

環太平洋における経済成長と環境問題*

——計量モデルによる分析——

稲田 義久
五十嵐 直子

目 次

- I はじめに
- II 環太平洋におけるエネルギー消費とCO₂排出量
- III 環太平洋環境モデル
- IV データベース
- V 若干のシミュレーション
- VI おわりに

I はじめに

冷戦の終結以後、地域限定紛争は存在するものの核の脅威が薄れたため、世界の関心は地球環境問題に移行したようである。環境と資源の問題が本格的に取りあげられたのは、ローマクラブの『成長の限界』を最初とするが当時はまだ地球的課題とはならなかった。¹⁾

世界経済においては三極化が進展しており、その一つの極である環太平洋の発展にはめざましいものがある。環太平洋に含まれる地域は日本、オーストラリア等の先進アジア (Developed Asia) とアメリカ、カナダ等の北アメリカ (North America)、アジア NIES、ASEAN 及び中国であり、これに近接する領域として南アジア (South Asia) も入れて良いであろう。特に近年の中国、アジア NIES、ASEAN の経済成長は著しい。これらの国々では経済成長が進むにつれ、それに伴う環境問題が深刻化している。具体的には、工業化の進展とともに化石燃料 (石炭、石油、天然ガス) を中心としたエネルギー消費量が増大し、それらの燃料が燃焼する際に CO₂、SO_x (硫黄酸化物) 等の温室効果ガスを発生させることが地球の温暖化を促進させる原因になっている。例えば、1988年のアメリカの大干ばつ、1994年のインドでの熱波等は地球温暖化がもたらした異常気象によるものとされている。地球の温暖化はわれわれの生活に大きな影響を与える。²⁾

本論文の目的は、飛躍的に発展している環太平洋経済に焦点をあて、そこにおける経済成長とそれに伴って生じる環境問題を計量モデルを用いて分析することにある。この目的のために、わ

* 本稿は、筆者の一人が天野明弘教授 (神戸大学) と伴美美教授 (大阪大学) が主催される地球環境関西フォーラム特別ワーキング・グループの研究会で行った報告に基づいている。研究会では両教授をはじめ多くの出席者にコメントを頂いたことを記して感謝する。また地球環境関西フォーラムからは資料提供の援助を頂いたことに感謝する。原稿の一部は Pacific Modeling Meeting (Stanford University) で報告された。その際 Prof. L. R. Klein と Prof. L. J. Lau の両氏から貴重なコメントを得たことに感謝する。また、モデル作成初期の段階で大学院生の市野泰和氏の助力を得たことに感謝する。

れわれは22ヶ国、6地域を含む環太平洋環境モデルを構築し、このモデルを用いて主として以下の二つの分析を行う。

(1)環太平洋環境モデルを用いて、2000年までの環太平洋の経済成長率、エネルギー消費量及びCO₂排出量を予測し、(2)その予測されたベースラインをもとに、アメリカ、日本、中国においてエネルギー税が課された場合の程度CO₂排出量が削減できるかを分析する。

以下、第Ⅱ節では1970年から現在までの環太平洋におけるエネルギー消費の状況及びその結果としてのCO₂排出量の推移について検討する。第Ⅲ節においては環太平洋環境モデルの概要を説明し、第Ⅳ節においてモデル構築に必要なデータベースを説明する。第Ⅴ節ではモデルを用いて2000年までの環太平洋におけるCO₂排出量の予測を行う。また主要国でエネルギー税が導入された場合の経済的効果を検討する。そして、最終節では今後の検討を行う。

Ⅱ 環太平洋におけるエネルギー消費とCO₂排出量

本節では環太平洋環境モデルを提示するための準備作業として、環太平洋におけるエネルギー消費とCO₂排出量の推移を歴史的に概観する。³⁾

Ⅱ-1. 環太平洋におけるエネルギー消費の推移

【エネルギー消費量の推移】

近年、アジア地域の経済は急速に成長している。日本に比べ労働コストが安価であり、特定の財についても良質な商品供給が可能であるため、アジアNIES、ASEANは繊維製品、電器機器等も中心に、大量に輸出している。それは、高度成長期に日本が歩んできたパターンとよく似ている。しかし、経済が発展し工業化が進展してくるとともに浮上してくるのが環境問題であり、経済成長と環境問題はトレードオフの関係にあるようである。特に、商品の生産過程において大量に使用される化石燃料の燃焼により発生するCO₂排出量の増大は極めて深刻である。CO₂排出量の増大はその程度に不確実性がともなうものの地球を確実に温暖化させる要因であるため、CO₂排出抑制の対策が慎重にとられるべきである。本節では、成長段階にあるアジアと先進国であるアメリカ、日本等を含めた環太平洋における経済成長と環境問題にスポットをあてる。その準備として1970年から現在までのエネルギーの使用状況及びその結果としてのCO₂排出量について先ず検討してゆく。

最初に、CO₂発生の要因である化石燃料を含むエネルギー消費の推移をみてみよう。表Ⅱ-1は1975年、80年、85年、89年の各年次における地域別、国別のエネルギー消費の推移及び各年次間の伸び率をみたものである（環太平洋における地域分類については後掲Ⅲ-1表参照）。表Ⅱ-1からわかるように環太平洋全体でのエネルギー消費量は絶対額で着実に増加している（1975年の108,577ペタジュールから89年の148,620ペタジュール⁴⁾）。しかし、伸び率については各期間で異なったパターンを示している。1975～85年にかけては年率2.4%の伸びであったが、第二次石油危機の影響からエネルギー価格の高騰、省エネルギー運動の高まりで1.3%まで低下し、85年以降のエネルギー価格の下落により再び3.4%へと上昇している。

エネルギー消費量を地域別にみると、各地域ともその消費量の水準は増加傾向にあるが、中でも先進アジア、北アメリカでの消費量が大きいことがわかる。特にアメリカ、日本のエネルギー消費量は大きい。他のアジア地域ではこの間のエネルギー消費量はそれほど大きくはないが、中国は例外でエネルギー消費量は日本のそれを上回っている。エネルギー消費量の各年次間の伸び率をみればアメリカ、日本は1980年から85年にかけてともに伸び率が低下している。このことは先述したように第二次石油危機によるエネルギー需要の低迷によるものである。中国は1975年から89年にかけて、平均で約5%の伸び率で増加している。これは中国が1978年の門戸開放以来急速な経済発展をめざし、生産活動を行なっていることを示唆しているものと考えられる。一方、アメリカと日本は経済の成熟段階にあり、省エネルギー型の産業（特に素材型製造業からサービス産業への移行）に生産活動の中心が移行したものと思われる。

表Ⅱ-1 エネルギー消費量の推移

単位：ペタジュール，%

	1975	1980	1985	1989	80/75	85/80	89/85
オーストラリア	2199.2	2679.7	3172.5	3534.4	4.0	3.4	2.7
日本	11726.7	12701.4	13390.3	14533.5	1.6	1.1	2.1
ニュージーランド	285.8	292.7	397.4	498.8	0.5	6.3	5.9
カナダ	6495.9	7370.0	7376.8	8414.2	2.6	0.0	3.3
メキシコ	2159.1	3431.2	4026.2	4293.2	9.7	3.3	1.6
アメリカ	66255.5	69294.8	66922.6	73369.6	0.9	-0.7	2.3
香港	145.2	213.7	258.6	338.2	8.0	3.9	6.9
韓国	912.1	1507.5	2002.6	2748.0	10.6	5.8	8.2
シンガポール	288.5	349.5	318.3	392.7	3.9	-1.9	5.4
台湾	631.6	1158.9	1377.9	1796.4	12.9	3.5	6.9
インドネシア	661.0	1058.0	1334.1	1453.1	9.9	4.8	2.2
マレーシア	199.6	331.4	475.3	705.3	10.7	7.5	10.4
フィリピン	405.2	467.1	393.2	527.1	2.9	-3.4	7.6
タイ	320.8	507.4	645.7	1025.5	9.6	4.9	12.3
インドネシア	69.7	115.8	168.1	226.7	10.7	7.8	7.8
インド	2917.8	4081.7	5627.1	7528.4	6.9	6.6	7.6
ネパール	4.9	7.5	10.1	12.9	8.9	6.2	6.3
パキスタン	344.0	487.2	708.5	930.3	7.2	7.8	7.0
スリランカ	37.0	47.9	53.6	54.8	5.3	2.2	0.6
韓国	0.7	4.1	5.9	6.4	43.7	7.5	1.9
中国	12469.7	15987.3	21330.6	26156.4	5.1	5.9	5.2
ミャンマー	47.0	59.2	80.3	74.1	4.7	6.3	-2.0
合計	108576.9	122153.9	130075.7	148620.1	2.4	1.3	3.4

【エネルギー消費量のシェアの推移】

次にエネルギー消費量のシェア（表Ⅱ-2参照）をみると、アメリカの環太平洋におけるシェアは各年次において全体の50%以上を占めていることがわかる。また、日本のシェアは全体の10%以上を占めている。しかし、アメリカ、日本のエネルギー消費量のシェアは1975年から89年にかけて次第に低下している（アメリカは1975年の61%から89年の49.4%へ、日本は1975年の10.8%から89年の9.8%へ）。一方、中国のエネルギー消費量のシェアは1975年の11.5%から89年には17.6%まで高まっているのが特徴的である。

表Ⅱ-2 エネルギー消費量シェアの推移

(%)

	1975	1980	1985	1989
アメリカ	61.0	56.7	51.4	49.4
日本	10.8	10.4	10.3	9.8
中国	11.5	13.1	16.4	17.6

【一人あたりエネルギー消費量の推移】

次に地域別、国別の一人あたりのエネルギー消費量（表Ⅱ-3）をみると、まず環太平洋全体の

一人あたりのエネルギー消費量が高まっていることがわかる。とりわけ先進アジア、北アメリカのこの間の一人あたりのエネルギー消費量は大きく、特にカナダとアメリカは300ギガジュール/人前後で推移している。同期間の日本の一人あたりのエネルギー消費量はアメリカの約1/3である。アジア NIES ではシンガポールの一人あたりのエネルギー消費量がこの間平均して130ギガジュール/人であり、日本の値を上回っていることがわかる。また、中国の一人あたりのエネルギー消費量の水準はそれほど大きくなく日本の1/8から1/5程度であるが、増加傾向にある。

環太平洋全体の一人あたりエネルギー消費量は先進国と発展途上国とともに増加しているが、両者の増加要因は異なっている。先進国では表Ⅱ-1でみたようにエネルギー消費量の水準は高いがその伸び率は低い。発展途上国では工業化の初期段階にあるためエネルギー消費量の水準は低いがその伸び率は高い。一方、人口成長率は先進国においては低く、発展途上国においては高い。このように先進国と発展途上国では二つの要因がそれぞれ異なる方向に作用し、結果として一人あたりのエネルギー消費量は増加傾向にある。

表Ⅱ-3 一人あたりエネルギー消費量の推移

単位：キガジュール、人

	1975	1980	1985	1989
オーストラリア	161.4	182.4	201.3	212.4
日本	105.1	108.7	110.8	118.2
ニューシランド*	92.7	94.0	122.4	148.3
カナダ*	285.8	306.5	290.7	320.1
メキシコ	34.9	48.7	50.7	49.5
アメリカ	306.8	304.2	279.7	296.8
香港	33.0	42.4	47.4	58.6
韓国	25.9	39.5	49.1	64.8
シンガポール*	127.5	144.7	124.4	146.0
台湾	39.1	65.1	71.6	89.1
インドネシア	4.9	7.0	8.0	8.0
マレーシア	16.3	24.1	30.3	40.5
フィリピン	9.5	9.7	7.1	8.7
タイ	7.8	10.9	12.5	18.7
ハンガリー*	0.9	1.3	1.7	2.0
インド*	4.7	5.9	7.3	9.0
ネパール	0.4	0.5	0.6	0.7
パキスタン	4.6	5.7	6.9	7.9
スリランカ	2.7	3.2	3.3	3.2
カンボジア*	0.1	0.6	0.8	0.8
中国	13.4	16.0	20.1	23.3
ミャンマー	1.5	1.8	2.1	1.8

Ⅱ-2. 環太平洋におけるCO₂排出量の推移

【CO₂排出量の推移】

次にCO₂排出量の推移について比較したものが、表Ⅱ-4である⁵⁾。地域別には先進アジア、北アメリカのCO₂排出量が多く、他のアジア地域でのCO₂排出量はそれほど大きくはない。しかし、中国は例外でエネルギー消費量の推移でみたのと同様に日本のCO₂排出量を上回っている。各年次間のCO₂排出量の伸び率はエネルギー消費量の各年次間の伸び率と同じ傾向を示しており、アメリカ、日本では1980年から85年にかけてエネルギー需要の停滞からCO₂排出量も減少している。一方、中国のCO₂排出量の伸び率はエネルギー消費量の各年次間の伸び率と同様、年率約5%で推移している。他の国の伸び率はアメリカ、日本と同様1980年から85年にかけて低下する国が多いが、中には香港、インドのようにCO₂排出量水準は小さいが伸び率では次第に増加する国もある。これらの国々は中国ほど大きな割合でCO₂を排出していないが、経済発展の途上にある国々であり、今後経済成長が加速するにつれ、ますます多くのCO₂が排出さ

れるものと予想される。

表Ⅱ-4 CO₂排出量の推移

単位：千トン，%

	1975	1980	1985	1989	80/75	85/80	89/85
オーストラリア	165605.5	202795.1	222994.7	257480.3	4.1	1.9	3.7
日本	856269.5	933884.0	931311.9	1040554.0	1.8	-0.1	2.8
ニュージーランド	18250.4	17594.5	21621.3	26175.6	-0.7	4.2	4.9
カナダ	387501.0	424364.5	401735.6	455530.5	1.8	-1.1	3.2
メキシコ	148941.6	260147.7	286686.0	319702.3	11.8	2.0	2.8
アメリカ	4319954.9	4614005.6	4401522.9	4869005.3	1.3	-0.9	2.6
香港	13153.8	19052.8	27622.9	37719.4	7.7	7.7	8.1
韓国	76244.2	125719.2	169903.3	221104.1	10.5	6.2	6.8
シンガポール	23240.8	30107.1	30286.6	35859.6	5.3	0.1	4.3
台湾	43825.1	78490.2	79230.3	109454.4	12.4	0.2	8.4
インドネシア	52622.4	94622.8	122945.5	137726.1	12.5	5.4	2.9
マレーシア	19276.3	27978.3	35361.3	49061.0	7.7	4.8	8.5
フィリピン	31968.4	36530.1	29469.6	40959.9	2.7	-4.2	8.6
タイ	24303.3	40014.5	48016.7	77680.5	10.5	3.7	12.8
ハンガリー	4796.2	7639.4	10142.0	14113.7	9.8	5.8	8.6
インドネシア	253325.3	350084.2	492023.9	651935.5	6.7	7.0	7.3
ネパール	355.4	542.3	681.5	934.3	8.8	4.7	8.2
パキスタン	23193.1	31686.3	47115.4	60972.6	6.4	8.3	6.7
スリランカ	2894.6	3407.5	3942.5	4034.1	3.3	3.0	0.6
韓国	69.6	285.8	417.7	450.7	32.6	7.9	1.9
中国	1151609.9	1489196.2	1966344.2	2388612.9	5.3	5.7	5.0
ミャンマー	3916.8	4792.5	6093.2	5008.7	4.1	4.9	-4.8
合計	7621317.9	8792940.5	9335469.0	10804075.3	2.9	1.2	3.7

【CO₂排出量のシェアの推移】

CO₂排出量のシェア（表Ⅱ-5）からわかるように，アメリカの環太平洋におけるシェアは平均的にみて50%以上でエネルギー消費量のシェアとほぼ同じである。日本は約10%，中国は約15%のシェアでエネルギー消費量のシェアとほぼ対応している。シェアの推移をみれば，アメリカ，日本ともに低下しており，ことにアメリカは1975年には約57%であったが，89年には約45%まで低下している。日本は1975年に約11%であったが，89年には9.6%である。逆に中国のシェアは1975年に約15%であったが，89年には約22%まで増加している。他のアジア地域では香港，インドのCO₂排出量のシェアが高まっている。

表Ⅱ-5 CO₂排出量のシェアの推移

(%)

	1975	1980	1985	1989
オーストラリア	2.17	2.31	2.39	2.38
日本	11.24	10.62	9.98	9.63
ニュージーランド	0.24	0.20	0.23	0.24
カナダ	5.08	4.83	4.30	4.22
メキシコ	1.95	2.96	3.07	2.96
アメリカ	56.68	52.47	47.15	45.07
香港	0.17	0.22	0.30	0.35
韓国	1.00	1.43	1.82	2.05
シンガポール	0.30	0.34	0.32	0.33
台湾	0.58	0.89	0.85	1.01
インドネシア	0.69	1.08	1.32	1.27
マレーシア	0.25	0.32	0.38	0.45
フィリピン	0.42	0.42	0.32	0.38
タイ	0.32	0.46	0.51	0.72
ハンガリー	0.06	0.09	0.11	0.13
インドネシア	3.32	3.98	5.27	6.03
ネパール	0.00	0.01	0.01	0.01
パキスタン	0.30	0.36	0.50	0.56
スリランカ	0.04	0.04	0.04	0.04
韓国	0.00	0.00	0.00	0.00
中国	15.11	16.94	21.06	22.11
ミャンマー	0.05	0.05	0.07	0.05
合計	100.00	100.00	100.00	100.00

