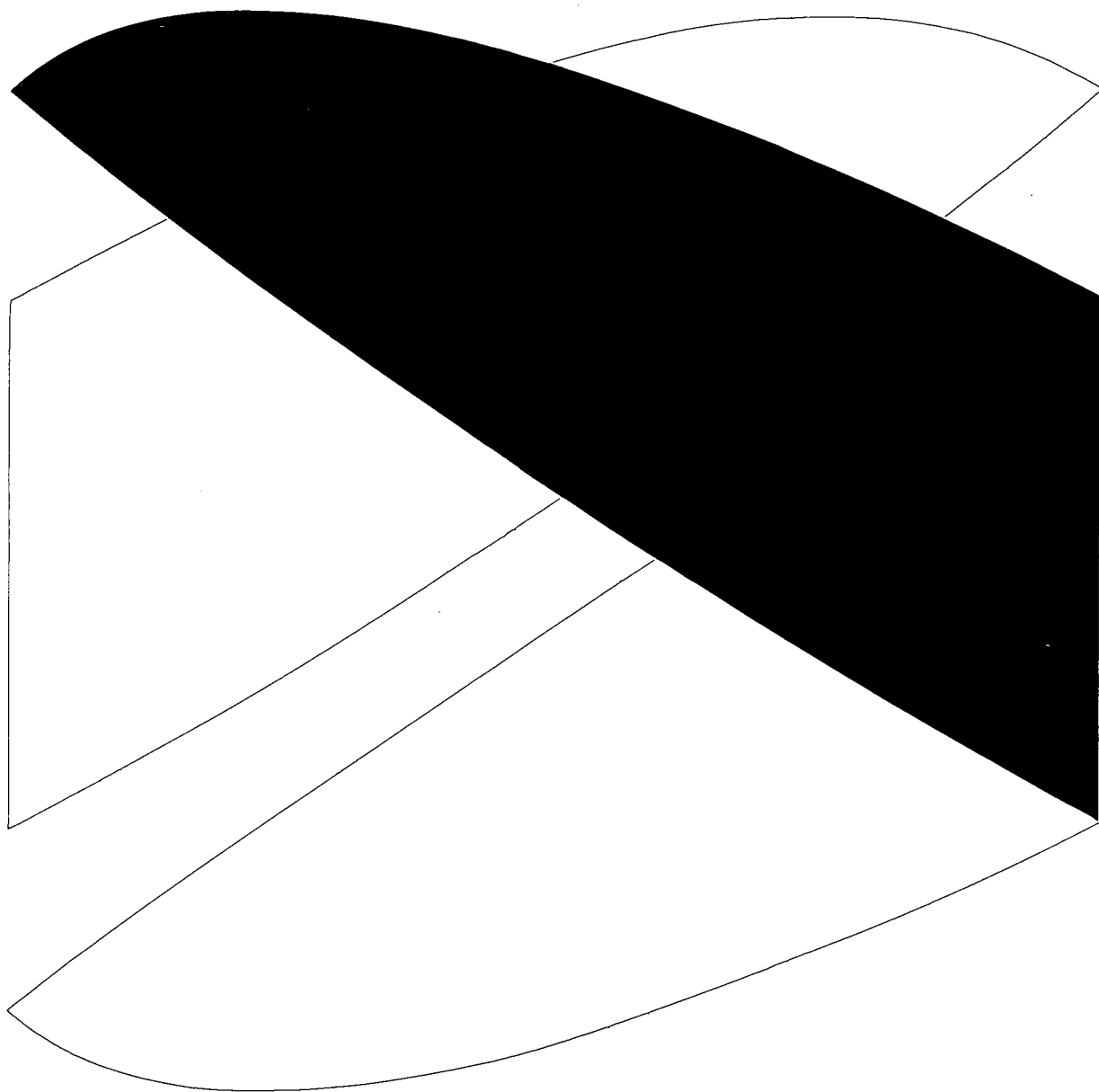


ISSN 0387-0782

# 電力經濟研究



No.44

2000.10

財団法人 電力中央研究所 経済社会研究所

## 「電力経済研究」

「電力経済研究」は、経済、経営、エネルギー・電力、環境等に関連した研究成果等を掲載し、学術の振興に寄与することを目的として、原則年2回刊行いたします。広く一般からの投稿を歓迎します。

### 1. 原稿の種類と内容

電力経済研究の原稿には次のようなカテゴリーがあります。

#### (1) 論文

主題、内容、手法等に新規性を有し、当該分野の発展に貢献すると思われる研究成果を報告したもの。また、特定の主題に関する一連の事象を実態調査を通して、あるいは特定の主題に関する一連の研究及びその周辺領域の発展を著者の見解にしたがって総括的かつ系統的に報告したもの。

#### (2) 研究ノート

総合的な報告までには至らないが、その研究途上で得られた有用な分析手法に関して記録にとどめておく価値があると認められたもの。特に、テクニカルな分析手法を特徴とするもの。

#### (3) 研究紹介

既発表の論文または著作について著者自身はその概要を紹介するもの。

#### (4) 解説

内容等が時宜にかなっている、あるいは研究分野の新たな潮流を扱うなどによって、広く読者の理解を助けることを目的として書かれたもの。

#### (5) 内外動向

経済、経営、エネルギー・電力、環境等に関連する国内外の新たな動向を紹介するもの。

#### (6) 文献紹介

経済、経営、エネルギー・電力、環境等に関連する推奨文献を紹介するもの。

### 2. 著作権等について

原稿の採用、雑誌の編集等については、「電力経済研究」編集委員会がその責任を負います。しかしながら、各論文等の内容については、筆者にその責があります。

また、本誌に掲載されたすべての原稿の著作権は(財)電力中央研究所に帰属します。他の出版物等に転載を希望する場合には、「電力経済研究」編集委員会の承諾を得てください。

### 編集委員

内田 光穂	大河原 透
岡田 健司	馬場 健司
北村 美香	西村 一彦

<電力経済研究 NO. 44>

目 次

<論 文>

産業別の技術進歩率の計測と経済成長の要因分析

—1970年代後半以降の実証研究— ……………服部 恒明… 1  
宮崎 浩伸

信頼性制約を考慮したノーダルプライスに基づく需給運用

—送電線事故を考慮した場合— ……………岡田 健司…17

<研究ノート>

産業別日米生産性・価格比較 ……………門多 治…33  
渡辺 尚史

[解 説]

ユニペデのCO<sub>2</sub>排出権・電力取引実験……………大河原 透…45

[内外動向]

北米におけるパブリックインボルブメント ……………馬場 健司…49



# 産業別の技術進歩率の計測と経済成長の要因分析

## —1970年代後半以降の実証研究—

### Measuring technological progress and factor analysis of economic growth by Japanese industry

キーワード：生産関数、コブ・ダグラス型、技術進歩率、経済成長、バブル経済

服部 恒明 宮崎 浩伸

本研究では、コブ・ダグラス型生産関数を用い、我が国の1970年代後半以降の産業11部門を対象に、各部門の技術進歩率を計測し、経済成長の変化要因分析を行う。技術進歩率の計測には、推定期間の分割や各種タイムトレンド項の導入など、4通りの推定方法を試みる。そのうち最も良好な推定方法を選択し、その結果を使って、産業別の技術進歩率を明らかにし、分析期間を3期間に分割したときの技術進歩率の経年的な変化や産業間の比較検討を行う。そして、生産関数を使った経済成長の変化要因分析によって、各産業の資本、労働、技術進歩の3要素の経済成長への寄与度を明らかにし、日本産業の成長力を考察する。

1. はじめに
2. 生産関数による技術進歩率の計測
  - 2.1 分析モデル
  - 2.2 4通りの推定方法
  - 2.3 推定結果の比較
3. 産業別技術進歩率の計測
4. 産業別経済成長の要因分析
5. おわりに

## 1. はじめに

1990年代のバブル崩壊による戦後最長・最悪の不況の影響で、日本経済の構造は大きく変わりつつある。現状でも未だ景気回復力は乏しく、従来の右肩上がりの経済成長はもはや困難との見方が広まっている。

こうした中、日本経済の将来展望や政策提言を行うためにも、近年の構造変化を踏まえて、日本経済の潜在成長力を実証的に明らかにすることが喫緊の課題となっている。

経済成長力を捉えるためには、需要と供給の両面から総合的に分析する必要がある。本

研究では、生産関数の実証的研究によって、供給力の面から日本経済の成長力を産業別に明らかにすることを狙いとしている。特に、各産業の技術進歩率がどの程度のレベルにあり、どのように推移しているのかを明らかにする。そして、経済成長の変化要因分析によって、資本、労働、技術進歩の3要因の経済成長への影響を明らかにする。

本稿の構成は以下の通りである。まず2.では、通常の実証分析を使った推定結果について簡単に述べたあと、技術進歩率の経年的な変化を計測するための4通りの方法（推定モデル）を提示する。そして、これらの推定結果を比較検討し、どの推定方法が最も優れて

いるのかを明らかにする。3.では、選択した最良の推定方法によって得られた、産業11部門の技術進歩率の推定結果を示し、その経年的変化や産業間の差異などを明らかにする。4.では、同じ推定結果を使って産業別の経済成長の要因分析を行い、資本、労働、技術進歩の3要因の経済成長に対する寄与度や寄与率を計測し、産業の特徴を明らかにする。5.で主要な分析結果をまとめる。

## 2. 生産関数による技術進歩率の計測

### 2.1 分析モデル

計量経済分析では、供給面からの経済成長力や技術進歩率の計測には生産関数理論を適用することが一般的である。本研究もお馴染みの生産関数理論を実証分析に適用した。生産関数については、以下のように、最もよく利用される一次同次（収穫一定）のコブ・ダグラス型生産関数を採用した。

$$GDP = A(KP \cdot ROH)^\alpha (L \cdot LH)^\beta e^{\lambda TIME} \dots (1)$$

ここで、GDP：実質国内総生産、KP：実質民間企業資本ストック、ROH：稼働率指数、L：就業者数、LH：総実労働時間、TIME：タイムトレンド、ただし、収穫一定の条件の下に $\alpha + \beta = 1$ 。 $\alpha$ 、 $\beta$ は競争均衡の下ではそれぞれ資本分配率、労働分配率となる。 $\lambda$ は技術進歩率を表し、生産要素の投入が変化しなくても、単位時間の変化とともにGDPが $\lambda\%$ だけ増加することを示している。この場合、技術進歩は資本と労働の組み合わせを変えないという意味で中立型技術進歩と呼ばれる。

実際の推定に際しては、 $\alpha + \beta = 1$ の制約条件を考慮し、(1)式の両辺を $(L \cdot LH)$ で割り、以下のような対数線形関数で行った。

$$\begin{aligned} \log(GDP/(L \cdot LH)) = \\ c + \alpha \log(KP \cdot ROH/(L \cdot LH)) + \lambda TIME \\ (0 < \alpha < 1) \dots (2) \end{aligned}$$

しかし、1978～97年間のおよそ20年間を対象にSNA24産業部門別に推定した結果、多くの産業で係数推定値は95%有意水準で有意でなかった<sup>1</sup>。そこで後述するような産業11部門に集計して推定してみたが、やはり期待できるような結果は得られなかった。その原因としては日本経済の変動が激しかったことが考えられる。分析期間は日本経済がバブルの発生と崩壊の影響で大きく揺れた時代であり、90年代に入り従来の右肩上がりの経済成長が止まった時期を含んでいる。

このため Chow 検定を行い、構造変化が生じている年を特定し、前半と後半の期間に分けて分析したが、同様に期待されるような推定結果は得られなかった。

そこで分配率を固定した上で生産関数を推定する方法を採った。この方法は経済白書（平成11年版）や日銀のWorking Paper Series (1998)をはじめとして、近年の生産関数の分析でしばしば採用されている方法である。これらの先行業績では、技術進歩率の期間別の変化を捉えるために、アドホックな形で設定したタイムトレンド項を導入した関数を推定している。本研究ではこれら2つの先行業績を参考に関数を推定しており、ある意味ではこれらの先行業績の比較分析も併せて行うことになる。

上記(2)式の右辺の資本ストック項を左辺に移項すると次式が得られる。

$$\begin{aligned} \log(GDP/(L \cdot LH)) - \alpha \log(KP \cdot ROH \\ / (L \cdot LH)) = c + \lambda TIME \quad \dots (3) \end{aligned}$$

ここで、 $\alpha$ は資本分配率の推定期間の平均

<sup>1</sup> データ上の制約により、非製造業の総実労働時間は産業計の総実労働時間で代用している。以下の分析も同様である。

値である。この式を使えば、(2)式と同等なコブ・ダグラス型の生産関数を前提にしたときの技術進歩率を推定できる。この技術進歩率は成長会計で計測される総要素生産性(TFP)成長率に近い値となる<sup>2</sup>。

ところで、分配率については定義上いくつか考えられるが、ここでは以下の3通りを検討した<sup>3</sup>。

$$\text{労働分配率1} = \frac{\text{雇用者所得}}{\text{国内総生産}}$$

$$\text{労働分配率2} = \frac{\text{雇用者所得}}{\text{(国内要素所得+固定資本減耗)}}$$

$$\text{労働分配率3} = \frac{\text{雇用者所得}}{\text{国内要素所得}}$$

一方の資本分配率は(1-労働分配率)として定義される。表1はこれら3つの労働分配率を示したものである。そのレベルや趨勢的な変化は定義によって異なっている。

3つの分配率の違いは、固定資本減耗と純間接税(間接税-補助金)をどのように考えるのかによる。国内総生産=国内要素所得+純間接税+固定資本減耗であるから、労働分配率1では固定資本減耗と純間接税は共に資本の貢献分とみなされる。労働分配率2では固定資本減耗は資本の貢献分とみなされる

<sup>2</sup> 成長会計で計算される TFP 成長率は、付加価値成長率から各生産要素投入量成長率のコストシェアウエイトによる加重値を差し引いた残差として求められる。規模に関する収穫一定、生産物市場における完全競争などを条件とすれば、TFP 成長率はコブ・ダグラス型生産関数から求められる技術進歩率に等しくなる。一定の条件の下では、TFP 成長率=規模の経済性の効果+技術進歩の効果という関係が成立する(吉岡(1989))。通常、TFP 成長率はディビジア指数の離散型であるトランスログ指数が使用される。

本研究では、コブ・ダグラス型生産関数を前提としているため、TFP ではなく技術進歩という用語を使用する。また、通常の生産関数による推定結果と整合性を図るため、資本分配率  $\alpha$  については分析期間の平均値を使用する。

なお、成長会計から計測した TFP の先進国間の比較分析の事例として櫻井・宮崎(1999)がある。

<sup>3</sup> 分配率については、個人企業の営業余剰の扱いも問題となるが、本研究では検討していない。

表1 労働分配率

(1978~97年間の平均値)

産業	分配率1	分配率2	分配率3
農林水産・鉱業	0.23	0.25	0.31
素材産業	0.36	0.44	0.55
機械産業	0.63	0.63	0.76
その他製造業	0.54	0.67	0.76
建設業	0.53	0.60	0.66
卸・小売業	0.61	0.66	0.71
金融・保険業	0.61	0.61	0.65
不動産業	0.04	0.04	0.06
運輸・通信業	0.64	0.70	0.87
サービス業	0.47	0.56	0.64
電気・ガス・水道業	0.26	0.29	0.45
製造業計	0.51	0.59	0.71
非製造業	0.44	0.49	0.58
産業計	0.46	0.52	0.61

が、純間接税の影響は排除される。分配率3は最も一般的な労働分配率の定義であるが、固定資本減耗と純間接税の影響は共に排除される。

これら3つの定義を使って、それぞれ(3)式の生産関数の推定を行った結果、フィットの点からみると、概ね、労働分配率が大いほど(資本分配率  $\alpha$  が小さいほど)良好な推定結果が得られた。

しかし、本研究では、生産関数理論に依拠し、データも国内純生産ではなく国内総生産を使用するため、固定資本減耗を資本の貢献分とみなすとともに、純間接税の影響を排除することが理論的に適切と考え、分配率2を採用することとした。

## 2.2 4通りの推定方法

本分析の最大の目的は、各産業の技術進歩率が、近年どのように変化しているのかを計測することである。図1は上記(3)式の左辺について、その実績値をプロットしたものである。前述の通り、これは技術進歩のレベルを表すもので、TFPに近い値を示している。したがって、これを直線で回帰すると、技術進歩率は推定式の係数(直線の勾配)と

して計測されることになる。図から分かるように、機械産業と卸・小売業では明らかに変化のパターンが異なっている。機械産業では全期間を通じて上昇トレンドが持続しているが、卸・小売業では90年代に入り上昇トレンドがなくなったように見える。

本研究では、こうした変化をうまく抽出するための推定方法をいくつか検討した。計量経済学的には構造変化に対しては Chow 検定を行うことが最も望ましいが、前述したように良好な結果が得られなかった。このため、前述の2つの先行業績を参考に、景気循環を考慮して期間を分割する方法を採った<sup>4</sup>。

推定に際しては、上記(3)式を基本に推定期間を分割する方法(推定期間分割方式)、推定期間を分割しない代わりにアドホックな形で設定した複数のタイムトレンド項を導入する方法(推定期間非分割・複数タイムトレンド導入方式)の、大別して2通りの方法を採用した。そして、後者については、上記の2つの先行業績を含む3つの方法を採用し、推定結果を総合的に評価することにした。ここで分かり易く表示するため、後者の3つをモデルA、B、Cと呼ぶことにする。

#### (1) 推定期間を分割する方法

通常よく採られる方法は推定期間を分割する方法である。以下のように、上記(3)式を使って、景気循環を考慮して期間を3分割して推定する。

ただし、推定期間は、第1期：78～86年、

<sup>4</sup> 基準日付による景気循環(谷から谷までの期間：月次ベース)は以下のように区分されている。第8景気循環：75年3月～77年10月、第9景気循環：77年10月～83年2月、第10景気循環：83年2月～86年11月、第11景気循環：86年11月～93年10月、第12景気循環：93年10月～99年4月。

本研究では年次ベースのデータを使用しており、期間の区分については、バブルの発生・崩壊に伴う景気循環を考慮して、第1期は第8～第10景気循環、第2期は第11景気循環、第3期は第12景気循環にほぼ対応するよう設定した。

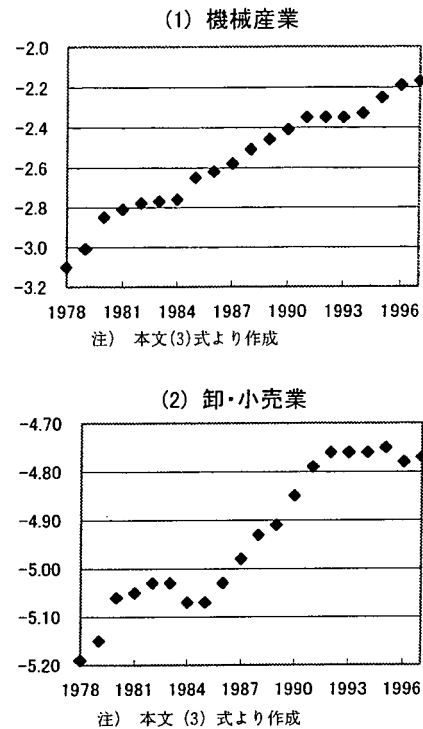


図1 技術進歩要因の推移

第2期：86年～94年、第3期：94～97年である<sup>5</sup>。

#### (2) モデルA

経済白書平成11年版(経済企画庁編(1999))では、推定期間を分割する代わりに、複数のタイムトレンド項を導入した以下のモデルを推定し、技術進歩率を計測している。

$$\begin{aligned} & \log(\text{GDP}/(\text{L} \cdot \text{LH})) \\ & - \alpha \log(\text{KP} \cdot \text{ROH}/(\text{L} \cdot \text{LH})) \\ & = c + \lambda_1 T_1 + \lambda_2 T_2 + \lambda_3 T_3 \end{aligned}$$

ここで、 $\alpha$ ：資本分配率(推定期間平均値)。  
 $T_1$ ：第1期(78～86年)は一次増加(1, …, 9)、以降横這い。 $T_2$ ：第1期ゼロ、第2期(87年～93年)一次増加(1, …, 7)、以降横

<sup>5</sup> 第2期の推定期間については、その両端を第1期、第3期と重なるように設定した。これは推定期間非分割方式では合成されたタイムトレンドとして折れ曲がった連続的な形状が想定されており、これとの整合性を高めるためである。



這い。T3：第1期、第2期ゼロ、第3期(94~97年)一次増加(1, …4)。

技術進歩率は3期間で異なると想定し、タイムトレンドは上記の通り3つ導入されている。その形状は図2(1)に示す通りである<sup>6</sup>。各期の技術進歩率は第1期では $\lambda_1$ 、第2期では $\lambda_2$ 、第3期では $\lambda_3$ として計測される。

(3) モデル B

日銀の Working Paper Series (松浦・渡辺・植村(1998))では、以下のモデルを推定している。

$$\log(\text{GDP}/(\text{L}*\text{LH})) - \alpha \log(\text{KP}*\text{ROH}) / (\text{L}*\text{LH}) = c + \lambda_1 T_1 + \lambda_2 T_2$$

ここで、 $\alpha$ ：資本分配率(推定期間平均値)。T1：全期間一次増加(1, …20)。T2：第1期ゼロ、第2期(87~93年)一次増加(1, …7)。第3期(94~97年)以降横這い。

バブル期を考慮して、係数推定値が第2期のみが異なるとの見方から、2つのタイムトレンド項が導入されている<sup>7</sup>。タイムトレンドの形状は図2(2)に示す通りである。この方法では、技術進歩率は、第1期では $\lambda_1$ 、第2、第3期では共に $\lambda_1 + \lambda_2$ として計測される。ただし、第2のタイムトレンド項が第3期では横這いとなるため、第1期と第3期の技術進歩率は同一となる。

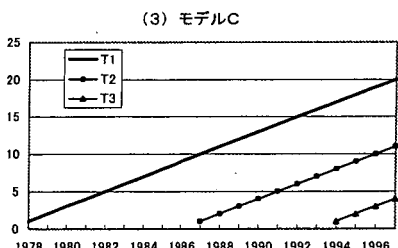
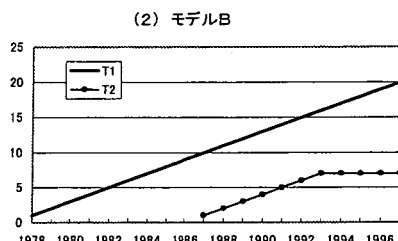
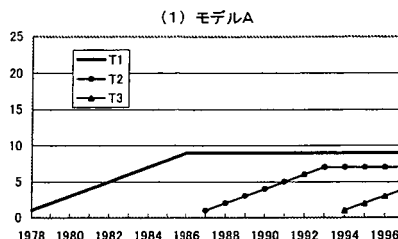


図2 3つのモデルにおけるタイムトレンドの形状

(4) モデル C

モデル B では、第1期と第3期が同一との前提であったが、これを3期間とも異なることを想定すると、以下のタイムトレンドを設定することができる。

$$\log(\text{GDP}/(\text{L}*\text{LH})) - \alpha \log(\text{KP}*\text{ROH}) / (\text{L}*\text{LH}) = c + \lambda_1 T_1 + \lambda_2 T_2 + \lambda_3 T_3$$

ここで、 $\alpha$ ：資本分配率(推定期間平均値)。T1：全期間一次増加(1, …20)。T2：第1期ゼロ、第2期、第3期一次増加(1, …11)。T3：第1期、第2期ゼロ、第3期一次増加(1, …4)。

タイムトレンドは3つ導入されており、その形状は図2(3)に示されている。この方法では、技術進歩率は、第1期では $\lambda_1$ 、第2期では $\lambda_1 + \lambda_2$ 、第3期では $\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3$ となり、第2期以降の技術進歩率は係数推定値を順次

<sup>6</sup> 経済白書平成11年版で設定されているタイムトレンド項は、景気循環(谷から谷まで)に注目して3つ設定されており、次のような四半期ベースのものである。T1:第1期(75年第1四半期~86年第4四半期)は一次増加、以降横這い。T2:第2期(87年第1四半期~93年第4四半期)一次増加、以降横這い。T3:第3期(94年第1四半期~)一次増加。したがって、T1は第8~第10景気循環、T2は第11景気循環、T3は第12景気循環に対応した期間となっている(脚注4参照)。

<sup>7</sup> 実際に使用されているタイムトレンド項は、四半期ベースのもので次の通りである。T1:全期間一次増加。T2:第1期はゼロ、第2期(85年第1四半期~92年第1四半期)一次増加、第3期(92年第1四半期)横這い。したがって、期間の分割は上記の経済白書平成11年版のものとは若干異なる。

加算したものとなる。

### 2.3 推定結果の比較

以上4通りの方式で推定した結果を比較検討しよう。まず、推定方式の違いに伴う係数推定値の検定の意味を考察する。推定期間分割方式と異なって、推定期間非分割・複数タイムトレンド導入方式のモデルA~Cでは、2接続時点において直線が連続するという制約が置かれている。しかし、いずれの推定方式でも技術進歩率は各期間で異なるものとして係数推定値を検定する。ただし、モデルBでは第1期と第3期の技術進歩率は同一という制約が置かれている。推定期間分割方式とモデルAでは、いずれも各期間の技術進歩率のレベルを計測するもので、技術進歩率が期間毎に有意に0と差がないかどうかを検定する。モデルBでは、技術進歩率が第2期と他の期間と差がないかどうかを検定する。モデルCでは、第2期、第3期の技術進歩率がそれぞれ前期と差がないかどうかを検定する。

紙幅の制約もあるため、以下では、製造業からは機械産業を、非製造業からは卸・小売業を代表的な産業として取り上げる。機械産業は技術進歩率や成長率が高い産業であり、卸・小売業は低い産業である。

