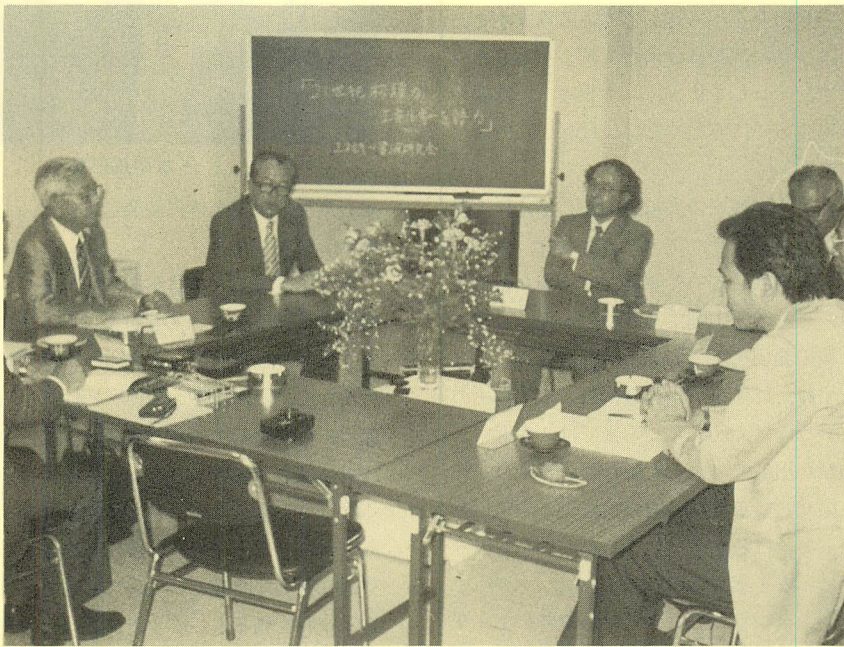


新春座談会

21世紀初頭のエネルギーを語る



はじめに

司会(水科篤郎): 本日は21世紀初頭のエネルギーを語るというテーマで座談会を開きたいと思います。

20世紀で残っている15年と、それから21世紀にもう15年ぐらい足しまして約30年ぐらいの間のエネルギー事情がどうなるであろうかというお話を願えればありがたいと思います。

この話を承って記録しておきまして、このうちの大半の方はあと30年ぐらいはお残りになって、自分の目でお話が本当であったか、ウソであったかを実証できるところに、30年というもののミノがあるのではないかと思うわけでございます。

それではまずエネルギー事情全般についてお話をお願いしたいと思います。そういうことになると、森口先生に口火を切っていただくのが一番いいのではないかと思います。

出席者

(順不同, 敬称略)

- 水 科 篤 郎
京都大学名誉教授(伝熱工学)
本会会長
- 坪 村 宏
大阪大学基礎工学部教授(光化学)
本会編集実行委員長
- 林 宗 明
京都大学工学部教授(発送配電工学)
- 森 口 親 司
京都大学経済研究所教授(計量経済学)
- 中 井 貞 雄
大阪大学レーザー核融合研究センター教授
(レーザー核融合)
- 吉 田 総 夫
大阪府立工業技術研究所システム工学研究室長
(システム工学)

エネルギー予測

森口親司：私の専門は計量経済学ですが、もっぱら短期、中期の予測、あるいは政策効果の分析をやっております。中期といってもせいぜい5年どまりなので21世紀初頭、あるいは2030年までをにらむということになりますと、とてもじゃないけど、手が出ないんです。でも多少の材料をベースにして考えてみますと、日本全体としては経済成長は3%台で続くだろうと見ているわけです。そうしますと、エネルギーの需要の伸びも年々2%ぐらいはみなくてはいけないのではないかとみています。

全体としてはエネルギーの大消費国としては日本はもちろんですがヨーロッパ、アメリカとあり、さらに現在人口が非常に急増しています発展途上国、特にラテンアメリカ、それから中国、そういった国のエネルギー需要は工業の発展によって非常に伸びるんじゃないかと思えますね。ですから世界全体のエネルギーの需要の伸びというのは、2030年ごろまでは3%近いエネルギーの伸びが出てこないとも限らないですね。そうしますと、果たしてそれをいろいろなエネルギー源で供給してやっていけるようになるんだろうかという点、私は大変に不安を感じるわけです。

先日、あるシンポジウムでアメリカの学者がアメリカの天然ガス需要と供給の関係をかなり長期的に予測をしていたのでご紹介したいんですけども、アメリカの国内の天然ガスの供給の伸びはあまり大きくないんですね。一方、ガスの消費量は相当比率が高いわけですから、値段は規制で抑えられている面がありまして、これが続きますと値段が安いので需要が高まるが、供給はなかなか増えない。需給ギャップがずいぶん開いてきて20年先にはそういったことからエネルギー不



・森口親司氏



・水科篤郎氏

足となり、世界全体に波及していくんじゃないかと心配していました。

そういったことが日本あるいはヨーロッパ、そして発展途上国で起こってきかねないと思います。いまのところは、世界的にエネルギー需給事情が緩和しております、小康状態だと思えますが、やはり2、30年を節目にして需給アンバランスが来て、エネルギー価格は再び大きく騰貴するとか、あるいは全面的に足りなくなってしまう。その時に供給側で新エネルギーのほうでつなぐようになるのかどうかというような問題がやはり深刻な問題として出てくると思います。いまから50年間を見るときとしますと、どうしても大きなうねりが2度ぐらいはあるんじゃないかという感想なんです。

司会：いまおっしゃった天然ガスに対する考え方ってのは石油に対しても同じことが言えるんじゃないかと思うんですが、先ほども坪村先生とお話していたんですが、石油はそのうちなくなると言いながら、いたって皆さん、日本国政府にしるアメリカにしる、ヨーロッパにしる割合のんきに構えておる。こんなことでいいんだろうかという考え方を我々としてはするんですけども、一方では天然ガスについて言われたように自由経済にしておいて石油の値上がり許すような形にしておけばまた供給も結構増えて、しばらくの間は石油が使えと、そういうことは言えるかもしれないわけですね。

