

(社) 農協共済総合研究所  
調査研究部 主任研究員

きの した  
木 下

しげる  
茂

## 目次

1. はじめに
2. 東日本大震災後のエネルギーを巡る状況
3. モデルによるエネルギー価格上昇のマクロ経済への影響分析
4. エネルギー制約への企業の対応
5. 懸念される地方経済への影響、求められる再生可能エネルギーの有効活用
6. おわりに

## 1. はじめに

東日本大震災後、2度目の夏が終わった。今夏も昨年同様電力不足が懸念されたが、経済活動に致命的な支障となる事態は避けられたようである。とは言え、目先の電力不足を乗り切ったとしても、原発が停止していることによる電源の喪失を今後いかに補っていくか、さらには中長期的な国際原油価格の上昇にどう対応していくか、という課題は残る。この意味で、今や日本経済は厳しいエネルギー制約に直面していると言えよう。

こうした状況を踏まえ、エネルギー制約によるマクロ経済への影響について整理しつつ、対応策を検討しておくことは無駄ではなかろう。以上のような問題意識に基づき本稿では、エネルギー価格上昇のマイナスインパクトやその程度につき理論面・実証面から改めて検討した上で、エネルギー制約への対応策の方向性について考えてみることにしたい。

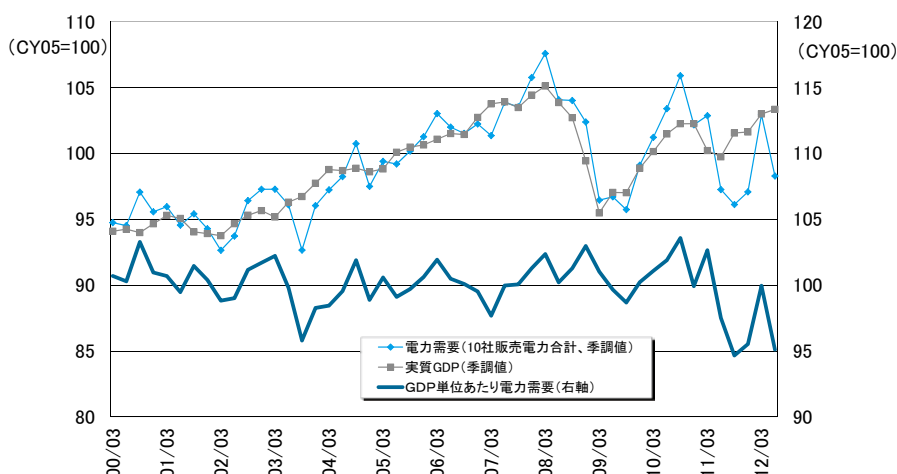
## 2. 東日本大震災後のエネルギーを巡る状況

本節ではまず、震災後に生じたエネルギーを巡る状況について簡単に振り返る。

### 1) 回避された経済活動への悪影響

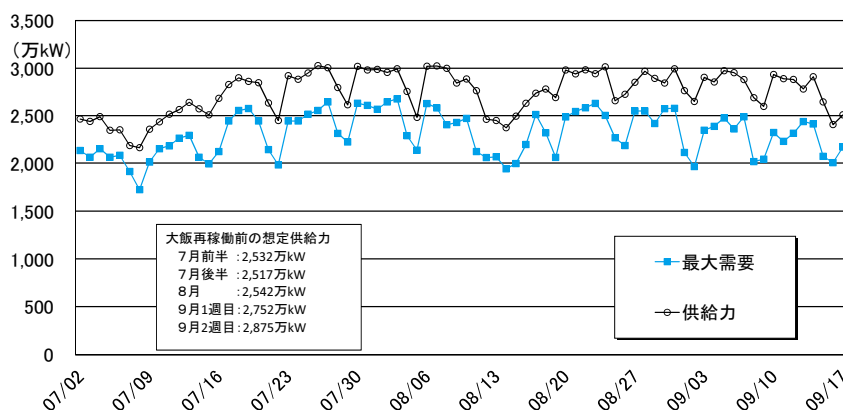
2011年3月11日に起きた東日本大震災に伴い、東京電力の電力供給力は大幅に減少した。震災直後に東電管内で大規模な計画停電が実施されたほか、夏には東北・東京電力管内に電力使用制限令が発動された。ただ、官民あがての節電努力などが奏功し、生産活動への致命的な悪影響が出ることはなかった。当初は過去の経済指標と電力需要の相関分析などを根拠に、電力不足によるマクロ経済への深刻な悪影響が懸念されたが、少なくとも実際のデータをみる限り、震災後の経済活動水準と電力需要の関係は電力節約的な方向にシフトしたようである（第1図）。

(第1図) 電力需要とGDPの関係



(注) 電気事業連合会、内閣府のデータより作成

(第2図) 関西電力管内における電力需要と供給力の推移



(注1) 最大需要と供給力は7月2日～9月17日の日次データ

(注2) 大飯原発再稼働前後における供給力差には、3・4号機出力計236万kW、原発再稼働に伴う揚水電力追加分210万kWが含まれる

(注3) 関西電力資料及びウェブサイト掲載データより作成

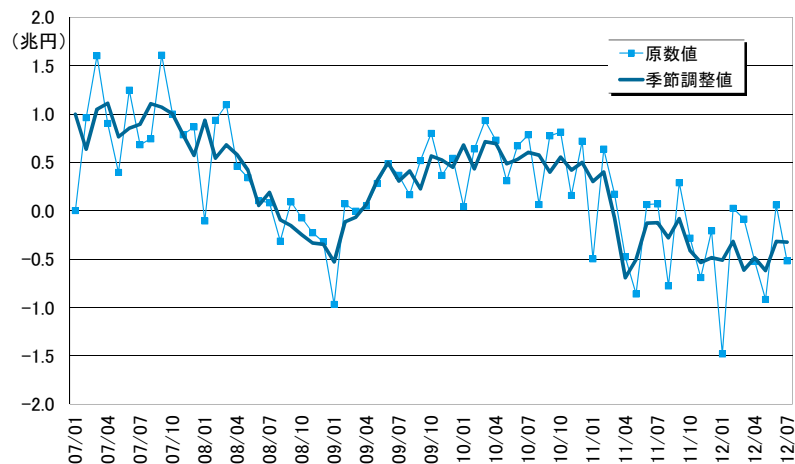
こうした中、今年5月には北海道電力の泊原発が定期点検に入ったことにより、国内の原子力発電所が全停止するに至った。そのままの状態では、原発依存度の高かった関西電力管内で今夏に大幅な電力不足が生じる見通しであったが、5月末に政府は大飯原発3・4号機を再稼働させる方針を決定したため、電力不足は解消されることとなった。ここで、7月以降の関電における電力需要データを確認すると(第2図)、大飯再稼働前の想

