

特集

エネルギー統計

エネルギーバランス表

Energy Balance Table

松井 賢 一*

Kenichi Matsui

1. エネルギーバランス表とは

一国のエネルギー経済を概観したり、分析するためには、国内エネルギー、輸入エネルギーがどのようなプロセスを経て、最終消費者に供給されるかあるいは輸出に向けられるのか、両者の比率はどのようになっているのか、異なるエネルギー源の間の関係がどうなっているのか等々といった点を把握する必要がある。

エネルギーバランス表は、すべてのエネルギー源をそれぞれのエネルギー源によく利用される単位、もしくはある共通の単位で表示し、これらの関係を一つの表の中にとりこんだものである。なお、石油化学原料用のナフサ、天然ガス、あるいは製鉄における還元用コークス、更にはアスファルト、潤滑油等はエネルギーを得るために利用されるのではないが、石炭、石油、ガスといったエネルギー源から生産されるので、これらを除いてしまうと、供給と需要の間に大きな差がでてくるところから、エネルギーバランス表では、非エネルギーという項目を作って、これらのものを処理している。しかし、これらの製品のすべてが非エネルギーという項目に入れられているわけではなく、一部はエネルギーの項目のなかにとり入れられており、エネルギーバランス表をみるとき注意する必要がある。

エネルギーバランス表では、まず、原油、石炭、天然ガス等の精製加工されない前の化石エネルギー源ならびに、水力、原子力、地熱等のエネルギー、すなわち一次エネルギーと呼ばれているエネルギーの国内生産量、輸入量を示し、次に輸出量を差し引き、在庫変動を加減した上で、一次エネルギー供給量を出す。ここで、ガソリン、コークス、火力発電によって生産された電力のように、一次エネルギーに何らかの加工を加えて生産されるエネルギー、すなわち二次エネルギー

一でも、輸入される場合には、エネルギーバランス表では一次エネルギーとしてとり扱われる。

国内に供給された一次エネルギーは、発電、精製、乾溜等の加工をうけて、二次エネルギーに転換され、最終消費者に供給されることになる。エネルギーバランス表では、この工程は、転換部門と呼ばれている。なお、一部の石炭、原油は、加工をうけずにそのまま最終消費者に供給され、そこで利用される。最終消費者が使用するエネルギーは、最終エネルギーと呼ばれるが、したがって最終エネルギーは必ずしも加工された二次エネルギーだけでなく、一次エネルギーも含まれているということになる。

エネルギーバランス表は、エネルギー源毎に慣習的に使われている単位、たとえば、石油であれば、klとか、バレル、石炭であれば、kgとかトン、ガスであれば、立方メートル、立方フィートといった単位でも表示されるが、エネルギーバランス表の大きな狙いはそれらのエネルギー源の値を共通の単位で表し、エネルギーのフローを系統的に表示するところにある。そこで、共通の単位として何をとったらよいかといった問題がでてくる。以下、エネルギーバランス表を作成する上で問題となるところを幾つかひろい出し簡単な説明を加えておく。

単位

石油、石炭、ガス、電力あるいはガソリン、コークスといったエネルギー源には、それぞれの特性がありこれをたしあわせるということは、りんごとみかんをたしあわせることと同様の問題を発生させる。りんごとみかんを加える一つの方法は、それぞれの価格を加えるものである。目的によっては、それぞれのカロリーを加えることも可能である。しかし、いずれの場合も、りんごとみかんの持つ風味とか色あいといった特性は無視されることになる。エネルギーの場合も産業連関表のように価格で表示することも可能である。しかし、エネルギーの場合には、エネルギーの利用形態

