

経済性評価

Economics

鈴木 岑 二*

Shinji Suzuki

1. はじめに

この小論の主題はエネルギー技術の評価法のうち、経済性評価に関する方法の検討を行うことである。

もとより、多様なエネルギー技術のすべてをとりあげることはできないので、ここでは今日、強い関心が寄せられている原子力発電と太陽光発電の2つを対象とし、代表的な評価例を紹介しながら、検討を加えることとする。

2. 原子力発電の経済性評価

2.1 経済性評価の現状

1986年のソ連チェルノブイリ原子力発電所の事故以後、原子力発電の導入の是非をめぐる論争が新たな展開をみせている。論点は多岐にわたっており、安全性をめぐる論争が要になっているのはいうまでもないが、最近では文明のあり方にまで、論点が広がっている。

そのなかにあって、経済性に関する議論はどちらかといえば、副次的な位置に追いやられているかにみえる。その主な理由は、かつては原子力発電の大きな利点の1つと考えられていた発電原価の低廉性が、今日では、少なくともさほど際立ったものではなくなっていることにある。

実際、資源エネルギー庁が試算した1988年度運開分のモデル発電原価では原子力は火力に対してkWh当たり1～2円、10%程度安いとされているが、これに、kWh当たり約1円あるいは発電原価の約10%とされている廃炉措置費および放射性廃棄物の最終処分費を加算すれば、原子力と火力はほぼ等価とみてさしつかえない。

日本エネルギー経済研究所が行っている発電原価試算でもほぼ同じような結果が出ている¹⁾。原子力と火力の発電原価がこのように接近してきた理由は主とし

て火力発電用燃料価格が1986年以降、急落したことにある。

もともと、原子力は自らの技術進歩によるコストダウンを通じて、火力に対する競争力を高めてきたというよりは、火力の側の原価上昇によって相対的な低廉性を維持してきたのが実態である。電力各社の有価証券報告書から推計した実績原価の推移でみれば、原子力が火力に対して発電原価の面で圧倒的な優位を示すのは第1次石油危機後と第2次石油危機後のそれぞれ数年間にすぎない。その意味では、現在の原子力と火力の発電原価の接近は化石燃料価格が低位に安定している局面での当然の結果といえることができる。

2.2 経済性評価の方法

原子力発電の経済性評価の方法はユニット・コスト法とシステム・コスト法の2つに大別される。前者はモデルユニット（単位発電設備）またはモデルプラント（単位発電所）における発電原価によって経済性を評価するもので、前述の資源エネルギー庁および日本エネルギー経済研究所の試算はこの方法によるものである。後者は、一定の電力系統において原子力の導入規模と総発電経費の関係のシミュレーションを行うことによって最経済的な原子力規模を求める方法である。

(1) ユニット・コスト法

ユニット・コスト法はさらに初年度原価法と耐用年均等化原価法に分けられる。

初年度原価法は運開初年度の発電原価によって経済性を評価する方法である。発電原価の試算に当たって入力データはほぼ実績値に近いものが用いられるため、試算結果に、将来の燃料価格の予測などの不確実な要因が入りこむのを避けることができる利点がある。その反面、原子力発電と火力発電のように発電原価の構成が大きく異なる場合には、必ずしも適正な比較ができない、という難点がある。

耐用年均等化原価法は耐用年中の各年の発電経費の現在価値総額を同じく耐用年中の現在価値換算された

*久留米大学商学部教授
〒830 久留米市上津町2192-959

表1 発電原価試算の前提条件と結果

1) 発電原価の試算結果

単位：円/kWh (送電端)

	原子力	石炭火力
均等化原価		
資本費	6.27	5.40
運転費	2.16	2.18
燃料費	1.78	2.69
計	10.21	10.27
初年度原価		
資本費	8.04	6.87
運転費	2.16	2.18
燃料費	2.25	2.44
計	12.46	11.49

2) 主要な前提条件

建設費 原子力318,000円/ kW, 石炭火力255,000円/ kW

燃料費 原子力1987年2.25円/ kWh, 2000年1.79円/ kWh

石炭火力 1987年2.44円/ kWh, 2000年2.80円/ kWh

耐用年数 原子力 16年, 石炭火力 15年

設備利用率 70%

割引率 6%

資料 河村達彦; 発電コストの最新評価, エネルギー経済, 1987年12月.

