

季報 エネルギー総合工学

Vol. 32 No. 4 2010. 1.

特集：第24回エネルギー総合工学シンポジウム

低炭素社会実現に向けた

新エネルギーと電力ネットワークの展望

財団法人 エネルギー総合工学研究所
THE INSTITUTE OF APPLIED ENERGY

第24回エネルギー総合工学シンポジウム

低炭素社会実現に向けた 新エネルギーと電力ネットワークの展望



挨拶を述べる 齋藤 圭介 資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部長

日 時：平成21年10月7日（水） 10：00～16：00

場 所：千代田放送会館

総合司会：プロジェクト試験研究部 部長 蓮池 宏

目 次

【開会挨拶】	(財)エネルギー総合工学研究所 副理事長	並 木 徹	1
【来賓挨拶】	経済産業省 資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部長	齋 藤 圭 介	3
【基調講演】	新エネルギー導入拡大と次世代の電力ネットワーク 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 先端エネルギー工学専攻 教授	横 山 明 彦	5
【講演 1】	太陽光発電の拡大を目指して (社)太陽光発電協会 事務局長	岡 林 義 一	16
【講演 2】	洋上風力発電の実現に向けた技術開発 東京大学大学院 工学系研究科 機械工学専攻 教授	荒 川 忠 一	23
【講演 3】	電気自動車普及促進に向けた取組みについて 九州電力(株) 執行役員 総合研究所長	野 口 俊 郎	35
【講演 4】	エネルギーマネジメントシステムの標準化と新エネルギー —ISO50001の開発状況を踏まえて— (財)エネルギー総合工学研究所 プロジェクト試験研究部 主任研究員	石 本 祐 樹	45
【閉会挨拶】	(財)エネルギー総合工学研究所 専務理事	山 田 英 司	50
【研究所の動き】			51
【編集後記】			53

開 会 挨拶

並 木 徹 (財)エネルギー総合工学研究所
副理事長



皆様、おはようございます。本日は、大変ご多用の中、またお足下が大変お悪い中、多数ご参集頂きましてありがとうございます。皆様方におかれましては、日頃から当研究所の活動に特段のご支援を頂いている方が大変多いわけです。この場をお借り致しまして、厚く御礼を申し述べさせて頂く次第です。本来ならば、理事長の荒木からご挨拶を申し上げるべきところですが、本日、どうしても出席できませんので、代わりまして私がご挨拶を申し上げる次第です。

昨年、世界はエネルギー価格の乱高下を経験致しました。また、2009年12月にコペンハーゲンで行われる「国連気候変動枠組み条約締約国会議（COP15）」でのポスト京都議定書の交渉に向け、新政権からは大変高い目標を掲げて臨むという声明が出されているところでございます。

日本におきましては、かねてより、政府、産業界、学界が一丸となって、3E（経済成長、エネルギーセキュリティ、環境保護）の同時達成に向け、強い意志のもと、様々な努力を続けてこられた訳ですけれども、今まさに、21世紀の大変大きな課題に直面しているところでもあります。

ここにおられます皆様方、現場の第一線におかれまして大変なご努力、ご尽力をしておられるわけでありましてけれども、皆様方の活動に敬意を表させて頂きますとともに、昨年30周年を迎えた、我々、エネルギー総合工学研究所は、産学官の力を結集する形でこのような課題に取り組んでいくということで、職員一同一生懸命努力しておるわけでございますけれども、お役に立てるように更に努力をして参りたいと思います。どうぞよろしくお願い申し上げます。

さて、本日のシンポジウムでは、「低炭素社会実現に向けたエネルギーと電力ネットワークの展望」ということをテーマとして掲げさせて頂き、横山先生を始め、最先端の先生方にご講演頂くわけでございます。本シンポジウムの成果が、皆様方の今後の様々な活動のお役に立ち、21世紀の大きな課題に関する日本の産学官の更なるコミットメントに役立つことを心から祈念する次第でございます。

また、本日は経済産業省資源エネルギー庁から本件問題に高い立場から直接携わっておられます齋藤省エネルギー・新エネルギー部長に、ご挨拶を頂くこととなっておりますけれども、改めまして、資源エネルギー庁の様々な政策の展開に敬意を表しますとともに、当研究所に対する支援に御礼を申し上げます。皆様方の今後のご活動の発展に期待を致しまして、大変簡単ではございますけれども、開会のご挨拶とさせていただきます。本日は誠にありがとうございました。(拍手)

来賓挨拶

齋藤圭介（経済産業省 資源エネルギー庁
省エネルギー・新エネルギー部長）



皆様、おはようございます。日頃から私共経済産業省の行政につきまして、ご協力頂きましてありがとうございます。今、低炭素社会の構築へ向け、世界各国、各地域で様々な取組みがなされております。私共もより高い目標に向けて一層努力していきたいと思っております。

本日は、電力ネットワーク、太陽光発電、風力発電、電気自動車、そして最後に標準という、今、まさに私共が総力を挙げて取組もうとしております多くの課題についての最前線でのスピーチがあるとは伺っております。

私共も常日頃、様々な局面でこれらの課題に取り組むわけでございますけれども、全てが横でつながってきており、1つの部局だけでできる仕事が非常に少なくなってきております。その典型が「スマートグリッド」です。「スマートグリッド」には、大きく分けて4つの切り口があると思っております。1つは、太陽光発電+風力発電など、多くの新エネルギーが電力系統に入ってきた時にどうなっていくかという問題。2つ目は省エネルギーの努力がオフィスビルや家庭といった民生部門で、どんどん進んでいった場合、省エネ家電や自動車がどうなっていくか。それが系統上の変化とともにどう変化していくかという問題。3つ目は、新しい産業としての新エネルギー産業、省エネルギー産業が世界にどう出ていくか、その際には、個々の単品で今までのように物を売っていくのか、それとも、システムとして、世界に飛び立っていくのか。4つ目は、今日の最後の講演にもありますけれども、標準化の話でございます。本件は電力周りのご関係の皆様方の話に留まらず、生活そのものが変わっていくようなところに新しい産業の芽が立ち上がるかどうか、日本が取り残されたりしないように、標準という切り口が極めて重要です。

本日は、最前線でご活躍の皆様が集まっていらっしゃる場と伺っております。本日のシンポジウムのテーマは、電力関係に留まらない「生活そのもの」がこれからどうなっていくのかというテーマではないかと思えます。

私共も経済産業省資源エネルギー庁にとどまらず、様々な関係省庁、政府一丸となって取組んでいきたいというふうに思っております。

本日は皆様方の前で，直接お話をさせて頂く機会を設けていただきまして本当にありがとうございます。また，シンポジウムのご準備をされた事務方の努力に敬意を表しまして，私のご挨拶とさせていただきます。どうもありがとうございました。（拍手）

[基調講演]

新エネルギー導入拡大と次世代の電力ネットワーク

横山 明彦 (東京大学大学院 新領域創成科学研究科
先端エネルギー工学専攻 教授)



需給構造の変化と電力系統の課題

系統上の課題

大量導入される再生可能エネルギー電源

表1は、「長期エネルギー需給見通し」(2008年5月)における太陽光発電と風力発電の導入目標(設備容量)です。表にあるような「最大導入ケース」での目標を掲げて、再生可能エネルギーを導入していくことになっています。

さらに、政府は「経済危機対策」(2008年4月)の一環として、一段と高い導入目標を設定しました。2020年の約1,400万kWを倍の2,800万kWにし、約530万世帯の屋根の上に太陽光発電を置くという計画です。2030年には約5,300万kWで、約1,000万世帯の屋根の上に乘せていこうということです。

太陽光発電や風力発電のような再生可能エネルギーの電源が数千万kW単位で導入されると電力系統上どのような課題が出てくるか。それを示したのが図1です。現在の日本の夏期ピーク需要は約200GWですが、これに対して2030年の太陽光発電導入目標が約5,300万kW(53GW)、風力発電導入目標が約660万kW(6.6GW)ですから、経済の低成長で電力需要が今後それほど伸びないと仮定すると、ピーク需要の3分の1近くを分散型電源(DG)である太陽光発電と風力発電で賄うことになります。

他方、今後、需要家側に電気自動車やヒートポンプといった効率の良いエネルギー機器が大量に導入されてくると予想されています。

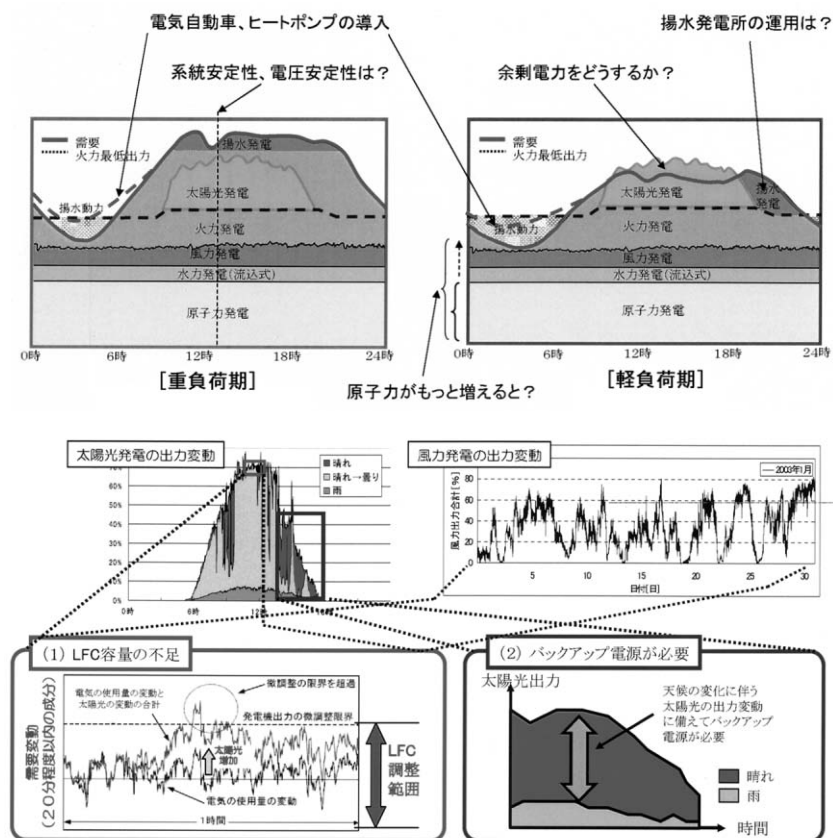
そうになると、次のような問題が起こってくると考えられます。

表1 「長期エネルギー需給見通し」での再生可能エネルギー導入目標量

	単位	2005年度 実績	2020年度 最大導入ケース	2030年度 最大導入ケース
太陽光発電	万kl	35	350	1300
	万kW	142	1432	5321
風力発電	万kl	44	200	269
	万kW	108	491	661
廃棄物発電+バイオマス発電	万kl	252	393	494
	万kW	223	350	440
バイオマス熱利用	万kl	142	330	423
その他*	万kl	687	763	716
合計	万kl	1160	2036	3202

※「その他」には、「太陽熱利用」「廃棄物熱利用」「未利用エネルギー」「黒液・廃材等」が含まれる。

(出所：総合資源エネルギー調査会需給部会，2008年5月)



(出所：資源エネルギー庁 低炭素電力供給システム研究会資料)

図1 需給構造の変化と再生可能エネルギー電源による系統の課題

① 軽負荷期の余剰電力

軽負荷期とは、土日や5月のゴールデンウィーク、正月など、非常に負荷の低い時期のことですが、そういう期間の需要に対して昼に再生可能エネルギーからの発電量が増加し、需要を上回って発電してくると、その余剰電力をどうするかという問題が出てきます。また、その時に、現在はピーク需要対応のために行われている揚水発電をどう運転するかという問題も出てきます。

② 系統安定性

[周波数変動]

太陽光発電、風力発電はお天気任せなために出力変動が大きく、そのために周波数が変動します。この変動にどう対処するか。現在、周波数制御（LFC）は、火力発電所や揚水発電所などの運転で行なっていますが、LFC容量が不足してくると考えられます。

[一斉解列による不安定化]

大量に系統連系されたDGが、落雷などで引き起こされた電圧低下により、系統から一斉に脱落（解列）した時、系統はどうなるか。米国で行なった解析では、DGの電圧が90%まで低下し、DGの20%が系統から一斉に解列すると、系統の電圧が低下して系統が崩壊する現象（電圧不安定現象）が計算されています。太陽光発電でも風力発電でもこの一斉解列が系統の安定性に非常に大きな影響を与えることも注意しなければいけません。

③ 逆潮流による電圧問題

配電系統の需要家側から太陽光発電などのDGが大量に入ると、電力の向きが「配電用変電所から需要家へ」という従来と逆になる「逆潮流」現象が起こります。すると、配電線の電圧が電圧の適正範囲（101±6V）を超える恐れがあります。

④ バックアップ電源の準備

天候の変化に伴う、太陽光発電、風力発電の突然の出力低下を保障するため、すぐに立ち上げるバックアップ電源も必要になってきます。

⑤ 需要家側エネルギー機器の使い方

電気自動車、ヒートポンプなどの機器が需要家側でたくさん入ってくると、例えば電気自動車を、夜に充電するのか、または、昼の余剰電力を使って充電するのかによって、電力需要のパターンが色々変化してきます。

b) 蓄電池を導入し、余剰電力を吸収・保存し、電気の足りない時にそれを放電するため、たくさんの蓄電池を導入する必要があります(図3参照)。しかし、蓄電池は開発途中で非常にコストが高いため、必要な導入容量を削減するために、自然エネルギーも出力制御をしてほしいと考えています。

② 逆潮流による電圧変動対策

逆潮流問題の対策は、電圧変動を抑えることです。具体的には、a)柱上変圧器を分割してたくさんの柱上変圧器を置き、そこに少量の太陽光発電をつける、b)電線を太くする、c)電圧を調整する機器(SVC)を設置する、などがあります(図4参照)。

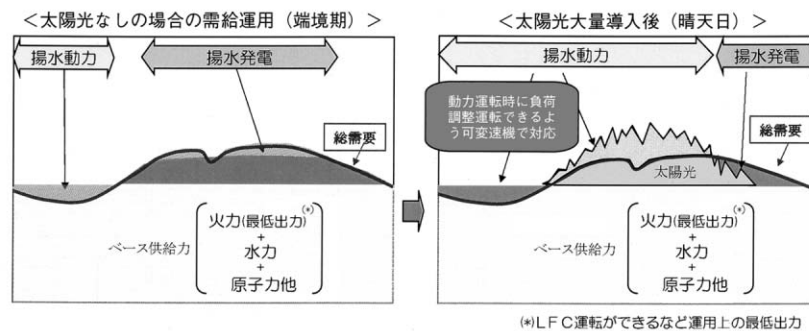
より総合的な対策として、配電電圧レベルを上げることもあります。現在6,600V、200V、100Vという高圧、低圧の電圧を、2万V級、22kV、そして家庭には400Vで配電する「2万-400V」という方法で電圧を上げることも1つの対策になってきます。

系統上の課題への対策

一般的な電力系統側での対策

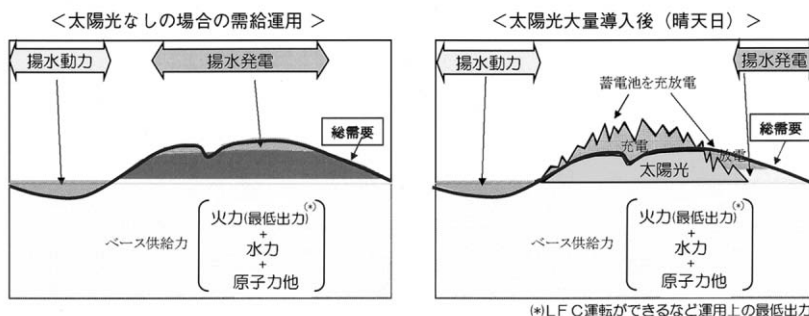
① 軽負荷期の余剰電力対策

a) 揚水発電の新設、増設と可変速化によって、柔軟な運転を行なうことで対応できると考えられます(図2参照)。



(出所：資源エネルギー庁 低炭素電力供給システム研究会資料)

図2 揚水発電の活用(太陽光の場合)



(出所：資源エネルギー庁 低炭素電力供給システム研究会資料)

図3 蓄電池の導入(太陽光の場合)

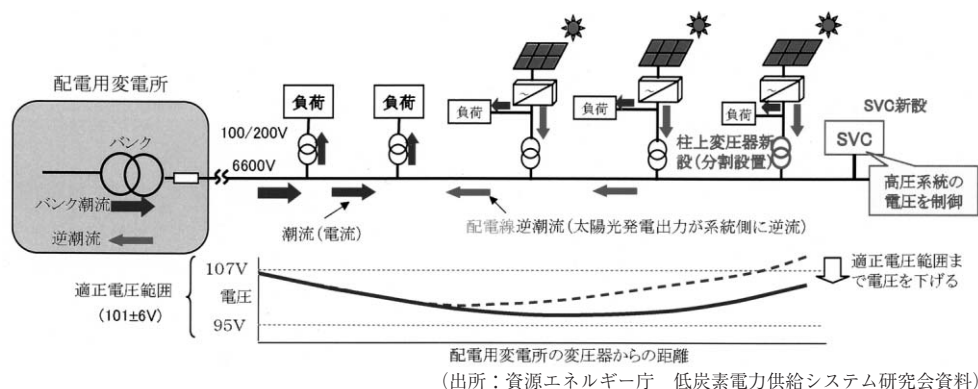


図4 逆潮流対策の例

③ 出力低下対策

火力発電などで、急な出力低下時のバックアップと調整を行なうことが考えられます(図5参照)。バックアップ電源をどれぐらい準備すべきか知るために、DGの出力状況をオンラインで把握・予測する必要があります。

太陽光発電の場合なら、日射量、出力を予測する技術が必要です。幸い、資源エネルギー

庁の援助により、全国約300カ所で日射量と出力を測定し、特性を調べていくプロジェクトが始まります。そこでのデータを基に予測技術を開発していく必要があります。

再生可能エネルギー側での対策

高価な蓄電池を大量設置するなどの電力系統側での対策コストをできるだけ少なくするために、例えば、FM多重放送で一斉に太陽光発電側に信号を送り、余剰電力が大量に発生している時には出力をOFFにしてもらう。または、機器のパワーコンディショナーの中にカレンダー機能を入れて、軽負荷期には自動的に出力を抑制する機能を埋め込んでもらう必要があると思います(図6参照)。

