

エネルギー・資源学会 新春座談会

今後のエネルギー産業／エネルギー 技術開発の動向



最近のエネルギー情勢

茅：最近のエネルギー情勢としていろいろなものが挙げられると思いますが、我々が考える場合には、長期にどういものが影響するかということをもっと最初にはっきりさせまして、その認識に基づいて、今後どういことを考えていくべきかという議論に入ったらよろしいかと思ひます。

いろいろな要因があると思ひますが、1つは今のイラク侵攻に象徴される石油供給不安定性というここ20年の問題、2番目は環境問題、3番目は原子力問題、そのほかにもいろいろござひますが、そういったものにつきては、関係の方々からご意見をいただければと思ひます。

最初に、何といっても目前の問題としまして、イラクの侵攻に端を發しました中東情勢がやはり問題です。この先行きを占うのは大変難しいんですが、この面につきては少しお考えを伺ひたいと思ひます。最初に、エネルギー庁の元長官をなさっていらっしやったということもござひますので、浜岡さんから少しご意見をい

出席者

三井 恒夫
東京電力(株)常務取締役

片岡 宏文
東京ガス(株)副社長

浜岡 平一
日産自動車(株)常務取締役
元資源エネルギー庁長官

鹿島 實
日石テクノロジー(株)社長

*茅 陽一
東京大学工学部教授

*印は司会者



・ 茅 陽一氏

ただければありがたいと思います。

中東の石油をめぐる問題

浜岡：基本的には、中東では何が起きてもおかしくない、あるいは何が起きるかかわからないという見方がされていたわけですし、それが今度のような形で突出したということだと思います。

今の湾岸危機の状況を事細かに申し上げるまでもありませんが、こういう見方ができるかなと思っています。今、茅先生がおっしゃったように、エネルギー情勢が変わりそうだという予兆が最近幾つもあらわれていたわけです。

長期的には、地球環境問題とくに温暖化問題というのが急浮上しまして、エネルギー利用のあり方を根本的に見直す必要があるのではないかとということが広く指摘されています。

中期的には、一つは全世界的に需要が急速に伸び始めたということ、二つ目には再び石油供給をめぐるOPEC依存度が上がり始めたということ、三つ目には原子力開発がスピードダウンし始めたということです。こういった点が中長期的な問題点として挙げられまして、エネルギー問題の根本的な見直しが必要だということで、ずいぶん警鐘も鳴らされましたし、総合エネルギー調査会の報告も出たわけですしけれども、世上、関心が高まっていなかったというのが正直なところではないかと思っています。

短期的には、この危機、あえて言うならば、湾岸危機が起きたことによりまして、ようやくエネルギーに対する関心が改めて高まってきたということが言えそうです。こういう事態になりますと、現実には各方面でいろんな苦しみが生まれ始めているわけですから、こういう言い方をしてはいけなないのかもしれない

けれども、ある意味では“天の配剤”なのかもしれない。もっと激しい形で問題に突き当たる前に、こういう形で問題が表面化してきたという見方もできるかもしれないと思います。この危機がどういうおさまり方になるか、これは何人も今の段階では断定はできないのではないのでしょうか。

ただ、今までのエネルギー情勢の推移を見ていますと、同じ局面が2年も3年も続いたということはないわけですし、必ず何かの格好でおさまってきていますし、特に今までの学習効果で、やはり市場メカニズムが働くんだということもわかってきていますので、しかるべき形でおさまってくると見据えた上で、この際、エネルギー問題に本腰を入れて取り組むきっかけにすれば、不幸を幸せにすることができるかもしれないと見えています。

茅：ありがとうございました。

鹿島さんは、石油というビジネスに長年携わっていらっしゃるんですが、今の浜岡さんのご意見を踏まえて、いかがでしょうか。

鹿島：浜岡さんのおっしゃるとおりです。ここ数年エネルギー需要は増大しており、特に石油に対する需要は増大しつつあります。思わざるときにイラクのクウェート侵攻が起りましたが、これは<中東というのは政治的に不安定なんだな>ということを変えて全世界に感じさせ、立証した大事件だったと思います。

今後、中東が完全に安定化する日が来るのかというと、イスラエルの問題もありますし、根深い問題が中東の中にありますから、ここが政治的に安定化することは近い将来には望み得ないのではないかと。しかしながら、世界の原油の確認埋蔵量の70%は中東にあることも、これまた厳然たる事実であるということと

これを踏まえまして、2010年までの長期エネルギー需給見通しが出されました。

この内容は、GNP10億円当りのエネルギー必要量は、1973年2.25千kl、1988年1.44千kl、2010年0.92千klで、1988/1973比は、▼36%減、さらに2010/1988比は、▼36%減で、実に2010/1973比は、約▼60%減ということになり極めて厳しい省エネスケジュールになっております。

しかし依然として石油のエネルギーの大宗たる地位には変りがない。したがって、中東の石油の安定確保なくして今後の世界経済の持続的な発展はあり得ないと思えます。中東政情の不安定による石油途絶という



・ 浜岡 平一氏

事態を招かぬよう最善の努力をしながら、中東石油への依存は続けざるを得ないと思います。

中東産油国は石油収入が最大の財政収入ですから、石油の輸出なくしてこれらの国々の存立はあり得ないわけです。イラク紛争にしても、一時的な石油供給途絶はあっても、長期にわたって続くということはちょっと考えられない。

