

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 (2)

植 田 和 弘
藤 川 清 史
羅 星 仁
林 宰 司

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

Ⅲ EDEN表に基づくIOモデル分析

Ⅲ-3 マレーシアにおけるCO₂排出量の構造

本論文では分析を簡単にするために、8産業分類(建設、その他製造業、鉄鋼業、農林水産業、エネルギー、石油・石炭、運輸、サービス)に集約して考える。第Ⅲ-3図は、産業部門別のCO₂の直接排出係数 e と誘発排出係数 $e(I-A)^{-1}$ の値を示したものである。ここでCO₂排出係数は、各部門におけるエネルギー消費により直接に排出された単位生産額当りのCO₂量である。また、CO₂誘発係数とは、ある部門で直接的に発生したCO₂量だけでなく、当該部門の最終財生産のために投入された原材料や中間財の生産から間接的に排出されたCO₂量も含む単位生産額当りのCO₂量である。

まず、CO₂直接排出係数からみると、最も高い数値を示している産業はエネルギー産業で運輸、石油・石炭産業が続いている。一方、比較的にCO₂排出係数が小さい産業はサービス産業をはじめとする非エネルギー集約的部門である。

次に、CO₂排出係数とCO₂誘発係数の差から、原材料及び中間財の投入により間接的に排出されるCO₂量を求めてみよう。具体的に見ると、直接に排出されるCO₂量は少ないが、

間接的に排出されるCO₂量が多い産業は、建設、鉄鋼業、その他製造業などの産業である。これらの産業では、エネルギーをはじめとする当該産業への投入財の生産のためにCO₂排出が多いことを意味する。CO₂排出係数と誘発係数の差が小さいのはエネルギー産業、石油・石炭産業、運輸である。このような分析結果は、CO₂排出量の構造分析や削減政策を立てるときなどに、生産過程で投入される中間財などから間接的に排出されるCO₂量も考慮したCO₂誘発係数を求めることが不可欠であることを示唆している。

第Ⅲ-4図は、マレーシアにおける部門別CO₂排出量を表したものである。マレーシアにおいて最もCO₂排出量が多い部門はエネルギー関連部門であり、民間における家計消費で直接に排出されるCO₂量も多い。国内最終需要の観点から見たCO₂排出量は(Ⅲ-2)式から求められる。

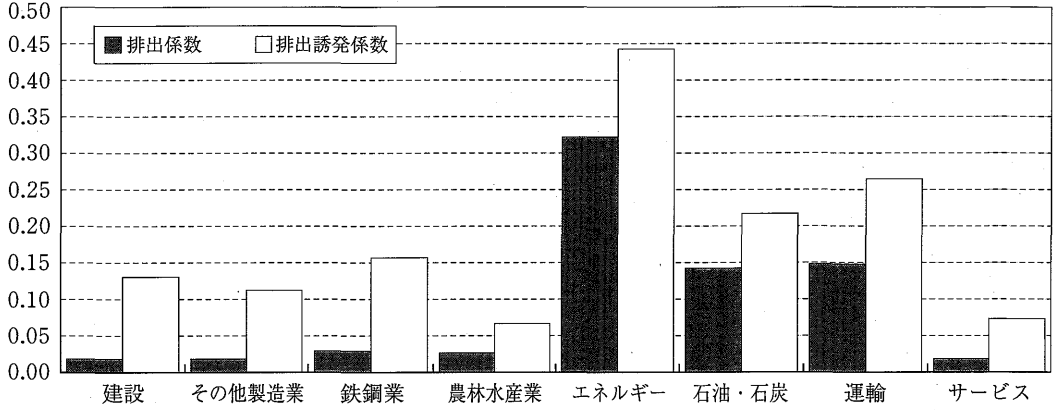
$$P = e(I-A)^{-1}f \quad (Ⅲ-2)$$

輸出が全体の51.2%を占めており、マレーシア経済がいかに輸出依存度が大きいかがわかる。次に、民間消費支出部門でのCO₂排出量が30.2%、政府消費支出と投資がそれぞれ9.3%を占めている。

第Ⅲ-5図は、輸出のために国内で排出されたCO₂量(以下、国産輸出CO₂量と言う)を部門別に示したものである。エネルギー産業が

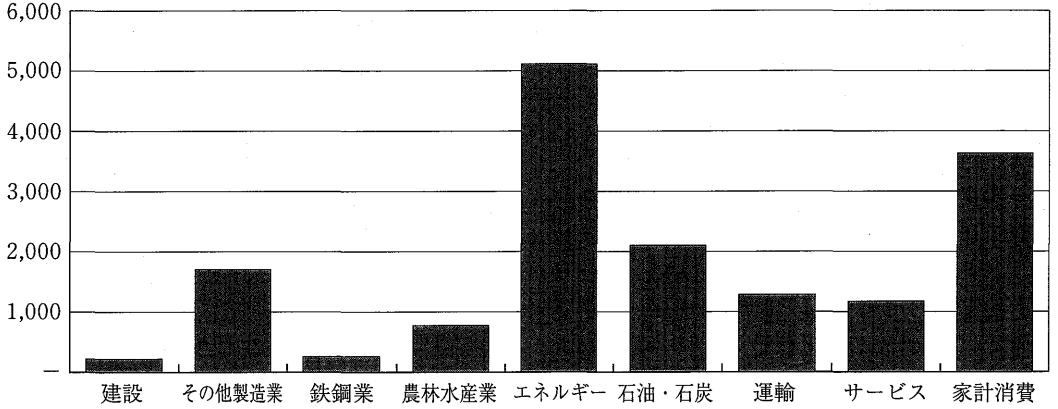
(炭素換算千トン/百万ドル)

第Ⅲ-3図 産業部門別 CO₂ 排出係数と CO₂ 誘発係数



(炭素換算千トン)

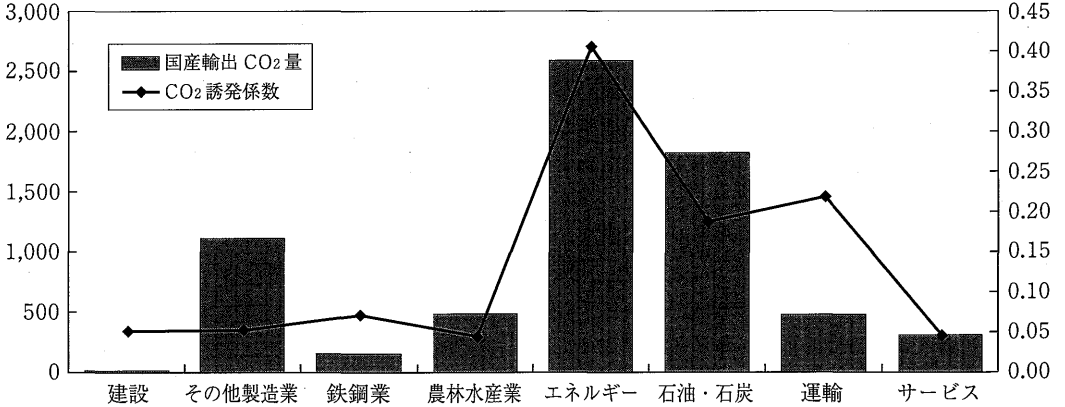
第Ⅲ-4図 マレーシアの部門別 CO₂ 排出量



(炭素換算千トン)

第Ⅲ-5図 マレーシアの輸出に伴う部門別 CO₂ 排出量

(炭素換算千トン/百万ドル)



第Ⅲ-3表 アジア及びアメリカにおける上位3部門のCO₂排出量

マレーシア		中 国		イ ン ド		日 本		韓 国	
エネルギー	31.2%	エネルギー	30.1%	エネルギー	50.2%	エネルギー	34.7%	エネルギー	20.3%
石油・石炭	12.8%	その他製造業	26.2%	建設	12.3%	サービス	11.9%	運輸	15.9%
その他製造業	10.6%	鉄鋼業	10.5%	運輸	10.1%	その他製造業	10.5%	その他製造業	14.4%
フィリピン		シンガポール		タ イ		台 湾		アメリカ	
エネルギー	40.4%	エネルギー	46.5%	エネルギー	36.7%	エネルギー	34.2%	エネルギー	38.9%
運輸	17.9%	運輸	27.2%	運輸	26.9%	その他製造業	19.4%	運輸	7.6%
その他製造業	15.2%	その他製造業	4.3%	その他製造業	15.8%	運輸	16.2%	その他製造業	7.3%