また、風力発電では、ブレードを守るために非常に強い風が吹いたときにブレードの角度をコントロールして風を逃がしていますが、

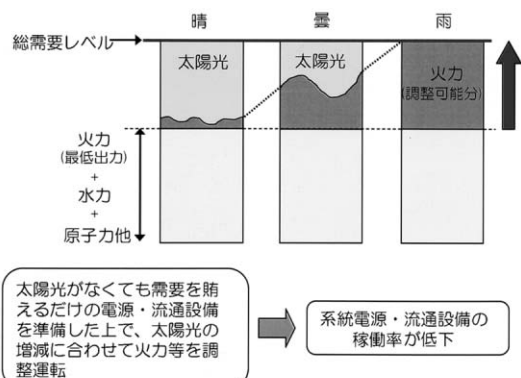


図5 火力発電等によるバックアップと調整

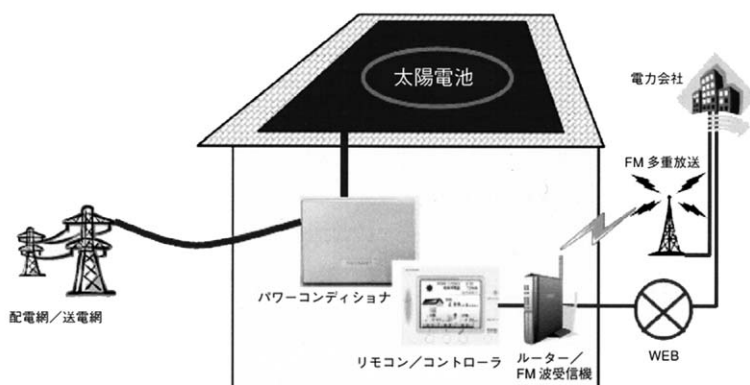


図6 太陽光発電の出力制御

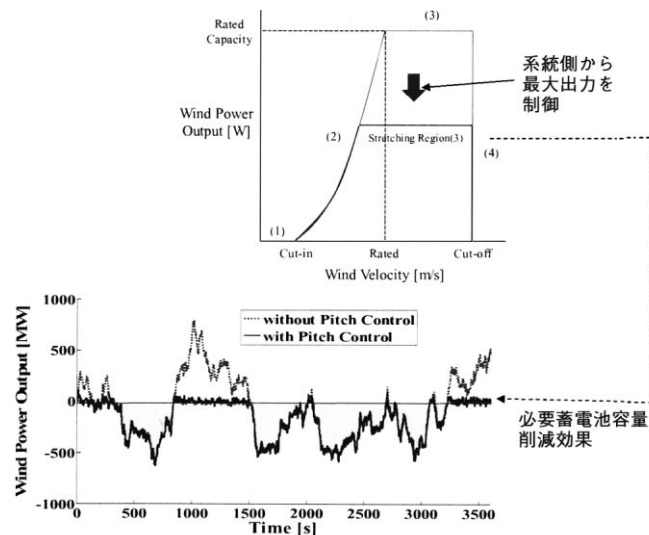


図7 風力発電の出力制御

これを最大出力のコントロールに使う方法が考えられます。図7の風力発電出力が大きく変動している上側をカットして滑らかな波形にすると、蓄電池の容量を削減できます。

スマートグリッド

日本のスマートグリッド

[電力供給の現状]

わが国の電力供給の信頼度は最高水準にあります。情報通信ネットワークを活用した送電網の事故時の監視制御システム技術や配電網の自動化技術、停電範囲極小化のための自動化技術などは既に100%近く導入され、送配電網のスマート化はかなり進んでいます。

しかし、今後、太陽光発電や風力発電が大量導入されていく中で、再生可能エネルギー、蓄電池、揚水発電の制御、それらすべてを協調させた需給バランス制御、余剰電力制御、周波数制御、電圧制御に関する検討はなされていません。

[日本型スマートグリッド]

大量の再生可能エネルギーを連系した際の

送電網、配電網を協調し、かつ需要家の機器（ヒートポンプ給湯器、電気自動車、プラグインハイブリッドカーの蓄電池など）、家庭にある太陽光発電、蓄電池等を一体として双方向通信でコントロールして、電気エネルギーネットワーク全体が効率的に動くシステムを作っていくのが日本のスマート化だと考えています。我々の研究グループ（東京大学先端電力エネルギー・環境技術教育研究センター）ではそういう日本型先進スマートグリッドを「ユビキタスパワーネットワーク」と呼んでいます。（図8参照）

一般的なスマートグリッドの共通概念は、「従来からの集中型電源と送電系統との一体運用に加え、情報通信技術の活用により、太陽光発電等の分散型電源や需要家の情報を統合活用して高効率、高品質、高信頼度の電力供給システムの実現を目指すもの」です。

[系統と協調する制御法]

① 実現性の高い制御機器による制御

「日本型スマートグリッド」の実現に向けさまざまな技術開発が必要になってきます。まず、需要家内の機器をコントロールする新技術が必要になってきます。「スマートメーター」に限らず、需要家の機器とネットワーク全体の機器を協調してコントロールするスマ

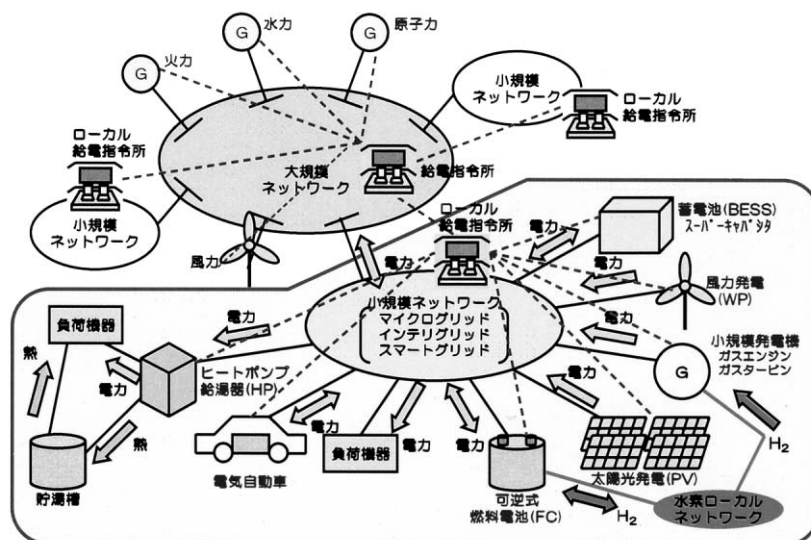


図8 ユビキタスパワーネットワークの概念図

ートなインターフェースが各需要家にあればいいので、家庭にあるインターネットのルーター等にインターフェース機能を持たせてもいいわけです。

各家庭に置くわけですから非常にシンプルで安く、実現性の高い計測・通信制御のハードウェアが必要です。

ヨーロッパの「スマートメーター」は、電気物理量の計測、送信、表示、引き込み線のオンオフ制御に使われていますが、この他に太陽光発電の出力の把握・制御、負荷機器の

制御、電気自動車、プラグインハイブリッドカーの充放電制御が可能な機能を各需要家に入れていく必要があります。

図9はヒートポンプ給湯器の制御法です。このような需要家、ヒートポンプ機器をコントロールする場合、いかに家庭での利便性を阻害せず、むしろ向上させるかが課題となります。例えば、コストを下げることがあります。昼に太陽光発電の余剰電力で電気自動車を充電する場合には、電気料金を非常に安くしてあげるとかです。図9では左上のように、

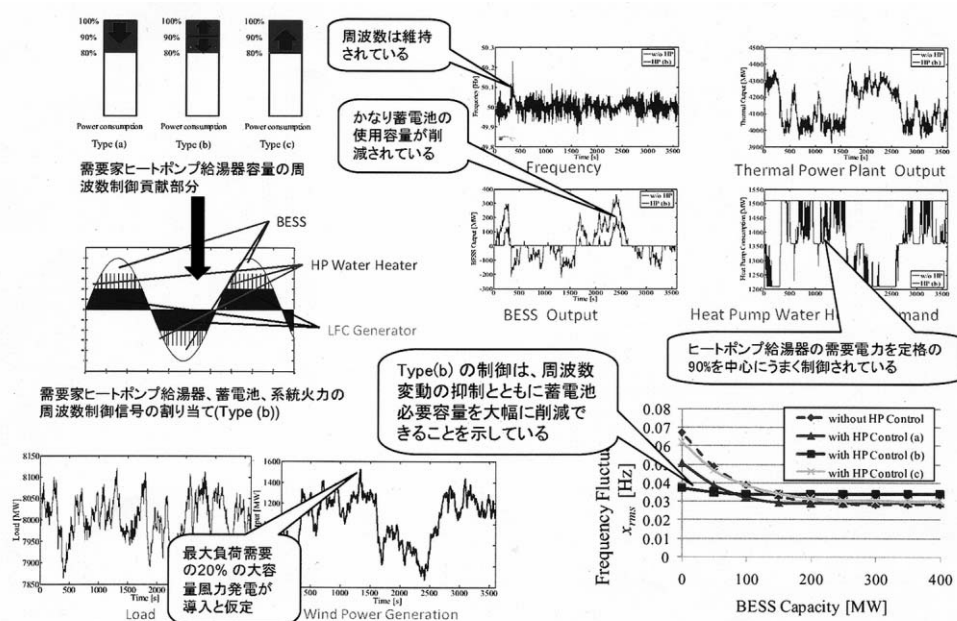


図9 系統火力、蓄電池と協調した需要家ヒートポンプ給湯器の制御

需要家ヒートポンプ給湯器の出力の20%だけを使って、需要家に迷惑をかけないようにコントロールしています。数を集めれば非常にたくさんの量になりますので、それを系統制御に役立てようという研究例です。

② 電力会社以外の発電所の協力

電力自由化が進んだ結果、独立発電事業者（IPP）や特定規模電気事業者（PPS）、自家発電など、電力会社のものではない発電所がたくさんあります。また、その発電所は現在ほとんどといっていいほど電力会社から常時、コントロールされていません。太陽光発電、風力発電のコントロールを、IPPやPPSの発電所と、電力会社の火力発電所が協力して行う方法があります。

そうすると再生可能電源のコントロールに要する全体的なコストが下がります。当然、協力に対して、IPPやPPSにアンシラリーサービス料金を払うという制度面も含めて今後検討をしていく必要があります。

③ マイクログリッド余力の貢献

小規模なDG（コージェネレーションや太陽光発電）と負荷をもった小さなグリッドを作り、あたかも消費電力一定の負荷のように見せかけて系統連系し、その中ではミニ電力会社的なものを作っているというのがマイクログリッドです。中に小さなコージェネレーション電源がた

くさん入っていると余力もあるので、そういう余力で太陽光発電、風力発電のコントロールに参加してもらう方法が考えられます。

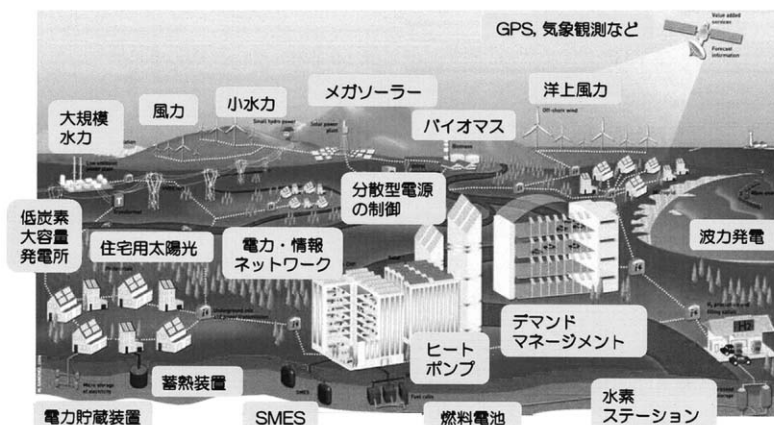
④ 電気自動車の蓄電池制御と貢献

太陽光発電からの余剰電力がある昼に電気自動車を充電してもらうとか、負荷の移動も考えていかなければいけません。例えば、スマートグリッドの双方向通信を使って、自動車の充電スタンドに料金を時々刻々表示しながら充電の負荷を移動していく手法は1つの研究テーマになります。そういうものをうまく使うことで、系統制御に必要なとなる系統側に設置する蓄電池の量を減らし、全体としてのコストを減らしていく必要があると思います。

できればアメリカで言われている「V2G」、電気自動車の蓄電池に貯めた電気を逆に系統の方に流し込み、貢献することも考える必要があると考えています。

欧州のスマートグリッド

欧州連合（EU）では、風力発電を主体として、2001年ぐらいから電力分野への再生可能エネルギーの導入が進んできました。最近、風力発電が系統に与える影響が出てきていて、それへの対策を研究するために、2005年にEU委員会でテクノロジーのプラットフォーム「スマートグリッド」を作りました。



（出所：EUホームページ（<http://www.smartgrids.eu>））

図10 欧州プラットフォームのスマートグリッド構想

そして2006年4月のEU指令により、各国で「スマートメーター」の導入が進んでいます。図10がEU委員会の「スマートグリッド構想」です。「ユビキタスパワーネットワーク」と同じような図ですが、あらゆるDGがつながり、負荷側にもヒートポンプや蓄熱装置、超伝導磁気エネルギー貯蔵（SMES）、電力貯蔵装置、水素ステーション、燃料電池等がつながって“Flexible, Accessible, Reliable, Economical”なネットワークを作っていこうという構想です。とはいえ、現状、各国は色々な問題をかかえています。

[スペイン]

スペインでは、風力発電容量が最大電力4,500万kWの3分の1ぐらい（約1,500万kW）になっています。スペインの電源構成が原子力19%、火力58%、水力11%で、調整電源の比率が高いことがたくさんの風力発電が入ってきた背景としてあります。

隣国フランスとの連系線の容量は約200万kWですが、風力発電の大量導入時の課題として、落雷等の系統内事故があると、系統内電圧が瞬時低下して、風力発電が「一斉脱落」があります。図11の右側では、系統への落雷事故で風力発電が「一斉脱落」して出力が大きく下がっています。風力発電所が脱落すると、不足する電力がフランスから連系線をつたって入ってきます。しかし、風力発電の停止量が大きいと、容量が200万kWしかない連系線を通じて200万kW以上の電力が入ってこようとして、過負荷にな

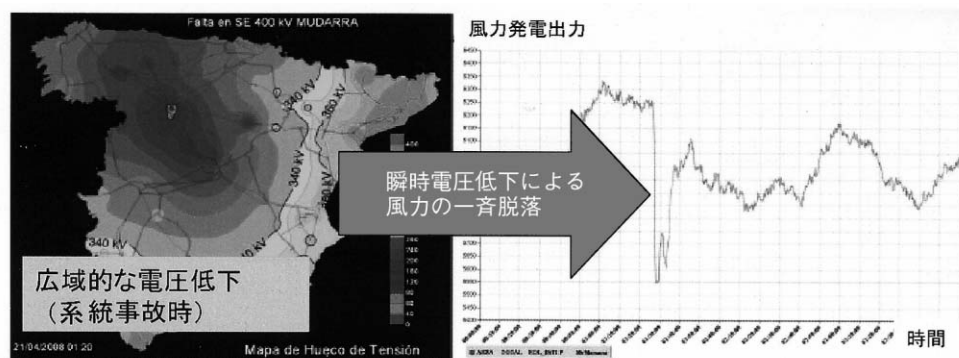
り、停電につながります。

このため、スペインでは「再生可能エネルギー中給」というコントロールセンターを設けています。そういう事故が起こった場合、どれぐらいの風力発電所が停止し、フランスからどれぐらい電力が入ってくるかを20分毎に計算しています。フランスからの輸入量で賄えない場合には、風力発電所を必要量事前に停止させます。

[ドイツ]

ドイツの北東部を制御エリアとするバッテンフォールトランスミッションという送電会社では、従来型発電設備が950万kW、風力発電設備がほぼ同量の800万kW入っています。ドイツ国内の風力発電の41%が旧東ドイツのこのネットワークに入っています。このエリアにおけるピーク時の電力需要が1,100万kWですから、最大650万kWが供給過剰となるのでドイツ南部に輸出しています。そのために地域間の連系容量が課題となってきます。

2008年11月、この送電会社からドイツ南部の電力会社E.onに風力発電の余剰の電気を流したのですが、送電線の容量不足という問題に直面しました。そこで、エリア東側のポーランドの火力発電所に出力抑制をしてもらい、E.onの火力発電所の出力を増やしました。すると、南ドイツから北東ドイツ経由でポーランドに向かって仮想的に電気が流れ、それが風力発電からの南向きの電気と相殺し合って、南北間の送電線に流れる風力発電の電力を減らしたのです。こ



(出所：スペイン電力網（REE）)

図11 スペインの風力発電大量導入時の課題

の操作を行うには、調整にかかる時間、ポーランドとE.ONの火力発電所へ支払う協力金といったコストがかかる。調整中に雷等の事故が起これば大停電になる危険性もあって、非常に緊迫した状態もありました。

また、このエリアの北部の洋上で風力発電を500万kW以上（2011年までに243万kW、2012年以降さらに323万kW）建設する計画が進んでおり、これらが建設されると、バッテリーフォールトランスミッションから、またたくさんものの輸出をすることになり、連系線の問題が益々深刻となります。

[ベルギー]

ベルギーでは、風力発電に対する国民理解が得られないために風力発電の導入は限定的です。しかし、デンマーク、オランダ、フランス、ドイツなど周辺諸国から風力発電の電気が流れ込んできて、予期しないところの送電線に予期しない電気が流れる「ループ潮流問題」が起こります。

管理上、問題があるということで、「位相変圧器」という特殊な潮流制御の変圧器を4カ所に設置して、送電線に流れる電力量を基準内に収まるようコントロールしています。

米国のスマートグリッド

[背景：増大する電力需要]

米国でのスマートグリッド構築は、2001年、2003年の停電事故を契機に始まりました。電力

自由化も進みましたが、需要が増え続けています。ところが、発電所、送電設備などのインフラ設備が不十分で、今後の需要増への対応が難しいので、電力供給インフラの不足をグリッドのスマート化で補おうと考えています。

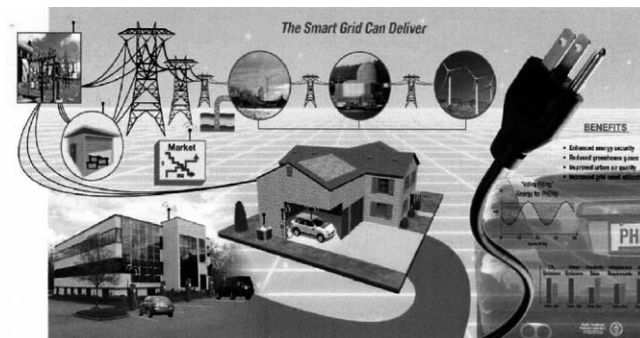
例えば、電力価格と電力使用量を表示するメーターに需要家が反応して、電力価格が高くなる高需要期に需要を抑制する方策（デマンドレスポンス）、供給力不足時に発生する電気の周波数低下に応じて、冷蔵庫、エアコンなどの家電製品の消費電力を抑制する技術などがテーマに入っています。

また、次世代産業として電気自動車産業を興さなければいけないということで、電気自動車を普及させるために、需要家側のネットワークを強化して、充放電のできるネットワークにしなければいけないということです。

[スマートグリッド関連施策]

「エネルギー政策法」（2005年）の下で、電力系統設備の老朽化への対応、増大する電力需要に対する設備利用効率の向上、電力料金等によるデマンドレスポンスを使ったピークカット、負荷移動といった施策が始まり、「エネルギー自立・安全保障法」（2007年）でデマンドレスポンスなどの技術実証の予算措置がなされ、技術実証に備えた標準化も進んでいます。「米国復興・再投資法」（2009年）で標準化のために45億ドルの予算措置がなされました。

図12は米国エネルギー省（DOE）のスマートグリッド構想です。スマートメーターを導



（出所：<http://www.ee.energy.gov/smartgrid.htm>）

図12 DOEのスマートグリッド構想



(出所：http://birdcam.xcelenergy.com/sgc/index.html)

図13 米国のスマートハウス

入して、各家庭の太陽電池、蓄電池、電気自動車、需要家機器の制御を行うことを考えています。コロラド州で実証試験中の「スマートハウス」では、図13にあるように、プラグインハイブリッドカー、スマート家電、太陽光パネルをスマートメーターを使って、外部と通信でき、制御できるようにしています。こういう家を2008年末までに1万3,000軒、2009年半ばまでにさらに1万軒設置して、色々な実験をやりたいと考えています。

また、冷蔵庫、洗濯機、乾燥機、電子レンジ、電気温水器といった家電製品を制御するために、各家電製品にチップを埋め込み、周波数に応じて電力制御するGrid-Friendly ApplianceとかSmart Applianceと呼ばれる家電機器の実験も行われています。

標準化については、アメリカ国立標準技術研究所（NIST）が活発に活動しています。スマートグリッドには、電源から需要家、電力

市場、各種サービスまで多様多様なシステム機器への広範なICT技術の活用が求められています。従って、この標準化のメインは、様々なシステムや機器が連系して動作する能力（相互運用性）を確保する情報通信の共通プラットフォーム作りに置かれています。NISTの検討方法ですが、図14は電力貯蔵装置を入れるために必要な規格を洗い出すための図です。アメリカでは電力自由化で、卸市場、小売市場、系統運用者、需要家がいるわけですが、その各プレイヤーの間にどのようなインターフェースがあり、どのような標準が必要かを洗い出しています。

