

アジア地域のエネルギー消費構造と地球環境影響物質

(SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>)排出量の動態解析

本編

平成3年11月

科学技術庁 科学技術政策研究所

第4調査研究グループ

加藤信夫、小川芳樹、小池俊也、坂本 保、坂本 進

アジアのエネルギー消費に伴う大気汚染環境物質排出量の

推計に関する小委員会

アジアのエネルギー消費と地球環境に関する調査研究会

ANALYSIS OF STRUCTURE OF ENERGY CONSUMPTION  
AND DYNAMICS OF EMISSION OF ATMOSPHERIC SPECIES  
RELATED TO THE GLOBAL ENVIRONMENTAL CHANGE  
(SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> & CO<sub>2</sub>) IN ASIA

The structure of energy consumption and the conditions of SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> & CO<sub>2</sub> emissions, which have most affected the global changes ( acid rain and greenhouse effect) , and their changes from 1975 to 1987 in the whole Asian area ( east of Afghanistan and Pakistan) are shown by countries and regions. China and India, whose lands are much larger than other countries, are divided into 29 and 13 regions respectively. Each of these regions has about the same area as other countries in this Asian area.

November 1991

Nobuo Kato Yoshiki Ogawa Tshiya Koike  
Tamotsu Sakamoto Susumu Sakamoto

Research Group on the Energy Consumption in Asia  
and the Global Environment  
4 th Policy – oriented Research Group  
the National Institute of Science and Technology Policy(NISTEP)  
Science and Technology Agency  
JAPAN

はじめに

世界人口の増大や人間活動の規模拡大をもたらす地球環境への影響が深刻に受けとめられている。

世界人口の約6割を占めるアジア地域は、人口増大、経済活動の拡大に伴うエネルギー消費の増大が予想されるなど、世界の中でも地球環境への負荷が最も増大する地域のひとつとして懸念されている。しかしながら、その実態については、開発途上国、NIES、共産圏等社会経済状況も著しく異なることに加え、地理的にも広範囲にわたること等からこれまで最も未把握な地域のひとつとしてあげられている。

そのため、本調査研究では、アフガニスタン、パキスタン以東のアジア全域(25ヶ国)を網羅し、エネルギー利用に伴う地球環境変動(地球の酸性化、温暖化)に関する基礎的な調査として、本地域に係るエネルギー消費構造とエネルギー消費に伴う地球環境影響物質(硫黄酸化物SO<sub>x</sub>、窒素酸化物NO<sub>x</sub>、二酸化炭素CO<sub>2</sub>)の排出構造とその動向を地域的に明らかにする。また、このことにより、特に、開発途上国の環境対策を進めるうえでの基礎資料を提供することを目的とするものである。

本調査研究の特徴として、第1は、着手とほぼ時期を同じくして初めてとりまとめ公表されたOECD/IEAの開発途上国のエネルギーバランス表を主として活用し、特に、開発途上国の主要なエネルギー源のひとつである薪炭等の植物性燃料をも含むエネルギー消費構造の把握を行った。また、中国については、中国国統計局への照会により得られたデータにより詳細なエネルギーバランス表を作成する等、植物性燃料を含みかつ詳細なエネルギーデータを基にアジア全域を対象としたエネルギー分析としては初めての試みである。

第2の特徴として、地球環境影響物質排出の動態については、酸性雨に関して、地域性が高いことから、各国別のほかに中国、インドについては、さらに国内を分割(中国29、インド13地域)し、地域別に排出量の推計を行いその動態の把握と分析を本調査研究により初めて行った。

また、第3の特徴として、エネルギー消費部門を17種類に分け、更に燃料を27種類に分けて、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>排出係数と、27燃料別にCO<sub>2</sub>排出係数についてアジア各国に適用するための検討を行い、その設定根拠を詳細に表した。これらを基に部門別、燃料別のSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>を推計し、その詳細を表していることから、アジア各国が燃料別、部門別の環境対策を立案するために基盤となる動態分析資料である。

しかしながら、エネルギーデータの信頼度はもとより、消費燃料の性状、燃料の燃料条件等詳細な資料の収集に努めたが、これには限界があるため、多くの仮定をおいている。本報告では、それを明確に記述することにより、今後の課題として精度高い動態の把握に資するよう努めた。

本報告書は実績から将来の動向までの調査研究のうち実績についてとりまとめたものであり、多分に考察の余地を残した未消化なデータを含んでいるが、これらを含め関係機関における今後の調査研究及び政策の立案の参考となれば幸いである。

なお、本調査研究を進めるにあたっては、下記の学識経験者からなる「アジアのエネルギー消費と地球環境に関する調査研究会(平成元年3月設置)」及び「アジアのエネルギー消費に伴う大気環境汚染物質排出量推計に関する小委員会(平成元年10月設置)」を設置して構成委員の方々から一貫した御指導、御協力を頂いた。

また、(財)新技術振興渡辺記念会の支援をはじめとし、中国、インド、タイ、ESCAP(平成2年2月)及び韓

国(平成3年3月)における現地調査に協力して頂いた外務省の現地の日本大使館及び関係機関、石油連盟、東京ガス(株)、(社)日本産業機械工業会、(株)テックスレポートのほか関係者の方々の御指導、御協力に深く感謝するとともに、今後とも関係者の御協力を得て調査研究を発展させていきたいと考えている次第である。

アジアのエネルギー消費と地球環境に関する調査研究会

(五十音順)

委員長 安藤 淳平 中央大学理工学部教授  
委員 秋元 肇 国立環境研究所地球環境グループ総括研究官  
" 河村 武 筑波大学地球科学系教授  
" 樹木 明 電源開発(株)審議役  
" 桐生 稔 中部大学国際関係学部教授(前アジア経済研究所)  
" 佐々木 恵彦 東京大学農学部教授  
" 鈴木 篤之 東京大学工学部教授  
" 富舘 孝夫 (財)日本エネルギー経済研究所常務理事  
" 菱田 一雄 菱田環境計画事務所所長

エネルギー消費に伴う大気環境汚染物質排出量の推計に関する小委員会

(五十音順)

小委員長 安藤 淳平 中央大学理工学部教授  
委員 秋元 肇 国立環境研究所地球環境グループ総括研究官  
" 樹下 明 電源開発(株)審議役  
" 菱田 一雄 菱田環境計画事務所所長  
" 柳原 一夫 (財)日本気象協会相談役  
専門委員 今井 健之 (社)日本鉄鋼連盟 立地環境委員会・大気専門委員会委員  
新日本製鉄(株)環境管理部環境防災管理室部長代理

専門委員 棚沢 正澄 (社)日本自動車工業会 地球環境専門部会委員  
トヨタ自動車(株)技術管理部主査  
" 玉貴 滋 (社)海外電力調査会 特別研究員  
" 播磨 幹夫 (社)日本産業機械工業会 環境装置部会委員  
三菱化工業(株)常勤顧問  
" 平谷 達雄 (社)産業公害防止協会 国際部長  
協力(故)椎橋 正幸 (株)数理計画 数理計画部主任技師  
専門委員 成田 博仁 (株)数理計画 数理計画部技師

科学技術政策研究所

客員研究官 柳原 一夫 (財)日本気象協会相談役  
" 小川 秀樹 (財)日本エネルギー経済研究所  
特別研究プロジェクト研究室長  
第4調査研究グループ 坂本 保 総括上席研究官  
" 坂本 進 前総括上席研究官(現林野庁)  
" 加藤 信夫 上席研究官  
" 小池 俊也 前特別研究員(現東北電力)  
" 前川 利佳

なお、本報告は、本報告書の他に別冊として「概要」、「資料編」を作成しているので参考にして頂きたい。

アジア地域のエネルギー消費構造と地球環境影響物質  
(SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>)排出量の動態分析

目次

はじめに

要旨 ..... 1

本文

1. 調査研究内容と方法の概要.....	4
1. 1, 概要.....	4
1. 2, 調査対象範囲.....	4
1. 3, 調査研究に使用した主な資料と活用方法.....	7
1. 3. 1, エネルギー消費構造の実態調査.....	7
1. 3. 2, 大気汚染とその対策の実態調査.....	9
1. 3. 3, 燃料の性状と排煙ガス排出係数調査.....	9
1. 4, 地球環境汚染物質(SO <sub>x</sub> 、NO <sub>x</sub> 、CO <sub>2</sub> )排出量の推計.....	10
1. 5, 海外における現地調査.....	10
1. 5. 1, インド、タイ、中国及び韓国における調査.....	10
1. 5. 2, 収集した資料.....	11
2. 世界におけるアジア地域のエネルギー消費特性.....	13
2. 1, 社会・経済指標とエネルギー消費量.....	13
2. 1. 1, 人口、GDP国内総生産)及び1人当たりGDP.....	13
2. 1. 2, 1次エネルギー消費量(合計).....	15
2. 1. 3, 人口、GDPと1次エネルギー消費量との関係.....	20
2. 2, エネルギー源別1次エネルギー消費量.....	20
2. 2. 1, エネルギー源別地域分布.....	21
2. 2. 2, 地域別エネルギー源別1次エネルギー消費特性.....	24
3. アジア地域のエネルギー消費構造とその動態.....	28
3. 1, 社会・経済指標とエネルギー消費量.....	28
3. 1. 1, 人口、GDP、1人当たりGDP.....	28
3. 1. 2, 1次エネルギー消費量.....	31
3. 1. 3, 1人当たりGDPと1人当たりエネルギー消費量、 GDP当たりエネルギー消費量の関係.....	36
3. 2, エネルギー源別の1次エネルギー消費量.....	40
3. 2. 1, 1次エネルギー消費量とその構成比の変化.....	40
3. 2. 2, 化石燃料消費量とその構成の変化.....	44
3. 3, 部門別にみたエネルギー消費量.....	49
3. 3. 1, エネルギー消費部門の基本構成.....	49
3. 3. 2, 最終エネルギー消費における部門構成の変化.....	49
3. 3. 3, 産業部門のエネルギー消費構成の変化.....	57

3. 3. 4,	輸送部門のエネルギー消費構成の変化	65
3. 3. 5,	その他最終部門のエネルギー消費構成の変化	70
3. 3. 6,	発電部門のエネルギー消費構成の変化	78
4.	アジア地域の 대기汚染とその対策の現状	87
4. 1,	大気汚染の現状	87
4. 2,	大気汚染対策	94
5.	硫黄酸化物(SO <sub>x</sub> )、窒素酸化物(NO <sub>x</sub> )、 二酸化炭素(CO <sub>2</sub> )の排出量の推計方法	98
5. 1,	硫黄酸化物(SO <sub>x</sub> )の排出係数(EF)と 非鉄金属製錬・硫酸製造に伴うSO <sub>x</sub> の排出量の推計方法	98
5. 1. 1,	SO <sub>x</sub> 排出係数(EF)設定の基本的考え方	98
5. 1. 2,	SO <sub>x</sub> 排出係数(EF)設定結果とその根拠	98
5. 1. 3,	非鉄金属製錬と硫酸製造に伴うSO <sub>x</sub> 排出量の推計	111
5. 2,	窒素酸化物(NO <sub>x</sub> )の排出係数(EF)	115
5. 2.1,	NO <sub>x</sub> 排出係数EF設定の基本的考え方	115
5. 2. 2,	NO <sub>x</sub> 排出係数(EF)の設定結果とその根拠	115
5. 3,	二酸化炭素(CO <sub>2</sub> )の排出係数(EF)	131
5. 3. 1,	排出係数算出の基本的な考え方	131
5. 3. 2,	石油製品の炭素元素構成とCO <sub>2</sub> 排出係数	
5. 3. 3,	石炭、ガス、植物性燃料のCO <sub>2</sub> 排出係数	131
5. 3. 4,	本研究で用いたCO <sub>2</sub> 排出係数	134
5. 4,	中国、インド国内の地域別SO <sub>x</sub> 、NO <sub>x</sub> 、CO <sub>2</sub> 排出量の推計方法	137
5. 4. 1,	中国国内	137
5. 4. 2,	インド国内	137
5. 5,	日本硫黄酸化物(SO <sub>x</sub> )、窒素酸化物(NO <sub>x</sub> )、排出量の推計	140
5. 5. 1,	SO <sub>x</sub> 、NO <sub>x</sub> 排出量推計方法の基本的考え方	140
5. 5. 2,	固定排出源のSO <sub>x</sub> 、NO <sub>x</sub> 排出量推計方法	141
5. 5. 3,	自動車(道路)のNO <sub>x</sub> 排出量の推計方法	142
5. 5. 4,	日本のSO <sub>x</sub> 、NO <sub>x</sub> 排出量	149
6.	SO <sub>x</sub> 、NO <sub>x</sub> 、CO <sub>2</sub> 排出量の推計結果と排出量の動態分析	159
6. 1,	SO <sub>x</sub> 排出量の推計結果と排出量の動態	159
6. 1. 1,	SO <sub>x</sub> 排出量の推計結果の見方	159
6. 1. 2,	SO <sub>x</sub> 排出量の地域別動態	159
6. 1. 3,	エネルギー源別にみたアジア全体のSO <sub>x</sub> 排出量の変化	168
6. 1. 4,	部門別にみたアジア地域のSO <sub>x</sub> 排出量の変化	168
6. 1. 5,	国別にみた1次エネルギー消費量とSO <sub>x</sub> 排出量の関係	175
6. 1. 6,	1人当りとGDP当りのSO <sub>x</sub> 排出量	178
6. 2,	NO <sub>x</sub> 排出量の推計結果と排出量の動態	184

6. 2. 1,	NO <sub>x</sub> 排出量の推計結果の見方	184
6. 2. 2,	NO <sub>x</sub> 排出量の地域別動態	184
6. 2. 3,	エネルギー源別にみたアジア全体のNO <sub>x</sub> 排出量の変化	193
6. 2. 4,	部門別にみたアジア地域のNO <sub>x</sub> 排出量の変化	196
6. 2. 5,	国別にみた1次エネルギー消費量とNO <sub>x</sub> 排出量の関係	201
6. 2. 6,	1人当りとGDP当りのNO <sub>x</sub> 排出量	205
6. 3,	CO <sub>2</sub> 排出量の推計結果と排出量の動態	210
6. 3. 1,	CO <sub>2</sub> 排出量の推計結果の見方	210
6. 3. 2,	CO <sub>2</sub> 排出量の地域別動態	210
6. 3. 3,	エネルギー源別にみたアジア全体のCO <sub>2</sub> 排出量の変化	219
6. 3. 4,	部門別にみたアジア全体のCO <sub>2</sub> 排出量の変化	223
6. 3. 5,	国別にみた1次エネルギー消費量とCO <sub>2</sub> 排出量の関係	228
6. 3. 6,	1人当りとGDP当りのCO <sub>2</sub> 排出量	232
7.	世界各国別のSO <sub>x</sub> 、NO <sub>x</sub> 、CO <sub>2</sub> 排出量推計の現状と アジア地域における本調査研究による推計結果の評価	238
7. 1,	世界各国別のSO <sub>x</sub> 、NO <sub>x</sub> 排出量推計状況とアジアの現状	238
7. 2,	本調査研究のSO <sub>x</sub> 、NO <sub>x</sub> 、CO <sub>2</sub> 排出量推計結果と 他機関による推計結果の比較による評価	238
8.	まとめ	247
9.	今後の課題について	251

## 要旨

### アジア地域のエネルギー消費構造と地球環境影響物質 (SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>)排出量の動態分析

アフガニスタン、パキスタン以東のアジア全域(25ヶ国)を網羅し、エネルギー消費構造とエネルギー利用に伴う地球環境変動(地球の酸性化、温暖化)の主要物質であるSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>の排出の動態を地域的に明らかにした。

対象とした年は、1975年～1987年であり、中国、インドについては国が大きいため、それぞれ29及び13地域に分割し、他の国と同等の地域的スケールでその動態を把握した。

なお、本報告書の特徴として、第1は、IEA/OECDが初めて明らかにした開発途上国の植物性燃料を含む詳細なエネルギーバランス表をベースとしており、特に中国については中国国家統計局への照会により得られたデータを基に本調査研究により詳細なエネルギーバランス表を作成し、植物性燃料を含みかつ詳細なエネルギーデータを基にアジア全域を対象としたエネルギー分析としては初めての試みである。

第2の特徴として、アジア地域25ヶ国の全域、特に中国、インド国内の地域別のSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出量を推計し、その動態として経年的実績を把握したものは本調査研究が初めてになる。

また、第3の特徴として、エネルギー消費部門を17種類に分け、更に燃料を27種類に分けて、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>排出係数と、27燃料別にCO<sub>2</sub>排出係数についてアジア各国に適用するための検討を行い、その設定根拠を詳細に表した。これらを基に部門別、燃料別にSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>を推計し、その詳細を表していることから、アジア各国が燃料別、部門別の環境対策を立案するための基盤となる動態分析資料である。

## I. 背景と目的

世界人口の約6割を占めるアジア地域は、人口の増大、経済活動の拡大に伴うエネルギー消費の増大が予想されるなど、世界の中でも地球環境への負荷が最も増大する地域のひとつとして懸念されている。しかしながら、その実態については、これまで最も未把握な地域のひとつとしてあげられている。

そのため、本調査研究では、アフガニスタン、パキスタン以東のアジア全域(25ヶ国)を網羅し、エネルギー消費構造とエネルギー利用に伴う地球環境変動(地球の酸性化、温暖化)の主要物質であるSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>の排出形態とその動向の実績を地域的に明らかにすることにより、地球規模での環境対策を図るうえでの基礎的な資料を整えて動態分析を行ったものである。また、大気汚染が深刻化しつつある開発途上国の環境対策を進めるうえでの基礎資料を提供するものである。

## II. 調査研究内容与方法

### 1. 対象地域

アジア25ヶ国としてSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出量の推計は、さらに地域性を重視し中国、インドについては国内をそれぞれ29、13地域に分割した。なお、台湾、香港、マカオは地域であるが、本報告では1ヶ国として数えてきた。



## 2. 対象年

本調査研究の対象年は、1975～1987年の12年間を対象とした。

## 3. 使用したエネルギー・データとエネルギー消費構造の把握

### (1) 使用したエネルギーデータ

開発途上国の主要なエネルギー源のひとつである薪、木炭、バガス等の植物性燃料も対象として、OECD/IEAのエネルギーバランス表(「WORLD ENENERGY STATISTICS AND BALANCE」、「ENERGY BALANCE OF OECD COUNTRIES」)を主として使用し、その統計のないアフガニスタン、モンゴル、カンボジア、ラオス、モルジブ、マカオの6ヶ国については「ENERGY STATISTICS YEARBOOK 1987UN」を使用した。なお、中国の1980年以降は「中国能源統計年鑑 1989 中国国家统计局」をもとに中国国家统计局への照会を行い必要なデータを入手し、詳細なエネルギーバランス表を作成して使用した。

### (2) エネルギー消費構造の把握

エネルギー源別には、大別して石炭、石油、ガス、原子力、水力他、植物性燃料の6エネルギー源とエネルギー消費部門には、最終エネルギー消費部門である産業、輸送、その他部門の合計3部門とエネルギー転換部門である発電部門の合計4部門を対象としエネルギー消費構造の把握を行った。なお、エネルギーの単位は、石油換算トン(toe)で表した。

## 4. 対象とする排出される物質とその排出源及び排出量の推計

### (1) 対象物質

本調査研究では、地球環境影響物質として、主としてエネルギー消費に伴い排出される地球の酸性化(主として酸性雨)関連物質として $SO_x$ 、 $NO_x$ をとりあげ、温暖化物質として $CO_2$ をとりあげた。なお、 $NO_x$ は光科学オキシダント(主成分はオゾン)の生成にも関係しオゾンは植物被害や温暖化にも関係することが知られている。

その排出源は、エネルギー消費に伴うもの(ただし国際航路船舶、石油化学の原材料及び潤滑油等の非エネルギー使用を除く)及び製造過程で原材料から排出される非鉄金属製錬・硫酸製造( $SO_x$ )、セメント製造( $CO_2$ )とした。

### (2) 排出量の推計方法

国別 $SO_x$ 、 $NO_x$ 、 $CO_2$ 排出量の推計は、27燃料種類、17部門別に推計することとし、燃料消費量と燃料単位消費量当りの排出量(排出係数)の積により排出量を推計した。

$SO_x$ 、 $NO_x$ 、 $CO_2$ の排出係数は、燃料固有単位当りの排出量で示した。

$SO_x$ 、 $NO_x$ の排出係数は、日本以外のアジアでは、施設による環境対策が行われていないものとした。日本については「大気環境汚染物質総合調査 環境庁」等を参考にし $SO_x$ 、 $NO_x$ を推計した。

#### 1) $SO_x$ 排出係数

$SO_x$ 排出係数の設定は次のように行った。

<1> 日本以外のアジア各国では排煙脱硫装置がほとんど設置されていないので、排煙脱硫装置無しは無対

策のSO<sub>x</sub>排出係数とした(日本については排煙脱硫装置無しと想定した場合以外に排煙脱硫による低減量も算出した)。

<2> 石炭及び石油製品等の含有硫黄(S)分は、地域性が大きいことから、国別に、特に石炭については、さらに中国、インドの地域別にS分を設定した。天然ガス及び薪炭等については各国とも同一のS分を設定した。

<3> 燃料含有S分の経年変化は、資料が乏しいため、1975～1987年まで同一の値とした。

<4> なお、日本、韓国、台湾については、環境対策の面から燃料の低硫黄化を積極的に進めていることから、S分の経年変化を反映させた。

<5> 燃料含有S分のうち、石炭については、発電が97.5%、産業部門及びその他のエネルギー転換部門が77.5%、その他部門が60%が排出されるものとした。さらに、薪炭、バガス以外については、100%が大気中に排出されるものとした。

<6> また、鉄鋼業、セメント製造業については、燃料含有S分の1部が鉱さい製品等に入る部分を見込んだ。

## 2) NO<sub>x</sub>排出係数

<1> NO<sub>x</sub>の排出係数は燃焼施設の種類、燃料の種類、燃料管理の方法により異なる性質のものであるが、本調査研究では、日本の環境庁及び東京都のNO<sub>x</sub>排出係数の実測値及び米国環境庁(EPA)の発表のNO<sub>x</sub>排出係数のうち未対策のものを参考として27燃料種類別、17部門別にNO<sub>x</sub>排出係数を設定した。

## 3) CO<sub>2</sub>排出係数

CO<sub>2</sub>排出係数は、燃料が含有する炭素(C)によって異なるため27燃料種類別に平均的な値として米国オークリッジ連合大学等の研究成果を基に設定した。

中国、インド国内地域別SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出量の推計は、中国、インド全国の17部門別排出量の推計結果を鉄鋼生産量等の部門別指標をもとに地域配分した。

なお、本調査研究を行うにあたっては、各分野の専門家からなる「アジアのエネルギー消費と地球環境に関する調査研究会(委員長:中央大学教授 安藤 淳平 他 10名)」、さらに「アジアのエネルギー消費に伴う大気汚染物質排出量推計に関する小委員会(小委員長:同 安藤淳平 他 10名)」を設置して、御指導御協力を得た。

また、中国、インド、タイ、韓国については、現地調査を行い資料の収集を図った。

### III. 調査研究結果のまとめ

本調査研究では、石炭、石油、天然ガスなどとともに開発途上国の主要なエネルギー源のひとつである植物性燃料を含め、アジア 25ヶ国全域を網羅したエネルギー消費構造を明らかにすることが出来た。

また、SO<sub>x</sub>排出量推計の基本となる燃料含有硫黄分については、特に中国、インド国内の石炭含有硫黄分について現地におけるヒヤリング(中国:中国統配煤炭総公司等、インド:エネルギー省石炭局)等によりその実態を明らかにすることができた。また、NO<sub>x</sub>の排出係数についても種々の仮定を置きながらも 17 部門、27 燃料別に、特に開発途上国の実態に即した設定を行うことが出来たと考えている。CO<sub>2</sub>の排出係数についても、27 燃料別に調査した。これらの成果を踏まえ、アジア25ヶ国及び中国、インド、国内のSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出量を部門別、エネルギー源別に 1975～'87 年間の動態というかたちで初めて明らかにすることができた。これらの調査研究結果について以下の項目でまとめた。(本文 8. まとめ 参照)

#### 1. アジア地域における経済発展とそれに伴うエネルギー消費構造の変化及び環境への影響の実態

- (1) 世界の中で最もエネルギー需要の伸びが大きく、今後の拡大の可能性が最も高いアジア地域の実状
- (2) 植物性燃料から化石燃料へ、石油から石炭へ、ガスへの依存体質への変化への変化とその形態の東アジア、東南アジア、南アジアへの伝播
- (3) 経済水準の向上に伴う工業化、電力化を指向するエネルギー利用状態
- (4) への変化とその形態の東アジア、東南アジア、南アジアへ伝播
- (5) エネルギー消費量の増大に伴い進行する大気汚染と遅れる対策

#### 2. アジア地域における経済発展段階別にみたエネルギー利用効率

- (1) 開発途上国におけるエネルギー利用効率の高い工業化の推進
- (2) 格差の大きい発電部門のエネルギー効率

#### 3. アジア地域におけるSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>及びCO<sub>2</sub>排出量の動態

- (1) アジア地域における石炭への依存の増大とエネルギー消費量の増加を上回るSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出量の増加
- (2) エネルギー供給の多様化における石炭への依存の増大する東アジアの地球環境負荷と植物性燃料、天然ガスへの依存の大きい南アジア、東南アジアの地球環境負荷
- (3) 東アジアに偏在するSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出量と増加率の高い中国、インド内陸部
- (4) 電力化に伴い増大する発電部門のSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出量
- (5) 世界で最も高いと見込まれるアジア地域における植物性燃料依存

#### 4. 経済発展段階とSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出量の関係

### IV. 今後の課題について

今後の課題について、以下の項目でまとめた(本文 9. 今後の課題について 参照)。

#### 1. エネルギー関連データの整備

- (1) 特に、開発途上国のエネルギーデータの整備の必要性

- (2) 地球環境保全からみた燃料性状のデータベース化の必要性
  
- 2. エネルギー、環境制約下におけるアジア地域に即した技術進歩の必要性
  - (1) 地域の実状に即したエネルギー利用と環境対策の技術開発の推進
  - (2) 地球環境保全対策として特に必要な電力化に伴う発電部門
  - (3) エネルギー利用効率向上の必要性
  - (4) 低コストの環境対策の技術進歩の必要性
  - (5) エネルギー効率を高めるためのトータルシステム構築の必要性
  - (6) 植物性燃料の再評価の必要性
  
- 3. 地球環境保全を考慮したアジア地域におけるグローバルな土地利用計画と国際的な協力体制の必要性

## 1. 調査研究内容与方法の概要

### 1. 1, 概要

本調査研究の目的は、アフガニスタン、パキスタン以東のアジア全域(25ヶ国)を網羅し、エネルギー利用と地球の酸性化、温暖化に関する基礎的な調査として、本地域に係るエネルギー消費構造とエネルギー消費に伴う地球環境影響物質(硫黄酸化物SO<sub>x</sub>、窒素酸化物NO<sub>x</sub>、二酸化炭素CO<sub>2</sub>)の排出形態とその動態を地域的に明らかにすることにより、地球規模での環境対策を図るうえでの基礎的な資料を整えて動態分析を行ったものである。また、大気汚染が深刻化しつつある開発途上国の環境対策を進める上での基礎資料を提供するものである。

本調査研究を行うにあたっての概要を、図 1.1-1 に対象地域と地域区分を示す。また、調査研究内容与方法について、今後の予定を含めた全体のフローチャートを図 1.1-2 に示した。

本調査研究内容を大別すると以下のようになる。

- 1) エネルギー消費構造の実態調査
  - 世界におけるアジア地域のエネルギー消費特性
  - アジア地域のエネルギー消費構造とその動向
- 2) 大気汚染とその対策の実態調査
- 3) 燃料の性状と排煙ガス排出係数調査
- 4) 地球環境影響物質排出量の推計とその動向の把握

次に、本調査研究を進めるにあたって、対象とした範囲及び使用した主な資料と活用方法について、その概要を述べる。

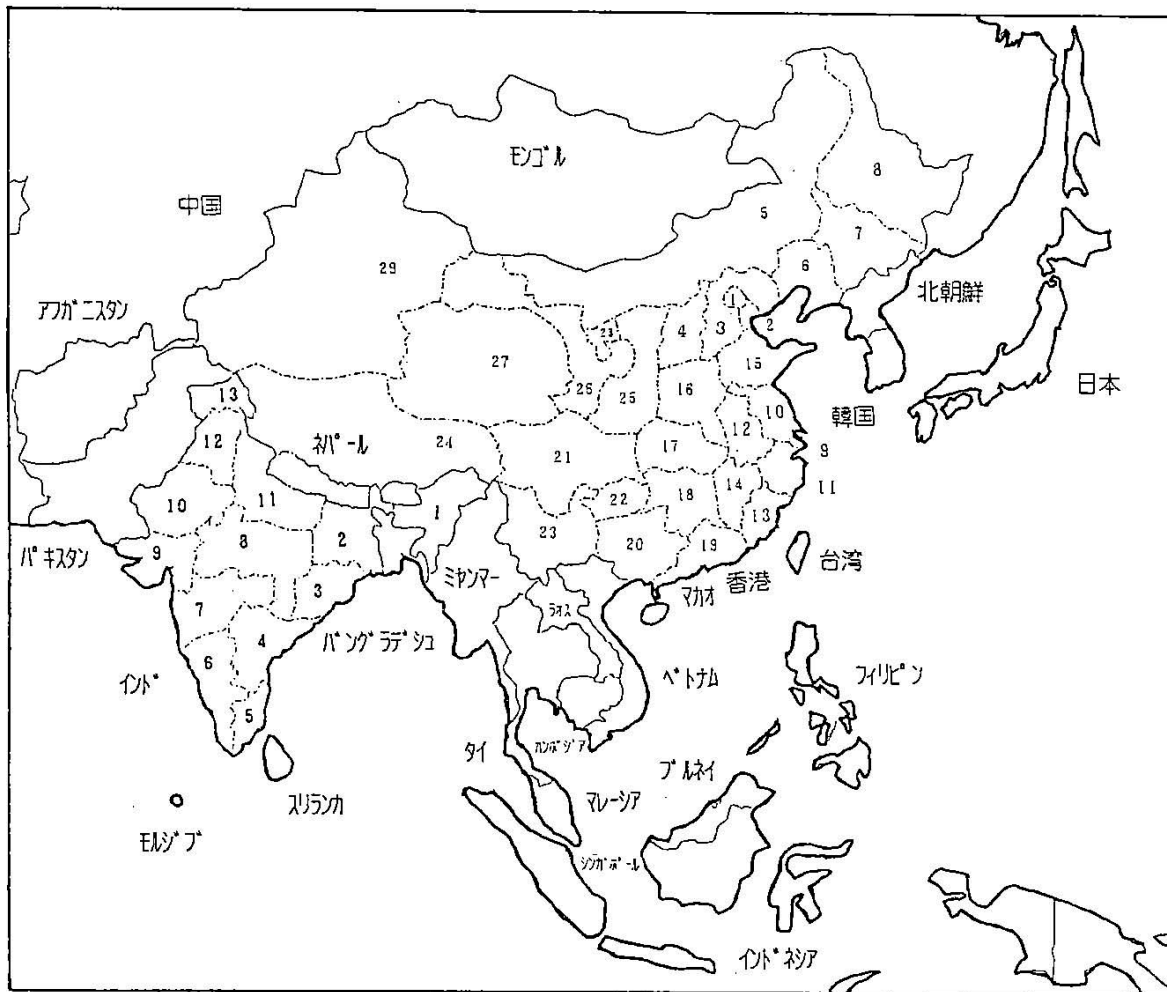
なお、中国、インド、タイ(平成2年3月)、韓国(平成3年3月)についてはエネルギー、環境関係機関等への訪問及び発電所、製鉄所の現地調査により資料収集を図った。

### 1. 2, 調査対象範囲

#### (1) 対象地域

本調査の対象地域は、アフガニスタン、パキスタン以東のアジア全域の 25ヶ国とした。中国、インドについては国土が大きいことから国内を地域分割し、中国は省・特別市別(29地域)に、インドは州・直轄区域(31地域)を13地域に統合した地域分割を対象とした。なお、エネルギーデータの不足から中国、インド国内の地域別の対象は地球環境影響物質排出量に関する調査に留めた。

図1.1-1 調査対象地域と地域区分



中国国内地域区分(省・特別市)

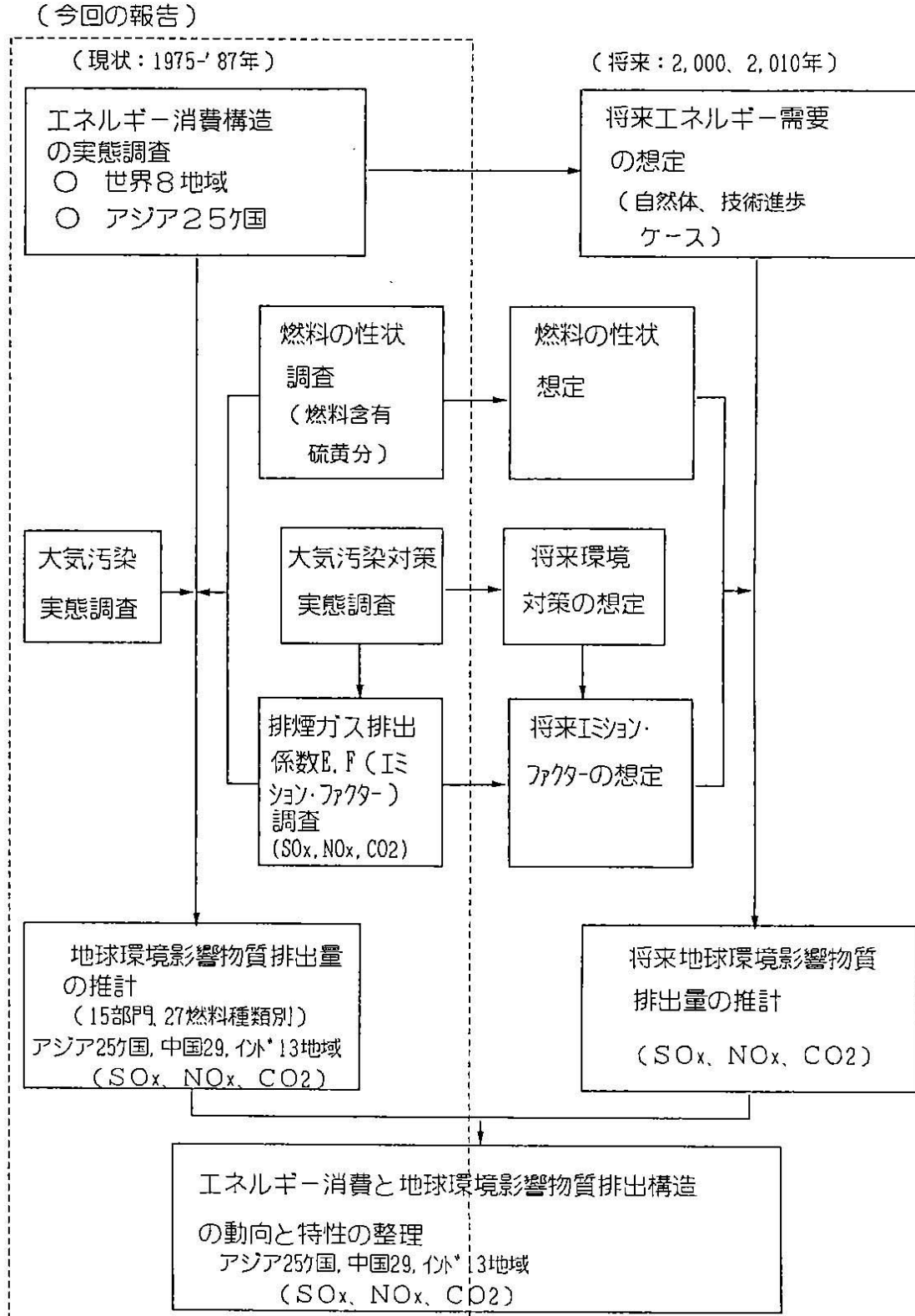
- |          |         |
|----------|---------|
| 1, 北 京   | 16, 河 南 |
| 2, 天 津   | 17, 湖 北 |
| 3, 河 北   | 18, 湖 南 |
| 4, 山 西   | 19, 広 東 |
| 5, 内 蒙 古 | 20, 広 西 |
| 6, 遼 寧   | 21, 四 川 |
| 7, 吉 林   | 22, 貴 州 |
| 8, 黒 龍 江 | 23, 雲 南 |
| 9, 上 海   | 24, 西 蔵 |
| 10, 江 蘇  | 25, 陝 西 |
| 11, 浙 江  | 26, 甘 肅 |
| 12, 安 徽  | 27, 青 海 |
| 13, 福 建  | 28, 寧 夏 |
| 14, 江 西  | 29, 新 疆 |
| 15, 山 東  |         |

インド国内地域区分(州・直轄区域)

- 1, アッサム, マニプル, カララ, ガラハ, トリプラ, 西ベンガル, 西ミソル
- 2, ビハール, 西ベンガル
- 3, オリッサ
- 4, アンドラ Pradesh
- 5, 西ベンガル, 西ミソル, AN諸島
- 6, 加ナーラ, クマ, 西ベンガル
- 7, 西ベンガル, D. N. ジャ
- 8, 西ベンガル
- 9, ケララ
- 10, 西ベンガル
- 11, 西ベンガル, テリ
- 12, 西ベンガル, 西ベンガル, 西ベンガル
- 13, 西ベンガル

図1.1-2 調査研究税体フローチャート

対象: アジア25ヶ国



なお、本報告では、台湾、香港、マカオは地域であるが、それぞれ1カ国として数えた。

また、世界におけるアジア地域のエネルギー消費特性を把握するため、世界をアジア、オセアニア、中東、アフリカ、ラテンアメリカ、北米、西欧、ソ連・東欧の8地域に区分した。

## (2) 対象年

本調査研究における実績の動向は、各国のエネルギーデータの存在を考慮し1975、'80、'85、'86、'87年を対象とする12年間とした。

## (3) 対象地球環境影響物質

### 1) 対象物質

本調査研究では、地球環境影響物質として、主としてエネルギー消費に伴い排出される地球の酸性化(主として酸性雨)関連物質としてSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>をとりあげ、温暖化物質としてCO<sub>2</sub>をとりあげた。なお、NO<sub>x</sub>は光化学オキシダント(主成分はオゾン)の生成にも関係し、オゾンは植物被害や温暖化にも関係することが知られている。

### 2) 対象物質の排出源

対象物質の排出源は、エネルギー消費に伴うもの(ただし国際航路船舶、石油化学の原材料及び潤滑油等のエネルギー小を除く)及び製造過程で原材料から排出される非鉄金属精錬(SO<sub>x</sub>)、セメント製造(CO<sub>2</sub>)とした(表1.2-1参照)。

表1.2-1 対象地球環境影響物質と排出源の範囲

対象地球環境影響物質	対象とした排出源	
	エネルギー消費	原材料
硫黄酸化物(SO <sub>x</sub> )	○	非鉄金属精錬・硫酸製造
窒素酸化物(NO <sub>x</sub> )	○	—
二酸化炭素(CO <sub>2</sub> )	○	セメント製造における石灰石



## 1. 3, 調査研究に使用した主な資料と活用方法

### 1. 3. 1, エネルギー消費構造の実態調査

#### (1) 人口

人口は「DEMOGRAPHIC YEARBOOK UN」によった。ただし、台湾は「STATISTCAL YEARBOOK OF THE REPUBLIC OF CHINA」によった。

#### (2) 国内総生産(GDP)

GDPは、「NATIONAL ACCOUNTS STASTICS :ANALYSIS OF MAIN AGGREGATS UN」及び台湾は「STATISTICAL YEARBOOK OF THE REBUBLIC OF CHINA」により1980年実質価格(物価、為替変動を除去)を算定した。なお、北朝鮮、カンボジア、ラオス、モルジブ、マカオについては1980年実質価格のGDPは不明であった。

#### (3) エネルギー消費量

本対象25ヶ国に関連する国際機関のエネルギーデータとして公表時点の古い順に

- 国連UN(ENERGY STATISTICS YEARBOOK UN)アジア25ヶ国
- アジア開発銀行ADB(ENERGY INDICATORS OF MAJOR DEVELOPING MEMBER COUNTRIES OF ADB)アジア14ヶ国
- OECD/IEA(「WORLD ENERGY STATISTICS AND BALANCES OECD/IEA」/「ENERGY BALANCES OECD/IEA」)アジア19ヶ国

の3つがあげられる。いずれの統計についても開発途上国については今後さらにデータの整備が必要とされている。

本調査研究では、<1>開発途上国では植物燃料が主要な1つの燃料になっていることから、これを含みかつ<2>燃料の区分及び燃料消費部門が細区分されているOECD/IEAのエネルギーバランス表を使用することとした。ただし、このエネルギーバランス表のないアフガニスタン、モンゴル、カンボジア、ラオス、モルジブ、マカオの6カ国については、国連データ(燃料別消費量であり消費部門別は無し)を使用した。

また、中国については、1980年以降を対象として「中国能源統計年鑑1989国家統計局」において初めて詳しいエネルギーバランス表が公表されたので、さらに中国国家統計局への照会により部門別エネルギー消費量がOECD/IEAのエネルギーバランス表の整理法方に合うように追加作成して使用した(表1.3-1参照)。

なお、エネルギーデータの単位は、標準石油の燃料(1000kcal/kg)を用いた

対象エネルギー消費部門

エネルギー消費部門	エネルギー消費部門細区分
エネルギー転換部門	成型炭・BKBプラント コークス炉 ガス工場 石油精製 発電 その他・分類不可 自家消費等
工業部門	鉄鋼 化学・石油化学 非金属鉱業 その他・分類不可
輸送部門	航空 道路 鉄道 国内船舶・分類不可
その他部門	住居 農業・商業・公共・分類不可

対象エネルギー、燃料区分

エネルギー区分	燃料細区分
石炭	硬炭 褐炭 コークス 成型炭 BKB コークス炉ガス 溶鉱炉ガス
ガス	ガス工場ガス 天然ガス
石油	原油 NGL 製油所ガス LPG 航空ガソリン 自動車ガソリン ジェット燃料 灯油 重油 ナフサ その他石油製品
原子力	電力
水力他	電力
電力	電力
熱供給	熱供給
植物性燃料	バガス 薪 木炭 ピート その他非商業用燃料

註) 1. このエネルギー消費部門、燃料区分によった国とデータの出典(19ヶ国)

1)WORLD ENVERGY STATISTICS AND BALANCESOECD/IEA 1971-1988 1990年発行  
中国(1975)、インド、インドネシア、韓国、北朝鮮、台湾、タイ、パキスタン、フィリピン、マレーシア、バングラデシュ、ベトナム、香港、シンガポール、ネパール、ミャンマー、スリランカ、ブルネイ

2)ENERGY BALANCES OECD/IEA  
日本

3)中国能源統計年鑑1989国家統計局  
中国(1980～1987)

2. エネルギー消費部門がなく、燃料区分のみによった国とデータ出典(6カ国)

1)ENERGY STATISTICS YEARBOOK UN 1987  
アフガニスタン、モンゴル、カンボジア、ラオス、モルジブ、マカオ

表1.3-1 対象エネルギー消費部門と燃料分類

石油に換算したトン数(toe:ton oil equivalent)であり、燃料単位当たりの排燃ガス(SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>)排出係数(EF:Emission factor)に関するものは固有単位(例えば ton、cal)を用いた。

### 1. 3. 2, 大気汚染とその対策の実態調査

#### (1) 大気環境

アジア地域の特に関係途上国については、大気環境濃度の実態が十分把握されておらず、特に経年的変化の調査は困難となっている。本調査研究では、主として次の資料を使用した。

- 「AIR QUALITY IN SELECTED URBAN AREAS 1973~'85 WHO」
- 「GLOBAL ENVIRONMENT MONITORING SYSTEM ASSESMENT OF URBAN AIR QUALITY UNEP, WHO」

#### (2) 大気汚染対策

アジア地域の大気汚染対策に関して、環境基準、排出基準等について主に次の資料と海外調査によって把握した。

- 「発展途上国における公害防止技術のニーズ発掘と将来動向の調査研究報告書 昭和 61 年、62、63 年(社)日本機械工業連合会、(社)日本産業機械工業会」

### 1. 3. 3, 燃料の性状と排煙ガス排出係数調査

#### (1) 燃料の性状

燃料の消費によるSO<sub>x</sub>の排出は燃料に含有される硫黄(S)分の放出によるものであることから、燃料別にS分の調査を行った。

特に石炭の含有S分は産地により異なる地域性の大きいものであり国別又は中国、インドについては省、州に調査した。石油製品については、原油の含有するS分にもよるが、石油生成過程で脱硫が行われるので最終製品である石油製品が含有するS分の規格値(S分の最大許容値)によるものであるとし、国別に調査した。なお、具体的資料名は後述する。

また、日本、韓国、台湾については、公害対策のひとつとして燃料の低硫黄化を進めているのでその実態について経年的調査した。

一方、天然ガス、薪炭等のS分含有量は、地域差がないものと仮定し、アジア全域について一定値を用いた。

なお、燃料中の窒素(N)分は、NO<sub>x</sub>の生成量に関係するが、各地の個々の燃料中のNについては十分なデータがないことと、Sの場合とは違って燃料の仕方でNO<sub>x</sub>量が大幅に変わることから、本調査では地域性を反映させるための燃料含有N分の調査を行っていない。

#### (2) 排煙ガス排出係数EF

単位燃料当たりのSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排煙ガスの排出係数EFについては以下のとおりである。

なお、日本以外については台湾が最近 10 基ほどの排煙脱硫設備をつけた以外は脱硫、脱硝装置はほとんどなく、低NO<sub>x</sub>バーナーも一部で使用が始まった程度である、排煙処理装置による環境対策は、ほとんど行われていないものとし、排煙ガス排出係数EFの検討を行った。

### 1) SO<sub>x</sub>

石炭及び石炭製品以外の燃料からは、燃料中のS分が100%排出されるものとして、石炭及び石炭製品について、S分が灰中に残留するものとしてその割合の調査を行った。

なお、具体的資料名は後述する。

### 2) NO<sub>x</sub>

環境対策無しでのNO<sub>x</sub>の排出係数EFは燃料の種類別、消費部門別に調査した。アジア地域では、日本におけるNO<sub>x</sub>の排出係数調査結果だけと考えられるため、日本の環境庁調査資料、東京都調査資料、米国環境庁(EPA)調査資料をもとに、特に開発途上国の環境対策を行っていない燃焼条件等を考慮のうえNO<sub>x</sub>のEFを設定した。

なお、具体的資料名については後述する。

### 3) CO<sub>2</sub>

単位燃料当たりのCO<sub>2</sub>排出係数は、燃料が含有する炭素(C)分によって異なるため表 1.3-1 に示す燃料別に燃料が含有するC分を米国オークリッジ連合大学等の研究成果を調査した。なお、燃料中のC分は100%排出されるものとした。

## 1. 4. 地球環境影響物質(SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>)排出量の推計

SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出量の推計は燃料細区分別(27)、部門細区分(17)に行った。

### (1) 燃料消費に伴うSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出量の推計

#### 1) 日本以外のSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>排出量と全地域のCO<sub>2</sub>排出量

日本以外の各国のSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>排出量は、燃料消費量と排煙処理による環境対策を行っていない排出係数の積によって推計した。また、CO<sub>2</sub>排出量は、全地域燃料消費量とその燃料に対応した排出係数の積によって推計した。

$$\text{SO}_x = \text{燃料消費量} \times \text{燃料含有S分} \times \text{SO}_x \text{のEF}$$

$$\text{NO}_x = \text{燃料消費量} \times \text{NO}_x \text{のEF}$$

$$\text{CO}_2 = \text{燃料消費量} \times \text{CO}_2 \text{のEF}$$

#### 2) 日本のSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>の排出量の推計

日本のSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>排出量は、排煙処理が行われた後の値となるため、これらの効果の後の実態調査を基に推計した。固定排出源(輸送部門除く全て)のSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>の排出量は、一定規模以上の施設を対象にした「大気汚染物質排出量調査 環境庁」を基に推計した。また、輸送部門の排出量については、排ガス規制による効果の実態に基づいた東京都等調査の結果を基に推計した。

### (2) 原材料からのSO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出量の推計

SO<sub>x</sub>については、非鉄金属精錬量(銅、亜鉛、鉛)及び硫酸の製造量から算定した。また、CO<sub>2</sub>についてはセメント生産量から算定した。

### (3) 中国、インド、国内の地域別SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>の排出量の推計

中国、インド国内の地域別SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>の排出量の推計については、地域別のエネルギーデータが十分得られないため、地域別粗鋼の生産量等のエネルギー消費部門別に関連の強い指標を基に燃料細区分別に全国の燃料消費量を地域に配分し、そのデータと排出係数から排出量を推計した。

## 1. 5, 海外における現地調査

### 1. 5. 1, インド、タイ、中国及び韓国における調査

本調査研究を推進させるため、インド、タイ、中国及び韓国について現地における面接調査によりエネルギー、環境関係の資料収集を図った。

#### (1) インド、タイ、中国

1) 調査期間 1990年2月6日～同2月21日

2) 調査員 菱田一雄委員(団長)、今井健之専門委員、玉貫滋専門委員、平谷達雄専門委員、坂本進、加藤信夫

3) 訪問先

(インド・ニューデリー 2月7日～同9日)

- インド在日本大使館
- 経済企画庁エネルギー計画局、エネルギー省電力局
- エネルギー省石炭局
- 環境・森林省局
- バダルプール火力発電所(石炭)

(タイ・バンコク 2月12日～同13日)

- AIT(アジア工科大学)
- ONEB(国家環境委員会)
- ESCAP(国連アジア太平洋経済委員会)
- UNEP(国連環境計画)
- RED(王室林野局)

(中国・北京 2月16日～同19日)

- 能源部総合計画局
- 国家環境保護局
- 中国石炭利用開発公司局、中国統配石炭総公司、石炭品質管理所
- 高井火力発電所(石炭)
- 首都製鉄所首鋼鉄公司

#### (2) 韓国

- 1) 調査期間 1991年3月17日～同3月23日
- 2) 調査員 平谷達雄専門委員、加藤信夫
- 3) 訪問先

(韓国・ソウル 3月18日～同22日)

- 在韓国日本大使館経済班(環境担当)
- 韓国科学技術研究院、科学技術政策研究評価センター
- 環境省大気保全局大気制度課
- 環境国立環境研究院大気部
- 韓国科学技術研究院、環境研究センター
- (社)韓国環境汚染防止施設協会
- 韓国電力公社発電部環境室
- 韓国鉄鋼協会技術管理部

#### 1.5.2, 収集した資料

中国の省別の石炭の硫黄分、環境対策の現状等ヒヤリングによる実態の把握も含め、収集した資料を以下に示す。

(インド)

1. 2004/5年におけるインドのエネルギー需給の見通し 1985.5  
インド政府エネルギー委員会
2. エネルギー省石炭局報告(1988-89)
3. 石炭統計 1987-88  
インドエネルギー省
4. 石炭統計 1989  
〃
5. 炭田別石炭品質一覧表  
インドエネルギー省石炭局
6. 州別石炭の生産量(1975-76,1980-81,1985-86,1987-88) 〃
7. 州別石炭の貯蔵量(1990.1.1) 〃
8. インド国内石炭の移動模式図 〃
9. インドの環境基準  
インド環境・森林省
10. インド統計総覧 1989年版 送付予定(日本大使館より)

(タイ)

1. タイの環境基準 1989.7  
NEB
2. タイのエネルギー利用と大気環境の概要(概要と数値表) 〃
3. タイにおける大気汚染と騒音(1987) 〃
4. タイの森林統計(1987)  
RFD(タイ王室林野局)
5. タイの森林変化の概要(数値表) 〃
6. タイ造林研究訓練計画  
JICA
7. エネルギーと開発に関する協力プログラム報告 1989  
AIT
8. ESCAP 地域のエネルギー利用の概要  
ESCAP

- |  |           |
|--|-----------|
| 9. アジア太平洋地域の環境の概要 (No. 1)              | 〃         |
| 10. アジア太平洋地域の熱帯林の減少の環境と社会経済の姿          | 〃         |
| 11. 都市大気環境のアセスメント                      | UNEP      |
| 12. アジア太平洋地域の石炭移動のシナリオ                 | ESCAP     |
| 13. 石炭 1989.12                         | ミャンマー 鉱山省 |
| (14. 関連地域の炭田の生産量とS分整理し送付、ただし限られたものについて | ESCAP)    |

(中国)

- |                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| 1. 中国能源 1989                | 中国能源部     |
| 2. 中国の電力工業 1988             | 中国水源・電力省  |
| 3. 中国統計年鑑 1989 (エネルギー部分コピー) | 中国国家统计局   |
| 4. 中国環境保護事業                 | 中国環境保護出版社 |
- (具体的な数値等はヒヤリングにより収集)

(韓国)

- |   |           |
|---|-----------|
| 1. 韓国経済白書 1990(大気環境部分)                          |           |
| 2. 韓国環境白書 1988(大気環境部分)                          |           |
| 3. Environmental Policies and Programs for 1991 |           |
| 1991.1 Ministry of Environment                  |           |
| 4. 開発と保全  | 韓国環境省     |
| 5. 韓国排出基準(現況～将来) 1991.2                         | 環境省       |
| 6. 大気環境改善のための主要課題と対策 1988.6                     | 韓国国立環境研究院 |
| 7. 都市地域大気質改善に関する研究(I)                           |           |
| —気象特性と大気質分析を中心として— 1989                         | 韓国環境研究院   |
| 8. 1984 年度職務教育資料 1984.2                         | 韓国環境庁     |
| 9. 環境管理の実態                                      | 韓国電力公社    |
| 10. 韓国エネルギーの現況資料 1990.10                        | 韓国鉄鋼協会    |
| 11. その他訪問先の事業概要パンフレット他                          |           |

## 2. 世界におけるアジア地域のエネルギー消費特性

1次エネルギー消費量として石炭、石油、ガス、1次電力の商業用エネルギーが把握されることが多い。ところが開発途上国においては、非商業用エネルギーである植物性燃料(薪炭、バガス等)への依存が大きいことから、本分析では植物性燃料を含むエネルギー消費量を対象とした。

また、世界を地理的地域(アジア、オセアニア、中東、アフリカ、ラテンアメリカ、北米、西欧、ソ連、東欧)と経済的地域(OECD、計画経済圏、開発途上国)に分け分析を行った。

なお、エネルギーデータは、「IEA STATISTICS[ENERGY BLANCES OF OECD COUNTRIES]/[WORLD ENERGY STATISTICS AND BLANCES]」、人口・GDPに関するデータは、「石油代替エネルギー利用地球環境影響調査 平成2年3月 新エネルギー・産業技術総合開発機構、(財)日本エネルギー経済研究所」を基にした。

### 2. 1, 社会・経済指標とエネルギー消費量

表 2.1-1 に世界の地域別人口・GDP・エネルギー消費量等を示す。

#### 2. 1. 1, 人口、GDP(国内総生産)及び1人当たりGDP

##### (1) 人口

世界人口は 1975 年の 3,896 百万人から 1987 年の 4,875 百万人と年平均伸び率 1.7%で増加した。アジアの人口は、1975 年の 2,196 百万人から年平均伸び率 1.8%で増加し 1987 年には 2,714 百万人となり、世界人口の 56.7%を占める最も人口の多い地域である。他の地域の人口の年平均伸び率は、アフリカの 3.2%中東の 3.1%、ラテンアメリカの 2.1%が世界平均を上回っている。しかしながら、1987 年の世界人口に占める割合は、アジア以外の各地域では 10%以下に留まっている。

一方、経済的地域区分の人口は、1975 年と 1987 年の平均伸び率は、開発途上国の 2.5%が最も大きく、計画経済圏の 1.2%、OECD諸国の 0.6%の順である。1987 年の世界人口に占める割合は、それぞれ 50.8%、33.2%、16.0%と発展途上国で人口の伸び及びシェア共に大きなウエートをもっている。

##### (2) GDP

GDPについては、1975 年から 1987 年の年平均成長率は、世界平均の 3.0%に対して、アジアが唯一これを上回る 5.3%を、他の地域に 2~3%に比べ高い経済成長をした。GDPの地域別構成比は、1987 年では北米の 30.4%、ソ連・東欧の 20.5%、西欧の 20.1%に次いでアジアの 17.4%となっている。これを 1975 年の構成比と比べるとアジアは 13.3%に対して 4.1%増と最大の増加である。逆に、ソ連・東欧が 2.4%、西欧が 1.5%減少し、アジアの世界に占めるGDPは、第4位とその規模は小さいが、増加が著しい状況にある。

一方、経済的地区区分では、GDPの年平均伸び率(1975-'87)は開発途上国の 3.6%、OECD諸国の 3.0%、計画経済圏の 2.5%の順であり、1987 年の構成比は、それぞれ、14.2%、61.1%、24.7%となっている。

##### (3) 1人当たりGDP

アジアの1人あたりのGDPは、1987 年で 974ドル(1985 年価格 US \$)で、アフリカの 839ドルとともに世界の中でも最も低い水準の地域に属する。これは世界平均の 3,183ドルに対して約 1/3、最も大きい北米の 17,186 に対して 1/18 である。しかしながら、1975 年から 1987 年のアジアの年平均伸び率は、世界平均を 1.2%上回る



3.4%で最も高い伸びを示す地域である。

一方、経済的地域別の1人当たりのGDPは、1987年でOECD諸国に対して計画経済圏は1/5、開発途上国が1/13であり。1975年から1987年の年平均伸び率は、OECD諸国2.3%、計画経済圏1.3%、開発途上国1.1%と地域別の格差が大きく、かつますます広がる方向を示している。

表2.1-1 世界の地域別社会・経済、エネルギー指標

地域	実数						地域別構成比(%)						指標(1975=100)		
	人口(百万人)		GDP('85P10億\$)		エネルギー消費量(Mtoe)		人口		GDP		エネルギー消費量		人口	GDP	エネルギー消費量
	1975	1987	1975	1987	1975	1987	1975	1987	1975	1987	1975	1987	1987	1987	1987
アジア	2,196	2,714	1,428	2,644	1,036	1,620	56.4	56.7	13.3	17.4	17.2	20.1	124	185	156
オセアニア	17	20	138	192	73	95	0.4	0.4	1.3	1.3	1.2	1.2	115	139	129
中東	119	171	367	476	74	214	3.1	3.6	3.4	3.1	1.2	2.7	144	130	289
アフリカ	307	449	274	377	181	302	7.9	9.4	2.6	2.5	3.0	3.8	146	137	167
ラテンアメリカ	291	384	510	722	309	487	7.5	8.0	4.8	4.7	5.1	6.1	132	142	158
北米	239	270	3,238	4,633	1,868	2,100	6.1	5.6	30.2	30.4	30.9	26.1	113	143	112
西欧	343	356	2,323	3,066	1,114	1,317	8.8	7.4	21.6	20.1	18.4	16.4	104	132	118
ソ連・東欧	384	422	2,453	3,121	1,387	1,905	9.9	8.8	22.9	20.5	23.0	23.7	110	127	137
世界計	3,896	4,785	10,731	15,232	6,042	8,039	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	123	142	133
OECD	710	767	6,558	9,318	3,381	3,880	18.2	16.0	61.1	61.2	55.9	48.3	108	142	115
計画経済圏	1,372	1,587	2,650	3,582	1,794	2,612	35.2	33.2	24.7	23.5	29.7	32.5	116	135	146
開発途上国	1,813	2,431	1,523	2,332	868	1,547	46.6	50.8	14.2	15.3	14.4	19.2	134	153	178
世界計	3,896	4,785	10,731	15,232	6,042	8,039	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	123	142	133

地域	エネルギー消費増分(Mtoe)	1人当たりGDP('85P\$/人)		1人当たりエネルギー消費量(kg-oe/人)		GDP当たりエネルギー消費量(toe/'85P百万\$)		年平均伸び率(%)1975-'87						エネルギー弾性値	
		1975	1987	1975	1987	1975	1987	人口	GDP	1人当たりGDP	エネルギー消費量	1人当たりエネルギー消費量	GDP当たりエネルギー消費量	対人口	対GDP
		1987-'75	1975	1987	1975	1987	1975	1987						1987-'75	1987-'75
アジア	583	650	974	472	597	726	613	1.8	5.3	3.4	3.8	2.0	-1.4	2.1	0.7
オセアニア	21	8,142	9,818	4,332	4,850	532	494	1.2	2.8	1.6	2.1	0.9	-0.6	1.8	0.8
中東	140	3,085	2,782	623	1,252	202	450	3.1	2.2	-0.9	9.3	6.0	6.9	3.0	4.2
アフリカ	121	893	839	589	672	659	800	3.2	2.7	-0.5	4.4	1.1	1.6	1.4	1.6
ラテンアメリカ	178	1,756	1,882	1,062	1,268	605	674	2.3	2.9	0.6	3.9	1.5	0.9	1.6	1.3
北米	232	13,563	17,186	7,826	7,789	577	453	1.0	3.0	2.0	1.0	0.0	-2.0	1.0	0.3
西欧	203	6,769	8,622	3,245	3,702	479	429	0.3	2.3	2.0	1.4	1.1	-0.9	4.7	0.6
ソ連・東欧	518	6,392	7,397	3,614	4,515	565	610	0.8	2.0	1.2	2.7	1.9	0.6	3.4	1.3
世界計	1,997	2,755	3,183	1,551	1,680	563	528	1.7	3.0	1.2	2.4	0.7	-0.5	1.4	0.8
OECD	500	9,231	12,151	4,759	5,060	516	416	0.6	3.0	2.3	1.2	0.5	-1.8	1.8	0.4
計画経済圏	818	1,932	2,257	1,308	1,646	677	729	1.2	2.5	1.3	3.2	1.9	0.6	2.6	1.2
開発途上国	681	840	959	478	636	570	663	2.5	3.6	1.1	4.9	2.4	1.3	2.0	1.4
世界計	1,997	2,755	3,183	1,551	1,680	563	528	1.7	3.0	1.2	2.4	0.7	-0.5	1.4	0.8

・人口、GDP:「石油代替エネルギー利用地球環境影響調査 平成2年3月  
新エネルギー・産業技術総合開発機構、(財)日本エネルギー経済研究所」より作成  
・エネルギー:IEA STATISTICS[ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES]/  
[WORLD ENERGY STATISTICS AND BALANCES]から作成したもので、植物性燃料  
を含む1次エネルギー消費量

## 1 次エネルギー消費量(合計)

表 2-1-1 に、世界の地域別の 1975 年と 1985 年について、1 次エネルギー消費量、地域別構成比、指数(1975 年=100)、年平均伸び率を示す。

また、図 2.1-1、図 2.1-2 にそれぞれ地域別の 1971 年から 1988 年の各年の 1 次エネルギー消費量及び 1975 年=100 とした指数を示し、各年の変化の動向を示した。

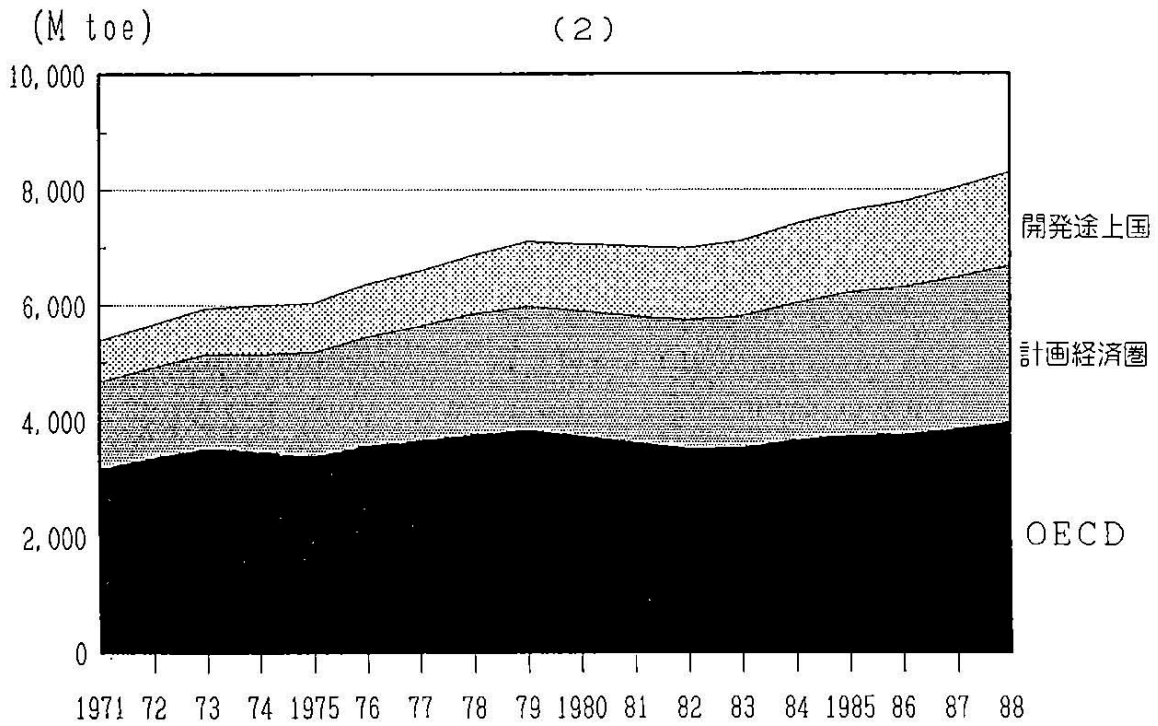
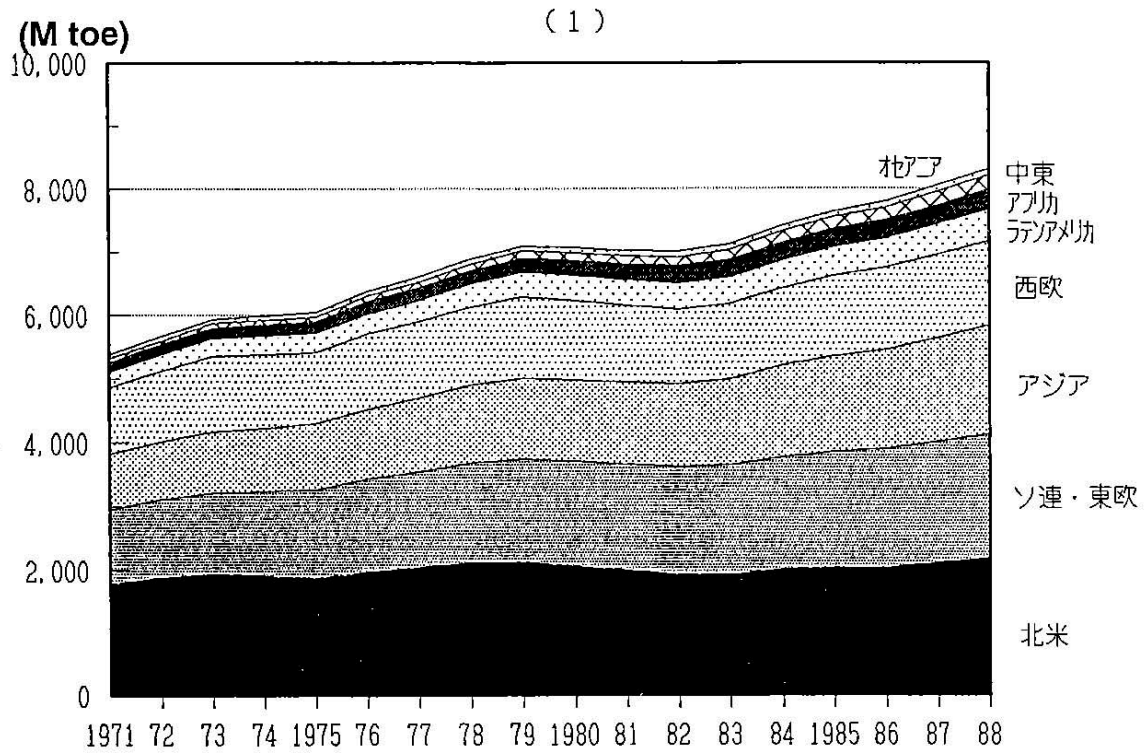
世界の 1 次エネルギー消費量は石油換算で 1975 年の 60.42 億 toe(表 2.1-1 中、M(メガ) =  $10^6$  を示し、toe は石油換算トンを示す)が年平均伸び率 2.4% で増加し 1987 年には 80.39 億 toe となり、1975 年に対して 1987 年は 1.33 倍に増加した。

