

(24) アジア諸国の地球温暖化対策に関する将来シナリオ分析
FUTURE SCENARIOS OF ASIAN COUNTRIES WITH RESPECT TO
THEIR ECONOMIC DEVELOPMENT AND CO₂ EMISSIONS

坂井 徹* 濱村 剛* 二渡 了* 井村秀文*
Tohru SAKAI* Tsuyoshi HAMAMURA* Tohru FUTAWATARI* Hidefumi IMURA*

ABSTRACT; The global warming induced by greenhouse gases due to human activities (especially CO₂) has become a grave concern for the mankind. The world depends 95% of its energy consumption on fossil fuels. This disrupts the natural climate balance, causing the long-term risk of global climatic changes. Most of the CO₂ emissions today is accounted for by industrialized countries. But, the CO₂ emissions of developing countries show a sign of increase, with their increasing population, and economic development. Industrialized countries should reduce their own emissions, but also provide supports for similar efforts by developing countries. Japan, in particular, should take initiatives to encourage environmental protection actions in Asian countries, whose economic power is expected to expand toward the next century. This study makes an analysis of the relationship between economic growth, energy consumption and CO₂ emissions in Asian countries (Japan, China, South Korea, Taiwan, ASEAN countries, and India) with a view to depicting future scenarios of policy measures to be taken in order to achieve sustainable development in this region.

KEY WORD; global warming, carbon dioxide, energy and environment, environmental problems in Asian countries, economic development in Asian countries

1. はじめに

地球温暖化は、世界各国共通の問題ではあるが、その対処ぶりについては国によって既にかなり大きな差が見られる。この間の事情は、1992年5月に妥結した「気候変動に関する枠組み条約案」において、「各国は、共通ではあるが差異のある責任に従い」、「各国は持続可能な発展を推進する権利を有する」、「気候変動対策を講じるためには経済成長が不可欠であることに配慮し」と言った表現が盛り込まれるに至ったことに端的に現われている。この条約には、日本やEC諸国が期待したような各国ごとの温室効果ガスの削減義務はついに盛り込まれなかった。従って、各国がそれぞれの国情にまかせて、自国の政策を正当化することになれば、有効な対策は実行に移されない恐れがある。特に、既に様々な環境問題に直面しつつ^[1]、今後さらに経済成長を遂げようとする発展途上国においてどのような対策が講じられるかが重大な問題である。とりわけ、アジアには、中国とインドという2つの超人口大国があり、また、急速に工業化を達成しつつあるNIES諸国がある。人口と経済の規模から見て、地球温暖化に対する発展途上国の寄与の過半は、アジア諸国だと言ってもよく、中でも、CO₂排出量で既に世界第3位(旧ソ連を1国とした場合)の位置を占める中国の動向が最大の懸念である。

1991年、世界全体の実質経済成長率はマイナス0.3%に落ち込んだが、アジアにおいては、NIES諸国で7%以上、ASEAN諸国で8%以上の成長を達成した。景気後退が見られた日本も4.5%の成長を記録した。アジア

* 九州大学工学部環境システム工学研究センター

Institute of Environmental Systems, Faculty of Engineering, Kyushu University

諸国のこうした高い経済成長が今後も続くならば、エネルギー消費量は増大の一途をたどり^[2]、世界の総CO₂排出量に対するアジア地域の寄与割合も現在の約20%からさらに増大すると見込まれる。日本は、環境ODAの拡充等、環境分野における資金的、技術的な国際貢献を強化する政策を表明しているが、CO₂の排出量、地理的・経済的関係の深さから考えて、アジアが重点的対象地域となる。

本論文は、アジア諸国の中でも、地理的に日本に近い中国、韓国、シンガポール、ASEAN諸国（タイ、インドネシア、フィリピン、マレーシア）と、人口の大きさから考えて地球温暖化対策上重要な位置を占めるインドを対象に、今後予想される経済成長とエネルギー消費、CO₂排出量の関係を考察する。

以下では、まず、経済、エネルギー消費（産業、運輸、民生の各部門）等に関する国別データに基づいて、過去のトレンドから観察される特徴を概観する。次に、将来の国別経済成長率及び部門別エネルギー消費量の対GDP弾性値について一定のシナリオを設定し、将来推計を行なう。以上に基いて、アジア諸国における地球温暖化対策上の課題を考察する（図1）。

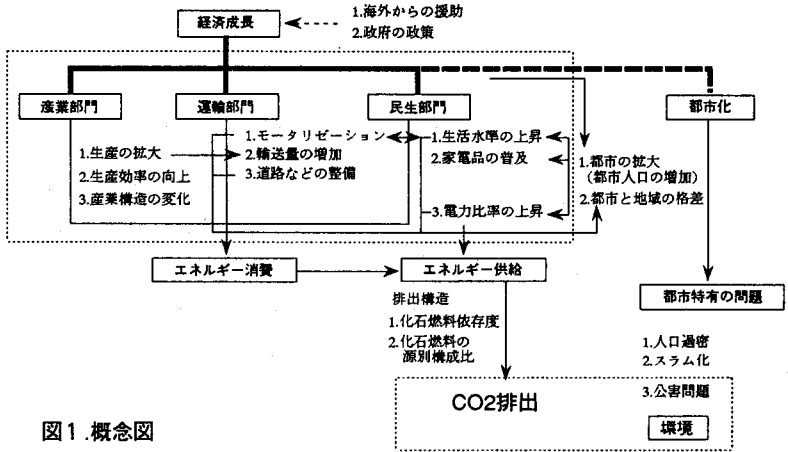


図1.概念図

2. アジア諸国のエネルギー消費構造：過去のトレンド

2.1 GDPの増大とエネルギー消費量の関係

一般に経済成長とエネルギー消費量の増加には強い相関がある。図2は、アジア諸国の国民一人当たりのGDPとエネルギー消費量の関係を示すものである。一般に、経済がある段階に達すれば、産業の高度化、技術進歩、消費欲求の飽和等によって、エネルギー消費の対GDP弾性値は徐々に低下する傾向にある^[3]。しかし、この傾向が現われるのは、かなりの経済成長を達成した後であり、日本を除いたアジア諸国のほとんどは、まだその段階に達していない。

