

日本の電力産業における 総要素生産性 (TFP) 成長率について

鳥 居 昭 夫

1. 序

本稿の目的は、1980年代の日本の電力企業の総要素生産性 (Total Factor Productivity) を推計することである。植草益編『講座・公的規制と産業 ①. 電力』において端的に指摘されているように、近年、電力産業を取り囲む環境は大きく変化し、今や電力産業はこの環境変化に対応して変貌を余儀なくされている。この環境変化への対応が強い規制の下で効率的に行われているのか、生産性において経営上の非効率性が顕現していないかという問題は、ほかの諸課題と並んで重要な論点となっている。本稿では、1980年代をとおした各電力企業の実績の変化を提示し、あわせてその特徴を明らかにする。

主な結論は1970年代以後ほとんどの期間・会社において、TFP は明らかに低下してきており、電力企業にとって重大な費用低下要因として働いてきたということである。本稿で生産性を求めるために用いた方法は、従来の方法のように、供給容量の増加による発電量の増大の効果と、稼働率の上昇による発電量の増大の効果とを分けずに、総供給量を総費用の決定要因とする場合と異なり、供給容量の効果と、稼働率との効果を明示的に区別していることに特徴がある。その結果、供給容量に対する規模の経済性はすべての場合に負の値をとり、費用低下要因として働いてきたことが分かる一方、稼働率

は対象期間全体の平均で費用上昇要因として働いていることが明らかとなっている。負荷率の変化は70年代には費用を低減させるように、80年代にはおおむね費用増大要因として働いている。この傾向は総費用の負荷率にたいする弾力性が一貫して低下していることに対応している。最後に企業の経営上の効率化を示す部分について触れ、規模の経済性など技術的な要因によって費用増大傾向がそれほど激しくなく、余裕がある電力会社ほど、非効率化する傾向が強いことを明らかにする。

2. 総費用関数モデル

本稿で総要素生産性を推計するために使用した最終モデルは

$$\log C_{it} = G (\log w_{it}, \log Q_{2it}, \log T_{it}, D) \quad (1)$$

で示される総費用モデルである。ただし、

suffix it : i 企業 t 期

C_{it} : 総費用

$w_{it} = (v_{it}, u_{it})$: 要素価格

Q_{it} : 生産可能容量

$T_{it} = (T_{1it}, T_{2it}, T_{3it})$: 技術要因

T_{1it} : 稼働率

$T_{2it} = (T_{2ib}, T_{3it})$: その他の技術要因

D : 企業ダミー

をそれぞれ示している。このモデルは資本費用を陽表的に分離した形とはなっていないという意味で総費用モデルである。しかし、Fuss and Wavermann [1992] の方法にしたがって負荷率を明示的に含んでおり、さらに費用関数の導出過程では資本設備の固定性を明示的に考慮している。

以下この節では、上記最終モデルの導出過程を示す。基本となる費用モデルは、

$$C_{it}(v_{it}, u_{it}, q_{it}, x_{it}, T_{2it}) = VC(v_{it}, q_{it}, x_{it}, T_{2it}) + u_{it}x_{it}$$

である。ただし、ここで

$$q_{it} = T_{1it}Q_{it} : \text{総供給量 (総電力需要量)}$$

$$x_{it} : \text{擬似固定要素投入量}$$

$$VC : \text{変動費}$$

である。擬似固定要素とは資本設備など短期的には固定的であるが、長期的には要素価格 u_{it} を考慮して調整されていると考えられる投入要素である。したがって、擬似固定要素の投入量 x_{it} は、

$$-\nabla_x VC(v_{it}, q_{it}, x_{it}, T_{2it}) = u_{it}$$

を満たしているとき、長期均衡の状態にあると考えられる。なお、この時の総発電量 q_{it} は、 $q_{it} = T_{1it}^* Q_{it}$ を満たしていると考えられる。ここで $T_{1it} = T_{1it}^*$ は「望ましい水準の稼働率」である。仮定により長期均衡の状態にあるときに、

$$-\nabla_x VC(v_{it}, T_{1it}^* Q_{it}, x_{it}, T_{2it}) = u_{it} \quad (2)$$

の解として、 Q_{it} が定義されていると考えてもよい。

1) ただし、Fuss and Wavermann においては電力産業ではなく、自動車製造業の生産性が推計されているので、ここでいう負荷率は稼働率である。

式 (2) を x_{it} について解くと、 x_{it} は $x_{it}(v_{it}, u_{it}, Q_{it}, x_{it}, T_{1it}^*, T_{2it})$ として表すことができる。この x_{it} を最初の総費用決定式 C_{it} に代入すると、結局

$$C_{it} = C_{it}(v_{it}, u_{it}, Q_{it}, T_{1it}, T_{2it}) = C_{it}(w_{it}, Q_{it}, T_{it}), \quad (3)$$

となる。さらに、9 電力23年間のプールされたパネルデータを用いるために、企業ダミー D を導入する。このダミー変数は、総費用関数の 0 次項およびすべての 1 次項に参与し、企業ごとに異なる値を可能にするが、2 次項はすべての企業について同じであるものとする。したがって、総費用関数はすべての企業について同型であるが、その位置は異なっているものとする。以上によって、冒頭の最終モデル (1) の形を得る。

3. TFP の算出とその変動の要因分解

全要素生産性成長率のディヴィジア指数は、

$$\Delta \log(q) - \sum_k S_k \Delta \log(y_k) \quad (4)$$

である。ただし、 y_k 、 S_k はそれぞれ第 k 番目の要素投入量および総費用に占めるシェアを示している。この指標は、

$$-[\Delta \log(C/q) - \sum_k S_k \Delta \log(w_k)] \quad (5)$$

と等しいことはよく知られている。本稿で算出されている TFP 成長率は基本的にはこの式によって定義される。

同一企業の異時点 ($t=0$, $t=1$) 間のコスト変動 $\log(C)$ は、

$$\Delta \log(C_t) \equiv \log(C_{t1}) - \log(C_{t0})$$

$$= \frac{1}{2} \left[\frac{\partial \log(C_t)}{\partial \log(w_k)} \Big|_{w_k = w_{k11}} + \frac{\partial \log(C_t)}{\partial \log(w_k)} \Big|_{w_k = w_{k10}} \right] [\log(w_{k11}) - \log(w_{k10})]$$

$$+ \frac{1}{2} \left[\frac{\partial \log(C_t)}{\partial \log(Q)} \Big|_{Q = Q_{t1}} + \frac{\partial \log(C_t)}{\partial \log(Q)} \Big|_{Q = Q_{t0}} \right] [\log(Q_{t1}) - \log(Q_{t0})]$$

$$+\frac{1}{2^j} \left[\frac{\partial \log(C_i)}{\partial \log(T_j)} \Big|_{T=T_{jit}} + \frac{\partial \log(C_i)}{\partial \log(T_{jio})} \Big|_{T=T_{jio}} \right] [\log(T_{jit}) - \log(T_{jio})]$$