これに対して、アジアでは 1975 年の 10.36 億 toe から年平均伸び率 3.8% で増加し、1987 年には 16.20 億 toe となり、1975 年の 1.56 倍となった。その結果、世界に占める 1 次エネルギー消費量は 1975 年の 17.1% から 20.1% に増大した。

1987 年の世界の地域別 1 次エネルギー消費量の構成比は、大きい順に、北米 26.1%、ソ連・東欧 23.7%、次いでアジア 20.1%、西欧 16.4% であり、この 4 地域で全体の 86.3% を占める。他の地域はそれぞれ 1.2~6.1% の範囲に留まっている。なお、中東、アフリカ、ラテンアメリカでは 1 次エネルギー消費量の年平均伸び率(1975-87 年)は、それぞれ 9.3%、4.4%、3.9% をアジアを上回っている。また、図 2.1-2 の 1971 年以降の指数(1975 年=100)に示すとおり、アフリカを除く世界の各地域とも第二次オイルショック以降の 1982 年頃から 1 次エネルギー消費の伸びが大きくなっていることに着目しておく必要がある。

一方、経済的地域の 1 次エネルギー消費量の 1975 年から 1987 年の年平均伸び率は、OECD 諸国が 1.2% と世界平均 2.4% を下回り、計画経済圏が 3.2% 開発途上国が 4.9% で増加した。その結果、1987 年の世界に占める割合は OECD 諸国が 50% を割り 55.9% から 48.3% に減少し、計画経済圏が 29.7% から 32.5% へ、開発途上国が 14.4% から 19.2% に増加した。

図2.1-1 世界の地域別エネルギー消費量



[IEA STATISTICS]から作成

植物性燃料含む

図2.1-2 世界の地域別エネルギー消費量指数

植物燃料含む

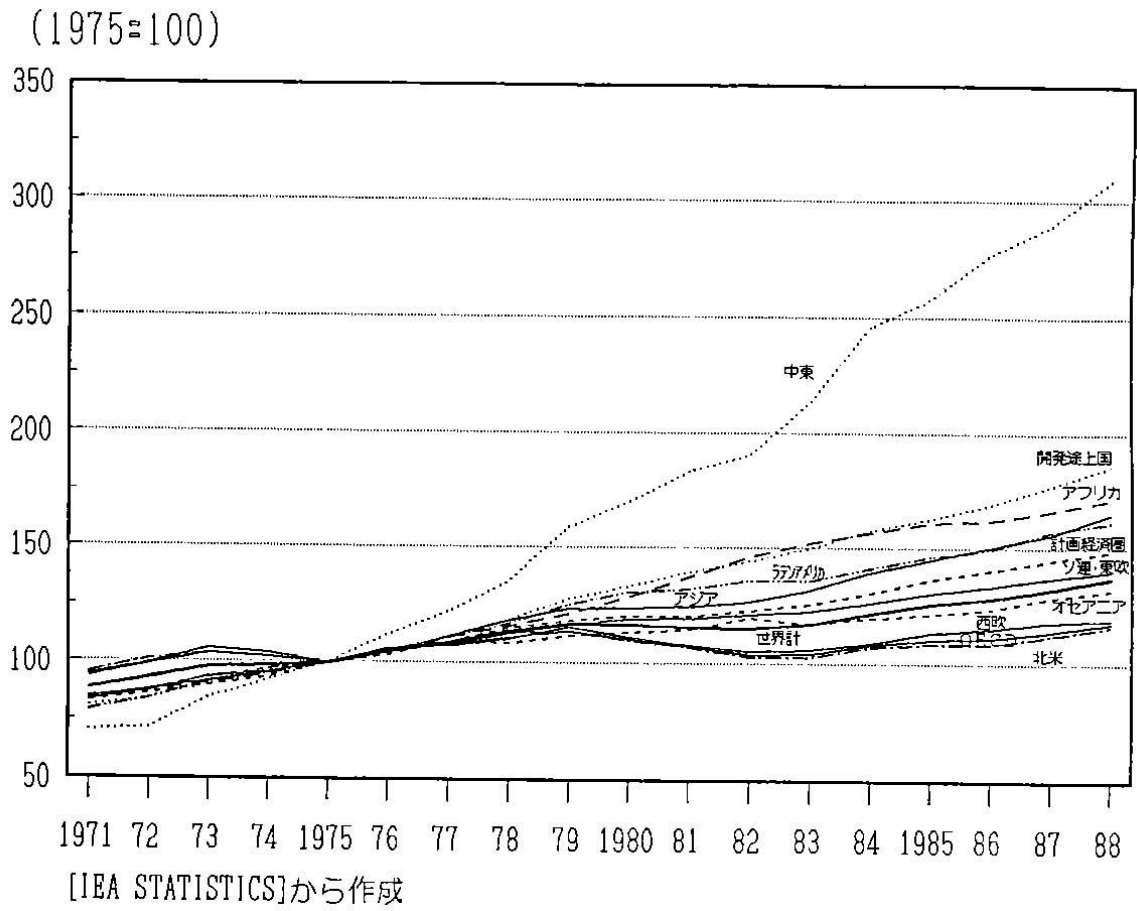


図2.1-3 世界の地域別1人当りGDPと1人当りエネルギー消費量の関係

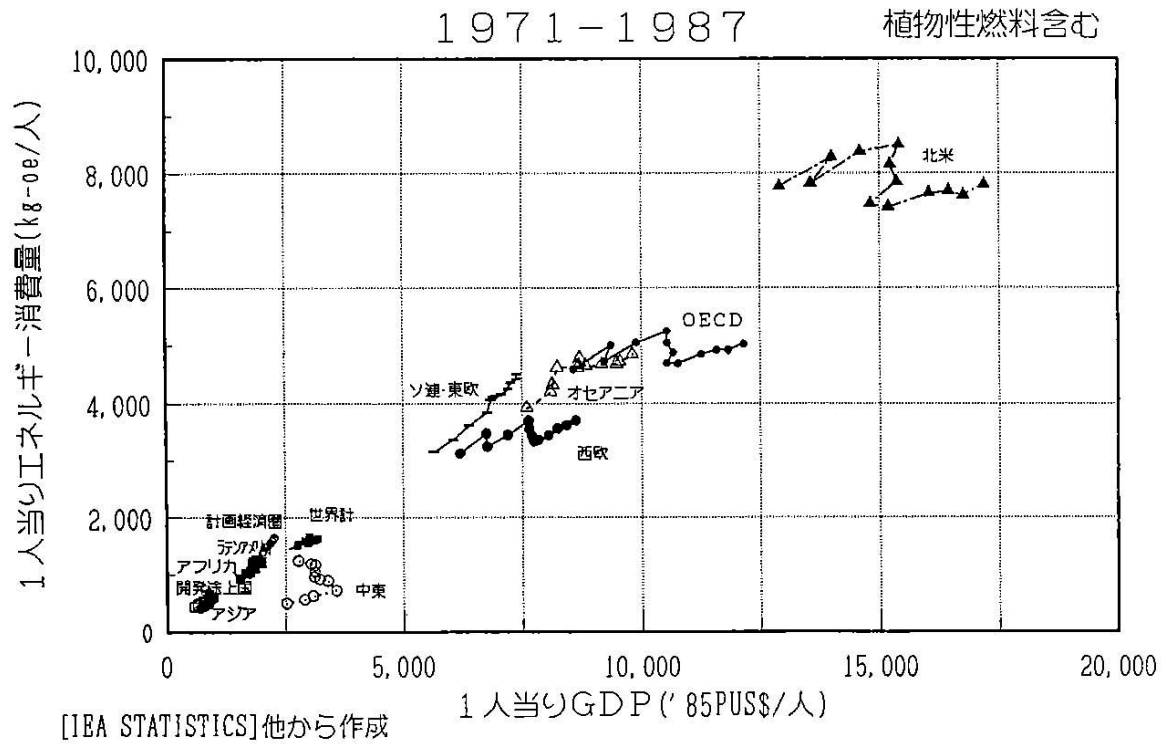
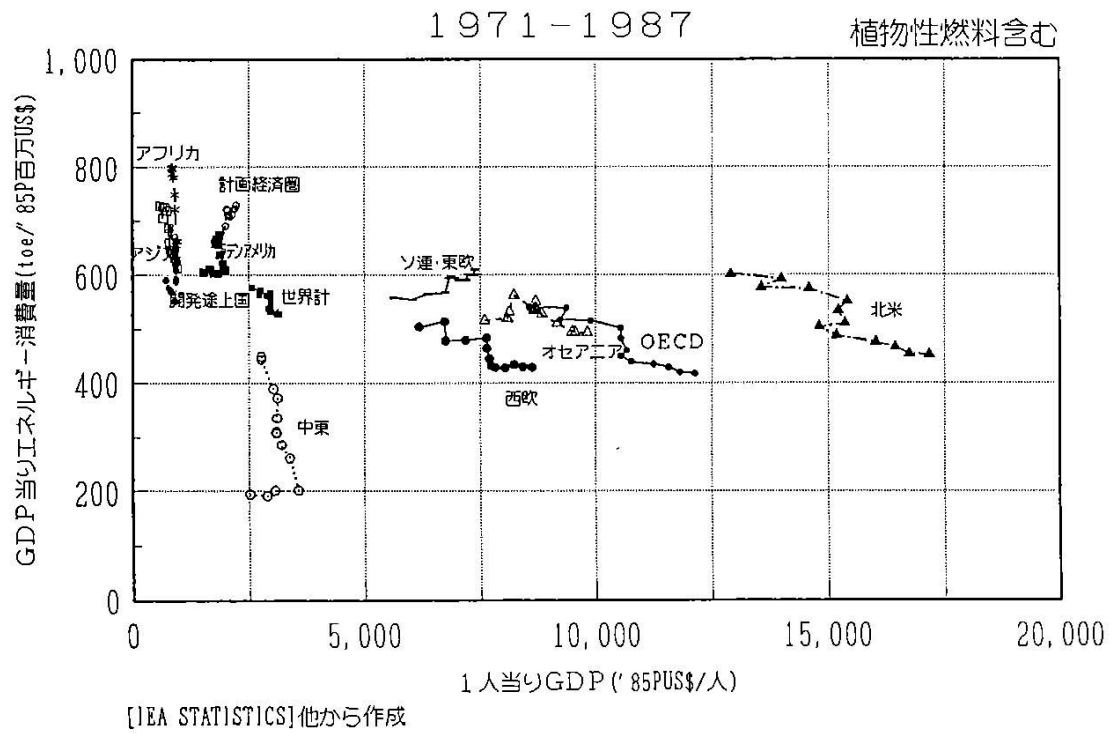


図2.1-4 世界の地域別1人当りGDPとGDP当りエネルギー消費量の関係



## 2. 1. 2, 人口、GDPと1次エネルギー消費量との関係

人口、GDPを1次エネルギー消費量との関係は、1人当たりエネルギー消費量、GDP当たり1次エネルギー消費量の動向及び1次エネルギー消費量対GDP弾性値(=1次エネルギー消費量の年平均伸び率/GDPの年平均伸び率)から把握した。

### (1) 1人当たり1次エネルギー消費量

表 2.1-1 に1人当たりエネルギー消費量とその年平均伸び率を示す。1987年の世界の1人当たりエネルギー消費量は 1,680kg-oe/人(石油換算 kg/人を示す)であり、アジア、アフリカ、中東、ラテンアメリカがこれを下回る。なかでもアジアは最小の 597 kg-oe/人であり、最大の北米の 7,789 kg-oe/人の 1/13、世界の 1/2.8 である。

また、1975年から1987年の年平均伸び率では、世界の0.7%に対して、北米を除く地域で、世界平均を上回っている。特に、中東6.0%、アジア2.0%、ソ連・東欧1.9%の3地域が比較的高く、北米では横ばいとなっている。

一方、経済的地域では、1987年で開発途上国 636 kg-oe/人、計画経済圏 1,646 kg-oe/人、OECD 諸国 5,60 kg-oe/人、世界平均のそれぞれ 1/26、1.0、3.0 倍となっている。

また、1975年から1987年の年平均伸び率は、大きい順に開発途上国 2.4%、計画経済圏 1.9%、OECD 諸国 2.0%となっている。

図 2.1-3 に地域別に1人当たりGDPと1人当たりエネルギー消費量の関係の経年変化を示すが、地域間において、1人当たりGDPが大きいほど1人当たりエネルギー消費量が大きくなることを明確に示している。グラフの傾配はGDP当たりのエネルギー消費量を表し、1人当たりGDPに対して0.4~0.8 kg-oe/\$の関係になっている。これは、1人当たりGDPの小さいアジア、アフリカ、ラテンアメリカ等の地域で大きく、北米、西欧、オセアニア、では、特に近年小さくなりつつあり省エネルギーの方向を示している。これは、次のGDP当たりエネルギー消費量で詳しく述べる。

### (2) GDP 当たりエネルギー消費量

表 2.1-1 にGDP当たりエネルギー消費量とその年平均伸び率を示す。GDP当たりエネルギー消費量は、単位GDPに必要なエネルギーの効率利用を示す指数としてあげられるが、1987年について、世界の528toe/百万\$(1985年価格の米ドル、以下同様)に対して、最小が西欧429toe/百万\$、最大がアフリカ800toe/百万\$であり、アジアは613 toe/百万\$である。1975年に対して1987年には、世界が年平均伸び率0.5%の減少すなわち省エネルギーの方向に対して、省エネルギーの方向として、大きい順に北米2.0%、アジア1.4%、西欧0.9%、オセアニア0.6%があげられる。逆に増エネルギーの方向として、大きい順に中東6.9%、アフリカ1.6%、ラテンアメリカ0.9%、ソ連・東欧0.6%となっており、アジアでは北米に次いで2番目に省エネルギーの方向に進んでいる地域といえる。

この傾向を、1人当たりGDPとの関係において示したこの図が2.1-4である。GDP当たりエネルギー消費量と1人当たりGDPとの間には、地域間において、1人当たりGDPが大きいほどGDP当たりエネルギー消費量が小さくなる傾向があるものの、経年的変化には地域独自の傾向が大きい。前述したように、北米、オセアニア、西欧、アジアでは、GDP当たりのエネルギー消費量は1人当たりGDPの増加とともに減少傾向にあり、他の地域では増加傾向にある。減少地域は1人当たりGDPの増大よりも時系列的变化において、第2次オイルショックの1979年以降の省エネルギー進行が反映されているものと考えられる。



### (3) 1次エネルギー消費量対 GDP 弾性値

表 2.1-1 に 1975 年から 1987 年の 1 次エネルギー消費量対 GDP 弾性値；(=1 次エネルギー消費量年平均伸び率/GDP 年平均伸び率)を示すが、世界が 0.8 である。1.0 以上(1 次エネルギー消費量の年平均伸び率が GDP の年平均伸び率を上回る)の地域として大きい順に、中東 4.2、アフリカ 1.6、ラテンアメリカ及びソ連・東欧 1.3 となっている。1.0 以下の地域としてオセアニア 0.8、アジア 0.7、西欧 0.6、北米 0.3 となっている。

一方、経済的地域については、開発途上国が 1.4、計画経済圏が 1.2 と 1.0 を上回っており、OECD 諸国が 0.4 となっている。

## 2. 2, エネルギー源別 1 次エネルギー消費量

図 2.2-1 に地域別エネルギー源別 1 次エネルギー消費量を、図 2.2-2 にエネルギー源別地域別 1 次エネルギー消費量を、表 2.2-1 にこれらの 1975 年から 1987 年の年平均伸び率を示す。

世界の 1987 年の 1 次エネルギー消費量 80.39 億 toe のうち化石燃料が最も多く 82.4%を占め、次いで 1 次電力が 10.7%、植物性燃料が 7.0%となっており、1 次電力では、水力他 5.8%、原子力 4.8%となっている。

1975 年から 1987 年のエネルギー源別平均伸び率は、全エネルギーの 2.4%に比べこれを上回る伸びは原子力が最も大きく 13.4%で増大し、次いでガス 3.5%、水力 3.0%、石炭 2.8%の順となっている。また、これを下回るものとして植物性燃料 2.2%、石油 1.0%があげられ、脱脂油、脱植物性燃料の傾向が伺えるが全てのエネルギー源において 1975 年に比べ 1987 年はその消費量が増加している。

表 2.2-1 世界の地域別エネルギー源別 1 次エネルギー消費量年平均伸び率 1975-1987 (%)

	石灰	石油	ガス	化石燃料	原子力	水力他	1次電力計	商業用計	植物性燃料	合計
アジア	5.1	1.7	11.8	3.8	19.7	3.6	7.7	4.1	1.8	3.8
オセアニア	2.3	0.1	11.0	2.3	-	1.1	1.1	2.2	1.0	2.1
中東	13.3	8.8	10.2	9.3	-	10.0	9.9	9.3	0.8	9.3
アフリカ	5.2	4.9	15.4	5.8	-	3.2	3.8	5.6	2.2	4.4
ラテンアメリカ	5.9	2.5	7.0	3.5	9.4	8.4	8.4	4.2	2.4	3.9
北米	3.1	0.0	-0.8	0.4	9.1	1.1	4.1	0.8	6.7	1.0
西欧	1.4	-0.7	2.9	0.4	15.8	1.9	7.4	1.3	4.4	1.4
ソ連・東欧	0.8	1.6	6.7	2.6	15.3	3.7	7.2	2.9	-2.7	2.7
世界計	2.8	1.0	3.5	2.0	13.4	3.0	6.2	2.4	2.2	2.4
OECD	2.3	-0.4	0.6	0.5	12.6	1.2	5.6	1.0	5.7	1.2
計画経済圏	2.5	1.9	6.6	3.2	15.3	4.4	7.0	3.4	-0.3	3.2
開発途上国	6.2	4.6	10.1	5.7	26.0	7.2	8.3	6.0	2.0	4.9
世界計	2.8	1.0	3.5	2.0	13.4	3.0	6.2	2.4	2.2	2.4

・ IEA STATISTICS [ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES] /  
[WORLD ENERGY STATISTICS AND BALANCES]から作成

## 2. 2. 1, エネルギー源別地域分布

### (1) 石炭

世界の 1987 年の石炭消費量 21.40 億 toe のうち、アジアが 32.1%を占め最も大きく、続いてソ連・東欧 27.8%、北米 21.6%となっている。

1975 年から 1987 年の年平均伸び率では、世界の 2.8%に比べ、特にアジアでは、1975 年の 3.80 億 toe (世

界に占める割合 24.6%でソ連・東欧 35.2%に次ぐ第2位の地域)から年平均伸び率 5.1%で増加し、1987年には、6.89 億 toe を消費する環境負担の大きい第1位の地域となった。また、北米も 3.1%の伸び率であり世界平均を上回って増加し、ソ連・東欧は 0.8%の伸び率で鈍化している。また、中東、ラテンアメリカ、アフリカでも石炭の消費量は小さいものの石炭への依存が世界平均を上回り増加した。

一方、経済的地域では、1987 年には計画経済圏が 50.6%と世界の半分の石炭を消費しており、続いて OECD 諸国 38.4%、開発途上国 1.11%を占めている。特に、開発途上国では、世界の平均伸び率を上回り石炭への依存が増加している。

図2.2-1 世界の地域別1次エネルギー源別消費量

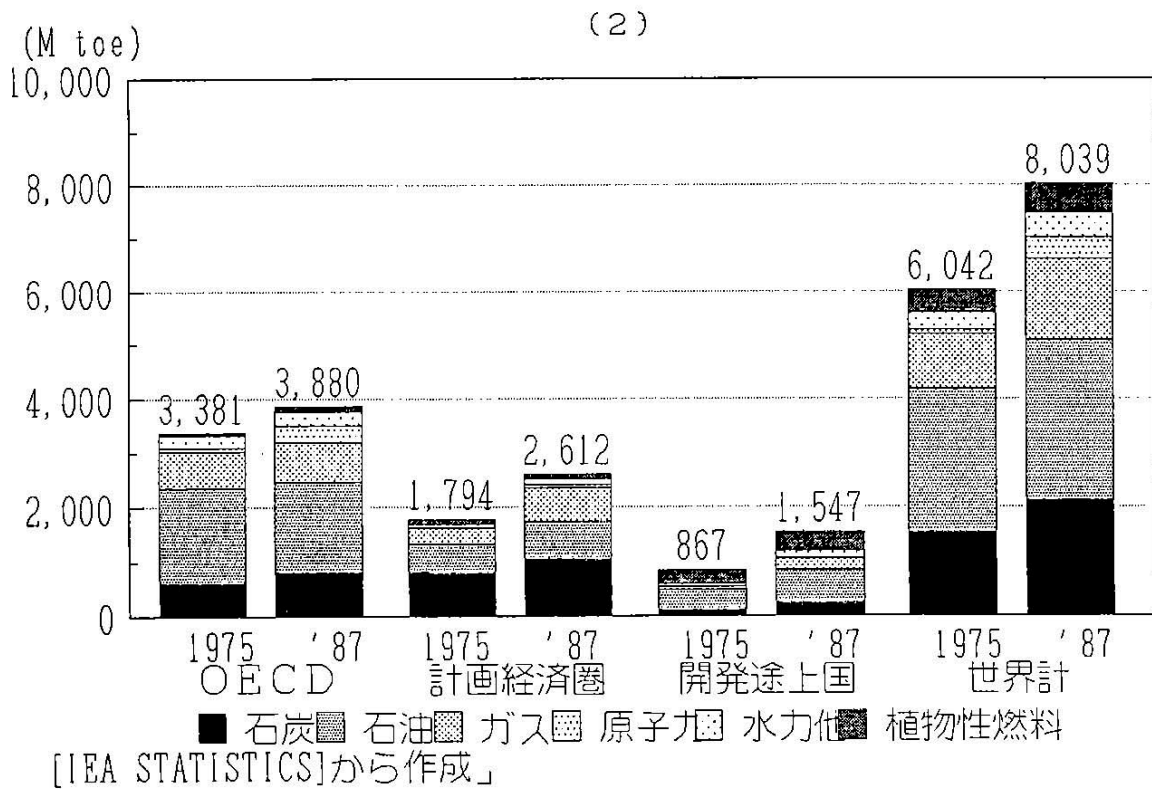
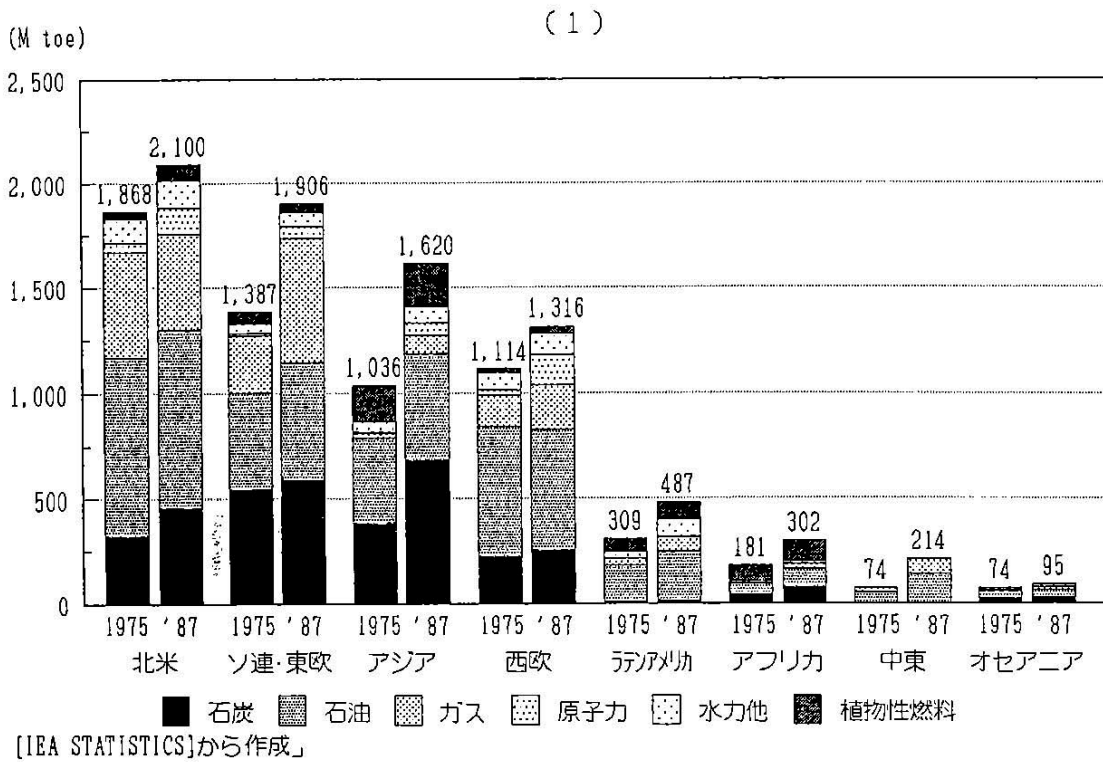
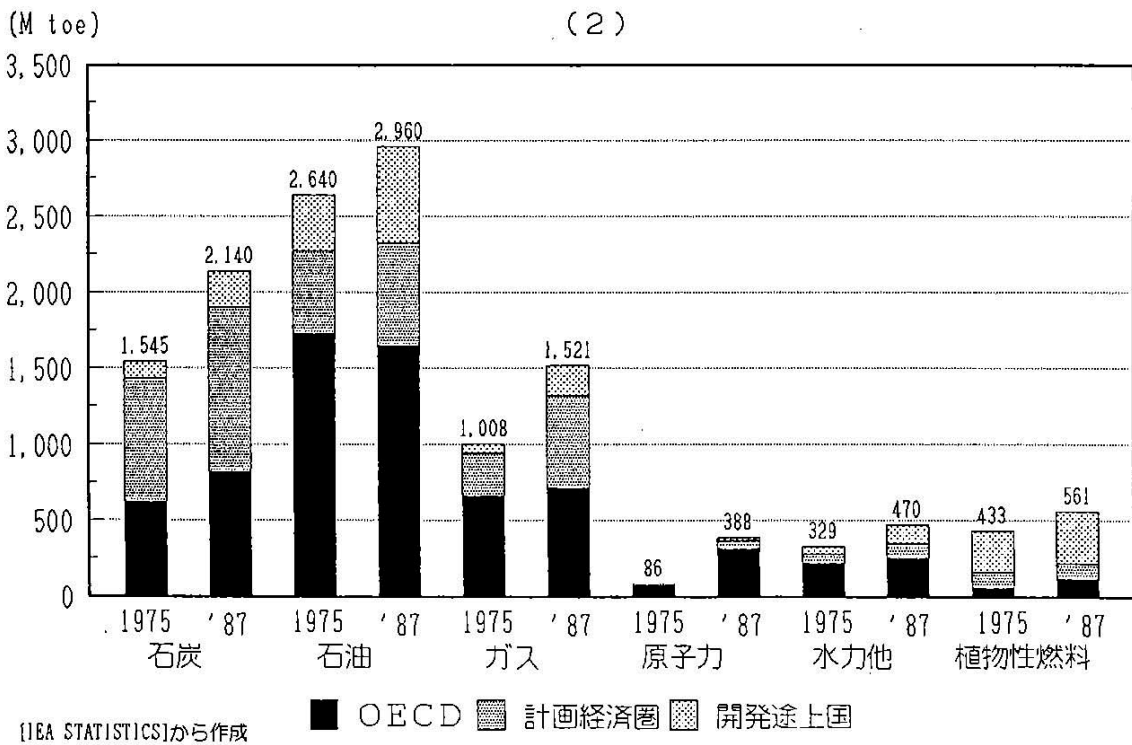
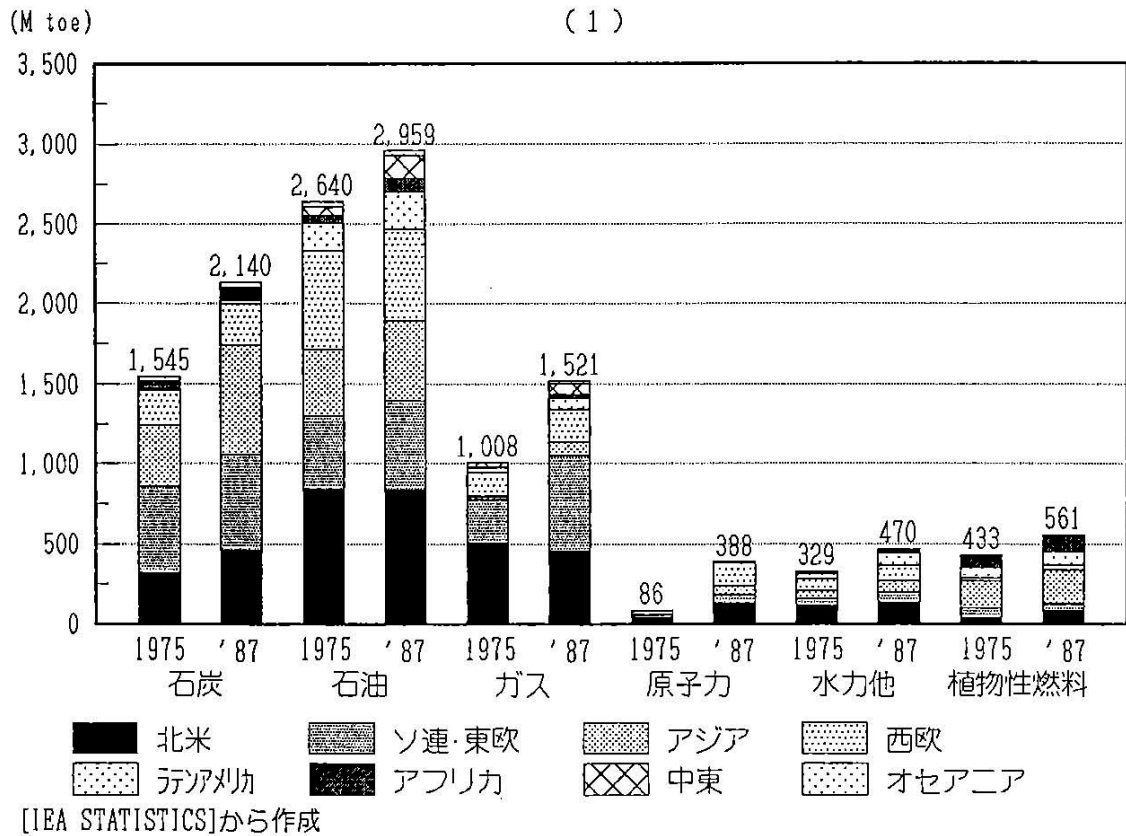


図 2.2-2 世界のエネルギー源別消費量とその他地域構成



## (2) 石油

世界の1987年の石油消費量29.59億toeのうち、北米が28.4%で最大であり、他の地域は20%未満となっており、西欧19.4%、ソ連・東欧18.7%に次いでアジアが17.0%を占めている。

1975年から1987年の平均伸び率は、世界の1.0%に対して、石油消費量大の地域では、アジアが1.7%と最も大きく、次いでソ連・東欧の1.6%があげられる。西欧、北米、オセアニアでは、減少か横ばいであり、それぞれ-0.7%、0.0%、0.1%と脱石油の方向を示している。また、中東、アフリカ、ラテンアメリカでは石油消費量の世界に占める割合が小さいものの、石油への依存が世界平均を大きく上回り増加した。

一方、経済的地域では、1987年にはOECD諸国が55.9%と世界の半分以上の石油を消費しており、計画経済圏、開発途上国がそれぞれ20%代となっている。1975年から1987年の年平均伸び率では、4.6%、計画経済圏では1.9%と増加した。

## (3) ガス

世界の1987年のガス消費量15.21億toeのうち、ソ連・東欧が39.0%で最も大きく、北米30.1%、西欧が13.7%、次いでアジアが5.7%となっている。

1975年から1987年の年平均伸び率は、世界の3.5%に対して、ガス消費量の大きいソ連・東欧が6.7%、アジアが11.8%で世界を上回り増加し、西欧が2.9%で世界を下回っている。北米では、1975年には世界の50.1%を占める第1位から-0.8%で減少し、1987年にはソ連・東欧に次ぐ第2位の地域となった。

また、消費量は比較的少ないが、アフリカ、オセアニア、中東では10%以上の年平均伸び率で増加した。

一方、経済的地域では、1987年にはOECD諸国が47.2%、計画経済圏が39.8%、開発途上国が13.0%を占めている。1975年から1987年の年平均伸び率では、開発途上国が10.1%、計画経済圏が6.6%と世界平均を上回り増加しており、OECD諸国は0.6%の増加に留まっている。

## (4) 原子力

世界の1987年の1次電力としての原子力3.88億toeのうち、西欧が37.3%と最大で、続いて北米が32.2%、アジアが15.3%、ソ連・東欧が14.4%であり、この4地域で99.2%を占める。なお、オセアニア、中東では原子力発電が保有されていない。

1975年から1987年の年平均伸び率は、世界の13.4%に対して、アジアの19.4%、西欧の15.8%、ソ連・東欧の15.3%がこれを上回って増加している。特に北米では1975年に世界の50.8%と半分は占める最大の地域であったが、9.1%を比較的低い伸び率に留まったため西欧に次ぐ第2位の地域となった。

一方、経済的地域では、1987年にはOECD諸国が80.3%と世界の8割を占め、計画経済圏が14.4%、開発途上国が5.3%となっている。1975年から1987年の年平均伸び率では、開発途上国で26.0%、計画経済圏で15.3%と世界を上回り増加していることに着目しておく必要がある。また、OECD諸国では12.6%となっている。

## (5) 水力他

世界の1987年の1次電力としての水力他4.70億toeのうち、北米が27.6%で最大で、続いて西欧20.9%、ラテンアメリカ16.8%、アジア15.7%、ソ連・東欧13.9%となっている。

1975年から1987年の年平均伸び率では、世界の3.0%に対して、前述の比較的消費量の大きい地域では、ラテンアメリカが8.4%、ソ連・東欧が3.7%、アジアが3.6%と世界を上回り、西欧が1.9%、北米1.1%を世界を下回っている。

一方、経済的地域では、1987年にはOECD諸国が54.2%と世界の半分以上を占め、続いて開発途上国が25.6%、計画経済圏が20.2%を占めている。1975年から1987年の年平均伸び率では、開発途上国が7.2%、計画経済圏が4.4%と世界を上回る伸びを示し、OECD諸国が1.2%の伸びに留まっている。

#### (6) 植物性燃料

世界の1987年の植物性燃料5.61億toeのうち、アジアが37.6%と最大で、続いてアフリカ17.7%、ラテンアメリカが15.4%、北米が14.7%となっておりこの4地域で70.7%を占めている。

1975年から1987年の年平均伸び率では、世界が2.2%の増加を示し、これに対して前述の消費量大の地域について、北米が6.7%と最も大きくラテンアメリカが2.4%、アフリカが2.2%と高い伸びを示した。一方、最大の植物性燃料消費地域であるアジアが1.8%の伸び率に留まった。

一方、経済的地域では、1987年について、開発途上国が61.0%と世界の6割を占め、OECD諸国が21.5%、計画経済圏が17.5%となっている。1975年から1987年の年平均伸び率では、OECD諸国が5.7%と最大であり、開発途上国は2.0%と世界の伸びを下回り、計画経済圏では0.3%の減少となっている。

## 2. 2. 2, 地域別エネルギー源別1次エネルギー消費特性

地域別のエネルギー源別消費構造の動向を、1次エネルギー消費量について、大気環境への負担の大きい化石燃料(石炭、石油、ガス)、負担の生じない1次電力(原子力、水力他)及び大気環境への負担・森林保全に関する植物性燃料(薪炭、バガス)の構成比の変化から把握する。

さらに、大気環境への負担の大きい化石燃料については、石炭、石油、ガスの構成比の変化からその動向を把握する。対象期間はいずれも1975年から1987年である。(図2.2-3参照)。

全エネルギーの1975年から1987年のエネルギー源別構成比の変化から以下の分類ができる。

- a. 化石燃料が減少し、1次電力が増加  
北米、西欧、(OECD)、(世界)
- b. 化石燃料、植物性燃料が減少し、1次電力が増加  
ラテンアメリカ
- c. 植物性燃料が減少し、化石燃料、1次電力が増大  
アジア、(開発途上国)
- d. 大きな変化がない  
ソ連・東欧、中東、オセアニア(計画経済圏)

また、同様に化石燃料のエネルギー源別構成比について次の地域分類ができる。

- a. 石油が減少し、石炭、ガスが増加  
北米、西欧、アジア(OECD)、(世界)
- b. 石油が減少し、ガスが増加  
ラテンアメリカ、中東、オセアニア、(開発途上国)
- c. 石炭、石油が減少し、ガスが増加  
ソ連・東欧、アフリカ、(計画経済圏)

さらに、これらの動向を地域別に詳しくみる。以下のようになる。

### (1) 地理的地域

#### <1> 北米

北米の1次エネルギー消費量は1975年の18.68億toeが年平均伸び率1.0%で増加し、1987年には21.00億toeとなった。この間、エネルギー源別には、最も消費量の大きい石油消費量が横ばいで、ガスが年平均伸び率0.8%で減少し、脱石油、ガスの方向を示している。これを補う形で石炭、原子力、植物性燃料がそれぞれ年平均伸び率3.1%、9.1%、6.7%で増加した。その結果、1987年のエネルギー源構成比は、石油40.1%、石炭22.0%、ガス21.8%、水力6.2%、原子力6.0%、植物性燃料3.6%となっている。

#### <2> ソ連・東欧

ソ連・東欧の1次エネルギー消費量は1975年の13.87億toeが年平均伸び率2.7%で増加し、1987年には19.06億toeとなった。この間、エネルギー源別には、植物性燃料を除き、全てのエネルギー源で増加している。消費量の大きい石炭、石油は全体を下回る伸びでそれぞれ0.8%、1.6%であるが、これを補うかたちでガス6.7%、原子力15.3%の伸び率で増加した。その結果、1987年のエネルギー源構成比は、石炭31.2%、ガス31.1%、石油29.0%、水力3.4%、原子力2.9%、植物性燃料2.3%となった。特にガスは北米を追い越し世界最大の消費地域となった。

### <3> アジア

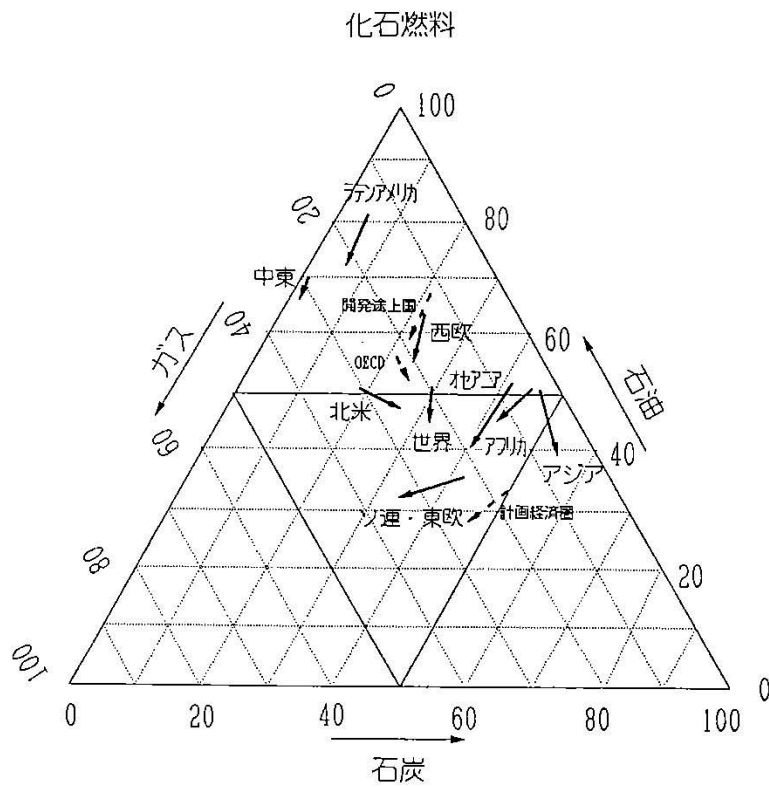
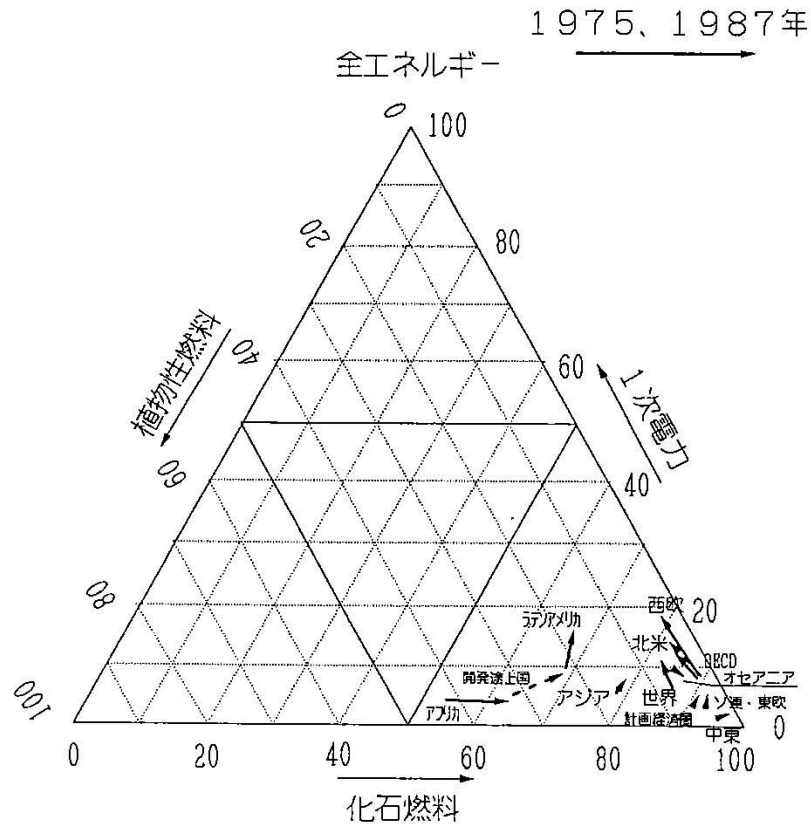
アジアの1次エネルギー消費量は1975年の10.36億toeが年平均伸び率3.8%で増加し、1987年には16.20toeになった。この間、全てのエネルギー源で増加したが、年平均伸び率は、石油が1.7%、水力他が3.6%、植物性燃料が1.8%と全体の伸びを下回っている。これを補うかたちで石炭が5.1%、ガスが11.8%、原子力が19.7%の年平均伸び率で増加した。その結果、1987年のエネルギー源別構成比は、石炭が最大であり42.5%、石油が31.0%、植物性燃料が13.0%、ガスが5.3%、水力他が4.6%、原子力が3.7%となった。なかでも、石炭はソ連・東欧を追い越し植物性燃料とともに世界最大の消費地域であり、大気環境への負荷の増大が懸念される。

### <4> 西欧

西欧の1次エネルギー消費量は、1975年の11.14億toeが年平均1.4%で増加し、1987年には13.16億toeになった。この間、石油が0.7%の年平均伸び率で減少し、脱石油の方向を示し、これを補うかたちで年平均伸び率でガスが2.9%、原子力が15.8%で増加した。その結果1987年のエネルギー源別構成比は、石油が43.5%、石炭が19.6%、ガスが15.8%、原子力が11.0%、水力他が7.5%、植物性燃料が2.6%となった。



図2.2-3 世界の地域別エネルギー源構成比(%)



#### <5> ラテンアメリカ

ラテンアメリカの1次エネルギー消費量は、1975年の3.09億toeが年平均伸び率3.9%で増加し、1987年には4.87億toeとなった。この間、石油、植物性燃料、が全体の年平均伸び率を下回る増加に留まり、これを補うかたちで、特に水力他、ガスが大きな伸び率で増加した。エネルギー源別構成比は、石油が47.6%、植物性燃料が17.7%、水力他が16.2%、ガスが14.1%、石炭が4.1%、原子力が0.3%となった。

#### <6> アフリカ

アフリカの1次エネルギー消費量は、1975年の1.81億toeが年平均伸び率4.4%で増加し、1987年には3.02億toeとなった。この間、植物性燃料、水力他が全体の年平均伸び率を下回り、これを補うかたちで石炭、石油、ガスが全体の年平均伸び率を上回り増加した。その結果、1987年のエネルギー源別構成比は、植物性燃料が最も大きく32.8%、石油が28.4%、石炭が26.6%、ガスが7.9%、水力他が3.8%、原子力が0.5%となった。

#### <7> 中東

中東の1次エネルギー消費量は、1975年の0.74億toeが他の地域に比べ最大の年平均伸び率9.3%で増加し、1987年には2.14億toeとなった。中東の1987年のエネルギー源別構成比は、石油が65.1%、ガスが31.3%と石油とガスで全エネルギーの96.4%を占めている。

#### <8> オセアニア

オセアニアの1次エネルギー消費量は、1975年の0.74億toeが年平均伸び率2.1%で増加し、1987年には、0.95億toeとなった。この間、石油、水力が全体の年平均伸び率を下回り、これを補うかたちで、ガスが11.0%、石炭が2.3%の年平均伸び率で増加した。その結果、1987年のエネルギー源別構成比は、石炭が34.7%、石油が34.5%、ガスが17.0%、水力が9.0%、植物性燃料が4.8%となった。

### (2) 経済的地域

#### <1> OECD 諸国

OECD 諸国の1次エネルギー消費量は、1975年の33.81億toeが年平均伸び率1.2%で増加し、1987年には38.80億toeとなった。この間、石油が年平均伸び率0.4%で減少し、ガスも全体を下回る0.6%の伸び率に留まった。これを補うかたちで、石炭が2.3%、原子力が12.6%、植物性燃料が5.7%で増加し、脱石油の方向、エネルギー源の多様化の方向に進行している。その結果、1987年のエネルギー源別構成比は、石油が50%を割り42.6%、石炭21.2%、ガスが18.5%、原子力が8.0%、水力他が6.6%、植物性燃料が3.1%となった。

#### <2> 計画経済圏

計画経済圏の1次エネルギー消費量は、1975年の17.94億toeが年平均伸び率3.2%で増加し、1987年には26.12億toeとなった。この間、植物性燃料が年平均伸び率0.3%で減少し、石油が全体の伸び率を下回る1.9%の伸び率に留まった。これを補うかたちで、ガスが6.6%、石炭が2.5%、増加量は小さいが原子力が15.3%、水力他が4.4%で伸びた。その結果、1987年のエネルギー源構成比は、石炭41.4%、石油25.9%、ガス23.2%、植物性燃料3.8%、水力他3.6%、原子力2.1%となった。

#### <3> 開発途上国

開発途上国の1次エネルギー消費量は、1975年の8.67億toeが年平均伸び率4.9%で増加し1987年には、15.47億toeとなった。この間、植物性燃料が2.0%の年平均伸び率に留まり、これを補うかたちで他の全てのエネルギー源で全体の年平均伸び率を上回っている。その結果、1987年のエネルギー源構成比は、石油40.7%、植物性燃料22.1%、石炭15.3%、ガス12.8%、水力他7.8%、原子力1.3%となっている。

### 3. アジア地域のエネルギー消費構造とその動態

アジア地域は、2回の石油危機にもかかわらず活発な経済成長を続けている地域である。第2章でみたように、1987年の世界人口に占めるアジア地域のシェアは57%と著しく高い。それに対して、まだ実質GDPに占めるシェアは17%、エネルギー消費に占めるシェアは20%と人口に見合う高さには到達していない。このような膨大な人口を抱えたアジア地域が現実に活発な経済成長を継続しており、長期的には経済とそれに伴うエネルギー消費の拡大という大きな潜在的ポテンシャルを有していることを考えると、アジア地域が今後長期的に世界の中で担う役割はきわめて大きい。

本章では、このようなアジア地域の過去の経済成長とそれに伴うエネルギー消費の変化、そして部門別も含むエネルギー消費構造の変化を詳細に分析する。

#### 3. 1. 社会・経済指標とエネルギー消費量

##### 3. 1. 1. 人口、GDP、1人当たりGDP

表 3.1-1 にアジア各国の人口、GDP及び一人当たりのGDPの1975年と1987年間の変化を、実数と年平均伸び率で示す。

##### (1) 人口

アジア地域の人口は、平均年率1.8%で伸びて、1975年の22.2億人から1987年の27.5億人まで拡大した。1987年をみると、中国が10.9億人で全体の40%を、インドが7.8億人で全体の28%を占めて、この2大国でアジア地域の概ね70%の人口を保有する結果になっている。以下、インドネシア、日本、バングラデシュ、パキスタン、ベトナム、フィリピンといった国々が6~2%の一桁台のシェアで続いている。

1975~1987年における各国の人口の年平均伸び率をみると、最も人口の多い中国は、1組の夫婦に1人の子供という人口抑制政策を展開して努力してきた結果、公式統計の上では平均年率1.3%と低所得に分類される開発途上国にしては穏やかな伸びにとどまっている。2番目に人口の多いインドは、平均年率2.2%と中国に比べればずっと高い伸びを示している。

先進国である日本は1975~1988年の人口の年平均伸び率が0.8%と低く、最近では0.5%を下回るような一段を低い伸びを示すようになってきている。これに対して、インドネシア、バングラデシュ、パキスタン、ベトナム、フィリピンといった国々は平均年率2.2~3.1%とインドあるいはそれ以上の伸びを示している。

人口の伸び率を比較すると、アフリカ、中東といった開発途上地域の伸びがアジア各国の伸びよりも高くなっているが、元々の絶対値がはるかに大きいアジア開発途上地域で人口に関して堅調な伸びが続いていることの意味は大きい。

図 3.1-1 に示すように、いくつかの例外は存在するものの、人口増加率と1人当たりGDPすなわち経済水準の間には相関関係があり、経済水準が上昇するにつれて自ずと人口増加率が低下してくることを示している。従って、自然の流れの中で人口増加が抑制されていくためには、経済水準の向上がどうしても必要な要素になると考えられる。アジア開発途上地域の人口増加問題は、今後のエネルギー問題あるいは環境問題を考える大変重要ではあるが、各途上国が自らの意思で中国のような人口抑制政策を推し進めることは現状では難しいとみられる。

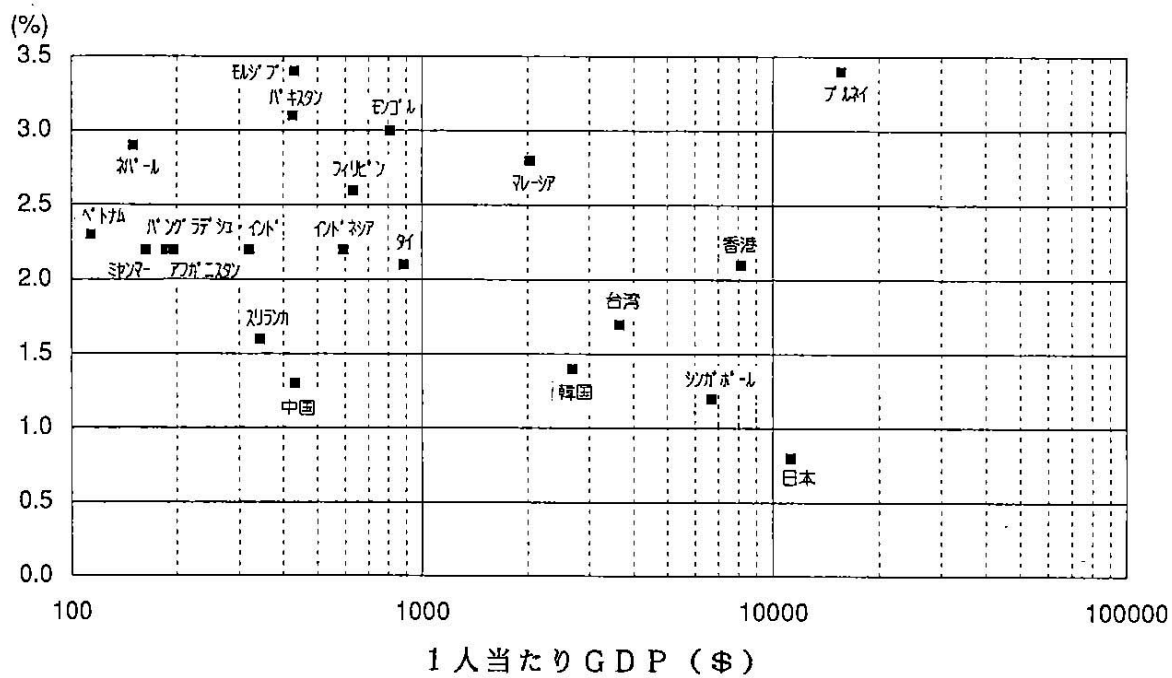
表3.1-2 アジア各国の人口、GDP及び1人当たりGDP

国名	人口			実質GDP			1人当たりGDP		
	(百万人)		年平均 伸び率(%)	('87P10億us\$)		年平均 伸び率(%)	GDP ('85P\$/人)		年平均 伸び率(%)
	1975	1987		1975	1987		1975	1987	
1.中国	933.00	1,088.57	1.3	184.65	470.23	8.1	198	432	6.7
2.日本	111.57	122.09	0.8	831.52	1,370.69	4.3	7,453	11,227	3.5
3.インド	600.76	781.37	2.2	148.37	250.62	4.5	247	321	2.2
4.インドネシア	130.50	170.18	2.2	54.22	100.95	5.3	415	593	3.0
5.韓国	35.28	41.58	1.4	43.07	111.67	8.3	1,221	2,686	6.8
6.北朝鮮	15.85	21.39	2.5						
7.台湾	16.15	19.67	1.7	25.06	71.90	9.2	1,552	3,655	7.4
8.タイ	41.87	53.61	2.1	21.97	47.47	6.6	525	886	4.5
9.パキスタン	71.03	102.24	3.1	20.51	43.52	6.5	289	426	3.3
10.フィリピン	42.07	57.36	2.6	26.04	36.33	2.8	619	633	0.2
11.マレーシア	11.93	16.53	2.8	16.26	33.47	6.2	1,363	2,025	3.4
12.バングラデシュ	78.96	102.56	2.2	12.36	19.05	3.7	157	186	1.4
13.ベトナム	47.61	62.81	2.3	4.70	7.14	3.6	99	114	1.2
14.香港	4.40	5.61	2.1	15.42	45.83	9.5	3,507	8,165	7.3
15.シンガポール	2.26	2.61	1.2	7.79	17.52	7.0	3,444	6,705	5.7
16.ネパール	12.59	17.79	2.9	1.73	2.67	3.7	138	150	0.7
17.ミャンマー	30.17	39.14	2.2	4.31	6.39	3.3	143	163	1.1
18.スリランカ	13.50	16.36	1.6	3.17	5.62	4.9	235	344	3.2
19.アフガニスタン	11.78	15.22	2.2	2.59	2.98	1.2	220	196	-1.0
20.モンゴル	1.42	2.03	3.0	0.83	1.64	5.8	583	808	2.8
21.ブルネイ	0.16	0.23	3.4	2.99	3.65	1.7	19,141	15,603	-1.7
22.カンボジア	7.10	7.68	0.7						
23.ラオス	3.43	3.78	0.8						
24.モルジブ	0.13	0.20	3.4		0.08			431	
25.マカオ	0.27	0.43	4.0						
アジア計	2,223.78	2,751.04	1.8	1,427.53	2,649.42	5.3	642	963	3.4

データ出典) 1, 人口:UN[DEMOGRAPHIC YEARBOOK]、但し台湾は、[STATISTICAL YEARBOOK OF THE REPUBLIC OF CHINA]による

2, GDP:UN[NATIONAL ACCOUNTS STATISTICS: ANALYSIS OF MAIN AGGREGATES]  
但し台湾は、[STATISTICAL YEARBOOK OF THE REPUBLIC OF CHINA]による

図3.1-1 経済水準と人口増加率の関係



## (2) GDP

アジア地域全体で集計した実質 GDP は 1975 年の 1,428 億ドルから 1987 年には 2,649 億ドルと増加しており、平均年率 5.3% でたくましい経済成長を続けている。1975 年にアジア全体の GDP に 58% を占めた同地域で現在唯一の OECD 加盟国である日本のシェアは、1987 年に向かって次第に低下してきているが、それでも 1987 年で 52% となお過半を占めている。日本の 1975～1987 年の経済成長率は平均年率 4.3% で、アジア全体の平均より穏やかではあるが、堅調な伸びを示している。

1987 年の実質 GDP に占めるシェアは、中国が 18% で日本に次でおり、インドが 9.5% で第 3 位となっている。中国では、1980 年代に入って本格化した経済開放政策がてことなっており、1975～1987 年で平均年率 8.1% という著しい経済成長を遂げた結果、アジア実質 GDP に占めるシェアも大幅に拡大した。他方、インドの場合には、平均年率 4.5% とアジア地域の平均を下回る経済成長率となっており、1987 年の実績 GDP に占めるシェアは 1975 年に比べると幾分低下している。

1975～1987 年においてアジア地域の中で非常に高い経済成長を遂げたのは、香港の 9.5%、台湾の 9.2%、韓国の 8.3%、シンガポールの 7.0% という数字に示されるように、いわゆるアジア NIEs の国々である。革命後の経済の停滞によるフィリピンの 2.8% という例外はあるが、タイの 6.6%、マレーシアの 6.2%、インドネシアの 5.3% とアセアン諸国がアジア NIEs を追いかけている。

他方、それ以外の南アジアを中心とする諸国に目を転じてみると、パキスタンは平均年率 6.5% とアセアン諸国に並ぶ成長を遂げているが、他は 3% 台の経済成長にとどまっている国々が多い。このようにみえてくると、アジア開発途上地域の中でも、経済水準の高い国ほど経済成長が著しくなっており、経済水準の低い国はそれに比べれば鈍い経済成長しかできていない実態が浮かび上がってくる。

しかしながら、ラテンアメリカ、アフリカなど他の開発途上地域と比較すると、2 回の石油危機にもかかわらずアジア地域はたくましい経済成長を遂げてきたと指摘できる。このままの活発な経済成長が、世界人口の 60% 弱を占めるアジア地域で長期にわたって継続していくとすれば、アジア地域が今後世界の中で占める位置付けは非常に大きなものとなっていくと言える。また、アジア地域のエネルギー問題や環境問題を考えることが、きわめて重要な意味合いを持つてくることになる。

## (3) 1人当たり GDP

さて、人口と実質 GDP のデータに基づいてドル・ベースで求めた 1987 年の 1 人当たり GDP を比較してみると、人口が少なく石油・ガス収入の大きいブルネイの値が 15,603 ドル/人とアジア地域では最も高い。日本の 11,227 ドル/人がこれに次いでいる。香港、シンガポール、その後台湾、韓国とアジア NIEs の国々が日本を追い抜いて 1 人当たり GDP を拡大している。

相対的に人口が少なく石油・ガス収入の多いマレーシアは、韓国に追いつく 1 人当たり GDP の値を示しているが、タイ、フィリピン、インドネシアといったアセアン諸国は 500～1,000 ドル/人の水準にある。

南アジアあるいはインドシナを中心とするそれ以外の開発途上国は、500 ドル/人以下の非常に低い 1 人当たり GDP の水準にある。人口と GDP に関してアジア地域で大きなシェアを占めた中国やインドも、1 人当たり GDP となると中国が 432 ドル/人、インドが 321 ドル/人で 500 ドル/人以下の水準になってしまう。

アジア NIEs の国々は、日本を射程距離内に置く経済水準にすでに入ってきているが、人口の多いアセアンの国々、南アジアあるいはアジア計画経済圏の国々は 1 人当たり GDP が 1,000 ドル/人以下の水準で、日本の 10 分の 1 あるいは 20 分の 1 の大きさから低いところは 100 分の 1 の大きさになってしまう。従って、これらの国々が経済成長を第 1 優先課題として、先進国に追いつこうと積極的な活動を展開することは自然の欲求であると

認識することができる。

### 3. 1. 2, 1次エネルギー消費量

アジア各国における1次エネルギー消費量の変化および1人当たりエネルギー消費量と GDP 当たりエネルギー消費量といったマクロなエネルギー原単位の変化を表 3.1-2 に示す。なお、1次エネルギー消費量の中には、薪、バガス、農業廃棄物など非商業エネルギーの消費も含まれている。

#### (1) 1次エネルギー消費量

アジア地域全体の1次エネルギー消費量は、1975年の10.4億toe(石油換算トン)から1987年の16.3億toeへ、平均年率3.8%で拡大した。アジアの1次エネルギー消費で最も高いシェアを持っている国は中国である。同国の1次エネルギー消費は、1975年の3.55億toeから1987年の6.49億toeへと年率5.2%で伸びており、アジア全体に対するシェアは1975年の34%から1987年の40%へ増大した。

次に、アジア地域で高いシェアを持つ国は日本であるが、1975年の32%から1987年の23%へと大幅に低下した。これは、2回の石油危機によって1次エネルギー消費量は平均率1.1%と穏やかな伸びで、1987年には3.72億toeと1975年とあまり大きく変わらない水準にとどまったからである。フィリピンとアフガニスタンが日本と同程度の低い伸び率にとどまっているが、これは国内の動乱という特殊な事情によるものと考えられる。

3番目にアジア地域で高いシェアを持つ国はインドで、1975年と1987年の構成比の値に変化はなく14%である。インドの1次エネルギー消費の伸び率は年平均3.9%で、アジア全体の伸び率にほぼ等しい。中国、日本、インド以外の国々がアジア全体の1次エネルギー消費量に占めるシェアは5%未満である。

上述の3国以外の1次エネルギー消費の伸び率を比較すると、台湾、韓国、香港、シンガポールといったアジアNIEsの国々が高く、マレーシア、パキスタンも同程度の伸び率を持っており、モンゴル、インドネシア、タイ、バングラデシュ、北朝鮮がこれに続いている。南アジア、インドシナのその他の国々はさらに低く2%台の年平均の伸び率となっている。なお、ブルネイとネパールはかなり高い年平均伸び率となっているが、前者は、エネルギー転換部門のガスの増であり、後者は、1975年における植物性燃料が十分把握できなかったものによるものである。

アジア各国の1次エネルギー消費量に対するGDP弾性値を図 3.1-2 に示す。大きな変動期でなく、平衡状態に達しているとすれば、一般に1次エネルギー消費量の対GDP弾性値は1に近い値を取ると考えられる。しかしながら、1975年～1988年は2回の石油危機の発生が世界全体に大きく影を落とした時期である。特に、日本の場合には、著しい省エネルギーが進展した結果、この間の1次エネルギー消費量の対GDP弾性値は0.3まで低下している。

石油輸入国であるタイ、ミャンマー、スリランカ、香港、政策的に省エネルギーを推し進めた中国の対GDP弾性値は、日本ほど低くはないが、0.5～0.7という値を取っている。しかしながら、これらの国々はアジア開発途上地域の中ではどちらかというと例外である。

韓国、台湾、シンガポールといったアジアNIEsの国々は1よりわずかに低い0.9という対GDP弾性値を、インドネシア、マレーシアといった原油輸出国は0.9～1.2という対GDP弾性値を、インド、パキスタン、バングラデシュといった南アジアの低所得国も0.9～1.1という対GDP弾性値を示している。2回の石油危機にもかかわらず、ほぼ1に近い対GDP弾性値を示してきたというのが、

中国を除けばアジア開発途上地域の実態に近いと言えそうである。中国の対GDP弾性値が0.6で、日本が非常に低い対GDP弾性値を示した結果、アジア全体の平均が0.7におさまったとみることができる。



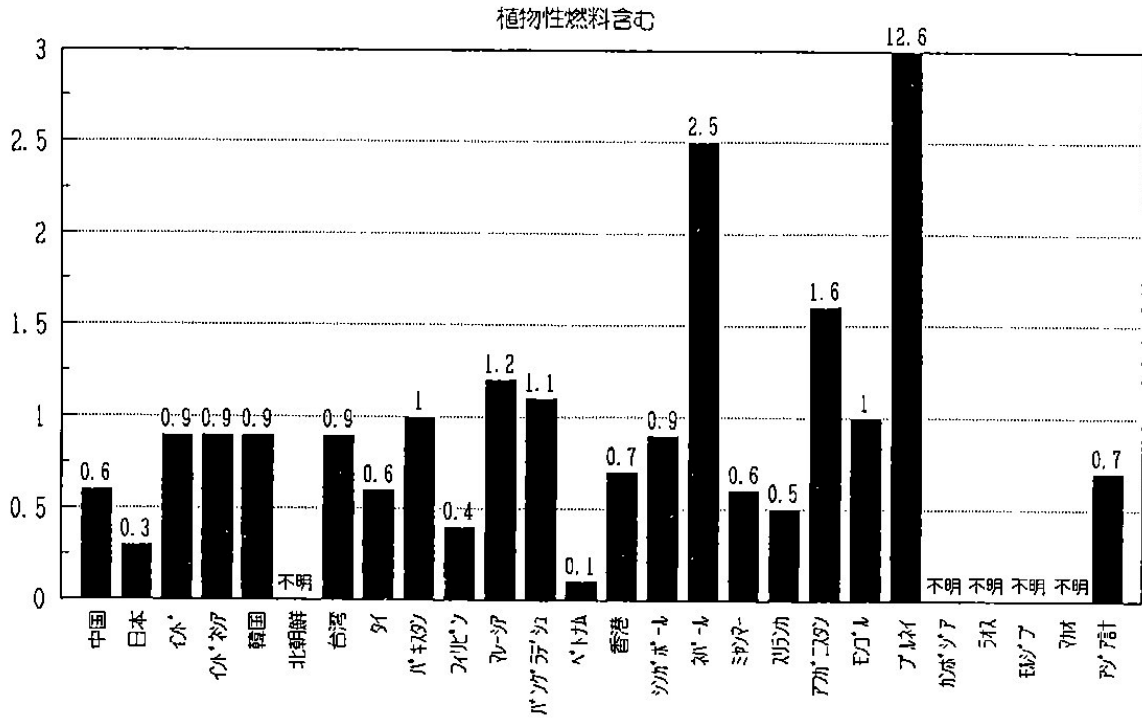
なお、ベトナム、フィリピン、ネパール、アフガニスタン、ブルネイは、異常な対GDP弾性値を示しているが、これは国内動乱、石油・ガス収入による工業化の進展、不正確な統計など特殊な問題を反映したものであると考えられる。

