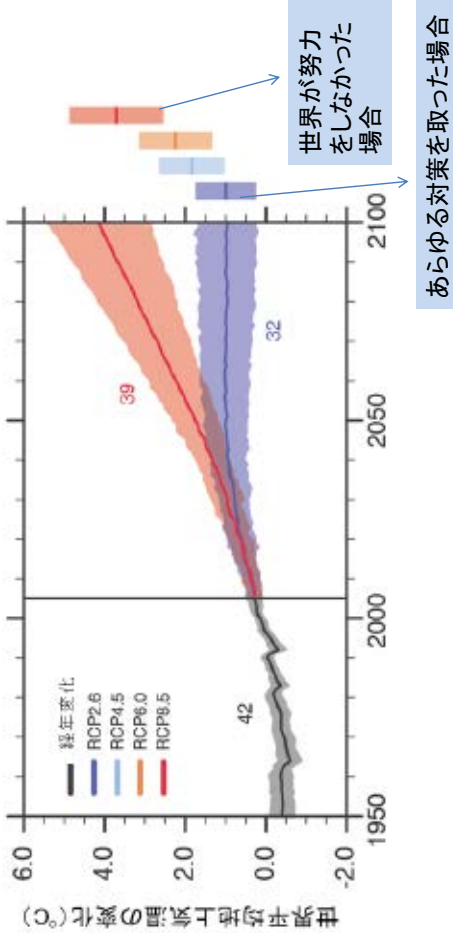
モーターマガジン「HALOS」

au向け「SOLAR PHONE SH002」

温室効果ガス濃度と世界平均気温・海面水位は 20世紀に急激に上昇している



予測される100年後の気温上昇量は？



- 社会の発展の仕方と対策の大きさに依存
- 科学的な予測には幅がある。

出所：IPCC第5次評価報告書

PV搭載のクルマが走るまちづくり

- NEXCO東日本は、今年、高速道路のサービスエリア・パーキングエリアに66カ所、NEXCO西日本は84カ所に急速充電器を1基ずつ設置する。
- トヨタ、日産、ホンダ、三菱自動車は、2014年春にも『会員制充電サービス運営組織を設立する。』



屋根全面に太陽光発電ユニットを搭載
出典：米Ford Motor



ドイツダイムラーと化学大手BASFが2011年9月のフランクフルトのモーターショーで発表。ガラス板で挟んだ太陽電池ではなく、有機系太陽電池を塗っている。世界初の採用となる。

「低炭素」、 「防災」のニーズへの対応

2012年にハリケーン・サンディの直撃を受け、100万軒が停電したNY・マンハッタン地区



深さ41メートルある米ニューヨークのブルックリン・パットリー・トンネルの入り口付近まで浸水

ハリケーン「サンディ」の直撃を受け停電し、真っ暗となった米ニューヨーク・マンハッタン地区(2012年10月29日)。

出所：Sankei Biz

日本や世界の中で、
太陽光発電が様々な場面で活かされ、
未来へつないでいくと思います。
皆さまの研究開発への熱意と努力が
必ず結実すると信じています。

I Love PV!
Photovoltaics For All

産総研

福島再生可能エネルギー研究所

FUKUSHIMA RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

技術で再生、技術で復興、技術で世界へ!!!



Photovoltaic power generation
太陽光発電



Wind power generation
風力発電



Hydrogen energy storage
エネルギー貯蔵



Geothermal energy
地熱・地中熱

福島再生可能エネルギー研究所の 設立にあたって



独立行政法人 産業技術総合研究所
理事長

ちゅう ばち りょう じ
中 鉢 良 治

独立行政法人 産業技術総合研究所（産総研）は、政府の「東日本大震災からの復興の基本方針」（2011年7月）等を受けて、「再生可能エネルギーさきがけの地、福島」に、「福島再生可能エネルギー研究所」を設立しました。

東日本大震災からの復興はまだ道半ばです。産総研がオープン・イノベーションのまさにハブとなり、大震災からの復興と我が国の産業競争力強化に貢献していきたいと思えます。特に福島再生可能エネルギー研究所では、「世界に開かれた再生可能エネルギーの研究開発の推進」と、「新しい産業の集積を通じた復興への貢献」を大きな使命とし、国内外から集う様々な人々と共に、新技術を生み出し発信する拠点を目指しています。



私たちの目標

太陽、風力、地熱、水力、バイオマス等の再生可能エネルギーは、我が国の貴重な国産エネルギー源であり、エネルギー供給の多様化や安定化、地球温暖化防止等を目的に、早期の大量導入が期待されています。世界的にも、化石燃料の有限性、地球温暖化防止を背景に、再生可能エネルギーの導入が急速に進展しています。

再生可能エネルギーの大量普及のためには、時間的に大きく変動する、コストが高い、場所ごとに適切な技術の選択が必要、等の課題を解決する必要があります。このため、本研究所では、以下の基本目標を掲げています。

1. 水素や蓄電池等のエネルギー貯蔵とパワーエレクトロニクスを駆使した統合システム技術を開発し、時間的に変動する大量の再生可能エネルギーを活用する技術モデルを実証します。
2. 軽量安価な太陽光発電モジュール等の革新的技術の研究開発を行い、大幅なコストダウンを実現します。
3. 健全な技術普及と社会による受入れを支えるため、地熱、地中熱等の再生可能エネルギーデータベースを構築し提供します。

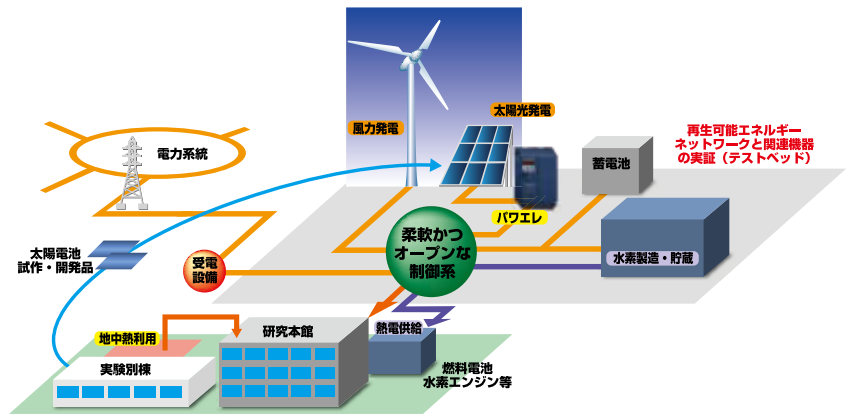
これらを、企業や大学、海外研究機関等の人々と共同で行い、素早い事業化と普及に繋げると共に、長期的な人材育成にも貢献していきたいと考えています。

主要な研究テーマ

再生可能エネルギーネットワーク開発・実証

太陽光発電、風力発電を高密度・集中的に導入し、研究所の電力需要の半分を再生可能エネルギーで供給します。将来の実証実験では100%の電力自給を目指します。

- 水素キャリア、蓄電池、蓄熱等のエネルギー貯蔵とエネルギーマネジメントを統合し、電力自立が可能な再生可能エネルギーネットワークを構築します。
- スマートグリッド、マイクログリッドの模擬実験設備を企業等に開放し、インバータや蓄電池などプロトタイプの実験評価のためのテストベッドとしても活用していただけます。

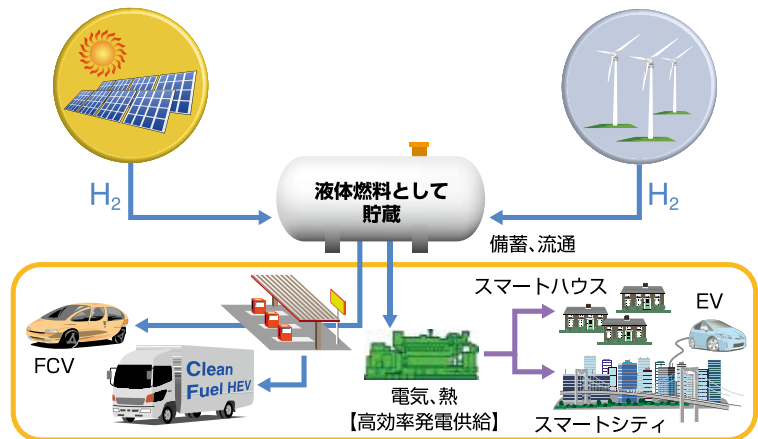


世界最先端の再生可能エネルギーネットワーク

水素キャリア製造・利用技術

太陽光発電、風力発電等の変動する電力を、長期的かつ大量に貯蔵し、効率的に利用するシステムを開発し、再生可能エネルギーの大規模貯蔵と電力需要の平準化を目指します。

- 水素を高密度に貯蔵出来る水素キャリア（有機ハイドライド、アンモニア等）の製造技術とこれを利用する高効率コジェネエンジン技術を研究開発します。
- 水素キャリア製造から熱電供給までのトータルシステムを開発・実証します。

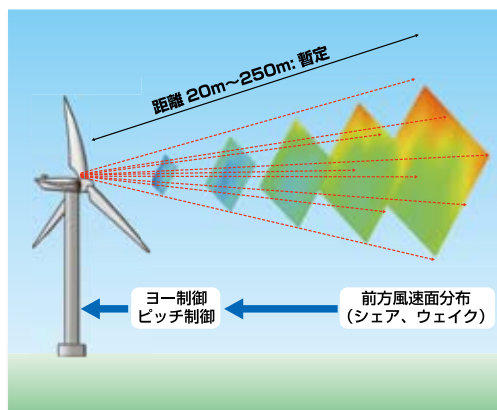


再生可能エネルギーからの水素キャリア製造・利用

高効率風車技術およびアセスメント技術

風力発電の導入拡大のため、高度な風況予測技術、騒音低減技術の開発、及びそれらを利用した風車運転技術を開発することにより、発電電力量の5%向上と、使用年数の10%向上を目指します。

- 発電電力量の画期的な増大技術として、風車ナセル搭載LIDARによる風車の予見制御アルゴリズムを開発します。
- 発電電力量と環境影響（騒音など）をより正確に予測できるようにするため、サイトアセスメント技術を改良します。



ナセル搭載LIDARによる高性能化研究

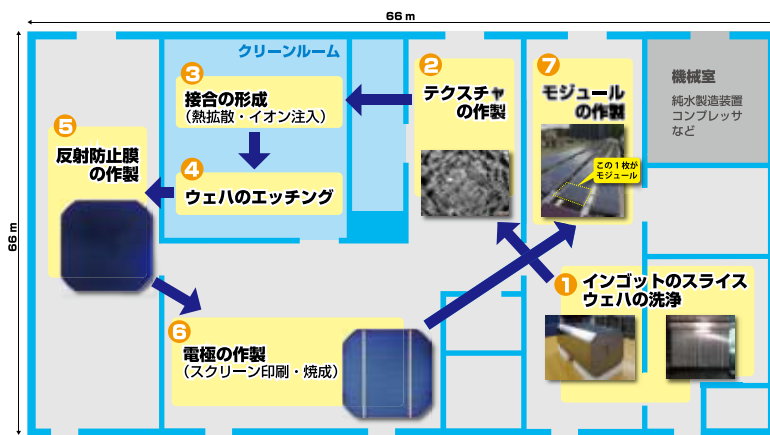


音計測システム化研究

薄型結晶シリコン太陽電池モジュール技術

太陽光発電による発電電力量コスト10円/kWhを目標に、徹底的にコストを下げます。

- 高効率と省資源を達成する薄型(80 μ m)結晶シリコン太陽電池を、量産レベルで試作可能な研究開発環境を構築します。
- 低コスト・軽量モジュールの開発を、コンソーシアム形式(参画企業20社)で実施します。
- 素材、製造装置、評価装置など様々な業種の企業との共同開発を推進します。
- 福島大学による極薄太陽電池、JSTによる量子効果(ナノワイヤー)太陽電池の開発とも連携します。

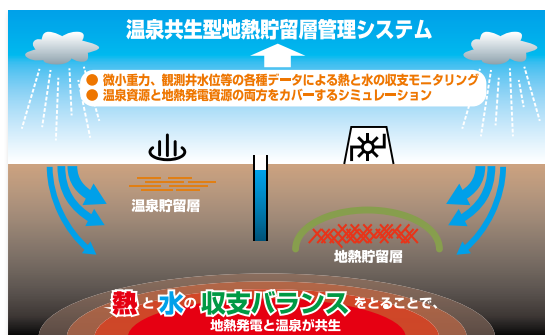


薄型結晶シリコン太陽電池(セル・モジュール)の一貫製造ライン

地熱の適正利用のための技術

産総研の地質計測・探査技術を駆使して、地熱貯留層の適切な開発・管理や温泉資源との共生を実現します。

- 地熱の高度モニタリング技術を活用して、地熱発電の開発に要する費用を削減します。
- 環境アセスメントに要する期間や地元への配慮、温泉審議会への対応のような社会的要因に対して合意形成を図るためのデータと知見を提供します。
- 地熱貯留層の貯留能力改善や人工貯留層開発のための技術開発を行い、国内外における環境と調和する適正な地熱発電可能地域の拡大を目指します。



地熱発電と温泉の共生の考え方

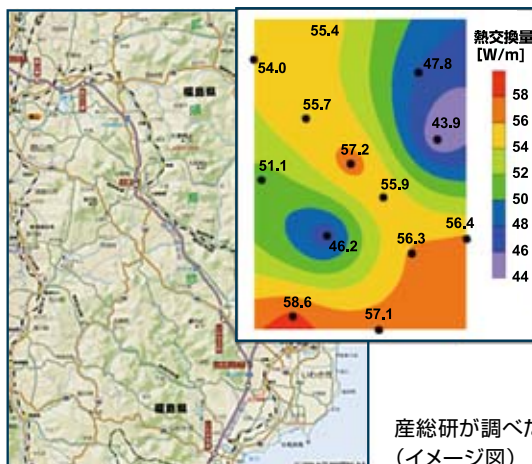


南伊豆地域で実施した坑井掘削

地中熱ポテンシャル評価とシステム最適化技術

通常のアエアコン(空気熱ヒートポンプ)より高効率、省エネルギーの地中熱利用冷暖房システムを、地質情報によって高性能化・低コスト化し、普及促進します。

- 現地地質調査・地下水調査を実施し、地下水流動・熱交換量予測シミュレーションに基づく地中熱ポテンシャルマップを作成します。
- このマップを使うと、地中熱利用システムの設計精度が上がり、システムの高性能化と低コスト化が達成されます。
- 様々な地質特性に最適化された地中熱利用システムの設計技術を日大、福島県ハイテクプラザ、地元企業と共に開発します。



産総研が調べた地中熱のポテンシャルマップ(イメージ図)

研究所の特長

実証フィールド・テストベッド

太陽光用パワーコンディショナ、蓄電池、エネルギーマネージメント等の性能評価を実施できるユーザーファシリティです。

薄型結晶シリコン太陽電池モジュール製造ライン

シリコンインゴットからパネルまでを一貫製造する薄型結晶シリコンの量産技術を開発します。

企業コンソーシアム(20社)で共用します。

その他の利用設備

太陽光発電、風力発電、地中熱・太陽熱利用、水素コジェネ発電等を整備し、再生可能エネルギーの大規模な発電と貯蔵・利用技術を実証します。

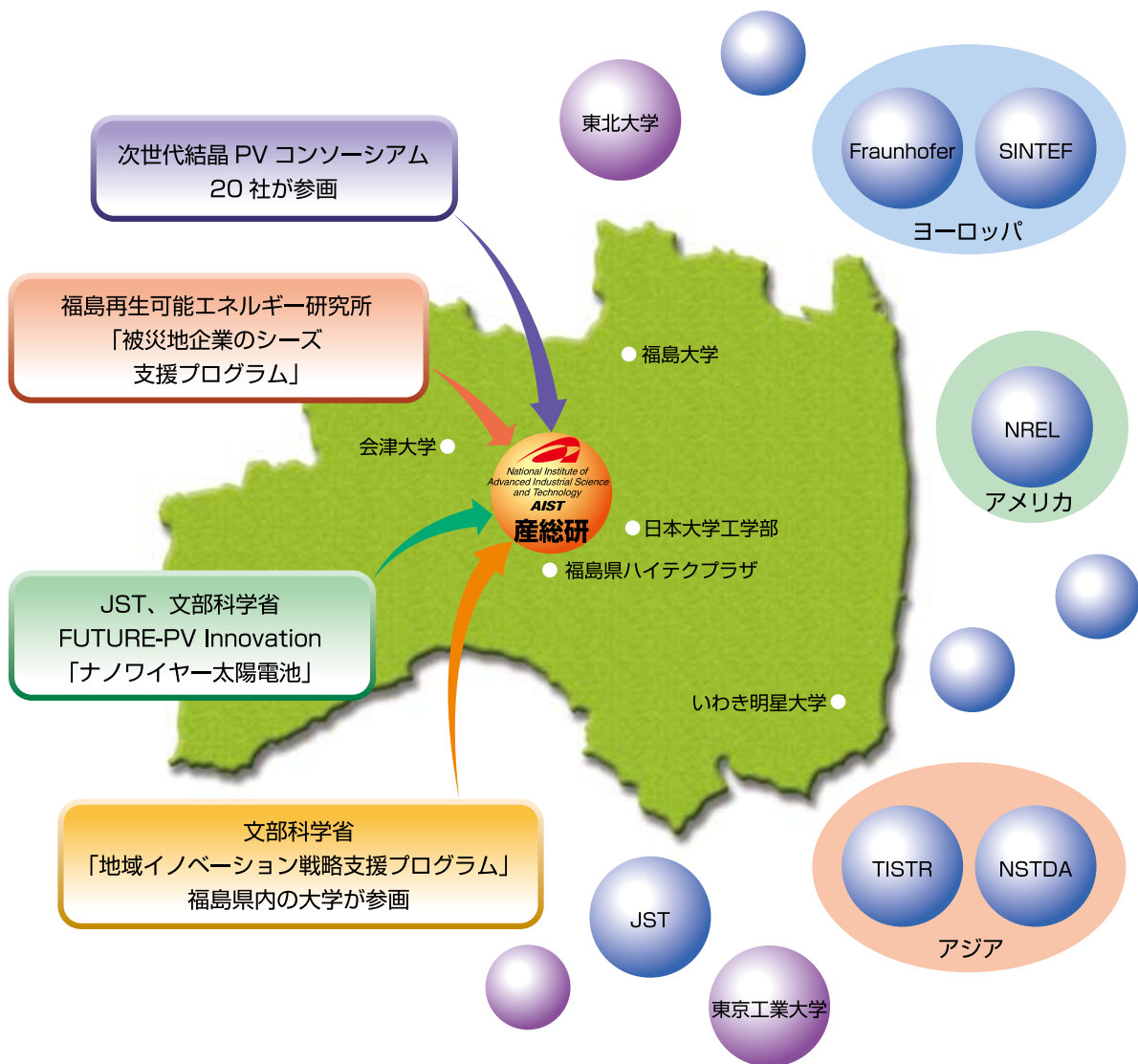
研究棟

研究本館(4階建、免震)は高い環境性能を有し、実験別棟(平屋建)はニーズに応じて柔軟にレイアウトできる大空間構造です。太陽光、風力、地中熱を活用して、研究所の電力使用量の半分を再生可能エネルギーで供給します。



産学官の連携

産総研は、日本最大級の公的研究機関として、多様な研究人材、先端的研究インフラ、研究成果、技術融合や人材育成の仕組み、地域拠点とそのネットワークなどを活用・発展させ、産学官との連携の中核的な役割を担っています。福島再生可能エネルギー研究所は、地元大学や国内外の機関と連携を進めています。



福島再生可能エネルギー研究所の国内外の産学官連携

■お問い合わせ先

福島再生可能エネルギー研究所 :〒963-0215 福島県郡山市待池台2-2-9

(平成25年度中は〒305-8568 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第2)

TEL:024-963-1805 FAX:024-963-0824 メール: frea-info-ml@aist.go.jp

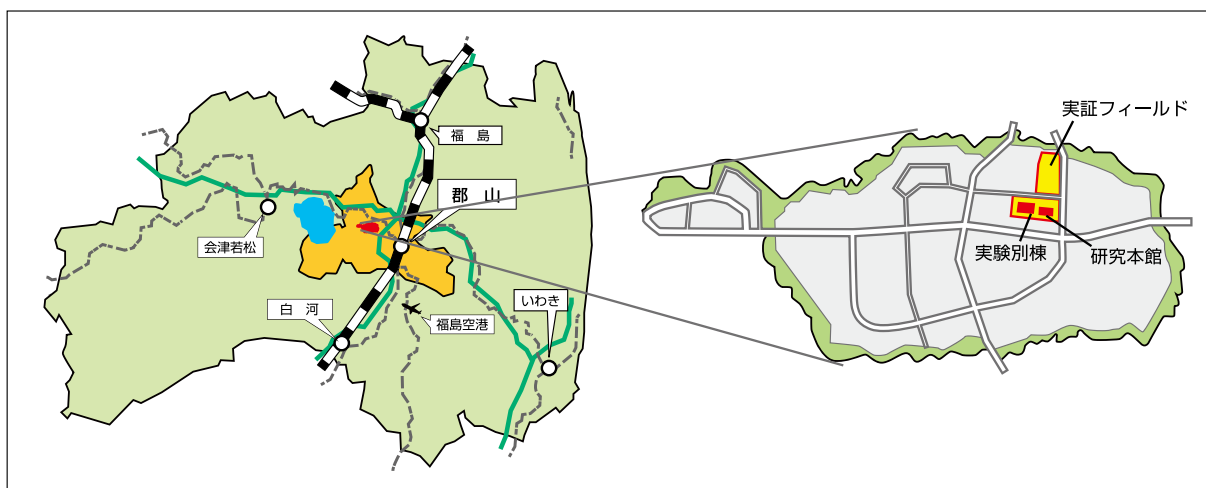
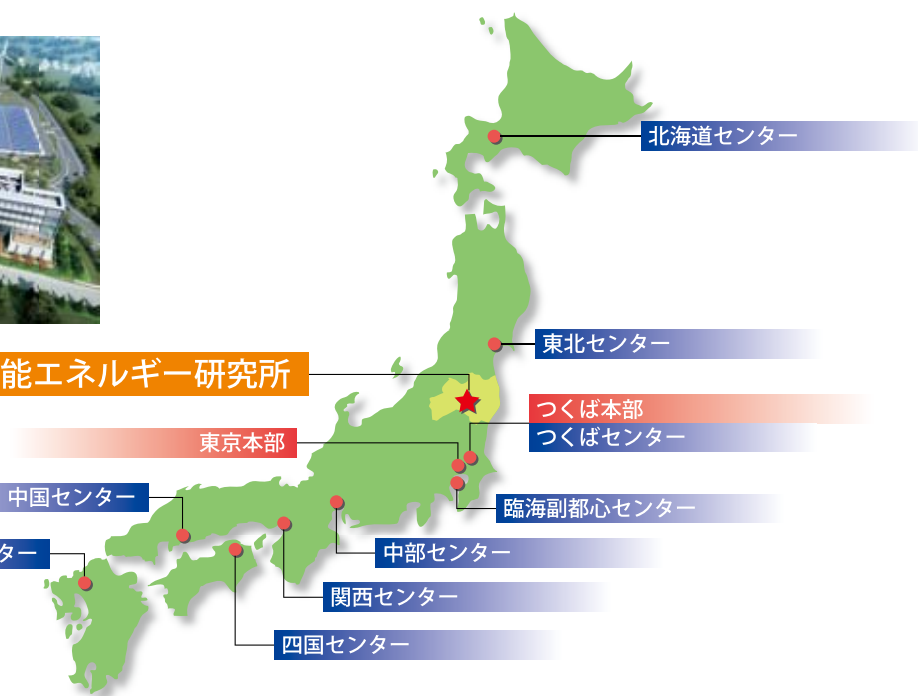
福島再生可能エネルギー研究所で生まれた世界最先端の技術を、産学官のみなさまに使っていただけます！

- 再生可能エネルギー分野へのビジネス参入に御関心ある方々からの技術や共同研究についてご相談いただけます！
- 御社で開発された新製品を、研究所の性能評価テストベッドで試していただけます！
- 幅広い技術内容に、全国の産総研研究者などにご相談いただけます！
- 再生可能エネルギーに関する最新動向を入手できます！

まずは、お気軽にご相談から。



福島再生可能エネルギー研究所



独立行政法人 産業技術総合研究所
福島再生可能エネルギー研究所

福島県郡山市待池台2丁目 郡山西部第二工業団地

■お問い合わせ先

福島再生可能エネルギー研究所 :〒963-0215 福島県郡山市待池台2-2-9

(平成25年度中は〒305-8568 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第2)

TEL:024-963-1805 FAX:024-963-0824 メール: frea-info-ml@aist.go.jp

サハラソーラーブリーダー アルジェリア奮戦記



AES 太陽光発電システム研究発表会
2014年3月15日(土)
日本カーネルシステム(株) 浅井順

Kemel

本日の発表内容

<項目>

- ①: 奮戦記前に
- ②: 現地へ
- ③: 据え付け
- ④: 発表
- ⑤: アルジェリア風景

Kemel⁴⁵

奮戦記前に ～弊社概要～

<会社概要>

設立: 1984年5月(30年目)

場所: 大阪市中央区船越町1-6-6 レナ天満橋9F

人数: 20名(2014年3月現在)

<主な実績>

- ・太陽電池模擬電源の開発・製造
- ・太陽電池計測器(PVアナライザ)の開発・製造
- ・PCSなど電力制御関連受託開発

<技術>

- ・システム設計技術
- ・パワー・アナログ回路技術
- ・マイクロプロセッサハードウェア技術
- ・アプリケーション系ソフトウェア技術
- ・組み込み系ソフトウェア技術



Kemel

奮戦記前に ～SSB研究開発～

ODA が見える。わかる。

協力プロジェクトの現場を紹介「ODA 見える化サイト」

Google®カスタム検索

検索

説明

お問い合わせ



ホーム > 事業別に探す > 技術協力 > サハラを起点とするソーラーブリーダー研究開発

サハラを起点とするソーラーブリーダー研究開発

(Sahara Solar Energy Research Center (SSERC))



国名 アルジェリア [協力地域地図 (PDF)]

協力期間 2010年11月～2015年11月

事業 技術協力

課題 資源・エネルギー

<SSB計画>

- ・鯉沼教授により構想された計画
- ・2010年よりJSTとJICAに本格始動
- ・今回この枠組みで、SAIDA大学に太陽電池計測装置の据え付けを実施

JICA様HPより

<http://www.jica.go.jp/oda/project/1000526/index.html>

プロジェクトの紹介

アルジェリアは、石油・天然ガス部門に依存した偏重型経済となっており、所得格差が拡大し、社会不安を招く一因となっています。この協力では、科学技術振興や新規産業の形成・雇用創出の観点から、同国で最重点分野に位置づけられている太陽光発電の研究開発を支援します。これにより、ソーラーブリーダー（ソーラーシリコン工場と太陽光発電所）の拡大の可能性を検証し、地球エネルギー新体系の基盤研究（太陽光電池の性能、超伝導ケーブルの導入）および人材開発の基礎確立に貢献します。

Kemel

奮戦記前に ~アルジェリアについて~

USTO(オラン工科大学)のある都市
首都アルジェに次ぐ都市で、人口約90万人

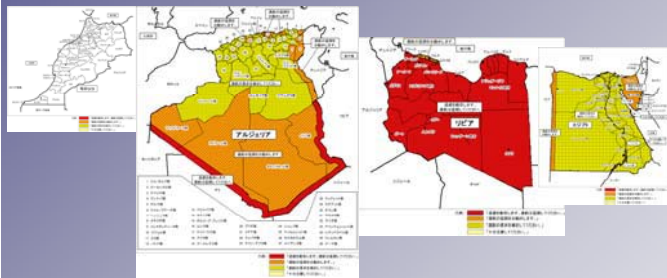


<歴史ポイント>

- ・フランスより独立(1962年)
- ・軍とイスラム過激派との内戦(1991年～2002年)
- ・2011年11月に国家非常事態宣言解除(19年ぶり)

<現地について>

- ・通貨はアルジェリア・ディナール。
国外持ち出しは禁止。
- ・都市間移動は国からの護衛付き。
事前申請が必要。
- ・オラン/サイダ地域では降雪もある程。
尚、オランで新潟とほぼ同じ緯度。
- ・国土の4/5以上が砂漠。
- ・公用語はアラビア語だがフランス語は広く通じる。
英語はレストランなどでもほぼ不可。
- ・「地球の歩き方」が1990年初頭以降、
発行されていない(リビアは発行有り)。



<外務省危険情報(2014年2月調べ)>

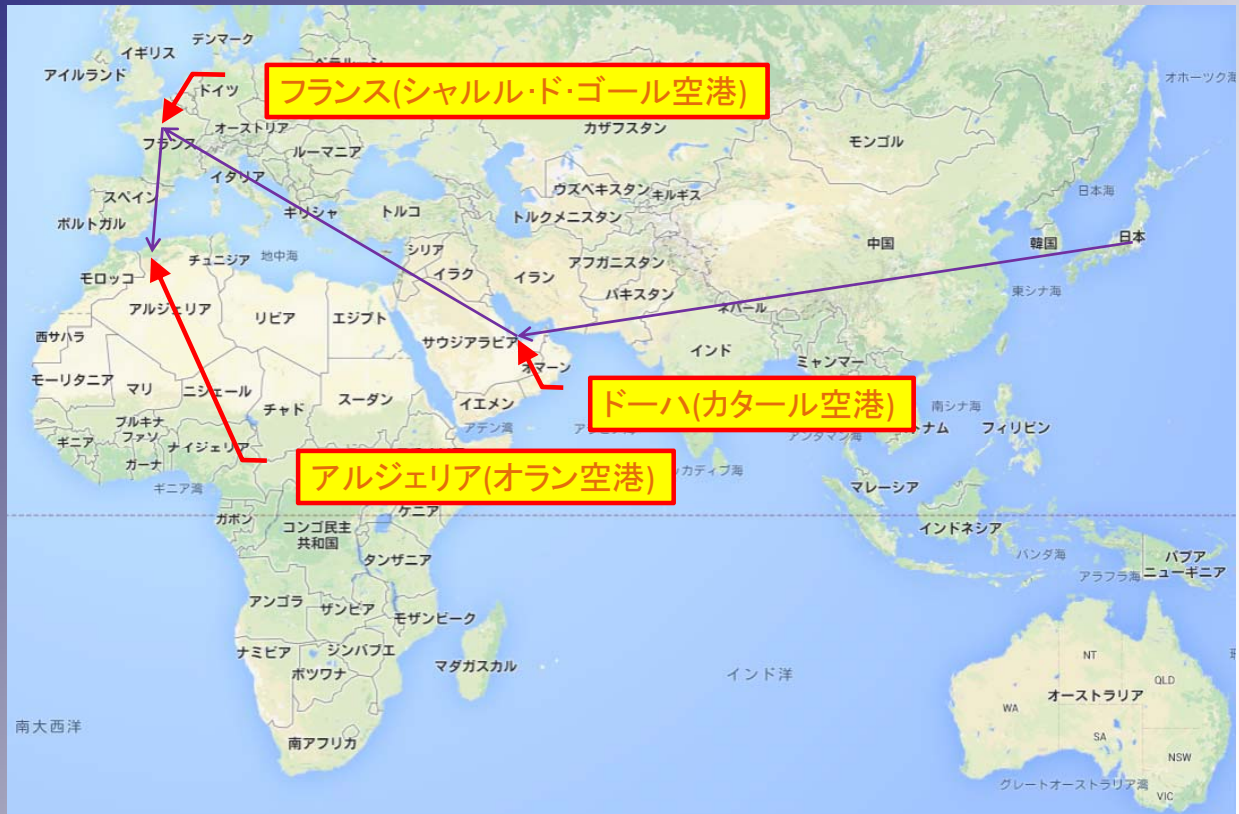


奮戦記前に ~道のり~

年	月	事項	備考
2012	9	御発注頂く	2月現地予定で行動
	12	JICA様より税関問題で空輸は困難と連絡あり	海路のオラン港をご推薦
		事前試験としてつくばに製品納め	輸出梱包完了
2013	1	現地輸送への契約や納品・支払等協議	
		海路にてオラン港に向け輸出決定	
		アルジェリア石油プラント人質拘束事件発生	
		・	
		・	
		・	
2013	11	浅井、盲腸にて緊急入院・手術	群馬県赤城にて発症
		黒川教授、検査入院	
		アルジェリアへ出発	11月30日成田発
	12	アルジェリア現地の奮戦記へ	



現地へ ～空路～



Kemel

現地へ ～合流～

- ・USTO スタンブーリ教授・フラジー教授・アリ氏・モクタリア女史・サミア女史と合流
- ・JICAのンボウ由紀子女史と合流(到着の夜から)
- ・黒川教授、大関氏(AIST)、寄崎氏(クリマテック)、浅井・斉藤(カーネル)にて行動



Kemel

現地へ ～陸路～

- ・200km弱の道のりで、護衛付き移動(州境で担当交代)
- ・護衛待ちだったり、約5時間(8時→13時)かかった



護衛の方々、車の場合もあった



外の風景、砂漠と言うより草原の雰囲気

Kemel

現地へ ～サイダ大学到着～

- ・サイダ大学ミルードウ教授、ミルディ氏らによる歓迎会
- ・現地学生らの好奇の目と「ニーハオ」のあいさつ



サイダ大学内現場



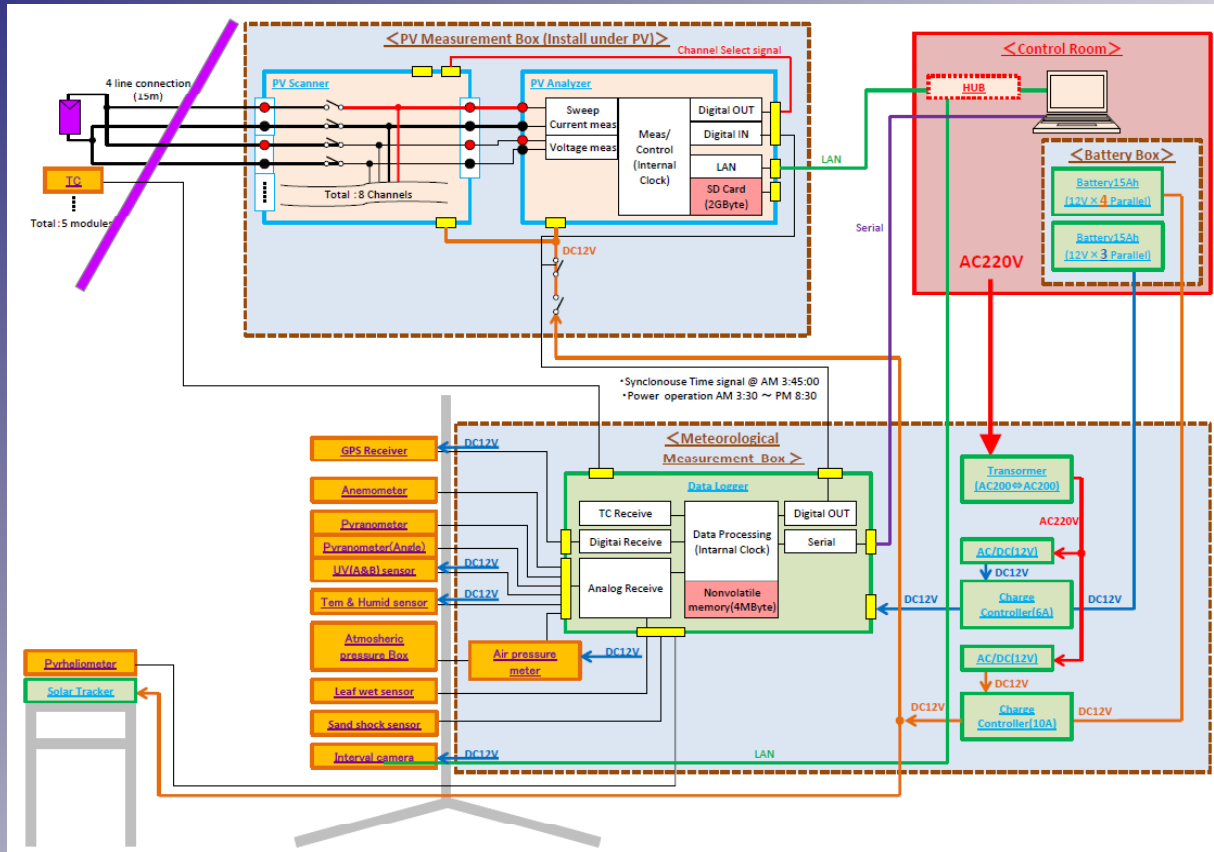
サイダ大学での歓迎会



学生たち、こちらをまじまじと見ていた

Kemel

据え付け ~システム構成~



Kemel

据え付け ~状況確認~

- ・PV架台が南面から明らかにずれており、その対応協議・計測実施等
- ・心配していた機材自体は無事到着(Webカメラは未達)



大関氏ら、架台位置について議論



黒川教授とミルディ教授らとの議論



架台位置を測定し、ずれの確認



送付機器、建屋内に安全に保管

Kemel

据え付け ～気象計測装置取付～

- ・クリマテック寄崎氏の指示により実施
- ・USTO 女性二人が積極的に作業。寄崎氏の良い助手になってくれた。



センサ・ポール取付



USTO女性陣が積極的に作業補助



レクチャーする寄崎氏

Kemel

据え付け ～PV計測装置取付～

- ・盤の支柱が未取り付けで、その溶接や万一に備え屋内動作確認実施
- ・支柱取付が間に合い、取付と配線作業を予定通り実施



支柱溶接



配線作業



屋内での動作確認



取付後動作確認・説明

Kemel

据え付け ～PV取付～

- ・PVは未取り付けで、取付金具製作から実施
- ・想定より架台幅が短く、横幅がぎりぎりとなった

支えながら固定



横幅の確認しながら取付



女性陣も力仕事



黒川教授もご助力



Kemel

据え付け ～昼食～

- ・昼食はサイダ大学の方々と、近くのレストランにて頂いた
- ・選択権はほぼなく毎回量が多かったが、味はおいしかった



レストラン風景



メイン料理
この前に3皿程食べている…



サラダ(結構大きい)



毎食完食を目指す大関氏
「食べられるの？」の視線

Kemel

据え付け ~制御室~

- ・予定外だったPCによるデータ収集や、現地PCへのインストール実施
- ・バッテリー配置変更により電位降下発生、対応実施



Kemel

据え付け ~完成~



Kemel

発表 ～サイダにて～

- ・黒川教授、大関氏、浅井、寄崎氏で発表を実施
- ・浅井、寄崎氏らメーカーは、機器や製品説明を実施

大学の講堂で屋内セミナー実施



学生中心に多数出席



屋外説明は、よく勉強してくれた女性陣にお任せ

Kemel

発表 ～カーネル発表抜粋～

- ・現地システム・機器の説明から入り、弊社の紹介実施
- ・大学の終了時間が迫っており、押した時間の中でしゃべり過ぎ...

PV Measurement Box

- Pyranometer or Standard Cell or TC input connector
- LAN Connector
- SD Card Slot
- PV Input connector (4 wire)
- PV Scanner
- PV Analyzer
- Control signal input from PV Analyzer to Scanner
- Terminal block for PV connection, Max 8channels available.

Kemel

PV Measurement Box function

- ・More than 10,000 IV data are saved at SD.
- ・LAN connection is available.
- ・Schedule operation is available.

Scanner expansion is available.

Power and clock synchronous is controlled by Meteorological box.

Kemel

IV curve measurement method [Electrical Load]

<Electrical Load>

Feature of PV Analyzer "Gamma"

- ・Constant sweep is available by electrical load.
- ・Various sweep method and time can be selected.
- ・Schedule operation is available.

Kemel

IV curve measurement test with AC light ②

IV curve waveform

Voltage sweep

Current sweep

Kemel

"Generate" equipment

"Generate" equipment is for mainly power test and development.

- ・Conversion efficiency measurement.
- ・MPPT tracking function.
- ・Islanding detection function.
- ・FR(Fault Ride Through) function.

LC Load

PV simulator

Kemel

300kW AC and PV simulator

AC simulator soft ware. Voltage dip and harmonic waveform is available.

Various test patterns (IEEE1547, IEC61000-4-11,4-13 and so on) are set.

Kemel

Kemel

発表 ～オラン USTO～

- ・University of Science and Technology Oran (オラン工科大学)を訪問
- ・サイダの発表に加え、USTOフラジー教授らと共に発表



USTO入口



USTO学長訪問



USTO全体写真



発表後の記念撮影

Kemel

発表 ～全体工程～

月	日	事項	備考
11	30	成田空港発	深夜出発
12	1	オラン空港着	夜到着
	2	オランからサイダへ移動。現場確認・機材チェック。	サイダ大学にて歓迎会
	3	架台改造。気象計測・バッテリーボックス取付。	
	4	PV計測装置・PV設置。気象計測装置調整。	
	5	サイダ大学にて発表	現場実演含む
	6	LAN・シリアル線接続。PCソフトインストールと確認。	
	7	サイダからオランへ移動。午後オラン散策。	
	8	USTO訪問と発表	USTO学長らを訪問
	9	オラン空港発	明朝発。アルジェ経由
	10	成田空港着	夕方到着

Kemel 15

アルジェリア風景 ~オラン~



Fort Santa Cruz にて



Fort Santa Cruz からの景色



最近開通した路面電車



市場通りは女性や子供も多く、活気があった

Kemel

アルジェリア風景 ~人々~



オランで魚を売っていた男性達



オランのショッピング通り



サイダで作業をしてくれた人たち



オランホテルロビーの女性

Kemel

アルジェリア風景 ～据え付け後～



アリ氏。帰国後チャット状態で、ソフトの対応実施。7月RE2014で来日予定



スタンブーリ教授。RE2014で投稿との事（浅井も投稿）



ミルードウ教授。Webカメラ設置や直達日射計修正にご尽力頂いた



サミア女史・モクタリア女史。来日希望。大歓迎だが、弊社では3日が限度が・・・

Kemel

ご清聴ありがとうございました



黒川教授が、「日本チーム」でまとめて頂いた写真

Kemel

より安全な太陽光発電へ(1)：特別報告 A

電気システムの安全対策

大関 崇（産業技術総合研究所）

1. はじめに

太陽光発電（以下、PV）のリスクには、その構成要素やシステムの性質上、直流電気、交流電気、構造物、労働環境といったハザードが存在し、その危険事象として、火災、感電、構造物飛散、労働者滑落等につながり、危害（Harm）につながるリスクはゼロでない。加速的に普及が進んでいる PV システムに関して、その潜在的なリスクを見直し、許容可能なリスクまで低減し、安心・安全なシステムに近づける必要がある。そのためには、技術的、人文的、行政的な側面からのリスク低減と、それらを広めることおよび実行するための戦略、安全文化の醸成などが必要である。

この中で、火災リスクは欧米を中心に近年研究が進められており、実際の事例報告もされている^[1]。国内でも、PV 由来と推測される火災が公開情報としては 1 件を船橋で発生している^[2]。これを受けて、平成 24 年度より経済産業省から三菱総合研究所が受託した「新エネルギー等共通基盤整備促進事業」の中で、「太陽光発電システムの直流電気安全性に関する基盤整備」のプロジェクトを産業技術総合研究所（以下、産総研）、関電工株式会社（以下、関電工）、JX 日鉱日石エネルギー（以下、JX）、日本電機工業会（JEMA）、みずほ情報総研株式会社（以下、みずほ、みずほは平成 25 年度より参加）のメンバーにて開始した（予定では平成 26 年度まで）。

本事業では、火災リスク低減方策の中で技術的な側面からのリスクの低減方法として、現状のリスクアセスメントを行うこと、また、行政的な側面からガイドライン（義務・推奨）の策定を行うことを目的としている。ターゲットとしては、直流側の電気安全による火災リスクに絞っており、その危険を減らすための方策の検討、また発生時のリスクとして残る、消防隊員の消防活動時のリスク低減の方策を検討している。本稿では、平成 24 年度に実施した結果の報告書をベースにプロジェクト概要を説明する。

2. 全体概要

- プロジェクトの構成は、大きく 3 項目からなる。
- ・太陽光発電システムの直流電気安全設計ガイドライン作成
 - ・直流電気安全に関するリスク評価
 - ・直流電気安全に関する対策技術の評価

PV の直流電気安全設計ガイドライン作成には、国内外の調査、国際標準化の調査を行い、ヒアリング等のリスク評価を踏まえて、骨子の作成を行っていく。また、リスク評価実験等の結果を最終的に反映する。ガイドラインについては、「太陽光発電の直流電気安全基準策定委員会」を設置し、有識者の意見を反映していく。国内外の事例を再度詳細に調査し、要因分析や国内システムとの差異も含めてどのようなリスクがあるかを整理する。また、消防隊員への消防活動時のガイドラインとして海外では文書の整備など進んでいるため、これらを調査・整理する。

次に直流電気安全のリスク評価として、再現実験を目的に実証設備にて模擬地絡、短絡でのストリング間での検討を行う。特に逆流防止素子（ブロッキングダイオード）に関しては、効果や仕様、信頼性を実証試験により明確化し、IEC62548（アレイの設置と安全性基準）に対して、使用義務付けを提案することを目的としている。

最後に、直流電気安全の対策技術の評価として、リスク起点と一つである地絡に関して、既存技術の対策のひとつとしてパワーコンディショナの現状の地絡検知技術についての評価を実施した。

次節より、これら各項目についての結果の一部を概説する。



図1 プロジェクト概要

3. 直流電気安全に関する国内外調査

(1) NITE 事故情報

国内における PV システムの火災関係情報について、公開情報およびヒアリングにより調査をおこなった。公開情報としては、NITE の事故情報などを調査した。PV システム自体の欠陥等により人的被害が生じた事故、人的被害が発生する可能性の高い物的事故、及び製品の欠陥により生じ

表1 NITEによるPVシステム関連の報告

発生箇所	被害	原因
モジュール	火災	太陽電池セルの一部のバイパス回路がはんだクラックにより故障し、故障した部分の電池セルの上に布団が掛けられたため、電池セルが局部的に高温化し、布団内部に蓄熱し炭化して、火災に至ったものと思われる。
		当該製品の終端モジュール付近から出火したものと考えられるが、焼損が著しく、原因の特定には至っていない。 屋根に設置された光・熱複合ソーラーモジュールに埋め込まれた太陽電池セルと集熱板の間でスパークが起こり、局部的な発熱により発煙したものと思われる。
パワーコン	火災	当該製品の施工時において、端子台へ接続する外部配線と圧着端子の装着不良があったことから、端子台に確実に締め付けられない状態となったため、外部配線が短絡し、火災に至ったものと推定される。
		設置電気工事において、当該製品の太陽電池出力線を接続する際、端子台のネジの締め付けが不十分であったため、端子部分での接触抵抗が大きくなり、端子部が発熱し、発煙・発火したものと思われる。
	製品破損	直流回路部に焼損していることから、津波による浸水の影響で直流回路が短絡状態にあり、太陽電池モジュールからの発電電力により、回路部に短絡電流が流れたため、発熱・スパークが生じて発火したものと思われる。
	製品破損	パワーコン内のコネクタ部において、使用時の温度変化による膨張・収縮が繰り返され、接触部のメッキが剥がれて酸化が促進されることにより接触抵抗が増大して異常発熱し、周囲の樹脂が焼損したものと思われる。
	製品破損	モジュールからの直流入力ケーブルを、パワーコンディショナのコネクタプラグに取り付けるネジの締め付けが不足していたため発熱し、発煙したものと思われる。
	拡大被害	設置業者の施工不良により、モジュールからパワーコンディショナへの配線を行う接続ユニット内の端子台において、ねじの締め付け不足のため、接触抵抗が増大し、端子台が発熱し、発煙、焼損に至ったものと推定される。
昇圧ユニット	製品破損	設置工事業業者が設置作業時に接続端子台の出力配線を逆接続し、さらに工事中断時に太陽電池接続箱のブレーカーを切り忘れて帰ったため、翌日、日が昇ると同時に出力側より異常電流が流れ込み、昇圧ユニットが発煙したものと思われる。
接続箱	拡大被害	接続箱のケース上部に穴が開いていたため、風雨の強い時に内部に雨が浸入し、接続端子部でトラッキングを起こして発火したものと思われる。
	製品破損	設置業者の施工不良により、モジュールからパワーコンディショナへの配線を行う接続ユニット内の端子台のねじ締め付け不足のため、接触抵抗が増大し、端子台が発熱し、発煙、焼損に至ったものと推定される。

た可能性のある事故に関する情報が、独) 製品評価技術基盤機構で公開されている。事例は、モジュール、パワーコンディショナ、接続箱を発生箇所とするものが報告されており、うち出火まで発展した事例は、モジュール由来のものが3件、パワーコンディショナ由来のものが2件報告されている。モジュールが出火箇所となっているものの原因の1例は、はんだクラックによりセルのバイパス回路故障が発生し、さらに故障したセルに影響が来ていたため、局部的に高温化し、パネルに接触していた布団に燃え移ったというものである。また、光・熱複合ソーラーモジュールにおける事例では、セルと集熱板の間でスパークが起こり、局部的な発熱が発生し火災に至っている。なお、この光・熱複合ソーラーモジュールについては、事故が発生した同一構造製品の緊急発電停止を行い、改修または交換が行われている。

(2) 米国の事例

米国における火災事例としては、Photon PV Safety Conference において、米国 San Jose Fire Department が発表した資料の中で紹介がされている。原因は調査中のものも多いが、DC 切断の欠如による消火の遅れや、地絡火災の非検知などの課題が挙げられている。また、Photon PV Safety Conference の各回では冒頭にモジュールの安全試験等を実施している Photon が、モジュール、インバータ、接続箱ごとの欠陥事例とそれらが火災につながる可能性について、情報を開示している。火災につながる可能性のある欠陥としては、モジ

ュールでは、ホットスポットによるアーク発生や、劣化絶縁体による層間剥離、インバータでは DC 遮断機の損傷、接続箱では分断器の磨耗などが挙げられている。

(3) 消火活動に関する対策について

ドイツにおいて、PV システムに損傷がある場合の消火活動には、DIN VDE 0132 および、GUV-I 8677 (現場での電気危険) に従い行動すべきとされている。VDE0132 では、電気機器装置への消火活動および、技術サポートに関する安全規則が示されており、これらの規則は PV システムへも適応される。しかしながら、PV の場合は、上記の対策だけでは不十分であり、消防隊は事故のリスクを減らすため、建物の中の二次エネルギー源、電流源について知る必要がある。そこで、DKE (German committee for electro-technics) が AK221.1.4WG の中で、消防隊への情報サインを開発した。これを通じて消防隊は屋根の上に PV システムの存在を認識することが可能となる。BSW (German Solar Association) からダウンロードできる。

また、BSW の専門家グループは、消防隊が DC および AC コンダクター/ケーブルが建物のどこに設置されているかすぐに理解できるためのマップを推奨している。

(4) IEC 等規格化の動向

IEC では PV システムの過電流保護としてヒューズの使用を義務付けているが、海外ではアーク等の電氣的事故に起因すると思われる PV システ

ムの火災事故が報告されている。一方、JIS では電気的事故を防ぐデバイスとして逆流防止素子の使用を義務付けている。このため、IEC に対し PV システムの焼損・発火対策として逆流防止素子の使用を義務付ける提案を行う必要があるが、IEC ではダイオードは信頼性に検討の余地があること、また過電流を防止することが出来ないことを理由として挙げ、逆流防止素子はバッテリーからの逆流の防止等、限定的な使用が認められているのみである。PV システムの過電流保護として、日本では「電気設備の技術基準の解釈（平成 24 年 7 月 20 日）第 200 条【小出力発電設備の施設】『第 2 項 第三号』」や「JIS C 8954（2006 年版）（太陽電池アレイ用電気回路設計標準）『4.アレイ回路構成の b)回路構成 C)構成要素 d)主回路』」, 「JIS C 8951（2011 年版）（太陽電池アレイ通則）『6.1 構成範囲 図 2－電気回路構成例』」に示すような諸規定に逆流防止素子の施設を記載しており、その効果により、これまで火災につながる PV システムの電気的事故を防止してきた、と考えている。

PV システムの直流電気安全性を扱うべき海外規格としては、IEC（国際電気標準会議）において IEC62548(PV システムの設置・安全性要件)ed.1 の審議が進められてきた。この規格は PV システムのアレイ設置に関する電気的および機械的な安全基準について記述している。その 6.3 項に過電流保護に関する一般的な要求事項や、過電流保護デバイスの定格電流とモジュールやアレイの短絡電流の関係について記載されているが、デバイスの種類については規制していない。デバイスの規制としては、7.3.10 項にヒューズ、7.3.12 項にはブロッキングダイオード（逆流防止素子）に関する記載がなされ、過電流保護デバイスとしてヒューズが規制されている。ブロッキングダイオードは夜間のバッテリー側からの逆流保護用として記載されているが、過電流保護デバイスとしては使用できない（ヒューズの代用にはならない）ことが記されている。

IEC62548 は 2011 年に IEC/TC82（PV に関する技術委員会）から CDV（投票用委員会ドラフト）が発行され、規格審議の最終段階となった。日本は産総研、JEMA を中心に PV システムの直流安全性の確保（過電流保護）のためには、直流アークを遮断できないヒューズではなく、ブロッキングダイオードの使用が必要との主張を行った。その結果、2012 年の FDIS（最終国際規格案）では、規格本文の改正には至らなかったが、Notes に過電流防止としてブロッキングダイオードを使用する国がある旨の記載と、ブロッキングダイオードの使用事例を記載した附属書（Annex）C の追加を IEC に認めさせ、一定の進展を得ることができた。いずれも、ストリング内で短絡や地絡が発

生し、そのストリングの電圧がドロップした場合に、並列した他のストリングから回り込む電流（過電流）をブロッキングダイオードで保護できることを説明している。その後、本規格案はアレイの絶縁抵抗の測定方法等で TC64(感電保護と電気設備基準に関する技術委員会)が発行した規格 IEC60364-7-712（建築電気設備—第 7-712 部：特殊設備又は場所の要求事項—PV システム）との間で差異があるため、両者で統一を図ることとな

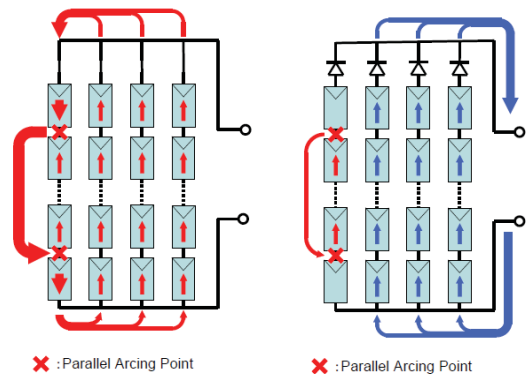


Figure C.1 - Effect of blocking diode at short circuit in PV string

(a) パラレルアークにおける
ブロッキングダイオードの効果

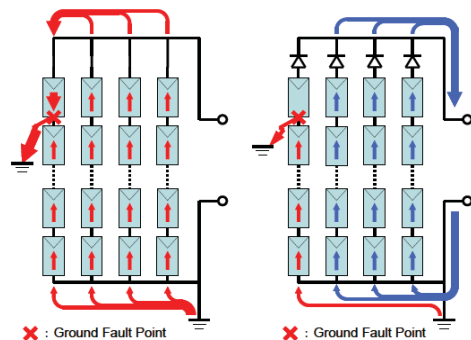


Figure C.2 - Effect of blocking diode where there is an earth fault on a system with earthing on the minus side

(b) N 極側地絡における
ブロッキングダイオードの効果

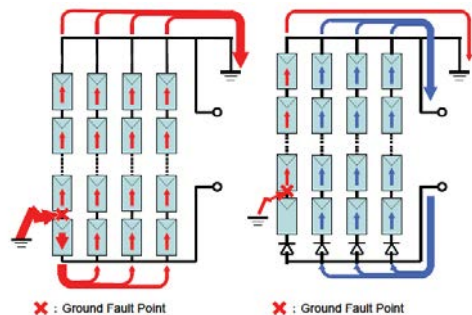


Figure C.3 - Effect of blocking diode where there is an earth fault on a system with positive side earthing

(c) N 極側地絡における
ブロッキングダイオードの効果

図 2 ブロッキングダイオードの効果
出所) IEC 62548 TS (AIST 津田提案資料)

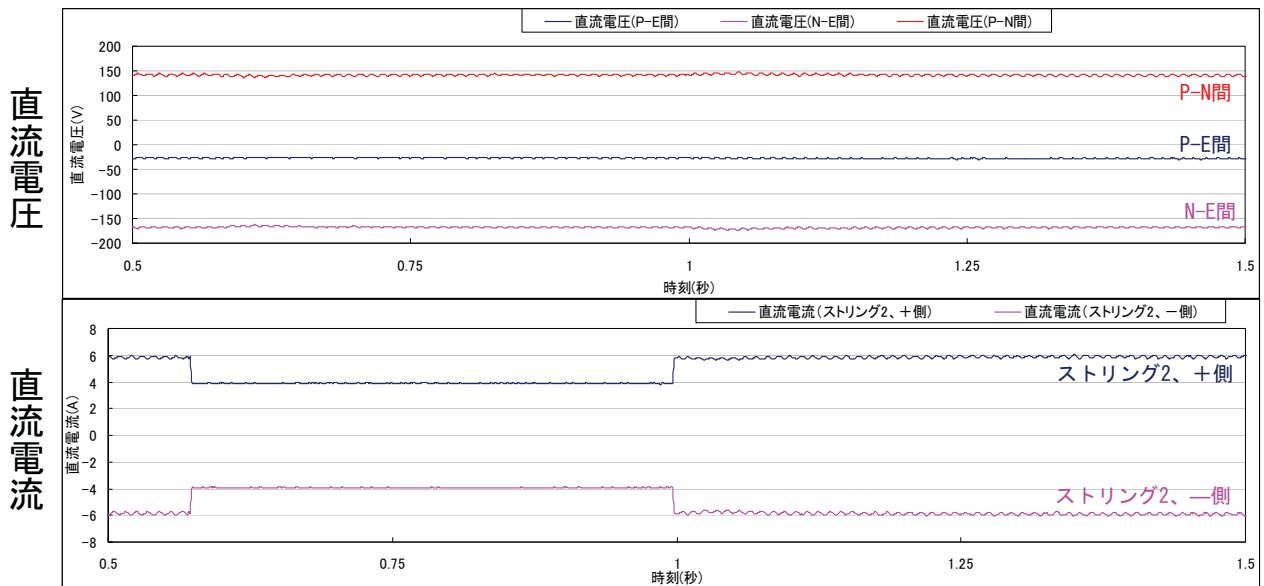
った。2012年10月にオスロで開催されたIEC全体会議においてTC64とTC82との間で調整を行い、TC64とTC82でJWG（ジョイントワーキング）を作り、両TCからコンビナーを1名ずつ、委員を3名ずつ出し（JWG開始時）、現状のIEC62548とIEC60364-7-712を統合して、IEC60364-7-712の新バージョンを作成することが決定された。また、IEC62548をIS（国際規格）ではなくTS（技術基準）として成立させ、新たなIEC60364-7-712成立まで存続させることとなった。これに従って、過電流保護としてブロッキングダイオードの採用を促進する取組みは、対象とする国際規格が変更となるが、過電流保護のための取組み内容には変更はない。図2にはAnnex Cに記

載されたブロッキングダイオードの効果を模式的に表した図を示す。

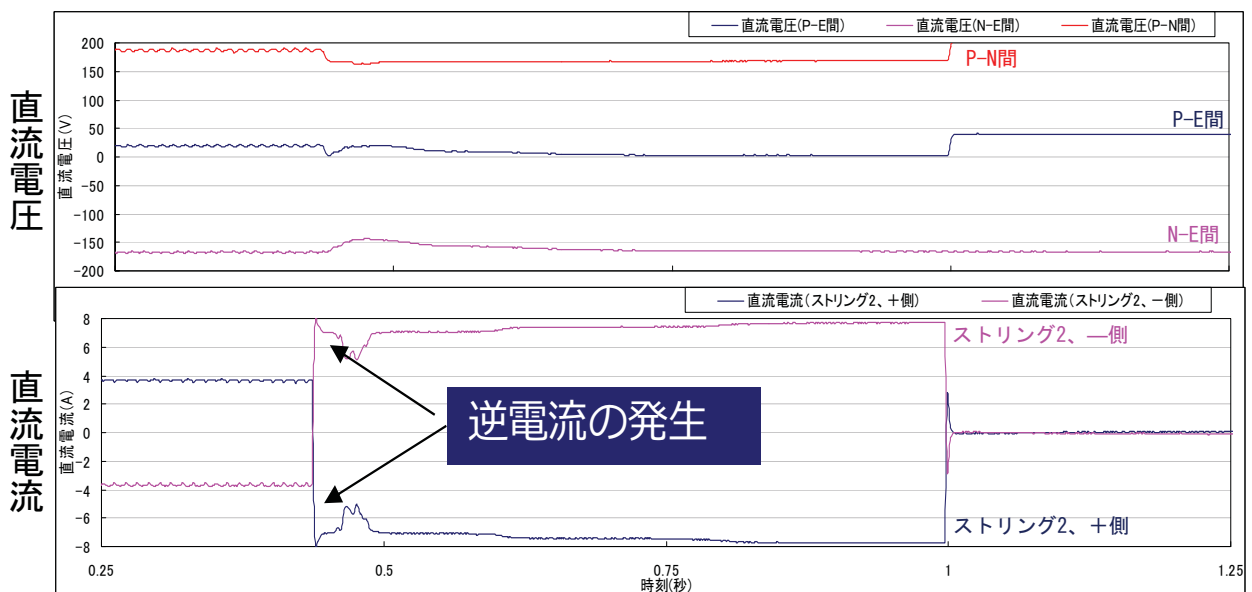
4. 直流電気安全に関するリスク評価

逆流防止素子（ブロッキングダイオード）の使用の義務付けをIEC62548に提案するために必要なデータを取得するため、関電工技術研究所（茨城県かすみがうら市）に実験用PVシステムを構築した。本実証試験では実際のPVシステムにて発生しうる事故を再現し、事故電流の挙動を設備構成別に確認することを目的としている。実際のPVシステムにて発生しうる事故を想定している。

図3にブロッキングダイオード不使用短絡試験結果を示す。短絡試験では、ストリング2のN側



(1) 現象1：1枚短絡時、当該ストリングの電流が低下（電圧変化なし）



(2) 現象2：2枚短絡時、当該ストリングの電流が反転（電圧変化なし）

図3 実証実験による模擬短絡試験結果例

に設置された 2 枚の PV の PN 間を短絡した。結果、ストリング 2 の電流が反転し、電流値が約 2 倍に上昇した。また、ストリング 1、ストリング 3 の電流及び直流電圧に大きな変化がなかった。これは、ストリング 2 の PV モジュールが 2 枚減少したことにより、図に示すとおり、ストリング 2 の動作点が逆電流方向の象限に移行したことにより発生した現象と思われる。短絡を解除すると元の状態に復帰した。ブロッキングダイオード使用の全ての短絡試験において、ストリング 2 の電流が低下若しくは零になり、過電流及び電流方向が反転する現象は発生しなかった。

現在は、模擬的なアークの発生時の挙動などの試験を実施している。

5. 直流電気安全に関する対策技術の評価

パワーコンディショナの地絡検出機能を動作試験するために、太陽電池直流回路の種々の位置を種々の抵抗(100Ω、300Ω、1000Ω、3000Ω)を用いて模擬地絡させ、パワーコンディショナの動作を観測した。所定の抵抗を用いて模擬地絡させ、その時のパワーコンディショナの正極電位、負極電位、正極側直流電流および大地への漏洩電流を 100kHz で 0.9 秒観測し、地絡発生からパワーコンディショナ停止までの時間を地絡検出に要する時間であるとした。また、パワーコンディショナ地絡検出機能の動作確認には、太陽電池模擬電源を使用することとした。直流地絡時のパワーコンディショナ停止状況結果としては、各社とも漏洩電流が概ね 100mA 程度で地絡検出機能が動作し、パワーコンディショナが停止することが分かった。また絶縁型のパワーコンディショナは、地絡が発生しても漏洩電流は流れず、パワーコンディショナは運転継続していることが分かった。

各社のパワーコンディショナについて、地絡検出される漏洩電流の閾値および検出に必要な時間を試験した。この結果は、法令で求められる絶縁状態(漏洩電流 1mA 以下)に比べて、パワーコンディショナによる地絡検出は必ずしも十分に鋭敏ではないことを示している。

現在は、多点地絡等における挙動の動作確認を実施している。

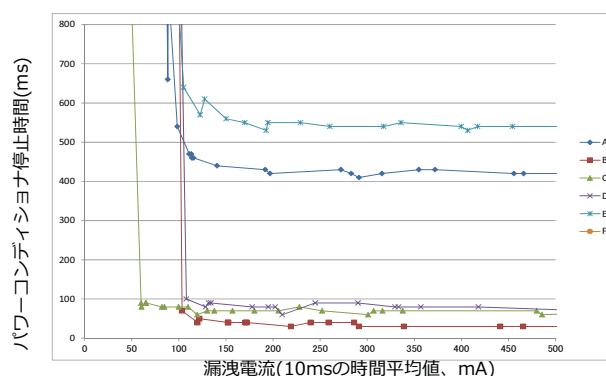


図 4 漏洩電流とパワーコンディショナ停止時間の評価例

6. まとめ

PV システムのメリットだけを全面に押し出して推進するのではなく、真正面から各種リスクに立ち向かい解決していくことが必要不可欠である。その中で、平成 24 年度から開始した、「新エネルギー等共通基盤整備促進事業/太陽光発電システムの直流電気安全性に関する基盤整備」プロジェクトについて概要を紹介した。本プロジェクトでは直流電気安全の火災リスク低減を主目的としており、そのために尽力したい。

PV システムは多数の技術分野に支えられているため、分野の異なる専門家同士の積極的な情報交換が事故対策進展の鍵となる。各学会、事業者の多くの方々が PV システムの安全性に関してご参画頂けるなら大変心強い。

最後に PV システムのリスクはこれ以外にも存在する。今後の PV システムの大量導入および、そのエネルギーの本格利用に向けて、本プロジェクトに限らず、リスク、危険から目をそむけずに議論できればと考えている。

<謝辞>

本研究の一部は、経済産業省/三菱総合研究所受託研究「新エネルギー等共通基盤整備促進事業」の中の「太陽光発電システムの直流電気安全性に関する基盤整備」の一環で行った。ここに記して関係者各位に感謝の意を表する。

参考文献

- [1] 吉富政宣, 太陽光発電システムの火災事例ならびに消化活動時の感電危険, 火災, 324, Vol.63, No.3, 2013, 14-19
- [2] 柴田敬吾, 太陽光発電システムからの出火事例について, 第 61 回全国消防技術者会議予稿集, 155-167, 2013

より安全な太陽光発電へ(2)：特別報告 B

消防活動における安全性

塚目 孝裕（消防庁消防研究センター）

1. はじめに

太陽光発電は、太陽光の持つエネルギーを電気エネルギーに変えることのできる手段として極めて有用なものである。しかし、そこにエネルギーが存在することで、そのエネルギーが熱エネルギーに変わり、他のものを分解・燃焼させる開始点となったり、電気エネルギーのまま可燃物を着火させるエネルギーとなったりする可能性がある。消防機関は、国民の生命・身体・財産を火災から保護するという役割を担っている。太陽光発電システムが火災となった場合の安全な鎮圧、また太陽光発電システムが設置されている際の安全な消防活動に関し、種々の問題点を抽出、実験により確認し、これらを取りまとめた。

2. 実験と結果

2.1. 火炎からの放射による発電挙動

2.1.1. n-ヘプタン及び疑似太陽光による発電特性^(*)

火災時に生じる火炎から放出する光を受けた太陽電池モジュール（以下、モジュール）が、太陽光を模擬した照明灯の有無によって、どのような発電特性を示すかを実験室レベルで確認した。

照明灯、モジュール等の設置状況を図1に示す。

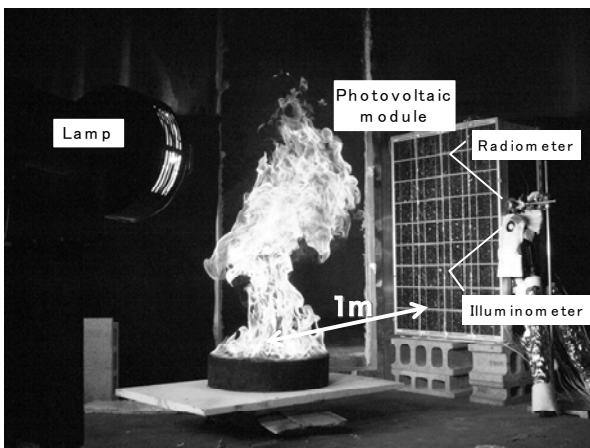


図1：モジュール及び機器の設置状態

n-ヘプタンのみの実験では、ヘプタンの燃焼速度が上がると、照度が上昇し、発電量も直線的に増加した。

2.1.2. 各種燃料による発電特性^(*)

消防活動中では消防隊員が感覚的に感じる光

の明るさが、太陽光発電システムの発電量に直接関連付けられれば単純であったが、太陽光とは異なる火炎からの光のスペクトルや各波長の保有エネルギーにより結果としては複雑な発電特性であった。そこで各種の燃料について、その火炎光の分光スペクトルとモジュールの発電挙動の相関について検討した。実験状態を図2に示す。

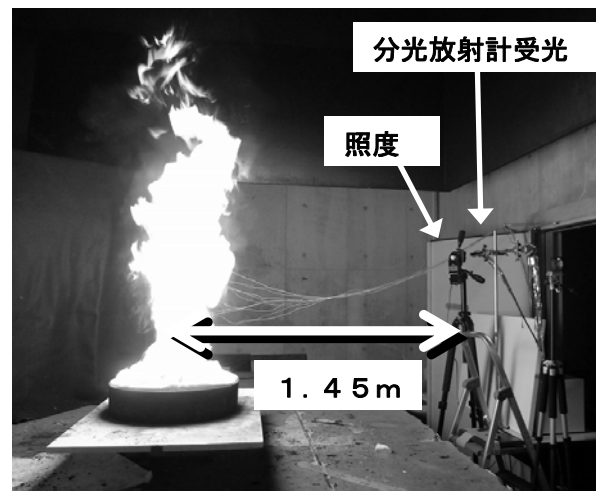


図2：分光スペクトル測定時の機器類設置状況

燃料は、n-ヘプタン、灯油、メタノール、エタノール、木材クリブを用いた。このうち、木材クリブの分光スペクトルと発電量を図3、4に示す。

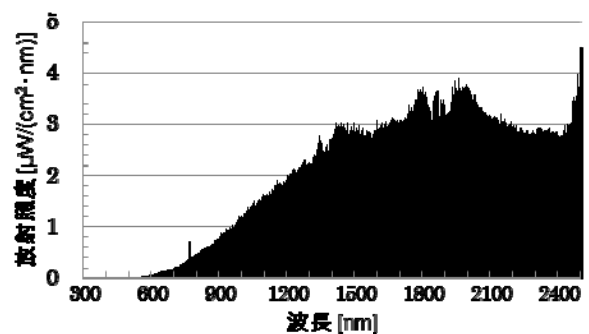


図3：木材クリブ火炎光の分光スペクトル

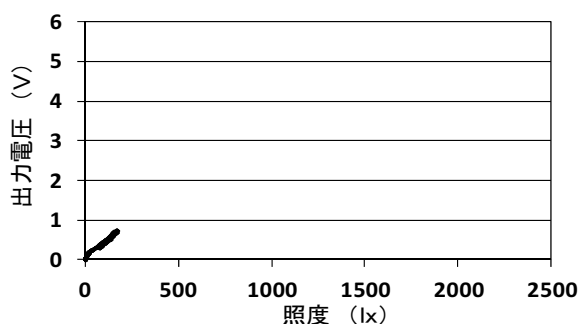


図 4：木材クリブ火炎の照度と出力電圧

実際の火災においては、多くの種類の可燃物が燃焼しているため、燃焼している全てのスペクトルが加えられたものとなっている。

発電可能波長領域の一部が可視光波長領域の外にあるため、燃焼時の明るさと発電量の相関は単純な比例関係とはなっていないものと考えられる。

2.2. 太陽電池モジュールの火炎曝露による挙動

2.2.1. モジュール火炎曝露中の発電特性と破壊形態^(*)

モジュールからの出火や、出火建物に設置したモジュールが火炎に曝露された場合、どの程度の損傷をモジュールが受けるのかについて調査した。モジュールの燃焼性状を見るため、照明灯をつけた状態で角形火皿を用いて n-ヘプタン 1L を燃焼させ、モジュールの出力電圧及び損傷状況を観察した。機器及び装置の設置状態を図 5 に、モジュールの燃焼している状態を図 6 に示す。