定最大供給力を上回る日は多かったものの、再稼働後の実際の供給力を下回って推移しており、経済活動などへの悪影響は回避できたといえる。

## 2) 貿易収支の赤字転換

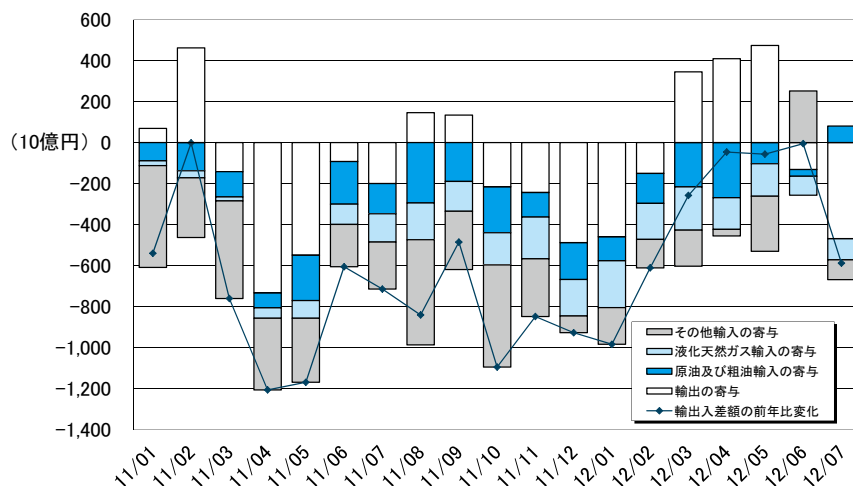
一方で、火力発電増強のための燃料輸入が増加したことなどから、震災後の貿易収支は赤字基調に転換している(次頁第3図)。特に、11年通年の収支も1963年以来の赤字にな

(第3図) 貿易収支（通関ベース輸出入差額）の推移



(注) 財務省のデータより作成

(第4図) 貿易収支（通関ベース輸出入差額）悪化の要因分析



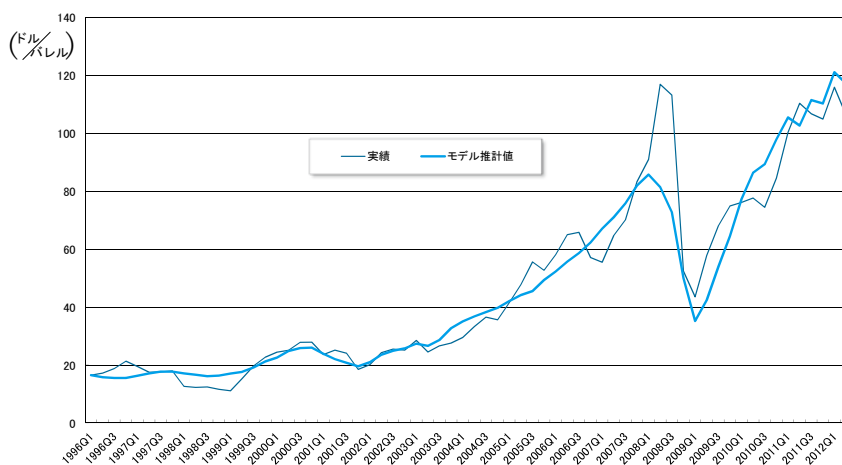
(注) 財務省のデータより作成

ったことは、将来の経常収支赤字化を想起させたこともあり、注目されることとなった。

ただ、このところの貿易赤字は燃料要因のみによるものではなく、直近についてはむしろ輸出の不振が響いている（第4図）。また、より長い目でみれば、国際資源価格の上昇も、輸入金額を膨らませる一因となっている。原油価格の上昇自体は、近年の世界経済の成長により大部分が説明可能であるが（第5図）、

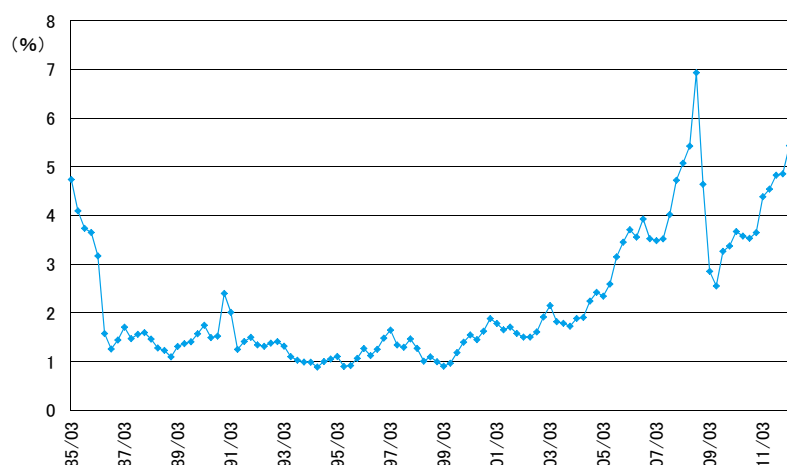
結果として日本の燃料輸入額も増加し、燃料価格の上昇に対する国内経済の脆弱性増大につながっている。燃料輸入額の対GDP比率をみると、近年その上昇が目立っており、燃料価格上昇のマイナスの影響を日本経済が受けやすくなっていることを示すものである（第6図）。また、経常収支の将来見通しとの関連で、貿易収支赤字の行方にも関心が持たれているが、輸出入関数などを中心としたモ

(第5図) 原油価格の実績とモデル推計値



(注1) 世界鉱工業生産を説明変数としたモデル式による推計値  
(注2) データストリームのデータより作成

(第6図) 鉱物性燃料輸入／名目GDP比率の推移



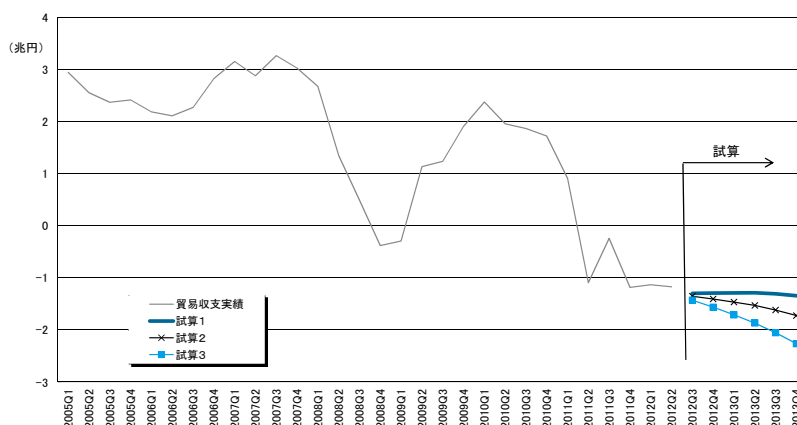
(注) 財務省、内閣府のデータより作成

デルシミュレーションによれば、原油価格が一定のペースで上昇していくという前提の下では、貿易収支赤字の目先の改善は難しいようである（次頁第7図）。こうしてみると、00年代初めまで日本経済は良好なエネルギー環境を享受していたが、その後そうした状況は大きく様変わりしたことがわかる。

さて、以上みたような燃料輸入額の増加は、国内所得の海外流出をもたらし、国内主体の

実質購買力を悪化させるという点で日本経済にとってマイナスである。こうした影響を定量的に把握する手段として、マクロ計量モデルによるシミュレーションがしばしば用いられる。具体的には、原油価格上昇→国内物価上昇→国内主体の実質支出減少、といったチャンネルをケインジアンタイプの需要決定型マクロ計量モデルでトレースするものである（次頁第1表）。しかしながら、こうした計量