表3.1-3 アジア各国における1次エネルギー消費と原単位の変化

国名	1次エネルギー消費量			1人当たり1次エネルギー消費量			GDP当たり1次エネルギー消費量		
	(Mtoe)		年平均 伸び率(%)	エネルギー消費量 (kg-oe/人)		年平均 伸び率(%)	(toe/'87P百万\$)		年平均 伸び率(%)
	1975	1987	1987/'75	1975	1987	1987/'75	1975	1987	1987/'75
1.中国	354.65	648.65	5.2	380	596	3.8	1,921	1,379	-2.7
2.日本	326.42	371.66	1.1	2,926	3,044	0.3	393	271	-3.0
3.インド	145.08	228.51	3.9	241	292	1.6	978	912	-0.6
4.インドネシア	37.67	67.90	5.0	289	399	2.7	695	673	-0.3
5.韓国	27.97	66.06	7.4	793	1,589	6.0	650	592	-0.8
6.北朝鮮	29.32	42.07	3.1	1,849	1,967	0.5			
7.台湾	15.07	37.80	8.0	933	1,921	6.2	602	526	-1.1
8.タイ	18.58	30.46	4.2	444	568	2.1	846	642	-2.3
9.パキスタン	13.26	28.67	6.6	187	280	3.4	647	659	0.2
10.フィリピン	17.65	20.46	1.2	420	357	-1.3	678	563	-1.5
11.マレーシア	7.61	17.86	7.4	638	1,080	4.5	468	533	1.1
12.バングラデシュ	6.76	10.70	3.9	86	104	1.7	547	562	0.2
13.ベトナム	10.14	10.48	0.3	213	167	-2.0	2,159	1,467	-3.2
14.香港	4.25	9.15	6.6	967	1,629	4.4	276	200	-2.7
15.シンガポール	4.17	8.58	6.2	1,841	3,284	4.9	535	490	-0.7
16.ネパール	2.88	8.19	9.1	229	461	6.0	1,659	3,064	5.2
17.ミャンマー	4.58	5.92	2.2	152	151	0.0	1,065	927	-1.1
18.スリランカ	2.73	3.69	2.5	203	226	0.9	863	656	-2.3
19.アフガニスタン	2.67	3.33	1.8	227	219	-0.3	1,032	1,116	0.7
20.モンゴル	1.53	3.01	5.8	1,076	1,482	2.7	1,845	1,835	0.0
21.ブルネイ	0.21	2.11	21.3	1,335	9,002	17.2	70	577	19.3
22.カンボジア	1.37	1.81	2.4	192	236	1.7			
23.ラオス	1.12	1.47	2.3	326	389	1.5			
24.モルジブ		0.03		0	138			321	
25.マカオ	0.11	0.33	9.9	394	762	5.6			
アジア計	1,035.80	1,628.87	3.8	466	592	2.0	726	615	-1.4

データ出典) 1, エネルギー; IEA[WORLD ENERGY STATISTICS AND BALANCES]/[ENERGY BALANCES]、但し、中国の1980年以降は、「中国能源統計年鑑1989国家統計局」。  
また、アフガニスタン、カンボジア、ラオス、マカオ、モルジブ、モンゴルは、UN[Energy Statistics Yearbook]による。エネルギー消費量は、植物性燃料を含む1次エネルギー消費量である。

図3.1-2 アジア各国の1次エネルギー消費量の対GDP弾性値  
(1975年-1987年)



## (2) 1人当たりエネルギー消費量

アジア地域全体の1人当たりエネルギー消費量の平均は、1975年の466kg-oe/人から年平均伸び率2.0%で増大して1987年には592kg-oe/人に達した。ブルネイの場合は、1975年1,335kg-oe/人から1987年9,002kg-oe/人へときわめて大幅に拡大している。石油・ガス収入をてことする産業・生活の急速な現代化がもたらしたものである。

日本は、1975年2,926kg-oeから1987年3,044kg-oeと、年率平均0.3%のわずかな伸びにとどまっており、石油危機による省エネルギーの進展が1人当たりエネルギー消費の安定化をもたらしたと言える。日本と対照的な変化を示しているのが、シンガポールである。1975年1,841kg-oe/人であった1人当たりエネルギー消費が、平均年率4.9%で拡大して1987年には3,284kg-oe/人と日本の水準を超えてしまう結果となった。シンガポールのエネルギー消費には、国際線の航空機に供給されるジェット燃料油が入っているため、これを取り除くと1987年の1人当たりエネルギー消費は2,758kg-oe/人となる。

シンガポールの他、台湾、韓国、香港といったアジアNIEsの国々とそれを追いかけるマレーシアが、同様に著しい1人当たりエネルギー消費量の伸びを示しており、1,000～2,000kg-oe/人の値を1987年には取るようになっている。もう一つ興味深いのは、北朝鮮とモンゴルが同じ水準の1人当たりエネルギー消費量を1987年に示していることである。ただし、1975～1987年の年平均伸び率は、前者の国々ほど大きくはない。人口密度が相対的に低いことと冬の暖房エネルギー需要の必要性が効いていると考えられる。

それ以外のアセアンの国々、そして南アジアあるいはアジア計画経済圏の国々は、アジア平均からそれ以下の1人当たりエネルギー消費量を示している。南アジアの低所得国は、1人当たりエネルギー消費量の年平均伸びが1～2%台とどちらかと言うと低迷している国が多い。

## (3) GDP当たりエネルギー消費量

GDP当たりエネルギー消費量(エネルギー強度)は、産業構造の変化による変化も含むマクロな省エネルギーの変化を示す指標となっている。アジア地域全体では、1975年の0.726kg-oe/\$から1987年の0.615kg-oe/\$へと平均年率1.4%で減少しており、その意味ではエネルギー強度の改善が進んでいるとみることができる。各国のGDP当たりエネルギー消費量の変化率をみると、減少の方向を示している国が多いので、全般的にみてアジアの開発途上地域は2回の石油危機で多少なりとも省エネルギーが進む方向であったということができる。

GDP当たりのエネルギー消費量をみるとときには、1つは絶対水準の大きさ、1つは1975年と1988年間の変化率の大きさが重要な観点となる。また、これは詳細なエネルギー消費構造や経済構造の分析が必要になるが、分子のエネルギー消費量が主導で改善されたのか、分母の経済活動の拡大が主導で改善されたのかも重要な観点である。

GDP当たりエネルギー消費量の値の絶対水準の低い方からみていくと、アジア地域の中では、香港が最も低く、1987年の値は0.200kg-oe/\$である。香港の場合には、エネルギー多消費の重工業がほとんど存在せず、国際金融、観光などいわばエネルギー寡消費のサービス産業が中心の産業構造となっていることがこのような低い値となっている理由である。

エネルギー多消費の重工業が大きなウェートを占める産業構造を保持する中で、非常に低いGDPあたりエネルギー消費量の値を示したのは日本である。1987年に0.271kg-oe/\$という値に到達しているが、2回の石油危機を通じて産業部門を中心とした省エネルギーに努力した結果、平均年率3.0%という高い値でGDP当たりエネルギー消費量は1975年の0.393kg-oe/\$から低下した。

1987年のその他のアジア各国のGDP当たりエネルギー消費量を値の低い方からみていくと、シンガポール、台湾、マレーシア、バングラデシュ、フィリピン、ブルネイ、韓国がこの順で0.49～0.6kg-oe/\$の範囲に分布しており、タイ、スリランカ、パキスタン、インドネシアが0.6～0.7kg-oe/\$の範囲に、インドとミャンマーが0.9～0.95kg-oe/\$の範囲に分布している。アジア計画経済圏の国々とネパールは、1kg-oe/\$を超える値を示しているが、おそらくGDPの計上の仕方に問題があるとみられ、値の絶対水準の信頼度は低いと考えられる。

いずれにしても、アジアの開発途上地域が、香港を除くと日本のGDP当たりエネルギー消費量の値よりもかなり高い値を持っており、経済活動に対してより非効率的なエネルギー消費となっていることが指摘できる。GDP当たりエネルギー消費量の低下率を比較すると、日本、中国、香港、ベトナム、タイ、スリランカは1975～1987年の平均年率で2～3%台の数字を示しているが、それ以外のアジアNIEs、石油輸出国、低所得国といった国々は、低下の傾向は持っているものの0～1%台の数字であり、エネルギー強度の改善の度合いが鈍いと言える。

### 3. 1. 3, 1人当たりGDPと1人当たりエネルギー消費量、

#### GDP当たりエネルギー消費量の関係

##### (1) 1人当たりGDPと1人当たりエネルギー消費量

アジア各国の1人当たりGDPと1人当たり1次エネルギー消費量の関係を図 3.1-3 に示す。1960 年から現在までの 30 年間をみると、日本が新興工業国から先進工業国の経済にいたる1つの典型的な軌跡を描いているとみることができる。1960 年から 1975 年の変化では、現在の韓国、台湾の経済水準から東京オリンピックの開催を象徴として高度経済成長期に入り先進工業国の経済水準に達するまでの1人当たりエネルギー消費の堅調な伸びが示されている。1975 年から現在までは、すでに述べたように2回の石油危機に対応してきわめて大きな省エネルギー努力が産業部門を中心として実施されたため、経済水準の伸びに伸びにも関わらず、1次エネルギー消費量はほぼ横ばいで推移している。

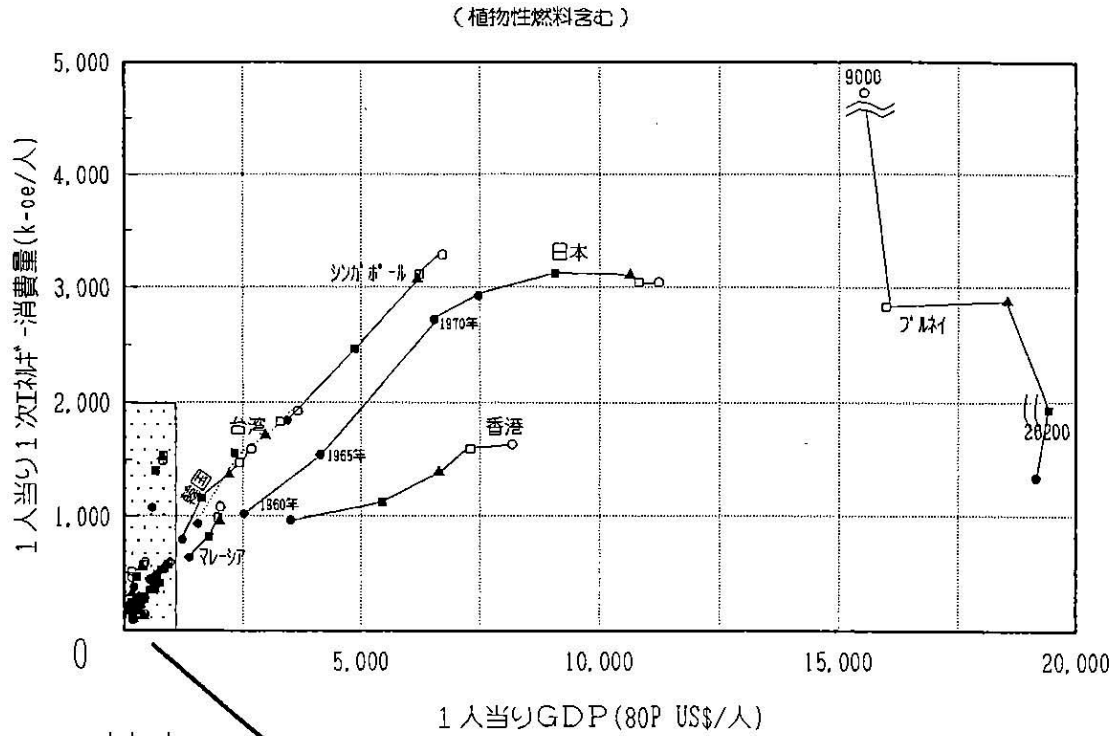
この日本の軌跡に対して、香港は1人当たりGDPの絶対水準の位置とその堅調な伸びの割には、1人当たりエネルギー消費量の絶対水準がかなり低いところにあり、伸びも穏やかであると言える。これは、すでに述べたように、香港がエネルギー多消費の重工業を中心とする産業構造を持たず、国際金融、観光、商業などエネルギー寡消費のサービス産業を中心とした産業構造を発展させてきたためである。

韓国、台湾、シンガポールという3つのアジアNIEsの国々は、3者を合わせるとほぼ直線上に並び、日本の1960～1970 年代に相当する変化を示してきている。まさしく日本と同様に、エネルギー多消費の重工業を中心とする産業構造を持つ場合の1人当たりGDPと1人当たりエネルギー消費量の関係に沿った軌跡を描いているということができる。問題点の第1は、日本がたどった軌跡よりも高い位置で1人当たりエネルギー消費量が変化していないかと言うことである。このことは、経済水準の絶対位置に対してエネルギー消費が非効率な形で行なわれていることを示唆している。

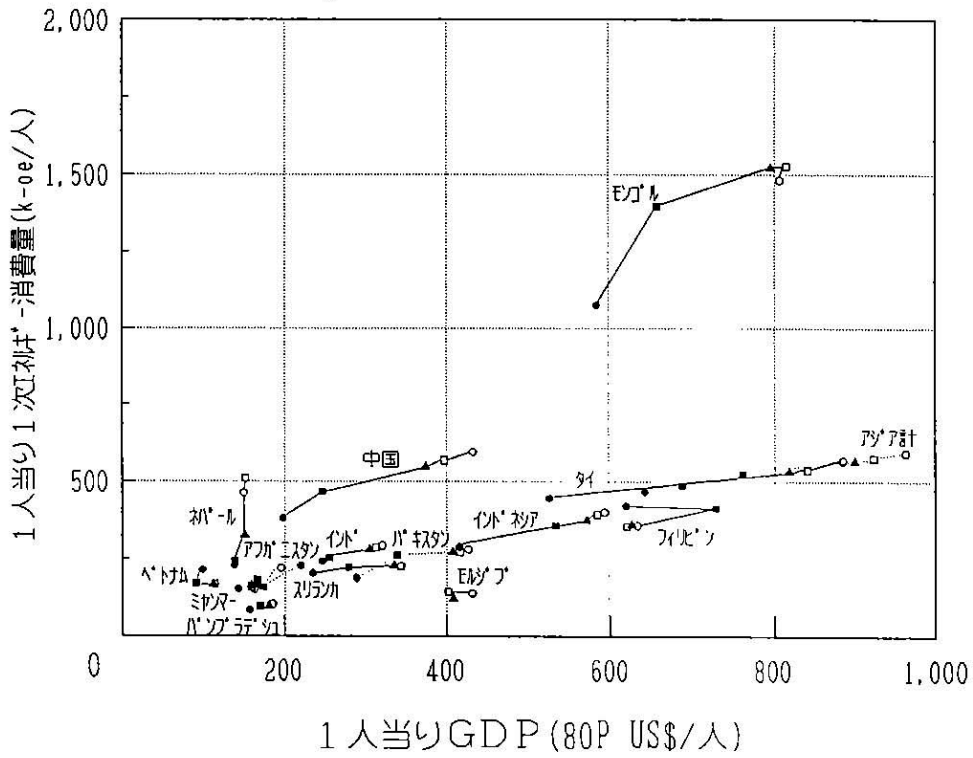
問題点の第2は、シンガポールがすでに日本の水準を超える1人当たりエネルギー消費量を示しているが、この先も経済水準の上昇とともに1人当たりエネルギー消費量が伸び続けることになるのか、日本のように飽和状態に入ってくるのかと言うことである。シンガポールの場合にはすでにそういう生活スタイルが一部浸透していると考えられるが、1年中夏期の熱帯地域の人々が冷房装置をフル稼働する生活を開始したらどの様なエネルギー消費をもたらすことになるのか大きな問題提起である。

マレーシアもその他の開発途上地域の水準を抜け出て、韓国、台湾、シンガポールの軌跡を追いかけ始めている。その他の開発途上地域の国々は、図 3.1-3 上図では詳細な様子がわからないが、韓国、台湾、シンガポールを結ぶ線に沿って、経済水準を下げたときの延長線にかたまっているといえる。これらの国々が、これからの経済発展を通じて1人当たりのエネルギー消費量をある一定水準まで高めてくる結果になることは、誰にも止めることのできない必然の動きとして認識することができる。

図3.1-3 アジアの国別1人当りGDPと1人当り1次エネルギー消費量の関係



拡大



## (2) 1人当たりGDPとGDP当たりのエネルギー消費量

アジア地域の各国の1人当たりGDPとGDP当たりエネルギー消費量の関係を図 3.1-4 に示す。

1人当たりエネルギー消費量と1人当たりGDPの関係のところでも述べたように、新興工業国から先進工業国への歩みを進めた日本の変化をここでも1つの代表例としてみることができる。1960年から1970年までは新興工業国の水準から高度経済成長期を経て先進工業国の水準に到達した時期である。重工業化が一層進展してエネルギー多消費産業の活動が拡大したにもかかわらず、GDP当たりのエネルギー消費量はその割にわずかな増加しか示していない。1970年から現在までは、2回の石油危機をはさんで経済成長とエネルギー消費の伸びの間にかい離が生じ、GDP当たりのエネルギー消費量が大きく減少した。

香港のGDP当たりエネルギー消費量の絶対値は、日本よりもかなり低いレベルにある。すでに述べたようにサービス産業を中心とする産業構造の違いがこの大きな理由になっていると考えられる。

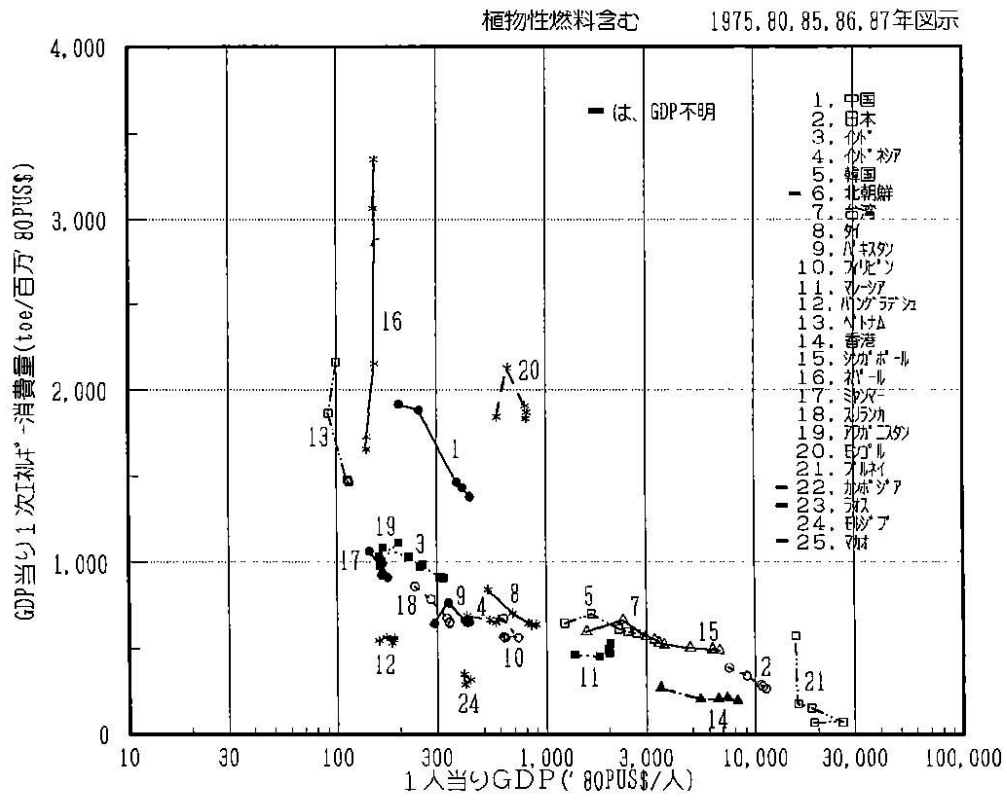
1人当たりエネルギー消費と1人当たりGDPの関係で述べたように、韓国、台湾、シンガポールの3者をつなげてみると、日本のような重工業を中心とする産業構造を持った国々が、新興工業国から先進工業国へ向かって発展する過程の軌跡を示しているようである。シンガポールは、1975年以降それほど急激な低下は示しておらず、日本よりは絶対水準が高いところにある。シンガポールのGDP当たりエネルギー消費量が下がらない原因は、エネルギー消費の非効率性が直らないということなのか、特殊な事情があるのかよくチェックする必要がある。

韓国、台湾は1975年以降急速にエネルギー強度の改善が進んできたわけであるが、今後それが飽和してシンガポール程度の水準で横ばい状態に入ってしまうのか、日本の水準を目指してさらに低下を続けることになるのかよく注目する必要がある。

それ以外のアジアの国々は、韓国、台湾、シンガポールのエネルギー強度の線を1人当たりGDPの値を低くする方向へ外挿した領域にかたまっており、経済活動に対してエネルギー消費はかなり非効率な状態にあることが示されている。それぞれの特殊事情があっても一概には言えないが、やはり日本の変化が示しているような非常に効率の良いエネルギー消費を目指してアジアの国々でも経済成長を進めながらエネルギー消費の非効率性をさらに改善することが重要である。



図3.1-4 アジア各国の経済水準とGDP当りの1次エネルギー消費量の関係



### 3. 2, エネルギー源別の1次エネルギー消費量

#### 3. 2. 1, 1次エネルギー消費量とその構成の変化

アジア各国の1次エネルギー消費量とそのエネルギー源構成を表 3.2-1 に示す。1次エネルギー消費量の構成を、化石燃料、水力発電、原子力発電といった1次電力、非商業用エネルギーである植物性燃料の3者に分けて消費構成の変化をみるのが第1に重要な観点である。

##### (1) アジア地域全体としての変化

アジア地域全体の1次エネルギー消費量は、平均年率3.8%で1975年10.4億toe(石油換算トン)から1987年の16.3億toeへ拡大しているが、その中で化石燃料は年率平均3.9%と1次エネルギー消費量全体の伸びよりも幾分高い伸びを示しており、1975年の8.1億toeから1987年の12.9億toeへと拡大した。1次エネルギーに占める化石燃料消費のシェアは1975年の78.4%から1987年には78.9%とわずかに増大した。

消費規模ははるかに小さいが、大きな伸びを持って拡大したのは1次電力である。平均年率7.7%で1975年の0.55億toeから1987年の1.33億toeへと拡大している。1975年に5.3%であった1次エネルギーに占めるシェアは1987年には8.2%と約3%増加している。日本、韓国、台湾における原子力発電の増大と、中国、インド、北朝鮮、パキスタン、フィリピンなどにおける水力発電の増大が寄与している。

1次電力のシェアの増大に対して、非商業用エネルギーである植物性燃料消費の1次エネルギーに占めるシェアは、1975年の16.3%から1987年の12.9%へ減少している。しかしながら、植物性燃料の消費は、平均年率1.8%で1975年の1.69億toeから1987年の2.10億toeで増加しており、シェアの減少はみられるものの絶対量での減少が始まったわけではない。

##### (2) アジア各国のエネルギー源構成変化の特徴

化石燃料、1次電力、植物性燃料の3者に関するアジアの国別1次エネルギー源構成比の変化を図 3.2-1 に示す。日本、台湾、韓国の3国は化石燃料に対する依存度を低下させることができているが、これには各国が2回の石油危機に対して石油依存からの脱却を目指して原子力の大幅導入を図ったことが大きく寄与している。特に、日本の化石燃料消費は、1975年の2.99億toeから1987年の3.11億toeへわずか平均年率0.3%でしか伸びておらず、いかに原子力の果たした役割が大きかったかを示している。

アジア全体では、この日本の化石燃料消費の鈍化が大きかったため、化石燃料のシェアが見かけ上わずかにしか増えていないようにみえていたが、個別の国々の動向はこの見かけとはかなり異なっている。図 3.2-1 をみるとわかるように、インド、インドネシア、タイ、マレーシア、バングラデシュ、アフガニスタン、モンゴル、ブルネイ、カンボジアの各国は、1次エネルギーに占める化石燃料消費のシェアを大幅に増やしている。これらの国々で1次エネルギーに占めるシェアが激減しているのは、非商業用エネルギーの植物燃料消費である。

フィリピン、パキスタン、スリランカの3国は1次電力のシェアがかなり拡大しているが、これはこれらの国々で水力発電の開発が大幅に進んだことを示している。フィリピンは、国内の動乱でエネルギー消費が穏やかな伸びとなった結果、水力発電の増大を化石燃料消費のシェアの削減に結び付けることができたが、他の2国では化石燃料消費のシェアも増大している。

中国、北朝鮮、シンガポール、香港の各国は、化石燃料消費のシェアが高い領域で、1975年から1987年までほとんど大きなシェア変化を持たない状態で推移してきている。ラオス、ネパール、ミャンマーの各国は、植物性燃料のシェアが高い領域で、1975年から1987年までほとんど大きなシェア変化を持たない状態で推移している。なお、ベトナムは戦争の終結による国家の統一によって、化石燃料消費が減少して植物性燃料消費

が逆に増えるという他のアジアの国々ではみられない特別な変化が起きている。

まとめると、日本、韓国、台湾という経済水準の高い重工業国では原子力の導入による化石燃料消費のシェアの低下が起きているが、それ以外の多くのアジアの国々では、非商業用エネルギーである植物性燃料消費のシェアが低下し、化石燃料消費のシェアが急速に拡大している。フィリピン、パキスタン、スリランカなどでは、1次電力のシェアがかなり拡大する方向で水力発電の開発がすすめられてきたと言える。

表3.2-1 アジア各国の1次エネルギー消費量とそのエネルギー源構成

(単位：1,000toe)

国名	年	化石燃料計		1次電力		合計 (商業用)		植物性燃料		総計	
			(%)		(%)		(%)		(%)		(%)
1.中国	1975	311,193	87.7	10,052	2.8	321,245	90.6	33,401	9.4	354,646	100.0
	1987	581,758	89.7	22,456	3.5	604,385	93.2	44,261	6.8	648,646	100.0
2.日本	1975	299,190	91.7	27,230	8.3	326,420	100.0		0.0	326,420	100.0
	1987	311,360	83.8	60,300	16.2	371,660	100.0		0.0	371,660	100.0
3.インド	1975	72,759	50.2	8,026	5.5	80,785	55.7	64,297	44.3	145,082	100.0
	1987	141,840	62.1	12,118	5.3	153,959	67.4	74,552	32.6	228,511	100.0
4.インドネシア	1975	13,427	35.6	417	1.1	13,843	36.7	23,827	63.3	37,670	100.0
	1987	34,046	50.1	1,767	2.6	35,813	52.7	32,087	47.3	67,900	100.0
5.韓国	1975	24,179	86.4	376	1.3	24,555	87.8	3,420	12.2	27,975	100.0
	1987	54,764	82.9	9,976	15.1	64,740	98.0	1,319	2.0	66,059	100.0
6.北朝鮮	1975	24,865	84.8	3,686	12.6	28,551	97.4	768	2.6	29,319	100.0
	1987	34,599	82.2	6,523	15.5	41,122	97.8	945	2.2	42,067	100.0
7.台湾	1975	13,898	92.2	1,175	7.8	15,073	100.0		0.0	15,073	100.0
	1987	28,809	76.2	8,990	23.8	37,799	100.0		0.0	37,799	100.0
8.タイ	1975	8,121	43.7	772	4.2	8,893	47.9	9,691	52.1	18,584	100.0
	1987	18,483	60.7	945	3.1	19,427	63.8	11,031	36.2	30,458	100.0
9.パキスタン	1975	7,898	59.5	1,677	12.6	9,575	72.2	3,690	27.8	13,265	100.0
	1987	17,983	62.7	5,063	17.7	23,046	80.4	5,623	19.6	28,669	100.0
10.フィリピン	1975	10,169	57.6	508	2.9	10,676	60.5	6,974	39.5	17,650	100.0
	1987	10,446	51.1	2,268	11.1	12,714	62.1	7,746	37.9	20,460	100.0
11.マレーシア	1975	5,915	77.7	225	3.0	6,140	80.7	1,469	19.3	7,609	100.0
	1987	14,838	83.1	1,097	6.1	15,934	89.2	1,922	10.8	17,856	100.0
12.バングラデシュ	1975	1,690	25.0	97	1.4	1,787	26.4	4,971	73.6	6,758	100.0
	1987	4,820	45.0	116	1.1	4,935	46.1	5,768	53.9	10,703	100.0
13.ベトナム	1975	5,969	58.9	112	1.1	6,080	60.0	4,057	40.0	10,137	100.0
	1987	4,625	44.1	447	4.3	5,071	48.4	5,406	51.6	10,477	100.0
14.香港	1975	4,212	99.1		0.0	4,212	99.1	40	0.9	4,252	100.0
	1987	9,212	100.7	-117	-1.3	9,095	99.4	51	0.6	9,146	100.0
15.シンガポール	1975	4,158	99.8		0.0	4,158	99.8	8	0.2	4,166	100.0
	1987	8,581	100.0		0.0	8,581	100.0		0.0	8,581	100.0
16.ネパール	1975	104	3.6	20	0.7	124	4.3	2,753	95.7	2,877	100.0
	1987	238	2.9	115	1.4	353	4.3	7,841	95.7	8,194	100.0
17.ミャンマー	1975	1,378	30.1	127	2.8	1,505	32.8	3,079	67.2	4,584	100.0
	1987	1,738	29.4	229	3.9	1,967	33.2	3,955	66.8	5,922	100.0
18.スリランカ	1975	956	35.0	246	9.0	1,202	44.0	1,531	56.0	2,733	100.0
	1987	1,361	36.9	486	13.2	1,848	50.1	1,842	49.9	3,690	100.0
19.アフガニスタン	1975	629	23.5	118	4.4	747	27.9	1,926	72.1	2,673	100.0
	1987	1,355	40.7	171	5.1	1,526	45.8	1,803	54.2	3,329	100.0
20.モンゴル	1975	1,081	70.6		0.0	1,082	706.0	450	29.4	1,532	100.0
	1987	2,539	84.5	16	0.5	2,556	85.0	450	15.0	3,006	100.0
21.ブルネイ	1975	190	91.4		0.0	190	91.4	18	8.6	208	100.0
	1987	2,089	99.1		0.0	2,089	99.1	18	0.9	2,107	100.0
22.カンボジア	1975	16	1.2		0.0	16	1.2	1,350	98.8	1,366	100.0
	1987	145	8.0	7	0.4	152	8.4	1,658	91.6	1,810	100.0
23.ラオス	1975	84	7.5	44	3.9	128	11.4	990	88.6	1,118	100.0
	1987	69	4.7	71	4.8	140	9.5	1,329	90.5	1,469	100.0
24.モルジブ	1975										
	1987	27	100.0		0.0	27	100.0	0	0.0	27	100.0
25.マカオ	1975	98	93.1		0.0	98	93.1	7	6.9	105	100.0
	1987	316	96.6	9	2.8	325	99.4	2	0.6	327	100.0
アジア計	1975	812,178	78.4	54,906	5.3	867,085	83.7	168,717	16.3	1,035,802	100.0
	1987	1,286,040	79.0	133,050	8.2	1,419,263	87.1	209,608	12.9	1,628,872	100.0

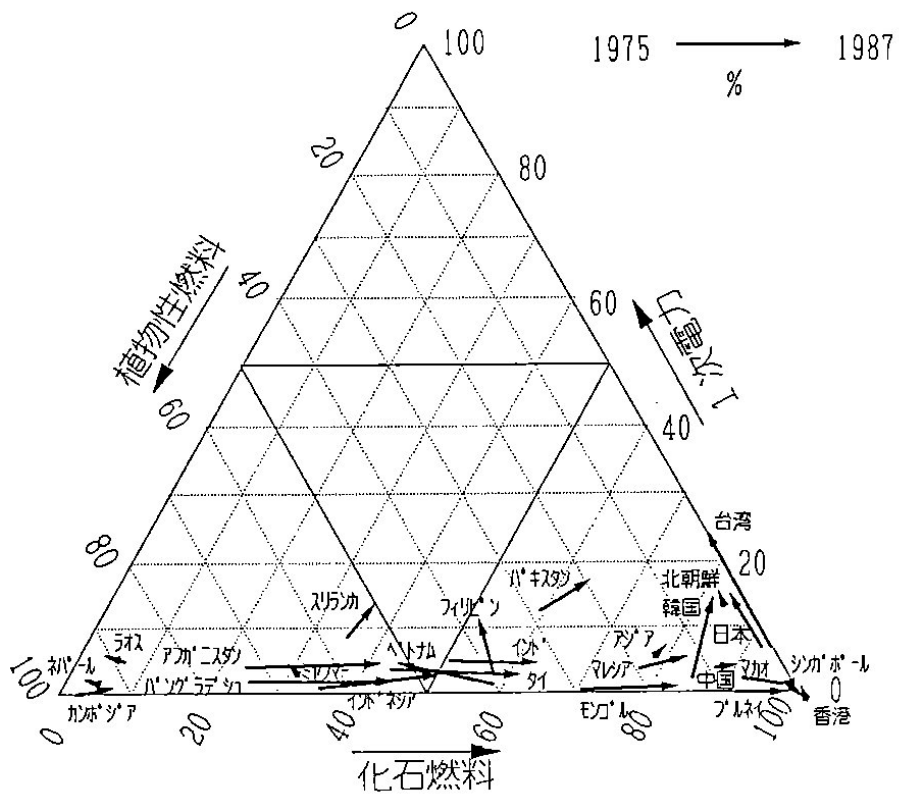
原データ出典) 1、「WORLD ENERGY STATISTICS AND BALANCES OECD/IEA」。

但し、日本、ソ連は、「ENERGY BALANCES OECD/IEA」。

2、中国の1980年以降は、「中国能源統計年鑑1989国家統計局」。

3、アフガニスタン、カンボジア、ラオス、マカオ、モルジブ、モンゴルは、「Energy Statistics Yearbook UN」。

図3.2-1 アジアの国別1次エネルギー源構成比の変化



### (1) アジア各国における植物性燃料の役割

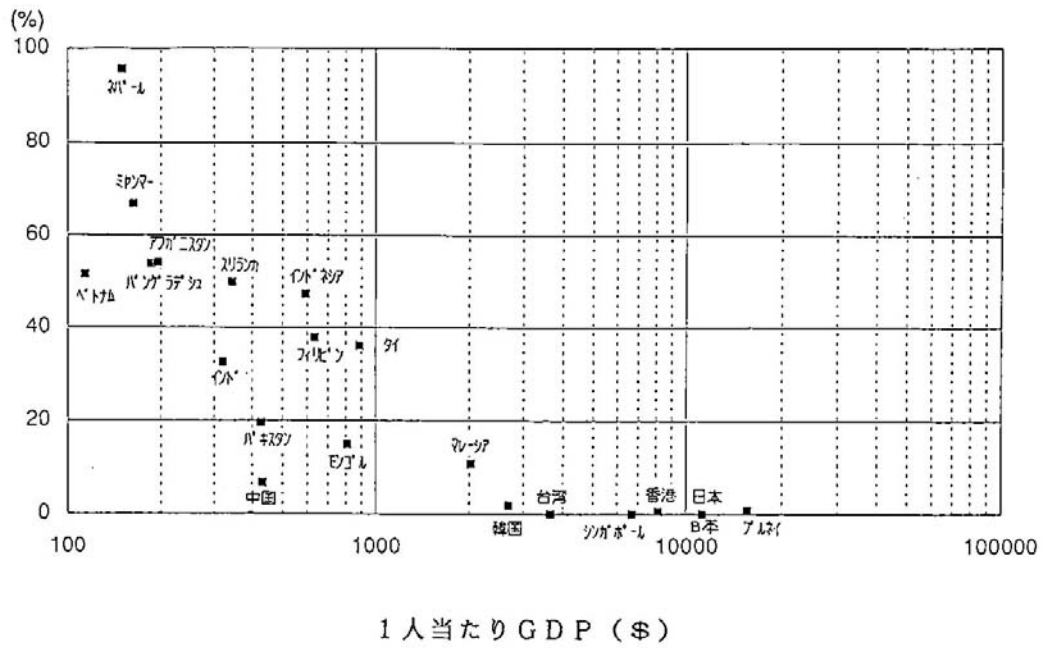
非商業用エネルギーである植物性燃料の1次エネルギーに占めるシェアは、図 3.2-2 に示すように、経済水準が低いほど高くなる傾向を持っている。アジア開発途上地域の多くの国々では、すでにみたように、1975～1987 年にかけて非商業用エネルギーである植物性燃料から商業用エネルギーである化石燃料へのシェアの転換が著しく進んでいるといえる。しかしながら、植物性燃料消費の絶対量が減少しているというわけではなく、アジア全体で平均年率 1.8%と穏やかな伸びを続けている。

確かに経済水準の上昇と共に商業用エネルギーへの転換が進んでいようが、エネルギー消費全体の伸びに対して、植物性燃料の供給の伸びが追いつかない状況にあるとみることができる面もある。植物性燃料の内容は、薪、牛ふんやバガス、藁くずなどの農業廃棄物である。これらは、特に家庭用の煮炊きのエネルギー、国によっては暖房エネルギーとして用いられている。植物性燃料としての薪の使用は生木の乱伐を進行させており、森林破壊の大きな一因となっている。

図 3.2-2 に示すように、中国、インド、パキスタンなどのように1人当たりGDPが低い割には、植物性燃料消費の1次エネルギーに占めるシェアが低い国もいくつか存在する。これらの国々では、薪の乱獲が進行してしまい、村の人々が住んでいる近傍では容易に薪を採取できる環境がなくなってしまうと言う問題が生じていると考えられる。

アジアの開発途上地域では、このようにまだまだ大きく非商業用エネルギーの消費に依存している面があるが、非商業用エネルギーの消費によって森林破壊が進むのがよいのか、非商業用エネルギーから積極的に化石燃料を中心とする商業用エネルギーへ転換するのがよいのか、森林の再生を図りながら非商業用エネルギーをまさに再生可能エネルギーとして利用していく道は成り立つのか、きわめて難しい問題を抱えている。

図3.2-2 経済水準と1次エネルギーに占める植物性燃料消費のシェアの関係



### 3. 2. 2, 化石燃料消費量とその構成の変化

アジア各国の化石燃料消費量とそのエネルギー源構成を表 3.2-2 に示す。化石燃料消費量の構成を、石炭、石油、天然ガスの3者に分けて消費構成の変化をみるのが第2に重要な観点である。

#### (1) アジア地域全体としての変化

アジア地域全体の化石燃料消費量は、平均年率 3.9% で 1975 年の 8.1 億 toe から 1987 年の 12.9 億 toe へ拡大している。2回の石油危機を通じて、アジア地域全体として石油の消費は抑えられる方向で推移してきている。実際に、アジア地域の石油消費は、1975 年の 4.10 億 toe から 1987 年の 4.98 億 toe へ穏やかな増加を示すにとどまっており、平均年率 1.6% という伸び率は化石燃料消費全体の伸び率と比較するとかなり低くなっている。石油消費の化石燃料全体に占めるシェアは、1975 年の 50.4% から 1987 年には 38.7% へと低下した。

消費規模ははるかに小さいが、大きな伸びを持って化石燃料の中で拡大したのは天然ガスである。平均年率 12.0% という非常に高い伸び率で 1975 年の 0.23 億 toe から 1987 年の 0.88 億 toe へと拡大している。1975 年に 2.8% であった化石燃料に占めるシェアは 1987 年には 6.9% と約 4% 増加している。

天然ガスに比べると伸びは穏やかであるが、石炭消費も平均年率 5.2% で 1975 年の 3.80 億 toe から 1987 年の 6.99 億 toe へ増加している。石炭消費の化石燃料全体に占めるシェアは、1975 年の 46.8% から 1987 年の 54.4% に拡大しており、石油消費と入れ替わって、アジア地域で最大のシェアを占める化石燃料となっている。

#### (2) アジア各国のエネルギー源構成変化の特徴

石炭、石油、天然ガスの3者に関するアジアの国別化石燃料源構成比の変化を図 3.2-3 に示す。この図をみるとわかるように、アジア地域の多くの国々では、2回の石油危機によって化石燃料に占める石油消費のシェアが大幅に低下している。石油に代わって化石燃料の中でシェアを増大しているのは、天然ガスが中心となっているケースと石炭が中心となっているケースの2通りである。

シェアの増大において天然ガスが中心となっているのは、日本、インドネシア、マレーシア、ブルネイ、ミャンマー、バングラデシュの各国で、日本を除けば東南アジア及び南アジア東部に位置している。シェアの増大において石炭が中心となっている国は、韓国、台湾、香港のアジアNIEsが中心で、これにフィリピン、ベトナムが加わっている。タイは、天然ガスと石炭の双方が拡大している。また、アフガニスタン、ネパールでは石油危機にもかかわらず石油のシェアが増大している。中国、モンゴル、北朝鮮、インド、パキスタンの各国では、それほど大きなシェアの変化は生じていない。

絶対量の変化をみると、2回の石油危機に対する対応策を通じて石油消費が減少しているのは日本だけである。日本の石油消費は、平均年率 1.0% で 1975 年の 2.34 億 toe から 1987 年の 2.08 億 toe へと減少している。日本以外でもフィリピンとベトナムでは石油消費の減少がみられるが、これは国内の動乱など特殊な事情も重なったものである。

中国の石炭消費は、シェアの変化では約 5% 増とそれほど大きな変化とはなっていないが、絶対量で見ると 1975 年の 2.36 億 toe から 1987 年の 4.65 億 toe へと平均年率 5.8% で増大しており、全体に与える影響は大きい。中国の石炭消費の伸びと日本の石油消費の減少が全体に対して大きな影響を及ぼし、アジア地域全体の化石燃料構成の変化は、天然ガス指向ではなく石炭指向の強い変化となっている。

アジア地域には、天然ガス指向を強める国々と石炭指向を強める国々の両者が存在してきたが、これからの将来にわたってどちらの化石燃料への指向性が強まっていくことになるかは非常に重要な問題である。



表3.2-2 アジア各国の化石燃料消費量とそのエネルギー源構成

(単位: 1,000 t o e)

国名	年	石炭		石油		ガス		化石燃料計	
			(%)		(%)		(%)		(%)
1.中国	1975	236,021	75.8	67,755	21.8	7,416	2.4	311,193	100.0
	1987	465,382	80.0	103,445	17.8	12,932	2.2	581,758	100.0
2.日本	1975	57,130	19.1	233,910	78.2	8,150	2.7	299,190	100.0
	1987	66,840	21.5	207,700	66.7	36,820	11.8	311,360	100.0
3.インド	1975	47,844	65.8	23,983	33.0	932	1.3	72,759	100.0
	1987	85,384	60.2	49,805	35.1	6,651	4.7	141,840	100.0
4.インドネシア	1975	131	1.0	12,790	95.3	506	3.8	13,427	100.0
	1987	2,111	6.2	24,550	72.1	7,385	21.7	34,046	100.0
5.韓国	1975	8,055	33.3	16,124	66.7		0.0	24,179	100.0
	1987	23,441	42.5	29,258	53.4	2,065	3.8	54,764	100.0
6.北朝鮮	1975	23,662	95.2	1,204	4.8		0.0	24,865	100.0
	1987	31,244	90.3	3,355	9.7		0.0	34,599	100.0
7.台湾	1975	2,156	15.5	10,466	75.3	1,275	9.2	13,898	100.0
	1987	9,592	33.3	18,227	63.3	991	3.4	28,809	100.0
8.タイ	1975	145	1.8	7,976	98.2		0.0	8,121	100.0
	1987	2,004	10.8	12,821	69.4	3,658	19.8	18,483	100.0
9.パキスタン	1975	614	7.8	3,963	50.2	3,321	42.0	7,898	100.0
	1987	1,757	9.8	9,026	50.2	7,200	40.0	17,983	100.0
10.フィリピン	1975	64	0.6	10,105	99.4		0.0	10,169	100.0
	1987	1,276	12.2	9,170	87.8		0.0	10,446	100.0
11.マレーシア	1975	17	0.3	5,648	95.5	251	4.2	5,915	100.0
	1987	289	1.9	9,848	66.4	4,701	31.7	14,838	100.0
12.バングラデシュ	1975	125	7.4	1,143	67.6	422	25.0	1,690	100.0
	1987	117	2.4	1,758	36.5	2,945	61.1	4,820	100.0
13.ベトナム	1975	2,829	47.4	3,139	52.6		0.0	5,969	100.0
	1987	3,146	68.0	1,478	32.0		0.0	4,625	100.0
14.香港	1975	8	0.2	4,204	99.8		0.0	4,212	100.0
	1987	4,928	53.5	4,284	46.5		0.0	9,212	100.0
15.シンガポール	1975	1	0.0	4,157	100.0		0.0	4,158	100.0
	1987	11	0.1	8,570	99.9		0.0	8,581	100.0
16.ネパール	1975	28	27.0	76	73.0		0.0	104	100.0
	1987	51	21.4	187	78.6		0.0	238	100.0
17.ミャンマー	1975	156	11.3	1,069	77.6	154	11.1	1,378	100.0
	1987	62	3.6	723	41.6	953	54.8	1,738	100.0
18.スリランカ	1975	3	0.3	953	99.7		0.0	956	100.0
	1987	1	0.1	1,361	99.9		0.0	1,361	100.0
19.アフガニスタン	1975	105	16.7	294	46.7	230	36.6	629	100.0
	1987	117	8.6	670	49.4	568	41.9	1,355	100.0
20.モンゴル	1975	711	65.8	370	34.2		0.0	1,081	100.0
	1987	1,723	67.9	816	32.1		0.0	2,539	100.0
21.ブルネイ	1975		0.0	123	64.5	68	35.5	190	100.0
	1987		0.0	514	24.6	1,575	75.4	2,089	100.0
22.カンボジア	1975		0.0	16	100.0		0.0	16	100.0
	1987		0.0	145	100.0		0.0	145	100.0
23.ラオス	1975		0.0	84	100.0		0.0	84	100.0
	1987		0.0	69	100.0		0.0	69	100.0
24.モルジブ	1975		0.0						
	1987		0.0	27	100.0		0.0	27	100.0
25.マカオ	1975	2	2.0	96	98.0		0.0	98	100.0
	1987		0.0	316	100.0		0.0	316	100.0
アジア計	1975	379,806	46.8	409,648	50.4	22,724	2.8	812,178	100.0
	1987	699,475	54.4	498,122	38.7	88,443	6.9	1,286,040	100.0

原データ出典)1、「WORLD ENERGY STATISTICS AND BALANCES OECD/IEA」。

但し、日本、「ENERGY BALANCES OECD/IEA」。

2、中国の1980年以降は、「中国能源統計年鑑1989国家統計局」。

3、アフガニスタン、カンボジア、ラオス、マカオ、モルジブ、モンゴルは、「Energy Statistics Yearbook UN」。



### 3. 3, 部門別にみたエネルギー消費量

#### 3. 3. 1, 1, エネルギー消費部門の基本構成

本調査研究では、部門別のエネルギー消費量を分析するために、IEA(国際エネルギー機関)が作成したOECD加盟国および開発途上国のエネルギー・バランス表のデータを用いた。エネルギー・バランス表では、エネルギー消費を需要サイドからボトム・アップで積み上げるために、大きく分けて産業部門、輸送部門、その他最終部門、非エネルギー消費の4つからなる最終エネルギー消費部門を持っている。その他最終部門には、家庭用、業務用の民生部門が中心であるが、公共部門、農業部門などの数字もこの中に含まれている。産業部門は、鉄鋼、石油化学、非鉄金属など各産業にさらに細分されている。

このようにして、最終エネルギー消費部門で集計されたエネルギーは、電力、石油製品、都市ガスなど2次エネルギーの合計となっている。このような2次エネルギーは、石炭、石油、天然ガス、原子力発電、水力発電といった1次エネルギーから発電部門、石油精製部門、都市ガス製造部門などのエネルギー転換部門が生み出しているものである。

エネルギー・バランス表では、1次エネルギーから2次エネルギーへ転換する部門をエネルギー転換部門ということで表現しており、エネルギー転換部門が燃料として消費したエネルギーもエネルギー転換のために必要となった1種の転換ロスとして別掲している。発電部門は非常に大きなエネルギー転換ロスを持っているので、エネルギー転換部門を発電部門とその他エネルギー転換部門の2つに大きく分けて考えている。

この節では、エネルギー消費量の大きい部門ということで、最終エネルギー部門から産業部門、輸送部門、民生部門の3部門と、エネルギー転換部門から発電部門を取り上げて検討を加えることとする。検討からはずしたのは、非エネルギー消費とその他のエネルギー転換部門であるが、上に述べた4つの部門に比べて消費規模が小さく、言及すべき特徴は少ないと考えられる。

#### 3. 3. 2, 最終エネルギー消費における部門構成の変化

最終エネルギー消費各部門のエネルギー源構成の検討にはいる前に、最終エネルギー消費全体に対する部門構成の変化を調べてみる。アジア各国の部門別最終エネルギー消費とその構成の変化を表3.3-1に示す。中国だけは、1975年時点の部門別の最終エネルギー消費が統計として取れないため、1980年時点の数字を代わりに示してある。従って、1975年時点のアジア計を求めることはできていない。

##### (1) アジア全体の最終エネルギー消費に対する部門構成

アジア地域全体のエネルギー消費については1987年1時点だけの合計が記載してあるが、最終エネルギー消費全体で12.3億toe(石油換算トン)の大きさがある。その中で、産業部門の最終エネルギー消費は、5.91億toeと全体の47.9%を占め、最も大きなシェアを持っている。次にシェアが大きいのは民生部門で全体の37.5%を占め、最終エネルギー消費の大きさは4.63億TOEである。アジア地域全体の平均としてみた輸送部門のシェアは13.2%とまだ低く、最終エネルギー消費の大きさは1.64億toeである。

最終エネルギー消費全体の伸びは、日本が平均年率1.0%と低く、フィリピンやベトナムのような国内動乱が原因となって伸び悩んだところもあるが、多くの国々は平均年率3~8%と日本よりはるかに高い伸びを維持して、最終エネルギー消費が拡大している。中国の統計が得られないため、アジア全体の1975~1988年の平均伸び率を得ることはできないが、平均年率4~5%程度で伸びたと想定される。

表3.3-1 アジア各国の部門別最終エネルギー消費量とその構成の変化

(単位：1,000toe)

国名	年	産業部門		輸送部門		その他部門		非エネルギー		最終エネルギー	
			(%)		(%)		(%)		(%)	消費量計	(%)
1.中国	*1980	224,429	59.9	19,047	5.1	130,904	35.0	4,370	1.2	374,380	100.0
	1987	316,649	60.9	26,519	5.1	176,680	34.0	2,441	0.5	520,355	100.0
2.日本	1975	130,400	56.0	43,280	18.6	52,260	22.4	7,010	3.0	232,960	100.0
	1987	120,740	45.9	62,020	23.6	70,380	26.8	9,730	3.7	262,860	100.0
3.インド*	1975	30,790	25.5	16,157	13.4	72,273	59.8	1,615	1.3	120,834	100.0
	1987	50,105	29.7	23,835	14.1	91,615	54.4	2,935	1.7	168,491	100.0
4.インドネシア	1975	2,869	8.5	3,983	11.8	26,892	79.5	101	0.3	33,845	100.0
	1987	10,629	18.6	8,434	14.8	37,738	66.1	250	0.4	57,051	100.0
5.韓国	1975	8,438	36.6	2,551	11.1	11,828	51.3	251	1.1	23,068	100.0
	1987	20,863	40.1	9,720	18.7	20,792	40.0	642	1.2	52,017	100.0
6.北朝鮮	1975	20,533	88.3	938	4.0	1,787	7.7		0.0	23,258	100.0
	1987	25,025	82.3	2,333	7.7	3,033	10.0		0.0	30,392	100.0
7.台湾	1975	6,057	57.1	1,753	16.5	2,415	22.8	384	3.6	10,608	100.0
	1987	14,472	56.1	5,023	19.5	5,176	20.1	1,117	4.3	25,789	100.0
8.タイ	1975	3,697	27.2	3,158	23.3	6,499	47.9	227	1.7	13,580	100.0
	1987	5,607	26.3	8,068	37.9	7,384	34.7	249	1.2	21,309	100.0
9.パキスタン	1975	3,407	31.9	1,659	15.5	5,432	50.8	190	1.8	10,689	100.0
	1987	8,654	38.9	4,569	20.5	8,742	39.3	307	1.4	22,272	100.0
10.フィリピン	1975	4,583	31.9	2,292	16.0	7,248	50.5	243	1.7	14,367	100.0
	1987	3,061	19.9	2,160	14.1	9,955	64.8	190	1.2	15,366	100.0
11.マレーシア	1975	2,140	34.4	1,982	31.9	1,974	31.7	124	2.0	6,220	100.0
	1987	4,385	36.7	4,025	33.7	3,194	26.7	339	2.8	11,943	100.0
12.バングラデシュ	1975	1,016	16.0	232	3.6	5,083	79.9	31	0.5	6,361	100.0
	1987	2,182	23.9	497	5.4	6,349	69.6	89	1.0	9,117	100.0
13.ベトナム	1975	2,717	28.3	2,568	26.8	4,302	44.8	10	0.1	9,596	100.0
	1987	2,784	29.6	786	8.4	5,782	61.5	48	0.5	9,399	100.0
14.香港	1975	1,171	38.8	1,093	36.3	687	22.8	63	2.1	3,013	100.0
	1987	2,372	39.7	1,958	32.8	1,535	25.7	106	1.8	5,971	100.0
15.シンガポール	1975	286	14.9	1,065	55.7	241	12.6	319	16.7	1,910	100.0
	1987	1,836	36.4	2,485	49.3	603	12.0	115	2.3	5,038	100.0
16.ネパール	1975	37	1.3	32	1.1	2,787	97.6		0.0	2,856	100.0
	1987	85	1.0	70	0.9	7,933	98.0	4	0.0	8,091	100.0
17.ミャンマー	1975	598	14.7	464	11.4	2,983	73.3	24	0.6	4,069	100.0
	1987	1,137	19.5	392	6.7	4,281	73.5	11	0.2	5,820	100.0
18.スリランカ	1975	585	24.0	432	17.8	1,394	57.2	24	1.0	2,435	100.0
	1987	614	204.0	823	27.3	1,536	51.0	37	1.2	3,010	100.0
21.ブルネイ	1975	37	27.3	53	39.6	41	30.1	4	2.8	135	100.0
	1987	76	20.3	178	47.5	116	30.9	5	1.3	374	100.0
アジア計	1975	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1987	591,275	47.9	163,896	13.3	462,823	37.5	18,616	1.5	1,234,666	100.0

原データ出典)1、「WORLD ENERGY STATISTICS AND BALANCES OECD/IEA」。但し、日本、「ENERGY BALANCES OECD/IEA」。

2、中国の1980年以降は、「中国能源統計年鑑1989国家統計局」。

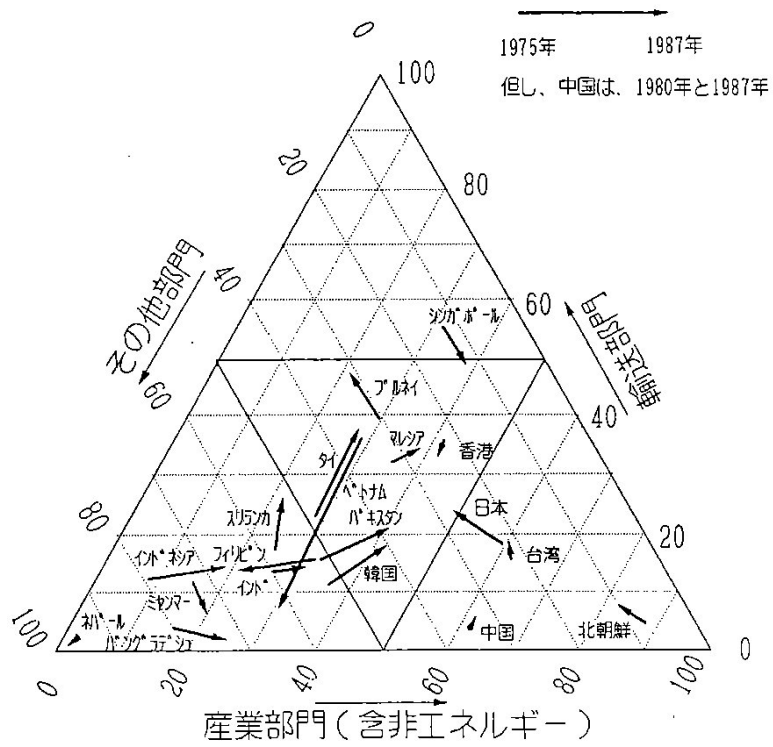
## (2) アジア各国の部門別構成比の変化

アジアの国別最終エネルギー消費量の部門別構成比の変化を図 3.3-1 に示す。産業部門の最終エネルギーに占めるシェアがはっきりと減少しているのは、日本、ブルネイ、スリランカ、フィリピン、北朝鮮の5カ国である。日本の場合には、2回の石油危機によって特に産業部門を中心として精力的な省エネルギーの努力が行なわれた結果、産業部門の最終エネルギー消費は、1975年の1.30億 toe から1987年の1.21億 toe まで平均年率0.6%で絶対値においても減少を示すこととなった。

ブルネイとスリランカの場合は、絶対値では増加を示しているが、輸送部門の消費量の伸びが産業部門よりも著しかったために、相対的にシェアが低下したものである。フィリピンの場合には、国内の動乱によって産業部門のエネルギー消費が減少した結果生じたものである。フィリピンの場合には、国内の動乱にもかかわらず、産業部門とは逆に民生部門の最終エネルギー消費が拡大している点はいへん興味深い。輸送部門も産業部門ほどではないが、幾分減少している。北朝鮮の産業部門のシェアは80%台の数字で異常に高いが、民生部門と輸送部門のシェアが少しずつ伸びてきている。

韓国、マレーシア、パキスタン、インドネシア、インド、ミャンマー、バングラデシュなどの各国では、民生部門のシェアが減少し、産業部門のシェアが増大する方向性を示している。国によっては、さらにこれに輸送部門のシェアの増加を伴っているところもある。タイとベトナムの場合には産業部門のシェアに大きな変化はないが、タイでは輸送部門のシェアが伸びて民生部門のシェアが減少しているのに、ベトナムではこれとは逆に輸送部門のシェアが減って民生部門のシェアが増大している。台湾、香港、中国、ネパールの各国は部門別のシェア構成にそれほど大きな変化を示していない。

図3.3-1 アジアの国別最終エネルギー消費量の部門別構成比の変化(%)



### (3) 経済水準と最終エネルギーに占める民生部門のシェア

アジア各国の最終エネルギー消費におけるシェアの変化をみてみると、各国の経済水準と深い関わりがあるようである。そこで、1987年のアジア各国の1人あたりGDPに対して最終エネルギーに占める民生部門のシェアをプロットしてみた。その結果を図3.3-2に占めす。

ネパール、ミャンマー、バングラデシュといった経済水準の低い国々では、最終エネルギー消費に占める民生部門のシェアが70%以上と非常に高いレベルにある。段々と工業化が進んで経済水準が上がってくると、軽工業からエネルギー多消費の重工業のウェートが高まってくることになるので、最終エネルギー消費の占める産業部門のシェアが上昇して、民生部門のシェアは低下してくる。また、経済水準の上昇と共に、産業活動に関連する輸送活動も活発になるので、最終エネルギーに占める輸送部門のシェアも増大し、民生部門のシェアの低下に寄与するようになる。

南アジアの低所得国、東南アジアのアセアン諸国、アジアNIEsの国々という順番で民生部門のシェアが低下していった様子を見ると、まさしく上述のような変化経路をたどっていることがわかる。

さらに、その国が先進工業国の経済水準に達してエネルギー多消費産業による重工業のシェアがある程度飽和状態になってくると、産業部門はエネルギー消費の第3次産業のシェアが高まる方向で構造変化を起こす。経済水準の高まりと共に、エネルギー集約度の高い快適な生活を求めるようになるので、産業部門のシェアは低下し、民生部門、輸送部門のシェアが上昇するようになる。日本の場合は、すでにこの段階に入ってきており、米国や西欧の諸国はさらに先の水準へ進んでいるとみることができる。

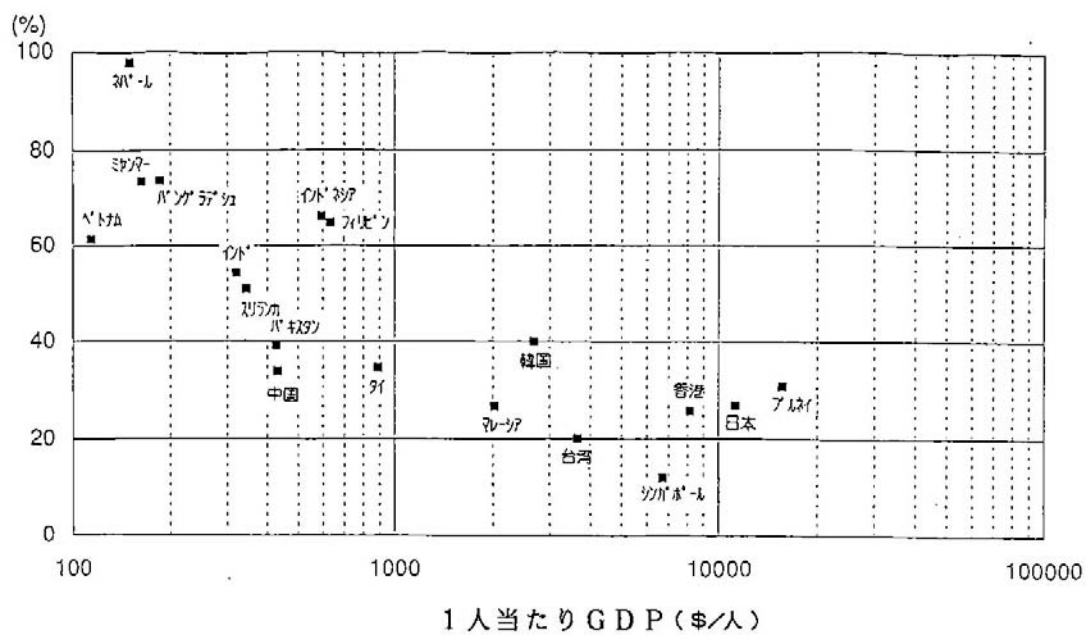


図3.3-2 経済水準と最終エネルギーに占める民生部門のシェアの関係



#### (4) 経済水準と電化率の変化

アジア各国の最終エネルギー消費における電化率の変化も、各国の経済水準と深い関わりがあるようである。そこで、1987年のアジア各国の1人あたりGDPに対して最終エネルギーに占める電力消費のシェアをプロットしてみた。その結果を図3.3-3に示す。

ネパール、ミャンマー、バングラデシュ、ベトナムといった経済水準の低い国々では、最終エネルギー消費における電力消費のシェアが4%以下と非常に低いレベルにある。これらの国々に続いて、スリランカ、中国、インド、フィリピン、タイ、パキスタンが5～11%の電化率で続いている。インドネシアは、所得水準からみるとこのグループに属しているはずであるが、電化率は4.7%とまだ低い。

マレーシアと韓国は、1人当たり2,000ドル台の所得水準を持っており、電化率は15%を超える水準にあってもおかしくないのであるが、実際には双方とも10.5%である。特に、現在経済成長が著しい韓国の電化率が、このように低いのは興味深い。台湾、日本、ブルネイの3カ国は19～22%の電化率を持っている。香港の28.2%、シンガポールの22.6%という電化率の数字は、所得水準との関係を比較すると高い値になっている。

低所得国では無灯火の村落も多く、国の中から無灯火の闇を除くことが、文明世界へ一步を踏み出すことになると考えられている。途上国で電力化を進めることは、文明世界への離陸の象徴として非常に重要な意味を持っている。各国の電力消費は、このように照明に使うところから始まっている。

工業化が始まると、産業部門における大口の電力消費が開始される。産業部門の電力消費が拡大するに伴って、電力の送電網が整備・拡充されることになる。軽工業からエネルギー多消費の重工業のウェイトが高まってくると共に電化率はさらに上昇する。

工業化の進展で所得が拡大して先進国の水準に到達すると、重工業中心の産業から付加価値の高い加工組立産業、さらにサービス産業へと産業構造が広がりを持つようになるので、電力化はますます進展することになる。こうして産業活動が成熟を迎え飽和状態に近づいてくると、高い所得水準を支えにして冷暖房などを多用するより快適な生活を人々が追及するようになり、今度は民生部門での電力消費が拡大するようになる。

南アジアの低所得国、東南アジアのアセアン諸国、アジアNIEsの国々という順番で電化率が上昇している様子を見ると、まさしく上述のような変化経路をたどっていることがわかる。

この中で、香港の場合は1つの都市が成長拡大する都市国家の性格を示しており、重工業化の過程を経ずに直接金融等のサービス産業と観光産業が中心となって経済成長を遂げている。香港のような場合には、すでに述べたようなエネルギー原単位が低いとかいくつかの特徴が現れているが、電化率の面では所得水準の割にこの値がかなり高いという特徴がみられる。シンガポールも、都市国家として香港と類似した側面を持っており、所得水準に比べて電化率が高いのはそのため考えられる。

