

■ 論 説 ■

原子力発電コストの将来展望

Future Prospect on Economics of Nuclear Generation

前 田 一 郎*

Ichiro Maeda



1. はじめに

原子力発電は第1次石油危機に始まる化石燃料の高価格化のなかで化石燃料発電に対して経済的に優位になり、加えて燃料供給の安定性についてもすぐれていたことから石油代替エネルギー開発の柱として重点的に開発が進められてきた。

ところが、最近の原油価格をはじめとする化石燃料価格の下落を受けて原子力発電はかつてのような不動の経済的優位性は失なわれつつある。さらに昨今の円高基調は円建てベースでの化石燃料価格を一層低下させてきており、原子力発電は固定費比率が高いため円高メリットについて化石燃料発電のように十分に享受できないでいる。

一方、原子力発電は燃焼度の向上、建設費の削減等が検討されており、これらが計画どおり実現されれば原子力発電は大幅なコストダウンが図られることになり、化石燃料発電に対して高い経済的優位性を得ることになる。

本稿においては、原子力発電が上記のように計画されている技術改良が経済性向上に与える影響について他電源と比較しながら論ずることとする。

経済性に関する分析の手法についてはモデルプラントの生涯年均等化コストを計算し、電源ごとに比較することとする。生涯年均等化コストとは新規発電所に係る生涯コストについて現在価値換算し、これを生涯年にわたって発生した電力量を現在価値化したもので割った発電単価の評価である。

同方法は固定費比率の高い原子力などの電源と変動費比率の高い石油などの電源を同じ基盤に立って経済性を評価する上で望ましい評価であると考えられている。

表1 前提条件

| | | |
|------------------|---------------|----------------|
| 1) 償却期間 | 15% (原子力は16%) | |
| 2) 残存価額率 | 10% | |
| 3) 資本報酬率 | 7.2% | |
| 4) 固定資産税率 | 1.4% | |
| 5) 所内率 | 原子力 4.0% | 石炭火力 8.4% |
| | LNG 3.6% | 石油火力 3.5% |
| 6) 運転費率 | 原子力 4.0% | 石炭火力 4.8% |
| | LNG 3.6% | 石油火力 3.9% |
| 7) 設備利用率 | 1985年度運開 | 70% |
| | 2000年度運開 | 80% |
| 8) 長期割引率 | 6% | |
| 9) 建設費に占める土地代の比率 | 原子力 1% | 石炭火力 3% |
| | LNG 4% | 石油火力 4% |
| 10) 燃料発熱量 | C重油 | 9,750 kcal/l |
| | LNG | 13,300 kcal/kl |
| | 石炭 dry ベース | 6,600 kcal/kg |
| | 湿炭ベース(8%) | 6,075 kcal/kg |
| 11) 発電端熱効率 | 39% (火力のみ) | |

*3) については電気料金の中でレートベースに対して使用されている率を適用

なお、本試算の対象年度は1987年度運開ベースおよび原子力発電の経済性の将来展望のために2000年度運開ベースとし、1987年度実質価値表示とする。試算の諸前提は表1のとおり。

2. 燃料価格の見通し

2.1 核燃料サイクルコスト

a. ウラン精鉱 ウラン精鉱費は1990年まで実質横這いであるが、以降在庫水準の低下などにより需給がタイト化するものと考え、年率1%で上昇するものと想定。

b. UF₆ 転換 転換技術はすでに成熟段階に入っているとみられるため1987年度の6.675ドル/kgUのまま横這いで推移するものと想定。

c. 濃縮 ウラン濃縮市場では近年になってフラン

* (財) 日本エネルギー経済研究所総合研究部
第1研究室研究員
〒105 東京都港区虎ノ門1-18-1 第10森ビル10F

による建設リードタイムの長期化に起因するものと考えられる。(本試算では建設費について原子力発電31.8万円/kW, 石炭火力25.5万円/kW, 石油火力16.7万円/kW, LNG火力21.8万円/kWを採用した。これは1984年～1990年の間に運開ないし運開予定のプラントの建設費を拾い出し、物価補正・号数補正を施し、平均化した値)

(2) 石炭価格が1982年を境として下落の傾向にあること。このことが燃料費比率が相対的に高い分だけ石炭火力コストを押し下げる要因となっている。一方、原子力発電においてはバックエンドが本格化し、わずかではあるが核燃料サイクルコストを増加させてきている。