で与えられる。シェパードのレンマを用いると、この変動は

$$\begin{aligned} \Delta \log(C) & \quad (6) \\ &= \sum_k [S_{kiI} + S_{kio}] [\log(w_{kiI}) - \log(w_{kio})] / 2 \\ &+ [ECQ_{iI} + ECQ_{io}] [\log(Q_{iI}) - \log(Q_{io})] / 2 \\ &+ \sum_j [ECT_{jiI} + ECT_{jio}] [\log(T_{jiI}) - \log(T_{jio})] / 2 \end{aligned}$$

と書き直すことができる。ただし、 S_k は総費用に占める第 k 要素費用のシェアを、 ECQ 、 ECT は総費用の供給容量および各技術指標に対する弾力性をそれぞれ示すものとする。

ここで、 $q_{it} = Q_{it} T_{iit}$ であるから式 (6) の両辺から $\log(q)$ を控除することにより、

$$\begin{aligned} \Delta \log(C/q) & \quad (7) \\ &= \sum_k [S_{kiI} + S_{kio}] [\log(w_{kiI}) - \log(w_{kio})] / 2 \\ &+ [ECQ_{iI} + ECQ_{io} - 2] [\log(Q_{iI}) - \log(Q_{io})] / 2 \\ &+ [ECT_{iI} + ECT_{io} - 2] [\log(T_{iI}) - \log(T_{io})] / 2 \\ &+ \sum_{j \neq I} [ECT_{jiI} + ECT_{jio}] [\log(T_{jiI}) - \log(T_{jio})] / 2 \end{aligned}$$

を得る。したがって、式 (5) より

$$\begin{aligned} \Delta \log(TEP_i) & \quad (8) \\ &= \log(TEP_{iI}) - \log(TEP_{io}) \\ &= -[\Delta \log(C/q) - \sum_k S_k \Delta \ln(w_k)] \\ &= -[ECQ_{iI} + ECQ_{io} - 2] [\log(Q_{iI}) - \log(Q_{io})] / 2 \\ &\quad - [ECT_{iI} + ECT_{io} - 2] [\log(T_{iI}) - \log(T_{io})] / 2 \\ &\quad - \sum_{j \neq I} [ECT_{jiI} + ECT_{jio}] [\log(T_{jiI}) - \log(T_{jio})] / 2 \end{aligned}$$

となる。この式 (8) は、TFP 変動をその要因に分解するために用いることができる。右辺の第 1 項は、供給容量に関する規模の経済性によるコスト低減分を、第 2 項は稼働率の変化に対応するコスト低減分を、第 3 項はその他の技術要因に対応するコスト低減分をそれぞれ示している。

4. トランスログ総費用関数

生産要素として、 $k=F$ 燃料、 $k=L$ 労働、 $k=K$ 資本を、技術要因として $j=2$ 負荷率、 $j=3$ タイムトレンドをそれぞれとる。タイムトレンドのみは対数形ではなく直接に総費用関数に入るものと仮定する。関数形としては、もともと前提とする仮定の少なくともすむトランス・ログ形を選択する。したがって総費用関数は、

$$\begin{aligned} \log(C_{it}) &= \alpha_o + \alpha_{oi} D_i + \sum_k (\alpha_k + \alpha_{ki} D_{ii}) \log w_{kit} \quad (9) \\ &+ (\beta_I + \beta_{II} D_{ii}) \log Q_{it} + \sum_j (\theta_j + \theta_{ji} D_{ii}) \log T_{jit} \\ &+ [\sum_k \delta_{kk} (\log w_{kit})^2 + \mu_{11} (\log Q_{it})^2 \\ &+ \sum_j \phi_{jj} (\log T_{jit})^2] / 2 \\ &+ \sum_{k,k < m} \sum_m \delta_{km} \log w_{kit} \log w_{mit} \\ &+ \sum_{j,j < p} \sum_p \phi_{jp} \log T_{jit} \log T_{pit} + \sum_k \lambda_{ki} \log w_{kit} \log Q_{it} \\ &+ \sum_k \sum_j \lambda_{kj} \log w_{kit} \log T_{jit} + \sum_j \tau_{Ij} \log Q_{it} \log T_{jit} \end{aligned}$$

となる。ただし、 $\log(T_{3it}) = T'_{it}$ (暦年) と読み替えるものとする。この式から、稼働率 T_{iit} および供給容量 Q_{it} に対しての弾力性 ECT_{iit} および ECQ_{it} は、それぞれ

$$\begin{aligned} ECT_{iit} &= \theta_I + \theta_{II} D_{ii} + \sum_j \phi_{Ij} \log T_{jit} \\ &+ \sum_k \lambda_{ki} \log w_{kit} + \tau_{II} \log Q_{it} \quad (10) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ECQ_{it} &= \beta_I + \beta_{II} D_{ii} + \mu_{11} \log Q_{it} \\ &+ \sum_k \lambda_{ki} \log w_{kit} + \sum_j \tau_{Ij} \log T_{jit} \quad (11) \end{aligned}$$

となる。

ところで総費用関数は、現実の総供給量 $q = QT_I$ と擬似固定投入要素 (資本) を通して稼働率および供給容量に依存する。擬似固定投入要素の投入量は、長期均衡においてこれらの諸量に応じて選択されていると仮定したからである。しかし、包絡面の定理により、 $T_{iit} = T_I^*$ の時には現実の総供給量 $q = QT_I$ を通した効果のみを考えればよい。したがって、稼働率および供給容量は $q = QT_I$ だけを通して、同型で総費用を決定すると考えてよいので、弾力性

