

アジア諸国の経済成長とCO₂排出構造の変化

- 製造業と電力業を中心に -

松岡俊二

広島大学大学院国際協力研究科・助教授

〒739-8529 東広島市鏡山1-5-1

E-mail: smatsu@ipc.hiroshima-u.ac.jp

村上一真

広島大学大学院国際協力研究科・大学院生

〒739-8529 東広島市鏡山1-5-1

E-mail: kazuma@ipc.hiroshima-u.ac.jp

松本礼史

広島大学大学院国際協力研究科・助手

〒739-8529 東広島市鏡山1-5-1

E-mail: reishi@ipc.hiroshima-u.ac.jp

1. はじめに

世界銀行(1993)は「東アジアの奇跡」において、東アジアの経済成長は公平な分配を伴った成長の達成に成功したと評価した。他方、アメリカの経済学者Krugman(1994)は「まぼろしのアジア経済」で、東アジアの経済成長は技術革新などによる効率性の改善によって達成されたものではなく、外資や安価な労働力などの資源投入の増大の結果に過ぎないとした。こうした論争に対し、筆者らの研究グループは、アジア諸国の経済成長とエネルギー消費およびSO_x、CO₂などの汚染物質の排出動向を分析することにより、東アジアの経済成長は資源投入量の増大を主な要因としていることを明らかにした(松岡・松本 1998)。1997年の金融危機を契機としたアジア経済の危機は、とりあえず筆者らの指摘の正しさを実証したともいえる。

経済成長と環境問題との関係については、いわ

ゆる環境クズネッツ仮説が存在する(The World Bank 1992, Shafik 1994)。経済成長とともに環境質は悪化するが、同時に問題への対処能力が形成され、転換点を経ることにより環境質の改善が進むとするものである。筆者らの研究グループは、SO_xについては環境クズネッツ曲線が得られるが、NO_xやCO₂については、今のところ環境クズネッツ曲線が描けるような転換点は存在しないことを明らかにした(松岡・松本・河内 1998)。

1997年12月、京都において気候変動枠組条約第3回締約国会議(COP3)が開催された。会議では、日本を含む付属書 国の締約国は、2008年から2012年の期間において、付属書 の締約国全体の排出量を、1990年の水準から少なくとも5%削減するという理念のもとに、日本6%、アメリカ7%、EU8%という温室効果ガス削減目標が設定された。いまだ効果的なCO₂削減策は見出せないままであるが、地球温暖化防止という目標に対して、世界全体で取り組まなければならない状況であ

る。

本研究は、東アジア諸国のCO₂排出構造に焦点をあて、日本のエネルギー転換（電力）部門、製造業部門における1990年代前半までのCO₂排出の変動要因を分析し、アジア諸国のCO₂排出構造が、経済成長に伴ってどのように変化してきたのか分析する。こうした分析をふまえ、技術協力によるCO₂抑制の可能性を検討する。

本論文の構成は以下のとおりである。まず2において、アジア地域のCO₂排出状況を概観し、本研究の位置を明らかにする。次に3において、日本の製造業部門および電力部門におけるCO₂排出の要因分析を行い、省エネ技術の果たした役割を明らかにする。続いて4において、アジア諸国の

CO₂排出構造の比較分析を行い、CO₂排出の増加要因と抑制要因を明らかにする。最後に結論として、日本のアジア諸国への技術協力によるCO₂抑制の効果を検討する。

2. アジア諸国におけるCO₂排出状況

まず、分析対象国のCO₂排出の現状をみる。

アジア諸国の中でもCO₂排出量の多い国という観点から、分析対象国は日本、韓国、マレーシア、タイ、インドネシア、フィリピン、中国、インドの8国と設定した。表1に、1996年度におけるCO₂排出量の上位20国を示した。表より中国、日本、インド、韓国が世界のCO₂排出量において、大き

表1 CO₂排出量の上位20ヶ国(1996年)

	国名	CO ₂ 排出量(炭素換算百万トン)	世界全体のCO ₂ 排出量に占める割合(%)
1	アメリカ合衆国	1,446.78	22.20
2	中国 ^a	918.00	14.08
3	ロシア	431.09	6.61
4	日本	318.69	4.89
5	インド	272.21	4.18
6	ドイツ	235.05	3.61
7	英国	152.02	2.33
8	カナダ	111.72	1.71
9	韓国	111.37	1.71
10	イタリア ^b	110.05	1.69
11	ウクライナ	108.43	1.66
12	フランス ^c	98.75	1.52
13	ポーランド	97.38	1.49
14	メキシコ	95.01	1.46
15	オーストラリア	83.69	1.28
16	南アフリカ	79.90	1.23
17	ブラジル	74.61	1.14
18	サウジアラビア ^d	73.10	1.12
19	イラン	72.78	1.12
20	北朝鮮	69.41	1.06
	世界全体	6,518.00	100.00

(注) CO₂排出量は化石燃料の燃焼、石灰石消費、ガス燃焼分(Gas Flaring)を計上している。

a: 中国は本土のみ、b: イタリアはサン・マリノを含む、c: フランスはモナコを含む、d: サウジアラビアはThe Neutral Zoneを含む。

(出所) Carbon Dioxide Information Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. (1999)
<http://cdiac.esd.ornl.gov/cdiac/>より作成。

表2 分析対象国のCO₂排出量の推移

単位：炭素換算百万トン

	日本	韓国	マレーシア	タイ	インドネシア	フィリピン	中国	インド	8ヶ国合計
1980年	251.20 (4.76)	34.16 (0.65)	7.64 (0.14)	10.93 (0.21)	25.82 (0.49)	9.97 (0.19)	403.07 (7.64)	94.79 (1.80)	837.56 (15.87)
1987年	244.82 (4.28)	49.20 (0.86)	10.99 (0.19)	15.52 (0.27)	34.26 (0.60)	9.07 (0.16)	596.83 (10.44)	151.59 (2.65)	1,112.29 (19.45)
1994年	308.60 (4.96)	93.57 (1.50)	25.29 (0.41)	43.27 (0.70)	53.64 (0.86)	13.57 (0.22)	818.45 (13.16)	233.30 (3.75)	1,589.68 (25.55)
1995年	310.29 (4.84)	102.77 (1.60)	32.19 (0.50)	48.92 (0.76)	64.12 (1.00)	16.80 (0.26)	876.78 (13.68)	246.01 (3.84)	1,697.88 (26.50)
1996年	318.69 (4.89)	111.37 (1.71)	32.50 (0.50)	56.05 (0.86)	66.88 (1.03)	17.26 (0.26)	918.00 (14.08)	272.21 (4.18)	1,792.95 (27.51)

(注) ()内は世界全体のCO₂排出量に占める割合(%)(出所) Carbon Dioxide Information Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. (1999)
http://cdiac.esd.ornl.gov/cdiac/より作成.表3 CO₂排出量年平均増加率(%)

	1980-1987	1987-1994	1980-1994
日本	-0.44	3.57	1.55
韓国	4.63	10.66	7.60
マレーシア	7.12	10.64	8.87
タイ	5.81	13.50	9.59
インドネシア	6.58	7.19	6.88
フィリピン	-1.01	6.45	2.65
中国	5.26	4.35	4.80
インド	7.09	5.97	6.53
世界全体	1.16	1.21	1.18

(出所) IEA/OECD, Energy Statistics & Balances of Non-OECD Countries, IEA/OECD, Energy Balances of OECD Countries各年版, Carbon Dioxide Information Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. (1999)
http://cdiac.esd.ornl.gov/cdiac/より作成.