(3) 為替レートの円高傾向が顕著であり、石炭炉前価格が円高ベースで低下したこと。また将来も円高基調は続くものとみられるため石炭炉前価格は短中期的には上昇しないと考えられる。一方、固定費比率が高い原子力は円高メリットを石炭火力のようには享受できないでいる。

4. 将来の発電コスト比較 (2000年度運開ベース)

将来の原子力発電の経済性比較について2000年度運開ベースを基準において検討する。燃料価格については2.で述べた見通しのおりであるが、その他原子力発電および石炭火力をはじめとする化石燃料発電についていくつかの技術改良が施されることになっている。すなわち原子力発電については現在、政府・電力・メーカー一体となって改良標準化計画を推進中であり、信頼性、稼働率の向上(長期サイクル運転、定期検査の効率化など)、耐震設計、許認可関連事項の標準化、建設工期の短縮化などが図られようとしている。

ここではこれら技術改良計画のうち経済性向上に寄与する要件として燃焼度向上、建設費削減の効果を火力発電の技術改良(熱効率改善、石炭火力については環境対策設備のコンパクト化)の効果を比較しながら論じることとする。

4.1 燃料価格のみ変動するケース

建設費水準を実質不変とし、2.で述べた燃料価格見通しにより2000年度運開ベースの発電コストを試算すると設備利用率70%で原子力発電は10.29円/kWhとなり、コールセンター経由の石炭火力(10.98円/kWh)よりも安い。コールセンターを経由しない石炭火力(10.08円/kWh)よりは若干高くなる。

原子力発電の石炭火力との経済性格差は1987年度運開

表8 2000年度運開の発電コスト
(燃料価格のみ変動 均等化コスト)

(単位: 円/kWh)

| | 原子力 | 石炭 | | 石油 | LNG |
|-----|-------|---------|-------|-------|-------|
| | | コールセンター | 経由 | | |
| 資本費 | 6.41 | 5.16 | 〃 | 3.20 | 4.18 |
| 運転費 | 2.16 | 2.18 | 〃 | 1.10 | 1.33 |
| 燃料費 | 1.72 | 2.74 | 3.64 | 9.59 | 7.82 |
| 計 | 10.29 | 10.08 | 10.98 | 13.86 | 13.33 |

- 1) 設備利用率 70%
- 2) 送電端
- 3) 原子力には下記の要素を考慮
 - ・ 廃炉コスト 1984年度価格110万kWで300億円と想定
 - ・ 放射性廃棄物費用 0.10円/kWhと想定

ベースに比較して同等である。

なお、原子力発電については廃炉費用および放射性廃棄物処分費用として一般にいわれている水準(それぞれ0.42円/kWh, 0.1円/kWh)を算入していることにより1987年度運開ベースに比してやや高くなっている。

4.2 発電効率改善ケース

化石燃料発電については現行以上の飛躍的な熱効率改善は見込めなくなっているが、さらに7%程度の熱効率の向上が計画されている。

一方、原子力発電については現在検討されている改良標準化計画諸方策の実現が図られ、燃焼度が現行の約30,000MWD/TUから約45,000MWD/TUに向上するものとみられる。

以上の見通しに基づき設備利用率80%(燃焼度向上により設備利用率が改善される)で比較すると原子力発電は8.81円/kWh、石炭火力8.98円/kWhとなり、原子力発電は経済的優位性を回復する(この際、石炭火力も経済性向上を図るのでコールセンターを経由し

表9 2000年度運開の発電コスト
(発電効率改善ケース 均等化コスト)

(単位: 円/kWh)

| | 原子力 | 石炭 | 石油 | LNG |
|-----|------|------|-------|-------|
| 資本費 | 5.61 | 4.52 | 2.80 | 3.66 |
| 運転費 | 1.89 | 1.91 | 0.96 | 1.16 |
| 燃料費 | 1.31 | 2.56 | 8.94 | 7.31 |
| 計 | 8.81 | 8.98 | 12.71 | 12.14 |

- 1) 設備利用率 80%
- 2) 送電端
- 3) 発電効率改善 原子力 高燃焼度化(45,000MWD/TU) 其他 熱効率改善(7%向上)
- 4) 石炭についてはコールセンターを経由しないケースで計算

