

# 日本の対マレーシア クリーン開発メカニズムの経済効果分析\* (1)

植 田 和 弘  
藤 川 清 史  
羅 星 仁  
林 宰 司

## 序 章

### 1 研究の背景と目的

#### 1-1 地球温暖化防止におけるアジアの重要性

地球温暖化防止にはアジア地域での取り組みが決定的に重要である。1997年の京都議定書では、第1約束期間を2008-2012年までに設定し、附属書I国全体の温室効果ガス削減量を1990年対比で約5.2%削減することを目的としている。この目標は地球温暖化防止のための第一歩ではあるが、気候変動枠組条約の究極的な目的である温室効果ガス濃度の安定化を達成するには程遠い。最近の地球温暖化防止のための国際的な議論でも、第1約束期間における削減目標を達成するための制度設計に関する議論をふまえて、2012年以降の更なる温室効果ガス削減のための制度のあり方に関する国際交渉が始まっている。

アジア地域は世界の成長センターであり、エネルギー消費が増大し、地球温暖化へ与える影響が最も増大する地域の一つとして懸念が高まりつつある。これらの事情は2012年以降の第2約束期間をめぐる国際交渉において、アメリカの京都議定書からの離脱と相まって、アジア地域を含む発展途上国の参加問題が重要な問題として認識される契機になっている。アジアの中でも1990年代に入ってから急成長を成し遂げて

いる中国に注目が集まっているが、エネルギー消費や温室効果ガス排出量などの伸び率からみると、マレーシアは他のアジア地域や国などに比べても最も高い伸び率を記録している。CO<sub>2</sub>排出量で見るとマレーシアは1990年の15.5炭素換算百万トンから2000年には34.3炭素換算百万トンへと大幅に増加している。また、日本からの直接投資や立地する日本企業も多く、マレーシアと日本との経済的関係は深い。こうしたマレーシアにおいてCO<sub>2</sub>削減にかかわって日本からの協力の可能性や効果を分析しておくことは有用な情報が得られ、大きな意義があると思われる。

本論文では、このような観点からマレーシアにおける経済及び環境問題の現状を踏まえながら、主にエネルギー構造とCO<sub>2</sub>排出量の関係を中心に分析する。同時に、地球温暖化問題におけるアジア地域全体の重要性をふまえて、分析対象をマレーシアに限定せずアジア地域全体へ拡張して分析し、アジア途上国全体のCO<sub>2</sub>排出の構造及び問題点をもあわせて明らかにしたい。

#### 1-2 日本とマレーシアとの経済関係

一般に、一国の温室効果ガス排出量の増加は経済成長と正の相関関係がある。茅恒等式を利用したCO<sub>2</sub>排出量増加の要因分析結果によれば、CO<sub>2</sub>排出量の増加に一番大きく寄与するのは経済成長である。一国の経済成長の原動力

\*本研究の遂行に当たっては、地球環境関西フォーラムより資金援助を受けた。記して謝意を表する次第である。

は様々な要因が考えられるが、マレーシアにおける経済の急成長は、日本企業をはじめとする外国資本による直接投資と工場の移転によるところが大きい。マレーシアは、GDPとほぼ同額を輸出し、そのうち約70%を日本企業をはじめとする外資系企業が占めている。日本企業がマレーシアに多く進出する理由としては、①政治的・社会的安定感がある、②積極的な外資優遇政策が取られている、③交通手段をはじめとするインフラストラクチャーの整備が進んでいる、④旧宗主国である英国の影響を受けた近代的な法制度が整っている、⑤勤勉で責任感の強い国民性からくる質の高い労働力、⑥英語教育が盛んで従業員と英語でのコミュニケーションができる、などが挙げられる(地球人間・環境フォーラム [2000] 7ページ)。

マレーシアにおける国内と国外との経済関係をCO<sub>2</sub>排出についてみてみると、CO<sub>2</sub>排出量の多くは海外需要を満たすための輸出に伴って発生する。逆に、国内需要を満たすための国外におけるCO<sub>2</sub>排出量は相対的に少ない。CO<sub>2</sub>は生産活動に伴って排出されるが、需要があるから生産が行われることを考慮すれば、需要がCO<sub>2</sub>排出を促しているともみることができる。だとすれば、マレーシアにおけるCO<sub>2</sub>排出に伴う責任を需要者(収益者、輸出相手国)と排出者(マレーシア)の双方が負担するという考え方が必要かもしれない。このような観点から、本研究ではマレーシアと日本との貿易や直接投資などによる経済協力関係に着目して、先進国と途上国におけるCO<sub>2</sub>排出の責任問題を再検討することも目的としている。

### 1-3 日本の対マレーシア CDM の可能性

京都議定書では附属書I国の削減目標を達成するための手段として京都メカニズム(共同実施、国際排出権取引制度、クリーン開発メカニズム)の利用が認められている。その中で唯一非附属書I国の参加が認められているのがクリーン開発メカニズム(Clean Development Mechanism, 以下、CDM)である。日本(附属書I国)が第1約束期間の温室効果ガス削減

目標を達成するための一つの手段として、マレーシア(非附属書I国)との間のCDMが考えられる。日本をはじめとする外国の資本と技術に多くを依存するマレーシアでは、生産活動において日本企業の果たす役割も大きく、環境分野を含む技術協力、ノウハウの移転がますます重要となってきた。したがって、日本とマレーシアのCDMの可能性を模索することは重要な意義を持つ。

本研究ではこのような観点から、マレーシアと日本とのCDMの可能性を調査し、それが両国にもたらす利益を分析する。また、本稿ではCDMが日本とマレーシアの関係を経済分野だけではなく、環境分野にまでいわゆるウィン-ウィン(Win-Win)な戦略を拡張する役割を果たしえることを明らかにしたい。これらの分析は、地球温暖化防止の国際的な議論で見られる先進国と途上国の対立関係を協力関係へ導く可能性を検討することでもあり、2012年以降の国際交渉への示唆も得られると思われる。

## 2 本論文の構成

本論文は、2部構成で、第一部では、アジア及びマレーシアにおける経済構造、エネルギー消費とCO<sub>2</sub>排出量の関係を分析する。第一部の各章の内容は以下に示す通りである。

第I章では、日本とマレーシアの貿易及び直接投資などの経済協力関係に注目しながら、マレーシアにおける経済成長の過程及びそこで生じた主な環境問題をも概観する。

第II章では、アジア及びマレーシアにおける経済成長の推移とエネルギー消費構造の変化、CO<sub>2</sub>排出量の変化について考察する。さらに、アジア及びマレーシアにおけるCO<sub>2</sub>排出量の増加を茅恒等式に基づいて、エネルギー構成、エネルギー効率、経済成長の3つの要因別分析を行う。

第III章では、慶應義塾大学産業研究所(KEO)により開発された「EDEN(Economic Development and Environment Navigation)データベース」、及びそのデータベースをさら

に拡張した慶応義塾大学の新保氏の「国際産業連関表ベース」を基礎にして、マレーシアを中心に環太平洋地域でのCO<sub>2</sub>発生量と国際間移動を数量的に分析する。これらの分析により「貿易収支」だけでなく、「CO<sub>2</sub>収支」も求められる。

第二部では、日本とマレーシアにおけるCDMの可能性を検討するために、GTAP (Global Trade Analysis Project) モデルを利用し、その可能性及び経済への影響を分析する。GTAPモデルは、多部門・多地域を対象にした一般均衡モデルで、アメリカのパデュー大学のハーテル教授を中心として、貿易政策の変更が世界各国に与える影響を評価する目的で開発された (Hertel [1997])。GTAPモデルはモデル本体とデータベースに、それら进行操作するソフトウェアが付加されており、極めて機動性のあるモデルである。GTAPモデルは、世界銀行をはじめとする国際機関や各国政府によっても利用されている。日本でも内閣府やアジア経済研究所が採用し、それを基礎にした政策提言を行っている。

第IV章では、こうしたGTAPモデルの発展の経緯と現在のバージョン (Ver.5) の基本構造を解説する。GTAPモデルはモデルが公開されているとはいえ、多地域モデルであるため構造が幾分わかりにくい。そこで、本論文ではまず極めて単純化されたモデルを用いて、モデルの構造上の特徴を明らかにする。また、モデルでの地域割り、産業分割、生産関数のパラメータも紹介する。

第V章は、GTAPモデルを用いて、マレーシアと日本におけるCDMについてのシミュレーション分析を行う。第1のシミュレーションは、マレーシアでのエネルギー効率の改善である。このケースでは、マレーシアのみならず関係諸国のGDPを上昇させる。第2のシミュレーションは日本での炭素税の賦課である。そして、第2のシミュレーションでCO<sub>2</sub>を1単位削減するために「減少」する日本のGDPと、第1のシミュレーションでマレーシアのエネル

