The 17th PVST

PHOTOVOLTAIC SYSTEM THINK-IN

第17回
AES太陽光発電システム研究発表会
論文集

2015年3月21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 17 回

AES 太陽光発電システム研究発表会

予稿集

開催日時

2015 年 3 月 21 日（土）13 時 00 分～17 時 35 分

開催場所

東京工業大学　大岡山キャンパス

70 周年記念講堂

東京工業大学　ソリューション研究機構　先進エネルギー国際研究センター

黒川浩助 研究室

Program

第 17 回 AES 太陽光発電システム研究発表会
プログラム

平成 27 年 3 月 21 日（土）　13 時 00 分～17 時 35 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	再生可能エネルギー技術開発の４０年 サンシャイン計画と太陽光発電	一橋大学大学院 教授　島本 実
13：35～14：05	コミュニティパワーを引き出そう	太陽光発電所ネットワーク 共同代表　都筑 建
14：05～14：35	太陽光発電開発戦略 ”NEDO PV Challenges”の概要	NEDO 新エネルギー部 主任研究員　山田　宏之
14：35～15：05	Beyond The Grid! 自律分散電力システム開発への道	JX 日鉱日石エネルギー 東京工業大学 特任教授　松本 吉彦
	休憩：集合写真撮影	
15：45～16：15	ＧＩＳを用いた太陽資源量調査と フランス見聞録	早稲田大学 スマート社会技術融合研究機構 研究院准教授　伊藤 雅一
16：15～16：45	対馬プロジェクト （スマート化プロジェクト）	三菱商事 東京工業大学 特任教授　森原 淳
16：45～17：15	太陽光発電システム 最近の気になる話 -より安心・安全なシステムへ-	黒川 浩助
17：15～17：35	閉会	

☀　懇親会

研究発表会終了後，懇親会を行います。懇親会会場は研究発表会会場でご案内致します。
（参加費 3000 円）

目　次

第一編：研究発表会予稿

島本 実　一橋大学
再生可能エネルギー技術開発の４０年 サンシャイン計画と太陽光発電　1

都筑 建　NPO 法人　太陽光発電所ネットワーク
コミュニティパワーを引き出そう　5

山田 宏之　(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構
太陽光発電開発戦略 ”NEDO PV Challenges”の概要　14

松本 吉彦　JX 日鉱日石エネルギー・東京工業大学
Beyond The Grid! 自律分散電力システム開発への道　25

伊藤 雅一　早稲田大学
ＧＩＳを用いた太陽資源量調査　47

森原 淳　三菱商事・東京工業大学
対馬プロジェクト(スマート化プロジェクト)　53

黒川 浩助　東京工業大学
太陽光発電システム　最近の気になる話　-より安心・安全なシステムへ-　57

第二編：論文

論文リスト　[1996 年～2015 年]　77

国際学会　[2014 年～2015 年]　109

国内学会　[2014 年～2015 年]　135

招待講演　[2014 年～2015 年]　145

著書・解説　[2014 年～2015 年]　181

取材記事　[2014 年～2015 年]　195

研究発表会予稿

再生可能エネルギー技術開発の４０年
サンシャイン計画と太陽光発電

島本　実（一橋大学）

１．はじめに

本報告は、サンシャイン計画を中心に、日本における再生可能エネルギー（新エネルギー）開発の歴史をたどり、計画の成果と産業発展への貢献を明らかにするものである。

サンシャイン計画は第一次石油危機の際にエネルギー問題の重要性を認識した政府が 1974 年度から開始したものであり、政府による新エネルギー技術開発の歴史は現在までにすでに 40 年以上に及ぶ。この計画の目標は、西暦 2000 年に日本のエネルギーの 20%を新エネルギーで供給するという挑戦的なものであった。この目標の実現のために、太陽エネルギー、地熱エネルギー、石炭液化・ガス化、水素エネルギーの研究開発が行われた。また 1990 年代以降は地球環境問題の観点からも同計画は広く国民の注目を集めるようになった。同計画は 1993 年に省エネルギーを扱うムーンライト計画と統合されてニューサンシャイン計画となり、2000 年に他のプロジェクトに引き継がれるかたちで幕を閉じた。

この計画に関してまずインプット（投入された予算）を見るならば、1974 年から 1992 年までに 5,322 億円、ニューサンシャイン計画では 1993 年から 2002 年にまで 3,547 億円の予算が投じられた。サンシャイン計画の合計は 8,869 億円、これにムーンライト計画を含めると 1 兆 0166 億円となる[1]。その中で太陽光発電システムに限っても年平均 60 億円から 80 億円程度が研究開発等に与えられてきた。アウトプット（計画の成果）については、残念なことに最終的には計画終了時までに新エネルギー導入目標が達成されることはなかった。現在においても新エネルギーの普及率は当時設定された目標には達していない。統計の取り方によって数値が大きく変化してしまうことが難点ではあるが、資源エネルギー庁の統計によれば日本における一次エネルギー自給率に占める再生可能エネルギーの割合（2012 年度）は 3.1%（水力発電を含めても約 4.6%）とされている[2]。

しかしながらその一方で、この計画が技術開発を進めた太陽光発電などでは、研究開発の成果が現れ、事業化が進んでいる。とくに 2000 年代中期までは、日本は太陽光発電において、世界最大の生産量と導入量を誇っていた。日本は累積導入量で 1997 年から 2004 年まで、生産量で 1999 年から 2007 年まで世界一の地位にあった[3]。その意味ではこの計画は技術開発プロジェクトとしては、日本メーカーの技術力向上に対して一定の貢献があったと言える。なぜこのような現象が生じたのだろうか。以下では、この計画の歴史を追ってみよう。

---

[1]経済産業省産業技術環境局「これまでの国家プロジェクトの変遷：産業構造審議会産業技術分科会研究開発小委員会（第 31 回）配付資料」2011 年 6 月。

[2] 2012 年のエネルギー自給率 6.0%の内訳は、水力 1.5%、天然ガス 0.7%、原子力 0.6%、原油 0.1%、再生可能エネルギー等 3.1%であった。資源エネルギー庁『エネルギー白書 2014』。

[3]データについては、島本　実「日本の太陽光発電産業は復活するか」『一橋ビジネスレビュー』第 59 巻第 4 号、2011 年、100-101 頁を参照。

２．計画の始まり

太陽エネルギー研究は 1970 年代初頭、新しいエネルギー技術の開発を目指した電子技術総合研究所（以下、電総研）の研究者によって開始されたものである。1973 年、通産省はエネルギー技術の重要性を考慮し、開発成功への技術的見通しがあることを評価して、太陽エネルギー研究を大型プロジェクト制度の開発テーマに選定した。しかしこのテーマの技術的難易度が高いことから、成果が上がるまでに時間がかかることが予想されたため、通産省は従来の大型プロジェクト制度よりもより長期化した新たな計画枠組みを考案することにした。通産省は太陽、地熱、石炭液化・ガス化など石油代替となる新しいエネルギーの研究開発テーマを集め、新エネルギー技術研究開発計画（サンシャイン計画）を新たに策定した。同時に通産省は、この計画を推進するための新組織として産官学から有能な人材を集めた新エネルギーの研究所を特殊法人として新設することを計画した。これが後の新エネルギー総合開発機構（NEDO）の原案となる。

1973 年 8 月、当時の中曽根通産大臣は、サンシャイン計画を国民に公表した。これは第一次石油危機よりも数ヶ月前の出来事だった。このことからもこの計画が石油危機発生後にあわてて作られたものではないことがわかる。同年夏に資源エネルギー庁も設置されていることからは、当時の通産省にはエネルギー問題に対する鋭敏な危機意識があったことがうかがえる。この年 10 月に、第四次中東戦争に端を発する第一次石油危機が発生すると、日本では洗剤やトイレットペーパーなどの買い占めが起こるなど、国民の間にパニックが生じた。その中で審議会に集められた有識者たちは、この計画を原案よりもさらに大型化し、新組織を設置することを答申した。大蔵省も、石油危機が実際に発生している中、計画の重要性を鑑みて計画に予算を与えることを承認した。こうしてサンシャイン計画は国民の期待を一身に集めつつ、1974 年 8 月から開始されることとなった。

３． NEDO を中心にした長期的実施体制の整備

大蔵省（現、財務省）は財務的な観点から新組織の設立を認めなかったので、通産省はプロジェクト・マネジメントのための組織が必要だと主張し、その後も毎年予算を要求していた。そうした状況を大きく変えたのが 1979 年の第二次石油危機の発生であった。通産省は計画を加速的に推進し、前倒し的に目標を実現すべく関連する法制度や組織体制を整備した。代替エネルギー法によって新エネルギー導入目標が設定され、1980 年には NEDO が設置された。NEDO のトップには民間企業での経験を生かすことが期待されて日立出身者が就任した。

サンシャイン計画では各テーマの達成目標を数年ごとに段階的に設定して、その実現を目指すことが定められていた。太陽エネルギー研究では、多額の予算が太陽熱研究に投じられており、当初、太陽光発電（太陽電池）は副次的な扱いであった。太陽熱の方が技術的にシンプルであり、発電の出力が大きく、早期に成果が上がることが期待されたからである。1980 年代初頭、日立と三菱重工は政府の資金的支援を受けて２種類の太陽熱発電所の実証プラントを愛媛県仁尾町に建設した。これらの実証プラントは発電には成功したが、実験期間中に天候に恵ま

れなかったなどの不運もあり、発電量は当初の予想の３分の１にとどまった 。発電コストも火力、原子力など他の方式に及ばないことがわかった。こうした実験結果が判明したこともプロジェクトの成果であり、これ以後は太陽光発電研究が開発の中心となった。

太陽電池の研究開発も計画発足直後から開始されていた。通産省は半導体技術で評価の高い日立、東芝、日本電気、東洋シリコン（現、SUMCO）に重要なプロセスを委託し、さらにシャープ、松下電器にも各社の強みを生かした技術開発テーマを委託した。これらの企業は 1980 年代初頭、通産省の指導の下、協力して太陽電池の量産プラントを完成させ、そこで量産化に向けての知識を蓄えた。

しかしながら 1980 年代前半期には計画の前提を大きく覆す想定外の出来事が発生した。それは石油価格の予期せぬ急落であった。石油価格の低下は新エネルギー開発にとって逆風となった。通産省は世論の動きに配慮して、計画の加速的推進の程度を緩めつつ、NEDO を再編しながら、計画を継続させざるをえなかった。

４．政府による投資誘発の成功

太陽光発電において、有望な技法として 1970 年代末にアモルファスシリコンが登場し、通産省はこれも計画に取り入れた。1980 年代には結晶シリコンとアモルファスシリコンの両方で研究開発は着実に成果を上げ、変換効率の向上、モジュール価格の低下が進んでいった。

1990 年代になると環境問題がクローズアップされるようになり、京都議定書などでの地球温暖化ガスの排出の問題に注目が集まり、そうした中で新エネルギーは再度注目を集めるようになった。通産省は重複を排して効率性を高めるために、サンシャイン計画と省エネルギー開発のムーンライト計画を統合して、新たにニューサンシャイン計画とした。一方で、通産省は一般家庭に太陽光発電システムが普及するように送電インフラを充実させ、購入希望者に補助金を与えた。その結果、家庭用太陽光発電は急速に普及し、日本の太陽電池産業は 2005 年までに導入量、生産量ともに世界一の座についたのであった。

渡辺（2001）は、この計画における政府の研究開発投資が当該技術の発展に寄与したのみならず、同時に民間企業の旺盛な投資を引き出したことを指摘している。例えば太陽電池については、とくに 1980 年代以降、国家プロジェクトにおける予算増加と比例するように、民間企業におけるこの分野の研究開発費も大幅に増加した。1980 年代後半は予期せぬ石油価格の低落により、企業の投資は一時的に減るが、その間も政府は一貫してこの計画に予算を継続的に付与し続けた。1990 年代になり地球環境問題がクローズアップされるようになると、民間企業の投資は再び右上がりに急速に増加した。（図 1）このグラフからはサンシャイン計画による太陽電池研究開発への政府による投資が呼び水となり、計画に参加した企業以外においても、民間企業の投資を促進したことがわかる。

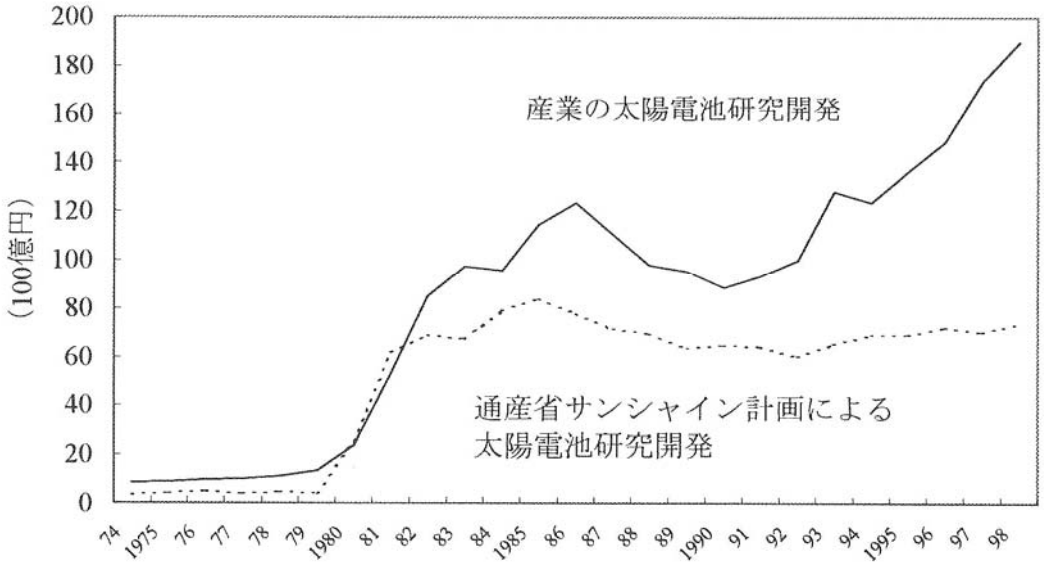


図１　日本の太陽電池研究開発投資の推移（1974-1998：1985 年実質価格）
（出所）渡辺千仭編『技術革新の計量分析』日科技連、2001 年、p. 140。

渡辺（2001）は、以下のような好循環が発生したことを指摘している。通産省のサンシャイン計画による太陽電池研究開発が、産業の研究開発支出を増大させ、そのことが太陽電池研究開発の技術ストックを増大させた結果、太陽電池生産が増大した。そのことにより太陽電池生産価格は低下するため、それがさらなる需要を呼び起こし、太陽電池生産の増大をもたらすことになる。太陽電池生産の拡大は、産業の研究開発支出の増大をもたらすので、そのことが再度、太陽電池研究開発の技術ストックを増大させる。こうしてサンシャイン計画の最初の予算配分が、企業の自主的投資を促すことになるのである。通産省は太陽電池の研究にイニシャル・キックの役割を果たす予算を投入することで、民間の投資を誘発し、太陽電池技術の蓄積によって、生産量を拡大させ、この生産量拡大が再度の投資を呼び起こすという好循環を作り出したのである。

政府は 1990 年代後半には太陽光発電システムの送電線への接続など社会的なインフラストラクチャーを整備した。そのころから太陽光発電の国内導入量は急速に増加し始めた。1kW 当たりのシステム価格も量産効果とともに下がり、そのことが国による導入の際の補助金政策とあいまって、太陽光発電の導入・普及が進んでいったのであった。しかしながら、実際の歴史を当事者の視点からより深く見れば、事態はより複雑であり、そこには数々のドラマが存在していた[4]。

[4] 太陽光発電の技術研究開発政策における黒川浩助教授の貢献の詳細については、島本　実『計画の創発：サンシャイン計画と太陽光発電』有斐閣、2014 年を参照。

コミュニティパワーを引き出そう

都筑　建（NPO 法人太陽光発電所ネットワーク共同代表）

1. 世界で起こっているうねり

「エネルギー」という言葉が実際に使われだしたのは欧州において 19 世紀ごろからと言われています。（文献初出は 1807 年）まさに産業革命の中で内燃機関の出現と軌を一にしています。現代においてはエネルギー（資源）は戦争の原因になるほどに最重要なものですが、それ以前は Via（ちから）という用語がつかわれていました。人々にとっては空気と同じような「当たり前」のものでした。日本でも「ちから」「火」として表していました。

「エネルギーを共有する」ことは産業革命以前では自然のエネルギーを利用することで文字通り自然なことでした。中世期に都市形成が早かったトルコではパン屋の窯の余熱を家庭のなべ料理の高温の調理場として共有するなど普通の風景だったと言われます。日本でも前述したように里山で「火」の元になるものを協同で管理し、手に入れていました。

産業革命が進化し、工業化、都市化、化石・核エネルギー利用、ＩＴ化に伴って利便性が高まり「エネルギー」は一方的に享受するようになりました。空気のようなものでなくなり生活は欠かせないながらも得体のしれない巨大で手の届かないものにどんどん変身して行きました。金融市場経済の広がりに共なって、個人の手から「食」や「エネルギー」が奪われ、寡占化され、気付いてみると自分たちの暮らしやまちを守り維持することが困難だと多くの人々が感じるようになっています。

石油や金融メジャーによる地球破壊や温暖化の進展、原発事故などを契機に「市民の手にエネルギーを」という叫び声が世界各地で同時多発的に起っています。

日本で市民共同発電所が彷彿と湧き起っているのは明治期に取り入れた産業革命に倣う現代文明を問う意味を込めた「エネルギーを市民の手で共有する」流れの中で起こっていると見るべきです。

それは日本だけでなく、これまでエネルギーを独占され、画一化され、生態系が破壊されていると肌で感じる世界の多くの人々が自然と共生し新しい持続可能な地域社会を作るために多様性と独自性と協同の獲得を求めて「市民共有」、「地域共有」の様々な形で「市民共同発電・発熱・節電所」の建設とその運用を進めようとしているうねりが続いています。

2. 多様な市民共同発電所

「市民共同発電所」の直接的な英訳はありません。川崎市の「かわさきおひさま発電所」は英語で「Citizen-initiated Ohisama （“Mister Sun”） Solar Power Station」と 表現しています。直訳すれば「市民が主導（して作った）おひさま太陽光発電所」となります。

東北大学の長谷川公一教授によれば「英語に該当する表現がないので、市民共同発電所に citizen-owned power plant、市民風車にあたる市民風力発電所には citizen's communal wind power generator の英語をあてた」といいます。「市民所有発電所」あるいは「市民共有の風力発電機」となります。アメリカでは community-based wind power、イギリスでは local wind farm です。Wind を Solar にすると市民共有太陽光発電となります。太陽光市民共同発電所をドイツでは文字通りに「Bürger rgersolar park」と呼んでいます。「パーク」は公園というより、メガソーラークラスの規模を農民や自治体が建設して「共有」しているというイメージでしょう。米国でもパークを当てる例があります。

3. コミュニティパワーの 4 原則

市民共同発電所の取組は近年ますます「コミュニティ」を非常に重要視した活動をしています。地域重視は世界的な取り組みの指針であり概念になっているものです。気候変動条約会議の中でも温度上昇の抑制手段として再生可能エネルギーへの取組の声が大きくなって主流となっています。主導的な原則として「コミュニティパワーの三原則」が 2011 年カナダモントリオール、世界エネルギー会議〔ＷＥＣ〕にて採択されました。

コミュニティーパワーの 3 原則は、

① 事業体の構成は地元が過半数以上（地域主体：オーナーシップ）
② 運営決定は地元関係者が行う（地元意見を反映）
③ 利益等が出たら地元還元（地元便益）

と提示されています。

日本の FIT 制度導入はほとんど準備らしい準備をしない中で進められましたが、この 3 原則を導入して仕組みを作り運用していれば太陽光発電で「金（もうけ）」に狂奔する風景も少なかったはずだし、もっと共感を得られ地域社会を潤したはずです。

私はこの 3 原則に「第 4 原則；適正技術で行う」を追加すべきと考えます。適正技術にはアプローチに 2 つあります。

1 つは「スモールイズビュティフル」の著者のシューマッハの中間技術（AT；Appropriate Technology）の「大量生産の技術は、もともと暴力的なものであり、生態系を傷つけ、再生不可能な資源を浪費し、人間を無能にする。一方、民衆による生産は、近代の知識と経験のうち最善のものを生かし、脱中心化に寄与し、生態系の法則にのっとり、希少な資源を消費すること少なく、人を機械の奴隷にするかわりに、人に奉仕するように設計されたものである。そのような技術は、伝統的で素朴な技術よりはるかにすぐれており、一方多額の資金を要する高度技術よりは単純で安価で自由であるがゆえに、それを中間技術と呼ぶ」の定義です。

もう一つは、同じ AT ですが、エイモリロビンスや日本の田中直などの代替技術（AT；Alternative Technology）があります。こちらの AT を APEX の田中直さんは次のように定義づけをしています。

「それぞれの地域の社会的・経済的・文化的条件に適合的で、人々が広く参加でき、人々のニーズを的確に充たすとともに環境にも負担をかけない技術」

どちらの AT も根底では同じで「複雑な知識を必要とせず、安価で、開発途上国や地域での使用に適する技術、・・適正技術」という訳です。

市民共同発電所建設はこれまでいろんな制約条件があったため、「なかまうち」発電所でしたが、FIT 制度導入後では地域に根付き地域を活性化する視野と実践が求められ、影響力を発揮する段階に来ています。

市民参加の範囲や段取りを検証することなく、安易に、安全性や耐久性を無視した自己満足の「手作り」で建設し、なんでもありの無残な市民共同発電所の残骸が野山に残るようなことだけは避けるべきでしょう。

4. 米国のコミュニティ(市民共同)発電所

ここでは米国の代表的な事例を参考に紹介します。視点の違う取り組みを知ることは日本の取組にも参考になります。

カータ政権時代の 1978 年に公益事業規制政策法(Public Utilities Regulatory Act:いわゆる PURPA・パーパ法）がターニングポイントとなり電力事業にも競争政策が導入され中小企業や個人に風力などの自然エネルギーで発電された電力を固定で買い取る政策が施行されカルフォルニアのバレー（谷）の丘に無数の風力発電が林立しました。世界で初めてのＦＩＴ法です。ＦＩＴ制度はドイツではなく米国から始まった制度です。市民共同発電所をつくる動きも米国が早かったと言えます。

１）SMUD（スマッド）の事例

SMUD は米国カルフォルニア州のサクラメント地域の市民参加型電力公社として有名です。自社のサンチョセコ原発を住民投票の上、廃炉にし、消失した原発分の供給電力を環境負荷の少ない電源や省エネプログラムの節電所で賄うという斬新な手法を駆使し、見事に乗り切って今も健在です。

1993 年に「ソーラーパイオニア」というグリーン電力の最初のプログラムといわれるものを始めました。SMUD の顧客を対象として、太陽電池を取り付けるための屋根貸しを募集し、システムの費用は全額 SMUD が負担して所有もして、その電力の全量も SMUD が受け取り、発電量に見合った料金の 10－15%分の寄付を更に顧客に求めるものです。いま日本でも屋根貸し制度が自治体を中心に行われていますが SMUD の内容は到底考えられない内容です。しかし多くの顧客は喜んでこれに参加しました。原発を廃炉にし、グリーンな電力を供給できる電力公社にすることに「屋根を貸す＋寄付」することで皆が協力したのです。市民が協同し物心両面で参加し、サクラメント地域の電気をグリーン化することに貢献しています。まさに立派なそして究極の市民共同発電所です。

日本の電力会社では考えられないことですが、真の発送電分離と電力全面自由化ができれば夢ではありません。現在、SUMD が取り組んでいるコミュニティーパワーの取組としては「SolarShares」があります。

２）コミュニティ共有発電所

コミュニティーソーラーガイド(The Community Solar Guide）が 2010 年 11 月に米国「国立再生可能エネギー研究所」（NREL）の委託事業として「ボンナビル環境財団」（BEF）と後述の CPN メンバーの「ノースウェスト持続エネルギー経済発展」（NorthwestEED）と他 2 社の合同で作成されたれたものです。

ボンナビル環境財団は筆者が PV-Net と REPP（自然 エネルギー推進市民フォーラム）の合同でグリーン電力証書米国調査のヒアリングの一環として 2005 年にオレゴン州のポートランド市の本部を訪れた NPO です。環境都市としてのコンパクトシティーなど世界的にも先進的取組の一翼を担っており現在もグリーン電力証書で米国のスポーツ業界などの環境認証を行っており、PV-Net の小規模の個人住宅用グリーン 電力証書企画づくりで参考にしたものです。

正式なタイトルは「A Guide to Community Solar」で副題に Utility、Private、and Non-profit Project Development とあり「電力公社、企業、NPO のプロジェクト開発」と 3 つの分類のガイドとなっています。

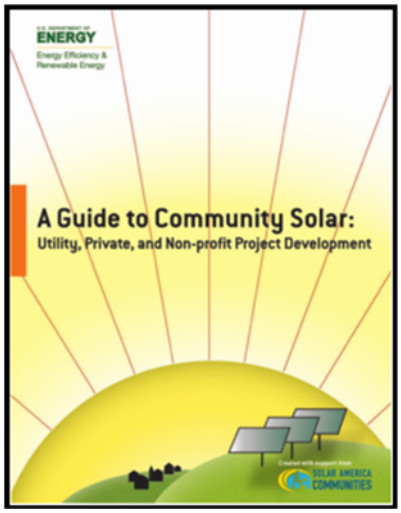


図 1

米国の市民共同発電所の事例と内容を知るうえで入り口になる資料として紹介します。
このガイドは、コミュニティの組織者や自治体関係者や公益事業のマネージャーや NPO 関係者を対象に地域共有ソーラープロジェクトを開発したい人のための情報源として設計されています。

地域共有ソーラー運用の例を提供しながらその動機や政策の範囲を探索し、計画および実践に役立つようになっています。

米国内で行われている地域共有発電所の取組を電力公社がスポンサープロジェクト（図 2）、特定目的事業プロジェクト（図 3）さらに NPO プロジェクト（図 4）の 3 つの基本事例で地域市民共有づくりをモデル化しています。

さらに各地の事例をこの「コミュニティソーラーガイド」を基にエネルギー協同組合の組成別に表 1 にまとめました。詳しくはホームページを参照ください。
（http://www.nrel.gov/docs/fy11osti/49930.pdf）

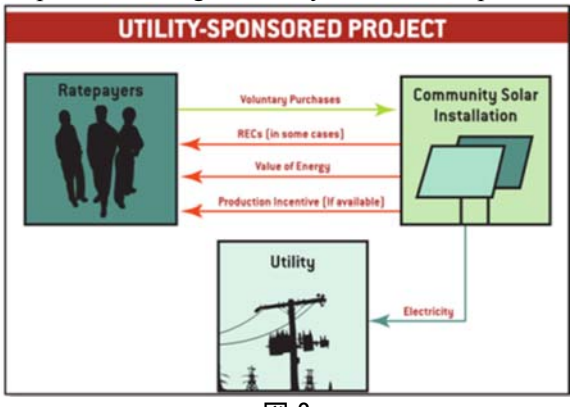


図 2

表 1　米国におけるコミュニティー共有エネルギー協同組合

分類	組織名	活動拠点州
消費者所有の再生可能エネルギー協同組合	マウントプリザントソーラー：Mt. Pleasant Solar Cooperative	ワシントン州
	DC ソーラーユナイテッド地区（DC SUN),	ワシントン州
	再生エネ協同組合 The ACORN Renewable Energy Co-op	バーモント州
	協同コミュニティエナジー：Cooperative Community Energy	カルフォルニア州
	ピエモンテバイオ燃料；Piedmont Biofuels	ノースカロライナ州
	エネルギーコープ：The Energy Co-op	オハイオ州
	ヴィンヤードパワーVineyard Power	マサチューセッツ州
	SOAR エネルギー：SOAR Energy	オハイオ州
労働者所有協同組合	ソルパワー協同組合：Sol Power Cooperative	ロードアイランド州とマサチューセッツ州
	エバーグリーンエネルギーソリューション Evergreen Energy Solutions	オハイオ州
	Pamoja エネルギーソリューション：Pamoja Energy Solutions	カルフォルニア州
	バイオ燃料オアシス：Biofuel Oasis	カルフォルニア州
購買／共有サービス協同組合	小さな、独立した企業や自治体又は彼らの販売・購買力を強化するように協働する組織を所有しているもので。メンバーは、商品やサービスの購買力をプールすることにより、その運用コストを下げることができます。	
プロデューサー所有協同組合	自分の農産物や工芸品のどちらもか一方だけを市場に生産物として結束して出す生産者たちが所有しているもの。メンバーは、多くの場合、農家は、彼らの意気込みと競争力を向上させるように協働する。協同組合が組織される前は農民は多くの場合、加工業者が作物のために支払価格を決定する状態に縛られていた。 グループとして自社製品を販売することによって、彼らは自分の商品またはサービスをより良い価格で交渉することができます。	
ハイブリッド協同組合	エネルギー連帯生協：ESC(Energy Solidarity Co-op)	カルフォルニア州
	ZooShare バイオガス協同組合：ZooShare Biogas Co-operative	カナダ・トロント市
	エドモンズコミュニティソーラー協同組合 Edmonds Community Solar Cooperative	テキサス州

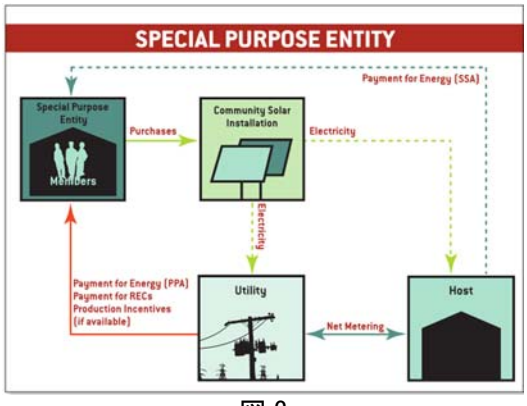


図 3

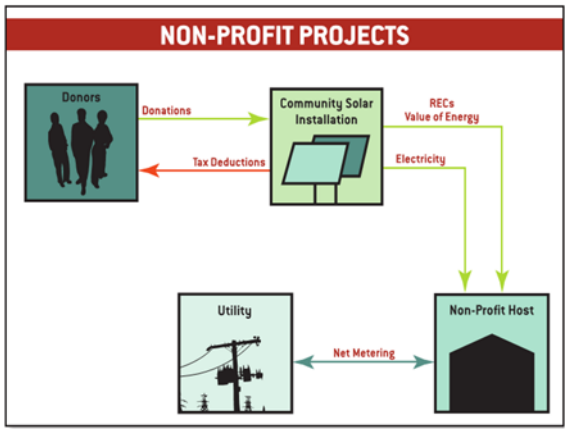


図 4

３）米国全域に広がっているコミュニティパワー

米国のコミュニティ（市民共同）発電所の実際の活動を知るには、ザコミュニティパワーネットワーク（The Community Power Network (CPN)）の活動に触れることを薦めます。米国全域に渡っていることや個々に地域に根差した活動を行い、参加しているメンバーの顔触れも多彩で、アメリカの市民の生き生きとした活動の息ぶきが伝わってきます。エネルギー協同組合をベースにした実際の地域・市民共有発電所の関連活動事例が紹介されています。

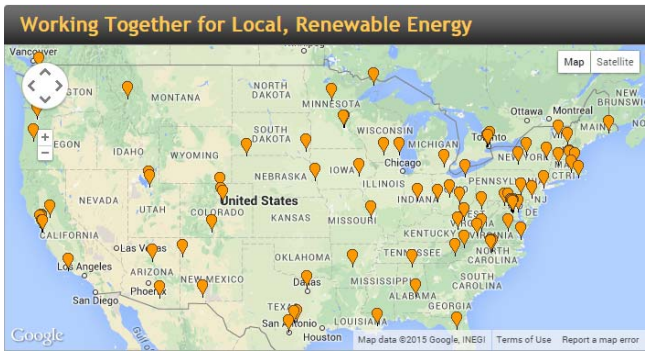


図 5

米国でも草の根活動と連携した形で自然エネルギーをエネルギー協同組合の形で活発に取組んでいます。実際に地域では大手のガス会社でもエネルギー協同組合を本体事業とは別途作って事業を継続しています。

CPN はアメリカ全国の中で個人としての市民、非営利団体、開発業者、請負業者、コンサルタント、金融事業者、および再生可能エネルギーの製造業者が参加しています。共有しあえるビジョンによって繋がりながらコミュニティ（地域）ベースで活躍しており、右図にあるとおりに広い米国全土に、現在 80 ほどの独立した組織が集合しており、アンブレラ―（傘）組織と言われるものになっています。

① The Community Power Network (CPN)の活動

コミュニティに依拠した再生可能エネルギーの普及とその政策を基にした地域活性化を目指して活動が進められています。会員同志は戦略的パートナーで、多くは実物の太陽光発電システムを建設することがベースになっていますが、太陽光発電だけでとどまらず風力や熱利用やバイオマスなどの活用も行われ、参加の各地域組織の特徴もネイティブインディアンだけの組織や、州全体を地域住民の参加を得て住宅用太陽光発電設置普及にまい進している組織やマイクログリッドを活用して地域のエネルギーの主導権を目指すものなど多彩であり内容も活力にあふれたもので圧倒されます。

② CPN のコミュニティパワーの内容

米国は保守化が進んでいると言われますが、進取の精神は旺盛いで、「コミュニティパワー」の理念を得てその精神に火が付き文字通り実践しています。

CPN の活動はプロジェクトや参加団体との連携作業の中で行われその行動基準は以下の 3 つとして定めています。

a) 共同で活動するプロジェクトや連携

組織では地元の関係者が過半数以上を占める。

b) コミュニティのメンバーまたは地方

地域の組織がプロジェクトの関連事項の制御・決定する。

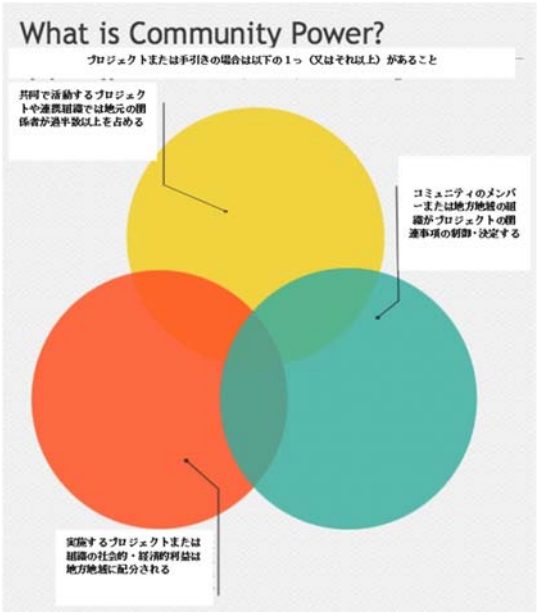


図 6

c) 実施するプロジェクトまたは組織の社会的・経済的利益は地方地域に配分される。

この 3 つの定義から自立と地方地域主体をベースにする理念と活動が伺えると同時に地球温暖化防止条約交渉の中で世界から集まる市民側

の主張の主流の一つとして「コミュニティパワー（C0 POWER」」が最近定着し、活発な提言が行われるようになりました。その「コミュニティーパワー」の 3 原則の「オーナーシップ」、「意思決定」、「便益分配」と共同歩調を取った内容となっています。

更に付け加えればネットワークの名称にするなど「コミュニティパワー」の意義をいち早く見出しそれを意識的に取り上げて実践していたのは米国の市民だと、実際の活動内容を検証して言えることです。（世界的な環境団体の地球の友欧州の「コミュニティパワー」の取組の典型的な構成は下の図が参考になります。

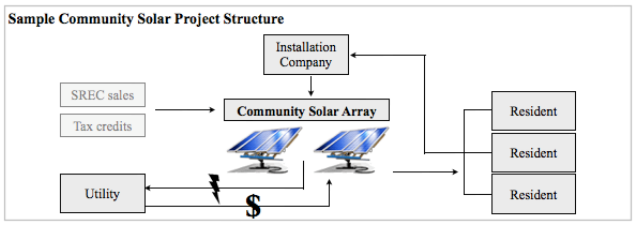


図 7

③ CPN の成り立ちと運営

このネットワークの特徴は運営の在り方にも現れています。ネットワークへの参加や交流は太陽エネルギーを伴った地域のプロジェクトの充実に興味と支援を願う個人や太陽光発電施工者やエネルギー政策に携わる人など、多くの関係者に開かれていて、それはインターネットの特定メーリングリストのメンバーリストをリストサーブというのと同じコミュニティリストサーブでもあると言っています。それは論争や広告のための場所ではなく太陽システムを完成させる方法について実用的なアドバイスのための場所であり、周囲の地域の発展状況や、保留中の法律、動機づけ、政策の変更などを追跡・フォローする場となっています。

開かれた運営と性格にはネットワークの成り立ちからも知ることでできます。中心的な役割をしたのが創立時から代表のアニャ・スクールマンさんです。スクールマンさんは 2007 年にマウントプリザントソーラー協同組合（Mt. Pleasant Solar Cooperative）をコロンビア特別州ワシントン DC の住宅街のマウントプリザント地区で立上げ、近隣の家族に呼びかけ太陽光発電導入の流れや仕組みを事前に共同で学習し（動機づけの相互確認）、さらに設置に合意した 70 世帯が主体となって（「地元オーナーシップ」）一緒に（「協同」）事業企画を立て、太陽光発電の仕組みと施工も一括購入とし、施工業者も入札で共同選択する方式でさらに安く調達し（「自主意志決定」）、設置者の出費を抑える工夫をし、取得後のメンテナンス等の更なる普及に繋げています。（地元便益分配）取っています。協同組合という民主的な組織体の上に活動運営基準の 3 原則が生かされ、その情報が会合や、パンフ資料などでフィードバックされ透明性を高める結果となっています。

④ 短期間に広がった CPN の活動

中でも事前の共同学習と自主的事業計画を地域の人々が主体的に確認・実施すること一括共同購入方式の便益の 2 つが協同組合という土台で取組まれていった点が近隣の住民の信頼と動機づけを引出、地域を一体とした設置へと導いています。このマウントリザント太陽光協同組合の取組の方式をワシントン DC の市全体へ（11 の太陽光協同組合）取組んだプロジェクトの「DC SUN（DC Solar Unaited Neighborehoods）」を先駆例のモデルとして同じような形態の実施（レプリケート）を近隣のメリーランド州（MD SUN）やウェストバージニア州（WV SUN）やバージニア州（VA SUN）などに成功裏に広がり、さらに米国内の既存の活動団体も含めてこの方式が認識され、それが基にコミュニティーパワーネットワーク（Community Power Network（CPN））が発足し瞬く間に広がっていきました。

⑤ CPN のポイント

CPN の中でしばしば Neighborehoods（近隣、近所（の人々））が出てきます。意識して用いられているところにスクールマンさんたちの思いと手法があるのではと推測されます。さらに「同じような形態の実施（レプリケート）」には用意周到な準備がなされた形跡が読み取れます。単に良ことだから近隣に呼びかけるのではなく、CPN がよく使う資源・教材（Resource）が太陽光発電をはじめとする再生可能エネルギーの原理や取り扱いを解説した資料や材料だけでなく近隣の住民が集まってどのように自主的に学び、理解し、協働するようになる・する手順などの身近な内容から、協同組合の造り方やその運営や対外的な折衝など様々な工夫に加えて、工法の在り方や共同購入などなどマウントプリザントソーラー協同組合で実証したものをマニュアル化し、それをベースにその後の活動の内容をさらに積み上げて豊富に作成されていることから、多くの地域の人々が自分の地域で自主的活動の要となるリーダーが務められ、参加者も理解が容易であり、さらにその地域の特性への対処の実績を発信し交換し合うことからレプリケート（モデル化）されやすいことなどから急速に全地域でネットワーク出来るという結果をもたらしています。

表 2

Community Solar 採点表	CEC	SOIPartners	Simple Solar	UniversityPark	Green-houseSolar	Solar Pioneer	Sun-Smart	EIlensburg	Sakai
障害の克服度	A	B	A	A	A	A	B	B	B
参加拡大度	A	C	A	A	C	A	A	A	B
オーナーシップ度	A	F	D	A	A	F	F	F	F
余裕度	A	C	A	A	C	F	F	C	D
配置	A-	C	C	A	A	A	C	C	A
モデル性	A	D	D	C	D	D	C	D	F
全体評価	A	C-	B-	A-	B	C＋	C-	C	C-

⑥ コミュニティパワーの評価

CPN の参加団体の在り方を調査した興味深い報告書があります。JOHN FARRELL 氏がまとめたもので表 2 のように CPN 加盟の中から抜き出した 9 つの組織の活動を調査し最終的に採点表にまとめています。

評価項目の設定などに米国的な面がありますが、市民共同発電所を評価する一つの指標例として参考になります。具体的な評価に至る内容等については次の URL を参照してください。
http://www.foeeurope.org/renewable-energy-in-depth

⑦ 注目される事例

「CPN の成り立ちと運営」で取り上げたマウントプリザントソーラー協同組合を始めとする 80 を超える組織が活動しさらにその数が拡大していますが、その中でもユニークな活動をしている事例を紹介します。

a) ソーラーライズ・ワシントン

ワシントン州は米国でも有数の再生可能エネルギー普及の州です。その中でもノースウェストシード（Northwest SEED）が取り組んでいるソーラーライズワシントンの取組の実績は、太陽光発電設置数；714、発電容量合計；3.5 MW、参加出資総額 17.4 百万ドル、教育ワークショップ数；3,000 回、Solarize Washington キャンペーン数；10 回と量的にも普及内容としても抜きんでています。

図 8 にある州都シアトル周辺に Northwest SEED が関わって設置した太陽光発電所の地図です。日本の住宅用太陽光発電の設置マップではおなじみですが、米国でもこのような普及マップが出てきたことは少し驚きです。地域に於いての共同購入と初期コストを売電収入で賄っていく方法と徹底した事前事後の講習会を伴う教育と合意育成がアメリカ人に合致し、それがコミュニティパワーとなり、さらに同じ様式で米国全体に広がっています。

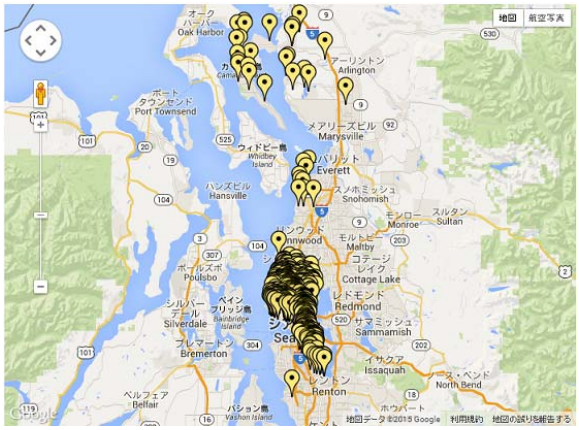


図 8

b) 低所得者（lowincome）層向けの普及

文字通りに低所得者層のための再生可能エネルギーや省エネの普及活動を目指すものです。日本の市民共同発電所運動の中では社会的弱者を守る意味で取り上げられることはありますが、直接的に「所得」をテーマに取組む例はほとんど見られません。ニューヨークの証券金融が多く集まるウォールストリートで行われた９９%占拠運動に象徴されるような格差社会が極端に拡大した米国ではコミュニティパワーの取組としても熱心に取組まれています。

c) ネイティブインディアンの自立地域活動；Lakota Solar Enterprises（LSE）

ネイティブインディアンで 100%構成するコミュニティパワーの団体があります。逗留地に封じ込まれて、自力で活動的な地域社会をつくることが困難な状態が長く続いてきました。サウス ・ ダコタのパインリッジ逗留地に位置する Lakota Solar Enterprises は自力で再生可能エネルギーを導入する事業を起こして米国内のネイティブインディアンの中で最初の展開を進めています。

NPO の「木、水と人々」のパインリッジ居住者のヘンリーレッドクラウド氏によって 2006 年に LSE は設立され、太陽熱利用空気コレクタ

ーおよび補足的な太陽暖房装置製造の設置やネイティブのアメリカ人のための雇用とグリーンジョブのトレーニングなどの多くのサービスを提供しています。この活動はネイティブインディアンとして最初のエネルギー自立となる人々を支援することで汚染や有害なエネルギー燃料への依存を減らす目的で進めています。

d) オフグリッドの島を守る

フロリダ半島の最南端の先にあるキーズ諸島の小さな島ノーネームキー（NO NAME KEY、NNK）島にはフロリダ半島から続く国道 US-1 号線が通っている。島から島へと延々とさんご礁の海の上にかかる 32 の橋を渡っていくこの道路はオーバーシーズ・ハイウェイと呼ばれ、アメリカ合衆国で最も美しいハイウェイであるといわれている。この NNK に CPN の一員である The Solar Community of No Name Key があり、彼らから緊急支援要請が 2013 年 5 月に全国に発せられました。

それは、オフグリッドの島を守るから支援を！というものでした。島民はわずかに 43 家族で 25 年以上商業電力会社の系統なしで、太陽光発電とガス等の自家発電で絶滅危惧種の小型の「KYE 鹿」と共に豊かに暮らしていました。環境業者が移住していない元島民を使って商業用の電力を引き入れる訴訟を起こしたことでそれを阻止するために支援を求めたという訳です。アメリカでも数少ないオフグリッド地域として維持されてきたことで知られていました。その後、残念ながら裁判所の強制執行で導入工事が行われましたが、CPN の一員としての活動は続いています。

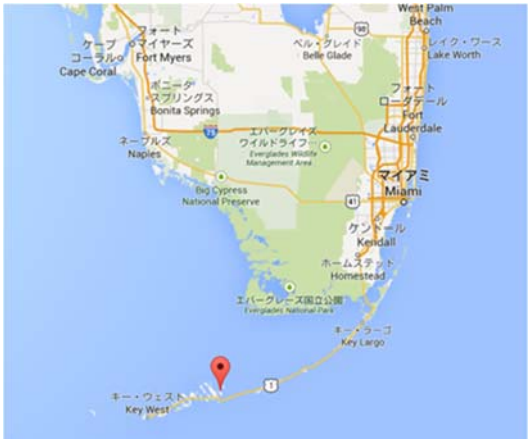


図 9

e) マイクログリッドに取組む（CLEAN COALITION）

米国、カルフォルニア州サンフランシスコ湾内の南東部海浜地区に「ハンターポイント」という海軍の基地と造船業で栄えた地域があります。現在は韓国等の新興国の台頭ですっかり寂れて廃工場地帯になっています。

図 10

サンフランシスコでも 3 番目にゴミに多い住居群があり、造船用に在った発電所の廃棄物は住民の健康を蝕み、子供の喘息が多い地域です。アフリカ系米国人が 72%を占め、所得もサンフランシスコの市部に比べると極端に低い状況です。

地域貢献を要とした NPO 法人の「Clean coalition」がこの地域をスマートグリッドも含んだ「コミュニティ・マイクログリッド・イニシャティブ」として電力大手の PG&E とも手を組んでいます。

太陽光発電を主力にその他の再生可能エネルギーも組み込んで上図にあるようなマイクログリッドを構築しコミュニティー（地域）を活性化させようといくつかのプロジェクトが進められています。

貧困地域で、都市内のマイクログリッドを活用したものは世界的にも先駆的であり、これをモデル化して各地に普及定着させることを目指しています。

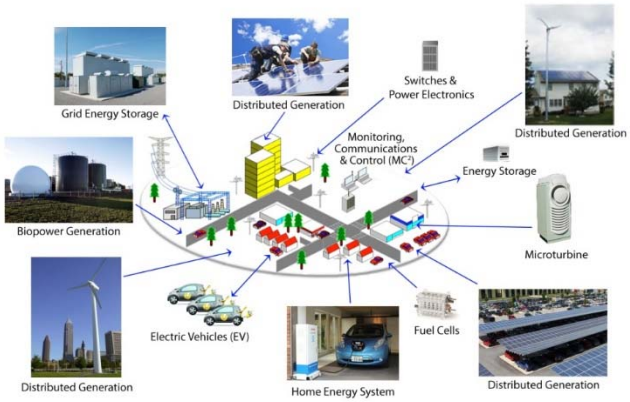


図 11　コミュニティマイクログリッドイニシャチブ

5. 国内のコミュニティ(市民共同)発電所

1）3・11 東日本大震災の中から生まれた市民共同発電所

奇跡が起こったと言ってもいい岩手県「野田村ダラスコ市民共同発電所」の出現です。3・11の東北大震災・原発事故でまちやムラを失い、エネルギーの在り方を根本から問うことになりましたが、その多くは被害の甚大さや人の手の遠く及ばない放射能被害の中で復興に戸惑い、国や電力会社の在り方に疑問を投げるので精一杯という状況でした。わずか 1 年後の 2012 年後半から国や企業に頼らず、肉親を亡くし家屋を消失して仮設住宅に避難を余儀なくされた被災者自ら立ち上がって、地域の要となる、しかも原発に頼らないことを実行する意味も込めて 50kW の市民共同太陽光発電所を完成させました。

自ら立ち上がるという自立の志と専門的で技術的な面を市民のつながりの中でのサポートの連携が合致して、最も困難な資金調達も PFSC のサポートした「市民ファンド」の元に全国からの復興支援を長期に継続する形でき、2013 年 6 月には晴れての点灯式を敢行されました。被災の中での自主自立の実績は村や県をも認める所となり、その後の「市民ソーラー」建設のモデルとなって波及しています

図 12　野田村だらすこ太陽光発電所の点灯式
2013 年 6 月

2）太陽光発電をベースに高齢化・孤立化した大規模団地内の乗り合いバスの運行

市民共同発電所は複数の人達が集まって建設を進めるだけでなく、建設地の周りの人たちに建設の内容を報告し、納得してもらい、積極的な共感を得るように心がけることが必要です。地域の共感を特別に強調するのは、「単なる流行だから（やる）」や「市民共同を語っていれば周りの抵抗が少ないから」などと平気で語る人々との違いを明確にして、地域連携という市民共同の共通項を作るためにも欠かせないステップだからです。

さらに多くの人々から資金を集める時の決め手になるのは自分たちが掲げる「目的」への共感です。奇をてらうことではなく、言い方を変えれば目的の由来や思いを、人びとに耳を傾けさせるように物語ることができるかどうかです。

例えば、福島市の「NPO 法人蓬莱まちづくりコミュニティぜぇね」の小林悦子さんの取組は明確です。福島市郊外の大規模な蓬莱団地は全国的な例に違わず、マイカーが主流を占め、バスなどの公共的交通手段が採算悪化を理由に撤退し、高齢化と共に孤立化世帯が拡大していました。自治体でも有効な手を打てない中で小林さんはバスの車体に広告を取るなどの工夫を凝らして自主運営のバスを走らせる活動をしていました。しかし、赤字続きの中、さらに頼みの県や市は震災対応で当分改善が見込めないこともあり、FIT 制度を利用して団地内外の市民の資金等の協力を求めて市民共同発電所を作り、その売電収入で赤字解消をして運営を軌道に乗せる取り組みをしています。

このように小林さんの目的は、非常に明確で多くの人びとの共感を呼びました。さらに最近（2015 年 2 月 1 日開通式）建設をして売電を開始した「原発ゼロかわさき発電所」は発電所名に「原発ゼロ」を掲げた初めての市民共同発電所です。これほど明確な目的を掲げるにもコアーメンバーが集まって長時間にわたって真剣な討議を重ねています。

防災、省エネ、観光、町おこしなど関係者の特質や立地における地域の特色を見出し、それを具現化できる点と何よりも多くの人々と自主的に協同で取り組めることが、市民共同発電所の大きな魅力です。

その他建設の目的をはっきりさせるために、協同で活動する人たちに共通している強い想いを優先して、その他考えられる目的を複数組み合わせるなどのさまざまな形があり得ます。そして積み上げられた目的によって市民共同発電所の形も自ずと変わり、自分たちのもの、みんなのもの、地域のものになっていきます。

図 13　自主運営のバスくるくる号

図 14　ジェネの事務所とバス停と太陽光発電

図 15　事例１

図 16　事例２

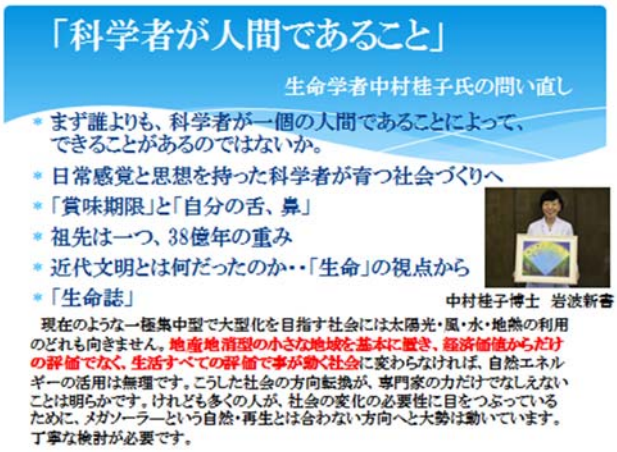


図 17　事例３

３）地域力からの復興

3・11 東日本大震災では多くの人が被災し、打ちしがれ、どん底の中から立ち上がってきました。そんな中で自立的にまさに地域力を最大限生かして見事に立ち上がった事例があります。それは、一本松や最後まで避難誘導を呼びかけ市庁舎が全滅した陸前高田市の広田半島にあたる長洞集落の復興の取組です。半島の南北両岸から津波に襲われ出入り口にあたる経路を長く断たれ、自治体からの復興援助も遅れがちの中で、半農半漁の 60 戸（28 戸が被災）の地域の結束がもともと強かったことから、すべて自ら自力で復興に取り組みました。その取り組みと阪神淡路大震災の時の経験から生まれた、「仮設市街地」づくり四つの原則；「地域一括原則」「被災地近接原則」「被災者主体原則」「生活総体原則」（仮設市街地研究会の提言）とが結合して、多くの被災地で取られている抽選式のバラバラの仮設住宅入居方式(国や自治体指導)でなく同じ集落内に集団で仮設住宅建設入居（集落の地域力を維持）を果たしそこを「長洞元気村」と命名し開村。活動の拠点としています。

女性有志で「なでしこ会」の活動、子供たちのための「長洞元気学校」の開設、半農半漁で多角的な技能を持つ住民が多く、その技能を生かし農・海産物の加工販売など様々な自主事業の「好齢ビジネス」（女性と高齢者の雇用創出事業）を支援者を巻き込んで展開、さらに「なでしこ工房」や「番屋」をボランティアと共に建設し、IT を最大活用して全国に活動を発信するなど、被災を協同で乗り越え自立した笑顔いっぱいの地域に再生させています。

長洞集落の事例は市町村合併を繰り返す前の江戸・明治期の集落が自治的能力と実際の「顔の見える連携」を育んで、災害時にも強いことを示すもので、都市化と共に経済性の理由で広域化して空洞化している現況への警鐘を意味しています。

太陽光発電開発戦略
“NEDO PV Challenges”
の概要

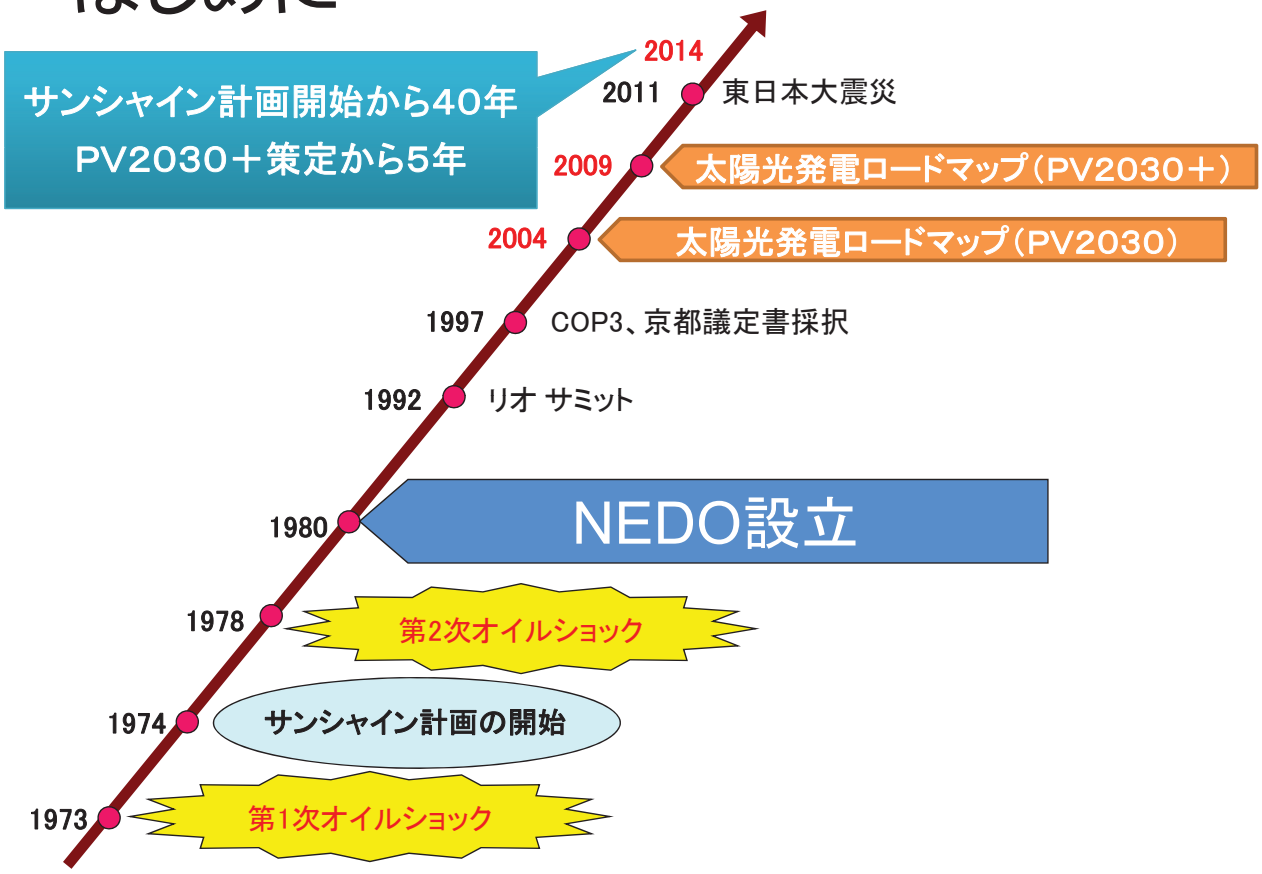
（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）
新エネルギー部　主任研究員　山田　宏之

平成27年3月21日　AES太陽光発電システム研究発表会

本日の内容

1. 「太陽光発電開発戦略」策定の経緯
2. 太陽光発電の状況と課題認識
3. 戦略で示した「太陽光発電の目指すべき姿」
4. 開発の方針（開発戦略）
5. 今後のNEDOの技術開発プロジェクトについて

はじめに



1．1「太陽光発電開発戦略」策定経緯（1）

【背景】

- 2009年の太陽光発電ロードマップ（PV2030＋）策定から5年が経過。この間、太陽光発電をめぐる環境も大きく変化。
- 国内においては、固定価格買取制度の効果で大量導入社会の実現は目前となり、従来の「普及させるための戦略」から、「普及後の社会を支える戦略」の検討が必要となってきている。
- 世界に目を向ければ、「太陽電池」の価格競争は激化し、産業構造も変化しつつある。

１．２「太陽光発電開発戦略」策定経緯（２）

【太陽光発電開発戦略のねらい】

- 太陽光発電の大量導入社会における

  １）太陽光発電の安定的拡大
  ２）産業基盤の強化
  ３）新たな価値創造の実現

  の3つの視点から、現状分析、課題抽出を包括的に行い、その課題解決の方策を検討。そこから今後の技術開発の指針を得ることを目的として、「太陽光発電開発戦略」を策定した。

１．３　太陽光発電開発戦略の構成

Ⅰ．概要
Ⅱ．本論
　１．太陽光発電戦略の目的
　２．太陽光発電をめぐる環境の変化
　３．これまでのNEDOの技術開発の成果とその評価
　４．太陽光発電大量導入社会における課題
　５．太陽光発電の目指すべき姿
　６．太陽光発電開発戦略
　７．今後の技術開発の方向性
Ⅲ．参考資料

2．1　太陽光発電開発戦略
NEDO PV Challenges　の課題認識

太陽光発電大量導入社会における5つの課題

国民負担の増大

- 固定価格買取制度の再エネ賦課金の増加を抑制し、国民負担を軽減する必要。

発電コストの低減が必要！

長期に安定した発電量確保の要求

- 事業性の追求が進み、信頼性の確保に対する要求も高まっている。
- 発電コスト低減のためにも信頼性の高い発電システムが必要。

立地制約の顕在化

- 導入ポテンシャルの限界
- 土地コストの上昇。
- 系統制約の顕在化

廃棄物大量発生の対応

- 大量導入は、将来の大量廃棄を招く。
  リサイクルシステムの構築が必要。

グローバル競争の激化

- 太陽電池モジュールの価格競争が激化。
  国内市場でも海外企業のシェアが増。

2．2　固定価格買取制度による再生可能エネルギー導入量

（単位：万kW）

	2012年6月まで	2014年9月末まで	設備認定容量
	固定価格買取制度導入前	制度導入2年3ヶ月後	2012年7月～2014年9月末
太陽光	約560	1,938（+1,378）	7,022
風力	約260	280（+20）	121
中小水力	約960	963（+3）	34
バイオマス	約230	241（+11）	143
地熱	約50	50.1（+0.1）	1
合計	約2,060	3,471（+1,411）	7,349

累積ベース、（）内は増加分

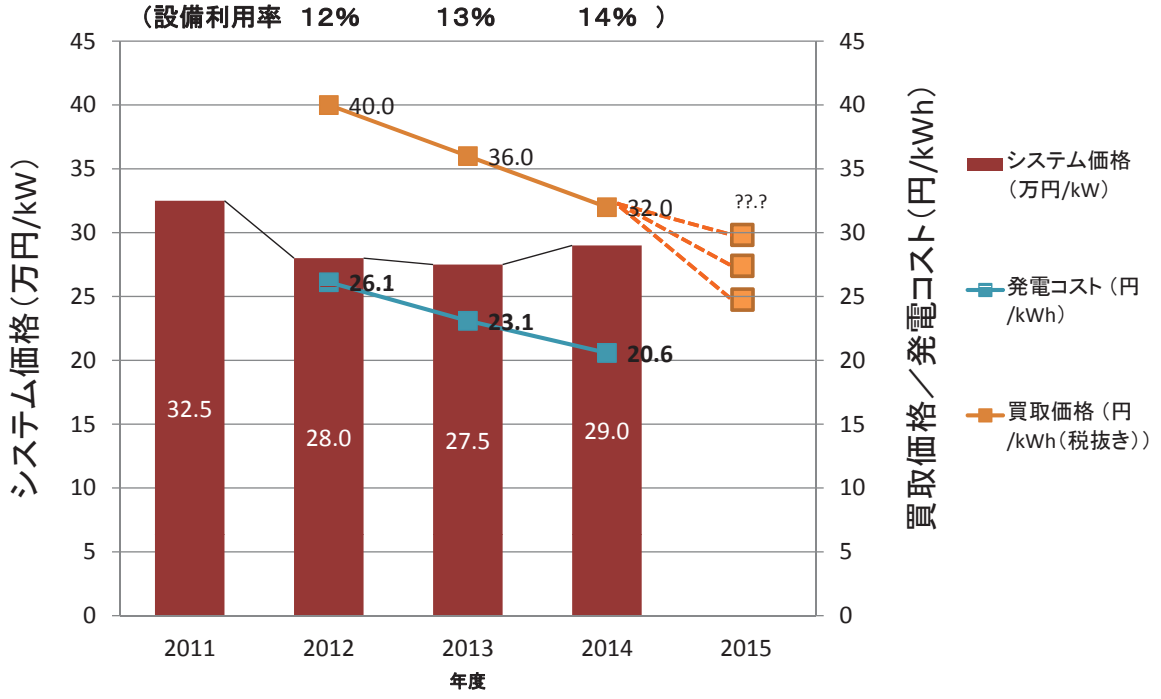
（出典：経済産業省資料よりNEDO作成）

2．3　高い発電コストと賦課金負担

	日本			ドイツ
	2012年度	2013年度	2014年度	2013年
賦課金単価 （円／kWh）	0．29	0．40	0．75	6.49 （5.28ユーロセント/kWh）
標準家庭の負担水準 （300kWh/月使用） （円／月）	87	120	225	1，943 （15.8ユーロ/月）

注）　金額は、全国平均。1ユーロ123円で換算。
資源エネルギー庁：平成25年度調達価格検討用基礎資料
ドイツの情報は資源エネルギー庁「平成24年度エネルギー白書」

2．4 太陽光発電システム非住宅（10kW以上）の状況



2．５　国内電力価格（参考）

- 昨年度ベース（PV Challenges:参考資料4）の考え方

		電　灯	電　力
平成24年度	販売電力量（MWh）	286,219,779	565,369,991
	販売額（百万円）	6,392,717	8,891,613
	単価（円/kWh）	**22.3**	**15.7**
平成25年度	販売電力量（MWh）	284,340,537	564,200,654
	販売額（百万円）	6,918,919	9,887,876
	単価（円/kWh）	**24.3**	**17.5**

- 「公益社団法人 全国家庭電気製品公正取引協議会」の『電力料金の目安単価』の改定

  【旧】22円/kWh →【改定後】27円/kWh（いずれも税別）

  – 実施時期：平成26年4月28日より順次実施

  – 対象商品：家電品全般

3．太陽光発電の目指すべき姿

1．2030年までに公的支援に頼らず自立して普及する「普通のエネルギー」に。

（1）2020年には、すでに拡大した住宅用、メガソーラーだけでなく、ポテンシャルの大きい業務部門、産業部門における自家消費向けに、系統電力に代わって選択される発電コストを実現し、エネルギー消費を支える。（系統負荷も低減。）
2020年目標達成の見通しは得た。（性能目標は達成、今後は製造技術開発も推進。）

業務用電力価格並の発電コスト　14円／kWh　を目指す。
（グリッドパリティ）

（2）発電事業あるいは自家発電向け電源として、選択される発電コストを実現し、エネルギー供給を支える。

従来型火力発電並の発電コスト　7円／kWh　を目指す。
（ジェネレーションパリティ）

（3）これらを実現する「信頼性」も確保。

2．社会への定着

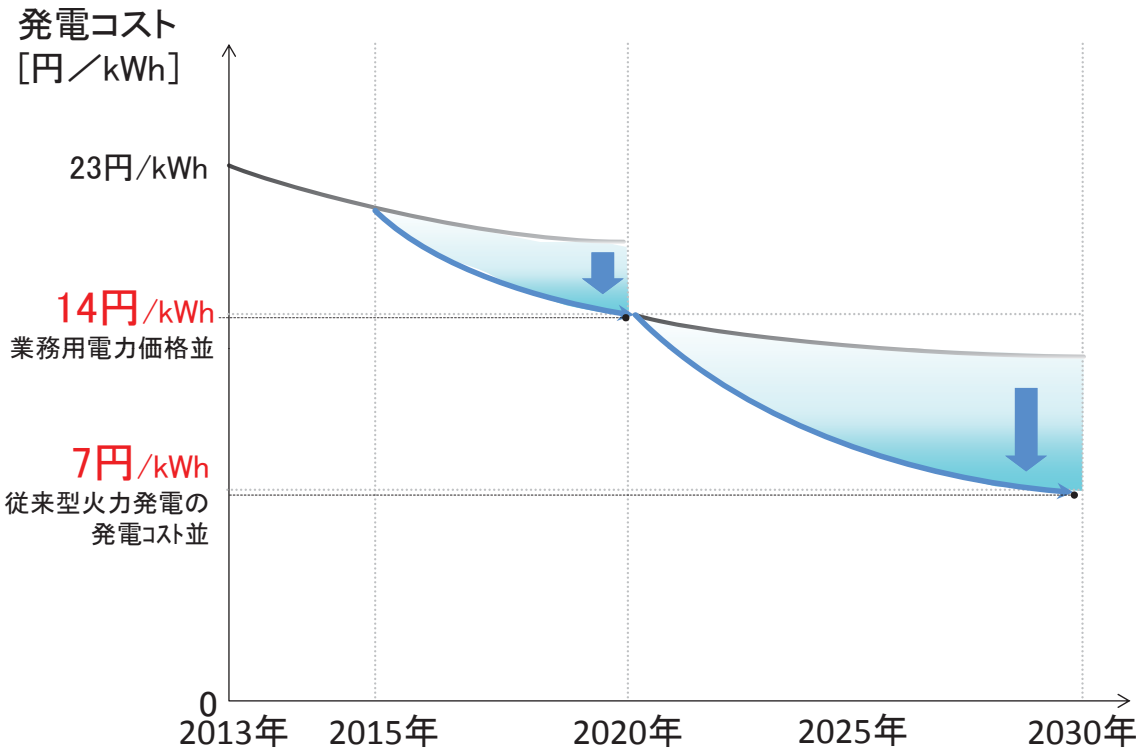
導入形態多様化による立地制約解消や、分散型電源の特性を生かした系統制約回避によって、新たなエネルギーシステムを創出。太陽光発電利用の裾野を拡大。リサイクルシステムの構築によって、持続的な大量導入社会を実現。