仮に、ほかの国の政治体制の変化、例えばサウジの王政が崩壊するなどというようなことがあったとしても新しい政府は石油の収入を必要とするには変わりない。つまり、中東地域からの石油供給が永久的に途絶えることなどあり得ないのであるから、石油の一時的な供給途絶に対する対策を万全にしながら、中東との関係を密にし、その石油を利用させてもらうのが最も有効な戦略なのではないかと考えております。

地球環境問題

茅 ありがとうございます。

片岡さんのガス産業というのは、今のような石油供給の問題も非常にかかわりが深いんですが、石油供給の不安定性の問題と裏腹の形で出てきたのが地球環境問題、特に温暖化だと思います。温暖化、あるいはイラクの問題について、片岡さんのお立場からどのような見方をしていらっしゃいますでしょうか。

片岡 確かに石油は潤沢な印象がこしばらく続いていて、ある意味ではエネルギーに余裕があるような形で流れてきたことへの1つの警鐘として、地球温暖化が取り上げられたようにも思います。長い歴史の中で見れば、いつか当然取り上げられなければいけなかったことが、ここへきてようやく取り上げられたということにもなると思います。

そういう意味では、石油だけではなくて、化石燃料

を使ってエネルギーを消費していくという人類の歴史がずうっと続くとなると、温暖化問題は当然避けられないわけです。化石燃料が本当は無限にあるはずがないのに、何となく便利だからということで、かなり短期間に集中して使い続けてきましたが、もうちょっと長いスパンで、我々の後輩の人類に対してそここのところをどういうふうにかバーしていくかということを実際に考えるべきだと思います。ある意味では、さっき浜岡さんが言われた「天の配剤」がこの問題提起にあるのではないかと気がしています。

そうは言っても、これは簡単に短時間でいい答えがすぐに出る性質のものとは思えませんので、通産省で提案されている「地球再生100年計画」のようなテーマにまじめに取り組んでいく必要があるのではないかと。100年のスパンで物事を執念深くきちんとやるというのは、日本の場合、一番不得意な領域のような気がします。エネルギーについても、今までヤケドをしながら、またもとに戻るといふ繰り返しをやっていたわけですが、今回のこの問題については本当に腰を据えて、時間をかけながら確実にインプルーブしていくところに挑戦すべきときがきたという実感がしております。

さしあたりの問題としては、これは地球全体の問題ですから、日本という国だけがどうこうすればいい答えになるというわけではないので、世界的な協調が非常に大事な中で、日本は何をするのか。私の私見では、日本はエネルギーをただ輸入して使うという立場がしばらく続くわけですから、省エネルギー技術とか、あるいはエネルギーの使い方の合理化とか、あるいは温暖化の直接の原因である炭酸ガスの低減についても、少なくとも世界をリードできるような技術に国を挙げて真剣に取り組むことが、さしあたり必要なことではないかと思っています。

茅 ことしの6月にエネルギー需給見通しというの



・ 鹿島 實氏

が総合エネルギー調査会から出たんですけれども、私も議論に参加いたしたわけですが、大変な難産だったわけです。難産だったというのは、温暖化のような今後のエネルギーの将来に大きな影響を与えそうなファクターがいろいろ出てきたわけです。したがって、確かに片岡さんがおっしゃるように、今後どうするかというのは非常に大変な問題だと思うわけです。

温暖化というのは、今後、我々のエネルギーシステムの設計にどのぐらい影響してくるか。この辺については、かつて政策当事者であられた浜岡さんの意見を伺っておいたほうがいいと思いますので、何か一言お願いします。

浜岡 これにはまだまだ説明をしなければいけない点がたくさんある。もっと知見の集積が必要な問題である。しかし、手をこまねいていると手おくれになるかもしれないので、柔軟に現実的に可能な対応はやるべきだ。こんなところが何とか世界に生まれつつあるコンセンサスなのではないかと思います。ただ、最近のこの問題に対する世界的な風潮を見ていると、政治的な配慮といいますか、政治家のリーダーシップがかなり強く働いている感じがなきにしもあらずだという気がします。エネルギー問題は一皮むくとドロドロして、難しい複雑な利害がたくさん横たわっています。これにやや目をつむった議論が行われる嫌いがあったのが、今度の湾岸危機で、現実的に即して取り組んでゆく気運が高まるのではないかと期待しております。しかし、基本的には問題の複雑さというか、難しさをますます明らかにしてくれたということではあると思います。

茅 温暖化の問題で私がいつも思い出すのは、2年ほど前にカナダのトロントで行われた環境会議に参りまして、どうやって温暖化に対応するかという議論をしたときのことです。議論が一番沸騰したのは何かというと、原子力をどうするかという話だったんです。結局、温暖化は化石燃料が元凶である。したがって、温暖化を抑制するとすれば、化石燃料、特にCO₂の発生が多い石炭を抑えるしかないというのは、だれでもわかる理屈です。「では、かわりは何だ」ということになるわけです。

そのときに、NGOのグループが自分たちの意見を持ってまいて発表したんです。それを聞きますと、「温暖化を抑えるべきである。しかし、同時に原子力も最低の選択である」という言い方で、原子力もだめ、温暖化もだめということをしたわけです。



・ 片岡 宏文氏

そうしたところが、ドイツのヘーフェレという、当時、ユーリックの原子力研究所の所長であった人が立ち上がって、「それでは、おまえたちは一体何を答えだと思おうのか」という質問をして、結局、答えはなかったのです。

