

電力需要動向と電源構成

キーワード：電力需要，電力シフト，価格弾力性，所得弾力性，電源構成，
電源運用，発電コスト，ダイナミックプログラミング

齋藤雄志 大庭靖男
七原俊也 伊藤浩吉

〔要旨〕

最近は、景気回復等の影響で電力需要の伸率が再び増加する傾向が現われているが、今後の長期的電力需要の方向がどうなるかについては、依然はっきりしない面もみられる。本稿では将来の電力供給にかかわる問題のうち、需要面では電力需要動向、および供給面では電源構成の2つの問題を取り上げ検討する。これらはそれぞれのサイドで特に重要な問題と思われるからである。

電力需要の分析では計量分析を行ない価格弾力性や所得弾力性を計測し、電力シフトその他の傾向を分析する。電源構成の分析では原子力の位置づけを中心に検討する。

1. まえがき
 2. 電力需要の動向
 3. 電力シフトの現状と要因
 4. 電源開発の現状と将来の方向
 5. 開発した電源構成モデルの概要
 6. シミュレーション分析の結果
 7. 累積計算と断面計算
 8. あとがき
- 参考文献

1. まえがき

昭和50年から57年にかけて電力需要が低迷し、一時は供給予備力がかなり高い水準にあったが、その後景気回復等の影響で電力需要が再び伸びる傾向が現われている。しかし今後の長期的電力需要の動向がどうなるかについては、依然はっきりしない面もみられる。さらに、国際的石油需要の緩和を背景として、石油価格が値下がりしたが、中長期的エネルギー見通しは依然として流動的である。

こうした背景のもとで、石油代替エネルギー導入の主役的立場にあった電気事業においても

問題の構造が以前と変化しつつあり、あらためて将来の電力需要や電源構成を考えなおさなければならぬ時期にある。

本稿ではこうした状況や将来の可能性について全面的に検討を加えることは不可能であるが、それらのうち特に需要面では電力需要動向や電力シフト、および供給面では電源構成の中における原子力の位置づけを取り上げ検討する。

なお、本稿のうち、2. から 4. までは齋藤雄志、伊藤孝吉が、5. から 8. までは大庭靖男、七原俊也、が担当した。全体のとりまとめは齋藤が担当した。

2. 電力需要の動向

表 2.1 は、わが国の経済成長とエネルギー需要との関係を示したものである。第 1 次石油危機以前（昭和 40～48 年度）は総エネルギー、電力とも経済成長をうまわまる伸びを示していたが、石油危機後、省エネルギーの進展、エネルギー多消費産業の停滞、産業構造の高付加価値化、サービス化の進展などにより総エネルギー需要の伸びはきわめて低いものとなった。一方、電力消費は、経済成長をややうまわまる伸

表 2.1 経済成長とエネルギー需要

| 期 間 (年度) | 経 済 成長率 | 総エネ ルギー 増加率 | 電 力 増加率 | GNP弾性値 | |
|-------------|------------|-------------------|------------|------------|------|
| | | | | 総エネ ルギー | 電 力 |
| 40～48 | 9.5 | 11.1 | 12.2 | 1.17 | 1.28 |
| 48～56 | 4.0 | 0.6 | 2.9 | 0.15 | 0.73 |
| 40～56 | 6.7 | 5.6 | 7.4 | 0.84 | 1.10 |

(注) 国民経済計算年報、エネルギーバランス表より作成。
総エネルギーは、一次エネルギー合計、電力は電力最終需要合計を表わす。

びを示しているが、他のエネルギーに比して、相対的に高い伸びであったため、総エネルギーに占めるシェアが増大した。これを GNP 弾性値でみると、石油危機以前は、総エネルギー需要が 1.17、電力需要が 1.28 と、両者とも 1 をうまわわっていたが、石油危機後は、総エネルギー需要は 0.15 と、経済成長とエネルギー需要との乖離現象が顕在化した。電力需要の GNP 弾性値も、第 1 次石油危機後は 0.73 と経済成長の伸率よりも低下したが（特に第 2 次石油危機後は価格の大幅な上昇に加えて、冷夏などの影響もあり、その弾性値は大幅に低下した。）より長期的にみると依然弾性値は 1 に近い伸びを示している。（今後については未知の要素が大きいが過去については少なくともそうであった。）エネルギー一般との対比でみる限り、電力需要は国内外の情勢の変化に対して比

較的安定であったといえよう。

つぎに 3. では電力シフトという側面から検討してみる。

3. 電力シフトの現状と要因

(1) 電力シフトとその要因

多くの産業においてエネルギーの原単位は減少傾向にあるが、電力の原単位は化学、非鉄などのような電力多消費型の産業以外の産業ではむしろ上昇傾向または非減少の傾向にある。一方、産業構造の変化もエネルギー全体に占める電力のシェアを増加させる方向に動いている。このようにエネルギー全体に占める電力のシェアが増大することは電力シフトと呼ばれている。図 3.1、図 3.2 は電力比率の推移を示している。なお電力比率は電力需要をエネルギー需要で割ることによって定義される。（ただし、電力は 1 次エネルギーベースで計算する場合と 2 次エネルギーベース：1 kWh=860 kcal で計算する場合の 2 つがある。前記の図はいずれも 2 次エネルギーベースで計算されている）

電力シフト進んだ理由としては

① 脱石油を中心とした省エネルギーを化進めるために製造工程などの変更が電力消費の増大を伴うことが多いこと。

② 産業の高度化、製品の付加価値化（プロダクトミックスの変化）に伴ってより加工度の高い製品需要のウェイトが増加したこと。そのような製品の場合は石油に比して電力の消費が多いこと。

③ 他のエネルギーに比べ電力は必需品としての性格が強く、また電力から他のエネルギーへの転換の可能性があまり多くないこと。

④ 生産性をあげるための高能率化、生活水準の向上、さらには環境対策などによって電力

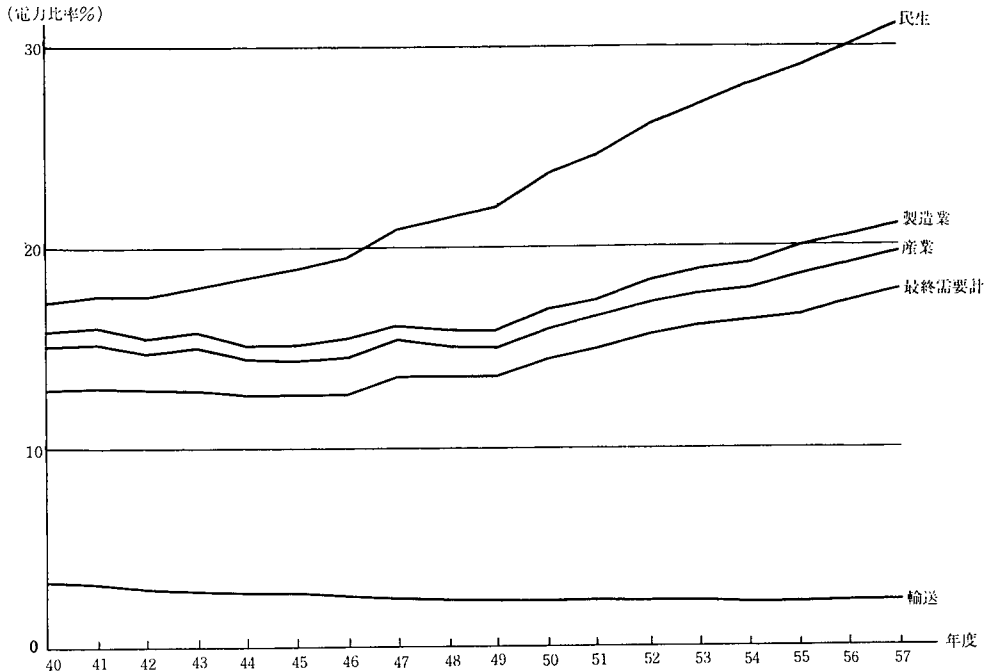


図 3.1 部門別電力比率の推移 (1 kWh=860 kcal)

需要が増大すること。
などが挙げられる。

つぎに電力シフトの要因を簡単な定量的分析方法によって検討してみよう。原単位および生産指数によって電力消費量は

$$\text{電力消費量} = \text{原単位} \times \text{IIP} \quad (R)$$

と定義できるが、ここではこれを利用して簡単な要因分析を行なうことができる。電力消費量の変化は

$$\Delta E = \Delta R \times IIP_0 + \Delta IIP \times R_0 + \Delta IIP \times \Delta R$$

電力需要
の変化量
原単位
変化分
生産活動
変化分
交絡項

と書くことができる。上式に従って電力需要を、2つの期間に分けて計測すると表3.1のようになる。個々の産業によって電力原単位の変化の要因がかなりちがうことがわかる。第一次石油危機以後をみてみると、化学、鉄鋼、非鉄などの産業では生産規模の増大による電力需要

の増加を電力原単位の減少がかなり相殺していることがわかる。一方、食料品、繊維、その他の産業では生産変化による需要増分以上の原単位増加がみられる。しかしこの方法による分析にも多くの問題がある。まずここでいう原単位はプロセスの原単位を直接反映しているのではなく、各産業におけるプロダクトミックスを含んでいるものであるし、交絡項の解釈も難しい。これは要因分析の1つの方法にすぎないとみるべきでより多面的分析が必要である。

(2) 電力シフトの計量分析

電力シフトの要因、あるいは電力需用、エネルギー需要の変化要因を分析することはきわめて重要であるが、マイクロレベルで個々の要因分析を行なうことは難しいため、ここでは、上記要因も究極的には所得(経済水準)と価格(相対価格)によって規定されると考え、一般的な計量分析の方法を用いて分析を行なってみる。