3．新たな価値創造で世界をリード

アグリゲーション事業等、電力ビジネスも多様化。さらに、新たな利用方法の開発によって、太陽光発電の「発電」以外の価値を提案。新事業、新産業創出へ。

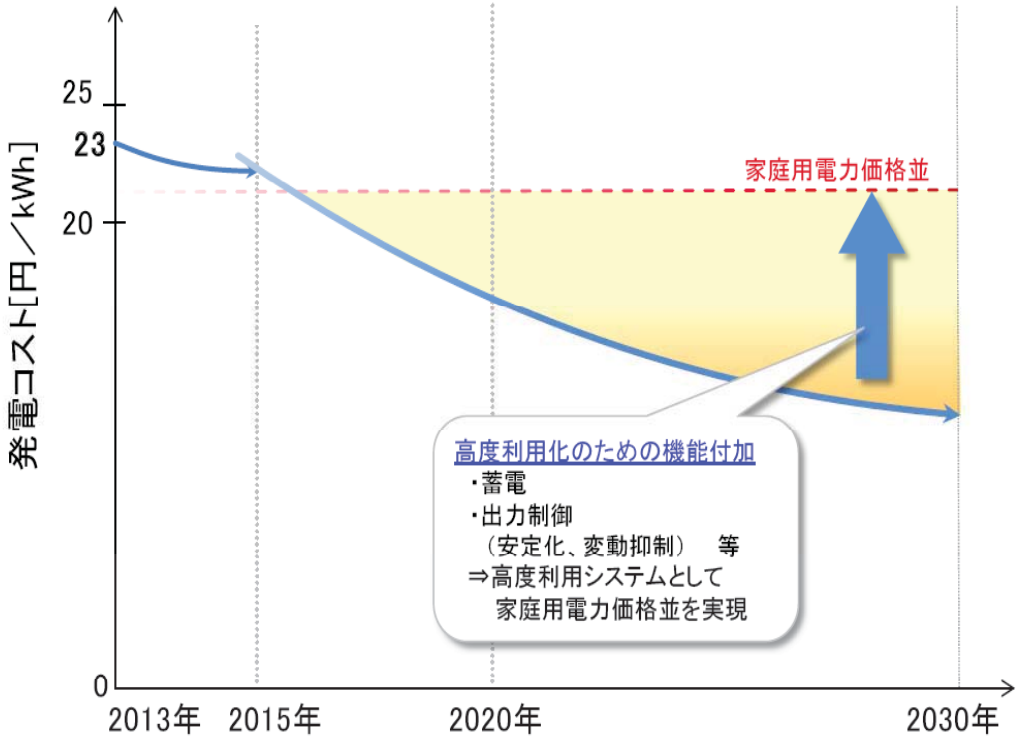
- 重要な低炭素の国産エネルギー源として、エネルギーミックスの一翼を担う。

4．1 【非住宅分野】 発電コスト低減目標



13

4．2 【住宅分野】 発電コスト低減目標



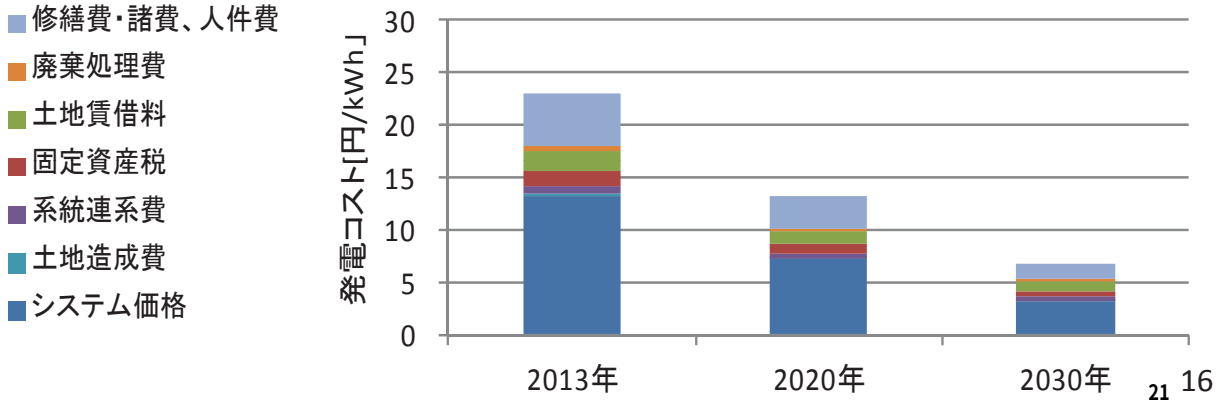
14

4．3　発電コスト目標の算定方法比較

考慮する項目		太陽光発電開発戦略（2014）		調達価格等算定委員会（2013）		PV2030＋（2009）
		非住宅（10kW以上）	住宅（10kW未満）	非住宅（10kW以上）	住宅（10kW未満）	
前提	運転年数	●		●		●
	割引率（金利）	●				●
	IRR			●		
	法定耐用年数	●		●		
	固定資産税	●		●		
	法人事業税			●		
建設費	システム単価	●		●		●
	系統接続費	●		●		
	土地造成費	●		●		
年間経費	運転維持費	●		●		
	土地賃借料	●		●		
収益（発電能力）	年間発電量	●（設備利用率）		●（設備利用率）		●（設備利用率）
	出力劣化率					
撤去費用	廃棄処理費	●		●		

4．4　【非住宅分野】発電コスト目標内訳

	2013年	2020年	2030年
システム価格[円/W]	275	200	100
モジュール変換効率[%]	16	22	25
運転年数[年]	20	25	30
設備利用率[%]	13	15	15
発電コスト	23.10	13.21	6.87



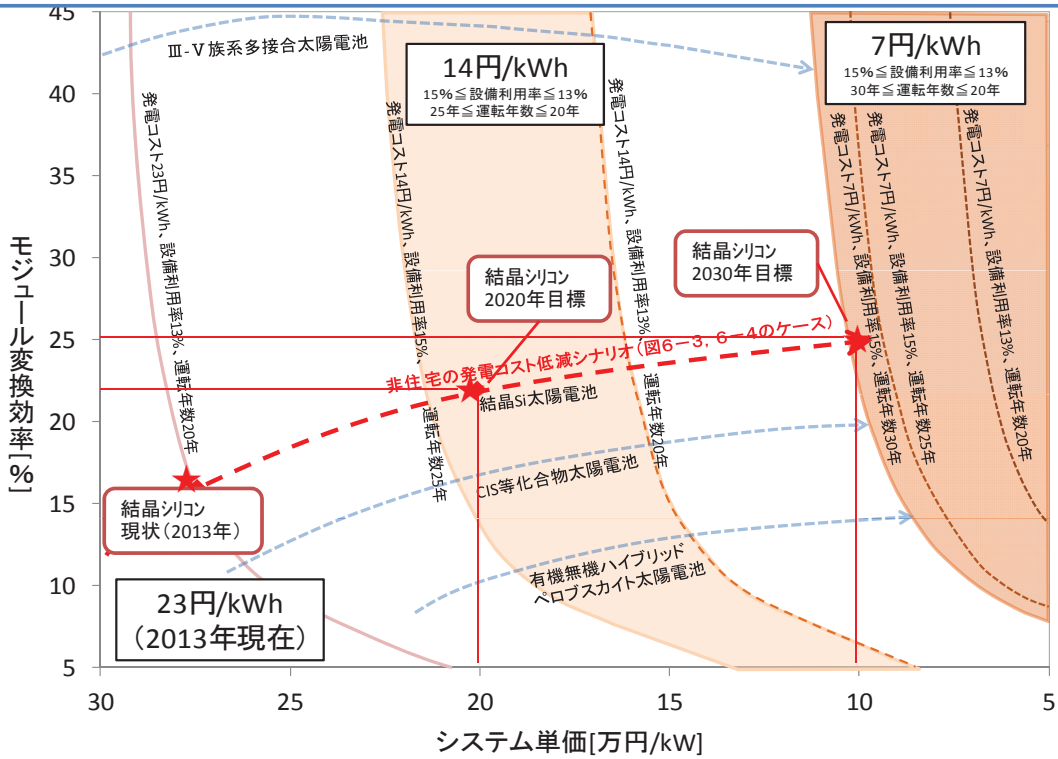
4．5　NEDOの技術開発の成果　2015.1末時点

太陽電池種別	PV2030＋目標 セル/ﾓｼﾞｭｰﾙ(※)	成果
結晶Si	25%／20%	バックコンタクト＋ヘテロ接合統合技術を開発。19.3mm角**セル**で変換効率**25.1%**を達成（2014年3月）。 性能目標達成
薄膜Si	18%／14%	小面積多接合**セル**で安定化効率**12.3 %**を達成（2013年7月）。
CIS等化合物	25%／18%	小面積セルで変換効率20.9%（2014年3月）を達成。**30cm角ｻﾌﾞﾓｼﾞｭｰﾙ**で変換効率**17.8%**（2012年2月時点**世界最高**）を達成。 性能目標達成間近
有機薄膜	12%／10%	小面積**セル**で変換効率**11.0%**を達成（2014年10月）。**5cm角サブモジュール**で変換効率 **9.5 %**を達成（2014年10月時点**世界最高**）。
色素増感型	15%／10%	小面積**セル**で変換効率**11.9%**（2012年9月時点**世界最高**）を達成。**5cm角サブモジュール**で変換効率**10.0%**達成（2013年10月）。
Ⅲ-Ⅴ族系多接合	45%／35%（集光時）	**4mm角セル**で**集光（302倍）時**変換効率**44.4%**（2013年6月）を、1cm角セルで非集光時37.9%（2013年4月時点**世界最高**）を達成。 性能目標達成間近

※2020年の発電コスト目標実現に向け、2017年開発完了と想定したセル／モジュール変換効率目標（%）

4．6　発電コスト7円/kWhへの道

発電コスト低減目標（14円/kWh、7円/kWh）達成に向けた方策は複数ある。
「モジュール変換効率」と「システム単価低減（製造コスト低減等）」のバランスが重要。



4．7　使用形態によって異なるコスト

	基本形	例①	例②	例③	例④
想定される主な使用形態	非住宅 （ﾒｶﾞｿｰﾗｰ） ・大規模 地上設置	自己所有地 ・工場屋根 ・遊休地利用	自己所有地 小規模 ・農地 ・未利用地	自己所有地 中小規模 管理者共有 ・ZEB ・工場屋根	自己所有地 小規模 ・ZEH
主目的	売電	売電	主として売電	自家消費	自家消費
考慮するコスト費目	ｼｽﾃﾑ価格	○	○	○	○
	土地造成費	○	○	○	○
	廃棄費用	○	○	○	○
	固定資産税	○	○	○	○
	系統接続費用	○	○		
	土地賃借料				
	運転維持費	○	○	○	
発電コスト	7円/kWh	6円/kWh	6円/kWh未満	5.5円/kWh未満	5.5円/kWh未満

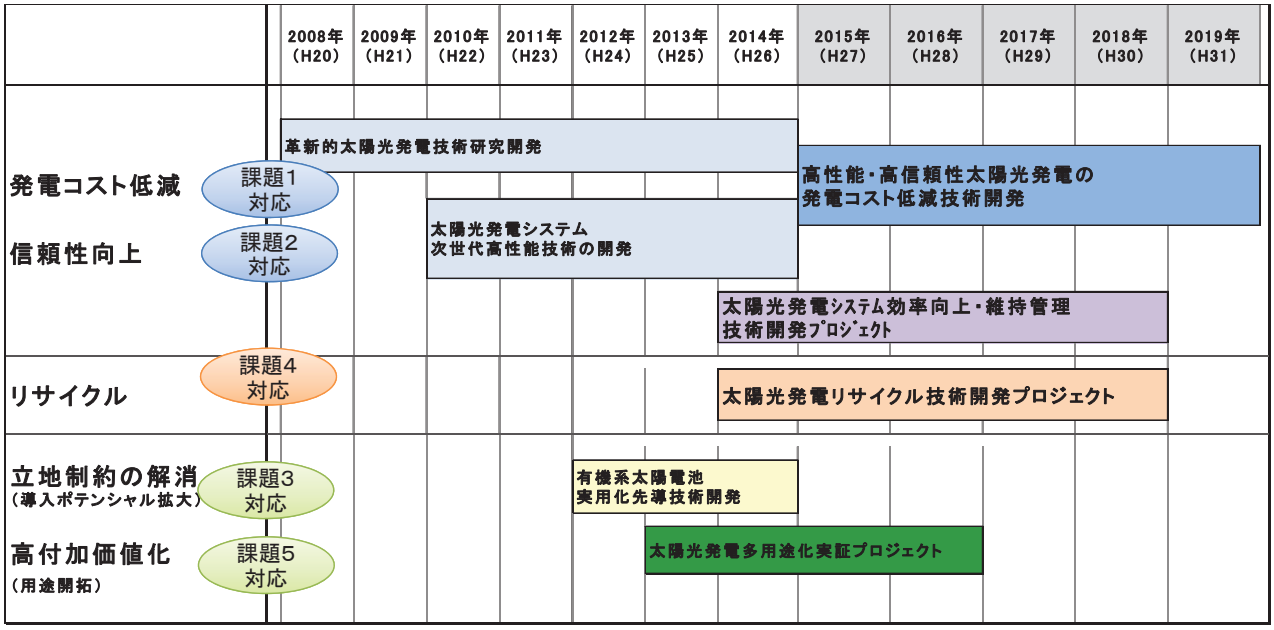
4．8　日本で「7円/kWh」達成の意義

- 日本国内でシステム価格100円/Wを実現できる「モジュール価格」と「システム技術」
- モジュール変換効率　25%　の高性能
- 運転年数　30年　の信頼性

世界で勝てる　日本の太陽光発電！

5.　NEDOプロジェクトの構成

大量導入社会を支える技術の開発に向け、開発戦略に沿ってプロジェクトを企画、実施。
（一部は、前倒し実施済み。）



NEDO 技術開発機構

ご清聴ありがとうございました。

NEDO　新エネルギー部　太陽光発電グループ
山田宏之（ yamadahry@nedo.go.jp ）

『翁夜話』

青柳又左右衛門曰「越後の国に弘法大師の法力に依て水油地中より湧き出、今に到て絶えず」と。翁曰「奇は奇なりといへ共、只其一所のみ、尊ぶに足らず。我道は夫と異にして尤奇也。何国にても荒地を起して菜種を蒔、其実法を得・種一斗にて油二升は急度出て永代絶へず。是皇国固有天祖伝来の大道にして肉食妻帯暖衣飽食智愚賢不肖を分たず天下の人をして皆行はしむべし。是開闢以来相伝の大道にして日月の照明ある限り此世界有ん限り間違ひなく行るゝ道なり。されば大師の法に勝れる万々ならずや。

2009年からの黒川先生

“太陽光発電システムの真の価値”

18世紀生まれの翁

“太陽光栽培システムの真の価値”

1. 人の道に叶うシステム
2. 文明の持続を可能にするシステム

2001年9月11日からの私

“太陽光発電システムのもう一つの真の価値”

人の道に叶う電力システム

3

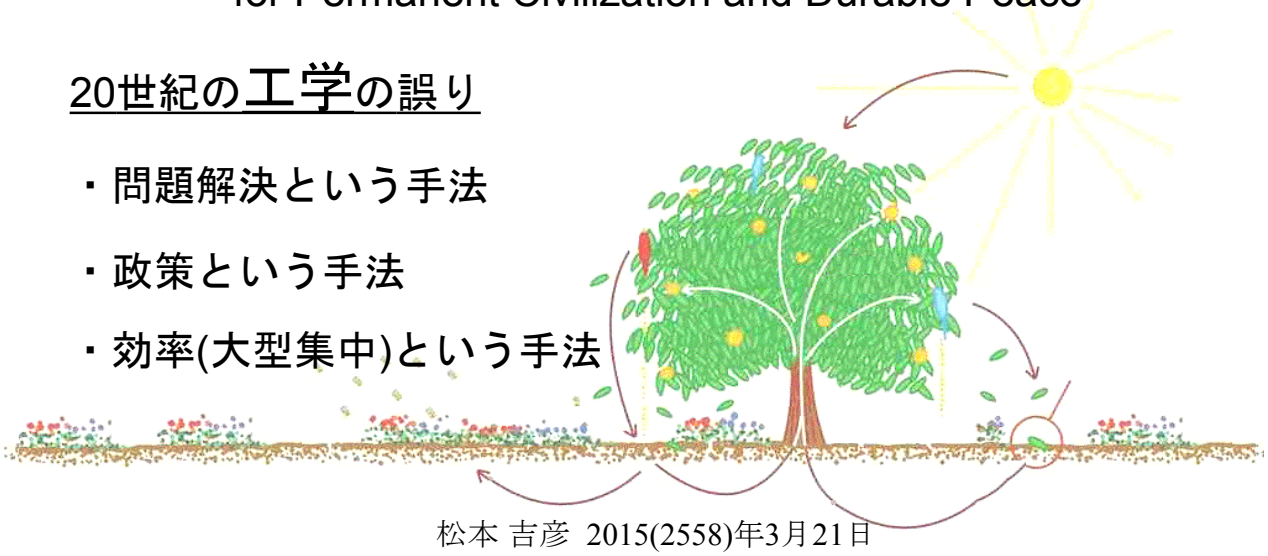
Beyond The Grid!

自律分散電力システム開発への道

- for Permanent Civilization and Durable Peace -

20世紀の工学の誤り

- 問題解決という手法
- 政策という手法
- 効率(大型集中)という手法



松本 吉彦 2015(2558)年3月21日
東京工業大学　ソリューション研究機構　AESセンター　特任教授
JX日鉱日石エネルギー　中央技術研究所　実証Gr.　担当マネジャー

5

自己紹介http://www3.wind.jp/mazmoto/

PC-100 (NEC)

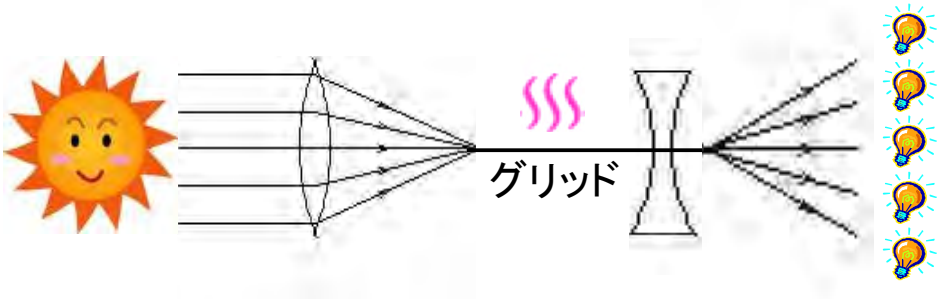
1953年　群馬県伊勢崎に生まれる
1969年ー1972年　群馬県立前橋高等学校
1973年ー　文筆業(埋め草筆者)
1978年ー 1979年　アスキーマイクロソフト
1980年ー 1981年　ソニー株式会社
1980年ー 1987年　日本マイクロハード株式会社
1987年ー 2001年　株式会社アスキー
1995年ー 1997年　Power Computing Corporation (Austin, Texas, USA)
2000年ー 2000年　Biscuit Networks, Incorporated (Menlo Park, California, USA)
2001年ー　NPO法人　ゼロエミッション・プラットフォーム
2001年ー　先端科学技術エンタープライズ株式会社、技術アドバイザー
2002年ー 2005年　VPEC株式会社
2003年ー 2007年　財団法人 産業創造研究所
2006年　東京電機大学工学研究科電気工学専攻博士課程卒業
2007年3月ー 2008年11月　村田製作所　次世代技術研究所
2008年11月ー　JX日鉱日石エネルギー株式会社
2010年4月ー　東京工業大学ソリューション研究機構特任教授

SMC-70 (Sony)

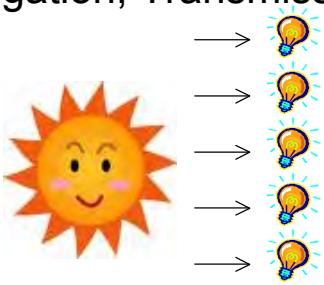
6

新しい酒（太陽光発電からの電力）は古い革袋（グリッド）に入れてはならない

Aggregation → Transmission → Distribution



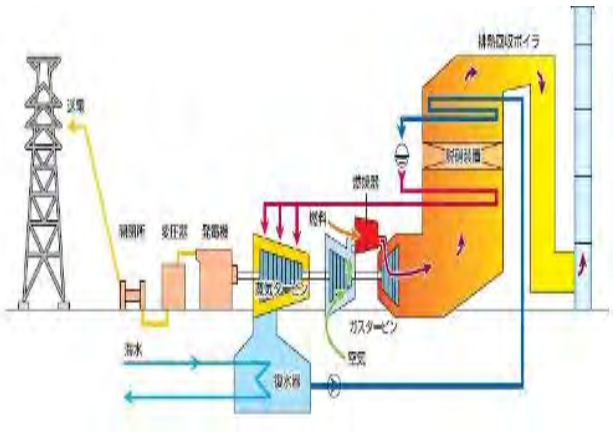
Without Aggregation, Transmission or Distribution



7

なぜ「集中型発電システムだった」のか?

- 一次エネルギーが集中してやって来るから
- 発電が熱力学回転機系だったので、大型化しないと効率が上がらなかったから



8

なぜ「分散型電力システムにならなかった」のか?
なぜ「集中型電力システムだった」のか?

- 太陽光発電が実用にならなかった
  - 1次エネルギーの分散
  - 変換(発電)手段の分散
- 電力制御の手段のいいのがなかった
  - 電圧変換はトランス
  - 直流→交流変換は機械系
- 電力貯蔵の手段のいいのがなかった
  - 発電平準化、負荷平準化に必須

<u>インサルのビジネスモデルに頼っていた</u>

Samuel Insull 1859-1938

9

10

大沼勇治さん

強靭で持続可能なシステム様式

巨大中央集権システム ⇒ 小型自律分散クラスタ集合システム

・送電/変電/配電

集中発電＋配給ネットワーク ⇒ 國用國産／自給自足システム

・システム・アーキテクチャ

中央集権全体一体型 ⇒ 自律分散クラスタ＋疎結合ネットワーク

35億年の生物の生き残り戦略

≒インターネット型

電力システムの転換

なぜ「分散型電力システムに転換」するのか？

- 一次エネルギーが分散しているから
- 電力需要が分散しているから
- 災害耐性・エネルギーセキュリティ面で有利だから
  - 大型システムの脆弱性から逃れられるから
  - 一部崩壊しても、大部分生き残るから
  - 修理した部分から復旧するから
  - 一次エネルギー搬送路の防衛軍が不要だから
    （需要地で一次エネルギーを採集するから）

13

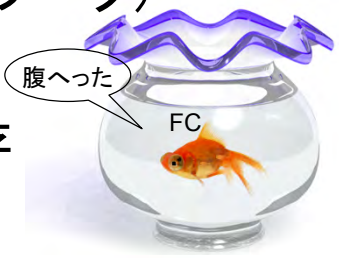
嘘っぱちの分散、嘘っぱちの自立と自律

分散電源（分散発電・密結合ネットワーク）

一次エネルギーは集中

一次エネルギーは中央に依存

配給システムの中央集権



PVの系統連系

集中電力システムに依存

政治に依存した収益構造

(電力自由化/発送配電分離/FIT/託送料/アンシラリ料金…)

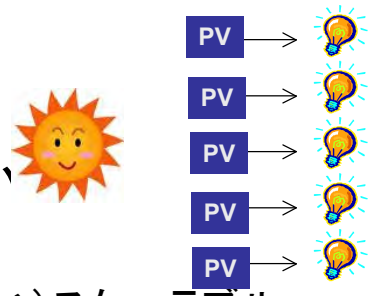
14

分散型一次エネルギーでは、分散型発電が適してるわけ

- 分散してるエネルギーを集中させなくていい
- 需要点と発電点が同一地点にできるので、託送コストがかからない

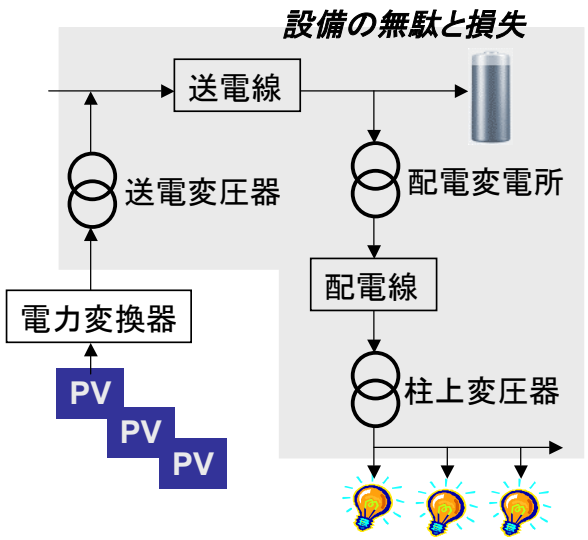
しかも、PVなら

- 発電が熱力学回転機系ではない静止型エネルギー変換
  - 小さくして効率が落ちない（変わらない）スケーラブル
  - 可動部分がないためメンテナンスが不要

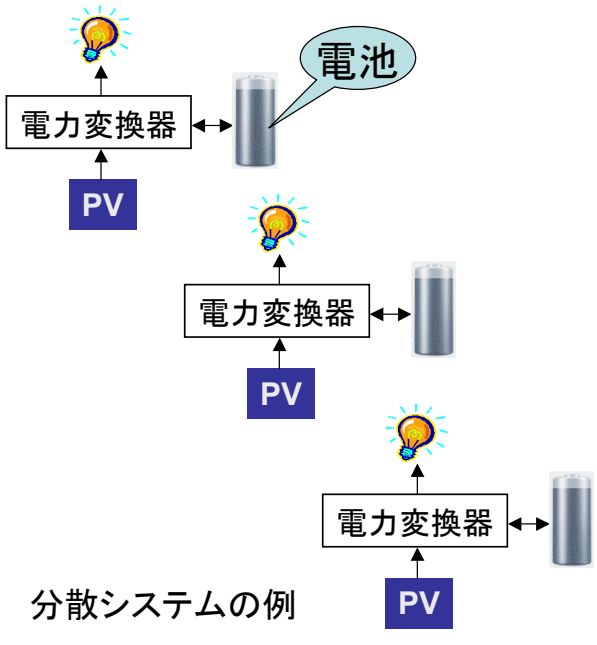


15

分散型一次エネルギーでは、分散型電力貯蔵システムが適してる



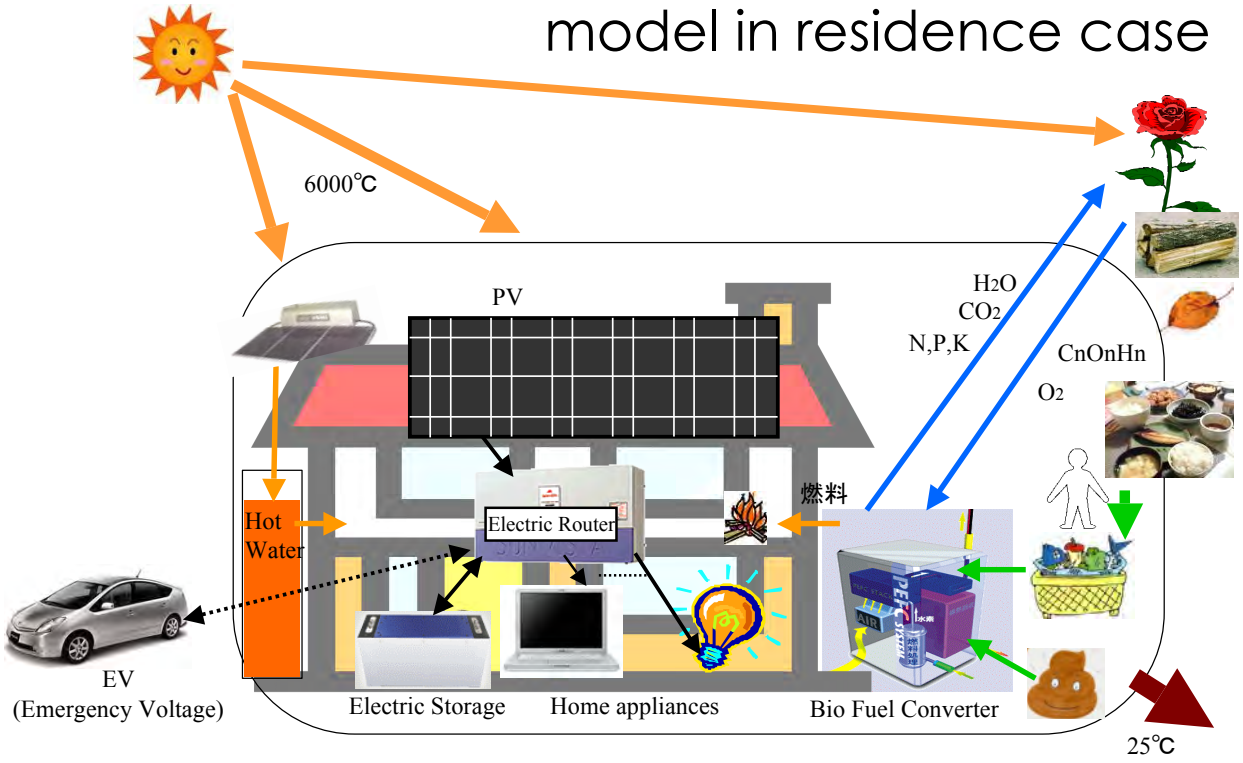
集中システム（メガソーラー）の例



分散システムの例

16

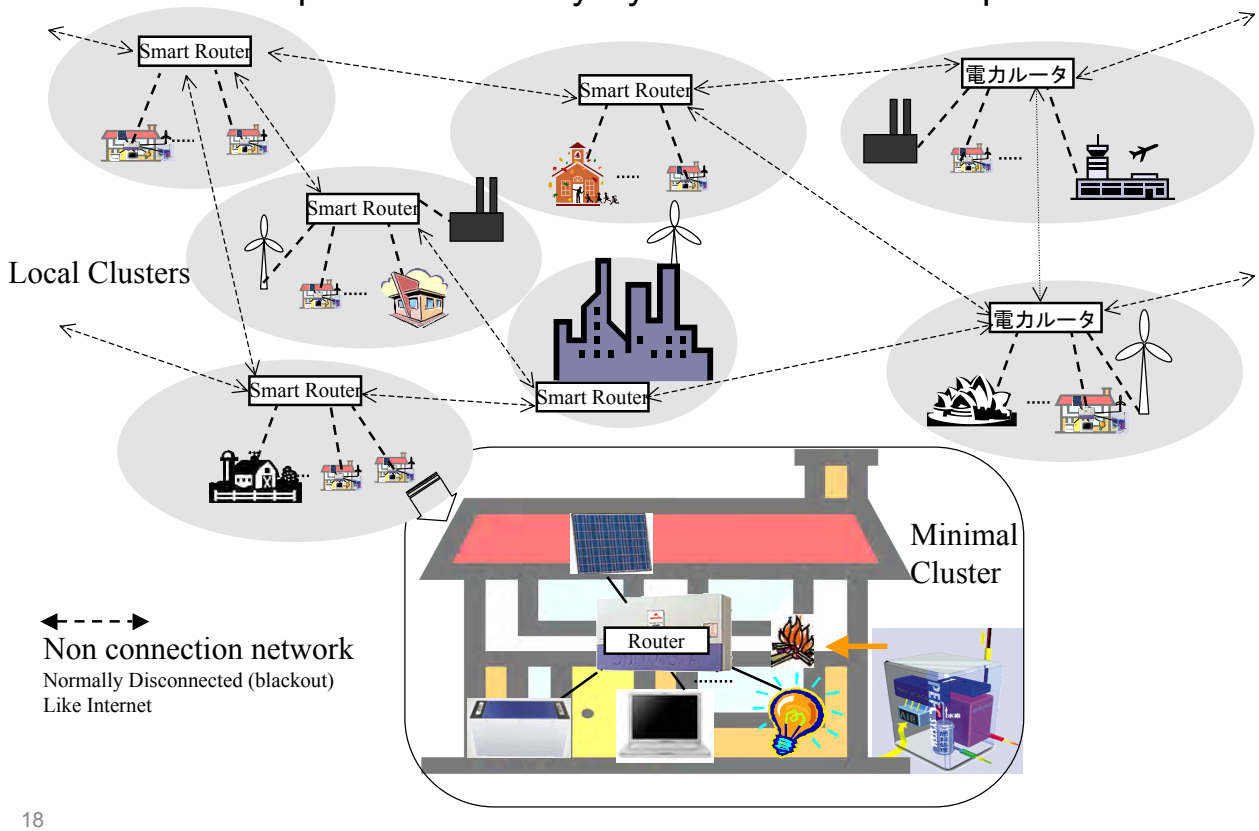
Small Dispersed Autonomic Energy System model in residence case



17

Internet Style Electricity network Model

Autonomic Dispersed Electricity System and loose-coupled network



18

参照文献

電気学会論文誌B Vol.123-B, No.12 p.1436-1441 (2003)
「新世代に向けた電力システム構造のビジョン」

ELECTRICAL ENGINEERING in JAPAN, Vol.150 No.1, Jan. 15, 2005, John Wiley & Sons, Inc.
"A Vision of an Electric Power Architecture for theNext Generation"

財団法人産業創造研究所「自律分散型電力システムネットワークの可能性調査」NEDO (2004)

財団法人産業創造研究所「自律分散型電力システムネットワークの可能性調査その2」NEDO (2005)

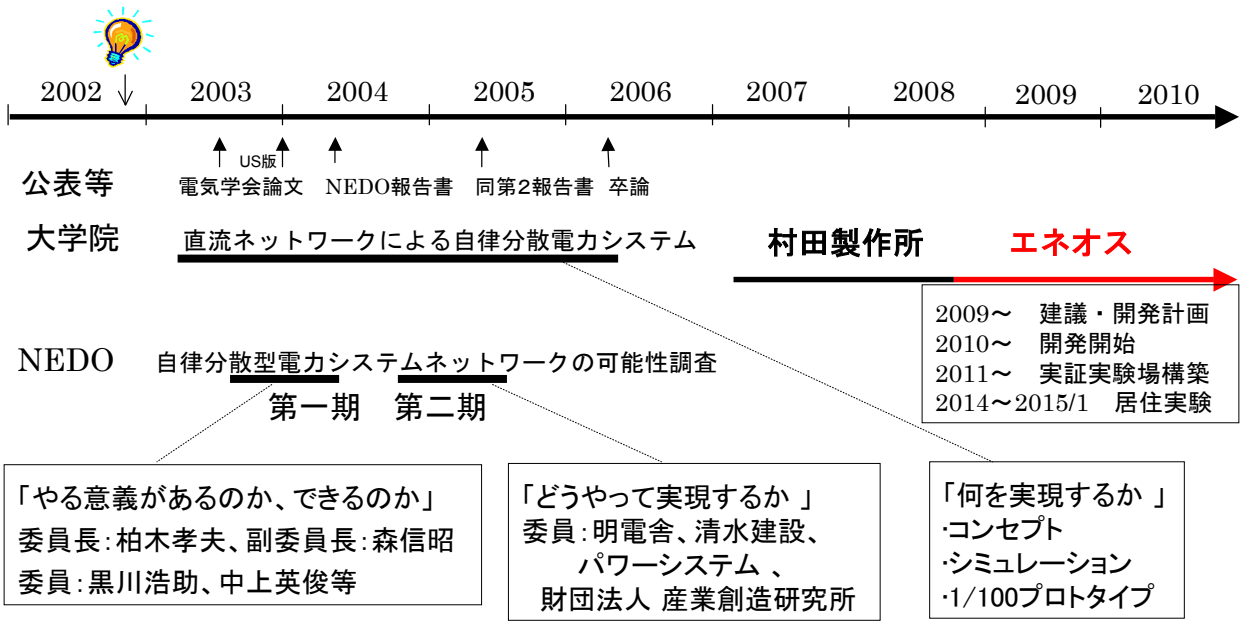
日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会、合同研究発表、2003年11 月7 日
「太陽光発電など非定常発電を融通する電力ネットワークの研究」

電気学会、電力・エネルギー部門、電力技術委員会、電力技術研究会、2004年2 月6 日
「ECO ネットワークへの直流送電給電技術の適用」

電気学会 全国大会 シンポジウム、2005 年3 月19 日
次世代電力システムのための直流配電システムのフィージビリティ「ECO ネットワーク」

博士論文、2006 年 3 月
直流ネットワークによる自律分散電力システムの研究
Evaluation of Autonomic Dispersed Electric Systems with DC Networks

自律分散電力システム開発のこれまで



Our Demonstrative Site of real residences

Shiomidai Nippon Oil Employ Apartment #2302

自律分散電力システム開発実証実験の原則

1. 完全な自律システムを実装する

- 各戸が、必要なエネルギーを集める
- 各戸が、必要なエネルギーを貯蔵する
- 各戸が、必要な制御装置を具備する
- 商用電力グリッドにつながない
  (アンシラリーサービスに依存しない)

2. 直接の太陽エネルギーだけを使用する

- 化石燃料を持ち込まない
- 核分裂で発電した電力を持ち込まない
  (商用電力グリッドにつながない)

金剛組　578年～

住友・三井　1600年代初頭

イリス　1859年～

シェル　1876年～

日石　1889年～

↓

JX日鉱日石エネルギー株式会社

23

未来日石を待ち受ける三つの恐怖

1st　*エネルギーメディアが電力に収斂する*

マーケットがなくなる

2nd　*地下から汲上げ／掘出し遠くから運ぶより、使う所で太陽からのを集める方が安くなる*

コスト競争にまける

3rd　*地球温暖化、化石燃料採掘汚染が顕在化*

肩身がせまくなる

そして、いずれは、ガスも石油も涸渇し…

売るものがなくなる

24

FUJIFILM

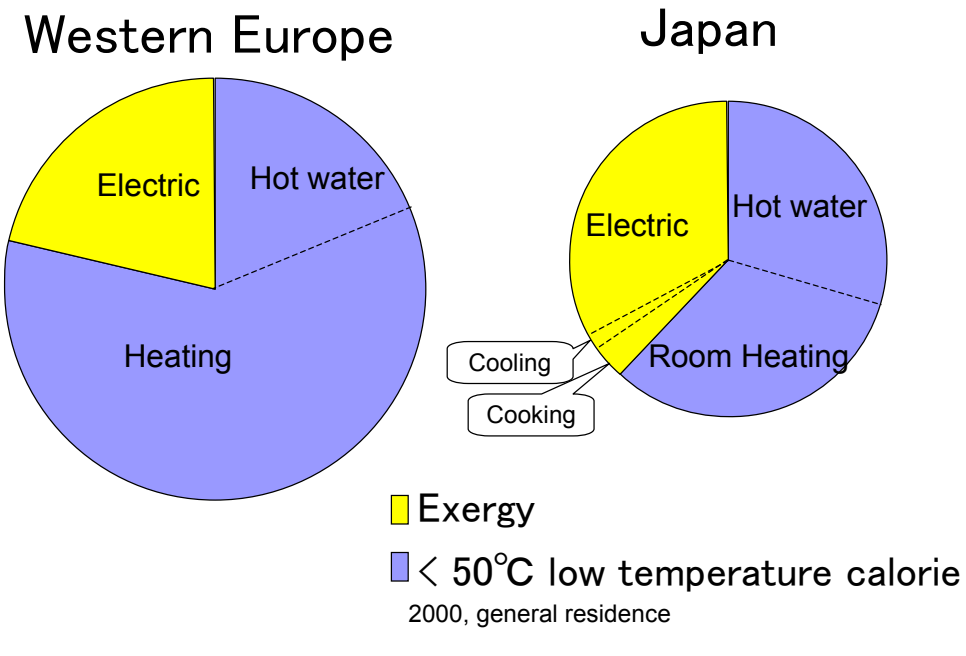
or

Kodak

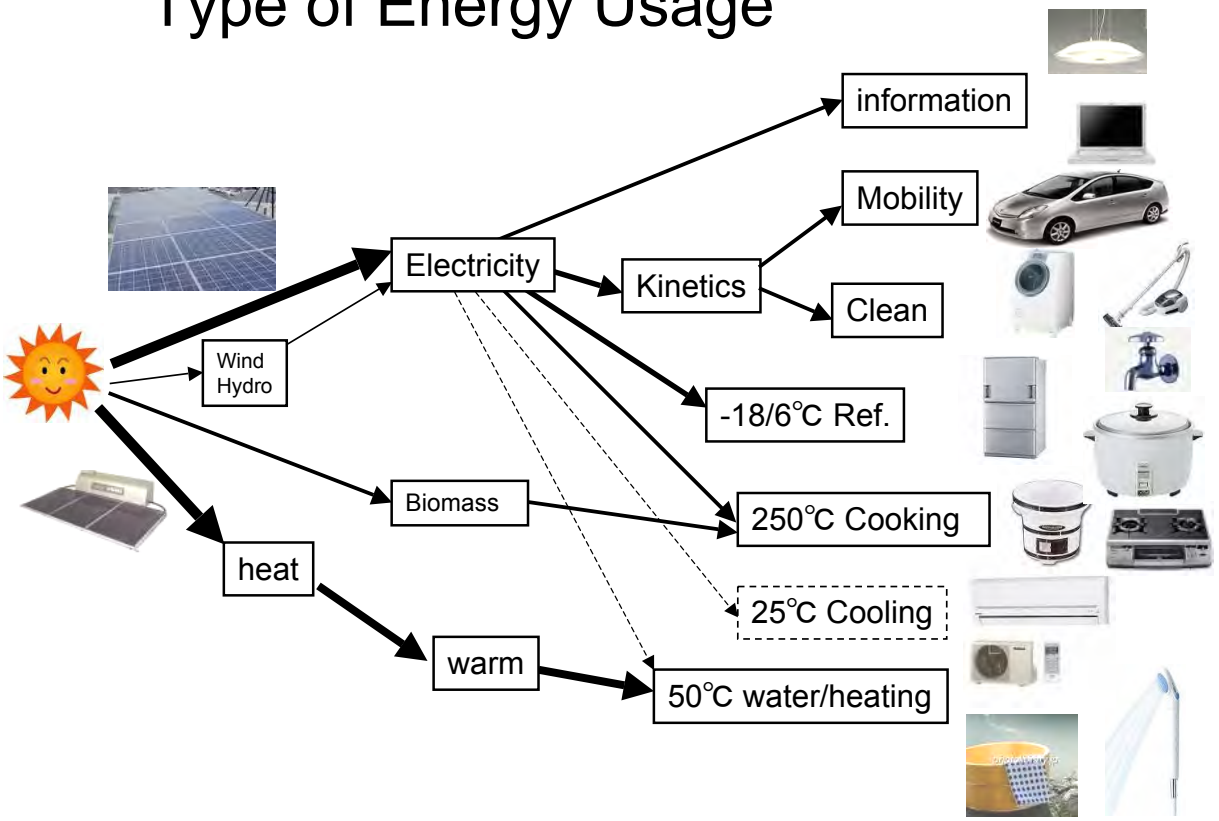
Which would we like to be?

ENEOS

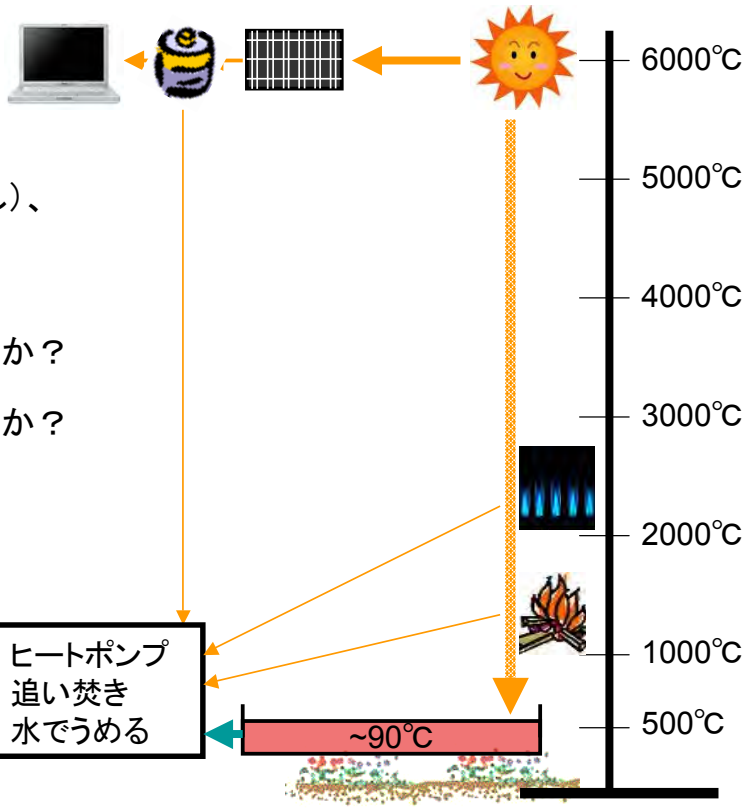
Energy consumption in residence



Type of Energy Usage



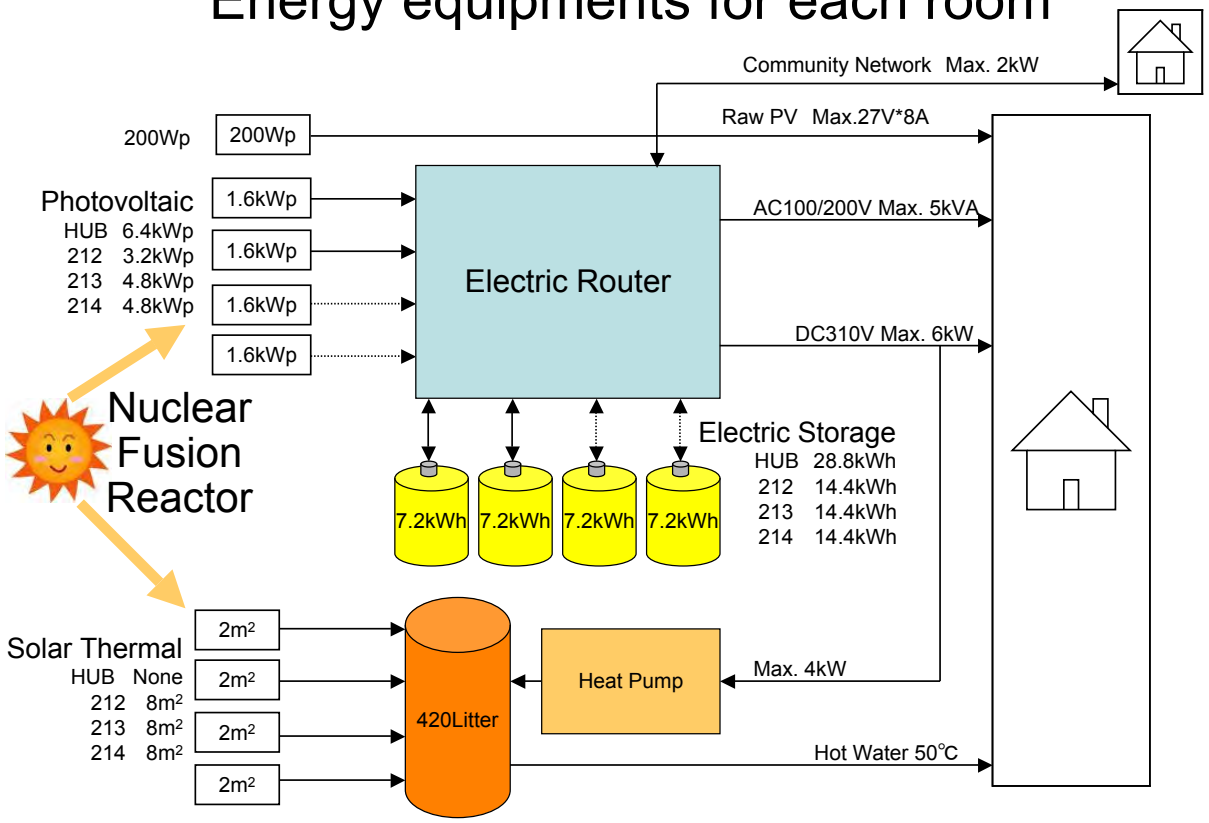
カロリー需要とエクセルギー需要



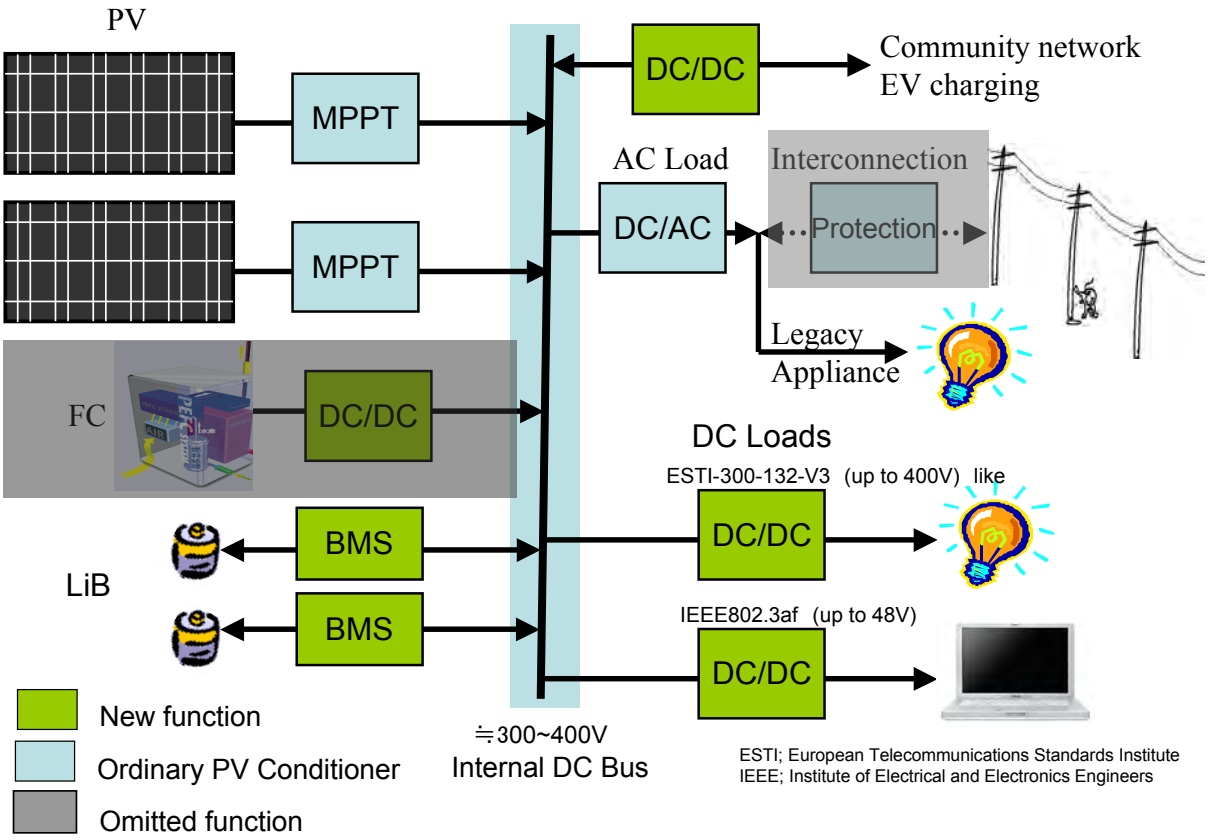
6000℃ ⇒ 25℃で変換、
スタティック（可動部無し）、
ただし電気で貯蔵

- どこの“温度”で変換するか？
- どこの“温度”で貯蔵するか？

Energy equipments for each room

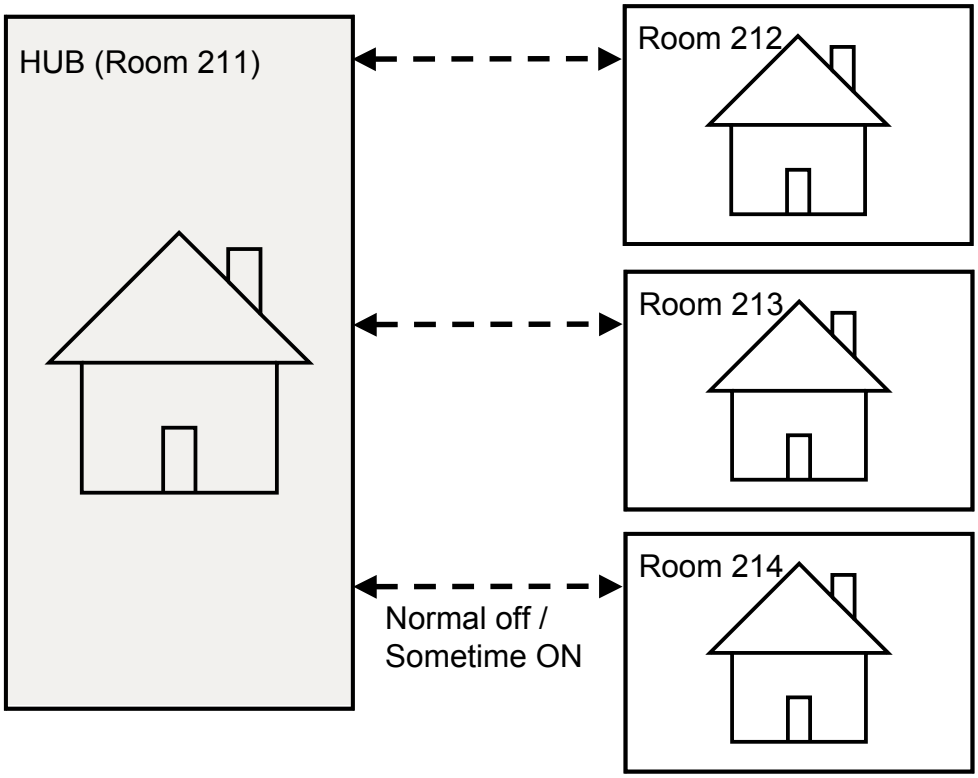


Smart Electric Router

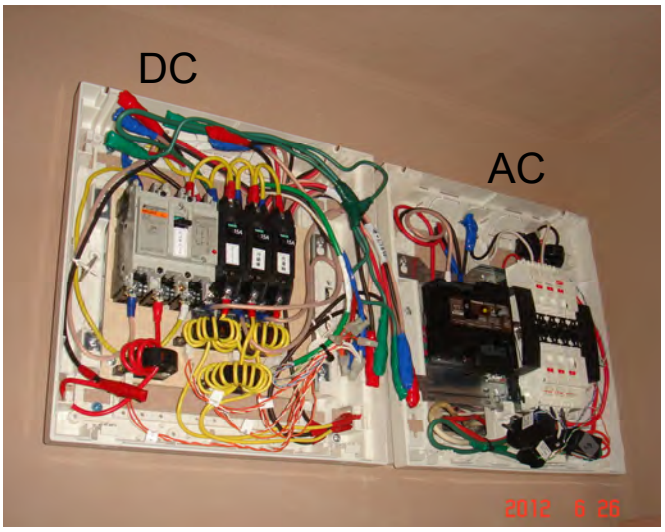


ESTI; European Telecommunications Standards Institute
IEEE; Institute of Electrical and Electronics Engineers

Best Effort Network for electric



Distribution Switchboards

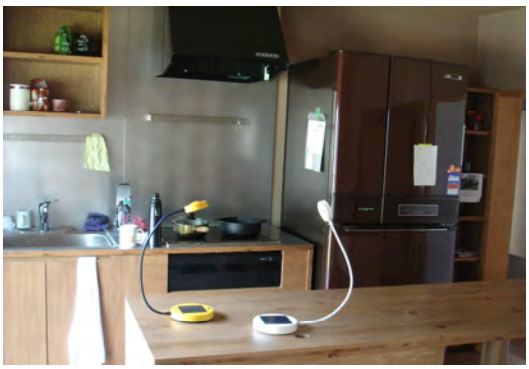


Smart Electric Router

Electric router for network HUB and Measurement Center

DC fed Laundry

DC fed Air conditioner



DC fed Fridge

DC fed Heat Pump

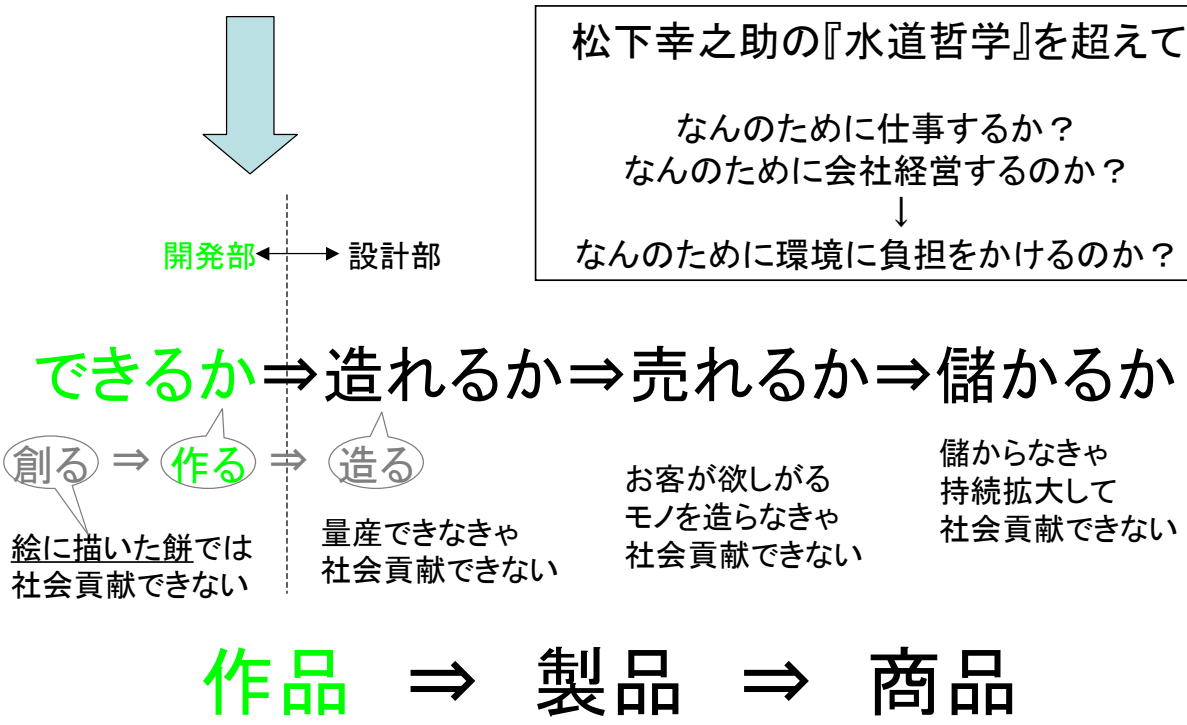
Hot Water tank

Solar Thermal collector

居住実験中の日石住宅

キッチンと菜園

自律分散電力システム開発の今



自律分散電力システム開発実証実験の成果

1. 商品化への確信
   - 商用電力系統から独立していることの不安は、住んで数日で解消される。
   - 省エネ／節電を超えた商品価値を実感できた。
     自律・独立の潔さ／心地よさ／ウキウキ感
     化石燃料／核分裂に頼らない心安穏なエネルギーシステム、
     電力使い放題でかつ地球に優しく環境コンシャスな浪費家向けシステム
   - 連続運転のトラブル無し、パワエレとLiBへの信頼感。
2. 構築に際して新たに認識／再認識できたこと
   - 稀に必要になるという“電力融通の価値”
   - 電力融通を具備しないというシステム価値もある
   - 保安／保護／接地の新しい考え方が可能である
   - 自律分散電力システムでの直流給電の絶大な有用性
3. 次の開発テーマ
   - 電力[kW]効率ではなく、電力量[kWh]利用率重視のシステム
   - 低日照時最大効率のMPPT
   - 太陽光発電(=非定常発電)からのLiB充電の最適アルゴリズム
   - 住宅は難しい、自律分散電力システムの太陽電池工場を造りたい

Beyond The Grid! 自律分散電力システム開発への道

松本 吉彦（東京工業大学） <mazmoto@wind.jp>

平均寿命の半分以上を生きて来て 20 世紀を振り返るに、どう見ても「狂乱の世紀」というしかないように思える。二つの大戦をはじめとして数多くの戦争、もともと人間の幸福のための術であったはずがいつしか目的が銭にすり替わってしまった経済、そして(伝統)智になることを放棄し銭経済の奴隷になった科学と技術…

国家による計画経済の瓦解は前奏で、いま進行中のグローバル金融原理主義とグローバル宗教原理主義の横暴も 20 世紀の後片付けの始まり。ご主人様＝銭経済の崩壊にともなって、奴隷＝技術者／科学者も自らその処世を考えたほうがよさそうだ。

バーチャルからリアルへ

もともと私は「ラジオ坊や」つまりアマチュア無線が始まり。中学生での最後の真空管時代を経て半導体の世紀、エレクトロニクスからディジタル回路、マイクロプロセッサからパソコン、インターネットとドットコム・カンパニーと、軌跡を省みれば時代に流され、面白そうな業界を渡ってきたことになる。

しかし、21 世紀を迎えた 14 年前、私は約 30 年間糊口をしのいできたエレクトロニクス IT 業界に見切りを付けた。長年かかわってきた会社がその役目を終え閉じようとし辞めるタイミングでもあったが、同業の仕事に就くべきか逡巡し、ちょうど大学へ進学した息子と二人暮らしの“若隠居”をきめこんでいた。そんななか、アメリカ本土やハワイとバケーションに現つを抜かし、その帰国の 3 カ月後、2001 年 9 月 11 日、アメリカへの同時多発テロ…

これには考えさせられた。我々の銭経済（マネーゲーム／ビジネス・ゲーム）や IT の馬鹿騒ぎへの想像を絶する怨念・怒り・憎しみ。それと同時に、石油石炭天然ガスやウランなど、減耗しつつあり残りが 2 世代も保ちそうにないエネルギー、それに依存した“砂上の楼閣”である今の文明に想いを馳せた。

子煩悩の私の考えること、たかが知れている。携帯電話・パソコン・インターネット、自動車・電車・飛行機など、けっこう素敵な今の文明、息子の世代にも孫の世代にも、ずっと永く遊び続けて欲しい。遊び続けられるようにしてあげたい。それは子どもにお金を残すことではない。文明が崩壊すればお金は価値を失うし、お金その物は食えないから生存すら危うくなる。

涸渇するエネルキーを基にした文明の方向を改め、持続可能な文明を目指すしかない。1970 年代に読んだ本を読み返した。

シューマッハの『スモール・イズ・ビューティフル』、エイモリ・ロビンズの『ソフト・エネルギー・パス』、ドネラ・メドゥズの『成長の限界』。そういえば、この『成長の限界』の研究を彼女に依頼したローマ・クラブ創始者のアウレリオ・ペッツェイも「孫娘を膝に乗せてるとき」にこの構想を思い立ったそうだ。

太陽光発電で文明を紡ぐ

1970 年代の石油危機、また公害問題・環境汚染を背景に、ラジオ坊やの私もその業界にも興味を持ったが、いかんせん勉強が苦手だった。百姓も大学卒業頃に試みたが直ぐに挫折。その一方、エレクトロニクスは面白くってたまらない。それなりに仕事になりお金にもなり、次々に新しいテーマが現れて、1970 年代の危機感は薄れ、「面白い遊びに夢中」になっていった。

その私が、21 世紀の最初の年に、それら危機感を新たにした。地球上の生物にとって、あるいは数百万年の人間の歴史にとって、数億年前にストックされた化石燃料の使用（消費と二酸化炭素の放出）は異常である。本格的に使い始めて約 200 年、狂気の使い方の 50 年は、歴史的に見て、極めて短期の異常行動である。気候変動／地球温暖化は皮相的な問題にすぎない。

20 世紀の多くの戦争はエネルギー争奪戦だった。「イスラム国」の「勃興」も後藤さんの殺害も、札びらを切って資源国の人々の心と尊厳を弄び札びらを切って化石燃料を強奪してきたことも遠因であると思う。私たちの日常の、自動車に乗ったりテレビを見たりエアコンをつかったりすることがそれらと無関係だと言い切れるだろうか？

銭経済の狂気も親の遺産(化石燃料)を浪費する放蕩息子の愚行である。死んじまった親の遺産も化石燃料もウランも増えない。省エネに研究開発(金と智の)投資を行うのは間違いではないだろうか。10%の省エネがうまくいっても、100 年の寿命が 110 年になるだけだ。一次エネルギーの再生可能エネルギーへの転換に(研究開発投資を行い)成功すれば「種の“期限”」まで、人類の歴史の数百万年を超える文明の持続も可能になる。

そういったわけで 1970 年代から興味を持っていた太陽光発電(PV)について調べ始めた。PV は格段に進歩していた、私が「面白い遊びに夢中」になっていた間に。

その昔 PV は、PV を生産した電力を、その寿命の内に PV で発電した電力で、回収できなかった。いわゆる EPR (Energy Portfolio Ratio, Energy Payback Ratio) が 1 を下回っていたのだが、その EPR は今や 10 を上回っているという。たとえば結晶系シリコン太陽電池は、自分を生産した電力を約 2 年で回収し、その寿命は 20 年はありそうなのだ。つまり PV 自身を

生産した電力の 10 倍を回収し、言い替えれば、資源制約のないシリコンと、PV で発電した電力で PV を拡大再生産することにより、文明を紡ぐためのエネルギーになり得る。

PV のコストも 1970 年代の 100 分の 1 になっている。もう既に、危険な地で石油を汲み揚げ遠方から危険な海路を運んでくるより、PV で太陽エネルギーを集める方が、コストの面でも安くなっているのではないか。私のいた業界の半導体メモリは、そのビット単価は 1970 年代の 10 億分の 1 に低下している。情報とエネルギーは違うとはいっても、同じ工業生産物だ。さらなる大量生産でもっと安くなる。屋根を葺くのに、トタン板や瓦と PV で、そう大差なくなると期待しよう。

太陽エネルギーの直接利用が文明を紡ぐ一番いい方法だろうという思いに至った。植物を経由してエネルギーを得るのは邪道だ。きっと「お天道様のバチ」があたる。食べ物は神聖である。人類、命を紡ぐエネルギーは植物や藻類等の光合成に頼ってきた。その輪に現代文明が割り込んで横取りすると、いつしか命を紡ぐのに支障をきたすに違いない。

