

## エネルギー・資源学会 2000年新春座談会

### 「21世紀の担い手が語るエネルギー・資源と環境」



#### はじめに

野村 本日は皆様方大変お忙しい中、お集まりいただきましてありがとうございます。恒例の新春座談会をただいまから開かせていただきます。

今年にはエネルギー・資源学会の創立20周年記念に当たっておりまして、実は1月27日に記念式典が行われます。そのほかに、学会の20周年記念行事として記念出版、懸賞論文募集を行いました。記念出版にしましては21世紀のエネルギーと環境という題で、これは斯界のエキスパートの方々が執筆されています。また懸賞論文もやはり21世紀のエネルギー、資源環境に関する提言、あるいは分析、展望ということで、これも審査が終了しました。

現在、若い方の学会への加入増強という問題に取り組んでおります。そういうことで、本日は「21世紀の担い手が語るエネルギー・資源と環境」という題で座談会を開かせていただきます。大体30歳から40歳近辺の企業の方々、あるいは大学の方々4名にお集まりいただきました。

きょうの司会は、川崎重工業技術研究所の副所長を

#### 出席者

大川 富雄氏

大阪大学大学院工学研究科  
機械物理工学専攻講師

加賀城 俊正氏

大阪ガス(株)開発研究部  
情報技術研究センター所長

松橋 隆治氏

東京大学大学院新領域創成科学研究科  
環境学専攻助教授

山中 亨氏

関西電力(株)立地環境本部地球環境グループ課長

\*野村 正勝氏

大阪大学大学院工学研究科分子化学専攻教授

\*森 建二氏

川崎重工業(株)理事・明石技術研究所副所長

\*は司会者(順不同)

されており森さんと私大阪大学工学部の分子化学専攻におります野村の2名でやらさせていただきます。実は2名で司会するのは初めてのケースですが、とに

かく非常に広範なテーマでございます。読者が、座談会の参加者にこの辺をちょっと聞いてほしいなという問題があると思うんです。そういうところを2名で代わりになって聞くということができればいい座談会になるのじゃないかと思っています。

それじゃ、まず司会の森さんから簡単に自己紹介をお願いします。

**森** 私は、川崎重工業技術研究所におります森と申します。

きょうはこの座談会で、特に次世代を担う方々と懇談ができるということを非常にうれしく思っているんですが、私自身はエネルギー関係の中で燃焼関係を主体として、各種のエンジンとかをやっております。どちらかというとハード志向ということで、今回これだけ広い話題にどうやって対応するかということを考えているところですが、皆様方に教えていただくというスタイルで、野村先生とともに努めさせていただきたいと思っておりますので、よろしくをお願いします。

**野村** 私は現在大阪大学大学院の工学研究科分子化学専攻という講座におりまして、主に石炭とか重質油、昔はオイルサンドなんかもやっていたんですが、こういう化石燃料の利用を研究しております。森さんが機械のご出身で、私は化学の出身だということでバランスがとれているんじゃないかと考えております。

早速でございますけれども、関西電力の山中様に現在のお仕事と本日のテーマのつながりなどを簡潔にご紹介いただきたいと思います。

**山中** 関西電力の山中でございます。

私が今所属しておりますのは、地球環境グループということで、とても大層な名前ですが、仕事は、地球環境問題に対処するというのをメインテーマにやっております。97年に開かれました地球温暖化防止京都会議でCO<sub>2</sub>などの温室効果ガス削減の為の国際的な枠組として京都メカニズムが採用されまして、途上国などの外国で温室効果ガス削減を積極的に進めようとしております。このメカニズムは共同実施（JI）、クリーン開発メカニズム（CDM）、それに排出量取引の3つあるわけですが、私が担当いたしておりますのはこのメカニズムの活用に向けた、例えば植林や発電所の熱効率改善などの海外での温室効果ガス削減プロジェクト-JIは先進国で、CDMは途上国で行うものですが—こういったものを特に担当しております。

私自身はこの地球環境グループに来たのが99年の2月でございます、それまではニューヨーク事務所に



山 中 亨 氏

4年間おりました。20世紀も末になりまして21世紀を考えていく場合に環境問題、特に途上国を中心としたグローバルな地球温暖化防止活動が重要になると思います。私自身は21世紀は環境の世紀だと思っております、この環境の世紀というのはいい意味での環境の世紀になるのか、悪い意味での環境の世紀になるのかというのはこれからの我々の努力次第だと思っております。いずれにしても、環境の世紀ということになると思いますので、その点で何か皆さんとご意見を交換できたらなと思っております。

**野村** 大阪ガスの加賀城さんはエネルギー総合工学研究所へ一時出向しておられます。

そういう点も含めて、きょうのテーマとの関連で自己紹介をお願いします。

**加賀城** 大阪ガスの加賀城でございます。

現在、開発研究部というところで、エネルギー事業者としては比較的新しいソフト分野の開発研究に取り組んでいます。大きく3つの柱があり、1つは将来のエネルギー需要のシミュレーション手法の開発でございます。これは、きょうのお話の中心になるグローバルなものではなくて、あくまで我々の供給エリアとしての21世紀に向けた需要の伸びを予測する手法の開発で、安定して低コストで都市ガスを供給できるような事業計画のために進めております。2つ目が地球環境に優しいエネルギーシステムを設計提案するライフサイクルアセスメント技術の研究です。LNGとか都市ガスといったエネルギーの採掘から輸送、それから燃やすところまでのライフサイクルとしてのCO<sub>2</sub>の排出量評価などを行い、都市ガスの環境性を分析するとか、さらにエコ時代の機器といった、21世紀へ向けてお客様に受け入れられるような環境保全型の新しい機器の

提案を目的といたしております。3番目が快適性、ユーザビリティといった人間工学的な視点から都市ガス機器等を評価設計する技術でございます。これまで、エネルギー機器というのはメーカー中心の視点で設計されておりましたが、21世紀は市場が成熟してお客様中心の時代になる。人間中心の快適で使いやすい機器とか、エネルギーシステムが重要になりますので、このような視点からお客様に高い付加価値や魅力を感じていただける機器の設計評価を行う手法の開発をしております。

私は90年から93年の3年間、東京のエネルギー総合工学研究所に赴任しておりました。そこで、通産省とかNEDOから炭酸ガス回収処理システムの技術評価や、太陽光とか、新しいエネルギーシステムの導入評価といったソフト的視点から環境エネルギー技術の評価する研究を受託しておりました。そういったことがきっかけとなって、今の担当業務につながっています。先ほど21世紀は環境の時代という話がありましたが、私はもう1つの視点としては「ソフトの時代」ではないか。エネルギー分野においても今までのハード開発だけじゃなくて、ソフト的な視点から環境設計とか、資源問題への取り組みとか、お客様にとっての付加価値の高いエネルギーシステムの提案とかを行っていく新しい時代じゃないかと考えており、きょうはそういった視点でお話させていただきたいと思っています。