ECT_{iib} ECQ_{it} は常に等しい。この性質はすべての T , Q , w の値について成立しなければならないので、式 (10) および (11) のそれぞれの係数を比較することにより、

$$\begin{aligned} \theta_I + \phi_{I1} \log T_I^* &= \beta_I + \tau_{I1} \log T_I^*, \theta_{Ii} = \beta_{Ii} \\ \phi_{Ij} &= \tau_{Ij} (j \neq 1), \Lambda_{kI} = \lambda_{kI}, \tau_{II} = \mu_{II} \end{aligned} \quad (12)$$

という関係がなければならぬことが分かる。推計により係数が与えられると、最初の制約式から未知の最適稼働率 T_I^* を、

$$T_I^* = \exp[(\beta_I - \theta_I) / (\phi_{I1} - \mu_{II})] \quad (13)$$

と求めることができる。

さらに、シェパードのレンマにより、均衡では、すなわち稼働率 $T_{Iit} = T_I^*$ の時には、

$$\begin{aligned} S_{kit} &= \frac{\partial \log C_{it}^*}{\partial \log w_{kit}} \\ &= \alpha_k + \alpha_{ki} D_{ii} + \delta_{kk} \log w_{kit} + \sum_{m \neq k} \delta_{km} \log w_{mit} \\ &\quad + \lambda_{kj} \log Q_{it} + \sum_f \Lambda_{kj} \log T_{jit} \end{aligned} \quad (14)$$

が成立する。この関係が不均衡時にも成立すると仮定する。どのような外生変数の値についても $\sum_k S_k = 1$ であるから、係数の間に対称性の条件とあわせて、

$$\begin{aligned} \sum_k \alpha_k &= 1, \sum_k \alpha_{ki} = 0, \sum_m \delta_{mk} = 0, \delta_{mk} = \delta_{km}, \\ \sum_k \lambda_{kI} &= 0, \sum_k \alpha_{ki} = 0, \phi_{jp} = \phi_{pj}, \sum_k \Lambda_{kj} = 0 \end{aligned} \quad (15)$$

が成立していなければならない。

実際の推計作業は総費用関数をシェア関数とあわせて、係数にたいする制約条件の下で SURE モデル (Seemingly Unrelated Regression) として、Zellner の繰り返し法によって最尤推定量を求めることになる。しかし、求めなければならない係数の数が極めて多いので、自由度の節約および逆行列を求める際の誤差の積算をなるべく避けるため、制約条件を最初から推計式に課し、導き出された式を推計する。

この方法によっても、同じ推計式を得ることが知られている。したがって、最終的に推計される回帰式は以下の (16), (17), (18) の3本である。

$$\begin{aligned} \log(C_{it}/W_{Eit}) &= \alpha_0 + \alpha_{0i} D_i + (\alpha_K + \alpha_{Ki} D_{ii}) \log(w_{Kii}/w_{Eit}) \\ &\quad + (\alpha_L + \alpha_{Li} D_{ii}) \log(w_{Lii}/w_{Eit}) + \beta_I \log Q_{it} + \theta_I \log T_{Iit} \\ &\quad + \beta_{Ii} D_{ii} \log(Q_{it} T_{Iit}) + \theta_2 \log T_{2it} + \theta_{2i} D_{ii} \log T_{2it} \\ &\quad + (\theta_3 + \theta_{3i} D_{ii}) T'_{it} + \delta_{KK} \log w_{Kii} \log(w_{Kii}/w_{Eit})/2 \\ &\quad + \delta_{LL} \log w_{Lii} \log(w_{Lii}/w_{Eit})/2 \\ &\quad + \delta_{KL} [\log w_{Kii} \log(w_{Lii}/w_{Eit}) - \log w_{Lii} \log w_{Eit}] \\ &\quad + \delta_{EE} (\log w_{Eit})^2/2 + \phi_{11} (\log T_{Iit})^2/2 + \phi_{22} (\log T_{2it})^2/2 \\ &\quad + \phi_{33} T'^2_{it}/2 + \mu_{II} [(\log Q_{it})^2/2 + \log Q_{it} \log T_{Iit}] \\ &\quad + \phi_{I2} \log T_{2it} \log(Q_{it} T_{Iit}) + \phi_{I3} T'_{it} \log(Q_{it} T_{Iit}) \\ &\quad + \phi_{23} \log T_{2it} T'_{it} + \lambda_{KI} \log(w_{Kii}/w_{Eit}) \log(Q_{it} T_{Iit}) \\ &\quad + \lambda_{Li} \log(w_{Lii}/w_{Eit}) \log(Q_{it} T_{Iit}) \\ &\quad + \Lambda_{K2} \log(w_{Kii}/w_{Eit}) \log T_{2it} \\ &\quad + \Lambda_{L2} \log(w_{Lii}/w_{Eit}) \log T_{2it} + \Lambda_{K3} \log(w_{Kii}/w_{Eit}) T'_{it} \\ &\quad + \Lambda_{L3} \log(w_{Lii}/w_{Eit}) T'_{it} \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} S_{Kit} &= \alpha_K + \alpha_{Ki} D_{ii} + \delta_{KK} \log(w_{Kii}/w_{Eit}) \\ &\quad + \delta_{KL} \log(w_{Lii}/w_{Eit}) + \lambda_{KI} \log(Q_{it} T_{Iit}) \\ &\quad + \Lambda_{K2} \log T_{2it} + \Lambda_{K3} T'_{it} \end{aligned} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} S_{Lit} &= \alpha_L + \alpha_{Li} D_{ii} + \delta_{LL} \log(w_{Lii}/w_{Eit}) \\ &\quad + \delta_{KL} \log(w_{Kii}/w_{Eit}) + \lambda_{Li} \log(Q_{it} T_{Iit}) \\ &\quad + \Lambda_{L2} \log T_{2it} + \Lambda_{L3} T'_{it} \end{aligned} \quad (18)$$

5. 推定された費用関数

推計に用いた変数の定義は基本的に伊藤・中西 [1988] にしたがっている。詳細は付録を参照されたい。表 1 は推定された費用関数を示している。第 4 節で示された係数にたいする制約の他に $\mu_{II} = 0$, および $\beta_{Ii} = 0$ を制約条件に加えた。得られた係数から推定される最適稼働率は、式 (13) を用いて

$$T_I^* = \exp\left(\frac{\beta_I - \theta_I}{\phi_{I1} - \tau_{I1}}\right) = \exp\left(\frac{0.6128 - 0.7961}{0.4600 - 0}\right) = 0.6713$$