ギー効率改善によりCO<sub>2</sub>排出を削減するとき、その削減量あたりに「増加」するマレーシアのGDPがほぼ同額であった。この結果は、日本から資金および技術をマレーシアに移転することは、日本はデフレを経験せずにCO<sub>2</sub>排出量を削減でき、マレーシアはGDPの拡大を享受できるという意味で、両国に利益をもたらすWin-Winの戦略であることがわかる。言い換えれば、日本がマレーシアに設備投資を行うことは、日本とマレーシアの関係を経済だけではなく、環境分野にまで拡張する役割を果たしえることを示唆している。

終章では、以上の分析結果をふまえて主な結論と政策的含意、及び残された課題について述べる。

## 第一部 アジア及びマレーシアにおける 経済成長と二酸化炭素排出

### I マレーシアの経済と環境問題

#### I-1 マレーシアの経済

##### I-1-1 初期の開発政策 (1950年代から80年代)

マレーシアのもととなるマラヤ連邦は1957年にイギリスの植民地から独立し、63年にはマラヤ連邦にサバ、サラワク、シンガポールを加えてマレーシアを結成した。マレー系人種を優先する政策をとるマラヤと、中国系が大半を占めるシンガポールとの間に亀裂が生じ、65年にシンガポールが分離独立して現在のマレーシアとなった。

2000年時点のマレーシアの民族構成は、マレー系およびその他原住民をあわせたブミプトラ (Bumiputera, 「土地の子」の意味) が65.1%、中国系26.0%、インド系7.7%となっており、これら3大民族を中心とする多民族国家である (Department of Statistics, Malaysia [2000])。このような今日の複合社会の基盤形成は、植民地時代のイギリスによる統治がもたらした影響が大きい。20世紀前半のイギリス植民地下で、大量の中国人がスズ鉱山の開発のた

めに、また多数のインド人が天然ゴムの大規模プランテーションにそれぞれ移住したことが現在の複合的民族構成へとつながっており、スズと天然ゴムはマレーシアの2大伝統的産業となっている。

マレーシアの本格的な開発政策はイギリスの植民地時代から始まる。マラヤ共産党の戦略に対抗し農村地域の治安維持と民政安定化を図るため、イギリス政庁は1951年にRIDA (Rural Industrial Development Authority, 農村工業開発公社)を設置した。1955年、世界銀行の調査報告書が公表され、これを受けて自由放任、農業・農村開発に重点を置いた第1次マラヤ5カ年計画が立てられた。

1957年8月31日、イギリスの植民地から独立してラーマン政権が発足、マラヤ連邦となった。この政権のもとで第2次マラヤ5カ年計画(1961-1965)、次いで第1次マレーシア計画(1966-1970)が実施される。第1次マレーシア計画では、開発予算に占める商工業の比率は3%にのぼり、①天然ゴムの植え替え・増産、②灌漑施設の整備による米作の増産、③土地開発による貧農の入植計画、が目的とされた。特に③は、当時、社会問題となっていた土地なし農民を、1956年に設立されたFELDA (Federal Land Development Authority, 連邦土地開発公社)が用意した天然ゴムやオイル・パームの入植地に移住させる計画で重要な位置付けとなっている。FELDAの入植計画は成功したものの、民生安定を保証しなかったため、マレーシア人の生活改善にはつながらず、60年代半ばから失業が増加してしまった。

1950年代末から、伝統的産業であるスズと天然ゴムを中心とするモノカルチャー型経済から脱却するための政策が始まった。1958年には創始産業法 (Pioneer Industries Ordinance) の制定により輸入代替工業化が、1968年には投資奨励法 (Investment Incentives Act) の制定により輸出志向型工業化が進められた。しかし、ラーマン政権は種族間の経済的格差問題には手をつけなかったため、種族別に経済的機能が固

定してしまった。具体的には、ブミプトラは、稲作・漁業や伝統的な生業に従事したままで、商工業などの近代的セクターからは取り残され、経済的格差が顕在化した。その結果、種族間の不満と対立が深まり、1969年の総選挙に際してマレー人と華人の間の種族暴動、5.13事件が勃発することとなった。以後のマレーシアでは、種族間の経済的格差をいかに解消するかが大きな課題となった。

1971年、政府は新経済政策 (NEP, New Economic Policy) により、自由放任をやめ、政府が積極的に開発をリードする政策に転換した。第1次長期展望 (OPP I, First Outline Perspective Plan) では、「ブミプトラ政策」、すなわちマレー人を中心とするブミプトラの経済的地位向上を20年間 (1971~1990年) という期限つきで実施する開発政策が実施される。その具体的な内容は、①種族別雇用比率を人口比率に見合った割合に再編してマレー人の商工業部門への就業を促進する、②株式資本の種族別所有比率をマレー人の場合2.4%から30%まで引き上げる、などであった。さらに、1975年、工業調整法 (ICA, Industrial Coordination Act) により、ブミプトラの資本参加や雇用比率などの義務づけが行われた。

#### I-1-2 90年代の開発政策

1988年以降は、約10年間にわたり年率8%という驚異的な経済成長を続けた。1989年1月、国家経済審議会 (NECC, National Economic Consultative Council) を設置し、NEPの成果を評価、1990年以降の経済政策を政府に答申した。NECCの報告書は、ブミプトラ政策を改め、選別的政策を答申している。1991年、マハティール政権は、WAWASAN 2020 (2020年ビジョン) を策定し、第2次長期展望計画 (OPP II, Second Outline Perspective Plan, 1991-2000) を進めた。WAWASAN 2020の目標の第1は、1989年までにマレーシアの生産および輸出構造は工業品が一次産品を凌駕していたが、技術集約度の高い産業育成によって産業構造のさらなる高度化を目指すことである。第

2は、種族を超えた「バンサ・マレーシア」(Bangsa Malaysia, マレーシア国民)という国民意識のもとでより豊かな生活を希求し、成長と開発の成果を国民全体が享受するという方針である。

1991年には、高付加価値と技術集約度の高い産業構造への転換を目標とする国民開発政策(NDP, National Development Plan, 1991-2000)により、生産性主導型の成長、ブミプトラ企業の経営力向上、民間部門の活用、人的資源の開発が進められ、高度成長期とともに経済構造がさらに大きく変容することになった。1988年から1998年の間には、日系企業およびNIEs企業の直接投資をてこに高度成長し、輸出志向工業化が急速に進展した。NDP期間(1991-2000)の10年間の経済成長率は、WAWASAN 2020の目標値である7%を実現した。1人当たり所得も6,298リンギから13,269リンギへと倍増した。これらは、生産性主導型の成長政策(TFP(全要素生産性)の向上)と民間主導の市場原理による経済運営(競争力と効率性の上昇)による成果である。全要素生産性の成長率への寄与度は、NEP時代(1971-1990)には13%であったのが、NDP時代(1991-2000)は26%と2倍になった。

マレーシアの高度成長は、単に工業化だけによるものではない。1990年から2000年の間には、工業化とともにサービス経済化が同時に進んだことで、産業構造がさらに高度化した。ブミプトラのベンチャーキャピタル育成支援を目的として、1991年、国家企業家育成公社(PUNB, Perbadanan Usahawan Nasional Berhad)を設立した。また、同年、民営化されるプロジェクトの株式資本の30%以上をブミプトラが保有することを取り決めた「民営化マスタープラン」(PMP, Privatization Masterplan)を発表する。さらに、1995年には企業家開発省(MED, Ministry of Entrepreneur Development)を新設して、「ベンダー育成プログラム」(VDP, Vendor Development Program)を推進する。国産車プロントンに供給できるよ

うな自動車部品や電子・電機部品など、ブミプトラ企業の裾野産業の育成、強化を進めた。その結果、1983年から2000年末までに203件が民営化されたが、資本金総額334億リンギのうち、ブミプトラ資本は25.6%(86億リンギ)を占め、90年代にはブミプトラ企業が台頭するようになった。

