

エネルギー・資源学会 新春座談会

21世紀の地球社会とエネルギー問題



エネルギー需給の将来

司会（森口）今回の新春座談会は「21世紀の地球社会とエネルギー問題」（仮題）ということでご案内申し上げますが、21世紀の地球社会がどんなふうになるのかということになると、エネルギー問題を離れてもいろいろな問題があって、例えばソ連、東欧の経済改革がうまく進んでくれればいいし、そうでないと大混乱が起こる可能性があります。それから南北問題でもアフリカの最貧国グループはどうなのかとか、あるいは発展途上の大きな国々が順調な経済発展を遂げるかどうかというようなことも——21世紀初めの10年の地球社会の平和を維持できるかどうかという問題との関係で非常に大きな要因だと思います。それがエネルギーの需要バランスに与える影響も大きいかと思えます。

まず最初に、地球環境問題が最近クローズアップされ、関西でも地球環境フォーラムが組織されて、そこで神戸大学の天野先生が世界エネルギーモデルを駆使して研究をお進めのように伺っていますので、最初に

出席者

柿原 武
大阪ガス(株)専務取締役

天野 明弘
神戸大学経営学部教授

*森口 親司
大阪大学社会経済研究所長、教授

*印司会者



天野 明弘氏

天野さんから21世紀初頭の地球環境問題をエネルギーとの関係でどうみていらっしゃるかお話していただきたいと思います。

天野 テーマが21世紀の地球社会とエネルギー問題ということで、現在世界的によく使われていますエドモンズ＝ライリーモデルというエネルギー環境のモデルを私なりに使って1990年から2100年まで、非常に長期ですけれども、世界全体のエネルギー需給動向がどういうふうになるかを少し計算してみました。

このモデルは世界全体の化石燃料——つまり石油、天然ガス、石炭、この3種類の化石燃料の需給バランスと、それから決まってくる実質価格が見通せるようになっておりまして、まず図-6をご覧くださいませうか。これは精製可能燃料需要（リファイナブル・エネルギー・デマンド）ですが、下から石油、ガス、固体燃料——これは石炭＋バイオマス——バイオマスのウエートは非常に小さいもので石炭とお考えいただいているんですが、あとは原子力、太陽光、水力、こういった内訳になっております。単位がエクサ（ 10^{18} ）・ジュールというわかりにくい単位ですが、1990年をベースにして大体平均して2100年ごろまで年率1.5%ぐらいの率で増加していくだろう。

そのうちで21世紀の中ごろ以降は石油、ガスのウエートはあまり大きくなりません、固体燃料、原子力以下の電力のウエートが非常に大きくなるだろうというふうな結果が出ております。ただしここには石油とかガスと書いてありますが、在来型の石油とか天然ガスだけではなく、石炭を液化したりガス化したりしたものもここに入っておりますので、そういう意味では液体燃料あるいは気体燃料、固体燃料といったほうがよいかもかもしれません。

在来型の石油とか天然ガスは21世紀の後半にはかな

り枯渇して、それにかわるものとして石炭から派生した合成燃料が使われる。したがってそういう意味では石炭の重要性は高まっていくといえるかと思います。

世界全体のエネルギー需要の構成を大づかみに考えてみますと、現在はエネルギー全体の55%ぐらいがOECD諸国によって需要されている。ところが21世紀の中ごろあたりで50%を切りまして、この計算でいきますと21世紀末にはOECDの世界全体のエネルギー需要に占める割合が25%、つまり4分の1ぐらいになる。

森口 それは現在のOECD国ですね。

天野 そうです。現在の範囲ですね。

現在は世界のGNPの3分の2がOECD諸国で占められているわけですが、21世紀末には大体3分の1ぐらい。人口は言わずもがなかもしれませんが、現在6分の1のシェアが10分の1ぐらいになる。そういう意味でOECD以外のいろいろな地域のエネルギー需要というのが大きな問題になるだろうと思う。そんなことが大づかみにいえるんじゃないかと思います。

先ほどエネルギー構成の変化について触れましたが、一番最初の図-1をご覧くださいませと、これはそういった需給の変化を反映した原油、天然ガス、石炭の実質価格の動きを示しています。大体21世紀半ばあたりまで在来型の原油とか天然ガスに対する需要が非常にふえて、価格がかなり高まる。現在を100としますと、2051年で大体2.5倍ぐらいになって、そのあたりで安定化する。それに対して石炭の実質価格は現在の水準に近いところで横ばいになって、そういった価格の変化もエネルギー需要の代替を進めて石炭へのシフトを促す。

ご承知のように石炭の埋蔵量は非常に大きいわけで、先ほども申しましたが天然ガスや石油が枯渇して行く



森口 親司氏

のに比べれば、石炭の埋蔵量は少なくとも21世紀末あたりで考える限りは非枯渇資源と考えていいんじゃないかと思います。

森口 今の改良エドモンズ＝ライリーモデルでいくと、石炭の需要が非常に大きくなって、その相当部分が合成燃料として気化または液体燃料として活用されて石油の不足を補っていくということなんですが、全体の21世紀を通して人口は前提としてどれぐらいふえていくんですか。

人口爆発と環境の変化

天野 現在OECDの中の小さなグループで地球環境問題のモデル比較をやっているんですが、その前提に使っているのが表1の数字なんです。これはエナジー・モデリング・フォーラムがつくった2100年までの標準ケースの前提なんです。現在53億人の人口が、2100年には104億人……

森口 110年間でちょうど倍ぐらいですね。

天野 そうですね。米国、その他OECD、ソ連といった3つを工業国グループと考えますと、そのシェアが非常に小さくなって、中国、その他の人口のウェイトが非常に大きくなる。そういった前提になっております。

森口 その他が30億から73億人、つまり2.4倍ぐらいにふえるわけですね。

柿原 こういう統計的な数字では人口が104億人という数字になるんですが、私どものエネルギー文化研究所で実際にどの程度の人口を地球上に可能な耕地面積で養えるかというシミュレーションをやってみました。例えば1人当たり穀類をどのぐらい消費するか、肉食をしているところはその動物が食べる穀類もいりますからそういう計算をしていくと、110億人ぐらいの人口が養えそうです。しかしご存じのように地球上各地の耕地で塩害が起きているんですね。地下水を汲み上げるときに、塩が上がってきています。その上、年々、耕地の表層土が失われてきています。

その他のことも計算に入れますと、80億人が限度だという1つの試算が出ていまして、地球の環境が持つ能力としては、100億人を超える人口は問題ではないかと思います。これは統計と別の問題ではありますが。

もう1つ石炭が主エネルギーになるということにつきまして、つい先日、中国に行った時、有名な鞍山製鉄所の上を飛行機で飛ぶと、赤茶けた煙や灰色の

煙が覆っています。製鉄所の責任者に聞くと、とても大気汚染を防止するところまで資金が回らない。国の経済発展のための目標値を達成するのに精一杯であるとの答でした。中国ではエネルギーの76%が石炭です。今後途上国がますますエネルギーを使う量がふえて、しかも一番安くて安定的な石炭を使うということになると、地球環境という点から、大変なことになるという問題意識を持ちました。

天野 食糧の方は私は専門ではないんですが、環境の方は後ほど詳しいお話を申し上げる1つの前提として、何もしなければこういう状況になりますということです。

森口 いや、柿原さんのご意見はもっともだし、天野さんのモデルは当然そういう問題もこれから包摂して考えようということですから、回答は用意しておられると思うんですね。でも100億人を超す地球人口というものは実にいろんな問題をはらんでいるだろうと思います。例えば水の供給制約の問題も大きいのではないのでしょうか。