なシェアを占めていることがわかる。

表2に8国のCO₂排出量の推移を示した。いずれの国も1980年時に比べて1996年は、世界の全排出量に占める割合を増加させており、8国合計で排出量は2.14倍、世界シェアは11.64ポイント上昇している。

表3に、1980年から1994年におけるCO₂排出量年平均増加率を示した。いずれの国の増加率も、世界全体の増加率よりも高く、また一般的に近年

における増加率が高い傾向にある。以上より、これらアジア諸国のCO₂の排出動向は、世界全体のCO₂排出量に大きな影響を与えているといえる。

次に、各国の部門ごとのCO₂排出動向をみる。

表4より、エネルギー転換部門および産業部門（製造業の他、1次産業や鉱業、建設業を含む）のCO₂排出量は、運輸部門や民生部門よりも大きなシェアを占めている。中国、韓国においては産業部門からの排出シェアが最も大きい。ただし、こ

表4 各部門ごとのCO₂排出量(1994年)

単位：炭素換算百万トン

	エネルギー転換部門	産業部門	運輸部門	民生部門
日本	119.85 (35.31)	100.97 (29.75)	70.97 (20.91)	47.31 (13.94)
韓国	20.24 (19.37)	43.90 (42.01)	19.32 (18.48)	21.05 (20.14)
マレーシア	10.61 (42.30)	5.17 (20.61)	7.02 (28.02)	1.50 (5.99)
タイ	13.48 (36.54)	7.37 (19.96)	13.66 (37.01)	2.39 (6.46)
インドネシア	18.43 (34.55)	10.92 (20.47)	12.77 (23.94)	11.19 (20.97)
フィリピン	5.09 (36.89)	2.80 (20.28)	4.50 (32.56)	1.41 (10.21)
中国	297.45 (38.18)	315.39 (40.48)	42.36 (5.44)	123.67 (15.87)
インド	106.76 (51.25)	60.59 (29.09)	25.46 (12.22)	15.38 (7.38)

(注)()内はCO₂排出比率(%)

(出所) IEA/OECD(1996) Energy Statistics & Balances of Non-OECD Countries, IEA/OECD(1996) Energy Balances of Non-OECD Countriesより作成。

表5 部門別CO₂排出量年平均増加率(%)

	1980-1987				1987-1994				1980-1994			
	エネルギー 転換部門	産業 部門	運輸 部門	民生 部門	エネルギー 転換部門	産業 部門	運輸 部門	民生 部門	エネルギー 転換部門	産業 部門	運輸 部門	民生 部門
日本	-2.31	-0.26	1.60	1.08	5.14	1.76	4.47	2.74	1.35	0.74	3.03	1.90
韓国	1.35	4.88	9.38	4.42	12.26	14.85	12.78	2.71	6.67	9.75	11.07	3.56
マレーシア	8.71	5.15	7.45	3.10	10.51	7.75	10.49	16.45	9.61	6.44	8.96	9.57
タイ	5.72	3.14	8.36	1.83	15.62	18.57	11.91	4.09	10.56	10.58	10.12	2.96
インドネシア	15.70	0.96	4.48	3.37	5.74	9.95	8.36	6.01	10.61	5.36	6.41	4.68
フィリピン	-0.12	-6.14	1.29	0.66	4.45	9.01	13.42	-3.13	2.14	1.15	7.18	-1.25
中国	5.32	5.27	5.81	5.01	9.53	2.73	2.70	-0.10	7.41	3.99	4.24	2.42
インド	9.79	6.05	2.94	7.73	8.78	3.56	2.97	4.44	9.29	4.80	2.96	6.07

(出所) IEA/OECD, Energy Statistics & Balances of Non-OECD Countries, IEA/OECD, Energy Balances of OECD Countries各年版より作成。

こでのCO₂排出量は各部門が化石燃料を燃焼させることにより直接排出するCO₂を示しており、各部門が使用する電力をCO₂排出量として換算しているものではないことに注意が必要である。

次に、部門ごとのCO₂排出量年平均増加率を表5に示した。国によって増加率の高い部門は異なる。日本の運輸・民生部門のCO₂増加率は、エネルギー転換や産業部門の増加率より高い。しかし、他のアジア諸国のエネルギー転換や産業部門におけるCO₂増加率と比べると、日本の運輸および民生部門の増加率は低い。アジア全体のCO₂削減、あるいは世界全体のCO₂削減という観点からは、日本は他のアジア諸国のエネルギー転換および産業部門への技術協力を実施することが可能であるし、効果的であると考えられる。また日本では、省エネルギー法の改正やトップ・ランナー方式の導入によって、主に運輸、民生部門でのCO₂対策に乗り出そうとしている段階であり、運輸・民生部門のCO₂対策技術の発展および経験の蓄積はこれからの課題である。

次に日本の製造業部門および電力部門におけるCO₂排出の要因分析を行い、省エネ技術の果たした役割を明らかにする。

3. 日本の製造業部門・電力部門におけるCO₂排出と省エネルギー技術

3.1. 製造業部門

図1に示したように、日本の製造業からのCO₂排出量は、1973年のオイル・ショックを契機に1983年頃まで減少を続けた。この時期のCO₂排出減少の要因を分析するため、以下の要因分析モデルを設定した。

まず、日本の製造業部門におけるCO₂排出の決定式を以下のように定義した。

$$CO_{2M} = \sum_{i=1}^9 \left(\frac{CO_{2i}}{E_i} \times \frac{E_i}{VA_i} \times \frac{VA_i}{VA_M} \times \frac{VA_M}{GDP} \times GDP \right) \quad (1)$$