そういったことで、温暖化の問題を考える場合には、原子力の問題は切っても切れないわけです。三井さんは電力会社の技術開発の責任者として、そういうことをいろいろとお考えになっていらっしゃると思いますが、環境問題あるいは石油供給の不安定性という問題も含めまして、原子力をどういうふうに考えていくかという、大変難しい質問ですけれども、ご意見をいただければありがたいと思います。

原子力の社会的信頼性

三井 エネルギーをめぐる問題は、前回石油ショック以来、検討を進めてきておりますが、石油情勢が小康を保っていたということもあって、それなりに安定していたわけです。しかし、本質的に海外依存というベースの上に立っていますから、不安定さはぬぐえないわけであります。しかも、エネルギーが人間の生活にとって、そして国の産業にとって、欠くべからざるものだということはだれもが承知しているわけですし、それは日本だけではなく世界の各国民みんなが同じ立場にあるわけです。したがって、エネルギーの問題はどうしても地球規模で考えていかななくてはならないのです。

特に最近の情勢から、先進国と発展途上国を考えてみますと、これからのエネルギーの増勢はどうしても発展途上国のほうに偏ってくるという事情があります。そうなるとまいますと、先ほどからお話が出ており

ました石油の問題、温暖化の問題は、よりシビアになってくるのではないかと思います。

今、茅先生から、あれもだめ、これもだめと言ったときに、残るのは一体何なんだ、何をやっていけばいいのかというお話が、世界の環境会議で出たということですが、全く同じことを国内においてもあてはめることが出来ます。そのことを広く日本の国民、世界の人たちが本当に真剣になって考えなければならないということではないかと思います。

6月の総合エネルギー調査会の中間報告では、エネルギー需要の伸び率が2000年までは年に1.6%で、2000年~2010年までは1.2%というもとにおいて、エネルギーのバランスをこういうふうにしていこうという1つの方針、政策が示されました。その中で、原子力は2010年までに7,200万kwにしようということです。つまり、これから20年間に4,000万kwをふやしていかなければ、エネルギーのバランスはとれないということが報告されています。これはさまざまな制約要因の中で、やはり原子力を選定する要因があるからだと思えます。

1つは、世界のエネルギー情勢を考えてみますと、これからの増加率という点では、発展途上国にかなりのウエートがくる。したがって、世界全体のエネルギーのこれからの増分に対しては、先進国で先進的な技術を受け持っていくことにならざるを得ないと思えます。これは原子力の安全性を確保する上においても、技術進歩、技術の土台のしっかりしているところがそういったものを受け持っていかなければならないだろうと思えます。

2番目には、日本は資源がないわけですし、どうしてもエネルギーソースは輸入をしなければならないということから考えますと、原子力はエネルギー密度が非常に高い。つまり、100万kwを1年間に発生するために、例えば石油でありますと140万t必要でありますけれども、ウランならばわずか30tで済む。しかも、それをリサイクルして使えるということから考えますと、資源的にも有効な原子力を使っていくのが得策であるということです。

3番目は、電力にして発生する際、化石燃料を使った発電方式よりも原子力のほうが安いということで、これを選択するということだと思えます。

しかし、チェルノブイリの事故以来、世界的に原子力の安全に対する反対運動が出てまいっておりまして、これは何としてでも克服していかなければならないわ



・ 三井 恒夫氏

けです。原子力発電については、放射性物質を封じ込め、危険なものをコントロールして、安全を確保していくことに最大の努力を払っていかなくてはならない。そういうことによって、国民の皆様方、世界の人々の信頼感を得ていかなくてはならないと思えます。

これは国際的な問題でありますから、我が国だけではなくて、国際的にそういう技術レベルを高く保持して、信頼度を保つことが重要であります。原子力に關します国際的な組織として、IAEA（国際原子力機関）とか、電気事業の原子力関係の者が集まりますWAN Oという組織をつくって、信頼性の確保について今後引き続き努力をしていくこととしています。こういうことによって、安定な、そして信頼していただける原子力をつくっていくことが、これからのエネルギー問題の解決の1つである。そして各種の方法がある中で、の有力な1つの方策であると考えております。

茅 今、ひとわり現在のエネルギーの情勢についてのお話を伺えましたが、やはり大事なのは〈どうするか〉ということで、学会からすればどういう技術開発が重要かということが問題になります。これを大きく分けると、供給面でどう対応するかという話と、需要面でどう対応するかという話になると思えます。

順番にやらさせていただきたいと思いますが、供給面もいろいろございまして、できるだけ炭素依存度の低い資源を開発するとか、あるいはエネルギー機器の効率を改善するとか、いろいろな側面があると思えますが、それを全部含めまして、関係の方々に順番にご意見をいただきたいと思えます。まず、鹿島さんからお願いできますでしょうか。

石油に変わる資源開発

鹿島 先ほどからお話の出ています長期エネルギー

需要見通しによりますと、石油のシェアは2000年では51%、2010年では46%ということでエネルギーの大宗には違いなく、石油依存は続きますが、化石燃料の置き所は、資源が有限であるというところでは、そこで何とでも人類はリニューアブルなエネルギーを早い内に見つけておかなければいけないということです。