好調だったマレーシア経済も、1997年の夏から98年にかけて発生したアジア通貨危機によって打撃を受ける。1998年のマレーシア経済成長率は-7.4%と、13年ぶりにマイナス成長となった。また、同時期に起きたアンワール副首相の解任・逮捕事件によって、99年の総選挙でUMNO(マハティール首相が率いる統一マレー国民組織)支持が大幅に後退し、マハティール政権の政治的基盤が揺らぎ出した。95年に立ち上げられた高度情報通信化プロジェクト、クアラルンプールの南西地域に光ファイバーによる超高度情報網を整備した新都市の建設計画である「マルチメディア・スーパー・コリドー」(MSC, Multimedia Super Corridor)も、日米多国籍企業による計画の進行は遅れた。しかし、マレーシアはIMFの支援には頼らず、資本取引の部分規制と為替の固定相場制導入という独自路線を貫いて、1999年の経済成長率は6.1%とプラス成長を回復する。2001年から2010年の国民ビジョン政策(NVP, National Vision Policy)は、その中心にK-エコノミー(Knowledge Economy, 知識集約型経済)を据え、高度情報産業(IT)化を推進している。2003年現在の1人あたりGDPは4,000USドルを超え、周辺に東南アジア諸国を引き離し大きく突出している。これは、現在の比較的安定した政治体制の中で、日本や欧米からの直接投資の多額の受け入れ、および輸出型産業の育成といった経済政策の展開による結果といえよう。

### I-1-3 産業・貿易・外資の構造の変化

以上で見てきたように、マレーシアの経済成長は量的な拡大のみならず、それとともに産業構造の質的な高度化も進んでいる。産業構造の高度化は、GDPに占める製造業比率の上昇と、

製造業に占める機械関連産業の高まりがその特徴である。GDP 生産に占める製造業比率は、1980年の19.6%から87年には農林水産業のシェアを上回り、2001年には30.2%と大きな上昇を見せている。製造業における機械関連産業（一般機械、電機、および輸送機器）の比率は、生産額ベースで81年の17.7%から90年には36.1%に達した。さらに製造業を、資源ベース産業、輸入代替型産業、輸出志向型産業に分類してみると、81年から90年の間に資源ベース産業の代表である木材、ゴムは、それぞれ6.4%から3.6%、8.1%から5.9%へと低下している。また、輸入代替型産業についても、化学（産業化学＋その他化学＋石油精製）が14.3%から8.8%へと低下している。一方、輸出志向型産業の代表である電機・電子は、14.5%から31.3%へと2倍以上に伸びている。これは、80年代後半以降に、電機・電子を主とする輸出志向性の強い外資系企業が多く進出してきたことによる。

輸出構造について見ると、60年代の輸出はスズとゴム、70年代は木材とパームオイル、70年代末から80年代初頭は原油が牽引していた。80年代以降はこれらの一次産品に代わり、製造品のシェアが上昇した。製造品輸出の品目構成を見ても、電機・電子製品が一貫して割合を高めている。70年の8.5%から85年には50%を超え、96年には65.8%にも達した。特に電機・電子の中でも電子部品のシェアが徐々に低下しているのに対して、その他電気機械のシェアが飛躍的に上昇している。これは、電機・電子の多様化と高度化が進んだことによる。また、製造品輸出の第2位を占める繊維の割合は、80年に12.8%とピークを記録して以降、低下の傾向をみせている。

マレーシアは産業構造の高度化にともなって輸出構造の高度化も進んでいるが、それとともに輸入構造も大きく変容している。80年代後半以降、日本企業をはじめとする輸出志向性の高い外国企業が流入したことによって輸出財生産のための資本財と中間財の輸入が急増し、輸入

依存度が上昇しているのである。マレーシアでは製品の生産に必要なサポーター・インダストリーが未成熟であるために輸入による供給に頼らざるを得ないこと、また、FTZ（Free Trade Zone、自由貿易地帯）に入居している外国企業は輸入税が無税であることなどにより、マレーシアは製造品輸出の増加とともに、輸入も増加するという構造になっている。

外資については、1971年から施行されていたNEPによって人種別出資比率が定められたため、これが外資流入に対する事実上の規制となっていた。86年10月から外資を呼び込む政策に転換し、以降、大量の外資が進出することになる。外資の国別構造でみると、マレーシアの投資ブームに火を付けた日本は、88、89、91、95年にトップとなっている。90年と94年には、新興投資国群の1つとして台頭してきた台湾が首位となり、92年と93年には米国が首位を占めた。91年以降は、順位の入替わりがあるものの、日本、台湾、米国が上位の3国・地域を独占している。マレーシアにおける日本の位置付けは、外資としてだけでなく、貿易においても大きい。日本は2002年のマレーシアの輸出先では3位、輸入先では1位、貿易相手国としての取引総額では3位と、いずれも高いプレゼンスを見せている。以上で見たように、輸出志向性の高い産業の日本企業がマレーシアに進出することによって、日本への輸出額が増加しただけでなく、資本財・中間財の輸入も増加し、直接投資と貿易による依存関係が相乗効果により深化してきたことがわかった。マレーシア産業の環境対策における日本の役割も、進出工場における技術対策や協力はもとより、汚染集約的財ではあるが財自体はクリーンであるような財の貿易も考えると、貿易を通じたマレーシアの環境問題に対する日本の間接的責任をも考慮する必要があり、より積極的な環境協力の必要性が迫られている。

## I-2 マレーシアの環境問題

マレーシアで最初に表面化した環境問題は、

20世紀初頭のスズ鉱山から排出される汚水と汚泥による河川の水質汚濁であった。その後、天然ゴムとパームオイル生産の増加に伴う河川および海洋の汚染が加わった。

マレーシアは、シンガポールと並んでアセアンの優等生といわれ、1980年代から積極的な外資優遇政策によって工業化と産業高度化に取り組み、安定した経済成長を遂げてきた。それと同時に、排水や廃棄物による公害問題が顕著になってきた。近年では、都市部において、急激に増加した自動車の排気ガスによる大気汚染や、生活排水による水質汚濁が大きく注目されてきている (Aiken et al. [1982])。

### I-2-1 大気汚染

マレーシアの大気汚染は、都市部を中心に問題となっている自動車やオートバイなどの移動排出源からの排気ガスによる汚染、気候条件やインドネシアの森林火災が原因と見られるヘイズ (粒子状物質による煙害やもや)、産業部門からの排出による大気汚染の3つに大別できる。

特に大きな問題となっているものは、移動排出源からの大気汚染である。1999年の統計では、主な大気汚染物質の全排出量に占める移動排出源からの排出の割合は約82%である。移動排出源からの排出量はCOが2,148,500 t, HCが117,100 t, NO<sub>x</sub>が240,800 t, SO<sub>x</sub>が38,600 t, 粒子状物質が18,200 tである (Department of Statistics, Malaysia [2001] p.25)。マレーシアでは自動車の保有台数が年率で約10%の伸びを示しており、移動排出源からの大気汚染は今後さらに重要な問題となると思われる。

もう1つの大きな大気汚染は、ヘイズである。雨が少ない時期に小規模なヘイズは発生していたが、特に1997年には隣国インドネシアで発生した大規模な森林火災が原因と見られる大規模なヘイズ (7月中旬から11月まで約5ヶ月間) が発生した。これにより呼吸器疾患などの健康被害だけでなく、運輸サービス、観光、漁業などの部門で大きな経済的損害が生じた。以後、マレーシアでは法律により野焼きが全面的に禁止されている。

産業部門からの排出による大気汚染は国内全体に占める比重はまだそれほど大きくはないが、1995年には国内全体の約12%であったのが、1999年には約15%と若干の伸びを見せている。経済成長率の上昇とともに産業部門からの排出増が予想され、今後注意を要する。

### I-2-2 水質汚濁

マレーシアにおける初期の水質汚濁問題は、スズ鉱山、天然ゴム、パームオイルなどの伝統産業からの廃水によって引き起こされたという歴史的背景もあり、環境行政上の優先度も高い。

河川の水質については、生物化学的酸素要求量 (BOD<sub>5</sub>)、化学的酸素要求量 (COD)、アンモニア性窒素 (NH<sub>3</sub>-N)、浮遊物質 (SS, Suspended Solids)、pH、重金属の6つの指標から算出されるWQI (Water Quality Index) を用いて、Very Polluted, Slightly Polluted, Cleanの3つのランクに分類されている。2000年の統計では、測定された120の河川のうち、Very Pollutedが10.0%、Slightly Pollutedが61.7%、Cleanが28.3%となっている (Department of Statistics, Malaysia [2001] p.31)。1997年時点での水質汚濁源となった工場数は全部で4,932カ所とされ、その業種別内訳は、食品・飲料製造966 (20%)、製紙559 (11%)、電気・電子419 (8%) などとなっている (地球人間・環境フォーラム [2000] 10ページ)。