柿原 100億人以上の人間を養っていくためには耕地を際限なく広げる必要があります。よく熱帯雨林がなくなると言われますが、要は気候の変化が起こる。雨が降るところに降らなかったり、砂漠がふえたりしますと、環境難民が大量に発生して食糧問題と別の大きなトラブルを引き起こすと思います。取水可能な淡水の量にしても地域的に限界があって、地球上どこに人間が集中しても住めるのではないはずですよ。

森口 ある肥沃だった国が、だんだんだめになって、今までだめだったところがよくなる。トータルとしては変わらなくても、そういう問題が起こる。

柿原 シミュレーションで言いますと、シベリアなど肥沃な地になってきたり、アメリカなどは塩害で今



柿原 武氏

の穀倉地帯が全然だめになって、植物を植えられなくなったりする。いろんな問題が起こってきそう……。

森口 そういう気候の変化は、時間的にはどういうスピードで起こると考えておられるんですか。

柿原 今申し上げているシミュレーションは、100年間です。

森口 100年でそういう大きな変化が起こり得る。

天野 二酸化炭素などによる汚染よりも、もう少し早くそういうことが起こってくるということですね。

柿原 二酸化炭素による温暖化につきましても、いわゆる南氷洋等の氷が溶けて島国や低地の都市が被害をうけると言われますが、それ以上に気候の変化があらゆるところで起こることが問題含みではないでしょうか。特に海水の蒸発量がふえることによって、地域別の風雨の量の変化に影響を与えたいと思います。

森口 最近台風が秋になってから日本列島にやってくる数がふえているように思いますが、50年、60年先で海水の蒸発量がうんとふえてくることになる、日本を襲ってくる台風がもっと頻繁になる、そういうことも考えられますか。

柿原 恐らくあると思いますよ。

天野 ハリケーン、台風、サイクロン、各地でそういうのあるわけですね。それを含めてどうなんでしょうね。

森口 こういう話はやり出すと拡散する一方になるので、やはり天野さんのモデルの前提をめぐって議論を進めたいと思います。

次にそういう環境問題を天野さんのモデルはどんなふう考えていらっしゃるのかをお願いします。

二酸化炭素削減に向けて

天野 今申し上げましたような前提に基づくエネルギー需要の増加、これは当然先ほど柿原さんがおっしゃったように大量の二酸化炭素を大気中に排出することになるわけです。図-8、図-10は私が計算したわけではありませんで、1990年9月初めにOECDで行われました2回目の二酸化炭素削減のワークショップで出された2つのモデルの結果を示しております。図-8がマン＝リシェルズモデル、図-10がエドモンズ＝ライリーモデルのもので、現在大体57億トンぐらいの二酸化炭素が世界で排出されている。

その中で先進国のウェートが非常に大きいわけですね。モデルによって少し想定は違いますが、マ

ン＝リシェルズモデルの結果によりますと、現在のままで排出を続けるという想定では2100年には400億トン近い排出になる。エドモンズ＝ライリーモデルは、それでも200数十億トンの炭素が排出される。

この2つの違いは、マン＝リシェルズモデルが省エネルギーの技術革新の進捗に関してやや悲観的な想定を置いている。エドモンズ＝ライリーモデルはかなり順調に進むだろうというところで、2100年あたりの違いが出てきております。もう少し短期に限って、大体2020年、21世紀へ入って20年ぐらいしたあたりで比較しますと、100億トン前後で、そんなに大きな差がない。これでも非常に大きな数字でして、気候学者などの話では、現在のレベルで安定化するだけでも不十分であって、そこからさらに削減をしなければいけないと言われているくらいですから、こういった趨勢でエネルギーを使い続けることは、環境問題の点からはとも考えられないことのように思います。

森口 この2つの結果を拝見していると、「その他世界」の部分についてずいぶん結果が違うみたいですね。

天野 そうですね。最初のモデルがソ連、中国を1つの国として扱っているのに対して、あとの方は東欧とかアジア社会主義圏を入れていますので、その辺の違いもあります。

もう1つ非常にはっきりした共通点は、現在は先進国ないしは工業国グループの排出シェアが大きいけれども、来世紀の半ば以降ではその他の国々——中国を含む途上国のウェートが半分を超えてさらに拡大する傾向がみられることです。もちろん先進諸国の排出抑制努力も非常に重要ですが、こういった国々が順調に発展を遂げて、その結果エネルギー消費がふえ、排出量がふえる。それが従来の工業国のそれを上回ってしまうという状況にどう対処するかが大きな問題になると思いますね。

政策などの話やりですか。

森口 政策の話はぜひ必要だと思いますが、現状の二酸化炭素のレベルでも問題なのに、それを5倍も8倍も上回ることになると何が起こると考えておられるわけですか。

天野 つまり大気中の二酸化炭素の濃度が高まって、先ほどおっしゃられた気候温暖化が非常に早いテンポで進む。ですから工業化が始まったころの濃度の2倍を超える時期がいつになるかが問題になっているんですが、それがずっと手前の方に近寄ってくる心配があるわけです。

現在のレベルで安定化しても、蓄積される大気中の二酸化炭素濃度はふえ続けるわけで、大気中濃度は排出量を減らさないと安定化させられないということがいわれています。

それでは排出量をどれぐらい削減すれば現在のレベルで安定化ないしはそれよりも低い状況へ持っていくかというので、このワークショップでは二酸化炭素排出量の成長率を1%、2%、3%、それぞれ下げた場合を計算してみようということでモデルの比較をしているわけですが、図-9と図-11がその標準ケース——つまり何もしない状況に対して3つの状況と考えた場合、二酸化炭素の排出量がどういふ変化をたどるかを比較しております。

それをご覧いただきますと、例えばマン＝リシェルズモデルでは1%成長率を下げるだけでは、やはり排出量が伸び続けて、2100年ごろに100億トンを超えるようなレベルに達してしまう。2%成長率をカットすれば、大体50億トンぐらいのレベルで安定化させられる。もちろんこれは二酸化炭素の排出量の安定化でして、大気中の濃度はこれでもまだ上がっていくわけです。3%カットすれば、排出量はずっと減っていくわけですが、これぐらいすれば大気中の濃度の安定化にはある程度貢献できるだろう。

2番目のエドモンズ＝ライリーモデルでもよく似た傾向が出ておりますが、この場合には2%削減で排出量そのものも低下していくという結果が出ております。

排出量の成長率を2%から3%削減するのにどういふ政策手段を考えてこういう計算をしているかといいますと、これは決してそういうのが政策的にベストというわけではありませんけれども、モデルの中では炭素の排出に応じて課税する炭素税を考えております。

在来型の化石燃料やそこから派生される合成燃料、こういった炭素排出量の多い燃料には高い税金をかける。つまり炭素の含有量に対して炭素1トン当たり何ドルという形の炭素税を導入していくんですが、どのぐらいのレベルの炭素税が計算上必要になってくるかというのが表3に比較してあります。

これらのモデルは1991年からスタートしていますが、計算方法の違いによりまして比較できる年次は必ずしもそろっておりません。全般的な傾向としては、最初のうちはごく低い炭素税でもかなり効果がある。ところが排出削減のやさしいものから順番に採用していきますから先へいけばいくほど炭素を減らすのが難しくなってきた、同じ成長率削減を達成するのに高い炭素

税をかけなければいけないことになってくるわけです。

1990年からスタートして1995年あたりでは炭素1トン当たり30ドルないし50ドルという税額ですが、2020年までいきますと1トン当たり300ドルないし350ドルという高い炭素税をかけなければならなくなる。

このモデル比較では、2020年を超えてさらに将来へいきますと、非常に大きな違いが出ています。これは、100年を超えるようなシミュレーションをする際に、20世紀の半ば以降にエネルギーの供給に関してどういった技術的な想定をするかという点の違いによるものです。