野村 大川先生は大阪大学の機械物理専攻で講師をされております。ご専門を含めて自己紹介をお願いいたします。

大川 大阪大学の大川です。よろしくお願ひします。

私は阪大に3月から来ておまして、それまでは東京の電力中央研究所で、原子力関係の研究をしていました。最初は、FBR（高速増殖炉）部に配属されました。ここはFBRの設計等を担当する部署だったのですが、それから原子力システム部というところに移りまして、もともとFBR部の方ではプロジェクトといいますか、設計的なことをやっていたわけですが、そのあと原子力発電所というと、いろんな要素技術の塊みたいなものですから、原子力システム部ではその中で伝熱流動関連の勉強をしていたわけです。現在も伝熱流動がらみの研究をしています。原子力というと、よくいわれるように安全性の確保が特に大切なわけなんですけれども、やはり経済性と切り離してやることは現状ではできないということなので、なかなか経済性と安全性を両立させていくことはやさしいことでは

ないので、その辺の工夫をどうすればいいかということです。

私自身は流れの数値計算ということをやっております。流体力学的なことなんですけれども、水の中に泡が混じっているような状態を気液二相といいますけれども、そういう流れを計算する場合にどういうふうにやればいいのかという視点からエネルギー問題に貢献しているつもりです。原子力発電所では、火力発電所でもそうですけれども、水を沸騰させるシステムの場合には必ず気体と液体が混じった流れが生じますので、そういう流れを正確に予測することが安全性からも重要ですし、あと経済性を高める上でもその辺に関する知識が非常に重要だということです。

それから、原子力に限らずに、いろんな機器で気体と液体が混じって流れができるわけですが、私が担当したものとしては負荷平準化システムというのがあります。今大体揚水発電が負荷平準化としては日本で一番多いわけなんですけど、揚水発電は最近立地点がちょっとつらくなっていることがあり、圧縮空気形で貯めておけないかというシステムがあります。これは100気圧ぐらいの空気の形で貯めておいて、それを昼間の火力発電の方に使うというものなんですけれども、その場合水と空気が接している場合があるんですね。そうしますと、圧力が高いものですから水中に空気が溶け込んでしまうということで、それが減圧に伴って溶けていたものがまた出てくることで、やっぱりそこで気体と液体が混じった流れがシステムの成立性上非常に重要になるというようなこと。あと、私が担当したのは地熱発電の関係です。地熱発電は地下から水と蒸気の混合物を取り出してタービンを回そうというものですから、やはりその流れが非常に重要になってきます。その辺を担当しておりました。

そんなわけで、私がこれまで勉強したのは伝熱流動に絡む部分ですので、全体の中でどうかというのは少し勉強不足の面もあります。今までの知識からわかるのは、今の大きな問題として二酸化炭素をなんとかしなきゃいけないという問題があるわけなんですけれども、一番短絡的な方法の1つとして原子力発電を推進する方法があるわけです。それぞれいい部分もあるし、問題がある部分があるかもしれませんが、いづれにしても、それだけでは例えば京都会議の目標を考えると、いけるわけじゃないんです。ざっと耳学問で勉強したことによると、相当いろんなことをちょっとづつやっていかないと、なかなかあの数字には追いつかないよと



大川 富雄氏

という感じがあるわけです。

**野村** 最後に松橋先生。松橋先生はエネルギー・資源学会の中で若い学生を集めた若手夏の学校というのを既に開かれたということを知っているんですが、そういうことも含めて自己紹介をお願いします。

**松橋** 東京大学の松橋と申します。

まず私の所属でございますが、新領域創成科学研究科環境学専攻に所属しております。今は大学の方も様々な環境問題と人類が抱えている新しい問題に対して工学とか理学とか、あるいは人文科学、社会科学という単一の学問だけでは対応できないため、環境問題に対応できる学融合を目的として新領域創成科学研究科の中に環境学という専攻をつくりまして、今年4月からその所属になっております。つまり、私の所属自体が自然科学から人文科学までを学融合という格好で合わせて地球環境問題、あるいは地域的な環境問題に対応していこうという趣旨でつくられたものですから、私もその筋で努力していかないといけないということです。

私の専門は先程来ご説明された関西電力の山中さんとか大阪ガスの加賀城さんと多少重なっておりまして、1つは環境改善技術のライフサイクル評価とか、主にエネルギー環境システムの分析というところでございます。それから山中さんの方からご紹介がりましたが、特にこの問題では技術の開発評価研究だけでなく、環境改善と南北問題という軸が非常に重要になってくると思っております。そのためには技術移転が重要だと思んですが、その技術移転を可能にする京都メカニズム、その中でも共同実施とグリーン開発メカニズム、この2つは非常に重要だと考えております。そういった技術移転の可能性評価と効果的な技術移転を

もたらす経済的、あるいは政治的なシステムも視野に置いて研究しているところでございます。

最初に野村先生からご紹介いただきましたエネルギー・資源学会若手の会でございますが、これはエネルギー・資源学会という学会がエネルギー問題、環境問題を研究する上で最適であるという事が念頭にあります。この学会には工学の中でも化学工学、電気工学、機械工学、もろもろなエンジニアリングの方がおられて、またそれだけでなく、経済学とか社会科学の先生方もおられる。そういう意味で非常におもしろい。エネルギー環境問題に対処していく上で適した学会であって、またそうそうたる先生方が引っ張っておられる。これをより一層伸ばしていくためには若手の研究者を盛り上げていく必要があるということで、先生方のご理解をいただいて、若手の会を立ち上げる。そしてその手始めに若手夏の学校というのを8月に行いまして、皆さまの暖かいご協力のおかげで初回としてはまずまず成功しました。ここでも、エネルギーと地球環境の問題をテーマにしてグループ討論等をいたしましたので、またあとに機会がありましたら、お話をさせていただきます。

先ほど山中さん、加賀城さんの方から21世紀は環境の世紀であるというお話がありました。私も全く同感でして、ぜひ良い意味での環境の世紀ということになってほしいと思っております。ただ、そのために何をしたいのかということ、現状の延長線上のみでモノを考えていきますと、特に地球環境の問題等は難しいところがあると思っております。そのために何をやっていくか、それは場合によっては少しドラスティックなことも必要になってくるかもしれない。難しいことはこの分野ではバランスということも必要でして、バランスを外すと相手にされないところもあって、このバランスを保ちながら、なんとか環境の世紀に持っていくための制度を提案していかないといけない。そのところは一番難しいところかなと考えております。