【化石燃料別 CO₂ 排出量のシェアの推移】

これまでは CO₂ 排出量全体の推移をみてきた。CO₂ はエネルギー全般から発生するのではなく、化石燃料の燃焼によって発生する。そこで、次に化石燃料別 CO₂ 排出量の推移をみよう。表Ⅱ-6 は化石燃料の種類別 CO₂ 排出量のシェアをみたものである。先進アジア、北アメリカ等の先進国では液体燃料による CO₂ 排出量のシェアが大きい。しかし、石油危機の影響により1975年から85年にかけてにシェアは低下する傾向にあり、それに代わって固体燃料、天然ガスによる CO₂ 排出量のシェアが高まっている。これは石油危機後、液体燃料から他の燃料に代替がおこったことを表している。特に北アメリカではアメリカを始め天然ガスによる CO₂ 排出量のシェアが全体の2割を占めていることがわかる。アジア地域では液体燃料による CO₂ 排出量のシェアが大きく、特にシンガポール、スリランカ、カンボジアでは1975年から89年にかけて急速にシェアが高まっている。一方、中国、インドは石炭生産量が多い国であるため固体燃料による CO₂ 排出量のシェアが大きく、中国では1975年から89年にかけて CO₂ 排出量全体の8割、インドでは7割が固体燃料による。

表Ⅱ-6 化石燃料別 CO₂ 排出量のシェアの推移

（％）

		固 体	液 体	ガ ス	燃 焼	セメント
オーストラリア	1975	52.0	41.0	5.0	0.0	2.0
	89	56.0	32.0	12.0	0.0	1.0
日 本	1975	25.0	69.0	2.0	0.0	4.0
	89	30.0	60.0	9.0	0.0	4.0
ニューシラント*	1975	29.0	64.0	3.0	0.0	3.0
	89	18.0	46.0	36.0	0.0	2.0
カナダ*	1975	16.0	60.0	22.0	1.0	1.0
	89	24.0	47.0	28.0	1.0	1.0
メキシコ	1975	8.0	64.0	18.0	7.0	4.0
	89	7.0	76.0	16.0	1.0	4.0
アメリカ	1975	27.0	48.0	24.0	0.0	1.0
	89	38.0	43.0	19.0	0.0	1.0
香 港	1975	0.0	97.0	1.0	0.0	2.0
	89	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
韓 国	1975	41.0	53.0	0.0	0.0	7.0
	89	47.0	50.0	3.0	0.0	7.0
シンガポール*	1975	0.0	97.0	0.0	0.0	3.0
	89	0.0	100.0	0.0	0.0	2.0
台 湾	1975	13.0	74.0	5.0	0.0	8.0
	87	37.0	53.0	2.0	0.0	8.0
インドネシア	1975	1.0	75.0	10.0	13.0	1.0
	89	7.0	63.0	12.0	19.0	5.0
マレーシア	1975	0.0	78.0	3.0	15.0	4.0
	89	6.0	65.0	21.0	8.0	5.0
フィリピン	1975	1.0	93.0	0.0	0.0	7.0
	89	13.0	87.0	0.0	0.0	5.0
タイ	1975	3.0	89.0	0.0	0.0	8.0
	89	14.0	72.0	14.0	0.0	11.0
ハンガリー*	1975	10.0	68.0	20.0	0.0	2.0
	89	3.0	43.0	53.0	0.0	1.0
インド*	1975	71.0	24.0	1.0	1.0	3.0
	89	73.0	23.0	2.0	2.0	3.0
ネパール	1975	35.0	64.0	0.0	0.0	1.0
	89	27.0	73.0	0.0	0.0	16.0
パキスタン	1975	10.0	48.0	33.0	3.0	7.0
	89	12.0	51.0	33.0	4.0	6.0
スリランカ	1975	0.0	93.0	0.0	0.0	7.0
	89	0.0	100.0	0.0	0.0	5.0
カンボジア*	1975	0.0	65.0	0.0	0.0	35.0
	89	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
中 国	1975	80.0	17.0	1.0	0.0	1.0
	89	86.0	13.0	1.0	0.0	5.0
ミャンマー	1975	17.0	64.0	9.0	8.0	2.0
	89	6.0	49.0	43.0	2.0	4.0

Ⅱ-3. CO₂ 発生の要因分析

【CO₂ 発生の基本方程式】

以上では地域別、国別のエネルギー消費量、CO₂ 排出量の推移をみてきた。さて、CO₂ 排出量の要因分解として以下の式がよく使用される。⁶⁾

$$CO_2 = (CO_2 / \text{エネルギー消費量}) * (\text{エネルギー消費量} / \text{実質 GDP}) * \text{実質 GDP}$$

この式の意味は、CO₂ の排出量が第一項のエネルギー技術、第二項の産業構造、及び第三項の経済活動水準（実質 GDP）の積によって決定されることを示している。ここでは第一項と第二項の推移を検討しよう。エネルギー技術とは、単位エネルギー消費量あたりの CO₂ 排出量（以下、CO₂ 発生原単位）で、産業構造とは、実質 GDP 単位あたりのエネルギー消費量（以下、エネルギー原単位）である。経済活動水準は実質 GDP で示される。

表Ⅱ-7 CO₂ 発生原単位の推移

単位：キログラム/ギガジュール

	1975	1980	1985	1989
オーストラリア	75.30	75.68	70.29	72.85
日本	73.02	73.53	69.55	71.60
ニュージーランド	63.86	60.12	54.41	52.48
カナダ	59.65	57.58	54.46	54.14
メキシコ	68.98	75.82	71.21	74.47
アメリカ	65.20	66.59	65.77	66.36
香港	90.56	89.16	106.81	109.71
韓国	83.59	83.40	84.84	80.46
シンガポール	80.56	86.15	95.17	91.32
台湾	69.39	67.73	57.50	60.93
インドネシア	79.61	89.43	92.16	94.78
マレーシア	96.58	84.44	74.40	69.56
フィリピン	78.90	78.21	74.95	77.71
タイ	75.77	78.86	74.37	75.75
ハンガリー	68.85	65.99	60.32	62.26
インド	86.82	85.77	87.44	86.60
ネパール	72.62	72.28	67.40	72.45
パキスタン	67.41	65.04	66.50	65.54
スリランカ	78.20	71.07	73.59	73.57
カンボジア	103.28	69.16	70.56	70.54
中国	92.35	93.15	92.18	91.32
ミャンマー	83.32	80.91	75.85	67.58

【CO₂ 発生原単位の推移】

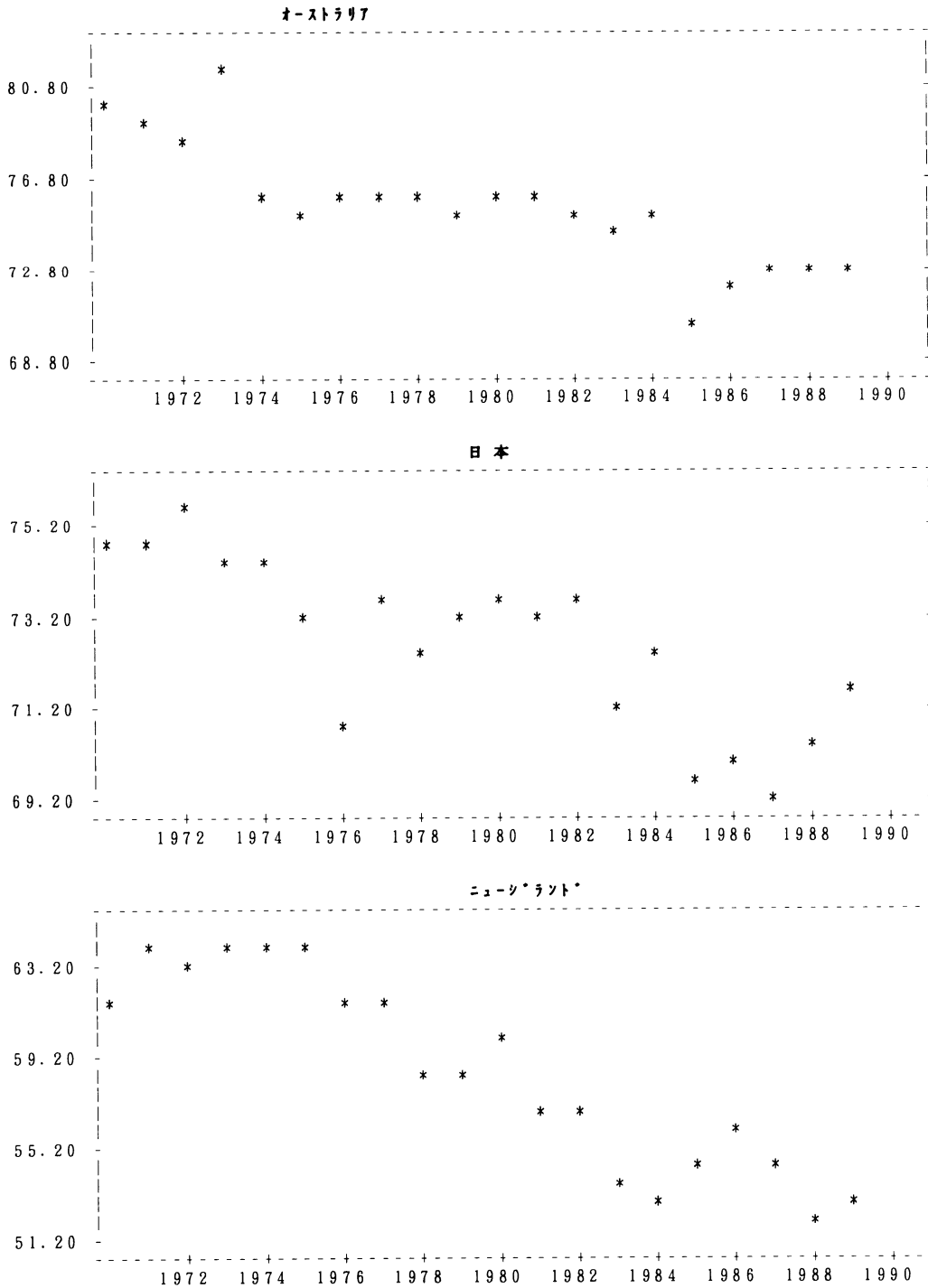
CO₂ 発生原単位はエネルギーを一単位消費した時どれだけ CO₂ が発生するかを示す比率であり、この比率が小さいほど CO₂ の排出が少ない燃料をより多く使用していることを意味する。CO₂ 発生原単位の低下は、CO₂ を発生させる化石燃料（石炭、石油、天然ガス）エネルギーから非化石燃料エネルギー（水力、原子力、地熱・風力）へ移行することを意味している。また同じ化石燃料の中でも CO₂ 発生原単位が異なる。石炭は最も CO₂ を多く排出する燃料であり、次に石油による CO₂ 排出量が多く、天然ガスの燃焼による CO₂ 排出量は前二者に比して少ない。これは、天然ガスが基本的には炭素が少なく水素の多い燃料であることに起因する。⁷⁾このように同じ化石燃料でも石炭から天然ガスに移行することによっても CO₂ 発生原単位は低下する。表Ⅱ-7 から CO₂ 発生原単位の推移は、1975年から89年にかけて環太平洋の多くの国で低下しており、非化石燃料や CO₂ 排出量の少ない化石燃料へ移行していることがわかる。

しかし、CO₂ 発生原単位は地域別、国別でみると開きがある。まず、石油を主な燃料としている日本、フィリピン等の CO₂ 発生原単位は70キログラム/ギガジュール前後で推移していることがみてとれる。アメリカ、カナダ、メキシコの北アメリカは燃料として石炭、石油以外にガス

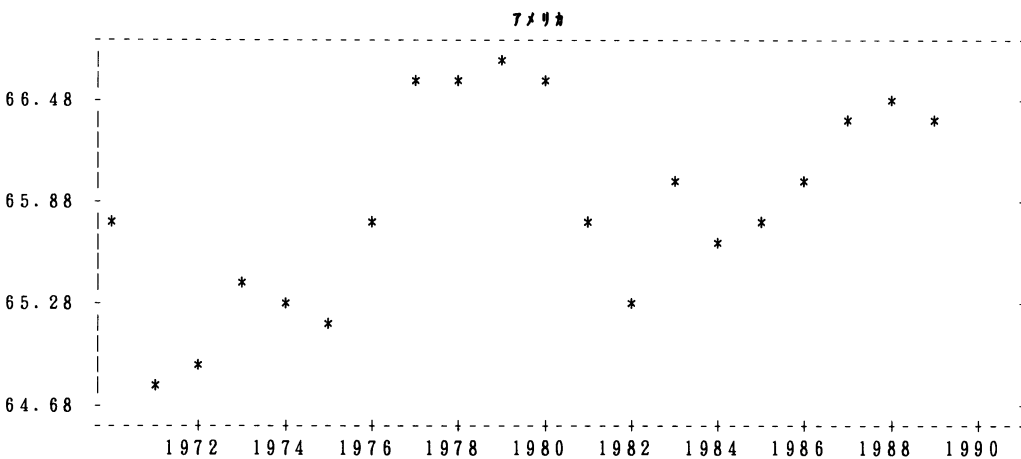
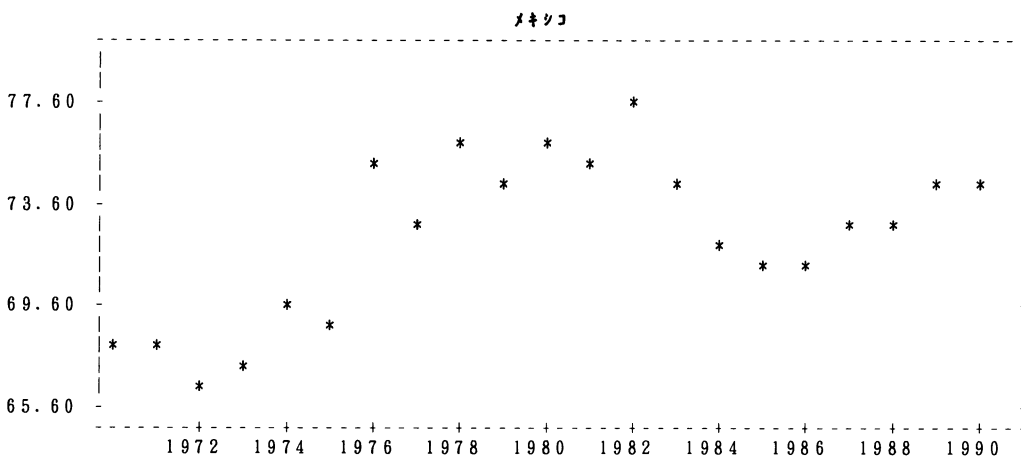
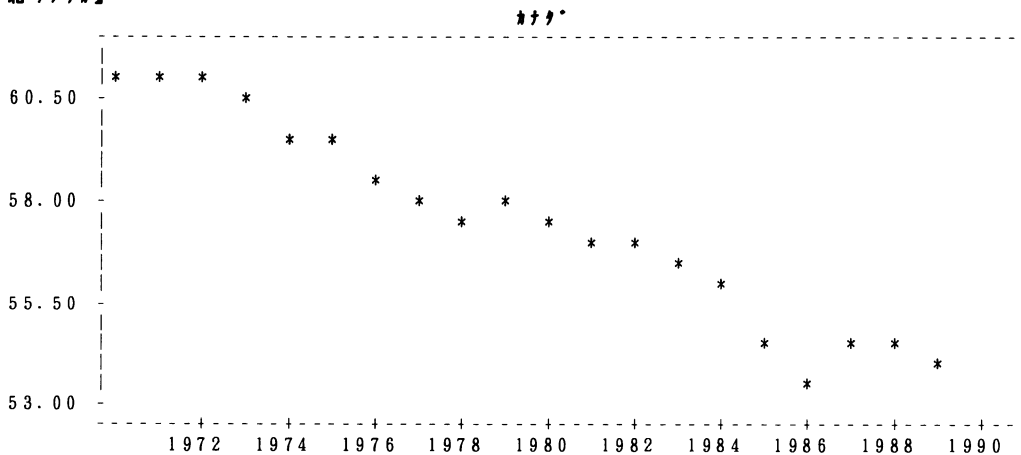
図Ⅱ-1 CO₂発生原単位