その意味ではOPECが石油ショックのときに人為的に値上げしたというのはある意味ではいいことだったかもしれないですね。

森口：経済計画的な観点からいいますと、エネルギーの上昇の時間経路がスムーズで予見可能なものであれば各国とも計画は立てやすい。それが、ああいうふうなドカンドカンと上ったり、急に世界的不況で下が

っちゃう。これはずいぶんマイナスの効果が大きいですね。

つまり、下がってしまいますと、せっかく意気込んでやり始めたいろいろな代替エネルギーの開発、研究のコスト計算が合わなくなってきた、気のはやいアメリカなどは小さな政府をつくらうというのでいろいろ財政カットをやっていますから、ずいぶんエネルギー研究の予算を削っちゃって、DOEもやめてしまえという声もあったぐらいですね。そういうことで代替エネルギーと新エネルギーの開発利用の研究というのは地道に続けていかないといけないことなんですけれども、それが価格が急に下がっちゃうと、非常にムダが出ますね。こういうリード・タイムの長い、いろいろなエネルギー供給側の問題に対処していくというのはやはり年々、たとえば金利と同じ程度で上がっていくんだというふうに決まっていると大変やりやすいといえますね。ところが、自由経済はそこがそうはならないわけです。

司会：それで肝心の石油ですけれども、これは全く予測が立てにくいものだと思いますが、どれぐらいあるものでしょうね。林先生どうぞ。

林宗明：ここにたまたまございました資料の一部でご報告いたしますと、地球上にございます石油は1064億kl、重量で910億トンでございまして、そのうち自由世界が占めるものが87.3%、共産圏に残りの12.7%が賦存しておるということになっております。

司会：すると、現在の石油消費量は伸びも入れてそれで計算すると何年もつことになりますか。

森口：大体、年 30 億 kl として30年は確実ですね。で、石油の消費をどんどん全体のエネルギーの消費の伸びに比例させて伸ばしていこうとはだれも考えていないわけですね。

司会：30年としますと、ちょうど本日のターゲットで、大体石油のなくなるころになるわけですね。私は昔から石油というのは最後のころになりますと、原料として残すべきで、エネルギー源とすべきではないという持論を持っているわけですけれども、その時代がわりと早くくのではないか。我々の生きている間に何かそのきざしが見えてくるような気もするんですが、それまでにいわゆる新エネルギー、代替エネルギーというものは十分量がないと困る、こういうことになるだろうと思います。

さきほど森口先生のいわれたシンポジウムでヨーロッパの国際エネルギー機構の前の事務局長をしていた

ウルフ・ランツケさんが言ったのでは、ヨーロッパでは石炭はあまり期待できないということです。あの辺は一体どういうことなのでしょう。

森口：石炭産業の効率が落ちてきていることが一つあるのです。採ればとにかく採れるのですが、イギリスでも効率性ということから閉山が相次いでいまして、それでかなり深刻な炭坑ストなどがございましたね。それからドイツの炭坑などはわりとよろしいですが、やはりどんどん伸ばしていって、かつそこそこのリーズナブルなコストで提供しようっていうのができていない。それが一つです。

もう一つは、ランツケ氏が強調していましたのはヨーロッパの公害問題ですね。一つは我が国と比べて取り組みが非常に遅れていることがあるのですが、SO_xが酸性雨をもたらしている。大陸で地続きの工業国というのは島国の日本のように台風が来れば全部洗い流せるというのとずいぶん違いますね。カナダとアメリカ、それから東欧から西欧一帯でこの問題が深刻になっているので、石炭火力はそういう意味で歯止めがかかると思いますね。それを踏まえた議論であったわけですね。

司会：たしかにそうなると、日本とちょっと事情が違うんですね。日本はどうせ石炭資源なんてのはないわけですから、どこから輸入してこなければならぬとすれば現在考えられるのはアメリカ、カナダ、オーストラリア、それから中国というところですが、いずれにしる船で持ってくるわけですから、向こうさえ岸まで出してくれば別に非効率化ということは問題にしないでいいということになるわけです。

森口：むしろヨーロッパの内陸地帯のほうが石炭を掘ったあとの輸送費が高いんですね。川を使っても小さな川であるとか……。

司会：それからもう一つ公害問題ですけれども、今おっしゃったように日本は、卒業したという言い方は少しおかしいと思うんですけれども、確かにかなり昔から環境問題ということはやってきておる。そのために今石炭が出てきてもあまり驚かないというところがあるような気がするのです。

中井貞雄：ただ、化石燃料一般に言えることなんです。炭酸ガスによるグローバルな温度上昇で、地球がもつかどうかという問題があります。

森口：その問題のタイム・ホライズンというのは、どのくらいで考えればいいのか、100年とか200年のオーダーでしょうか、4、50年でしょうか。

中井：まだデータがあまりないということで、地球上の観測点での温度変化については最近かなり整備されたという話なのですが、データが出て明らかに温度上昇が始まったときには手遅れだと、何が手遅れなのかというと、南極の氷が溶け出して水位が徐々に上がるのじゃなしに、氷の棚があって、それがドーンと落ちると一ぺんに水位が上がります。

森口：どれぐらい水位が上がるのですか。

中井：ほとんどの主要都市が水没するだろうというふうなことをききました。

司会：それはかなり問題だと思いますが、もう一つ低次の公害問題でいいますと、さきほどおっしゃいましたように、私ことしヨーロッパのACHEMA（化学装置の展示会）へ行ったのですが、ヨーロッパでも急に公害設備をやいやい言い出しましてね、カタログでも別冊を出しているぐらい公害設備が重んじられておるのです。

