

## ■ 研究論文 ■

## エネルギー資源統計から見たエネルギー消費動向の現状と近未来

## Trends and Short-Term Prospects for Energy Consumption from a Statistical Point of View

角 新 支 朗\*・西 山 孝\*\*

Shiro Kadoshin Takashi Nishiyama

(原稿受付日1998年4月27日, 受理日1998年8月17日)

## Abstract

Energy consumption has been increasing remarked over the past half century mainly due to increasing population and economic development. Short-term prospects for energy consumption in the selected 8 countries and 2 areas are embodied respectively using population estimates from the United Nations and GDP growth rates from the Institute of Energy Economics Japan. A linear relationship between per capita GDP and per capita energy consumption was found during the period, 1982-1993, after the world economy was rid of the economic crisis caused by oil shocks. According to an extrapolation of this trend, the demand for energy consumption for the year, 2005 and 2010 was calculated. Energy consumption in the researched countries or areas will increase radically. Especially China and India, with large populations, will account for a large amount of energy consumption. Energy consumption in most developed and industrialized countries, such as Japan, France, Germany and Korea will increase due to economic development rather than increasing population, while that in the USA will increase due to both components, economic development and increasing population. A substantial decline in energy consumption based on the effects of population in Germany and Japan will occur in the future. Energy consumption in developing countries, such as China, India, Indonesia and Latin America will also increase due to the 2 fundamental components. However, the increase in energy consumption due to economic development in China, India and Indonesia is higher compared to that due to increasing population. In Latin America, the effects of both factors are roughly equal. It is also significant that energy consumption in Africa is absolutely dependent on the effect of increasing population. However, the African contribution to the world energy consumption is small.

On a worldwide scale, energy consumption will be most affected by economic development in the near future.

## 1. はじめに

20世紀に入って世界のエネルギー消費量は爆発的に増加した。その主な原因は、急激な世界の人口増加と経済の発展（生活水準の向上、科学技術の発展など）が考えられている。しかし、人口増加や経済発展の形は各国でまちまちであり、それらがエネルギー消費量の増加に与える影響もまた、各国ごとに大きく異なっている。そこで、人口増加、経済発展が各国のエネルギー消費量の増加にどの程度影響を与えているかを、エネルギー統計を中心に検討し、近未来のエネルギー需要について考察した。

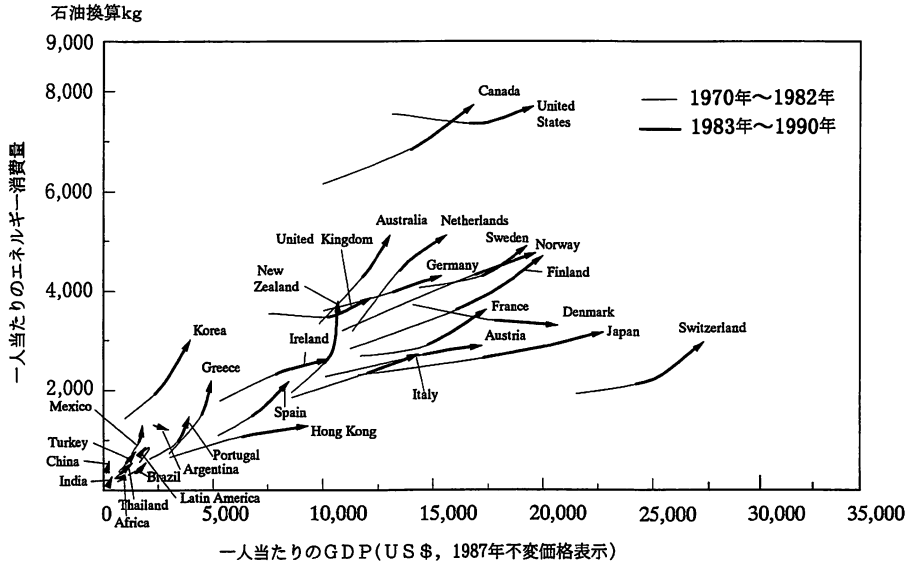
## 2. エネルギー消費量を決定する要素

エネルギー消費量を増加させる理由として種々のものがあげられるが①人口の増加、②生活水準の向上、③科学技術の発展、④各国ごとの特殊事情、の4つが主なものである。これら4つの要素は互いに複雑に絡まって作用している。