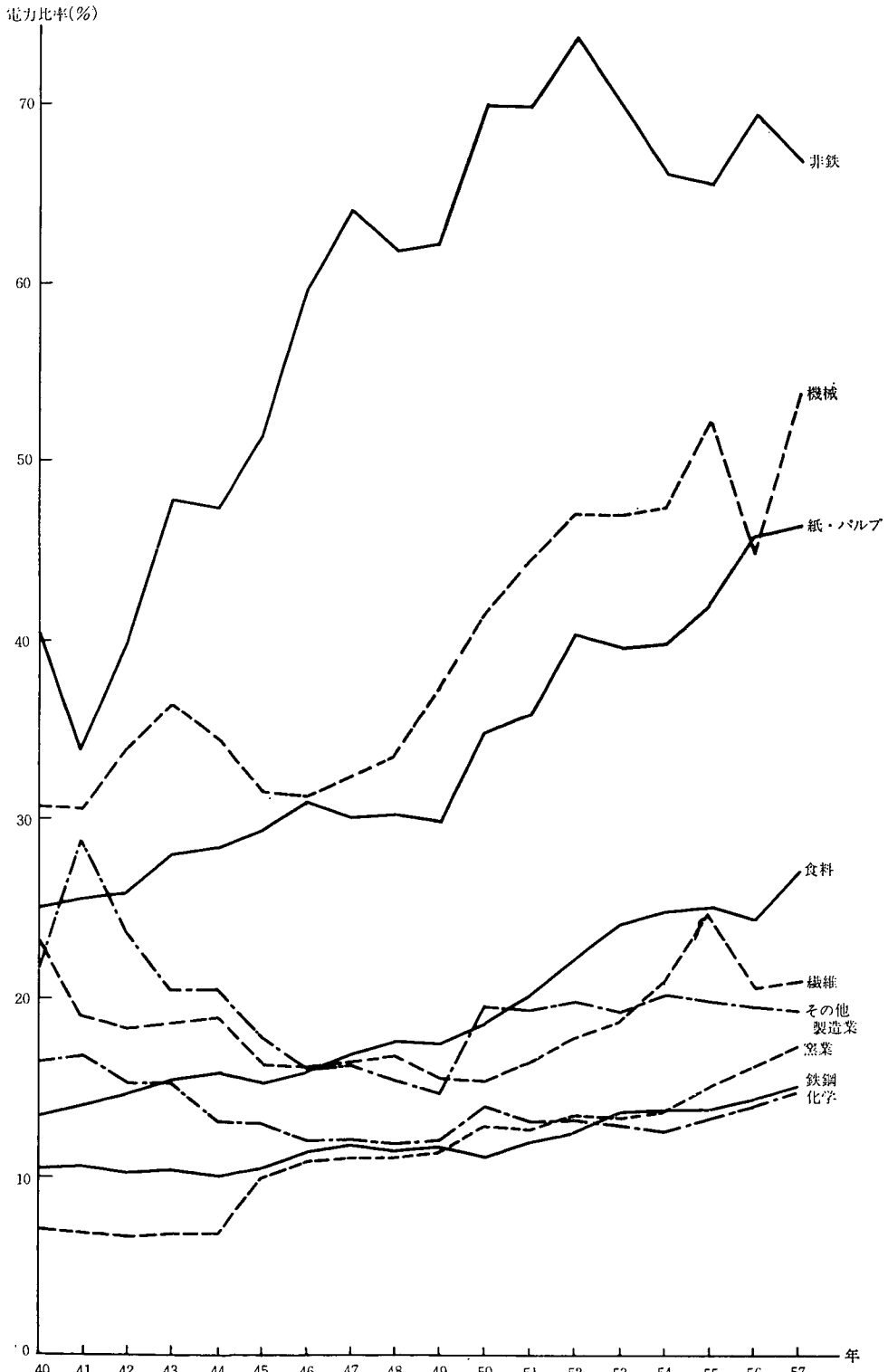


図 3.2 製造業の電力比率の推移 (1 kWh=860 kcal)

表 3.1 電力需要の要因分析
(1) 昭和 40~49 年度の電力需要要因分析

10⁶ kWh

| 産 業 | 電力需要増加量 | | 要 因 | | | | | |
|---------|---------|-------|-----------|-------|---------|-------|---------|-------|
| | | | 原 単 位 変 化 | | 生 産 変 化 | | 交 絡 項 | |
| | 構成比 | 構成比 | 構成比 | 構成比 | 構成比 | 構成比 | | |
| 製 造 業 計 | 154,476 | 100.0 | 5,310 | 3.4 | 153,231 | 99.2 | -4,067 | -2.6 |
| 食 料 品 | 5,020 | 100.0 | 2,020 | 40.2 | 2,112 | 42.1 | 888 | 17.7 |
| 織 維 | 4,101 | 100.0 | 978 | 23.9 | 2,756 | 67.2 | 367 | 8.9 |
| 紙・パルプ | 10,638 | 100.0 | 636 | 6.0 | 9,460 | 88.9 | 542 | 5.1 |
| 化 学 | 22,819 | 100.0 | -9,370 | -41.1 | 46,596 | 204.2 | -14,407 | -63.1 |
| 窯 業 土 石 | 11,951 | 100.0 | 3,529 | 29.5 | 5,178 | 43.3 | 3,245 | 27.1 |
| 鉄 鋼 | 51,240 | 100.0 | 3,654 | 7.1 | 41,240 | 80.5 | 6,346 | 12.4 |
| 非 鉄 金 属 | 25,438 | 100.0 | 7,420 | 29.2 | 8,937 | 35.1 | 9,081 | 35.7 |
| 金 属 機 械 | 15,281 | 100.0 | -4,792 | -31.4 | 30,954 | 202.6 | -10,881 | -71.2 |
| そ の 他 | 7,987 | 100.0 | 1,236 | 15.5 | 5,998 | 75.1 | 753 | 9.4 |

(2) 昭和 49~56 年度の電力需要要因分析

10⁶ kWh

| 産 業 | 電力需要増加量 | | 要 因 | | | | | |
|---------|---------|-------|-----------|---------|---------|--------|---------|--------|
| | | | 原 単 位 変 化 | | 生 産 変 化 | | 交 絡 項 | |
| | 構成比 | 構成比 | 構成比 | 構成比 | 構成比 | 構成比 | | |
| 製 造 業 計 | 34,092 | 100.0 | -20,357 | -59.7 | 65,723 | 192.8 | -11,274 | -33.1 |
| 食 料 品 | 4,417 | 100.0 | 2,800 | 63.4 | 1,258 | 28.5 | 359 | 8.1 |
| 織 維 | 2,701 | 100.0 | 2,169 | 80.3 | 448 | 16.6 | 85 | 3.1 |
| 紙・パルプ | 4,250 | 100.0 | 388 | 9.1 | 3,795 | 89.3 | 68 | 1.6 |
| 化 学 | -3,497 | 100.0 | -17,181 | -491.4 | 20,226 | 581.4 | -6,541 | 187.1 |
| 窯 業 土 石 | 5,651 | 100.0 | 3,053 | 54.0 | 2,214 | 39.2 | 384 | 6.8 |
| 鉄 鋼 | 210 | 100.0 | -3,967 | -1889.0 | 4,411 | 2100.5 | -233 | -111.0 |
| 非 鉄 金 属 | -3,855 | 100.0 | -11,588 | -300.6 | 11,970 | 310.5 | -4,236 | 109.9 |
| 金 属 機 械 | 15,309 | 100.0 | -2,616 | -17.1 | 19,709 | 128.7 | -1,784 | -11.7 |
| そ の 他 | 8,903 | 100.0 | 6,586 | 74.0 | 1,692 | 19.0 | 625 | 7.0 |

1) エネルギー需要の所得，価格弾力性

まずつぎのような伝統的需要関数を考えてみる。

$$\ln E = \alpha_0 + \alpha_1 \ln Y + \alpha_2 \ln P \quad \text{①}$$

$$\ln E = \beta_0 + \beta_1 \ln Y + \beta_2 \ln P + \beta_3 \ln E_{-1} \quad \text{②}$$

E : エネルギー（電力）需要

Y : 所得（GNP）

P : 実質エネルギー価格

①式において α_1 が所得弾力性値， α_2 が価格弾力性値である。②式は一期前のエネルギー需要を加えたもので，エネルギー需要の場合は設備やエネルギー消費機器の保有を伴うため，価格や所得に対する効果は時間的な遅れを伴って徐々に

浸透していくといういわゆる調整過程を考慮したものである。この場合は β_1 は短期の所得弾力性値， $\beta_1/(1-\beta_3)$ は長期の所得弾力性値， β_2 は短期の価格弾力性値， $\beta_2/(1-\beta_3)$ は長期の価格弾力性値である。

上記2式を用いて総エネルギーを電力，非電力に分けた推計結果を表3.2に示す。

この結果から電力，非電力の所得・価格弾力性値はつぎのように要約できる。

(①による場合) 所得弾力性値は電力1.2前後，非電力1.0前後で電力のそれが大きく，価格弾力性値は電力-0.2前後，非電力-0.4前後で電力のそれが小さい。つまり，電力のエネルギー

表 3.2 エネルギー需要の所得・価格弾性値

| 式 | エネルギー名 | 所得弾性値 | | 価格弾性値 | |
|----------------|--------|-------|-------|--------|--------|
| | | 短期 | 長期 | 短期 | 長期 |
| ラグ①式 (ラグ無し) | 電力 | 1.220 | | -0.162 | |
| | 非電力 | 1.068 | | -0.372 | |
| | 総エネルギー | 1.084 | | -0.344 | |
| ラグ②式 (ラグ付) | 電力 | 0.629 | 1.143 | -0.137 | -0.248 |
| | 非電力 | 0.434 | 0.920 | -0.224 | -0.476 |
| | 総エネルギー | 0.447 | 0.945 | -0.213 | -0.450 |

(定義) 総エネルギー=電力+非電力
 (推定期間) ①式は昭和40~56年, ②式は昭和41~56年度

源としての質の高さ, 制御の容易性, 安全性, クリーン性などの優れた特質は経済の高付加価値化, 高度化の進展と密接に係わっており, 所得弾性値が相対的に大きいものと考えられる。一方, 価格弾性値が小さいのは, 照明, 動力, 電子機器などの他のエネルギーの代替しがたい需要目的(必需品的性格)を保有していることに起因しているものと考えられる。

2) 所得・価格弾性性の可変性

上記の計測においては, 弾性値は一定と仮定している。つまり, 得られた弾性値は観測期間(昭和40~56年度)の平均値と解釈することができる。しかし, 現実には弾性値が一定である必要はなく, 所得や価格の水準によって弾性値も変化するものと考えた方が自然であろう。そこでつぎのような需要関数を考えてみる。

$$\ln E = \alpha_0 + \alpha_1 \ln Y + \alpha_2 \ln P + \alpha_3 \frac{1}{P} + \alpha_4 \frac{1}{Y} \quad \text{③}$$

E: エネルギー(電力)需要

Y: 所得(GNP)

P: 実質エネルギー価格

③式で価格弾性値は $(\alpha_2 - \alpha_3/P)$, 所得弾性値は $(\alpha_1 - \alpha_4/Y)$ となるのでその値は可変である。これらの推計結果を図3.3, 図3.4, 表3.3に示す。まず所得弾性値をみると, 昭和40~56年度の平均では電力は1.2強, 非電力が1.0弱

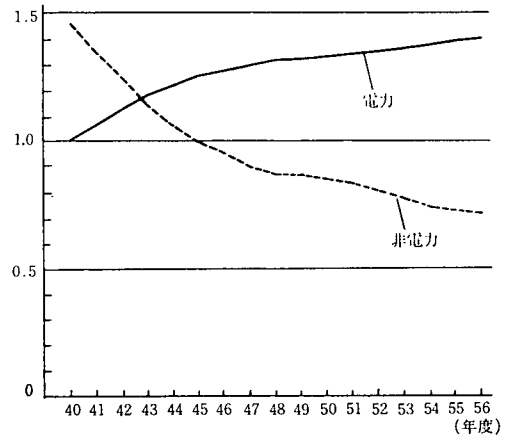


図 3.3 所得弾性性の推移

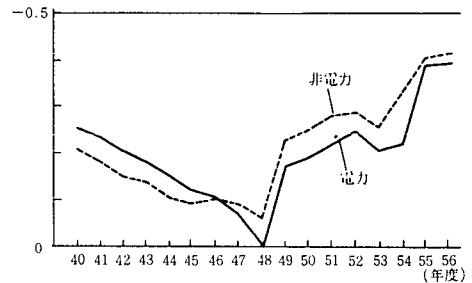


図 3.4 価格弾性性の推移

と前述の固定弾性値の計測結果と一致しているが, 時系列的にみると電力と非電力のそれはきわめて対照的である。つまり, 電力の所得弾性値は1を上回りしかも上昇傾向にあるのに対し, 非電力は下降傾向にある。別の言い方をすれば, 電力は経済の高度化, 規模の拡大に伴って少なくともマクロ的にみれば相対的に良質のエネルギーである電力へのシフトが進行しているといえることができる。