9年ぐらい前に行ったときには大きな化学工場に行ってNOxというより硝酸の黄色い煙が煙突から出ているので「あれでいいんですか」というと「あれは着地濃度が基準より以下ですからいいんです」ってなことで、泰然としていたのですが、最近になって急にあわて出した。これは去年ドイツが環境基準を厳しくしたのですね、それもあるのですが、そんなことでどうもランツケさんは環境問題のためにヨーロッパは石炭に期待できないとおっしゃったろうと思うのです。

坪村宏：酸性雨というのも大分問題になっているようです。この前新聞で読みましたけれども、ヨーロッパの杉林が疲弊するおそれがある。現に木が非常に大規模に死んでいく。

司会：これは先ほどおっしゃったように地続きなものですから、隣の国のものがこっちへ来るのです。彼らにしてみれば、うちは一生懸命になってやるのですが、お隣が……」って、こういうものの言い方をお互いにする。

坪村：ただ、先ほどのお話で石油が大体30年ということなのですが、たとえばアメリカみたいな国が自動車を動かさなくなったりしたら、社会の根底がゆるがされるような事態だと思うのです。日本だってそうだと思うのですが、ただ30年経って、突如として石油がなくなるということを仮に頭の中で考えますとね、ものすごい社会的混乱を起します。だからそれに対する対策は今から非常に真剣に考えな



・坪村 宏氏

ればならない問題じゃないですか。

水科先生はさっき将来石油は原料として残しておくべきで、エネルギーとして使うべきでないとおっしゃったのですが、私は現在すでにそれを考える時期に来ているのではないかと思います。あと人類が何百年か何千年生きるにしても、現在あるぐらいの石油は石油化学の原料に残しておいて、エネルギーは全部代替エネルギーでやるというぐらいにしてもちょうどいいぐらいではないでしょうか。

私、個人的な経験から考えるのですが、12年前の第一次石油ショックでみんな騒ぎ出して、たとえば太陽エネルギーの有効利用の新しい試みなども非常に活発にやり出した。その後、10年経ちましたけれども、学問的にはともかくとして、実用上では見るべき成果があまり挙がっていないわけですよ、ですからあと30年経ったら、どういう代替エネルギーが出てくるかということ、そんなに簡単に出てこないと思うんですね、だから私はそういうことを考えると、非常に憂慮に耐えないという感じがするのです。

ところが、先ほども水科先生がいわれていたようにアメリカの政府の要路とか、あるいは大石油会社の大ボスのような人はいますぐ手を打とうという気配がないですね。これは何か楽観する根拠があるのか、それとも単に30年ぐらい先のことは私は知らんよというような調子で構えているのか、どちなのでしょうか。

吉田総夫：ぼく自身もずっとここ10年近く石油埋蔵量に関するいろんなデータをさわるのですが、データの信頼性を保証するところがどうも分からない。たとえばアメリカのエネルギー機関が出しているとかいっても、それはどんな調査方法で、どういう根拠をもって出てきたのか、そういうバックグラウンドがわからない。非常に俗物的に言えば何かどこかで情報を

操作しているのじゃないかという感じを受けるわけです。だからむしろ、いろいろな資料の信頼性に関する研究そのものが今後エネルギー問題を考えていく上で一つの重要な課題じゃないかと考えているわけです。

司会：確かにエネルギー計画を立てたり作ったりするためには正確なデータが要するというはもちろん分かりますが、同時に石油は30年か40年か、50年か知らないけれども、いずれなくなることも間違いないことのような気がするのですね。そうすると、かりに30年じゃなくて50年あるんだとしましても坪村先生が言われるように、もうそろそろそのあとのことを真剣に考え出してもいいころなのに案外皆さんのんびりしているのは何ごとかと、こういうことなのだろうと思うんですけれどもね。

森口：それからもう一つは、30年もあるのに石炭、石炭と今は騒いでも、アメリカでは環境保護派がずいぶん強いですから石炭の埋蔵量は多いのですが、オープンカットでどんどん採ろうとすると、地表を何10メートルとはがすことに対する反対がある。エネルギーがなくなってきて、価格が上がり出すと、やむをえないと説得できるようになりますね。それまではしょうがない。そういう見方もあるのじゃないでしょうか。国民全体は環境問題もある程度がまんしていこうってことになかなかならないもので、そういう意味では経済学では将来と現在との欲望をはかりにかけて、常に同じだけの欲求を充足する場合は現在のほうが値打ちが高いわけですね。それを割引率といいますけれども、30年先ということになりますと、かなり割引率が高いんですね。ですから、エキスパートの学者先生が心配されるほどなかなか皆さんは心配しない。世界的な割引率が高いと、そういうことになるのじゃないかと思えます。私は別にそれが正しいと言っているわけじゃありませんが。

中井：アメリカあたりは先ほど先生がおっしゃったように石炭を掘ればまだ出てくる。軍事的な目的で出るべき石油の井戸をふたしているというような話も聞きます。アメリカはそれでのんびりしている。そういう国ののんびりムードにおかれて、いますでになくて明日からでも問題が起こるといふ日本のような国がのんびりしていいのだろうか。

司会：アメリカが、国内のは温存しておいて、外のはどんどん使っていくということは可能性はあると思うんです。ほんと日本は何もないのに、そのペースで行っていいのかということですね。



・林 宗明氏

原子力について

林：将来の問題について申し上げますと、エネルギー量で大まかに比較しまして、埋蔵量が石油1に対して石炭が4以上、それからナチュラル・ガスが0.8、これに対しまして高速増殖炉が使えるようになりますと、石炭の4、5倍はまだ使えると、こういうことで世界各国で高速炉の開発に打ち込んでいるわけです。

こういった予測をみますと、高速炉は21世紀に入ってから走り出すわけですが、そういう時期になりますと、エネルギーというのは一ぺん電気の形に変わって、それから利用されるようになるという可能性が有ると思うんです。