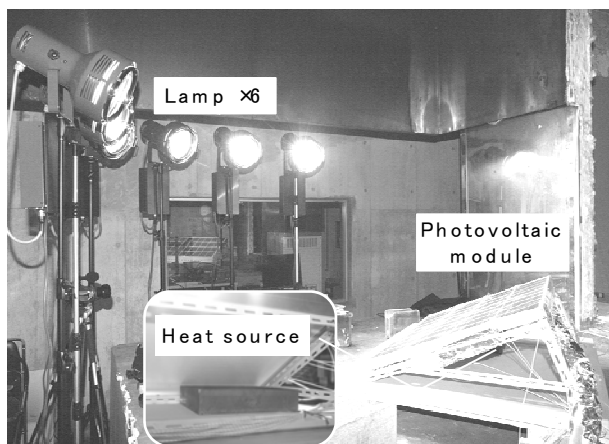


図 5：モジュール及び機器類の設置状況

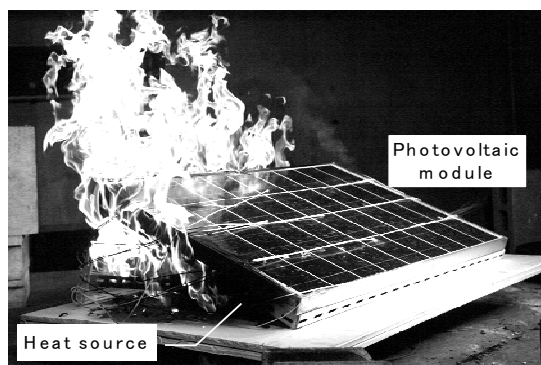


図 6：ヘプタン火炎によるモジュールの加熱

2つのメーカーの計2種類のモジュールの燃焼実験を行ったが、一方は助燃剤の燃焼終了後も裏面が独立燃焼を起こしており、最終的には表面のガラスが欠落した。もう一方は助燃剤の燃焼終了と共に燃焼が終了し、表面ガラスの欠には至らなかった。理由については後述する。欠落したガラスは、フロートガラスの割れた鋭利な断面をもつ比較的大きな形状をしており、屋根上に設置されることの多いモジュールからガラスが落下する恐れがあり注意が必要である。

次に、燃焼中の発電状態の一例を図 7 に示す。実験開始時のランプによる発電量約 3.8V の出力がしばらく続き、表裏面の温度が最高値となる約 700 秒から急激に出力が低下する。

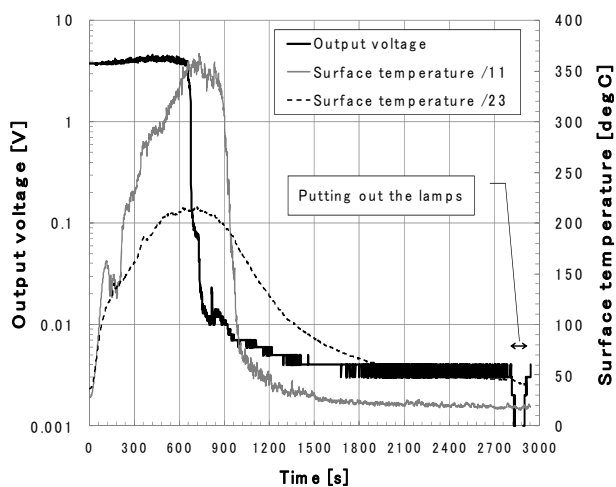


図 7：モジュールの出力電圧及び表面温度

出力電圧は低下はしたが、燃焼終了まで 0V にはならなかった。このモジュールでは、グラフに示した 3000 秒後もランプの光を当て続けていたら、出力電圧は約 3.2V まで回復した。回復した理由は不明であるが、燃焼の結果ほとんど出力がなくなったと思われるモジュールであっても、その後発電が回復することがあり、注意が必要であることが分かった。

燃焼によるモジュールの損傷状態が異なることが何に依存するかを明らかにするために、モジュールの構造と構成材料について検査した。モジ

ジュール断面を顕微鏡観察した結果を図8に、それぞれの材質を表1に示す。

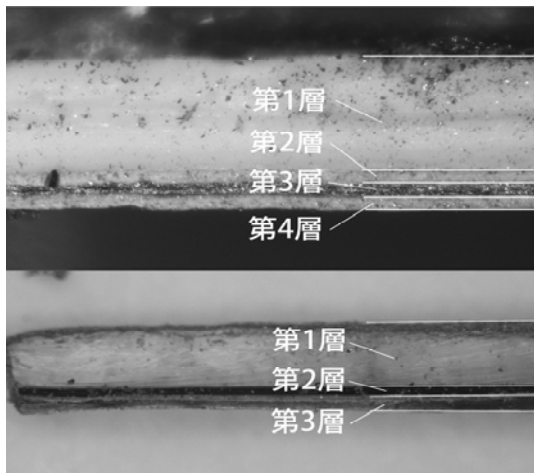


図8：2種類のモジュールの断面写真

それぞれ、第1層の上に、太陽電池セルを含む層があり、太陽電池セル層の上に最表面のガラスがある。

上部写真モジュール A では、難燃材料である PVF が第2層と第4層に使用されており、第3層は金属アルミニウム薄膜が使用されている。

表1：各層の材質

	A	B
第1層	EVA	EVA
第2層	PVF	PET
第3層	Aluminium	PET
第4層	PVF	—

EVA：エチレン-酢酸ビニル共重合体

PVF：ポリフッ化ビニル

PET：ポリエチレンテレフタレート

これに対して、モジュール B では、全て高分子化合物が使用されている。ガラスが欠落しなかったモジュール B では、助燃剤の火炎が当たっている下の層に燃焼しない材質が使用されているため、ガラス面下の樹脂層まで到達せず、この樹脂層の分解は認められたが、完全分解までは至らずガラスを保持したと考えられる。ガラスが欠落したモジュール A では、ガラス面に直接火炎が当たるのが確認され、樹脂層が燃焼しガラスを保持できなかったものと思われる。

2.2.2. モジュールが燃焼した場合の発生ガス^{(*)3}

モジュールが火炎を受けた場合、どのようなガスが発生するかについての検査を行った。前述表1に記した EVA 層、PVF 層、PET 層の各層を別々に、熱天秤-示差熱量装置に赤外分光光度計を接続し、温度に応じて発生するガスを測定した。

それぞれの材質の基本的な熱分解挙動を調べるために、不活性雰囲気である窒素を用いた測定と、空気中での熱分解挙動を調べるために雰囲気中に空気を用いた測定をそれぞれ行った。一例として、PVF の TG-DTA 曲線を図9に、分解生成物の IR スペクトルを図10に示す。

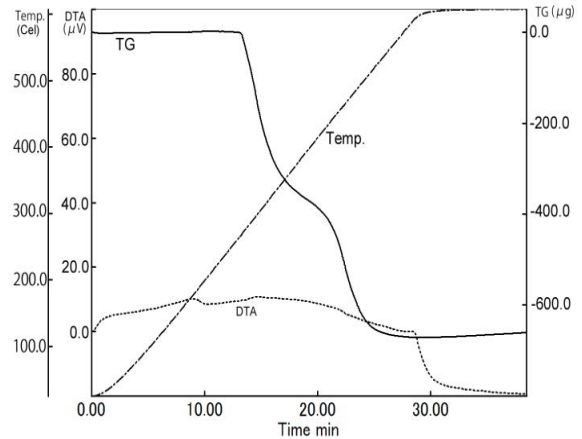


図9：窒素中 PVF の TG-DTA 曲線

PVF の熱分解挙動は、窒素中、空気中いずれでもフッ化水素が検出された。この分解挙動は、ハロゲンを含む共重合系ポリマーでは一般的な分解挙動であった。

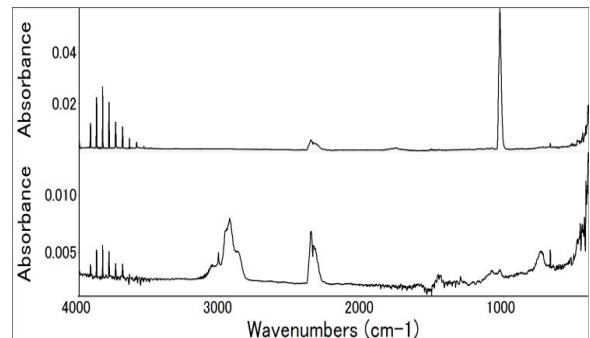


図10：第1段階分解16分(上段)と第2段階分解24分(下段)における生成ガスのIRスペクトル

EVA、PET では、窒素中では高分子鎖が分解した化合物、空気中では高分子鎖が分解し酸化されたと考えられる化合物が検出された。特異な化合物としては、EVA の分解から酢酸が検出されたが、その他に毒性のあるような化合物は検出されなかった。

各層の構成部材をモジュール構造のまま、ブンゼンバーナーで燃焼させた結果では、TG での熱分解より複雑な化合物が検出した。これは、モジュール構造のまま、空気中で火炎により燃焼させる分解は、TG で行った単純な加熱分解とは異なるメカニズムにより分解するものと考えられた。

2.3. 光遮蔽実験^{(*)4}

これまでの実験から、日射がある場合はもちろんのこと、夜間においても火炎の存在により太陽

電池モジュールは発電を継続していること、また破損しても発電が継続することが確認された。これより活動中に、太陽電池モジュールから電流の流れ込むことが予想される。消火活動の際の感電事例は残火確認の際の事例である。そこで、簡単な実験ではあるが、モジュール表面を覆い遮光することで出力をどのくらい抑えられるかを試した。遮光実験の様子を図 11 に示す。



図 11：右から、ブルーシート 2 枚、ブルーシート 1 枚、普通モジュール

出力端子に 2Ω の抵抗を接続し、出力電圧を測定したところ、ブルーシート 1 枚ではシートをかぶせない場合の 12~16% に、ブルーシート 2 枚では 5~7% になった。

2.4. 消防活動時に使用する装備品の安全性^{(*)5}

消火活動中や残火確認中でモジュールを破壊させる必要が生じる場合がある。

モジュールが発電を継続している場合に、とび口やベンケイ等でモジュールを破壊すると、破壊器具を通じて通電する可能性がある。そこで、破壊器具でモジュールを打ち抜いた際に、破壊器具を通じて通電がある場合どの程度の電圧がかかるか、また手袋等の装備品にどの程度の通電性があるかを調べた。

発電している状態で破壊器具がモジュールに刺さった場合、破壊器具とモジュール間で通電が起き、加熱による炎が生じるのが確認された。その状態を図 12 に示す（図黒丸内が加熱による火炎）。15 枚のモジュールの実験では、破壊器具への通電は約 300V となった。

活動時に使用される数種類の手袋、靴等の装備品の抵抗を測定したところ、手袋で $1010\sim 1016\Omega$ であり、靴で $106\sim 1012\Omega$ であった。ただし、手袋については、水にぬれた状態では $21\sim 60k\Omega$ と低い値となった。水にぬれた手袋の状態では破壊器具を持ち通電した場合は、手袋の抵抗値を $20k\Omega$ 、人体の抵抗値を 500Ω 、通電電圧を 300V とすると $7.4mA$ となり、人体に対してピリツとする衝撃を与える程度の電流が流れるものと考えられる。



図 12：破壊器具でモジュールを打ち抜いた状態

3. 対策

- (1) 太陽電池モジュールは、太陽光以外の光でも発電を起こす。これは火炎による光でも例外ではなく、商用電源が切断されていても太陽光発電による電力供給が継続している可能性があることを意識した活動が必要である。ただし、発電量は燃焼している物質のスペクトルに依存し、大きな発電を起こさない可燃物もある。
- (2) モジュールは、火炎や破壊による破損後も発電を継続している可能性が高い。モジュールの種類によっては破損で発電を全く行わないものもあるが、原則モジュールの発電は止めることができないと考えたほうが良い。光源を遮断すれば発電を抑止することが可能であり、シートでモジュールを覆うこと等は有効な手段であるが、光透過性の良いシートでは発電は継続するので注意を要する。
- (3) モジュールが燃焼した際、モジュールの構成部材に使用されている可燃物は量が少なく、大量のガスが生じる危険性は少ない。しかし、使用されている部材の種類によっては毒性のあるガスを生じる場合があるので注意を要する。
- (4) 活動中及び残火確認等でモジュールを破壊する場合、発電中のモジュールでは破壊器具を通じて人体へ通電する恐れがある。また、手袋などの装備品は、乾燥状態では絶縁性が高いが、濡れた状態になると絶縁性が低くなり感電危険性が生じる。

参考文献

- (1) 阿部ほか：火災時における太陽電池モジュールの発電特性、消防研究所報告、No.114、pp.1-8、2013
- (2) 田村ほか：種々の火炎光の分光スペクトルと太陽電池モジュールの発電特性、消防研究所報告、No.115、pp.1-11、2013
- (3) 塚目ほか：太陽電池モジュール燃焼時の生成ガスについて、消防研究所報告、投稿中
- (4) 阿部ほか：遮光物による太陽電池モジュールの発電抑制効果の検討、消防研究所報告、No.115、pp.12-17、2013
- (5) 松島ほか：消防活動時の太陽電池モジュールの感電危険性、消防研究所報告、投稿中

より安全な太陽光発電へ(3)：討論・提言 より安全な太陽光発電へ向かって

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)

【背景(参考)】

すでに、ずいぶん前から海外では報告例が散見されつつあったのが、この5年くらいになって、「太陽光発電のリスク」について活発に議論がされるようになってきた。

直流の電気をあつかっていることにより、最大のリスクは「火災と太陽光発電」である。海外事例に較べて、国内での報告例がそれほど顕著でなかったとはいっても、近年の急速な太陽光発電普及により、潜在的なリスクは拡大しているといっても良いであろう。

この問題は、太陽光発電に起因しない火災が発生した場所での、太陽光発電の特に消防活動での安全性の議論も含んでいる。また、一面に設置された多数の太陽電池モジュールの間を巡らせた直流電気回路での、設計不備や劣化により誘発される「局部温度上昇」や「焦げ」などトラブルは、最悪は「ぼや」、「火災」に発展する確率を否定することはできない。

たとえ太陽光発電が火元にならなくても、一旦、家屋が火災に見舞われれば、「巻き込まれた太陽光発電システム」の完全消火という、太陽光発電ならではの厳しい「技術問題」が発生する。このため、消防当局と太陽光発電専門家のコラボが不可欠と判断される。

海外に較べ、検討の機運は若干遅れたが、国内でも太陽光発電システム専門家が学振175委員会のシステム分科会がまず情報共有活動を開始し、これに呼応した消防サイドとの交流が始まった。経済産業省でも、「より安全・安心な太陽光発電」を求めたミニ・コンソのプロジェクトが取り上げられ、技術検討も進んでいる。こういう機運の中、太陽光発電サイドと消防サイド接点は形成されつつあり、「太陽光発電システムと火災安全」を論ずるための日本火災学会講演討論会が、本年1月24日に文京シビックセンターで開催された。参加者は約220名を数え、本邦最大の聴衆を集めた。

これに引き続き、太陽エネルギー学会は「太陽光発電システムの火災リスク対策における現状と課題」と題するセミナーを開催する。

本命題における利害関係者は、今のところ「より安全な太陽光発電の実現」という一致点を見いだすことができるはずである。太陽光発電のもつエネルギーとしての多くの利点を生かし、その期待に応えていくために、現状もっとも大切な点は、今直ぐ可能な対策を優先させたガイドラインをまとめて、まずリリースすることが肝要である。太陽光発電の利害関係者の全てが、この命題に対し、ある意味の共同責任を取っていただく価値は大きいと感じるはずである。

(注：以下は、主として、下記(1)の討論会を通して作成した筆者の私的なメモである。)

【参考文献】

- (1) 平成25年度日本火災学会講演討論会「太陽光発電システムと火災安全」、2014.1.24、文京シビックセンター小ホール。 http://www.jafse.org/docs/H25kouentouron_annai.pdf
- (2) 太陽光発電システムの火災リスク対策における現状と課題(1)、太陽エネルギー学会第8回セミナー、秋葉原コンベンションホール、2014.3.26。
<http://www.jses-solar.jp/ecsv/ezcatfiles/jses-solar/download/attach/2/260326seminar2.pdf>

「太陽光発電システムと火災安全」火災学会討論会（私的メモ）

表 1 に、当日のプログラムを再録した。

表 1 「太陽光発電システムと火災安全」火災学会討論会⁽¹⁾プログラム

13:00~13:05	開会挨拶	日本火災学会学術委員会委員長	松山 賢
講演 司 会		消防研究センター	尾川 義雄
(1) 13:05~13:35	講演 1	「太陽光発電システムのしくみと実際」……………	
		(株)東芝	篠原 裕文
(2) 13:35~14:15	講演 2	「太陽光発電システムの火災・事事故例」……………	
		1. 海外事案を中心に (有)吉富電気	吉富 政宣
		2. 国内事案を中心に (株)寿電機	鈴木 金秀
(3) 14:25~14:55	講演 3	「太陽光発電システムの火災における消防活動上の危険性」…	
		消防研究センター	塚目 孝裕
(4) 14:55~15:25	講演 4	「安全な太陽光発電システムをめざした活動」……………	
		産業技術総合研究所	大関 崇
質疑・討論			
15:40~16:25	司 会	東京工業大学	黒川 浩助
	副 司 会	消防研究センター	田村 裕之
	記 録	埼玉県警科学捜査研究所	諏訪 正廣

[1] 各講演・討論から得られた基礎知識・問題点等（1）

- IEC：国際電気規格；ISO：その他の部材等の国際規格；JIS：定められた強度基準；
- JIS C 8992-2:2010 準拠：
火炎伝播試験・飛び火試験：JET モジュール認証では最低限クラス C をクリア
- 屋根材として使うモジュール：国土交通大臣：飛び火試験認定必要（裏側の防火は考慮外では？）
- 住宅用の屋根上電気配線はリスク大：現状は通常の電気工作物内線規定準拠では(屋外条件に充分か?)
- 【提起された課題】難燃性 PFD 電線管(アーク継続下では自己消火困難では)；壁内遮蔽配線を屋外壁面金属管に；配電ルート表示必要
- ミドルソーラー：工場折板屋根上（リスク大）；野立
- メガソーラー：野立；1 MW~250MW（現状世界最大）~100 万 kW の VLS-PV へ

[2] 各講演・討論から得られた基礎知識・問題点等（2）

- 火災発生時の運転停止：交流側を開放すれば、パワーコンディショナは停止（系統連系ガイドライン）
→ パワコン・アレイ間の DC 開閉器を開放（現状の遮断容量は十分か？）
→ 以上の操作後も依然としてアレイ回路は課電状態
→ 完全停止の方法：最終手段としてのモジュール間配線切断が完全鎮火の手段（アーク消弧可能な！）；アークに耐える切断器具が必要！（実用的な工具の開発・試験必要）
- 太陽光発電設置住宅の火災の場合：PV 有無表示；具体的な消火手順の標準化・システム化しておく必要がある

- パワコン・アレイ間の配線ルート：屋内隠蔽配線は OK か？ → 屋外金属管・表示付？
- アルミ入り EVA は燃焼しにくい！

[3] 各講演・討論から得られた基礎知識・問題点等（3）

- 消防士への危険性：火炎による発電；放水時隊員の感電
- 周辺住民への危険性：ガス；煙；飛散物
- 火焰熱で機能が失われたモジュールが、冷却後に一部機能が復活した事例あり！
- 一旦消火した後も、太陽光発電アレイ配線を通して、別の部分から再アーク発生・再出火の確率が高い！最終手段として、モジュール単位に分断する必要性が高い；切断工具開発や安全な切断作業手順を明確化検討不可欠！
- PVF 燃焼：有毒ガス発生懸念あり：フッ化水素酸；アルデヒド；・・・
- 感電：濡れた手袋が危険；破壊器具も感電危険性あり；壊れても発電が続く！！

参考文献(3) 消防研究所報告，通巻 114 号，2013.3

http://nrifd.fdma.go.jp/publication/houkoku/81-120/files/shoho_114s.pdf

[4] 各講演・討論から得られた基礎知識・問題点等（4）

- 欧米の火災統計の解釈は？日本の現状との違いはないか？：欧米は、かなり多数に見える！（日本少ないか or 見えないのか？）
- 日中では特に鎮火後の再出火の可能性が高い。
- 現状の接続箱の改良の必要性が高い：自己消火性といえども合成樹脂製は排除すべき（火元がある内は自己消火はせず延焼；接続函内プリント基板（PCB）は排除すべき・・・
- バイパスダイオード(BPD)の耐量設定基準は？その経年管理基準は？：繰り返し日陰による BPD 動作疲労；雷サージなどによるオープン故障の可能性；ショットキーバリアダイオードの耐性は疑問；など
- ブロッキングダイオード(BLD)の耐量設定基準は？その経年管理基準は？BLD の双極設置が必須！；進行サージによる破壊確率・要検討
- DC フューズの選択肢は有効か？：そのリスクは？；耐量設定基準？；その経年管理基準は？；欧米基準と比較するための基礎知識が不足！（基礎情報必要）
- 火災事例の原因分析が困難・不十分！！火災抑止検討が十分にできない！（詳細な情報が表に出てこない）

[5] 各講演・討論から得られた基礎知識・問題点等（5）

- 住宅や工場等の屋根置き型の火災リスクは、住宅資産や人命の喪失につながる：現状判明した事象から順に速やかに改善指針を策定すべし！
- 屋根建材一体型：欧州では火災発生率は非常に高く見える！
- 検出漏れのない有効な地絡検出方法は？：第一地絡の発見方法が特に重要（検出の盲点問題）；複数地絡へ発展・アーク故障へ
- アーク検出機能（原理：アークの負性抵抗で生ずる高周波電気振動検出）の有効性は？：検出はできる（海外開発事例あり）；検出後の保護動作（アレイ回路分割）の有効手段が未開発・未成熟！
- 地絡検出の報知機能などシステム化が必要

[6] 各講演・討論から得られた基礎知識・問題点等（6）

- PVの特徴：種々の応用例；直流と交流；構造物；・・・
- リスク，ハザード：感電；火災；破壊；冠水；廃棄物；・・・
- ホットスポット：火災の原因に；致命的なホットスポットを回避する方策
- 接続箱；配線；コネクタ
- 太陽光発電施設・設備にはステッカーやラベルにより存在を現場明示！
- 消防活動のための行動スペースの設置・確保が不可欠
- 事件事例・原因調査の困難性：通報の遅れ；時間がかかる；供給・施工等の業界の階層性；事故報告・分析精度不備；一元的な窓口の必要性；消費者庁・NITE*；利害関係者の交流
* 製品評価技術基盤機構
- 自主規制か？強制規制か？

[7] 太陽光発電への大きな期待

- 太陽光発電ロードマップ PV2030+：2030年 100GW 導入目標（わが国電気エネルギー10%相当）；2020年目標 20GW（現状の FIT 設備認定は既にこのレベルを超過したレベル！）
- 太陽光発電の環境価値は高い！（1m²の太陽電池は 100m²の森林と同等の CO₂ 排出抑制効果）
- 太陽光発電は今後のわが国のエネルギー供給の重要なセクター！
- この重要な期待像は、「低リスク」実現で初めて意味を持つ！

[8] より安全・安心な太陽光発電を求めて

- METI/MRI：直流電気安全性プロジェクト：確認実験；ガイドライン作成を準備中；地絡検出方法，他...
- 消防サイドも真剣に検討中！
- 火災実例での火災発生・延焼のメカニズム；保護方法；回避方法；消火方法は，現時点で全てが分かっている訳ではない！利害関係者間の緊密な情報交換・協力が不可欠である！
- 現在分かりつつある事象を念頭に置いたガイドライン・基準化を早急に目指そう！（できる物から！段階的・迅速に！待っていては自らの道を閉ざす！）
- 募集！：具体的な提案・ドキュメント・実用手段が早急に欲しい！有効な対策の迅速な探索が進むことを期待し輪を拡げよう！！

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

論文リスト[1996年～2014年]

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 論文リスト[1996年～2014年]

<1996年>

- (1) 黒川, 津田, 加藤, 大谷, 高島, 作田, 野崎: 太陽光発電システムの面展開に関する考察, 電総研彙報, Vol.60, No.1, pp.9-25, 1996.1.
- (2) K. Kurokawa: Application of photovoltaic systems to dense, residential area, Proc. 1995-96 APEC Energy R&D and Technology Transfer and Renewable Energy Resource Assessment Seminar, Beijing, Seg.1, 1996.2.
- (3) 黒川, 加藤, 稲葉: 太陽光発電技術の動向とライフサイクル評価, 資源と環境(資環研), Vol.5, No.2, pp.11-22, 1996.
- (4) 黒川:H7年度新発電システムの標準化に関する調査研究報告書, 第1部(太陽光発電), 日本電機工業会, 1996.3.
- (5) 黒川: 大型システムの最適化, H7年度大型エネルギー供給システムの調査研究報告書, PVTEC/NEDO, 1996.3.
- (6) 横内, 大城, 嶺, 今瀧, 黒川: 太陽光発電システムにおける加重平均温度TCR(温度補正係数KPT)の解析, H8電気学会全国大会, 早稲田大学, 1996.3.26-28.
- (7) 嶺, 横内, 大城, 佐藤, 今瀧, 黒川: 太陽光発電システムの直流回路損失補正係数の修正係数, H8電気学会全国大会, 早稲田大学, 1996.3.26-28.
- (8) 黒川: 電力システムにおける太陽光発電の将来展望, H8電気学会全国大会, 早稲田大学, S.16-5, 1996.3.26-28.
- (9) 日本太陽エネルギー学会論文賞, 1996.3.29, 黒川: 太陽光発電システム評価における日射測定のスAMPLING間隔に関する考察, Vol.18, No.2.
- (10) 黒川: PVTECとシステム研究, PVTEC5年の歩み, p.94, 1996.3.
- (11) 黒川: 太陽光発電システムの設計・評価, 太陽光自立電源普及システム共同開発プロジェクト, 早稲田大学, 1996.4.19.
- (12) 黒川: 太陽光発電システム開発の動向, 計測と制御, Vol.35, No.5, 1996.5. (学会誌解説) K. Kurokawa and S. Wakamatsu, An overview of photovoltaic system technologies, Journ. Soc. Instrument and Control Engineers, Vol.35, No.5, pp.333-336, 1996.
- (13) K. Kurokawa: An overview of system technology in Japan, Proc. 4th World Renewable Energy Congress, Denver, pp.480-484, June 15-21, 1996.
- (14) 電力工学に若い人材を, 日経新聞, 1996.6.1(朝). (報道記事)
- (15) K.Kurokawa: Data sampling speed versus energetic measurement errors of irradiation monitoring in photovoltaic systems, Solar Energy (Journ. Intern. Solar Energy Society), Vol.56, No.6, Aug. 1996.
- (16) 太陽光発電システム技術に対する展望・展開, 13回太陽光発電システムシンポジウム(太陽光発電懇話会), 発明会館, 1996.6.4-6.
- (17) A. Murata, K. Kato and K. Kurokawa: An estimation of environmental impacts of the trade of industrial products - A case of Japan, Joint IEW/JSER Intern Conf. on Energy, Economy & Environmental, Osaka, June 25-27, 1996.
- (18) 黒川: 21世紀のエネルギー社会を構築するためのエネルギーシステム分析, 104回STスクエア(技振協), 1996.6.28.
- (19) 黒川: 「地味な」太陽光発電システム研究に論文賞をいただいて, 太陽エネルギー, Vol.22, No.4, P.47, 1998.7.
- (20) 黒川: 太陽光発電システム技術, H8年度七大学大学院合同セミナー, 1996.8.3-6.
- (21) 杉山, 黒川, 津田, 大谷, 上迫: 太陽光発電運転データからの損失因子・特性パラメータの推定方法, 電気学会電力・エネルギー部門大会, 大阪大学, 1996.8.7-9.
- (22) 津田, 加藤, 野崎, 黒川: 化学独立栄養細菌による代替光合成反応の可能性について, 電気学会電力・エネルギー部門大会, 大阪大学, 1996.8.7-9.
- (23) 湯川, 浅岡, 高原, 大城, 黒川: 太陽電池モジュール温度上昇の推定, 電気学会論文誌, Vol.116-B, No.9, 1996.9.
- (24) K. Kurokawa: Technical topics of system technology in PVSEC-9, Japan 21st, Vol.41, No.9, 1996.9.
- (25) 黒川: 短い～長い～に, PVTEC ニュース, Vol.20, pp.10, 1996.10.
- (26) 黒川: 太陽光発電の現状と今後の動向, ソーラーシステムセミナー(ソーラーシステム振興協会), 東京ビッグサイト, 1996.9.20.
- (27) 黒川: 16回NEDO事業報告会分科会パネルディスカッション, ホテルグランドパレス, 1996.9.25.
- (28) K. Kurokawa: An overview of system technology in Japan, Workshop on Building Integrated PV Module, Fraunhofer Institute, Freiburg, 1996.10.1.
- (29) 黒川: 太陽光発電の現状と将来像について, サンコー社講演会, 1996.10.14.
- (30) 近藤, 津田, 黒川, 野崎, 小川, 関井: 独立形太陽光発電システムのシミュレーション, 日本太陽エネルギー学会等研究発表会, 酒田, 1996.10.31-11.1.
- (31) 箕輪, 大谷, 作田, 黒川: 日射変動確率の分析, 日本太陽エネルギー学会等研究発表会, 酒田, 1996.10.31-11.1.
- (32) 杉山, 大谷, 津田, 黒川: 太陽光発電システム評価のための最適手法の検討, 日本太陽エネルギー学会等研究発表会, 酒田, 1996.10.31-11.1. (口頭発表) 平成8年度日本太陽エネルギー学会奨励賞<学生部門>, 1997.4.4.
- (33) K. Kurokawa, K. Kamisako, T. Shimizu: Conceptual considerations on PV systems composed of AC modules, PVSEC-9, Miyazaki, A-V-9, pp.191-192, Nov. 11-15, 1996.
- (34) K. Kurokawa: Areal evolution of PV systems, PVSEC-9, Miyazaki, PL-II-3, pp.881-884, Nov. 11-15, 1996.
- (35) K. Kurokawa, T. Takashima, T. Hirasawa, T. Kichimi, T. Imura, T. Nishioka, H. Iitsuka, N. Tashiro: Case studies of large-scale PV systems distributed around desert area of the world, PVSEC-9, Miyazaki, A-VI-4, pp.165-166, Nov. 11-15, 1996.
- (36) K. Otani, J. Minowa, K. Kurokawa: Study on areal solar irradiance for analyzing areally-totalized PV systems, PVSEC-9, Miyazaki, P-II-D-90, pp.827-828, Nov. 11-15, 1996.
- (37) I. Tsuda, K. Nozaki, K. Sakuta, K. Kurokawa: Improvement of performance in Redox flow batteries for PV systems, PVSEC-9, Miyazaki, A-III-3, pp.51-52, Nov. 11-15, 1996.
- (38) T. Oshiro, H. Nakamura, M. Imataki, K. Sakuta, K. Kurokawa: Practical values of various parameters for PV system design, PVSEC-9, Miyazaki, A-IV-2, pp.161-162, Nov. 11-15, 1996.
- (39) 黒川: 新しい太陽光発電システム - 多摩地区のケーススタディ, 多摩ルネサンスシンポジウム'96, 都立科学技術大学, 1996.11.16.
- (40) 黒川: 太陽光発電の実用化の現状と課題, 162回光産業振興協会マンスリーセミナー, 1996.11.26.
- (41) 黒川: コミュニティと地球規模利用を目指した面展開, 16回新エネルギー産業シンポジウム, 1996.12.9-11.
- (42) 黒川: 情報通信とクリーンエネルギーの未来, NTTマルチネットセミナー, 1996.12.11.

<1997 年>

- (1) 黒川：太陽光発電システムの技術動向, 14 回 YRC 講演会 (横河総研), 97.1.16.
- (2) T. Shimizu, K. Kurokawa: The effect of electron-neutral collision in the sheath of Langmuir probes, 3rd Intern. Conf. on Reactive Plasmas and 14th Symposium on Plasma Processing, Nara, 1997.1.21-24.
- (3) 黒川：太陽光発電の未来, NTT 太陽光発電ユーザ研究会 5 回情報フォーラム, 97.1.30.
- (4) A. Suzuki, K. Kurokawa: Evaluation of annual insolation on a planar solar receiver with respect to its direction and insolation obstructions, Solar Electrification 1997, New Delhi, 1997.3.3-5.
- (5) K. Kurokawa: World energy demand and PV system potential, Preparatory Workshop on Very Large-Scale PV Power Generating Systems utilizing Desert Areas, PVTEC/NEDO, Keynote Address, 1997.3.1.
- (6) 黒川：太陽光発電システムの技術動向, ベース設計資料建築設備編 (建設工業調査会) 97 年版, 83 号, 1997.4.20.
- (7) 黒川：太陽光発電システムの現状と今後の展望, 1997 春 44 回応用物理学関係連合講演会, 97.3.30.
- (8) K. Kurokawa, H. Sugiyama, K. Sakamoto, T. Ohshiro, K. Sakuta, T. Matsuo, T. Katagiri: System monitoring database and performance analysis in Japanese Field Test Program, 14th EU-PVSEC, Barcelona, 1997.6.30-7.4.
- (9) K. Otani, A. Murata, K. Sakuta, J. Minowa, K. Kurokawa: Methodology for optimizing the size of community-integrated PV systems, 14th EU-PVSEC, Barcelona, 1997.6.30-7.4.
- (10) M. Jantsch, M. Real, H. Haberlin, C. Whitaker, K. Kurokawa, G. Blasser, P. Kremer, C.W.G. Verhoeve: Measurement of PV Maximum Power Point Tracking Performance, 14th EU-PVSEC, Barcelona, 1997.6.30-7.4.
- (11) 黒川：太陽光発電量と電力負荷, 日本建築学会シンポジウム「建築家のための太陽光発電技術」, 建築会館ホール, 1997.5.20.
- (12) 黒川：太陽光発電システムの面展開, 太陽光発電懇話会「光発電」1997.7.
- (13) 黒川：太陽光発電システムの最近の動向, OHM, pp.22-26, 1997.8.
- (14) 大谷, 村田, 作田, 箕輪, 黒川：面的に広がった分散型太陽光発電システムの集積的発圧電特性, 平成 9 年電気学会電力・エネルギー部門大会, 1997.7.7.
- (15) 黒川：快適生活！新エネルギー事情, 猿と美代子のもっと知りたいニッポン, テレビ東京, 1997.5.23(5.30 放映) (TV 対談)
- (16) K. Kurokawa, H. Sugiyama, D. Uchida, K. Sakuta, K. Sakamoto, T. Oshiro, T. Matsuo, T. Katagiri: Extended Performance Analysis of 70 PV Systems in Japanese Field Test Program, 26th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, Anaheim, 1997.9.29-10.3.
- (17) 黒川：太陽光発電システムの構成, エネルギー変換懇話会セミナー, 科学技術館, 1997.10.17.
- (18) 黒川：地球にやさしい自然エネルギー, 日本大学公開講座「21 世紀の沿岸環境の保全と創造」, 1997.11.12.
- (19) 津田, 作田, 大城, 黒川：独立型太陽光発電システムのシミュレーション, 平成 9 年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会研究講演発表会, 1997.11.28-29, No.14.
- (20) 杉山, 内田, 大谷, 津田, 作田, 坂本, 大城, 黒川：フィールドテストデータからの地域発電特性の解析方法, 平成 9 年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会, 1997.11.28-29, No.4.
- (21) 箕輪, 大谷, 津田, 作田, 黒川：地域内における集合日射の変動抑制効果, 平成 9 年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会, 1997.11.28-29.
- (22) 鰻田, 作田, 大谷, 村田, 黒川：PV モジュールリサイクルの実験的検討, 平成 9 年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会, 1997.11.28-29, No.94.
- (23) K. Kurokawa: Areal evolution of PV systems, Solar Energy Materials and Solar Cells 47(1997) 27-36, 1997.
- (24) K. Kurokawa, T. Takashima, T. Hirasawa, T. Kikuchi, T. Imura, T. Nishioka, H. Iituka, N. Tashiro: Case studies of large-scale PV systems distributed around desert area of the world, Solar Energy Materials and Solar Cells 47 (1997) 189-196, 1997.
- (25) K. Otani, J. Minowa, K. Kurokawa: Study on areal solar irradiance for analyzing areally-totalized PV systems, Solar Energy Materials solar Cells 47 (1997) 281-288, 1997.
- (26) K. Kurokawa, K. Kamisako, T. Shimizu: Conceptual considerations on PV systems composed of AC modules, Solar Energy Materials and Solar Cells 47 (1997) 243-250, 1997.
- (27) T. Oshiro, H. Nakamura, M. Imataki, K. Sakuta, K. Kurokawa: Practical values of various parameters for PV systems design, Solar Energy Materials and Solar Cells 47 (1997) 177-187, 1997.

<1998 年>

- (1) 黒川：このところやけに欧州 — 国際エネルギー機関における太陽光発電研究協力 —, 海外レポート, 1998.1.
- (2) K. Otani, K. Sakuta, K. Kurokawa: A Simple Monitoring Method for Estimation of Shading Loss of Photovoltaic Systems, EuroSun '98 2nd ISES Europe Congress, 1998.1.15.
- (3) 黒川：太陽からの贈り物, 新エネルギー導入講座, 東北地域における太陽光発電システム導入の促進, 1998.3.5.
- (4) 黒川, 大谷：太陽電池の仕組みと応用, 「やさしい光技術」光産業技術振興協会, 1998.
- (5) 内田, 杉山, 黒川, 八百井, 田中, 左鹿：333kW NTT 中央研修センター PV システムの運転特性, 平成 10 年電気学会全国大会, 1998.3.25-27.
- (6) 黒川：地域型面展開で普及促進, 21 人が語る近未来像, 住宅産業新聞, 1998.3.25, pp.9.
- (7) T. Shimizu, K. Kurokawa: A Modification of Positive-Column Theory by the Standard Distribution (標準分布による陽光柱理論の修正), 平成 10 年電気学会全国大会, 1998.3.25-27.
- (8) K. Kurokawa: The State of the Art in Photovoltaics, NEDO - SPC PV Seminar, Beijing, 1998.3.27.
- (9) 黒川：太陽光発電地域特性に関する基礎的問題の解明, H9 年度 NEDO 委託業務成果報告書, 1998.3.
- (10) 黒川：太陽光発電地域特性に関する基礎的問題の解明, 第 3 回太陽エネルギー推進委員会・第 10 回太陽光発電連絡会, 虎ノ門パストラル, 1998.4.20-23.
- (11) 黒川：太陽光発電の普及拡大を図るには (パネル討論司会), 太陽光発電システムシンポジウム, 太陽光発電懇話会, 1998.6.2-4.
- (12) K. Kurokawa: IWAKI Mega-PV Land, EUREC Tutorial, Vienna, 1998.7.5.
- (13) K. Otani, K. Sakuta, K. Kurokawa: A simple method for estimation of shading loss of photovoltaic systems, EuroSun '98, 2nd ISES Europe Congress, 1998.3.
- (14) 内田, 杉山, 黒川, 他：333kW NTT 中央研修センター PV システムの運転特性, 平成 10 年電気学会全国大会, No.1818, 1998.3.
- (15) K. Kurokawa, et al: Sophisticated verification of simple monitored data for Japanese Field Test Program, WCPEC-2, Vienna, 1998.7.

- (16) K. Kurokawa, K. Kato, F. Palleta, A. Illiceto: Very Large Scale Photovoltaic Generation System (VLS-PV) Project, WCPEC-2, Vienna, 1998.7.6-10, [VD6.36].
- (17) M. Kusakawa, H. Nagayoshi, K. Kamisako, K. Kurokawa: A new type of module integrated converter with wide voltage matching ability, WCPEC-2, Vienna, 1998.7.6-10, [VA5.10].
- (18) T.Yamada, H.Nakamura, T.Oshiro, K.Sakuta, K.Kurokawa: Measuring and analysis program in Japanese Monitoring Program of residential PV systems, WCPEC-2, Vienna, 1998.7.
- (19) K.Otani, A.Murata, K.Sakuta, K.Kurokawa, J.Minowa: Statistical smoothing of power delivered to utilities by distributed PV systems, WCPEC-2, Vienna, 1998.7.
- (20) K. Sakuta, K. Otani, A. Murata, H. Unagida, K. Kurokawa: Attempt to recover silicon PV cells from modules for recycling, WCPEC-2, Vienna, 1998.7.6-10, [VB6.17].
- (21) Tsuda, K. Nozaki, K. Sakuta, M. Oshiro, K. Kurokawa: Simulation results of stand-alone PV systems under various load conditions, WCPEC-2, Vienna, 1998.7.6-10, [VA4.32].
- (22) H. Nakamura, T. Yamada, T. Ohshiro, K. Sakuta, K. Kurokawa : Comparison between estimation procedures for I-V curve in STC, WCPEC-2, Vienna, 1998.7.6-10, [VC4.10].
- (23) 黒川：太陽光発電システムの展望，電気学会B部門誌，平成10年7/8月号特集解説，1998.7, pp.754-757.
- (24) 未来を見つめ新しいものに挑む 東京農工大学，毎日新聞，武蔵野版，1998.7.25. (報道)
- (25) 谷口，黒川，大谷：雲移動ベクトルによる日射予測の検討(基礎研究)，電気学会B部門大会，No.219, pp442-443, 成蹊大学，1998.8.5-7.
- (26) 村上，黒川，小林，滝川：系統連系型太陽光発電の動的特性シミュレーション -誘導機負荷が単独運転に与える影響の評価-，電気学会B部門大会，No.234, pp472-473, 成蹊大学，1998.8.5-7.
- (27) 津田，鰻田，作田，黒川：PV モジュールリサイクルにおける有機溶媒法の予備的検討，電気学会B部門大会，No.585, pp675-676, 成蹊大学，1998.8.5-7.
- (28) K. Otani, K. Sakuta, K. Kurokawa : A Simple Monitoring Method for Estimation of Shading Loss of Photovoltaic Systems, EuroSun '98 2nd ISES Europe Congress, Portoroz, Slovenia, Sept. 14-17, 1998.
- (29) K. Kurokawa : Realistic Values of Various Parameters for PV System Design, World Renewable Energy Congress V, Florence, 1998.9.19-25.
- (30) K. Kurokawa : Realistic Values of Various Parameters for PV System Design, Renewable Energy, Vol.15, No.1-4, pp157-164, 1998.9.
- (31) 箕輪，大谷，津田，作田，黒川：地域面平均日射の推定による太陽光発電システムの kW 価値分析，平成10年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会，No.5, 琉球大学工学部，1998.12.5-6.
- (32) 松川，中村(JQA)，杉浦(JQA)，黒川，石川(大同ほくさん)：太陽電池を複数の方位および角度に設置した際の特性，平成10年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会，No.8, 琉球大学工学部，1998.12.5-6.
- (33) 川口，津田，作田，黒川：独立型 PV システムのシミュレーション，平成10年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会，No.13, 琉球大学工学部，1998.12.5-6.
- (34) 村上，黒川，小林(CRIEPI)，滝川(CRIEPI)：系統連系型太陽光発電システムの単独運転特性シミュレーション，平成10年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会，No.20, 琉球大学工学部，1998.12.5-6.
- (35) 宇野沢，黒川，杉浦：太陽光発電システムの年間発電量の簡略推定方式の提案，平成10年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会，No.26, 琉球大学工学部，1998.12.5-6.
- (36) 中村(JQA)，杉浦(JQA)，作田，黒川：汚れ補正係数 K_{pds} による太陽電池モジュールの汚れ評価，平成10年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会，No.34, 琉球大学工学部，1998.12.5-6.
- (37) 鰻田，津田，村田，作田，黒川：PV モジュールリサイクルの実験的検討，平成10年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会，No.36, 琉球大学工学部，1998.12.5-6.
- (38) 黒川：太陽からの贈り物，自然エネルギー市民会議，第3回「市民のための自然エネルギーを考える会」，土浦，1998.11.1.
- (39) 黒川(コオーディネータ)：地球の環境維持と地域活動—エネルギーのケース，多摩ルネッサンス 98 21世紀へのかけ橋 教育・環境とエネルギー・産業，東京農工大学工学部，98.11.21.
- (40) 黒川：太陽からの贈り物，国際自然エネルギーパイオニア会議，大谷大学，1998.12.6.

<1999年>

- (1) 黒川：太陽エネルギー，日本学術会議主催，第48回理論応用力学講演会，パネルディスカッション「再生可能エネルギー」，99.1.25.
- (2) K. Yoshioka, S. Goma, k. Kurokawa, T. Saitoh: Improved design of a three-dimensional, static concentrator lens using meteorological data, Progress in Photovoltaics Research and Applications, Vol.7, No.1, pp61-69 (1999).
- (3) 鰻田，津田，村田，作田，黒川：PVモジュールリサイクルにおけるα-ジクロロベンゼン法の検討，平成11年電気学会全国大会，山口大学，1999.3.
- (4) 黒川：太陽光発電システム技術の現状と将来，1999年春季応用物理学会関係連合講演会，シンポジウム「環境・エネルギーの世紀を開く太陽光発電」東京理科大学，1999.3.28-31.
- (5) 黒川：太陽電池システムエネルギー有効利用技術に関する研究，平成10年度共同研究成果報告書，NTT，1999.3.
- (6) 黒川：太陽光発電地域特性に関する基礎的問題の解明，第36回太陽エネルギー推進委員会・第11回太陽光発電連絡会，虎ノ門パストラル，1999.4.20-23.
- (7) 黒川：太陽光発電システム，早稲田大学理工学研究科「先端電力光学」，1999.5.21 & 5.28.
- (8) K. Kurokawa, et al: A preliminary analysis of the very large scale photovoltaic power generating (VLS-PV) systems, Report IEA-PVPS TVI-5 1999:1, IEA PVPS Task VI/Subtask 50, May 1999.
- (9) 黒川：太陽からの贈り物，NHK太陽光発電フォーラム—21世紀の新エネルギーを考える—，基調講演，NHK千代田放送会館，1999.5.11.
- (10) 太陽光発電フォーラム，BSフォーラム，NHK BS1，1999.5.29.
- (11) 黒川：太陽光発電システムの開発動向，11回太陽光発電システムシンポジウム，1999.6.9-11.
- (12) 黒川：太陽の贈り物，再生可能エネルギー推進市民フォーラム西日本，設立記念シンポジウム，天神アクロス福岡，1999.6.19.
- (13) 黒川：地球の環境維持と地域活動—エネルギーのケース，多摩ルネッサンス・ニューズレター，No.13，1999.2.
- (14) 黒川：太陽光発電の未来と課題，自然エネルギー推進議員勉強会，参議院議員会館，1999.7.15

- (15) 黒川：無尽蔵でクリーンなエネルギーを，住宅産業新聞，1999.2.21.
- (16) K. Kurokawa: Seminar on “Solar-Roof technologies”, KIER, Taejon, July 26, 1999.
- (17) K. Kurokawa: Seminar on “Status of PV and VLS-PV, Seoul, July 27, 1999.
- (18) 韓国紙：韓国太陽光発電協会主催「韓国太陽光発電セミナー」（ゴビ砂漠の太陽光発電は，31年後に大きなエネルギー源となる。）ソウル，1999年7月27日。（報道）
- (19) 黒川：東京農工大学における太陽光発電研究，H11第1回産学交流会，TAMA産業活性化協議会，1999.7.29.
- (20) 片岡成成，黒川，村田：アジア地域の最適化モデルを用いた環境評価，H11電気学会電力・エネルギー部門大会，福岡工業大学，1999.8.3-5.
- (21) K. Kurokawa, D. Uchida, K. Otani, T. Sugiura: Realistic PV performance values obtained by a number of grid-connected systems in Japan, North Sun '99, Edmonton, 1999.8.11-14.
- (22) 黒川：砂漠は21世紀の人類を救うか？，オプトニュース，光産業技術振興協会，No.5, 1999.9.
- (23) 黒川：系統連系と個人住宅用システム，第26回応用物理学会スクール「太陽光発電技術と応用」，甲南大学，1999.9.3.
- (24) 黒川：ACモジュールによる太陽光発電，TAMA活性化協議会，研究開発促進委員会，ホテルメッツ国分寺，1999.9.10.
- (25) K. Kurokawa: PV systems in urban environment, PVSEC-11, Sapporo, Sept. 20-24, 1999.
- (26) 557H. Unozawa, K. Otani, K. Kurokawa: A simplified estimating method for in-plane irradiation using minute horizontal irradiation, PVSEC-11, Sapporo, Sept. 20-24, 1999.
- (27) H. Taniguchi, K. otani, K. Kurokawa: Hourly forecast of global irradiation using GMS staellite images, PVSEC-11, Sapporo, Sept. 20-24, 1999.
- (28) D. Uchida, K. otani, K. Kurokawa: Evaluation of effective shading factor by fitting a clear-day pattern obtained from hourly maximum irradiance data, PVSEC-11, Sapporo, Sept. 20-24, 1999.
- (29) 560 M. Kusakawa, H. Nagayoshi, K. kamisako K. Kurokawa: Further improvement of a transformerless, voltage-boosting inverter for AC modules, PVSEC-11, Sapporo, Sept. 20-24, 1999.
- (30) K. Otani, K. Sakuta, J. Minowa, K. Kurokawa: Enhancement of minimum power in distributed PV systems, PVSEC-11, Sapporo, Sept. 20-24, 1999.
- (31) H. Nagayoshi, K. Kurokawa, T. Ohashi, H. Nishida, T. Deguchi: Peak-power reduction with 100kW PV and battery hybrid system at Shonan Institute of Technology, PVSEC-11, Sapporo, Sept. 20-24, 1999.
- (32) T. Yamada, H. Nakamura, T. Sugiura, K. Sakuta, K. Kurokawa: Reflection loss analysis by optical modeling of PV module, PVSEC-11, Sapporo, Sept. 20-24, 1999
- (33) H. Nakamura, T. Yamada, T. Sugiura, K. Sakuta, K. Kurokawa: Data analysis on solar irradiance and performance characteristics of solar modules with a test facility of various tilt angles and directions, PVSEC-11, Sapporo, Sept. 20-24, 1999.
- (34) 565 T. Ohba, K. Shimabukuro, K. Kurokawa, S. Wakamatsu, M. Takehara: New stage of building-integrated photovoltaic systems, PVSEC-11, Sapporo, Sept. 20-24, 1999.
- (35) 566 T. Doi, I. Tsuda, H. Unagida, A. Murata, K. Sakuta, K. Kurokawa: Experimental study on PV module recycling with organic solvent method, PVSEC-11, Sapporo, Sept. 20-24, 1999.
- (36) Y. Nozaki, K. Akiyama, H. Kawaguchi, K. Kurokawa: A new control method in EDLC-batteries hybrid stand-alone photovoltaic power system, IEEE/APEC 2000.
- (37) 黒川：太陽光発電の課題と将来展望，電気評論，pp.48-52, 1999.9.
- (38) 黒川：IEA第3回太陽光発電エグゼクティブ会議，国際会議速報，光産業振興協会，1999.10.
- (39) 黒川：太陽光発電の課題と将来展望，H11太陽エネルギー学会等研究発表会，同志社大学，1999.11.25-26.
- (40) 登守，大谷，作田，黒川：写真測量による太陽光発電システムの日照障害特性の推定，H11太陽エネルギー学会等研究発表会，No.27, 同志社大学，1999.11.25-26.
- (41) 鰻田，土井，津田，村田，作田，黒川：加熱溶媒法によるPVモジュールリサイクル，H11太陽エネルギー学会等研究発表会，No.43, 同志社大学，1999.11.25-26.
- (42) 中村，杉浦，山田，作田，黒川：多姿勢設置された太陽電池モジュールの発電特性評価，H11太陽エネルギー学会等研究発表会，No.17, 同志社大学，1999.11.25-26.
- (43) 松川，塩谷，山田，杉浦，黒川：建築設計のための太陽電池アレイシミュレーション手法に関する検討，H11太陽エネルギー学会等研究発表会，No.16, 同志社大学，1999.11.25-26.
- (44) 加藤，大谷，作田，杉浦，黒川：住宅用太陽光発電システムの全国同時多点計測による日射面特性解析（1），H11太陽エネルギー学会等研究発表会，No.20, 同志社大学，1999.11.25-26.
- (45) 川口，黒川，野崎：電気二重層コンデンサを併用した独立型太陽光発電システム，H11太陽エネルギー学会等研究発表会，No.127, 同志社大学，1999.11.25-26.

<2000年>

- (1) 黒川：太陽光発電の現状と展望，計測と制御，Vol.39, No.1, pp.8-13, 2000.
- (2) 黒川：太陽光発電の課題と将来展望，エネルギー変換懇話会，日本科学技術振興財団，2000.1.31.
- (3) 黒川：太陽光発電システムの動向，日本電気工業会第27回新エネルギー講演会，2000.2.10.
- (4) 大谷，作田，加藤，杉浦，内田，山口，黒川：住宅用太陽光発電システムの運転特性評価，電気学会新エネルギー環境研究会「再生可能エネルギー」2000.3.15.
- (5) 野崎，秋山，川口，黒川：EDLC併用型独立型太陽光発電システムに用いるコンバータの設計方法と効率特性，電気学会全国大会，東工大，2000.3.
- (6) 川口，黒川，野崎：独立型太陽光発電システムの出力係数に関する検討，電気学会全国大会，東工大，2000.3.
- (7) 登守，大谷，作田，黒川：写真測量による日陰推定誤差の検討，電気学会全国大会，東工大，2000.3.
- (8) 石川，黒川，岡田，滝川：太陽光発電システム複数連系時における運転特性－電圧上昇抑制特性のモデル化，電気学会全国大会，東工大，2000.3.
- (9) 山口，内田，黒川：S V法による太陽光発電システムの損失因子の詳細化，電気学会全国大会，東工大，2000.3.
- (10) 黒川：エネルギー創出時代，住まいの文化誌別巻「地球環境」，ミサワホーム総合研究所刊（著書），2000
- (11) 黒川：太陽光発電システム技術動向，シーエムシー，（著書）

- (12) 黒川：太陽光発電地域発電特性に関する基礎的問題の解明，第12回太陽光発電連絡会，虎ノ門，2000,4.17（口頭発表）
- (13) K. Kurokawa: PV systems in urban environment, Solar Energy Materials and Solar Cells, 2000. ?.
- (14) K. Kurokawa, O. Ikki: The Japanese experiences with national PV system Programme, Solar Energy, Topical Issue on Grid Connected Photovoltaics, 2000.?.
- (15) K. Kurokawa, D. Uchida, A. Yamaguchi: Intensive introduction of residential PV systems and their monitoring by citizen-oriented efforts in Japan, 16th EU-PVSEC, Glasgow, May 1-5 2000.
- (16) K. Kurokawa, P. Menna, F. Paletta, K. Kato, K. Komoto, T. Kichimi, S. Yamamoto, J. Song, W. Rijssenbeek, P. Van der Vleuten, J. Garcia Martin, A de Julian Palero, G. Andersson, R. Minder, M. Sami Zannoun, M. Aly Helal: A preliminary analysis of very large scale photovoltaic power generation (VLS-PV) systems, 16th EU-PVSEC, Glasgow, May 1-5 2000.
- (17) H. Nagayoshi, K. Kurokawa, T. Ohashi, H. Nishita, T. Deguchi: Feasibility study of peak-power reduction system using 100kW PV and battery combined system at Shonan Institute of Technology, 16th EU-PSEC, Glasgow, May 1-5 2000.
- (18) K. Kurokawa : Realistic PV Performance Values Obtained by a Number Grid-Connected Systems in Japan, World Renewable Energy Congress, Brighton, July 1-7, 2000（国際会議）
- (19) 黒川：太陽光発電システムの開発動向，第17回太陽光発電システムシンポジウム，発明会館，2000,6.14-16（口頭発表）
- (20) 黒川：太陽光発電の課題と将来展望，第8回高効率太陽電池および太陽光発電システムワークショップ，福井フェニックスプラザ，2000.7.20-21（招待講演）
- (21) 桜井，黒川：太陽電池アレイ分布定数回路シミュレーション～アレイ等価回路の提案～，電気学会電力・エネルギー部門大会，北海道大学，2000.8.2-4
- (22) 川口，黒川，野崎：電気二重層キャパシタを組み込んだ独立型太陽光発電システム，電気学会電力・エネルギー部門大会，北海道大学，2000.8.2-4
- (23) 輿石，黒川：太陽光発電における最大電力点追従制御システムの評価，電気学会電力・エネルギー部門大会，北海道大学，2000.8.2-4
- (24) 石川，黒川，岡田，滝川：太陽光発電システムの複数台連系時における運転特性評価，電気学会電力・エネルギー部門大会，北海道大学，2000.8.2-4
- (25) 山口，黒川，都筑，大谷：太陽光発電システムの評価に関する検討～アメダスデータ等を用いた日射量の推定方法～，電気学会電力・エネルギー部門大会，北海道大学，2000.8.2-4
- (26) 谷口，大谷，黒川：衛星雲画像を利用した雲アルベドの動的分析，電気学会電力・エネルギー部門大会，北海道大学，2000.8.2-4
- (27) H.Taniguchi,K.Otani,K.Kurokawa: The motional analysis of cloud albedo patterns by using GMS images,28th IEEE PVSC, Alaska September 15-22 2000
- (28) T.Tomori, K.Otani, K.Sakuta, K.Kurokawai: On-site BIPV array shading evaluation tool using stereo-fisheye photographs,28th IEEE PVSC, Alaska September 15-22 2000
- (29) H.Matsukawa,M.Shioya,K.Kurokawa: Study on simple assessment of BIPV power generation for architects,28th IEEE PVSC, Alaska September 15-22 2000
- (30) 黒川：エネルギー・環境問題と太陽光発電システムへの期待，NEDO フォーラム2000，東京ビッグサイト，2000,9.26-28（講演）
- (31) 松川，塩谷，黒川，杉浦：太陽光発電システムの建築的利用に関する研究（その1）部分日陰が発電特性に及ぼす影響評価，日本建築学会，日本大学，2000.9
- (32) 塩谷，松川，黒川：太陽光発電システムの建築的利用に関する研究（その2）異傾斜角・異方位角の混在が発電特性に及ぼす影響評価，日本建築学会，日本大学，2000.9
- (33) 塩谷，伊藤，松川，黒川，杉浦：建物条件の不均一が太陽光発電システムの発電特性に及ぼす影響評価，日本建築学会，日本大学，2000.9
- (34) K. Kurokawa: Solar RD&D in Japan, IEA0CERT Expert Workshop, Paris, France, Oct. 27, 2000（口頭発表）
- (35) 石川，黒川，岡田，滝川：太陽光発電システム複数台連系時における運転特性評価—電圧上昇抑制機能の検討—，日本太陽エネルギー学会，No.12，金沢工業大学，2000.11.8-9
- (36) 大関，井澤，山口，大谷，黒川：太陽光発電システムの経年特性，日本太陽エネルギー学会，No.14，金沢工業大学，2000.11.8-9
- (37) 加藤，大谷，作田，杉浦，黒川：導入地域の広がりを考慮した太陽光発電システムのkW 価値の検討，日本太陽エネルギー学会，No.15，金沢工業大学，2000.11.8-9
- (38) 山下，黒川：PVインバータのデジタル制御～ワンチップマイコンによる制御技術～，日本太陽エネルギー学会，No.22，金沢工業大学，2000.11.8-9
- (39) 輿石，黒川：太陽光発電システムにおける最大電力点追従制御の評価，日本太陽エネルギー学会，No.25，金沢工業大学，2000.11.8-9
- (40) 高宮，黒川：台形公式によるPVインバータの動作解析-PVインバータの適正な入力容量のための解析-，日本太陽エネルギー学会，No.26，金沢工業大学，2000.11.8-9
- (41) 大谷，加藤，作田，杉浦，黒川：パラメータ分析法を基にした太陽光発電システム・シミュレーションの住宅用システムによる検証，日本太陽エネルギー学会，No.31，金沢工業大学，2000.11.8-9
- (42) 桜井，黒川：太陽光発電アレイ分布定数回路シミュレーション～シミュレーション手法の検討～，日本太陽エネルギー学会，No.81，金沢工業大学，2000.11.8-9

- (43) 山田, 梅谷, 中村, 杉浦, 大谷, 作田, 黒川: モジュール直並列合成 I Vカーブを利用した日陰損失シミュレーション技術の開発, 日本太陽エネルギー学会, No.92, 金沢工業大学, 2000.11.8-9
- (44) 田村, 黒川, 大谷: 観測日射量の瞬時直散分離に関する研究, 日本太陽エネルギー学会, No.126, 金沢工業大学, 2000.11.8-9
- (45) 川口, 黒川, 野崎, 谷内: EDLC を組み込んだ独立型太陽光発電システムのシミュレーション, 電子通信エネルギー研究会, 機械振興会館, 2000.11.17
- (46) 黒川: 太陽光発電の課題と将来展望, 政策総合研究所, エネルギーの有効利用と環境保全, 2000.12.10. (執筆原稿)

<2001 年>

- (1) 黒川: 21 世紀に羽ばたく太陽光発電, 太陽光発電協会「太陽光発電」誌寄稿, 2001.1
- (2) 谷口, 大谷, 黒川: 衛星雲画像を用いた雲アルベドの動的分析, 電気学会論文誌 B, Vol.121-B, No.2, 2001.2
- (3) 石川, 黒川, 岡田, 滝川: 太陽光発電システム複数台連系時における運転特性評価, 電気学会新エネルギー・環境研究会, FTE-01-4, 2001.2.21
- (4) 井澤, 大関, 大谷, 都筑, 黒川: , 電気学会全国大会, 名古屋大学, 2001.3.21-23
- (5) 高宮, 黒川: P Vインバータの適正な入力容量の決定方法に関する研究, 電気学会全国大会, 名古屋大学, 2001.3.21-23
- (6) 輿石, 黒川, 濱田, 劉: 太陽電池模擬電源による最大電力転追従制御の評価, 電気学会全国大会, 名古屋大学, 2001.3.21-23
- (7) Kosuke Kurokawa: PV systems in urban environment, Solar Energy Materials & Solar Cells Vol.67 (2001), Nos.1-4, March 2001,
- (8) T.Doi, I.Tsuda, H.Unagida, A.Murata, K.Sakuta, K.Kurokawa: Experimental study on PV module recycling with organic solvent method, Solar Energy Materials & Solar Cells, Vol.67 (2001), Nos.1-4, March 2001
- (9) H.Unozawa, K.Otani, K.Kurokawa: A simplified estimating method for in-plane irradiation using minute horizontal irradiation, Solar Energy Materials & Solar Cells, Vol.67 (2001), Nos.1-4, March 2001
- (10) H.Taniguchi, K.Otani, K.Kurokawa: Hourly forecast of global irradiation using GMS staellite images, Solar Energy Materials & Solar Cells, Vol.67 (2001), Nos.1-4, March 2001
- (11) D.Uchida, K.Otani, K.Kurokawa: Evaluation of effective shading factor by fitting a clear-day pattern obtained from hourly maximum irradiance data, Solar Energy Materials & Solar Cells, Vol.67 (2001), Nos.1-4, March 2001
- (12) M.Kusakawa, H.Nagayoshi, K.kamisako, K.Kurokawa: Further improvement of a transformerless, voltage-boosting inverter for AC modules, Solar Energy Materials & Solar Cells, Vol.67 (2001), Nos.1-4, March 2001
- (13) 黒川: 明日の世界を支える太陽光発電エネルギー, 春期応用物理学関係連合講演会シンポジウム「太陽光発電-現在から未来へ」, 明治大学, 2001.3.28-31
- (14) 黒川: 都市地域における太陽光発電地域特性に関する基礎的問題の解明, H12 年度 NEDO 委託業務成果報告書, 2001.3.
- (15) 黒川: 太陽光発電用分散型パワーコンディショナの研究開発, NEDO 地域コンソーシアム研究開発委託業務成果報告書, 2001.3.
- (16) 黒川: 太陽光発電と分散電源, 名古屋大学大学院集中講義, 2001.05.17.
- (17) K.Kurokawa, O.Ikki: The Japanese experiences with national PV system Programmes, Solar Energy, Vol.70, No.6 (Topical Issue on Grid Connected Photovoltaics), June 2001
- (18) 黒川: 太陽光発電システムの開発動向, 18 回太陽光発電システムシンポジウム, イイノホール, 2001.6.5-7.
- (19) Kosuke Kurokawa: TOWARD LARGE-SCALE PV POWER GENERATION, 12th PVSEC, JEJU, June 11-15 2001
- (20) M.Ito, K.Kato, H.Sugihara, T.Kichimi, J.Song, K.Kurokawa: A Preliminary Study on Potential for Very Large-Scale Photovoltaic Power Generation (VLS-PV) System on the Gobi Desert from Economic and Environmental Viewpoints, 12th PVSEC, JEJU, June 11-15 2001
- (21) P.Menna, U.Ciorba, F.Pauli, K.Komoto, K.Kato, J.Song, K.Kurokawa: Analysis of the Impacts of Transferring a Photovoltaic Module Manufacturing Facility, 12th PVSEC, JEJU, June 11-15 2001
- (22) T.Ishikawa, K.Kurokawa, N.Okada, K.Takigawa: EVALUATION OF OPERATION CHARACTERISTICS IN MULTIPLE INTERCONNECTION OF PV SYSTEMS, 12th PVSEC, JEJU, June 11-15 2001
- (23) H.Matsukawa, K.Koshiishi, H.Koizumi, K.Kurokawa, M.Hamada, L.Bo: Dynamic Evaluation of Maximum Power Point Tracking Operation with PV array Simulator, 12th PVSEC, JEJU, June 11-15 2001
- (24) J.Tamura, K.Kurokawa, K.Otani: A study of measuring estimating for in-plane irradiation using minute horizontal Global Irradiation, 12th PVSEC, JEJU, June 11-15 2001
- (25) A.Yamaguchi, K.Kurokawa, T.Uno, M.Takahashi: Reflection and Absorption Characteristics of Electromagnetic Waves for PV Modules, 12th PVSEC, JEJU, June 11-15 2001
- (26) K.Otani, K.Sakuta, T.Tomori, K.Kurokawa: Shading loss analysis of PV systems in urban area, 12th PVSEC, JEJU, June 11-15 2001
- (27) T.Oozeki, T.Izawa, K.Otani, K.Kurokawa: The Evaluation Method of PV Systems, 12th PVSEC, JEJU, June 11-15 2001
- (28) T.Sugiura, T.Yamada, H.Nakamura, M.Umeya, K.Sakuta, K.Kurokawa: Measurements, Analysis and Evaluation of Residential PV Systems by Japanese Monitoring Program, 12th PVSEC, JEJU, June 11-15 2001
- (29) J.Song, K.Kurokawa, P.Menna, K.Kato, N.Enebish, D.Collier, S.C.Shin: International Symposium on “Potential of Very Large Scale Power Generation System on Desert, 12th PVSEC, JEJU, June 11-15 2001

- (30) Y.Nozaki, K.Akiyama, T.Yachi, H.Kawaguchi, K.Kurokawa: Operating characteristics of an EDLC-battery hybrid stand-alone photovoltaic system, IECE Tans Communications, E84B (7), July 2001
- (31) K.Kurokawa: The state-of-the-art in Photovoltaic, 1st MOPVC, Ulaanbaatar, September 5-7 2001
- (32) K.Otani: Solar Energy Mapping for Eastern Asia by Satellite Images, 1st MOPVC, Ulaanbaatar, September 5-7 2001
- (33) M.Ito, Kazuhiko Kato, Hiroyuki Sugihara, Tetsuo Kichimi, Jinsoo Song, Kosuke Kurokawa: A life-cycle analysis of Very Large Scale Photovoltaic (VLS-PV) System in the Gobi desert, 1st MOPVC, Ulaanbaatar, September 5-7 2001
- (34) A.Amarbayar, K.Kurokawa: Performance analysis of Portable photovoltaic power generation systems based on measured data in Mongolia, 1st MOPVC, Ulaanbaatar, September 5-7 2001
- (35) 黒川：日本における太陽光発電の現状と今後の動向，関電工太陽光発電国際シンポジウム「太陽光発電は地球を救えるか」，品川コクヨホール，2001.9.18
- (36) 黒川：太陽光発電にかける夢，NEDO フォーラム-パネル太陽技術分科会，ホテルニューオータニ，2001.9.20
- (37) K.Otani, K.Sakuta, T.Sugiura, K.Kurokawa: Performance analysis and simulation on 100 Japanese residential grid-connected PV systems based on four years' experience, 17th EU-PVSEC, Munich, October 22-26 2001
- (38) M.Ito, K.Kato, H.Sugihara, T.Kichimi, J.Song, K.Kurokawa: A Preliminary Study on Potential for Very Large-Scale Photovoltaic Power Generation System (VLS-PV) on the World Desert, 17th EU-PVSEC, Munich, October 22-26 2001
- (39) J.Tamura, K.Kurokawa, K.Otani: Measuring and estimating for In-plane Irradiation, 17th EU-PVSEC, Munich, October 22-26 2001
- (40) A.Yamaguchi, K.Kurokawa, T.Uno, M.Takahashi: A New Added Value of Photovoltaic Module ~Absorption Characteristics of Electromagnetic wave~, 17th EU-PVSEC, Munich, October 22-26 2001
- (41) H.Koizumi, T.Kaito, Y.Noda, K.Kurokawa, M.Hamada, L.Bo: Dynamic Response of Maximum Power Point Tracking Function for Irradiance and Temperature Fluctuation in Commercial PV Inverters, 17th EU-PVSEC, Munich, October 22-26 2001
- (42) 黒川：最近の太陽光発電研究・成果と今後の動向，田友会，学士会館，2001.11.09
- (43) 野田，水野，小泉，黒川：太陽光発電が連系した配電システムのシミュレータの開発，日本太陽エネルギー学会，徳島文理大学，2001.11.8-9
- (44) 山下，小泉，黒川，名島，川崎：PV インバータのデジタル制御，日本太陽エネルギー学会，徳島文理大学，2001.11.8-9
- (45) 登守，大谷，作田，大野，飯田，黒川：都市環境における太陽光発電システムの日陰評価法，日本太陽エネルギー学会，徳島文理大学，2001.11.8-9
- (46) 中村，杉浦，高橋，黒川：複数面設置された住宅用太陽光発電システムの発電量推定について，日本太陽エネルギー学会，徳島文理大学，2001.11.8-9
- (47) アマルバヤル，黒川：モンゴルにおける携帯型発電システム実証研究のデータ解析・システム評価，日本太陽エネルギー学会，徳島文理大学，2001.11.8-9
- (48) 井澤，大関，大谷，都築，黒川：太陽光発電システム計測データの品質診断法，日本太陽エネルギー学会，徳島文理大学，2001.11.8-9
- (49) 大関，井澤，大谷，黒川：太陽光発電システムの計測データを用いた評価方法，日本太陽エネルギー学会，徳島文理大学，2001.11.8-9
- (50) 竹内，金井，黒川：太陽電池単セルによる充電回路，電子情報通信学会電子通信エネルギー技術研究会，信学技報 EE 2001-33(2001-11)
- (51) 黒川：太陽光発電の課題と将来展望，新政策（政策総合研究所），2001.11
- (52) 黒川：太陽光発電技術の現状と将来動向，横浜市工業技術支援センター，2001.12.11

<2002 年>

- (1) 黒川：太陽光発電システムの新展開，光協会成果報告書，2002.3
- (2) 黒川：21 世紀世界の主役「太陽光発電」，JPEA 誌「光発電」，2002.2
- (3) 黒川：私の学生時代，グリーンキャンパス，2002.3
- (4) 黒川：世界へ向けた長期的な産業戦略が望まれる，PVTEC ニュース，2002.3
- (5) 竹内，金井，黒川：太陽電池単セル昇圧回路への MPPT 制御の適用，日本機械学会情報・知能・精密機械部門，東京工業大学，2002.3.26
- (6) 高橋，谷口，大谷，黒川：衛星雲画像の空間周波数を用いた日射量予測法の研究，電気学会全国大会，工学院大学，2002.3.26-29
- (7) 大関，井澤，大谷，中村，高橋，杉浦，黒川：電圧上昇抑制運転状態の実例と SV 法解析結果との比較検討，電気学会全国大会，工学院大学，2002.3.26-29
- (8) Paulo Sergio Pimentel, H. Matsukawa, T. Oozeki, T. Tomori, K. Kurokawa: PV System Integrated Evaluation Software, 29th IEEE PVSC, New Orleans, May 19-26 2002
- (9) A. Amarbayar, K. Kurokawa: PERFORMANCE ANALYSIS OF PORTABLE PHOTOVOLTAIC POWER GENERATION SYSTEMS BASED ON MEASURED DATA IN MONGOLIA, 29th IEEE PVSC, New Orleans, May 19-26 2002
- (10) Y. Noda, T. Mizuno, H. Koizumi, K. Nagasaka, K. Kurokawa: THE DEVELOPMENT OF A SCALED-DOWN SIMULATOR FOR DISTRIBUTION GRIDS AND ITS APPLICATION FOR VERIFYING INTERFERENCE BEHAVIOR AMONG A NUMBER OF MODULE INTEGRATED CONVERTERS (MIC), 29th IEEE PVSC, New