表2は、これら2つの産業について4通りの推定結果をまとめたものである。

機械産業からみると、まず、推定期間を3分割した推定結果では、決定係数は第1期でやや低く0.90を下回っているが、係数推定値はいずれの期間も有意である（有意水準は95%で以下同じ）。技術進歩率は、第1期（78~86年）では5.3%、第2期（86~93年）では4.2%、第3期（93~97年）では5.4%である。

一方、推定期間を分割しない代わりに、複数のタイムトレンドを導入した3つのモデルの推定結果は以下の通りである。

モデルAの推定結果では、上記の方法と比べて、決定係数が0.98と高く、係数推定値もすべて有意である。技術進歩率は、第1期（78~86年）では5.6%、第2期（87~93年）では3.9%、第3期（94~97年）では3.7%である。上記の推定期間分割方式と比べると、第3期では1.7%の差がみられるほかはほぼ同じ結果となっている。

モデルBでは、決定係数はモデルAとほとんど同じであるが、第2のタイムトレンド項が有意でない。つまり、第2期の技術進歩率は他の期間と比べて有意な差があるとは言えない。技術進歩率は前述の通り、係数推定値の加算値として計測される。それによれば、第2のタイムトレンド項が有意ではないが、技術進歩率は、各期それぞれ5.4%、3.6%、5.4%である。第1期と第3期は前述の通り同じ値になる。第1期と第2期はモデルAと同程度のレベルとなっている。

モデルCをみると、決定係数（自由度修正済み）、DW（ダービン・ワトソン比）、定数項はすべてモデルAと同じである。ただし、第2期、第3期の係数推定値は有意ではなく、3期間を通して技術進歩率に有意な差があるとは言えない。第2期以降の技術進歩率は加算値として計測される。第2、第3期は有意でないが、係数を加算すると、各期それぞれ、5.6%、3.9%、3.7%であり、モデル1と全く同じ値となっている。このように、決定係数、DW、係数推定値でみる限り、モデルAとモデルCは同じ結果を示している。技術進歩率の推移をみると、モデルAとモデルCでは、機械産業の技術進歩率は、いずれも第1期に比べて第2期、第3期が若干の低下を示している。しかし、このような差

表2 推定方法の比較

(1) 機械産業

a) 推定期間分割方式

	定数項	TIME	R2	DW
1978-1986	108.725 (8.07)	0.0534 (7.86)	0.8836	1.0939
1986-1993	-85.1981 (9.38)	0.04156 (9.10)	0.9212	0.9092
1993-1997	-109.596 (8.38)	0.05395 (8.23)	0.9435	2.5947

注) ()内はt値、R2は自由度修正済み決定係数、DWはダービン・ワトソン比(以下同じ)。

b) 推定期間非分割・複数タイムトレンド導入方式

	定数項	T7886	T8793	T9497	R2	DW
モデルA	-3.09392 (107.60)	0.05563 (12.03)	0.03901 (7.83)	0.03658 (3.39)	0.9766	1.0699
モデルB	-3.07946 (105.98)	0.05353 (11.36)	-0.0173 (1.91)		0.9739	0.9107
モデルC	-3.09392 (107.60)	0.05563 (12.03)	-0.01661 (1.93)	-0.00243 (0.17)	0.9766	1.0699

(2) 卸・小売業

a) 推定期間分割方式

期間	定数項	TIME	R2	DW
1978-1986	-31.0497 (2.85)	0.01291 (2.35)	0.361	0.8007
1986-1993	-88.0582 (18.09)	0.04183 (17.09)	0.9765	1.5092
1993-1997	-1.83048 (0.24)	-0.00108 (0.29)	-0.2976	3.2812

b) 推定期間非分割・複数タイムトレンド導入方式

方式	定数項	T7886	T8793	T9497	R2	DW
モデルA	-5.15259 (245.19)	0.01528 (4.52)	0.04004 (10.99)	-0.01066 (1.35)	0.9583	0.9335
モデルB	-5.13288 (205.18)	0.01242 (3.06)	0.02382 (3.05)		0.9355	0.6115
モデルC	-5.15259 (245.19)	0.01528 (4.52)	0.02476 (3.94)	-0.0507 (4.85)	0.9583	0.9335

は95%の有意水準でみれば有意でなく、全期間を通じてほぼ一定と言える<sup>8</sup>。

次に、卸・小売業について比較しよう。まず、推定期間分割方式では、第1期、第3期の決定係数がかなり低く、良好な結果とは言えない。係数推定値も第3期は有意でない。

<sup>8</sup> ただし、90%有意水準では第2期は有意であり低下したとみることでもできるため、断定的には言えない。モデルBの結果についても同様である。

つまり、第3期の技術進歩率は0と有意な差はないと言える。技術進歩率は、各期それぞれ、1.3%、4.2%、0%である。

一方、推定期間非分割・複数タイムトレンド導入方式をみると、まず、モデルAでは、決定係数は0.96と非常に高い。技術進歩率は、第1期1.5%、第2期4.0%であり、共に有意である。第3期については非有意であり、技術進歩率は0と有意な差はないと言える。こうした結果は、前述の推定期間分割方式と比べて整合的である。

モデルBでは、決定係数はモデルAより若干低い。すべての係数は有意である。つまり第2期は他の期間と比べて技術進歩率に差があると言える。技術進歩率は、第1期では1.2%、第2期では3.6%、第3期では第1期と同じ1.2%である。

モデルCは、機械産業の場合と同様に、モデルAと同じ結果を示している。加算して計算された技術進歩率は、各期それぞれ1.5%、4.0%、-1.1%である。ただし、係数推定値はすべて有意であることから、第2期、第3期の技術進歩率は、共に前の期と有意な差があると言える。

以上より次のようにまとめることができる。上記(3)式を推定する場合、推定期間分割方式と、推定期間非分割・複数タイムトレンド導入方式とでは、モデルBを除けば、推

定された技術進歩率は概ね同様な値を示している。しかし、推定期間分割方式では、推定された直線は期間の変わり目で不連続となり、また、推定期間が短くサンプルに制約がある場合はうまく推定できないことが多い。モデル B は特殊な制約が置かれている点で問題が残る。より詳しく調べるため、11 産業別の推定結果をみると、モデル A とモデル C では、技術進歩率は第 1 期と第 3 期では有意に異なる産業が多い。このため、モデル B は制約が強すぎると言うことになる。モデル A とモデル C は同じ値の技術進歩率を与えるが、係数推定値のもつ意味が異なる。モデル A では係数推定値が技術進歩率を表しており加算する必要が無く便利であるが、モデル C では前期との差を検定するため技術進歩率の経年変化をみる上で有益であると考えられる<sup>9</sup>。

### 3. 産業別技術進歩率の計測

次に、以上 4 つの方式のうち、モデル C の推定結果については補足的に用いることとし、最も便利で優れていると考えられるモデル A による推定結果に基づき、産業別の技術進歩率の経年的な変化や特徴などを調べる。表 3 は、その推定結果をまとめたものである。産業分割については、SNA の 24 部門に基づき、農林水産・鉱業、素材産業、機械産業など 11 部門に集計し、さらに製造業と非製造業の大別 2 部門に集計した。

まず製造業についてみる。素材産業の技術進歩率は、第 1 期（78～86 年）では -1.4%、第 2 期（87～93 年）では 0.4%、第 3 期

（94～97 年）では 1.3% である。経年的には、第 1 期より第 2 期、第 3 期の方が高く、しかもプラスに転じていることは興味深い。有意でないため、技術進歩の上昇傾向が定着しているとは言えない。しかし、鉄鋼産業を中心に製造工程の改善や高付加価値化が進められており、この動きをある程度まで反映しているとみることが出来る。

機械産業では、係数推定値はすべて有意であり、技術進歩率は各期それぞれ 5.6%、3.9%、3.7% であり、他の産業を引き離して高い水準にある。技術進歩率が全期間を通じて 3% を越えているのは機械産業のみであり、我が国の技術進歩はそのほとんどを機械産業に依存していると言えよう。機械産業の技術進歩率は第 2 期以降に低下しているようにも見受けられる（注 8 参照）。

その他製造業の技術進歩率は、各期それぞれ 0.9%、-1.3%、-0.7% である。全体的に技術進歩率のレベルは低く、第 2 期以降はマイナスないしほぼゼロとなっている。

次に、非製造業についてみると、農林水産・鉱業では各期それぞれ -2.3%、-1.3%、-2.0% と、全期間を通じてマイナスの技術進歩率となっている。長期に渡り 1% を越えるマイナスの技術進歩率が続いているのは農林水産・鉱業のみであり、従来から言われているように生産性の低さを物語っている。

建設業、卸・小売業、金融・保険業の 3 業種はバブルを反映した動きを示している。

建設業の技術進歩率は各期それぞれ -1.7%、3.0%、-6.1% であり、第 2 期に上昇し第 3 期には大幅なマイナスとなっている。係数推定値はいずれも有意で全期間平均では -1.6% であり、技術進歩率はマイナスと考えられる。

卸・小売業の技術進歩率は各期それぞれ 1.5%、4.0%、-1.1% となっている。やは

<sup>9</sup> 例えば、機器の普及率データについて連続した折れ線を推定する場合にも、モデル A または C による推定方式は利用価値が高いと考えられる。

表3 産業別技術進歩率の計測結果

産業	定数項	T7886	T8793	T9497	R2	DW
農林水産・鉱業	-5.31906 (200.38)	-0.02269 (5.32)	-0.01335 (2.90)	-0.01972 (1.98)	0.882	2.2186
素材産業	-3.28173 (156.33)	-0.01413 (4.19)	0.00437 (1.20)	0.01281 (1.63)	0.5126	2.3635
機械産業	-3.09392 (107.60)	0.05563 (12.03)	0.03901 (7.83)	0.03658 (3.39)	0.9766	1.0699
その他の製造業	-2.54148 (117.52)	0.00888 (2.55)	-0.01326 (3.54)	-0.00718 (0.89)	0.5523	1.7624
建設業	-5.03046 (185.41)	-0.01665 (3.82)	0.02963 (6.30)	-0.06106 (6.00)	0.7055	0.9387
卸・小売業	-5.15259 (245.19)	0.01528 (4.52)	0.04004 (10.99)	-0.01066 (1.35)	0.9583	0.9335
金融・保険業	-5.08943 (86.95)	0.04456 (4.73)	0.02457 (2.42)	-0.03448 (1.57)	0.7825	0.553
不動産業	-9.8464 (252.55)	-0.03499 (5.58)	-0.05235 (7.74)	0.01347 (0.92)	0.9405	0.7257
運輸・通信業	-4.44223 (223.43)	0.0208 (4.69)	0.01157 (3.83)	0.0033 (0.53)	0.7979	2.1389
サービス業	-5.5265 (169.64)	-0.0304 (5.80)	-0.02161 (3.83)	0.00115 (0.09)	0.8887	0.5956
電気・ガス・水道	-9.13014 (248.32)	-0.00955 (1.62)	-0.00065 (0.10)	-0.00787 (0.57)	0.1612	0.6522
製造業計	-2.90985 (236.31)	0.01567 (7.91)	0.01613 (7.56)	0.01537 (3.33)	0.9652	1.5167
非製造業計	-3.03553 (247.81)	-0.00205 (0.75)	0.00889 (4.78)	-0.01426 (3.73)	0.5261	1.6255
産業計	-3.03796 (322.45)	0.00441 (2.10)	0.01179 (8.24)	-0.00592 (2.01)	0.91	1.8312

注1) 上表はモデルAによる推定結果をまとめたものである。

2) ()内はt値、R2は修正済み決定係数、DWはダービン・ワトソン比

3) 運輸・通信業、非製造業、産業計はNTTの民営化に伴う構造変化ダミーが導入されている。

りバブルの影響を反映して、第2期に上昇し第3期には低下している。

金融・保険業は各期それぞれ4.5%、2.5%、-3.4%となっている。従来の高水準のプラスから第3期には大幅に低下していることが特徴的である。これは金融不況とも言われた平成不況の影響によるものと考えられる。

不動産業とサービス業は、上記3産業と異

なって、第3期の技術進歩率は、それまでのマイナスからゼロのレベルにまでむしろ幾分上昇している。

不動産業の技術進歩率は各期それぞれ-3.5%、-5.2%、1.3%である。

サービス業の技術進歩率は各期それぞれ-3.0%、-2.2%、0.1%である。

ただし、これら2産業の第3期のプラス方

向への変化については、係数推定値が非有意であるため確定はできない<sup>10</sup>。

運輸・通信業では、当然のことながら制度変更に伴う NTT ダミーなどを入れた関数の方が推定結果は良い。このダミーを入れた推定結果でみると、技術進歩率は各期それぞれ 2.1%、1.2%、0.3%であり、高水準とは言えない<sup>11</sup>。情報化による生産性上昇効果は、情報産業自体よりもむしろ情報技術を利用した他の産業で現れることを、この結果は示唆しているのかもしれない。さらには、運輸業と通信業とが集計されていることによる推定上のバイアスの可能性もあるため、今後検討を要する<sup>12</sup>。

電気・ガス・水道業では、技術進歩率は、-1.0%、-0.1%、-0.8%である。推定値はいずれも有意でないため、技術進歩率はほぼゼロの水準にあると考えられ、また、多くの非製造業におけるような景気変動の影響も見受けられない<sup>13</sup>。

次に、製造業、非製造業、産業計という集計レベルでの推定結果をみてみよう。

まず、製造業をみると、技術進歩率は各期それぞれ 1.6%、1.6%、1.5%、全期間平均で 1.6%と、比較的高いレベルで安定的に推移している。上記の通り、機械産業の技術進歩率がプラスで高い半面、素材産業とその他

製造業の技術進歩率は概ねゼロかマイナスと低く、これらが相殺された形となっている。

一方、非製造業の技術進歩率は各期それぞれ -0.2%、0.9%、-1.4%と、製造業と異なっており、大幅に低いレベルにあり、しかも景気動向を反映した動きを示している。特に、第3期の技術進歩率は1%台のマイナスである。こうした傾向は、上記の通り、非製造業の多くの産業で技術進歩率がゼロないしマイナスとなっており、景気変動の影響を受けているためである。技術進歩率が2%を超えるのは、第1期、第2期の金融・保険業、第2期の建設業、第1期の運輸・通信業のみである。

産業計をみると、技術進歩率は各期それぞれ 0.4%、1.2%、-0.6%であり、全期間平均では 0.5%（各期のサンプル数をウェイトとした加重平均値）である。大まかに言えば、90年の GDP は製造業が約 1/3、非製造業が約 2/3 を占めており、これをウェイトとする両者の加重値に近い値となっている。技術進歩率は製造業では高いものの、ウェイトの大きい非製造業が低いため全産業では低いレベルとなる。しかし、より正確には、技術進歩率は機械産業のみが突出して高いが、その他の産業は製造部門も含めておしなべて低いため、産業平均の技術進歩率も低い水準に留まっていると言うべきであろう。

以上でみたように、非製造業の多くは景気循環を反映した動きを示している。その理由として次のように考えられる。前述したように、生産関数から推定される技術進歩率は、成長会計から計測される TFP 成長率に近い概念であり、純粋な意味での技術進歩のほか需要要因などさまざまな残差的な影響を含んでいる。技術的な関係を表す生産関数理論は、もともと製造業と比べて非製造業には適合度が弱い。例えば、卸・小売業では、需要

<sup>10</sup> 不動産業では 90 年代に入っても住宅賃貸業が安定的に伸びており、また、サービス業では対事業所サービスが好調を維持している。このような産業内での動きについて分析する必要がある。

<sup>11</sup> モデル C の推定結果では、第 2 期、第 3 期ともに 90%水準でも非有意であるため、技術進歩率が低下の傾向にあるとは言えない。

<sup>12</sup> 運輸業と通信業では産業の性格が異なる。成長率でも、運輸業は 90 年代に入り大幅に低下したが、通信業は従来からの高成長を維持している。

<sup>13</sup> 電気・ガス・水道業の推定結果は良好ではない。本研究とは別の理論を適用し、各社の財務データなどを使って、電気事業の部門別に非効率性を考慮した総合生産性（マルムキスト TFP 指標）を計測した分析例として、北村（2000）、筒井（1999）などがある。

要因によって販売数量が増える場合、短期的には生産要素を増やさなくても対応が可能であり、そのため結果的に生産性が上昇するという側面が強い。これに対して、機械産業などの製造業では、生産数量を増やすにはそれに見合っただけ生産要素を投入しなければならないという技術的な関係が成立していると考えられる。換言すれば、生産要素の調整のスピードが遅ければ、技術進歩率に景気循環的な変動が現れる。製造業（特に機械産業）ではこの調整スピードが速く、非製造業では遅いため、非製造業の生産性に景気循環変動が現れると考えられる。このように、技術進歩率の計測結果の解釈については、特に、景気循環の影響を十分考慮すべきである。

#### 4. 産業別経済成長の要因分析

次に、モデル A で推定された生産関数を使って、実質 GDP の変化要因分析を行い、資本、労働、技術進歩という 3 つの要因の経済成長への寄与度を産業別に明らかにする。表 4-1、表 4-2、図 3 はその主要な結果を示したものである。なお、金融・保険業、不動産業、サービス業については、第 3 期の GDP 成長率の推計誤差が 2% ポイントを超えているため記載を省略した。

まず、大別 2 分類からみると、製造業計では、GDP 成長率は、第 1 期（78～86 年）4.4%、第 2 期（87～93 年）3.7%、第 3 期 3.5%（93～97 年）と安定的な伸びを示している（表 4-1）。第 1 期と比べて第 2 期、第 3 期の成長率はやや低下しているが、非製造業と比べてバブルの影響による大幅変動はみられない。寄与度をみると、資本ストックは全期間を通じて 2% 程度のレベルにあるが、労働の寄与度は全期間平均では 0.1% と小さく経年的には低下の傾向がみられる。労働の低

下傾向は就業者数の伸び鈍化と労働時間の短縮の影響によるものである。技術進歩は各期とも 1.6% 程度であり、前述の通り、製造業平均では低下の傾向はみられない。寄与度の相対的な大きさを示す寄与率でみると、資本ストックは全期間平均では 57.0% と最も高く、次いで技術進歩も 41.2% と高水準であるが、労働の寄与率はわずか 1.8% と小さい。経年的には、労働の寄与率が低下する半面、資本ストックと技術進歩率の寄与率が上昇している。

非製造業については、GDP 成長率は、各期それぞれ 3.9%、4.2%、1.7% と、バブルの影響が強く出ており、成長率はバブル期を含む第 2 期が高く、バブル崩壊後の第 3 期が最も低い。成長寄与度では、資本ストックは、全期間を通じて 3～4% と製造業を上回る高い水準にあるが、労働の寄与度は平均 0.2% とわずかである。製造業では高かった技術進歩の寄与度は変動がやや大きいものの、平均ではほぼゼロとなっている。これを寄与率でみると、資本ストックは全期間平均で 95.7% と非常に高いが、労働の寄与率は 5.9% と小さく、技術進歩に至っては 1.6% と経済成長に全く貢献していないことが判然とする。ところが、経年的にみると、技術進歩の寄与率は各期それぞれ 4.9%、20.9%、63.5% と、景気動向を反映して大幅な変動を示している。その結果、資本ストックの寄与率も変動が大きい。

産業計についてみると、GDP 成長率は、各期それぞれ 4.0%、4.1%、2.2% である。産業計の数値は当然のことながら製造業と非製造業、ないし各個別産業の数値の GDP ウェイトによる加重値に近くなる（ウェイトは前述の通り）。成長寄与度では、資本ストックは変動が小さく、全期間平均では 3.1% と高いレベルにある。労働の寄与度は 0.2% と

表 4-1 実質GDP成長率の変化要因分析

産業計	寄与度(%)				寄与率(%)			
	78-86	87-93	94-97	78-97	78-86	87-93	94-97	78-97
実質GDP成長率1	4.0	4.1	2.2	3.7				
実質GDP成長率2	4.1	4.1	2.4	3.7	100.0	100.0	100.0	100.0
資本	3.3	3.0	2.9	3.1	80.1	73.0	119.2	82.5
労働	0.4	-0.1	0.1	0.2	9.3	-2.1	5.5	4.2
技術進歩	0.4	1.2	-0.6	0.5	10.6	29.0	-24.7	13.2
残差	-0.1	0.0	-0.2	-0.1				
製造業計	78-86	87-93	94-97	78-97	78-86	87-93	94-97	78-97
実質GDP成長率1	4.4	3.7	3.5	3.9				
実質GDP成長率2	4.4	3.6	3.0	3.8	100.0	100.0	100.0	100.0
資本	2.3	2.2	2.1	2.2	51.3	59.3	68.8	57.0
労働	0.6	-0.1	-0.6	0.1	13.1	-3.8	-19.7	1.8
技術進歩	1.6	1.6	1.5	1.6	35.6	44.5	50.9	41.2
残差	0.0	0.1	0.5	0.1				
非製造業計	78-86	87-93	94-97	78-97	78-86	87-93	94-97	78-97
実質GDP成長率1	3.9	4.2	1.7	3.6				
実質GDP成長率2	4.1	4.3	2.2	3.8	100.0	100.0	100.0	100.0
資本	4.0	3.4	3.3	3.6	96.3	80.2	145.0	95.7
労働	0.4	0.0	0.4	0.2	8.6	-1.1	18.5	5.9
技術進歩	-0.2	0.9	-1.4	-0.1	-4.9	20.9	-63.5	-1.6
残差	-0.2	0.0	-0.5	-0.2				

非常に小さい。技術進歩の寄与度は製造業計では1%台半ばであったが、非製造業のほぼゼロ%という低さが影響して、産業計では0.5%と低いレベルに留まっている。経年的には、資本ストックの寄与度は、第1期と比べて第2期、第3期は若干低下しているものの、比較的安定した動きを示している。技術進歩は非製造業の影響で景気変動を反映している。寄与率でみると、資本ストックが平均82.5%、技術進歩は13.2%、これに対して労働は4.2%と小さい<sup>14</sup>。経年的にみると、技術進歩と資本ストックの寄与率は景気循環を反映した動きを示している。

次に、個別産業の動きを調べる(表4-2)。素材産業については、GDP成長率は各期それぞれ0.5%、3.7%、3.2%であり、第1期と比べて第2期、第3期の成長率が高い。成

長寄与度をみると、全期間平均では、資本ストックは圧倒的に大きい。労働、技術進歩の寄与度はいずれも小さく若干のマイナスとなっている。経年的にみると、90年代にかけて技術進歩の寄与が高まっているが、前述した通り、係数推定値の有意性に問題があるため断定はできない。

一方、代表的なリード産業である機械産業をみると、GDP成長率は、各期それぞれ11.4%、6.0%、6.8%と高いレベルを示しているが、第2期以降の成長率は第1期より大幅に低下している。成長率が第2期の方が第3期よりやや低いのは、バブル崩壊初期の92、93年における急激な落ち込み(マイナス成長)の影響によるものである。成長寄与度をみると、資本ストックの寄与度は変動が小さく、全期間を通じて2.5%前後と製造業計よりやや高いレベルにある。労働の寄与度は就業者数の低下を反映して第1期の2%弱のプラスから第2期、第3期には0.2~0.3%のマイナスへと低下している。技術進歩率も第1期の5.6%から第3期には3.7%へと低下しているが、なお高い水準を維持してい

<sup>14</sup> 吉川(1999)では、成長会計による計測例として、我が国の経済成長率には資本とTFPの寄与が圧倒的に大きく労働の寄与は小さいこと、また、TFPは成長の結果でもることが示されており、成長の源泉についてはサプライ・サイドではなくデマンド・サイドの立場から需要創出の重要性が説かれている。



表 4-2 実質GDP成長率の変化要因分析(個別産業)

	寄与度(%)				寄与率(%)			
	78-86	87-93	94-97	78-97	78-86	87-93	94-97	78-97
<b>農林水産・鉱業</b>								
実質GDP成長率1	0.2	-1.2	0.6	-0.2				
実質GDP成長率2	0.7	-0.7	0.6	0.1	100.0	100.0	100.0	100.0
資本	3.7	1.7	2.9	2.8	548.6	-234.5	515.4	2148.9
労働	-0.8	-1.2	-0.4	-0.8	-115.5	155.3	-68.2	-636.3
技術進歩	-2.3	-1.3	-2.0	-1.9	-333.2	179.2	-347.2	-1412.6
残差	-0.5	-0.5	0.1	-0.4				
<b>素材産業</b>								
実質GDP成長率1	0.5	3.7	3.2	2.3				
実質GDP成長率2	1.2	3.3	3.1	2.4	100.0	100.0	100.0	100.0
資本	2.6	2.9	2.3	2.7	217.2	88.4	74.8	112.2
労働	0.0	-0.1	-0.5	-0.1	-0.5	-1.5	-16.3	-5.3
技術進歩	-1.4	0.4	1.3	-0.2	-116.7	13.1	41.5	-6.9
残差	-0.7	0.4	0.1	-0.1				
<b>機械産業</b>								
実質GDP成長率1	11.4	6.0	6.8	8.5				
実質GDP成長率2	10.3	5.8	5.8	7.7	100.0	100.0	100.0	100.0
資本	2.8	2.1	2.5	2.5	27.0	35.9	42.4	31.9
労働	2.0	-0.2	-0.3	0.7	19.0	-2.7	-5.1	9.1
技術進歩	5.6	3.9	3.7	4.5	54.0	66.8	62.7	59.0
残差	1.1	0.2	1.0	0.7				
<b>その他製造業</b>								
実質GDP成長率1	3.0	1.4	-0.8	1.6				
実質GDP成長率2	3.2	0.8	0.3	1.7	100.0	100.0	100.0	100.0
資本	2.3	2.3	1.9	2.2	72.3	299.0	666.1	132.5
労働	0.0	-0.2	-0.9	-0.3	-0.5	-26.1	-320.2	-16.6
技術進歩	0.9	-1.3	-0.7	-0.3	28.2	-172.9	-245.9	-15.9
残差	-0.2	0.7	-1.1	-0.1				
<b>建設業</b>								
実質GDP成長率1	0.5	6.1	-2.3	2.0				
実質GDP成長率2	0.7	6.6	-2.9	2.1	100.0	100.0	100.0	100.0
資本	2.6	2.7	2.4	2.6	349.7	40.5	-81.5	119.6
労働	-0.2	1.0	0.8	0.5	-21.6	14.9	-28.6	22.1
技術進歩	-1.7	3.0	-6.1	-0.9	-228.1	44.6	210.1	-41.7
残差	-0.2	-0.5	0.6	-0.2				
<b>卸・小売業</b>								
実質GDP成長率1	4.9	4.9	1.3	4.1				
実質GDP成長率2	4.2	4.9	0.6	3.7	100.0	100.0	100.0	100.0
資本	2.3	2.0	1.7	2.1	54.2	40.3	303.6	55.4
労働	0.4	-1.1	-0.1	-0.2	9.8	-21.2	-15.4	-6.2
技術進歩	1.5	4.0	-1.1	1.9	36.0	80.9	-188.2	50.8
残差	0.6	0.0	0.7	0.4				
<b>運輸・通信業</b>								
実質GDP成長率1	3.6	3.6	2.6	3.4				
実質GDP成長率2	7.6	3.9	2.4	5.1	100.0	100.0	100.0	100.0
資本	4.9	2.6	1.9	3.4	64.9	66.5	77.7	66.6
労働	0.6	0.2	0.2	0.3	7.6	4.2	8.5	6.7
技術進歩	2.1	1.2	0.3	1.4	27.5	29.3	13.7	26.7
残差	-3.9	-0.4	0.2	-1.8				
<b>電気・ガス水道業</b>								
実質GDP成長率1	4.8	3.8	3.9	4.3				
実質GDP成長率2	4.1	3.2	5.1	4.0	100.0	100.0	100.0	100.0
資本	4.5	3.1	5.7	4.2	109.2	97.7	112.0	106.5
労働	0.6	0.1	0.2	0.3	14.1	4.3	3.5	8.4
技術進歩	-1.0	-0.1	-0.8	-0.6	-23.3	-2.0	-15.5	-14.9
残差	0.7	0.6	-1.2	0.3				