単位：キログラム/ギガジュール

【先進7ヶ国】

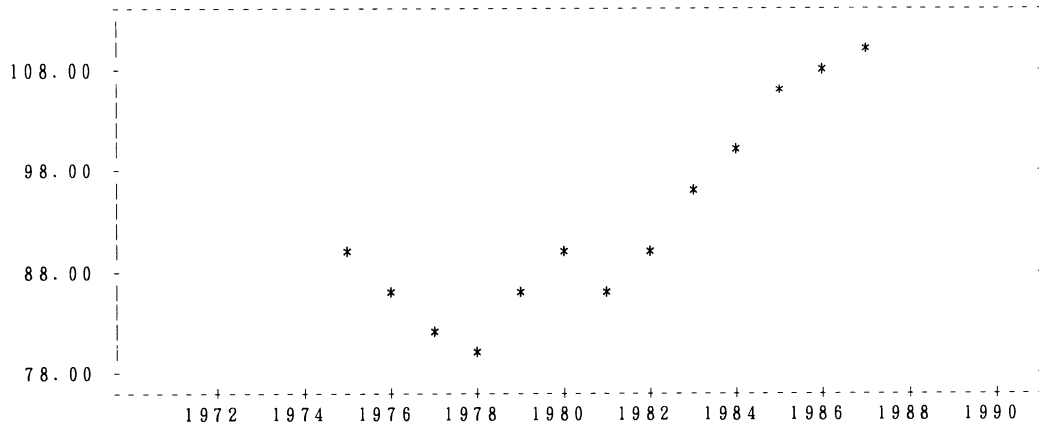


【北アメリカ】

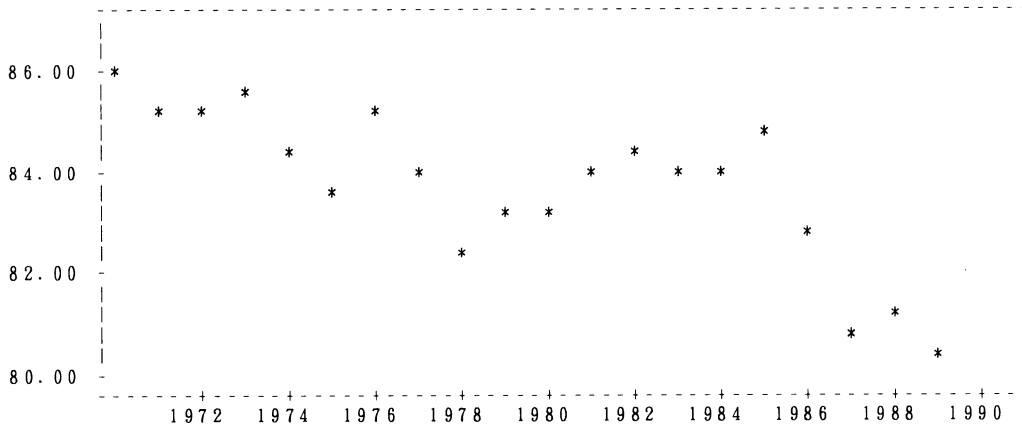


【7ツ・7NIES】

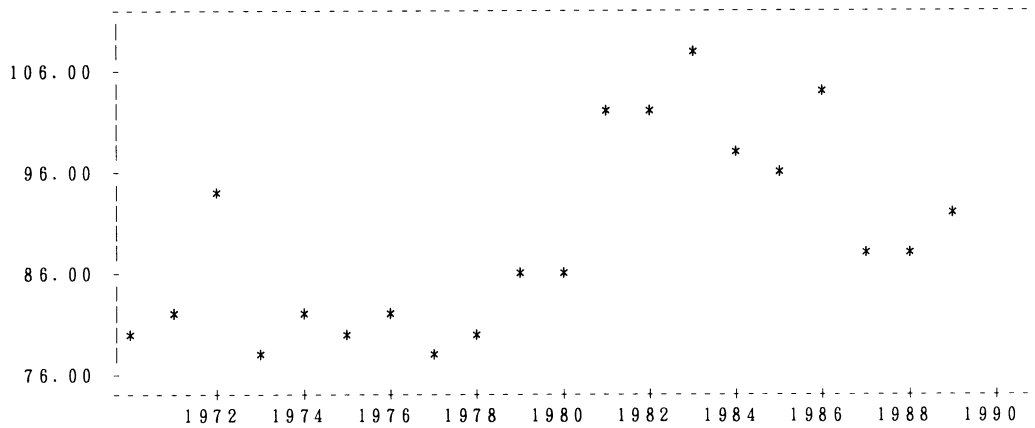
香港

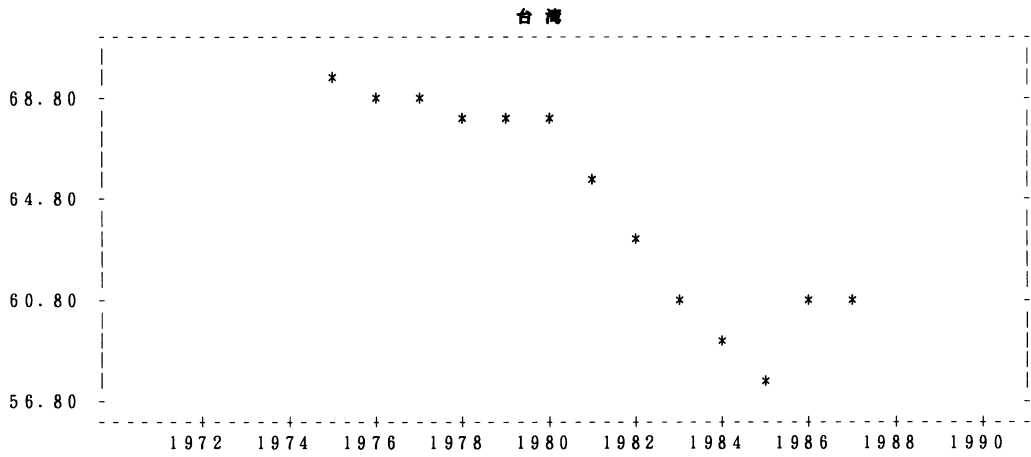


韓国

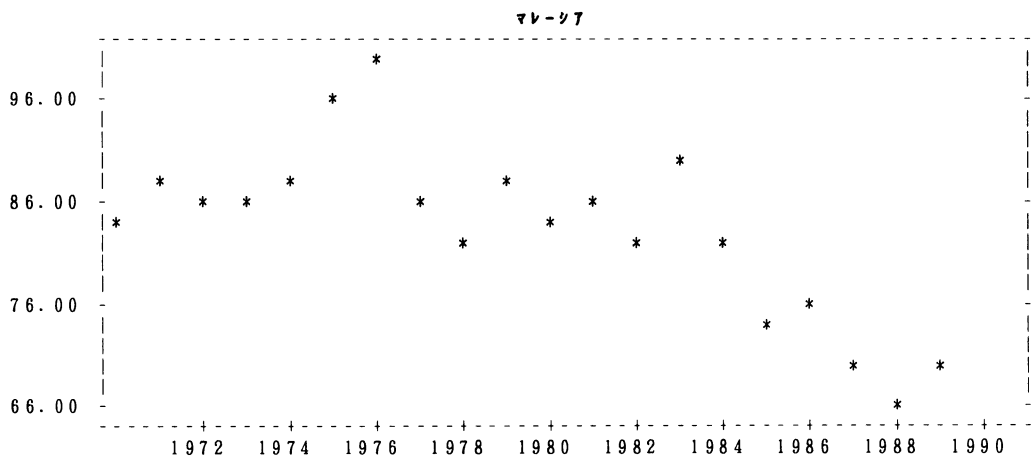
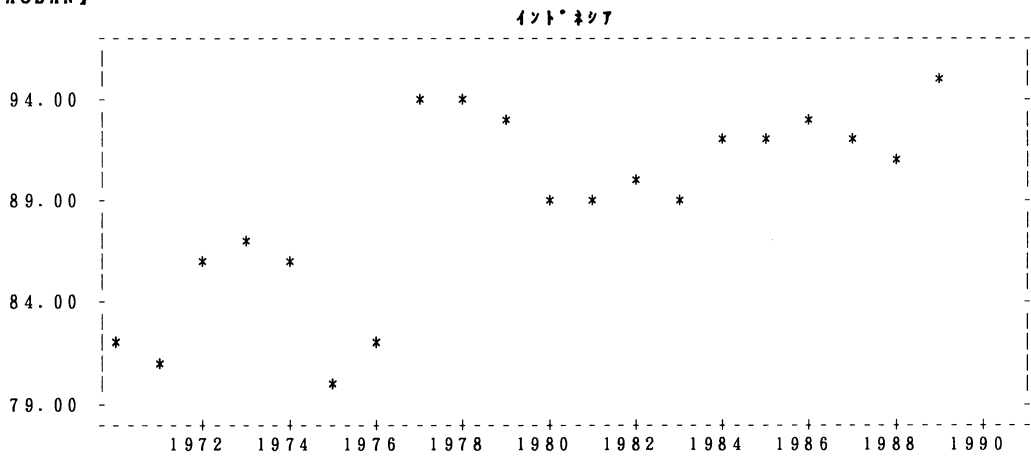


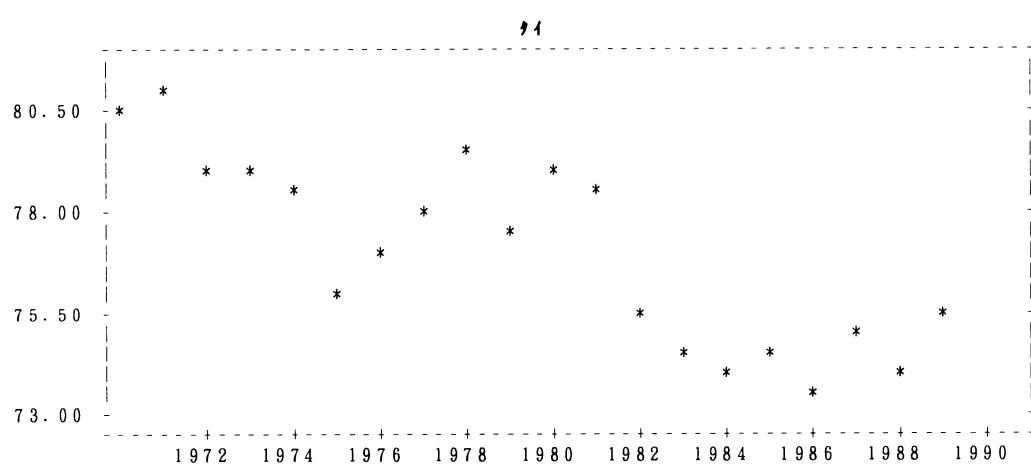
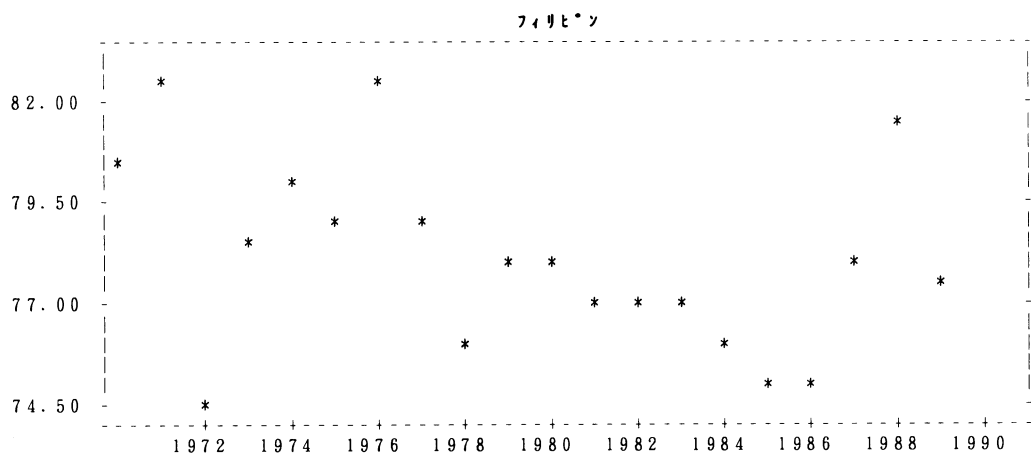
シンガポール



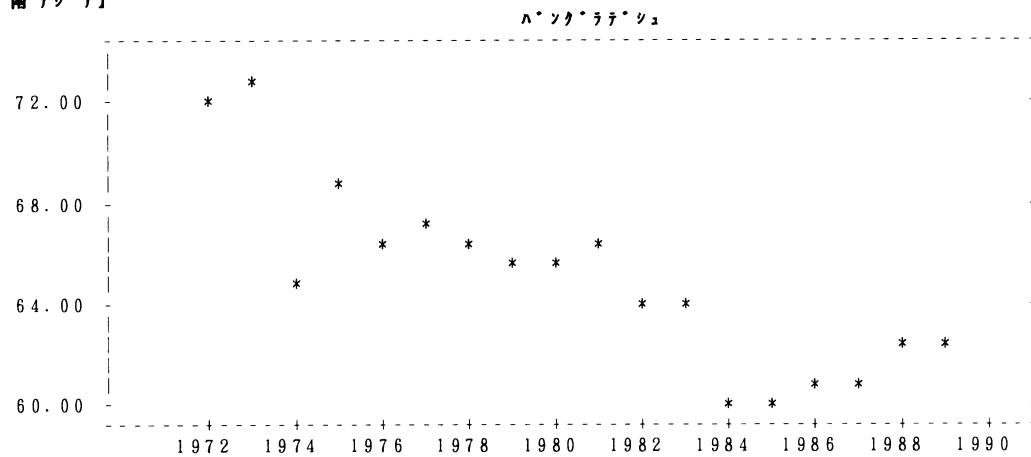


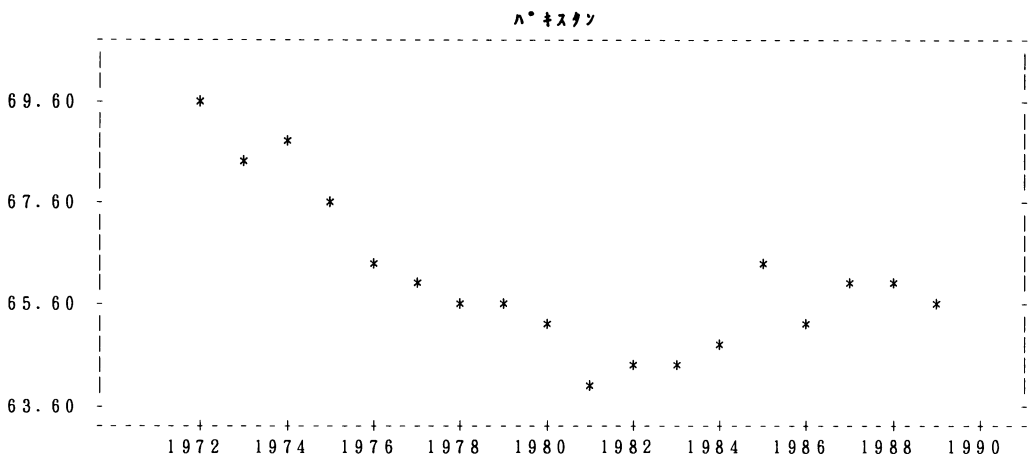
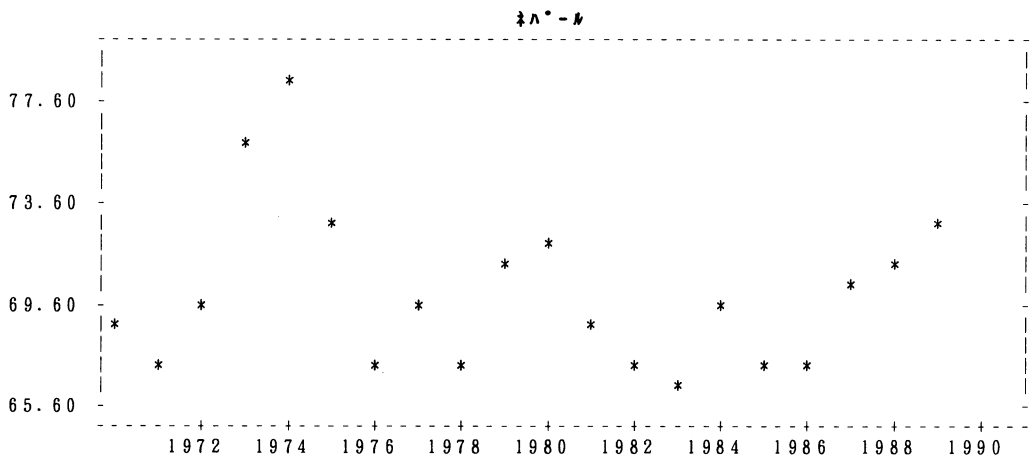
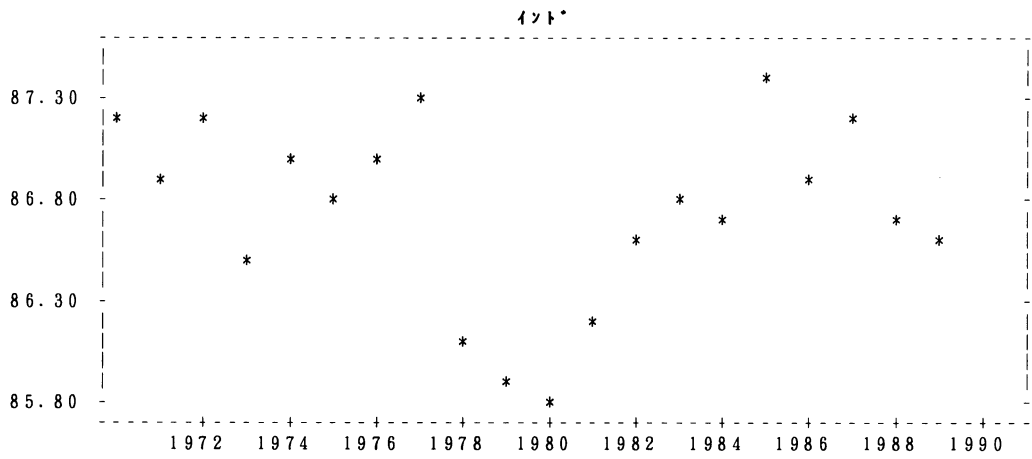
【ASEAN】