Orleans, May 19-26 2002

- (11) K. Kurokawa, K. Kato, M. Ito, K. Komoto, T. Kichimi, H. Sugihara: A COST ANALYSIS OF VERY LARGE SCALE PV (VLS-PV) SYSTEM ON THE WORLD DESERTS, 29th IEEE PVSC, New Orleans, May 19-26 2002
- (12) A. Amarbayar, K. Kurokawa: PERFORMANCE ANALYSIS OF PORTABLE PHOTOVOLTAIC POWER GENERATION SYSTEMS BASED ON MEASURED DATA IN MONGOLIA, WREC-7, Warszawa, June 29 – July 5 2002
- (13) 水野, 野田, 小泉, 黒川: 商用 PV インバータの単独運転検出要因の推定, 電気学会部門大会, 福井大学, 2002.8.7-9
- (14) 皆藤, 五島, 川崎, 小泉, 黒川: デジタルインバータにおける MPPT 制御の検討, 電気学会部門大会, 福井大学, 2002.8.7-9
- (15) 谷口, 高橋, 大谷, 黒川: AC モデルを用いた衛星雲画像による日射量予測の検討, 電気学会部門大会, 福井大学, 2002.8.7-9
- (16) H. Koizumi, K. Nagasaka, K. Kurokawa, N. Goshima, M. Kawasaki, Y. Yamashita, A. Hashimoto: DEVELOPMENT OF INTERCONNECTING MICRO CONTROLLER FOR PV SYSTEMS IN JAPAN, PV in Europe Conference and Exhibition From PV Technology to Energy Solutions, Rome, October 6-11 2002
- (17) T. Mizuno, T. Ishikawa, Y. Noda, H. Koizumi, K. Kurokawa, Y. Arai, N. Goshima, M. Kawasaki, H. Kobayashi: THE ISLANDING DETECTION ALGORITHM OF A NEW AC MODULE FOR THE GRID CONNECTION IN JAPAN, PV in Europe Conference and Exhibition From PV Technology to Energy Solutions, Rome, October 6-11 2002
- (18) 井澤, 大関, 黒川, 大谷, 都筑: 太陽光発電システムの簡易評価, 日本太陽エネルギー学会, 仙台国際センター, 2002.11.7-8
- (19) 田村, 大谷, 黒川: 多傾斜面日射量の測定と評価に関する研究, 日本太陽エネルギー学会, 仙台国際センター, 2002.11.7-8
- (20) 伊藤, 加藤, 河本, 杉原, 吉見, 黒川: ゴビ砂漠における大規模太陽光発電システムのライフサイクル評価, 日本太陽エネルギー学会, 仙台国際センター, 2002.11.7-8

<2003 年>

- (1) 伊藤, 加藤, 河本, 杉原, 吉見, 黒川: 世界の砂漠における 100MW 大規模太陽光発電システム(VLS-PV)のライフサイクル評価, 第 19 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, 虎ノ門パストラル, 2003.1.30-31
- (2) パウロ, 松川, 大関, 黒川: 太陽光発電システム発電特性の統合評価ソフトウェア (PVI)の住宅用システムによる検証, 電気学会全国大会, 東北学院大学, 2003.3.17-19
- (3) 高橋, 谷口, 黒川, 大谷: 衛星雲画像の空間周波数分析を用いた日射予測, 電気学会全国大会, 東北学院大学, 2003.3.17-19
- (4) 皆藤, 小泉, 黒川, 五島, 川崎: 太陽光発電用インバータ向けデジタル MPPT 法の開発, 電気学会全国大会, 東北学院大学, 2003.3.17-19
- (5) 公楽, 黒川: LED ソーラーシミュレータによる太陽電池新測定法, 電気学会全国大会, 東北学院大学, 2003.3.17-19
- (6) 岡田, 小林, 石川, 滝川, 黒川: ループコントローラによる系統故障時の区間自立運転のための潮流制御の検討, 電気学会全国大会, 東北学院大学, 2003.3.17-19
- (7) 黒川: アジアにおける PV 技術開発/導入普及の現状と今後の課題, 第 2 回 アジアに於ける PV 技術開発/導入普及の現状と将来展望, 東京国際交流館, PVTEC/JEMA, 2003.2.14
- (8) 黒川: 太陽光発電のトピックス~WCPEC-3 へ向けて, 2003 年春季 50 回応物学会, 神奈川大 2003.3.27-30
- (9) 黒川: わが家の エネルギー・太陽光発電, 国立科学博物館, 2003.3.29
- (10) 黒川: 太陽光発電システムの新展開, 光協会成果報告書, 2003.3.
- (11) K. Kurokawa, editor.: Energy from the Desert, James & James Ltd., May, 2003(単行本)
- (12) M. Ito, K. Kato, K. Komoto, T. Kichimi, K. Kurokawa: An analysis of variation of very large-scale PV (VLS-PV) systems in the world deserts, WCPEC-3, Osaka, May 11-18
- (13) T. OOZEKI, T. IZAWA, H. KOIZUMI, K. OTANI, K. KUROKAWA: An evaluation result of PV system field test program for industry use by means of the SV method, WCPEC-3, Osaka, May 11-18, 2003
- (14) H. Matsukawa, Paulo Sergio Pimentel, T. Izawa, S. Ike, H. Koizumi, K. Kurokawa: An Integrated design software for photovoltaic systems, WCPEC-3, Osaka, May 11-18
- (15) S. Kohraku, K. Kurokawa: New methods for solar cell measurement by LED solar simulator, WCPEC-3, Osaka, May 11-18
- (16) H. Koizumi, K. Nagasaka, K. Kurokawa, N. Goshima, M. Kawasaki, Y. Yamashita, A. Hashimoto: Interconnecting micro controller for PV systems in Japan, WCPEC-3, Osaka, May 11-18
- (17) K. Takeuchi, H. Koizumi, K. Kurokawa: A new type of scaled-down network simulator composed of power electronics, WCPEC-3, Osaka, May 11-18
- (18) T. Mizuno, Y. Noda, H. Koizumi, K. Nagasaka, K. Kurokawa, H. Kobayashi: The experimental results of islanding detection method for Japanese AC modules, WCPEC-3, Osaka, May 11-18
- (19) Batsukh, D. Ochirvaani, Ch. Lkhagvajav, N. Enebish, Ts. Baatarchuluun, K. Otani, Koichi Sakuta, A. Amarbayar, K. Kurokawa: Evaluation of solar energy potentials in Gobi desert area of Mongolia, WCPEC-3, Osaka, May 11-18
- (20) Junsetu Tamura, Hiroyuki Nakamura, Yoshinori Inoue, Kenji Otani, Kosuke Kurokawa: A new method of calculating in-plane irradiation by one-minute local solar irradiance, WCPEC-3, Osaka, May 11-18

- (21) A.Adiyabat, K. Kurokawa: An Optimal design and use of solar home system in Mongolia, WCPEC-3, Osaka, May 11-18
- (22) N. Okada, H. Kobayashi, K. Takigawa, M. Ichikawa, K. Kurokawa: Loop power flow controll and volatge characteristics of distribution system for distributed generation including PV system, WCPEC-3, Osaka, May 11-18
- (23) N. Okada, T. Nanahara, K. Kurokawa: Estimation of distribution system load characteristics with time series data of PV system output, WCPEC-3, Osaka, May 11-18
- (24) Namjil Enebish, M. Battushig, M. Altanbagana, K. Otani, K. Sakuta, A. Adiyabat, K. Kurokawa: Performance monitoring of PV modules for VLS-PV systems in Gobi desert of Mongolia, WCPEC-3, Osaka, May 11-18
- (25) K. Sakakibara M. Ito, K. Kurokawa: A resource analysis on solar photovoltaic generation by a remote sensing approach,, WCPEC-3, Osaka, May 11-18
- (26) 黒川：太陽光発電システムの普及とその可能性，太陽光発電所ネットワーク設立記念シンポジウム，国連大学会議場，2003.5.24
- (27) 黒川：シンポジウム20年の歩み，第20回太陽光発電システムシンポジウム，2003.7.1-3
- (28) 黒川：太陽光発電システムの研究開発の方向性，第20回太陽光発電システムシンポジウム，2003.7.1-3
- (29) 松川，山田，塩谷，黒川：多面アレイ構造太陽光発電システムに対応したシミュレーション・ツールの開発，電気学会電力・エネルギー部門大会，東京電機大学，2003.8.6-8
- (30) 嶋田，黒川，吉岡：蓄電池あり系統連系太陽光発電システム，電気学会電力・エネルギー部門大会，東京電機大学，2003.8.6-8
- (31) 市川，岡田，黒川：系統故障時における BTB 式ループコントローラの特性解析，電気学会電力・エネルギー部門大会，東京電機大学，2003.8.6-8
- (32) 井上，黒川，三宅，中村，加藤：デュアルセンサ型日射計の開発，電気学会電力・エネルギー部門大会，東京電機大学，2003.8.6-8
- (33) M. Ito, K. Kato, K. Komoto, T. Kichimi, H. Sugihara, K. Kurokawa: An analysis of very Large-scale tracking PV (VLS-PV) ssysytems in the world deserts, 2nd Mogolian PV Conf., Ulaanbaatar, 2003.9.4-6
- (34) A. Adiyabat, K. Kurokawa: An optimal design and use of solar home system in Mongolia, 2nd Mogolian PV Conf., Ulaanbaatar, 2003.9.4-6
- (35) K. Kurokawa: The State-of-art in Photovoltaic Research and Development, 2nd Mogolian PV Conf., Ulaanbaatar, 2003.9.4-6
- (36) K. Komoto, K. Kato, K. Kurokawa: Scenario Study on Very Large Scale Photovoltaic (VLS-PV) Power Generation System for the Sustainable Growth, 2nd Mogolian PV Conf., Ulaanbaatar, 2003.9.4-6
- (37) K. Kato, K. Otani, K. Komoto, M. Ito, K. Kurokawa, J. Song, D. Faiman, Peter van der Fleuten, L. Verhoef, D. Collier and N. Enebish: Study on Very Large-Scale Photovoltaic Power Generation System on Deserts Extended Activity of IEA/PVPS Task 8 from 2003 to 2005 -,2nd Mogolian PV Conf., Ulaanbaatar, 2003.9.4-6
- (38) K. Kato, K. Otani, K. Komoto, M. Ito and K. Kurokawa: Cost estimation of Very Large-Scale Photovoltaic Power Generation System on World Deserts, 2nd Mogolian PV Conf., Ulaanbaatar, 2003.9.4-6
- (39) M.Battushig, N.Enebish, M.Altanbagana, Ch.Lkhagvajav, K. Otani, K. Sakuta, K. Kurokawa, A.Amarbayar: Performance monitoring of PV modules for VLS-PV systems in Gobi desert of Mongolia, 2nd Mogolian PV Conf., Ulaanbaatar, 2003.9.4-6
- (40) A. Adiyabat, K. Kurokawa: Techno-economics analysis of PV /Wind/ Diesel Hybrid systems in Villages of Mongolia, 2nd Mogolian PV Conf., Ulaanbaatar, 2003.9.4-6
- (41) K. Kurokawa: Very Large-Scale PV (VLS-PV) System: Its background and concept, 2nd Mogolian PV Conf., Ulaanbaatar, 2003.9.4-6
- (42) T. Shimada, K. Kurokawa, T. Yoshioka : Grid-connected Photovoltaic System with Battery, STORE, Aix en Provence, 2003.10.20-21
- (43) M. Ito, T. Nishimura, K. Kurokawa: A Preliminary Study on Utilization of Desert with Agricultural Development and Photovoltaic Technology - Potential of Very Large-scale Photovoltaic Power Generation (VLS-PV) systems -,Desert Technology 7, 2003.11.9-14
- (44) K. Kato, K. Otani, K. Komoto, M. Ito, K. Kurokawa, J. Song, D. Faiman, Peter van der Fleuten, L. Verhoef, P.Menna, D. Collier, N. Enebish: 'Energy from the Desert' - Feasibility Study on Very Large-Scale Photovoltaic Power Generation System on Desert Areas -, Desert Technology 7, 2003.11.9-14
- (45) K. Sakakibara, M. Ito, K. Kurokawa: A Resource Analysis on Solar Photovoltaic Generation System on the Gobi Desert by a Remote Sensing Approach, Desert Technology 7, 2003.11.9-14
- (46) K. Kurokawa: Considerations on technological standardization in sloar photovoltaics, 1st Renewable Energy Forum in North-East Asia, Nov. 10-11, 2003
- (47) 大関，小泉，黒川，大谷：蓄電池付き太陽光発電システムの評価方法の開発，日本太陽エネルギー学会，足利工業大学，2003.11.6-7.
- (48) 公楽，黒川：離散光波長型LEDソーラーシミュレータの原理実験，日本太陽エネルギー学会，足利工業大学，2003.11.6-7.
- (49) 竹内，小泉，黒川：超縮小規模配電システムを用いたPVインバータ試験装置の基本原理，日本太陽エネルギー学会，足利工業大学，2003.11.6-7.
- (50) 黒川：市民のエネルギー・太陽光発電システム，小金井市民講座，2003.11.15.
- (51) 黒川：100年先から見てみよう-新エネルギー・物質代謝と生存科学の構築，産総研 LCA 研究センター：地域施策へのLCAの新たな展開，2003.11.21.
- (52) 黒川：21世紀を担うエネルギー・太陽光発電，月刊オプトロニクス 2004年1月号，2004.1

<2004 年>

- (1) 黒川：21 世紀を担うエネルギー・太陽光発電，月刊オプトロニクス 2004 年 1 月号，2004.1
- (2) M. Ito, K. Kato, K. Komoto, T. Kichimi, H. Sugihara, K. Kurokawa: An Analysis of Very Large-Scale PV (VLS-PV) Systems Using Amorphous Silicon Solar Cells in the Gobi Desert, PVSEC-14, Bangkok, 2004.1.26-30
- (3) K. Sakakibara, M. Ito, K. Kurokawa: A Resource Analysis on Solar Photovoltaic Generation System in the Gobi Desert by a Remote Sensing Approach, PVSEC-14, Bangkok, 2004.1.26-30
- (4) T. Oozeki, T. Izawa, H. Koizumi, K. Otani, K. Tsuzuku, T. Koike, K. Kurokawa: A Performance Evaluation by Only One Monitoring Data Item for Citizens' PV House Project, PVSEC-14, Bangkok, 2004.1.26-30
- (5) K. Takeuchi, T. Kaito, T. Mizuno, T. Oozeki, H. Koizumi and K. Kurokawa: Development of Ultra-Small-Scaled-Down Network Simulator for Testing PV Inverter Functions, PVSEC-14, Bangkok, 2004.1.26-30
- (6) H. Tada, K. Kurokawa, T. Uno, M. Takahashi, S. Yatabe: Reflection and Absorption Characteristics of Electromagnetic Waves by PV Modules, PVSEC-14, Bangkok, 2004.1.26-30
- (7) S. Kohraku, K. Kurokawa: A fundamental experiment for discrete-wavelength LED solar simulator, PVSEC-14, Bangkok, 2004.1.26-30
- (8) N. Okada, M. Ichikawa, K. Kurokawa: Experiment and Evaluation of Loop Power Flow Control for Distribution System Adaptable to a Large Number of Distributed PV Systems, PVSEC-14, Bangkok, 2004.1.26-30
- (9) N. Kawasaki, T. Oozeki, K. Otani, K. Kurokawa: An Evaluation Method of the Fluctuation Characteristics of Photovoltaic Systems by Using Frequency Analysis, PVSEC-14, Bangkok, 2004.1.26-30
- (10) A. Adiyabat, K. Kurokawa: Photovoltaic Systems for Village Electrification in Mongolia: Techno-Economic Analysis of Hybrid System in Rural Community Centers, PVSEC-14, Bangkok, 2004.1.26-30
- (11) T. Kaito, H. Koizumi, N. Goshima, M. Kawasaki, K. Kurokawa: Development of MPPT Algorithm for a Digital Controlled PV Inverter, PVSEC-14, Bangkok, 2004.1.26-30
- (12) H. Matsukawa, H. Koizumi, K. Kurokawa: A Thermal Analysis for Photovoltaic Systems at Short Time Interval, PVSEC-14, Bangkok, 2004.1.26-30
- (13) K. Kurokawa: Recent Advances in Solar PV System Engineering, PVSEC-14, Bangkok, 2004.1.26-30
- (14) G. Yu, K. S. Lee, Y.S. Jung, J. So, J.H. Choi, K. Kim, K. Kurokawa: PVSEC-14, Bangkok, 2004.1.26-30
- (15) K. Kurokawa: The state-of-art of photovoltaics in Asia, 3rd PVTEC Asia Seminar, Kasumigaseki Bldg. Feb. 9, 2004.
- (16) 黒川：P V 開発の方向性，JPEA 誌「光発電」，No.27，2004.3.
- (17) 池，黒川：写真測量法による太陽光発電システムの日射障害物の推定，電気学会全国大会，青山学院大学，2004.3.17-3.19
- (18) 井上，黒川，三宅，中村，加藤：デュアルセンサ型日射計の開発，電気学会全国大会，青山学院大学，2004.3.17-3.19
- (19) 黒川：太陽光発電システムの新展開，光協会成果報告書，2004.2.修正
- (20) 松川，山田，塩谷，黒川：多面アレイ構造太陽光発電システムに対応したシミュレーション・ツールの開発，電気学会 B 部門誌，Vol.124, No.3, pp.447-454, 2004.3
- (21) K. Kurokawa: The state-of-art of photovoltaics in Asia, 3rd PVTEC Asia Seminar, Kasumigaseki Bldg. Feb. 9, 2004
- (22) 黒川：P V 開発の方向性，JPEA 誌「光発電」，No.27，2004.3, p.26-35
- (23) 黒川：市民のエネルギー・太陽光発電システム，シロウマサイエンス・セミナー，黒部，2004.4.23.
- (24) K. Kurokawa: State-of-art in PV research and development, INRST Seminar, Borji Cedria, Tunis, 4 May 2004.
- (25) K. Kurokawa: Future target and recent advances in solar PV system engineering, 1st AIST RC-PV Workshop, 12 May 2004.
- (26) K. Kurokawa: Future target and recent advances in solar PV system engineering, 三菱重工諫早工場セミナー，14 May 2004.
- (27) H. Koizumi, K. Kurokawa, S. Mori: Analysis of Class D inverter with irregular driving patterns, IEEE International Symposium on Circuits and Systems 2004 (ISCAS 2004), Vancouver, Canada, 2004.5
- (28) K. Kurokawa: PV in Tunisian Sahara, IEA PVPS Task 8 expert meeting, Paris, 6 June 2004
- (29) K. Kurokawa, F. Aratani: Perceived technical issues accompanying large PV development and Japanese "PV2030" 19th EU-PVSEC, Paris, 2004.6.7-11
- (30) T. Oozeki, H. Koizumi, K. Otani, and K. Kurokawa: IDENTIFYING OPERATION STATUSES OF GRID CONNECTED PV SYSTEMS WITH BATTERIES UNDER LIMITED DATA ITEMS - APPLYING THE SV METHOD TO EVALUATE GRID CONNECTED PV SYSTEMS WITH BATTERIES", 19th EU-PVSEC, Paris, 2004.6.7-11
- (31) M. Ito, K. Kato, K. Komoto, T. Kichimi, H. Sugihara, K. Kurokawa : COMPARATIVE STUDY OF FIXED AND TRACKING SYSTEM OF VERY LARGE-SCALE PV (VLS-PV) SYSTEMS IN THE WORLD DESERTS, 19th EU-PVSEC, Paris, France, 2004.6.7-11
- (32) 黒川：サンシャイン計画から 30 年 技術開発と今後の見通し，第 21 回太陽光発電システムシンポジウム，朝日ホール，2004.6.16～18
- (33) K. Kurokawa: PV in Tunisian Sahara, JBIC-Tunisia Seminar, Tokyo, 14 July 2004.
- (34) 黒川：太陽光発電システム — 今後の方向性，新日本石油本社セミナー，2004.7.29.
- (35) H. Koizumi, K. Kurokawa: Analysis of Class DE inverter with thinned-out driving patterns, 35th IEEE Power Electronics Specialists Conference 2004 (PESC 2004), Aachen, Germany, 2004.6
- (36) 岡田，市川，黒川：BTB 式ループコントローラと需給バランスの検討，電気学会電力・エネルギー部門大会，名古屋大学，2004.8.5-7
- (37) 五十嵐，末永：太陽電池からの電磁雑音，電気学会電力・エネルギー部門大会，名古屋大学，2004.8.5-7

- (38) 五十嵐, 末永: 太陽光発電システム用パワーコンディショナの電磁環境性, 電気学会電力・エネルギー部門大会, 名古屋大学, 2004.8.5-7
- (39) 大関, 井澤, 都筑, 大谷, 黒川: 太陽光発電システムの評価に関する日射量の推定方法, 電気学会電力・エネルギー部門大会, 名古屋大学, 2004.8.5-7
- (40) 植田, 大関, 黒川, 伊藤, 北村, 宮本, 横田, 杉原: 集中連系型太陽光発電システム実証研究におけるシステム運転性能の測定評価手法, 電気学会電力・エネルギー部門大会, 名古屋大学, 2004.8.5-7
- (41) 市川, 岡田, 黒川: BTB 式ループコントローラと過渡的な需給バランスのシミュレーション, 電気学会電力・エネルギー部門大会, 名古屋大学, 2004.8.5-7
- (42) 多田, 黒川, 宇野, 高橋, 谷田部: 太陽電池の電磁波反射・吸収特性に関する研究, 電気学会電力・エネルギー部門大会, 名古屋大学, 2004.8.5-7
- (43) 中田, 大関, 黒川, 小池: 住宅用太陽光発電システムの長期運転特性の評価に関する研究, 電気学会電力・エネルギー部門大会, 名古屋大学, 2004.8.5-7
- (44) 川崎, 大関, 大谷, 黒川: 太陽光発電システム変動特性の評価, 電気学会電力・エネルギー部門大会, 名古屋大学, 2004.8.5-7
- (45) K. Kurokawa: 100 year sustainability scenario in solar photovoltaic, Workshop on Sustainability and Survival Paths over 100 years, Denver, Aug. 29, 2004
- (46) K. Kurokawa: Energy from the Desert, WREC-8. Denver, PV064, Aug. 30-Sept. 3, 2004
- (47) A. Adiyabat, K. Kurokawa, K. Otani, N. Enebish, G. Batsukh, M. Battushig, D. Ochirvaani, B. Ganbat: EVALUATION OF SOLAR ENERGY POTENTIAL AND PV MODULE PERFORMANCE IN THE GOBI DESERT OF MONGOLIA, 8th WREC, Denver, 2004.8.26-9.3
- (48) M. Ito, K. Kato, T. Kichimi, H. Sugihara, K. Kurokawa : Comparative Study on Potential of Very Large-Scale PV Systems (VLS-PV) in the Gobi and Sahara Desert, 8th WREC, Denver, 2004.8.26-9.3
- (49) 津野, 菱川, 黒川: 多接合太陽電池における各要素セルの I-V 特性の分離法の検討, 応用物理学会, 2004.09.01-04
- (50) 黒川: Future target and recent advances in solar PV system engineering, 富士電機アドバンステクノロジー・セミナー, 2004.9.10
- (51) 畠山, 高橋, 宇野, 有馬, 黒川: 太陽電池モジュールによる地上デジタル放送波の反射損失, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J87-B, No.9, 2004.9
- (52) 黒川: 21世紀人類のための太陽光発電, 第3回英弘シンポジウム「太陽光発電への期待」, 学士会館, 2004.10.12
- (53) M. Ito, T. Nishimura, K. Kurokawa: A preliminary study on utilization of desert with agricultural development and photovoltaic technology potential of very large -scale photovoltaic power generation (VLS-PV) systems, Journal of Arid Land Studies (日本沙漠学会誌「沙漠研究」), Vol.14S, October 2004
- (54) 松川, 黒川: 太陽電池モジュールの短時間間隔における温度特性解析, 日本太陽エネルギー学会, 北九州研究学園都市, 2004.11
- (55) 筒井, 佐々木, 黒川: 新型太陽光発電モジュールのシステム特性検証研究, 日本太陽エネルギー学会, 北九州研究学園都市, 2004.11
- (56) 植田, 大関, 黒川, 伊藤, 北村, 宮本, 横田, 杉原: 太陽光発電システムにおけるアレイ面方位角の推定手法, 日本太陽エネルギー学会, 北九州研究学園都市, 2004.11
- (57) 池, 黒川: 写真測量法による太陽光発電システムの日影予測, 日本太陽エネルギー学会, 北九州研究学園都市, 2004.11
- (58) 津野, 菱川, 黒川: 多接合太陽電池における各要素セルの I-V 特性分離法の検討, 日本太陽エネルギー学会, 北九州研究学園都市, 2004.11
- (59) 川崎, 大関, 大谷, 北村, 杉原, 西川, 黒川: 太陽光発電システム変動特性評価法の研究, 日本太陽エネルギー学会, 北九州研究学園都市, 2004.11
- (60) H. Koizumi, K. Kurokawa: Analysis of Class E inverter with switch-voltage elimination, The 30th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2004), Busan, Korea, 2004.11
- (61) 大関, 井澤, 都筑, 大谷, 黒川: 太陽光発電における計測データの品質診断方法, 太陽エネルギー, Vol.30, No.6, pp47-55, 2004.11

<2005 年>

- (1) 大関, 井澤, 都筑, 大谷, 黒川, 「太陽光発電システムの評価に関する日射量の推定方法」, 電気学会部門誌 B, pp118-126, 125 巻 1 号, 2005.1
- (2) K. Kurokawa: PHOTOVOLTAIC TECHNOLOGY DIRECTION - JAPANESE "PV2030", 31st IEEE PVSC, Orlando, Florida, 2005.1.3-7
- (3) H. Matsukawa, K. Kurokawa: Temperature Fluctuation Analysis of Photovoltaic Modules at Short Time Interval, 31st IEEE PVSC, Orlando, Florida, 2005.1.3-7
- (4) T. Oozeki, K. Otani, and K. Kurokawa, "Accuracy of estimated shading loss ratio by means of the SV method ~ An extraction algorithm of maximum pattern ~, 31st IEEE PVSC, Orlando, Florida, 2005.1.3-7
- (5) M. Ito, K. Kato, K. Komoto, T. Kichimi, K. Kurokawa: Analysis of transmission losses of Very Large-Scale Photovoltaic power generation systems (VLS-PV) in world desert, 31st IEEE PVSC, Orlando, Florida, 2005.1.3-7
- (6) H. Igarashi, S. Suenaga: Electromagnetic Noise from Solar Cells, 31st IEEE PVSC, Orlando, Florida, 2005.1.3-7
- (7) Y. Ueda, T. Oozeki, K. Kurokawa, T. Itou, K. Kitamura, Y. Miyamoto, M. Yokota, H. Sugihara, S. Nishikawa:

- ANALYTICAL RESULTS OF OUTPUT RESTRICTION DUE TO THE VOLTAGE INCREASING OF POWER DISTRIBUTION LINE IN GRID-CONNECTED CLUSTERED PV SYSTEMS, 31st IEEE PVSC, Orland, Florida, 2005.1.3-7
- (8) S.Ike, K.Kurokawa: Photogrammetric Estimation of Shading Impacts on Photovoltaic Systems, 31st IEEE PVSC, Orland, Florida, 2005.1.3-7
- (9) K. Sakakibara, M. Ito, K. Kurokawa: RESULTS OF PV RESOURCE SURVEY FOR WORLD 6 DESERTS BY A MODIFIED REMOTE SENSING APPROACH, 31st IEEE PVSC, Orland, Florida, 2005.1.3-7
- (10) H. TADA, K. KUROKAWA, T. UNO, M. TAKAHASHI, Satoru YATABE, T. ARIMA: DEVELOPMENT OF TV WAVE ABSORBING PV MODULE BY REARRANGING SOLAR CELLS, 31st IEEE PVSC, Orland, Florida, 2005.1.3-7
- (11) Y. Tsuno, Y. Hishikawa, K. Kurokawa: SEPARATION OF THE I-V CURVE OF EACH COMPONENT CELL OF MULTI-JUNCTION SOLAR CELLS, 31st IEEE PVSC, Orland, Florida, 2005.1.3-7
- (12) K. Kurokawa: PHOTOVOLTAIC TECHNOLOGY DIRECTION TOWARD JAPANESE "PV2030", 1st JSPS Workshop on the Future Direction of Photovoltaics, Aogaku-Kaikan, Tokyo, 3-4 March 2005
- (13) 五十嵐：単独運転防止試験時の回転機負荷影響について，電気学会全国大会，徳島大学，2005.3.17-19
- (14) 市川，岡田，黒川：BTB 式 LPC が連系する区間の特性と簡易推定法の検討，電気学会全国大会，徳島大学，2005.3.17-19
- (15) 嶋田，黒川，吉岡：蓄電池特性の高精度シミュレーションモデル，電気学会全国大会，徳島大学，2005.3.17-19
- (16) 中田，大関，黒川，小池：簡易評価手法を用いた温度損失評価，電気学会全国大会，徳島大学，2005.3.17-19
- (17) N. Okada, H. Kobayashi, T. Ishikawa, K. Takigawa, K. Kurokawa : Simulation of isolated operation in fault condition by loop power flow controller, Control Engineering Practice, pp1537-1543, Vol.13, 2005.3
- (18) 岡田，黒川：先端情報によるループコントローラの制御と係数の決定法，電気学会論文誌 B, pp381-389, Vol.125, No4, 2005.4
- (19) 岡田，黒川：6.6kV-100kVA BTB 式ループコントローラの制御試験，電気学会論文誌 B, pp390-398, Vol.125, No4, 2005.4
- (20) 黒川：太陽光発電の普及状況と将来像，「太陽エネルギーを市民の手に」シンポジウム，愛知万博地球市民村，2005.5.4
- (21) H. Koizumi, K. Kurokawa, S. Mori: Thinned-out controlled Class D inverter with delta-sigma modulated 1-bit driving pulses, IEEE International Symposium on Circuits and Systems 2005 (ISCAS 2005), pp. 1322-1325, Kobe, Japan, 2005.5.23-26
- (22) 黒川：自律度向上型太陽光発電システム先導研究開発，自律度向上型太陽光発電システム先導研究開発公開ワークショップ，高輪プリンスホテル，2005.5.25
- (23) K. Kurokawa, S. Wakao, Y. Hayashi, I. Ishii, K. Otani, M. Yamaguchi, T. Ishii, Y. Ono : CONCEPTUAL STUDY ON AUTONOMY-ENHANCED PV CLUSTERS FOR URBAN COMMUNITY TO MEET THE JAPANESE PV2030 REQUIREMENTS, 20th EU-PVSEC, Barcelona, 2005.6.6-10
- (24) T. Oozeki, K. Otani, K. Kurokawa: AN ACCURACY OF THE SV METHOD FOR EVALUATED SHADING LOSSES ~ COMPARED WITH RESULTS USING THE FISH-EYE-PHOTOGRAM METHOD ~, 20th EU-PVSEC, Barcelona, 2005.6.6-10
- (25) M. Ito, K. Kato, K. Komoto, T. Kichimi, K. Kurokawa: COMPARATIVE STUDY OF M-SI, A-SI AND CDTE SYSTEM OF VERY LARGE-SCALE PV (VLS-PV) SYSTEMS IN DESERT, 20th EU-PVSEC, Barcelona, 2005.6.6-10
- (26) H. Igarashi, S. Suenaga, K. Kurokawa : CHARACTERISTICS OF THE ELECTROMAGNETIC ENVIRONMENTS OF POWER CONDITIONERS FOR PV GENERATING SYSTEMS, 20th EU-PVSEC, Barcelona, 2005.6.6-10
- (27) J. Tsutsui, K. Kurokawa : The Comparison of System Performance Measuring Multiple Modules, 20th EU-PVSEC, Barcelona, 2005.6.6-10
- (28) Y.Ueda, T.Oozeki, K.Kurokawa, T.Itou, K.Kitamura, Y.Miyamoto, M.Yokota, H.Sugihara, S.Nishikawa: DETAILED PERFORMANCE ANALYSES RESULTS OF GRID-CONNECTED CLUSTERED PV SYSTEMS IN JAPAN -FIRST 200 SYSTEMS RESULTS OF DEMONSTRATIVE RESEARCH ON CLUSTERED PV SYSTEMS, 20th EU-PVSEC, Barcelona, 2005.6.6-10
- (29) N. Kawasaki, T. Oozeki, K. Otani, K. Kitamura, H. Sugihara, S. Nishikawa, K.Kurokawa: IMPACT STATEMENT OF DISTRIBUTION NETWORK BY FLUCTUATION OF PV SYSTEM OUTPUT BY USING FREQUENCY ANALYSIS, 20th EU-PVSEC, Barcelona, 2005.6.6-10
- (30) S. Taguchi, K. Kurokawa: PV Resource Survey for Urban Areas by means of Aerial Photographs, 20th EU-PVSEC, Barcelona, 2005.6.6-10
- (31) K. Hayashi, T. Shimada, H. Koizumi, Y. Ohashi, K. Kurokawa : A Novel Cascaded PV Inverter by Utilizing Ready-Made ICs for Digital Audio Amplifier, 20th EU-PVSEC, Barcelona, 2005.6.6-10
- (32) Y. Nakamura, H. Koizumi, K. Kurokawa: Performance Assessment with Different Inductance Model in the Ultra Scaled-Down Distribution Grid Simulator, 20th EU-PVSEC, Barcelona, 2005.6.6-10
- (33) A.Amarbayar, 黒川浩助：ゴミ砂漠地域開発の分析モデルの構築～エネルギー資源フローの調査分析～，第 24 回エネルギー・資源学会研究発表会，虎ノ門パストラル，2005.6.9～10
- (34) A.Amarbayar, 黒川浩助：ゴミ砂漠地域開発の分析モデル構築：現地調査による地域システムの分析，第 6 回 国際開発学会春季大会，文教大学湘南キャンパス，2005.6.11
- (35) H. Koizumi, K. Kurokawa: A novel maximum power point tracking method for PV module integrated converter, 36th IEEE Power Electronics Specialists Conference 2005 (PESC 2005), pp. 2081-2086, Recife, Brasil, 2005.6.12-16
- (36) 黒川：太陽光発電システム研究開発の方向性，第 22 回太陽光発電システムシンポジウム，朝日ホール，p.2-21～37，2005.6.15-17

- (37) アマルバヤル, 黒川: モンゴルにおける独立小型太陽光発電システム実証研究のデータ解析・システム評価, 太陽エネルギー学会, pp83-88, vol.31, No4, 2005.7
- (38) 大関, 井澤, 大谷, 都筑, 小池, 黒川: システム出力電力量のみの計測における太陽光発電システムの評価方法に関する研究, 電気学会電力・エネルギー部門大会, 大阪大学, 2005.8.10-12
- (39) 五十嵐, 末長, 佐藤, 黒川: 回転機負荷の違いによる単独運転防止装置への影響について, 電気学会電力・エネルギー部門大会, 大阪大学, 2005.8.10-12
- (40) 植田, 大関, 黒川, 伊藤, 北村, 宮本, 横田, 杉原: 系統連系型太陽光発電システムにおける出力抑制による発電量損失の定量化手法, 電気学会電力・エネルギー部門大会, 大阪大学, 2005.8.10-12
- (41) 川崎, 大関, 大谷, 北村, 杉原, 西川, 黒川: 面的広がりを考慮した太陽光発電変動特性の分析, 電気学会電力・エネルギー部門大会, 大阪大学, 2005.8.10-12
- (42) K. Kurokawa : Mass Production Scale of PV Modules and Components in 2030s and beyond, 15th PVSEC, Shanghai, China, 2005.10.10-15
- (43) A. Adiyabat, K. Kurokawa, K. Otani, N.Enebish, G.Batsukh, M. Battushig, D.Ochirvaani, B.Ganbat, D.Otgonbayar : PV Module Performance in the Ulaanbaatar of Mongolia, 15th PVSEC, Shanghai, China, 2005.10.10-15
- (44) H. Igarashi, S. Suenaga, T. Sato, K. Kurokawa : About the Influence on the Islanding Detection Device by the Difference in the Motor Load, 15th PVSEC, Shanghai, China, 2005.10.10-15
- (45) Y. Ueda, T. Oozeki, K. Kurokawa, T. Itou, K. Kitamura, Y. Miyamoto, M. Yokota, H. Sugihara, S. Nishikawa : Advanced analysis of shading effect using minutely based measured data for PV systems, 15th PVSEC, Shanghai, China, 2005.10.10-15
- (46) K. Lee, K. Kurokawa : Study on D-UPFC in the clustered PV System with Grid, 15th PVSEC, Shanghai, China, 2005.10.10-15
- (47) N. Kawasaki, T. Oozeki, K. Otani, K. Kitamura, H. Sugihara, S. Nishikawa, K. Kurokawa : An Evaluation Method of Area-dependency Equalization of Output Fluctuation from Distributed PV System by Using Frequency Analysis, 15th PVSEC, Shanghai, China, 2005.10.10-15
- (48) Y. Tsuno, Y. Hishikawa, K. Kurokawa: Temperature and Irradiance Dependence of the I-V Curves of Various kinds of Solar Cells, 15th PVSEC, Shanghai, China, 2005.10.10-15
- (49) K. Hayashi, T. Shimada, H. Koizumi, Y. Ohashi, K. Kurokawa : A New Grid-Connected Inverter by Utilizing Ready-Made PWM ICs for Audio Power Amplifier, 15th PVSEC, Shanghai, China, 2005.10.10-15
- (50) J. Yokkaichi, T. Oozeki, K. Kurokawa : Irradiation Monitoring from Sunshine Hours given by Japanese Meteorological Observation Network, 15th PVSEC, Shanghai, China, 2005.10.10-15
- (51) K. Hirata, K. Kurokawa, Y. Miyake, T. Kato, K. Nakamura : Development of a Reliable, Long Life Pyranometer Composed of Multiple photo sensors, 15th PVSEC, Shanghai, China, 2005.10.10-15
- (52) 植田, 大関, 黒川: 太陽電池モジュール入射角特性の屋外測定と解析, 日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会, 諏訪東京理科大学, 2005.10.20-21
- (53) 川崎, 大関, 大谷, 北村, 杉原, 西川, 黒川: 太陽光発電システム変動特性の評価 ~導入面積・導入数の検討~, 日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会, 諏訪東京理科大学, 2005.10.20-21
- (54) 李, 黒川: A Proposal of D-UPFC as a Voltage Controller in the Distribution System, 日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会, 諏訪東京理科大学, 2005.10.20-21
- (55) 田口, 黒川: 空中写真を用いた太陽光発電システム導入可能量の推定(住宅屋根の認識と日野市における事例), 日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会, 諏訪東京理科大学, 2005.10.20-21
- (56) 津野, 菱川, 黒川: 内挿補間を用いた各種太陽電池 I-V 特性の温度・照度補正法, 日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会, 諏訪東京理科大学, 2005.10.20-21
- (57) 四日市, 大関, 黒川: 地域性を考慮した日射量推定法の補正方法, 日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会, 諏訪東京理科大学, 2005.10.20-21
- (58) H. Koizumi, K. Kurokawa : A novel maximum power point tracking method for PV module integrated converter using square root functions, 31th IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2005), NC, USA, pp2511-2516, 2005.11.6-11
- (59) 黒川: 太陽光発電のこれから, 電気学会東北支部電力技術懇談会講演会, 山形大学, 2005.11.10
- (60) 黒川: 21世紀の太陽光発電の可能性, 太陽光発電コラボレーション事業総括報告会, 2005.11.22
- (61) 大関, 井澤, 大谷, 黒川: システム出力電力量のみの計測における太陽光発電システムの評価方法に関する研究, 電気学会論文誌 B, pp1299-1307, Vol.125, No12, 2005.12
- (62) 植田, 大関, 伊藤, 北村, 宮本, 横田, 杉原, 黒川: 系統連系型太陽光発電システムにおける出力抑制による発電量損失の定量化手法, 電気学会論文誌 B, pp1317-1326, Vol.125, No12, 2005.12

<2006年>

- (1) 植田, 黒川, 北村, 赤沼, 横田, 杉原: 太陽光発電システム評価における傾斜面日射量算出精度の検証と誤差の評価, 太陽エネルギー, p.45-53, Vol.32, No.5, Jan. 2006
- (2) 黒川: 太陽光発電システム研究開発の方向性と再生可能エネルギー2006国際会議, 第23回太陽光発電システ

- ムシンポジウム, 朝日ホール, 14-16, Jun, 2006
- (3) アマル, 中島, 大谷, 黒川: 独立小型太陽光発電システムの利用実態と課題ーモンゴルの遊牧民を事例としてー, 農業情報研究, p.139-154, 第15巻2号, Feb. 2006
 - (4) H. Koizumi, K. Kurokawa, S. Mori : Analysis of class D inverter with irregular driving patterns, IEEE Trans. Circuits & Systems, p.677-687, Vol.53, No.3, Mar. 2006
 - (5) K. Kurokawa: Photovoltaic technology direction - Japanese "PV2030", KIER-TUAT Joint Seminar, Taejon, KOREA, 8. Mar. 2006
 - (6) K. Kurokawa, S Wakao, Y Hayashi, H Yamaguchi, K Otani, M Yamaguchi, T Ishii and Y Ono : Autonomy-Enhanced PV Cluster Concept for Solar Cities to Meet the Japanese PV2030 Roadmap, 2nd International Solar Cities Congress, Oxford UK, 7E.2, 3-6. Apr. 2006
 - (7) K. Kurokawa : A conceptual study on solar pv cities for 21st century, WCPEC-4, Hawaii, p.2283-2288, 7-12. May. 2006
 - (8) M Ito, K. Kato, K. Komoto, T. Kichimi, K. Kurokawa : A SENSITIVITY ANALYSIS OF VERY LARGE-SCALE PHOTOVOLTAIC POWER GENERATION(VLS-PV) SYSTEMS IN DESERTS, WCPEC-4, Hawaii, p.2387-2390, 7-12. May. 2006
 - (9) K Lee, H Koizumi, K Kurokawa : Voltage sag/swell controller by means of D-UPFC in the distribution system, WCPEC-4, Hawaii, p.2427-2430, 7-12. May. 2006
 - (10) J Tsutsui, Y Sato, K Kurokawa : Modeling the performance of several photovoltaic modules, WCPEC-4, Hawaii, p.2258-2261, 7-12. May. 2006
 - (11) Y Ueda1, K Kurokawa, T Itou, K Kitamura, Y Miyamoto, M Yokota, H Sugihara : Performance ratio and yield analysis of grid connected clustered pv systems in Japan, WCPEC-4, Hawaii, p.2296-2299, 7-12. May. 2006
 - (12) Y Tsuno, Y Hishikawa, K Kurokawa : Translation equations for temperature and irradiance of the I-V curves of various PV cells and modules, WCPEC-4, Hawaii, p.2246-2249, 7-12. May. 2006
 - (13) H. Igarashi, T. Sato, H. Kobayashi, I. Tuda, K. Kurokawa : RESULT OF REVIEW BY ELECTRIC ENERGY AMOUNT COMPARISON WITH RESONANCE LOAD TURNED TO MOTOR LOAD STANDARDIZATION, WCPEC-4, Hawaii, p.2415-2418, 7-12. May. 2006
 - (14) K Otani, T Takashima, K Kurokawa : Performance and reliability of 1MW photovoltaic power facilities in AIST - The first year's results, WCPEC-4, Hawaii, p.2046-2049, 7-12. May. 2006
 - (15) H. Koizumi, K. Kurokawa, S. Mori : A comparison of output envelope waveforms of the delta-sigma modulated Class D series resonant inverter, Proc. IEEE International Symposium on Circuits and Systems 2006 (ISCAS 2006), pp. 253-256, 21-24. May. 2006
 - (16) K Lee, H Koizumi, K Kurokawa : Voltage Control of D-UPFC between a Clustered PV System and Distribution System, PESC06, Jeju, p.1367-1371, 18-22. Jun. 2006
 - (17) K Hayashi, H Koizumi, Y Ohashi, and K Kurokawa : A single-phase grid-connected inverter by utilizing ready-made PWM power IC, Proc. IEEE International Symposium on Industrial Electronics 2006 (ISIE 2006), pp. 1138-1142, 9-13. Jul. 2006
 - (18) H Koizumi, K. Kurokawa : Plane division maximum power point tracking method for PV module integrated converter, Proc. IEEE International Symposium on Industrial Electronics 2006 (ISIE 2006), pp. 1265-1270, 9-13. Jul. 2006
 - (19) A Adiyabat., K. Otani, K. Kurokawa, N. Enebish, G. Batsukh, M. Battushig, D. Ochrvani, B. Ganbat : Evaluation of solar energy potential and PV module performance in the Gobi Desert of Mongolia, Progress in Photovoltaics, in press, p.553-566, Vol.14, issue 6, Sep. 2006
 - (20) K Kurokawa, K Komoto, P Vleuten, D Faiman : A NEW KNOWLEDGE HOW TO MAKE THE VERY LARGE SCALE PVS HAPPEN ON THE DESERT!, 21th EU-PVSEC, Dresden, p.2590-2596, 3-10. Sep. 2006
 - (21) Y Ueda, K Kurokawa, T Itou, K Kitamura, Y Miyamoto, M Yokota, H Sugihara : Performance Analyses of Battery Integrated Grid-connected Residential PV Systems, 21th EU-PVSEC, Dresden, p.2580-2584, 3-10. Sep. 2006
 - (22) 五十嵐, 佐藤, 小林, 津田, 黒川 : 単独運転試験方法の共振負荷及び回転機負荷の違いによる単独運転検出装置へ与える影響について, 電気学会電力・エネルギー部門大会, 琉球大学, p.25-11~20, 13-15. Sep. 2006
 - (23) 五十嵐, 佐藤, 黒川 : 共振負荷による回転機負荷の代替検討について, 電気学会電力・エネルギー部門大会, 琉球大学, No.159, p.7-25~26, 13-15. Sep. 2006
 - (24) 植田, 黒川, 伊藤, 北村, 赤沼, 横田, 杉原, 森本 : 系統連系型太陽光発電システム運転特性の高度解析と蓄電池導入効果の検証, 電気学会電力・エネルギー部門大会, No.9, p.11-1~11, 13-15. Sep. 2006
 - (25) 川崎, 植田, 北村, 杉原, 西川, 黒川 : 太陽光発電システム出力変動の検出時間別発生確率分布を用いた変動特性定量化手法, 電気学会B部門大会, No.188, p.11-13~14, 13-15. Sep. 2006
 - (26) 平田, 黒川, 三宅, 中村 : 二種類のフォトセンサを持つ新型日射計におけるスペクトル誤差の解析手法の開発, 電気学会B部門大会, No.183, p.10-5~6, 13-15. Sep. 2006
 - (27) 中村, 小泉, 黒川 : 超縮小模擬配電システムを用いたP Vインバータ試験装置の開発, 電気学会B部門大会, No.182, p.10-3~4, 13-15. Sep. 2006
 - (28) 鎌倉, 林, 黒川 : マトリックスコンバータを用いた系統連系用ルータ機器の開発, 電気学会B部門大会, No.185, p.10-9~10, 13-15. Sep. 2006
 - (29) 瀬尾, 黒川 : F P G Aを用いたP Vインバータ用デジタルコントローラの開発, 電気学会B部門大会, No.197,

- p.11-31~32, 13-15. Sep. 2006
- (30) 小柳, 黒川: LED ソーラーシミュレータを用いた I-V 特性測定の改良基礎実験, 電気学会 B 部門大会, No.184, p.10-7~8, 13-15. Sep. 2006
 - (31) H Igarashi, A. Tasai, K. Kurokawa : The Status Report of the PV System Ream Inter-Connected Guideline in 5 Countries of Asia, RENEWABLE ENERGY 2006, P-Ot-5, 10-13. Oct. 2006
 - (32) H Igarashi, T. Sato, K. Kurokawa : About the Examination of an Alternative Technique of the Motor Load According to the Resonance Load, RENEWABLE ENERGY 2006, P-Pv-17, 10-13. Oct. 2006
 - (33) K.Otani, T. Takashima, K. Kurokawa : Comparison of Performance and Energy Yield of PV Modules by Using Two-Axis Tracking Array, RENEWABLE ENERGY 2006, O-Pv-6-6, 10-13. Oct. 2006
 - (34) Y.Ueda, K. Kurokawa, T. Itou, K. Kitamura, K. Akanuma, M. Yokota, H. Sugihara : Analysis Results of Maximum Power Point Mismatch on Grid-Connected PV Systems, RENEWABLE ENERGY 2006, O-Pv-3-7, 10-13. Oct. 2006
 - (35) M.Ito, K. Kato, K. Komoto, T. Kichimi, K. Kurokawa : Suitable Very Large-Scale Photovoltaic Power Generation Systems (VLS-PV) for Desert Regions from Four Types of Case Studies by Using Life-Cycle Analysis Method, RENEWABLE ENERGY 2006, O-Pv-6-4, 10-13. Oct. 2006
 - (36) A. Adiyabat, M. Nakajima, K. Otani, E. Namjil, K. Kurokawa : A Study on the Evaluation of Solar Home System Viewed by Users: -A case of Nomadic Families in Mongolia-, RENEWABLE ENERGY 2006, P-Pv-25, 10-13. Oct. 2006
 - (37) N.Kawasaki, K. Kurokawa, K. Kitamura, H. Sugihara, S. Nishikawa : An Evaluation of Area-Dependency Equalization of Fluctuation Characteristics from Distributed PV Systems, RENEWABLE ENERGY 2006, P-Pv-90, 10-13. Oct. 2006
 - (38) K Lee, K.yamaguchi, H.Koizumi, K.Kurokawa : D-UPFC as a Voltage Regulator in the Distribution System , RENEWABLE ENERGY 2006, P-N-5, 10-13. Oct. 2006
 - (39) Y.Tsuno, Y.Hishikawa, K.Kurokawa : TRANSLATION EQUATIONS FOR TEMPERATURE AND IRRADIANCE OF THE I-V CURVES OF Various PV Cells and Modules by Linear Interpolation, RENEWABLE ENERGY 2006, O-Pv-5-4, 10-13. Oct. 2006
 - (40) T.Shimada, K.Kurokawa : HIGH PRECISION SIMULATION MODEL OF BATTERY CHARACTERISTICS, RENEWABLE ENERGY 2006, P-Pv-1, 10-13. Oct. 2006
 - (41) T.Shimada, K.Kurokawa : GRID-CONNECTED PHOTOVOLTAIC SYSTEMS WITH BATTERY STORAGES CONTROL BASED ON INSOLATION FORECASTING USING WEATHER FORECAST, RENEWABLE ENERGY 2006, O-Pv-6-1, 10-13. Oct. 2006
 - (42) T.Kamakura, K.Hayashi, Y.Ohashi, K.Kurokawa : CONSIDERATIONS ON POWER LINE ROUTER BY USING MATRIX CONVERTER, RENEWABLE ENERGY 2006, P-Pv-7, 10-13. Oct. 2006
 - (43) Y.Nakamura, H.Koizumi, K.Kurokawa : A new type of scaled-down network simulator for testing PV inverters, RENEWABLE ENERGY 2006, P-Pv-11, 10-13. Oct. 2006
 - (44) J.Koyanagi, K.Kurokawa : A Fundamental Experiment of Solar Cell' s I-V Characteristics Measurement Using LED Solar Simulator, RENEWABLE ENERGY 2006, P-Pv-9, 10-13. Oct. 2006
 - (45) Y.Seo, K. Hayashi, K. Kurokawa : Development of FPGA-based Digital Controller for PV Inverter, RENEWABLE ENERGY 2006, P-Pv-6, 10-13. Oct. 2006
 - (46) K.Hirata, K.Nakamura, T.Kato, K.Kurokwa : Spectral Error Analyses of Pyranometers Composed of Multiple Photodiodes, RENEWABLE ENERGY 2006, O-Pv-3-4, 10-13. Oct. 2006
 - (47) N. Kawasaki, T. Oozeki, K. Otani, K. Kurokawa : An Evaluation Method of the Fluctuation Characteristics of Photovoltaic Systems by Using Frequency Analysis, Solar Energy Materials & Solar Cells, p.3356-3363, Volume 90, Issues 18-19, 23. Nov. 2006
 - (48) S. Kohraku, K. Kurokawa : A fundamental experiment for discrete-wavelength LED solar simulator, Solar Energy Materials & Solar Cells, p.3364-3370, Volume 90, Issues 18-19, 23. Nov. 2006
 - (49) H. Koizumi, T. Mizuno, T. Kaito, Y. Noda, N. Goshima, M. Kawasaki, K.Nagasaka, and K. Kurokawa : A novel micro controller for grid-connected photovoltaic systems, IEEE Trans. Industrial Electronics, pp. 1889-1897, vol. 53, no. 6, Dec. 2006
 - (50) 黒川 : New Trends Shaping IEC Standards

<2007 年>

- (1) 植田, 黒川, 伊藤, 北村, 赤沼, 横田, 杉原, 森本 : 系統連系型太陽光発電システム運転特性の高度解析と蓄電池導入効果の検証, 電気学会論文誌 B, p.247-258, Vol.127, No.1, Jan. 2007
- (2) 五十嵐, 佐藤, 小林, 津田, 黒川 : 共振負荷と回転機負荷の相違と単独運転試験への影響について, 電気学会論文誌 B, p.192~199, Vol.127, No.1, Jan. 2007
- (3) Y. Ueda, T. Oozeki, K. Kurokawa, T. Itou, K. Kitamura, Y. Miyamoto, M. Yokota, H. Sugihara : Quantitative Analysis of Output Loss due to Restriction for Grid-connected PV Systems, Electrical Engineering in Japan, pp9-19, Vol. 158, No. 2, 30. Jan. 2007
- (4) K. Lee, K. Yamaguchi, K. Kurokawa: Proposed Distribution Voltage Control Method for Connected Clustered PV System, The Journal of Power Electronics, p.286 – 293, Oct. 2007

- (5) 嶋田尊衛, 黒川 : 天気予報と天気変化パターンを用いた日射予測, 電気学会論文誌 B, Vol.127, No.11, pp.1219-1225, 2007.Nov. 1
- (6) K. Lee, K. Yamaguchi, K. Kurokawa: D-UPFC Voltage Control in the Bi-directional Power Flow Condition, 太陽エネルギー, Vol.33, No.6, p.35 – 40, 2007
- (7) K. Kurokawa: International Symposium on Energy from the Desert, Task 8 Symposium, 22nd EU-PVSEC, FIERA-Milano, 6 Sep. 2007.
- (8) K. Kurokawa: Further considerations on solar PV community concept consisting of massive roof-top pvs and domestic loads, 22nd EU-PVSEC, FIERA-Milano, Milan, pp.2889-2894, Plenary 5BP.2.5, 3-7 Sep. 2007
- (9) H. Igarashi, K. Tanaka, T. Sato, T. Watanabe, H. Sugihara, Y. Miyamoto, N. Fukuoka, K. Kurokawa: Study of islanding Test Method using Multiple interconnected Photovoltaic Inverters - Examination by Difference in Motor Load installation Conditions, 22nd EU-PVSEC, FIERA-Milano, Milan, pp.2992-2994, 5BV.1.2, 4 Sep. 2007
- (10) Y. Ueda, K. Kurokawa, T. Tanabe, K. Kitamura, K. Akanuma, M. Yokota, H. Sugihara: STUDY ON THE OVER VOLTAGE PROBLEM AND BATTERY OPERATION FOR GRID-CONNECTED RESIDENTIAL PV SYSTEMS, 22nd EU-PVSEC, FIERA-Milano, Milan, pp.3094-3097, 5BV.1.32, 4 Sep. 2007
- (11) T. Tohoda, K. Kurokawa: THE SIMULATED POWER CONDITIONER FOR PV SYSTEMS BY ELECTRONIC DEVICES FOR THE ULTRA SCALED-DOWN NETWORK SIMULATOR, 22nd EU-PVSEC, FIERA-Milano, Milan, pp.3123-3126, 5BV.1.40, 4 Sep. 2007
- (12) K. Miyamoto, H. Igarashi, K. Kurokawa: A STUDY ON THE INFLUENCE OF AN INDUCTION MOTOR FOR ISLANDING-DETECTION POWER CONDITIONING SYSTEMS, 22nd EU-PVSEC, FIERA-Milano, Milan, pp.3180-3183, 5BV.3.4, 4 Sep. 2007
- (13) Y. Hamano, M. Ito, K. Kurokawa: Desert PV resource analysis by detecting seasonal changes among satellite images, 22nd EU-PVSEC, FIERA-Milano, Milan, pp.3567-3570, 6DV.4.50, 6 Sep. 2007
- (14) M. Suzuki, M. Ito, K. Kurokawa: AN ANALYSIS ON PV RESOURCE IN RESIDENTIAL AREAS BY MEANS OF AERIAL PHOTO IMAGES, 22nd EU-PVSEC, FIERA-Milano, Milan, pp.3571-3574, 6DV.4.52, 6 Sep. 2007
- (15) K. Komoto, K. Kurokawa, M. Ito, J. S. MacDonald, C. Beneking, E. Cunow, M. Ermer, D. Faiman, F. Paletta, A. Sarno, J. Song, R. Knol, P. van der Vleuten, T. Hansen, H. Hayden, N. Enebish: IEA-PVPS TASK8: VERY LARGE SCALE PHOTOVOLTAIC POWER GENERATION (VLS-PV) SYSTEMS ON THE DESERT, 22nd EU-PVSEC, FIERA-Milano, Milan, 6 Sep. 2007
- (16) Y. Hishikawa, Y. Tsuno, K. Kurokawa: Spectral Response Measurements of PV Modules and Multi-Junction Devices, 22nd EU-PVSEC, FIERA-Milano, Milan, 4BV.2.10, 6 Sep. 2007
- (17) K. Lee, K. Yamaguchi, K. Kurokawa: Case study of distribution-unified power flow controller (D-UPFC) in the clustered PV system, The 7th International Conference on Power Electronics, EXCO, Daegu, pp.832-840, 22 Oct. 2007
- (18) K. Yamaguchi, K. Lee, K. Kurokawa: Study on voltage regulation method in the power distribution system, The 7th International Conference on Power Electronics, EXCO, Daegu, pp.488-492, 22 Oct. 2007
- (19) Y. Hamano, M. Ito, K. Kurokawa: PV resources analysis in world six deserts with detecting seasonal differences among satellite images, PVSEC-17, Fukuoka, pp.886-887, 3-7 Dec. 2007
- (20) H. Igarashi, K. Miyamoto, K. Kurokawa: Verification of changing into state of asynchronous induction generator of induction motors, PVSEC-17, Fukuoka, pp.1013-1014, 3-7 Dec. 2007
- (21) K. Megherbi, M. Ito, F. D. Ferretti, K. Komoto, K. Kurokawa: Financing very large scale PV systems in Gobi Desert, PVSEC-17, Fukuoka, pp.911-912, 3-7 Dec. 2007
- (22) N. Kawasaki, K. Kitamura, H. Sugihara, S. Nishikawa, K. Kurokawa: Analysis of fluctuation characteristics of PV system according to the array configuration, PVSEC-17, Fukuoka, pp.655-656, 3-7 Dec. 2007
- (23) R. Andoulsi, A. El kazen, A. Boutouta, A. Ounalli, B. Bessais, K. Kurokawa: A recent status and future prospects of photovoltaics in Tunisia, PVSEC-17, Fukuoka, pp.905-906, 3-7 Dec. 2007
- (24) Y. Watanabe, K. Kurokawa: Research on three-dimensional coordinates acquisition for shadow estimation in photovoltaic system, PVSEC-17, Fukuoka, pp.653-654, 3-7 Dec. 2007
- (25) N. Yamashita, M. Ito, K. Komoto, K. Kurokawa: An environmental potential of pv systems in japan by utilizing the ecological footprint, PVSEC-17, Fukuoka, pp.518-519, 3-7 Dec. 2007
- (26) Y. Tsuno, Y. Hishikawa, K. Kurokawa: Modeling I-V curves of pv modules using linear interpolation /extrapolation, PVSEC-17, Fukuoka, pp.449-450, 3-7 Dec. 2007
- (27) T. Shimada, K. Kurokawa: Online correction for insolation forecasting using weather forecast, PVSEC-17, Fukuoka, pp.639-640, 3-7 Dec. 2007
- (28) K. Komoto, M. Ito, N. Yamashita, K. Kurokawa: Environmental potential of very large scale photovoltaic power generation (VLS-PV) systems on deserts, PVSEC-17, Fukuoka, pp.520-521, 3-7 Dec. 2007
- (29) M. Ito, M. Kudo, K. Kurokawa: A preliminary life-cycle analysis of a mega-solar system in Japan, PVSEC-17, Fukuoka, pp.508-511, 3-7 Dec. 2007
- (30) K. Kurokawa: Future direction of PV system technologies around 2030 and beyond, PVSEC-17, Fukuoka, pp.60-63, 3-7 Dec. 2007
- (31) Y. Ueda, K. Kurokawa, K. Kitamura, M. Yokota, K. Akanuma, H. Sugihara: PERFORMANCE ANALYSIS OF VARIOUS SYSTEM CONFIGURATIONS ON GRID-CONNECTED RESIDENTIAL PV SYSTEMS, PVSEC-17, Fukuoka, pp.383-384, 3-7 Dec. 2007
- (32) R. Andoulsi, B. Khiari, A. Sellami, A.Mami, G.Dauphin-Tanguy: NON LINEAR CONTROL OF A PHOTOVOLTAIC PUMPING SYSTEM, PVSEC-17, Fukuoka, pp.665-667, 3-7 Dec. 2007
- (33) M. Ito, Y. Tsuno, K. Kurokawa: A COST ANALYSIS OF CO2 REDUCTION BY UTILIZING LARGE-SCALE PV SYSTEMS IN JAPAN, PVSEC-17, Fukuoka, pp.898-899, 3-7 Dec. 2007
- (34) Y. Hishikawa, Y. Tsuno, K. Kurokawa: SPECTRAL RESPONSE MEASUREMENTS OF PV MODULES, PVSEC-17, Fukuoka, pp.1003-1004, 3-7 Dec. 2007
- (35) 五十嵐, 田中, 佐藤, 渡邊, 杉原, 宮本, 福岡, 黒川 : 複数台連系時の単独運転試験方法検討について-回転

- 機負荷設置条件の違いによる検討結果-, 平成 19 年電気学会全国大会, Vol. 6, pp. 370-371, 2007.3.15
- (36) 渡邊, 黒川: 写真測量法による影の定量評価システムの提案, 平成 19 年電気学会全国大会, Vol. 3, pp. 152-153, 2007.3.16
- (37) 植田, 黒川, 田邊, 北村, 赤沼, 横田, 杉原: 単相三線式配電線負荷電流不平衡による片相電圧上昇の太陽光発電システム出力抑制への影響, 平成 19 年電気学会全国大会, Vol. 7, pp. 73-74, 2007.3.17
- (38) 五十嵐, 宮本, 黒川, 飯田, 高江洲, 石井, 水野, 前田, 浅井, 長畑: 多数台連系用パワーコンディショナの開発について, 平成 19 年電気学会 B 部門大会, pp. 51-25 – 51-26, 2007.9.12
- (39) 植田, 川崎, 黒川, 田邊, 北村, 中島, 宮本, 杉原: 集中連係型太陽光発電システムにおける出力抑制回避技術の開発(1) -実証試験地区における出力抑制発生状況の調査-, 平成 19 年電気学会 B 部門大会, pp. 52-1 – 52-2, 2007.9.13
- (40) 川崎, 植田, 北村, 杉原, 西川, 黒川: 集中連系型太陽光発電システムの変動特性の評価, 平成 19 年電気学会 B 部門大会, No.426, pp. 53-5 – 53-6, 2007.9.14
- (41) 五十嵐, 佐藤, 末永, 杉原, 宮本, 福岡, 黒川: 太陽光発電システムの能動的単独運転検出信号の干渉による影響について, 平成 19 年電気学会 B 部門大会, pp. 55-1 – 55-2, 2007.9.14
- (42) 宮本, 五十嵐, 黒川: PV 用パワーコンディショナの単独運転検出機能に与える誘導電動機回生エネルギーの影響に関する一考察, 平成 19 年電気学会 B 部門大会, pp. 55-3 – 55-4, 2007.9.14
- (43) 五十嵐, 佐藤, 宮本, 黒川: 誘導機負荷の発電確認と単独運転検出装置への影響について, 平成 19 年電気学会 B 部門大会, pp. 55-5 – 55-11, 2007.9.14
- (44) 高橋, 津野, 黒川: 熱電対による太陽電池モジュールの温度測定方法, 日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会, 札幌コンベンションセンター, pp.67-70, 2007.10.25-26
- (45) 山中, 黒川: 太陽電池日射障害における半影の影響, 日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会, 札幌コンベンションセンター, pp.83-86, 2007.10.25-26
- (46) 津野, 菱川, 黒川: 部分照射による太陽電池モジュールの分光感度測定原理の検討, 日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会, 札幌コンベンションセンター, pp.373-376, 2007.10.25-26
- (47) 植田, 黒川: 太陽光発電システム発電効率向上に向けた損失要因の影響分析, 日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会, 札幌コンベンションセンター, pp.449-452, 2007.10.25-26
- (48) 大谷: 世界のトップを走る太陽光発電, 精密工学会誌 Vol.73, No.1, p48-51, Jan, 2007
- (49) 黒川: 再生可能エネルギー2006 国際会議開催報告書, 2007.2.
- (50) 黒川: 寄稿: 太陽光発電の節目, 太陽光発電協会機関誌「太陽光発電」, p.35-42, 2007.3
- (51) 黒川: 太陽光発電システムの地球規模導入を目指して, JEMA 新エネルギー講演会, 6. Mar. 2007
- (52) K. Kurokawa: A new knowledge how to make the very large scale PVs happen on the desert!, IEA PVPS Task 2 Expert Meeting, Tokyo, 14 March 2007.
- (53) K. Kurokawa: Solar Photovoltaic Systems - Present Status & Future Directions, Seminar for Tunisian visitor Dr. Manef Abderrabba, 16 Mar. 2007.
- (54) 黒川: 高効率太陽光発電技術の開発の現状と課題, 54 応物 2007 春連合講演会, エネ・環境研究会「これからのエネ技術を考える」29p-ZK-5, p.0-127, 2007.3.29
- (55) K. Kurokawa: Conceptual Considerations on the Aggregated Network consisting of Massive Roof-top PVs and Domestic Loads in Urban Residential Area, Nagoya 2007 Symposium on Microgrids, Mielparque-Nagoya Hotel, 6 April 2007
- (56) K. Kurokawa: International Symposium on Energy from the Desert, Task8 Symposium_PV-Med_EPIA, 21-22 April 2007
- (57) 黒川: 太陽光発電技術のこれからの方向性, GS ユアサ技報法, 4 巻 1 号, p.1-8, 2007.6
- (58) 黒川: 太陽光発電の恵みー人類生存のためのアプローチ, 東京電機大学大学院理工学研究科セミナー, 2007.6.1
- (59) 黒川: 太陽光発電の新しい面展開: 概念的考察, 学振 175 委員会第 4 回【次世代の太陽光発電システムシンポジウム】東北大学さくらホール, 2007.6.28-29
- (60) 黒川: 自律度向上型太陽光発電システムおよびパワールータに関する考察ー 未来型太陽光発電における蓄電機能の役割ー, 第 11 回電力貯蔵技術研究会, 2007.10.3
- (61) 黒川: 世界の太陽電池開発動向ならびに PV リサイクルの動向とグリーン電力証書の課題, JPEA セミナー, 太陽光発電の最新開発動向とリユースリサイクル・グリーン電力セミナー, 2007.10.12
- (62) 黒川: 日本の最北端で考える太陽光発電のこれから, 稚内新エネルギーセミナー, 2007.11.6
- (63) K. Kurokawa: Solar Photovoltaic Energy A Solution for our Sustainability, International Symposium on Global Sustainability- Social Systems and Technological Strategies -, November 26 & 27, 2007
- (64) K. Kurokawa, K. Komoto, Peter van der Vleuten, David Faiman (editors): Energy from the Desert - Practical proposals for Very Large Scale Photovoltaic Systems, Earthscan, 201 pages, Jan. 2007

<2008 年>

原著論文

- (1) M. Ito, K. Kato, K. Komoto, T. Kichimi, K. Kurokawa: A Comparative Study on Cost and Life-Cycle Analysis for 100 MW Very Large-Scale PV (VLS-PV) Systems in Deserts Using m-Si, a-Si, CdTe and CIS modules, Progress in Photovoltaics, Vol.16, Issue 1, pp 17-30, Jan. 2008
- (2) J Tsutsui, K Kurokawa: INVESTIGATION TO ESTIMATE THE SHORT CIRCUIT CURRENT BY APPLYING THE SOLAR SPECTRUM, Progress in Photovoltaics, 2008
- (3) Yuzuru Ueda, Kosuke Kurokawa, Takayuki Tanabe, Kiyoyuki Kitamura, Hiroyuki Sugihara: Analysis Results of Output

Power Loss due to the Grid Voltage Rise in Grid-Connected Photovoltaic Power Generation Systems, IEEE Trans. on Industrial Electronics, Volume 55, Issue 7, pp2744-2751, Jul. 2008

- (4) 津野裕紀, 上迫浩一, 黒川浩助: I-V 特性の直線補間/補外法を用いた太陽電池モジュールの発電電力量損失定量化手法, 太陽エネルギー, pp81-86, 2008
- (5) 嶋田尊衛, 黒川 浩助: 階段状電流を用いた鉛蓄電池シミュレーションモデリング手法, 電気学会論文誌B (電力・エネルギー部門誌), Vol. 128, No.8, pp.1027-1034, 2008
- (6) 五十嵐広宣, 佐藤孝則, 宮本和典, 黒川浩助: 誘導電動機の発電確認と単独運転検出装置への影響について, 電気学会論文誌B (電力・エネルギー部門誌), Vol. 128, No.7, pp.967-975, 2008
- (7) Y. Tsuno, Y. Hishikawa and K. Kurokawa: MODELING I-V CURVES OF PV MODULES USING LINEAR INTERPOLATION /EXTRAPOLATION, Solar Energy Materials and Solar Cells, online

国際学会

- (8) Yuki Tsuno, Koichi Kaimisako and Kosuke Kurokawa: New Generation of PV Module Rating by LED Solar Simulator, IEEE PVSC 33rd, San Diego, 11-18 May 2008
- (9) Takae Shimada, Yuzuru Ueda and Kosuke Kurokawa: LOOK-AHEAD EQUALIZING CHARGE PLANNING FOR GRID-CONNECTED PHOTOVOLTAIC SYSTEMS WITH BATTERY STORAGES, IEEE PVSC 33rd, San Diego, 11-18 May 2008
- (10) Naoko Yamashita, Masakazu Ito, Keiichi Komoto, Yuzuru Ueda, Ken Nagasaka, Kosuke Kurokawa: An Environmental Potential of PV systems and Greening by Utilizing the Ecological Footprint, World Renewable Energy Congress X, 19-25 Jul. 2008
- (11) Masakazu Ito, Takuya Oda, Kosuke Kurokawa: A questionnaire survey about an interest and a price for a residential PV system, World Renewable Energy Congress X, 19-25 Jul. 2008
- (12) Yuzuru Ueda, Tsurugi Sakurai, Shinya Tatebe, Akihiro Itoh, Kosuke Kurokawa: PERFORMANCE ANALYSIS OF PV SYSTEMS ON THE WATER, EUPVSEC23, Valencia, 1-5 Sep. 2008
- (13) Yuki Tsuno, Yoshihiro Hishikawa, Kosuke Kurokawa: A METHOD FOR SPECTRAL RESPONSE MEASUREMENTS OF VARIOUS PV MODULES, EUPVSEC23, Valencia, 1-5 Sep. 2008
- (14) Toshiaki Tohoda, Ken Nagasaka, Kosuke Kurokawa: PV-PCS SIMULATOR FOR SIMULATING PLURAL PV SYSTEM WITH SMALL SCALE, Renewable Energy 2008, Busan, 13-17 Oct. 2008
- (15) Mami Suzuki, Masakazu Ito, Ken Nagasaka, Kosuke Kurokawa: AN IMPROVED ANALYSIS ON RESIDENTIAL PV RESOURCES BY AERIAL PHOTOGRAPHS, Renewable Energy 2008, Busan, 13-17 Oct. 2008
- (16) Kenichiro Yamaguchi, Ken Nagasaka, Kosuke Kurokawa: DEVELOPMENT OF VOLTAGE CONTROLLER FOR THE DISTRIBUTION SYSTEM CONNECTED WITH CLUSTERED PHOTOVOLTAIC SYSTEMS, Renewable Energy 2008, Busan, 13-17 Oct. 2008
- (17) Yuzuru Ueda: Analysis Result of Voltage Rise and Network Behavior Simulations with Large Scale DER Deployment, 3rd International Conference on Integration of Renewable and Distributed Energy, Dec. 2008

国内学会

- (18) 植田謙, 黒川浩助, 田邊隆之, 北村清之, 中島栄一, 宮本裕介, 杉原裕征: 配電系統に集中連系された太陽光発電システムにおける電圧上昇の解析, 平成 20 年電気学会全国大会講演論文集, Vol. 7, pp.48-49, 2008.3
- (19) 山下直子, 伊藤雅一, 河本桂一, 植田謙, 長坂研, 黒川浩助: NPP を用いた日本とゴビ砂漠における太陽光発電システムのエコロジカルフットプリント, エネルギー資源学会, 2008.6.5-6
- (20) 川崎憲広, 伊藤雅一, 有田佳那子, 黒川浩助: 小型ソーラーカーの開発, 平成 20 年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会, pp 165-168, 2008.11.6
- (21) 川崎憲広, 北村清之, 杉原裕征, 西川省吾, 黒川浩助: 太陽光発電システム変動特性評価手法の開発 ～有効性および精度検証～, 平成 20 年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会, pp 293-296, 2008.11.7
- (22) 植田謙, 津野裕紀, 工藤満, 小西博雄, 黒川浩助: 北杜メガソーラプロジェクトにおける各種太陽電池モジュール評価, 平成 20 年度 日本太陽エネルギー学会/日本風力エネルギー協会合同研究発表会, 公演論文集, pp. 69-70, 2008.11

招待講演・その他解説・展望

- (23) 黒川浩助: 太陽光発電に関する最近の状況と展望, 電気学会B部門誌解説, 2008年7月号
- (24) 黒川浩助: 太陽光発電 - 希望と責務 -, JPEA 25th 太陽光発電システムシンポジウム
- (25) 黒川浩助: 太陽光発電をめぐる急展開, 第2回AES総会 特別講演
- (26) 黒川浩助: 再生可能エネルギー世界フェア2008主催者挨拶, 再生可能エネルギー世界フェア2008

<2009年>

原著論文

- (1) 津野裕紀, 菱川善博, 上迫浩一, 黒川浩助: 部分照射による各種太陽電池モジュールの分光感度測定方法, 太陽エネルギー, pp73-81, 2009
- (2) 川崎憲広, 北村清之, 杉原裕征, 西川省吾, 長坂研, 黒川浩助: 集中連系型太陽光発電システムにおける変動特性評価法に関する研究, 太陽エネルギー, Vol.35 No.1, pp 83-92, 2009

- (3) 嶋田尊衛, 川崎憲広, 植田譲, 杉原裕征, 黒川浩助: 集中連系型太陽光発電システムにおける翌日連系点電力の計画・制御を可能とする蓄電池容量の検討, 電気学会論文誌B, 129 巻 5 号, p.p.696-704, 2009 年 5 月
- (4) Akira Nishimura, Y. Hayashi, K. Tanaka, M. Hirota, S. Kato, M. Ito, K. Araki, E.J. Hu, Life cycle assessment and evaluation of energy payback time on high-concentration photovoltaic power generation system, Applied Energy, 5 Sep 2009 (online)
- (5) 小田 拓也, 宮崎 隆彦, 伊藤 雅一, 柏木 孝夫, 再生可能エネルギーと需要の双方の変動を考慮した電力貯蔵容量の基礎的解析, 電気学会論文誌 B, 129 巻 5 号, pp 682-688, 2009 年
- (6) Masakazu Ito, Kosuke Kurokawa, Solar Resource Potentials of Very Large Scale PV Systems in Sahara desert, Journal of Arid Land Studies (日本沙漠学会誌「沙漠研究」), Vol19, No.1, pp 105-108, Jun-09
- (7) Yuzuru Ueda, Kosuke Kurokawa, Kiyoyuki Kitamura, Masaharu Yokota, Katsumi Akanuma, Hiroyuki Sugihara: Performance analysis of various system configurations on grid-connected residential PV systems, Solar Energy Materials and Solar Cells, 93, 6-7, p.p.945-949, 2009.6
- (8) 筒井淳, 上迫浩一, 黒川浩助: 太陽電池モジュールの屋外出力推定法及びそれを用いた耐久性評価, 太陽エネルギー, Vol.35, No.6, pp.59-64, 2009

国際学会

- (9) Kosuke Kurokawa: The particularity of the power network incorporating with the aggregation of distributed PV systems, REGIS Workshop, Hawaii, USA 2009.1-12-15
- (10) Kosuke Kurokawa: Study on Very Large Scale Photovoltaic Power Generation System, IEA PVPS Workshop, PVSEC-18, Kolkata, India, 2009.1.19-23
- (11) Kosuke Kurokawa: Solar Photovoltaic Technology - its Prosperity as Global Major Energy throughout 21st Century PVSEC-18, Kolkata, 2009.1.19-23
- (12) Masakazu Ito, Takuya Oda, Yasuhiro Nakai, Kosuke Kurokawa, Preliminary Analysis on Potentials of CO2 reduction for Electric Vehicle with Renewable Energy, WREC 2009 Asia, Bangkok, 18-23 May 2009
- (13) Kosuke Kurokawa, Norihiro Kawasaki, Masakazu Ito: Particularity of PV Aggregations incorporating with the Power Grids - Development of a Power Router, 34th PVSC, Philadelphia, USA, 2009.06.08
- (14) Kosuke Kurokawa: Accelerated and Expanded Japanese PV Technology Roadmap "PV2030+", 34th PVSC, Philadelphia, USA, 2009.6.7-12
- (15) Masakazu Ito, Keiichi Komoto, Kosuke Kurokawa, A Comparative LCA Study on Potential of Very-Large Scale PV Systems in Gobi Desert, 34th IEEE PVSC, Philadelphia, 7-12 June 2009
- (16) Y. Ueda: EVALUATION OF VARIOUS PV TECHNOLOGIES IN HOKUTO MEGA-SOLAR PROJECT, 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference, 2009.9
- (17) Masakazu Ito, Mitsuru Kudo, Masashi Nagura, Kosuke Kurokawa: A Life-Cycle Analysis of A Mega-Solar System in Japan, 24th EU-PVSEC, Hamburg, 5BV.2.51, 21-25 Sep 2009
- (18) K. Komoto, K. Kurokawa, M. Ito, D. Faiman, P. van der Vleuten: FUTURE PV DIRECTIONS: VLS-PV ROADMAP TOWARD 2100, 24th EU-PVSEC, Hamburg, 6DV.2.27, 21-25 Sep 2009
- (19) Kosuke Kurokawa, Keiichi Komoto, Masakazu Ito, David Faiman, Peter van der Vleuten, Realistic: Sustainable Energy Solutions from the Desert for World Energy throughout the Century, 24th EU-PVSEC, Hamburg, 6DV.2.28, 21-25 Sep 2009
- (20) Masakazu Ito, Kosuke Kurokawa: Solar Energy Potentials in Gobi Desert by Remote Sensing Approach, ISES 2009, Johannesburg, 11-14 Oct 2009
- (21) Y. Ueda: Evaluation of Different PV Modules and Systems in HOKUTO Mega-Solar Project, PVSEC-19, 2009.11

国内学会

- (22) 植田 譲, 岩船 由美子, 荻本 和彦: PV 導入への配電電圧昇圧の効果の予備的検討, 平成 21 年電気学会全国大会, 7-168, 2009.3
- (23) 植田 譲, 黒川 浩助, 田邊 隆之, 北村 清之, 宮本 裕介, 杉原 裕征: 蓄電池の太陽光発電出力抑制対策への応用, 平成 21 年電気学会全国大会, 6-S7-3, 2009.3
- (24) 一色 拓人, 小田 拓也, 伊藤 雅一, 柏木 孝夫, エネルギーの地域融通を考慮した最適エネルギーシステム～大学キャンパスの実データを基にした解析事例～, 電気学会全国大会, 北海道, pp 134-135, 17-19 Mar 2009
- (25) 植田 譲, 岩船 由美子, 荻本 和彦: 水面設置型太陽光発電システムの発電特性と水冷効果, 平成 21 年電気学会 電力・エネルギー部門大会, 2009.8
- (26) 工藤 満, 高木 晋也, 小西 博雄, 田中 良, 植田 譲, 伊藤 雅一, 津野 裕紀, 黒川 浩助: 各種太陽光発電システムの評価, 電気学会全国大会, 北海道, pp 23-26, 17-19 Mar 2009
- (27) 小宮山陽平, 長坂研: 太陽光発電量推定のための ANN を用いた日射予測, 第 28 回エネルギー・資源学会研究発表会, 10-2, 2009.6.10
- (28) 伊藤 雅一, 川崎 憲広, 前田 征児, 石井 隆文, 山口 雅英, 横山 昌央, 高野 知宏, 大森 一憲, 木村 誠, 黒川 浩助: 自律度向上型太陽光発電システム研究における情報線を必要としないスマートグリッド実証試験, 平成 21 年度 日本太陽エネルギー学会/日本風力エネルギー協会合同研究発表会, pp 321-324, 2009.11.5-6
- (29) 植田 譲, 伊藤 雅一, 黒川 浩助, 工藤 満, 小西 博雄: アモルファス太陽電池アレイの計測データを用いた故障検出と故障箇所特定手法, 日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会, pp 77-80, 2009.11.5-6
- (30) 石崎雄介, 長坂研: 多数の LED を光源としたソーラシミュレータの開発, 平成 21 年度日本太陽エネルギー学会/日本風力エネルギー協会合同研究発表会, p387～p388, 2009.11.6
- (31) 川崎 憲広, 西岡 宏二郎, 島陰 豊成, 山根 宏, 角田 二郎, 黒川 浩助, “空間補間法を用いた日射強度推定法の検討”, 平成 21 年度 日本太陽エネルギー学会/日本風力エネルギー協会合同研究発表会, 講演論文集, pp.