特にエネルギー分野の人々の間でよく使われる言葉に、バックストップ技術というのがありますね。バックストップ技術というのはある価格の水準で炭素を排出しないクリーンなエネルギーを無限に供給できるという技術のことですが、マン＝リシェルズモデルでは来世期の半ば以降にそれが導入されるだろうという前提を設けているわけですね。

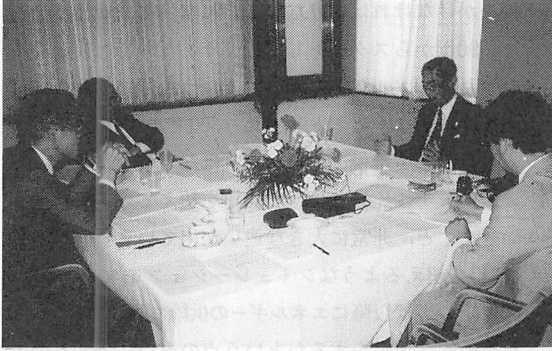
それ以外のモデルはそれほどはっきりした形でのバックストップ技術の導入を考えておりません。もちろんそういったクリーンなエネルギーがエネルギー価格の上昇によって導入されるだろうという前提はあるんですけども、無制限に幾らでもクリーンエネルギーが使えるという想定ではありませんので、二酸化炭素を出すようなエネルギーにも依存しなければいけないということで、数千ドルという炭素税のレベルが出てきております。

ですから来世紀の半ば以降に炭素税が幾らぐらいのレベルになるかというのは非常に議論の余地があって、その辺は経済よりも技術系に明るい人の方が現実的な見通しを立てられるんじゃないかという気がします。

森口 炭素税をもう少し具体的に伺いたいのですが、例えば1トンにつき1,000ドルかけるとしますと、ガソリンにかかる値段はどの程度になるわけですか。

天野 ガソリンでどうなるかは計算してませんが、原油で考えますと1990年の原油がバレル当たり平均して23ドルです。先ほど炭素税が2020年で1トン当たり350ドルぐらいと言いましたが、これは原油の1バレルが何トンの炭素を出してという係数を掛け算していきますと、大体石油1バレルについて40ドルぐらいの税金が上積みされる。

ここで1990年の平均が23ドルでしたが、原油価格はじりじり上がっていくものとして、EMF(エナジー・モデリング・フォーラム)の前提は、非常に荒っぽい



んですけども、20世紀に入って最初のころまでは、現在から見て年当たり0.6ドル／バレルぐらいの上昇が続くだろうと考えている。そういう前提で計算しますと、それに対して350ドル／トンがバレル当たり38ドルぐらい、ですから大体今の原油価格が2020年時点で2倍になると思ってよいわけです。かなりの上昇にはなりますが、これは1時点でそれだけ上がるのではなくて、徐々に上がっていくんです。ですからある程度予測可能な……

▲ 森口 ということは最終的に1トン1,000ドルとか2,000ドルをかけなければいけない状況になるのでしょうか。原価も上がっていくわけですが……

▲ 天野 いや、むしろ原価は炭素税がない場合に比べれば下がっていくんですね。つまり需要が減りますから、使っている方の価格は上がって、その開きが税額になります。ですから生産者が受けとるのは少しずつ下がって行って、消費者が払うのはどんどん上がって行って、その開きの分の税金が大きくなっていく。

▲ 森口 これは何トンの二酸化炭素が出るかは、天然ガス、原油、石炭それぞれトン当たり幾らの炭素を持っているかで一方的に決まるわけですね。そうするとそのときは天然ガスにかかる税金は相対的にどんどん安くなるわけですね。

▲ 天野 そうですね。

低い順で言いますと天然ガス、原油、石炭ですね。ただ石炭を液化したりガス化したりしたものは、石炭の炭素排出が形を変えているだけです。液体の形、気体の形をとっていても二酸化炭素をたくさん出すわけですね。ですからここでは天然ガスでないとダメなんです。

特にこういう税金がかかりますと、二酸化炭素の含有量の多いものの値段が上がりますから、天然ガスなどに対する需要が非常にふえて、そういうのが先に枯渇してしまう。石炭も高くなりますから、次には石油

が枯渇して、いろんな説があって枯渇しないという面もあるんですけども、むしろ炭素含有量が少ないものを使おうとして、そういうものが先に使われてしまって石炭が残る可能性が大きいわけです。

天然ガスへの期待

▲ 森口 いろんな組み合わせで違ったシナリオが書けるんでしょうけれども、そういう場合天然ガスは無尽蔵だという説もあるようですけど、この点はいかがですか。

▲ 柿原 天然ガスの可採年数は大体60年前後とされています。これはいわゆる化石燃料としての天然ガスです。20年ぐらい前からこの数字は余り変わらない。すなわち年々使う量はふえるんですが、可採年数が変わらないということは発見が続いているということにして、今後そういう発見がいつまで続くのかよくわかりませんし、化石燃料である以上有限であろうと考えています。

▲ ただ、無機性の天然ガスがあるという説が最近盛んでして——1つはアメリカの有名な天文学者のトーマス・ゴールド博士の学説です。本来太陽系の惑星ができていった過程でメタンは豊富に存在していた現在も木星や土星に観測されるし、地球についてみても初期の段階にあったメタンが中に取り込まれていることが天文学的に十分考えられる。その証拠として全く有機性ガスの存在が考えられないアフリカの火山湖や海底のマグマが噴出しているところにメタンガスが出ているという例を出して、無機性の天然ガスの存在を主張しておられます。

▲ 今スウェーデンでは7,000メートル以上地下を掘っていて、我々も資料を得るために経済的な援助に加わりましたが現在のところ有望な情報はまだ得られていません。

▲ 一方、東京大学の脇田教授がおっしゃっているグリーン・タフ層の無機起源天然ガス説というのは、いわゆる海底火山でできた多孔質の柱状熔岩にマグマから吹き出した気体が詰まって、それが高温の高圧で長い間かかってメタンになっている。そうしてでき上がったグリーン・タフ層という地層から取れたメタンのヘリウム同位体の比率が火山から出てくるガスの中にあるヘリウムの同位体の比率とほとんど同じなんです。有機性のメタンのヘリウムの同位体比率とは全然違う。このグリーン・タフ層というのは日本の東北地方中心

に大体地下1,500メートルぐらいの深さで広い範囲にありまして、例えば新潟、秋田辺りで出るガスは実は無機性の天然ガスが出ているということです。今までの有機性の天然ガスばかり追いかけて資源の探査をやってはどうかということでエネルギー総合工学研究所が調査を始めようとしておられます。メタンは無機性であっても炭素がありますから炭酸ガスは出ますけれども、比較的クリーンなエネルギーですから、原子力や太陽エネルギーが定着して十分に使える前の何10年かのロングリーフのエネルギーとして極めて有望ではないかと思えます。日本で無機起源天然ガスを探し出して、資源国になるというのが私の初夢でございます。

森口 それはおもしろいですね。そうすると海底火山の岩石をくわいてガスを取り出すわけですか。

柿原 掘るんです、日本列島のその地域を大体1500メートル掘ったらグリーンタフ層にあたるはずですよ。問題は、その賦存密度が経済的に合うかどうかとなると思えます。1つの夢としてお聞きいただければと思います。

天野 海底というよりも、むしろ陸地ですか。

柿原 はい、陸地とオフショアと両方ございます。現在はオフショアから無機性の天然ガスと思われるものが出ている。

天野 それだと石油とか在来型の天然ガスを掘るのに比べて、追加のコストはそんなに高くないんですね。

森口 そういうのがうまくいくと、エネルギー問題のピンチに際して、ロングリーフ役ができるということですね。

先ほどの炭素税に戻りますけれども、そういう高い税金を払っていかないといけないとすると、発展途上国は所得水準が低いだけに相当負担ですよ。その辺はどう考えたらいいんですか。