2.2 産業用：工業化の進展とエネルギー消費

多くの発展途上国の悲願は、先進工業国への仲間入りであり、産業の近代化、工業化である。一般に、工業化による経済成長とともに、最初は産業部門におけるエネルギー消費が増加するが、工業化による経済成長があるレベルに達すれば、産業部門のエネルギー消費は安定化に向い、代って交通部門や民生部門におけるエネルギー消費の比率が増大する傾向にある。このことは、戦後の日本の経済成長にともなう部門別エネルギー消費の推移に典型的に現われている（図3）。

図4-(a)及び(b)は、アジア諸国及び欧米先進国の国民1人当たりで見たGDPと産業部門エネルギー消費量の関係の推移を示すものであるが、韓国、台湾等の工

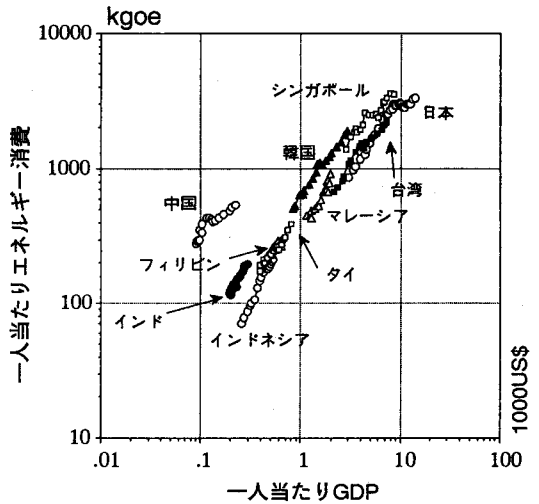


図2.GDPとエネルギー消費量 [4], [5]

業化途次の国におけるエネルギー消費が顕著に増加しているのに対し、日本や欧米諸国のエネルギー消費は概ね安定化している。これに対し、上記以外のアジア諸国は、GDP、エネルギー消費のいずれもかなり低い水準である。

経済発展にともなう産業用エネルギー消費はその国の産業構造と密接に関係する。実際に、先進国の間でも、図4-(b)のとおり、エネルギー消費量には国によってかなり差がある。一般に、工業化の進展とともに、農林水産業の割合が減少し、軽工業から重化学工業へのシフトが進む。次に、技術進歩による生産効率の向上、サービス業比率の増大といった産業の高度化に伴い、工業（製造業等）の相対的比重が低下する。そこで、各国の産業別雇用人口の割合の推移を見たのが図5であり、各国の産業部門別のエネルギー消費量の割合の推移を比較したのが表1である。この図から、韓国やマレーシアにおける農林水産業の割合の減少と、鉱工業・サービス部門比率の増大が読みとれる。なお、インドにおいてサービス業の雇用人口の割合が他国に比べて異常に高いのは、全人口に対する雇用人口の割合の低さ、社会構造の特殊性に起因するものと思われる。また表1からはインドネシア、マレーシア、フィリピンにおける工業の比重増大や、韓国におけるその安定化、日本における工業からサービス業への移行等が読み取れる。この他、例えばシンガポールでは、80年代から急激にエネルギー消費量が増

加しているが、75～80年には鉱業、製造業で、75～85年には建設業での雇用人口の割合が増加している。また、タイは、一人当たりGDPはマレーシアに次ぐ位置にあるにもかかわらず、産業部門の一人当たりエネルギー消費量ではフィリピン及びインドネシアと同程度である。これは、農林水産業の比重が、雇用者人口割合で70%と他の2国に比べて著しく高いことと関係している。