現代文明：携帯電話・パソコン・インターネット・自動車・電車・飛行機などのエネルギー、より正確にはエクセルギーは、植物を繁茂させることのできない建造物などに設置した PV によって、太陽エネルギーを集め、電気エネルギーに変換して使うのだ。

もともと約 6000℃の太陽からエネルギーは 10^{14}〜10^{15}Hz くらいの電波で飛んで来て、地球という周波数コンバータにより 25℃の電波で背景輻射の-270℃の宇宙空間に排熱として捨てられるものだ。その過程でほんの少しだけ、ちょっとの間（ほとんどが日周期）だけ借りる。横取りしてしまうのではない。

太陽光発電システムの真の価値

黒川先生が最近の数年おっしゃってきている「太陽光発電システムの真の価値」とは何か。第一の価値は、これまで述べて来たように「現代文明が必要とする電力を永続的に供給するための要素技術である」と、私も考える。

幸せな人生のために“現代文明”を必要としない既に幸せな人々もこの地球上にはたくさんおられる。むしろ「現代文明＝無痛文明」の中毒で不幸な我々へ、電力という“ヤク”を永続的に恵んでくれる要素技術というべきなのかもしれないが、平和な世界、テロや戦争が無いだけではなく、人々の心が和やかな世界に変えていくには、まず最初に我々＝現代文明中毒患者側が変わらなければならないのだ。その第一歩は、PV により、“経済という暴力”でエネルギー資源を強奪して来るのをやめることだ。

もう一つの太陽光発電の真の価値

そして私は、もう一つの「太陽光発電の真の価値」も追究したい。それは「人道に叶う電力システムを構築できる要素技術である」ということだと思っている。

人類の歴史に耐えられる一次エネルギーは、その賦存量からみて直接の太陽光エネルギーしかない。おおまかに、人類の必要としているエネルギーの何倍かで賦存量を表せば、水力は 1 倍、植物（バイオマス）は 10 倍、風力+波力+潮力は 100 倍のオーダーであるのに対し、地表に到達する太陽光は 15,000 倍といわれているからである。

絶対量でも寿命でも、太陽光に頼るしかないのだ。それが最も安心できる。生物が 35 億年間 命を紡ぐ糧として直接の太陽光を拠り所にしてきたのだから、その実証実験に勝るものはない。

しかし、その太陽光エネルギーは、現状の電力の一次エネルギー＝化石燃料やウランあるいは高いところに溜めた水からのエネルギーとは、性質が全く異なる。まずは遍在している＝遍く賦存されてるということと、集中して偏在＝偏って存在していないということだ。そして太陽光＝電波自体は貯めておけないこと、変動すること、また余すこと無く全て変換して使おうとすると、その量はその瞬間毎の太陽光エネルギーに依存し制御できないことなどである。

現状の電力システムは 19 世紀に発明された“グリッド”というアーキテクチャのままで、技術的には大規模・集中、制御できる発電を前提にしている。上記のようにまるで違う性質に由来する太陽光からの電力は、旧来のグリッドに載せようとすると、系統連系限界問題のように無理が生じる。

「新しいワインを古い革袋にいれてはいけない」と昔から云われている(マタイ伝 9-1)。太陽光発電からの電力は、この“新しいワイン”だ。“古い革袋”とはグリッドである。それぞれの時代の発電に適した新しい電力システム(ネットワーク)アーキテクチャ＝“新しい革袋”が必要であると考える。

PV は小型分散システムに向いている。旧来の発電は、熱力学・回転系であったのでスケール・メリットを追及する（大きくして効率を上げる）しかなかったのに対し、PV はスケーラブルであり（大きくしても効率は上がらないが）小さくしても効率は下がらないからだ。一次エネルギーは空からやってくる。現代文明はやっと、遍くそれぞれの民を主とする発電手段＝PV を手に入れた。

電力システム(ネットワーク)アーキテクチャは技術革新によって変革された例は歴史的に非常にまれである。情報システム(ネットワーク)アーキテクチャが、技術革新の度に煩わしいほど変革してきたのと対極をなす。電力システムは多くの場合、外的要因、多くは政治的に変革させられてきた。さらに悲しいことに、大きく変わるのはいつも戦争のときであった。

そしてグリッドそれ自体の大イノベーションのきっかけとなったのが、経済的自由競争を妨げる「独占の術」としての、アメリカ合州国シカゴにおけるサミュエル・インサルのビジネスモデルであった。その出生の後もグリッドは、電力を分配する手段であるとともに、富を収奪する手段として、また戦時には国家が電力政策を独占する手段として発展・成長してきたのだ。

PV が非定常／制御不可能な発電であるということ

はチャンスである。PV がスケール・メリットを持たないということはチャンスである。やっと、民を主とする自ずから人の道に叶うような電力システム(ネットワーク)アーキテクチャを、技術革新に依って生むチャンスとなり得ると考える。

この「新しい電力システム(ネットワーク)アーキテクチャが構成できる」ということが、私の考えるもう一つの「太陽光発電システムの真の価値」である。

シュンペーターのイノベーション

この新しい電力システム(ネットワーク)アーキテクチャ=『自律分散電力システム』、その実現にはここ 30 年で長足の進歩をした要素技術の鼎立、すなわち、太陽光発電、電力貯蔵、そしてパワーエレクトロニクスの三つに依って立つ。

非定常発電の PV が必要とする電力貯蔵は、当たり前のことではあるが、人間様の非定常電力需要にとっては、そのコストは半分と見積もっていいし、最近の流行りである「携帯したい電力需要」にはそのコストは勘定に入れなくていい。

電力貯蔵は今、長足の進歩を遂げようとしているし、半導体メモリや磁気ディスク・メモリの“暴落”から見れば歯がゆいが、プライス低減が進んでいる。新しい電力システム構築のために既に妥当なコストになっていると思う。

パワーエレクトロニクスは単に定電圧電源だけでなく、定電流電源、定電力電源、定インピーダンス電源、あるいはそれら「定」だけでなく任意に設定できる「可変」、そして電源ではなく「負荷」としての特性が「定/可変」そして電「圧/流/力」と求められる。

たとえば、PV は非線型電源であるから最大電力を取り出すには「可変負荷インピーダンス」入力が必要である。LED 照明では、現状は定電流駆動だが、定電力駆動や「定照度」駆動、さらに窓からの採光や人間の感性まで勘案した駆動まで考えられる。

また、スイッチング電源の並列運転や、スイッチング電源がシリーズに接続されたり、負荷自体がパワエレだった場合の、振動や発振の予防には、定電圧や定電流の電源ではなく、あるインピーダンスを持った(たとえば負荷によって出力電圧が下がる)電源の方がいいかもしれない。それを損失なく実現できるのがスイッチング電源である。

またパワエレは電源だけでなく制御や保護にも重要だ。細かいことだが 1.2V の基準電圧を数十円という安価に使えることは、1970 年代に千数百円で買ってた私からすると夢のような素子である。これによってリチウム電池や電気二重層キャパシタのセル単位の充放電制御や保護などが実用的になった。これからは電力貯蔵がパワエレの腕の揮いどころだ。

技術の革新は、そしてその技術革新をビジネスにするのも、現状の技術とビジネスの当事者以外であることが多かったように私は感じている。

トランジスタの発明や商品化は、RCA など真空管屋ではなく電話屋の AT&T やセットメーカーの SONY だった。電子計算機の商品化は電気屋／電子屋のなどではなく、機械屋の IBM だった。マイクロプロセッサの発明と商品化はコンピュータ屋の IBM や DEC ではなく、半導体屋の intel だったし、インターネットも SUN などコンピュータ屋が開発し通信屋は後から参入した。

今こそ、電力屋以外が電力業界を根底から覆すときがきた。

それぞれの時代に適した新しい電力システム(ネットワーク)アーキテクチャが必要であると私は考え、グリッドと異なる電力システム(ネットワーク)アーキテクチャを提唱し、開発し、実証実験にまで漕ぎ着けることができました。そして市場投入を夢見る今、黒川先生に口演のチャンスを頂戴し、新しい電力のシステム(ネットワーク)アーキテクチャの噺ができることに感謝しています。 (2015/3/1)

参照していただきたい文献

電気学会論文誌B Vol.123-B，No.12 p.1436-1441 (2003)
「新世代に向けた電力システム構造のビジョン」

ELECTRICAL ENGINEERING in JAPAN, Vol.150 No.1, Jan. 15, 2005, John Wiley & Sons, Inc.
“A Vision of an Electric Power Architecture for the Next Generation”

財団法人産業創造研究所「自律分散型電力システムネットワークの可能性調査」 NEDO (2004)

財団法人産業創造研究所「自律分散型電力システムネットワークの可能性調査その 2」NEDO (2005)

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、2003 年 11 月 7 日
「太陽光発電など非定常発電を融通する電力ネットワークの研究」

電気学会、電力・エネルギー部門、電力技術委員会、電力技術研究会、2004 年 2 月 6 日
「ECO ネットワークへの直流送電給電技術の適用」

電気学会全国大会 シンポジウム、2005 年 3 月 19 日
次世代電力システムのための直流配電システムのフィージビリティ「ECO ネットワーク」

博士論文、2006 年 3 月「直流ネットワークによる自律分散電力システムの研究(Evaluation of Autonomic Dispersed Electric Systems with DC Networks)」

ＧＩＳを用いた太陽資源量調査

伊藤　雅一（早稲田大学）

１．目的と研究項目

砂漠と太陽光発電の組み合わせに関する研究を進めてきた。渡航前までに，ライフサイクル評価とリモートセンシングに関する研究を進めてきた。ライフサイクル評価に関する研究ではゴビ砂漠を対象として分析し，長距離送電を含めても CO2 排出量は既存の火力発電所と比較して少なく，ライフサイクルを通して投入したエネルギーも数年で回収できることが分かった。また，リモートセンシングに関する研究では，太陽光発電システムを設置しやすい礫砂漠を抽出する手法を開発し，世界の 6 つの砂漠を評価した。渡航後の研究目的は，１）本成果を GIS（地理情報システム）を用いて利用しやすい形すること，２）計算結果と現地の比較調査を行うこと，３）GIS にさらに日射量や送電線などの情報を追加し，より実際に近い地図を作成することである。

表 1　渡航前と渡航後の研究目的

研究トピック	ライフサイクル評価	リモートセンシング	GIS（地理情報システム）
目的	経済・環境の視点から分析	砂漠に設置可能な太陽光発電の容量の算出，また地図を作成	ライフサイクル評価, リモートセンシングなどの情報を組み合わせた, より利用しやすい地図を作成する
渡航前までの成果	ゴビ砂漠を対象とした環境影響評価，６つの砂漠を対象としたコスト評価を実施	6 つの砂漠を対象に実施し，世界の一次エネルギーの 5 倍発電できると推定	未実施
渡航後の研究	サハラ砂漠を対象とした環境影響評価	GIS 用にプログラムを構成	GIS 用データの開発。ライフサイクル評価，リモートセンシング, 送電線, 日射量などの情報をまとめる

２．研究項目と詳細

本研究では事前に設定した 5 つの研究テーマに加え、議論の中から生まれた両面受光太陽電池について研究を行った。基礎的な研究として LCA の実施（Topic 1）とリモートセンシング（Topic 3）を行い、GIS 用データの作成とアルゴリズムの研究（Topic 4）、またその集約（Topic 5）を行った。またバッテリによる発電量利用量の最大化についても研究を行っている。

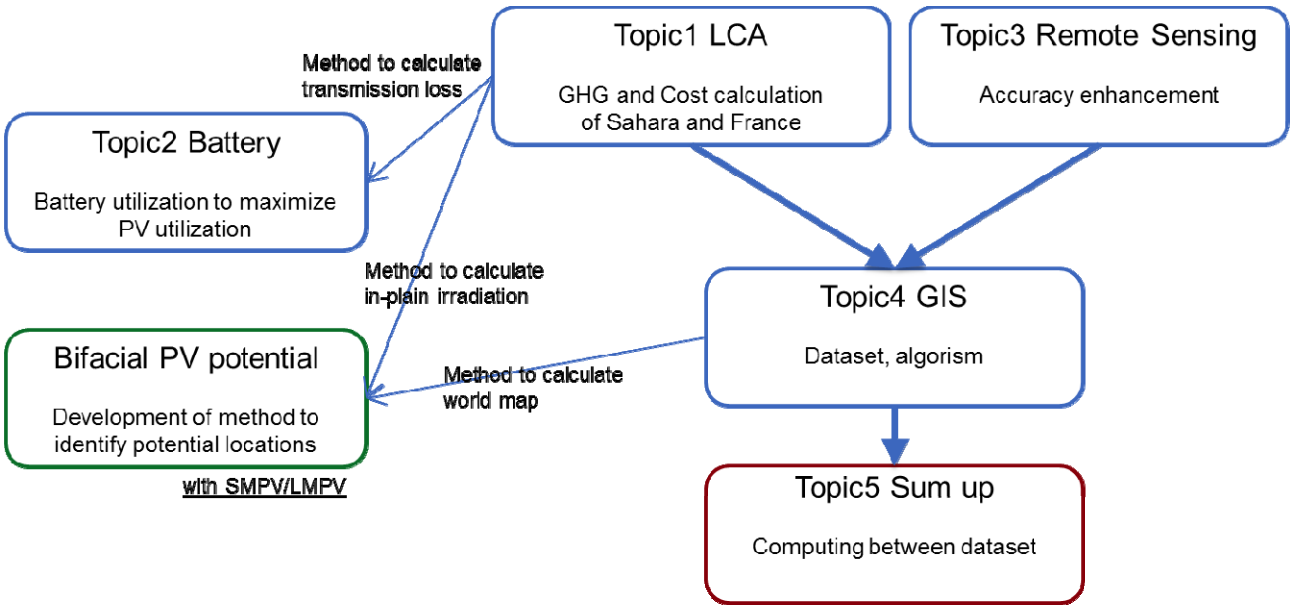


図 1　研究テーマ概図

<Topic 2: VLS-PV のバッテリ導入効果>

太陽光発電は昼にピークがあるため，ピーク時の発電電力を蓄電することで送電容量を減らすことができるなど送電コストを下げられる可能性がある。これを分析した。バッテリの充放電損失から送電線の容量内ではメリットは生まれないが、近年増えている送電容量を超えた条件ではバッテリの利用によりコスト削減効果があることが分かった。

図 2 のように送電線の送電容量を超えた時、一時的にバッテリに蓄電し、夜間などの送電電力量が少ない時に送電する。この時にバッテリの設備コスト、充放電効率などを考慮し、kWh 当たりのコストを、送電線の損失などを考慮して計算すると、バッテリ価格が 250 USD/kWh の場合、ワルザーザート（モロッコ）では太陽電池の kW が送電容量限界に対して 1.5 倍、カルパントラ（フランス）では 2 倍の容量の時にコストメリットが出ることが分かった。また、この時ワルザーザートでは太陽電池価格の 24%の投資により 19%の利用可能な発電電力量が増え、カルパントラでは同様に 24%の投資により 10%の発電電力量が増えることが分かった。

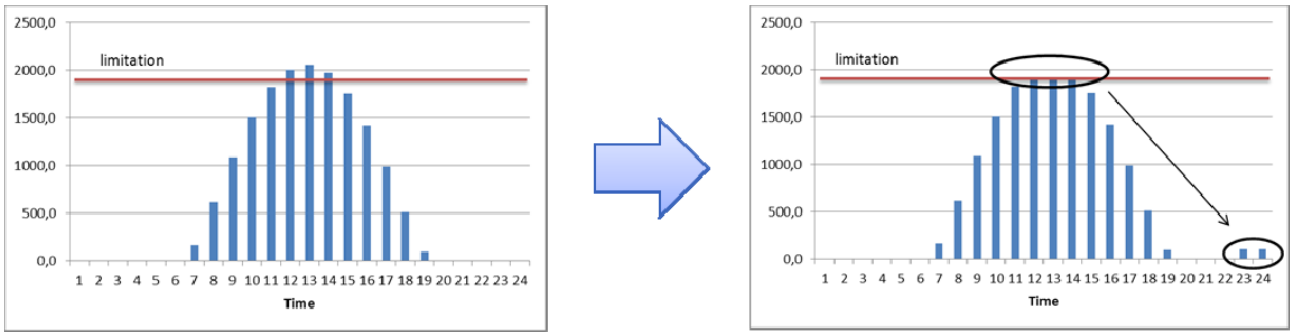


図 2　発電電力蓄電のイメージ図

<Topic: 両面受光型太陽電池>

両面受光型太陽電池はコスト高から利用が進んでいないが、垂直設置により砂などの汚れの影響を受けないなど砂漠地域で有効であると言われている。ここでは通常の片面受光型太陽電池に対し、両面受光型が有効となる条件について議論を行った。このトピックでは NASA が整備した世界の日射量データ、地面反射量データを用い、各地域の日射量を傾斜面日射量に変換して片面受光と両面受光の比較を行った。

結果、一般的に言われているように緯度の高い北欧やロシア、南極では両面受光型太陽電池にメリットがあり、それ以外の地域では片面受光型太陽電池の方が発電量が大きくなるが、地面反射量の多いサハラ砂漠、中東地域では両面受光型太陽電池にもメリットがあることが分かった。汚れの損失を考慮すれば、さらに大きな差が出てくると考えられる。

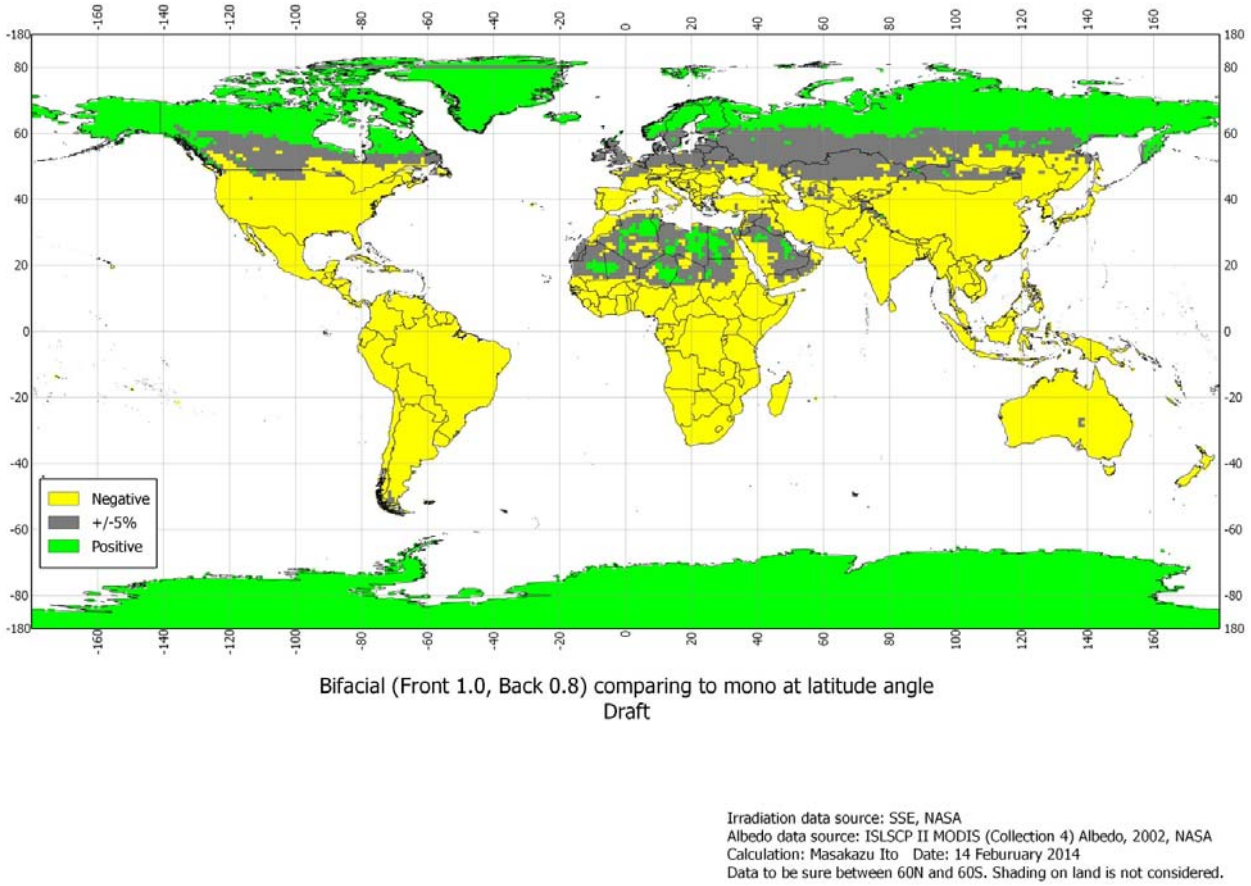


図 3　片面受光型太陽電池（傾斜角は緯度）に対する両面受光型太陽電池（表面は片面受光型と同様の効率、裏面は 0.8）

<Topic 1: サハラとフランスのケースのライフサイクル評価>

サハラ砂漠，フランスの LCA データを収集し，ライフサイクル評価を実施した。これを地図上で使用可能とするため，単位当たりのデータに直し，表 2 に示す GIS 用のデータを抽出した。これは Topic 4 に使用する。

表 2　ライフサイクル評価から抽出した GIS 用データ

		Ouarzazate	Carpentras	Average
System components	t-$CO_{2\text{-eq}}$/MW	1 688	1 691	1 690
Transportation	t-$CO_{2\text{-eq}}$/(MW･km)	0.23	0.24	0.23
Transmission lines	t-$CO_{2\text{-eq}}$/(MW･km)	0.83	0.83	0.83
Disposal (treatment and land fill)	t-$CO_{2\text{-eq}}$/MW	41	15	28
Disposal (tranpsortation)	t-$CO_{2\text{-eq}}$/(MW･km)	0.27	0.27	0.27
Transmission loss (plant loss)	%	1.70%	1.65%	1.68%
Transmission loss (line loss)	%/km	0.022%	0.019%	0.020%

<Topic 3: リモートセンシングプログラムの GIS 用設計>

ここでは渡航前までに行ってきたリモートセンシング手法の改善と GIS への適用を行った。植生の多い地域の評価、ずれの修正、現地写真を利用した比較（グランドトゥルース）を行った。この手法をサハラ砂漠の衛星画像（ランドサット）に適用し、図 4 に示す結果を得た。

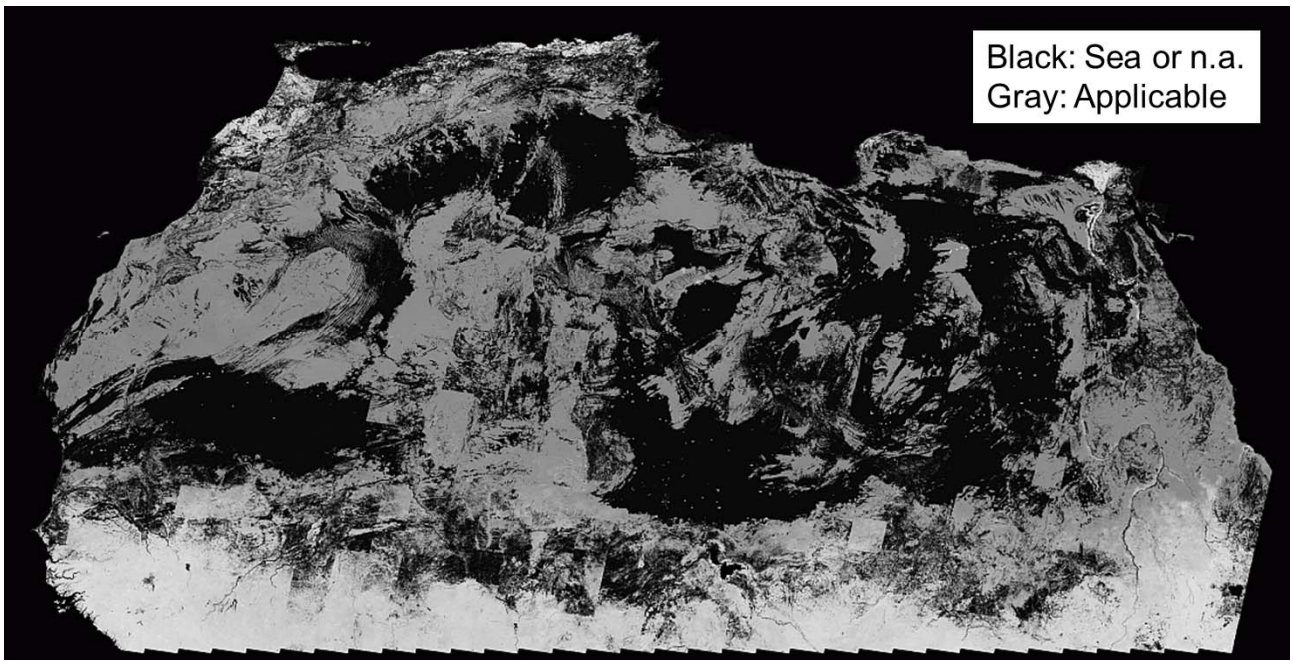


図 4　衛星画像を用いたリモートセンシングによる適地（平地・礫砂漠）抽出結果（グレー：適地、黒：不適地または海）

<Topic 4: GIS データセットとアルゴリズムの開発>

ここでは以下に示す GIS 用データセットの整備を行った。

- **LCA dataset**：from Topic1
- **Transmission dataset**：from Topic1
- **Land suitability index**：from Topic3
- **Irradiation**：SSE/NASA
- **Ambient Temp.**：SSE/NASA
- **Albedo**：ISLSCP/MODIS/NASA
- **Cities**：Natural Earth
- **Ports**：Natural Earth
- **Vegetation**：Global Percent Tree

<Topic 5: 大規模太陽光発電システム向け適地地図の作成>

ここまでに作成したデータをまとめ、適地地図を作成した。図 5 は太陽光発電システムの二酸化炭素排出原単位をまとめた。サハラ砂漠中心部は日射量が多いが、輸送や送電などを考慮するとモロッコやスーダンなど周辺地域の方が環境に良いという結果が得られた。

また、発電コストについても図 6 のようにまとめた。二酸化炭素排出原単位の図と同様、中心部はややコストが高く、周辺部で安価となっているが、中心部でも安価な地域もあることが分かった

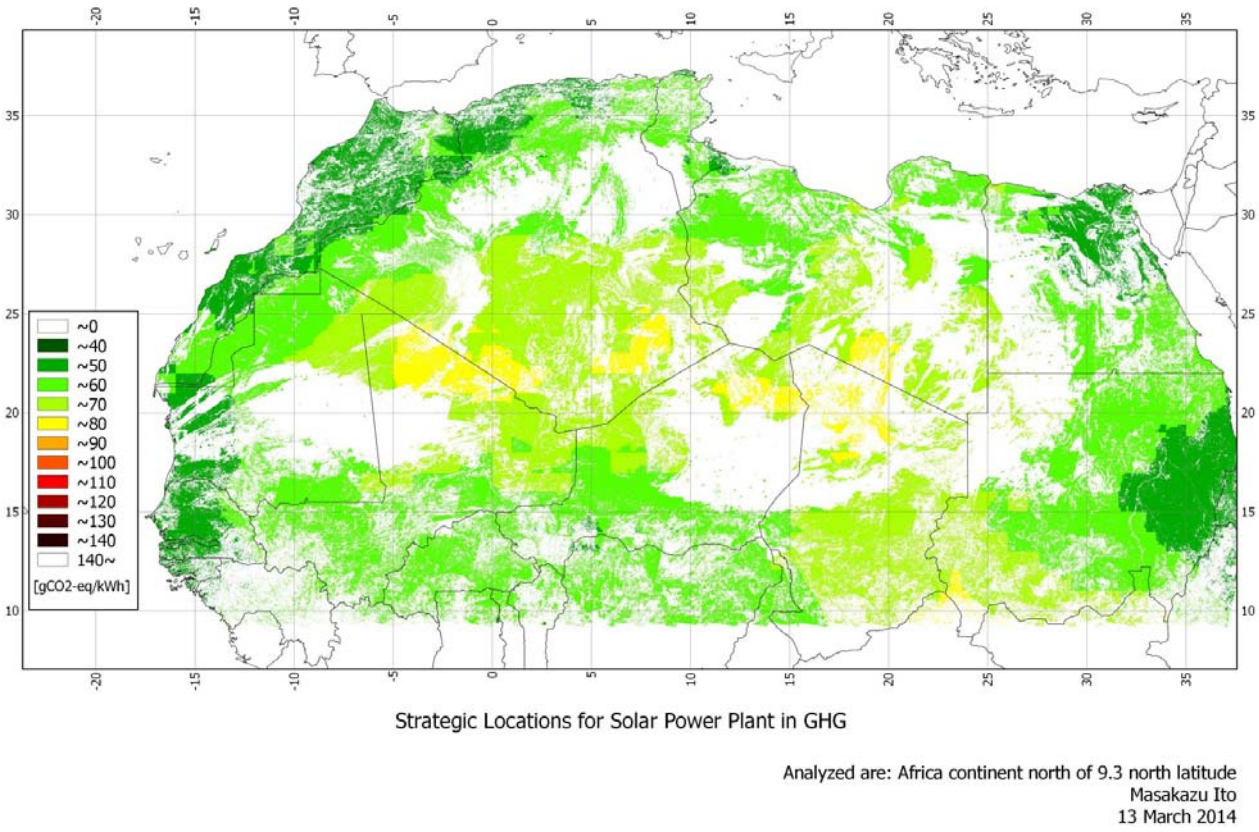


図 5　輸送、送電なども考慮した太陽光発電システムの二酸化炭素排出原単位。色の付いている地域は設置可能な地域

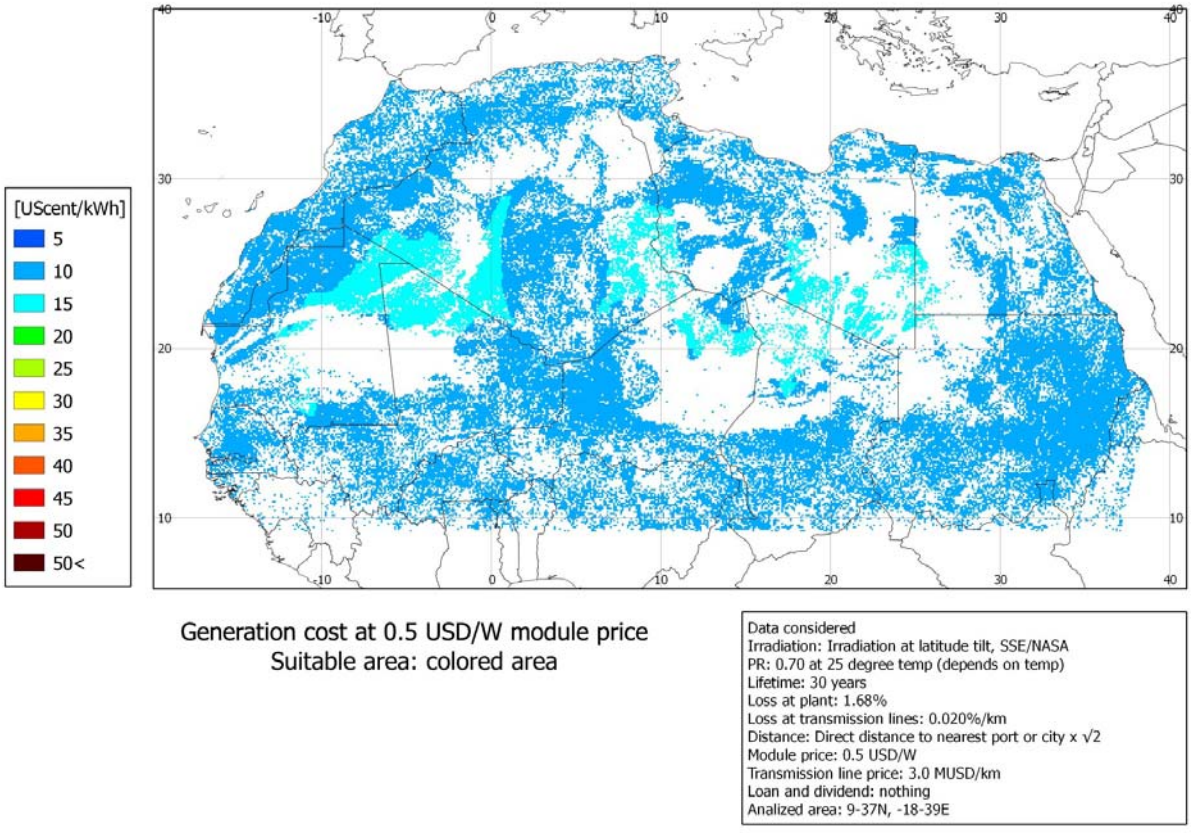


図 6　大規模太陽光発電システムの発電コスト。色の付いている地域は設置可能な地域。中心よりも周辺に適地。

３．その他発表等

- Topic 1（LCA）について学術誌 Progress in Photovoltaics へ投稿。Topic 2（バッテリーオプション），Topic 4（GIS）についても投稿準備中。
- 2013 年 10 月 7 日～10 日に国際エネルギー機関／太陽光発電システム研究実施協定（IEA/PVPS）タスク 8 専門家会議をフランス国立太陽エネルギー研究所へ招致し, 2 日間の会議, ワークショップ, 大型太陽光発電システム見学を実施した。
- 第 28 回欧州太陽光発電国際会議（パリ）で、Topic 3（リモートセンシング）に関する報告（口頭発表）を行った。（2013 年 9 月 30 日～10 月 4 日）
- 国際エネルギー機関／太陽光発電システム研究実施協定（IEA/PVPS）タスク 8 第 28 回専門家会議（ドイツ国エルフルト）へ参加し、また直後に開催された第 27 回欧州太陽光発電会議併催シンポジウムにて口頭発表した。（2012 年 9 月 27 日）
- 国際会議：北アジアにおける再生可能エネルギーの協調と系統との連携（Renewable Energy Cooperation and Grid Integration in Northeast Asia）に参加し、招待講演を行った。（ウランバートル、2012 年 11 月 12 日～13 日）
- 国際シンポジウム : PV Energy: Environmental and Economical Impact of PV Energy Production で講演した。（スイス国ドゥーベンドルフ、2013 年 10 月 22 日）
- 在リヨン出張駐在官事務所所長のフランス国立太陽エネルギー研究所訪問受け入れを行った。（2013 年 9 月 11 日）
- 日本から 2 件の渡航先見学受け入れを実施し，同時にミニワークショップを行い連携の強化を図った。（2012 年 10 月 1 日，2013 年 4 月 12 日）

関連報告（書籍，雑誌論文）[1-12]

1 Komoto K, Breyer C, Cunow E, Megherbi K, Faiman D, van der Vleuten P, Energy from the Desert: Very Large Scale PV Power-State of the Art and Into the Future, Routledge, USA and Canada, 2012.

2 Nishimura A, Hayashi Y, Tanaka K, Hirota M, Kato S, Ito M, Araki K, Hu E J, Life cycle assessment and evaluation of energy payback time on high-concentration photovoltaic power generation system, *Applied Energy*, **87**(9): 2797-2807 (2010).

3 Ito M, Komoto K, Kurokawa K, Life-cycle analyses of very-large scale PV systems using six types of PV modules, *Current Applied Physics*, **10**: S271-S273 (2010).

4 Komoto K, Ito M, Vleuten P v d, Faiman D, Kurokawa K, Energy from the Desert: Very Large Scale Photovoltaic Systems: Socio-economic, Financial, Technical and Environmental Aspects, Earthscan, 2009.

5 Ito M, Hamano Y, Kurokawa K, Solar Resource Potentials of a Very Large Scale PV System in Sahara Desert, *Journal of Arid Land Studies*, **19-1**: 105-108 (2009).

6 Ito M, Kato K, Komoto K, Kichimi T, Kurokawa K, 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): 17-30 (2008).

7 Kurokawa K, Komoto K, Vleuten P v d, Faiman D, Energy from the Desert: Practical Proposals for Very Large Scale Photovoltaic Systems, Earthscan, 2006.

8 Sakakibara K, Ito M, Kurokawa K, A Resource Analysis on Solar Photovoltaic Generation System on the Gobi Desert by a Remote Sensing Approach, *Journal of Arid Land Studies*, **Vol.14S**: 235-238 (2004).

9 Kato K, Otani K, Komoto K, Ito M, Kurokawa K, Song J, Faiman D, Fleuten P v d, Verhoef L, Menna P, Collier D, Enebish N, 'Energy from the Desert' -Feasibility Study on Very Large-Scale Photovoltaic Power Generation System on Desert Areas -, *Journal of Arid Land Studies*, **14S**: 163-166 (2004).

10 Ito M, Nishimura T, Kurokawa K, 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*, **Vol.14S**: 171-174 (2004).

11 Kurokawa K, Energy from the Desert: Feasability of Very Large Scale Power Generation (VLS-PV) (v. 1), James and James, 2003.

12 Ito M, Kato K, Sugihara H, Kichimi T, Song J, Kurokawa K, 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**(3-4): 507-517 (2003).

対馬プロジェクト(スマート化プロジェクト)

〇森原　淳（東京工業大学）小田拓也（東京工業大学）
川崎憲広（東京工業大学）三谷　崇（東京工業大学）冨田哲爾（東京工業大学）

1. はじめに

長崎県対馬市は国内で３番目に大きな島であり、球種福岡からは役 140 ㎞、韓国の釜山からは 50km という、まさに国境離島の島である。この、対馬には、本土からの送電線がないため、独立したエネルギー供給を必要となる。したがって、電力、熱、交通のエネルギー源として、多くの課題が存在する。

以上から、本プロジェクトは、この対馬に於いて、再生可能エネルギーを活用した持続可能な資源循環型社会の構築を通じて、「次世代型・エネルギー自立の島」を実現し、電力の安定供給、森林資源の活用及び交流人口の拡大を目指している。

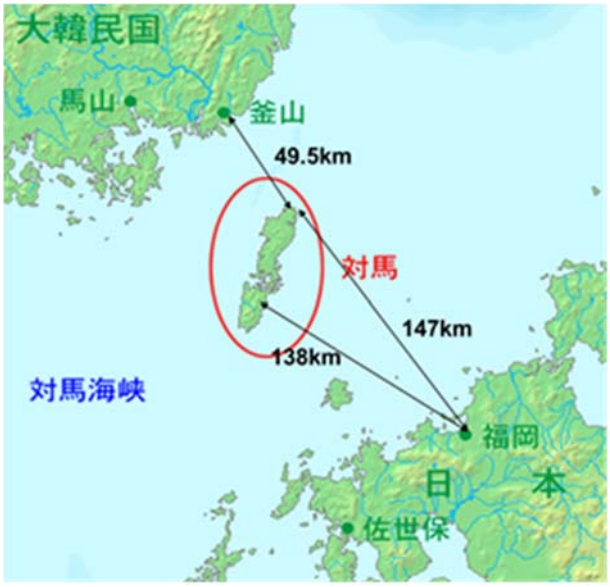


図１　対馬の位置

AES センターは長崎県および対馬市と連携して、「対馬環境エネルギーコンソーシアム」および総務省『「分散型エネルギーインフラ」プロジェクト導入可能性調査事業』の下で、対馬市でのエネルギーサービス事業化の可能性を検討している。エネルギーインフラの整備を通じて化石燃料の削減に役立て、地域活性化を実現し、国境離島におけるバイオマスエネルギー、風力、太陽光発電などの再生可能エネルギー導入に向けた課題解決の世界的なモデルを構築する。

2.対馬の現状と課題

対馬市は四方を海で囲まれ、必要なエネルギーの大半を島外からの化石燃料の供給でまかなっている。資源・エネルギーの問題は、地域の社会・経済の存続に関わる重要な問題であり、ことに化石燃料の高騰は離島の社会経済に深刻な影響を与えており、特に漁業や公共施設に大きな負担となっている。

一方で、島内の天然資源に関しては、市の約 89%が森林でおおわれ、林産業から発生する間伐材や端材・残材の多くが十分に活用されているとは言い難い。これらの資源は化石燃料代替エネルギーとして、対馬市が島外からの供給に頼っている灯油や重油に代わり、熱や電力として、地場産エネルギーとして活用できる可能性を秘めていると言っても過言ではない。

特に対馬においては、基幹産業である漁業生産額や公共事業の減少に対応するため、新たな産業誘致が必要である。老朽化したディーゼル発電機による独立電源の島であり、本土に比べて脆弱な電力網であることから、化石燃料が供給できない状態が発生すると、停電等の混乱可能性もある。国土強靭化（ナショナル・レジリエンス）の立場からも、本土に比べて脆弱であるからこそ、益々、災害時に備えたエネルギーセンターの構築が必要である。また、日本国の縮小版として、10 年先に日本が直面する課題を担っており、大型離島における地域エネルギーのあり方という課題解決には絶好のフィールドとなる。さらに、国境離島は、我が国の領域、排他的経済水域の保全など、国家的に重要な役割を担っている。

3. 長崎県および対馬市の取り組み

長崎県は、環境産業の振興、雇用の創出と併せて低炭素社会を実現する政策横断プロジェクト「ナガサキ･グリーンニューディール(以下GND)」の下で、国の目指す「環境負荷低減と経済成長の同時実現」や「地域活性化にもつながる循環型社会・自然共生社会の実現」などについて、先導的な「ナガサキ･グリーンニューディール戦略プロジェクト」を推進している。現在は「対馬プロジェクト」として、対馬における再生可能エネルギーを活用した持続可能な資源循環型社会の構築を通じて、化石燃料に頼らない安心･快適で豊かな「次世代型･エネルギー自立をめざす島」を実現し、電力の安定供給、森林資源の活用および交流人口の拡大に資するため、「対馬環境エネルギーコンソーシアム（会長：森原特任教授）」を2013年6月に設置し、AESセンターとの連携も始まった。

コンソーシアムでは具体的に以下のような審議や提言を実施する予定である。

①太陽光･風力･バイオマスなどの再生可能エネルギー導入、省エネを積極的に推進

②地元市民･地元企業や電気事業者など、地域ぐるみで自立に向けたエネルギーのベストミックスを検討

③ベストミックス達成に向け、技術的課題の解決や社会システムづくりに取り組み、エネルギー自立の島「対馬」を世界に発信

4.「分散型エネルギーインフラ」プロジェクト導入可能性調査事業

2013年11月より、総務省の平成25年度委託事業として「分散型エネルギーインフラ」プロジェクト導入可能性調査事業（以下、調査事業）を開始した。

総務省の「地域の元気創造プラン」では、民間活力の土台となる地域活性化インフラ・プロジェクトの一つとして、「分散型エネルギーインフラ」プロジェクトを推進している。この事業では、地域で共同整備すべきエネルギーインフラ、その事業スキーム、整備事業費、運営事業収支などの事業計画、それによって実現可能となる発電事業等の地域エネルギーサービスの事業化の可能性及びそれによる地域社会への影響・効果等について調査し、実現に向けた実態的、制度的な課題・解決方策の抽出、検証等を行う。

分散型エネルギーインフラの整備は、地域での新たな資金循環を促すものとなる可能性があり、熱供給事業や発電事業を通じた地域活性化が期待される。具体的には、雇用・新産業の創出、島の人口増加、国境離島の役割強化（我が国の領域、排他的経済水域の保全等）などがある。

この「エネルギー自立に向けた離島プロジェクト」として、具体的な内容については、図2に示す。以下の項目について詳細なFSを実施した。

①地産エネルギー熱源の活用

木質バイオマスボイラーによる熱供給、林業の活性化、漂着･漂流ゴミの活用

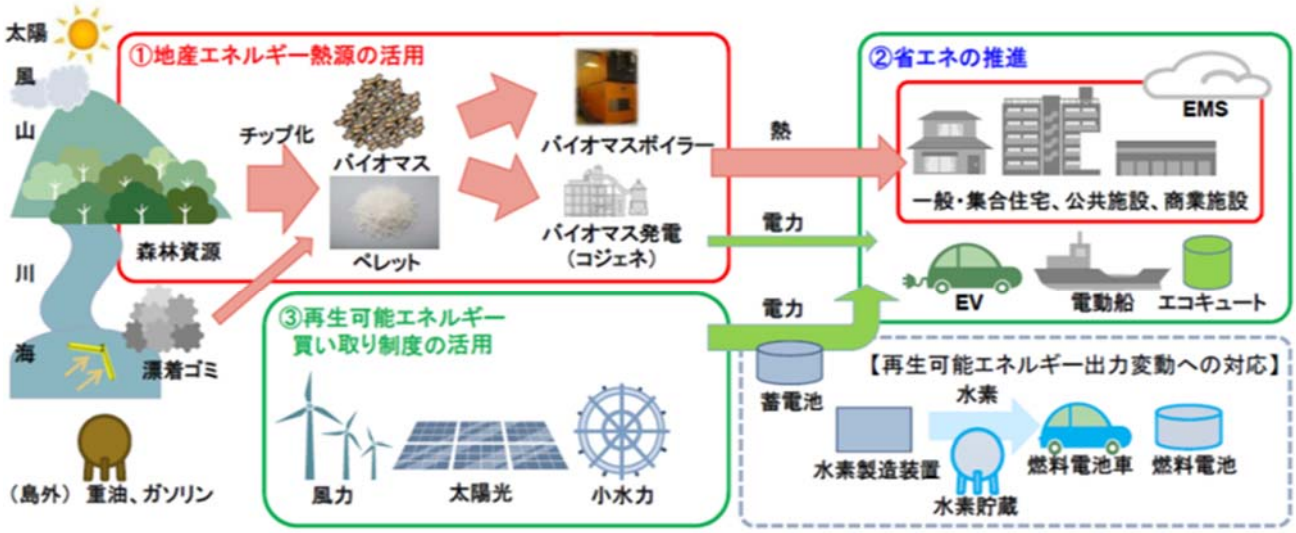


図2　エネルギー自立に向けた離島プロジェクト

②省エネの推進

ＬＥＤ化の促進、スマートコミュニティ（デマンドレスポンス=CATV 網の活用）の推進

③再生可能エネルギー買取制度の活用

バイオマス発電、風力発電、太陽光発電（⇒重油火力発電の代替）

※交通（自動車ｅｔｃ）

エネルギー地産化も同時推進

島全体としては、島のエネルギー資産である、バイオマス、太陽光、風の力を借りてエネルギー化を進める。これに加え、中国、韓国、日本から漂流・漂着したゴミを資源化してエネルギーとして活用する。その一方で、電気や熱を効率的に使われていない一般集合住宅や公共施設を省エネする。更に、輸送用として漁船や自動車で使われている経由やガソリンなどの化石燃料を、水素や電気に変えることで島全体での化石燃料を削減すると同時に、クリーン化を図る。

これにより、今後は、図３に示されるような形で化石燃料の使用量を削減することを目的とする。

図３の下の部分には、島内での石油製品の価格を示すが、本州内と比較して、30%は近く割高となっている。これは、ひとえに、本州から化石燃料を輸送する際に使用されてしまったものである。

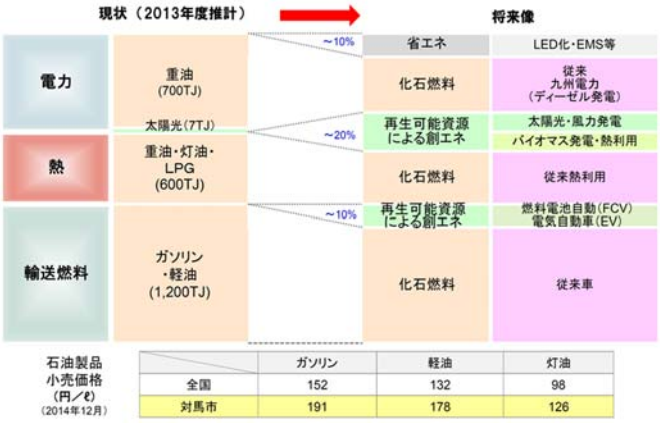


図３ 対馬の現状と将来のエネルギー需給バランス

図３の左側は、2013 年度における島全体のエネルギー使用量を示すが、その約半分のエネルギーは、輸送燃料であり、残りの更に半分が電力、熱として使われている。最初に電力は、伝統の LED 化やデマンドレスポンスなどの消費側のエネルギー使用量削減により省エネを図る。次に、熱に関しては、徹底してバイオマスを燃焼することにより生じた熱を、化石燃料を燃焼してできた熱から入れ替えることにより化石燃料の削減を図る。最後に輸送燃料としては、ガソリンや軽油だけだったが、再生可エネルギーにより作られた電力を用い打電気自動車や、この電力を電気分解して作ら

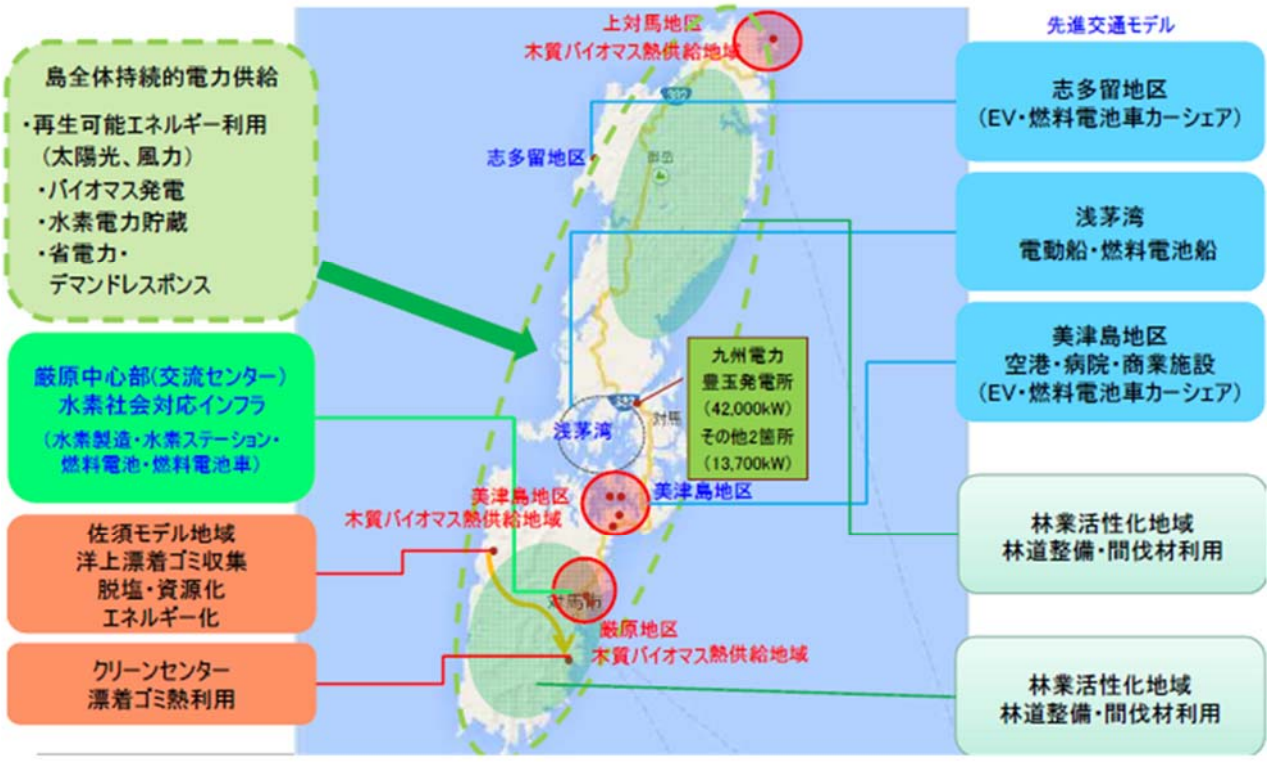


図4　エネルギー自立に向けた離島プロジェクト

れた水素を用いた燃料電池車に活用する。

以上により、将来は、バランスの良いエネルギー弦とすることで、災害にも強いレジリエント社会を作り出す。

次に、対馬で実施しようと計画している個々のプロジェクトについて、図４により説明する。

図４の中で緑色に示された電力の供給に関しては、島内全体で実施する。薄青色で示された部分では、林業の活性化を図る部分であり、ここで得られたバイオマスや、赤色で示された漂着ゴミのプロジェクトを熱源として、地図中で赤い文字で示された上対馬地区、美津島地区、厳原地区のそれぞれで個別化して熱供給する。これらは、地域熱供給であり、熱が冷めない範囲で最適化することを試みて、地域を限定する。

青色の部分は、先進交通モデルであり、燃料電池車、真珠養殖に活用する電動船、電気自動車のカーシェアリングとして、輸送用の化石燃料の削減を図る。最後に、先進的な水素を二次エネルギーとして、水素ステーション、水素コージェネレーションを組み合わせて、対馬交流会館を最新の地域コミュニティセンターとする。

5. 活動と研究成果

コンソーシアムとともに、総務省の調査事業の下で、次のようなエネルギーサービス事業を想定し、事業化の可能性を検討している。

(1)木質バイオマスを利用した発電･熱供給

島内の森林資源を活用して林業を活性化し、製材所等より発生した廃木材より製造した木質チップをバイオマス発電および熱利用の燃料とする。また、熱を特定地域に供給するための熱配管等のインフラ及び最適な需給バランスを実現する地域熱供給を整備する。

(2)蓄電池、水素を活用した電力調整

再生可能エネルギーの導入を促進するため、風力発電所および大規模太陽光発電所に隣接して蓄電池を設置して系統を安定化する。さらに、電気自動車や燃料電池車の蓄電池機能を活用して、デマンドレスポンスや、災害時のエネルギーの備蓄を達成させ、レジリエントな社会を構築する。

(3)自動車・漁船などの交通スマート化

漁船の動力を電動かすることにより、燃料使用量を 1/10 に削減する。更に、この電力として、再生可能エネルギーを活用すれば、化石燃料を使わない、ゼロエミッションの漁船とする。また、島内の住宅・公共施設・事業所に LED 照明、太陽光発電、蓄電池等を設置し、住宅・事業所・地域エネルギー管理システム（HEMS･BEMS･CEMS）を整備し、デマンドレスポンスを活用して、省エネルギー化を図る。

6. 今後の展望

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

再生可能エネルギーとしては、当面はバイオマス発電･熱利用、太陽光発電、陸上風力発電であるが、将来は浮体式洋上風力発電を用いた大規模なウインドファームについても検討する。さらに、水素を用いる燃料電池自動車の普及も検討していく。これらを、まとめた理想の対馬のライフイメージを図５に示す。

海辺に、対馬産のヒノキでできた家に、バイオマスによる暖房や太陽光による環境に優しい電力、そして、燃料電池自動車や電動船によるエコでクリーンな癒しの離島ライフを提供する。

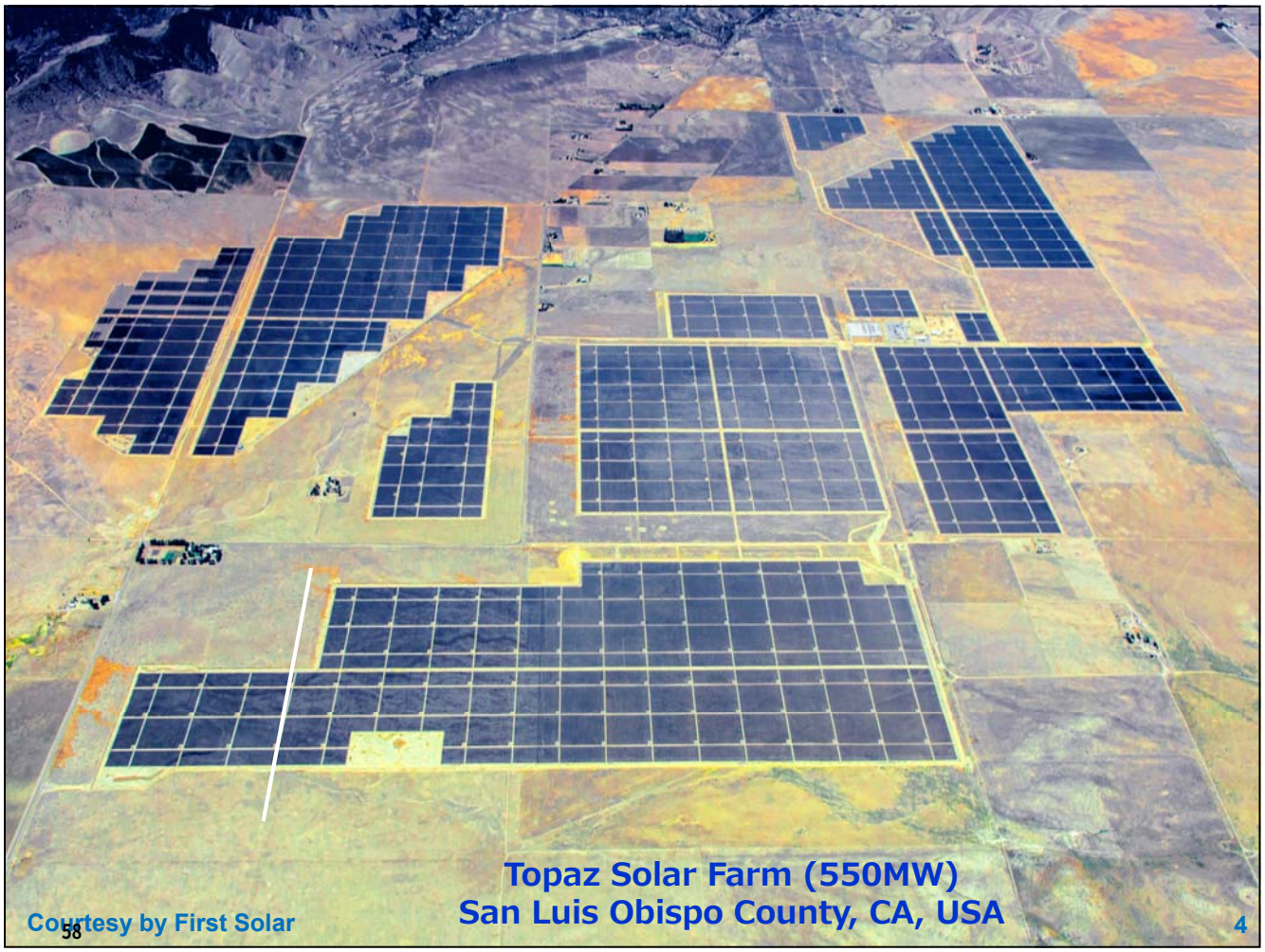
長期的には、韓国（釜山）と、さらには対馬島から壱岐島を経由して福岡などの本土と海底ケーブルで系統連系することも視野に入れ、日本発の海外との系統連携を目指す。

図５　快適・クリーン・癒しの対馬ライフイメージ

太陽光発電システム
最近の気になる話
-より安心・安全なシステムへ-
第17回太陽光発電システム研究発表会
東京工業大学　統合研究院 特任教授
AES国際研究センター
黒川　浩助
再生可能エネルギー協議会　代表
IEC/TC82　日本代表委員；太陽光発電標準化総合委員長(JIS)
21 MAR 2015

21 MAR 2015
太陽光発電システム
最近の気になる話
-より安心・安全なシステムへ-
1. プロローグ
- 60 yrs., 40 yrs., 33yrs.
2. 標準化の意義
3. 近頃の気になる話
Advanced Energy System for Sustainability
57

© 2015, kurochans-net



60 years since the First Silicon p-n Solar Cell

New York, April 1954

50th Anniversary, WCPEC-3, Osaka, May 2003

2003年第3回太陽光発電世界会議(大阪)で展示された世界最初のシリコン太陽電池

［ベル研発明者］パネル左：ピアソン博士, 中：チャピン博士, 右：フラー博士

［ショーケース内］世界初のシリコン結晶太陽電池（丸形3×3セル）展示品

［展示品提供者］カズメルスキー博士（NREL）：右前

© 2015, kurochans-net

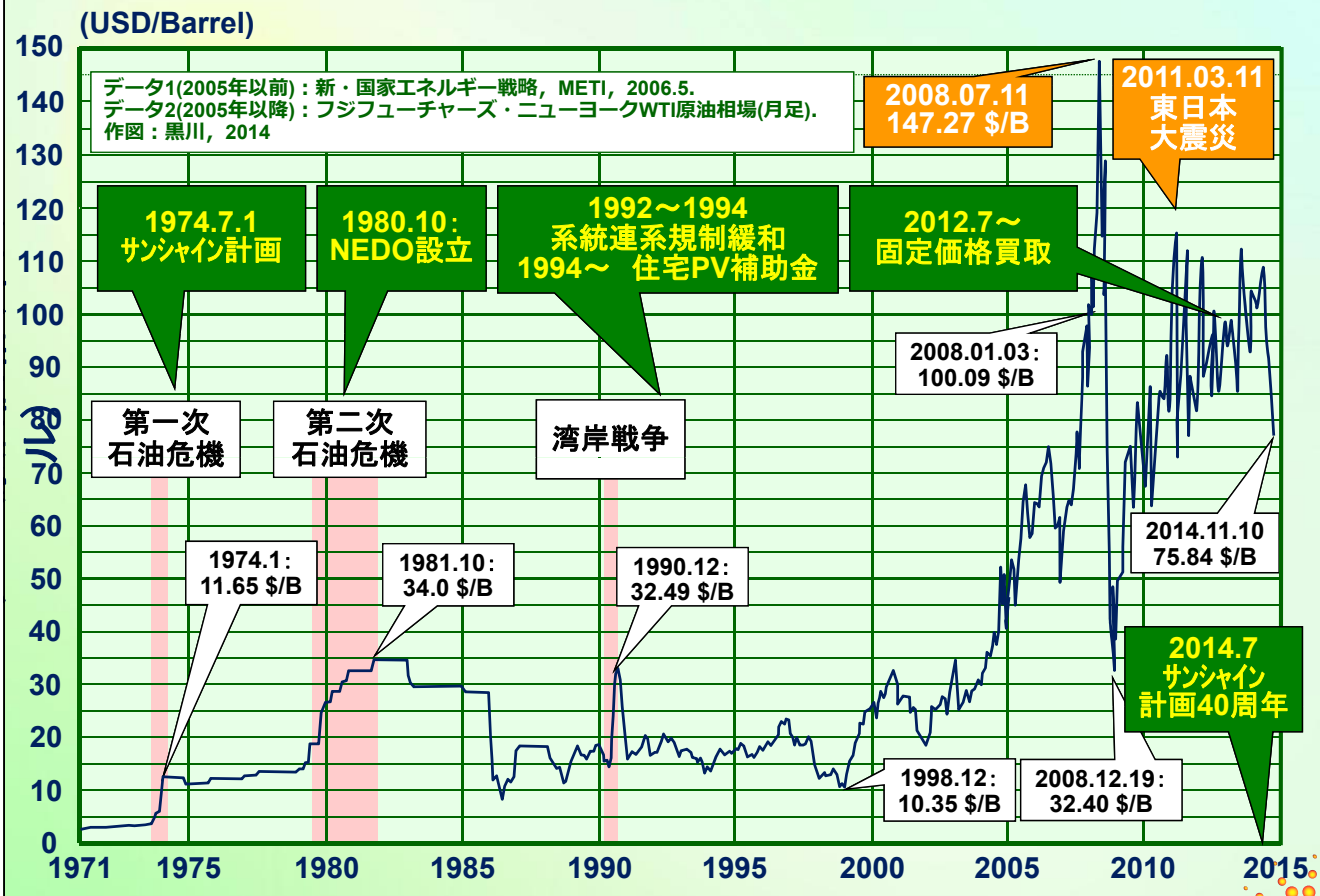
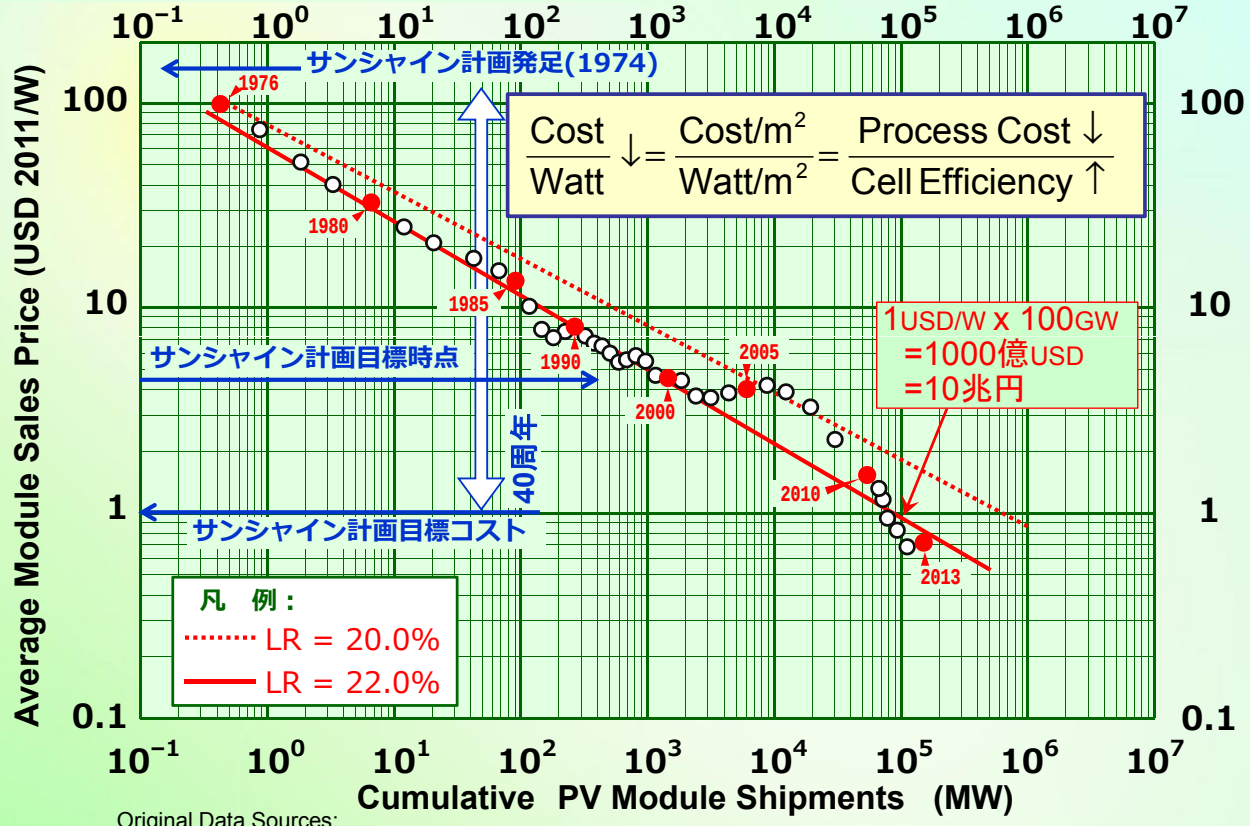


図1.1-1 原油価格の動向とサンシャイン計画の進展

© 2015, kurochans-net

World First Solar Cell by Bell Lab. in 1954



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

© 2015, kurochans-net

7

IECRE Certification Scheme

IECEE-PV being renovated as one of IECRE Schemes!