- 73-76, 長崎, 2009年11月
- (32) 津野, 菱川, 工藤, 小西, 植田, 黒川: 各種太陽電池モジュールの屋外における利得・損失量の定量解析, 太陽/風力エネルギー講演論文集 301-304, 2009.11

著書・解説など

- (33) 黒川浩助: 2.6.3 注目すべき最近の動向, 光産業振興協会 H20 産業動向調査報告書, 2009.2.
- (34) 黒川浩助: 太陽光発電普及の動向・大きな変化をめざして, 太陽光発電協会機関誌「太陽光発電」
- (35) 黒川浩助: 太陽光発電の意義とその将来像 (上) (下), 会誌「科学機器」<科学の峰々>, 2009.2.6
- (36) Masakazu Ito, Kosuke Kurokawa, RE-EV: Renewable Energy for Electric Vehicles Project, New Breeze, pp 20-21, Spring 2009
- (37) 黒川浩助: 明るい太陽光発電の未来を目指して, ENEOS, Technical Review Vol.51 No.2, p.09-13, 2009.05
- (38) 横山 晋也, 山口 雅英, 伊藤 雅一, 黒川 浩助, 中井 康博, 野口 浩行, 再生可能エネルギーを利用した電気自動車向けインフラシステム, GS Yuasa Technical Report, 第6巻第1号, pp32-36, 2009年6月
- (39) 黒川浩助, 中井康博: 再生可能エネルギーを利用した電気自動車向けインフラシステムの研究 (RE-EV プロジェクト), 原子力 eye Vol.55, No.8, 2009.8
- (40) 黒川浩助, 前田征児: 太陽光発電大量導入時代を見据えた自律度向上太陽光発電システムの実証研究ーコミュニティにおける電力融通効果の検証ー, 原子力 eye Vol.55, No.8, 2009.8
- (41) Keiichi Komoto, Masakazu Ito, Peter van der Vleuten, David Faiman and Kosuke Kurokawa, Energy from the Desert -Very Large Scale Photovoltaic Systems: Socio-economic, Financial, Technical and Environmental Aspects-, earthscan, September 2009

招待講演

- (42) 黒川浩助: エネルギーネットワークと太陽光発電システム, 第3回日本エレクトロニクスフォーラム, 2009.2.26
- (43) 黒川浩助: 21世紀を担う太陽光発電エネルギー, ドイツ NRW 州再生可能エネルギーセミナー, 東京バイ有明ワシントンホテル, 2009.2.27
- (44) 黒川浩助: PV2030plus and Its Background International Sinpojium on Innovative Solar Cells 2009, 2009.3.2
- (45) 黒川浩助: 太陽光発電は地球を救えるか, 国際セラミックス総合展セミナー「地球環境・新エネルギー」, 東京ビッグサイト, 2009.4.10
- (46) 伊藤 雅一, 再生可能エネルギーを利用した電気自動車向け充電システムの研究, 日本水素エネルギー産業会議, 13 May 2009
- (47) 黒川浩助: 太陽光発電の真の価値, 太陽光発電拡大のために (パネルディスカッション基調講演), 東工大百年記念館, 2009.6.18
- (48) Kosuke Kurokawa: Progress of AE-PVC and RE-EV, Meeting on PVGIS, 2009.6.23
- (49) 黒川浩助: 大規模太陽光発電とサンベルト構想のインテグレーション, JCRE フォーラム: 太陽エネルギー, 熱と光の最先端技術セミナー, 幕張メッセ, 2009.6.25
- (50) 黒川浩助: IEA-PVPS プログラム “Energy from the Desert”, 日本学術会議シンポ「サハラソーラーブリーダー計画」, 日本学術会議講堂, 2009.6.30
- (51) 黒川浩助: 明るい太陽光発電の未来を目指して, 第6回学振175委員会「太陽光発電システム」, 朱鷺メッセ, 新潟, 2009.7.2-3
- (52) 黒川浩助: 太陽光発電の現状と将来, 地球環境研究会, 航空会館会議室, 2009.7.6
- (53) 黒川浩助: 永遠のエネルギー太陽光発電を目指して, 平成21年度第1回(第7回)水素エネルギー利用開発研究会講演会, 広島大学, 2009.7.09
- (54) 黒川浩助: 21世紀を担う太陽光発電エネルギー, 日独ソーラー技術セミナー, ホテルニューオータニ, 東京, 2009.7.22
- (55) 黒川浩助: 太陽光発電は地球を救えるか, 建築研究開発コンソーシアム, 晴海トリトンスクエア, 東京, 2009.7.23
- (56) Kosuke Kurokawa: Intrinsic Value of PV System and its Long-Term Vision PIDA, 太陽光発電の本質的な価値及び超長期的展望セミナー, 台北, 台湾, 2009.08.21
- (57) Kosuke Kurokawa: Solar Photovoltaic Systems, ISC 55 Student Seminar, 国立オリンピック記念青少年総合センター, 2009.9.1
- (58) 伊藤 雅一, 再生可能エネルギーを利用したEV用インフラシステムの開発, 電気自動車&充電システム徹底解説, 電子ジャーナル, 20 Oct 2009
- (59) Kosuke Kurokawa: Eternity - The Nature of Renewable Energy, 再生可能エネルギー長城フォーラム, 上海, 中国, 2009.10.23
- (60) 黒川浩助: 太陽光発電の真の価値, 第8回英弘シンポジウム, 如水会館, 2009.10.27
- (61) 黒川浩助: 21世紀基幹エネルギーを目指す太陽光発電, 石油精製講演会, 代々木青少年センター, 2009.10.30
- (62) 黒川浩助: 太陽光発電の真の価値, 第23回サイテックサロン, 駒場ファカルティハウス, 2009.10.31
- (63) 黒川浩助: 21世紀世界基幹エネルギーを目指す太陽光発電, 新エネルギー勉強会, 太陽電池編, 株式会社テクノバ本社, 2009.11.02
- (64) 黒川浩助: 低炭素社会実現に向けての太陽光発電の考え方, 第26回太陽光発電システムシンポジウム, 2009.11.19
- (65) 黒川浩助: 太陽光発電システム - 21世紀の選択, 電気通信大学研究開発セミナー, 2009.12.03
- (66) 黒川浩助: 太陽エネルギーの新たな展望について, 太陽エネルギー利用者集会 in 東京, 明治大学アカデミーコ

モン, 2009.12.13

- (67) 黒川浩助:太陽光発電システム - 21 世紀の選択,「新エネ百選」記念セミナー in 川越,川越東武ホテル, 2009.12.24

<2010 年>

原著論文

- (1) 五十嵐 広宣, 川崎 憲広, 涌井 伸二, 黒川 浩助:太陽光発電システムの単独運転特性解析用回生負荷モデルの開発, 太陽エネルギー, Vol.36, No.1, pp.41-50, 2010
- (2) Masakazu Ito, Keiichi Komoto, Kosuke Kurokawa: Life Cycle Analysis of Very-Large Scale PV Systems using Six Types of PV Modules, Current Applied Physics, Volume 10, Issue 2, Supplement 1, March 2010, Pages S271-S273
- (3) Masakazu Ito, Mitsuru Kudo, Masashi Nagura, Kosuke Kurokawa: A COMPARATIVE STUDY ON LIFE-CYCLE ANALYSIS OF 20 DIFFERENT PV MODULES INSTALLED AT A HOKUTO MEGA-SOLAR PLANT Progress in Photovoltaics: Research and Application, Wiley, Article first published online: 5 JAN 2011
- (4) 小田 拓也, 宮崎 隆彦, 植田 譲, 伊藤 雅一, 川崎 憲広, 柏木 孝夫: 既築建物等に対する空調用電力消費量の推定手法 - 大学建物における検証 -, 日本冷凍空調学会論文集, Trans. Of the JSRAE, Vol.27, No.2(2010) pp.95-102
- (5) 伊藤 雅一, 川崎 憲広, 小田 拓也, 黒川 浩助, 横山 晋也, 山口 雅英, 中井 康博, 原 岳広, 野口 浩行: 再生可能エネルギーを利用した電気自動車向けインフラシステム, 日本パワーエレクトロニクス学会, JIPE-36-17, Vol.36, 2011.3

国際学会

- (6) Y. Tsuno, Y. Ueda, Y. Hishikawa, M. Kudo, H. Konish, K. Kurokawa: Evaluation of Different PV Modules in HOKUTO Mega-Solar Project, 25th EUPVSEC, Feria Valencia Convention & Exhibition Centre, Valencia, Spain, 4BO.10.5, 2010.9.6-10
- (7) M. Ito, M. Kudo, M. Nagura, K. Kurokawa: A Comparative Study on Life-Cycle Analysis of 20 Different PV Modules Installed at a Hokuto Mega-Solar Plant, 25th EUPVSEC, Feria Valencia Convention & Exhibition Centre, Valencia, Spain, 4DO.10.2, 2010.9.6-10
- (8) Y. Ueda, Y. Tsuno, M. Kudo, H. Konishi, K.Kurokawa: Comparison between the I-V Measurement and the System Performance in Various Kinds of PV Technologies, 25th EUPVSEC, Feria Valencia Convention & Exhibition Centre, Valencia, Spain, 4EP.1.5, 2010.9.6-10
- (9) K. Kurokawa: Technological prospects of potovoltaic vs CSP, RENEWABLE ENERGY 2010, Yokohama, OP-8-2, 2010.6.27-7.2
- (10) H. Koinuma, H. Fujioka, Y. Yoshii, M. Sumiya, Y. Furuya, K. Kurokawa, S. Yamaguchi: Concept and key-technologies of desert solar breeder plan directed towards global energy system innovation, RENEWABLE ENERGY 2010, Yokohama, O-Pv-10-2, 2010.6.27-7.2

国内学会

- (11) 小宮山陽平, 長坂研: 日射予測のためのファジィ推論を用いた天候情報の数値化, 第 26 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, 22-4, 2010.1.27
- (12) 石崎雄介, 長坂研: 6 種類の LED を搭載した新型ソーラシミュレータの開発, 第 26 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, 22-5, 2010.1.27
- (13) 川崎憲広, 西岡宏二郎, 島陰豊成, 山根 宏, 角田二郎, 黒川浩助: 空間補間法を用いた日射変動平滑化効果の評価, 平成 22 年電気学会 電力・エネルギー部門大会, No.135, pp.07-33~07-34, 2010.9.1-3
- (14) 川崎憲広, 宇佐美章: 太陽光発電システムのリアルタイム発電出力の把握に向けた有効日射強度の推定, 平成 22 年度 日本太陽エネルギー学会/日本風力エネルギー協会合同研究発表会, 講演論文集, No.123, pp. 497-500, 郡山, 2010.11.4-5

著書・解説

- (15) 黒川浩助, 川崎憲広, 伊藤雅一, 植田譲, 前田征児, 山口雅英: 分散型太陽光発電地域運転特性および統合制御運用, 太陽エネルギー, Vol.36, No.1, pp.35-40, 2010.1
- (16) 黒川浩助: 太陽光発電普及 - 大きな変化を期待して -, 太陽光発電協会誌「太陽光発電」, p.16-21, 2010.02
- (17) 黒川浩助: 「時報 PV+」深層を聞く 太陽光発電, 2030 年 1 億 kW を目標に, 時報 PV+, 創刊準備 1 号, 2010.6.15
- (18) 黒川浩助: 「時報 PV+」に期待する 厳しい指摘と問題提起を!, 時報 PV+, 創刊号, 2010.10.1
- (19) 黒川浩助: 太陽光発電 -30 余年を経てさらに, 太陽エネルギー 200 号, Vol.36 No.6, 2010.12.06
- (20) 黒川浩助: 家庭エネルギー 100% の時代へ - 20 年までに効率 20% を目指す -, 燦, 12 月号, 2010.12.10

報道・表彰

- (21) 黒川浩助: 功労賞, 日本太陽エネルギー学会, 2010.5.21
- (22) 黒川浩助: 創立 30 周年記念功労者 感謝状, 財団法人 光産業技術振興協会, 2010.12.7
- (23) 東工大: サハラの砂から太陽電池材料, 日本経済新聞 (夕刊), 2010.12.16
- (24) 黒川浩助: 国際太陽エネルギー学会 理事 感謝状, 国際太陽エネルギー学会, 2010.12.31

招待講演

- (25) 黒川浩助: ~世界基幹エネルギーへ向けて~太陽光発電システム - 21 世紀の選択, 再生可能エネルギー由来

- 水素エネルギーシステム研究会 第1回研究会, 2010.01.13
- (26) Masakazu Ito: Case study on the Gobi desert , including Environmental aspects of VLS-PV, IEA PVPS Task8 International Symposium at Renewable Energy 2010 International 'ENERGY FROM THE DESERT' - Potential of Very Large Scale PV Systems (VLS-PV) -, 27 Jun 2010
- (27) Kosuke Kurokawa: Photovoltaics - Solution for 21st Century, World PV Future, 2010.02.02
- (28) 黒川浩助: 太陽光発電の革新的技術開発に向けた取組み, 地球温暖化対策シンポジウムシリーズ第4弾 世界一の太陽光発電立国を目指して, 大阪国際会議場, 2010.02.04
- (29) 黒川浩助: 地球生態系と太陽光発電の新世紀, フォーラム「緑のアジア大陸の再生を目指して」, JICA 横浜国際センターかもめ, 2010.02.13
- (30) 黒川浩助: Report from IEA PVPS Task8:Study on Very Large Scale PV Power Generation Systems, SSB Int'l Mini-Workshop, 物質・材料研究機構, 次世代太陽電池センター, 2010.03.25
- (31) 黒川浩助: 自立度向上型太陽光発電および RE-EV プロジェクト(研究成果), AES 総会, Tokyo Tech., 2010.04.
- (32) 黒川浩助: 分散型太陽光発電地域運転特性および統合制御運用日本太陽エネルギー学会, 太陽光発電部門 第2回講演会「太陽光発電システム系統連系, 2010.04.16
- (33) Kosuke Kurokawa: Photovoltaics - Solution for 21st Century, Tokyo Tech PV (Trony), 2010.05.16
- (34) 黒川浩助: 太陽光発電あれこれ, シーズとニーズの会, 東京電力 電気の資料館, 2010.05.18
- (35) 黒川浩助: 太陽エネルギーの真の価値, 国会議員のための院内集会「太陽光発電・再生可能エネルギー世界の状況から見る日本の実情」, 衆議院第2議員会館第4会議室, 2010.06.02
- (36) 黒川浩助: 太陽光発電の真の価値, 日本科学技術ジャーナリスト会議6月例会, 日本プレスセンター10F ホールB, 2010.06.15
- (37) 黒川浩助: True Value of Photovoltaics 再生可能エネルギーが開くアジアの未来, METI-NEDO Joint Forum, RE2010, Yokohama, 2010.06.29
- (38) 黒川浩助: 太陽光発電の真の価値, NTT ファシリティーズ「太陽光発電セミナー」, ウェスティンホテル大阪, 2010.07.14
- (39) 黒川浩助: NEDO 設立から30年, そして(太陽光発電システム), 新エネルギー技術開発成果報告会, 東京国際フォーラム, 2010.07.27
- (40) Kosuke Kurokawa: The Value of Solar Photovoltaics throughout 21st Century and Beyond, JST-JAICA-Tunisia Workshop on PV Technology, Tunis, 2010.8.6
- (41) 黒川浩助: 低炭素社会実現に向けての太陽光発電の考え方, 「分析展 2010」・「科学機器展 2010」合同展示会, 特別セミナー, 幕張メッセ, 2010.09.02
- (42) 黒川浩助: 太陽光発電最新動向 自然エネルギー学校 in 京都, 京エコロジーセンター, 2010.09.25
- (43) 黒川浩助: 太陽光発電分野の最新動向, 光産業動向セミナー, インターオプト 2010, パシフィコ横浜, 2010.09.30
- (44) 黒川浩助: 太陽光発電の恵み, 新エネルギーセミナー in 秋田, 明德館ビルカレッジプラザ, 2010.10.08
- (45) 黒川浩助: The Value of Solar Energy Technologies, 第25回石油学会, 青少年総合センター, 2010.10.26
- (46) 黒川浩助: 低炭素社会実現に向けての太陽光発電の考え方, 第27回太陽光発電システムシンポジウム, KFC ホール, 墨田区, 2010.11.18
- (47) 黒川浩助: 太陽光発電 30年の大きな歩み, 第30回光産業技術シンポジウム, リーガロイヤルホテル東京, 2010.12.7
- (48) 黒川浩助: 太陽光発電-21世紀の選択, 国際粉体工業展東京2010最新情報フォーラム<<クリーンエネルギー>>, 東京ビッグサイト東ホール, 2010.12.02
- (49) Kosuke Kurokawa: Comparative Review of Technologies for "Energy from the Desert", Sahara Solar Breeder Foundation, Workshop, Hotel Barcelo Chartage Tharasso, Tunis, 2010.12.10
- (50) Kosuke Kurokawa: Study on Very Large Scale Photovoltaic Power Generation System, Japan-Arab economy forum WS, Tunis, 2010.12.13

<2011年>

原著論文

- (1) 伊藤 雅一, 川崎 憲広, 小田 拓也, 黒川 浩助, 横山 晋也, 山口 雅英, 中井 康博, 原 岳広, 野口 浩行: 再生可能エネルギーを利用した電気自動車向けインフラシステム, 日本パワーエレクトロニクス学会, JIPE-36-17, Vol.36, 2011.5
- (2) Masakazu Ito, Mitsuru Kudo, Masashi Nagura, Kosuke Kurokawa: A Comparative Study on Life-Cycle Analysis of 20 Different PV Modules Installed at a Hokuto Mega-Solar Plant, Progress in Photovoltaics: Research and Application, Volume 19, issue 7, pp 878-886, 2011.11
- (3) 小田 拓也, 伊藤 雅一, 川崎 憲広, 宮崎 隆彦, 柏木 孝夫: 交通センサス観測結果等を用いた乗用車のEV充電負荷曲線と充電ポテンシャルの推定, Potential Estimation of Hourly Blank Storage Space and Charge Loads of Evs using Road Traffic Census and Vehicles Status, 電気学会論文誌B, Vol.131 No.12, pp 920-926, 2011.12

国際学会

- (4) Yuzuru Ueda, Kosuke Kurokawa, Mitsuru Kudo, Hiroo Konishi: Comparison between Outdoor Performances and Manufacturers' Flash Test Results of Crystalline Si PV Modules, Photovoltaic Module Reliability Workshop 2011, Golden Colorado, USA, 2011.02.16-17

- (5) M. Ito, T. Nishimura, A. Amarbayar, K. Kurokawa: Conceptual Study on Desert Region Community Development, 1st Asia-Arab Sustainable Energy Forum, Nagoya, 23-26 August 2011
- (6) Y. Ueda, K. Kurokawa, Y. Tsuno, M. Kudo & H. Konishi: Performance Degradation Analyses of Different Kinds of PV Technologies in Hokuto Mega Solar Project, 26th European Photovoltaic Solar Energy Conference Proceedings, pp.3075-3079 (September 2011), Hamburg Germany
- (7) Kosuke Kurokawa: Quake, Tsunami and PV systems, PVSEC21, ヒルトン福岡シーホーク, 2011.11.28
- (8) Masakazu Ito, Norihiro Kawasaki, Takuya Oda, Takanori Isobe, Masahide Yamaguchi, Shinya Yokoyama, Yasuhiro Nakai, Takehiro Hara, Hiroyuki Noguchi, Kosuke Kurokawa: DEVELOPMENT OF THE ELECTRIC VEHICLE'S INFRASTRUCTURE SYSTEM FOR RENEWABLE ENERGY MAXIMIZATION AND LIFE CYCLE ASSESSMENT, PVSEC-21, Fukuoka, 2011.11.28-12.2
- (9) Norihiro Kawasaki, Akira Usami, Kojiro Nishioka, Toyonari Shimakage, Jiro Sumita, Hiroshi Yamane, Kosuke Kurokawa: A SPATIAL INTERPOLATION METHOD OF THE SOLAR IRRADIANCE FOR PREDICTION OF AREAL DISTRIBUTION OF THE IRRADIANCE, PVSEC-21, Fukuoka, 2011.11.28-12.2

国内学会

- (10) 川崎憲広, 西岡宏二郎, 島陰豊成, 山根 宏, 角田二郎: 北杜市における日射変動平滑化効果の評価と空間補間法を用いた日射強度推定手法の検討, メタボリズム社会・環境システム研究会~テーマ「再生可能エネルギーの出力変動特性の評価と予測」~, MES-11-5, pp. 25-30, 東京大学, 2011.1.27
- (11) 川崎, 宇佐美, 西岡, 島陰, 山根, 角田, 黒川: 太陽光発電大量連系に向けた太陽光発電出力把握技術の開発—日射の面的分布の推定に適した空間補間法の検討—, 平成 23 年電気学会 B 部門大会, 福井大学, 2011.8.30-9.1
- (12) 伊藤 雅一, 工藤 満, 名倉 将司, 黒川 浩助: 北杜メガソーラのライフサイクル評価, 日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会, A3-16, 稚内, 2011 年 9 月
- (13) 伊藤 雅一: 自律度向上型太陽光発電システムとスマートグリッド, 電気自動車 (HEV/EV) 充電技術★徹底解説, 電子ジャーナル, 東京, 2011 年 9 月
- (14) 伊藤 雅一, 河本 桂一, 黒川 浩助: LCA 手法による 6 種の太陽電池を用いた砂漠地域における大規模太陽光発電システムの環境影響評価, 新エネルギー・環境/メタボリズム社会・環境システム合同研究会, 北海道大学, 2011 年 11 月
- (15) 伊藤 雅一: 太陽光発電システムのライフサイクル評価, 太陽光発電システムの最近の技術, 東京理科大, 2012 年 2 月

著書・解説

- (16) 黒川浩助: 30 余年を経て さらに進むその行く手, JPEA 会報誌『光発電』, No.34, 2011.03.15
- (17) 黒川浩助: これからの太陽光発電技術—さまざまな研究開発とその実現可能性—, エネルギーいんふおめいしょん 10 月号, Vol.35, No10, 2011.10.10
- (18) Kosuke Kurokawa: Kurokawa's Geheimnis, Photon Mai, p.30, 2011.05
- (19) 黒川浩助: 太陽光発電—21 世紀世界エネルギー供給に貢献—, 学術の動向 5 月号, p.30-33, 2011.05
- (20) 黒川浩助: エネルギーの新潮流, 2011.05
- (21) 黒川浩助: 広域電力連系と分散型電源のベストミックスが基本, 時報 PV+, 第 14 号, p.5-6, 2011.05
- (22) Kosuke Kurokawa: Just like Starting over, Photon International July 2011, p.40-47, 2011.07
- (23) Kosuke Kurokawa: Kurokawa's secret, Photon USA July 2011, p.20-29, 2011.07
- (24) Masakazu Ito: Life Cycle Assessment of PV systems, Crystalline Silicon - Properties and Uses, Sukumar Basu (Ed.), Intech, 978-953-307-587-7, 2011

報道

- (25) 黒川浩助: 砂漠の砂からシリコン 欧州大陸に売電も可能, 東工大 AES センター連続インタビュー, 分散型エネルギー新聞 第 298 号, 2011.02.25
- (26) 黒川浩助: ドービル・サミット識者に聞く① 「再生」強化 共通項に, 毎日新聞 5/25 総合 4 面, 2011.05.25
- (27) 黒川浩助: 技術革新でコスト削減, 毎日新聞 7/15(朝) 識者に聞く どうするエネルギー④, 2011.07.15

招待講演

- (28) 黒川浩助: スーパーメガソーラーの持続的開発シナリオ, 「高温超伝導技術を中心とするスマートグリッドの可能性」研究会, 第 3 回 高温超伝導グリッドシステムの技術の波及効果, ウィンクあいち, 2011.02.21
- (29) 黒川浩助: 太陽光発電技術の現状と今後の展開, シンポジウム「スマートコミュニティで目指すエコアイランド宮古島」, パネルディスカッション, ホテルアトールエメラルド宮古島 漲水の間, 2011.02.28
- (30) 黒川浩助: 21 世紀の太陽光発電—希望と責務, 日本化学会 第 91 春季年会(2011), アドバンスト・テクノロジー・プログラム (ATP), 神奈川大学 横浜キャンパス, 2011.03.29
- (31) 黒川浩助: 太陽光発電システムの現状と課題そして未来, 第 100 回ひびきのサロン, 2011.04.19
- (32) 黒川浩助: 太陽光発電 - 今, この時に, AES 研究推進委員会, 2011.04.27
- (33) 黒川浩助: 太陽光発電 - 今, この時に, 地産地消の太陽エネルギーを基にしたエネルギーシフトの実現〜大震災を乗り越え, 今, わたしたちにできること〜, PV-NET, 明治大学リバティータワー113 教室, 2011.04.28
- (34) 黒川浩助: 21 世紀を担う太陽光発電, 東工大オムニバス, 2011.05.19
- (35) 黒川浩助: Emergency Report Quake on 3/11/2011, PVTEC 緊急パネル, ホテルメトロポリタンエドモント, 2011.05.20

- (36) 黒川浩助：明日のコミュニティ・インフラ そして今できること，第17回日本設計環境セミナー，2011.05.23
- (37) 黒川浩助：震災と太陽光発電・・・これからのこと・・・，130周年レクチャー，2011.06.04
- (38) 黒川浩助：これからの太陽光発電技術・・・システム分野を中心として，学振175 第1回信頼性・システム技術研究会，東工大蔵前会館，2011.06.06
- (39) 黒川浩助：明日の太陽光発電・・・そして今できること，東日本大震災，連続まちづくり懇話会，社団法人都市計画学会，NSRIホール，2011.06.13
- (40) 黒川浩助：第22回AES研究推進委員会，2011.06.28
- (41) 黒川浩助：太陽エネルギー利用の可能性について，「エネルギー問題研究班」勉強会，日本経済新聞社本社，2011.07.06
- (42) 黒川浩助：これからの太陽光発電システムを考える，経済同友会講演会，日本工業倶楽部，2011.07.07
- (43) 黒川浩助：防災復興へ向けた再生可能エネルギーアプローチ（補足），PV-NET通常総会，明治大学，2011.07.30
- (44) 黒川浩助：これからの太陽光発電技術，エネルギーを考える会勉強会，日本記者クラブ賞会議室，プレスセンター9F，2011.08.15
- (45) 黒川浩助：第1回アジア・アラブ サステイナブルエネルギーフォーラム（AASEF），ウイנקあいち，2011.08.24
- (46) Kosuke Kurokawa: Case of Solar Photovoltaics: Small Scale to Large Scale, IN-JP Global Partnership Summit 2011, The Inevitability of a Low Carbon Economy: What can India and Japan Bring to Each Other, The Prince Park Tower Tokyo, 2011.09.07
- (47) 黒川浩助：21世紀の太陽光発電技術，内閣府主催パネルディスカッション，東京国際フォーラム，2011.09.22
- (48) Kosuke Kurokawa: Solar Breeder Scenario Drive by Energy from the Desert, Global Photovoltaic conference, Grand Hotel, Busan, 2011.09.29
- (49) Kosuke Kurokawa: Quake, Tsunami and PVs, The 6th Korea-China-Japan Int'l Symposium on PV, Grand Hotel, Busan, 2011.09.29
- (50) 黒川浩助：期待が高まる再生可能エネルギー -太陽光発電を中心として-，グリーンイノベーション技術習得講座，西武信用金庫八王子支店，2011.10.24
- (51) 黒川浩助：これからの太陽光発電技術，太陽光発電システムの先端と事業化の実際，新社会システム総合研究所セミナー，明治記念館，2011.10.25
- (52) Kosuke Kurokawa: Real meaning and Possibilities of Solar Photovoltaic Technology for the 21st Century, Grobal Energy Innovator Forum 2011, Jeju, Korea, 2011.11.14
- (53) Kosuke Kurokawa: Quake, Nuke and PV on new wave in Japan, 1st Asia Pasific Forum , Grand Hotel, Busan, Korea, 2011.11.16-19
- (54) Kosuke Kurokawa: New International Activities Relating to Standardization in PV technologies, 1st Asia Pasific Forum , Grand Hotel, Busan, Korea, 2011.11.16-19
- (55) 黒川浩助：21世紀の太陽光発電技術，Forum in 関西，ウェスティンホテル大阪，2011.11.25
- (56) 黒川浩助：Meaning of Innovative Paths for the Future Photovoltaics, Workshop on CPV, ホテルメリージェ，宮崎，2011.12.01
- (57) 黒川浩助：「太陽光発電システムあちらこちら」，第24回AES研究推進委員会，2011.12.08
- (58) 黒川浩助：21世紀の世界のエネルギー戦略，シンポジウム『立命館が考える2020年のエネルギー地産地消』，立命館大学びわこ草津キャンパス，ローム記念館5階大会議室，2011.12.14
- (59) Kosuke Kurokawa: Exploiting All of the Possibilities of PV Power Generation, From Post-Disaster Reconstruction to the Creation of Resilient Societies, 慶応大学三田キャンパス，2011.12.16-17

<2012年>

原著論文

- (1) 伊藤雅一，小田拓也，宮崎孝彦，川崎憲広，田口晋也，秋澤淳，黒川浩助：全国アンケート調査による太陽光発電システムに関する導入意識とコンジョイント分析，エネルギー・資源11月号 Vol33 No6 p.48, 2012.11.

国内学会

- (2) 伊藤雅一，小田拓也，秋澤淳，杉原弘恭：太陽エネルギー利用に関する全国アンケート調査～太陽光発電に関する調査結果～，メタボリズム社会・環境システム研究会～テーマ「再生可能エネルギーの出力変動特性の評価と予測」～，MES-11-5, pp.25-30, 東京大学，2011.1.27

招待講演

- (3) 黒川浩助：「太陽エネルギーの価値を考える」-21世紀のエネルギー選択への提言-，PV-NETフォーラム，横浜開港記念館，2012.01.21
- (4) Kosuke Kurokawa: Energy from the desert Extended to SSB Scenario, Pr. Kurokawa the meeting with the African Diplomatic Corps' Science and Technology Committee, チュニジア大使館，2012.01.30
- (5) 黒川浩助：21世紀の太陽光発電技術，第341回サロン・ド・エナ，2012.02.15
- (6) 黒川浩助：21世紀の太陽光発電技術，市町村アカデミー公開講座，2012.02.17
- (7) 黒川浩助：これからの太陽光発電技術，太陽光発電関連産業育成セミナー，白兔会館・飛翔の間，2012.03.08
- (8) 黒川浩助：太陽光発電施設の周辺環境等について，工場立地法小委員会，2012.03.12
- (9) 黒川浩助：太陽光発電あれこれ，AES太陽光発電システム研究会(第14回)，くらまえホール，2012.03.17

- (10) 黒川浩助：太陽光発電 R&D の状況-ME T1 関連プロジェクト体系-,電子情報通信学会・2012 年総合大会企画パネルセッション「東日本大震災から 1 年:ユビキタス・無線通信は何ができたか? これから何をすべきか?」, 岡山大学津島キャンパス, 2012.03.22
- (11) 黒川浩助：太陽光発電の戦略的アプローチ - 地球規模エネルギーへ, 日本科学会第 9 2 回春季年会, 2012.03.27
- (12) 黒川浩助：太陽光発電によるコミュニティ自律性向上と防災対策, TRONY 本社, 2012.04.05
- (13) 黒川浩助：都市における太陽光発電の役割と可能性, AES シンポ「エネルギー安全と市が拓く日本の未来」, くらまえホール, 2012.04.17
- (14) Kosuke Kurokawa: The Way Forward by Solar Photovoltaic Approaches, TUV Rheinland 横浜, 2012.05.23
- (15) Kosuke Kurokawa: Japanese PV Program & AES Activities for Smart Community, INES Jens さんを迎えての講演会, 2012.06.05
- (16) 黒川浩助：太陽光発電の戦略的アプローチ<地球規模エネルギーへ>, JACI 講演会, JACI 会議室, 2012.06.27
- (17) 黒川浩助：これからの太陽光発電の役割と可能性, 第 7 回太陽エネルギーデザイン研究会, 百年記念館フェライト記念会議室, 2012.07.13
- (18) 黒川浩助：太陽光発電分野の最新動向(Latest Trends of Photovoltaic Energy), 2012 光産業動向セミナー, パシフィコ横浜, 2012.09.25
- (19) 黒川浩助:21 世紀世界の再生可能エネルギー・真の価値, ふくしま復興・再生可能エネルギー産業フェア 2012, ビッグパレットふくしま, コンベンションホール, 2012.11.08
- (20) Kosuke Kurokawa: タイトル不明, Policy & Business forum, EnerSol-WSEF2012, Tunis, Tunisia, 2012.11.14-16
- (21) 黒川浩助：Solar Short News from Kurochan's diary, 大 27 回 AES 研究推進委員会, 東工大西 8 号館, 2012.11.19
- (22) 黒川浩助：太陽光発電システムトピックスいろいろ, JPEA 技術情報部会, 田中田村町ビル 5 階, A 会議室, 2012.12.25

著書・解説

- (23) 植田 譲：太陽光発電システムのモニタリングと故障診断, 太陽エネルギー, 日本太陽エネルギー学会, Vol.38, No.1, pp27-32, 2012.1
- (24) 伊藤 雅一：太陽光発電システムのライフサイクル評価, 太陽エネルギー, 日本太陽エネルギー学会, Vol.38, No.1, pp33-39, 2012.1
- (25) 黒川浩助：太陽光発電の技術革新, 産業と環境 2012. 3 号 特集 p.11-14, 2012.3
- (26) 黒川浩助：太陽光発電の新時代到来か?, JPEA 会報誌『光発電』, No.35, p.23-39, 2012.3.

取材記事

- (27) 黒川浩助：今後の太陽光発電は「自立」と「つながり」, 建築知識 6 月号, 徹底解説「屋根」, p.96-99, 2012.6
- (28) 黒川浩助：電力網の構築は個別の建物を基点に, 日経アーキテクチャ, 2012 Winter 特別編集版, p.8-9, 2012.11.
- (29) 東京工業大学先進エネルギー国際研究センター：エネルギー安全都市が拓く日本の未来, 東京工業大学先進エネルギー国際研究センター 第 3 回シンポジウム, 日本経済新聞 広告, 2012.5.17

<2013 年>

原著論文

- (1) ○伊藤雅一, 工藤満, 名倉将司, 植田譲, 津野裕紀, 黒川浩助：北杜サイト太陽光発電所のライフサイクル評価, 太陽エネルギー, Vol. 39, No. 4, Jul. 2013.

国際学会

- (2) ○Masakazu Ito, Sylvain Lespinats, Jens Merten, Philippe Malbranche, Kosuke Kurokawa: A Methodology to Identify the Most Strategic Locations for Large Solar Power Plants Using Satellite Images, Proc. of 28th EUPVSEC, 5AO.7.1, 30 Sep-4 Oct 2013
- (3) Kosuke Kurokawa: Main Role of Solar Photovoltaic Systems in Renewable Energy Ensembles throughout the 21st Century, The 23rd Photovoltaic Science and Engineering Conference(PVSEC-23), Taipei Int'l Convention Center, 2013.10.28

招待講演

- (4) 黒川浩助：太陽光発電システム<真の価値>, 第 9 回自然エネルギー利用総合セミナー, 足利工業大学, 2013.1.22
- (5) 黒川浩助：太陽光発電システム ネットワークへの発展, J P E A 技術情報部会, 2013.2.22
- (6) 黒川浩助：「考察：太陽光発電システムと再生可能エネルギー総合ネットワーク」, 第 15 回太陽光発電システム研究会, 東工大 70 周年記念講堂, 2013.03.16
- (7) ○黒川浩助：再生可能エネルギーって何だろうー基礎資料ー, 日本青年会議所関東地区 2013 フォーラム, ベルサール六本木, 2013.05.06
- (8) Kosuke Kurokawa: Recent Topics in Photovoltaics and GIGA-Scale Story, 3rd Asia-Africa Sasutunable Energy Forum, 弘前大学, 2013.05.07
- (9) Kosuke Kurokawa: Solar PhotovoltaicsSystem:Its Meanings for This Century, 日独科学シンポジウム, 21 世紀のエネルギー, イイノカンファレンスセンターroomA&C, 2013.05.21

- (10) 黒川浩助：パネルディスカッション「太陽光発電これまでの10年：これからの10年」，第10回「次世代の多様な光発電システム」シンポジウム，学振175，石川県立音楽堂，2013.05.24
- (11) 黒川浩助：地域コミュニティのための再生可能エネルギー・ミックス，太陽エネルギーデザイン研究会第2回総会，日本大学校友会館，2013.06.04
- (12) 黒川浩助：分散型エネルギーネットワークの構築と情報通信システムの役割，第7回ビッグデータビジネス・ステークホルダー研究会，2013.06.06
- (13) Kosuke Kurokawa: Smart Community and Renewable Energy, ドイツ・フラウンホーファーISE「日の出ワークショップ」，内幸町東急ビル，2013.06.13
- (14) 黒川浩助：「太陽光発電とモジュール<話題提供>」，AIST 次世代モジュール研究会，岩国国際観光ホテル，2013.06.27
- (15) 黒川浩助：パネル「モジュールシステムの安全性・保全技術」，AIST 次世代モジュール研究会，岩国国際観光ホテル，2013.06.28
- (16) Kosuke Kurokawa: Case of Solar Photovoltaics: Small Scale to Very Large Scale, Special Report for TeFFA, 未来アジア技術フォーラム第1回シンポジウム，新宿 DIPRO 会議室，2013.07.01
- (17) 黒川浩助：地域自立を目指したスマコミュニティ 再生可能エネルギーの役割，早稲田大学特別授業，2013.07.13
- (18) ○黒川浩助：地域自立を目指したスマコミュニティ 再生可能エネルギーの役割，豊田工業大学スマートコミュニティ技術研究センター第2回シンポジウム，豊田工業大学，2013.07.18
- (19) 黒川浩助：地域自立を目指す再生可能エネルギーの地域活性化，政策専門課程・地域経営コース第6期，総務省自治大学校，2013.07.30
- (20) 黒川浩助：再生可能エネルギーとエネルギーシステム「健全性」，PVTEC 第27回技術交流会，ホテル日航大阪，2013.08.23
- (21) 黒川浩助：Short News from Kurochan's Diary, 第29回研究推進委員会，西8号館大会議室，2013.10.07
- (22) ○黒川浩助：再生可能エネルギー時代の主役-太陽光発電-，第12回英弘精機シンポジウム，如水会館，2013.10.15
- (23) ○黒川浩助：太陽光発電分野の最新動向(Latest Trends in Photovoltaic Energy), 2013 年度光産業動向セミナー，InterOpto 2013, パシフィコ横浜アネックスホール，2013.10.16
- (24) 黒川浩助：パネルディスカッション「太陽光発電 過去、現在、そして未来」，第30回太陽光発電システムシンポジウム，KFC ホール，2013.11.22
- (25) Kosuke Kurokawa: Parametric Model Principle to Predict Energy Production, PV Seminar for Saida University, "Beginner's Course: Monitoring and Evaluation Methods of PV Systems", University of Saida, 2013.12.05
- (26) Kosuke Kurokawa: Latest Topics on Japanese PV Market, PV Seminar for Algerian Researchers, "Latest Topics on Solar Photovoltaics in Algeria and Japan and, the Smart-Verification-Method, so-called 'S-V Method' for PV System Evaluation", University of Science & Technology-Oran, 2013.12.08

報道

- (27) Kosuke Kurokawa: Programme "Sahara Solar Breeder" : la plateforme technologique operationnelle Algeria Press Service(WEB), 2012.12.08

著書・解説

- (28) ○黒川浩助，近藤道雄，吉川秀樹：太陽光発電システム標準化の動向，光発電 No.36，2013.03
- (29) 黒川浩助：太陽光発電システムの新展開，光協会 H24 年度報告書，2013
- (30) ○黒川浩助：太陽光と再生可能エネルギー，ベース設計資料 No.157, 建築編(前)，pp33-37，2013.06.20

取材記事

- (31) Kosuke Kurokawa: about Renewable Energy in Japan, Interviewed by Ms. Hike Sonnberger, SPIEGEL ON LINE GmbH, 2013.03.06
- (32) ○黒川浩助：スマートエネルギーの可能性，電通社内報「電通人」5月号，2013.05

<2014 年>

招待講演

- (1) ○黒川浩助：太陽光発電システムと火災安全-基礎知識，H25 火災学会講演討論会「太陽光発電システムと火災安全」，文京シビックセンター小ホール，2014.01.24
- (2) 黒川浩助：太陽光発電の価値論，福島高専地域フォーラム「太陽光発電技術の事業化へ」，いわき産業創造館 会議室1，2014.02.26
- (3) 黒川浩助：Short News from Kurochan's Diary, 第30回研究推進委員会，西8号館大会議室，2014.03.06

取材記事

- (4) ○黒川浩助：PV は地域電力ネットで大きな役割果たす，時報 PV+, 第70号(1.1/1.5 合併号)，p.p.8，2014.01
- (5) ○黒川浩助：特集 産業用太陽光発電はどうなっているのか？ 専門家が見る 太陽光発電の現状と課題，月刊誌「電気と工事」3月号，2012.02.15

○：主要論文別刷りに掲載

○印のついていない論文も黒川研究室ホームページの「黒川研データベース」からダウンロードできます。

URL：<http://www.kurochans.net/database/index.htm>

原著論文

[2013 年～2014 年]

北杜サイト太陽光発電所のライフサイクル評価

A Life Cycle Assessment of the Hokuto Mega-Solar Plant

伊藤雅一^{*1}
Masakazu ITO
植田 譲^{*4}
Yuzuru UEDA

工藤 満^{*2}
Mitsuru KUDO
津野裕紀^{*5}
Yuki TSUNO

名倉将司^{*3}
Masashi NAGURA
黒川浩助^{*6}
Kosuke KUROKAWA

Abstract

A 2 MW mega-solar system has been installed in Hokuto, Yamanashi prefecture by NTT Facilities and Hokuto city commissioned by NEDO. To investigate environmental potentials of energy and CO₂ emissions, the mega-solar system was evaluated by a life cycle assessment (LCA). In this paper, 22 PV systems corresponding to 1453kW were evaluated. As a result, 2.6 year of energy pay back time and 50.1 g CO₂-eq/kWh of CO₂ emissions rate were obtained. The CO₂ emissions rate is much smaller than other CO₂ emissions rates of fossil fired plants. In addition, sensitivity analyses about PV module's recycling effects and longer lifetime of arrays and foundations (60 years comparing to 30 years) were done. By adapting basic recycling using current technologies, 4.2% of energy consumptions and 4.3% CO₂ emissions can be reduced. Advanced recycling can reduce 13.8% of energy consumption and 12.3% of CO₂ emissions. And longer lifetime of arrays and foundations reduces 11.2% of energy consumption and 13.1% of CO₂ emissions. Combination of advanced recycling and longer lifetime reduces 24.9% of energy consumptions and 25.4% of CO₂ emissions.

キーワード：ライフサイクル評価, LCA, メガソーラー, エネルギーペイバックタイム, CO₂, リサイクル
Key Words: Life Cycle Assessment, LCA, Mega-solar, Energy payback time, CO₂, Recycle

1. はじめに

ライフサイクル評価とは、製品をライフサイクルにわたって調査し、環境への影響を定量的に調べることである。太陽光発電システムのライフサイクル評価に関する報告は、住宅用の太陽光発電システムの評価⁽¹⁻⁴⁾や太陽電池モジュールの評価⁽⁵⁻⁹⁾、リサイクル⁽¹⁰⁻¹²⁾、大型太陽光発電システムのシミュレーションによる評価⁽¹³⁻¹⁷⁾、その他の電源との比較評価⁽¹⁸⁻²⁰⁾などがあるが、実際の地上設置型大型太陽光発電システム(メガソーラー)を対象とした評価例は少ない。Mason ら⁽²¹⁾による、米国に設置された 3.5 MW のメガソーラーの周辺機器を対象とした評価や、Desideri ら⁽²²⁾によるイタリアに設置された 1778 kW メガソーラーの評価、Fthenakis・Kim⁽²³⁾による AMONIX 社の集光型太陽光発電システムの評価があるが、国内において実際のメガソーラーを対象としたライフサイクル評価事例は見られない。

本論文ではこのライフサイクル評価を用い、実際に山梨県北杜市に設置された北杜サイト太陽光発電所を対象とし

て環境への影響を評価する。

北杜サイト太陽光発電所は、NEDO 技術開発機構の委託により 2006 年から 5 年間にわたり「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(北杜サイト)⁽²⁴⁾」として実施され、約 2MW のメガソーラーが山梨県北杜市に設置された。そのうちの研究項目「大規模 PV システムの環境貢献度(LCA)の評価」では、コンクリート基礎を用いた従来型の架台と金属製の杭基礎を用いた新型架台のライフサイクル評価による比較⁽²⁵⁾、太陽電池モジュール 19 種のライフサイクル評価による比較⁽²⁶⁾、システム全体を対象としたライフサイクル評価を行った。本論文ではシステム構成を再度確認して LCA データを更新し、リサイクル効果を検討したので報告する。

2. ライフサイクル評価概要

ライフサイクル評価(LCA:Life Cycle Assessment)とは、製品のライフサイクル、すなわち、原料の採掘から廃棄のすべての段階に渡って環境に与える影響を分析し、評価する手法である。図1のように目的および調査範囲の設定、インベントリ分析、インパクト評価の3つのステージで評価を行い、結果の解釈・報告を行う。

ライフサイクル評価は対象とする製品の直接的な影響(例えば、発電時のCO₂排出量)だけでなく、間接的な影響(例えば、架台や太陽電池の製造時のCO₂排出量)までを含める。目的及び範囲の設定は、ライフサイクル評価の

*1 東京工業大学 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 2-1-1)
e-mail: masakazu.ito@cea.fr

(当時の成果。現在日本学術振興会 海外特別研究員)

*2 NTT ファシリティーズ ソーラープロジェクト本部

*3 NTT ファシリティーズ ソーラープロジェクト本部

*4 東京工業大学大学院 理工学研究科 電子物理工学専攻

*5 産業技術総合研究所 太陽光発電工学研究センター

*6 東京工業大学 先進エネルギー国際研究センター

(原稿受付: 2012 年 12 月 14 日)

枠組みを決め、範囲の設定においてそのライフサイクルを定義し、間接的な影響をどこまで含めるかを決定する。

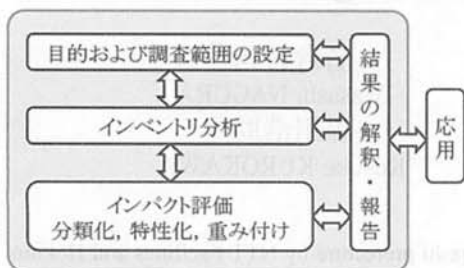


Fig.1 A scheme of LCA

図1 ライフサイクル評価の構成

2.1 インベントリ分析

インベントリ分析ではそれぞれのライフサイクルの過程で、どのような環境影響物質がどれだけ排出されているかを明らかにする。手法には積み上げ法と産業連関表を用いる方法があり、前者は1つ1つ具体的に検討するため精度の高い分析が可能であり、新しい技術の適用といった分析も可能であるが、手間がかかるため実際には分析範囲が限定される。後者は個別のライフサイクルを追うことなく、財・サービスの取引関係を記述した産業連関表を用いて推定する。産業連関表は国、もしくは地域の経済をいくつかの産業部門に分け、一定期間内における産業間の財・サービスの流れを示したものであるから、精度の高い分析に用いることは困難である。どちらも一長一短あることから、分析に用いたデータの精度や、前提条件を把握した上で結果を解釈することが重要である。

2.2 インパクト評価

インパクト評価は分類化、特性化、重み付けの3段階に分けられる。分類化では各環境影響物質を環境負荷のカテゴリに振り分ける。例えば、地球温暖化というカテゴリにはCO₂やメタンが振り分けられる。特性化では同じカテゴリ間に属する物質を統合する。重み付けでは異なるカテゴリを重み付けすることで統合化が試みられる。しかし、環境負荷を定量的に把握することは難しく、結果の解釈には注意したい。

3. メガソーラーのライフサイクル評価方法

メガソーラーの評価は、使用されている全ての機器をリストアップし、対象とするライフサイクル評価の範囲をまとめ、インベントリ分析を行い、メガソーラーのライフサイクル全体の投入資源、排出物をまとめる。地球温暖化を対象としてインパクト評価を実施するとすれば、地球温暖化に関連するCO₂やメタン、フロンについて地球温暖化係数を用いて重み付けをし、結果を算出する。

3.1 ライフサイクル評価の計算方法

ここでは本研究で用いた積み上げ法について述べる。積み上げ法ではそれぞれの機器において原料の採掘から廃棄まで積み上げて算出する。通常は、機器の数や重量などその評価対象から得られるフォアグラウンドデータと、その機器を対象としたバックグラウンドデータを組み合わせて評価する。例えば、架台であれば架台の重量等がフォアグラウンドデータとなり、亜鉛めっき鋼で構成されていれば亜鉛めっき鋼の投入資源や排出物のデータ(LCAデータ)がバックグラウンドデータとなる。バックグラウンドデータには日本ではJLCA-LCAデータベース⁽²⁷⁾、欧州ではEcoinvent⁽²⁸⁾、米国ではU.S. LCI database⁽²⁹⁾などがある。データベースには原料や素材、機器についての入出力、つまり投入されたエネルギーや原料、排出されたガスや廃棄物が表に示されており、前述の例に沿えば亜鉛めっき鋼1kgあたり製造するのに必要な投入資源、排出物がまとめられている。これらを用いてインベントリ分析を行う。

3.2 エネルギーペイバックタイム

太陽光発電システムのライフサイクル評価では、エネルギー採算性の指標として、(1)式に示すエネルギーペイバックタイムを算出する。エネルギーペイバックタイムとは、太陽光発電システムのライフサイクルに投入されたエネルギー量をその発電した電力で回収するのに要する年数である。投入されたエネルギーと発電した電力はどちらも一次エネルギー換算して計算し、投入されたエネルギーは原料の採掘から廃棄までそれぞれ一次エネルギー換算して足し合わせる。発電した電力は需要地における系統電力の変換効率で割り一次エネルギー換算する。エネルギーペイバックタイムの頭字語は、国内では公的な資料による定義付けがなされていない。IEA/PVPS(国際エネルギー機関/太陽光発電研究協力実施協定)のTask12(太陽光発電システムの環境、健康および安全)による太陽光発電システムのライフサイクル評価に関するガイドライン⁽³⁰⁾ではEPBTとしているが、ここでは国内で一般的なEPTを用いる。

$$EPT = \frac{E_{total}}{E_{agen}/\eta_G}$$

$$= \frac{E_{mat} + E_{manuf} + E_{trans} + E_{inst} + E_{O\&M} + E_{EOL}}{E_{agen}/\eta_G} \quad \dots (1)$$

ここで、

- EPT : エネルギーペイバックタイム [年]
- E_{total} : ライフサイクルを通した一次エネルギー投入量 [J]
- E_{mat} : 素材の製造にかかる一次エネルギー投入量 [J]
- E_{manuf} : 機器の製造にかかる一次エネルギー投入量 [J]
- E_{trans} : 輸送にかかる一次エネルギー投入量 [J]
- E_{inst} : 建設にかかる一次エネルギー投入量 [J]
- E_{O&M} : 運転・保守にかかる一次エネルギー投入量 [J]
- E_{EOL} : 廃棄にかかる一次エネルギー投入量 [J]
- E_{agen} : 年間発電電力量 [J/年]
- η_G : 系統電力の変換効率(受電端)

3.3 二酸化炭素 (CO₂) 排出原単位

太陽電池モジュールの製造や架台の建設時に発生する CO₂ の発生量を CO₂ 排出量と呼ぶのに対し、CO₂ 排出原単位とは太陽光発電システムが発電する電力 1 kWh あたりの CO₂ 排出量である。(2) 式に示すように、太陽光発電システムを構成するすべての機器のライフサイクルを通した CO₂ 排出量を、ライフサイクルを通した発電電力量で割り、kWh 当たりの CO₂ 排出量を求める。ここでは単位に t CO₂-eq (CO₂ 換算トン) を用いる。CO₂ 換算トンとは、CO₂ を 1 とし、メタンやフロンなどの CO₂ 以外の温暖化ガスを CO₂ 換算して合算した数値である。例えば、メタンの係数を 25、一酸化窒素の係数を 298 とし、CO₂ 1t, メタン 1t, 一酸化窒素 1t を足し合わせると 324 t CO₂-eq となる。これらの係数は地球温暖化係数 (GWP) と呼ばれ IPCC (気候変動に関する政府間パネル) による報告書などでまとめられている。それぞれの温暖化係数は、対象とする期間の放射エネルギーの積算値を同期間の CO₂ と比較して求める。第 4 次評価報告書(2007)⁽³¹⁾によると、たとえば、メタンの温暖化係数は温室効果の年数が 20 年では 72, 100 年では 25, 500 年では 7.6 である。なお、京都議定書で使用されている数字は第 2 次評価報告書(1995)⁽³²⁾から引用されており、メタンの温暖化係数の 100 年での値は 21 となる。

$$g_{CO_2} = \frac{G_{total} \times 10^6}{E_{agen} \cdot L_{PV}} = \frac{(G_{mat} + G_{manuf} + G_{trans} + G_{inst} + G_{O\&M} + G_{EOL}) \times 10^6}{E_{agen} \cdot L_{PV}} \quad \dots (2)$$

ここで、

- g_{CO_2} : CO₂ 排出原単位 [g CO₂-eq/kWh]
- G_{total} : ライフサイクルを通した CO₂ 排出量 [t CO₂-eq]
- E_{agen} : 年間発電電力量 [kWh/年]
- L_{PV} : システムの寿命 [年]
- G_{mat} : 素材の製造にかかる CO₂ 排出量 [t CO₂-eq]
- G_{manuf} : 機器の製造にかかる CO₂ 排出量 [t CO₂-eq]
- G_{trans} : 輸送にかかる CO₂ 排出量 [t CO₂-eq]
- G_{inst} : 建設にかかる CO₂ 排出量 [t CO₂-eq]
- $G_{O\&M}$: 運転・保守にかかる CO₂ 排出量 [t CO₂-eq]
- G_{EOL} : 廃棄にかかる CO₂ 排出量 [t CO₂-eq]

4. 対象とするシステムの構成

4.1 北杜サイト太陽光発電所概要と評価範囲

本ライフサイクル評価で対象とした北杜サイト太陽光発電所は山梨県北杜市長坂町に設置され、設置容量は 1839 kW である。本メガソーラの概略図を図 2 に示す。図の左側 639kW 太陽光発電システムは PV システム評価エリアに設置され、750kVA 変圧器 (210V/6.6kV) に接続されている。また、図の右側 1200kW 太陽光発電システムは大容量 PCS 導入 PV システム評価エリアに設置され、

1500kVA 変圧器 (420V/6.6kV) に接続されている。評価は太陽電池モジュールから変圧器までを対象とし、それより系統側の受電設備や研究用計測設備、外灯・フェンス等は含まれていない。変圧器以降は 6.6kV, 66kV の連系設備が設置され、現在は 66kV にて連系されている。

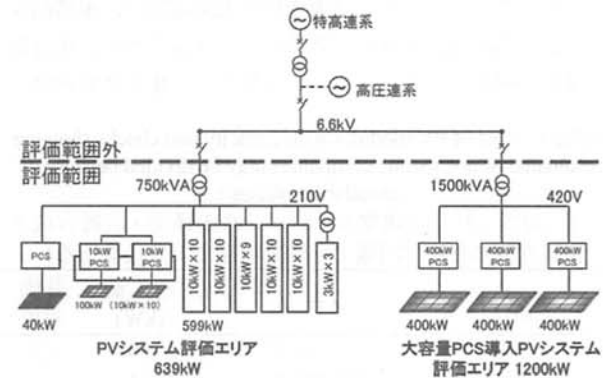


Fig.2 Overview of the Hokuto Mega-Solar Plant and a boundary of LCA evaluation. 639kW and 1200kW system including transformers (750kVA, 1500kVA) are in the boundary. Outside of the transformers does not included.

図 2 北杜サイト太陽光発電所概要図とライフサイクル評価範囲。PCS を含む 639kW, 1200kW 太陽光発電システムから変圧器 (750kVA, 1500kVA) までを対象に評価。変圧器より連系側の機器は含まれていない。

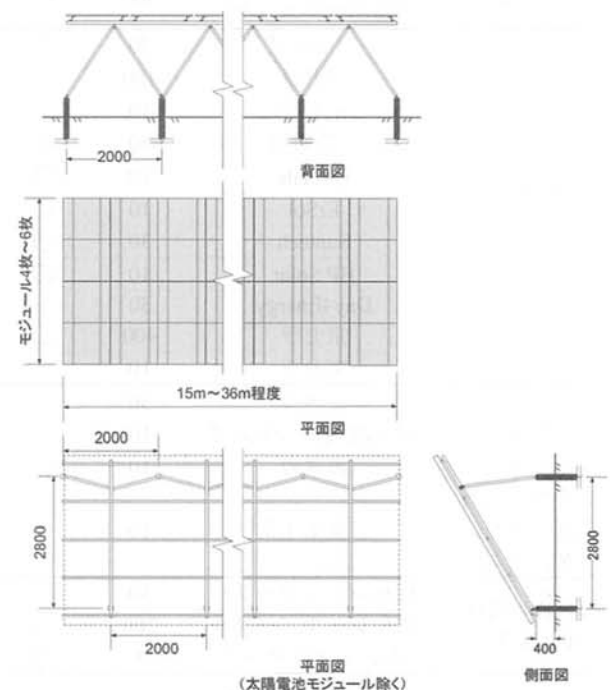


Fig.3 Example of array configuration. Width and number of modules in vertical row are depends on land condition, and module sizes.

図 3 架台の概要図。横幅と縦のモジュール枚数は土地の幅、モジュールサイズによる。

4.2 太陽電池モジュール

図2に示すPVシステム評価エリアには639kWの太陽光発電システムが設置され、大容量PCS導入PVシステム評価エリアには400kWの太陽光発電システムが3基設置されている。そのうち1基には200kWずつ2種の太陽電池モジュールが設置されている。表1に設置された太陽電池モジュールのリストを示す。設置された太陽電池は、単結晶シリコン、多結晶シリコン、アモルファスシリコン、化合物半導体、球状シリコン、リボンシリコン、集光2軸追尾、

Table 1 List of PV modules with capacity and checks showing evaluated or not. (Some companies may be divided because of installation phases.)