天野 このモデルの計算は政策を考えるというよりも、量的にどれぐらいになるかということにもっぱら関心がありますので、一応国とか地域別と同じ削減目標をあげて、これに見合うような課税をするという計算の仕方をしております。

表の数字からもわかりますように、国によってある程度税率のバラつきが出てきています、ソ連とか中国はもともと国内政策でエネルギーに対してかなり大きな補金を出して、国内価格を非常に低くしているという状況があって、先進国よりも小さい炭素税をかけてもインパクトが大きいのであまり税率を上げなくてもいいという議論もあるんです。

ただこれは計算上の話ですから、実際には税をかけて、その税金を民間へ還元しないと民間の負担が起きます。仮に税金を全額民間に還元しても、相対価格が変わりますから、それによって資源の再配分が起こったり、所得が減って、さらに将来の貯蓄が減って、投資が減ってという形で成長を阻害するという側面もあるわけです。ですから先進国だけをとりましても、炭素税がかなり経済的な負担になるだろう。どの程度の負担が考えられるかがこのグループのそもそもの研究目的だったんです。

その比較が表4に上がっておりまして、一番最初に申し上げました何もしないで炭素を排出するといった標準ケースに比べて、仮に炭素排出量の成長率を2%減らすような炭素税をかけたときに、GNPが何%減るかという計算をしているわけです。ここでは長期の話をする意味で、一番最後の2100年のところをご覧ください。ただきますと、モデルによって標準ケースから10数%、これは一番下のウェイリー=ワイグルモデルですが、それだと標準ケースに比べて13.5%減少する、非常に大きな数字が出てくるんですね。真ん中あたりですとエドモンズ=ライリーモデルが9%ぐらい、一番少ないのがマン=リシュルズモデルで、例えば米国だと3%、そのOECDだと2%と、かなり低いわけですね。

これは先ほども言いましたように2050年あたりからバックアップ技術が導入されて、それだけ負担が軽くなる。ですからこういった計算は、技術的な想定の違いでかなり大きく違ってくる。先進国でも負担をするわけですが、それに加えて例えば中国とかその他地域は先進国よりもはるかに大きなGNPの減少率を負担しなければいけない。

この計算では、それぞれの国が自国の目標を達成するのにこれだけをするという前提で、所得水準の違いは一切考えていないわけです。実際には中国その他途上国はこういった負担に耐えられないのは明白ですし、そもそもこういった二酸化炭素が大気中に蓄積されたのは、これから将来の話よりも過去相当量蓄積されてきていることもあって、それを各国に一律に負担させるのも公平な話ではないと思えます。

ですからここでは計算上こういった負担が出ますということですが、それと炭素排出量を減らす政策をとるための実際的な負担をどこの国が負うかという問題とは切り離して考える必要があると思うんです。最近国連で環境基金をつくることを考えていますが、その環境基金というのは途上国の環境対策を支援するため

に使う。ただし先進国はどれも財源難ですから、そういう財源を得るために環境税や炭素税を導入しよう。最終的には少し排出量を下げるといふ目標につながるわけですが、むしろ先進国で適当な財源をつくらせて、それを途上国に移転して環境対策をとらせながら発展させることが考えられるわけです。

炭素税ないしは環境税は2つの目標があって、1つは直接にエネルギー価格を変えることで二酸化炭素の排出を実際に減らす効果をねらう面と、それから今言いました発展途上国の環境政策を支援するための財源づくりの手段として考えるという、この2つはある程度切り離して別々に議論をするなり、考えるなりした方が僕は問題の整理がよくできるんじゃないかと思えますね。

2000年までの日本の見通し

森口 今文字どおり21世紀の地球社会をこういうモデルで検討しておられるのは大変おもしろいと思うんですが、しかし私のように短期の予測だとか、今後10年で世の中がどうなるんだろうかという者からしますと、この正月からあと9年で21世紀に到達するわけですが、中期的な見通しも大いに問題になってくると思います。そこでしばらくここ10年のエネルギー需給見通しについてもう少し話し合いをお願いしたいと思います。

昨年は湾岸戦争があって、一時石油価格が上昇しましたものの戦争が終わったらずいぶん安くなってしまいました。しかし92年から先の世界経済の見通しになりますと、中国は経済調整期を終えてまた成長を加速しようとしております。また、ソ連、東欧が西側の援助を得て経済改革をうまく進めることができ、そして国民生活が向上し始めるということになってきますと、当面鎮静していた石油の需給バランスもかなり逼迫し出すという見通しがあります。この見方は、もともとあったわけで、90年代半ばにエネルギー需給が逼迫して、実質石油価格がかなり上がり出す。ショックとは言わなくても、相当上がり出すという見通しを天野さんは2年前の座談会でお話になっているわけです。

その辺は最近の状況の変化を踏まえて、この見通しについて何か修正されるようなことはございますか。

天野 本日は細かい資料は用意しておりませんが、少し前に森口さんにお触れになられたモデルの改定版

を使いまして、2000年あたりまでのシミュレーションをやってみたわけですが、その結果は湾岸戦争がありまして一時期石油価格が非常に上がったわけですが、その後反動でかなり価格が下がって、しかも低いままでずっと推移する状態が続くんですが、最近の世界的なエネルギー消費の伸び率が何年か前に想定していたよりは高くなっているという点があるんです。そうなるに従来のモデルでも1990年代の半ばぐらいに需給が逼迫してくるんですが、新しい成長率あるいはエネルギー消費の需要側の数字を入れてやりますと、2年くらい早くなってくる。93、4年あたりに価格上昇期が来るという結果が出てきているわけです。

私のモデルですとそこで非常に急騰するわけではありませんで、OPECの支配力が強くなって、OPECがもう一度彼らの考えている高い方の安定価格、安定帯の上限といいますか、そこで価格が維持できる状況に移るといふ中程度の規模の原油価格の上昇が起こるだろう。そこまでいけばOPECはそれ以上上がるのは防ごうとすると思いますから、後は高位安定で推移する形になります。

森口 予想以上にエネルギー消費がまた伸び始めていることの原因なんですけど、何なんでしょうか。

柿原 天野さんの2次エネルギー需要という図-7を拝見していると、いわゆる1次エネルギーの供給の問題以外に、森口さんをご指摘の電力需要の大きな伸びが見てとれます。現在の高等技術文明といえますか、人口がふえながらも質の高い経済活動を展開し続けるには、ますます電力多消費型の社会構造となるでしょう。2次エネルギーの問題で大変重要なことは、この電力をどの1次エネルギーでつくるか、あるいは電力以外の2次エネルギーとどのようにベストミックスをして電力の不足を補うかにあると思います。

森口 1980年代の後半は、ずいぶん日本の産業セクターで省エネが進んで、いわゆるGNPへのエネルギーの原単位が低下して弾力性が下がったということなんですが、これはやはりある程度限度に到達したということでしょうね。やれるところまでやってきたということがあると思います。

やはりライフスタイルが変わっている、それから86年以降内需拡大に踏み切って、89年に税制改革をやった、例えば自動車であれば大型の1500cc以上のエンジンの乗用車でも税金がそんなに高くならなくなったというようなことがある。それから電力化を進めてユーザー・フレンドリーという言い方でもって豊かなゆと

りのある消費生活を追求する方向に戻ってきたわけです。それが今柿原さんがおっしゃったように電力化を進める、2次エネルギー供給の中に占める電力の比率が、ふえる原因となった。

また日本はウサギ小屋だと言われながら、実際には1戸建の新設住宅を見ていると面積は広くなり、冷暖房は完備していて、いろんな意味で節約型でありました日本のエネルギー消費のパターンが欧米型に近づいていくことが80年代の後半以降に相当進んだと思います。