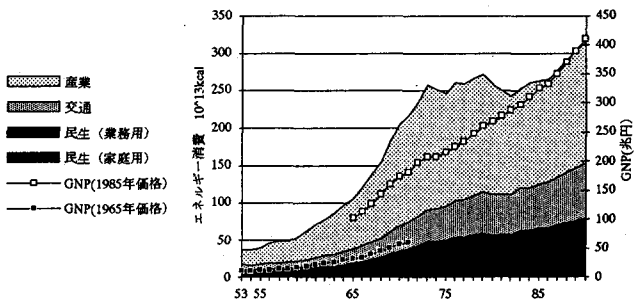


図3.日本の部門別エネルギー消費量の推移

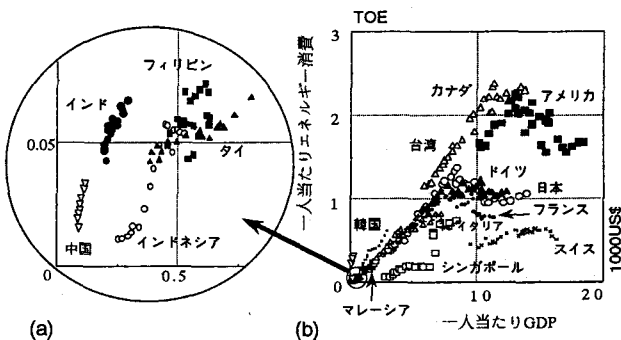


図4.GDPと産業部門エネルギー消費量

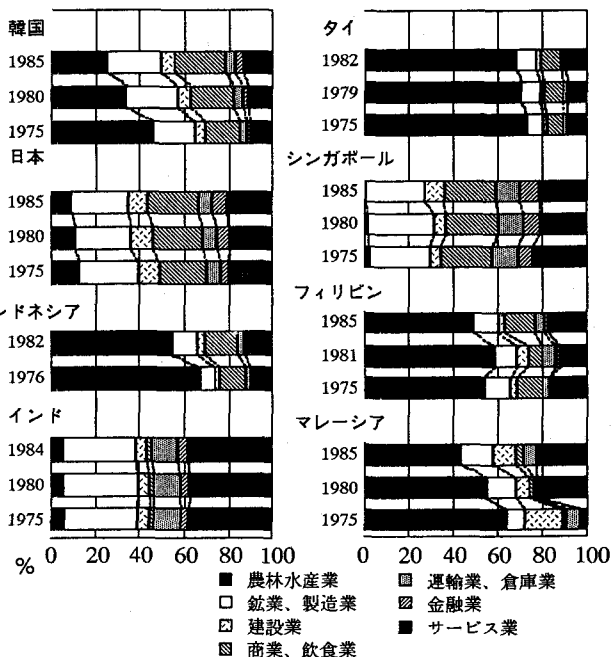


図5.産業別雇用人口

表1.産業部門別エネルギー消費量(%) [4]

		製鉄	化学	非鉄金属	非金属鉱物	運輸機器・機械	鉱業・採石業	食品	製紙	林業	建設	織物	その他製造業	農業	サービス業
中国	1980	24.6	21.4	0.0	10.7	7.9	0.6	3.5	2.0	1.0	2.3	4.6	9.4	8.2	3.7
	1985	20.8	20.2	2.0	16.5	7.3	0.6	4.7	2.5	0.0	2.5	4.0	8.0	7.3	3.7
	1988	20.9	20.9	1.9	16.9	6.8	0.7	5.0	2.6	0.0	1.9	4.0	7.3	7.0	4.2
インド	1971	27.9	9.8	1.7	13.5	1.3	0.0	0.3	2.5			7.2	28.8	2.5	4.5
	1980	27.4	17.0	1.3	8.1	0.9	0.0	0.3	3.1			5.6	28.4	3.8	4.2
	1988	15.5	22.0	0.3	8.8	0.7	1.2	0.7	0.0			1.2	42.4	6.0	1.3
インドネシア	1971	7.5	24.9		1.8		0.0	0.0	0.0				64.2		1.6
	1979	16.5	33.4		0.5		0.3	0.0	0.0				48.4		0.9
	1987	23.8	43.0		2.3		0.2	0.0	0.0				29.4		1.3
日本	1971	31.0	27.0	2.2	6.5	0.9	0.4	2.2	3.2	0.0	1.8	3.4	11.7	1.6	7.9
	1981	27.2	20.2	1.8	7.3	1.6	0.2	2.7	2.8	0.0	2.5	3.3	14.5	2.1	13.6
	1988	24.3	19.7	1.1	6.0	2.6	0.2	2.1	2.6	0.0	2.9	2.1	16.8	3.6	16.1
マレーシア	1971	1.4	0.0		0.5								94.0		4.1
	1980	0.6	0.0		1.0								90.9		7.5
	1988	0.4	15.5		7.2								68.0		9.0
フィリピン	1971	7.2	4.1	0.1	2.0	0.6	0.0	2.7	0.9			1.4	60.5	20.4	0.0
	1980	18.7	5.5	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0			0.0	46.7	22.1	5.4
	1988	15.8	7.2	0.0	13.1	0.0	0.0	0.8	0.0			0.0	27.5	27.3	8.3
シンガポール	1971	3.2	4.1	0.0	2.8	0.0		0.0	0.0			0.0	60.6	0.0	29.4
	1980	3.6	4.1	0.0	1.5	0.0		0.0	0.0			0.0	61.9	0.3	28.5
	1987	1.3	63.8	0.0	0.5	0.0		0.0	0.0			0.0	18.4	0.1	16.0
韓国	1971	7.9	10.3	0.0	1.8	0.2	0.0	0.8	0.6	0.0	0.0	1.4	70.1	0.1	6.8
	1980	20.5	28.3	0.0	5.3	1.2	0.0	0.8	0.8	0.2	0.0	2.3	27.5	2.5	10.7
	1987	23.4	24.4	0.0	10.9	2.7	0.0	0.9	1.0	0.2	0.0	2.8	21.3	4.1	8.3
タイ	1971	1.5	0.7	0.0	21.3	0.7	3.6	11.8	3.8	0.0	0.0	3.3	17.6	27.8	7.8
	1981	2.4	4.4	0.0	18.5	1.1	1.9	7.8	2.7	0.0	2.9	6.2	17.5	25.6	9.1
	1988	3.6	4.4	2.6	12.0	2.0	0.8	9.8	2.5	0.9	1.6	10.0	11.1	26.2	12.5