表1 設置された太陽電池モジュールの種類・設置容量と評価対象の有無（同種でも設置時期により複数ある）

種類	メーカー	導入量 (kW)	評価対象
単結晶シリコン	シャープ	30	○
	MOTECH	10	○
	KPE(旧 Photon)	10	○
	E-TON	10	○
	Isofoton	30	○
	GE	30	○
	Suntech	10	
	SunPower	50	
	SunPower	10	
	SunPower	200	
単結晶シリコン (ヘテロ接合)	三洋電機 (現パナソニック)	30	○
	三洋電機 (現パナソニック)	400	○
多結晶シリコン	シャープ	30	○
	京セラ	100	○
	京セラ	10	
	三菱電機	30	○
	Q-Cells	10	○
	ErSol	10	○
	Suntech	30	○
	BP Solar	10	○
	Day4Energy	30	
	京セラ	400	○
京セラ	10		
アモルファスシリコン	カネカ	30	○
	富士電機システムズ	10	
アモルファスシリコン/微結晶シリコン (タンデム)	カネカ	10	○
	三菱重工業	10	○
化合物半導体 (CIGS系)	昭和シェルソーラー	30	○
	昭和シェルソーラー	200	○
	ホンダソルテック	3	○
球状シリコン	ソーラーシリコンテクノロジー	20	
リボンシリコン	Schott Solar	30	
集光2軸追尾	シャープ	3	
平板1軸追尾	大同メタル工業, シャープ	3	

平板1軸追尾である。また、評価を実施した太陽電池には表中に丸を付けた。実施されていない太陽電池にはバックコンタクト型、フィルム基盤、球状シリコン、追尾型（開発品）など、いずれも特殊または情報が無いためここでは含めない。評価を実施した太陽電池モジュールの合計の容量は1453kW（PVシステム評価エリア：453kW、大容量PCS導入PVシステム評価エリア：1000kW）である。

4.3 架台・基礎

架台・基礎の概要図を図3に示す。設置方位は真南、設置傾斜角は30度である。一部、比較研究のために傾斜角15度、45度の架台が設置されている。架台は安価な市販鋼管と大量生産可能な形成ジョイント（開発品）で構築され、鋼材量の低減、運搬性・作業性の効率化、意匠性の高さの特徴とする。また、基礎には鋼管杭を使用した。建設残土が低減できることや架台下および周辺の緑地化可能面積を確保できる。さらに材料が鉄であることから資源の再利用が可能である。全ての架台はほぼ同じ形状で設計され、土地の形状やモジュールサイズにより大きさが異なる。横幅は15m～36m、縦のモジュール枚数は4枚～6枚である。設計用基準風速は30m/s、評価対象1453kWあたりの架台は131t、杭基礎は161tである。

4.4 周辺機器

表2には本ライフサイクル評価で対象とした機器を示す。評価していない太陽電池モジュールに専用で使用されている機器は評価対象から外し、共有されている機器は共有されている割合を計上した。

10kWのPCSは45台設置され、ホンダソルテック製化合物半導体向けに3kWのPCSが設置されている。400kWのPCS（開発品）は表1に示す三洋電機400kW太陽電池アレイ、SunPower 200kW太陽電池アレイ、京セラ400kW太陽電池アレイ、昭和シェルソーラー200kW太陽電池アレイに設置されているが、SunPowerの200kW太陽電池アレイを評価対象に含めていないため、ライフサイクル評価には2.5台分計上した。400kW PCSの内部構成はヒアリングから重量を決めた。400kW PCSを2台収納できるコンテナは2.2t/台、基礎は97.7t/台であり、PCS2.5台分を計上した。変圧器についても同様の方法で数量を調整し、PVシステム評価エリア向けに設置された750kVA変圧器は0.76台、1500kVA変圧器は0.83台とした。PVシステム評価エリアに設置された集電箱は0.45t、大容量PCS導入PVシステム評価エリアに設置された接続箱は6.0t。ケーブルは600V CE（架橋ポリエチレン絶縁耐熱性ポリエチレンシースケーブル）と600V CET（架橋ポリエチレン絶縁耐熱性ポリエチレンシースケーブルトリプレックス）が用いられている。電線管はFEP（波付硬質合成樹脂管）、VE（硬質塩化ビニル管）が使用され、それぞれ7.2t、10.6tである。また、ハンドホールが25.7t、マンホールが203t、露出ブルボックスが0.52t、連結式接地棒が0.08tである。

5. 前提条件と LCA データ

5.1 発電量の前提条件

PV システム評価エリアの評価対象 453kW 太陽光発電システムは、2008 年 4 月から 2009 年 3 月までの実際の発電

Table 2 List of components for evaluated 1453 kW
表 2 評価対象 1453 kW あたり構成機器

機器名	数量	素材等
架台	131 t	亜鉛めっき鋼鋼管
杭基礎	161 t	普通鋼鋼管
10kW PCS	45 台	NEDO 技術開発機構報告書 ⁽³³⁾ を参照
3kW PCS	1 台	NEDO 技術開発機構報告書 ⁽³³⁾ を参照
400kW PCS (開発品)	2.5 台 (4.4 項参照)	鉄 890kg, 銅 460kg, アルミ 80kg, 樹脂 60kg, ケーブル 50kg (1 台あたり)
400kW PCS 2 台 収容コンテナ・基礎	1.25 台	鉄 2.2t, コンクリート 97.7t (1 台あたり)
750kVA 変圧器	0.76 台	6600V/210V, PV システム評価エリア向け。非標準変圧器の LCA データ ⁽³⁴⁾ ⁽³⁵⁾ を使用
1500kVA 変圧器	0.83 台	6600V/420V, 大容量 PCS 導入 PV システム評価エリア向け。非標準変圧器の LCA データ ⁽³⁴⁾ ⁽³⁵⁾ を使用
集電箱	0.45 t	鉄製, 100 kW/台 (PV システム評価エリア用)
接続箱	6.0 t	鉄製, 50kW/台 (発電スペース用)
ケーブル		電力ケーブルの LCA データ ⁽³⁴⁾ ⁽³⁵⁾ を使用して算出
600V CE3.5sq	6.5 km	
600V CE5.5sq	18.2 km	
600V CE8.0sq	2.4 km	
600V CE14.0sq	1.5 km	
600V CE150sq	3.2 km	
600V CE200sq	4.3 km	
600V CE250sq	1.8 km	
600V CET14sq	0.6 km	
600V CET22sq	0.6 km	
600V CET38sq	2.2 km	
600V CET60sq	1.6 km	
600V CET200sq	0.5 km	
600V CET250sq	1.4 km	
硬銅線	11.4 km	避雷用ワイヤ
電線管 FEP	7.2 t	波付硬質合成樹脂管
電線管 VE	10.6 t	硬質塩化ビニル管
ハンドホール	25.7 t	鉄ふた 6.9t, コンクリート 18.7t
マンホール	203 t	鉄ふた 7.5t, コンクリート 196t
プルボックス	0.52 t	塩化ビニル樹脂製
接地棒	0.08 t	銅製

量を用い、大容量 PCS 導入 PV システム評価エリアの評価対象 1000kW は PV システム評価エリアに設置された太陽電池と同タイプの太陽電池モジュールの発電量を利用した。劣化係数はライフサイクル評価ガイドライン⁽³⁰⁾に沿い、寿命後の発電量を 0.80 と想定してその平均である 0.90 を用いた。評価対象 1453 kW の年間発電量は、表 3 に示すように 1428 kWh/kW となった。この期間の方位南・傾斜角 30 度の日射量は 1725 kWh/m²であった。

5.2 寿命の前提条件

太陽電池モジュールなどの機器の寿命は 30 年と想定した。PCS の寿命は、ライフサイクル評価ガイドライン⁽³⁰⁾では、メガソーラー向け PCS は 10 年ごとに 10%の交換とされているが、ヒアリングから 10%のパーツのみ交換することは難しいことから、ここでは 15 年の寿命とし、1 回の交換とした。PV システム評価エリアの小型の PCS も 15 年とした。ガイドラインでも小型の PCS は 15 年の寿命としている。

5.3 ライフサイクル評価の範囲

本ライフサイクル評価では、表 4 に示すように、原料の採掘から廃棄まで評価した。また、本評価ではエネルギーと CO₂に関する検討を行い、エネルギーペイバックタイムと CO₂排出原単位を算出する。

Table 3 Assumptions related to power generation
表 3 発電量関連前提条件

設置容量 (評価対象)	1453 kW
日射量 (2008 年 4 月～2009 年 3 月の実測値)	1725 kWh/m ² (方位南, 傾斜角 30 度)
年間発電量 (2008 年 4 月～2009 年 3 月の実測値)	1428 kWh/kW (評価対象 1453 kW から算出)
想定寿命	30 年 (PCS は 15 年)
劣化係数	寿命後に 0.80 とし、計算には平均値の 0.90 を使用

Table 4 LCA boundary on this study
表 4 本研究で対象としたライフサイクル評価の範囲

	原料の採掘	輸送	素材の製造	輸送	機器の製造	輸送	建設	運転・保守	輸送	廃棄
太陽電池	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
PCS	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
架台・基礎	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ケーブル	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
変圧器	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
その他周辺機器	○	○	○	△	△	○	○	○	○	○

(その他周辺機器の△については 5.4 項で説明。PCS は Power Conditioning System の頭字語, パワーコンディショナー)

5.4 LCA データ

本ライフサイクル評価で使用した LCA データを表 5~7 に示す。表 5 に示す太陽電池モジュールの LCA データは NEDO 技術開発機構によるライフサイクル評価に関する成果報告書⁽³³⁾⁽³⁶⁾より引用した。表 5 に示す太陽電池モジュールのうち、アモルファスシリコン型(単層)については 2008 年度の調査では実施されていないため、2000 年度に行われた報告書⁽³⁶⁾のデータを用いた。PCS は同ライフサイクル評価に関する成果報告書⁽³³⁾から引用し、10kW の PCS は 10kW の PCS データを、3kW の PCS については 4kW の PCS のデータを使用した。

これ以外の機器は表 2 の数量と表 6 に示すライフサイクル評価用ソフトウェア MiLCA ver1.1.2.5⁽³⁴⁾⁽³⁵⁾で計算した素材・機器のエネルギー投入量、CO₂ 排出量を組み合わせて算出した。表 6 のエネルギー投入量の計算には「エネルギー消費、高位発熱量(全量)」を使用し、CO₂ 排出量の算出には「100 年指数 (IPCC, 2007)」を使用した。

架台は亜鉛めっき鋼鋼管であるが、亜鉛めっき鋼鋼管の情報がないため「亜鉛めっき鋼板」に「鋼管製造加工」を足し合わせて計算した。基礎には「普通鋼鋼管」を使用した。変圧器には 500kVA 以上を対象とした「非標準変圧器」を使用し、ケーブルは導体重量を算出して「電力ケーブル」を適用した。ハンドホール、マンホールは、鉄ふたは「普通鋼」、コンクリートは「道路用コンクリート製品」を使用した。

400kW PCS を含むその他の機器についてはそれぞれの素材重量から評価を行った。ヒアリングや仕様書等から素材の重量を抽出し、素材別に計算した。ただし、この場合には素材から機器の製造までの輸送と、機器の製造が含まれないため、素材までの結果を 2 倍することで対応した。また、建設時の歩留まりとして 0.99 を使用し、ケーブルは設置時の端切れを考慮して 0.9 を使用した。

表 7 は本研究で使用した系統電力のエネルギー投入量と CO₂ 排出量である。どちらも日本を想定し、原料の採掘や輸送を含む。また、このエネルギー投入量を用いてメガソーラーが発電した電力の一次エネルギー変換を行う。

5.5 輸送に関する前提条件

表 4 に示すようにほぼ全ての機器について輸送は含まれているが、集電箱、接続箱、電線管、プルボックス、設置棒については 5.4 で述べたように素材までの結果を 2 倍することで輸送も含めた。

機器の製造から建設までの輸送の条件を表 8 にまとめた。太陽電池モジュール、PCS については機器の製造場所の情報があるため、各工場からの輸送距離を地図上で算出した。海外製の太陽電池モジュールは輸送手段に応じて海上輸送、航空輸送のデータで計算した。海外の工場から港または空港までの距離は無視した。海上輸送、航空輸送による距離はライフサイクル評価ソフトウェア MiLCA⁽³⁴⁾⁽³⁵⁾のデータベースを用いた。海上輸送距離には Lloyd's Register Fairplay

Table 5 LCA data of PV modules and PCS

表 5 太陽電池モジュールと PCS の LCA データ

	エネルギー投入量 [MJ]	CO ₂ 排出量 [kg CO ₂ -eq]
太陽電池モジュール ⁽³³⁾		
単結晶シリコン (14.3%) [m ²]	3,986	193.5
単結晶シリコン (ヘテロ接合) (16.6%) [m ²]	3,679	178.0
多結晶シリコン (13.9%) [m ²]	2,737	135.2
アモルファスシリコン ⁽³⁶⁾ (2000 年値) [m ²]	1,202	54.3
アモルファスシリコン/微結晶シリコン (タンデム) (8.6%) [m ²]	1,210	67.8
化合物半導体 (CIGS 系) (10.1%) [m ²]	1,105	67.5
10 kW PCS ⁽³³⁾ [kW]	568	43.0
4 kW PCS ⁽³³⁾ [kW]	266	16.8

NEDO/MHIR: 太陽光発電システムのライフサイクル評価に関する調査研究 (2009)⁽³³⁾, NEDO/PVTEC: 太陽光発電評価の調査研究 (2001)⁽³⁶⁾から引用, 括弧内の数字は文献中のモジュール効率。アモルファスシリコン (2000 年値) は効率の明記なし

Table 6 Input energy and CO₂ emissions of materials and equipment

表 6 素材・機器のエネルギー投入量, CO₂ 排出量⁽³⁴⁾⁽³⁵⁾

	エネルギー投入量 [MJ]	CO ₂ 排出量 [kg CO ₂ -eq]
普通鋼 [kg]	29.2	1.86
普通鋼鋼管 [kg]	31.3	1.88
電磁鋼 [kg]	35.2	2.20
亜鉛めっき鋼板 [kg]	35.0	2.41
鋼管製造加工 [kg]	10.8	0.76
アルミニウム版材 [kg]	121	11.1
道路用コンクリート製品 [kg]	3.22	0.203
電力ケーブル (導体重量あたり) [kg]	107	6.06
伸銅品 [kg]	45.2	2.77
ポリエチレン [kg]	65.0	1.88
塩化ビニル樹脂 [kg]	65.5	3.37
エポキシ樹脂 [kg]	122	6.63
非標準変圧器 [kVA]	143	34.3

MiLCA ver1.1.2.12, IDEA ver.1.1.0⁽³⁴⁾⁽³⁵⁾で計算。エネルギー投入量の計算には「エネルギー消費、高位発熱量(全量)」, CO₂ 排出量の算出には「地球温暖化, 100 年指数 (IPCC, 2007)」を使用

Table 7 Input energy and CO₂ emissions of electricity in Japan
表 7 系統電力 (日本, 受電端) のエネルギー投入量と CO₂ 排出

項目	数量
系統電力 (日本) の 1 kWh あたりのエネルギー投入量 ⁽³⁴⁾⁽³⁵⁾	10.49 [MJ/kWh]
系統電力 (日本) の 1 kWh あたりの CO ₂ 排出量 ⁽³⁴⁾⁽³⁵⁾	0.568 [kg CO ₂ -eq/kWh]

「Ports & Terminals Guide 2003-2004」等が用いられ、航空輸送による距離は大圏距離が用いられている。その他の機器の輸送距離は、近隣から調達したと想定し、100kmとした。

表8に示すように、陸上輸送に用いた燃料消費率は経済産業省、国土交通省がまとめているロジスティクス分野におけるCO₂排出量算定方法共同ガイドライン Ver.3.0⁽³⁷⁾を参照し、最大積載量10トンのデータを使用した。積載率は、積載率が不明な場合に使用する62%を使用した。海上輸送の燃料消費率は4000TEU以下（TEUは20フィートコンテナ換算の単位）のコンテナ船のデータを使用し、航空輸送の燃料消費率は国際線貨物のデータを使用した。軽油、C重油、ジェット燃料のエネルギー投入量、CO₂排出量は、原料の採掘から燃焼までを考慮したデータを採用した。

Table 8 Assumptions for transportation between manufacturing and construction of equipment

項目	数量
陸上輸送燃料消費率 ⁽³⁷⁾ (トラック, 最大積載量10t)	0.0504 [l-diesel oil/(t-km)]
積載率 ⁽³⁷⁾	62 [%]
軽油のエネルギー投入量*	40.4 [MJ/l]
軽油のCO ₂ 排出量*	2.91 [kg CO ₂ -eq/l]
海上輸送燃料消費率(コンテナ船, <4000TEU)	0.00776 [kg-heavy oil/(t-km)]
C重油の投入エネルギー*	47.6 [MJ/kg]
C重油のCO ₂ 排出量*	3.57 [kg CO ₂ -eq/kg]
航空輸送燃料消費率 (国際貨物)	0.199 [l-jet oil/(t-km)]
ジェット燃料の 投入エネルギー*	38.6 [MJ/l]
ジェット燃料のCO ₂ 排出量*	2.76 [kg CO ₂ -eq/l]
輸送距離(製造→建設)	陸上輸送:工場または港, 空港から設置場所までの距離を地図上から算出 海上輸送・航空輸送:各国の港・空港から到着港・空港, 到着港・空港から現地まで(海外工場から港・空港までは無視)

* 原料の採掘から燃焼までを考慮

Table 9 Data for intermediate treatment and landfill
表9 中間処理, 埋め立てに使用したデータ⁽³⁸⁾

項目	数量
中間処理	
処理対象重量あたり電力	15.3 [kWh/t]
処理対象重量あたり軽油	2.2 [l/t]
埋め立て	
処理対象重量あたり電力	2.0 [kWh/t]
処理対象重量あたり軽油	0.94 [l/t]

5.6 建設に関する前提条件

建設は、ブルドーザを用いた不陸整正のみを対象とした。設置された土地面積 100,000m²に対し、建設機械経費の積算⁽³⁹⁾を参照しながら軽油1リットルあたりの不陸整正面積を11m²/lとして算出した。手作業のエネルギー投入量、CO₂排出量は無視した。

5.7 廃棄に関する前提条件

廃棄は、中間処理で細かく砕き、産業廃棄物としての埋め立てを想定する。表9に示す中間処理と埋め立てに必要な電力と軽油は、社団法人 産業環境管理協会, JEMAI-LCA Pro 用オプションデータパック 手引きと解説⁽³⁸⁾のデータを利用した。輸送は陸上輸送とし、距離は中間処理場まで100km, 最終処分場まで100kmと想定した。前提条件は表8の陸上輸送に関する前提条件と同様の数値を使用した。

6. 評価結果

以上の前提条件から、北杜サイト太陽光発電所の表1に示す22種の太陽光発電システム(1453kW)を評価した。図4に結果を示す。エネルギー投入量、CO₂排出量どちらも太陽電池モジュールが最も多くなり、次いで架台、杭基礎である。ケーブル等の配線や、それらをまとめる電線管・マンホールなどの配管も無視できない。発電量、寿命を考慮すると、エネルギーペイバックタイムは2.6年、CO₂排出原単位は50.1 g CO₂-eq/kWhと算出された。また、図5では電力中央研究⁽²⁰⁾による電源別のCO₂排出原単位に本研究の結果を載せた。本研究で得られたCO₂排出原単位は既存の火力発電と比較して非常に小さく、環境負荷低減の効果があると言える。

7. 感度分析(リサイクル効果の検討)

ここでは太陽電池モジュールのリサイクルによるエネルギー・CO₂の削減効果と、架台・杭基礎を太陽電池の寿命の2倍としたケースについて検討する。

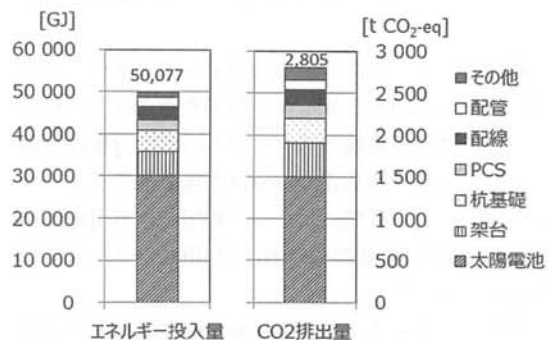


Fig.4 Energy consumption and CO₂ emissions of the Hokuto mega-solar plant (covering 1453kW)

図4 北杜サイト太陽光発電所全体(対象1453kW)のエネルギー投入量とCO₂排出量

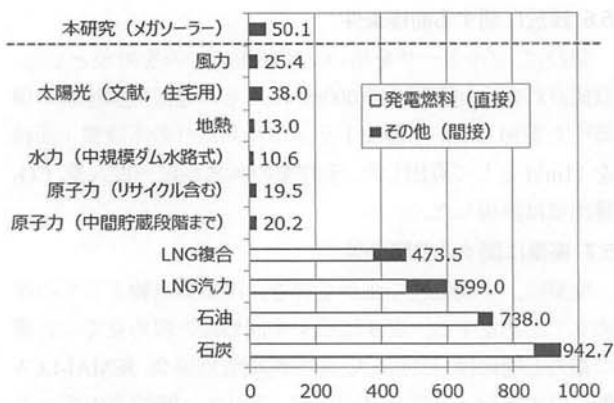


Fig.5 CO₂ emissions rate (g CO₂-eq/kWh) of power generation systems. A result of this paper (covering 1453kW) and of reference from CRIEPI.

図5 北杜サイト太陽光発電所全体 (対象 1453kW) のCO₂ 排出原単位 (g CO₂-eq/kWh) と電力中央研究所による電源別CO₂排出原単位⁽²⁰⁾の比較 (本研究はメガソーラーを対象にしているのに対し、文献は住宅用を想定。前提条件が異なるため結果が異なる)

太陽電池のリサイクル手法に関する研究は多く進められているところである⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾⁽⁴⁰⁻⁴³⁾。NEDO 技術開発機構は住宅用 4kW、公共・産業等用 10kW 太陽光発電システムのリサイクルを含めた評価を行った⁽³³⁾。5 種類の太陽電池 (単結晶シリコン、多結晶シリコン、単結晶シリコン (ヘテロ結合)、アモルファスシリコン/微結晶シリコン (タンデム)、化合物半導体 (CIGS 系)) を、寿命を 20 年、日射量を 1342kWh/m²/年、システム出力係数は住宅用 0.74、公共・産業等用 0.79 として評価した。また、同報告書では「リサイクル基本ケース」と「リサイクル促進ケース」の 2 つのケースについて検討が行われている。リサイクル基本ケースではフレームと端子ボックス、電極材料である銅リボンを対象とし、リサイクル促進ケースではこれらに加えてガラスが加わり、結晶 Si 太陽電池モジュールでは Si セル原料が回収・リサイクルされる。ここではこの結果を利用し、リサイクル効果を検討する。リサイクルによる太陽電池モジュールのエネルギー投入量、CO₂ 排出量の削減量を表 10 に示す。

周辺機器のリサイクルについては、LCA データベース上で既に現在行われているリサイクル分が考慮されていることから、ここでは周辺機器のリサイクルの感度分析は行わない。ただし、架台や杭基礎の寿命は太陽電池モジュールで想定した 30 年より長期にわたって利用できる可能性があることから、架台と杭基礎のみ 60 年利用したケースについて感度分析を行った。

上記の条件で、北杜サイト太陽光発電所に適用した場合のエネルギー投入量、CO₂ 排出量、エネルギーペイバックタイム、CO₂ 排出原単位を算出した。結果を表 11、図 6 に示す。エネルギー投入量、CO₂ 排出量は、リサイクル基本ケースではエネルギー投入量は 4.2%、CO₂ 排出量は 4.3%、

リサイクル促進ケースではエネルギー投入量は 13.8%、CO₂ 排出量は 12.3% の削減効果があることが分かった。また、架台・杭基礎の寿命を 60 年とするとエネルギー投入量は 11.2%、CO₂ 排出量は 13.1% の削減効果があり、リサイクル基本ケースではエネルギー投入量は 15.4%、CO₂ 排出量は 17.4% の削減効果、リサイクル促進ケースではエネルギー投入量は 24.9%、CO₂ 排出量は 25.4% の削減効果がある。

また、短縮されるエネルギーペイバックタイムはリサイクル基本ケースで 0.1 年、リサイクル促進ケースで 0.4 年となった。CO₂ 排出原単位はそれぞれ 2.2 g CO₂-eq/kWh、6.2 g CO₂-eq/kWh となり、架台・杭基礎の寿命が 60 年になることでエネルギーペイバックタイムは 0.3 年、CO₂ 排出原単位は 6.5 g CO₂-eq/kWh 削減される。

Table 10 Energy and CO₂ reduction of PV modules by recycling. Basic case and advanced case.

They are obtained by NEDO.

表 10 リサイクル基本ケースとリサイクル促進ケースの太陽電池モジュールのエネルギー投入量と CO₂ 排出量の削減量。NEDO 技術開発機構による計算⁽³³⁾

	エネルギー投入量 [MJ/m ²]		CO ₂ 排出量 [kg CO ₂ -eq/m ²]	
	基本	促進	基本	促進
単結晶シリコン	-218.38	-767.31	-13.03	-38.02
多結晶シリコン	-151.09	-663.39	-8.68	-31.15
単結晶シリコン (ヘテロ結合)	-212.61	-755.37	-12.39	-37.42
アモルファスシリコン/微結晶シリコン (タンデム)	-168.51	-251.86	-10.37	-16.79
化合物半導体 (CIGS 系)	-229.24	-352.74	-13.31	-22.18

Table 11 Energy and CO₂ reduction of the Hokuto mega-solar plant by PV module recycling

表 11 太陽電池モジュールのリサイクルによる北杜サイト太陽光発電所全体のエネルギー・CO₂ の削減効果

項目	リサイクルなし	リサイクル基本ケース	リサイクル促進ケース
エネルギー投入量	50,077 [GJ] (-11.2%)	-4.2% (-15.4%)	-13.8% (-24.9%)
CO ₂ 排出量	2,805 [t CO ₂ -eq] (-13.1%)	-4.3% (-17.4%)	-12.3% (-25.4%)
EPT [年]	2.6 (-0.3)	-0.1 (-0.4)	-0.4 (-0.6)
CO ₂ 排出原単位 [g CO ₂ -eq/kWh]	50.1 (-6.5)	-2.2 (-8.7)	-6.2 (-12.7)

() 内数字は架台・杭基礎の寿命が 60 年のケース

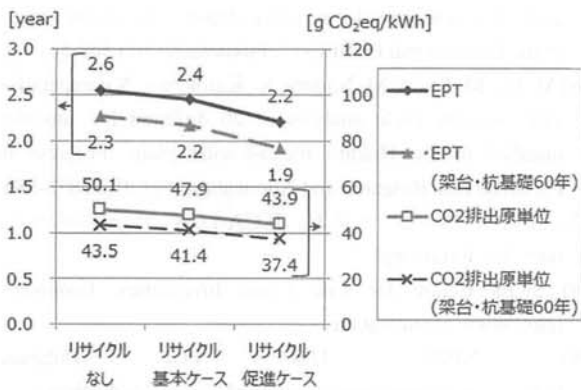


Fig.6 Comparisons of EPT and CO₂ emissions rate between recycle methods and lifetime of arrays and foundations. (covering 1453kW, 1725 kWh/m² annual irradiation)

図6 リサイクル効果と架台・杭基礎の寿命の違いによるエネルギーペイバックタイム、CO₂排出原単位の比較 (北杜サイト太陽光発電所全体 (対象 1453kW) の結果。年間傾斜面日射量 1725 kWh/m²)

8. 考察

地上設置型の太陽光発電システムのライフサイクル評価は、近年になって大型のシステムが設置されるようになったことから、そのシステムを評価した論文が見られるようになった。Desideri ら⁽²²⁾によるイタリアに設置された 1778 kW システムの評価では、実際の輸送距離なども調査して分析し、CO₂排出原単位は 106 g CO₂-eq/kWh、エネルギーペイバックタイムは 4.17 年と算出した。Desideri による評価は想定使用年数が 25 年と本研究より短く、フェンスも考慮に加えられている点が異なる。また、大きく影響する日射量が記載されていないが、25 年間の発電量 1828 MWh から推定すると日射量は年間 1300 kWh/m² 程度であるため、やや大きい結果が出たと考えられる。

また、Fthenakis・Kim⁽²³⁾による AMONIX 社の集光型太陽光発電システムのライフサイクル評価では EPT は 0.9 年、CO₂排出原単位は 27 g CO₂-eq/kWh である。本システムは集光型であるため 37% と高効率の太陽電池が使用されていることや、直達日射量が約 2500 kWh/m²/年と本研究で使用した 1725 kWh/m²/年と比べてかなり大きいことから良い結果が得られたと考えられる。いずれにしても、投入したエネルギーは数年で回収され、CO₂排出原単位は化石燃料発電と比べて非常に小さい。

9. まとめ

山梨県北杜市に設置された太陽光発電システムに対してライフサイクル評価を実施した。評価にはデータが揃う 1453kW について評価し、エネルギーと CO₂の両面から評価を実施した。また、発電量は PV システム評価エリアに設置されたシステムの実測値を使用した。

エネルギーペイバックタイムは 2.6 年、CO₂排出原単位

は 50.1 g CO₂-eq/kWh と算出され、環境負荷低減の効果があることが分かった。現在の技術で実施できる太陽電池モジュールのフレームや端子ボックス、銅リボンをリサイクルするだけで、システム全体に対してエネルギー投入量は 4.2%、CO₂排出量 4.3%削減できる。また、ガラスやセル(シリコン基板)のリサイクルによりエネルギー投入量は 13.8%、CO₂排出量は 12.3%削減できる。また、架台や基礎を 60 年使用し、ガラス、セルを含めたリサイクルによりエネルギー投入量は 24.9%、CO₂排出量は 25.4%削減できることが分かった。

謝辞

多大なるサポートを頂いた NEDO 技術開発機構、多くのご指導を頂いた査読者の方々、またこのような場を設けて頂いた学会関係者に、心より謝意を表す。

参考文献

- (1) K. Sakaki, K. Yamada, CO₂ mitigation by new energy systems, *Energy Conversion and Management*, **38** (1997) S655-S660.
- (2) K. Kato, A. Murata, K. Sakuta, Energy pay-back time and life-cycle CO₂ emission of residential PV power system with silicon PV module, *Progress in Photovoltaics*, **6-2** (1998) 105-115.
- (3) A.N. Celik, T. Muneer, P. Clarke, Optimal sizing and life cycle assessment of residential photovoltaic energy systems with battery storage, *Progress in Photovoltaics*, **16-1** (2008) 69-85.
- (4) R. Laleman, J. Albrecht, J. Dewulf, Life Cycle Analysis to estimate the environmental impact of residential photovoltaic systems in regions with a low solar irradiation, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **15-1** (2011) 267-281.
- (5) N. Jungbluth, Life cycle assessment of crystalline photovoltaics in the swiss ecoinvent database, *Progress in Photovoltaics*, **13-5** (2005) 429-446.
- (6) V. Fthenakis, E. Alsema, Photovoltaics energy payback times, greenhouse gas emissions and external costs: 2004 - early 2005 status, *Progress in Photovoltaics: Research and Application*, **14-3** (2006) 275-280.
- (7) H.C. Kim, V. Fthenakis, J.-K. Choi, D.E. Tumey, Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Thin-film Photovoltaic Electricity Generation, *Journal of Industrial Ecology*, **16** (2012) S110-S121.
- (8) H.C. Kim, V.M. Fthenakis, Comparative life-cycle energy payback analysis of multi-junction a-SiGe and nanocrystalline/a-Si modules, *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, **19** (2011) 228-239.
- (9) N.J. Mohr, J.J. Schermer, M.A.J. Huijbregts, A. Meijer, L. Reijnders, Life cycle assessment of thin-film GaAs and GaInP/GaAs solar modules, *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, **15-2** (2007) 163-179.
- (10) M. Held, Life Cycle Assessment of CdTe Module Recycling, 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference,

- Hamburg, Germany (2009) 2370-2375.
- (11) K. Komoto, H. Uchida, K. Kurokawa, A. Inaba, Estimation of Energy Payback Time and CO₂ Emission of Various Kind of PV Systems, 23rd European Photovoltaic Solar Energy Conference, Valencia (2008) 3833-3835.
- (12) 木村真典, 泉二敏郎, 新規 EVA 剥離剤による太陽電池モジュール高度リサイクル技術の開発, 太陽エネルギー, 38-6 (2012).
- (13) M. Ito, K. Kato, H. Sugihara, T. Kichimi, J. Song, K. Kurokawa, A preliminary study on potential for very large-scale photovoltaic power generation (VLS-PV) system in the Gobi desert from economic and environmental viewpoints, Solar Energy Materials and Solar Cells, 75 (2003) 507-517.
- (14) M. Ito, K. Komoto, K. Kurokawa, Life-cycle analyses of very-large scale PV systems using six types of PV modules, Current Applied Physics, 10 (2010) S271-S273.
- (15) M. Ito, K. Kato, K. Komoto, T. Kichimi, K. Kurokawa, A comparative study on cost and life-cycle analysis for 100 MW very large-scale PV (VLS-PV) systems in deserts using m-Si, a-Si, CdTe, and CIS modules, Progress in Photovoltaics: Research and Application, 16-1 (2008) 17-30.
- (16) D. Zhang, S. Tang, B. Lin, Z. Liu, X. Zhang, D. Zhang, Co-benefit of polycrystalline large-scale photovoltaic power in China, Energy, 41 (2012) 436-442.
- (17) Á.A. Bayod-Rújula, A.M. Lorente-Lafuente, F. Cirez-Oto, Environmental assessment of grid connected photovoltaic plants with 2-axis tracking versus fixed modules systems, Energy, 36 (2011) 3148-3158.
- (18) K. Tahara, T. Kojima, A. Inaba, Evaluation of CO₂ payback time of power plants by LCA, Energy Conversion and Management, 38 (1997) S615-S620.
- (19) V.M. Fthenakis, H.C. Kim, Quantifying the life-cycle environmental profile of photovoltaics and comparisons with other electricity-generating technologies, Conference Record of the 2006 IEEE 4th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, Vols 1 and 2 (2006) 2477-2480.
- (20) 今村栄一, 長野浩司, 日本の発電技術のライフサイクル CO₂ 排出量評価 -2009 年に得られたデータを用いた再推計 研究報告 : 09027, 電力中央研究所 (2010).
- (21) J.E. Mason, V.M. Fthenakis, T. Hansen, H.C. Kim, Energy payback and life-cycle CO₂ emissions of the BOS in an optimized 3.5 MW PV installation, Progress in Photovoltaics, 14-2 (2006) 179-190.
- (22) U. Desideri, S. Proietti, F. Zepparelli, P. Sdringola, S. Bini, Life Cycle Assessment of a ground-mounted 1778kWp photovoltaic plant and comparison with traditional energy production systems, Applied Energy, 97 (2012) 930-943.
- (23) V.M. Fthenakis, H.C. Kim, Life cycle assessment of high-concentration photovoltaic systems, Progress in Photovoltaics: Research and Applications (2012).
- (24) NEDO 技術開発機構, NTT ファシリティーズ, 北杜市, 大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証研究 (北杜サイト) (2011).
- (25) M. Ito, M. Kuro, K. Kurokawa, A preliminary life-cycle analysis of a mega-solar system in Japan, Technical Digest of the International PVSEC-17, Fukuoka (2007) 508-511.
- (26) M. Ito, M. Kudo, M. Nagura, K. Kurokawa, A comparative study on life cycle analysis of 20 different PV modules installed at the Hokuto mega- μ solar plant, Progress in Photovoltaics: Research and Application, 19 (2011) 878-886.
- (27) LCA 日本フォーラム, JLCA-LCA データベース, <http://lca-forum.org/>.
- (28) Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Ecoinvent, <http://www.ecoinvent.ch/>.
- (29) NREL, U.S. LCI Database <http://www.gabi-software.com/databases/us-lci-database/>.
- (30) V. Fthenakis, R. Frischknecht, M. Rauegi, H.C. Kim, E. Alsema, M. Held, M.d. Wild-Scholten, Methodology Guidelines on Life Cycle Assessment of Photovoltaic Electricity, IEA PVPS Task 12, 2nd edition (2011).
- (31) IPCC, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (2007).
- (32) IPCC, Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (1995).
- (33) NEDO 技術開発機構, みずほ情報総研株式会社, 太陽光発電システム共通基盤技術研究開発 太陽光発電システムのライフサイクル評価に関する調査研究 (2009).
- (34) 産業環境管理協会, LCA システム MiLCA ver.1.1.2.12.
- (35) 産業技術総合研究所/産業環境管理協会, LCI データベース IDEA ver.1.1.0.
- (36) NEDO 技術開発機構, 太陽光発電技術研究組合, 太陽光発電システム実用化技術開発 太陽光発電利用システム・周辺技術の研究開発 「太陽光発電評価の調査研究」 (2001).
- (37) 経済産業省, 国土交通省, ロジスティクス分野における CO₂ 排出量算定方法 共同ガイドライン Ver.3.0 (2007).
- (38) 社団法人産業環境管理協会, JEMAI-LCA Pro 用オプションデータパック 手引きと解説.
- (39) 建設機械経費積算研究会, 建設機械経費の積算, 財団法人経済調査会 (1990).
- (40) V.M. Fthenakis, End-of-life management and recycling of PV modules, Energy Policy, 28-14 (2000) 1051-1058.
- (41) N. Urashima, M. Izumina, A. Arita, K. Matsumoto, Research & development on recycling technology of photovoltaic power generation systems - social system for PV recycling, 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, Osaka (2003) 1985-1987.
- (42) A. Müller, K. Wambach, E. Alsema, Life Cycle Analysis of Solar Module Recycling Process, MRS Proceedings, 895 (2011).
- (43) NEDO 技術開発機構, 太陽光発電技術研究組合, シャープ, 昭和シェル, 旭硝子, 産業技術総合研究所, 太陽光発電システムのリサイクル・リユース処理技術等の研究開発, 太陽光発電技術研究開発 太陽光発電システム共通基盤技術研究開発 (2006).

国際学会

[2013年～2014年]

A METHODOLOGY TO IDENTIFY THE MOST STRATEGIC LOCATIONS FOR LARGE SOLAR POWER PLANTS USING SATELLITE IMAGES

Masakazu Ito*, Sylvain Lespinats*, Jens Merten*, Philippe Malbranche*, Kosuke Kurokawa**

*Laboratory for Solar Systems, CEA

Institut National d'Énergie Solaire (INES), 50 avenue du Lac Léman 73377 Le Bourget du lac Cedex, France

Tel: +33 (0)4 79 79 21 83, Fax: +33 (0)4 79 68 80 49, E-mail: masakazu.ito@cea.fr

**AES Center, Tokyo Institute of Technology

2-12-1 Ookayama, Meguro-ku, Tokyo, 152-8550, Japan

ABSTRACT: The deserts are suitable areas for large solar power plants, because of abundant sunshine and enormous land. Both are important factors for solar power plants. However, not all desert areas are suitable for installation, for example sand dunes, water, and cliffs. But there is one kind of desert area which has flat and hard ground. It is gravel desert which can be a suitable location. Therefore, the authors proposed a method to identify flat desert areas for large solar power plants using satellite images. It consists of three criteria; (1) Mountainous classification to find cliffs and sand dunes, (2) Ground cover classification by maximum likelihood estimation, and (3) Vegetation classification to find lower vegetation area. With the criterion, a land suitability index map; a detailed map of flat areas, of the Sahara desert had been computed. In this paper, the criterion has been refined in order to evaluate higher vegetation regions which are located at the fringes of desert. The revised criterion was applied to the Sahara desert, and the land suitability index map has been computed.

Keywords: Remote sensing, Satellite images, Desert, GIS, Map

1 INTRODUCTION

Rich sunshine and huge land of deserts should have a possibility to generate huge amount of energy with solar power plants. To evaluate its possibility, two research topics were proposed. One is an environmental potential study by a life-cycle assessment (LCA). It was assuming 100 MW to 1 GW very large scale PV system in deserts, and evaluated energy input-output and CO₂ emissions [1-7]. The other is a geographical potential study by remote sensing using satellite images. The aim of this study is to develop a method to extract suitable locations in deserts for large solar power plants. Up to now, the method for dry conditions was developed [5-9]. However, electricity demand is usually not located in center of deserts but fringe of desert which is semi-arid regions. This paper aims at updating the analysis method of remote sensing for semi-arid areas, and at evaluating the geographical potential of solar power plants.

2 APPROACH

2.1 Definition of suitable areas and land suitability index for solar power plants

There are some types of deserts consisting different surfaces. There are not only beautiful sand dunes but also cliffs, gravels, trees, and water. It is not easy to install solar power plants in the sand dunes, cliffs, and water, and trees should be preserved because of their major role in such biotopes. But the gravel desert is suitable, because it provide a flat and strong surface. Therefore, the authors defined the place similar to the gravel desert as suitable areas for solar power plants.

However, there is some vegetation even in the gravel desert. It is better to choose low vegetation areas, although they may be far from grid or demand. So, the authors included information of vegetation level to the gravel region map, and defined land suitability index. Map of the Land suitability index can be called land suitability index map.

2.2 Satellite images

Images used in this study were taken by two satellites. One is LANDSAT-7 which is managed by USGS (U.S. Geological Survey) and National Aeronautics and Space Administration (NASA). It carries the Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) with 30-meter visible, near-infrared (IR), and the shortwave infrared (SWIR), a 60-meter thermal band, and a 15-meter panchromatic band [10]. This study uses a set of 3 bands which are Band 2-green, Band 3-red, and Band 4-reflected IR. This set is known as Natural Color and False Color used for research on vegetation. These images were used for criterion of mountainous and ground cover image explained in section 2.3.

The other is NOAA lunched by NASA and run by National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) for purposes of weather forecast and so on. The Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) which is one of the sensors carried by the NOAA is often used for research on vegetation for example normalized difference vegetation index (NDVI). This is used for criterion of vegetation explained in section 2.3.

2.3 Analysis method

Remote sensing with satellite images was applied to large size of desert areas. Three criteria were proposed so as to divide deserts into five types: sand dunes, cliffs, gravels, trees, and water. There are: (1) mountainous classification to find cliffs and sand dunes, (2) ground cover image classification by maximum likelihood estimation which is supervised classification, and (3) vegetation classification. The mountain classification and ground cover image classification are based on LANDSAT-7 images, which have a high resolution (30 m); and vegetation classification are based on NOAA images, which cover all seasons. Here is the explanation of the criteria:

(1) The mountainous classification

The mountainous classification is performed by edge extraction to identify cliffs, ridge of mountains, and sand dunes. A Laplacian filter is applied so as to make the algorithm able to extract slanting edges (in addition to

vertical and horizontal edges) [5]. After that, dilation and erosion are applied.

(2) The ground cover image classification

The ground cover image classification is performed by maximum likelihood classification which is comparison between target images and training images by computers (Supervised classification). Five categories are discriminated: meadow, steppe, gravel, sand dune, and water.

(3) The vegetation classification

The vegetation classification is by based on a vegetation index, the so called NDVI (normalized difference vegetation index) which is calculated thanks to near-infrared and infrared spectrum data of satellite images. This data were obtained from CEReS: Center for Environmental Remote Sensing, at Chiba University [11]. NDVI of every 10 days which means 36 data per year are in the database. Maximum NDVI ($NDVI_{y_{max}}$) of each pixel in 1995 to 1999 were selected for vegetation classification. Relation of $NDVI_{y_{max}}$ and actual amount of vegetation was explained in a paper written by Ma and Veroustraete [12]. They discussed NDVI in north-west China which include Gobi desert. $NDVI_{y_{max}}$ of forest is over 0.6. Meantime, meadow and steppe falls between 0.4 and 0.6, and desert steppe is less than 0.4. In case of true desert the NDVI is smaller than 0.1. In the present paper, the authors were defined three levels: Desert level ($NDVI_{y_{max}} < 0.15$), Steppe level ($0.15 < NDVI_{y_{max}} < 0.35$), and Meadow level ($0.35 < NDVI_{y_{max}} < 0.55$). Higher $NDVI_{y_{max}}$ than 0.55 is assumed to be Trees.

Figure 1 shows an example of the whole analysis using the three criteria. All criteria explained above were weighted and integrated, and results were obtained. Light green area in the figure 1 showing suitable area which does not include sand dunes, cliffs, and water.

These calculations were done by C language and Quantum GIS for computation and Google Earth for display.

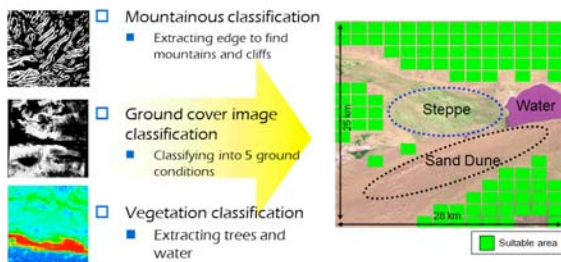


Figure 1: An image of remote sensing analysis using 3 criteria to identify possible ground condition from satellite images. They divide pixels of satellite images to 5 categories; sand dunes, cliffs, gravels, trees, and water. The gravels areas are displayed in light green.

2.3 Update of integration method

Because the preservation of vegetal cover was one of our starting principles, high vegetation areas were not considered as suitable areas in the previous version of the criterion [5]. Meadows in the ground cover image classification, and higher $NDVI_{y_{max}}$ than 0.55 were categorized as “not suitable” as shown in figure 2. That is to say, the previous criterion only focused on arid areas.

To evaluate fringes of deserts, the integration method has been updated. Areas where trees are detected can now be found suitable.. Areas with $NDVI_{y_{max}}$ higher than 0.55 were changed to be categorized as “candidate” as

shown in figure 3. This means that the authors provide data of vegetation level; and users can choose utilizing higher vegetation areas or not.

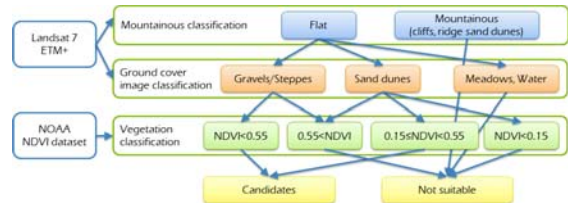


Figure 2: A scheme of integration scheme (previous version). Meadow and NDVI; higher than 0.55, were found not suitable.

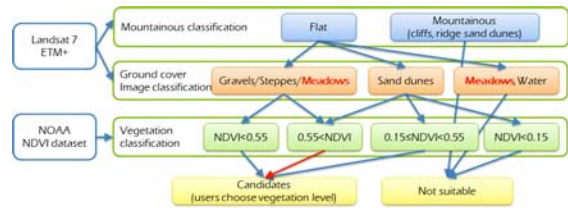


Figure 3: A scheme of integration scheme (updated version). Meadows and NDVI; higher than 0.55, are now found candidate.

3 RESULT AND CONCLUSIONS

Figure 4.1 and figure 4.2 show results in Burkina Faso calculated with previous and updated criteria. Sand dunes, cliffs, trees and water are displayed as non-colored area. Colored areas were correspond to zones where PV plants could be established. The color codes for the vegetation level: red for desert, orange and yellow for steppe, light green and green for meadow, and dark green for trees.

Ones could notice color squares in the 2 figures. These squares correspond to satellite images. In the figure 4.1, there is big difference at a border between 2 squares. Figure 4.2 with updated criterion shows seamless color between the 2 squares.

Changes of integration method of criterion increase possible area to be evaluated. The area is candidate for large scale power plants.



Figure 4-1: Results of the remote sensing according to the previous criterion. Colored area shows candidates for large scale power system. Colors show vegetation level. There is difference of vegetation between two squares in figure 4-1, but they are fixed in the updated criterion figure 4-2.

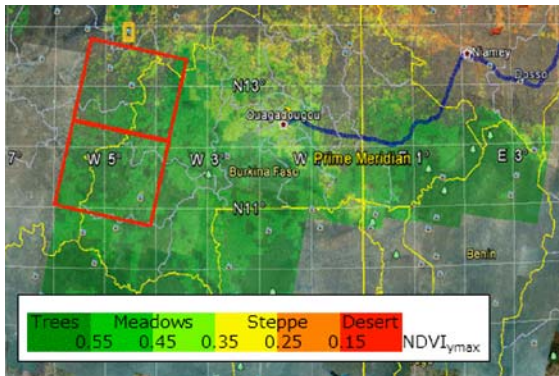


Figure 4-2: Results of the remote sensing after updated. Caption is similar to figure 4.2.

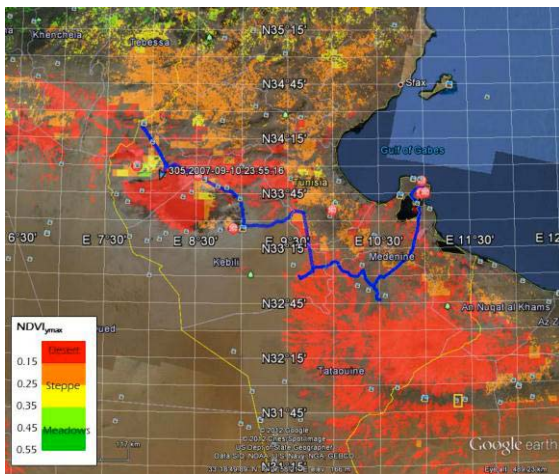


Figure 5: Land Suitability Index map for Tunisia. Suitable areas for Solar power plants are colored. Furthermore, the color indicates the vegetation of the areas identified. The blue line indicates the trip along which satellite data have been compared with photographs taken on the ground.

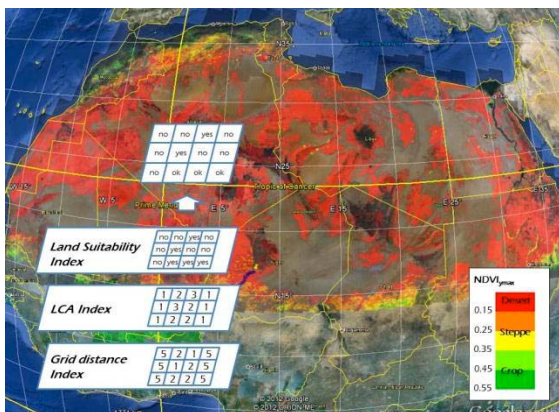


Figure 6: Suitability Index map for North Africa. Suitable areas for Solar power plants are marked in color. Furthermore, the color indicates the vegetation of the areas identified. Here, they do not only consider land suitability, but several other parameters have been also taken into account.

4 FUTURE WORK

To evaluate accuracy of this paper, ground truth will be done. It is a comparison between computed result and

actual land condition with a GPS and a camera. By synchronizing time of GPS and camera, the photo's location can be obtained. Recent mobile phones which has both functions are also good tool. Figure 5 is an example. Following blue path by car with GPS and camera, computed result can be compared with photo with GPS data.

Goal is to find the most strategic locations. Other criteria such as life-cycle analysis for CO₂ emissions and energy consumption, distance to grid line or marine, and electricity demand can be combined like showing in figure 6.

5 REFERENCES

- [1] M. Ito, K. Komoto, K. Kurokawa, Life-cycle analyses of very-large scale PV systems using six types of PV modules, *Current Applied Physics*, 10 (2010) S271-S273.
- [2] M. Ito, K. Kato, K. Komoto, T. Kichimi, K. Kurokawa, A comparative study on cost and life-cycle analysis for 100 MW very large-scale PV (VLS-PV) systems in deserts using m-Si, a-Si, CdTe, and CIS modules, *Progress in Photovoltaics: Research and Application*, 16 (2008) 17-30.
- [3] M. Ito, K. Kato, H. Sugihara, T. Kichimi, J. Song, K. Kurokawa, A preliminary study on potential for very large-scale photovoltaic power generation (VLS-PV) system in the Gobi desert from economic and environmental viewpoints, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 75 (2003) 507-517.
- [4] K. Komoto, C. Breyer, E. Cunow, K. Megherbi, D. Faiman, P. van der Vleuten, *Energy from the Desert: Very Large Scale PV Power-State of the Art and Into the Future*, Routledge, USA and Canada, 2012.
- [5] K. Komoto, M. Ito, P.v.d. Vleuten, D. Faiman, K. Kurokawa, *Energy from the Desert: Very Large Scale Photovoltaic Systems: Socio-economic, Financial, Technical and Environmental Aspects*, Earthscan, 2009.
- [6] K. Kurokawa, K. Komoto, P.v.d. Vleuten, D. Faiman, *Energy from the Desert: Practical Proposals for Very Large Scale Photovoltaic Systems*, Earthscan, 2006.
- [7] K. Kurokawa, *Energy from the Desert: Feasibility of Very Large Scale Power Generation (VLS-PV)* (v. 1), James and James, 2003.
- [8] M. Ito, Y. Hamano, K. Kurokawa, Solar Resource Potentials of a Very Large Scale PV System in Sahara Desert, *Journal of Arid Land Studies*, 19-1 (2009) 105-108.
- [9] K. Sakakibara, M. Ito, K. Kurokawa, A Resource Analysis on Solar Photovoltaic Generation System on the Gobi Desert by a Remote Sensing Approach, *Journal of Arid Land Studies*, Vol.14S (2004) 235-238.
- [10] USGS, Fact Sheet 2012-3072 "Landsat - A Global Land-Imaging Mission (2013).
- [11] C. University, Twenty-year Global 4-minute AVHRR NDVI Dataset of Chiba University (2001), <http://www.cr.chiba-u.jp/>, Aug 2013 accessed.
- [12] M.G. Ma, F. Veroustraete, Reconstructing pathfinder AVHRR land NDVI time-series data for the Northwest of China, *Adv Space Res*, 37 (2006) 835-840.

招待講演

[2013 年～2014 年]

06 MAY 2013

日本青年会議所 関東地区2013フォーラム 06 MAY 2013

ベルサール六本木 22-23 JAN 2013

再生可能エネルギーって何だろう

< 基礎資料 >

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

06 MAY 2013

01

kurochan's collection



06 MAY 2013

日本青年会議所 関東地区2013フォーラム 06 MAY 2013

ベルサール六本木 22-23 JAN 2013

再生可能エネルギーって何だろう

< 基礎資料 >

1. 再生可能エネルギーの起源

2. 持続可能な社会 <生態系との関わり>

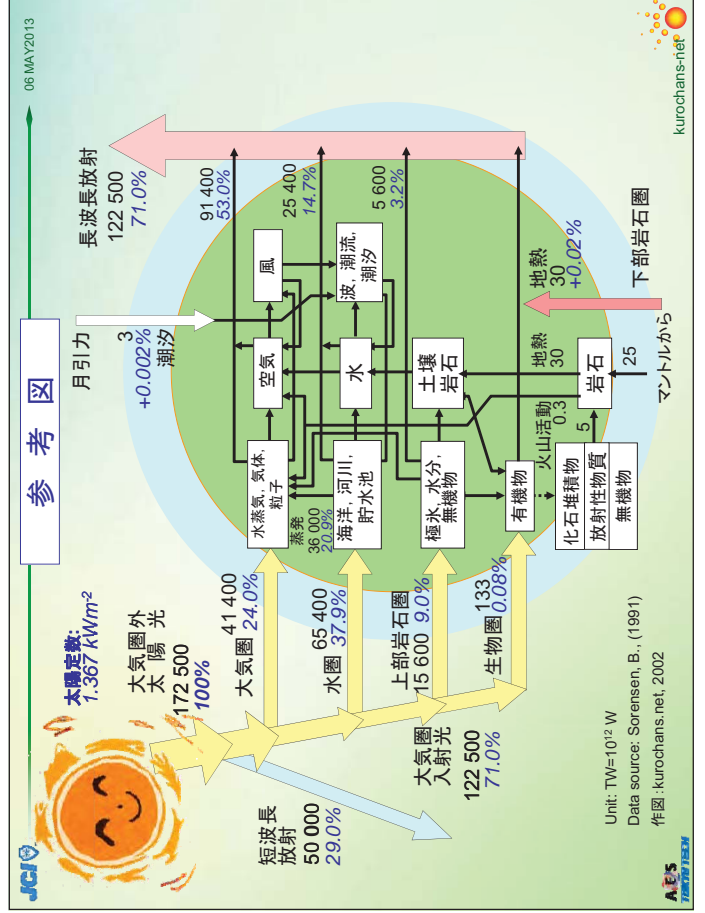
3. 21世紀の地域社会

付. エピローグ

06 MAY 2013

02

kurochan's collection



06 MAY 2013

再生可能エネルギーの流れ

宇宙空間 絶対零度

放射効率低下

GHG:CO₂

太陽エネルギー利用

再生起因排出熱増大

地球は有限!

300K

6000K

1.25mm

1m

300K

本来の熱平衡

CO₂の放射

温暖化1

温暖化2

おさらい

- 化石燃料:温室効果 (放射効率の低下)
- 非再生:新しい熱平衡 (本質的温暖化)
- 非再生:資源枯渇
- 再生エネルギー:非枯渇

年間大気入射エネルギー総量 Q
 = 122,500 TW × 8,760 h × 3,600 s
 = 11,730 Mtoe = 4.915 × 10²² EJ
 (1 EJ = 10¹⁸ J)

2006年世界一次エネルギー需要
 = 11,730 Mtoe = 4.915 × 10²² EJ
 = 3.863 × 10⁶ EJ → 約8千倍 = 約1.1 時間

A.E.S. TANKI TECH kurochans-net

06 MAY 2013

ハードエネルギーとソフトエネルギー

● エネルギーを利用すると、みな低品質の熱エネルギーになる

● ハードエネルギー
 潜在しているエネルギーを顕在化する。
 資源量が減少
 化石燃料
 環境への熱排出 総和が増加
 熱エネルギー

● ソフトエネルギー
 もともと自然環境に顕在するエネルギーフローをバイパス利用
 資源量は一定
 自然エネルギー
 環境への熱排出の総和は不変
 自然の流れ
 利用技術
 熱エネルギー

A.E.S. TANKI TECH kurochans-net

06 MAY 2013

Sustainability = 持続性

● いつわりの持続性
 閉ざされた系の中で持続し続ける → 永久機関の幻想

● 単純な持続性
 注目した物質成分のみに注目し、環境排出と環境修復がつり合っている (系への入出力バランスを評価)

CO₂ 環境修復

CO₂ 排出

ハイオマス燃料

ストックが重要

● 生存可能な持続性
 系を構成するすべての成分(物質・エネルギー)について、何代・サイクルを重ねても、系の内外で不足も余剰もない

A.E.S. TANKI TECH kurochans-net

06 MAY 2013

再生可能エネルギーって何だろう

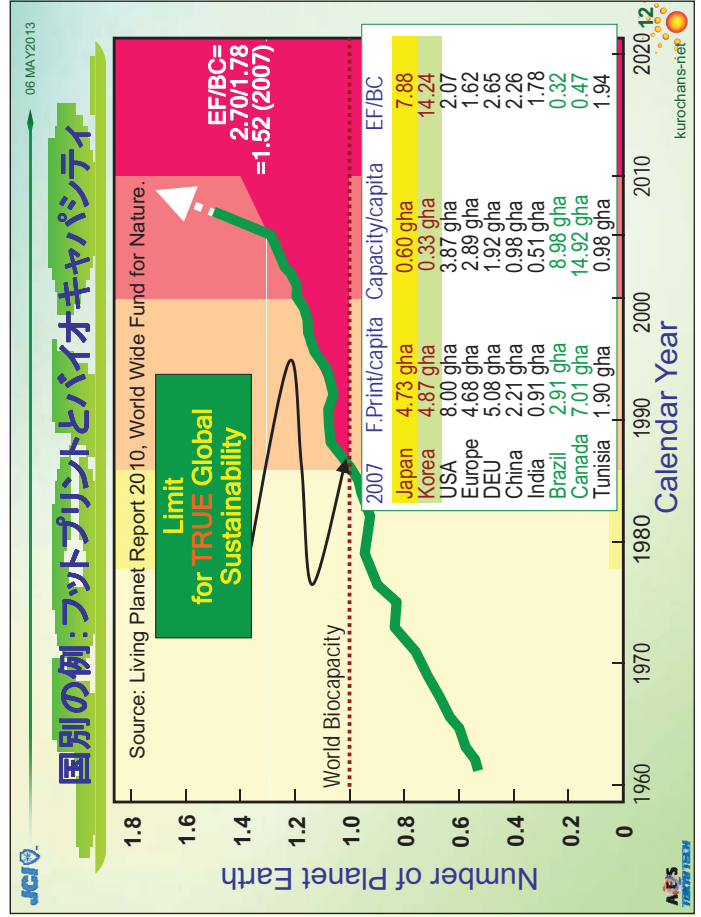
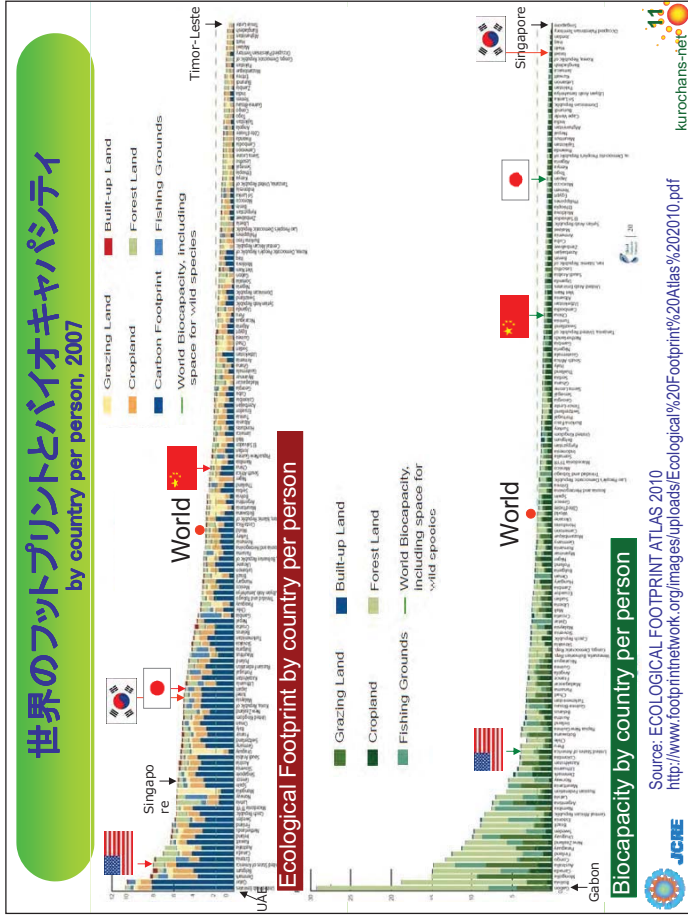
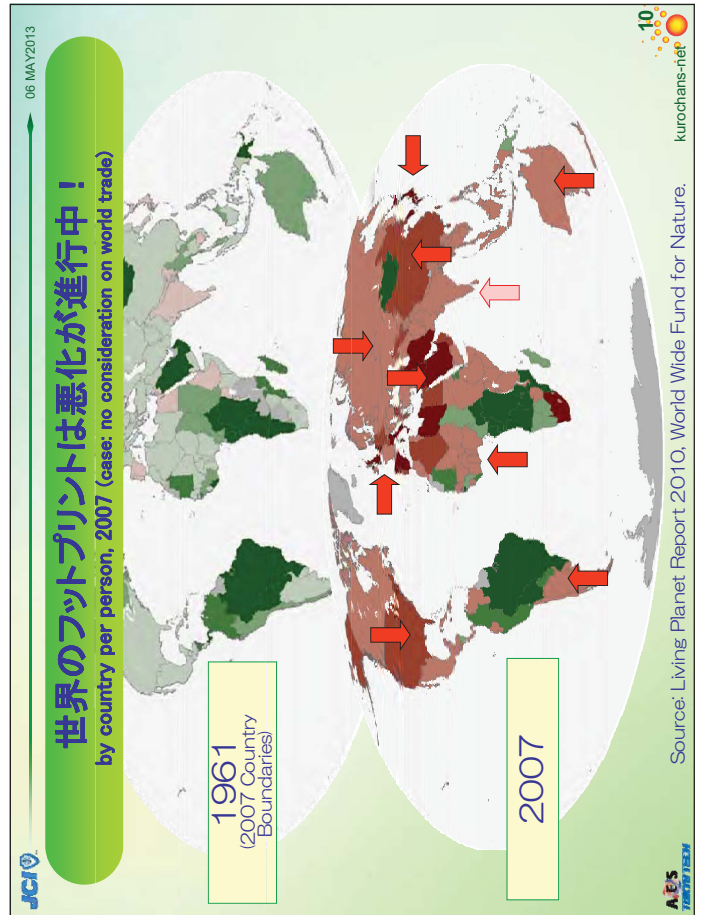
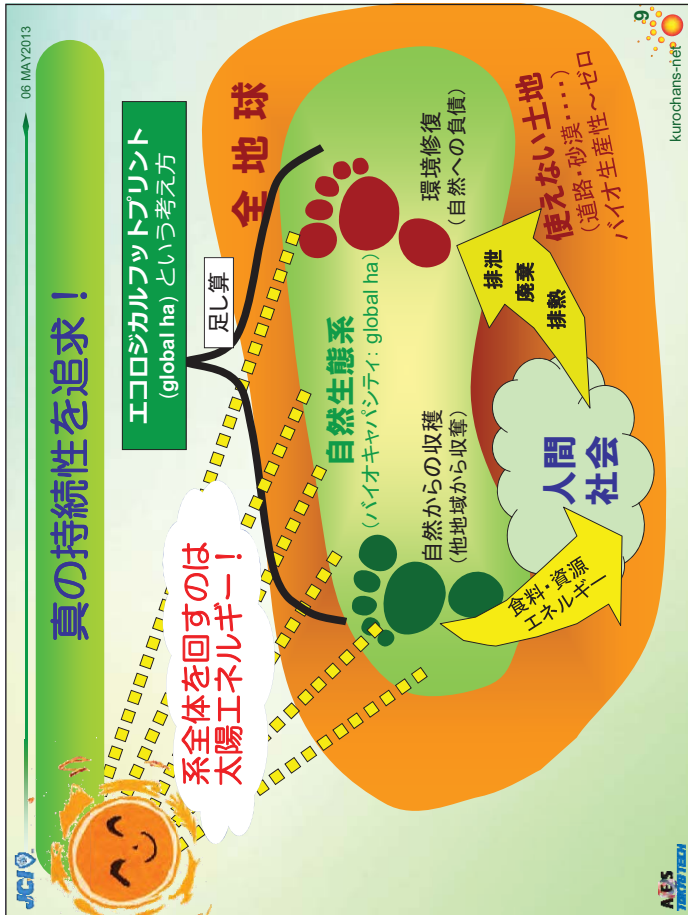
＜基礎資料＞

1. 再生可能エネルギーの起源
2. 持続可能な社会 <生態系との関わり>
3. 21世紀の地域社会

付. エピローグ

日本青年会議所 関東地区2013フォーラム バルサール六本木 22-23 JAN 2015

A.E.S. TANKI TECH Kurochans's collection



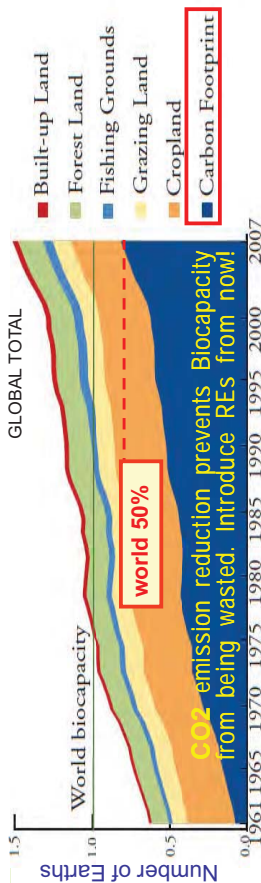
真の持続性を技術で追求!

エコロジカルフットプリント
(単位: global ha) という考え方

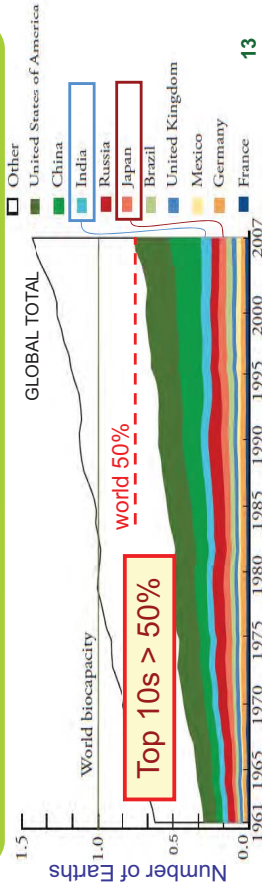
系全体を回すのは
太陽エネルギー!



発生要因別の世界のフットプリント推移 (1961-2007)

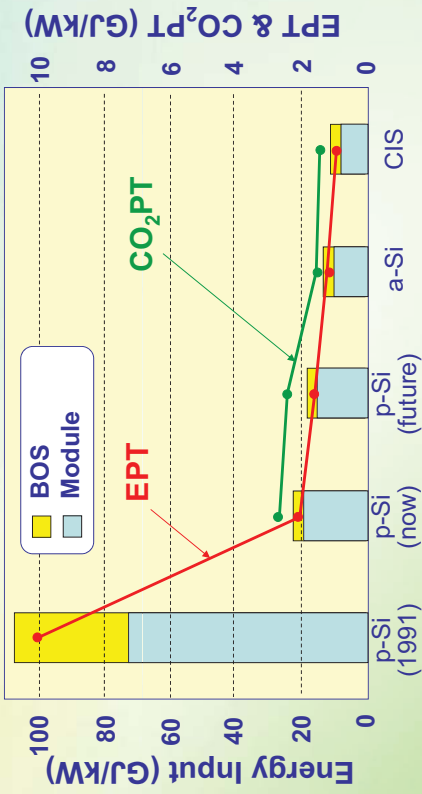


国別のフットプリント推移 (1961-2007)



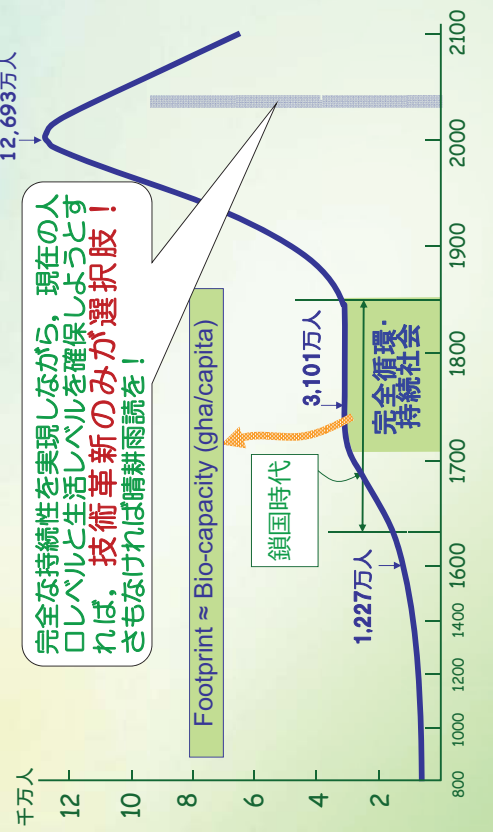
Source: Living Planet Report 2010, World Wide Fund for Nature.

EPT: エネルギーパイバックタイム



【評価条件】
 - p-Si (1991): 地上置き 1MW 生産規模不明、システム O/M エネルギー = 1%。
 - p-Si (現在): AISTI による再評価 (以前の NEDO 調査研究を基礎に)
 - その他太陽電池: 住宅用 3kW システム、生産規模 = 100MW/Y, O/M 無視

鎖国時代は「持続社会」の壮大な歴史の実験!