注1) 上表はモデルAによる分析結果をまとめたものである。

2) 実質GDP成長率1は実績値。

3) 実質GDP成長率2は推定式に基づく理論値(資本、労働、技術進歩の3要因の合計)。残差は実質GDP1-実質GDP2

4) 寄与率(%)は実質GDP成長率2に対するもので、残差の影響は除外されている。

る。成長寄与率で見ると、3要因のうち、技術進歩が全期間平均で59.0%と最も高く、次いで、資本ストックが31.9%であるが、労働は9.1%と小さい。日本経済をリードする機械産業で技術進歩の寄与度が最も高いこ

とに注目すべきである。

その他製造業については、GDP成長率は各期それぞれ3.0%、1.4%、-0.8%であり、第2期以降低下している。成長寄与率をみると、全期間平均では、素材産業と同様な傾向

を示しており、資本ストックの寄与度が圧倒的に大きく、労働、技術進歩の寄与度はいずれも小さく若干のマイナスとなっている。経年的には、素材産業とは逆に90年代にかけて技術進歩が成長にマイナス要因となっているが、第3期が有意でないため断定できない。

非製造業をみると、農林水産・鉱業では、GDP成長率は各期それぞれ0.2%、1.2%、0.6%、全期間平均では0.2%であり、ほぼ横這い状況となっている。成長寄与度をみると、全期間を通じて資本ストックのプラスの寄与度が大きく、同時に、労働、技術進歩のマイナスの寄与度が大きい。技術進歩のマイナス幅は全産業の中で最も大きく、農林水産・鉱業の生産効率が低下していることを示している<sup>15</sup>。

建設業では、GDP成長率は各期それぞれ0.5%、6.1%、2.3%、となっており、バブルによる影響で大幅な変動を示している。成長寄与度をみると、全期間平均では、資本ストックが大きく、労働、技術進歩の寄与度は小さい。労働の寄与度は多くの産業ではマイナスであるが、建設業の第2期、第3期では1%程度のプラスとなっている。技術進歩は第2期に上昇したあと第3期に大幅なマイナスとなっており、バブルに対応した景気循環の変動を強く反映している。バブル崩壊後の深刻な不況に対して、資本、労働という生産要素を削減して経営のスリム化を図らなかったため、第3期の

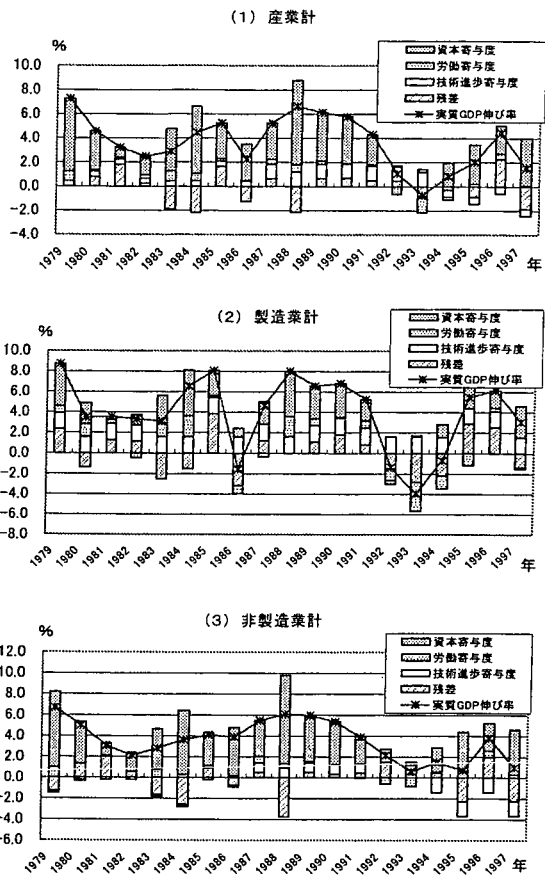


図3 産業別実質 GDP 成長率の変化要因分析

技術進歩が大幅にマイナスになったと考えられる。

卸・小売業の GDP 成長率は、各期それぞれ 4.9%、4.9%、1.3%である。第2期が予想より低めのレベルであるが、これはバブル崩壊直後の92、93年の急激な落ち込みによる(93年はマイナス成長)。成長寄与度では、資本ストックは変動が小さく、全期間平均では2.1%の貢献である。労働の寄与度は-0.2%とほぼゼロである。技術進歩は1.9%であるが、景気動向を強く反映し、第2期の大幅上昇のあと第3期にはマイナスとなっている。寄与率でみると、全期間平均では、資本ストックと技術進歩で寄与率を2分している。バブルの影響を反映し技術進歩の寄与

<sup>15</sup> 寄与率については、農林水産・鉱業、その他製造業などでみられるように、分母 (GDP 成長率) が小さいかまたはマイナスの場合は注意が必要である。

率は大幅な変動を示し、そのため資本ストックと労働の寄与率も大きく変動している。

運輸・通信業のGDP成長率は、各期それぞれ3.6%、3.6%、2.6%と安定的に推移しており、バブルの変動を反映した他の多くの非製造業とは異なった動きを示している。成長寄与度では、資本ストックが大きい、技術進歩の貢献も大きい。寄与率で見ると、全期間平均では、資本ストックが66.6%、技術進歩が26.7%であり、労働は6.7%と小さい。全期間を通じて、資本、労働、技術進歩の3つの要素がいずれもプラスであることには注目すべきである。このような傾向は運輸・通信業のみであり、成長産業である通信業が資本、雇用を共に拡大しつつ生産効率を引き上げている姿が読み取れる<sup>16</sup>。

電気・ガス・水道業については、GDP成長率は、各期それぞれ4.8%、3.8%、3.9%と、運輸・通信業と同じく、安定的な伸びを示している。成長寄与度では、資本ストックが平均4.2%と圧倒的に大きく、労働は若干のプラス、技術進歩は若干のマイナスとなっている。寄与率で見ると、全期間平均では、資本ストックは106.5%、労働は8.4%、技術進歩は-14.9%となっている。

以上でみたように、経済成長率や成長要因は各産業で異なっている。全体的にみると、成長への寄与度は資本ストックが最も大きく、次いで技術進歩であり、労働は小さい。日本経済をリードしている機械産業では、成長寄与度は技術進歩が資本ストックを超えて最も大きい。日本の技術進歩の大半は機械産業に依存している。同じ製造業でも、全期間平均で見ると、素材産業、その他製造業では資本以外の寄与度は若干のマイナスとなっている。

第三次産業では、総じて資本の寄与度が圧倒的に大きく、技術進歩の寄与度は概ね小さくバブルの影響で変動がみられる。

## 5. おわりに

本研究では、コブ・ダグラス型生産関数を使って、1978~97年の20年間における産業別の技術進歩率を計測し、経済成長の変化要因分析を行った。その主要結果は次の通りである。

本研究の技術進歩は成長会計で計測されるTFPの概念に近く、需要要因など残差的な影響も含むため、非製造業では景気循環的な変動がみられる。技術進歩の議論をする上では、この点に留意する必要がある。

分析期間を景気循環に対応して3期間に区分した上で、4通りの推定方法を検討し、最も優れた推定結果を明らかにした。それによれば、技術進歩率は産業計では非製造業の影響で景気循環的な変動がみられ、全期間平均で0.5%のやや低いレベルにある。技術進歩率は製造業では1.6%と高いものの、非製造業がほぼゼロであるため、産業計では低いレベルに留まる。

しかし、製造業の内訳をみると、技術進歩率は機械産業では3~5%と高いが、素材産業など他の製造業では総じて低い。一方、非製造業の技術進歩は景気循環に対応した変動を示しているが、総じて低い水準に留まっている。このように、日本の技術進歩のほとんどは機械産業に依存している。このため、生産性という観点からみる場合、製造業と非製造業という区分だけでなく、機械産業と非機械産業という区分からも分析する必要がある。

次に、産業別の経済成長率の変化要因分析によれば、全体的にみると、資本の成長への寄与は圧倒的に大きい、労働の寄与は小さ

<sup>16</sup> 第1期の推計誤差が大きく、この点を考慮すべきであるが、今後の検討課題である。

く大半の産業で減少傾向を示している。製造業では技術進歩の貢献も大きく、平均4割の成長寄与度を示している。特に、機械産業では技術進歩が成長要因の6割を占める。これに対して、非製造業では、技術進歩は景気循環を反映して変動が大きいのが、期間平均で見ると成長への寄与は小さい。

中長期的な視野で見ると、今後、日本の潜在成長力は80年代と比べて低下する可能性が高い(例えば、服部・大河原ほか(2000))。労働力人口のほかデマンド・サイドの要因から資本ストックの伸びも弱まると予想されるためである。持続可能な経済成長を達成するためには、技術革新を促進し生産性を引き上げることが必要不可欠である。特に、機械産業の生産性のみが突出しているような構造を改善する必要がある。

最後に、今後の研究課題については、90年代後半からのインターネットの急速な普及にみられるように、情報技術(IT)革新の生産性や経済成長などに及ぼす影響について分析することが喫緊の課題であると考えられる。

#### 謝辞

本稿の作成にあたり、3名の匿名レフェリーから貴重なアドバイスを頂いた。また、当研究所の長期経済・エネルギー展望メンバー諸氏から有益なコメントを頂いた。記して深

く感謝申し上げる。

#### 【参考文献】

- [1] 北村美香(2000)「DEAによる効率性分析へのBootstrap手法の適用—わが国電気事業データによる計測—」、電力中央研究所報告 Y99010
- [2] 経済企画庁編(1998)『経済白書 平成10年度版』、大蔵省印刷局
- [3] 経済企画庁編(1999)『経済白書 平成11年度版』、大蔵省印刷局
- [4] 経済審議会計量委員会編(1996)『中・長期経済分析のための多部門計量モデル—計量委員会第10次報告』、大蔵省印刷局
- [5] 櫻井紀久・宮崎浩伸(1999)「知識資本の生産性・国際競争力：G5諸国に関する実証分析」、電力中央研究所報告 Y98020
- [6] 筒井美樹(1999)「我が国電気事業の部門別効率性の時系列分析」、電力中央研究所報告 Y98013
- [7] 服部恒明・大河原透・加藤久和・人見和美・永田豊・星野優子・若林雅代(2000)「2025年までの経済社会・エネルギーの長期展望」、電力中央研究所報告 Y99018
- [8] 松浦春洋・渡辺克紀・植村修一(1998)「中長期的な日本経済の成長力—高齢化に伴う労働投入量減少の影響を中心に」、Working Paper Series 98-4、日本銀行調査統計局
- [9] 吉川洋(1999)『転換期の日本経済』、岩波書店
- [10] 吉岡完治(1989)「日本の製造業・金融業の生産性分析」、東洋経済新報社

はっとり つねあき  
電力中央研究所 経済社会研究所  
みやざき ひろのぶ  
電力中央研究所 経済社会研究所

# 信頼性制約を考慮したノードルプライスに基づく需給運用

## —送電線事故を考慮した場合—

### Demand-Supply Adjustment by Nodal Price with Reliability Constraints — The Case of Consideration of Transmission Outages —

キーワード：競争的電力市場、ノードルプライス、社会厚生最大化、混雑管理、信頼度維持

岡田 健 司

電力自由化時代を迎え、電気事業の規制緩和が世界的な潮流として進展し、各国で競争的電力市場が形成されつつある。多種多様なプレーヤーが参入する競争的電力市場においても、電力システム全体が効率的に運用・構築され、市場内の公平な競争が維持されなければ、自由化導入の目的を達成することは出来ない。さらに、自由化が進展したとしても、系統運用上、想定外的需求変動、電源脱落や送電線事故に十分に対処できるような供給予備力を確保し、系統全体の供給信頼度を維持して行く必要がある。系統内の信頼度をどのように確保するかという問題は、電力自由化が抱える大きな課題の一つである。本論文は、電力系統における信頼度維持・確保のため、送電線事故を想定した信頼性制約を考慮したノードルプライスに基づく電力市場運用の適用可能性について基礎的な検討を行う。

- はじめに
- 短期需給運用モデルの概要
  - 電力市場モデルの概要
  - ノードルプライスに基づく電力取引
- 想定送電線事故を考慮したノードルプライス算定手法
  - 平常時の送電線混雑を考慮したノードルプライス算定手法
  - 送電線事故を考慮したノードルプライスの算定手法
- モデル系統によるノードルプライスの算定評価例
  - シミュレーション前提条件
  - 新規参入者による経済的効果
  - 送電線事故を考慮した混雑管理
- まとめ

## 1. はじめに

近年、電気事業の規制緩和は、世界的な潮流として進行している。規制緩和の基本的な理念は、各国とも共通して、「従来、地域独占の形態で行われてきた電力供給事業に競争を導入し、事業の効率化を達成し、国家・国民の利益を供すること」と謳われている。1990年に英国で実施された電気事業の再編・民営化、米国での送電系統の完全なオープン・

アクセスの実現や各州での小売の自由化など、各国で競争的電力市場の導入が検討・実施されている。

しかしながら、小売レベルの競争が導入された電力市場においても、電力システム全体が効率的に運用・構築され、電力市場での公正な競争が維持されるためには、送電系統の適切な利用ルールとコストと価値を反映した送電料金の設定が不可欠である。著者は、これまでに、総括原価に基づく送電料金方式

(Embedded Cost Method) に焦点を当て IPP の立地地点と流通設備に係るコストを反映した地域別送電コストの推定手法<sup>[1]</sup>、競争が進展した場合に電力市場の効率向上を図るために、系統運用上の制約と経済効率向上の両者を同時に満足する限界費用型送電料金方式 (Marginal Cost Method) の適用可能性について検討を行ってきた<sup>[2],[3]</sup>。特に、送電線混雑を考慮したノードプライス (Nodal Price) の価格差を基に送電料金 (託送料金) を算定する場合は、系統内の送電線混雑が悪化するほど、託送料金も高騰するなどの基本的な結果を得ている。

一方、電力市場内の自由化が進展したとしても、系統運用上の運用基準を満足し、想定外の需要変動、電源脱落や送電線事故に対処できるような十分な供給予備力 (供給能力) を備えておく必要がある。つまり、競争的電力市場の下で供給信頼度をどのように確保してゆくかという問題は、送電線のオープン・アクセスと同様に、電力自由化が抱える重要課題の一つである。米国では、1996年7月と8月、2度にわたって西部地域で発生した大規模停電が、電力市場の自由化が進む中での信頼度確保のあり方を喚起する形となった。1996年12月に DOE (Department of Energy) に「電力系統信頼度に関するタスクフォース」が組織され、競争環境下で電力系統の信頼度をどのように維持してゆくかの体制論や技術的な課題等について検討が行われ、1998年10月政府に対し、検討結果が勧告された<sup>1</sup>。その中で、これまで技術的な問題へ

<sup>1</sup> 1996年12月に DOE (Department of Energy) に電力系統信頼度に関するタスクフォース (Task Force on Electric System Reliability) が組織され、主に電力自由化との関連で、電力系統の信頼度をどのように維持してゆくかの体制論について検討が開始された。1998年10月政府に対して検討結果が勧告されている。その中で、信頼度維持に関与する組織の役割分担についても提言している。NERC につい

の対応に取り組んできた北米信頼度協議会 (NERC: the North American Electric Reliability Council) の再編などが議論されている<sup>[4]</sup>。一方、英国では、自由化直後に、電力規制局 (OFFER: Office of Electricity Regulation) 側から NGC (National Grid Company) 側に対して「送電セキュリティー基準」の見直しに関しての要請があった<sup>2</sup>。NGC は定量的解析を含む大規模な検討作業を行い、1998年4月、検討結果を OFFER に提出した<sup>[5]</sup>。この NGC の報告を受けて、OFFER はセキュリティー基準を今後どのようにしていくかについて審議を開始し、1996年3月、従来のセキュリティー基準を維持してゆくという最終的な判断がなされた。このように、競争的市場での適切な信頼度レベルの維持のために信頼度管理の制度的および技術的・経済的な側面からの見直しが行われている。しかし、米国では、電力取引ニーズが急増する一方で、送電設備の増強が進まず、送電線容量不足が顕在化してきている。近年、米国では、RTO (Regional Transmission Organization: 地域送電網運用者)<sup>[6]</sup> と呼ばれる送電線を所有し運営制御する独立組織の創設が検討されている。この独立組織の導入により、発電部門と送電部門の完全分離が促進され、市場構造の欠陥や市場支配力行使の抑制とともに、市場活性化のための送電系統

では、主に技術的な問題への対応を期待しているが、同時に NERC 自体が新たな機能 (SRRO: Self Regulating Reliability Organization 信頼度自主規制機能) を持った組織 (NAERO: North America Electricity Reliability Organization) に変化することを求めている。現在、NERC 後継組織はまだ無い。

<sup>2</sup> OFFER は、補修作業や事故時 (2回線故障が生じる可能性は小さい) に生じる制約コスト (=送電線の制約によって電源の運用が制約されることによるコスト) の高騰に関心を示し、NGC に対し送電セキュリティー基準 (Transmission Security Standard) の見直しの要請を行った。ここでの送電セキュリティー基準は、狭義アデカシーとセキュリティーを含み、計画基準、運用基準の両方を指しているものである。

拡充計画が実行されることが期待されている。

著者は、これまでに競争的電力市場のもとで供給信頼度を評価する際の基本的な枠組みについて、技術的・経済的側面から基礎的な検討を行うとともに、従来の考え方との違いや予想される新たな課題に焦点をあてて考察してきた<sup>[7],[8],[9]</sup>。その結果、電力市場の下で信頼度評価に関し、競争環境下での適正信頼度レベルの具体的な評価方法、社会厚生最大化の観点からの信頼度別供給の評価と実現方法、信頼度確保に関する短期的・長期的な両視点の融合、新しい信頼度対策と信頼度維持のためのメカニズム等の検討が必要であることを指摘した。さらに、信頼度確保のための経済メカニズムの提案に向けて、短期電力市場（運用レベル）の社会厚生を最大とする電力取引と信頼度水準の評価に関する基礎的な検討を行った<sup>[7],[9]</sup>。これらの検討では、発電に関わる信頼度評価（発電設備事故）のみで、送電系統で発生する事故は考慮していない。

しかし、多種多様なプレーヤーが電力市場に参入し、系統内に想定外の電力託送が増加した場合、送電系統内に混雑が発生し、需給運用の最適性が阻害される可能性もある。そこで、本論文では、送電線事故による混雑の発生を回避して電力系統内の信頼度を維持するため、信頼性制約を考慮したノーダグプライスに基づく電力市場運用の適用可能性について基礎的な検討を行う。

## 2. 短期需給運用モデルの概要

### 2.1 電力市場モデルの概要

本論文では、図1に示すような完全競争のスポット市場に基づく電力市場を想定し、送電線事故を考慮したノーダグプライスの算定手法の適用可能性を検討する。

想定した電力市場モデルでは、発電部門は、完全競争のスポット市場であるとする。発電

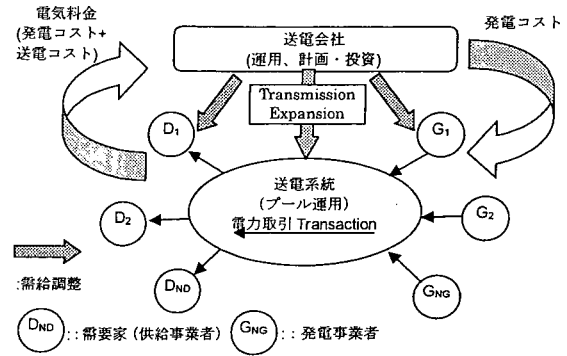


図1 電力市場モデルの概要

事業者は、電力をプールに売り、需要家（供給事業者）は電力プールから電力を購入する。電力プール内の電力は、ノーダグプライスに基づくスポット市場により取引されるものとする。

一方、送電部門では、1社の送電会社による自然独占を認めるものとする。送電系統の運用権限と所有権を有する送電会社は、市場内の電力取引が運用制約（例えば送電容量制約や電圧制約等）を満たすように需給調整を行う。運用制約を満足する電力取引が実施された後、送電会社は、需要家から電気料金を徴収し、発電会社に発電費用を配分する。需要家に課される電気料金には、発電コストと送電コストが含まれる。送電コストは、送電設備の建設費を回収する目的で設定された送電線アクセス料金と混雑管理や信頼度維持などの系統運用コストから構成される。なお、混雑管理や信頼度維持対策に要した費用は、次章で述べるノーダグプライスを用いて市場参入者から徴収することができる。

本研究では、電力市場の運営機能を有する送電会社は、図2に示すように、系統運用上の制約を満たす電力取引を実施するために、各事業者（発電事業者、需要家・供給事業者）の間で需給調整を行う。

送電容量制約を考慮しない無制約の需給運用計画の策定後、送電線事故を考慮せず、全

での送電線が健全である平常時のみを対象とし、送電制約のチェックを行う。系統内に混雑が発生する場合、混雑を解消するように需給調整を図り、制約付きの需給運用計画を策定する。さらに、本研究では、送電会社は、信頼性の確保に主眼を置き、送電線事故を想定（想定事故解析）し、事故発生前後でも系統内に混雑が発生しない需給均衡状態が得られるように需給調整を行うものとする。

2.2 ノーダルプライスに基づく電力取引

ノーダルプライスに基づく短期スポット電力市場では、ノーダルプライスが価格シグナルとして機能し、系統全体の社会厚生（＝電力消費の効用－発電コスト）が最大となるように電力取引が実施されることが望ましい。系統内の各ノード（母線または地域）が「電力の発電・送電に関わる費用」と「系統内に発生する機会費用」を反映した短期限界費用（Spot Price）として価格付けされるという考えに基づくと、各ノードの短期限界費用

信頼性制約を考慮したノーダルプライスに基づく需給運用

（ノーダルプライス）は、次式のように表すことができる<sup>[2],[3],[10]</sup>。

$$p_{jt} = MC_{jt}(G_{jt}) + MC_{jt}(L_{jt}) + OC_{jt}(PF_{jt}) \quad (1)$$

ここで、 $p_{jt}$  は時間 $t$ のノード $j$ のノーダルプライス、 $MD_{jt}(G_{jt})$  は時間 $t$ のノード $j$ の発電限界費用あるいは需要家の限界便益、 $MD_{jt}(L_{jt})$  は時間 $t$ にノード $j$ の発電量（需要量）の単位変化量が系統全体の損失に及ぼす影響（増分送電損失）、 $OC_{jt}(PF_{jt})$  は時間 $t$ のノード $j$ の送電容量制約によって生じる機会費用（混雑による社会厚生損失）である。

ノーダルプライスが、経済的に最適な需給運用を誘導する価格シグナルとして機能し、発電事業者と同様に需要家も価格変動に応じて消費量を決め、系統内に混雑（送電容量を越える線路潮流）が発生しなければ、送電容量制約によって発生する機会費用（混雑費用）はゼロとなり、発電の限界費用と需要家の限界便益は等しくなる。しかし、ある送電線で混雑が発生した場合には、その送電線の過負荷潮流を解消するために、各ノードの発電出