2.3 交通用: モータリゼーションの進展とエネルギー消費

産業部門のエネルギー消費増大につづいて運輸部門のエネルギー消費増加が始まる。図6は、アジア諸国における運輸部門の一人当たりエネルギー消費量(1988年)を、日本、アメリカ、フランスの時系列データと比較してみたものである。交通量の増大が大きな問題となっているシンガポールのエネルギー消費量の大きさが目立つ。しかし、同国では、既に厳しい交通規制政策をとっているため、今後の消費増加は抑制されると予想される。また、中国は、既に到達した所得水準の割にエネルギー消費量が少ないが、これは今のところまだモータリゼーションが進んでおらず、大量輸送機関である鉄道の比重が高いためである。モータリゼーションには、道路等のインフラ整備が不可欠であるため、中国のモータリゼーションにはまだ時間がかかると思われる[2]。しかし、中国において先進国並みに自動車普及すれば、それだけで地球環境への影響は甚大なものになることは必至であり、先進国がこれまで歩んだと同じ道を進むことには深刻な問題が待ちかまえている。

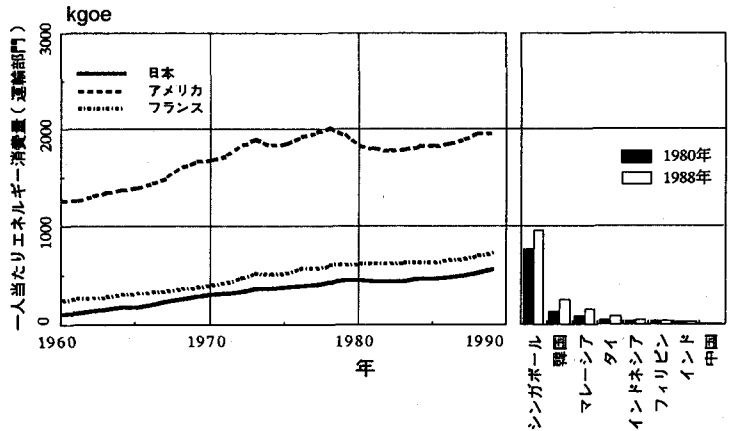


図6.運輸部門のエネルギー消費量

2.4 民生用: 生活水準の向上とエネルギー消費

民生部門のエネルギー消費は、暖冷房・給湯の熱エネルギーと照明・家電製品等の動力用に大別される。その消費量は、国民の生活水準の1つの指標になりえる。ただし、暖房用については、その国の気候条件に支配される部分が大いなので、より精密には、気候条件(デグリデー)による補正が必要である。

図7はアジア諸国の民生部門の一人当たりエネルギー消費量と一人当たりGDPの関係を表したものであるが、韓国、中国のエネルギー消費が、その経済水準から考えると他の諸国に比べて大きくなっている。これは、国土に占める寒冷地の割合が大きいという気候上の原因が大きい。

当然のこととして、テレビのような電気製品の普及と民生用エネルギー（特に、電気）の消費の間には密接な関係がある。国の生活水準を表す指標としては、一人当たりGDPを用いるのが簡単であるが、実際には、これだけからはその国の生活レベルの实体はイメージしにくい。特に、中国のような社会主義国とその他の自由主義経済諸国では、通貨や国民所得計算の方式に差があるため、共通の物差しによる比較が困難である。このような問題を考えると、テレビに代表されるような家電製品等の大衆消費財の普及率、世帯当たりの電力消費量のような値がむしろ現実の生活水準を反映した指標として有効とも考えられる。そこで、一人当たりGDPとテレビの普及台数の関係を示したのが図8である。この図は、GDPと実際の生活水準との相関関係にある程度具体的に示唆するものである。

2.5 都市化の進展とエネルギー消費

現在、世界的に都市化が進んでいる。アジア諸国もその例外ではなく、図9に示すように、都市への急激な人口集中が進んでいる。しかし、一口に都市化と言っても、その原因や態様には国によってかなり差がある。ASEAN諸国の場合、都市化は首都への一極集中の形で生じているが、中国やインドでは人口1千万人規模の都市圏がいくつも生まれている。

発展途上国の場合、都市と農村では、電気や水道のような基本的な生活システムの整備に大きな格差がある。先進国に追随するかのようなモータリゼーションの進行や家電製品の普及も、都市部で集中的に起きており、農村部とのギャップは大きい。特に、交通用や民生用のエネルギー消費では、都市と農村でかなり差があるはずである。そこで、1人当たりの自動車保有台数及びエネルギー消費量について、国全体の値と特定の都市についての値とを比較したのが、図10、図11である。都市と地域の生活水準の格差がその国の経済水準に関係していることがわかる。経済発展の遅れた国ほど都市と農村の格差が大きく、日本のような先進国ではその差が小さいことが示されている。

