

省エネルギーへの総合的視点

茅 陽 一

1979年8月末に発表された総合エネルギー調査会の長期エネルギー需給見通しによると、単位実質GNP当り1次エネルギー消費で考えて、1990年までに14.8%、1995年までに17.1%という省エネルギー率が見込まれている。1973年から1976年までのわずか3年間に10%の省エネルギーに成功したわが国の実績[1]からすれば、この程度の省エネルギーは当然可能との見方ができようが、すでにかかなりの省エネルギー努力がなされた状況の中では、安易に先行きを楽観視するのは危険であろう。

そこで本文では、省エネルギー問題を全体的な視点から展望し、そのいくつかの問題点を明らかにするとともに、今後の省エネルギー政策への指針を示すこととした。

1. 省エネルギーの便益

初めに省エネルギーの便益が何であるかを考えよう。この議論の目的は2つであって、第1は、いかなる形の省エネルギーがのぞましいかを示すことであり、第2は、いかなる形の便益が誰に与えられるかを明確にすることによって、省エネルギー政策の論理的基盤を形成することである。

これまで、しばしば言われてきた省エネルギーの便益は次のようなものがあげられる。

- 1) 世界の石油需給への圧力の緩和
- 2) 日本の安全保障への圧力の緩和

- 3) エネルギー源輸入経済負担の緩和
- 4) 資源から得られる人類にとっての便益の拡大
- 5) 環境へのインパクトの緩和

1)の便益は、国際的に最も強調されてきたものであり、昨年6月の東京サミットでの輸入石油目標の設定もまさにこの意味で行なわれている。たしかに、OPEC諸国の産油が頭打ちとなり、サウジアラビアの産油調整能力の限界が顕在化した現状[2]では、石油消費国の石油消費抑制は、それだけ産油国の供給能力に余裕を与えることになる。しかし、ここで注意すべき点は、だからといって省エネルギー——省石油というほうがこの場合より正しいが、これが直ちに石油需給の緩和につながるとは言い切れない点である。現在のような寡占市場下にあっては、産油国は高価格の維持の観点から、需要が低下すれば生産を削減し需給を常にタイトな形に保とうとする可能性が強い。現に先進諸国の石油高価格化による経済停滞と省エネルギー努力の双方からくる石油需要の停滞を見込み、OPEC諸国の中に減産の動きがあるとの新聞報道がなされている。

2)の便益は、1)にやや関連するが、わが国が原子力を除いてもほぼ90%のエネルギー源を海外に依存し(1977年時点)、省エネルギーはその海外依存率の低減につながるの考えからの便益である。この形の便益は、いったん事がおこり、わが国へのエネルギー供給が一定レベルまでに抑制されたとき、より対応が容易になる、という意味の

便益と解されるが、そうであるとすれば、ただ節約というだけの省エネルギーは、この意味の便益は持たないことになる。むしろ、緊急時になってはじめて行なえばよい節約を常時も行なうことによって、不必要な負担を常時も強いられるという意味ではマイナスの効果を持つとも言える。したがって、この2)の便益は、常時の実行がマイナスを招かない、すなわち、エネルギーの利用効率の増大によって実現された省エネルギーの場合にはじめて発生する。

3)の便益は、現在のようにわが国の輸出に対する風当りの強くなってきた状況では重要であろう。しかし、本来資源輸入がわが国の生活の質の維持向上に役立つためになされていると考えるならば、単に生活の質をおとす形での節約により輸入を減ずるとするのは最善の策からほど遠く、やむにやまれぬ場合の方策に過ぎない。この場合も、国民生活の質をおとさず、エネルギーをより有効に利用することにより、必要輸入エネルギー量を減じてこそ、3)の便益が便益としての意味を持つことになる。

一方、4)の便益は、現在のエネルギー資源のほとんどが有限の非再生型資源であることから生まれる。石油、石炭、あるいはタールサンド、オイルシュールなどの化石燃料は太古の昔から数千万年ないし数億年の時間を経て作り出されたものであり、これを短期間に消費しつくすことはその時代の人類のエゴといわざるを得ない。これら稀少資源をできるだけ有効に、人類の生活の質の向上に向けることは人類の子孫ないし後発者への義務といえることができる。

