

世界エネルギー需給モデル

佐川直人

イラン・イラク戦争の勃発にともない世界の石油市場の逼迫化の恐れが真剣に議論されていたが、この心配も杞憂に終わり、最近ではむしろ石油市場のだぶつきが取り沙汰されるようになってきている。また長期的にも、石油消費の大幅な低下を予測する専門家すら出てきている。しかし一方では IEA の指摘のように1985年から1990年にかけて石油不足が世界の経済成長を窒息させる危険があるという指摘も行なわれている。

このように混乱している世界石油市場の見方について1つの情報を与えてくれるものとしてモデルによるアプローチが存在する。本稿ではこのようなアプローチにどのようなものがあるかを簡単にレビューし、合わせて日本エネルギー経済研究所が開発した「世界中長期エネルギー需給予測モデル」を紹介したい。

1. モデルアプローチの諸例

世界のエネルギー状況をモデル化する方法には何種類もあり、おのおのそのモデルの目的を異にしている。これを大別するとシミュレーションタイプのモデルと最適化タイプのものに別けられ、またモデルサイズも十数本からなるごく小規模のモデルや、IEES (International Energy Evaluation System) モデルのような大規模なLPモ

デルまで多様化している。

モデルの作成目的も原油価格の動向をトレースしようというモデル (Gately モデル や Pindyck モデル等) や、エネルギー全体の地域別予測や貿易構造を明らかにしようというモデル [IEES モデル、IEP (International Energy Project) モデル、Ezzatti モデルなど] があげられよう。

これらいずれのモデルにしても現在主としてモデル化されているのは原油を中心としたモデルであり、国際的な視野をもちかつ石油以外のエネルギー源の需給を詳細にモデル化したものはほとんど見あたらないと言ってよいという状況である。

またこのようなモデルの開発はほとんど欧米諸国で行なわれており、わが国においては未だ着手され始めたばかりである。本稿で紹介するエネルギー経済研究所のモデルも未だ開発途上であり、不備な点も多いが、ここであえて紹介することも何らかの意義はあると思われる。

2. 日本エネルギー経済研究所「世界中長期エネルギー需給予測モデル」の概要

日本エネルギー経済研究所の「世界中長期エネルギー需給予測モデル」は、中長期 (5年ないし10年先) の世界のエネルギーバランスをエネルギー源別、地域別に考察することを目的として1979年に開発されたモデルである。

このモデルの概要は図1のフローチャートによ

さがわ なおと (財)日本エネルギー経済研究所

って示されている。主な外生変数としては原油価格、世界各地のGDP、人口増加率、石油代替エネルギー供給政策にもとづく供給量、省エネルギー率等であり、主な内生変数は各地域のエネルギー源別部門別エネルギー需要、1次エネルギー輸出入量、世界全体としての1次エネルギーバランス等である。

すなわち、まずモデルへのインプットとして各地域のGDP、原油価格、人口増加率を与えると各エネルギー源別エネルギー需要部門別に（産業部門、民生部門等）暫定的な最終エネルギー需要が求まる。これに対して非價格的省エネルギー政策（ガソリンスタンドの休日休業など）や、エネルギー代替政策によるエネルギー源の転換などをおこなって省エネ後、エネルギー代替後のエネルギー源別、需要部門別の最終エネルギー需要が求まる。（図1ではこの部分は省略されている。）この最終エネルギー需要（2次エネルギー需要）を満たすためには、1次エネルギーからのエネルギー転換が必要となるが、モデルでは、国産1次エネルギーのエネルギー源別供給量（原子力、国内石油等）を外生的に与え、これとエネルギー転換部門における技術的諸関係、たとえば熱効率、所内率等を考慮して1次エネルギーの地域別の輸出入量を算出する。

