

# 日本の電気事業における原子力発電の 発電原価と火力発電の発電原価の考察

高 橋 實

## 〔要 旨〕

エネルギー高価格時代と言われる状況と、資源有限時代と言われる状況との、2大状況が交錯する中で、原子力発電の発電原価が今後どのようになっていくかを、火力発電の発電原価と比較しながら解析してみた。価格試算の時点を1985年にしぼってみると、火力発電の発電原価は、OPEC オイルの価格動向に大きく支配されて、1977年現在8~10円/kWhと見られる発電原価が1985年には17.5円~20.4円/kWh くらいになりそうである。一方、原子力の資本費・燃料費とも、一般物価の上昇を追う形で上昇し、1985年には13.5円/kWh ないし16.3円/kWh になると試算された。火力発電との間に数円/kWh の余裕があり、この分は将来の立地方式の開発にあてる(立地可能地点を増加する)ことができそうである。

## I. エネルギー等の価格上昇について

### I-1 まえがき

### I-2 価格上昇の事例と考察

## II. 火力発電原価——1985年の推定

## I. エネルギー等の価格上昇について

### I-1 まえがき

この調査報告は、主として日本の、かつ、特に今後の原子力発電原価と火力発電原価とが、どのようになりゆくであろうか——という予測を(あるいは予測に関連する諸事項を)研究したものである。予測の方法論にはいろいろあって、日本でも世界でも、さまざまに研究されているようであるが、報告書にまとめられているものは逆に極めて少い。オイル・ショックで石油の値段が4~5倍にも上がるという大変動のあとで、諸物価(消費財だけでなく、とくに再生産財)の動揺・変動の後の落ち着き先の理論

## III. 原子力発電原価——1985年の推定

## IV. 価格修正(上方)の検討

## V. むすび

が、どうにもまとめにくい(そのため報告書が少い)であろうと思われる。

報告書は少いけれども、断片的な見解の記事や情報(活字になっていない口頭情報)は、これまた逆に、ずいぶん飛び交っている。それらの中から1つ2つ拾ってみると、次のようなものがある。

- 将来の高速増殖炉(による発電)は高くつくので、これは止めにして、別のクリーン・エネルギーに代替電源を求める(べきだ)。[事例1]

- オイルの値段は(どこまで上げてゆく積りかと問われれば)、新エネルギーの価格と同じところまでは、少くとも、上げてよい

筈だ。〔事例2〕

この2つは電気事業にも関係があるが、次の事例は一般的に物価上昇の例の中でも、投資行為の対象になるもの（資本財）の価格上昇（但し、実績でなく見積り）の例である。

- 新幹線（国鉄）は東海道のものを最初に造った時には、キロメートル当り約7億円で建設できたが、今後（東北新幹線・北陸新幹線等をつくるとき）はキロメートル当り42億円ないし47億円につく。〔事例3〕

これらの事例を引用したことについてのポイントを順に述べてみると次のようである。

### I-2 価格上昇の事例と考察

最初の高速増殖炉に関する発言記事は日本の著名な週刊誌の1つに連載されている或る経済論文の中に出てくるのであるが、ここでは、高速炉を止める止めないの話よりも、むしろ、高速炉は高くつくという計算が、どのようにしてなされたのであろうか、という、その見積り方法の存否（そういう見積り方法があるのか否か）を、話題にしたいのである。高速増殖炉の経済性（採算性）については判らないことが多くて、高くつくことは確かだとは思えるが、いくらでできるという見積りは、原子力界でも、まだ誰も発表していないと思う。ただ、現在ではアメリカのカーター大統領の高速炉延期（実用化の時機を21世紀まで延ばす）宣言の背後には、経済性の試算——ただし、膨大な開発費を誰（政府・国民・企業）が負担し、その利益はどう評価されるか、という複雑な試算——があったとは思われる。シュレシンジャー補佐官の発言に、経済性について言及したものがある。同じカーター大統領の一連の原子力政策の中で、やはり経済性の試算が背後にあったと思われるのは再処理工場の費用（建設費）であ

る。これは高速炉に限らない問題なので本文でも多少は考察してみるが、この費用については既に見積り方法が案出されているのではないかと思われる。そういう燃料サイクル費も合計しながら、高速炉の建設費を考え、それから資本費を算出して、それに燃料費（サイクル諸費を含む）を加えて、それで漸く高速炉による発電原価が算出されるわけであるが、上記のプロセスの中では最も難物（見積り困難）であるのが建設費である。これは次の第2事例に出て来る新エネルギーの価格の問題においての、新エネルギーを生産するための装置あるいは資本財が、そもそも、いくらで建設できるのかという問題と、全く同じ問題なのである。つまり、従来建設した経験のないものを、将来において建設するときの費用の見積り（あるいは推定）である。

第2事例のオイルの将来価格に関する発言はOPEC（石油輸出国機構）の著名な首脳の1人の発言であるが、ここではこの発言の主題になっているところの、新エネルギーの生産価格あるいは新エネルギーの取得値段なるものに、注目を向けたい。石油の価格という、目下の世界の経済状況の中では最大の、かつ、最強の影響力を持つところの、非常に現実的な因子が、新エネルギーの予測（または推定）価格という、いわば一見架空的で弱そうな因子と直接に比較されるまでになっている。日本では、この方面——予測値——の研究が非常に未発達である（そのため、いわゆるエネルギー政策でも、経済的な計算を抜きにして、技術論的な計画を立案するに終らざるを得ない、という事態が存在する）という現実には照らしてみると、実に大きな問題である、と筆者は思う。ただ、日本でも、新しいエネルギーを得るために、先づ何を

