

スマートグリッドの取り組み

～ 関西電力を中心に ～



特集 1

関西電力株式会社 企画室 次世代電力系統戦略プロジェクトチーム
部長 藤井 裕三氏

はじめに

私共の部署はいわゆるスマートグリッド、スマートコミュニティを担当しています。組織は昨年6月末にできまして、本日のような地域の有識者やお客さまに電力会社の取り組みを広くご理解頂くこともひとつの役割としております。本日のお話としては、まず最初に電気事業者の役割とスマートグリッド/スマートコミュニティについて、次に関西電力の取り組みについてお話しします。最後に今回の震災でいろいろな課題が出てきていますので、それを踏まえての取り組みを紹介したいと思います。

1. 電気事業者の役割とスマートグリッド/スマートコミュニティ

一般的に電気事業者の役割は「3つのE」といわれます。エネルギーの安定供給 (Energy security)、経済性 (Economy)、地球環境 (Environment) の3つのEを同時達成することを目的にこれまで様々な取り組みを進めて参りました。これに加え今回の震災、特に原子力の事象を踏まえ、あらためて安全 (Safety) をベースに、3つのEを同時達成していくことが電力の大きな役割だと思っております。

グリッド (電力系統) とは

グリッドとは電力系統を指すわけですが、原子力発電所、火力発電所、水力や揚水発電所など大規模電源から電気を電線 (50万V) で送り、変電所で徐々に電圧を降下し、お客さまの所では配電線から100V、200Vで送っています。大きなビルや工場には7万V、2万Vや6千Vの電圧で送ります。こうした電力系統は、発電所、送電線、電柱など電気を送る設備に加え、全体をコントロールするために必要となる通信網を設備として持っています。通信網については専用の回線網で構築し、セキュリティ上の問題を回避しています。

3つのEと申し上げましたが、1つ目の安定供給 (Energy security) とは、品質のよい電気を提供、安定供給することです。具体的には電気の品質とし

て周波数があり、当社では60Hz ± 0.1Hzの中に滞在率95%以上という社内基準を設けており、実績としては99%以上で収めています。また、電圧につきましては100V系で101 ± 6V、200V系で202 ± 20Vと電気事業法で決められており、実績もこのなかに収めています。また、こうした品質の良い電気の信頼度を確保することも重要です。電気の供給継続性と書いていますが、これは例えば停電事故が起こった場合にいかに早く停電を復旧するかということなのです。

2つ目の経済性 (Economy) として、低廉な電気をお届けすることです。品質がよくとも電気料金がどんどん高くなるようでは困りますので、いかに電気料金を安く維持するかということなのです。具体的にグリッドの中で何をするかといえば、火力発電所の効率をいかに高めて運転するかが重要なポイントになります。

最後に地球環境 (Environment) とは、低炭素な電気をお届けすることです。これは最近ですとメガソーラー、風力、再生可能エネルギーなどにも積極的に投資して、より低炭素な電気をお届けすることです。



講師 藤井 裕三氏

将来的に、家庭の屋根に太陽光を設置、あるいは電気自動車のバッテリーから電気を送るといった流れ、あるいは住宅の中に蓄電池を置くといった新たなシステムが各家庭に入ってくると、従来の電気の流れは、電力会社の電源からお客さまの方向へと一方的に流れていたわけですが、お客さま側から系統の方へ電気が流れてくることもあります。電気の流れや使い方が大きく変わってくるということです。これをいかに効率的に運用していくかが、スマートグリッドの1つの流れです。

日本におけるスマートグリッドの取り組みの背景

各国によってスマートグリッドの取り組みは多少違いますが、本日は日本のことを話します。日本の取り組みの背景は大きく3つあります。1つはCO₂の25%削減という「低炭素社会の実現」を目指す観点です。東日本大震災前は原子力の比率向上と再生可能エネルギーの導入拡大、熱利用における未利用エネルギーの拡大が低炭素社会実現方策の柱になっていました。しかし、震災後の事故を背景に原子力政策は見直しについて議論が進められていますが、再生可能エネルギーについては、電気も熱もさらに拡大するというのが今の流れです。また、低炭素社会に向けて需要者側での電気自動車の普及、エネルギーの見える化をして、HEMS・BEMS・FEMSといった、家庭やビル・工場のエネルギーマネジメントシステムを導入し、エネルギー利用を効率化するという流れもあります。これも震災後、さらに強化していくことになっており、こういった個々のシステムを統合し、街全体のエネルギーマネジメントシステム(CEMS)を作って取り組んでいこうと言うことです。