国産輸出CO₂量全体の37%、石油・石炭産業が26%をそれぞれ占めており、エネルギー関連部門が全体の6割を超えている。これは、マレーシアの輸出構造がエネルギー産業部門に大きく依存していることを反映したものである。

Ⅲ-4 アジア各国のCO₂排出量

第Ⅲ-3表は、アジア及びアメリカにおける部門別排出量から上位3産業を選んでその比重を示したものである。マレーシアはエネルギー、石油・石炭などのエネルギー関連部門が全体の44%を占めて、製造業もCO₂排出量が多い産業部門である。アメリカを含めて全世界で共通するのは、CO₂排出量のシェアが最も高い部門はエネルギー産業であることである。また、韓国、アメリカ、フィリピン、シンガポール、タイ、台湾などの国では運輸産業も大きなシェアを占めているのに対し、日本はサービス産業が、インドは建設産業が、中国では鉄鋼産業が大きなシェアを占めている。このような結果は各国の産業構造の特徴を反映するものであるといえる。

第Ⅲ-4表は、アジア及びアメリカにおける一人当たりCO₂排出量と民間消費における一人当たりCO₂排出量を示している。第I章では、GDPあたりのエネルギー消費量をみたが、日本及び欧州OECD国はGDPあたりのエネルギー消費量も少なく、さらに減少傾向を見せている。これに対し、NIEsや中国はGDPあたりのエネルギー消費量は先進国に比べて大きく、さらに中国を除いて他の途上国は増加傾向であ

第Ⅲ-4表 各国の一人当たりCO₂排出量

(単位：炭素換算トン/人)

	一人当たり排出量	民間消費の 一人当たり排出量
マレーシア	0.89	0.20
中 国	0.50	0.08
イ ン ド	0.40	0.05
日 本	2.59	0.43
韓 国	1.47	0.25
フィリピン	0.18	0.01
シンガポール	5.29	0.22
タ イ	0.41	0.02
台 湾	1.87	0.16
アメリカ	5.16	1.61

る。しかしながら、一人当たりCO₂排出量で見ると、途上国に比べてアメリカとシンガポールが極めて高く、日本、台湾、韓国も高い。このようにGDP当たりエネルギー消費量(CO₂排出量)と一人当たりのCO₂排出量の順位が先進国と途上国で逆転する。このような状況は、気候安定化のための国際的な議論における新たな南北問題で対立の一つの軸として位置付けられるようになっている。

次に、各国の民間消費における一人当たりCO₂排出量をみてみよう。これは各国の民間消費の段階で直接に排出されたCO₂排出量から求められる。この結果は、国全体のCO₂排出量から求められた一人当たりCO₂排出量とは異なる傾向をみせている。アメリカは依然として高いが、シンガポールは一人当たり排出量と比べて相対的に低くなったため、日本が2番目に高くなっている。韓国、シンガポール、マレーシ

第Ⅲ-5a表 1990年時点での最終需要生産誘発額

(10億ドル)

		生産国									
		1 中国	2 インドネシア	3 日本	4 韓国	5 マレーシア	6 フィリピン	7 シンガポール	8 タイ	9 台湾	10 アメリカ
生産誘発額	1 中国	845.2	0.8	16.9	2.2	1.1	0.3	3.6	2.6	1.0	8.7
	2 インドネシア	0.9	175.8	15.8	2.0	0.3	0.2	0.5	0.3	1.2	2.4
	3 日本	10.3	4.7	5,871.9	27.1	7.8	2.5	12.8	10.9	20.4	62.2
	4 韓国	1.1	0.9	12.7	561.3	0.7	0.9	0.7	1.4	1.7	7.7
	5 マレーシア	1.2	0.3	6.8	2.0	74.2	0.4	3.6	1.7	0.9	2.3
	6 フィリピン	0.1	0.0	2.3	0.2	0.1	79.4	0.1	0.1	0.2	1.3
	7 シンガポール	0.8	0.9	4.6	1.0	2.7	0.4	78.4	2.6	1.3	2.9
	8 タイ	0.4	0.1	3.4	0.5	0.4	0.1	0.6	169.0	0.3	1.8
	9 台湾	3.3	1.0	8.6	2.2	1.9	0.9	2.2	2.1	326.6	14.1
	10 アメリカ	8.3	1.4	53.9	17.1	2.0	2.0	5.1	3.3	11.2	9,145.7
合計		871.6	185.9	5,997.0	615.6	91.1	87.1	107.6	194.0	364.9	9,249.2

81.4%

第Ⅲ-5b表 1990年時点での生産誘発収支

(10億ドル)

		生産国									
		1 中国	2 インドネシア	3 日本	4 韓国	5 マレーシア	6 フィリピン	7 シンガポール	8 タイ	9 台湾	10 アメリカ
生産誘発額	1 中国	0.0	0.1	-6.6	-1.1	0.1	-0.2	-2.7	-2.2	2.3	-0.4
	2 インドネシア	-0.1	0.0	-11.1	-1.1	0.0	-0.2	0.4	-0.2	-0.2	-1.0
	3 日本	6.6	11.1	0.0	-14.4	-1.0	-0.2	-8.2	-7.4	-11.8	-8.3
	4 韓国	1.1	1.1	14.4	0.0	1.3	-0.6	0.2	-0.8	0.5	9.4
	5 マレーシア	-0.1	0.0	1.0	-1.3	0.0	-0.4	-0.9	-1.3	1.0	-0.3
	6 フィリピン	0.2	0.2	0.2	0.6	0.4	0.0	0.3	0.0	0.7	0.6
	7 シンガポール	2.7	-0.4	8.2	-0.2	0.9	-0.3	0.0	-2.0	0.9	2.2
	8 タイ	2.2	0.2	7.4	0.8	1.3	0.0	2.0	0.0	1.8	1.5
	9 台湾	-2.3	0.2	11.8	-0.5	-1.0	-0.7	-0.9	-1.8	0.0	-3.0
	10 アメリカ	0.4	1.0	8.3	-9.4	0.3	-0.6	-2.2	-1.5	3.0	0.0
合計		10.9	13.3	33.7	-26.7	2.4	-3.2	-12.1	-17.3	-1.9	0.8

ア、台湾, などの国は, 0.16toe/人から0.25toe/人までの中間の値を示している。また, フィリピンとタイはそれぞれ0.01と0.02toe/人でアメリカ及び日本と比べると極めて小さい。これはアメリカ及び日本の生活パターンが他の国に比べてより多くのCO₂排出を伴うことを意味する。

Ⅲ-5 アジア太平洋地域のCO₂循環

この節では, 環太平洋地域の多国間産業連関

表(1990年時点)を用いて, 財サービスの流れとそれに伴うCO₂循環について鳥瞰してみよう。

第Ⅲ-5a表に, 各国最終需要がアジア太平洋地域各国の生産をどの程度誘発するかを試算した結果を示す。第Ⅲ-5a表の表頭が最終需要を直接に受けた国である。表の数字を上から下に読めば, その需要分を生産するために, どの国での生産を誘発したかがわかる。(左上から右下への)対角線上に大きな値が計上されているのは, 各国の最終需要の多くが自国内で生

第Ⅲ-6a表 1990年時点での最終需要CO₂誘発量

(100万トン)

		生産国									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		中国	インドネシア	日本	韓国	マレーシア	フィリピン	シンガポール	タイ	台湾	アメリカ
誘発国	1 中国	446.4	0.6	12.5	1.3	0.8	0.3	5.4	2.6	0.8	5.5
	2 インドネシア	0.3	67.1	21.0	2.4	0.1	0.1	0.3	0.2	1.3	1.3
	3 日本	4.6	2.1	1,966.6	12.1	3.2	1.1	5.2	4.8	8.9	23.6
	4 韓国	0.4	0.4	6.7	183.4	0.3	0.4	0.3	0.6	1.0	2.8
	5 マレーシア	0.3	0.1	4.6	0.6	22.7	0.1	1.9	0.6	0.3	0.7
	6 フィリピン	0.0	0.0	0.5	0.1	0.0	13.8	0.0	0.0	0.1	0.2
	7 シンガポール	0.6	0.6	2.7	0.5	1.3	0.1	16.8	2.3	0.9	0.6
	8 タイ	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.1	15.0	0.0	0.2
	9 台湾	0.4	0.1	1.0	0.3	0.2	0.1	0.3	0.2	32.2	1.8
	10 アメリカ	1.3	0.3	10.7	3.9	0.4	0.4	1.1	0.6	2.5	1,676.3
	合計	454.4	71.3	2,026.5	204.7	29.0	16.4	31.2	27.0	48.0	1,713.1