電力貯蔵以外の様々な分野について、先ほどのような図を作り、相互運用性がどうか、そこに規格があるのかないのか。なければ、どこの標準化団体にどのような規格を作らせればいいのかを検討していくというのが、NISTの今後の行動方針です。

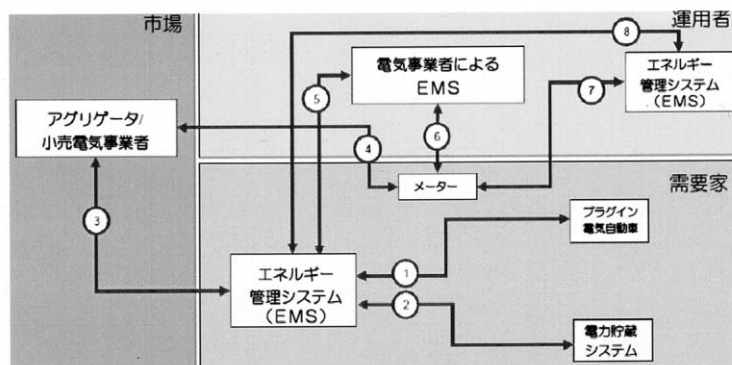


図14 NISTの検討方法

わが国におけるスマートグリッドは、送電系統から需要家までを一体的にコントロールし、大量の再生可能エネルギー電源をいかに組み込んでいけるか、送電網と配電網が一緒になって考えていこうという取り組みです。

アメリカにおける系統強化は、基本的には下流の配電系統の強化です。配電系統にマイクログリッド的な機能を持たせ、電気自動車をたくさんつけられる、そして太陽光発電等の再生可能エネルギーも入れながらやっていくという下流主体のマイクログリッドです。

ヨーロッパでは風力発電の問題がたくさん出ていますので、送電ネットワークの強化が大きな問題になっています。また、ヨーロッパでは送電会社と配電会社に分かれています。スマートグリッド構想については、配電会社がスマートメーターを入れ、小型のDGをいかにうまく使いながらやっていくか研究を行っています。送電会社はスマートグリッドにあまり興味を持っていません。それよりも風力発電対応として、送電線が今後うまく作れるのか作れないのかという議論をしています。

日本、アメリカ、ヨーロッパそれぞれ立場や状況が違っているわけです。

2020年までに2,800万kWの太陽光発電を導入するとなると、早急に系統対策を立てていく必要があります。その後の2030年に向けては、最適なスマートグリッドをどう構築していくか考えていく必要があると思います。

それには系統対策コストをできるだけ低減するためのスマートグリッドの構築を考えていかなければいけない。また、その費用の負担方法、どれだけの二酸化炭素が削減できるのか、どれだけのビジネス効果があるのかを定量的に評価していかなければいけないと考えています。

また、標準化対応は喫緊の課題で、経済産業省全体で標準化対応の検討が始まっています。まずは、スマートグリッド関連技術の分析、欧米市場の動向分析、スマートグリッド関連の新産業の分析を行い、それに基づいてわが国が今後進めていくべき標準化の分野、を洗い出し、わが国の国際標準化戦略のロードマップを描き、産業界と国が一緒になって標準化活動に取り組んでいかなければいけないと考えています。

ご静聴ありがとうございました。(拍手)

[講演1]

太陽光発電の拡大を目指して

岡 林 義 一 (社)太陽光発電協会
事務局長



はじめに

私ども太陽光発電協会（JPEA）は、スタートして今年で22年になります。現在の会員数は95社・団体で、電力会社にも入っています。

今年1月からは、「太陽光発電普及拡大センター」（J-PEC）を作り、住宅用太陽光の補助金の運営もさせていただいています。

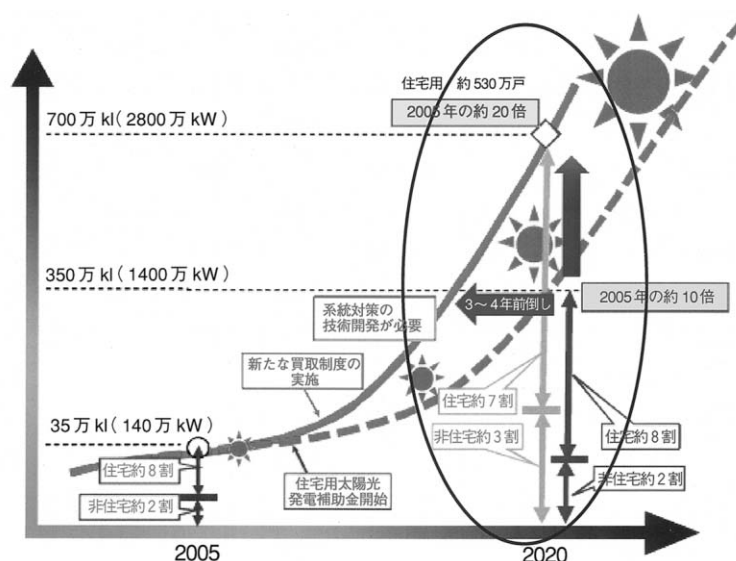
また、これも今年4月からですが、主に住宅用の太陽光発電システムを屋根につけていく技術の講習会も開催してきています。7月までに47都道府県で開催してまいりまして、現在のところ約5,000名に受講していただきました。

私からは太陽光発電システムの供給、市場への導入および制度といった観点から、今後どうやって数量を増やしていくのかについて、お話しさせていただこうと思います。

太陽光発電の導入目標

2020年に2005年の20倍へ

「福田ビジョン」（2008年6月）では、太陽光発電の導入量（設備容量）目標を2005年比で、2020年に10倍の1,400万kW、2030年に40倍の5,600万kWとしました。それが麻生政権の「経済危機対策」（2009年4月）で、2020年での目



(出所：経済産業省資料より抜粋)

図1 2020年代用項発電導入のシナリオ（試算）

標が20倍の2,800万kWに引き上げられました。

さらに、民主党政権になり、温暖化ガス削減目標が2005年比15%（麻生内閣）から1990年比25%と打ち出されました。現時点での各国の削減目標は、米国15%、EU20～30%、カナダ20%、オーストラリア5～25%となっています。日本の1990年比25%削減は国際公約だということで、多分、「太陽光発電をもっと増やせ」となるのは間違いないだろうと考えています。

対策が急がれる背景

「福田ビジョン」が出された時、電力会社も、2020年に2005年の10倍ぐらいであれば、今のラインのままで何とか対応できるだろうという話でした。しかし、20倍になった途端、対応できないということになり、色々な施策を今すぐスタートしなければならなくなりました。我々も引き上げられた導入目標の達成に向けて努力しているところです。

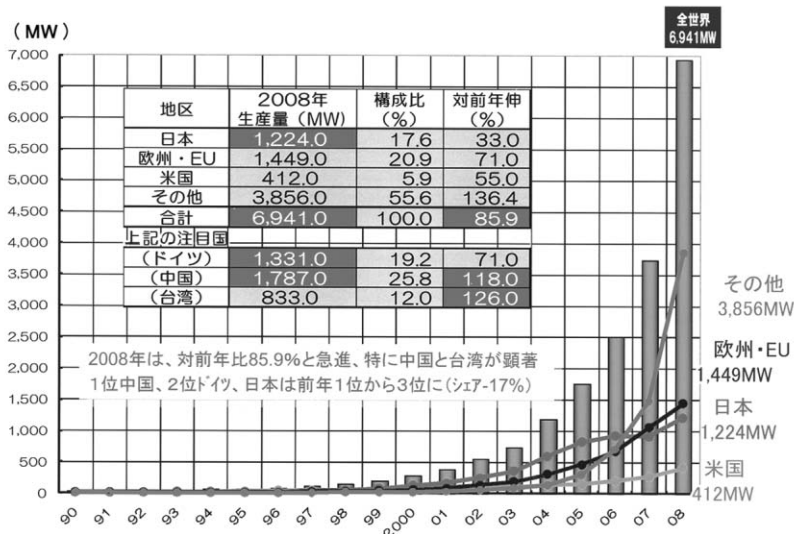
実は、2020年に太陽光発電を2005年の20倍（2,800万kW）にすることは、太陽光産業にとって大変な問題をはらんでいます。私の計算では、2020年までに年30数%のペースで増やしていかないと達成できません。2030年での導入目標が5,300万kWのままだとしたら、2020～2030年は年6.5%ぐらいで増やしていく

形になります。つまり、2020年まではハイペースで導入し、それ以降はゆっくりになるので、産業がその分縮小することになります。太陽電池メーカーは、海外市場があるのでいいのですが、国内の住宅用太陽光発電設備の販売業や施工業は2020年以降仕事が年々減っていく、あるいは一気に減る形になってしまいます。従って、業界としてどういう絵を描いていくかが今後の課題になると思います。さらに、系統連系の問題もあります。

太陽発電システムの市場動向

縮小してきた日本の生産シェア

図2は先進国における太陽光発電システムの国別生産量の推移です。日本は2006年度から欧州や中国に抜かれ、シェアが18%ぐらいに縮小しました。特に、中国が生産量を増やしてきていて、「その他」の中の多くは中国という内容です。ただ、日本メーカーは生産を海外にシフトさせていて、アメリカやヨーロッパでの現地生産比率が高まっていますから、欧米の生産の中に日本メーカーが作ったものも含まれています。



(出所：2008年PVニュース3/4月号，(株)資源総合システムの取りまとめを参考にJPEA作成)

図2 先進国における生産量の推移

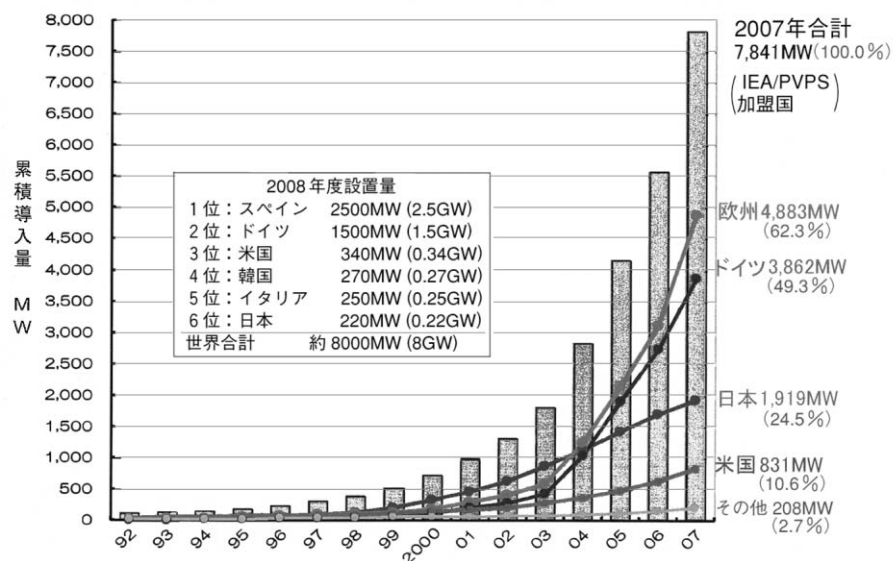


図3 先進国における累積導入量（IEA/PVPS加盟国合計）

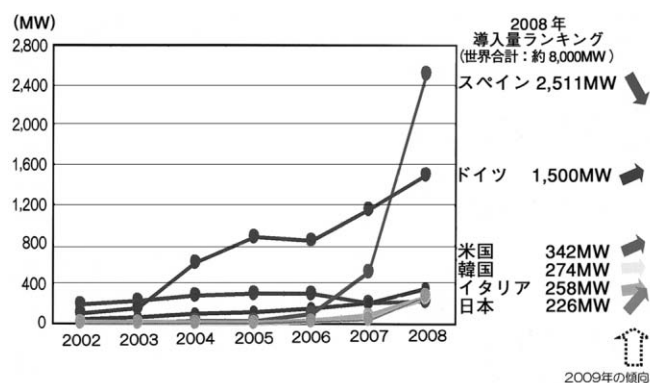


図4 太陽光発電システム上位6カ国の単年度導入量推移

図3は、国際エネルギー機関（IEA）の太陽光発電システム研究協定（PVPS：Photovoltaic Power Systems Programme）加盟国の累積導入量の推移です。2003年までは日本が1位だったのですが、2004年からドイツに抜かれました。注目すべきは、2008年度のスペインです。図4に示すように、スペインは固定価格買取制度（フィードインタリフ）の導入が功を奏し、単年度で約2.5GWを導入しました。ドイツ、アメリカ、韓国も日本を抜いています。

2008年、世界における1MW以上の大規模太陽光発電（メガソーラー）設備の設置サイト数は941サイト、容量は3,189MWでしたが、スペインは、サイト数で59%、容量では70%という大きなシェアを占めました。韓国もサイト数、容量ともに日本を超えています。た

だし、スペインは昨年導入量がぐんと増えたのですが、経済危機以降、増えたと同じぐらいのスピードで落ちていきます。このように、ヨーロッパの太陽光発電システムの市場は大混乱になっています。

太陽光発電拡大に向けた取組み

平成21年度の太陽光発電関連予算

太陽光発電の設置に対する主な予算措置を表1に示しました。経済産業省からの補助金として、2009年度は200億円、新規に始まりました。平成20年度補正予算で決まった90億円で、2009

表1 平成21年度太陽光発電関連予算（一部）

	太陽光発電関連	補助金額	対象	備考
経済産業省 新エネルギー対策関連 予算総額 1,028億円 (平成20年度：904億円)	1. 住宅用太陽光発電 200億円—新規— [平成20年度補正90億円]	7万円／kW	70万円／kW以下の システム	→補正予算（経済危機対策）にて +270億円
	2. 地域新エネルギー等 導入促進対策 62.6億円 (平成20年度：41.5億円)	2分の1	自治体施設	→補正予算（経済危機対策）にて +200億円 新エネルギー全体が対象。 太陽光に限定されず。
	3. 新エネルギー等事業者 支援対策 300.7億円 (平成20年度：335.8億円)	3分の1	企業50kW以上の システム（中小企 業は10kW以上）	新エネルギー全体が対象。 太陽光に限定されず。
環境省 環境価値買取事業		30万円／kW	業務用太陽光発電 (20～200kW)	
文部科学省 スクールニューディール 補正予算 1兆1,181億円 補助：4,881億円, 交付金：6,300億円				全国の公立小中学校 1万2,000校に 早期の太陽光発電設置を目指す 学校施設における耐震・エコ化・ ICT化の推進

年1月から3月まで補助をやりました。補助金は7万円／kW、対象は70万円／kW以下のシステムです。7～9月までは月当たり1万件以上の申し込みをいただいています。昨年に比べてどんどん増えていくと思っています。

麻生政権が決めた「経済危機対策」として270億円の補正予算の交付は、今、民主党の査察を受けてストップしています。

表に示した以外に農林水産省からの補助金もあり、太陽光をどんどんつけていきましようということになっています。

日本型買取制度

2009年11月1日から太陽光発電の買取制度がスタートします。対象は余った電力です。

期間は10年間。買い取り価格は、住宅用が48円／kWh、住宅以外は24円／kWhです。

因みに、自家発電，例えば燃料電池を太陽光以外につけて運用されている家庭からの余剰電力の買取価格は39円／kWh。非住宅なら20円／kWhとなっています。

買取費用の負担額ですが、経済産業省の試算では、標準的な一般家庭で0.1円／kWh、1カ月当たり約30～90円となっています。徴収は2010年4月1日から始まる予定です。

色々な補助を加えますと、発電容量3kWのシステムを導入した場合、10～15年で費用の回収ができると思います。従来は、20～25年や30年ぐらいという試算でした。

買取制度の流れは図6のようになります。太陽光発電システムを導入した場合、国や自

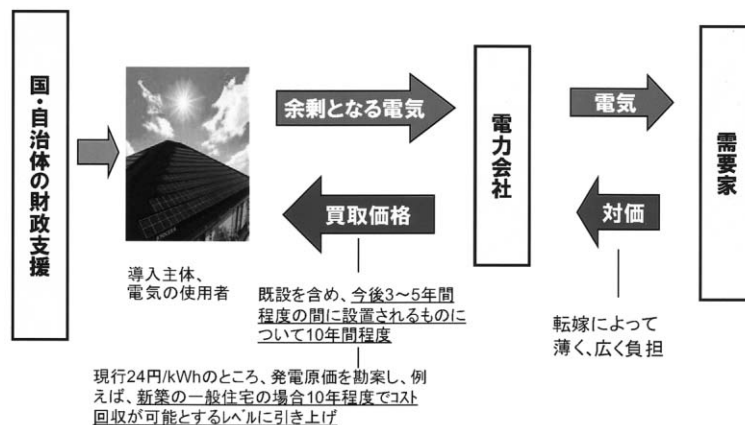


図6 太陽光発電の新たな買取制度の流れ

自治体から導入時の補助金が交付されます。そのシステムで発電し、余った電力を電力会社に買い取ってもらう。電力会社は買取った電力を需要家へ売って電気代として負担していただくことになります。

系統連系上の課題

現在の家庭用太陽光システムの配線図は、図7のようになっています。太陽電池があって、インバータというパワーコンディショナーがあり、2つの電力計が付いています。売電用と購入用です。それで電力系統につないでいくわけです。

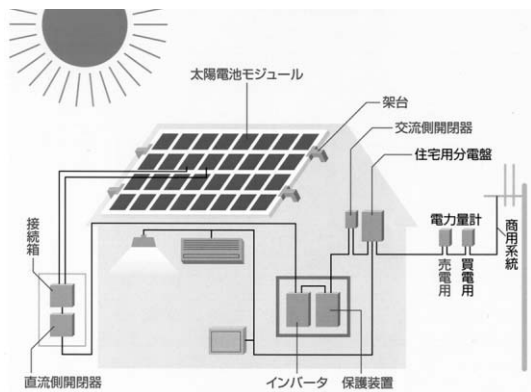


図7 一般的な家庭用太陽光システムの配線図

民主党が言っています「全量買取り」となると、太陽光発電の全量カウントをやるために、既設の約50万戸を含めて配線を変えなければならないという問題も出てきますが、全量買い取りになるかどうか、今のところわかりません。

その他にも色々な問題があります。例えば、同じ柱上トランスで5、6軒の太陽光発電を付けた家がつながっていると、トランス容量によっては4軒目までは大丈夫だけれども、5軒目がついた途端に電圧が上昇して機能しなくなる可能性があります。今までもそういう問題が発生していますので、この問題への対処について、当協会の中でも検討しているところです。

住宅用太陽光発電への補助の実施状況

わが国の住宅用太陽光発電の導入

2005年まであった国の住宅用太陽光導入の補助金が2006年からなくなり、年々1万件ぐらいつつ導入量が減りました。2005年の補助金の額は2万円/kWでしたが、再開された

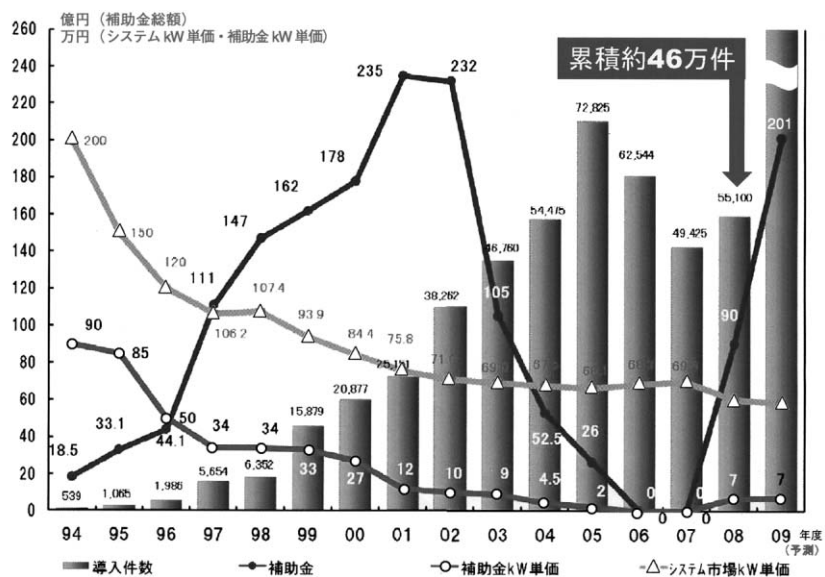


図8 日本の住宅用太陽光発電の導入推移

2008年1月からは7万円／kWに増額されました。2008年は導入件数が5万5,000件となり前年より若干増えました。2009年は、200億円の予算で7万円／kWの補助を行なっていますので、このグラフを突き抜けるぐらいの導入件数になると思います。