価格弾性値は非電力のそれが幾分大きいものの動きは電力, 非電力とも類似している。経年的な推移を見ると, 第1次石油危機まではエネルギー価格が相対的に安価であったため, 価格弾性値は低下傾向を示していたが, 第1次, 第2次石油危機以後弾性値は急上昇している。すなわ

表 3.3 価格・所得弾力性の推移

| 年度 | 価 格 弾 性 値 | | | 年度 | 所 得 弾 性 値 | | |
|----|-----------|---------|---------|----|-----------|--------|--------|
| | 電 力 | 非 電 力 | 総エネルギー | | 電 力 | 非 電 力 | 総エネルギー |
| 40 | -0.2627 | -0.2056 | -0.1946 | 40 | 1.0158 | 1.4750 | 1.4432 |
| 41 | -0.2372 | -0.1830 | -0.1710 | 41 | 1.0758 | 1.3561 | 1.3402 |
| 42 | -0.2073 | -0.1550 | -0.1411 | 42 | 1.1284 | 1.2518 | 1.2499 |
| 43 | -0.1865 | -0.1401 | -0.1248 | 43 | 1.1832 | 1.1430 | 1.1558 |
| 44 | -0.1544 | -0.1025 | -0.0866 | 44 | 1.2286 | 1.0530 | 1.0778 |
| 45 | -0.1193 | -0.0930 | -0.0750 | 45 | 1.2573 | 0.9961 | 1.0286 |
| 46 | -0.1075 | -0.1091 | -0.0894 | 46 | 1.2748 | 0.9614 | 0.9986 |
| 47 | -0.0730 | -0.0929 | -0.0693 | 47 | 1.3040 | 0.9034 | 0.9484 |
| 48 | 0.0062 | -0.0679 | -0.0426 | 48 | 1.3191 | 0.8735 | 0.9224 |
| 49 | -0.1785 | -0.2354 | -0.2221 | 49 | 1.3185 | 0.8747 | 0.9235 |
| 50 | -0.1947 | -0.2692 | -0.2553 | 50 | 1.3283 | 0.8552 | 0.9066 |
| 51 | -0.2285 | -0.2854 | -0.2716 | 51 | 1.3417 | 0.8286 | 0.8836 |
| 52 | -0.2500 | -0.2912 | -0.2750 | 52 | 1.3548 | 0.8026 | 0.8610 |
| 53 | -0.2115 | -0.2566 | -0.2351 | 53 | 1.3668 | 0.7788 | 0.8405 |
| 54 | -0.2251 | -0.3302 | -0.3152 | 54 | 1.3788 | 0.7551 | 0.8199 |
| 55 | -0.3929 | -0.4082 | -0.4013 | 55 | 1.3886 | 0.7357 | 0.8032 |
| 56 | -0.3960 | -0.4160 | -0.4081 | 56 | 1.3955 | 0.7220 | 0.7913 |

ち、エネルギーの高価格化にともなって需要家は価格に対してより反動的になってきている。

3) 生産要素としてのエネルギー

前節では需要関数を用いて電力の所得・価格弾力性を計測し、その特質をみる方法であったが、本節では視点を変えてエネルギー（電力、非電力）を生産要素の1つとしてとらえ、資本（K）、労働（L）、といった他の生産要素との代替、補完関係を分析してみよう。

分析道具としては、つぎのようなトランスログ型コスト関数を用いた。

モデル

$$Y=f(K, L, E, N)$$

Y：アウトプット L：労働投入量

N：非電力投入量 K：資本投入量

E：電力投入量

なる生産関数を考えると、これに対してつぎのようなコスト関数が存在する。

$$C=g(P_K, P_L, P_E, P_N)$$

P_K, P_L, P_E, P_N ：資本、労働、電力、非電力の各価格

このコスト関数の各要素価格の対数に関しての2階微分からつぎのようなトランスログ型コスト関数を得ることができる。

$$\ln C = \alpha_0 + \sum_i \alpha_i \ln P_i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \beta_{ij} \ln P_i \ln P_j$$

$i, j = K, L, E, N$

これを $\ln P_i$ で微分し、Shephard の補題 ($\partial C / \partial P_i = X_i, i = K, L, E, N$) を用いるとつぎのようなコストシェア関数を得ることができる。

$$S_i = \frac{\partial \ln C}{\partial \ln P_i} = \frac{P_i}{C} \frac{\partial C}{\partial P_i} = \alpha_i + \sum_j \beta_{ij} \ln P_j \quad (4)$$

$(i, j = K, L, E, N)$

S_i ：i 生産要素のコストシェア

一次同次の仮定、係数の対称性の仮定からパラメーターにはつぎのような制約が課せられる。

$$\sum_i \alpha_i = 1, \sum_j \beta_{ij} = 0, \beta_{ij} = \beta_{ji} \quad (5)$$

$(i, j = K, L, E, N)$

⑤の制約のもとで④式を推定し、得られたパラメーターから代替の弾力性はつぎのように求められる。

<Allen の偏代替弾力性>

$$\sigma_{ii} = \frac{\beta_{ii} + S_i^2 - S_i}{S_{ii}} \quad (i=j) \quad \textcircled{6}$$

$$\sigma_{ij} = \frac{\beta_{ij} + S_i S_j}{S_i S_j} \quad (i \neq j)$$

又、価格の弾力値は次のように求められる。

$$\sigma_{ij} = S_j \sigma_{ij} \quad (i, j = K, L, E, N) \quad \textcircled{7}$$

昭和 41~56 年度の時系列データを用いてトランスログ型コストシェア関数を計測すると表 3.4 のようになる。また得られたパラメーターを用いて生産要素間の代替の弾力性を計測すると表 3.5, 表 3.6, 表 3.7, 表 3.8, 図 3.5, 図 3.6 のようになる。

表 3.4 トランスログ型コスト関数のパラメータ推定結果

| パラメーター | 推定値 (t 値) | パラメーター | 推定値 (t 値) |
|--------------|---------------|--------------|---------------|
| α_K | 0.3449(53.8) | β_{KN} | -0.0162(12.3) |
| α_L | 0.5810(76.3) | β_{LL} | 0.0346(3.6) |
| α_E | 0.0313(45.6) | β_{LE} | -0.0038(3.9) |
| α_N | 0.0428(-) | β_{LN} | -0.0090(3.1) |
| β_{KK} | 0.0547(8.2) | β_{EE} | 0.0229(14.0) |
| β_{KL} | -0.0217(2.8) | β_{EN} | -0.0024(1.8) |
| β_{KE} | -0.0167(17.2) | β_{NN} | 0.0276(-) |

表 3.5 代替弾力性 (σ_{ij})

| | K | L | E | N |
|---|---------|---------|---------|---------|
| K | -1.5839 | 0.8879 | -0.8102 | -0.2089 |
| L | 0.8879 | -0.5624 | 0.7781 | 0.6347 |
| E | -0.8102 | 0.7781 | -5.1507 | -1.0849 |
| N | -0.2089 | 0.6349 | -1.0849 | -6.0557 |

(注 1) 値は観測期間の平均値 (41~56 年度)
 (注 2) プラスは代替的, マイナスは補完的

表 3.6 価格弾力性 (ϵ_{ij})

| | K | L | E | N |
|---|---------|---------|---------|---------|
| K | -0.5067 | 0.5361 | -0.0226 | -0.0068 |
| L | 0.2868 | -0.3388 | 0.0231 | 0.0289 |
| E | -0.2629 | 0.4701 | -0.1682 | -0.0390 |
| N | -0.0715 | 0.3842 | -0.0279 | -0.2847 |

(注 1) 値は観測期間の平均値 (41~56 年度)

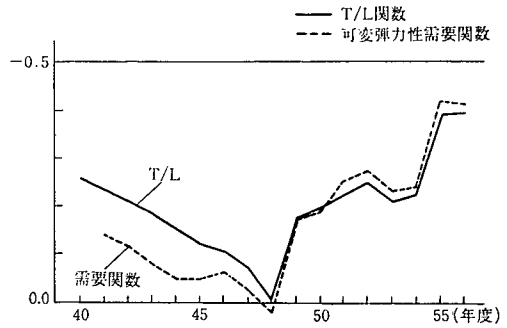


図 3.5 電力の価格弾力値の比較

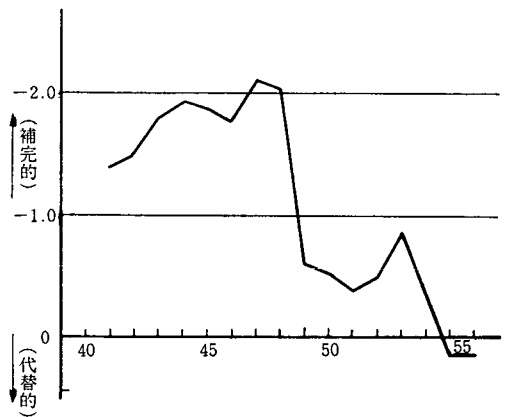


図 3.6 電力-非電力の代替の弾力性 (σ_{EN})

表 3.7 電力-非電力の代替の弾力性 (σ_{EN})

| 年度 | 弾力性 |
|----|---------|
| 41 | -1.3900 |
| 42 | -1.5271 |
| 43 | -1.7921 |
| 44 | -1.9409 |
| 45 | -1.8721 |
| 46 | -1.7862 |
| 47 | -2.0848 |
| 48 | -2.0499 |
| 49 | -0.5885 |
| 50 | -0.5266 |
| 51 | -0.3933 |
| 52 | -0.4801 |
| 53 | -0.8428 |
| 54 | -0.3557 |
| 55 | 0.1444 |
| 56 | 0.1275 |
| 平均 | -1.0849 |

表 3.8 自己価格弾力性の推移

| 年度 | 電力 (ϵ_{EE}) | 非電力 (ϵ_{NN}) |
|----|------------------------|-------------------------|
| 41 | -0.1363 | -0.1991 |
| 42 | -0.1188 | -0.1736 |
| 43 | -0.0809 | -0.1306 |
| 44 | -0.0518 | -0.1153 |
| 45 | -0.0536 | -0.1328 |
| 46 | -0.0625 | -0.1489 |
| 47 | -0.0275 | -0.0977 |
| 48 | 0.0387 | -0.1624 |
| 49 | -0.1767 | -0.4133 |
| 50 | -0.1926 | -0.4223 |
| 51 | -0.2502 | -0.4274 |
| 52 | -0.2748 | -0.3794 |
| 53 | -0.2325 | -0.2890 |
| 54 | -0.2383 | -0.4476 |
| 55 | -0.4192 | -0.5097 |
| 56 | -0.4145 | -0.5060 |
| 平均 | -0.1682 | -0.2847 |