便宜的に、②の生活水準はおおよそ一人当たり国内総生産（GDP）で表わされる。これに対し、エネルギー消費量/GDPは、一定の付加価値を生産するのにどれだけエネルギーを消費したかを示すものであるから、マクロ的な多量エネルギー消費技術の発展および省エネルギー効果、さらには産業構造といった国ごとのエネルギー消費事情をも反映し、③の科学技術の発展および④の国ごとの特殊事情を表す指標となる。

ここで、エネルギー消費量を次式のように捉える。

\* 京都大学大学院エネルギー科学研究科エネルギー社会環境科学専攻大学院生  
 \*\* “ “ エネルギー応用科学専攻教授  
 〒606-8501 京都市左京区吉田本町



(出典：United Nations<sup>2)</sup>，World Bank<sup>3)</sup>)

図-1 29カ国と2地域の一人当たりエネルギー消費量と一人当たりGDPの1970年～1990年の推移

$$\begin{aligned} \text{エネルギー消費量} &= \frac{\text{エネルギー消費量}}{\text{人口}} \times \text{人口} \\ &= \frac{\text{エネルギー消費量}}{\text{GDP}} \times \frac{\text{GDP}}{\text{人口}} \times \text{人口} \dots\dots (1) \end{aligned}$$

したがって、先に挙げた指標から成る(1)式の3つの項目(エネルギー消費量/GDP; ③④, GDP/人口; ②, 人口; ①)が明らかになれば、エネルギー消費量が導き出せる。

### 3. 生活水準(GDP/人口)とエネルギー消費量

エネルギー消費, GDP, 人口に関する研究において、GDP/人口(生活水準)が増加すれば、エネ

ギー消費量/人口は増加し、その割合は、GDP/人口の小さい発展途上国では大きく、GDP/人口の大きい先進国では小さいことなどが指摘されている<sup>1)</sup>。例えば、1970年～1990年の20年間のエネルギー消費量/人口とGDP/人口との関係を、東欧・旧ソ連を除く世界主要29カ国と2地域(中南米とアフリカ)について描くと、図-1のようになる<sup>1)</sup>。一人当たりのGDPが高い国々では、低い国々に比べて、一人当たりのエネルギー消費量の増加率は全般的に低い。一方、国ごとにみると、この20年間、とくに1980年代の初め頃からは直線的な動きをしているのがわかる。(注;今回用いたエネルギー統計は非商業用エネルギーを含まない。)そこで、この直線関係を用いて近い将来のエネルギー

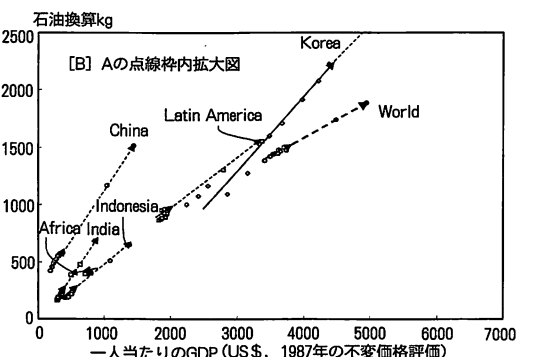
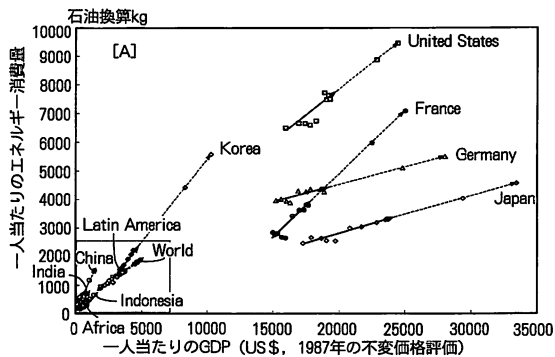