(第7図) 原油価格シナリオ別貿易収支シミュレーション (国際収支ベース)



(注1) 実質輸出、実質輸入、輸出物価、輸入物価の各関数を計測し、これらを元に原油価格の前提を変えて貿易収支の将来試算を行った。原油価格の前提については、試算1は横這い、試算2は94年以降の平均上昇率、試算3はリーマンショック後の平均上昇率で延長した。その他の外生変数については、円ドルレートを横這い、世界鉱工業生産、日本GDP、日本GDPデフレーター、米GDPデフレーターを94年以降の平均伸び率で延長した。

(注2) データストリームのデータより作成

(第1表) 内閣府・短期日本経済マクロ計量モデル各年版における原油価格20%上昇の実質GDPへの影響の変遷

(単位：%)

|     | 98年版  | 01年版  | 03年版  | 04年版  | 05年版  | 06年版  | 08年版  | 11年版  |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1年目 | -0.03 | -0.14 | -0.08 | -0.11 | -0.11 | -0.11 | -0.10 | -0.22 |
| 2年目 | -0.14 | -0.15 | -0.09 | -0.14 | -0.14 | -0.12 | -0.14 | -0.38 |
| 3年目 | -0.17 | -0.02 | -0.10 | -0.14 | -0.15 | -0.09 | -0.15 | -0.16 |

(注) 内閣府経済社会総合研究所資料より作成

モデルによる分析には、モデルが外部者からみてブラックボックス化する傾向がある、あるいは、モデル構造が開示されている場合でも、モデルの大規模化に伴い影響の波及過程が直観的に理解しにくくなる、といった難点がある。そこで次節では、比較的シンプルな構成のモデルを用い、エネルギー価格上昇の影響についてみることにしよう。

### 3. モデルによるエネルギー価格上昇のマクロ経済への影響分析

ここでは過去の先行研究から二つのモデル例を取り上げ、若干の実証分析やシミュレ

ーションを交えてエネルギー価格上昇の影響について考えてみよう。

#### 1) Rasche-Tatom型生産関数

エネルギー価格の上昇は、経済全体の生産効率の悪化を通じて潜在供給力の下押し要因になる。これは結果として、全要素生産性の悪化と同じ効果を潜在GDPに与えることとなる。具体的な分析を行う上では生産関数にどのような形でエネルギー価格を組み込むかが問題になるが、企業部門の利潤最大化を前提とし、エネルギーの実質価格と限界生産力が均等化するという関係を用いて、エネルギー

(第2表) 原油価格を組み込んだ生産関数の推計 (Rasche-Tatom型)

| 定数項     | $\beta$             | $\gamma$             | $r$                 | 決定係数   |
|---------|---------------------|----------------------|---------------------|--------|
| -4.4184 | 0.2861<br>(12.8221) | -0.0328<br>(-8.2581) | 0.0032<br>(15.9953) | 0.9872 |

(注1) 関数形は  $\ln(Y/LH) = \beta \ln(KS/LH) + \gamma \ln(p) + rt + \text{const}$ 、変数は  $Y$ : 実質GDP、 $L$ : 就業者数、 $H$ : 総労働時間、 $K$ : 資本ストック、 $S$ : 設備稼働率、 $p$ : 原油入着価格/GDPデフレーター、 $t$ : タイムトレンド、計測期間は85Q1～12Q2

(注2) 内閣府、総務省、財務省、厚生労働省のデータより作成

価格を生産関数に組み込む手法を示したが、Rasche-Tatom型生産関数である。以下、導出過程を示す。まず、次のようなコブ＝ダグラス型の生産関数を想定する。

$$Y = Ae^{rt} L^{\alpha} K^{\beta} E^{\gamma}$$

( $Y$ : 産出量、 $A$ : 技術水準を示す定数、 $r$ : 技術進歩率、 $t$ : 時間、 $L$ : 労働、 $K$ : 資本ストック、 $E$ : エネルギー投入量、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ : 各投入要素の産出量弾力性、 $\alpha + \beta + \gamma = 1$ )

ここで企業は利潤最大化行動をとっているものと仮定すると、利潤最大化の一階条件より

$$\frac{\partial Y}{\partial E} = \gamma \frac{Y}{E} = \frac{P^E}{P}$$

( $P^E$ : エネルギー価格、 $P$ : 財価格)

これを变形して

$$E = \gamma Y \left( \frac{P^E}{P} \right)^{-1}$$

これを生産関数に代入して整理すると

$$Y = (A^* e^{rt} L^{\alpha} K^{\beta} p^{-\gamma})^{\frac{1}{1-\gamma}}$$

( $A^* = A \gamma^{\gamma}$ 、 $p = P^E/P$ )

さて、この関数形に日本の実際のデータを当てはめ、計測した結果を第2表に示している。ここでは、原油価格上昇の上昇はGDPの

減少をもたらすという関係となっている。

この計測結果を元に、エネルギー価格変動のGDP成長率に対する寄与を計算したものを次頁第8図に示す。特に、00年代以降、リーマンショックの近辺を除き原油価格変動のマイナス寄与が恒常化している点が目を引く。

## 2) Finn (2000) モデル

近年のマクロ経済学では動学的確率的一般均衡 (DSGE) モデルを用いた分析手法が主流となっているが、Finn (2000) のモデルは、DSGEモデルのベースである、リアルビジネスサイクル (RBC) モデルの枠組みに、資本稼働率を媒介としてエネルギーを組み込んだ点が特徴といえる。モデルの定式化の概要を以下に示す。

まず、生産関数を

$$y_t = F(z_t l_t, k_t u_t) = (z_t l_t)^{\theta} (k_t u_t)^{1-\theta}$$

( $y$ : 産出量、 $z$ : 生産性、 $l$ : 雇用、 $k$ : 資本ストック、 $u$ : 資本稼働率、下添え字  $t$ : 時間、 $\theta$ : 定数)

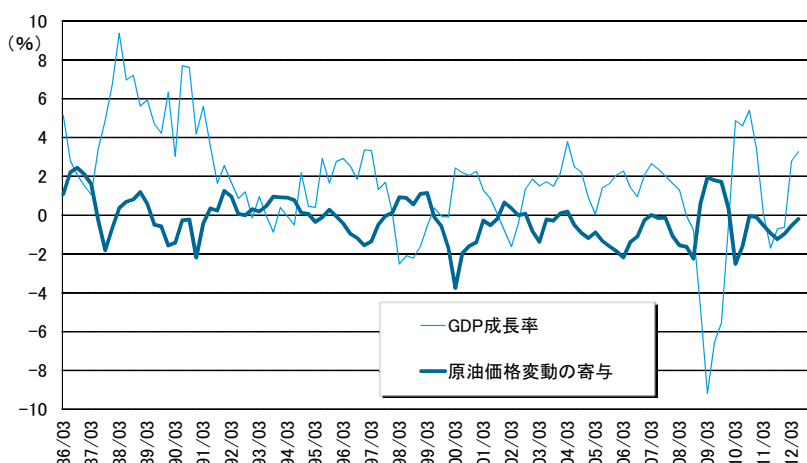
とする。また、次のような定式化により、エネルギー投入量が資本稼働率に依存する形とする。

$$e_t = k_t \frac{v_0 u_t^{v_1}}{v_1}$$

( $e$ : エネルギー投入量、 $v_0$ 、 $v_1$ : 定数)