そうしますと、自動車を動かそうと思うたら、ウランを焚くわけにいきませんから、一ぺんバッテリー・チャージして走るということになりますし、そういった現在使っている燃料、エネルギーというもののじゃなしに、変わった形のエネルギー使用状態というのが来るのじゃないかと思えます。

電気屋の手前みそみたいで悪いんですけれども、いま使っているいろんな形のガスとか、石油とか、石炭とかのエネルギーの大部分がだんだん電気という形で最終需要家で消費されるんじゃないだろうか、それで現在、全エネルギー使用における電気の最終状態におけるシェアが、年とともに増えてきてまして、たとえば昭和48年ですと、31%でございましたものが、58年度には38%になっておりますし、まあいずれ50%近くまで行くのではないかというふうに統計からみて思っております。

坪村：ちょっとその辺もう少しお話したいと思うんですけれども、いま石炭の4倍ぐらいのエネル

ギ一量でといわれますのは、これは、鉱山にある採れると大体分かっているウランの量というわけですね。

林：現在、採掘可能なウランの埋蔵量で申しております。現在はウラニウム235しか使っておりませんが、ウラン238を高速増殖炉で使うと仮定したときのもので、4倍というも低い見積もりでございます。もし完全に転換できるとすればもっとたくさんあるわけでございます。

司会：先ほどの中井先生のおっしゃった炭酸ガス問題もあり、いまおっしゃったエネルギーの埋蔵量ということからもいえるのかもしれませんが、IEAの先ほどのランツケさんもヨーロッパで一番可能性のあるのは原子力だという言い方をしていましたね。

原子力に対してかなり問題のある、住民の核アレルギーというもおおいなくなるし、それから危険という技術的な問題も解決できると思うとランツケさんははっきり言ってましたね。

林：原子力がステディに故障なしに動くようになっている傾向は統計にも出ておまして、設備利用率という立場からいいますと、原子炉がほとんど無事故で補修を終えたものから次の定期検査までの間までほとんどいっぱい一杯働いているというのが数値に出ておまして特に日本ではこの利用率が一番高うございます。

ですからそういう意味ではこういう実績を積み重ねることによって原子力アレルギーというのも自然と消滅するのじゃないかと思えます。

司会：ただ一番原子力先進国であるアメリカがいま全然新しい原子炉の建設がストップしておる。そういう事情はどう説明しますかね。

森口：あれはやっぱりスリーマイル島事件とか、ズサンをやり過ぎているんですね。

そういうことでアレルギーが出ている。アメリカは事件が起こると非常に世論が動きやすいですね。だから原子力発電がそうですけれども、天然ガスでもマッカボイ氏（ポール・W・ー、ロチェスター大学教授）と話していましたら、こういうことを言っていました。

まずアメリカは国内の天然ガスの供給能力に限られているというから、じゃあ輸入したらいい。インドネシアなんかアメリカに輸出したがついてるからと水を向けますと、とてもそれをやる気はアメリカにはありませんと言う。港湾設備として、ああいうエネルギー・タンクは危険きわまりないと一般的には思われている。そうすると、日本なんてどうなるのだということ

ですね。

司会：結局アメリカというのは、ほかのエネルギーを持っているから少々何かあると必ず、

森口：それも言えましょうね。余裕があるので、そういう……。

坪村：それがああるんじゃないでしょうかね。それがシカゴみたいな冬、マイナス20度以下になるような所でほんとに石油がなくなったら公害問題がなんのかのので石炭を使えないなんてことをいっておられない。体が凍えてしまう。原子力であろうが、石炭であろうが、何だかってそうなら使わなければしょうがない。現在はそういうことをしなくてもめどがついている。

森口：そういうと、原子力に対して世界的に一番寛容度が小さいのがアメリカ、それからオーストリアです。オーストリアは国民投票でせっかくつくった原発の運転開始を否決しちゃった。あれは大統領選挙とからんで、変な抱き合わせ投票にしたのがいけなかったといわれていますが、それからランツケ前事務局長のお話ですと、EC諸国の中で一番進んでいるというか寛容度が高いのはフランスですね。これはじゃんじゃかやっていますね。ドイツはやはりグリーンパーティというのが環境問題をシングル・イシューにしている政党の影響があって遅いということなんです。

林先生がおっしゃっているようにヨーロッパでのエネルギー最終需要の構成をみてみますと、電力シフトが進んでいますね。これは原子力発電のウエートが高まっているということになります。

坪村：一つ素朴な質問をしたいのですが、いま転換炉ですか、いわゆる高速増殖炉ですね、これを言い出してからもう20年ぐらいになりますね。私ら専門外の人間からみますと、何でそんなに暇がかかるのだろうというような気がします。さっき来世紀には動き出すとおっしゃいましたですね、そうするとあと15年ぐらいかかる。どうしてそんなにかかるのでしょうかね。どこがむずかしいんでしょう。

森口：ただフランスあたりではかなり実用寸前までの動き出しているという話ですね。

坪村：試験炉ですね。

林：これはスーパー・フェニックスといわれるもので電気出力120万キロ、1984年にはほ予定どおりに臨界に達したと聞いておりますから、もう多分発電しているでしょう。

坪村：日本でもやっていますね。

林：福井県の白木で28万kWの原型炉を建設中です。

吉田：ぼくなんか原子力発電のことにつきましては非常に慎重さがあるだろうと思うんですよ、いいますのは、エネルギー供給源としての有望さをもっているけれども、逆にいうと一つは安全性の問題が100%解決していない、つまり放射能汚染の問題が残っているということですね。

それからもう一つ最近言われているのは経済性に対する問題ですね、外部不経済があるんじゃないかということ、つまり廃炉になったらどうなるんだとか、あるいは使用済み核燃料の輸送費とか、再処理費とか、そういうところについては経験が全くないということですね。経験のない技術というのは本来的に不安な問題を含んでいるんじゃないかと言われているわけです。