図-2 8カ国と2地域の1983年～1992年における一人当たりエネルギー消費量の一人当たりGDPへの回帰直線(実線部)および2005年、2010年における推測値(点線部)

表1 各国の回帰直線

	回帰式	決定係数(R <sup>2</sup> 値)
China	y=0.855x+275	R <sup>2</sup> =0.929
France	y=0.446x-4087	R <sup>2</sup> =0.859
Germany	y=0.122x+2069	R <sup>2</sup> =0.678
India	y=0.896x-100	R <sup>2</sup> =0.985
Indonesia	y=0.484x-18.5	R <sup>2</sup> =0.797
Japan	y=0.132x+158	R <sup>2</sup> =0.910
Korea	y=0.577x-390	R <sup>2</sup> =0.957
United States	y=0.381x+143	R <sup>2</sup> =0.779
Latin America	y=0.433x+93.5	R <sup>2</sup> =0.222
Africa	y=0.065x+351	R <sup>2</sup> =0.218
World	y=0.320x+303	R <sup>2</sup> =0.896

y ; 一人当たりのエネルギー消費量 (石油換算kg)

x ; 一人当たりのGDP (US\$)

消費動向の推定を試みた。すなわち、経済発展段階を異にする代表的な国および地域について、x、y座標上にそれぞれ各国のGDP/人口、エネルギー消費量/人口を、1983年～1992年の10年間について表示し、次にyのx上への回帰直線を各国ごとに求めた。対象国としては先進工業国からアメリカ、日本、ドイツ、フランスを、NIESからは韓国を、発展途上国からは、巨大な人口をもち急成長を遂げている中国とインドならびにASEANのインドネシアを選んだ。また、今後着実な成長が見込まれている中南米と多くの貧困層を抱えるアフリカについては地域としてまとめた。結果は図-2のようになり、各回帰直線の決定係数を求めると、インド、韓国が最も高く0.95を超え、日本は0.91であった(表1)。また、中南米、アフリカでは対象期間における一人当たりGDPの変動が極めて小さく、回帰直線の決定係数はともに0.22と低くなっている。

このように、1983年～1992年の10年間について全般的にエネルギー消費量/人口とGDP/人口の間によく相関性があり、次の関係が導かれる。

$$\Delta \left( \frac{\text{エネルギー消費量}}{\text{人口}} \right) \propto \Delta \left( \frac{\text{GDP}}{\text{人口}} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{\text{エネルギー消費量}}{\text{人口}} = f \left( \frac{\text{GDP}}{\text{人口}} \right) \dots (2)$$

ただし、 $\Delta$ は変化量を表し、関数fは定数項を含む1次式である。したがって(1)式は次のように書ける。

$$\text{エネルギー消費量} = f \left( \frac{\text{GDP}}{\text{人口}} \right) \times \text{人口} \dots (3)$$

#### 4. 近未来のエネルギー需要の推測

いましばらく現状のようなエネルギー消費状況が続くものと仮定すると、人口予測値、GDP予測値およ

表2 人口予測値A(百万人)、一人当たりエネルギー消費量B(石油換算kg)および総エネルギー消費量C(百万toe)

		1983	1992	2005	2010
China	A	1023	1165	1337	1389
	B	419	581	1167	1513
	C	429	676	1560	2101
France	A	54.6	57.2	59.7	60.1
	B	2837	3787	5967	7073
	C	155	217	356	425
Germany	A	77.8	80.2	81.3	80.5
	B	3856	4250	5101	5494
	C	300	341	415	442
India	A	735	880	1107	1189
	B	162	244	477	682
	C	119	215	528	811
Indonesia	A	159	184	227	240
	B	189	267	509	651
	C	30	49.2	116	156
Japan	A	119	124	127	127
	B	2463	3300	4031	4565
	C	293	409	513	581
Korea	A	39.7	43.7	49.1	50.8
	B	1001	2222	4416	5573
	C	39.7	97	217	283
United States	A	234	255	286	298
	B	6486	7484	8865	9454
	C	1518	1908	2538	2813
Latin America	A	350	415	565	604
	B	863	959	1304	1552
	C	302	398	737	937
Africa	A	415	538	945	1069
	B	400	392	384	384
	C	166	211	363	410
World	A	4683	5444	6594	7032
	B	1384	1447	1737	1885
	C	6482	7878	11454	13253