海洋汚染に関しては、油脂分、総浮遊物質、大腸菌、重金属の濃度から水質が決定されている。2000年時点の統計では、平均値で油脂分1.00 mg/l (暫定基準値0 mg/l)、総浮遊物質108 mg/l (同50 mg/l)、大腸菌79,693 (同100MPN/100 ml)、銅0.031 mg/l (同0.1 mg/l)、水銀0.1 mg/l (同0.001 mg/l)、鉛0.045 mg/l (0.1 mg/l)、カドミウム0.003 mg/l (同0.1 mg/l)、ヒ素0.002 mg/l (同0.1 mg/l)、クロム0.034 mg/l (同0.5 mg/l) となっている (Department of Statistics, Malaysia [2001] p.46)。

これらの水質汚濁に対し、マレーシアでは、

1993年に下水道事業法を制定し、生活排水対策として下水道の整備を進めている。しかしこれは生活排水のみを対象としたものであり、産業部門を含めたさらなる排水規制の実施、および下水道の整備が課題であろう。

### I-2-3 廃棄物

マレーシアでは1989年にいくつかの規則・命令が制定され、有害・危険廃棄物や通常の産業廃棄物など、幅広い産業廃棄物が指定産業廃棄物 (Scheduled Wastes) となっている。指定産業廃棄物は、法令に基づいた指定最終処分施設で処分されなければならないが、最終処分施設が国内に1カ所しかなく、また処分費用が高いため不法投棄が大きな問題となっている。

指定産業廃棄物の発生量は、1996年に約63万tとピークを迎え、97年には統計の取り方の変更と経済危機により約28万tと減少するが、99年には約38万tと再び増加している (Department of Statistics, Malaysia [2001] p.89)。マレーシアでは指定産業廃棄物の問題は環境行政上優先度が高く、国内の不法投棄に関する取り締まりが厳しいだけでなく、1993年に有害廃棄物の国境を越える移動を規制するバーゼル条約も批准しており、国外への廃棄物輸出に対しても厳しく規制している。しかし、経済状況の好転により、廃棄物の発生量は今後とも増加すると予測され、その適正処理システムを確立することが課題である。

## II アジア及びマレーシアにおける

### エネルギー消費と二酸化炭素排出

本章では、アジア及びマレーシアにおける経済成長の推移とエネルギー消費構造の変化、CO<sub>2</sub>排出量の変化について考察する。さらに、茅恒等式を用いてアジア及びマレーシアにおけるCO<sub>2</sub>排出量の増加を要因別に分析する。

#### II-1 アジアのエネルギー消費とCO<sub>2</sub>排出

2000年時点での世界におけるCO<sub>2</sub>排出のシェアを国・地域別にみると、国別では、アメリカが排出量第1位であり、世界の排出量の約

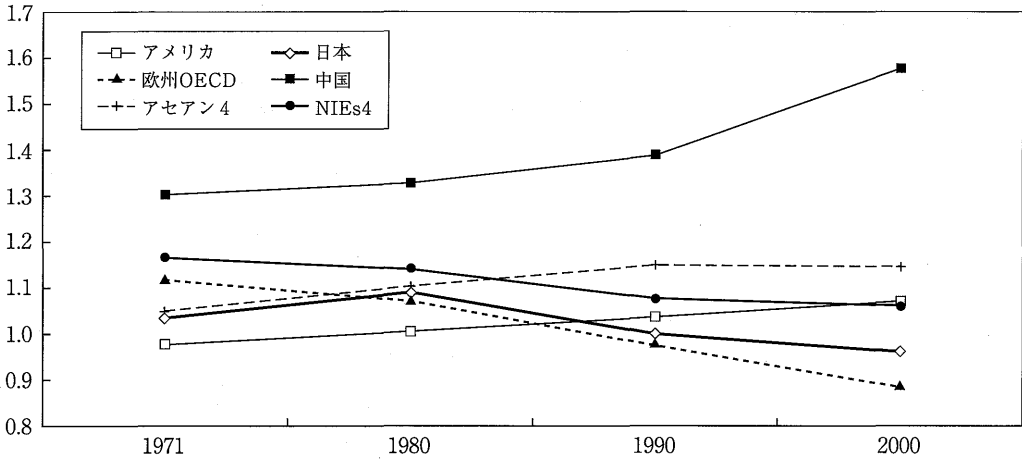
4分の1を占めている。2000年の世界の総排出量は、6,422炭素換算百万トン (Mt-C) であり、アメリカの排出量は1,580 Mt-Cであった。アメリカは2001年に京都議定書から離脱したが、この行動が世界の温室効果ガス削減政策にいかん大きな影響を与えたかが、この数字からも分かる。ところが、(日本を除く) アジア地域でのCO<sub>2</sub>排出量も合計すれば、アメリカのそれを超える大きさである。これに日本のCO<sub>2</sub>排出量を加えれば、アジア地域は世界最大のCO<sub>2</sub>排出地域といえることができる。アジア地域の国別排出量は、中国がアメリカの半分を超えるCO<sub>2</sub>排出シェア (約13.7%) を持っており、国別では世界第2位である。ちなみに国別の第3位は旧ソ連地域 (15ヶ国) で10%、そして、第4位が日本の5.1%である (日本エネルギー経済研究所計量分析部編 [2003])。

この30年間 (1971年から2000年) の国別CO<sub>2</sub>排出量の推移をみると、排出量の水準は別にして、欧州 OECD 参加諸国の排出量は余り変化していない。経済成長率が高くなかったといえればそれまでであるが、これら諸国がエネルギー消費の安定化に努力していることもうかがえる。旧ソ連地域は、共産党政権崩壊後の経済不振の影響が大きく、2000年時点でのCO<sub>2</sub>排出量は1971年時点を下回っている。一方、日本のCO<sub>2</sub>排出量は約1.5倍の増加であり、アメリカも25%程度の増加であった。

なかでも注目されるのは、アジア地域である。この地域のCO<sub>2</sub>排出量は1971年には587 Mt-Cであったが、2000年には1,965 Mt-Cへと大幅に増加した。この30年間におけるアジア地域のCO<sub>2</sub>排出量の増加に最も寄与したのは、この期間中に241 Mt-Cから881 Mt-Cへと4倍近くにCO<sub>2</sub>排出量を拡大させた中国であった。

経済成長とエネルギー消費量及びCO<sub>2</sub>排出量の関係を分析することは、環境制約下における経済成長への示唆を与えてくれる。経済成長とCO<sub>2</sub>排出量の関係を弱めることが、環境制約下において持続的な経済成長を維持する必要



第II-1図 エネルギー消費当たりCO<sub>2</sub>排出量

出所：日本エネルギー経済研究所計量分析部編 [2003] より作成。

条件となる。ここでは経済成長とCO<sub>2</sub>排出量の関係を分析するために、茅恒等式を導入して分析を行う。

$$\Delta CO_2 = \Delta (CO_2/E) + \Delta (E/GDP) + \Delta GDP \quad (II-1)$$

ここで、 $\Delta$ は増加率、CO<sub>2</sub>は二酸化炭素排出量、Eはエネルギー消費量をそれぞれ表す。また、CO<sub>2</sub>/Eはエネルギー消費当たりのCO<sub>2</sub>排出量、E/GDPはGDP当たりのCO<sub>2</sub>排出量、をそれぞれ表している。

まず、エネルギー消費あたりのCO<sub>2</sub>排出量をグラフにしたものが、第II-1図である。エネルギー消費あたりのCO<sub>2</sub>排出量は、エネルギー源の構成に大きく依存する。例えば、水力や原子力などによる発電はCO<sub>2</sub>を排出しないので、こうしたエネルギーの構成シェアが大きい国では、エネルギー消費あたりのCO<sub>2</sub>排出量は小さい。一方で、化石燃料は、石炭、石油、天然ガスの順に単位熱量あたりのCO<sub>2</sub>排出量が大きいので、石炭のエネルギーの構成シェアが大きい国では、エネルギー消費あたりのCO<sub>2</sub>排出量が大きくなる。