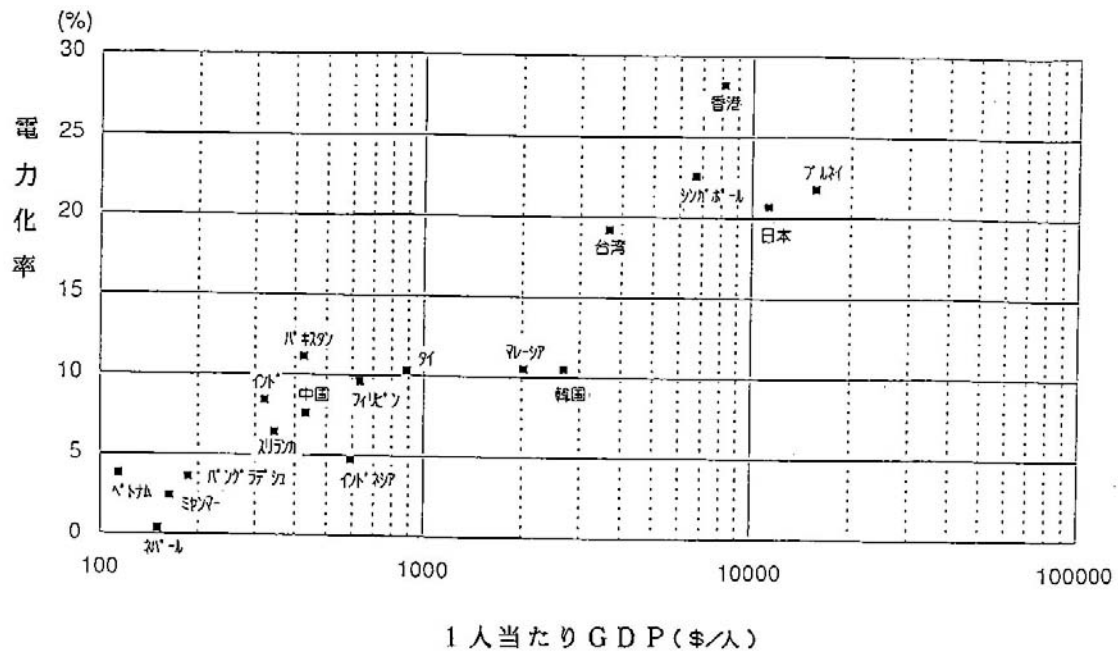


図3.3-3 経済水準と電力化率の関係

### 3. 3. 3, 産業部門のエネルギー消費構成の変化

#### (1) 最終エネルギー消費量とエネルギー源構成の変化

以下では、最終エネルギー消費の各部門別にエネルギー源構成の変化に関して検討を加えることにする。アジア各国の産業部門におけるエネルギー消費とエネルギー源構成の変化を表 3.3-2 にまとめる。また、アジアの国別産業部門のエネルギー源構成比の変化を図 3.3-4 に示す。すでに述べたように、1975 年における中国の部門別最終エネルギー消費量は統計が得られないので、1975 年のアジア計も求めることはできない。

1987 年におけるアジア地域全体の産業部門のエネルギー消費は 5.91 億 toe であるが、このうちの 82.5%にあたる 4.88 億 toe が化石燃料消費である。電力消費は 0.94 億 toe で 15.9%に相当している。残りの 0.09 億 toe が非商業用エネルギーである植物性燃料で構成比は 1.5%と非常に低い。

植物性燃料は、スリランカで 71.4%、タイで 41.3%と特に多く使用されており、この2国とネパールに関してはシェアの余り大きな変化がみられない。それ以外にインドネシア、フィリピン、バングラデシュで 12~22%のシェアを 1987 年に示しているが、1975 年に比べると植物性燃料のシェアは急速に低下している。

産業部門における電力消費が 20%を超えているのは、日本、台湾、香港、フィリピン、ブルネイの5ヶ国である。ブルネイは石油収入をてこに急速な現代化を進めており、電化率も急速に 53%という高い水準へ上がった。フィリピンの場合には、すでに述べた国内事情で相対的に高まっただけである。これらの国々に続いて、シンガポール、タイ、インド、韓国の電力シェアが大きくなっており、工業化の進んだ国が電力消費のウェイトも高くなっているといえることができる。

植物性燃料のシェアが高いタイ、フィリピン、スリランカは別であるが、それ以外の国々は化石燃料のシェアが 70%以上を超えており、アジアの各国では産業部門のエネルギー消費の中心が化石燃料であることを示している。以下では、アジア各国の化石燃料消費量の特徴とその構成の変化を検討する。

図3.3-4 アジアの国別産業部門のエネルギー源構成比の変化(%)

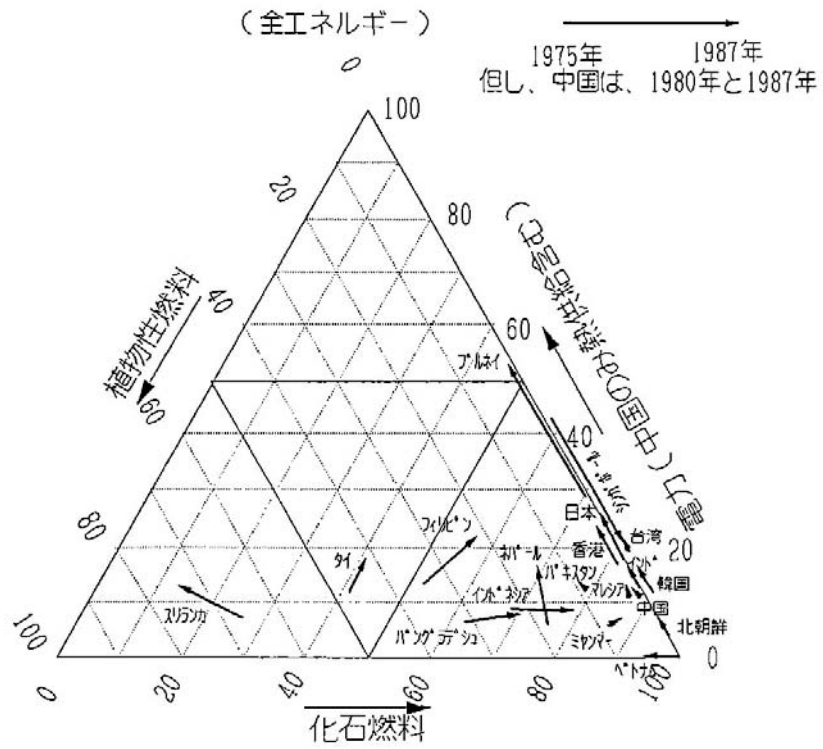


表3.3-2 アジア各国の産業部門におけるエネルギー消費量とエネルギー源構成の変化

(単位：1,000toe)

国名	年	化石燃料計		電力		植物性燃料		総計	
			(%)		(%)		(%)		(%)
1.中国	1980	197,667	88.1	*25,405	11.3	1,356	0.6	224,429	100.0
	1987	273,588	86.4	*40,237	12.7	2,825	0.9	316,649	100.0
2.日本	1975	106,320	81.5	24,080	18.5	0	0.0	130,400	100.0
	1987	89,140	73.8	31,610	26.2	0	0.0	120,740	100.0
3.インド	1975	27,105	88.0	3,685	12.0	0	0.0	30,790	100.0
	1987	41,579	83.0	8,526	17.0	0	0.0	50,105	100.0
4.インドネシア	1975	1,985	69.2	262	9.1	621	21.6	2,869	100.0
	1987	8,367	78.7	937	8.8	1,325	12.5	10,629	100.0
5.韓国	1975	7,470	88.5	969	11.5	0	0.0	8,438	100.0
	1987	17,374	83.3	3,488	16.7	0	0.0	20,863	100.0
6.北朝鮮	1975	19,587	95.4	946	4.6	0	0.0	20,533	100.0
	1987	23,198	92.7	1,827	7.3	0	0.0	25,025	100.0
7.台湾	1975	4,871	80.4	1,186	19.6	0	0.0	6,057	100.0
	1987	11,492	79.4	2,980	20.6	0	0.0	14,472	100.0
8.タイ	1975	1,496	40.5	446	12.1	1,755	47.5	3,697	100.0
	1987	2,267	40.4	1,025	18.3	2,316	41.3	5,607	100.0
9.パキスタン	1975	2,699	79.2	424	12.5	283	8.3	3,407	100.0
	1987	6,685	77.2	1,131	13.1	838	9.7	8,654	100.0
10.フィリピン	1975	2,369	51.7	604	13.2	1,610	35.1	4,583	100.0
	1987	1,747	57.1	667	21.8	647	21.1	3,061	100.0
11.マレーシア	1975	1,864	87.1	242	11.3	35	1.6	2,140	100.0
	1987	3,785	86.3	558	12.7	42	1.0	4,385	100.0
12.バングラデシュ	1975	623	61.4	78	7.6	315	31.0	1,016	100.0
	1987	1,544	70.7	177	8.1	462	21.2	2,182	100.0
13.ベトナム	1975	2,717	100.0	0	0.0	0	0.0	2,717	100.0
	1987	2,633	94.6	0	0.0	151	5.4	2,784	100.0
14.香港	1975	959	81.9	211	18.0	0	0.0	1,171	100.0
	1987	1,800	75.9	572	24.1	0	0.0	2,372	100.0
15.シンガポール	1975	163	57.2	122	42.8	0	0.0	286	100.0
	1987	1,489	81.1	347	18.9	0	0.0	1,836	100.0
16.ネパール	1975	28	76.7	3	6.8	6	16.4	37	100.0
	1987	59	69.2	14	16.6	12	14.2	85	100.0
17.ミャンマー	1975	510	85.2	39	6.6	49	8.2	598	100.0
	1987	998	87.8	79	6.9	60	5.3	1,137	100.0
18.スリランカ	1975	149	25.4	45	7.7	391	66.9	585	100.0
	1987	84	13.7	75	12.2	455	74.1	614	100.0
21.ブルネイ	1975	26	70.9	11	29.3	0	0.0	37	100.0
	1987	35	46.7	40	53.3	0	0.0	76	100.0
アジア計	1975	-	-	-	-	-	-	-	-
	1987	487,853	82.5	*94,307	16.0	9,133	1.5	591,265	100.0

\*電力の他に熱供給含む

原データ出典) 1、「WORLD ENERGY STATISTICS AND BALANCES OECD/IEA」。

但し、日本、「ENERGY BALANCES OECD/IEA」。

2、中国の1980年以降は、「中国能源統計年鑑1989国家統計局」。

## (2) 化石燃料消費量とその構成の変化

アジア各国の産業部門における化石燃料消費とその構成の変化を表 3.3-3 に示す。また、アジアの国別産業部門の化石燃料構成の変化を図 3.3-5 に示す。1987 年におけるアジア地域全体の産業部門の化石燃料消費は 3.07 億 toe であるが、この内の 63%にあたる 3.07 億 toe が石炭消費である。石油消費は 1.45 億 toe で 29.6%に相当している。残りの 0.36 億 toe が天然ガス消費で構成比は 7.4%とそれほど大きくない。

しかしながら、このようなアジア全体の産業部門の化石燃料消費の特徴付けているのは、なんといっても全体の 56%を占める中国の産業部門の化石燃料消費である。アジアの国々を個別にみると、全体の化石燃料構成とは、かなり異なっていくつかの特徴が現れてくる。

1975 年時点では、図 3.3-5 に占すように、中国、インド、北朝鮮、ベトナム、ネパールの5ヶ国が石炭中心の化石燃料消費となっているが、インドとネパールが石油あるいは天然ガスへのシフトを幾分起こしている以外は、それほど大きな構成比の変化はみられない。1975 年時点で天然ガスが中心となっているのは、パキスタンだけであるが、天然ガス利用のインフラ整備が追いつかないために、1987 年に向かって石油消費のシェアが急増している。

それ以外の国々は、程度の差はもちろんあるが、1975 年時点で石油が化石燃料消費の中心となっている国々である。この中で、香港、シンガポール、スリランカ、ブルネイの4ヶ国は、2回の石油危機にもかかわらず石油が化石燃料消費のほぼすべてを占めているという環境からぬけだしていない。台湾は、国産の天然ガス資源が減退したために、石炭及び石油のシェアが拡大するという特殊な状況下に置かれた。

残りの国々は、2回の石油危機を通じてそれぞれの国情を反映した脱石油が行なわれている。マレーシア、インドネシア、ミャンマー、バングラデシュの4ヶ国は、1987 年に向かって天然ガスの化石燃料に占めるシェアが急速に拡大している。日本、タイ、韓国、フィリピンの4ヶ国は石炭の化石燃料に占めるシェアが拡大している。今後アジアの各国で、天然ガス指向の構成変化が進むのか、石炭指向の構成変化が進むのかは、エネルギー政策、環境政策といったいろいろな面できわめて重要な鍵を握る要素となっている。

表3.3-3 アジア各国の産業部門における化石燃料消費量とエネルギー源構成の変化

(単位：1,000toe)

国名	年	石炭		石油		ガス		化石燃料計	
			(%)		(%)		(%)		(%)
1.中国	*1980	141,619	71.6	39,903	20.2	16,145	8.2	197,667	100.0
	1987	206,030	75.3	50,699	18.5	16,859	6.2	273,588	100.0
2.日本	1975	33,920	31.9	70,250	66.1	2,150	2.0	106,320	100.0
	1987	34,130	38.3	51,380	57.6	3,630	4.1	89,140	100.0
3.インド	1975	20,921	77.2	5,680	21.0	504	1.9	27,105	100.0
	1987	28,266	68.0	10,118	24.3	3,195	7.7	41,579	100.0
4.インドネシア	1975	63	3.2	1,591	80.1	331	16.7	1,985	100.0
	1987	206	2.5	3,083	36.8	5,078	60.7	8,367	100.0
5.韓国	1975	846	11.3	6,624	88.7	0	0.0	7,470	100.0
	1987	6,432	37.0	10,868	62.6	74	0.4	17,374	100.0
6.北朝鮮	1975	19,395	99.0	192	1.0	0	0.0	19,587	100.0
	1987	22,603	97.4	595	2.6	0	0.0	23,198	100.0
7.台湾	1975	1,452	29.8	2,536	52.1	882	18.1	4,871	100.0
	1987	4,069	35.4	7,057	61.4	367	3.2	11,492	100.0
8.タイ	1975	28	1.9	1,468	98.1	0	0.0	1,496	100.0
	1987	474	20.9	1,753	77.4	39	1.7	2,267	100.0
9.パキスタン	1975	560	20.7	98	3.6	2,042	75.6	2,699	100.0
	1987	1,760	26.3	1,178	17.6	3,747	56.0	6,685	100.0
10.フィリピン	1975	10	0.4	2,359	99.6	0	0.0	2,369	100.0
	1987	621	35.5	1,127	64.5	0	0.0	1,747	100.0
11.マレーシア	1975	17	0.9	1,847	99.1	0	0.0	1,864	100.0
	1987	289	7.6	2,459	65.0	1,037	27.4	3,785	100.0
12.バングラデシュ	1975	124	19.9	268	42.9	232	37.2	623	100.0
	1987	117	7.5	68	4.4	1,359	88.0	1,544	100.0
13.ベトナム	1975	2,237	82.3	480	17.7	0	0.0	2,717	100.0
	1987	2,162	82.1	470	17.9	0	0.0	2,633	100.0
14.香港	1975	8	0.8	949	98.9	3	0.3	959	100.0
	1987	3	0.2	1,788	99.3	9	0.5	1,800	100.0
15.シンガポール	1975	0	0.0	161	98.6	2	1.4	163	100.0
	1987	0	0.0	1,489	100.0	0	0.0	1,489	100.0
16.ネパール	1975	27	96.4	1	3.6	0	0.0	28	100.0
	1987	51	86.9	8	13.1	0	0.0	59	100.0
17.ミャンマー	1975	145	28.5	250	49.0	115	22.6	510	100.0
	1987	50	5.0	211	21.1	737	73.9	998	100.0
18.スリランカ	1975	3	1.8	146	98.2	0	0.0	149	100.0
	1987	1	0.8	84	99.2	455	0.0	84	100.0
21.ブルネイ	1975	0	0.0	26	100.0	0	0.0	26	100.0
	1987	0	0.0	35	100.0	0	0.0	35	100.0
アジア計	1975	-	-	-	-	-	-	-	-
	1987	307,263	63.0	144,459	29.6	36,130	7.4	487,853	100.0

原データ出典)1、「WORLD ENERGY STATISTICS AND BALANCES OECD/IEA」。

但し、日本、「ENERGY BALANCES OECD/IEA」。

2、中国の1980年以降は、「中国能源統計年鑑1989国家統計局」。

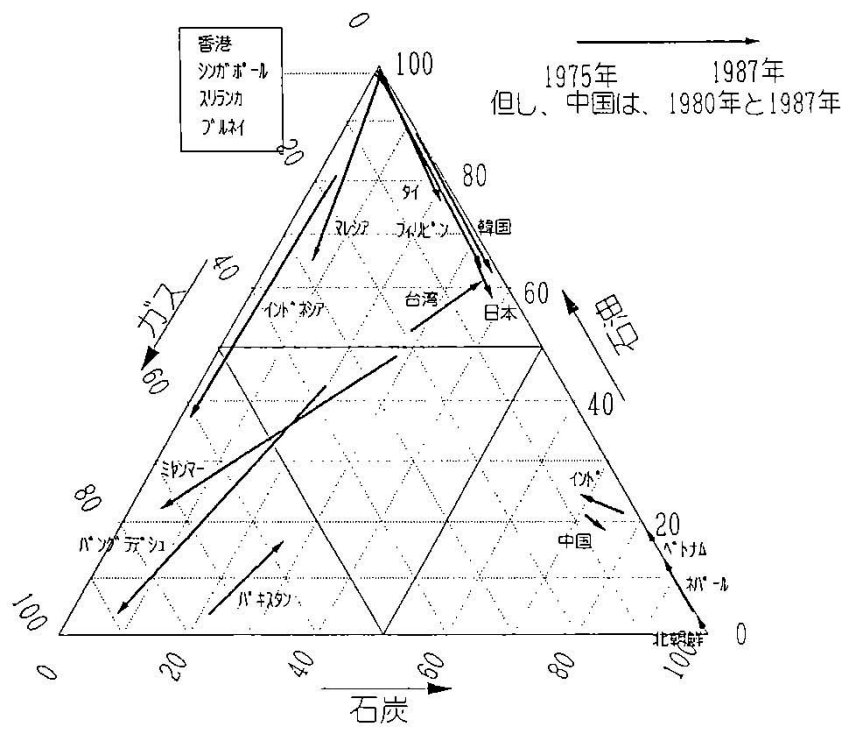


図3.3-5 アジアの国別産業部門の化石燃料源構成比の変化(%)



### (3) 1人当たりエネルギー消費とGDP当たりエネルギー消費の比較

産業部門のエネルギー消費を人口とGDPで割算して求めたアジア各国の産業部門に関する1人当たりエネルギー消費とGDP当たりエネルギー消費の変化を図 3.3-6 に示す。産業部門の1人当たりエネルギー消費量が最も高い国は日本である。1人当たりエネルギー消費量が高い値を示している国の中で、1975年から1987年にかけて減少を示しているのは日本だけである。1987年における日本の値は0.99toe/人である。

日本に次いで、台湾、シンガポール、韓国、香港といったアジアNIEsの国々がこの順で高い値を示している。これらの国々の産業部門に関する1人当たりエネルギー消費量は0.4~0.8toe/人の間の値を示している。いずれの国々も1975年から1987年にかけて非常に大きな伸びを示している。

これらに次いで、人口の比較的少ないマレーシア、ブルネイといったアセアンの産油国が、1987年には0.3toe/人前後の値を示している。マレーシアやブルネイに比べると所得水準が低くて人口密度は高い中国が、1987年に0.29toe/人とこれらの国々と同程度の産業部門に関する1人当たりエネルギー消費を示していることは興味深い。中国の産業部門におけるエネルギー消費が、その他の部門に比べて著しく高くなっていることを示している。

残りの国々の1人当たりエネルギー消費は、1987年で0.1toe/人以下であり、産業部門のエネルギー消費が占めるウェイトは低い。

さて、GDP当たりのエネルギー消費を産業部門についてみると、中国とベトナムの値が他の国々に比べて著しく高い。中国とベトナムのような計画経済圏では、GDPの計数の仕方が確立していないので、GDPが過小評価となっており、GDP当たりのエネルギー消費は逆に過大評価になっているとみられる。しかしながら、この数字の表すままではないとしても、両国の経済の生産性に対するエネルギーの利用効率がすこぶる悪いことは確かである。

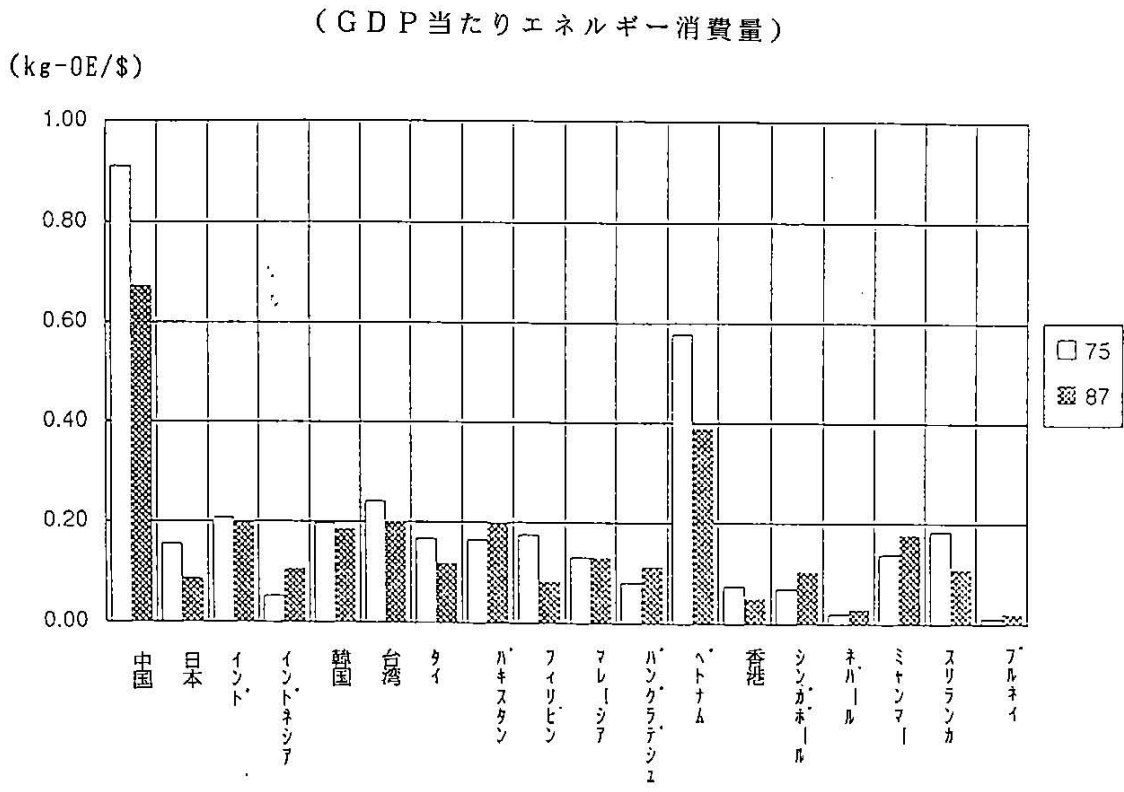
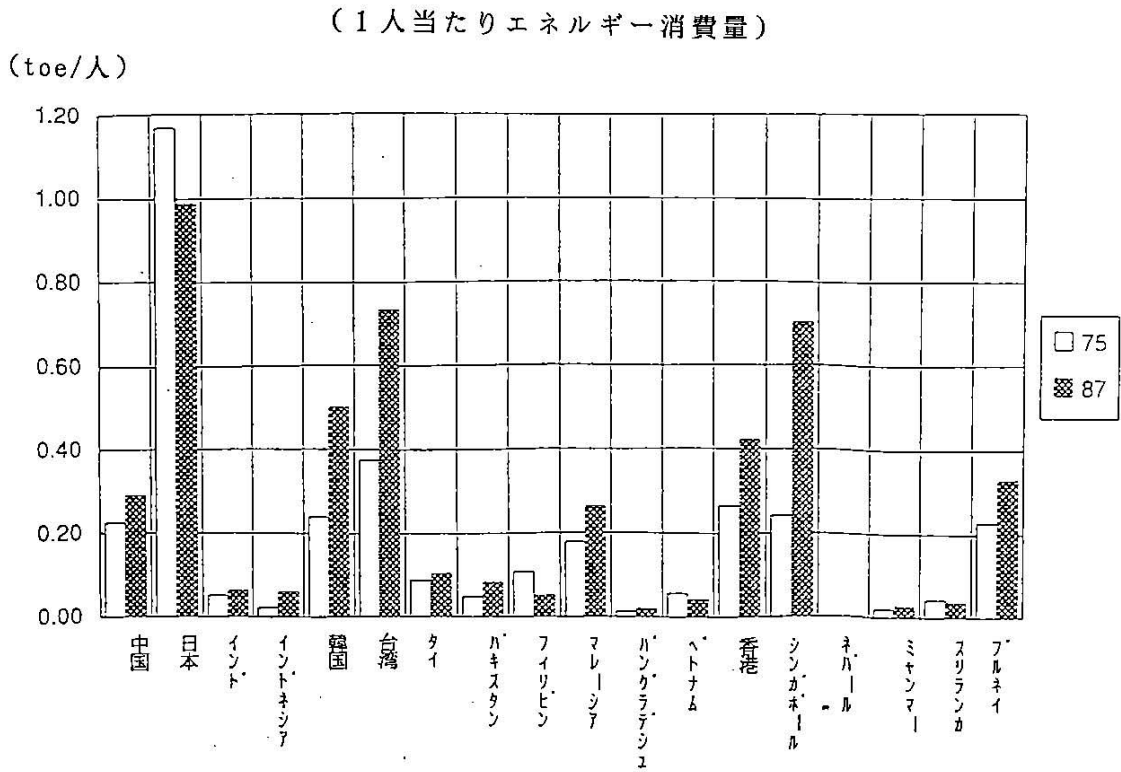
日本の産業部門におけるGDP当たりエネルギー消費は、1975年の0.16kg-oe/\$から1987年の0.09kg-oe/\$へと40%以上低下している。日本の0.09kg-oe/\$という値に対して、韓国、台湾、インド、パキスタン、ミャンマーの1987年における値は、0.18~0.2kg-oe/\$と日本の2倍以上の値となっている。韓国、台湾の重工業化の水準は日本に近くなっているとみられるので、それだけ経済の生産性に対するエネルギーの利用効率が悪いことを示している。インドやパキスタンは韓国や台湾と比べてエネルギー多消費産業のウェイトが低いことを考えると、一段と経済の生産性に対するエネルギーの利用効率が悪いことを示す結果となっている。

インドネシア、タイ、フィリピン、マレーシア、バングラデシュ。スリランカは0.08~0.13kg-oe/\$の範囲の値を示しており、日本の1987年の値と大幅に異なっているわけではないが、エネルギー多消費の重工業がほとんどなく、工業化もそれほど進んでないことを考えると、経済の生産性に対するエネルギーの利用効率は悪いとみられる。

シンガポールのGDP当たりエネルギー消費は、日本と似通った水準にあると見られるが、1975年から1987年の変化は省エネルギーではなく増エネルギーの方向へ向かって変化してきている。香港とブルネイの値は、日本よりもずっと低くなっているが、前者は第3次産業に依存して、後者は第1次産業に依存して大きなGDPを生み出している結果である。両者とも、エネルギー多消費の製造業に大きく依存する産業構造は持っていない。

GDP当たりのエネルギー消費が、1975年と比べて1987年に増大し、横ばい、減少であるかは国によって異なっており、一概にこういう性格であると部類分けした結論を導き出すことはできない。

図3.3-6 産業部門における1人当たりエネルギー消費とGDP当たりエネルギー消費の変化  
(1人当たりエネルギー消費量)



(GDP当たりエネルギー消費量)

### 3.3.4, 輸送部門のエネルギー消費構成の変化

#### (1) 最終エネルギー消費量とエネルギー源構成の変化

アジア各国の輸送部門におけるエネルギー消費とエネルギー源構成の変化を表 3.3-4 にまとめる。また、アジアの国別輸送部門のエネルギー源構成比の変化を図 3.3-7 に示す。輸送部門におけるアジア地域全体のエネルギー消費量は、1987 年時点で 1.63 億 toe であったが、この内石油消費が 1.46 億 toe で全体の 89.4% を占め、石炭が 0.15 億 toe で 9%、電力が 0.02 億 toe でわずか 1.6% を占めているにすぎない。

国別にみると、現在石炭が消費されているのは、中国とインドの 2ヶ国で、インドの場合には急速に減少の方向である。中国も 1975 年の 51.1% から 1987 年の 41.5% まで 10% 程度現象してきているが、石炭消費の絶対量は増加しており、石炭が輸送部門で使われない状態になるまでにはまだまだ時間がかかるとみられる。

別にアジア地域に限ったことではないが、輸送部門の大きな特徴は、石油から他のエネルギーになかなか代替しにくいということである。すでにみたように、アジア開発途上地域の輸送部門が最終エネルギー消費全体に占めるシェアはまだ低く、モータリゼーションが始まっていない段階にあるといえる。今後、例えば、韓国、中国といった国々で輸送部門のエネルギー需要が急速に拡大する可能性があることを考えると、石油代替の効きにくい輸送部門でその様なエネルギー対策、環境対策を考えていくかは非常に難しく、しかしながら、非常に重要な問題である。

図3.3-7 アジアの国別輸送部門のエネルギー源構成比の変化(%)

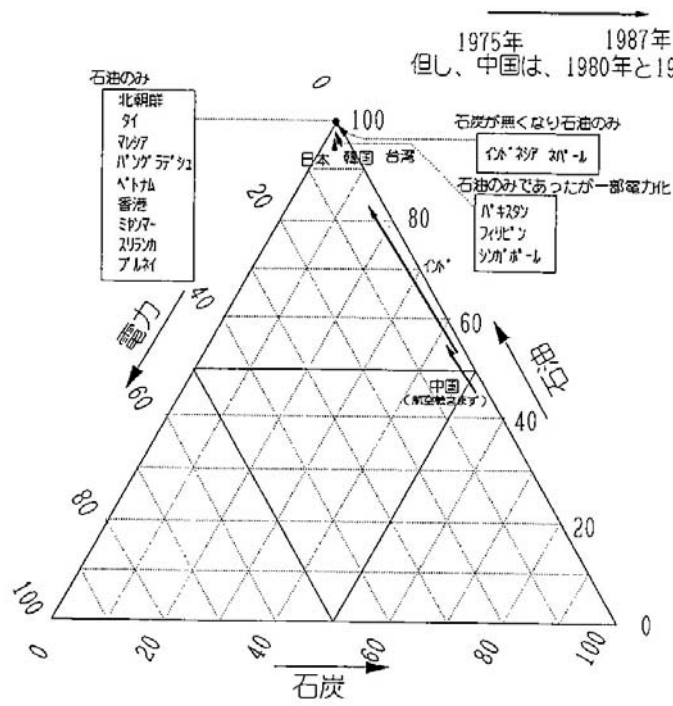


表3.3-4 アジア各国の輸送部門におけるエネルギー消費量とエネルギー源構成の変化

(単位：1,000toe)

国名	年	石炭		石油		ガス		化石燃料計		電力		総計	
			(%)		(%)		(%)		(%)		(%)		(%)
1.中国	*1980	9,728	51.1	9,078	47.7	9	0.0	18,815	98.8	228	1.2	19,047	100.0
	1987	11,017	41.5	14,804	55.8	28	0.1	25,849	97.5	660	2.5	26,519	100.0
2.日本	1975	30	0.1	42,060	97.2	0	0.0	42,090	97.3	1,200	2.8	43,280	100.0
	1987	0	0.0	60,550	97.6	0	0.0	60,550	97.6	1,470	2.4	62,020	100.0
3.インド	1975	7,150	44.3	8,848	54.8	0	0.0	15,998	99.0	160	1.0	16,157	100.0
	1987	3,675	15.4	19,838	83.2	0	0.0	23,513	98.6	322	1.4	23,835	100.0
4.インドネシア	1975	31	0.8	3,952	99.2	0	0.0	3,983	100.0	0	0.0	3,983	100.0
	1987	0	0.0	8,434	100.0	0	0.0	8,434	100.0	0	0.0	8,434	100.0
5.韓国	1975	21	0.8	2,509	98.3	0	0.0	2,529	99.1	22	0.9	2,551	100.0
	1987	0	0.0	9,646	99.2	0	0.0	9,646	99.2	74	0.8	9,720	100.0
6.北朝鮮	1975	0	0.0	938	100.0	0	0.0	938	100.0	0	0.0	938	100.0
	1987	0	0.0	2,333	100.0	0	0.0	2,333	100.0	0	0.0	2,333	100.0
7.台湾	1975	73	4.2	1,677	95.6	0	0.0	1,750	99.8	3	0.2	1,753	100.0
	1987	0	0.0	4,992	99.4	0	0.0	4,992	99.4	32	0.6	5,023	100.0
8.タイ	1975	0	0.0	3,158	100.0	0	0.0	3,158	100.0	0	0.0	3,158	100.0
	1987	0	0.0	8,068	100.0	0	0.0	8,068	100.0	0	0.0	8,068	100.0
9.パキスタン	1975	0	0.0	1,657	99.8	0	0.0	1,657	99.8	3	0.2	1,659	100.0
	1987	0	0.0	4,565	99.8	0	0.0	4,565	99.9	4	0.1	4,569	100.0
10.フィリピン	1975	0	0.0	2,292	100.0	0	0.0	2,292	100.0	0	0.0	2,292	100.0
	1987	0	0.0	2,158	99.9	0	0.0	2,158	99.9	2	0.1	2,160	100.0
11.マレーシア	1975	0	0.0	1,982	100.0	0	0.0	1,982	100.0	0	0.0	1,982	100.0
	1987	0	0.0	4,025	100.0	0	0.0	4,025	100.0	0	0.0	4,025	100.0
12.バングラデシュ	1975	0	0.0	232	100.0	0	0.0	232	100.0	0	0.0	232	100.0
	1987	0	0.0	467	100.0	0	0.0	467	100.0	0	0.0	467	100.0
13.ベトナム	1975	0	0.0	2,568	100.0	0	0.0	2,568	100.0	0	0.0	2,568	100.0
	1987	0	0.0	786	100.0	0	0.0	786	100.0	0	0.0	786	100.0
14.香港	1975	0	0.0	1,093	100.0	0	0.0	1,093	100.0	0	0.0	1,093	100.0
	1987	0	0.0	1,958	100.0	0	0.0	1,958	100.0	0	0.0	1,958	100.0
15.シンガポール	1975	0	0.0	1,065	100.0	0	0.0	1,065	100.0	0	0.0	1,065	100.0
	1987	0	0.0	2,482	99.9	0	0.0	2,482	99.9	3	0.1	2,485	100.0
16.ネパール	1975	1	3.8	31	96.2	0	0.0	32	100.0	0	0.0	32	100.0
	1987	0	0.0	70	100.0	0	0.0	70	100.0	0	0.0	70	100.0
17.ミャンマー	1975	0	0.0	464	100.0	0	0.0	464	100.0	0	0.0	464	100.0
	1987	0	0.0	392	100.0	0	0.0	392	100.0	0	0.0	392	100.0
18.スリランカ	1975	0	0.0	432	99.9	0	0.0	432	99.9	0	0.0	432	100.0
	1987	0	0.0	823	100.0	0	0.0	823	100.0	0	0.0	823	100.0
21.ブルネイ	1975	0	0.0	53	100.0	0	0.0	53	100.0	0	0.0	53	100.0
	1987	0	0.0	178	100.0	0	0.0	178	100.0	0	0.0	178	100.0
アジア計	1975	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1987	14,692	9.0	146,239	89.4	28	0.0	160,959	98.4	2,566	1.6	163,536	100.0

原データ出典)1、「WORLD ENERGY STATISTICS AND BALANCES OECD/IEA」。

但し、日本、「ENERGY BALANCES OECD/IEA」。

2、中国の1980年以降は、「中国能源統計年鑑1989国家統計局」。

## (2) 1人当たりエネルギー消費とGDP当たりエネルギー消費の比較

輸送部門のエネルギー消費を人口とGDPで割算して求めたアジア各国の輸送部門に関する1人当たりエネルギー消費とGDP当たりエネルギー消費の変化を図 3.3-8 に示す。輸送部門の1人当たりエネルギー消費量が最も高い国はブルネイであり、それに日本、シンガポールが続いている。ブルネイの場合には、1975年から1987年にかけて石油・ガス収入の増加による所得水準の上昇を背景として、大幅なガソリン消費の増大が起こっている。アメリカ型の交通利用に近づきつつあるのかも知れない。

日本の産業部門の1人当たりエネルギー消費量はすでにみたように1975年から1987年にかけて減少したが、輸送部門では1975年の0.39toe/人から1987年の0.51toe/人まで30%程度増大している。シンガポールも、1975年の0.27toe/人から1987年の0.42toe/人まで50%以上拡大し、日本の水準に近づきつつある。

これに続いて、1987年の輸送部門における1人当たりエネルギー消費は、台湾が0.26toe/人、マレーシアが0.24toe/人、韓国が0.23toe/人と日本の半分程度の値となっている。その後には、タイが0.15toe/人、香港が0.12toe/人で続いている。所得水準の高い香港の1人当たりエネルギー消費がこのように低いのは、国土が狭いため交通量に飽和点ができるためと考えられる。

残りの国々は、1人当たりのエネルギー消費量の値が、0.05toe/人以下で輸送部門のエネルギー消費の水準が非常に低いことを示している。これまでみてきたように、産業部門と輸送部門の1人当たりエネルギー消費量は、その国の所得水準と大きく相関しており、所得水準によってかなり大きな値の差ができるといえるのである。

さて、輸送部門のGDP当たりエネルギー消費量は、1975年のベトナムの値が非常に高い値となっているが、これはベトナム戦争も関連した異常値であったと考えられる。この異常値をはずせば、輸送部門のGDP当たりエネルギー消費量は、他の部門に比べて各国による差異がそれほど大きく生じていないとみることができる。

1987年に最も高いGDP当たりエネルギー消費量の値を示しているのはタイで、その値は0.17kg-oe/\$である。インド、パキスタン、スリランカ、マレーシア、ベトナムの各国が、0.1kg-oe/\$以上のGDP当たりエネルギー消費量の値を1987年に示している。中国、インドネシア、韓国、台湾、フィリピン、シンガポール、ミャンマーの各国は、0.06~0.09kg-oe/\$の範囲の値を示しており、日本とブルネイは1987年に0.05kg-oe/\$の値を取った。

香港は、すでに述べたような事情で交通量が飽和しているために0.01kg-oe/\$と低く、ネパールとバングラデシュも交通部門が発達していないために値が低いとみられる。

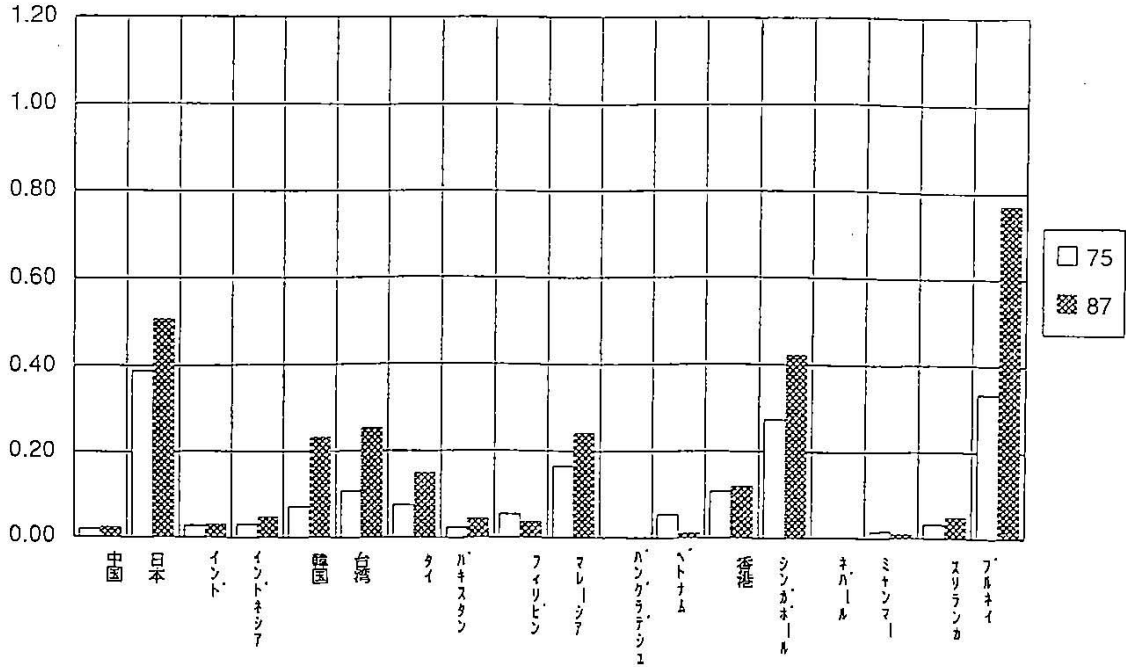
輸送部門のエネルギー消費の大きさは、他の部門に比べると経済活動全体、すなわちGDPの大きさと密接に関わっているといえそうである。輸送部門のエネルギー消費の相対的に低いということとエネルギー消費の効率が悪いということが互いに打ち消し合う関係にあるので、必ずしも明快なことはいいいにくいのであるが、少なくともGDP当たりエネルギー消費量が0.1kg-oe/\$以上の値を持つ国は輸送部門のエネルギー消費効率が確実に悪いといえそうである。また、GDP当たりのエネルギー消費が日本よりも高い値0.06~0.09kg-oe/\$を持つ国々も、一般的に輸送部門のエネルギー消費のシェアは日本より低いので、多くはエネルギー消費の効率が悪いと判断される。

図3.3-8 輸送部門における1人当たりエネルギー消費とGDP当たりエネルギー消費の変化

(1人当たりエネルギー消費量)

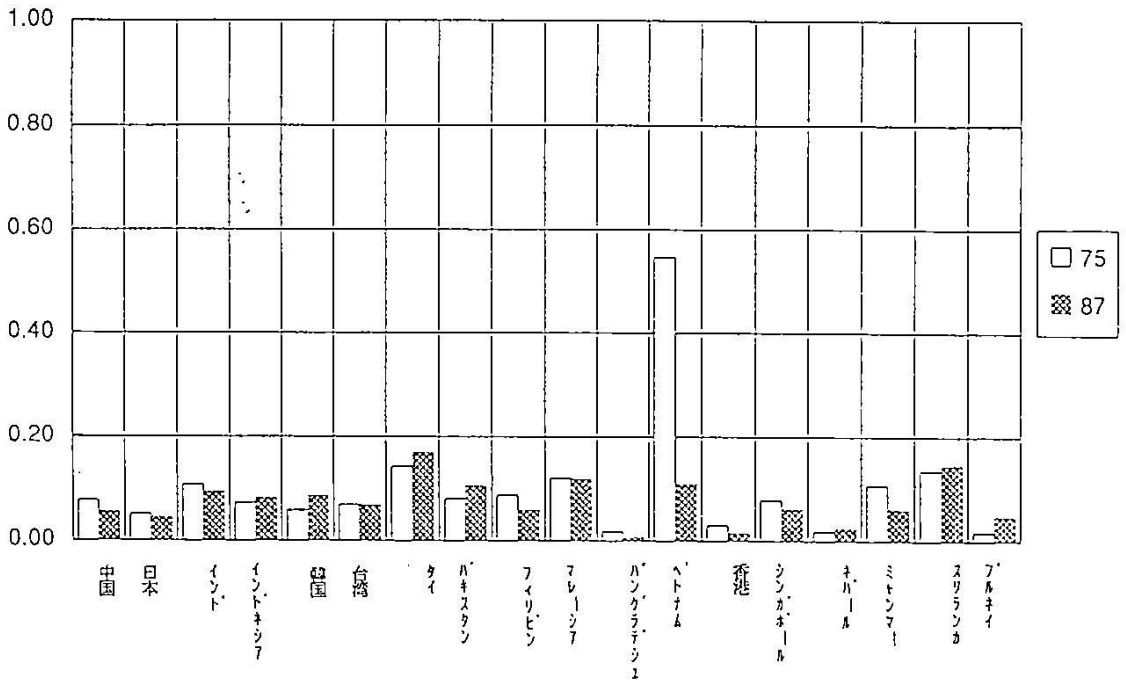
(1人当たりエネルギー消費量)

(toe/人)



(GDP当たりエネルギー消費量)

(kg-OE/\$)



(GDP当たりエネルギー消費量)

### 3.3.5, その他最終部門のエネルギー消費構成の変化

#### (1) 最終エネルギー消費量とエネルギー源構成の変化

アジア各国のその他最終部門におけるエネルギー消費とエネルギー源構成の変化を表3.3-5にまとめる。また、アジアの国別その他最終部門のエネルギー源構成比の変化を図3.3-9に示す。

1987年におけるアジア地域全体のその他最終部門のエネルギー消費は4.63億toeであるが、この内の47.9%にあたる2.22億toeが化石燃料消費である。電力消費は0.50億toeで10.8%に相当している。残りの1.91億toeが非商業用エネルギーである植物性燃料消費で構成比は41.3%である。非商業用エネルギーである植物性燃料消費が化石燃料消費とほぼ匹敵するシェアを有していることが、産業部門とは異なる民生部門を中心とするその他最終消費部門の大きな特徴である。

植物性燃料は、すでにみたように経済水準の低い国ほど構成比は大きくなっているエネルギーである。図3.3-9をみるとわかるように、ミャンマー、ネパール、ベトナム、インド、スリランカ、インドネシア、バングラデシュ、フィリピンといった国々では、その他最終部門のエネルギー消費の70%以上を植物性消費燃料が占めており、1975～1987年の期間においても大きく植物性燃料消費のシェアが低下するということは起こっていない。1人当たりGDPの水準を考えると、中国の場合にはもっと植物性燃料消費のシェアが大きくなる傾向を示すべきであるが、エネルギー消費の急拡大に対して植物性燃料の供給拡大が追いつかず、制約が加わっているものと考えられる。

マレーシア、タイ、パキスタンの3ヶ国は、1975年における植物性燃料のシェアが上記の国々よりも低く、1987年に向かって電力消費へのシフトがより大きく起こっている。電力シフトという形で非商業用エネルギーから商業用エネルギーへの転換が加速化する段階に入ってきていることがわかる。韓国とブルネイの場合は、化石燃料消費および電力消費への転換がさらに急速に進んでいる。ブルネイと韓国の場合には、電力シフトというよりも、とちらかといえば化石燃料への転換のウェイトが高くなっている。

電力消費の拡大という観点からみると、すでに述べたマレーシア、タイ、パキスタンにおける電力シフトによる非商業エネルギーから商業用エネルギーへの転換が1つの特筆すべき内容である。第2の点は、日本および台湾といった工業国のその他最終部門で化石燃料消費から電力消費への転換が進んでいることである。第3の点は、シンガポール、香港といった都市国家は1975年でも相当に高い電力消費のシェアを持っているが、1987年に向かって一段と電力消費のシェアが拡大している点である。そして意外であったのは、北朝鮮の化石燃料消費のシェアがかなり低く、その他部門のエネルギー消費は植物性燃料と電力でまかなっており、電力のシェアが1987年に向かって拡大傾向にあることである。

産業部門と異なって植物性燃料のシェアが高い国が多く、化石燃料のシェアはそれほどの高さを持っていない国が多いが、以下ではアジア各国の化石燃料消費量の特徴とその構成の変化を検討する。



表3.3-5 アジア各国のその他部門におけるエネルギー消費量とエネルギー源構成の変化

(単位：1,000toe)

国名	年	化石燃料計		電力		植物性燃料		総計	
			(%)		(%)		(%)		(%)
1.中国	1980	89,327	68.2	*5,517	4.2	36,060	27.5	130,904	100.0
	1987	125,803	71.2	*9,442	5.3	41,436	23.5	176,680	100.0
2.日本	1975	41,270	79.0	10,990	21.0	0	0.0	52,260	100.0
	1987	49,130	69.8	21,240	30.2	0	0.0	70,380	100.0
3.インド	1975	6,185	8.6	1,791	2.5	64,297	89.0	72,273	100.0
	1987	11,678	12.7	5,385	5.9	74,552	81.4	91,615	100.0
4.インドネシア	1975	3,330	12.4	390	1.4	23,172	86.2	26,892	100.0
	1987	5,228	13.9	1,748	4.6	30,762	81.5	37,738	100.0
5.韓国	1975	8,010	67.7	397	3.4	3,420	28.9	11,828	100.0
	1987	17,599	84.6	1,874	9.0	1,319	6.3	20,792	100.0
6.北朝鮮	1975	73	4.1	946	52.9	768	43.0	1,787	100.0
	1987	261	8.6	1,827	60.2	945	31.2	3,033	100.0
7.台湾	1975	1,828	75.7	587	24.3	0	0.0	2,415	100.0
	1987	3,236	62.5	1,940	37.5	0	0.0	5,176	100.0
8.タイ	1975	1,524	23.4	227	3.5	4,748	73.1	6,499	100.0
	1987	1,583	21.4	1,168	15.8	4,634	62.8	7,384	100.0
9.パキスタン	1975	1,716	31.6	309	5.7	3,407	62.7	5,432	100.0
	1987	2,623	30.0	1,335	15.3	4,785	54.7	8,742	100.0
10.フィリピン	1975	1,411	19.5	463	6.4	5,375	74.2	7,248	100.0
	1987	2,043	20.5	814	8.2	7,099	71.3	9,955	100.0
11.マレーシア	1975	357	18.1	184	9.3	1,434	72.6	1,974	100.0
	1987	618	19.4	696	21.8	1,880	58.9	3,194	100.0
12.バングラデシュ	1975	406	8.0	20	0.4	4,656	91.6	5,083	100.0
	1987	1,266	18.8	151	2.2	5,306	78.9	6,723	100.0
13.ベトナム	1975	82	1.9	163	3.8	4,057	94.3	4,302	100.0
	1987	174	3.0	353	6.1	5,255	90.9	5,782	100.0
14.香港	1975	305	44.5	341	49.7	40	5.8	687	100.0
	1987	370	24.1	1,114	72.6	51	3.3	1,535	100.0
15.シンガポール	1975	78	32.4	155	64.3	8	3.3	241	100.0
	1987	125	20.8	478	79.3	0	0.0	603	100.0
16.ネパール	1975	36	1.3	5	0.2	2,747	98.6	2,787	100.0
	1987	85	1.1	19	0.2	7,829	98.7	7,933	100.0
17.ミャンマー	1975	202	6.8	21	0.7	2,760	92.5	2,983	100.0
	1987	10	0.2	62	1.5	4,209	98.3	4,281	100.0
18.スリランカ	1975	215	15.5	38	2.7	1,140	81.8	1,394	100.0
	1987	181	11.8	119	7.8	1,235	80.4	1,536	100.0
21.ブルネイ	1975	14	33.5	9	22.2	18	44.3	41	100.0
	1987	57	49.1	41	35.4	18	15.6	116	100.0
アジア計	1975	-	-	0	-	0	-	0	-
	1987	222,068	47.9	*49,804	10.8	191,315	41.3	463,197	100.0

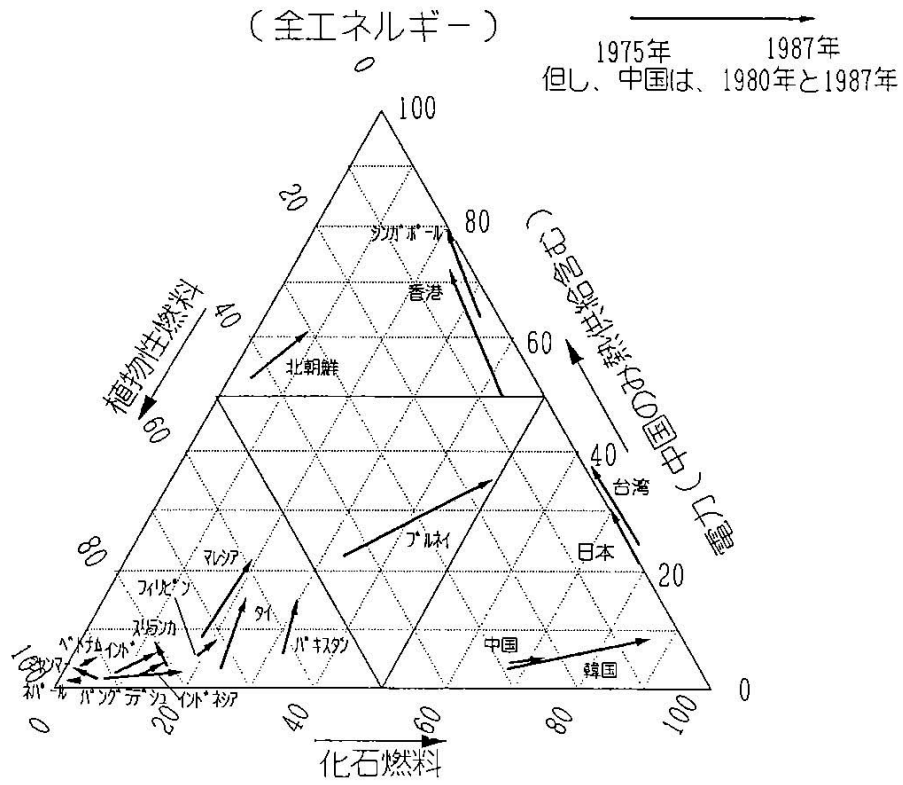
\*電力の他に熱供給含む

原データ出典) 1、「WORLD ENERGY STATISTICS AND BALANCES OECD/IEA」。

但し、日本、「ENERGY BALANCES OECD/IEA」。

2、中国の1980年以降は、「中国能源統計年鑑1989国家統計局」。

図3.3-9 アジアの国別その他部門のエネルギー源構成比の変化(%)



## (2) 化石燃料消費量とその構成の変化

さて、アジア各国のその他最終部門における化石燃料消費とその構成の変化を表 3.3-6 に示す。また、アジアの国別その他最終部門の化石燃料消費は 1.18 億 toe であるが、この内の 53.2%にあたる 1.18 億 toe が石炭消費である。石油消費は 0.91 億 toe で 40.8%に相当している。残りの 0.13 億 toe が天然ガス消費で構成比は 6.0%とそれほど大きくない。

しかしながら、このようなアジア全体のその他最終部門の化石燃料消費を特徴付けているのは、なんといても全体の 57%を占める中国のその他最終部門の化石燃料消費である。アジアの国々を個別にみると、全体の化石燃料構成とは、かなり異なっただいくつかの特徴が現れてくる。

1975 年時点では、図 3.3-10 に示すように、大半の国々のその他最終部門における化石燃料消費は、85%以上が石油消費であったとすることができる。中でも、インドネシア、タイ、フィリピン、ブルネイ、スリランカ、ミャンマー、ネパール、ベトナム、北朝鮮の各国は、1975 年時点で石油消費 100%であるが、1987 年に至ってもこの事情になんらの変更も生じていない。

残りの国々では、2回の石油危機を通じてそれぞれの国情を反映した脱石油が行なわれている。日本、台湾、香港、シンガポール、マレーシア、パキスタン、バングラデシュでは、1987 年に向かって石油に代わって天然ガスの化石燃料に占めるシェアが拡大している。特に、香港、パキスタン、バングラデシュの変化は大きい。産業部門では、インドネシア、ミャンマーでも天然ガスへの大きなシフトがみられたが、その他最終部門にまでは天然ガスシフトが波及していないようである。

すでに述べたように、アジア地域の中で最も大きなエネルギー消費のウェートを占める中国の場合には、石炭消費が中心のパターンとなっており、その他消費部門においても石炭消費の 80%以上のシェアを占めて、1980 年と 1987 年の間でそれほど構成比の変化は起こっていない。とちらかというと、石油を外貨獲得のための輸出商品都市で位置付けており、国内消費は石炭のシェアがさらに上がる方向で変化してきている。

韓国でも、その他最終部門での化石燃料消費は、1975 年時点で石炭が 85.4%と非常に高いシェアを占めてきたが、1987 年に向かって石油消費のシェアが 34.7%へと急拡大し、石炭消費は 64.6%まで低下した。インドでも、1975 年時点では石炭消費の占めるシェアが 29.6%で石油消費の占めるシェアが 69.8%であったが、1987 年には 92.8%まで石油消費が拡大してその分ほぼ石炭消費のシェアが低下した。

民生部門を中心とするその他最終部門では、化石燃料の中で石炭は最も使いにくいエネルギーである。石炭からより使いやすい石油へ、そして2回の石油危機による脱石油という動きも含めて石油から天然ガスへという変化が、その他最終部門の化石燃料構成の変化の中には現れている。

表3.3-6 アジア各国のその他部門における化石燃料消費量とエネルギー源構成に変化

(単位：1,000toe)

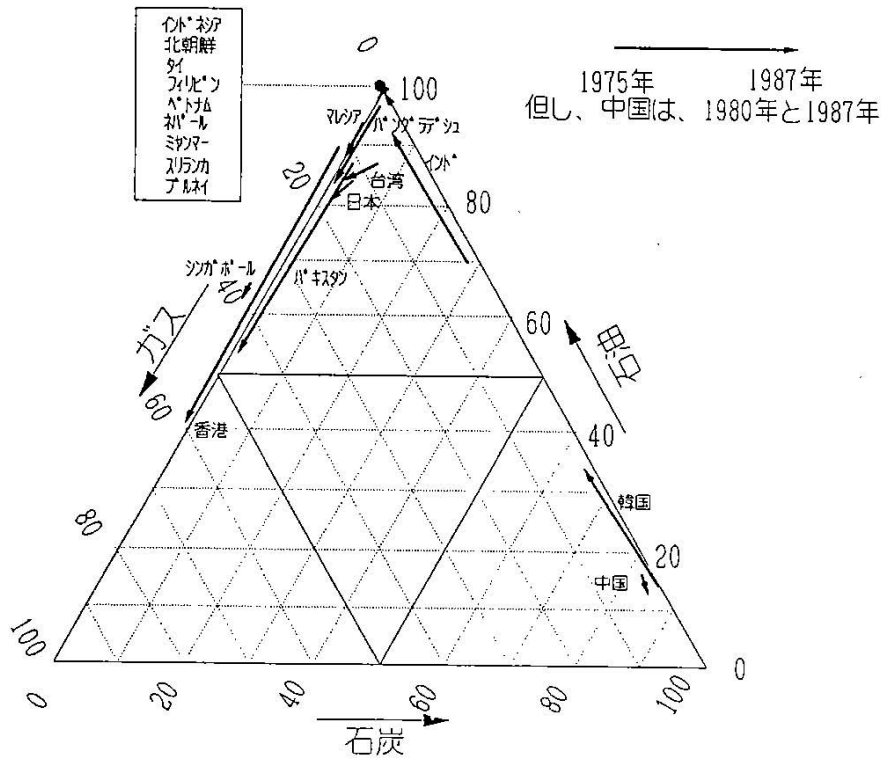
国名	年	石炭		石油		ガス		化石燃料計	
			(%)		(%)		(%)		(%)
1.中国	*1980	73,465	82.2	15,095	16.9	767	0.9	89,327	100.0
	1987	105,758	84.1	18,376	14.6	1,669	1.3	125,803	100.0
2.日本	1975	1,140	2.8	34,360	83.3	5,770	14.0	41,270	100.0
	1987	290	0.6	39,640	80.7	9,200	18.7	49,130	100.0
3.インド	1975	1,828	29.6	4,319	69.8	38	0.6	6,185	100.0
	1987	726	6.2	10,842	92.8	110	0.9	11,678	100.0
4.インドネシア	1975	0	0.0	3,330	100.0	0	0.0	3,330	100.0
	1987	0	0.0	5,206	99.6	22	0.4	5,228	100.0
5.韓国	1975	6,816	85.1	1,190	14.9	4	0.0	8,010	100.0
	1987	11,365	64.6	6,112	34.7	122	0.7	17,599	100.0
6.北朝鮮	1975	0	0.0	73	100.0	0	0.0	73	100.0
	1987	0	0.0	261	100.0	0	0.0	261	100.0
7.台湾	1975	110	6.0	1,594	87.2	124	6.8	1,828	100.0
	1987	43	1.3	2,723	84.1	470	14.5	3,236	100.0
8.タイ	1975	10	0.6	1,514	99.4	0	0.0	1,524	100.0
	1987	0	0.0	1,583	100.0	0	0.0	1,583	100.0
9.パキスタン	1975	40	2.3	1,494	87.1	182	10.6	1,716	100.0
	1987	12	0.5	1,407	53.6	1,203	45.9	2,623	100.0
10.フィリピン	1975	0	0.0	1,404	99.5	7	0.5	1,411	100.0
	1987	0	0.0	2,040	99.9	3	0.1	2,043	100.0
11.マレーシア	1975	0	0.0	334	93.8	22	6.2	357	100.0
	1987	0	0.0	546	88.3	73	11.7	618	100.0
12.バングラデシュ	1975	1	0.2	396	97.3	10	2.4	406	100.0
	1987	0	0.0	1,044	82.5	222	17.5	1,266	100.0
13.ベトナム	1975	0	0.0	82	100.0	0	0.0	82	100.0
	1987	0	0.0	174	100.0	0	0.0	174	100.0
14.香港	1975	0	0.0	273	89.5	32	10.5	305	100.0
	1987	0	0.0	151	40.8	219	59.2	370	100.0
15.シンガポール	1975	0	0.0	51	65.0	27	35.0	78	100.0
	1987	0	0.0	79	63.2	46	36.8	125	100.0
16.ネパール	1975	0	0.0	36	100.0	0	0.0	36	100.0
	1987	0	0.0	85	100.0	0	0.0	85	100.0
17.ミャンマー	1975	0	0.0	202	100.0	0	0.0	202	100.0
	1987	0	0.0	10	100.0	0	0.0	10	100.0
18.スリランカ	1975	0	0.0	215	100.0	0	0.0	215	100.0
	1987	0	0.0	181	100.0	0	0.0	181	100.0
21.ブルネイ	1975	0	0.0	14	100.0	0	0.0	14	100.0
	1987	0	0.0	57	100.0	0	0.0	57	100.0
アジア計	1975	-	-	-	-	-	-	-	-
	1987	118,194	53.2	90,515	40.8	13,359	6.0	222,068	100.0

原データ出典)1、「WORLD ENERGY STATISTICS AND BALANCES OECD/IEA」。

但し、日本、「ENERGY BALANCES OECD/IEA」。

2、中国の1980年以降は、「中国能源統計年鑑1989国家統計局」。

図3.3-10 アジアの国別その他部門の化石燃料源構成比の変化(%)



### (3) 1人当たりエネルギー消費とGDP当たりエネルギー消費の比較

その他最終部門のエネルギー消費を人口とGDPで割算して求めたアジア各国のその他最終部門に関する1人当たりエネルギー消費とGDP当たりエネルギー消費量が最も高い国は日本であるが、それに韓国、ブルネイ、ネパールの4ヶ国が続いている。その他最終部門の中心は民生部門であるが、これら4ヶ国が1人当たりのエネルギー消費に高い値を持っていることはそれぞれの民生部門の興味深い特徴を現したものである。

日本の場合には、先進国の所得水準に達しており、欧米型の生活に向かって民生部門のエネルギー消費は拡大しつつある。ただし、欧米諸国と比べれば、民生部門のGDP当たりのエネルギー消費はまだ低い。ブルネイの場合も、すでに所得水準は先進国の域に達している。日本に比べれば冬の暖房の不要な地域で生活しているわけであるが、電力を冷房用に消費して1年中の厚さを避ける生活を熱帯あるいは亜熱帯地域の人々が始めると、どのような変化が起こるかを示す典型的な例となっているとみられる。

韓国の場合には、台湾、香港、シンガポールといった他のアジアNIEsの国々よりも、民生部門の1人当たりエネルギー消費量が大きくなっているが、日本よりも北に位置するために冬の暖房用のエネルギー消費が大きいことが効いていると考えられる。ネパールの場合も、ヒマラヤ山麓に位置しているので冬の暖房用エネルギーが大量に必要であること、そしてこのエネルギーを非商業用エネルギーである植物性燃料を非効率的に大量に使用することによってまかなっていることが、原単位が大きい原因になっていると考えられる。

それ以外では、台湾、香港、シンガポール、インドネシアが 0.2toe/人台の値を示している。インドネシアの値が、アジアNIEsの国々と並ぶぐらい高い値を示しているのは興味深い。これに、マレーシア、フィリピン、中国、タイ、インド、ミャンマーの順で続いており、0.1toe/人台の値を示している。パキスタン、スリランカ、ベトナム、バングラデシュの各国は、0.07~0.091toe/人の範囲の値を示している。

輸送部門では、GDP当たりエネルギー消費に各国の差異があまりみられないという特徴が現れたが、民生部門を中心とするその他最終部門の場合には、1人当たりエネルギー消費に各国の差異があまりないという特徴があるようである。これは、所得水準に関係なく1人1人が煮炊きの食生活するためにはある程度のエネルギーがまず必要であることを示している。