住宅用太陽光発電導入にみる特徴

[トップは愛知県]

2009年1～9月の補助について公式な数字がまとまりました。都道府県別で一番多かったのが愛知県です。以下、東京都、埼玉県と続いています。

[地方で大きい平均容量]

1件当たりの平均容量で大きいのは、北海道、徳島県といった地方で4kWを超えています。逆に小さいのは、東京都、神奈川県で3.25kWぐらいです。つまり、家屋の屋根の大きさによって設備容量が決まることが明らかになりました。

[高まってきた新築比率]

既築と新築での補助金申請件数の比率ですが、全国7万6,000件の中で新築が約2万1,000件で27.6%と、新築の比率が非常に上がって

きました。県によっては新築の比率が40%を超えるところもあります。数年前に比べますと新築からつけていくユーザーが増えてきています。

[自治体からの補助が後押し]

私どもの調べでは、今年の7月時点で、508自治体（2008年は309自治体）が補助を実施しています。申請件数で全国トップの愛知県では、43自治体が補助を行っています。自治体が補助をやっているところが多いほど申込件数が多いのです。東京都は37自治体。これは区が補助を行っているからです。3位が長野県です。

国の補助が7万円／kW、F県が3.6万円／kW、E町が5万円／kWとしますと、合計で15.6万円／kWになります。今のところ、こういった三段重ねで補助を行えるところがほとんどです。ただし、自治体の補助は総額が少ないので早く申し込まないとなくなってしまうという傾向があります。ただし、東京都はそういう限界がないので、申し込み者はほとんど全員が補助を受けられる形になります。

以上が補助で公表できる数字の分析ですけれども、電力系統への連系での問題解決について、そういうデータを基に検討していくことが必要になると思っています。

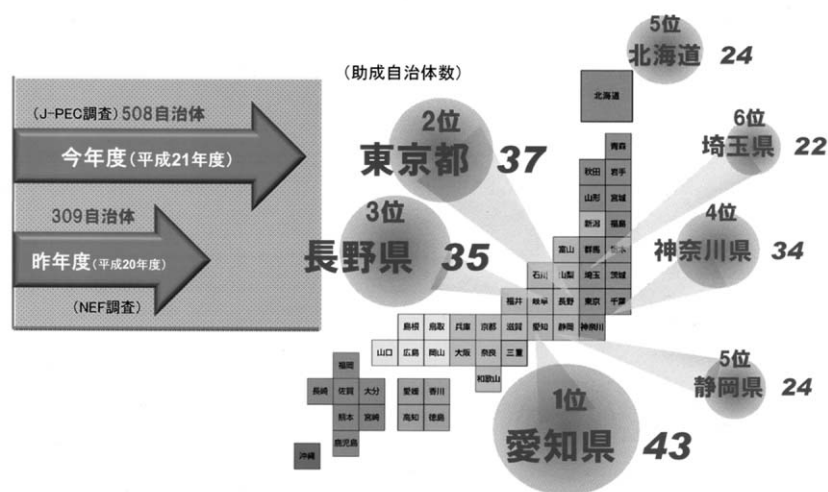


図9 助成を実施している地方自治体数（2009年7月28日時点）

おわりに

施行技術講習会の実施状況

施工技術講習会は、2009年4～10月までに5,000名を超える方々に受講していただきました。太陽光発電システムを作るだけでなく、質の高い設置工事をやっていただくことも必要です。こちらの方にも今後力を入れていき、将来、住宅用太陽光発電システムが大量に導入されていった時、それに応えられる工事、販売ができる形にしていきたいと思っています。

系統連系における問題については、大学や電力会社など関係する方々の協力をいただいで解決していくように動いていきたいと考えています。

以上で私の話を終わらせていただきます。
ご静聴ありがとうございました。(拍手)

洋上風力発電の実現に向けた技術開発

荒 川 忠 一 (東京大学大学院 工学系研究科
機械工学専攻 教授)



はじめに

景観と生活に溶け込んだ巨大構造物

2000年に東京大学で伝統的な機械工学ではない新しい学問分野を探すことになり、私は、日本でも大きな可能性があるという信念で風力の研究を続けてきました。今日は、まず、風力発電の話をさせていただき、その後、洋上風力の最近の話題をご紹介します。

風車というのは、ジャンボジェット機よりも大きい構造物ですから、基本的に、その地域の景観、生活に溶け込むことが重要だと考えています。図1でその例を紹介します。コ

ペンハーゲン沖合の1 MW級洋上風車は、世界で一番美しいと言われています。20基の風車が円弧状に並んでいますが、これは市民がコペンハーゲンに相応しいとして選んだ形だということです。

オランダ・キンデルダイク＝エルスハウトの風車は、世界遺産にもなっていますが、300年以上も灌漑用水、粉ひきなどに使われ、地域住民の生活と結びついています。

東京台場の東京臨海風力発電所は、毎秒6 m以上の風が吹く場所に立っています。夜は美しくライトアップされ、竣工当時はインターネットでのライブ中継やリアルタイムでの発電状況表示などで、環境教育にも一役買いました。今では、環境分野の重要人物が東京に来る度に案内するほどの名所になっています。



<コペンハーゲン沖合の洋上風車>



<キンデルダイク＝エルスハウトの風車>



<台場の東京臨海風力発電所>

図1 地域の景観、生活に溶け込んだ風車

世界の風力発電の動向

導入量でトップに返り咲いた米国

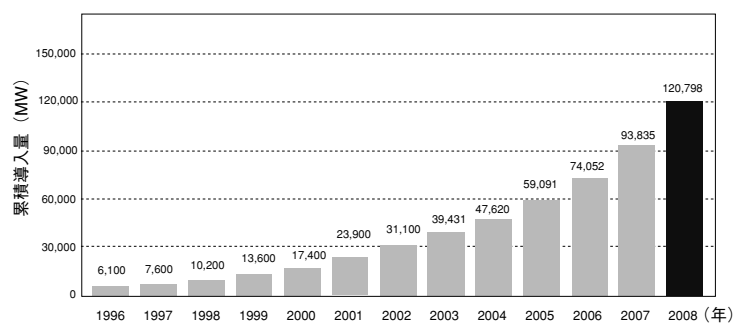
世界の風車設備容量は2008年末で1億2,000万kW（120GW）を超えるところまで伸びてきました。ヨーロッパでは、1990年頃から風力発電の動きが本格的になっていました。図2を見ても、毎年およそ30%強で成長を続けています。ここ数年の各国の導入計画を見れば、これからも確実に成長が続きます。

最近は少し世界の情勢が変わってきました。図3は2008年の国別状況です。左側の累積導入量では、10年以上、ドイツがトップを走り続けていましたが、昨年からアメリカがトップに返り咲きました。スペイン、中国が迫ってきています。よく「将来は中国がトップで

アメリカが次」と気軽に言われるのですが、事実、中国は今、風力に力を入れています。

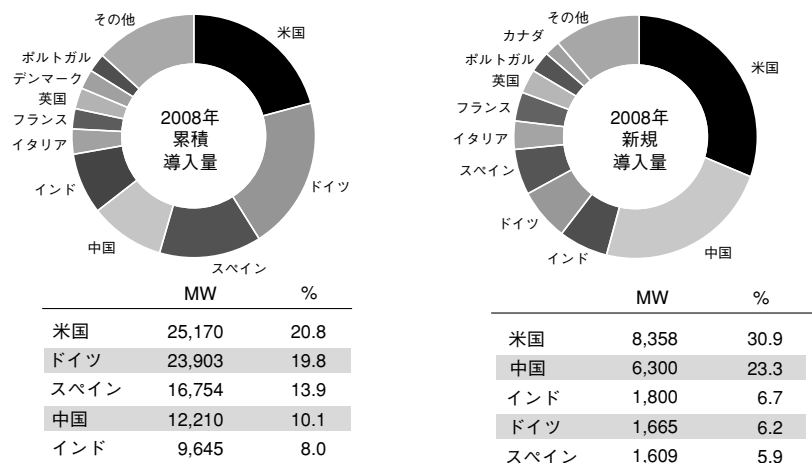
私が参加した世界風力エネルギー会議（WWEA：World Wind Energy Association）のボードミーティングで、中国代表が「今度は内モンゴルに1,000万kWのウインドファームを作る」と言ったので、私は度肝を抜かれてしまいました。日本の総容量でも約100万kWだからです。「内モンゴルなどに作って系統連系はどうするんだ」と私が質問すると、「その周りに工場を作ればいい」と言います。そのぐらゐの発想の転換をして回答するところが中国流です。そのような形で、中国が追い上げてトップに躍り出ることになると思っています。

次に右側の2008年の新規導入量では、アメリカが8,000kW、中国が6,000kWとなっています。中国が1つのウインドファームで1,000kWとなりますと、大きな新しい設備容量を誇ることになると思っています。



（出所：“Global Wind Report 2008,” GWEC:Global Wind Energy Council）

図2 世界における風力発電の累積導入量（設備容量）



（出所：“Global Wind Report 2008,” GWEC）

図3 国別設備容量のランキング（2008年）

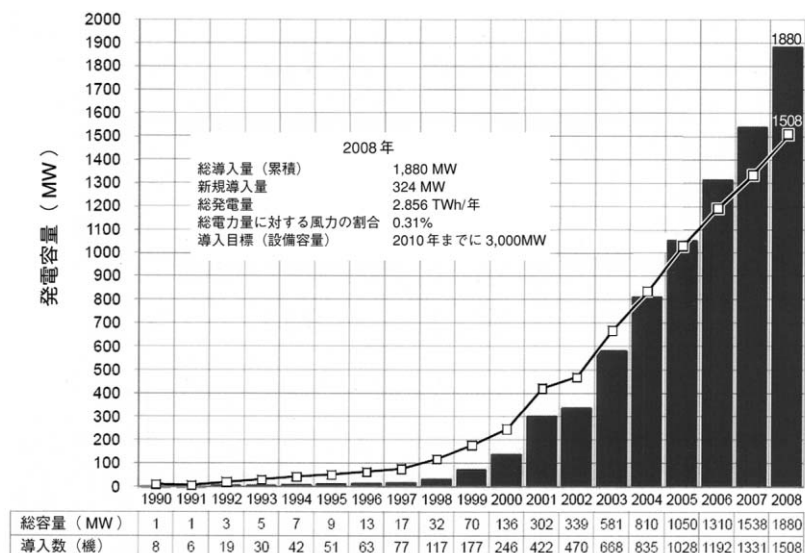


図4 日本の風力発電の発達

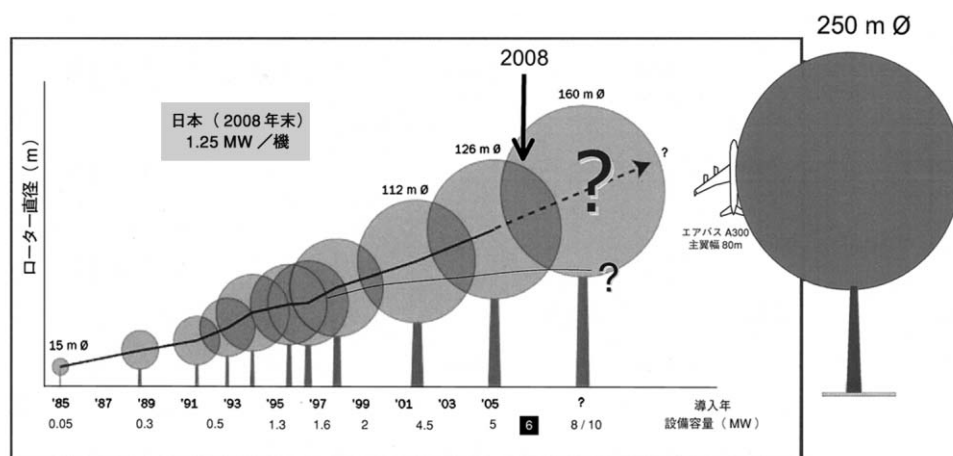
残念ながら、図3はトップテンですので、日本は入っていません。3年前までは日本が設備総容量でずっと8～10位でした。ところが、2007年からトップテン外になってしまいました。このように、日本は、10年近くトップテン内を守っていたのですが、どんどん世界から遅れをとっています。

もちろん、図4のように、日本も少しずつ成長しているのは事実で、2008年末で188万kW（1.8GW）に達しています。伸びが他の国よりゆっくりしていることの背景には、夏の台風や冬の雷といった日本の自然環境、建築基準法の問題などがあって、それを乗り越えるのに時間がかかっているという事情があります。

風車の大型化

図5に示しますように、風車の大型化が進み、羽根車直径126m、発電容量6,000kW（6MW）の風車が運転されています。ジャンボジェット機やエアバスの全長の2倍近い大きさです。

洋上風車の導入が進んでいますので、大型化はさらに進んでいきます。現在、10MWクラスが設計されていますので、間もなく直径160mの風車が登場すると思います。20MWクラスも考えられています。その場合は、直径250mで、タワーを加味すると300mを超え、東京タワーと同じぐらいまで大きくなります。



（出所：㈱風力エネルギー研究所・今村博氏の資料を利用）

図5 風車の大型化

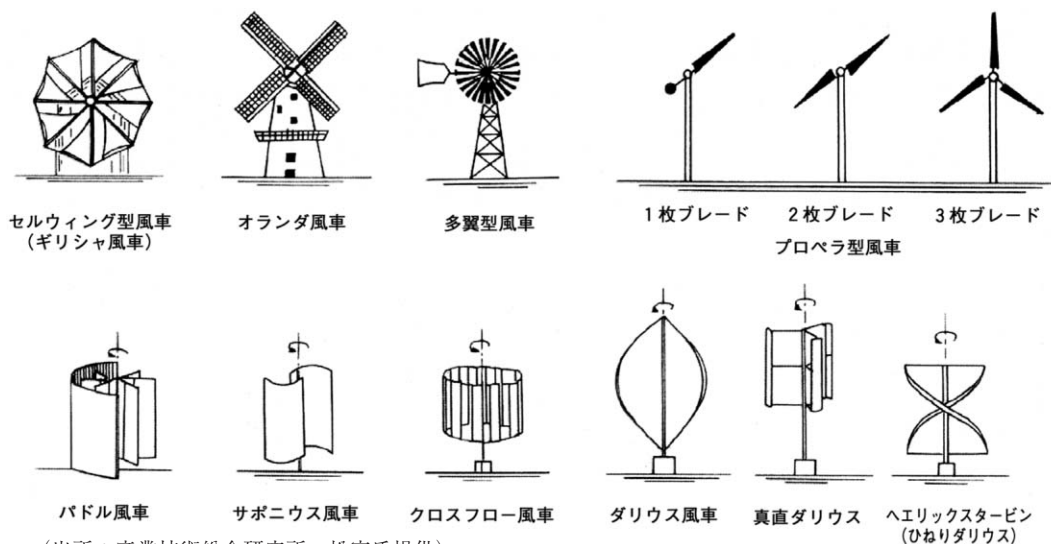


図6 風車の種類：水平軸風車と垂直軸風車

風車の種類

風車は、基本的に飛行機と同じで揚力を受けて、流れる空気のエネルギーを回転エネルギーに換えています。図6のように、風車の種類も色々あります。技術的には、2枚ブレード、1枚ブレードの風車も可能ですが、変換効率が良いということで、商業的には3枚ブレードのプロペラ風車が主流になっています。特に、大型機は全部3枚ブレードの風車が採用されています。

3枚ブレード以外に、縦軸風車も小型風車として存在していますが、振動の問題やテン

ションの問題などで、90年代に100kWクラスまでは商業化された後伸びがありません。もちろん、将来、色々な技術が進んだときは新しい動きが出てくると思います。

日本での風車

厳しい自然環境

日本の風力の場合、最大の問題は、日本の自然環境に適していないのではないかという

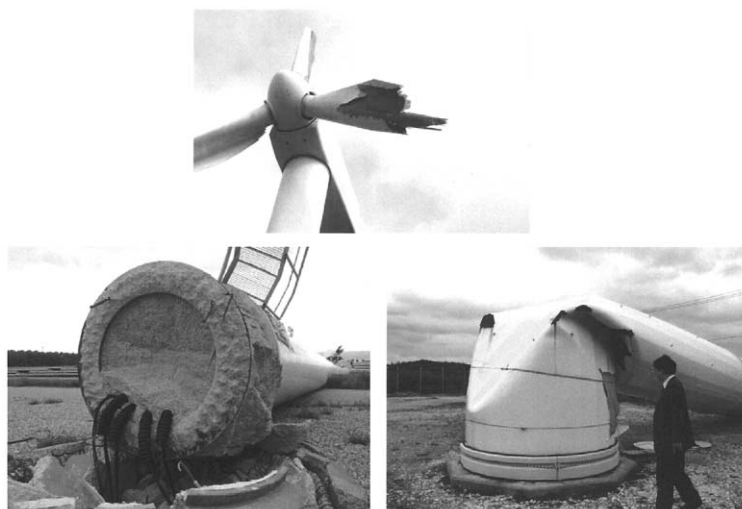


図7 台風で損傷した宮古島の風車（2003年9月11日）

ことです。私がここ10年研究を進めてきて最初に当たった大きなトラブルは台風の強い風でした。図7は、宮古島における事故です。この時は台風で、最大瞬間風速が80m/秒を超えたようです。また、台風が1日滞在しましたので長い間強風があり、風向きもどんどん変わっていく状況でした。そんな中で、十数台あった風車のほとんどが壊れました。羽根車が弱ければ羽根車が飛んでいく。タワーが弱ければタワーが座屈する。基礎が弱ければ基礎からすっぽ抜けていくというトラブルでした。

実は、当時の風車の強度は、ヨーロッパの基準で、世界標準でもあるIEC「クラス1」に準拠していました。そこでは、最大瞬間風速70m/秒、10分平均50m/秒に耐えるだけの設計だったので、80m/秒なら壊れて仕方ないわけです。

日本型風車の開発に向けた取り組み

[新しいガイドラインの策定]

台風（強風）、乱流（風の乱れ）、落雷による風力発電設備の停止、損傷などの被害を抑えるため、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）を中心に「日本型風力発電ガイドライン策定事業」（平成17～19年度）が行われ、一定の成果を収めています。

日本南部の強風地帯での風車の場合、ヨーロッパ基準では賄い切れないので、日本型の強い風車を作る設計基準ができ上がり、強風によるトラブルは最小限にとどまってきたと思います。

[落雷対策]

日本海側では冬に強い雷が発生します。ヨーロッパ基準、あるいは日本の夏の基準よりも10倍ぐらい強く、落雷しますと、火災が起きたり、ブレードが2つに割れたりとかのトラブルが多発しました。そこで、回転ブレード先端にある「レセプター」と言う避雷針的な電極の強度を上げるなどの対応がとられ、

最近では雷の事故、火災はほとんどなくなっていると思います。

このように、日本の環境に合った形での対応が進んできています。

[強風対策を施した風車]

