

低炭素社会戦略センターシンポジウム「低炭素社会実現のための課題と展望」

日時 平成 27 年 12 月 24 日（木）14:00～17:25

場所 伊藤謝恩ホール

パネルディスカッション

「明るい低炭素社会に向かって」

モデレータ 山田 興一（低炭素社会戦略センター（LCS）副センター長）

パネリスト 石田 謙悟（北九州市環境局 環境国際戦略担当理事）

本林 稔彦（NEC スマートエネルギービジネスユニット 新事業推進室
エグゼクティブエキスパート）

藤田 政之（東京工業大学 教授）

洪 儒生（台北駐日経済文化代表処 科学技術部 部長）

関根 千津（住友化学（株） 理事／LCS 戦略推進委員）

松橋 隆治（LCS 研究統括）

（山田） パネルディスカッションを始めるにあたり、私のほうから少しだけ説明をした後、各パネリストに5分ずつ発表いただき、その話題を中心に議論しまして、その中で皆さまから事前にいただいた質問に時間がある限りお答えするという流れで90分過ごしたいと思います。よろしくをお願いします。

COP21で各国が出しているCO₂排出削減についての2030年までの目標値と私の計算結果をご紹介します。例えば、中国が2005年基準に60-65%削減目標を掲げていますが、今から18年間を平均し、GDP4.5%成長で見ると、日本と比較してもやはり、後から出てきても、いろいろな技術を取り入れたことで、どんどんスピードが上がり、自信を持ってこういう目標値を示していることがわかります。EUは40%削減、インドは34%削減が目標ですが、産業は成長しています。今の数字だけ見ずに、やはり先のほうを見て、いろいろなことを判断したほうがいいことがわかります。そして、将来を見据えながら、日本も低炭素社会に向かっていくと、どう明るくなるかという話がこれから出てくると思います。

では、関根さんからよろしくお願いします。

（関根）私は、住友化学という化学メーカーですので、材料を開発していますが、特に、表示材料の開発を20年以上やっております、その中で、ビジネス、事業化する部分にも関わりました。具体的には、今、液晶テレビは非常に普及して使われていますが、ブラウン管からこの液晶テレビが開発されていく過程を、材料開発という観点でずっと関わることができました。この過程において、いろいろな技術があったわけですが、淘汰されていった技術も多数ありました。淘汰されていった技術と生き残った技術の違いというのは、当然ですが、求められる性能が出るかどうかということ、普及するぐらい安くできるかどうかということです。今、皆さんがご家庭で買われるのは、リーズナブルな値段で、それなりに性能のいいものということと選択されていると思います。もう一つ大きな技術は、消費電力が小さいということ、小型できれいに薄くできるということから、携帯電話、それから今はスマートフォンへと展開し、これは本当に液晶ができなかったら、そんなデバイスはできず、今のような生活はできなかつたら、一つのイノベーションとして非常に感慨深く思っています。この技術はさらに今、有機ELテレビや有機EL照明に、そして今、プリンテッドエレクトロニクスと呼ばれていますが、半導体TFTの原料であったり、太陽電池も印刷でできるとい

うことで、開発が進められています。

特に、本日の話題である低炭素社会のための技術、イノベーションということで、どんな技術を技術者としては開発していくべきかと考えましたときに、非常に世の中の動きが変わってきていて、より複雑になっていると考えます。

一つは、より安くできるものが生き残るのは当然で、将来も変わらないと思いますが、その時に、本当に大量に作りさえすれば安くできるかどうかというところは考えないといけません。今、事業のプレーヤーの構造がいろいろ変わってきていますので、たくさん作っても、本当に安くできるかどうか、必ずしも直結しない状況になってきていると思います。

例えば、国が予算を付けて普及を推進するとかいうことは、最初加速するためにはあっていいと思いますが、たくさん作ったときに、残念ながらコストが下がらないものは、やはり本物ではないのです。結局生き残ることができないということなので、こういう技術を選択してしまっただけではよくないと思います。よって、その見極めというのが非常に難しくなっています。

それから二つ目に、使うのは人間なので、人間が使ったときに、快適かどうか、使いやすいかどうか、恐らくこれまで以上に求められると思います。技術者はとにかく効率が何%以上とか、寿命が何万時間以上とかいう見方で、市場に出るものを選択していく傾向があります。液晶テレビであれば、薄くてきれいな画像はパネルでできますが、部屋に合わせたデザインや色は、デザイナーが考えることで、技術とデザインがある意味分離していたのが家電製品だと思います。しかし、より技術の本質的なものが、人間の使いやすさや心地よさ、障害にならないといったところが切り離せなくなってきており、技術開発も、ターゲットを選ばなければいけない時代になってきており、こうしたことも含めて、本日議論ができればと思います。よろしくお願いいたします。

(本林) NECは社会インフラ事業に昔から取り組んでおり、パソコン等で比較的有名になりましたが、実は、海底ケーブルでは世界3位には入りまじすし、蓄電池も実は、携帯電話向けからスタートしています。1990年初めから対応したのはグループ会社ですが、ラミネートタイプ、マンガン系LiB（世界初）を作り、自転車、EV、そして最近になってようやく家庭の蓄電システムに展開してきました。蓄電システムを持っているICT会社で、再生可能エネルギーを導入するために、蓄電池とICTソリューションを展開しているという立ち位置です。