- ・ CO₂: CO₂排出量, M: 製造業, i: 製造業部門(i=1~9), E: エネルギー消費量, VA: 付加価値, GDP: 国内総生産
- ・ CO₂は、化石燃料の燃焼から発生する排出量とし、石灰石消費、森林吸収による影響は含まない。
- ・ CO₂排出係数は、科学技術庁(1992)より、石炭

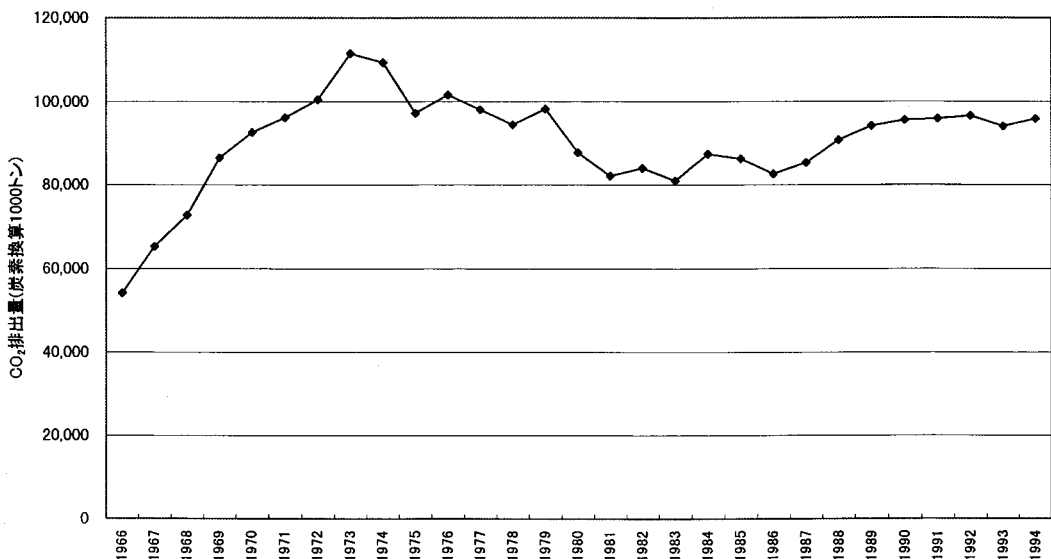


図1 日本の製造業部門におけるCO₂排出量の推移
(出所) IDA/OECD, Energy Balances of OECD Countries各年版より作成。

=1.065 T-C/Ton(炭素換算トン), 石油製品 = 0.863 T-C/Ton, 天然ガス = 0.631 T-C/Tonとおいた.

・製造業部門は, 国際標準産業分類(ISIC)改訂2版の15から37に分類される産業とし, それらを9部門に統合した.

(1)式を全微分し, 日本の製造業部門におけるCO₂排出要因分析モデルを以下のように設定した.

$$\begin{aligned} \Delta CO_{2M} = & \sum_{i=1}^5 \left\{ \Delta \left(\frac{CO_{2i}}{E_i} \right) \times \frac{E_i}{VA_i} \times \frac{VA_i}{VA_M} \times \frac{VA_M}{GDP} \times GDP \right\} \text{第1要因: 燃料転換要因} \\ & + \sum_{i=1}^5 \left\{ \frac{CO_{2i}}{E_i} \times \Delta \left(\frac{E_i}{VA_i} \right) \times \frac{VA_i}{VA_M} \times \frac{VA_M}{GDP} \times GDP \right\} \text{第2要因: 省エネルギー技術要因} \\ & + \sum_{i=1}^5 \left\{ \frac{CO_{2i}}{E_i} \times \frac{E_i}{VA_i} \times \Delta \left(\frac{VA_i}{VA_M} \right) \times \frac{VA_M}{GDP} \times GDP \right\} \text{第3要因: 製造業内構造要因} \\ & + \sum_{i=1}^5 \left\{ \frac{CO_{2i}}{E_i} \times \frac{E_i}{VA_i} \times \frac{VA_i}{VA_M} \times \Delta \left(\frac{VA_M}{GDP} \right) \times GDP \right\} \text{第4要因: 産業構造要因} \\ & + \sum_{i=1}^5 \left\{ \frac{CO_{2i}}{E_i} \times \frac{E_i}{VA_i} \times \frac{VA_i}{VA_M} \times \frac{VA_M}{GDP} \times \Delta(GDP) \right\} \text{第5要因: 経済成長要因} \\ & + \text{残差項} \end{aligned}$$

第1要因は, 石炭から石油, 石油から天然ガスと, CO₂排出係数の異なる燃料間の転換の影響を表している.

第2要因は, 1単位の付加価値を生み出すのに必要なエネルギー量の変化を示しており, 省エネルギー技術の導入の影響を表している.

第3要因は, 製造業内において, エネルギー多消費部門のシェア変化の影響を表している.

第4要因は, 全産業における製造業のシェア変化の影響を表している.

第5要因は, GDPの変化の影響を表している.

分析結果を図2に示した.

図2から, オイル・ショック直後では, エネルギー多消費部門のシェアの縮小がCO₂削減に寄与したことがわかる. その後, 省エネルギー技術の開発・導入・定着が進み, こうした技術要因が, オイルショックから回復したエネルギー多消費部門のシェア拡大と経済成長によるCO₂増加を打ち消した. この時期は, 省エネルギー技術要因によって, エネルギー消費の拡大を伴わない経済成長が実現していた.

一方, 1986年以降は, 省エネルギー技術要因では, もはや経済成長に伴うCO₂排出量の増加を抑えることができず, また1993年および1994年にかけては, 逆に排出増加要因となっている.

次に製造業部門内の排出構造と省エネルギー技術の推移をみる.