(出典：United Nations；世界人口予測<sup>4)</sup>、EDMC編；エネルギー・経済統計要覧<sup>96)</sup>)

表3 経済成長予測値(1993～1995は実績値平均)(%)

	1993～1995	1996～2000	2001～2005	2006～2010
China	11.70	8.70	8.10	7.60
France	1.23	2.58	2.46	2.26
Germany	1.23	2.52	2.54	2.26
India	5.13	5.30	7.40	7.80
Indonesia	7.63	7.00	7.00	6.00
Japan	0.50	1.90	2.60	2.60
Korea	6.43	6.30	5.50	5.10
United States	2.60	2.10	2.12	2.10
Latin America		5.20	5.80	5.20
Africa		1.50	2.10	2.30
World	3.20	3.10	3.30	3.30

(出典：日本経済研究センター；経済のグローバルと地域主義の相克-2020年の世界経済-<sup>6)</sup>)

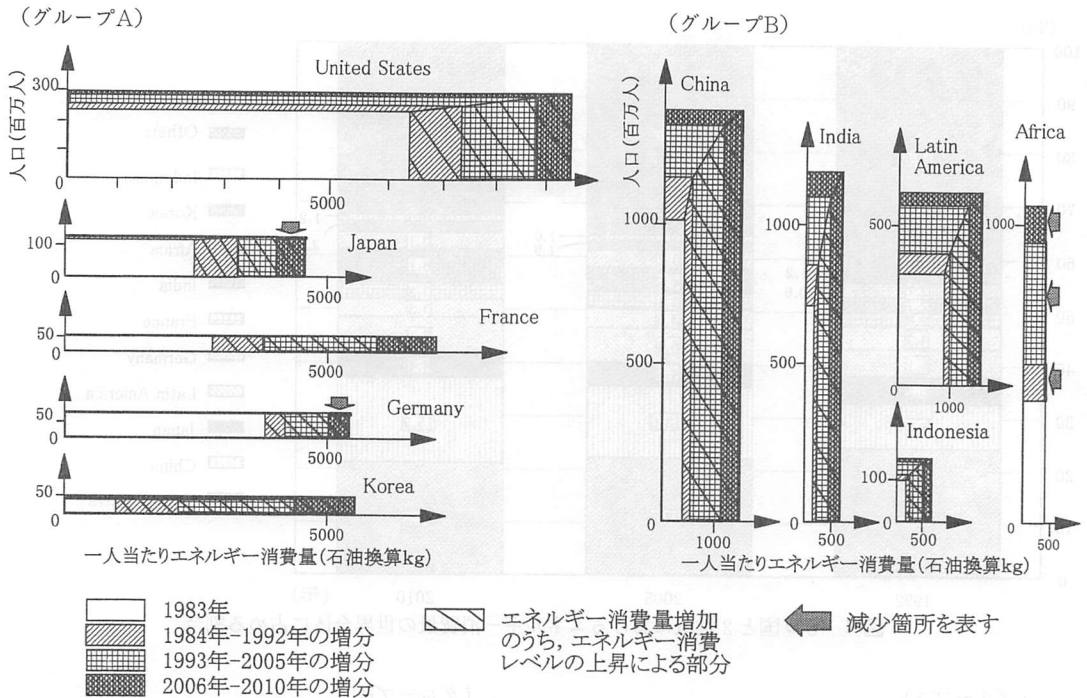


図-3 8カ国と2地域のエネルギー需要構造の推移

び図-2において求めた回帰直線から近未来のエネルギー消費量の推測ができる。人口予測値は国連から発表されている5年ごとの予測値を、GDP予測値は日本経済研究センターが主要国、主地域について2010年まで予測している経済成長率予測値を使用した(表2、表3)。また、1993年～1995年についてはその間の実績値の平均を用いた<sup>7) 8) 9)</sup>。これらのデータを用いて、まず各国の1992年のGDPと成長率予測値から2005年、2010年のGDPを算出し、GDP/人口を求めた。