普通の風車は、タワーの前に羽根車を出して回す「アップウインド型」で、強風が吹くと、電気制御で羽根車を風上に向けたまま回転を止め、羽根の角度を変え（ピッチ制御）、風向きと平行にして、風を素通しします。しかし、もしも長時間停電すると、制御ができなくなり、停電した時の位置で羽根が固定されてしまいます。台風時は風向きがどんどん変わりますから、倒壊事故につながるわけです。

これに対し、三菱重工業(株)の風車「MWT92」に採用されている「スマート・ヨー制御」は、強風が吹くと、風車の首を振って羽根車の向きを180度旋回させることで羽根車を風下に保ち、風の力を逃す制御法です。万が一の時でも、羽根車がタワーの後ろにある方が流体力学的に安定的ですから事故を回避できるだろうという「ダウンウインド型」的な考え方です。

富士重工業(株)の風車「SUBARU 80/2.0」は、最初から「ダウンウインド型」で回す方式を採用しています。もちろん、「ダウンウインド型」だと、羽根車はタワーの後ろで回るのでそれだけエネルギーが少なくなる、音が大きくなるなど、色々な問題がありますが、それらを克服しながら、日本の自然環境に合った風車を開発したということです。特に、風がのぼってくる山間部では、普通の「アップウインド型」だと受風面積が小さくなりますが、「ダウンウインド型」だと、羽根を斜めにして受風面積を大きくとることが可能です。

[高性能小型風車]

図8は、小型風車メーカーと東京大学との共同研究でできた風車です。100%炭素繊維を使い、従来の素材の10分の1の軽さと強度で、流体力学的性能も維持した風車です。小型風



図8 高性能 1 kW小型風車 “Air Dolphin”

車としては、一番高い性能を持っていると理解しています。

日本の風車技術は、こういうふうに、新素材、新技術を組み合わせながら進んでいくと思います。

風力発電量予測システムの開発

日本では電力会社による風力発電からの電気の受け入れが少ないという状況があります。

風力発電が風任せなために出力が変動するというのが1つの理由ですが、この問題を克服するために、大きな蓄電池を組み込んだ風力発電所が東北電力(株)の管内にできています。

また、電力会社が風力発電を受け入れやすく

するために、NEDOが「気象予測に基づく風力発電量予測システムの開発」(平成17～19年度)を行いました。私がプロジェクトリーダーを務めました。要するに「風車の天気予報」です。

東北電力(株)と九州電力(株)の協力で、管内の風力発電事業者からリアルタイムで色々なデータを提供していただき、シミュレーションソフトを作りました。その結果が図9です。

15日間の実際の発電状況、6時間前の予測、24時間前の予測の3つを重ねて示しました。

3年前に行った事業ですが、当初目標は広域での誤差15%以内でしたが、誤差10%ぐらいまでを達成しました。当時としては最高の技術水準で、かなり努力した結果ですので、ぜひ電力会社で使っていただきたいと思っています。

実際にスペインでも、このようなシステムを使って、2008年のイースター(復活祭)の時に、風力発電だけで40%を超す電力需要に応えました。シミュレーションデータを使いながら計画的にやれば、そういうことも十分に可能だということです。こういう予測データを組み合わせて、風力発電からの電力の更なる受け入れができるようになればいいと思っています。

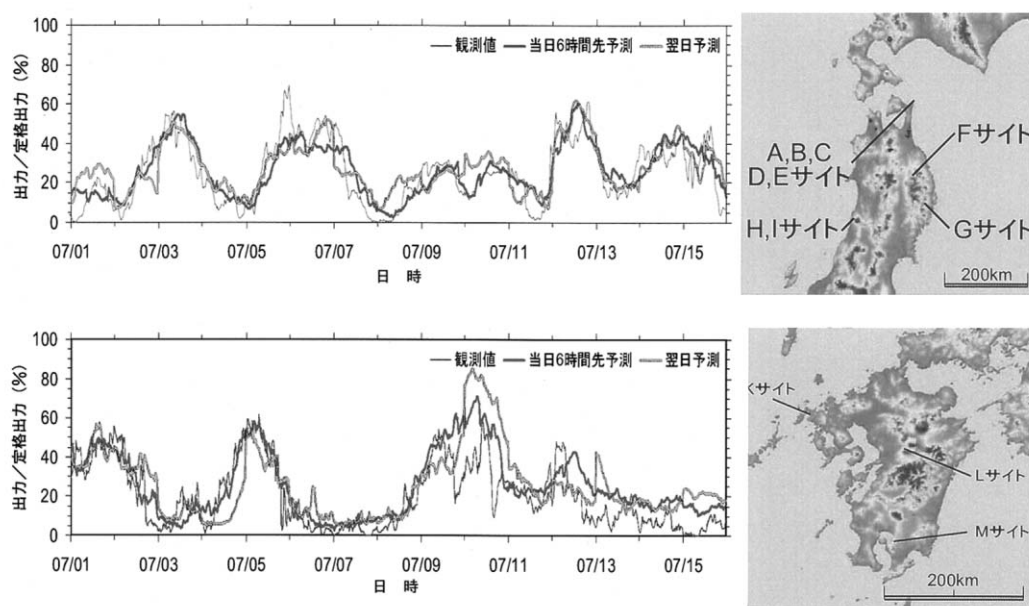


図9 気象予測に基づく風力発電量予測システムの開発

洋上風力

洋上風車の概念図と実例

洋上風車の概念図を図10に示します。水深20m以下では、ケーソン型やモノパイル型の単純構造で十分対応できます。今話題になっている水深50～200mでの風車になると、ジャケット型、浮体型で対応することになります。

私も10年前から日本でジャケット型の洋上風車を作ろうと言いつけてきましたが、日本が始める前に、スコットランド・ベアトリス湾の水深50m弱の所にジャケット型の洋上風

車が誕生しました。2年前のことです。図11のような櫓を組み、海底に土台を作り，その上に，羽根車の直径110m超，発電容量5 MWの風車を載せています。

浮体式風力発電の開発

[日本における提案]

日本は，陸地面積では世界で60番目の国ですが，排他的経済水域では世界で6番目の国です。非常に広い海を持っていて，そこでは陸上よりも強い風が吹いています。ですから，洋上風車という話になりますと，日本には場所がたっぷりあるのです。

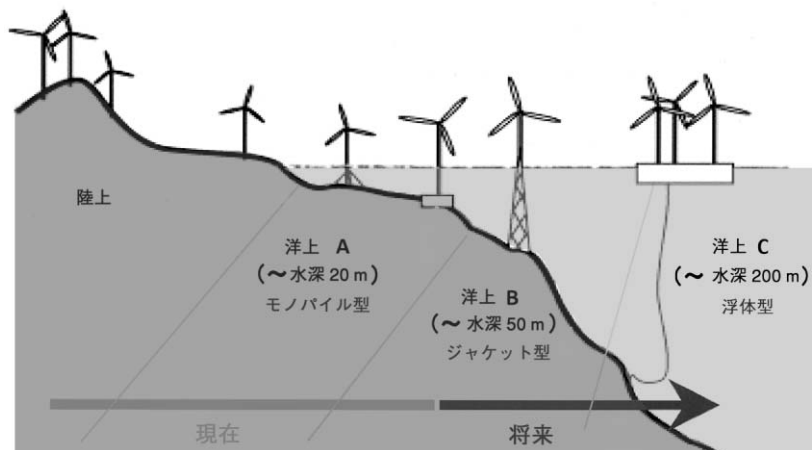


図10 洋上風車の概念図



(出所：Talisman Energy & Burntisland FAB)

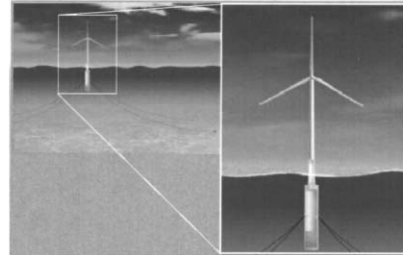
図11 スコットランド・ベアトリス湾に建ったジャケット型洋上風車



東京電力・東京大学が提案する浮体式風車



国立環境研究所が提案するセイリング式風車



東京大学・鈴木らが研究を続ける浮体式風車

図12 日本で提案されている浮体式洋上風車

そこで日本でも図12のように、色々な洋上風力発電の技術開発の提案がなされています。

国立環境研究所が提案しているセイリング式では、深い海のところで係留もしない、浮いていればいいというもの。移動する必要がある場合はヨットと同じように翼で揚力を得て動けばいい。南太平洋に浮かべておいて、台風が来たら逃げて、どんどん強い風を集めていけばいいという話になります。ただ、この時は、電力ケーブルを持っていけないので、得られたエネルギーを水素に変換して運ぶなどの形を提案しています。

〔洋上風車の最先端技術〕

2009年9月にストックホルムで開かれた「洋上風車シンポジウム」でも2つの技術に関心が集まりました。

1つ目が、図13に示すドイツのアルファ・ベントスの洋上風車“Multibird M5000”です。2009年7月、北海の水深40～50mの所に建てられました。一種のジャケット型で、深い海でも一定の性能を発揮させようとしています。間もなく、6MWの風車を新しいところから取り付けるという状況になっています。



(出所：Alpha Ventus ホームページ)

図13 ドイツの大水深洋上風車（アルファ・ベントス， Multibird M5000）



図14 ノルウェーの浮体式洋上風車（2009年5月）

2つ目が図14に示すノルウェーのスタトイルハイドロ社の浮体式風車です。写真では海面上の部分しか見えていませんが、海面下の部分が100mあります。つまり、100mの浮きの上に風車が乗っているという格好なのです。それを沖合20kmに持っていき、水深200mのところに浮かべています。今、電力ケーブルの工事をしているところです。

ヨーロッパにおける洋上風車の計画

ストックホルムで行われた「洋上風車シンポジウム」（2009年9月）で、図15のように、ヨーロッパでは今後10年間、洋上風車が陸上風車の過去10年と同じように導入されていくという予測が発表されました。

欧州風力エネルギー協会（EWEA）は、「ヨーロッパはオフショアの時代だ」と言っています。2008年末までに150万kW（1.5GW）の洋上風車が設置済みで、現在、100GWの計画がある。2020年で40GW、2030年までなら更に計画が増えて150GWに達するだろうと言っています。

洋上系統は既に11系統が稼働しており、21の洋上系統が工事中、2020年に向け新たに8系統が計画中で、2030年に向けてはさらに6系統の提案が行われています。洋上系統を作ることで、国境を越えた連系を含めて、太い連系線を作るんだと言っています。洋上風車がそれをやるいきっかけになるということなのです。

例えば、バルト海での100万kW（1GW）の洋上風車計画では、普通ならドイツに向けて

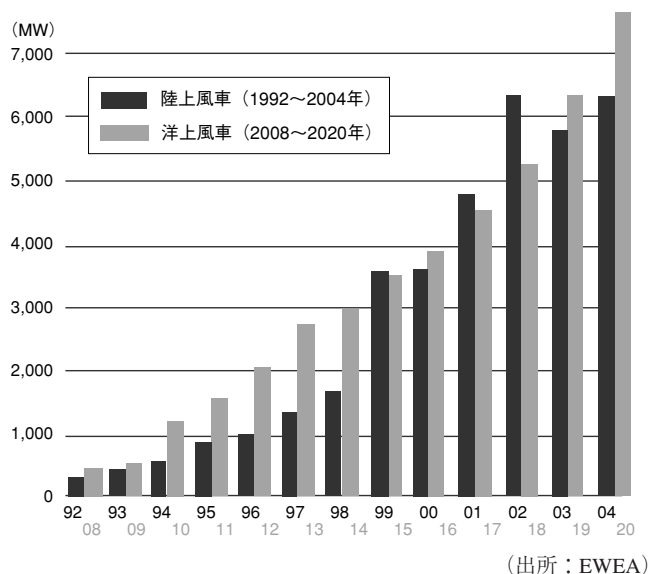


図15 ヨーロッパにおける洋上風車導入予測

100万kWの系統を引けば終わるところを、他の沿岸国であるデンマークとスウェーデンにも系統線を引くと言うのです。その時々、の市況に応じて送電を切り換えたり、洋上風車が発電していない時には別な使い方でもできるということです。

アップウインドPJによる20MW機の検討

ヨーロッパでは、羽根車の直径250m、海面からの高さ378m、設備容量20MWという超大型風車について、定量的な見積りが行われています。EWEA主催の「EWEC2008」（2008年4月）で“UPSCALING：CONSEQUENCES FOR CONCEPTS AND DESIGN”（Ben Hendriks）という発表がありました。

機械工学の観点で言いますと、風のエネルギーは羽根車直径の2乗倍で増え、風車のコストは体積に比例するので3乗倍で増えるので、2分の3乗で費用対効果が悪くなるのです。それに対して、発表では、技術的に検討した結果、風車が高くなればそれだけ風が強くなり、風速の3乗倍でエネルギーが取れるので、最終的なコストは、5MWも20MWもほとんど同じだと言っています。

加えて、技術開発によるコストダウン目標も提示しています。例えば、ピッチ制御のコスト低減、あるいはメンテナンスフリーにするには逆にピッチ制御がない方がいいかもしれないという考え方があります。デンマークの昔の中型風車などでは、「失速制御」といっ

て、ピッチ制御をせずに流体力学的に向かい角を大きくする制御がありました。少しブレーキをかける格好ですが、そうすると失速して運転が止まるのです。

前述したように、商業的には3枚羽根の風車が主流になっていますが、設計自体は羽根が1枚でも、10枚、100枚でも可能です。コストパフォーマンスの点からいえば枚数が少ない方がいいのです。陸上風車の場合、景観、つまり見た目への配慮もあって、3枚羽根が標準となっているところがあります。

しかし、見た目をそれほど重視しなくて済む洋上風車なら羽根が2枚でも、1枚でもいいという話になってきます。するとコストが更に下がりますから、そういう技術開発に挑戦することもいいわけですね。あるいは、超電導モーター用の発電機として風車を使うとか、他の技術との組合せが検討されてもよいと思います。

CO₂削減に期待されている風力

国際エネルギー機関（IEA）の二酸化炭素（CO₂）削減に向けたロードマップを紹介いたします。

図16は、2050年に世界中のCO₂排出量を2005年比で50%削減するために、どれくらいの化石燃料以外の電源への切り替えや省エネルギー、効率改善などが必要か示しています。風力を含む再生可能エネルギーが21%、原子力が6%となっています。これが世界の共通認識だと思っています。

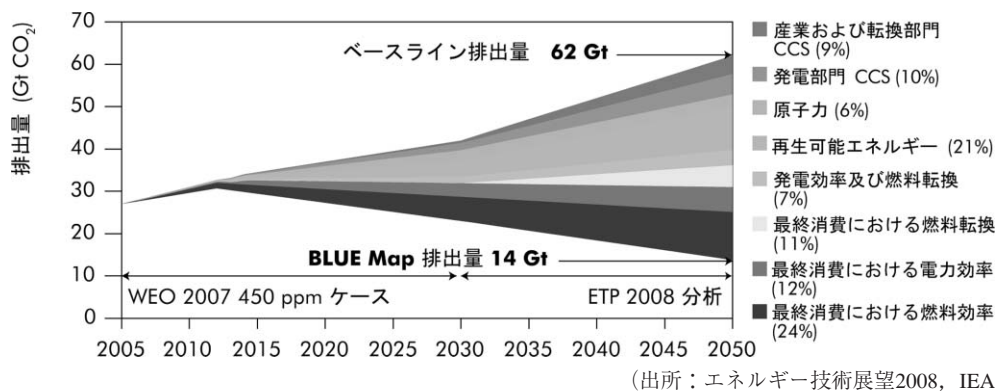


図16 2050年CO₂半減へのロードマップ

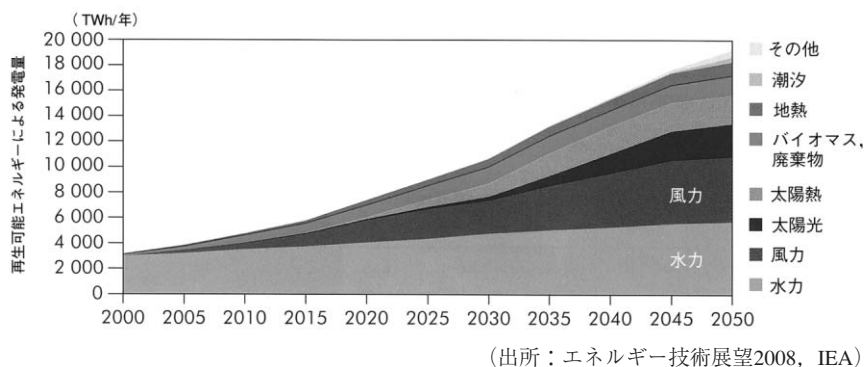


図17 再生可能エネルギー電源の構成予測

再生可能エネルギー21%の内訳ですが、図17のように、一番大きいのが水力、次が風力なのです。ヨーロッパの感覚では、風力発電は日本の10倍使っています。太陽光は将来伸びてくるにしても、2020年、2030年ではまだまだです。やはり、この分布をしっかりと認識しておく必要があるだろうと思います。

風力発電のコスト

図18は陸上風車の発電コストです。1ドル

100円とすると、少なくとも現在8円/kWhのコストで発電できるということが世界で認知されています。

洋上風車の発電コストを図19に示します。洋上の場合、洋上は風が強いので、1kWhあたりにすれば、6～10円となります。洋上風車も実績として、約8円/kWhで発電をしているということです。

私は、2050年までのCO₂排出量削減に向けて、日本が経済的に強い力を持ちながら再生可能エネルギーを導入していく時に、風力発

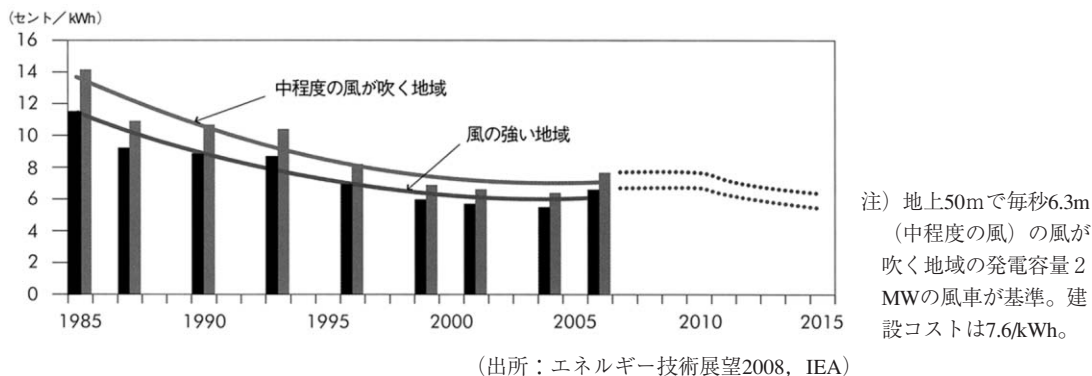


図18 陸上風力の発電コスト

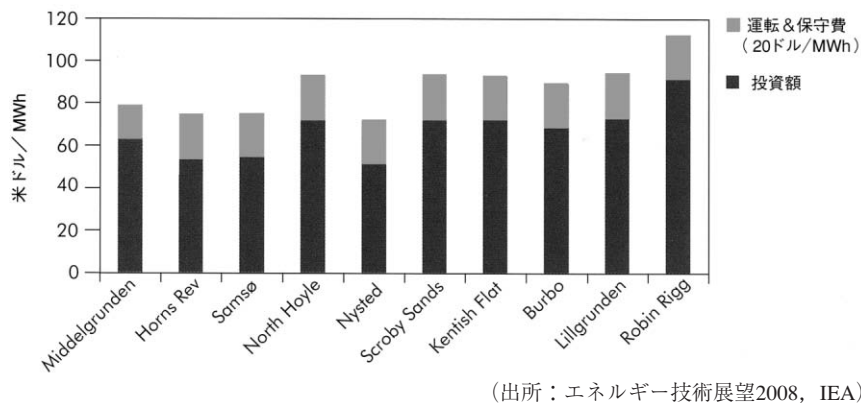


図19 洋上風力の発電コスト (2006年)