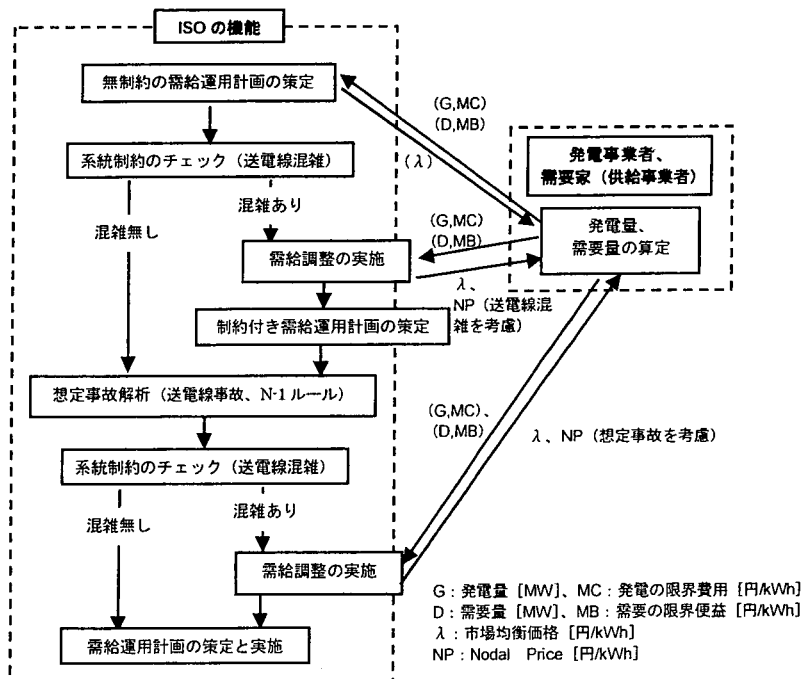


図2 送電会社による需給調整の概要



力や需要量の調整が行われる。送電制約を満たすために、経済性を犠牲にして需給調整が行なわれるため、系統内に機会費用（混雑費用）が発生する。この費用は、送電系統内の混雑の発生場所に依存して、各ノードに配分される。

### 3. 想定送電線事故を考慮したノードルプライス算定手法

#### 3.1 平常時の送電線混雑を考慮したノードルプライス算定手法

一般に、市場における生産者（発電事業者）と消費者（需要家）のそれぞれの行動規範は、以下のように考えることができる。

生産者：生産者余剰(PS)

$$= \text{売上}(S) - \text{費用}(C)$$

消費者：消費者余剰(CS)

$$= \text{効用}(U) - \text{支出}(E)$$

資源配分の効率性を重視する経済学の立場から、生産者余剰と消費者余剰の和で構成される社会厚生（SW）を最大化することが望ましいと考えられている<sup>3</sup>。

そこで、完全競争電力市場を想定し、ある時間帯での系統全体で社会厚生を最大とする需給均衡量（短期電力市場内の電力取引量）を求めるために、次式のような目的関数を仮定した。

$$OB_t = \sum_{i=1}^{NG} C(G_{it}) - \sum_{j=1}^{ND} B(D_{jt}) \quad (2)$$

ここで、 $C(G_{it})$  は発電事業者  $i$  の発電量  $G_{it}$  [MW] の発電費用 [円]、 $B(D_{jt})$  は需要家  $j$  の需要量  $D_{jt}$  の効用（便益）[円]<sup>4</sup>、NB は系

<sup>3</sup> PS は Producer Surplus, CS は Consumer Surplus, SW は Social Welfare の略。

<sup>4</sup> 通常、費用・便益分析における便益は、理論的には、公共投資が生み出す財・サービスに対し、消費者が支払っても良いと思う最大貨幣額で表される。本研究では、一般の財やサービスへの需要関数の想定と同様に、図2で示すような、需要家の需要関数（限界便益関数）を想定した。

統に連系する発電事業者の総数、ND は需要家の総数である。この目的関数の最小点を求めることは、社会厚生を最大にする需給均衡点を求めることと等価である<sup>[2]</sup>。

本研究では、この目的関数を最小とする発電量と需要量を求める際に、以下のような制約条件を想定した。

$$\sum_{i=1}^{NG} G_{it} = \sum_{j=1}^{ND} D_{jt} \quad (3)$$

（系統内の需給均衡制約）

$$G_{\min i} \leq G_{it} \leq G_{\max i} \quad (4)$$

（発電出力の上下限制約）

$$D_{jt} \geq D_{\min j} \quad (D_{\min j} = 0) \quad (5)$$

（需要の非負制約）

$$PF_{kt} \leq PF_{\max k} \quad (6)$$

（送電容量制約）

ただし、 $G_{\min i}$ 、 $G_{\max i}$  は発電機  $i$  の出力上限・下限制約量 [MW]、 $PF_{kt}$  は  $k$  送電線の電力潮流量 [MW]、 $PF_{\max k}$  は  $k$  送電線の送電容量 [MW]、NG は発電事業者の総数、ND は需要家の総数である。

なお、今回のシミュレーションでは、各送電線の線路潮流 ( $PF_{kt}$  [MW]) は、直流法 (DC 法) を用いて計算した。さらに、送電損失および無効電力に関しては考慮しない。

各制約条件を満たし目的関数を最小にする発電・需要量を求めるため、以下のラグランジュ関数を想定した。

$$\begin{aligned} \Phi = & \left( \sum_{i=1}^{NG} C(G_{it}) - \sum_{j=1}^{ND} B(D_{jt}) \right) \\ & + \lambda_t \left( \sum_{j=1}^{NG} D_{jt} - \sum_{i=1}^{ND} G_{it} \right) \\ & + \sum_{i=1}^{NG} \{ \mu_{GUit} (G_{\max i} - G_{it}) \} \\ & + \sum_{i=1}^{NG} \{ \mu_{GLit} (G_{it} - G_{\min i}) \} \\ & + \sum_{j=1}^{NG} \{ \mu_{DLjt} (D_{jt} - D_{\min j}) \} \\ & + \sum_{k=1}^{NG} \{ \mu_{TKt} (PF_{\max k} - PF_{kt}) \} \end{aligned} \quad (7)$$

ここで、 $\lambda_t$  は需給バランス制約（需給均衡価格）、 $\mu_{GUit}$ 、 $\mu_{GLit}$  は発電機の出力上下限出力

制約、 $\mu_{DLit}$  は需要量の下限値制約、 $\mu_{Tkt}$  は送電線容量制約に関するラグランジェ未定乗数、NB は送電線の総数である。

キュンタッカー条件を満足し、各種制約条件が成り立つ需給均衡時の発電および需要ノードのノードルプライスは以下のように表すことができる<sup>[2]</sup>。

発電ノードのノードルプライス ( $P_{Giu}$  [円/kWh])

$$P_{Giu} = \lambda_i + \mu_{GUiu} - \mu_{GLiu} + \sum_{k=1}^{NB} \left( \mu_{Tkt} \frac{\partial PF_{kt}}{\partial G_{iu}} \right) \quad (8)$$

需要ノードのノードルプライス ( $P_{Dju}$  [円/kWh])

$$P_{Dju} = \lambda_j + \mu_{GLju} + \sum_{k=1}^{NB} \left( \mu_{Tkt} \frac{\partial PF_{kt}}{\partial D_{ju}} \right) \quad (9)$$

本研究では、各送電線の線路潮流 ( $PF_{kt}$ ) は、以下のように直流法 (DC 法) を用いて求めた。

$$PF = A \times NP \\ = A \times CN \begin{bmatrix} G \\ -D \end{bmatrix} \quad (10)$$

$PF$  は NB 次元の線路潮流ベクトル、 $A$  は (NB×NN) 次元の潮流分布係数行列 (ただし、基準ノードに相当する列ベクトルの要素はゼロ)、 $NP$  は NN 次元のノード電力ベクトル、 $G$  は (NB) 次元の発電事業者の発電量ベクトル、 $D$  は (ND) 次元の需要家の需要量ベクトル<sup>5</sup>、 $CN$  は (NN×(NG+ND)) 次元の接続行列<sup>6</sup> である。

(8)、(9)式の送電制約に関する項 (右辺の最終項) は、前述の DC 法による潮流計算で用いた潮流分派係数を用いれば、以下のよう

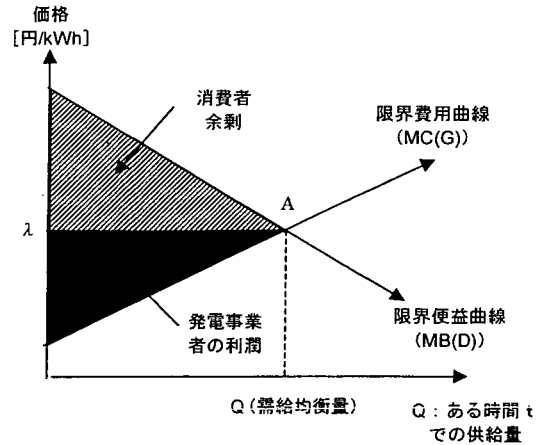
信頼性制約を考慮したノードルプライスに基づく需給運用

に表すことができる<sup>7</sup>。

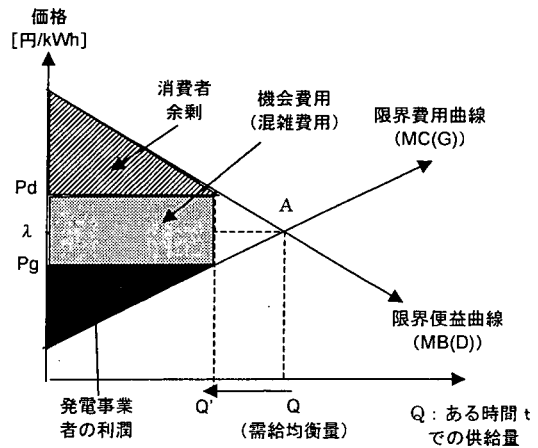
$$P_{Giu} = \lambda_i + \mu_{GUiu} - \mu_{GLiu} + \sum_{k=1}^{NB} (\mu_{Tkt} a_{kn}) \quad (8')$$

$$P_{Dju} = \lambda_j + \mu_{GLju} + \sum_{k=1}^{NB} (\mu_{Tkt} a_{kn}) \quad (9')$$

$a_{kn}$  は線路潮流  $PF_{kt}$  を求める際に、発電事業者  $i$  (需要家  $j$ ) が接続するノード  $n$  に関連する潮流分布係数の行列要素である。



(a) 送電系統内で混雑が発生しない場合



Q' : 混雑を解消し送電容量制約を満足する需給均衡量

(b) 送電系統内で混雑が発生した場合

図3 短期電力市場における需給調整<sup>8</sup>

<sup>5</sup> 潮流計算では、ノード毎に流入電力は正、流出電力は負の電力と定義する。需要量は当該ノードから流出する電力として取り扱うので、負の符号を付加する。

<sup>6</sup> ただし、発電事業者  $i$  (需要家  $j$ ) が接続するノード  $n$  の要素  $CN_{ni}$  ( $CN_{nj}$ ) のみ 1 である。

<sup>7</sup> あるノードに発電事業者と需要家の両者が接続する場合、発電事業者のノードルプライス (PGit) と需要家のノードルプライス (PDit) は同じ値となる。

<sup>8</sup> 需給均衡価格は、等増分燃料費則に基づく発電機の経済負荷配分でよく用いられる等増分燃料費に相当する。本研究では、需給均衡制約 (等式制約) に関するラグランジェ未定乗数  $\lambda$  に相当する。

通常、DC法では、基準ノードを省略して、各送電線の線路潮流を計算することができる。送電容量制約以外の制約が活性化しないような発電事業者や需要家の接続ノードを基準ノードとすれば、このノードのノード価格は、需給均衡制約のラグランジュ未定乗数 $\lambda$ に等しくなる。

$$P_{Gi}(or P_{Dit}) = \lambda_i \quad (11)$$

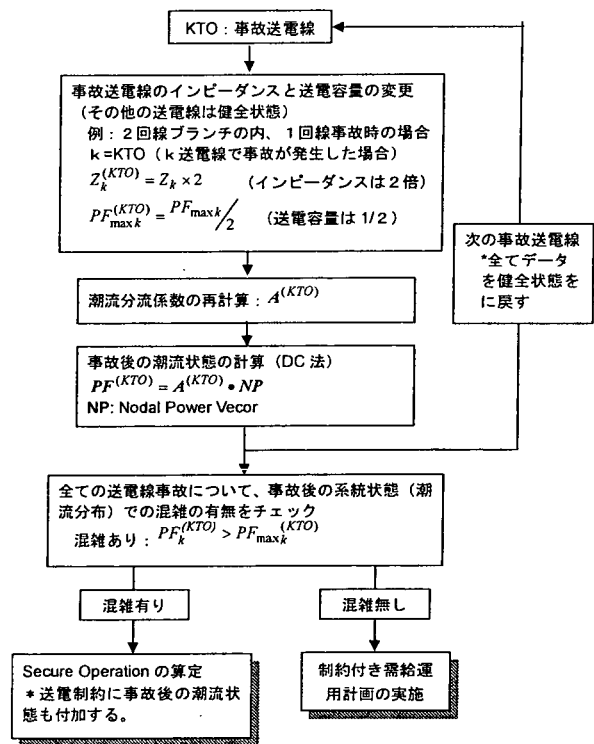
もし、系統内に送電線混雑が発生せず、発電出力の上下限制約や需要量の非負制約が活性化しなければ、全てのノードのノード価格は、図3(a)に示すように市場均衡価格 $\lambda$ と同じ値になる。

一方、送電系統内に混雑が発生した場合には、その混雑を解消するように、送電会社は需給調整を行う。送電容量制約を満足する新しい需給均衡量が求められた場合(図3(b))、混雑により発生した機会費用(混雑費用)が市場参加者に配分され、各ノードのノード価格は等しくならない<sup>[3]</sup>。このように、混雑による需給調整により需給均衡量が減少する場合には、社会厚生(=需要家の消費者余剰+発電者の利潤)が減少することになる。

### 3.2 送電線事故を考慮したノード価格の算定手法

電力需要に対して適切な電源設備が存在するという条件の下、長期間電力輸送が継続できるように流通設備<sup>9</sup>が建設・拡充され、送電系統内に十分な供給力が確保されていれば、系統内で発生する事故の影響を最小限に留めることができる。例えば、ある送電線に事故が発生して系統内の潮流分布が変化しても、送電線(事故送電線と他の健全な送電線も含む)に混雑が発生しなければ、事故前(平常

時)の電力取引(需給均衡量)は、需給調整をすることなく、送電線事故後でも維持することができる。しかし、あるノードに発電事業者が新規参入した場合、その接続場所によっては、送電線事故後の系統内に混雑が発生する場合も考えられる。そこで、予め系統内の事故(送電線回線事故)を反映した需給均衡量を求めておけば、新規参入による経済効果を保持しつつ、事故の影響を最小限に留めることができる。本研究では、想定送電線事故を考慮したノード価格を算定し、それに基づく需給運用の適用可能性について検討する。



$Z_k^{(KTO)}$ : KTO送電線に事故が発生した時のk送電線のインピーダンス、 $Z_k$ : 健全時のk送電線のインピーダンス、 $PF^{(KTO)}$ : 送電線KTO事故時の線路潮流ベクトル [MW]、 $A^{(KTO)}$ : 送電線KTO事故時の潮流分流係数行列、 $PF_k^{(KTO)}$ : 送電KTO事故時のk送電線の線路潮流 [MW]、 $PF_{max_k}^{(KTO)}$ : 送電KTO事故時のk送電線の送電容量 [MW]

図4 想定事故解析と信頼性を考慮した需給調整

<sup>9</sup> 一般に流通設備とは、送電線、配電線、変電所とそれに付随する制御通信設備や調相設備を含む。

### (1) 想定事故解析

送電事故を考慮したノーダグプライスを算出する際に、図4に示すような想定事故解析を行った。

まず、系統内の送電線の内、1本の送電線に事故が発生すると仮定する。この事故送電線のインピーダンスと送電容量を変更する。本研究で想定した送電線事故は、複数回線の内、1回線が事故により遮断されるものとした。例えば、2回線送電線で1回線遮断事故が発生した場合、当該送電線の送電特性係数（インピーダンス）を健全時の2倍、送電容量<sup>10</sup>を1/2とした。

なお、想定した事故が発生しない他の送電線の送電容量と送電特性係数（インピーダンス）は健全時の設定値のままとする。事故送電線の修正した送電特性係数を用いて潮流分派係数行列を再計算し、事故時の潮流状態を計算する。ただし、潮流計算時は、平常時のノード電力を用いる。事故時の線路潮流と修正した送電容量とから、全ての事故想定について、上記の手順で、送電線混雑の有無をチェックする。もし、混雑が存在する場合には、混雑が発生する事故時の潮流状態を送電容量制約に付加する。

### (2) 送電線事故を考慮した

#### ノーダグプライスの算定

本研究では、送電線の事故として単一事故を想定し、信頼度基準としてN-1ルールを適用した。つまり、多重事故（複数の送電線での事故発生、同一送電線での多重事故や複数回線事故、またルート断）は考慮しない。

前述の想定事故時の混雑有無のチェックにより混雑が発生する場合には、事故後の潮流状態を考慮して、ノーダグプライスを求める。送電線混雑を考慮したノーダグプライスを求める場合に用いたラグランジェ関数（7式）に、次式のように想定事故後の潮流状態を付加した<sup>[11]</sup>。

$$\begin{aligned} \Phi_i^* &= \Phi_i \\ &+ \sum_{KTO=1}^{NB} \left\{ \sum_{k=1}^{NB} (\mu_{kt}^{(KTO)}) \times (PF_{\max k}^{(KTO)} - PF_{kt}^{(KTO)}) \right\} \\ &\text{if } k \neq KTO, \text{ then } PF_{\max k}^{(KTO)} = PF_{\max k} \\ &\text{if } k = KTO, \text{ then } PF_{\max k}^{(KTO)} < PF_{\max k} \text{ or } PF_{\max k}^{(KTO)} \\ &= 0 \end{aligned} \quad (12)$$

$\mu_{kt}^{(KTO)}$  は KTO 送電線事故時の送電線容量制約に関するラグランジェ未定乗数。

制約条件に、各想定事故ケース時の送電線容量制約も付加した。この様に拡張されたラグランジェ関数と制約式を用いて、系統が健全状態、および事故状態での送電線混雑を考慮したノーダグプライスは、以下のように算定することが出来る。

$$\begin{aligned} P_{G_{it}} &= P_{AC} + \lambda_i + \mu_{GU_{it}} - \mu_{GU_{it}} \\ &+ \sum_{k=1}^{NB} \left( \mu_{T_{kt}} \frac{\partial PF_{kt}}{\partial G_{it}} \right) \\ &+ \sum_{KTO=1}^{NB} \left( \sum_{k=1}^{NB} \left( \mu_{kt}^{(KTO)} \frac{\partial PF_{kt}^{(KTO)}}{\partial G_{it}} \right) \right) \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} P_{D_{jt}} &= \lambda_j + \mu_{DL_{jt}} + \sum_{k=1}^{NB} \left( \mu_{T_{kt}} \frac{\partial PF_{kt}}{\partial D_{jt}} \right) \\ &+ \sum_{KTO=1}^{NB} \left( \sum_{k=1}^{NB} \left( \mu_{kt}^{(KTO)} \frac{\partial PF_{kt}^{(KTO)}}{\partial D_{jt}} \right) \right) \end{aligned} \quad (14)$$

## 4. モデル系統による

### ノーダグプライスの算定評価例

#### 4.1 シミュレーション前提条件

信頼度維持を考慮した需給運用のもと、新規発電事業者の市場参入（系統アクセス）が、系統内（市場内）の需給均衡やノーダグプライスに与える影響を検討するために、図5に示す3ノード3ブランチのテスト系統を用いたシミュレーションを行った。

<sup>10</sup>ここでは、簡単化のため、各回線は同容量の送電容量と送電特性を有するものとした。また、ATC (Available Transfer Capability : 送電可能容量) のように、各送電線の送電容量を、系統内の電圧安定性や安定度を考慮して求める場合もあるが、本研究では、熱容量ベースの送電容量を用いた。

表1 シミュレーションケースの想定

ケース名	市場参加者	混雑管理		備考	
		平常時	事故時		
基準ケース	既存発電事業者 (2社) + 需要家	○	○		
新規参入ケース	EO ケース	既存発電事業者 (2社) + 新規発電事業者 (1社) + 需要家	○	-	健全状態での送電線混雑のみ考慮した最適経済運用 (Economic Operation)。ここでは、送電線の事故は考慮しない。
	SO ケース		○	○	

○ : 考慮する、- : 考慮しない

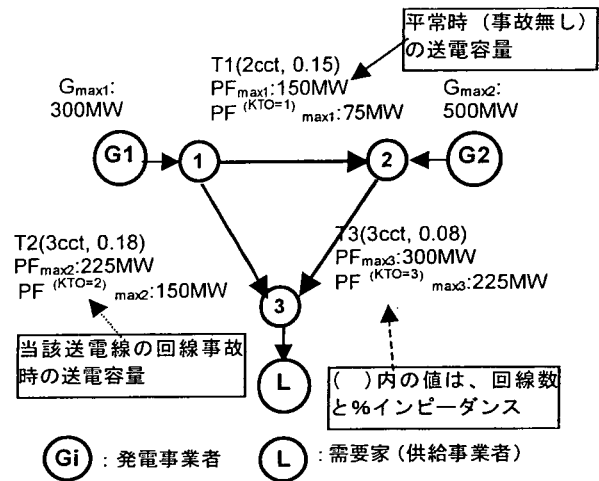
表2 テストシステムの諸データ (発電・需要関連)

発電事業者*	Gmin [MW]	Gmax [MW]	Cost Function***		
			Ag	Bg	Cg
G1 (1)	0.0	500.0	0.009	7.5	210
G2 (2)	0.0	800.0	0.007	9.5	200
G3**	0.0	300.0	0.005	8.0	220
需要家	Dmin [MW]	Dmax [MW]	Benefit Function***		
			Ad	Bd	Cb
D (3)	0	-	-0.025	31	200

\*: ( ) 内の値は、発電事業者、需要家の接続ノード。  
 なお、既存事業者はG1とG2。

\*\* : G3は新規参入者で、その接続ノードは、シミュレーションケースによって異なる。

\*\*\* : コスト関数 (燃料費のみ) は  $C(G) = (A_g \times G + B_g) \times G + C_g$  の2次形式で、便益関数も同じ2次形式。



G1とG2は、既存発電事業者

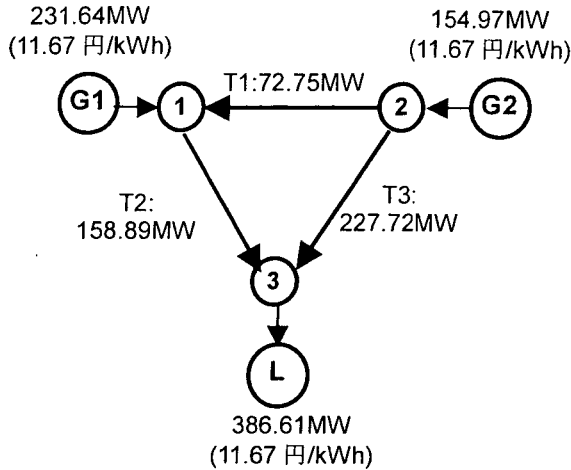
図5 3ノードモデル系統

本研究では、シミュレーションに際し、以下のような前提条件を設定した。

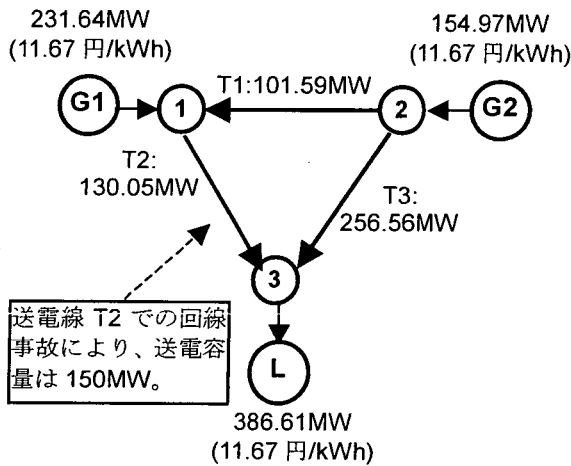
- 各発電機は個別発電事業者が所有し、運転するものと想定する。
- 想定した電力市場では、送電設備を所有し管理する送電会社が、運用制約 (送電線容量制約等) を満たし、各発電事業者と需要家の需給均衡を保つように需給調整を行う。
- 新たに1発電事業者が電力市場に参入する時、新規参入者の接続場所 (ノード) の違いが需給均衡量やノードルプライスに与える影響を検討するために、表1に示すように、「基準ケース」と「新規参入ケース」を想定した。
- 「新規参入ケース」は、平常時 (事故無し)

および事故時の混雑管理の違いにより、平常時の送電線混雑のみ考慮した最適経済運用 (Economic Operation) を行う「EO ケース」と平常時と事故時での送電線混雑の両者を考慮した最適経済運用 (Secure Operation) を行う「SO ケース」を想定した。

- ここでは、送電線で発生する事故のみ考慮する。発電機事故や母線事故 (変電設備含む) は考慮しない。また、送電線事故は、回線事故を想定し、ルート断は発生しないものとする。ただし、同時に複数の送電線 (または同一送電線) での回線事故は発生しないものとする。つまり、本研究での信頼度基準は、ある送電線の回線事故を考慮



注：( )内の値は、ノーダグプライス(¥/kWh)  
(a)EOケース（平常時、事故無し）



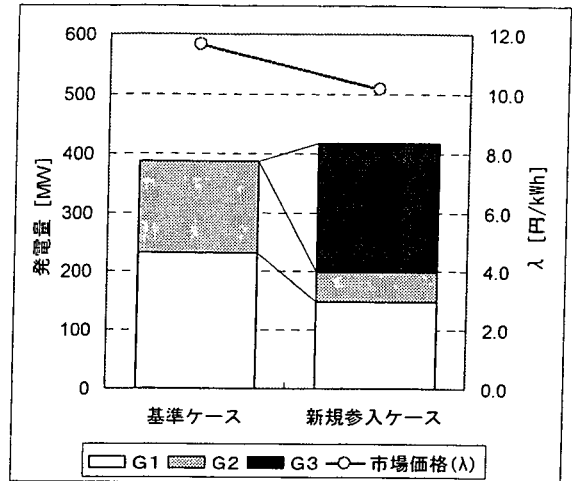
注：( )内の値は、ノーダグプライス(¥/kWh)  
(b)事故時（T2送電線に回線事故想定）