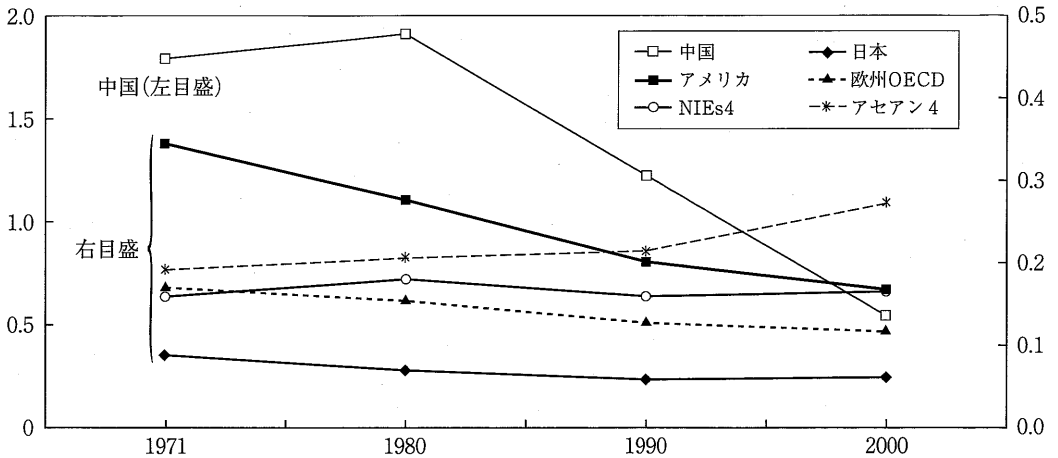
エネルギー消費あたりのCO<sub>2</sub>排出量は、欧州OECD、日本、NIEsでは低下傾向であり、これらの国がCO<sub>2</sub>排出原単位の小さいエネルギー源である原子力や天然ガスなどへの転換を

進めてきたことの反映である。これに対して、中国でははっきりとした増加傾向にあり、アセアン地域でもやや増加している。中国は伝統的に石炭依存の高い国であり、エネルギー消費あたりのCO<sub>2</sub>排出量が多い。中国は石油資源には恵まれておらず、石油に関しては輸入国である。そこで、西部大開発の一環として西部地域のガス田から沿海地域にパイプラインを引き、天然ガスを都市での主要エネルギーにしようとする「西気東輸」が計画されているが、CO<sub>2</sub>排出量の削減という意味では、その実現が期待される。

次に、GDPあたりのエネルギー消費を、第II-2図に示す。この数字は、一国の産業構造の依存する部分とエネルギー効率に依存する部分とがある。前者については、農業中心の段階から工業化が進む段階では増加し、さらに経済のサービス化が進めば減少する。後者については、どのような生産設備であれ、あるいは家電製品や自家用車であれ、設備・製品を更新・買い換えする際には、以前のものに比較してエネルギー効率が改善されたものとなるのが通常である。

第II-2図に示されるように、アメリカ、欧州OECD、日本、およびNIEs（いずれも右目盛）といった比較的成熟した経済では、GDP

第II-2図 GDPあたりエネルギー消費の推移

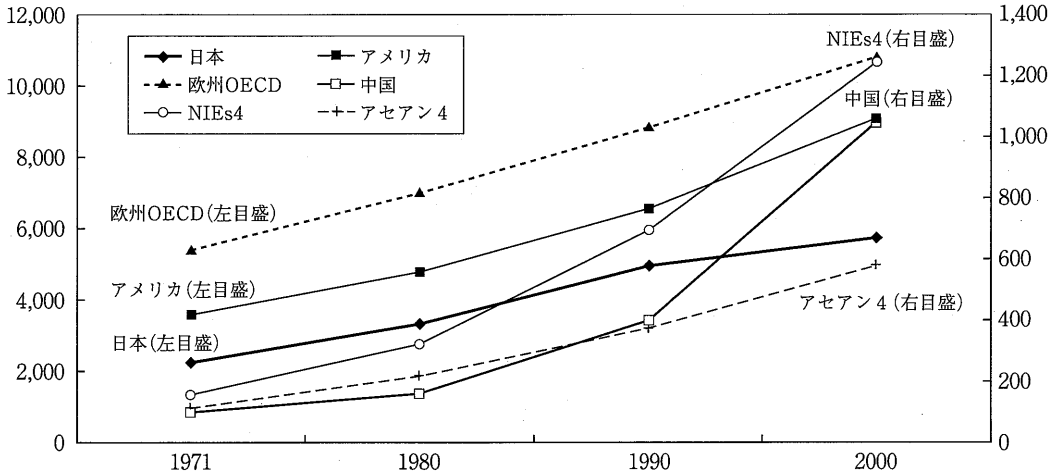


出所：第II-1図と同じ。

(1995年価格10億ドル)

第II-3図 地域別のGDPの推移

(1995年価格10億ドル)



出所：第II-1図と同じ。

あたりのエネルギー消費がわずかな低下傾向ないしは横ばいである。その中では、日本の効率の高さは顕著であり、アメリカに比較して約半分のエネルギー消費である。欧州 OECD は日米の中間に位置する。一方で、アセアン (右目盛) 地域は工業化の進展の影響が効率改善技術導入の効果を上回り、GDP あたりエネルギー消費は増加傾向である。第II-2 図において中国だけは、図の左側目盛で描かれているのに注意されたい。中国では、GDP の測り方に問題

があるかもしれないが、第II-2 図からすると非常にエネルギー効率の悪い経済であり、1971 年では効率の最も高かった日本と比較して同じだけの生産のために約20倍のエネルギーを使っていた。ただ、近年の急速な設備投資で、エネルギー効率は急速に改善してはいる。それでも2000年時点で、日本と中国の格差は接近したとはいえ、いまだ約10倍弱の格差がある。裏返せばなお一層の潜在的エネルギー効率改善の可能性があることが分かる。

第II-1表 エネルギー消費と経済成長の推移

年度	エネルギー消費 (100万 TOE)	CO <sub>2</sub> 排出量 (Mt-C)	GDP (1995年 10億米ドル)	人口 (100万人)	年平均伸率(%)		
					エネルギー	GDP	弾性値
1971	4.79	3.92	15.7	11.1			
1975	5.94	3.89	21.0	12.3	4.4	6.0	0.73
1980	10.6	8.14	31.6	13.8	12.3	8.5	1.45
1985	14.1	10.6	40.6	15.7	5.9	5.2	1.13
1990	20.3	15.5	56.5	18.2	7.6	6.8	1.12
1995	35.9	26.3	88.8	20.6	12.1	9.5	1.27
2000	47.0	34.3	112.0	23.3	5.6	4.8	1.17

出所：日本エネルギー経済研究所計量分析部編 [2003]。

次に、右辺第3項の「GDP」の推移をグラフにしたものが第II-3図である。先進国グループとそれ以外ではGDP規模が異なるため、アメリカ、欧州OECD、日本の3地域は左目盛、NIEs、中国、ASEANの3地域は右目盛である。先進国グループを見ると、1990年代に日本のGDPが横ばいであるのを除いて、ほぼ平行に推移している。しかし、中国とNIEsをみれば、その傾きは明らかに先進地域より大きくなっている。日本と中国を比較してみれば、1971年に日本のGDPは中国の20倍を超えていたのであるが、2000年には中国のGDPを約5.5倍すれば日本のGDPになるまで、その差は急接近している。

以上、茅恒等式に基づいて、CO<sub>2</sub>排出量を、エネルギー構成、エネルギー効率、経済成長の3つの切り口で鳥瞰した。その結果、アジア地域ではエネルギー効率が改善する傾向にあるものの、エネルギー構成が石炭中心であり、エネルギー効率もその水準は低く、経済成長も依然として高いという、CO<sub>2</sub>排出量が増加しやすい要因が多いことが分かった。

## II-2 マレーシアのエネルギー消費構造と経済成長

### II-2-1 エネルギー消費と経済成長

第II-1表は、マレーシアにおける一次エネルギー消費と経済成長の推移を見たものである。一次エネルギー消費量は、1971-2000年の過去30年間で10倍近くも拡大した。特に、1980年代

第II-2表 一次エネルギー消費の構成の推移(%)

	1980	1985	1990	1995	2000
石油	79.3%	69.8%	64.0%	64.8%	49.0%
天然ガス	19.1%	25.4%	30.1%	30.9%	46.2%
石炭	0.5%	2.6%	4.2%	2.8%	3.5%
水力	1.1%	2.3%	1.7%	1.5%	1.3%
原子力	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

出所：第II-1表と同じ。

後半から1990年代における増加が著しい。このようなエネルギー消費量の急増は、1980年代後半からの高度経済成長及び製造業部門の急激な成長が大きな原因である。それに伴ってCO<sub>2</sub>排出量も1971年には3.92 Mt-Cに過ぎなかったが、2000年には34.3 Mt-Cへと1971年対比で9倍近くに増加した。

2000年におけるマレーシアの1次エネルギー消費量は世界全体の0.5%を占めている。過去30年間のエネルギー消費量の増加傾向をみると、先進国に比べて、マレーシアの一次エネルギー消費量の伸びはきわめて高い。1999年から2000年までの1次エネルギー消費の増加率を見れば、アメリカが2.3%、日本が1.7%、中国が0.3%増加したのに対し、マレーシアは16.9%もの増加を記録している。