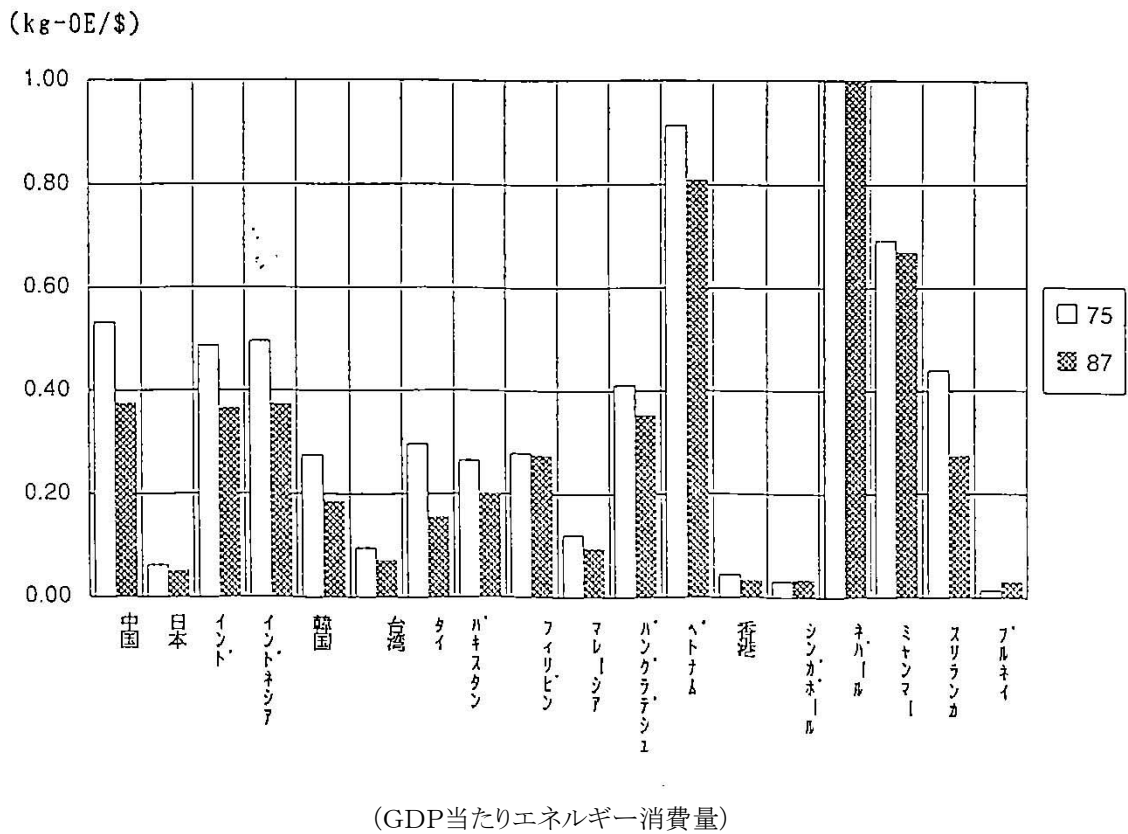
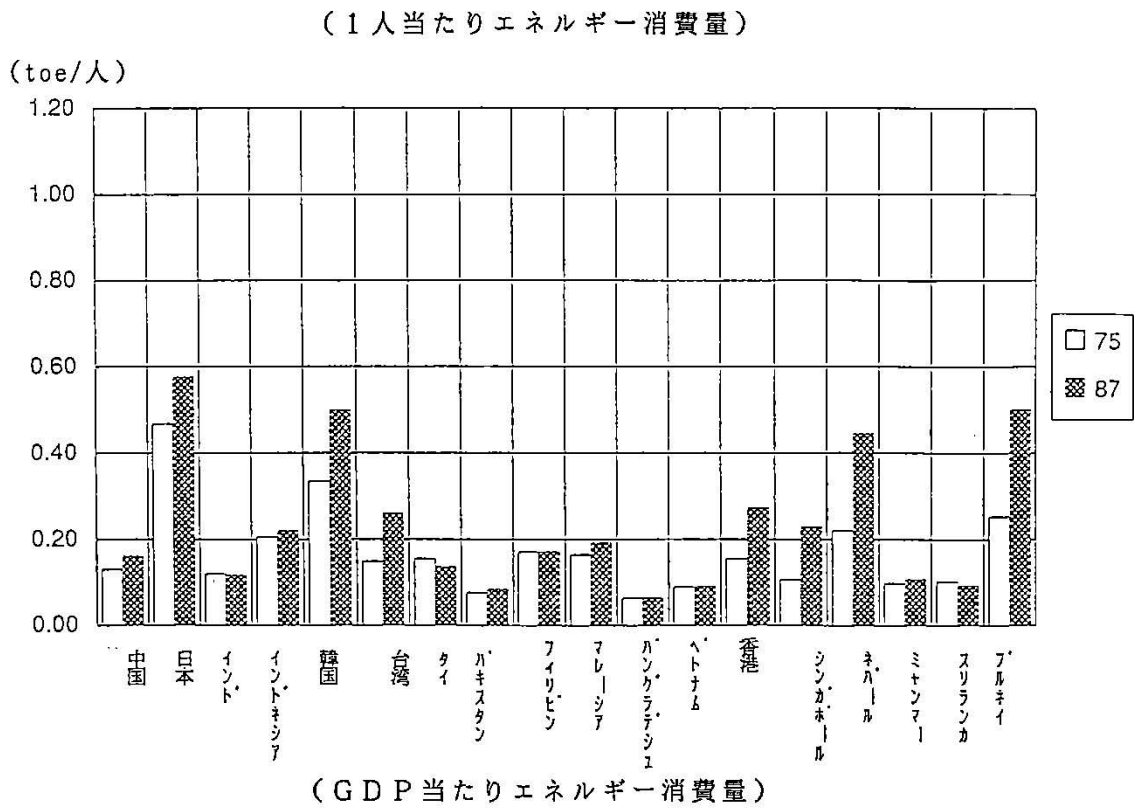
これに加えて、北の地域あるいは高所では寒さを防ぐために暖房用のエネルギーが不可欠である。それから夏の暑さを防ぐための、あるいはその他の快適な生活を送るための民生用のエネルギーが消費が位置付けられてくる。熱帯、亜熱帯の人々が1年中の夏の厚さを避けるために、冷房用のエネルギー消費を今後拡大する方向へ向かうとすれば、エネルギー消費の増大はすさまじいものとなるであろう。

次に、民生部門のGDP当たりのエネルギー消費をみてみると、ネパールが最も大きく、ベトナム、ミャンマーと続いている。これらの国々は、1987年に0.6kg-oe/\$以上の値を取っている。中国、インド、インドネシア、バングラデシュ、フィリピン、スリランカ、パキスタンがこれらに続いて、0.20~0.38kg-oe/\$の値を持っている。さらに、韓国が0.19kg-oe/\$、タイが0.16kg-oe/\$、マレーシアが0.10kg-oe/\$と続くわけであるが、韓国がこのように高い値を示しているのは興味深い。これは、すでに述べたように冬の寒さがきびしいためである。

これまでに述べてきた国々では、韓国を除くと、民生部門のエネルギー消費が効率悪く行われていることをこの結果は示している。その大きな原因は、非商業用エネルギーである植物性燃料の使用である。植物性燃料のシェアの大きいところほど、民生部門のGDP当たりエネルギー消費量が大きくなる傾向を持っている。非商業用エネルギーである植物性燃料を商業用エネルギーである化石燃料に転換すれば、エネルギー効率が良くなることは確かであるが、果たして転換を行なって化石燃料の消費を拡大することが本当によいのかどうかは難しい問題である。

非商業用エネルギーである植物性燃料をほとんど使用していない台湾、日本、シンガポール、香港、ブルネイの各国の民生部門のGDP当たりエネルギー消費量の値は、1987年に0.03~0.07kg-oe/\$と低い値になっている。

図3.3-11 その他最終部門における1人当たりエネルギー消費とGDP当たりエネルギー消費の変化  
(1人当たりエネルギー消費量)



### 3.3.6、発電部門のエネルギー消費構成の変化

#### (1) 最終エネルギー消費量とエネルギー源構成の変化

アジア各国の発電部門における投入エネルギー消費とエネルギー源構成の変化を表 3.3-7 にまとめる。また、アジアの国別発電部門のエネルギー源構成比の変化を図 3.3-12 に示す。1987 年におけるアジア地域全体の発電部門の投入エネルギー消費は 4.54 億 toe であるが、この内の 70.8%にあたる 3.21 億 toe が化石燃料消費である。原子力発電は 0.59 億 toe で 13.1%に相当している。残りの 0.73 億 toe が水力発電その他で構成比は 16.1%である。

アジア地域全体における発電部門の投入エネルギーは、平均年率 3.1%で伸びているが、その中で化石燃料消費の伸びは平均年率 2.7%、水力発電他の伸びは平均年率 1.8%で、全体の伸びよりも低くなっている。これに対して原子力発電は平均年率 8.0%で伸びており、構成費の変化に最も大きく寄与したといえることができる。

構成比に最も大きな変化を与えた原子力発電について個別の国々の動きをみてみると、まず、現在原子力発電能力をアジア地域で保有している国は、日本、韓国、台湾、インド、パキスタンの5ヶ国である。この内、1975 年から 1987 年にかけて急速に原子力を拡大したのは、日本、韓国、台湾の3ヶ国で、絶対量の点では日本の寄与が圧倒的に大きいといえる。中国は現在原子力発電所を建設中であり、インドネシアやタイなども原子力発電の導入を今後考えて行く方向性を持っている。アジアの開発途上地域のエネルギー問題あるいは環境問題に、原子力発電が今後どの様な役割を果たしていくことになるのかと言う点は1つの大きな論点となっている。

水力発電の開発は、中国、インド、インドネシア、北朝鮮、パキスタン、フィリピンなどで進められてきているが、伸び率は原子力発電の導入に比べれば低く、各国の発電エネルギー全体の伸びに対しても追いついていないところが多い。アジアの開発途上地域では水力発電も重要なエネルギーの供給源の1つとして位置付けられるが、水力発電の開発に伴う自然環境への影響を十分に評価しながら今後は開発を進めていくことが非常に重要になってきている。

図 3.3-12 に示す発電部門のエネルギー源構成の変化をみると、日本、韓国、台湾の3ヶ国は、原子力発電の拡大に伴う特異のシェア変化を示している。中国、インドネシア、パキスタン、フィリピン、マレーシア、ベトナム、ネパールの各国は、水力発電の拡大により、程度の差はあるものの、発電部門における化石燃料の投入シェアが減少する方向の変化を示している。それ以外の国々は、化石燃料のシェアが拡大する方向である。

いくつか特殊な国々を除けば、発電部門における化石燃料のシェアがほぼ 60%以上と重要な位置付けを占めていることがわかる。以下では、アジア各国の化石燃料消費量の特徴とその構成の変化を発電部門について検討する。



表3.3-7 アジア各国の発電部門におけるエネルギー消費量とエネルギー源構成の変化

(単位：1,000toe)

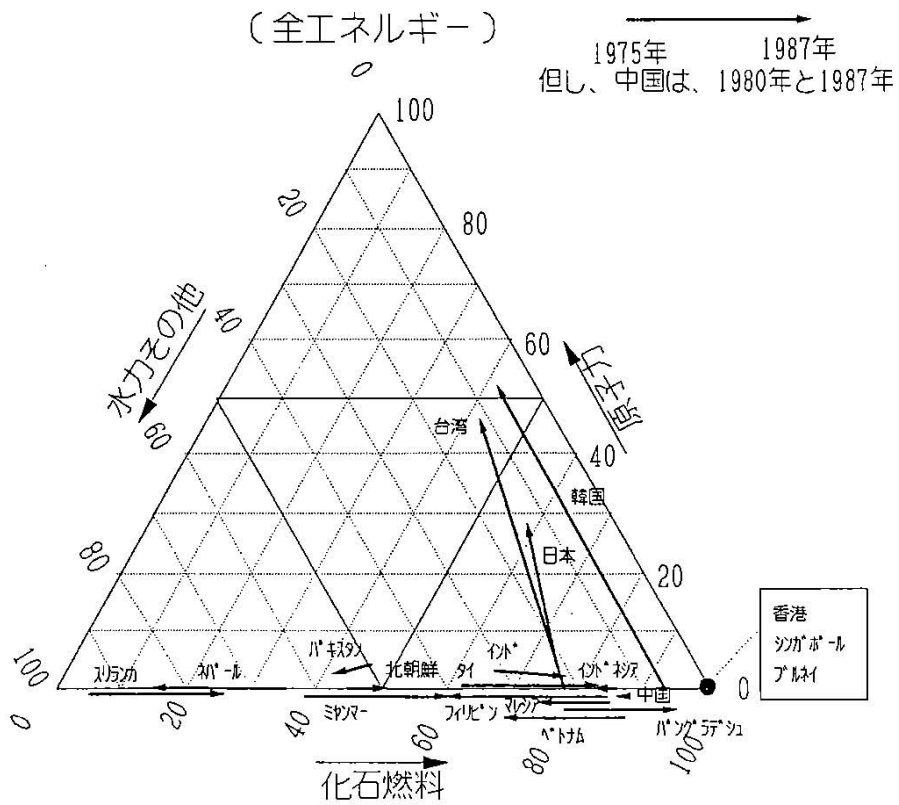
国名	年	化石燃料計		原子力		水力		総計	
			(%)		(%)		(%)		(%)
1.中国	1975	84,483	86.7	0	11.3	13,007	13.3	97,490	100.0
	1987	127,672	85.1	0	12.7	22,348	14.9	150,020	100.0
2.日本	1975	80,770	74.8	6,160	5.7	21,070	19.5	108,000	100.0
	1987	86,800	59.0	41,940	28.5	18,350	12.5	147,090	100.0
3.インド	1975	16,218	66.9	587	2.4	7,441	30.7	24,246	100.0
	1987	46,868	79.5	1,188	2.0	10,930	18.5	58,986	100.0
4.インドネシア	1975	2,603	86.2	0	0.0	417	13.8	3,019	100.0
	1987	7,704	81.3	0	0.0	1,767	18.7	9,471	100.0
5.韓国	1975	4,780	92.7	0	0.0	376	7.3	5,156	100.0
	1987	7,112	41.6	8,782	51.4	1,194	7.0	17,088	100.0
6.北朝鮮	1975	2,991	44.8	0	0.0	3,686	55.2	6,676	100.0
	1987	6,611	50.3	0	0.0	6,523	49.7	13,134	100.0
7.台湾	1975	4,227	78.2	0	0.0	1,175	21.8	5,402	100.0
	1987	6,643	42.5	7,384	47.2	1,606	10.3	15,633	100.0
8.タイ	1975	1,235	61.9	0	0.0	759	38.1	1,994	100.0
	1987	5,530	85.9	0	0.0	910	14.1	6,441	100.0
9.パキスタン	1975	1,422	45.9	136	4.4	1,540	49.7	3,099	100.0
	1987	3,491	40.8	136	1.6	4,927	57.6	8,554	100.0
10.フィリピン	1975	2,695	84.2	0	0.0	508	15.8	3,202	100.0
	1987	3,416	60.1	0	0.0	2,268	39.9	5,684	100.0
11.マレーシア	1975	1,160	83.8	0	0.0	225	16.2	1,385	100.0
	1987	3,007	73.2	0	0.0	1,099	26.8	4,106	100.0
12.バングラデシュ	1975	328	77.1	0	0.0	97	22.9	426	100.0
	1987	1,555	93.1	0	0.0	116	6.9	1,671	100.0
13.ベトナム	1975	592	84.1	0	0.0	112	15.9	704	100.0
	1987	984	68.8	0	0.0	447	31.2	1,431	100.0
14.香港	1975	1,708	100.0	0	0.0	0	0.0	1,708	100.0
	1987	5,260	100.0	0	0.0	0	0.0	5,260	100.0
15.シンガポール	1975	1,054	100.0	0	0.0	0	0.0	1,054	100.0
	1987	2,483	100.0	0	0.0	0	0.0	2,483	100.0
16.ネパール	1975	9	35.6	0	0.0	17	64.4	26	100.0
	1987	21	15.3	0	0.0	114	84.7	135	100.0
17.ミャンマー	1975	82	39.3	0	0.0	127	60.7	209	100.0
	1987	348	60.3	0	0.0	229	39.7	576	100.0
18.スリランカ	1975	14	5.2	0	0.0	246	94.8	260	100.0
	1987	161	24.9	0	0.0	486	75.1	648	100.0
21.ブルネイ	1975	69	100.0	0	0.0	0	0.0	69	100.0
	1987	391	100.0	0	0.0	0	0.0	391	100.0
アジア計	1975	234,336	74.1	23,542	7.4	58,434	18.5	316,312	100.0
	1987	321,308	70.8	59,431	16.0	73,312	16.1	454,051	100.0

原データ出典) 1、「WORLD ENERGY STATISTICS AND BALANCES OECD/IEA」。

但し、日本、「ENERGY BALANCES OECD/IEA」。

2、中国の1980年以降は、「中国能源統計年鑑1989国家統計局」。

図3.3-12 アジアの国別発電部門のエネルギー源構成比の変化(%)



## (2) 化石燃料消費量とその構成の変化

アジア各国の発電部門における投入化石燃料消費その構成の変化を表 3.3-8 に示す。また、アジアの国別発電部門の化石燃料構成の変化を図 3.3-13 に示す。1987 年におけるアジア地域全体の発電部門の化石燃料消費は 3.21 億 toe であるが、この内の 63%にあたる 2.03 億 toe が石炭消費である。石油消費は 0.76 億 toe で、23.7%に相当している。残りの 0.42 億 toe が天然ガス消費で構成比は 13%である。

発電部門の化石燃料消費全体は、1975～1987 年で平均年率 2.7%で拡大しているが、石油消費は平均年率 3.3%で著しく減退している。石油消費の減退に対して、石炭消費が平均年率 5.9%で、天然ガス消費が平均年率 6.7%で拡大している。

図 3.3-13 に示すように、シンガポール、スリランカ、ネパールの3ヶ国は石油消費 100%、北朝鮮、ベトナムの2ヶ国は石炭消費 100%を 1975～1987 年の期間保ってきた国である。パキスタンとブルネイは、発電部門における天然ガス消費のシェアがもともと高い国であるが、それぞれの事情で石油のシェアが拡大している。特にパキスタンの場合には、天然ガスの全般的な需要の拡大に対して、天然ガス供給のインフラ整備が間に合わなかったために、発電部門が重油消費に切り替えざるを得なかったという事情がある。残りの国々は、2回の石油危機を通じてそれぞれの国情を反映した脱石油が行なわれている。マレーシア、インドネシア、ミャンマー、バングラデシュの4ヶ国は、産業部門と同様に 1987 年に向かって天然ガスの化石燃料に占めるシェアが急速に拡大している。産業部門の場合には石炭のシェアの拡大が中心となった日本、タイでも、発電部門に関しては著しい天然ガス消費のシェア拡大がみられる。

韓国の場合、天然ガスへの転換もみられるが、石炭への転換が中心となっており、香港、台湾、フィリピンの3ヶ国でも石炭の化石燃料に占めるシェアが拡大している。中国、インドに関しては、石炭転換によるシェアの増大はそれほど大きくないが、絶対量でみると石炭消費量の増大は著しいものがあり、このことによるアジア計への影響はすごぶる大きい。

今後アジアの各国の発電部門で、天然ガス指向の構成変化が進むのか、石炭指向の構成変化が進むのかは、エネルギー政策、環境政策といったいろいろな面できわめて重要な鍵を握る要素となっている。

表3.3-8 アジア各国の発電部門における化石燃料消費量とエネルギー源構成の変化

(単位：1,000toe)

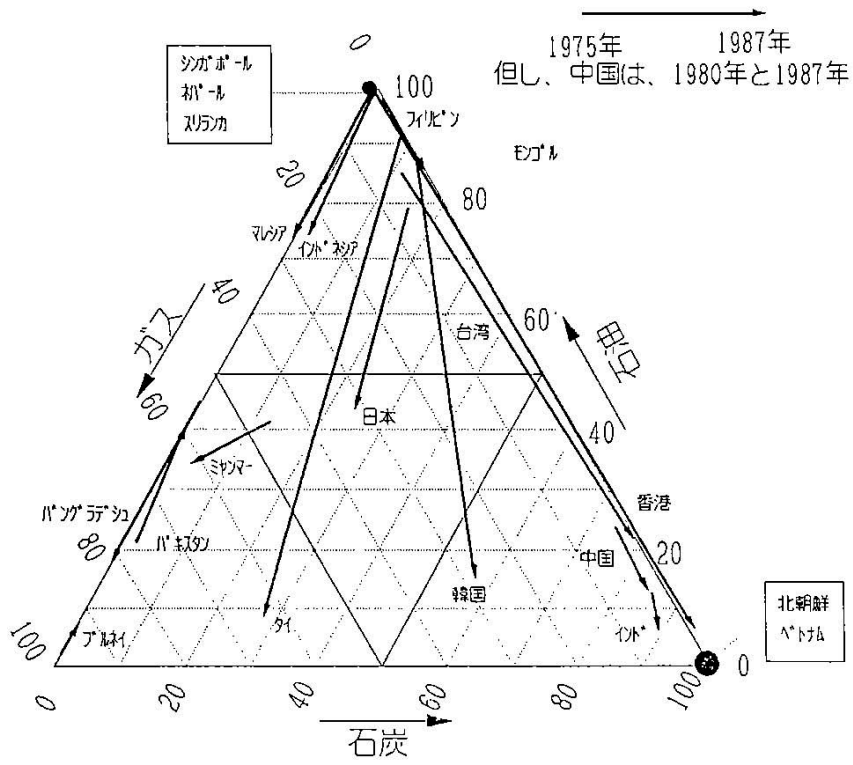
国名	年	石炭		石油		ガス		化石燃料計	
			(%)		(%)		(%)		(%)
1.中国	1975	63,243	74.9	20,669	24.5	571	0.7	84,483	100.0
	1987	108,887	85.3	16,616	13.0	2,169	1.7	127,672	100.0
2.日本	1975	12,410	15.4	63,840	79.0	4,520	5.6	80,770	100.0
	1987	21,390	24.6	38,340	44.2	27,070	31.2	86,800	100.0
3.インド	1975	13,909	85.8	2,006	12.4	303	1.9	16,218	100.0
	1987	42,053	89.7	2,560	5.5	2,255	4.8	46,868	100.0
4.インドネシア	1975	0	0.0	2,603	100.0	0	0.0	2,603	100.0
	1987	1,876	24.3	5,731	74.4	97	1.3	7,704	100.0
5.韓国	1975	513	10.7	4,267	89.3	0	0.0	4,780	100.0
	1987	4,063	57.1	1,092	15.3	1,958	27.5	7,112	100.0
6.北朝鮮	1975	2,991	100.0	0	0.0	0	0.0	2,991	100.0
	1987	6,611	100.0	0	0.0	0	0.0	6,611	100.0
7.台湾	1975	431	102.0	3,632	85.9	163	3.9	4,227	100.0
	1987	5,250	79.0	1,393	21.0	0	0.0	6,643	100.0
8.タイ	1975	100	8.1	1,135	91.9	0	0.0	1,235	100.0
	1987	1,546	28.0	545	9.9	3,439	62.2	5,530	100.0
9.パキスタン	1975	23	1.6	302	21.2	1,098	77.2	1,422	100.0
	1987	12	0.3	1,409	40.4	2,070	59.3	3,491	100.0
10.フィリピン	1975	53	2.0	2,642	98.0	0	0.0	2,695	100.0
	1987	536	15.7	2,880	84.3	0	0.0	3,416	100.0
11.マレーシア	1975	0	0.0	1,160	100.0	0	0.0	1,160	100.0
	1987	0	0.0	2,205	73.3	802	26.7	3,007	100.0
12.バングラデシュ	1975	0	0.0	148	45.0	180	55.0	328	100.0
	1987	0	0.0	289	18.6	1,266	81.4	1,555	100.0
13.ベトナム	1975	592	100.0	0	0.0	0	0.0	592	100.0
	1987	984	100.0	0	0.0	0	0.0	984	100.0
14.香港	1975	0	0.0	1,708	100.0	0	0.0	1,708	100.0
	1987	4,924	93.6	336	6.4	0	0.0	5,260	100.0
15.シンガポール	1975	0	0.0	1,054	100.0	0	0.0	1,054	100.0
	1987	0	0.0	2,483	100.0	0	0.0	2,483	100.0
16.ネパール	1975	0	0.0	9	100.0	0	0.0	9	100.0
	1987	0	0.0	21	100.0	0	0.0	21	100.0
17.ミャンマー	1975	11	12.8	33	40.6	38	46.7	82	100.0
	1987	12	3.5	119	34.3	216	62.1	348	100.0
18.スリランカ	1975	0	0.0	14	100.0	0	0.0	14	100.0
	1987	0	0.0	161	100.0	0	0.0	161	100.0
21.ブルネイ	1975	0	0.0	1	1.5	68	98.5	69	100.0
	1987	0	0.0	31	7.9	360	92.1	391	100.0
アジア計	1975	101,762	43.4	113,374	48.4	19,200	8.2	234,336	100.0
	1987	203,394	63.3	76,212	23.7	41,702	13.0	321,308	100.0

原データ出典)1、「WORLD ENERGY STATISTICS AND BALANCES OECD/IEA」。

但し、日本は「ENERGY BALANCES OECD/IEA」。

2、中国の1980年以降は、「中国能源統計年鑑1989国家統計局」。

図3.3-13 アジアの国別発電部門の化石燃料源構成比の変化(%)



### (3) 発電効率と送電ロス率

発電部門のエネルギー消費が効率よく行なわれているかどうかを判断する指標として、発電効率と総合ロス率の2つを挙げるができる。総合ロス率は、さらに発電部門の自家消費率と送配電ロス率に分けて考えることができる。図 3.3-14 にアジア各国における発電効率の変化を示す。

1987 年の発電効率が最も高いのは、日本で 44.5%である。発電部門の投入エネルギーが真発熱量で評価されているため、日本で一般的にしようされている総発熱量の発電効率よりは高目の値となっている。1975 年の 38.8%から 1987 年の 44.5%まで大きな変化が生じているが、これはIEAの統計の収集方法に起因するものである。日本の国内統計によると、1970 年以降発電効率は1%前後の変化しかなくほぼ安定している。今回の研究では、共通してIEAのエネルギー・バランス表を使用することとしたので、そのまま図に示した。

日本に続いて、シンガポール、香港、台湾、韓国といったアジアNIEsの国々が 35%以上の発電効率で並んでいる。タイの 1987 年の発電効率が 39.5%と高いのは、同国の発電の主力が褐炭であることを考えると奇異であり、統計上の問題があると考えられる。韓国の発電効率が、マレーシアと同程度あるいは幾分低くなっているのは、韓国の発電における石炭火力のウェイトが高いためと考えられる。

このあとには、中国、ミャンマー、フィリピン、インド、インドネシアの各国が、発電効率 30~33%の範囲で続いている。さらに、パキスタン、スリランカ、ベトナム、バングラデシュ、ブルネイ、ネパールといった国々では発電効率が 30%以下と低くなっている。

北の先進国、アジアNIEs、アセアン諸国、南の低開発途上国といった順番で発電効率は低下している。日本の 1987 年の 44.5%という発電効率と比較すると、これらの国々で古い既設火力発電システムを最新式の高効率の発電システムに置き換えることによるエネルギー効率改善の効果は大きい。新規設備の導入において、高効率の発電システムを用いて行くだけでも大きな効果を期待することができる。

アジア各国における発電部門の総合ロス率の変化を図 3.3-15 に示す。すでに述べたように、総合ロス率は発電部門の自家消費率と送配電ロス率を合わせたものである。本来は、両者を分けて分析するのが望ましいのであるが、IEAのエネルギーバランス表では、これらを分離できずに一緒に径嬢している国々が複数存在するので、ここでは総合ロス率の比較という形で検討を加える。

総合ロス率が最も低いのは日本で、1987 年の値は 10.4%である。発電効率と違って、この面では日本の国内統計との間に大きな不整合は存在しない。日本に続いて、シンガポール、香港、中国、タイ、韓国、台湾が 11~15%の比較的良好的な総合ロス率の値を持っている。中国における長距離送配電の必要性やタイの技術水準を考えると、これら2国の総合ロス率には統計上の問題が存在することが考えられる。それ以外の国々は、アジアNIEsに所属している国々であるので、このような総合ロス率を持っていることは妥当である。

これらの国々に続いて、マレーシア、スリランカ、フィリピンが 15~20%台の総合ロス率を、インドネシア、ベトナム、インド、パキスタンの各国が 20~25%台の総合ロス率の値を 1987 年に示している。ミャンマー、ネパール、バングラデシュの3国の総合ロス率は 25%以上と著しく大きい。

北の先進国、アジアNIEs、アセアン諸国、南の低開発途上国というふうに発電効率と同様の順番で、総合ロス率の値は大きくなっている。総合ロス率の中で、特に大きな値となっているのは、送配電ロス率の値である。南の国々で、送配電ロスが悪化する最も大きな原因は、盗電の横行である。盗電そのものは、最終部門におけるエネルギー消費が過小評価されているという結果につながるだけであるが、盗電の部分を除いたとしても、例えば日本と比べれば自家消費率は大きく、送配電ロス率も高い状態にあるといえることができる。

発電部門において、発電効率、自家消費率、盗電以外の送配電ロス率を改善できる可能性は、北から南の国へいけばいくほど大きくなり、エネルギー効率改善の重要な分野の1つとして位置付けることができると考えられる。

図3.3-14 アジア各国における発電効率の変化

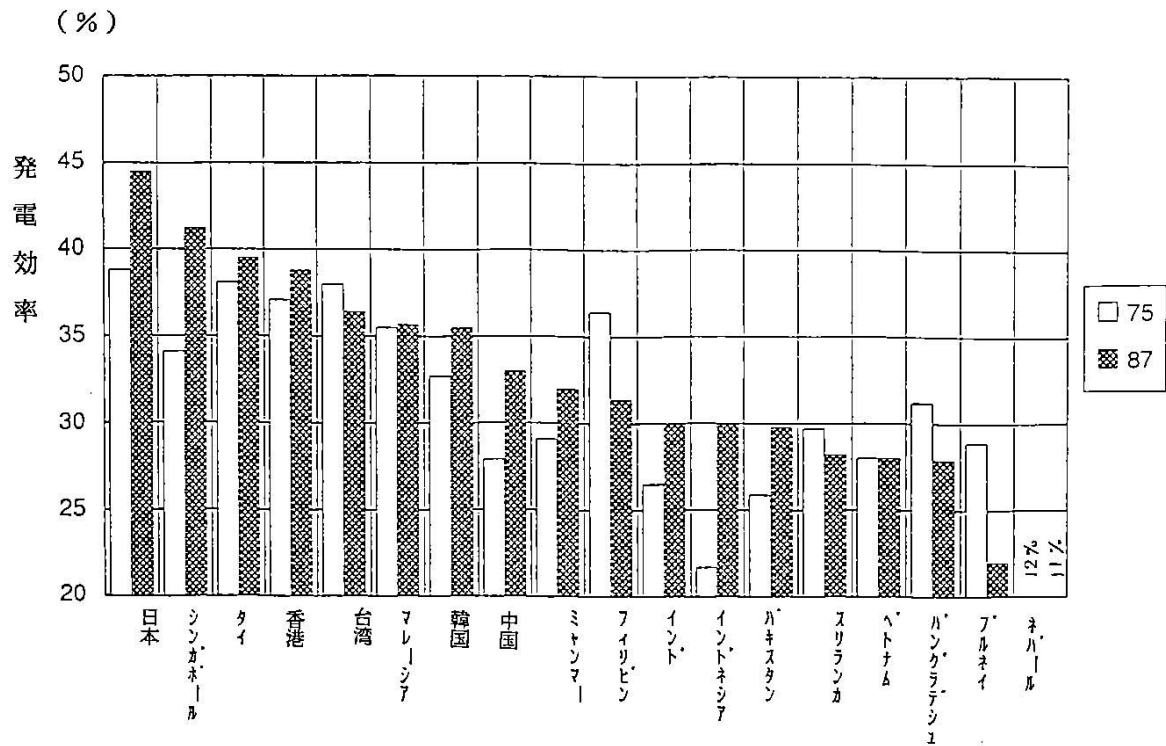
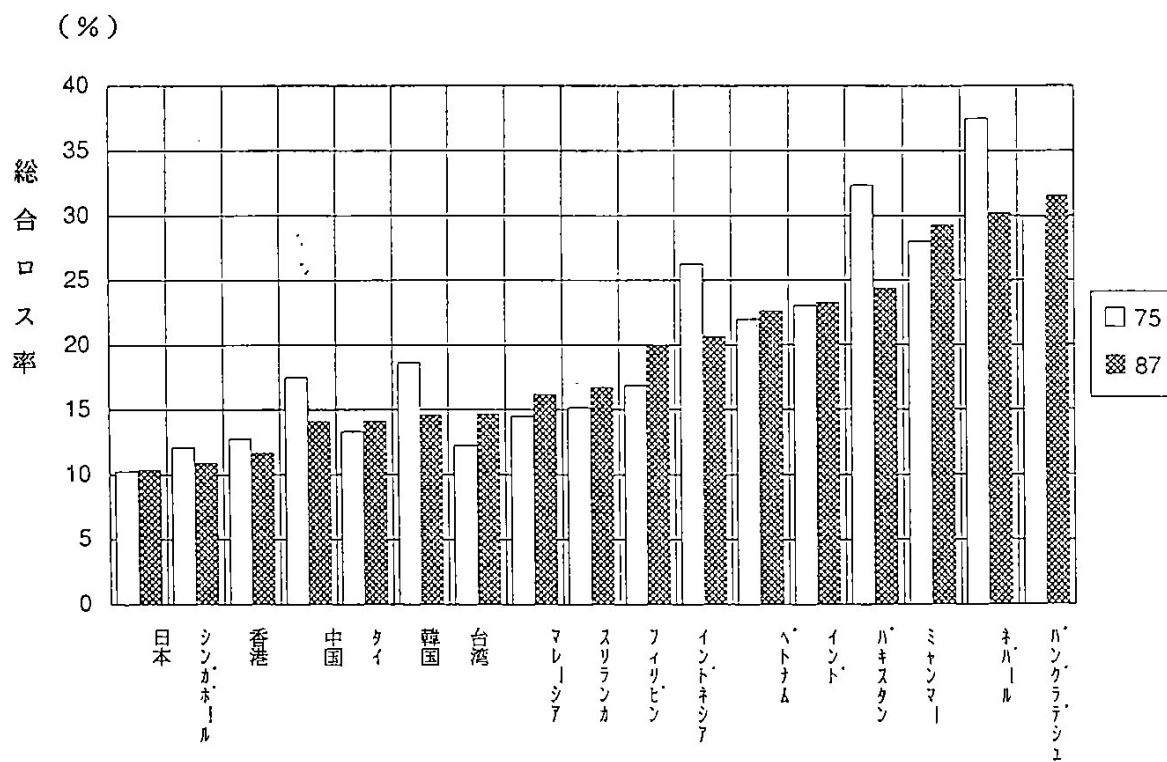


図3.3-15 アジア各国における発電部門の総合ロス率の変化(1975年と1987年)を示すものである。





#### 4. アジア地域の大气汚染とその対策の現状

##### 4. 1, 大气汚染の現状

アジア 25 ヶ国のうち 13 ヶ国の大气汚染の現状についてその概要を表 4.1-1 に示した。なお、他の国については、資料の入手が出来ず実態は分からないものの、工業化の進展等からみて現状ではまだ大气汚染は大きな問題になっていないと推定される。

アジア地域では、<1>都市部、特に大都市における大气汚染が進行している。また、<2>工業化に伴う工業地帯の大气汚染も一部において生じており顕在化しつつある。

アジア各国の都市部の大气汚染は、複雑であるが原因を大別すると、<1>冬季の暖房を要する中国北部(東北、華北地方)、韓国等、<2>暖房は要せず未整備自動車の急増によるシンガポールの除く東南アジア各国、インド、パキスタン等があげられる。また、<3>産業の活性化に伴う都市部の工業地域をかかえることに加え、自動車の急増による韓国、台湾、香港、シンガポール等のアジアNIES地域があげられる他に<4>NO<sub>x</sub>の排ガス規制が実施されているものの自動車の急増による大气汚染の日本があげられる。

大气環境濃度の測定値については限られた都市であるが、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>についてその実態を次に示した。

##### (1) SO<sub>2</sub>濃度

図 4.1-1 は、UNEP・WHOが世界主要都市の年平均SO<sub>2</sub>濃度(1980～'84年)を示したものであるが、世界の 54 都市のうちアジア地域の都市が 14 都市が含まれている。SO<sub>2</sub>濃度の年平均値の 1980～'84年の5ヶ年の平均が、WHOのガイドライン(40～60 μg/m<sup>3</sup>)の 40 μg/m<sup>3</sup>を超える都市は、大きい順に瀋陽、ソウル、西安、北京、マニラ、広州、カルカッタ、上海、香港、ニューデリーとなっており、これを下回っている都市が東京、大阪、ボンベイ、バンコク(郊外の測定局のため小さいと考えられる)、となっている。特に、中国国内の都市及び韓国のソウルでSO<sub>2</sub>による大气汚染が深刻な状況にある。

これらの都市のうち、SO<sub>2</sub>濃度の経年変化(WHOデータ)について、図 4.1-3(市の中心部の住居又は商業地域の単独の測定局について示したものであり、図 4.1-1 の測定局とは必ずしも一致しない。なおバンコクについては郊外の測定局である)に示した。中国の都市については、1981年以降のデータしかなく、経年変化について十分な読み取りが出来ないものの、1981年以降に着目した場合ソウル、北京、瀋陽、西安、広州では 100 μg/m<sup>3</sup>以上とWHOのガイドライン 40～60 μg/m<sup>3</sup>を大きく上回っている。また、上海、ニューデリー、カルカッタ、マニラにおいては 100 μg/m<sup>3</sup>以下であるがガイドラインを上回っており、ボンベイ、東京、大阪、バンコクではガイドラインを下回って推移している。広州、上海、北京、ニューデリー、バンコクでは増加傾向にあり、特に広州、上海、ニューデリーではその増加が著しく、広州、上海は中国沿岸部の開放政策による産業活動の活発化によるものと推定される。一方、ソウルでは、1980年に 269 μg/m<sup>3</sup>をピークとしてその後、減少傾向にあり燃料の低硫黄化対策の効果のためと考えられる。また、カルカッタ、東京、大阪でも減少しつつあるが、東京、大阪は環境対策の効果である。

また、上記以外に含まれない国として、表 4.1-1 に示すように台湾では、SO<sub>2</sub>の環境基準を超える測定局の箇所数は3割があげられており、近年の年平均値は、香港では 53 μg/m<sup>3</sup>、シンガポールでは 20 μg/m<sup>3</sup>となっている。

表4.1-1 アジア各国の大気汚染とその対策の現状

国名	大気汚染の現況	大気汚染対策の現況
中国	<p>ばいじんとSO<sub>2</sub>の大気汚染が都市部を中心に進行している。特に北部の都市は南部の都市より進行しており暖房シーズンのそれは顕著である。また、西南、中南、華南地域では酸性雨の出現頻度が高く、特に貴州省、四川省では深刻な問題となっている。</p>	<p>ばいじんについては集じん機の設置で汚染対策の見直しがついてきたとされている。また、原炭の洗炭を普及させるとともに、都市部においては、火力発電所からの熱供給により、暖房による都市部の汚染を低下させる一環としてSO<sub>x</sub>対策が行われつつある。</p> <p>なお、エネルギー消費構造上今後とも、石炭へ大きく依存することは変わらずSO<sub>x</sub>対策は深刻なものとなっている。(SO<sub>x</sub>排出基準)</p>
日本	<p>SO<sub>2</sub>の環境濃度は1967年の0.059ppm(全国15局年平均)をピークとし年々低下し続け1987年には0.010ppmとなり、環境基準0.04ppmを全国1603ヶ所のうち99.6%で満足という良好な状況にある。</p> <p>これに対してNO<sub>2</sub>も環境濃度は、1970年以降1978年頃まで増加傾向を示し、その後、横ばい、または減少傾向を示したが、1986年以降増加に転じている。1987年には、一般環境測定15局の年平均で0.028ppm、自動車排ガス測定22局の年平均で0.041ppmとなっており環境基準0.06ppmを超える測定局が、一般環境測定局1324ヶ所のうち0.6%、自動車排ガス測定局289ヶ所のうち37.4%となっており特に都市部の自動車によるNoxの排出が深刻な問題となっている。</p>	<p>SO<sub>x</sub>については、施設単位の排出基準と高汚染地域については総量規制によって対処。そのため、燃料の低硫黄化(特に重油)、排煙脱硫装置の設置が図られ1967年頃に比べ大幅に改善された。排煙脱硫装置は1970年頃から設置され1987年には1,846基が設置されている。</p> <p>NO<sub>x</sub>については、全国一律排出規制と特に高汚染地域については総量規制で対処。固定発生源に対する対策は、二段燃焼法、低NO<sub>x</sub>バーナー、排煙脱硫装置で行ってきた。排煙脱硫装置は、1972年頃から設置され1987年には348基があり、現在も増加中である。自動車からのNO<sub>x</sub>の排出は逐次規制強化されてきたものの、対策が交通量の増加に対応しきれず、自動車の個別対策はもとより、交通管理、道路構造を含めた総合不軌な対策が必要とされている。</p> <p>(SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>排出基準、自動車NO<sub>x</sub>排ガス規制)</p>
インド	<p>大気汚染は、大都市、工場地帯を中心に局部的に深刻な問題となっており、特に工場地帯では、鉄鋼、石油コンビナート等の影響によると考えられているタージマーハル等への影響があげられている。</p> <p>67の発電所のうち大気環境基準を満している発電所は7ヶ所という報告もある。</p> <p>また、都市部では、整備不良車による大気汚染が大きく影響している。</p>	<p>集じん機の設置</p>

インドネシア	自動車排ガスによる都市部の大気汚染が問題となっており、固定発生源については問題になっていない。	新設工場については必要により集じん装置を設置する行政指導。
韓国	SO <sub>2</sub> による大気汚染が深刻であったが1980年以降対策が図られて改善されてきているもののソウル等では環境基準を超えている。NO <sub>2</sub> は環境基準以下である。	1980年以降燃料の低硫黄化、ガスへの燃料転換が図られてきた。 鉄鋼業に低いNO <sub>x</sub> バーナーが導入されつつある。 (SO <sub>x</sub> 、NO <sub>x</sub> 排出基準、自動車NO <sub>x</sub> 排ガス規制(1987.7))
台湾	台北市を中心とした地域、工業地帯を抱えた地域では大気汚染が進行しており、測定局の環境基準を超える箇所数は、SO <sub>2</sub> で約3割、NO <sub>2</sub> で約2割となっている。	燃料の低硫黄化を図っているものの、排出基準を満足する事業所は1%に満たないともいわれている。 (SO <sub>x</sub> 、NO <sub>x</sub> 排出規制)
タイ	汚染源の大部分は自動車であり、整備不良の中古車が多いことから、不完全燃焼ガスによる大都市内の大気汚染が深刻化している。	集じん機の設置 (SO <sub>x</sub> 、NO <sub>x</sub> 排出規制ガイドライン)
パキスタン	火力発電所、未整備の自動車等が大気汚染源としてあげられている。	特になし。
フィリピン	自動車の排ガスによる大気汚染がマニラの首都圏のみならず地方中核都市においてもみられる。マニラのSO <sub>2</sub> 濃度は1981年が65 μg/m <sup>3</sup> 、1982年が54 μg/m <sup>3</sup> でありWHOのガイドライン40~60 μg/m <sup>3</sup> を1981年には超えている。	(SO <sub>x</sub> 、NO <sub>x</sub> 排出規制)
マレーシア	自動車、発電所、セメント工場、すず精錬工場の排出ガスによる大気汚染があげられている。	(SO <sub>x</sub> 、排出規制) (自動車の鉛、炭化水素排出規制)

香港	<p>SO<sub>2</sub>濃度は減少傾向にあるが、Kwun Tongでは年平均値は53 μg/m<sup>3</sup>で基準値80 μg/m<sup>3</sup>を下回っているものの、日平均基準値350 μg/m<sup>3</sup>を1985、'86年の2年間で9回超えた。</p> <p>NO<sub>x</sub>濃度は増加傾向にあり、Kwun Tongでは、1986年には基準の年平均値80 μg/m<sup>3</sup>を2倍近く上回っており、1985、86年の2年間で141回超えている。</p>	大気汚染規制条例による事前許可制。
シンガポール	<p>SO<sub>2</sub>濃度減少傾向にあり1980年に35 μg/m<sup>3</sup>であったものが1985年には20 μg/m<sup>3</sup>となっている。</p> <p>また、NO<sub>2</sub>濃度は1980年には35 μg/m<sup>3</sup>であったものが81年～85年には50 μg/m<sup>3</sup>で横ばいとなっている。</p> <p>大気汚染源としては自動車、発電所、製油所等があげられている。</p>	着地濃度に対応した高煙突化（SO <sub>x</sub> 、NO <sub>x</sub> 排出規制）（自動車の可視水蒸気、煙の排出規制（1974））
ネパール	<p>乾季にほこりや、排気ガスによりカトマンズが霞んでしまう等の状況から交通による大気汚染は進行しているものと考えられている。</p>	特になし。

<参考資料>

- ① 現地におけるヒヤリング；中国、インド、タイ、韓国
- ② 「開発途上国における公害防止技術のニーズ発掘と将来動向調査研究報告書（社）日本機工業連合会（社）日本産業機械工業会」昭和61年、63年；インドネシア、タイ、マレーシア、フィリピン、インド、シンガポール、韓国、中国、香港
- ③ [連載 アジア太平洋地域の開発途上国の環境 田中菜穂子 公害と対策 Vol.26 No.7（1990）～Vol.27 No.7（1991）]；ネパール、インド、パキスタン、フィリピン、マレーシア、シンガポール
- ④ [韓国・台湾産業調査団報告書－環境問題を中心として－1989.6（社）大阪工業会]；韓国、台湾
- ⑤ [中国における酸性雨の現状と対策についての研究 菱田一雄 東京都環境保全局行政3誌 1985]；中国
- ⑥ [平成3年 環境白書 環境庁]；日本

図4.1-1 世界主要都市の年平均SO<sub>2</sub>濃度(1980-84)

出典) [ASSESSMENT OF URBAN AIR QUALITY  
(INFP WHO)]

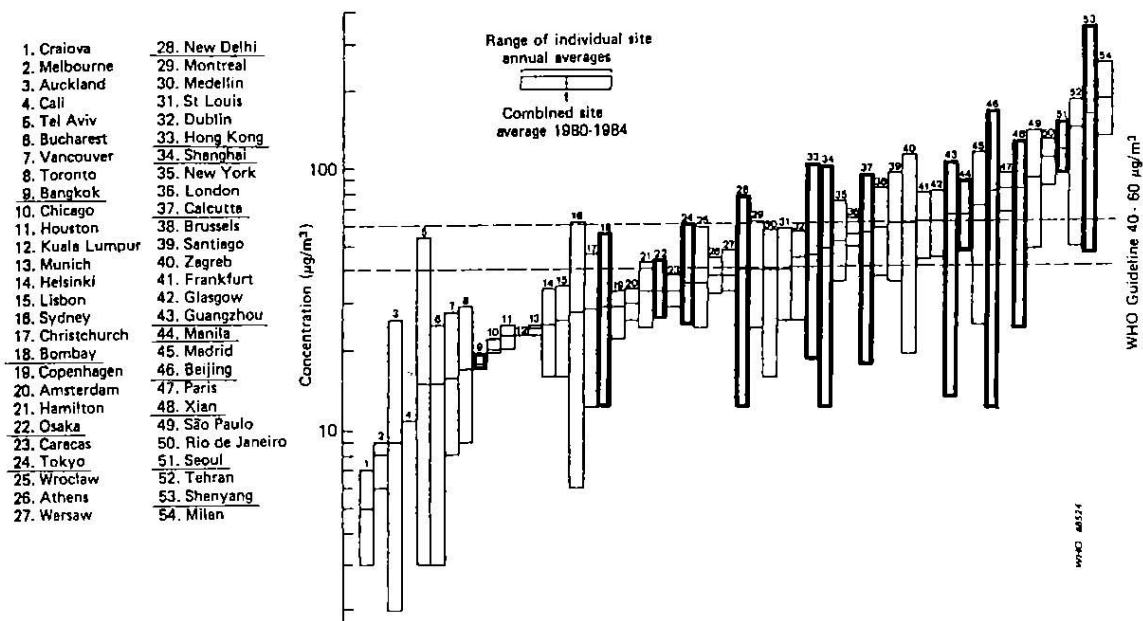


図4.1-2 世界主要都市の年平均NO<sub>2</sub>濃度(1980-84)

出典) [ASSESSMENT OF URBAN AIR QUALITY  
UNEP WHO]

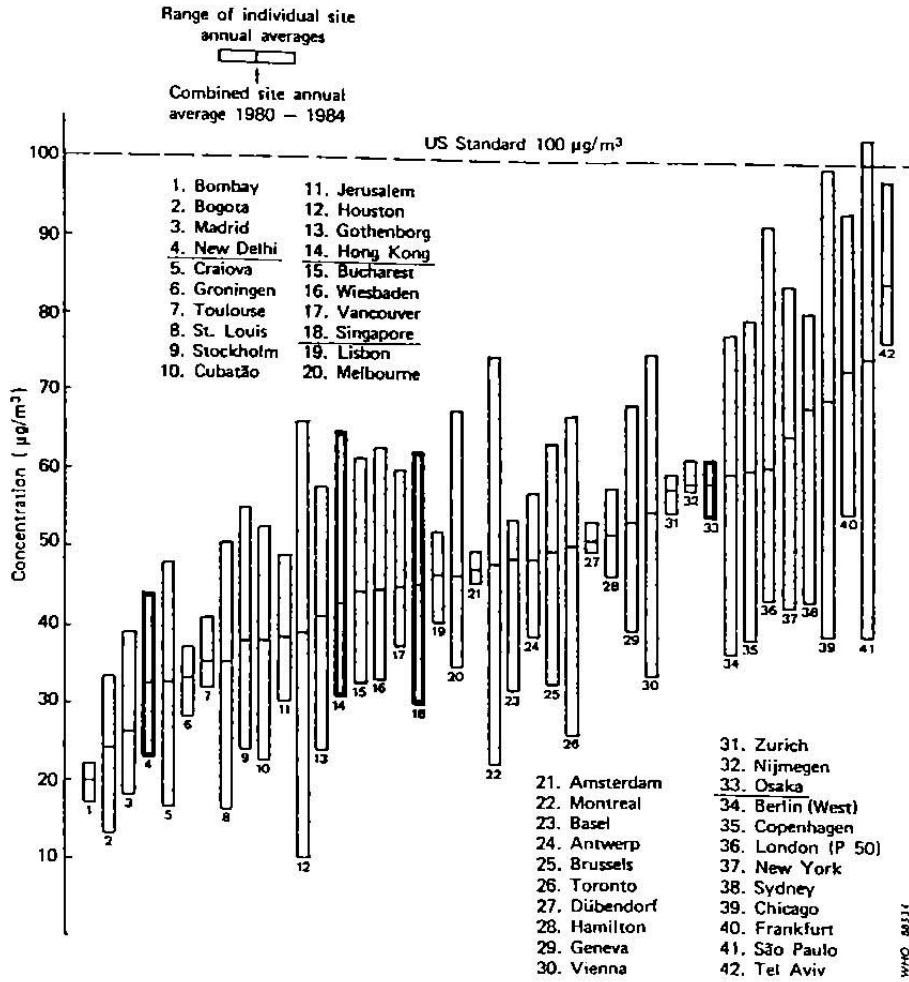
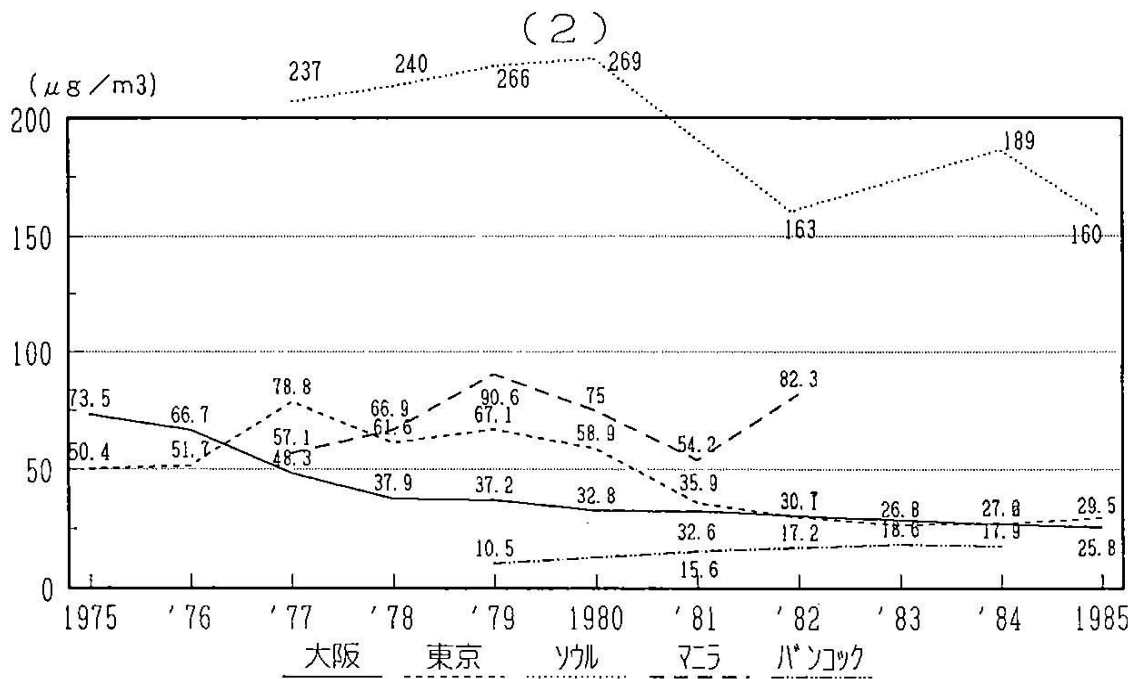
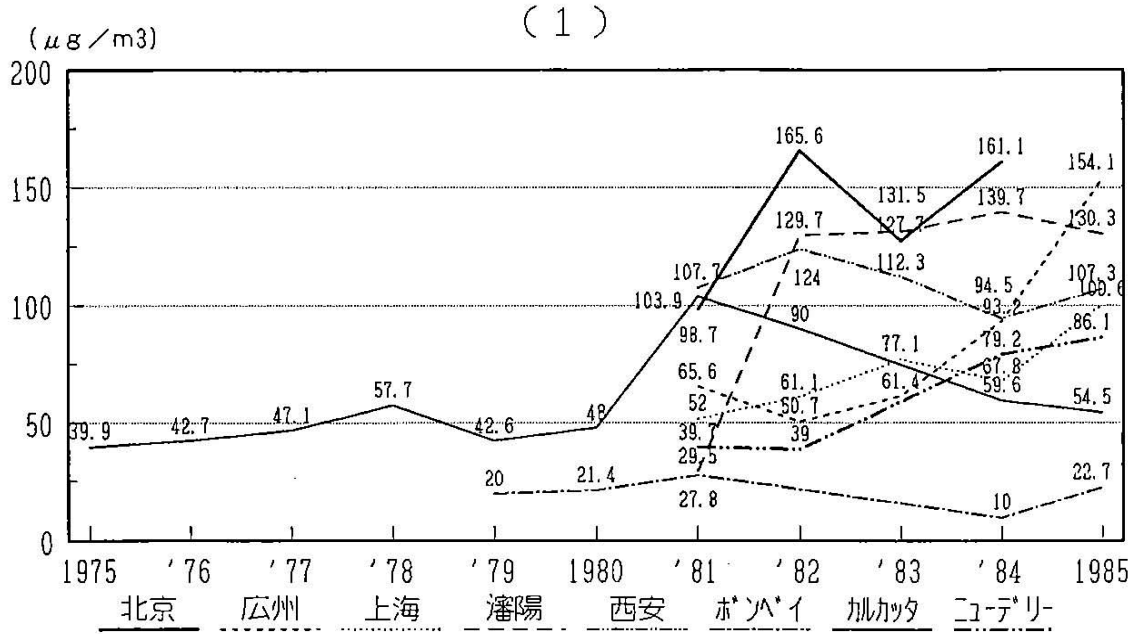


図4.1-3 アジア各国主要都市のSO2濃度一年平均値一

観測場所：都市の中心部。ハノイは郊外。

WHOガイドライン40~60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



[AIR QUALITY IN SELECTED URBAN AREAS WHO]から作成  
但し、ソウルは「韓国環境庁資料」から作成

## (2) NO<sub>2</sub>濃度

図 4.1-2 に、UNEP・WHOによる世界主要都市の年平均NO<sub>2</sub>濃度(1980～'84年)を示すが、世界の42都市のうちアジアの4都市(ニューデリー、香港、シンガポール、大阪)が含まれている。NO<sub>2</sub>濃度の年平均値の1980～'84年の5ヶ年の平均では、高い順に大阪 60 μg/m<sup>3</sup>程度、香港 45 μg/m<sup>3</sup>程度、シンガポール 40 μg/m<sup>3</sup>程度、ニューデリー33 μg/m<sup>3</sup>となっている。

一方、表 4.1-1 によれば、NO<sub>2</sub>濃度は日本では、1978年を境とし増加から横ばいに転じたが、1986年以降再び増加し1987年には一般環境測定局の6.0%、自動車排ガス測定局の37.4%が環境基準を上回っている。また、台湾でも近年、約2割の測定局で環境基準を上回っており、香港では1部の測定局において1986年の年平均値で環境基準80 μg/m<sup>3</sup>を2倍近く上回った。また、シンガポールでは1981年以降50 μg/m<sup>3</sup>で横ばいとなっている。

## (3) 酸性雨

アジア地域における酸性雨、特にPH4代の出現している国は日本、中国、韓国、台湾であり、酸性雨の疑いがもたれている国としてインドがあげられる。

日本では、北海道の一部を除くほぼ全域で年平均の雨のPHは4.5～5である。中国では、西南、中南、華南の地域で酸性雨の出現頻度が高く、特に四川省の重慶、貴州省の貴陽付近第では深刻な問題となっている。

韓国ではソウル、台湾では台北で酸性雨が出現している。

### <参考資料>

<1> 「酸性雨研究の歴史と今後の課題 大喜田敏一 公害と対策 Vol.27 No.7(1991)

<2> 「ACID RAIN IN SOUTHWESTERN CHINA Dianwu Zhao etc. Atmospheric Environment Vol.22 No.2 pp349-358、1988」

<3> 「Acid Precipitation in Korea Shang-gyoo Shin Global Environment and Energy Issues Fukuoka International Symposium '90」

<4> 「CHARACTERISTICS OF ACID RAIN TAIWAN AREA Chin-Yuan Chuong The Second Joint Conference of Air Pollution Studies in Asian Areas」

## 4. 2, 大気汚染対策

表 4.1-1 に大気汚染対策の概要を、表 4.2-1 にSO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>の環境基準を国別に示した。

アジアでは、明らかにSO<sub>2</sub>の環境基準またはガイドラインの設定されている国は10ヶ国であり、日平均24時間又は8時間の平均値の基準でみるとインドの0.05～台湾、韓国の0.429mg/m<sup>3</sup>の範囲にある。同様NO<sub>2</sub>については、9ヶ国で設定されており、インドの0.05～台湾0.286mg/m<sup>3</sup>となっている。

また、排出基準(ガイドライン含む)SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>ともに、中国、日本、インドネシア、韓国、台湾、タイ、フィリピン、マレーシア、シンガポールの9ヶ国では、設定されていることが知られている。

これらの基準又はガイドラインを達成することを目標としてアジア各国で行なわれている対策を含め大気汚染対策の概要を整理すると次のようになる。



- (1) 特に開発途上国では、大気汚染対策はまだほとんど実施されていない国が多いと考えられ、実施されている国でも、ばいじん対策としての固定排出源における集じん機の設置、自動車排ガスの黒煙対策がおもである。
- (2) SO<sub>x</sub>対策として、特に中国にみられるように、燃料消費効率の改善、洗炭、暖房による都市内の汚染を防止するための火力発電所からの供熱、高煙突化があげられる。  
中国他
- (3) SO<sub>x</sub>対策としての燃料の低硫黄化  
日本、韓国、台湾
- (4) SO<sub>x</sub>対策としての排煙脱硫装置の設置  
日本(1972年以降)
- (5) NO<sub>x</sub>対策としての燃焼方法の改善(二段燃焼、低NO<sub>x</sub>バーナー)  
日本、韓国の鉄鋼の1部
- (6) NO<sub>x</sub>対策としての排煙脱硝装置の設置  
日本(1970年以降)
- (7) NO<sub>x</sub>対策としての自動車排ガス規制  
日本(1973年4月)、韓国(1987年7月)

これらを踏まえ、アジア各国が日本のSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>対策の経緯において、概念的に何年頃に相当するか1人当りのGDPとともに示したものが図 4.2-1 である。韓国、台湾では日本の 1970 年代前半に相当し、シンガポール、香港では 1960 年代後半、その他の国では、日本で本格的に対策がとられた 1967 年以前の状況にあると推定される。

日本を除き本格的な大気環境対策はこれからである。

表4.2-1(1) アジア各国の大気環境基準(SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>)の現状 固有単位

国名	区分	単位	SO <sub>2</sub>				NO <sub>2</sub>			
			1時間	日平均		備考	1時間	日平均		備考
				24時間平均	年平均			24時間平均	年平均	
中国	一級基準	mg/m <sup>3</sup>	0.15	0.05	0.02		0.10	0.05		
	二級基準	mg/m <sup>3</sup>	0.50	0.15	0.06		0.15	0.10		
	三級基準	mg/m <sup>3</sup>	0.70	0.25	0.10		0.30	0.15		
日本		ppm	0.10	0.04			0.06			
インド	AREA A	mg/m <sup>3</sup>		0.12		8hr平均		0.12	8hr平均	
	AREA B	mg/m <sup>3</sup>		0.08		8hr平均		0.08	8hr平均	
	AREA C	mg/m <sup>3</sup>		0.03		8hr平均		0.03	8hr平均	
インドネシア		ppm		0.10				0.05		
	ジャカルタ	ppm		0.05						
韓国		ppm		0.15	0.05		0.15		0.05	
台湾	一般地域	ppm	0.300	0.100	0.050			0.050		
	工業地域	ppm	0.500	0.150	0.075			0.100		
タイ		mg/m <sup>3</sup>		0.30	0.10		0.32			
フィリピン		mg/m <sup>3</sup>	0.85	0.369						
香港		mg/m <sup>3</sup>	0.8	0.35	0.08		0.30	0.15	0.08	
シンガポール		mg/m <sup>3</sup>		0.365	0.08	ガイドライン			0.1	

表4.2-1(2) アジア各国の大気環境基準(SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>)の現状 mg/m<sup>3</sup> 単位

国名	区分	単位	SO <sub>2</sub>				NO <sub>2</sub>			
			1時間	日平均		備考	1時間	日平均		備考
				24時間平均	年平均			24時間平均	年平均	
中国	一級基準	mg/m <sup>3</sup>	0.15	0.05	0.02		0.10	0.05		
	二級基準	mg/m <sup>3</sup>	0.50	0.15	0.06		0.15	0.10		
	三級基準	mg/m <sup>3</sup>	0.70	0.25	0.10		0.30	0.15		
日本		mg/m <sup>3</sup>	0.286	0.114			0.172			
インド	AREA A	mg/m <sup>3</sup>		0.12		8hr平均		0.12	8hr平均	
	AREA B	mg/m <sup>3</sup>		0.08		8hr平均		0.08	8hr平均	
	AREA C	mg/m <sup>3</sup>		0.03		8hr平均		0.03	8hr平均	
インドネシア		mg/m <sup>3</sup>		0.286				0.143		
	ジャカルタ	mg/m <sup>3</sup>		0.143						
韓国		mg/m <sup>3</sup>		0.429	0.143		0.429		0.143	
台湾	一般地域	mg/m <sup>3</sup>	0.858	0.286	0.143			0.143		
	工業地域	mg/m <sup>3</sup>	1.430	0.429	0.215			0.286		
タイ		mg/m <sup>3</sup>		0.30	0.10		0.32			
フィリピン		mg/m <sup>3</sup>	0.85	0.369						
香港		mg/m <sup>3</sup>	0.8	0.35	0.08		0.30	0.15	0.08	
シンガポール		mg/m <sup>3</sup>		0.365	0.08	ガイドライン			0.1	

註) SO<sub>x</sub> 1 ppm=2.86/1として換算



## 5. 硫黄酸化物(SO<sub>x</sub>)、窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の排出量の推計方法

### 5. 1, 硫黄酸化物(SO<sub>x</sub>)の排出係数(EF)と非鉄金属製錬・硫酸製造に伴うSO<sub>x</sub>の排出量の推計

#### 5. 1. 1, SO<sub>x</sub>排出係数(EF)設定の基本的考え方

SO<sub>x</sub>の排出量は、燃料消費量と単位燃料消費量当りのSO<sub>x</sub>排出量すなわち、SO<sub>x</sub>排出係数SO<sub>x</sub>EF (Sulfur Oxides Emission Factor)により推計する。

燃料の燃焼によるSO<sub>x</sub>のEFは、燃料の種類、燃料に含有される硫黄(S)分及び燃焼方法により大きく異なる性質のものである。

そこで、本調査では、燃料の種類別に含有されるS分の調査を行うとともに燃料消費部門別に燃焼方法の検討をもとに次の方針でSO<sub>x</sub>EFの設定を行った。

<1> 日本以外のアジア各国では排煙脱硫装置がほとんど設置されていない実状を踏まえ、排煙脱硫装置無しは無対策のSO<sub>x</sub>EFとした(日本については排煙脱硫装置無しと想定した場合)。

<2> 石炭及び石油製品等の含有S分は、地域性が大きいことから、国別に、特に石炭についてはさらに中国、インドの地域別にS分を設定した。天然ガス及び薪炭等については各国とも同一のS分を設定した。

<3> 燃料含有S分の経年変化は、資料が乏しいことから入手出来た資料から、1975年～1987年までの値とした。

なお、日本、韓国、台湾については、環境対策の面から燃料の低硫黄化を積極的に進めていることから、S分経年変化を調査した。

<4> 燃料含有S分のうち、石炭、薪炭、バガス以外については、100%が大気中に排出されるものとした。

<5> また、鉄鋼業、セメント製造業については、燃料中のS分の1部が製品等に吸着される効果を見込んだ。

#### 5. 1. 2, SO<sub>x</sub>排出係数(EF)設定結果とその根拠

##### (1) SO<sub>x</sub>排出係数(EF)の設定結果

###### 1) SO<sub>x</sub>排出係数(EF)

表 5.1-1 に脱硫装置無しを想定した場合のSO<sub>2</sub>EFの設定結果を示すが、日本を除くアジア各国と日本の脱硫装置無しを想定した場合に適用するものである。なお、EFはSO<sub>2</sub>に換算したものである。

表5.1-1(1) 硫黄酸化物排出係数(SO<sub>x</sub>EF)

※ SO<sub>2</sub>換算

エネルギー区分		石 炭						ガ ス		石 油	
部門	燃料種別	石炭 <sup>A</sup>	褐炭 <sup>A</sup>	コークス <sup>A</sup>	成型炭 <sup>A</sup>	BKB <sup>A</sup>	溶鉱炉 ガス <sup>C</sup>	コークス炉 ガス <sup>C</sup>	ガス工場 ガス <sup>C</sup>	天然 ガス <sup>C</sup>	原油 <sup>A</sup>
		(kg/t)	(kg/t)	(kg/t)	(kg/t)	(kg/t)	(kg/ 10 <sup>10</sup> cal)	(kg/ 10 <sup>10</sup> cal)	(kg/ 10 <sup>10</sup> cal)	(kg/ 10 <sup>10</sup> cal)	(kg/t)
転換部門	成型炭・BKB	0	0								
	コークス炉	1.37*S		0							
	ガス工場	1.55*S		1.77*S			0.001	3.8*S		0.000092	2.0*S <sup>E</sup>
	石油精製									0.0092	0.46*S <sup>L</sup>
	発電	19.5*S	19.5*S <sup>D</sup>				0.01	38*S	0.01	0.0092	20.0*S <sup>E</sup>
	分類不可転換	15.5*S						38*S	0.01	0.0092	20.0*S <sup>E</sup>
	自家消費等	15.5*S		17.7*S			0.01	38*S	0.01	0.0092	20.0*S <sup>E</sup>
工業部門	鉄鋼	15.5*S		( ) <sup>k</sup>			0.01	38*S	0.01	0.0092	20.0*S <sup>E</sup>
	化学・石油化学	15.5*S	15.5*S <sup>D</sup>	17.7*S				38*S	0.01	0.0092	20.0*S <sup>E</sup>
	非金属鉱業	15.5*S	15.5*S <sup>D</sup>	17.7*S				38*S	0.01	0.0092	20.0*S <sup>E</sup>
	その他工業	15.5*S	15.5*S <sup>D</sup>	17.7*S	10.0			38*S	0.01	0.0092	20.0*S <sup>E</sup>
輸送部門	航空										
	道路										
	鉄道	15.5*S		17.7*S							
	船舶その他			17.7*S						0.0092	20.0*S <sup>E</sup>
その他	住居	12.0*S	12.0*S <sup>D</sup>	17.7*S	10.0	10.0		38*S	0.01	0.0092	20.0*S <sup>E</sup>
	農業、商業等	12.0*S	12.0*S <sup>D</sup>	17.7*S				38*S	0.01	0.0092	20.0*S <sup>E</sup>