最後の5)の便益は、2つの面がある。1つは、絶対量抑制からくる便益で、炭酸ガス、排熱などによるグローバルな気候への影響を抑えることができる。もう1つはエネルギー源のより有効な利用からくる便益で、これにより余計なエネルギーあるいは環境汚染物質の排出量を削減することができる。

「省エネルギー」の特集に当って

エネルギー資源をほとんど持たないわが国にとって、エネルギーをむだなく有効に利用しなくてはならないことはいうまでもないことですが、最近の石油価格の急騰と供給の不安定さから、これまで以上の省エネルギーが叫ばれています。

省エネルギー問題は、今年3月仙台で開催されたOR学会春季研究発表会の特別テーマであり、時節柄もあって学会員のこのテーマに関する意識も非常に高く大会は盛況でした。本号の特集は、この春の研究発表会で初めて企画された特別セッション「省エネルギー」で発表された内容をもとにとりまとめたものです。このセッションのねらいは、現在話題となっている省エネルギーの問題を、たんなるエネルギー問題としてだけではなく社会、経済システムのなかでどのように位置づけられているかなど総合的な観点でとらえることにありました。すなわちこれが本特集のねらいでもあります。当日の発表内容を中心にさらに当日の討論などもふまえ、改めてここに紹介しました。省エネルギーはORの問題としても恰好のテーマであり、ORが省エネルギー問題に対して果たしていく役割は大いであるのではないのでしょうか。(森清 堯 電力中央研究所)

以上、5つの便益を通覧すると明らかなのは、長期的な、エネルギー源のより有効な利用という意味の省エネルギーが大きな便益を持つのであって、“我慢して節約する”という効用低下をともなした省エネルギーは、ごく限られた便益しかないことである。したがって、省エネルギー政策の立案に当っては、この“エネルギーの有効利用の促進”に主張をおくべきであり、我慢型の省エネルギー方策は、あくまで緊急時の対策としてのみ採用すべきである。

次にもう1つ考えておくべきことは、これまで述べた1)~5)の便益は、国の、あるいは国民全体にとっての便益だという点である。省エネルギーの実行者は、このような便益を1つの倫理としては受け止めても、直接の省エネルギー動機とはしない。また、国民全体の側からみても、この便益

が国民全体に均等に及ぶ以上、省エネルギーが実行者に何らかのコスト負担を前提とする場合は、この便益のみで実行者にコスト負担を要請するのは論理的に無理がある。したがって、省エネルギー実行者の実行動機は、その個人に直接の利益の及ぶエネルギーコストの低減の便益と考えるべきである。そしてその便益の追求でなし得る範囲が1)~5)の便益の生ずる範囲よりも狭い(ほとんどの場合そうであろう)場合には、このギャップは国民の公平な負担、すなわち国による財政上の優遇措置(課税優遇、助成、低利融資等)で埋められるべきである。

2. 省エネルギー投資と設備更新

省エネルギー方策の中には、無人の部屋の電灯を消すなどといった、ほとんどコストをとまわないものもあるが、大きなポテンシャルを持つと考えられるのは省エネルギー設備投資、さらには設備の省エネルギー型設備への更新といった資本コストをとまなうものである。本節ではこれらにつき、次の2つの問題について論ずる。第1は、省エネルギー投資を投資行動としてみたときの特性であり、第2は、ネットのエネルギー利得の問題である。

1) 省エネルギー投資行動

筆者らは、1977年から78年にかけて、装置産業の省エネルギー投資の実状を調査した。その結果によると[3]、ほとんどの場合、エネルギーコスト低減による投資コストの回収年数が2年ないしそれ以下であった。一般の生産設備投資でこのように短い回収年数を設定している場合はむしろまれであり、省エネルギー投資がこのように保守的なのは意外であるが、これには種々の原因が考えられる。

第1は、最も単純な理由であって、投資がはじまってまだ時日が浅く、回収年数の長いものにはまだ手がつけられていない、というものである。事実、産業内関係者にはこの考えを支持する者が