その一つは、水からの水素エネルギーであり、もう一つは、核融合かと思われます。これらは別の機会にご議論いただくとして、最近コールベッド・メタンガスというのが注目を浴びてまいりました。これは日本では(株)地球科学総合研究所で調査なさっているようです。現在、アメリカのDOEはこれにかなり力を入れております。例えば、アメリカの天然ガス埋蔵量は、165兆cf(1989)ですが、コールベッド・メタンガスは、その約2.4倍の400兆cfぐらいあるのではないかとされており、オーストラリアでは大体コールベッド・メタンガスは136兆cfで、これはオーストラリアの現在の天然ガス埋蔵量の5.5倍であるという試算も出ております。回収率50%とすれば非常に驚くべき資源埋蔵量であるということがわかります。

このガスは、石炭層の中に吸蔵させているガスで、3,000ftとか4,000ftぐらいの非常に浅いところにある。これに高圧でゲルを吹き込んでやりますと、そのため石炭層が割れ、その割れ目へメタン主体のガスがたまっていくということです。カロリーは在来の天然ガス1,100~1,200BTU/cfに比べ、コールベッドガスはちょっと低くて900~1,000BTU/cfです。

中国は石炭の賦存量が多く、推定3兆2,000億t。現在、確認されている埋蔵量だけでも7,600億tと世界最大の規模。したがって、中国の場合にはコールベッド・メタンガスは無尽蔵に近いのではないかとという試算もあります。

価格は、G.J. (0.95×100万BTU) 当り3.5ドル。これが1ドル以下になりますと、十分に天然ガスと拮抗できるということでもあります。

掘削費用は深さも浅いのですから、米国東部では、1,000m当たり15万ドル。圧力も低いので、高圧の坑口装置も、掘削泥水も不要であり、ケーシングも短くて済む。地震探鉱記録も非常にきれいにとれるので、探鉱率は高い。パイプラインもプラスチックでいいということもあり、石油に比して探鉱費が極めて安いという特徴があるようです。まだ広くは紹介されていないので余り知られてはいませんが、大変興味のある話題だと思います。

例えば中国は、これから発展していくためエネルギー需要は伸びていきますが、このため石炭を多量に燃やすと、日本はたぶん酸性雨の問題で大変困ることになるだろうと思います。排煙脱硫、脱硝が普及するまで、石炭の代りにコールベッド・メタンガスで一時代替してもらえないかということなどもお願いできるかもしれません。

豪州の場合ですと、メタノールとして日本に持ってくる。これは当然自動車用燃料、発電用燃料になるので、コールベッド・メタンガスはこれから調査・研究すべき重要な資源ではないかと考えております。

茅 大変おもしろい話をありがとうございました。今、鹿島さんは酸性雨のことをおっしゃいましたけれども、温暖化という面を考えてみましても、化石燃料の中でメタンガスはCO₂の排出量が一番少ないということで、各国で注目されているわけですし、ヨーロッパでも、ソ連でも、温暖化に対する対策の有力な方法としては天然ガスの拡大ということをよく言うわけです。ただ、本当にそれだけあるかというのが私は前から気がかりでして、そういった意味では、今のお話は大変興味深いお話であったという気がします。

今の問題と絡めて思い出しますのは、例の深層ガスという話で、一体、ああいうものが本当にあるのか、これはだれもまだよくわからないと思いますが、片岡さんの立場から、天然ガスの拡大とか、ガス会社ですと、単にご自分のところで使うだけではなくて、コージェネレーションという形で、より有効に使うという問題も抱えていらっしゃると思いますがこの辺全体についてご意見をいただけませんか。

片岡 資源開発というテーマで天然ガスのことばかりが課題になるのはどうかと思いますけれども、おっしゃるように化石燃料の中では、「地球にやさしい」ということでは天然ガスが一番言えばそんな燃料でありますし、現に鹿島さんがおっしゃったようなことは可能性は当然あると思います。

10数年前にトーマス・ゴールドが、地球創成期の地球の1つの成分としてのメタンを深層から取り出す可能性は十分期待できるのではないだろうかということを発表してから、国際的な共同調査も始まって、スウェーデンを中心として深層ガスを取り出すための実験が今始まっているのですが、深層ガスを取り出す方法論としての見通しは正直言ってまだ立っていないと思います。ただ、そういうソースがあり得ることと、それをこれからの技術開発によって取り出す可能性が

あり得るということは、両方とも否定できないと思います。

そういう点では、トーマス・ゴールドの説とは違うのですが、日本でも東大の脇田先生の説では、むしろマグマの中の炭酸ガスとか、水から、ある高温・高圧の条件下ではメタンが合成される可能性がある。現に日本でも〈グリーンタフ〉と言われている日本海の沿岸に沿った火山岩のベッドから回収された天然ガスを分析してみると、その中に含まれるヘリウム3の割合が通常の地上の状態とは違って非常に多く、マグマの中で何らかの形で合成されたメタンではないかという判断がされるということを論文にも発表されています。

そうだとすると、火山があって、断層になっているところが有望で、日本列島から千島列島にかけてはあるので、天然ガスが出てくる可能性があるということも、脇田先生は発表されています。メタンについてはこれから技術が発達すると、これらの新しい可能性が開けるという期待はかなりあります。

そのほかにも、もうちょっと漠とした形ではメタンクラスレートといわれる、水の分子の結晶構造の中にメタンが取りこまれたような形で、これも高圧の状態ですとかなり安定した化合物になって、海底に大量に沈積していたり、あるいはツンドラ地帯などの地中にもあったりということがあろうようです。