表5.1-1(2) 硫黄酸化物排出係数(SO<sub>x</sub>EF)

※ SO<sub>2</sub>換算

エネルギー区分		石 油									
部門	燃料種別	NGL <sup>A</sup>	製油所 原油 <sup>A</sup>	製油所 ガス <sup>A</sup>	LPG <sup>A</sup>	航空 ガソリン <sup>A</sup>	自動車 ガソリン <sup>A</sup>	ジェット 燃料 <sup>A</sup>	灯油 <sup>A</sup>	軽油 <sup>A</sup>	重油 <sup>A</sup>
		(kg/t)	(kg/t)	(kg/t)	(kg/t)	(kg/t)	(kg/t)	(kg/t)	(kg/t)	(kg/t)	(kg/t)
転換部門	成型炭・BKB										
	コークス炉										
	ガス工場			0.0013	0.00136						20.0*S <sup>H</sup>
	石油精製	0.013	0.46*S <sup>L</sup>								
	発電	0.013		0.013	0.00136		20.0*S <sup>F</sup>		20.0*S <sup>G</sup>	20.0*S <sup>H</sup>	20.0*S <sup>E</sup>
	分類不可転換			0.013	0.00136					20.0*S <sup>H</sup>	20.0*S <sup>E</sup>
	自家消費等			0.013	0.00136		20.0*S <sup>F</sup>		20.0*S <sup>G</sup>	20.0*S <sup>H</sup>	20.0*S <sup>E</sup>
工業部門	鉄鋼				0.00136		20.0*S <sup>F</sup>		20.0*S <sup>G</sup>	20.0*S <sup>H</sup>	20.0*S <sup>E</sup>
	化学・石油化学	0.013		0.013	0.00136		20.0*S <sup>F</sup>		20.0*S <sup>G</sup>	20.0*S <sup>H</sup>	20.0*S <sup>E</sup>
	非金属鉱業			0.013	0.00136		20.0*S <sup>F</sup>		20.0*S <sup>G</sup>	20.0*S <sup>H</sup>	20.0*S <sup>E</sup>
	その他工業			0.013	0.00136		20.0*S <sup>F</sup>		20.0*S <sup>G</sup>	20.0*S <sup>H</sup>	20.0*S <sup>E</sup>
輸送部門	航空					0.8	20.0*S <sup>F</sup>	3.2		20.0*S <sup>H</sup>	20.0*S <sup>E</sup>
	道路				0.00136		20.0*S <sup>F</sup>		20.0*S <sup>G</sup>	20.0*S <sup>I</sup>	20.0*S <sup>E</sup>
	鉄道						20.0*S <sup>F</sup>			20.0*S <sup>H</sup>	20.0*S <sup>E</sup>
	船舶その他						20.0*S <sup>F</sup>		20.0*S <sup>G</sup>	20.0*S <sup>J</sup>	20.0*S <sup>E</sup>
その他	住居			0.013	0.00136		20.0*S <sup>F</sup>		20.0*S <sup>G</sup>	20.0*S <sup>H</sup>	20.0*S <sup>E</sup>
	農業、商業等			0.013	0.00136		20.0*S <sup>F</sup>		20.0*S <sup>G</sup>	20.0*S <sup>H</sup>	20.0*S <sup>E</sup>

表5.1-1(3) 硫黄酸化物排出係数(SO<sub>x</sub>EF)

※ SO<sub>2</sub>換算

エネルギー区分		石油		植物燃料				
部門	燃料種別	ナフサ <sup>A</sup>	その他石油製品 <sup>A</sup>	ハガス <sup>B</sup>	薪 <sup>B</sup>	木炭 <sup>B</sup>	ヒート <sup>B</sup>	その他非商業用 <sup>B</sup>
		(kg/t)	(kg/t)	(kg/toe)	(kg/toe)	(kg/toe)	(kg/toe)	(kg/toe)
転換部門	成型炭・BKB							
	コークス炉							
	ガス工場	0.1						
	石油精製		1.0					
	発電	1.0	1.0					1.0
	分類不可転換		1.0		0.86			1.0
	自家消費等	1.0	1.0					
工業部門	鉄鋼	1.0			0.86			
	化学・石油化学	1.0	1.0					
	非金属鉱業		1.0					
	その他工業	1.0	1.0	1.1	0.86			1.0
輸送部門	航空							
	道路							
	鉄道							
	船舶その他							
その他	住居				0.86	1.0		1.0
	農業、商業等	1.0		1.1				

適用範囲: 排煙脱硫装置を設置していない場合  
 排出係数のS:燃料含有硫黄分を表す%値

- A:排出係数単位はkg/ton
- B:排出係数単位はkg/toe
- C:排出係数単位はkg/1010cal

- 無印:国別の石炭中の硫黄分を国別(中国、インドについては省州別)に設定した
- D:日本、北朝鮮、フィリピン、シンガポール、インドについては褐炭の硫黄分を硬炭の1.5倍の値とした
- E:原油・重油の硫黄分を国別に設定した
- F:自動車ガソリンの硫黄分を国別に設定した
- G:灯油の硫黄分を国別に設定した
- H:軽油(一般)の硫黄分を国別に設定した
- I:軽油(道路)の硫黄分を国別に設定した
- J:軽油(船舶)の硫黄分を国別に設定した
- K:コークス及び鉄鉱石の硫黄分の合計を以下の計算から求めた  
 $(8.9 \div 6 \times S + 0.774) \times 2.0$
- L:原油製油所原材料

## 2) 石炭、石油製品含有硫黄(S)分

### ア. 石炭(石炭、褐炭)

表 5.1-1 で用いる石炭(石炭、褐炭)の含有硫黄(S)分について、各国の設定値を図 5.1-1 に示すとともに、日本、韓国、台湾の低硫黄化の実態を図 5.1-1 及び表 5.1-2 に示した。さらに、中国及びインドの地域別石炭含有S分をそれぞれ図 5.1-2、図 5.1-3 に示した。

アジア各国の平均的な石炭のS分は 0.2%~3.65%(消費量ベース)の範囲にあり、パキスタンの 3.65%が最大でタイの 2.80%、中国の 1.35%、台湾の 1.03%の順となっており、その他の国は1%以下であり、0.5~0.7%の国が多数を占めている。

石炭の低硫黄化の状況は、日本では 1975 年が 0.77%であったものが 1987 年には 0.67%となっている。韓国では 1975 年に 0.86%であったものが 1987 年には 0.74%に改善された。台湾では、1975 年が 1.58%であったものが 1987 年には 1.03%と大幅に低下したもののまだ日本、韓国に比べ大きな値となっている。

中国国内の地域別石炭のS分(消費量ベース)は、中国全国の平均が 1.35%に対して 0.58%~3.19%の範囲にあり、特に四川省、貴州省、雲南省等の西南、中南地方で大きな値を示し、東北、華中地方では比較的低い値となっている。

一方、インド国内の地域別石炭のS分(消費量ベース)は、インド全国の平均が 0.63%に対してアッサム、シャムカシミール地方で大きくそれぞれ 4.10%、3.80%となっているが、他の地域では 0.55~0.68%の範囲にあり良質な石炭となっている。

### イ. 石油製品

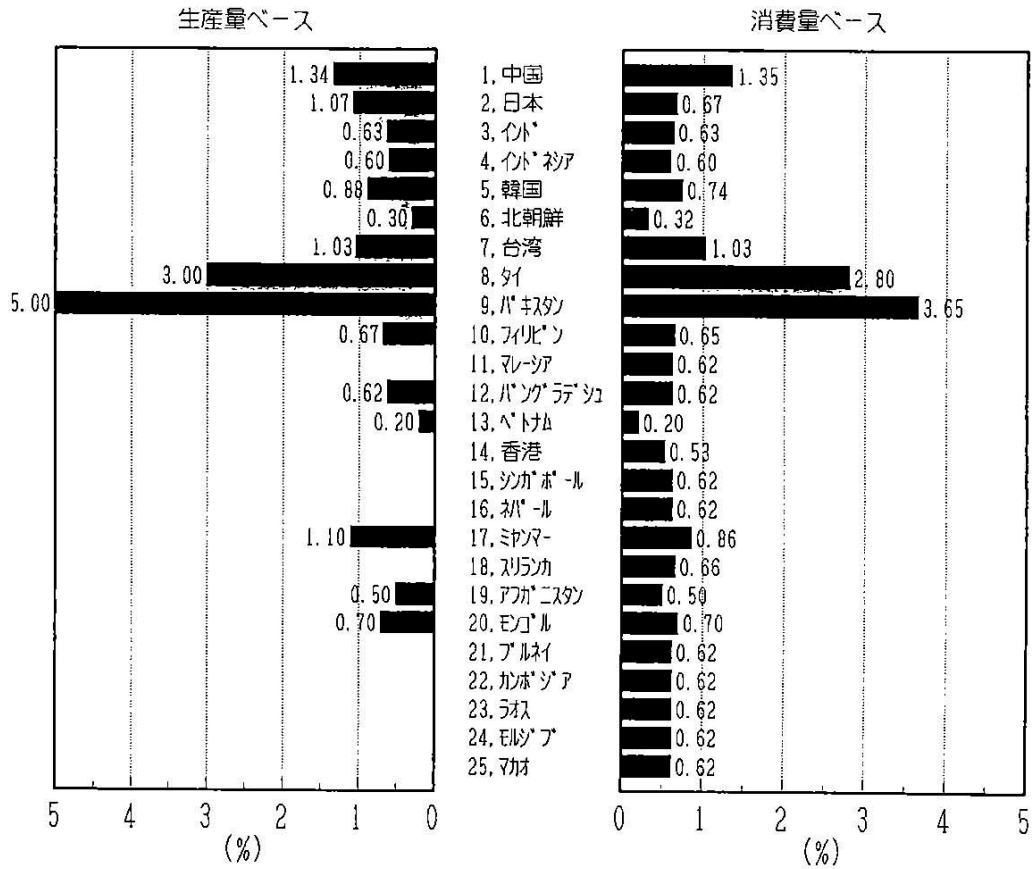
LPG、ナフサ以外の石油製品のS分を表 5.1-3 に各国別に示した。また、日本、韓国、台湾の石油製品の低硫黄化の実態を表 5.1-4 に示した。

アジア各国の石油製品のS分は、航空ガソリンが 0.04%、自動車ガソリンが 0.001~0.180%、灯油が 0.004~0.2%、ジェット燃料が 0.160%、自動車用軽油が 0.16~1.0%、工業用及び船舶用軽油が 0.4~1.44%、重油が 1.09~4.0%となっている。

また、日本、韓国、台湾の石油製品の低硫黄化は主として軽油と重油であり、日本については 1975 年までに軽油の低硫黄化対策は 0.4%で完了している。韓国では、軽油の全消費ベースで見ると 1980 年以降、低硫黄化対策が始められ 1980 年の 1.0%に対して 1987 年には 0.54%に低下している。台湾では 1980 年の 1.0%に対して 1987 年の 0.88%とあまり進行していない。

重油のS分については、日本では、1975 年の 1.42%から 1987 年の 1.09%へ、韓国では、1980 年の 4.0%から 1987 年の 2.64%へ、台湾では、1975 年の 3.45%から 1987 年の 1.70%にそれぞれ低硫黄化対策が実施された。

図5.1-1 アジア各国石炭含有硫黄分



註) (1)生産量ベース硫黄分含有量

- 1)現地ヒヤリングによる資料収集：中国、イト\*、韓国、タイ
- 2)ASCAP資料の引用：イト\* 初ア、北朝鮮、パキスタン、ミャンマー、アフガニスタン、モンゴル
- 3)日本国内調査資料：フィリピン、ベトナム
- 4)「石炭年鑑」、「石炭資源とその利用技術 科学技術庁資源調査所」：日本
- 5)その他不明は、イト\*、イト\* 初ア、フィリピンの平均0.62%；バングラデシュ

(1)消費量ベース硫黄分含有量

- 1)消費量ベースの硫黄分含有量は、国内生産量と輸入量から加重平均により算出。
- 2)輸入炭の硫黄分は、「石炭年鑑」、「アセアン産炭国調査報告書 (財)日本エネルギー経済研究所」等を参照。但し、輸入炭硫黄分不明の国については、0.62%(日本の85年実績)を適用。
- 3)褐炭消費国は、褐炭を含む硫黄分である。しかし、日本、イト\*、北朝鮮、フィリピン、シンガポールについては、褐炭の硫黄分は、不明であるので石炭の1.5倍の硫黄分とした。
- 4)日本、韓国、台湾について石炭の低硫黄化(消費量ベース)を反映。

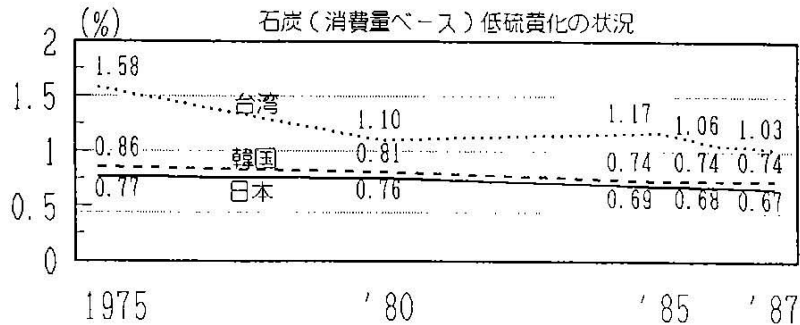




表5.1-2 石炭低硫黄化の実態

日本石炭含有平均硫黄分(消費ベース)						
年	石炭消費量(1000t)			含有平均硫黄分(%)		
	国内生産	輸入	計	国内生産	輸入	計
1975	18,600	62,340	80,940	1.12	0.66	0.77
1980	18,027	68,570	86,597	1.13	0.66	0.76
1985	16,382	93,448	109,830	1.09	0.62	0.69
1986	16,012	90,392	106,404	1.07	0.61	0.68
1987	13,049	90,915	103,964	1.07	0.61	0.67

・石炭消費量の国内生産、輸入は、「石炭年鑑(株)テックスレポート」による。  
 ・石炭含有平均硫黄(S)分は、「石炭資源とその利用技術 科学技術庁資源調査所」「石炭年鑑」、「主要産炭国石炭事情ハンドブック(財)日本エネルギー経済研究所」等資料から、国内については炭田別に、輸入については国別にS分を設定して石炭の生産・輸入量の加重平均から平均S分を算定した。

韓国燃料含有硫黄分の設定

韓国石炭の硫黄分含有量C

年	石炭消費量(1000t)						石炭含有平均硫黄分(%)		
	全消費量		発電		工業		全体	発電	工業
	無煙炭	歴青炭	無煙炭	歴青炭	無煙炭	歴青炭			
1975	15,945	786	1,349	0	643	786	0.86	0.88	0.67
1980	20,830	5,032	1,645	0	708	5,032	0.81	0.88	0.55
1985	25,339	14,697	2,274	5,647	353	9,557	0.74	0.61	0.51
1986	26,928	15,290	1,896	6,046	277	9,927	0.74	0.59	0.51
1987	26,327	16,218	2,174	5,033	206	11,776	0.74	0.61	0.51

石炭消費量は、「韓国エネルギー統計」による

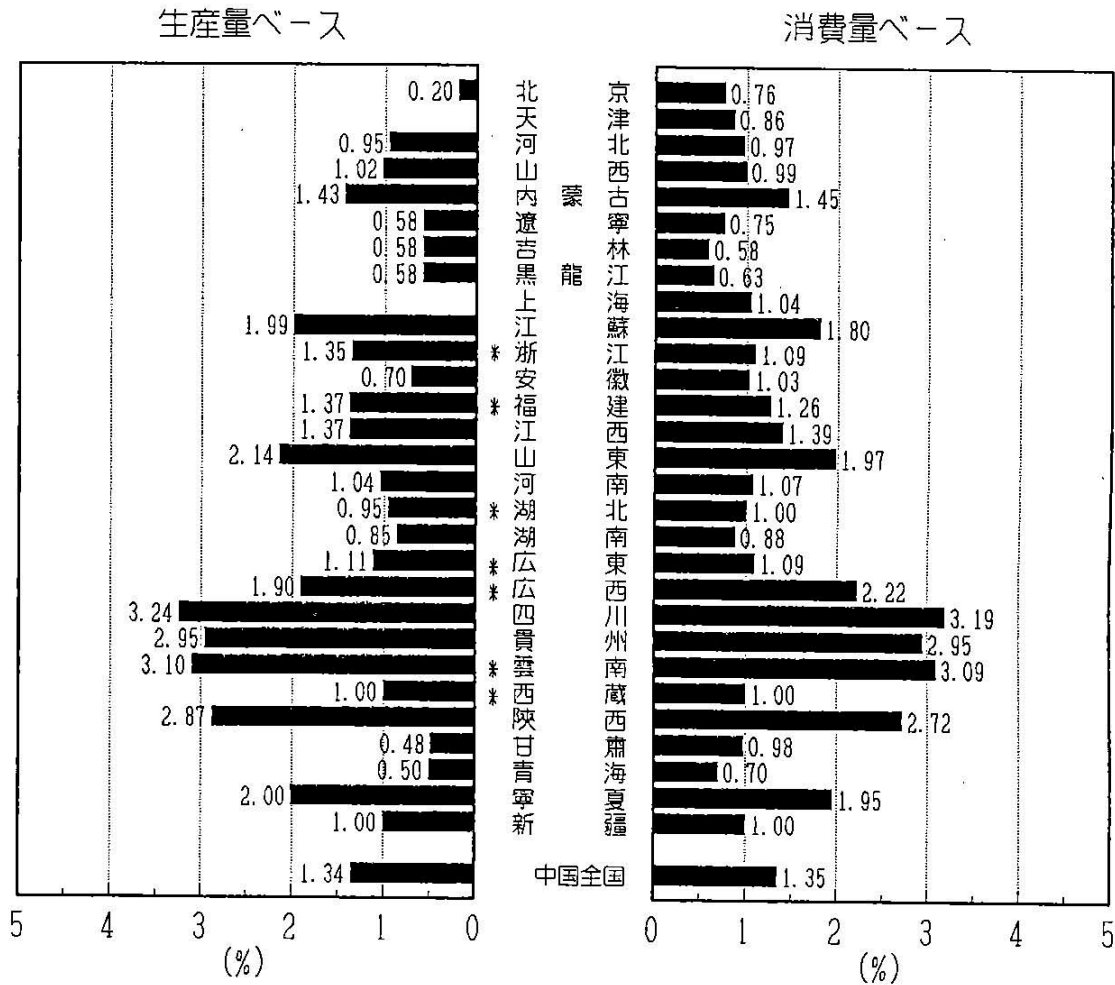
設定値 無煙炭S% 0.88 ヒヤリング結果(0.75%~1.0%の平均値)  
 歴青炭S% 0.50 ヒヤリング結果(0.3%~0.7%の平均値)全て輸入炭  
 発電、工業以外は無煙炭のみの消費でありS分は0.88%とする

台湾消費石炭含有硫黄分(%)

年	石炭
1975	1.58
1980	1.10
1985	1.17
1986	1.06
1987	1.03

出典)「台湾電力公司化学課」  
 註)1. 脱硫装置  
 新達、林口両発電所に「湿式石灰石石膏法」装置工事中。1993年7月SOx150ppmで完成予定(政府規程500ppm)。  
 2. 脱硝装置  
 台中発電所にSCR(選択性触媒法)装置を企画中。1993年7月までにNOx250ppmで完成予定(政府規程350ppm)。

図5.1-2 中国国内省別石炭含有硫黄分



註) (1)生産量ベース硫黄分含有量

1) 統配炭

中国統配炭総公司のヒヤリング(1990.2)に於ける統配炭の省別平均硫黄分及び「工業企業ハンドブック 北京環境科学学会編(1990)」の統配炭坑別硫黄分と「中国石炭統計年鑑」の炭坑別生産量から加重平均により省別統配炭平均硫黄分を設定。

2) 地方炭

前述のヒヤリング結果及びハンドブックを基に山西省1.0%、内蒙古1.9%を設定。

他の省は、地方炭は統配炭に比べ硫黄分が大きめ、とのヒヤリング結果を得ているが不明のため本調査では統配炭と同じ硫黄分を地方炭に適用した。なお、統配炭坑の無い省(\*印)は、周辺省の地方炭硫黄分の算術平均とした。

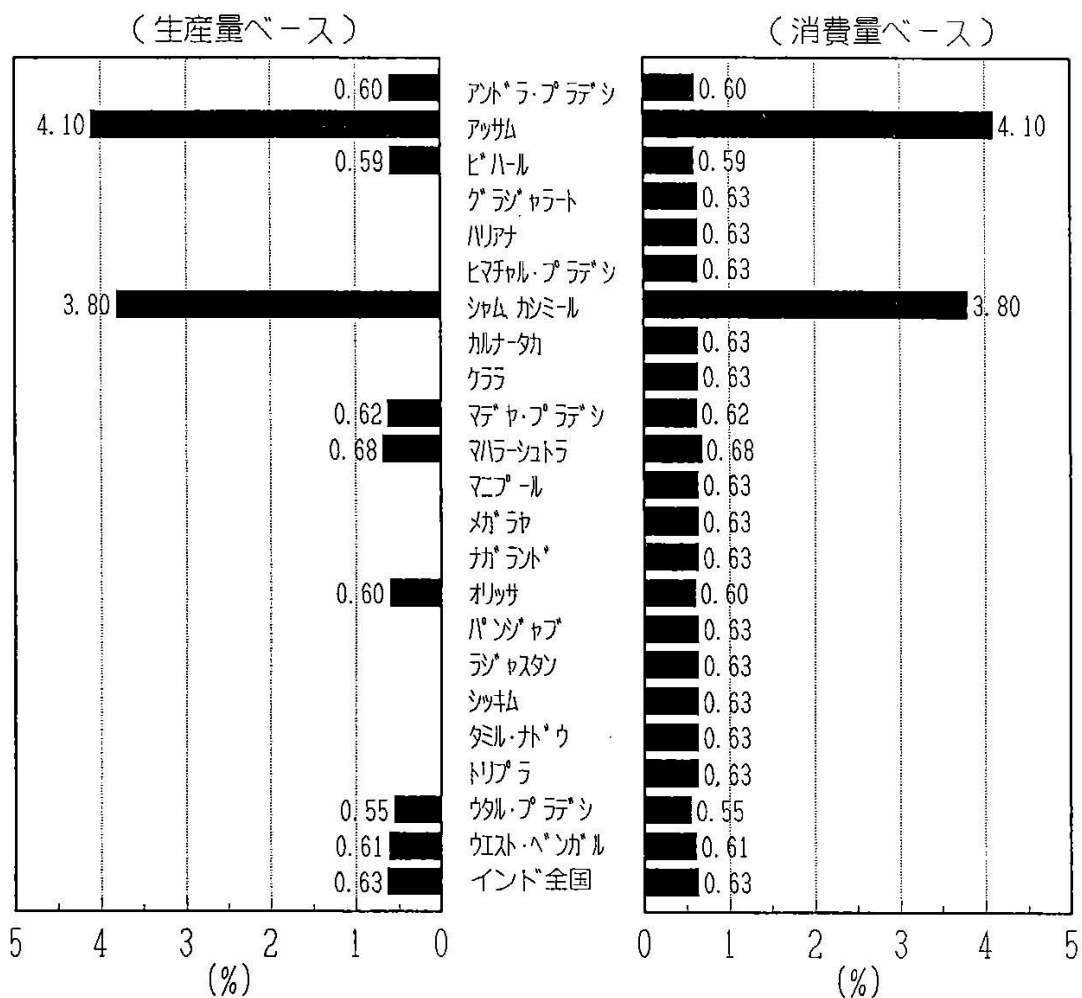
3) 全体

生産量ベースの硫黄分含有量は、統配炭と地方炭の省別生産量の加重平均により算出。

(2)消費量ベース硫黄分含有量

「中国石炭統計年鑑1986」等の省間の統配炭移出入量を基に、地方炭は省間の移出入が無いものとし消費量ベースの硫黄分含有量を算出。

図5.1-3 インド国内州別石炭含有硫黄分



註) (1)生産量ベース

「Mukherjee et al, Fuel Science and Technology Vol.1, No.1, July' 82」の炭田別硫黄分を州別に算術平均。但し、褐炭は、全石炭の4.9% (1987年) を占めるが、硫黄分の実態は不明であるので対象とせず。

(2)消費量ベース

アッサム、ジャムカシールの高硫黄分の石炭の生産量は僅かであり他の州への移出は無いものとし、そのほかの石炭生産州の硫黄分の変動幅は小さいので、石炭を生産しない州は、インド全国平均値を適用した。

表5.1-3 アジア各国の石油製品の硫黄分実態(平均値)とその設定

(単位 : wt %)

国名	航空ガソリン	自動車ガソリン	灯油	ジェット燃料	軽油			重油
					自動車用	工業用	船舶用	
1.中国	0.04	0.120 *	0.032 *	0.16	0.16 *	0.40 *	1.20 *	1.50 *
2.日本	0.04	0.004	0.004	0.16	0.40	0.40	0.40	1.09
3.インド	0.04	0.180 *	0.200 *	0.16	0.80 *	1.44 *	1.44 *	3.20 **
4.インドネシア	0.04	0.005	0.160 *	0.16	0.50	0.50	0.50	2.80 *
5.韓国	0.04	0.005	0.012 *	0.16	0.40	0.40	0.40	2.64
6.北朝鮮	0.04	0.120 **	0.032 **	0.16	0.16 **	0.40 **	1.20 **	1.50 **
7.台湾	0.04	0.125	0.080 *	0.16	0.50	1.00	1.00	1.70
8.タイ	0.04	0.035	0.020	0.16	0.66	0.50	-	2.92
9.パキスタン	0.04	0.001	0.160 *	0.16	1.00	1.00	1.00	3.20 **
10.フィリピン	0.04	0.035	0.020 **	0.16	1.00	1.00	1.00	3.20 *
11.マレーシア	0.04	0.140	0.160 *	0.16	0.96	0.96	0.96	3.20 *
12.バングラデシュ	0.04	0.180 **	0.200 **	0.16	0.80 **	1.44 **	1.44 **	3.20 **
13.ベトナム	0.04	0.120 **	0.032 **	0.16	0.16 **	0.40 **	1.20 **	1.50 **
14.香港	0.04	0.020	0.080 **	0.16	0.50	0.50	0.50	2.20 **
15.シンガポール	0.04	0.140	0.020 **	0.16	0.46	0.46	0.46	1.60 *
16.ネパール	0.04	0.180 **	0.200 **	0.16	0.80 **	1.44 **	1.44 **	3.20 **
17.ミャンマー	0.04	0.180 **	0.200 **	0.16	0.80 **	1.44 **	1.44 **	3.20 **
18.スリランカ	0.04	0.180 **	0.200 **	0.16	0.80 **	1.44 **	1.44 **	3.20 **
19.アフガニスタン	0.04	0.180 **	0.200 **	0.16	0.80 **	1.44 **	1.44 **	3.20 **
20.モンゴル	0.04	0.120 **	0.032 **	0.16	0.16 **	0.40 **	1.20 **	1.50 **
21.ブルネイ	0.04	0.005 **	0.160 **	0.16	0.50 **	0.50 **	0.50 **	2.80 **
22.カンボジア	0.04	0.120 **	0.032 **	0.16	0.16 **	0.40 **	1.20 **	1.50 **
23.ラオス	0.04	0.120 **	0.200 **	0.16	0.80 **	0.40 **	1.20 **	1.50 **
24.モルジブ	0.04	0.180 **	0.200 **	0.16	0.80 **	1.44 **	1.44 **	3.20 **
25.マカオ	0.04	0.020 **	0.032 **	0.16	0.50 **	0.50 **	0.50 **	2.20 **

註)

無印)タイ:「環太平洋地域の石油製品需給の現況と将来展望(財)日本エネルギー経済研究所1986年4月25日」

その他:「東半球諸国のガソリン、軽油品質の現状と将来動向 日石レビュー. 第26巻 第6号(1984年12月)」

但し、航空ガソリン、ジェット燃料は実績が無いので、台湾、日本、韓国の規格値を参考とし、それぞれ0.04、0.16を適用した。

\* :規格値はあるが実績値が無いもの。規格値に対する実績値の割合を参考として規格値の80%を適用した。

\*\* :類似国の値を適用した。

インド適用(アフガニスタン、バングラデシュ、ビルマ、スリランカ、モルジブ、ネパール、ラオス)中国適用(北朝鮮、モンゴル、ベトナム、ラオス、カンボジア、マカオ)インドネシア適用(ブルネイ)、台湾適用(香港)、香港適用(マカオ)、フィリピン適用(インド、パキスタン)、タイ適用(フィリピン、シンガポール)香港、マカオの重油は、台湾の1986、'87年の平均値を適用  
日本、韓国、台湾の重油、韓国の軽油は、'87年値を示すが、他の年は別表にさだめる。

表5.1-4 石油製品の低硫黄化の実態

日本の軽油、重油含有硫黄分								
軽油含有硫黄分実績値								
1975年から1987年まで0.4%程度で出荷している(石油連盟)								
重油含有硫黄分実績値								
年	A重油		B重油		C重油		総計	
	供給量	S分(%)	供給量	S分(%)	供給量	S分(%)	供給量	S分(%)
1975	19,251	0.70	10,079	1.83	85,432	1.52	114,762	1.42
1980	21,261	0.63	5,007	1.85	75,744	1.48	102,011	1.33
1985	19,519	0.52	2,030	1.53	44,236	1.38	65,785	1.13
1986	19,620	0.49	1,742	1.54	41,903	1.36	63,264	1.10
1987	21,336	0.50	1,745	1.58	40,358	1.38	63,440	1.09
・石油連盟による ・供給量単位(1000kl)								
韓国軽油、重油硫黄分含有量								
韓国軽油の硫黄分含有量								
		1975	1980	1985	1986	1987		
消費量 (千t)	全消費	2538	5068	6917	7585	8453		
	発電他	71	108	78	74	66		
	工業	723	480	986	1003	1096		
	輸送	1291	2843	3769	4222	4797		
	その他	524	1745	2162	2360	2560		
供給量 (千t)	0.4%	0	0	4693	5631	6570		
	1.0%	2538	5068	2224	1954	1883		
S分(%)	全消費	1.00	1.00	0.60	0.56	0.54		
	発電他	1.00	1.00	1.00	0.40	0.40		
	工業	1.00	1.00	0.44	0.40	0.40		
	輸送	1.00	1.00	0.40	0.40	0.40		
	その他	1.00	1.00	1.00	0.92	0.86		
・S分0.4、1.0%の供給量は、「大気環境改善の為の主要課題と対策 1988.6.8 韓国国立環境研究院」によるS分0.4%の1987年実績値と 1980年以前のS分0.4%の供給無しから中間年次は内挿により推計 ・部門別S分の設定は、S分0.4%の供給量を輸送、工業、発電他、その他 の順で対応させ他はS分1.0%として加重平均により設定								
韓国重油の硫黄分含有量								
		1975	1980	1985	1986	1987		
硫黄分(%)		4.00	4.00	3.03	2.83	2.64		
・1987年の重油の平均硫黄分2.64%（「大気環境改善の為の主要課題と対策 1988.6.8韓国国立環境院」資料から算出）及び1980年以前の重油のS分 4.00%（重油の低硫黄化対策無し）から、中間年次は内挿により推計 ・重油硫黄分はバンカーC油で代表させる（バンカーC油は重油全体の 95.4%（1986年）を占める）								
バンカーC油硫黄分別供給量（1987年）								
硫黄分(%)		0.3	1.6	2.5	低硫黄油	4.0	総計	
供給量(B/D)		44,000	88,700	3,500	96,600	66,700	163,300	
構成比(%)		2.7	54.3	2.1	59.0	41.0	100.0	
							総計平均S分(%)	2.64
台湾消費燃料含有硫黄分(%)			出典)「台湾電力公司化学課」 註)1, 脱硫装置					
年	軽油	重油	新達、林口両発電所に「湿式石灰石膏法」装置工事中。1993年7月SOx150ppmで完成予定(政府規程500ppm)。					
1975	(1.00)	3.45	2, 脱硝装置					
1980	(1.00)	3.58	台中発電所にSCR(選択性触媒法)装置を企画中。					
1985	0.76	2.96	1993年7月までにNOx250ppmで完成予定(政府規程350ppm)。					
1986	0.83	2.68						
1987	0.88	1.70						
( )は、推定値。								

(2) SO<sub>x</sub>排出係数(EF)の設定根拠

以下にSO<sub>x</sub>EF設定のために参考とした資料と設定の考え方を示す。

1) 参考資料

◎ 石炭含有S分

- (1) 「国連アジア太平洋経済社会委員会ESCAP資料」
- (2) 「石炭年鑑 (株)テックスレポート」
- (3) 「アセアン産炭国調査報告書 (財)日本エネルギー経済研究所」
- (4) 中国煤炭統配公司 ヒヤリング結果
- (5) 「工業企業ハンドブック 北京環境科学学会編 1990」
- (6) 「中国煤炭工業年鑑 煤炭工業部編集委員会編」
- (7) インド森林・エネルギー省石炭局 ヒヤリング結果
- (8) 「Mukherjee et al, Fuel Science and Technology Vol.1, No.1 July '82 (INDIA)」
- (9) タイ国国家環境委員会 ヒヤリング結果
- (10) 「石炭資源とその利用技術 科学技術庁資源調査所」
- (11) 「主要産炭国石炭事情ハンドブック 新エネルギー総合開発技術機構」
- (12) 韓国電力公社 ヒヤリング結果
- (13) 「台湾電力公司 資料」

◎ 石油製品S分

- (14) 「当該国石油製品規格値 関係国」
- (15) 「環太平洋地域の石油製品需給の現状と将来展望 (財)日本エネルギー経済研究所(1986.4)」
- (16) 「東半球諸国のガソリン、軽油品質の現状と将来動向 日石レビュー 第26巻 第6号(1984.12)」
- (17) 石油連盟資料
- (18) 「大気改善質の為の主要課題と対策 1988.6.8 韓国国立環境研究院」
- (19) 台湾電力公司資料

◎ 燃料中S分の排出割合等

- (20) 「COMPILATION OF AIR POLLUTANT EMISSION FACTORS Volume ; Stationary Point And Area Sources FOURTH EDITION sep. 1985 U.S. EPA」
- (21) 「大気汚染ハンドブック燃焼編」
- (22) 工業企業ハンドブック 北京化学学会編(1990)」
- (23) 「硫黄の形態別挙動 菅原拓男 化学工学 第51巻 11号(1987)」
- (24) 「Sulphur dioxide emissions from oil refineries and combustion of oil products in western europe(1989) CONCAWE Brussels April 1991」

2) 燃料別硫黄酸化物排出係数(SO<sub>2</sub>EF)

石炭、石油製品含有硫黄(S)分の設定根拠は、図 5.1-1～図 5.1-3 及び表 5.1-2～表 5.1-4 に示した通りである。

#### ア. 石炭、褐炭

石炭中のS分は、燃焼により石炭灰に残る分と大気中に排出される分に分かれる。資料(20) (EPA(1985))をもとに、大気中に排出されるS分の割合は、発電関係では 97.5%、発電、その他部門以外の工業関係では 77.5%とした。その他の部門については、これらより燃焼効率が低下するものと考え、大気中に排出される分は 60%とした。これをSO<sub>2</sub>換算で示すと発電が 19.5・Skg/t、発電、その他部門以外の工業関係が 15.5・Skg/t、その他部門が 12.0・Skg/tとなる。

#### イ. コークス

資料(21)によれば、石炭中のS分は 62%がコークス中に残り、38%がガス中に残るとされている。石炭1t当りから生成されるコークスは 650~750kg、コークス炉ガスは 350~500 (COGの説明の項では 263~325) m<sup>3</sup>である。

従って、コークス中のS分は原料炭のS分S%に対して、 $0.62 \cdot S \times 0.01\text{ton}/0.7\text{ton}$  (コークス) から  $0.00886 \cdot S$  ton/ton (コークス) となる。さらに、 $8.86 \cdot \text{Skg}/\text{ton}$  となり、SO<sub>2</sub>換算で示すと  $17.7 \cdot \text{Skg}/\text{ton}$  となる。

#### ウ. コークス炉ガス(COG)

コークスと同様の考えから、原料炭のS分S%に対して  $0.38 \cdot S \times 0.01\text{ton}/400\text{m}^3$  とした。COGの使用量の単位を 10<sup>12</sup>calとし、COGの発熱量を 5,000kcal/m<sup>3</sup>とすれば、 $1.9 \cdot S$  ton/10<sup>12</sup>calとなり、さらに  $19 \cdot \text{Skg}/10^{10}\text{cal}$  となる。その他部門でのCOGの使用は、脱硫率を 90%とし 10%が排出されるものとして、 $1.9 \cdot \text{Skg}/10^{10}\text{cal}$  とする。これをSO<sub>2</sub>換算するとその他部門が  $3.8 \cdot \text{Skg}/10^{10}\text{cal}$ 、その他部門以外が  $38 \cdot \text{Skg}/10^{10}\text{cal}$  となる。

#### エ. 成型炭、BKB

資料(21)による練炭のS分 0.4~0.5%から 0.5%として計算した。つまり、 $0.005\text{ton}/\text{ton}$  であり、 $5.0\text{kg}/\text{ton}$  となり、SO<sub>2</sub>換算では  $10.0\text{kg}/\text{ton}$  となる。なお、成型炭を使用している国は、日本のみであり、BKBを使用している国はインドのみである。

#### オ. 天然ガス

資料(20)によれば、天然ガス燃焼のSO<sub>x</sub>排出係数は  $9.2\text{kg}/10^6\text{m}^3$  となっている。これは、 $4600\text{g}/10^6\text{m}^3$  のS分から計算したものである。天然ガスの入力は 10<sup>12</sup>cal単にであるので、入力単位当たりのS量に換算する。天然ガスの発熱量を 10000kcal/m<sup>3</sup>とすると、10<sup>12</sup>calは 10<sup>5</sup>m<sup>3</sup>になるので、 $0.00046\text{ton}/10^{12}\text{cal}$  のS分となる。さらに、 $0.0046\text{kg}/10^{10}\text{cal}$  となり、SO<sub>2</sub>換算で示すと  $0.0092\text{kg}/10^{10}\text{cal}$  となる。

#### カ. その他のガス

その他のガスとして、ガス工場ガス、溶鋳炉ガス、製油所ガスがある。これらのS分についての資料はない。ガス工場ガス及び溶鋳炉ガスについては、入力単位が 10<sup>12</sup>calであるので、天然ガスと同程度と考えて  $0.0005\text{ton}/10^{12}\text{cal}$  ( $0.005\text{kg}/10^{10}\text{cal}$  となり、SO<sub>2</sub>換算  $0.01\text{kg}/10^{10}\text{cal}$  となる。)とした。製油所ガスについてはNGLと同じ  $0.0064\text{kg}/\text{ton}$  (SO<sub>2</sub>換算  $0.013\text{kg}/\text{ton}$ ) とした。

#### キ. 石油製品

石油製品としては、航空ガソリン、自動車ガソリン、ジェット燃料、NGL、LPG、灯油、軽油、重油、ナフサ、そ

の他石油製品があるが、原料油以外の液体燃料については、燃焼により燃料中のS分全てが大気中に排出されるものとする。ただし、ガス工場、石油精製に原料として使用されるものについては、次の部門別で述べる。なお、NGL、LPGは以下に述べる。

#### ク. NGL

天然ガスと同じ考えとする。ただし、NGLの入力単位はtonであるので、ton当たりのS分に換算する。NGL1kgは1.4m<sup>3</sup>に相当するので、0.0064kg/ton(SO<sub>2</sub>換算 0.013kg/ton)となる。

#### ケ. LPG

資料(21)によれば、LPGのS分は0.02wet%以下となっている。また、資料(20)によれば、LPGのSO<sub>x</sub>排出係数は0.01Sk<sub>g</sub>/10<sup>3</sup>lである。ここで、Sの単位はg/100m<sup>3</sup>gas vaperであり、0.366g/100m<sup>3</sup>の例が示されている。これは、0.0037kg/klとなる。LPGの入力単位はtonであるので、液密度を0.54kg/lとして計算すると0.0068kg/ton(SO<sub>2</sub>換算 0.0136kg/ton)となる。

#### コ. バガス

資料(20)によれば、バガスのS%は0.1重量%以下となっている。そこで、SO<sub>x</sub>として排出される薪のS%等をも考慮して0.01%として計算した。バガスの入力単位もtoeなので、0.18toe/tonとして計算すると、0.00056ton/toe(0.56kg/toeとなりSO<sub>2</sub>換算 1.1kg/toe)となる。

#### サ. 薪

資料(20)によれば、wood stoves及びresidential firespacesのSO<sub>2</sub>排出係数は0.2g/kgとなっている(これに相当するSO<sub>x</sub>として排出される薪炭のS%を0.01%とした)。ただし、薪炭の入力はtoeなので、toe当たりに変換する。UNによれば、薪炭は0.333tceであり、さらに0.7倍(tceからtoeへの換算係数)0.233toe/tonとして計算すると0.86kg/toe(SO<sub>2</sub>換算)となる。

#### シ. 木炭、その他非商業用

これらについては資料がないが、使用量も少ないので、一律0.0005ton/toe(0.5kg/toeとなりSO<sub>2</sub>換算 1.0kg/toe)として計算した。

### 3) 部門別・燃料別硫黄酸化物の排出係数(SO<sub>2</sub>EF)

燃料別SO<sub>2</sub>EFの外に次の部門についてはIEAエネルギーデータに対応する部門・燃料別のSO<sub>2</sub>EFを以下に示す考え方で設定した。

#### [1] エネルギー転換部門

##### ア. 成型炭・BKB

IEAエネルギーデータによれば、ここで使用されているアジア地域の燃原料は硬炭、褐炭である。しかし、ここでの石炭は原料として使用され、石灰、パルプ廃液等を加えて成型されるだけと考えて、硫黄酸化物(SO<sub>x</sub>)の排出はないものと考えた。



#### イ. コークス炉

ここで使用されている燃原料は硬炭及びコークスである。コークスが使用されている国は台湾で、1985年から、2.6万トン、3.3万トン、2.1万トンの使用となっている。同国でのコークス炉における硬炭の使用量は、同年度でそれぞれ256万トン、277万トン、298万トンである。コークス炉は石炭からコークスを製造する施設であること、コークス使用は1カ国だけで量的にもそれほど多くないことから、コークスからのSO<sub>x</sub>排出はないものとし(データのミスの可能性有り)、硬炭使用におけるSO<sub>x</sub>EFだけを考える。

コークス炉によるSO<sub>x</sub>排出を日本の例に即して考えるならば、コークス炉からの生成ガス(COG)は殆ど全量が熱源等として再利用されており、コークス炉ガスがそのまま大気中に放出されることはない。アジア各国においてもCOGは他の施設の熱源として利用されているものと考え。我が国の鉄鋼業のデータによればCOGのうち18%がコークス炉の熱源として、82%がその他の加熱炉で利用されている。前述の1)イ。コークスによれば石炭中の38%のS分がCOG中に入る。これらの関係からコークス炉の熱源として利用されるCOGから排出される硫黄分は、装入炭の硫黄分をS(%)とすれば、次のように表すことができる。 $0.38 \times 0.18 \times 0.01 \times S(\%) \text{ t/t} = 0.684S(\%) \text{ kg/t}$ 、これをSO<sub>2</sub>に換算すると1.37S(%)となる。

#### ウ. ガス工場

ガス工場で使用されている燃原料は硬炭、コークス、コークス炉ガス、溶鉱炉ガス、天然ガス、原油、製油所ガス、LPG、軽油、重油、ナフサである。最も多種の燃原料を使用しているのは日本であり、日本以外では硬炭、ナフサ、重油、軽油、天然ガス、LPGだけであり、以下のような国で使用されている。

中国(硬炭)、香港(ナフサ)、インドネシア(重油)、シンガポール(軽油、ナフサ)、韓国(天然ガス、LPG、軽油、ナフサ)

エネルギー転換部門としてガス工場で使用される施設としてはガス発生炉、油ガス製造用加熱炉が考えられるが、主なものはガス発生炉であろう。ガス発生炉は、コークス又は石炭を赤熱し、これに水蒸気を送入して水性ガスを製造する水性ガス発生炉と、原油及びナフサの石油系原料をガス化する油ガス発生炉に分けられる。水性ガスはそのままではカロリーが低いので水性ガス気流中で軽油、重油などを分解して発熱量を高めることもある。また、日本などでの都市ガス製造は主として天然ガス、LPG中心であるが、油ガスも一部の事業所で使われている。ガスを原料とする場合は、従来のガス発生炉を改質炉として利用している場合が最も多いものと考えられる。

以上のようなガス工場施設の特徴を考慮して、軽油、重油以外は原料投入量当たりの排出係数を考えることとする。天然ガスを除き使用原料の1割を加熱用として用い、残りはガスに転換されているものと考え、使用原料のS分の1割が排出されるものとする。軽油、重油は原料中の硫黄分がすべて排出されるものとする。また、天然ガスについては、燃料として用いられるのは1%程度とし、燃原料使用量のS分の内、1%が排出されるものとした。

#### エ. 石油精製

石油精製で使用されている燃原料は天然ガス、原油、NGL、精油所原料油及びその他石油製品である。石油精製からのSO<sub>x</sub>排出は、ボイラー及び石油加熱炉、接触分解装置等が考えられる。ボイラー及び石油加熱炉は重油、副生ガス等を燃料とするものであり、転換部門自家消費に計上されている。ここでは、原料としての使用が考えられるナフサ、原油、精油所原料油については、資料(24)を参考とし使用原料の2.3%が流動接触分解(FCC)によりSO<sub>x</sub>となり排出されるものとした。すなわち、使用原料のS分の2.3%が排出されるものとし

た。

## [2] 工業部門

工業部門のSO<sub>x</sub>EFはS分の原料からの排出及び原料への吸着がある鉄鋼部門と非金属鉱業のセメント製造について、さらに、次のような方法で推計することとした。

### ア. 鉄鋼

鉄鋼業で使用されている燃原料は硬炭、コークス、薪、ガス工場ガス、コークス炉ガス、溶鉱炉ガス、天然ガス、原油、LPG、自動車ガソリン、灯油、軽油、重油、ナフサである。

鉄鋼業での石炭はコークス炉でのコークス製造原料として使用されるものが殆どであると考えられるが、コークス炉原料の石炭は前述したエネルギー転換部門に計上されている。したがって、IEAの分類による工場部門における鉄鋼で計上されている石炭は、原料炭ではなく燃料として使用されているものであると考えることができる。

鉄鋼業でのコークスのS分は、鉄鋼に残る分と排出される分の比率がほぼ 5:1 である。したがって、コークスからの排出係数は、 $0.0089 \cdot S \div 6 \text{ton/ton}$  (コークス)となる。一方、鉄鋼製造にはコークス1トンに対し鉄鋼石3トンが使用される。原料として使用した鉄鋼石の硫黄分は、14%は鉄鋼中に残り、86%は排出されるとした。鉄鋼石の硫黄分を 0.03%とすると、鉄鋼石から排出される硫黄分は、 $3 \times 0.86 \times 0.03 \times 0.01 \text{ton/ton}$  (コークス)となる。これをコークスからの排出係数として考えると、コークスのS分(%)が 0.0774 増えたと同じ意味に見なすことができる。

ただし、石炭については、前述のとおり燃料中の硫黄分の 22.5%が石炭灰に残り、77.5%の硫黄分が排出されるものとする。

### イ. 非金属鉱業のセメント製造

セメント製造においては、セメントそのものがSO<sub>2</sub>を吸着する。SO<sub>2</sub>吸着率は、「産業と環境の変遷」(平成元年8月(財)経済広報センター)から、以下の値とした。また、セメント1tを製造するのに必要とする熱量は約6200kcalとし、各国の石炭燃焼効率等から、セメント1tを製造するのに必要な標準炭を以下のように設定した。

	SO <sub>2</sub> 吸着率	セメント1tを製造するに必要な標準炭
日本	85%	126kg
NIES諸国	80%	165kg
その他の国	75%	195kg

各国のセメント製造を考慮した非金属鉱業におけるSO<sub>2</sub>排出量を以下の方法により計算した。

セメント製造を考慮しない非金属鉱業におけるSO<sub>2</sub>排出量(A)と、セメント生産高(B)が判明している。セメント製造における石炭使用量(C)は、セメント生産高と、セメント1t当たりの石炭使用量(D)から求まる。

$$C = B \times D$$

また、吸着を考慮しないセメント製造におけるSO<sub>2</sub>排出量(F)は、石炭のSO<sub>2</sub>排出係数(E)を掛けることにより求まる。

$$F = C \times E$$

セメント製造におけるSO<sub>2</sub>吸着量(H)は、上記で設定したSO<sub>2</sub>吸着率(G)により、

$$H=F \times G$$

である。これから、セメント製造を考慮した非金属鉱業におけるSO<sub>2</sub>排出量(I)は、セメント製造を考慮しない非金属鉱業におけるSO<sub>2</sub>排出量(A)から、セメント製造におけるSO<sub>2</sub>吸着量(H)を差し引くことにより求まる。

$$I=A-H$$

これらを、まとめて書くと以下ようになる。

$$I=A-(B \times D \times E \times G)$$

### 5. 1. 3, 非鉄金属製錬と硫酸製造に伴うSO<sub>2</sub>の排出量の推計

#### (1) 概要

銅、亜鉛などの非鉄金属製錬の際には、SO<sub>2</sub>が多量に放出される。日本では以前は製錬排ガスを放出し、最近ではほとんどすべて回収して硫酸を造っているが、諸外国では、依然かなりの放出がある。一方、硫酸は硫化鉱や硫黄の燃焼によるSO<sub>2</sub>からも造られ、設備に応じてSO<sub>2</sub>の2～5%程度は硫酸とならずに排出される。

これらのSO<sub>2</sub>排出量について、国連統計による各国の銅、亜鉛、鉛、錫の生産量、および硫酸協会発行の硫酸手帳による原料別の硫酸生産量(表 5.1-5)にもとづいて計算した。これらの結果をまとめて表 5.1-9 に示した。

#### (2) SO<sub>2</sub>排出量推計方法と結果

排出量は以下のように計算した。

銅の原料はCu Fe S<sub>2</sub>であるから、銅1tに対し、SO<sub>2</sub>は 2.0t排出される。

亜鉛の原料はZnSであるから、亜鉛1tに対しSO<sub>2</sub>は 1.0t排出される。

鉛の原料はPbSであるから、鉛1tに対しSO<sub>2</sub>は 0.32t排出される。

錫の原料は硫黄分は少なく、錫1tに対しSO<sub>2</sub>は 0.06～0.12t程度で、ここでは 0.09tとして計算した。

いずれにしても錫の生産は少ないので、影響は小さい。

製錬によるSO<sub>2</sub>量は表 5.1-6 中の発生量(A)で示す。日本では 1975 年から 1987 年まで 250 万t内外で、アジアでは最も多いがあまり増加していない。中国、韓国、台湾、インドではかなりの増加が続いている。なお日本の場合は、上記金属以外に少量ニッケルなどの製錬が行われており、この分のSO<sub>2</sub>を年間3万tとして加算してある。

韓国と台湾では 1975～1980 年には製錬からのSO<sub>2</sub>は硫酸製造に用いたとの報告は見られず、放出されたと思われるが、1985 年以後にはかなりの部分が硫酸に用いられた(表中のB)。

表には硫酸として利用された部分との差額(A-B)が示され、この部分は排出されたことになる。

一方、硫酸製造プラントではSO<sub>2</sub>の 95～98%程度は硫酸になるが、2～5%程度は硫酸にならずに放出される。日本では性能のよいダブルコンタクト法が多く用いられ、一部で排煙脱硫も行われるので、硫酸 100tあたりの排出SO<sub>2</sub>は 1.2t(収率約 98%)に抑制されており、これは世界各国の中で最も少ない排出率である。韓国と台湾はダブルコンタクト法も、若干用いられているので、SO<sub>2</sub>排出は硫酸 100tあたり 2.0t(収率約 97%)と想定し、他の国々は 3.3t(収率約 95.5%)と想定した。この想定による硫酸製造からのSO<sub>2</sub>排出量(D)、および金属製錬からの排出(C)との合計も表に示してある。

1985 年以降の合計の排出量は、中国では年間 60～67tであり、金属製錬からの排出が大半を占める。韓国では金属製錬からの回収硫酸が増えているが、排出SO<sub>2</sub>も増えて、合計排出量が増加している。中国と韓国

では金属製錬からのSO<sub>2</sub>の回収をさらに進める必要がある。

なお、日本の場合は、金属製錬および硫酸工場からのSO<sub>2</sub>排出量の合計は年間 14 万t程度と見られており(硫酸協会のデータ)、表に示した計算値はこれに近い。

なお、表に示すもの以外に、パキスタンでは年間 2500t程度のSO<sub>2</sub>が硫酸工場から排出され、マレーシアでは錫製錬からのSO<sub>2</sub>排出が 1975 年は 7500t、1980 年は 6400t、1985 年以降は 4000t程度と計算される。

表5.1-5 アジア諸国の非鉄金属生産量

(単位: 1000t)

国名	年度	銅		亜鉛	鉛	錫
		粗銅	精製銅			
1 中国	1975	150.0		150.0	125.0	22.0
	1980	175.0	295.0	160.0	145.0	15.0
	1985	245.0	400.0	275.0	170.0	19.0
	1986	300.0	400.0	336.0	200.0	20.0
	1987	300.0	400.0	275.0	200.0	25.0
2 日本	1975	821.5	776.5	689.3	184.4	1.2
	1980	1,155.5	938.4	701.6	206.6	1.3
	1985	1,163.3	848.9	675.5	279.4	1.4
	1986	1,181.2	872.2	664.5	276.9	1.3
	1987	1,215.9	915.6	642.2	261.1	0.9
3 インド	1975	16.3	16.3	25.7	4.8	
	1980	24.6	24.6	44.1	14.8	
	1985	27.9	28.0	70.8	15.6	
	1986	35.8	37.9	67.3	18.7	
	1987	32.1	32.2	61.0	20.4	
4 インドネシア	1975					17.8
	1980					30.5
	1985					20.4
	1986					22.1
	1987					24.2
5 韓国	1975	22.0	22.0	20.9	5.7	
	1980	72.9	72.9	79.1	10.4	
	1985	129.3	129.3	111.0	23.6	
	1986	145.0	145.0	127.2	29.1	
	1987	154.6	154.6	186.0	35.3	
7 台湾	1975		8.5			
	1980		19.5			
	1985		46.7			
	1986		50.4			
	1987		47.0			
8 タイ	1975					16.6
	1980					34.7
	1985					18.0
	1986					19.7
	1987					15.4
9 パキスタン	1975					
	1980					
	1985					
	1986					
	1987					
10 フィリピン	1975	225.3				
	1980	304.1				
	1985	210.0				
	1986	171.9				
	1987	124.7				
11 マレーシア	1975					83.1
	1980					71.3
	1985					45.5
	1986					43.8
	1987					44.4
アジア計	1975	1,235.1	823.3	885.9	319.9	140.7
	1980	1,732.1	1,350.4	984.8	376.8	152.8
	1985	1,775.5	1,452.9	1,132.3	488.6	104.3
	1986	1,833.9	1,505.5	1,195.0	524.7	106.9
	1987	1,827.3	1,549.4	1,264.2	516.8	106.9

出典)「UN Industrial Statistics Yearbook (II)」1987,1984

表5.1-6 アジア諸国の非鉄金属性錬と硫酸製造によるSO<sub>2</sub>排出量

国名	年度	硫酸生産量(1000t)		SO <sub>2</sub> (1000t)				
		製錬ガスから	全量	製錬から発生(A)	硫酸として回収分(B)	排出分(C=A-B)	硫酸工場から(D)	排出分合計(C+D)
1 中国	1975	170	2,800			0	92	92
	1980	785	7,640	797	513	284	252	536
	1985	1,134	6,710	1,131	740	391	221	612
	1986	1,200	7,510	1,202	783	419	248	667
	1987	1,400	9,830	1,241	914	327	324	651
2 日本	1975	3,504	5,997	2,330	2,288	42	72	114
	1980	3,821	6,777	2,574	2,495	79	81	160
	1985	3,760	6,581	2,493	2,455	38	79	117
	1986	3,822	6,565	2,527	2,495	32	79	111
	1987	3,841	6,543	2,587	2,508	79	79	158
3 インド	1975	62	1,445	61	40	21	47	68
	1980	184	2,317	103	120	-17	76	59
	1985	146	2,566	132	95	37	85	122
	1986	189	2,964	151	123	28	98	126
	1987	195	3,076	133	119	14	102	116
4 インドネシア	1975	0	90	2	0	2	3	5
	1980			3	0	3		3
	1985	0	648	2	0	2	21	23
	1986	0	680	2	0	2	22	24
	1987	0	780	2	0	2	26	28
5 韓国	1975	0	503	67	0	67	11	78
	1980	0	1,426	228	0	228	29	257
	1985	450	2,100	378	294	84	42	126
	1986	450	1,865	426	294	132	39	171
	1987	550	1,998	506	359	147	40	187
7 台湾	1975	0	470	17	0	17	9	26
	1980	0	769	19	0	19	15	34
	1985	61	733	94	40	54	15	69
	1986	68	838	101	44	57	17	74
	1987	70	742	94	46	48	15	63
8 タイ	1975	0	38	1	0	1	1	2
	1980		54	3	0	3	2	5
	1985		66	2	0	2	2	4
	1986	0	78	2	0	2	2	4
	1987		81	2	0	2	2	4
9 パキスタン	1975					0	3	3
	1980					0	3	3
	1985					0	3	3
	1986					0	3	3
	1987					0	3	3
10 フィリピン	1975	0	275	450	0	450	9	459
	1980			608		608		608
	1985	425	707	420	278	142	23	165
	1986	425	800	344	278	66	26	92
	1987	441	867	249	279	0	28	28
11 マレーシア	1975			8		8		8
	1980			6		6		6
	1985			4		4		4
	1986			4		4		4
	1987			4		4		4
アジア計	1975	3,736	11,618	2,936	2,328	608	247	854
	1980	4,790	18,983	4,341	3,128	1,213	458	1,671
	1985	5,976	20,111	4,656	3,902	754	491	1,245
	1986	6,154	21,300	4,759	4,017	742	534	1,276
	1987	6,497	23,917	4,818	4,225	623	619	1,242

出典)硫酸：非鉄金属の生産量は「国連」Industrial Statistics Yearbook(II)1987年版及び1984年版及び「硫酸協会」硫酸手帳」による。

注)製錬からの発生(A)の非鉄金属は銅、亜鉛、鉛、錫である。

## 5. 2, 窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)の排出係数(EF)

### 5. 2. 1, NO<sub>x</sub>排出係数(EF)設定の基本的考え方

アジア地域一般に適用可能なものとしてのNO<sub>x</sub>EF(Nitrogen Oxides Emission Factor)の実測調査事例がなく、基本的には日本及び米国等の既存文献からEFを推定せざるを得ない。NO<sub>x</sub>EFは燃焼施設の種類や燃料種類・性状によって大きく異なり、同時に、燃焼管理の方法等によっても差が現れる性質のものである。従って、各国の実情によって国別のEFを設定するのが理想であるが、そのためには、各国で使用している種々の施設での実測調査が必要となり、現実的ではない。

そこで、今回の調査では、原則として国によるEFの違いはないものと仮定し、各国の特徴はエネルギー消費部門の種類と燃料種類によって表現できるものとした。

日本においては、燃料転換、低公害燃焼機器使用、燃焼管理の徹底、更には排煙脱硝装置の設置等の排出防止対策がとられてきているが、他のアジア各国においては、原則として無対策の施設が利用されているものとしてEFの設定を行った。そのような施設のNO<sub>x</sub>EF実測例として日本の環境庁調査や東京都調査及び米国環境保護局(EPA)発表のEFのうち無対策のものが参考とできる。そこで、これらの既存資料を基に、アジア各国のエネルギー消費部門別・燃料種類別の燃料消費量に対するNO<sub>x</sub>EF設定を行うこととした。

NO<sub>x</sub>EFの設定に際しては、以下の点に十分留意することとした。

- ・排出係数(EF)が無対策のものであること。
- ・アジア地域で使用されている施設と共通性のあるものであること。
- ・データのサンプル数が十分であること。
- ・上記に関連して、各調査での評点の高いEFをなるべく優先した。

ここで、評点とは東京都、環境庁、EPAが独自の基準で評価したEFの精度であり、ともに評点Aが最も信頼性が高い。

- ・EF測定条件等詳細が判明しているデータを優先すること。

以上の点を考慮して、既存EFより、アジア各国に共通(日本は、環境対策を行わないと仮定した場合)のNO<sub>x</sub>EFを設定した。

### 5. 2. 2, NO<sub>x</sub>排出係数(EF)の設定結果とその根拠

#### (1) NO<sub>x</sub>排出係数(EF)の設定結果

表 5.2-1 にアジア各国(日本は環境無対策を想定した場合)のNO<sub>x</sub>EFの設定結果を示す。

表5.2-1(1) 窒素酸化物排出係数(NO<sub>x</sub>EF)

エネルギー区分		石 炭						ガ ス		石 油	
部門	燃料種別	石炭 <sup>A</sup>	褐炭 <sup>A</sup>	コークス <sup>A</sup>	成型炭 <sup>A</sup>	BKB <sup>A</sup>	溶鉱炉 ガス <sup>C</sup>	コークス炉 ガス <sup>C</sup>	ガス工場 ガス <sup>C</sup>	天然 ガス <sup>C</sup>	原油 <sup>A</sup>
		(kg/t)	(kg/t)	(kg/t)	(kg/t)	(kg/t)	(kg/ 10 <sup>10</sup> cal)	(kg/ 10 <sup>10</sup> cal)	(kg/ 10 <sup>10</sup> cal)	(kg/ 10 <sup>10</sup> cal)	(kg/t)
転換部門	成型炭・BKB	0	0								
	コークス炉	1.00 <sup>O</sup>		0							
	ガス工場	0.75 <sup>E</sup>		0.90 <sup>E</sup>			0.031 <sup>E</sup>	0.229 <sup>E</sup>		0.0224 <sup>E</sup>	2.19 <sup>G</sup>
	石油精製									0	0.24 <sup>N</sup>
	発電	9.95 <sup>I</sup>	8.46 <sup>J</sup>				0.44 <sup>M</sup>	3.25 <sup>M</sup>	0.44 <sup>M</sup>	4.40 <sup>M</sup>	7.24 <sup>M</sup>
	分類不可転換	9.95 <sup>V</sup>						3.25 <sup>V</sup>	0.44 <sup>V</sup>	0.44 <sup>V</sup>	7.24 <sup>V</sup>
	自家消費等	7.50 <sup>W</sup>		9.00 <sup>X</sup>			0.31 <sup>M</sup>	2.29 <sup>M</sup>	0.31 <sup>N</sup>	2.24 <sup>M</sup>	5.09 <sup>M</sup>
工業部門	鉄鋼	7.50 <sup>W</sup>		2.50 <sup>E</sup>			3.18 <sup>b</sup>	5.89 <sup>a</sup>	3.18 <sup>N</sup>	2.24 <sup>M</sup>	5.09 <sup>M</sup>
	化学・石油化学	7.50 <sup>W</sup>	6.38 <sup>J</sup>	9.00 <sup>X</sup>				2.29 <sup>M</sup>	0.31 <sup>N</sup>	2.24 <sup>M</sup>	5.09 <sup>M</sup>
	非金属鉱業	7.50 <sup>W</sup>	6.38 <sup>J</sup>	9.00 <sup>X</sup>				2.29 <sup>M</sup>	0.31 <sup>N</sup>	2.24 <sup>M</sup>	5.09 <sup>M</sup>
	その他工業	7.50 <sup>W</sup>	6.38 <sup>J</sup>	9.00 <sup>X</sup>	7.50 <sup>Y</sup>			2.29 <sup>M</sup>	0.31 <sup>N</sup>	2.24 <sup>M</sup>	5.09 <sup>M</sup>
輸送部門	航空										
	道路										
	鉄道	7.50 <sup>W</sup>		9.00 <sup>X</sup>							
	船舶その他			9.00 <sup>X</sup>						2.24 <sup>M</sup>	5.09 <sup>M</sup>
その他	住居	1.88 <sup>m</sup>	1.60 <sup>m</sup>	2.25 <sup>m</sup>	1.88 <sup>Y</sup>	1.88 <sup>Y</sup>		1.60 <sup>S</sup>	0.22 <sup>S</sup>	1.57 <sup>S</sup>	1.70 <sup>S</sup>
	農業、商業等	3.75 <sup>n</sup>	3.19 <sup>n</sup>	4.50 <sup>n</sup>				1.60 <sup>S</sup>	0.22 <sup>S</sup>	1.57 <sup>S</sup>	3.05 <sup>S</sup>

表5.2-1(2) 窒素酸化物排出係数(NO<sub>x</sub>EF)