多いし、また、最近では、電動機の変速制御などで3年ないし4年の回収年数を要する省エネルギー投資も行なわれ始めているというが、このことはこの説をある程度裏書きしているといえよう。

第2は、省エネルギー投資の経験が浅く、設備耐用年数を額面通りに見込まず短く見積ってしまうため、投資行動が保守的になるという見方である。これについては、最近、日本エネルギー経済研究所がおもしろい研究成果を発表している[4]。すなわち、諸種の省エネルギー投資について経済的耐用年数の代りにそれよりかなり短い主観的耐用年数を想定、それにもとづいてコストの算定を行なうのである。(もっとも、どのようにしてこの“主観的”耐用年数を定めたかは文献では明らかではない)これによると、たとえば新築家屋の断熱化をとっても、寒冷地の北海道、東北では、20ドル/バレル(石油換算)と現在のエネルギーコストより安くなるが、関東では50ドル/バレルと同程度ないしそれ以上となり、投資マインドはあまり刺激されないことになる。

これらの見方がどの程度まであたっているかには、議論の余地があろうが、一般的に言えることは、省エネルギー投資が未だ初期の段階にあり、今後その進展が期待できることである。しかしまた、同時に、投資を促進するために課税優遇等の措置を暫定的に行なうことも有効であろう。省エネルギー投資が進行し、投資経験が増せば、前記のような投資を妨げる要因は解消し、以後は財政優遇は自ら必要なくなるものと思われる。

2) ネットエネルギー利得

省エネルギー設備投資もそうであるが、その設備を省エネルギー型の設備に更新することによっても省エネルギーが実現される。たとえば、家電品の中でもエネルギー消費の大きい冷蔵庫を例にとると、そのエネルギー消費は新製品ほど効率化され、昭和50年から昭和53年までの4年間で約3割削減されたという。一般に、家電品の場合は、その設備製造に要する直接間接のエネルギーは、

その寿命中に運転のために消費するエネルギーの1割以下にすぎない[5]から、省エネルギー型設備への更新が有効であることは明らかである。

しかし、ここで注意したいのは、実際のネットのエネルギー利得は、直観的に感ずるよりもかなり低くなる点である。

このことを一般的に考えるために、今、省エネルギー投資であれ、設備更新であれ、その設備の製造に要する直接間接の1次エネルギー量を A 、その設備の稼動によって得られる年当りエネルギー節減量を B としよう。その場合は、設備の稼動率が一定とすれば、設備に要するエネルギーを省エネルギーにより回収する年数 T は、明らかに、

$$T = \frac{A}{B} \quad (1)$$

であり、設備の耐用年数を T_D とすると、省エネルギー投資によるエネルギー総利得 G は T_D/T である。

そこでまずこの値が現実にはどの程度になるかを考える。前述の冷蔵庫、ルームエアコンを例にとると、旧製品の年間運転エネルギー C として、 A/C は冷蔵庫の場合0.78、ルームエアコンは、0.95程度と考えられる[5]。 B の値は、 $0.3C$ と考えられるから、 T は冷蔵庫で約2.6年、ルームエアコンで3.1年となる。また、耐用年数は約9年とみられるから、エネルギー総利得は前者で3.5、後者で3となる。すなわち、省エネルギー製品に更新しても、3年程度までは結果的にエネルギー消費を増したと同一結果になる。

しかも、このような設備更新が1台にかぎらず継続的に多方面で実行されたときは、このような事情は一層悪化する。すなわち、前述のモデルを多少変更し、単位時間に更新される設備の製造エネルギーを A 、その稼動による単位時間当りエネルギー節減量を B とすると、設備更新開始後 t 年たつて後のエネルギー利得 G_t は

$$G_t = \frac{\int_0^t B(t-t') dt'}{At} = \frac{1}{2} \frac{B}{A} t \quad (2)$$

したがって、エネルギー利得が1に達し、設備更新が実質的に省エネルギー効果をあげだす年数 T は、(2)で G_t を1とおけば求められ、 $2A/B$ となる。この値は明らかに(1)の2倍となる。(A、Bの意味は前の場合と本質的に同一である)すなわち、冷蔵庫の場合でも T は5年を越え、省エネルギー効果の発揮は大幅におくれることとなる。この事実は、すでに原子力発電所建設問題に関連し、Chapmanらが指摘していた点[6]であるが、今の設備更新であれ、省エネルギー投資であれ、事情は共通している。