(第8図) GDP成長率と原油価格変動の寄与 (前年比)



(注1) 「原油価格変動の寄与」は第2表の生産関数における弾性値を元に算出

(注2) 内閣府、総務省、厚生労働省、財務省のデータより作成

これにより稼働率を介して産出量とエネルギー投入量が結び付けられる。

次に、資本蓄積の動学方程式を以下のように設定する。

$$k_{t+1} = (1 - \delta)k_t + i_t$$

( $\delta$  : 資本減耗率、 $i$  : 設備投資)

さらに、

$$\delta = \frac{\omega_0 u_t^{\omega_1}}{\omega_1}$$

( $\omega_0$ 、 $\omega_1$  : 定数)

ここで資本減耗率  $\delta$  は、資本稼働率  $u$  の関数となっている。本モデルでは、エネルギー投入量が資本稼働率と関係付けられていることから、エネルギー投入量が産出量に直接影響するほか、資本減耗率の動きを通じて資本蓄積にも影響を与える構造となっている。

さて、Finnのモデルは、パラメーターに適切な数値を与えれば、シミュレーションが可能な一般均衡体系となっている。ここでは、エネルギー価格を上昇させた場合の経済全体

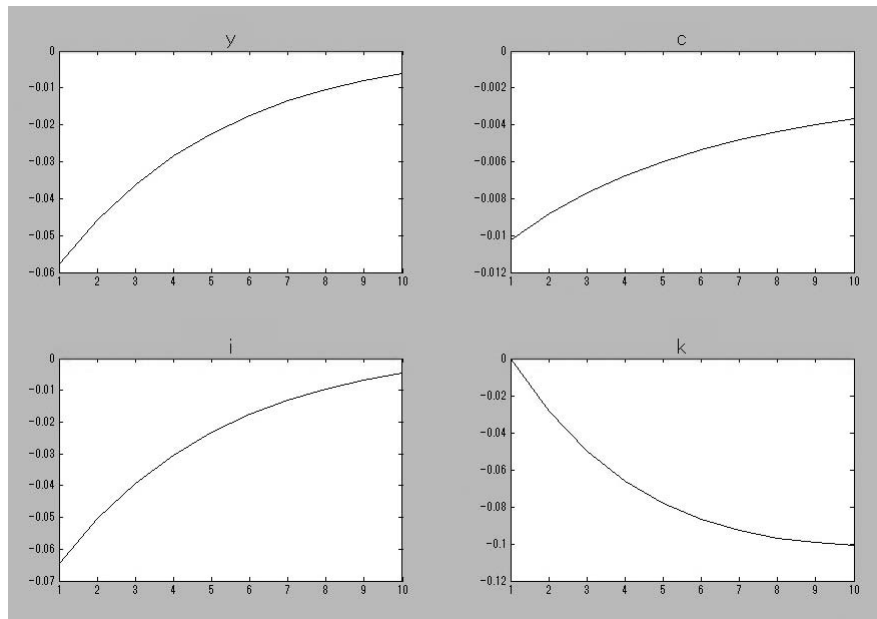
に対する影響をシミュレートした結果を第9図に示す。エネルギー価格の上昇は、時間の経過に伴いその影響が減衰していくものの、産出量などにマイナスインパクトを与える様子が示されている。

#### 4. エネルギー制約への企業の対応

エネルギー環境の不利化への対応としては、差し当たり企業部門における省エネルギー投資増強、技術革新による再生可能エネルギーの低コスト化とこれに伴う導入推進、などが考えられる。ここでは、アンケート調査や若干の計量分析により、企業部門の投資面での対応についてみることにしよう。

第3表は、日本政策投資銀行が実施している企業の設備投資調査の結果を示している。このところは、合理化投資の比重が高まっている点が目を引く。特に、能力増強投資の比重が低下する中で（全産業で11年実績：40.5%→12年計画：37.5%）、合理化・省力化投資の比重が高まっている点が特徴的である。

(第9図) エネルギー価格上昇が各変数に与える影響の経時変化



(注1) y: 産出量、c: 消費、i: 投資、k: 資本ストック  
(注2) モデルの詳細は補論を参照

(第3表) 合理化・省力化投資の動向

| (%)    |         |      |      |             |      |      |
|--------|---------|------|------|-------------|------|------|
|        | 前年度比増減率 |      |      | 投資額全体に対する比率 |      |      |
|        | 2010    | 2011 | 2012 | 2010        | 2011 | 2012 |
| 全産業    | 2.1     | 17.6 | 27.1 | 6.7         | 5.8  | 6.8  |
| 製造業    | 7.3     | 17.4 | 42.0 | 11.4        | 9.8  | 11.8 |
| 素 材 型  | 2.5     | -1.7 | 45.4 | 15.5        | 10.7 | 14.3 |
| 加工・組立型 | 18.1    | 47.7 | 38.8 | 8.5         | 9.1  | 10.5 |
| 非製造業   | -4.8    | 18.0 | 7.1  | 4.2         | 3.7  | 3.8  |

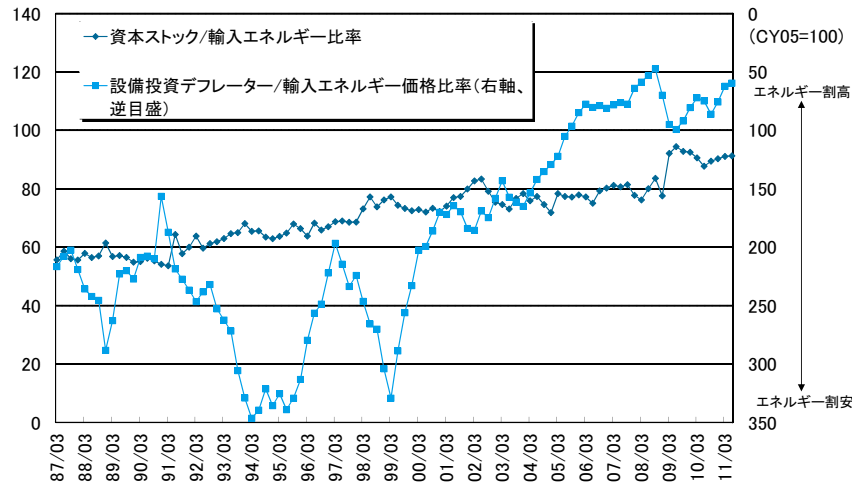
(注) 日本政策投資銀行「設備投資調査」のデータより作成

次に、現実の統計データから、企業のエネルギー節約的行動が観測できるかどうかを確認してみよう。一般論として、ある生産要素の価格が上昇した場合、企業部門としては、割高になった生産要素（この場合はエネルギー）の投入をできるだけ抑制し、一方で相対的に割安な別の生産要素（例えば資本設備）に可能な範囲で置き換えていくことが合理的である。次頁第10図では、資本ストック／輸入エネルギーの投入比率と資本／エネルギー