この1次エネルギー輸出入必要量とサミットによる国別石油輸入目標量や、石炭、LNGなどのインフラストラクチャー等により決定される輸出

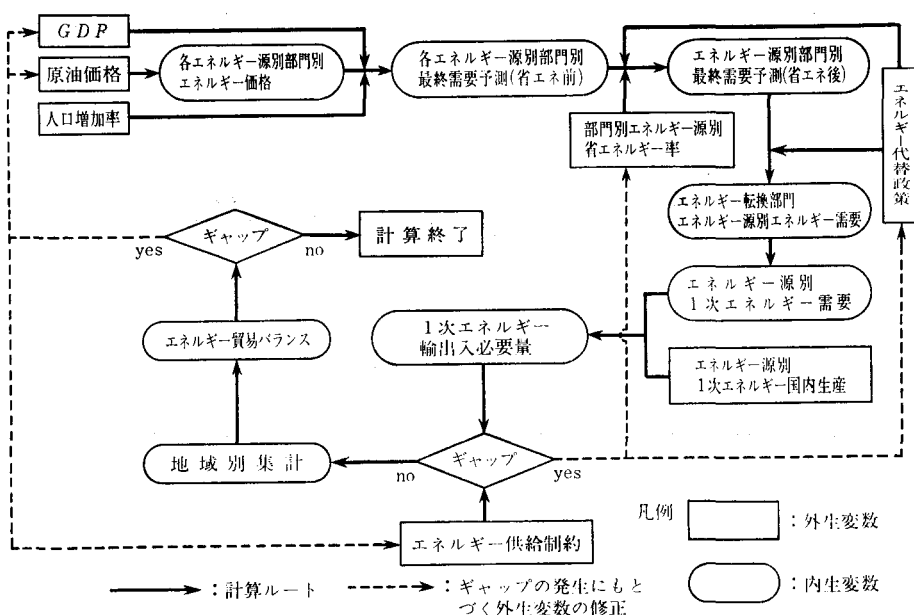


図1 需給予測モデルの概要

入可能枠とは一般に乖離する。すなわちギャップが発生するが、モデルではこのギャップに対応して省エネルギー率、エネルギー代替政策などの外生変数を変化させ、このギャップを許容範囲内におさめるようにしている。

この地域別のエネルギーギャップの調整後、地域別のエネルギー輸出入量を集計して世界全体でのエネルギー貿易バランスをチェックする。この集計においても需給ギャップが発生する可能性があるが、モデルではこのギャップが発生した場合には、GDP、原油価格などの外生変数を変化させ、このギャップの調整を行なっている。

以上が「世界中長期エネルギー需給予測モデル」の概略のフローであるが、要約すれば世界の経済規模、原油価格などのフレームを与え、モデルから算出されるエネルギー需要と外生的に与えられる供給量との地域的ギャップ、グローバルなギャップをにらみながら、このギャップが発生しないような世界経済像を記述するということになる。

次にこのモデルの特徴について述べよう。このモデルの特徴としては以下の2点があげられる。

まず第1点としては、石油代替エネルギー供給

量が外生値となっていることである。これは5年ないし10年先までという中期的なエネルギー供給見通しを行なう場合にはよく採用される方法である。なぜならば5年から10年先という期間はエネルギー供給というような大規模工事のための建設のリードタイムと比較すると短い期間であり、ほぼその建設日程は決まっている。言い換えれば石油市場の変化が、それほど大きくは石油代替エネルギー供給に影響を与え得ない期間であるということができるとのである。

このような考え方が成立しないとすれば、原子力発電に大事故がおり原子力のモラトリアムが宣言されるなど、経済外的な要因、モデルでは本来把握しきれない要因による場合となる。

第2点は、予測がエネルギーバランス表をベースとして行なわれている点である。このエネルギーバランス表によるアプローチというのは図2に見られるように、エネルギーを1次エネルギーと2次エネルギー(最終消費されるエネルギー)に分け、エネルギーフローをマトリックスの形のバランスという形でとらえようというものである。ここで2次エネルギーというのは、加工された形のエネルギー、たとえば電力、コークス、都市ガス、各種石油製品などであり、1次エネルギーというのはこの2次エネルギーを生み出すための投入エネルギー、たとえば原油、原料炭、原子力、水力などである。

このようなエネルギーバランス表の考え方によれば、各地域ないし各国のエネルギー必要量は、まず主として2次エネルギーの形で需要される最終エネルギー需要を求め、これに応じた形の1次エネルギー供給必要量を出すという形で算出されることになる。

このエネルギーバランスを用いるメリットは2点ある。第1点は、このバランス表によって各エネルギー最終需要部門ごとのトータルなエネルギ

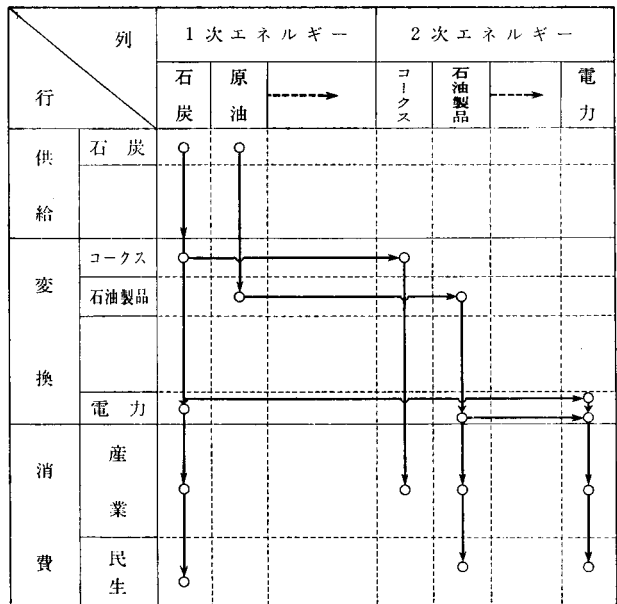


図2 エネルギーバランス表の概念図

ー需要を把握できることである。いうまでもなく各エネルギー源に対する需要はトータルなエネルギー需要とエネルギー源間の代替により決定されると考えられるため、エネルギー予測を行なうためにはまずトータルエネルギーの需要を予測し、その後各エネルギー源の分担を予測するという方法をとらざるを得ないが、このためにはエネルギーバランス的把握が不可欠となる。