* (財)日本エネルギー経済研究所エネルギー計量分析センター 研究部長

はさまざまであるが、それらは相互に物理化学的に転換されるものであって、これを熱量、kWh、馬力等々で表示することが可能であり、従来、熱という形でエネルギーを利用することが一般的なところから、熱量を共通の単位にとることが慣習となってきた。エネルギーの場合、1 kWhの電気を生産するには、現在のわが国の火力発電所では、2200～2500kcal程度の熱が必要であるとか、1トンの原料炭からは大体750kgのークスが生産され、その他にークス炉ガスが約310^m程副生されるといった技術関係で結合されている度合が強く、熱量は、このようなエネルギーの流れを実態として把えるのに比較的便利なのである。これを価格で表示すると、このような技術関係を直接把握することができなくなる。勿論、一方で、熱量で表示することは、各エネルギー源のもつその他の特性が考慮されなくなってしまうという不合理な点を残すことになる。これは特に電力の場合問題となるが現在のところ、この点も考慮に入れたエネルギーバランス表上の処理は開発されていない。現行のエネルギーバランス表の一つの限界である。

さて、共通の単位として、熱量をとるということにしても、なお細かな問題が残っている。我々に比較的なじみの深い単位はカロリーであり、通産省の「総合エネルギー統計」、日本エネルギー経済研究所「エネルギーバランス表」、OECD・IEA「エネルギーバランス表」等は、カロリーを採用している。また石油換算トン、バーレル、あるいは、石炭換算トン、更には電力換算kWhといった単位も使われるが、これは、石油1kg=10,000kcal、石炭1kg=7000kcal、電力1kWh=860kcalないし2450kcal等という単位を使って換算しているわけである。またカロリー表示に対して、ジュール表示をすべきであるという意見もある。

真発熱量か総発熱量か

化石エネルギー源（石炭、石油、ガス）の場合、燃料中に水素原子があり燃焼の結果、これが水蒸気となるか、凝縮して水となるかにより発熱量に蒸発潜熱だけの差ができる。前者を真発熱量、後者を総発熱量という。大まかにいって、石炭石油では、真発熱量は総発熱量より5%小さく、ガスの場合10%小さい。わが国の「総合エネルギー統計」「エネルギーバランス表」は、総発熱量を採用している（部分的には真発熱量も入っているように見える）。一方、OECD・IEA「エネルギーバランス表」では真発熱量を採用している。このため、OECD「エネルギーバランス表」の熱量表示

の値は、わが国の統計に比べ5～10%小さくなっている。またわが国の場合、一般に、通産省の「総合エネルギー統計」で採用している熱量が利用されているが、石炭を除いては、毎年のエネルギー別の品質の変化を反映した熱量値になっておらず、特に、原油、重油のカロリー換算値に問題がでてきている。

一次電力の熱量換算

エネルギーバランス表の熱量換算で特に問題となるのは電力である。火力発電の場合は、発電に投入されたエネルギー源の熱量をとれるが、水力、原子力発電をどう評価するには幾つかの考え方がある。

すなわち、水力については、水の位置の差と流量がもたらしたエネルギー量をとるべきであるとか発電された電力の発熱量をとるべきである等々といった説がある。

原子力については、化石燃料同様、ウランの生産量、在庫変動を記録し、一次エネルギー供給量としては、核分裂によって供給されるエネルギー量をとるべきだという説もある。

しかし、現在、一般にとられている方法は、発生電力量をもし火力発電所で発電したとしたら、どの程度の燃料投入が必要であったかを推計し、これをもって、水力、原子力の一次電力の熱量ベース供給量とするものである。

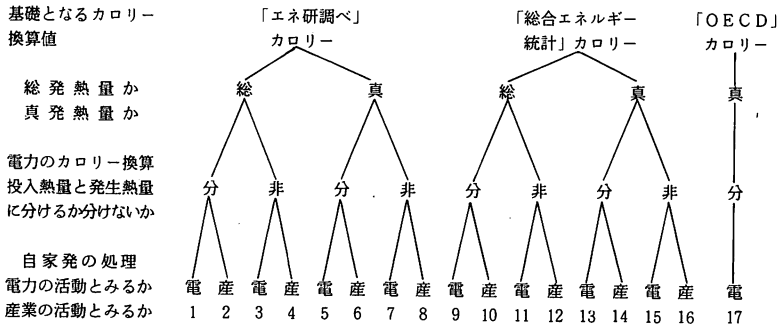
投入熱量か発生熱量か

電力の熱量換算でもう一つ問題となるのは、最終消費段階における電力の熱量を、実際に1 kWhの電気が発生する熱量860 kcal/kWhをとるか、1 kWhの電気を生産するために投入された熱量（わが国の最近の火力発電の実績では、2200～2300kcal/kWh）をとるかという問題である。