これらの結果を要約するとつぎのようになる。

- 資本と労働は代替的である。
- 労働とエネルギー（電力、非電力）は代替的である。
- 資本とエネルギー（電力、非電力）は補完的である。

これらはこれまでに行なわれた時系列データを用いた実証分析結果と同じである。時系列データの場合は短期の結果を表わしていると解釈される。エネルギーの場合、既存の設備（資本）によって投入量が決まってしまうため、本質的に短期では補完関係にある。

電力と非電力は補完的になっているが、時系列的にみると第一次、第二次石油危機以後、補完的な関係から代替的な関係の方向に大きく移動しているのがわかる。これは、さきの可変的な弾力性の推計結果でもみられたようにエネルギーの高価格化にともなって電力シフトの傾向が高まっているものと考えられる。

4. 電源開発の現状と将来の方向

過去の発電設備容量の推移をみてみると、昭和48年の第1次石油危機までは急速に石油火力が増加し、その後は増加率が鈍ったものの、依然としてその絶対量は大きく、その取り扱いが将来の課題となっている。昭和58年度で石油火力は全発電設備（電気事業用）の5割を占めている。また、将来的問題としてはLNG契約の硬直性が電源構成選択の自由度を低下させていることがある。

中央電力協議会では電力会社の施設計画を受けて電力長期計画を作成し、これが通産省におかれた電気事業審議会や総合エネルギー調査会によるエネルギー・電力需要長期見通しのベー

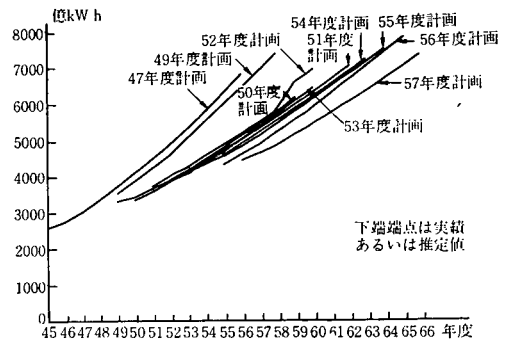


図 4.1 想定需要の推移

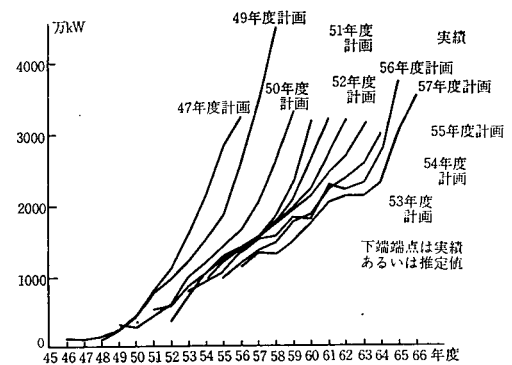


図 4.2 想定供給力（原子力）の推移

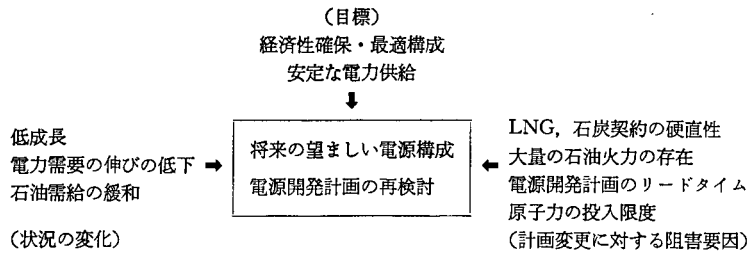
スとなっている。

図 4.1、図 4.2 に昭和 57 年度までの電力長期計画による想定需要、原子力想定供給力の推移を示す。想定需要、および原子力想定供給力にみられる一つの特徴は、継続的な下方修正である。特に第 1 次石油ショックの影響の大きかった昭和 49 年度に作業が行われた昭和 50 年度計画は、大きく下方修正されている。特に原子力の想定供給力の修正が、これはわが国ばかりでなく、世界的傾向でもある。

原子力開発計画は第 1 次石油ショック以前に大幅に拡大されていたが、このような下方修正の背景には、原子力に対する期待があった一方原子力発電所の立地問題と電力需要の伸びの低下が重なったためと思われる。

昭和 57 年度計画によれば、昭和 66 年度末ま

図 4.3 将来の電源構成をめぐる諸要因



でに発電設備を2億2,292万キロワットまで拡大し(9電力, 電発, 他社受電分のみ。昭和57年度末現在で1億3,017万キロワット), 特に原子力は5,120万キロワットにのぼるものとされていた。

将来の電源構成, 電源開発計画とそれに影響を与える諸要因の関係を図示すれば4.3のようになる。まず, 低成長, 電力需要の伸びの鈍化という基本的な状況の変化がある。これに石油需給の緩和が重なっている。一方では, 電源開発計画変更に対する阻害要因として, LNG 契約の硬直性, 大量の既設石油火力の存在, そして電源開発計画のもつ基本的性格として計画の硬直性がある。

そして, 経済性確保・安定な電力供給という目標に対して, 将来の電源構成を模索していかねばならない。

このような状況の中で, 将来の電源構成や電源開発計画を考えるうえで最大の問題点は, 発電コストやセキュリティ面でメリットの多い原子力の比重をどこまで高めるかという点と, 現在, 設備の5割を占める石油火力をどう扱うかである。これに, 上記の LNG 火力や石炭力の位置づけがからむ。

以下では, 主として発電コストの面から将来の発電構成を考えるために, 電力需要シナリオを作成し, 発電コストモデルを用いて分析を行なう。対象期間は1980年より2000年までとす

る。

短期にしろ長期にしろ, 将来の経済状態を正確に予測することは極めて難しい。特に現在は需要変動が大きい。すべての予測は, 結局はその予測がなされた時点における情報, 判断, 制約に動かされざるを得ないのかもしれない。かつて石油ショックの2~3年後になされた各種の2000年のエネルギー・電力需給展望は, それまでの高度成長の影響が強く, 最近のそれと比べると1.5~2倍も大きい。一方, わが国がまだ高度成長に入って間もない昭和34, 35年頃になされた昭和55年に対するエネルギー・電力需給の展望は実績の4分の3にすぎない(エネルギー需要は昭和48年以来現在までほとんど伸びなかったにもかかわらず)。

今後のわが国の経済成長がどうなるかは, 世界経済の動向, 石油を中心とするエネルギー供給条件, 技術の発展, 人々の価値観など様々な不確定要因がからみ, 容易にその展望を行うことはできないが, 今後わが国ではエネルギー・電力多消費産業のウエートが低下し, 長期的な経済成長は高度加工品を中心とした機械工業や第3次産業が核となることは多くの人々の見解が一致するところであろう。

電力中央研究所では1983年11月にエネルギー・電力需給の長期展望を作成したが, ここではそれを以下における分析の基礎としよう。表4.1にそのシナリオを示す。標準ケースにおい

表 4.1 電力需要の展望

| | | 1980 | 2000 |
|---------|---------------------------------------|-------|-------|
| ケース I | 総電力需要(受電端, 含自家発, 億 kWh) ¹⁾ | 5,200 | 9,270 |
| | 増加率(%/年) | — | 2.9 |
| | 対 GNP 弾性値 | — | 0.75 |
| | エネルギーに占める電力の割合(%) ²⁾ | 35 | 44 |
| ケース II | 総電力需要(受電端, 含自家発, 億 kWh) ¹⁾ | 5,200 | 8,300 |
| | 増加率(%/年) | — | 2.3 |
| | 対 GNP 弾性値 | — | 0.73 |
| | エネルギーに占める電力の割合(%) ²⁾ | 35 | 44 |
| ケース III | 総電力需要(受電端, 含自家発, 億 kWh) ¹⁾ | 5,200 | 7,653 |
| | 増加率(%/年) | — | 1.9 |
| | 対 GNP 弾性値 | — | 0.71 |
| | エネルギーに占める電力の割合(%) ²⁾ | 35 | 44 |

[注] 1): 歴年値による表現。2): 一次エネルギーベースによる表現。

て 1980~2000 年の電力需要(含む自家発)の伸びは平均で、それぞれ 2.3% になっている。電力需要の対 GNP 弾性値は 0.73 である。

次に、5. 以下では電源構成を検討する。前述のように将来の電源構成を考えるうえで最も重要なものは、原子力と既設石油火力の位置づけと、そのことによる発電コストへの影響である。電源構成を分析する方法は様々考えられる。一番簡単な方法はいくつかのシナリオを考えてその発電コストを直接比較することである。たとえば、原子力導入極大型・原子力開発ストップ型・原子力重視型・多様化型のようないくつかのシナリオを考えることもできる。

またもう 1つの方法は LP を用いた電源構成モデルを利用することである。しかしここではより現実的分析に適した方法を開発しそれを利用することにする。

5. 開発した電源構成モデルの概要

以下では、まず第 1 に電源構成を検討するための需給シミュレーションを基礎とする動的計画法モデルについて概説し、ある 1つのシナリオのもとでの最経済電源構成の探索結果について延べる。

(1) モデルの概要

経済的な電源開発および電源構成について検討するために、図 5.1 に示す動的計画法(DP)モデルを開発した。動的計画法は多段決定問題の解決として広く利用されている手法であり、図 5.1 に示すように本モデルでは DP の各段に各年度断面を、各段の格子点にはその年度断面における 1つの電源構成をそれぞれ対応させている。各年度断面に対し需要を入力データとして与えているため、各格子点(つまり各電源構成)に対して可変費(燃料費など)が定まる。一方、格子点をつなぐ経路は電源開発の行なわれ方に対応しており、この経路より資本費等の固定費が定まる。最経済的な電源開発、電源構成は、これらの経路のうち

$$(\text{固定費}) + (\text{可変費})$$

の累積値が最小となる経路である。

最経済的な電源開発について検討する手法としては、線形計画法などによる各種の手法が開発されているが、今回 DP による手法を開発したのは下記の理由によるものである。