第2のメリットは、エネルギーバランス的アプローチによってエネルギー転換部門(電気事業、都市ガス事業等)の特性を明確にしうることである。たとえばフランスのエネルギー政策を考える場合、その特徴として原子力拡大政策があげられるが、このためには電力需要がその原子力政策と見あっているか、電力の電源バランスがとれているか、などが問題となってくる。予測においてもこうした諸点を考慮する必要があることは論をまたない。

最後に当モデルの地域分割についてふれよう。当モデルのように5年ないし10年程度のタイムホライズンを対象とする場合には、地域分割はできるだけ細かくしておく必要がある。当モデルでは

エネルギー多消費の先進国については表1にみられるように、アメリカ、カナダ、日本、イギリス、ドイツ、フランス、イタリアと国別に予測し、その他は、その他 EC 諸国、その他 OECD 諸国、中進国(韓国、台湾、香港、シンガポール、ブラジル、メキシコ)、OPEC、その他発展途上国、その他自由世界諸国(イスラエル、南ア、ユーゴスラビア)、ソ連、東欧、中国(含むアジア共産圏)の16地域に分割している。

ここで、先進国を国別に分割しているのは東京サミットによる国別石油輸入枠があるためと、先進7カ国で世界のエネルギー消費の48.7%を占めているためである。また中進国を地域として扱っているのは、この地域のエネルギー需要が今後大きく伸びると予想されるためである。

3. 「世界中長期エネルギー需給予測モデル」の予測結果

前述のモデルにもとづく予測結果が表1,表2で

ある。表1はトータルエネルギー需要、経済成長率を地域別に表示したものであり、表2は石油の需給バランスの要約である。なおこの予測においてはOPECの原油生産量は1985、1990年とも3000万バレル/日、原油価格は実質年率で3~4%の伸びと想定されている。(名目では1985年50ドル/バレル、1990年で90ドル/バレル)

このような前提のもとで、世界の経済成長率は1965~77年の平均4.5%から1980年代には1%下がり3.6%程度に低下すると予測された。またエネルギー需要の伸びは鈍化し、1980年代には3.2%程度にまで落ちる。特に先進主要国のエネルギー需要は伸び悩み年率2%程度にとどまると予測されている。また表2に見られるようにOECDの石油の純輸入需要量はほぼ横ばいで推移し、世界全体では1985年で4300万t、1990年で2億3200万tの石油不足を生じると予測された。ただしこの不足は在来型の石油のみを考慮した場合であり、1985年にはガスの潜在的供給過剰量1800万t、1990年に

表1 世界のエネルギー需要と経済成長率総括表(1977, 1985, 1990年)

国名	エネルギー需要						エネルギー伸び率		経済成長率		エネルギーGDP弾性値	
	1977		1985		1990		85/77	90/85	85/77	90/85	85/77	90/85
	Mtoe	%	Mtoe	%	Mtoe	%	%/年	%/年	%/年	%/年		
アメリカ	1817.0	27.9	2036.1	24.1	2206.8	22.3	1.4	1.6	2.4	2.5	0.58	0.64
カナダ	203.4	3.1	248.0	2.9	275.4	2.8	2.5	2.1	3.1	3.0	0.81	0.70
日本	342.9	5.3	448.7	5.3	511.1	5.2	3.4	2.6	4.5	3.7	0.76	0.72
イギリス	214.3	3.3	230.1	2.7	241.2	2.4	0.9	0.9	2.0	2.0	0.45	0.45
西ドイツ	264.7	4.1	310.9	3.7	340.2	3.4	2.0	1.8	3.2	2.8	0.63	0.64
フランス	183.9	2.8	221.1	2.6	246.2	2.5	2.3	2.2	3.5	3.0	0.66	0.73
イタリア	143.8	2.2	180.2	2.1	202.0	2.0	2.9	2.3	3.3	3.0	0.88	0.77
その他EC	153.4	2.4	182.8	2.2	200.4	2.0	2.2	1.9	2.8	2.5	0.79	0.76
EU	960.1	14.7	1125.2	13.3	1230.0	12.4	2.3	1.8	3.1	2.9	0.74	0.62
その他OECD	351.7	5.4	451.8	5.4	512.5	5.2	3.2	2.6	3.2	3.0	1.00	0.87
OECD計	3675.1	56.6	4309.8	51.1	4735.8	47.9	2.0	1.9	3.1	2.9	0.65	0.66
中進国	208.8	3.2	340.3	4.0	444.5	4.5	6.3	5.5	6.0	5.0	1.05	1.10
OPEC	340.7	5.2	412.2	4.9	492.4	5.0	2.4	3.6	6.0	5.5	0.40	0.65
発展途上国	327.6	5.0	529.8	6.3	723.0	7.3	6.2	6.4	4.4	4.5	1.41	1.42
その他	106.3	1.6	139.4	1.7	160.4	1.6	3.4	2.8	3.6	3.0	0.94	0.93
自由世界計	4658.4	71.7	5731.4	67.9	6556.1	66.3	2.6	2.7	3.5	3.4	0.74	0.79
ソ連	979.3	15.1	1372.0	16.2	1630.0	16.5	4.3	3.5	4.0	4.0	1.08	0.88
東欧	405.1	6.2	564.0	6.7	673.0	6.8	4.2	3.6	4.0	4.0	1.05	0.90
中国	455.2	7.0	774.0	9.2	1029.0	10.4	6.9	5.9	5.0	5.0	1.38	1.18
世界計	6498.0	100.0	8441.4	100.0	9888.1	100.0	3.3	3.2	3.7	3.6	0.86	0.89