それと、軍事的利用との関連ですね、そういう意味で国民世論が十分に成熟していない、アメリカと同じで何か日本でも大きな事故があれば、それまでの成果そのものも否定されてしまって、非常に後退現象が起こることということになりかねないので、何というかメリットとデメリットをただ賛成、ただ反対というような非常にディスクリートな問題じゃなしに、もう少しオープンな議論の場にしていくようなことをやっていかないとなかなか進まないんじゃないかという気がしますね。



・吉田総夫氏

司会：もう一つは、ゆっくり時間をかけて確実に言ったところで一歩ずつ進んでいったほうが吉田君の言うあと戻りがなくて済むということはいえるかもしれないですね。

森口：坪村先生がなぜそんなに遅いんだとおっしゃったのは、やはりそれがあるからじゃないですか。

林：それともう一つは、先ほどおっしゃった経済性が足を引っ張っておるらしいですね、最初のスーパー

・フェニックスをつくりました時で、同規模の軽水炉建設費の約2.7倍、発電コストで2.2倍になると見込まれているそうでございまして、どうしても実用にもう一步遅れをとる。フランスの世論は寛容でございまして、フランスは高速炉に関しましては自他ともに認める世界のトップランナーと思います。

司会：だから結局そういうことから言いますと、石油の値段が倍にならない限り、2.2倍のものはフィジブルじゃないということになるのかもしれない。

森口：ですから次の控え選手として持っているという、その間、十分安全性のほうを検討しておけばいいということです。

司会：いま軽水炉は、キロ・ワット11円ぐらいですか。

森口：ただその計算は先ほど吉田さんがおっしゃったですね、あと処理の現在価値を引き算しておく問題がある。

ランツケはわりと楽観的な見通しでしたけれども、要するに安全性という問題の場合、スリーマイルってなバカなことは日本では考えられないですし操業上での安全性はもう大体クリアしていますね。

あとは放射性廃棄物の捨て方、これについてはここ10年ぐらいで大体技術的に解決する見通しであるということをおっしゃいました。

それから安全性ということではいいますと、我々は原子力ってくるとすぐ安全性と、こう反応いたしますけれども、ほかのエネルギー供給分野ではあまり言わないんです。ちょっとおかしいと思うんです。たとえば我が国では石炭掘るのに毎年のようにたくさんの人が死んでいるわけですね、それからそれを防除すると称して何百億という金を使っているわけです。石炭から採るエネルギーのために払っている安全性上のコストと原子力とアンバランスがあるんじゃないかと思えますね。原子力発電に要求するような安全性を石炭産業に求めたら大変なコストになるでしょう。

エネルギーの複合利用

司会：林先生がおっしゃったエネルギーの将来形態は電気が理想的なんだということは私も賛成なんです。太陽熱でもすべて電気に持っていく、それはなぜかという、やっぱり送電コストはなんてったって安いですし、それから送られた先で使う場合にいわゆる無公害、炭酸ガスも出さない、何も出さないというこ

となんです、ただ今の電力を、たとえば電気でヒーターをつけているというのはいかにももったいない。

林：おっしゃるとおりです。

司会：といて、日本の電力ほど質のいい電力はない、ですから、たとえば電気時計を回していたって停電がない限り絶対に狂いが無い、それくらいサイクルが正確なんです。そういうのを熱に変えているということをやっているのは、なんとももったいない。私は第二電電があるように、第二電力というのを前から言うておるんですけども、もう一つ電力系統をつくりまして、そこに少々質の悪い雑電気を全部ほうり込んでしまふ。そいつは熱に使おうと、何に使おうと勝手に使えというのにすれば、その辺を解決しないかなと思うんですが、どうですか。

林：直接のお答えにならないかもしれませんが、まず電気エネルギーの弱点、問題点を申し上げますと、火力発電、原子力発電などで発生します電気エネルギーというのはその熱効率が高々40%どまりでございます。これは最高の効率を有する火力発電所においてしかりでございます。そうしますと、残り60%は外国から買ってきた高い油を海の中に流しているのと同様でございます。電気だけに限らず日本全エネルギー総消費量から考えますと、この総消費量からいろんなロスが出るのが50%です。その50%のうちの60%が電気に関連して発生するロスである。ですから電気がもう少し効率よくしますと、日本全体の熱効率というものが非常に上がるのです。それが一点なんです。

もう一つは、こうして得られました貴重な電気エネルギーをロスを少なくして、しかも有効に使う。先ほどおっしゃいましたように、これをまた熱に還元して使うごときは途中の送電ロスとか、変電の費用とかを考えますと非常にもったいないことでございます。

それで水科先生が先ほどおっしゃいましたように、現在の電気でも0.1ヘルツを調節して(60±0.1)ヘルツ一昔、サイクルとよびましたが一ていどの正確な周波数を保っているわけです。こういう良質な電気を何で電熱などに使うかということなんですけれども、実はこれは電気の泣きどころでございます。そういう60ヘルツなら60ヘルツ、これが0.1ヘルツの誤差内で同じ速度で多くの発電機が回ってくれませんか—これを周期と申しますが—電気のやりとりができない本質的なものがございまして、ただ電圧の変動の方はある程度は構わない。

ですから、第二電力系統というものができると、

電圧変動は許されるのですが、周波数だけはどうにもなりません。

司会：質の悪い電気が使えるとすれば太陽電池で得た電気も、それからコージェネレーションというんですか、ガスでタービン回して発電するのも全部そっちへ入ってくれる気がするんですけどもね、いまの電力会社にそうやったやつを買って言うたってなかなか買ってくれないでしょう。大体買電は15円だけれども、売の方は5円ぐらいで買ってくればいいほうだそうですね。なんかその辺のことを考えてもいいころだと思ふんです。