(i) DP を利用した場合、最適解以外に最適解に近い解を多数個得ることができる。つまり電源開発の経済性について巨視的なイメージ

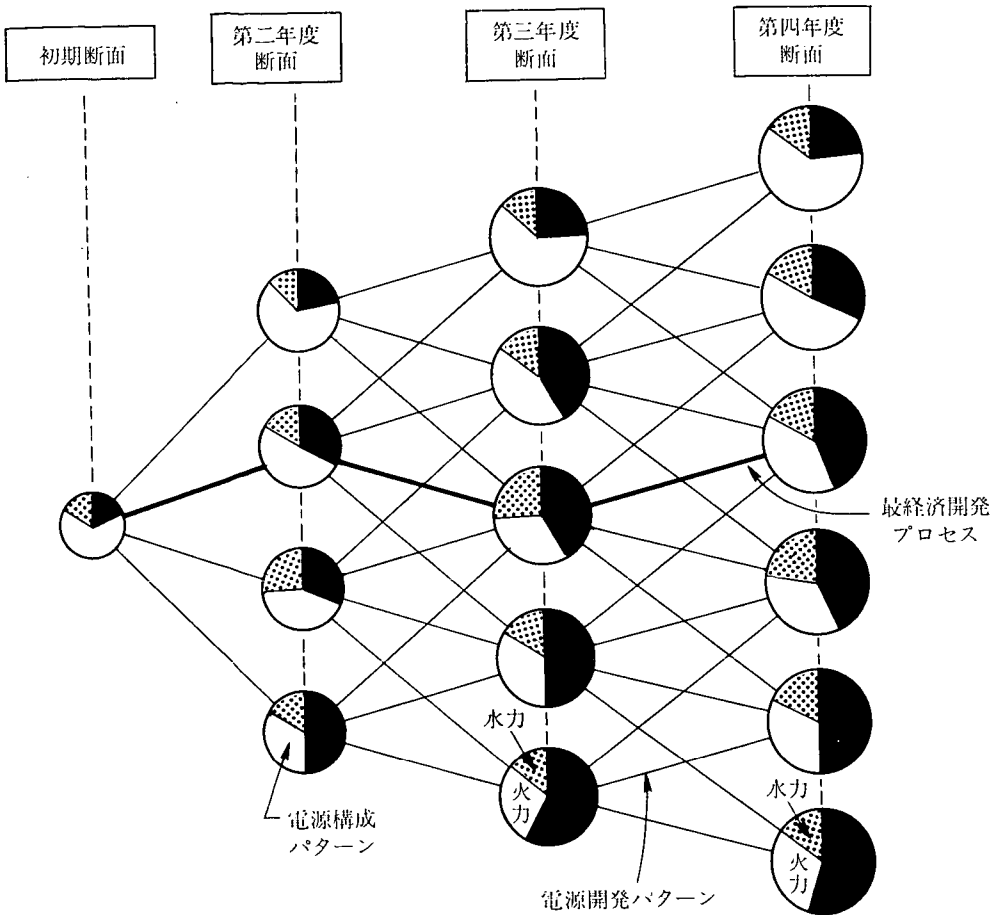


図 5.1 動的計画法による電源構成の検討

を得ることが可能となる。

(ii) 需給シミュレーションにより可変費の算定を行なうことができるため、揚水運用など詳細な需給運用の分析が必要な事項についても綿密な検討を行ないうる。これは、揚水式水力の開発パターンなどに関する検討等を行なう際に重要となる。

しかし反面、1回の検討に際し多数の格子点の検討が必要であり計算の労力が多大となるため、感度解析などにはあまり適さないなどの欠点を有している。以下では、本手法の核となる可変費算定のための需給シミュレーションと経費算定の考え方についてのべる。

(2) 需給運用シミュレーション

可変費算定の基礎となる需給運用の模擬の考え方は下記の通りである。

(I) 需要の扱い

1ヶ月間の負荷曲線を平日、土曜、日曜の3種の負荷パターンで代表し、年間あわせて36本(12ヶ月×3本1月)の日負荷曲線で年間の負荷変動を模擬した。

(II) 電源運用の扱い

電源種別ごと(たとえば原子力、石炭火力、揚水式水力など)に発電ユニットを総合し、1ユニットとして扱った。電源運用については定期補修を考慮し、日間運用においては優先順位

法に従い負荷配分を定めた。なお負荷配分にあたっては、各発電方式の最低負荷限度を考慮している。以下、各種発電方式の模擬方法について述べる。

i) 原子力

一定出力運転を基本とするが、原子力比率が増大した場合には負荷追従運転も行ないうるものとした。

ii) 汽力

最大出力、最低出力を指定し、その範囲内で負荷分担を定めた。なお LNG 火力については、テイク・オフ・ベイ条項による運用の硬直化を考慮するため、月間の利用率を指定し負荷分担を定めた。

iii) 一般水力

自流式および貯水式水力をあわせて、月ごとに平均可能発電力および調整能力を指定することにより負荷分担を定めた。

iv) 揚水式水力

需給対応、余剰対応および経済対応で運転を行なうものとした(図 5.2 参照)。シミュレーションモデルにおいては、上記の考え方に従い各日における日間の需給運用パターンを定め、それに従い可変費を算定している。日間運用パターンの計算結果の一例を図 5.3 に示す。

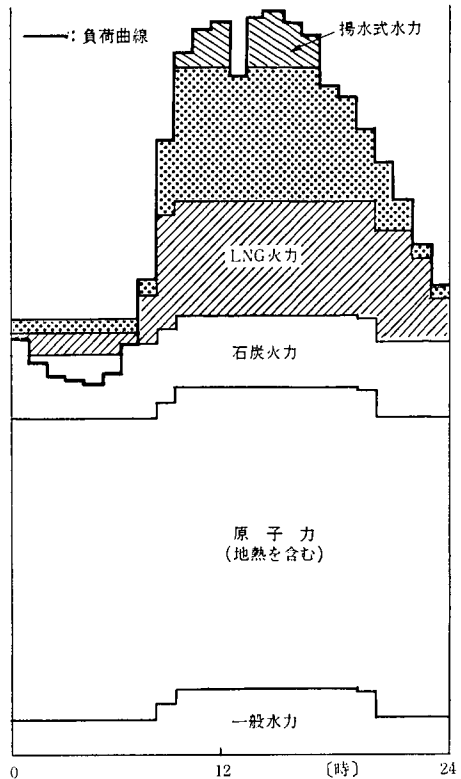
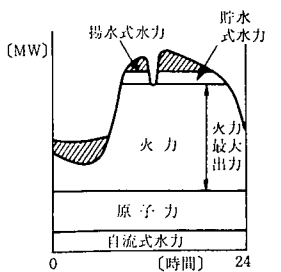


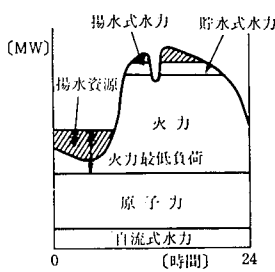
図 5.3 日間運用パターンの一例(8月平日)

(3) 経費算定の考え方

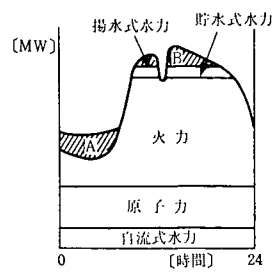
経費(固定費、可変費)は現在価値換算、累積し、開発パターンの経済性比較のための指標とした。その主たる考え方は下記の通りである。



(1) 需給対応発電
[需要の急増等により供給力が不足した場合の発電]



(2) 余剰対応発電
[深夜余剰を吸収するための発電]



(3) 経済対応発電
[(A)の増分燃料費/(揚水総合効率) < (B)の増分燃料費の場合の発電]

図 5.2 揚水式水力の運転要因

(i) 固定費

新設電源についてはその相互間の経済性比較を行なうために資本費などの経費を、石油火力についてはその休廃止の経済性を検討するために維持経費を固定費として計上した(図5.4参照)。

新設設備の固定費

各年度の新設設備の固定費は下記により算定した。なお簡単のため新設設備については耐用年数経過後においても下記の経費を固定費として計上した。

$$FX1_n = \sum(GC_{jn} - OGC_{jn}) \cdot CUC_{jn} \cdot ACF_j \quad \text{①}$$

$FX1_n$: n 年度新設設備固定費 [円]

GC_{jn} : n 年 j 電源電源容量 [kW]

OGC_{jn} : n 年 j 電源既設電源容量(初期断面で既設のもの) [kW]

CUC_{jn} : n 年 j 電源建設単価(当該年運用ベース) [円/kW]

ACF_j : j 電源均等化年経費率 (PU)

n : 年度を表わす添字

j : 電源種別を表わす添字

既設石油火力の維持経費

各年度の既設石油火力の維持経費は下式により算定した。

$$FX2_n = \sum OGC_{jn} \cdot CUC_{jn} \cdot OMF_j \quad \text{②}$$

$FX2_n$: n 年度既設設備固定費 [円]

OMF_j : 維持経費率 (PU)

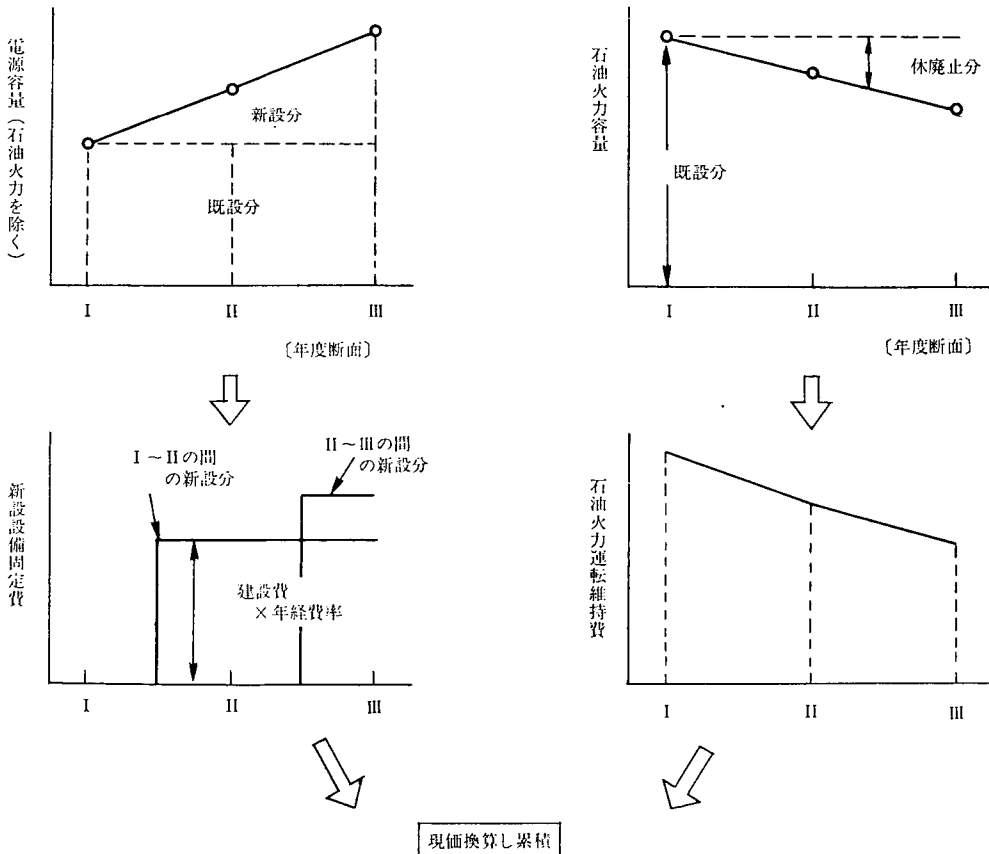


図 5.4 固定費算定の考え方

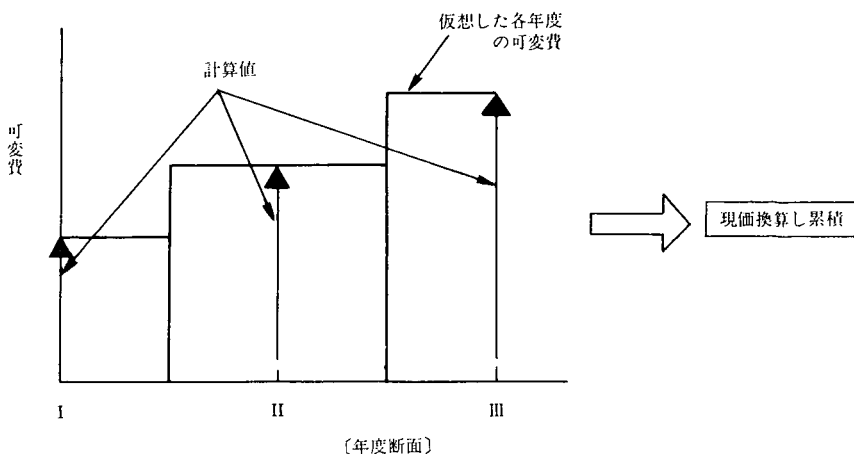


図 5.5 可変費算定の考え方

ここに既設石油火力の固定費として維持経費だけを考慮したのは、既設石油火力の資本費は埋没原価と考えたためである。

そして最終的には、これらの固定費を下式のように現在価値換算し累積した。

$$CFX = \sum \frac{1}{(1+i)^n} (FX1_n + FX2)_n \quad \text{③}$$

CFX : 累積固定費 [円]

j : 利子率 [PU]