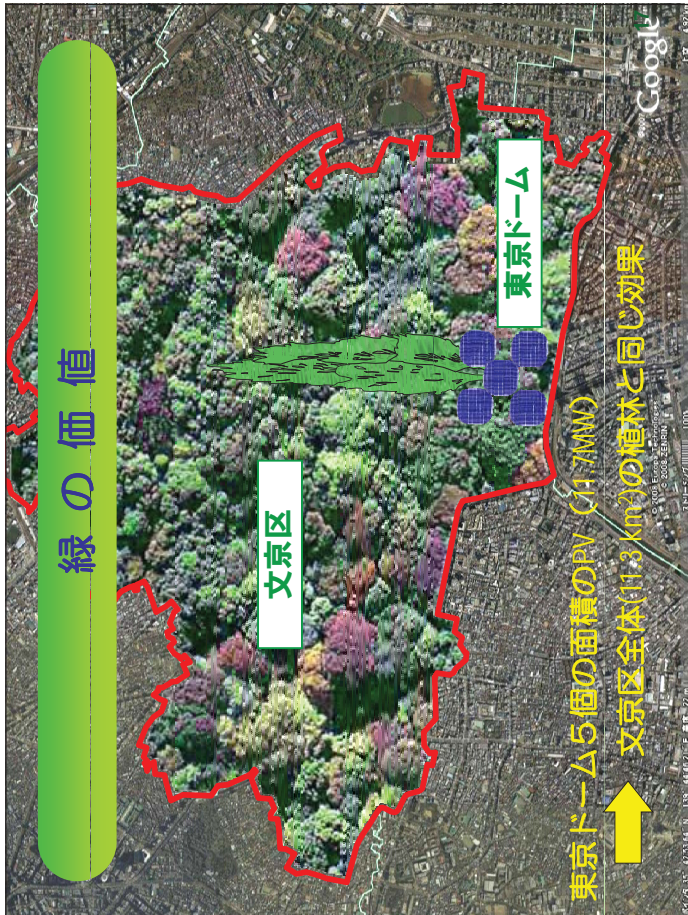
(出典) 総務省「国勢調査報告」(国社会政策・人口問題研究所「日本の将来推計人口(平成14年1月推計)」及び「77年「日本列島における人口分布変動の長期推計」(1974年)を基に国土交通省国土計画局作成。
 (注) 1960年以前は国勢調査、2000年は「国勢調査報告」、2000年及 2010年は「日本の将来推計人口」を引用。

再生可能エネルギーって何だろう

< 基礎資料 >

1. 再生可能エネルギーの起源
2. 持続可能な社会 <生態系との関わり>
3. 21世紀の地域社会

付. エピローグ



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
- 急速にグリッドパリティ・レベルに接近中!
- 将来はオール電化住宅100%供給も可能に
- すでに約100万軒：ミリオンルーフ時代へ!!
- 真の持続性；セキュリティ（おらがエネ）

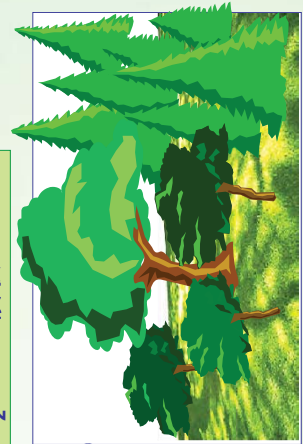
NEDO群馬県太田市集中連系プロジェクト



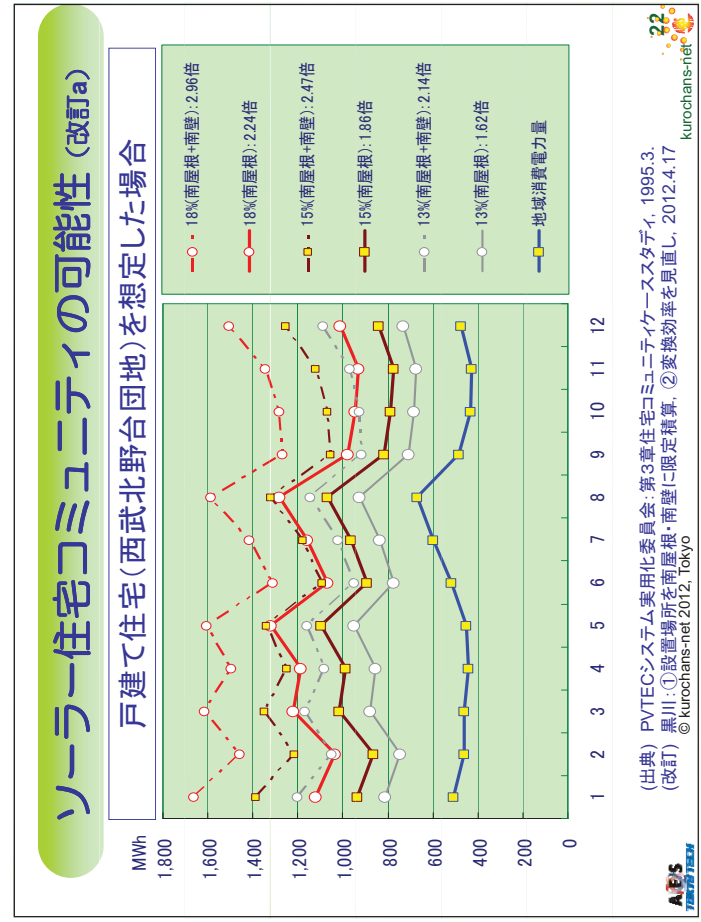
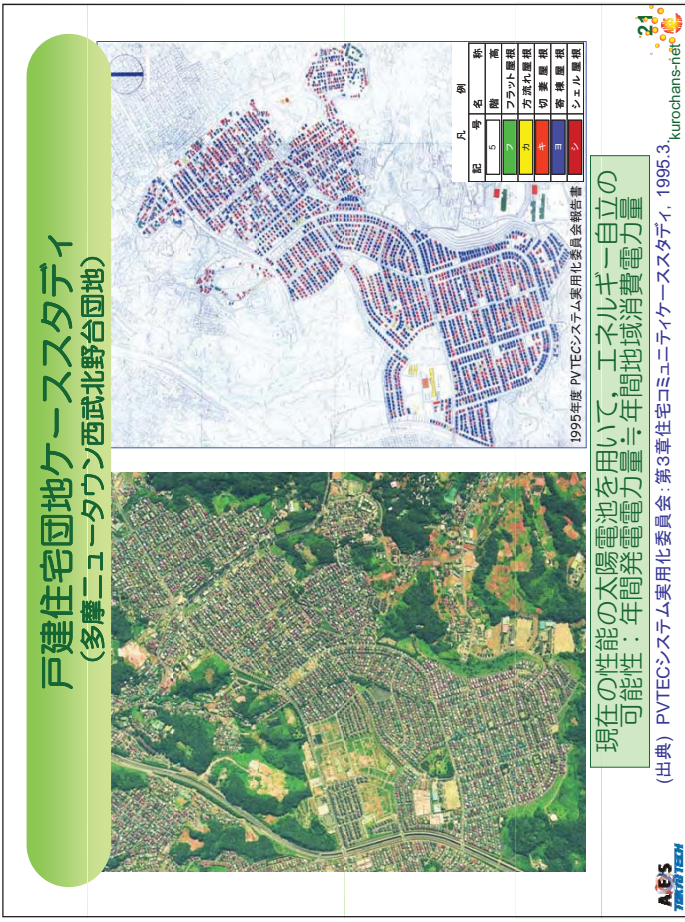
[参考] 太陽光発電CO2排出抑制効果

- PVによるCO₂排出削減：
 730 g-CO₂/kWh(石油火力) - 70g/kWh-PV製造
 = 660 g-CO₂/kWh_{PV} (運転時にはCO₂フリー)
- 1m² PV → 100W_{PV} x 100kWh/Y → 66 kg-CO₂/m²/Y
- 1m² 森林緑化 → 0.649 kg-CO₂/m²/Y 吸収

太陽光発電した電力で太陽電池を製造するソーラーブリーナーダ一概念も可能



3kW-PV on 130 m² (40坪) → 3000 m² 森林 (テニスコート6面分)



06 MAY 2013
 日本青年会議所 関東地区2013フォーラム ペルサーール六本木 22-23 JAN 2013

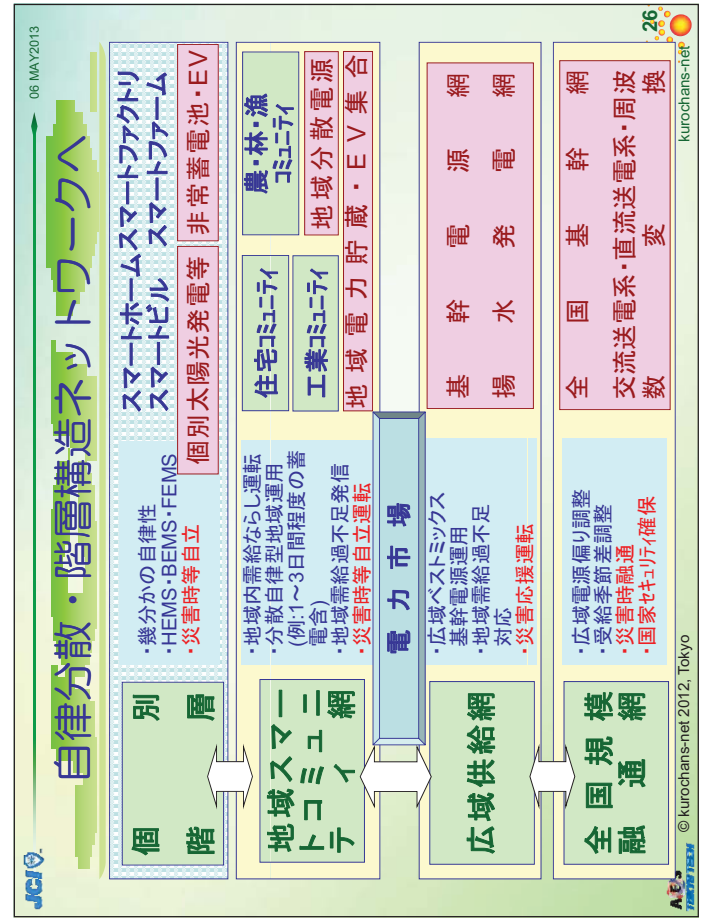
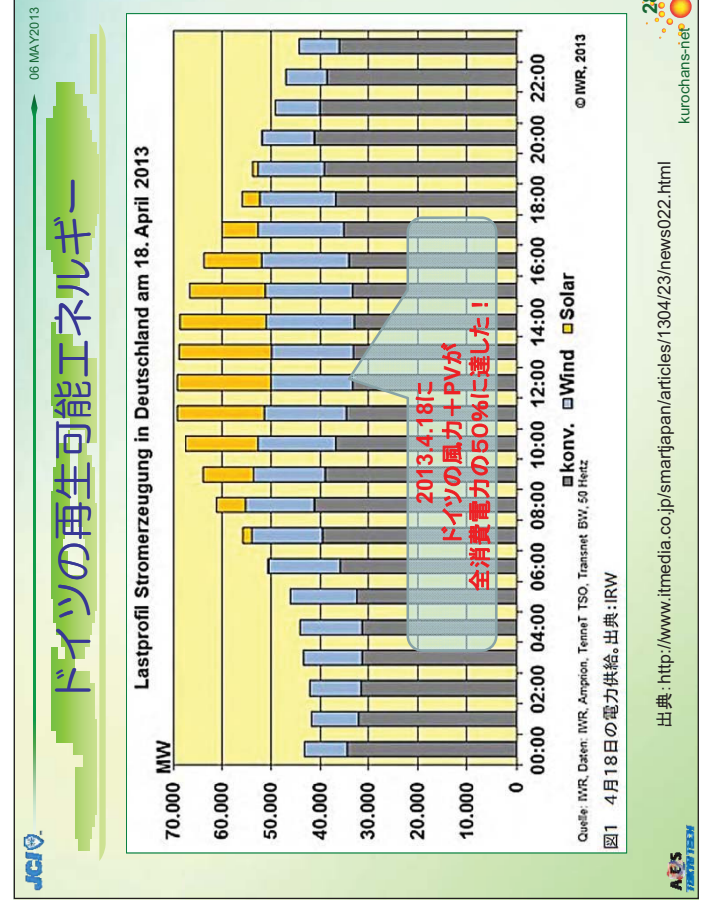
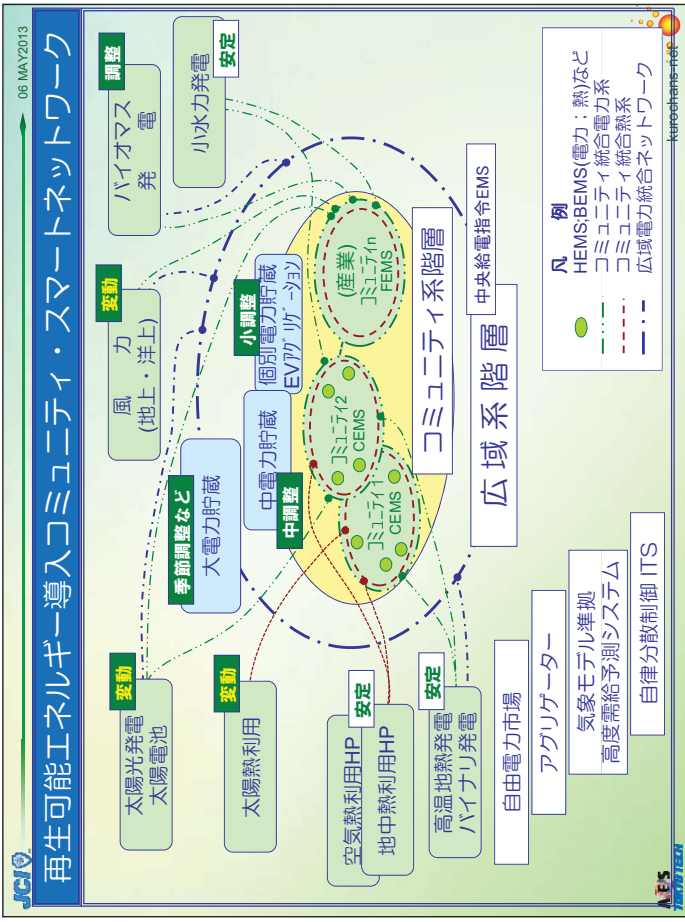
再生可能エネルギーって何だろう

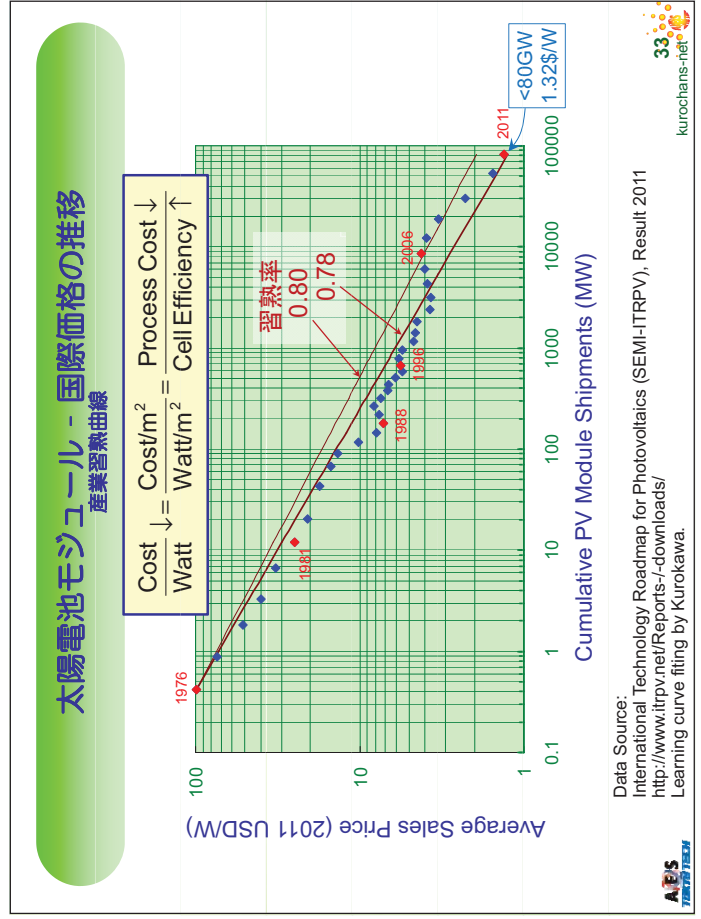
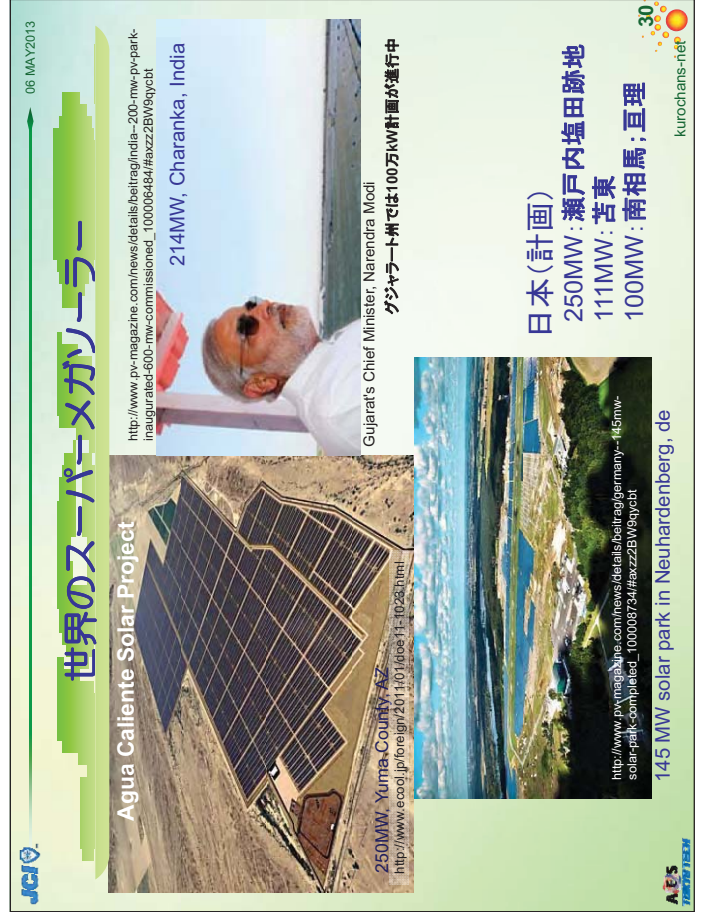
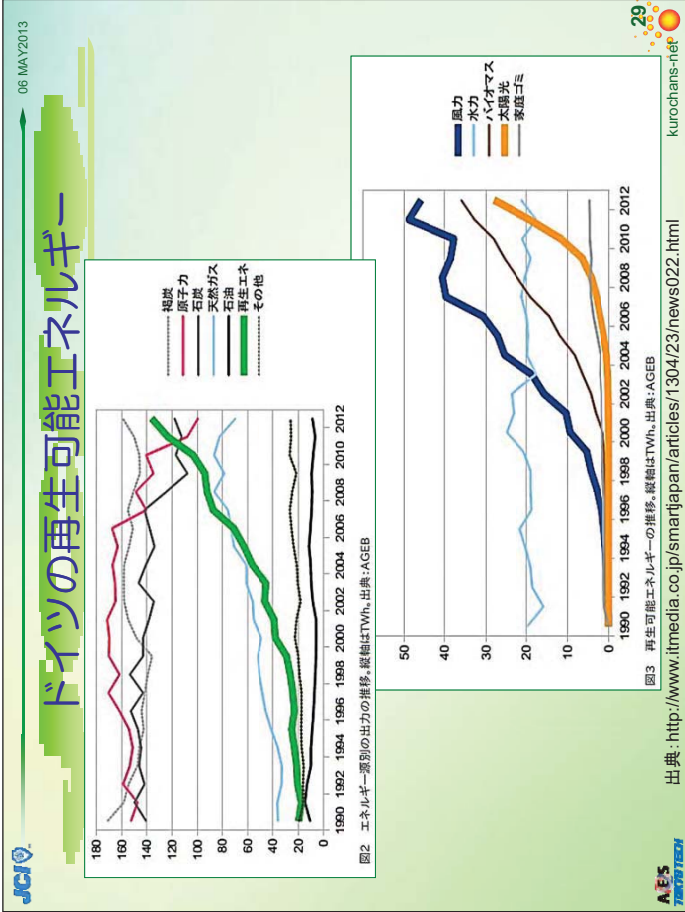
< 基礎資料 >

1. 再生可能エネルギーの起源
2. 持続可能な社会 <生態系との関わり>
3. 21世紀の地域社会

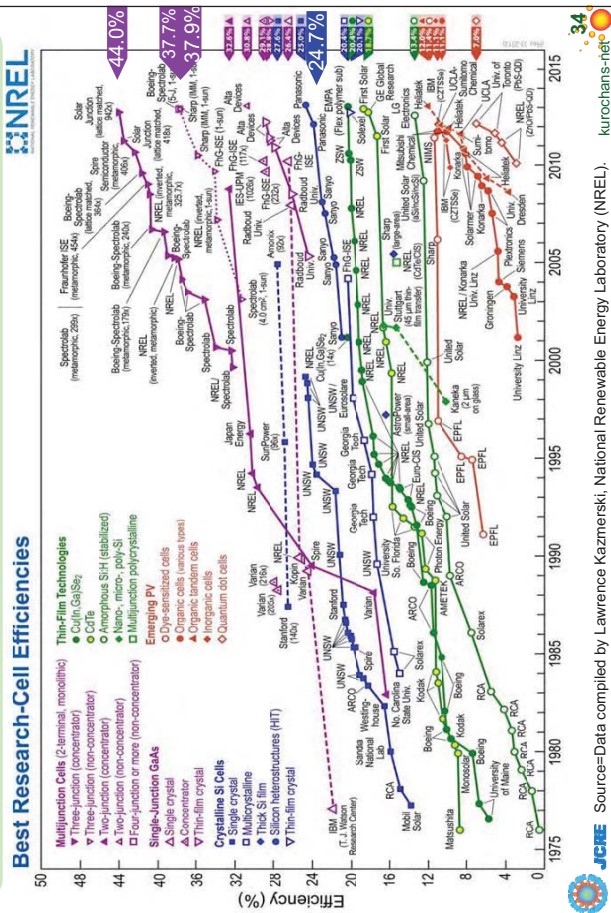
付. エピローグ

27



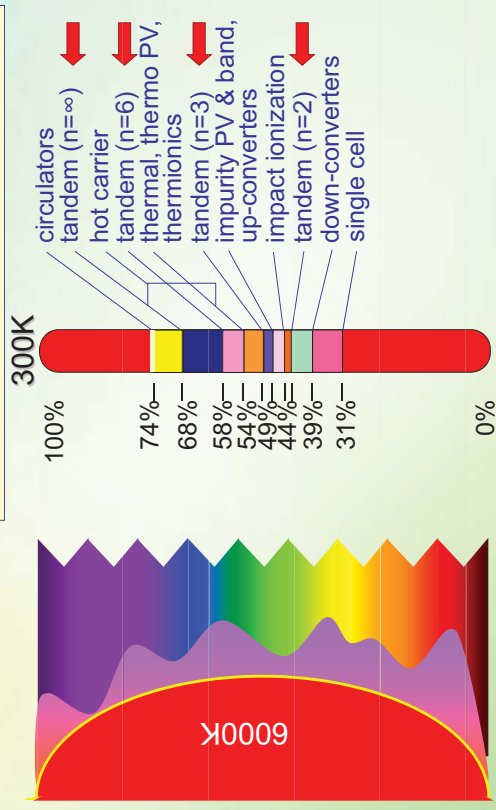


PV Cell Efficiencies (research level, 2012.3)



The 3rd Generation Concept by Prof. Martin Green

$\eta \leq 93.3\%$ (direct) = 73.7% (global)



地域自律を目指したスマートコミュニティ
再生可能エネルギーの役割

- 最新トピックスあれこれ
- 地域を支える階層構造型スマートネットワークへ
- 地球社会が存していくための再生可能エネルギー



© kurochans-net, Tokyo, 2013

地域自律を目指したスマートコミュニティ
再生可能エネルギーの役割

黒川 浩助
東京工業大学 TOKYO TECH AES
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
福島大学大学院
共生システム理工学研究科 客員教授

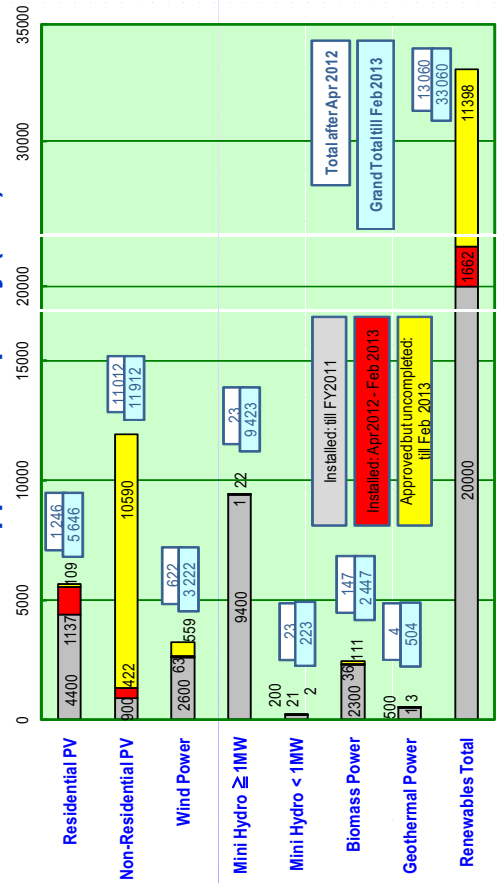


© kurochans-net, Tokyo, 2013

METI's Facility Approval for FIT (~2013.2.28)

Latest Topic

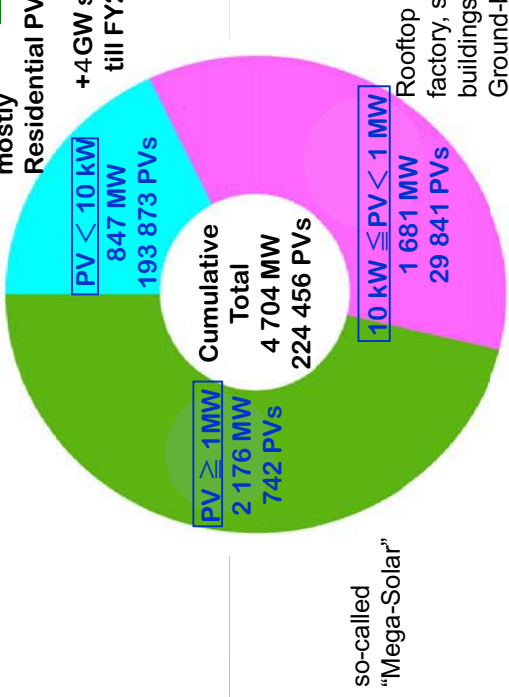
Installed + Approved Capacity (MW)



Data Source: <http://www.enecho.meti.go.jp/sa/ene/kaitori/dl/setsubi/201209setsubi.pdf>

METI's Facility Approval for FIT (~2012.12.31)

Latest Topic



Data Source: <http://www.enecho.meti.go.jp/sa/ene/kaitori/dl/setsubi/201209setsubi.pdf>

An Example of Recent Mega-Solar Price in Japan (top runner base)

Latest Topic

DIY Kits: 12 kW → 150 k¥/kW for roof-top @ 1 000 hrs/Y yield
DIY Kits: 12 kW → 165 k¥/kW for ground base
54 kW: 12.96 M¥ (240 k¥/kW) → ~7 yrs recovery @ 36 ¥/kWh tariff
54 kW: 14.04 M¥ (260 k¥/kW) → ~7 yrs recovery @ 36 ¥/kWh tariff

Source: Nikkei News Paper ads, 6 July 12'13.

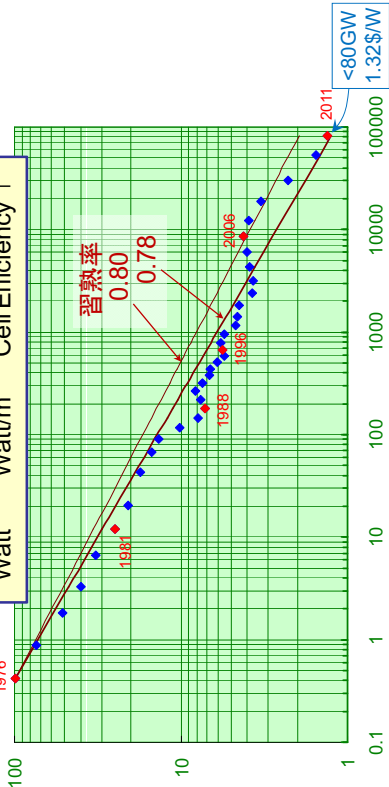
14

kurochans-net

PV Module - International Average Price "Learning Curve"

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

Average Sales Price (2011 USDW)



Cumulative PV Module Shipments (MW)

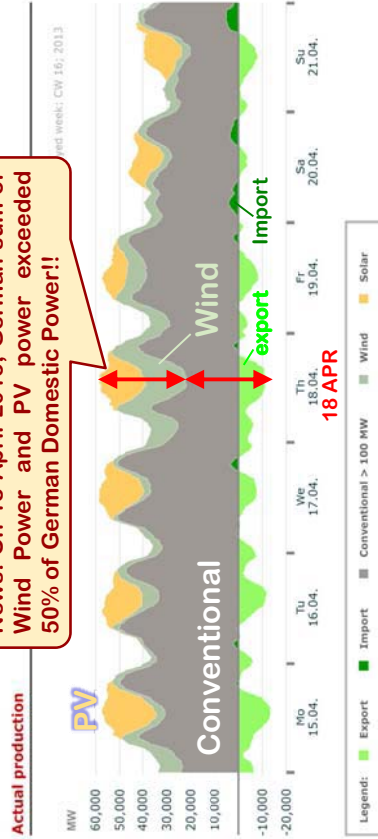
Data Source: International Technology Roadmap for Photovoltaics (SEMI-ITRPV), Result 2011
<http://www.itrpv.net/Reports/~downloads/>
 Learning curve fitting by Kurokawa.

16

kurochans-net

Hourly Profile of Electricity Supply

Latest Topic



News: On 18 April 2013, German sum of Wind Power and PV power exceeded 50% of German Domestic Power!

Graph: Bruno Burger, Fraunhofer ISE, Data: EEX Transparency Platform
<http://www.eex.fraunhofer.de/en/downloads-englisch/pdf-files-englisch/news/electricity-production-from-solar-and-wind-in-germany-in-2013.pdf>

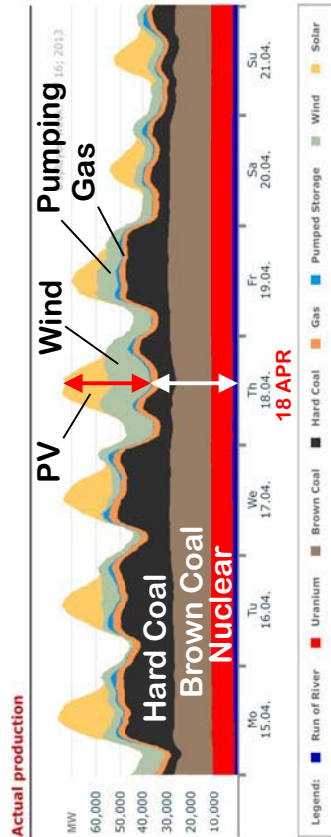
16

Fraunhofer ISE

Hourly Profile of Electricity Supply

18 April 2013

Latest Topic



	RoR	Uran	BC	HC	Gas	Pst	Wind	Solar
min. power (GW)	1.4	8.9	13.5	3.4	1.8	0	1.1	0
max. power (GW)	2.4	9.3	18.0	22.6	3.5	2.7	18.3	22.7
weekly energy (TWh)	0.36	1.5	2.8	2.1	0.46	0.13	0.95	0.86

Graph: Bruno Burger, Fraunhofer ISE, Data: EEX Transparency Platform
<http://www.eex.fraunhofer.de/en/downloads-englisch/pdf-files-englisch/news/electricity-production-from-solar-and-wind-in-germany-in-2013.pdf>

132

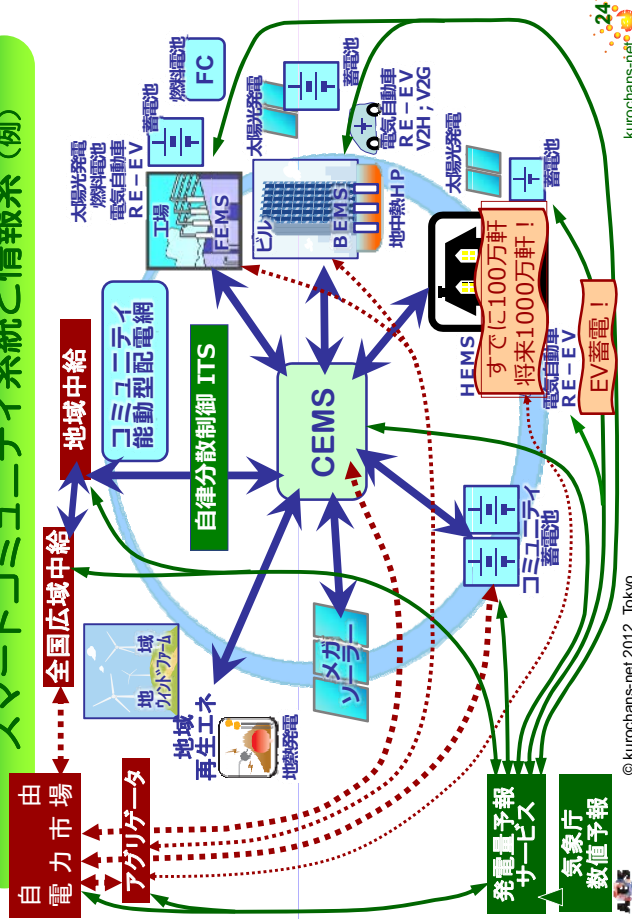
Fraunhofer ISE

地域自律を目指したスマートコミュニティ 再生可能エネルギーの役割

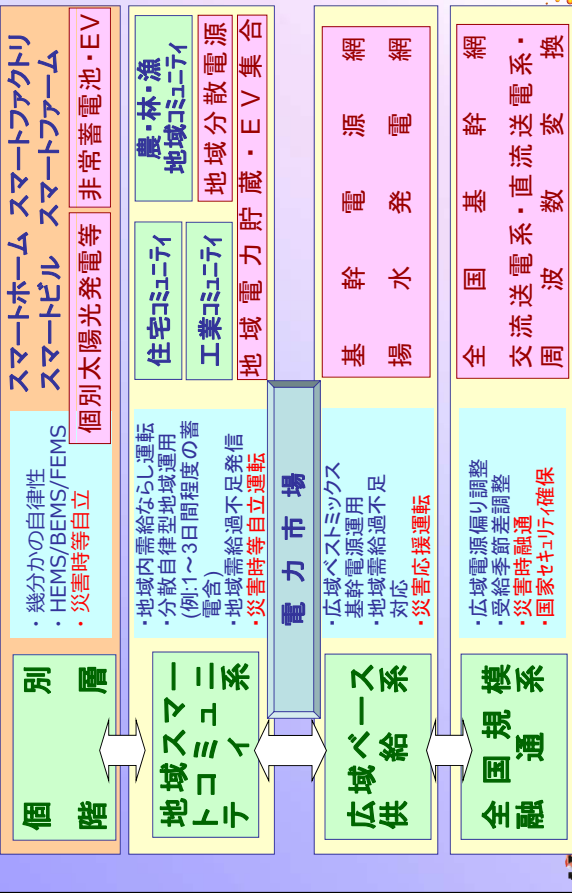
- 最新トピックスあれこれ
- 地域を支える階層構造型スマートネットワークへ
- 地球社会が生存していくための再生可能エネルギー



スマートコミュニティ系統と情報系 (例)



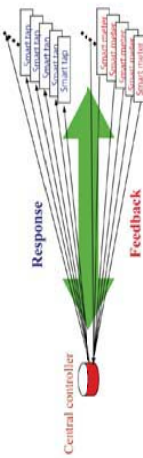
自律分散・階層構造ネットワークへ



自律分散・階層化スマートネットワーク



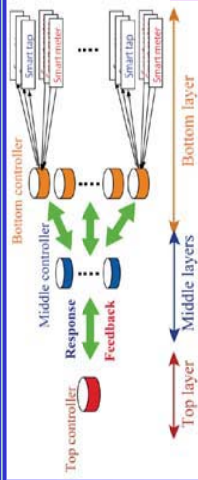
自律分散・階層構造ネットワークの薦め



集中処理 $Power\ Supply \geq \sum_i \sum_j Load_{i,j} - \sum_k Distributed\ Supply_{i,k}$

最上階層 $Power\ Supply \geq \sum_i Community\ Demand_i$ 中間階層

$= \sum_i \left(\sum_j Community\ Load_{i,j} - \sum_k Community\ Supply_{i,k} \right)$



(参考) 阪口啓(阪大・東工大)、東工大におけるスマートグリッド研究開発への取り組み、
 阪大シンボク, 2013.3.26

自律分散・階層構造ネットワークの薦め

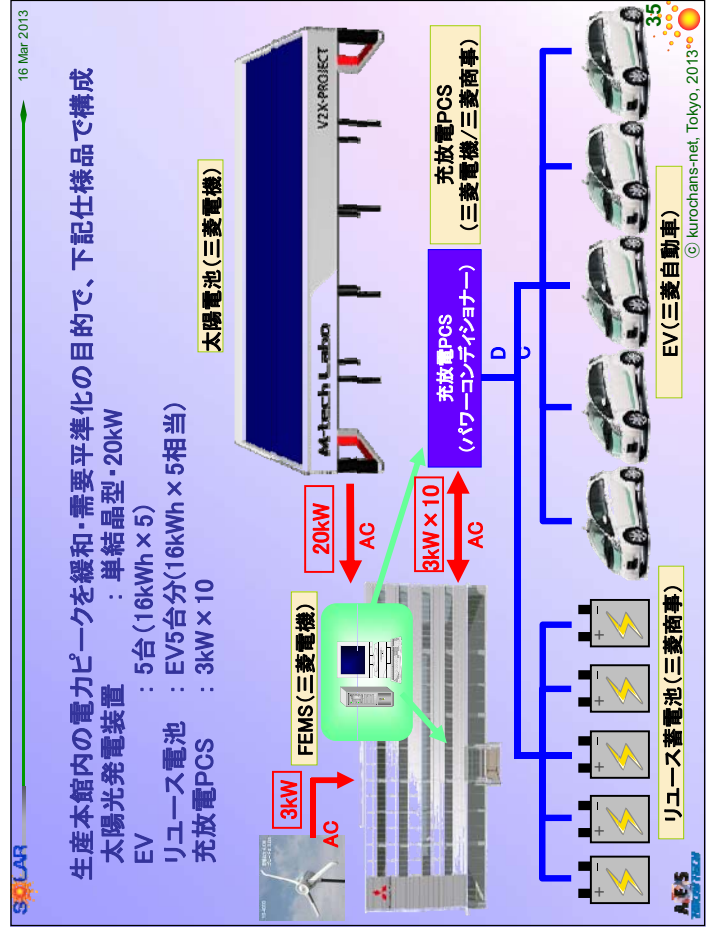
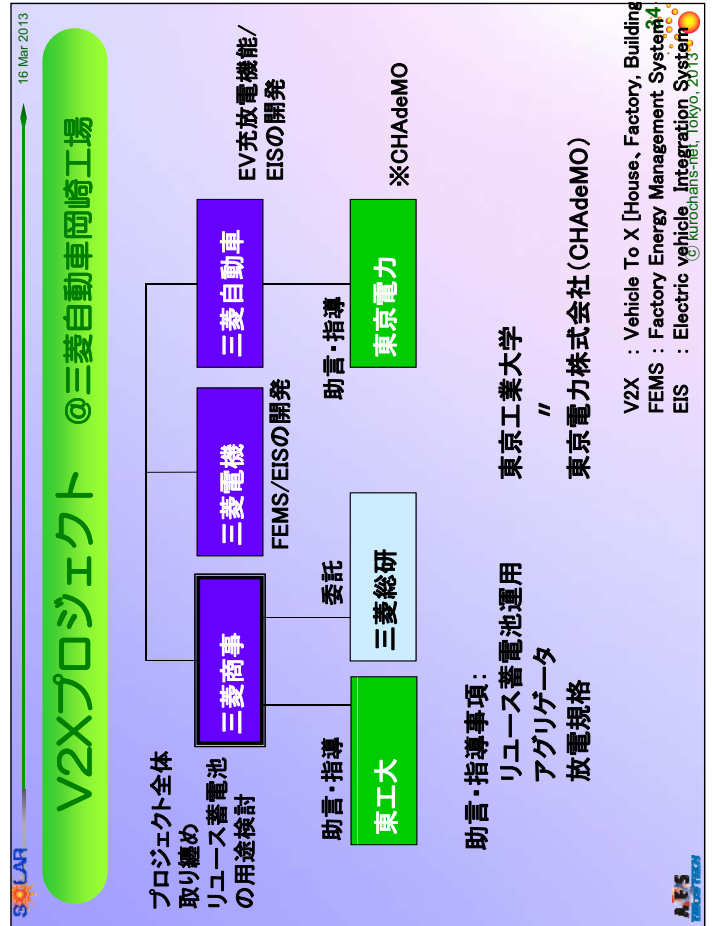
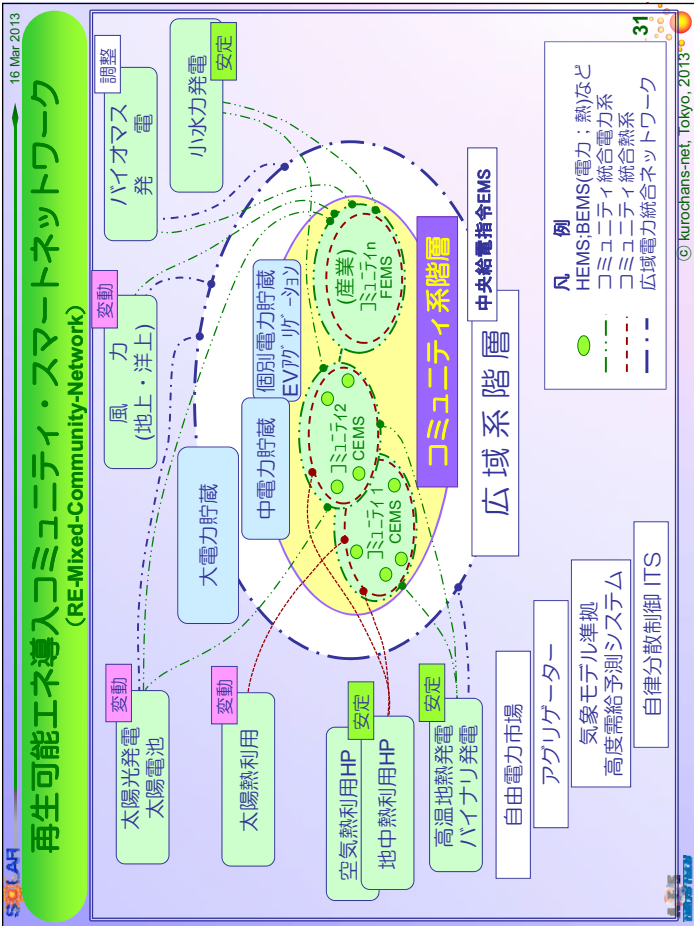
- 電力系統のスマート化は必須 - そのためには情報通信系高度化が不可欠!
- コミュニティ階層で, CEMSにより, 地域内の需給変動を可能な範囲で調整: 再生可能エネルギーの活用・CEMS機能が重要!!
- 早い変動はコミュニティ階層で調整; 広域系には, ベース変動が伝搬していく
- 地域の不足分や余剰分は, 基本的には電力自由市場を経由
- 広域情報通信システム障害が発生しても, 下位システムは運転継続できるような, 自律分散制御を基本: フェイルセーフであるべき(災害時には, 最小限の自立運転能力を確保!): 情報系システム運用保守コストをミニマムに!
- 季節変動調整のために, 全国基幹系統整備も有効; 大規模な災害時の決め手! **個々の集合で有効利用!**
- 個別データについては, 上位系にはマクロ化伝送, 通信トラフィックの増大抑制をはかり, プライバシー保護のために最大限の防護機能がサイバー攻撃防御やプライバシー保護のために最大限の防護機能が基本設計から必要

各種再生可能エネルギーなど要素の特徴

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能 ・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 ・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 ・最近はや直しの機運あり
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 ・最近はや直しの機運あり
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 ・脈動率が大きい(瞬間最大風速と平均風速の比)	・立地環境規制 ・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
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	・陸上と比較し, 脈動小	

各種再生可能エネルギーなど要素の特徴

種類	国内資源分布・立地容易性	変動性	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 ・24時間定出力 ・流域降水雨量依存 ・季節差あり	・林業の衰退が現状のネック ・太陽光発電と併設→貯湯(昼→夜・夜へピークシフト) ・深発電力も利用可能 ・基礎工手法の開発進展が重要 ・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
中小水力発電	・未利用水力はある	・24時間定出力	・水利権問題
空気熱ヒートポンプ	・どこにもある ・省エネルギー空調の選択肢として	・24時間熱源利用可能	・太陽光発電と併設→貯湯(昼→夜・夜へピークシフト) ・深発電力も利用可能 ・基礎工手法の開発進展が重要 ・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
地中熱ヒートポンプ	・どこにもある ・ZEB / ZEH* での選択肢	・24時間熱源利用可能	・太陽光発電と併設→貯湯(昼→夜・夜へピークシフト) ・深発電力も利用可能 ・基礎工手法の開発進展が重要 ・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
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	・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



16 Mar 2013

37

ganstar : 試作品

接続状態表示

- 未接続(停止)
- EVIに充電
- EVから給電

操作画面【認証、接続】

ganstar EV charging station with a red and white body. The operation screen shows a menu with Japanese text and icons for charging and power transfer.

© kurochans-net, Tokyo, 2013

16 Mar 2013

38

EV蓄電池の有効活用 (EIS)

EISはEV利用スケジュール、EV状態をDBに保存。これら情報より利用可能な蓄電池容量を計算してEVの蓄電池としての利用計画を、利用者及びFEMSへ情報を提供する。

EIS : Electric Vehicle Integration System

アグリゲータ

工場需要計画/実績

計画変更要求

EV利用音端末 (スマートフォン)

EV使用予定

EV状態

走行情報

利用可能な蓄電池容量

時間帯を計算

蓄電池容量

時刻

EIS-DB

EVスケジュール管理

- ・出発/到着時刻
- ・使用電力量予測

EV状態管理

- ・現在位置、SOC取得
- ・到着時SOC予測

利用可能な蓄電池情報

計画変更要求

FEMS

充電電情報、工場需要計画

充電電情報

駐車中車両

走行中車両

© kurochans-net, Tokyo, 2013

16 Mar 2013

39

自律分散・階層構造ネットワークの薦め

電力系統のスマート化は必須 - そのためには情報通信系高度化が不可欠！

- コミュニティ階層で、CEMSにより、地域内の需給変動を可能な範囲で調整：再生可能エネルギーの活用・CEMS機能が重要！！
- 早い変動はコミュニティ階層で調整；広域系には、ベース変動が伝搬していく
- 地域の不足分や余剰分は、基本的には電力自由市場を經由
- 広域情報通信システム障害が発生しても、下位システムは運転継続できるような、自律分散制御を基本；フェイルセーフであるべき（災害時には、最小限の自立運転能力を確保！）：情報システム運用保守コストをミニマムに！
- 季節変動調整のために、全国基幹系統整備も有効；大規模な災害時の決め手！
- 個別データについては、上位系にはマクロ化伝送、通信トラフィックの増大抑制をはかり、プライバシーデータの拡散を防止
- サイバー攻撃防御やプライバシー保護のために最大限の防護機能が基本設計から必要

ganstar EV充電ステーションの試作品

接続状態表示

- 未接続(停止)
- EVIに充電
- EVから給電

操作画面【認証、接続】

ganstar EV charging station with a red and white body. The operation screen shows a menu with Japanese text and icons for charging and power transfer.

© kurochans-net, Tokyo, 2013

16 Mar 2013

36

EV : i-MIEV Gグレード(16kWh)、放電機能付(試作品)

リユース蓄電池 : i-MIEV用蓄電池(1年間使用、16kWh相当)、周辺機器はi-MIEV部品

Light blue i-MIEV EV and its battery pack components.

© kurochans-net, Tokyo, 2013

地域自律を目指したスマートコミュニティ
再生可能エネルギーの役割

- 最新トピックスあれこれ
- 地域を支える階層構造型
スマートネットワークへ
- 地球社会が生存していくための
再生可能エネルギー



Report from IEA PVPS Task 8 :
Study on Very Large Scale
Photovoltaic Power Generation Systems

<http://www.iea-pvps.org/products/download/Energy%20from%20the%20Desert%20Summary09.pdf>

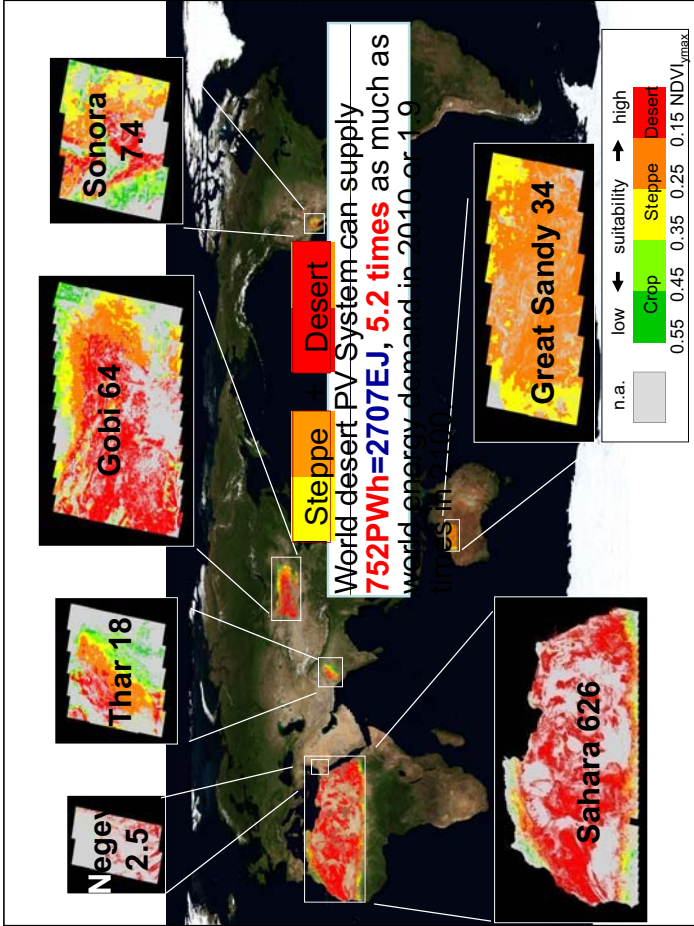
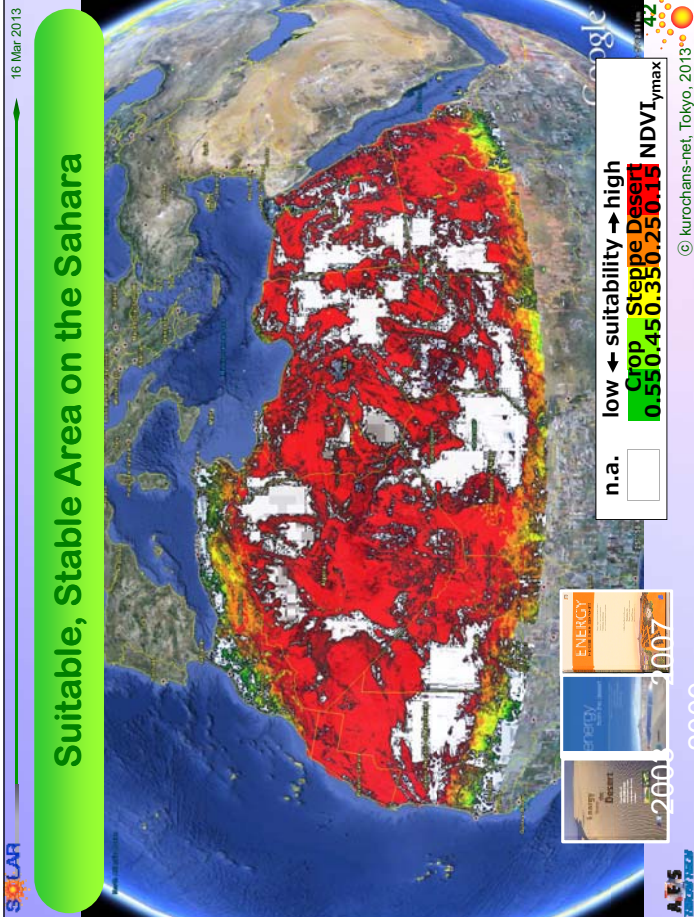
ENERGY
FROM THE DESERT



Task 8 OA (up to 2008)
Prof. Kosuke KUROKAWA
Tokyo Institute of Technology

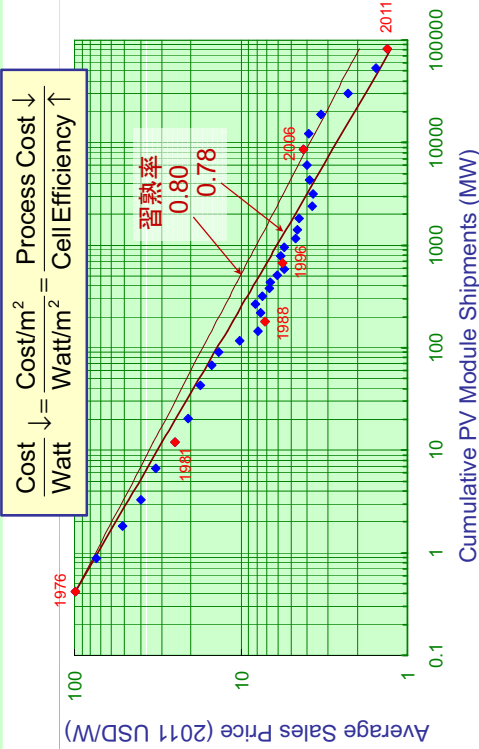
Suitable, Stable Area on the Sahara

16 Mar 2013



太陽電池モジュール - 国際価格の推移

産業習熟曲線

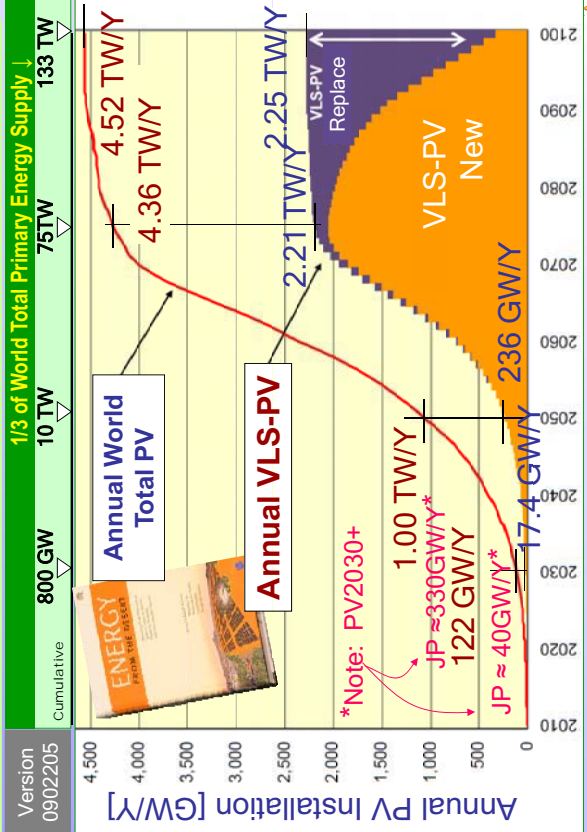


Data Source: International Technology Roadmap for Photovoltaics (SEMI-ITRPV), Result 2011
<http://www.itrpv.net/Reports-downloads/>
 Learning curve fit by Kurokawa.

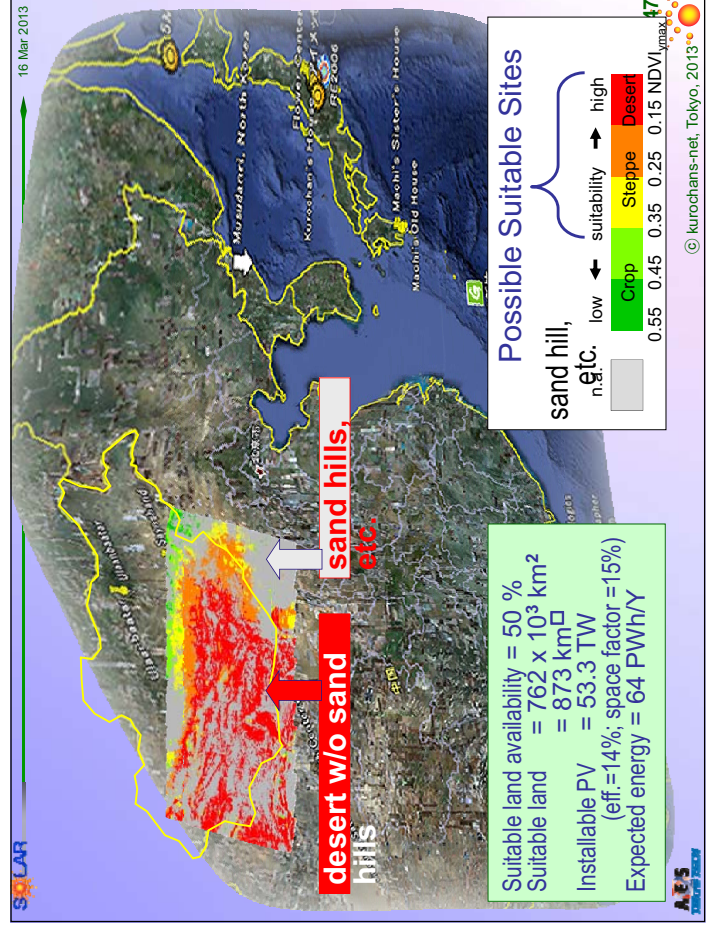
Super-Mega-Solar (World Rank as of 2013.5)

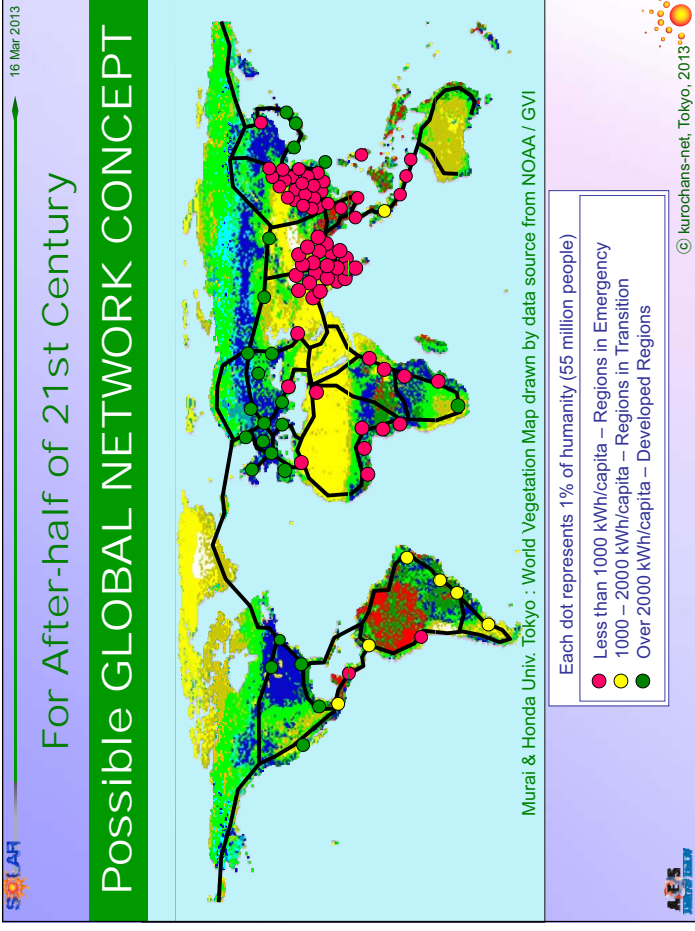
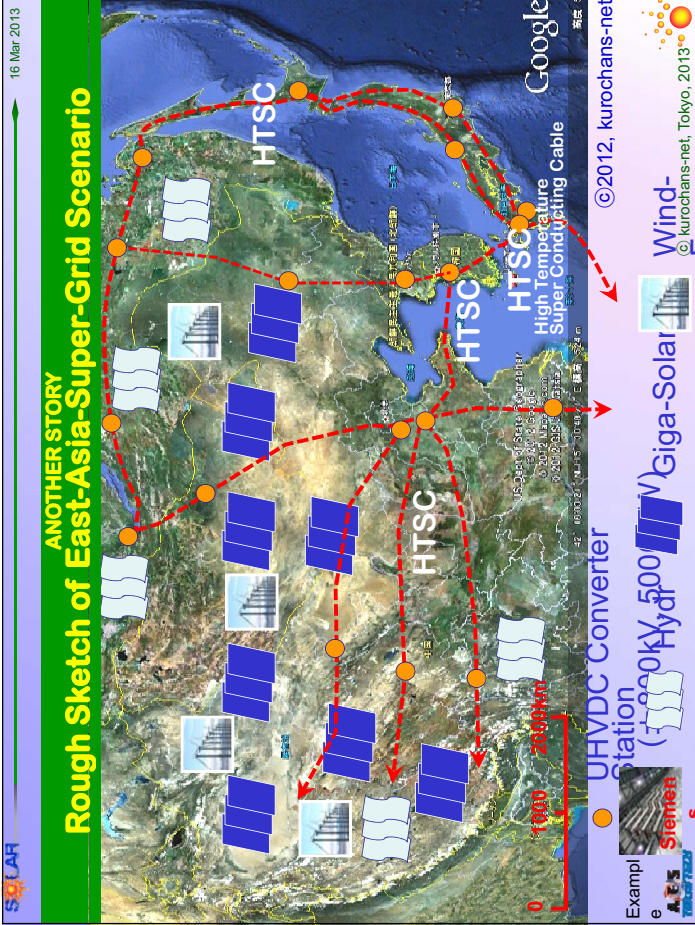
Rank	Site Name	Country	Capacity	Commissioned
1	Agua Caliente Solar Proj.	USA	250 MW	2012
2	Charanka Park, Patan	India	214 MW	2012
3	Golmud Solar Park	China	200 MW	2011.10
4	Solar Park Neuro	Germany	166 MW	2011-2012
5	Mesquite Solar I	USA	150 MW	2011-2012
6	Solarpark Neuhausenberg	Germany	145 MW	2012
7	Solarpark Templin	Germany	128 MW	2012
8	Centrale solaire de Toul-Rosieres	France	115 MW	2012
9	California Valley Solar Ranch	USA	108 MW	2012
10	Perovo Solar Park	Ukraine	105.56 MW	2011

World PV Market Long-Term View



Source: IEA PVPS Task 8 3rd Report "Energy from the Desert"





16 Mar 2013

21世紀の選択 – 地域ぐるみ・おらがエネルギー

- 国産エネルギーによる住宅自立率: 70~80%/軒実績!!
- ミリオンルーフ・ミドル+メガソーラー時代へ突入!
- 地域の特性に応じた統合型再生可能コミュニティ!

家づくり:

- エネルギー自立: ZEH・ZEB; PEH・PEB; LCCM*
- *LCCM: ライフサイクルカーボンマイナス

街づくり:

- スマートな地域最適化の不可欠な要素
- コミュニティの自立と防災・リスクマネージメント

産業団地・農業利用・未利用地:

- 全量買い取り制度スタート: ぎめ細やかな値決めを!
- 工場立地法規制緩和と達成! 農地法など規制緩和を!
- 秩序ある開発・発展を!

● 階層構造の統合型エネルギーネットワークを実現!
● カーボンFoot Print削減: 人類生存ソリューション!

© kurochans-net 2012, Tokyo

18 JULY 2013

豊田工業大学スマートエネルギー技術研究センター
第2回シンポジウム

**地域自律を目指したスマートコミュニティ
再生可能エネルギーの役割**

THANK YOU!

www.kurochans.net

kurochan's collection

再生可能エネルギー時代の主役 — 太陽光発電 —

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 黒川 浩助

1. はじめに

大量の太陽光発電が将来導入された場合に、昼間の太陽光の変動ピークが、電力系統全体のピーク負荷時の変動調整（需給調整）容量を越えてしまう場合には、太陽光発電の発電抑制を強制する必要性が指摘されている。このために、系統上位側からの指令により、太陽光発電パワーコンディショナ（以後パワコンと略）の出力抑制が必要として、そのためのインターフェースなどがすでに一部で検討されている。しかし、これは理論的な最終手段としてはともかく、出力抑制が日常的に発動されると、各家庭の資産である太陽光発電システムの発電機会を奪うことになり、稼働率を下げ、後では回復できないものとなる。

このことは、現在の系統構成が集中型供給システムの経済最適化のために構成されていて、24時間定出力連続運転を前提とした原子力発電（現在はほぼ停止中であるが）によるベース電力を最優先キープする系統構成・運用法が主たる要因と考えられる。[問題点1：閉鎖的経済運用]

また、地域独占体制の下にある電力投資では、発電設備だけでなく、送配電設備についても地域電力レベルの最適化を優先したサイズとなっている。このために、北海道や東北では送配電線がぜい弱で、豊富にある風力資源やメガソーラーへの投資の障壁となっている。地熱発電所の立地に際しても、立地点から消費地までへの送電が障壁になる事例が多いと言われている。大きな災害時にも、他地域からの応援電力を届けるための全国レベルの送電インフラの欠如が問題点としてクローズアップされた。[問題点2：地域独占による無競争体制] [問題点3：国域セキュリティ確保策無策定]

地域独占体制化の電力供給では、地域電力会社の中途半端な「上から目線」に基づくインフラ構築・運営が行われてきた。しかし、再生可能エネルギーの導入促進や、国民レベルのセキュリティ確保のためには、全く違った「目線」に立つことが不可欠と考える。ここでは、電力を利用する側からの「目線」に基づく、「上下ひっくり返し」の道順で最適化することを提案したい。

つまり、発想を180度変えて、“再生可能エネルギー電源とこれを利用する使用者を中心とした、「地域分散ネットワーク」側から見た最適化があり得ないのか？”という視点である。以下に試みの考察を行ってみた。この考え方に従った需給調整の手順は以下のようなものだ。

(1) 今まで、最上位系統のみで取り扱ってきた需給調整などの機能を、階層構造系統構成の末端需要サイド（需要地域や、場合によっては末端の家庭システムまで）の都合に基づいた「可能な範囲」で各レベル毎の需給調整に分割し、まず各レベルで「自律的に行う」機能（一般に「スマート化」と呼ばれている）を持たせる。この機能を使って、「各レベルで可能なある程度の需給安定化」を実現していく。

(2) 電力系統全体は階層構造に組み立てられ、より下位レベルでの自律的需給調整によって「満たされない電力要求」や「電力余剰」については、一段上位の系統や同レベルの他地域系統との経済的な取引によって満たすことを前提とする。

(3) 他地域や上位系統との取引も含めて、ある地域内の需給調整最適化が自由に行えるためには、「自由電力取引市場」の存在を前提とし、各レベル間の「需給相互調整が可能なアクティブ系統機能」を具備する。また、このような取引が、互いにインセンティブとなるような制度設計が必要となる。

(4) 最終的に必要になるであろう、需給の季節差や年差などは、全国規模で実施されるべき「国家セキュリティ確保策」によって最終的に保証するための「全国基幹送電網（直流送電機能具備）」により列島をカバーしなければならない。

(5) このような地域から全国規模までの、「自律度を高めた階層構造の全体システム再構築」は、現状システム構成とは大きく異なることから、段階毎の系統改造シナリオに沿った電力システムの規制緩和が不可欠要件となる。

以下では、このような視点で構成され、最適化された地域分散ネットワークを「再生可能エネルギー・ミックス・コミュニティ・ネットワーク」(略称：再エネ・ミックス；REmix-community) ととりあえず呼ぶこととする。もし、地域の「再エネ・ミックス」が理想的に実現すれば、上位系統側からみると、従来よりも安定化・省エネルギー化された地域の負荷集合と見なされることになる。つまり、上位系にも大きなメリットになるはずである。

2. 複数の再生可能エネルギーを利用した統合型地域エネルギー供給に関する考察

こういう想定地域ネットワークで組み合わせていく再生可能エネルギー源について、表1に各々の特徴のあらましを考察整理した。

表 1-1 各種再生可能エネなど要素の特徴(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	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> コスト低減が急速に進行中
太陽熱利用	<ul style="list-style-type: none"> 低温利用有利 日本の太陽熱発電：直達分少なく不利 	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 昼間・夜間に稼働 脈動率が大きい(瞬間最大風速と平均風速の比) 	<ul style="list-style-type: none"> 立地環境規制
洋上風力発電	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 陸上に比較し、脈動小 	<ul style="list-style-type: none"> 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

表 1-2 各種再生可能エネなど要素の特徴(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	<ul style="list-style-type: none"> 森林国：ポテンシャル大 森林と消費地の距離 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料調整により需給調整運転可能 	<ul style="list-style-type: none"> 林業の衰退が現状のネック
中小水力発電	<ul style="list-style-type: none"> 未利用水力はある 	<ul style="list-style-type: none"> 24時間定出力 流域降水雨量依存 季節差あり 	<ul style="list-style-type: none"> 水利権問題
空気熱ヒートポンプ	<ul style="list-style-type: none"> どこにでもある 省エネルギー空調の選択肢として 	<ul style="list-style-type: none"> 熱源24時間利用可能 	<ul style="list-style-type: none"> 太陽光発電と併設→貯湯(昼→夜・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	<ul style="list-style-type: none"> どこにでもある ZEB / ZEH* での選択肢 	<ul style="list-style-type: none"> 熱源24時間利用可能 	<ul style="list-style-type: none"> 基礎工事工法の開発進展が重要
地熱発電	<ul style="list-style-type: none"> 世界3位のポテンシャル 	<ul style="list-style-type: none"> 24時間定出力 	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 変動調整 ピークシフト 需給調整 	<ul style="list-style-type: none"> 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

同表では、変動の大きさの順に、各々の再生可能エネルギー電源・熱源を、おおむね上から下へ向かって配列した。空気熱、地中熱、地熱は、ほぼ 24 時間定出力駆動が可能なものとして分類した。小水力も季節変動があるものの、これに次ぐ安定性を期待できそうである。また最下段には、これらと組み合わせ可能な電力貯蔵手段についても収録した。

3. 再生可能エネルギー・ミックス概念 (REmix-community)

前表に示された各種の再生可能エネルギー源を組み合わせ、スマート・コミュニティを構成した場合の概念図を、**図 1**に描いた。

同図において、もっとも中央部には、コミュニティ系階層として、コミュニティ 1～コミュニティ n の地域コミュニティ群を構成している。それぞれのコミュニティは、住宅地域、商業地域、産業地域などが相互依存状態でパートナー構成される方が好ましいと思われる。つまり、それぞれの属性が、むしろ相互に異なっている方が、時間帯などでの負荷プロファイルが平準化される確率が高い。

これは、六本木ヒルズが、負荷プロファイルの異なる、オフィス棟、住居棟、商業施設、イベント施設などの集合として負荷群が、時間帯間や平日・週末間の平準化をねらって構成されていることに通じる。熱電併給型比可変のコジェネレーション・システムによる供給側と併せて、自立系統として成り立っていることが知られている。

これらのコミュニティは、HEMS や BEMS を備えた個別の太陽光発電や空気熱ヒートポンプなどの再生可能エネルギー源をもち、場合によっては小容量の蓄電設備を有している可能性が高い。これはそれぞれの単位の防災・セキュリティ確保に役立つであろう。もちろん時間帯別のダイナミック・プライシングも平準化の有効な手段である。しかし、より大きな平準化は、それぞれの属するコミュニティの中の負荷プロファイルの分布によってもたらされるであろう。コミュニティ内の系統には、各構成単位の負荷と太陽光発電などの分散電源の間で平準化する電力潮流が行き交いすることになる。

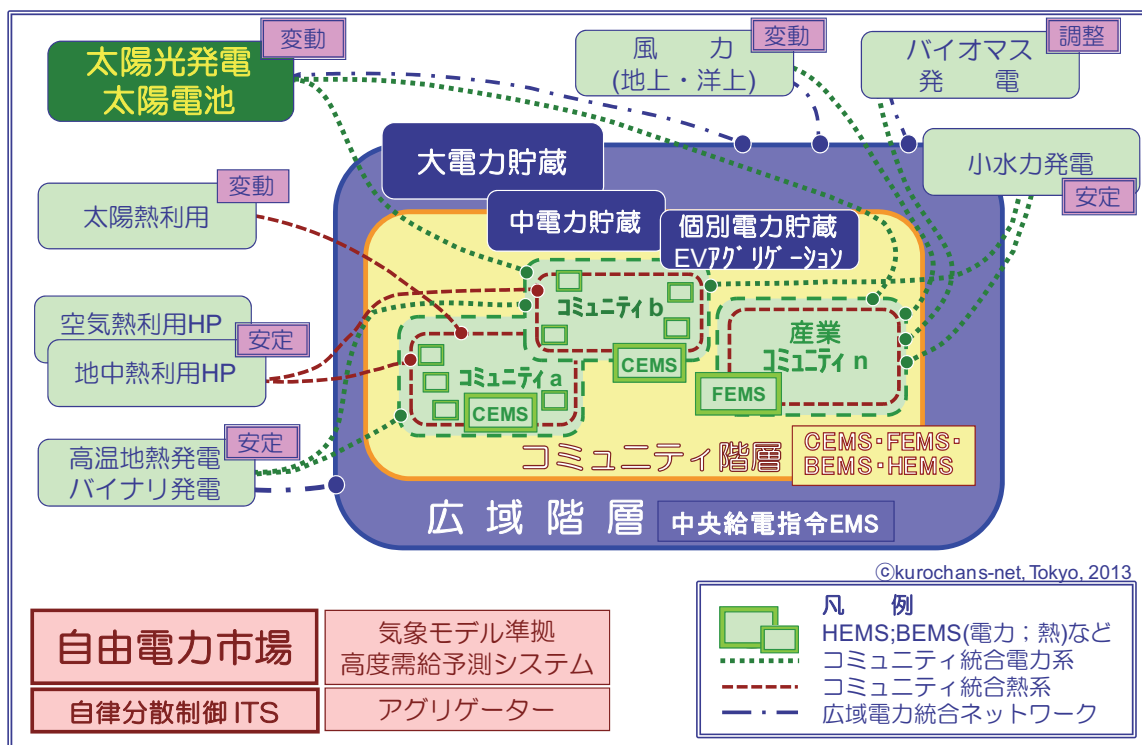


図 1 再エネ・ミックス・コミュニティ (REmix-community)

この結果、生じる時間別の需給差調整は、コミュニティに設置された中容量の電力貯蔵設備が機能を発揮する。需給差の 3 日分程度の蓄電容量があれば、3 日間程度連続して降る雨天日にも対応可能である。年間の日本地域の連続雨天日が 3 日をこえる確率はかなり小さいと思われる。このようにして、天候に追

随して発電する太陽光発電によっても、かなりの供給安定性が確保される。

もちろん、他の再生可能エネルギー発電として、地熱発電は24時間一定供給が可能である。温泉発電と呼ばれるバイナリ発電も同様の特性を持つ。熱利用で考えれば、地中熱や空気熱利用のヒートポンプ（HP）もベース供給としての特性を持つ。地中熱利用 HP は零エネルギービルなどの有力な手段となりつつある。再生可能エネルギー・ミックスを形成するためには、重要な選択肢である。

小水力発電も、流量が安定している時期には、24時間型の電源となる。このタイプはほぼ100%、河川流量をそのまま利用する流込み式発電となる。河川流量は季節的には変動するものであるから、その供給力変動分と負か変動の差分は、広域系階層からの受電により調整されることになろう。

地域自身でより安定な需給調整を可能にするためには、調整可能な電源として、バイオマス発電が上げられる。燃料供給量で発電出力は調整可能で、出力を下げる時には、バイオマス燃料は貯蔵しておけばよい。この点が、太陽光発電や風力発電の発電抑制と本質的に異なる点である。太陽光発電などを外部からの指示による発電抑制では、失われた発電機会は取り返せないからである。

最上位系には、現状では大型の水力発電所や揚水発電所が接続されている。

需要や発電の季節間の変動をカバーするには、電力貯蔵は非現実的となる。このような場合には、地域機に供給されているガス供給系統と結んだ熱電併給は事前の選択肢であろう。また、大規模産業負荷には広域の大型 LNG 発電に頼ることも想定したミックス構成も考えなければならぬかも知れない。

別の方法として飛躍しすぎに見えるかも知れないが、季節差の調整には、南北の緯度差を利用した広域連系が使える。例えば、夏には涼しい北海道の再生可能エネルギー発電電力は、南方の地域の冷房電力用として好ましいパートナーである。もちろん、冬期には、南北間の電力潮流は逆転し、北海道の暖房電力を供給することが可能である。このような考え方で、建設された、カナダと米国の太平洋岸の長距離直流送電線である、「パシフィック・インタータイ」当初想定したパターンは、この考え方であった。

もちろん、東西連系によれば、時間帯シフトが可能であるが、日本国内に限れば、たかだか1時間程度なので、昼休みギャップの平準化程度しか期待できないが、他国間とのスーパーグリッド構想を想定すれば、理論的には、もっと大きな時間差の調整が可能にはなる。

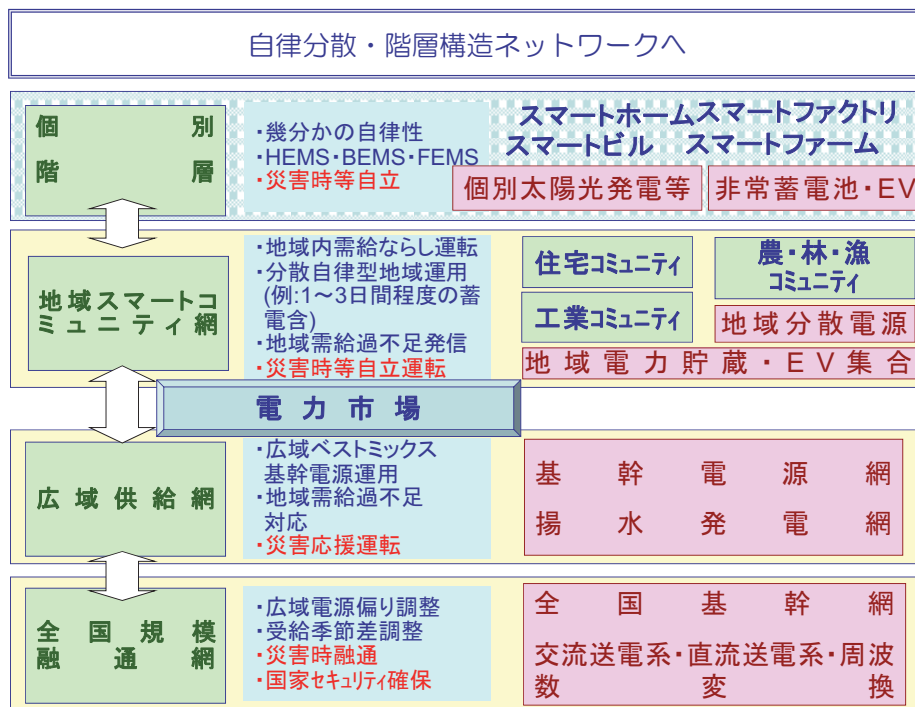


図2 階層構造化した電力系統概念
最上部が家庭やビルなどの個別階層；最下部が全国規模の融通網

図2は、階層構造を明確化した電力供給系統構造を表す。ここでは、まず最小限度の需給調整は個別階層である程度可能な範囲で実施する。需給バランスに応じて、順潮流や逆潮流が発生する。これらは、地域スマート・コミュニティ網の機能を活かして、例えばデイリーな調整をおおむねカバーする。例えば、3日分程度の需給差を補償する蓄電容量を持つ。状況によっては、自律できないので、自由電力市場を通して、他のコミュニティ網や広域電力網との間で、必要な電力売買を行う。季節調整や系統安定化を広域供給網や全国規模融通網が分担するが、最終的なコスト分担はやはり、自由電力市場を通じた長期契約になるであろう。