総発電量で除して得られる発電原価を比較する方法である。運転開始後の発電経費の変動がすべて考慮されるという利点がある半面、長期にわたる入力データの予測に不可避的につきまとう不確かさ、割引率の決定方法などの問題点を含んでいる。

以下、実際の評価例によって2つの評価法を比較検討する²⁾。

原子力発電の経済性評価において河村が用いた主な入力データおよび試算結果を表1に示す。建設費および燃料価格は試算の当時において、とくに大きな異論のないものであったと思われる。試算結果は初年度原価では石炭火力のkWh当たり11.49円に対して原子力は12.46円と石炭火力の方が安いのにに対して、均等化原価では原子力の10.21円に対して石炭火力は10.27円とその関係が逆転する結果となっている。

このような結果を生ずる理由は第1に、資本費は減価償却が進むのに伴って年々低減していくが、その効果は建設費が約25%割高である原子力の方により大きく現れることである。すなわち、資本費(減価償却費, 含利, 固定資産税)を比較すると、初年度では原子力はkWh当たり8.04円, 石炭火力が6.87円と1.17円の差があるが、耐用年数の最終年度には原子力の3.56円に対

表2 割引率の変化と均等化原価

単位：円/kWh

割引率 (%)	原子力	石炭火力
2	9.96	10.13
4	10.10	10.21
6	10.21	10.27
8	10.36	10.34
10	10.49	10.40

資料 表1にもとずいて試算

して石炭火力は3.40円とほとんど差はなくなっている。

第2には、この試算に用いられた燃料価格の条件ではkWh当たりの燃料費は石炭火力で年率1.6%の上昇となるのに対して原子力は逆に年率2.2%の低下となり、その結果、初年度の原価差、0.19円が最終年度では1.42円に拡大していることである。

両者の発電原価を時系列的に対比すると、運転開始後7年目までは石炭火力が安く、8年目以降は逆に原子力の方が安いという結果になっている。もとより、耐用年数のほぼ中間時点で発電原価が逆転する、というのは偶然の結果であり、逆転の時期は建設費の差および運転後の燃料費の差の動向に依存している。

以上の結果を、経済性評価の方法の面から検討するといくつかの問題点が指摘できる。

第1は、入力データの不確か性に関する問題である。原子力の発電原価が火力にくらべて安くなるのは運転開始後、何年かを経た後であることは明らかであるが、一般に入力データ、とくに燃料価格の予測において、予測期間が長くなれば、それだけ不確かさは大きくなると考えられる。このことは均等化原価法によって、かりに原子力発電の原価が相対的に安いという結果が得られたとしても、そこには相対的に大きな不確かさが含まれていることを意味している。

第2は現在価値換算を行う際の割引率の問題である。河村の試算では割引率は6%とされている(ちなみに、資源エネルギー庁の試算では5%が用いられている)。割引率を如何に設定すべきかについては、従来から多くの議論がなされているが、ここではそれに触れる余裕はない。ただ、割引率如何によっては逆の評価が導き出されることがあり得ることを示すにとどめる。

表2は割引率によって均等化発電原価がどの程度変動するかをみたものである。相対的に低い割引率は原子力に有利に、逆に高い割引率は石炭火力に有利に作用することが分る。これは、ここで想定されている条件の下では、耐用年数の後半における原子力の有利性

(石炭火力との原価差)が、割引率が低いほど、現在価値では相対的に大きく表されることによる。

以上のような問題点を含んではいるが、原子力発電の経済性を評価する方法として、均等化原価法は現実的な方法の1つであることは否定できない。ただ、それが投資の意志決定に用いられる場合には、計画作手時から運開までのリードタイムが約10年、さらに運開後約20年という長い期間にわたる入力データの予測には多くの不確実さが入りこむことは不可避であり、評価結果の取り扱いには十分な慎重さが求められる。

同時に主要なパラメータについては感度分析などによって補足的な情報を用意することが望ましい。そのようなパラメータとしては原子力については、建設費、燃料価格、炉心特性、廃炉措置費、放射性廃棄物の最終処分費など、また、火力発電については燃料価格、排煙処理費などが挙げられる。

(2) システム・コスト法

システム・コスト法は電力システムを構成する各種電源が、相互に有機的な関連をもちつつ、負荷曲線の一定の部分を担当し合っていることに着目して、所与の条件の下での最適な電源構成を求める方法である。原子力の経済性評価の方法として用いられるときは、通常、電力システムの総発電経費が最小となるような電源構成の下での原子力発電の導入規模を求める形をとる。当然、線型計画法を用いる例が多いが、ここでは、日本エネルギー経済研究所の電源構成シミュレーションモデル(以下、IEEモデル)を例示としてとりあげることにする³⁾。

IEEモデルは計画目標年度の新設設備の固定費と総設備の燃料費の総和の最小化を目的函数とする線型計画モデルであり、271変数、370条件式からなっている。また、計画目標年度の日負荷曲線を求めるサブモデルが組みこまれている。

IEEモデルを1つの例とするシステム・コスト法のユニット・コスト法と異なる特徴を、原子力発電の経済性評価という観点からみると、設備利用率などの技術条件を固定した状態での発電原価の比較ではなく、他の電源との相互作用の下で原子力の最経済的な導入規模を与えるところにある。