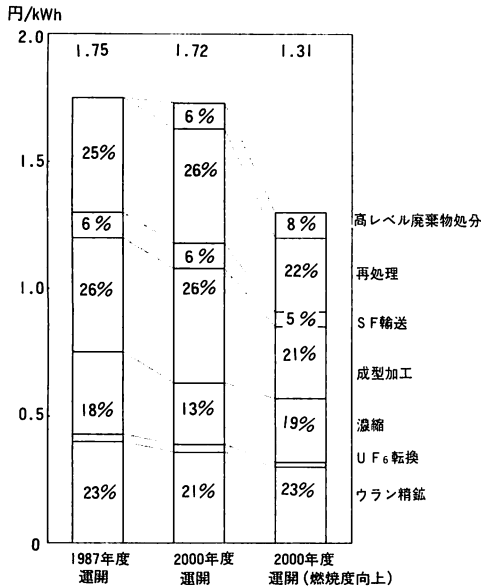


図-1 核燃料サイクルコストの推移

ない場合を想定)。

原子力発電と石炭火力の経済的競合分岐点は設備利用率70%程度である。なお、燃焼度向上が原子力発電の経済性に与える寄与は4.5%、一方石炭火力については熱効率が改善されることによる寄与は1.9%である。

4.3 建設費削減ケース

原子力発電については改良型軽水炉開発に際し、建設工法の改善、建設工期の短縮化、許認可関連事項の標準化などにより建設費の上昇を抑制させながらスケールアップ(110万kW→135万kW)が図られるとしている。これにより改良型軽水炉で15%建設費の低減が予想される(ABWRで20%、APWRで10%)。

一方、石炭火力については環境対策設備(脱硫、脱硝)のコンパクト化を図ることにより、建設費単価が現行に比べ10%削減できるとされている。

これらによる経済的効果を4.2の効果に加えて評価すると設備利用率80%で原子力発電が7.74円/kWh、石炭火力が8.34円/kWhとなり、原子力発電の石炭火力など他の化石燃料発電に対する経済的優位性は拡大されることになる。

原子力発電と石炭火力の経済的競合分岐点は設備利用率40%程度に押し下げられる。これは標準化による徹底したコスト削減が実現しているフランスの原子力発電と同等の経済的競合水準であるといえる。また、負荷追従運転に関する技術開発を促せば原子力発電は中間負荷帯への対応も可能となる経済的基盤をもつこ

表10 2000年度運開の発電コスト
(発電効率改善 建設費削減ケース 均等化コスト)
(単位: 円/kWh)

| | 原子力 | 石炭 | 石油 | LNG |
|-----|------|------|-------|-------|
| 資本費 | 4.82 | 4.07 | 2.80 | 3.66 |
| 運転費 | 1.61 | 1.72 | 0.96 | 1.16 |
| 燃料費 | 1.31 | 2.56 | 8.94 | 7.31 |
| 計 | 7.74 | 8.34 | 12.71 | 12.14 |

1) 設備利用率 80% 2) 送電端

とを示唆している。

2000年度運開ベースでみると原子力発電については燃料費のみ変動するケース4.1に対して燃焼度向上・建設費削減のケース4.3は発電コストで16%削減されている。石炭火力は同比較で9%の削減である(石油火力5%、LNG火力4%)。現在検討されている技術改良の諸プログラムは原子力発電において最も経済性向上の効果が大きい。つまり、原子力発電は技術集約型エネルギー源であるために技術改良が経済性に与える影響も他の発電様式に比べて顕著であるといえることができる。

それだけに改良標準化計画の果す役割は大きく、その諸プログラムが着実に実行されることが望まれる。

5. 為替レート変動による影響

原子力開発は当初より国産化に重点が置かれ、推進されてきた。そのために現在、化石燃料発電が享受しているような円高メリットは原子力発電の場合十分ではない。原子力発電と化石燃料発電との経済的格差が一層縮少しているのはそのためである。

本論では為替レートを1987年度145円/ドル、1995年度125円/ドル、2000年度120円/ドルと想定し試算しているが、これを円高ケースとして2000年度100円/ドル、円安ケースとして同140円/ドルの両ケースと比較して検討する(条件は4.3のケースを基準とする)。

これにより計算すると円高ケースと円安ケースとのコスト幅は原子力発電0.2円/kWh(為替レート変動

表11 為替レート変動 (円/\$)

| | 1987 | 1990 | 1995 | 2000 | 2010 |
|-------|------|------|------|------|------|
| 基準ケース | 145 | 125 | 125 | 120 | 113 |
| 円高ケース | 145 | 120 | 110 | 100 | 93 |
| 円安ケース | 145 | 145 | 145 | 140 | 133 |