この辺は、かなり大量にあると思われる資源を、どういう形で合理的に回収できるかという技術にかかってくると思います。ある期間の技術開発を継続すれば、そういうものが顕在的な資源になってくることが期待できますし、当面は石炭に置きかえて、天然ガスで少しでも炭酸ガスを減らす動きを期待したいと思っています。

浜岡 さっきの鹿島さんのお話には大変興味があります。特に21世紀になって、中国のモータリゼーションをどういうエネルギーで支えるかというのは、地球規模での問題だと私は前から思っているんです。中国での石油生産にはどうもあまり大きな希望が持てない。そうすると、石炭からメタノールをつくるしか仕方がないのかなとも思ったんですけども、それだと生産過程から流通・消費までいくと、CO₂の発生量はかなり大きくなるということが大変な障害になるおそれがあります。

今のお話のように、石炭層メタンガスからメタノールをつくるという道が開けると、この問題には相当大きな突破口ができるという感じがするので、大変興味

がございます。

ただ、メタンガスも温室効果ガスですから、採取技術のところは相当な工夫が要るのかもしれないね。

鹿島 カリフォルニア大学のD.Sperlingらの研究結果(1987)によりますと、メタノールは、自動車の燃料に使用しても、炭酸ガスの低減率はガソリンに比較して3%ぐらいしかありません。これは天然ガス採掘からメタノール合成における効率(精々70%)などすべての損失を考慮し、ガソリンも原油採掘から精製工程の損失を計算に入れて比較した結果です。石炭から製造されたメタノールを利用した場合の炭酸ガスの排出量はガソリンに比べて約2倍になるようです。したがってメタノール燃料は炭酸ガス低減の観点からは、解決手段にならないと思います。

浜岡 ただ、中国の石油供給が十分でないんですから、石油を輸入する外貨が潤沢でないといえれば、目前で何か考えなければいけないだろうという意味で申し上げたんです。

鹿島 なるほど。そういう意味では、大変期待ができますね。

三井 資源的な調査はされているわけですか。

鹿島 中国はこれからでしょう。一番やっているのはアメリカ。それから、オーストラリアと聞いております。

地球にやさしいエネルギー

茅 メタンガスの話というのはいろいろな意味で大事ですが、将来を考えた場合、化石燃料でないものを探すという議論も大事だと思います。そういった意味で言いますと、どうしても思い浮かぶのは太陽エネルギーとか、原子力という話になるんですが、原子力については先ほど三井さんからのお話がありました。太陽を使うということになると、太陽電池として光で受けるか、あるいはパッシブ・ソーラーのように熱で受けるかということになるわけです。いずれにしても、使い方の絡んだ問題として、エネルギーをどういうふうに考えるかという問題があります。

三井さん、太陽とか、そういった非化石燃料を今後どのように拡大していくかということについて、何かお考えがございましたらお聞かせいただきたいと思います。

三井 太陽のエネルギーは非常に膨大な量であって、これを利用すれば、人類にとって無限に近いエネルギー

になり得るということで、かなり研究がなされています。これはCO₂も出ないし、廃棄物も出ないというメリットがある反面、エネルギーの密度が非常に小さい。太陽エネルギー自体が変動するということです。変動するばかりでなくて、利用率が日本の場合には非常に少ない。またそれを利用しようとする場合に、変換効率が非常に小さいという課題がありますので、これをどのように利用するかがこれからの大きな問題だと思います。

変換効率ですが太陽電池は今のところ10%そこそこです。ありますけれども、もっと利用できる革新技術はないかということで、40%を目指した太陽電池の開発が行われています。

それから、変動に対しては、電池などを組み合わせて、変動分を吸収するシステムが考えられています。

利用率ですが、日本では、年間を通して10%~12%です。しかし、太陽エネルギーが1年間ふんだんにあるところに持っていけば、有効に利用できます。例えばアメリカのカリフォルニアや中国のチベットなどでは利用率が年間30%と言われています。あるいは宇宙衛星によって太陽発電をしたらどうかという構想もあります。

この場合は、同時に輸送問題を解決しなければなりません。

カリフォルニアとかチベットとかで発電したときに、それをどう利用するのかということになってまいります。電気のまま利用するか、あるいはメタノール、水素に変換して使うということも考えられます。したがって太陽エネルギープロパーということだけではなく、それを利用するシステムを含めて考えていけば、1つのエネルギーの選択にはなるだろうと考えております。

エネルギー需要と技術開発

茅 今おっしゃいましたように、こういう問題は、結局、やり方によってだいぶ変わってくると思います。その意味で言いますと、今後の需要面でどのような技術が使われるかということが重要なんだろうと思います。先ほどの問題意識から言いますと、できるだけエネルギー効率の高いもの、あるいはよりクリーンな、あるいはCO₂の発生が少ない燃料への転換が問題になると思います。これについてご意見をいただきたいと思いますが、1つは運輸用燃料でして、今までガソリンな

りディーゼルオイルを使ってきたわけですが、運輸燃料がやはり1つのキーだと思いますが、浜岡さん、いかがでしょうか。

浜岡 おっしゃるように、エネルギー消費の伸びを見ますと、民生一般も強いんですけども、特に最近ではしり上がりに運輸部門の需要が伸びていますから、非常に大きな焦点であることは間違いないと思います。改めて今度は実走行燃費等に着眼して、燃費改善の目標をつくろうという考え方も出されておりますし、今後、関係業界が全力を挙げて取り組むことになるんだと思います。もちろん、走行環境の改善にも各方面で努力していただきたいものです。