“投入”（投資）しなければならないのか——という評価作業を、別的手段（例えばエネルギー・アナリシス）で行なおうとしている面もあることはあるので、前述の技術的と表現した評価方法も、こういう別途の評価理論で補われてゆくとは思っているのである。しかし、第2事例に見るように、石油の（将来）価格が、現実に新エネルギー価格（それは経験値ではなく推定値である）と比較されているということは、見方を変えれば、新エネルギーの推定値が石油の現実値を動かしているとも言えるのである。オイル・ショックの発端の段階としての“石油を武器として”戦われたオイル戦争（経済戦争）の当時、ひそかに言われていたことは、この OPEC の石油値上げ戦略の背後（開戦に踏み切った動機）には、OPEC が原子力発電の競争力に見極めをつけた——ただし、原子力発電が高値になりゆくという方向で、ないしは原子力発電の総合エネルギーへの量的寄与の方向で、更にあるいは、原子力発電の時間的成長速度の方向で——という事情が、あるのではないかと言われていたのである。もしこの通りとすれば、当時から OPEC 諸国の少くも一部では、未来エネルギーないしは原子力エネルギーの分析を、自国の石油戦略への基本に取り入れていたと思われる。そうして、最近はこの（OPEC の）石油戦略への考察範囲が、遠い将来——いわば 50 年以上 100 年ぐらい——にまで伸びているのではないか、と思われるフシもあるのである。こんなに長い範囲への考察では、経済因子は正面には登場しないが、供給量自体を制限する（それで自国の資源を永年保持する）ことになる。そうして、供給量は一定に保つ（生産は拡大しない）が、値段は上げてゆく——という戦略になるらしく思われる。そうして、どういう基準

（正当性）によって値段を上げるのか、と言えば、少くも、新しいエネルギーの生産コストと見合う所までは上げる、というのである。そこで（消費国側としては）新しいエネルギーの生産コストを見積ることが、石油の値上りを予測するためのよりどころの理論になる——というわけである。新しいエネルギーは非常に高くつく——ということは、次第にわれわれ日本のテクノクラートにも、判りかけている。それが第3事例にも見られる所の、各種建設費の価格とその値上がりの問題である。

第3事例として引用した新幹線（国鉄）の建設費は、キロメートル当り 7 億円というのが、1965 年仕上り（同年完成・運転開始）の時点で総集計をした値であるが、それ以前の建設期間全部にわたる支出の合計である。そこで、このように多年にわたる支出については、その年々の物価の変動を、名目価格のまま合計してゆく——ということに注意しなければならない。それを考えると、この第3事例の後段にある今後の新幹線の建設費 42 億円～47 億円（キロメートル当り）もまた、どのように見積るのか、という問題になるが、鉄道建設のように熟練してきた事業であれば、インフレ条項（アメリカではエスカレーション・ターム）さえ抜きにするなら、ある時点で見積った価格（時点価格）は殆んど苦勞なく算出できるものであるらしい。算出された結果はその時点での円価（通貨の価格）で表現される。このように、インフレ条項を抜きにするという条件をつけた上での算出は非常に楽であるが、実際はそれに加えてインフレ条件を加算しなければならない。そうして、リードタイムの長い事業——10 年近くもかかる事業——では、インフレ条項がびっくりするほど大きく利いてくる。インフレ条項を加え

て計算してゆくと、前述の 45 億円といった数値でも、もちろんインフレの年率にもよるし、完成年月の長さにもよるわけであるが、——そしてまた主要な部分を占める固まった大きな支出が、全工事期間の始めに出されるか終りに出されるかなどによっても違うが、場合によっては上記の 47 億円が 70 億円にもなるかもしれないのである。この 70 億円はただし、表現の上では、時系列的価格の完成時集計値であると考えるべきであろう。47 億円の方は見積り時点での時点価格と考えるべきである。もし上述のような結果にはほんとうに、例えば昭和 60 年に完成集計したところで 70 億円になったと仮定すると、昭和 40 年完成時点での 7 億円に比較して、ざっと 10 倍になるわけである。20 年間で 10 倍にもなるというようなことは、電気事業に慣れたものの感覚では想像もつかないが、現場工事の多い鉄道建設事業では、物価上昇に影響される部分が大きいとは言えるであろう。ただ、この第 3 事例では、1960 年代の後半に非常に大巾な物価上昇が数年間続いた時があるので、既にそれだけで昭和 40 年価格と昭和 50 年（頃）価格との間に 3 倍前後のひらきはできていたと思われる。従って上述の 20 年間で 10 倍という倍率も、落ちついた物価状況の中でしたら、10 倍の約 1/3 と見て 3.3 倍（減算でなく、割り算）程度のもの、つまり 20 年で 3.3 倍程度のものになるのである、と考えられる。この程度の倍率で（今後、静かな物価状況であることを前提として）いけるのなら、原子力発電の場合の見積り（将来価格の）にも十分な参考になる。後でも述べるが、原子力発電所の建設の場合にも、新幹線の場合と類似した値上り状況が見られ、昭和 50 年（頃）仕上りの大型（出力 100 万キロワット級）原子力発電所

はキロワット当たり約 15 万円できている（東電・福島）が、将来昭和 60 年頃完成と見られるものでは柏崎の刈羽 1 号の例で（1 号機は高くなるのが通例であるが）出力予定は 110 万キロワット、予想工事費約 3,600 億円で、これをキロワット当りにすれば約 32 万 8,000 円になる。もうすこし着工時点の古い例では東電の福島 I-1 号炉は出力 46 万キロワットで昭和 42 年に着工、約 3 年で完成したが、総建設費用は 450 億円であるので、キロワット当たり約 10 万円についているが、これをいま（昭和 52 年）つくるとすれば千数百億円はかかると専門家の間では、言われている。この傍線をつけた部分の表現または試算の内容が甚だ複雑であって、とても単純な比較はできないわけであるが、仮りに千数百億円というのを 1,250 億円（千二～三百億円の平均）とすれば、10 年間で建設費は 2.777 倍に見積られており、これを 2 度くり返せば 20 年間で 7.7 倍になる。この倍率（値上り率）は新幹線の例と甚だ似ているので、前述した千数百億円という推定は恐らく建設工事の専門家の直感的な推定であろうと思われるのである。

以上 3 つの事例（高速炉の経済性・石油の価格上昇・新幹線の工事費）についての考察から、今後の発電原価の推定——それは建設費だけでなく、燃料システム建設費、燃料物質そのものの価格上昇等のすべてを含む——には、次の数個の条件に留意すべきである、ということが判る。