---

## 20世紀とは何であったか

---

**野村** それでは21世紀のエネルギーの消費動向とか資源問題がどうなるのかということに入っていくんですが、その前に関西電力の山中さんに20世紀はどういう時代であったかということをお話いただきたいんです。

山中 一言でいえば地球の財産である化石燃料、森林資源といった自然資源を人類が使っていた世紀であったということが書籍を繰ってみてなんとなくわかってきました。100年前はどういう時代だったかということで見ますと、例えば18世紀に石炭を利用した産業革命がありまして、そのあと石油がちょうど利用されかけたころということで、例えば年間数千バレルぐらいは使われていたようですが、20世紀の終わりには6,700万バレルまで使用されるようになりました。金属につきましても、2,000万トンぐらいが12億トンとか、例えば周期表に載っている天然元素がどれだけ使われたかということ、どうも20ぐらいしか100年前は使われていなかったのが、今は周期表全体が使用されているらしい。森林資源で言えば、例えば毎年日本の面積の3分の1の割合で熱帯雨林がいまや破壊されつつある。化石燃料の可採年数もどんどん減っております。技術の進歩によりまして、可採年数はあまり落ちてこないのですけれども、有限であることにはまちがいない。これを使って、人類はどうなっていったのかということ、人口が16億人から60億人へ4倍になっている。その人達はどのような生活をしたかということ、自動車は20世紀初頭の数千というオーダーから今や5億、6億台という話になる。我々電力会社なんですけど、電気が発明されたのが、19世紀末であって、そういう意味ではエジソンが20世紀を発明したといわれるのは確かにそうかなという気がします。飛行機につきましても、1903年にライト兄弟が初めて飛んでおりますし、そういったことで100年前に私がいたとしたら多分想像できないような世界がこの100年間に起こったのであろうと思います。悪い面もこの100年間にありまして、1900年までにそれ以前を越す戦死者数をかぞえる戦争が行われ、大きな資源を無駄に使いました。

このように自然資源を使って大消費生活を先進国の人々が謳歌してきたのが20世紀です。その一方で、未だに電気を利用できない人が20億人、不十分な人が20億人と、途上国という言葉ができてしまったのも20世紀であります。2000年にCOP6というのが開かれますが、これによってCO<sub>2</sub>濃度がどんどん上がってきたことに対する地球温暖化対策のルール化をでやろうとしていることを考えますと、20世紀も終わりになってようやく人類がとりかえしのつかないことをしてきたということに気づいて、今後21世紀に向けて対処していこうという反省がでてきたのが20世紀の終わりかなと思うんです。

これからの100年がどうなるかというのは非常に話をするには難しいことでして、今100年を振り返ってみますと、100年前の人は多分今の電気の使用であるとか、いろんな資源の使用、こういった状況が起こることはまず想像もつかなかった。今から100年先のことを我々が話し合うとき、どういうふうになるのかというのは非常に難しい。松橋先生がおっしゃったように、今の概念から継続した概念というのは確かにあるでしょうが、じゃそれを100年間続けられる概念にもっていけるかというのは難しいかなということを感じています。

---

## 21世紀のエネルギー・資源の見通し

---

野村 21世紀を語るのには難しいという話があったんですけど、この難しい問題を加賀城さんをお願いしたいと思います。21世紀のエネルギー、資源の消費動向とエネルギー資源問題ですね。

加賀城 そうしましたら、将来の21世紀のエネルギー消費、あるいは資源の動向についていろいろな機関から見通しが出ていますので、それを基に私の見解を述べさせていただきますと思います。

今、山中様から今後100年を見通すのは難しいという話のございましたけれども、こういう将来展望を科学的な分析でやる場合いつも問題になることであります。その基本的な考え方というのは、過去の情報を最大限活用して将来見える範囲をできるだけ多くする。将来の不確実性をできるだけ少なくして、より適正な施策を採択できるようにするということです。その意味で過去の延長として科学的分析を通じて将来を見るというのは意味があると思っています。

その辺の結論的なものを先にいいますと、私の感じとしては21世紀初頭から中葉が環境の時代。21世紀中葉以降が資源問題になるんじゃないかと思っています。具体的な根拠でございますけれども、1つはDOEとか、IEAが2020年までのエネルギー消費の見通しを出しております、それによりまして、それによりまして現在の人口59億人が約75億人になる。その間の世界の経済成長は年率3%で、エネルギー供給量としては大体今の1.5倍になる。ただし、その過程の1次エネルギー供給の伸び率は約2%で、これは過去25年間の実績とほぼ同じレベルだというふうになっています。それに対して資源量を見ますと、ご存じのように石炭は可採年数が231年、石油43年、天然ガス63年で、減少傾向が見られないこ

とと、例えば天然ガスについては、埋蔵量に加え資源量といまして、将来市場が変化、あるいは技術革新が起こったとき埋蔵量に加えられるというものを加えると、今の年間消費量だと100年単位のポテンシャルがあるということになります。DOE、IEAのエネルギー消費の見通しから考えますと、21世紀初頭から中葉につきましては、資源的な制約は少ないのではないかと考えます。

ただ、私の個人的な考えですけれども、資源的な問題が少ないから再生可能エネルギーとか、そういったものの導入を控えてよいということではない。やはり21世紀は環境問題が深刻になる。地球温暖化問題がクローズアップされていますが、そのもの自身が問題ということもありますけれども、私は人類の活動が地球のキャパシティを越えつつある、それを示す警報じゃないかと思っています。そういう意味であらゆる面からの環境対策ということを考えていく必要があります。再生可能エネルギー的なものの導入が必要になる。これまで人類は地下にストックされた化石燃料を消費して大気中にCO<sub>2</sub>などを放出するストック型の燃料消費形態をとってきたわけですけれども、環境問題を考えるとクリーンに循環利用できる再生可能エネルギーのサイクルが重要になりますし、21世紀の後半になりますと資源の問題が出てくる。そういう意味でもフロー型で循環利用できる再生可能エネルギーサイクルがやはり重要になるということです。地球や人類の永続性を考えると長期スパンではストック型からフロー型エネルギーへのシフトは不可欠であり21世紀中葉までの環境問題、それからそのあとの資源問題を考え、21世紀初頭から再生可能エネルギーへの取り組みが必要になるのじゃないかと思えます。