と算出される。さらにこれらの係数の推計値か

表1 推定された係数

係数	推計値	標準偏差	係数	推計値	標準偏差
α_0	12.5383	0.0054	θ_{25}	0.2802	0.0567
α_{01}	0.2522	0.0046	θ_{26}	0.7665	0.0273
α_{02}	0.8627	0.0117	θ_{27}	0.3710	0.0185
α_{03}	0.6204	0.0080	θ_{28}	0.5035	0.0352
α_{04}	-0.3189	0.0014	θ_3	0.0647	0.0005
α_{05}	0.6649	0.0106	θ_{31}	-0.0253	0.0003
α_{06}	0.2780	0.0041	θ_{32}	-0.0474	0.0007
α_{07}	0.1335	0.0016	θ_{33}	-0.0311	0.0005
α_{08}	0.5340	0.0054	θ_{34}	-0.0156	0.0001
α_K	0.1921	0.0014	θ_{35}	-0.0439	0.0006
α_{K1}	0.0903	0.0012	θ_{36}	-0.0228	0.0003
α_{K2}	0.2383	0.0029	θ_{37}	-0.0102	0.0002
α_{K3}	0.1180	0.0020	θ_{38}	-0.0357	0.0004
α_{K4}	0.0671	0.0004	δ_{KK}	0.2243	0.0003
α_{K5}	0.2115	0.0023	δ_{LL}	0.1407	0.0003
α_{K6}	0.0627	0.0011	δ_{EE}	0.2256	0.0006
α_{K7}	-0.0188	0.0005	δ_{KL}	-0.0830	0.0003
α_{K8}	0.1039	0.0013	ϕ_{11}	0.4600	0.0073
α_L	0.0780	0.0008	ϕ_{22}	-0.7149	0.1072
α_{L1}	0.1245	0.0007	ϕ_{33}	-0.0027	0.00003
α_{L2}	0.2364	0.0016	ϕ_{12}	-0.1160	0.0239
α_{L3}	0.1561	0.0011	ϕ_{13}	0.0179	0.0003
α_{L4}	0.0501	0.0002	ϕ_{23}	-0.0568	0.0014
α_{L5}	0.1742	0.0013	λ_{K1}	-0.1050	0.0012
α_{L6}	0.1013	0.0006	λ_{L1}	-0.1295	0.0007
α_{L7}	-0.0130	0.0003	Δ_{K2}	0.1142	0.0024
α_{L8}	0.1174	0.0008	Δ_{L2}	0.0117	0.0014
β_1	0.6128	0.0045	Δ_{K3}	0.0177	0.00005
θ_1	0.7961	0.0060	Δ_{L3}	-0.0045	0.00003
θ_2	0.0227	0.0265	標準誤差 0.0515, F統計量 1075.0		
θ_{21}	0.0924	0.0205	決定係数 0.9978		
θ_{22}	0.3719	0.0630	自由度調整済み決定係数 0.9970		
θ_{23}	0.9554	0.0452	Log Likelihood 542.5		
θ_{24}	-0.2155	0.0127			

表2-1 稼働率にたいする弾力性 ECT₁

年度	北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州
1970	0.2657	0.4516	0.3839	0.3601	0.4331	0.3858	0.4408	0.3791	0.3932
1971	0.2491	0.4502	0.4044	0.3864	0.4690	0.3658	0.4613	0.4045	0.4175
1972	0.3245	0.4181	0.3853	0.3976	0.5074	0.3848	0.5397	0.4657	0.4306
1973	0.4099	0.5192	0.4930	0.4576	0.5561	0.4948	0.5704	0.5092	0.5169
1974	0.4797	0.6334	0.5921	0.5807	0.7379	0.5541	0.6050	0.6040	0.6034
1975	0.5058	0.6453	0.5925	0.5712	0.6424	0.5291	0.5943	0.5541	0.5840
1976	0.6000	0.6810	0.5750	0.5538	0.6855	0.5112	0.6579	0.5410	0.5373
1977	0.6521	0.7010	0.5772	0.5984	0.7326	0.5197	0.5927	0.4250	0.5553
1978	0.6815	0.6351	0.5438	0.5108	0.6516	0.4547	0.5487	0.3669	0.5444
1979	0.6777	0.7845	0.6273	0.6252	0.8283	0.5403	0.7096	0.5142	0.6605
1980	0.6953	0.8658	0.6775	0.7059	0.8930	0.5571	0.7396	0.6548	0.6925
1981	0.6888	0.8207	0.7187	0.6997	0.9263	0.5938	0.7566	0.6213	0.6740
1982	0.6778	0.8348	0.7260	0.6852	0.7878	0.6151	0.7304	0.5224	0.6740
1983	0.6950	0.8020	0.6986	0.6924	0.8096	0.6119	0.7054	0.4847	0.6761
1984	0.6667	0.7866	0.7081	0.7260	0.8351	0.6191	0.7319	0.5148	0.6353
1985	0.6603	0.7580	0.6927	0.7439	0.7935	0.5440	0.7443	0.4828	0.5850
1986	0.5536	0.6039	0.5246	0.5645	0.6004	0.4142	0.6060	0.3614	0.3759
1987	0.5773	0.6418	0.5562	0.5860	0.6529	0.4589	0.5458	0.3139	0.4086
1988	0.5844	0.6518	0.5519	0.5686	0.6587	0.4640	0.5591	0.3821	0.4406
1989	0.6204	0.7034	0.6206	0.6245	0.7481	0.5168	0.5634	0.4436	0.4890
1990	0.5890	0.7701	0.6655	0.7073	0.8186	0.5978	0.6333	0.5327	0.5532
1991	0.5900	0.7944	0.6414	0.6852	0.7635	0.5644	0.6297	0.5472	0.5456
1992	0.5385	0.8152	0.6448	0.6594	0.7121	0.5175	0.6356	0.5327	0.5553