78.4%

第Ⅲ-6b表 1990年時点での生産誘発CO₂収支

(100万トン)

		生産国									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		中国	インドネシア	日本	韓国	マレーシア	フィリピン	シンガポール	タイ	台湾	アメリカ
誘発国	1 中国	0.0	-0.3	-7.9	-0.9	-0.5	-0.2	-4.8	-2.5	-0.4	-4.2
	2 インドネシア	0.3	0.0	-18.9	-2.1	0.0	-0.1	0.3	-0.2	-1.2	-1.0
	3 日本	7.9	18.9	0.0	-5.5	1.4	-0.7	-2.5	-4.5	-7.9	-13.0
	4 韓国	0.9	2.1	5.5	0.0	0.3	-0.3	0.2	-0.5	-0.7	1.1
	5 マレーシア	0.5	0.0	-1.4	-0.3	0.0	-0.1	-0.6	-0.6	-0.1	-0.3
	6 フィリピン	0.2	0.1	0.7	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
	7 シンガポール	4.8	-0.3	2.5	-0.2	0.6	0.0	0.0	-2.3	-0.7	0.5
	8 タイ	2.5	0.2	4.5	0.5	0.6	0.0	2.3	0.0	0.2	0.4
	9 台湾	0.4	1.2	7.9	0.7	0.1	0.0	0.7	-0.2	0.0	0.7
	10 アメリカ	4.2	1.0	13.0	-1.1	0.3	-0.1	-0.5	-0.4	-0.7	0.0
	合計	21.7	22.9	5.7	-8.4	3.0	-1.6	-4.9	-11.3	-11.4	-15.7

産されていることを表しているわけで自然な結果である。したがって、2番目に大きな値を探すとその国・地域の特徴が見えてくる。中国の場合、僅差で2位が日本、3位がアメリカとなっており、日米両国からの多くの原材料供給を受けていることがわかる。マレーシアは、日本からの原材料及び中間財の輸入が多いことを表している。これは序章で見たように、日本からのマレーシアへの直接投資が多いことを反映すると思われる。3位以下は僅差ではあるがシ

ンガポール、アメリカと続く。アジア太平洋地域のその他の国でも、多かれ少なかれ日米両国財を多く誘発するという類似の傾向が見られる。日本については2位がアメリカ、アメリカについても2位が日本であった。

第Ⅲ-5a表を転置して、それをもとの第Ⅲ-5a表から差し引けば、誘発された額から誘発した額が求められ、誘発生産額から見た「貿易収支」が計算できる。つまり、その符号がプラスであると、誘発された額より誘発した額が多

いことを意味するので、二国間では誘発貿易収支が「黒字」ということになる。その結果を第Ⅲ-5b表に示す。この表は、対角線上がゼロで、対角線をはさんで符号が反対になっている。日本の列に注目すると、中国とインドネシアでマイナスである（誘発貿易収支がマイナス）。インドネシアに関しては、原油輸入が多いという特殊効果である。中国に関しては、1990年当時から、日本経済が中国からの原材料投入に依存していたことがわかる。マレーシアの列では、誘発貿易収支がマイナスであるのは、日本と台湾である。アメリカの列では対日本の赤字が大きいのがわかる。

さて、第Ⅲ-5a表は産業別に誘発額を計算して国別に集計したものであるが、集計する前に、CO₂ 発生係数を乗じて（CO₂ 発生量を計算して）から集計した結果が、第Ⅲ-6a表である。各列について、対角線上が最大になっているのは、上述のように自国財への誘発が大きいからである。マレーシアの場合、財に関しての自国内誘発額が全体の81.4%を占めているのに対し（第Ⅲ-5a表）、CO₂ 排出量では78.4%を占める（第Ⅲ-6a表）。いずれも2割程度は海外に依存していることがわかる。

少々驚かされるのは、日本のCO₂ の誘発発生量がアメリカより大きいことである。この結果を確認するために、新保データをみてみると、日本のエネルギー産業での排出係数がアメリカに比べて倍近く大きいことがわかった。やや常識とは異なる係数であるので、今後調査したい。

第Ⅲ-5表で行ったように、第Ⅲ-6表についても、転置行列との差を求めた。その結果が第Ⅲ-6b表である。ここではCO₂ 収支が計算できる。中国はすべての国に対してCO₂ 収支がプラスであった。つまり、貿易がないのであれば、本来需要元の国での生産過程で発生するはずだったCO₂ を、中国がその国に代わって排出したということになる。中国は「世界の工場」といわれる場合があるが、まさに、そうした状況を描写したものになっている。マレーシア及びインドネシアでも合計として大きなプラ

スになっているが、マレーシアは日本と台湾が、インドネシアにおいてはそのほとんどは対日本である。これはインドネシアで採掘した原油を日本で燃やしているということである。

日本の列和もプラスであるが、対中国と対インドネシアのマイナスの影響も大きい。プラスの収支としては、とくに対アメリカ収支でのプラスが大きい。日本の製造業を極めて単純化して表現すれば、日本の製造業は中国から部品、インドネシアから原油を輸入し、アメリカへ輸出していることになる¹⁾。

第二部 日本とマレーシアにおける CDMの可能性とその経済 影響：応用一般均衡モデル (GTAP)による分析

Ⅳ 第二部の目的とGTAPモデルの概要

Ⅳ-1 第二部の目的と構成

本論文では、特にマレーシアに焦点を当てて、CO₂ 排出量の抑制（またはエネルギー消費の抑制）に向けた方策の効果を検討する。グローバルな意味でのCO₂ 排出量の抑制の現実的な解決策の1つは、先進国での炭素税の導入とそれを財源にしての先進国から途上国への省エネ投資であろう。しかし、こうしたCDM的な経済・技術協力を行い、CO₂ 排出量の価格付け（あるいは売買）を実現するには多くの情報が必要である。例えば、炭素税導入は先進国地域を含めた世界全体にどの程度の損失を伴うのか、あるいは技術の移転は途上国地域を含めた世界全体にどの程度の経済的利益をもたらすのか、といったことについての情報である。現状では、残念ながらそうした情報が十分にあるとはいえない。本論文はこうした要請に応えるための試論でもある。

上記の情報を提供するために、本論文では応用一般均衡モデル（CGEモデル）の手法を用いる。本章では、本論文で用いる応用一般均衡

1) 日本の石油製品のCO₂ 排出係数が他国に比較して大きいので、その原因を精査する必要がある。

モデルの構造を説明する。応用一般均衡モデルとは産業連関分析の枠組みを拡張したものである。産業連関分析の枠組みでは、需給両面がそれぞれの線形関係で記述されている。したがって、需要面は最終需要の量だけで決定され、供給面は企業のコストだけで決定されるという構造になっている。つまり、産業連関分析は需給両者が完全に分離された構造になるという決定的な問題点を持っている。こうした問題点が承知されながらも、産業連関分析が用いられてきたのは、理論的なわかりやすさとコンピュータへの負荷の軽さであった。しかし、後者の問題が解決されるにしたがって、用いられるようになったのが、CGEモデルである。CGEモデルでは、価格に反応する需要関数と供給関数を仮定することによって、市場での物価と数量の相互依存関係がモデル化される。つまり、よりミクロ経済学の要請を忠実に描写したモデルである。ただ、そうしたモデルを研究者が独自に開発するには、時間的精神的な費用がかかる上に、仮にモデルが完成したとしても、会議などで複数のモデルを持ち寄り比較検討する際には、背景となる理論やパラメータの設定値がそれぞれ異なるため(極論すれば、モデルの内部構造がブラックボックスになるため)に、そうした場での議論が空回りするということがまみられた。そうした状況の中で開発されてきたのがGTAP(Global Trade Analysis Project)モデルである。GTAPモデルは、アジア太平洋域内での貿易自由化の影響を各国の政策担当者が議論するベースを提供することを当初の目的としていた。貿易の自由化は複数の国が利害関係を持つので、モデル構造がブラックボックスであっては困るという理由で、モデルの構造は公開され、その操作のための統計パッケージも供給されている。いわば、政策担当者や研究者がその基本構造を共有しているCGEモデルということになる。