IEC TC82 & JIS – 33yrs. http://www.iecre.org/

© 2015, kurochans-net

8

21 MAR 2015

太陽光発電システム
最近の気になる話
-より安心・安全なシステムへ-

1. プロローグ
   - 60 yrs., 40 yrs., 33yrs.
2. 標準化の意義
3. 近頃の気になる話

Advanced Energy System for Sustainability

太陽電池モジュールの対環境要求事項

要　求　事　項	求 め ら れ る 性 質
最大の透明度を有した前面カバー	光学的透過性;広い分光透明度;低反射率
気候条件・電気ストレスに長期間暴露される発電層	温度サイクル, 降雨, 湿度, 紫外線, 伸縮など
気候条件に長期間暴露される表面層・裏面層	温度サイクル, 降雨, 湿度, 紫外線,伸縮などへの耐久性
機械的強度	風速, 雪, 降雹: 耐重量;耐圧力;耐衝撃...
配線ケーブル	良導電性・対地絶縁性・環境耐性
内部課電部を外部表面から隔離	防水性;絶縁性
ホット・スポット	部分日陰に対する保護
防耐火性	電気的検出・保護方法;防火手段;対人安全性

© 2015, kurochans-net

★★ 標準規格化の意味（一つの見方） ★★

命　　題	帰　　結
測定の不確かさ：　−1%だとしたら。。。(a)	FY2013国内モジュール市場：8.1 GW推定 8.1 GW × (− 0.01) ≒ −80 MW　→ if ～100円/W → −80億円
測定の不確かさ：　−1%だとしたら。。。(b)	FY2013国内PVシステム市場：7.5 GW推定 7.5 GW × (− 0.01) ≒ −75 MW→ if ～30万円/kW → −230億円
測定の不確かさ： −1% だとしたら。。。(c)	20GW（仮想累積設備認定）×14%（年稼働率大型）×8760h ×32¥/kWh（FIT額）×20年 ×(− 0.01) = −1570億円20年
−10% だとしたら。。。(d)	×32¥/kWh（FIT額）×20年 ×(− 0.10) = −1兆5700億円20年
素朴な疑問：	現在のモジュールJIS: ±10%　では？？？...
安心・安全な太陽光発電システムを実現	顧客からの信頼感を得ることが大切！
さらに安全・安心なシステムの提供のために！	防火・消火　：直流電気設備：投資資産の保全・消防士の保護．．． メガソーラーなど，国内安全等規制の整備を！

© 2015, kurochans-net

★★　気になる近頃の話題　（1）　★★

- 自身の信頼性・安全性
- 他者に対する安全性・信頼性
- 投資計画評価; バンカビリティ; 保険
- 環境影響評価: 工場立地法は適用除外になったが！→環境省景観問題
- プロジェクト管理 / 設計品質 / 工法・工程管理 / 安全基準 / 安全管理 /

  システム運転管理
  会計管理（投資回収，… ）
  性能監視(常時モニタリング)
  システム点検(定期点検システム・不具合発見システム) /
  定期補修(消耗品補充・交換);
  故障時修理
- モジュール信頼性・PID; BLD・BPD信頼性

★★　気になる近頃の話題　（2）　★★

- アレイ問題

  防草・除草 ; 風圧荷重; 積雪荷重; アレイ架台構造 ;
  防耐火(DC配線，JB，BPD，BLD，…)→METI/MRI/AISTミニコンソ…
- パワーコンディショナ・インバータ

  EMC（電磁両立性）; 系統連系インターフェース
- モジュール信頼性・PID; BLD・BPD信頼性
- システム安全基準

  住宅用補助金終了，モジュール認証制度が休眠か（？）
  中型・大型システム: 現状では何でもありか（？）; 安全規制;
  発電性能保証; 保険;　Bankability
- リサイクル/ 廃棄; 環境融和材料
- 標準化前段階活動の継承体制（QA Forumなど ; AISTコンソ）

  IEC・JIS規格化・認証制度への継承体制

Fire Test by 61730-2

Only for fire catch!
How about Ignition by PV system itself?

Fire Brand Test according to fire class B

JETPVm Certification

© 2015, kurochans-net

TSUNAMI destroyed all but PV !?

(セキスイハイム)

Taro, Miyako, Iwate Pref.
岩手県宮古市田老地区

Here, too!

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

Iwaki City, Fukushima Pref. (PV-net)

© 2015, kurochans-net

Risks to cause Fire!

エコ住宅トラブル（1）太陽光発電パネルで布団発火，日経BP社ケンプラッツ，2010/07/27.
http://kenplatz.nikkeibp.co.jp/article/building/news/20100723/542429/

Fire Brigade Measures against burning PV System

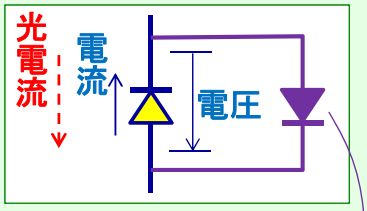
PV Fire-Related Case Studies

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

- PV Related
- Non-PV Related

Photon's 1st PV Safety Conference
15 Feb 2011 SF, CA

回路理論的見方
ダイオード象限



電流

②

（負電圧軸圧縮）

光電流

電圧

部分影などで生じる

発電象限

逆電圧を回避するために逆並列ダイオードでバイパス

逆電流

他ストリングから光電流を超える電流注入

消費電力

①逆電圧側の消費電力が大

②逆電流側の消費電力も大

電圧

回避

（負電圧軸圧縮）

発電象限

例：電圧不平衡ストリングの直接並列；アレイ内多重地絡；BLDの短絡故障時にストリング内の地絡故障

© 2015, kurochans-net

回路理論的見方
太陽電池セル象限

部分影などで生じる

光電流

逆電圧を回避するために逆並列ダイオードでバイパス

発電象限

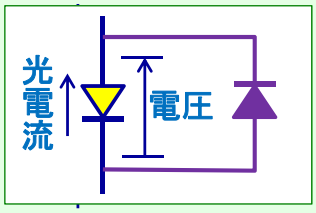
（負電圧軸圧縮）

電圧

逆電流

②

他ストリングから光電流を超える電流注入があった場合



発電電力

発電象限

（負電圧軸圧縮）

電圧

回避

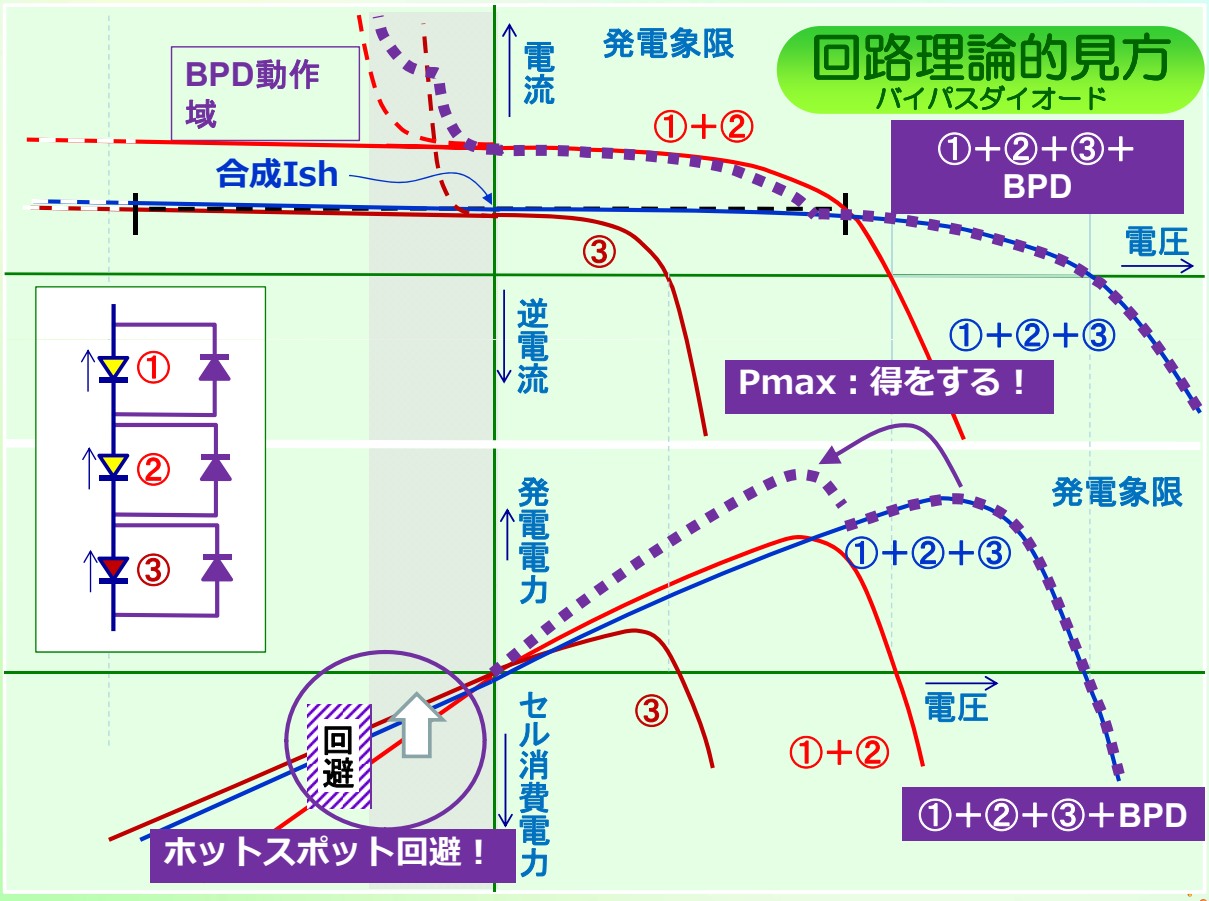
①逆電圧側の消費電力が大

消費電力

②逆電流側の消費電力も大

例：電圧不平衡ストリングの直接並列；アレイ内多重地絡；BLDの短絡故障時にストリング内の地絡故障

© 2015, kurochans-net



© 2015, kurochans-net

METI/MRI新エネ共通基盤「太陽光発電直流安全性」

直流アーク(280 V, 50 A)を真ん中の一対の金属ロッドに通電したまま，静かに離し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，高温のため浮力で上昇していく。切るためには，空気で急速冷却しながら高速で電極間隔を大きく広げるか，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きにスプリングで間隔を空け，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。

http://www.utexas.edu/research/cem/dc_arc.html

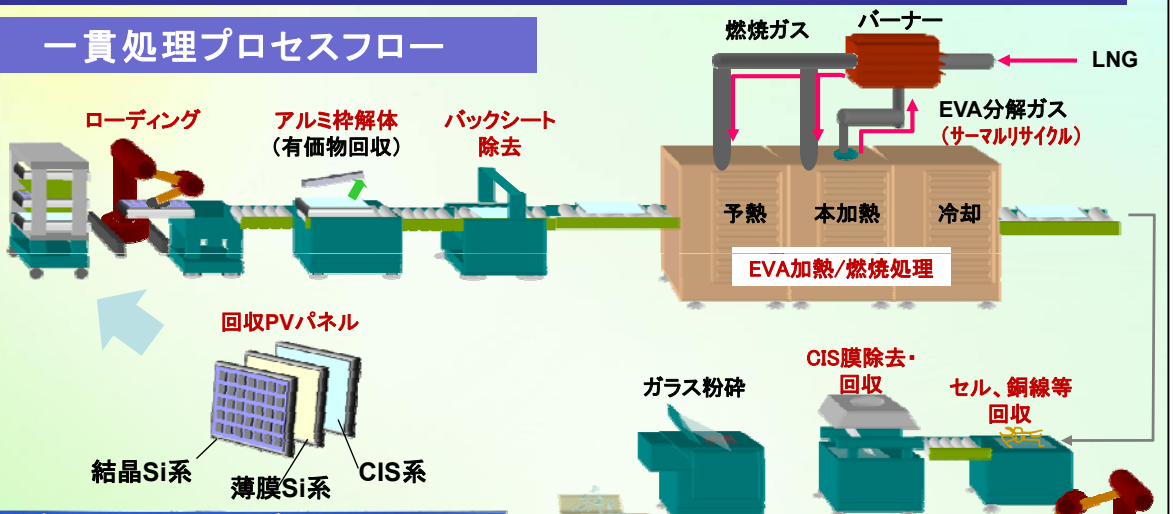
直流アークは静かに安定・継続。アークが発生した後，図のように間隔を広げてもアークは容易に継続。配線作業中にこのような状態になると，非常に高温なので火傷の原因に。また，周囲の可燃物への延焼にも注意。

http://philer.de/design3/index.php?site=elec&secsite=misc

© 2015, kurochans-net

低コスト汎用リサイクル処理技術の基本技術開発

一貫処理プロセスフロー



独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構委託事業

「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発」

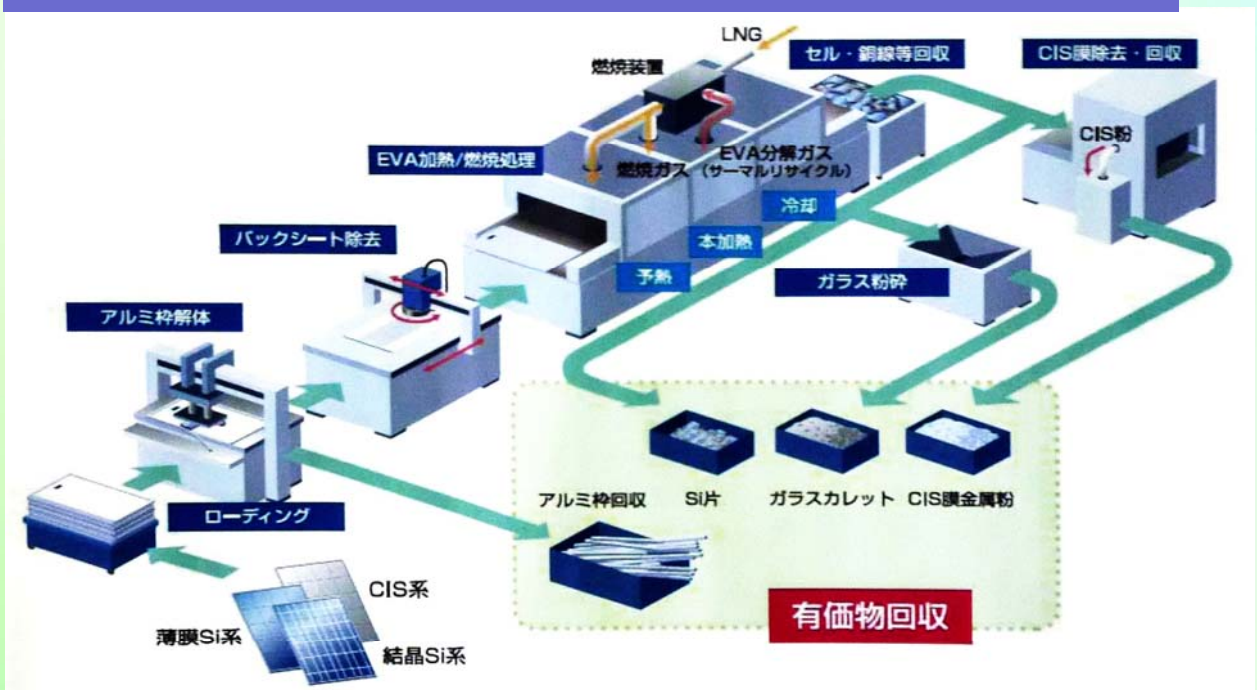
「広域対象のPVシステム汎用リサイクル処理手法に関する研究開発」を実施中

【実　施　主　体】公益財団法人北九州産業学術推進機構(FAIS)
【共同研究企業・機関】昭和シェル石油株式会社　株式会社新菱　みずほ情報総研株式会社
公立大学法人北九州市立大学　北九州市

公益財団法人 北九州産業学術推進機構 <FAIS> FAIS 検索

© 2015, kurochans-net

低コスト汎用リサイクル処理技術の基本技術開発



2）EVA 加熱・燃焼処理装置開発状況

装置試作と試験結果

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構委託事業

「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発」

© 2015, kurochans-net

よくある質問: 世界共通の標準か？ それとも，地域毎に違う基準か？

- 国際市場:
  - シリコン，ウェハ, セル, モジュール, BOS, システム
- 技術要求の地域差は存在する！:
  - インバータ
  - 系統連系インターフェース
  - 安全基準
  - EMC（電磁両立性），リサイクル/ 廃棄, 環境融和材料
  - プロジェクト管理 / 設計品質
- PV設置は，地域の環境や文化との調和が必要！
  ある構成材料・部品は，地域産業で供給可能性あり：
  i.e., 太陽光発電は分散型システムである！
- バランス：〔共通標準〕と〔地域性の加味〕
  このような配慮がなされた国際基準は存在する。
- 単に排他的な意図に基づく障壁は認められない
- 国際認証体制は，ワンストップにならないのか？

© 2015, kurochans-net

これからの社会ニーズ

メーカー価値観 → ユーザー価値観
住宅補助金→メーカー売切り；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；廃棄物問題も直きに顕在化
防災観点→最小限（各個自立運転）； 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

© 2015, kurochans-net

★★ 気になる近頃の話題 （1） ★★

- **自身の信頼性・安全性 and 他者に対する安全性・信頼性**

- **投資計画評価**; 発電量見積；設計認証；バンカビリティ; 保険
- **環境影響評価**: 工場立地法は適用除外になったが．．．
- **プロジェクト管理 / 設計品質 / 工法・工程管理 / 安全基準 / 安全管理 /**
- **システム運転管理 / モニタリング / 点検 / メンテ**
  会計管理（投資回収，…）
  性能監視(常時モニタリング)
  システム点検(定期点検システム・不具合発見システム) /
  定期補修(消耗品補充・交換);
  故障時修理
- **システム安全基準**
  住宅用システム: 補助金終了に伴い，モジュール認証制度が休眠か（？）
  中型・大型システム: 現状では何でもありか（？）；安全規制; 知識の共有化・安全規制
  不具合早期発見；発電性能認証・保証; 保険; Bankability

© 2015, kurochans-net

★★ 気になる近頃の話題 （2） ★★

- **モジュール信頼性・PID**;
- **アレイ問題**
  防草・除草；風圧荷重(METI/MRI/JEMA: 大型アレイ耐風速設計);
  積雪荷重; アレイ架台構造
  防耐火(DC配線，JB，BPD，BLD，…);
- **パワーコンディショナ・インバータ**
  EMC（電磁両立性）；系統連系インターフェース
- **標準化前段階活動の継承体制**（QA Forumなど；AISTコンソ）
  IEC・JIS規格化・認証制度への継承体制
- **リサイクル/ 廃棄; 環境融和材料**
- **スマートコミュニティ統合対応**
  パワーコンディショナ高機能化;
  変動性予測システム;
  最適システム; 系統適合性;
  などなど

© 2015, kurochans-net

★★ 気になる近頃の話題 ★★

防草対策は重要

2013年5月稼働

稼働後わずか
3ヶ月

2013年8月の様子

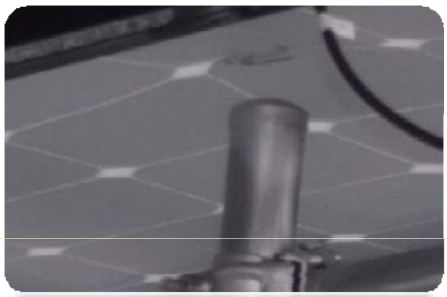
© 2015, kurochans-net

★★ 気になる近頃の話題 ★★

シューワ山梨太陽光発電所:
http://www.shu-wa.jp/business/news.html?id=390

© 2015, kurochans-net

★★　気になる近頃の話題　★★



太陽電池架台には沢山の種類があるが単管パイプを使用する場合は、接合部にクランプを使用するのでクランプの滑り抵抗を考慮した設計が必要であるが、経費節減と単管パイプの特性を理解していないとこの写真のようになる。
太陽電池と架台の重さをクランプが支えきれず滑ってしまい架台全体が押し下げられるが、柱の単管パイプはそのままなので太陽電池パネルを突き破ることになる。

浅川氏ブログ（北杜市在住）：　http://www.mt8.ne.jp/~sun/news/20140324.html

38

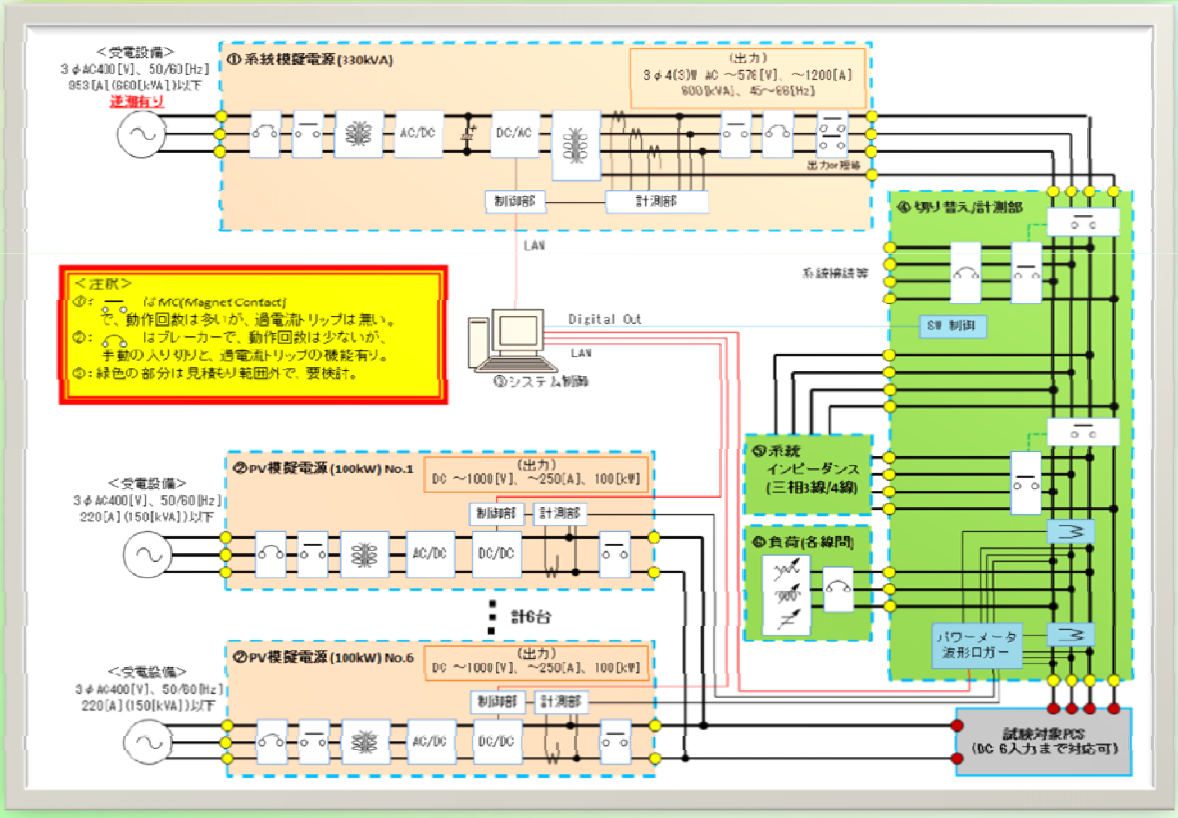
★★　気になる近頃の話題　★★

倒壊発電所・・・・事例
こちらの写真の倒壊発電所を検証して観ると、まず驚くのが、
○1　基礎が持ち上がっていること。
（通常、このタイプは地中に半分は埋めるか、倍の体積を持たせるべき）
○2　架台がアルミ架台であること。
（荷重強度モーメント計算や移動荷重に対しての強度が不足している）
○3　基礎間が空いていること。
（風圧計算だけの荷重に設計になっていること）

浅川氏ブログ（北杜市在住）：　http://www.mt8.ne.jp/~sun/news/20140303.html

39

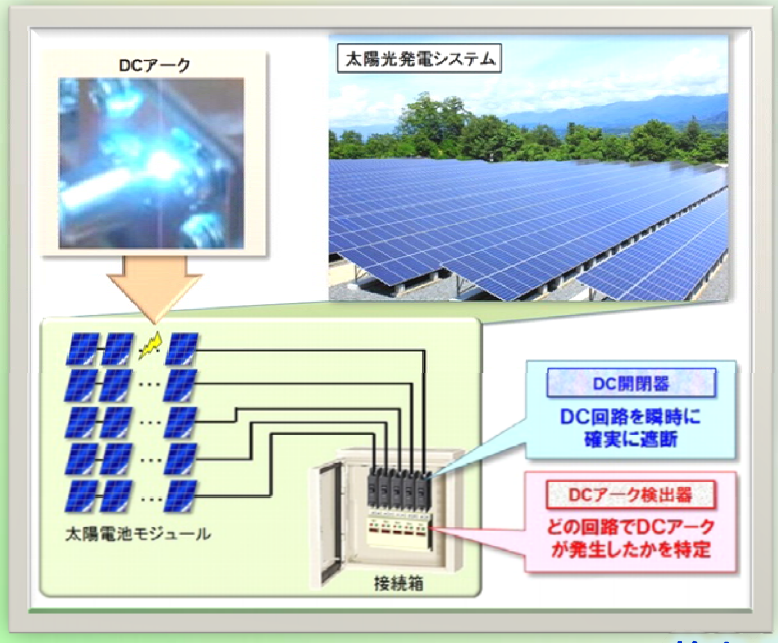
★★パワコン制御系ミニモデル試験設備概要 ★★



© 2015, kurochans-net

★★太陽光発電直流アーク遮断器 ★★ 速報

太陽光発電で怖い「アーク放電」 0.25秒で検出・遮断



アーク・スイーパー

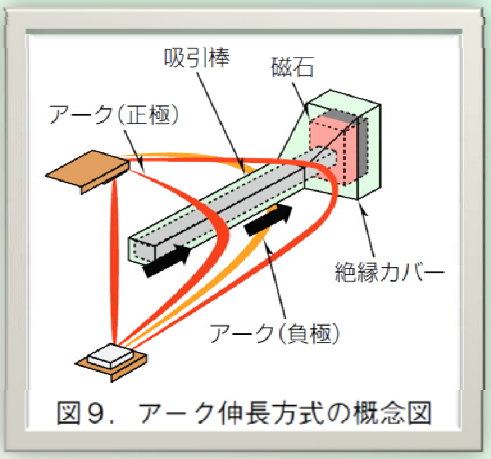


図9. アーク伸長方式の概念図

竹内:三菱電機技報・Vol.88・No.9・2014

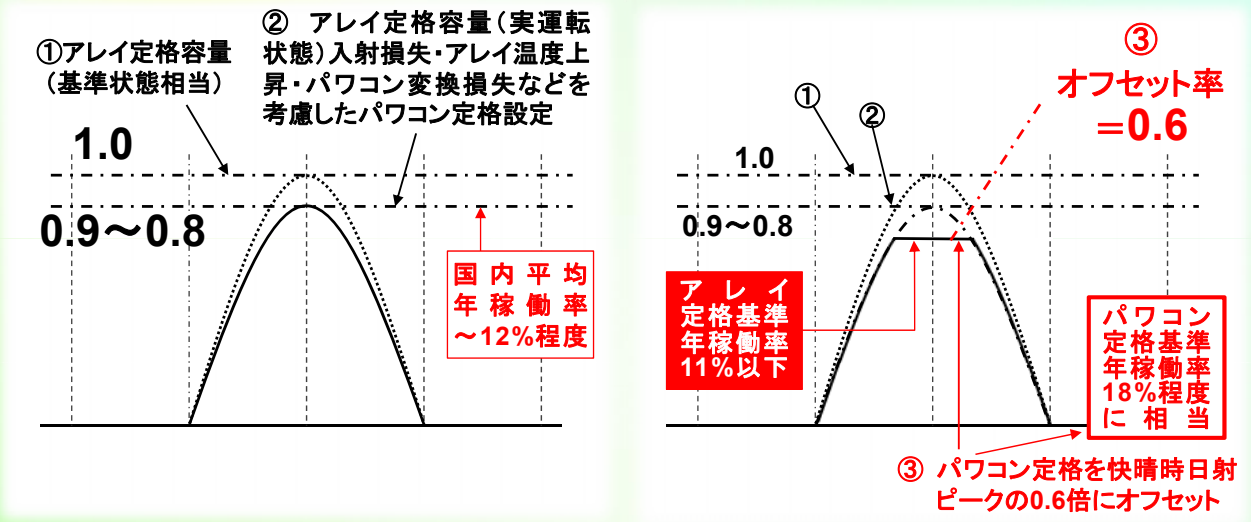
製品化:400V, 750V

検出:高周波ノイズ+I-Vカーブ変化

http://www.mitsubishielectric.com/news/2015/pdf/0217-a.pdf
http://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1502/20/news045.html

© 2015, kurochans-net

★★ 気になる近頃の話題 ★★



(a) 日射パターン全範囲でほぼ比例状態稼働
（従来のオーソドックスな考え方）

(b) 出現頻度の低い快晴時日射をピークカットしたレベルでパワコン定格出力設定
（パワコン規模を節約しパワコン基準利用率は改善）

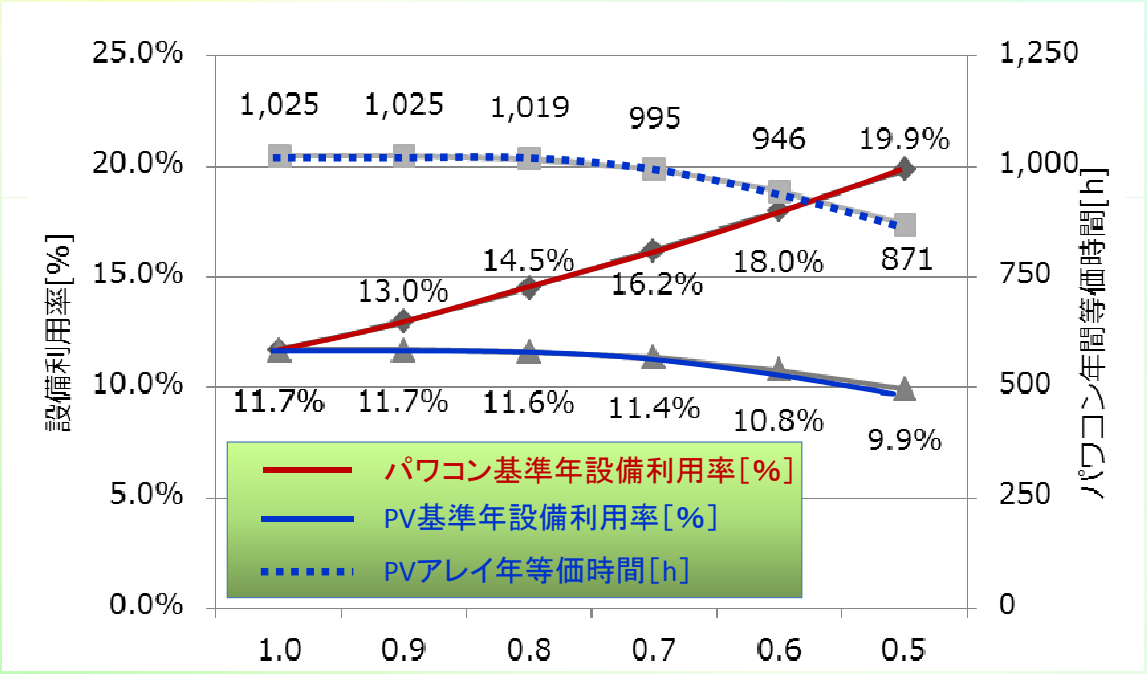
アレイ定格容量基準とパワコン定格容量基準による システム利用率の違い

© 2015, kurochans-net

★★ 365 days @ TOKYO according to MET-PV ★★

© 2015, kurochans-net

★★ 365 days @ TOKYO according to MET-PV ★★



パワコン容量／PVアレイ容量オフセット率

過積載とは言わない！

© 2015, kurochans-net

★★ 景　観　問　題 ★★

2015.2.9 日経（夕）

自然公園内の重要地域

メガソーラー設置を認めず

環境省は国立公園などの自然公園に大規模太陽光発電施設（メガソーラー）を設置する際に周辺環境への影響を減らす対策に乗り出す。タカなどがエサ場とする草地など野生生物の生息地として重要な地域への設置は認めないほか、木材の伐採や土地の造成などを抑制。施設の色や形も周囲と調和するよう配慮を求める。9日午後に開く同省の有識者による委員会で対策をまとめ、月内にも指針として公表する。

メガソーラーは環境影響評価（環境アセスメント）法の対象外で、風力発電や地熱発電に比べて設置のハードルは低い。これまでは自然公園法の下で国や都道府県が景観などの状況を踏まえて設置を認めるかどうか個別に判断していた。同省は再生可能エネルギーの推進と自然公園の保全との両立が欠かせないとして、統一したルールで判断できるよう指針を作ることを決めた。

生態系保全へ環境省指針

指針は公園の景観や生物多様性を保全するのが狙い。設置申請時には送配電設備や道路など関連施設の影響も考慮するほか、メガソーラーの使用終了後には事業者に撤去を求める。

太陽光発電を国立公園内に設置した例は、日照時間などの条件がよい瀬戸内海、雲仙天草などで相次いでいる。昨年2月時点で出力が1000キロワット以上のメガソーラーだけで6カ所、それ未満の出力の太陽光発電を含めると26カ所に達する。

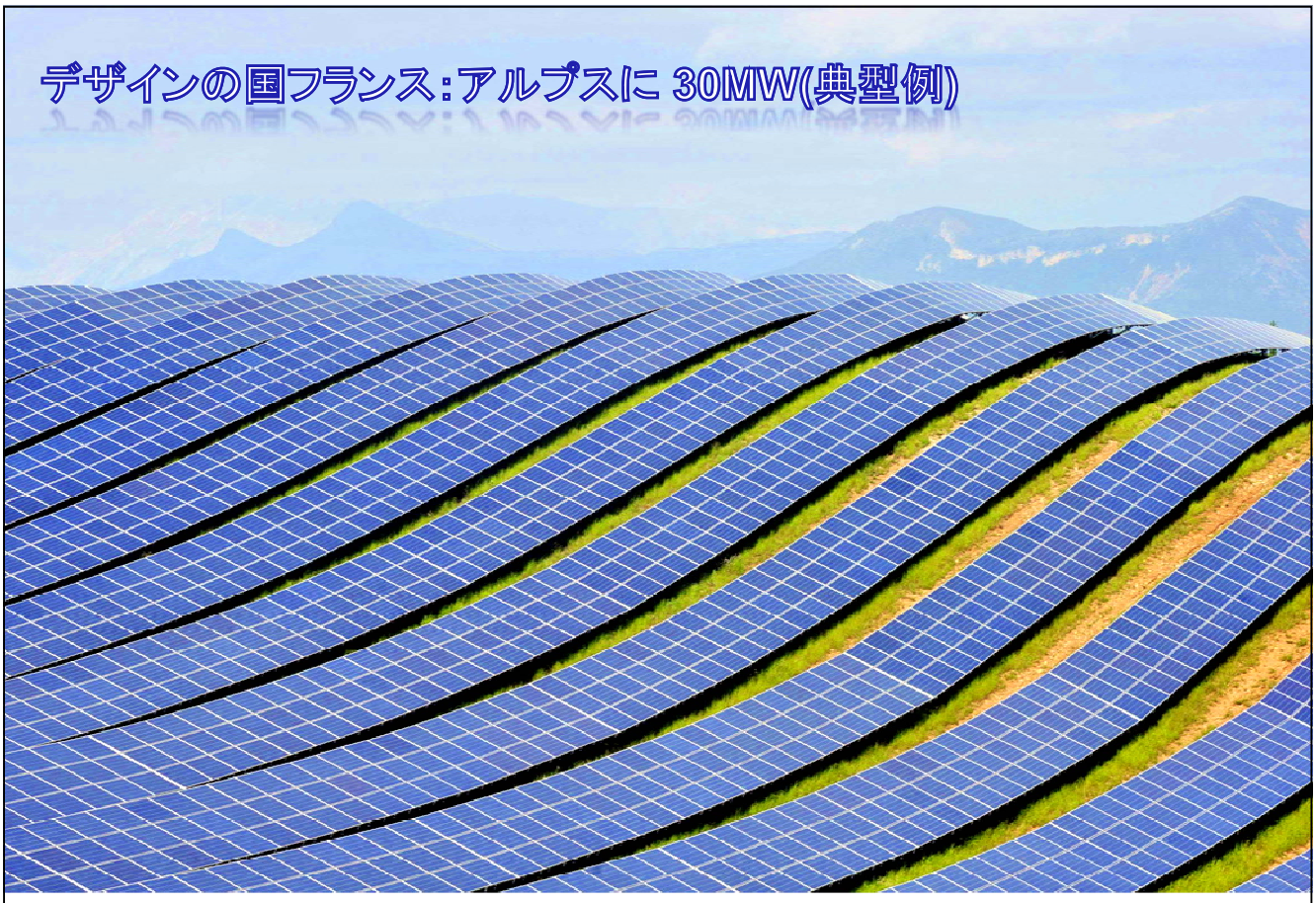
関連情報：環境省国立公園課：基本的な考え方
http://www.env.go.jp/nature/mega_solar_na/index.html

★★ 景　観　問　題 ★★

清水港・みなと色彩計画推進協議会推奨
- シンボルカラー:「ホワイト&アクアブルー」
- 送電鉄塔:ホワイト
- モジュール:強いブルー系

メガソーラーしみず　8MW　@清水市三保　by中部電力
http://www.chuden.co.jp/corporate/publicity/pub_release/press/3255507_19386.html

デザインの国フランス:アルプスに 30MW(典型例)



30.94 MW Solar Park, Le Mees, Alpes-de-Haute-Provence, France
http://time-az.com/main/detail/31458

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[1996～2015 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～2015 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.I, 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サンプリング間隔に関する考察，Vol.18, No.2.
(10) 黒川：PVTEC とシステム研究, PVTEC 5 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 iiradiation 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 スケア(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：気ぃ～長ぁ～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 overbiew 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 analizing 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合的発圧電特性，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，獏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 arreally-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３５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　ー誘導機負荷が単独運転に与える影響の評価ー，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，杉渕：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 Kpds 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 o-ジクロルベンゼン法の検討，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ー21 世紀の新エネルギーを考えるー，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」（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) 片岡克成，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？，オプトニューズ，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：ＳＶ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インバータのディジタル制御～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ＩＶ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：ＰＶ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 POWE 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 forIrradiance 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系統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 インバータのディジタル制御，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：ディ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ィジタル 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 indusry 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 Japanes 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) Junsetsu 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) sysytems 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：超縮小規模配電系統を用いた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 Simlator 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 Commnunity 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. Koiumi, 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：ＰＶ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：ＰＶ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: IDENTIFING 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トテクノロジー・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 vry 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, Orland, Florida, 2005.1.3-7

(3) H. Matsukawa, K. Kurokawa: Temperature Fluctuation Analysis of Photovoltaic Modules at Short Time Interval, 31st IEEE PVSC, Orland, 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, Orland, 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, Orland, Florida, 2005.1.3-7

(6) H. Igarashi, S. Suenaga:Electromagnetic Noise from Solar Cells, 31st IEEE PVSC, Orland, 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：自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. Igarashi1, 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：ゴビ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：ゴビ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 JapaneseMeteorological 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 Compsed 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実例)，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. Ochrvaani, 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 : 超縮小模擬配電系統を用いたＰＶ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 : ＦＰＧＡを用いたＰＶ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ＩＶ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-uinfied 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. Sugihawa, 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 forcasting 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 preliminaly 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. Kurokawa1, 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 REDUCTIONBY 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) 渡邉，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) 植田譲，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，植田譲，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) 植田譲，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 particulary of the power network incorporating with theaggregation 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 throughtout 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, Masakatsu Ito: Particularrity 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－コミュニティにおける電力融通効果の検証－，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 回日本エレクトロヒートフォーラム, 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，東京ベイ有明ワシントンホテル，2009.2.27

(44) 黒川浩助：PV2030plus and Its Background Inernational 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 Larg 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 troughout 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，明徳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, ssue 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 Resuts 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－, エネルギーいんふぉめいしょん 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㊦　「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 311/2011, 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）,ウインクあいち, 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～，日本エネルギー学会，大会講演要旨集(21)，p.p.358-359，2012.7.30

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,白兎会館・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-ＭＥＴＩ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９２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, TUVRheinland 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，2012Winter 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，ＪＰＥＡ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－基礎資料－，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 Sasutanable 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〉

国際学会

(1) ○Kosuke Kurokawa, Takashi Ozeki: Outline of PV Evaluation by PV Module I-V Curves, 3rd Joint Cordinating Committee,USTO,Oran, Algeria, 2014.05.13
(2) ○Kosuke Kurokawa: Conceptual Considerations on Renewable Energy Ensembles to moderate Next-Generation Power Grids, 4th Asia-Africa Sustainable Energy Forum, USTO, Algeria, 2014.05.14
(3) ○Kosuke Kurokawa: Conceptual Considerations on Renewable Energy Ensembles to moderate Next-Generation Power Grids, WCPEC-6, Area7:Characterization and Module Reliability,Kyoto Int'l Conference Center, 2014.11.25
(4) Kosuke Kurokawa: Closing Remarks, AES International Workshop, 2015.02.17

国内学会

(5) ○伊藤雅一，黒川浩助，林泰弘：太陽光発電システム向け PCS 容量の検討，日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー学会合同研究発表会，No.75,p.p.299-304，いわき, 2014.11
(6) ○川崎憲広，三谷崇，冨田哲爾，ムハンマド アズイッズ，小田拓也，森原淳，黒川浩助：水素製造・貯蔵を活用した太陽光発電の余剰電力吸収のための需給調整システムの基礎検討，日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー学会合同研究発表会，No.95,p.p.377-380，いわき, 2014.11

招待講演

(7) ○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，20014.01.24

(8) 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

(9) 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

(10) 黒川浩助：太陽光発電システムと電力ネットワークあれこれ，第 16 回ＡＥＳ太陽光発電システム研究発表会，2014.03.15

(11) 黒川浩助：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，第 16 回ＡＥＳ太陽光発電システム研究発表会，2014.03.15

(12) 黒川浩助：太陽光発電システム　-規格標準化の動向-，テュフ・ラインランド・ジャパン主催フォーラム：日本の再生可能エネルギーの発展に向けて－現状と課題，東京国際フォーラム，2014.04.14

(13) 黒川浩助：Energy from the Desert，日本産業機械工業会，エンジニアリング部会講演会，機械振興会館 4F，2014.04.16

(14) 黒川浩助：第 1 回福島県再生可能エネルギー普及アイディアコンテスト表彰式講評，第 1 回福島県再生可能エネルギー普及アイディアコンテスト，郡山，2014.04.20

(15) 黒川浩助：東工大における太陽光発電の研究，デンソー本社，刈谷市，愛知，2014.06.09

(16) ○Kosuke Kurokawa, Takashi Ozeki: Outline of PV Evaluation　based on “SV-Method”,鹿島建設本社，港区，2014.06.11

(17) 黒川浩助：より安心・安全な太陽光発電システムへ－規格標準化などの動向－，AIST 太陽光発電研究　成果報告会 2014，つくば国際会議場，つくば市，2014.06.24

(18) 黒川浩助：より安心・安全な太陽光発電システムへ－規格標準化などの動向－，早稲田大学大学院 新エネルギー工学・太陽光発電，2014.07.19

(19) 黒川浩助：太陽光発電から再生可能エネルギー大統合時代へ，PVRessQ!夏合宿，下呂温泉，2014.08.19

(20) 黒川浩助：太陽光発電から再生可能エネルギー統合化時代へ，2014 特別講演会「再生可能エネルギー技術・活用の現状と今後」,東京大学工学部武田先端知 5F 大ホール,一般社団法人水素エネルギー協会（HESS）,2014.09.03

(21) ○Kosuke Kurokawa: Harmonised Energy Paths towards True Global Sustainability，RENKEI サマースクール@東北大学，東北大学工学部，2014.09.10

(22) 黒川浩助：サンシャイン計画 40 周年特別記念シンポジウム・パネルディスカッション，NEDO サンシャイン計画 40 周年記念特別シンポジウム，パシフィコ横浜，2014.09.18

(23) ○黒川浩助：地域が築く再エネコミュニティーへ，AES シンポジウム，蔵前ホール，2014.10.03

(24) 黒川浩助：太陽光発電分野の最新動向，Inter Opt2014「光産業動向セミナー」，パシフィコ横浜，2014.10.15

(25) 黒川浩助：再生可能エネルギーとしての太陽光発電，第 2 回　国立・国定公園内の太陽光発電施設についての検討委員会，田中田村町ビル会議室Ａ５，2014.10.28

著書・解説

(26) ○黒川浩助：太陽光発電システムと電力ネットワークあれこれ，光発電 No.37,太陽光発電協会，pp6-13，2014.03.28

(27) ○黒川浩助：再生可能エネルギー協奏曲の担い手として期待される地熱技術(Geothermal Technology Expected as an Ensembles Player of Renewable Energy)，地熱学会（巻頭言）第 36 巻第 2 号(通巻 137 号)，pp55-56，2014.04.11

取材記事

(28) 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)，pp8，2014.01.15

(29) 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

(30) ○黒川浩助：インタビュー記事「太陽光で節電ライフ」，毎日新聞大阪 6 月 30 日夕刊，2014.06.30

〈2015 年〉

招待講演・セミナー講演

(1) 黒川浩助：太陽光発電システムの信頼性に関する課題と技術動向，PVEXPO2015 第 8 回国際太陽電池展，PV３モジュール/システムの信頼性，東京ビッグサイト，2015.02.26

○：主要論文別刷りに掲載

○印のついていない論文の一部は，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

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

主要論文別刷り[2014～2015 年]

※ 本論文集の取り扱いに関する注意

本論文集は研究目的かつ個人的な利用を目的として収録しています。掲載されている論文の著作権は各学会にあります。複写，転載等は各学会の著作権規定に従ってください。上記目的以外の使用において生じた損害についての責任は利用者本人にあります。

（IEEE 関連の論文に対する注意）

Personal use of this material is permitted. However, permission to reprint/republish this material for advertising or promotional purposes or for creating new collective works for resale or redistribution to servers or lists or to reuse any copyrighted component of this work in other works must be obtained from the IEEE.

国際学会

[2014 年～2015 年]

3rd JCC
12 May 2014

Outline of PV Evaluation by PV Module I-V Curves

based on
- Linear Interpolation/Extrapolation Method
- Smart-Verification-Method

Prof. Kosuke KUROKAWA
AES, TITECH
&
Dr. Takashi OOZEKI
AIST

3rd JCC 12 May 2014

Outline of PV Evaluation by PV Module I-V Curves

based on
- Linear Interpolation/Extrapolation Rule
- Smart-Verification-Method

- Measurement Equipment
- Linear Interpolation / Extrapolation Rule
- Smart-Verification-Method "S-V Method"
- Additional Matter

AES AIST

Measurement equipments

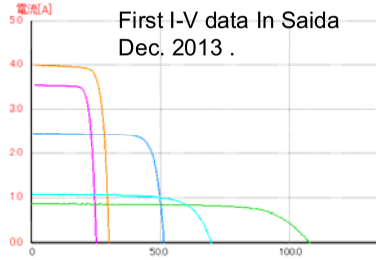
Meteorological sensors
- Irradiation, temp., etc….

IV curve measurement
- PV output power

Exposed PV modules

Measurement equipment

IV curve measurement
- PV output power



Meteorological sensors
- Irradiation, temp., etc.…

Comparing
PV power vs Meteorological conditions

Exposed PV modules

Outline of PV Evaluation by PV Module I-V Curves

based on
- **Linear Interpolation/Extrapolation Rule**
- **Smart-Verification-Method**

- Measurement Equipment
- Linear Interpolation / Extrapolation Rule
- Smart-Verification-Method "S-V Method"
- Additional Matter

Module types for SSB Joint Research

- 5 kinds of modules

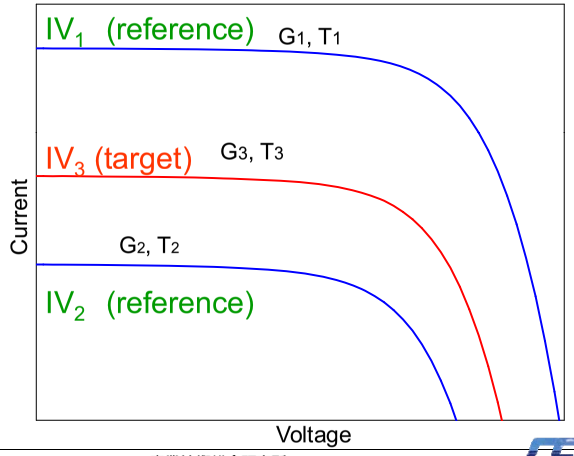
		size			Pmax	Isc	Voc	Ipm	Vpm
Type	manufacture	W	L	H					
m-Si	Kyocera	1168	990	36	165	8.53	26	7.9	20.9
HIT	Panasonic	1580	812	35	233	5.84	51.6	5.47	42.7
Back contact	Sharp	1318	990	46	208.5	8.94	30.6	8.36	24.94
CIS	Solar frontier	1257	977	35	150	2.2	108	1.85	81.5
a-Si/u-Si	Kaneka	1240	1008	40	110	2.5	71	2.04	54

References: Web site of PV manufactures

Interpolation/ extrapolation method ~Basic procedure~

(1) Two sets of I-V curves are extracted as **Reference I-V Curves**

Irradiance
$G_1 \neq G_2 \neq G_3$
Module temperature
$T_1 \neq T_2 \neq T_3$



Interpolation/ extrapolation method ~Basic procedure~

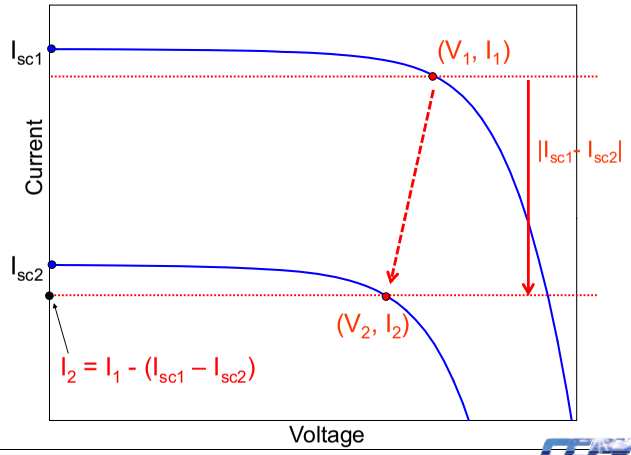
(2) $(V_1, I_1) \rightarrow (V_2, I_2)$ are chosen so that $I_2 = I_1 - (I_{sc1} - I_{sc2})$

Irradiance

$G_1 \neq G_2 \neq G_3$

Module temperature

$T_1 \neq T_2 \neq T_3$



Interpolation/ extrapolation method ~Basic procedure~

3 Calculation of ratio α (determined by temperature and irradiance)

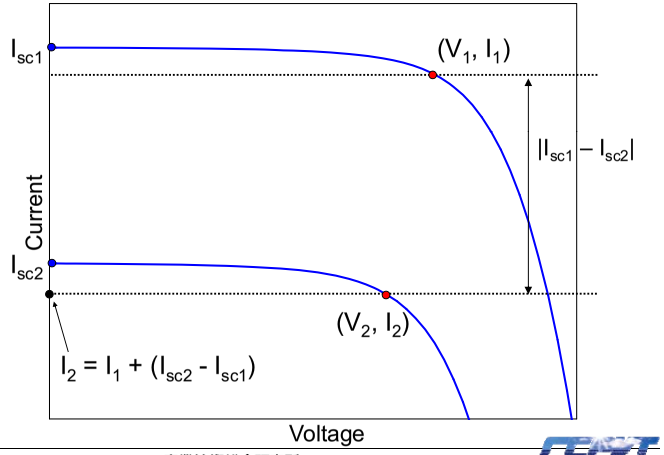
Irradiance

$G_1 \neq G_2 \neq G_3$

Module temperature

$T_1 \neq T_2 \neq T_3$

$$\begin{cases} a = \dfrac{G_3 - G_1}{G_2 - G_1} \\ a = \dfrac{T_3 - T_1}{T_2 - T_1} \end{cases}$$



Interpolation/ extrapolation method ~Basic procedure~

4 Interpolation (or extrapolation) of (V3, I3)

Irradiance

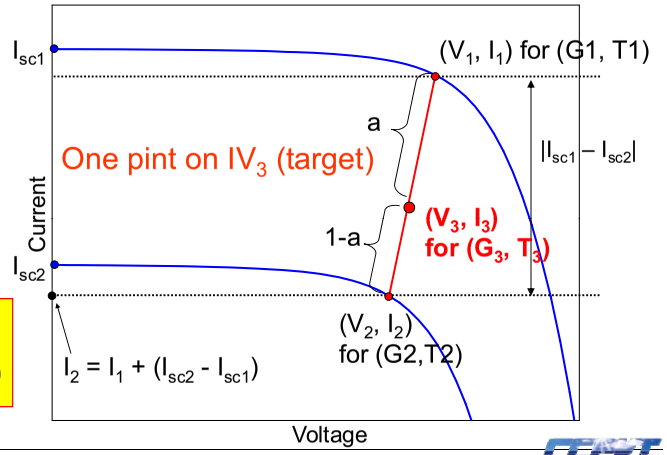
$G_1 \neq G_2 \neq G_3$

Module temperature

$T_1 \neq T_2 \neq T_3$

$$\begin{cases} a = \dfrac{G_3 - G_1}{G_2 - G_1} \\ a = \dfrac{T_3 - T_1}{T_2 - T_1} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} I_3 &= I_1 + a \cdot (I_2 - I_1) \\ V_3 &= V_1 + a \cdot (V_2 - V_1) \end{aligned}$$



Interpolation/ extrapolation method ~Basic procedure~

(5) Calculation of the I-V curve at target sets of G and T

Irradiance

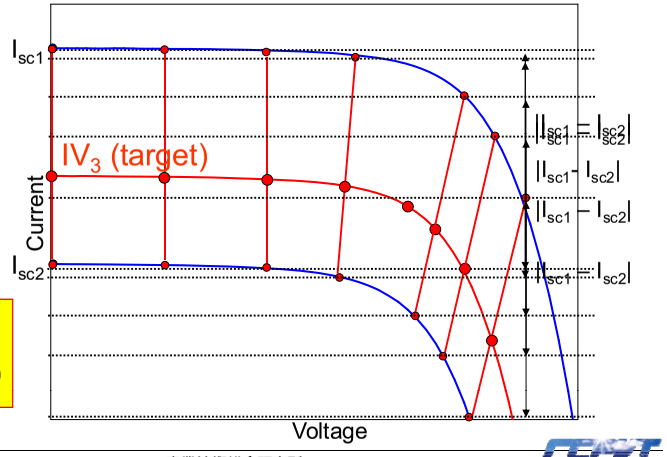
$G_1 \neq G_2 \neq G_3$

Module temperature

$T_1 \neq T_2 \neq T_3$

$$\begin{cases} a = \dfrac{G_3 - G_1}{G_2 - G_1} \\ a = \dfrac{T_3 - T_1}{T_2 - T_1} \end{cases}$$

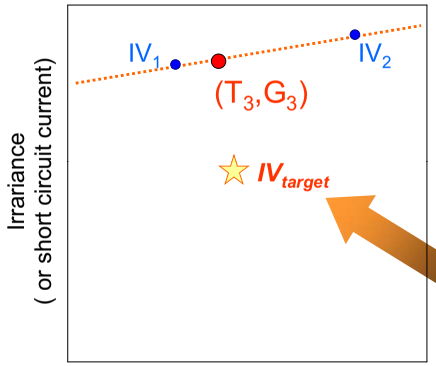
$$\begin{aligned} I_3 &= I_1 + a \cdot (I_2 - I_1) \\ V_3 &= V_1 + a \cdot (V_2 - V_1) \end{aligned}$$



Interpolation/ extrapolation method ~The range of T and G for calculation ~

(T_3,G_3) must satisfy two equations

(T_3,G_3) is limited on the line of two reference conditions (T_1,G_1), and (T_2, G_2)



$$\begin{cases} a = \dfrac{G_3 - G_1}{G_2 - G_1} \\ a = \dfrac{T_3 - T_1}{T_2 - T_1} \end{cases}$$

How calculate other conditions?

● Conditions of reference (measured) I-V curves ☆ Target condition

Interpolation/ extrapolation method ~Utilizing Method~

Four (or three) I-V curves are used as reference I-V curves

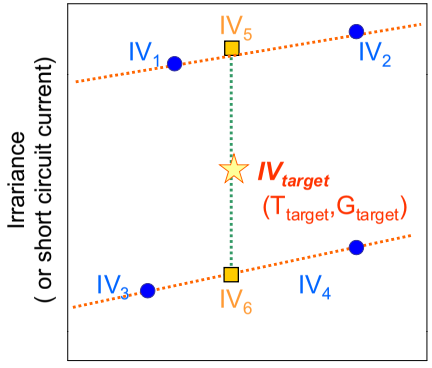
1. Translation for temperature

IV_1 and IV_2 → IV_5 (T_{target},G_5)

IV_3 and IV_4 → IV_6 (T_{target},G_6)

2. Translation for irradiance

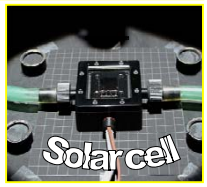
IV_5 and IV_6 → IV_{target} (T_{target},G_{target})



I-V curves at wide range of G and T can be calculated

● Conditions of reference (measured) I-V curves ☆ Target condition

Indoor experiments



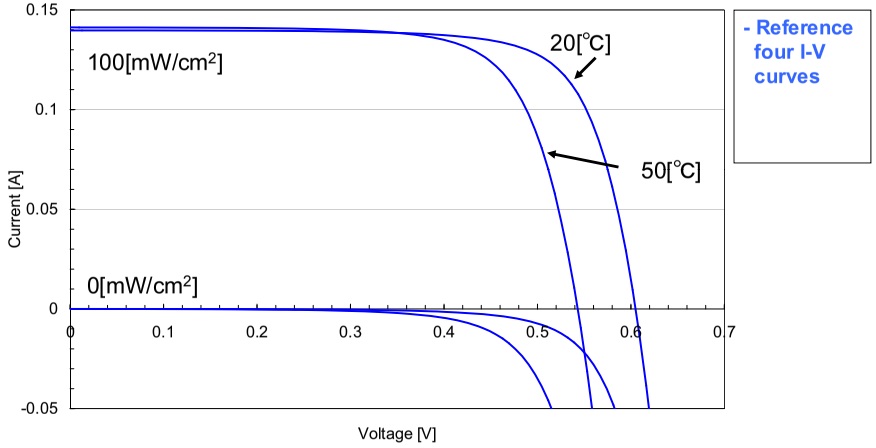
Samples

single-crystalline Si
polycrystalline Si
amorphous Si
a-Si/c-Si

Reference 4 I-V cueves

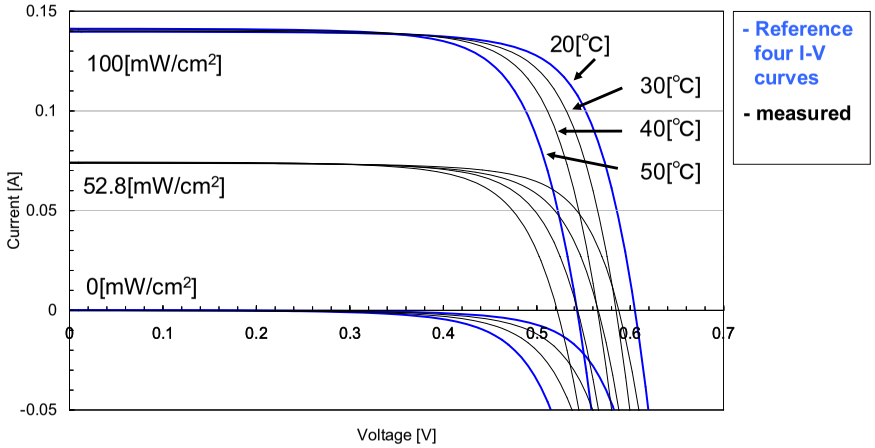
	Temperature [℃]	Irradiance[mW/cm²]
1	20	100
2	20	0
3	50	100
4	50	0

Result : c-Si cell



Typical I-V curves of a c-Si solar cell

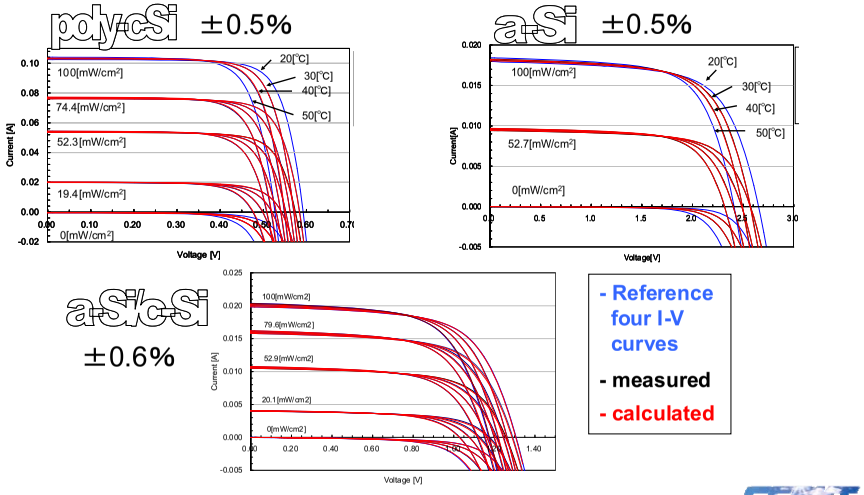
Result : c-Si cell



Typical I-V curves of a c-Si solar cell

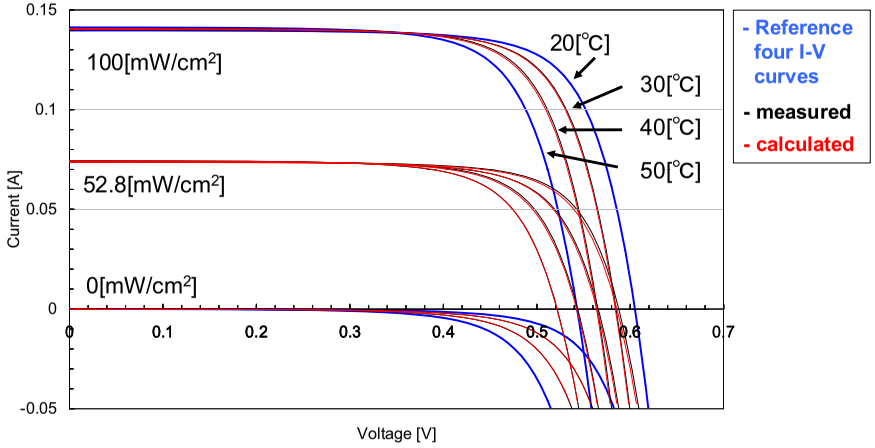
Result : Others

Applicable for various PV technologies



Result : c-Si cell

Agreement of the calculation and experiment <0.5% (Pmax)



Typical I-V curves of a c-Si solar cell

3rd JCC 12 May 2014

Outline of PV Evaluation by PV Module I-V Curves

based on
- **Linear Interpolation/Extrapolation Rule**
- **Smart-Verification-Method**

- Measurement Equipment
- Linear Interpolation / Extrapolation Rule
- Smart-Verification-Method “S-V Method”
- Additional Matter

Outline of Sophisticated-Verification –Method Smart-Verification-Method

so-called
"S-V Method"

Evaluation Paramters

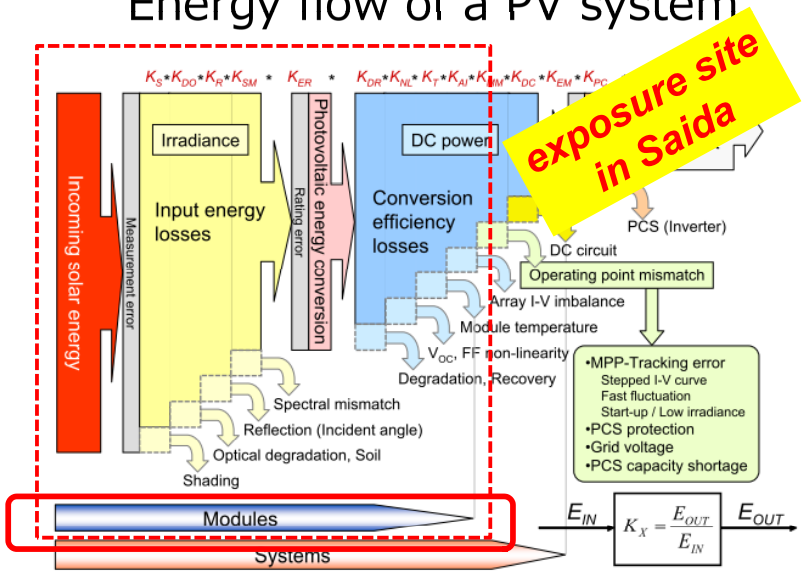
- Energy yield = Cumulate maximum power
  - kW -> kWh
- Different power rating = normalized
  - kWh -> kWh/kWp
- Different meteorological condition ,irradiation, temperature, and so on.
  - Ex. Dec. vs Jun.. 2013 vs 2014.
  - Normalized by irradiation.
  - Performance ratio $K = \frac{E_A}{H_{Ag} \cdot P_{AS}/G_S}$
  - loss analysis

From IV curve measurement

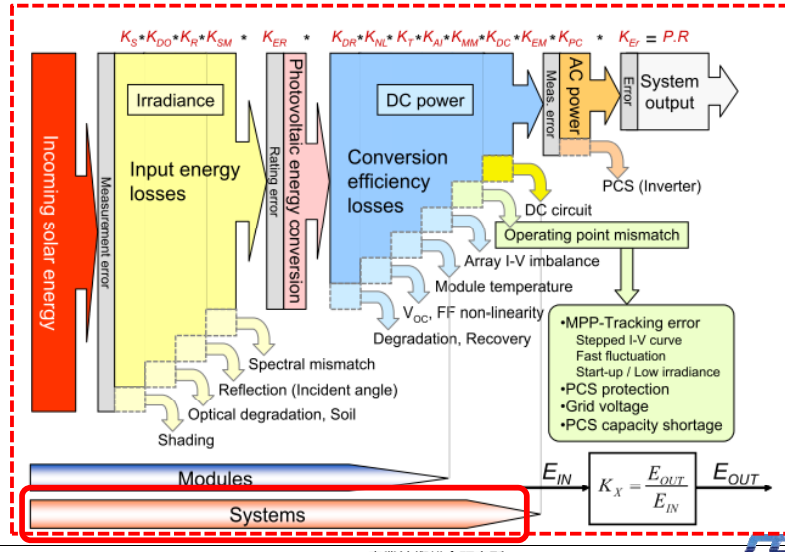
From Meteorological sensors and IV curve data

Our method

Energy flow of a PV system



Energy flow of a PV system



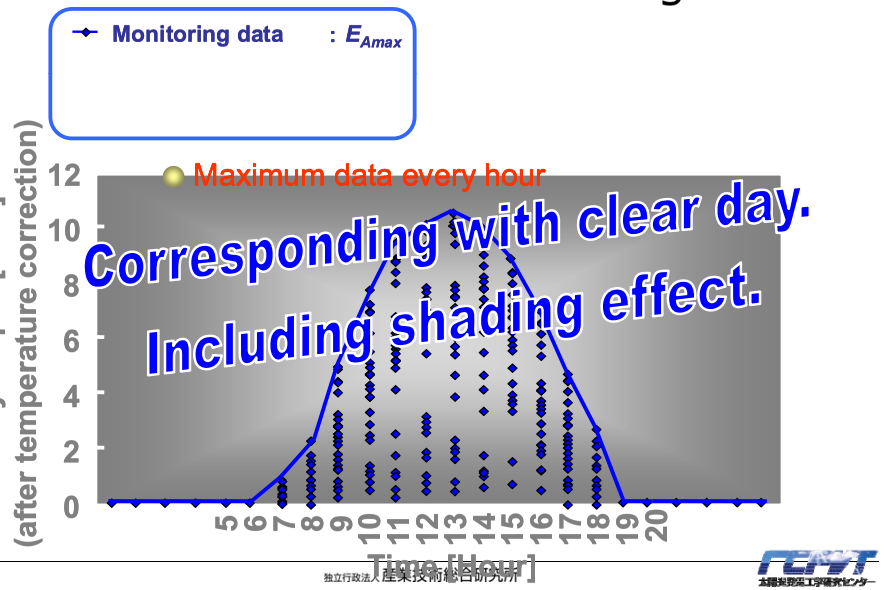
System performance analysis

- IV curve cannot be used in analysis because Inverter is operating in system.
- PV system operation data is only operation point of current and voltage.
- A evaluation method is difference between system and Module performance analysis.
- Generally system performance analysis is evaluated by only performance ratio, temp. and inverter losses.
- However, PV system has various kind of loss and characteristics such as shading, MPPT mismatch and so on.