再生可能エネルギーの状況をグラフで見ると、アメリカ・カリフォルニアで太陽光が導入されると、昼間の調整電力は非常に少なくなってくるのですが、夜間の電力は非常に増えています。太陽が沈むとともに照明の需要が増えるということで、ダックカーブとかネッシーなどと言うらしいですが、この傾きが非常に問題になっています。

ドイツでは、フィードインタリフ価格がどんどん下がっており、グリッドパリティ超えて自産自消へ向け蓄電池に補助金を付ける話になっています。

一方、日本の導入実績をみると、太陽光発電の導入は工事があるので、急に3倍、4倍にはなりません。ところが、認定容量は、2014年3月になんと今までの倍に増えています。現在は70GWで、一般的な原発で計算すると7個分になっています。これにより、周波数の調整、また、再エネ導入の不安定さをサポートする電源が必要になってくるという問題が起こります。さらに、それほど容量がない送配電網に流さないといけないという課題が出てきます。

これに対して、蓄電池は瞬発力が非常にあるデバイスなので、発電はしませんが、発電をサポートするに

は非常に適しており、発電所を作るより早くソリューションを提供できます。ということで、蓄電池への期待が非常に強くなっています。

NEC 製蓄電池の事例では、イタリアの電力会社、ENEL に、2014 年に系統向けの蓄電池を納め稼働しています。まだ実証ですが、需給調整を取るとか、周波数制御をし、配電網の電圧制御をするという目的で蓄電池を使っています。

また、弊社のアメリカを拠点とする子会社、NEC エナジーソリューションズでも、アウワヒ（ハワイ）で風力導入、ロスアンデス（チリ）で予備力、セルビア（スペイン）でリニューアブルタイムシフトおよび周波数や電圧調整、ローレルマウンテン（ウエストバージニア）で調整力提供をしており、既に海外でも動いているのです。

小型蓄電システムについては、弊社では 2012 年から取り組んでおり、最新モデルは容量 7.8kWh で、フル稼働すると、使い方にもよりますが、半日から 1 日の約 70%は使えるものです。こちらをクラウドにつなぎ、24 時間 365 日見守るサポートを提供しています。また、ONE エネルギー株式会社（オリックス・エプコ・NEC で共同設立）では、月々 6500 円でご提供しています。

さらには、明日の天候を予測し太陽光の発電量に合わせた蓄電池の放電または充電をクラウドから制御することも始めました。放電と充電というように選択肢が 2 つあれば、制御の必要性が出てくるということです。また、小型の蓄電池を多数束ねて群制御することで調整力を提供することに取り組んでいますが、集中システムだと何万台もの蓄電池制御が非常に難しく分散システムだと全体調整がうまくできない、という課題を解決するために、多数台の蓄電池を新たな協調制御技術を用いて調整力として提供するチャレンジを、今進めています。

（藤田） 私は基礎研究の立場からお話をさせていただきます。

わが国では、国が科学技術上の戦略目標を決め、ミッションオリエンテッドに進めるという研究の形態があります。JST は、この国の戦略目標を遂行するための大きな業務を背負っており、その中のフラッグシップのプログラムとして、CREST（戦略的創造研究推進事業）があります。

最も成功している CREST の例としては、山中伸弥先生の iPS 細胞などが挙げられますが、私が研究総括として担当させていただいているのは、「分散協調型エネルギーマネジメントシステム構築」です。

エネルギー問題は、狭い意味の物理学や化学に閉じた科学技術ではなく、経済も政策も含む社会的な技術システムですので、いろいろなものを統合化して融合展開をしていくことが、まず大事なのです。そのためには、超領域的な、学問分野を超えてというのが大事で、CREST では、まずいろいろな先生方に研究提案書を出していただき、研究チームを率いて集まっていただくとしておりました。融合研究をするというときに、ある先生と別の先生の論文を持ってきてホチキスで留めても融合研究にはなりませんから、それを生みだしている人間と人間、脳と脳がシナジーをしていかなければいけないと思っていました。ですので、合宿をしたり、修学旅行のようにみんなで一緒に出掛けたりと、いろいろなことをしてきました。例えば、北九州のスマートコミュニティ、経済産業省の実証地域、宗谷岬ウインドファーム、NEDO のハワイジャンプスマートマウイプロジェクト、アメリカの National Science Foundation（NSF）エンジニアリングリサーチセンター（ERC）やエネルギー省（DOE）も工学だけでなく、気象学や経済学などいろいろな分野の先生がみんなと一緒に、こういうのができるのだという事例を見てきています。

さらに、CREST というのは、大学の先生にとってはかなりブランドが高い研究プログラムですが、実は、それぞれの分野で第 1 級の先生でも、別の学会ではあまり知られていないということがよくあります。よっ

て、例えば、電力・エネルギーの部門大会、環境経済・政策の学会、ビッグデータや機械学習、あるいは、リモートセンシングなど、他の学会に行くとは全く言語が違いますが、一緒になって社会的な課題の解決のための協調をしようと取り組んできました。

こうして、たくさんのプロポーザルから、最初はいろいろな分野から 23 人の研究代表者に研究チームに加わっていただき、スモールスタートを始め、徐々にビルドアップし、3 年かけて 5 つの最強チームという研究チームを構成しています。キーワードで申しますと、太陽光をいかにシステム化して社会につなげていくか。これは後でぜひ、関根先生と議論したいところですが、デバイス要素の開発とシステム化を平行でやっていかないと社会にインパクトがないと思いますから、ここは問題です。