2つ目は「景気・雇用対策」の観点です。例えば、太陽光パネルを導入促進して、太陽光ビジネスで景気・雇用対策につなげていく、あるいはスマートコミュニティに関わる新しいビジネスモデルをつくることなどが2つ目の流れです。

さらに、3つ目は「国際競争力の強化」で、産業の競争力を高めて外へ打って出ようという観点です。例えば蓄電池や電気自動車、あるいは日本型スマートグリッドの構築の分野で海外進出を図ろうということですが、海外へ出て行こうとすると、国際標準の獲得が重要になります。



スマートコミュニティに関する取り組みと狙い
次にスマートコミュニティについて触れたいと思います。スマートコミュニティに期待することとして大きくは3つの便益があると思います。具体的には、お客さまの便益と社会の便益、そして電力会社の便益です。

まず、お客さまの便益として何を期待されるのかを考えてみると、想定される変化はさきほど話したように再生可能エネルギー、太陽光などがどんどん入ってくるし、電気自動車が普及する、蓄電池も家庭に入ってくる。そしてスマートメーターが普及する。こうしたものが入ってきて、太陽光発電や分散型電源を地域に設置し、蓄電池やバッテリーを活用して、お客さまごとやコミュニティ単位で地産地消を行えば、効率化によりエネルギーコストが低減できるのではないかと期待ではないかと思えます。

社会(自治体)の便益という意味では、電気、熱、交通などいろんなものをEMS(エネルギーマネジメントシステム)で一元管理し施策を展開すれば効率的なCO₂が削減できるのではないかと期待があります。

最後に、電力会社の便益としては、例えばスマートメーターを設置し、需給状況に応じて電力会社が電気料金に格差をつけることで、電力の使用量をコントロールできれば、必要に応じてはピーク電力の抑制ができたり、電源や送電設備の投資を抑制できるのではないかと期待があります。更には、東京電力であったような計画停電の混乱を回避できるのではないかと期待されています。

こうしたことをやるためには当然お金がかかります。費用対効果がとれるのか、とれないのか、実証事業を通して評価しているというのが、現在の日本

や世界の状況です。世界では100カ所以上の実証プロジェクトが動いているといわれています。私共は新計量いわゆるスマートメーターに取り組んでいます。スマートメーター大規模実証、関電グループによる見える化実証、けいはんな実証事業にも参画し、その効果を検証することを進めています。次にその点も含めてご説明したいと思います。

2. 関西電力の取り組み

関西電力が具体的に取り組んでいること3つについて本日は紹介したいと思います。まず1つ目は、太陽光が大量に導入されると電力系統ではいろんな問題が出てきますので、その解決に向けた取り組みについてお話しします。2つ目は熱における未利用エネルギー活用の取り組み、3つ目はデマンド・レスポンス（見える化含む）への取り組み、4つ目として、けいはんな実証事業への取り組みを紹介しします。

太陽光の大量導入に対する取り組み

政府の目標として太陽光は2020年に2,800万kW、2030年に5,300万kWが導入目標となっています。日本の特徴として海外と違いますのは、メガソーラーでなく、小規模な住宅用が中心であるということです。住宅用が2020年には全体の8割、2030年には6割が目標になっているのが日本の大きな特徴です。海外では基本的にメガソーラーが主となっています。こういった太陽光発電がたくさん入ってきた際の問題点は大きく3つ挙げられます。

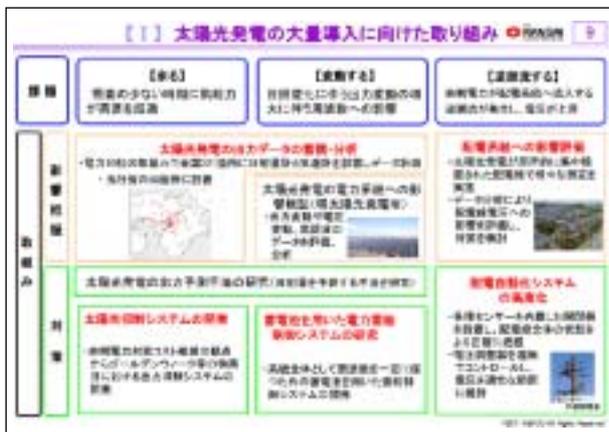
1つ目は電気が余ることです。余った電気を蓄えるため、揚水発電所や蓄電池をたくさん置けたらよいのですが、日本の場合は特に大量に電気が余るのはゴールデンウィークや年末年始の工場等が休む限られた期間なわけです。そのために大量の蓄電池を