- Our evaluation method is based on extracting PV system characteristics using utilizing measured data.

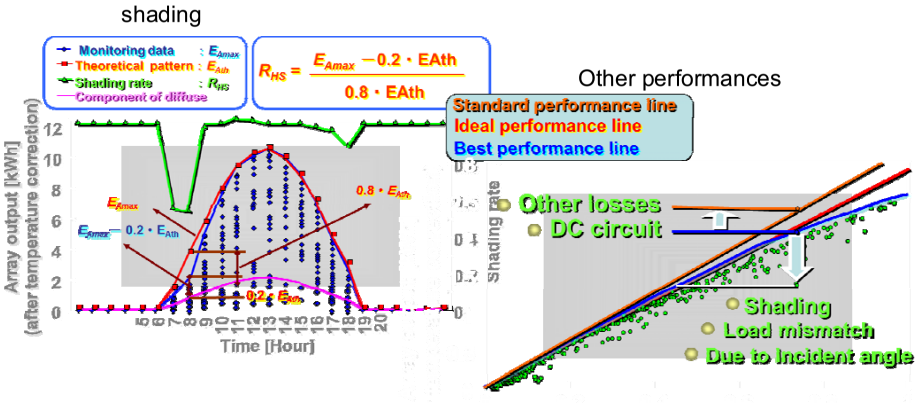
-> SV method

Estimation method of shading effect

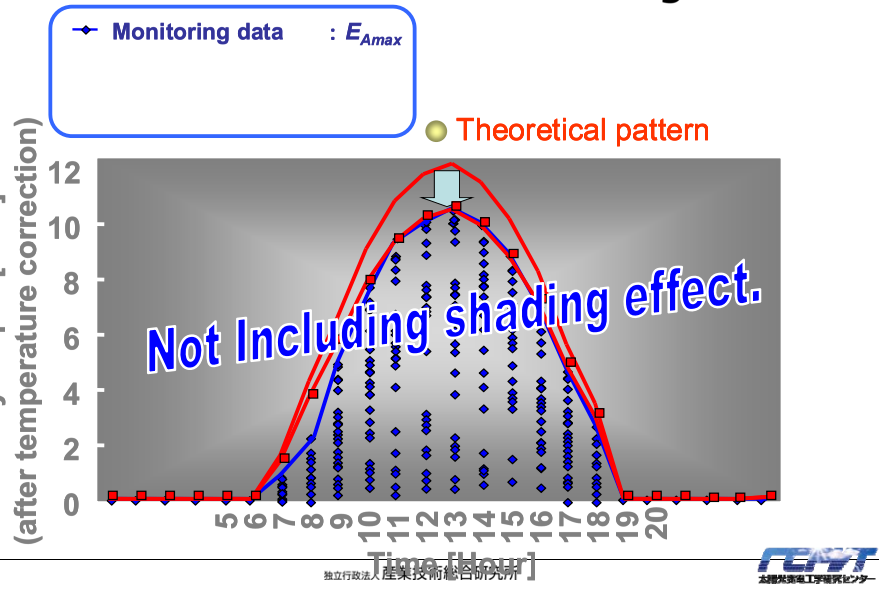


Basic idea of evaluation method

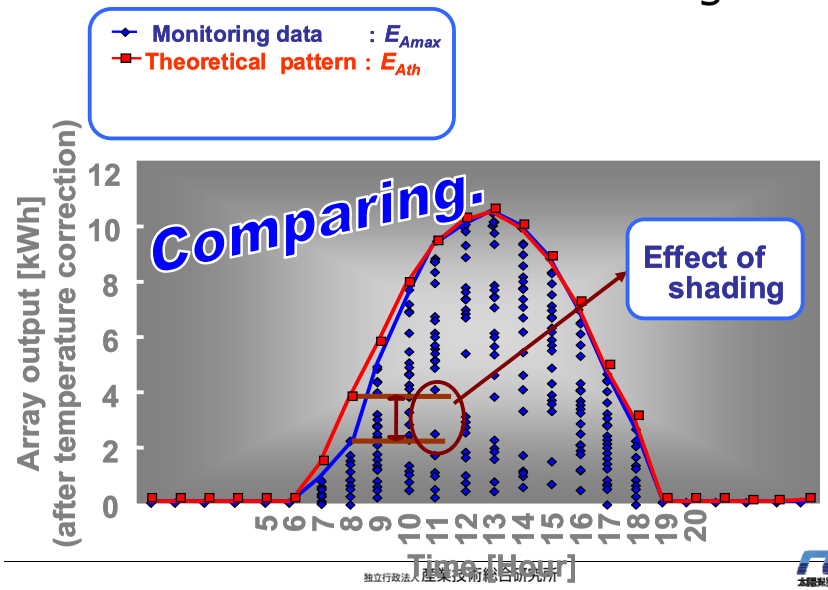
- Make relation data each measurement items such as output power vs irradiation, output power vs time, and so on using stored data(for example, a month)
- The characteristic is extracted from those relation data set.



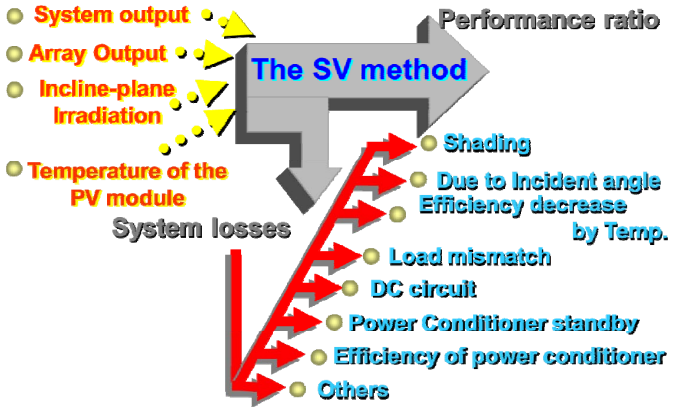
Estimation method of shading effect



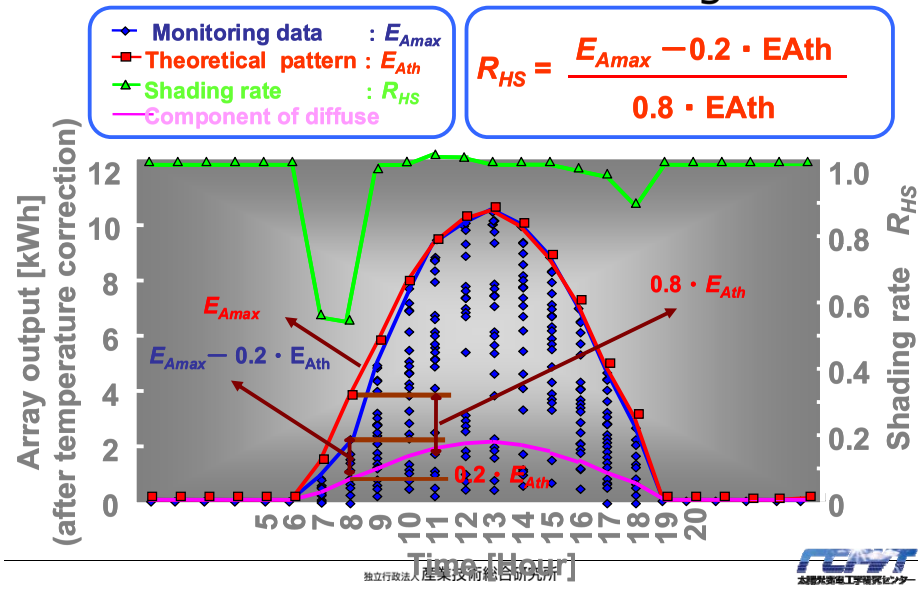
Estimation method of shading effect



SV method (level 4)

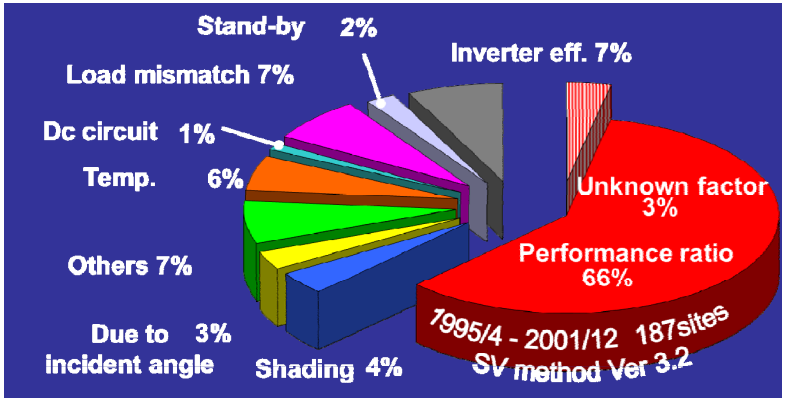


Estimation method of shading effect



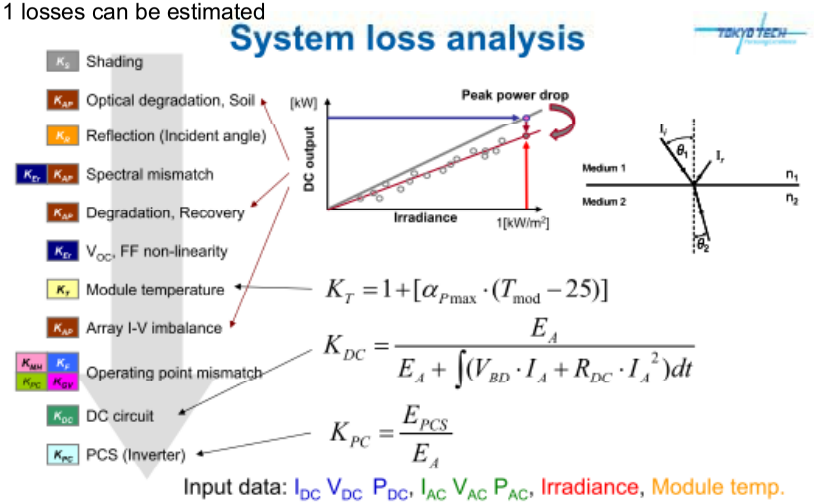
An example of evaluation of PV systems

An example of evaluation result
using filed monitoring data of PV systems in Japan.



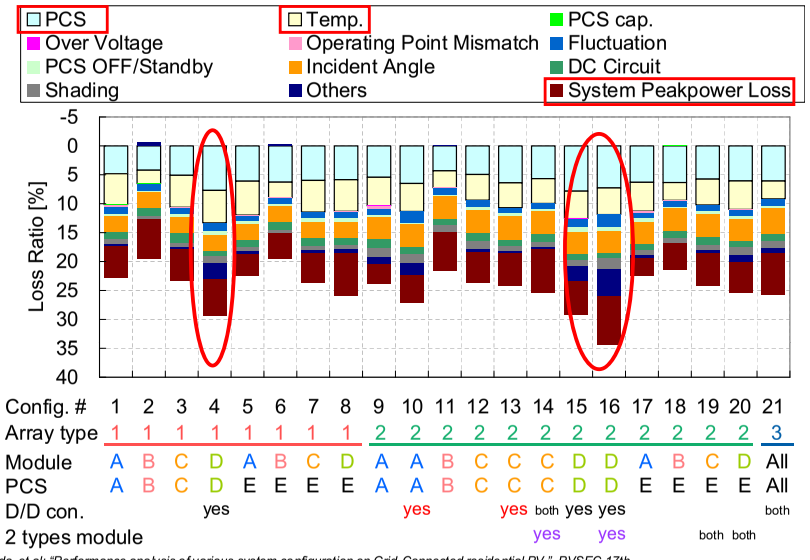
SV method (level 5)

11 losses can be estimated



Y. UEDA, TITECH

Using level 5 in the SV method



Config. #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Array type	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
Module	A	B	C	D	A	B	C	D	A	A	B	C	C	C	D	D	A	B	C	D	All
PCS	A	B	C	D	E	E	E	E	A	A	B	C	C	C	D	D	E	E	E	E	All
D/D con.				yes						yes			yes	both	yes	yes					both
2 types module														yes		yes			both	both	

Y. Ueda, et al: "Performance analysis of various system configuration on Grid-Connected residential PV ", PVSEC 17th

An example of evaluation of PV systems

Using level 5 in the SV method

SINGLE array oriented SOUTH

MULTIPLE arrays oriented SOUTH and/or EAST and/or WEST

Array(s) NOT oriented SOUTH

2 types module:

Y. Ueda, et al: "Performance analysis of various system configuration on Grid-Connected residential PV ", PVSEC 17th

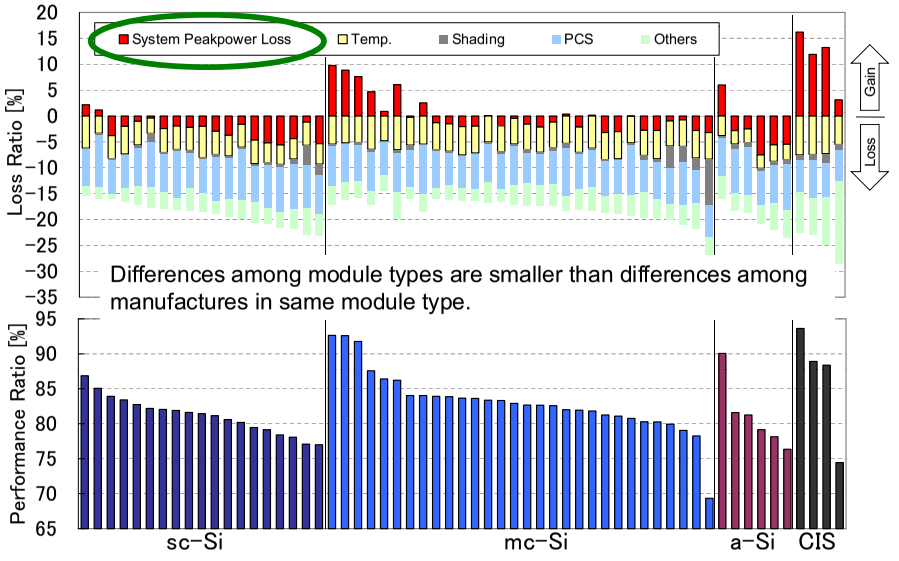
An example of evaluation of PV systems

by "SV Method"

Tested Objects: 24 type composed different manufacture and module type

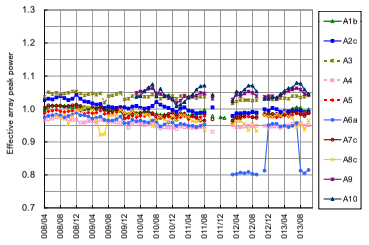
SV Method: 'Sophisticated Verification' or 'Smart Verification' Method

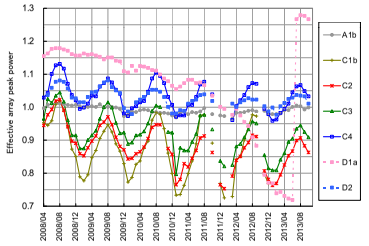
http://www.ntt-f.co.jp/news/heisei18/h18-1002.html

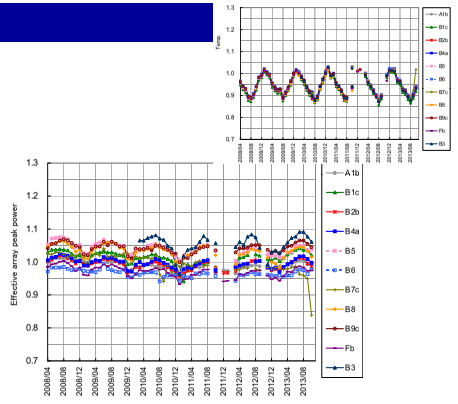


Y. Ueda, et al: 5th Workshop on the Future Direction of Photovoltaics 4-5 March 2009, at Aogaku Kaikan in Tokyo, Japan

b. 発電データ分析技術





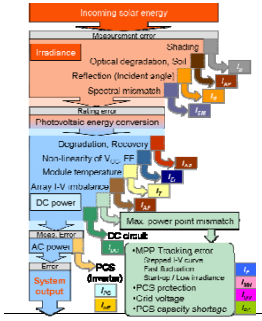


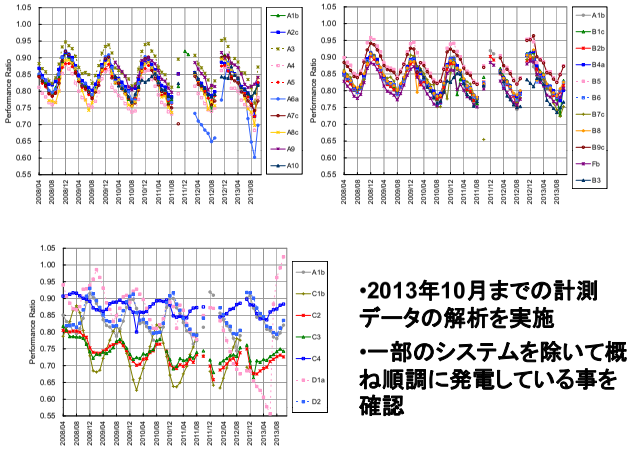
- 結晶系は2008年～2012年の劣化に対して，2012年～2013年は劣化が小さい。
- 日射計の汚れなどを確認する必要がある。

- A6，B7にて実効アレイ最大出力の低下を確認。B7は熱電対異常と思われる。
- D1はモジュール交換により大幅に出力が上昇。

b. 発電データ分析技術

今年度から北杜システム分析を開始（東工大を協力機関として追加）





- 2013年10月までの計測データの解析を実施
- 一部のシステムを除いて概ね順調に発電している事を確認

3rd JCC 12 May 2014

Outline of PV Evaluation by PV Module I-V Curves

based on
- Linear Interpolation/Extrapolation Rule
- Smart-Verification-Method

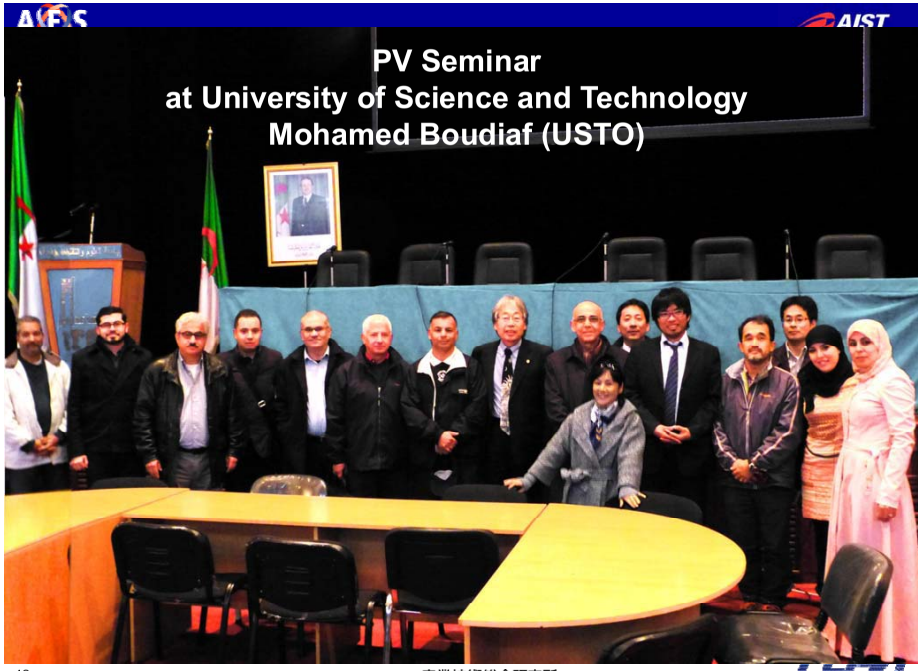
- Measurement Equipment
- Linear Interpolation / Extrapolation Rule
- Smart-Verification-Method “S-V Method”
- Additional Matter

Outline of PV Evaluation by PV Module I-V Curves

- Additional Matters
  - Data Sharing: basic principle; data items and form; how often; ...
  - Joint Contribution to academic societies actively by co-authorship
  - Joint Workshops....as next slide*!*
- New Matter:
  - Grid interconnection testing issues: included as New training item.

44

PV Seminar
at University of Science and Technology
Mohamed Boudiaf (USTO)



3rd JCC 12 May 2014

Outline of PV Evaluation by PV Module I-V Curves

based on
- **Linear Interpolation/Extrapolation Rule**
- **Smart-Verification-Method**

- Measurement Equipment
- Linear Interpolation / Extrapolation Rule
- Smart-Verification-Method “S-V Method”
- Additional Matters New Test Bed?

CONCEPTUAL PROPOSALS ON RENEWABLE ENERGY ENSEMBLES TO MODERATE NEXT GENERATION POWER GRIDS

Kosuke Kurokawa
Tokyo Institute of Technology, Ookayama, Ota-ku, Tokyo, 152-8550-I6-25 Japan

1. INTRODUCTION

If we think about the extensive introduction of renewable energy for a specific region or over a widespread region, the basic configuration of the existing power infrastructure must become mismatched on account of remarkable pattern change of balance between supply and demand. It may cause economical inefficiency of grid operation because of the fluctuating components increase which is induced by wind power or photovoltaic systems for instance. To ease this issue, the author proposes to moderate such fluctuation by the well-balanced mixture consisting of various types of renewable energy systems which are accessible in a region. This basic concept is named “Renewable Energy Ensembles” [See Kurokawa, PVSEC-23, Taipei, Oct. 2013].

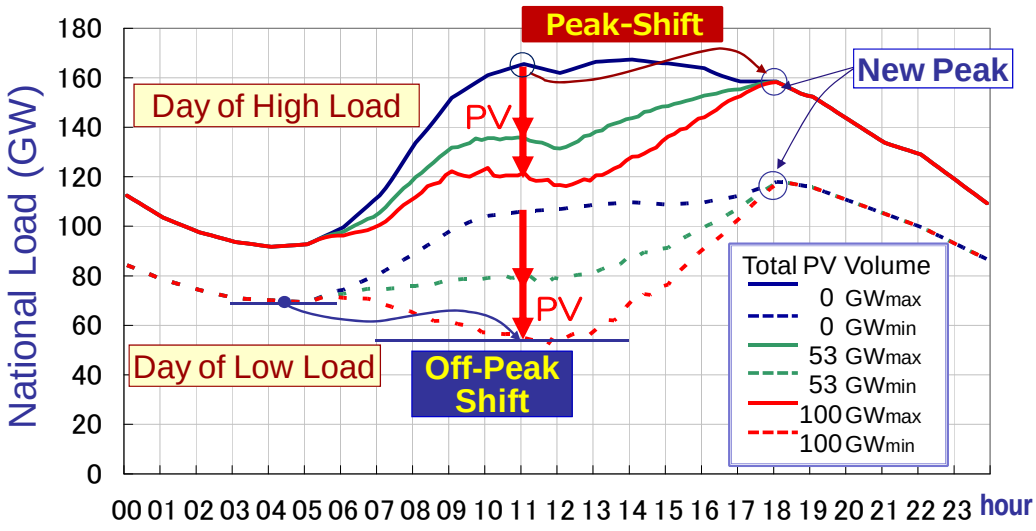
2. ELECTRICITY GENERATION PROFILE TO BE AFFETED BY RENEWABLE ENERGY PENETRATION

Figure 1 is showing two typical daily consumption curves. The upper group is illustrated for the day of high load and the lower group is prepared for the day of low load. The both profiles are in very typical range observed by the whole Japanese electricity grid. If the upper case is corresponding to very fine profile during the day time, A massive number of PV systems corresponds to 53 GW for green line and 100 GW for red line, both of which are planned as 2 cases for 2030. The latter case can delivers around 10 % of national energy annually.

Though the mid-summer noon time is typical high season in Japan, the peak power of 100 GW is high and the noon time peak is suppressed very much and shifted to the evening time.

The lower case corresponds to very low demand day, for instance, during New Year holidays or Golden Week at the beginning of May. Those weeks are well known as the typically low consumption weeks. 100 GW PV penetration changes load curve very much to shift off-peak time from very early morning to around noon time.

These kinds of phenomena change load profile very much. This is also affected by the weather conditions by every day and every hour. If the profile varies day bay day of hour by hour, the existing energy infrastructure may not follow to adjust their supplying ability. If these ability is given by fuel burning power stations, their controllability affected by thermal time constant will become very severe issues, which is called demand/supply management and affects economical situation of existing energy infrastructure.



[Assumption] Max./Min. Irradiance: Aug. – Sept. 2005 at 58 sites in Japan. Original hourly demand curve for Max./Min. days exerted from TEPCO’s 2005 data. Then, expounded to fit to scale of the whole national loads.

K. Kurokawa, N. Kawasaki, et al: Regional power generation induced by massively distributed PV systems and considerations on its total operation procedures, JSES Journal, Vol.36, No.1, 2010.

Fig. 1 Typical 2 days: Day of high load and Day of low load in Japanse National Load Profile

Figure 1 explains the case of massively introduced PV systems to an assumed size of Japanese whole grids. The order of this assumption is quite close to our actual grid size. When massive PV systems corresponding to 50 GW or 100 GW are operated with this grid, total demand curve will change remarkably as shown in this figure.

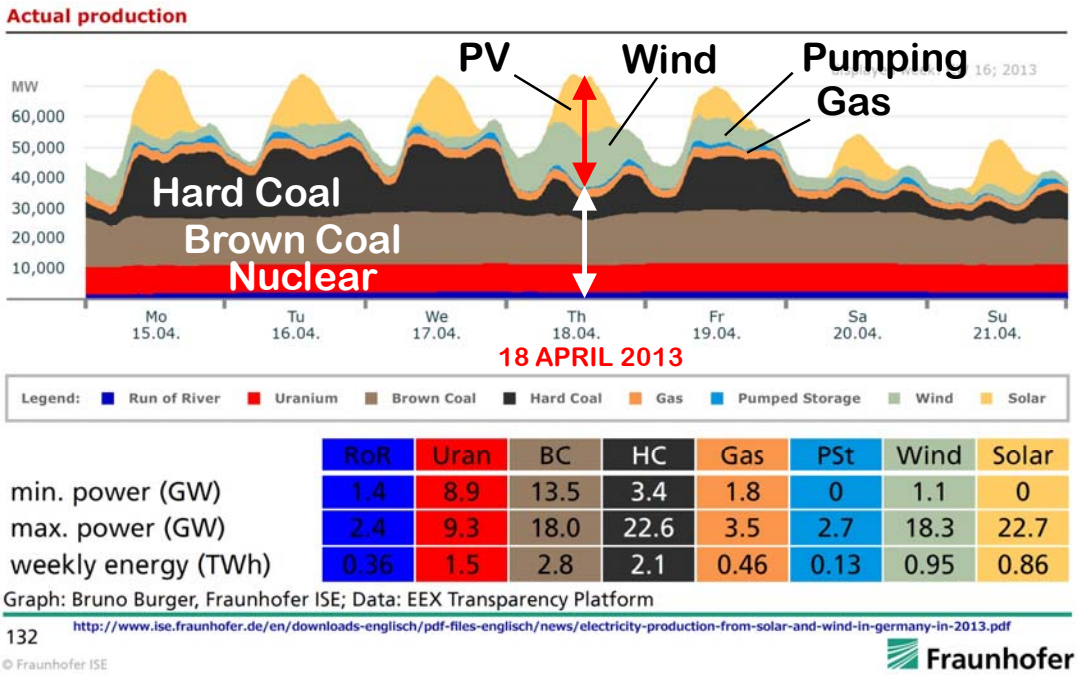


Fig. 2 German Electricity generated by a sum of PV and wind reached just a half level of whole production around noon on 18 April 2013.

Figure 2 is a very typical example, which is recorded in German National power grids observed on 18 April 2013. Around noon time, the sum of solar PV and wind energy reached at the point of 50 % of German total consumption. Their electricity preferentially distributed to fulfill the national load and another supply/demand management was carried out mainly by hard coal burning station. (As a result, the capacity utilization factor of the power station became considerably low.) This means that this total system structure itself is not well fit with mass introduction of renewable energy. This is the point by the author.

3. PROPOSAL OF HIERARCHICAL POWER GRIDS BY THE PRINCIPLE OF DISTRIBUTED-AUTONOMY

Then, as shown in **Fig. 3,** Hierarchical Smart Network is proposed to consider regional demand/supply balance at first by utilizing a set of regionally obtainable renewable energy resources. In some cases, a certain amount of energy storage devices can also be introduced for this hierarchy.

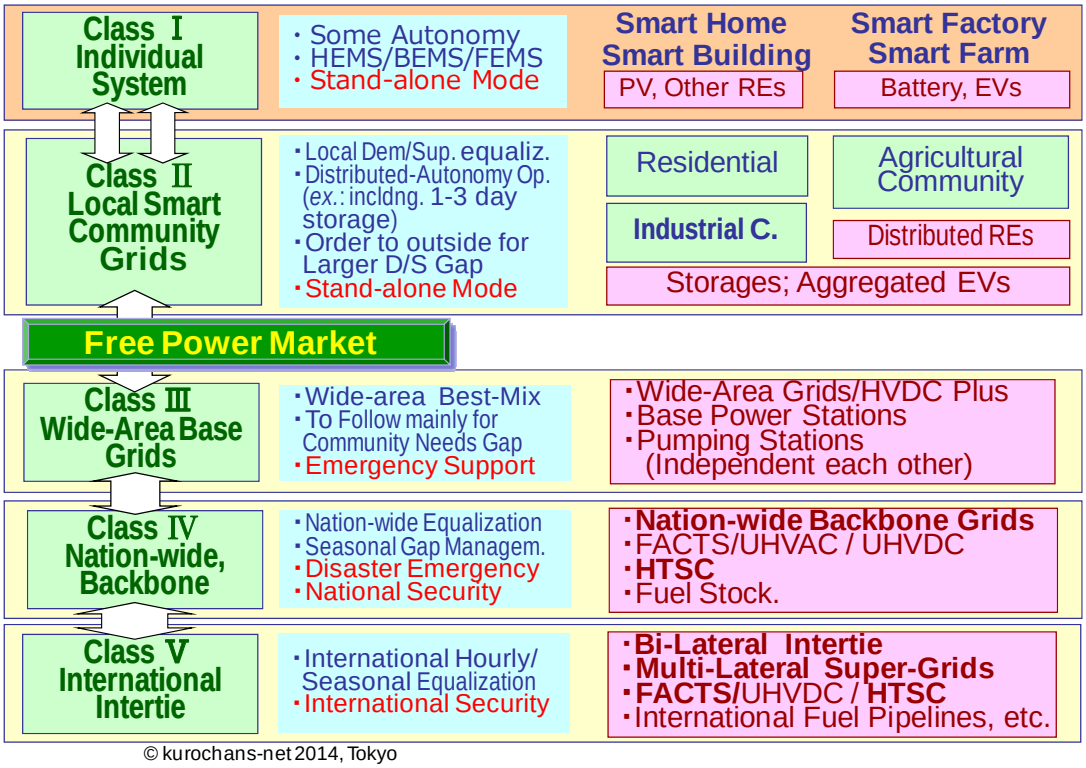


Fig. 3 Grid Hierarchy composed by the principle of Distributed-Autonomy

The lowest hierarchical layer or 'Class I' layer may be a individual system such as a residential house, a factory or a school, etc.. 'Class II' layer may be a neighborhood residential area or a residential community. A large factory may be on the same level with a different property. 'Class II' layer may include a town or a city. The 'Crass III' layer corresponds to wide-area transmission/distribution grid. The highest 'Class IV' is the Nation-wide Backbone Grid to secure national level risk minimization.

- As shown in **Fig. 4**, it is necessary to develop Advanced Power Grid improved by Smart Technology as well as ICT be evolved, too!
- According to **Fig. 3**, it is proposed that Faster Fluctuation be absorbed by lower layers, e.g., Class I. For example, if Class I for a typical residential house can accept 30 – 60 minutes fluctuation smoothing, then 1 night power interruption compensation becomes by its own HEMS with its 10% level of rated loads. Beyond this fluctuation level, Class II layer participate longer term equalization as written the following paragraph.
- Supposing that CEMS for a residential community has 3 day storage capacity, one month stable operation becomes possible even in a typical Japanese weather according to our former assumption. In this case, it is not so difficult that the community's seasonal shortage or surplus can be equalized through seasonal purchase and sale through the free power market as shown in Figs. 1 and 3. only seasonal irradiation change as far as possible. Then, slower, Base Variation be treated by Wider-Area. This is the main point of this conceptual proposal.
- Otherwise, Possible Seasonal Adjustment can become possible through Nation-wide North-South Tie Network designed for maintaining the National Security. It is also useful for wide-area disasters such as 3/11*!* (Possible direction by Japanese Government as we wish, but not finalized yet.!)
- Wide-Area ICT must be Fail-Safe essentially. Local ICT must continue own minimum stand-alone operation by the distributed-autonomy logics even under the lack of higher system as shown in Fig. 2. For keeping the most Important ICT Security, the More Macro Management is essential for the Higher Hierarchy. According to this principle, ICT Traffic Size can be minimized and then O/M Cost for ICT can be suppressed as shown in **Fig. 4**.

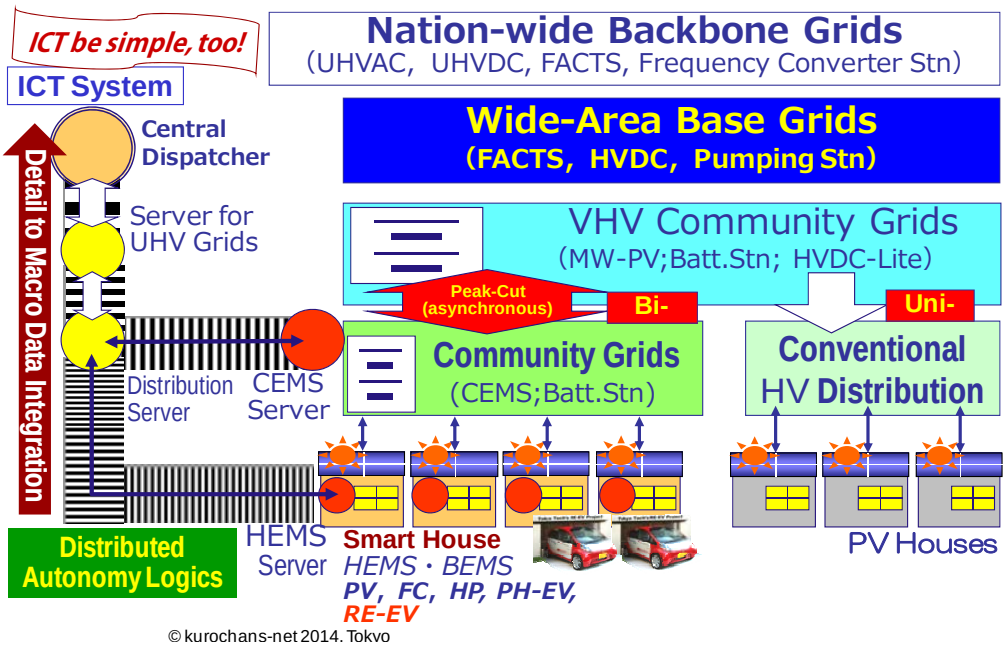


Fig. 4 Hierarchical Smart Network composed by Distributed-Autonomy Logics

Tables 1 and 2 are composed for showing the properties of renewable energy categories which are mostly available in the world. The second column is short description on potential. The third column corresponds to fluctuation issues and the 4th is other remarks. The author does not mean to compare each other but prepared for setting up a good combination or integration while watching at differences of properties. Especially fluctuation column is important.

Solar energy is available only in the daytime and fluctuating according to weather change. Its basic property is basically coincident to daily peak hours of loads but no output during night time. Wind power is also fluctuating but available during day and night. Their combination may have a certain meaning for matching with load curve on the grids.

If you see the other side of renewable energy such as geothermal power and mini- and small hydraulic power station, they are quite stable. The former is really stable throughout a year. The latter is stable for a week or a month though the river flow may have some seasonal tendency. Another property can be indicated by the biomass power since its produced fuel can be stocked and the power output of generator is adjustable. Unless it is possible to obtain ideal output profile to equalize load mismatch, a level of mismatch can be reduced at a certain degree. This gives a better opportunity to adopt a storage battery system with considerably smaller size for Category Class Ⅱ community.

Table 1 Properties of Renewable Energy (1)

Category	POTENTIAL	FLUCTUATION	Remarks
Solar PV	・**Large potential in the world** ・Usable almost anywhere ・1000 hrs ±10% annual yield in Japan; 1500-2100 hrs in Sahara	・Sinusoidal day-time ・**Very-fine; Fine;** Slightly cloudy; Overcast; rainy ・**Proportional to Irradiance**	・**Rapid Cost-Down presently**
Solar Thermal	・Low Temperature, more efficient ・More disadvantageous CSP in Japan,	・Sinusoidal day-time ・**Non-linear output** (low irradiance/ fluctuation disadvantage) ・**Hot water storage**	・**Residential Hot Water supply** ・0.8 mil./1980, peak; ~0.05 mil./Y now ・Going better now
On-shore Wind	・Good site: 2000 hrs / year in Japan ・Limited attractive sites	・**Day/night operation** ・Gust factor (instantaneous/ average)	・Severe environmental assessment in Japan
Off-shore Wind	・**Japan: oceanic region** ・Better than on-shore ・New demonstration ongoing	・more stable than on-shore	・Shallow sea limited ・Submarine cable necessary ・Severe fishery rights

© kurochans-net 2014, Tokyo

Table 2 Properties of Renewable Energy (2)

Category	POTENTIAL	FLUSTRATION	Remarks
Biomass Power	・Japanese potential high ・But, long distance between forest and consumption	・**Fuel adjustment control possible**	・JP's Forestry industry in decay
Small & Mini Hydro	・**Unused hydraulic resources remain.**	・**24 hour stable** ・Seasonal Fluctuation	・Water right troublesome
Air Heat Source HP	・**Anywhere!** ・**Good energy saving choice for air-conditioning**	・**24 hour stable**	・late-night power driven ・**PV driven hot water → daytime peak shift**
Geotherm. Heat Pump	・**Almost anywhere** ・**Good for ZEB/ZEH***	・**24 hour stable**	・Foundation construction cost saving needed!
Geotherm. Power	・**World top-3 potential**	・**24 hour stable**	・Siting regulation ! ・Coexistence with spa → Binary cycle promising
Storage Battery	・**EV → Li-b. cost-down** ・**For HEMS/BEMS**** ・**New battery** ・**Larger size** ・Pumping st. for base	・**Stabilization** ・**Peak-shift** ・**Dem/Sup control**	・**Well-chosen storage size necessary** ・**deregulation expected!**

© kurochans-net 2014, Tokyo

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

For Class Ⅲ category, the pumping storage can be used as hourly supply/demand gap like conventional approach. In addition, we have another type of method to harmonize seasonal supply/demand. When an East/West intertie will be provided, it gives an adjustment ability to equalize peak time difference. As an example, time difference between Sahara west coast and Cairo corresponds to 3.5 hours. Sahara West Coast to Iranian north coast facing to Indian Ocean is equivalent to 5.3 hours.

4. FUTURE IMAGES OF DISTRIBUTED-AUTONOMY

Figure 5 is an example image for Distributed-Autonomy as the most important situation in the coming decade since the community energy management system (CEMS) is the most important component. Fig.6 is the aggregated form of the smart communities to form a larger regional layer.

Generally speaking, the seasonal demand/supply gap is difficult issues for the power grid since summer time and/or winter time are demand peak season though spring and autumn are off-peak load season in many countries and regions. The capacity factor of power generation facility tends to be lowered in these medium seasons. It is also very difficult to shift energy by 3 or 4 months from autumn to winter and from spring to summer in the form of electricity. In case of North/South intertie, seasonal demand/supply gap can become adjustable efficiently.

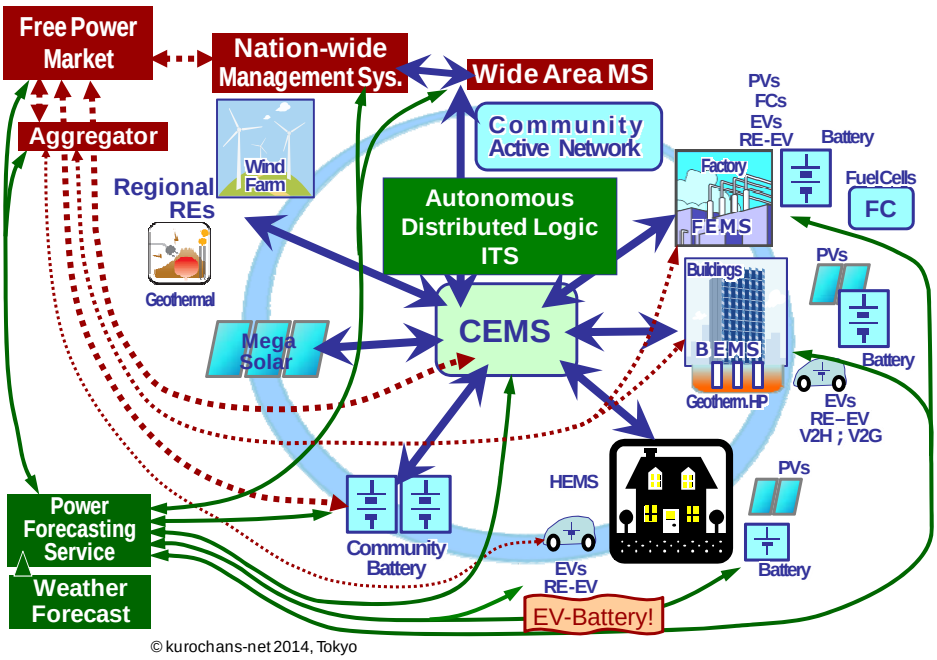


Fig.5 Smart Community Ensembles conducted by CEMS : Community Energy Management +

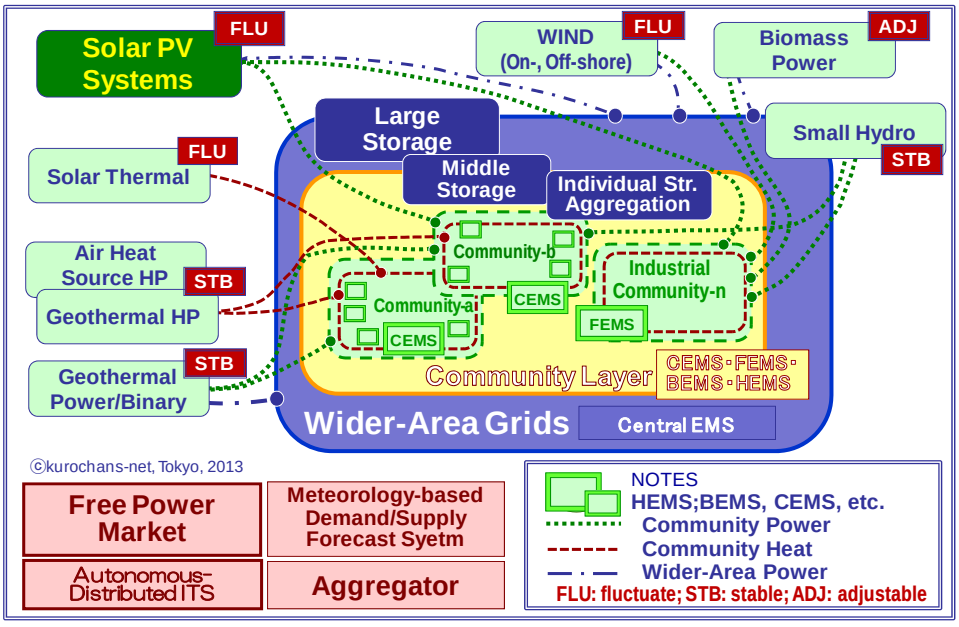


Fig. 6 Renewable Energy Ensembles formed for Wide-Area Grid, which is communicating and being harmonized with regional loads and many types of RE power sources through a number of distributed EMS: CEMS; FEMS; BEMS; HEMS.

5. STORAGE BATTERIES

In order to realize inter-regionally the harmonized grid equalizing of supply/demand gap, the most important point will be free trading market, especially for renewable energy. To absorb the gap, stabilization functions should have a special added value in the power trading market.

One of candidate may be innovative energy storage devices in the field of energy trading. The author specially would like to show the following storage battery systems.

The first example is Li- ion battery. It became a kind of our big hope after EV development program. **Fig. 6** indicates comparatively large examples of this kind. The system capacity is approaching 40 MW, 20 MWh.

Another candidate may be a NAS battery, which has been developed by NGK Insulator. As shown in **Fig. 7**, 34 MW NAS storage system has been demonstrated under METI's support.

Hitachi's Li-ion battery, 1 MW, 450 kWh
Source: Hitachi, 2 Dec 2013

Mitsubishi HI's Li-ion battery and
DC-AC converter, 1 MW, 408 kWh
Source: Mitsubishi HI, 27Dec 2011

METI/Tohoku-EPCO:
Toshiba's SCiB Li-ion battery/converter, 40 MW, 20 MWh
to be the world largest when completed in Feb 2015
Source: Toshiba, 26 Nov 2013

Fig. 6 A larger capacity of Li-ion batteries coming on for Renewable Energy

Fig. 7 NAS batteries taking off again also for Renewable Energy

6. PROPOSED LARGER AREA NETWORK SKETCHES

Figures 8 – 10 are introducing future corresponding to Class V – International Tie illustrated by Distributed-Autonomy.

Figure 8 is African case. There are many types of renewable energy. Especially, the largest desert, Sahara will provide huge possibility of really sustainable energy, which can deliver electricity 5 time more than world consumption. At the moment, this region has not yet been well developed. However, various types of renewable resources are obtainable, which means there may be a large possibility.

Figure 9 is East Asia case. By thinking Gobi Desert, which can provide electricity corresponding to world energy consumption. Already, long distance HVDC transmissions has been provided from the west to east region of China.

Finally, **Fig. 10** is showing a future dream. For this dream, necessary interconnection technology are already available, which is long distance UHVDC line. More than 6000 MW, 2000 km long distance interlink is economically available.

High Temperature Superconducting Cable DC Link is also near-future candidate.

7. CONCLUSIONS

Recently, the progresses of Renewable Energy Technologies and Business have been remarkable. Today's dream becomes realistic tomorrow. Although you consider it dream, this becomes true within a few years while you don't know. Your own blue print about world energy future and human sustainability are the most important at the moment.

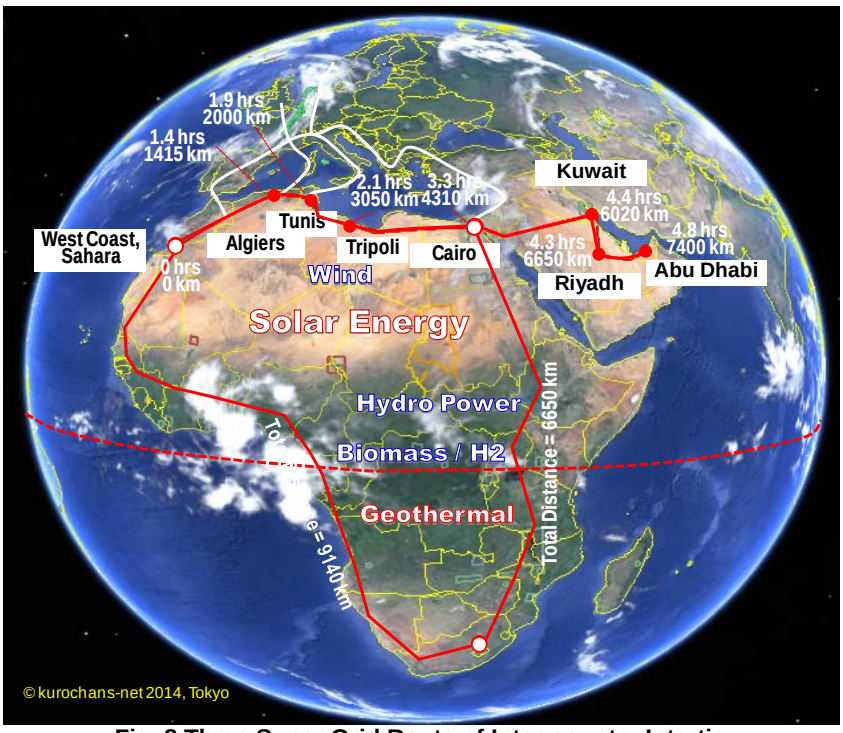


Fig. 8 Three Super Grid Route of Inter-country Intertie to utilize locally distributed renewable energy effectively (Preliminary Draft Idea drawn by Kurokawa, 2014)

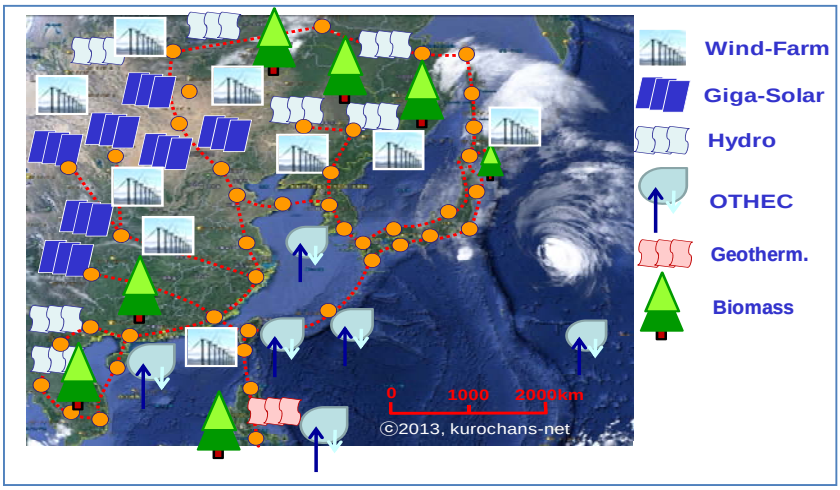


Fig. 9 Super Grid Images among the North-East ASIA

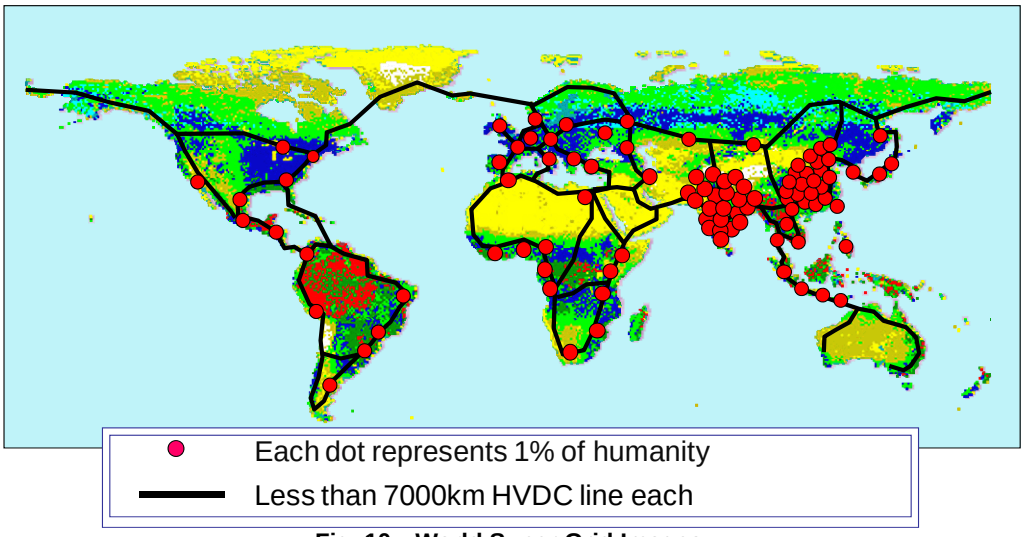


Fig. 10 World Super Grid Images

Conceptual Considerations on Renewable Energy Mix to Moderate Next Generation Power Grids

Kosuke Kurokawa[1, 2]
1. Tokyo Institute of Technology, AES International Research Center, Tokyo Institute of Technology, 2-12-1 Ookayama, Meguro-ku, Tokyo 152-8550-I6-25 JAPAN
2. Japan Council for Renewable Energy, FORCAST Kanda-Sudacho, 1-24-3 Kanda Suda-cho, Chiyodaku-ku, Tokyo, 101-0041 JAPAN

ABSTRACT

When the extensive amount of renewable energy is intended to cover a specific region or over a widespread region, the basic configuration of the existing power infrastructure will become mismatched on account of remarkable pattern change of balance between supply and demand. It may cause economical inefficiency of grid operation because of the fluctuating components increase which is induced by wind power or photovoltaic systems for instance. The author discusses this issue and proposes an approach to find an optimized solution for well moderated mix of the regionally available renewable energy resources. This basic concept is named “Renewable Energy Ensembles” by the author. [Kurokawa, PVSEC-23, Taipei, Oct. 2013].

1. INTRODUCTION

If we think about the extensive introduction of renewable energy for a specific region or over a widespread region, the basic configuration of the existing power infrastructure must become mismatched on account of remarkable pattern change of balance between supply and demand. It may cause economical inefficiency of grid operation because of the fluctuating components increase which is induced by wind power or photovoltaic systems for instance. To ease this issue, the author proposes to moderate such fluctuation by the well-balanced mixture consisting of various types of renewable energy systems which are accessible in a region. This basic concept is named “Renewable Energy Ensembles”[1]. He is still seeking for conceptual possibility to get to regional optimization to extend opportunities for further renewable energy contribution.

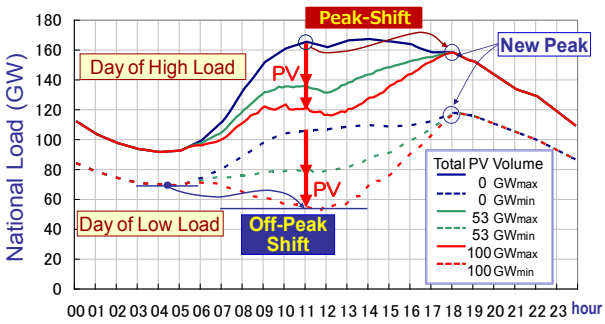
2. ELECTRICITY GENERATION PROFILE TO BE AFFETED BY RENEWABLE ENERGY PENETRATION

Figure 1 shows two typical daily consumption curves. The upper group is illustrated for the day of high load and the lower group is prepared for the day of low load. The both profiles are in very typical range observed by the whole Japanese electricity grid. If the upper case is corresponding to very fine profile during the day time, A massive number of PV systems corresponds to 53 GW for green line and 100 GW for red line, both of which are planned as 2 cases for 2030. The latter case can delivers around 10 % of national energy annually.

Though the mid-summer noon time is typical high season in Japan, the peak power of 100 GW is high and the noon time peak is suppressed very much and shifted to the evening time.

The lower case corresponds to very low demand day, for instance, during New Year holidays or Golden Week at the beginning of May. Those weeks are well known as the typically low consumption weeks. 100 GW PV penetration changes load curve very much to shift off-peak time from very early morning to around noon time.

These kinds of phenomena change load profile very much. This is also affected by the weather conditions by every day and every hour. If the profile varies day bay day of hour by hour, the existing energy infrastructure may not follow to adjust their supplying ability. If these ability is given by fuel burning power stations, their controllability affected by thermal time constant will become very severe issues, which is called demand/supply management and affects economical situation of existing energy infrastructure.

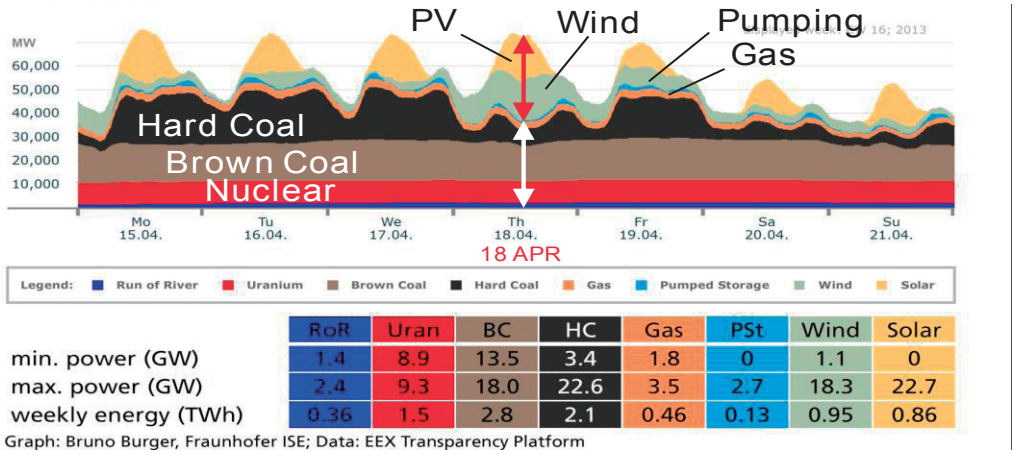


[Assumption] Max./Min. Irradiance: Aug. – Sept. 2005 at 58 sites in Japan. Original hourly demand curve for Max./Min. days exerted from TEPCO’s 2005 data. Then, expounded to fit to scale of the whole national loads.

Fig. 1 Typical 2 days: Day of high load and Day of low load in Japanese National Load Profile [2]

The figure above explains the case of massively introduced PV systems in future to be compared with an size of Japanese whole grids assumed for 2030 or so.

3. PROPOSAL OF HIERARCHICAL POWER GRIDS BY THE PRINCIPLE OF DISTRIBUTED-AUTONOMY



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

Fig. 2 German Electricity generated by a sum of PV and wind reached just a half level of whole production around noon on 18 April 2013 [3].

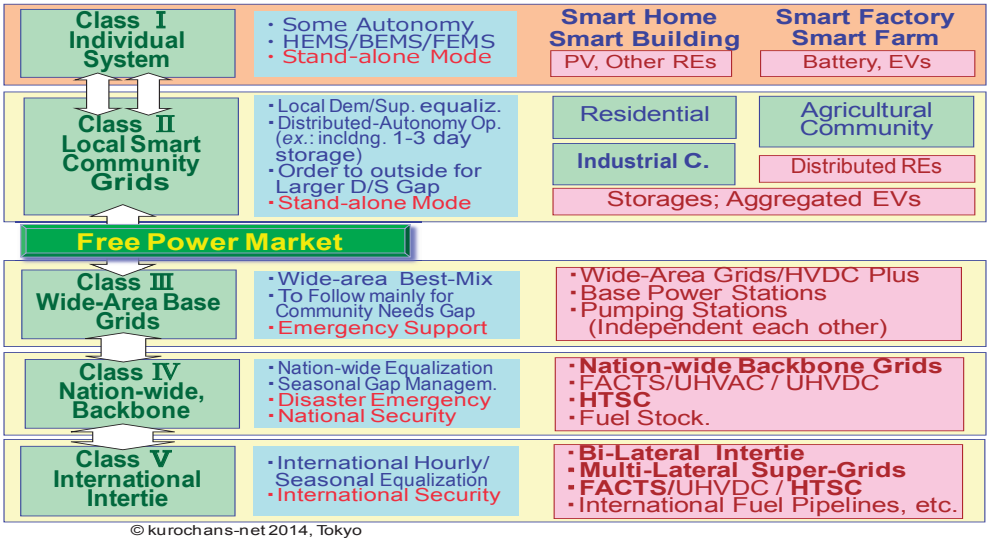


Fig. 3 Grid Hierarchy composed by the principle of Distributed-Autonomy

When massive PV systems corresponding to 50 GW or 100 GW are operated with this grid, total demand curve will change remarkably as shown in this figure.

Figure 2 is a very typical example, which is actually recorded in German National Power Grids observed on 18 April 2013. Around noon time, the sum of solar PV and wind energy reached at the point of 50 % of German total consumption. Their electricity is preferentially distributed to fulfill the national load and another supply/demand management was carried out mainly by hard coal burning station. (As a result, the capacity utilization factor of the power station became considerably lower.) This means that the present total system structure itself is not well fit with mass introduction of renewable energy. This is the point by the author.

Then, as shown in Fig. 3, Hierarchical Smart Network is proposed to consider regional demand/supply balance at first by utilizing a set of regionally obtainable renewable energy resources. In some cases, a certain amount of energy storage devices can also be introduced for this hierarchy.

The lowest hierarchical layer or 'Class I' layer may be a individual system such as a residential house, a factory or a school, etc.. 'Class II' layer may be a neighborhood residential area or a residential community. A large factory may be on the same level with a different property. 'Class II' layer may include a town or a city. The 'Crass III' layer corresponds to wide-area transmission/distribution grid. The highest

'Class IV' is the Nation-wide Backbone Grid to secure national level risk minimization.

- According to Fig. 3, it is proposed that Faster Fluctuation be absorbed by lower layers, e.g., Class I. For example, if Class I for a typical residential house can accept 30 - 60 minutes fluctuation smoothing, then 1 night power interruption compensation becomes possible by its own HEMS with its 10% level of rated loads. Beyond this fluctuation level, Class II layer participates longer term equalization as written the following paragraph.
- Supposing that CEMS for a residential community has 3 day storage capacity, one month stable operation becomes possible even in a typical Japanese weather according to our former case studies considering continuous rainy days even in rainy season. However, it is difficult to deal with the community's seasonal shortage or surplus. It can be equalized through seasonal purchase/sale among other community or the higher class grids through the free power market as shown in Figs. 1 and 3. Then, slower, base variation be treated by the Wider-Area Class III operation. This is the main point of this conceptual proposal.
- Otherwise, Possible Seasonal Adjustment can become possible through Nation-wide North-South Tie Network designed for maintaining the National Security. It is also useful for wide-area disasters such as 3/11!
- Wide-Area ICT must be Fail-Safe essentially. Local ICT must continue own minimum stand-alone operation by the distributed-autonomy logics even under the lack of higher systems.

Tables 1 is composed for showing the properties of renewable energy categories which are mostly available in the world. The second column is short description on potential. The third column corresponds to fluctuation issues and the 4th is other remarks. The author does not want to compare each other but prepared for setting up a good combination or integration while watching their differences in properties. Especially fluctuation column is important.

Solar energy is available only in the daytime and fluctuating according to weather change. Its basic property is basically coincident to daily peak hours of loads but no output during night time. Wind power is also fluctuating but available during day and night. Their combination may have a certain meaning for matching with load curve on the grids as shown in literature [3].

Table 1 Properties of Renewable Energy

Category	POTENTIAL	FLUCTUATION
Solar PV	- Abundant - Almost anywhere	- Very-fine to rainy - Linear to Irradiance
Solar-Hot Water	- the lower temp., the better μ - CSP not for Japan,	- Non-linear output - Hot water storage
On-shore Wind	- Good site: 2000 hrs/Y in JP - Attractive sites less	- Day/night operation - JP: Larger Gust factor
Off-shore Wind	- Oceanic JP - Better than on-shore - New demos ongoing	- Day/night operation - more stable than on-shore
Small & Mini Hydro	- Unused resources - Water-right troublesome	- 24 hour stable - Seasonal Fluctuation

Category	POTENTIAL	FLUCTUATION
Biomass Power	- Good for JP - Long supply/ demand distance - JP: Forestry industry in decay	- Fuel adjustment control possible
Air Heat Source HP	- Anywhere! - Good for air-condition. - +PV driven HP hot water better	- 24 hour stable
Geo-therm. HP	- Anywhere - Good for ZEB/ZEH*	- 24 hour stable
Geo-therm. Power	- JP: World top-3 - Siting issues! - Binary cycle for Spa!	- 24 hour stable
Storage Battery	- EV → Li-B cost-down - For HEMS/BEMS** - New tech such as H2 - Larger size - Pumping storage for base	- Stabilization - Peak-shift - Dem/Sup control

If you see the other side of renewable energy such as geothermal power and mini- and small hydraulic power station, they are quite stable. Another property can be indicated by the biomass power since its produced fuel can be stocked and the power output of generator is adjustable. Unless it is possible to obtain ideal output profile by the combination, a storage battery system with considerably smaller size for Category Class II community may be useful.

For Class III category, the pumping storage can be used as hourly supply/demand gap like conventional approach. In addition, we have another type of method to harmonize seasonal supply/demand. When an East/West intertie among wider areas will be provided, it gives an adjustment ability to equalize peak time difference. As an example, time difference between Sahara west coast and Cairo corresponds to 3.5 hours. Sahara West Coast to Iranian north coast facing to Indian Ocean is equivalent to 5.3 hours.

4. FUTURE IMAGES OF DISTRIBUTED-AUTONOMY

Figure 4 is an example image for Distributed-Autonomy as the most important situation in the coming decade since the community energy management

system (CEMS) is the most important component. Fig.6 is the aggregated form of the smart communities to form a larger regional layer.

Generally speaking, the seasonal demand/supply gap is difficult issues for the power grid since summer time and/or winter time are demand peak season though spring and autumn are off-peak load season in many countries and regions. The capacity factor of power generation facility tends to be lowered in these medium seasons. It is also very difficult to shift energy by 3 or 4 months from autumn to winter and from spring to summer in the form of electricity. In case of North/South intertie, seasonal demand/supply gap can become adjustable efficiently.

In order to realize the harmonized inter-regional grid by equalizing supply/demand gap, the most important point will be free trading market, especially for renewable energy. To absorb the gap, stabilization functions should have a special added value in the power trading market.

One of candidate may be innovative energy storage devices in the field of energy trading. The author specially would like to add the following storage battery systems candidates such as:

- Further development toward larger capacity of Li-ion battery: present level around 40 MW, 20 MWh designed for frequency adjustment, by Toshiba for METI/Tohoku-EPCO [4].
- Another candidate: NGK's 70,000kW, 490,000kWh NAS battery with longer life-time of 15 years to be exported to Italy.[5].
- New Storage means by hydrogen energy carrier: e.g., MCH [6].

The author discussed a new approach mainly by aggregation of different type of renewable energy named "Renewable Energy Ensembles". As for priority, he believes that approaches by regional optimization becomes most significant and profitable, not by the national level.

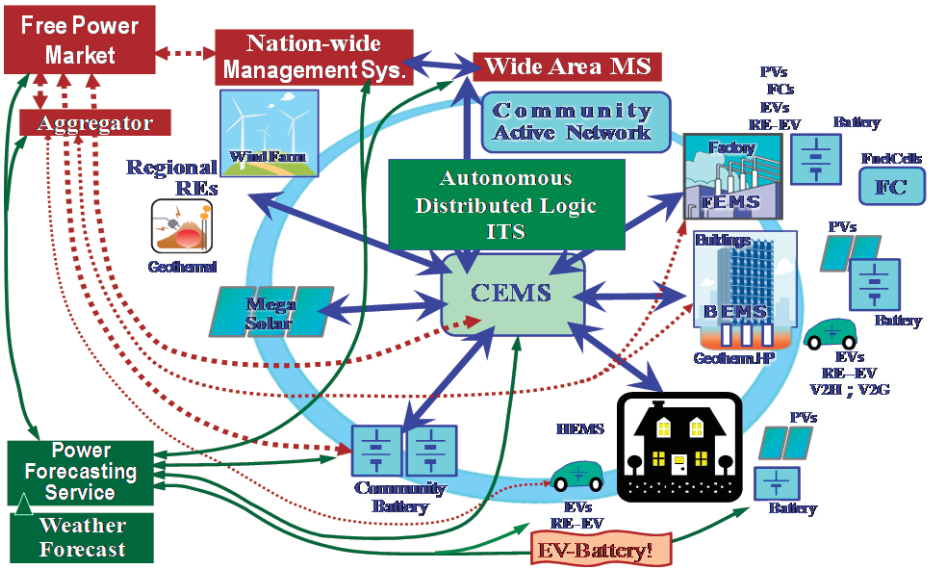


Fig.4 Smart Community Ensembles conducted by CEMS : Community Energy Management

5. CONCLUSIONS

REFERENCES

[1] K. Kurokawa, "Main Role of Solar Photovoltaic Systems in Renewable Energy Ensembles throughout the 21st Century", PVSEC-23, Taipei, Oct. 2013.