次に、エネルギー消費量の対GDP弾性値を用いてエネルギー消費と経済成長との関係を見てみよう。この指標は、経済成長に必要なエネルギー消費量を求めるときに重要である。第II-1表で示すように、1971-1975年を除く過去

第II-3表 マレーシア発電電力の燃料別構成

	1971	1978	1985	1990	1995	1998
石 炭	—	—	—	4.8%	4.2%	3.2%
石 油	72.4%	88.2%	61.6%	55.9%	29.6%	19.0%
天 然 ガ ス	—	1.0%	13.4%	22.0%	52.5%	69.8%
水 力	27.6%	10.9%	25.0%	17.3%	13.7%	8.0%
発電量(GWh)	3,795	8,152	14,935	23,000	45,431	60,671

出所：OECD/IEA [2000]。

第II-4表 最終エネルギー消費の構成 (部門別)

	1980	1985	1990	1995	2000	日 本	中 国	アメリカ
産 業	45%	43%	44%	47%	43%	39%	56%	24%
運 輸	38%	40%	42%	36%	41%	27%	13%	41%
民生・農業	13%	13%	13%	15%	14%	31%	27%	32%
非エネ消費	4%	4%	2%	3%	2%	3%	4%	4%

出所：第II-1表と同じ。

25年間の弾性値はすべて1を超えていて、この時期がマレーシアの工業化の時期であったことを反映している。また、マレーシアは石油と天然ガスの生産国であり輸出国でもあるため、省エネルギー及び新エネルギーなどを積極的に導入しなかったことも大きい。

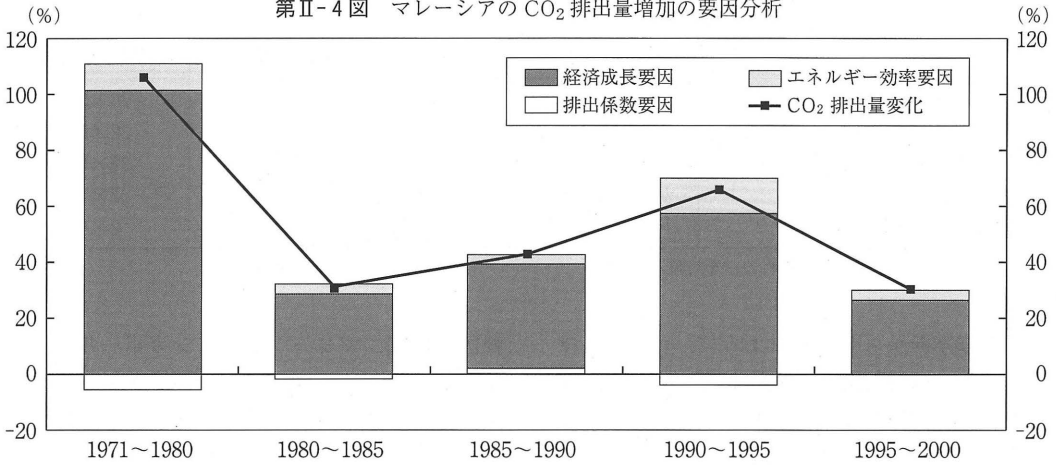
第II-2表は、マレーシアにおける一次エネルギー消費構造の推移を見たものである。表からもわかるように過去30年間のマレーシアの一次エネルギー消費構造にはいくつかの特徴がみられる。第1に、石油と天然ガスへの依存度が非常に高い。1980年度のマレーシアでは、石油(79.3%)と天然ガス(19.1%)が主要なエネルギー源で、この2つで1次エネルギー消費の95%以上を占めている。このような石油と天然ガスに依存するエネルギー消費構造は、2000年まで続いている。第2に、天然ガスの比重が高くなる一方で、石油の比重は減少する傾向が見られる。2000年における石油と天然ガスの比重はそれぞれ49%、46.2%を占め、近い将来には天然ガス消費の比重が大きくなると予測される。第3に、原子力を導入しなかったことである。

第II-3表は、マレーシアの発電電力の燃料別構成を示したものである。一次エネルギー消

費の構成と同じく、石油と天然ガスへの依存度が極めて高い。但し、石油の比重は1978年に88.2%と最高水準に達し、それ以降減少に転じ、1998年には19%まで激減している。それに対して、天然ガスは同期間中に1%から69.8%までその比重を大きく伸ばしている。また、1990年からは石炭も導入されたがその比重は4%前後であり、水力の比重も1985年の25%を最大に減少の傾向を見せている。

一次エネルギー消費及び発電において天然ガスの比重は増加しているのに対して、石油の比重は減少の傾向を見せている。これは、マレーシアにおける石油と天然ガスの埋蔵量及び可採年数と関連している。マレーシアの石油の確認可採埋蔵量(2001年末時点)は30億バレルで可採年数は14.1年である。それに対して、天然ガスは石油換算20億トンの確認可採埋蔵量があり、可採年数も44.8年もある<sup>1)</sup>。したがって、相対的に豊富な資源である天然ガスの消費を増やし、希少な資源である石油を温存する政策が行われた結果、天然ガスの消費が急激に増えてきたのである。このような結果は、マレーシアの一次

1) 日本エネルギー経済研究所計量分析部編 [2003] を参照。

第II-4図 マレーシアのCO<sub>2</sub>排出量増加の要因分析

エネルギー輸出入の構造からも確認できる。天然ガスの輸出は順調に増加しているが、石油製品に関しては1990年代に入ってから輸出は減少し、輸入は増加の傾向を見せている。

第II-4表は、マレーシアにおける最終エネルギー消費量の変化を部門別に示したものである。産業部門が45%前後で最大のシェアを占め、運輸が約40%で続いている。特に、日本、中国、アメリカにおいては民生・農業部門のシェアが30%前後を占めているのに対して、マレーシアはその部門のシェアが14%前後で推移しており、他の国に比べて非常に小さい。このようにマレーシアでは、産業と運輸部門でのエネルギー消費が全体の90%近くを占めていることが特徴である。また、マレーシアの1980年から2000年までの最終エネルギー消費を部門別に見ると、1980年から各部門のシェアがほぼ横ばいの傾向を見せていることも注目する必要がある。

#### II-2-2 CO<sub>2</sub> 排出量の要因分析

第II-4図は、1971年から2000年間のマレーシアにおけるCO<sub>2</sub>排出増加率の推移を式(II-1)のように3つの要因に分けて分析を行った結果を描いたものである。マレーシアにおけるCO<sub>2</sub>排出量は分析期間中、増加率の変動はあるものの常にプラスの増加率を記録している。すなわち、石油から天然ガスへの転換、エネルギー消費の効率上昇、などにもかかわらず、分

析期間中の高度経済成長によるCO<sub>2</sub>排出量の増加が、それらのCO<sub>2</sub>削減効果を上回ったため、CO<sub>2</sub>排出量は増加してきたのである。以下では、このような分析結果をより詳しく見るために、要因別に検討する。

まず、CO<sub>2</sub>/E（排出係数要因）の増加率を見ると、石油から天然ガスへの転換に伴って、分析期間中1985/90年を除いてはマイナスの増加率を見せている。したがって、分析期間中一次エネルギー消費当たりのCO<sub>2</sub>排出量は改善されたことになる。これからも発電用・産業用重油の天然ガスへの転換、CNG（圧縮天然ガス）車の普及促進政策などが行われるため、マレーシアにおけるCO<sub>2</sub>/Eは改善すると予測される。

次に、E/GDP（エネルギー効率要因）の増加率を見ると、分析期間中常にプラスの増加率を記録している。その原因としては製造業のエネルギー原単位の悪化、産業部門の石油消費増加及び石油化学産業の設備増強、輸送部門のエネルギー消費の急増などがあげられる。

最後にGDP成長率（経済成長要因）を見ると、マレーシアは1985年と1998年を除く、1980年から2000年までは年平均8%を超えている。このような高い経済成長率がエネルギー消費及びCO<sub>2</sub>排出量の増加の主因であったことは言うまでもない。

第Ⅲ-1表 EDEN 表の構成内容

	表	単 位	中間需要部門	最終需要部門
A	産業連関表	金額	76×76	76×5
B	エネルギー物質投入表	各エネルギー物質の固有単位	22×76	22×5
C	エネルギー消費表	各エネルギー物質の固有単位	22×77	22×6
D	カロリー表	カロリー	22×78	22×7
E	CO <sub>2</sub> ・SO <sub>2</sub> 発生表	トン	2×76	2×5