焦点は2つあると思いますけれども、1つはエンジンの改良とか、車体の軽量化とか、伝達効率の向上とか、空気抵抗の低減とか、そういうことによって個々の車の燃費をよくしていくということにして、これは今まで方向はかなり明らかになっていますから、その努力をさらに営々と積み上げていくということになりましょう。

一つの問題は、同時に安全性の問題がクローズアップされていて、安全性を高めようとする車が重くなる傾向がある。安全性と軽量化の要請をどう両立させていくかというあたりが、今後知恵を絞らなければいけないところです。特に素材をどうするのか。廃棄物問題もからんできますからプラスチックとか、アルミとか、その辺の使い分けの問題がかなり大きくクローズアップされてくるわけです。

もう1つは、平均燃費を上げるということになれば、車種構成を変える、もっと小さい車をたくさん売ればいいではないかという考え方です。第1次、第2次ショックのころの、特にアメリカ市場での情勢を見れば、そういう考え方もあると思いますが、ライフスタイルの変化といいますか、お客様の満足度といいますか、そういう基準に照らして、一律に車を小さくすればいいということではいかどうかというあたりはなかなか難しいところです。小さいけれども、十分ご満足いただけるものをつくるということも考えなければいけないのかもしれない。単に車種構成を変えるということだけでは、なかなかお客様の満足を得られないという面にも気を配っていかなければいけないことだと思います。

少し中長期的な課題としては、排ガス規制とも関連しますが、もう少し石油依存度を下げることができないかという問題があります。メタノールとか、水素と

か、電気自動車とか、いろいろ課題はあって、既に研究開発も行われているわけです。さっき鹿島さんがおっしゃったように、例えばメタノールにしましても、生産段階から流通・消費を一貫して比べてみると、果たしてガソリンよりいいんだらうかというあたりは、まだまだ説明が必要なような気がいたします。また、電気自動車も21世紀に向かっては大きなテーマだと思えますけれども、電源構成がどうなっていくかということにも気を配る必要があります。原子力依存度をかなり上げていくことができるとすれば、いわば原子力自動車みたいなことに結果としてなるわけですから、CO₂発生量を相当抑える効果があると思いますが、ここはさっきから問題になっています電力サイドでの原子力利用がいかにかうまく進んでいくかということを中心に合わせていかなければならないという気がします。

ギリギリ詰めて言いますと、さっきからお話があるように、石油依存度がゼロになるわけではありませんし、人類は石油を最後まで何に使うんだらうかという、たぶん内燃機関だと思えますので、その使い分けというのか、すみ分けも、中長期的にはにらんでいかなければいけない点であらうかと思っていますか。

茅 その点については、鹿島さんはいかがですか。

鹿島 浜岡さんのご発言にもありましたように、地球温暖化対策の一環として、アメリカではCAFE (corporate average fuel economy 総合平均燃費) といって、アメリカの自動車会社で年間に生産する車の燃費を規制し、その全平均が一定のmile/galを達成できなかつたら、 $<0.1\text{mile/gal} \times 5 \text{ドル/台} \times \text{年間生産台数}>$ の罰金を払うという規則があります。これを95年までは33mile/gal (14km/l)、2000年までは40mile/gal (17km/l) にしようという「クリーンエア・アクト」が今年再度上程されると思われまます。もっとすごいのは「Bryan法」で日本車はもともと燃費がよろしいのですが、日本の88年の燃費を基準にして、一律1995年までに20%、2001年モデル以降は40%下げるという法律がまた上程されそうです。

いずれも地球温暖化対策をねらった方向ですが、これをエンジン設計側から努力して、例えばボディーを流線型にするとか、ピストンリングを改良するとか、エンジンを4バルブ化するとかしましても、95年までに予則される燃費向上は17.3%に留まるという結果が出ております。

自動車エンジンの専門家のお話では、ガソリンエンジンの効率は25%で、これをディーゼル並の35%を目

標に、少しでも改善するためには、結局はリーンバーン、つまり空気/燃料比の空気の割合比を大きくし、圧縮比を高めて着火する方式が考えられている。しかし、高圧縮下で層状燃焼させるには、現行の点火方式では駄目で、これに可成りの工夫改善を必要とするということです。それにリーンバーンにすると、かえってNO_xの排出量がふえてくる。それからアルデヒドも出てくるので、これを削減除去するにはエンジン設計だけは、なかなか解決がむずかしいようです。

北大触媒研の岩本教授は、ゼオライト・銅系の触媒を使ってNO_xの直接分解をしようという非常に先端的な研究をなさっておりますが、案外、エンジン設計の手づまりに化学屋の出番の余地がありそうです。

エンジン効率を飛躍的に改善しようとするれば、セラミックガスタービンという手が残されております。ガスタービンの効率は20%ぐらいですが、ガス入口温度を2,500°F (1,350°C) にすると45%になる。しかし、それに耐えられるセラミックス部品の良いものが今はない。セラミックス・ガスタービンは何もガスでなくてもいい。微粉炭であれ、何でもたけるといふ燃料の雑食性があり、燃料の多様化が期待できるというのがミソです。