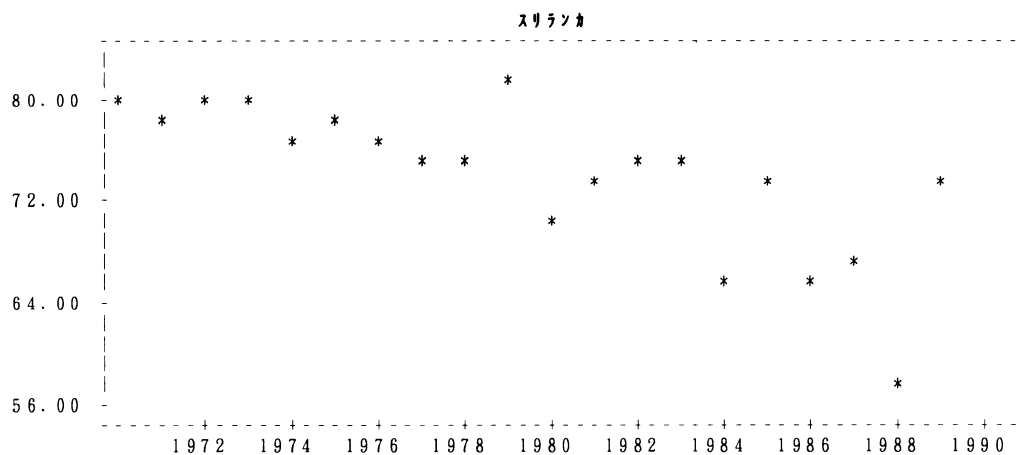




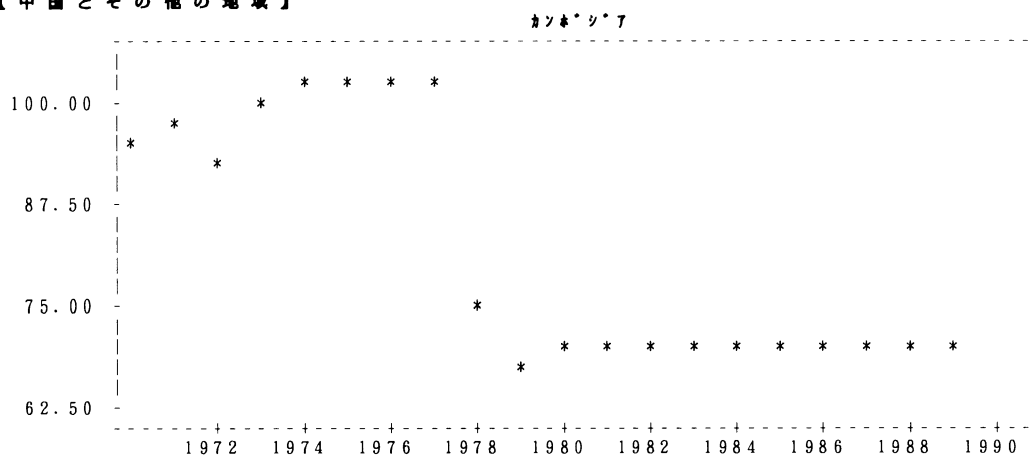
【南アフリカ】

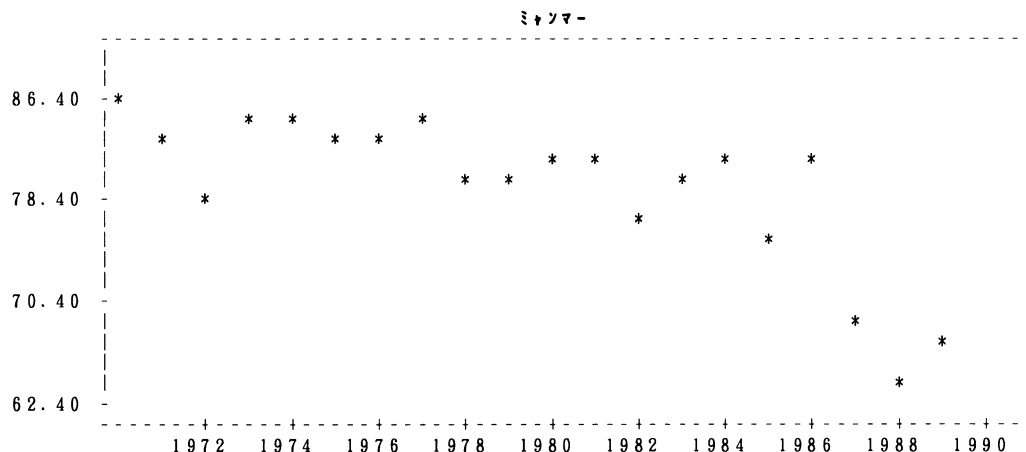






【中国とその他の地域】





を使用している割合が多いことから CO₂ 発生原単位は、日本等石油を多く用いている国よりも小さく60キログラム/ギガジュール前後である。中国、インドは石炭を燃料として使用している比率が高いことから、CO₂ 発生原単位は90キログラム/ギガジュール前後で推移している。

次に CO₂ 発生原単位を図でみることにしよう（図Ⅱ-1を参照）。図Ⅱ-1の CO₂ 発生原単位をみると、地域別には先進アジアを初め大半の地域において低下していることがみてとれる。特にカナダではこの傾向が顕著に現れており、その要因は表Ⅱ-6の化石燃料別 CO₂ 排出量のシェアからもわかるように1980年から85年にかけて液体燃料の燃焼による CO₂ 排出量のシェアが減少し、代わって天然ガスによる CO₂ 排出量のシェアが増加していることによる。また、表Ⅱ-6には示されていないが、総合エネルギー統計からカナダではエネルギーとして水力発電のウエイトが高まっており、このこともカナダの CO₂ 発生原単位を低下させている要因と考えられる。また、中国は1978年の門戸開放を境に CO₂ 発生原単位が低下する傾向にあったが、1982年以降は再び高まっており、環太平洋の国々の中で最も CO₂ 発生原単位が大きい国であると言える。

【エネルギー原単位の推移】

つぎに、エネルギー原単位の推移について検討する。エネルギー原単位とはすでにみたように1ドルあたりのGDPを生産するのにどの程度エネルギーを必要とするかという、いわば産業構造や省エネルギーの程度を表わす指標である。例えば、エネルギーを多く消費する鉄鋼業や石油化学工業等の重化学工業のシェアが低下し労働集約的な金融・保険業等のサービス産業のシェアが高まる時、エネルギー原単位は低下する。また産業構造が不変でも省エネルギー対策がどれくらいとられているかによって変化する指標でもある。さらに、エネルギー原単位は地理的条件によって変化する。アメリカ、カナダ、オーストラリア等国土面積の広い国は自動車等輸送機関に使用するエネルギー消費量が大きいため、これらの国々のエネルギー原単位は絶対額でみて他の国よりも高い数値を示していることに留意する必要がある。

エネルギー原単位の推移（表Ⅱ-8）をみると、環太平洋全体では低下する傾向にある。地域別でとりわけ、先進アジア、北アメリカ等の先進国のエネルギー原単位は1975年から89年にかけて低下する傾向にあることがわかる。特に、日本のエネルギー原単位は各年次の絶対額でみて小

さく、アメリカの値の半分以下である（日本は1989年に0.005ギガジュール/ドル、アメリカは同年次に0.015ギガジュール/ドル）。

先進国におけるエネルギー原単位の各年次間の伸び率が低下しているのは、石油危機後、産業の生産活動において省エネルギー対策がとられ、産業構造が変化したことによる。具体的には、主要な産業がエネルギー多消費型産業から寡消費型産業へ移行したことに起因している。

一方、マレーシア等のアジア地域ではエネルギー原単位が次第に高まる傾向にあるが、中国は他のアジア地域とは異なりアメリカ、日本のようにエネルギー原単位が低下している。中国のエネルギー原単位の低下はもともと高い水準からエネルギー効率が改善されたことを意味している。

国別にみると、日本、カナダ、アメリカを始めとする先進国と中国、香港、フィリピン等の発展途上国の各年次間の伸び率は低下している。特に、日本、カナダは1975年から80年への伸び率の減少が大きく（日本はマイナス3.2%、カナダはマイナス5.3%）、石油危機の後省エネルギー対策が積極的にとられてきたことがうかがえる。

次にエネルギー原単位の推移を図（図Ⅱ-2参照）でみてゆこう。図Ⅱ-2は1970年から89年の地域別、国別エネルギー原単位の推移を示したものである。これを見ると先進アジアでは日本のエネルギー原単位は1974年あたりから年々低下する傾向にあり、石油危機後の省エネルギー対策の様子がみてとれる。北アメリカのカナダ、アメリカも日本と同じ傾向にあり、グラフは右下がりであるが、エネルギー原単位の水準が高く、アメリカの1989年のエネルギー原単位は1970年の日本のそれを上回っている。

アジア NIES, ASEAN はマレーシア、タイを除けば、エネルギー原単位は低下している。南アジアではインドを筆頭にエネルギー原単位は上昇する傾向にあり、これらの国々ではエネルギー多消費型の産業を中心として生産活動をしていることが考えられる。

中国は1978年の門戸開放まではエネルギー原単位は上昇しており、78年以降は低下傾向にある。これは、先にみてきたように中国のエネルギー消費量の各年次間の伸び率が約5%で一定していることを考慮すると、エネルギー原単位の低下は中国のGDPがエネルギー消費量の伸び率以上に高まっていることを意味する（エネルギー効率の急速な改善）。

表Ⅱ-8 エネルギー原単位の推移

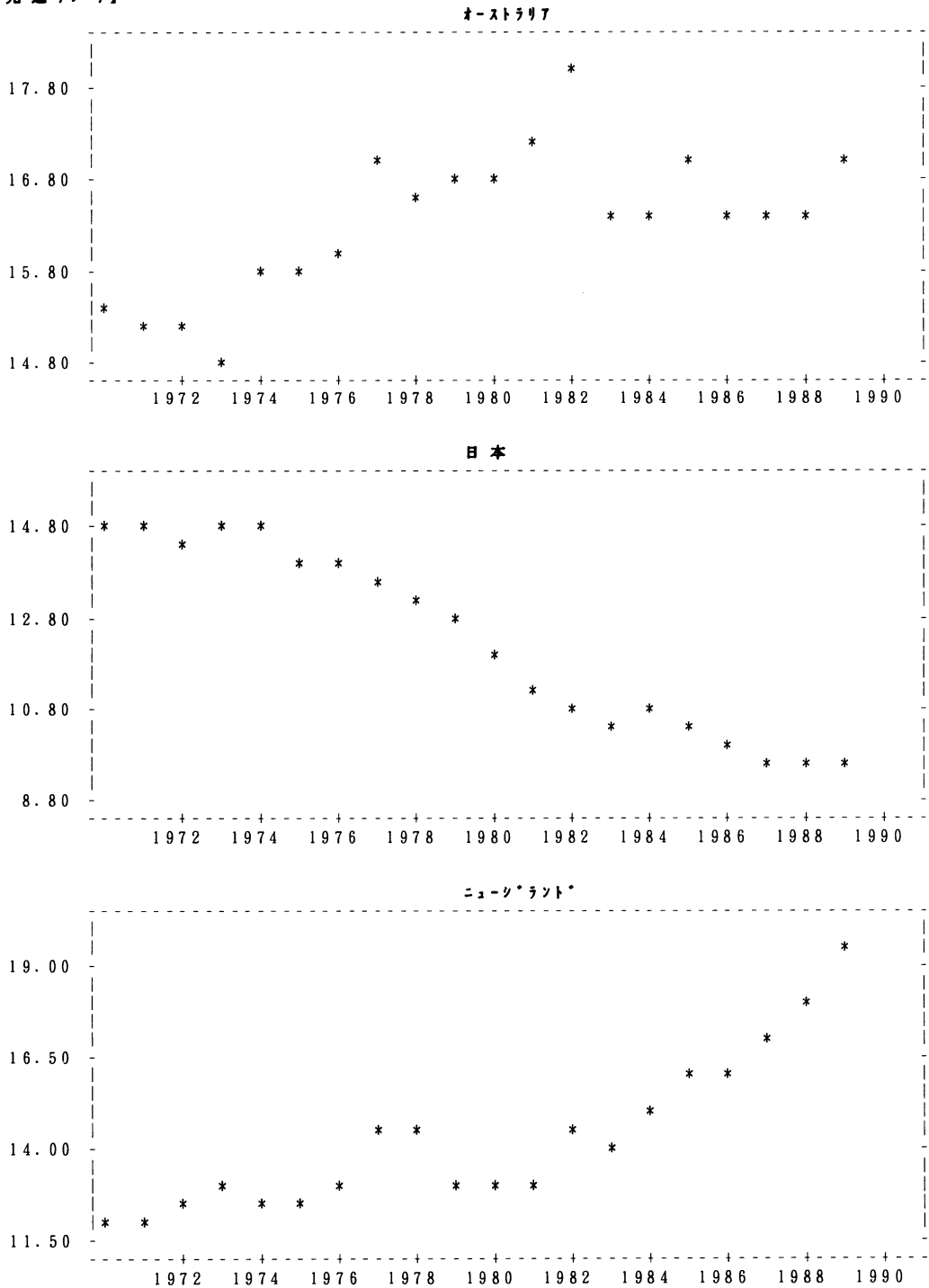
単位：ギガジュール/USドル（1980年価格）、%

	1975	1980	1985	1989	80/75	85/80	89/85
オーストラリア	0.017	0.018	0.019	0.018	1.1	0.6	-0.5
日本	0.008	0.007	0.006	0.005	-3.2	-2.8	-2.2
ニュージーランド	0.009	0.010	0.011	0.014	1.1	3.4	5.2
カナダ	0.029	0.022	0.020	0.020	-5.3	-2.7	-0.2
メキシコ	0.023	0.027	0.029	0.030	3.4	1.5	0.7
アメリカ	0.021	0.018	0.016	0.015	-2.4	-3.1	-1.0
香港	0.009	0.008	0.007	0.007	-3.8	-1.6	-1.7
韓国	0.019	0.022	0.020	0.018	-3.1	-2.4	-2.6
シンガポール	0.032	0.027	0.017	0.016	-3.3	-8.9	-1.4
台湾	0.025	0.028	0.024	0.022	2.0	-3.2	-2.0
インドネシア	0.020	0.022	0.021	0.017	2.2	-0.9	-4.5
マレーシア	0.013	0.015	0.017	0.020	2.0	3.1	3.4
フィリピン	0.016	0.014	0.012	0.014	-3.2	-2.0	2.4
タイ	0.014	0.016	0.016	0.017	1.8	-0.4	1.9
ハンガリー	0.007	0.009	0.010	0.012	5.7	3.5	4.2
インド	0.019	0.023	0.024	0.026	3.6	1.4	1.6
ネパール	0.003	0.004	0.004	0.004	6.3	1.3	1.5
パキスタン	0.022	0.023	0.024	0.025	1.0	1.1	1.0
スリランカ	0.010	0.010	0.008	0.008	0.0	-2.5	-1.9
韓国	0.000	0.001	0.001	0.001	29.1	-2.0	5.0
中国	0.105	0.101	0.084	0.076	-0.7	-3.7	-2.5
ミャンマー	0.007	0.007	0.007	0.007	-1.5	1.4	0.2

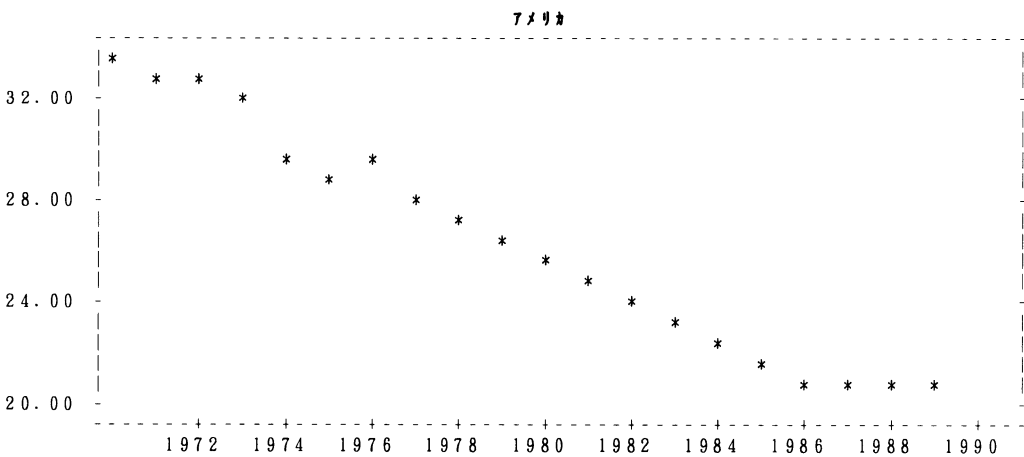
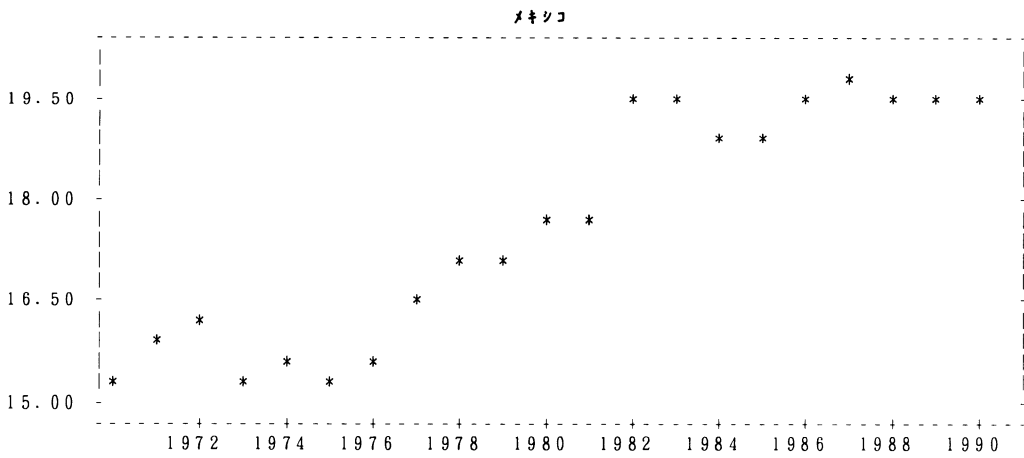
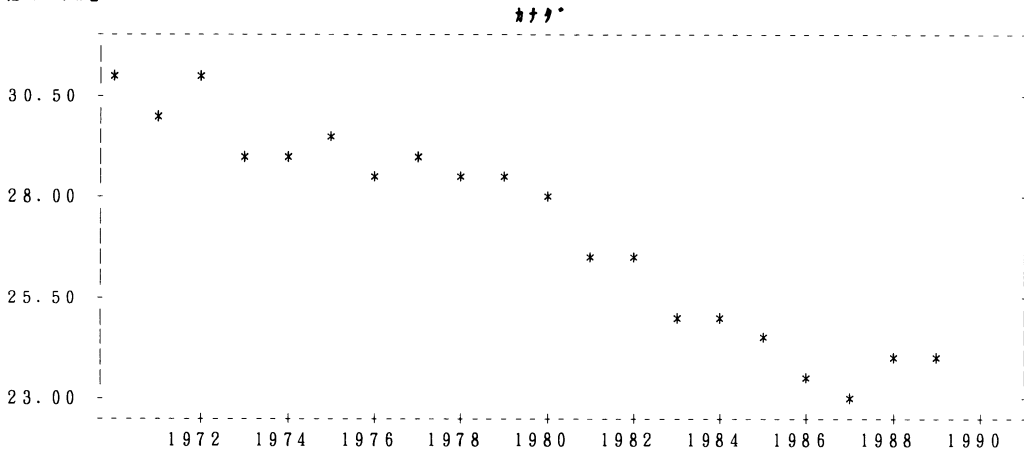
図Ⅱ-2 エネルギー原単位