表6に, 鉄鋼と化学部門の2部門で製造業内にお

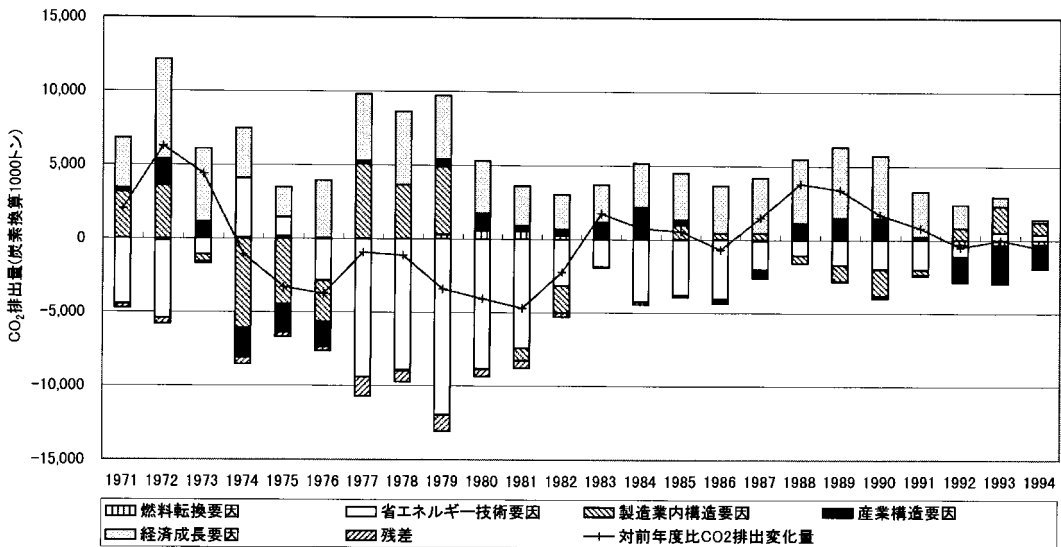


図2 日本の製造業部門におけるCO₂排出要因の推移

(出所) IDA/OECD, Energy Balances of OECD Countries各年版, 経済企画庁, 国民経済計算年報各年版より作成.

表6 日本の製造業各部門のCO₂排出量のシェア(%)

	1971	1980	1987	1994
鉄鋼	40.69	42.90	37.58	35.27
化学	30.74	26.47	26.46	31.39
窯業土石	7.47	9.88	8.51	10.03
非鉄金属	1.04	1.43	1.17	2.04
金属機械	—	—	1.71	2.60
食料品・たばこ	2.52	2.83	2.25	2.29
紙パ	2.79	2.37	3.74	4.23
繊維	3.90	3.22	2.76	1.92
その他	10.85	10.89	15.82	10.24

(注) 日本の製造業全体を100とする。

(出所) IEA/OECD, Energy Balances of OECD Countries各年版、国民経済計算年報各年版より作成。

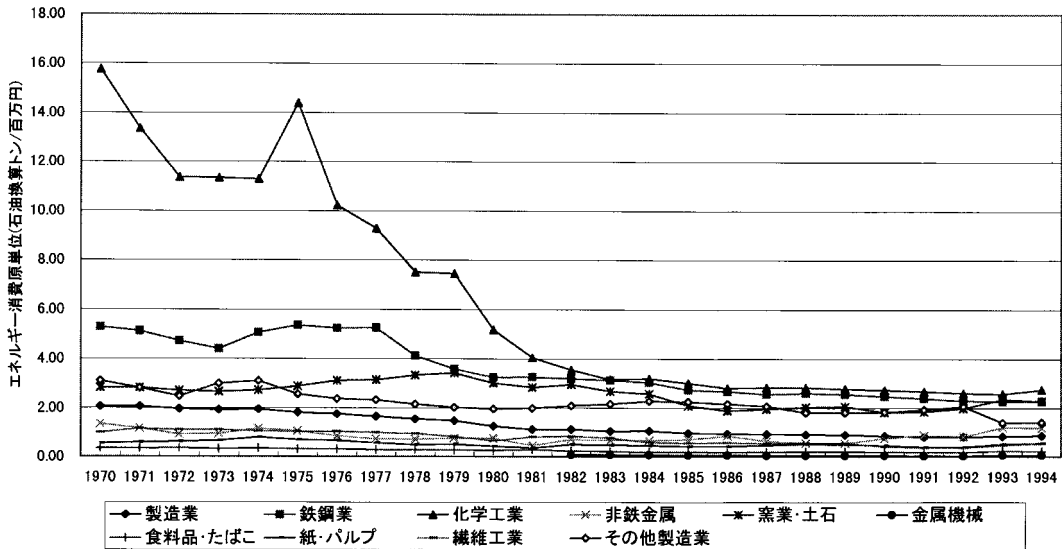


図3 日本の製造業各部門ごとの付加価値当たりエネルギー消費原単位の推移

(出所) IDA/OECD, Energy Balances of OECD Countries各年版、経済企画庁、国民経済計算年報各年版より作成。

けるCO₂排出量の65%以上を占めていることを示した。鉄鋼、化学のシェアが大きいのは、図3からもわかるように、エネルギー消費原単位が大きいためである。ただし、1970年と比較すると、化学で82.6%、鉄鋼で57.0%、製造業全体で57.7%と、エネルギー消費原単位は大幅に低下した。しかし、1980年代中頃から各産業の原単位は収斂してきており、日本における省エネルギー技術は費

用効果的にも壁に突き当たっているといえる。

3.2.電力部門

図4に、日本の電力部門におけるCO₂排出量の推移を示した。1977年から1982年までのCO₂排出減少期の要因を検討するため、製造業部門の場合と同じように、要因分析モデルを設定した。

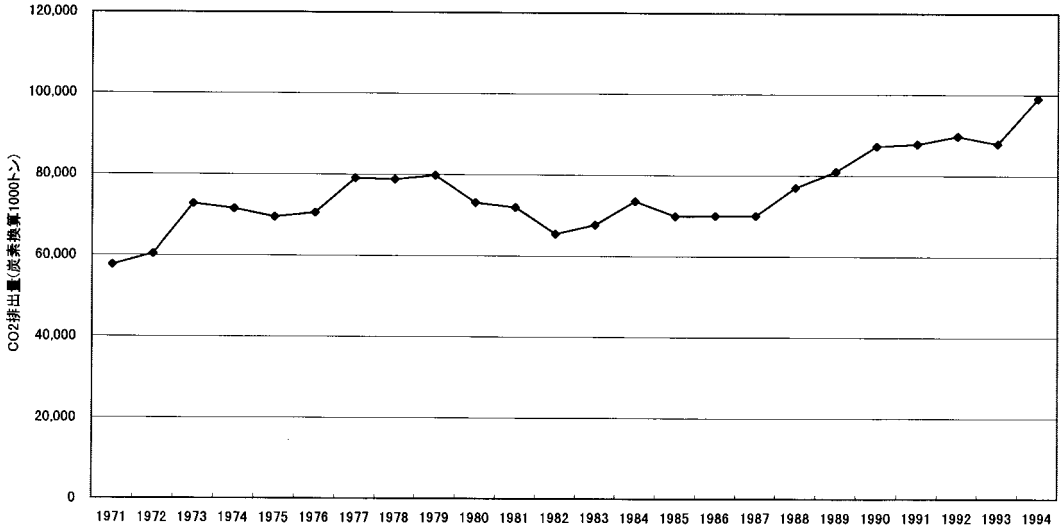


図4 日本の電力部門におけるCO₂排出量の推移

(出所) IDA/OECD, Energy Balances of OECD Countries各年版より作成.