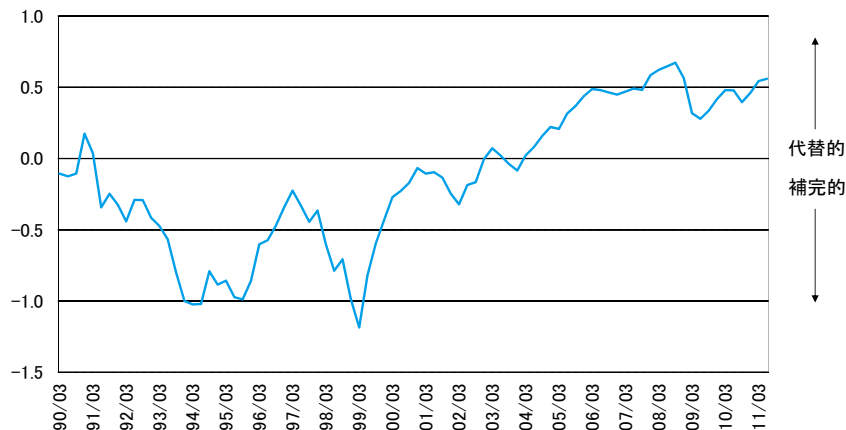
の相対価格を比較している。これをみると、かつてエネルギー価格が安定していた時期に比べ、資本ストックの相対的な投入比率が上昇していることがわかる。こうしたデータを元に、生産要素投入比率の要素価格弾力性を計測してみたところ、かつては資本とエネルギーは補完的な関係にあったが、近年では代替的な関係に変化していることがわかった（次頁第11図）。こうした観点からは、漫然と法人税減税などを行うよりも、省エネ分



(第10図) 資本ストック／輸入エネルギー比率と設備投資／輸入エネルギー  
相対価格の推移



(第11図) 資本ストック・エネルギーの代替の弾力性の推移



(注1) トランスログ関数により推計。設備・エネルギーの相対価格の変化に対する、資本ストック・エネルギー比率変化の感応度である(アレンの偏代替弾力性)。マイナスの場合両者は補完的であり、プラスの場合は代替的であることを示す。  
(注2) 内閣府、日本銀行、財務省資料より作成

野に的を絞った投資減税の強化等が望ましい政策誘導といえよう。

## 5. 懸念される地方経済への影響、求められる再生可能エネルギーの有効活用

エネルギー制約の影響は、地方経済において、より先鋭的にあらわれる可能性がある。

今後生産年齢人口の減少、総人口そのものの縮小といった要因から地方経済は一段と厳しい環境に置かれることが予想されるが、エネルギー制約がこれに加わるとみられるからである。

### 1) 地域間でのエネルギー収支の不均衡

まず、各県の産業連関表により、電力生産

の状況についてみると、当然のことながら原発立地県の移出額が大きい一方で、都市部やその他の県などでの移入額が大きく、地域間でエネルギー収支の不均衡が大きいことがわかる（第4表）。電力の移入額の大きい地域では今後エネルギー価格が上昇した場合、域内所得の流出増加を余儀なくされるという、日本全体と同じ構図に直面する。一方、電力

移出が所得の獲得手段のひとつになっていた原発立地県でも、今後原発の再稼動が困難であることを前提とすれば、従来のような所得獲得チャネルを失うことになる。産業連関表により各地域で例えば2割電力生産が減少した場合の波及効果分析を行ってみると、当該地域のみならず他地域にも相応のマイナス効果が及ぶことがわかる（次頁第5表）。

（第4表）各県の電力部門の需要及び生産額

（単位：百万円）

|     | 域内中間需要  | 域内最終需要  | 需要合計      | 輸移出       | 輸移入      | 最終需要計     | 地域内生産額    |
|-----|---------|---------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| 北海道 | 408,797 | 190,475 | 599,272   | 2,797     | -5,456   | 187,816   | 596,613   |
| 青 森 | 99,267  | 47,653  | 146,920   | 0         | -11,510  | 36,143    | 135,410   |
| 岩 手 | 88,142  | 45,059  | 133,201   | 1         | -40,989  | 4,071     | 92,213    |
| 宮 城 | 158,107 | 63,657  | 221,764   | 350       | 0        | 64,007    | 222,114   |
| 秋 田 | 83,629  | 38,611  | 122,240   | 107,387   | -39,323  | 106,675   | 190,304   |
| 山 形 | 98,932  | 33,097  | 132,029   | 0         | -38,132  | -5,035    | 93,897    |
| 福 島 | 251,795 | 58,095  | 309,890   | 1,390,057 | -40,361  | 1,407,791 | 1,659,586 |
| 茨 城 | 453,532 | 125,461 | 578,993   | 182,078   | -28,048  | 279,491   | 733,023   |
| 栃 木 | 335,016 | 59,417  | 394,433   | 284       | -279,472 | -219,771  | 115,245   |
| 群 馬 | 180,260 | 56,213  | 236,473   | 645       | -26,512  | 30,346    | 210,606   |
| 埼 玉 | 463,706 | 194,814 | 658,520   | 4,262     | -278,864 | -79,788   | 383,918   |
| 千 葉 | 504,879 | 201,672 | 706,551   | 709,546   | 0        | 911,218   | 1,416,097 |
| 神奈川 | 716,396 | 311,813 | 1,028,209 | 97,155    | -325,138 | 83,831    | 800,226   |
| 新 潟 | 238,876 | 85,188  | 324,064   | 575,791   | -38,280  | 622,699   | 861,575   |
| 富 山 | 141,987 | 31,614  | 173,601   | 56,691    | -19,404  | 68,901    | 210,888   |
| 石 川 | 105,582 | 39,346  | 144,928   | 82,653    | -12,191  | 109,808   | 215,391   |
| 福 井 | 98,080  | 24,750  | 122,830   | 551,204   | 0        | 575,953   | 674,034   |
| 山 梨 | 72,975  | 25,663  | 98,638    | 139       | -27,269  | -1,466    | 71,509    |
| 長 野 | 199,050 | 53,417  | 252,467   | 217,970   | -103,174 | 168,213   | 367,262   |
| 岐 阜 | 166,003 | 51,217  | 217,220   | 39,390    | -10      | 90,597    | 256,600   |
| 静 岡 | 415,271 | 116,542 | 531,813   | 289,948   | -290,853 | 115,637   | 530,908   |
| 愛 知 | 890,846 | 260,197 | 1,151,043 | 2,151     | -121,945 | 140,403   | 1,031,249 |
| 三 重 | 226,720 | 105,978 | 332,698   | 68,461    | -52,887  | 121,552   | 348,272   |
| 滋 賀 | 140,249 | 42,916  | 183,165   | 187       | -173,304 | -130,201  | 10,048    |
| 京 都 | 223,350 | 68,383  | 291,733   | 0         | -215     | 68,168    | 291,518   |
| 大 阪 | 733,595 | 309,092 | 1,042,687 | 28,428    | -433,888 | -96,368   | 637,227   |
| 兵 庫 | 457,888 | 197,512 | 655,400   | 954       | -70,257  | 128,209   | 586,097   |
| 奈 良 | 76,231  | 52,841  | 129,072   | 279       | -54,024  | -904      | 75,327    |
| 和歌山 | 87,148  | 22,746  | 109,894   | 21,254    | -9,808   | 34,192    | 121,340   |
| 鳥 取 | 41,440  | 20,048  | 61,488    | 430       | -4,327   | 16,151    | 57,591    |
| 島 根 | 56,170  | 24,877  | 81,047    | 178,267   | -37,755  | 165,389   | 221,559   |
| 岡 山 | 222,978 | 74,173  | 297,151   | 51,936    | -147,802 | -21,693   | 201,285   |
| 広 島 | 296,215 | 170,610 | 466,825   | 83,450    | -117,950 | 136,110   | 432,325   |
| 山 口 | 212,266 | 47,989  | 260,255   | 105,318   | -3,132   | 150,175   | 362,441   |
| 徳 島 | 68,439  | 37,946  | 106,385   | 118,406   | -787     | 155,565   | 224,004   |
| 香 川 | 85,938  | 38,901  | 124,839   | 24,281    | -36,141  | 27,041    | 112,979   |
| 愛 媛 | 194,552 | 53,216  | 247,768   | 68,509    | -11,314  | 110,411   | 304,963   |
| 高 知 | 48,531  | 32,626  | 81,157    | 2,455     | -8,721   | 26,360    | 74,891    |
| 福 岡 | 341,780 | 157,554 | 499,334   | 745       | -135,727 | 22,572    | 364,352   |
| 佐 賀 | 97,403  | 24,035  | 121,437   | 167,671   | -26,771  | 164,935   | 262,337   |
| 長 崎 | 101,852 | 41,343  | 143,195   | 232,251   | -13,581  | 260,013   | 361,866   |
| 熊 本 | 113,466 | 65,035  | 178,501   | 3,496     | -36,386  | 32,145    | 145,611   |
| 大 分 | 125,548 | 35,233  | 160,781   | 61,252    | -4       | 96,481    | 222,029   |
| 宮 崎 | 85,028  | 37,543  | 122,571   | 1         | -43,848  | -6,304    | 78,724    |
| 鹿児島 | 74,700  | 62,670  | 137,370   | 74,964    | -5       | 137,629   | 212,329   |
| 沖 縄 | 87,203  | 52,085  | 139,288   | 10,519    | -552     | 62,052    | 149,255   |