置くのはもったいないので、そうした時には太陽光を抑制したらどうかというのが国の方向性です。電力需要の少ない時期に電力消費量よりも発電量が多くなるということです。

2つ目は天気によって出力が大きく変動することです。具体的には、日照によって出力が大きく変動するため、それによって周波数調整が難しくなることが考えられます。そこで、まずはこういった太陽光の出力変動がどの程度かを推定するため、全国321カ所（関西電力60カ所）に日照量計と気温計を設置しています。太陽光でも風力でも同じですが、1箇所の発電を見ると変動率が大きいのですが、地域全体で合計すると変動率は小さくなります（一般的に平滑化効果とかならし効果と呼ばれます）ので、この実態を評価しようという取り組みです。他に、こういった太陽光発電の出力変動に対応していくため、堺のメガソーラー送電線受け口の石津川変電所構内にニッケル水素電池を置いて、充放電電力の制御や、蓄電池の寿命管理などの研究を進めています。更に、太陽光や風力の発電予測も周波数調整には重要なことです。明日の天気に基づけばどのくらい発電するか予測を立てた上で電力消費量に見合う発電機を運転しないといけないことから、太陽光の発電量予測の研究も進めています。

3つ目は家庭用に太陽光を置くと、電気を使わない時に余った分が系統側に流れてきます。逆流すると電圧が上昇するという問題が起こります。太陽光が集中的に設置されている地域が関西にもありますので、そうした所の電圧変動や電圧上昇の状況をデータ分析しています。このような電圧の問題に対応するため、配電線に電圧調整機器を新たに設置し、配電自動化システムでコントロールできないか検討しております。配電自動化システムというのは、例えば、配電線で事故が起こった時に事故区間を最小化して自動復旧していく機能があります。そういった機能に加えて、電圧を遠隔制御できるようなシステムを組み込もうということで、現在メーカーと一緒に研究を進めているところです。

最後に堺のメガソーラーについてですが、出力が1万kWの規模は運開しているメガソーラーの中で最も大きいもので、2011年9月に全部運開しました。ここで何をやっているかといえば、1つは建設コスト、運用コストといった、コスト削減について実際に造



ってみて検証したということです。それから出力や電圧の変動を分析したり、高調波といって、直流から交流に変換する時に波形の歪が出るので、それによる歪がどの程度出るのかを評価しています。

熱における未利用エネルギー活用の取り組み

熱における未利用エネルギー活用の取り組み。これは家庭用、業務用、産業用ともに電力と熱の需要を見るとエネルギー消費全体の中で、熱の需要は相当なウェイトを占めています。電力は計測し、制御することが容易なため、マネジメントも業務用や産業用を中心にかなり入ってきていますし、家庭でも様々な取り組みがスタートしています。一方で計測が難しい熱の部門は、やはりこれからの大きな課題だと思っています。私共は地下水熱を使ったり、河川水熱を使ったり、下水熱を使い、これにヒートポンプを組み合わせた取り組みをいろいろやっています。ヨーロッパでは未利用エネルギーを熱供給に活用する取り組みがかなりの勢いで進んでいます。日本もようやく動き出し、今年8月に資源エネルギー庁や国交省が、未利用エネルギーを活用した熱に取り組むべしとして委員会を立ち上げ、報告書をまとめています。委員会でも指摘されていますが、未利用エネルギーを活用しようとすると規制が相当に厳しく、そこがネックになるといわれています。いずれにしても、今後この取り組みが加速するものと考えております。