それからデマンドです。経済のモデル、市場のモデルをどう作っていくか。来年 4 月からは、小売りの全面自由化があります。このための理論的枠組みが大事です。それから、蓄電池や EV をいかに効率的に社会の中に入れていくか。あとは、各種データやモデル、実証基盤などをきちんと研究費を掛けて作っていくことをしています。もう一つは、国際協調も大事です。CREST では、JST だけではなく、アメリカの代表的な NSF という機関、それからドイツの代表的な DFG という機関と一緒に、最近ではノルウェーも入ってきたりして、分散協調型のエネルギーマネジメントシステムのための国際ワークショップを、面白いことにファンディングエージェンシーが協力して進めるという形になっています。

スマホを通して HEMS で EV にチャージングしています。IH ヒータークッキングを始めると、HEMS がいろいろエネルギーマネジメントを開始しています。しかし、ここに理論が必要なわけです。全体最適化、システム化、スマート化をするためのアルゴリズムをきちんと理論的に出していく必要があるのです。最近では、全体的な理論とともに実証を作っていくことをさせていただいています。以上です。ありがとうございます。

(洪) 現在、主に日台間の科学技術の連携を仕事としています。毎年、JST とワークショップとジョイントプロジェクトをやらせていただいております。今日は台湾のエネルギー事情および、低炭素社会の取り組みについて話をさせていただきます。

まず、台湾の基礎データを申し上げますと、台湾は琉球諸島の西南に位置する島国です。人口は約 2300 万人（日本の約 1/5）。面積は 3 万 6000 平方メートル（日本の約 1/10）。その内 70% は山岳地となっております。人口密度は、670 人/km²（日本の約 2 倍）です。台湾の主な産業といたしまして、半導体、電子機器、化学品などの輸出型、GDP の 7 割が輸出ということになっています。

2012 年に 1 人当たりの GDP は 22k\$ となっています。近年の GDP 成長率は 2 から 3% ぐらいとなっており、2012 年のデータでは、台湾は世界 CO₂ の排出量の 0.8%、世界の 24 位になっています。また、一人当たりの年間 CO₂ 排出量は 10.6 t と、日本よりやや多く、韓国より少し少ないです。1 次エネルギーの消費総量は日本の約 1/4、その中で石炭、石油および天然ガスという化石燃料への依存度は、ほぼ 90% に近い状況です。また、原子力は現在 10% ぐらいで、水力は非常に少なく 0.5% しかないという構成です。

どこにそのエネルギーが使われているかといいますと、やはり産業からの CO₂ の排出量は、全体の 50% を示します。また、GDP 当たりの排出量は、現在約 526 トン/百万米ドル。それは韓国とほぼ同じくらいで、日本の 2.4 倍、アメリカの 1.6 倍、中国の 0.4 倍になっています。その原因といたしましては、高炭素エネルギー源の多使用です。石油および石炭の使用はまだ多く、また、エネルギー多消費産業の比率がまだ高いことによると思われます。

台湾政府は、今年の COP21 の会議の開催に応じて、温室効果ガスの削減量、および管理法を立法化し、自

主的約束草案の提出をしています。目標として、2030年のCO₂排出量を2005年より20%削減し、2050年まで50%削減を約束し、それは、韓国やシンガポールより大きく設定されています。目標を定めるにはいろいろな考慮がありますが、台湾の過去の温室効果ガス排出経験から申し上げますと、1999年から2006年の間に、CO₂の排出増加率は4.1%、これはほぼGDP成長率と一致します。また、2006年からエネルギー価格を高くする省エネ法案によって、2006年から2011年の間に3%のGDP成長にも関わらず、CO₂の排出増加を0.3%まで減らしました。これは毎年2.7%の省エネ効果があったわけです。この経験を踏まえ、省エネおよび再生可能エネルギーの技術を取っていくと、2030年は目標値の達成が可能ではないかと政府は考えています。

今後の低炭素社会に向けた課題はまず、天然ガスです。石炭の代わりにできる限り、その利用を増やすことです。また、水力を除く再生可能エネルギーの発電比率は1.9%というのが現在の数字ですから、2030年までに12%まで増やしたい予定です。これからいろいろな省エネ技術が必要になると思いました。特に問題になっているのは、既に16%の原子力発電の部分をこれから減らすか増やすか、その選択を考慮した上で、これからのエネルギー構成の最適化を考えないといけないと、今、政府は考えております。以上で話を終わらせていただきます。

(松橋) 私は、LCSの研究統括と東京大学の教員を並任しており、LCSでは6年目になります。LCSは、研究者と事務管理スタッフが一体化しており、事務管理スタッフが研究のことを一生懸命勉強して、JST内部でも文科省に対しても説明し、これまで進めてきたという意味では、大変すばらしい組織であると自負しています。

本日、小宮山センター長から、デカップリングというお話がありました。GDPを成長させながらエネルギー消費を下げっていくこと、そして、CO₂、温室効果ガスを下げっていくことをつながりを持っていくことをデカップリングと言いますが、私は、グリーン成長とこのデカップリングを定義しまして、3種類に分けています。