第IV章では、こうしたGTAPモデルを用いて、幾つかのシミュレーションを行う。まず、日本からアジア地域への技術移転がどの程度二

酸化炭素排出量の削減が可能であるかを検討する。このシミュレーションは言うまでもなくCDMの有効性を検討するためのものである。もっと言えばCO₂排出削減と途上国の経済成長とを両立させようかのシミュレーションである。その比較のためのシミュレーションとして日本での炭素税の賦課の効果を検討する。本稿ではそのためのコストはどの程度であるかを探る。

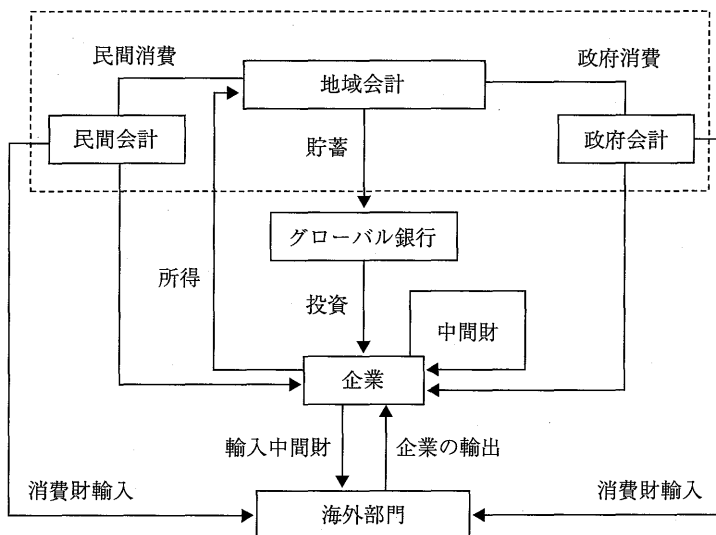
IV-2 GTAPモデルの発展

GTAPモデルは各地域型のCGEモデルである。GTAPモデルの出発点はオーストラリア政府が進めてきたSALTA(東アジア地域での貿易自由化を部門ごとに分析する)プロジェクトであった。当初このモデルは、地域分割が16地域、産業分割が37産業であったが、オーストラリアの貿易自由化を扱うモデルであったということで、農林畜産部門の産業分類が詳細であるという特徴があった。その後、OECD、世界銀行、UNCTAD、WTOといった国際機関にくわえて、日本、アメリカ、EUの政府機関がプロジェクトに参加するようになり、名前もGTAPと変更された。今回本稿で用いたGTAP第5版では、地域分割が66地域、産業分割が57産業へと大幅に拡張されている。

GTAPモデルを用いた政策評価は、国際間での協定を締結する場合の事前情報としてとくに有効である。関係各国は、協定締結の結果生じるであろう経済的影響についてお互い独自に試算した数量的な分析結果を提示して議論するのであるが、その基礎となる経済モデルの背景が異なれば、おのずと議論がかみ合わない。これに対して、GTAPモデルは、多くの機関・政府が開発に関わっているので、共通の土俵で政策協調や国際協定の経済効果を分析することができるという利点がある。つまり、モデルの透明性の向上という意味で、GTAPモデルは大きな貢献をしたといえる。

各研究者は、GTAPモデルの地域分割や産業分類を研究目的に合わせて統合し、各パラメータの調整をした上で(つまりモデルをカス

第IV-1図 GTAPモデルのマクロ構造



資料：川崎 [1999] を基礎に著者作成。

タマイズして), シミュレーション分析を行うことになる。2000年に発表された日韓の自由貿易協定についての両国の共同研究でも GTAP のデータベースが利用されている²⁾。日本国内でも, 具体的な例としては, ウルグアイ・ラウンドや中国の WTO 加盟の効果, 各自由貿易協定の評価などの研究が多数なされてきた。また第5版では, 産業分類が, サービス産業やエネルギー産業を中心に大きく拡充されたので, 規制緩和の効果や環境政策などにも応用分野は広がっている。

IV-3 GTAPモデルの構造³⁾

GTAPモデルのデータベースは, 各国の投入や産出データに加えて, 間接税, 貿易および関税, 労働, 資本ストック, 天然資源といったデータが用意されている。第IV-1図に GTAP モデルのマクロの概念図を示した。GTAP モ

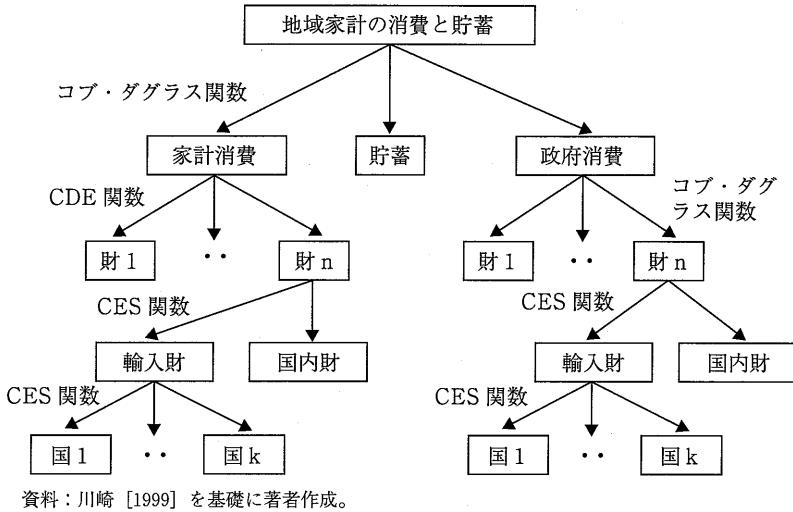
デルは多国間のモデルであるが, ここでは1国と海外部門からなるモデルとして描いている。図中の矢印は, 財サービスの流れではなく対価の支払いを示す。各国は消費部門である地域家計と生産部門である企業部門に分かれており, 各国で生じた貯蓄と投資の不均衡を調整するために仮想的主体として「グローバル銀行」が用意されている。以下, 消費部門, 生産部門, 貯蓄と投資の均等の順で, モデルの構造を説明する。

GTAP の国内部門は生産部門と「地域家計」部門に分かれる。地域家計とは GTAP 独特の概念であり, 一般にいう家計部門と政府部門を統合した主体と考えられたい。地域家計の構造を第IV-2図に示した。各国の地域家計は家計消費と政府支出ならびに貯蓄を要素とする効用関数(コブ=ダグラス型)を持っており, その代表的消費者が効用関数を最大化するように家計消費, 政府支出および貯蓄を決定する。家計消費は代替弾力性の差が一定である CDE 関数で各財に振り分けられ, さらに各財は CES 関数で国内財と輸入財に, そしてさらに輸入財の輸入元も CES 関数で各国に振り分けられる。政府支出の決定も基本構造は家計消費

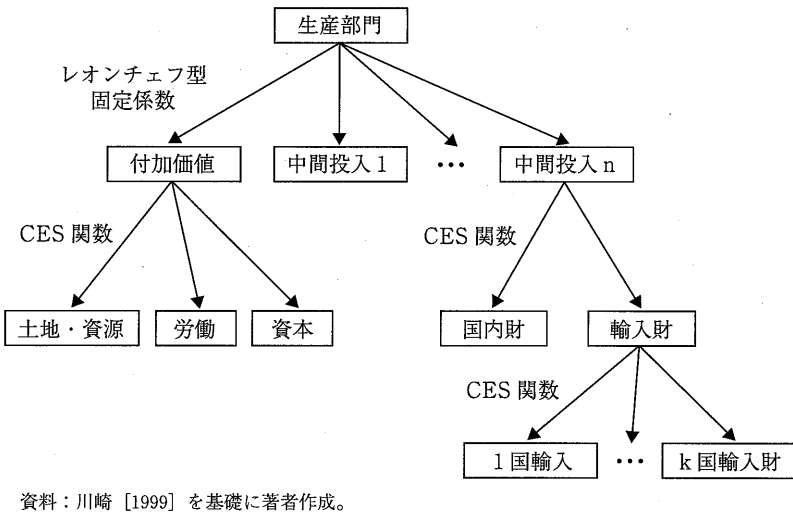
2) 2000年9月に日韓の共同シンポジウムが東京で開催された。そこでの報告書が日本貿易振興会アジア経済研究所 [2000], 韓国対外経済政策研究院 [2000] である。