※基準ケースは、EO・SOケースとも送電系統内に混雑は発生しない。つまり、全ての想定事故に対して混雑の発生は無い。

図6 基準ケースの系統状態

した N-1 ルールを用いた。なお、各送電線の回線事故時の送電容量は、図 5 に示すような値を想定した。

- ・既存・新規参入発電事業者の発電費用（燃料費用）や需要家便益関数の係数や上下限出力制約などの諸特性データを表 2 に示す。本シミュレーションでは、各送電線の潮流は、直流法（DC 法）で計算した。また、系統内での送電損失や無効電力・電圧に関する制約は考慮しない。



注) 既存発電事業者：G1,G2、新規発電事業者：G3

図7 新規参入による発電量と市場価格 (λ) の変化

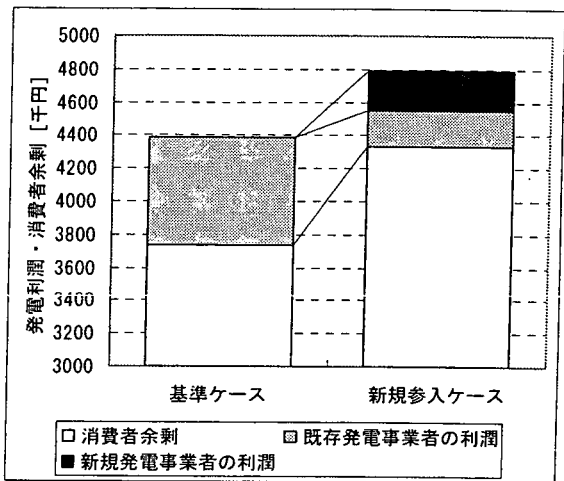


図8 新規参入による社会厚生の変化

#### 4.2 新規参入者による経済的効果

図 6 に、新規発電事業者 (G3) が参入する前 (基準ケース) の系統状態を示す。系統全体 (市場全体) で平常時 (EO ケース) の電力取引量は、図 6 (a) に示すように、386.61MW で、その時の各ノーダグプライスは 11.67 ¥/kWh となった。平常時では、系統内で混雑は発生しないので (混雑費用もゼロ)、全てのノーダグプライスは市場均衡価格 (λ) に等しくなる。

また、図 6 (b) に示すように、もし送電線 T2 で回線事故が発生しても、系統内に混雑は発生しない。同様に他の送電線で事故が

発生した時の系統状態を検討した結果、全ての想定事故状態で混雑は発生しない。つまり、基準ケースでは、EO ケース、SO ケースのどちらの場合でも系統内に混雑は発生せず、両者とも同じ系統状態である。

新規参入ケースでの、系統内の電力取引量（需給均衡量＝発電事業者の総発電量）と需給均衡価格（λ）を図7に示す。ここでは、送電制約を考慮せず、市場内の需給均衡のみに着目して、基準ケースと比較する。図7に示すように、発電の限界費用が既存事業者よりも安い発電事業者が市場内に参入することで、需給均衡価格（λ、市場価格）が低下し、系統内の総電力取引量（需給均衡量）も増加する。このような発電事業者の新規参入による電力取引量の変化により、図8に示すように、系統全体の社会厚生は、増加する。新規参入者の発電利潤は、総発電量の増加にとともに、総発電利潤の52%を占める。しかし、系統内の発電事業者の総発電利潤は、基準ケースを100とすると、約70に減少する。ただし、系統全体の社会厚生（＝消費者余剰＋発電利潤（生産者余剰））は、基準ケースの109.1まで増加している。この増加要因は、限界費用の安い発電事業者の参入により、市場内の電力取引の需給均衡価格（λ）が引き下げられ、消費者余剰（需要家の電力消費の純便益）が増加したことによるものであると解釈できる。

本研究でモデル化したような発電市場均衡メカニズムにより、電力市場内の需給均衡（市場内の取引量）を決定する場合、限界費用の安い発電事業者の参入により、限界費用が高い発電事業者の配分が抑制されるとともに、需給均衡価格が引き下げられる。新規発電事業者の参入による経済的なメリットは、市場内の需給均衡価格の低下を通じて、各需要家の便益を押し上げる。

### 4.3 送電線事故を考慮した混雑管理

#### (1) 平常時のみの混雑管理 (EO ケース)

前述で述べた新規参入の経済効果は、系統内に混雑が発生しない場合のみに発揮される。新規発電事業者（G3）がノード1かノード2に接続した時の平常時ならびに事故時の各線路潮流と過負荷潮流（＝線路潮流－送電容量）を表3に示す。さらに、平常時の送電線混雑のみ考慮するEO ケースでの系統状態を図9に示す。

新規参入者（G3）がノード1に接続した場合、表3に示すように、平常時と事故時とも送電線混雑を起こす可能性がある。事故発生場所によって潮流バランスが異なるため、同じ送電線でも混雑の度合いが異なる場合がある。例えば、G3がノード1に接続した時、表3に示すように、送電線T1は、事故がT1で発生する場合よりも、T2で発生した場合の方が、過負荷潮流が大きくなる。

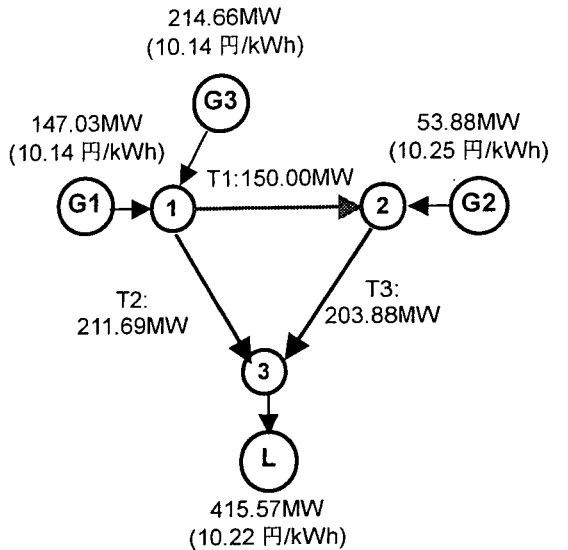
G3がノード1に接続した場合（図9(a))、送電線T1で発生する混雑を解消するために需給調整が行われる。その結果、系統内の需給均衡量は415.57MWとなり、その時の市場均衡価格（λ）は10.22円/kWhになる。一方、ノード2に接続した場合には系統内で

表3 新規参入者の連系による混雑発生状況

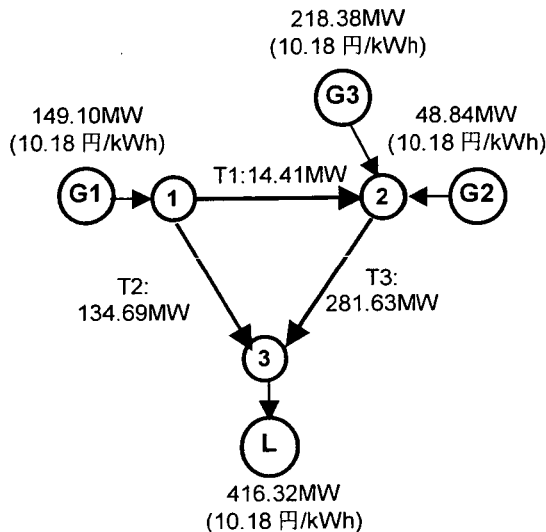
	送電容量 [MW]	G3接続ノード=1		G3接続ノード=2	
		PF	OVF	PF	OVF
平常時	T1	150.00	153.54	3.54	14.41
	T2	225.00	213.94		134.69
	T3	300.00	202.39		281.64
事故時	T1	75.00	112.66	37.66	10.57
	T2	225.00	254.82	29.82	138.53
	T3	300.00	161.50		277.80
	T1	150.00	192.38	42.38	38.86
	T2	150.00	175.11	25.11	110.24
	T3	300.00	241.22		306.08 6.08
	T1	150.00	141.28		-2.66
	T2	225.00	226.20	1.20	151.76
	T3	225.00	190.12		264.57 39.57

□ : 事故送電線 PF:線路潮流[MW]  
 ○ : 過負荷潮流[MW]

\* 過負荷潮流 (OVF) = 線路潮流 - 送電容量 [MW]。  
 過負荷潮流は、送電制約を考慮しない場合の需給均衡時の各発電量と需要量をベースに求めたものである。



注) T1で混雑発生  
(a) ノード1に接続した場合



注) 混雑は無し  
(b) ノード2に接続した場合

図9 新規参入ケースの系統状態  
(EOケース：平常時の送電線混雑のみ考慮)

混雑が発生せず、図9(b)に示すように、需給均衡量は416.32MW、均衡価格は10.18円/kWhとなる。また、各ノードのノードプライスは均衡価格に等しくなる。前節でも述べたように、G3の参入により、新規参入者よりも発電限界費用が高いG2の発電量は減少する。出力減少させた発電事業者が接続するノードに、新規参入者が参入すれば、各送電線への潮流増加の負担はあまり大きくな

らない。

図9(a)に示すように、G3がノード1に接続したことで生じた混雑を解消するために、ノード1に接続するG1とG3の出力が減少する。この減少分を補うために、ノード2に接続するG2の出力が増加する。限界費用が高い発電機の出力を増加させたことで、市場均衡価格( $\lambda$ )は増加する。また、送電線T2に発生した混雑を解消することで生じた機会費用(混雑費用)は、混雑の発生場所とその大きさと送電系統構成を反映して、各ノードに配分される。その結果、図9(a)に示すように、ノード間でノードプライスに格差が生じることになる。

## (2) 送電線事故を考慮した混雑管理 (SO ケース)

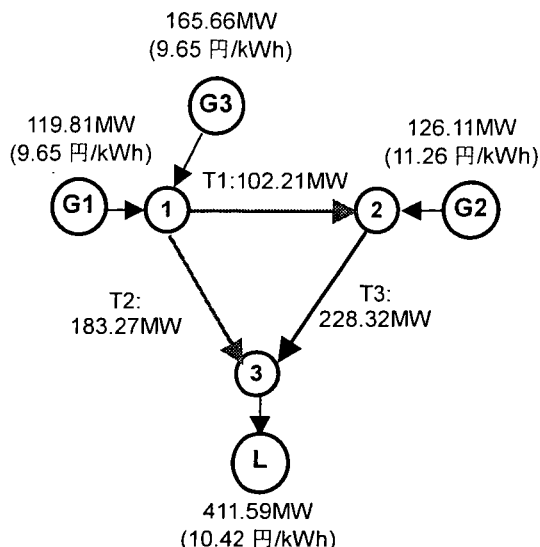
本研究で提案するように事故時の潮流状態を反映し、送電線事故発生後も系統内に混雑が発生しないような平常時の運用状態を図10に示す。新規参入者(G3)がノード1に接続する場合、表3に示すような事故時の送電線混雑を全て考慮すると、送電線T1事故時のT1、T2事故時のT2の送電線容量制約が活性化し、各ノードの需給調整が行われ、図10(a)に示すような需給均衡状態(平常時)を得ることができる。特に、2本の混雑送電線(T1とT2)と直結するノード1の発電事業者の出力が減少し、この出力減少分を補うためにG2の出力が増加する。この需給調整の結果、送電線T3事故時に発生していたT2の混雑は解消される。市場内の取引量は、EOケースの415.57MWから411.59MWの減少に留まり、市場均衡価格( $\lambda$ 、ノード3のノードプライス)も、EOケースの10.22円/kWhから10.42円/kWhの増加に留まる。G3がノード1に接続した場合には、前述のように送電線T1およびT2の事



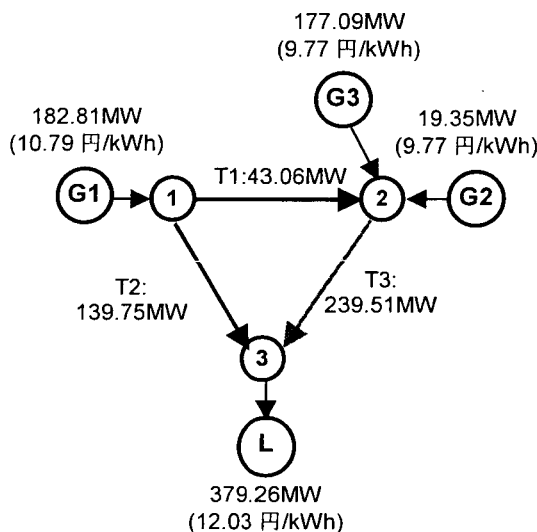
故時に送電容量制約（表 3 参照）が活性化するため、全回線健全時の送電容量制約範囲内（送電線 T1 は 150MW、送電線 T2 は 225 MW）であるが、図 10 (a) に示すように T1 と T2 の電力潮流（送電線 T1 は 102.21MW、送電線 T2 は 183.27MW）は抑制される。事故の前後で系統内に混雑が発生しないような需給バランスを求めると、送電線事故時の混雑発生場所によって、平常時よりも厳しい送電容量制約が課されることになる<sup>11</sup>。

一方、G3 がノード 2 に接続した場合には、平常時には混雑は発生していないものの、送電線 T3 の事故時に T3 に混雑が発生する。図 10 (b) に示すように、T3 で発生した混雑解消のためノード 2 に接続する G2 と G3 の出力が抑制される。一方、需給バランスを保つために G1 の出力が増加する。しかし、G1 の供給電力は T1 を介して T3 に流れ込むので、T3 の事故時送電容量の減少により、G1 の出力増加は制約される。その結果、送電線事故を考慮した市場内の需給均衡量は、EO ケースの 416.32MW から、379.26MW まで減少する。一方、市場均衡価格も EO ケースの 10.18 円/kWh から、12.03 円/kWh に増加する。図 10 (b) に示すように、送電線事故を考慮した場合には、送電線 T3 の潮流は、239.51MW となり、全回線健全時の送電容量制約内（300MW）ではあるが、事故時の送電容量制約により、平常時よりも厳しい制約が課されることになる。

新規参入者の接続場所により送電線事故時の混雑発生場所は異なるものの、何れも場合



注) T1事故時にT1、T2事故時にT2で混雑発生  
(a) ノード1に接続した場合

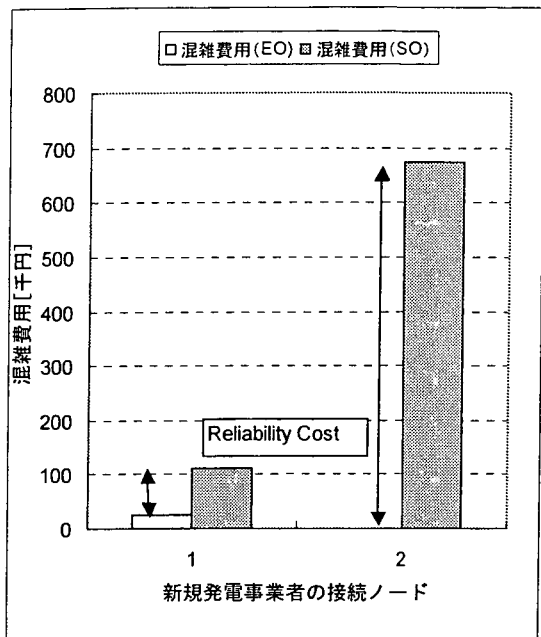


注) T3事故時にT3に混雑発生  
(b) ノード2に接続した場合

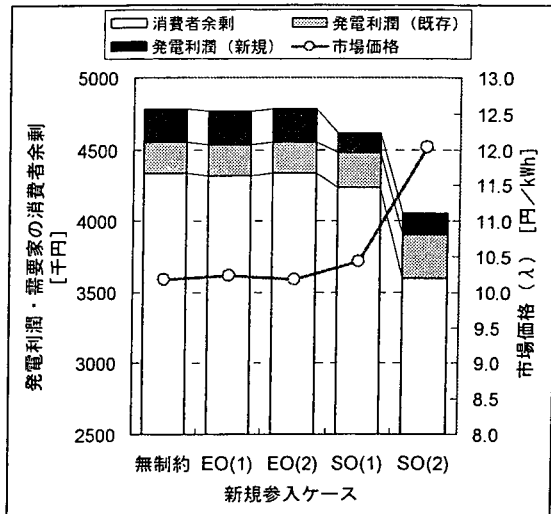
図10 新規参入ケースの系統状態 (SOケース: 平常・事故時の送電線混雑の両者を考慮)

<sup>11</sup> 米国の NERC では、TTC (Total Transfer Capability) は想定事故を考慮して、信頼度維持を確保した状態での連系系統の物理的な送電能力と定義している。ただし、この TTC はある地点間の電力取引に関する送電能力である。本研究では、プール運用において、送電線事故のみを考慮し N-1 基準を満たす需給バランスを求めたもので、上記の TTC を求めているのではないことに注意されたい。

も G3 参入ノードと直結する送電線で発生している。今回のシミュレーションで想定したように、既存発電事業者よりも発電の限界費用の安い発電事業者が新規参入する場合には、各送電の線路潮流の増減が大きい。さらに、事故発生送電線で混雑が生じる場合には、全回線健全時よりも送電容量が少なくなるので、より厳しい送電制約が課される。その結果、



注) Reliability Cost=混雑費用(SO)−混雑費用(EO)  
 図11 各新規参入ケースでの混雑費用



無制約：平常時・送電線事故時の何れの送電制約も考慮しない場合  
 EO(1)、SO(1)：新規参入者(G3)がノード1に接続した場合のEOケースとSOケース  
 EO(2)、SO(2)：新規参入者(G3)がノード2に接続した場合のEOケースとSOケース

図12 各新規参入ケースでの社会厚生の変化

SO ケースの市場内の総取引量（需給均衡量）は、EO ケースよりも減少し、市場均衡価格(λ)は増加する。

また、事故時の送電線混雑を考慮することで、G3がノード2に接続するケース（図10(b)）のように、新規参入の無い場合（図6(a)）に示す基準ケースの系統状態よりも需給バランス量が減少し、市場均衡価格(λ)が増加してしまう場合もある。送電系統内の平常時・事故時の混雑の発生個所は、系統構成と発電事業者・需要家の接続場所に依存するものの、新規参入の経済的なメリットを相殺してしまい経済厚生を悪化させる場合もある。

(3) 混雑費用の変化と社会厚生への影響

図11に示すように、より厳しい送電制約の基での需給調整が強られるSOケースでは、送電線混雑により生じる混雑費用は、EOケースよりも大きくなる。両ケースの混雑費用の格差を、送電系統におけるN-1の

表4 各種混雑管理方策の比較

	SO(2)	発電振替	EO(2)
総発電量[MW]	379.25	415.57	416.32
G1	182.81	265.16	149.10
G2	19.36	0.48	48.84
G3	177.10	150.68	218.38
市場均衡価格(λ) [円/kWh]	12.04	15.65	10.18
発電コスト[千円]	3431.96	3945.06	3784.53
平均発電コスト [円/kWh]	9.05	9.48	9.09

信頼度基準を満たすために要した費用として考えることができる。図11に示すように、系統全体（市場全体）で信頼度維持に要した追加的な費用（図中ではReliability Cost）は、新規発電事業者の参入地点（ノード）の違いにより、約7倍以上の格差が生じることもあることが示された。

混雑費用の増加は、市場全体での経済厚生へも影響を与え、図12に示すように、発電事業者と需要家間での社会厚生を減少させる。特に、混雑費用が最も大きいケース（G3がノード2に接続するSOケース：図中のSO(2)）では、市場均衡価格(λ)の増加が

著しい。その結果、社会厚生は減少し、市場均衡価格 ( $\lambda$ ) の増加により生じる需要家の消費者余剰の減少が主要因であることが分かる。

送電線事故時の混雑解消方策として、発電事業者間での発電振替という方法も考えられる。例えば、表 4 に、新規発電事業者 (G3) がノード 2 に接続した場合の例として、発電振替と他の混雑管理による系統内の総発電量、市場均衡価格、総発電コストと平均発電コスト (= 総発電コスト/総発電量) への影響を表 4 に示す。ここで発電振替による混雑解消は、EO(2) ケースの需要量を固定し、平常時・事故時の送電容量制約と平常時の需給均衡制約を満足し総発電コストが最小となるよう、各発電機の出力のみ調整したものである。この場合、事故時の混雑発生箇所は、SO(2) ケースと同じである。発電振替による混雑調整を実施した場合、限界費用が最も高い G2 の出力が大幅に削減され、発電利潤をほとんど得ることはできない。市場均衡価格や平均発電コストへの影響からも、発電振替による混雑調整による経済的な損失が最も多く、需給調整の最適性を阻害する可能性があることが示された。

## 5. まとめ

本研究では、送電線事故に対し、N-1 基準に基づく信頼性制約を考慮したノーダuple プライスの計算方法について提案した。また、テスト系統 (3 ノード 3 ブランチ) を用いたシミュレーションにより、新規発電事業者の参入場所の違いによる需給均衡量 (市場内の取引量) やノーダuple プライスへの影響や、信頼性確保に要する追加的コストについて検討を行った。系統構成に依存するものの、系統内の新規参入者の接続場所によっては平常時・事故時に送電線混雑が多発し、市場均衡価格

の高騰、ノーダuple プライス格差の拡大、新規参入の経済効果の相殺や市場の経済性を損ねる可能性があることが示された。

先に述べた米国での「電力系統信頼度に関するタスクフォース」による検討にあたり、「大規模系統の信頼度への挑戦は、競争の終局段階よりもむしろ競争市場への移行段階においてなされるものとする。今、行動しなければ北アメリカの相当部分に許容できないようなリスクを残すことになる」という共通認識が示されている。市場の活力を不必要に制限せず、公平な競争市場が正常に機能するためにも、送電系統内の信頼度維持の新しい方策が求められる。本論文で提案したように、平常時および送電線事故時の混雑を考慮したノーダuple プライスが、各市場参加者への価格シグナルとして機能すれば、運用時での系統信頼度維持対策のひとつとして期待できる。しかし、短期的な電力取引のみを対象としたノーダuple プライスによる電力市場運用は、送電系統運用者が故意に送電容量制約を厳しく設定したり、託送量の増加や一部の市場参加者による市場支配力の行使により混雑が頻繁に発生することで、市場価格の不安定性を招き、新規参入者のインセンティブの阻害要因を誘発する可能性もある。市場価格変動の不確実性に対応する経済メカニズムの導入などが望まれる。

また、従来、電力系統の信頼度評価では、過渡的・経時的な系統の振る舞いを考慮し、電圧安定性や安定度などの動的なセキュリティ問題について詳細に検討されてきている。しかし、本論文で提案したノーダuple プライス算定手法では、これら動的なセキュリティ問題の評価が含まれていない。これらの問題をどのように電力市場の運用に取込んで行くのかなど、別途検討が必要である。

想定外の電力取引が活性化する電力自由市

場においては、系統運用管理者が発送配一貫の垂直統合型企業ではないので発電設備を直接運営するわけではないので、信頼度維持に不可欠な予備力や無効電力などの供給力を、アンシラリーサービス (Ancillary Services) という形で市場参加者に頼ることになる。米国や英国などの自由化先進諸国において、低廉に信頼度を確保する手段のひとつとして、アンシラリーサービス市場の充実が図られている。しかし、米国における 1998 年夏の待機予備力価格の高騰に見られるように、未だ十分に、アンシラリーサービス市場の機能しているとは言いがたい。

本論文で検討したように、社会厚生最大化の観点から、静的な意味での信頼度レベルの評価が可能で、また系統計画に際して新たな視点を提供することにもなる。しかし、本論文のように最適化によって得られた値は、短期的な評価になりがちで、長期的な視点が抜け落ちやすい。長期的に、発電事業者の新規参入を想定して送電系統を構築すれば、系統内の信頼度を確保することが出来る。しかし、競争が進展し多数の新規参入者が系統に参入する場合には、新規参入者の接続地点や系統内の潮流パターンの変化を予想することが困難となる。さらに、実際の設備建設のリードタイムなどを考えると最適解は実現不可能となる場合もありうる。送電設備投資へのインセンティブを送電会社に度のように付与するか、送電線建設・拡充等のハード的 (計画面) な対策と今回検討した需給調整によるソフト的 (運用面) な対策を組み合わせた総合的な信頼度維持対策の検討などが必要である。

#### 謝辞

本研究を進めるにあたり、貴重なご意見を頂きました、当所・経済社会研究所浅野上席

研究員、ならびに電力システム部栗原上席研究員に感謝の意を表します。

#### 【参考文献】

- [1] 浅野、岡田、“地域別送電線使用料金の算定手法”、電気学会論文誌 B, Vol. 117-B, No. 1, pp. 61-67, 1997 年
- [2] 岡田、浅野、“ノーダルプライスに基づく送電料金のシミュレーション分析”、電力中央研究所報告、Y97019, 1998 年
- [3] 岡田、浅野、“新規参入者による送電線混雑を考慮した託送料金”、平成 11 年電気学会電力エネルギー部門大会、1999 年
- [4] “RELIABLE POWER: Renewing the North American Electric Reliability Oversight System,” Electric Reliability Panel, Dec. 1997
- [5] “A Review of Transmission Security Standards,” NGC Aug. 1994
- [6] U. S. Federal Energy Regulatory Commission (FERC), “Order 2000 Final Rule, Regional Transmission Organization (RTO)”, Docket No. RM99-2-000, 20 December 1999
- [7] 岡田、栗原、渡邊、“競争的電力市場における供給信頼度評価の基礎的検討”、電力経済研究、No. 43, pp. 33-42, 2000 年 3 月
- [8] 栗原、岡田、渡邊、“競争的電力市場のもとの供給信頼度評価に関する一考察”、平成 12 年電気学会全国大会、No. 6-096, 2000 年 3 月
- [9] 岡田、栗原、渡邊、“電力市場における経済メカニズムによる信頼度維持確保の検討”、平成 12 年電気学会電力・エネルギー部門大会、2000 年 8 月
- [10] Fred C. Schweppe, Michael C. Caraminis, Richard D. Tablrs and Roger E. Bohn, “SPOT PRICING OF ELECTRICITY”, Kluwer Academic Publisher, 1987
- [11] 岡田、浅野、新岡、横山、“N-1 ルールを考慮したノーダルプライス計算手法” 平成 11 年電気学会 電力技術・電力系統技術合同研究会資料、No. PE-99-72 (PSE-99-69), 1999 年。