いずれの場合も、省エネルギー経験が進み、投資回収年数がのびるにつれ、上記の事情はますます深刻化する。すなわち、資本集約的な形で省エネルギーをはかることにはある限度があることを銘記すべきであろう。

3. 省エネルギーと経済動機

省エネルギー政策にはいろいろの型があるが、第1節に述べたように、その立案の基本を“エネルギー有効利用の促進”に置くとするならば、我慢という形で効用の低下を前提に節約を強制する型の省エネルギー方策は、緊急時以外は避けるべきであろう。これを別とするならば、省エネルギー政策としては、省エネルギー知識の普及、現行法規の見直し、経済動機の強化・社会システムの改善といったものがあげられる[7]。

この中では、効果のうえでは後二者が重要と考えられるが、本節ではまず経済動機の強化について述べる。

省エネルギーは経済動機の強化という形で市場メカニズムを通じて促進するのがぞましい、という意見がしばしば聞かれるが、その理由は主として次の2つにあると考えられる。

第1は、この方策が、強制ではなく、省エネルギー実行者の自由にすべてがゆだねられるという点である。近代自由主義の立場に、その意味で忠実な考え方といえる。

第2は、省エネルギーが、各実行者の自由にゆだねられる結果、それぞれが理想的経済人として行動するとすれば最も効用の減少の少ない形で省エネルギーが実施されるであろう、との考え方である。

この2つの前提が、現実にとどの程度まで機能するかについては議論の余地があるが、その基本的考え方には筆者もまったく異論はない。

ただ、ここで、次の2つの点については論じておく必要がある。第1は、市場メカニズムを利用し、自由経済の原則を貫くというならば、経済動機の強化——エネルギー価格への何らかの意味で

の介入、省エネルギー努力への財政上の優遇——という政策介入が何故に必要かということである。自由経済というなら、むしろ政策介入をせず、省エネルギーを市場経済のメカニズムのままに任せてしまうことが最適である、という見方も当然存在する。第2の点は、経済動機からの省エネルギーの直接の媒体変数と考えられるエネルギー価格に対して、エネルギー需要がどう感応するかという点である。

まず第1の点から考えよう。政策介入の論理には、いくつかの根拠を考えることができるが、次の3つぐらいが特に重要であろう。その1は、第1節に述べたように、省エネルギー実行者にとっての直接の便益と、国民全体にとっての便益の間には距離があり、費用便益論的な立場で考えると、前者にとっての省エネルギー実行限界は、後者にとってのそれよりもかなり狭い範囲にあると考えられる。したがって、国の立場でのぞましい実行限界に現実の省エネルギー行動を少しでも近づけるには、受益者である国、ないし国民全体がその分の費用を支払うのが合理的である。その意味で、国が財政に策等を通じ経済動機を強化するのは正しいと言えよう。

その2は、エネルギー価格が1節に述べたようなエネルギーの高価値性を考えたとき、正しくその価値を反映した価格となっていないという認識である。特に石油のような非再生型で残量の少ない資源の場合は、現在の価格でもなお安いという見方は当然存在する。この見方については賛否両論があるが、ものの市場価格が常に適正にその価値を反映しているということは現実にはあり得ず、そうした市場の欠陥は政策手段で補わねばなるまい。

その3は、前節に述べたような省エネルギー行動の経験の少なさからくる行動の保守性を打ち破り、軌道にのるまで政策的に促進手段を講ずるといった考え方である。かつての鉄鋼業や最近の超LSIを例にひくまでもなく、開発の初期段階での

■ミニミニOR■

「空」もシステムのうち

過日、柄になくシステム論の講義をたのまれたことがある。開き直ってシステムとは何かと聞かれると返事に困るので、書店でシステム論の参考書をあさって見た。著者の専門によって守備範囲が違うので、システムの定義として共通して述べていることは、「いくつかの要素を持つこと」「要素間の関係が明らかであること」などである。