言い換えれば、原子力が発電原価の面で他の電源に対して著しく優位に立っている場合でも、所与の負荷曲線、各電源の負荷追従性などの制約条件の下で、原子力の導入規模に一定の限界があることが明らかにされる。このことは将来、原子力比率がさらに高まって

いった場合に、原子力の経済性評価において重要な意義をもってくる。

ちなみに、IEEモデルによるシミュレーションの結果では、建設費、燃料価格などの条件がかなり原子力に有利に設定されているにもかかわらず、原子力の設備構成比の最大値は2000年で33%、2005年で35%にとどまっている。その際、制約条件として強く作用しているのは、日負荷曲線の形と原子力の負荷追従性である。

なお、CO₂の排出量制約が将来、問題になり得るがその結果として原子力規模にどのような影響が現れるか、また、石炭火力の代替電源としてLNG火力を導入した場合の電源構成への影響などの評価が、その後IEEモデルを用いて行われている⁴⁾⁵⁾。

3. 太陽光発電の経済性評価

3.1 太陽光発電の経済性評価の現状

太陽光発電は現在、研究開発が進められている新エネルギー技術の中でも、将来の実用化についてももっとも大きな期待がかけられている技術の1つである。太陽電池自体は電卓用、通信用、照明・標識用などの分野ではすでに実用に供されているが、従来からの電力供給方式に対する代替技術としては未だ経済性を確立するにはいたっていない。

代表的な評価例である「新エネルギー導入ビジョン」の中で引用されているNEDOの試算では1984年における太陽光発電システム(太陽光発電モジュールおよび周辺装置)の価格は2400~3300円/Wp、発電原価は280~380円/Wpとされている⁶⁾。将来の動向についても多くの見通しが示されているが、それらは、ほとんどが、在来の電力供給方式と競争が可能となるための目標値ないしは要求コストとして性格づけられており、およそ、現在の価格の10分の1程度にまで引き下げることが、実用化のための条件とみなされている。

3.2 太陽光発電の経済性評価の方法

前述のように、太陽光発電の経済性評価の方法の主流は在来の電力供給方式と競争可能な太陽光発電の建設費あるいは発電原価を求めることにある。そのため、ある特定の用途に対応して、そこにおける電力の供給・利用条件に即した評価が行われることになる。以下では、住宅設置用および電気事業系統用の2つの用途における評価例をとりあげて検討する。

(1) 住宅設置用。

太陽光発電の住宅への設置は、実用化への距離がもっとも近いものと考えられている。その理由は電気事業者からの買電料金がもっとも高い用途であり、それだけ、太陽光発電にとっての競争条件が緩いことにある。ここでとりあげる評価例は中岡・米森および西野によるものである^{7), 8)}。

この両者の評価方法は住宅用需要家が太陽光発電システムを設置することによって節減される買電料金とシステムの設置費用とを対比するというアプローチを共通にしている。

太陽光発電を住宅用に設置する場合には電気事業系統からの供給との併用が一般的には不可欠である。中岡らは系統連系の形態を逆潮流防止（系統への余剰電力の売電なし）と双方向潮流（余剰電力の売電あり）の2つに区分して評価を行っている。

昭和61年の関西電力の電気料金を前提として、逆潮流防止システムの場合、太陽電池モジュールの要求コストは耐用年数15年として107円/W_p以下、また20年として143円/W_p以下と推定している。双方向潮流システムでは余剰電力の買い取り価格が大きく影響するが、中岡らは余剰電力の買い取りによって電気事業者側に損失が発生しない条件の下で、太陽電池モジュールの要求コストは耐用年数20年で、271円/W_pにまで緩和されるとし、このコストは近い将来において十分達成可能であると評価している。

西野による評価方法は中岡らと共通のアプローチをとりながらも、太陽電池モジュールおよび蓄電池の価格をパラメータとして、支払い電気料金の純節減額が最小となるような太陽光発電システムの設置規模を求めるところに特徴がある。

試算結果によれば、太陽光発電システムの価格が200円/W_pのとき、最適設置規模は蓄電池なしのケースで0.6kWと極めて小さく、年間の純料金節減額も2900円と、さほど大きな効果がないことが示されている。また、太陽光発電システムのブレイクイーブン建設コストの推定結果も示されているが、それによると2~3kWのものよりも1kWの場合の方が有利であるとされている。

いずれの評価においても共通しているのは余剰電力の買い取り条件およびこれに関連して蓄電池の価格が太陽光発電システムの要求コストに大きく影響するという点である。

(2) 電気事業系統用

太陽光発電システムの電気事業系統用への導入は経

済性の観点からはもっとも条件が厳しい分野である。原子力や火力などの大規模電源の発電原価がkWh当たり10~12円と評価されている現状では、これらの電源に対する代替供給力として編入される可能性は極めて小さいとみるべきだろう。