● OPEC（石油輸出国機構）の経済戦略に対する考え方——

これについては、通常の価格メカニズムとは違うということと、それは恐らく長期的で、強い力で、永く続く、ということとを、

想定しておくべきであると思われる。OPEC 諸国の民族的な経済戦略であると思われるので、長期・強力・永続という読みになる。ただし値上り率そのものは、幾人かの外国の論文等にも現れてくるような、年率5%、6%または7%というような高率の値上率は、長期的には続かず、結局は先進国（石油消費国・輸入国）の側の、長期的な実質経済成長率と一致してこざるを得ないものと、この筆者の論文では、仮定した。すなわち5%を最高として4%および3%程度の、長期に比較的低い値上り率を想定した。

- インフレ条件が重要になってくるということ——

火力発電については、建設費として、発電所本体システムのほかに、その周辺すなわち貯炭基地・貯油基地・LNG基地（冷凍・解凍）脱硫装置・脱硝装置・専用港湾等のほか、燃料システムの中の輸送部分すなわち長距離または超長距離のパイプライン建設費、LNG輸送船の建造費などに対して、エスカレーション・タームが重要になる。

原子力発電については、やはり建設費として発電所本体の建設工事のほか、本体周辺の先行投資的な土地工事（道路工事）・専用港湾の建設費など、いわゆる土木工事として、インフレ条件に強く支配される部分が、発電所システム（立地技術を含む）そのものの中に多く含まれてきている。火力発電所と違ったところで注意しておくのは、原子力発電所の立地が辺りな不整形地形のところ求められる（日本ではの意）ので、多くの原子力発電所は多かれ少なかれ1キロワットにつき、大体1立方メートル程度の軟岩の掘さくや土砂の排除・移動などを行なっている。地下立

地・半地下立地なども将来は研究される情勢で、この場合も1キロワットの発電所出力につき、1立方メートル程度の硬い岩の掘さくがなされる。1立方メートル当りの掘さく費を100ドル/m<sup>3</sup>とすれば、それは100ドル/kWの建設費（部分）に当る。20年ほど前は、100ドル/kWにつく工事など、高く、考えられないことであったが、全体の建設費が1,000ドル/kWにもなってくると、地下立地に金をかけても十分に採算がとれる——という考え方になる。この100ドル/kW（部分）が、200ドル/kWになっても、それでも考慮の余地はあるのである。そういうことを原子力発電所の場合には考えておくべきで、この辺が火力発電所との違いである。

同じく原子力発電（システム）の場合、燃料費の部分にも、インフレ条件が利いてくる要素が多い。

再処理工場の建設費は、殆んどそのまま再処理費（燃料費〔キロワット時当り〕の構成因子の中の）になってしまうが、発電所出力のキロワット当りにつき（将来は）100ドル/kWないし200ドル/kW（いずれも再処理工場の建設費）を用意しなければならないようである。これは、火力発電における排煙脱硫プラントや脱硝プラントのような立場のもののように見える。この再処理工場建設費にも、激しい時点価格の動きがあるようである。つまり、1965年（頃）に建てた再処理工場と、1985年に建てる再処理工場の推定値との差——と言ったものである。この差が、オイル・ショック後の大巾な物価の変動を反映しているらしい。

- リード・タイムが重要になってくるということ——

リード・タイム（建設のための最初の費用支出から、完成・運転開始までの時間）が、ひと頃、約十数年前には凡そ3年～4年と言われていたのが、最近では9年程度になったとアメリカで言われ、110ヶ月（9年と2ヶ月）といった数値が、建設期間中利息（AFDC）の計算に用いられたりしている。初期の資金支出が小さくて、後期の支出が大きいようなプログラムなら、建設期間中利息とは言っても、それほど大きくはならなかったものであるが、いまは最初からかなり大規模の先行投資もするし、その上に利息のかかる期間がのびたので、昔との違いは大きい。アメリカでの試算であるが、昔は直接建設費が、全体の資本費（キロワット・アワー当り）の約70%をしめ、それに建設期間中利息、エスカレーション、総予備費などがそれぞれ10%づつくらい組み込まれていた。それが最近では、直接建設費が35%～40%くらいで、建設期間中利息が20～25%、エスカレーションが30%で残り若干が予備的なものになる——というような分析が現れている。この分析では、リード・タイムの長さが、エスカレーションにも建設期間中利息にも共に相乗的に利いていることが認められる。たしかに、リード・タイムが3年の時と10年の時とでは、エスカレーション・タムのように年率の複利計算になるものは、その違いが大きい。例えば5%（年率）のエスカレーションは、3年間では1.1576倍（15.76%増し）となるが10年では1.71倍（71%増し）となって、可なり大きく変ることは変る。しかしながら、逆に、僅か10年くらいでは、いかに高率のエスカレーションがあっても、2倍以上になることはない。前述のアメリカの分析事

例は1965年（頃）の建設費（キロワット当り）と1985年の想定建設費とを比較したもので、実は20年のへだたりがあると見なければならぬ。そうすると、値段が3倍程度になることは当然ありうる。

さて、そうならば本項でのリード・タイムの伸びという問題は、何に対して重要なのであろうか（直接の建設費見積りには、そんなに大きい影響はない）。むしろそれは、リード・タイムが伸びただけ、それだけエスカレーションの見積り（注：それは将来価格の見積りである）が重大になってきますよ、ということのようである。

なお、以上の説明は原子力発電システムの方についてのものであるが、火力発電の方も、大型基地化するにつれてリード・タイムが長くなり、原子力発電と同じ程度に長くなると見てよい。そうすると、そういう将来時点での価格にはエスカレーションを加えて見ておかねばならない——ということである。例えばパイプ・ライン（石油の長距離・超長距離輸送管）の建設価格などもそうであるし、大型火力基地の建設費についても同様であろう。共に、現在価格で見積りただけでは不十分であるどころか、むしろ大きな推定ミスになり、最終仕上り価格は2～3倍に開くことも、あり得るわけである。