単位：キログラム/USドル（1980年価格）、%

【先進7ヶ国】

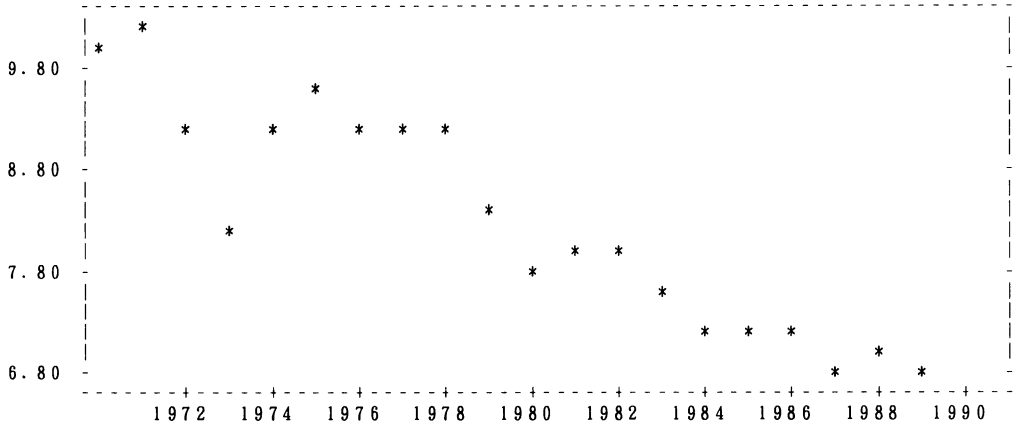


【北アメリカ】

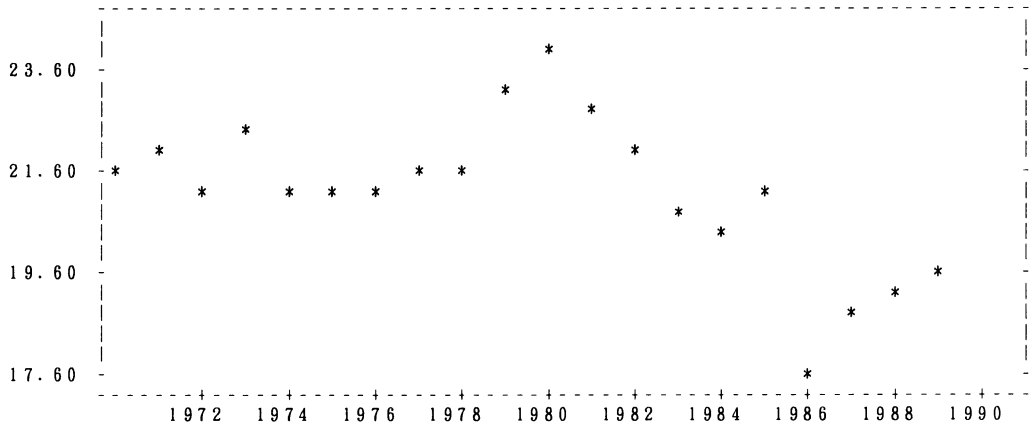


【7777NIES】

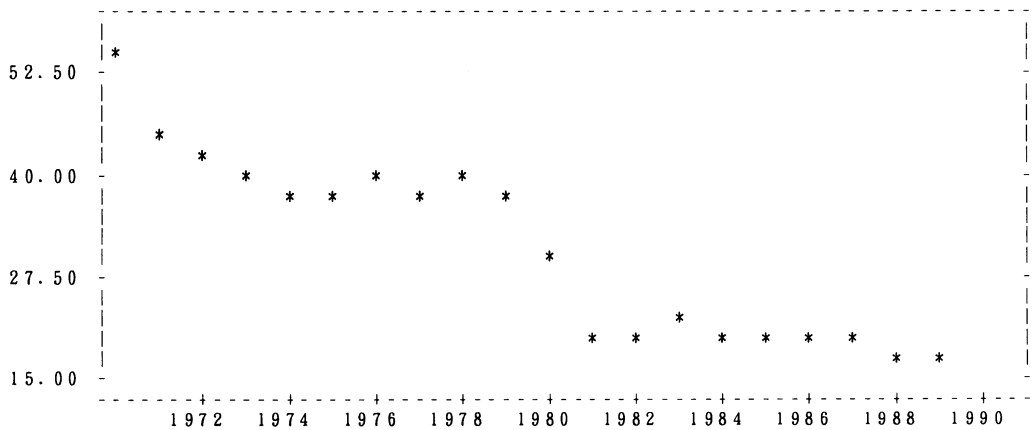
香港

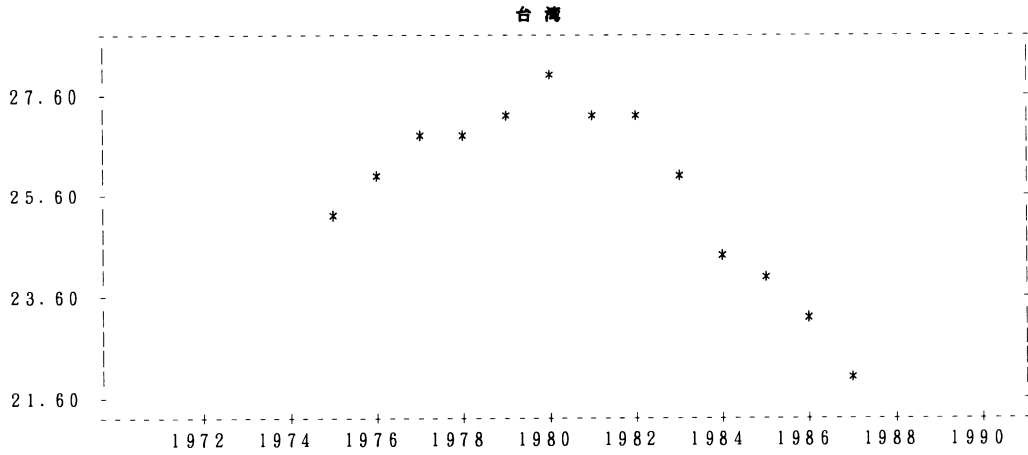


韓国

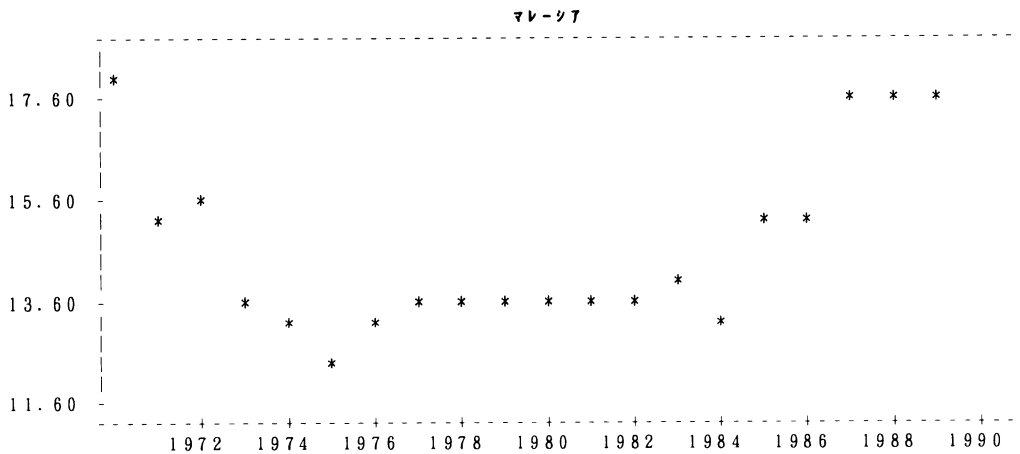
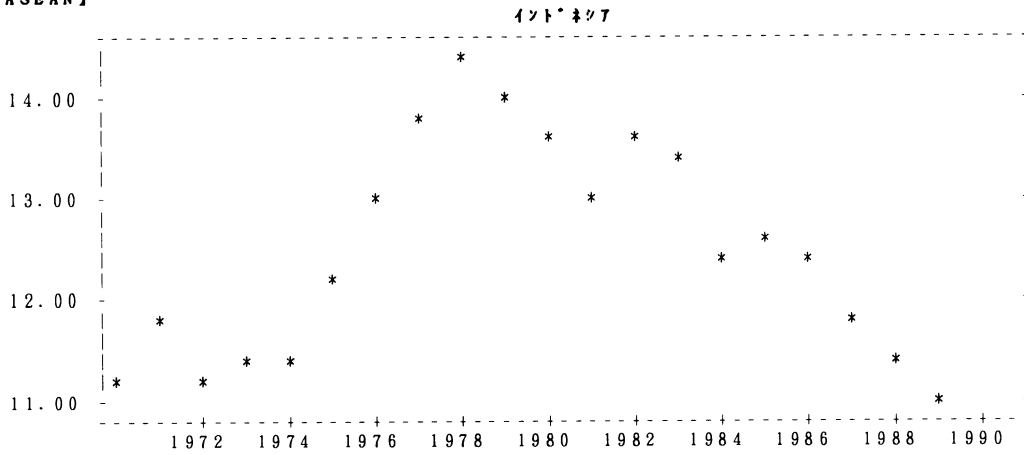


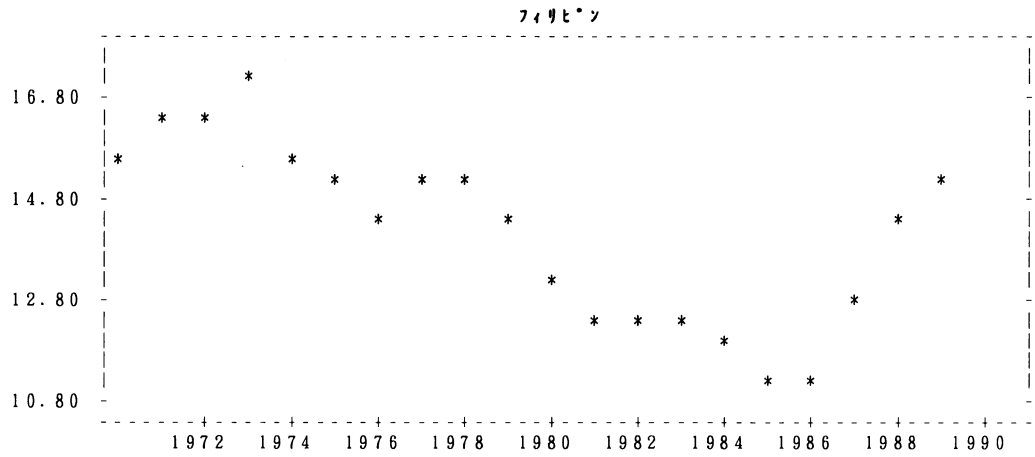
ソウジアスターール



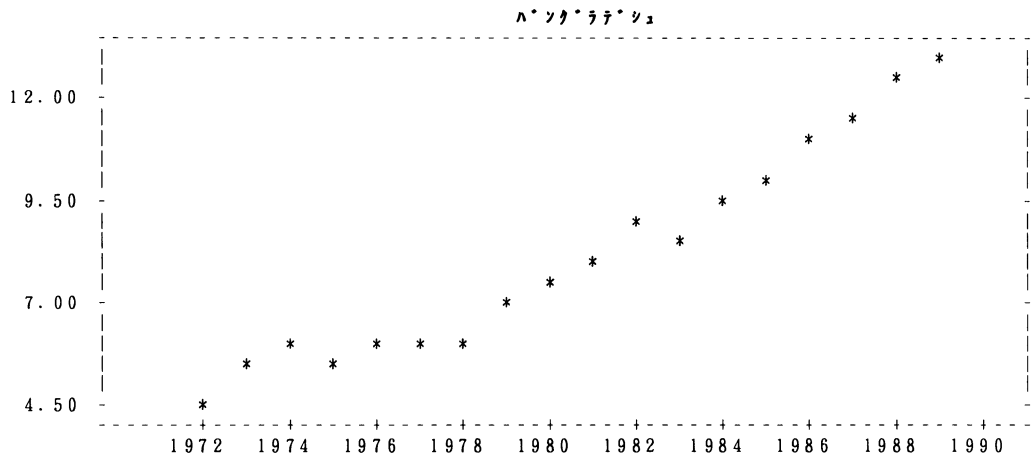


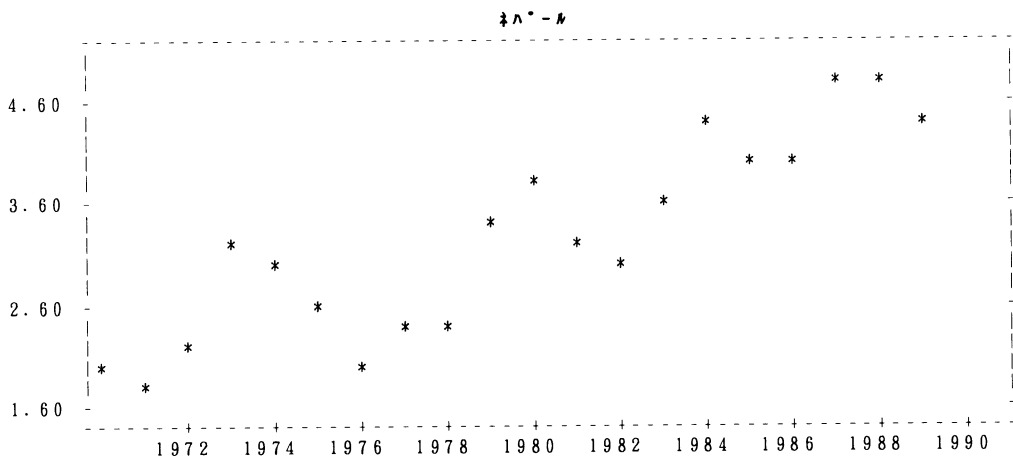
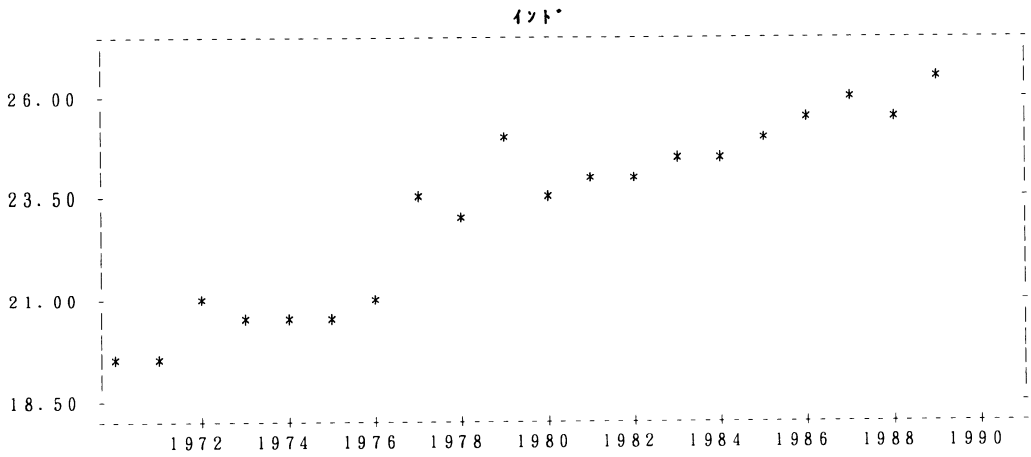
【ASEAN】