(ii) 可変費

可変費については需給シミュレーションにより求めた各年度の可変費を下式のように現在価値換算し、累積した。

$$CVA = \sum \frac{1}{(1+i)^n} VAR_n \quad \text{④}$$

CVA : 累積可変費 [円]

VAR_n : *n*年度可変費 [円]

なお実際の計算にあたっては、すべての年度の可変費を計算するわけではないので、図 5.5 のような近似的な取り扱いをしている。以下累積固定費および可変費の和を最適化の目的関数とするが、図中では下式の総合発電単価(仮称)を指標として利用する。

$$LGC = \frac{CFX + CVA}{\sum \frac{1}{(1+i)^n} KWH_n} \quad \text{⑤}$$

LGC : 総合発電単価 [円/kWh]

KWH_n : *n*年度需要電力量 [kWh]

6. シミュレーション分析の結果

開発したモデルを用いて 2000 年に至る電源構成について検討した。ここでは見通しを良くするために、エネルギーセキュリティ、電源立地、開発リードタイム等の制約はすべて無視し、燃料価格についてやや上昇気味ではあるものの現状と比べ特に急激な変化は考えないシナリオのもとで、最経済的な電源構成の探索を試みた。

(1) 前提とした解析条件

(i) 電源開発パターン

昭和 58 年度電力長期計画における 1987 年断面の電源構成(表 6.1 参照)を初期断面として、その後の電源構成について検討した。

開発する電源の候補としては、原子力、石炭火力、LNG 火力、揚水式水力の 4 種を考え、それらの様々な組み合わせパターンを作成した。石油火力については、新設はなく休廃止の

表 6.1 昭和 58 年度電力長期計画による電源構成の推移 (5kW, %)

| 種別 | 年度 | 57年度末設備 (推定実績) | 62年度末設備 | 67年度末設備 |
|-----|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| 原子力 | | (12.8) 1,718 | (17.1) 2,788 | (22.6) 4,556 |
| 水力 | 一般 | (13.4) 1,810 | (11.7) 1,913 | (10.3) 2,078 |
| | 揚水 | (10.4) 1,396 | (9.6) 1,555 | (9.3) 1,888 |
| 火力 | 石炭 | (4.8) 650 | (7.2) 1,171 | (9.4) 1,890 |
| | LNG | (14.7) 1,974 | (20.3) 3,297 | (21.3) 4,310 |
| | LPG | (1.3) 170 | (1.7) 275 | (1.6) 325 |
| | その他ガス | (2.2) 291 | (1.6) 256 | (1.3) 256 |
| | 地熱 | (0.1) 18 | (0.2) 29 | (0.4) 82 |
| 石油 | (40.3) 5,422 | (30.6) 4,984 | (23.8) 4,802 | |
| 合計 | | 13,449 | 16,268 | 20,187 |

↑ 初期断面とする

(注) () 内は構成比 (%) を示す。

み行なわれるものとした。また一般水力および地熱については、開発量は所与とした。

(ii) 年度断面の設定

DP 計算の年度断面としては、1987 年 (初期断面)、1993 年、2000 年、2007 年の 4 断面を設けた。なお 7 章では、断面数を変えた場合の計算上の問題、端効果等について検討するために断面数を種々変化させている。

(iii) 需要想定と所用電力貯蔵量

需要想定は、前述の当所超長期エネルギー戦略研究会の想定に従い、表 6.2 (電気事業分) の通りとした。またこの時の所要電源容量は下式より算定した。

$$GR = PD(1+r) + SM + LH \quad \text{①}$$

ここに GR : 所要電源容量

PD : 年最大電力 (発電電端)

SM : 夏季補修容量

LH : 第 V 出水時点水力出力低下

r : 供給予備率

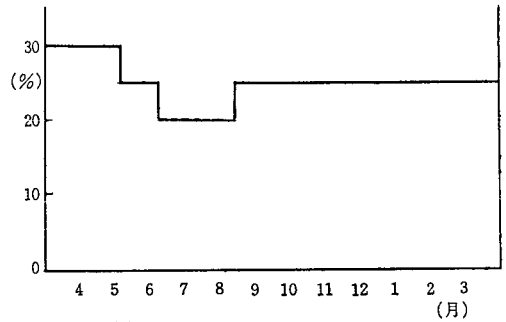
表 6.2 需要想定

| 年 度 | 1980 | 2000 |
|---------------|-------|--------|
| 発電電力量 [億 kWh] | 4,777 | 8,300 |
| 年最大電力 [万 kW] | 8,814 | 15,800 |
| 年負荷率 [%] | 62.8 | 60 |

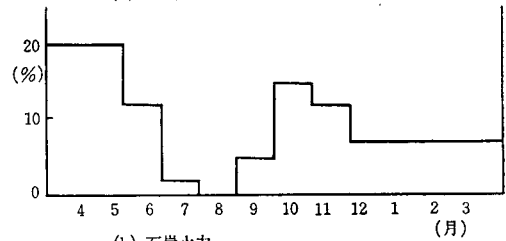
(iv) 電源連用

(a) 定期補修

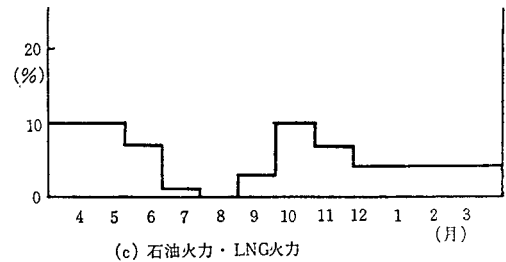
本試算では、原子力は概ね年間均一補修、火力は夏季補修なしを基本とした仮定した補修停止パターンを図 6.1 に示す。



(a) 原子力



(b) 石炭火力



(c) 石油火力・LNG火力

図 6.1 想定した定期補修計画パターン

(b) 電源の最低負荷限度

汽力の最低負荷限度は表 6.3 に示す通りとした。すなわち、石油火力については DSS 化、最低負荷限度低減が進み、一方石炭火力はペー

表 6.3 火力の最低負荷限度

| | 最低負荷 [%] |
|-------|----------|
| 石炭火力 | 35 |
| LNG火力 | 20 |
| 石油火力 | 10 |

ス負荷電源として運転され、LNG 火力は両者の中間に位置するものとした。また原子力については、その比率が増大した場合には、負荷追従運転を行ないうるものとした。

(v) 経済性諸元

想定した建設費、燃料費、年経費率を表 6.4 に示す。すなわち建設費は一般物価上昇と同程度の率で上昇し、燃料費は長期的に見ればややそれを上回る率で上昇するものとした。想定した諸元のもとでの設備利用率と発電単価の関係を図 6.2 に示す。

(2) 計算結果

上記の前提条件のもとで最経済的な電源構成を探索した。

図 6.3 に 2000 年原子力容量に対する発電コスト、原子力利用率の変化をしめす。ここに 2000 年の電源構成 (DP の格子点に対応) は、

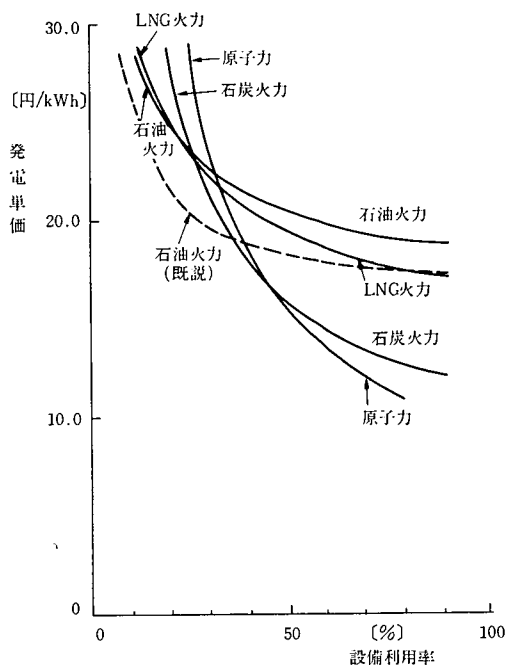


図 6.2 新設電源の発電コスト (1982年)

約 60 通り想定・検討しており、図中の○印の点の縦軸座標はその格子点を通る最経済経路の総合発電単価に対応している。(図 6.4 参照) 原子力容量 6,500 万 kW, 8,000 万 kW での最

表 6.4 想定した経済性諸元

(a) 建設費, 燃料費

| | 建設費 [万円/kW] (1982 年度価格) | 建設費実質上昇率 [%/年] | 燃料費 [円/kWh] (1982 年度価格) | 燃料費実質上昇率年 [%/年] | |
|-------|----------------------------|----------------|----------------------------|-----------------|-------|
| | | | | 1982~85 | 1985~ |
| 原子力 | 27 | 0 | 3.0 | 1.0 | 1.0 |
| 石炭火力 | 20 | 0 | 7.5 | -1.6 | 1.0 |
| LNG火力 | 71 | 0 | 13.5 | -1.3 | 1.0 |
| 石油火力 | 13 | 0 | 16.0 | -2.5 | 1.0 |
| 揚水式水力 | 10 | 0 | — | — | — |

(注) 一般物価上昇率 2%/年

(b) 年経費率など

| | 年経費率 (%) | 既設設備維持経費率 (%) |
|-------|----------|---------------|
| 原子力 | 19 | — |
| 石炭火力 | 17 | — |
| LNG火力 | 17 | — |
| 石油火力 | 17 | 8 |
| 揚水式水力 | 13 | — |

経済パスにおける電源構成とその年度推移を表 6.5, 図 6.5 に示す。

図 6.3 によれば原子力容量が変化した場合の発電コストの変化は明らかとなるが、その他の電源の影響については明らかでない。このため図 6.6 の三角座標を用い、その影響について検

討した。その結果が図 6.7 である。同図では 2000 年における原子力容量, LNG 火力容量を固定すれば、2000 年において下式の関係が成り立つことに着目し、三角座標を用いている。

$$\begin{aligned} & \text{石炭火力容量} + \text{石油火力容量} \\ & + \text{揚水式水力容量} = \text{一定} \end{aligned}$$