注：エネルギー消費とは、燃料のみを対象。

以上の分析から明らかのように、マレーシアにおけるCO<sub>2</sub>排出量を削減するためには、省エネルギー政策及び新エネルギー（特にパームオイルや樹木の廃棄物を利用したバイオマスなど）の導入、あるいはこれまで以上のエネルギー転換政策を積極的に推進する必要がある。また、産業構造もエネルギー多消費産業から低エネルギー消費産業への転換、輸出産業も低エネルギー産業かつ高付加価値産業への構造転換を積極的に行う必要がある。このような産業構造の転換は、エネルギー・環境面での産業構造の高度化を意味する。

### Ⅲ EDEN 表に基づく IO モデル分析

慶應義塾大学の産業研究所（KEO）が中心となった「未来開拓プロジェクト」では、東アジア諸国内の環境負荷の現状を明らかにするための「EDEN データベース」が開発された。さらに、慶應義塾大学の新保一成氏は、EDEN データベースを国際産業連関表ベースに拡張した。本章では、この新保データを基礎にして、マレーシアを中心に環太平洋地域でのCO<sub>2</sub>発生量とその国際間移動を数量的に分析する。

#### Ⅲ-1 EDEN データベースについて

##### Ⅲ-1-1 EDEN の概要

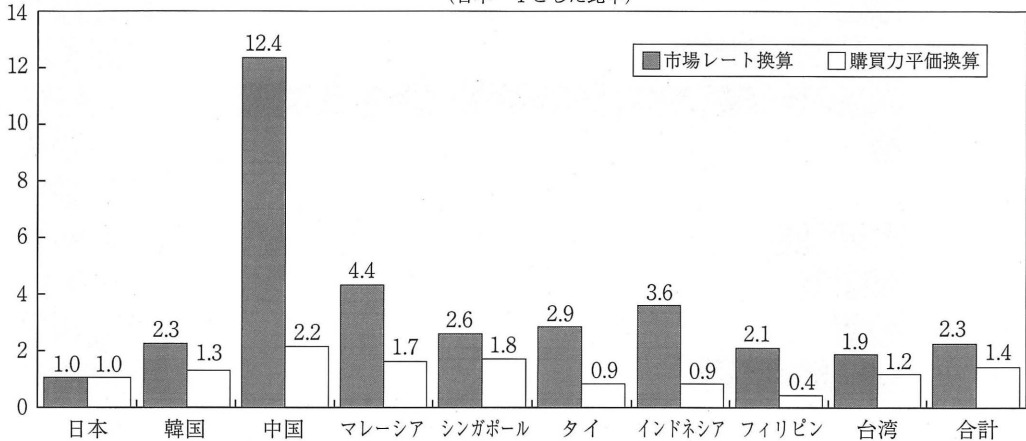
KEO の EDEN データベースについては、木地 [2002] に詳しいので、ここでは簡単な紹介にとどめたい。本稿で利用するデータベースの名前である EDEN とは、“Economic Development and Environment Navigation” の頭文字をとったものであり、対象国は日本の他、

韓国、中国、マレーシア、シンガポール、タイ、インドネシア、フィリピンおよび台湾の9カ国・地域である。KEO グループ当初計画では、アメリカでのデータ収集の目途が立たず、アメリカが除かれていた。しかしながら、新保氏はアジア諸国の貿易構造を分析するのに、アメリカが加えられていないデータベースは不十分と考え、アメリカのデータも付加するという拡張を行った。今回のわれわれの研究では、新保氏が改訂したデータを使わせていただいた。また、KEO グループの当初計画では、1990年と95年時点での表を推計する予定であったが、2003年4月現在、1990年表のみが利用可能である。新保氏の拡張も1990年表を基礎にしている。

EDEN データベースは、第Ⅲ-1表に示す5種類の表から構成されている。各表の定義・特徴等は以下の通りである。まず、A表とは、各国の産業連関表を基礎に、共通の76×76部門に整理統合した表である。B表のエネルギー投入表とは、エネルギーを各国共通の22種類に分類し、各産業が投入した全エネルギーの量を物量単位で表示した表である。C表のエネルギー消費表は、B表のエネルギー投入量のうち、燃料として消費されたエネルギーのみを取り出したものである。そして、D表とは、C表のエネルギー消費量を熱量（カロリー）に換算したものである。最後に、E表とは、各国・各エネルギー物質の炭素含有率と硫黄含有率から推計した二酸化炭素発生量および硫黄酸化物発生量を、CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>に換算したものである。なお、脱硫を考慮していないので、硫黄酸化物については実際の排出量を示すものではない。

第Ⅲ-1図 単位付加価値1ドルあたりエネルギー消費量

(日本=1とした比率)



出所：木地 [2002]。

EDENの当初計画は、アジア諸国の経済成長と相互依存関係の変化およびエネルギー消費・地球環境問題の分析を主目的とする国際産業連関表であり、アイサード型の国際産業連関表の形式であることが望ましい。しかし、中国の統計では国産品と輸入品の取引が区別されていないので、エネルギー物質の投入・産出について、作成に必要な情報を得ることは相当困難であった。そのため、現在公表されているデータは競争輸入型となっている。しかし、新保氏は、ここでもアイサード型の国際産業連関表が必要であると考え、アジア経済研究所の国際産業連関表を基礎に、EDENデータベースを国際産業連関表形式に拡張した。新保氏の努力に敬意を払いたい。

### Ⅲ-1-2 EDENの基礎統計

木地 [2002] の記述に基づき、EDENのオリジナルデータから読み取れる各国のエネルギー消費の特徴を示しておこう。EDENのオリジナルデータは対象国のローカル通貨表示であるので、そのままでは直接比較できない。そこで、各国の付加価値額をドルに換算して比較したものが第Ⅲ-1図である。市場為替レートで換算した場合、同額の付加価値を生産するために、韓国は日本の2.3倍、インドネシアは3.6倍、マレーシアは4.4倍、中国は実に12.4倍の

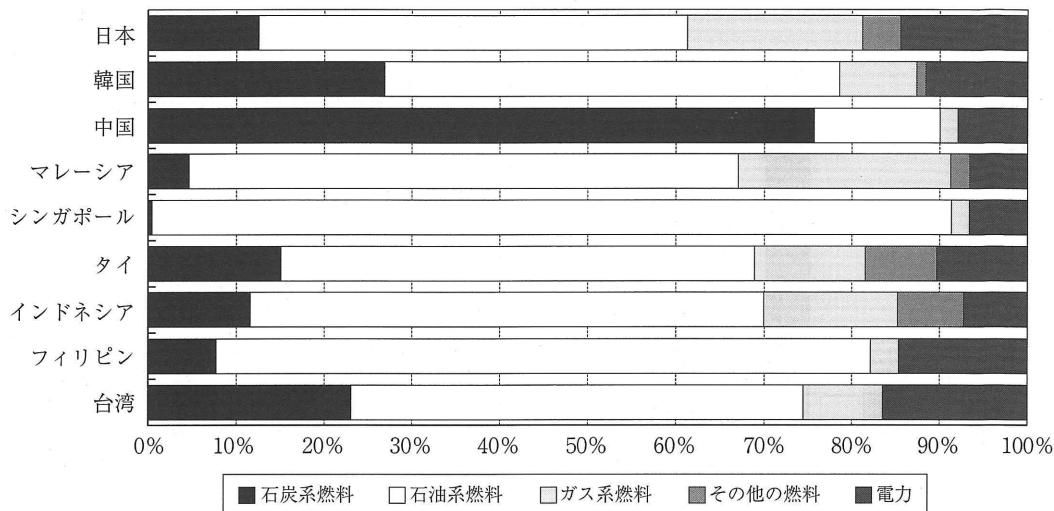
エネルギーを消費していることになる。しかし、常識的に考えて、比較的産業構造や技術水準が日本に近い韓国が2.3倍、反対に製造業比率が低いインドネシアで3.6倍というのは考えにくい。そこで、世界銀行の購買力平価指数（GDP統計から計算）で換算すると、韓国は1.3倍、台湾は1.2倍、マレーシアは1.7倍、最も格差の大きい中国でも2.2倍に差が縮小する。この数字が妥当かということも検討を要するが、この種の比較分析を行うためには、購買力平価の推計も重要であるということを示唆している。

次に、各国で消費される1次エネルギーを、石炭系燃料、石油系燃料、ガス系燃料、その他の燃料および電力の5つに分類し、エネルギー全体の熱量構成を比較したものが、第Ⅲ-2図である。中国では全エネルギー消費量の75.5%を石炭系が占めており、石炭依存率が極端に高い。マレーシアでは、ガス系への依存率(24.2%)が他の国より高い。また、シンガポールでは、石油系が全体の90.8%を占め、石油依存率が極端に高い。これに対して日本は、石油系が多いものの50%以上を占めるエネルギーがない分散されたエネルギー構成となっている。韓国および台湾も日本と類似の構成である。