電力部門におけるCO₂排出の決定式を以下のよう
に定義した.

$$CO_2 = \frac{CO_2}{E} \times \frac{E}{GWh} \times \frac{GWh}{GWh_T} \times \frac{GWh_T}{GDP} \times GDP \quad (2)$$

CO₂: CO₂排出量, E: エネルギー消費量, GWh: 化石燃料起源の発電量, GWh_T: 化石燃料以外の原子力, 水力等を含めた発電量, GDP: 国内総生産

(2)式を全微分し, 電力部門におけるCO₂排出
要因分析モデルを以下のように設定した.

$$\begin{aligned} \Delta CO_2 = & \left\{ \Delta \left(\frac{CO_2}{E} \right) \times \frac{E}{GWh} \times \frac{GWh}{GWh_T} \times \frac{GWh_T}{GDP} \times GDP \right\} \text{第1要因: 燃料転換要因} \\ & + \left\{ \frac{CO_2}{E} \times \Delta \left(\frac{E}{GWh} \right) \times \frac{GWh}{GWh_T} \times \frac{GWh_T}{GDP} \times GDP \right\} \text{第2要因: 省エネルギー技術要因} \\ & + \left\{ \frac{CO_2}{E} \times \frac{E}{GWh} \times \Delta \left(\frac{GWh}{GWh_T} \right) \times \frac{GWh_T}{GDP} \times GDP \right\} \text{第3要因: 製造業内構造要因} \\ & + \left\{ \frac{CO_2}{E} \times \frac{E}{GWh} \times \frac{GWh}{GWh_T} \times \Delta \left(\frac{GWh_T}{GDP} \right) \times GDP \right\} \text{第4要因: 産業構造要因} \\ & + \left\{ \frac{CO_2}{E} \times \frac{E}{GWh} \times \frac{GWh}{GWh_T} \times \frac{GWh_T}{GDP} \times \Delta(GDP) \right\} \text{第5要因: 経済成長要因} \\ & + \text{残差項} \end{aligned}$$

第1要因は, 石炭から石油, 石油から天然ガス
と, CO₂排出係数の異なる燃料間の転換の影響を
示している.

第2要因は, 1単位の電力を生み出すのに必要な

エネルギー量の変化を示しており, 省エネルギー
技術導入の影響を表している.

第3要因は, 水力発電, 原子力発電等の化石燃
料以外に依拠する発電のシェア変化の影響を表し
ている.

第4要因は, 1単位のGDPを生み出すのに必要な
エネルギー量の変化を示しており, 電力消費の効
率性の影響を表している.

第5要因は, GDPの変化の影響を表している.

分析結果を図5に示した.

電力部門においては省エネルギー技術要因と,
新エネルギー導入の要因が主なCO₂排出抑制要因
である. また石油から天然ガスへの転換も継続的
に行われていることがわかる.

しかし, 省エネルギー技術によるCO₂排出削減の
効果は製造業に比べて小さく, 期間も短い. そし
て1980年代前半で既に頭打ちになっており, むし
ろ1992年からは増加要因として働いている. 1980
年代後半からは, 経済成長によるCO₂増加を抑え
る要因がなく, またGDPに対する電力消費原単位
の悪化もあり, 大幅にCO₂排出量が増加してきて
いる.

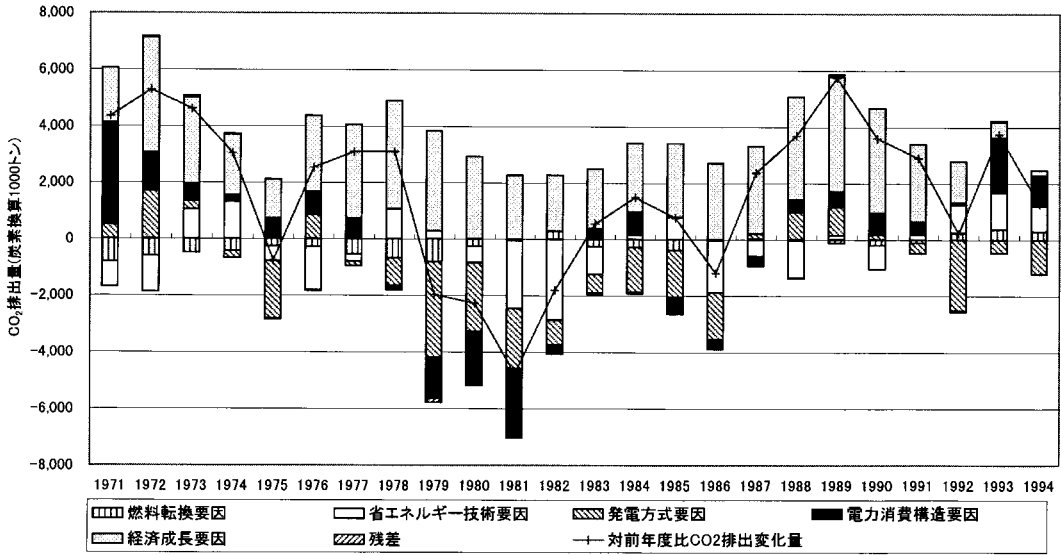


図5 日本の電力部門におけるCO₂排出要因の推移
 (出所) IDA/OECD, Energy Balances of OECD Countries各年版, 経済企画庁, 国民経済計算年報各年版より作成.

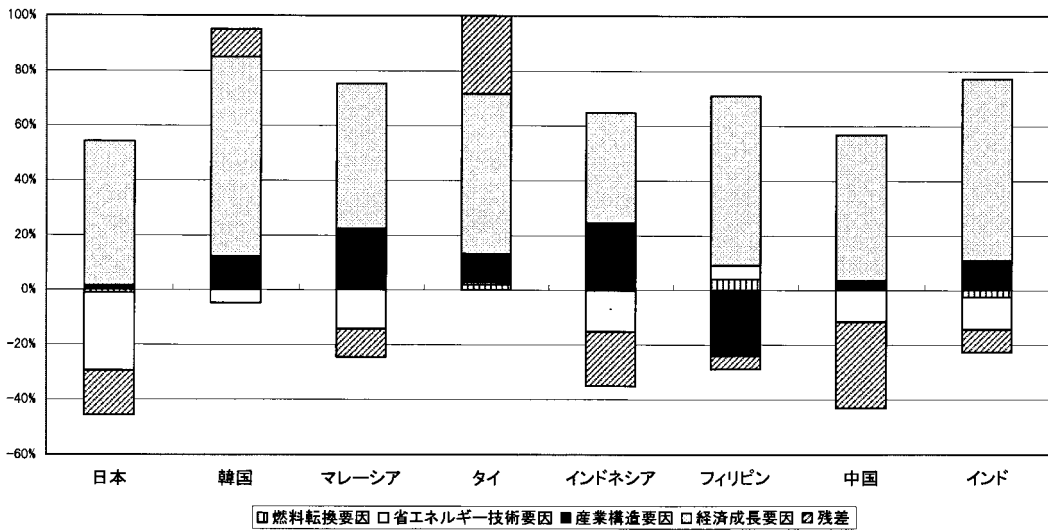


図6 製造業部門CO₂排出要因分析(1980年 - 1994年)
 (出所) IDA/OECD, Energy Balances of OECD Countries 各年版, IDA/OECD, Energy Statistics and Balances of Non-OECD Countries 各年版, The World Bank, World Development Indicators 各年版より作成.