ただ、松橋先生がさっきおっしゃいましたように、ドラスティックな変化というのは非常に難しく、やはり初期は再生可能エネルギーのサイクルと化石燃料サイクルをうまく補完する形で経済成長とかを両立させる。そして21世紀中葉ぐらいから、さらにその比率を新たなエネルギーサイクルの方にシフトしていくことをやって行く過程で、今まで見えていなかったような画期的な技術的なブレイクスルー、核融合になるのかもしれませんが、そういうものも出てきて、新たな人類の時代の展望が開けるということじゃないかなと考えております。

---

## 核融合・原子力

---

森 きょうは出席者が若手の方々ということで、思い切って発言できると思うのですが、現状でブレイクスルーはこうだと言い切れるようなところはあるんでしょうか。核融合とか、再生エネルギーだっていろんな話があると思うんですけども、実際的な問題として考えるとなかなかいかない。政治、社会の制度とか、そういうものを含めて何か思い切ったことが言えるんでしょうか。

大川 ブレイクスルーという意味では核融合と、もう1つ海水ウランぐらいが今ともに見えているものですね。

野村 海水ウランの回収ですね。

大川 はい。あれですと、今ウランは100年は今のままでいくと思いますが、FBRを利用した場合原理的には100倍までいけるんです。それから、海水ウランの場合には、大体1,000倍程度までいけるそうです。ある意味では無限、これは言うてはいけないかもしれませんが、そういうことがありますので、そういう意味でブレイクスルーですね。あとほかの面では水素ですかね、あれは水素の形ではずっと貯蔵しておけるわけですから、電力の1つの難しさとして貯蔵の問題がありますので、そういう意味では水素の形で最終的には太陽光とか、再生可能エネルギーで水素でいくという方向もあると思われます。

野村 山中さん、どうですか。

山中 化石燃料を脱するということがブレイクスルーであるとするならば、やはり原子力というのは避けて通れないといえますか、現在の技術で、化石燃料を使わず、量的にも質的にも安定して電気を供給できるという意味で一番のものであると考えています。トリレンマ、3つのEとよく言われますが、これをすべて満たすのは何かというと、やはり原子力に帰着してしまうと、今の考えの延長で考えておるわけですけれども、そう思います。

今おっしゃいましたように、例えばFBRなんかはエネルギーを生み出す創造型のエネルギーでございまして、今までの消費型から創造型への移行ということになる。あと、再生可能エネルギー、いわゆる太陽光であるとか、風力であるとかいろいろなデータはございますけれども、もちろんこれはどんどんやっていかなければならない。これはできる限りやっていくべき

であると感じておりますが、やはりコスト的、数量的な限界というのはどうしても出てくると思います。ですから、このコストや数量的な限界をブレイクする技術が出てくればいいかもしれませんが、いずれにしても特に日本は資源や土地のない国でございますので、原子力の有効利用が重要ではないかと思えます。

森 原子力の問題を考える場合に、やはり非常にパワーが大きいわけですから、事故があった場合に周辺に大きな影響を及ぼすということで安全性とかもかなり大きなウェイトを占めると思うのですが、これから21世紀に原子力のシステムを考えるときに、安全性のブレイクスルーといいますか、もう一段とレベルを上げたものにするという観点からすると、システムというのはどうなんでしょうかね。

大川 今の段階でも確率論的な評価を行ってあって、かなり安全な方向にいくわけですけれども、1つの考え方というのは今までの原子力発電所というのがアクティブといいますか、能動的な安全システムをとってあったんです。パッシブということですね、自然現象として必ず事故が終息するように積極的に取り入れようということなんです。その場合には自然の力を使うということなんです。一概に容積が大きくなったりとか、経済性の問題で必ずしも得策でない場合が生じますので、その部分をうまく整合させるようにシステムがいろいろ考えられて、それが新しい原子力発電所のスタイルの1つの潮流になっていると思えます。

## 省エネルギー・分散型エネルギー

森 ブレイクスルーという話で、省エネルギーでの考え方はどうでしょうか。加賀城さんはそういう方面を研究されているようですが、

加賀城 ちょっと視点を変えまして、「サプライサイド」じゃなく、「デマンドサイド」からブレイクスルーを図るということでお話してみたいと思います。これまでエネルギー業界ではサプライサイドの効率向上、例えば発電効率等の努力がなされてきましたけれども、かなりの高いところに行ってまして、その効率を1%上げるのは非常に難しいレベルに来ているのかなと思う。ところが、デマンドサイドで考えますと、例えば建物、住宅関係の総合的な省エネを行うと、10%オーダーの省エネは十分なし得る可能性があると思えます。

具体的にいきますと、最近ヨーロッパとか、アメリ

カのエネルギー会社は最新の情報技術を活用しまして、CATVなどの回線を利用して、お客様のエネルギー使用量をモニタリングし、エネルギーの使用情報や、料金をお客様に提示したりして、省エネ行動に結びつける努力を行っています。そういった実験の結果、エネルギー消費が10%減ったという話もあります。また、業務用施設でしたら中のエネルギーシステムの省エネ化に加えまして、建物の材料の長寿命化、いわゆるエコマテリアルを使うとかを含めて、ライフサイクルで40%程度省エネにつながるとのダイナミックなスタディもあります。

あと、我が国の業務用施設とか工場施設のデマンドサイドの潜在的な省エネポテンシャルは原油換算で3,000万キロリットルあるともいわれており、これは日本で使うエネルギーの約10%に相当します。これら施設の省エネ施設を推進する事業として、最近話題のESCO事業への期待も高まっています。これがすべてできるというわけじゃないんですけど、それぐらいポテンシャルがあるということで、今後の省エネ、環境対策ということではデマンドサイドの視点での新しい対処、対応が1つ重要ではないかと思えます。

森 コージェネレーションとか、ユーザーサイドのシステムを工夫していくことも1つのデマンドサイドの改善かもしれないんですが、電気と熱を一緒に使うコージェネなどの分散型ではどんな感触を持っておられるのでしょうか。

加賀城 分散型ということで1つ今着目されるのは、家庭用のコージェネレーションシステムです。これはまさに集中型の電力系統と家庭用の分散型システムを21世紀に両立させてエネルギー、資源、環境面に対処していくということなんですけれども、これが見えて



加賀城 俊 正氏

きましたのは、固体高分子型の燃料電池という電池が新たに注目され始めたからです。これは非常に出力密度が高くて、100度以下の低温で作動するというところで、自動車用とか、家庭用に非常に適しているということで、ダイムラー・クライスラーなどの自動車会社で開発が進められておりまして、当社でも家庭用の21世紀の新しいエネルギーシステムとして開発を進めているということです。