小川は太陽光発電をピーク負荷用電源として利用されるものとして、その経済性評価の方法を考察している^{9), 10)}。小川の方法は基本的には従来から水力発電の経済性評価に用いられてきた方法の応用であり、太陽光発電システムのkW価値とkWh価値を求めて総合的に評価するものである。

ここでkW価値は「太陽光発電システムを建設することによって建設しないですますことのできる発電設備のためにもたらされる建設に関する固定的な費用および固定的運転維持費の節約額」、またkWh価値は「太陽光発電システムを建設することによって節約される他の発電設備の燃料費」として表される。

太陽光発電システムは本来的に出力が自然条件によって左右される不安定性をもっている。このことがそのkW価値の評価に影響を及ぼすのはいうまでもない。

小川によれば、太陽光発電システムの物理的kW価値についてはおおよそ以下の3つの見方がある。第1は他の電源と同じアベイラビリティ（設備利用率）の下でkW価値を1と評価する、第2は太陽光発電の出力の不安定性を大きくみて、kW価値は0とするそして第3は太陽光発電の出力は確かに不安定であるが、他の電源についても事故停止のような偶発事象はあり、確率事象として理論的には同じ扱いが可能である、したがってkW価値は0と1の間にある見方である。小川自身は第3の見方をとっており、とくに燃料価格が低落している状況の下ではkW価値が相対的に重要性を増していると指摘している。

小川はまた、太陽光発電モジュールの許容コストの試算を行っており、かなり高いモジュール効率と良好な気象条件を前提としても中央発電所型の場合で100円/W_p、分散型で150円/W_pと、電気事業系統用への利用の条件はかなり厳しいとしている。

(3) 太陽光発電システムのコストダウンの可能性

太陽光発電システムの経済性を評価するに当たって実用化のための要求コストあるいは許容コストを求めることは、太陽光発電に固有な技術条件についての考慮が必要だとしても、評価作業の大半は、既に確立された発電技術についての評価を反映する形で行われるので方法上の困難はさほど大きいわけではない。

やはり、もう1面において、太陽光発電システムの価格が、如何にして要求コストに近づくべく、コストダウンがはかれるかを分析することが重要である。

一般に、太陽光発電システムのコストダウンを達成する方向としては量産効果を実現することがもっとも重要であると考えられている。これは太陽光発電システムが規模の経済が極く小さく、また効率の向上の余地も限定されている、という固有の特性をもっていることからすれば当然といえる。

量産効果を実現するという事は、需要の増大が生産規模の拡大を可能にし、その結果、コストが低下し、さらに需要を増大させる、という好循環が形成されるということであるが、この過程が、必ずしも連続的ではないことが1つの障壁になり得るという指摘が鈴木らによってなされている¹¹⁾。

鈴木によれば、システムの生産ラインへの投資の回収期間と必要な需要量あるいはシステムの価格との間には相互に相反する条件があり、結果的に、生産規模の連続的な拡大は困難であるとされる。したがって、用途とそれに対応する競合コストの関係が段階的に画かれる以上は、ある段階からつぎの段階への移行過程においては何らかの手段によって中間的需要を創出することが不可欠だということになる。

このような指摘を含めて、太陽光発電システムのコストダウンを実現していく現実的なプロセスについての研究は要求コストの評価と両輪となって、今後さらに展開されるべき分野であろう。

引用文献

- 1) 河村達彦；発電コストの最新評価，エネルギー経済，13巻，12号（1987），30～42
- 2) 前出(1)。
- 3) 高田憲一，木船久雄，鈴木岑二；最適電源構成のシミュレーション（1986），日本エネルギー経済研究所。
- 4) 湯浅俊昭；チェルノブイリ以後の原子力開発の動向，エネルギー経済シンポジウム報告（1988年）
- 5) 河村達彦；電源構成におけるLNG火力，日本エネルギー経済研究所定例研究会報告（1989年）
- 6) 資源エネルギー庁；新エネルギー導入ビジョン，通商産業調査会，（1985）
- 7) 中岡睦雄，米盛秀登；太陽電池による小規模分散形電源システムの実現可能性と評価について，第4回エネルギーシステム・経済コンファレンス報告（1987）
- 8) 西野義彦；住宅用需要家が設置する太陽光発電の経済評価，第4回エネルギーシステム・経済コンファレンス報告（1987）
- 9) 小川洋；太陽光発電の経済性の評価手法，第2回エネルギーシステム・経済コンファレンス報告（1985）
- 10) 小川洋；太陽光発電所の技術経済的要件，第4回エネルギーシステム・経済コンファレンス報告（1987）
- 11) 鈴木利治；太陽光発電システム開発における技術経済的課題，エネルギー経済，14巻；3号（1988）