3) 詳しくは, Hertel et al. [1997], 川崎 [1999] を参照されたい。また, 大阪大学の伴金美教授の Web は有益である。http://ban.econ.osaka-u.ac.jp/kban/index.html

第IV-2図 GTAPモデルの地域家計の消費と貯蓄



第IV-3図 GTAPモデルの生産部門



と同様である。政府支出は、いわゆるマクロ計量モデルでは外生変数（政策変数）として扱われるのが通常であるが、GTAPモデルでは内生変数として扱われるのが大きな特徴である。

CGEモデルでは全市場が均衡していることを前提なので、経済効果とは旧均衡点から新均衡点へのシフトを意味する。したがって、自明なことであるが、事前に失業等の不均衡を想定している「乗数効果」といった概念は存在しない。

い。

第IV-3図には生産部門の構造を示した。生産部門の構造も消費部門の構造と同様の3段階構造になっている。まず、付加価値と中間投入各部門についてはレオンチェフ型の固定係数である。この時点では財価格の変化が中間投入構造に変化を与えないが、中間投入財は国内財と輸入財のCES関数での集計財であり、相対価格の変化に対応して国内財と輸入財のシェアが

変化する。また、輸入財も輸入相手国別財の CES 関数での集計財であり、国際間の価格変化にも対応して、輸入相手国間の代替が仮定されている。一方付加価値部門は労働、資本、および土地・天然資源から構成されており、これらも CES 関数で集計されている。

IV-4 閉鎖1部門でみた GTAP モデル⁴⁾

IV-4-1 予算制約とワルラス法則

ここでは、次のような単純化された閉鎖経済モデルを考える。産業部門は1部門のみで、この財は家計部門の消費財としても、産業部門の投資財および中間投入財としても需要される。単純化のために政府は捨象する。生産要素は労働と資本の2種類のみと仮定している。

一般均衡モデルではワルラス法則が成立している。ワルラス法則とは、経済に n 個の市場があった場合、そのすべての市場の均衡条件を定義する必要はなく、 $n-1$ 個の市場が均衡していれば、残りの1つの市場は必ず均衡するという法則である。つまり、各主体はそれぞれの予算の制約内で行動しているの、その予算制約という縛りをかければ、 n 個の市場均衡式のうち、1本は独立ではなくなるということである。しかし、これは逆に言えば、 n 個の市場に対応して n 個の価格を決めることができないということの意味する。したがって、一般均衡モデルでは、ある財の価格を規準（ニューメーラ）として、その他の財の価格を相対価格で表すという手法を用いる。

まず家計の予算制約式から始めよう。家計は労働と資本を産業部門に供給し、得た所得を消費に支出し、その残りを貯蓄する。ここでの貯蓄需要とは同時に投資財への需要を意味する。投資は銀行部門により決定され、その数量を $QSAVE$ 、価格を $PSAVE$ で定義する。このとき、家計の予算制約式は以下のように表せる。

$$WL^S + RK^S = PC + P \cdot QSAVE^d \quad (IV-1)$$

ここで、 W は賃金率、 L^S は労働供給、 R は

レンタル率、 K^S は資本ストック、 P は財価格、 C は消費需要、 $QSAVE^d$ は貯蓄需要を表している。次に、産業部門の予算制約（ゼロ利潤条件）は以下のように書ける。

$$PQ = WL^d + RK^d + P \cdot QF \quad (IV-2)$$

ここで、 Q は財の生産量、 L^d は労働需要、 K^d は資本ストック需要、 QF は中間投入需要である。次に銀行について述べる。ここでの銀行の役割は、家計から集めた貯蓄を原資に、家計に代わって投資することである。貯蓄供給を $QSAVE^S$ 、投資需要を $QCGDS^d$ で表すと、銀行の予算制約式は次のようになる。

$$P \cdot QSAVE^S = P \cdot QCGDS^d \quad (IV-3)$$

上記の (IV-1) ~ (IV-3) 式の辺々を加えて整理すると (IV-4) 式で表されるワルラス法則が得られる。(IV-4) 式は財、労働、および資本ストックの超過需要の和が貯蓄投資差額に等しいことを表している。言い換えれば、左辺の3個の市場が均衡しておれば、投資財の市場は必ず均衡することを示している。

$$W(L^d - L^S) + R(K^d - K^S) + P(C + QF + QCGDS^d - Q) = P(QSAVE^d - QSAVE^S) \quad (IV-4)$$

IV-4-2 各経済主体の行動

【生産部門の行動】

生産部門は資本・労働・中間投入物を用いて財サービスを生産する。生産の構造は、付加価値部分（資本と労働の集計投入物）と中間投入物に関してはレオンチェフ型の固定係数なので、次のようになる。

$$Q = \min \left[\frac{QV}{\alpha}, \frac{QF}{\beta} \right] \quad (IV-5)$$

ここで α 、 β は生産要素集計物と中間投入物の投入係数である。付加価値部分（資本と労働）に関しては CES 型であると仮定するので、生産要素の集計投入物を QV で表すと生産関数は次のように表すことになる。

$$QV = \left[(\theta)^{\frac{1}{\sigma}} (L^d)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1-\theta)^{\frac{1}{\sigma}} (K^d)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \quad (IV-6)$$

ここで σ は CES 型生産関数での代替の弾力

4) この節の内容は伴 [2001] の記述に基づいている。

性, θ は分配係数である。

生産部門は生産量 Q を所与として費用が最小となるようにそれぞれの需要量を決定する。第1段階で生産量を所与として資本と労働の集計投入物と中間投入物の需要の決定を行い, 第2段階で集計投入物の需要量を所与として資本と労働の需要の決定を行う。まず第1段階の生産要素集計投入物と中間投入物に対する需要は以下ようになる。 QV は付加価値量, QM は中間投入量を表す。

$$QV = \alpha Q \quad (IV-7)$$

$$QM = \beta Q \quad (IV-8)$$

次の第2段階は QV が与えられたもとの、費用を最小化するように L と K の需要を決定することになる。産業部門の需要方程式は (IV-6) を制約として (IV-9) 式の費用最小化問題を解くことで得られる。費用を PQV としよう。

$$\text{Min. } PQV = WL^d + RK^d \quad (IV-9)$$

労働と資本の需要関数はそれぞれ次のように定義される。

$$L^d = \theta \left(\frac{W}{PV} \right)^{-\sigma} \alpha Q \quad (IV-10)$$

$$K^d = (1-\theta) \left(\frac{R}{PV} \right)^{-\sigma} \alpha Q \quad (IV-11)$$

さらに, 生産要素の集計投入物の価格関数 P は, CES 生産関数の双対として, 以下のように定義される。 PV は生産要素の集計投入物1単位を生産するための最小費用ということになる。

$$PV = [\theta W^{1-\sigma} + (1-\theta) R^{1-\sigma}]^{\frac{1}{1-\sigma}} \quad (IV-12)$$

【家計の行動】

家計の効用関数は次のようなコブ=ダグラス型の関数が想定されている。 C は現在の消費, $QSAVE^d$ は貯蓄であるが, 貯蓄は将来財の消費という意味付けである。ちなみに, GTAP では政府支出も家計が決定すると仮定されているが, 政府支出がある場合は, (IV-13) 式の3つめの説明変数になる。

$$U = (C)^\delta (QSAVE^d)^{1-\delta} \quad (IV-13)$$

家計の財と貯蓄に対する需要は, 予算制約式 (IV-1) の下で, (IV-13) を最大化する問題を

解くことによって次のように得られる。コブ=ダグラス型の効用関数では, 効用関数の指数が各支出の名目シェアとなるのが特徴である。

$$C = \frac{\delta(WL^S + RK^S)}{P} \quad (IV-14)$$

$$QSAVE^d = \frac{(1-\delta)(WL^S + RK^S)}{P} \quad (IV-15)$$

【均衡解】

ワルラス法則を確認したときに述べたように, 4つの市場の均衡条件(財, 労働, 資本ストック, および貯蓄投資の均衡)のうち, 独立であるのは3個である。ここでは財, 労働, および資本ストックの市場均衡条件を陽表的に扱うことにすれば, ここでのモデル(閉鎖1部門)は以下のように書ける。