それ以外に、私が個人的に思っていますのは、地域単位でのエネルギーの有効利用システムが1つの視点では分散システムとして重要なかと思っています。というのは、我々の会社でNEXT21という未来型実験住宅がございまして、燃料電池、太陽光発電、蓄電池といったエネルギーシステムによる高効率化に加え、建物の断熱化による省エネ対策や、排水と厨芥ごみを同時に処理し、その際の回収廃熱をエネルギーとして再利用することをやっているんですけども、それを都市単位、地域単位で実現できないかということを考えています。

例えば、国家プロジェクトにエコエネルギープロジェクトというのがあります。それは都市単位で工場地帯の廃熱を20キロから30キロ運んで民生用の冷暖房にカスケード利用することで考えられております。それにもう1つ、NEXT21の発想を加えましてもう少し総合的に、例えば地域の中での冷温熱の輸送ロスを最小にするとか、交通移動量を最小にするとかいったことまでを考えた建物の二次元的、三次元的配置を都市設計に含める。また、都市でできたごみをメタン化して発電に利用するといった環境対策とエネルギー回収を複合化したシステム、そういったものをすべて盛り込んだエネルギー供給コミュニティといえますか、理想的な都市を実現することで、先ほどのNEXT21という未来型住宅では30%の省エネができていたわけですけども、それを地域単位で実現するような発想も広い意味での分散型システムとしては非常に重要ではないかなと思っています。

## バイオマス・水素

野村 大川先生が水素を将来のブレークスルーとして言われたんですが、そのほかにバイオマスというのは今全然触れられていなかったと思うんですね。バイオマスについて、松橋先生いかがですか。

松橋 我々も実験等を始めておりますけれども、I

PCC（気候変動に関する政府間パネル）などの長期のエネルギーシナリオの中で、温室効果ガスをドラステックに減らすために、ある意味で太陽光発電以上に期待されている。一次エネルギーの半分ぐらいをバイオマスが供給するというシナリオが出てまいりまして、それ以降多くの研究者がバイオマスの様々な形での利用というものを考えておられるようです。バイオマスの研究で2つの重要な点があると思うんですが、1つは供給ポテンシャルですね。バイオマスといっても、エネルギー作物とかいったものから、いわゆる廃棄物の関連のもの、木材の使用屑とか、食料の残渣とかいろいろあるわけですけども、トータルで見たとときに本当に地球環境、あるいは人類全体のエネルギー供給に有為な比率を占めるくらいのポテンシャルを持っているという点です。このポテンシャルについては最大限に見積もると2100年において世界全体の一次エネルギー消費の半分程度を供給可能というシナリオがIPCCの報告書でも提示されています。ただ、もう1つ重要な軸があって、単に量を供給すればいいということではなくて、今度はライフサイクル評価をしたときに、本当に持続可能な形でこのバイオマスエネルギーが供給できるのか、という点も考慮しなければなりません。例えば大規模にバイオマスエネルギーをエネルギー作物のような形で生産したとしても、持続可能ではなく土壌が劣化していくようですと、持続可能ではない。かえって、地球環境・地域環境にとってマイナスになりかねない。ですから、地球環境と調和するバイオマスエネルギーの利用というのは、作物を育て、刈り取り、エネルギー変換して利用する中で、また最後は土壌に微量のミネラル等を戻すことによって、長期に持続可能なバイオマスエネルギーの利用システムができるかどうか、そこにあると考えています。以上の2点だと思いますが、バイオマスエネルギーの可能性は大いにある。

森 私もバイオマスは全くの素人なんですが、本を読んだ中で、バイオマスを多角的利用して、例えば医薬品、食品、最後に燃料として使うと、もう少しバイオマスは有用ではという印象が残っているんですけども、そんな考え方は松橋先生、どうなんでしょうかね。

松橋 確かに多目的利用というのはそのシステムの経済性とか、市場に導入されるための経済性を上げる上では非常に重要なことではないかと考えています。例えば木材を家具にするために利用するわけですが、



そのときに樹皮の部分とか、細かい枝の部分捨てている。それを例えばエネルギーに、例えばガス化利用とか、そういった形でエネルギーに利用することによって、複合されたシステムとして見たときの経済性が大いに上がって、より導入されやすくなることは大いにあり得る。ただ、問題はそのような複合利用は経済性はいいんですけども、今度は地球全体といえますか、エネルギー全体として見たときのポテンシャルがどの程度あるかです。このあたりの評価が重要だと思うんですけども、まだ最終的な結論が出ていない。いま2、3の研究があって、こういった残渣だけでも、有益な量になるという評価も出ています。人類全体のエネルギー供給として一定の比率を占める分はあるという報告もあるけれども、このあたりはもう少し慎重に評価する必要があります。

**山中** バイオマスということと直接は関係しないかもしれないですけども、関西電力グループで1つのプランがございまして、仮の名前としてCFC（CO<sub>2</sub>リダクション・パイ・フォレスト・アンド・チャコール）と呼んでいます。炭での炭素固定を考えていまして、例えば植林をいたしますが、その樹木を伐採してパルプ、建材、燃料にする。今、松橋先生がおっしゃったように、枝葉が残りますね。枝葉を今度は炭にする。その炭は非常に有効でして、そのまま地中に戻してやれば半永久的に炭素を固定することができる。また炭自身が農地や植林地の改良に役立ち、植物の成長促進を助けることになります。さらに炭をつくる熱源として、例えば、廃棄物いわゆるごみ焼却炉の利用も考えています。植林での炭素固定と炭の農林業への利用がサステナブルな植林へとつながるんじゃないかということで進めています。特に2000年度ぐらいから日本でも実験をやろうと思っていますし、既にマレーシアでは一部可能性調査を進めています。

**野村** 炭酸ガスの問題に入ってきたんですね。

**森** そうですね、エネルギーと地球環境はほとんど切り離せない問題になっていきますね。

**野村** さっき水素の話がでしたが、大阪ガスさんはたぶんメタンから水素をつくる研究をやっておられるんじゃないでしょうか。アメリカですと、ガソリンとか灯油から水素をつくらう。その水素を固体型の燃料電池の燃料にするという研究をすごくやっていますよね。水素をどうするかという、水素のソースは何なのかというのは今さっき話が出なかったですね。それはどう見えていますか。