次に(2)式に従って、エネルギー消費量/人口の推測値を各国の回帰直線により求め(図-2、表2)、(3)式により総エネルギー消費量推測値を算出した(表2)。今後10年ないし15年くらいは1983年～1992年の10年間の状況が維持されると仮定できても、長期にわたってこの傾向が持続されるとは考えられないので、推測年を2005年、2010年にとどめた。

### 5. エネルギー需要構造の推移

次に、各国のエネルギー消費の変動を、人口増減による影響と考えられる部分(縦への増減)とエネルギー消費レベルの上昇による影響と考えられる部分(横への増減)とに区別して(斜めのラインで区切って)図示した(図-3)。図-3は横軸にエネルギー消費量/人

口(エネルギー消費レベル)を、縦軸に人口をとって、各国ごとに図示したもので、各国は2つのグループに分かれる。すなわち、エネルギー消費レベルが高い先進国(アメリカ、ドイツ、フランス、日本)と韓国が属するグループAとエネルギー消費レベルは低いが人口数が多い中国、インド、インドネシアおよび中南米、アフリカが属するグループBである。

#### 5.1 各国の近未来のエネルギー需要量

各国の総エネルギー消費量推測値(図-3では各図形の面積)の推移を見ると、まず中国の動きが顕著で、1992年のエネルギー消費量(6.8億toe)に比べ、2005年で2.3倍(15.6億toe)、2010年で3.1倍(21.0億toe)に膨れ上がっている。また、インド、インドネシア、韓国でも同様の傾向がみられ、急激に増加している。一方、増加率が最も少ないのはドイツおよび日本で、2005年、2010年のエネルギー消費量は、1992年に比べ、ドイツではそれぞれ1.2倍、1.3倍となっており、日本では1.3倍、1.4倍である。なお、図-3には示さなかったが、世界全体の2005年、2010年でのエネルギー消費量は1992年(78.8億toe)に比べそれぞれ1.5倍(115億toe)、1.7倍(133億toe)となる。