そこで小生の講義では、要素を持たぬもの、つまり「空」もシステムの定義に含めておいた。こうしておけば、森羅万象すべてがシステムの範ちゅうに入ってしまうので都合がよろしい。

ところが、実際に「空」がシステム設計上忘れてならない例がおきたのである。一昨年の秋に、首都圏の交通量調査が行なわれたとき、パーソントリップ調査票が、どういはずみでか無作為抽出に当たるとみえて、わが家の老婆あてに送られてきた。記入法の説明をみると、調査日の何時何分に家を出てどこまで歩いたか、何分から何分まで何線の何駅から何駅に乗ったか、何線に乗換えたか、自転車でもどこからどこまで行ったか、バスの場合、タクシー・自家用車の場合等、微に入り細にわたって書いてある。ところが、わが老婆はその日一歩も家から外へ出なかったのだが、どこにも出なかったという欄がないではないか。書く欄のない調査票を前に、どうしたらよいかわからずにウロウロする老婆の姿は、電子文明の犠牲者を見るようで哀れであった。

(小野勝章)

政府の経済的側面での優遇措置は世界各国で一般化しており、省エネルギーも決してその例外ではあり得ない。

このように、省エネルギーは、政策的に対応を考えることは、自由経済の中においても、当然かつ必要とあってよいであろう。

次に論ずべき問題は、エネルギー価格と需要との関係である。エネルギー需要がどの程度エネルギー価格に反応して変化するかについては、欧米においては数多く研究が行なわれている[7]。そのほとんどは、需要あるいはその効用についてトランスログ型の関数を想定し、時系列・クロスセクション、あるいは両者混合のプールされたデータをもちいてパラメータ推定を行なうもので、その関数からエネルギー需要の価格弾性が算定できる。表3.1に示したのは、R. Pindyck の推計した産業エネルギー種別需要価格弾性値、すなわち、需要変化率/エネルギー価格上昇率の比、である[8]。

ここで、偏弾性値 (partial elasticity)、全弾性値 (total elasticity) とあるが、前者が直接、ないし短期の値、後者が間接の影響を含めた長期の値、と解釈してよい。(詳細な定義は[8]参照)

この数値をみると、重要度の高いエネルギー——具体的には電気、石油——の弾性はやや小さいが、いずれにせよ価格に対しエネルギー需要がかなり敏感に反応することがわかる。ただし、ここで用いられたデータは、1959年から1973年までのエネルギー価格が低廉かつ比較的安定であった時代のものであり、また、わが国単一のデータにもとづいた推計ではないので、この数値をそのままあてはめてよいかどうかは疑問である。もっとも、幸い、最近1970年代のわが国の時系列データを用いた推計があらわれている[9]。これらはトランスログ型の関数を用いているわけではないが値は表3.1に比し多少小さいものの、やはりエネルギー需要がある程度の価格弾性を持つことが観測されている。

したがって、省エネルギーの促進には、エネルギー価格の引上げが明らかに1つの有力な方策である。米国における国内原油価格引上げ・輸入税の形でのガソリン増税という最近の動きは、まさにこの線に沿うものといえる。わが国においても、エネルギー価格を課税という形でさらに引上げることは今後当然考えられよう。ただ、エネルギーは国民生活、産業における基本財であり、一律の価格引上げは貧困者、小企業に負担のしわ寄せが集中することになる。この点は、電力における大口需要者の料金割増等、十分な対策を同時にたてる必要がある。

4. 省エネルギーと社会システム

省エネルギーの1つの特色は、エネルギー開発の場合と異なって社会技術的色彩が強く、単に実行者のみの意志では実行の裏の上まらないものが多いことである。

その第1の例は、廃棄物リサイクルである。わが国の場合、年間生活廃棄物は3~4千万トン、産業廃棄物は4~5億トン排出されると考えられる[10]。後者だけをみても可燃性のものが約1割、4~5千万トンに及び、その含有熱量が原油の1/2としても、石油換算2~3千万キロリットル相当という巨大なエネルギーポテンシャルを持っている。この量は、昨年8月末に総合エネルギー調査会の示した長期エネルギーの需要暫定見通しでの、1990年までの石炭液化を含めての新エネルギー開発目標量にはほぼ匹敵する。しかし、これらの廃棄物からのエネルギー回収に当たっての最大の障害はその回収にある。廃棄物の発生源はきわめて数多く、多種多様でしかも広く空間的に分散しており、これを低コスト、低エネルギー消費の前提で単一の企業ないし機関が収集することはむずかしい。これが可能となるには、廃棄者が特定の場所に特定の形で廃棄をするといった形での協力をすることが必須である。