話を近畿に戻しますと、実は一昨年近畿通産局が音頭をとって近畿エネルギー対策推進会議を設けて、近畿地区のエネルギー需給の特色を検討し、その上で近畿地区として何ができるかを会議で議論し、昨年答申を出したんです。私はその座長をさせていただいたんですが、やはり近畿地区は原子力発電をかなり推進してきたおかげで、関西電力に余力があったことは確かです。しかし、その余力もこのままでいくと90年代の後半にはあまりなくなってくる。

答申には原子力を推進するほか、自然エネルギーの利用だとか、省エネルギーを貧乏くさくさないような形でライフスタイルの追求に結びつけるのにどうしたらいいか、イメージチェンジのための努力等いろんな提言も行われました。その中で近畿地区のエネルギー消費状況をみると、わりにガスの比率が高いという傾向が見られます。電力の日本全体に占める近畿の比率は17%、ガスについては30%というのはどうみたらよいのでしょうか。

柿原 平成2年度を見ますと、気温の影響もありますが家庭用の需要はほとんど伸びていない。逆に産業用の需要が2桁台の伸びを続けているんです。これは2つの理由があるように思います。

1つは、環境問題が厳しくなっている。特に関西はNOxの総量規制等がいつも満たされないために、非常に厳しい環境規制がひかれておりますから、都市ないし都市周辺の産業用のエネルギーが重油からクリーンな天然ガスへかわっているんじゃないかということです。

2つ目は、価格の問題ですがオイルショック以降の脱石油政策で負荷が年間一定で大量にエネルギーを使う大口産業用に負荷調整料金という安い料金が適用されて、重質油から天然ガスへの転換が進んだのです。

それが一番早く導入され、数多く採用されています。そういう環境問題と料金政策によって関西の産業用の

ガスがどんどん伸びているということではないかなと思います。

森口 そういう意味では近畿圏というのが日本のエネルギー政策の面ではリーダー的な役割を果たしているといえそうに思いますが、今後各地域が「ガス化」の方向で比率が産業の中で急速にふえていくことになれば、日本全体の需給構造にも相当大きな影響があると思ってよろしいのでしょうか。

柿原 そう思います。ソロバン高いということからも結果が出るんじゃないでしょうか。

森口 合理的であるということですね。

柿原 はい。それと見合う天然ガス転換を進めてきて、都市部ではそういうインフラがありますが、地方へ行きますと、逆にお客様が欲しいと言われても天然ガスが十分でないという地域がございます。いわゆる日本にはまだナショナルパイプラインがありませんから、天然ガスを海外から持ってくる港湾設備やその他の投資が必要で地方では産業に使いにくいエネルギーであることはちょっと残念です。

現在ナショナルパイプラインを引いてはどうかという検討がされておりますけれども……。

国際ガスパイプライン

天野 今のお話で、ちょっと私も関心があってお伺いしたい点が1つあるんです。

今近畿のお話ですけれども、非常によく似た天然ガスの話が日本一ソ連の間にありまして、二酸化炭素あるいは環境政策にあまり大きな負担をかけないで調整ができる国や地域というのは天然ガスをたくさん持っている国なんです。残念ながら日本にはありませんが、ただこういうモデル計算している人たちは天然ガスというのは国の間であまり行き来ができないという観念があるわけです。ヨーロッパ辺りですとパイプラインを引きますけれども、日本だとなかなか日本海を跨いでパイプラインを引くわけにもいきませんので、日本の場合には液化したのを輸入しているわけです。

国内でパイプラインを引くという話もありましたが、もし天然ガスが貿易可能であって、ある程度の価格で国境を越えて動けるということであれば、日本の場合にも環境対策を考えるとソ連の天然ガスを一応考慮に入れて、それなしにやる場合に非常に大きな調整コストがかかるのを防げるんじゃないかという気がするんですが、問題はどうやって日本へ輸送するか、そ

の辺が僕はわからないんです。非常に難しいことなのか、あるいは少し工夫をすれば……。

柿原 工夫をすればできるわけです。例えば今おっしゃった海底パイプラインは現にアルジェリアから地中海の下を通過してイタリアへ行っていますし、東京湾の海底には東京ガスさんがパイプを入れて東西をつないでおられますし、海底パイプラインの敷設はそれほど難しいものではありません。

森口 それは海底の上に置いているだけで、別にトンネルを掘るわけではないですね。

柿原 そうです。ソ連との関係では、EC諸国はソ連の経済危機の援助を含めてエネルギーの安定供給のためにECエネルギー共同体構想を発表してソ連からどんどん天然ガスを買いたいと言っています。そういうパイプライン、インフラがあるんですね。ソ連からもイランからもパリまでパイプが走っています。

今ご指摘の日本に向かっての天然ガスは樺太からあるいは東シベリアのヤクーツクから持ってこようというプロジェクトです。ただそういうインフラへの投資の事業性やだれがやるのかという主体者の問題などで議論を呼んでいます。

東京大学の平田教授のご提案のアジアエネルギー共同体構想も話題になっています。これはシベリアからウラジオストックを通り北鮮を通過して日本に入るパイプラインと樺太から直接日本に入るパイプラインもある。逆に西オーストラリアからインドネシアマレーシアフィリピンタイをつないで、さらに中国の沿岸部を通過してくるパイプラインとドッキングするという構想です。その総延長がわずかに2万7000キロメートル、フランスの国内だけでも輸送幹線は2万6000キロメートルですから、それほど驚く距離ではないんです。アジアにはそういう意味での天然ガスに必要なインフラがヨーロッパ、アメリカに対してできていないという問題があると思います。

ご存じのように東南アジアにもオーストラリアにも、いまご指摘のシベリアにも樺太にも、天然ガスは豊富にあるんですね。アジアが協力すればアジアのエネルギー問題解決になる非常にいいプランじゃないかと思っています。21世紀に花咲く夢かとは思いますが。

森口 ソ連は最近特にそれに熱心だし、チュメニの油田だとか、サハリンの天然ガス開発というのは昔からプロジェクトの提案はあったんですね。ただソ連側の開発に際しての条件が非常にタフで、日本側としては食指が動かなかった。北方四島の問題は一応別にし

てもそういうことだった。最近ソ連側の態度は非常にリアリスティックになってきていると思います。朝鮮民主主義人民共和国と韓国が同時に国連に加盟しました。北朝鮮側はなかなか政治体制が簡単には変わりそうにはないようには見られますけれども、しかし21世紀の初めごろまでには朝鮮半島の統一もできて、そういうインフラを整備するための政治的な条件もよくなるんじゃないかと私は思っています。

ソ連の話が出たついでに、実は私はクーデターが失敗した週の週末から10日間ほどソ連に行ってきたんです。エネルギーの供給がソ連ではずいぶんピンチだと言われていますが、特に長年の乱掘りというのか無理な採掘がたまって石油の供給能力は年間ベースでいうと10%というオーダーで減ってきています。ソ連の石油の供給能力がこのままずっと落ち続けると、天野さん、石油の世界的な需給見通しに影響はあるんでしょうか。

天野 ソ連の生産量あるいは従来からの自由圏への輸出量がずっと減ってくるだろうという見通しはある程度長期的に折り込んでいます。

森口 生産は10%低下したのに対して輸出は半減したんですね。

天野 混乱のために予想を超えるような非常に大きな減少が短期的に起こるといえるのであれば、当然世界的な需給には影響があると思うんですが、ただ湾岸戦争のときにもわかりましたけれども、現在の湾岸諸国がある程度自分たちが供給の不足分を補って、それで世界全体の需給バランスが崩れないにしようといった能力の範囲内にはあると思うんです。ですから折り込み済でないようなことがある日突然起ったときには大きな影響が出るかもしれませんが、今の話ではそれよりももう少し中期的な話ですから、多少タイトになっても、湾岸諸国からの輸出がふえるという形の対応が考えられる問題じゃないかなと思います。