通産省の「総合エネルギー統計」では、最終消費段階においても投入熱量で表示している。したがって、電力生産における熱ロスはどこにも示されない。これに対し、エネルギー経済研究所の「エネルギーバランス表」、OECD・IEAのエネルギーバランス表」では、最終消費段階では、発生熱量をとっており、投入熱量と発生熱量の差は、電力生産におけるエネルギー転換ロスとしてエネルギー部門の中に計上されている。

どちらの処理にもそれなりの根拠があって、どちらが間違っているということにはならないが、熱併給などを分析する必要性が高まっている現在では、後者の取扱いの方が望ましいといえるだろう。

表1 異なるエネルギーバランス表のタイプ



自家発電の取扱い

電力会社ではなく、最終消費者が直接、電力を生産しているケースについて、これをエネルギーバランス表上どのように扱うかは厄介な問題である。石油統計・石炭統計には、これらのいわゆる自家発電に利用された石油、石炭量も当該部門の石油・石炭消費量に含まれているのが一般的である。更に当該部門の電力消費量の中に、自家発電によって生産された電力の消費も含まれている場合には、エネルギー消費量が二重に計算されていることになる。この二重計算を回避する一つの方法は、発電用に利用された石油石炭消費量をそのままにしておいて、電力消費量のなかから自家発電による分をとり除くというものであり、他の一つは、逆に、電力消費量の中に自家発電による分も含めておくかわりに、燃料消費の中から、発電用に利用されたものを除き、発電をエネルギー生産部門（電力）が行ったものとして、こちらの燃料消費量の中に加えてしまうという方法である。通産省の「総合エネルギー統計」は前者の、エネルギー経済研究所の「エネルギーバランス表」、OECD・IEAの「エネルギーバランス表」は後者の取扱いをしている。

以上、エネルギーバランス表を作成するに際して、はじめに問題となる共通単位として何をとり、熱量をとるとした場合、総発熱量か真発熱量か、自家発電の処理の仕方についての考え方を示したが、それらの考え方を組みあわせると、少なくとも、表1に示すような17通り程の組み合わせができることになる。

異なるエネルギーバランス表のタイプ

ここで、最初にエネルギー源別のカロリー値というのがでてくるが、これが異なるエネルギー統計で若干づつ異なっていることを示している。これに先にあげたような基準で更に分類していくと、この表にあるよ

うに少なくとも17通り程の組み合わせができるのであるが、現行のエネルギー統計をこれに対応させてみると、エネルギー経済研究所の「エネルギーバランス表」は1、通産省の「総合エネルギー統計」は12、OECD・IEAの「エネルギーバランス表」は、17ということになる。勿論同じ熱量を共通単位として採用するとしても、カロリーではなくジュールを採用するということになれば、ここでまた少なくとも17通り程度の表ができることになる。国際的にみると、1もしくは17の表のスタイルが増えてきているように思われる。カロリーにするか、ジュールにするかは、実務者レベルでは、前者を、自然科学系統のグループでは後者をとるケースが多いといえる

2. エネルギーバランス表の具体例と見方

次に実際に作成されているエネルギーバランス表の一例を、日本エネルギー経済研究所の「エネルギーバランス表」として、この表の見方を説明することにしよう。同研究所のエネルギーバランス表の原表はかなり細かい表であるが、これには要約版とよばれる簡約表がついている。ここに示す表は昭和59年度の簡約表である。1～6行が一次エネルギーの生産、輸出入、在庫変動を示している。59年度の一次エネルギー供給量は、6行11列から 381.9×10^{13} kcal (石油換算約3億8190万トン) と読みとれる。なおこの表では、生産と輸入を加え、輸出を差し引き、更に在庫が増えた分(減少した分)を差し引いた(加えた)ものを一次エネルギー供給量としているが、ときに、生産と輸入を加えただけのもの、すなわち1行と2行の数値を加えたものが一次エネルギー供給量あるいは総一次エネルギー供給量と呼ばれることがあるので注意が必要がある。供給された一次エネルギーの大半は、精製、乾