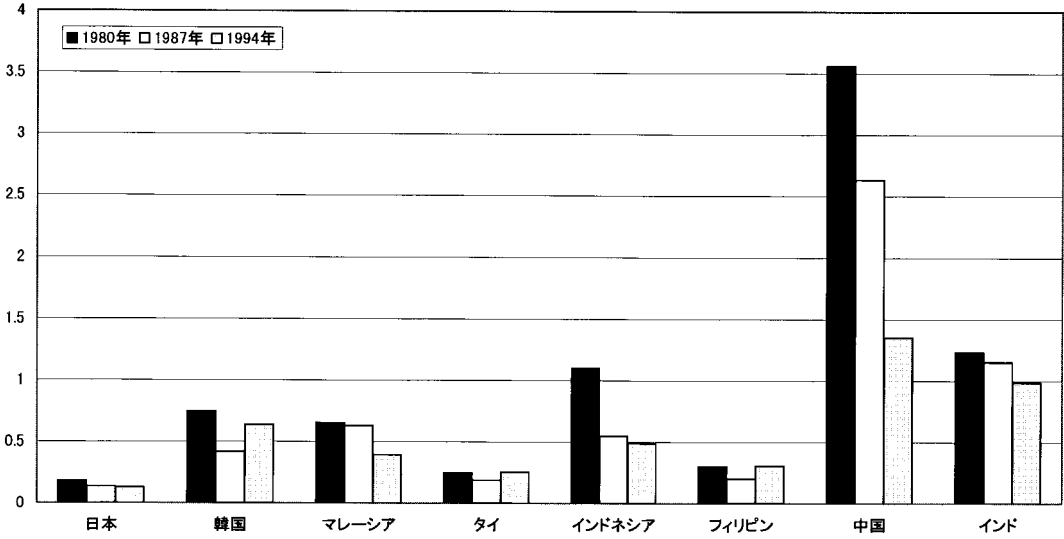


図7 製造業部門のE/VA変化

(出所) IDA/OECD, Energy Balances of OECD Countries 各年版, IDA/OECD, Energy Statistics and Balances of Non-OECD Countries 各年版より作成.

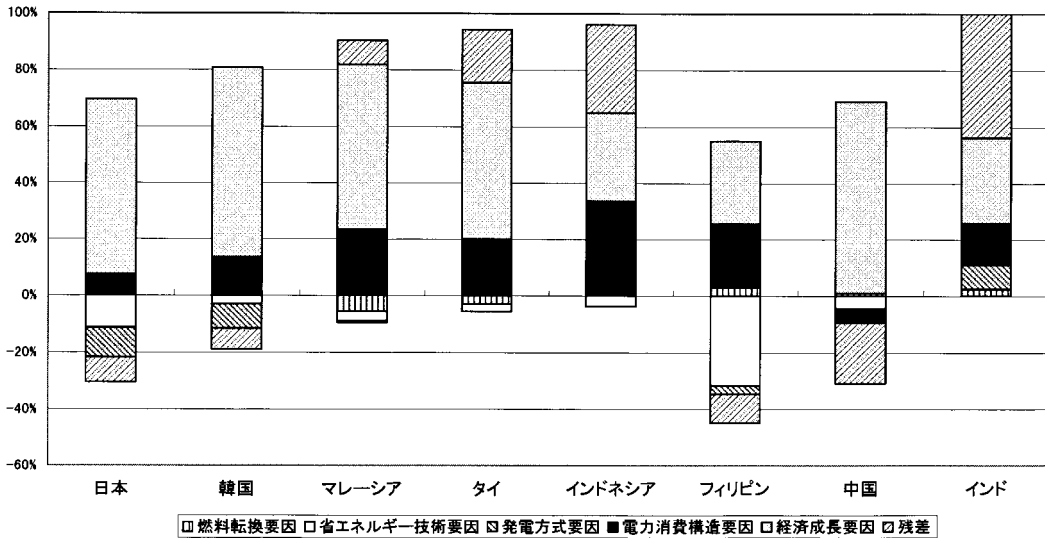


図8 電力部門CO₂排出要因分析 (1980年 - 1994年)

(出所) IDA/OECD, Energy Balances of OECD Countries 各年版, IDA/OECD, Energy Statistics and Balances of Non-OECD Countries 各年版, The World Bank, World Development Indicators 各年版より作成.

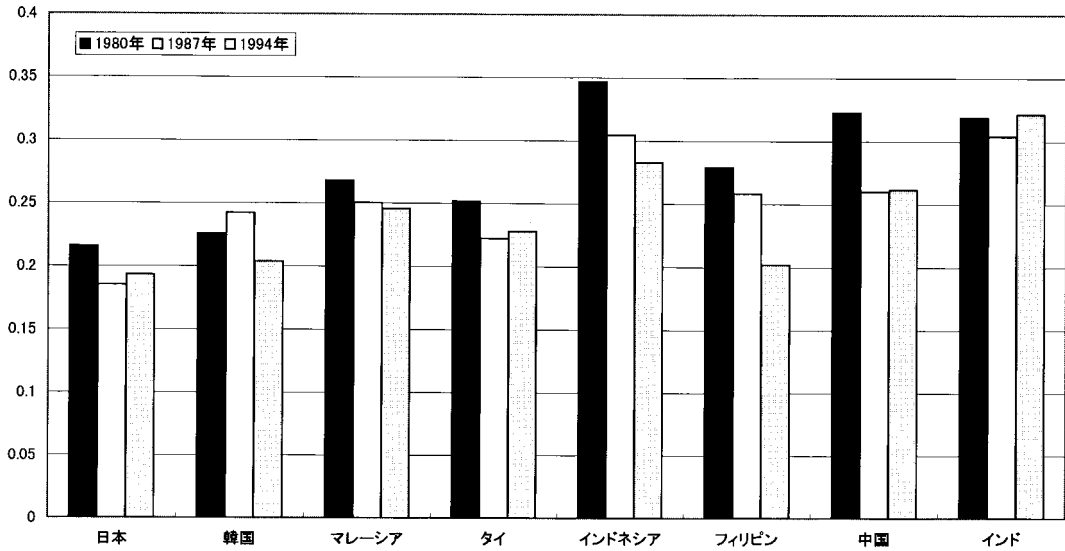


図9 電力部門のE/GWh変化

(出所) IDA/OECD, Energy Balances of OECD Countries 各年版, IDA/OECD, Energy Statistics and Balances of Non-OECD Countries 各年版より作成。