表2は各国の代表的な都市における自動車保有台数を表すものである。ただし、シンガポールだけは、都市国家としての特異性がある。また、同国で

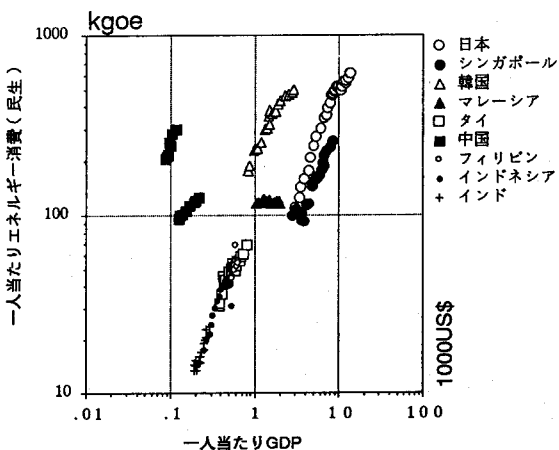


図7. GDPと民生部門エネルギー消費量

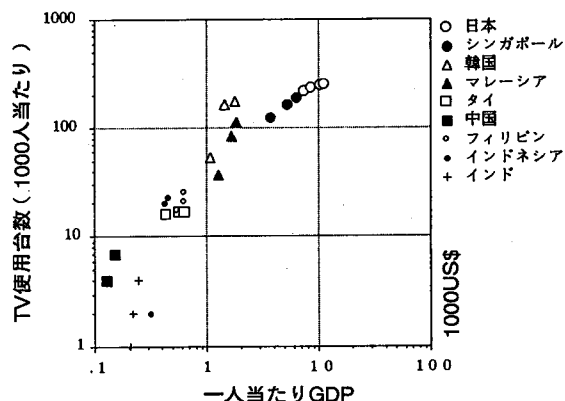
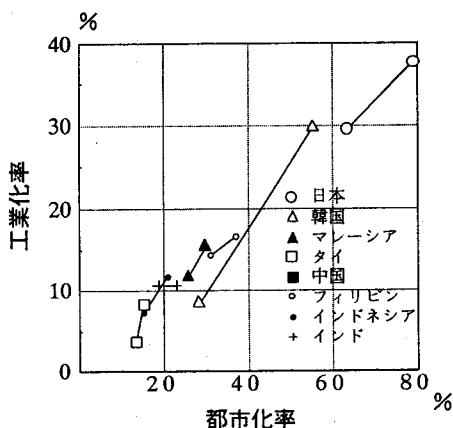


図8. GDPとテレビ使用台数 [6], [7]



工業化率：全労働力人口中、第2次産業従事者の割合
都市化率：全人口中、都市に住んでいる人の割合

図9. 都市化と工業化 ('60-'80) [8]

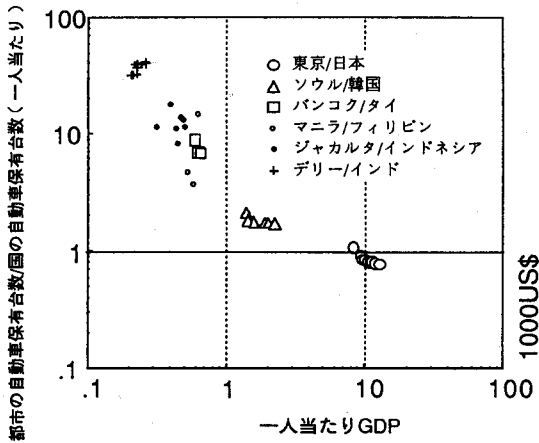


図10. GDPと自動車保有台数^[9]

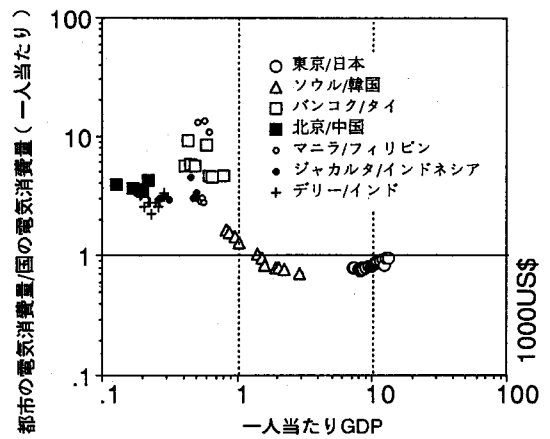


図11. GDPと電気使用量

は、他の都市と比較して、自動車普及台数の割に運輸部門の一人当たりエネルギー消費量が大きく、自動車使用が非常に普及している現状を示している。また同様のことが韓国についても言えるが、このことは特定の大都市の状況と国全体の平均的状況とに大きな差がないことを示しており、その背景には、道路などの社会基盤の整備とともに、国全体の生活水準の向上がある。これに対し、インド、タイ、インドネシア等では、特定の大都市と国の平均とには大きなギャップがある。デリー、バンコク、ジャカルタ等の都市の自動車保有を、国レベルでのモータリゼーションの指標とする場合には、かなりの割り引きが必要である。

表2. 自動車保有台数

自動車普及台数(100人当たり)

	中国 北京	上海	インド デリー	インドネシア ジャカルタ	日本 東京	韓国 ソウル	フィリピン マニラ	シンガポール	タイ バンコク
1960			1.81						
1961									
1962			2.22						
1963						0.40	2.25		
1964					10.00	0.42			
1965				3.71	11.10				
1966									
1967					17.19	0.65			
1968			5.09		19.41	0.81			
1969			3.87			1.04	6.58		
1970			4.44	4.47	22.91	1.09		13.97	8.87
1971			5.02		25.15	1.15			
1972			5.54	2.56	26.83	1.13	6.44	15.68	5.18
1973			6.07	7.12	28.73	1.21	8.30	16.81	4.65
1974			6.64		29.97	1.23		12.39	8.44
1975			7.09	5.21	26.36		7.32	12.36	
1976			7.55		30.90		5.64	12.16	10.27
1977					23.21			12.56	
1978			8.22		25.73	2.14	5.78	13.25	
1979			8.42	13.01	25.51			14.21	
1980		1.25	8.78		26.58	2.47		15.38	
1981			9.26	10.57	26.59			16.45	
1982			10.20		27.46	2.84		17.81	15.34
1983			10.72	9.05	28.07		25.51	19.04	16.43
1984				16.18	29.04	3.97		17.05	18.09
1985		2.27	12.62		29.47	4.62		19.03	
1986		2.67	14.10	16.83		5.32		18.31	
1987			15.76	16.29	31.08		4.72	18.03	
1988					33.87		5.62	18.58	30.79
1989									
1990						11.23			