(i) 財価格

$$PQ = WL^d + RK^d + P \cdot QF \quad (IV-2)$$

(ii) 労働市場需給一致(賃金)

$$L^S = L^d \quad (IV-16)$$

(iii) 資本ストック市場需給一致(レンタル)

$$K^S = K^d \quad (IV-17)$$

(iv) 財市場需給一致

$$Q = C + QM + QCGDS^d \quad (IV-18)$$

(v) 労働需要

$$L^d = \theta \left(\frac{W}{PV} \right)^{-\sigma} \alpha Q \quad (IV-10)$$

(vi) 資本ストック需要

$$K^d = (1-\theta) \left(\frac{R}{PV} \right)^{-\sigma} \alpha Q \quad (IV-11)$$

(vii) 消費財需要

$$C = \frac{\delta(WL^S + RK^S)}{P} \quad (IV-14)$$

(viii) 中間財需要

$$QF = \beta Q \quad (IV-8)$$

(ix) 付加価値価格

$$PV = [\theta W^{1-\sigma} + (1-\theta) R^{1-\sigma}]^{\frac{1}{1-\sigma}} \quad (IV-12)$$

ここで, L^S と K^S は外生変数(あるいは初期値)としてモデル外から事前に与えられる。内生変数は $P, W, R, PV, Q, QCGDS^d, QM, L^d, K^d, C$ の10個であるが方程式は9

本である。したがって、どれか1つの変数をニュメレールにしないと解けない。財価格 P をニュメレールとすれば、他の価格水準は、この財価格 P に対する相対価格として決まることになる。

ところで、(IV-8) 式と (IV-14) 式を財の需要関数に、(IV-10) 式を労働需要関数に、(IV-11) 式を資本ストック需要関数にそれぞれ代入し、財価格 P で測った相対価格で表示すると、モデルは以下の5本の式に集約できる。

$$Q = \left(\frac{W}{P}\right)L^S + \left(\frac{R}{P}\right)K^S + \beta Q \quad (\text{IV-19})$$

$$L^S = \theta \left(\frac{W/P}{P_V/P}\right)^{-\sigma} \alpha Q \quad (\text{IV-20})$$

$$K^S = (1-\theta) \left(\frac{R/P}{P_V/P}\right)^{-\sigma} \alpha Q \quad (\text{IV-21})$$

$$Q = \delta \left\{ \left(\frac{W}{P}\right)L^S + \left(\frac{R}{P}\right)K^S \right\} + \beta Q + QCGDS^d \quad (\text{IV-22})$$

$$\frac{PV}{P} = \left[\theta \left(\frac{W}{P}\right)^{1-\sigma} + (1-\theta) \left(\frac{R}{P}\right)^{1-\sigma} \right]^{-\frac{1}{1-\sigma}} \quad (\text{IV-23})$$

(IV-19) は財の供給関数 (ゼロ利潤条件)、(IV-20) ~ (IV-22) は市場均衡式、(IV-23) は付加価値価格 P_V の定義式である。合計の5本の式で3個の相対価格 W/P (賃金)、 R/P (レンタル料)、 P_V/P (付加価値価格) と2個の数量 Q (生産量)、 $QCGDS^d$ (投資財需要) が決定されると解釈される。マクロのインフレ率を与えるなどで、ニュメレール P に値を与えると、各種価格の絶対水準も決定される。

IV-5 GTAPモデルのパラメータについて

IV-5-1 生産関数パラメータ

GTAPモデルの生産部門の中間投入については固定係数であるので代替の弾力性はゼロである。しかし、付加価値部分の生産要素については、代替関係が仮定されている。代替弾力性のパラメータは財ごとに異なる値が仮定されているが、各国ごとには同一と仮定されている。生産要素の代替弾力性は、農林水産業やエネルギー産業では相対的に小さな値で、製造業や

サービス業になると相対的に大きな値が仮定されている。

GTAPモデルでは輸入財と国内財が混在している現実に鑑みて、両財が不完全代替の関係になると仮定されている。輸入財と国内財との代替の弾力性のことをその提案者の名にちなんで「アーミントン係数」と呼んでいる。製品の差別化の度合いが大きい方が、アーミントン係数が小さくなる傾向がある。サービス業や食料品で相対的に小さく、衣料品や自動車などの一部の製造業では大きな値が仮定されている。また、異なる地域からの輸入に関する輸入元間の代替の弾力性は、内外財の代替弾力性の2倍に想定されている。輸入財の中での代替は、内外財の代替より容易だという想定である。

IV-5-2 資本の自由化パラメータ

GTAPモデルでは、まず国内の消費と生産とが決定され、その残差としての貯蓄額が決められる。そして、貯蓄と均等するように投資が行われるという仕組みである。以上は一国モデルでの話だが、現実の経済のように国際間の取引がある場合は状況が異なり、世界全体での貯蓄と投資が均等することになる。そこで、GTAPモデルでは、貯蓄が一旦仮想的なグローバル銀行に預けられ、その銀行が世界全体の資金配分を決定するという独特の仮定を置いている。銀行セクターが投資配分を行う際には、各国の期待収益率が均等化するように投資の国際配分を決定する場合とそうしない場合との2つのオプションがあり、パラメータ $RORDEL$ でスイッチする。前者は国際資本移動が自由化されている場合、後者は国際資本移動が制限されている場合に相当する。本稿ではGTAPモデルの精神を生かして、資本の自由化も想定してシミュレーションをおこなった。

IV-6 等価変分について

GTAPモデルでは、消費者効用の変化を見るのに「等価変分」(Equivalent Variation) の概念を用いている。

V シミュレーション分析⁵⁾

この章では、GTAP モデルを用いて、CO₂ 排出削減のためのいくつかのシミュレーション分析を行い、その結果を紹介する。

既に述べたように GTAP モデル66地域分割、57産業分類のデータベースを持っているが、それをそのまま利用するのは煩雑であり、分析の焦点がぼける。そこで、本論文では、地域分割と産業分類を次の第V-1表のように統合して用いた。

本論文で比較検討したシミュレーションは次の2つである。それぞれについて、CO₂ 排出量の削減とその経済効果の大きさを評価する。経済効果の大きさの指標としては、世界全体のGDPの変化を用いる。

Case 1 マレーシアでのエネルギー消費効率の改善。

Case 2 日本の化石燃料に輸入関税を賦課して消費量を削減する。

V-1 マレーシアでのエネルギー消費効率の改善

GTAP モデルでは、各財の生産関数は生産要素投入中間財投入との関数であるが、具体的には次のレオンチェフ型固定係数の形式で定義されている。

$$QO_j = e^{ao_j} \min[QVA_j e^{ava_j}, QF_{ij} e^{af_{ij}}, \dots, QF_{nj} e^{af_{nj}}] \quad (V-1)$$

ただし、 QO_j : j 財の生産量、 QVA_j : j 財の生産に用いられる実質生産要素、 QF_{ij} : j 財の生産に用いられる i 財の中間投入量をそれぞれ表し、エクスポネンシャルの指数に表れる ao , ava_j , および af_{ij} はそれぞれ技術進歩パラメータである。中立的な技術進歩仮定する場合には、(V-1) 式の右辺最初のパラメータ ao を変化させればよい。本論文のシミュレーションでは、全生産物について、投入財としての石炭、原油、天然ガスの投入効率が改善するという形式のバイアスのある技術進歩であるので、

5) 今回のシミュレーションは Ban [2001] での手法を参考にした。

第V-1表 本稿での地域分割と産業分類

地域分割	産業分類
1 日本	1 農林水産業
2 マレーシア	2 石炭
3 中国	3 石油
4 NIEs	4 天然ガス
5 ASEAN	5 軽工業

6 NAFTA	6 化学工業
7 EU	7 金属工業
8 その他	8 機械工業
	9 自動車
	10 建設公共

	11 サービス業

対応するパラメータ af_{ij} を変化させた。

本論文のシミュレーションではエネルギー効率改善を想定するが、小幅ケースとして、石炭、石油、天然ガスの投入効率が各10%ずつ改善するものとし、大幅ケースとしては小幅ケースの2倍の改善率とした。

第I章で見たように、ASEANのエネルギー効率は対日本比で4倍程度もエネルギーを多く消費している。したがって、上記程度の効率改善はCDM案件が想定しているものと大きくははずれていないと考えられる。