4. アジアの経済発展とCO₂排出構造の変化

4.1. 製造業部門

ここでは、アジア諸国の製造業部門におけるCO₂排出構造の変化を分析する。

まず、アジア諸国の製造業部門におけるCO₂排出の決定式を以下のように定義した。

$$CO_{2M} = \frac{CO_{2M}}{E_M} \times \frac{E_M}{VA_M} \times \frac{VA_M}{GDP} \times GDP \quad (3)$$

CO₂: CO₂排出量, M: 製造業, E: エネルギー消費量, VA: 付加価値, GDP: 国内総生産

(3)を全微分し、CO₂排出要因分析モデルを以下のように設定した。

$$\begin{aligned} \Delta CO_{2M} = & \left\{ \Delta \left(\frac{CO_{2M}}{E_M} \right) \times \frac{E_M}{VA_M} \times \frac{VA_M}{GDP} \times GDP \right\} \text{第1要因: 燃料転換要因} \\ & + \left\{ \frac{CO_{2M}}{E_M} \times \Delta \left(\frac{E_M}{VA_M} \right) \times \frac{VA_M}{GDP} \times GDP \right\} \text{第2要因: 省エネルギー技術要因} \\ & + \left\{ \frac{CO_{2M}}{E_M} \times \frac{E_M}{VA_M} \times \Delta \left(\frac{VA_M}{GDP} \right) \times GDP \right\} \text{第3要因: 産業構造要因} \\ & + \left\{ \frac{CO_{2M}}{E_M} \times \frac{E_M}{VA_M} \times \frac{VA_M}{GDP} \times \Delta(GDP) \right\} \text{第4要因: 経済成長要因} \\ & + \text{残差項} \end{aligned}$$

モデルの構成は基本的には、日本の製造業のモデルと同じであるが、第2要因はデータの制約上、省エネルギー技術と、製造業内構造の2要因を含んでいることに注意が必要である。

分析結果を図6に示した。

製造業内構造にも注意を払う必要があるが、この分析からはマレーシア、インドネシア、中国、インドが、日本と同様に経済発展によるCO₂排出増加を、省エネルギー技術によって抑えていることがわかる。また、フィリピンは経済停滞による影響が大きいため、例外と考えるべきである。ただし、時期区分による変化を検討した結果、韓国、タイにおいても1980年 - 1987年期には省エネルギー技術要因がCO₂排出抑制に寄与しており、中国、インドは、省エネルギー技術要因が1987年 - 1994年期にかけて、一層のCO₂排出抑制要因となっており、発展段階の違いによるものであることも明らかである。

図7に各国の製造業部門のE/VA変化を示した。

中国、インドは効率化が進んでいるものの、そもそも絶対値が高い。しかし、このことは効率改善の余地を大きく、しかも費用効果的な対策を取ることができる可能性を示唆している。

4.2. 電力部門

ここでは、アジア諸国の電力部門におけるCO₂排出構造の変化を分析する。

CO₂排出要因分析モデルは、日本のモデルと同様のものを設定し、分析の結果を図8に示した。

図8より、省エネルギー技術および新エネルギー導入はマイナス要因となっており、製造業の場合に比べ、省エネルギー技術要因は小さいことが分かる。ただし、時期区分による変化を検討した結果、1980年 - 1987年期においては、省エネルギー技術要因が経済成長によるCO₂増加要因を一定程度抑えていることも明らかになっており、1987年 - 1994年期において効率改善が進まなかったとも言える。

図9に各国の電力部門のE/GWh変化を示した。

インドネシア、インド、中国の絶対値は大きく、インドや中国においては効率改善が進んでいない。

最後に、日本から技術協力を行うことによる電力部門におけるCO₂排出量削減の可能性を検討する。

表7にその結果を示した。技術協力により、各国のE/Vの値が、日本の現在の技術水準である1994年度のE/VAの値と置き換わったケースを想定した。表7より、インドや中国でCO₂排出削減の余地が大きく、インドネシア、タイ、マレーシ

アにおいてもCO₂排出削減予想量は絶対量として大きな値を示している。

5. まとめ

日本の経験をふまえた、アジア諸国のCO₂排出構造の変化を製造業部門および電力部門において検討した。急速な経済成長によるCO₂の増加を抑制することは、近年ますます困難になってきている。製造業においては、GDPに占めるシェアも拡大傾向にあり、今後より一層のCO₂増加が見込まれるため、早急な対策が必要である。

日本の経験から、CO₂削減に効果的なのは省エネルギー技術であり、京都議定書で認められたCDM(クリーン開発メカニズム)といった技術協力スキームを活用することが、アジア全体のCO₂排出量削減に貢献する。

最後にCDMの可能性について述べたい。

1997年6月の「経団連環境自主行動計画」では、電気事業連合会は2010年におけるCO₂排出原単位を1990年度実績から20%程度削減するとしている。しかし発電電力量が2010年において1990年比で1.5倍になると予測しており、CO₂排出量は1.2倍になるとしている。

京都議定書における1990年度比マイナス6%という日本のCO₂排出削減目標の達成は国内努力だけでは困難である。本研究は、電力部門の技術協

表7 電力部門におけるCO₂排出量削減の可能性

	BaUのE/GWh	CO ₂ 削減量(炭素換算1000トン)及び削減割合(%)
韓国	0.204	-967.4(-5.2)
マレーシア	0.246	-1,282.4(-21.4)
タイ	0.228	-1,833.8(-15.2)
インドネシア	0.283	-3,607.1(-31.7)
フィリピン	0.202	-142.5(-4.4)
中国	0.262	-53,674.5(-26.2)
インド	0.321	-37,170.4(-39.9)

(注) BaUのE/GWhは、1994年の値を示している。

CO₂削減量および削減割合は、1994年時における日本並のE/GWh=0.193となった場合の値を示している。

(出所) IEA/OECD, Energy Statistics & Balances of Non-OECD Countries, IEA/OECD, Energy Balances of Non-OECD Countries, The World Bank, World Development Indicator各年版等より作成。

力によるCDMの活用の可能性およびその潜在的大きさを示したといえよう。

また製造業部門におけるCDMも考えるべきであるが、資料面での制約から製造業内の部門ごとの分析ができなかったため、どの国の、どの部門において、CO₂削減の可能性があるのかを検討することができなかった。