しかし、究極のリニューアブルな燃料は、水素ではないか。武蔵工大の古浜教授が水素自動車のデモンストラーションをアメリカでもやりましたが、これは100気圧の水素ボンベを背負って動かすもので、まだまだ解決すべき技術的問題があるように聞いております。しかし水素エネルギー開発は、将来の重要課題の一つに必ずなると思えます。

先ほど電気自動車の話が出ましたが、これも今の所では100km/hのスピードで1時間しかもたないということはあるようです。しかし、使い道によってはどんどん、もう実用化すべきという議論が真剣になされているとのことです。

しかしながら、先ほども浜岡さんがおっしゃいましたように、結局は石油が運輸部門で相当将来まで残るだろうと思います。石油の持つ、すぐれた利便性、高い蓄積エネルギー密度などの特徴をいかした。いわゆるノーブル・ユースの分野での活用ですが、貴重な資源でもありますので、大切に使う必要があります。温暖化対策も踏まえて、効率向上の努力は、緊要であります。

未利用エネルギーの有効利用

茅 今のお話で、運輸面というのはなかなか難しい課題だということはよくわかったんですが、もう1つの側面は、実際にエネルギーのフローを見てみますと、結局、使われないままに捨てられてしまったエネルギーが結構あるわけです、そういったものをいかにして再利用するかということが1つのポイントだと思います。

そういう点で言いますと、現在、いろいろなところで開発されかかっているコージェネレーションは、将来を考える場合に非常に大事な技術だと思いますし、また環境庁はその枠を逸脱しかねないぐらいの勢いでコージェネレーションを今推進しているわけです。この問題は民生側の機器の使い方にも関連するんですが、その辺を含めまして、ガス、電力のお二方から少しずつ意見をいただけたらと思います。

片岡 本当はコージェネレーションだけではなくて、エネルギーの一番合理的な使い方を、特に日本は世界で最先端をいくぐらい厳しく考えなければいけないシチュエーションにいると思います。

たまたまコージェネレーションは、昔からそういう概念があって、ある程度試行錯誤を続けながら、我々も進めてきたのですが、ここ10年ぐらいからガスエンジンにしても、ガスタービンにしても、技術の信頼性が非常に高まってきたことを背景にして、コージェネレーションにある意味では本当の商品価値を生むところまでようやくきたのかなという気がしています。

これから先は、鹿島さんもちょうつと言われたように、熱機関の技術進歩をもっと思い切って引き上げなくてはいいけませんし、それができてくると、もっとコージェネレーション全体の裾野が広がって、エネルギーに対する貢献があると思いますが、現在の技術レベルでは、残念ながらコージェネレーションが存在し得る領域はそんなに裾野が広くなくて、やや熱需要がリッチにあるようなお客さんに選択的にしか適用できないという状況になっています。

したがって、これからは熱機関の効率をどういうふうに上げるかという技術の挑戦と、もう1つは少し大きく見ると、むしろエネルギー・ミニマム都市づくりがあるべきだと思っています。例えばオフィスビルと集合住宅とがコンパインされて建設されれば、両方の負荷をうまく利用し合うような形でのエネルギーの合理化がかなりできますし、また、コージェネレーショ

ンも適用しやすくなるということで、技術開発の面とある意味では新しい概念の都市づくりに日本は挑戦すべきではないかと思っています。

三井 今、ご家庭でお使いいただいております電気器具の中で一番消費量が多いのは冷蔵庫です。

この冷蔵庫は電機メーカーさんの努力によって、効率を上げまして、単位当たりの消費電力は第1次オイルショックがあった当時から比べてみると、半分以下に下がっています。しかし、お客様がお使いになる冷蔵庫の容量が大きくなっていますので、トータルとしてのエネルギーがどうなっているかということになりますと、問題があるわけでありまして。ここで生活の豊かさと省エネルギー、つまり、効率化との関係をよく考えなければならないと思います。

例えばことしの夏に電気の需要がふえて、ピーク電力が全国で申しますと、昨年に比べて1,450万kwぐらいふえました。これは例年の3年ないし4年分ぐらいの電力がふえたことになります。これも1つは豊かさのゆえであると思いますし、特にこのごろの若い人たちの中にはもったいないという考え方がないということがよく言われます。豊かさとエネルギー消費をどう考えていくかが、これからの1つの大きな問題ではないかと思っています。

それから、今まで使われていないエネルギーを利用するという未利用エネルギーの利用がこれからの大きな問題だと思います。家庭の中におきましても、排熱エネルギーを回収してどう使うかという未利用エネルギーシステムも考えられるわけでありまして。もう少し広く考えますと、都市の中のまだ使われていない河川や下水のエネルギー、地下鉄からの排熱エネルギーなどを使って、都市の熱供給に利用するという方式があります。すでに箱崎や、幕張で実施をしております。

もう1つ、それに関連してつけ加えさせていただきますと、電気の使用——電気だけではないんですが、エネルギーの使用は時間的な変化があります。先ほどピーク電力のことを申し上げたんですが、昼間は電気をたくさんお使いいただきますけれども、夜はあまりお使いいただかないので、昼間の電気に対して4分の1とか5分の1に減少します。極力そういうものを平準化していけば、供給する設備の量が抑えられることになるわけです。今、電気のほうでは時間別の電気料金を昨年11月1日から実施しております。深夜の安い電気をお使いいただき、なるべくピークの電力を深夜のほうに移していただく。この制度はお客様が選