(おかだ けんじ  
電力中央研究所 経済社会研究所)

# 産業別日米生産性・価格比較

## A Short Note on Estimating the Japan-US Sectoral Productivity and Relative Price

キーワード：内外価格差、相対比価、相対価格、生産性、TFP

門 多 治 渡 辺 尚 史

本稿では、日米産業別内外価格差（相対比価）、生産性較差についての最近の計測結果をサーベイしたうえで、平成12年通商白書と同様の手法による時系列データを用いた推計結果と、その資本、労働、原材料、エネルギーという4つの生産要素などに対する寄与度分解の結果を示す。その結果、各要因の寄与度は年毎に大きく異なり、単年度のデータを用いて分析する場合にはその結果に頑健性に欠ける場合があること、推計手法や使用データにより産業別内外価格差（相対比価）、生産性上昇率はかなりの幅をもつことが示された。

1. はじめに
2. 最近の日米産業別内外価格差・生産性分析の概要
3. 本稿で用いた計測手法と使用データについて
4. 推計結果
5. 今後の課題

### 1. はじめに

本稿では、日米産業別内外価格差<sup>1</sup>、生産性較差についての最近の分析結果をサーベイしたうえで、新しい計測結果を示し、推計方法や使用データによりそれらがかなりの幅を持つことを示す。

白井・門多（1999）では、労働、原材料投入に加えて資本、法人税制およびエネルギー投入を考慮した新しい購買力平価（平均費用均等化レート）<sup>2</sup>を使用して日米産業別内外価格差を計測し、その要因分析を行った。その結果、非製造業の多くの業種では基準年とした1973年と比較して90年には内外価格差は拡大していること、回帰分析の結果、内外

価格差の変動要因としては産業別生産性上昇率（技術進歩率）の日米格差が重要であること、さらに、生産要素支払の変化が内外価格差の変動に与える寄与度を計測すると、90年時点で、資本サービスやエネルギーへの支払よりも労働と原材料への支払の日米較差が価格差を拡大させている産業が大部分であることなどを明らかにした。

しかしながら、そこで分析対象となった産業は分析手法からくる制約によりエネルギー産業が除かれており、また、生産要素への支払が価格差に与える影響の寄与度の分解の手法も平均費用均等化レートを用いたものであった。本稿では手法としては、生産関数のデュアルアプローチとして価格関数を用いて生産性上昇率（技術進歩率）を求めることとし、対象業種にもエネルギー関連業種を含めることができた。

本文の構成は以下の通りである。次節で、

<sup>1</sup> 通商白書2000では内外価格差（＝購買力平価/実勢為替レート）の意味で相対比価という用語を用いている。

<sup>2</sup> 日米両国の各産業が平均費用の水準で価格設定した場合の産業別の相対的購買力平価。詳細は補論2を参照。

トランスログ生産関数を仮定した最新の黒田・野村論文や平成12年版通商白書、さらに一種の購買力平価である平均費用均等化レートを用いた白井・門多論文<sup>3</sup>などでの分析手法と推計結果とを概観する。3節では本稿で用いた計測手法と使用したデータについて解説する。4節ではあらたに試みた2種類の推計の計測結果について説明し、最後に5節で今後の課題について述べる。

## 2. 最近の日米産業別内外価格差・生産性分析の概要

本節では、平成12年版通商白書（以下「通商白書2000」）と黒田・野村論文（1999）、白井・門多（1999）での日米産業別内外価格差（相対比価）・生産性比較分析について、その手法と結果の概要を紹介する<sup>4</sup>。

### (1) 通商白書2000における分析

通商白書2000では日米30産業の相対比価<sup>5</sup>・生産性（TFP）較差とサービス4産業の日米労働生産性の比較分析が行なわれている。

両者共に、95年まで5年毎に作成されている日米産業連関表のデータを用い、最終的な結果は95年表から得ているほか、日米の諸価格を95年の実勢為替レート（94.06円/\$）を用いて共通通貨単位に変換している<sup>6</sup>。分析モデルとしては、日米30産業にわたる比較分析では労働、資本サービス、エネルギーを含む中間投入、という3種類の生産要素を考え、日米の全要素生産性（TFP）格差を生産者価格、3つの生産要素の相対比価（購買力平価と実勢為替レートの比）から計

測するという価格サイドからのアプローチを用いている<sup>7</sup>。また、サービス4産業の労働生産性の分析では、同じく価格サイドからの分析ながら、投入要素としては労働のみに注目して、その国際間相対価格（相対比価）を比較する形をとっている。

主要な産業についての計測結果を表1-1に示す。この分析では、生産物価格の相対比価の説明要因として、資本・労働・中間財という3種類のコストへの支払の日米較差で説明できない残差部分を全要素生産性（TFP）較差に因るものとみなしている。産業別のTFP格差にはかなりばらつきがあり、白書では、それが非製造業で特に大きい点に注目している。非製造業の相対比価への生産要素別寄与度をみると、中間財コストの寄与が2~3割程度となっており総じて高い。また資本コストは建設、電力で2割程度の寄与を示している一方で、労働コストは卸売・小売、通信で1割程度の寄与となっている。この分析は産業連関表ベースであるため、中間財には一部資本財も含まれるほか、電力産業の場合には購入電力なども含まれるものと推測される。

### (2) 黒田・野村論文（1999）における分析

Kuroda & Nomura（1999）では、慶応大学黒田昌裕教授の日本の時系列産業連関データベース（30業種）と、米国ハーバード大学ジョルゲンソン教授作成の米国データベース（同）にもとづく最新の日米産業別相対価格・生産性・国際競争力に関する分析結果が述べられている。

まず、この論文では、OECD（1993）、通産省（1994）などから推計された90年時点の産業別購買力平価（絶対水準を示す絶対的購買力平価）が示されており<sup>8</sup>、それに基づ

<sup>3</sup> 白井・門多（1999）、その概要は門多・白井（2000）参照。

<sup>4</sup> 詳細については、通商産業省（2000）巻末の付注4-1、Kuroda & Nomura（1999）参照。

<sup>5</sup> 通商白書2000では、内外価格差の意味で「相対比価」という用語を用いている。

<sup>6</sup> 本稿4節では、新たに黒田・野村論文のデータで90年価格差の要因分解を行い、結果を表2に示した。

<sup>7</sup> そこで用いられたと推測される分解手法の詳細については本稿3節（1）および補論1参照。

<sup>8</sup> 建設、卸売・小売については適当な基礎資料がなく実勢為替レート144.81円/\$を購買力平価として用いており、これらの業種の日米相対価格は等しい。

表 1-1 産業別生産物価格の日米相対比価と各生産要素支払・TFP 格差率の寄与度等 (1995)  
(%)

	相対比価 (1995)	各生産要素への支払の相対比価への寄与度				日米労働生産性 較差(米国/日本)
		資本コスト	労働コスト	中間財コスト	TFP 格差率	
一次金属	54.1	9.6	-2.5	39.9	7.1	
化学	46.6	7.2	0.5	37.4	1.5	
自動車	0.8	1.0	-0.3	34.5	-34.5	
電気機械	15.7	6.6	3.4	23.3	-17.6	
建設	72.7	21.2	4.1	26.4	21.0	
運輸	44.1	5.8	-11.5	27.4	22.3	2.8~2.9倍程度
通信	53.2	-16.3	11.0	21.1	37.3	1.6倍程度
電力	123.0	19.9	5.6	20.9	76.5	2.2~2.3倍程度
卸売・小売	66.3	8.6	12.3	22.1	23.3	
サービス	46.9	4.8	9.1	25.3	7.6	

(出所) 「通商白書2000」巻末付注4-1より作成。

(注) 1995年日米産業連関表による分析。95年の為替レート94.06円/\$を用いて共通通貨単位に変換。

相対比価 = (内外価格差 - 1) \* 100 (%表示)

表 1-2 産業別生産物価格の日米格差と生産性較差 (1990)  
(%)

	基準化相対 価格(1990)	生産性較差 (1990)	同左(参考)			購買力平価(円/\$) (1990)
			同左(1985)	同左(1980)	同左(1970)	
一次金属	6.9	-3	-3.1	-0.2	-7.0	154.76
化学	0.8	5	24.3	21.1	1.2	145.97
自動車	-24.5	19	-5.2	4.7	-2.8	109.30
電気機械	32.7	-14	16.0	4.3	-7.2	192.13
建設	(0.0)	22	-67.7	-59.7	-62.7	144.81
運輸	5.0	-21	4.6	-4.6	5.4	152.08
通信	33.6	-30	4.6	-4.6	5.4	193.39
電力	81.4	-33	2.7	-0.9	-4.8	262.68
卸売・小売	(0.0)	5	-23.4	-20.4	-25.9	144.81
サービス	37.7	-32	-56.8	-57.7	-39.4	199.36

(出所) Kuroda & Nomura(1999) Table7, Fig.1、黒田(1992)表5より作成

(注) 慶応dB, ジョルゲンソンdBによる分析。90年の為替レート144.81円/\$を用いて共通通貨単位に変換。

生産性較差は日本が米国を上回る割合%。70~85年までの参考値は黒田(1992)によるもので旧データによる分析結果のため90年の結果とは連続しない。旧データでは、電力は公益事業に含まれ、運輸と通信は合算されている。基準化相対価格 = (内外価格差 - 1) \* 100 (%表示)

表 1-3 産業別日米内外価格差率とそれに対する各生産要素支払の寄与度 (1990)  
(%)

	内外価格差率	資本コスト	労働コスト	原材料コスト	エネルギーコスト	平均費用均等化レート
一次金属	7.8	-2.6	9.8	2.2	-1.6	155.7
化学	-6.7	-5.3	2.2	-0.1	-3.7	134.8
自動車	-17.2	-4.0	-2.7	-10.4	-0.2	119.6
電気機械	-10.3	-5.8	2.6	-0.7	-0.1	129.6
建設	35.6	1.9	23.4	10.3	-0.0	195.9
運輸	37.0	2.1	16.0	18.6	0.4	197.9
通信	22.6	-9.0	18.4	12.0	1.1	177.1
流通	28.4	-3.1	25.8	6.2	-0.1	185.4
サービス	52.8	2.6	35.2	13.6	1.4	220.7

(出所) 白井・門多(1999)

(注) 慶応dB, ジョルゲンソンdBによる分析。90年の平均費用均等化レート(ACER:購買力平価の一種、右端欄)を用いて共通通貨単位に変換し、「ACER/実勢為替レートで求めた産業別日米内外価格差の1973年との比率-1」(%表示)に対する4つの生産要素別支払の寄与度を求めたもの。

表 2 産業別の生産物価格の日米相対価格と各生産要素支払・TFP 格差率の寄与度 (1990)  
(%)

	基準化相対価格	資本コスト	労働コスト	原材料コスト	エネルギーコスト	TFP格差率	購買力平価(円/\$)
一次金属	6.9	5.7	-5.2	4.6	4.2	-2.4	154.76
化学	0.8	1.5	-5.9	0.5	4.0	0.7	145.97
自動車	-24.5	0.5	-6.2	-18.3	0.5	-1.0	109.30
電気機械	32.7	12.3	-13.1	18.9	0.8	13.7	192.13
建設	(0.0)						144.81
運輸	5.0	-0.1	-23.3	2.0	3.2	23.2	152.08
通信	33.6	-13.6	-4.3	8.9	0.7	41.9	193.39
電力	81.4	10.4	-2.8	22.8	10.3	40.8	262.68
卸売・小売	(0.0)						144.81
サービス	37.7	-2.2	-14.8	14.3	0.5	39.9	199.36

(注) 慶応dB, ジョルゲンソンdBによる分析。黒田・野村(99)での基準年である90年産業別PPP(右端欄)を用いて算出した日米相対価格に対する4つの生産要素別支払の寄与度を求め、残差をTFPとしたもの。ここではTFP格差率が正の場合には、低いTFP上昇率が高価格をもたらしていることを示す。

基準化相対価格 = (内外価格差RP - 1) \* 100 (%表示)

く相対価格だけでなく、全要素生産性の日米較差<sup>9</sup>も全体と整合的な手法で計測されている(表1-2)。ただし、建設と卸・小売の価格差については、90年の購買力平価が不明と原論文では仮定しており、他業種との比較は出来ないことに留意したい。この論文で用いられた日米産業別価格差の算出、生産性較差分析の手法は通商白書2000と同様のトランスログ型価格指数式を用いたものであり(詳細は補論1.を参照)、総合的な生産性計測をいくつかの仮定の下で価格面からの接近で代用したものである<sup>10</sup>。

推計された産業別の価格と生産性の日米較差を主要な産業について表1-2にみると、価格が日本のほうが高い業種は、ほぼ日本の方が生産性が低い業種に対応している。通商白書2000での相対比価算出の際にも同様にOECD、通産省内外価格差資料が使用された点を勘案すると、90年から95年への相対価格の大きな変動は145円から94円への実勢為替レート(急激な円高シフト)の要因が相当効いているものと推測される。

表1-2には参考として黒田(1992)より旧データにもとづく1970、80、85年の生産性較差の推計値を掲げた。旧ベースによる分析との比較には慎重を要するものの、一次金属のように同程度の生産性較差が得られている業種から符号が逆転(日米較差が逆転)している業種まで様々である。旧データでは、運輸と通信は分離されておらず、また電力は公益事業の中にガス、水道業と合算されていた。

### (3) 白井・門多論文(1999)における分析

白井・門多(1999)では、(2)と同じ日米産業別データベース(30業種)を用いて、労働、原材料投入に加えて資本、法人税制お

よびエネルギー投入を考慮した新しい購買力平価(平均費用均等化レート<sup>11</sup>)等にもとづき日米産業別内外価格差の変動などにつき分析している。そこでは1973年の実勢レート271円を基準として90年時点の同比率を計測し、4つの生産要素がどの程度寄与しているかという要因分析を行っている。その結果は表1-3に示したが、ここでの「内外価格差率」は、産業別日米内外価格差の73年からの変化分と実勢為替レートの変動との乖離であり、他表での相対価格や相対比価とは厳密には異なることに留意されたい。

表1-3の90年の内外価格差率が73年に対する比率であることに注意しつつ業種別に結果を概観すると、73~90年間に非製造業の内外価格差の拡大(日本の上昇)が著しいこと、生産要素支払の変化が価格差の変動に与えた寄与度をみると、エネルギーへの支払や資本サービスへの支払の寄与が小さく、労働や原材料への支払の日米較差が価格差を拡大させている産業が大部分であること、わが国が比較優位をもつ自動車、電気機械などの業種ではコスト面からは資本コストの低位を生かしてきたことなどがわかる。

また、表1-2の90年相対価格の格差と比較してみると、電機が73年比約1割低下したにもかかわらずまだ日本の方が3割以上高いこと、運輸が同じく4割近く上昇したにもかかわらず90年時点で5%高に留まっていることなどが読み取れる<sup>12</sup>。

以上の3本の論文からは、日米産業別内外価格差(相対比価)、生産性上昇率などの分析結果に関して以下の点が指摘できる。

1) 日米生産性較差については、通商白書

<sup>9</sup> 原論文では relative price および productivity gap. 表1-2では米国に基準化した相対価格を示した。

<sup>10</sup> 詳細は原論文および黒田(1992)参照。

<sup>11</sup> 平均費用均等化レートの算出は補論2.参照。

<sup>12</sup> 白井・門多(1999)では生産性分析に用いた西村=白井方式(不完全競争を想定、Nishimura & Shirai(1998))が厳密に適用できる業種に分析を絞ったためエネルギー産業は除外されていた。



2000、Kuroda & Nomura (1999) の新データによる 90 年以降の分析結果は、それら相互間、85 年までの黒田 (92) による分析結果などと比較すると符号の逆転 (日米間の高低) を含めてかなりばらつきがある。

2) 90 年以降の価格差やその要因分解の結果についても、90、95 年という単年における評価だけでは、大幅な実勢為替レートの変動などにより分析結果が頑健性に欠ける可能性がある。

したがって、例えば複数の方法で時系列データを用いて分析し、その結果を比較検討することも必要と考えられる。そこでわれわれは日米の産業別時系列データを用いて新たに 2 種類の方法で日米産業別価格差の計測とその要因分解を行なった。

### 3. 本稿で用いた計測手法と使用データについて

本節では、日米の産業別時系列データを用いて新たに行なった価格差の計測・要因分解用のモデルと使用データについて述べる。

#### (1) 基準年購買力平価 (PPP) と時系列 PPP、内外価格差・生産性上昇率の算出

本稿で用いられる産業別の日米相対価格とは、米国で 1 ドル相当の当該産業の産出物数量が日本において何ドル相当になるかという比率である。分析に使用したモデルは通商白書 2000 や Kuroda & Nomura (1999) と同じく以下に示すトランスログ型価格指数式である。

ここで産業  $j$  の生産物価格を  $P^j$ 、その生産要素  $i$  の価格を  $w_i^j$  とし、生産要素  $i$  の総費用に占めるコストシェアを  $v_i^j$ 、全要素生産性を  $\tau^j$  とする。さらにそれらの変数に関して、日本と米国の変数を JP および US で区別する。

$$\begin{aligned} \ln \tau^j(JP) - \ln \tau^j(US) \\ = \sum_i v_i^j (\ln w_i^j(JP) - \ln w_i^j(US)) \\ - (\ln p^j(JP) - \ln p^j(US)) \end{aligned} \quad (1)$$

$$v_i^j = \frac{1}{2} (v_i^j(JP) + v_i^j(US)) \quad (2)$$

分析手順としては、

- ① 基準年購買力平価 (PPP) の決定、
- ② 生産要素別コストシェア ( $v$ ) の算出、
- ③ 日米相対価格の算出と 4 生産要素への要因分解 (残差としての全要素生産性 (TFP) 格差率の算出)、

という手順をとったが、相対価格の算出にあたっては、日米自国通貨建価格指数を用いて新たに相対価格を求める方法 (以下「A 方式」と呼ぶ) と、白井・門多 (1999) で求めた平均費用均等化レート (各生産要素別とその加重平均) を利用する方法 (以下「B 方式」と呼ぶ) の 2 種類の方法を試みた。

まず基準年購買力平価 ( $PPP_{90B}^j$ ) については、A、B 方式共に前記黒田・野村 (1999) での 90 年購買力平価を使用した。これは 2 節で述べたように OECD、通産省調査に基づいて絶対的購買力平価を推計したものである。建設業、卸売・小売業については資料の制約から実勢レートで代用しているものの、現状最も信頼のおける産業別購買力平価と判断した。

産業  $j$  の時点  $t$  における日米相対価格  $RP_t^j$  については、A 方式では、

$${}^A RP_t^j = \frac{PPP_{90B}^j}{e_t} \times \left( \frac{P_t^j(JP)}{P_{90}^j(JP)} \right) \bigg/ \left( \frac{P_t^j(US)}{P_{90}^j(US)} \right) \quad (3)$$

という算式から求めた。基準時点 90 年の購買力平価  $PPP_{90B}^j$  をある時点  $t$  の実勢為替レート  $e_t$  (年レート) で除したものに、自国通貨建ての価格指数 (日本)  $P_t^j(JP)$  の基準時点からの変化率  $P_t^j(JP)/P_{90}^j(JP)$  を米国の価格指数の変化率  $P_t^j(US)/P_{90}^j(US)$  で除した

ものに乗じたものが A 方式での相対価格である。この相対価格は期待などの影響により実勢為替レートが物価変動とは独立に円高(円安)にオーバーシュートする場合、過大(過小)になる。また日米両国の当該産業の産出価格比が実勢為替レートと一致するとき 1 となる。ただし、これを成立させるような商品裁定メカニズムが個々の産業において完全に機能するとは一般に期待できない<sup>13</sup>。

また B 方式では平均費用均等化レート  $AC_i^j(JP)/AC_i^j(US)$ <sup>14</sup> を 90 年基準に修正し、それを実勢為替レートで除したものを日米相対価格として用いた。なお、表 1、2 における相対比価、相対価格  $RP$  はここでの A、B 両方式で求めた相対価格から 1 を差し引き、米国との乖離率(%表示)で示している。

$${}^B RP_i^j = \frac{PPP_{90B}^j}{e_t} \times \left( \frac{AC_i^j(JP)}{AC_{90}^j(JP)} \right) / \left( \frac{AC_i^j(US)}{AC_{90}^j(US)} \right) \quad (4)$$

価格差の生産要素への要因分解に必要な生産要素分配率(コストシェア)は両国自国通貨建てで各々利潤ゼロの完全競争を仮定して算出し、日米の単純平均を使用した。参考までに一次金属、運輸、電力の 3 業種の日米のコストシェアの時系列推移を図 1 に示す。日本の電力、一次金属産業はエネルギー分配率を 80 年代以降引き下げていることなどがわかる。

## (2) 使用データ

日本のデータは、慶応大学黒田昌裕教授のグループ作成の日本の時系列産業連関データベース(43 業種、1960-92)、米国について

はハーバード大学ジョルゲンソン教授のグループ作成の産業別データベース(35 業種、1948-91)を用い、それらから Divisia 集計した日米産業別データベース(30 業種)<sup>15</sup>を使用した。分析対象としてはシェアの大きい代表的な製造業 4 業種(一次金属、化学、自動車、電気機械)、非製造業 6 業種(建設、運輸、通信、電力、卸売・小売、その他のサービス)の計 10 業種を取り上げた。

## 4. 推計結果

まず基準年とした 1990 年の日米 8 産業の生産物価格格差の要因分解の結果を表 2 に示す。基準年である 90 年には A、B 両方式の結果は一致する。表 2 の TFP 格差率はプラスの場合には日本の全要素生産性上昇率が米国よりも低く、表 1-1 と同様に価格を押し上げる要因となっていることに注意しつつ表 1-2 の 90 年の生産性較差と比較すると、絶対値は小さいものの一次金属、化学で符号が逆転、自動車は同符号ながら水準が大きく異なっている。電気機械と非製造業各業種では日本の低い TFP 上昇率が価格を引き上げる要因となっている。

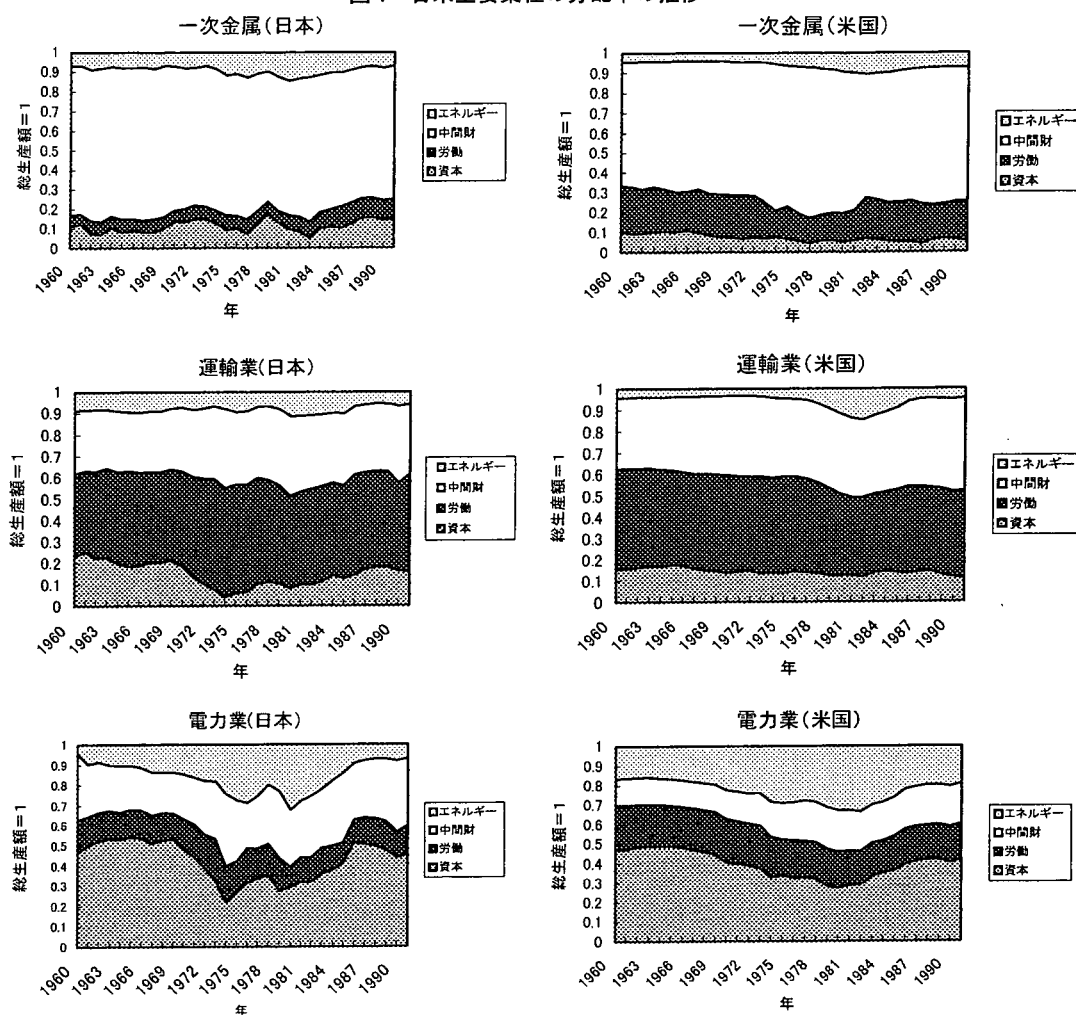
また TFP 格差率について表 1-1 の通商白書 2000 による 1995 年の推計結果と比較すると、電気機械、一次金属で符号が逆転しているほか、サービス、電力、そして自動車でも TFP 格差率の寄与度が 3 割以上異なっている。その原因としては、90 年と 95 年とでは為替レートが 144 円から 94 円まで約 35% 円高になっているために相対価格そのものが大幅に変動していること、労働コストの寄与が 90 年には日本の価格を引き下げる方向に働いていたのに対して、95 年には逆に引き上げる方向に働いたこと、などが考えられる。一方、中間財(原材料、エネルギー)コスト