（注）各県の平成17年版産業連関表より作成

(第5表) 各地域における電力生産20%減の影響 (表頭地域→表側地域)

(単位: 百万円)

|     | 北海道     | 東 北       | 関 東       | 中 部     | 近 畿     | 中 国     | 四 国     | 九 州     | 沖 縄    |
|-----|---------|-----------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| 北海道 | 250,879 | 31,211    | 182,614   | 33,644  | 30,132  | 9,370   | 2,067   | 4,843   | 8      |
| 東 北 | 2,147   | 1,016,543 | 268,031   | 35,203  | 31,155  | 11,754  | 1,481   | 6,131   | 10     |
| 関 東 | 2,051   | 100,280   | 1,889,603 | 41,732  | 42,725  | 13,719  | 2,740   | 7,547   | 17     |
| 中 部 | 1,698   | 24,306    | 199,048   | 854,350 | 55,872  | 16,018  | 2,011   | 7,929   | 18     |
| 近 畿 | 1,429   | 21,700    | 137,226   | 89,789  | 936,171 | 18,886  | 2,686   | 10,344  | 19     |
| 中 国 | 1,273   | 18,807    | 128,254   | 34,660  | 47,542  | 469,521 | 3,673   | 15,109  | 18     |
| 四 国 | 943     | 18,342    | 123,688   | 39,370  | 53,411  | 21,379  | 197,613 | 11,432  | 12     |
| 九 州 | 868     | 19,320    | 128,186   | 36,137  | 39,283  | 21,397  | 2,595   | 613,360 | 31     |
| 沖 縄 | 2,350   | 16,201    | 119,069   | 32,367  | 32,605  | 11,388  | 1,916   | 25,000  | 58,854 |

(注1) 表頭地域において電力生産が05年対比20%減少した場合の表側地域に与える波及効果

(注2) 経済産業省「平成17年地域間産業連関表」より作成

## 2) 求められる地域資源としての再生可能エネルギーの有効活用

こうした状況に対する有力な対応は、やはり再生可能エネルギーの有効活用であろう。環境省「平成22年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査」によれば、発電量規模からは風力、太陽光が有望である(第6表)。また、地域別のデータをみると、特に地方圏においてポテンシャルが比較的高いことがわかる(第7表)。特に、地域独占的な電力会社を中心とする中央集権的電力供給体制については、今次震災のような大規模被害が生じた場合リスクが高いことが判明したことから、エネルギーにおける地産地消の必要性が意識されている。こうした観点からは、発電規模が小さくともポテンシャルが広く分散している中小水力の将来性も注目されよう。

さらに、従来の原子力発電所は、必ずしも地元の比較優位なり資源の賦存量なりを根拠にして建設されたわけではない一方、再生可能エネルギーの場合は潜在的に利用が可能なエネルギーの無駄のない活用につながるという点で、経済合理性にかなっているといえる。もちろん現段階では発電コストが割高である、主力電源とするには不安定である、と

(第6表) 各種再生可能エネルギーの導入ポテンシャル (設備容量: 万kW)

|             |             |         |
|-------------|-------------|---------|
| 太陽光<br>発 電  | 公 共 系 建 築 物 | 2,315   |
|             | 発 電 所・工 場 等 | 2,896   |
|             | 低・未 利 用 地   | 2,735   |
|             | 耕 作 放 棄 地   | 6,983   |
|             | 合 計         | 14,929  |
| 風力<br>発 電   | 陸 上         | 28,294  |
|             | 洋 上         | 157,262 |
|             | 合 計         | 185,556 |
| 中 小 水 力 発 電 |             | 1,444   |
| 地 熱 発 電     |             | 1,420   |

(出典) 環境省「平成22年度 再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書」

いった技術的問題はあるものの、こうした問題は、今後の技術革新によってある程度克服されていくものと期待してもよいのではないかと思われる。むしろ、そうした技術革新のための民間の投資活動を後押しするような政策的インセンティブの付与強化が一段と重要性を増してこよう。

## 6. おわりに

以上、近年の日本経済にとってのエネルギー環境の悪化とその影響、これに対する対応策の方向性などについてみてきた。もっとも、国際資源価格の上昇に直面しているのは日本だけではなく、輸入エネルギー依存度の高い国は同じ問題に向き合わざるを得ない状況に置かれている。このことは、仮に日本が

(第7表) 風力・中小水力・熱水資源の供給エリア別導入ポテンシャル分布状況 (設備容量: 万kW)