坪村：それはローカル・エネルギー会社になるわけですか。

司会：ローカル・エネルギー会社でいいじゃないかっていうわけです。

林：ローカル・エネルギーでしたら、私が先ほど申し上げたような同期とかなんとかそんなむずかしいことはあまりございません。

中井：ローカルに使うとなりますと、熱そのものを使うというようなエネルギー・システムというのはそれはもうすでに考えられて……。

司会：います。たとえば団地で使う熱とかそういうのははやっておるわけでしょう。

中井：もし効率40%が確保されて、かつ小さな発電所ができればローカルにできる。そうすると、電力システムと熱システムというのが一体の形でできますね。そうすると、エネルギー・ユーティリティとしてはずいぶん上がる。

林：燃料電池も100万キロでなくても、1メガワットとか、400キロワットぐらいのところ、そんな小型で40%ぐらいの効率が出てきますね。しかもロスとして発生しました熱はそのまま暖房に使える。そういう見方をしますと、これは100%に近い燃料の利用率じゃないかと思ひます。

司会：それで私は現在たとえば関西電力と大阪ガスというようになっているのを関西エネルギー株式会社にとまとめてしまったらどうだということを申しましたら、アメリカではあるそうですね。

林：エネルギーを社会に広く分配するという意味で両社は同じ立場にあります。

司会：しかし、日本の体質としましてエネルギー—社が押さえたらオールマイティになってしまつて、それはとつてもじゃないが困るだろうという反対があります

だから私は第二電力のほうがやりやすいような気がします。

森口：それは確かにおっしゃるとおりですが、配電の設備は二重に要る。これが泣きどころで、ロスですね。

吉田：本来熱は熱のままを使うのが効率が一番いいんだというのはお話としては分かっているわけですね。

現実には皆さん、電気は便利なものだといういわゆるサービスの面を言うわけです。このため企業でも最近積極的に電力を使うようになってきています。つまりそのほうが品質管理上便利だとか、制御が容易だとかでますます増えてきているわけです。最近是非常に出力の強い電熱器が出てきて、ガスよりは電気ですべての面で調整したほうがおいしいなんて言い始める。こういう風潮が全般に日本でも出てきていますね。

司会：一つには私は電力会社の責任もかなりあると思うんですよ。電力会社が原子力をベースにしますと原子力は可変じゃありませんからコンスタントに出力を出さなければなりません。そうすると、どうしても使うほうもコンスタントに使ってもらわないといけない。したがって、なるべく電気を使ってくれないと、ふる屋にまでふる沸かすのにまで電力使えてなことを言い出す。ですからその辺のエネルギー供給のシステム的な管理というものをやっぱりどこかでやらないとむだがかかり多いということは事実でしょうね。

核 融 合

司会：ところで中井先生、核融合ってというのはいつごろに大体間に合いますか。

中井：大変答えにくい質問なんです。核融合に批判的な人に聞いていただいたほうがいいかも知れませ



● 中井貞雄氏

ん。

司会：そうじゃなくて、今やっておられる方で大体希望的にみてどれぐらいかという。

中井：核融合には全く違う方法が2つあるわけですよ。一つは原研がJT-60の建設で進められているトカマク方式、もうちょっと広くいいますと、磁場でプラズマを閉じ込めて核融合を起こすものです。私どものほうは強力なレーザーを燃料に当てて瞬時に高温にして核融合を起こさせます。

どちらが技術的にフィジブル、有効かというのはそれぞれに意見がざいですが、私どもはやはりレーザー核融合が優れているだろうと思ってやっております。

ですから、レーザー核融合について話してみますと1980年代の次の5カ年ぐらいの間にサイエンティフィック・フィジビリティ、こういう方向でエネルギーが生産できるぞということを示すというのが一つのマイル・ストーンです。それができると、エンジニアリング・フィジビリティを実証する。それが1990年代というのが一応の目安になっております。2000年つまり来世紀初頭ということになりますと、一応サイエンティフィックそれからエンジニアリングのフィジビリティが確立というか、見通しが立ったと。

そのあとに今度は経済性でありますとか、もろもろの実用化の問題がやってくるだろうと思います。そこが10年かかるのか、20年かかるのか30年かかるのかというのは先ほどの高速増殖炉の問題もございまして、来世紀の10年にはできるとか、20年にはできるとかというようなことはちょっと言い過ぎになるかと思えます。

ただそう言っても、実用炉ができたときに、どういう技術的な問題があるかということに関してはデザイン・スタディがすでに始まっております、こういう問題は問題として残るだろう、それをいまから解決に向かって開発研究をやるべきだという問題が幾つかございまして、そういうものを比べまして、レーザー核融合は実用炉までをめぐりますとかなり有望な方法だと思って、我々やっているのですけれども。

森口：伺いたいですけれども、要するに軽水炉から始まって順番にどういふふうにつながると一番理想的なんでしょうか。

司会：核融合と高速増殖炉とは全然異質、つながらないでしょう。

森口：技術的な意味じゃなくて。

林：エネルギー資源のつながりについて考えますと21世紀の初頭にどうしても正面に出てくるのが転換炉

か、あるいはブル・サーマル——プルトニウムを熱中性子で使うという——どちらかが登場しまして、それについて高速増殖炉が実用化されると、現在使われずにそのまま保存されているウラン238の利用によって石油の枯渇、それから将来出てくるであろう核融合との間のつなぎの役になるでしょう。

森口：すると21世紀の前半は転換炉でもつ。

林：転換炉と石炭ですね。

森口：核融合は後半に出てくれば十分である、ということでしょうか。

林：後半にはもう出てきてくれないと、困るような気がします。石炭は200年あるといわれますが、燃焼ガスによる公害問題か石炭灰の処理などが大きい問題となって、行き詰まるおそれがあります。