<sup>13</sup> 両国の一般物価水準についてではなく、両国間の非貿易財産業も含めた個々の産業の商品裁定条件のすべてが成立するには各産業間の国内相対価格が両国で一致する必要があり、このような購買力平価仮説は長期的にも成立するとは考え難い。

<sup>14</sup> 平均費用均等化レート(ACER)は白井・門多(1999)では 1973 年の実勢レート 271 円を基準に推計された(算出法は補論 2. 参照)。

<sup>15</sup> 詳細については白井・門多(1999)補論参照。

図1 日米主要業種の分配率の推移



は、自動車を除いては価格を押し上げる要因となっている点で一致している。

次に、今回のデータによる相対価格の水準と各要因の寄与度の時系列的傾向をみるため、1985年、88年、91年と3年ごとに2種類(上記A、B両方式)の手法で計測した。A方式により推計された産業別相対価格および生産性較差を10産業について表3、図2に、B方式による推計値を表4、図3に示す<sup>16</sup>。

推計結果をみると、まず製造業4業種では85、88、91年の3時点の相対価格の水準、4

つの生産要素の寄与度については比較的A、B両方式で似た傾向の計測結果が得られている。価格は自動車のみ日本が低くなっている。資本コストは総じて価格引き上げ要因、労働コストは引き下げ要因、原材料コストは自動車以外では引き上げ要因、またエネルギーコストは電力をはじめ小幅引き上げ要因となっている業種が多い。しかしTFP格差率については88、85年と基準年を離れるに従って両方式で差が拡大し、符号が逆になっているものも多い。

また、非製造業6業種については、製造業と比較して相対価格は全般に日本の方が高い。建設、卸売・小売で85年にはマイナスで日本の方が低くなっているが、これは基準年の

<sup>16</sup> A、B両方式ともに労働分配率が大きく変化した業種では1985年前後では異常値となっており(表3-3)、図2、3には1988、91年のみを図示している。トランスログ価格方式ではこのような異常値に注意が必要である。

90年に日米の価格が等しいと仮定したこと  
に起因する可能性もある。85、88、91年と  
非製造業の内外価格差が拡大した点は白井・  
門多(1999)でも指摘されていた点である。

生産要素別の相対価格への寄与度をみると、  
資本コストは通信、サービス以外の非製造業  
4業種で日本の価格の引き上げ要因となっ  
ているのに対して、労働コストは総じて引き下  
げ要因となっている。また、原材料コストは  
総じて引き上げ要因、またエネルギーコスト  
も総じて小幅引き上げ要因となっている。電  
力ではエネルギーコスト要因の寄与度はプラ  
スながら徐々に低下している。TFP格差率  
の寄与度については88年はサービス以外は  
両方式とも似通った水準となっているもの、  
85年には異常値が多くなっている。

この異常値の原因を手法面から検討してみ  
よう。3節で示した相対価格の分解式(1)と  
(2)は、Divisia理論指数における各生産要  
素を集計する項をTrönqvistによる方法<sup>17</sup>  
で近似したものである。時系列の場合、価格  
指数を算定する時点 $t-1$ から時点 $t$ までの短  
期間では生産要素のコストシェアが大きく変  
動することが少ないためこの近似による誤差  
の問題が顕在化することは少ないが、今回適  
用されたクロス・セクションデータの場合、  
日米で生産要素コストシェアに大きな差があ  
る可能性もあり、近似による誤差が生じる可  
能性も高くなる。もちろん技術条件が等しい  
としてヘクシャー・オリーの要素価格均等  
化が成立している均衡点近傍では問題が生じ  
る可能性が低い<sup>18</sup>。しかし、技術条件が異な  
り均衡から大きく乖離している場合には誤差  
も大きくなる可能性も高い。

異常値がこの理由で生じているかを検討す

るために、表3-4で85年の日米コストシェ  
アを比較してみると、要因分解結果が異常値  
と考えられる通信においてコストシェアには  
さほど大きな格差は認められなかった。むし  
ろ正常値と思われる電気機械や一次金属の労  
働コストシェアにおいて10%ポイントを超  
える日米較差が認められた。そのため、要因  
分解結果の異常値は、トランスログ型価格指  
数式をクロスセクションデータに適用したこ  
とによる近似誤差以外の要因で生じているも  
のと考えられる。今回は近似誤差による問題  
を認めることが出来なかったが、この相対価  
格の分解式(P. 37(1)式)は厳密には同じ  
ような技術条件であることに加えて、ある産  
業で同じようなコストシェアが成立している  
国相互間でのみ成立すると考えられるため、  
その適用には慎重を要するものと考えられる。

以上の考察から、本稿で用いたトランスロ  
グ価格指数式による要因分解の方式は、単年  
度のデータを用いて分析する場合には、各要  
因の寄与度が年毎に大きく異なり、その結果  
に頑健性に欠ける場合があり時系列データに  
よるチェックも場合によっては必要となるこ  
と、また残差として求められるTFP格差率  
に関してはとりわけ幅をもってみる必要があ  
ることなどが明らかとなった。

## 5. 今後の課題

本稿では、日米産業別価格差、生産性比較  
について最近の分析結果をサーベイしたうえ  
で、ひとつの新しい計測結果を示した。

今後の課題としては、以下の点がある。

まず、90年代の時系列データによる上記  
結果の再確認である。最新のOECDの購買  
力平価推計値や中間財についての通産省調査  
をもとに絶対的購買力平価の水準そのものの  
検討も必要であろう。

<sup>17</sup> Selvanathan & Rao(1994)および補論1. 参照

<sup>18</sup> Kuroda&Nomura(1999)においては、全要素生産性  
以外の技術条件は等しいとしている。

表 3-1 産業別の生産物価格の日米相対価格と各生産要素支払・TFP 格差率の寄与度 (1991)  
(%)

	基準化相対価格	資本コスト	労働コスト	原材料コスト	エネルギーコスト	TFP格差率
一次金属	18.4	6.7	-4.6	10.4	4.6	1.3
化学	8.4	2.8	-5.0	4.5	5.4	0.9
自動車	-23.8	0.7	-4.6	-14.8	0.5	-5.5
電気機械	37.6	13.7	-10.2	22.7	0.9	10.5
建設	8.5	20.6	-9.2	3.4	1.3	-7.5
運輸	12.1	1.4	-20.0	4.5	3.7	22.5
通信	44.4	-11.3	-0.5	14.1	0.8	41.3
電力	84.7	17.1	-0.5	22.9	11.5	33.7
卸売・小売	9.5	9.4	-3.1	2.1	1.6	-0.5
サービス	46.2	-0.6	-9.7	17.0	0.6	38.9

(注) 慶応dB, ジョルゲンソンdBによる分析。90年の産業別購買力平価(黒田・野村(99)と同様)を用いて共通通貨単位に変換。基準化相対価格=(日米相対価格RP(A方式)-1)\*100(%表示)。正のTFP格差率は日本の低生産性上昇が相対価格を引き上げていることを示す。

表 3-2 産業別の生産物価格の日米相対価格と各生産要素支払・TFP 格差率の寄与度 (1988)  
(%)

	基準化相対価格	資本コスト	労働コスト	原材料コスト	エネルギーコスト	TFP格差率
一次金属	12.5	6.1	-3.0	8.7	4.1	-3.3
化学	4.6	1.3	-1.1	2.4	1.6	0.4
自動車	-17.0	3.4	-11.1	-13.7	1.5	2.9
電気機械	42.0	10.6	-7.2	23.6	1.0	14.0
建設	11.1	22.3	-15.2	7.9	1.8	-5.7
運輸	14.9	2.1	-20.2	6.3	4.2	22.5
通信	52.3	-7.7	0.6	16.0	1.0	42.3
電力	92.3	18.5	-0.7	19.7	10.2	44.6
卸売・小売	9.0	5.2	-2.3	3.1	1.0	2.0
サービス	48.5	0.9	-8.7	18.3	0.7	2.0

(注) 表3-1注参照。

表 3-3 産業別の生産物価格の日米相対価格と各生産要素支払・TFP 格差率の寄与度 (1985)  
(%)

	基準化相対価格	資本コスト	労働コスト	原材料コスト	エネルギーコスト	TFP格差率
一次金属	4.2	0.0	1.7	2.6	-0.4	0.4
化学	-3.3	-0.9	-1.7	-2.1	0.4	0.9
自動車	-26.5	-1.5	-7.8	-17.9	0.2	0.4
電気機械	29.0	21.2	-142.8	6.8	4.0	139.8
建設	-3.9	0.7	-2.8	-1.6	0.1	-0.3
運輸	4.0	0.7	4.7	1.2	-0.4	-2.1
通信	24.2	855.9	748.8	57.4	-13.4	-1624.6
電力	72.8	-11.5	-14.1	20.0	14.8	63.5
卸売・小売	-2.1	-0.1	-1.8	-0.8	0.1	0.5
サービス	36.1	97.9	307.8	-1.6	-3.8	-364.2

(注) 表3-1注参照。

表 3-4 産業別のコストシェア格差 (1985)

	日米のコストシェア格差			
	資本コスト	労働コスト	原材料コスト	エネルギーコスト
一次金属	5.8	-11.2	3.9	1.5
化学	-1.9	-8.8	8.9	1.8
自動車	-2.7	-2.1	4.3	0.5
電気機械	4.1	-15.8	11.2	0.5
建設	4.8	-10.4	5.7	0.0
運輸	-1.2	4.8	-4.9	1.3
通信	1.1	6.6	-8.7	1.0
電力	5.0	-7.4	14.2	-11.8
卸売・小売	0.7	0.7	-0.3	0.3
サービス	1.5	-7.2	4.2	1.5

(注) コストシェア格差=日本のコストシェア-米国のコストシェア (%)

表 4-1 産業別の生産物価格の日米相対価格と各生産要素支払・TFP 格差率の寄与度 (1991)  
(%)

	基準化相対価格	資本コスト	労働コスト	原材料コスト	エネルギーコスト	TFP格差率	購買力平価 (円/\$)
一次金属	17.6	7.0	-4.5	12.7	3.9	-1.5	158.18
化学	8.6	2.6	-6.1	5.5	5.7	0.8	146.05
自動車	-22.8	0.7	-6.2	-16.8	0.5	-0.9	103.86
電気機械	39.7	14.5	-11.2	22.1	0.8	13.5	187.93
建設	9.4	20.3	-12.0	4.2	1.4	-4.5	147.25
運輸	12.0	1.7	-18.9	0.2	3.4	25.7	150.69
通信	75.0	-7.2	-15.2	44.4	1.3	51.8	235.47
電力	85.4	13.7	-1.3	21.4	8.3	43.2	249.39
卸売・小売	9.9	9.7	-4.2	3.6	1.7	-1.0	147.81
サービス	46.4	0.3	-12.6	17.4	0.7	40.6	196.91

(注) 慶応大・ジョージタウン大による分析。黒田・野村(99)での90年産業別PPPをベンチマークとして、白井・門多(99)の平均費用均等化レート(ACER,購買力平価の一種)から時系列PPPを求め(右端欄)各年の日米相対価格を算出、それに対する4つの生産要素別支払の寄与度を求め、残差をTFPとしたもの。  
基準化相対価格 = (日米相対価格RP (B方式) - 1) \* 100 (%表示)。

表 4-2 産業別の生産物価格の日米相対価格と各生産要素支払・TFP 格差率の寄与度 (1988)  
(%)

	基準化相対価格	資本コスト	労働コスト	原材料コスト	エネルギーコスト	TFP格差率	購買力平価 (円/\$)
一次金属	11.5	6.0	-1.5	6.0	3.0	-1.9	1511.11
化学	5.1	1.9	-0.7	2.5	1.5	-0.1	156.63
自動車	-18.2	26.4	-4.1	-31.0	6.1	-15.6	124.71
電気機械	38.0	10.4	-5.2	23.0	1.0	8.8	207.61
建設	8.9	17.9	-8.7	3.1	1.1	-4.5	142.69
運輸	14.5	1.2	-14.4	1.9	2.5	23.3	148.52
通信	55.1	-4.4	-5.8	27.2	1.1	37.0	224.03
電力	89.8	26.1	2.9	17.8	10.1	32.9	285.19
卸売・小売	5.5	3.2	0.1	2.0	0.5	-0.3	155.39
サービス	48.7	0.1	-6.7	18.8	0.7	35.9	205.02

(注) 表 4-1 の注参照。

図 2 日米相対価格の要因分解(A方式)

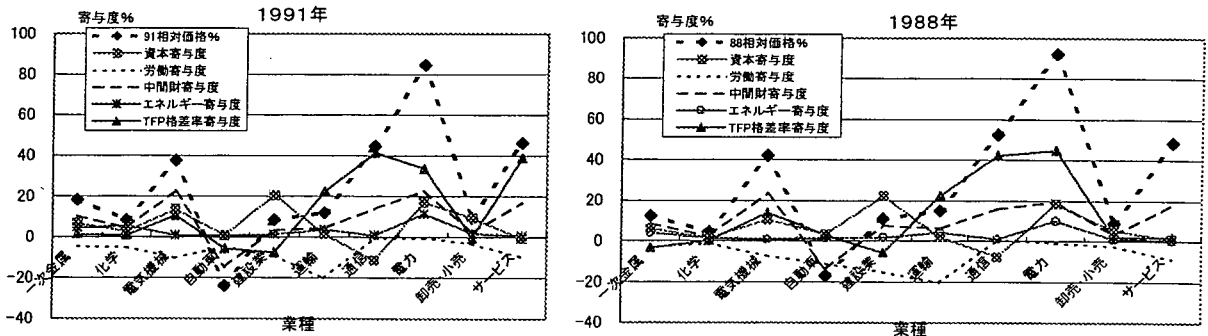
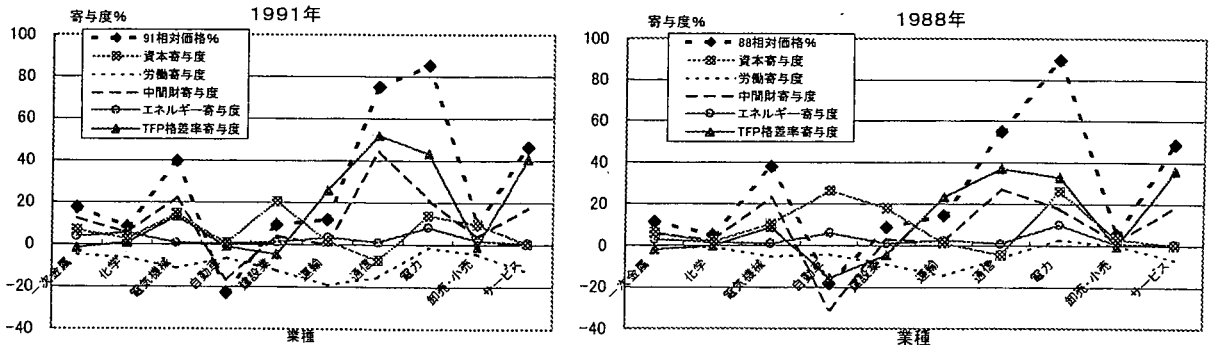


図 3 日米相対価格の要因分解(B方式)



90年代初頭以降、最近まで続いたエネルギー価格の安定、低金利、法人税率の引き下げに伴う資本コストの低下などを織り込んで、90年代における省エネルギー、あるいは情

報化の進展度などの日米格差が両国の価格差・生産性水準にどのような影響をもたらしているのかなど論点は多い。

【参考文献】

門多治・白井誠人 (2000) 「平均費用を用いた新しい産業別購買力平価・内外価格差の計測とその要因分析」『ESP』2月号  
 黒田昌裕 (1992) 「TFP (全要素生産性) の理論と測定 (II) —生産関数からの接近—」『イノベーション & I-O テクニク』Vol. 3 No. 4  
 白井誠人、門多治 (1999) 「日米内外価格差の計測と要因分析」『電力経済研究』No. 42  
 通商産業省 (2000) 「通商白書 (総論) 平成 12 年版」大蔵省印刷局  
 通商産業省 (1994) 「産業の中間投入に係る内外価格調査」  
 Kuroda, M., Nomura, K. (1999) "Productivity Comparison and International Competitiveness," Journal of Applied Input-Output Analysis, Vol. 5  
 Nishimura, K. G. and Shirai, M. (1998) "Measurement of Sectoral Technological Progress in Japan Revisited," Discussion Paper Series 98-F-8, Research Institute for the Japanese Economy  
 OECD (1993) "PURCHASING POWER PARITIES AND REAL EXPENDITURE GK Result, Vol. 2, 1990."  
 Selvanathan, E. A. & D. S. Prasada Rao (1994), "Index Numbers: A Stochastic Approach," The MacMillan Prs.

補論 1.

この補論 1. では、生産性成長率の要因分解の方法を補足的に説明する。

産業  $j$  の生産物価格と生産量を  $p^j, y^j$  とし、その生産要素  $i$  の価格と要素量を  $w_i^j, x_i^j$  とするとき、当該生産関数は 1 次同次で限界生産力命題が成立していると、その生産額はオイラーの定理により次のように分解できる。ただし、生産要素は資本、労働、エネルギーと中間財の 4 つとする。

$$p^j y^j = \sum_i w_i^j x_i^j \quad (A-1)$$

ここで産業  $j$  においてコストシェア (生産要素  $i$  の総費用に占める投入シェア)  $v_i^j$  を次のように定義して、

$$v_i^j = w_i^j x_i^j / \sum_i w_i^j x_i^j \quad (A-2)$$

生産と投入の変化の関係を見るために、

(A-1) 式を時間で微分して整理すると、

$$\begin{aligned} \dot{p}^j / p^j + \dot{y}^j / y^j \\ = \sum_i v_i^j [\dot{w}_i^j / w_i^j + \dot{x}_i^j / x_i^j] \end{aligned} \quad (A-3)$$

となる。

一方ですべての生産要素の数量変化は次のような生産要素数量指数を用いて

$$\dot{X}^j / X^j = \sum_i v_i^j (\dot{x}_i^j / x_i^j) \quad (A-4)$$

と定義できる。

この式を (A-3) 式に代入すると

$$\begin{aligned} \dot{y}^j / y^j - \dot{X}^j / X^j \\ = \sum_i v_i^j (\dot{w}_i^j / w_i^j) - \dot{p}^j / p^j \end{aligned} \quad (A-5)$$

である。

次に全要素生産性を以下のように定義し、

$$\tau^j = y^j / X^j \quad (A-6)$$

時間で微分すると

$$\dot{\tau}^j / \tau^j = \dot{y}^j / y^j - \dot{X}^j / X^j \quad (A-7)$$

である。(A-5) 式にこの (A-7) 式を代入して整理すると

$$\dot{\tau}^j / \tau^j = \sum_i v_i^j (\dot{w}_i^j / w_i^j) - \dot{p}^j / p^j \quad (A-8)$$

となる。すなわち、全要素生産性の変化は生産要素価格変化から生産物価格変化を差し引いたものに等しい。

しかし、この関係を現実のデータに当てはめるには離散形に直す必要がある。そこで (A-8) 式を時点  $t-1$  から時点  $t$  の離散式に変換するために積分すると次式が得られる。

$$\begin{aligned} \ln \tau^j(t) - \ln \tau^j(t-1) \\ = \int_{t-1}^t \sum_i [v_i^j(s) (\dot{w}_i^j(s) / w_i^j(s))] ds \\ - (\ln p^j(t) - \ln p^j(t-1)) \end{aligned} \quad (A-9)$$

しかし、上式の右辺の第 1 項を直接に解くのは困難なため、Trönqvist によって提案されたように次のような近似を行う。

$$\begin{aligned} \ln \tau^j(t) - \ln \tau^j(t-1) \\ = \sum_i \bar{v}_i^j (\ln w_i^j(t) - \ln w_i^j(t-1)) \\ - (\ln p^j(t) - \ln p^j(t-1)) \end{aligned} \quad (A-10)$$

$$\bar{v}_i^j = \frac{1}{2} (v_i^j(t) + v_i^j(t-1)) \quad (A-11)$$

これは異時点間の生産性成長率のトランスログ価格指数式と云われるものである。これをクロスセクションの日米産業別生産性比較

に応用することを考える。そのためには、時系列的にみたこの生産性の指数式を、ある時点での日米の生産性比較のためクロスセクション的に以下のように置き換えてみる。

$$\begin{aligned} & \ln \tau^j(JP) - \ln \tau^j(US) \\ &= \sum_i \bar{v}_i^j (\ln w_i^j(JP) - \ln w_i^j(US)) \quad (A-12) \\ & - (\ln p^j(JP) - \ln p^j(US)) \end{aligned}$$

$$\bar{v}_i^j = \frac{1}{2} (v_i^j(JP) + v_i^j(US)) \quad (A-13)$$

黒田・野村 (1999) および通商白書 2000 付論 4-1 の日米相対価格 (相対比価) の推定は上記の (A-12) 式を用いたものと推測される。もし生産性格差がないとすると、完全競争であればヘクシャー・オリーン基本定理の不完全特化の世界が成立するという式である。この式を整理すると、以下のような日米相対価格の要因分解の説明式が求まる。

$$\begin{aligned} & \ln p^j(JP) - \ln p^j(US) \\ &= \sum_i \bar{v}_i^j (\ln w_i^j(JP) - \ln w_i^j(US)) \quad (A-12') \\ & - (\ln \tau^j(JP) - \ln \tau^j(US)) \end{aligned}$$

すなわち、相対価格較差の要因は、右辺第 1 項の生産要素費用要因と第 2 項の全要素生産性要因に大別でき、これを用いれば逆に相対価格と生産要素費用要因とから全要素生産性要因が求まる。

## 補論 2.

ここでは、白井・門多 (1999) で新たに考案された平均費用均等化レートにつき概説する。

平均費用均等化レートは、価格を平均費用の水準に設定した場合の購買力平価と定義される。推計の際には以下の 3 つの条件を仮定した。①生産には、労働、資本サービス、エネルギーそして原材料の 4 種類の生産要素を投入する。②資本サービス量は資本ストック量に比例し、資本サービス要素への支払額は資本レンタル料と資本ストック量の積とする。③基準時点を 1973 年とする (この場合には

相対的購買力平価を求めることとなる)。

条件①②より  $t$  期の総費用  $TC_t$  は

$$TC_t = w_t L_t + r_t K_t + P_t^E E_t + P_t^M M_t \quad (A-14)$$

とあらわされる。ただし  $w_t$ 、 $L_t$ 、 $r_t$ 、 $K_t$ 、 $P_t^E$ 、 $E_t$ 、 $P_t^M$ 、 $M_t$  はそれぞれ  $t$  期の賃金、労働投入、資本レンタル料、資本ストック量、エネルギー価格、エネルギー投入、原材料価格および原材料投入とする。

$y_t$  を  $t$  期生産量とすると  $t$  期の平均費用  $AC_t$  は

$$\begin{aligned} AC_t &= TC_t / y_t \\ &= (w_t L_t + r_t K_t + P_t^E E_t + P_t^M M_t) / y_t \quad (A-15) \end{aligned}$$

であり、上付きの星印\*が米国(外国)を示すとすると、 $t$  年の邦貨建ての平均費用均等化レート  $e_t^{ACER}$  は

$$e_t^{ACER} = AC_t / AC_t^* = (TC_t / TC_t^*) (y_t^* / y_t) \quad (A-16)$$

$e_t^{Actual}$  を  $t$  年実勢邦貨建て為替レートとすると  $t$  年の内外価格差  $PD_t$  は

$$PD_t = e_t^{ACER} / e_t^{Actual} \quad (A-17)$$

と定義される。

推計では  $t$  年の生産量  $y_t$ 、 $y_t^*$  は実質値 (Constant Price Data) を使用するため基準年を 1973 年に設定し (仮定③)、73 年内外価格差  $PD_{1973}$  と  $t$  年内外価格差  $PD_t$  の内外価格差比率  $PD_t^{1973}$

$$PD_t^{1973} = \frac{PD_t}{PD_{1973}} = \frac{AC_t}{AC_{1973}} \times \frac{e_{1973}^{Actual}}{e_t^{Actual}} \quad (A-18)$$

を計測した。

なお本稿では、黒田・野村 (1999) による 1990 年の産業別 (絶対的) 購買力平価をベンチマークとして、その時系列データ作成に際して白井・門多 (1999) で作成した平均費用均等化レートを用いた。

(かどた おさむ、わたなべ なおふみ  
電力中央研究所 経済社会研究所)



# ユニペデの CO2 排出権・電力取引実験

大 河 原 透

## 1. はじめに

気候変動枠組み条約第3回締約国会議 (COP3) で採択された「京都議定書」では、日本は温室効果ガスを 2008 年から 2012 年の 5 カ年間の平均で、1990 年比に対し、6%削減することを定めている。このための手段として、発展途上国との共同対策実施 (JI) による温室効果ガスの削減、先進国 (付属議定書 B 国) の間での温室効果ガスの排出権 (排出量) 取引などが規定された。これら対策の細目は、2000 年 11 月に開催される COP6 で検討されることになっている。

温室効果ガスの削減では、CO<sub>2</sub> 対策が中心となるが、国内対策としては炭素税の導入も検討されており、国内の CO<sub>2</sub> 排出総量の 4 分の 1 以上のシェアをもつ電気事業としては、どのような国内対策が取られるかを注意深く見守っていく必要がある。

ヨーロッパのいくつかの国々では温暖化対策として環境税・炭素税が導入されているが、デンマークにおいては、炭素税に加え、電力部門を対象に、CO<sub>2</sub> 排出権取引が 2001 年より開始される予定となっている。理論的に考えると、仮に炭素税が導入されることになれば、CO<sub>2</sub> 排出権取引市場を政府が創出しなくとも、自然発生的に CO<sub>2</sub> の国内取引市場が出現することも予想される。したがって、CO<sub>2</sub> 排出権市場の性格や特徴を探っておくことが重要になる。