表2-2 供給容量に対する弾力性 ECT

年度	北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州
1970	0.3248	0.3279	0.3681	0.3565	0.3284	0.3773	0.3735	0.3528	0.3767
1971	0.3197	0.3715	0.4231	0.3899	0.3779	0.4300	0.4016	0.3993	0.4037
1972	0.3499	0.3975	0.4351	0.4138	0.3962	0.4447	0.4248	0.4179	0.4183
1973	0.3960	0.4793	0.5384	0.5225	0.4865	0.5379	0.5152	0.4991	0.4962
1974	0.5127	0.6316	0.6709	0.7014	0.6681	0.6948	0.6274	0.6747	0.6594
1975	0.5522	0.6606	0.6969	0.6943	0.6686	0.7080	0.6432	0.6609	0.6560
1976	0.6059	0.6724	0.7009	0.6828	0.6653	0.6875	0.6814	0.6819	0.6435
1977	0.6331	0.6846	0.6977	0.7209	0.7424	0.6999	0.6752	0.6135	0.6576
1978	0.6536	0.6486	0.6372	0.6321	0.6393	0.6369	0.6311	0.6041	0.6415
1979	0.7057	0.7744	0.7234	0.7725	0.7983	0.7402	0.7629	0.7148	0.7654
1980	0.7701	0.8652	0.8230	0.8563	0.8944	0.7938	0.8576	0.8495	0.8347
1981	0.8102	0.9051	0.8655	0.8735	0.9252	0.8246	0.8726	0.8113	0.8546
1982	0.8002	0.9278	0.8768	0.8958	0.9197	0.8403	0.8791	0.7764	0.8518
1983	0.8171	0.8772	0.8414	0.8640	0.9188	0.8235	0.8360	0.7485	0.8295
1984	0.8209	0.8627	0.8371	0.9091	0.9222	0.8129	0.8394	0.7642	0.7807
1985	0.8050	0.8699	0.7945	0.9088	0.9032	0.7701	0.8364	0.7475	0.7572
1986	0.7804	0.7462	0.6506	0.7263	0.7232	0.6609	0.7083	0.6608	0.6139
1987	0.7993	0.7687	0.6609	0.7137	0.7581	0.6789	0.7062	0.5970	0.6381
1988	0.7799	0.7580	0.6503	0.7116	0.7451	0.6844	0.7065	0.6425	0.6469
1989	0.7581	0.7828	0.7112	0.7510	0.8122	0.7157	0.7087	0.6863	0.6718
1990	0.7444	0.8185	0.7333	0.8135	0.8600	0.7755	0.7408	0.7422	0.7086
1991	0.7130	0.8296	0.7263	0.7911	0.7953	0.7520	0.7316	0.7496	0.7104
1992	0.7195	0.8391	0.7283	0.7796	0.7919	0.7311	0.7318	0.7371	0.7131

ら算出された各弾力性は表2にまとめられている。供給容量に対する弾力性 ECQ は1970年以後常に1より小さい、すなわち規模の経済性が働いていることが示されている。9社どの企業についても、燃料価格が上昇しつづけた1980年

代前半まで規模の経済性は低下しており弾力性は1に近づいているが、1980年代後半になると燃料価格の低下とともに規模の経済性の効果は復活していることが分かる。この結果は最近の多くの研究の結果と対照的である²⁾。またごく特殊な状態を除いてほとんどの場合について、規模の経済性に対する弾力性の方が、稼働率に

2) 最近の規模の経済性に対するサーベイとしては根本 [1992] を参照せよ。

タイムトレンドを観察すると、規模の経済や負荷率の低下で説明できない技術的な要因によって、総費用は年率にして1～5%程度一貫して上昇しつづけてきたことが分かる。ただこの上昇傾向は最近になって緩やかにはなっている。

6. TFP 成長率とその要因について

推計された総費用関数を用いて総費用の増減を説明する各要素価格の増減の寄与およびTFPの成長(衰退)をまとめたものが表3である。表3の最初の3列は各要素の価格上昇(下落)が総費用の年平均での増減率にどれだけ寄与しているかを示している。たとえば1970年から1992年までの燃料価格上昇により、北海道電力の総費用は年率平均で1.5%上昇した。TFPと題される第4列はTFPの成長(衰退)によって年平均の変動率でどの程度の費用の増大が説明できるかを示している。費用の増大であるから、この項が負の値をとるときTFPは成長していることになる。続く第5項から第8項まではTFP変動を各要因による効果に分解したものである。第5項は供給容量における規模の経済性による効果、第6項は稼働率の変動による効果、第7項は負荷率の変動による効果、第8項は以上3つの要因で説明できずタイムトレンドとして表れる効率の変化である。第9項は以上の要素価格の上昇、TFPの成衰によって予測される総費用の年平均変化率を示している。最後に第10項は観測された需要あたりの総費用の変化率である。以上の計算において、年平均の変化率は単年度毎に変化率を算出したものの幾何平均となっている。

燃料価格の寄与は70年代の費用上昇要因、80年代の費用低下要因となっていることは明瞭である。労働費用は常に費用増大要因として働いている。資本費用は70年代にはどの企業についても費用増大要因として働いたが、80年代に入ると企業によってその効果はまちまちとなった。

TFPの変化は少数の例外を除いて、ほとん

ど費用増大要因として働いている。これらの値は費用関数から推計される効果であるため計量的な処理の過程で誤りが入り込む余地がある。そこで、費用関数を用いずにTFPの変動を試算してみよう。最後の列で示されている出力あたりの総費用の増大率から、最初の3項に示されている各要素価格の上昇で説明される部分を控除してもTFPの変化を求めることができる。しかし、この値についても同様にほとんどの場合正の値となってしまう。すなわち、やはりTFPの悪化が観測されるのである。このことから、1970年代以後ほとんどの期間・会社においてTFPが低下してきたことは明らかである。

次にこのように観察されるTFPの低下が何によって発生しているかを検討してみよう。供給容量に対する規模の経済性はすべての場合に負の値をとり、費用低下要因として働いてきたことが分かる。供給容量の効果のこの効率化への傾向に対し、稼働率の変化は対象期間全体の平均で費用上昇要因として働いている。こちらの傾向は、稼働率が全体的に低下してきた、特に70年代に大きく低下したことの効果であることが明らかである。従来の方法のように、供給容量と稼働率とを分けずに単に総費用が単に総供給量の関数であると仮定する場合、もし稼働率が低下する傾向にあると、供給容量に対する規模の経済性の効果と稼働率にたいする規模の経済性の効果とが相反する方向に働くから、観測される規模の経済性の効果は低めにバイアスしてしまう傾向があることに注意しなければならない。この傾向が根本[1992]にまとめられている、最近の研究における規模の経済性の存在への否定的な結果の原因であるかもしれない。