※ SO<sub>2</sub>換算

エネルギー区分		石 油									
部門	燃料種別	NGL <sup>A</sup>	製油所 原料油 <sup>A</sup>	製油所 ガス <sup>A</sup>	LPG <sup>A</sup>	航空 ガソリン <sup>A</sup>	自動車 ガソリン <sup>A</sup>	ジェット 燃料 <sup>A</sup>	灯油 <sup>A</sup>	軽油 <sup>A</sup>	重油 <sup>A</sup>
		(kg/t)	(kg/t)	(kg/t)	(kg/t)	(kg/t)	(kg/t)	(kg/t)	(kg/t)	(kg/t)	(kg/t)
転換部門	成型炭・BKB										
	コークス炉										
	ガス工場			0.053 <sup>E</sup>	0.263 <sup>E</sup>					9.62 <sup>d</sup>	5.84
	石油精製	0	0.24 <sup>M</sup>								
	発電	6.20 <sup>O</sup>		0.75 <sup>P</sup>	3.74 <sup>M</sup>		16.71 <sup>M</sup>		21.23 <sup>G</sup>	27.37 <sup>G</sup>	10.00 <sup>RS</sup>
	分類不可転換			0.75 <sup>V</sup>	3.74 <sup>V</sup>					27.37 <sup>V</sup>	10.00 <sup>V</sup>
	自家消費等			0.53 <sup>P</sup>	2.63 <sup>M</sup>		16.71 <sup>M</sup>		7.46 <sup>d</sup>	9.62 <sup>d</sup>	5.84
工業部門	鉄鋼				2.63 <sup>M</sup>		16.71 <sup>M</sup>		7.46 <sup>d</sup>	9.62 <sup>d</sup>	5.84
	化学・石油化学	2.52 <sup>M</sup>		0.53 <sup>P</sup>	2.63 <sup>M</sup>		16.71 <sup>M</sup>		7.46 <sup>d</sup>	9.62 <sup>d</sup>	5.84
	非金属鉱業			0.53 <sup>P</sup>	2.63 <sup>M</sup>		16.71 <sup>M</sup>		7.46 <sup>d</sup>	9.62 <sup>d</sup>	5.84
	その他工業			0.53 <sup>P</sup>	2.63 <sup>M</sup>		16.71 <sup>M</sup>		7.46 <sup>d</sup>	9.62 <sup>d</sup>	5.84
輸送部門	航空					10.5 <sup>f</sup>	16.71 <sup>M</sup>	10.5 <sup>f</sup>		54.13 <sup>I</sup>	54.13 <sup>J</sup>
	道路				20.3		31.7 <sup>P</sup>		27.4 <sup>b</sup>	27.4	27.40 <sup>J</sup>
	鉄道						16.71 <sup>M</sup>			54.13 <sup>I</sup>	54.13 <sup>J</sup>
	船舶その他						16.71 <sup>M</sup>		54.13 <sup>b</sup>	54.13 <sup>I</sup>	54.13 <sup>J</sup>
その他	住居			0.18	0.88		16.71 <sup>M</sup>		2.49 <sup>q</sup>	3.21	1.95
	農業、商業等			0.32 <sup>P</sup>	1.58		16.71 <sup>M</sup>		4.48 <sup>P</sup>	5.77	3.50 <sup>P</sup>



表5.2-1(3) 窒素酸化物排出係数(NO<sub>x</sub>EF)

エネルギー区分		石 油		植物燃料				
燃料種別	部門	ナフサ <sup>A</sup>	その他 石油 製品 <sup>A</sup>	バガス <sup>B</sup>	薪 <sup>B</sup>	木炭 <sup>B</sup>	ピート <sup>B</sup>	その他 非商業用 <sup>B</sup>
		(kg/t)	(kg/t)	(kg/toe)	(kg/toe)	(kg/toe)	(kg/toe)	(kg/toe)
転換部門	成型炭・BKB							
	コークス炉							
	ガス工場	1.46 <sup>F</sup>						
	石油精製		0					
	発電	16.00 <sup>T</sup>	10.00 <sup>U</sup>					6.00 <sup>L</sup>
	分類不可転換		10.00 <sup>V</sup>		6.00 <sup>K</sup>			6.00 <sup>V</sup>
	自家消費等	7.34 <sup>T</sup>	5.84 <sup>U</sup>					
工業部門	鉄鋼	7.34 <sup>T</sup>			6.00 <sup>K</sup>			
	化学・石油化学	0	5.84 <sup>U</sup>					
	非金属鉱業		5.84 <sup>U</sup>					
	その他工業	7.34 <sup>T</sup>	5.84 <sup>U</sup>	3.33 <sup>Z</sup>	6.00 <sup>K</sup>			6.00 <sup>L</sup>
輸送部門	航空							
	道路							
	鉄道							
	船舶その他							
その他	住居				6.00 <sup>K</sup>	6.00 <sup>L</sup>		6.00 <sup>L</sup>
	農業、商業等	4.40 <sup>T</sup>		3.33 <sup>Z</sup>				

適用範囲：NO<sub>x</sub>の燃焼対策、排煙脱硝装置を設定していない場合

A:排出係数単位はkg/ton

B:排出係数単位はkg/toe

C:排出係数単位はkg/10<sup>10</sup>cal

D:資料<4>(環境庁)より

E:燃原料の1割を加熱用と仮定して、工業用ボイラーの排出係数とした  
天然ガスについては1%とした。

F:資料<4>(環境庁)より

G:ナフサの1.5倍とした

H:資料<6>(米国EPA)より

I:資料<1>(東京都)より

J:資料<6>(米国EPA)を参考に硬炭の85%とした

K:資料<6>(米国EPA)のWOOD STOVEより

L:薪炭と同じとした

M:資料<7>(環境庁)の1.1倍の排出係数とした

N:溶鉱炉ガスと同じとした

O:熱量当たり排出係数を天然ガスと同じとした

P:LPGの1/5とした

Q:資料<7>(環境庁)のガスタービン、ディーゼル発電より推定

R:EPA等より推定

S:韓国、台湾には6.45kg/tを使用

T:熱量当たりを重油と同じとした

U:重油と同じとした

V:発電と同じとした

W:資料<5>(米国EPA)より

X:硬炭の1.2倍とした

Y:硬炭と同じとした

Z:資料<6>(米国EPA)のバガスボイラーより

a:資料<4>(環境庁)のコークス炉及び金属加熱炉より推定

b:資料<4>(環境庁)の金属加熱炉より

d:資料<7>(環境庁)のガスタービンより

e:資料<3>(環境庁)より

f:資料<7>(環境庁)のガスタービンより推定

g:資料<16>(東京都)より推定

h:資料<14><17>(東京都)より推定

i:資料<10>の船舶ディーゼル機関より推定

j:軽油と同じとした

k:自動車軽油と同じとした

m:EPA資料を参考に工業部門の1/4とした

n:EPA資料を参考に工業部門の1/2とした

p:EPA資料を参考に工業部門の70%とした

q:EPA資料を参考に工業部門の1/3とした

r:EPA資料を参考に工業部門の60%とした

s:資料<4>(環境庁)の焼結炉のNO<sub>x</sub>をコークス使用当りに換算した。ただし、中国、インドは4.0とした。

(2) NO<sub>x</sub>排出係数(EF)の設定根拠

以下にNO<sub>x</sub>EF設定のために参考とした資料と設定の考え方を示す。

a) 参考資料

排出係数設定に際しては、以下の資料を利用した。

- 資料<1>: 「大気汚染物質排出係数算出調査(固定発生源)」  
昭和 48 年 8 月東京都公害局規制部
- 資料<2>: 「ばい煙発生施設排出係数算出調査報告書」  
昭和 54 年 3 月東京都公害局大気保全部
- 資料<3>: 「固定燃焼施設における大気汚染物質の排出係数に関する調査」  
—昭和 52 年度環境庁委託業務結果報告書—  
昭和 53 年 3 月(社)日本熱エネルギー技術協会
- 資料<4>: 「固定燃焼施設における大気汚染物質の排出係数に関する調査報告書」  
昭和 51 年 7 月環境庁大気保全局企画課 編
- 資料<5>: 「COMPILATION OF AIR POLLUTANT EMISSION FACTORS(REVICED)」  
Feb.1972 U.S.EPA  
環境庁大気保全局訳
- 資料<6>: 「COMPILATION OF AIR POLLUTANT EMISSION FACTORS  
Volume :Stationary Point And Area Sources  
FOURTH EDITION」  
Sep.1985 U.S.EPA
- 資料<7>: 「窒素酸化物総量規制マニュアル」昭和 57 年 5 月発行  
環境庁大気保全局大気規制課編  
公害研究対策センター
- 資料<8>: 「ばい煙発生施設解説集」昭和 56 年 9 月発行  
環境庁大気保全局大気規制課 編集
- 資料<9>: 「ばい煙発生施設排出係数算出調査報告書」  
昭和 54 年 3 月東京都公害局大気保全部
- 資料<10>: 「船舶からのばい煙量算定手法調査報告書」  
昭和 60 年 6 月船舶ばい煙問題研究会
- 資料<11>: 「都市ガス工業 製造・精製編」  
昭和 36 年日本瓦斯協会
- 資料<12>: 「大気汚染ハンドブック 燃焼編」昭和 44 年初版発行  
大気汚染研究全国協議会編 コロナ社
- 資料<13>: 大気汚染物質排出係数算出調査(移動発生源)昭和 48 年 8 月  
東京都公害局規制部
- 資料<14>: 東京都内自動車交通量及び自動車排出ガス排出量算出調査報告書  
昭和 57 年 2 月東京都環境保全局
- 資料<15>: 道路交通センサス一般交通量調査基本集計表 建設省道路局編

(社)交通工学研究会

資料<16>: 自動車排出ガスに係る排出係数見直し調査結果について 昭和 53 年

東京都公害局規制部

資料<17>: 東京都内自動車排出ガス排出量算出調査報告書(概要)昭和 62 年 3 月

東京都環境保全局

b) NO<sub>x</sub>EF設定の考え方

[1] エネルギー転換部門

ア. 成型炭・BKB

IEAエネルギーデータによれば、ここで使用されているアジア地域の燃原料は硬炭、褐炭である。しかし、ここでの石炭は原料として使用され、石灰、パルプ廃液等を加えて成型されるだけと考えて、NO<sub>x</sub>の排出はないものとする。

イ. コークス炉

ここで使用されている燃原料は硬炭及びコークスである。コークスが使用されている国は台湾で、1985 年から、2.6 万トン、3.3 万トン、2.1 万トンの使用となっている。同国でのコークス炉における硬炭の使用量は、同年度でそれぞれ 256 万トン、277 万トン、298 万トンである。コークス炉は石炭からコークスを製造する施設であること、コークス使用は1ヶ国だけで量的にも少ないことから、コークスからのNO<sub>x</sub>排出はないものとし(データのミスの可能性有り)、硬炭使用におけるNO<sub>x</sub>排出係数だけを作成する。

コークス炉によるNO<sub>x</sub>排出を日本の例に即して考えるならば、コークス炉からの生成ガス(COG)は殆ど全量が熱源等として再利用されており、COGがそのまま大気中に放出されることはない。アジア各国においてもCOGは他の施設の熱源として利用されているものとする。従って、コークス炉に投入された熱量に対するNO<sub>x</sub>排出はCOG利用の産業部門で計上されることとなる。ここでは、コークス炉が生産されるCOG中のNO<sub>x</sub>濃度について検討する。我国におけるコークス炉ガス及び高炉ガスの鉄鋼業における利用状況をみると、約 28%がコークス炉で利用されている。そこで、原料炭投入量当たりのコークス炉NO<sub>x</sub>EFを求める。

資料<3>の環境庁調査によれば、コークス炉のNO<sub>x</sub>EFは対燃焼熱量当たりで表 5.2-2 のようになっている。

表5.2-2 資料<3>(環境庁)によるコークス炉NO<sub>x</sub>排出係数

燃料種類	サンプル数	NO <sub>x</sub> 排出係数(kg/10 <sup>8</sup> kcal)			評点
		平均	最小	最大	
COG	7	140.39	54.5	354	C
BFG	5	73.12	11.4	121	D
BFG+COG	6	103.88	45.8	171	C

この調査結果は燃焼熱量当たりのEFとして整理されているが、IEAのエネルギーデータでは燃焼に供されるエネルギー量は不明で、全体のエネルギー投下量だけである。そこで、資料<3>の基データが記載されている資料<4>から、コークス抽出量当たりのEFを計算してみると、1.42kg/t(抽出量)であった。これは、19 サンプルの単純平均として算出した値であり、最小(0.23)、最大(2.74)である。ニューオットー式又はオットー式に限れば、6サンプルで、平均(2.33)、最小(1.90)、最大(2.74)である。

次に、環境庁資料から推定したコークス抽出量当たりのEFを原料石炭投入量当たりのEFに変換する。

「大気汚染ハンドブック燃焼編」(大気汚染研究全国協議会編 コロナ社)によれば、原料炭1t当たりのコークス生産量は650～750kgとなっている。コークス生産量を700kgとして前記データを原料炭装入量当たりの排出係数に換算すると、0.99kg/tとなる。

以上のことから、1.0kg/t(石炭投入量)をコークス炉からのNO<sub>x</sub>EFと推定する。

資料<4>には、実際の排ガス濃度測定値も記載されているので、排出係数算出の基となった施設の平均排ガス濃度を調べてみると、528ppm(17 サンプル単純平均、最小 86.6、最大 1844)であった。この値を日本のコークス炉排出基準と比較してみる(表 5.2-3 参照)。

表5.2-3 日本におけるコークス炉の排出基準

		設置時期		
		S48.8.9以前	S50.12.10～S52.6.17	S52.6.18以降
オート型	10万Nm <sup>3</sup> /h以上		200ppm	170ppm
	10万Nm <sup>3</sup> /h未満			
上記以外	10万Nm <sup>3</sup> /h以上	350ppm	200ppm	170ppm
	10万Nm <sup>3</sup> /h未満		350ppm	

注)規制値は残存O<sub>2</sub>7%

最初の規制値 350ppmをO<sub>2</sub>(0%)換算すると、525ppmとなっており、EF推定の基となった施設の濃度に近い。このことから、環境庁調査資料より推定したNO<sub>x</sub>EFは、アジア地域にも適用できるものと考えられる。

#### ウ. ガス工場

ガス工場で使用されている燃原料は硬炭、コークス、コークス炉ガス、溶鉱炉ガス、天然ガス、原油、製油所ガス、LPG、軽油、重油、ナフサである。最も多種の燃原料を使用するのは日本であり、日本以外では硬炭、ナフサ、重油、軽油、天然ガス、LPGだけであり、以下のような国で使用されている。

中国(硬炭)、香港(ナフサ)、インドネシア(重油)、シンガポール(軽油、ナフサ)、韓国(天然ガス、LPG、軽油、ナフサ)

エネルギー転換部門としてガス工場で使用される施設としてはガス発生炉、油ガス製造用加熱炉が考えられるが、主なものはガス発生炉であろう。ガス発生炉は、コークス又は石炭を赤熱し、これに水蒸気を送入して水性ガスを製造する水性ガス発生炉と、原油及びナフサの石油系原料をガス化する油ガス発生炉に分けられる。水性ガスはそのままではカロリーが低いので水性ガス気流中で軽油、重油などを分解して発熱量を高めることもある。また、日本などでの都市ガス製造は主として天然ガス、LPG中心であるが、油ガスも一部の事業所で使われている。ガスを原料とする場合は、従来のガス発生炉を改質炉として利用している場合が多いものと考えられる。

以上のようなガス工場施設の特徴を考慮して、原料投入量当たりのEFとする。原料投入量当たりのEF推定が可能な資料は資料<4>のみである。同資料よりガス発生炉のデータを抜粋すると、表 5.2-4 のようになっている。

表5.2-4 ガス発生炉の排出係数例(環境庁)

燃料	原料	最大能力 (ナフサ)	燃焼熱量 kcal/h	最大燃焼能力 kcal/h	NO <sub>x</sub> 排出量 Kg/h	NO <sub>x</sub> 濃度 O <sub>2</sub> 0%
LNG	ナフサ	8.49t/h	3.28×10 <sup>7</sup>	2.80×10 <sup>7</sup>	10.3	521ppm
LNG	ナフサ	8.49t/h	3.28×10 <sup>7</sup>	2.80×10 <sup>7</sup>	10.7	120ppm

最大燃料能力と燃焼熱量から負荷を 85.4%、84.8%とすると、上記2例におけるナフサ投入量当たりのEFは 1.42kg/t, 1.49kg/tとなる。そこで、2例の値を単純平均して、ナフサ投入量当たりのNO<sub>x</sub>EFを 1.46kg/tとした。

原油原料の場合については資料がないが、Fuel. NO<sub>x</sub>が大きくなると考えられるので、ナフサの 1.5 倍のEFとし 2.19kg/tとした。

水性ガス発生炉で使用されていると考えられる石炭系原料については、EFの推定例がない。資料<8>によれば水性ガス発生炉で問題となる大気汚染物質はばいじん、硫黄酸化物(SO<sub>x</sub>)となっており、NO<sub>x</sub>排出には触れていない。また、資料<6>の石炭改質によるガス製造の項でもNO<sub>x</sub>排出に対するコメントはない。しかし、原料の加熱や水蒸気作成の熱源としての石炭使用を考え、石炭使用量の一部に対して、一般ボイラーのNO<sub>x</sub>排出係数を適用することとする。「都市ガス工業 製造・精製編」(日本瓦斯協会 昭和 36 年)によれば、貫通式水平炉の作業成績例として

装入炭トン当たり燃料 155kg

装入炭トン当たり熱量 1093×10<sup>3</sup>kcal

の記載がある。室炉(コークス炉)の場合の作業成績例としては、全熱消費量が約 500kcal/kg 程度となっている。アジア地域の硬炭使用では水平式炉が多いものと考えられるので、使用硬炭の1割を加熱用として、後述する工業用ボイラーのEFを利用することとした。また、軽油、重油は全て燃料用に天然ガスについてはその1%が燃料用に、その他の燃原料についてはその1割が燃料用に使用されるものとした。

## エ. 石油精製

石油精製で使用されている燃原料は天然ガス、原油、NGL、精油所原料油及びその他石油製品である。石油精製からのNO<sub>x</sub>の排出は、ボイラー及び石油加熱炉、接触分解装置等が考えられる。ボイラー及び石油加熱炉は重油、副生ガス等を燃料とするものであり、転換部門自家消費に計上されている。ここでは接触分解装置におけるNO<sub>x</sub>EFで、エネルギー転換部門の石油精製を代表させることとする。東京都及び環境庁資料にはデータがなく、EPA資料では以下のようにになっている。

表5.2-5 EPAによる石油精製排出係数例

	資料<5>	資料<6>
流動接触分解装置	0.18kg/kl	0.204kg/kl
移動床式接触分解装置	0.014kg/kl	0.014kg/kl

移動床式接触分解装置は旧式の施設でありアジア地域での施設を流動接触分解装置とし、0.20kg/kl(投入原料)を原油原料当たりのEFとする。これをトン当たりになると 0.24kg となる。日本において計上されている製油所原料油についても同じとする。

オ. 発電

発電は発電用ボイラーのNO<sub>x</sub>EFを使用するものとする。東京都、環境庁、EPAの各資料から発電用ボイラーのNO<sub>x</sub>EFを整理すると、表 5.2-6 のようになる。

表5.2-6(1) 発電用ボイラーの排出係数例－東京都(資料<1>)－

燃料	NO <sub>x</sub> 排出係数	評点
原油	3.55kg/kl	A
重油	4.80kg/kl	A
石炭	9.95kg/t	A

注)評点は5段階で、Aが信頼性大

表5.2-6(2) 発電用ボイラーの排出係数例－環境庁(資料<3>)－

燃料	サンプル	NO <sub>x</sub> EF kg/10 <sup>8</sup> kcal	評点	NO <sub>x</sub> EF 資料<4>より作成
石炭	1	128	-	8.19kg/t
C重油	30	61.85	B	5.99kg/kl <sup>a</sup>
原油	2	56.5	-	4.80kg/kl

a:25サンプル単純平均

表5.2-6(3) 発電用ボイラーの排出係数例－EPA－

燃料	資料<5>		資料<6>	
	型式	NO <sub>x</sub> EF	型式	NO <sub>x</sub> EF
石炭	公益事業及び大型工業ボイラー		微粉炭燃焼	
	微粉炭燃焼通常型	9.0kg/t	乾式	10.5kg/t
	乾式	9.0kg/t	〃(接線方向焚)	7.5kg/t
	湿式	15.0kg/t	湿式	17.0kg/t
石油	12.6kg/kl		接線方向焚	5.0kg/kl
			垂直方向焚	12.6kg/kl
			その他	8.0kg/kl
天然ガス	6,250kg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		垂直方向焚	4,400kg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
			その他	8,800kg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>

注)評点は資料<5>の天然ガス及び資料<6>の石炭(湿式)がCで、その他はすべてA

EPAの資料はボイラーの型式によってEFを変えているが、型式による違いがかなりある。石炭燃焼についてみると、湿式燃焼装置を除いて、日本の2調査事例と似たレベルのEFとなっている。石油では、資料<6>に示されている接線方向焚のEFが日本の2事例でのEFに近い。EPAのEFとしては、一般に石炭(9.0kg/t)、石油(12.6kg/kl)が使用されているようであるが、石油の値は日本の事例に比べて高いようである。資料<4>のデータから 10kg/kl以上のEFとなっている事例を探してみても、12.9kg/klのものが1例(単胴立型水管)あるだけである。EPAの石油燃焼でのEFが幾分高めに設定されている原因として、燃料の石油中の窒素(N)分が高いデータによるものであると考えられる。一方では、日本のEF推定に用いているデータが燃焼方式等でNO<sub>x</sub>対策をとっている施設のものを含んでいる可能性もある。

そこで、資料<4>のC重油燃焼施設から濃度測定結果の記載されている 25 例の平均濃度を調べてみたところ、316ppm(O<sub>2</sub>0%)となっていた。この値が資料<4>から作成したEFに対応する排ガス濃度と考えられるので、この値とアジア各国の排出規制濃度との比較を考えてみる。

アジアにおける石油燃焼の排出規制例としては、表 5.2-7 が挙げられる。

表5.2-7 石油燃料排出基準例

国名	規制値	備考
韓国	250ppm(O <sub>2</sub> 4%)	390ppm(O <sub>2</sub> 0%)
台湾	400ppm(標準1) 250ppm(標準2)	標準1、2は地域 による区分
シンガポール	1g/Nm <sup>3</sup>	487ppm
フィリピン	2g/Nm <sup>3</sup>	974ppm

環境庁資料より作成したEFは、韓国、台湾の排出基準並の値となっている。アジア各国では排出規制の行われていない国が多いことを考えれば、やや低めのEFとなる可能性もある。シンガポール等の排出基準をみても、韓国の2倍程度となっている。そこで、重油燃焼については、韓国及び台湾のEFを 6.0kg/kl(6.45kg/t)とし、その他の国については 10.0kg/tと仮定した。石炭燃焼に関しては3資料ともに同レベルであるが、評点等も考え、東京都のEF(9.95kg/t)とする。なお、褐炭については、後述する工業用ボイラーのれき青炭(石炭)と褐炭のNO<sub>x</sub>EFの比から、全て石炭の85%のNO<sub>x</sub>EFとした。

以上のようにして、石炭及び重油燃焼による発電ボイラーのEFを設定したが、アジア各国で発電に使われている燃料は石炭、褐炭、その他非商業用、ガス工場ガス、コークス炉ガス、溶鋳炉ガス、天然ガス、原油、NGL、製油所ガス、LPG、自動車ガソリン、灯油、軽油、重油、ナフサ及びその他石油製品と非常に多種にわたっている。これら全てについてのEFが必要であるが、そのような調査事例はない。

天然ガスについては、EPA(1985)で次の値が報告されている。

発電用ボイラー: 8800kg/10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>(接線方向焚きでは 4400kg/10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>)

工業用ボイラー: 2240 kg/10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>

家庭用及び商業用: 1600 kg/10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>

接線方向焚きの発電用ボイラーの値を 10000kcal/m<sup>3</sup>で換算すると、4.4kg/10<sup>10</sup>calとなる。NGLのEFも同じと考えると 6.2kg/tとなる。

資料<3>及び<4>には、数種類の燃料燃焼例が記載されているが、サンプル数が少なかったり、2種類以上の混焼であったりしている。しかし、資料<7>ではかなりの燃料種類について、推定EFを記載している。資料

<7>ではかなりの燃料種類について、推定EFを記載している。資料<7>に提示されているEFのC重油と原油は各々58.29kg/10<sup>8</sup>kcal, 50.14kg/10<sup>8</sup>kcalとなっており、資料<3>の 94%, 89%である。資料<7>のEFは、日本における排出量推定のための参考資料として提示されているものであるが、脱硝等は考慮されたものでない。ただ、資料<7>は燃焼機器の改善等が幾分進んだ段階でのEFと考えられるので、資料<7>からEFを推定する場合は全て、前述した資料<3>との関係から10%増のEFとして使用することとした。

なお、資料<7>にもない燃料については類似の燃料におけるEFを使用することとした。また、NGLについてはEPAの天然ガスから推定したEFを採用した。資料<7>によるNO<sub>x</sub>EFは表 5.2-8 のとおりである。

表5.2-8 環境庁資料<7>による発電用ボイラーの排出係数

	単位	原油	灯油	軽油	LPG	LNG	BFG	COG
資料<7>	kg/10 <sup>8</sup> kcal	50.14	26.71	13.91	29.59	23.31	4.03	29.64
個有単位	kg/t	7.24	3.23	1.68	3.74	3.59		
(資料<7>の1.1倍)	kg/10 <sup>10</sup> kcal						0.44	3.26

これらの排出係数は汽力発電のものであるが、他にガスタービン、ディーゼルでの発電も考えられる。軽油、灯油については、ガスタービン又はディーゼル発電と考える方が妥当であろう。そこで、資料<7>よりこれらの排出係数を調べてみる。(表 5.2-9 参照)

表5.2-9 ガスタービン、ディーゼル発電の排出係数例(環境庁資料<7>より)

	灯油	軽油
ガスタービン(kg/10 <sup>8</sup> kcal)	67.82	87.42
ディーゼル発電(kg/10 <sup>8</sup> kcal)	318.18	410.18

この値を換算すると、

	灯油	軽油
ガスタービン(kg/t)	7.46	9.62
ディーゼル発電(kg/t)	35	45.12

となる。

EPAの資料<6>では石油専焼のガスタービン(発電用)のEFは8.13kg/klである。

一方、「海外諸国の電気事業」(1988年 海外電力調査会)から、アジア諸国の中でガスタービンとディーゼル発電の発電電力量比が判明している国を探してみると、

ビルマ(1986)	1076:46
インドネシア(1985)	852:1960
マレーシア(1987 事業者のみ)	272:118



であり、比率は一定しない。そこで、環境庁資料おnEFのガスタービン、ディーゼル発電の単純平均を灯油及び軽油による発電のEFとして設定した。

発電用灯油 21.23kg/t

発電用軽油 27.37kg/t

なお、ガス工場ガスは溶鉱炉ガス(BFG)と同じ0.44kg/10<sup>10</sup>calとした。精油所ガスについてはLPGの1/5を仮定した。その他商業用燃料については使用量も少ないので、後述する薪炭のtoe燃焼当たりのEFで代用することとした。

ナフサについては発熱量当たりのEFを重油と同じと考え16.0kg/tとした。また、その他石油製品のEFは重油と同じと考えた。

#### カ. 分類不可転換部門

これは、本来は既に述べた転換部門のいずれかで消費されていると考えられる燃原料であるが、エネルギーデータの整理の都合上分類できなかった部門である。ここに計上されている燃原料は硬炭、薪、その他非商業用、ガス工場ガス、コークス炉ガス、天然ガス、原油、精油所ガス、LPG、軽油、重油及びその他石油製品と非常に多種にわたっている。しかし、その殆ど全てが中国であり、使用量も発電等に比して少ない。そこで、ここでのEFは全て発電と同じとして扱った。ただし、薪炭については発電部門でのEF設定がなされていないので、新たに設定する必要がある。資料<6>によれば、家庭用薪炭のNO<sub>x</sub>EFは薪ストーブで1.4g/kg、ファイヤープレートで1.7g/kgである。ここでは、薪ストーブの排出係数を採用することとし、薪炭の入力単位であるtoe当りに換算して、6.00kg/toeとした。

#### キ. 転換部門自家消費等

IEAの産業部類でエネルギー部門とされているものは、炭田、石油・ガス田、成型炭・BKB、コークス炉、ガス工場、製油所、発電所及び分類不可エネルギー部門である。

これらの多くはエネルギー転換部門と重なっており、ここで使用される燃料はエネルギー転換部門でみたような施設で使用されるものではなく、動力用内燃機関や事業所ボイラーのようなもので使用されているものと考えることができる。そこで、エネルギー部門は一括して、転換部門の自家消費等として扱い、EFは工業用ボイラーのEFで代表するものとした。

エネルギー部門で使用されている燃料は硬炭、コークス、ガス工場ガス、コークス炉ガス、溶鉱炉ガス、天然ガス、原油、製油所ガス、LPG、自動車ガソリン、灯油、軽油、重油、ナフサ及びその他石油製品である。

このうち、自動車ガソリンについては工業用ガソリンエンジンのEFを使用することとする。工業用ガソリンエンジンのEFが設定されている資料は、資料<6>だけであるので、資料<6>の12.2kg/kl(評点B)を自動車ガソリンの排出係数とする。この値を比重0.73で換算すると16.71kg/tとなる。なお、同資料によるディーゼルエンジンのEFは56.2kg/klである。

次に、工業用ボイラーのEFを東京都、環境庁及び米国EPAの資料から調べてみると、表5.2-10 になっている。

表5.2-10(1) 工業用ボイラーの排出係数－東京都(資料<1>)－

燃料	規模	NO <sub>x</sub> 排出係数	評点
重油	大型(400～1500m <sup>3</sup> )	4.15kg/kl	A
	中型(40～400m <sup>3</sup> )	2.55kg/kl	A
	小型(40m <sup>3</sup> 以下)	2.50kg/kl	C

表5.2-10(2) 工業用ボイラー排出係数－環境庁(資料<3>)－

設備能力	燃料	サンプル	Nox排出係数(kg/10 <sup>8</sup> kcal)	評点	備考 <sup>a)</sup>
10t以上	C重油	89	50.64	A	5.43kg/kl
	灯油	14	21.44	C	1.86kg/kl
	軽油	1	18.70	-	1.71kg/kl
	LPG	1	48.80	-	9.24kg/10 <sup>3</sup> Nm <sup>3</sup>
10t以下	C重油	76	50.58	A	4.90kg/kl
	灯油	40	20.47	A	1.78kg/kl
	LPG	5	29.12	D	5.52kg/10 <sup>3</sup> Nm <sup>3</sup>
	LNG	1	57.60	-	6.05kg/10 <sup>3</sup> Nm <sup>3</sup>

a)参考資料(1)の燃料性状で変換

表5.2-10(3) 工業用ボイラーの排出係数例－環境庁(資料<7>の事業用ボイラー)－

	単位	C重油	原油	灯油	軽油	LPG	LNG	BFG	COG
資料<7>	kg/10 <sup>8</sup> kcal	40.96	35.24	19.25	10.02	20.80	16.38	2.83	20.83
個有単位	kg/t	4.51	5.09	2.33	1.21	2.63	2.52		
(資料<7>の1.1倍)	kg/10 <sup>10</sup> kcal							0.31	2.29

表5.2-10(4) 工業用ボイラーの排出係数例－EPA－

燃料	資料<5>			資料<6>		
	施設種	NO <sub>x</sub> EF	評点	施設種	NO <sub>x</sub> EF	評点
石炭	散布式ストーカー	7.5kg/t	A	散布式ストーカー	7.0kg/t	A
石油	接線方向焚	4.8kg/kl	A	(残渣油)	6.6kg/kl	A
	前面焚	9.6kg/kl	A	(留出油)	2.4kg/kl	A
天然ガス	大型	3,700kg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	B		2,240kg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	A
	小型	1,920kg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	B			

a) 石炭

石炭のEFがあるのはEPAの資料だけである。資料<5>では7.5kg/t、資料<6>では7.0kg/tとなっている。このEFは東京都のEFから設定した発電用ボイラーのEFの75～70%に当たり、ボイラーの規模を考慮するなら妥当な範囲にあるものと考えられる。そこで、資料<5>より引用した7.5kg/tを工業用ボイラー石炭燃焼のEFとする。

なお、褐炭の燃焼によるNO<sub>x</sub>EFの資料<6>の散布式ストーカーでみると6kg/tとなっているので、これを褐炭の排出係数とする。この値は石炭の約85%であるので、以後の褐炭のEFは全て硬炭の85%とする。また、コークスについては発熱量の高さを考慮して9.0kg/tとした。

#### b) 石油

石油系燃料のEFは東京都では重油のみであり、EPAの資料<5>でも留出油は考慮していないものと考えられる。環境庁の資料では規模による差が小さく5kg/kl程度となっている。この値は東京都調査の大型に近く、資料<6>の残渣油にも近い。

東京都の場合は工場より事業所が多いものと考えられ、中型以下の規模のものはどちらかといえば商業用に当たるものと思われる。そこで、重油については環境庁資料の10t以上の値5.43kg/kl(5.84kg/t)を工業用ボイラーの排出係数とする。重油については、資料<7>から推定した5.09kg/tを使用するものとする。LPGについても資料<7>より推定した2.63kg/tとした。EPA(資料<6>)によるLPG工業用燃焼のNO<sub>x</sub>EFも1.58kg/kl(ブタン)であり、資料<7>より推定した値と非常に近いものである。

灯油、軽油については、ディーゼルエンジン、ガスタービン等の使用も考える必要があるが、前述したとおり、ディーゼルエンジンのEFとボイラーのEFの違いが大きく平均的なEF設定は難しい。そこで、中間的なEFであるガスタービンのEFを利用することとした。ガスタービンのEFは発電用のEFでみたように、

灯油 7.46kg/t

軽油 9.62kg/t

である。

ナフサのEFについては、資料がないので、発熱量当たりのEFが重油と等しいものとして7.34kg/tとした。また、その他石油製品は重油と等しいものとし、精油所ガスについては発電用ボイラーと同様にトン当たりEFをLPGの1/5に設定した。

#### c) 気体燃料

気体燃料に関しては、直接比較できるものはないが、環境庁調査によるLNGと資料<6>の天然ガスを比較してみると、6.05対2.24(kg/10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>)となっており、違いが大きい。資料<7>の事業用ボイラーから推定したLNGのEFは2.52kg/t(1.80kg/10<sup>3</sup>Nm<sup>3</sup>)であり、EPAのEFに近い。ここでは、天然ガスの排出係数をEPAの排出係数から2.24kg/10<sup>10</sup>calとした。BFG及びCOGについては資料<7>より推定した値とし、ガス工場ガスはBFGと同じとした。

### [2] 工業部門

工業部門において使用される施設は、その工業種類によって種々雑多であり、EFも異なるものと考えられる。同じ産業部門であっても多くのばい煙発生施設があり、それらの全ての施設のEFを推定することは実際的ではない。そこで、ここでは工業部門のEFは鉄鋼部門と鉄鋼以外のその他工業部門として与えるものとした。

ア. 鉄鋼

鉄鋼業で使用されている燃原料は硬炭、コークス、薪、ガス工場ガス、コークス炉ガス、溶鉱炉ガス、天然ガス、原油、LPG、自動車ガソリン、灯油、軽油、重油、ナフサである。鉄鋼業での石炭はコークス炉でのコークス製造原料として使用されるものが殆どであると考えられるが、コークス炉原料の石炭は前述したエネルギー転換部門に計上されている。したがって、IEAの分類による工業部門における鉄鋼で計上されている石炭は、原料炭ではなく燃料として使用されているものであると考えることができる。コークスは高炉で使用されるが高炉からのガス(BFG)もコークス炉等で燃焼に回されるので、これらのガス利用施設のEFに含まれることとなる。

「産業公害」NO.6 VOL.17 1981 によれば、1973 年時点での鉄鋼業での施設別NO<sub>x</sub>排出量割合は、焼結 36.9%、コークス炉 18.9%、熱風炉 6.8%、その他 37.4%となっている。

最も排出量の多い施設は焼結である。資料<4>によれば、焼結炉のNO<sub>x</sub>EFは抽出量あたり 0.401～0.831kg/tとなっている。最大のEFを想定すると、粗鋼1tを製造するに要する焼結鉱量は 1.5tなので、粗鋼生産量当たりの焼結炉からのNO<sub>x</sub>EFは 1.25kgとなる。次に粗鋼生産量と鉄鋼業に投入されているコークス量の関係を調べてみると、表 5.2-11 のようになっていた。表 5-2-11 は「鉄鋼統計要覧」(鉄鋼統計委員会)の鉄鋼生産量とIEAエネルギーデータから作成したものである。

表5.2-11 粗鋼生産量と鉄鋼業コークス使用量

国名	年度	一貫生産粗鋼	鉄鋼業コークス	コークス量	国名	年度	一貫生産粗鋼	鉄鋼業コークス	コークス量
		生産量	使用量	／粗鋼量			生産量	使用量	／粗鋼量
		1000MT	1000t				1000MT	1000t	
中国	1980	32590	29241	0.897	韓国	1980	6019	3086	0.513
	1985	41000	32372	0.790		1985	9284	5359	0.577
	1986	49940	36816	0.737		1986	9528	5352	0.562
	1987	50200	39828	0.793		1987	11351	6262	0.552
インド	1980	7383	11473	1.554	台湾	1980	2248	995	0.443
	1985	8963	11637	1.298		1985	3347	1847	0.552
	1986	9136	9819	1.075		1986	3641	2008	0.551
	1987	9543	8536	0.894		1987	3849	2068	0.537
北朝鮮	1980	5400	3300	0.611	日本	1980	84150	33096	0.393
	1985	7750	3800	0.490		1985	74776	32346	0.433
	1986	8500	3800	0.447		1986	69117	29761	0.431
	1987	8500	3800	0.447		1987	69145	29281	0.423

表 5.2-11 の結果から粗鋼生産量と鉄鋼業で使用されるコークス量との関係に良い相関がみられるので、焼結のNO<sub>x</sub>EFを鉄鋼業のコークス使用量当たりで表現することとする。粗鋼1トン生産量当たりのコークス投入量は北朝鮮、韓国、台湾、日本では 0.5t程度であるので、NO<sub>x</sub>排出係数を 2.5kg/t(コークス投入量)とする。中国、インドについては粗鋼生産量当たりのコークス投入量が多いので、上記NO<sub>x</sub>排出係数を 8/5 倍して使用することとする。

次にその他の熱源について考える。鉄鋼業で使用される熱源の多くはBFGやCOGである。我国の鉄鋼業のデータによれば、COGの 18%がコークス炉で利用され、残りの 82%がその他の加熱炉等で利用されている。その他の施設を鋼材圧延用加熱炉で代表させ、資料<4>よりCOGのNO<sub>x</sub>EFは 58.9kg/10<sup>8</sup>kcalとする。BFG

についても鋼材圧延用加熱炉でEFを代表する。資料<4>によれば圧延加熱所のBFG燃焼A重油及びCOGと混燃)EFは  $31.8\text{kg}/10^8\text{kcal}$ である。ガス工場ガスについても同じEFを考える。COG, BFG以外のその他燃料については、加熱炉等で使用されるものもあると考えられるが、事業用ボイラーのEFとの違いも余り大きくないので、他の工業部門施設と同様のEFとした。

なお、IEAのエネルギーデータでは、COG及びBFGを計上していない国があるので、以下に示すエネルギーデータの修正を行った。

○ 韓国及び北朝鮮のCOG及びBFG

韓国及び北朝鮮ではCOGが計上されていなかったため、COG及びBFGを台湾のCOGとコークス量の関係から表 5.2-12 のように推定した。

表5.2-12 韓国、北朝鮮の推定COG、BFG使用量

	COG ( $10^{12}\text{cal}$ )		BFG ( $10^{12}\text{cal}$ )	
	韓国	北朝鮮	韓国	北朝鮮
1975年	1500	5000	1500	5000
1980年	6500	7000	6500	7000
1985年	11500	8000	11500	8000
1986年	11500	8000	11500	8000
1987年	13000	8000	13000	8000

○ 中国のCOG

中国では 1975 年のCOGがなく、また 1987 年のCOGもコークス生産量に比べて低すぎるので、1975 年を 23000,1987 年を 50000 ( $10^{12}\text{cal}$ )とした。

○ 中国, インド, 台湾のBFG

これらの国ではBFGが計上されていなかったため、COGと同じ熱量を消費しているものとした。

イ. 鉄鋼以外の工業部門

鉄鋼以外の工業部門にEFに対する考え方は転換部門の自家消費等と同じとし、工業用ボイラーのEFで代表させることとした。なお、転換部門の自家消費で使用されてなく工業部門で使用されている燃料として褐炭、成型炭、バガス、薪炭、その他非商業用、NGLがあり、それらについては次のように考えた。

褐炭については既に述べたように硬炭の 85%のREFとしたので、 $6.38\text{kg}/\text{t}$  となる。成型炭については硬炭と同じ  $7.50\text{kg}/\text{t}$ とした。

資料<6>のEPAではバガスボイラーの $\text{NO}_x$  EFを  $0.6\text{kg}/\text{t}$ としている。バガスの入力単位はtoeなので、 $0.18\text{toe}/\text{t}$ として計算すると  $3.33\text{kg}/\text{toe}$ となる。

薪炭については分類不可転換部門の薪炭と同じとした。その他非商業用については toe 当たりのEFを薪炭と同じ  $6.00\text{kg}/\text{toe}$ とした。NGLについては、前述した資料<7>からの推定値  $2.52\text{kg}/\text{t}$ とした。

[3] 輸送部門

ア. 航空

航空部門で使用されている燃料は、航空ガソリン、自動車ガソリン、ジェット燃料、軽油、重油である。ただし、

重油は台湾で 1987 年に 1000t 計上されているだけである。そこで、重油については後述する船舶からの重油と同じとした。また、自動車ガソリンについては、他の施設の場合と同様ガソリンエンジンのEFとした。

航空機からの汚染物質排出量は、一般的には高度 1000m程度までの離着陸サイクル(LTOサイクル)での排出量として求められている。そして、NO<sub>x</sub>EFは、エンジン型式別の一基あたりEFとして整理されていることが多い。しかし、ここでは航空部門で消費される全燃料を対象としているので、上空飛行中をも含めたEFが必要である。そこで、ガスタービンエンジンのEFで航空機からのEFを代表させることとした。

環境庁資料<7>によれば、ガスタービンの軽油によるNO<sub>x</sub>EFは、87.42kg/108kcalとなっている。これを、同資料の高発熱量から燃料使用量当たり換算すると、7.98kg/klとなる。この値を航空ガソリン、ジェット燃料のEFとした。ただし、航空ガソリン及びジェット燃料の比重は 0.76 とした。なお、軽油については船舶のEFと同じとした。

## イ. 道路

道路部門で使用されている燃料は、LPG、自動車ガソリン、灯油、軽油、重油である。LPG、自動車ガソリン、軽油は一般的に使用されている自動車燃料であるが、重油を使用している国はインド、台湾、日本の3ヶ国であり、灯油は韓国だけである。自動車で使用する重油は、軽油に混ぜて使用されるものと考えられるので軽油と同じものと仮定した。また、灯油についても軽油のEFと同じとした。

自動車からの汚染物質EFは、一般的には自動車1台の走行距離当たりの排出量として整理されることが多い。日本や米国のような国においては、自動車の排ガス規制年次の違いをも考慮しなければならないので、通常は非常に複雑な計算を行って排出量の推定を行っている。自動車からのNO<sub>x</sub>排出量に影響する要因は、自動車のエンジン型式、排ガス規制年次、自動車重量、走行車速等様々である。しかし、それらの全てを考慮したEFをアジア各国に適用することは難しいので、日本のNO<sub>x</sub>対策無しの車における燃料使用量当たりのEFを適用することとした。

### 算出方法

前述したように自動車排出ガスからのNO<sub>x</sub>の排出量は、自動車走行台kmと車1台が1km走行した時のNO<sub>x</sub>排出係数(g/台・km)から算出されるが、本調査ではIEAの燃料使用量データを原単位としてNO<sub>x</sub>を算出する方法を採ることから、NO<sub>x</sub>EF(g/台・km)を燃費データ(km/l)を用いて、燃料使用量当たりのNO<sub>x</sub>EF(kg/ton)を求めた。なお、この時NO<sub>x</sub>EFについての詳細データが入手困難なことから東京都の資料を用いて求めた。

$$\text{NO}_x\text{排出量 (ton/年)} = \text{燃料使用量 (10}^3\text{ton/年)} \times \text{NO}_x\text{排出係数 (kg/ton)}$$

(A) アジア各国(日本は未対策を想定した場合)に適用するNO<sub>x</sub>EF

#### a) ガソリン車

無対策車のNO<sub>x</sub>排出量推定ということを考え、昭和 48 年度の東京都の調査資料(資料<13>)から推定することとした。なお、1975(昭和 50 年)は、日本では昭和 48 年、49 年度に自動車排出ガス規制が実施されているが、新型車代替率の効果が、昭和 50 年度ではまだ小さいと考えられることから、同上の考え方とした。

資料<13>に示されている都内NO<sub>x</sub>EFと燃料消費率より、車種別排出係数を求めた結果は、表 5.2-13 のとおりである。

調査はガソリン車について、10 モード、PM(ピーク時平均)、PH(ピーク時高速)、PL(ピーク時低速)、OP

(オフピーク)のモードについてNO<sub>x</sub>EFが求められている。各モードの平均車速はPM:17.6~19.6km/h、PH:22.2~25.2km/h、PL:13.9~15.8km/h、OP:24.2~28.5km/hとなっており、本調査では、その代表と考えられるPHモードの資料を用いた。

表5.2-13 ガソリン車の車種別NO<sub>x</sub>EF

車種	<1>NO <sub>x</sub> (g/km)	<2>SO <sub>2</sub> (g/km)	<3>燃料消費等 (ml/km)	<4>NO <sub>x</sub> (<1>/<3>) (kg/kl)
1.乗用車(ガソリン)	2.78	0.032	111	25
2.乗用車(LPG)	3.72	-	-	-
3.貨物車(ガソリン)	3.53	0.041	146	24.2
4.軽乗用車(ガソリン)	0.37	0.042	84.4	4.4

出典：資料<13>

上記資料とそれぞれの重み付けに昭和55年度交通センサスの全国の車種別交通量比データ(資料<15>)を用いてガソリン車平均NO<sub>x</sub>EFを求めると、

車種	交通量比(資料<15>)	構成比E. F(kg/kl)
乗用車	:44.3%	→0.602×25.0
貨物車	:23.1%(小型貨、貨客)	→0.314×24.2
軽乗用車	:6.2%(軽乗、軽貨)	→0.084×4.4
		} →23.0kg/kl

となり、比重を0.75とすると、31.7kg/tonとなる。

b) ディーゼル車

資料<16>によるとディーゼル車について昭和51年度のNO<sub>x</sub>排出量とSO<sub>x</sub>排出量が示されているので、これにより1975年の燃料当たりのNO<sub>x</sub>EFを求めた(表5.2-14参照)。

表5.2-14 ディーゼル自動車のNO<sub>x</sub>EF

車種	<1>Nox排出量 千トン/年	<2>SO <sub>2</sub> 排出量 千トン/年	<3>燃料使用量 千トン/年	<4>Nox排出係数 kg/ton
乗用車	7.85	2.48	318	24.7
普通貨物車	18.54	5.18	664	27.9
特殊車	4.03	1.13	145	27.8

(注) <3> : <2>よりS分0.39%として算出

<4> : <1>÷<3>×1000(kg/ton)

上記の車種別NO<sub>x</sub>EFに乗合率、普通貨物車、特殊車の割合(昭和50年3月の車種別自動車保有車輛数;

乗合車:218 千台, 普貨:1,142 千台, 特殊車:195 千台, (財)自動車車輛検査登録協会)を用いて平均EFを求めた。

ディーゼル車NO<sub>x</sub>EF:27.4kg/ton

表5.2-15 アジア各国(日本については未対策を想定した場合)のNO<sub>x</sub>EF

ガソリン車	31.7kg/ton
ディーゼル車	27.4 kg/ton
LPG車	18.1 kg/ton

註)LPG車のEF設定方法については日本の排出量の推計を参照されたい。

なお、東京都走行モードによるNO<sub>x</sub>EFをアジア各国に適用することについて資料<13>によると

	PM	PH	PL	OP
乗用車 g/km	2.76	2.78	2.75	2.95
貨物車(G)g/km	3.59	3.53	4.70	3.47

となっており、東京都内であるが走行モードによるNO<sub>x</sub>EFの変化が比較的小さいので、十分適用可能と考えられる。

#### ウ. 鉄道

鉄道で使用されている燃料は硬炭, コークス, 自動車ガソリン, 軽油, 重油である。自動車ガソリンについては工業用ガソリンエンジンと同じとした。石炭及びコークスは工業用ボイラーと同じとした。軽油, 重油については、船舶と同じとし、後述する方法で求めた。

#### エ. 船舶

船舶で使用している燃料は、自動車ガソリン, 灯油, 軽油, 重油である。自動車ガソリンについては他の施設と同じとし、軽油, 重油のEFを資料<10>より推定した。資料<10>によれば、主機ディーゼル機関の燃料使用量及びディーゼル機関のNO<sub>x</sub>排出量は

$$\text{燃料使用量(kg/h)} = 0.21 \cdot (\text{定格出力})^{0.95} (n=470)$$

$$\text{NO}_x\text{排出量(kg/h)} = 1.49 \cdot (\text{定格出力})^{1.14} (n=218)$$

である。

この関係式より、定格出力 1000PSにおける燃料使用量当たりのNO<sub>x</sub>EFを求めると、54.13kg/tとなる。これを船舶軽油のNO<sub>x</sub>EFとした。灯油、重油についても軽油と同じEFとした。

#### オ. 分類不可輸送部門

分類不可の運輸部門として計上されている燃料はコークス, 天然ガス, 原油, 灯油, 軽油及び重油である。灯油, 軽油, 重油については船舶のEFと同じとし、他の燃料については工業用ボイラーと同じと仮定した。

#### [4] その他部門

その他部門としては、農業, 商業, 公共, 住居及び分類不可があるが、住居とその他(農業, 商業等)に分類してEFを求めることとする。これらの部門も基本的にはボイラーのEFで代表せざるを得ないが、工業用ボイラ



ーでは規模が大きすぎる。EPAの資料では商業用及び家庭用の燃焼設備についてのEFが提示されているものもあるので、それらを表 5.2-16 に示す。

表5.2-16 商業用及び事業用ボイラー排出係数例－EPA－

燃料	用途	資料<5>			資料<6>		
		型式等	NOxEF	評点	型式等	NOxEF	評点
石炭	商業用、家庭用	散布式ストーカー	3.0kg/t	A	上込めストーカー	3.25kg/t	A
					下込めストーカー	4.75kg/t	B
		手だき燃焼装置	1.5kg/t	A	手だき燃焼装置	1.50kg/t	D
石油	商業用	接線方向だき	4.8kg/kl	A	残渣油	6.6kg/kl	A
		前面だき	9.6kg/kl	A	留出油	2.4kg/kl	A
	家庭用		1.5kg/kl	A		2.2kg/kl	A
天然ガス	商業用		1.6kg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	B		1.6kg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	A
	家庭用		0.8kg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	B		1.6kg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	A

石炭についてみると、商業用は工業用に対して 40%程度、家庭用は商業用の半分となっている。石油では商業用が家庭工業用と同じで、家庭用が 1/3 であり、天然ガスでは商業、家庭用が工業用の 70%程度となっている。

東京都の重油燃焼ボイラーでは小型ボイラーが大型ボイラーの 60%程度であった。

これらのことから、石炭については工業の 50%を商業用ボイラーとし、家庭用燃焼はさらにその半分とすることにした。石油類の燃焼では商業用を工業用の 60%、家庭用を工業用の 1/3 とした。ガス系燃料については、商業、家庭ともに工業用の 70%に設定した。

なお、農業、公共及び分類不可については商業と同じものと考えた。なお、住居で使用されている木炭は toe 当たりのEFを薪炭と同じとした。

### 5. 3, 二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の排出係数(EF)

#### 5. 3. 1, 排出係数算出の基本的な考え方

エネルギー消費のデータに基づいてCO<sub>2</sub>の排出量を推計するには、各化石燃料からのCO<sub>2</sub>排出係数を決定することが必要である。CO<sub>2</sub>の排出係数を算出するための基本的な考え方をここではまず整理する。CO<sub>2</sub>の排出量を決定するのは、化石燃料中に含まれる炭素元素の量である。表 5.3-1 に、石炭、石油、天然ガスに関する元素分析の結果を示す。

燃焼過程で未燃カーボンがでないとする、各化石燃料 1kg当たりのCO<sub>2</sub>発生量は、炭素換算kgの単位でその炭素元素構成量と同じ数字になる。石油換算1トン(10<sup>7</sup>kcal)当たりCO<sub>2</sub>排出量を高位発熱量ベースで求めるには、表 5.3-1 に示すように、炭素元素構成量を高位発熱量で割り算してディメンジョンを調整すればよい。

表 5.3-1 に示すように、当然ながら燃料中の水素(H<sub>2</sub>)比率が大きい燃料ほどCO<sub>2</sub>発生量は少ない。CO<sub>2</sub>発生比を比較すると、石炭 100%、石油 84%、天然ガス 58%となる。

各化石燃料からのCO<sub>2</sub>排出係数を求める基本的な考え方は上述の通りである。排出係数を求めるにあたって決めなければならない点は、まず排出係数を燃料の固有単位系で求めたいのか熱量単位系で求めたいのかということである。もし、熱量単位系で求めるとすると、高位発熱量か低位発熱量かと特定しなければならない。

厳密には未燃カーボンも考慮しなければならないが、その比率はそれほど大きくはないので、世界全体のCO<sub>2</sub>排出量を推計するための排出係数を算出する場合には0としているのが一般的である。このような前提を決めて対象となる燃料の炭素元素構成量、発熱量、比重などのデータを整合性の取れた形で収集できれば、CO<sub>2</sub>の排出係数は求めることができる。

#### 5. 3. 2, 石油製品の炭素元素構成とCO<sub>2</sub>排出係数

以下では、今回のアジア地域のCO<sub>2</sub>排出量の推計に関して用いた排出係数を具体的に決定した方法を説明する。石油製品に関しては、排出係数を決定するために必要なデータが他の化石燃料に比べて多く得られたので、まず石油製品について説明する。

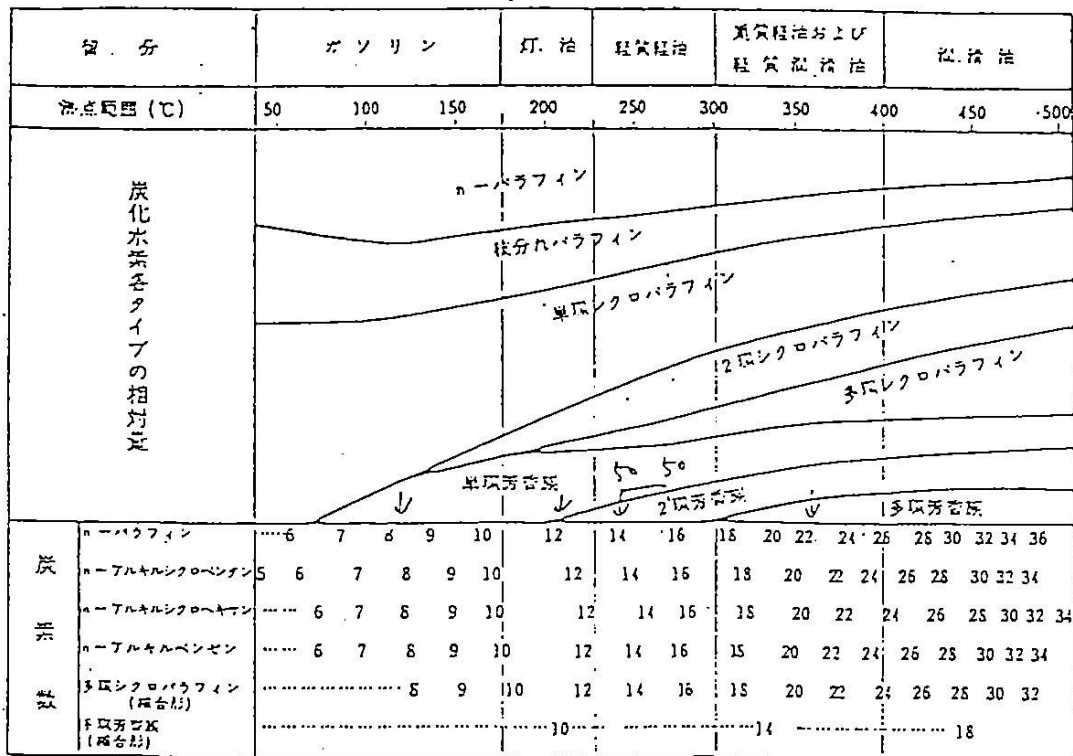
各原油留分における炭化水素の分布と炭素数の関係を図 5.3-1 に、原油各留分の炭化水素タイプ別の組成を表 5.3-2 に示す。これらの情報に基づいて、各石油製品における炭化水素の組成を表 5.3-3 に示すような内容で考え、その結果から各石油製品における炭素元素の構成比率を求めた。

表5.3-1 化石燃料の燃焼とCO<sub>2</sub>発生量

成分	燃料	石炭(1kg)	石油(1kg)	天然ガス(1kg) (メタン)
C		0.62kg(9.4%)	0.86kg(87%)	0.75kg(75%)
H(有効分)		0.04kg(6%)	0.12kg(13%)	0.25kg(25%)
S		←0.02kg	0.02kg	0
その他(主に灰)		←0.32kg	-	0
高位発熱量・Kcal/kg		6,380Kcal	10,500Kcal	13,300Kcal
1kg分燃焼のCO <sub>2</sub> 発生量 (kg-c)		0.62	0.86	0.75
10 <sup>7</sup> Kcal(1toe)分燃焼の CO <sub>2</sub> 発生量(T-C)		0.62÷6.38 ×10 <sup>4</sup> =0.972	0.86÷10.5 ×10 <sup>4</sup> =0.819	0.75÷13.3 ×10 <sup>4</sup> =0.564
CO <sub>2</sub> 発生比		100%	84%	58%

(出典) 玉貫滋「地球環境の保全シナリオ」海外電力、1988年11月号

図5.3-1 原油各留分における炭化水素タイプの分布および沸点-炭素数の関係



(出典) 三菱石油技術資料

表5.3-2 原油各留分の炭化水素タイプ別組成

留分名	ガス	ガソリン	灯油	軽質軽油	重質軽油	潤滑油	残さ油
沸点範囲(°C)	<40	40—180	180—230	230—305	305—405	405—515	
対原油収率(vol%)	4.0	33.2	12.7	16.6	14.5	10.0	7.0
n-パラフィン	80	28.0	23.6	23.1	17.6	13.7	
枝分れパラフィン	20	20.4	15.3	12.4	9.8	8.3	
単環シクロパラフィン	-	42.1	33.1	27.2	22.2	18.4	
2環シクロパラフィン	-	0.7	12.9	13.9	14.4	9.9	
多環シクロパラフィン	-	-	-	3.4	9.5	16.5	
単環芳香族	-	8.8	14.6	12.3	12.1	10.5	
2環芳香族	-	-	0.5	7.7	7.9	8.1	
多環芳香族	-	-	-	-	5.1	6.6	
非炭化水素	-	-	-	-	1.4	8.0	

(出典)三菱石油技術資料

表5.3-3 石油製品の炭素ガス排出係数

	成分化合物	炭素含有量 g-c/g	構成比 (%)	炭素換算排出係数 T-C/ton	CO <sub>2</sub> 換算排出係数
ガソリン	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	0.8421	48.4%	0.8541	3.137
	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	0.8571	42.8%		
	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	0.9057	8.8%		
ナフサ	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0.8372		0.8372	3.0697
ジェット燃料油	灯油 80%	ガソリン 20%		0.8611	3.1574
灯油	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	0.8471	38.9%	0.8628	3.1636
	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>	0.8571	33.1%		
	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub>	0.8675	12.9%		
	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub>	0.9114	14.6%		
	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	0.9231	0.5%		
軽油	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	0.8491	35.5%	0.8692	3.1871
	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub>	0.8571	27.2%		
	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub>	0.8737	17.3%		
	C <sub>15</sub> H <sub>17</sub>	0.9137	12.3%		
	C <sub>15</sub> H <sub>15</sub>	0.9231	7.7%		
重油	C <sub>30</sub> H <sub>62</sub>	0.8531	23.9%	0.8779	3.2190
	C <sub>30</sub> H <sub>60</sub>	0.8571	20.0%		
	C <sub>30</sub> H <sub>52</sub>	0.8738	28.7%		
	C <sub>30</sub> H <sub>34</sub>	0.9137	11.4%		
	C <sub>30</sub> H <sub>30</sub>	0.9231	16.0%		
製油所ガス	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.8000		0.8000	2.9333
原油	ガス 4.0%	0.8000		0.8633	3.1654
	ガソリン 33.2%	0.8541			
	灯油 12.7%	0.8628			
	軽油 18.6%	0.8692			
	重油 31.5%	0.8779			
NGL	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0.8372		0.8372	3.0697
重質軽油	C <sub>22</sub> H <sub>45</sub>	0.8516	27.8%	0.8775	
	C <sub>22</sub> H <sub>44</sub>	0.8571	22.5%		
	C <sub>22</sub> H <sub>35</sub>	0.8829	24.2%		
	C <sub>22</sub> H <sub>25</sub>	0.9135	12.3%		
	C <sub>22</sub> H <sub>22</sub>	0.9231	13.2%		
その他石油製品	重油	0.8779	31.5%	0.8782	3.2200
	重質軽油	0.8775	14.5%		
LPG	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0.8182	50%	0.8229	3.0173
	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0.8276	50%		
航空ガソリン	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0.8333	50%	0.8353	3.0628
	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0.8372	50%		

今回計算に用いたIEA(国際エネルギー機関)の磁気テープ・データは、固有単位が用いられているので、石油製品については1トン当たりのCO<sub>2</sub>排出係数を求めた。表 5.3-3 に示すように、単位系をそろえると炭素元素の構成比率がそのままCO<sub>2</sub>の排出係数となる。

### 5. 3. 3, 石炭、ガス、植物性燃料のCO<sub>2</sub>排出係数

石炭の排出係数は、米国オークリッジ連合大学(国立研究所)の研究によって設定された 23.8(23.7-23.9) kg-C/GJを真発熱量ベースで換算した 1.065T-C/toeを用いた。褐炭の排出係数は、同じく 25.3kg-C/GJを換算した 1.115T-C/toeを用いた。

石炭の場合には、生産地によって炭素含有量、水分、灰分などが大きく異なっており、固有単位、例えば1トン当たりの排出係数は石炭の産地によってかなり異なってくる。また、IEAのエネルギーバランス表の基になった統計が、同じ条件(例えば湿炭ベースか乾炭ベースか)の下で計算されているかどうかはわからない。従って、固有単位に関する石炭の排出係数を求めることは意味がない。炭素含有量と発熱量の間にはある程度一定の関係が存在するので、すでに述べたように本研究では石油換算1トン当たりの排出係数を求めて適用した。

成形炭の適切な情報は得られなかったが、加工によって炭の品質が高められていることを考慮して、石炭と同じ 1.065T-C/toeを用いることにした。BKB、木炭、ピートについても固有の炭素含有量、発熱量などに関する情報が得られなかったので、褐炭と同じ 1.115T-C/toeを用いることとした。

コークスについては、石炭に対して一定の加工が加わって品質も安定してくるので、炭素含有量 0.868 の情報に基づいて排出係数を 0.868T-C/ton と設定した。

天然ガスの排出係数に関しては、米国のオークリッジ連合大学によって推計された 13.85 (13.5-14.2) kg-C/GJを真発熱量ベースで換算した  $0.631 \times 10^{-4}$ g-C/calを用いた。ガス工場ガスの排出係数については、都市ガスの炭素含有量と発熱量の情報に基づいて  $0.637 \times 10^{-4}$ g-C/calと設定した。コークス炉ガスおよび高炉ガスに関する排出係数も、それぞれの代表的な元素組成と発熱量に基づいて前者を  $0.460 \times 10^{-4}$ g-C/cal、後者を  $2.990 \times 10^{-4}$ g-C/calとした。

非商業用エネルギーである植物性燃料の排出係数については、以下のようにして求めた。薪とバガスの主成分はセルロースであるので、セルロースの炭素元素構成と発熱量に基づいて 1.190T-C/toeを設定した。牛糞などのその他非商業用燃料は、適切な情報を入手できなかったため、薪やバガスと同じ 1.190T-C/toeを用いることとした。

植物性燃料の排出係数に関しては、成長する過程で大気中の炭酸ガスを吸収して植物体に蓄積しており、それを燃焼してもともと吸収したものを大気中に戻すだけであるから0とみなすべきであるという考え方がある。他方で、伐採された植物性燃料が植林等を通じて再生されるのであれば0とみなしてもよいが、実際には非商業用エネルギーの使用も森林破壊の一因となっているので排出係数をかけて計上すべきであるという考え方もある。本研究では、両方の場合について炭酸ガス排出量の計算を行うことにした。

### 5. 3. 4, 本研究で用いたCO<sub>2</sub>の排出係数

以上のような考え方で求めて本研究で用いたCO<sub>2</sub>の排出係数の表 5.3-4 にまとめる。

表5.3-4 本研究で用いたCO<sub>2</sub>の排出係数

燃料種別	燃料単位	炭酸ガス換算ton	炭素換算ton
石炭	TOE	3.905	1.065
褐炭	TOE	4.088	1.115
コークス	ton	3.182	0.368
成型炭	TOE	3.905	1.065
BKB	TOE	4.088	1.115
バガス	TOE	4.366	1.190
薪	TOE	4.366	1.190
木炭	TOE	4.088	1.115
ピート	TOE	4.088	1.115
その他非商業用燃料	TOE	4.366	1.190
ガス工場ガス	cal *	2.141×10 <sup>-4</sup>	0.637×10 <sup>-4</sup>
コークス炉ガス	cal *	1.687×10 <sup>-4</sup>	0.460×10 <sup>-4</sup>
高炉ガス	cal *	10.963×10 <sup>-4</sup>	2.990×10 <sup>-4</sup>
天然ガス	cal *	2.312×10 <sup>-4</sup>	0.631×10 <sup>-4</sup>
原油	ton	3.165	0.863
NGL	ton	3.070	0.837
製油所ガス	ton	2.933	0.800
LPG	ton	3.017	0.823
航空ガソリン	ton	3.063	0.835
自動車ガソリン	ton	3.132	0.854
ジェット燃料油	ton	3.157	0.861
灯油	ton	3.164	0.863
軽油	ton	3.187	0.869
重油	ton	3.219	0.878
ナフサ	ton	3.070	0.837
その他石油製品	ton	3.220	0.878
分類不可石油製品	ton	3.165	0.865

\* g-CO<sub>2</sub>/cal、g-C/cal

#### 5. 4, 中国、インド国内の地域別SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出量の推計方法

中国、インド国内の地域別SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>の排出量の推計については、地域別のエネルギーデータが十分得られないため、地域別粗鋼の生産量等のエネルギー消費部門別に関連の強い指標を基にエネルギー消費部門細区分別に全国値の燃料消費量を地域に配布し、そのデータと排出係数から、地域別の排出量を推計した。この場合、SO<sub>x</sub>排出量推計値には地域別の石炭の硫黄分が考慮されている。

##### 5. 4. 1, 中国国内

中国国内の 29 省・特別市別のエネルギー消費部門細区分別の燃料細区分別の燃料消費量の配分指標を表 5.4-1 に示した。本指標は主として「中国統計年鑑国家統計局」によったが、本統計は 1981 年が初版であり、それ依然の統計は公表されていないことから、1975 年の地域配分指標は 1980 年の指標を用いた。