## 風力

## (1) 陸上風力

|            | 全国     | 北海道    | 東北    | 東京  | 北陸  | 中部  | 関西    | 中国  | 四国  | 九州    | 沖縄  |
|------------|--------|--------|-------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-------|-----|
| 5.5m/s以上   | 28,294 | 13,966 | 7,263 | 411 | 481 | 795 | 1,290 | 924 | 491 | 2,098 | 574 |
| 5.5～6.0m/s | 7,371  | 3,939  | 1,720 | 103 | 175 | 209 | 348   | 277 | 149 | 450   | 3   |
| 6.0～6.5m/s | 6,607  | 3,459  | 1,589 | 91  | 149 | 161 | 310   | 248 | 126 | 447   | 27  |
| 6.5～7.0m/s | 5,464  | 2,662  | 1,442 | 71  | 93  | 139 | 262   | 189 | 100 | 399   | 105 |
| 7.0～7.5m/s | 4,048  | 1,933  | 1,001 | 67  | 46  | 118 | 176   | 125 | 66  | 337   | 181 |
| 7.5～8.0m/s | 2,519  | 1,111  | 668   | 45  | 16  | 90  | 116   | 62  | 28  | 243   | 140 |
| 8.0～8.5m/s | 1,307  | 471    | 423   | 13  | 2   | 59  | 58    | 22  | 15  | 151   | 93  |
| 8.5m/s以上   | 977    | 392    | 420   | 21  | 2   | 19  | 20    | 2   | 7   | 71    | 24  |

## (2) 洋上風力

|            | 全国      | 北海道    | 東北     | 東京    | 北陸    | 中部    | 関西    | 中国     | 四国    | 九州     | 沖縄    |
|------------|---------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|
| 6.5m/s以上   | 157,261 | 40,314 | 22,479 | 7,938 | 6,212 | 3,869 | 2,542 | 15,199 | 4,167 | 45,467 | 9,074 |
| 6.5～7.0m/s | 40,561  | 5,801  | 6,938  | 2,037 | 3,459 | 921   | 1,616 | 5,903  | 2,270 | 9,973  | 1,643 |
| 7.0～7.5m/s | 55,917  | 9,849  | 7,105  | 1,844 | 2,753 | 856   | 856   | 8,948  | 1,539 | 18,374 | 3,791 |
| 7.5～8.0m/s | 36,852  | 10,936 | 4,916  | 2,628 | 0     | 1,426 | 70    | 348    | 358   | 14,065 | 2,107 |
| 8.0～8.5m/s | 17,903  | 9,532  | 2,514  | 753   | 0     | 560   | 0     | 0      | 0     | 3,013  | 1,531 |
| 8.5m/s以上   | 6,029   | 4,197  | 1,006  | 676   | 0     | 106   | 0     | 0      | 0     | 43     | 1     |

## 中小水力

## (1) 河川部

|                  | 全国    | 北海道 | 東北  | 東京  | 北陸  | 中部  | 関西 | 中国 | 四国 | 九州 | 沖縄 |
|------------------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|
| 合計               | 1,398 | 131 | 424 | 202 | 169 | 230 | 29 | 59 | 59 | 90 | 0  |
| 100kW未満          | 28    | 2   | 7   | 4   | 2   | 6   | 1  | 1  | 2  | 3  | 0  |
| 100～200kW未満      | 64    | 7   | 17  | 9   | 4   | 12  | 2  | 3  | 4  | 6  | 0  |
| 200～500kW未満      | 188   | 21  | 55  | 24  | 13  | 33  | 6  | 10 | 10 | 15 | 0  |
| 500～1,000kW未満    | 248   | 26  | 82  | 33  | 18  | 44  | 5  | 11 | 10 | 18 | 0  |
| 1,000～5,000kW未満  | 620   | 61  | 193 | 88  | 76  | 99  | 13 | 30 | 23 | 36 | 0  |
| 5,000～10,000kW未満 | 158   | 12  | 47  | 28  | 27  | 22  | 2  | 3  | 5  | 10 | 0  |
| 10,000kW以上       | 93    | 3   | 23  | 16  | 29  | 13  | 0  | 1  | 5  | 1  | 0  |

## (2) 農業用水路

|                  | 全国   | 北海道 | 東北  | 東京  | 北陸  | 中部   | 関西  | 中国  | 四国  | 九州  | 沖縄  |
|------------------|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 合計               | 29.9 | 2.3 | 3.6 | 6.1 | 4.9 | 10.1 | 0.2 | 0.1 | 0.7 | 1.8 | 0.0 |
| 100kW未満          | 1.1  | 0.0 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.1  | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.0 |
| 100～200kW未満      | 1.8  | 0.0 | 0.4 | 0.4 | 0.2 | 0.3  | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.0 |
| 200～500kW未満      | 3.8  | 0.3 | 1.2 | 0.6 | 0.5 | 0.6  | 0.1 | 0.0 | 0.2 | 0.3 | 0.0 |
| 500～1,000kW未満    | 3.6  | 0.5 | 0.6 | 0.9 | 0.4 | 1.0  | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.0 |
| 1,000～5,000kW未満  | 11.7 | 1.5 | 1.2 | 2.5 | 2.1 | 3.1  | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 1.1 | 0.0 |
| 5,000～10,000kW未満 | 3.9  | 0.0 | 0.0 | 1.4 | 1.6 | 0.9  | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 10,000kW以上       | 4.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

## 熱水資源

|          | 全国    | 北海道 | 東北  | 東京  | 北陸  | 中部  | 関西 | 中国 | 四国 | 九州  | 沖縄 |
|----------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|-----|----|
| 合計       | 1,419 | 518 | 353 | 142 | 129 | 110 | 8  | 15 | 4  | 140 | 0  |
| 53～120℃  | 751   | 245 | 194 | 113 | 28  | 93  | 8  | 15 | 4  | 52  | 0  |
| 120～150℃ | 32    | 12  | 9   | 2   | 3   | 1   | 0  | 0  | 0  | 5   | 0  |
| 150℃以上   | 636   | 261 | 150 | 28  | 99  | 16  | 0  | 0  | 0  | 82  | 0  |

(出典) 環境省「平成22年度 再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書」

独自のエネルギー効率化技術の開発に成功な  
どすれば、それだけ有利な状況になることを  
意味する。確かに国内生産拠点の海外移転な  
ど産業空洞化懸念は絶えないわけであるが、  
少なくとも地球上にとどまる限り、国際資源  
価格上昇の影響から逃れることはできない。  
過度な悲観論に陥ることなく、技術革新・効  
率化努力を続けることが肝要であろう。

また、国際資源価格の上昇は、より大きく  
捉えれば交易条件悪化の問題である。近年の  
日本の輸出入物価の動きからは、日本の輸入  
品価格の持続的上昇と輸出品価格の低下トレ  
ンド定着がみてとれるが、このことが交易条  
件の傾向的悪化をもたらしているのである。  
一方で、ドイツやスイスなどでは日本のよう  
な交易条件の悪化は生じておらず、この点は

対照的である。結局、投入価格が上昇しても、産出価格にこれを転嫁できれば支障はないわけであるが、日本の場合それができていないことが問題の本質であろう。

こうした現状から脱却するには、より有利な価格で海外に販売できる輸出品ポートフォリオの再構築が必要であると思われる。このことは、輸出産業の国際競争力の回復という、もう一つの課題にも日本経済は対応を迫られていることを意味するが、この点については今後の課題としたい。