表12 為替レート変動による発電コスト感度分析

(単位：円/kWh)

| | 1987年度運開 | | | | 2000年度運開 | | | |
|--------|----------|-------|-------|-------|----------|------|-------|-------|
| | 原子力 | 石炭 | 石油 | LNG | 原子力 | 石炭 | 石油 | LNG |
| 基準ケース | 9.90 | 9.74 | 10.38 | 10.29 | 7.74 | 8.34 | 12.71 | 12.14 |
| 円高ケース | 9.86 | 9.54 | 9.95 | 9.88 | 7.64 | 7.92 | 11.57 | 10.87 |
| 円安ケース | 9.97 | 10.03 | 11.05 | 10.92 | 7.84 | 8.77 | 14.42 | 13.42 |
| 変動幅(%) | -0.4 | -2.1 | -4.1 | -4.0 | -1.3 | -5.0 | -9.0 | -10.5 |
| | +0.7 | +3.0 | +6.5 | +6.1 | +1.3 | +5.2 | +13.5 | +10.5 |

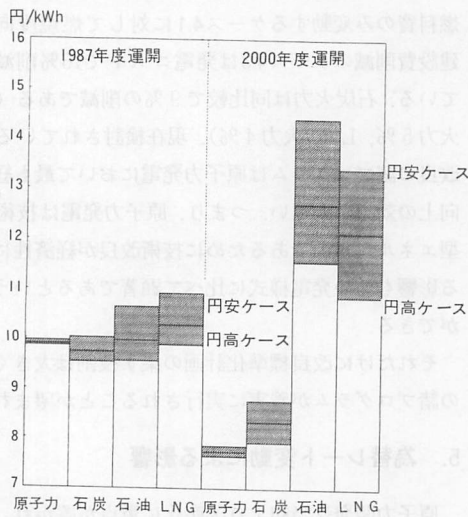


図-2 為替レート変動による発電コスト幅

1円につき0.07%), 石炭火力0.9円/kWh (同0.3%), 石油火力2.9円/kWh (同0.6%), LNG火力2.6円/kWh (同0.5%)となる。

すなわち、化石燃料発電が為替レートの変動によってコストが大きく変動するが、原子力発電は固定費比率が高いのでそれだけ為替レート変動に対して安定していると評価することができる。

4. で検討したように原子力発電が化石燃料発電に対して十分な経済的優位性が確保されれば、原子力発電は電気料金の安定性に貢献し、急激な経済変動に耐える電源であるといえる。

6. むすび

以上、原子力発電の経済について現在および将来の評価を主に石炭火力と比較しながら論じてきたわけだが、検討の内容から導き出せる結論は以下のとおりで

ある。

(1) 短期的にみれば原子力発電と石炭火力は経済的に拮抗した状態が続くものと思われが、原子力発電は現在計画されている諸プログラムが実現することにより大幅なコストダウンが図られ、石炭火力をはじめとする化石燃料発電に対して十分な経済的優位性が確保されることになる。

(2) 原子力発電は技術集約型エネルギー源であるため技術改良が経済性向上に与える影響は他電源に比べ顕著である。したがって、安全性の確保に万全を期しつつ軽水炉改良標準化計画に基づく燃焼度向上、建設費削減のプログラムが着実に実行されることが重要である。また原子力開発に関する政府、電力、メーカー間の協調も改良標準化の効用を確実なものにするうえで必須の条件である。

(3) 数年来の急激な円高傾向は原子力発電に対しては他の電源のような大きなメリットをもたらしていないが、一方で為替レートの変動が経済性に与える影響が小さく安定した電源であると評価される。核燃料は核燃料サイクルの各段階で供給調達元が分かっているために核燃料サイクルコストの変動が少ないことを考え合わせると原子力発電はその他の要因に制されることの少ない自律的電源であると評価することができる。

参考文献

- 1) NUKEM Market Report 8187 (1987) P.16~17
- 2) Nuclear Fuel Vol.1.12 No.22 (1987年11月2日) P.8
- 3) Commissariat à l'Énergie Atomique
Notes d'Information "Coût de référence de la production d'électricité d'origine thermique" numéro 6 (1986年11, 12月) P.5
- 4) 田尻義昭・世古隆哉; 原子力発電1. 改良型PWR (APWR).
2. 改良型BWR (ABWR), 火力原子力発電10月号 (1987), P.53~73