森口 ソ連の場合は資源の利用効率が非常に悪い。エネルギーもそうだし鉄鋼業などの銑鉄と粗鋼との比率などが資源投入比率が一般にとにかく悪いですね。ソ連のエコノミストたちはソ連の工業はブラックホールだと言っているんです。要するにインプットはどんどん吸収するんですが、何もアウトプットを出さないということです。

エネルギーについても節約の余地は今後も大いにあるし、地球環境的な問題からいってもそうあってほしいわけです。そうすれば経済の改革も進んで、工業がかなり効率性を取り戻すようになれば、ソ連の輸出

余力だってふえないこともないだろうという感想を持って帰ってまいりました。

また少し先の長い話になりますが、石炭利用の技術面はどうでしょうか。先ほど天野さんのお話で石炭の需要が高まる、それも必ずしもどンドン燃やして大気を汚染するという形ではなくて、ガス化、液化を進めて合成燃料をつくるということなんですが、合成燃料を製造する場合の技術的な制約がこれまではかなりあったように聞いていますが、この辺は想定はどういうふう置いておられますか。

合成燃料の技術開発

天野 先ほどのエドモンズ＝ライリーモデルで一番最初に申し上げた1次エネルギーの供給の中身——それぞれ石油やガス、固体燃料の供給の内訳をご覧ください。だきますと、石油が図-3、ガスが図-4、固体燃料が図-5に書いてありまして、例えば石油供給では2025年頃まではなかなか合成オイルが導入できない。ところが2040年から2050年あたりを境にして合成オイルがかなり……。

森口 何か技術的なブレイクスルーがあるんですか。

天野 はい、導入がやさしくなるという前提があるわけです。それでふえてくる。他方、在来型の原油というのはだんだん資源が少なくなってくるというのが背景にある。ですからこの想定ですと一たん合成オイルの生産が導入されればあとは値段の競争になるだけです。原油が枯渇してなくなれば液体燃料に対する需要はほとんど合成燃料で賄うという形になるわけです。

似たようなことが天然ガスと合成ガスについてもいえるわけです。

森口 2050年では天然ガスもやや供給能力にかげりがみえてくるという予測ですね。

天野 そうですね、天然ガスの方がむしろ早く供給が減少しはじめる。

森口 先ほど柿原さんの話だと採掘年数対消費量は60年でしたか。

柿原 今言われている可採年数は約60年ですから、今から数えたら2050年ごろに、発見がなければそういうことになるわけです。

天野 これは確認埋蔵量だけでなく、未確認の部分もある程度は発見していったら、確認埋蔵量に入ってくるというのも入っているんです。

柿原 したがって無機性の天然ガスがあればという夢を持っているのです。

森口 そうすると、シナリオはがらっと変わりますね。

天野 もしそういうのが商業化されるとするならば、大体何年ごろとお考えになりますか。

柿原 今何年と言われると困るんですけども、やはりまずは調査です。発見できればそんなに深いところのものじゃありませんから、密度によってはどンドン掘れるんじゃないかと私は思います。

やはり今の問題を含めてこういう21世紀の今使われていない資源・エネルギーをどんなにこの社会が豊かに使うようになるかというポイントは、1つは技術開発というか技術革新、1つはそれに対する姿勢といえますか、資金をどのぐらい投じるのか。先ほどおっしゃったような炭素税などをむしろどンドン取って、真剣に新しいエネルギーの開発や研究をやらないと、ひょっとすると21世紀はエネルギーが足りなくて、まだ太陽エネルギーを十分に使えない状況で化石燃料がなくなってしまうと、原子力反対運動がおさまればいいですけども、おさまらないと大変なことになるだろうと心配しています。

天野 気体や液体の燃料は非常に使いやすいという利点があって、しかも天然ガスの場合には炭素の含有量も少ない。ところが合成ガスは、合成ガスをつくる时候にも炭素を出しますし、それを燃やすときにも炭素を出しますから……。

森口 水素のくつつき具合がちょっと少ないですね。

天野 はい。ガスの形をしているからといって、環境問題にやさしい燃料とは言えないんです。むしろこちらの方が石油よりも炭素をたくさん出す燃料です。ですからそういう意味で柿原さんがおっしゃったような無機性ガスが来世紀の半ばあたりで商業化されるのはエネルギー問題にとってもそうですし、環境問題にとってもいい影響があるだろうと思います。

経済学者の目から見て、技術開発というのはどれぐらいのインセンティブを与えれば、どれぐらいの技術が出てくるのかという対応がなかなか見にくいわけです。その辺がはッキリすれば政策ももっととりやすくなるし、技術開発を進めることに対して非常に大きな世論のバックアップを得られると思うんですね。社会科学家と自然科学者がお互い別々に研究をしていないで、もっと情報交換をしてその辺りをきちっとさせることが……。

森口 技術開発については私はやはり、特にソーラエネルギーと天然ガス利用について大いに期待したいと思っています。問題は光発電の効率ですね、アモルファスのシリコンにしる、単結晶のシリコンにしる、変換効率がずい分上昇した。これからは、特に製造コストがずっと安くなることと耐久性が課題になると思うわけです。価格はかなり下がっているんですが、あと1桁下げることがなかなか大変だと思います。経済学者というものは価格メカニズムに対する信仰は強いんですが、エネルギーの技術革新のための支出額をふやせばどれだけの結果が期待できるのかという実際的な問題となると、これはちょっと自信ありません。そこがエンジニアリングの先生方と経済学者とのギャップでして、これを埋めるための情報交換が望まれます。経済学者は十分な根拠なしに楽観的過ぎるという批判を時々受けますけれども、しかし過去の実績を振り返ってみると、楽観的な見通しが案外当たっていることもあるんです。

ガスの利用については、天野さんのシナリオでも21世紀の後半はガス化が進む。天然ガスのシェアが減るんですが、合成ガスそれから合成燃料がふえるということで、ガスの利用は活発になるという予想です。合成ガスは、基本的にはどういうガスをおっしゃっているんでしょうか。

天野 私はそういう技術的なことの中身はよくわからなくて、石炭を気化して……

柿原 石炭ガスでも燃料電池は動きます。

天野 ガスの需要というのは、例えば図-6で見ますと、下から2つ目のガスの部分はそれほどふえてはいないですね。

森口 切りかわるときにはやや横ばいで、そのあと飛躍的にふえていく。

天野 図-7の2次エネルギーで見ますと、液体、気体、固体、電力という分け方をしていますから、電力が非常にふえているのはわかりまして、ガスは大体来世紀の半ばあたりからあとは電力に食われて少し下がりがみという感じになります。ただ電力をつくるときにガスを使っていますから、そういう意味ではこの図だけではガスの役割は過小評価になるかもしれません。

柿原 今お話があった燃料電池は、発電効率が高いんですね。40%から50%ぐらいに発電効率が上がる。そのときに出る発熱を利用できますから、総合的な熱率は低くても60%、高ければ80%ぐらい利用できるんです。もちろんNOxがほとんど出ません、3ppmぐらい、ネグリブジル。炭酸ガスは出ますけれども、非常にクリーンな発電ができる。大規模発電タイプではなくて規模は小さいですけども、効率よく都市部で不足ぎみな電力を補うのに非常にいいんじゃないかということで、これは電力会社もガス会社も石油会社もみんなで研究して、国も予算をつけて、実用化商品として売り出すのもう1、2年先だと思います。

大阪市内ではホテルプラザでも実験しましたし、梅田センタービルでも動いています。

森口 21世紀の地球社会というタイトルでの座談会を始めたんですが、21世紀の日本社会を見る場合でも、地域分散、地方分散というのは大事なテーマでありまして、そういうときに中規模の非常に効率の高い天然ガス利用による燃料電池のコージェネ方式は大いに普及してほしいなと思います。そしてそういう形で日本が地球社会の中でのリーダー的な役割を果たすことができるんじゃないでしょうか。