自然エネルギー（太陽エネルギーなど）

森口：そこでちょっと技術評価の問題でお伺いしたいのですが、第一石油ショックが10年間でありとあらゆる新エネルギーの開発の試みとか、研究が行われてきたわけですね。大体、科学技術庁、資源エネルギー庁もそうですけれども、それぞれ見直しをして、もう少しいけるものとやっぱりやめたほうがいいのと分けたほうがよさそうだとということになってきていますね。

たとえば新エネルギーで、太陽熱、風力、潮汐、波力、地熱とこう来ていますね。ここらでたとえば太陽エネルギーでいいますと、熱はどうも止めたほうがいいという声が出てきているわけですが、そういうことでこれはやるべきだ、これはやめたほうがいいかという評価をやっていただけるとありがたいわけです。どうでしょうか。

司会：それはやるべきでしょうね。

坪村：太陽光発電は将来かなり大事な問題になるんじゃないかと思っております。

石油がいまの値段で売られている間はちょっと正直言って経済的には問題にならないですね。ただ30年か、40年先に本当に石油がなくなって、石炭もいろいろ問題があるというようなことになってきた場合に、反面またいまのシリコンの太陽電池なんかがもっと技術的に進歩して効率が上がり、コストが非常に下がるということになってきた場合にはかなり有力な手段になってくるんじゃないかと思えますね。ですから、予測するのは非常にむずかしいと思うんですが、どれぐらい

の技術的なイノベーションがどういうスピードで起るかということによって変わりますから、簡単には予測できないと思います。

司会：ただ量の問題を度外視するとかなりフィージブルなところに行くのではないですか。

林：メリットがあるんですね。灯台とか、僻遠の地とか。

司会：配線が要らないから。

林：そういうところはやっぱり絶対強い。

坪村：これはもう早く実現に至るわけですね。現在すでに使われています。

中井：僻地の特殊性という以外に1次エネルギーのソースとしてどうかという、そういうポイントから見た時にでも、やはり太陽光発電というのは有望でしょうか。

坪村：量としては地球全体にたとえば1年間にやってくる太陽のエネルギーっていうのは現在総エネルギー消費の約1万倍ぐらいあるという計算です。地球全体に来るエネルギーを全部むだなく利用するということではできませんけれども、そのうちの1万分の1利用すれば一応現在石油、石炭、すべてを含めての総エネルギー消費をまかない得るわけです。ですから潜在的な量という点では非常に大きなものを持っているというわけですね。

森口：大量供給のためのエネルギー源としてはときどき聞くんですが、人工衛星を打ち上げて大きな翼を広げてマイクロウェーブかなんかで送ってくる。あれはどうなんですか。

坪村：まあ、どうなんですかね。あれもその専門の方が一生懸命やっておられますから、水をかける必要は全然ないと思うんですけども、非常に直感的には……

森口：先生が資源エネルギー庁なんかの長官で予算を全部配分するという立場にあったとしたらどうされますか。

坪村：あえて私、個人の感じから言いますと、やっぱり地球上での利用を考えるのが先じゃなからうか。わざわざ宇宙まで行って、

司会：林先生、送電はちゃんとコントロールできるのですか、えいっと狙ったところがとんでもないところへいっちゃったりすると……

林：それは今アメリカがすすめているような制御の研究ができて上がりますと、たぶんいけるようになると思います。ただし、伝送効率は高いのですがね。光を

マイクロ・ウェーブに変えるとき、マイクロ・ウェーブを通常使う電力に変換するときの効率が非常に悪い、これが問題なんです。

坪村：悪いんですか、やっている人に言わせると非常にいいって話ですが、こっちは専門外だから、いいって言われると反論できないんですけども。

確かに宇宙でやれば年中休みなしに発電できるというメリットがありますけれども、いろんな資材をいちいち打ち上げるということを考えますと大変な気がします。

森口：シャトルがありますから。

司会：これをおそらく最終的に決定するのは経済性の問題なんじゃないですかね。エネルギー効率とかなんたかいうのは太陽エネルギーっていうのは今おっしゃったようにものすごいたくさんあるわけですから、だから少々効率が悪かろうが何しようが、安くさえ得られれば問題ないということなんだろうと思うんですよ。

坪村：効率1%でもいいわけですね、非常に安くできれば。

司会：その一つの例みたいなものが風車の話なんです。普通風車っていうとこういうプロペラ回してやっていますね。あれは効率は割合いいんだけど、台風が来ると一辺にひっくり返るそうですね。それに比べると、サボニウスとかいうドラムかんを半分にしたようなのは、全くものすごい効率は悪いけれども、鈍感なものですから台風が来ようが何しようがクルクル回ってくれるんですね。ですから、何か考え方を少し転換しないといけないんじゃないかという気もするんです。

省エネルギーの問題

司会：ところで吉田さん、いままであんまり言われていない省エネルギーの役目ですね。このごろ少しエネルギーが安くなってきますと、省エネルギーについては特に関心が薄れてしまったような気がするんですけども、その役目ってというのはどうなんですか。

吉田 オイルショックから10年まるまる経ちまして、日本というのはアメリカ、ヨーロッパに比べても、非常に省エネルギーの成果が実際に上がっています。代替エネルギーの開発とか、いろんなことがやられたけれども、それらはまだこれからの問題として、現実の実際の問題の解決には省エネルギー対策が非常に効果を出したと言えると思うんです。

その中身を考えてみますと、何か非常に新しい省エネルギー技術が適用されてよくなったというよりは既存の技術をうまく使いこなしたと、それは工場の現場の工員さん、技術者が創意工夫をして、あるいはむだをなくそうとかいうQC活動だとか、いろんなことを通じてやりとげたと思うんです。