都市化が進むと、都市と地方の生活水準に差が生じ、それがますます都市化を進行させる。都市内においては、過剰な人口集中と住宅の欠乏、水道等のインフラ施設の整備の遅れとスラムの発生など、多くの問題が発生する。こうした環境問題にもかかわらず都市への人口流入が止まないのは、それだけ都市の生活に魅力があるからであろう。実際、問題は抱えながらも、都市における生活レベルは着実に向上しており、それは都市でのエネルギー消費の増大に如実に現われている。

都市の経済発展の後には、それが農村（地方）にどのように拡散・伝播していくかという問題がある。首都一極集中の強いタイやフィリピンでは、バンコクやマニラにおけるエネルギー消費水準と国の平均値とのギャップはかなり長く続くものと思われる。従って、エネルギー消費抑制の余地があるとすれば、その重点対象を首都（大都市）に絞ってもよいだろう。

3. 将来シナリオ分析

3.1 エネルギー消費量の予測

各国のGDPと部門別エネルギー消費量の間には、次式の関係が成立する：

$$\varepsilon_1 = \frac{d \ln E_1}{d \ln Y} \quad \varepsilon_2 = \frac{d \ln E_2}{d \ln Y} \quad \varepsilon_3 = \frac{d \ln E_3}{d \ln Y} \quad (1) \quad E_f = E_1 + E_2 + E_3 \quad (2)$$

ε1:産業部門のエネルギー対GDP弾性値 E1:産業部門のエネルギー消費量
ε2:運輸部門の " E2:運輸部門の "
ε3:民生部門の " E3:民生部門の "
Y :GDP Ef:最終エネルギー消費量

表3.弾性値の設定

	1990年			2000年			2010年			2020年		
	ε1	ε2	ε3	ε1	ε2	ε3	ε1	ε2	ε3	ε1	ε2	ε3
日本	0.0	0.2	0.3	-0.1	0.1	0.2	-0.2	0.0	0.1	-0.3	-0.1	0
シンガポール	0.6	0.1	0.4	0.4	0.0	0.3	0.2	-0.1	0.2	0	-0.2	0.1
韓国	0.7	0.6	0.7	0.5	0.4	0.5	0.3	0.3	0.3	0.1	0.2	0.2
マレーシア	1.2	0.8	0.6	1.0	0.6	0.8	0.8	0.5	0.6	0.6	0.4	0.4
タイ	1.0	0.6	0.3	0.9	0.8	0.4	0.8	0.6	0.5	0.7	0.4	0.6
フィリピン	0.8	0.4	0.3	1.0	0.6	0.4	1.2	0.8	0.6	1	0.6	0.8
インドネシア	1.0	0.6	0.4	1.2	0.8	0.6	1.0	0.6	0.8	0.8	0.4	0.6
中国	1.1	0.6	0.5	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.9	0.5	0.4	0.7
インド	1.0	0.3	0.2	1.2	0.4	0.3	1.0	0.6	0.4	0.8	0.8	0.6

ε1:産業部門(商業用エネルギーのみ)
ε2:運輸部門(")
ε3:民生部門(")

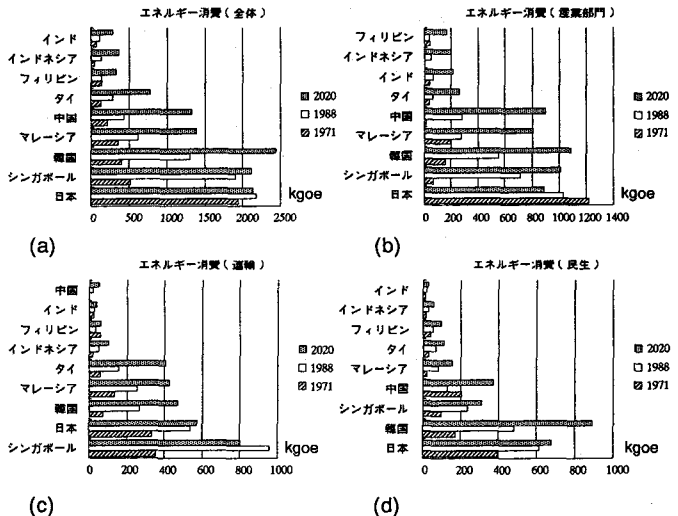
表4.GDPの設定

	過去のトレンド				シナリオ			
	1970-1973	1973-1979	1979-1982	1982-1986	1986-1988	1990-2000	2000-2010	2010-2020
日本	9.3	3.9	3.6	4.0	5.1	3.7	2.9	2.5
シンガポール	11.8	6.9	8.4	3.8	9.8	6.5	3.5	2.0
韓国	9.6	9.2	4.1	9.3	11.1	6.9	6.0	4.5
マレーシア	10.0	7.1	6.6	3.4	6.8	5.5	5.0	4.5
タイ	6.7	7.6	5.1	5.4	6.2	6.0	5.5	5.5
中国	7.2	6.2	3.4	-2.9	6.1	5.5	6.0	5.5
フィリピン	9.9	6.9	6.5	4.7	5.1	4.5	6.0	5.0
インドネシア	5.4	5.3	6.2	10.9	8.7	5.0	6.0	5.5
インド	1.4	4.3	5.6	5.5	6.1	4.5	5.0	6.0

上式を用いて、各国ごとの産業、運輸、民生の各部門のエネルギー消費量と、国全体のCO₂排出量について、将来の試算を試みた。将来のGDP伸率については文献[3]を参考にし、各部門のエネルギー消費量の対GDP弾性値については、各国ごとに過去のトレンドから合理的と考えられるシナリオを設定した。これは、エネルギー消費の伸びを徐々に抑制していく安定化シナリオであり、現実にはこのようなシナリオが実現するためには、各国の政策的対応、エネルギー価格等について、適切な条件整備が必要である(表3, 4)。