CO<sub>2</sub> 排出権取引への関心は高まっているが、実際に取引がどのように行われるか、あるいは取引がどのように機能するかは十分に

は明らかになっていない。

ヨーロッパの電気事業者が主な構成メンバーで当所もメンバーとして参加しているユニペデ (UNIPED: 2000 年 7 月に組織改革が行われ、現在は Eurelectric となっている) は昨年、「温室効果ガスと電力の取引実験」 (GETS; Greenhouse Gas and Electricity Trading Simulation) を行い、取引がどのように行われるかを実験として確認している。GETS はこの種の実験としては先駆的なものであり、ここではその概要を報告する。

## 2. GETS の概要

16 の電力会社が実験に参加し、仮想電力会社 (Virtual Company; VC) に与えられた諸条件のもとで、インターネット上で、電力と CO<sub>2</sub> 排出権の取引を行った。この実験の実施主体はユニペデで、国際エネルギー機関 (IEA) とパリ証券取引所の協力のもと、1999 年 5 月から 7 月にかけて実験を行い、結果は同年 11 月の COP5 で報告された。

実験の初期時点で各社が固有に持つ電源構成を与えられているが、毎年増加する電力需要と毎年減少する CO<sub>2</sub> 排出量枠を満たすように、企業戦略を立案し対応していくことが求められる。このための手段が、発電設備の形成と各種電源の稼働率の選択、および VC 各社間での電力と CO<sub>2</sub> 排出権の取引である。

### 仮想電力会社の概要と性格

発電電力量、電源種別 (燃料種別) 発電容量、CO<sub>2</sub> 排出量など VC の特徴・性格は、2000 年時点で定められており、変更するこ

とはできない。VC の 2000 年時点での特徴は、全ての企業間で共有されている。なお、発電電力量で 50 倍もの会社規模の格差が存在し、各社の電源構成も大きく異なり、CO2 排出原単位は 30 倍も異なる。

実験参加企業は、担当する VC の電力・CO2 取引量など適切な戦略を立案し、関連する取引情報を市場に提出する。

#### 取引対象：電力と二酸化炭素排出権

電力取引の単位は 1000MWh、価格は 1 MWh あたりの Euros 単位で、端数は存在しない。また、電力には先物取引は存在しない。

二酸化炭素取引の単位は 1000 トン。価格は CO2 トンあたりで Euro で端数はなし。排出権は 2007 年満期の先物と 2012 年満期の先物が存在。もちろん、2007 年満期の排出権は、2008 年以降で取り引きされない。2008 年からは、2005 年から 2007 年で貯めた排出権をスポットで取り引きすることもできる。

#### 電力需要の設定

市場管理者は、前年に翌年の電力需要（電力需要の伸び率情報）を VC 各社に伝える。平年では電力需要の伸び率は 0%-2% の間をとるが、実験期間内に 4% で電力需要が伸びる特異年が必ず 1 年は存在する。このように電力需要には不確実性を導入している。

#### CO2 排出量の設定

CO2 の排出量削減目標は、第 1 目標期間（2005 年から 2007 年）で 2000 年実績の 2% 減。つまり、各社の排出可能量は、2000 年時点の CO2 排出量とリンクしている。さらに、第 2 目標期間（2008 年から 2012 年）では 2000 年比の 5% 減。各社の CO2 排出目標値は第 1 期と、第 2 期でそれぞれ設定されており、各年で排出目標を達成する必要はない。

VC 各社は保有発電設備の運用を決めると、自社の CO2 排出量を電源ごとの排出原単位に基づき計算することができる。

#### 仮想電力会社の行動原理

各社は電力需要を満たすために、自ら発電するか取引を通じて他社から電力を購入する。ただし、電力輸送に物理的な制約は存在しない。また、電源設備は、一定のリードタイムを経て導入される。設備の最小規模は定められている。資本費は電源ごとに異なるが、会社間では共通で、導入時期にも依存せず共通。

#### 取引原理

全ての取引は、匿名性が保たれている。価格の一致により取引が成立していく。

ある一定の取引数量について、買い手と売り手が、ある取引価格で合意したとき、取引が成立する。市場参加者は均衡価格を見いだすまで、売値、買値を変更する。

CO2 排出権の売り手が取引完了時に、排出権を調達できなかったときは、取引期間内に成立した最高価格の 1.5 倍の罰金を支払う。

#### 取引のかたち

2000 年から 2012 年を、1 年から 3 年で構成される 8 期間（表 1）に分け、取引を実施。実験では、第 1 期（2000-2002）の取引は 5 月 25 日火曜日の午前 10 時から 12 時までの 2 時間で行われた。以降、第 2 期を翌週の火曜日の同時間帯に取引が行われ、7 月 13 日に第 8 期の取り引きが終了した。各週の取引結果については、取引翌日の毎週水曜日に参加者に通知される。

排出権取引については、Grace Period (GP; 精算期間) が設けられている。目標期間末に排出目標を達成できなかった VC は、排出権を所有している VC から排出許可証を

購入しうる期間であり、GETS の一つでもある。GP が終了した時点で、CO2 排出目標達成を評価する。

VC は、情報を与えられてから 1 期間だけ戦略を考える猶予がある。取引に先立ち、前

期の燃料別発電容量、発電量、燃料使用量、CO2 排出量を記載した表、発電電力量と電力の輸出・輸入、需要電力量を記入した表、CO2 排出権の取引量を記載した表などを、市場管理者に伝える必要がある。

表 1 取引の流れ

取引日	与えられる情報	実施される取引
5/18	1 期 2001-2002 の電力市場情報	
5/25	2 期 2003-2004 の電力市場情報	1 期 2001-2002 の電力、CO2 (1&2)
6/01	3 期 2005-2006	2 期 2003-2004 の電力、CO2 (1&2)
6/08	4 期 2007	3 期 2005-2006 の電力、CO2 (1&2)
6/15	5 期 2008+GP 2005-2007	4 期 2007 の電力、CO2 (1&2)
6/22	6 期 2009-2010	5 期 2008 の電力、CO2、GP の CO2 (1)
6/29	7 期 2011-2012 の電力市場情報	6 期 2009-2010 の電力、CO2 (2)
7/6	8 期	7 期 2011-2012 の電力、CO2 (2)
7/13		8 期 GP の CO2 (2)

### 3. GETS の取引結果 (順不同)

・排出目標 2 期間を通じて、14 の VC が CO2 排出目標を達成した。ただし、第 1 目標期間で達成できたのは 12 社。

・第 1 期間の全社の排出目標は、3 億 57, 19 万トンであったが、排出量は 315 万トンも目標を下回り、全体として目標を達成。

・第 1 期間で目標を達成できなかったのは 4 社で、VC5、VC12、VC2、VC1。

・第 2 期間の全社の排出目標は、5 億 7716 万トンであったが、前期間から繰り越された貯蔵 315 万トンも含め排出に回り、総排出量は 6 億 874 万トンになり、286 万トンだけ目標排出を上回り、全体としても目標を未達。

・両期間で目標が達成できなかった 2 つの会社 (VC5、VC15) も、市場から膨大な量の排出権を購入している。特に、巨大会社 VC15 は 2 期間とも目標を達成しておらず、これが市場価格に大きな影響を与えている。

・排出権取引に全く参加せずに目標を達成した会社は VC6 のみであるが、これは極小会社。

・シミュレーション期間内で、電力需要は 24 % 増加したが、排出目標を達成した会社は 26 % も CO2 排出を削減しており、これは CO2 排出量の少ない電源へのシフト、とりわけ新規電源を導入しない限りは達成できない。

・削減目標を達成するための対策として導入されたのは、石炭からガスへの燃料転換。この期間内に電源として導入されたのは、コージェネ、CCGT。石炭火力は激減。増加率をみると風力、バイオマスは大きいですが、量的な貢献は大きくない。

・燃料転換は、追加費用が低い上に、転換に要する期間も短く、積極的に行われた。原子力は、開発最小規模が 100 万 kW と大きい上に、費用も高く、投資の懐妊期間が長いため、導入されない。

・原子力、水力の稼働率を高めるのも有効な対策となりうるが、原子力は元来、稼働率が高いので、高めるのは困難。

・期間内で取り引きされた CO2 は 6 千万トン、電力は 300 億 kWh。電力取引量は総需要の 0.5% 程度。

・第 1 期間の開始前には、6 Euro でしか

なかった排出権の価格は、第2精算期間には125 Euroまで上昇した。

- ・第1期開始直後の取引は、極めて少ない(味付け買い)。第1目標期間では、最終年および猶予期間に取引量が増え、価格も上昇。取引期間内でも終値が高値となることが多く、取引終了に近づくにつれ価格が上昇する傾向がみられる。第2目標期間では、この傾向がさらに顕著になる。第2精算期間では、取引が少なくなる中で、終値が高騰した。

- ・電力価格は、期間内に傾向的に上昇した。2001-02の40 Euro/MWhが2011-12では60 Euro/MWhまで上昇。

- ・価格上昇の理由は、CO2 排出制約にある。第1期間の電力の平均価格は38 Euro/MWhであったが、第2期間の電力の平均価格は51 Euro/MWhであった。この期間に電力価格は13.4 Euro/MWhだけ上昇分したが、この期間に電力1MWhあたりのCO2 排出権の価格は12.5 Euro 上昇しており、電力価格の上昇分はCO2 排出権価格の上昇に対応する。

#### 4. GETS の評価、問題点、課題

- ・電力とCO2の取引を同時に行っているのが特長。電力の取引は複雑で、電力会社の実態を熟知した者が参加して初めて意義があり、適切な参加者を得ることができた。

- ・電力取引では、地理条件、系統構成などを無視し、送電ロスなしで誰とでも行える点は、現実離れしている。

- ・CO2の取引に電力会社しか参加していない。他産業の企業が参加することにより、より効率的な削減手段が提供され、取引が効率的になる可能性が大きい。

- ・発電の設備形成に、固定的な状況が存在し、電力会社ごとの状況が反映されていない。

- ・2012年で実験が終了することが予め実

験参加者に知らされているため、1) 終了時点で排出権を持っているものは、将来のことを考えず、売却してしまう。2) 長期的に使える電源が選択されないという問題を内在する。

- ・化石燃料価格は実験期間中一定に保たれている。現実の世界では、CO2 排出規制のもとで、石炭からガスへの代替で需要が増えれば、ガスの価格が上昇するはず。

- ・排出権の初期割り当てに際し、2000年の排出量をベースに一様に割り当てているため、初めから原子力など排出原単位の低い電源に多く依存する会社が、不利な状況に陥る。

- ・投資、売買、罰金支払いなどの収支が明確に示されていない。

- ・JIなどの存在を無視しており、これらが存在すれば、排出権の取引結果は自ずと異なる。

- ・取引ルールを固定し1回限りのシナリオに基づく実験を行っただけなので、制度設計の変更がどのような結果をもたらすかに関与する洞察を得ることができない。

#### 5. おわりに

ユニペデの実験は先駆的なものであるだけに、改良すべき点も多く残されている。実際、ユニペデを引き継いだEurelectricでは、第二段階の実験GETS2を開始している。

地球温暖化対策がさまざまな形で検討されようとしているわが国の状況を鑑みると、CO2の排出権市場がどのように機能するか、あるいは機能しないかを実験により確認しておくことは重要な課題となる。特に電気事業にとっては、CO2と電力の取引を同時に行うGETSタイプの取引の機能を確認することが重要となろう。

(おおかわら とおる  
電力中央研究所 経済社会研究所)

# 北米におけるパブリックインボルブメント

馬場 健司

## 1. はじめに

近年、公共性の高い事業に対する見直しの声が高まっている。住民投票が実施され、その計画が事実上足踏み状態にある新潟県巻町の原子力発電所、徳島市の吉野川可動堰をはじめ、迷惑（NIMBY [Not In My Back Yard]）施設の立地に対するコミュニティの合意形成、地域や国レベルでの世論形成が極めて困難な状況となっている。これは、様々な事故や事件が専門家や事業主体に対する不信感を呼び起こし、それがきっかけの1つとなって、情報開示、説明責任が問われるようになってきているからといえる。

従来の公共性の高い事業は、どちらかというと、専門家や事業主体が、国民の負託に基づいて計画合理性（その事業、計画が公共の利益に適合しているか）を中心に検討するという性格が強かった。しかし昨今では、これに加えて、手続正当性（適正な手続き、合意形成プロセスが踏まえられているか）が、より重視されるようになってきている。このため、事業主体からの単に情報開示といったレベルから更に踏み込んで、より積極的に住民（パブリック）が関与（インボルブ）できるような機会を提供し、説明責任を果たすことが求められているといえよう。

しかし、わが国において、これまでに住民参加が何も行われてこなかったというわけではない。例えば、公園や地区センターなどのコミュニティ施設の構成内容、デザインなどを決めるにあたって、想定ユーザ層の参加を

求めるものがある。これは、住民（ユーザ）ニーズを反映させるため、受益の質を上げるための参加であり、世田谷区まちづくり公社など、いくつかの先進的な自治体で実施されてきている。また、保全型の地区計画や街並み形成の協定、市町村の都市計画マスタープランなどに関するものがある。これは、一定範囲の地域における住民の集団的選択に際して、住民相互の調和を確保するための参加であり、例えば、妻籠、馬籠といった観光地の町並み整備などでも実施されてきている。

本稿で取り上げようとするパブリックインボルブメント（以下、PI）とは、こういった住民参加とはやや趣を異にしている。すなわち、受益者の一部だけが受忍を強いられる際に少数を犠牲にしないようにするため、いわばインフォームド・コンセントとしての合意形成を図る参加である。従って、誰かが納得の上で受忍せざるを得ない、広域的、根幹的な公共性の高い施設の計画に係わるものといえる。それらを区別する意味で、本稿では、あえて住民参加という言葉は用いずに、PIという言葉を用いることとする。

筆者は、米国のテネシーバレイ公社（TVA）、カナダのオンタリオパワージェン社（OPG）、及び全米のPIプログラムの開発に携わってきたクレイトン&クレイトンコンサルタントを訪問する機会を得た。本稿では、そこで得られた調査結果の一部を紹介する。

## 2. 米国におけるPIの変遷

米国において本格的にPIが開始されるよ

うになったのは、環境運動が活発になってきた70年代初頭からである。それまでは、電力会社は、経済成長に貢献しているという信頼感があり、情報公開と広報プログラムが住民との対話方法として実施されていた。1972年にNEPA (National Environment Policy Act; 環境政策基本法) が制定され、環境アセスメントにおける2回の住民意見の収集(後の改正でその機会は更に拡大することになった)という制度要求が、公開ヒアリングという形態を確立させることになった。その当時は、TVAをはじめ、環境保護庁、連邦高速道路局などの政府機関が熱心に取り組み、発電所のみならず様々な広域的、根幹的施設が対象となった。しかし、このような手続きに則った参加は、結果として事業主体の意思決定を変えるに至らない、つまり参加の機会が遅すぎるなどの理由から、逆に論争を煽るだけというケースも存在した。

80年代以降は、多くの電力会社では、発電所の建設は少なくなり、送電線、変電所、パイプライン建設が対象の中心になっていった。そして、PIの内容も制度要求の範囲を超えて、自発的なプログラムを策定するようになった。このため、住民が全体のプロセスに関与するようになり、意思決定にある程度の影響を及ぼすようになった。勿論、このようなPIの実施で全てが解決するわけでもなく、必ずしも最終的に合意に至るケースばかりではなかった。しかし、情報公開プログラムを実施したり、制度に則ったヒアリングを実施するだけでなく、プロジェクトの早い段階から意志決定プロセスに住民を関与させるというスタイルはこの頃に始められ、現在に至っている。

### 3. PI実施に伴う懸念と期待効果

PIの実施を決断することは容易なことで

はない。実際、前述したように、実施したからといっても必ずしも全てが合意に至るわけでない。実施主体がPI実施に踏み切れないのは、大別して以下の3点のような懸念があるからではなかろうか。

第1に、PIの開始時期の問題である。あまりに早期の情報公開は事業主体を不利にしないか、すなわちサイト候補地のコミュニティを不必要にかき乱したり、或いは用地の購入を不可能にしたり、住民との議論に際して事業主体が十分な準備をする時間が不足するのではないか、ということである。

第2に、参加する住民側に対する懸念である。すなわち、反対運動を展開している人達と建設的に話し合うことが可能か、専門知識を持たない一般住民が参加できるのか、といった点であろう。ともすれば、反対運動を展開している人達は、感情的で過剰反応する傾向を持つことがある。従って、議論の中で、個別地点の問題だけではなく、例えば将来的な電力需給問題などの大きな問題へと話題が拡散し、議論がコントロール不可能になってしまい、一般の住民はそれに振り回されるだけという事態に陥る可能性がある。

第3に、事業主体側が十分な選択肢を用意することが可能か、という点である。特に発電所立地の場合などでは、多くの住民を満足させるほどの選択肢は充分には用意できない場合が多い。この場合は、PIを実施してもほとんど意味のないものになってしまう。

こういった懸念を事業主体が抱くのは至極当然なことではある。しかし多くの場合、PIを実施することによって、コンフリクトを回避することが可能となっている。期待される効果としては、合意形成の円滑化による遅延コストの削減、住民の監視によるコスト削減、計画内容の深化、事業の公共性や妥当性の担保などが挙げられている。これらを定量的に

算出したものはあまり見当たらないが、実際のところは、時間やコストが幾分かかったとしても、情報を公開して、住民の意見を取り入れ、計画の質を高め、人々の満足を高める、相互理解と教育のプロセスとして行われているようである。

#### 4. PI のテクニック

PI実施による効果が期待通り発揮されるためには、そのプロセスを注意深く設計し、適切なテクニックを適用することが極めて重要である。その目安として、例えば米国エネルギー省 (DOE) や運輸省 (DOT) では、PIガイドラインを提示しており、事業主体の制度要求、自主的取組みとしてのPIプログラム開発の参考とされている。これらはインターネットでも閲覧が可能である。また、電気事業については、エジソン電気協会 (EEI) がPIマニュアルを策定している。以下では、それらに掲載されているPIのテクニックの一部をまとめておく。

まず、PIテクニックは、情報テクニックと参加テクニックに大別される。前者は住民

へ情報を提供するためのものであり、後者は住民から情報や意見を収集するためのものである。その多くはわが国でも馴染みのあるものと考えられるが、ここでは、コンフリクトの回避と合意形成に特に有効とされているいくつかのテクニックについて解説を加える。

ワークショップとは、小グループに分けられた参加者に対して、特定の課題 (例えば各代替案の評価など) を与え、結論をまとめあげていくものである。これは、単に話し合うだけではなく、アイディアのカードや図面への書き込みやロールプレイングなど、ゲーム感覚の作業を通して、参加者の関心を高め、合意形成を図るものである。わが国でもいくつかの先進的な自治体において地域づくり、まちづくりの計画立案の際には実施されるようになってきている。

コーヒークランチは、電力会社の社員が家々を回ったり、電話をかけるなどして、数人の隣人同士を集め、住民の家庭を訪問し、コーヒークッキーを食べながら、論点になっていることについてざっくばらんに話しあうものである。極めてインフォーマルなスタイル

情報テクニック:	参加テクニック:
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 説明会(ブリーフィング)</li> <li>● 展示/閲覧(オープンハウス)</li> <li>● 特集記事</li> <li>● 主要な技術報告書や環境関連文書の郵送</li> <li>● メディアキット</li> <li>● 記者会見</li> <li>● ニュースレター</li> <li>● 新聞への折り込み</li> <li>● ニュースリリース</li> <li>● 広告</li> <li>● 市民グループなどへのプレゼンテーション</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 諮問グループ/特別専門委員会</li> <li>● 電子掲示板</li> <li>● フォーカスグループ</li> <li>● ホットライン</li> <li>● インタビュー</li> <li>● ミーティング/ヒアリング/ワークショップ                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 公開ヒアリング</li> <li>- タウンミーティング</li> <li>- 大規模グループ/小規模グループ形式</li> <li>- コーヒークランチ</li> <li>- ワークショップ</li> </ul> </li> <li>● 参加型テレビ/有線テレビ</li> <li>● 住民投票</li> <li>● 世論調査</li> <li>● 研修所</li> <li>● 特別専門委員会(タスクフォース)</li> </ul>

図1 PIテクニックの一覧(EEI, Public Participation Manual 2<sup>nd</sup> Edition[1994]より)

であり、社員は組織を代表した役割を持って話をするよりも、隣人同士として話をすることが求められる。こういった場合、計画しているプロジェクトのリスクなどに関するコミュニケーション教育も社員に行っていく必要がある。

展示／閲覧（オープンハウス）は、市役所や教会などの比較的大きな公共空間において、プロジェクトの説明を行うものである。但し、時間を決めて一斉に説明を開始するというものではなく、1日のうち決められた時間内に訪問した住民に対して随時説明するというものである。一般的なスタイルとして、その部屋を取り囲むようにいくつかの展示物（代替案に関する地図やインパクトを図示したもの、EMFに関する説明、自然環境に関する説明など）が置いてあり、部屋に入ってきた住民は、それをみながらスタッフの説明を聞くといったようになっている。これは、住民に関心を持ってもらい、インフォーマルな雰囲気の中で議論を喚起させるため、プロジェクトの最初に実施される場合が多い。そして最近では、前述のワークショップと同時に開催されるケースもある。すなわち、最初の2時間はオープンハウスで説明を聞き、その後の2時間でゲーム感覚の議論を行うといったものである。勿論、片方だけか、或いは両方に参加するかは、住民の都合と興味に任されている。

ところで、わが国でも最も多用されると考えられる公開ヒアリングは、単独では効果的なテクニックにはなり得ないことが多い。こ

れは、各出席者がそれぞれの立場で公式な見解や事実の主張を行う非常にフォーマルなミーティングである。しかし、反対運動を展開している人達のリーダーの演説は説得力、影響力、演技力があり、多数の賛成者や中立者を説得する良い機会となってしまう場合が多い。従って、制度要求として実施される公開ヒアリングの前に、プロジェクトの早い段階において、情報公開を行い、積極的に住民の関与を促進するいくつかのPIテクニックを利用することが効果的であるといえる。

## 5. おわりに

以上、極めて簡単に北米のPIについてまとめてきた。PIが合意形成に役立つか否かは、そのプログラム設計と個々のテクニックの効果的な組み合わせに依存することは間違いない。しかし、最も重要なことは、成功したPIの多くはトップマネジメントが直接的、積極的な係わりを持っていたと指摘されている点である。勿論、本稿で紹介したPIがそのままわが国で効果を発揮するとは限らない。しかし、昨今の様々な大きな組織の事故や事件を観察すると、その対応が後手後手に回っている観は否めない。そうならないためにも、トップマネジメントの主導の下に、わが国で効果的な情報公開プログラム、そしてPIプログラムを開発していく必要性があろう。

（ばば けんし  
電力中央研究所 経済社会研究所）



## 「電力経済研究」投稿・執筆規定について

「電力経済研究」編集委員会

1. 投稿原稿は、当該分野の研究活動に貢献するものとし、未発表で他誌等へ二重投稿していないものに限ります。  
投稿された原稿は、編集委員会が選定・依頼した査読者の審査を経て、掲載の可否を決定いたします。
2. 投稿される原稿は、その種類に応じて次の枚数制限にしたがってください。
  - a. 論文：A4 刷り上がり 8～16 ページ(400 字詰め原稿用紙 32 枚以上 64 枚以内)
  - b. 研究ノート：A4 刷り上がり 8 ページ(400 字詰め原稿用紙 32 枚以内)
  - c. 研究紹介：A4 刷り上がり 6 ページ(400 字詰め原稿用紙 24 枚以内)
  - d. 解説：A4 刷り上がり 4 ページ以内(400 字詰め原稿用紙 16 枚以内)
  - e. 内外動向、文献紹介：A4 刷り上がり 2 ページ以内(400 字詰め原稿用紙 8 枚以内)
3. 投稿に際しては、完成された論文 3 部を下記宛に送付願います。  
なお、上記の枚数制限は、図表を含めた本文、表題、英文表題、キーワード、著者名、要旨(600 字以内)、参考文献の総計で適用されます。また、偶数ページになるよう調整をお願いする場合があります。  
  
なお、本誌は、投稿者より提出された原稿をそのまま写真製版してオフセット印刷を行う「カメラレディー方式」を採用しております。したがって、採用された論文につきましては、後日、電子媒体による提出をお願いすることになります。
4. 掲載された論文等については後日、抜き刷り 50 部を著者に送付いたします。
5. 投稿希望者には「原稿作成の手引き」を送付いたします。下記にご連絡ください。

(財)電力中央研究所 経済社会研究所  
「電力経済研究」編集委員会

〒100-8126  
東京都千代田区大手町 1-6-1  
TEL: 03-3201-6601  
Fax: 03-3287-2864  
E-mail: [src-rr-ml@criepi.denken.or.jp](mailto:src-rr-ml@criepi.denken.or.jp)

電力経済研究 No.44

2000年10月 印刷発行

発行 財団法人 電力中央研究所  
経済社会研究所

〒100-8126 東京都千代田区大手町 1-6-1  
大手町ビル  
電話 東京 (03)3201-6601

印刷: 藤本総合印刷株式会社

## 目 次

### 〈論 文〉

産業別の技術進歩率の計測と経済成長の要因分析

—1970年代後半以降の実証研究— ……………服部 恒明… 1  
宮崎 浩伸

信頼性制約を考慮したノーダルプライスに基づく需給運用

—送電線事故を考慮した場合— ……………岡田 健司…17

### 〈研究ノート〉

産業別日米生産性・価格比較 ……………門多 治…33  
渡辺 尚史

### 〔解 説〕

ユニペデのCO<sub>2</sub> 排出権・電力取引実験 ……………大河原 透…45

### 〔内外動向〕

北米におけるパブリックインボルブメント ……………馬場 健司…49