きょうはこのあたりで終わりたいと思います。どうもありがとうございました。

(了)



表1 標準ケース・シミュレーションの前提

地域	人口 (100万人)							
	1990	2000	2025	2050	2075	2100		
米国	250	267	289	285	283	284		
その他OECD	582	617	649	643	640	643		
ソ連	289	306	337	351	361	367		
中国	1,116	1,285	1,576	1,703	1,750	1,817		
その他	3,024	3,701	5,339	6,546	7,143	7,310		
世界	5,261	6,176	8,190	9,528	10,177	10,421		
地域	GDPおよび成長率							
	1990年GDP(兆ドル)	成長率(年率%)						
		1990~2000	2000~2025	2025~2050	2050~2075	2075~2100		
米国	5.60	2.00	2.00	1.50	1.25	1.00		
その他OECD	10.20	2.70	2.00	1.50	1.25	1.00		
ソ連	2.68	3.60	3.10	2.35	2.10	1.85		
中国	1.10	4.50	4.00	3.50	3.25	3.00		
その他	3.34	3.75	3.30	2.80	2.55	2.30		
世界	22.92	3.01	2.50	2.08	1.96	1.85		
地域	資源ベース(経済的に採掘可能な資源量, エクサ(10 ¹⁸)ジュール)							
	原油(NGLを含む)			天然ガス				
	埋蔵量		未発見埋蔵量		埋蔵量		未発見埋蔵量	
米国	361		495		352		510	
その他OECD	294		728		746		1,255	
ソ連	612		1,254		1,372		3,079	
中国	147		587		27		503	
その他	3,812		2,992		1,979		3,899	
世界	5,226		6,056		4,206		9,246	

表2 二酸化炭素排出量:実績および標準ケース(年平均増加率,%)

地域	実績			モデル	標準ケース				
	1950~1975	1975~1980	1980~1985		1985~1990	1990~2000	2000~2020	2020~2050	2050~2100
米国	2.3	1.4	-1.0	IEA	1.3	1.5	0.7		
				GREEN ¹⁾	1.1	1.0	0.9		
				ER		0.8	0.8	1.2	0.6 ²⁾
				MR		1.6	1.2	1.5	0.7
その他OECD	2.7	1.8	-1.2	IEA	0.2	1.3	1.0		
				GREEN ¹⁾	1.7	1.1	0.9		
				ER		1.4	0.9	1.0	0.4 ²⁾
				MR		1.6	1.0	1.3	0.9
ソ連	5.9	2.5	1.9	IER	2.0	1.9	0.2		
				GREEN ¹⁾	1.6	1.5	1.2		
				ER		-0.3	0.4	0.8	0.9 ²⁾
				MR		1.6	0.9	-0.3	1.1
中国	11.2	5.3	5.4	IEA	4.4	3.3	3.1		
				GREEN ¹⁾	3.1	4.0	4.0		
				ER		2.5	2.8	4.5	2.1 ²⁾
				MR		2.5	2.2	2.6	3.0
その他	4.7	5.4	2.4	IEA	2.8	3.0	2.8		
				GREEN ¹⁾	2.6	2.9	2.6		
				ER		1.6	1.8	3.0	1.4 ²⁾
				MR		2.3	2.2	1.9	2.5
世界	3.6	2.6	0.8	IEA	2.3	2.2	1.7		
				GREEN ¹⁾	1.8	1.9	1.8		
				ER		1.0	1.2	1.8	1.3 ²⁾
				MR		1.9	1.5	1.5	2.0

1) 北米, 2) 2050~2095年.

表3 二酸化炭素排出量成長率2%削減に必要な炭素税(米ドル/炭素トン)

地域	モデル	1995	2000	2005	2010	2020	2035	2050	2100
米国	GREEN ¹⁾	49	116	192	268	422			
	ER	35	70	105	187	351	661	1,096	2,754 ⁶⁾
	MR		132		218	354		208	208
その他OECD	GREEN	68	166	280	402	655			
	ER	47	95	142	209	342	548	734	1,240 ⁶⁾
	MR		117		147	241		208	208
ソ連	GREEN	15	29	42	60	94			
	ER ²⁾	27	55	82	89	104	211	325	719 ⁶⁾
	MR		206		184	301		990	758
中国	GREEN	10	16	20	24	31			
	ER ³⁾	27	54	81	115	182	258	341	651 ⁶⁾
	MR		211		166	270		240	208
その他	GREEN ⁴⁾	45	113	191	283	534			
	ER	49	99	148	242	429	737	1,012	2,021 ⁶⁾
	MR		220		266	399		727	208
世界 ⁵⁾	GREEN	42	97	155	215	332			
	ER	37	75	112	169	283	480	680	1,304 ⁶⁾
	MR		171		203	323		448	242
	WW								870

1) 北米.

4) エネルギー輸出途上国.

2) ソ連・東欧.

5) 炭素排出量をウェイトとした各地域の加重平均.

3) 中国・アジア社会主義国.

6) 2095年.

表4 GDP減少率：炭素排出量増加率2%削減ケース（対標準ケース比，%）

地域	モデル	1995	2000	2005	2010	2020	2050	2080	2100
米国	GREEN ¹⁾	.00	.10	.20	.30	.60			
	ER			.70		2.10	4.90	8.40	8.90 ⁶⁾
	MR		.88		1.30	2.16	2.72	3.01	3.08
その他OECD	GREEN	.00	.10	.20	.30	.50			
	ER			.80		1.80	3.40	4.40	4.80 ⁶⁾
	MR		.47		.68	1.14	1.62	1.85	1.92
ソ連	GREEN	.10	.30	.60	.60	1.10			
	ER ²⁾			.70		.90	2.20	3.10	3.70 ⁶⁾
	MR		1.81		2.87	3.14	6.38	5.98	5.59
中国	GREEN	.10	.10	.20	.30	.40			
	ER ³⁾			1.30		2.70	4.30	6.30	6.20 ⁶⁾
	MR		1.94		2.13	2.71	3.75	4.72	4.97
その他	GREEN ⁴⁾	1.00	1.90	2.80	3.70	5.60			
	ER			0.80		2.00	3.50	4.50	5.10 ⁶⁾
	MR		3.18		3.78	4.88	5.10	5.07	5.62
世界	WW ⁵⁾								13.50

1) 北米.

4) エネルギー輸出途上国.

2) ソ連・東欧.

5) 現在価値.

3) 中国・アジア社会主義国.

(単位：1990=100)

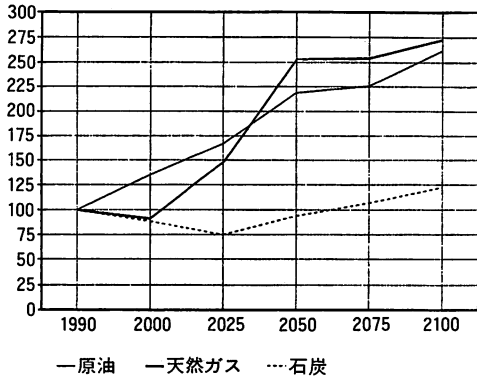


図-1 化石燃料の実質価格

(単位：エクサ・ジュール)

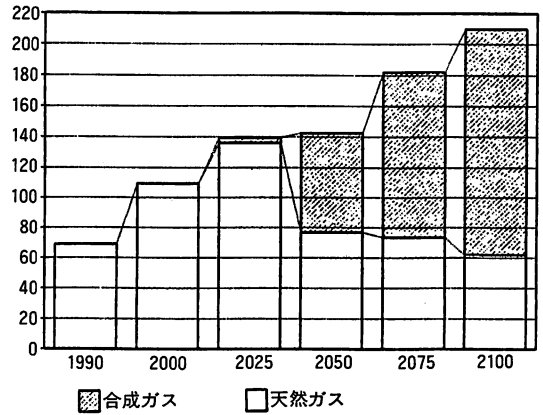


図-4 ガス供給

(単位：エクサ・ジュール)