1型グリーン成長、1型デカップリングは、家庭、つまり民生で、省エネ技術や省エネ機器を普及させ、GDPを成長させながらCO₂を下げっていくという、所謂、小宮山センター長のおっしゃる日々の暮らしからのCO₂削減、技術の革新というのが1型です。2型は、エネルギー多消費産業の省エネ化、CO₂削減で、国内では少し飽和しているところがありますが、海外に向かって技術移転していくということで、大きなチャンスが残されています。3型は、社会構造の変化で、ICTやサービス、医療、介護のような、GDP当たりのCO₂排出減単位の低い産業がこれから伸びることで、経済構造全体のGDP当たりのCO₂が下がっていくというものです。これも小宮山先生から既に始まっているというお話がありました。このように、3つに分けて話をいたします。

LCSの試算では、今ある省エネ技術や新エネ技術を取り入れるだけで、家庭のエネルギー消費は1/4になります。しかし、これは放っておいては普及しません。コスト的にもきちんと元は取れるのに普及しないので今のような状態になっているのです。では、普及させるにはどうしたらいいのかということで、私たちは「電気代そのまま払い」というファイナンスの仕組みを提案して、プレスリリースをしています。

これは、事業者が支払い、家庭は初期コストを払わないで新しい省エネ家電製品などを入れていただくというものです。節電されるので、節電される電気料金からそのローンを払っていただくという仕組みで、ESCOでいうところのシェアード・セイビングスという方式です。これを家庭版に当てはめてやっていこうということです。ただし、家庭版ESCOというのが今までほとんど実現していないのですが、なぜ実現しないかというと、粒が小さくて、与信をかけるころにお金が掛かり、費用対効果が悪いのです。宮内様のお話で、要

は、企業は政治が制度をきちっとしてくれないと右往左往して混乱しますし、もう時間がないとおっしゃっていたのが印象に残っておりますが、我々はそのエネルギーの供給側と需要側の間に入って、制度のデザインも、政策の提案も含めて、このエネルギーのイノベーションが進むようにやっぺいこうという組織を、「グリーンパワーモデレータ構想」と名づけています。

エネルギー事業者、家電量販店などと一緒になり、小売り電気の完全自由化のタイミングで、そこに「電気代そのまま払い」の仕組みを入れて、エスコとして、家庭用の省エネ家電、省エネ技術の普及強力を進めていく事業体としてグリーンパワーモデレータを提案しています。来年4月から順次社会実装していく予定です。電源構成につきましては、小宮山センター長と宮内様からもお話がありましたように、非常に混乱するのは、政治が原子力をどうするのか、再生可能エネルギーをどうするのかははっきりしないためであるという状況です。我々はその電源構成のモデルも省の違いも乗り越えて各省に共有していただけないか、そして、科学者の持っている知見をみんなに共有していただいて、再生可能エネルギーに関する問題点、原子力に関する問題点、そこに疑心暗鬼が生じないように、みんなで道具を共有し、本林様からお話がありました周波数の問題も全て議論していけば、落ち着くべきところに落ち着くのではないかと思います。その合意形成を促していくために、我々が開発したモデルを共有していきたいと考えております。

我々が提案しているアプローチは、統合貢献アプローチといい、日本の技術を国内で開発を進め、海外に対して技術移転を進めていく際に、整合性を持って、統合的に提案していこうというものです。この概念につきましては、我々から行政にペーパーを渡し、今回のCOP21パリで経済産業省の行政官より発表していただきました。ということで、統合貢献アプローチは今、海外に向かって、この新しい枠組みの準備を進めています。最後に、明るく豊かな低炭素社会のモデリングということで、エネルギー経済モデルを構築しています。GDPを600兆上げながら、CO₂を下げ省エネ化を進めていくということで、このツールもいずれは共有して、みんなで空中戦にならないように同じツールを共有して議論ができないかと考えます。以上です。

(山田) ありがとうございます。それでは、これまでのパネリストの発表内容について、パネリスト同士での議論を進めたいと思います。一般論でまず、関根さんのお話について、パネリストから何か質問等がありましたらお願いします。

(藤田) 関根様と本林様にぜひ伺わせていただきたいのですが、わが国の技術は、私も工業大学に所属していますので、同僚の先生方はよく知っていますが、物理学や化学に閉じたところで性能をひたすら改善するというのは非常に得意にしていますし、実際、日本の企業も大変得意だと思います。ですが、それをシステム化、全体最適化するというフェーズになると、割と言葉が濁るケースが少なくないのではないかと思います。本当は、デバイス開発やシステム化をするというのは、さらに統合化していくことによって、アメリカやドイツなどの他国に負けないような技術開発が、わが国もできるのではないかと、大学にいながら思っておりますが、関根様や本林様はいかがお考えでしょうか。

(関根) この分野に限らずですが、もう一つの技術だけで何かができるということではなくなっているというのは間違いのないと思います。企業側の立場でいえば、企業はそれぞれの得意分野やコアな技術がありますので、それを最適なパートナー（必ずしも1社ではない）と一緒にあって、技術をつくり上げていくということが非常に大事かと思ひます。

例えば、太陽電池で言ひますと、いろいろな使い方はあると思ひますが、ビルのエネルギーマネジメント

システムも、もちろんデバイスも要りますし、システムのコントロールする所が必要です。また、太陽電池のみならず、いろいろなものを合わせて全体の最適化をするということになるので、全部集まって取り組むことで初めてできると考えています。よって、そうした所が必ず必要であると考えています。