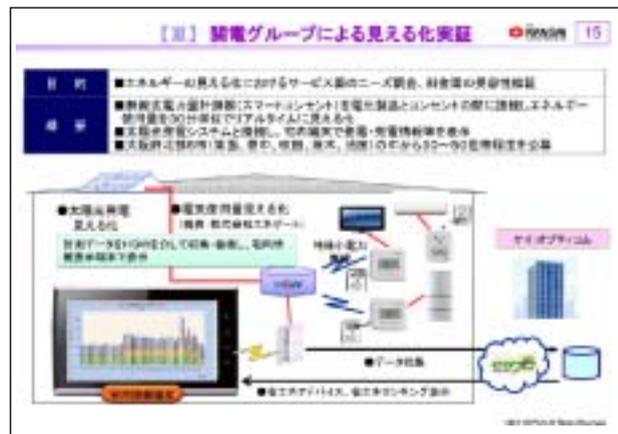
デマンド・レスポンス（見える化含む）への取り組み

3つ目は私共のスマートメーターの話です。スマートメーターとは電力量計なのですが、3つの機能

があります。1つは使用電力量を計量する「計量ユニット」。もう1つは「負荷開閉ユニット」、つまりスイッチです。3つ目はこれを遠隔でできるという機能です。この遠隔でデータを送ったり、入・切の指令を出したりできる「通信ユニット」。これら3つのユニットで構成されています。使用量をデータセンターに送るのは、一般家庭からはバケツリレー方式で電柱の集約装置まで無線で飛ばし、そこからは光ケーブルでセンターに送ります。集合住宅の場合は、建物内は集約装置（PLC方式）でデータを飛ばし、光ファイバーで送っています。私共のメーターは1,200万件のうち9月末現在で95万件に設置しており、現時点では100万件を超えるくらいに普及しています。インターネット環境のあるお客さまにつきましては申し込みいただければ前日の1時間毎の電力消費データがご覧いただけるシステムを構築しています。個人情報であるため申し込み手続きが複雑なことから私共のPR不足もあって、100万件のうち見える化システムの利用者はまだまだ少ない状況です。なお、申込者がどれだけデータを見ているかの履歴を見ると、申し込み後1ヵ月程度は熱心に見られているが、それを過ぎるとほとんど見られていないというのが実態です。

閉電グループによる見える化実証

さきほど話した見える化システムでは、前日のデータしか見られません。当日にリアルタイムで消費データが見られないと消費抑制行動が取れないのではないかと指摘も受け、北摂地域で30 - 50世帯に公募をかけて実証しています。これはテレビや冷蔵庫など大型機器にもコンセントにタップを取り付けて、特殊小電力無線でデータを飛ばし、端末機でリアルタイムに見ていただくという取り組みで



す。リアルタイムで見せることによって、エネルギー消費の効率がどれくらい向上できるのか把握したいことと、もう1つはこのようなシステムの料金面の受容性の検証もしたいと思っています。

スマートメーター大規模実証

これも経済産業省の補助事業で、スマートメーター大規模実証という取り組みです。関西電力で300戸、東京電力で600戸について公募をかけて、手を挙げていただいた家庭を対象に実証しています。4つのグループを設けており、1つは消費量のリアルタイムの「見える化」だけを行いエネルギーの消費行動がどうなるかを評価するグループ。2つ目は需要がピークとなる時間帯に2倍の料金を設定する(その他の時間帯は割引料金)グループ。3つ目のグループは前日の17時時点の予報が32を超えた場合、当日のピーク時間帯の料金を3倍に設定。4つ目のグループは前日の17時時点の予報が32を超えた場合、当日ピーク時間帯の料金を3倍にするとともに、エアコンを強制オフにするグループで、これは何を見るかということ、エアコンを電力会社が強制でオフにしても、本人が暑いと思ってボタンを押せば再びオンに出来る環境なので、ずっと辛抱されるのかどうかを確認する狙いがあります。電気料金を2倍にするという誰も参加しませんので、諸礼金を積み立てておいて、2倍に増えた分だけ礼金が減っていくという方法でやっています。

スマートコミュニティ取り組み事例

スマートコミュニティへの取り組みとして、私共もけいはんなの実証事業に参加しています。ここでの大きな特徴は、京都府がエネルギーの全体をマネジメントしようという試みです。電気だけでなく、ガス、水道、生活系、交通系もデータ蓄積をして、家庭・業務・運輸・産業全体のCO₂排出量のモニタと投資を統合管理するという事です。そして施策を行う上で3つのステップに分けて評価しようということです。1つは機器のスマート化、2つ目はマネジメントの実施、3つ目は再生可能エネルギーの導入ということです。実際にCO₂を減らしていく時に、どのようなインセンティブを与えたらCO₂が減っていくのかを自治体全体で評価するという考え方です。少し具体的に言うと、例えばHEMSシステムを入れてエネルギーの使用効率が上がると、例えば10年前のエアコンを買い換えて効率が上が



ると、どちらの取り組みにインセンティブ施策を打てば費用対効果がよいのかということ。そのためにエコポイントを付けるのがよいのか、消費を抑制していただいた人にボーナスを与えるようなものがよいのか、そのようなことを考えようといった取り組みです。