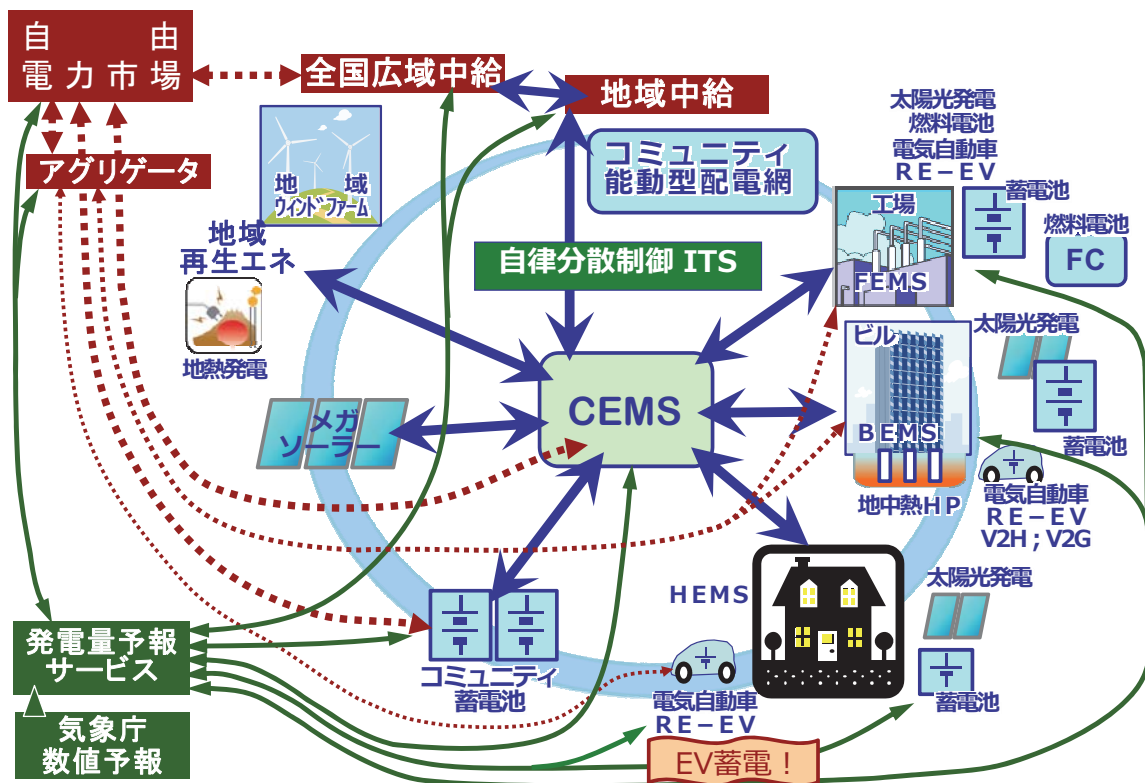
4. 「REmix 概念」により構成された「再エネ・ミックス・コミュニティ」のイメージ

図3には、ある地域に構想された「再エネ・ミックス・コミュニティ」のイメージを描いた。

この地域では、工場や事業所を有し、そこへ通う従業員の住宅が、戸建てから集合住宅まで多く存在している。これらの建物群の屋根には、太陽光発電がほぼ全数、設置されている。すでに、住宅用や工場用電源として、グリッドパリティを達成。小容量の蓄電池が防災用を兼ねて、設置されているケースが多数派だ。さらに、郊外にはメガソーラー建設の話も持ち上がった。こうゆう近未来を想定してみよう。。

しかし、自分たちのエネルギー源の価値を高めて、地域のエネルギー供給を安定化させるためには、自律性を高めた地域エネルギーシステムを実現する必要性について、議論が交わされるようになってきた。たとえば、自分たちが有している再エネ資源を活かしながら、他地域と有利な条件で取引が可能な交渉力を得たり、災害時のエネルギー自給を考えたリスクマネジメント上の効用も大きな利点だろう。あるいは、他の地域のエネルギー属性と相互補完的なウィン・ウィンが可能な相手も見つけられる可能性もある。

ここで幸いなことには、近隣にはウィンドファームが存在し、隣接の地熱資源にも恵まれていることが分かった。それらと、相互補完的に組み合わせる形の統合型ネットワークの実現が可能ではないかとの構想が真実みを帯びてきた。(表1-1および表1-2参照)



©kurochans-net 2012, Tokyo

図3 エネルギー自律度を高めた「再エネ・ミックス・コミュニティ」の姿

さらに、付記すれば、再エネ・ミックスを実現するために、蓄電機能の果たす役割が大きいことにはすでに触れたが、ここではさらに、その選択の実現性を高めるための、追加的な提案を述べておく。

(1) **電気自動車による家庭の夕方ピーク解消**：ここで忘れてならないのは電気自動車の蓄電池の利用である。将来電気自動車の普及が進めばその総容量はかなり大きなものとなる、営業用の車を除けば、朝夕の通勤時以外には、大部分が駐車場に駐車しているものが大半である。例えば、工場の駐車場には、蓄電池を充電しながら駐車しているのであるから、車からの一時放電をすれば、工場受電の「ピークセービング」に寄与できる可能性がある。また、工場の駐車場で昼の太陽光発電ピークに満充電となった電気自動車は、帰宅後の家庭夕方ピークに放電（V2H）すれば、「ピークシフト」が達成でき、個人だけでなく、系統サイドの需給調整にとっても大きなメリットなる。(1)

(2) また、あちこちに点在する電気自動車は、災害時には非常電源としての運用も可能になる。特に自治体の所有する電気自動車は、避難所での運用などを想定し、エコスクールなどに設置された太陽光発電（もちろん自立運転可能仕様）との協調運用を想定した仕様とすべきであろう。ガソリンがなくても動く電源車として見れば、その利用範囲は大きい。(2),(3)

(3) **中古蓄電池の定置用への転用**：電気自動車用の蓄電池は、ある程度の加速馬力を得るためには、瞬時に大電流の放電が必須条件である。蓄電池の経時劣化により加速性能は失われてくるが、HEMSやBEMSなどの定置使用の充放電速度は遙かに低速であるので、有効利用が可能であり、実証例もある(4)。

(4) **アグリゲーター**：諸所のHEMSやBEMSに多数分散設置された定置蓄電池や、前記の駐車中電気自動車蓄電池をアグリゲーターに登録し、変動価格制の下で、各々のSOCに応じて、余剰電力を安く買電したり、不足電力応援のために高めに売電するビジネス形態。前提は、系統の託送機能と自由電力市場の確立、セキュリティの高い自律分散制御情報通信システムによる注文・決済の即時機能などが前提。

(5) **気象予測準拠の高度需給予測システム**：太陽光発電や風力発電のような気象条件で発電量が左右される再生可能エネルギー発電では、コミュニティ系統の需給計画作成や、自由電力市場での電力売買のために、たとえば翌日の30分程度ごとの発電電力量の予測ニーズが大きい。現在では、気象庁のスパコンによる数値予報システムの配信情報から予測するための技術開発が進められている(4)。

5. 「再エネ・ミックス・コミュニティ」実現のための技術開発

5.1 「再エネ・ミックス・コミュニティ」実現のための基本技術開発（短期的課題）

(1) **階層構造化エネルギー・マネージメント・システム（EMS）**：

- ・スマート・ハウスHEMS；PHV/EV（V2G）；スマート・ビルBEMS→スマート・ファームFEMS；スマート・コミュニティCEMS；全国融通へ順次拡大
- ・スマート化EMSのために蓄電機能は必須：HEMS用蓄電池、スマート・ビルのBEMS用蓄電池については、数時間～12時間程度を想定：この領域では、Liイオン電池改良や新型蓄電池開発に期待；市場も大
- ・前項目的では、大量普及時のEVの蓄電池運用を有機的にリンクすることも可能（アグリゲーター機能が登場）
- ・月間のCEMS調整はある範囲で可能（数日程度の蓄電容量想定）
- ・わが国における再生可能エネ（太陽光発電・風力）発電量の季節変動と南北間需要季節差の平準化も期待できるので再生可能エネルギー・ベスト・ミックスによる地域間融通を基本に最適構成；再エネ割合の増加とともに、例えば、平均月発電量の1～2ヶ月分ほどの大容量バッファの必要性は高まる

(2) **統合型高機能電力伝送要素技術：次世代パワエレ送電技術（第I期）**：

- ・国内電力網再構築のための全国規模高機能融通網基本技術：非同期広域次世代パワエレ送電基本技術開発

- ・次世代大容量PWMパワーデバイス (SiC, GaN, etc.): 高速光ゲートパワーデバイス基本開発; 次世代双方向大容量パワコン開発: 高機能電力系統・大容量電力貯蔵EMSの調整要素技術
- ・全国規模再生エネ融通網構築用高温超伝導直流送電ケーブル実用化技術開発
- ・短・中長期的には, 全国大規模の表・裏2ルート各1000万kW程度の次世代高電圧直流送電系統構築可能な基本技術開発を目指す。

(3) 統合型高機能電力伝送要素技術: 次世代蓄電技術:

- ・蓄電デバイスシステム新技術開発 (稀少資源に頼らない新材料の組合せ技術開発: シリコンイオン電池, ナトリウムイオン電池,)
- ・コスト低減のための量産製造技術開発
- ・残存寿命判定技術・安全システム技術開発

(4) スマートネットワーク構築: 運用・予測技術:

- ・再生エネ融通網で系統運用技術の高度化必要: 高機能スマートメーター; 階層構造情報伝達システム; 高機能パワエレ系統
- ・気象・自然条件モニタリングと太陽光発電・風力発電の発電量予測技術 (ピンポイント→広域; 翌日分30分ごと→長期予測); 各レベルEMS運用必要情報; 中央給電指令・アグリゲーター機能運用の必須情報

5.2 「再エネ・ミックス・コミュニティ」実現のための拡張技術開発 (中長期課題)

(1) 階層構造化エネルギー・マネージメント・システム (EMS):

- ・階層構造スマート系統の最上位である全国融通へEMS順次拡大・各階層間調整機能
- ・スマート化EMSのために蓄電機能は必須: 南北での再生可能エネ発電量と需要には季節差; 再生エネ・ベスト・ミックスによる地域間融通・相互協調を基本とするが, 再エネ普及増加とともに, 例えば, 平均月発電量の1~2ヶ月分ほどの大容量バッファの必要性は高まる

(2) 全国規模・海外リンク再生エネ融通網構築期: 次世代パワエレ送電技術 (第II期):

- ・国内電力網再構築のための全国規模スマートグリッド化の基本技術として必要な非同期広域次世代直流送電を基本とするパワエレ系統技術開発
- ・次世代双方向大容量パワコン大容量化: 高機能系統・大容量電力貯蔵の電力調整構成要素
- ・次世代超長距離超伝導直流送電技術; 全国規模再生可能エネルギー融通網構築用高温超伝導直流送電ケーブル実用化技術開発

(3) 東アジア地域間連系スマートネットワーク構築: 超広域需給調整技術:

- ・東アジア気象・自然条件のモニタリングと広域再生エネ発電・負荷変動予測技術
- ・域内需給調整システムの構築 (EUがよき前例); 域内自由電力市場; 国際アグリゲーター展開
- ・国家エネルギー・セキュリティ担保: 電力・エネルギー備蓄

5.3 「再エネ・ミックス・コミュニティ」実現のための通信インフラについて

今まで述べてきたように, 地域ごとに適合した再生可能エネルギーを選択肢ながら導入していくためには, 電力系統のスマート化は必須である。このための系統高度化には, 並行して, 高度化された情報通信系の電力系統へ導入が不可欠となっている。電力系統高度化のための情報通信技術がどうあるべきかについて, 概観してみたい。

(1) コミュニティ階層では, 再生可能エネルギーの活用のために, CEMS機能の存在が重要となる。CEMSは, 地域内の需給変動を, 地域系統内に配置された多数のスマートメーターから伝送・収集された現状需給データや, 予測データに基づき, コミュニティ系統内の調整能力の範囲内で, 可能な範囲で調整を行う。そのためには, コミュニティ内の負荷需要動向, 再生可能エネルギー発電動向, 蓄電充放電能力など, 過去, 現在, 未来についての, データ収集・解析・予測など, 重要な情報処理機能の具備が要求

される。

(2) もっとも早い変動は、小容量では家庭やビルのHEMSやBEMSでも可能であるが、そのコミュニティ階層に設置されたCEMSが大半の指名を果たす。太陽光発電については、例えば国内住宅コミュニティであれば、3日程度連続の無日照の想定した蓄電あるいはバイオマスなどの燃料調整可能発電を具備すれば、同じ1ヵ月内でのベース変動は自力でカバーできる範囲と考えられる。このようなCEMSであれば、春夏秋冬の負荷変動分に対する応援電力を広域系に依存することになる。

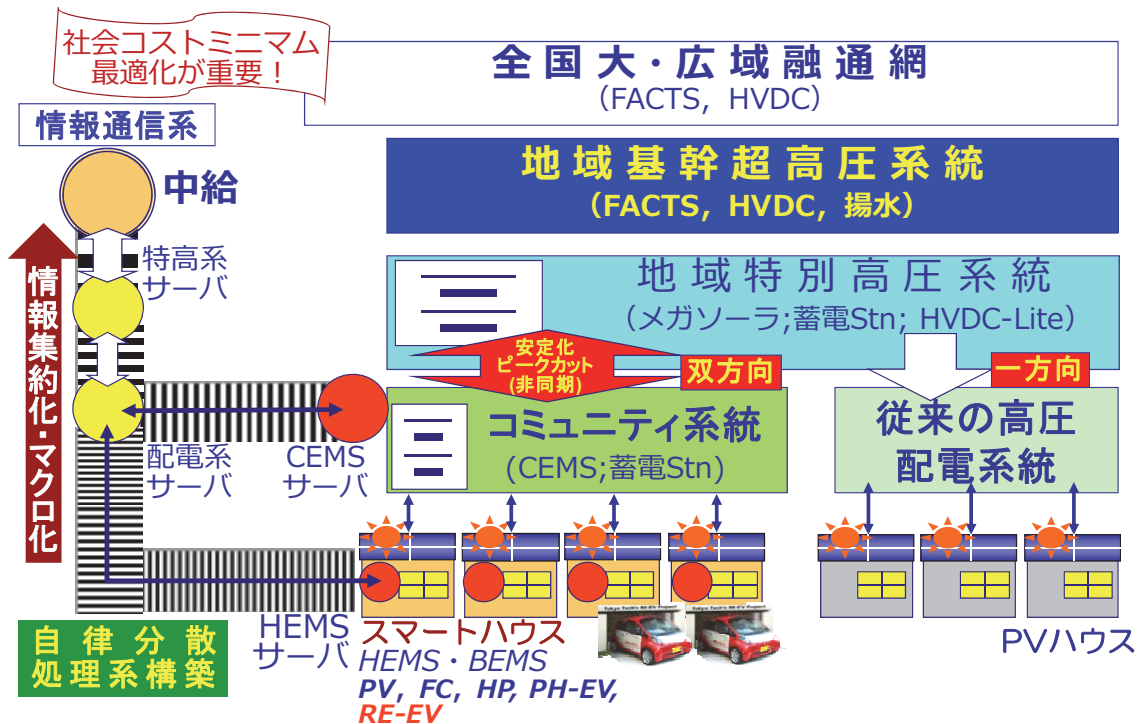


図4 階層構造型システム構成と情報通信系の好ましい相互関係

(3) 地域の不足分や余剰分は、基本的には電力自由市場を経由して行われると想像する。これらの処理は、情報通信系を通して行われるようになるの自然である。上位系においても需給予測のための必要な情報通信網が具備されるだろう。

(4) 電力システム自身が、自立分散型へ移行していく場合に、情報通信系も自ずから、自律分散処理が可能なシステムでなくてはならない。最上位系と連携した「広域情報通信システム」では、「障害」が発生しても、下位システムは運転継続できるような、「自律分散制御」を基本とした、フェイルセーフ・システムであるべきである。情報系システム運用保守コストの肥大化は避けなければならない。また、広域災害時には、個々のコミュニティが自立できるための、自立運転能力を確保しなければならない。

(5) 季節変動調整のためにも、大規模な災害時の決め手となる全国基幹系統整備の利用が有効である。(日本は、南北に長いために、負荷消費パターンが南北補完的であり、再生可能エネルギーの多くも南北で相互補完的である可能性。)

(6) エネルギー消費と密着した再生可能エネルギー利用は、このデータ自体も「ビッグ・データ」であるが、プライバシーデータの拡散防止は重要課題である。また、前記したような情報通信系の肥大化を避け、通信トラフィックの増大抑制をはかるために、下位の個別データは、マクロ化処理した上で、上位系に伝送する基本設計が不可欠である。

(7) サイバー攻撃防御やプライバシー保護のために最大限の防護機能が基本設計から必要となる。

6. むすび

2012年7月1日以来、わが国の太陽光発電産業は、ご承知のように大展開を遂げた。固定価格買取制

度の大きなインパクトである。国内市場は予想していたよりも大きな拡がりを見せた。今までの「家庭部門」と、新たに展開が始まったいわゆる「メガソーラー」に加えて、10kW～1MW未満の「ミドルソーラー」の急速な出現である。これは、建設コストで予想以上にメリットがある、工場の屋根などへの建設が相次いだと考えられる。

また、複数の物件を対象にした、いわゆる「屋根貸し発電」も登場した。多くの自治体では自らの所有施設の屋根・屋上を貸出したり、有休土地を入札するなど、太陽光発電導入に積極姿勢を示している。産業団地のみならず、農業利用などでもニーズが高まっていくに違いない。施設農業でのエネルギー自立や農業用水の確保や処理など、ここでもシステム統合化の大きな可能性が見える。固定価格買取制度に支えられた投資に対しては、発電電力量保証の要求が高まり、補償額の客観的な算定や保険額の決定に対して、技術的に明快な評価方式も強く求められている。わが国においても、非住宅分野のポテンシャルも非常に高く、こういった地域でのエネルギー自律計画へ向けた、より大規模な展開も将来課題となるであろう。

防災意識や省エネルギー意識の向上から、住宅、産業施設や公共施設などで、蓄電機能を合わせて施設する試みも増えている。いわゆるエネルギー・マネージメント・システム EMS として、太陽光発電（太陽電池+パワコン）と蓄電機能の組み合わせ運用システムの各種の工夫が見られるようになりつつある。このような新しい商品価値の創造の試みは、スマート・ホーム SHS やスマート・コミュニティへの展開を目指した動きにつながることを期待したい。このような可能性を活かしていくためには、配電分野においても規制緩和が望まれる。

これからの地域最適化の動きは、そのコミュニティ自身が自律的に、そのプロパティに応じた再生可能エネルギーを選択・ミックスしていくに違いない。その姿を想像しながら、本考察をまとめてみた。地球人類にとって、有限サイズの地球社会を維持していくために、太陽エネルギーの永続したフローのエネルギーに基づく選択肢しか存在しない。有限の資源を消費していく限り、明るい未来はあり得ない。

再生可能エネルギー・ミックス・コミュニティ (REmix-community) とは、そういう社会を実現するための有用な手段であると信ずる。多くの若者達の活躍を期待したい。子の時代、孫の時代まで続く、人類のための大きな命題である。われわれの唯一解として、太陽光発電システムと、そのパートナーである再生可能エネルギー仲間達は、相互補完サイクルを確立し、最適ミックスを構成してゆかなければならない。各々の利点を発揮していくことによって、エネルギーシステムにおける再生可能エネルギー・シェアを最大化していくことが、これからの大きな目標となる。

太陽光発電は、身の回りの小さなシステム「住宅用」から、中容量「ミドルソーラー」や、大容量「メガソーラー」～「ギガソーラー」が、どの地域でも比較的容易に展開可能な「普遍性」を有する。この基本的な属性のために、階層型の再生可能エネルギー・ネットワークが構築されるような時代が来たときも、太陽光発電は、きっとその中心にあり続けると違いない。地球上に存在する各地域コミュニティにとっても解決可能で、不可欠な選択肢であると、筆者は深く信じている。

本稿は、既発表文献⁶⁾を再推敲・増補したものである。

参考文献

- (1) 三菱商事, 三菱自動車, 三菱電機: 電気自動車を用いたスマートグリッド実証実験を開始, リリース 2012.4.12. <http://www.mitsubishicorp.com/jp/ja/pr/archive/2012/html/0000014507.html>
- (2) EV や急速充電器を地域のエネルギー・マネージメントに活用, <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscp/20121114/330552/index3.shtml>
- (3) JXE, NEC: 横浜市で次世代サービスステーションにおける蓄電・充電統合システムの実証事業を開始, 2011.9.27. <http://www.nec.co.jp/press/ja/1109/2703.html>
- (4) 電気学会: 再生可能エネルギーの発電予測とシステム技術, 電気学会エネルギー・環境/メタボリズム社会・環境システム合同研究会, 2012.11.21. <https://workshop.iee.or.jp/sbtk/cgi-bin/sbtk-showprogram.cgi?workshopid=SBW00001C65>
- (5) 黒川: 太陽光発電システムと再生可能エネルギー統合ネットワーク, 第15回AES太陽光発電システム研究発表会, 東工大, 2013.3.16.

太陽光発電分野の最新動向



黒川 浩 助

東京工業大学リサーチ・イノベーション研究機構
AIES 国際研究センター 特任教授

再生可能エネルギー協会 代表
東京農工大学 名誉教授



太陽光発電分野の最新動向



1. 日本の太陽光発電
 - ・ 固定価格買取 (FIT)
 - ・ 再生可能エネルギー設備認定
2. これからの太陽光発電
 - ・ 太陽光発電の実力・展望
3. 調和のとれた太陽光発電
 - ・ 階層型ネットワークへ
 - ・ 再生可能エネルギー統合化
4. メッセージ

固定価格買取制度 (2012.7~)

電源		太陽光		風力	
調達区分		10kW以上	10kW未満 (余剰買取)	20kW以上	20kW未満
建設費		32.5万円/kW	46.6万円/kW	30万円/kW	125万円/kW
費用		10千円/kW	4.7千円/kW	6.0千円/kW	—
IRR		税前6%	税前3.2% (*1)	税前8%	税前1.8%
調達価格 1kWh 当たり	税込 (*3)	42.00円	42円 (*1)	23.10円	57.75円
税抜		40円	42円	22円	55円
調達期間		20年	10年	20年	20年

AIES http://www.meti.go.jp/committee/shotatsu_kakaku/pdf/007_s01_00.pdf

固定価格買取制度 (2012.7~)

電源		地熱		中小水力		
調達区分		1.5kW以上	1.5kW未満	1,000kW以上 30,000kW未満	200kW以上 1,000kW未満	200kW未満
建設費		79万円/kW	123万円/kW	85万円/kW	80万円/kW	100万円/kW
費用		33千円/kW	48千円/kW	9.5千円/kW	69千円/kW	75千円/kW
IRR		税前13% (*2)	税前7%	税前7%	税前7%	税前7%
調達価格 1kWh 当たり	税込 (*3)	27.30円	42.00円	25.20円	30.45円	35.70円
税抜		26円	40円	24円	29円	34円
調達期間		15年	15年	20年	20年	20年

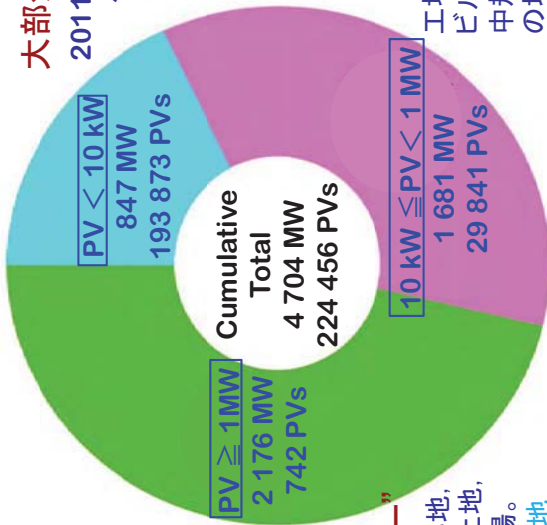
AIES http://www.meti.go.jp/committee/shotatsu_kakaku/pdf/007_s01_00.pdf

固定価格買取制度 (2012.7.~)

電源		バイオマス				
バイオマスの種類	ガス化(下水処理)	カス化(家畜糞尿)	固形燃料燃料未利用木材	固形燃料燃料(一般木材)	固形燃料燃料(一般排棄物)	固形燃料燃料(リサイクル木材)
	費用	392万円/kW	41万円/kW	31万円/kW	35万円/kW	27万円/kW
調達価格(1kW当たり)	184万円/kW	27万円/kW	22万円/kW	27万円/kW	27万円/kW	27万円/kW
IRR	税前1%	税前8%	税前4%	税前4%	税前4%	税前4%
調達価格(1kW当たり)	調達区分	【メタン発酵ガス化バイオマス】	【未利用木材】	【一般木材(倉庫・△貯蔵)】	【廃棄物系(木屑以外)木材】	【リサイクル木材】
	税込	40.96円	33.60円	25.20円	17.86円	13.65円
税抜	39円	32円	24円	17円	13円	
調達期間						20年

全量買取設備認定 (~2012.12.31)

大部分 住宅用
2011年度までのストック
~4GW(住宅)



いわゆる
“メガソーラー”
未利用地, 工場跡地,
土地開発塩漬け土地,
廃棄物最終処分場。
休耕田・耕作放棄地
(農地法ブレーキ)

固定価格買取制度 (太陽光発電買取価格改定)

電源	太陽光	風力
調達区分	10kW以上	20kW以上
	10kW未満(余剰買取)	20kW未満
費用	システム費用	20kW以上
	運転維持費(1年当たり)	20kW未満
IRR	税前6%	税前8%
	税前3.2%(*1)	税前1.8%
調達価格(1kW当たり)	税込(*3)	税込(*1)
	税抜	税抜
調達期間	20年	20年

注: 2013.4~2014.3適用

全量買取設備認定 (~2013.5.31)

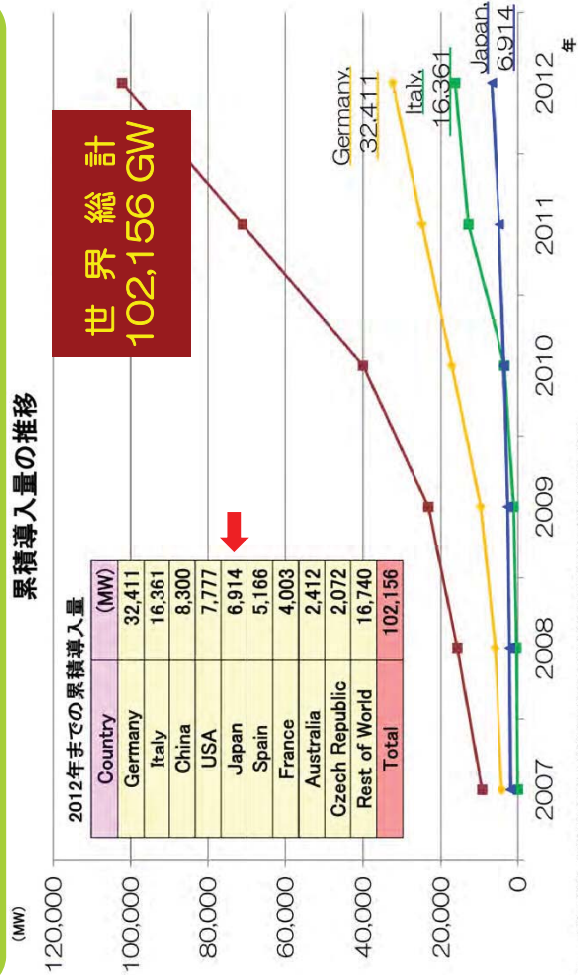


太陽光発電分野の最新動向

1. 日本の太陽光発電
 - ・ 固定価格買取(FIT)
 - ・ 再生可能エネルギー設備認定
2. これからの太陽光発電
 - ・ 太陽光発電の実力・展望
3. 調和のとれた太陽光発電
 - ・ 階層型ネットワークへ
 - ・ 再生可能エネルギー統合化
4. メッセージ



世界累計導入量：100GWを突破（～2012 CY）



出典： 2006-2010 EPIA GLOBAL MARKET OUTLOOK FOR PHOTOVOLTAICS UNTIL 2010
2011-2012 EPIA GLOBAL MARKET OUTLOOK FOR PHOTOVOLTAICS 2013-2017

(引用) 山田：今後の太陽光発電技術開発の方向、PVTEC技術交流会、大阪、2013.8.23.

上位10カ国導入量推移 (1992~2012)

2012 Installations - MW		Total installed capacity - MW		
2012年設置 MW		累積導入量 MW		
1	Germany	7 604	Germany	32 411
2	China	3 510	Italy	16 250
3	Italy	3 337	USA	7 221
4	USA	3 313	Japan	7 000
5	Japan	2 000	China	7 000
6	France	1 079	Spain**	5 100
7	UK	1 000	France	4 003
8	Australia	1 000	Belgium	2 567
9	India*	980	Australia	2 400
10	Greece*	912	Czech Republic*	2 085

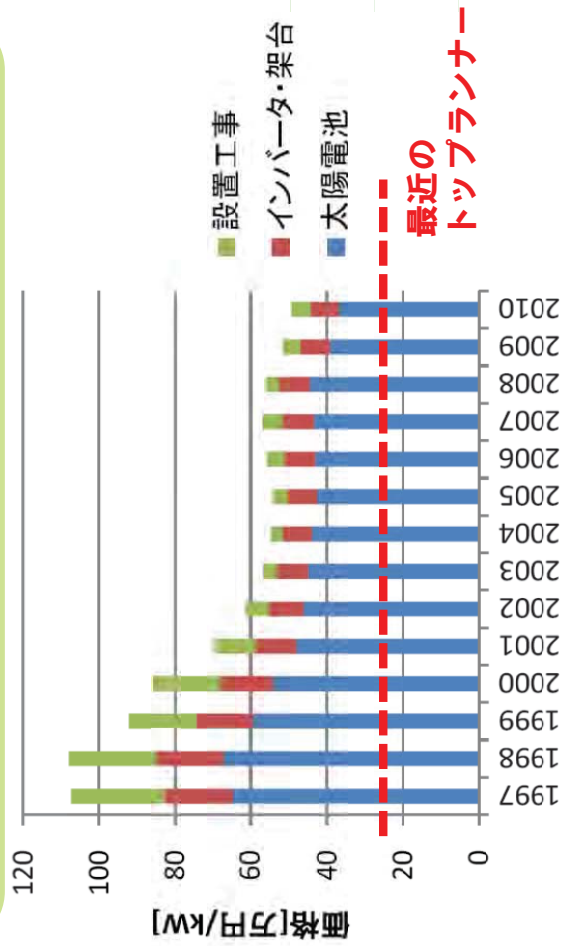
8 GW countries GW国: 8カ国 13 GW countries GW国: 13カ国

* Non-PVPS countries / ** Spain data delivered in AC, this number is a DC recalculation.

Table 1 - Top 10 Countries for Installations and Total Installed Capacity in 2012 - in MW

(Ref.) PVPS Report: A Snapshot of Global PV1992-2012 (注:暫定値)
http://www.iea-pvps.org/

日本の太陽光発電システム価格推移



出典: エネルギー供給WG(補足説明資料), p.10(資源エネルギー庁データ),
http://www.env.go.jp/council/06earth/y0613-13/re04.pdf

An Example of Recent Mega-Solar Price in Japan (top runner base)

Latest Topic

40th Anniversary (1974-2014) YAMADA ELECTRIC

太陽光発電・蓄電池向け住宅・アパートメント経営
長く、安定した資産運用をお考えの方に、**豊富なメニューでご提案!**

160万円~170万円/1kW

36円/kWh
533万円/月
約7年

DIYキット **198万円** (10kW) → **180万円** (8kW)

DIY Kits: 12 kW → 150 k¥/kW for roof-top @ 1 000 hrs/yr yield
DIY Kits: 12 kW → 165 k¥/kW for ground base
→ ~7 yrs recovery @36 ¥/kWh tariff
→ 1 175 kW: 353 M¥ (300 k¥/kW) → ~7 yrs recovery @36 ¥/kWh tariff
→ 54 kW: 12.96 M¥ (240 k¥/kW) → ~7 yrs recovery @36 ¥/kWh tariff
→ 54 kW: 14.04 M¥ (260 k¥/kW) → ~7 yrs recovery @36 ¥/kWh tariff

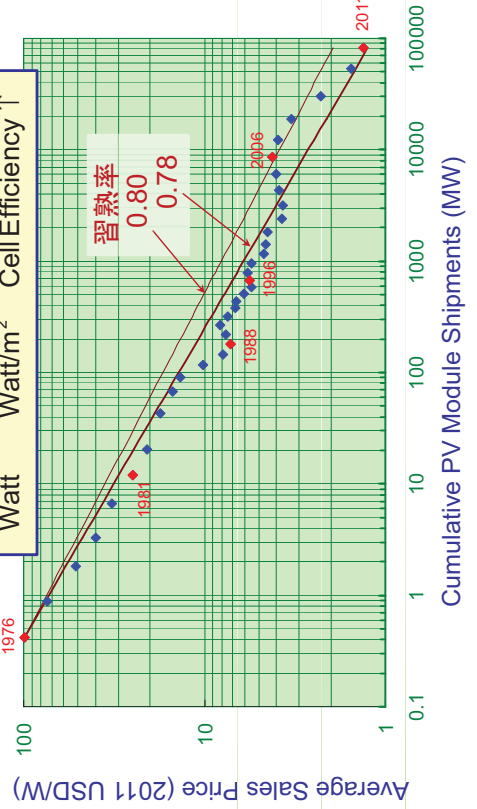
Source: Nikkei News Paper ads, 6 July 2013.

kurochans-net

太陽電池モジュール - 国際価格の推移

産業習熟曲線

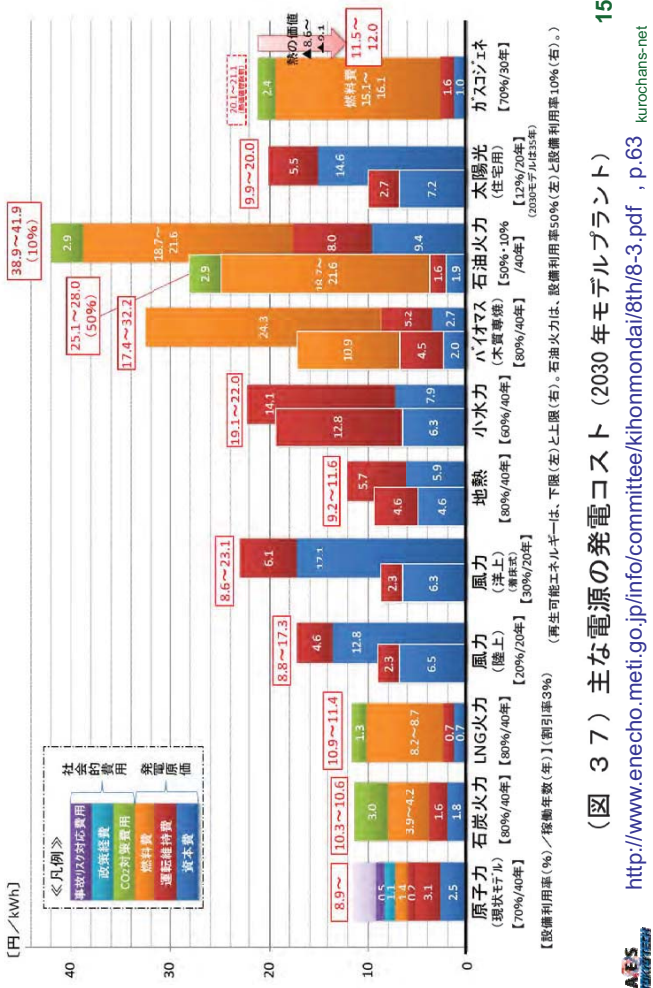
$$\frac{\text{Cost}}{\text{Watt}} \downarrow \frac{\text{Cost}/\text{m}^2}{\text{Watt}/\text{m}^2} = \frac{\text{Process Cost}}{\text{Cell Efficiency}} \uparrow$$



Data Source: International Technology Roadmap for Photovoltaics (SEMI-ITRPV), Result 2011
http://www.itrpv.net/Reports-7-downloads/
Learning curve fit by Kurokawa.

153

エネルギー・環境会議 コスト等検証委員会報告書 2011.12.19



(図 3 7) 主な電源の発電コスト (2030年モデルプラント)

http://www.enecho.meti.go.jp/info/committee/kihonmondai/8th/8-3.pdf, p.63 kurochans-net

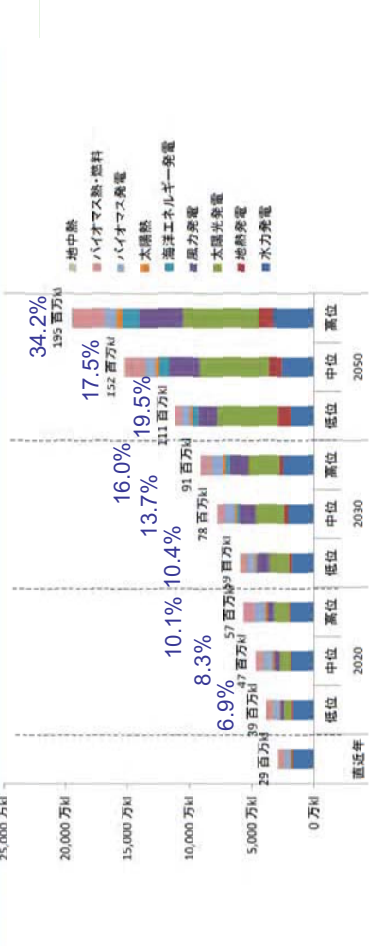
(図 3 8) 各電源について想定している技術・プラント

http://www.enecho.meti.go.jp/info/committee/kihonmondai/8th/8-3.pdf, p.63 kurochans-net

原子力	石炭火力	LNG火力	地熱	風力(陸上)
<p>【2010年モデル】</p> <ul style="list-style-type: none"> 出力規模: 120万kW 建設費: 4,200億円 軽水炉(サンブルプラント)の構成は、沸騰水型炉(BWR) × 1、改良型沸騰水型炉(ABWR) × 2、加圧水型炉(PWR) × 1。 <p>※2030年に向けた開発の成果は定量的に見込まず。第2章3.4(4)(6)参照</p>	<p>【2010年モデル】</p> <ul style="list-style-type: none"> 出力規模: 75万kW 建設費: 1,725億円 超々臨界圧火力発電(発電効率42%) <p>【2030年モデル】</p> <ul style="list-style-type: none"> 石炭ガス化複合発電(IGCC)、先進超々臨界圧火力発電(A-USC)(発電効率48%) 	<p>【2010年モデル】</p> <ul style="list-style-type: none"> 出力規模: 135万kW (45万 × 3) 建設費: 1,620億円 1500℃級ガス-ヒン(発電効率51%) <p>【2030年モデル】</p> <ul style="list-style-type: none"> 1700℃級ガス-ヒン(発電効率57%) 	<p>【2010年モデル】</p> <ul style="list-style-type: none"> 出力規模: 3万kW (3.75/h × 8) 建設費: 210~270億円 シングルフラッシュ方式、ダブルフラッシュ発電、背圧式発電。 	<p>【2010年モデル】</p> <ul style="list-style-type: none"> 出力規模: 2万kW (2,000kW × 10) 建設費: 40~70億円 <p>【2030年モデル】</p> <ul style="list-style-type: none"> 重量効果による価格低減(0%~10%)
石油火力	太陽光(住宅)	ガスコジェネ	省エネ	風力(陸上)
<p>【2010年モデル】</p> <ul style="list-style-type: none"> 出力規模: 40万kW 建設費: 720億円 発電効率: 39% 	<p>【2010年モデル】</p> <ul style="list-style-type: none"> 出力規模: 4kW 建設費: 192~220万円 (参考)国内出荷量(2010)は <p>シリコン単結晶 33% シリコン薄膜 12% シリコン多結晶 53% その他 3%</p> <p>【2030年モデル】</p> <ul style="list-style-type: none"> 量産効果による価格低減 (-30%~60%) 長寿命化(稼働年数20年→35年) ※量子ドット太陽電池などの革新的技術は見込まず参考。 	<p>【2010年モデル】</p> <ul style="list-style-type: none"> 出力規模: 6,500kW 建設費: 718億円 ガスエンジン、ガスタービン(発電効率: 約44%, 30%) ※モーター発電効率27.2% <p>【2030年モデル】</p> <ul style="list-style-type: none"> ガスエンジン、マイクロの最適化等(発電効率約45%) ガスタービン: ガスタービン耐熱性向上等(発電効率約34%) ※モーター発電効率30.7% 	<p>【LED(60W白熱電球相当)】</p> <ul style="list-style-type: none"> 国内メーカー売上上位3社の製品と白熱電球を比較。 <p>【冷蔵庫(300L~430L)】</p> <ul style="list-style-type: none"> 国内メーカー売上上位3社の製品の販売価格とカタログ値を比較。 <p>【エアコン(2.8kW(8~12畳用))】</p> <ul style="list-style-type: none"> 国内メーカー売上上位3社の製品の全製品について家電量販店の販売価格とカタログ値を比較。 	<p>【2010年モデル】</p> <ul style="list-style-type: none"> 出力規模: 2万kW 建設費: 40~70億円 <p>【2030年モデル】</p> <ul style="list-style-type: none"> 重量効果による価格低減(0%~10%)

導入見込量③ 再生エネルギーの導入見込量は以下のとおり。

- 再生可能エネルギーの導入見込量の万kWh総括は以下のとおり。
- 直近年と比較して、2020年は1.3~2.1倍、2030年は約2~3倍になると見込まれた。
- 2010年度の一次エネルギー国内供給は5億6,900万kWhであり、直近年の導入量が5%程度であるが、一次エネルギー国内供給量が直近年と同程度と仮定した場合であっても、2020年には7~10%程度、2030年には10~18%程度となる見込み。一次エネルギー国内供給量が省エネ対策により減少すれば、一次エネルギー国内供給に占める再生可能エネルギーの比率は更に大きな値になることが見込まれる。



直近年は再生可能エネルギーの種類別に異なっており、太陽光発電、風力発電、地熱発電は2010年、大規模水力・中小水力は2009年、太陽熱利用は2007年、バイオマス発電は2005年である。

<http://www.env.go.jp/council/06earth/0613-11/mat01.pdf>

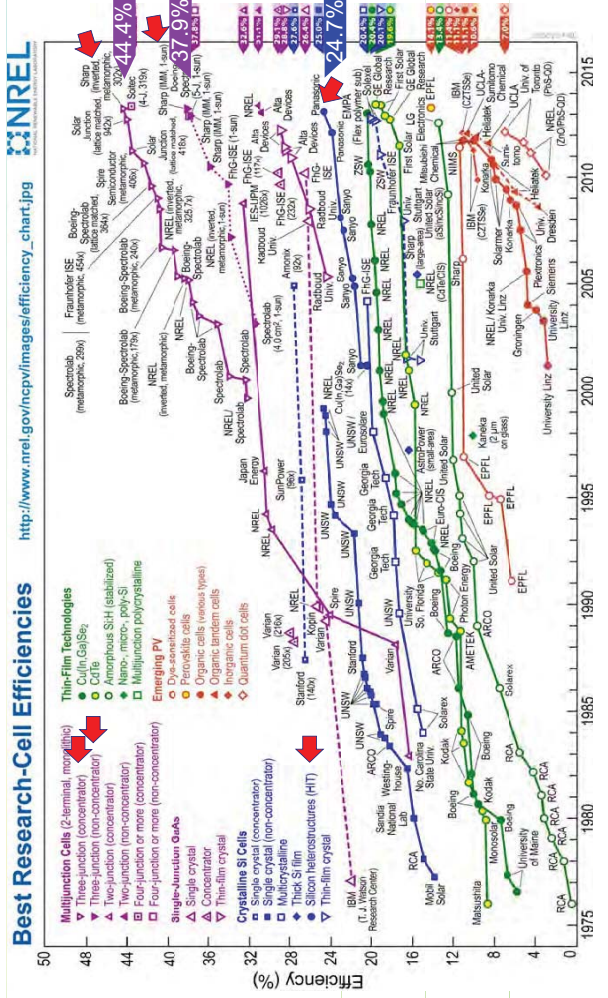
kurochans-net

太陽光発電分野の最新動向

- 日本の太陽光発電
 - 固定価格買取(FIT)
 - 再生可能エネルギー設備認定
- これからの太陽光発電
 - 太陽光発電の実力・展望
- 調和のとれた太陽光発電
 - 階層型ネットワークへ
 - 再生可能エネルギー統合化
- メッセージ

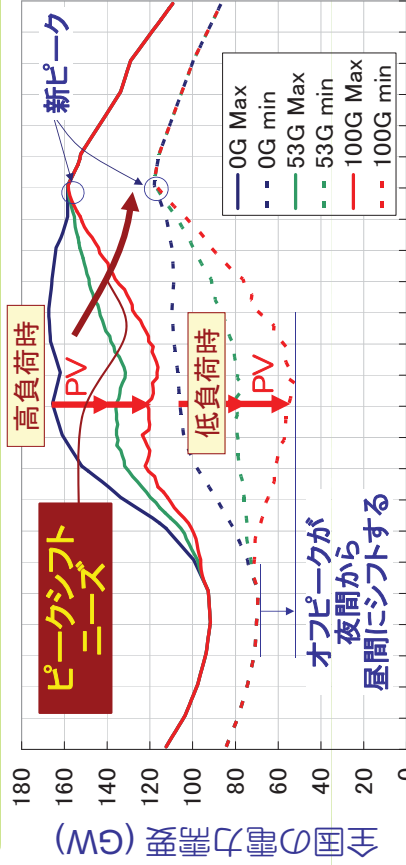


PV Cell Efficiency (research level, Aug 2013)



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

負荷曲線の将来の変化動向

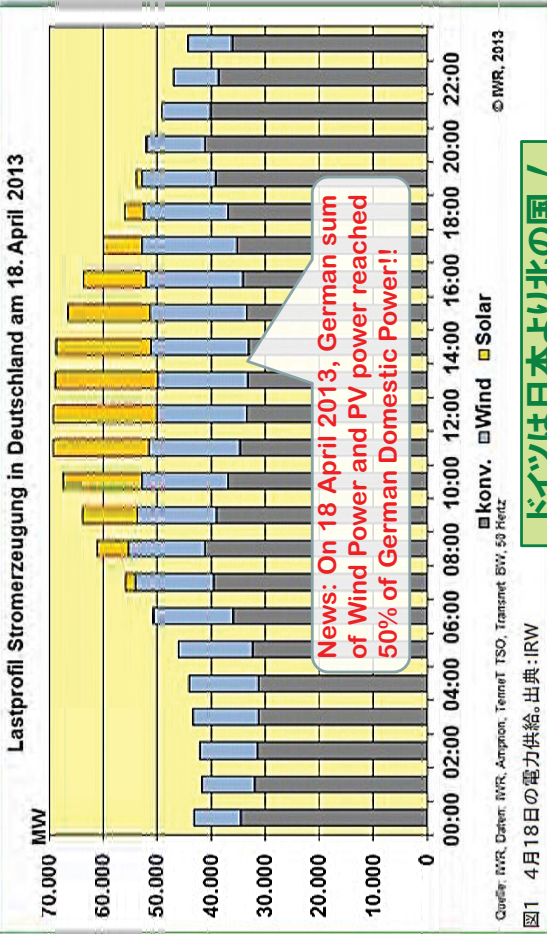


00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 時

[評価期間] 日射強度: 2005年8月8日から9月22日の全国58地点平均から時間別最大・最小値を抽出
2005年電力需要(関東地域)から時間別最大・最小値を抽出したのち、全国電力相当へ換算

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, 太陽エネルギー学会誌, Vol.36, No.1, 2010.

Hourly Profile of Electricity Supply 18 April 2013



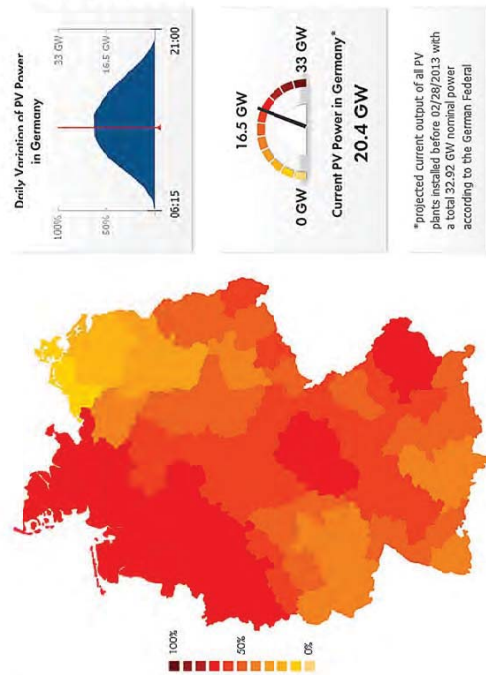
ドイツは日本より北の国!

[source] <http://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1304/23/news022.html>

Hourly Profile of Electricity Supply Germany, 18 April 2013

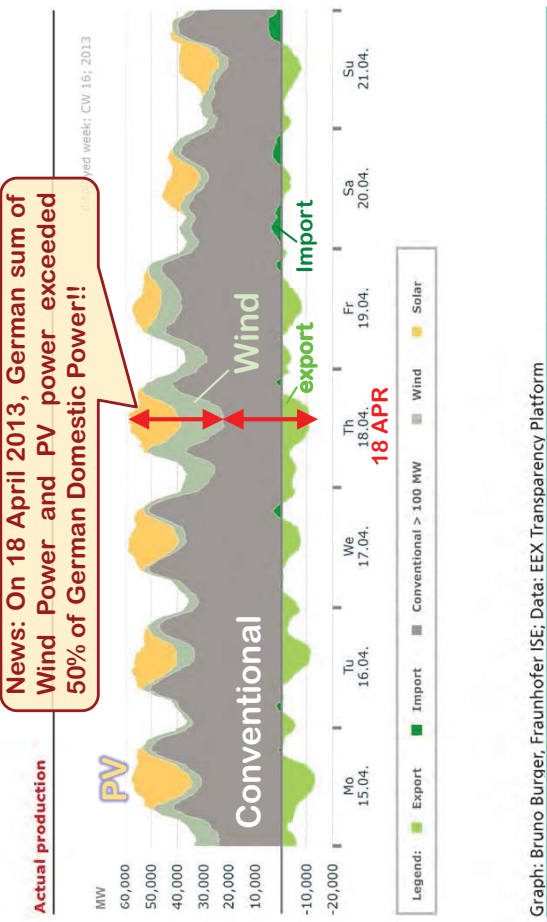
Based on the data provided by Sunny Portal >

Relative output from 04/18/2013 - 13:00 CET [source] <http://www.sma.de/en/company/pv-electricity-produced-in-germany.html>

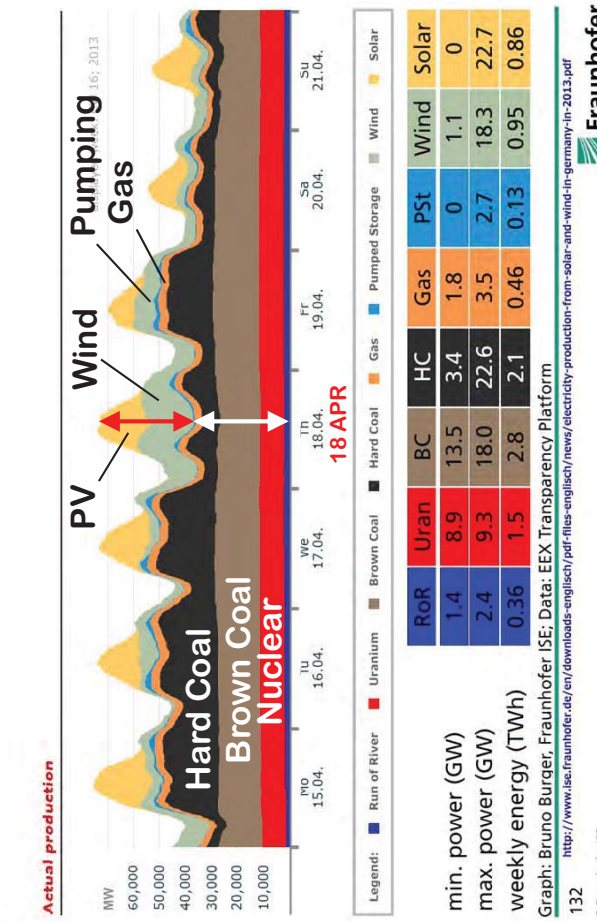


For comparison: The average net power consumption in Germany amounts to around 60 GW (Source: AG Energiebörse)

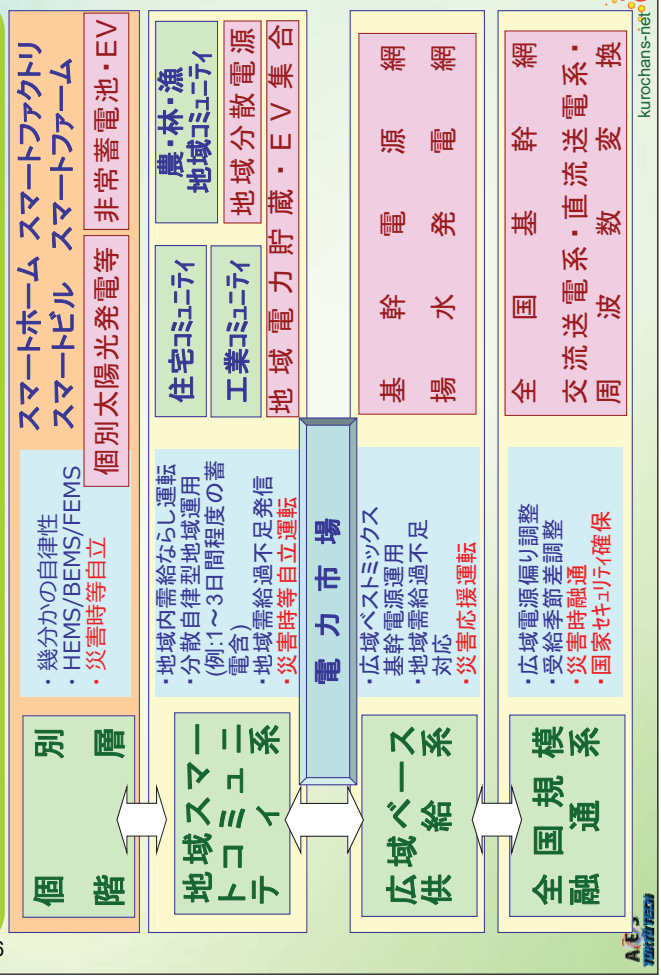
Hourly Profile of Electricity Supply 18 April 2013



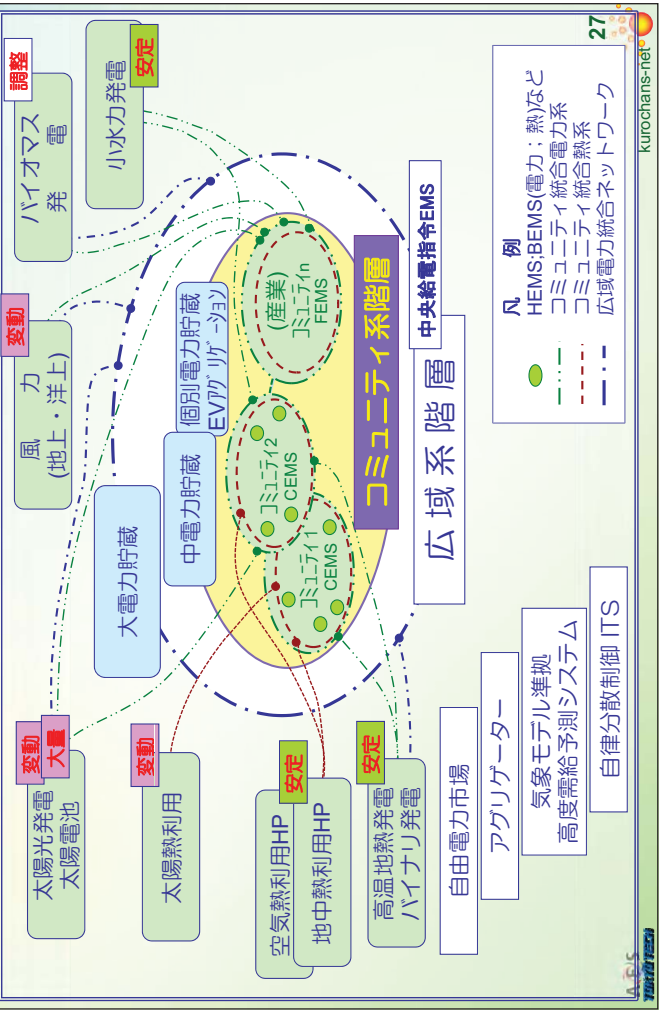
Hourly Profile of Electricity Supply 18 April 2013



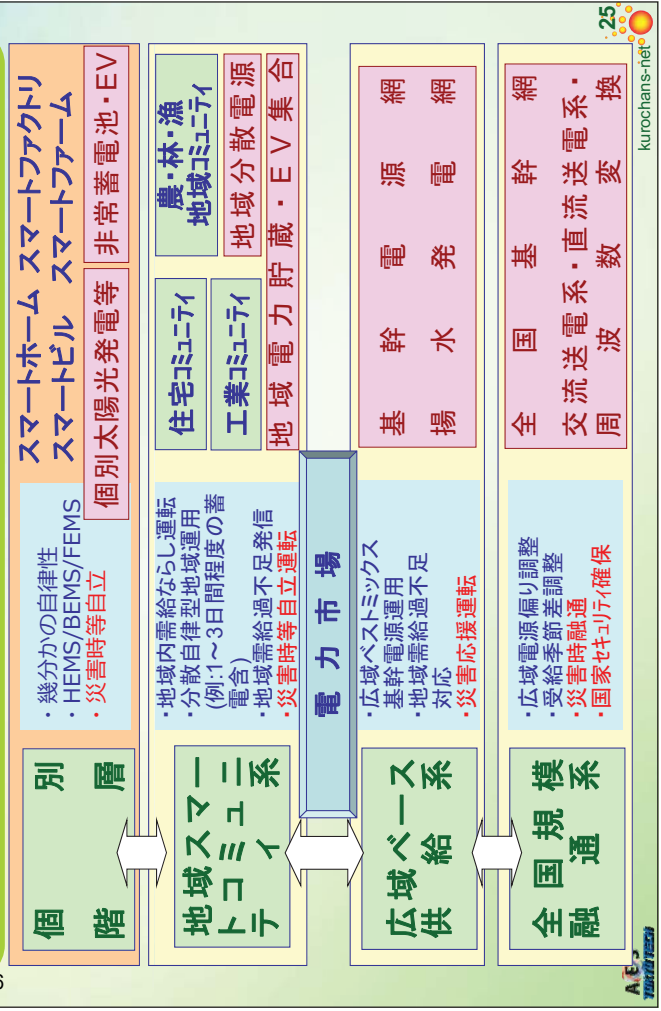
自律分散・階層構造ネットワーク



再生可能エネ導入コミュニティ・スマートネットワーク (RE-Mixed-Community-Network)



スマートコミュニティ系統と情報系 (例)



各種再生可能エネなど要素の特徴

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	<ul style="list-style-type: none"> ポテンシャル大 年間日射量国内地域差: ほぼ±10%程度 どこでもほぼ入手容易 年平均1000時間程度稼働 	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> コスト低減が急速に進行中 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
太陽熱利用	<ul style="list-style-type: none"> 低温利用有利 日本の太陽熱発電: 直達分少なく不利 	<ul style="list-style-type: none"> 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 	
地上風力発電	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 昼間・夜間に稼働 脈動率が大きい (瞬間最大風速と平均風速の比) 	<ul style="list-style-type: none"> 立地環境規制
洋上風力発電	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 陸上に比較し、脈動小 	<ul style="list-style-type: none"> 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

各種再生可能エネなど要素の特徴

参考

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：ポテンシヤル大 ・森林と消費地の距離	・燃料調整により需給調整運転可能 ・24時間定出力 ・流域降水雨量依存 ・季節差あり	・林業の衰退が現状のネック ・水利権問題
中小水力発電	・未利用水力はある		・太陽光発電と併設→貯湯(昼→タ・夜へピークシフト) ・深夜電力も利用可能 ・基礎工事法の開発進展が重要
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	・24時間熱源利用可能	・立地環境規制 ・温泉界との共存 →ハイナリー・サイクル有望
地中熱ヒートポンプ	・どこにでもある ・ZEB / ZEH* での選択肢	・24時間熱源利用可能	・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
地熱発電	・世界3位のポテンシヤル	・24時間定出力	
電力貯蔵	・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	

注*)ZEB: Zero Energy Building; Zero Energy House

環境エネルギーイノベーション棟「グリーンヒルズ1号館」



Photo by Dr. Ueda

太陽光発電分野の最新動向

1. 日本の太陽光発電
 - ・ 固定価格買取(FIT)
 - ・ 再生可能エネルギー設備認定
2. これからの太陽光発電
 - ・ 太陽光発電の実力・展望
3. 調和のとれた太陽光発電
 - ・ 階層型ネットワークへ
 - ・ 再生可能エネルギー統合化
4. メッセージ



環境エネルギーイノベーション棟「グリーンヒルズ1号館」

太陽光発電: 653kW
 リン酸型燃料電池: 100kW
 FC低温排熱利用デシカント空調
 クール・ヒートピット

太陽電池ルーバー日射遮蔽
 FC高温排熱利用吸収式冷凍機
 地中熱ヒートポンプ放射冷暖房
 自然換気



風量制御ドラフトチャンバー
 クリーンルーム人感センサー制御
 ガス排気バイパス制御
 人感センサー制御照明
 共用部LED照明
 個別デシカント空調+高顕熱ビル用マルチ
 エネルギー分析による効率的運用
 ペア硝子+高断熱
 個別クーラント排気 など

メッセージ

メーカー価値観 → ユーザー価値観が主体に

- 住宅補助金 → メーカー売り切り; 個人ユーザーが相手
- FIT → 多様なシステム; 多様なユーザー;
多様な利害関係者 → 投資額 & リターン
- 生涯発電量が問題 → 健全性モニタリング;
発電量; 信頼性; 快適性; 安全性
- リスク評価 → 定量的な信頼性; 中立な認証 → 銀行・保険
- 分散・大量導入: 社会的インパクト大; サーチャージ総額;
系統連系問題; 廃棄物問題も直ちに顕在化
- 防災観点 → 最小限でも各個自立運転へ!;
エコスクール自立化; コミュニティ統合防災へ
- スマート化の主役へ → PVは自律度向上の一方の主役
スマホ; ZEH; ZEB; スマコミ; 階層構造ネット

太陽光発電分野の最新動向

1. 日本の太陽光発電
 - ・ 固定価格買取 (FIT)
 - ・ 再生可能エネルギー設備認定
2. これからの太陽光発電
 - ・ 太陽光発電の実力
 - ・ 中長期展望
3. 調和のとれた太陽光発電
 - ・ 階層型ネットワークへ
 - ・ 再生可能エネルギー統合化
4. メッセージ



H25 火災学会講演討論会
太陽光発電システムと火災安全
2014.1.24 文京シビックセンター小ホール



H25 火災学会講演討論会「太陽光発電システムと火災安全」
2014.1.24 文京シビックセンター小ホール

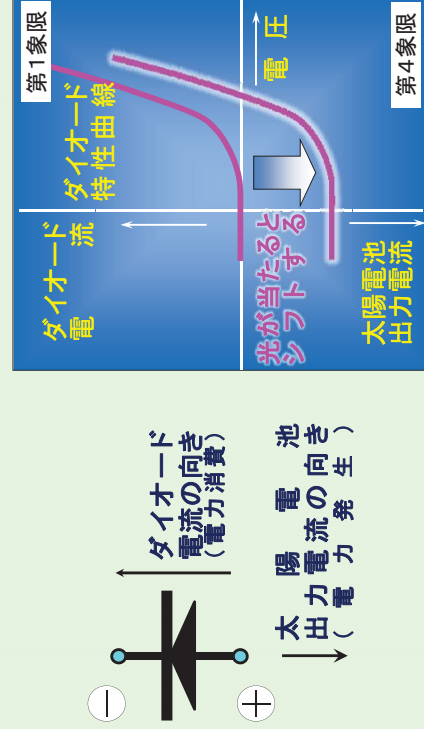


H25 火災学会講演討論会「太陽光発電システムと火災安全」
2014.1.24 文京シビックセンター小ホール

13:00~13:05	開会挨拶	日本火災学会学術委員会委員長	松山 賢
講演 司 会	消防研究センター		尾川 義雄
(1) 13:05~13:35	講演 1	「太陽光発電システムのしくみと実際」	篠原 裕文 (株)東芝
(2) 13:35~14:15	講演 2	「太陽光発電システムの火災・事故事例」	吉富 政宣
		1. 海外事案を中心に (有)吉富電気	
		2. 国内事案を中心に (株)寿電機	鈴木 金秀
(3) 14:25~14:55	講演 3	「太陽光発電システムの火災における消防活動上の危険性」	塚目 孝裕
		消防研究センター	
(4) 14:55~15:25	講演 4	「安全な太陽光発電システムをめざした活動」	大関 崇
		産業技術総合研究所	
質疑・討論			
15:40~16:25	司 会	東京工業大学	黒川 浩助
	副 司 会	消防研究センター	田村 裕之
	記 録	埼玉県警科学捜査研究所	諏訪 正廣

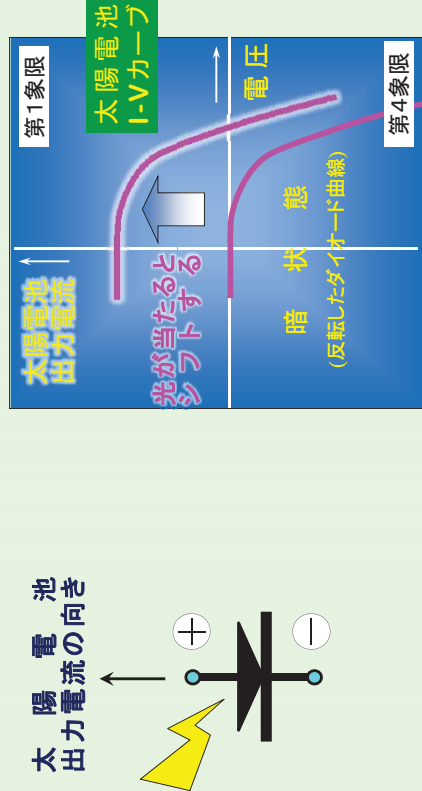
H25 火災学会講演討論会「太陽光発電システムと火災安全」 [基礎知識] 2014.1.24

太陽電池の基本特性 太陽電池は大きなダイオード

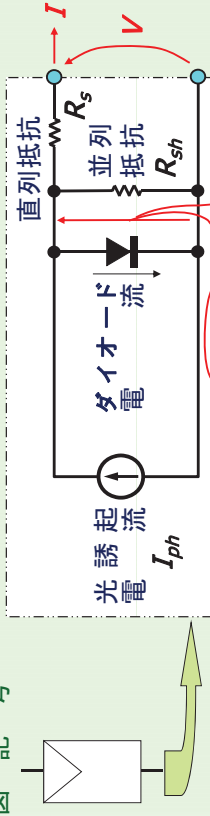


太陽電池の基本特性

上下反転



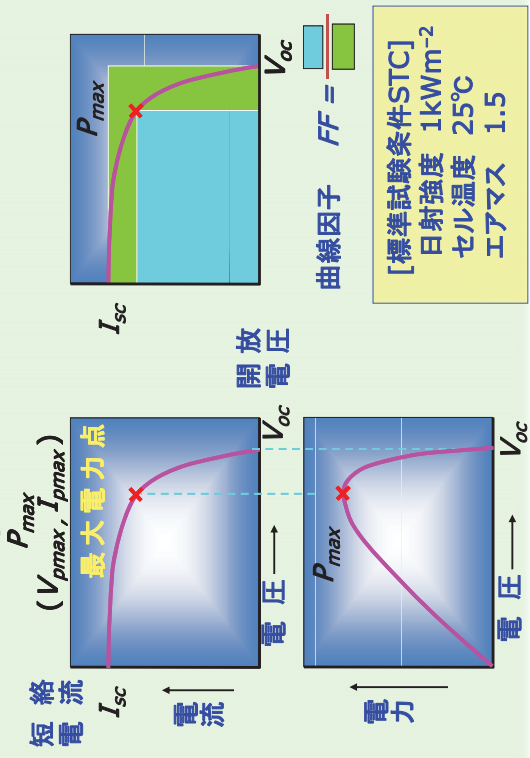
太陽電池の等価回路



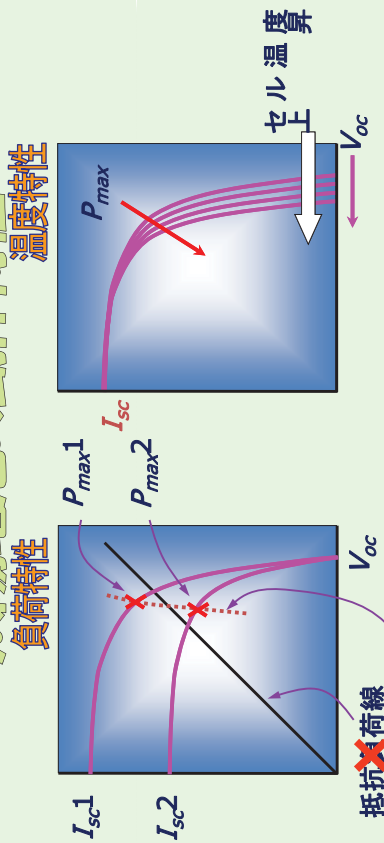
$$I = I_{ph} - I_0 \left[\exp \left\{ \frac{q(V + R_s I)}{nkT} \right\} - 1 \right] - \frac{V + R_s I}{R_{sh}}$$

I : 太陽電池出力電流 q : 電子の電荷量
 V : 太陽電池出力電圧 R_s : 内部直列抵抗
 I_{ph} : 光誘起電流 R_{sh} : 内部並列抵抗
 I_0 : ダイオード飽和電流 n : ダイオード定数

太陽電池のセル・パラメータ



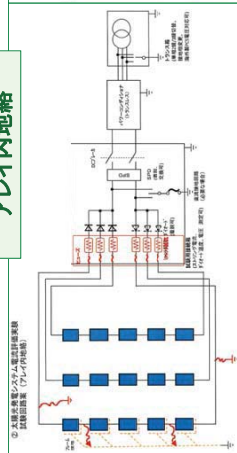
太陽電池の動作特性



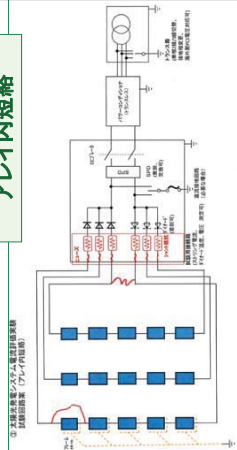
- 太陽電池の出力は、電圧では計れない
- I-Vカーブトレーサーが理想である。
- ない場合には、短絡電流を計る方が良い。
- モジュール温度は裏面から測る(シート熱電対を接着)
- 温度と短絡電流が分かれば、I-Vカーブを推定可能!