**加賀城** それは大きく分けて2つあると思います。1つは水力とか太陽電池で電気を起こして水電解で水素をつくる。再生可能なエネルギーの利用です。もう1つは、今話のありました天然ガスとか化石燃料から水素をつくるということです。もちろん最終的には再生可能エネルギーからつくることだと思うのですが、現在は、まず移行的な段階として化石燃料から水素をつくる動きがあると認識しています。先ほど、燃料電池自動車の話がありましたが、あれもまずは化石燃料ベースから水素をつくるということだと思います。私の考えとして、水素をつくる場合に少し留意が必要かなと思っています。といいますのは、エネルギーを使う際には、その間に変換工程を入れますと、必ずその分だけロスが生じ、環境負荷もふえる。例えば、メタンからメタノールをつくるとか、そういう転換をしますと、30%ぐらいのエネルギーロスになりますし、再生可能エネルギーから水素をつくっても、電気分解で10%ぐらい、それから水素を液化して輸送すると、また20%ぐらいロスが生じる。そういう意味で、特に水素をつくるときには、そういったことを踏まえた上で元のエネルギーをそのまま使うのと比べて、どれぐらいメリットがあるのかというライフサイクル的評価が重要になると思っています。水素については、その輸送形態、利用形態を考えた上で、トータルシステムとして十分最適なデザインを行う必要があると思います。

**森** 大川先生、水素についてはなにかご発言ありますでしょうか。

**大川** 水素の場合、現在の段階だと、CO<sub>2</sub>の関係からなんですけども、天然ガスから行く場合、CO<sub>2</sub>の問題が完全にクリアできないんですね。だから、さっき水素の話をしたのは、COP3なんかの場合だと2010年という近い将来なのですけども、そのずっと先の話として究極のエネルギー源として、現在も火力発電所から見て、もちろんCO<sub>2</sub>の環境への影響は現段階ではっきりわかっているわけじゃないかもしれませんが、CO<sub>2</sub>の排出量が半分というのがブレイクスルーかなという気がするんです。そういうふうに考えると、ブレイクスルーというのは天然ガスからいくのではなくて、やはり再生可能エネルギーからいった意味でブレイクスルーと呼べるんじゃないかと思うんです。その意味では現実性とかねあわせると原子力発電は結構いい線いっているんじゃないかなと思います。原子力発電の場合はCO<sub>2</sub>の排出量が非常に少ないですから、

もちろんそのまま使うという意味もありますし、今のスタイルで行けば負荷の問題が結構変動が大きいですから、ベースロード的なところで余った分を例えば水素製造に使うやり方があると思いますけれども、それでベストミックスのいろいろな考え方が出てくるのじゃないかと思います。

## ライフスタイルと評価手法

森 あと、これからのライフスタイルとか、都市環境とかの問題も少しご専門が違うかもしれませんが、自由にご発言いただいたらどうかと思っています。例えばライフスタイルですと、山中さんはニューヨークにおられたときに、日本人とグローバルに見た場合のライフスタイルの差とかいうことも感じておられると思うんですが、

山中 ほんの小さな経験なんですけれども、アメリカに行ったとき、冬だったんですが、まづびっくりしたのは、家の中が大きいんですけど、全部暖かいんです。これはもったいないぞ、これじゃ電気代、ガス代を自分が払うものですから、もったいない。でも、調整ができない。私が住んでいた家は地下と人の住むところに1つずつコントローラがあって、それは調整ができるんですが、地下にしてもあまりしぼり過ぎると配管が凍るといわれまして、これはもったいないと思いつつ生活をしていました。今度日本に帰ってきて、今度は逆に家が寒いという感じなんです。日本に帰ってきた時も冬だったんですが、とにかく温めたい。それで、今までは部屋を閉めてなるべく電気を使わないということをやっていたんですけども、やはり不便を感じて家じゅうの暖房をつけました。そういったことから考えますと人間というのはなかなかわがままといいますか、慣れればできるだろうけれども、ぜいたくに慣れればぜいたくになる。

全然話は違うんですけども、例えばアメリカでもう1つびっくりしたのは、たばこの規制です。たばこはオフィスで吸えない、レストランでも吸えない。それが、法律で決められているんですけども、タバコを吸わないことが1つのステータスとなっている。そういうことでいけば、環境問題も、今なりつつあると思いますけれども、環境に優しい、自分が貢献している、そういったことが1つのステータスというか、誇りになる時代になってくれば、いい方向に進むのじゃないかと考えます。

松橋 私もライフスタイルの問題をいいますと、それを社会の制度とか、そういうものから考えて考える事が重要だと思います。例えば勤務の体系とか、通勤の体制なんかは今より少し柔軟になってくるということがある種の条件として考えられるのかなと。それによって、毎日決められた時刻に同じようにオフィスないしは大学に通っていることが必ずしも必要ではないということで、少し都心から離れたところに住居を構えることが可能であれば、そこに環境調和型の自分の理想に近いような住宅を建てやすくなるということなんです。現在の制度の下ではそれはなかなか難しい話です。それから、経験的に言えば、我々は忙しい生活を送っているわけですが、忙しければ忙しいほど気持ちの余裕はなくなります。例えば空き缶のリサイクルとか、ごみの分別ひとつやることにも、気持ちの余裕があるとちょっと環境調和型のライフスタイルを実践しようという気持ちになれるので、そういう意味で気持ちに余裕のある（極度に忙しくはない）生活することも重要なことなんです。ただ、それは我々の年代ではなかなか実現できていない部分です。

もう1ついいますと、例えば太陽光発電なんかで政府の補助があって、ある程度成功していると思います。例えば電気自動車なり、ハイブリッドなりを買ってみようかとか、あるいは太陽電池でも載せてみようか、断熱材を入れてみようか、基本的にはこういうことは大きな流れでいうと、枯渇性エネルギーから資本型エネルギーへの転換です。太陽電池にしても、断熱材にしても、資本設備をふやしていくことによって、フローでの枯渇性エネルギーの投入を減らしていくという転換の一部だと考えています。これらは技術開発の努力をやってコストダウンを図っているわけですが、本質



松橋 隆治氏

的には市場に任せておいて、そちらの方が安くなることは難しいと思います。近づくことはあると思うんですが、本質的に資本と労働の直接、間接の投入で決まってくる価格というものが、フローのエネルギーから、資本設備に転換していく場合において、資本型エネルギーの方が安くなるというのは困難でしょう。したがって、今の政府の太陽光発電の補助も1つの方法ですけども、なんらかの経済的なインセンティブがないと、市場の中でエネルギーが完全に枯渇に近づかない限りは資本型エネルギーの大量普及は難しい。

したがって、その市場導入を促進するためにはなんらかの経済的なインセンティブがどうしても必要になる。しかし、それをあまり過大にかけると社会自体の持続可能性といえますか、経済自体が破綻しかねないので、破綻しない範囲で少しずつやっていくことが必要です。それをまたライフスタイルという点からみると、多少割高になっても、山中さんがおっしゃったように、1つのステータスとしてこれをやるのが誇りだという社会通念ができれば、それをやる人がふえてくるでしょう。そういったライフスタイルの価値観の転換と社会の通念、あるいは政策的なインセンティブというものを合わせて展開していくことで、環境の世紀が実現に近づくんじゃないかと思うのです。