表2 昭和59年度エネルギー・バランス簡約表(換算表)

Concise Energy Balance Table in Fiscal 1984 (Common Unit) (Unit: 10¹³kcal)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		石炭	コークス等	原油	石油製品等	天然ガス	都市ガス	水力発電	原子力発電	地熱等	電力計合	計
		Coal	Coke &	Crude Oil	Petroleum Products & NGS.LNG	天然ガス	Town Gas	Hydro	Nuclear Power	Geothm &	Electricity (Total)	Total
一 次 エ ネ ル ギ ー 供 給	国内エネルギー生産	1	10444	465	2410	18927	32927	0	65173			
	輸入	2	61868	0	194225	34925	35488		326507			
	輸出	3	0	-1671	-4317				-5988			
	バンカー	4										
	在庫変動	5	-195	159	-2831	-843	-33		-3743			
	一次エネルギー供給計	6	72118	-1512	191859	29765	37865	18927	32927	0	381949	
エ ネ ル ギ ー 消 費	電気事業者	7	-11868	-5015	-12904	-26996	-27934	-17311	-32641	0	49690	-84980
	自家発電	8	-88	-2383	-8823	-139	-1616	-286	5281		-8053	
	都市ガス	9		-1241	0	-3277	-7443	12075			114	
	自家消費	10	-51213	46573							-4640	
	石油精製	11			-175802	174957					-845	
	自家消費およびロス	12	-245	-2239		-9460	-23	-438			-6144	-18549
	統計誤差	13	-124	1714	-3135	-1433	-1541	-147				-4666
	最終消費計	14	8580	35897	19	154733	785	11490			48826	260330
	最 終 エ ネ ル ギ ー 消 費 部 門	産業部門計	15	7544	34887	19	59005	768	2071		27716	132009
		農林・狩猟	16				3994				129	4123
		漁業・水産	17				4599					4599
		鉱業(除くエネルギー部門)	18	0			216					144
		建設業	19				1748					52
製造業計		20	7544	34887	19	48449	768	2071			27390	
食品		21	0	0		2795					1414	
繊維		22	0			2936					1331	
紙・パルプ		23	636			1654					2293	
化学		24	1050	181	19	24451	675				4436	
セメント等		25	5442	251		2002					2087	
鉄鋼		26	76	33930		2513	0				6467	
アルミニウム等		27		276		640					2006	
金属機械等		28	0	62		2817					4690	
その他		29	340	188		8651	93	2071			2667	
民生部門計		30	1037	1010		29677	17	9419			19751	
家庭用		31										60910
業務用	32											
交通部門計	33	0	0		59003	0				1359		
鉄道	34	0	0		966					1359		
その他	35				58037	0						
非エネルギー	36				7034							

溜、発電されて二次エネルギーに転換され、最終消費者に供給されるが、この間に、発電ロス、輸送中のロスといったロス並びに自家消費が発生し、最終消費者に供給されるエネルギー量はその分だけ減少することになる。一次エネルギーの一部、例えば、石炭の一部は、そのまま最終消費者にわたり、そこで利用される。一般に、産業部門、民生部門、交通部門と大別される最終消費者が使用するエネルギーのことを最終エネルギーと呼んでおり、その大部分が二次エネルギーとなっているが、一部に一次エネルギーも含まれていることになる。

59年度の最終エネルギー消費量は、14行11列から、 260.3×10^{13} kcalと読みとれる。先きの一次エネルギー供給量との差は、 121.6×10^{13} kcalであるが、この大半は発電ロスである。

最終消費を部門別にみると、産業部門が 132.0×10^{13} kcal、民生部門が、 60.9×10^{13} kcal、交通部門が 60.4×10^{13} kcalとなり、アスファルト等の非エネルギーが 7.0×10^{13} kcalとなっている。また、最終消費を、エ

ネルギー源別にみると、石炭が 8.6×10^{13} kcal、コークス等の石炭製品が 35.9×10^{13} kcal、石油製品が 154.7×10^{13} kcal、都市ガスが 11.5×10^{13} kcal、電力が 48.8×10^{13} kcalとなっている。