[2] K. Kurokawa, N. Kawasaki, et al: Regional power generation induced by massively distributed PV systems and considerations on its total operation procedures, JSES Journal, Vol. 36, No. 1, 2010.

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

[4] Toshiba, 26 Nov 2013: http://www.toshiba.co.jp/about/press/2013_11/pr_j2602.htm

[5] http://www.ngk.co.jp/english/news/2013/0514.html

[6] http://www.chiyoda-corp.com/news/en/2013/post_77.html

国内学会

[2014 年～2015 年]

75

太陽光発電システム向けPCS容量の検討

会員　○　伊藤雅一（早稲田大学）　　会員　　黒川浩助（東京工業大学）
林　泰弘（早稲田大学）

Study on a Capacity of Power Conditioning System for Photovoltaic Power Systems

Masakazu ITO*, Kosuke KUROKAWA**
Yasuhiro HAYASHI*

* Waseda University
3-4-1, Okubo, Shinjuku-ku, Tokyo, Japan
Tel: +81-3-5286-3896, E-mail: ito.m@aoni.waseda.jp
** Tokyo Institute of Technology

ABSTRACT

A PCS capacity may not require same amount of PV capacity because of DC loses and the irradiance which is not at peak all of the time. In this study, energy yield, capacity factor based on a PV and a PCS capacity, and economic and environmental efficiency of the PCS capacity which has a capacity lower than PV capacity were evaluated.

The energy yield and a capacity ratio decrease when the PCS capacity is lower than 0.8. However, capacity factor based on the PCS is in proportion to the PCS capacity's decrease. In view of the economic efficiency, the shortest years of investment recovery was obtained in case of 0.79 PCS capacity compared to 1.00 PV capacity. And the lowest CO_2 emissions rate and the shortest energy pay-back time were obtained in case of 0.87 PCS capacity.

キーワード：メガソーラ，発電量，設備利用率，経済性，ライフサイクル評価
Keyword: Mega-Sola, Yield, Capacity Factor, Cost, LCA

１．はじめに

2012 年に開始した固定価格買取制度により，太陽光発電システムの導入量は飛躍的に伸び，2014 年 4 月末時点までに 1,517 万 kW が導入された。特にメガソーラを中心とする非住宅用の割合が多くなり，制度導入直前の 2012 年 6 月末時点では導入量の 16%（住宅用 470 万 kW に対して非住宅用は 90 万 kW）だったのに対し，導入後 2014 年 4 月末までに 77%（住宅用 221 万 kW に対して非住宅用 736 万 kW）と上昇した[1]。

また，メガソーラの設置方法も変化した。2007 年から 2008 年頃に設置された当時国内で最大級の稚内メガソーラー発電所，北杜サイト太陽光発電所は傾斜角 30 度～45 度で設置され[2] [3]，太陽電池の発電量が最大となるように設置された。しかし，現在は設置面積あたりの発電量が多くなるよう，10 度～15 度で設置されることが多いようである[4]。

また，PCS（Power Conditioning System：パワーコンディショナー）は，一般的に太陽電池容量と同程度の容量を設置することが多いが，日射がピークとなる頻度が少ないことや直流回路損失を考慮すると，PCS は必ずしも太陽電池容量と同量必要とは言えない。ここでは，PCS 容量を減らした時の発電量を，METPV-11[5]の時系列データを用いて，PCS 容量と発電量の関係を検討する。また，太陽電池容量と PCS 容量の両方から見た時の設備利用率，経済性，環境性を考察する。

２．アプローチ

2.1　パラメータ

PCS 容量はある割合に設定し，この時にどの程度発電量が抑制されるかを算出する。日射量データは 1 時間値で記録されている METPV-11[5]のうち，平均年のデータを使用した。傾斜角は最も発電量が抑制される最適傾斜角を想定した。最適傾斜角は MONSOLA-11[6]を参照した。傾斜面日射量への変換

は，新太陽エネルギー利用ハンドブック[7]を参照し，直達成分は rb モデル，散乱成分は Hey モデル，地面反射成分は均一反射モデルとした。直流変換効率は JIS C8907 を参照しながら 0.8 とし，PCS 効率は 0.9 とした。また，PCS の力率は 0.9 の固定とした。PV 容量に対する PCS 容量は 1.0 から 0.5 までを検討した。

表 1　本研究で想定するパラメータ

日射データ	METPV-11[5] 平均年
傾斜角	MONSOLA[6]による最適傾斜角（32.8°）
傾斜面日射量	
直達成分	rb モデル
散乱成分	Hey モデル
地面反射成分	均一反射モデル
直流変換効率	0.8
力率	0.9
PCS 効率	0.9
PV容量に対するPCS容量	1.0～0.5

2.2　発電出力，設備利用率の計算

発電出力は以下として計算した。

アレイ出力[kW] = 日射強度[kW] × 直流変換効率　(1)

だたし，アレイ出力は PCS 容量×力率を上限

PCS 出力[kW] = アレイ出力[kW] × PCS 効率　(2)

$$\text{PCS 年間等価稼働時間[h]} = \frac{\text{年間 PCS 出力[kWh]}}{\text{PV 容量[kW]}} \quad (3)$$

$$\text{アレイ設備利用率} = \frac{\text{PCS 年間等価稼働時間}}{(\text{アレイ容量}\times 365\times 24)} \quad (4)$$

$$\text{PCS 設備利用率} = \frac{\text{PCS 年間等価稼働時間}}{(\text{PCS 容量}\times 365\times 24)} \quad (5)$$

2.3　経済性検討の前提条件

経済性の検討には表 2 に示す条件で算出した。金利は考慮していない。

表 2　経済性の検討に使用した価格

太陽電池	11.5 万円/kW[8]
PCS（1 台あたり。1 回の交換を想定）	2.5 万円/kW[8]
その他	17.7 万円/kW[8]
合計	31.7 万円/kW
買取価格（固定価格買取制度2014年10kW以上）	32 円/kWh

2.4　環境性検討の前提条件

環境性の検討には表 3 に示す条件を用いた。

表 3　環境性の検討に使用した前提条件

寿命	30 年
CO2 排出量	
PV	540 kg-CO_2/kW[9]
PCS	43 kg-CO_2/kW[9]
Other	787 kg-CO_2/kW[2]
エネルギー投入量	
PV	11,000 MJ/kW[9]
PCS	568 MJ/kW[9]
Other	11,949 MJ/kW[2]
系統電力の 1 kWh あたりのエネルギー投入量	10.49 MJ/kWh[9]

3．結果

3.1　発電出力と設備利用率

PCS の出力上限を考慮した発電出力を，年間を通して推定した。図 1 は東京の 5 月 1 日（快晴日）における発電量カーブであり，PCS 容量が 0.9 までは抑制されないが，0.9 を下回ると出力の抑制が起きることが分かる。また，図 2 は年間の PCS 容量 1.0（細線）と 0.5（太線）の PCS 出力である。曇りなど出力が小さい日は出力抑制は起きていないが，快晴日など出力が多きい日は出力抑制が起きている。図 3 に PCS 年間等価稼働時間と，PV と PCS を基準とした設備利用率を示す。PCS 容量が 0.8 まで減少しても PCS 年間等価稼働時間はほとんど減少せず，PV 基準設備利用率

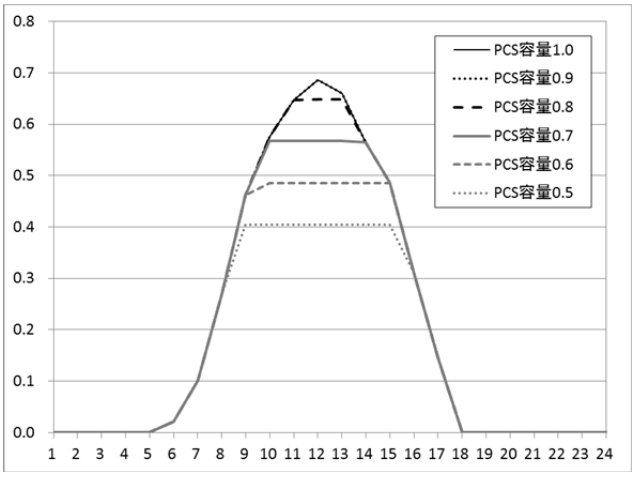


図 1　東京の 5 月 1 日（快晴日）における PCS 出力。PV 容量に対する PCS 容量は 1.0 から 0.5 までの可変とし，直流変換効率は 0.8，力率は 0.9，PCS 効率は 0.9 とした。

もほとんど変化がない。しかし，PCS 基準設備利用率は，発電量に変化がないにもかかわらず，11.2%から13.9%へと大きく上昇した。PCS 容量を 0.5 とすると，PCS 年間等価稼働時間は大きく減少しているにもかかわらず，PCS 基準設備利用率は 19.0%と非常に高い数字となった。

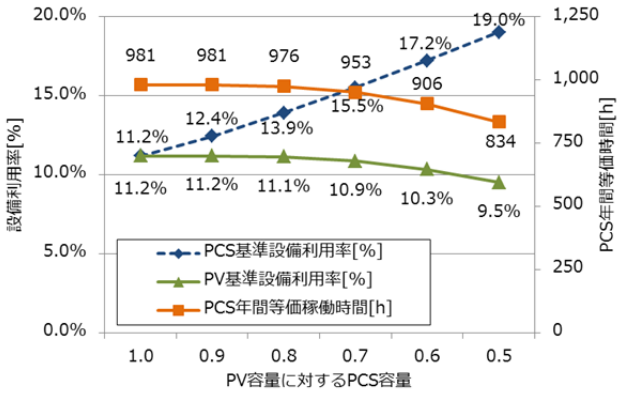


図 3　PCS 容量に対する設備利用率と等価稼働時間
直流変換効率：0.8，力率：0.9，PCS 効率：0.9

3.2　経済性

上記，発電出力の結果より，PCS 容量はある程度容量を下げても発電量に影響がないことから，表 2 に示す価格を用い，経済性が最も良くなる PCS 容量を算出した。ここでは固定価格買取制度で実施されている 32 円/kWh で投資コストを回収することとした。ここでは金利，利益は考慮していない。図 4 に示すように，投資回収年数は PCS 容量を減少させるに従って短くなるが，0.79 の時に下限となり，その後上昇した。この時，投資回収年数は 10.7 年であった。

図 2　東京における PCS 容量 1.0（細線）と 0.5（太線）の時の PCS 出力。上から順に 1 月から 12 月。
日射データ：METPV-11，直流変換効率：0.8，力率：0.9，PCS 効率：0.9

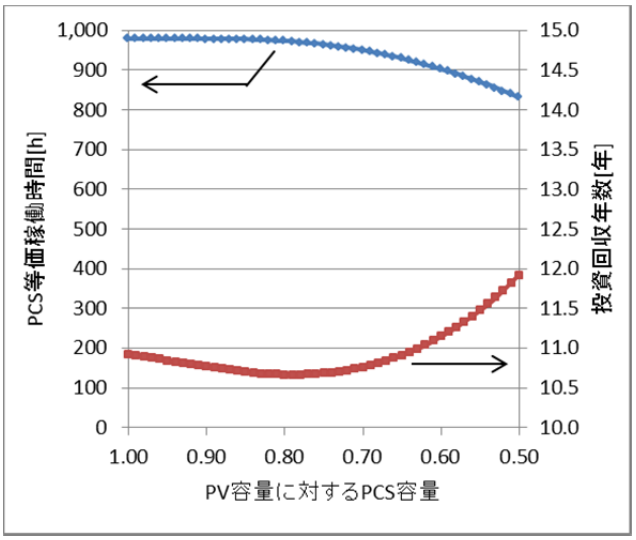


図４　PCS 容量に対する投資回収年数

3.3　環境性

経済性の検討と同様に，PCS 容量を変えた時の環境性についても検討を行った。二酸化炭素排出量やエネルギー投入量は NEDO 報告書[2] [9]を参照した。図 5 に二酸化炭素排出原単位とエネルギーペイバックタイムの算出結果を示す。どちらも 0.87 の時に最小となり，このとき二酸化炭素排出原単位は 46.5 g-CO_2/kWh，エネルギーペイバックタイムは 2.3 年であった。

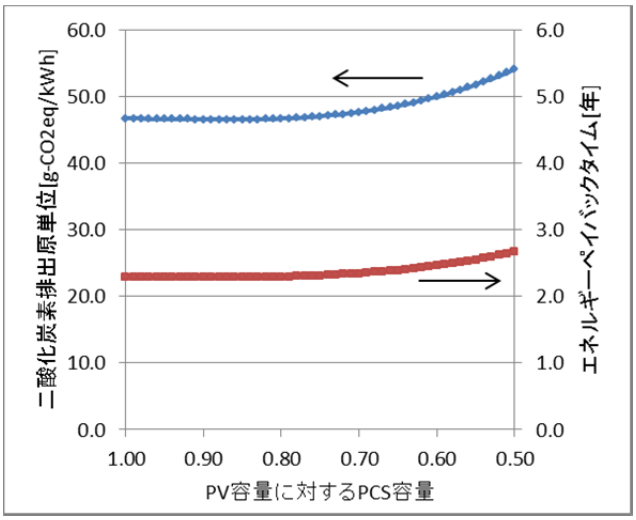


図５　PCS 容量に対する二酸化炭素排出原単位とエネルギーペイバックタイム

4．まとめ

直流回路での損失や，日射は常にピークではないことから，PCS の容量は PV 容量と必ずしも同量必要とは言えない。このことから，PV 容量に対する PCS 容量を少なくした時の PCS 年間等価稼働時間，PV 基準設備利用率，PCS 基準設備利用率，経済性，投資回収年数，環境性について検討した。PCS 年間等価稼働時間，PV 基準設備利用率は PCS 容量が 0.8 を下回った頃から減少幅が大きくなるが，PCS 基準設備利用率は PCS 容量の減少とほぼ比例して増加した。固定価格買取制度で使用する設備容量は，PV 容量，PCS 容量のうち小さい方を用いることから，設備利用率の議論をする時は注意したい。また，本研究で想定した価格，二酸化炭素排出量，エネルギー投入量では，経済性は PCS 容量が 0.79 の時に最も良い結果となり，環境性は二酸化炭素排出原単位とエネルギーペイバックタイム共に PCS 容量が 0.87 の時に最小となった。経済性では PCS のコストの割合は 8%であるのに対し，環境性では PCS の二酸化炭素排出量，エネルギー投入量は 3%であるため，経済性の方が PCS 容量を少なくした方が良いという結果になったと考えられる。

参考文献

(1) 経済産業省資源エネルギー庁，ニュースリリース 再生可能エネルギー発電設備の導入状況を公表します（平成 26 年 4 月末時点） (2014).
(2) 新エネルギー・産業技術総合開発機構，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).
(3) 新エネルギー・産業技術総合開発機構，北海道電力，稚内市，大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証研究（稚内サイト） (2011).
(4) 著者によるヒアリング (2014).
(5) 新エネルギー・産業技術総合開発機構，METPV-11 (2012).
(6) 新エネルギー・産業技術総合開発機構，MONSOLA-11 (2012).
(7) 日本太陽エネルギー学会，新太陽エネルギー利用ハンドブック， (2000).
(8) 公益財団法人自然エネルギー財団，固定価格買取制度 1 年間の評価と制度設計に関する提案 (2014).
(9) 新エネルギー・産業技術総合開発機構，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).

95

水素製造・貯蔵を活用した太陽光発電の余剰電力吸収のための需給調整システムの基礎検討

会員　○川崎　憲広（東京工業大学）
冨田　哲爾（東京工業大学）
小田　拓也（東京工業大学）
会員　黒川　浩助（東京工業大学）
三谷　崇（東京工業大学）
ムハンマッド　アズイッズ（東京工業大学）
森原　淳（東京工業大学）

A Study on a Power Balancing System using Hydrogen production / storage for Surplus Power of Photovoltaic Power Generation

Norihiro KAWASAKI, Takashi MITANI, Tetsuji TOMITA, Muhammad Aziz, Takuya ODA, Atsushi MORIHARA, and Kosuke KUROKAWA

* Tokyo Institute of Technology
2-12-1-I6-25 Ookayama, Meguro-ku, Tokyo 152-8550 JAPAN

Phone: +81-3-5734-3642, FAX：+81-3-5734-3754, E-mail: norihiro@ssr.titech.ac.jp

キーワード：水素製造・貯蔵，余剰電力，太陽光発電
Keywords: Hydrogen production / storage, Surplus power, Photovoltaic power generation

１．はじめに

再生可能エネルギー固定価格買取制度が 2012 年 7 月に施行されてから，太陽光発電(PV)は急速に普及しており，2013 年度末時点で PV の累積導入量は約 13.6GW に達している(1)。しかしながら，再生可能エネルギーの中でも出力が不安定な PV の普及量が多く，偏っている。そのため，2014 年 10 月に電力会社 10 社中 5 社は，再生可能エネルギーによる電力供給力が需要量を上回るとして，新規受け入れを停止している。このように，再生可能エネルギーの発電により発生する「余剰電力」への対応は緊急の課題となっている。この課題を解決するためには，まず，余剰電力を捨てるか貯めるかの選択が必要となる。捨てる場合，再生可能エネルギーの導入意義が損なわれる。逆に，貯める場合はその貯蔵容量により，再生可能エネルギーの導入可能量が増加するが，追加コストが発生する。本稿では，後者を選択した場合のシステムの基礎検討を行う。

電力貯蔵の観点から，余剰電力の貯蔵には蓄電池の利用が考えられる。蓄電池は制御性も良く，非常に扱いやすいデバイスであるが，大規模な電力を扱う場合，大型化が必要となる。また，充電した電力は放電しないと新たな充電が行えないため，必要容量が大きくなってしまうことが考えられる。一方で，水素・燃料電池の分野では，運輸部門をはじめとして，電力部門でも水素利用が注目されており，水素供給システムのロードマップが示されている(2)。この水素供給システムが確立されれば，余剰電力を水電解(水の電気分解)によって水素エネルギーに変換して貯蔵し，その水素は供給時に燃料電池で電力需要に合わせて発電したり，燃料電池車等のほかの用途に利用したりできる。このようなシステム構成の詳細なシステム概念設計は文献(3)で行われている。本稿では，よりマクロな検討を行うため，東京電力管内を対象に，広域に再生可能エネルギー，特に，PV が導入されたときの発電電力から余剰電力を算定した。そして，水素製造・貯蔵を活用した需給調整システムにおいて貯蔵すべき電力量（エネルギー）を保持する日数別に算出した結果を報告する。

２．検討システム

水素製造・貯蔵を活用した需給調整システムを**図 1** に示す。ここでは，再生可能エネルギーを PV システムのみとし，余剰電力を水素に変換する水電解装置，水素を利用する SOFC(固体酸化物型燃料電池)と火力発電所の組合せ，そして，電力需要と既存の発電所で構成する。SOFC は高温動作の燃料電池であるので，その高温排熱をガスタービン複合発電で活用することで高効率発電が実現できる[4]。文献(4)のトリプルコンバインドサイクルシステムでは，SOFC の発電効率を 50%としている。ここで，SOFC の排熱により火力発電の発電効率が向上するため，この発電電力の増加分を含めた SOFC の発電効率は約 74%となる。また，水電解のエネルギー変換効率は 70～90%である[5]。ここで，この効率を 90%と考えると，PV 発電量の余剰電力を水素に変換し，SOFC によって再び電力として利用するときの電力変換効率は約 67%となる。このように，熱エネルギーの利用まで総合的に評価することが重要である。

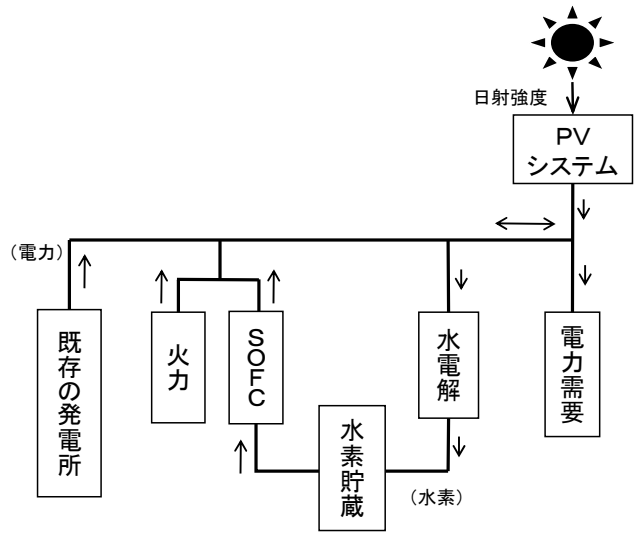


図 1　水素製造・貯蔵を活用した需給調整システムの構成

３．対象エリアと使用データ

再生可能エネルギーの発電により発生する余剰電力の問題は，電力系統の需給調整している規模毎，つまり，電力会社毎に検討する必要がある。本検討では，東京電力管内（茨城県，栃木県，群馬県，埼玉県，東京県，千葉県，神奈川県，山梨県，静岡県の一部）を対象とし，このエリア内の電力需要[6]，日射量データ[7]，PV システムの導入量[8]~[11]を利用した。

3.1　電力需要データ

東京電力管内の電力需要は，東京電力(株)が公開している 1 時間単位の需要電力量データ[6]を利用した。本検討に用いたデータは，2008 年から 2013 年の 6 年分の年間需要電力量の平均値に近く，節電等の影響はない 2009 年のものを用いた(**図 2**)。また，日射量はこれに合わせて 2009 年のデータを利用した。

図 2　電力需要の年間推移(2009 年)

3.2　日射量データ

本検討における日射量は，気象庁が公開している 1 時間単位の日射量データ[7]を利用した。このうち，対象エリアをカバーする日射量観測地点を 7 地点

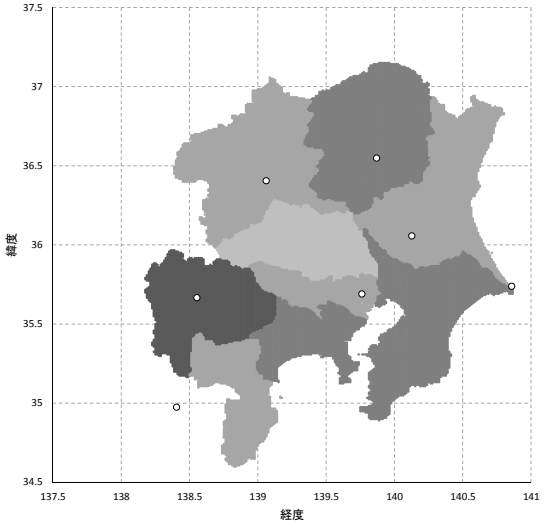


図 3　検討対象エリアと日射量観測地点

（館野，宇都宮，前橋，東京，銚子，甲府，静岡）を選定した。**図 3** には，対象エリア（都県毎に色分け）と日射量観測地点（白丸）を示した。使用した日射量データは，2009 年の 1 年間に観測された 1 時間値を利用した。

3.3 PV システムの導入量

対象エリア内の PV システムの導入量は，文献(8)～(11)の統計データを活用して算出した。ただし，静岡の導入量は，静岡県の全体と対象エリア内の静岡県部分の面積比で与えた。そのため，必ずしも正確には与えられているわけではないことに注意されたい。これらのデータより，2013 年度末までにすでに対象エリア内には約 1.69GW の PV システムが導入されており，さらに，追加で約 20.7GW のシステムの導入が見込まれていることがわかった。したがって，本検討では，現状の導入量と認定量を含めた 22GW 程度を中心に 30GW まで導入された状況を想定した。

4．太陽光発電電力量の推定

対象エリアの電力系統内の余剰電力を算定するため，入手した日射量データから PV 発電量を求める必要がある。本検討では，簡単のため，対象エリア内に導入されている PV システムの構成（PV アレイの方位：真南，傾斜角：30°）は同一として計算を行った。まず，この日射量データは水平面の観測値であるため，傾斜面の日射量に変換する必要がある。そこで，Erbs らの手法[12]を用い，各地点の水平面日射量を傾斜角 30°の傾斜面日射量に変換した。また，エリア全体の日射量は，各地点における傾斜面日射量の単純平均値とした(**図 4**)。次に，日射量から PV 発電量へ変換するため，太陽光発電協会の PV 発電量推定式(式(1))を利用した[12]。これにより，温度補正係数 K_h(1～3 月 90%，4～5 月 85%，6～9 月 80%，10～11 月 85%，12 月 90%)，パワーコンディショナの変換効率 K_{PCS}(95%)，その他の損失 K_{etc}(93%)を考慮した。

$$E_{sys} = K_h K_{PCS} K_{etc} \frac{H_{Irr}}{G_s} P_{cap} \qquad (1)$$

ここで，E_{sys} はエリア全体の PV 発電量[GWh]，H_{Irr} はエリア全体の日射量[kWh/m²]，P_{cap} は PV システムの導入容量[GW]，G_s は標準試験条件での日射強度（1 kW/m²)とする。この条件で算出した 2009 年における等価システム稼働時間は 1133 時間であった。**図 5** には，上記を考慮して得られた，PV 導入量 22GW ときの 1 時間毎の発電量の推移を示す。

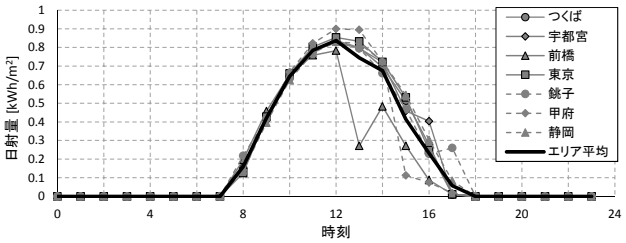


図 4　日射量の一例（2009 年 1 月 1 日）

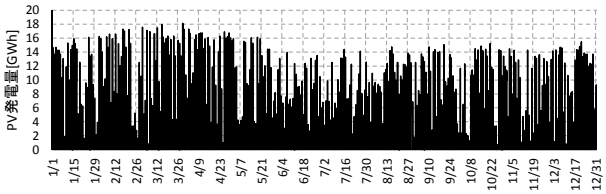


図 5　エリア全体の PV 発電量の推移
（条件：PV 導入量 22GW，傾斜角 30°）

5．余剰電力量と必要貯蔵容量

需要電力量の最小値である 20.48GW がベース電源として供給されていると想定し，需要電力量と算出した PV 発電量から余剰電力量を求めた。**図 6** には，PV 導入量別の年間の余剰電力量を示しており，導入量 15GW 程度以上で余剰電力が発生している。

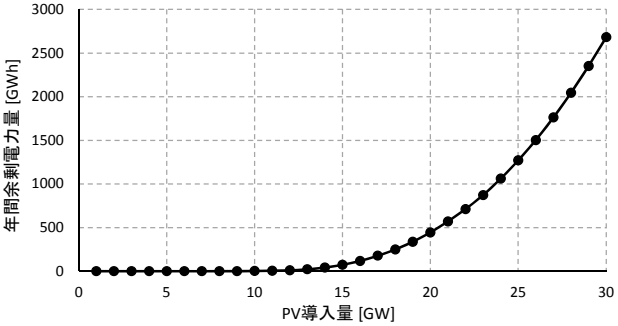


図 6　PV 導入量と余剰電力量の関係

ここで，余剰電力を貯蔵する容量を決定する際，貯蔵した電力量を保持する期間(貯蔵保持日数 N)が重要となる。**図 7** は，過去 N 日間の余剰電力量を貯蔵するとき(N 日間蓄積のみ)の電力量(水電解の効率：90%)の年間推移を示す。ここでは，PV 導入量が 22GW とした。この結果から，正月や軽負荷期で余剰電力が多く発生し，貯蔵保持日数が長くなるほど，貯蔵電力量は大きくなることがわかる。

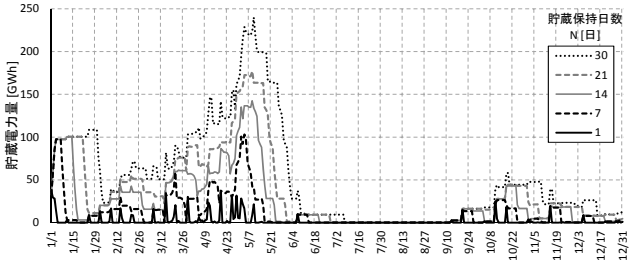


図 7　貯蔵電力量の年間推移(PV 導入量：22GW)

図 8 には，貯蔵電力量の年間最大値を必要貯蔵容量として貯蔵保持日数 N との関係を示した。これより，N が長くなるほど，PV 容量が大きく(余剰電力量が多く）なるほど，必要貯蔵容量が大きくなる。

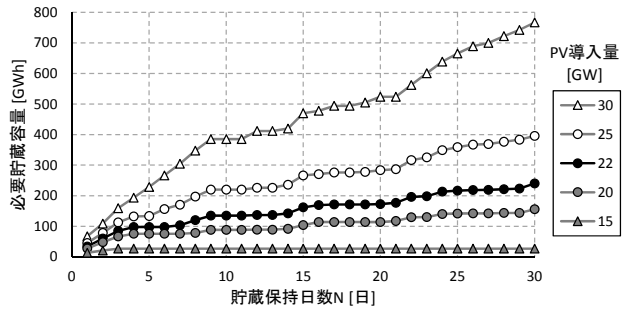


図 8　貯蔵保持日数と必要貯蔵電力量の関係

6．今後の展望

今回の検討は，単一の PV システムの構成，ベース電源が一定等，単純化した条件で行った。今後は，各種条件をより詳細に設定し，さらに，本システムの運用パターン等も考慮した検討を行う。

7．参考文献

(1) IEA PVPS Task 1: “National Survey Report of PV Power Applications in JAPAN 2013”, National Survey Reports, 2014/8/27

(2) 経済産業省 :「水素・燃料電池戦略ロードマップ～水素社会の実現に向けた取組の加速～」, http://www.meti.go.jp/press/2014/06/20140624004/20140624004-2.pdf , 2014 年 6 月 23 日（2014/10/20 現在）

(3) 渡邉，亀田，山田 :「再生可能エネルギーを活用する水素電力貯蔵システム」, 東芝レビュー, Vol.68, No.7, 2013

(4) 小林，安藤，加幡，西浦，冨田，眞竹 :「究極の高効率火力-SOFC(固体酸化物型燃料電池)トリプルコンバインドサイクルシステム」，三菱重工技報，Vol.48，No.3, 2011

(5) 光島，松澤 :「水電解技術の現状と課題」，水素エネルギーシステム，Vol.36，No.1，pp.11-16，2011

(6) 東京電力 :「でんき予報」, http://www.tepco.co.jp/forecast/index-j.html（2014/ 10/20 現在）

(7) 気象庁 :「過去の気象データ」, http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/（2014/ 10/20 現在）

(8) 新エネルギー導入促進協議会 :「平成 20 年度 住宅用太陽光発電システム導入状況に関する調査」, http://www.nepc.or.jp/topics/pdf/0900817.pdf, 2009 年 7 月（2014/ 10/20 現在）

(9) 経済産業省 資源エネルギー庁 :「平成 22 年度 新エネルギー等導入促進基礎調査 太陽光発電システム等の普及動向に関する調査」, http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2011fy/E001389.pdf, 2011 年 2 月（2014/10/20 現在）

(10) 経済産業省 資源エネルギー庁 :「平成 24 年度 新エネルギー等導入促進基礎調査 太陽光発電システム等の普及動向に関する調査」, http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2013fy/E002502.pdf, 2013 年 2 月（2014/10/20 現在）

(11) 経済産業省 :「再生可能エネルギー発電設備の導入状況（平成 26 年 4 月末）及び今後の情報の公表方法についてお知らせします」, http://www.meti.go.jp/press/2014/08/20140806003/20140806003.html, 2014 年 8 月（2014/10/20 現在）

(12) 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」, 電気学会論文誌Ｂ，124 巻 3 号，pp.447-454，2004

(13) 太陽光発電協会 :「太陽光発電協会 表示ガイドライン（平成 26 年度）」, http://www.jpea.gr.jp/pdf/t14091002.pdf, 2014（2014/10/20 現在）

招待講演

[2014 年～2015 年]

ⓒ kurochans-net, Tokyo, 2014

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」	
		(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・事故事例」	
		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

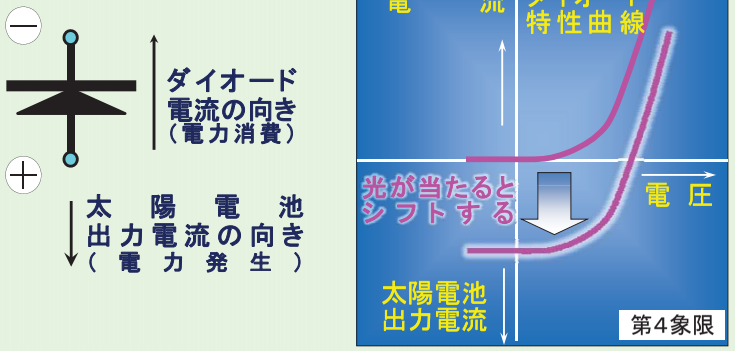
ⓒ kurochans-net, Tokyo, 2014

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

ⓒ kurochans-net, Tokyo, 2014

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

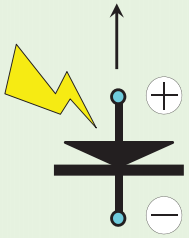


ⓒ kurochans-net, Tokyo, 2014

太陽電池の基本特性

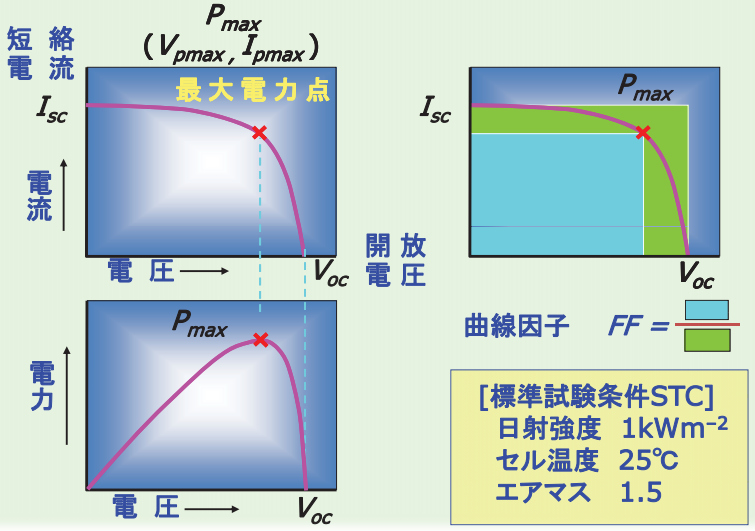
上下反転

太陽電池出力電流の向き



ⓒ kurochans-net, Tokyo, 2014

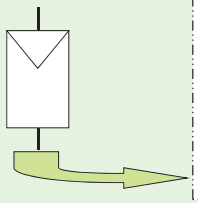
太陽電池のセル・パラメータ



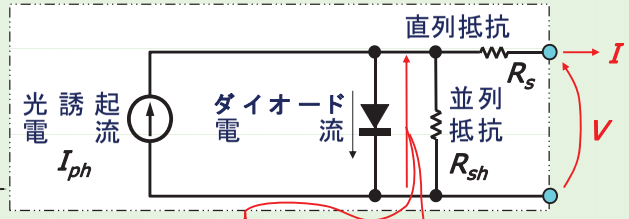
［標準試験条件STC］
日射強度 1kWm^{-2}
セル温度 25℃
エアマス 1.5

ⓒ kurochans-net, Tokyo, 2014

太陽電池の図記号



太陽電池の等価回路

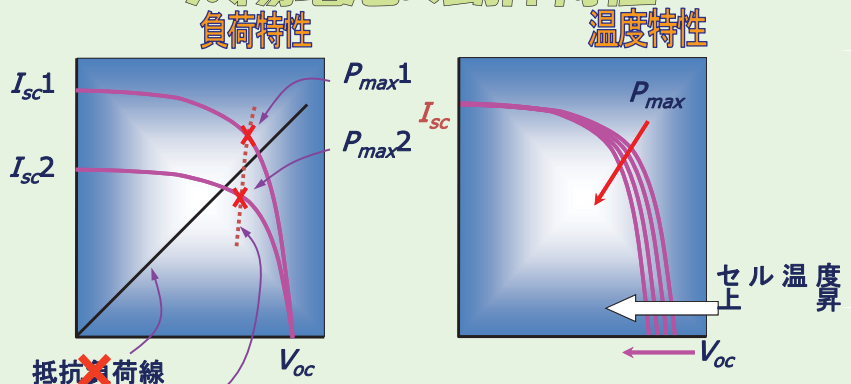


$$I = I_{ph} - I_0[\exp\{q(V + R_s I)/nkT\} - 1] - (V + R_s I)/R_{sh}$$

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

ⓒ kurochans-net, Tokyo, 2014

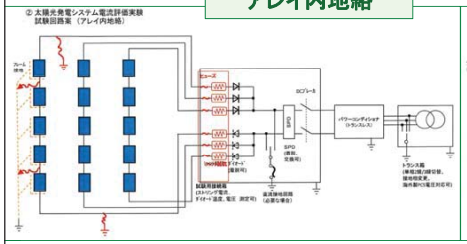
太陽電池の動作特性



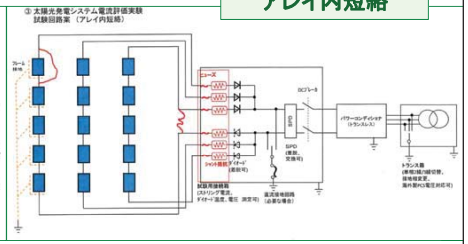
・太陽電池の出力は，電圧では計れない
・I-Vカーブトレーサーが理想である。
・ない場合には，短絡電流を計る方が良い。
・モジュール温度は裏面から測る（シート熱電対を接着）
・温度と短絡電流が分かれば，I-Vカーブを推定可能！

METI/MRI新エネ共通基盤「太陽光発電直流安全性」

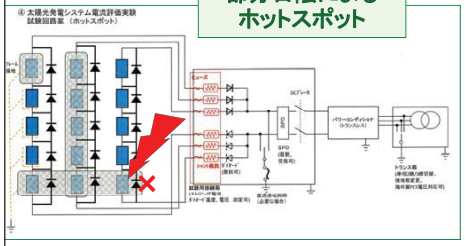
アレイ内地絡

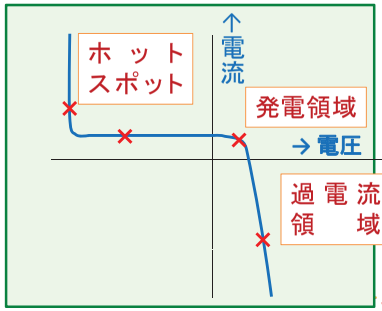


アレイ内短絡



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)を真ん中の一対の金属ロッドに通電したまま，静かに離し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，高温のため浮力で上昇していく。切るためには，空気で急速冷却しながら高速で電極間隔を大きく広げるか，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きにスプリングで間隔を空け，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。

http://www.utexas.edu/research/cem/dc_arc.html

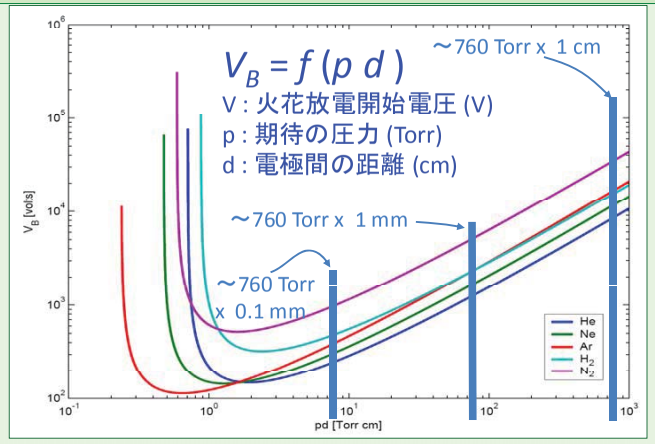
直流アークは静かに安定・継続。アークが発生した後，図のように間隔を広げてもアークは容易に継続。配線作業中にこのような状態になると，非常に高温なので火傷の原因に。また，周囲の可燃物への延焼にも注意。

http://philer.de/design3/index.php?site=elec&secsite=misc

ⓒ kurochans-net, Tokyo, 2014

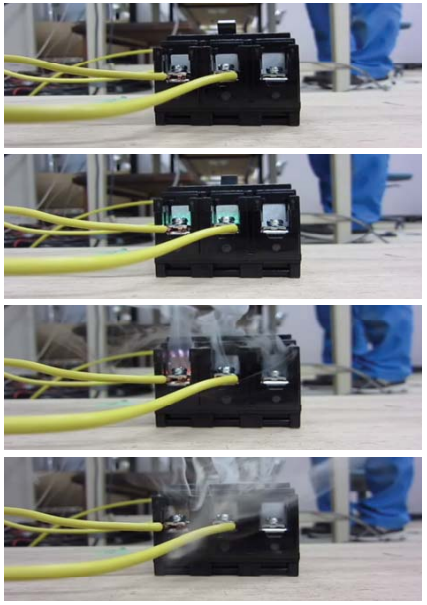
H25 火災学会講演討論会「太陽光発電システムと火災安全」［基礎知識］2014.1.24

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；コロナ放電（部分放電）；アーク放電（全路放電）；グロー放電（低圧気中）；マイクロ波放電；　. . . トラッキング；ツリーイング；. . . .

ⓒ kurochans-net, Tokyo, 2014



［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電流は遮断できない

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
各講演・討論から得られた基礎知識・問題点等 [1]（文責：黒川 浩助）

- 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）～

ⓒ kurochans-net, Tokyo, 2014

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
各講演・討論から得られた基礎知識・問題点等 [2]（文責：黒川 浩助）

- 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！

ⓒ kurochans-net, Tokyo, 2014

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
各講演・討論から得られた基礎知識・問題点等 [3]（文責：黒川 浩助）

- 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
- 火焔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**
-
- チッソ中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！！

ⓒ kurochans-net, Tokyo, 2014

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
各講演・討論から得られた基礎知識・問題点等 [3]（文責：黒川 浩助）

- 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・不充分！！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）**

ⓒ kurochans-net, Tokyo, 2014

- 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）

- 漏れの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

ⓒ kurochans-net, Tokyo, 2014

- 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！

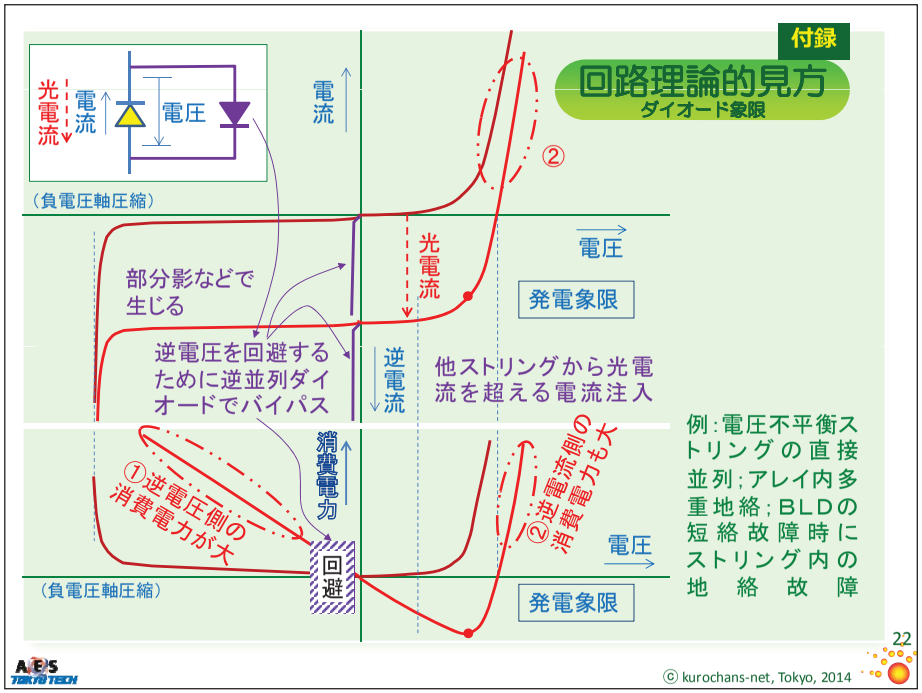
太陽光発電への大きな期待

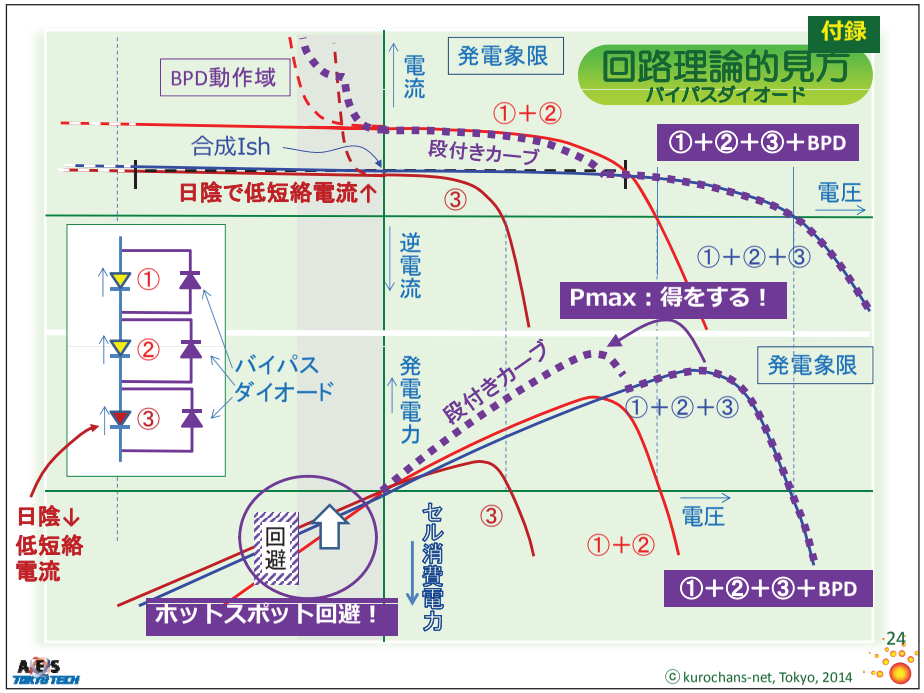
- 太陽光発電ロードマップPV2030＋：2030年100GW導入目標（わが国電気エネルギー10%相当）；2020年目標20GW（現状のFIT設備認定は既にこのレベルに到達している！）
- 太陽光発電の環境価値は高い！（1m^{2}の太陽電池は1m^{2}の森林の100倍のCO_2排出抑制効果）
- 太陽光発電は今後のわが国のエネルギー供給の重要なセクター！
- この重要な期待像は，「低リスク」実現で初めて意味を持つ！

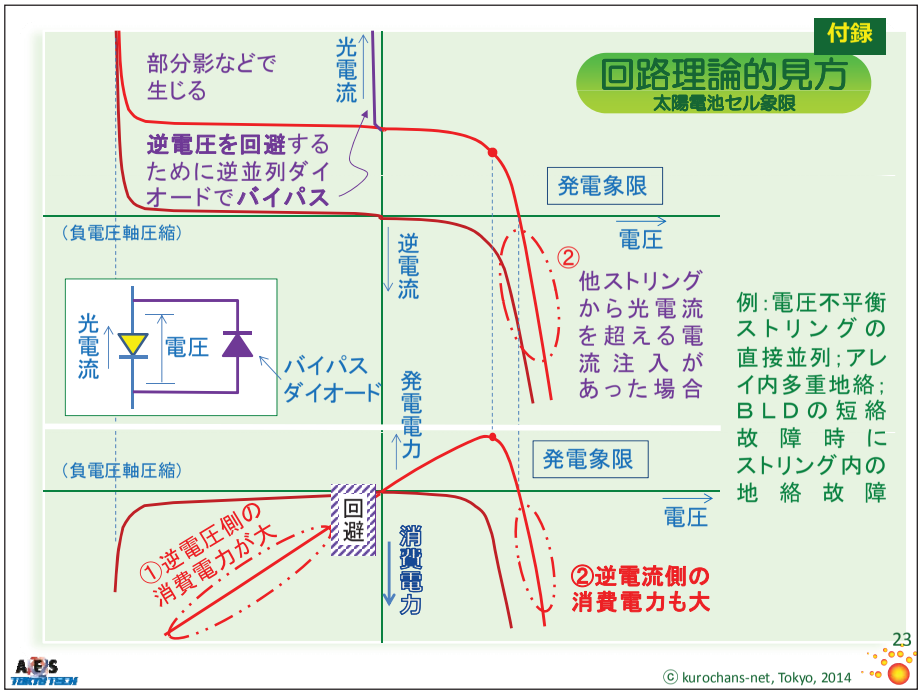
ⓒ kurochans-net, Tokyo, 2014

- 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！）
- 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！（何もしな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拡げよう！！

ⓒ kurochans-net, Tokyo, 2014


付録
回路理論的見方
ダイオード象限
光電流
電流
電圧
（負電圧軸圧縮）
部分影などで生じる
逆電圧を回避するために逆並列ダイオードでバイパス
他ストリングから光電流を超える電流注入
①逆電圧側の消費電力が大
②逆電流側の消費電力も大
回避
消費電力
発電象限
逆電流
例：電圧不平衡ストリングの直接並列；アレイ内多重地絡；BLDの短絡故障時にストリング内の地絡故障
22
ⓒ kurochans-net, Tokyo, 2014


付録
回路理論的見方
バイパスダイオード
BPD動作域
発電象限
電流
合成Ish
段付きカーブ
①+②
①+②+③+BPD
日陰で低短絡電流↑
電圧
①+②+③
Pmax：得をする！
逆電流
バイパスダイオード
発電電力
日陰↓低短絡電流
回避
セル消費電力
ホットスポット回避！
①+②
①+②+③+BPD
24
ⓒ kurochans-net, Tokyo, 2014


付録
回路理論的見方
太陽電池セル象限
部分影などで生じる
光電流
逆電圧を回避するために逆並列ダイオードでバイパス
発電象限
電圧
（負電圧軸圧縮）
逆電流
②他ストリングから光電流を超える電流注入があった場合
バイパスダイオード
発電電力
①逆電圧側の消費電力が大
回避
消費電力
②逆電流側の消費電力も大
例：電圧不平衡ストリングの直接並列；アレイ内多重地絡；BLDの短絡故障時にストリング内の地絡故障
23
ⓒ kurochans-net, Tokyo, 2014

11 June 2014

Outline of PV Evaluation

based on "SV-Method"

Prof. Kosuke KUROKAWA
AES, TITECH
&
Dr. Takashi OOZEKI
AIST

Outline of
Sophisticated-Verification-Method
Smart-Verification-Method

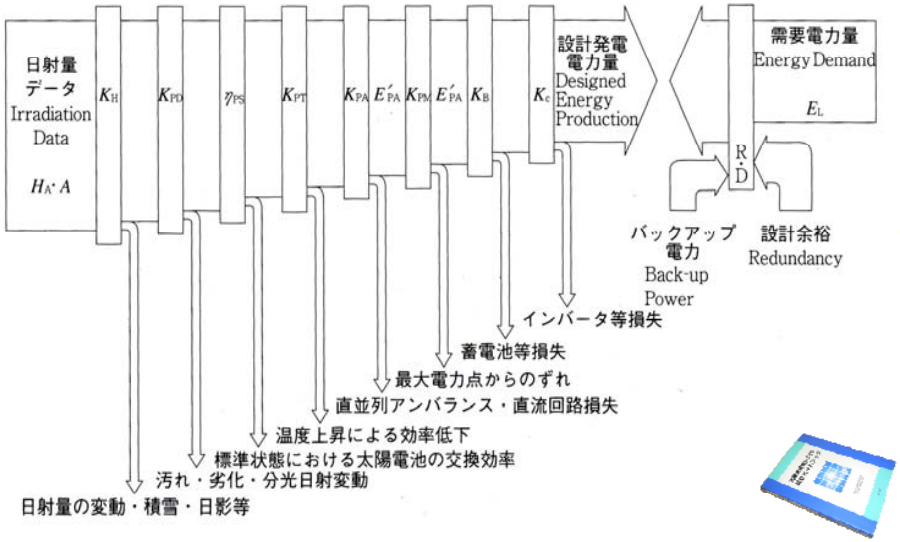
so-called
"**S-V Method**"

システムパラメータ 設計・評価法の基本

システムパラメータ 設計・評価法の基本

- 太陽光発電システムの設計・評価方法
  - 解析的方法
    - LOLP (Loss –of-Load Probability) 法
    - パラメータ分析法
      - 負荷需要と日射量に基づく方法
      - 設置可能面積に基づく方法
  - シミュレーションによる方法

主要設計パラメータ



5

システムパラメータ 設計・評価の基本式

エネルギーバランス式

$$H_A \cdot A \cdot \eta_{PS} \cdot K = E_L \cdot D_P \cdot R \quad \text{.....(1)}$$

変換効率定義式

$$\eta_{PS} = P_{AS} / (G_S \cdot A) \quad \text{.....(2)}$$

サイジング式

$$P_{AS} = \frac{E_L \cdot D_P \cdot R}{(H_A / G_S) \cdot K} \quad \text{....(3)}$$

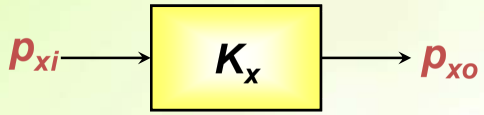
発電電力量計算式

$$E_P = P_{AS} \cdot (H_A / G_S) \cdot K \quad \text{.....(4)}$$
$$= P_{AS} \cdot Y_H \cdot K = P_{AS} \cdot Y_P \quad \text{.....(5)}$$

H_A: アレイ面日射量(kWhm^{-2})
A: アレイ面積(m^2)
η_{PS}:基準状状態の変換効率
K: システム出力係数
(=総合設計パラメータ)
E_L: 負荷消費電力量(kWh)
D_P: 太陽光発電依存率
R: 設計余裕係数
P_{AS}:基準状態アレイ出力(kW)
G_S: 基準日射強度(=1kWm^{-2})
E_P: システム発電電力量(kWh)
Y_H: 等価日照時間(h)
Y_P: 等価システム稼働時間(h)

6

システムパラメータ 原理定義式



$$K_x = \frac{E_{xo}}{E_{xi}} = \frac{\int_\tau p_{xo}\,d\tau}{\int_\tau p_{xi}\,d\tau} \neq \frac{p_{xo}}{p_{xi}}$$

7

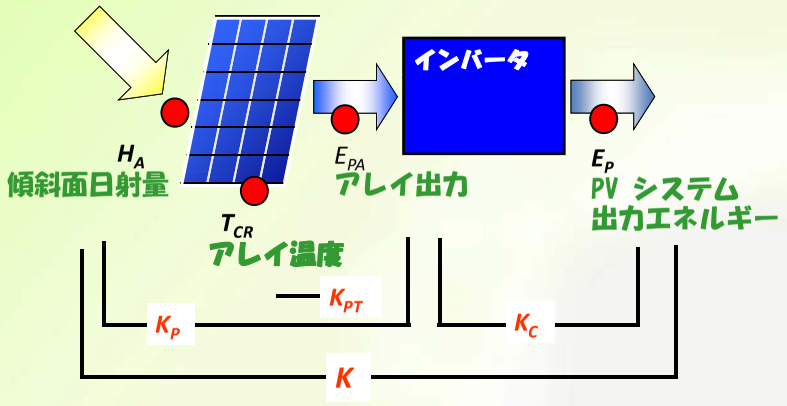
11 June 2014

Outline of PV Evaluation

based on "Smart-Verification-Method"

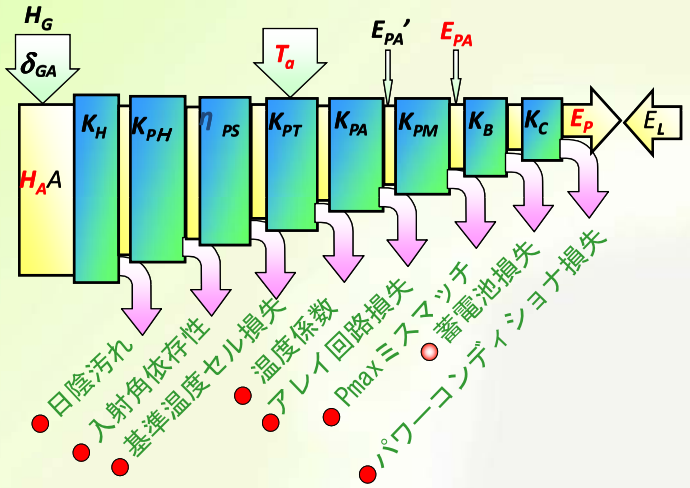
Prof. Kosuke KUROKAWA
AES, TITECH
&
Dr. Takashi OOZEKI
AIST

太陽光発電システム運転特性評価



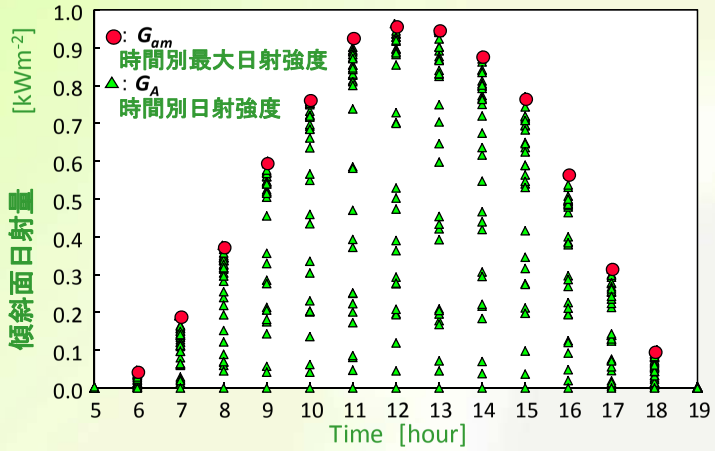
NEDO標準データ計測ポイント

システム評価 － SV法



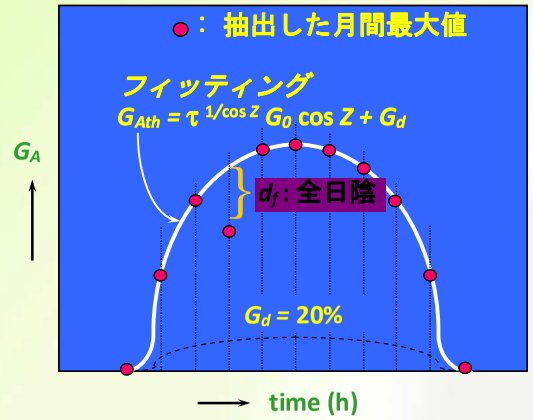
システム評価 － SV法の極意

快晴パターンの抽出



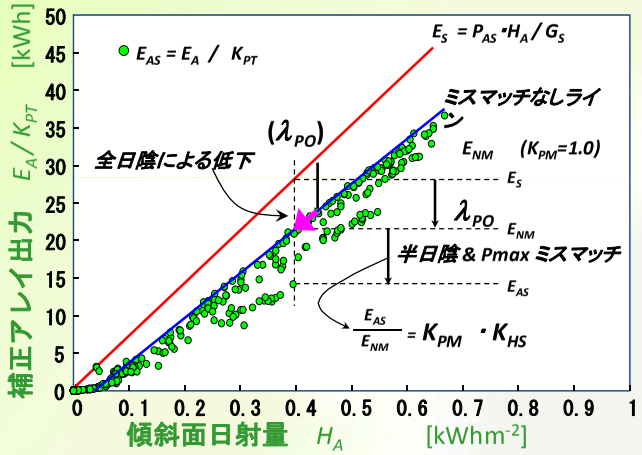
システム評価 － SV法の極意

快晴パターン形成と日陰の同定



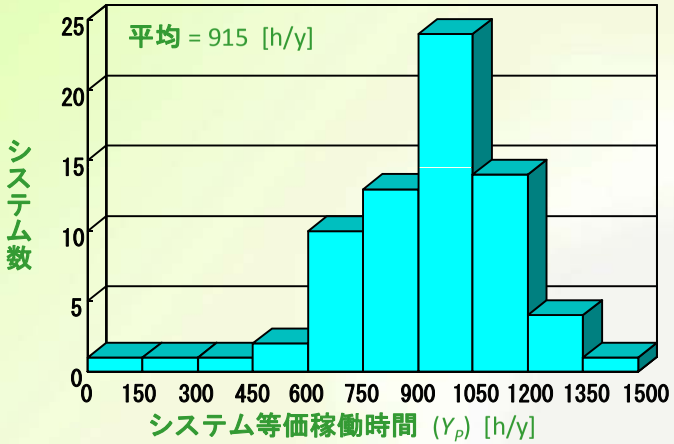
システム評価 － SV法の極意

ミスマッチ損失の同定



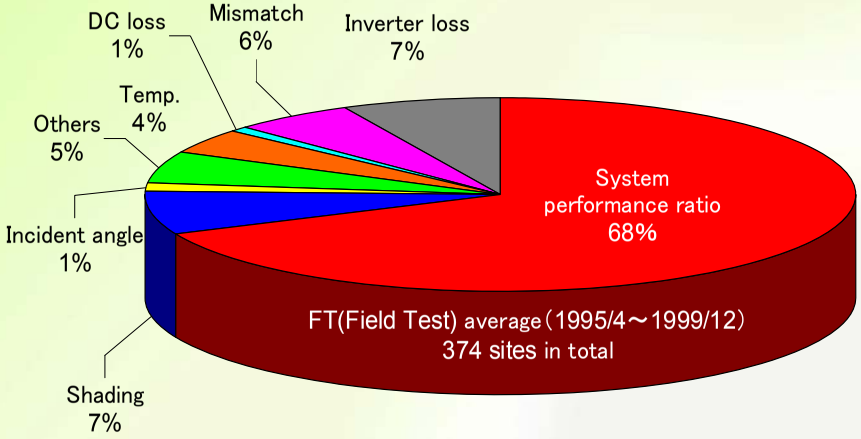
システム評価 － SV法の結果例

等価稼働時間



システム評価 － SV法の結果例

NEDOフィールドテスト全国平均



11 June 2014

Outline of PV Evaluation

based on “Smart-Verification-Method”

Prof. Kosuke KUROKAWA
AES, TITECH
&
Dr. Takashi OOZEKI
AIST

Evaluation Parameters

- Energy yield = Cumulate maximum power
  - kW -> kWh
- Different power rating = normalized
  - kWh -> kWh/kWp
- Different meteorological condition ,irradiation, temperature, and so on.
  - Ex. Dec. vs Jun.. 2013 vs 2014.
  - Normalized by irradiation.
  - Performance ratio
  - loss analysis

From IV curve measurement

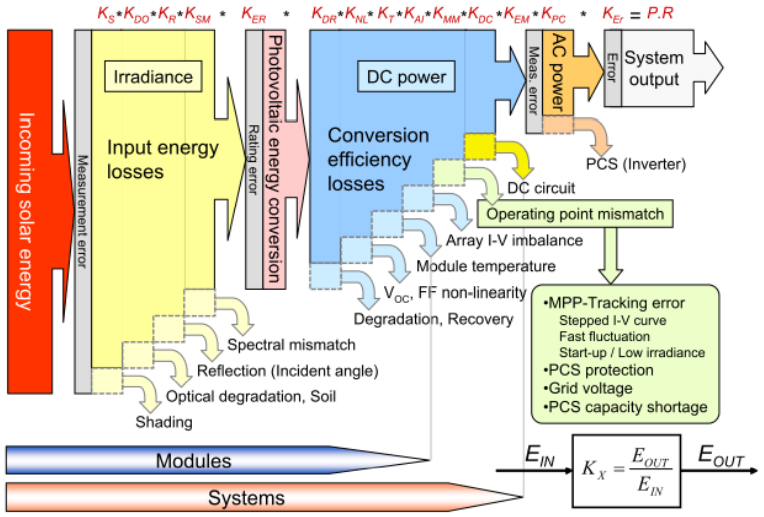
From Meteorological sensors and IV curve data

$$K = \frac{E_A}{H_{Ag} \cdot P_{AS}/G_S}$$

Our method

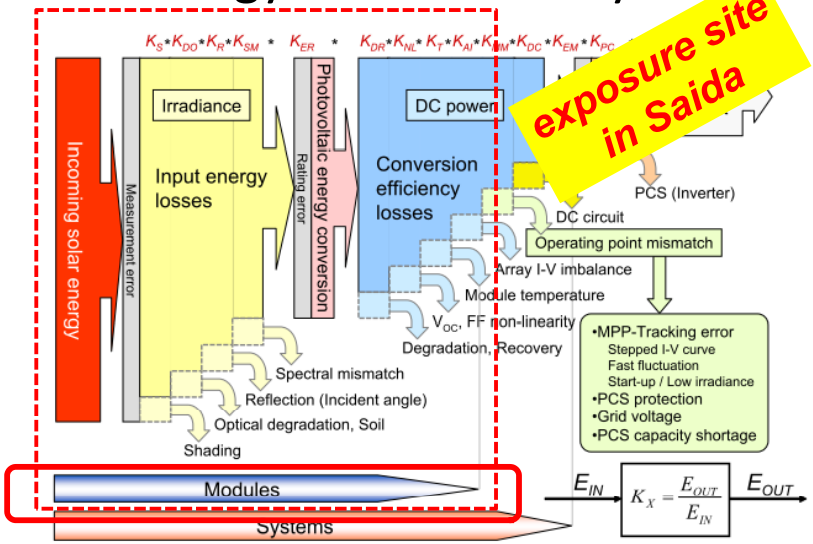
38

Energy flow of a PV system



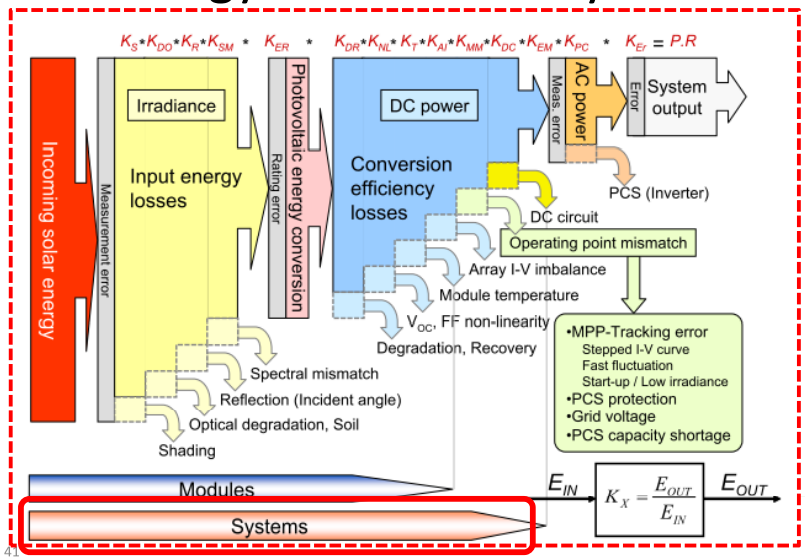
39

Energy flow of a PV system



40

Energy flow of a PV system



41

System performance analysis

- IV curve cannot be used in analysis because Inverter is operating in system.
- PV system operation data is only operation point of current and voltage.
- A evaluation method is difference between system and Module performance analysis.
- Generally system performance analysis is evaluated by only performance ratio, temp. and inverter losses.
- However, PV system has various kind of loss and characteristics such as shading, MPPT mismatch and so on.