野村 今の点は加賀城さん、どうですか。外国の状況と日本の状況に関して、インセンティブは。

加賀城 それは非常に重要なところで、ソフト的観点からのブレークスルーにつながるんですけども、いわゆる太陽光発電とか、そういった環境技術が導入されない1つの原因としてコストが高いということがあると思うんです。この問題に対し、アメリカとか、ヨーロッパですと、そういったものに対する価値を適正に評価する手法の研究をやっています。

といいますのは、従来の技術は、それ自身は安いんですけども、そこから出るCO<sub>2</sub>とかSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>などによって森林が破壊されたり、建物が腐食し、それらの損失を結局だれかが別の形で支払っているという考え方があります。そこでそれらの社会コストも含めてトータルでエネルギーシステムを比較して、一番コストの安いものを選ぶ考え方が提案されています。そういったエネルギーシステムが外部に与える損害を評価し、コスト換算する考え方を外部性(Externality)と言っているんですけども、そういうものを評価し、トータルでエネルギーシステムを比較する研究をEEC、DOEなどでやっています。既にアメリカの半数

ぐらいの州ではそういった考え方に沿って新しい電源を選択する際にトータルのコストで安いシステムを選ぶという動きが出てきています。やはり21世紀に向けて本当に環境対策をやっていくには、ハード自身の高効率化とか環境改善とか開発が必要なんですけれども、それを適正に評価して迅速に市場に導入する評価システムが重要になると思うんです。それがなければ、いつまで経っても導入されないことになる。「ハード」開発とともに外部性の評価とかいったような技術の価値を適正に評価したり、製造にかかる「コスト」だけでなく「環境性」などの技術の価値をプラス評価し、導入のインセンティブを与える「ソフト」的な評価手法がこれからの世紀には1つ重要なキーワードじゃないかと思っています。

## 21世紀の夢

森 まだまだ尽きない問題がたくさんあると思うんですが、時間の制約もありますから、今までの自分の専門を外して、21世紀に向けての皆さんの夢みたいなものを少しずつ語っていただいたらいかかと思いますが、じゃ今度は松橋さんの方からどうでしょうか。

松橋 2点あるんですけども、1つは冒頭に申し上げたエネルギー・資源学会の若手の会です。これはもともと私の大学の所属ということも関係しているんですが、エネルギーとか環境の問題は、エンジニアリングだけでは片づかない問題です。いろんな学問を集めて学融合という形で社会の要請にこたえていかないといけないということで、そのためにエネルギー・資源学会というのは、多様な分野の研究者がおられる最適な学会である。そこで、この学会の中で、そうそうたる先生方と、それから元気のいい若手の研究者を集めて、単なる工学と社会科学などの寄せ集めではない、この問題にこたえ得るなんらかの体系を作れないかと考えています。エネルギー環境学といいますか、そういうものの体系につながるようなものを皆さんと一緒にしてお手伝いしたいという願いです。

そして、先ほど加賀城さんからお話があった、外部指標の評価でも欧米が非常に研究しているということですが、できれば日本から、あるいはエネルギー・資源学会から、こういう新しいものを情報発信できないだろうか。せっかくすばらしい技術力と、20世紀の後半にすばらしい経済発展を我々の親の世代の努力で実現したので、エネルギーと地球環境の問題でなんとか

日本から情報発信できないだろうかと、いうことです。

もう1つは、若手夏の学校でも出ていたんですけども、研究、学問体系、人の育成ということも非常に大事なんですけども、若手研究者の中にその枠を飛びこえた提案をする人がありました。それは場合によっては拡大ESCOのような、再生可能エネルギー技術の普及も含むビジネスをやろうじゃないか、ベンチャーをやってやろうじゃないかという提案でした。その意味で環境ビジネスも視野に入れていたい。それからきょうは残念ながら話が出なかったのですが、京都メカニズムなど、技術移転の問題が重要だと考えています。産業界にとっても、それから南北問題にとっても非常に重要な問題だと思っているんですが、その辺の政策提案につながるような研究をやっていきたくて考えております。

森 大川先生の夢はいかがでしょうか。

大川 難しい質問なんですけれども、20世紀というのは科学技術の発展からみると、分野ごとに非常に発展してきたような経緯があるかと思っています。環境の問題というのは、おそらくこれを解決していくためにはいろいろの技術をそこに融合させてやっていかないといけない。また問題としてもCO<sub>2</sub>を削減しないとけないというような短期というか中期というか、そういう問題とそれから21世紀の中ごろから終わりごろには究極、究極があるのかどうかわかりませんが、なにかブレークスルーをみたようなエネルギー構成みたいなものを求めている。そういう意味では長期的な問題、中長期的な問題がからみ合った問題ですね。そういうものを解決していくにはこの世紀に個別に開発されてきた技術を結集するといえますか、そういう形で持っていくことが必要だと思います。そういうのは科学技術発展の新しい生き方だと思いますので、私とかはどちらかという伝熱流動がらみの個別の問題を扱ってきたのですが、そういう個別の問題を扱っている研究者が一堂に会するようなものをつくって、難問題に打ち勝つというか、そういうポジティブな見方をしながら環境問題をクリアしていけたらいいんじゃないかなということを考えています。

森 ありがとうございます。

加賀城さんはいかがですか。

加賀城 最初の方に山中様から20世紀は大量生産、大量消費の時代というふうにおっしゃられましたか、まさにそのとおりだと思います。ただ、私はこれを人間にたとえると、中学から高校くらいの体の成長期に



森 建 二 氏

あったのではないかと考えたい。これに対して21世紀というのは人間で言うと、成人に向かう心の成長期で、人格を形成しこれからの人生を形づくる時期ではないかと思います。人類にとってみれば、真の豊かさを求めて、22世紀以降の地球とか、人類の「形」を書き入れていく大事な世紀ではないかと思っています。「日本の形」という言葉がありますけれども、将来の持続性のために地球とか人類の形ですか、そういった「ものの形」が決まる時代だと思っています。先ほど松橋先生がおっしゃっていましたように、エネルギー・資源学会というのはそういう「形」を提言していける重要な場だと思っていて、その中で私なりにオリジナルな知見とか新鮮な発想、それから感動されるような提言を行っていきたくて、そして、常々21世紀のエネルギーは、「サプライサイドからデマンドサイドへ」、「ハードからソフトへ」、「コストから環境へ」と視点を拡充することが新たな道の開拓につながると常々考えており、このような視点で、夢をもって未来の「形」づくりに参加して行きたいと思っています。