日本におけるスマートコミュニティ実証のポイント

私共はこれ以外にもいろいろと取り組んでいるのですが、これまでの取り組みを通じて言えるポイントとしては、スマート系技術をめぐる論点は国や地域によって大きく異なるということです。例えば天津のエコシティ計画のように、全く何も無い所に35万人の街をつくらうというスマートシティ・コミュニティ構想もあります。具体的には、先端の技術を入れてエコな街だという付加価値をつけて不動産価値を高めたいという意図があります。一方、日本のような成熟した街の中で、いかに効率的なエネルギー運用をしていくかという所もあります。そうした違いを理解した上で、取り組む目的が何かをはっきりしなければならぬと思います。また、この目的達成を見据えた意義のある取り組みを行うことが大事だと思いますので、国や地域の特徴に合わせた息の長い取り組みが重要となります。

そしてしっかりとデータ化し、それを開示して、費用便益を評価しなければ、広く展開を図ることはなかなか難しいと思われます。コストが高い場合には技術開発をしてコストダウンを図っていくことなどについても明らかにしていくことも大事だと思います。こうしたスマートコミュニティの取り組みについては、プロジェクトやマネジメントの主体・推進役をしっかりと整理する必要もあると思います。

3. 震災を踏まえた新たな取り組み

最後に震災を踏まえた新たな取り組みについてお話ししたいと思います。震災以降、節電で大変なご迷惑をお掛けしているわけですが、グリッドに関してどんな事象で何を取り組まないといけないのかについて少し説明したいと思います。

東日本大震災で考えるべき事象 (震災のタイプ別整理)

今回の地震の大きな特徴は、東京電力と東北電力ではかなり様相が違うということです。東京電力は福島を始めとする太平洋側にたくさんの電源を保有していたので、電源にかなりの被害を受けたということです。原子力は8基、750万kW、火力は16基、2,070万kWで、電源がものすごく止まったということです。一方でお客様の設備は、千葉県で一部液状化があったものの設備被害はほとんどなかったということでした。次に東北電力は震源地に近いこともあり電源、お客様側とも大きな被害を受けたということです。

過去の地震でも特徴はいろいろあり、私共が過去に経験した阪神淡路大震災は東京電力と様相が逆で、私共の発電設備はほとんど被害を受けませんでした。お客様の設備は大きな被害が出ましたが、今回の東京電力のケースは逆に電源に被害が大きく、お客様の被害はほとんどなかった。両方に被害が大きかったのは東北電力でした。

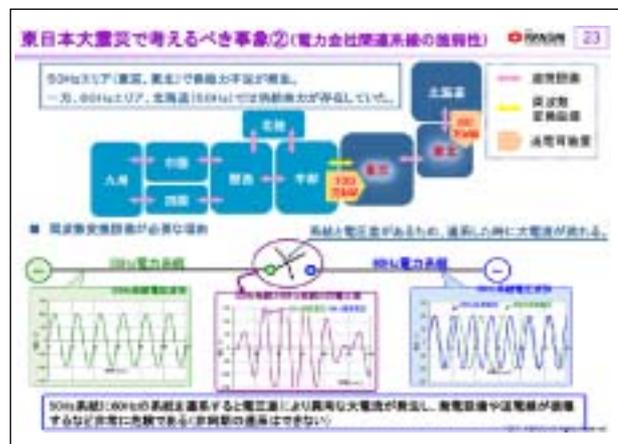
今回の地震を契機に分散型電源が脚光を浴びていますが、それぞれのケースを考えてみるとやはり様相が違っていると感じています。東京電力のように電源だけがなくなり、電気が来ないというケースでは分散型電源を設置し、お客様まで単独系の制御システムを構築すれば計画停電の影響を受けないでしょう。一方で阪神大震災や今回の大震災の東北のようなケースでは、分散型電源を設置していてもお客様の設備そのものが損害を受ける可能性があることや電気に加えガスや水道も停止する可能性があるため分散電源だけに頼るような供給システムを構築すると停電が長期化する可能性が高くなるのではないのでしょうか。信頼度を上げるためには、系統側からも分散電源側からも両方で使えるようにしておけばよいのですが、それには設備投資を2重にする必要がありかなりのお金がかかります。また、最近注目を集めているのが、太陽光と蓄電池システムを使っ

て単独系の制御システムをつくるという話ですが、先ほど述べたように、災害のケースを踏まえて信頼性やコストをどのように考えるかといったことに加えて、蓄電池の安全上の課題なども考えないといけないと思います。いずれにせよお客様のニーズを踏まえ、私どもとしてもどのような協力ができるのか一緒に考えて参りたいと考えております。