電を使わないでどうするのかと言いたいのです。再生可能エネルギーの中では風力の発電コストが一番安く、伝統的なエネルギーに近い状況になっています。風力を真剣に考えるときが来ていると思います。

おわりに

日本における風力発電の拡大へ向けて

私が委員長を務めたNEDOの委員会で、洋上風力を2030年までに2,000万kW導入するためのロードマップを作らせていただきました。図20に示すように、陸上風力は国の導入目標である約600万kWで頭打ちですが、その後、「洋上風力で2,000万kW導入しましょう」というロードマップです。

こういうロードマップが国として認知されれば、メーカーも生産しやすくなる、開発しやすくなります。今のところ、国としてはまだ2030年で600万kWという目標値しかありませんので、産業が動きにくいという状況があります。国としてのロードマップで、風力に関する新しい方向性が生まれてくるといいなと思っています。

私としては、洋上風車を中心とした低炭素化社会、新素材もある。大水深の洋上風車がある。洋上系統についても何か新しい提案があっていいのではないのでしょうか。

今まで、日本の風力発電研究の先生方が非常に静かだったものですから、私1人で色々なことを言わせていただいています。Be ambitious！（大志を抱け！）でいこうということで、講演を締めくくらせていただきたいと思います。ご静聴ありがとうございました。（拍手）

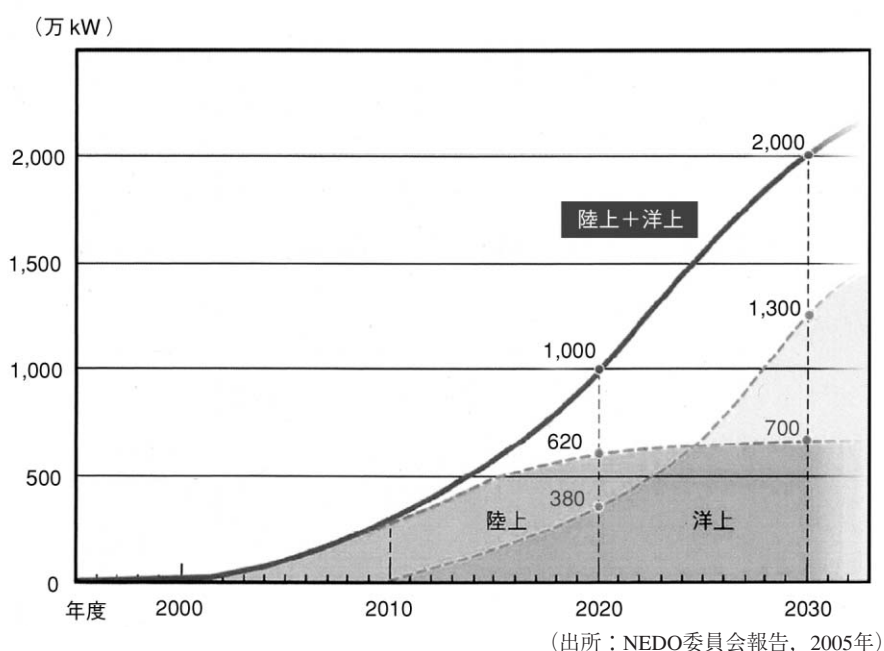


図20 日本における風力エネルギーのロードマップ例

[講演 3]

電気自動車普及促進に向けた取組みについて

野 口 俊 郎 (九州電力(株) 執行役員
総合研究所長)



はじめに

私ども電力会社は、二十数年前から需要家側で負荷標準化をやる色々な手法について論議してきました。図1は、夏季における九州地区の電力需要曲線と電源構成です。1日のピーク時の需要(約1,800万kW)とオフピークの需要(約900万kW)の比率は2対1、夜間出力は昼間の半分で、発電所が停まっているわけです。

その頃から当社は、負荷平準化用リチウム電池の開発に取り組んできました。さらに、90年代に入ってから、電気自動車(EV)用としてリチウムイオン電池が注目されてきたので、負荷平準化用と平行して、EV用リチウムイオン電池の開発にも取り組んできています。

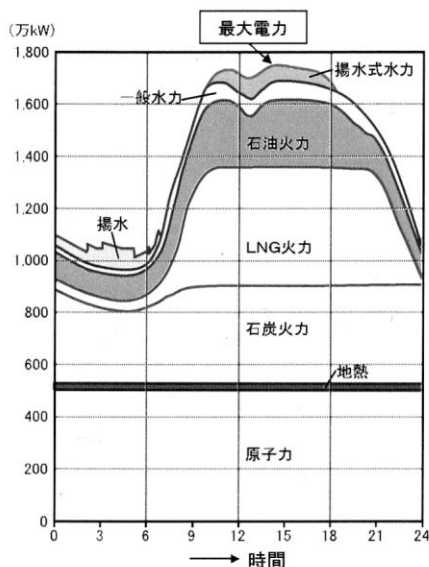


図1 夏季の典型的な需要曲線と電源構成

本日は、電気自動車を取り巻く現在の環境、当社の電気自動車普及への取組み、最後に今後の展望と課題について話をさせていただきたいと思います。

電気自動車を取り巻く環境

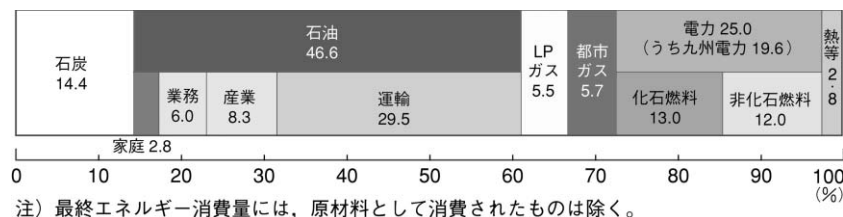
九州地区の電源構成と電力からのCO₂排出量

電力業界全体としては、1 kWh当り1990年比20%程度の削減を目指している二酸化炭素(CO₂)ですが、当社では2008年までに14%程度の減少を行っております。

2008年の電源構成と見ますと、原子力41%、水力・地熱等の再生可能エネルギー10%、火力(石炭、天然ガス、石油という負荷追従型の電源)49%になっています。原子力のウェートが少しずつ高まってCO₂が減っていくと言われますが、当社の場合、ここ10年間原子力の造成がないので、原子力のウェートは10年前よりも数%減っています。そういう中で、今後2050年までに25%もCO₂を減らしていくというのは非常に大きな課題だと考えています。

九州地区の燃料別構成比

九州の最終エネルギー消費における燃料別構成は、図2のようになっています。概ね電力が4分の1程度を分担しています。



注) 最終エネルギー消費量には、原材料として消費されたものは除く。

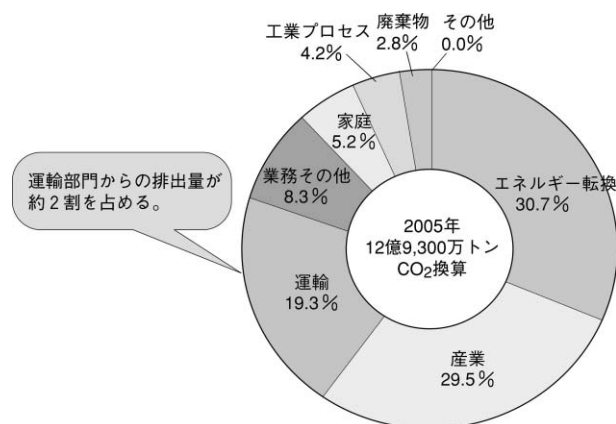
(出所：資源エネルギー庁「都道府県別エネルギー消費統計」等)

図2 九州地区の最終エネルギー消費における燃料別構成比

CO₂排出源別の割合を見ますと、図3のように発電のエネルギー転換で約3割、産業界3割、運輸が2割、業務用その他が8%、家庭が5%程度になっています。

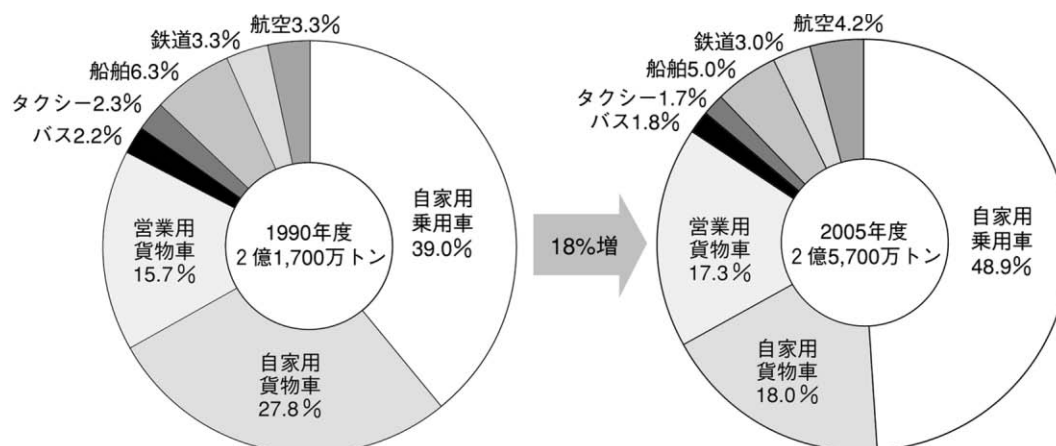
運輸部門のCO₂排出源の詳細を見ますと、図4のようになります。1990年度から2005年度までの間CO₂は18%増えました。特に、1990年に

4割しかなかった自家用乗用車の割合が2005年度では5割近くになっています。「一家に1台」が「1人に1台」に近づいていることもあり、自家用乗用車によるCO₂排出量が増えていることを頭に置いていただければと思います。そういうことから、自動車からのCO₂削減が1つのテーマになると思っています。



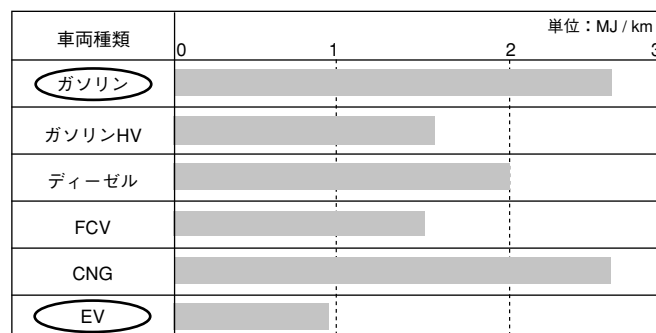
(出所：環境省ホームページ)

図3 部門別のCO₂排出量の割合



(出所：温室効果ガスインベントリオフィス「日本の1990～2005年度の温室効果ガス排出量データ」)

図4 運輸別のCO₂排出量の内訳



Well to Wheel 総合効率：一次エネルギー資源から車両走行までのエネルギー総合効率
FCV（Fuel Cell Vehicle）：燃料電池車
CNG（Compressed Natural Gas）：圧縮天然ガス車

図5 Well to Wheel総合効率：1 km走行当り一次エネルギー投入量（10・15モード）

電気自動車の比較

EVはゼロエミッションなので、深夜帯の充電を加味しても、図5に示すように、エネルギー利用効率が高く、一次エネルギーの投入量がガソリン車の3分の1ぐらいで済みます。

そのEVの開発状況ですが、富士重工業(株)は「プラグインステラ」を、三菱自動車工業(株)は「i-MiEV」を平成21年夏に発売しました。日産自動車は、平成22年のEV発売を計画しています。トヨタは、平成22年までにプラグインハイブリッド車を市販する予定で、EVについても平成24年までに米国市場に投入しようとしています。ホンダもEVを2010年代前半に米国市場に投入する計画です。

図6は「i-MiEV」と「プラグインステラ」の比較です。「i-MiEV」は、リチウムイオン電池の容量が16kWhで走行距離160km。200Vで夜間に1回充電をすると約7時間かかります。

「ステラ」は、電池容量が9kWh、走行距離90kmです。日本の場合、一般的に自家用車の走行距離は1日平均30km程度とされていますので、電池容量と一充電走行距離の設定については、メーカーの考え方によるということです。

九州電力の電気自動車普及への取組み

リチウムイオン電池開発の経緯

当社のリチウムイオン電池開発の経緯を紹介したいと思います。

図7に開発経緯を示しました。元々、負荷平準化用に開発を進めてきましたが、CO₂削減の期待が大きいということで、ここ2、3年はEV用リチウムイオン電池の開発も行っています。

項 目		i-MiEV	プラグインステラ
外 観			
メーカー		三菱自動車工業(MMC)	富士重工業(スバル)
乗車定員(人)		4	4
一充電走行距離(km)		160	90
電池	種類	リチウムイオン電池	
	容量(kWh)	16	9
急速充電時間(分)		約30	約15

図6 電気自動車の開発状況例

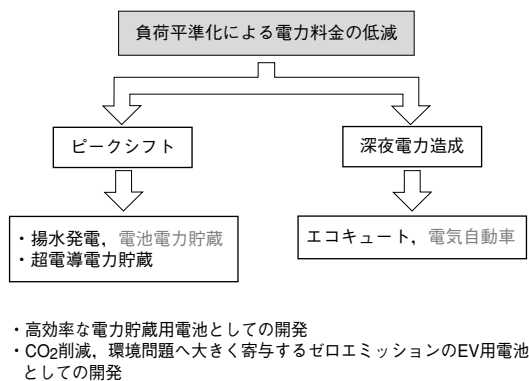


図7 リチウムイオン電池開発の経緯

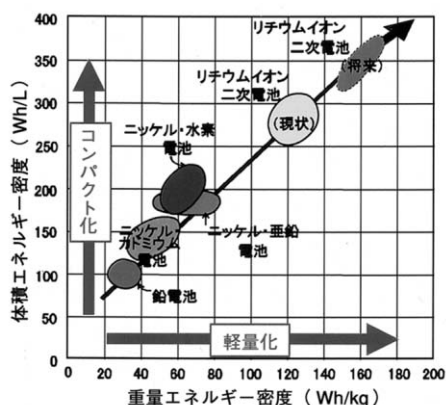


図8 リチウムイオン電池のエネルギー密度

図8はリチウムイオン電池の性能です。重量エネルギー密度で鉛電池は低いところにあります。リチウムイオン電池は、他の電池と比較してエネルギー密度が高く、軽量化・コンパクト化が可能です。ニッケル水素電池は「プリウス」で使われている電池です。今のリチウムイオン二次電池のエネルギー密度は、鉛の数倍のところまできていますが、将来、さらにエネルギー密度を上げることによって軽量化、コンパクト化を図ろうとしています。

開発中のリチウムイオン電池の構造

当社と三菱重工業長崎研究所とで共同開発しているリチウムイオン電池の構造は図9のとおりです。「i-MIEV」クラスのEVに搭載する場合、4セルを1つのモジュールにして、88個ぐらいを搭載すると容量が約16kWhになります。密閉構造型で、安全性確保のための保圧弁があり、ほぼ実用に供することができるとレベルにきていると思います。

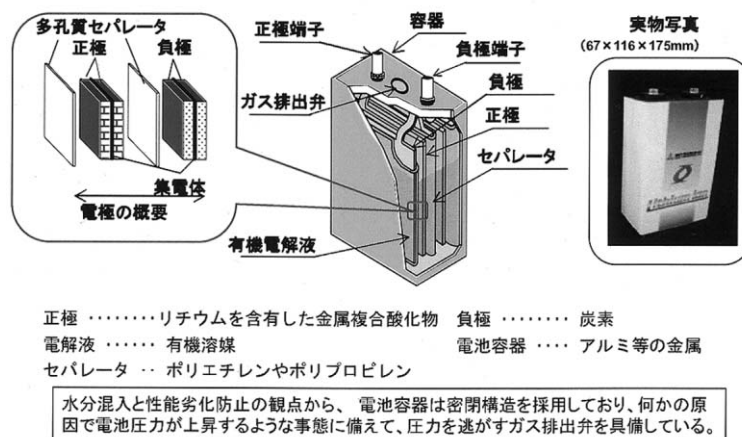


図9 リチウムイオン二次電池の単セル構造

表1 開発中のリチウムイオン電池の性能

	電力貯蔵用電池	電気自動車用電池	ハイブリッド車用電池
電池容量 (Ah)	96	45	20
平均電圧 (V)	3.7	3.7	3.7
出力特性 (W) (SOC50%)	2,400	3,350	2,050
寸法 (mm) (W×D×H)	116×66.5×175	110×40×166.5	110×38×90
重量 (kg)	2.8	1.4	0.8

表1は当社で開発を進めている3種類の電池の性能比較です。負荷平準化用は大容量を、EV用は88個を積んで一充電走行距離が約200kmになるように、ハイブリッド用は走行距離2～3kWhでいいと考えると、表に示した大きさになります。

リチウムイオン電池の具体的な使い方ですが、貯蔵用は、瞬低保障装置や非常用電源としても使えます。中容量の電池だと、ポータブル電源装置として使えます。安全面、環境面で強みがあるので、例えば、早朝、深夜帯の色々な現場作業に向いています。ディーゼル発電機に代わる電源として活躍できと思っています。

リチウムイオン電池搭載のポータブル電源

当社では図10に示す3つのポータブル電源を作っています。発売予定は来春です。「クックさん」は、少し容量を大きくして6kWhあ

り、上部のIHで料理ができます。これは2008年の洞爺湖サミットでも展示されました。

「キャリアくん」の場合、消費電力の少ないLED照明だと、これだけで一晩作業ができます。パラレルでもシリアルでも使えますので、長時間もたせたり、大出力を出すこともできます。

「携帯くん」は、来春ぐらいの発売を目指して開発中のポータブル電源です。小容量ですが、一度に20台の携帯電話の充電を可能にします。

電気自動車開発の経緯

図11は当社の電気自動車開発の経緯です。1980年代は従来の鉛電池を業務用に使えばどうという疲労があるかに研究の重点を置いていました。90年代に入り、並行して負荷平準化用リチウムイオン電池の開発をやってきています。そのリチウムイオン電池とEVの研究が合体して、2000年代の状況に至っているわけです。

	①クックさん (大容量タイプ)	②キャリアくん (キャリアタイプ)	③携帯くん (携帯電話充電タイプ)
			
最大出力	3kW(AC100V)	600W(AC100V)	60W(DC5V)
最大電流	AC30A(1回路は最大15A)	AC6A(1回路は最大6A)	500mA×20口
電源容量	6kWh	1kWh	400Wh
寸法(WDH)	955mm×550mm×850mm	454mm×240mm×454mm	392mm×140mm×200mm

図10 九州電力のポータブル電源装置「エレ来てる」

	86年～89年(S61年度～H元年度)	90年代(H2年度～H11年度)	00年代(H12年度～H17年度)
主要な工程	・英国のEVを購入して、現状技術を把握し、当社独自EVを開発	・自動車メーカーとEVを開発して、社内へ導入し当社事業所で使用するため業種や走行距離を調査 ・EV用電池(リチウム電池など)を本格的に開発 ・EVの本格普及に備え、急速充電スタンドなどの開発を実施 ・量産化スクーターなどの普及を目指した車両開発	・玄海原子力発電所に国内最大の電気バスを開発、導入 ・福岡地区のカーシェアリングに参画
車両	 ・英国ベットオード ・車重：2.7t ・走行距離：75km  ・パン ・車重：2.8t ・走行距離：85km	 ・バン ・車重：1.7t ・走行距離：80km  ・ゴミ収集車 ・車重：5.5t ・走行距離：50km  ・量産スクーター ・車重：117kg ・走行距離：40km	 ・電気バス ・車重：11t ・走行距離：100km

(注) 上記車両の電池は全て鉛電池

図11 九州電力における電気自動車開発の経緯

業務車両への適用性評価

当社では、リチウムイオン電池をEVに搭載してフリート試験を行いました。「i-MIEV」10台を使い、平成20年3月～平成21年3月までの1年間データ取りをしました。その結果、平均走行距離が約5,800kmになりました。