第V-2表にはマレーシアでエネルギー投入の20%の効率改善があった場合のシミュレーション結果を示した。エネルギー効率の改善は国内価格の低下と（エネルギーを除く）国内生産量の増加を招く。大幅改善ケースでは、マレーシアのGDPが約8億4千万ドルの改善率にして約0.8%の上昇が期待できる。マレーシア以外の国のGDPに関しては、マレーシア市場の拡大による輸出増加の効果が、マレーシア財の価格が低下したために自国財の輸出競争力が低下する効果を、どの程度相殺するかがポイントになる。「その他地域」を除いて全ての地域では前者の効果の方が強く、GDPにプラスの効果が見られた。もっとも、「その他地域」のマイナスの効果といっても微々たる額である。

第V-3表にはマレーシア国内でのエネル

第V-2表 マレーシアにおけるエネルギー効率改善の経済効果 (大幅ケース, 20%の効率改善)

	等価変分	1997年 GDP	シミュレーション後	GDP 変化幅	GDP 変化率 (%)
日本	170.4	4,255,525	4,255,544	19.5	0.000
マレーシア	739.1	106,090	106,935	844.4	0.800
中国	19.1	854,694	854,694	0.2	0.000
NIEs	96.1	1,173,834	1,173,842	8.6	0.000
ASEAN	36.4	258,012	258,013	1.2	0.000
NAFTA	64.3	8,965,149	8,965,149	0.0	0.000
EU	183.3	7,957,958	7,957,996	38.0	0.000
その他	-422.0	5,410,525	5,410,500	-24.5	0.000
合計	886.5	28,981,785	28,982,673	887.5	0.003

(単位: 1997年100万ドル)

第V-3表 マレーシアにおけるエネルギー効率改善の省エネ効果 (大幅ケース, 20%の効率改善)

	国内供給と輸入額				CO ₂ 排出量	
	1997年実績	事後	削減幅	削減率 (%)	97年実績	削減量
石炭	110.2	90.9	-19.3	-17.5	2.2	-0.4
石油	3,009.8	2,735.0	-274.8	-9.1	17.9	-1.6
天然ガス	1,464.0	1,241.1	-223.0	-15.2	9.6	-1.5
合計	4,584.0	4,067.0	-517.0	-11.3	29.7	-3.5

(単位: 1997年100万ドル, 炭素換算100万トン)

ギー産業の生産額の変化とそれに伴う CO₂ 排出量の変化を示した。石炭が約17.5%の減少、石油が9.1%の減少、天然ガスが15.2%の減少となる。これは想定した生産性の改善、それぞれ20%に比較して小さくなっているが、これは経済全体の規模の拡大による需要効果とエネルギー価格の低下による消費需要増加の効果とによると考えられる。化石燃料消費の減少に並行して、CO₂ 排出量がそれぞれ、0.4、1.6、1.5炭素換算百万トンだけ減少し、合計は3.5炭素換算百万トンに達する。1997年時点でマレーシアでの CO₂ 排出量は29.7炭素換算百万トンであるから、この数字は約11.8%になる。

第V-1図はマレーシアでのエネルギー効率改善による CO₂ 排出量の削減と世界 GDP の増加の関係をグラフ化したものである。先進国から途上国への技術移転は、1つの Win-Win ゲームのシナリオが書けることを示している。

V-2 日本での炭素税導入

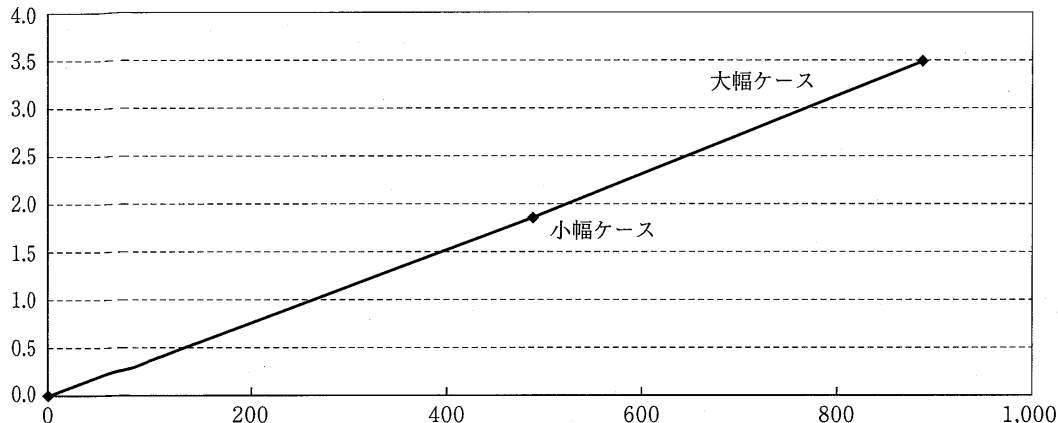
GTAP モデルでは商品への課税として、国内物品税、輸入関税、輸出関税、および一般消費税が考えられている。化石燃料への課税のシミュレーションを、例えば産油国であるアメリカを対象にして行くとすれば、国内生産物と輸入財に課税、輸出財には税の還付という形式をとる必要がある。しかしながら、日本の場合は、化石燃料のほとんど全てが輸入品であるので、関税を賦課する形で炭素税を導入したものとした⁶⁾。

本稿で行ったシミュレーションでの炭素税の想定は、石炭、石油、天然ガスへの課税がそれぞれ小幅のケースで20%、10%、5%、大幅のケースで40%、20%、10%の税率である。エネ

6) 貿易阻害要因には、関税の他、輸入割当、非関税障壁、輸出補助金、輸出自主規制などがあるが、GTAP データベースではこれらを一括して数値化し、関税とされている。

炭素削減(100万トン)

第V-1図 マレーシアにおけるエネルギー効率改善



第V-4表 日本における炭素税の経済効果(大幅ケース, 20%の効率改善)

	等価変分	1997年 GDP	シミュレーション後	GDP 変化幅	GDP 変化率(%)
日本	-2,469.5	4,255,525	4,253,942	-1,583.0	-0.040
マレーシア	12.9	106,090	106,099	8.9	0.010
中国	26.2	854,694	854,730	36.8	0.000
NIEs	-6.9	1,173,834	1,173,834	-0.1	0.000
ASEAN	14.5	258,012	258,027	14.9	0.010
NAFTA	372.2	8,965,149	8,965,177	28.0	0.000
EU	168.7	7,957,958	7,957,896	-62.0	0.000
その他	372.1	5,410,525	5,410,574	49.0	0.000
合計	-1,509.9	28,981,785	28,980,277	-1,507.6	-0.005

(単位:1997年100万ドル)

ルギーごとに税率が異なるのは、それぞれの炭素含有量の差を反映したためである。ちなみに、石炭、石油、天然ガスそれぞれの石油換算トン当り、1.080、0.837、0.641炭素換算トンだけのCO₂を排出する。

第V-4表に日本で石炭、石油、天然ガス輸入のそれぞれに40%、20%、10%の課税を行った場合の、各国のGDPの変化を示した。石油に関しては、このケースをガソリン1リットルを100円として1リットルにつき約20円の課税と読みかえるとすれば、これは炭素1トン当り約30,000円の課税に相当する。

炭素税の賦課の効果は、GDPの変化を見れば、日本の一人負けの状態になる。比率にすればわずかであるが、額では約15.8億ドルの

GDPの減少となる。日本以外の国では、NIEsとEUを除いて、GDPは増加する。これは、炭素税の賦課は日本財の価格を上昇させるので、日本市場での輸入の増加、あるいは日本が輸出市場としていた地域での日本製品の価格競争力を低下させるためである。

第V-5表には、日本での化石燃料の輸入量の変化とそれともなうCO₂排出量の変化を示した。CO₂排出量の減少は、石炭起源が0.9炭素換算百万トン、石油起源が3.8、天然ガス起源が0.3、あわせて5.1炭素換算百万トンにすぎない。1997年での日本のCO₂排出量は357炭素換算百万トンであるから、削減量はこの1.4%でしかなく、京都議定書の日本の削減目標6%には遠く及ばない。