負荷率の変化は70年代には費用を低減させるように、80年代にはおおむね費用増大要因として働いている。この傾向は総費用の負荷率にたいする弾力性が一貫して低下していることに対応している。タイムトレンドの効果はすべての

表3 TFP成長（衰退）率とその要因分解

1970/92	燃料	労働	資本	TFP	規模	稼働	負荷	T	増大	現実
北海道	1.50	1.66	1.26	1.99	-1.55	0.23	0.29	3.02	6.41	5.94
東北	2.51	1.39	0.43	1.06	-1.77	0.58	0.45	1.80	5.39	5.18
東京	1.91	1.05	0.80	1.95	-2.14	0.53	-0.05	3.61	5.71	5.00
中部	2.40	1.01	0.84	1.53	-2.00	0.66	-0.55	3.43	5.79	4.99
北陸	1.92	1.55	0.45	1.61	-1.11	0.37	0.76	1.59	5.53	5.70
関西	1.80	0.93	0.79	2.10	-2.16	1.12	-0.09	3.24	5.62	5.04
中国	2.40	1.36	1.22	0.79	-2.33	0.59	-0.24	2.77	5.77	5.78
四国	1.92	1.39	0.20	1.18	-2.84	1.01	0.10	2.91	4.69	4.53
九州	1.85	1.66	0.69	0.16	-2.50	0.66	-0.23	2.23	4.35	4.32

1970/80	燃料	労働	資本	TFP	規模	稼働	負荷	T	増大	現実
北海道	5.74	3.04	1.86	1.43	-2.32	-0.29	-0.22	4.27	12.07	12.10
東北	8.98	2.38	1.63	0.71	-3.27	1.40	-0.50	3.09	13.71	14.23
東京	8.01	1.72	2.08	2.19	-3.63	1.67	-0.55	4.70	14.00	13.51
中部	9.99	1.75	1.34	1.72	-3.64	1.74	-1.13	4.75	14.80	14.34
北陸	7.24	2.56	1.51	1.66	-1.86	0.71	-0.17	2.99	12.96	13.19
関西	7.13	1.41	2.63	2.91	-3.88	2.74	-0.46	4.51	14.08	13.04
中国	9.10	2.06	2.68	0.74	-4.39	1.43	-0.31	4.02	14.58	14.96
四国	8.29	2.17	1.22	0.65	-5.59	2.32	-0.20	4.12	12.34	12.14
九州	7.48	2.62	2.23	-0.21	-4.29	1.41	-0.62	3.29	12.12	10.86

1980/92	燃料	労働	資本	TFP	規模	稼働	負荷	T	増大	現実
北海道	-1.91	0.52	0.76	2.47	-0.90	0.67	0.72	1.99	1.84	1.06
東北	-2.59	0.57	-0.55	1.38	-0.50	-0.10	1.25	0.73	-1.19	-1.81
東京	-2.91	0.51	-0.26	1.77	-0.89	-0.40	0.37	2.69	-0.89	-1.61
中部	-3.52	0.40	0.43	1.42	-0.62	-0.24	-0.06	2.33	-1.27	-2.22
北陸	-2.30	0.72	-0.42	1.58	-0.48	0.08	1.55	0.42	-0.43	-0.16
関西	-2.43	0.52	-0.72	1.47	-0.71	-0.21	0.22	2.18	-1.16	-1.20
中国	-2.87	0.78	0.01	0.88	-0.58	-0.11	-0.18	1.73	-1.20	-1.31
四国	-3.10	0.74	-0.65	1.70	-0.48	-0.08	0.35	1.90	-1.31	-1.42
九州	-2.62	0.87	-0.58	0.50	-0.99	0.04	0.10	1.35	-1.84	-0.84

1985/92	燃料	労働	資本	TFP	規模	稼働	負荷	T	増大	現実
北海道	-2.60	0.78	-0.38	1.82	-0.90	0.47	0.47	1.77	-0.38	-1.03
東北	-2.82	0.64	-1.77	0.49	-0.19	-0.78	0.77	0.69	-3.46	-3.47
東京	-3.00	0.48	-0.87	1.78	-1.24	-0.28	0.57	2.73	-1.61	-2.94
中部	-5.12	0.43	1.32	1.16	-0.69	-0.56	0.06	2.35	-2.21	-3.95
北陸	-3.06	0.69	-1.79	1.08	-0.40	-0.31	1.44	0.36	-3.08	-0.95
関西	-2.37	0.51	-1.50	1.26	-0.77	-0.26	0.29	2.00	-2.10	-2.17
中国	-2.94	0.70	0.40	0.90	-0.93	0.06	0.07	1.70	-0.94	-1.11
四国	-2.22	0.76	-2.46	1.27	-0.02	-1.09	0.65	1.72	-2.65	-1.86
九州	-1.91	0.99	-2.11	0.19	-1.09	-0.28	0.21	1.35	-2.84	-1.78

1980/85	燃料	労働	資本	TFP	規模	稼働	負荷	T	増大	現実
北海道	-0.93	0.15	2.38	3.40	-0.90	0.94	1.07	2.29	4.99	4.07
東北	-2.26	0.48	1.18	2.63	-0.94	0.87	1.92	0.78	2.03	0.55
東京	-2.79	0.54	0.61	1.78	-0.38	-0.57	0.08	2.64	0.13	0.28
中部	-1.23	0.36	-0.80	1.77	-0.52	0.20	-0.22	2.31	0.11	0.26
北陸	-1.24	0.75	1.54	2.28	-0.58	0.63	1.71	0.51	3.33	0.96
関西	-2.52	0.55	0.38	1.76	-0.63	-0.14	0.12	2.42	0.17	0.18
中国	-2.78	0.91	-0.53	0.85	-0.07	-0.34	-0.52	1.77	-1.56	-1.58
四国	-4.32	0.71	1.95	2.32	-1.13	1.36	-0.07	2.15	0.65	-0.80
九州	-3.61	0.70	1.59	0.94	-0.85	0.48	-0.05	1.36	-0.38	0.49