一つ単純な例を挙げますと、保温、断熱ということですね。保温、断熱の技術というのは20数年前、私は水科先生から伝熱の講義を受けましたが、理論としてはある意味で学生のイロハの技術なんです。別にこれを新しく研究する必要は全然ないわけです。しかしそういう技術が新製品の登場をうながし実際の企業の現場の中で活用されて、大きな成果が出てきたということです。つまり省エネルギー技術の大衆化現象による成果じゃないかと思えます。

事実、我々も省エネルギー診断ということでいろんな企業に出向いたわけですけども、断熱、保温なんかでそれまでのエネルギーの節約率が20%というのはざらに出てきたわけです。そういう点ではここ10年ではほぼ省エネルギー技術のうちいわゆる既存の技術は一巡したといわれているわけですが、これからはより高度な省エネルギー技術をどうしていくのかという問題だと思います。

省エネがうまくいった理由のひとつにぼくが感じますのは、非常に日本的といいますか、状況が変わりますと、変化に対応する能力が日本人は非常に優れているということです。

ところが、もう省エネルギーが一服しまして、むしろエネルギーの値段が下がるんじゃないかというふうに状況が変わってきますと、今度はそれに適応して「それほどいまるそう言わなくてもよろしい」という感じで企業自体は、それよりもっと今は情報化時代でコンピュータ入れてどういうことをやるかとか、マスメディアだとか、ネットワークだとか、そういう話でどこの技術者もそっちのほうへ目が向いているということです。実際にはどんなに我々がいても省エネルギー技術に関する研究の先細りは避けられないんじゃないかという気がしているわけなんです。

ぼくたちが実際に企業の中で見ている限りでは、まだまだやり方によっては相当のコストをかける必要があるものの、2割や3割のエネルギーの節約というのは可能だと見ているわけです。

オイルショックのあと数年間は、特に大企業中心にざっと省エネやったところなんか、もう省エネルギー

対策は自分のところはやることがないなんと言ってたわけです。

ところが、そう言いながら、第2次ショックが来ると、たちまち頑張る。すると省エネ効果が幾らでも出てくるというような結果を見ていると、まだまだ省エネできる部分というのは相当あるのじゃないかと思えます。まだそれができるような民族性を持っているんじゃないかという気がするんですね。

森口：省エネの源泉をみますと、製造業なんです。製造業で半分は鉄鋼なんです。鉄鋼業での省エネが大きいんです。しかし、鉄鋼の生産はむしろ落ちてしまってますね。それから非鉄金属、アルミですね。アルミなんて一時150万トン作ってたのが今30万トンを切ってます。残りを入力しているわけです。アルミを入力することは、カナダ、アメリカの安い水力発電を入力するのと一諸なんです。

吉田：その省エネルギーも、熱エネルギーとして使っている分は非常に減っているわけなんです。たとえば紙パルプ産業でしたら半分以下になっているわけです。ところが、電気エネルギーのほうはこの10年、全然減ってない。だから結果としてトータルのエネルギーに占める電気エネルギーの比率が増えてくるということになってしまい、電気エネルギーのほうの省エネが非常にむずかしい。

森口：吉田さんにお伺いしたいのは、産業は競争があるからやりますね、エネルギーコストが上がればそれを減らすことで利潤が確保できるから必死にやるわけです。家庭は必死にやるという背景がないわけで、家庭での省エネを推進するにはやはり電気製品の電力インプットを下げるほうが妥当です。これはメーカーが競争してやりました。たとえばテレビ1台あたりの電力消費もずいぶん落ちましたね。もしこれが今後カラーテレビがいまのブラウン管からたとえば液晶に変わったりしますと、ずいぶん減ると思うのです。そうすると、電力消費のいまのピークってのが夏の高校野球の決勝戦ぐらいでエアコンをつけてテレビを一諸につける。ああいうピークを減らしたりする上で効果があると思うんですけれども、その辺どうなんでしょうか。家庭の電気製品のインプットをどんどん下げる可能性があるかどうか。

吉田：電気製品はたとえば冷蔵庫なんかもよくなったわけですが、効率向上にはやはり限界があるでしょうね。ただクーラーの問題なんです。これについては生活スタイルをどう変えていくかというもっと

根本的なところで考えておかないと、民生用といわれる家庭エネルギーは減らせないと思うんです。

司会：大体夏の一番暑いときに高校野球をやりましてね、それをテレビで流してみんなクーラー回しながらテレビを見ている。二重に電力使っているわけなんだね。あれをやめちまえばいいんです。だからもっとすずしいときに高校野球をやる。

森口：アメリカあたりのように電力料金にプレミアムをつける。

司会：それからもう一つあれは録画しておいて夜すずしくなってから流す。

(それはダメですよ、先生。笑い)

林：いま電気の消費について民生用という話が出ていますので、ちょっとご参考までに申し上げますと民生用と産業用とどのくらいの割合で使われているかということですが、案外民生用は多いんですね。54年で50対50なんです。それから1年おきに産業用が1%減り、民生用が1%増えるということで、このままですと、実測は58年までですが、60年には産業が45%、残り民生が55%という比率になりそうなんです。

もう一つは民生用が意外に増えているという新聞の記事がここにございましてOA自身は大したことないんですが、これに周辺の機器などが加わって案外エネルギーをくうのです。そのビルで当初使われる予定の電力量を上まわって、これ以上電気機器を増やせず困っているとか。

司会：さて、いろいろお話も尽きないんですけれども、だいぶ時間が経ちましたし、この辺でお開きにしたいと思います。

結論めいたことを申し上げますと、エネルギー問題は最近小康状態を保っておるけれども、長い目で見ると、決して楽観を許さないこと。もう少しエネルギー問題について真剣に考え、真剣に研究をしていくことが必要であるということになると思いますが、いかがでしょう。

坪村：日本は世界の中でそれをどんどん進める責任がありますね。全部輸入に頼っている面もあるし、それから公害とかそういうものは大体先に片付けて余力がございまして、それを開発のほうに向けていったらいいと思います。

司会：じゃ、どうもありがとうございました。

(おわり)