実際に走ってみると、春と秋に比べ夏場は20%、冬は30%「電費」が悪くなりました。夏に電池でエアコンを動かすと、容量が走行だけではなく、冷房にも使われるので、その分だけ電費が低下します。冬場は30%の電費低下ですが、モーターの熱では車内を温めることができないので、容量の約3割が暖房に使われてしまうためです。

「i-MIEV」を運転した当社員の感想として、通常の「走る」、「曲がる」、「止まる」については全く問題がないということでした。モーターなので短時間でトルクが上がり、加速性が非常に良いということでした。エンジンがないので静寂性が向上したために、歩行者が車の接近に気づいてくれない、という点については、歩行者の安全のために、擬音を出すなどの課題が残りました。

当社の「i-MIEV」導入計画ですが、2009年度中に36台、2020年度までに1,000台を目指しています。当社の業務用車両の実績からすると、1,000台導入すると年間1,400トンのCO₂削

減になります。電気自動車に乗り換えると、直接的なCO₂削減につながると考えています。

急速充電器の開発

「i-MIEV」の場合は、車の右側に普通充電用に100V／200V用の受け口が、左側に急速充電用の受け口があります。普通充電は、100Vだと14時間、200Vだと7時間かかります。将来は、家庭の駐車場に付けた200Vのコンセントから普通充電できる形になると思います。急速充電は、最大500V、百数十アンペアで行う形になっています。

図12は当社の開発した急速充電の充電スタンドで充電中の「i-MIEV」です。電源部分と充電スタンド部分を分離し、スタンド部分を非常にコンパクト化しているのが特徴です。同時に、標準として個人認証システムを使うようにしてあり、いつでもリクエストに応じて課金できるようになっています。個人認証というのは、例えば、自治体や企業でEVを使うときに、鍵の管理、車の走行管理などをすべて情報通信技術（ICT）で行うような、利便性の高い管理手法です。

充電スタンドは、複数設置ができる設計で、数台同時に充電ができることをコンセプトにしています。

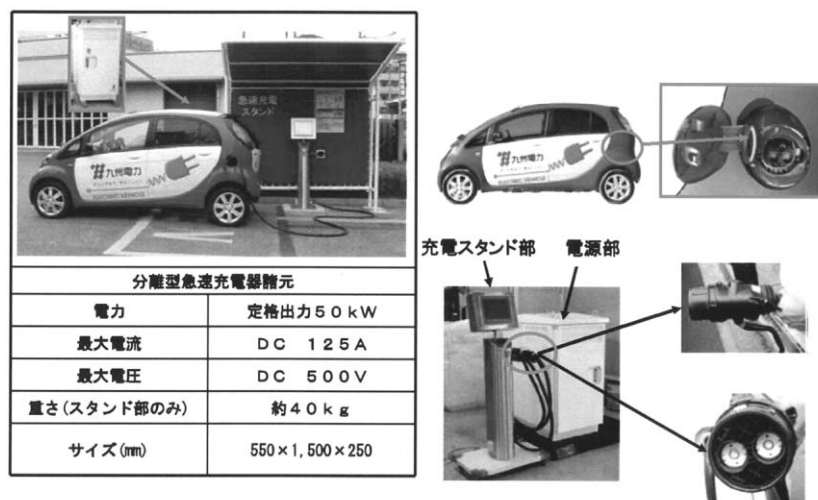


図12 九州電力が開発した急速充電スタンド

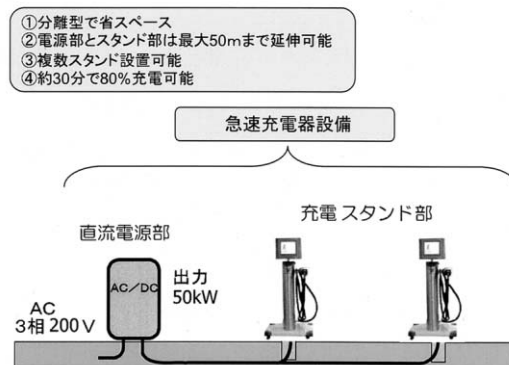


図13 分離型急速充電スタンドの特徴

表2 急速充電器の仕様と出力

仕様		型式	出力 (kW)	最大電圧 (V)	最大電流 (A)	備考
分離	一般	KRCSS-30	30	500	75	—
		KRCSS-50W	50	500	125	スタンド2台
		KRCSS-50	50	500	125	—
	耐塩	KRCSSS-30	30	500	75	—
		KRCSSS-50W	50	500	125	スタンド2台
		KRCSSS-50	50	500	125	—
一体	一般	KRCS-30	30	500	75	—

注1：分離型とは、直流電源とスタンドがセパレートされたもの。一体型とは、それらが同一筐体のもの。
注2：耐塩タイプは、離島や沿岸部といった潮風の影響を受けやすい地域への設置を考慮したもの。

図13に分離型急速充電器の特徴を示しました。分離型で省スペースというのは、充電スタンド部分です。4台ぐらまで置ける形になると思います。

交流200Vを直流に変換する電源部分と充電スタンドを分離できます。両者間の距離を50mまで延ばすことができますから、例えば、人から見えないビルの地下や商店の裏に置くことで、安全に隔離できます。充電は充電スタンドだけでできるようになっています。出力50kWh、DC125A、500Vで、20分程度で80%充電が可能です。

当社で作った急速充電器には、表2に示す仕様・出力で7タイプがあります。分離型が6タイプ、一体型が1タイプあります。分離型6タイプのうち3タイプは耐塩型です。日本は海岸部分が多く、九州は離島も多いので、耐塩型を作っています。九州特有の状況で、台風もありますので、耐塩型が当社製急速充電器の大きな特徴です。

急速充電器のニーズ

色々なケーススタディを行なって、急速充電器のニーズについて考えてみました。

普通、一般的な深夜帯7時間での充電で160km走ります。企業や自治体では、深夜帯で充電し、朝会社に来たときに乗る。午前中乗っても20km。昼休みに会社に帰ってくれば、1時間くらいの間で、午後用に足りない分だけ充電する。午後の分が十分な場合は、次の夜でもいいということになります。実際、市内だけを走り回る車については急速充電のニーズがないのではないかと考えています。

ただし、走行距離が長い業務用車両が増えてくると、高速道路のサービスエリアやバイパス道路の数十km置きに急速充電スタンドが必要になると思っています。

電池容量からいって、通勤・通学的な使い方、セカンドカー的な使い方、カーシェアリング的な使い方だと、アパートや自治体で

充電すれば十分で、急速充電器はそれほど必要ないと思います。

仮にエネルギー密度の高い水素でバスやトラックを動かすとなれば、色々な棲み分けが考えられますが、よほど数が増えない限り、急速充電器のニーズはないと思います。ただし、自治体や企業では、例えば、10台の普通充電器に2台の急速充電器があるとかが当面の方向かなと考えているところです。

影響でアメリカもかなり開発に力を入れているので、いずれ競争がかなり厳しいものになるのではないかと懸念しています。

全国におけるEVの販売・普及見通し

EVの普及台数は、図14に示すように、2015年ぐらいに数が増えてくると言われています。CO₂削減の観点からは、2020年にEVが200万台ぐらい普及すれば、自動車からのCO₂排出は280万トンぐらい減ると予想されます。ただ、深夜帯の充電で発電所からCO₂が排出されますので、削減量は190万トンぐらいになります。

今後の展望と課題

EV普及のための国の主な施策

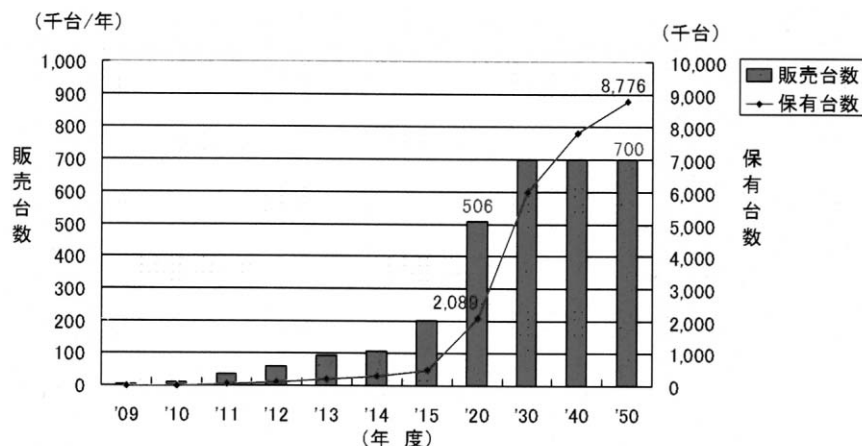
EV普及のための国の主な施策を表3にまとめてみました。リチウムイオン電池も世界に目を向けてみますと、最近、オバマ大統領の

今後の課題

今後の課題を図15にまとめてみました。EVの使い方は、大きく2つのジャンルに分けることができると思います。1つは、性能向上

表3 国の主な施策

1 EV・急速充電器購入補助金制度の実施 ・「クリーンエネルギー自動車等導入対策補助金」（次世代自動車振興センター）：次世代自動車振興センターが承認したEV及び急速充電器を購入する場合、購入費用の一部に補助金が交付される。 ・制度の継続と拡大などが、今後の普及の鍵
2 EV普及のための実証試験 ・「EV、pHVタウン構想」（経済産業省）：自動車メーカー、電力会社、地元企業の連携による創意、工夫に基づいた取り組みにより、地域特性を活かした様々な普及モデルの確立と普及促進
3 高性能リチウム電池の開発 ・「次世代自動車高性能蓄電システム技術開発」（NEDO技術開発機構）：次世代クリーンエネルギー自動車に用いられる高性能リチウムイオン電池、電池材料及び二次電池の周辺機器開発とこれによる低コスト化の促進



(出所：次世代自動車普及戦略検討会資料，環境省，平成21年5月)

図14 EVの販売・普及見通し

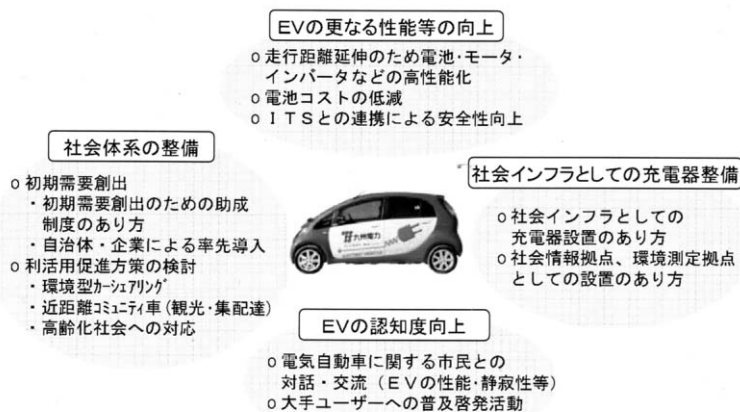


図15 EV普及のための課題

です。まずは電池の性能を上げて、なおかつコストを下げるというのが至上命題です。現在のEVは、車両価格200万円、電池価格200万円と言われていて、誰が買うのかなという話もあるぐらいです。だからこそ、補助金がついているわけですが、やはり電池込みでの価格が200万円以下になるというのがターゲットではないかと思います。一般に、コスト200万円、一充電走行距離200km、充電時間20分というのが課題だと思います。

社会体系の整備の点で、経産省のプラグインハイブリッドのタウン構想、初期需要の創生のための助成制度、あるいは自治体や企業による先導的な導入が必要だと思います。

地域においては、環境に配慮したカーシェアリングも今後増えてくると思います。カーシェアリング用の車として、個人認証を使い管理しながら、EVをうまく使う社会のあり方を検討していく、あるいは高齢化社会への対応を行っていくことが大切だと思っています。

おわりに

「インテリジェントハウス」という提案

2008年12月、九州電力総合研究所の敷地内に「インテリジェントハウス」が完成しました。

図16に「インテリジェントハウス」の概要を示しました。コンセプトは2つあります。1つ目は、家庭環境負荷、つまりCO₂をどうやって減らすか、お客さんと一緒に悩もうということです。産業界は、植林やクリーン開発メカニズム（CDM）の活用でCO₂削減に取り組んでいますが、一般家庭でのCO₂削減のやり方は分からないからです。

2つ目は、ICTをうまく使って利便性の高い電気の使い方をしようということです。

「スマートグリッド」は長期的な課題ですが、送電・配電網の「下流」に再生可能エネルギーを沢山つけるということは、小さなダムを作っていくことに等しいわけです。ダムがオーバーフローすると、電気は「上流」に流れます。「上流」へ安全に電気が流れるようにすることが「スマートグリッド」の1つの命題だと思います。しかし、誰がその費用を負担するのかという問題もあるので、例えば、再生可能エネルギーを作る人は自らの責任の範囲内で系統には流さないという電池の使い方、あるいは再生可能エネルギーの溜め方を考えてみる。例えば、太陽光発電の余剰電力をリチウムイオン電池に貯めておき、夜間に自宅の負荷に戻すということをHEMS（ホームエネルギーマネジメントシステム）でやればいいということです。

壁面緑化をやりますと、家の中の温度が壁面と夏場の西日で10～15℃ぐらい低くなりま



〈九州電力総合研究所敷地内のインテリジェントハウス〉

〈V2H: Vehicle-to-Home〉

電気自動車の電池を活用し、停電時や自動車を使わない日は、自
⇒
動車から家へ電気を供給できます。



〈HEMS (ホームエネルギーマネジメントシステム)〉

住宅内のホームサーバーを使って、エネルギーをコントロールし
ます。季節や使い方に応じた最適空調の自律制御や、電気料金を
抑える「コスト最小モード」とCO2排出を抑える「CO2最小モー
ド」で電気使用の最適化ができます。



〈Webコンセント〉

家電機器の使用状況をパネルで監視・制御。外出先からも家電の
⇒
コントロールが可能。



〈壁面・屋上の緑化〉

壁面や屋上を緑化し、直射日光を遮断して、エアコンなどの空調
⇒
負荷を低くします。



〈自然換気による快適、省エネシステム〉

センサーで天気を判断し、換気システムが自律運転。自然風を活
用し、心地良さと省エネ効果が向上します。

〈電子カーテン〉

⇒
スイッチひとつで、ガラス面を透明・不透明に切り替え、効率的
な採光による照明の節約とプライバシーを守ります。



〈風力、太陽光発電とリチウムイオン電池のドッキング〉

⇒
天候に左右されやすい自然エネルギーを、リチウムイオン電池に
充電し、安定して供給します。

図16 「インテリジェントハウス」

す。それだけ室内の冷房に要する電力量が減り、家族環境負荷を減らすことができるのです。太陽熱をコントロールするのもCO₂削減の1つの方法ではないかということで、電子カーテンや自動換気が考えられます。

中でも電池のうまい使い方として考えていますのは、“V2H” (ビークルからホームへ) です。夜間充電したEVを使わない時は、夜間に溜めたCO₂排出の少ない電気を、昼間に走行以外の用途に使えるようにすることも1つの方法だと思います。EV搭載の電池をそのまま使うわけにいけないので、目的別に電池や“V2H”のイ

ンバータも作って実験をやっています。

電池であるが故に夜間溜めた余剰分を昼間に使うことができるというコントロールをHEMSということで作ろうと考えています。

これによって、CO₂排出もコストも小さくなる、「環境にも家計にも優しい」というコンセプトで実験をやっています。機会がありましたらおいで頂いて、色々な意見交換をしていただければありがたいと思います。

ちょうど時間になりましたのでこれで終わりたいと思います。どうもありがとうございました。(拍手)

〔講演 4〕

エネルギーマネジメントシステムの標準化と新エネルギー
—ISO50001の開発状況を踏まえて—

石 本 祐 樹 (プロジェクト試験研究部
主任研究員)



1. はじめに

本稿は、2009年10月7日のエネルギー総合工学シンポジウムにおける同題名の講演の概要であり、本稿執筆時における最新情報を反映したものである。

ISO50001（エネルギーマネジメントシステム）は、調達から使用まで、エネルギーに関するあらゆる面を管理する国際的枠組で、エネルギー効率の向上を目的に開発されているものである。本規格は、エネルギー産業だけに向けた規格ではなく、あらゆる会社、工場、事務所、商業施設などに適用可能な規格である。目下、2009年11月に開催された国際標準化機構第242プロジェクト委員会（ISO/PC242）第3回国際会議の結果を受け、委員会原案（CD）から国際規格案（DIS）への移行準備が進められている。本稿での規格本文の内容は、ISO50001CDに基づいているため、DISへの移行に伴い、今後内容が変わりうることに十分留意いただきたい。

2. ISO50001策定の経緯

エネルギーマネジメントシステムの国際標準化は、米国から規格開発の提案がなされ、2008年2月5日に締め切られた投票結果を受けて、ISO/PC242で開発されることとなった。

エネルギーマネジメントシステム規格開発がISOに提案された背景には、国際市場での原油価格の乱高下や地球温暖化問題の深刻化に

伴って、エネルギーマネジメントシステムに対する関心が益々高くなってきたことによるものと思われる。

米国とブラジルが幹事国を務め、わが国は積極的に規格開発に参画する立場のPメンバーとなっている。当研究所は、わが国における本規格の国内審議団体を務めており、松橋隆治東京大学大学院教授を委員長とする国内審議委員会およびワーキンググループを組織し、開発にあたっている。

わが国は、上記エネルギーマネジメントシステムの新業務項目提案の投票の際、コメント付き賛成の票を投じており、この時のコメントがその後の規格開発におけるわが国の基本姿勢となっている。以下にそのコメントの概要を示す。

- ① 日本は、エネルギーマネジメントの多くの実績に基づいて、規格策定に貢献したい。過去30年間日本全体のエネルギー効率を高めることに成功した「省エネ法」の運用を始めとして、日本ではエネルギーマネジメントはすでに一般的に用いられている。
- ② 規格の策定に当たっては、各国の法令との衝突を避け、既存の規格（ISO9001、ISO14001等）と調和するように十分配慮すべきである。
- ③ 規格の策定の過程では、十分に企業等の組織の意見を聞くことによって、規格を適用する企業等の組織に過度な負担がかからないよう、また規格の効果的な活用、普及に繋がるよう注意して規格を策定すべきと考えている。
- ④ 提案される規格はエネルギー需給構造など各国のエネルギー状況を尊重すべきである。

図1にISO50001規格開発スケジュールを示す。PC242の重要イベントである規格案の回付や国際会議に合わせて、国内審議委員会およびワーキンググループを開催し、会議への

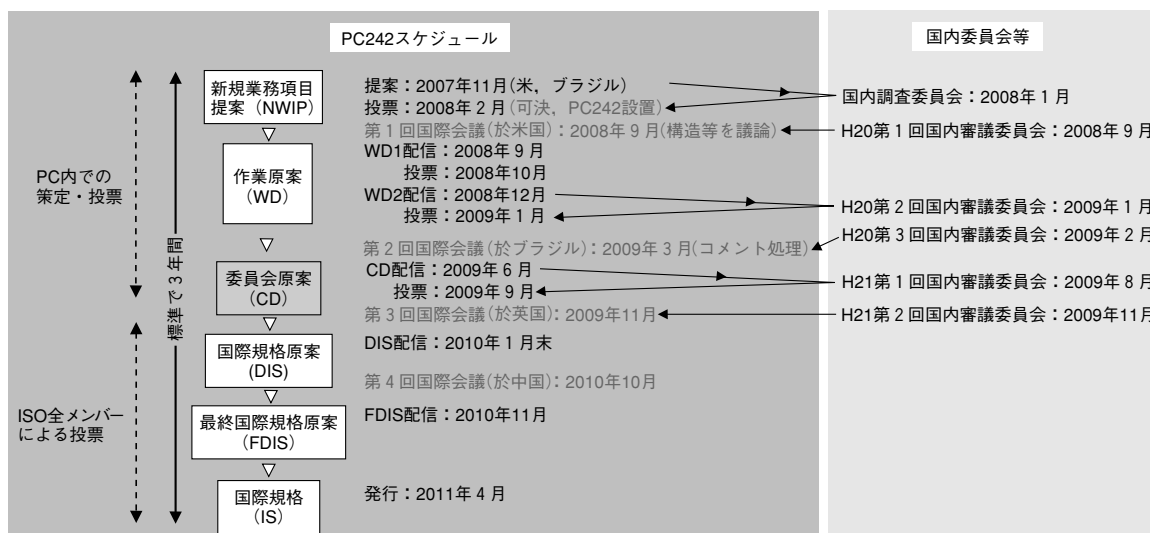


図1 ISO50001規格開発スケジュール

表1 PC242参加国 (Pメンバー)