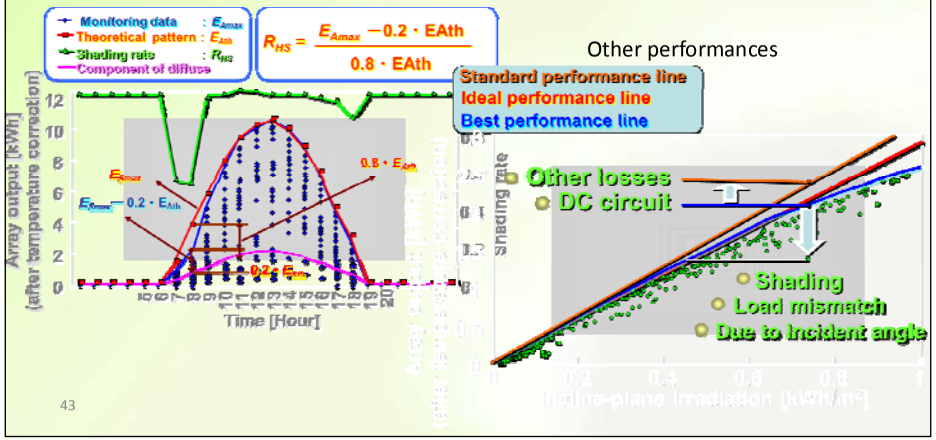
- Our evaluation method is based on extracting PV system characteristics using utilizing measured data.

-> SV method

Basic idea of evaluation method

- Make relation data each measurement items such as output power vs irradiation, output power vs time, and so on using stored data(for example, a month)
- The characteristic is extracted from those relation data set.

shading



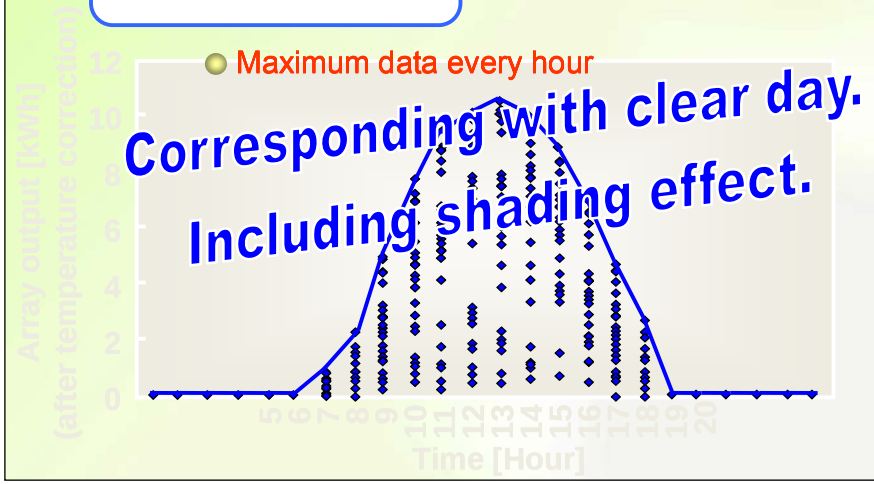
Estimation method of shading effect

Monitoring data : E_{Amax}

- Maximum data every hour

Corresponding with clear day.

Including shading effect.

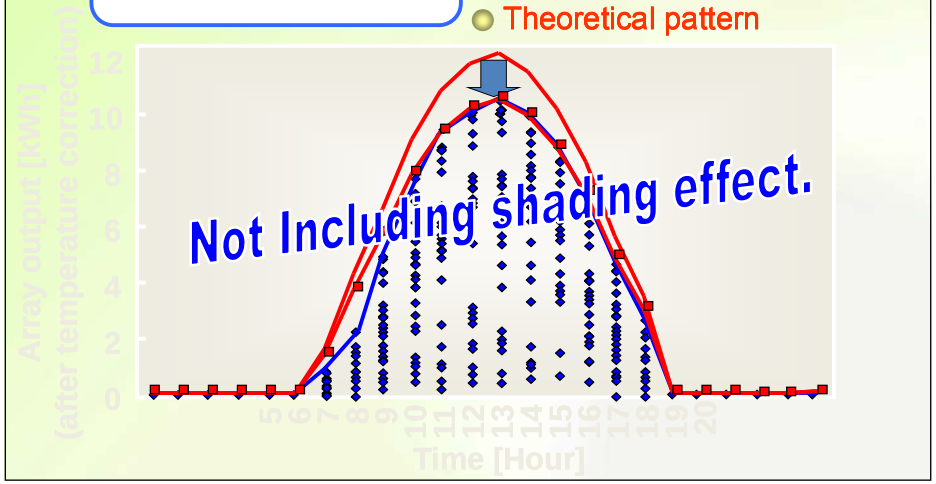


Estimation method of shading effect

Monitoring data : E_{Amax}

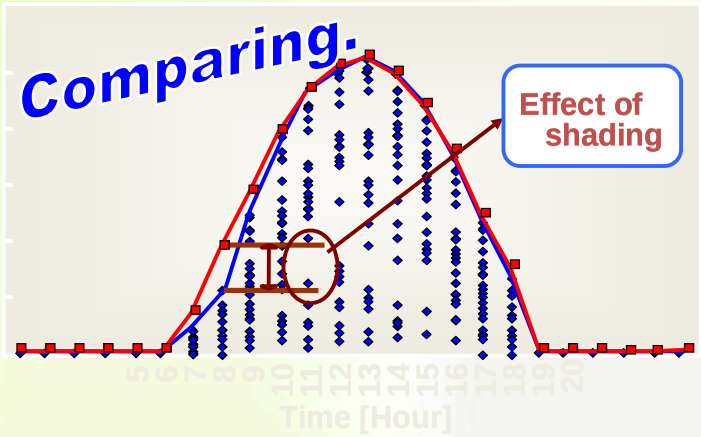
- Theoretical pattern

Not Including shading effect.



Estimation method of shading effect

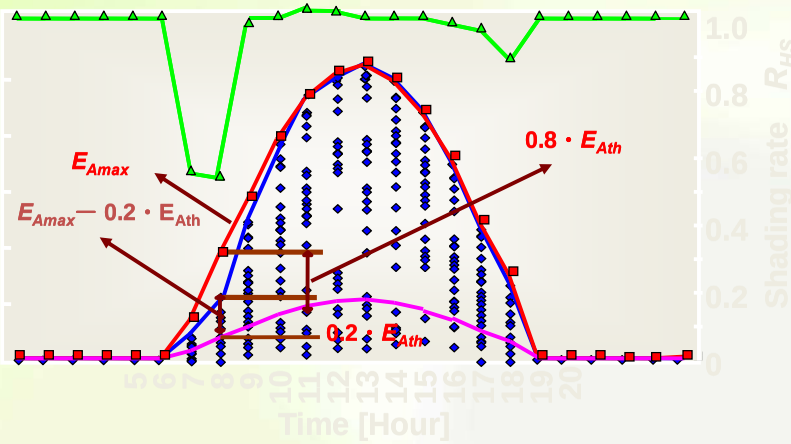
Monitoring data : E_{Amax}
Theoretical pattern : E_{Ath}



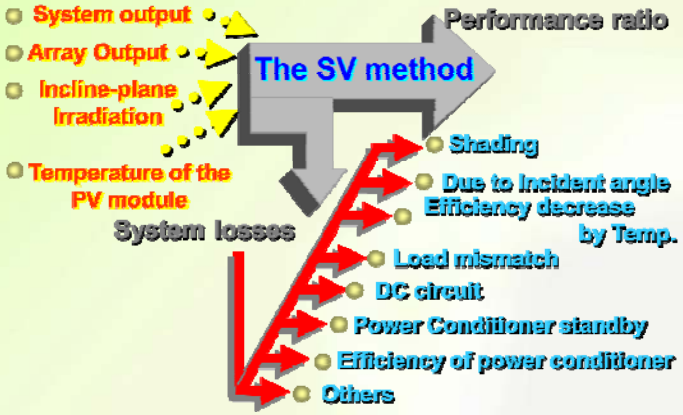
Estimation method of shading effect

Monitoring data : E_{Amax}
Theoretical pattern : E_{Ath}
Shading rate : R_{HS}
Component of diffuse

$$R_{HS} = \frac{E_{Amax} - 0.2 \cdot EAth}{0.8 \cdot EAth}$$

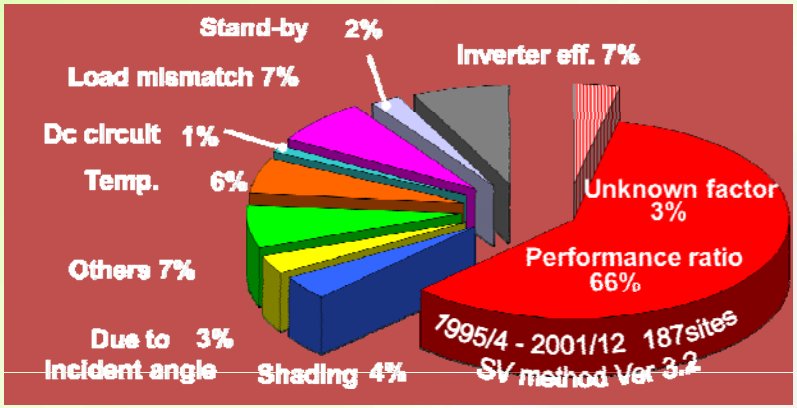


SV method (level 4)



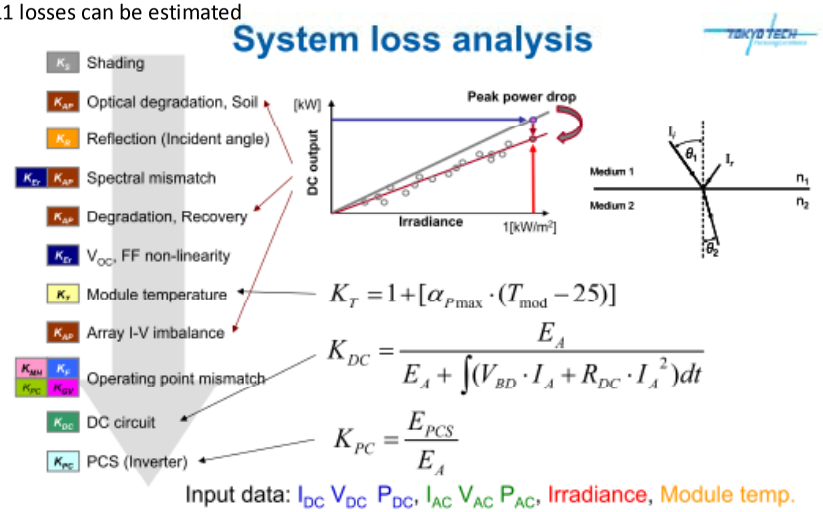
An example of evaluation of PV systems

An example of evaluation result
using filed monitoring data of PV systems in Japan.



SV method (level 5)

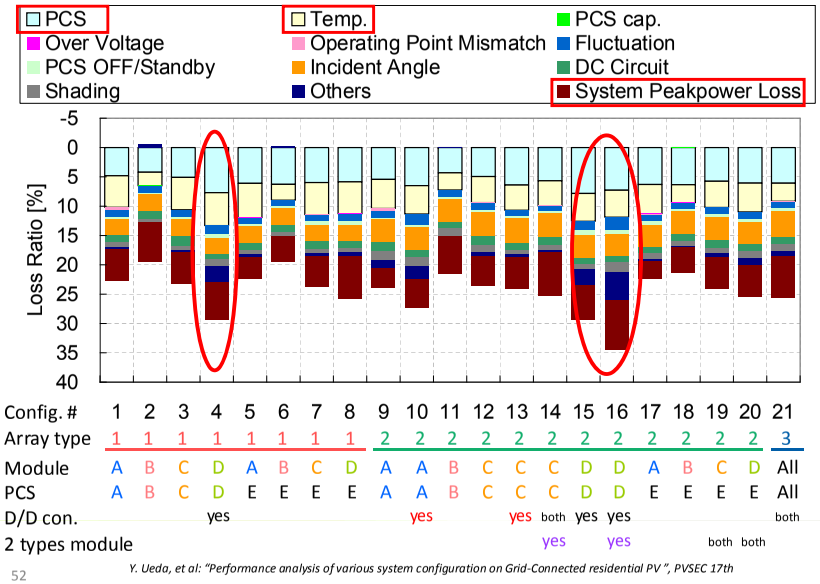
11 losses can be estimated



An example of evaluation of PV systems

Using level 5 in the SV method

Using level 5 in the SV method



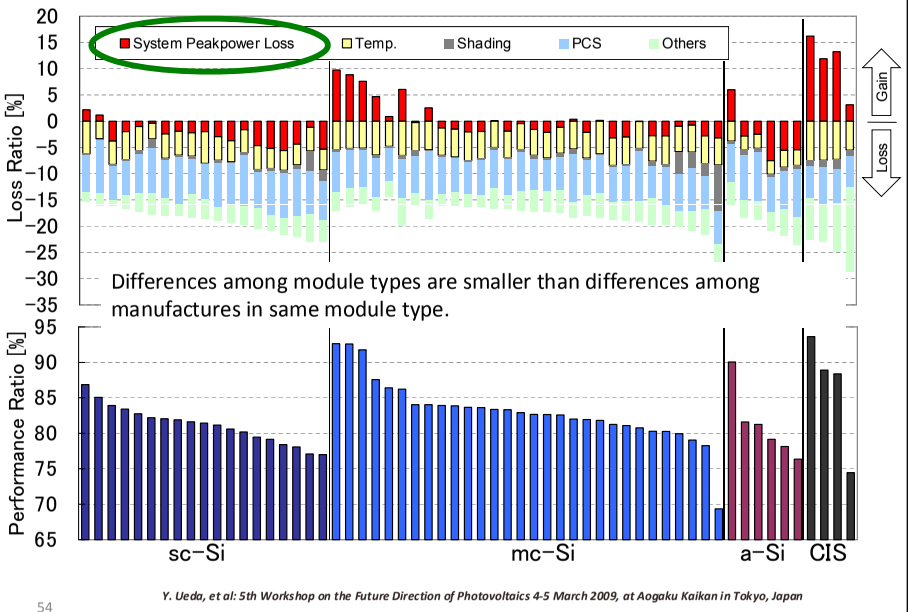
An example of evaluation of PV systems

by "SV Method"

Tested Objects: 24 type composed different manufacture and module type

SV Method: 'Sophisticated Verification' or 'Smart Verification' Method

http://www.ntt-f.co.jp/news/heisei18/h18-1002.html

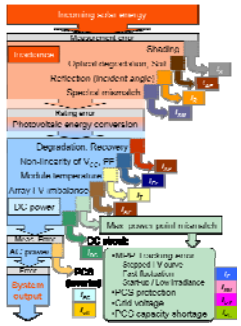


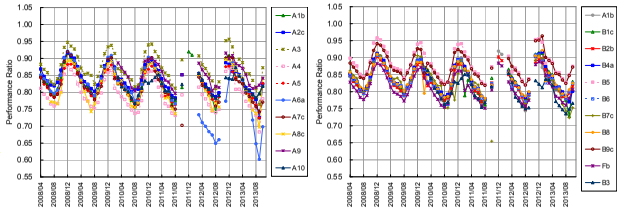
Y. Ueda, et al: 5th Workshop on the Future Direction of Photovoltaics 4-5 March 2009, at Aogaku Kaikan in Tokyo, Japan

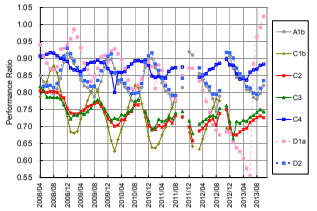
54

b. 発電データ分析技術

今年度から北杜システム分析を開始（東工大を協力機関として追加）

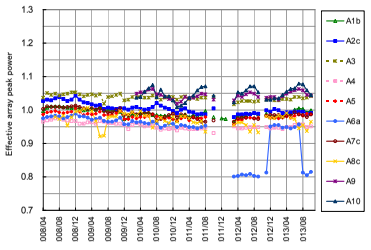


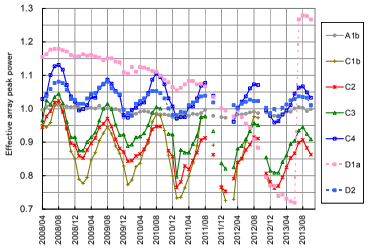


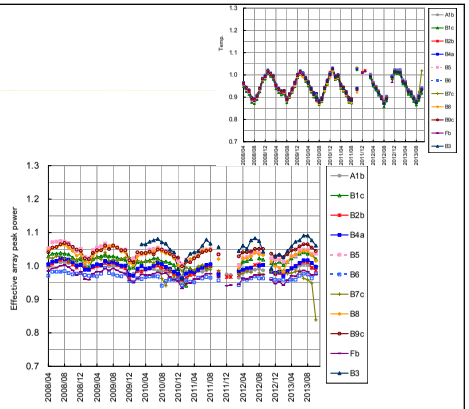


- 2013年10月までの計測データの解析を実施
- 一部のシステムを除いて概ね順調に発電している事を確認

b. 発電データ分析技術







- 結晶系は2008年～2012年の劣化に対して，2012年～2013年は劣化が小さい。
- 日射計の汚れなどを確認する必要がある。

- A6，B7にて実効アレイ最大出力の低下を確認。B7は熱電対異常と思われる。
- D1はモジュール交換により大幅に出力が上昇。

161

Conclusions

- We have an evaluation method of PV system performance using measured data.
- An evaluation method and results for PV systems was explained at USTO, Oran(8 December 2013)

57

Outline of PV Evaluation by PV Module I-V Curves

based on
- **Linear Interpolation/Extrapolation Rule**
- **Smart-Verification-Method**

- Measurement Equipment
- Linear Interpolation / Extrapolation Rule
- Smart-Verification-Method "S-V Method"
- Additional Matter

Measurement equipments

Meteorological sensors
- Irradiation, temp., etc....

IV curve measurement
- PV output power

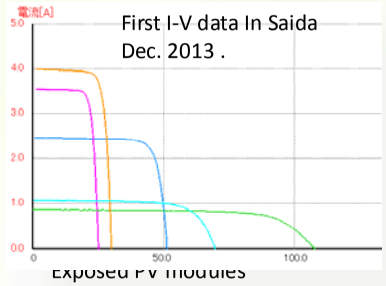
Exposed PV modules

Measurement equipment

IV curve measurement
- PV output power

Meteorological sensors
- Irradiation, temp., etc....

Comparing
PV power vs Meteorological conditions

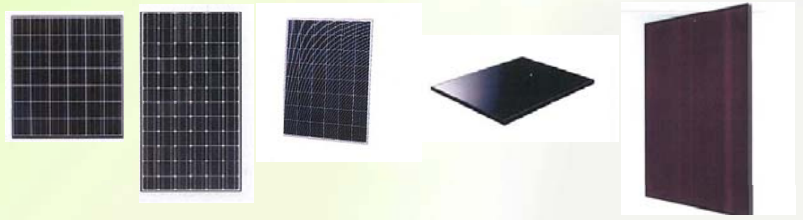


Exposed PV modules

Module types for SSB Joint Research

- 5 kinds of modules

		size			Pmax	Isc	Voc	Ipm	Vpm
Type	manufacture	W	L	H					
m-Si	Kyocera	1168	990	36	165	8.53	26	7.9	20.9
HIT	Panasonic	1580	812	35	233	5.84	51.6	5.47	42.7
Back contact	Sharp	1318	990	46	208.5	8.94	30.6	8.36	24.94
CIS	Solar frontier	1257	977	35	150	2.2	108	1.85	81.5
a-Si/u-Si	Kaneka	1240	1008	40	110	2.5	71	2.04	54



References: Web site of PV manufactures

Outline of PV Evaluation by PV Module I-V Curves

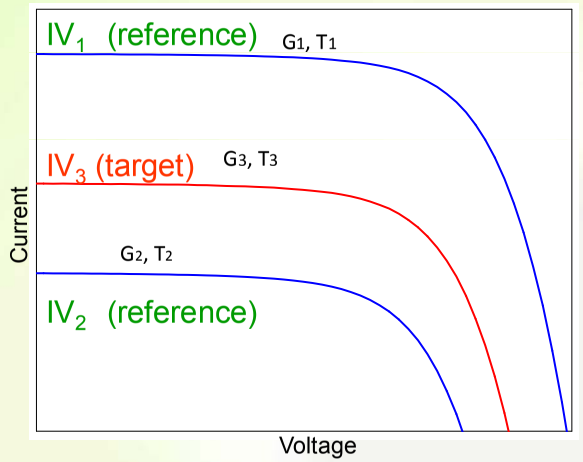
based on
- **Linear Interpolation/Extrapolation Rule**
- **Smart-Verification-Method**

- Measurement Equipment
- Linear Interpolation / Extrapolation Rule
- Smart-Verification-Method "S-V Method"
- Additional Matter

Interpolation/ extrapolation method ~Basic procedure~

(1) Two sets of I-V curves are extracted as **Reference I-V Curves**

Irradiance
$G_1 \neq G_2 \neq G_3$
Module temperature
$T_1 \neq T_2 \neq T_3$

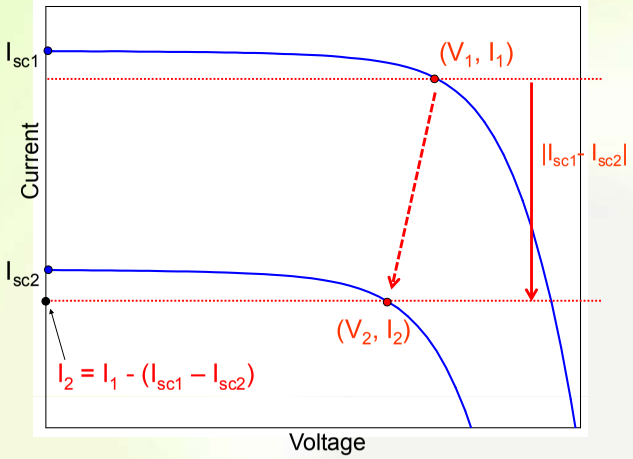


64

Interpolation/ extrapolation method ~Basic procedure~

(2) $(V_1, I_1) \rightarrow (V_2, I_2)$ are chosen so that $I_2 = I_1 - (I_{sc1} - I_{sc2})$

Irradiance
$G_1 \neq G_2 \neq G_3$
Module temperature
$T_1 \neq T_2 \neq T_3$



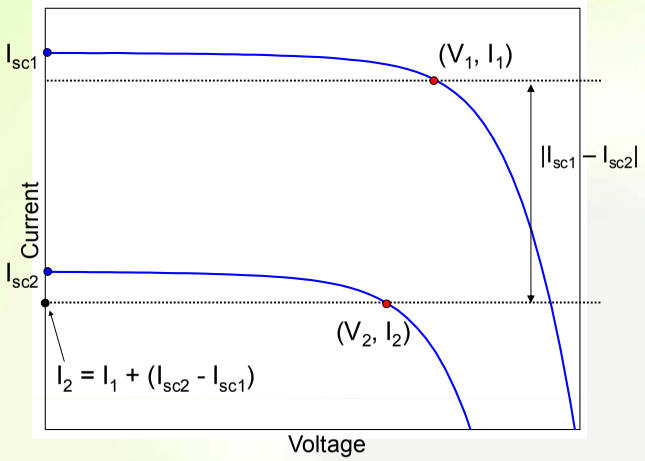
65

Interpolation/ extrapolation method ~Basic procedure~

3 Calculation of ratio α (determined by temperature and irradiance)

Irradiance
$G_1 \neq G_2 \neq G_3$
Module temperature
$T_1 \neq T_2 \neq T_3$

$$\begin{cases} a = \dfrac{G_3 - G_1}{G_2 - G_1} \\ a = \dfrac{T_3 - T_1}{T_2 - T_1} \end{cases}$$



66

Interpolation/ extrapolation method
~Basic procedure~

4 Interpolation (or extrapolation) of (V3, I3)

Irradiance

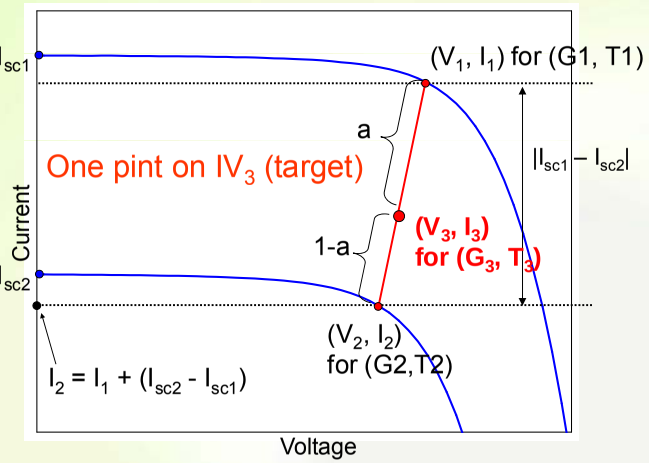
$G_1 \neq G_2 \neq G_3$

Module temperature

$T_1 \neq T_2 \neq T_3$

$$\begin{cases} a = \dfrac{G_3 - G_1}{G_2 - G_1} \\ a = \dfrac{T_3 - T_1}{T_2 - T_1} \end{cases}$$

$$I_3 = I_1 + a \cdot (I_2 - I_1)$$
$$V_3 = V_1 + a \cdot (V_2 - V_1)$$



Interpolation/ extrapolation method
~Basic procedure~

(5) Calculation of the I-V curve at target sets of G and T

Irradiance

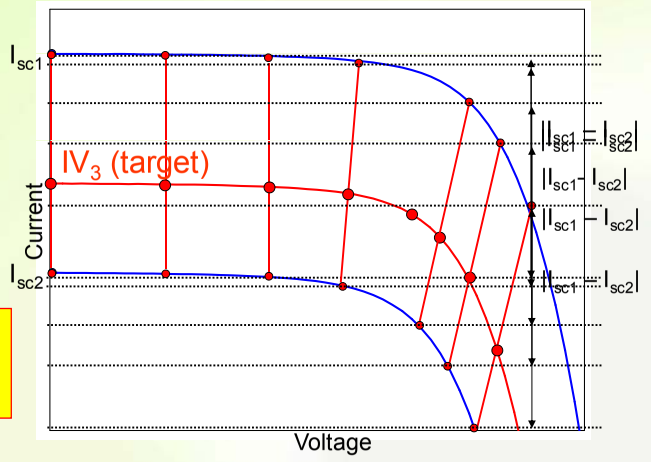
$G_1 \neq G_2 \neq G_3$

Module temperature

$T_1 \neq T_2 \neq T_3$

$$\begin{cases} a = \dfrac{G_3 - G_1}{G_2 - G_1} \\ a = \dfrac{T_3 - T_1}{T_2 - T_1} \end{cases}$$

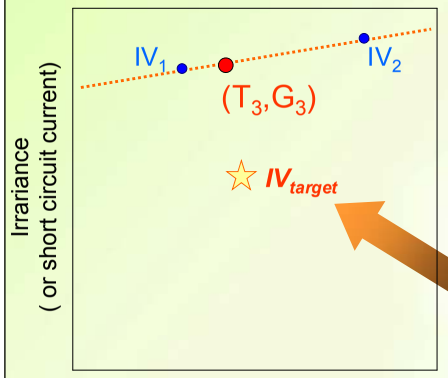
$$I_3 = I_1 + a \cdot (I_2 - I_1)$$
$$V_3 = V_1 + a \cdot (V_2 - V_1)$$



Interpolation/ extrapolation method
~The range of T and G for calculation ~

(T_3, G_3) must satisfy two equations

(T_3, G_3) is limited on the line of two reference conditions (T_1, G_1), and (T_2, G_2)



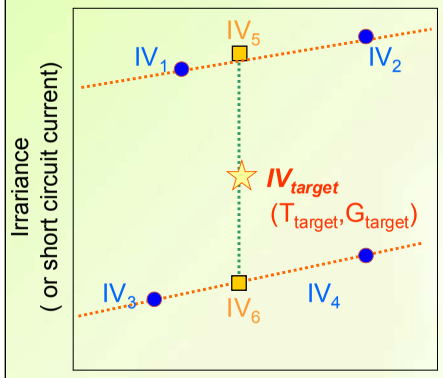
$$\begin{cases} a = \dfrac{G_3 - G_1}{G_2 - G_1} \\ a = \dfrac{T_3 - T_1}{T_2 - T_1} \end{cases}$$

How calculate other conditions?

Conditions of reference (measured) I-V curves ☆ Target condition

Interpolation/ extrapolation method
~Utilizing Method~

Four (or three) I-V curves are used as reference I-V curves



1. Translation for temperature

IV_1 and IV_2 → IV_5 (T_{target}, G_5)

IV_3 and IV_4 → IV_6 (T_{target}, G_6)

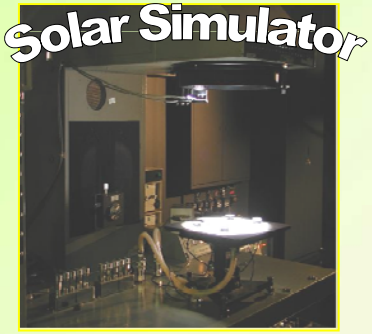
2. Translation for irradiance

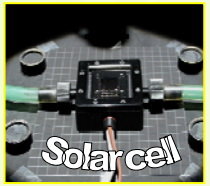
IV_5 and IV_6 → IV_{target} (T_{target}, G_{target})

I-V curves at wide range of G and T can be calculated

Conditions of reference (measured) I-V curves ☆ Target condition

Indoor experiments





Samples

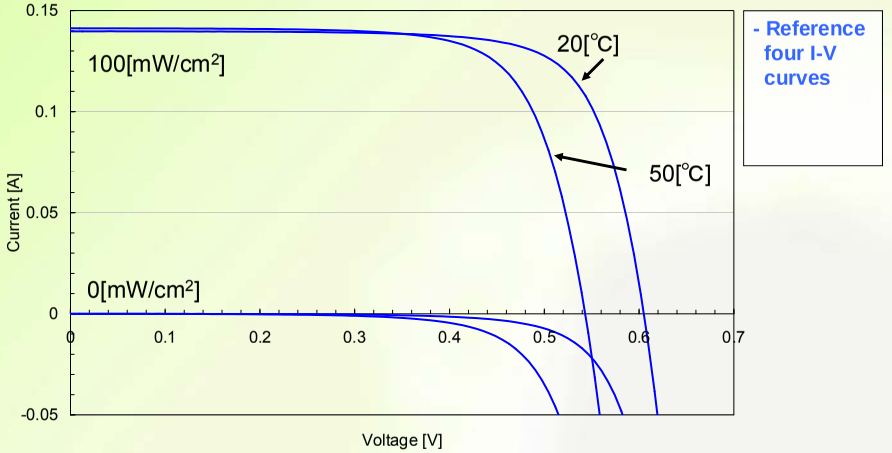
single-crystalline Si
polycrystalline Si
amorphous Si
a-Si/c-Si

Reference 4 I-V curves

	Temperature [°C]	Irradiance[mW/cm²]
1	20	100
2	20	0
3	50	100
4	50	0

71

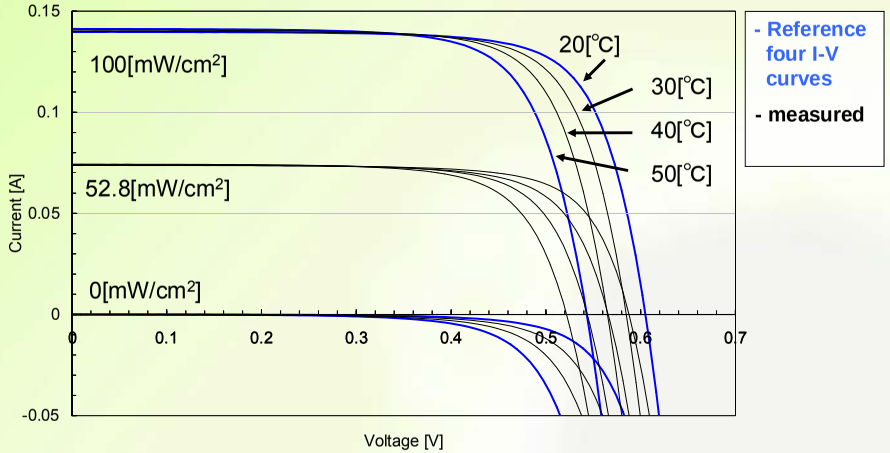
Result : c-Si cell



Typical I-V curves of a c-Si solar cell

72

Result : c-Si cell

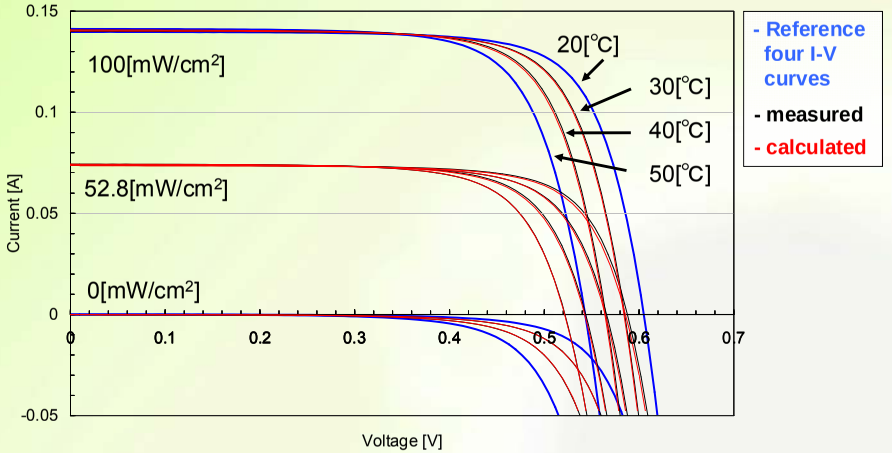


Typical I-V curves of a c-Si solar cell

73

Result : c-Si cell

Agreement of the calculation and experiment <0.5% (Pmax)



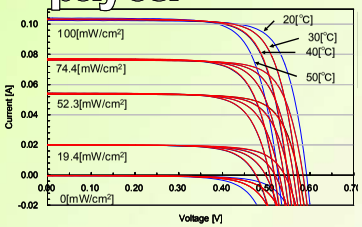
Typical I-V curves of a c-Si solar cell

74

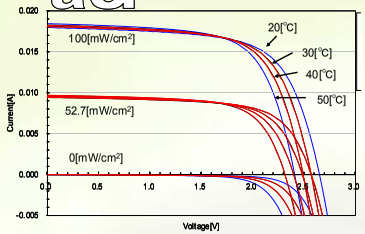
Result : Others

Applicable for various PV technologies

poly-cSi ±0.5%

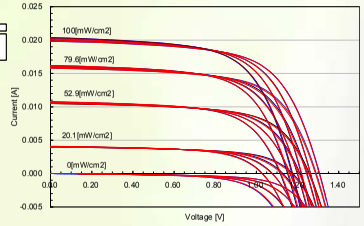


a-Si ±0.5%



a-Si/c-Si

±0.6%



- Reference four I-V curves
- measured
- calculated

11 June 2014

Outline of PV Evaluation

based on "SV-Method"

Prof. Kosuke KUROKAWA
AES, TITECH
&
Dr. Takashi OOZEKI
AIST

HARMONISED RENEWABLE ENERGY PATHS TOWARDS TRUE GLOBAL SUSTAINABILITY

Kosuke Kurokawa
Tokyo Institute of Technology, Ookayama, Ota-ku, Tokyo, 152-8550-I6-25 Japan

1. INTRODUCTION

If we think about the extensive introduction of renewable energy for a specific region or over a widespread region, the basic configuration of the existing power infrastructure must become mismatched on account of remarkable pattern change of balance between supply and demand. It may cause economical inefficiency of grid operation because of the fluctuating components increase which is induced by wind power or photovoltaic systems for instance. To ease this issue, the author proposes to moderate such fluctuation by the well-balanced mixture consisting of various types of renewable energy systems which are accessible in a region. This basic concept is named “Renewable Energy Ensembles” [See Kurokawa, PVSEC-23, Taipei, Oct. 2013].

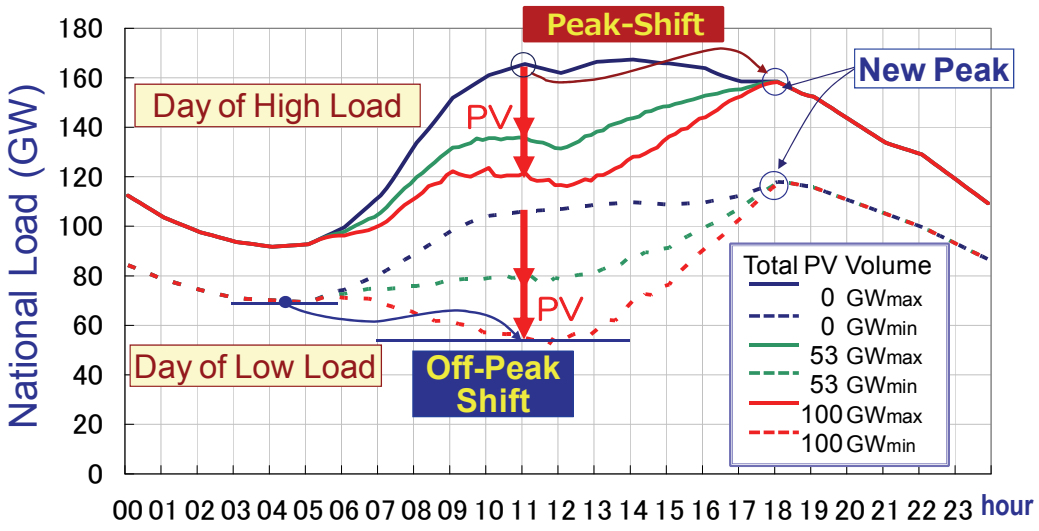
2. ELECTRICITY GENERATION PROFILE TO BE AFFETED BY RENEWABLE ENERGY PENETRATION

Figure 1 is showing two typical daily consumption curves. The upper group is illustrated for the day of high load and the lower group is prepared for the day of low load. The both profiles are in very typical range observed by the whole Japanese electricity grid. If the upper case is corresponding to very fine profile during the day time, A massive number of PV systems corresponds to 53 GW for green line and 100 GW for red line, both of which are planned as 2 cases for 2030. The latter case can delivers around 10 % of national energy annually.

Though the mid-summer noon time is typical high season in Japan, the peak power of 100 GW is high and the noon time peak is suppressed very much and shifted to the evening time.

The lower case corresponds to very low demand day, for instance, during New Year holidays or Golden Week at the beginning of May. Those weeks are well known as the typically low consumption weeks. 100 GW PV penetration changes load curve very much to shift off-peak time from very early morning to around noon time.

These kinds of phenomena change load profile very much. This is also affected by the weather conditions by every day and every hour. If the profile varies day bay day of hour by hour, the existing energy infrastructure may not follow to adjust their supplying ability. If these ability is given by fuel burning power stations, their controllability affected by thermal time constant will become very severe issues, which is called demand/supply management and affects economical situation of existing energy infrastructure.



[Assumption] Max./Min. Irradiance: Aug. – Sept. 2005 at 58 sites in Japan. Original hourly demand curve for Max./Min. days exerted from TEPCO’s 2005 data. Then, expounded to fit to scale of the whole national loads.

K. Kurokawa, N. Kawasaki, et al: Regional power generation induced by massively distributed PV systems and considerations on its total operation procedures, JSES Journal, Vol.36, No.1, 2010.

Fig. 1 Typical 2 days: Day of high load and Day of low load in Japanse National Load Profile

Figure 1 explains the case of massively introduced PV systems to an assumed size of Japanese whole grids. The order of this assumption is quite close to our actual grid size. When massive PV systems corresponding to 50 GW or 100 GW are operated with this grid, total demand curve will change remarkably as shown in this figure.

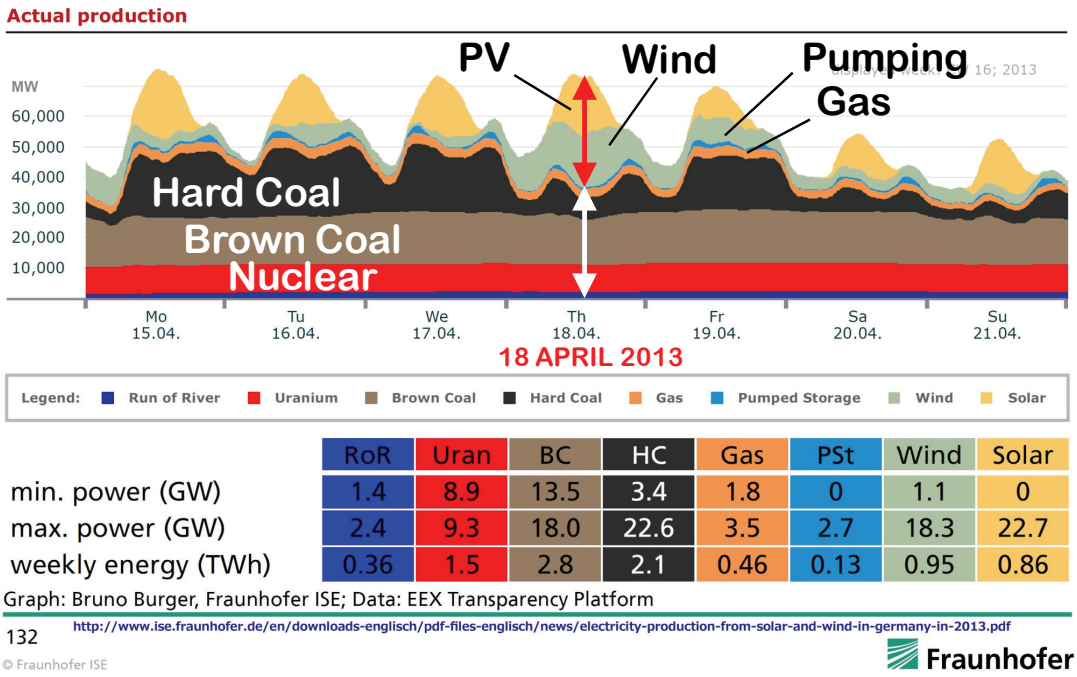


Fig. 2 German Electricity generated by a sum of PV and wind reached just a half level of whole production around noon on 18 April 2013.

Figure 2 is a very typical example, which is recorded in German National power grids observed on 18 April 2013. Around noon time, the sum of solar PV and wind energy reached at the point of 50 % of German total consumption. Their electricity preferentially distributed to fulfill the national load and another supply/demand management was carried out mainly by hard coal burning station. (As a result, the capacity utilization factor of the power station became considerably low.) This means that this total system structure itself is not well fit with mass introduction of renewable energy. This is the point by the author.

3. PROPOSAL OF HIERARCHICAL POWER GRIDS BY THE PRINCIPLE OF DISTRIBUTED-AUTONOMY

Then, as shown in **Fig. 3,** Hierarchical Smart Network is proposed to consider regional demand/supply balance at first by utilizing a set of regionally obtainable renewable energy resources. In some cases, a certain amount of energy storage devices can also be introduced for this hierarchy.

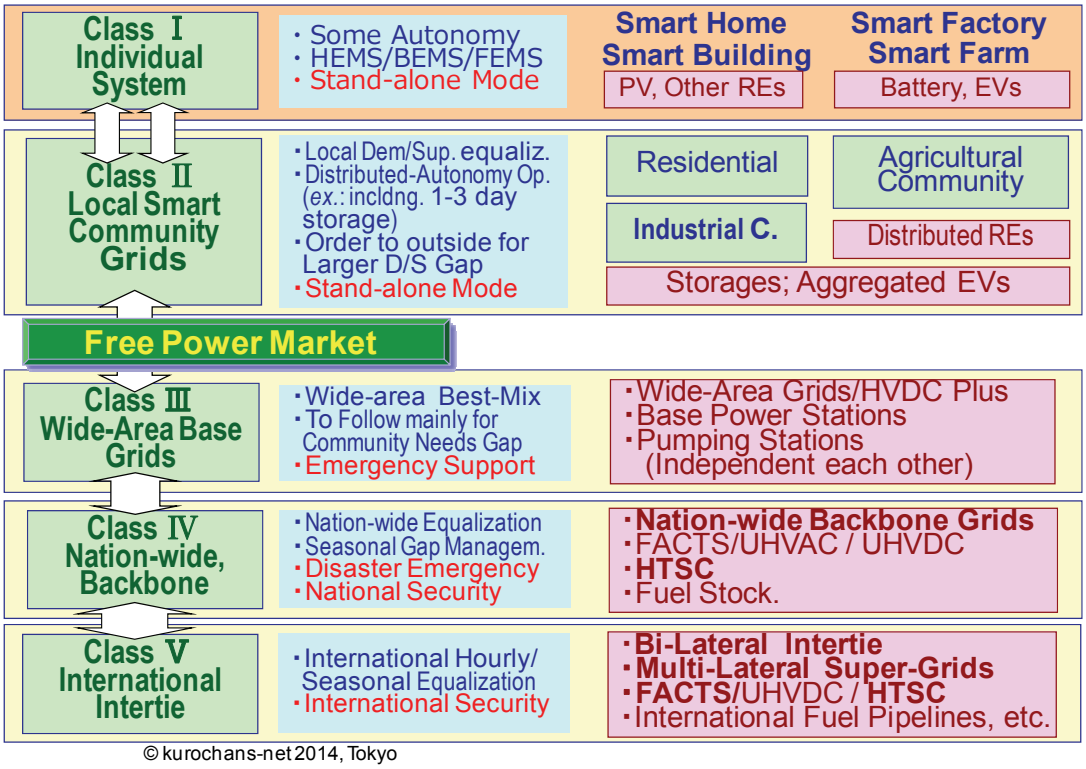


Fig. 3 Grid Hierarchy composed by the principle of Distributed-Autonomy

The lowest hierarchical layer or 'Class I' layer may be a individual system such as a residential house, a factory or a school, etc.. 'Class II' layer may be a neighborhood residential area or a residential community. A large factory may be on the same level with a different property. 'Class II' layer may include a town or a city. The 'Crass III' layer corresponds to wide-area transmission/distribution grid. The highest 'Class IV' is the Nation-wide Backbone Grid to secure national level risk minimization.

- As shown in **Fig. 4**, it is necessary to develop Advanced Power Grid improved by Smart Technology as well as ICT be evolved, too!
- According to **Fig. 3**, it is proposed that Faster Fluctuation be absorbed by lower layers, e.g., Class I. For example, if Class I for a typical residential house can accept 30 – 60 minutes fluctuation smoothing, then 1 night power interruption compensation becomes by its own HEMS with its 10% level of rated loads. Beyond this fluctuation level, Class II layer participate longer term equalization as written the following paragraph.
- Supposing that CEMS for a residential community has 3 day storage capacity, one month stable operation becomes possible even in a typical Japanese weather according to our former assumption. In this case, it is not so difficult that the community's seasonal shortage or surplus can be equalized through seasonal purchase and sale through the free power market as shown in Figs. 1 and 3. only seasonal irradiation change as far as possible. Then, slower, Base Variation be treated by Wider-Area. This is the main point of this conceptual proposal.
- Otherwise, Possible Seasonal Adjustment can become possible through Nation-wide North-South Tie Network designed for maintaining the National Security. It is also useful for wide-area disasters such as 3/11*!* (Possible direction by Japanese Government as we wish, but not finalized yet.!)
- Wide-Area ICT must be Fail-Safe essentially. Local ICT must continue own minimum stand-alone operation by the distributed-autonomy logics even under the lack of higher system as shown in Fig. 2. For keeping the most Important ICT Security, the More Macro Management is essential for the Higher Hierarchy. According to this principle, ICT Traffic Size can be minimized and then O/M Cost for ICT can be suppressed as shown in **Fig. 4**.

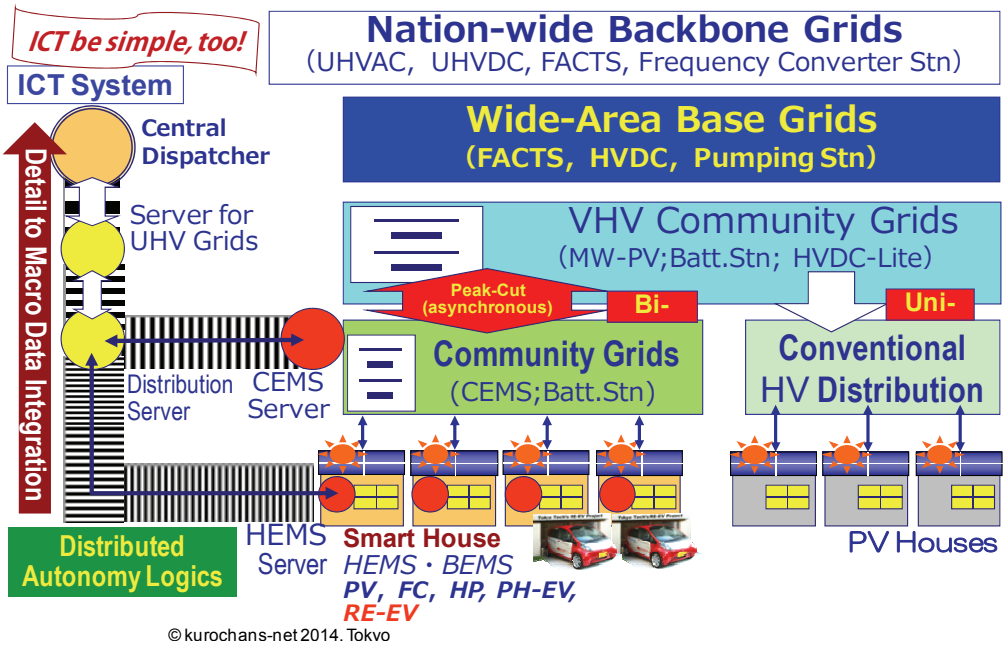


Fig. 4 Hierarchical Smart Network composed by Distributed-Autonomy Logics

Tables 1 and 2 are composed for showing the properties of renewable energy categories which are mostly available in the world. The second column is short description on potential. The third column corresponds to fluctuation issues and the 4th is other remarks. The author does not mean to compare each other but prepared for setting up a good combination or integration while watching at differences of properties. Especially fluctuation column is important.

Solar energy is available only in the daytime and fluctuating according to weather change. Its basic property is basically coincident to daily peak hours of loads but no output during night time. Wind power is also fluctuating but available during day and night. Their combination may have a certain meaning for matching with load curve on the grids.

If you see the other side of renewable energy such as geothermal power and mini- and small hydraulic power station, they are quite stable. The former is really stable throughout a year. The latter is stable for a week or a month though the river flow may have some seasonal tendency. Another property can be indicated by the biomass power since its produced fuel can be stocked and the power output of generator is adjustable. Unless it is possible to obtain ideal output profile to equalize load mismatch, a level of mismatch can be reduced at a certain degree. This gives a better opportunity to adopt a storage battery system with considerably smaller size for Category Class Ⅱ community.

Table 1 Properties of Renewable Energy (1)

Category	POTENTIAL	FLUCTUATION	Remarks
Solar PV	· **Large potential in the world** · Usable almost anywhere · 1000 hrs ±10% annual yield in Japan; 1500-2100 hrs in Sahara	· Sinusoidal day-time · **Very-fine; Fine;** Slightly cloudy; Overcast; rainy · **Proportional to Irradiance**	· **Rapid Cost-Down presently**
Solar Thermal	· Low Temperature, more efficient · More disadvantageous CSP in Japan,	· Sinusoidal day-time · **Non-linear output** (low irradiance/ fluctuation disadvantage) · **Hot water storage**	· **Residential Hot Water supply** · 0.8 mil./1980, peak; ~0.05 mil./Y now · Going better now
On-shore Wind	· Good site: 2000 hrs / year in Japan · Limited attractive sites	· **Day/night operation** · Gust factor (instantaneous/ average)	· Severe environmental assessment in Japan
Off-shore Wind	· **Japan: oceanic region** · Better than on-shore · New demonstration ongoing	· more stable than on-shore	· Shallow sea limited · Submarine cable necessary · Severe fishery rights

© kurochans-net 2014, Tokyo

Table 2 Properties of Renewable Energy (2)

Category	POTENTIAL	FLUSTRATION	Remarks
Biomass Power	· Japanese potential high · But, long distance between forest and consumption	· **Fuel adjustment control possible**	· JP's Forestry industry in decay
Small & Mini Hydro	· **Unused hydraulic resources remain.**	· **24 hour stable** · Seasonal Fluctuation	· Water right troublesome
Air Heat Source HP	· **Anywhere!** · **Good energy saving choice for air-conditioning**	· **24 hour stable**	· late-night power driven · **PV driven hot water → daytime peak shift**
Geotherm. Heat Pump	· **Almost anywhere** · **Good for ZEB/ZEH***	· **24 hour stable**	· Foundation construction cost saving needed!
Geotherm. Power	· **World top-3 potential**	· **24 hour stable**	· Siting regulation ! · Coexistence with spa → Binary cycle promising
Storage Battery	· **EV → Li-b. cost-down** · **For HEMS/BEMS**** · **New battery** · **Larger size** · Pumping st. for base	· **Stabilization** · **Peak-shift** · **Dem/Sup control**	· **Well-chosen storage size necessary** · **deregulation expected!**

© kurochans-net 2014, Tokyo

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

For Class Ⅲ category, the pumping storage can be used as hourly supply/demand gap like conventional approach. In addition, we have another type of method to harmonize seasonal supply/demand. When an East/West intertie will be provided, it gives an adjustment ability to equalize peak time difference. As an example, time difference between Sahara west coast and Cairo corresponds to 3.5 hours. Sahara West Coast to Iranian north coast facing to Indian Ocean is equivalent to 5.3 hours.

4. FUTURE IMAGES OF DISTRIBUTED-AUTONOMY

Figure 5 is an example image for Distributed-Autonomy as the most important situation in the coming decade since the community energy management system (CEMS) is the most important component. **Fig.6** is the aggregated form of the smart communities to form a larger regional layer.

Generally speaking, the seasonal demand/supply gap is difficult issues for the power grid since summer time and/or winter time are demand peak season though spring and autumn are off-peak load season in many countries and regions. The capacity factor of power generation facility tends to be lowered in these medium seasons. It is also very difficult to shift energy by 3 or 4 months from autumn to winter and from spring to summer in the form of electricity. In case of North/South intertie, seasonal demand/supply gap can become adjustable efficiently.

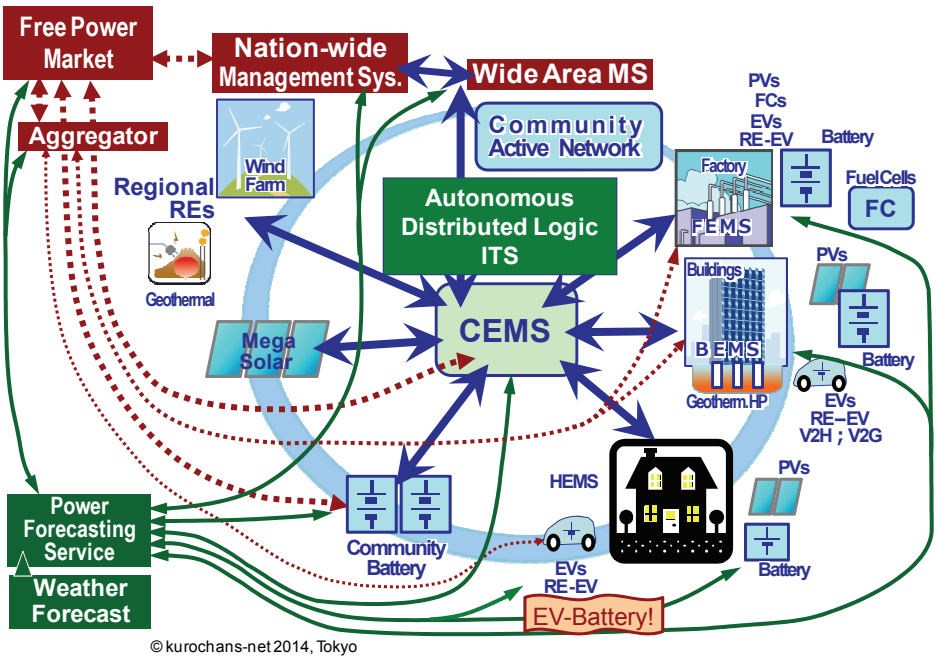


Fig.5 Smart Community Ensembles conducted by CEMS : Community Energy Management +

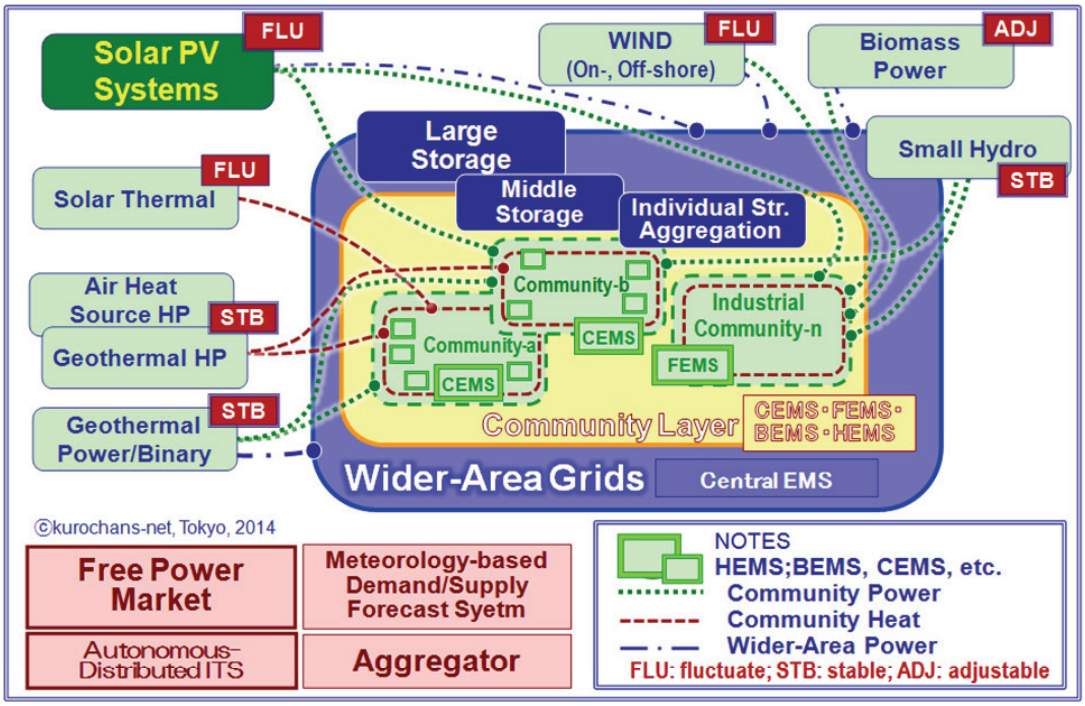


Fig. 6 Renewable Energy Ensembles formed for Wide-Area Grid, which is communicating and being harmonized with regional loads and many types of RE power sources through a number of distributed EMS: CEMS; FEMS; BEMS; HEMS.

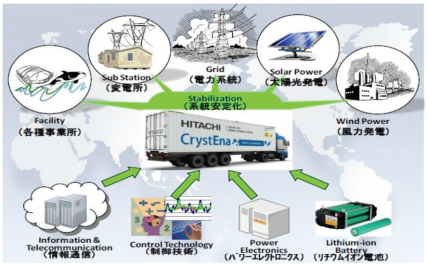
5. STORAGE BATTERIES

In order to realize inter-regionally the harmonized grid equalizing of supply/demand gap, the most important point will be free trading market, especially for renewable energy. To absorb the gap, stabilization functions should have a special added value in the power trading market.

One of candidate may be innovative energy storage devices in the field of energy trading. The author specially would like to show the following storage battery systems.

The first example is Li- ion battery. It became a kind of our big hope after EV development program. **Fig.7** indicates comparatively large examples of this kind. The system capacity is approaching 40 MW, 20 MWh.

Another candidate may be a NAS battery, which has been developed by NGK Insulator. As shown in **Fig. 8**, 34 MW NAS storage system has been demonstrated under METI's support.



Hitachi's Li-ion battery, 1 MW, 450 kWh
Source: Hitachi, 2 Dec 2013

Mitsubishi HI's Li-ion battery and
DC-AC converter, 1 MW, 408 kWh
Source: Mitsubishi HI, 27Dec 2011

METI/Tohoku-EPCO:
Toshiba's SCiB Li-ion battery/converter, 40 MW, 20 MWh
to be the world largest when completed in Feb 2015
Source: Toshiba, 26 Nov 2013

Fig. 7 A larger capacity of Li-ion batteries coming on for Renewable Energy

Fig. 8 NAS batteries taking off again also for Renewable Energy

6. PROPOSED LARGER AREA NETWORK SKETCHES

Figures 9 – 11 are introducing future corresponding to Class V – International Tie illustrated by Distributed-Autonomy.

Figure 9 is African case. There are many types of renewable energy. Especially, the largest desert, Sahara will provide huge possibility of really sustainable energy, which can deliver electricity 5 time more than world consumption. At the moment, this region has not yet been well developed. However, various types of renewable resources are obtainable, which means there may be a large possibility.

Figure 10is East Asia case. By thinking Gobi Desert, which can provide electricity corresponding to world energy consumption. Already, long distance HVDC transmissions has been provided from the west to east region of China.

Finally, **Fig. 11** is showing a future dream. For this dream, necessary interconnection technology are already available, which is long distance UHVDC line. More than 6000 MW, 2000 km long distance interlink is economically available.

High Temperature Superconducting Cable DC Link is also near-future candidate.

7. CONCLUSIONS

Recently, the progresses of Renewable Energy Technologies and Business have been remarkable. Today's dream becomes realistic tomorrow. Although you consider it dream, this becomes true within a few years while you don't know. Your own blue print about world energy future and human sustainability are the most important at the moment.

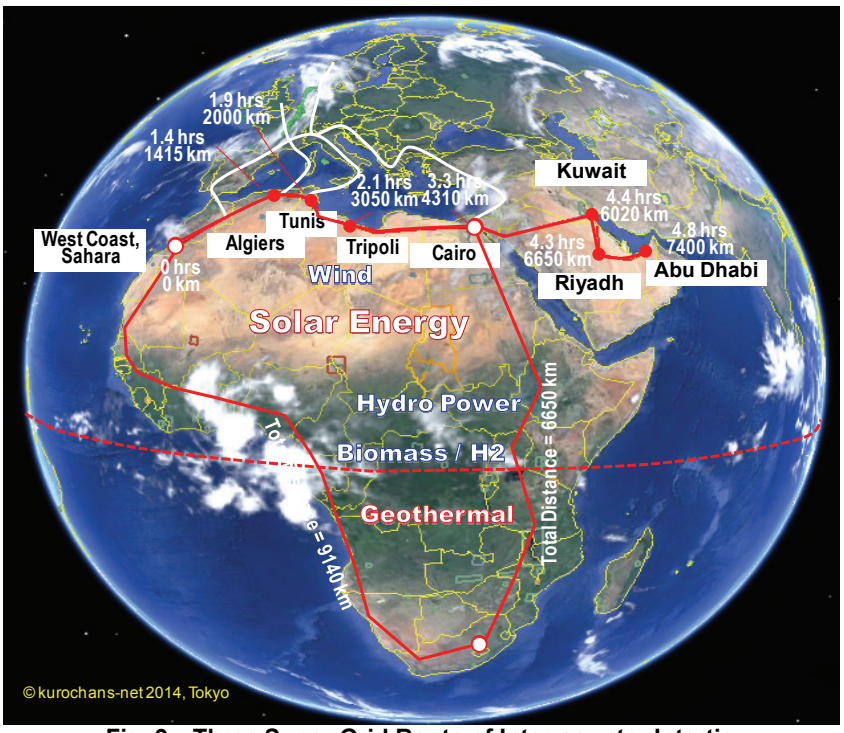


Fig. 9 Three Super Grid Route of Inter-country Intertie to utilize locally distributed renewable energy effectively (Preliminary Draft Idea drawn by Kurokawa, 2014)

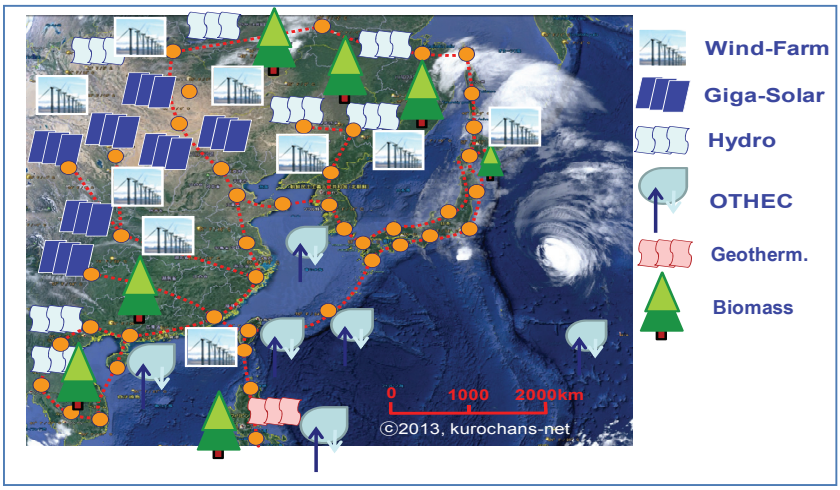


Fig. 10 Super Grid Images among the North-East ASIA

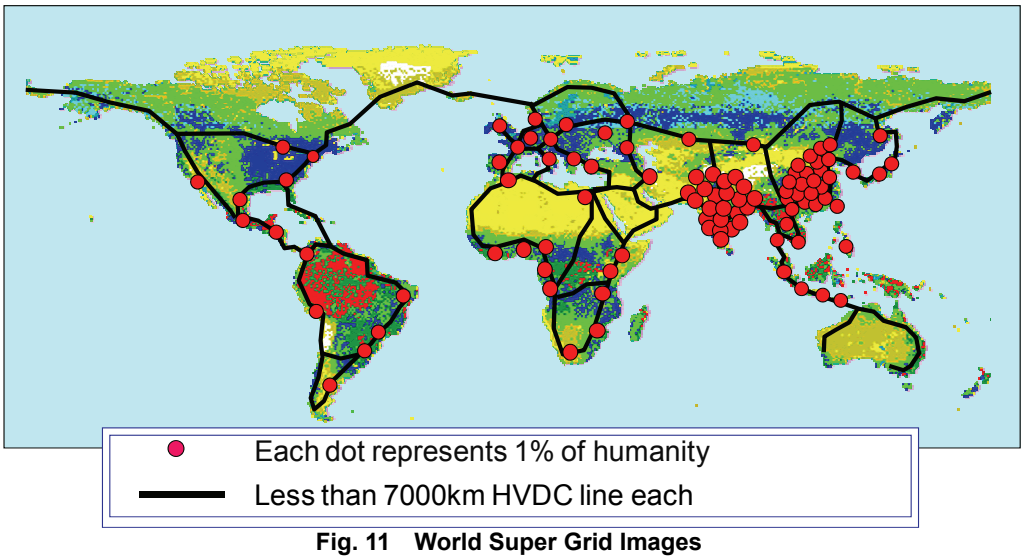


Fig. 11 World Super Grid Images

Conceptual Considerations on Renewable Energy Ensembles to moderate Next-Generation Community Grids

3 October 2014

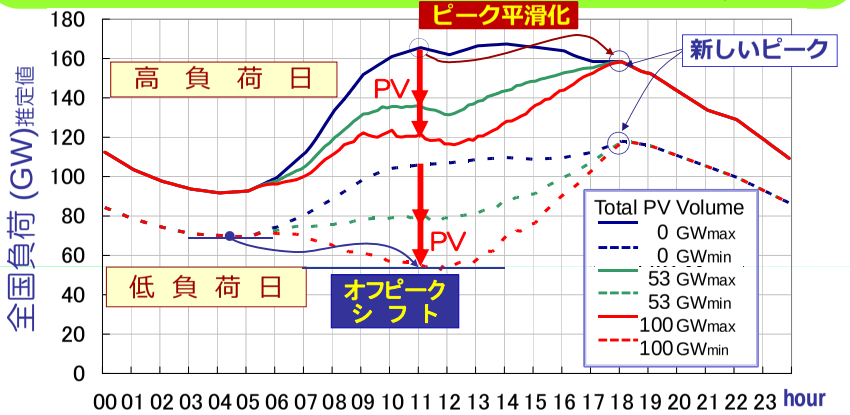
再生可能エネルギー統合化コミュニティの実現へ

"Renewable Energy Ensembles"

- 階層構造化スマートネットワークの提案
- 再生可能エネルギー統合化概念設計 "Renewable Energy Ensembles"
- AESプロジェクトでの試み

東京工業大学
AES 国際研究センター
黒川 浩助 特任教授

Future Possible Load Profile in Japan



［Assumption］ Max./Min. Irradiance: Aug. – Sept. 2005 at 58 sites in Japan. Original hourly demand curve for Max./Min. days exerted from TEPCO's 2005 data. Then, expounded to fit to scale of the whole national loads.