### Ⅲ-1-3 EDEN表と新保表の産業分類

EDEN産業連関表のオリジナルの産業部門

第Ⅲ-2図 エネルギー種別消費構成 (%)



出所：本地 [2002]。

数は76部門である。この部門数は EDEN が対象とした9カ国産業連関表の最大公約数で定められている。ただ、分析目的を考慮して、エネルギーおよびエネルギー多消費部門については、各国の最も詳細な産業連関表の部門まで分割したものと聞いている。エネルギーの分類数は22である。これは、各国で把握されているエネルギーを共通の22種類にまとめたものであるが、アジアの特殊性を考慮して、植物性エネルギー、産業廃棄物、自然エネルギーといった分類も設定されている。また、より詳細な分類に基づくエネルギー情報がある場合は、カロリー量と大気汚染物質の推計は、細分類で行っている。

新保氏は、第Ⅲ-2表に示すように、産業部門数は42部門、二酸化炭素排出部門を7部門に統合した。今回のわれわれの研究では、新保データを基礎に、産業分類を8産業に統合した。次の節では、この統合されたデータを用いて分析を行う。

### Ⅲ-2 産業連関モデル

本論文での計算の基本となるモデルは、レオンチェフのオープンモデルである。このモデル

の特徴は次のような波及効果を考慮している点にある。財・サービスが需要されると、それ自体の需要増加に加えて、それを生産するのに必要な中間財としての財・サービスの需要を誘発する。そしてさらに、その中間財の生産のために必要な財・サービスの需要を誘発するというように、需要拡大の連鎖は無限に続くことになる。

レオンチェフのオープンモデルは次の式で表される。ただし、 $x$  と  $f$  は総生産と最終需要を表すベクトル、 $A$  は投入係数行列、 $(I - A)^{-1}$  はレオンチェフ逆行列である。

$$x = (I - A)^{-1}f \quad (Ⅲ-1)$$

また、最終需要 ( $f$ ) を満たすために直接・間接的に排出される  $CO_2$  の総排出量を求めるために、上記の式を変形する必要がある。単位生産額当り二酸化炭素の発生量を  $e$  とすれば、二酸化炭素の発生量  $p$  は次の式で表される。

$$p = e(I - A)^{-1}f = ex \quad (Ⅲ-2)$$

これは最終需要を満たすための最終商品の生産過程からの直接的な燃料消費による  $CO_2$  排出量だけではなく、他の部門からの製品投入による間接的な燃料消費による  $CO_2$  排出量も考慮している。一国の総生産量は最終需要量に



第Ⅲ-2表 新保データの産業分類

コード	新保番号	産業名	本稿番号	本稿産業名	コード	新保番号	産業名	本稿番号	本稿産業名
A01	1	建設	1	建設	H01	22	石油精製	5	エネルギー転換
B01	2	自動車	2	その他製造業 1	H02	23	石炭製品	5	
B02	3	その他輸送機械	2		H03	24	電力	5	
B03	4	一般機械	2		H04	25	ガス	5	
B04	5	電気機械	2		I01	26	石炭製品	6	
B05	6	精密機器	2		I02	27	原油	6	
C01	7	金属製品	3	金属	J01	28	皮革製品	2	その他製造業 3
C02	8	粗鋼	3		J02	29	ゴム製品	2	
C03	9	鉄鋼製品	3		J03	30	プラスチック	2	
C04	10	非鉄金属	3		J04	31	印刷製本	2	
D01	11	食料飲食	2	その他製造業 2	J05	32	その他製造業	2	
E01	12	セメント	2		K01	33	鉄道輸送	7	運輸
E02	13	その他窯業礎石	2	K02	34	道路輸送	7		
F01	14	繊維	2	K03	35	水路輸送	7		
F02	15	製紙・パルプ	2	K04	36	航空輸送	7		
F03	16	製材木製品	2	L01	37	水道	8	サービス	
F04	17	化学製品	2	L02	38	商業	8		
G01	18	農業	4	農林水産業	L03	39	通信		8
G02	19	林業	4		L04	40	金融保険		8
G03	20	水産業	4		L05	41	不動産		8
G04	21	鉱業	4		L06	42	その他サービス		8

## 付加価値

## 最終需要

## 二酸化炭素発生量

43 労働	43 民間消費
44 資本	44 政府消費
45 固定資本減耗	45 設備投資
46 純間接税	46 在庫変動
47 供給合計	47 輸出
	48 通常輸入
	49 特殊輸入
	50 関税
	51 需要合計

1 石炭
2 石炭製品
3 天然ガス
4 原油
5 石油製品
6 電気
7 ウェイストガス
8 合計

よって規定されるので、二酸化炭素排出量も最終需要と結び付けて考えられる。

生産量決定モデルを2国モデルに変更すると次のようになる。まず、生産量決定モデルは、次のように書き換えられる。

$$\begin{bmatrix} \mathbf{x}_1 \\ \mathbf{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{I} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{I} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \mathbf{A}_{11} & \mathbf{A}_{12} \\ \mathbf{A}_{21} & \mathbf{A}_{22} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \mathbf{f}_1 \\ \mathbf{f}_2 \end{bmatrix} \quad (\text{Ⅲ-3})$$

このモデルの特徴は、通常の産業連関表では

「輸出」として扱われる「中間財の輸出」が内生部門扱いされていることである。したがって、次の2点に注意を要する。第1点は、最終需要部分が次の3つの部分から構成されていることである。1国の国内最終需要、2国の国内最終需要、その他世界への輸出。つまり、1国と2国間での中間財の取引は最終需要には含まれない。もうひとつの点は、第1点とかわるので

あるが、そのために、産業連関構造が国境を越えて考慮されるということである。例えば、中国が日本への農産物輸出を増加させたとしよう。その際、中国が日本から化学肥料の輸入を増加させるのならその効果、また日本は化学肥料生産のための原材料としてインドネシアから原油の輸入を増加させるのならその効果も産業連関効果としてカウントすることになる。

CO<sub>2</sub> 発生量は(Ⅲ-2)式と同様の方法で計算される。言うまでもないが、ここで計算されるCO<sub>2</sub> 発生量も国際間の産業連関を考慮したものになる。

$$\begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_1 & 0 \\ 0 & e_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \quad (\text{Ⅲ-4})$$

ここで、(Ⅲ-3)式に次の最終需要ベクトルを代入すれば、各国の最終需要から誘発された生産額を計算でき、その差額として、誘発された貿易収支が計算できる。

$$\begin{bmatrix} f_1 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

ところで、ある国が財サービスを輸出するという事は、財サービスを輸入した国に肩代わりしてCO<sub>2</sub>を発生するということになる。つまり、貿易での輸出超過国はCO<sub>2</sub>の収支では輸入超過になっているということになる。つまり、上の最終需要ベクトルを(Ⅲ-4)式に代入すれば、「CO<sub>2</sub>貿易マトリクス」が推計できる。

#### 【参考文献】

青木 健 [1998] 『マレーシア経済入門 第2版』日本評論社。

韓国対外経済政策研究院 [2000] 『21世紀の日韓経済関係緊密化に向けて』。

木地孝之 [2002] 「東アジア環境分析用国際産業連関表の作成と分析」『産業連関』第10巻第4号。

桜本 光・竹中直子 [2002] 「東アジア諸国における経済と環境の国際間相互依存分析」『産業連関』第10巻第3号。

地球・人間環境フォーラム [2000] 『日系企業の海外活動に当たっての環境対策 (マレーシア編) — 「平成11年度日系企業の海外活動に係る環境配慮動向調査」報告書—』。

日本エネルギー経済研究所計量分析部編 [2003] 『エネルギー・経済統計要覧2003』省エネルギーセンター。

日本貿易振興会アジア経済研究所 [2000] 『21世紀の日韓経済関係はいかにあるべきか』21世紀日韓経済関係研究会報告書。

Aiken, S. R., C. H. Leigh, T. R. Leinbach and M. R. Moss [1982] *Development and Environment in Peninsular Malaysia*, McGraw-Hill, Singapore.

Department of Statistics, Malaysia [2000] *Population and Housing Census 2000*, Economic Planning Unit, Prime Minister's Department, Putrajaya, Malaysia, (<http://www.epu.jpm.my/>).

Department of Statistics, Malaysia [2001] *Compendium of Environmental Statistics Malaysia 2001*.

International Bank for Reconstruction and Development [1955] *The Economic Development of Malaya*, Johns Hopkins Press, Baltimore.

OECD/IEA [2000] *Energy Balances of Non-OECD Countries 1997-1998*, OECD.