(本林) NECはPC8001というのを世に出したことがあります、どこが出したかということ、NECの半導体部門です。CPUの使い方を提示するために作ったというものでした。ところが、PC9801はコンピューター部隊に移ったわけですが、藤田先生のお話を伺っていると、そういう使い方の提供の感覚を忘れていたかなと思った次第です。エネルギーの領域は、1社で全てのシステムを提供する、というのはなかなかできない領域で、我々も発電はできません。よい使い方を提供する仕組みをどう作るかということは、非常に頭の痛いところではあります。

今、提供しようとしているシステムは非常にシンプルな制御からです。例えば、たくさん家電機器の最適制御につきましては研究を一緒にやらせていただいています、最初からたくさん機器を制御するシステムというのは、すぐには需要側に受け入れられないということがあると思います。デマンドレスポンスも、まず、省エネしなさい、という信号だけ出す、というようなところから始まると伺います。最初に提供するシンプルなサービスとして何が効果的か、ということをやうまくやらないといけないと思います。

(山田) 他に何かご質問はありますか。

(本林) フィードインタリフで、太陽光発電所が展開される際に、発電効率の低いものを安く展開するというアプローチと、高いけど発電効率の高いものを作ろうというアプローチがあったと思うのですが、一般に、外国製の安いものが非常に流行って使われ、日本製のものは、高効率な非常に優れたものを作ろうという方向だったように認識しておりますが、その辺はどうでしょうか。

(関根) 非常に難しい問題と思いますが、確かに、日本は今まで高い技術があれば高く買ってもらえると思っていたところがあるかと思えます。しかし、それはやはり違ってきているという認識が、かなり広まっていると思います。発電の話が出ましたが、おそらく同じ用途を必ずしも追う必要はないと思うのです。

例えば、有機の太陽電池でメガソーラーを作らなくてはいけないかということ、勿論まだ答えは出ていないと思いますが、必ずしもそうではないです、これだけICTで、世の中が非常に動き早くなっていますので、いろいろなところでエネルギーを使わないといけません。そうすると、ある特定の領域では別に発電効率がシリコンとかより低くても、その目的に合致していればいいので、用途にマッチした技術を選んできて作るということだと思います。たくさん作らなければいけないのであれば、むしろ効率よりも、いかに品質を維持した状態で大量に作れるかという技術のほうがより難しく、そちらのほうにフィーチャーすべきですので、そうしたところで、技術は選別、選択していくべきかと思えます。

(山田) 将来は、太陽光発電が非常に増えてくると思いますが、そうすると、面積の問題も出てくるので、単純に言えば、効率が高くてどれだけ安くできるかというのが、最後は勝負となります。それは30年ぐらい先のことですが、研究としては今から取り組んでおかないといけないということです。

(関根) そうだと思います。

(山田) では、藤田先生のお話について、松橋先生は何かご質問はありませんか。

(松橋) 藤田様、本林様に関連しますが、私が今の再生可能エネルギーのお話を含めて興味を持っており、これはこれから大量導入されていく中で、コストの問題もありますが、その変動吸収ということがあります。それに関して、本林様は企業としてのソリューションをお持ちだと思いますし、藤田様は CREST の中でいろいろな研究をされていると思いますが、その辺りを伺わせていただければと思います。

(本林) 変動吸収のソリューションについては、海外の事例をご紹介しましたが、日本でも大型蓄電池を導入して実証を始めているという状況です。太陽光発電は毎年 9GW も入ってきますので、変動吸収のニーズは高いと思っています。弊社だけで全部やりますということをお願いしているのではなく、たくさんの蓄電池を束ねて群制御することを考えますと、やはり標準化されたマルチベンダーで提供される蓄電池を収容していけるようなプラットフォームにできればと考え、今進めているところです。

(藤田) PV は、わが国のリニューアブルにとっては 4 番でエースのような役割になるとと思いますが、デバイス効率の問題もあり、なんといっても出力変動が問題です。この出力変動をどう吸収するかについては、デバイスが必要で、それは蓄電池が最強ですが、デバイスがそろえば組み上がるわけでもないというのが、先ほどの議論のとおりです。

メガソーラーのように、ちょっと高めのボルテージで送電ラインに入るか個々の家庭の配電の下で入るかで PV の取り扱いはかなり違うと思われませんが、いかに気象情報をうまくビッグデータとして使って予測するかです。CREST では、そこはかなり傾注しています。予測は、もちろん予測ですので、当たらないことが多いわけです。そうすると、当たる、当たらないというような確率を求めて、その区間が出てくる中で、電力配分、運用計画などをどう行っていくかということが、大学の先生ならではの集団でできる場所だと思います。

今もいくつか、JST のプレスリリースなどで、そういうことができるものが発表され始めているところですが、これがさらに実用化されているいろいろな企業の中でインプリメントされていくようになり、ならし効果と合わせれば、より普及につながっていくのではないかと考えています。

(松橋) ありがとうございます。今、大学の研究というお立場と企業というお立場で変動吸収のお話がありまして、宮内様のお話にあったように、企業はすばらしい力を持っています。大学もすばらしい研究能力がありますが、変動吸収をしていくための制度の仕組みがきちんとできないと、前に動けないということがあると思うのです。