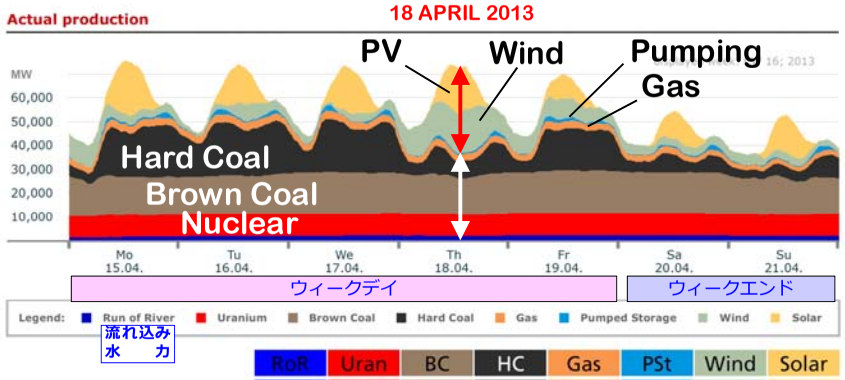
K. Kurokawa, N. Kawasaki, et al: Regional power generation induced by massively distributed PV systems and considerations on its total operation procedures, JSES Journal, Vol.36, No.1, 2010.

2

kurochans-net

ドイツ電力供給曲線　2013年第16週

在来発電の日最小／最大比:ピーク平滑化顕著



	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

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

© Fraunhofer ISE

Fraunhofer ISE

3

3 Oct 2014

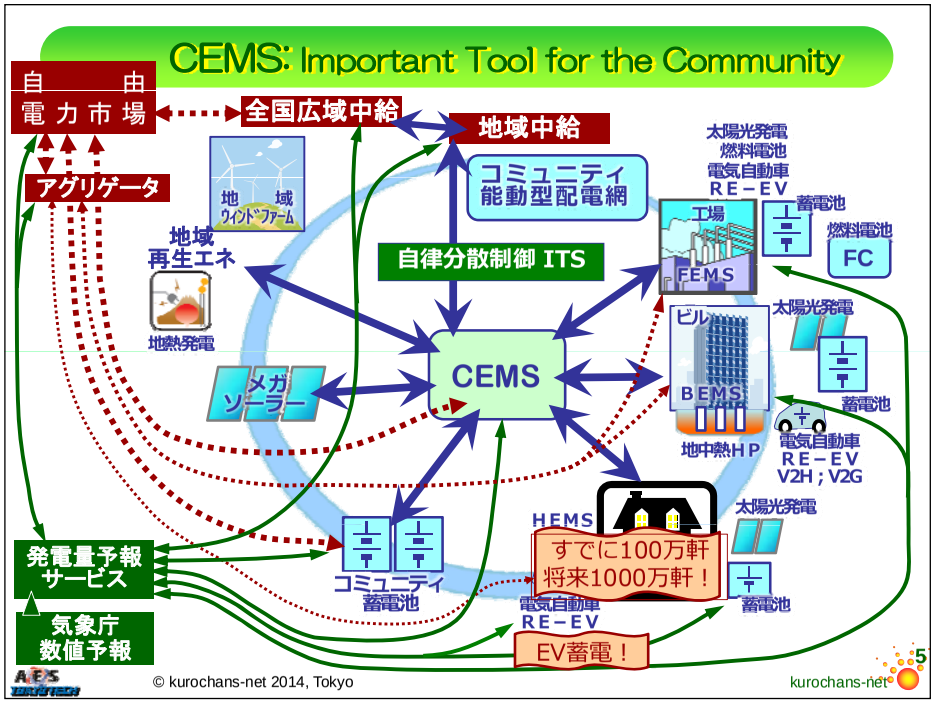
分散自律原則によるグリッド階層構造

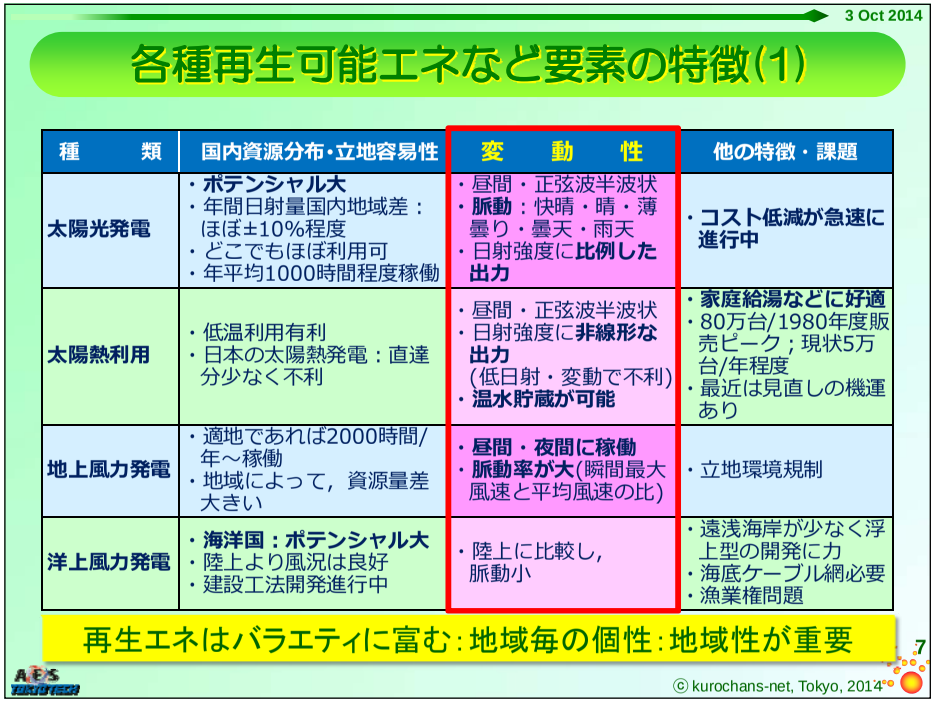
高速変動	Class Ⅰ 個別最適化	・幾分かの自律機能 ・HEMS/BEMS/FEMS ・自立運転モード	スマートハウス スマートビル PV・他のRE	スマート工場 スマート施設 蓄電・EVs
	Class Ⅱ 地域スマートコミュニティ系最適化	・地域需給均等化 ・分散自律最適化 (例: 1-3日蓄電) ・より大きな需給差調整の外部発注 ・自立運転モード	住宅地域 産業コミュニティ 蓄電・EVアグリゲータ	農林水産コミュニティ 離島コミュニティ 分散型再エネ
	自由電力市場	最重要	●地域での付加価値を高め，循環させる	水素キャリア網
低速変動	Class Ⅲ 広域基幹系最適化	・広域ベストミックス ・コミュニティ間供給ギャップ調整主体 ・災害塔非常時対応	・広域系統/HVDC Plus ・ベース発電所 ・揚水発電所 (相互独立運用基本)	
季節変動	Class Ⅳ 全国規模基幹系	・全国大均等化 ・季節差調整 ・災害緊急時 ・国家セキュリティ	・国家基幹系統 ・FACTS/UHVAC / UHVDC ・高温超伝導送電 ・石油備蓄・H2＋トルエン→MCH	可能性
	Class Ⅴ 国際連系	・国際時差調整 ・季節差調整 ・国際セキュリティ	・２点間連系 ・多点間スーパーグリッド ・FACTS/UHVDC / HTSC ・国際パイプライン・H2ｷｬﾘｱ	

© kurochans-net 2014, Tokyo

ⓒ kurochans-net, Tokyo, 2014

4





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

種　類	国内資源分布・立地容易性	変　動　性	その他の特徴・課題
バイオマス発電	・森林国：ポテンシャル大 ・森林と消費地の距離	・**燃料調整により需給調整運転可能**	・林業の衰退が現状のネック
中小水力発電	・**未利用水力はある**	・**24時間定出力** ・流域降水雨量依存 ・季節差あり	・水利権問題
空気熱ヒートポンプ	・**どこにでもある** ・**省エネルギー空調の選択肢として**	・**熱源24時間利用可能**	・**太陽光発電と併設→貯湯 (昼→夕・夜へピークシフト)** ・深夜電力も利用可能
地中熱ヒートポンプ	・**どこにでもある** ・**ZEB/ZEH* での選択肢**	・**熱源24時間利用可能**	・基礎工事工法の開発進展が重要
地熱発電	・**世界3位のポテンシャル**	・**24時間定出力**	・立地環境規制 ・温泉業界との共存 →**バイナリー・サイクル有望**
電力貯蔵	・**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**

A few Examples of Storage Battery

Hitachi's Li-ion battery, 1 MW, 450 kWh

Source: Hitachi, 2 Dec 2013

Mitsubishi HI's Li-ion battery and DC-AC converter, 1 MW, 408 kWh

Source: Mitsubishi HI, 27Dec 2011

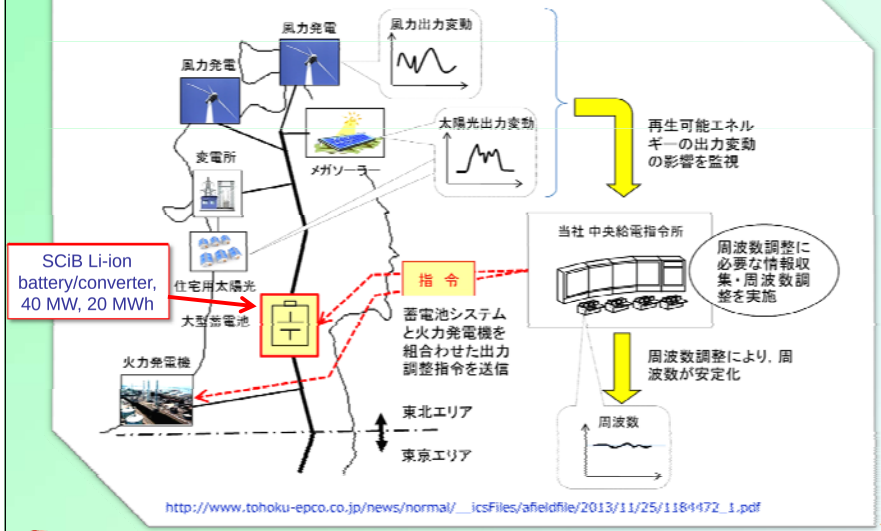
METI/Tohoku-EPCO:
Toshiba's SCiB Li-ion battery/converter, 40 MW, 20 MWh
to be the world largest when completed in Feb 2015

Source: Toshiba, 26 Nov 2013

ⓒ kurochans-net, Tokyo, 2014

西仙台変電所周波数変動対策蓄電池システム実証事業

【蓄電システムイメージ】2015.2設置工事完了・3カ年の実証試験予定



http://www.tohoku-epco.co.jp/news/normal/__icsFiles/afieldfile/2013/11/25/11841472_1.pdf

ⓒ kurochans-net, Tokyo, 2014

34 MW NAS Battery installed at Rokkasho Village

http://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1305/20/news017.html

NEDO/New Mexico Joint Project
Los Alamos Smart Grid Demonstration

1 MW - 6 MWh NAS Battery installed by NGK
17 Sept 2012

ⓒ kurochans-net, Tokyo, 2014

福島再生可能エネルギー研究所 FREA

ⓒ kurochans-net, Tokyo, 2014

再生可能エネルギーネットワーク開発・実証

（再生可能エネルギー研究センター エネルギーネットワークチーム）

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。

- 自然変動電源と水素キャリア、蓄電池、蓄熱等を統合し、電力自立など様々な利用シーンにおける再生可能エネルギーネットワーク構築のためのエネルギーマネージメント技術を開発します。
- 実証フィールド・分散電源テストベッドにおいて、スマートグリッド・マイクログリッドに対応する次世代型パワーコンディショナやエネルギー貯蔵技術を企業・大学等と共に研究開発します。

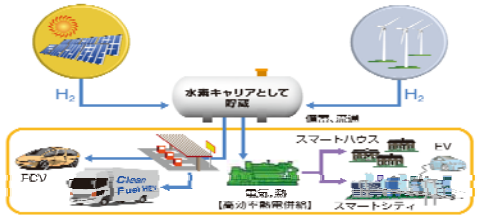
世界最先端の再生可能エネルギーネットワーク

水素キャリア製造・利用技術

（再生可能エネルギー研究センター 水素キャリアチーム）

大きく変動する太陽光や風力等からの出力を大量かつ長期に貯蔵するため、水素を大規模に活用することを目指します。水素キャリアは水素を含む化合物で有機ハイドライドやアンモニアがあり、これらを水素エンジンや燃料電池により利用します。

- 水素を高密度に貯蔵できる水素キャリア（メチルシクロヘキサン）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。
- 再生可能エネルギーによる水素製造から水素キャリアによる貯蔵、熱電供給までのトータルシステムを開発・実証します。

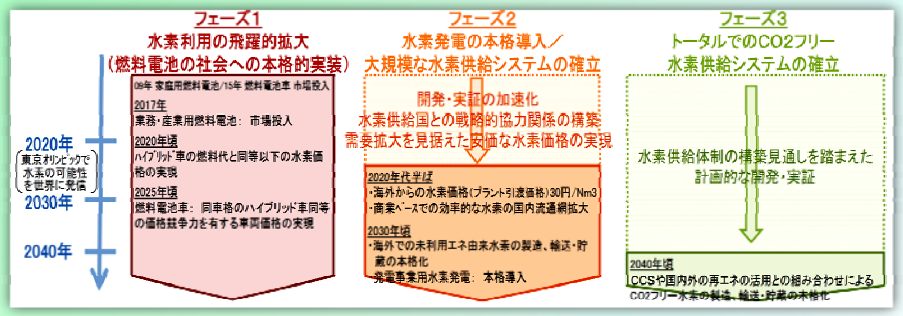


再生可能エネルギーからの水素キャリア製造・利用

ⓒ kurochans-net, Tokyo, 2014

水素・燃料電池ロードマップ

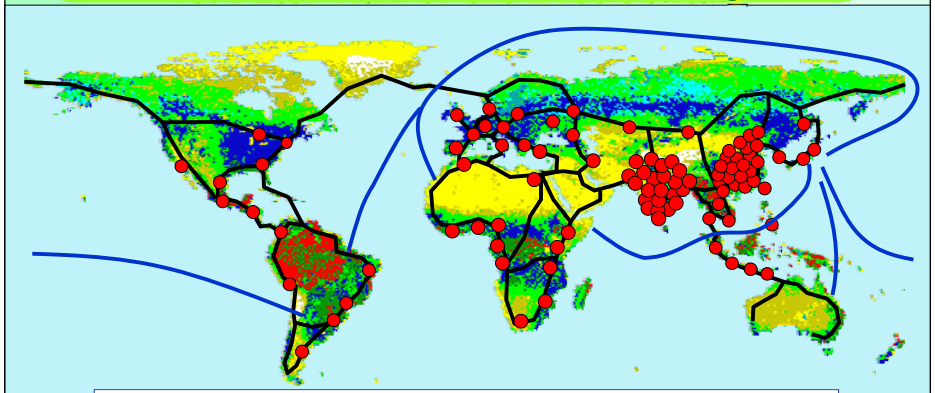
- フェーズ1（水素利用の飛躍的拡大）：足元で実現しつつある、定置用燃料電池や燃料電池自動車の活用を大きく広げ、我が国が世界に先行する水素・燃料電池分野の世界市場を獲得する。
- フェーズ2（水素発電の本格導入／大規模な水素供給システムの確立）：水素需要を更に拡大しつつ、水素源を未利用エネルギーに広げ、従来の「電気・熱」に「水素」を加えた新たな二次エネルギー構造を確立する。
- フェーズ3（トータルでのCO2フリー水素供給システムの確立）：水素製造にCCSを組み合わせ、又は再エネ由来水素を活用し、トータルでのCO2フリー水素供給システムを確立する。



http://www.meti.go.jp/press/2014/06/20140624004/20140624004-1.pdf

ⓒ kurochans-net, Tokyo, 2014

Possible GLOBAL NETWORK CONCEPT for After-Half of the 21st Century



Each dot represents 1% of humanity

Less than 7000km HVDC line each

Renewable Energy Carrier Route

ⓒ kurochans-net, Tokyo, 2014

Conceptual Considerations on Renewable Energy Ensembles to moderate Next-Generation Community Grids

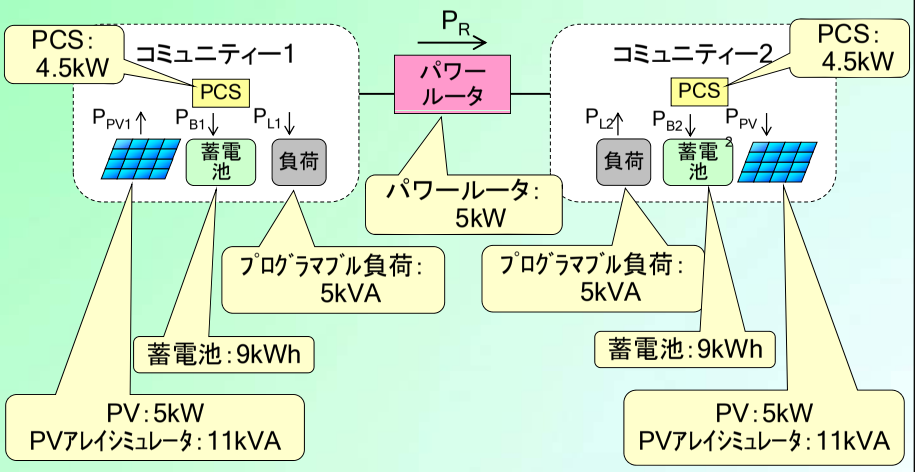
再生可能エネルギー統合化コミュニティの実現へ

“Renewable Energy Ensembles”

- 階層構造化スマートネットワークの提案
- 再生可能エネルギー統合化概念設計 “Renewable Energy Ensembles”
- AESプロジェクトでの試み

東京工業大学
AES 国際研究センター
黒川 浩助 特任教授

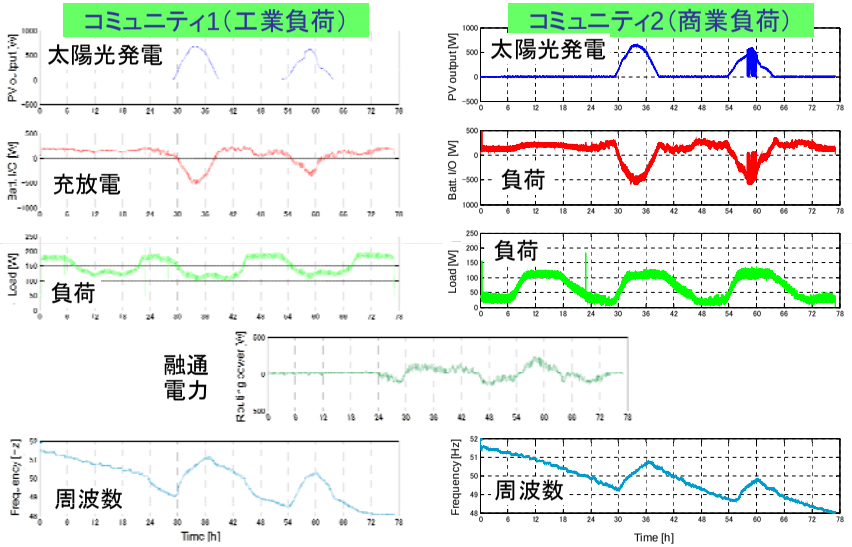
自律向上型太陽光発電システム実証実験
AES-ENEOS



※ 各値は実験装置の定格値

ⓒ kurochans-net, Tokyo, 2014

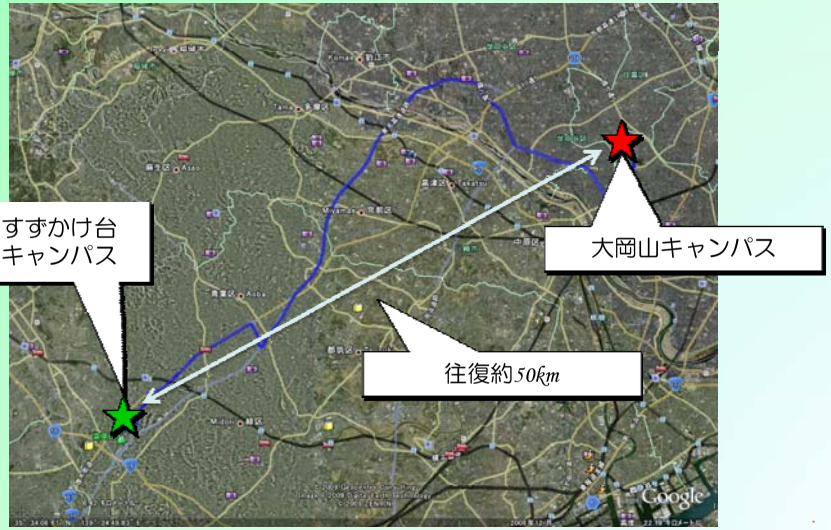
パワールータによる
コミュニティ間の自律分散制御



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

自律度向上型太陽光発電 および
RE-EVプロジェクト（AES-三菱商事）

走行実験メインルート



ⓒ kurochans-net, Tokyo, 2014

AES/三菱グループ：V2Xプロジェクト

AES/三菱グループ：V2Xプロジェクト

3 October 2014

Conceptual Considerations on Renewable Energy Ensembles to moderate Next-Generation Community Grids

再生可能エネルギー統合化コミュニティの実現へ

“Renewable Energy Ensembles”

- 階層構造化スマートネットワークの提案
- 再生可能エネルギー統合化概念設計
  “Renewable Energy Ensembles”
- AESプロジェクトでの試み

東京工業大学
AES 国際研究センター
黒川 浩助 特任教授

著書・解説

[2014 年～2015 年]

特集1

太陽光発電システムと電力ネットワークあれこれ

国立大学法人東京工業大学　ソリューション研究機構　特任教授　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、今までも書かせ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ていくことで、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、この1年余りを振り返り、日々に接してきた太陽光発電やその周辺分野で起きつつあり、論じられている話題を選び、自説をも交えご紹介したい。

その第一は、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。第二に、太陽光発電システム周辺の共通基盤技術として、「発電量予報」、「大型パワコンの試験手段」、「より安心・安全な太陽光発電」について、少し言及したい。

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。

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週間のドイツ国内の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」ということのようだ。

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

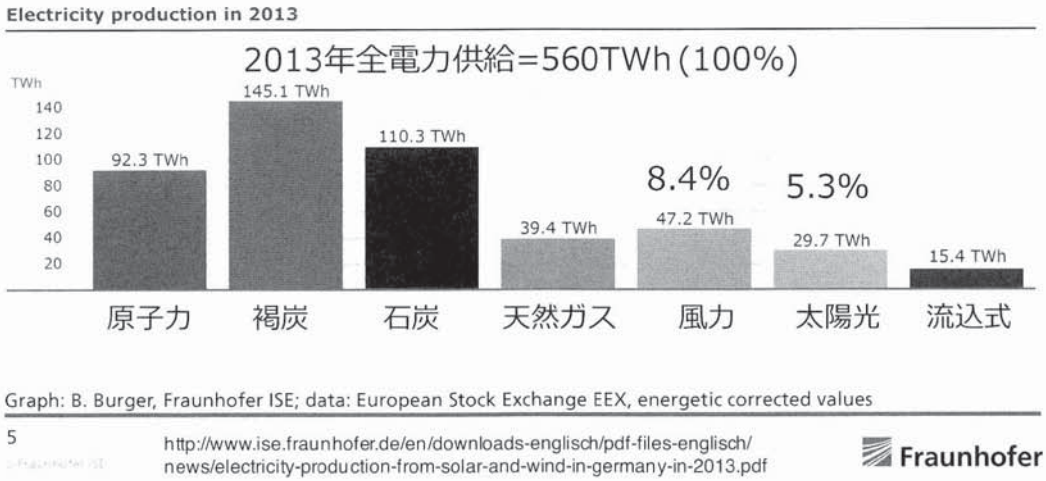


図1　ドイツの全電力供給（2013年）[1]

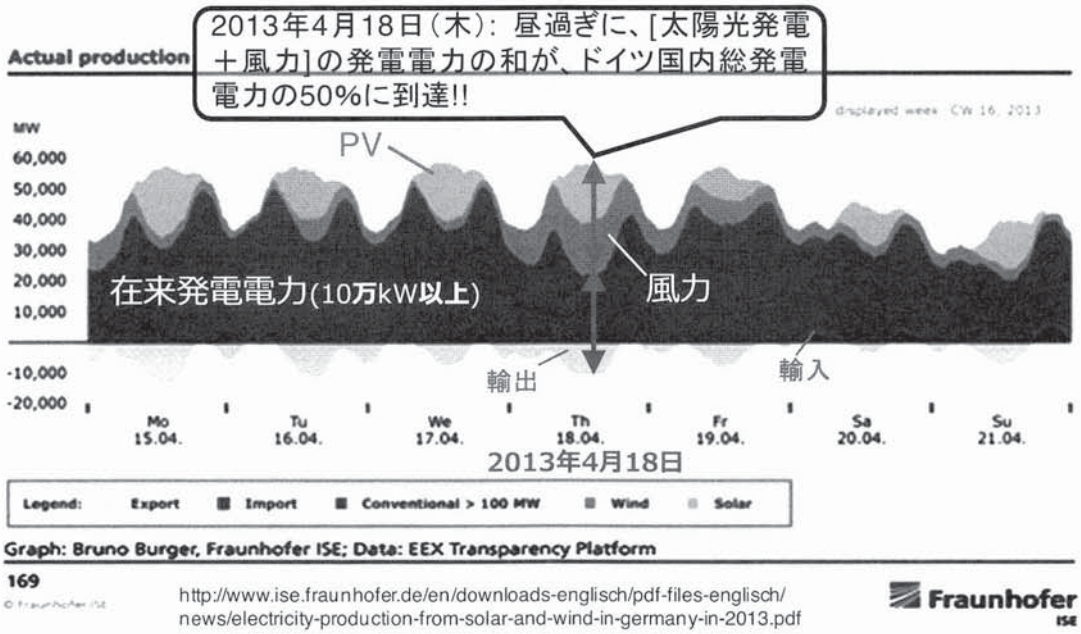
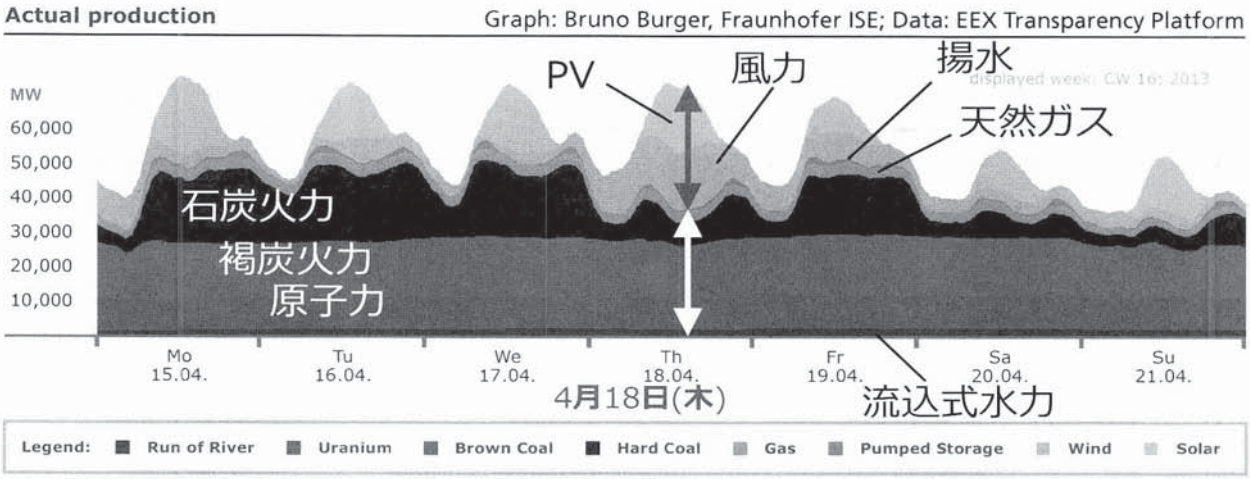


図2　ドイツの2013年4月18日（木）の［太陽光発電＋風力］[1]
時間当たり最大供給分担率＝50%を記録（注：水平軸より下に突き出ている部分は輸出分。）

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ておく必要性を痛感する。

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を入手したいと思い、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[3]を訪れれば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年分は環境省のサイトの日本語訳[4]にもリンクされていた。

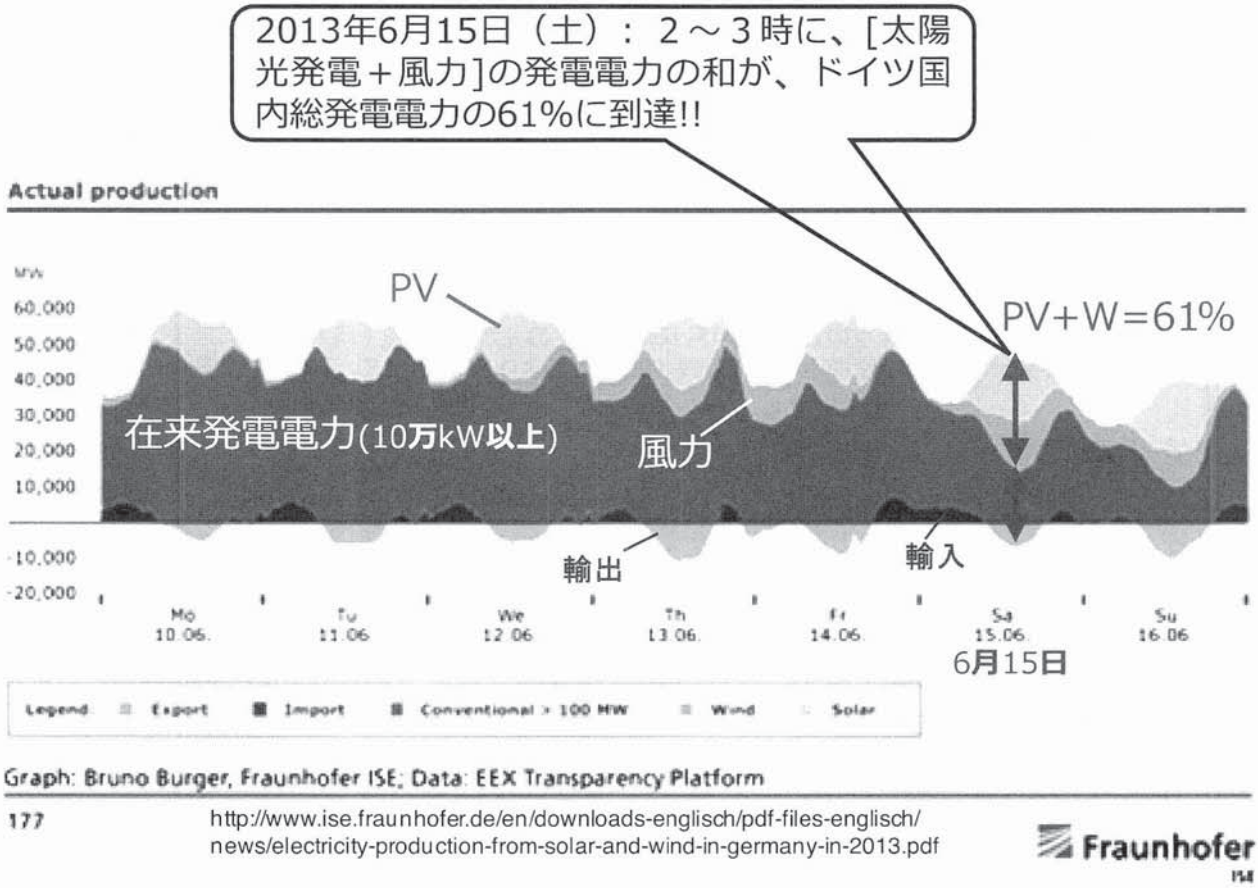
実は、図2・図3はほんの一部であり、同文献[1]では合計260枚以上で構成されている。以下に、さらに数枚紹介してみよう。図4は昨年の6月15日に記録された、太陽光発電＋風力が総供給の61%となったデータである。天気のよい土曜日であったとともに、全消費電力が週日より低いことにも起因している。系統の需給調整の面で詳細な対策は分からない



	流込式	原子力	褐炭	石炭	天然ガス	揚水	風力	太陽光
最小電力（GW）	1.4	8.9	13.5	3.4	1.8	0	1.1	0
最大電力（GW）	2.4	9.3	18.0	22.6	3.5	2.7	18.3	22.7
週間電力量(TWh) total: 9.16 → 100%	0.36 3.9%	1.5 16.4%	2.8 30.6%	2.1 22.9%	0.46 5.0%	0.13 1.4%	0.95 10.4%	0.86 9.4%

222
© 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/view
Fraunhofer ISE

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%



177
http://www.ise.fraunhofer.de/en/downloads-englisch/pdf-files-englisch/news/electricity-production-from-solar-and-wind-in-germany-in-2013.pdf
Fraunhofer ISE

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

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。

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[5]。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。

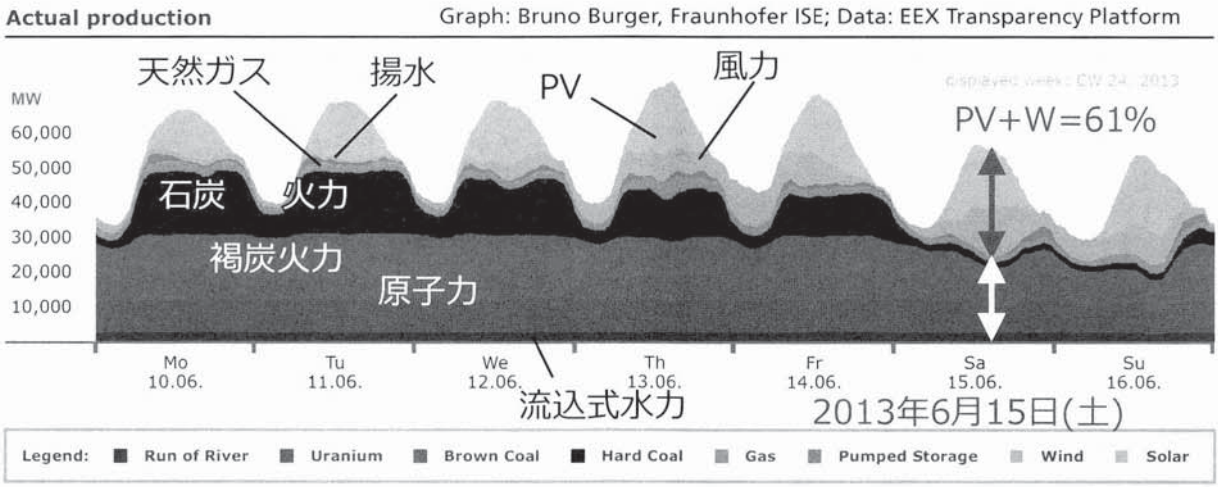
同図は、2014年2月27日12時25分（グリニッジ時間）に取り込んだデータで、総需要は42.93GWと表示されている。また発電種別シェアは、石炭火力（瞬時電力38.67%）、原子力（14.07%）、コンバインドサイクル・ガスタービンCCGT（25.18%）、風力発電（10.18%）の他に、揚水発電（1.05%）、水力（2.17%）、バイオマス（1.75%）、石油火力（0%）、開放サイクル・ガスタービン（0%）であった。石炭が最も多く、CCGTが次、3番手が原子力になっている。残念ながら、太陽光発電はこのデータベースでは見えないが、再生可能エネルギー（風力＋水力＋バイオマス）は、この時点のデー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



	流込式	原子力	褐炭	石炭	天然ガス	揚水	風力	太陽光
最小電力（GW）	2.5	5.9	9.1	1.8	1.2	0	0.3	0
最大電力（GW）	2.9	9.3	19.0	18.6	5.3	3.2	14.2	20.6
週間電力量(TWh) total: 8.7 → 100%	0.5 5.7%	1.5 17.2%	2.8 30.6%	1.6 18.4%	0.4 4.6%	0.1 1.1%	0.7 8.0%	1.1 12.6%

230
© 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/view
Fraunhofer ISE

図5　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；第24週太陽光発電供給率＝12.6%

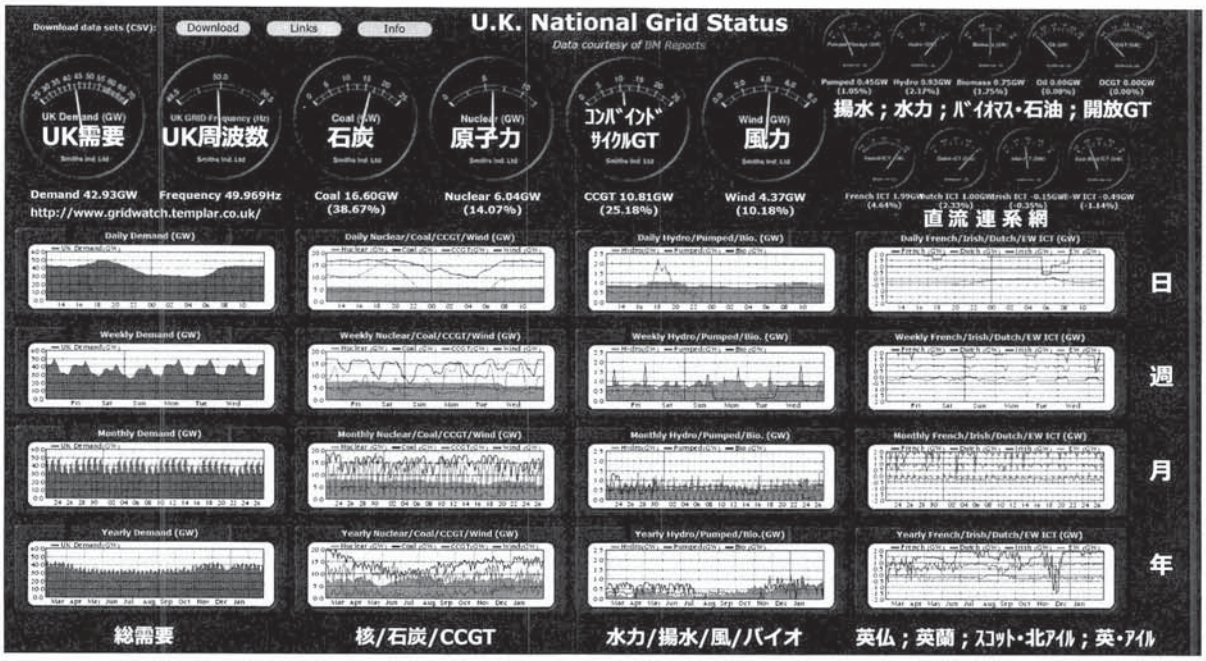


図6　英国の発電種別および国際連系線別の時系列運転状況

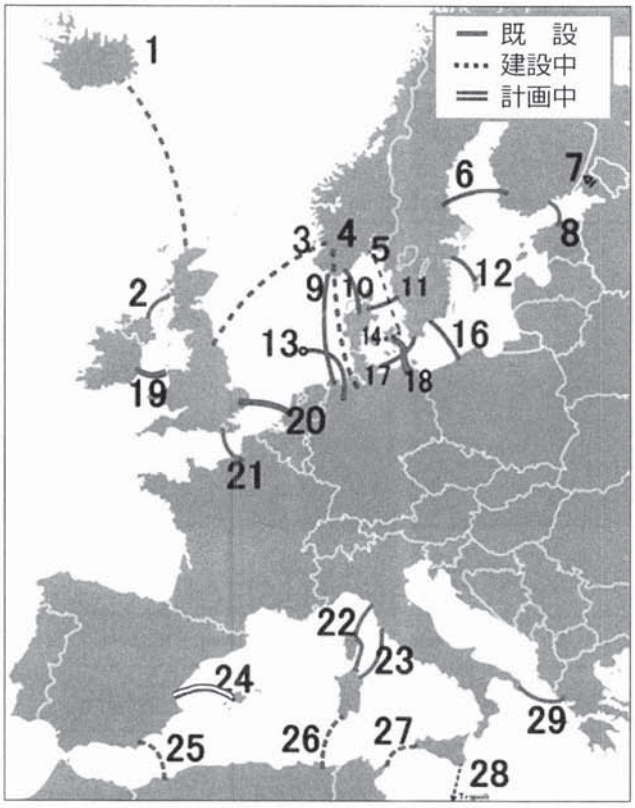


図7　北欧・地中海地域における直流送電系統連系線 (6)

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われる。できれば表で一括ダウンロードできれば完璧であるが、今のところこのサイトからのリンクは発見できていない。

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ので、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、実際がほぼ絡み合って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してみたいと感じている。

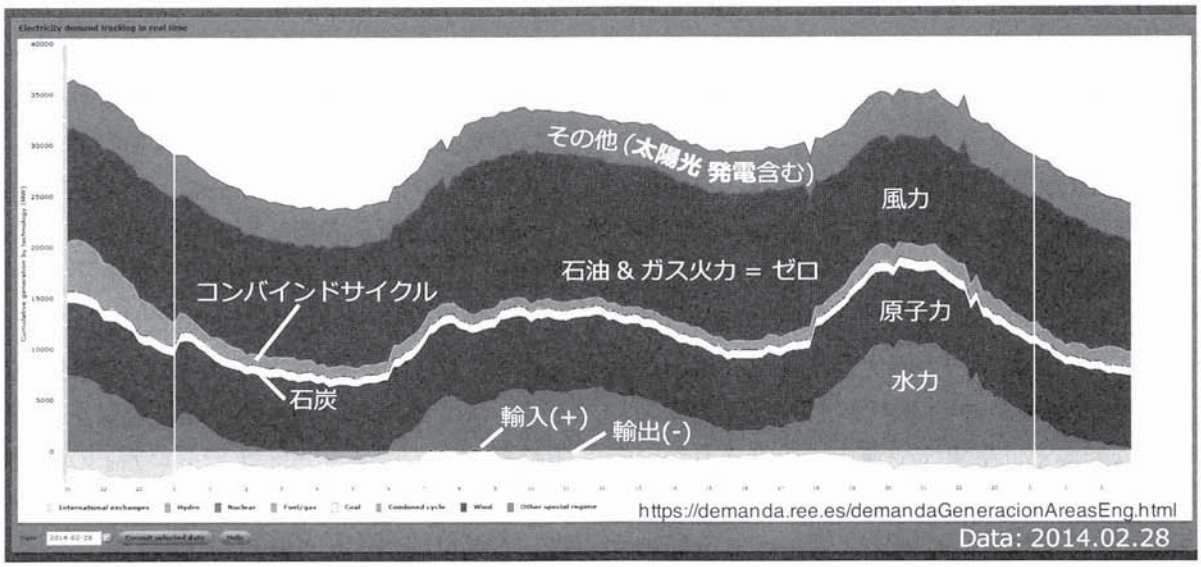


図8　スペインにおける時系列データ表示サイト[7]

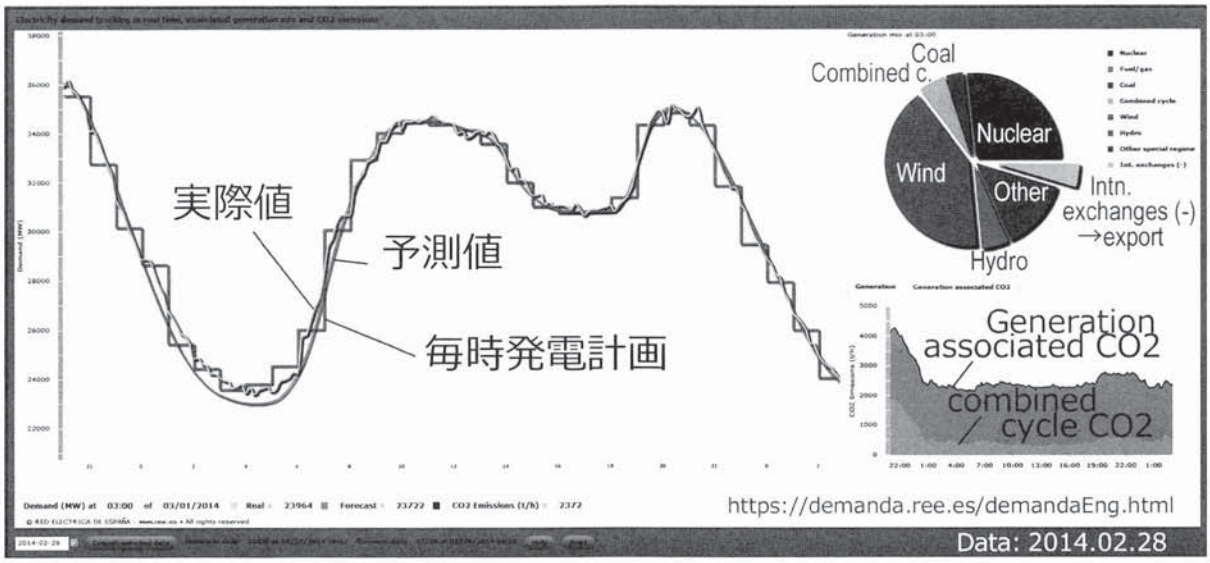


図9　スペインにおける時系列データ表示サイト[8]

5．日本の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この種の調査・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は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。

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の構築も重要課題だ。

なお、本プロジェトの技術面での展開については、

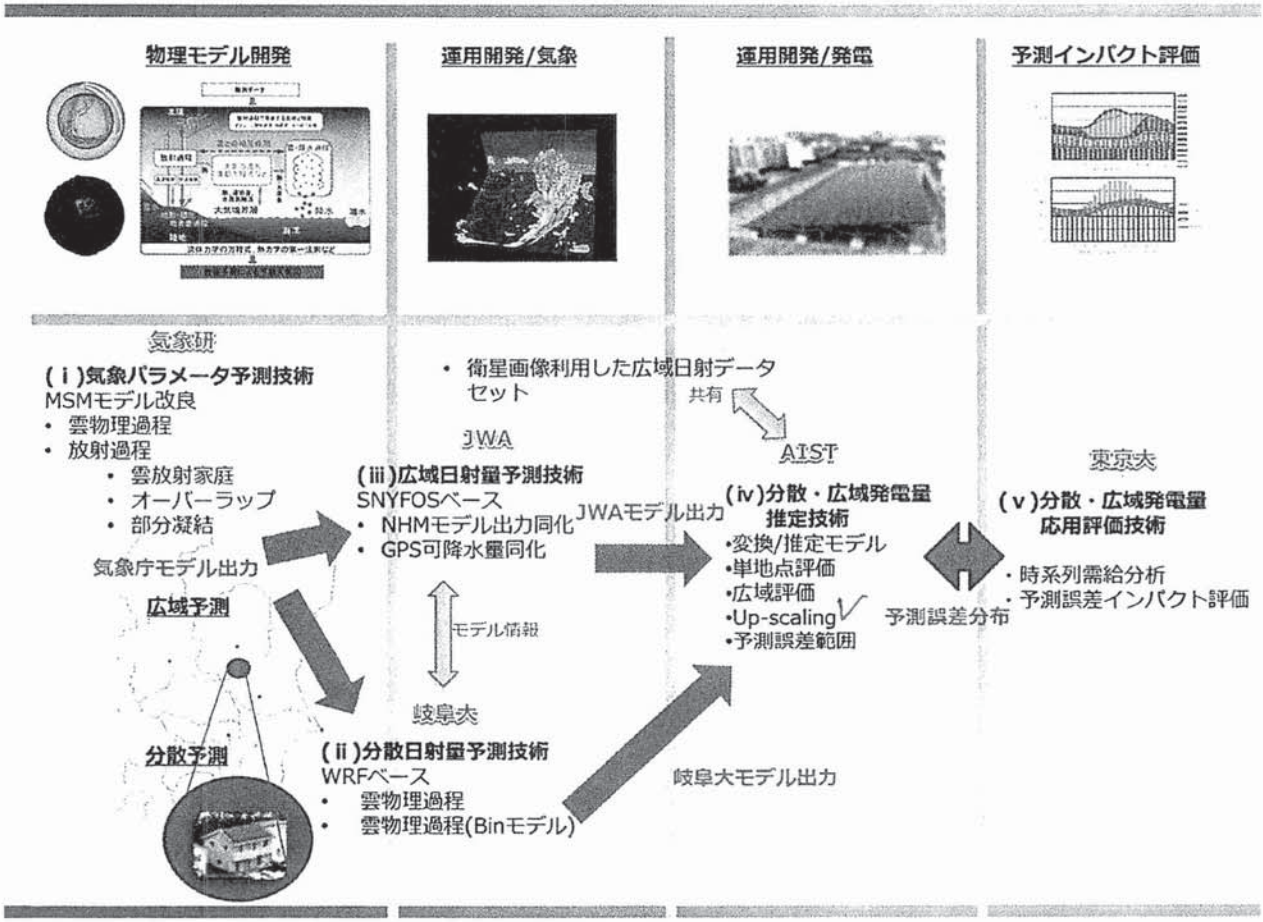


図10　発電量予測技術研究プロジェクト[9]

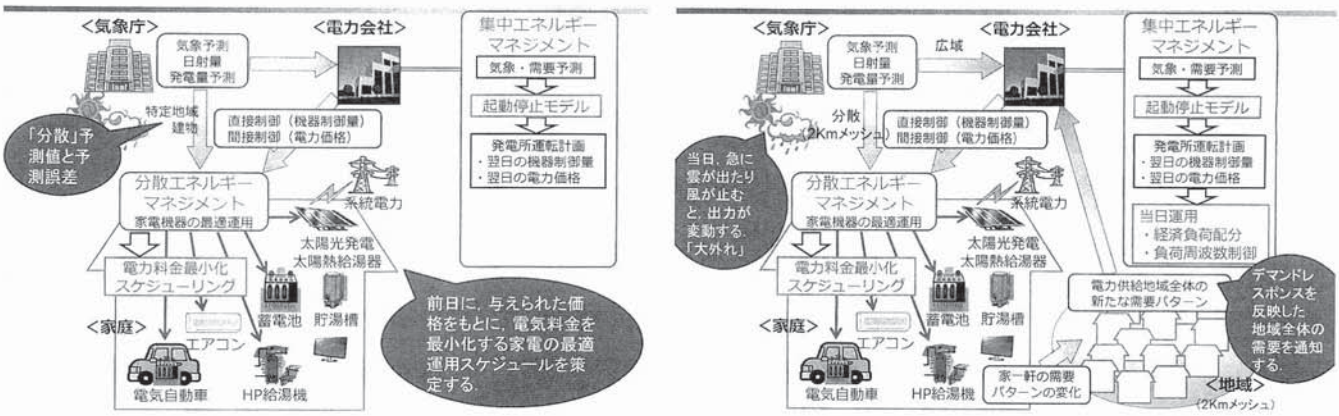


図11　太陽光発電の発電量予測技術の利用シーン[10]

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) https://demanda.ree.es/demandaGeneracionAreasEng.html

(8) https://demanda.ree.es/demandaEng.html

(9) NEDO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

(10) 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）

©2014. 日本地熱学会
ＩＳＳＮ　0388－6735　CODEN：NCGAF
http：//grsj.gr.jp/

日本地熱学会誌

第　36　巻　　第　2　号

（通　巻　第 137 号）
平成 26 年 4 月

巻 頭 言
再生可能エネルギー協奏曲の担い手として期待される地熱技術 …… 黒川浩助 …… 55
追 悼 文
中村久由名誉会員の追悼の記 …… 馬場健三 …… 57
ニュース …… 59
技術報告
レベルセット法による非圧縮性二相流の境界面追跡 …… 中込　理 …… 63
論　　文
大分県滝上地熱地域において観測された重力変動パターンとその解釈 …… 岡　大輔・藤光康宏・西島　潤 …… 75
特　　集
「地熱資源量の報告に関する国際的レビュー」翻訳に寄せて …… 安川香澄 …… 85
技術報告
地熱資源量の報告に関する国際的レビュー（その 1） …… Graeme BEARDSMORE …… 87
学会記事 …… 97
書　　評 …… 中込　理 …… 101

日　本　地　熱　学　会

日本地熱学会第18期役員（平成24年10月～平成26年9月）

会長	松永　烈						
副会長	糸井　龍一						
評議員	浅沼　宏	安達　正畝	有木　和春	石戸　経士	内田　利弘	海江田　秀志	梶原　竜哉
	後藤　弘樹	佐伯　和宏	笹田　政克	田口　幸洋	田篭　功一	土屋　範芳	當舎　利行
	中田　晴弥	中西　繁隆	新堀　雄一	花野　峰行	藤貫　秀宣	藤光　康宏	村岡　洋文
	安川　香澄	矢野　雄策					
監事	岡田　浩明	阪口　圭一					
編集委員会							
委員長	藤光　康宏						
委員	安達　正畝	石上　孝	田子　真	中尾　信典	中込　理	西島　潤	原　淳子
	松田　鉱二	水垣　桂子	森谷　祐一				
行事委員会							
委員長	梶原　竜哉						
委員	阿部　史経	井岡　聖一郎	内田　洋平	小山　弘	加藤　雅士	熊谷　直人	田中　俊昭
	常川　耕治	平野　伸夫	松本　光央				
国際交流委員会							
委員長	安川　香澄						
委員	浅沼　宏	内田　利弘	田篭　功一	福田　大輔	藤光　康宏	山田　茂登	
学会賞選考委員会							
委員長	村岡　洋文						
委員	伊藤　伸	上田　晃	小関　武宏	坂口　清敏	佐脇　貴幸	田中　俊昭	中尾　信典
	福田　大輔	森谷　祐一					
企画委員会							
委員長	浅沼　宏						
委員	荒井　文明	上田　晃	加藤　昌治	菊地　恒夫	相馬　宣和	福岡　晃一郎	柳澤　教雄
	渡邉　則昭						
広報委員会							
委員長	中西　繁隆						
委員	有木　和春	伊藤　真洋	内田　洋平	大谷　具幸	川原　義隆	須藤　祐子	相馬　宣和
	手塚　茂雄	當舎　利行	西島　潤	水垣　桂子			
総務委員会							
委員長	海江田　秀志						
委員	会沢　辰介	赤坂　千寿	浅沼　宏	杉山　輝芳	島田　寛一	相馬　宣和	柳澤　教雄
経理委員会							
委員長	藤貫　秀宣						
委員	赤坂　千寿	大関　仁志	加藤　雅士	木場　昭彦	佐脇　貴幸	島田　寛一	原　淳子
	堀越　孝昌						
庶務幹事	会沢　辰介	柳澤　教雄					
会計幹事	加藤　雅士	原　淳子					
地中熱専門部会							
部会長	藤井　光						
副部会長	内田　洋平						
幹事	石上　孝	大谷　具幸	桂木　聖彦	駒庭　義人	田子　真	森谷　祐一	吉岡　真弓
IGA専門部会							
部会長	安川　香澄						
副部会長	田篭　功一						
幹事	浅沼　宏	内田　利弘	藤光　康宏	山田　茂登			

巻頭言

再生可能エネルギー協奏曲の担い手として期待される地熱技術

Geothermal Technology Expected as an Ensembles Player of Renewable Energy

東京工業大学 AES 研究センター　黒川浩助*
Kosuke KUROKAWA

本寄稿をお引き受けするに当たって，筆者は意外と「地熱寺」の門前の小僧であると思った。最初の出会いは 1977 年。自分の勤務机の隣は地熱チームであった。当時の通商産業省のサンシャイン計画推進本部に出向していた。時の地熱技術研究開発官は，仲井眞氏（現沖縄県知事）であり，隣のデスクなので，地熱の電話も取り次いだ。仲井眞氏は，当時「大深度地熱開発」の大きな絵を描かれていて，何度もその夢を語られた情熱家で気さくな方だった。余談であるが，時を同じくして，池口総括開発官（「油断」を書かれた堺屋太一氏！）宛の電話もよく取り継がしていただいた。若輩の我々の気を逸らせない雄弁家であったのを記憶している。当時のサンシャイン計画は NEDO 設立前の草創期であったが活気に充ち満ちていた。太陽，石炭，地熱，水素，総合の 4 本柱＋α の大きな枠組みがまだ基礎工事段階という時期で，太陽は旗印ではあったが，筆者の専門である太陽光発電はまだ小さな小さな「芽」でしかなかった。予算の大半は石炭ガス化・液化に注がれていたが，それを追って地熱エネルギーに対する期待感はかなりあったと思う。地質調査所からの出向者も仲間だった。高温岩体発電技術について講釈して頂いた。

1980 年に NEDO が設立され，再度出向となった。余談となるが，自分は筑波に転居していたので，東京へ逆単身赴任となった。

何もないところからの立ち上げで，経験者はごくわずかで，ノー・ルール状態だったため，アフター・ファイブには同じ大部屋の中堅担当者相手として多数派工作に出かけた。とくに地熱技術開発室には，お友達が沢山でき，地質調査所や電力中央研究所の研究者との親交の機会も得た。「フラクチャリング」という用語を初めて知ったが，むしろ，温泉などの地元対策や環境アセス面が大きな障害要因になっているとの理解も得た。

NEDO の大きな機構改革のおりに，「新エネルギー部門」は一つの技術開発部にまとめられた。この時に地熱が消え去っていた。地熱専門家にとって「雌伏の時代」と心を痛めた。

地熱分野の諸氏との親交を復活できたのは，2006 年の「再生可能エネルギー国際会議 RE2006」の時であった。複雑な経緯があったが，この会議を組織する役目を自分が背負うことになった。この時に先ず意識したのは，真の意味で「持続可能な」再生可能エネルギーを網羅した会議の集合体を組織することであった。そして，10 分野のうちの第 9 テーマとして，地熱分科会を組織して頂いた。少なくとも地熱ソサエティ再興の一助になったのではないかと思っている。50 ヵ国を超える諸国から 1000 人規模の参加者を得た。

2007 年には，任意団体ではあるけれども，常設団体として「再生可能エネルギー協議会」を結成した。以降，毎年再生可能エネルギー展示会を開催し，これに付属した 10 分野（現在は 12 分野）のフォーラムを組織・開催して，それぞれの分科会維持とメンバー全員の交流に役立てて頂いている。（参照：http://www.renewableenergy.jp/）

2006 年に引き続き，2010 年も 1000 人を超える規模の国際会議として成功した。本年 7 月末から 8 月初頭には "Grand Renewable Energy 2014" が開催される。

再生可能エネルギーを意味あるものにするためには，従来のような巨額の投資による大型電源で，いわば「上意下達」的な最適化を図る手法では達成できない。

再生可能エネルギーは地域に根ざし，地域毎に分布する持続可能なエネルギーである。地域ごとにまずは最適化が

* 東京工業大学 AES 研究センター　〒 152-8550 大田区大岡山 2-12-1-I6-25
AES Research Center, Tokyo Institute of Technology, 2-12-1-I6-25 Ookayama, Ota-ku, Tokyo, 152-8550, Japan

できればよく，これで埋まらない需給ギャップがあれば，その分だけ上位送配電網を通して調達できればよいという発想が前提になる。このためには，「スマートな」系統と，「電力自由市場機能」が必要になる。このような開かれた構造が確保されていれば，もっと小さなコミュニティや工場，ビル・家庭単位でも同じ発想に立てるはずである。このような統合的なネットワーク体系の存在の下では，地域単位で得意な再生可能エネルギー源を動員することに大きな意義を見いだせるはずである。

再生可能エネルギーに対してネガティブな人達の多くは，再生可能エネルギー集合の個々の属性を，これは「変動」，これは「安定」と個々に分解して評価しようとする。しかし，コレは余りに狭小な価値観と考える。それでは身の回りに存在していることの利点を生かす道をはじめから閉ざしてしまったことになる。

試しに，地域で共通に得られる「地熱エネルギー」と「太陽エネルギー＋風力エネルギー」を集合として捉えれば「安定電源」＋「変動電源」＝「準安定」という別の価値を生み出す。地域に賦存する再生可能エネルギーは他にも選択の可能性がある。バイオマスのような燃料調整が可能な電源もあれば，小水力では季節差はあるかも知れないが，同じ季節内であればかなり安定と見なせる。筆者は，このような再生可能エネルギー・ミックスを「再生可能エネルギー協奏曲（アンサンブル）」とニックネームで呼んでいる。

スマートコミュニティのように蓄電機能をも具備した「エネルギー・マネージメント」の発達により，太陽光発電を中心にした住宅地域であっても，3日分程度の蓄電容量が確保できれば，降雨を考慮に入れてもほぼ安定した需給関係を築くことができるという分析もある。ここに，他の地域分散電源を付加してさらに最適化していけば，地域システムの付加価値の向上が見込まれる。ただ，このような概念のシステム単独では，究極の安定度は確保できないので，それぞれの地域分散システムは，それぞれの過不足を，自由電力市場を通して手当てできるネットワーク機能が不可欠となる。

繰り返すが，このような再エネ・アンサンブル実現のためには，極めて安定的な地熱発電システムは「強い味方」である。温泉発電システム（バイナリサイクル）の普及が広まれば，さらに地域分散システムとしての適用可能性は拡大し，価値は高まる。発電だけでなく熱供給システムとのハイブリッドも効果的と考えられる。地熱発電に付随した熱利用システム，地中熱は，地熱発電に比較して，もっと普遍的である。東京スカイツリーで利用されている地中熱併用システムは大きな意味を持っている。同じ地域の中に存在する再生可能エネルギー「集合」を支えに，電気と熱の統合ネットワーク概念に発展していくのであろう。

取材記事

[2014 年～2015 年]

原発ゼロでも快適な夏

太陽光で節電ライフ

光熱費"黒字"34万円

政府は7月1日、企業や家庭に自主的な節電の呼びかけを始める。再稼働に見通しが立たない原発に対し、太陽光発電など再生可能エネルギーは住宅などにも普及しつつある。高値で電力会社が購入する固定価格買い取り制度（FIT）が後押しするが、一方で電気料金の上昇も招いている。可能性と課題を抱え、原発ゼロの夏を迎える。【田辺佑介】

太陽光発電施設を備えた住宅団地＝滋賀県草津市で、本社ヘリから宮武祐希撮影

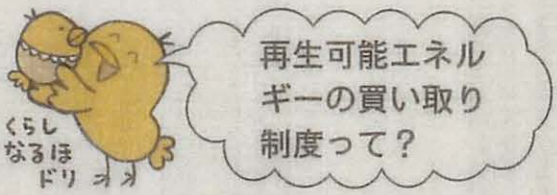
巨大な太陽光パネルを屋根に載せた住宅が並ぶ。パナホーム（大阪府豊中市）が昨年6月に分譲を始めた「スマートシティ草津」（滋賀県草津市、87戸）は、太陽光発電設備や省エネ機能を備え、売電収入が光熱費の支出を上回る「ゼロ・エネルギー・ハウス」（ZEH）だ。

「この家に住んでから節電を意識するようになった」と話す楠ルミ子さん（42）は、昨年12月に家族4人で引っ越してきた。備品のタブレット型モニターには住宅や電線のイラストが描かれ、発電量や電気使用量が逐一分かる。「モニターで実感できる」ため、小まめにチェックするようになった。先進的技術は意識も高め、引っ越し前に月数万円の負担だった光熱費は、売電収入を下回っている。パナホームによると、スマートシティの各住宅は約4～13キロワットの太陽光発電設備を備え、昼間は余剰電力を売る。一般住宅より割高だが、発電容量10キロワットのモデル住宅で光熱費は年間34万円の黒字が見込まれ、割高分を13年程度で回収できる。

資源エネルギー庁によると、こうした複数の利用者で太陽光発電や省エネに取り組む「スマートコミュニティー」は構想中も含め今年3月時点で全国に153カ所。住宅以外にも工業団地などもあるという。

買い取り料金は一般家庭の負担

資源エネルギー庁などによると、国内の総発電電力量のうち再生可能エネルギー（大型水力を除く）が占める割合は2012年度に1・6%だったが、13年度には2・2%に増えている。一方で普及を促すため買い取り価格は高めに設定され、電力会社はその分を毎月の「賦課金」として電気料金に上乗せしているため、一般的な家庭の賦課金は▽12年度87円▽13年度120円▽14年度255円――と年々増えている。太陽光発電に詳しい東京工業大の黒川浩助特任教授は「太陽光は風力や水力などと違いどこにでも設置でき、住宅用に適している。設置費用は下がっており、近いうちに買い取り価格を通常の電力と同水準にして賦課金もなくせるはずだ」と指摘する。



なるほドリ　再生可能エネルギーの固定価格買い取り制度ってどんな制度？

記者　太陽光や水力、風力、地熱、バイオマスなど自然エネルギーで発電した電気を、電力会社が最長20年間、国が決めた価格で買い取る制度です。2011年3月の東日本大震災以降、自然エネルギーの重要性が高まったこともあり、12年7月に始まりました。買い取り価格は毎年見直され、今年度は太陽光で1キロワット時当たり30～37円に設定されています。

Q　住宅向けの太陽光発電はどれくらい広がっているの？

A　住宅向けでは容量10キロワット未満のタイプが主流で、制度が始まってから今年3月末までに50万件230万キロワット分が稼働しています。太陽光は夜間は発電しないため単純な比較はできませんが、原発2基分に相当する規模です。

Q　設置費用はどれくらいかかるの？

A　資源エネルギー庁によると、住宅用の設備であれば、1キロワット当たり平均38.5万円でできるそうです。

ゼロ・エネルギー・ハウス（ZEH）

年間の太陽光発電量や省エネ効果などの合計が、消費エネルギー量と同等以上となる住宅。国は2010年策定のエネルギー基本計画で、各住宅メーカーなどが20年度までに商品化することを目指している。12年度に工費の一部を補助する制度を創設し、2年間で約1400件に助成した。14年度には、これまで15億円だった事業規模を25億円に増やした。

「新監督に

サッカー日本代

アギレ氏＝ロイター共同

【バルセロナ共同】スペインのスポーツ紙、マルカ（電子版）は29日、代表の新監シコ代表監スペイン1エスパニたハビエル（55）が就任

「待

日本郵代田区）人が30日じ仕事を手当の待るのは労だとして計約19払いを求阪地裁に正規社員る日本郵の訴訟はいて全国訴状には大阪、3府県の配達や集社員と同が、配達