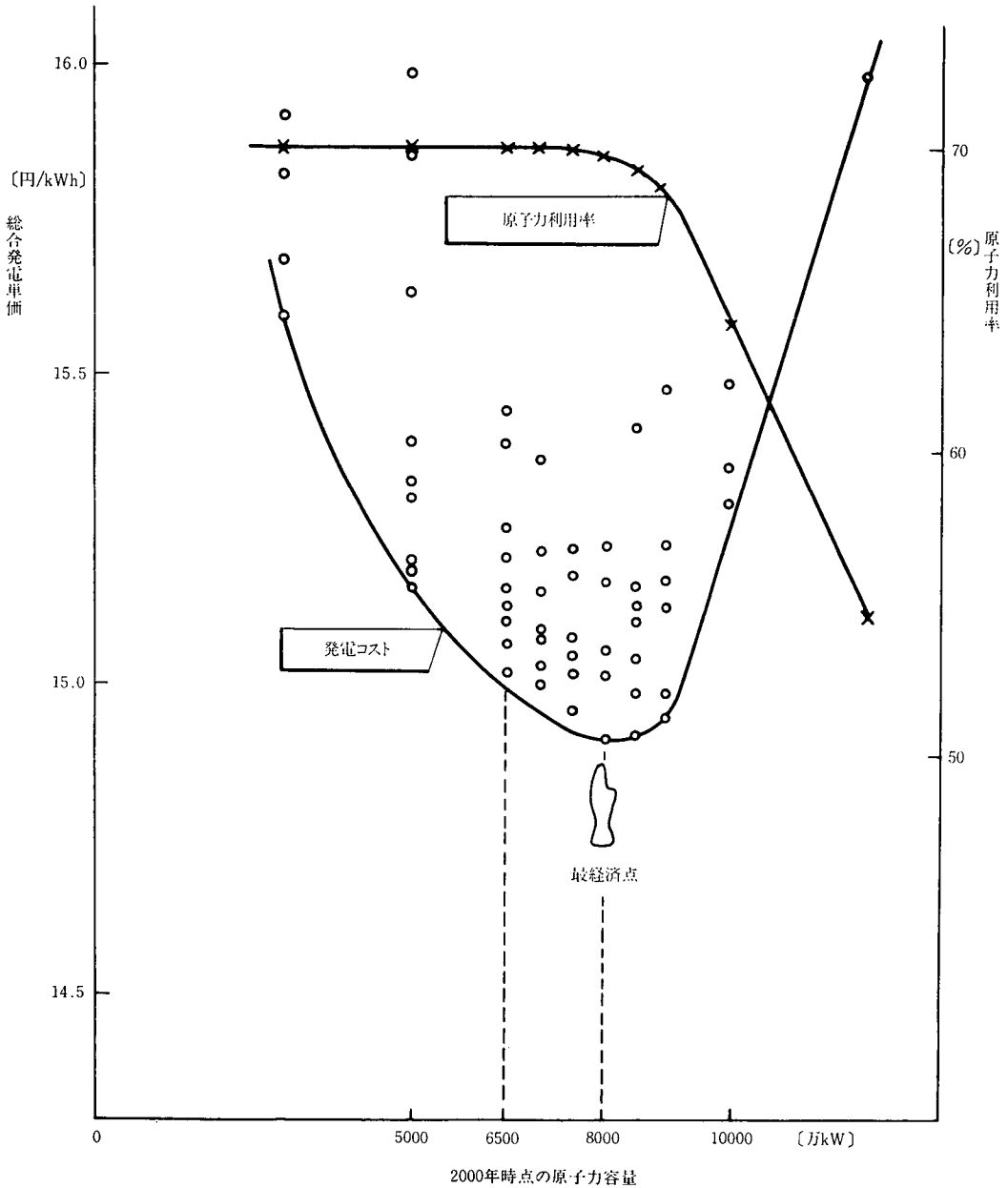


図 6.3 2000 年における原子力容量と発電コスト
 (注) 原子力利用率は、当該原子力容量における最経済構成に対する利用率である。

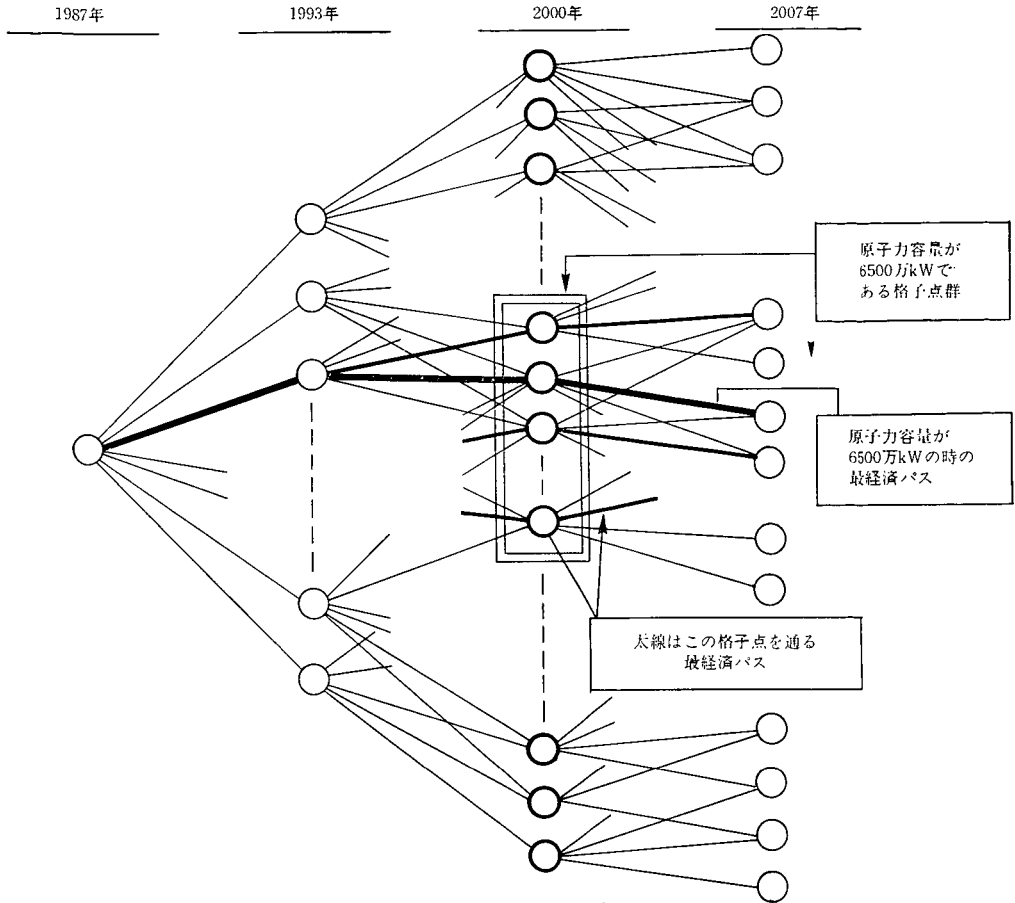


図 6.4 最適解の探索

表 6.5 2000年の最経済電源構成

(a) 電源構成

| | 2000年原子力容量 8,000万kW のケース ケース (I) | | | | 2000年原子力容量 6,500万kW のケース ケース (II) | | | |
|-------|-------------------------------------|-----|-------|-----|--------------------------------------|-----|-------|-----|
| | 設備容量 | | 発電電力量 | | 設備容量 | | 発電電力量 | |
| | 万kW | % | 億kWh | % | 万kW | % | 億kWh | % |
| 原子力 | 8,000 | 42 | 4,900 | 59 | 6,500 | 34 | 4,000 | 48 |
| 石炭火力 | 1,400 | 7 | 900 | 11 | 2,800 | 12 | 1,800 | 22 |
| LNG火力 | 3,300 | 17 | 1,400 | 17 | 3,300 | 17 | 1,400 | 17 |
| 石油火力 | 2,000 | 11 | 100 | 1 | 2,100 | 11 | 100 | 1 |
| 揚水式水力 | 1,800 | 9 | 900 | 11 | 1,800 | 9 | 900 | 11 |
| 一般水力 | 2,300 | 12 | | | 2,300 | 12 | | |
| 地熱 | 200 | 1 | 100 | 1 | 200 | 1 | 100 | 1 |
| 合計 | 19,000 | 100 | 8,300 | 100 | 19,000 | 100 | 8,300 | 100 |

(b) 燃料消費量

| | ケース I | ケース II |
|-----|---------|---------|
| 石油 | 300万kl | 300万kl |
| LNG | 2,500万t | 2,500万t |
| 石炭 | 3,200万t | 6,500万t |