#### ●新エネルギーの取得コストについて——

新エネルギーの取得コストがOPECの経済戦略の背後にまで潜んでいることは既にのべたが、その内容は日本人が考えている新エネルギーよりは異なると思われる。OPECの場合は、遙かに現実的で、原子力発電のこともあるいは念頭にあったかも知れないとしても、それより遙かに切実な比較対象となって

いるのは、イギリスのやっている北海（ノース・シー）からの石油の原価（および産出量）ならびに、北シベリヤの凍土平原に埋蔵されている石油および天然ガスの生産原価と輸送原価であるらしい。

上記のうち、北海の石油はまづ新エネルギーと称するのはムリとしても、北シベリヤ凍土地帯に埋蔵される龍大な量の石油は、埋蔵位置の深さ、採掘技術、輸送技術等から見て、新エネルギーと称し得る。採取コストも輸送コストも、ともに高いものにつくらしい。そのうち天然ガス（北シベリヤの）だけは採取が比較的容易であり、あとは輸送方法だけであるので、今世紀中に使いものになり得るかとも見られる。しかし何と言っても、数千キロメートルに及ぶパイプラインの建設費は、容易ならぬものようである。

アメリカの CIA から最近発表された分析例（試算者はレイノルズ・セキュリティーズ社のオイル・アナリストであるディラード・P・スプリングス氏）には、前述のような、今世紀中に云々と言った悠長でないところの、もっと切迫した（石油）の需給分析から、1982年～1984年の間のある期間中に、OPEC 原油は 25ドル～31ドル/バーレルに急騰する——という見方が述べられている。そうして、北海からの石油供給も、アラスカからの石油供給も、ともに上記の急騰を抑える力は無い——としている。こんな調子であるなら、ましてや未だに姿も形もないような新エネルギーは、当然、石油の価格上昇を抑える力がなく、むしろその上昇した価格に誘発されて新エネルギーの開発がすすむ（それは好いことだと見て）という希望の見解が流されたくらいである。ところが、最近の分析

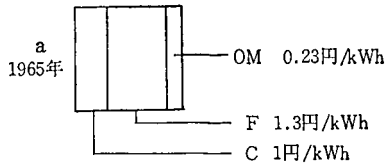
では、新エネルギーを生産するための手段として建設する設備や装置等のために、そのために先づエネルギーが要ることが判ってきていて、それは石油のご厄介になって造るのであるから、新エネルギーの取得費も結局は石油の値上りと共に更にとってゆく——と言うようなことになりそうなのである。

## II. 火力発電原価——1985年の推定

日本の電力需給予想に対して、供給力としての原子力発電が、最近のカーター政策の影響などもあって、そんなに順調にはのび得ないであろうという感じが一般に生まれてきている。そうすると、火力発電も、そうやすやすと（原子力屋の書いたシナリオ通りに）発電手段としての主役の座を降りてゆくというわけにいかない——と、見られ始めた。そうすると、火力発電原価の方が原子力よりも、発電原価の標準値みたいな役割をすることになる。そういう意味で、まづ今後の（日本での）発電原価の目安のようなものを立ててみる目的で、第1図のようなモデルを作成してみた。

第1図のaは1965年運転開始の火力発電所の建設単価を使い、その時点での燃料価格を使ったもので、その場合の合計発電原価は2.53円/kWhになる。

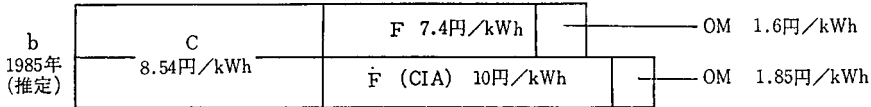
第1図bは1985年運転開始の火力発電所の建設単価を、1975年運転開始のもの建設単価から出発してエスカレーションを年率4%と仮定して、算出し、それに脱硫設備等も加えて合計建設単価を推定した。燃料費の推定には、やはり4%のエスカレーションを仮定したが、参考のためアメリカのCIAの分析にある1985年（頃）の石油価格急騰の場合も示してある。資本費は、かくして、8.54円/kWhとなり燃



C: 資本費 (1円/kWh)  
 建設単価 43,800円/kW  
 資本費比率 15%  
 PF (利用率) 75% (6570時間)  
 F: 燃料費 (1.3円/kWh)  
 3 ドル/バレル (360円/ドル)  
 OM: 運転維持費 (0.23円/kWh)

---

合計発電原価=2.53円/kWh



<p>C: 資本費 (8.54円/kWh)                  建設単価                  1975年 15万円/kW                  4%エスカレーション                  1985年 22万2000円/kW                  脱硫・脱硝設備等                  1975年 200ドル/kW                  5.2万円/kW                  4%エスカレーション                  1985年 7万6970円/kW                  合計建設単価 298,970円/kW                  資本費比率 15%                  PF(利用率) 60% (5250時間)</p>	<p>F: 燃料費 (7.4円/kWh)                  1975年 12.5ドル/バレル                  4%エスカレーション                  1985年 18.5ドル/バレル                  F(CIA): 燃料費 (10円/kWh)                  1985年 25ドル/バレル                  (CIA予測)                  OM: 運転維持費 (1.6円/kWh)                  CIAシナリオの場合                  1.85円/kWh</p>
--	---

合計発電原価=17.54円/kWh  
 (20.39円/kWh……CIAシナリオの場合)

第1図 火力発電の発電原価

料費は 7.4 円/kWh となるが、CIA のシナリオの場合の燃料費は 10 円/kWh か、またはそれ以上になる (CIA の OPEC 石油価格の予想値は 25ドル~31ドル/バレルであり、ここでは低い方の 25ドル/バレルで計算してある)。

1985 年の火力の発電原価は、かくて、OM (運転維持費) を加え、約 17.5 円/kWh となるが、CIA の予測値では、これが 20 円/kWh 以上になってゆく——ということになる。

第1図の見方について、1~2の注意事項を述べておくと、例えば同図aの火力発電所が1985年以降も生き残って発電しているなら、その発電所の1985年の発電原価は、資本費を(償却なしの単純計算で言って)1円、燃料費を7.4円として、合計8.4円/kWhで発電することになる。また、bのような高価格の新設発電所が急速にふえれば、全体の中での高原価発電所の割合がふえるので、急速すぎる発展は