図12-(a)(b)(c)(d)はそれぞれ、各部門での一人当たりエネルギー消費量の将来推移を、また図13は対象とした国のエネルギー消費量の総和の将来推移を表している。図13が如実に示すように、中国の経済発展にともなうエネルギー消費量が断然大きい。中国では現在、既に酸性雨による被害が広がるなど公害の状況は深刻である。硫黄酸化物等の局地的ないしは地域的な環境問題は何とか克服できたにしても、その後はCO₂問題がある。中国の経済成長については、最近のトレンドから2020年までのGDP成長率5.5%前後と高い値を設定した(ケース1)が、市場経済化のノウハウの不足、開放政策の今後の行方など、その将来には不透明な要素も多い[1]。そこで、低成長ケースとして、2020年までのGDPの伸び率を3%とした場合(ケース2)の計算も行なってみた(図14)。

図12.エネルギー消費量の将来予測 (capita)



3.2 エネルギー消費量と一次エネルギー供給量

各種のエネルギーのうち、一番利用に便利なのが電気である。各国の最終エネルギーの1〜2割強は電気の形で利用されており、一般に、生活水準の向上とともに全エネルギー消費に占める電力使用の割合は増加する傾向にある。逆に、電力消費割合から、その国の生活水準をある程度評価することも可能である。

他のエネルギーを電気に転換する際、転換ロスが生じ、これが一次エネルギー供給量と最終エネルギー消費量の差（ロス）となる（正確にはこれに自家消費と送電ロスが加わる）。この関係は次式で表される：

$$E_{pr} = \frac{\varphi}{\phi} E_{el} + (1 - \varphi) E_{el} + E_{nel} \quad (3)$$

E_{pr} ：一次エネルギー供給量

E_{el} ：最終エネルギー消費量の電力による量

E_{nel} ：最終エネルギー消費量の電力以外による量

φ ：電力のうち化石燃料によるものの割合

$1-\varphi$ ：電力のうち非化石燃料(原子力、水力、自然)の割合

ϕ ：化石燃料から電力への転換係数

上式を用いて、日本における最終エネルギー消費と一次エネルギー供給量の関係を求めたのが図15である。なお、この結果は表3及び表4の値を仮定した場合の政策的シナリオであり、現実これが実現するという意味での予測ではない。一次エネルギー供給量と最終消費量の差の減少は、化石燃料依存度の減少と転換効率の上昇によるものと考えられる。

3.3 CO₂排出構造の分析

各国のGDP、部門別エネルギー消費量、化石燃料消費量、CO₂排出量の間には、次式の関係が成立する：

$$CO_2 = \frac{CO_2}{E_{ff}} \times \frac{E_{ff}}{E_{pr}} \times \frac{E_{pr}}{GNP} \times GNP \quad (4)$$

ξ ：CO₂発生強度
 η ：化石燃料依存度
 ζ ：エネルギー依存度
 Y ：GNP

$$= \xi \times \eta \times \zeta \times Y$$

ξ 、 η それぞれの値についてシナリオを設定して（ ζ はGDP、一次エネルギー供給量により決定される）CO₂排出量の将来推移の試算を行なった（表5）。

シナリオとしては、次の2つを設定した。

(1) 無対応ケース（ケース1）：

先進国においてはCO₂発生強度と化石燃料依存度を現状で固定。発展途上国においては、CO₂発生強度は現状で固定、化石燃料依存度については、経済成長に伴う急激なエネルギー需要の増加により毎年0.1%で増加を仮定。