LCS も、そういう制度設計も含めて取り組んでいます。これから欧米のようにアンシラリサービスという周波数制御の仕組みができてくると、電力システム改革が進む中で、今までは一般電気事業者が、例えば、天然ガスのコンベンショナルな発電所の制御を秒単位でやりながら、需給のギャップを埋めてきたのですが、だんだん再生可能エネルギーが増えてくると、それにも限界があります。また、その電池といったものの技術開発があり、私は今、コストを比べておりますが、意外とその天然ガスの発電所を上下させるのもお金が掛かることですので、ぜひ、企業の力、大学の力、そして、そこに制度の設計を絡めていくと、一般電気事業者も助かるし、太陽電池の事業者も助かり、社会全体としては CO₂ が下がってくるということで、そこを

探して、みんなで努力していくということが大事だと思っています。

(藤田) 今、松橋先生から大変素晴らしいご指摘をいただきましたが、こういうふうにはリニューアブルが入ってくると、もはや科学技術の中の閉じた世界では議論ができなくなってきていると、私は思っています。特に、電力市場の自由化を考えると、いよいよ経済のモデル、社会科学のモデルというのを統合して、松橋先生がおっしゃるような政策や制度と合致させたものとして、社会的課題に向かっているといかないといけないと思うのです。

狭い意味では、経済というのはデマンドレスポンスというように、北九州の貴重な事例などもありますし、今から、その電力のマーケットを、例えば、インバランス清算するために、リアルタイムマーケットをどのように設置すれば、アンシラリーが供給され、予備力が供給されるというのは、まさに、企業と大学が合致して立ち向かっているといかなければいけないと思います。石田様に教えていただきたいのですが、北九州市ではこういうマーケットとか経済とか、デマンドのモデルのご経験がありましたら、ぜひお聞かせください。

(石田) 北九州スマートコミュニティの実証実験の中で、先ほどご紹介したような、20%ピークカット効果が確認できたというところですが、これはまだ実証実験に留まっており、これを実際に今後どう展開していくのかというのは、これからの課題と思っています。それから、こうしたスマートコミュニティを考える場合、我々はどうしても電力中心にしておりますが、廃棄物やリサイクルの問題も、当然含めて考えていく必要があると思います。例えば、水の問題にしても、かなりエネルギーを使って作っています。また、廃棄物を発電としても活用できるという意味では、トータルに考えた上で取り組んでいく必要があると思っています。我々は、アジア市場、アジアへの横展開を考えていますが、その際、ビジネスモデルというのが非常に重要と思っており、それは、価格競争に勝ち抜くためのビジネスモデルという視点が非常に重要だと思っています。

(洪) 北九州市が現在力を入れている省エネエコタウンやスマートコミュニティ、水素タウンなどの技術は、非常に台湾の人から注目されています。ただし、一つ疑問があります。それは、技術としては非常に有効的に見えるが、自国に持っていった際に対応できるのかということです。例えば、台湾の場合、スマートコミュニティを本当に実験するには、再生可能エネルギーの固定価格の買取制度と、電力市場の完全自由化も視野に入れ、技術だけではなく、法律まで考えないといけません。おそらく、どの途上国でも同様の問題になると思います。

(藤田) 環境エネルギーはグローバルな問題ですので、まさしく国際協調が欠かせない問題と認識しています。そこで CREST は、各国のファンディングエージェンシーが集まり、JST が主導して、エネルギーマネジメントの国際ワークショップをしております。アジア地区で言いますと、シンガポールが興味を示しています。シンガポールは日本と違い、常夏、赤道直下の国ですので、ヒーティングはいらないが、エアコンデショニングは非常にたくさん必要という国です。約 500 万人が小さな島の上に乗っているような国ですが、ほとんどビルに住んでいます。よって、スマートビルディングを作ること＝環境エネルギー問題ということになり、現在シンガポールと共同研究をしています。

一方、日本は 34 カ国ある OECD の中で下から 2 番目のエネルギー自給率ですが、一番自給している国は、ノルウェーです。水力と風力の両方で発電しており、有り余るエネルギーがあります。このように、南の国、

北の国、いろいろな状況下で展開する中で、日本のポジショニングを改めて外の座標から見ると、日本の強みや弱点がよく分かります。当然、先進国から学ぶことが大事だと思いますので、いろいろな国々との国際協調はますます大事になってくると思います。

(山田) どうもありがとうございました。

それでは、参加者からいただいた質問に移りたいと思います。このような質問をいただいております。

【参加者からの主な質問】

- ①COP21 の建設的コンセンサス構築
- ②日本の戦略を国際的イニシアティブにつなげる方策
- ③経済発展と環境問題解決や低炭素社会等との両立
- ④低炭素社会普及への国民意識レベル向上方法
- ⑤低炭素社会実現と地方活性化
- ⑥PV, 風力発電増加時の低炭素安定電源供給
- ⑦再生可能エネルギー主の分散型電力システム普及
- ⑧スマートコミュニティの普及
- ⑨FIT 制度の改善
- ⑩原子力発電の将来
- ⑪バイオマスエネルギー・炭素源の限界
- ⑫有機太陽電池の可能性
- ⑬水素社会の可能性、エネルギーキャリアーの見通し
- ⑭CO2 回収・貯留の実現可能性

【質問①、②について】

(山田) まず、日本の戦略を国際的イニシアティブにつなげるような方策はあるのか、現在はどうかということ。また、コンセンサスを得るにはどうしたらよいかという点について、何か関連の回答ができる方、お話しただけならと思います。