コストシェアは現実の値を用いる

表3 TFP成長(衰退)率とその要因分解

1970/90	燃料	労働	資本	TFP	規模	稼働	負荷	T	増大	現実
北海道	1.64	1.59	1.26	1.99	-1.55	0.23	0.29	3.02	6.48	5.94
東北	2.22	1.37	0.51	1.06	-1.77	0.58	0.45	1.80	5.16	5.18
東京	1.76	1.06	0.80	1.95	-2.14	0.53	-0.05	3.61	5.58	5.00
中部	2.18	1.04	0.84	1.53	-2.00	0.66	-0.55	3.43	5.59	4.99
北陸	1.76	1.51	0.52	1.61	-1.11	0.37	0.76	1.59	5.41	5.70
関西	1.78	0.97	0.80	2.10	-2.16	1.12	-0.09	3.24	5.65	5.04
中国	1.95	1.34	1.31	0.79	-2.33	0.59	-0.24	2.77	5.40	5.78
四国	1.94	1.38	0.17	1.18	-2.84	1.01	0.10	2.91	4.67	4.53
九州	1.55	1.60	0.78	0.16	-2.50	0.66	-0.23	2.23	4.08	4.32

1970/80	燃料	労働	資本	TFP	規模	稼働	負荷	T	増大	現実
北海道	6.02	2.87	1.83	1.43	-2.32	-0.29	-0.22	4.27	12.15	12.10
東北	8.54	2.29	1.79	0.71	-3.27	1.40	-0.50	3.09	13.33	14.23
東京	7.85	1.79	2.09	2.19	-3.63	1.67	-0.55	4.70	13.92	13.51
中部	9.58	1.85	1.39	1.72	-3.64	1.74	-1.13	4.75	14.54	14.34
北陸	6.87	2.52	1.66	1.66	-1.86	0.71	-0.17	2.99	12.71	13.19
関西	7.07	1.55	2.61	2.91	-3.88	2.74	-0.46	4.51	14.15	13.04
中国	8.48	1.99	2.86	0.74	-4.39	1.43	-0.31	4.02	14.07	14.96
四国	8.54	2.15	1.22	0.65	-5.59	2.32	-0.20	4.12	12.55	12.14
九州	7.02	2.41	2.43	-0.21	-4.29	1.41	-0.62	3.29	11.66	10.86

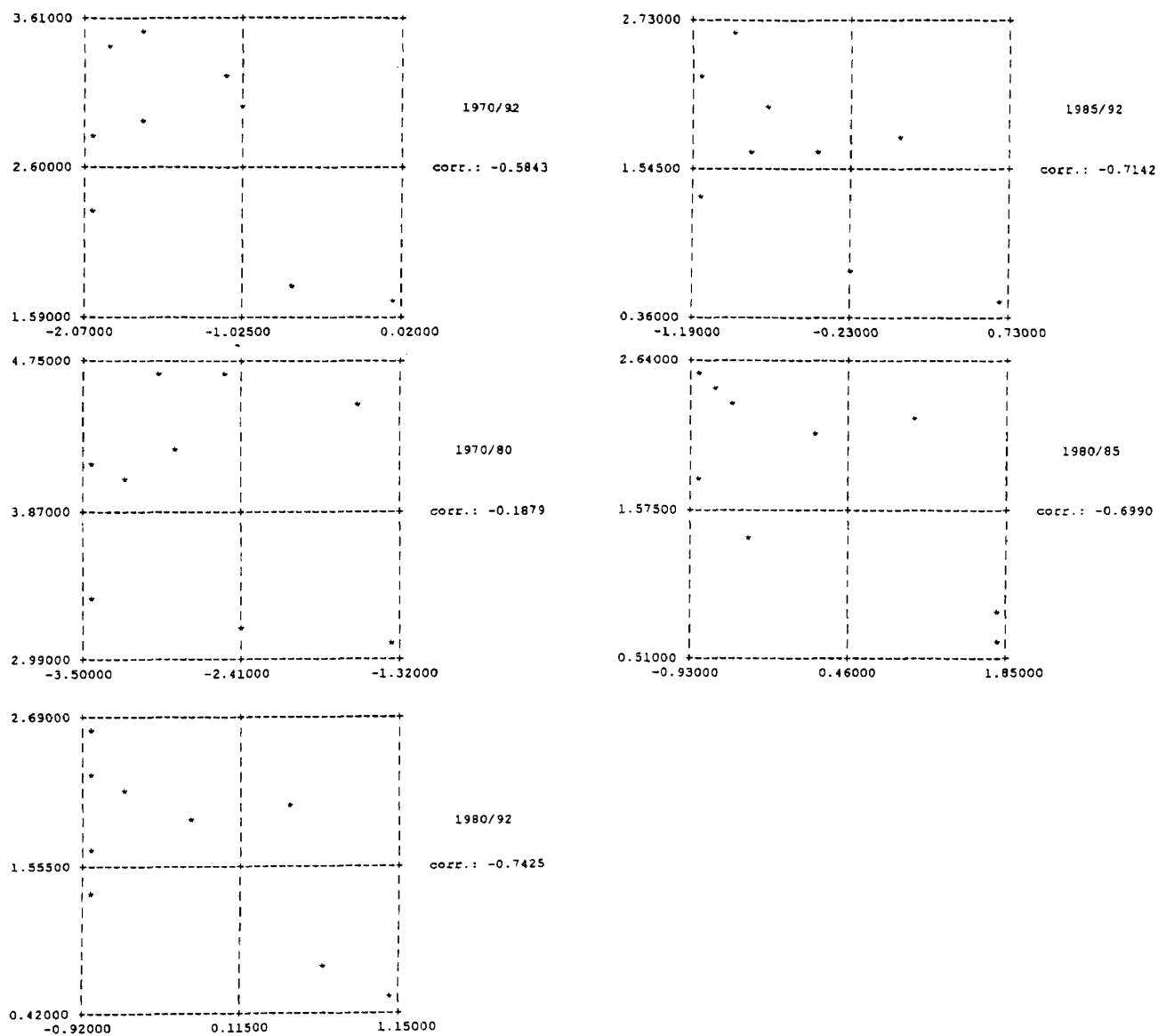
1980/92	燃料	労働	資本	TFP	規模	稼働	負荷	T	増大	現実
北海道	-1.88	0.53	0.79	2.47	-0.90	0.67	0.72	1.99	1.92	1.06
東北	-2.76	0.60	-0.54	1.38	-0.50	-0.10	1.25	0.73	-1.32	-1.81
東京	-3.05	0.47	-0.26	1.77	-0.89	-0.40	0.37	2.69	-1.07	-1.61
中部	-3.61	0.37	0.38	1.42	-0.62	-0.24	-0.06	2.33	-1.44	-2.22
北陸	-2.30	0.68	-0.42	1.58	-0.48	0.08	1.55	0.42	-0.46	-0.16
関西	-2.43	0.49	-0.69	1.47	-0.71	-0.21	0.22	2.18	-1.16	-1.20
中国	-3.18	0.79	0.05	0.88	-0.58	-0.11	-0.18	1.73	-1.47	-1.31
四国	-3.25	0.75	-0.70	1.70	-0.48	-0.08	0.35	1.90	-1.51	-1.42
九州	-2.79	0.92	-0.59	0.50	-0.99	0.04	0.10	1.35	-1.96	-0.84