東日本大震災で考えるべき事象 (電力会社間連系線の脆弱性)

2つ目の課題は、日本の場合、東京電力と中部電力を境に東側50Hzと西側60Hzと分かれています。1秒間の電圧波形が50個あるか60個あるかの違いですが、これを交流で直接つなぐと系統と電圧差があるため、連系した時に大電流が流れて機器が潰れてしまいます。直接につなげないので、いったん直流に変換し、周波数変換所で50、60に変換しているわけですが、容量が100万kWしかないということです。東京電力だけで6,000万kWというオーダーですから、緊急時の対応として容量が少なすぎるのではないかとということで、これをどうするかという議論が国で進められているところです。

参考までに関西電力では60Hzの複数の電力会社が隣接しており、中国、北陸、中部との交流関係に加え、四国とは直流の海底ケーブルでつながっており、全体の容量として1,000万kW近くの送電線容量があります。したがって周辺からの応援は比較的受けやすいというのが関西電力の状況だと考えています。ただし、どこの電力会社も電気がないとなると、いくら送電線の容量があっても送っていただける会社がないということで、これは別の問題ということになります。



東日本大震災で考えるべき事象（計画停電による混乱）

3つ目は計画停電に起因した社会的混乱が発生したということです。グループをいくつかに分けて、時間帯別に停電すると公表されたのですが、停電地域の変更が相次いだり、東京都内は止めないとか、停電する所としない所が出てきたり、あるいは鉄道・病院・信号など重要箇所を含めて停電させてしまったとか、後で多くのお叱りを受けました。大規模停電が起きないように設備形成に取り組んでいくことが一番重要ですが、大規模災害に備え、例えば今回の節電のお願いでどの程度の効果が出ているかを評価し、社会的影響をいかに小さくするかを考えて、しっかり取り組んでいきたいと思っています。

まとめ

私共が取り組んできたスマートコミュニティは、地震を踏まえても基本的には変わらないと思っており、太陽光やヒートポンプを使った未利用エネルギーの有効活用、電気の見える化によって、効率的なエネルギー利用の促進などを通じてCO₂を減らしていく、あるいはエネルギー利用量を減らしていくことです。エネルギーマネジメントをする上で、どういうコミュニティ単位でやればよいのかについては、実証事業で評価に取り組んでいる段階にありますので、費用対効果を見た上で展開していくことになろうかと思っています。また、今回の震災で顕在化した課題については、引き続きしっかりと取り組んでいきたいと思っています。以上ご静聴有難うございました。

< 質疑応答 >

Q): 関西電力としてCO₂の25%削減は難しいのではないかと私は思う。政府は火力といているがこれは大きな間違いだろう。スマートグリッドを勉強されているようだが、劣悪な各家庭の太陽光発電を制御するのだから、大停電のようなことが考えられると私は思う。もう一つ、発送電分離についてどう考えているのか。

A): 原子力を全部とめてのCO₂の25%削減は難しいと思っている。一方で再生可能エネルギーの導入を進めることによってコストも下がっていくことだ



ろう。グッドパリティとしてメーカーが取り組んでいるので、品質を下げない中で系統にいかにスムーズに取り込むかということが電力にとっては重要だと思う。

Q): 日本だけだと思うが、小口は24円/kwh、大口は8円/kwh。小口が3倍というのはどういうことか。外国ではそんなにとっていないはずだと思う。

A): 電気料金は今指摘されたような比率ではない。詳しくは資源エネルギー庁のホームページで確認いただければわかりますが、日本は住宅用と産業用の料金比率は1.5倍程度でむしろ海外のほうが、この倍率は大きい。また、kWhあたりの料金については電気の品質や各国の電気事業を取り巻く環境が大きく異なるため、単純に諸外国との比較はできませんが、平成23年2月に行われた国の制度環境小委員会によると、米国は石炭火力発電の比率が高く、韓国は政府によって電気料金が抑えられているため、日本を含む諸外国よりも電気代が安くなっていると言われています。

Q): CO₂削減で、火力発電所は重油だが、バイオエタノールなどを燃やすことを検討したことはあるのか。

A): バイオ燃料の研究開発はやっている。コストが下がれば有望なメニューになると思う。スマートコミュニティの取り組みにおいて地域特性ではそういうものが有効に活用できる所が出てくるのではないと思う。