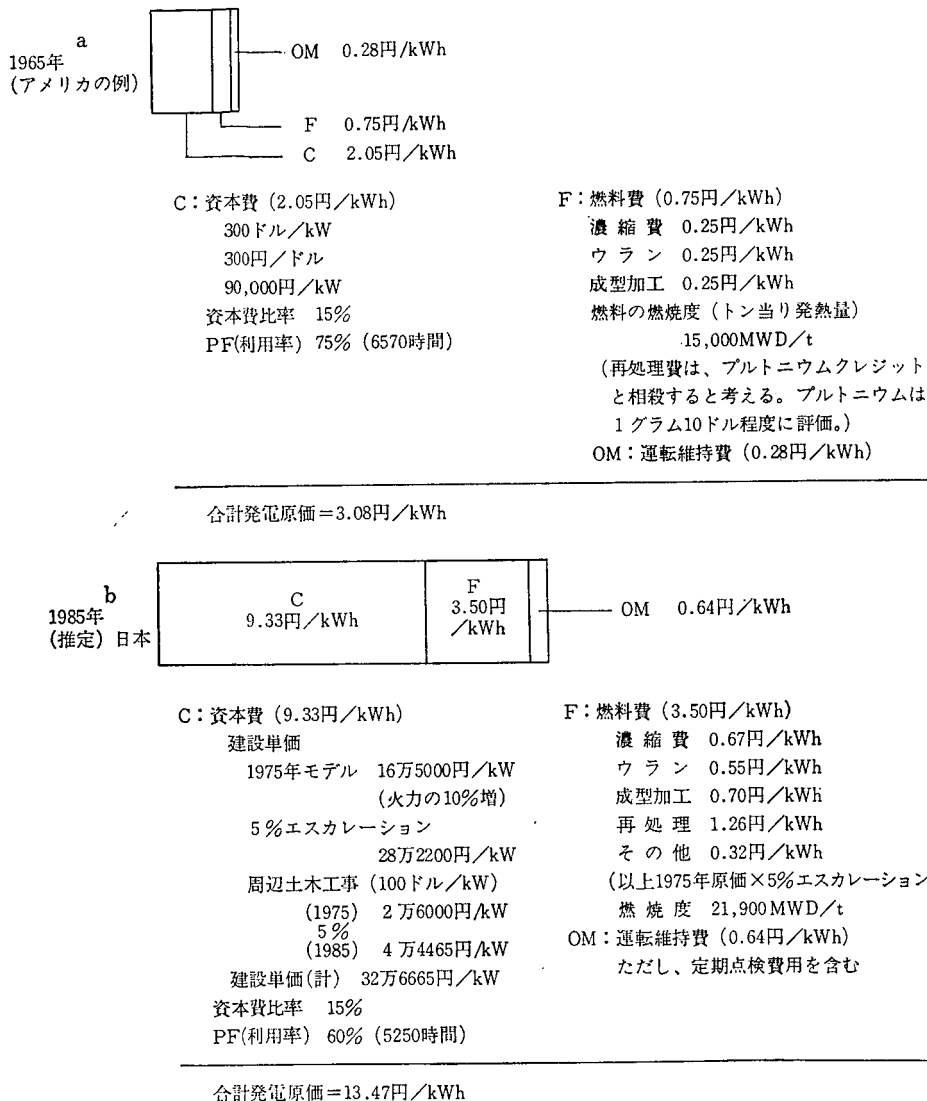


決して好ましいことではないのである。第2の注意事項としては、aとbとの発電原価の差が余りにも大きすぎると思われるであろうが、これは通貨の名目価値を、そのまま使っているからである。aの2.53円/kWhという価格も、たとえば1975年の円価で換算表現してみれば6円～7円/kWhくらいになるであろう。次に、bに示したような高い発電原価に驚き、これでは到底火力発電などを(今後)やってゆけない——と感ずる人も多いらしい(注：“今後は原子力発電に限る。ほかに石油の代替燃料はない”といった判断を主張する人もあるが、その判断も、あるいはここに述べた将来価格予想の結果などからも、きているのではないか、と思われる)が、この高い価格も、やはり円(通貨)の1985年価格から1975年価格に戻してみれば、12円/kWh(1975年価格)くらいになるのである。前述した1965年代建設の火力等を混合した1977年現在の火力発電原価は、大雑把に見て10円/kWh前後のところにある。それで、12円/kWhと2円ばかり高く出てくる理由は、脱硫設備その他、環境関連投資を計算に入れているから——と、解釈すればよいであろう。なおまた、現在(1977年)のところ、原子力発電の発電原価の方が、火力よりも安い状態にあるが、原子力発電システムの中にも、まだ不明の費用(例：再処理プラント)が残っているし、建設費・燃料費ともにエスカレーション因子を含んでいる。その辺を次節で考察する。

### III. 原子力発電原価——1985年の推定

第2図のaは1965年(頃)の軽水炉型原子力発電所の発電原価試算の一例である。当時は原子力発電所の建設費が火力よりは数倍高く、

資本費の採算をとるのに各社とも苦心はしたものの、なんといっても火力発電の建設単価が安かったので容易に太刀打ちできなかった。ただ(原子力の)燃料費は火力より数分の一の安さであったので、この利点を生かして火力発電と競争しようとするとき、結局はアメリカでも石炭の輸送費の高くつくところでも、火力と競争できるという状態であった。第1図のaと比較しても判るが、火力発電は日本でも安く、その建設費単価は一時、キロワット当り35,000円にまで下った。これは火力の技術革新と、大出力化によるスケール・メリットのためである。しかしその後、これらのメリットが吸収されおわると、やがて一般物価のエスカレーションに歩調を合わせるようになり、1960年代後半には火力の建設単価も7～8万円/kWのレベルになり、さらに1970年代に入ると、10万円/kWを超えるようになったのである。そこで第1図のa(1965年の日本の火力発電)に示した建設単価43,800円/kWという数値は、上述のような傾向の中での、上向き傾向がほんの少し、出はじめたという程度の値と見てよいであろう。それで、この辺の試算では火力が安く、原子力が少し高い。1960年代後半から1970年代前半にうつるあたりで、両者はほぼ同じ発電原価になったのかと思われる。さてそれからオイル価格の急騰があった。その後の火力発電の発電原価は一挙に8円/kWh～10円/kWhになった——と言うのは、既設の(建設単価の安い頃の)火力で高いオイルを燃す形になるので、分析上、このような数値が出るのである。その頃(1975年頃)同様の論法で、例えば15万円/kWで建設した既設の原子力発電所で、1.2円/kWh程度の原子力燃料を使えば発電原価は、分析上、約5円/kWhくらいに