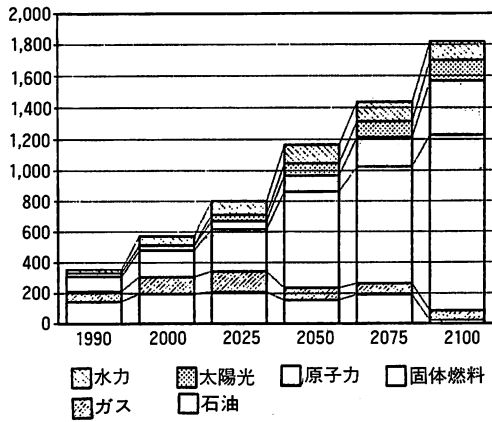


図-2 1次エネルギー供給

(単位：エクサ・ジュール)

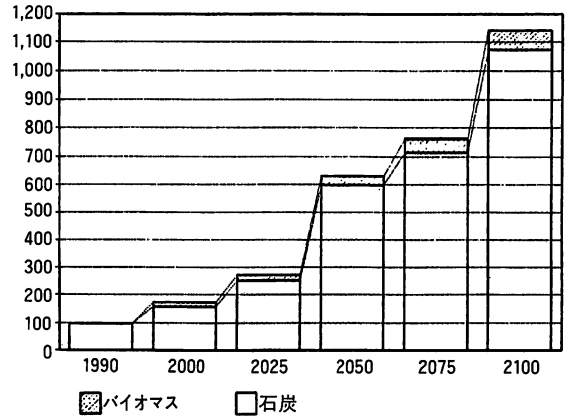


図-5 固体燃料供給

(単位：エクサ・ジュール)

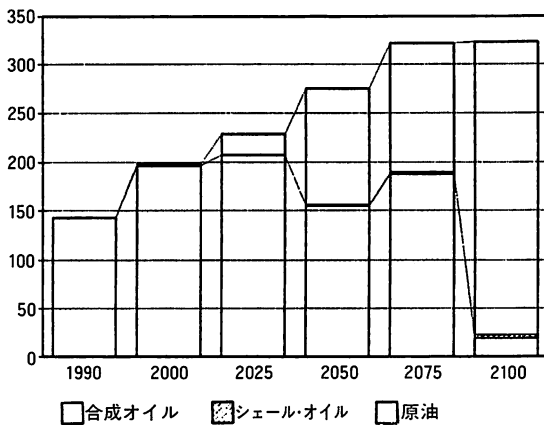


図-3 石油供給

(単位：エクサ・ジュール)

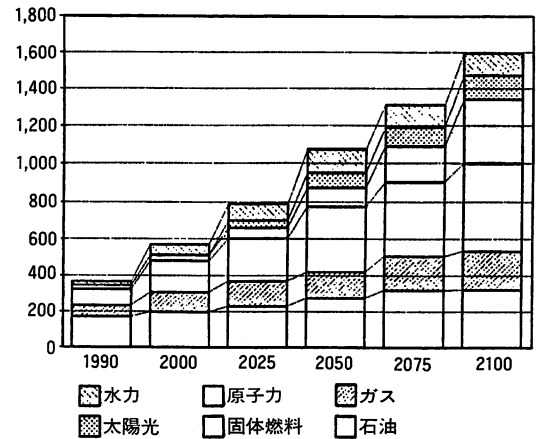


図-6 精製可能燃料需要

(単位：エクサ・ジュール)

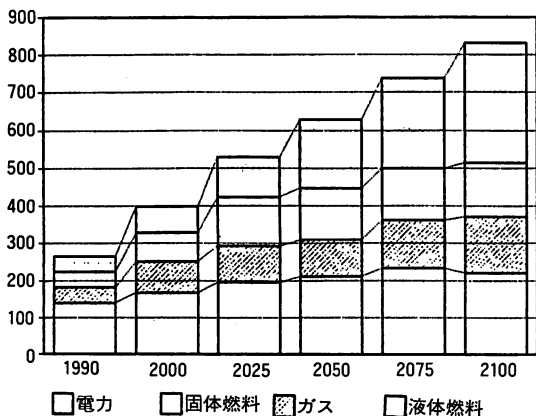


図-7 2次エネルギー需要

(単位：炭素10億トン)

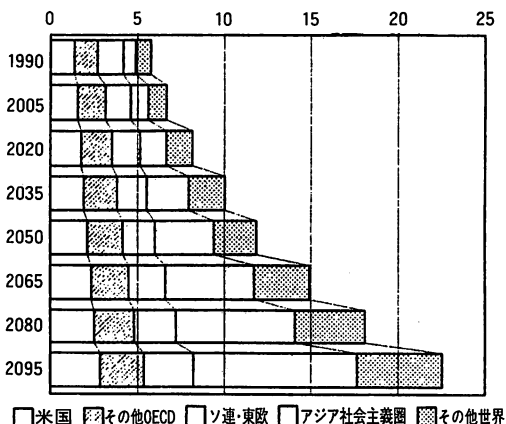


図-10 ERモデル炭素排出量

(単位：炭素10億トン)

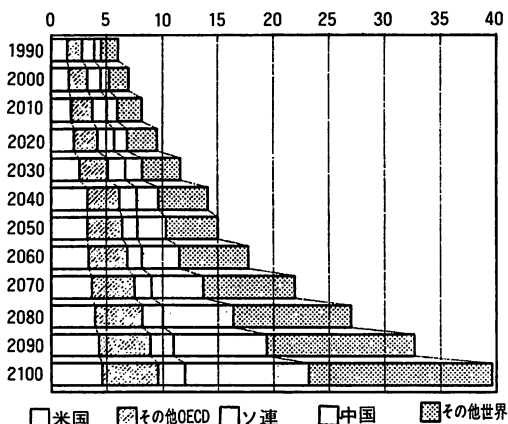


図-8 MRモデル炭素排出量

(単位：炭素10億トン)

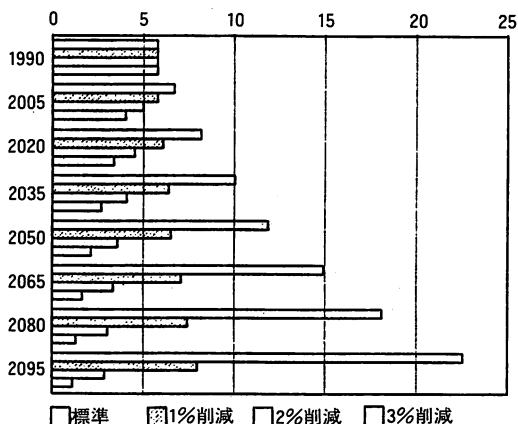


図-11 ERモデル世界の炭素排出量

(単位：炭素10億トン)

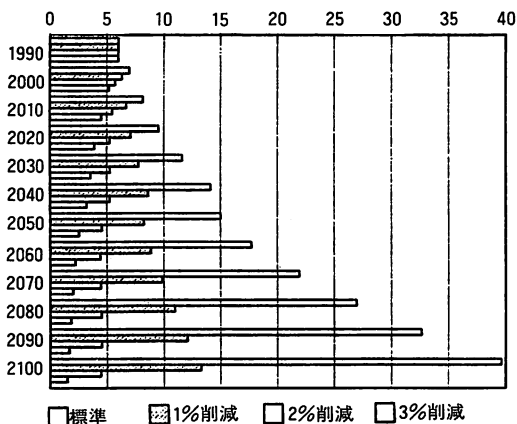


図-9 MRモデル世界の炭素排出量