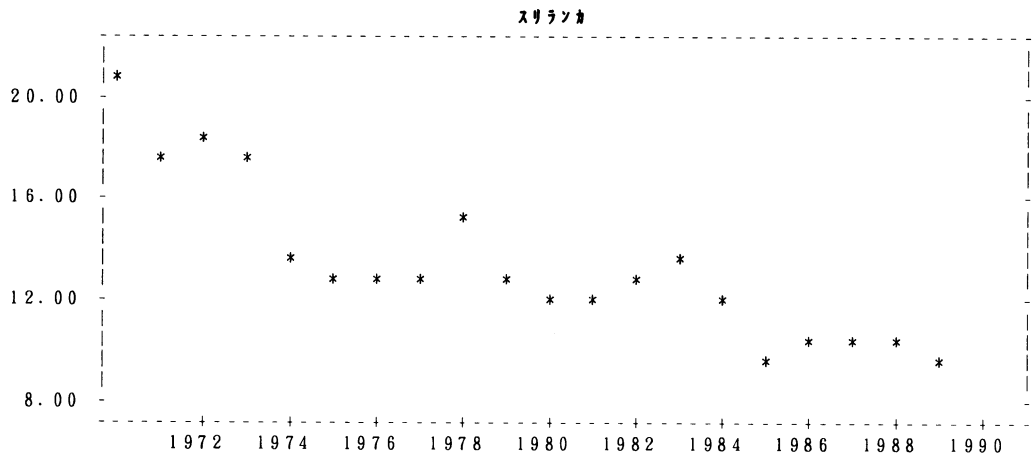




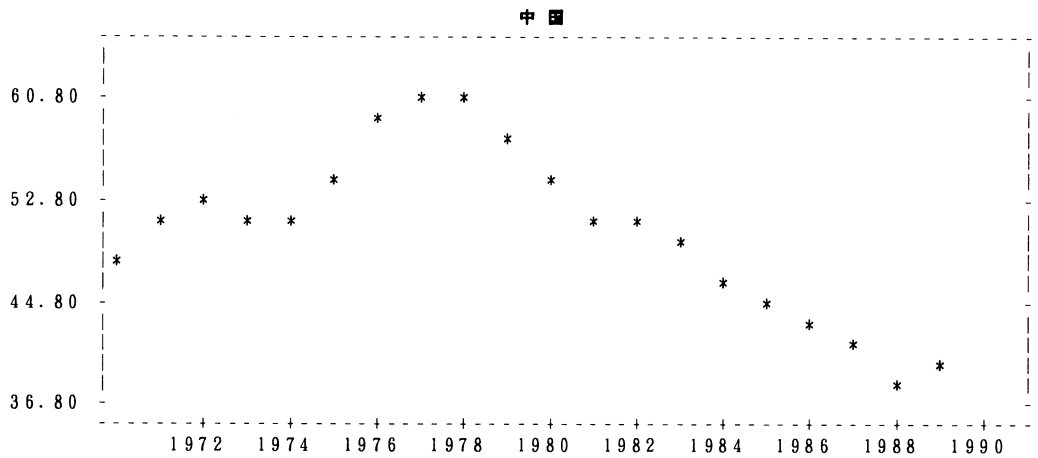
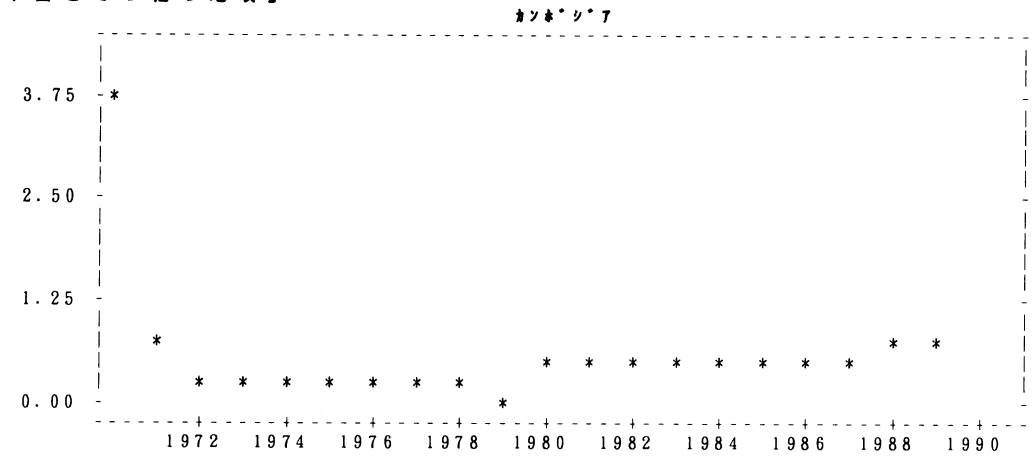
【南アフリカ】

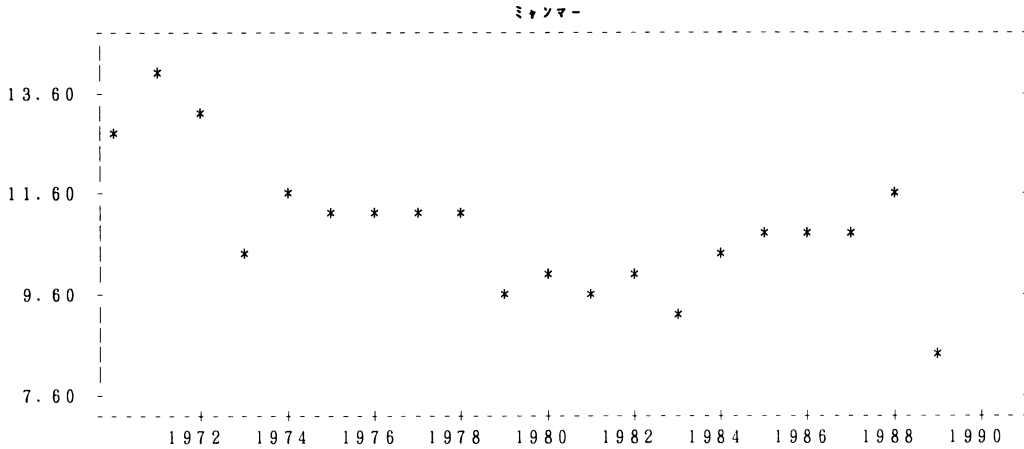






【中国とその他の地域】





Ⅲ 環太平洋環境モデル

本節では環太平洋環境モデルの概要を示すが、まず最初にモデルが取り扱うカントリー・カバレッジについて説明し、次にモデルの概要を簡単にブロックごとに説明する。なおモデルの完全な叙述については、Inada and Ichino (1993) を参照のこと。

Ⅲ-1. カントリー・カバレッジ

本論の最初で述べたように、われわれの興味の対象は環太平洋における経済成長と環境問題である。三極化が進展する世界経済の一つの極としての環太平洋の発展様相には興味のないものがある。環太平洋を形成するまたそれに近接する地域としては、Dynamic Asian Economies や Growth Center と呼ばれ急速に経済発展を経験する地域（アジア NIES, ASEAN, 中国）や、安定的な成長に移行している先進アジアや北アメリカ地域、さらには経済発展から比較的とり残されている南アジアを含む。

われわれは環太平洋環境モデルにおけるカントリー・カバレッジを決定する際に、データの利用可能性と継続性を最も重視した。その結果、以下の22ヶ国及び6地域をモデルにおいて取り扱うことにした（表Ⅲ-1参照）。データの利用可能性と継続性の点から、ベトナム、北朝鮮及びモ

表Ⅲ-1 モデルにおけるカントリー・カバレッジ

地域	構成国	国(地域)
先進アジア	日本, オーストラリア, ニュージーランド	3
北アメリカ	カナダ, アメリカ, メキシコ	3
アジアNIES	韓国, 台湾, 香港, シンガポール	4
ASEAN	インドネシア, マレーシア, フィリピン, タイ	4
南アジア	パキスタン, インド, ネパール, バングラデシュ, スリランカ	5
中国その他	中国, カンボジア, ミャンマー	3
環太平洋		22

ンゴリアはその重要性にもかかわらず取り扱うことが出来なかった。地域分類の基準は基本的に経済発展段階によっているが主要な国際機関（国連，IMF，World Bank）や Project LINK の基準も併せて採用した。

Ⅲ-2. 環太平洋環境モデルの概要

22ヶ国，6地域の環太平洋環境モデルの骨格は以下の[1]～[13]式からなり，推計に際しては各国に共通のスペシフィケーションを採用し，またモデルの複雑性と大型化を避けるために出来るだけ簡単なスペシフィケーションを採用している。モデルは3つのブロックからなっている。

【環太平洋環境モデル】

A. 支出ブロック

[1] 実質民間最終消費支出

$$CH_i = f(GDP_i, CH_i[-1]) \quad \text{for } i=1, 2, \dots, 22$$

[2] 実質国内資本形成

$$IF_i = f(GDP_i, KNF_i[-1], IF_i[-1])$$

[3] 資本ストック

$$KNF_i = (1 - RDEP) * KNF_i[-1] + IF_i$$

RDEP: 除却率

[4] 実質国内需要

$$DD_i = CH_i + IF_i + G_i$$

G: 政府支出

[5] 実質輸出

$$EX_i = f((\sum_j \alpha_{ij} * (PIM_j * IM_j)) / PEX_i)$$

α_{ij} : 第j国の総輸入に占める第i国からのシェア

[6] 実質輸入

$$IM_i = f(GDP_i, PDL(PIM_i/PDD_i))$$

PDL: 多項式分布ラグ

[7] 国内総生産

$$GDP_i = DD_i + EX_i - IM_i$$

[8] 潜在GDP

$$GDPP_i = f(TIME, KNF_i[-1], LF_i)$$

TIME: タイムトレンド LF: 労働力人口

最初のブロックは支出ブロックである。[1]式は実質民間最終消費支出を決定する。コイク型の一般的な消費関数である。自己ラグと所得（実質GDP）で説明されている。

[2]式は実質国内資本形成を説明する。説明変数としては簡単に生産水準（実質GDP）と資本ストックを採用している。[3]式は資本ストックの定義式である。主要国を除く環太平洋の国々では資本ストックはほとんど整備されていないので，本モデルでは各国共通の除却率

（5%）を仮定し、固定資本形成を積み上げてデータを作成した。

[4]式は実質国内需要を決定する定義式である。モデルでは実質政府支出が外生変数である。

[5]式と[6]式は実質の輸出入を決定する。本モデルは、簡単ではあるが環太平洋を構成する国や地域を貿易マトリックスで連結している。まず[6]式で国毎の実質輸入が所得要因の実質GDPと価格要因の相対価格で説明される。つぎに[5]式において、[6]式で決定された各国の輸入に固定シェア（ α_{ij} ）を乗ずることにより各国から当該国への輸出に変換される。それを合計することにより当該国の輸出が決定される。

[7]式は実質国内総生産（GDP）を決定する定義式であり、国内需要と海外需要の合計である。[8]式は生産関数である。実質GDPを被説明変数とし、資本ストック、就業者数及び技術進歩率を表すタイムトレンドで説明している。推計された生産関数に就業者数の代わりに労働力人口を代入することにより潜在GDPのシリーズが決定される。生産関数としてコブ・ダグラス型を仮定している。

B. デフレーター・ブロック

[9] 国内需要デフレーター

$$PDD_i = f(\text{GDP}_i / \text{GDPP}_i, \text{PIM}_i)$$

[10] 輸出デフレーター

$$\text{PEX}_i = f(\text{PDD}_i)$$

[11] 輸入デフレーター

$$\text{PIM}_i = f\left(\sum_j \beta_{ij} * \text{PEX}_j\right)$$

β_{ij} : 第i国の総輸入に占める第j国からの輸入シェア

第二のブロックがデフレーター・ブロックである。基軸デフレーターは国内需要デフレーター（[9]式）で、海外要因としての輸入デフレーターと稼働率の代理変数として実質GDPと潜在GDPの比率で説明される。

[10]式は輸出デフレーターの決定式で国内価格要因（国内需要デフレーター）で説明される。一方輸入デフレーター（[11]式）は、[10]式で決定された各国の輸出デフレーターに各国の当該国の輸入に占めるシェア（ β_{ij} ）を乗じることにより決定される。すなわち、当該国の輸入デフレーターは貿易相手国のシェアで加重した平均として決定される。

C. エネルギー・環境ブロック

[12] エネルギー消費量（アメリカ、日本、中国以外）

$$\text{ENG}_i = \text{RENG}_i * \text{GDP}_i$$

RENG: エネルギー原単位

[**] エネルギー消費量（アメリカ、日本、中国）

$$\text{ENG}_i = f(\text{GDP}_i, \text{PDL}((1 + \text{TRENG}) * \text{PENG}_i / \text{RATE}_i / \text{PDD}_i))$$

TRENG: エネルギー税率 PENG: エネルギー価格指数 RATE: 為替レート

[13] CO₂ 排出量（アメリカ，日本，中国以外）

$$CO_{2i} = RCO_{2i} * RENG_i * GDP_i$$

RCO₂: CO₂ 発生原単位

[**] CO₂ 排出量（アメリカ，日本，中国）

$$CO_{2i} = RCO_{2i} * ENG_i$$

第三のブロックはエネルギー・環境ブロックである。エネルギー消費量（ENG）はエネルギー原単位（RENG）に実質 GDP を乗じて決定される（[12]式）。CO₂ 排出量（[13]式）は、Ⅱ節の基本方程式で述べたように CO₂ 発生原単位（RCO₂）とエネルギー原単位と実質 GDP の積によって決定される。ブロック A において実質 GDP が決定されるから、CO₂ 発生原単位とエネルギー原単位を与えれば CO₂ 排出量が決定されることになる。

さて本モデルにおいては、CO₂ 排出量とエネルギー消費量の決定に際して、アメリカ，日本，中国の3ヶ国とそれ以外の国とは異なった取扱いをしている。エネルギー原単位は各国の国内価格とエネルギー価格のデータがあればエネルギー需要関数として推計することにより内生化できることになる。アメリカ，日本，中国は環太平洋における CO₂ 排出量の大きなシェアを占めている。われわれはこれらの国の重要性和エネルギー価格データの利用可能性から、エネルギー需要を内生化した（[12]式の代替式を参照）。

アメリカ，日本，中国の CO₂ 排出量は、CO₂ 発生原単位とエネルギー消費量の積によって決定される（[13]式の代替式を参照）。3国の CO₂ 発生原単位は外生変数であるが、エネルギー消費量は経済活動水準（実質 GDP）とエネルギー価格と国内価格の相対価格の分布ラグ⁸⁾で決定される。エネルギー価格にはエネルギー税率が考慮されており、エネルギー税導入のエネルギー消費に与える経済的効果が把握できることになる。表Ⅲ-2には3国のエネルギー需要関数の長期弾力性が示されている。所得弾力性についてはアメリカが一番低く、中国が一番大きい。価格弾力性は中国が一番小さく、アメリカが一番大きい。日本はいずれも中間である。このエネルギー価格弾力性の推計結果からわかるように、価格に対して同率のエネルギー税を課した場合エネルギー削減効果は、アメリカの場合中国の約3倍、日本の2.5倍と推定できる。

アメリカ，日本，中国以外の国については適切なエネルギーデータがないのでエネルギー原単位を外生変数とした。したがって、これらの国については[12]と[13]式で CO₂ 排出量とエネルギー消費量が決定されることになる。

表Ⅲ-2 アメリカ，日本，中国のエネルギー需要関数

	所得弾力性	価格弾力性
アメリカ	0.291	-0.284
日本	0.328	-0.124
中国	0.589	-0.106

Ⅳ データベース

前節では環太平洋環境モデルの概要を示した。環太平洋環境モデルを構築する際には、(1)国民経済計算、(2)エネルギー消費量及びCO₂排出量、(3)エネルギー価格及び国内価格のデータが必要となる。以下簡単にモデルで使用されるデータについて解説する。

【国民経済計算】

環太平洋22ヶ国の国民経済計算支出勘定のデータとして、国連の Office for Development Research and Analysis で開発・維持されている MEDS (Macro Economic Data System) のデータを使用した。実質 GDP の各構成項目データは各国で共通の1980年 US\$ 価格で表示されている。

【エネルギー消費量と CO₂ 排出量】

エネルギー消費量と CO₂ 排出量のデータとしては、World Resources Institute (以下 WRI) のデータベースを使用した。これらのデータは WRI の年報である World Resources (Various Issue) に掲載されている。同年報の Table 21.2 には国別エネルギー消費量 (Commercial Energy Consumption) が掲載されている。単位はペタジュールである。

Table 24.1 には国別 CO₂ 排出量 (CO₂ Emissions from Industrial Processes) が掲載されている。CO₂ は産業過程と森林破壊から排出されるが、本論では産業過程からの排出のみを取り扱う。単位はメトリック・トンである。CO₂ 排出量は炭素換算ではなく CO₂ 換算である。炭素換算するためには CO₂ 排出量を3.664で割らなければならない。

WRI データベースでは台湾と香港のデータが報告されていない。両国のデータについては、科学技術庁 (1993) を利用した。

【エネルギー価格と国内価格】

アメリカ、日本、及び中国のエネルギー価格指数については、以下の統計書から加工利用した。まず、アメリカのエネルギー価格については、Department of Labor (Bureau of Labor Statistics) の Producer Price Indexes by Stage and Processing Energy を用いた。

日本のエネルギー価格指数については、日本銀行調査統計局、物価統計年報から得られる総合卸売物価戦前基準指数の用途別指数のうち燃料・動力 (Fuel & Energy) 価格指数を用いた。