1985/92	燃料	労働	資本	TFP	規模	稼働	負荷	T	増大	現実
北海道	-2.52	0.81	-0.26	1.82	-0.90	0.47	0.47	1.77	-0.16	-1.03
東北	-3.08	0.64	-1.71	0.49	-0.19	-0.78	0.77	0.69	-3.65	-3.47
東京	-3.17	0.45	-0.85	1.78	-1.24	-0.28	0.57	2.73	-1.79	-2.94
中部	-5.31	0.38	1.26	1.16	-0.69	-0.56	0.06	2.35	-2.51	-3.95
北陸	-3.00	0.68	-1.75	1.08	-0.40	-0.31	1.44	0.36	-2.99	-0.95
関西	-2.36	0.49	-1.46	1.26	-0.77	-0.26	0.29	2.00	-2.07	-2.17
中国	-3.33	0.73	0.40	0.90	-0.93	0.06	0.07	1.70	-1.29	-1.11
四国	-2.28	0.81	-2.48	1.27	-0.02	-1.09	0.65	1.72	-2.68	-1.86
九州	-2.01	1.06	-2.06	0.19	-1.09	-0.28	0.21	1.35	-2.82	-1.78

1980/85	燃料	労働	資本	TFP	規模	稼働	負荷	T	増大	現実
北海道	-0.97	0.15	2.28	3.40	-0.90	0.94	1.07	2.29	4.86	4.07
東北	-2.30	0.53	1.12	2.63	-0.94	0.87	1.92	0.78	1.98	0.55
東京	-2.88	0.48	0.58	1.78	-0.38	-0.57	0.08	2.64	-0.04	0.28
中部	-1.18	0.35	-0.83	1.77	-0.52	0.20	-0.22	2.31	0.11	0.26
北陸	-1.32	0.69	1.48	2.28	-0.58	0.63	1.71	0.51	3.12	0.96
関西	-2.52	0.48	0.39	1.76	-0.63	-0.14	0.12	2.42	0.12	0.18
中国	-2.98	0.88	-0.45	0.85	-0.07	-0.34	-0.52	1.77	-1.70	-1.58
四国	-4.60	0.66	1.84	2.32	-1.13	1.36	-0.07	2.15	0.22	-0.80
九州	-3.87	0.72	1.52	0.94	-0.85	0.48	-0.05	1.36	-0.70	0.49

コストシェアは推計されたものを用いる

図1 技術的要因による費用の増減とタイムトレンドで説明される傾向の相関関係



場合について費用増大要因として働いている。しかも TFP の悪化に最も寄与しているのがこの項であることは明らかである。通常の産業の生産性分析においてこの項は、技術進歩に対応する項として扱われる。したがって、当然のことに費用低下要因として働くのが普通である。規模の経済性、稼働率・負荷率の変動の他にこの費用増大傾向を説明する重大な項が欠落していないかぎり、この特異な結果は X 非効率の発生などなんらかの効率性の低下を示している

考えざるを得ない。

図1は、横軸に規模の経済性、および稼働率・負荷率の変動による費用増大要因の効果の合計をとり、縦軸にタイムトレンドで説明される費用増大分をとり、各年度間において両者がどのような相関関係を持っているかを示している。70年代には傾向が曖昧にしか分からないが、他のほとんどの場合について逆相関の関係を持っていることが明らかである。すなわち、規模の経済性など技術的な要因によって費用増大傾

向がそれほど激しくなく余裕がある電力会社ほど、非効率化する傾向が強い。逆に技術的に他の電力会社より不利な条件にある会社ほど、費用増大傾向は押さえられている。この観測は電力9社内の厳しいヤードスティック競争に対応している。しかし、通常のヤード・スティック競争の場合には効率性の低い企業が企業努力により相対的に効率性が高い企業の成果に近い成果を達成しようとする構造が想定されるのに対して、この場合には、技術的な要因などによって効率性の高い企業ほど、相対的に効率性が低い企業の成果に類似した成果となるように調整が行われるため、全体的に低い成果となっていることに注意しなければならない。

References

- Fuss, M.A. and L. Waverman, *Cost and productivity in automobile production*, Cambridge: Cambridge University Press, 1992.
 伊藤成康・中西泰夫, 「電気事業における限界費用と料金形成」, 『電力経済研究』, No. 24 (1988年1月)
 根本二郎, 「電気事業の規模の経済性: 最近の研究の展望」, 『電力経済研究』, No.31 (1992年10月)

付録: 推計に用いた変数の定義

総費用(C) = 燃料費 + 人件費 + 資本費

燃料費: 有価証券報告書による

人件費 = 支払給与 + 退職給与 + 福利厚生費
: 有価証券報告書による

資本費 = 修繕費 + 減価償却費 + 固定資産税
+ 賃借量 + 水利使用权 + 託送料
+ 財務費用: 有価証券報告書

資本価格(w_K) = 資本財物価指数
× (減価償却率 + 社債・借入金利)

減価償却率 = 減価償却費
/ (期首 + 期末固定資産残高 / 2)

社債・借入金利 = 支払利息
/ 期首社債・借入残高

賃金率(w_L) = 人件費 / 従業員数

燃料価格(w_F) = 燃料費 / 燃料消費量

燃料消費量 = 重油換算燃料消費量 (10^3 kl)
+ 1.7542 × 核燃料消費量 (Kg)
: 電力需給の概要

資本費用シェア(S_K) = 資本費用 / 総費用

労働費用シェア(S_L) = 労働費用 / 総費用

供給容量(Q): 認可出力: 有価証券報告書

供給量(q): 年間需要電力量: 電力需給の概要

稼働率(T_1) = 需要電力量(q) / (認可出力(Q)
× 365 × 24)

負荷率(T_2): 電力需給の概要による

[とりい あきお 横浜国立大学経営学部教授]