森 それじゃ最後になりましたが、山中さん。

山中 えっと、私の21世紀の夢はといいますと、ちょっと幼稚な表現なんですけれども、世界は1つでありたい、ということを考えています。今、話の中でちょっと出なかったと松橋先生がおっしゃいましたけれども、温暖化問題というのは、やっぱり南北問題なのです。南北半球の経済力、教育などの格差が20世紀に生み出された。そして、その格差を是正しようとしても、南北の利害や考え方の違いでなかなかうまくいかない。同じ事が温暖化問題でも起こっている。温暖化問題を解決することは南北問題を解決するで、究極的には世界がやはり1つになっていくという問題ではないかと

思います。そのためにどうすればいいかというのは、1つは情報化社会といいますか、情報が世界中を駆けめぐるというインフラができればすべて途上国であっても、どこであっても、情報を共有できる。生活レベルがほかにもわかりますし、どういった便利さがあるか。逆にどういった不便さがある。そういったものがわかる。そういう情報が共有されるという社会というインフラをひとつツールとしてつくっていただかないといけない。

もう1つは、先ほどJI, CDMとかありましたけれども、地球温暖化問題が出てきて、今まで途上国に対してやはり協力とかいう形での支援が多かったように思います。これは、実はあまりサステナブルでないように私は感じます。特に民間企業から見ると、協力だけでいきますと途上国の産業自立が進まない、ということがあります。我々が投資するにしても、協力では限度がありますね。ですから、CO<sub>2</sub>がお金になるかどうかかわかりませんが、いわゆるJI, CDM及びそれに付随する民間ベースでのビジネス、こういったものを広げていくということによって、ギブアンドテイクの関係ができればいいかなと思います。このエネルギー・資源学会にも期待したいところは、我々はビジネスサイドから見がちなんですけど、産学協同すればこの分野で新しい提案があり、もっと幅の広いことができるのではないかなと思います。これらのことで究極的に世界は1つになって3つのEをすべての人が解決できる。そういったウィン、ウィン、ウィンの世界になればなというのが、夢でございます。

森 野村先生、何かトータルなコメントはいかがですか、

野村 松橋さんがおっしゃった余裕を持った生活をしないと、なかなかそういうところまで配慮が届かないというお話がありましたね。コンピュータの発達で、在宅勤務が出てくると思うんですね。こういうふうになると、自分の家に1週間に2日なりいるということはそれだけ生活に余裕が出てくる。地域における貢献、社会参加、そういうものが今のところ多くの人々にはないんですね。そういうものが可能になってきて、初めて我々のライフスタイルが変わってくるというお話。ステータスの話もありましたね、要するにアメリカでは、電力でも、自然エネルギーを使った電力が少し高いけれども、その割高な電力を使っているよというのが環境に貢献していて企業のステータスであるという話。こういった視点で若い方の感性を感じま

した。

私はこれからのエネルギーの姿に大変関心があるんですが、環境に調和したエネルギーを実現するまでには皆さんがいわれたように、さまざまな問題があると思います。例えば自然エネルギーですが太陽エネルギー利用はご承知のように経済性がないんですね。2050年には太陽エネルギーを含む自然エネルギーが電力の50%を供給するんだという方がおられますが、目標としてはわかりますが、なかなか難しいのではないかと思います。

それからインフラというのはエネルギーの姿に強く関わりをもってくると思います。開発途上国はこれからインフラをつくっていかねばならないけれど、先進社会ではもうインフラができあがっているわけですね。インフラの問題を考えるとドラスチックなエネルギーの転換はできないだろうと私は考えています。

そうするとやはり化石資源はエネルギー資源として21世紀でも重要であると思います。勿論炭酸ガスをリサイクル利用できる処理法を考える必要がありますが、

結局同じところに収束してくるのだと思いますが、エネルギーのベストミックスというのは21世紀であっても大切なんじゃないかなと思います。

きょうは夢多き座談会ですから、あまり経済性のことはよしますが、読者からは経済性はどうするのかという厳しい質問が出てくるかも知れませんね。円高で揺らいでいる企業や社会の状況を見ていると一方で道遠しという感じが致します。

松橋 まさに野村先生のおっしゃるとおりだと思っています。夢といいましても、例えば10年後に再生可能エネルギーに100%転換するということはあり得ません。おっしゃるように化石燃料はまだ資源的に



野村正勝氏

は大量にあるわけですね。地球環境という議論になりますと、どうしても太陽エネルギーとか、そうしたところに期待が集まるんです。私も太陽光発電システムのライフサイクル評価をやったことがあるんですが、現状では設備の製造から出てくるCO<sub>2</sub>というのはばかにならなくて、しかも急速にふやそうとしますと、その分だけ設備製造から100%CO<sub>2</sub>が出るような技術は不利になります。

やはり現状の太陽光発電システムやその他の再生可能エネルギーだけにすべてを依存するわけにいかない。そういったものについては、急速に増設するよりも、着実に増設しながら、その間に薄膜化などの技術開発を進めるための時間をかせいでやる。またその間でも野村先生がおっしゃるように、化石燃料利用システムを高効率化するための技術開発を進める事も重要だと思います。すなわち一挙に化石燃料から再生可能エネルギーに転換するというよりも、着実に進む漸進的な効率改善を進める訳です。例えば毎年2%の技術進歩を目標に置いて、毎年やっていけば35年後には効率が倍、エネルギーの生産性が倍になるということですから、そういった形の漸進的な技術進歩の延長線上に化石燃料の高効率利用技術もあるし、再生可能エネルギーの利用技術も位置づけられるということです。そういう目標を立てて、そのための技術開発なり、経済制度を考えていけば、その先に環境の世紀が位置づけられるという期待を持っております。

---

## おわりに

---

森 せっかくの機会ですからもっと話していただきたいんですけども、きょうは非常に多岐にわたっていろんなお話をさせていただきまして、本当にありがとうございました。

21世紀の資源環境問題を考えるときに、着実という問題を頭におかなければいけない。バランスをとりながらということも、頭に置きながら、新しいパラダイムシフトを進めていかなければならないんじゃないかなという感じを受けました。パラダイムシフトもハードのブレイクスルーの問題、あるいはいろんなアセスメントをするソフトの問題、システムとして考えるソフトの問題、それからヒューマンウェアの問題ですね、人間がどう価値観をもっていくかという3つの問題をトータルに考えていかなければならない難しい問題であるなということがわかったような気がしました。

きょう、皆さんのお話をお伺いしておりますと、21世紀に向かってなにかグローバルな発信を皆さんがしていただけるのじゃないか、またエネルギー・資源学会自体もそこにかかなり貢献することができるんじゃないかと、ちょっと前向きな感触も受けることができた気がいたしました。ますます皆さんご活躍をしていただければありがたいと思います。

本日はありがとうございました。