中国のエネルギー価格指数については、中国統計年鑑 (1993) の表 7-24 に記載されている産業別生産者価格指数のうち、電力、石炭、石油産業を取りあげ、三指数の単純平均をエネルギー価格指数とした。

各国の国内需要デフレーター、輸出輸入デフレーターは、MEDS データベースで得られる当該名目変数を実質変数で除して作成した。なお為替レートについては IMF/IFS に掲載されている市場レートの期中平均を用いた。

V 若干のシミュレーション

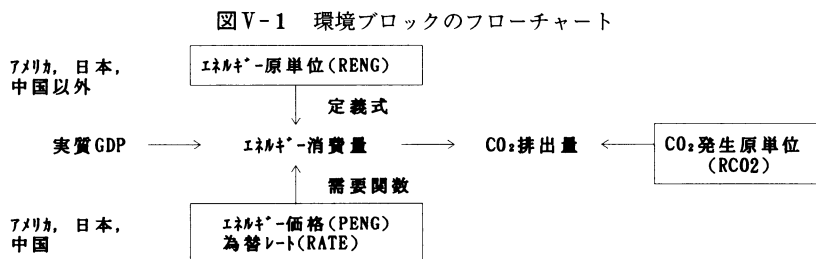
本節ではⅢ節で説明された環太平洋環境モデルを用いて若干のシミュレーションを行う。まず前半では、シミュレーションの方法とそのための準備について説明する。後半では、2000年までの環太平洋におけるCO₂排出量の予測を行う。またアメリカ、日本及び中国においてエネルギー税が導入された場合のCO₂排出量削減効果を検討する。

V-1. シミュレーションの方法と準備

われわれは第Ⅲ節で提示したモデルを用いて若干のシミュレーションを行うが、そのためにシミュレーションの方法についての説明と準備が必要である。

【モデルにおけるCO₂排出の因果関係】

われわれのモデルでは、ブロックAやBで実質GDPや国内需要デフレーター(PDD)が決定される。一旦、実質GDP及び国内需要デフレーター、また外生変数であるエネルギー価格(PENG)、為替レート(RATE)、エネルギー原単位(RENG)、及びCO₂発生原単位(RC02)が与えられると、ブロックCではエネルギー需要やCO₂排出量が決定される(以下、図V-1のフローチャート参照、ボックスは外生変数)。ただし、エネルギー消費量(ENG)決定に際して、アメリカ、日本、中国については直接にエネルギー需要関数が推計されるが、3ヶ国以外については外生変数であるエネルギー原単位に実質GDPを乗じて定義的に決定される。



【外生変数の想定】

さて予測を行う際には外生変数の想定が必要である。実質GDPを決定する支出ブロックの外生変数としては政府支出、除却率、貿易シェア及び労働力人口がある。また環境・エネルギーブロックにおいて、エネルギー消費量を決定する外生変数としてはエネルギー原単位、エネルギー価格、為替レートが、CO₂排出量を決定する外生変数としてはCO₂発生原単位がある。

われわれは、政府支出、為替レート及び労働力人口の予測期間における想定値についてはProject LINKの2000年までの想定値等⁹⁾を参照した。また除却率及び貿易シェアは予測期間中一定とした。

アメリカ、日本、中国のエネルギー価格についても同様にProject LINKの2000年までの原油

価格の予測値を参照にし、原油価格の伸び率と同率で伸びると想定した。ちなみに2000年の原油価格の想定値はバーレルあたり21.34ドルである。CO₂発生原単位については今回は2000年まで1989年の値で一定とした。すなわちエネルギー構成比が一定と想定している。エネルギー間の代替については今後の課題としたい。

【エネルギー原単位の見直し】

アメリカ、日本、中国以外の国についてはエネルギー原単位の想定値が2000年まで必要である。そこでわれわれはエネルギー原単位予測の一次接近として、標本期間中の動向（図Ⅱ-2参照）に注意し、エネルギー原単位の対数値をタイムトレンドで回帰した。タイムトレンドの係数値は標本期間の平均変化率を表している。その計測結果が表V-1に示されている。われわれはこの国別の係数値を参考にして外挿を行った。

表V-1 エネルギー原単位の推計

国	係数	国	係数
オーストラリア	0.00526	マレーシア	0.01812
ニュージーランド	0.02066	フィリピン	-0.01160
カナダ	-0.01597	タイ	0.00422
メキシコ	0.01541	ハンガリー	0.05650
香港	-0.02085	インド	0.01606
韓国	-0.00561	ネパール	0.04673
シンガポール	-0.06124	パキスタン	0.01602
台湾	0.02819	スリランカ	-0.03226
	(-0.02748)	カンボジア	0.05812
インドネシア	0.03302	ミャンマー	-0.01236
	(-0.01872)		

注) 推計式は、 $\text{Ln}(\text{RENG})=a+b*\text{TIMETREND}$ のスペシフィケーションである。標本期間は原則として1970～89年。標本期間でデータのトレンドが逆転している場合は、その時点で屈折するタイムトレンドを用いている。その場合の推計式は、 $\text{Ln}(\text{RENG})=a+b_1*\text{TIMETREND1}+b_2*\text{TIMETREND2}$ となる。括弧内の数値は係数 b_2 を示している。その他は b ないし b_1 の係数である。

表V-1からわかるように、一般的な傾向として資源大国はエネルギー消費的である。例えば、オーストラリア、インドなどは国内に石炭を多く産出するため省エネルギー的でない。アジアNIESは省エネルギーの傾向がみられるが、ASEANやメキシコはエネルギー多消費型の成長である。また南アジアや最貧国はエネルギー原単位が増加している。

V-2. 2000年における環太平洋の経済成長と環境問題

以上の設定をもとに、われわれはモデルを用いて2000年における環太平洋経済成長とエネルギー消費量及びCO₂排出量の予測を行った。

【環太平洋経済成長の予測】

表V-2には、1990～2000年の環太平洋における国・地域別の経済成長率の予測値が示されている。外生変数等はProject LINKの想定値に依拠しているためきわめてよく似た成長パターンとなっている。

成長のパターンとしては、1991年に英語圏の国（アメリカ、カナダ、オーストラリア、ニュージーランド）が最初にマイナス成長に入り、93年から回復に向かっている。それに対して日本は遅れて不況過程に入り本格的に回復するのが95年以降となっている。

表V-2 環太平洋経済成長率の予測

単位：%

年次	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
先進7ヶ国											
オーストラリア											
基準解	1.5	-1.2	2.1	3.2	3.4	3.3	2.6	2.5	2.7	2.4	2.4
日本											
基準解	5.6	4.1	1.3	-0.3	1.3	3.3	4.6	2.5	2.1	2.4	2.1
ニュージーランド											
基準解	0.8	-1.1	2.4	5.2	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.5	2.5
北アメリカ											
カナダ											
基準解	0.5	-1.7	0.7	3.1	3.9	4.3	4.5	4.2	4.0	3.9	3.3
メキシコ											
基準解	3.9	3.6	2.7	0.4	3.2	5.5	5.2	5.6	5.8	5.8	5.8
アメリカ											
基準解	0.6	-1.2	2.1	3.0	3.2	2.9	2.4	2.4	3.0	3.1	3.2
アジアNIES											
韓国											
基準解	9.0	8.4	4.3	5.3	7.3	7.6	7.2	7.2	7.8	7.8	7.7
香港											
基準解	2.5	4.2	4.9	5.2	5.2	5.1	5.3	5.0	5.0	5.0	5.0
シンガポール											
基準解	8.3	6.7	5.8	9.8	7.1	7.2	7.0	7.6	6.5	6.5	6.5
台湾											
基準解	4.7	7.3	6.5	6.1	6.3	6.9	6.7	6.6	7.1	7.2	7.7
ASEAN											
インドネシア											
基準解	7.4	6.6	5.3	6.9	7.1	6.9	7.0	7.1	7.0	7.0	7.0
タイ											
基準解	10.0	7.9	7.0	7.7	8.2	8.4	8.1	8.0	7.9	7.5	7.3
フィリピン											
基準解	2.2	-0.7	0.0	1.7	4.3	5.4	6.0	6.0	5.0	5.0	5.0
マレーシア											
基準解	9.4	8.8	7.6	8.0	8.1	8.0	7.8	7.7	7.6	7.6	7.6
南アジア											
バングラデシュ											
基準解	4.7	1.2	4.4	4.7	4.7	4.9	4.9	5.0	4.9	4.9	4.9
インド											
基準解	4.7	1.2	4.4	3.5	4.8	5.3	5.4	5.2	5.3	5.2	5.2
パキスタン											
基準解	5.5	1.2	4.4	4.3	6.5	6.5	5.8	5.8	6.0	6.1	6.2
スリランカ											
基準解	5.1	1.2	4.4	6.2	5.1	4.9	4.6	4.5	4.5	4.6	4.6
ネパール											
基準解	3.0	1.2	4.4	4.7	4.7	4.9	4.9	5.0	4.9	4.9	4.9
中国及びその他											
中国											
基準解	6.3	7.7	12.00	13.4	10.2	8.9	8.5	8.2	8.0	8.0	8.0
カボベルデ											
基準解	1.0	1.2	4.40	6.2	5.1	4.9	4.6	4.5	4.5	4.6	4.6
ミャンマー											
基準解	5.6	1.2	4.40	6.2	5.1	4.9	4.6	4.5	4.5	4.6	4.6
環太平洋											
基準解	3.0	1.6	3.20	3.6	4.1	4.4	4.4	3.9	4.1	4.3	4.3

一方、アジア NIES や ASEAN の成長率は平均して 5% 以上の伸びを示す。特に、中国の成長率は非常に高く予測期間でも 8% を超える成長である。

【エネルギー消費量の予測】

次にエネルギー消費の動向を地域別に見たのが表 V-3 である。1990~2000 年間の平均成長率で見ると、環太平洋全体では 2.7% の伸び、北アメリカで 1.1%、先進アジアで 1.4%、アジア NIES で 5.1%、ASEAN で 6.7%、南アジアで 6.4%、中国その他 (China and Others) で 5.4% の伸びである。

主要国のエネルギー消費の伸びを見ると、アメリカは 0.7%、日本は 0.8%、中国は 5.4% となっている。アメリカや日本のエネルギー消費量の伸びが非常に小さいのは、この間に相当省エネ

表 V-3 環太平洋におけるエネルギー消費量の予測

単位：ペタジュール、%

年次	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2000/1990 (%)
先進アジア												
基準解	19044	19228	19468	19721	20057	20426	20808	21066	21305	21542	21771	1.4
シェア(%)	12.8	12.7	12.5	12.3	12.2	12.0	11.9	11.7	11.5	11.3	11.1	
日本												
基準解	14925	15128	15250	15326	15472	15652	15867	15960	16023	16093	16148	0.8
シェア(%)	10.0	10.0	9.8	9.6	9.4	9.2	9.1	8.9	8.7	8.5	8.3	
北アメリカ												
基準解	84592	84572	85447	86437	87489	88541	89605	90673	91854	93074	94354	1.1
シェア(%)	56.6	55.8	54.9	53.9	53.0	52.2	51.3	50.5	49.8	49.0	48.2	
アメリカ												
基準解	71746	71763	72507	73285	73913	74368	74805	75212	75700	76195	76762	0.7
シェア(%)	48.0	47.3	46.6	45.7	44.8	43.8	42.9	41.9	41.0	40.1	39.2	
アジアNIES												
基準解	5552	5872	6066	6309	6625	6982	7342	7721	8156	8621	9124	5.1
シェア(%)	3.7	3.9	3.9	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.7	
ASEAN												
基準解	3982	4222	4444	4730	5064	5428	5818	6237	6678	7144	7640	6.7
シェア(%)	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.5	3.6	3.8	3.9	
南アジア												
基準解	9326	9598	10190	10741	11468	12296	13186	14119	15133	16210	17366	6.4
シェア(%)	6.2	6.3	6.5	6.7	7.0	7.2	7.6	7.9	8.2	8.5	8.9	
中国及びその他												
基準解	26856	28081	30021	32328	34243	36021	37807	39617	41467	43403	45428	5.4
シェア(%)	18.0	18.5	19.3	20.2	20.8	21.2	21.7	22.1	22.5	22.8	23.2	
中国												
基準解	26772	27996	29933	32235	34146	35920	37702	39507	41353	43284	45304	5.4
シェア(%)	17.9	18.5	19.2	20.1	20.7	21.2	21.6	22.0	22.4	22.8	23.2	
環太平洋												
基準解	149353	151572	155636	160265	164945	169694	174566	179432	184592	189993	195683	2.7
シェア(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	

ルギーが進展するからである。中国の経済成長率は平均8%を超えるものの省エネルギーが進むためエネルギー消費は成長率以下に抑制される。

2000年の環太平洋におけるエネルギー消費のシェアをみると、先進アジアでは1990年の12.8%から2000年には11.1%に低下する。北アメリカでは同じく56.6%から48.2%に低下する。アジアNIESでは3.7%から4.7%へ、ASEANでは2.7%から3.9%へ、南アジアでは6.2%から8.9%へと上昇する。特徴的なのは中国及びその他である。中国の高度成長の結果、シェアは18%から23.2%へと5%ポイントも上昇する。

【環太平洋におけるCO₂排出量の予測】

このモデルでは、CO₂発生原単位は予測期間において1989年の値で一定と想定しているため、CO₂排出量の伸びはエネルギー消費量の伸びとほぼ同じである。

環太平洋のCO₂排出量は1990年で108億9,000万トンで2000年で146億6,400万トンとなりこの間の伸び率は年平均で3%となる。

先進アジアでは、1990年の13億5,800万トンから2000年の15億4,900万トンになり、この間の平均成長率は1.3%である。同期間のシェアは12.5%から10.6%に2%ポイント程度低下する。

北アメリカでは、同期間に55億4,900万トンから62億1,100万トンに、年平均0.8%で増加する。

表V-4 環太平洋におけるCO₂排出量の予測

単位：メガMTトン、%

年次	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2000/1990 (%)
先進アジア												
基準解	1358	1371	1388	1406	1429	1455	1482	1500	1516	1533	1549	1.3
シェア(%)	12.5	12.4	12.2	11.9	11.7	11.6	11.4	11.2	11.0	10.8	10.6	
日本												
基準解	1069	1083	1092	1097	1108	1121	1136	1143	1147	1152	1156	0.8
シェア(%)	9.8	9.8	9.6	9.3	9.1	8.9	8.8	8.6	8.3	8.1	7.9	
北アメリカ												
基準解	5549	5553	5613	5678	5748	5818	5889	5961	6040	6123	6211	1.1
シェア(%)	51.0	50.1	49.2	48.1	47.2	46.3	45.5	44.7	43.9	43.1	42.4	
アメリカ												
基準解	4761	4762	4812	4863	4905	4935	4964	4991	5024	5057	5094	0.7
シェア(%)	43.7	43.0	42.1	41.2	40.3	39.3	38.3	37.4	36.5	35.6	34.7	
アジアNIES												
基準解	425	450	464	483	508	535	563	592	625	661	700	5.1
シェア(%)	3.9	4.1	4.1	4.1	4.2	4.3	4.3	4.4	4.5	4.7	4.8	
ASEAN												
基準解	327	346	363	386	412	441	471	504	539	575	614	6.5
シェア(%)	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.8	3.9	4.1	4.2	
南アジア												
基準解	780	802	851	897	957	1026	1099	1177	1261	1350	1445	6.4
シェア(%)	7.2	7.2	7.5	7.6	7.9	8.2	8.5	8.8	9.2	9.5	9.9	
中国及びその他												
基準解	2451	2562	2739	2950	3125	3287	3450	3615	3784	3961	4146	5.4
シェア(%)	22.5	23.1	24.0	25.0	25.7	26.2	26.6	27.1	27.5	27.9	28.3	
中国												
基準解	2445	2557	2734	2944	3118	3280	3443	3608	3776	3953	4137	5.4
シェア(%)	22.5	23.1	23.9	24.9	25.6	26.1	26.6	27.0	27.4	27.8	28.2	
環太平洋												
基準解	10890	11084	11420	11800	12179	12562	12954	13349	13766	14203	14664	3.0
シェア(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	

(注) 数値はCO₂換算であることに注意

先進アジアと同様に、シェアは51%から42.4%に低下する。

アジアNIESでは、同期間に4億2,500万トンから7億トンに増加し、年平均成長率は5.1%である。シェアはこの間3.9%から4.8%に1%ポイント程度拡大する。

ASEANでは、同期間に3億2,700万トンから6億1,400万トンにほぼ倍増し、年平均成長率は6.5%となる。その結果、シェアは3%から4.2%に1.2%ポイント拡大する。

南アジアでは、同期間に7億8,000万トンから14億4,500万トンに増加し、年平均成長率は6.4%である。シェアは7.2%から9.9%に2.7%ポイント拡大する。

中国その他では、同期間に年平均成長率5.4%で24億4,500万トンから41億4,600万トンに増加し、シェアは22.5%から28.2%に拡大する(表V-4及び図V-2, 3参照)。

ここではCO₂排出量の伸びを他の文献と比較してわれわれの予測値を検討してみよう。Amano (1993) のサーベイ論文のTable 1によれば、1990~2000年間で5つの研究報告の世界のCO₂排出量の伸びの予測値は1%から2.1%の間に分布している。そこで、これらの研究報告と比較可能な国のCO₂排出量の伸びについてわれわれの結果と比較してみよう。¹⁰⁾

まずアメリカについて、同期間で5つの研究報告のCO₂排出量の平均伸び率は0.8%から1.5%の間である。われわれの同期間での平均伸び率は0.7%であるから低いほうである。もっと