扱ってお使いいただくのですが、同時にそういう制度によりまして、電機メーカーで深夜にお使いいただけるような機器の開発を促進していただけるならば、そういうことがもっと進むのではないかと考えております。浜岡 今の未利用エネルギーで補足的に発言させていただければ、一般家庭あるいは業務用の熱の需要の伸び率は、エネルギー消費全体の伸び率の倍ぐらいで、最も速いスピードで伸びている。しかし、需要の中身でいえば、ほとんどすべて100℃以下ということですから、未利用エネルギーを生かすシステムの重要性は本当に大きいんだと思います。個々の技術でいえば、そう難しい技術ではない。ヒートポンプなり、蓄熱槽なり、そういうものが核になるんですけれども、それにパイプラインを組み合わせると1つの大きなシステムとして生かしていく。まさに片岡さんがおっしゃったように都市づくりの中に織り込んでいかないと、実際上動かない仕組みだと思えます。

そういう意味で、関係省庁の間でも公共投資の一環として位置づけて取り上げていこうというムードができてきたのは歓迎すべきことです。予算措置もしかるべき格好のものができたといえると思いますけれども、これは非常にいいことで、ぜひ強力に推進をしていく必要があると思います。同時にその裏づけとして、さっきのコージェネレーションもそうですが、地味ですけれども、システム技術にもう1回広く目を向けていくことが強く求められているのではないかという気がいたします。

鹿島 私もしそれは同感でございます。三井さんが前におられて申し上げにくいんですが、発電効率というのは3分の1ぐらいですよ。残りの熱はもったいないことですが利用されることなくどんどん捨てられているわけです。省エネの根本思想は、節約よりむしろ排熱も含めて温度の高い熱はしゃぶり尽くすまでしゃぶり尽す。これです。その具体化案としてコージェネレーションがあると思います。

今、片岡さんからエネルギー・ミニマムの新しい都市づくりのお話がありました。この前の長期エネルギー需給見通しでは、2010年までに原子力発電をさらに現在対比で4,000万kw増設、つまり100万kw級原子力発電を40基も作らねばならぬということです。私たち部外者から見ても、これは相当大変なプロジェクトだと思います。熱を有効に利用するという観点からも、もう一度エネルギー供給システムを考え直して、新しい都市づくりには是非ともコージェネレーション

を組み込んだシステムを導入する必要があるかと思えます。

そのためには、地域冷暖房に対して電力の特定供給の範囲を拡大し、コージェネレーションで発生する電力を、ある程度自由に供給できるような方向に持っていただきたい。つまり熱を十分供給しようとするすと、電力が余ってしまうということがございます。コージェネレーションは熱と電力を両方バランス良く供給してこそ経済的なメリットが発揮されるのですから、余剰電力を電力会社で買い取っていただくようにでもなれば、省エネのチャンピオンたるコージェネレーションは急速に普及することが期待されます。

茅 ありがとうございます。コージェネレーションでの系統連携の問題については、通産省側の態度もだいぶ変わってきておまして、例えばある程度以上小さい電源に対しては主任技術者の義務を免除するとか、いろいろな側面での変化があるわけです。ですから、そういったことは今後いろいろ出てきてほしいと思っています。

また、今お話がありましたように、最近、特に計算機の分野で「システム・インテグレーション」という言葉が割と一般化しているんですけれども、これはエネルギーではまさにそうなんです。そういったことをやることによって、むだなエネルギーを避けることができる。ただ、それをやるためには今のままのシステムでやれと言っても無理なものですから、長期的にはエネルギーのシステムの各エレメントのつなぎ方を考えていく必要があると思っており、主張しているところでございます。

三井 今の茅先生のまとめのとおりだと思います。システム・インテグレーションの中にはコージェネレーションも含んでおりますし、私共も、それをめざして燃料電池などの開発をすすめています。鹿島さんが言われたような熱と電気とのバランスも、設置した場所だけでなく、総合して考えなければならぬだろうと思います。まさにシステムとしてインテグレートして効率化をめざしていかなければならないということです。その問題の中には、当然環境問題も含まれて来ると思います。そういったことをすべて考慮に入れたインテグレーションをめざすことだと思います。

浜岡 大きなフレームワークという意味で、2つだけ言わせていただければ、エネルギー価格の問題は、技術開発を進めるためにも、省エネを進めるためにも避けて通れない問題です。ここ数年前までのレベルはむ

しろ安過ぎたんだという意識が必要不可欠だと思っていたんですけども、今度の湾岸危機はそういうことを考え直すいい機会です。石油製品の価格形成をめぐってもずいぶんと議論がありましたけれども、コストは適正に価格にはね返していくというプロセスを通じて、エネルギー供給のコストが適切に受け入れられていく環境ができていくことをぜひ希望したいと思います。

もう1つは、さっきから議論の出ている制度の問題でございまして、思い切った見直しも要ると思いますけれども、決して電力の肩を持つつもりはありません

が、公益事業理論が生まれてきた規模の利益という考え方はやはり根底に置く必要がある。規模の利益を根底で生かしながら、システム・ミクスチャーといいますが、システム・インテグレーションというんでしょうか、そういうメリットをどう生かしていくかという考え方で取り組んでいくべきではないかと思います。いずれにせよ、制度が非常に大きな影響をもつことは否めない事実だと思います。

茅 どうも大変ありがとうございました。

(了)