エネルギーバランス表では、以上のようなことが、たゞちにわかるが、次に若干の加減乗除を行なうことによって他にも多くの情報が得られるようになっていく。次にその例として、電力化率とエネルギー輸入依存度を読みとることにしよう。

電力化率

電力化率には二通りの見方がある。一つはどれだけのエネルギーが発電用に投入されたかであり、他の一つは、最終エネルギー消費量のなかで電気がどれだけのシェアを占めているかというものである。

まず前者の見方による電力化率をみると次のようになる。エネルギー供給量の全体は、先にみた一次エネルギー供給量の 381.9×10^{13} kcalである。次に発電用に投入されたエネルギー量は、電気事業者の場合、石炭 11.9×10^{13} kcal(7行1列)、コークス 5.0×10^{13} kcal

(7行2列), 原油 1.3×10^{13} kcal(7行3列), 石油製品 27.0×10^{13} kcal(7行4列), 天然ガス・LNG 27.9×10^{13} kcal(7行5列), 水力 17.3×10^{13} kcal(7行7列), 原子力 32.6×10^{13} kcal(7行8列) の合計 134.6×10^{13} kcal であり, 同じく自家発の場合, 第8行のマイナス(インプットを示す)表示の値を横にたしあわせることにより, 13.3×10^{13} kcal という値が得られる。すなわち, 電気事業者と自家発を加えた発電用エネルギー投入量は, 147.9×10^{13} kcal で, 先の一次エネルギー供給量に対する比率では 38.7% となる。電気事業者のみの場合は, 35.2% である。これはインプットベースでみた電力化率と呼ぶことができる。発電用エネルギーは, 一次エネルギーのみではないが, この電力化率は, 一次エネルギーベースでみた電力化率とも呼ばれている。

次に最終エネルギー段階でみた電力化率は, 最終エネルギー消費量 260.3×10^{13} kcal(14行11列) に対し, 電力消費量は 48.8×10^{13} kcal(14行10列) というので, 電力の比率は, 18.7% ということになる。これは, アウトプットベースもしくは最終エネルギー段階でみた電力化率ということになる。一次エネルギー段階でみた電力化率は, 昭和40年度 31.2%, 50年度 32.7%, 59年度 38.7% を推移してきており, ある試算によれば, 西暦2000年には, 43%, 2030年には62%に達すると推定されている。最終エネルギー段階でみた電力化率は, 40年度 13.0%, 50年度 14.6%, 59年度 18.7% となっており, これが前記試算によれば, 2000年で21%, 2030年で36%に達するとみられていることになる。

エネルギー輸入依存度

次に, エネルギーバランス表を使ってエネルギー輸入依存度をみることにしよう。ところで, ひと口にエネルギー輸入依存度といっても, この概念は必ずしもさほど自明の概念とはいえない。わが国のように, エネルギー輸出が殆んど存在しない場合には, 国内生産量に輸入量を加えたもので輸入量を除いた値を輸入依存度としてさしつかえないだろうし, エネルギーバランス表でいうところの一次エネルギー供給量に対する輸入エネルギー量の比率ということでもよい。ところが, 輸入も大きい, 輸出量も大きいような場合には, 輸入量から輸出量を差し引いたものを分子に持つてくるべきなのか, あるいは輸入量だけでよいのか迷うところである。前者を純輸入依存度, 後者を粗輸入依存度とでも名づけたらよいのだろうか。

わが国の場合, 輸出が, パンカー(外航船舶・航空機用燃料)も含めて小さいので, 純輸入依存度と粗輸

入依存度の差が極めて小さい。在庫変動量も全体に比べれば極めて小さいので, こゝでは, エネルギーバランス表の6行の一次エネルギー供給量に対する2行の輸入量の割合をもって輸入依存度と定義しよう。ふたたび59年度エネルギーバランス表簡約表をみていただくと, 59年度のわが国の輸入エネルギー依存度は, 85.5%と計算される。(2行11列 326.5×10^{13} kcal \div 6行11列 381.9×10^{13} kcal)。また一次エネルギー供給量に占める石油輸入量の割合は 60.0% となる。{(2行3列 194.2×10^{13} kcal + 2行4列 34.9×10^{13} kcal) \div 6行11列 381.9×10^{13} kcal}。