図 V-2 環太平洋における CO₂ 排出量の子測

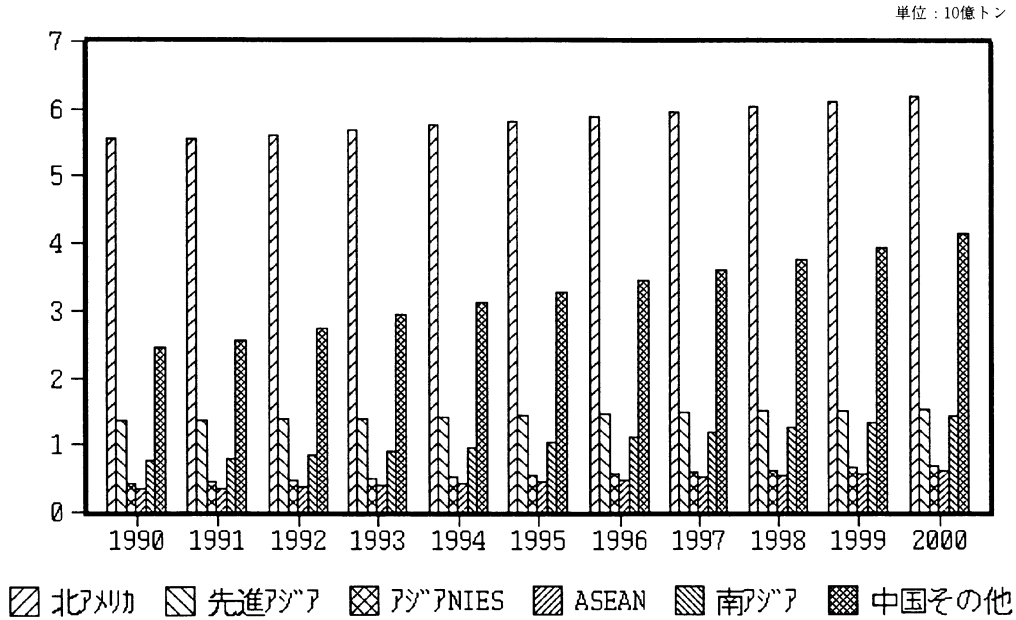
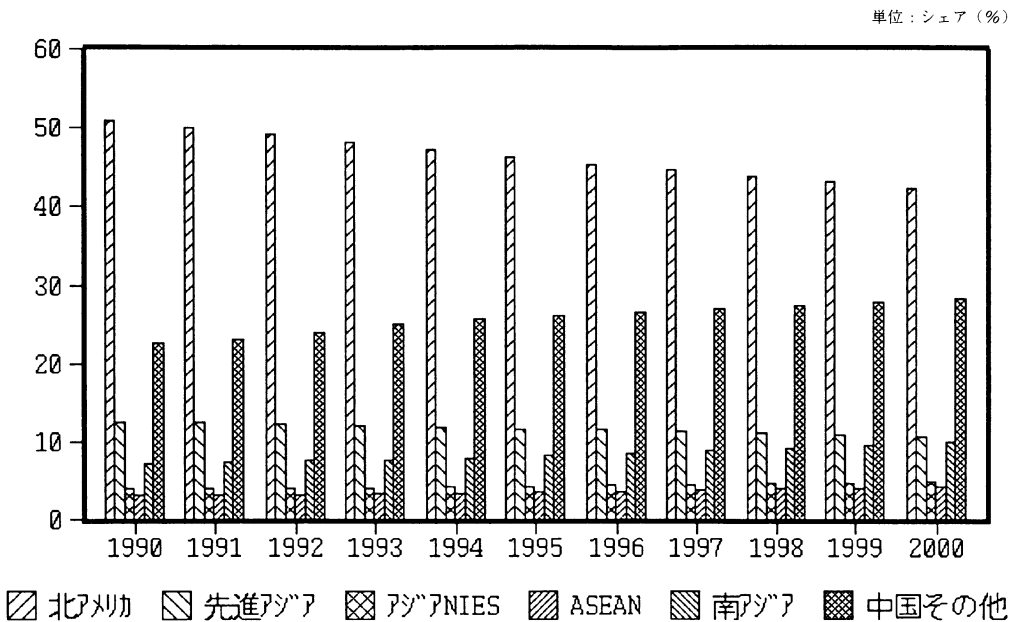


図 V-3 環太平洋における CO₂ 排出量の子測



もわれわれの場合は景気循環を比較的忠実に予測しているから、90～92年のアメリカの低成長率が影響しているのかも知れない。

中国を比較してみると、5つの研究報告では同期間の伸び率は1.4%から3.7%の間に分布しているのに対して、われわれの場合は5.4%と比較的高い。おそらくわれわれは2000年までの中国の経済成長率予測を8%以上としているために高めに出ていると思われる。また中国のエネルギー消費は現在石炭が中心であるが今後天然ガスにシフトする可能性が高い。そうした場合、CO₂

発生原単位は低下する可能性が高いから CO₂ 排出量の伸びは低下するであろう。

V-3. エネルギー税の CO₂ 削減効果

V-2 の予測から明らかなように、2000年の環太平洋における CO₂ 排出量は1990年の108億9,000万トンから146億6,400万トンへと1.35倍になる。エネルギーに関する大きな政策変更なしにはとうてい1990年の CO₂ 排出量水準を維持できないことになる。CO₂ 排出量のシェアに注目すると、北アメリカと先進アジアの合計は1990年の63.5%から2000年に53%に低下する。すなわち、CO₂ 排出の主たる貢献者が発展途上国に移行することを意味している。比較的低成長で省エネルギー技術が進んだ先進国対高成長で省エネルギー技術の遅れた発展途上国というコントラストが浮かび上がってくる。このような陰鬱な事態を改善するためにも先進国での一層の省エネルギー努力と省エネルギー技術の発展途上国への速やかな移転がきわめて重要となる。

経済学では CO₂ 排出量水準を抑制する手段としてエネルギー課税や CO₂ 税が提唱されている¹¹⁾。すでにⅢ節のモデル解説において示唆したように、われわれのモデルではエネルギー課税の効果を検討することが出来る。本節の最後にエネルギー課税が CO₂ 削減にどの程度効果をもつか示そう。

【エネルギー税の CO₂ 削減効果】

アメリカ、日本、中国のエネルギー需要関数におけるエネルギー課税率 (TRENG) に税率を代入することにより、エネルギー削減効果を通じて CO₂ 排出量削減効果を表現できる。ここでは、アメリカに30%のエネルギー課税、日本と中国にはそれぞれ10%のエネルギー課税の導入を仮定する。30%と10%の違いの厳密な意味はないが、例えばアメリカと日本のガソリン価格の差を考慮した場合、同程度のインパクトを反映するために仮定したものである。1990年から仮想的にエネルギー課税が導入された場合の CO₂ 削減効果が表 V-5 に示されている。

この仮想的な政策が実施された場合、環太平洋で2000年において4億3,200万トン程度 CO₂ 排出量を削減できることがわかる。率にして約3%の削減効果である。アメリカでは3.8%から7.4%程度、日本では0.6%から1.2%程度、中国では0.5%から1%程度の削減である。表Ⅲ-2で示した価格弾力性にエネルギー課税率を考慮した相対価格の変化を乗じた値に結果はほぼ対応していることがわかる。この結果を大きいとみるか小さいとみるは意見の分かれるところである。われわれはエネルギー課税の CO₂ 削減効果はそう大きいものではないが、一定の効果をもつと考える。要は省エネルギー対策や代替エネルギーも含めた意味での国際間での総合エネルギー対策の必要性がきわめて重要であると思われる。

表V-5 エネルギー税のCO₂削減効果

アメリカ、日本、中国のエネルギー課税（エネルギー価格の30%、10%、10%相当）単位：メガMTトン、%

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
先進7ヶ国											
基準解	1358	1371	1388	1406	1429	1455	1482	1500	1516	1533	1549
シミュレーション	1352	1361	1375	1393	1416	1442	1469	1486	1503	1519	1535
乖離幅	-6	-11	-13	-13	-13	-13	-13	-13	-13	-13	-13
乖離率(%)	-0.5	-0.8	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9
日本											
基準解	1069	1083	1092	1097	1108	1121	1136	1143	1147	1152	1156
シミュレーション	1062	1073	1079	1084	1095	1108	1123	1129	1134	1139	1143
乖離幅	-6	-11	-13	-13	-13	-13	-13	-13	-13	-13	-13
乖離率(%)	-0.6	-1.0	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2
北アメリカ											
基準解	5549	5553	5613	5678	5748	5818	5889	5961	6040	6123	6211
シミュレーション	5369	5257	5257	5319	5385	5453	5522	5592	5669	5750	5834
乖離幅	-179	-295	-356	-360	-363	-365	-367	-369	-371	-374	-376
乖離率(%)	-3.2	-5.3	-6.3	-6.3	-6.3	-6.3	-6.2	-6.2	-6.1	-6.1	-6.1
アメリカ											
基準解	4761	4762	4812	4863	4905	4935	4964	4991	5024	5057	5094
シミュレーション	4582	4467	4456	4504	4542	4570	4597	4622	4652	4683	4718
乖離幅	-179	-295	-356	-360	-363	-365	-367	-369	-371	-374	-376
乖離率(%)	-3.8	-6.2	-7.4	-7.4	-7.4	-7.4	-7.4	-7.4	-7.4	-7.4	-7.4
7ヶ国7NIES											
基準解	425	450	464	483	508	535	563	592	625	661	700
シミュレーション	425	450	464	483	508	535	563	592	625	661	700
乖離幅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
乖離率(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ASEAN											
基準解	327	346	363	386	412	441	471	504	539	575	614
シミュレーション	327	346	363	386	412	441	471	504	539	575	614
乖離幅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
乖離率(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
南アジア											
基準解	780	802	851	897	957	1026	1099	1177	1261	1350	1445
シミュレーション	780	802	851	897	957	1026	1099	1177	1261	1350	1445
乖離幅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
乖離率(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
中国及びその他											
基準解	2451	2562	2739	2950	3125	3287	3450	3615	3784	3961	4146
シミュレーション	2438	2541	2712	2920	3093	3254	3415	3579	3746	3921	4104
乖離幅	-12	-22	-28	-30	-32	-33	-35	-37	-38	-40	-42
乖離率(%)	-0.5	-0.8	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
中国											
基準解	2445	2557	2734	2944	3118	3280	3443	3608	3776	3953	4137
シミュレーション	2432	2535	2706	2914	3087	3247	3408	3571	3738	3913	4095
乖離幅	-12	-22	-28	-30	-32	-33	-35	-37	-38	-40	-42
乖離率(%)	-0.5	-0.8	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
環太平洋											
基準解	10890	11084	11420	11800	12179	12562	12954	13349	13766	14203	14664
シミュレーション	10691	10756	11023	11398	11771	12150	12539	12930	13343	13776	14232
乖離幅	-198	-328	-396	-402	-407	-411	-415	-419	-423	-427	-432
乖離率(%)	-1.8	-3.0	-3.5	-3.4	-3.3	-3.3	-3.2	-3.1	-3.1	-3.0	-2.9

VI おわりに

以上われわれが開発した環太平洋環境モデルを用いて、2000年までのCO₂排出の予測と若干の政策シミュレーションの結果を示した。われわれのモデルの特徴は、環太平洋を構成する22ヶ国に焦点を絞り、しかも簡単であるが貿易でリンクしたという意味でコンプリートなオープンモデルである。しかしながら、いくつかの欠点も持ち合わせている。本論の締めくくりとして、われわれのモデルが持つ問題点の指摘と今後の展望を行っておこう。

われわれのモデルはいくつかの欠点を持っている。(1)まず、このモデルではCO₂排出はGDPからトップ・ダウンで決定され、CO₂排出からGDPへのフィードバック関係が欠如している。(2)CO₂抑制の政策手段（例えば、エネルギー課税）は取り扱われているものの、政策手段から実物経済へのフィードバックが考慮されていない。例えば、エネルギー課税が導入された場合の投資決定へのフィードバック・ルートがない。(3)燃料間シフト（例えば、石炭から天然ガスという）が取り扱われていない。(4)われわれのモデルは環境問題を取り扱うには比較的短期的なタイムホライズンである。地球温暖化の問題は多くの環境モデルがそうであるように50～100年単位で取り扱われることが多い。

(1)については、エネルギー消費を生産関数に組み込むことにより改善されるであろう。(2)については、投資関数を改訂することにより対応できるであろう。(3)については、化石燃料データを分割することにより対応できるであろう。(4)については、CGE (Computable General Equilibrium) モデルの使用が計算やパラメータ設定の容易性からして便利である。しかし、パラメータ設定には恣意性が伴うためその応用には慎重さが必要である。

- 1) 地球環境問題と国際政治の関連については米本(1994)が参考になる。
- 2) 地球温暖化の議論に関しては、World Resources (1994)、森(1992)、天野(1994(a), (b))、宇沢・國則(1993)を参照。
- 3) エネルギー消費やCO₂排出量の推移についてはWorld Resources (1994)が参考になる。
- 4) 読者の理解のために、熱量の換算値を示そう。1メガジュールは10⁶ジュールである。これは、キロワット時(kwh)では2.7778*10⁻¹kwh, キロカロリー(kcal)では2.3889*10²kcal, 原油換算キロリットル(kl)では2.58*10⁻⁵kl, 石油換算トン(TOE)では2.3889*10⁻⁵TOE, BTUでは9.7481*10²BTUに相当する。また、1ギガジュールは10⁹ジュール, 1ペタジュールは10¹⁵ジュールをさす。
- 5) 表Ⅱ-4のCO₂排出量の推移で示されているCO₂排出量は炭素換算ではなくCO₂換算であることに注意。単位は1,000トンである。炭素の量(炭素換算)に3.664をかけたものがCO₂換算である。
- 6) CO₂発生の基本方程式は東京大学工学部の茅陽一教授により示されたものである。
- 7) 単位あたりのCO₂発生係数は石炭が0.098 g/kcal, 石油が0.085 g/kcal, ガスが0.053 g/kcalであり、石炭のCO₂発生係数が最も大きい。なお、CO₂発生係数は文献により異なった単位が用いられているので注意する必要がある。
- 8) 分布ラグについては一次で三期のラグを持つアーモンラグで推定している。
- 9) 外生変数の想定については、Project LINK Forecast Summary (1993)を参照した。
- 10) 5つの研究報告とはIEA Model, OECD GREEN Model, Edmonds and Reily Model, Manne and

Richels Model 及び Rutherford Model によって示された予測値を意味する。Amano (1993) を参照。
11) Jorgenson and Wilcoxon (1994) は、異なるエネルギー税制 (CO₂ 税, BTU 税, 従価税) の経済的効果を分析している。

【参 考 文 献】

- Amano, A. (1993), "Global Warming and Economic Policy", *Economic Studies Quarterly*, Vol. 44.
- 天野明弘 (1994(a)), 『世界経済研究—発展と相互依存—』, 有斐閣。
- 天野明弘 (1994(b)), 「二酸化炭素排出の地球規模での社会的費用」『国民経済雑誌』, 第169巻第2号。
- Ban, K. (1991), "Energy Conservation and Economic Performance in Japan: An Econometric Approach to CO₂ Emissions," *Discussion Paper Series No. 112*, Faculty of Economics, Osaka University, October.
- Cline, W. R. (1992), *Economics of Global Warming* (Washington, D. C.: The Institute of International Economics).
- Edmonds, J. and Reily, J. (1983), "A Long-term Global Energy-Economic Model of Carbon Dioxide Release from Fossil Fuel Use," *Energy Economics*, April.
- Inada, Y. and Ichino, Y. (1993), "Environment Oriented Pacific Basin Econometric Model," Paper presented at Pacific Modeling Meeting.
- Jorgenson, D. W. and Wilcoxon, P. J. (1994), "Reducing U. S. Carbon Dioxide Emissions: An Assessment of Different Instruments", *Journal of Policy Modeling*.
- 茅 陽一 (1990), 「地球環境問題と経済発展」『計測と制御』, 第29巻第7号。
- L. R. Klein et al. (1994), "Natural Resource Consumption", *World Resources* 1994-95.
- メドウズ他 (1972), 『成長の限界』, ダイアモンド社。
- 森 俊介 (1992), 『地球環境と資源問題』岩波書店。
- 室田泰弘 (1984), 『エネルギーの経済学』日本経済新聞社。
- 室田泰弘 (1984), 『エネルギー』教育社。
- 鈴木利治 (1989), 「CO₂ 問題がエネルギー需給に及ぼす影響」『エネルギー経済』, 第15巻第5号。
- 宇沢弘文, 國則守生編 (1993), 『地球温暖化の経済分析』東京大学出版会。
- 米本昌平 (1994), 『地球環境問題とは何か』岩波新書。

【資 料】

- 科学技術庁科学技術政策研究所編 (1993), 『アジアのエネルギー利用と地球環境』。
- 環境庁 (1990), 『環境白書平成二年版』大蔵省印刷局。
- 日本エネルギー経済研究所 (1994), 『エネルギー・経済統計要覧』。
- 資源エネルギー庁官房企画調査課編 (1991), 『総合エネルギー統計平成二年度版』通商産業研究社。
- 資源エネルギー庁省エネルギー石油代替エネルギー対策課監修 (1992), 『省エネルギー総覧92』通商資料調査会。
- United Nations (1993), *Project LINK Forecasting Summary*, 1993.
- 中国国家统计局編 (1993), 『中国統計年鑑 1993』, 中国統計出版社。