表 2 1977, 1985, 1990年における石油の需給バランス (Mtoe)

	1977		1985		1990	
			1985-1977 差		1990-1895 差	
O P E C						
生産量	1,585	1,500		1,500		
消費量	109	172		233		
輸出可能量	1,476	1,328	-148	1,267	-61	
純輸入需要量	1,315	1,371	56	1,499	128	
O E C D	1,327	1,299	-28	1,330	31	
中進工業国	71	-10	-81	-11	-1	
非産油発展 途上国	37	70	33	105	35	
その他	33	34	1	40	6	
共産圏	-153	-22	131	36	58	
需給差	161	-43	-204	-232	-189	

は新エネルギーで1億7900万t, ガスの4400万tの過剰分によってほぼこの石油の見かけ上の不足は相殺されると考えられる。

この予測の詳細は「1990年世界エネルギー予測」(ダイヤモンド社1980年)に述べられているのでそれを参照していただきたいが、そこでは、世界中長期的なエネルギー需給の状況を上記のように要約される形で紹介している。このモデルの結果はあくまで1つのエネルギー需給像と考えるべきものであり、極端に言えば現実の複雑さを十二分に吟味しながらコンピュータと人間とが対話していくプロセス自体がエネルギー需給像の理解に資することがモデルの目的であり、また、モデルのアウトプットという意味ではモデルの結果であるということもできよう。

たとえば、このモデルにおいては、この修正プロセスの過程で各国のエネルギー政策の評価、その妥当性を吟味できる。また、その分外的に与える原子力発電計画等について膨大な情報の蓄積を必要としており、その情報についての1つの定性的チェック材料としてモデルを逆に使用することが可能とも言えるわけである。

4. 「世界中長期エネルギー需給予測モデル」の問題点

最後に上述のモデルの問題点をまとめておこ

う。

まず第1点として、データ上の制約という問題があげられる。モデルにおいては発展途上国、共産圏などの地域はエネルギーバランスベースではなく1次エネルギーベースで予測を行なっているが、この予測においてはデータが未整備なため、かなり恣意的に予測せざるを得ない形となっている。しかし今後、この発展途上国および共産圏のエネルギー動向が国際石油市場におよぼす影響にははかり知れないものがあると予想され、今後のデータ収集がまたれる。

第2点は、このモデルにおいてはエネルギー需給がエネルギー価格にそれほど敏感になっていないことである。供給サイドは外生値として与えているので価格に敏感でないのはいうまでもないが、需要面でもやや鈍感な形のモデル化となっている。1つには、モデルの推計期間が1960年から1978年までを用いており、昨今のアメリカのガソリン需要の急減などをみると、この推計期間ではこのような現象は説明しきれていない。いわば価格効果の非連続性というべきものがあり、また、代替エネルギー導入についてもその導入の時期の意思決定について価格の影響がモデル化されていない。

第3点として、多くの世界エネルギーモデルにおいては主要なアウトプットとして原油価格が得られているが、このモデルにおいては原油価格は外生扱いとなっている。多くのモデルの原油価格決定メカニズムは、需給の均衡点として得られるか、長期的な利潤の最大化のパスとして得られるか、また在庫調整を通した値決めなどが考えられている。

今後は、この「世界中長期エネルギー需給予測モデル」も、この原油価格決定メカニズムを含めて、より価格効果をおりこんだ方向でリファインしていく必要がある。