このように定義したわが国のエネルギー輸入依存度は, 40年度 70.9%, 50年度 93.3%, 59年度 85.5% と推移してきた。40年度から50年度にかけて輸入依存度が高くなったのは, 国内炭のウエイトが減少し, 輸入石油のウエイトが増大したためで, その後59年度にかけて輸入依存度が若干低くなったのは, 輸入石油のウエイトが減少し, 原子力のウエイトが高まったためである。もっとも原子力については, 国産エネルギーとみるべきか, 輸入エネルギーとみるべきか議論もあるところであらう。

3. 現行エネルギーバランス表の問題点と改善の方向

以上, 現在わが国でよく利用されている全体的なエネルギー統計として, 通産省の「総合エネルギー統計」, エネルギー経済研究所の「エネルギーバランス表」, OECD・IEAの「エネルギーバランス表」があり, 前者と後二者には表形式の上で大きな違いがあること, 三者を通じて採用している発熱量の違いがあること等について触れるとともに, エネルギー経済研究所のエネルギーバランス表を例にとり, この表の構成, 読み方について述べた。

問題は, 細かな数字だけでなくわが国の一次エネルギー供給量といったグローバルな数字にも違いがあることで, 関係者の間では, 従来から, 改善総合の話がでていた。

まず現行の, 通産省総合エネルギー統計についていえば, 表形式が, 国際的に採用されているバランス表タイプと異なること, エネルギー源別の発熱量が現実の値とかなり乖離しているものであるといった問題点がある。

またエネルギー経済研究所のエネルギーバランス表についても, 発熱量については, 昭和53年当時に調査

した値をそのまま使用していること、小口電力の部門別配分に問題があること、自家発の燃料の数値にかなりの推定が入っていることなどの問題点がある。

車に、太陽熱利用、太陽光利用、コージェネレーションの拡大等を勘案すると、エネルギーの列に、太陽エネルギーとか、熱といった列を加える必要があるのではないかという議論も強まっている。

また、民生用のエネルギーのウエイトが増大すると

みられるところから、民生用を家庭用と業務用に分類し、更にこれを冷暖房、ちゅう房、光動力用などの用途別に分けて数字をとれないかといった要望も高まっている。通産省では、このような動きに対応し、従来の「総合エネルギー統計」を抜本的に見直す意向を固めたといわれている。出来るだけ早く、これらの統計の間に違いがなくなり、無用な混乱が避けられるようになることを望んでいる。

シンポジウム案内

環境科学シンポジウム 1987

環境科学シンポジウム実行委員会より下記の連絡がありましたので、お知らせします。

—— 記 ——

昨年11月に実施した環境科学シンポジウムを継承、発展させるために本年もほぼ同様の形式でシンポジウムを実施いたします。

シンポジウムは本年より開始される科学研究費・重点研究「人間環境系」を軸とし、これに環境科学特別研究および全国の環境科学の教育と研究に関する研究者により構成し、環境科学の教育と研究の体系化されたシンポジウムの期間中に環境科学会の設立が企画されております。奮って御参加下さいませようお願いいたします。

主 催： 環境科学シンポジウム実行委員会

日 時： 昭和26年11月25日(木)～27日(土)

会 場： 東京虎ノ門パストラル

〒105 東京都港区虎ノ門4-1-1 TEL 03(432)7261<大代表>

〔交通〕 地下鉄銀座線虎ノ門駅下車徒歩8分、

地下鉄日比谷線神谷町駅下車徒歩2分

一般講演時間： 発表15分(予定)

一般講演申込締切： 9月30日(木)必着

参加費： 3,000円(講演要旨集代を含む)。事前の参加申込みは不要

懇談会： 11月26日(木)18時より同パストラル宴会場

申込および連絡先： 〒305 茨城県新治郡桜村

筑波大学大学院環境科学研究科内 (TEL 0298-53-4752, 6598 何れも直通)

環境科学シンポジウム実行委員会

実行委員長 山 中 啓