南北アメリカ	アルゼンチン、バルバドス、ブラジル、カナダ、チリ、コロンビア、エクアドル、セントルシア、米国
ヨーロッパ	デンマーク、フィンランド、フランス、ドイツ、アイルランド、カザフスタン、オランダ、ポーランド、ポルトガル、スペイン、スウェーデン、トルコ、英国
アフリカ	モーリシャス、ナイジェリア、南アメリカ、チュニジア、ジンバブエ
アジア	中国、日本、韓国、マレーシア、パキスタン、シンガポール、タイ
オセアニア	オーストラリア

対応や規格案へのコメント作成について審議している。PC242の設立経緯等については参考文献(1)に詳しい。また、ワシントンDC、リオ・デ・ジャネイロで開催された第1回、第2回国際会議については参考文献(2)、(3)を参照されたい。

表1にPC242の組織と参加国を示す。米国、ヨーロッパ諸国の他、中南米、アフリカ、アジアの開発途上国が多く参加していることがわかる。また、コメントは出せるが投票権はない「リエゾン」として、開発途上国の開発を支援する国連工業開発機構(UNIDO)やISO/TC176(品質マネジメント・品質保証)、ISO/TC207(環境マネジメント)が参加している。

3. ISO50001CDの概要

ISO50001CDは、エネルギーパフォーマンス※

とエネルギーマネジメントシステムのパフォーマンスの継続的向上を達成するための系統的取り組みを可能にするエネルギーマネジメントシステムを、企業等の組織が確立、実施、維持、改善するための要求事項を規定している。つまり、ISO50001CDは、企業等が省エネルギーの取り組みを継続的且つ系統的に行うための枠組みについて記述しているといえる。

ISO50001CDは、組織のエネルギー使用に係る下記の内容について言及している。

- エネルギー供給
- エネルギー使用の測定
- エネルギー使用の文書化
- エネルギー使用の報告
- エネルギーを使用する機器・システム・プロセスの調達と設計

一方で、ISO50001CDは、特定のパフォーマンス基準には言及していない。目標は企業等の

※エネルギー効率等、組織のエネルギー使用に関連する測定可能なパフォーマンス

組織が設定する。本規格で管理するのは、「組織が監視でき影響を及ぼすことができるエネルギーの使用に関し、影響を与える全ての要素」である。また、本規格は、他のマネジメントシステムと併用、統合できるよう設計されている。さらに、本規格に適合していることを自己宣言、もしくは第三者認証により示すことができるように設計されている。

図2にISO50001CDの概略を示す。方針→計画→実施・運用→監視・計測→是正・予防処置→内部監査→レビュー→方針といったPDCA（Plan・Do・Check・Action）サイクルになっている。

[方針]

トップマネジメント（経営層）がマネジメントシステムの方針であるエネルギー方針を作成する。このエネルギー方針は、組織のエネルギーマネジメントシステムの最も上位に位置するものである。エネルギー方針は、組織のエネルギーマネジメントシステムの適用範囲を定義し、組織の性質や規模に対し、適切で継続的なエネルギーパフォーマンスの向上についてコミットしなければならないとされている。

[計画]

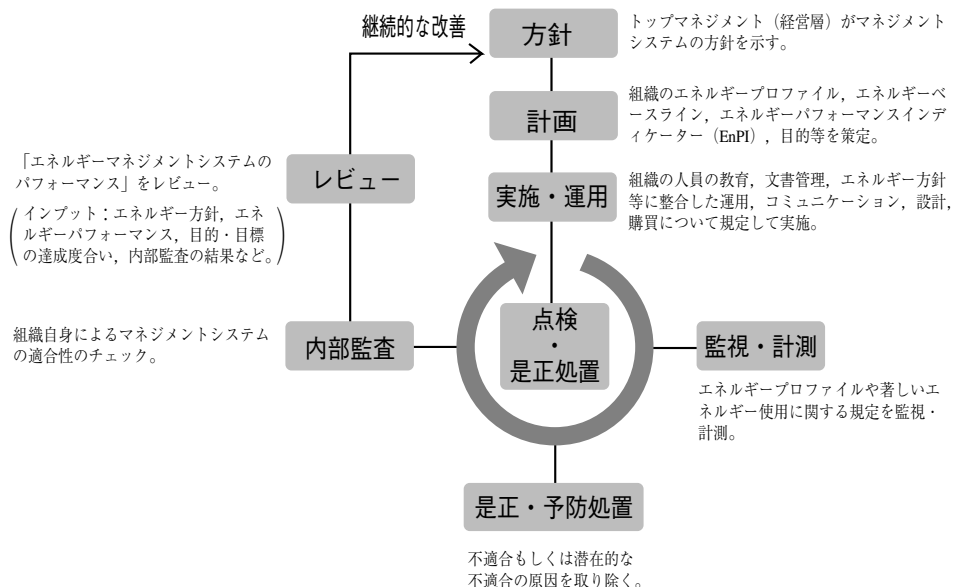
エネルギープロファイル※※と呼ばれる組織のエネルギー使用状態を決定する。また、このエネルギープロファイルに基づき、その組織における著しいエネルギー使用を特定し、著しいエネルギー使用や組織に適用される法規制などを考慮しつつ、エネルギー方針と整合性のある目的や目標の策定を行う。目的や目標については、エネルギーパフォーマンスの定量的指標であるエネルギーパフォーマンスインディケータ（EnPI）を用いて進捗の管理が行われる。

[実施・運用]

組織の人員の教育、文章管理、決定したエネルギー方針等に整合した運用、コミュニケーション、エネルギー使用機器の設計、エネルギーに関連する購買について規定し、それに従って運用を行う。

[監視・計測]

エネルギープロファイル、著しいエネルギー使用などについて計測を行う。また、計測の精度や再現性も必要である。



(出所: CDの導入部分に掲載されている参考の図を基にIAEが作成)

図2 ISO50001CDの概略

※※最初のエネルギープロファイルを「エネルギーベースライン」といい、比較の基準となる。

[是正・予防処置]

構築したマネジメントシステムとその実態に、不適合がある場合、また、潜在的な不適合がある場合は、是正・予防処置を行わなければならない。

[内部監査]

予め定めた間隔においてエネルギーマネジメントシステムが計画されたどおりのものであるか、効果的に実施、維持されているかの内部監査を組織自身が行う。

[レビュー]

最後に経営層は、前回のレビューのフォローアップや目標達成の度合いを利用して、組織のエネルギーパフォーマンス、エネルギーマネジメントシステムのパフォーマンスをレビューし、必要に応じてリソースの配分やエネルギー方針の変更などを行う。

このPDCAサイクルを繰り返し、組織のエネルギーパフォーマンスとエネルギーマネジメントシステムのパフォーマンスを継続的に向上させてゆくのである。

4. ISO50001開発の今後の予定

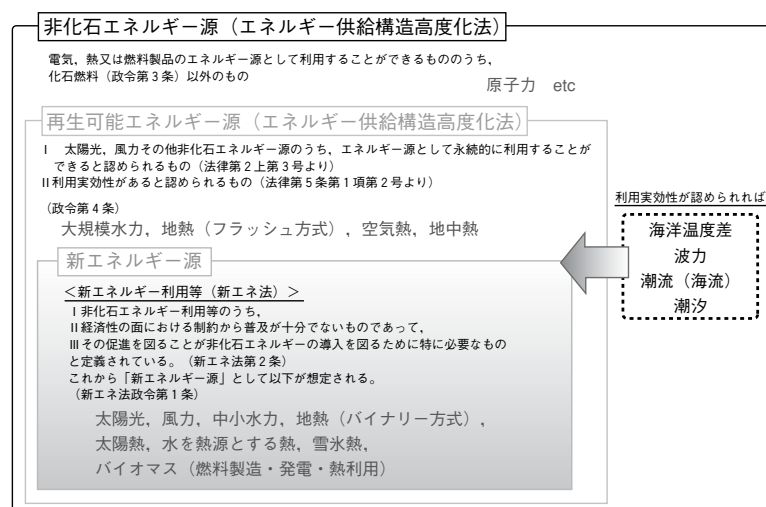
図1に示したように、第3回国際会議にお

ける審議を受けて、2010年1月にDISが回付される予定である。DISは全参加組織のコメントを求めるため、5カ月程度と比較的長期間のコメント投票期間が設定される。2010年10月に中国で開催される第4回国際会議でDISへのコメント処理を行う予定で、その後、2010年11月にFDISの回付を行い、用字に関するコメント（editorial comment）を中心に処理し、2010年4月のISO50001発行を目指している。

5. ISO50001CDにおける新エネルギーの取り扱い

わが国でISO50001CDを運用する際、新エネルギーがどう取り扱われるか、筆者の解釈を述べる。図3にわが国の新エネルギーの分類を示す。ここでは、「非化石エネルギー利用等」のうち、経済性の面における制約から普及が十分でないものであって、その促進を図ることが非化石エネルギーの導入を図るため特に必要なもの」と定義されている。「新エネルギー源」として、太陽光、風力、中小水力、地熱（バイナリー方式）、太陽熱、水を熱源とする熱、雪氷熱、バイオマス（燃料製造・発電・熱利用）が新エネ法政令の第一条に記載されている。

「新エネルギー」は、わが国独自の定義で



（総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会（第37回）配付資料 資料4より抜粋）

図3 わが国の新エネルギーの分類

あり、ISO50001CDに「新エネルギー」の文言はない。ISO50001CDではエネルギーを「電力、燃料、蒸気、熱、圧縮空気、再生可能エネルギーおよび他の同様の媒体」と定義している。従って、わが国の新エネルギーの定義もこれに包含されると考えられる。

ISO50001は、エネルギーパフォーマンス（例えば、エネルギー効率、エネルギー原単位）とエネルギーマネジメントシステムのパフォーマンスを継続的に向上させることを目的としている。しかし、規格本文に特定のエネルギー源の利用の増加（量および割合）に関する要求事項は見られない。ただ、ISO50001CDの「法的およびその他の要求事項」の箇所に、「エネルギーの使用に関連する法的要求事項やその他の要求事項を特定し、これらの要求事項をエネルギーマネジメントシステムの中で配慮」と規定されている。

従って、組織に適用される法規制等に、新エネルギーの導入が規定されている場合、それを考慮したエネルギーマネジメントシステムを構築することが必要となる。

新エネルギーの導入が法規制等で要求されない組織においても、エネルギーパフォーマンスの1つを新エネルギー導入量もしくは割合とすることで、自主的に、新エネルギー導入をエネルギーマネジメントシステムに組み込むことは可能と考えられる。

6. まとめ

ISO50001は、エネルギーマネジメントシステムの国際規格で、米国、ブラジルを幹事国とし、2011年4月の発行を目指しISO/PC242で開発中である。本規格は、事業所、企業等組織のエネルギーパフォーマンスとマネジメントシステムを継続的に向上させるマネジメントシステム規格の一種である。同様のマネジメントシステム規格例として、「ISO9001：品質マネジメントシステム」、「ISO14001：環境マネジメントシステム」がある。

わが国では、当研究所が国内審議団体を務め、国内審議委員会およびワーキンググループでわが国の対応を検討している。わが国の取り組みの方向性には2つの面がある。それは、ダブルスタンダードとならないよう、わが国の制度の実態や省エネ技術・経験を反映させる「守り」の面と、わが国の省エネ製品等が世界で導入されやすい素地を作る「攻め」の面である。

ISO50001では、わが国で規定されている新エネルギーの取り扱いについて記載はないが、組織が自らの意思でエネルギーマネジメントシステムに組み込むことは可能と考えられる。

参考文献

- (1)「アイソス」2008年6月号p.60, (株)システム規格社
- (2)「アイソス」2009年1月号p.8, (株)システム規格社
- (3)「アイソス」2009年6月号p.10, (株)システム規格社

閉 会 挨拶

山 田 英 司 (財)エネルギー総合工学研究所
専務理事

本日は長時間にわたりまして、当研究所が主催しましたシンポジウムを熱心にお聴きいただき、誠にありがとうございます。本日は賛助会員の方々を中心に約150名の方々の参加を頂き、5件の講演を頂きました。いずれも大変興味深く示唆に富んだ講演でございました。講師の方々に改めて感謝申し上げます。

本日は、まず東京大学の横山先生から新エネルギーと電力ネットワークの将来の方向性を示す基調講演を頂きました。続きまして、太陽光発電協会の岡林事務局長から太陽光発電の普及について、東京大学の荒川先生から洋上風力の開発状況について、九州電力の野口総合研究所長から電気自動車に対する電力会社の取組みにつきまして、それぞれご専門の立場から大変示唆に富む話を頂きました。最後には当研究所の石本から当研究所が国内委員会の事務局を務めております、エネルギーマネジメントシステムに係る国際標準化「ISO50001」の作成状況につきまして、ご報告をさせて頂いた次第でございます。

本日のシンポジウムは、新エネルギーと電力ネットワークの将来像につきまして、非常に広範な立場から皆さまに情報を提供できたものと考えております。これらの情報が皆さまの今後の事業展開および技術開発に少しでもお役に立てれば、本シンポジウムの主催者として望外の幸せでございます。

本日のシンポジウムがここに予定通り終了できますのも、ひとえに皆さまのご協力の賜物と、改めて感謝する次第でございます。当研究所は今後も皆さまのお役に立てるような調査研究を引き続き実施してまいりますので、皆さまのご協力とご支援をお願い申し上げます。

最後になりましたが、皆さまの社業のご発展、そして皆さまのご健勝を祈念致しまして、私の閉会の挨拶とさせていただきます。本日はどうもありがとうございました。(拍手)

研究所のうごき

(平成21年10月2日～平成22年1月1日)

◇ 第15回賛助会員会議

日 時：10月7日(水) 16:30～19:30

場 所：千代田放送会館

議事次第：

1. 最近の事業活動について
2. 調査研究活動について
3. 講演
「最近のエネルギー・原子力情勢について」
(前原子力安全・保安院長 薦田 康久 氏)

◇ 月例研究会

第283回月例研究会

日 時：10月30日(金) 14:00～16:00

場 所：航空会館7階701・702会議室

テーマ：

1. オーストラリアにおけるCCSの動向
(GCCSIの活動を含めて)
(独)産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門 主幹研究員 赤井 誠 氏)
2. カナダにおけるCCSの動向
(財)エネルギー総合工学研究所 研究理事・主席研究員 疋田 知士)

第284回月例研究会

日 時：11月27日(金) 14:00～16:00

場 所：航空会館5階501・502会議室

テーマ：

1. 中国におけるNEDO事業及び日本の技術普及
(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構
環境技術開発部 主査 曲 曉光 氏)
2. エネルギー関連人材に関する調査結果
(文部科学省 科学技術動向研究センター上席研究官 環境・エネルギーユニットリーダー 浦島 邦子 氏)

第285回月例研究会

日 時：12月18日(金) 14:00～16:00

場 所：航空会館5階501・502会議室

テーマ：

1. 日本の波力発電の可能性—波力発電の壮大な風景—

(三井造船(株) 事業開発本部 本部長補佐
黒崎 明 氏)

2. メガワット級海流発電システムについて

(財)エンジニアリング振興協会 理事
梅田 厚彦 氏)

◇ 外部発表

[講演]

発表者：蓮池 宏

テーマ：ビームダウン集光システムにおける多重
リング中央反射鏡の設計パラメータの最適化検討

発表先：平成21年度日本太陽エネルギー学会・風力
エネルギー協会合同研究発表会(長崎市)

日 時：11月6日

発表者：蓮池 宏

テーマ：ビームダウン集光太陽熱発電用の直線パ
イプモジュール型レシーバーの集熱性能

発表先：平成21年度日本太陽エネルギー学会・風力
エネルギー協会合同研究発表会(長崎市)

日 時：11月6日

発表者：都筑 和泰

テーマ：Development of next generation light water
reactor in Japan

発表先：第30回日韓原子力産業セミナー

日 時：10月26日

発表者：黒沢 厚志

テーマ：地球温暖化対策とエネルギー技術ロード
マップ

発表先：日本工学アカデミーエコイノベーション
作業部会

日 時：11月26日

発表者：松井 一秋

テーマ：第4世代原子炉がつくる次世代社会

発表先：「核融合と次世代原子カエネルギーが創
る循環型未来社会」室蘭工業大学
OASIS/FEEMA計画特別講演会

日 時：11月27日

発表者：松井 一秋

テーマ：世界の原子力情勢—第4世代原子炉の開発
とGNEP構想

発表先：大阪大学

日 時：12月4日

[論文・寄稿]

発表者：渡部 朝史, 村田 謙二

テーマ：海外の再生可能エネルギーの国内利用に
ついて

発表先：月刊クリーンエネルギー（日本工業出版）

日 時：平成21年12月号

◇ 人事異動

○12月14日付

(退職)

坂口弘子 プロジェクト試験研究部研究員兼
エネルギー技術情報センター

○12月15日付

(嘱託採用)

坂口弘子 エネルギー技術情報センター嘱託研究
員

○12月21日付

(退職)

鳥飼誠之 プロジェクト試験研究部副部長（主管
研究員）

編集後記

寅年は晴天とともに明けたが、報道される世の中には残念ながら風雨を予感させる様々な大小の暗雲が漂っている。マクロに見れば、先進諸国の産業資本主義が中国・インド等巨大途上国の台頭により行き詰まりつつあること、および温暖化への地球的な対応の先行きが不透明なことが大きな問題として認識される。ミクロな雲にあまり囚われず、この二点をしっかりと念頭に置いて、個別・具体的課題に前向きに取り組んで晴れ間を見つけていくことが、我々がやるべきことなのだろう。

先般、介護ロボットの開発現場を見学する機会を得た。この分野は高齢化が進む中でニーズがかなり明確になっている。すなわち、ロボットによる機械的管理社会といった、誰も望まないことを回避しようという方向である。重要なイメージの一つは、人間と協働するロボット。例えば、介護人をロボットが助けることにより、ロボットが被介護者に直接接触しないと言うように、できるだけロボッ

トの非人間的性格を薄めようとしている。こうしたニーズに向けて、機械要素、センサ、制御ソフトなどの開発が活発に進められている。全般的な景気が停滞する中で、このように将来に向かって元気良く活動しているところは、ロボットに限らず数多くあるに違いなく、日本もまだ活力を失っていないと感じた次第である。

ロボット導入の進展速度の議論は措くとしても、グローバル化による労働コストの低減進展により、製品コストにしめるエネルギーおよび原材料コストの比重が大きくなっていくことは確実である。すなわち、エネルギー供給の安定性向上およびコスト低減、ならびにエネルギー利用効率向上の重要性が一段と増していく。温暖化およびグローバル化がもたらす様々な不安定要因をも含め、エネルギーに関する課題はますます重い。

編集責任者 正田知士

季報 エネルギー総合工学 第32巻第4号

平成22年1月20日発行

編集発行

財団法人 エネルギー総合工学研究所

〒105-0003 東京都港区西新橋 1-14-2

新橋SYビル(8F)

電話 (03) 3508-8894

FAX (03) 3501-8021

<http://www.iae.or.jp/>

(印刷) 和光堂印刷株式会社

※ 無断転載を禁じます。