(b) 2000年原子力容量 6500万kWのケース

(a) 2000年原子力容量 8000万kWのケース

図 6.5 最経済電源構成の年度推移

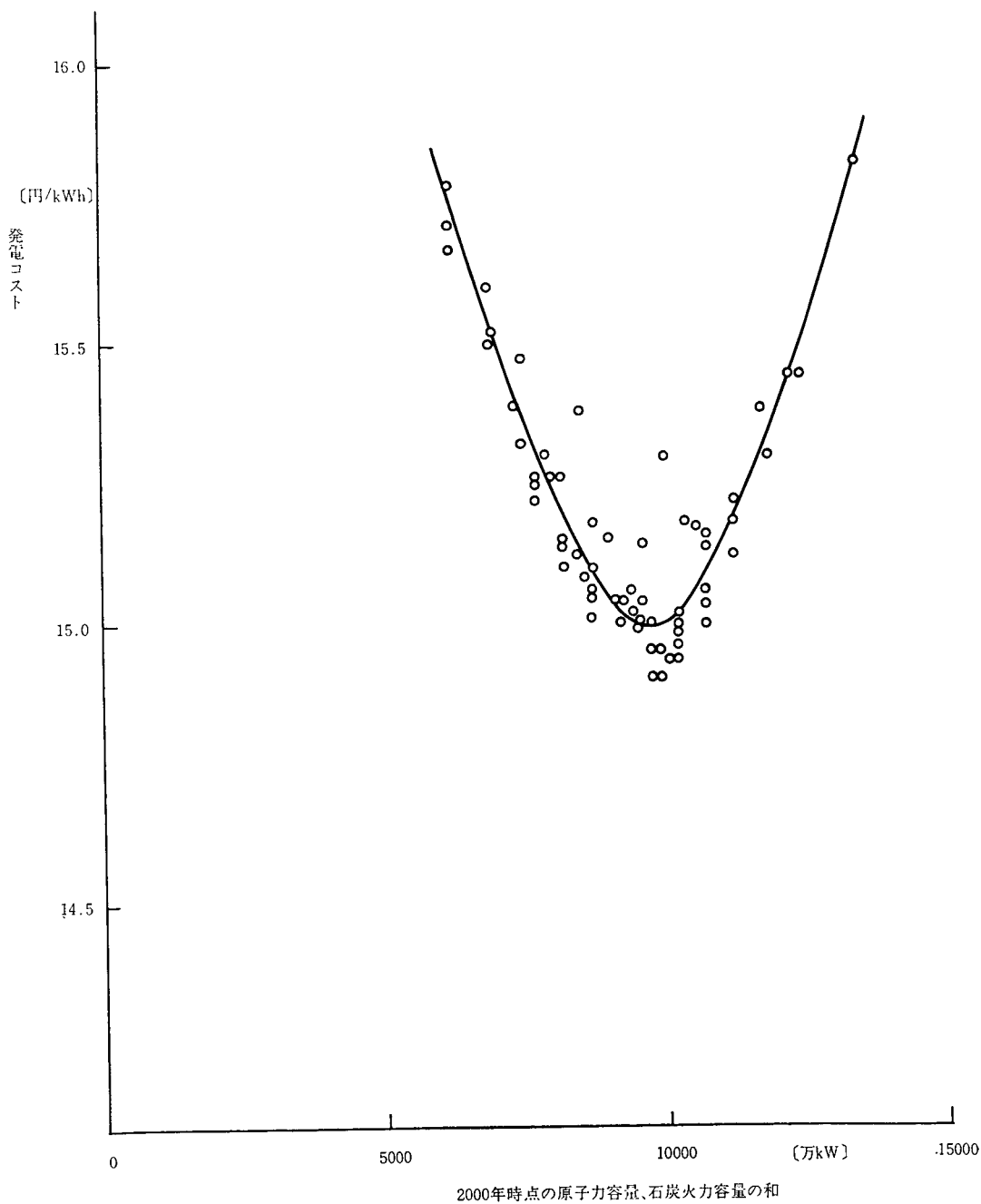


図 6.8 ベース負荷電源の電源容量と発電コスト

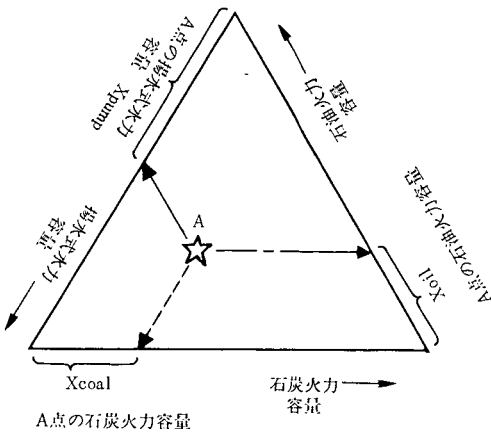


図 6.6 三角座標の見方

(注) 図上のすべての点で
 $X_{coal} + X_{pump} + X_{oil} = \text{一定}$
 が成り立つ。

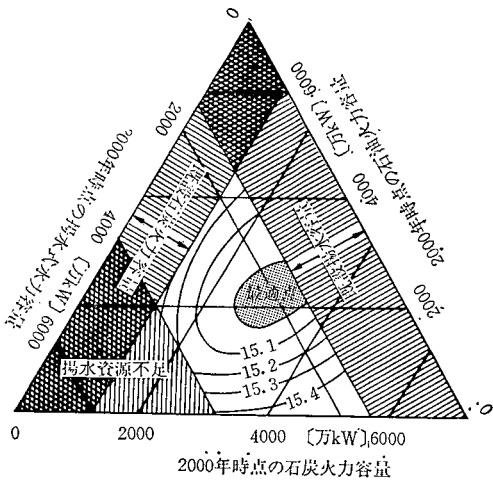


図 6.7 各種電源の電源容量の変化と発電コスト

(注) 図中の数値は総合発電単価を表す。
 (原子力容量 6,500 万 kW)
 (LNG 火力容量 3,300 万 kW)

本試算結果はエネルギーセキュリティ、電源立地上や系統運用上の制約を無視し、ある価格シナリオのもとでの結果であるため、到底十分なものとは言えないが、上記の結果をまとめると下記の通りである。

1) 原子力は、その利用率が高く維持される

限りは、経済的である。しかし容量が増えるに従い原子力の利用率は低下し、経済性も悪化する。

2) 原子力と石炭火力はベース負荷電源として位置づけられ、図 6.8 に示すようにこれら 2 つの電源の開発量が電源開発の経済性を左右する最も大きな要因となっている。

3) 図 6.5 で石油火力の休廃止が進められているのは、図 6.2 のようにベース負荷電源としては既設石油火力の発電コストの方が新設原子力、石炭火力より高いことに起因している。

7. 累積計算と断面計算

ここでは、電源計画のような経済計算において常に問題となる年度断面の選び方や端効果について検討を行なった。

(1) 検討方法

以下の 3 ケースについて計算を行ない、それらの結果を比較した。

(i) 基準ケース (累積計算ケース I)

6. で用いた計算ケースである。年度断面としては 1987 年、1993 年、2000 年、2007 年の 4 断面を考え、目的関数はそれらの年度の経費の現在価値換算累積値とした。

(ii) 累積計算ケース II

年度断面として 1987 年、1993 年、2000 年の 3 断面を考え、目的関数はそれらの年度の経費の現在価値換算累積値とした。

(iii) 断面計算ケース

電源はすべて 2000 年に新設されるものとし、目的関数として 2000 年の経費をとった。以上の条件をまとめると表 7.1 の通りである。

(2) 計算結果

累積計算ケース I および累積計算ケース II の計算結果は 2000 年までについて完全に一致し

表 7.1 計算ケースと考慮した経費

| | 1987 | 1993 | 2000 | 2007 |
|----------|------|------|------|------|
| 累積計算ケースⅠ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 累積計算ケースⅡ | ○ | ○ | ○ | — |
| 断面計算ケース | — | — | ○ | — |

(注) ○はその年度の経費を計算に際し考慮することを表わす。

た。断面計算については計算結果にやや差異が見られた。断面計算における原子力容量の変化に対する発電コストの変化を図 7.1, 最経済点における電源構成を表 7.2 に示す。

表 7.2 累積計算と断面計算における 2000 年電源構成の比較

| | 累積計算ケース 1, 2 | | 断面計算ケース | |
|-------|-----------------|-----|---------|-----|
| | 万 kW | % | 万 kW | % |
| 原子力 | 3,000 | 42 | 8,500 | 45 |
| 石炭火力 | 1,400 | 7 | 1,200 | 6 |
| LNG火力 | 3,300 | 17 | 3,300 | 17 |
| 石油火力 | 2,000 | 11 | 1,900 | 10 |
| 揚水式水力 | 1,800 | 9 | 1,600 | 8 |
| 一般水力 | 2,300 | 12 | 2,300 | 12 |
| 地熱 | 200 | 1 | 200 | 1 |
| 計 | 19,000 | 100 | 19,000 | 100 |

これらの結果をまとめると下記の通りである。

(i) 累積計算ケースⅠ, Ⅱの結果が一致するという事は、言い換えれば端効果がほとんど見られないことである。これは、本論文の前提条件のもとでは、計画年限内で電源の経済性の相対関係がほとんど変化しないこと、および燃料消費量や電源開発量にほとんど制約を設けなかったことに起因しているものと考えられる。

(ii) 累積計算の結果と断面計算の結果はやや異なっている。しかし図 6.6 に示すように最適解周辺では目的関数値の変化が小さいこと、各年度断面での電源構成を有無限しか選んでないこと等を考えあわせると、簡略化の影響は比較的小さいものと考えられる。

以上, 5. から 7. では, 動的計画法による電源構成モデルを開発し, 単純化したシナリオのもとで電源開発の経済性について各種の検討を行なった。本検討では 1 つのシナリオに対し分析を行なったが, これは単に「あたりをつける」ことのみを目指したもので, 本来はさらに各種シナリオを設定し検討を行なうべきであろう。また端効果等の計算上の問題にも触れたが, この点に関しても種々のケースに対しその影響度合い, およびその原因を分析する必要があるだろう。

8. あとがき

以上みてきたように, 原子力を制約条係のなかで最も積極的に導入することによって, より経済的な電源構成を実現することが可能となる。もちろん, これは与えられた前提条件のもとでの計算結果であって, 条件が異なれば石炭火力の優位性が高まる可能性があるし, また原子力発電所の場合には輸送距離が長くなることによる経済的ロスや立地条件問題がある。また原子力発電所の建設費の上昇をいかに抑えていくかという問題もある。

しかし, おそらく基本的方向は大きく変わることはなく, また原子力の場合は, エネルギー価格の再上昇や為替ルートの変動に対して安定的であり, 供給の安定性という面でも優れている。

それゆえ, 今後の電源構成は, 需要の伸びが大きく期待できない中で, 原子力を優先させながら既設の石油火力や LPG, 石炭の硬直性といかに調和させていくかが重要である。

原子力は, 経済的にはベースロードで運転することが望ましいが, 将来, 特に 2000 年以後になるとシェアが増大することによって, 負荷

追従の必要性が生ずる。この点に関しては、技術開発が進められており、かなり期待できそうである。

将来の電源を考えるうえでもう一つの重要な点は、石油火力の位置づけである。2000年段階においても、その物理的耐用年数からは相当に残存していることになる。

既設石油火力は、2000年頃にはすべて償却済みであり、その固定費は主として修繕費と人件費のみとなり、設備利用率がある水準以下では、他のどの方式よりよりもコスト的に有利である。それゆえ、石油火力は将来、かなりピークに近いところで利用されることになる。石油火力の負荷追従性に関しても、かなり技術的にメドが立っているとされている。このことによって、ピークを揚水で行なうのが経済的に有利なのか、石油火力を利用するものが得なのかという問題が生ずる。

このような状況にさらに問題を追加するのが、LNG契約の硬直性である。LNGの硬直性は将来の電源構成選択の自由度を低下させ、供給コストの上昇をもたらす。それらの硬直性をいく分でも低下させ、なるべく、経済性やセキュリティなどの面から発電設備を自由に取捨選択できるようになることが望ましい。

コスト的に優れた電源構成が選択されるならば、多少のエネルギー価格の上下はあっても、実質の発電コストは下降傾向を示すものと思わ

れる。さらに、原子力に関するコスト上昇をなるべく抑えていくことにより総発電コストの低下が期待できる。

電力設備の場合、その計画と建設にはかなりの長いリードタイムを必要とし、容易に方向を転換できない面が多い。将来の状況を想定するに当たっては、より現実的視点からその基本的方向を見定めることが重要であるとともに、内外の経済・社会状況に対して安定的で、しっかりとした計画を立てていく必要がある。今後、低成長の見通しが強い中では、量的な供給力の確保の面に力を注ぐとともに、上記の意味で質的にすぐれた電源構成を求めていく必要がある。

なお、本稿のうち2.~4.は下記文献〔1〕、〔2〕を再検討、再構成しとりまとめたものである。

参考文献

- 〔1〕 斎藤：将来の電源構成についての一考察，エネルギー，1983-6，pp. 71-76.
- 〔2〕 斎藤，伊藤：電力需要構造と電力シフト，電力中央研究所報告Z83005，昭和59年8月。

さいとう たけし
経済部 エネルギー研究室
おおば やすお
企画部
ななはら としや
電力研究所 システム部
電力系統研究室
いとう こうきち
(財)日本エネルギー経済研究所
エネルギー計量分析センター