(松橋) 我々が提案している統合的貢献アプローチですが、日本国内の目標値である 2013 年度と比べて 26%温室効果ガスを削減するというものは、INDC に盛り込まれた参考値の海外に対して 10 億トンの削減に貢献するといったことと、今のところまだ有機的には連携が取れているとは言えません。これから何とか、国内における目標と海外に対する貢献の中に、日本の技術をどう活かしていくのか、場合によっては日本の技術を海外に売り込んでいくということも含めた、整合性のある国際戦略が必要だろうと思っています。それを統合的貢献アプローチと呼んでいます。

10 億トンという数字は、これまで京都議定書のクレジットでやってきた実績と比べてもはるかに大きいので、企業や国が喜んで飛び込んでくるような仕組みでなければいけないだろうと、そして、もし日本が実践すれば、他の国も賛同して飛び込んでくるような仕組みを作ると、世界中がそこで競争するという形が出てくると思います。今までは、削減枠の押し付け合いで、目標を実行するためには先進国がもっと下げなさいという、いわば嫌なことを押し付けるような競争でしたが、これからは、私たちがやりたいとなることで、

企業の業績にもなりますし、温暖化の対策にもなります。そうすることでこぞって競争するような仕組みを作っていくことで建設的コンセンサスの構築に何とか転換できないかと、只今、行政の人たちと一緒に知恵を絞っているところです。

(洪) COP21の目標に対して、台湾は国連の加盟国ではありませんが、政府として、やはり地球の一員として、できれば温室効果の削減義務を積極的に分担すべきだという考え方を出しました。それにはもう一つの狙いがありまして、今後の産業競争力を維持したいという夢があります。特に、今の製造業の効率化および、その産業構造の転換、特にクリーンエネルギーの発展は、これから国の重要な戦略の一つとして考えています。

そういう観点から、台湾政府が提示した約束草案は、韓国と比べると非常に積極的という面が分かるかと思いますが。その中で例えば、再生可能エネルギーおよび省エネの低炭素技術をいかに取り入れるかというのと、私個人的には、日本の低炭素技術はもう既に世界の先に立つと思います。

一方で、台湾はいろんな条件において、日本と非常に似ているため、日本で有効である技術、例えば、高速鉄道、新幹線とかを台湾に持っていけば、大半通用すると見てよいと思います。特に台湾の企業は、近年非常に活発に、バリューチェーンのグローバルを展開しており、競争力をかなり上げている面もあります。今後、低炭素技術について、日本と一緒にやるか、もしくは日本から取り入れるときに、できれば日台の連携によって、その技術の実証だけではなくコストの競争力を上げていくことも、大いに期待しています。

(関根) 私も、いろいろな製品を拡げることと基本的には同じだと思うので、社会実装をうまくやってみせることだと思います。やはりそれがうまくできていないところで、いくら他国に売り込んでも、なかなか現実味がないことですので、日本の社会の中で、うまく回っているものを早く作っていくことが重要だと思います。一度にはできないと思いますので、スモールスタートと言うように、やりながら改善し、経済合理性も出しながら、全体のバランスを取っていくということが一番近道ではないかと思います。いくつも早く事例を出して回していくことが拡げれば、必然的にやりたいという所が出てくるかと思いました。

(石田) オイルショック当時、日本企業は、クリーナープロダクションというか、生産工程そのものを見直し、原燃料を無駄なく使って生産効率を高めると同時に、汚染物質削減にも取り組み、そのときに、企業にとってはコスト削減につながりました。非常にインセンティブになったという経験があると思います。つまり、コスト削減と環境の改善というものがうまく組み合わせたり、様々な分野において、産業界では約1/2のエネルギー削減につながりました。CO₂削減のような問題の解決についても、そういうインセンティブが企業サイドにきちんと働く仕組みがあれば、オイルショックのときの日本企業のような形で劇的に改善することも可能ではないかと思っています。逆に言えば、日本は既にかなり省エネは取り組んでいるので限界がありますが、アジアの国々といえば、まだまだ可能性が相当に高いということです。こうした経験をうまく伝えるということがこのCO₂問題の改善にとっては非常に重要ではないかと思っています。そして、日本企業を支援して、地域の活性化につなげたいという大きな目標が我々にはあり、途上国の皆さんにとっては環境改善やCO₂削減につながり、Win-Winの関係になります。そうした関係をきちんと構築すればうまくこういう問題が解決するのではないかと思っています。

【質問③、⑤について】

(山田) 続いて、難しいのは3番の質問ですね。環境問題解決や低炭素社会と経済発展との両立について。そして、地方の活性化というのも関係していると思いますが、何か回答できることがありましたらお願いします。

(本林) NEC といたしましては、2009年ぐらいから再生可能エネルギー導入に関係する実証事業を、アメリカのニューメキシコ州などでかなり取り組んできました。そして、太陽光発電の出力抑制については、実は、2010年ぐらいから国内実証に参加しています。再エネ導入が進むと余剰電力が発生するので、それを蓄えるには蓄電池が必要なのですが、当時、蓄電池はまだ高価でしたので、最低限の出力抑制をすることを前提に実証を行いました。今年度も再エネ導入を促進するための出力制御実証に参加しています。しかしながら、発電抑制というのはどうしてもいい響きではないので、余った分はうまく使いましょう、という方向に向かうと思います。再生可能エネルギーの限界コストは非常に低いので、コストの低いエネルギーとして経済発展に寄与する可能性が大きいと思います。