第2図 原子力発電の発電原価

なる。それで、急騰した火力発電原価にくらべれば、半分近いとは言わないまでも60%くらいには充分いける安い発電原価になった。

第2図bは、上述のような状況のあとをうけて、1985年に運転開始する(あるいは1985年に工事完成した)原子力発電所の発電原価がどのようになるかを、建設単価の上昇と燃料費のエスカレーションの仮定とから、推定試算したものである。とりあえず結論を示すと発電原価

は13.47円/kWhとなっており、火力発電(第1図b)とくらべると、依然として安い。(注: 原子力発電所の建設単価には後述のように火力発電所よりも高いインフレ率が与えてある。燃料費——ただし原子力——に与えたインフレ率は、少なすぎるかもしれない。原子力燃料費の各因子を分析してみると、可なり大巾に上方修正される機会を待っているようなものも、見られる。後述。) 要点の比較を第1表に示す。

第1表 1985年発電原価(推定)の比較

	原子力 <sup>(1)</sup>	火力 <sup>(2)</sup>
発電原価 上方修正ケース(*印) <sup>(3)</sup>	13.47円/kWh	17.54円/kWh *20.39円/kWh (CIA シナリオによる)
資本費	9.33円/kWh	8.54円/kWh
建設単価(1985年)	326,665円/kW	298,970円/kW
1975年の建設単価	165,000円/kW	150,000円/kW
エスカレーション・ファクター	5% (年率)	4% (年率)
燃料費	3.50円/kWh	7.40円/kWh *10.00円/kWh (25ドル/バレル)
運転維持費	0.64円/kWh	1.60円/kWh *1.85円/kWh

- (1) 軽水炉, ユニット出力 1,100 MWe
- (2) 貯油設備つき, 脱硫・脱硝設備つき
- (3) 上方修正は原子力にもあり得る

#### IV. 価格修正(上方)の検討

前節で試算した 1985 年予測値は、やや穏健なエスカレーション・ファクターを使用している。もし、一般物価のインフレ率が、エスカレーション・ファクターより高い場合(大抵そうなるであろうが)、10 年ほどたつと、倍率の開きが蓄積されてきて、上方修正が一挙に行なわれる可能性がある。CIA が予測したような、1985 年以前に起りそうな急激な OPEC オイルの上昇などがあれば、そういう機会は、また、同時に、前述した基幹産業の物価の上方修正の機会にもなる筈である。ただし、オイルと同じような率で上方修正されるのではない——と思われる。オイルの価格上昇は恐らく、オイル需要の拡大を抑制するという効果の方に値上意図の重点がありそうである。

第1表にまとめたように、原子力発電の発電原価は、火力発電のそれに比べて、一応、全体としては 4.07円/kWh の差が出ており、更に細分すればこの差の大部分は燃料費のところで出ている。つまり、OPEC オイルの上昇率の

見積り如何によって、この差は大巾に変わるのであるから、第1表に 4円/kWh の差が示されているからと言って、直ちに原子力が安いとは言えない。第1図の試算では OPEC オイルのエスカレーション・ファクターを年4%としたものである。もし、これを年2%とすれば1985年度のオイル価格は 18.5ドル/バレルでなく 14.35ドル/バレルになり、燃料費は 5.40円/kWh になるので、2円/kWh の下方修正になる。そうすると全発電原価の差は、4.07円/kWh ではなく、その半分の 2円/kWh しか無いことになる。

さらに、もし、OPEC オイルが横這いで、価格上昇なしとすると、この時は殆んど原子力(の発電原価)と火力(の発電原価)との差は無く、同じになる(1985年において)。

このように、第1表に示したところでもって直ちに、原子力が安いとは言えないのであるが、しかし OPEC オイルの値上げの確率もかなり大きい(その指摘が CIA シナリオの骨子になっている)ので、たとえ横這いであっても、上昇圧は常に蓄積されていて、いつか急騰

するであろう——と予想される。

原子力発電所の発電原価を構成する2つの因子——建設費と燃料費——の中にも、第2図bの試算に関連して、もう少し価格の上昇しそうなものもあるので、若干の注意を向けておきたい。

まづ建設費については、エスカレーション・ファクターを5%とした（火力の建設費については4%とした）が、これはインフレ率の影響を受け易いと思われる土木工事量が、火力よりも原子力（ともに発電所周辺）の方に多いと見たからである。これは、これでよい、と思われるが、土木工事量そのものについて将来あるいは100ドル/kW程度の追加がほしくなるかもしれない。これは地下立地などの研究に参考になると思う。100ドル/kWの追加は（現在価格であるので）エスカレーション加算で3万8,500円/kW程度の建設単価上昇になり、発電費に約1.10円/kWhの上昇を与える。

この結果から見ると、OPECオイルの上昇があれば、それは結果として地下立地その他、現在よりも、もう少し金の掛かる方法をとっても、採算に合う——そういう時がきそうだとは言える。

次に燃料費——ただし原子力——については次の4つの項目がある。すなわち

濃縮費

ウラン代金

成型加工費

再処理費

の4つである。

この4項目のうち、再処理費が高くなりそうであるが、依然として確かなところは不明（不確定）であるのを別にすると、他の3項目は一見してかなり安く、そのことがまた原子力発電