#### (参考文献)

- ・ M. G. Finn (2000) . “Perfect Competition and the Effects of Energy Price Increases on Economic Activity.” Journal of Money, Credit and Banking 32: 400 – 416
- ・ R. H. Rasche and J. A. Tatom, “Energy Resources and Potential GNP” Federal Reserve Bank of St. Louis Review, June 1977
- ・ 石川良文, 中村良平, 松本明 (2012) 「東北地域における再生可能エネルギー導入の経済効果：地域間産業連関表による太陽光発電・風力発電導入の分析」RIETIポリシー・ディスカッション・ペーパー, 経済産業研究所
- ・ 江口允崇 (2011) 『動学的一般均衡モデルによる財政政策の分析』三菱経済研究所
- ・ 加藤涼 (2006) 『現代マクロ経済学講義－動学的一般均衡モデル入門』東洋経済新報社
- ・ 前田章 (2005) 「GDP・物価の国際原油価格弾力性とその変遷」ESRI Discussion Paper Series No.142, 内閣府経済社会総合研究所.
- ・ 矢野浩一 (2008) 「DYNAREによる動学的確率的一般均衡シミュレーション～新ケインズ派マクロ経済モデルへの応用～」ESRI Discussion Paper Series No.203, 内閣府経済社会総合研究所

## 補論

以下では本文中で言及した Finn (2000) のモデルの構成について説明する。まず、企業は価格を所与として以下の利潤最大化問題に直面しているとする。

$$\max_{(l_t, k_t, u_t)} \pi_t = y - w_t l_t - r_t k_t u_t$$

$$s.t. \quad y = (z_t l_t)^\theta (k_t u_t)^{(1-\theta)} \quad (0 < \theta < 1)$$

(w : 賃金率、r : 資本のレンタルコスト)

家計については、無限期間を生きる代表的家計を想定し、消費 c と労働 l について、以下のような効用関数を持つとする。

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t U(c_t, l_t), U(\cdot) = \frac{[c_t^\varphi (1-l_t)^{(1-\varphi)}]^{1-\alpha} - 1}{1-\alpha} \quad (0 < \beta, \varphi < 1, \alpha > 0)$$

(β : 割引因子、φ, α : 選好パラメーター)

毎期生産される最終財のうち、一部が投資となり、今期の資本ストックから減耗分を除いた部分と合わせて来期の資本ストックとなる。

$$k_{t+1} = (1 - \delta)k_t + i_t \quad \delta_t = \frac{\omega_0 u_t^{\omega_1}}{\omega_1} \quad (0 < \delta < 1, \omega_0 > 0, \omega_1 > 1)$$

次に、資本設備を稼働するには、エネルギーが必要であるとする。エネルギー投入量／資本ストック比率を  $a$  とし、稼働率との間に以下の関係があるとする。

$$\frac{e_t}{k_t} = a_t, a_t = \frac{\nu_0 u_t^{\nu_1}}{\nu_1} \quad (\nu_0 > 0, \nu_1 > 0)$$

上の式を  $u$  について書き換えると、

$$u_t = \left( \frac{e_t}{k_t} \right)^{\frac{1}{\nu_1}} \left( \frac{\nu_1}{\nu_0} \right)^{\frac{1}{\nu_1}}$$

これを生産関数に代入すると、

$$y_t = (z_t l_t)^\theta \left[ k_t^{\left(1 - \frac{1}{\nu_1}\right)} e_t^{\left(\frac{1}{\nu_1}\right)} \left( \frac{\nu_1}{\nu_0} \right)^{\left(\frac{1}{\nu_1}\right)} \right]^{1-\theta}$$

家計が直面する予算制約は以下のとおりである。

$$w_t l_t + r_t k_t u_t = c_t + i_t + p_t e_t$$

$p$  はエネルギーと最終財の相対価格とする。上の式の  $p e_t$  は、この経済のエネルギーの購入（輸入）費用を示すものと解釈できる。

家計は生涯期待効用を最大化するため、 $c_t, l_t, k_{t+1}, u_t$  の最適な水準を選択する。ここで、動学的ラグランジアンを以下のように書く。

$$A = E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t [u(c_t, l_t) + \lambda_t (c_t + p_t k_t a_t + k_{t+1} - k_t + \delta_t k_t - w_t l_t - r_t k_t u_t)]$$

一階の条件は以下のとおり。

$$\frac{\partial A}{\partial c_t} = \frac{\partial u(c_t, l_t)}{\partial c_t} = \lambda_t$$

$$\frac{\partial A}{\partial l_t} = \frac{\partial u(c_t, l_t)}{\partial l_t} = \lambda_t w_t$$

$$\frac{\partial A}{\partial k_{t+1}} = \lambda_t + \lambda_{t+1} (-1 + \delta_{t+1} - r_{t+1} u_{t+1} + p_{t+1} a_{t+1}) = 0$$

$$\frac{\partial A}{\partial u_t} = \lambda_t (p_t k_t a'_t + k_t \delta'_t - r_t k_t) = 0$$



以上から、

$$\left(\frac{1}{\varphi}-1\right)c_t = (1-l_t)w_t$$

$$p_t a'_t k_t + \delta'_t k_t = r_t k_t$$

$$[c_t^\varphi (1-l_t)^{1-\varphi}]^{-\varphi} \varphi \left(\frac{1-l_t}{c_t}\right)^{1-\varphi} + \beta [c_{t+1}^\varphi (1-l_{t+1})^{1-\varphi}]^{-\varphi} \varphi \left(\frac{1-l_{t+1}}{c_{t+1}}\right)^{1-\varphi} (-1 + \delta_t - r_t u_t + p_t a_t) = 0$$

また、企業の利潤最大化条件より

$$w_t = \theta \left(\frac{k_t u_t}{l_t}\right)^{1-\theta} z_t^\theta$$

$$r_t = (1-\theta) \left(\frac{k_t u_t}{z_t l_t}\right)^{-\theta}$$

これに以下の式を加えればモデル体系が出来上がる。

$$y_t = c_t + i_t + p_t e_t \quad (\text{所得制約})$$

$$y_t = (z_t l_t)^\theta (k_t u_t)^{1-\theta} \quad (\text{生産関数})$$

$$k_{t+1} = (1-\delta_t)k_t + i_t \quad (\text{資本の動学方程式})$$

$$e_t = k_t a_t$$

$$a_t = \frac{\nu_0 u_t^{\nu_1}}{\nu_1} \quad (\text{エネルギー／資本ストック比率})$$

$$\delta_t = \frac{\omega_0 u_t^{\omega_1}}{\omega_1} \quad (\text{資本減耗率関数})$$

シミュレーションにあたり、各パラメーター及び各変数の定常値は原論文に従って、以下のように設定した。

$$\beta = 0.99, \alpha = 2.00, \varphi = 0.32, \theta = 0.70, \omega_0 = 0.04, \omega_1 = 1.25, \nu_0 = 0.01, \nu_1 = 1.66,$$

$$y = 1.000, c = 0.774, i = 0.183, e = 0.043, p = 1.000, z = 1.546, l = 0.300, k = 7.322, \delta = 0.025, u = 0.820$$

$p$  は以下の AR(1) 過程に従うものとし、誤差項  $\varepsilon$  にショックを与えてインパルス・レスポンスを求めた。

$$p_t = \rho p_{t-1} + \varepsilon_t \quad (0 < \rho < 1)$$