つぎに、これら各国総エネルギー消費量が世界全体に占める割合が2005年、2010年でどのようになっ

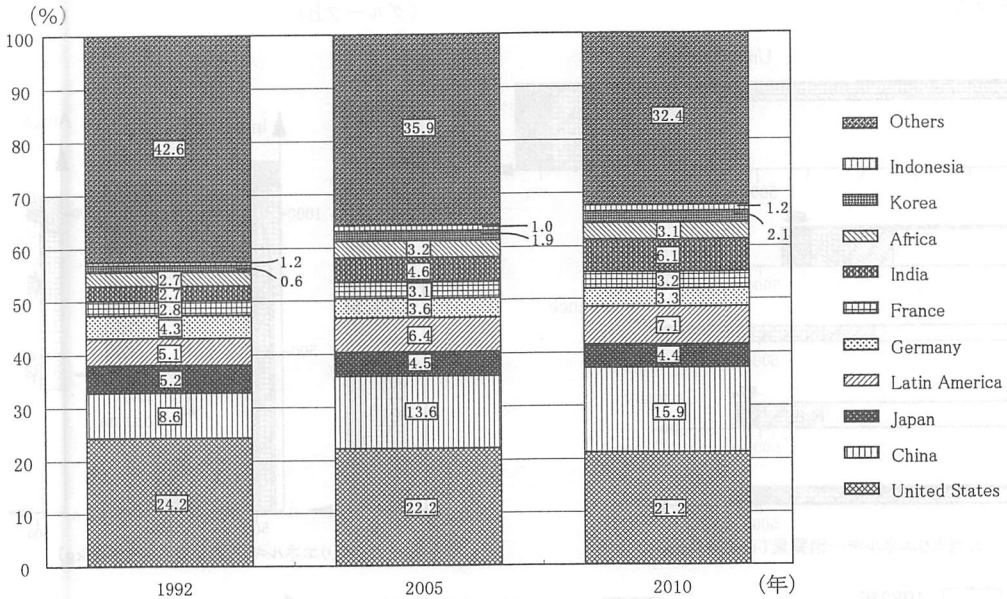


図-4 8カ国と2地域におけるエネルギー消費量の世界全体に占める割合

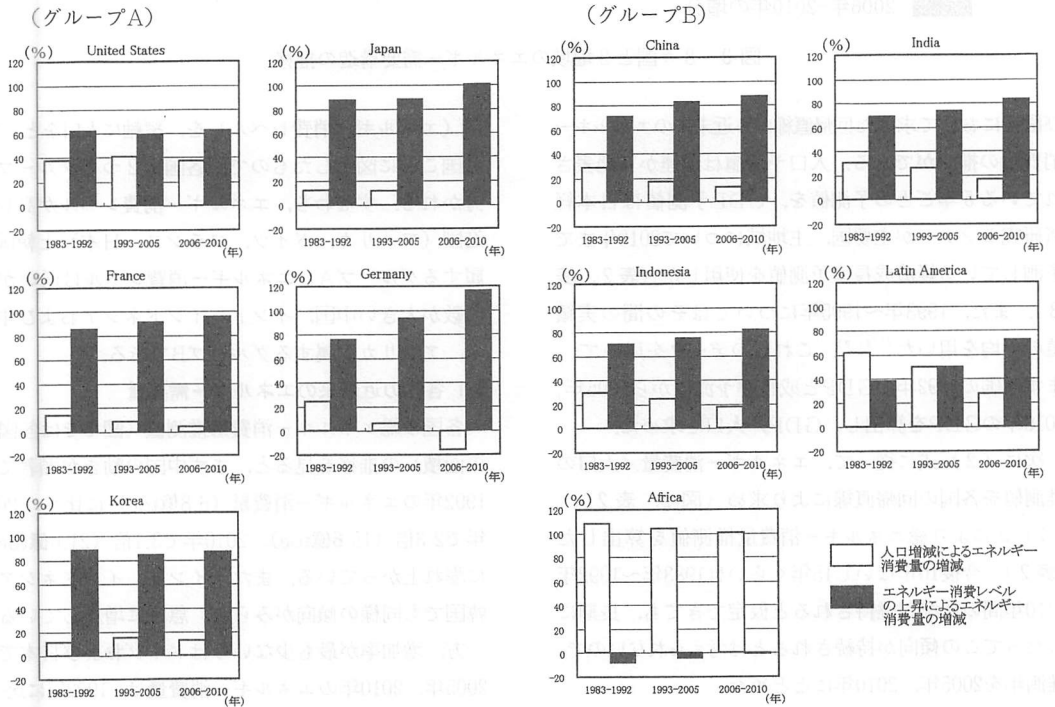


図-5 8カ国と2地域のエネルギー消費量増加のうち、人口増減による影響とエネルギー消費レベルの上昇による影響の比率

るかを見ると、図-4のようになる。世界で最も多量にエネルギーを使っているアメリカは、1992年では世界のエネルギー消費量の24.2%を占め、中国が第2位で8.6%、ついで日本(5.2%)、ドイツ(4.3%)な

どとなっている。しかし2010年には、1位のアメリカ(21.2%)、2位の中国(15.9%)の順位は変わらないが、その差は大きく縮まっており、3位にインド(6.1%)が位置するなど、大きくシェアが変動する。