の燃料費を安くしている理由でもあるのであるが、この3項目があるいは第2図bに示した値より、かなり上るのではないか、と思われるところがある。以下、順に検討する。

濃縮費は1960年代以来、そんなに値上りしていない（石油のようには）。しかし、現在の濃縮工場の拡張および新設が行なわれる場合には、その工場の建設費は恐らく既設工場の建設単価よりも数倍以上高くなると思われるから、濃縮費も上ってくる——と思われる。ただし、新・旧両工場を一諸にした総括原価で決められる（アメリカ政府の場合）のであろうから、濃縮費が一挙に数倍になるわけではない。なお、そのほかにアメリカの濃縮方式は周知のガス拡散方式で、これには電力の使用量が多い。濃縮費を資本費（ガス拡散プラントの建設費）と電力費にわけて考え、両者50%ずつになっているとして試算してみると、——そうして、新設ガス拡散工場を、既設（アメリカ政府所有）のものへの拡張工事として考える（注：新しい独立資本で考えるのでない、とする）と、ここでの既設工場の建設単価は、1945年（頃）の単価であるので、それと比較しての新設拡張部分は恐らく10倍の単価につく。電力代は旧工場と新工場の別なしに同じ費用がかかるとする。こうして仮りに、1985年に既設工事の1/4に当る能力が拡張新設されたとする、1975年（頃）66ドル/kg SWU（注：SWUは分離作業単位と呼ばれるもの）であった賃濃縮費は次のような変り方をすると思われる。すなわち

- 単に5%程度のエスカレーション・タームを仮定（主に電力費に対して）した場合の1985年の推定分離作業費は、（66ドル/kg SWUから出発すれば）113ドル/kg SWUである（第2図bはこの計算が用い

である)。

- 工場設備が 25% 拡張される場合は、上述の仮定では、66ドル/kg SWU に当る数値(1975 年価格)が 115ドル/kg SWU になり、それに 5% エスカレーションを加えると、1985 年価格は 197ドル/kg SWU (第2図bの 1.74 倍)になる。
- 従って濃縮費(発電原価としての)は、0.67円/kWh という 1985 年値が 1.17円/kWh に上方修正される。

アメリカの濃縮プラント拡張計画は 10 年来検討され続けてきているし、一時は民間資本の参加も検討された時機もあるが、カーター政権の方向(注:再処理、高速炉等は見合わせるが、1次燃料の低濃縮ウランの生産と供給はアメリカ政府が責任をもって引き受けるし、その程度のウラン資源量は充分にある、とする方向)から想像すると、アメリカ(ならびに自由主義諸国)の軽水炉原子力発電に対する燃料政策として、アメリカ政府が自からの手で(注:民間資本でなく)拡散工場の拡張に乗り出すようになるのではないかと想像される。その時の分離作業費の総合原価すなわち新旧両工場を混合した原価は、恐らく上述の試算のようになるのではないかと。そして、それは値上がりはするけれども、全部を新資本で建設する場合に比較すれば、恐らく極めて安い筈である。濃縮工場を全部新設してやる場合の濃縮費は恐らく 5~6 倍にはなると筆者は考える。(注:1.17円/kWh 程度に上方修正された場合の燃料費は、次のウラン費・成型加工費等を検討して、一緒に考える。)

ウラン代金が燃料費の中に占める大きさは第2図b(1985年価格)で 0.55円/kWh になっているが、このウランの価格も、1950年代に設定されたポンド当り 8~10ドル(kg 当り 17.5ドル~22ドル程度)という価格が、1960年代中

は殆んど動かず、1970年代に入って可なりの上昇を記録しはじめた。今後は経済戦略資源(ウラン輸出国にとっての)の一角を占めるといふ予想もあり、OPECと同じような考え方で、価格が上昇していくであろう、と言われていいる。1950年代価格を一つの出発点にして仮りに 10年毎に2倍になるとすれば 1975年価格はキログラム当り 40ドルほどになるが、実勢は 60~70ドル/kg程度になっているようである。1980年推定価格を 130ドル/kgU と見る試算がアメリカにも現れている。ウランにも OPEC オイルのような急騰があるなら、あるいは 1985年頃の価格が 150ドル/kg程度にはなるかもしれない。参考のため、その価格での発電原価(の中のウラン費)は 1.23円/kWh である。これは先の第2図bの見積りよりも、2.23倍も高い。このような急騰があるか否かは判らない点もあるが世界的にウラン需要が急伸する傾向もあり、ことに石油の需要に対して供給が切迫してくると、石油発電をウラン発電に切りかえる向きが世界的にふえる、とも思える。つまり CIA 予測の石油急騰のようなことは、ウラン急騰にも連動するかもしれない。OPEC と連動的に動く、と予想されるゆえんであろう。

成型加工費は現在のところ 70,000円/kg (BWRの場合)ないし 80,000円/kg (PWRの場合)を 1975年値と見ておいてよさそうである。燃焼度の相違もあるので、Bが安くてPが高いわけではない。平均的に 75,000円/kg と見ると、成型加工費の 1975年値は 0.43円/kWh になり 5%のエスカレーションを加えてゆくと、0.7円/kWh (第2図b)になるが、成型加工のように手工業的因子の多いものには、このエスカレーション率は低すぎるかもしれ

れない。そこで、もし7%のエスカレーション率を見込めば、0.85円/kWhに上方修正される。

再処理費は最も見積りが難かしく、また、仮りに再処理プラントの建設費そのものは見積り得たとしても、その運転開始時点と、発電所自体が使用済み燃料を排出する時点との間には、実質上、将来でも、10年くらいの間があくのではないかと思われる。そうなると、ある特定の発電所の発電原価——などという推定なり解析は、できないことになる。現実にはカーター政権の方針に見られるように、再処理が本当に行なわれるのか、どうかさえ判らぬ状態である。日本の電力会社と英国の原子燃料公社(BNFL)との間では、燃料の再処理契約の交渉が続けられており、それにフランスとの間にも交渉が進んでいる。交渉に上っている数量は、英、仏とも日本の使用済み燃料1,600トンずつ(計3,200トン)を再処理することで、その再処理の済んだ燃料は1995年までの内に日本側に引渡されるということになっている。金額の面では、役務費として2,436億円(3,200トンに対し)のほか、建設資金(再処理工場の)として2,493億円(同じく3,200トンに対し)の提供を要求されている。この資金をどのように(再処理の費用として)評価したらよいか、まだ融資条件も未定である。