(松橋) 経済発展と環境の両立については、安倍政権もGDP600兆円の中で温暖化対策も頑張るということで、経済を犠牲にして環境問題をやりましょうということは、これまでのほとんどの内閣はおっしゃっていないと思います。ところが、エネルギー、CO₂削減の問題になりますと、経済を重視しなるべく制約をかけないということと、環境を守るためには経済を犠牲にすることはやむなしと、この両派に分かれてずっと何十年も論争を続けてきたのではないかと感じており、企業が非常に困っているという宮内様のお話も、私も思いあたる節がございます。これからは、科学者が、そのどちらかについて論争するのではなく、ぜひ、今の政府の意思のもとで、どうやったらこの両立ができるのかについて論じたいものです。

一つは、消費者が合理的でないことを考えると、電気代そのまま払いというのは、環境と経済の両立に資するような仕組みが一部分できると感じており、勿論それだけで問題が解決するわけではないと思いますが、経済と環境の側で論争するのではなく、みんなで知恵を絞り、突破口を二つ、三つと作っていけば、経済と環境の両立、低炭素社会の両立というのはできると思います。

初めから、経済は合理的だという前提に立って環境対策をやると、必ずGDPが下がることになるので、その論法から離れて考えることが大事だと思います。それから、この問題に取り組んでからいろいろな地方自治体の方とお知り合いになったのですが、地方の方は本当に熱心で、北九州市の石田様だけでなく、どの自治体もご自身の自治体の発展のために一生懸命です。そのために、新しいエネルギー技術を取り入れようということも、町中走りまわって一生懸命やっておられます。我々は自治体と中央とをつなげて、ぜひ、事業を一つずつ社会実装していき、それを中央にもフィードバックし、日本全国にイノベーションが広がっていくようにやっていきたいと考えています。

(石田) 基本的には、経済発展と環境問題の両立というのは可能だと、北九州の事例が示していると認識しています。環境というのはある意味、規制ビジネスですから、環境は規制が厳しくなればなるほど、ビジネスチャンスが実は広がっていくという形になっており、それに対応できる企業のビジネスチャンスも拡大してくると、そこを政策的にうまく調整すれば、地方の活性化にもつながると思っています。

(山田) 北九州市では、何人ぐらいのスタッフで海外展開していますか？

(石田) 市内で磨いた技術を海外展開するというセクションのスタッフは、現在 20 名近くいます。ひとつの環境ブランドとしてアピールしていこうというところもありますし、大所高所というよりも、割と地べたを這いまわるような形で動いており、そういう視点も非常に大事かと思っていまして、風穴を開けていきたいなという意気込みで活動しています。

(山田) 時間がきましたので、これは言うておきたい、もしくは、質問の中でこれは回答できるというものがありましたらご発言をお願いします。

【質問③について】

(藤田) 経済発展と環境の両立の問題について、一言申し上げます。私も研究論文を書くときは、これこれを作ったら 20%良くなりましたとか、30%削減できましたとかいう論文を書いてしまう習性がありますが、日本の社会も、割と高度経済成長期が忘れられず、まだまだ伸びるというセンチメントが無きにしもあらずだという気がしており、実は世の中も限界曲線に乗るようなフェーズまできているのではないかという認識も大事ではないかと思っています。

そういう意味で、限界の学術理論というのは、私はとても重要ではないかと思っていて、限界曲線は何か上げる努力も大切ですが、それは恐らくイプシロンずつしか進んでいかないでしょう。そうすると、何か一方を取ると、その双対のデュアルなところにある何か少し悪くなります。そこをきちんと学術的に議論して提示をし、国民に制度や社会科学的な、経済学的な意思決定をしてもらおうというような進め方をすることがとても大事ではないかという気がするのです。COP21 でも、IPCC が RCP と呼ばれるシナリオのパスウェイをいくつか出していますし、LCS でも計算してシミュレーターで出していますので、限界の理論の中で、こういう将来になるのだというのを、一般の方にもよく分かっていただいて、どちらを選びますかというような進め方が必要ではないかと考えています。

【質問⑪、⑬、⑭について】

(山田) 最後に、数字を知りたいというようなご質問もありましたので、簡単にご説明します。

例えば、バイオマスエネルギーの使用量は、日本全体のエネルギーの 5%程度です。ちなみに、森林がどれぐらいの CO₂ を吸収しているかという、数%ぐらいの感じですが、森の管理をよくすると、もう少しよくなるでしょう。

そして、水素の可能性やキャリアの見通しについてですが、再生可能エネルギーから水素を作るとして、ガソリンが 1 ㊦ 50 円で買えるとすると、その 4、5 倍の値段です。ここはかなりギャップがあり、そこをどうやって詰めていくか、経済的な見通しが立たないことには、まだ先が見えない状況です。

また、CCS につきましては、約 25 円/kWh で買っている家庭の電気が、今の技術水準で CCS を導入すると、5~6 円上がる予想です。

したがって、再生可能エネルギーの価格が下がることが、CCS の実現に対してどのような影響を与えるのかが、大きなポイントになってくると思います。

お時間となりました。今日の議論をお聞きになり、低炭素に向かうにはまだ課題もありますが、明るい方向もあるのだなということと、枠組みをしっかりと決めるとうまくいけそうだなというあたりが見えてきたのではないかと思います。今日はありがとうございました。

以上