METI/MRI/新工ネ共通基盤「太陽光発電直流通安全性」

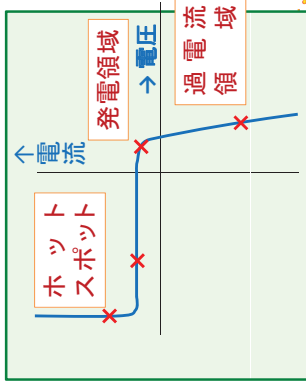
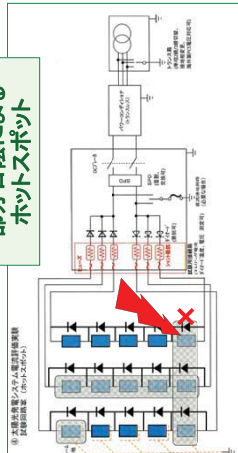
アレイ内地絡



アレイ内短絡



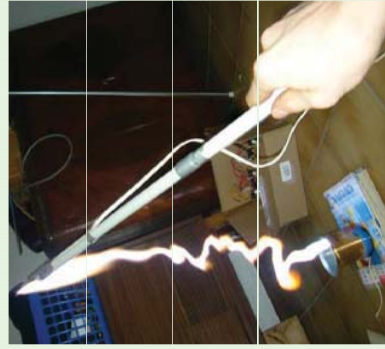
部分日陰によるホットスポット



H25 火災学会講演討論会「太陽光発電システムと火災安全」 [基礎知識]2014.1.24



直流アーク(280 V, 50 A)を真ん中の一枚の金属ロッドに通電したまま、静かに離れた場合に生じる直流アーク写真。直流にはゼロ点がないためアークは切れずに、高温のため浮力気で急速冷却しながら高速で電極間隔を大きく広げながら、磁力を使ってさらにアーク長を長くしていく。DCヒューズでは、ヒューズが溶けたとヒューズ内に詰めた砂でアーク冷却するなどの対策が必要。

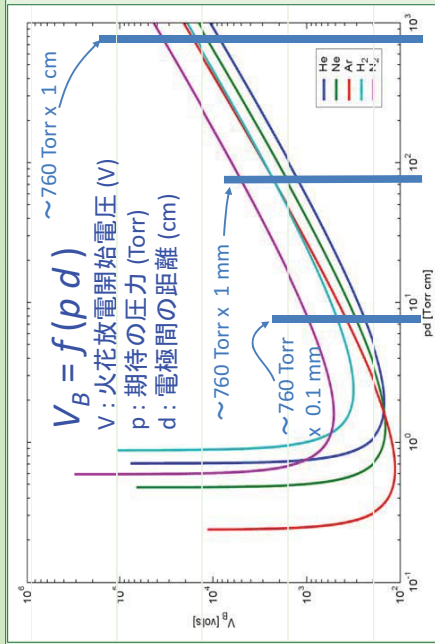


直流アークは静かに安定・継続。アークが発生した後、図のように間隔を広げてもアークは容易に継続。配線作業中にこのような状態になると、非常に高温なので火傷の原因に。また、周囲の可燃物への延焼にも注意。

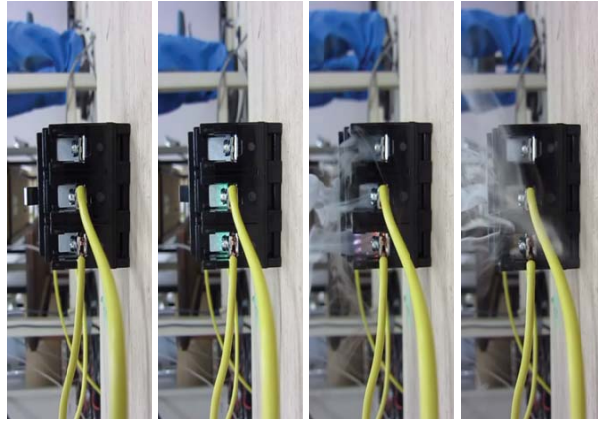
H25 火災学会講演討論会「太陽光発電システムと火災安全」 [基礎知識]2014.1.24

パッシェンの法則：火花放電開始電圧 (spark discharge)

<http://ja.wikipedia.org/wiki/パッシェンの法則>



注) 放電の種類：火花放電(部分放電)；アーク放電(全路放電)；グロー放電(低圧気中)；マイクロ放電；... トラッキング；ツリーイング；...



[基礎知識] 2014.1.24

定格AC 20A NFB
(事故時遮断可能電流: 2.5kA)
DC 10A程度 通電中: 開放前



NFB開放後 00m06s経過
接点間にDCアーク発生



NFB開放後 01m05s経過
アークにより絶縁物燃焼・白煙



NFB開放後 01m30s経過
アーク事故消弧・絶縁物燃焼継続

交流用遮断器に直流通電→開放：定格電流レベルでも直流通電は遮断できない

- IEC:国際電気規格;ISO:その他の部材等の国際規格;JIS:定められた強度基準;
- JIS C 8992-2:2010 準拠:
火災伝播試験・飛び火試験:JETモジュール認証では最低限クラスCをクリア
- 屋根材として使うモジュール:国土交通大臣:飛び火試験認定必要(裏側の防火が問題)
- 難燃性PFD電線管(アーク継続下では自己消火困難では);
壁内遮蔽配線を屋外壁面金属管に(問題提起あり);配電ルートの表示必要
- 住宅用の屋根上電気配線はリスク大:基準は? → 通常の電気工作物内線規定(屋内外PV配線を想定しているか?)
- ミドルソーラー:工場折板屋根上(リスク大);野立
- メガソーラー:野立;1MW~250MW(現状世界最大)~

14

- 以下:太陽光発電火災の危険性について...
- 消防士への危険性:火災による発電;放水時隊員の感電
- 周辺住民への危険性:ガス;煙;飛散物
- 火焰熱で機能が失われたモジュールが、冷却後に一部機能が復活した事例!
- 一旦消火した後も、太陽光発電アレイ配線を通して、別の部分から再アーク発生・再出火の確率が高い! モジュール単位に分断する必要性が高い;切断工具開発や安全な切断作業手順を明確化検討不可欠
- チツン中PVF:有毒ガス発生の確率あり;
フッ化水素酸;アルデヒド;...
- 感電:濡れた手袋が危険;破壊器具は危険性あり;壊れても発電が続く!!

16

- 火災発生時の運転停止:交流側を開放すれば、パワーコンディショナは停止(系統連系ガイドライン)
→ パワーコン・アレイ間のDC開閉器を開放(遮断容量は十分か?)
→ 以上の操作後も依然としてアレイ回路は課電状態→完全停止の方法:モジュール間配線切断(アーク消弧可能か?);アークに耐える切断器具が必要!)
- 太陽光発電設置住宅の火災の場合:PV有無表示;具体的な消火手順の標準化・システム化しておく必要がある
- パワーコン・アレイ間の配線ルート:屋内隠蔽配線はOKか? → 屋外金属管・表示付?
- アルミ入りEVAは燃焼しにくい!

15

- 欧米の火災統計の解釈は? 日本の現状との違いはないか?
→ 欧米はかなり多数に見える!
→ 日中では特に鎮火後の再出火の可能性が非常に高い。
→ 現状の接続箱の改良の必要性高い:自己消火性といえども合成樹脂性の排除、プリント基板(PCB)の排除...
- バイパスダイオード(BPD)の耐量設定基準は? その経年管理基準は?
→ 繰り返し日陰によるBPD動作疲労
- ブロッキングダイオード(BLD)の耐量設定基準は? その経年管理基準は?
→ BLDの双極設置は必須!
- DCフェーズの選択肢は有効か? ;そのリスクは? ;耐量設定基準? ;その経年管理基準は? ;欧米基準と比較するための基礎知識が不足!(基礎情報必要)
- 火災事例の原因分析が困難・不十分!! 火災抑止検討が十分にできない!(詳細な情報が表に出てこない)

17

- **住宅や工場等の屋根置き型の火災リスクは、住宅資産や人命の喪失につながる:現状判明した事象から順に速やかに改善指針を策定すべし!**
- **屋根建材一体型:火災発生率は非常に高い!(欧州)**
- **漏れない有効な地絡検出方法は?(第一地絡の発見方法?):検出の盲点問題;複数地絡**
- **アーク検出機能(原理:アークの負性抵抗で生ずる高周波電気振動検出)の有効性は?:検出はできる(海外開発事例あり);検出後の保護動作(アレイ回路分割)の有効手段が未開発!**
- **地絡検出の報知機能などシステム化が必要**

18

太陽光発電への大きな期待

- **太陽光発電ロードマップPV2030+: 2030年100GW導入目標(わが国電気エネルギー10%相当); 2020年目標20GW(現状のFIT設備認定は既にこのレベルに到達している!)**
- **太陽光発電の環境価値は高い!(1m²の太陽電池は1m²の森林の100倍のCO₂排出抑制効果)**
- **太陽光発電は今後のわが国のエネルギー供給の重要なセクター!**
- **この重要な期待像は、「低リスク」実現で初めて意味を持つ!**

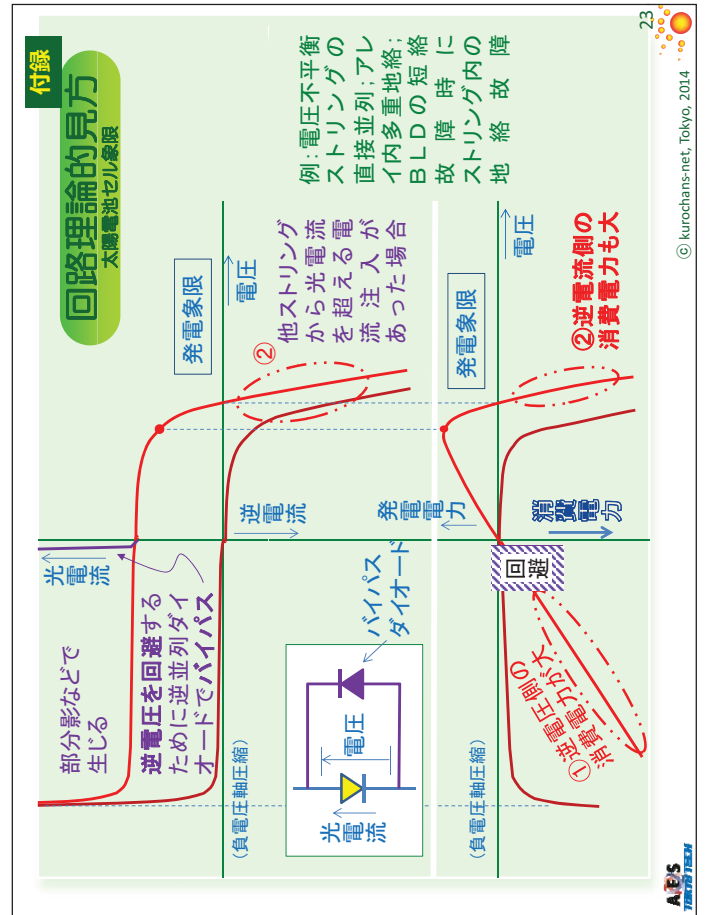
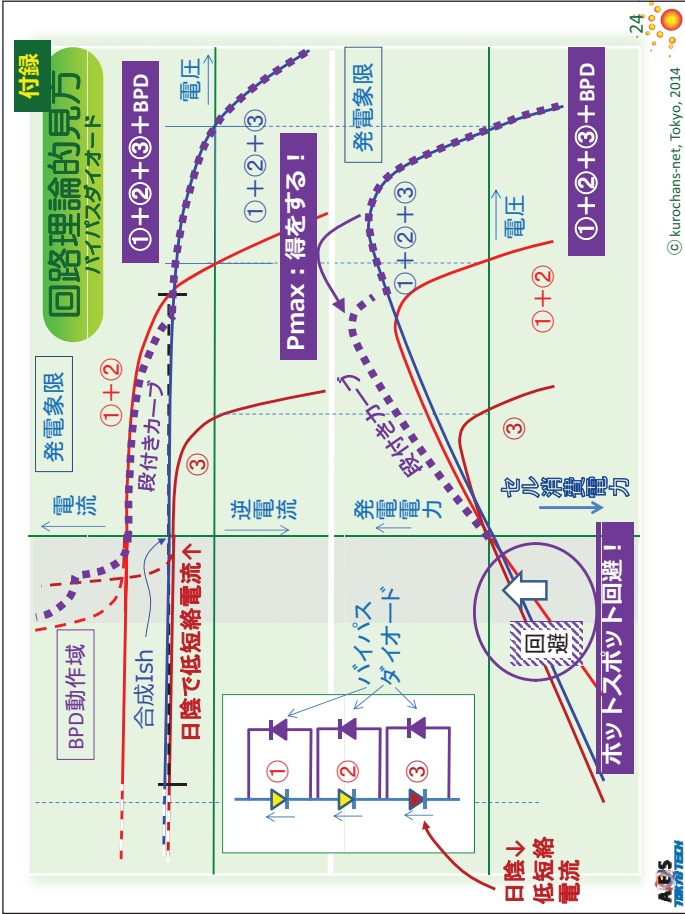
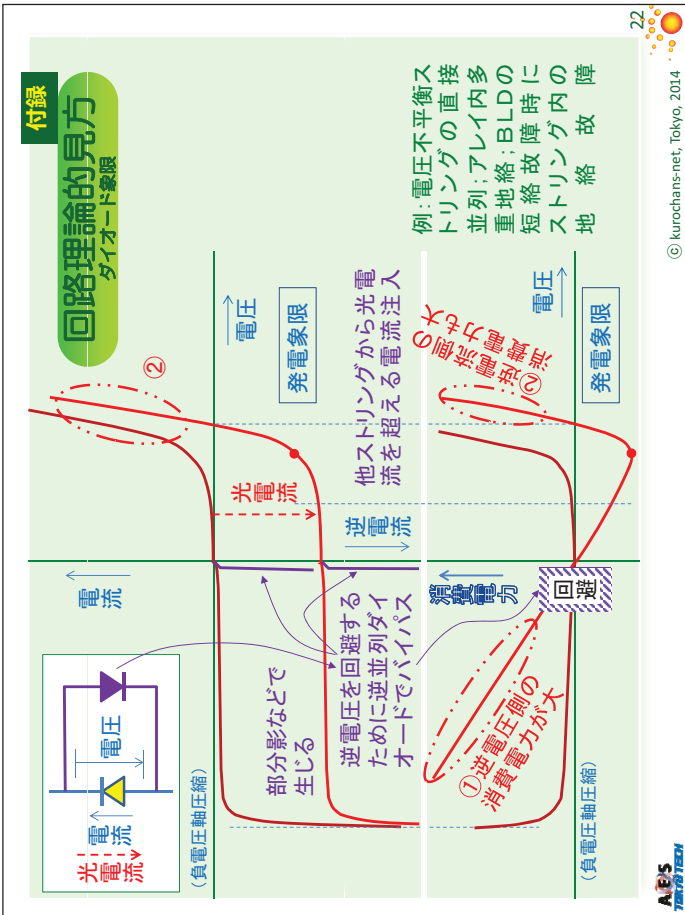
20

- **PV特徴:種々の応用例がある;直流と交流;構造物**
- **リスク:ハザード:感電;火災;破壊;冠水;廃棄物;.....**
- **ホットスポット:火災の原因になり得る;致命的なHSを回避**
- **接続箱;配線;コネクタ**
- **複数地絡が引き金で火災;地絡検出が難しい;**
- **アーク故障の除去方法が難しい課題**
- **アークの検出は可能だが、その跡の保護動作はどうする?**
- **ブロッキングダイオードかDCフューズか?**
- **太陽光発電設置施設・設備にはステッカーやラベルを!**
- **消防活動のための行動スペースの設置は?**
- **METI/直流電気安全性プロジェクト:確認実験;ガイドライン作成を準備中;地絡検出方法**
- **火災実例での火災発生・延焼のメカニズムは全て分かっている訳ではない!**

19

- **火災実例での火災発生・延焼のメカニズム;保護方法;回避方法:消火方法は、全てが分かっている訳ではない!**
- **全ての利害関係者間の情報の共有が不可欠である!**
- **自主規制か?強制規制か?**
- **事故事例・原因調査の困難性;通報の遅れ;時間がかかる;**
- **事故報告・分析制度不備;消費者庁・NITE;一元的な窓口の必要性;利害関係者の交流**
- **現在分かっている事実を念頭に置いたガイドライン・基準化を早急目指そう!(できる物から段階的・迅速に!)**
- **募集!:具体的な提案・ドキュメントが早急に欲しい!**
- **太陽光発電の着実な発展を可能にする、よりポジティブな提案・討論をより多くの人達・ステークホルダーの参加で!(何も無いことは自らの道を閉ざす)**
- **機会拡大が、より多くの情報集積を加速する。有効な対策の迅速な探索が進むことを期待し輪を上げよう!!**

21



著書・解説

[2013年～2014年]

インターネット発信の総合ガイドブック

ベース 設計資料

NO. 157

建築編前

(建築資材・建築設備)

寄稿文 (14) ○バリアフリー施策の現状と課題 ○学校施設の老朽化対策について
○ICTを活用した街づくり ○東京都の防災都市づくり施策
○体育館の地震被害と診断・改修 ○居住環境における空気環境問題 ほか

- **建設資材メーカー便覧** 建築資材 建築設備
- **団体資料** (1,650 団体) 団体データ 1,600 団体
- **企業資料** (12,000 社) 企業データ 9,000 社 (HPリンク 9,500社)
- **基準価格** HP発信価格表の資材別・企業別索引

企業製作「**対外印刷物**」 商品案内、技術資料、総合カタログ、会社案内等

建設工業調査会ホームページ <http://www.kenkocho.co.jp/>



MARK IS 静岡 (優良写真から)



グランフロント大阪
(大阪市北区)

太陽光と再生可能エネルギー

東京工業大学A E S国際研究センター特任教授 黒川 浩 助

1. はじめに

大量の太陽光発電が将来導入された場合に、昼間の太陽光の変動ピークが、電力系統全体のピーク負荷時の変動調整(需給調整)容量を越えてしまう場合には、太陽光発電の発電抑制を強制する必要性が指摘されている。このために必要になる系統上位側からの指令により、太陽光発電パワーコンディショナ(以後パワコンと略)の出力抑制のためのイン

ターフェースなどがすでに一部で検討されている。しかし、これは理論的な最終手段としてはともかく、出力抑制が日常的に発動されると、各家庭の資産である太陽光発電システムの発電機会を奪うことになり、稼働率を下げ、後では回復できないものもある。

このことは、現在の系統構成が集中型供給システムの経済最適化のために構成されていて、24時間定出力連続運転を前提とした原子力発電(現在はほぼ停止中

であるが)によるベース電力を最優先キープする系統構成・運用法が主たる要因と考えられる。

そこで、命題を180度変えて、上位側からのみ最適化とは反対に、“再生可能エネルギー電源を中心とした地域分散ネットワーク側から見た最適化があり得ないのか?”という視点で、以下に試みの考察を行ってみた。今まで、上位系統のみで取り扱ってきた需給調整などの機能を、地域内での「ある範囲」の需給調

表-1 各種再生可能エネルギーなどの要素としての特徴

種類	国内資源分布・立地容易性	変動性	その他の特徴・問題点
太陽光発電	<ul style="list-style-type: none"> ポテンシャルは大 年間日射量国内地域差: およそ±10%程度 ほぼ、どこでも利用可 平均1000時間/年程度の設備稼働 	<ul style="list-style-type: none"> 基本波: 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 	<ul style="list-style-type: none"> コスト低減が急速に進行中
太陽熱利用	<ul style="list-style-type: none"> 低温利用有利 太陽熱発電は日本不利 	<ul style="list-style-type: none"> 基本波: 昼間・正弦波半波状 日射強度に非線形な出力(低日射で不利) 温水貯蔵が可能 	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 適地であれば2000時間/年稼働 地域によって、資源量の差は大きい 	<ul style="list-style-type: none"> 昼間・夜間に稼働 脈動率が大きい(瞬間最大風速と平均風速の比) 	<ul style="list-style-type: none"> 立地環境規制
洋上風力発電	<ul style="list-style-type: none"> 海洋国: ポテンシャルは大 陸上より風況は良好 建設工法開発進行中 	<ul style="list-style-type: none"> 陸上に比較し、脈動は小 	<ul style="list-style-type: none"> 遠浅海岸が少ないので浮上型の開発に力 海底ケーブル網が必要 漁業権問題
バイオマス発電	<ul style="list-style-type: none"> 森林国: ポテンシャルは大 森林と消費地の距離 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料調整により需給調整運転可能 	<ul style="list-style-type: none"> 林業の衰退が現状のネック
小水力発電	<ul style="list-style-type: none"> 未利用水力はある 	<ul style="list-style-type: none"> 24時間定出力 流域降雨量依存季節差あり 	<ul style="list-style-type: none"> 水利権問題
空気熱ヒートポンプ	<ul style="list-style-type: none"> どこにでもある 省エネルギー空調の選択肢として 	<ul style="list-style-type: none"> 24時間熱源利用可能 	<ul style="list-style-type: none"> 太陽光発電との併設→貯湯(昼→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	<ul style="list-style-type: none"> どこにでもある ZEB / ZEH* の選択肢として 	<ul style="list-style-type: none"> 24時間熱源利用可能 	<ul style="list-style-type: none"> 基礎工事工法の開発進展が重要
地熱発電	<ul style="list-style-type: none"> 世界3位のポテンシャル 	<ul style="list-style-type: none"> 24時間定出力 	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 電気自動車産業の発展・低コスト化 HEMS・BEMS用蓄電池の普及 新型蓄電池の登場・大容量化 最上位系統には揚水発電あり 	<ul style="list-style-type: none"> 変動調整 ピークシフト 需給調整 	<ul style="list-style-type: none"> 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

整を自立的に行うことを前提として、「ある程度のレベルまで安定化された電力要求」を、上位系統や他地域から経済的に満たすという発想である。このことが、その地域にとってもインセンティブとなるという暗黙の前提を以下の検討では想定している。地域内最適化が自由に行えるような電力系統の規制緩和がなされることが要点になる。

以下では、このような視点で構成され、最適化された地域分散ネットワークを「再生可能エネルギー・ミックス型コミュニティ・ネットワーク（略称 RE-Mix-C-Net）」ととりあえず呼ぶことにする。もし、地域システム RE-Mix-C-Net が理想的に実現すれば、上位系統側から見ると、従来よりも安定化・省エネルギー化された地域の負荷集合と見なされることになる。つまり見方によっては、上位系にも大きなメリットになるはずである。

2. 複数の再生可能エネルギーを利用した統合型地域エネルギー供給に関する考察

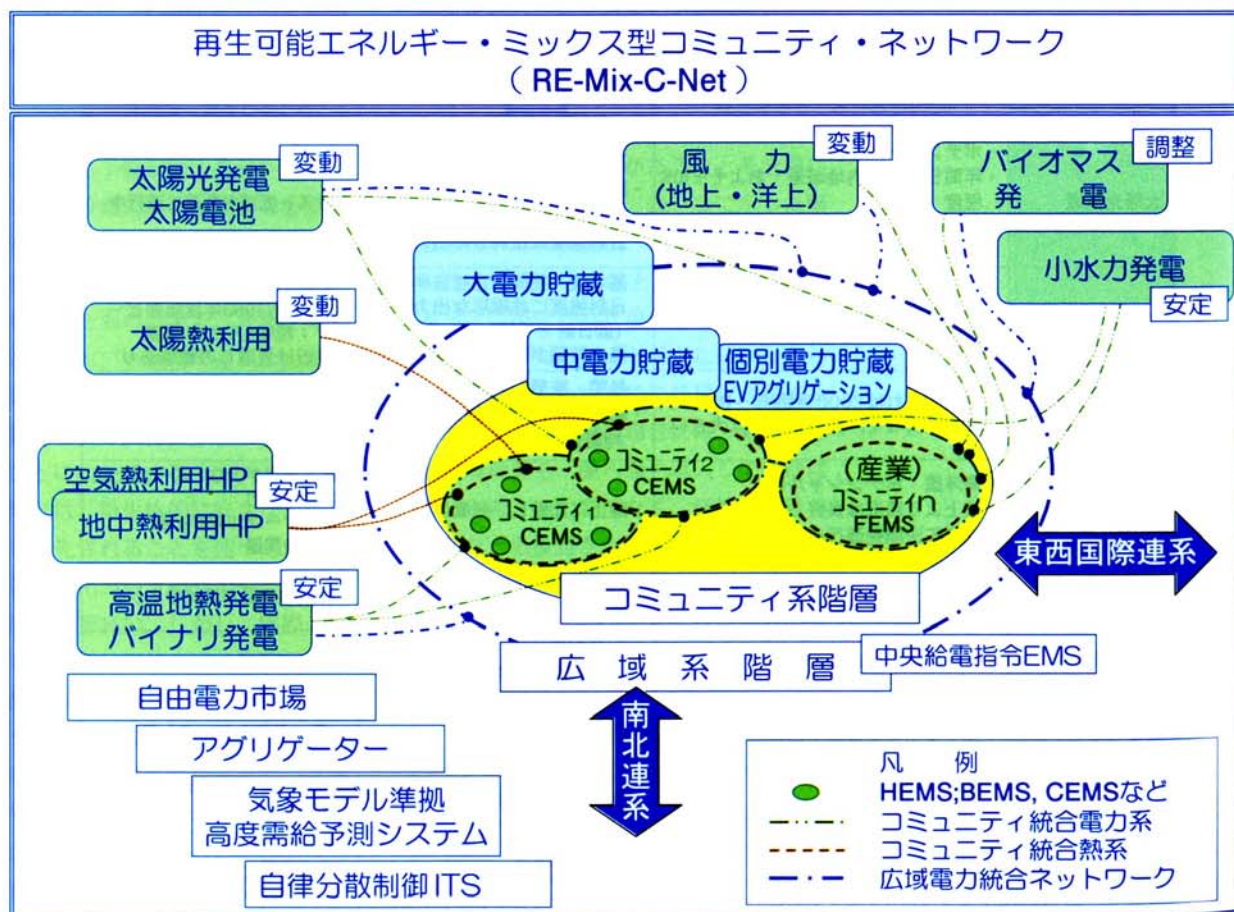
こういう想定地域ネットワークで組み合わせていく再生可能エネルギー源について、表-1に各々の特徴のあらましを考察整理した。

表-1では、変動の大きさの順に、各々の再生可能エネルギー電源・熱源を、おおむね上から下へ向かって配列した。空気熱、地中熱、地熱は、ほぼ24時間定出力駆動が可能なものとして分類した。小水力も季節変動があるものの、これに次ぐ安定性を期待できそうである。また最下段には、これらと組み合わせ可能な電力貯蔵手段についても収録した。

3. 再生可能エネルギー・ミックス型コミュニティ・ネットワーク概念 (RE-Mix-C-Net)

表-1に示された各種の再生可能エネルギー源を組み合わせて、スマート・コミュニティを構成した場合の概念図を、図-1に描いた。

図-1において、もっとも中央部には、コミュニティ系階層として、コミュニティ1～コミュニティnの地域コミュニティ群を構成している。それぞれのコミュニティは、住宅地域、商業地域、産業地域などが相互依存状態でパートナー構成される方が望ましいと思われる。つまり、それぞれの属性が、むしろ相互に異なっている方が、時間帯などでの負荷プロファイルが平準化される確率が高い。これは、六本木ヒルズが、負荷プロファ



出典：東工大 黒川

図-1 再生可能エネルギー導入コミュニティ・スマートネットワーク (RE-Mix-C-Net)

イルの異なる、オフィス棟、住居棟、商業施設、イベント施設などの集合として、負荷群が、時間帯間や平日・週末間の平準化をねらって構成されていることに通じる。熱電併給型比可変のコジェネレーション・システムによる供給側と併せて、自立系統として成り立っていることが知られている。

これらのコミュニティは、HEMSやBEMSを備えた個別の太陽光発電や空気熱ヒートポンプなどの再生可能エネルギー源をもち、場合によっては小容量の蓄電設備を有している可能性が高い。これはそれぞれの単位の防災・セキュリティ確保に役立つであろう。もちろん時間帯別のダイナミック・プライシングも平準化の有力な手段である。しかし、より大きな平準化は、それぞれの属するコミュニティの中の負荷プロファイルの分布によってもたらされるであろう。コミュニティ内の系統には、各構成単位の負荷と太陽光発電などの分散電源の間で平準化する電力潮流が行き交いすることになる。

この結果、生じる時間別の需給差調整は、コミュニティに設置された中容量の電力貯蔵設備が機能を発揮する。需給差

の3日分程度の蓄電容量があれば、3日間程度連続して降る雨天日にも対応可能である。年間の日本地域の連続雨天日が3日をこえる確率はかなり小さいと思われる。このようにして、天候に追従して発電する太陽光発電によっても、かなりの供給安定性が確保される。

もちろん、他の再生可能エネルギー発電として、地熱発電は24時間一定供給が可能である。温泉発電と呼ばれるバイナリ発電も同様の特性を持つ。熱利用で考えれば、地中熱や空気熱利用のヒートポンプ（HP）もベース供給としての特性を持つ。地中熱利用HPはゼロエネルギービルなどの有力な手段となりつつある。再生可能エネルギー・ミックスを形成するためには、重要な選択肢である。

小水力発電も、流量が安定している時期には、24時間型の電源となる。このタイプはほぼ100%、河川流量をそのまま利用する流込み式発電となる。河川流量は季節的には変動するものであるから、その供給力変動分と負荷変動の差分は、広域系階層からの受電により調整されることになる。

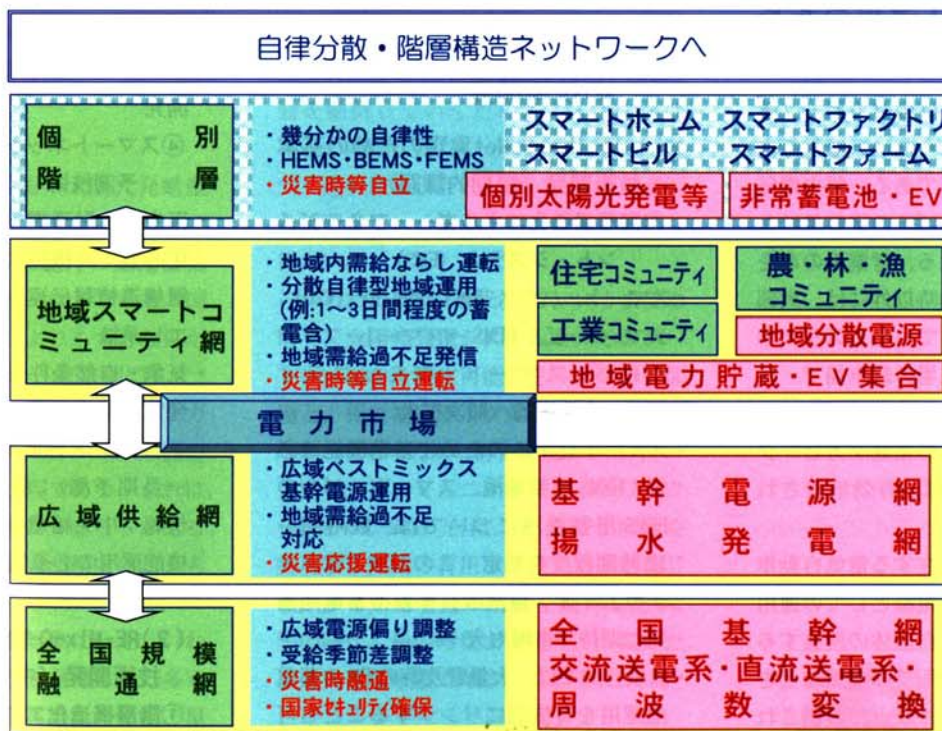
地域自身でより安定な需給調整を可能

にするためには、調整可能な電源として、バイオマス発電が挙げられる。燃料供給量で発電出力は調整可能で、出力を下げる時には、バイオマス燃料は貯蔵しておけばよい。この点が、太陽光発電や風力発電の発電抑制と本質的に異なるところである。太陽光発電などを外部からの指示による発電抑制では、失われた発電機会は取り返せないからである。

最上位系には、現状では大型の水力発電所や揚水発電所が接続されている。

需要や発電の季節間の変動をカバーするには、電力貯蔵は非現実的となる。このような場合には、地域に供給されているガス供給系統と結んだ熱電併給は事前の選択肢であろう。また、大規模産業負荷には広域の大型LNG発電に頼ることも想定したミックス構成も考えなければならぬかも知れない。

別の方法として飛躍しすぎに見えるかも知れないが、季節差の調整には、南北の緯度差を利用した広域連系が使えよう。例えば、夏には涼しい北海道の再生可能エネルギー発電電力は、南方の地域の冷房電力用として好ましいパートナーである。もちろん、冬期には、南北間の電力



© kurochans-net 2012, Tokyo

最上部が家庭やビルなどの個別階層；最下部が全国規模の融通網

図-2 階層構造化した電力系統概念

潮流は逆転し、北海道の暖房電力を供給することが可能である。カナダと米国の太平洋岸の長距離直流送電線である、「パシフィック・インタータイ」も当初想定したパターンは、この考え方であった。

もちろん、東西連系によれば、時間帯シフトが可能であるが、日本国内に限れば、たかだか1時間程度なので、昼休みギャップの平準化程度しか期待できないが、他国間とのスーパーグリッド構想を想定すれば、理論的には、もっと大きな時間差の調整が可能にはなる。図-2は、階層構造を明確化した電力供給系統構造を表す。ここでは、まず最小限度の需給調整は個別階層である程度可能な範囲で実施する。需給バランスに応じて、順潮流や逆潮流が発生する。これらは、地域スマートコミュニティ網の機能を活かして、例えばデイリーな調整をおおむねカバーする。例えば、3日分程度の需給差を補償する蓄電容量を持つ。状況によっては、自律できないので、自由電力市場を通して、他のコミュニティ網や広域電力網との間で、必要な電力売買を行う。季節調整や系統安定化を広域供給網や全国規模融通網が分担するが、最終的なコスト分担はやはり、自由電力市場を通じた長期契約になるであろう。

4. RE-Mix-C-Net 運用のための周辺機能

- ①電気自動車による家庭の夕方ピーク解消：ここで忘れてならないのは電気自動車の蓄電池の利用である。将来電気自動車の普及が進めばその総容量はかなり大きなものとなる、営業用の車を除けば、朝夕の通勤時以外には、大部分が駐車場に駐車しているものが大半である。例えば、工場の駐車場で、昼の太陽光発電ピークに満充電となった電気自動車は帰宅後の家庭夕方ピークに放電 (V2H) すれば、有効消費される¹⁾。
- ②また、あちこちに点在する電気自動車は、災害時には非常電源としての運用も可能になる。特に自治体の所有する電気自動車は、避難所での運用などを想定し、エコスクールなどに設置された太陽光発電 (もちろん自立運転可能仕様) との協調運用を想定した仕様とすべきであろう。ガソリンがなくても動く電源車として見れば、その利用範囲は大きい^{2, 3)}。

③中古蓄電池の定置用への転用：電気自動車用の蓄電池は、ある程度の加速馬力を得るためには、瞬時に大電流の放電が必須条件である。蓄電池の経時劣化により加速性能は失われてくるが、HEMS や BEMS などの定置使用の充放電速度は遙かに低速であるので、有効利用が可能である¹⁾。

④アグリゲーター：諸所の HEMS や BEMS に多数分散設置された定置蓄電池や、前記の駐車中電気自動車蓄電池をアグリゲーターに登録し、変動価格制の下で、各々の SOC に応じて、余剰電力を安く買電したり、不足電力応援のために高めに売電するビジネス形態。前提は、系統の託送機能と自由電力市場の確立、セキュリティの高い自律分散制御情報通信システムによる注文・決済の即時機能などが前提。

⑤気象予測準拠の高度需給予測システム：太陽光発電や風力発電中に気象条件で発電量が左右される再生可能エネルギー発電では、コミュニティ系統の需給計画作成や、自由電力市場での電力売買のために、翌日の 30 分程度ごとの発電電力量の予測ニーズが大きい。現在では、気象庁のスパコンによる数値予報システムの配信情報から予測するための技術開発が進められている⁴⁾。

5. RE-Mix-C-Net 実現のための技術開発

(1) RE-Mix-C-Net 実現のための基本技術開発 (短期的課題)

- ①階層構造化エネルギー・マネジメント・システム (EMS)
 - ・スマート・ハウス HEMS ; PHV/EV (V2G) ; スマート・ビル BEMS → スマート・ファーム FEMS ; スマート・コミュニティ CEMS ; 全国融通へ順次拡大
 - ・スマート化 EMS のために蓄電機能は必須：HEMS 用蓄電池、スマート・ビルの BEMS 用蓄電池については、数時間～12 時間程度を想定：この領域では、リチウムイオン電池改良や新型蓄電池開発に期待；市場も大
 - ・前項目的では、大量普及時の EV の蓄電池運用を有機的にリンクすることも可能 (アグリゲーター機能が登場)
 - ・月間の CEMS 調整はある範囲で可能 (数日程度の蓄電容量想定)
 - ・わが国における再生可能エネルギー (太陽光発電・風力発電) 発電量の季

節変動と南北間需要季節差の平準化も期待できるので再生可能エネルギー、ベスト・ミックスによる地域間融通を基本に最適構成；再生可能エネルギーの割合の増加とともに、例えば、平均月発電量の 1～2 ヶ月分ほどの大容量バッファの必要性は高まる

②統合型高機能電力伝送要素技術：次世代パワエレ送電技術 (第 1 期)

- ・国内電力網再構築のための全国規模高機能融通網基本技術：非同期広域次世代パワエレ送電基本技術開発
- ・次世代大容量 PWM パワーデバイス (SiC, GaN, etc.) : 高速光ゲートパワーデバイス基本開発；次世代双方向大容量パワコン開発；高機能電力系統・大容量電力貯蔵 EMS の調整要素技術
- ・全国規模再生エネ融通網構築用高温超伝導直流送電ケーブル実用化技術開発
- ・短・中長期的には、全国大規模の表・裏 2 ルート各 1000 万 kW 程度の次世代高電圧直流送電系統構築可能な基本技術開発を目指す

③統合型高機能電力伝送要素技術：次世代蓄電技術

- ・蓄電デバイスシステム新技術開発 (稀少資源に頼らない新材料の組合せ技術開発：シリコンイオン電池、ナトリウムイオン電池)
- ・コスト低減のための量産製造技術開発
- ・残存寿命判定技術・安全システム技術開発

④スマートネットワーク構築：運用・予測技術

- ・再生エネ融通網で系統運用技術の高度化必要：高機能スマートメーター；階層構造情報伝達システム；高機能パワエレ系統
- ・気象・自然条件モニタリングと太陽光発電・風力発電の発電量予測技術 (ピンポイント→広域；翌日分 30 分ごと→長期予測)；各レベル EMS 運用必要情報；中央給電指令・アグリゲーター機能運用の必須情報

(2) RE-Mix-C-Net 実現のための拡張技術開発 (中長期課題)

- ①階層構造化エネルギー・マネジメント・システム (EMS)
 - ・階層構造スマート系統の最上位である全国融通へ EMS 順次拡大・各階層間調整機能
 - ・スマート化 EMS のために蓄電機能は必

須：南北での再生可能エネ発電量と需要には季節差：再生エネ・ベスト・ミックスによる地域間融通・相互協調を基本とするが、再エネ普及増加とともに、例えば、平均月発電量の1~2ヶ月分ほどの大容量バッファの必要性は高まる

②全国規模・海外リンク再エネ融通網構築期：次世代パワエレ送電技術（第2期）

・国内電力網再構築のための全国規模スマートグリッド化の基本技術として必要な非同期広域次世代直流送電を基本とするパワエレ系統技術開発

・次世代双方向大容量パワコン大容量化：高機能系統・大容量電力貯蔵の電力調整構成要素

・次世代超長距離超伝導直流送電技術：全国規模再生可能エネルギー融通網構築用高温超伝導直流送電ケーブル実用化技術開発

③東アジア地域間連系スマートネットワーク構築：超広域需給調整技術

・東アジア気象・自然条件のモニタリングと広域再エネ発電・負荷変動予測技術

・域内需給調整システムの構築（EUがよき前例）：域内自由電力市場；国際アグリゲーター展開

・国家エネルギー・セキュリティ担保：電力・エネルギー備蓄

6. おわりに

平成24年度のわが国の太陽光発電産業は、ご承知のように大きな展開を遂げた。平成24年7月1日施行の固定価格買取制度の大きなインパクトである。国内市場は予想していたよりも大きな拡がりを見せた。今までの「家庭部門」と、新たに展開が始まったいわゆる「メガソーラー」に加えて、10kW~1MW未満の「中間領域」の急速な出現である。これは、建設コストで予想以上にメリットがある、工場の屋根などへの建設が相次いだと考えられる。

また、複数の物件を対象にした、いわゆる「屋根貸し発電」も登場した。多くの自治体では自らの所有施設の屋根・屋上を貸出したり、遊休土地を入札するなど、太陽光発電導入に積極姿勢を示している。産業団地のみならず、農業利用などでもニーズが高まっていくに違いない。施設農業でのエネルギー自立や農業用水

の確保や処理など、ここでもシステム統合化の大きな可能性が予見できる。固定価格買取制度に支えられた投資に対しては、発電電力量保証の要求が高まり、補償額の客観的な算定や保険額の決定に対して、技術的に明快な評価方式も強く求められている。わが国においても、非住宅分野のポテンシャルも非常に高く、こういった地域でのエネルギー自律計画へ向けた、より大規模な展開も将来課題となるであろう。

防災意識や省エネルギー意識の向上から、住宅、産業施設や公共施設などで、蓄電機能を合わせて施設する試みも増えている。いわゆるエネルギー・マネジメント・システムEMSとして、太陽光発電（太陽電池+パワコン）と蓄電機能の組み合わせ運用システムの各種の工夫が見られるようになりつつある。

このような新しい商品価値の創造の試みは、スマート・ホームSISやスマート・コミュニティへの展開を目指した動きにつながることを期待したい。このような可能性を活かしていくためには、配電分野においても規制緩和が望まれる。これからの地域最適化の動きは、そのコミュニティ自身が自律的に、そのプロパティに応じた再生可能エネルギーを選択・ミックスしていくに違いない。その姿を想像しながら、本考察をまとめてみた。地球人類にとって、有限サイズの地球社会を維持していくために、太陽エネルギーの永続したフローのエネルギーに基づく選択肢しか存在しない。有限の資源を消費していく限り、明るい未来はあり得ない。

われわれの唯一解として、いうまでもなく、太陽光発電システムと、そのパートナーである再生可能エネルギーの仲間達と、相互補完サイクルを確立してゆかなければならない。再生可能エネルギー・ミックス型コミュニティ・ネットワーク（RE-Mix-C-Net）とは、そういう社会を実現するための有用な手段であると信じる。多くの若者達の活躍を期待したい。子の時代、孫の時代まで続く、人類のための大きな命題である。

第15回太陽光発電システム研究発表会論文集（平成25年3月16日、第15回太陽光発電システム研究発表会）

【参考文献】

- 三菱商事、三菱自動車、三菱電機：電気自動車を用いたスマートグリッド実証実験を開始、リリース2012.4.12. <http://www.mitsubishicorp.com/jp/ja/pr/archive/2012/html/0000014507.html>
- EVや急速充電器を地域のエネルギー・マネジメントに活用、<http://jscep.necp.or.jp/article/jscep/20121114/330552/index3.shtml>
- JXE, NEC：横浜市で次世代サービスステーションにおける蓄電・充電統合システムの実証事業を開始、2011.9.27. <http://www.nec.co.jp/press/ja/1109/2703.html>
- 電気学会：再生可能エネルギーの発電予測とシステム技術、電気学会エネルギー・環境/メタボリズム社会・環境システム合同研究会、2012.11.21. <https://workshop.iee.or.jp/sbtk/cgi-bin/sbtk-showprogram.cgi?workshopid=SB00001065>



黒川 浩助

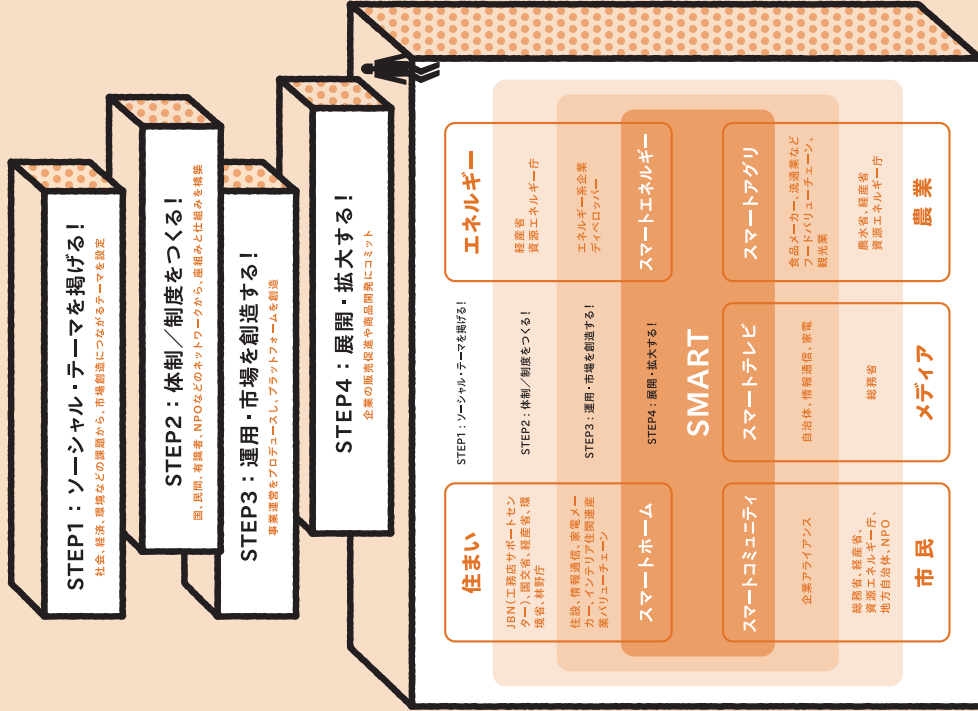
（くろかわ こうすけ）
1965年早稲田大学卒、通産省工業技術院電気試験所に入所、高圧直流送電、太陽エネルギー、太陽熱発電の研究を手がける。1996年東京農工大学工学部教授、2004年同大学大学院共生科学技術研究院生存科学研究拠点教授を経て、2008年より東京工業大学A E S国際研究センター特任教授。2007年再生可能エネルギー協議会を設立し代表就任（兼）。

<連絡先：03-5731-3754>

取材記事

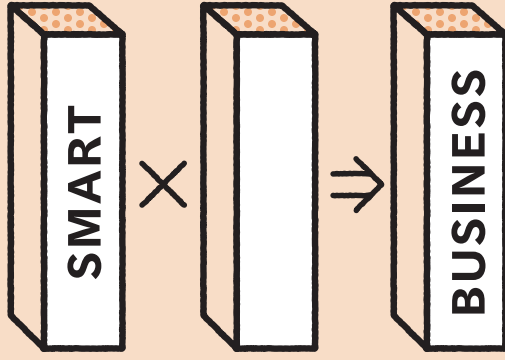
[2013 年～2014 年]

〈電通の事業ドメインとマネタイズの考え方〉



※スマート空港、スマートロボット等も検討中

スマートな未来。
電通にできること。



スマートフォン、スマートテレビ、スマートハウス…
最近よく耳にする“スマート”とは何か？ 世の中をどう変えていくのか？
そして広告会社の役割は？

スマートな未来では、ICT(情報通信技術)を駆使し、生活情報をはじめとしたあらゆる情報、いわゆる“ビッグデータ”をマッチング処理することで、多機能、効率的、簡便なライフスタイルの実現が期待されます。このインテリジェント・イノベーションの結果、「お、いいね。」「なるほど便利だね。」と、楽しく健康的な“笑顔”が、着らしや仕事に満ちあふれていく。電通は、そんな“Smart & Smile”な人間社会をつくるのがスマート化と考えています。“スマートの視点”を掛け算することで生まれる、新しいビジネスチャンス。ここでは、各界の有識者の方へのインタビューを通じて、スマートな未来、電通の可能性について紹介していきます。

SMART X メディア

スマートテレビが描く未来とは

放送の文化から生まれたテレビがスマート化することで、単なる映像を楽しむ娯楽ツールからネットとの連携による安心、安全、便利な“生活必需品”的な“タミナル”へと発展します。その際の映像表示の役割は、高度な仮想現実感を持ち、誰でも差別なくサービスを楽しむことができるユーザーインターフェースとして機能するでしょう。



日本ケーブルラボ
徳竹政幸氏
KDDI研究所入社以来、交信機の設計開発、画像システム開発、音声制作、白物家電などに従事。10年間の経験を活かし、スマートテレビのサービス提供に携わる。

電力への期待
サービスの共同開発に期待しています
電力の企画力に期待しています

スマートテレビ

日本ケーブルラボ(CATV事業者185社加盟)と電力グループは、次世代CATVのSTB(Set Top Box)上で提供するサービス開発を行うべく、共同プロジェクトを実施しており、スマートコミュニケーションの情報ハブになるテレビの役割を考えています。
(ソーシヤル局スマート・イノベーション部・日高 尚)



SMART X 農業

スマートアグリの可能性とは

今年3月、私の出身地でもある南相馬市に、太陽光発電所と植物工場を組み合わせた「南相馬ソーラー・アグリパーク」が誕生しました。再生エネルギーや先端農業の体験学習を通じて子供たちの成長を支援し、地元復興を担う人材の育成に貢献します。原子力事故による低線量の放射線という風評被害の中にある福島県の農業の再生において、“ITを駆使して安心安全にも役立つスマートアグリ”だからこそ、信頼回復の突破口となると確信しています。



南相馬ソーラー・アグリパーク
長谷川孝幸氏
70歳より地域の発展に貢献。福島県産品のPR活動も行う。現在は福島県産品のPR活動も行う。現在は福島県産品のPR活動も行う。

電力への期待
被災地の信頼を回復する挑戦を一緒に。そして、スマートアグリの新価値を共に創りたいですね

スマートアグリ

スマートアグリに参画することで、これからの「農」についての知見を他社に先駆けて蓄積します。また「食」のサブライチェーン全体を把握することで、消費者・サプライヤー双方への付加価値最大化に貢献したいと考えています。
(ソーシヤル局スマート・イノベーション部 水本大輔)



南相馬ソーラーアグリパーク(売電イメージ)

SMART X 住まい

スマートホームが描く未来とは

震災以降、電力需要のピーク時の省エネや節電アクションの重要性から、エネルギーを賢く使う、いわゆる“スマートハウス”が注目されています。ただ、社会のスマート化における主役は、住宅ではなく、消費者自身であり、暮らしの在り方です。今後のスマートな家づくりには、消費者のスマートな暮らしを先導技術がサポートしていくという視点が必要だと考えます。



住環境計画研究所
中上英俊氏
73年には住環境計画研究所を創設し、現在まで所長。経営者視点から省エネ・省コストを実現。環境省中央省庁等改革推進委員会など各種委員としても活躍。

電力への期待
スマートな暮らしの文化を育む新しい仕掛けを社会に向けて発信してほしい

スマ@ホーム

電力は、住宅市場の70%を占める工務店の最大の団体であるJBN(Japan Builders Network)と協業し、工務店の家づくりの特徴を生かしたスマートホームの普及を目指すプロジェクトを進めています。ユーザーの暮らしのポイントをスマートな家づくりを網羅できる“スマ@ホーム”を開発。今年10月にはプロジェクトサイトをローンチの予定です。
(ソーシヤル局スマート・イノベーション部 上田康裕)



SMART X エネルギー

スマートエネルギーの可能性とは

自律分散型のエネルギーネットワークを相互に連系し、地域の再生可能エネルギーを生かしながら構築することで、「家庭や事業所→コミュニティ→統合社」と、ポトムアップ型のエネルギー統合社会を構築することができます。これにより、安定性が高く、地域ニーズに対応したエネルギー基盤の構築が可能となり、効果的でサステナブルな社会を実現できると考えています。



東京工業大学
黒川浩助氏
08年より東工大のエネルギー・システム研究センター長に就任。現在は東工大のエネルギー・システム研究センター長に就任。現在は東工大のエネルギー・システム研究センター長に就任。

電力への期待
再生可能エネルギーへのプラマイイメージを改善させるために、地域社会とのインターフェースに

スマートエネルギー

再生可能エネルギーで得られる売電収入を地域に再投資することで、地元一次産業の六次化(加工や販売・サービスまで行ったり地域産物の付加価値を高めること)や地域ブランドを推進。固定価格全量買い取り制終了後も、地域が活性化し、自律性が向上するネットワークの構築を電力が手伝います。
(ソーシヤル局スマート・イノベーション部 濱村俊彰)



Team Eden

Exciting Dream for Energy of Next-generation

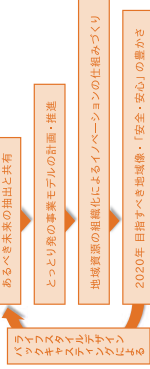
2010年3月に「21世紀的楽園創造プロジェクト」を掲げて発足した電通グループ横断組織。

ソーシャル層スマート・イノベーション部を中心に、電通グループ社員54人で構成。

クライアントの業種は、主に住宅、自動車、エネルギー、情報通信など。

例えば、コミュニティの分野では、地域電通とも連携し、自治体×企業のスマートコミュニティ戦略を捉え、収益化を目指しています。

Case3. とっとり発スマートコミュニティ構想



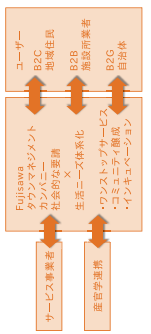
2012年7月に地域活性化総合特区に指定された鳥取県では、経済活力低下による人口流出、少子高齢化など、地方都市が抱える課題を解決する構想に、20年後の生活者の豊かな暮らしの在り方から逆算する電通提唱の「バックキャスト法」を用いました。これは、住民の幸福度向上、地域の独自性、伝統の継承と進化をテーマにした「地方発スマートコミュニティ構想」です。
(電通西日本 西原ミヅル)

Case4. 街ビジネス「+fooop!」 in グランフロント大阪



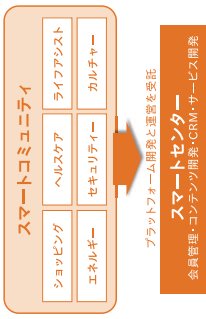
街を大きなフラワーブの輪と見立てた「+fooop!」(フリンシステム)は、このシステムを4月にオープンしたグランフロント大阪に導入しました。街が生活者のことを考え学習し、生活者のニーズにフィットする情報を届け、街と人、人と人とのスマートなコミュニケーションの輪を創造する世界初のソーシャルシティプラットフォームです。このプラットフォームを通じて、電通グループは全国の街にスマートなコミュニケーション構築を提供していきます。
(ISID 萩原亮行)

Case1. Fujisawa サステイナブル・スマートタウン (FSST)



神奈川県藤沢市の広大な八幡ノニック工場跡地(19ha: 東京ドームの約4倍相当)で2014年春の街開きを計画している菅民一団の共同プロジェクト。「生きるエネルギーが溢れる街」をタウンコンセプトに、3000人が暮らす街を建設中です。電通は、事業参画パートナー各社と共にタウンマネジメント会社を共同設立しました。単なる街の運営を越え、社会の変化に合わせて「街が進化を続ける新しい仕組み」を、事業者、自治体、住民と共に「生活者視点」でデザインし、構築する支援をしていきます。
(PFB局 緑井大介)

Case2. 「スマートセンター」サービスモデル開発



暮らしの安心・安全と利便性、住民同士をつなぐ仕組みがあつたスマートコミュニティが成立します。電通テックと電通em1のチームメンバーは「つなぐ仕組み」の運営基盤となる「スマートセンター」のサービスモデル開発をグループ企業の知見を結集して進めています。CRMのノウハウをベースに、住民向けコンタクトセンター、健康サービスや地域情報プラットフォームを組み合わせた、新しいビジネスの展開にチャレンジしています。
(電通テック 水谷祐志、電通em1 北澤麻衣)

スマートシズンが描く未来とは

ICTが支えるスマートコミュニティでは、エネルギー、交通、水道、安全や医療など、都市機能の高度化が実証されていますが、これらから大切なのは「市民視点」。学びや自己実現のための世界の情報を、コミュニティにおいて子供たちから高齢者までが自律的に入手できるバーチャルシステムを構築することです。自己成長を遂げる「スマートシズン」を育てていくことが、地域におけるスマートビジネスの新領域だと考えています。



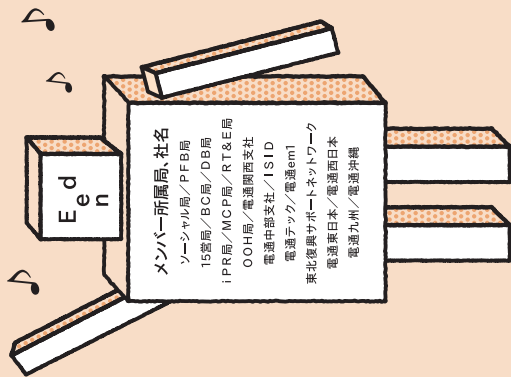
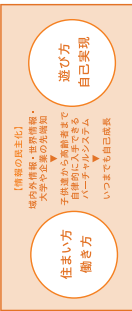
赤池 学氏
ユニバーサルデザイン推進部 推進部長
社会システムデザイン部のシズン・タタ・タタ・タタ推進部長、科学技術センターの主任として、教育、職業訓練も担当。11月よりエドエンのスマートビジネス推進部長として、地域活性化推進部(21世紀の代官)の部長に就任。

電通への期待
“市民視点”の町づくりのために、生活者と向き合ってきた電通の知見が必要だと思っています

スマートコミュニティ

「スマートシズン」の心が満たされる豊かさとは何か。この問いに電通の総力を結集すれば、世界に秀でた魅力的な時間空間をプロデュースできると考えます。常識を疑い、新しいコンセプトを提示するのが電通のお家芸。スマートコミュニティにおける新しい住まい方、働き方、遊び方、自己実現の道を開発し、事業参画しながら先導モデルを世に送り出すことで、電通のビジネスインフラが強化されるでしょう。
(BC局 臼井達也)

地域におけるスマートビジネス



時報 PV+

ピーブィプラス

2014 (第70号)

1.1/1.15

合併号

太陽光・風力・バイオマス等市場動向

総力特集

再生エネ14年見通し

新春編集長対談

矢崎エナジーシステム

矢崎 航社長



本誌 10大テーマ

政策全般 自治体 関連企業

太陽熱 省エネ 中小水力 地熱・地中熱

コジェネ 蓄電池・燃料電池 スマートコミュニティ

※今回号掲載テーマの文字を大きくしています

エネルギージャーナル社

経営ビジョンを語る矢崎エナジーシステムの矢崎 航社長

「11年までは住宅用が80%台を維持したが、12年は国内出荷389万kWのうち住宅用49%に対し産業・事業用28%、発電事業用が19%に増えた。13年度の太陽光発電市場は450万~500万kWとみており、当面はこれがピークだろう」

—PVは基幹エネルギーを目指す新ステップに入ってきたとの見方もあります。

「基幹エネとは総発電量の少なくとも10%を賄うことと理解している。このため太陽電池は1億kWが必要。これは国民1人1kWである（ドイツは同600W）。10%をPVで賄う姿が日本の新たな成長戦略である」

—太陽電池の価格はW100円以下となった。今後のコスト面の課題はどこにありますか。

「PVはシステムの設置コストでW100円を目指し、グリッドパリティに到達するのは住宅用で2016年前後になるか。今後のコストダウンは太陽電池以上に周辺部が課題になる」

—今後の発展に向けた課題は。

「PVの普及による分散電源と集中電源の連携によって、国民が自らエネルギーを持つという自覚も高まる。地域によっては集中電源と分散電源が拮抗するエリアも出てくる。今後は年間500万~1000万kWの市場形成が求められる。そのため太陽電池の経済性と立地制約の緩和、系統連系制約の克服が課題。PV産業には海外市場開拓に力を注ぐことを期待している。メーカーは生産規模を100万kWレベルへ持っていき、サービス事業へも積極的に参入していくことが期待される」

—東京工業大学 黒川浩助特任教授に聞く—

PVは地域電力ネットで大きな役割果たす

—NEDOが母体となったPV開発に最初から関わってきて、現状と将来をどうみますか。

「太陽電池を住宅の屋根に乗せ、系統と統合運用することが太陽電池普及の核になると提案、NEDOが住宅向け系統連系事業を引き継ぎ実証した。蓄電池を太陽電池に並行設置する開発も進め、日本のPVの基礎を作り上げた。持続可能なPVが、今後は同じ仲間の再生可能エネと統合したシステムとして発展することが望ましい姿だろう」



—日本の太陽電池メーカーは一時、世界の半分以上のシェアだったが現在10%を切っています。

「PVシステムは日本企業が作り上げたが、太陽電池への投資の規模感が日本メーカーに欠けていて、タイムリーな投資に踏み切れなかった。中国は製造装置を外国から調達して始めたが、シリコン原料生産を自ら始めて一気に大規模投資に動き、世界一になった。だが無秩序さが災いし世界的な供給過剰給を引き起こした」

—再生可能エネ大量導入の系統への影響は。

「ドイツは13年4月昼過ぎ、全電力の50%を太陽光と風力により供給した。日本は系統の需給調整は無理と言われている。再生可能エネの負荷変動をならす対応を含め、自律した地域系統により再生可能エネと蓄電に火力、天然ガスコジェネも加えた複合的なエネルギー構造を作りあげ、電気の需給をバランスさせるシステムが望まれる」

—長期的なPV市場をどうみますか。

「国際エネルギー機関・太陽光発電研究協力実施協定(IEA-PVPS)がまとめているように、2075~2100年にはPVのストックが133テラWと、世界のエネルギー供給の1/3をカバーすることになるだろう。その後は新旧入替え中心の年4~5テラWの市場で安定するだろう。PV設置場所の半分は5大陸の砂漠になる」

「向こう5~6年の日本のPVは、地域の電力ネットワークの中で大きな役割を果たし、スマート化が進む住宅がコミュニティへと自律的に拡大していく。日本の太陽電池メーカーには、統合型モデルを構築するビジネスモデルを組み上げるパワーが求められる」

催 事 ・ イ ベ ン ト ・ P R

◇ ENEX 2014 / Smart Energy Japan 2014

複雑化するエネルギー管理や省エネ対策の課題解決と、エネルギー機器・システム開発を促進する場として、合同企画「BEMS / FEMS / HEMS集中展示ゾーン」などを実施する。

○日時…2014年1月29日(水)～31日(金) 10:00～17:00

○会場…東京ビッグサイト 東3ホール(東京都江東区有明3-11-1)

○主催…ENEX2014(第38回地球環境とエネルギーの調和展):省エネルギーセンター

Smart Energy Japan 2014:ICSコンベンションデザイン

○問い合わせ先…ENEX / SEJ 展示会事務局(ICSコンベンションデザイン内) TEL03-3219-3569

「時報PV+」次号予告 [2月1日号]

◇特集:省エネ・減エネ最新動向

- ・ESCO最前線
- ・メーカーの最新省エネ技術

◇トピック再生エネ:バイオマス、地熱の14年見通し

◇動きと話題:P Vベンチャー系農地へ積極展開

◇イチオシ自治体 ⇨ 大阪府

◎「時報PV+」定期購読のおすすめ

【対象読者】中央官庁、地方自治体、大学・研究機関、電力会社、石油会社、ガス会社、電機・機械・素材等の関連メーカー、販売・施工業者、住宅メーカー、一般市民・団体など

【発行形態】通常月2回 【判型】A4・通常12ページ

【定期購読料】1年間2万円、半年間1万2000円(各税と送料込み)

※購読期間、部数、住所、会社名、氏名等をお書き添えの上、FAX(03-3341-3030)

かメール(chumon@enekan.net)等で直接弊社まで。

全国の政府刊行物サービス・センター、富士山マガジンサービスでも取り扱っています。

◎「時報PV+」広告掲載のご案内

「時報PV+」では、エネルギージャーナル社のネットワークを通じた、幅広い読者層にアピールする広告を掲載する企業・団体を募集中です。(料金は弊社規定によります。資料請求をどうぞ)

◇締切り 原則は発行日の7日前までお申込み・ご入稿(版下は完全データにてお願いします)

◇お申込み 弊社業務部(TEL 03-3359-9816)まで直接ご連絡下さい。

時報PV+ (ピーブィプラス) 2014年1月15日発行 第70号

(太陽光発電(PhotoVoltaic power generation)中心に新エネルギーをプラス)

【編集・発行】(株)エネルギージャーナル社 編集発行人 清水 文雄

〒160-0005 東京都新宿区愛住町3-1 浅井ビル TEL 03-3359-9816 FAX 03-3341-3030

ホームページ http://www.enekan.net/pv_plus/ 定価1200円(本体1143円)

◇定期購読料(月2回発行) 年間 20,000円 半年間 12,000円(各税と送料込み)

◇禁無断転載・複写

電気と工事

March 2014

3月号



特集

産業用太陽光発電は どうなっているのか？

東日本大震災から3年
電気設備から見た復興の状況

速報 平成26年度 第二種電気工事士技能試験公表問題

3 専門家が見る、 太陽光発電の現状と課題

太陽光発電は今後、どうなっていくのだろうか。技術的な分野を中心に、政策、海外動向から、電気工事会社に向けた取組みのヒントまでを、再生可能エネルギーや太陽光発電に長い間取り組んでおられる東京工業大学の黒川 浩助特任教授（写真1）におうかがいした。



写真1 太陽光発電システムに長年取り組んでおられる東京工業大学 黒川浩助特任教授

1. 地場産業として発展した ドイツの太陽光発電

わが国の固定価格買取制度のモデルとなったのは、ドイツの制度だ。だが、この制度を通じてどのような事業者が発展したのかは、わが国は学ぶべきところがあるという。

黒川氏によると、ドイツでは地場産業として太陽光発電の工事業者が成長したという。地元密着だった工事会社であっても、世界的な企業になれるということだ。

日本でもこうした例はある。大阪に本社がある奥地建産がEPC（設計・調達・施工などを一貫して行う事業形態）から設備を運営するIPP（独立発電事業者）事業まで、トータルサポートを展開し、東北地方など関西圏以外にも進出している。

その固定価格買取制度だが、黒川氏は制度設計のうえで、買取価格の期限の設定方法を考えるべきだったという。海外では一般的に、運転

開始日によって価格が決まる。しかし、わが国では経済産業省の設備認定取得の日になっている。

また、太陽光発電の買取価格は高めに設定されているが、これは国内市場の成熟によって、コストが下がってくることを織り込んだ制度設計になっている。したがって、買取価格の頻繁な見直しも必要となってくる。

実は、ドイツの経験から、買取価格の設定が重要なことは、制度設計の関係者もわかっていたことだという。しかし、高めの価格と価格決定となる日付の設定によって、年度末に向けた申請が殺到し、設備認定と運転開始設備との間に大きなギャップを生じさせてしまった。

その結果、高い買取価格が設定された太陽光発電設備の工事が今後も続き、コストダウンのインセンティブが働きにくくなる。例えば、工事のコストが下がらないということだ。

工期に関しては、欧州では運転開始期日が重要なので、その結果として短工期でコストダウンになっている。国内でも鹿児島県の七ツ島メガソーラー発電所では、7万kWという規模もあって、ゼネコンが中心となって工期短縮を図った例もある。

現在のFIT制度に安住して、日本の工事会社のコストが下がらなければ、海外の工事会社が日本に進出したときに、日本の会社は不利になると、黒川氏は見ている。実際に、工事を含めて日本市場に進出しようという海外メーカー・工事業者がいくつもあるという。

特集>> 産業用太陽光発電はどうなっているのか？

日本で工事会社を育てて、海外に進出させようという政府のねらいとは、逆の方向に進んでしまうことを危惧している。

2. 産業用の屋根型太陽光にチャンス

太陽光発電設備の開発にあたって、産業用の屋根型に、これからのチャンスがあると、黒川氏は見ている。

最大の理由は、事業コストが安いことだ。工事費では、折板屋根などのケースでは金具だけで設置できるなど、低コストでできる案件が少なくないという。また、営業・流通コストも住宅用太陽光発電と比較すれば、扱い単位が大きくなるのでkWあたりでは小さくなる。

課題としては、産業用の電気料金は、おおよそ15円/kW・h程度なので、自家消費用であれば、この価格に近づけなくてはいけないことだが、トップランナーの価格はこれを下回っており、これでも十分に可能だという。

一方、地面に直接設置する一般的なメガソーラーでは、設置のための基礎と架台の工事が、コストダウンポイントとなっているという。地盤がやわらかい場所や傾斜地での開発は、コストがかかるからだ。黒川氏によると、フランスでは傾斜地でも優美に太陽光発電パネルを並べているという(写真2)。

この他にも、例えば、パワーコンディショナーのキュービクル一つをとっても、ヨーロッパのほうが、景観の調和などをよく考えているという。日本ではこれまで、住宅用のパワーコンディショナーしか需要がなかったため、メガソー

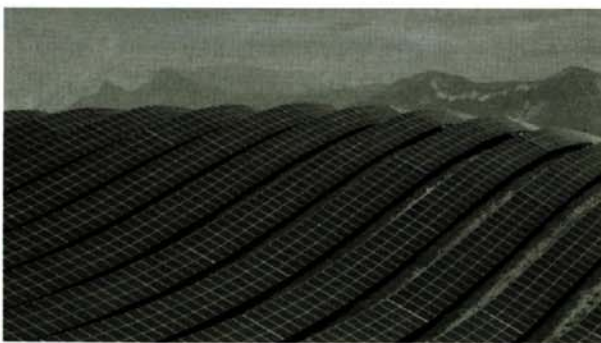


写真2 フランス・プロバンスの丘陵地帯の優美な18.2MWメガソーラー(2011年10月)

ラー用の開発が間に合っていないということもある。

安全面では、火災の問題がある。日本のパワーコンディショナーは逆電流を防ぐため、ブロッキングダイオードを使用している。しかし、欧米では、日本の製品には見られない“直流ヒューズ”が使用されている。そのため、ブロッキングダイオードに比べ火災などが起きやすいのではないかという。実際に海外では、太陽光発電の火災が多く起きている。これはブロッキングダイオードの場合、地絡などにより逆電流として流れようとする過大な事故電流は一瞬たりとも流れない。一方、直流ヒューズの場合、信頼性には不安があり、事故電流を遮断し続流を遮断する際に発生するヒューズ内直流アークの消弧対策には問題点が残っていると考えられる。もしヒューズが消弧失敗すると、事故点ではアークが継続し、これが周囲物の火災を引き起こす原因となる。

ではどのような設備が合理的なのか、あらためて、パワーコンディショナーについても、考えるべき時期にきている。

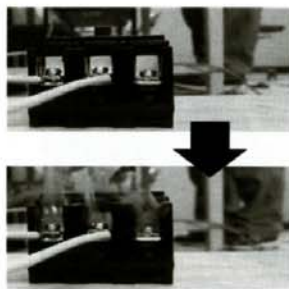
3. 電気工事のこれからの課題

太陽光発電における電気工事の課題として、大前提となるのは、工事をきちんとすることだという。そもそも、新たに太陽光発電の施工に関わっている人の中には、屋外配線工事をしたことがない人も多いだろうと指摘する。

また、太陽光発電工事といっても、住宅用の工事が大多数だった。したがって、産業用太陽光発電を手がける場合、見過ごすポイントは多いので、注意が必要だと警告する。

具体的な懸念としては、まず直流の工事であるということだ。交流と異なり、低電圧でも危険性は高い。例えば、交流用の機器に直流を入れた実験ではDCアーク発生で遮断失敗し短い時間で出火している(写真3)。また、直流の電気システムの研究者がそもそも少ないという問題もあるという。

太陽光発電システムは太陽光発電アレイの回



開路動作と同時に
DC アーク発生

続流 1 分 5 秒後
アークにより
絶縁物燃焼・白煙

写真 3 交流用遮断器に直流通電・遮断の実験
(定格 AC 20A 過電流遮断器、DC10A 程度通電)

路が縦横に引きまわされており、地絡・短絡の確率も小さくない。また、影や製造の不具合などによるホットスポットはもっとも多いトラブルだ。中にはパネルの裏側などに鳥が巣を作り、これが原因となって、火災まで発展する確率を高める。

屋外ゆえに、接続箱などに小動物が入り込む

可能性もある。米国ではヘビが入り込んでいたケースがあるが、日本でも十分に可能性はあるだろう。こうした点は、工事だけではなく、メンテナンスにも関係してくるものだ。

また、海外のメガソーラーで報告された火災の報告例は日本に比較して多いように見える。日本では、急速な市場拡大により従来から積み上げられてきたノウハウが、新規参入業者に十分に伝承されていないという問題が目立っている。今後、事故も増えてくる可能性がある。日本に先行して欧米では、こうした火災対策として、太陽光発電関連の事業者と消防機関が一緒にワークショップなどを開催している*。

※：1月24日に東京都文京区で火災学会主催の研究会が開催された。消防関係者、太陽光発電関係者の多くの出展により、多くの事例報告・活発な討論がなされた。

産業用太陽光発電への 各社の取組み

住友電設 | 長年の経験から施工を中心に取り組む

固定価格買取制度の施行前から、大規模な太陽光発電設備の開発に取り組んできた企業として、住友電設がある。最初期の開発は、90年代にまでさかのぼるという。こうした経験から、現在、数多くのメガソーラー案件の工事を受注している。

太陽光発電設備の工事に古くからかかわってきた、住友電設執行役員の中尾善英氏に話をおうかがいした。

1. 海外で先行したメガソーラー

住友電設の太陽光発電事業は、1993年にさかのぼる。当時、NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)から、三洋電機(現パナソニック)とともに、1kWの住宅用太陽光発電設備の逆潮流に関する実証試験を受託したという。

その後、同じくNEDOのフィールドテスト事業や、西アフリカのセネガルにおける海水淡水化装置用の100kWの太陽光発電設備の設置などを行ってきた。

とはいえ、中尾氏によると、本格的に太陽光発電設備に取り組むようになったのは、2000年以降だという。

2004年にはフィリピンのミンダナオ島で1000kW、アジアで最初のメガソーラーを建設し