アメリカの研究では、ある原子力発電所が建設(運開)されると同時に、すぐ並行して所要の規模の再処理プラントが建設されるべきものとして、その費用(建設資金)を発電所のキロワットにつき100ドル~200ドルと見積った例がある。この見積りはカーター政策発動の直前の頃の見積りと見られ、またその内容も再処理のやり方によって変る(注:ウランとプルトニウムを

混合抽出するか、プルトニウムを単体分離するか。ならびに、各電力会社の使用済み燃料を、会社別、バッチ別に再処理するか、それとも各社混合で連続的に再処理するか。)と思われるが、一応上記の目安——発電所1キロワット毎に100~200ドルの再処理資本——を、トン当りの使用済み燃料の再処理費に換算すると、発電所の資本費(建設費)に直結した資本費のような考え方で、次の試算ができる。すなわち1キロワットの軽水炉発電所から1年に出る使用済み燃料は約35グラム(注:百万キロワットなら35トン)である。一方、100ドルの資本費は、資本費率20%(化学工場であるので)として20ドル/年である。従って使用済み燃料の再処理コストは571,000ドル/トン(約1億5,000万円/トンくらい)になり、200ドルならこの2倍である。そうして、トン当たり1.5億円なら、その発電原価(再処理費)は0.86円/kWhで、もしトン当たり3億円なら、1.73円/kWhになる。

このように、再処理費は高くなりそうだとは言え、場合によっては實際上再処理は行なわれないか、あるいは数年ないし10年程は延期されるようなことも予想される。すなわち再処理費があまり高くなれば、それは禁止価格として作用し、再処理が引き合うようになるまで、延引されることになる。なお、この再処理費が引合つか否かの問題については、回収される燃料の価値の問題があるので、次に述べておく。

回収される燃料の中にはU-235とプルトニウムとがある。前者が使用済み燃料の1トン当たり約9キログラム、後者が約6キログラム回収される。プルトニウムは分裂性のもので計算する。これらの核燃料の価値を、新鮮な低濃縮ウラン中のU-235の正味価値と比較して、回収価格がそれより上廻れば再処理は引

き合わないことになる。この計算例を1つだけ示してみると次のようである。

1985年時点の価格(推定)で計算するとして、U-235の正味価格を(3%低濃縮ウランにつき、かつ濃縮費は180ドル/kg SWU、ウラン代金は150ドル/kg程度に見て)76.5ドル/グラムU235として計算を進める。回収されるU-235の価値を前記のフレッシュなU-235の価値の85%と仮定(U-236等が含まれてきているので)し、またプルトニウムは70%と仮定すると、U-235(回収)は65ドル/グラム・U-235-回収となり、プルトニウムは53.5ドル/グラム・Pu-分裂性となる。これに回収量(既述)を掛けると、ウラン(分裂性)は585,000ドル、プルトニウム(分裂性)は351,000ドルが回収(使用済み燃料1トンにつき)される。合計936,000ドルであり、約百万ドルと見ると、1ドルを300円の交換率の時に約3億円/トン使用済み燃料という再処理費が、つり合ってくるわけである。

以上の計算例でわかるように、濃縮費およびウラン代金が安い間は、再処理費があまり高いと、引き合わない。既に検討したような高い目の(上方修正をした)濃縮費やウラン代金の価格が1985年価格として実現してくるなら、その時点での3億円/トンという使用済み燃料の再処理も釣り合ってくる——と考えられる。その時の再処理費(発電原価としての)が1.73円/kWh(既述)である——と考えられる。

以上、濃縮費・ウラン代金・成型加工費および再処理費の4項目を上方修正した値で合計すると、

1985年の原子力発電燃料費(上方修正)

濃縮費	1.17円/kWh
ウラン代金	1.23円/kWh

成型加工費	0.85円/kWh
再処理費	1.73円/kWh
その他	0.32円/kWh
計	5.30円/kWh

となる。これを第2図bの発電原価と比較すると、燃料費だけで1.80円/kWhの上方修正となり、資本費にも1.10円/kWh程度の上方修正(既述:100ドル/kW程度の建設費追加)を見込んだ合計発電原価は16.37円/kWh(上方修正ケースの原子力)となる。さらにこれを第1図b(火力発電原価)と比較すると、火力は17.54円/kWh(1985年)であるので、まだ1.17円/kWhがた、原子力の方が安い——という結果が出る。このことから、既述した新しい立地方式(例えば地下立地など)などに、既述した100ドル/kWの追加に加え、さらに100ドル/kW見当の追加工事が計上しうる余裕もあるように見える。

さらに、火力の発電原価として、CIAシナリオのような高騰があった場合(既出20.39円/kWh)を考えると、まだまだ——余裕がある——という論も出てきそうではあるが、これはむしろ1986~1995年の10年間の重大課題として、さらに研究してみるべき問題であろう。

(注: CIAシナリオの発表者自身には、この値上りを抑える力が無い、という見通しがあるようである。既述参照。)

## V. むすび

いわゆるエネルギーの高価格時代と言われる事態の内容を、とくに電気事業について、発電原価の予想として解析してみたわけであるが、結果は、石油価格の高騰につれて、火力発電の発電原価は高くなり、これを追う形で原子力の発電原価も上ってゆくとと思われる。追う形であるので、原子力の方が、一応、向う10年間

ぐらゐは、火力より安い。石油は原子力等にか  
かわりなく、単独に先駆的に値上りしてゆくよ  
うに見える。それゆゑに、原子力への指向は強  
いが、一方で別の研究によると、原子力発電所  
がそんなに安いから、というだけで急速には拡  
張できないという事情があるので、やはり火力  
発電を可なりの主役に考えなければならぬ——  
という考え方もある。火力にも原子力にも、結

局は資源的な制約が強く働いてきて、上述のよ  
うな高価格（高い発電原価）を受け入れなが  
ら、建設可能量をふやすようにしてゆくのが、  
よいと思われる。原子力の立地方式にも開発を  
加え、可能立地点の増加をはかる余地がありそ  
うに見える。

（たかはし みのる）  
経済研究所調査役