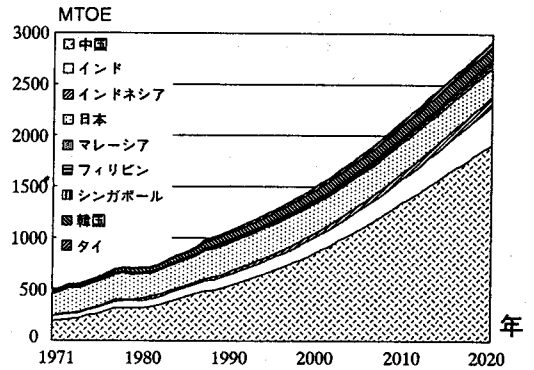


図13.エネルギー消費量の将来シナリオ（アジア計）

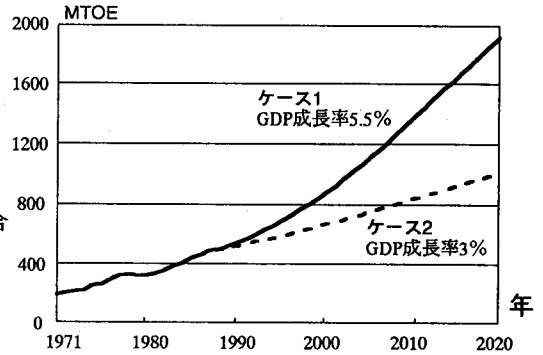


図14.中国のエネルギー消費量の将来シナリオ

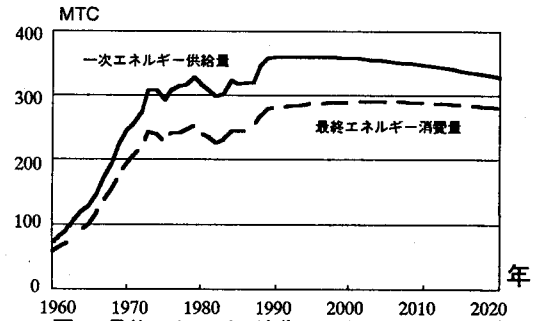


図15.最終エネルギー消費と一次エネルギー供給

表5. ξ 、 η の設定

	1988年			1990-2000年(%)		
	ξ	η	ζ	$\Delta \xi / \xi$	$\Delta \eta / \eta$	$\Delta \zeta / \zeta$
日本	0.00084	0.86	211.53	ケース1 ケース2	0.00 -0.30	0.00 -0.60
シンガポール	0.00082	1.00	0.20	ケース1 ケース2	0.00 -0.30	0.00 -0.90
韓国	0.00089	0.84	0.57	ケース1 ケース2	0.00 -0.30	0.00 -0.42
マレーシア	0.00075	0.87	0.18	ケース1 ケース2	0.00 -0.10	0.10 -0.10
タイ	0.00079	0.65	17.06	ケース1 ケース2	0.00 -0.24	0.10 0.10
フィリピン	0.00076	0.56	21.92	ケース1 ケース2	0.00 -0.15	0.10 -0.10
インドネシア	0.00079	0.58	0.24	ケース1 ケース2	0.00 -0.01	0.10 -0.10
中国	0.00097	0.92	699.69	ケース1 ケース2	0.00 -0.10	0.10 -0.10
インド	0.00093	0.69	47.82	ケース1 ケース2	0.00 -0.10	0.10 -0.10

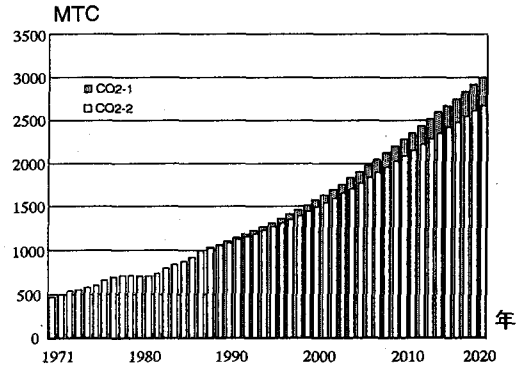
$\Delta \xi / \xi$ ：CO₂発生強度の伸率

$\Delta \eta / \eta$ ：化石燃料依存度の伸率

(2) 対応ケース（ケース2）：

先進国においては、CO₂発生強度は毎年0.3%で減少、化石燃料依存度は原子力の普及により可能と思われる変化を設定。発展途上国においては、CO₂発生強度は各国の過去の化石燃料の源別構成比の変化から設定、化石燃料依存度は毎年0.1%で減少させると仮定。

計算結果を図16に示す。



4. まとめ

図13及び16が示すように、アジア諸国のエネルギーの将来需要の増加は今後、地球環境に大きな影響を及ぼすと予想される。また、図12(a)において2020年における各国の一人当たりエネルギー消費量の推移を見てみると、中国、マレーシアが現在の韓国のレベルまで、タイが現在のマレーシアのレベルまで、インド、インドネシア、フィリピンが現在のタイのレベルまで、それぞれエネルギー消費量を増大させている。これは、アジア各国の高い経済成長が今後も続き、それと共に、過去の日本に見られたような一人当たりエネルギー消費量の増大が生じると仮定した場合の結果である。

このエネルギー需要の急増の結果、ほとんどの国では化石燃料依存度が高くなると考えられる。このことは環境への負荷を一層大きくするため（図16）何らかの政策が必要とされるが、CO₂排出を安定化させるためには相当な努力がなされなければならない。また生活水準の向上に伴い電力比率が上昇すると考えられるため原子力は有力な代替エネルギーではあるが、発展途上国については安全性確保が重大課題である^[10]。

なかでも、2020年にはアジア全体のエネルギー消費の2/3程度を占めると予想される中国については、その動向が地球環境にとっての重大な問題である。これは12億を越えるその人口に起因するところが多いが、他にも気候による影響や生産効率の低さ、石炭依存のエネルギー消費等、国の産業構造やエネルギー消費構造にも深い関係がある。また、中国国内では現に、酸性雨や大気汚染による公害被害が大きくなりつつある^[11]。これらの問題を取り除き今後も成長を続けるためには、先進国の技術援助が益々重要となろう。

特に日本にとって、中国との将来関係は経済面のみならず環境面でも深刻になると考えられる。実際、酸性雨の被害は、海を越え日本に及び始めている。中国との経済、環境協力の在り方は日本にとっての重大課題である。

<参考文献>

- [1] 藤崎 成昭：「発展途上国の環境問題」（アジア経済研究所、1992）、pp.10-246
- [2] 科学技術庁科学技術政策研究所：「アジアのエネルギー利用と地球環境」（大蔵省印刷局、1992）
- [3] 日本エネルギー経済研究所：「環太平洋地域の2000年、2030年のエネルギー需要見通し」（1990）、pp.62-77
- [4] IEA：Energy Statistics and Balances (OECD Publications, 1991)
- [5] IMF：International Financial Statistics(1990)、pp.413-693
- [6] 国際連合：「世界統計年鑑、Vol.35」（原書房、1989）、pp.77-719
- [7] 国際連合：「世界統計年鑑、Vol.36」（原書房、1991）、pp.76-693
- [8] 大友 篤、嵯峨座 晴夫：「アジア諸国の人口都市化」（アジア経済研究所、1984）、p53
- [9] 「世界大都市比較統計年表 Vol.1～29」（東京都、1965～1991）
- [10] エックス都市研究所：「開発途上国環境保全計画策定支援調査（インドネシア）」（1991）、pp.149,199
- [11] 日本環境衛生センター：「開発途上国環境保全計画策定支援調査（中国）」（1991）、pp.112-225