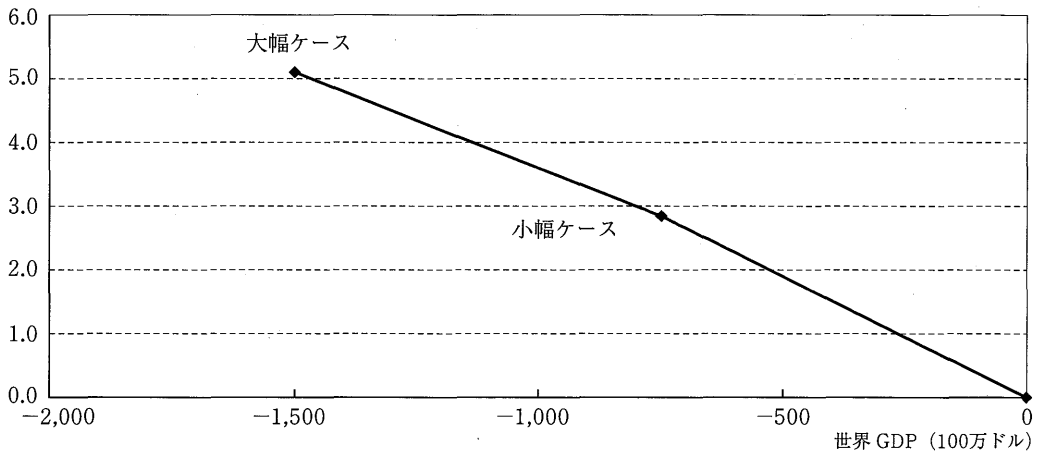
第V-5表 日本における炭素税の省エネ効果 (大幅ケース, 20%の効率改善)

	消費額				CO ₂ 排出量	
	1997年実績	事後	削減幅	削減率 (%)	97年実績	削減量
石炭	6,350.1	6,286.6	-63.5	-1.0	93.4	-0.9
石油	29,078.0	28,593.6	-484.4	-1.7	227.7	-3.8
天然ガス	6,549.0	6,487.7	-61.3	-0.9	36.7	-0.3
合計	41,977.2	41,367.9	-609.2	-1.5	357.7	-5.1

(単位: 1997年100万ドル, 炭素換算100万トン)

炭素削減 (100万トン)

第V-2図 日本における炭素税課税



もっとも、この数字は過小評価されているという点を注意しておかなくてはならない。なぜなら、このシミュレーションはあくまでも静学分析であるからである。ここでの効果は、エネルギー多消費型の産業の価格が上昇するために消費需要が減少するという価格効果とそのため産業部門でのエネルギー消費量が低下するという所得効果しか含んでいない。エネルギー価格が上昇したために、エネルギー節約的な技術が導入されるといった効果は含まれていない。

いずれにしても、既に日本の省エネ技術は世界でも相当の水準に達している以上、日本でのエネルギー消費に課税だけでは、第1約束期間における6%削減という目標を実現するのは難しそうである。

第V-2図はその他ケースについてのGDP減少とCO₂排出量削減の効果をグラフにしたものである。GDP 2.5億ドルごとに、CO₂排

出量が削減百万トン削減されることがわかる。

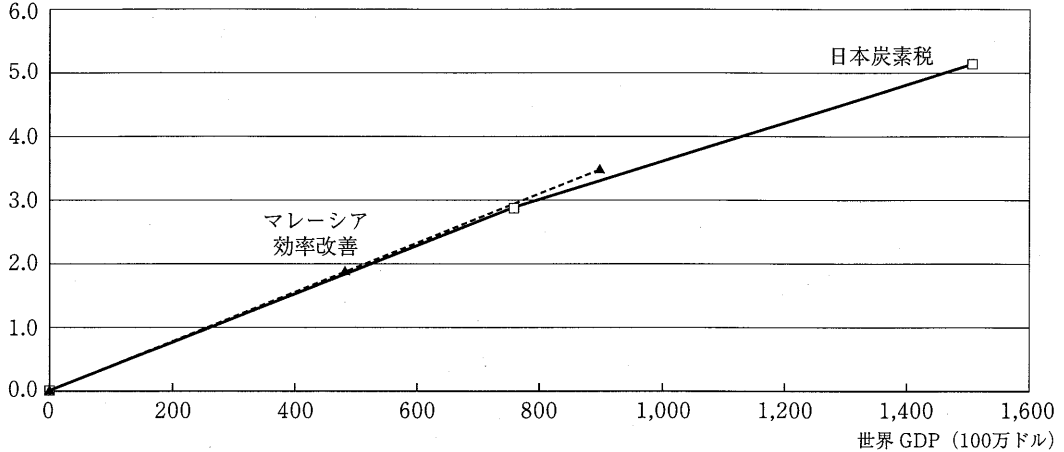
終章

本論文では、アジア地域の中でも最もCO₂排出量の増加率が高いマレーシアに着目し、第一部ではマレーシア及びアジアの貿易及び海外の直接投資構造などを含む経済構造、エネルギー消費構造とCO₂排出の関係进行分析した。第二部では、GTAPモデルを用いて日本からマレーシアへの技術移転によるCO₂排出削減効果を分析した。

第一部の主な結論を要約すれば次のようになる。まず、アジア地域及びマレーシアにおける最近のCO₂排出量の増加が著しいことが確認された。特に、アジア地域では世界に占めるCO₂排出量の多さから中国のみが注目されているが、マレーシアのCO₂排出量の増加率が他のアジア地域と比べても最も高いことは留意

炭素削減(100万トン)

第終-1図 炭素税と技術支援



すべきである。茅恒等式を用いてCO₂排出量が増加する要因を分析してみると、これらの地域ではエネルギー消費あたりCO₂排出量とGDPあたりCO₂排出量は改善されても、経済成長によってCO₂排出量が増加した効果がそれらの効果を上回るため、CO₂排出量は増加の傾向を見せていることが明らかになった。また、EDEN表を利用して輸出入に伴うCO₂排出量を分析した結果、アジア地域及びマレーシアのCO₂排出量は輸出入に伴って発生する割合が非常に高いことが明らかになった。特に、マレーシアは日本との貿易及び直接投資などの経済関係が深いこともあって、マレーシアにおけるCO₂排出量の10.9%相当な割合が必要に起因するものであることも明らかになった。

次に、第二部の結果を要約すれば次のようになるであろう。第終-1図は、第二部のV章で示した第V-1図と第V-2図とを再び同じ平面上に描きなおしたものである。▲でマークした折れ線はマレーシアのエネルギー効率改善によるGDP増加とCO₂排出削減の関係である。このグラフは次のように読むことができる。すなわち、横軸はGDPの変化であるが、少なくともこの規模の設備投資を行えば、想定した効率改善が実現され、グラフで示された程度のCO₂排出削減が達成されるであろう。これは、日本が技術援助国なら、日本がマレーシアに技

術贈与(設備投資を贈与)したことによるCO₂排出削減と解釈することができる。一方で、□でマークした折れ線は日本が炭素税導入で自らの生産コストを上昇させて、GDPを諦めることによるCO₂排出削減量を表している。

この図から明らかなように、同額のGDPを犠牲にするのであれば、マレーシアへ技術支援する(マレーシアにGDPを贈与する)方が世界全体の厚生の上昇に貢献することがわかる。この結果をふまえれば、日本からマレーシアをはじめアジア途上国へ温室効果ガス削減を念頭においた技術協力を進めることが望まれる。そのためにCDM等の仕組みを活用しやすくすることが必要であろう。このことは、長期的には気候変動対策における先進国と途上国との間の協力関係構築に示唆を与えるものである。

CDMを推進していく上ではいくつかの留保条件や課題があるものの、技術協力の有効性そのものは疑う余地はない。今後も技術協力できる分野の詳細な情報の収集と技術協力の費用と便益に関する研究蓄積を期待したい。

【参考文献】

川崎研一 [1999] 『応用一般均衡モデルの基礎と応用—経済構造改革のシミュレーション分析』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』。
- 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。
- 伴ひかり [2001] 「GTAP モデルの基本構造」『神戸学院大学論集』第33巻第3号。
- Ban, K. [2001] Application of CGE Modeling to Analysis of Environmental Measures in

APEC, in *Asia Pacific Economic Cooperation (APEC): Challenges and Tasks for the Twenty-first Century*, ed. by I. Yamazawa, Routledge, pp.280-299.

Hertel, T. W. et al. [1997] *Global Trade Analysis - Modeling and Applications-*, Cambridge University Press.