生活廃棄物の場合、分別収集といった方策が次

第に広まってきたが、それでも家電品屑等のスクラップ化は依然企業的には採算のとれない状況にある。産業廃棄物の場合は、企業が廃棄者であるから生活廃棄物より組織的な収集が可能になる条件を有していると考えられ、今後の積極的な政策対応がのぞまれる。

社会システム的な条件整備が必要な第2の例は、耐久財の耐用年限問題である。わが国のエネルギー需要を最終用途の面で考えると、その4割以上が資本財、耐久消費財の直接関係の生産に向けられている。したがって、たとえばその平均寿命が1割延びたとすると、同一のストックに対し必要な生産量は1割削減され、これはエネルギー消費のわが国全体量の4%強の削減を意味する。実際、わが国の耐久財の寿命は物理的に定まっているわけではなく、むしろ社会経済的な要因で定まっているから、その条件を変えれば寿命が延びる可能性は充分にある。

問題をわかりやすくするために、たとえば自動車をとろう。ある程度古くなると、保守費がかさみ、また費用のみでなく手間も増すし、車の価格も大幅に下がってしまう。ちょっとした修理となると車の価格と大差なくなり、いっそもう少し新しい中古車と交換したほうが得ということになる。

このような事情を防ぐには、メーカーの保守のサービスが大幅に改善され、しかもその費用も安くなる必要があるが、現状のままであることはメーカーにとって必ずしも経済的に有利とはいえない。(しばしば保守業務の収益率の高さが指摘されるが、ここでのようにその低価格化が要請されるとこの事情は変わってしまう)このため、メーカーは現状をこのままでは変えないにちがいない。もっとも、はじめから、保守業務の充実を前提に、そのコストを新車、中古車価格に上のせすることが可能ならば、話が変わってくるが、これを実現するにはこのような発想を消費者が理解し受け入れなければならない。すなわち、

生産者と購売者との間の合意の成立がここでは条件となる。

このように、省エネルギーを推進するには、社会の中にその意義を充分に理解し、立場の異なる人間が協力していくことが必要であり、またそれが安定に機能するようなシステム作りが政策上の重要な課題である。

5. おわりに

本文では、省エネルギー問題を総合的にながめ、その主な問題点を検討してみた。この議論が、本文以降に展開される諸論文の意義を理解する踏み台となれば筆者の喜びとするところである。

参 考 文 献

- [1] Kaya, Y. ; Long-Term Energy Strategy, Proc. of Keio University International Symposium, December, 1979.
- [2] US Congress Report, Committee on Foreign Relations; Future of Petroleum Production in Saudi Arabia, April, 1979.
- [3] 茅陽一; 省エネルギーの便益と問題点, 機械学会誌, 82, No. 725, 1979, pp. 313—316.
- [4] 日本エネルギー経済研究所; 省エネルギーの現状と課題, 1980年3月.
- [5] 茅陽一編著, エネルギーアナリシス, 第7章(山田周治執筆), 1980年2月, 電力新報社.
- [6] Chapman, P. F. ; Energy Analysis of Nuclear Power Stations, *Energy Policy* 3, 4, 1975, pp. 285—298.
- [7] たとえば下記参照
室田泰弘: エネルギー経済学のサーベイ(1)(2), 日本経済研究センターディスカッションペーパー No. 24 & 27, 1978.
- [8] Pindyck, R. S. ; The Structure of World Energy Demand, MIT. Sept. 1978.
- [9] オペレーションズ・リサーチ, 1980年6月号(本号) 室田泰弘論文参照.
- [10] 日本経済調査協議会報告 76—1, 資源の有効利用に関する研究, 1976.