## 5.2 エネルギー消費量増加の要因

図-3では、各国におけるエネルギー消費量の増加を、人口増減による影響と考えられる部分とエネルギー消費レベルの上昇による影響と考えられる部分とに分けたが、これらの面積比率を各国ごとに表示し直すと図-5のようになる。グループAにおいては人口増加の影響は少なく、大半がエネルギー消費レベルの上昇による影響であることがわかる。とくにドイツと日本においては2010年には人口の減少により、エネルギー消費量に対する人口の影響はマイナスに転じている。しかしアメリカでは、他の先進国と異なり今後も（移民を含めた）人口増加がずっと予想され、人口増加によるエネルギー消費量増加が40%近くを占めている。グループBの中国、インド、インドネシアでは、グループA（アメリカを除く）に比べ人口増加による影響がやや大きいものの、グループAと同様、エネルギー消費レベルの上昇による影響の方がはるかに大きい。一方、中南米では人口増加の影響とエネルギー消費レベルの上昇による影響のいずれもが大きい。最も注目すべき現象はアフリカで、他とは全く異なり、エネルギー消費レベルの影響はマイナスで、すべてが人口増加の影響となっている。

世界的な傾向として、エネルギー消費量増加のうち人口増加による影響は漸次低下しているのに対し、エネルギー消費レベルの上昇の影響がきわめて大きくなってきている。そのなかで、アフリカのみがこの傾向に逆行し、人口増加を続け、エネルギー消費レベルは下降し、他国との貧富の差の拡大がつづいている。

## 6. おわりに

各国における一人当たりGDPと一人当たりエネルギー消費量との間には、1983年～1992年の10年間を見るとよい相関関係が認められる。最近のアジアの経済動向などからみると、一部の国ではこの傾向は大きく修正されることも考えられるが、本論文ではこの10年間に認められた動きが、これから10～15年間維持されるとすると、エネルギー消費量がどのように変動するかを示した。まず、国連の人口予測、日本経済研究

センターの経済成長率予測値に基づいて、代表的な8カ国および2地域について、2005年、2010年のエネルギー消費量推測値を具体的に求めた。その結果、多くの国で総エネルギー消費量が急激に増加し、特に中国、インドは2010年には世界のエネルギー消費量のそれぞれ15.9%、6.1%と、大きなシェアを占めることが明らかになった。

先進工業国を中心とするグループでは、人口増加によるエネルギー消費量増加はほとんど見られず、エネルギー消費レベルの上昇によりエネルギー消費量が増大する。また発展途上国グループでは、人口増加とエネルギー消費レベルの上昇の両因によりエネルギー消費量の増大を続けるが、先進国グループと同様、エネルギー消費レベルの上昇の影響が大きい。一方、アフリカは特異な地域となっており、エネルギー消費レベルは下降し、エネルギー消費量の増加は人口増加による影響のみである。しかしながら、アフリカ地域の、世界のエネルギー消費量の全体に占める割合は小さい。

エネルギー消費量増加の要因は、主に人口増加とエネルギー消費レベルの上昇とに関連づけられて指摘されてきたが、現実には人口増加に伴うエネルギー消費量の増加は小さく、ほとんどがエネルギー消費レベルの上昇、言い換えるなら、生活水準の向上によるものであることが定量的に判明した。

## 参考文献

- 1) 西山孝, 劉婕; GDPとエネルギー消費動向から推測した中国のエネルギー需要見通し, エネルギー・資源, Vol.18, No.4 (1997), 346～351
- 2) United Nations, Energy Statistics Yearbook (1992)
- 3) World Bank, World Tables (1995)
- 4) 国連, 世界人口予測1950-2050 (1994)
- 5) 省エネルギーセンター (EDMC編), エネルギー・経済統計要覧'96 (1996)
- 6) 日本経済研究センター, 経済のグローバル化と地域主義の相克-2020年の世界経済-(1996)
- 7) OECD, OECD Economic Outlook (1996. 12)
- 8) IMF, World Economic Outlook (1996)
- 9) 日本銀行国際局, 国際比較統計 (1996)