日本の製造業部門におけるエネルギー多消費3業種の鉄鋼業、化学工業、紙パは自主行動計画に基づく数値目標を1997年6月に示している。それによると、化学、紙パは2010年において、エネルギー原単位を1990年度比10%の削減を目標とし、鉄鋼業は2010年においてエネルギー消費量を1990年度比10%の削減とするとしている。化学で年平均100億円、紙パで2010年までに約1兆円、鉄鋼業で2010年までに3兆円の省エネルギー投資を想定している。しかし、限られた資源の有効利用と効果的なCO₂排出削減を実現するためには、国内への投資とアジア諸国への技術移転のバランスを慎重に考えることが、今後ますます必要となるであろう。本研究は、こうした比較研究のための基礎研究として位置づけられる。

付記

本研究は、平成10・11年度・文部省科学研究費補助金・基盤研究(B)(2)（環境保全型経済成長に向けての技術・経済システムに関する日中共同研究、研究代表者：松岡俊二）、平成11年度・外務省開発援助研究（環境管理における社会的能力の形成と国際環境協力に関する研究、研究代表者：松岡俊二）および財団法人・国際東アジア研究センター・平成11年度・委託研究（環境管理における社会的能力の形成に関する東アジア諸国・比較研究、研究代表者：松岡俊二）による研究成果の一部である。また、本稿は第10回国際開発学会全国大会で発表されたものに加筆・修正を行ったものである。

参考文献

- [1] エネルギー・資源学会編（1997）, 『エネルギー・資源ハンドブック』, オーム社.
- [2] 後藤則行（1995）, CO₂排出安定化のマクロおよび部門別経済的影響分析, 『金沢大学経済論集』, 32, 47-75.
- [3] 長谷部勇一（1994）, 経済構造変化と環境の要因分析 - 産業連関分析を適用して -, 『エコノミア（横浜国立大学）』, 4(4), 37-65.
- [4] 藤川清史（1996）, 産業構造の変化とその要因 - 日本・韓国・台湾の経験 -, 『経営経済』, 31, 88-116.
- [5] IEA/OECD, *Energy Balances of OECD Countries*, IEA/OECD, 各年版.
- [6] IEA/OECD, *Energy Statistics & Balances of Non-OECD Countries*, IEA/OECD, 各年版.
- [7] IPCC(1996), *Climate Change 1995 - Economic and Social Dimensions of Climate Change*, Melbourne, Cambridge University Press.
- [8] 科学技術庁科学技術政策研究所編（1992）, 『アジアのエネルギー利用と地球環境』, 大蔵省印刷局.
- [9] 科学技術庁科学技術政策研究所編（1993）, 『アジア地域のエネルギー利用と環境予測』, 大蔵省印刷局.
- [10] 経済企画庁経済研究所編（1983）, 『エネルギー需給の計量分析』, 大蔵省印刷局.
- [11] 経済企画庁編, 国民経済計算年報各年版, 各年版.
- [12] Krugman, P. (1994), *The Myth of Asia's Miracle*, *Foreign Affairs*, 73(6), 62-78.
- [13] 松岡俊二・松本礼史（1998）, アジアの経済成長とエネルギー・環境問題, 環境経済・政策学会（編）, 『アジアの環境問題』, 東洋経済新報社, 111-122.
- [14] 松岡俊二・松本礼史・河内幾帆（1998）, 途上国の経済成長と環境問題：環境クズネッツ曲線は成立するか, 『環境科学会誌』, 11(4), 349-362.
- [15] 松本礼史・村上一真・松岡俊二(1999), アジア諸国の経済成長とCO₂排出構造の変化, 『第10回国際開発学会全国大会要旨論文集』, pp. 90-93.
- [16] 室田泰弘（1984）, 『エネルギーの経済学』, 日本経済新聞社.
- [17] 日本エネルギー経済研究所エネルギー計量分析センター（1999）, 『EDMC/エネルギー・経済統計要覧』, 省エネルギーセンター.
- [18] 大川一司・小浜裕久（1993）, 『経済発展論 - 日本の経験と発展途上国 - 』, 東洋経済新報社.
- [19] 佐和隆光（1997）, 『地球温暖化を防ぐ』, 岩波書店.

- [20] Schipper, L, Howarth, R. B. (1990), United States energy use from 1973 to 1987: The impacts of improved efficiency, *Annual Review of Energy*, 15, 455-504.
- [21] 浦坂純子 (1995), 長期生産関数推定における国際比較 - 構造変化と発展段階を考慮して - , 『経済学雑誌(大阪市立大学経済研究会)』, 95(5, 6), 15-35.
- [22] World Bank (1992), *The East Asian Miracle*, Oxford U.P.
- [23] World Bank, *World Development Indicators*, The World Bank, 各年版.
- [24] 山地憲治他 (1990), CO₂発生量抑制ケース, 『電力経済研究』, 27, 85-91.

Abstract
Economic Growth and CO₂ Emissions in Asian Countries:
a Focus on Manufacturing Industry and Power Industry

Shunji MATSUOKA

Associate Professor, Graduate School for International Development and Cooperation,
Hiroshima University
1-5-1, Kagamiyama, Higashi-Hiroshima, Japan 739-8529
smatsu@ipc.hiroshima-u.ac.jp

Kazuma MURAKAMI

Graduate Student, Graduate School for International Development and Cooperation,
Hiroshima University

Reishi MATSUMOTO

Research Associate, Graduate School for International Development and Cooperation,
Hiroshima University

Rapid economic growth in Asian countries has contributed toward substantial increase in CO₂ emissions. Japan also had experience of rapid economic growth. However, Japan's rapid economic growth from 1974 to 1983 did not increase substantial amount of CO₂ emissions in the manufacturing sector.

In this paper, We analyze the factors contributing toward controlled CO₂ emissions during this period of Japan's rapid economic growth and describe the possibilities to reduce CO₂ emissions in Asian countries.

We start this paper with a focus on Japan's experience. Analyses have been conducted by using models in manufacturing and electricity sectors. In Japan's case, main factor was energy-saving technology in both the sectors. However the potential of technology has almost been vanished during recent years.

Then the structure of CO₂ emissions in Asian countries are explained. Some countries lost effectiveness of energy-saving technology in manufacturing sector due to rapid economic growth and expansion of manufacturing sector. Moreover, in electricity sector, most countries are straggling to reduce CO₂ emissions especially in recent years.

Finally, We show the effectiveness of technology transfer in electricity sector and necessity of CDM (Clean Development Mechanism) to check CO₂ emissions in Asian countries.