中国では、1979 年に解放政策により特に 1980 年以降に地域間の人口等の移動が活発になっているようであり、近似的に 1980 年の指標を 1975 年に適用が可能とした。

なお、中国の地域別石炭、石油の消費量が 1986 年以降「中国能源統計年鑑 1989 国家統計局」によって発表されているが、1986 年及び 1987 年については、石炭、石油消費量の地域への配分結果が、この公表値と一致するよう調整(調整係数)した。1985 年以前については、1986 年の調整係数を適用し地域別の石炭、石油の総量調整に基づいた排出量の推計を行った。

また、非鉄金属精錬・硫酸製造における原材料から排出されるSO<sub>x</sub>は、地域別硫酸生産量を指標として配分した。セメント製造における石灰石から排出されるCO<sub>2</sub>は、地域別セメント生産量を配分指標とした。

##### 5. 4. 2, インド国内

インド国内の 13 地域のエネルギー消費部門別細区分の燃料細区分別の燃料消費量の配分指標を表 5.4-2 に示した。本指標は、統計の不足から部門によっては必ずしもうまく対応した指標を選定することが出来なかった。

また、統計年についても同様である。非鉄金属精錬・硫酸製造における原材料から排出されるSO<sub>x</sub>の地域配布指標は、地域別セメント生産量とした。また、セメント製造における石灰石から排出されるCO<sub>2</sub>は地域別セメント生産量を配分指標とした。



表5.4-1 中国国内地域別SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出量推計のための燃料消費量配布指標

部 門		燃 種	省配分データ
転換部門	コークス炉	全種	コークス生産量(万トン)
	ガス工場	全種	[人口(万人)]
	石油精製	全種	石油精製生産額(億元)
	発電	全種	火力発電量(億KWH)
	分類不可転換	全種	[火力発電量(億KWH)]
	自家消費等	全種	[火力発電量(億KWH)]
工業部門	鉄鋼	全種	粗鋼生産量(万トン)
	化学・石油化学	全種	化学工業生産額(億元)
	非金属工業	全種	建設材料生産額(億元)
	その他工業	全種	その他工業部門生産額(億元)
輸送部門	航空	全種	航空職員数(万人)
	道路	ガソリン	ガソリン車台数(台)
		軽油	その他車台数(台)
	鉄道	全種	鉄道貨物量(億t・km)
	船舶	全種	水運貨物量(億t・km)
分類不可	全種	[ガソリン車台数(台)]	
その他部門	住居	石炭	生活用石炭消費量(万kg) 1980年は85年原単位×80年人口
		COG	生活用COG消費量(万m3) "
		灯油	生活用灯油消費量(万kg) "
		LPG	生活用LPG消費量(万kg)
		天然ガス	生活用天然ガス消費量(万m3)
		その他	[人口(万人)]
	農業・商業他	農業(石炭)	農林水産石炭使用量(万kg)
		農業(その他)	農機総動力(万馬力)
		商業(石炭)	サービス業[運輸を除く]石炭消費量(万kg)
		商業(COG)	サービス業[運輸を除く]COG消費量(万m3)
		商業(灯油)	サービス業[運輸を除く]灯油消費量(万kg)
		商業(LPG)	サービス業[運輸を除く]LPG消費量(万kg)
		商業(天然ガス)	サービス業[運輸を除く]天然ガス消費量(万m3)
商業(その他)	[サービス業総エネルギー(万kgce)]		

出典)「中国統計年鑑 国家統計局」

表5.4-2 インド国内地域別SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出量推計のための燃料消費量配分指標

部 門		燃 種	州配分データ
転 換 部 門	コークス炉	全種	エネルギー転換、工業部門コークス等消費額(10 <sup>5</sup> RS) 1975(87-88)、1980(80-81)、1985~1987(85-86)
	ガス工場	全種	エネルギー転換、工業部門ガス工場燃料消費額(10 <sup>5</sup> RS) 1975(87-88)、1980(80-81)、1985~1987(85-86)
	石油精製	全種	石油製品生産高(10 <sup>3</sup> t) 1975~1986(85-86)、1985~1987(87-88)
	発電	石炭	石炭発電量(10 <sup>6</sup> KWH) 1975(74-75)、1980(80-81) 又は石炭消費量(10 <sup>3</sup> KI) 1985~1987(85-86)
		重油	石油発電量(10 <sup>6</sup> KWH) 1975(74-75)、1980(80-81) 又は低硫黄重油消費量(10 <sup>3</sup> t) 1985~1987(85-86)
		灯油	石油発電量(10 <sup>6</sup> KWH) 1975(74-75)、1980(80-81) 又は灯油消費量(10 <sup>3</sup> kl) 1985~1987(85-86)
		軽油	石油発電量(10 <sup>6</sup> KWH) 1975(74-75)、1980(80-81) 又は軽油消費量(10 <sup>3</sup> kl) 1985~1987(85-86)
	自家消費等	天然ガス	天然ガス発電量(10 <sup>6</sup> KWH) 1975(74-75)、1980(80-81) 又は天然ガス消費量(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) 1985~1987(85-86)
		軽油	工業用ライト軽油消費量(10 <sup>3</sup> t) 1985より
		石油製品 その他	石油製品生産高(10 <sup>3</sup> t) 1975~1986(85-86)、1987(87-88) [エネルギー転換、工業部門燃料消費額(自家消費計)]
工 業 部 門	鉄鋼	全種	エネルギー転換、工業部門鉄鋼燃料消費額(10 <sup>5</sup> RS) 1975(87-88)、1980(80-81)、1985~1987(85-86)
	化学・石油化学	全種	エネルギー転換、工業部門化学・石油化学燃料消費額(10 <sup>5</sup> RS) 1975(87-88)、1980(80-81)、1985~1987(85-86)
	非金属工業	全種	エネルギー転換、工業部門非金属燃料消費額(10 <sup>5</sup> RS) 1975(87-88)、1980(80-81)、1985~1987(85-86)
	その他工業	全種	エネルギー転換、工業部門その他燃料消費額(10 <sup>5</sup> RS) 1975(87-88)、1980(80-81)、1985~1987(85-86)
輸 送 部 門	航空	全種	航空タービン燃料(10 <sup>3</sup> t)
	道路	ガソリン	ガソリン車相当台数(台) 1975(75.3) 1980(81.3) 又は自動車ガソリン消費量(10 <sup>3</sup> t)
		軽油	ディーゼル車相当台数(台) 1975(75.3) 1980(81.3) 又はハイスピード軽油消費量(10 <sup>3</sup> t)
		全種	[ディーゼル車相当台数又はハイスピード軽油消費量]
	鉄道	全種	鉄道延長(km) 1975~1987(85)
船舶	全種	[海岸総延長 (km)]	
そ の 他 部 門	住居	薪炭	薪炭必要量(Min.M3)
		灯油	生活用灯油消費量(10 <sup>3</sup> t) 1985より
		LPG	生活用LPG消費量(10 <sup>3</sup> t) 1985より
		その他	人口(万人) 1975(76.7)、1980(81.3)、 1985(85.10)、1986~1987(86.10)
	農業・商業他	農業全種	四輪トラクター台数(百台)
商業等全種		[人口(万人)]	

出典) 「STATISTICAL ABSTRACT INDIA」

「BASIC STATISTICS RILATING TO THE INDIAN ECONOMY VOL.2:STATES」

「ANNUAL SUEVEY OF INDUSTRIES SUMMARY RESULTS FOR FACTORY SECTOR」 etc

## 5. 5, 日本の硫黄酸化物(SO<sub>x</sub>)、窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)、排出量の推計

### 5. 5. 1, SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>排出量推計方針の基本的考え方

#### (1) 固定排出源(輸送部門以外の排出源)

日本では、固定発生源については、排煙脱硫脱硝装置を設置した環境対策が行われている。排煙脱硫装置は、1970年頃から発電所等大規模な施設を中心に設置され1987年現在で1,846基が設置された。また、排煙脱硝装置についても、1972年頃から設置され1987年現在で348基が設置されている。「ばい煙処理装置の設備実態 平成2年8月 環境庁大気保健局 大気規制課」による)また、燃焼改善(二段燃焼、低NO<sub>x</sub>バーナー)によるNO<sub>x</sub>の低下対策も行われている。

このような実状から、他のアジア諸国と同様なSO<sub>x</sub>排出係数EF、NO<sub>x</sub>排出係数EFから、SO<sub>x</sub>排出量、NO<sub>x</sub>排出量を推計することが出来ないため、環境庁で実施している「大気汚染物質総合調査」をもとに排出量の推計を行った。なお、この総合調査の対象施設以外はアジアの他の国と同様の考え方で燃料消費量と施設による環境対策の行われていない無対策の排出係数から排出量の推計を行った。

#### (2) 移動排出源(輸送部門)

自動車(道路)についても1973年4月にNO<sub>x</sub>の自動車排ガス規制がガソリン車、LPGの新車から適用され、順次強化が図られながら現在に至っている状況にあり、排ガス規制による効果の実態に基づいた排出量の推計を行った。NO<sub>x</sub>の自動車(道路)以外の移動排出源(航空機、国内船舶、鉄道)及びSO<sub>x</sub>の移動発生源(輸送部門)については、アジアの他の国と同じ考え方で燃料消費量と無対策の排出係数から、その排出量の推計を行った。

### 5. 5. 2, 固定排出源のSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>排出量推計方法

環境庁が行った「大気汚染物質排出量総合調査」(以下マップ調査という)によるデータを以下の方法により集計することで、日本の固定排出源におけるSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>排出量を推計した。

#### マップ調査概要

- (1) 対象年度 1975年、1980年、1985年
- (2) 対象施設を表 5.5-1 に示した。
- (3) 対象業種はA旅館・飲食業～Z運輸・通信業であり、表 5.5-2 に示した。  
なお、本調査の業種分類の対応付けも同時に示した。
- (4) 対象燃料種類はA重油～電気であり、表 5.5-3 に示した。

マップ調査データのうち、農業、公共、商業の各業種については、調査対象外の施設が多く存在すると考えられる。そこで、その他の国の排出量推計方法である、IEAデータによる燃料消費量と排出係数EFによる推計方法を併用する事により、次の方法により排出量を推計した。

$$\begin{aligned} \text{IEA燃料消費量} - \text{マップ調査燃料消費量} &= \text{対象外施設 燃料消費量} \\ \text{対象外施設燃料消費量} \times \text{EF} &= \text{対象外施設 排出量} \\ \text{対象外施設排出量} + \text{マップ調査排出量} &= \text{全施設排出量} \end{aligned}$$

業種不明分、燃料不明分については「不明」として、別々に集計した。

マップ調査データのない、1986、1987年の排出量は、以下の方法より推計した。1985年について、各業種毎に全燃料による排出量を、<1>IEAデータによる燃料消費量×未対策EF、<2>マップ調査を集計の2通り求めた。<1>、<2>の比率により業種毎の削減対策後排出率を求めた。1986、1987の各年の排出量を<1>の方法により推計し、その業種毎の排出量に、業種毎の対策後排出率を掛ける事により、対策後のNO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>排出量を推計した。

IEA燃料消費量×EF	=未対策排出量(1985)
マップ調査排出量	=対策後排出量(1985)
対策後排出量÷未対策排出量	=対策後排出率(1985)
未対策排出量(1986,1987)×対策後排出率(1985)	=対策後排出量(1986,1987)

表5.5-1 「大気汚染物質排出量総合調査(環境庁)」対象施設

- |   |
|---|
| <p>(1) 大気汚染防止法第2条第2項に規定する「ばい煙発生施設」(電気事業法に規定する電気工作物である「ばい煙発生施設」及びガス事業法に規定するガス工作物である「ばい煙発生施設」を含みます。)</p> <p>(2) 鉱山保全部法に基づく「鉱山における鉱害の防止のための規制基準を定める省令」第2条に規定する「鉱煙発生施設」又は「ばい煙発生施設」</p> <p>(3) 都道府県市の条例によって規制の対象とされている施設</p> <p>(4) ディーゼル発電機、ガスタービン等<br/>(なお、予備施設も含みます。)</p> |
|---|

表5.5-2 「大気汚染物質排出量総合調査(環境庁)」

対象業種と本調査との対応

マップ調査	本調査
A 旅館・飲食業	33 分類不可その他
B 学校・病院	33 分類不可その他
C 浴場業	33 分類不可その他
D 洗たく業	33 分類不可その他
E 廃棄物焼却業	16 分類不可エネルギー
F 農業・漁業	29 農業
G 鉱業	21 鉱山
H 建設業	22 建設
I 電気業	7 発電
J ガス業	8 ガス工場
K 熱供給業	16 分類不可エネルギー
L ビル暖房・その他事業場	16 分類不可エネルギー
M 食料品製造業	33 分類不可その他
N 繊維工業	23 その他工業
O 木材・木製品工業	23 その他工業
P パルプ・紙加工業	23 その他工業
Q 化学工業	18 化学工業
R 石油・石炭製造業	5 石油精製
S ゴム・皮革業	23 その他工業
T 窯業・土石製造業	20 非鉄金属鉱業
U 鉄鋼業(コークス含む)	17 鉄鋼
V 非鉄金属業	23 その他工業
W 金属製品業	23 その他工業
X 機械工業	23 その他工業
Y その他製造業	23 その他工業
Z 運輸・通信業	16 分類不可エネルギー

表5.5-3 「大気汚染物質排出量総合調査(環境庁)」

対象燃原料種類と単位一覧表

液体燃料	個体燃料	気体燃料	原料	その他
単位 (l, kl)	単位 (kg/ton)	単位 (Nm <sup>3</sup> , 10m <sup>3</sup> )	単位 (kg/ton)	単位 (kg/ton)
11 A重油	21 一般炭	31 都市ガス	41 鉄・鉄鉱石	51 パルプ廃液
12 B重油	22 コークス	32 コークス炉ガス	42 硫黄鉱	53 一般廃棄物 54 産業廃棄物 55 51～54以外のもの
13 C重油	23 木材	33 高炉ガス	43 非鉄金属鉱石	
14 軽油	24 木炭	36 転炉ガス 37 オフガス 38 その他の気体燃料	44 原料炭	
15 灯油	25 その他の個体燃料		45 原料コークス	
16 原油			46 その他の原料	
18 ナフサ		単位 (kg, ton)		
19 その他の液体燃料		34 LNG		単位 (kWh, 10 <sup>8</sup> kWh)
		35 LPG		61 電気

### 5. 5. 3, 自動車(道路)のNO<sub>x</sub>の排出量の推計方法

NO<sub>x</sub>の自動車排ガス規制は、1973年4月から実施されたが、1980年以降については東京都の調査結果を基に推計し、1975年は規制車の未規制車に対する排出割合と車の代替率の関係から排出係数を推計し、排出量を算定した。

#### (1) NO<sub>x</sub>の排出係数(EF)

##### 1) 1980、1985～1987年のNO<sub>x</sub>EF

1980、1985～1987のNO<sub>x</sub>EFはそれぞれ資料<14>、<17>(資料番号は、「5.2.2, NO<sub>x</sub>排出係数の設定結果とその根拠」に記載した資料であり、以下同じ)に示されている資料及び建設省道路交通センサスの資料<15>により設定した。1986、1987年については、資料<17>に1990年のデータが示されていることから、1990年についてEFを求め、1985年と1990年のEFより内挿して算出した。

資料によると各年の車種別NO<sub>x</sub>及びSO<sub>x</sub>排出量、S%、比重は下表のようになっており、これらから燃料使用量を下式より求め、次にNO<sub>x</sub>排出量と算出した燃料使用量より燃料使用当たりのNO<sub>x</sub>排出係数(kg/ton)を求めた(表 5.5-4 参照)。

$$\text{燃料使用量}(10^3\text{kl/年}) = \text{SO}_x\text{排出量}(10^3\text{ton/年}) \div (\text{S}\% \times 0.01 \times \text{比重} \times 2)$$

表5.5-4 車種別燃料当りのNO<sub>x</sub>の排出係数

			軽乗車	乗用	バス	軽貨物	小貨	貨客	普貨	特殊	
1980 (S55)	NO <sub>x</sub> 排出量 10 <sup>3</sup> ton/年	G	0.48	11.04	-	0.65	7.20	7.54	-	-	
		D	-	-	4.80	-	2.38	-	15.98	2.51	
		計	0.004				9.58				
	SO <sub>x</sub> 排出量 10 <sup>3</sup> ton/年	G	-	0.118	-	0.005	0.047	0.057	-	-	
		D	-	-	1.368	-	1.245	-	4.336	0.634	
		計					1.292				
	S(%)	G/D	0.008/0.39								
	比重	G/D	0.75/0.83								
	燃料使用量10 <sup>3</sup> kl/年										
	ガソリン	G	33	983	-	42	395	475	-	-	
	軽油	D	-	-	211	-	192	-	670	98	
	NO <sub>x</sub> 排出係数kg/ton										
ガソリン	G	19.2	15.0	-	20.8	24.3	21.2	-	-		
軽油	D	-	-	27.4	-	14.9	-	28.8	30.9		
1985 (S60)	NO <sub>x</sub> 排出量 10 <sup>3</sup> ton/年	G	0.44	7.72	-	1.64	8.10	5.09	-	-	
		D	-	0.77	2.68	-	1.84	-	13.59	2.55	
		計		8.49			9.94				
	SO <sub>x</sub> 排出量 10 <sup>3</sup> ton/年	G	0.005	0.103	-	0.014	0.047	0.048	-	-	
		D	-	0.259	0.753	-	1.284	-	3.831	0.646	
		計		0.362			1.331				
	S(%)	G/D	0.008/0.39								
	比重	G/D	0.75/0.83								
	燃料使用量10 <sup>3</sup> kl/年										
	ガソリン	G	41	859	-	117	390	400	-	-	
	軽油	D	-	40	116	-	198	-	592	100	
	NO <sub>x</sub> 排出係数kg/ton										
ガソリン	G	14.1	12.0	-	18.7	27.7	17.0	-	-		
軽油	D	-	23.0	27.8	-	11.2	-	27.7	30.8		
1990 (S65)	NO <sub>x</sub> 排出量 10 <sup>3</sup> ton/年	G	0.28	5.55	-	1.56	6.58	4.10	-	-	
		D	-	0.82	1.79	-	1.49	-	12.72	2.27	
		計		6.37			8.07				
	SO <sub>x</sub> 排出量 10 <sup>3</sup> ton/年	G	0.005	0.099	-	0.014	0.063	0.050	-	-	
		D	-	0.370	0.543	-	1.719	-	4.270	0.670	
		計		0.469			1.782				
	S(%)	G/D	0.008/0.39								
	比重	G/D	0.75/0.83								
	燃料使用量10 <sup>3</sup> kl/年										
	ガソリン	G	42	827	-	117	522	417	-	-	
	軽油	D	-	57	84	-	266	-	660	103	
	NO <sub>x</sub> 排出係数kg/ton										
ガソリン	G	9.0	9.0	-	17.8	16.8	13.1	-	-		
軽油	D	-	17.2	25.7	-	6.8	-	23.2	26.4		

なお、表 5.5-4 において小型貨物車のNO<sub>x</sub>の排出量については、ディーゼル車の割合が大きいためディーゼル車とガソリン車別に分ける必要がある。区分するデータは、資料<14>、<17>より表 5.5-5 の構成比及びそれぞれのNO<sub>x</sub>EF (g/台km)を用いた。

また 1985 年(S.50)以降の乗用車についても、日本ではディーゼル化が進んでいることから、資料<17>より表 5.5-5 のエンジン型式別割合及びNO<sub>x</sub>EF (g/台km)データを用いてNO<sub>x</sub>排出量を分けた。なおSO<sub>x</sub>排出量についても、エンジン型式割合と燃料含有硫黄分S%によって同様に分けた。

表5.5-5 ガソリン車(G)とディーゼル車(D)の構成比

単位：構成比、NO<sub>x</sub>EF(g/台Km)

エンジン型式(燃種)		1980(S55)		1985(S60)		1990(S65)	
		構成比	NO <sub>x</sub> EF	構成比	NO <sub>x</sub> EF	構成比	NO <sub>x</sub> EF
小型貨物車	G	0.65	3.89	0.64	3.56	0.48	3.56
	D	0.35	2.38	0.36	1.44	0.52	1.44
乗用車	G	-	-	0.95	0.39	0.93	0.39
	D	-	-	0.05	0.75	0.07	0.75

次に表 5.5-5 において求めた各車種別の燃料当たりのNO<sub>x</sub>EF (kg/ton)から、ガソリンと軽油別の平均EFを求める際に、資料<15>に示されている表 5.5-6 の全国 24 時間交通量車種構成データを用いた。

表5.5-6 全国 24 時間交通量車種構成

単位：%

年度	軽乗車	乗用	バス	軽貨物	小貨	貨客	普貨	特殊
'80	2.7	44.3	1.7	3.5	8.4	14.7	22.3	2.4
'85	2.5	44.6	1.6	6.2	7.0	13.2	22.2	2.8
'88	2.0	44.3	1.6	7.9	6.1	11.8	23.2	3.1

(注)：1990年は資料が無いので、'88年のデータを用いた。

表 5.5-6 より各年の燃料種類別NO<sub>x</sub>EF (kg/ton)は表 5.5-7 に示す値となった。

表5.5-7 燃料当たりのNO<sub>x</sub>排出係数

単位 (kg/ton)

年	1973 (排ガス 規制前)	1980	1985	1986	1987	(1990)
燃料						
ガソリン車	31.7	17.4	14.7	14.0	13.3	(11.2)
ディーゼル車	27.4	27.5	26.3	25.4	24.6	(22.0)



LPG車のNO<sub>x</sub>EFについては、資料<14>によると昭和 55 年(1980)の乗用ガソリンとLPGのNO<sub>x</sub>EF及び燃費は下表のとおりである。

車種	NO <sub>x</sub> EF(g/台km)	燃費(l/km)	
	'80	式	
乗用ガソリン	1.099	$0.7252/v+0.06152$	0.091
乗用LPG	0.529	$0.7981/v+0.0682$	0.1

(註)V=25km/H時

上記NO<sub>x</sub>EFよりガソリンとLPGの液比重(ガソリン0.75、プロパン0.508)を用いてNO<sub>x</sub>EFの(乗用LPG/乗用ガソリン)比を求めると、

	<1>比重(kg/l)	<2>燃費(l/km)	<3>燃費(kg/km) <1>×<2>
ガソリン	0.75	0.09	0.068
LPG	0.508	0.1	0.051

上記の2表から

$$\frac{\text{乗用LPGNO}_x\text{EF}0.529}{0.051}$$

$$\frac{\text{乗用ガソリンNO}_x\text{EF}1.099}{0.068}$$

より 0.64(1980年)となり、求めるNO<sub>x</sub>EFは自動車ガソリン車NO<sub>x</sub>EF17.4×0.64=11.1(kg/ton)(1980年)となる。

## 2) 1975年のNO<sub>x</sub>EF

1975年については、1973年4月から自動車の排ガス規制が実施されたがその効果を次のように見込んだ。なお、排ガス規制内容は「昭和56年度 環境白書環境庁」によった。

### ○ ガソリン車

ガソリン車の1975年以前の排ガス規制(新型車)は、1973年4月から実施されたが、その内容は、未規制に対してその排出量は車輻重量2.5トン超が70%で、他は71%となっている。なお、1975年4月には、乗用車が39%、他が59%の規制となった。

ここで、ガソリン車の寿命を10年と仮定し、年間1割の自動車台数が新車と入れ替わるものとする。また、1973年4月の新型車全体の未規制に対する排出量を71%、1975年4月の新型車は同50%とすると1975年のNO<sub>x</sub>EFは次のように計算される。

1975年9月時点(1975年度の年央)

	<1> 規制車 の割合	<2> NO <sub>x</sub> 未規制車 に対する 排出割合	<3> NO <sub>x</sub> EF	<4> <1>×<3>
1973年規制車 1973年4月 ～'75年4月(2ケ年)	(%) 20	(%) 71	(kg/ton) 22.5	4.50
1975年Ⅱ 1975年4月 ～'75年9月(0.5ケ年)	5 75	50 100	15.9 31.7	0.80 23.78
未規制車 合計	100	-	-	29.08

以上の計算により1975年のガソリン車の～'75年4月(2ケ年)NO<sub>x</sub>EFを29.1kg/tonとする。

○ デーゼル車

ディーゼル車の1975年以前の排ガス規制は、1974年9月の新車について、未規制車に対してその排出量は、80%の規制となったが、NO<sub>x</sub>EFの大きい直接噴射式ディーゼル車の割合が増加していることもあり、ディーゼル車全体としては未規制車のNO<sub>x</sub>EF27.4kg/tonを1975年にも適用させる。

○ LPG車

LPG車の排ガス規制内容は、ガソリン車と同じであるので、1980年のLPG車のNO<sub>x</sub>EFの設定と同様に次のように設定する。

$$\begin{aligned}
 \text{LPG車NO}_x\text{EF}(1975\text{年}) &= \text{ガソリン車NO}_x\text{EF}(1975\text{年}) \times 0.64 \\
 &= 29.1 \times 0.64 \\
 &= 18.6\text{kg/ton}
 \end{aligned}$$

なお、アジア各国に適用する未規制LPG車のNO<sub>x</sub>EFは、次のようになる。

$$31.7 \times 0.64 = 20.3\text{kg/t}$$

1985以降については、1980年の値を基に資料<17>に示されている乗用LPGのEFの経年変化比を用いて算出した(表5.5-8参照)。

表5.5-8 乗用LPG車のNO<sub>x</sub>排出係数(EF)

項目	'75	'80	'85	'90
NO <sub>x</sub> EF(g/台km)	-	0.529	0.469	0.409
経年変化比	-	1	0.89	0.77
NO <sub>x</sub> EF(kg/ton)	18.6	11.1	9.9	8.5

(1) 自動車のNO<sub>x</sub>排出量の推計結果と評価

上記までの結果を用いて、IEAの燃料使用量に乗じて年別NO<sub>x</sub>排出量を算出した結果は次の通りである。

表5.5-9 自動車のNO<sub>x</sub>排出量

燃 種	項 目	排ガス規 制前1973 (S.48)	1975(S.50)	1980(S.55)	1985(S.60)	1986(S.61)	1987(S.62)
自動車ガソリン	消費量(10 <sup>3</sup> ton/年)		20,721	25,432	26,878	27,506	27,987
	NO <sub>x</sub> EF (kg/ton)	31.7	29.1	17.4	14.7	14.0	13.3
	NO <sub>x</sub> 排出量 (ton/年)		602,981	442,517	395,107	385,084	372,227
軽油・重油	消費量(10 <sup>3</sup> ton/年) 軽 重		9,263	14,138	17,036	17,911	20,142
			37	62	120	123	134
	NO <sub>x</sub> EF (kg/ton)	27.4	27.4	27.5	26.3	25.4	24.6
	NO <sub>x</sub> 排出量 (ton/年)		254,820	390,500	451,203	458,064	498,790
L P G	消費量(10 <sup>3</sup> ton/年)		1,578	1,473	1,722	1,728	1,544
	NO <sub>x</sub> EF (kg/ton)	20.3	18.6	11.1	9.9	9.6	9.3
	NO <sub>x</sub> 排出量 (ton/年)		29,351	16,350	17,047	16,588	14,359
合計(ton/年)			887,152	849,367	863,357	859,736	885,376

注: 重油は一般に軽油と混合して使用されることから軽油の値を用いた。

また算出結果を既存の結果と比べると下表のように、やや大きい量となっているが、本調査は燃料消費量を原単位としていることから、他の自動車走行量から算出する方法と比べると、元来大きめの値になると考えられる事から、ほぼ妥当な結果と考えられる。

表5.5-10 日本自動車NO<sub>x</sub>排出量算出結果の比較

資 料 名	単位10 <sup>3</sup> t/年 (as NO <sub>2</sub> )			
	'75 S50	'80 S55	'85 S52	'87 H2
<1>日環センター(環)H1.3	908 (1.00)	784 (0.86)	702 (0.77)	
<2>OECD 1989	638 (1.00)	540 (0.85)	695 <sup>'83</sup> (1.09)	
<3>本調査	887 (1.00)	849 (0.96)	863 (0.97)	885 (1.00)
<4>全国走行キロ×都NO <sub>x</sub> EF		806	728	687 <sup>'86</sup>
<5>都報告書 S62.3(都内)	-	55 (1.00)	46 (0.60)	39 <sup>'90</sup> (0.51)
<6>都報告書 S57.2(都内)			38 (0.69)	35 <sup>'90</sup> (0.64)

注: <4>は参考資料より

(参考)燃料消費量から算出した結果を検討する際の資料として自動車走行台キロデータと都のNO<sub>x</sub>EF(g/台 km)データによる試算を行った結果を以下に示す。

自動車走行台キロ(千台キロ/日)

年	乗用車類 千台キロ	貨物車類 千台キロ	合計 千台キロ	高速道路 千台キロ
1980(S55)	461,843 (1.00)	397,252 (1.00)	859,095 (1.00)	72,630 (1.00)
1985(S60)	507,625 (1.10)	488,827 (1.23)	996,452 (1.16)	100,030 (1.38)
1988(S63)	564,668 (1.22)	574,961 (1.45)	1,139,629 (1.33)	134,544 (1.85)

出典:資料<15>より

NO<sub>x</sub>EF(g/台 km、v=25km/h)

年	軽乗	乗G	バス	軽貨	小貨	貨客	普貨	特殊	乗LPG
1980(S.55)	0.86	1.09	10.37	1.07	2.37	1.59	5.81	4.93	0.52
1985(S.60)	0.72	0.64	8.37	1.12	2.51	1.26	4.66	4.27	0.46
1990(H. 2)	0.43	0.42	5.37	1.04	1.92	0.95	4.08	3.61	0.40

出典:S.55は資料<14>、S.60とH.2は資料<17>より

自動車車種別走行量割合(%)

年	軽乗	乗用	バス	軽貨	小貨	貨客	普貨	特殊
1980(S.55)	2.70	44.30	1.70	3.50	8.40	14.70	22.30	2.40
1985(S.60)	2.50	44.60	1.60	6.20	7.00	13.20	22.20	2.80
1988(S.63)	2.00	44.30	1.60	7.90	6.10	11.80	23.20	3.10

出典:資料<15>より

(注)車種別割合において走行台キロと走行量割合とは異なるが、大きな違いはない。

NO<sub>x</sub>算出式

$$\text{NO}_x\text{排出量 (kg/年)} = \text{合計走行台キロ (千台キロ/日)} \times 365 (\text{日/年}) \times \\ \text{車種別走行量割合 (\%)} \times 1/100 \times \\ \text{車種別NO}_x\text{EF (g/台 km)} \times 0.001 (\text{kg/g})$$

車種別NO<sub>x</sub>排出量算出結果 (ton/年)

年	軽乗	乗用	バス	軽貨	小貨	貨客	普貨	特殊	計
1980(S.55)	7,281	152,438	55,279	11,743	62,425	73,290	406,270	37,101	805,827
1985(S.60)	6,546	103,815	48,707	25,255	63,902	60,491	376,260	43,484	728,460
1988(S.63)	3,577	77,393	35,739	34,175	48,717	46,629	393,731	46,550	686,511

(参考)自動車NO<sub>x</sub>EFの米国と日本の比較

車種	米国(g/Mile)( ):g/km		日本(g/km)
	≒1975	≒1985	1975(atV=25km/H)
1.LIGHT DUTY GA VEHICLES(12人以下)	2.59( 1.61)	0.98( 0.61)	2.23(乗用車)
2.LIGHT DUTY GA TRUCKS I(G.V.W≤6,000)	2.85( 1.77)	1.95( 1.21)	-
3.LIGHT DUTY GA TRUCKS II(G.V.W6,000~8,500 1b)	4.81( 2.99)	1.94( 1.21)	-
4.HEAVY DUTY GA VEHICLES(G.V.W>8,500 1b)	6.47( 4.03)	4.94( 3.07)	2.03(貨客車)
5.LIGHT DUTY DI VEHICLES(12人以下)	1.60( 1.00)	1.02( 0.63)	-
6.LIGHT DUTY DI TRUCKS(G.V.W<8,500 1b)	2.23( 1.39)	1.63( 1.01)	2.20(小型貨物車)
7.HEAVY DUTY DI VEHICLES(G.V.W>8,500 1b)	24.77(15.40)	18.23(11.30)	6.84(大型貨物車)

(注)GA: ガソリン、DI: ディーゼル

米国資料: Compilation of Air Pollutant Emission Factors Volume II EPA

日本資料: 東京都自動車交通量及び自動車排出ガス排出算出調査報告書 昭和57年2月 東京都

5. 5. 4, 日本のSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>排出量

以上までの方法に基づき推計した日本のSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>の排出量について、環境無しを想定した排出量も含め、日本の環境対策の効果を明らかにし表 5.5-11～表 5.5-14 及び図 5.5-1～図 5.5-4 に示した。

(1) SO<sub>x</sub>

表 5.5-11 及び図 5.5-1 に示すように、日本のSO<sub>x</sub>排出量について、<1>環境対策無しを想定した場合(燃料の低硫黄化、排煙脱硫無しを想定した場合)、<2>燃料の低硫黄化対策だけを想定した場合、<3>実排出(実際の排出量であり、燃料の低硫黄化、排煙脱硫対策後)の3ケースについて推計し、燃料の低硫黄化対策及び排煙脱硫対策による効果を明らかにした。

なお、環境対策無しを想定した場合における、燃料の低硫黄化無しを想定した場合の燃料含有硫黄(S)分を示すと次のようになる。石油製品については、低硫黄化対策が開始される直前の1967年の石油製品含有S分(ガソリン0.012%、軽油0.59%、重油2.50%)とし、石炭含有S分は1975年のS分0.77%として使用した。また、燃料の低硫黄化対策だけを想定した場合の燃料含有S分は、表 5.1-2 に示す日本の石炭含有硫黄分(1975年0.77%、'80年0.76%、'85年0.69%、'86年0.68%、'87年0.67%)及び表 5.1-4 に示す日本の軽油、重油含有硫黄分(軽油;1975～'87年0.4%、重油;1975年1.42%、'80年1.33%、'85年1.13%、'86年1.10%、'87年1.09%)とした。

日本のSO<sub>x</sub>排出量は、1975年に2,571千tであったが、経年的に順次減少し'87年には、'75年の0.4倍の

1,143 千tになった。環境無対策を想定した場合には、1975 年が 6,161 千tであり、'87 年が 3,968 千tであることから、実際の排出量は、環境無対策の排出量に対して、1975 年が 42%、'87 年が 29%までに減少しており環境対策による削減率はそれぞれ 58%、71%であり経年的に大きくなっている。これを、燃料の低硫黄化対策による削減率でみると 1975 年 33%、'87 年が 35%となり、残りの 1975 年 25%、'87 年が 36%が排煙脱硫による削減効果となる。1975 年には排煙脱硫による効果に比べ燃料の低硫黄化による効果が大きかったが、'87 年には両者の効果が同程度となってきた。

日本のSO<sub>x</sub>排出量を排出源別の構成比でみると、固定排出源が 1975 年が 91%、'87 年が 78%と大半を占めているが、そのシェアは減少しつつあり、絶対量も 1975 年の 2,348 千tから'87 年の 889 千tと大幅に減少した。これに対して、排出量は小さいものの移動排出源では、絶対量、シェアともに増加しつつある。固定排出源のうち発電、他のエネルギー転換／産業部門では、排出量が大きいものの全体の排出量に対するシェアは減少しつつある。これとは逆に、その他部門、非鉄金属精錬・硫酸製造では、排出量は小さいものの全体の排出量に対するシェアは増加しつつある。燃料の低硫黄化後の排出量に対する排煙脱硫による削減率は、固定排出源では、1975 年の 40%に対して'87 年が 62%と大幅に増加した。特に発電部門では、1975 年の 66%、'87 年の 85%と高率で推移しており、続いて他のエネルギー転換／産業部門では、1975 年の 18%に対して'87 年の 49%と増加が大きく、最近になり特に排煙脱硫対策が進行していることを示している。

排煙脱硫施設による排出量の削減量は、1975 年の 1,580 千tに対して、'80 年が最大の 2,027 千tであり、その後減少し、'87 年には 1,444 千tとなっている。これは、排煙処理設備が増えても、設備に入るガス中のSO<sub>x</sub>が減っているためであり、排煙脱硫に使用したセッコウ量中のSO<sub>2</sub>と比較すると 1975 年が 24%、'85 年、'87 年が 50%台と効率が向上していることから削減量の推計値が妥当のものと考えられる(表 5.5-11 註)4参照)。

## (2) NO<sub>x</sub>

表 5.5-12~13、及び図 5.5-1~4 に示すように、<1>環境対策無しを想定した場合(日本以外のアジア各国に適用した無対策のNO<sub>x</sub>排出係数により推計)、<2>実排出(排煙処理装置による処理後)の2ケースについて推計し、排煙処理対策の効果を明らかにした。

日本のNO<sub>x</sub>排出量は、1975 年に 2,329 千tであったが、順次減少し'86 年には 1,901 千tとなり、'87 年にはやや増加し 1,935 千tとなった。これは'75 年に対して'86 年が 0.82 倍、'87 年が 0.83 倍になる。

環境対策無しを想定した場合の排出量は、1975 年が 2,829 千t、'86 年が 3,140 千t、'87 年が 3,209 千t増加しているが、実際の排出量はこれらの無対策の排出量に対して 1975 年が 82%、'86 年 60%、'87 年が 60%となりその削減率は、それぞれ 18%、40%、40%となり、環境対策の効果が経年的に大きくなってきている。日本のNO<sub>x</sub>排出量を排出源別にみると、移動排出源(道路、国際航空含む、鉄道、国内船舶)は固定排出源別より大きく、全体の排出量に占めるシェアは 1975 年の 55%に対して'87 年が 62%と年々増加している。

固定排出源における排出源別排出量は、他のエネルギー転換／産業部門が最も大きく全排出量に占めるシェアは、'87 年では 23%であり、続いて発電部門の 10%となっており、これらは共にシェア及び絶対量とも減少しつつある。その他部門は5%のシェアと比較的小さいが増加傾向にある。一方、移動排出源では、道路の排出量が 1975 年~'87 年について 860 千t前後でほぼ横ばいとなっており、これを全排出量に占めるシェアでみると、1975 年の 38%から'87 年の 46%と道路のウェイトが増してきている。道路以外のその他では、絶対量では減少し、シェアでは 16%前後の横ばいに推移している。

これらの対策効果を、環境無対策を想定した排出量に対する削減量の比率(削減率)でみると、各排出源と

も大幅に増加しつつあるのが、発電部門で大きく1975年の56%に対して、'87年が75%、次いで道路の'75年の6%が'87年には40%となっている。

道路の排出量を、LPG車、ガソリン車、ディーゼル車の車種別にみると、道路全体の排出量に対してLPG車のそれが2%程度で推移しているのに対して、ガソリン車が'75年の68%から'87年の42%に減少したのに対して、ディーゼル車は'75年の29%から'87年の56%に増加している。これを削減率が排ガス規制の効果をみると、ガソリン車は'75年の8%に対し'87年には58%となっており、LPG車も同程度の対策効果を示すが、ディーゼル車は、排ガス規制が実施されたにもかかわらず、1980年までその効果が目に見えて来ず、'85年に4%、'87年に10%と低位の効果に留まっている。これは、直噴式のディーゼル車シェアが大きくなっていることに加え、対策技術の難しさを表している。

表5.5-11 日本のSO<sub>x</sub>排出量と環境対策による効果

	環境対策	排出源	量(単位:1000t/年)					構成比(%)				
			1975	1980	1985	1986	1987	1975	1980	1985	1986	1987
排出量	燃料低硫黄化 対策想定	固定排出源	5,798	5,209	3,732	3,373	3,543	94.1	92.6	90.5	89.9	89.3
		発電	2,734	2,778	2,140	2,139	2,093	44.4	49.4	51.9	53.8	52.7
		他のエネルギー-転換/産業部門	2,616	2,006	1,232	1,085	1,050	42.5	35.7	29.9	27.3	26.5
		その他部門	334	265	243	238	243	5.4	4.7	5.9	6.0	6.1
		非鉄金属精錬・硫酸製造	114	160	117	111	158	1.9	2.8	2.8	2.8	4.0
		移動排出源	363	416	391	401	425	5.9	7.4	9.5	10.1	10.7
	道路	116	176	213	224	251	1.9	3.1	5.2	5.6	6.3	
	その他	247	240	177	177	174	4.0	4.3	4.3	4.4	4.4	
	合計	6,161	5,625	4,122	3,974	3,968	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
	燃料低硫黄化 対策想定	固定排出源	3,928	3,378	2,441	2,341	2,333	94.6	93.0	91.3	90.8	90.2
		発電	1,876	1,718	1,329	1,331	1,296	45.2	47.3	49.7	51.6	50.1
		他のエネルギー-転換/産業部門	1,727	1,334	850	755	733	41.6	36.7	31.8	29.3	28.3
		その他部門	211	166	146	144	147	5.1	4.6	5.5	5.6	5.7
		非鉄金属精錬・硫酸製造	114	160	117	111	158	2.7	4.4	4.4	4.3	6.1
		移動排出源	223	253	232	237	254	5.4	7.0	8.7	9.2	9.8
道路	77	117	141	148	166	1.9	3.2	5.3	5.7	6.4		
その他	146	136	91	89	87	3.5	3.7	3.4	3.5	3.4		
合計	4,151	3,631	2,673	2,578	2,587	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		
排出量 (燃料低硫黄化、 排煙脱硫 対策後)	固定排出源	2,348	1,351	943	851	889	91.3	84.2	80.3	78.2	77.8	
	発電	631	350	202	202	197	24.5	21.8	17.2	18.6	17.2	
	他のエネルギー-転換/産業部門	1,416	696	508	382	376	55.1	43.4	43.2	35.1	32.9	
	その他部門	187	145	117	115	118	7.3	9.0	9.9	10.6	10.3	
	非鉄金属精錬・硫酸製造	114	160	117	111	158	4.4	10.0	10.0	10.2	13.8	
	移動排出源	223	253	232	237	254	8.7	15.8	19.7	21.8	22.2	
道路	77	117	141	148	166	3.0	7.3	12.0	13.6	14.6		
その他	146	136	91	89	87	5.7	8.5	7.7	8.2	7.6		
合計	2,571	1,604	1,175	1,088	1,143	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		
削減量	燃料低硫黄化	固定排出源	1,870	1,831	1,291	1,232	1,210	93.0	91.8	89.0	88.3	87.6
		発電	858	1,060	811	807	797	42.7	53.2	56.0	57.8	57.7
		他のエネルギー-転換/産業部門	889	672	382	330	317	44.2	33.7	26.4	23.6	23.0
		その他部門	123	99	97	95	96	6.1	5.0	6.7	6.8	7.0
		非鉄金属精錬・硫酸製造	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		移動排出源	140	163	159	164	171	7.0	8.2	11.0	11.7	12.4
	道路	39	59	72	76	85	2.0	3.0	5.0	5.4	6.1	
	その他	101	104	87	88	86	5.0	5.2	6.0	6.3	6.2	
	合計	2,011	1,994	1,450	1,396	1,381	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
	排煙脱硫	固定排出源	1,580	2,027	1,498	1,490	1,444	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
		発電	1,245	1,368	1,127	1,129	1,099	78.8	67.5	75.2	75.8	76.1
		他のエネルギー-転換/産業部門	311	638	342	374	357	19.7	31.5	22.8	25.1	24.7
		その他部門	24	21	29	29	29	1.5	1.0	2.0	1.9	2.0
		非鉄金属精錬・硫酸製造	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		移動排出源	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
道路	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
その他	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
合計	1,580	2,027	1,498	1,490	1,444	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		
削減率 (%)	削減率 削減率	固定排出源	32.3	35.2	34.6	34.5	34.1					
		発電	31.4	38.2	37.9	37.7	38.1					
		他のエネルギー-転換/産業部門	34.0	33.5	31.0	30.4	30.2					
		その他部門	36.9	37.3	39.9	39.8	39.6					
		非鉄金属精錬・硫酸製造	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
		移動排出源	38.6	39.2	40.7	40.8	40.2					
	道路	33.8	33.7	33.9	33.9	33.8						
	その他	40.8	43.3	48.9	49.6	49.6						
	合計	32.6	35.5	35.2	35.1	34.8						
	削減率 削減率	固定排出源	40.2	60.0	61.4	63.7	61.9					
		発電	66.4	79.6	84.8	84.8	84.8					
		他のエネルギー-転換/産業部門	18.0	47.8	40.2	49.5	48.7					
		その他部門	11.2	12.8	20.1	19.9	19.7					
		非鉄金属精錬・硫酸製造	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
		移動排出源	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
道路	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
その他	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
合計	38.1	55.8	56.0	57.8	55.8							

註) 1. 削減率想定は、燃料の低硫黄化実施前の1967年の石油製品の硫黄分(ガリ)0.012%、軽油0.59%、重油2.50%と1975年の石炭の硫黄分0.77%を固定して計算した。

2. 燃料低硫黄化削減率は、石油製品、石炭の硫黄分の異動をもとに計算した。

3. 排出量(燃料低硫黄化、排煙脱硫対策後)は、固定排出源のうち非鉄金属精錬・硫酸製造を除き「大気汚染物質排出量調査報告書」を参考として推計した。

4. (参考) 日本の排煙脱硫用セッコウ量とSO<sub>x</sub>削減量の推計値比較

	(単位:1000t)			
	1975年	'80	'85	'87
排煙脱硫セッコウ量(A)	1,023	2,196	2,290	1,790
(A)の中のSO <sub>2</sub> 量(B)	381	816	852	733
排煙脱硫SO <sub>2</sub> 削減量(今回推計値)(C)	1,580	2,027	1,498	1,444
B/C (%)	24.1	40.3	56.9	50.8



表5.5-12 日本のNO<sub>x</sub>排出量と環境対策による効果

	環境対策	排出源	量(単位:1000t/年)					構成比(%)				
			1975	1980	1985	1986	1987	1975	1980	1985	1986	1987
排出量	無対策想定	固定排出源	1,498	1,530	1,462	1,429	1,423	53.0	48.6	46.8	45.5	44.4
		発電	713	767	753	757	756	25.2	24.4	24.1	24.1	23.6
		他のエネルギー転換/産業部門	654	623	566	524	516	23.1	19.8	18.1	16.7	16.1
		その他部門	131	140	143	148	151	4.6	4.5	4.6	4.7	4.7
		移動排出源	1,330	1,619	1,664	1,711	1,786	47.0	51.4	53.2	54.5	55.6
		道路	944	1,225	1,357	1,401	1,474	33.4	38.9	43.4	44.6	45.9
		その他	386	394	306	310	312	13.7	12.5	9.8	9.9	9.7
	合計	2,829	3,149	3,125	3,140	3,209	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
	排出量 (排煙対策 後)	固定排出源	1,056	888	778	732	738	45.3	41.7	39.9	38.5	38.1
		発電	317	238	187	188	188	13.6	11.2	9.6	9.9	9.7
		他のエネルギー転換/産業部門	639	548	493	442	446	27.4	25.7	25.3	23.2	23.0
		その他部門	100	101	98	102	104	4.3	4.7	5.1	5.4	5.4
		移動排出源	1,274	1,244	1,170	1,169	1,197	54.7	58.3	60.1	61.5	61.9
		道路	887	849	863	860	885	38.1	39.8	44.3	45.2	45.8
その他		386	394	306	310	312	16.6	18.5	15.7	16.3	16.4	
合計	2,329	2,132	1,948	1,901	1,935	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		
削減量	排煙処理 装置	固定排出源	443	642	684	697	685	88.7	63.1	58.1	56.3	53.8
		発電	397	528	566	569	568	79.4	51.9	48.1	45.9	44.6
		他のエネルギー転換/産業部門	15	74	73	83	70	3.1	7.3	6.2	6.7	5.5
		その他部門	31	39	44	45	47	6.1	3.8	3.8	3.6	3.7
		移動排出源	57	376	494	541	589	11.3	36.9	41.9	43.7	46.2
		道路	57	376	494	541	589	11.3	36.9	41.9	43.7	46.2
		その他	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
合計	499	1,018	1,177	1,239	1,274	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		
削減率 (%)		固定排出源	29.5	42.0	45.8	48.8	48.2					
		発電	55.6	68.9	75.2	75.2	75.2					
		他のエネルギー転換/産業部門	2.4	11.9	13.0	15.8	13.7					
		その他部門	23.4	27.9	31.0	30.6	30.9					
		移動排出源	4.3	23.2	29.7	31.6	33.0					
		道路	6.0	30.7	36.4	38.6	39.9					
		その他	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
合計	17.6	32.3	37.7	39.5	39.7							

- 註)1. 無対策想定は、アジア各国に適用した無対策のNO<sub>x</sub>排出係数をもとに推計した。  
 2. 排出量(排煙対策後)は、固定排出源については、「大気汚染物質排出量総合調査 環境庁」を参考として推計。  
 移動排出源については、東京都調査等を参考に推計。

表5.5-13 日本の道路車種別NO<sub>x</sub>排出量の排ガス規制の効果

	車種	量(単位:1000t/年)					構成比(%)				
		1975	1980	1985	1986	1987	1975	1980	1985	1986	1987
未規制想定	LPG	32	30	35	35	31	3	2	3	3	2
	ガソリン車	657	806	852	872	887	70	66	63	62	60
	ディーゼル車	255	389	470	494	556	27	32	35	35	38
	合計	944	1,225	1,357	1,401	1,474	100	100	100	100	100
規制後	LPG	29	16	17	17	14	3	2	2	2	2
	ガソリン車	603	443	395	385	372	68	52	46	45	42
	ディーゼル車	255	391	451	458	499	29	46	52	53	56
	合計	887	849	863	860	885	100	100	100	100	100
削減量	LPG	3	14	18	18	17	5	4	4	3	3
	ガソリン車	54	364	457	487	515	95	97	93	90	87
	ディーゼル車	0	0	19	36	57	0	0	4	7	10
	合計	57	376	494	541	589	100	100	100	100	100
削減率 (%)	LPG	8.4	45.3	51.2	32.7	54.2					
	ガソリン車	8.2	45.1	53.6	55.8	58.0					
	ディーゼル車	0.0	0.0	4.0	7.3	10.2					
	合計	6.0	30.7	36.4	38.6	39.9					

図5.5-1 日本のSO<sub>x</sub>排出量と環境対策効果

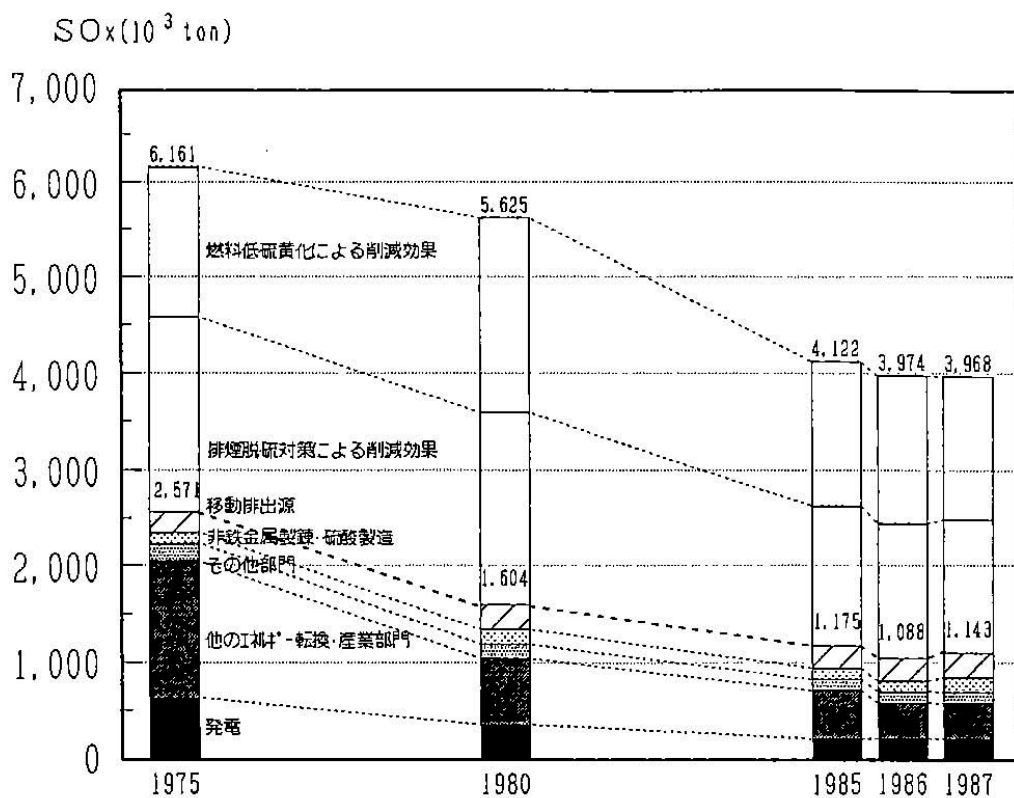


図5.5-2 日本のNO<sub>x</sub>排出量と環境対策効果

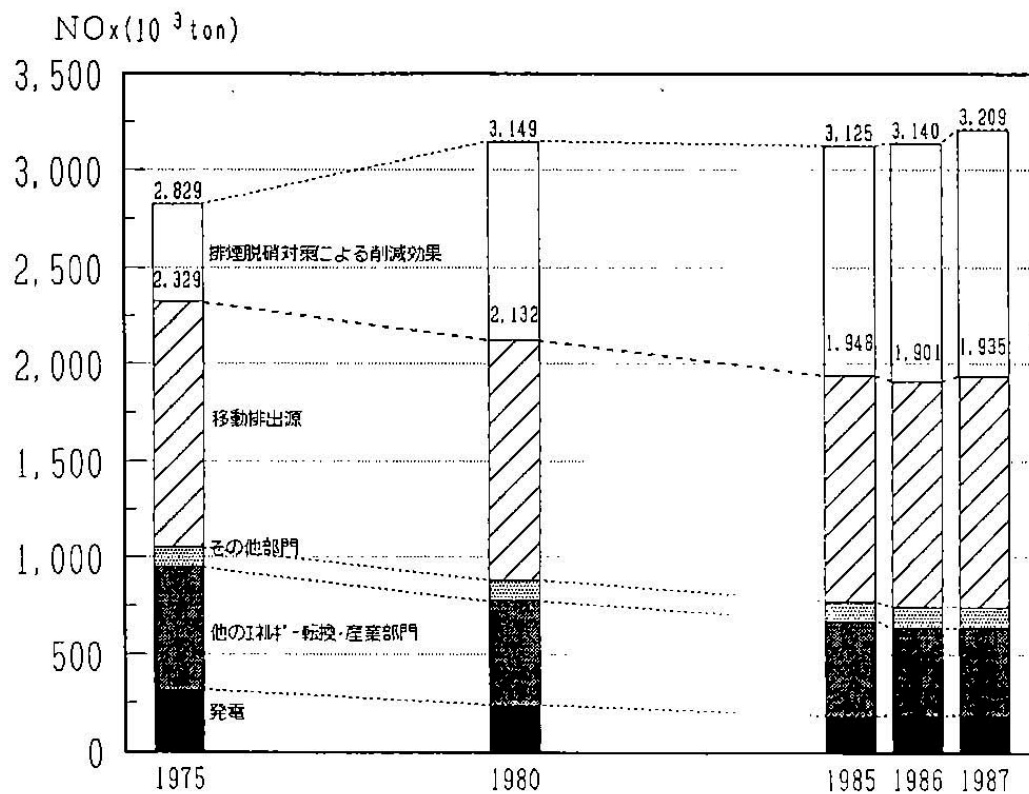


図5.5-3 日本の固定排出源のNO<sub>x</sub>排出量と環境対策効果

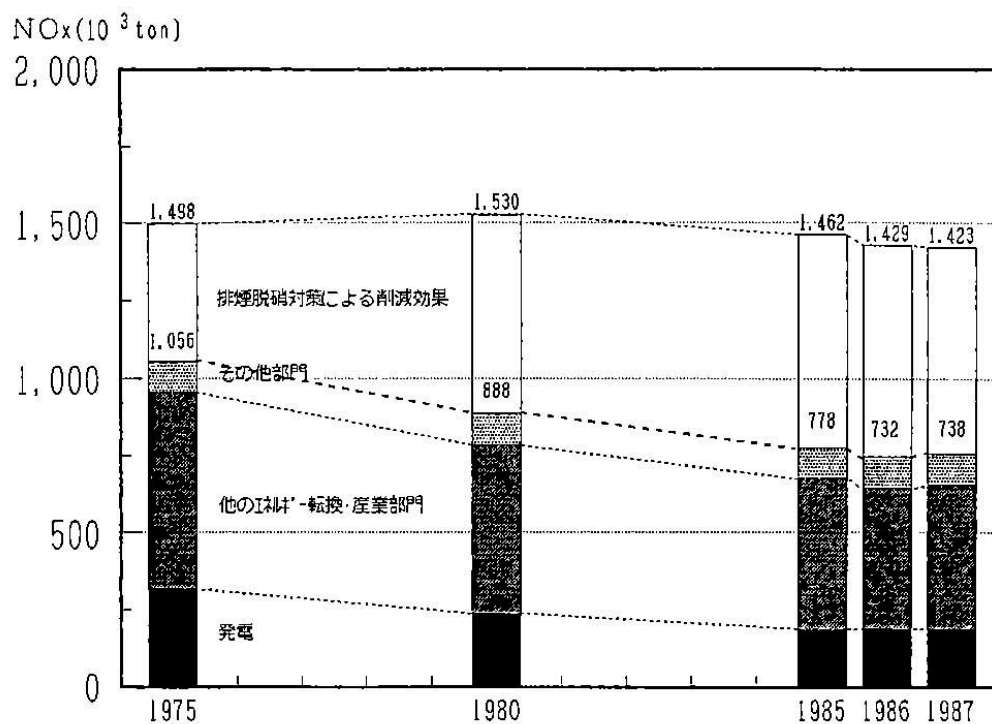
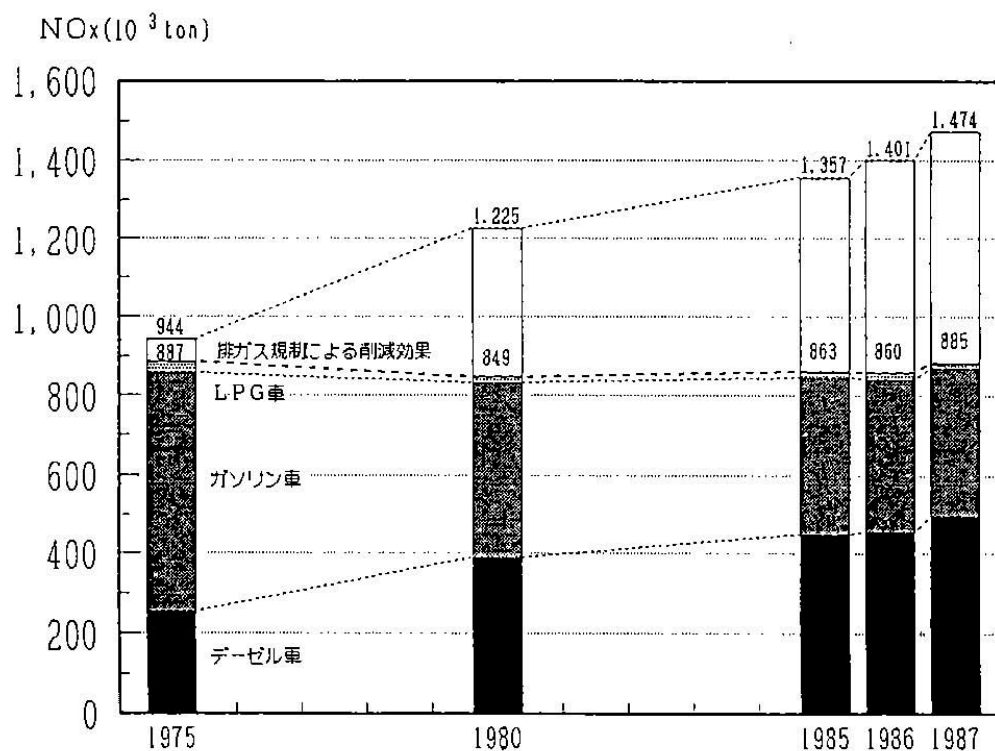


図5.5-4 日本の道路のNO<sub>x</sub>排出量と環境対策効果



## 6. SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出量の推計結果と排出量の動態分析

### 6.1, SO<sub>x</sub>排出量の推計結果と排出量の動態

#### 6.1.1, SO<sub>x</sub>排出量の推計結果の見方

3. で検討したエネルギーの実績データに対して、5.1,で検討したSO<sub>x</sub>排出係数をかけることによって、17種類のエネルギー消費部門別、27燃料種類別(植物性燃料である薪炭、バガス、その他非商業用燃料含む)にSO<sub>x</sub>の排出量を推計した。また、本推計値には、5.1.3,で推計した非鉄金属精錬・硫酸製造に伴うSO<sub>x</sub>の排出量が含まれている。なお、日本については、6.5,で検討したように排煙脱硫対策の後に排出された推計値である。また、中国、インド国内の地域別排出量は、5.4,の方法により推計した結果である。

#### 6.1.2, SO<sub>x</sub>排出量の地域別動態

表 6.1-1 に 1975 年～'87 年のアジア各国および中国、インド国内の地域別SO<sub>x</sub>排出量の推計結果を示すとともに、SO<sub>x</sub>排出量の大きい6ヶ国とその他の国で構成するアジア全体の排出量の経年変化を図 6.1-1 に示した。また、表 6.1-2 にいくつかの期間に分けたSO<sub>x</sub>排出量の年平均伸び率を示し、1980 年と'87 年の7年間のSO<sub>x</sub>排出量の年平均伸び率を地域別に図 6.1-2 に示した。表 6.1-3 には、アジア全体を 100%とした時の各国のSO<sub>x</sub>排出量構成比の経年変化を示すとともに、中国、インドのSO<sub>x</sub>排出量を 100%にした時のそれぞれの国内の地域別構成比を示した。表 6.1-4 には、SO<sub>x</sub>排出量を当該国または地域の面積で割った単位面積当りの示し、SO<sub>x</sub>排出量を示し、これを 1980 年と'87 年について地域別に図 6.1-3 に示し、変化の実態を分かり易くした。

#### (1) アジア全域のSO<sub>x</sub>排出量と地域別構成変化

表 6.1-1、表 6.1-2 に示すように、アジア地域のSO<sub>x</sub>の総排出量は 1975 年の 18,340 千 t が '87 年には 29,136 千 t と推計され、その間の年平均伸び率は 3.9% で、その倍数は 1.59 倍で増加したことになる。これを、1975-'80 年、'80-85 年、'85-87 年の期間の年平均伸び率はそれぞれ 4.6%、2.7%、5.3% であり、'80-85 年の間に第2次石油危機の影響により伸びが鈍化したものの '85 年以降再び増加が大きくなっている。

アジア地域の国別SO<sub>x</sub>排出量の構成を表 6.1-1、3 及び図 6.1-1 に示すが、1987 年の排出量の大きい順に、中国、インド、韓国、台湾、タイがあげられるが、これらの6ヶ国で 1975 年～'87 年の期間において、アジア全体の9割前後の排出量を占める。

中国のSO<sub>x</sub>排出量は、1975 年の 10,175 千 t から年平均伸び率 5.8% で増加し、'87 年には 19,989 千 t になり、アジア地域全体に占める中国のシェアは、1975 年の 55.5% から '87 年の 68.6% に拡大した。また、同期間において、日本では 2,571 千 t の 14.0% から 1,143 千 t の 3.9% に減少し、インドでは 1,652 千 t の 9.0% から 3,074 千 t の 10.6% に増加、韓国では 1,159 千 t の 6.3% から 1,294 千 t の 4.4% に、台湾では 609 千 t の 3.3% から 605 千 t の 2.1% になり、タイでは 224 千 t の 1.2% から 612 千 t の 2.1% に増加した。

#### (2) SO<sub>x</sub>排出量の地域別年平均伸び率

SO<sub>x</sub>排出量の経年変化を国別の年平均伸び率でみると、'75 年に対して'87 年は日本、台湾、フィリピン、ベトナムで減少した以外は、他の国では増加している。特にエネルギー源構成の変化及び韓国、台湾等で燃料の低硫黄化対策の進展があった '80 年以降である '80 年-'87 年についてみると、日本、韓国、台湾、フィリピン、等9ヶ国で減少した。しかしながら、'80-'85 年及び'85-'87 年の期間に分けてみると、フィリピンを除き他の国ではエネルギー消費の増大が反映され '85-'87 年には年平均伸び率が大きくなった。

さらに、中国、インド国内を含む地域別のSO<sub>x</sub>排出量の経年変化を1980年に対する1987年の年平均伸び率の分布から把握した(図 6.1-2 参照)。なお、中国及びインド国内の地域別排出量の精度、韓国、台湾における燃料の低硫黄化対策の進行及びエネルギー源構成の変化等を考慮のうえ‘80年を基準にしたものである。

この期間の平均伸び率から、SO<sub>x</sub>排出量の動態をみると、インド国内、パキスタン、中国国内で年平均伸び率6%以上の高い伸びとなっている。特にインドのハリアナ・ヒマチャルプラデン・パンジャブ・チャングラ、マデヤプラデシ、タミルナドゥ及び中国の寧夏省では10%以上の高い伸びとなっている。これらの地域はもともとSO<sub>x</sub>排出量の少ない地域が多く、電力化に伴う火力発電所の立地、工業化に伴う工場の立地等が高い伸びの原因となっている。また、中国の沿岸地域でも6%以上の高い伸びを示しているが、解放政策による産業の活性化の影響が反映された結果とみることができる。

一方、日本、NIEs諸国ではシンガポールを除きマイナスの伸びとなっており、東南アジア諸国においても、フィリピン、マレーシア、ミャンマーではマイナスの伸びであり、他のタイ、インドネシア等においても6%未満の年平均伸び率となっている。

表6.1-1 アジア地域のSOx排出量

(単位: 1000 t/年)

国別	国名	1975年	1980	1985	1986	1987
	1. 中国	10,175	13,372	17,259	18,326	19,989
	2. 日本	2,571	1,604	1,175	1,088	1,143
	3. インド	1,652	2,010	2,833	2,921	3,074
	4. インドネシア	201	329	435	453	485
	5. 韓国	1,159	1,918	1,366	1,355	1,294
	6. 北朝鮮	234	271	324	333	333
	7. 台湾	609	1,036	693	744	605
	8. タイ	224	420	507	528	612
	9. パキスタン	148	198	351	345	381
	10. フィリピン	807	1,041	510	447	370
	11. マレーシア	193	272	271	264	263
	12. ハンガリア	40	57	46	51	49
	13. ベトナム	40	34	38	38	39
	14. 香港	109	166	144	149	150
	15. シンガポール	85	122	147	151	155
	16. ネパール	3.7	4.9	7.6	11.3	11.0
	17. ミャンマー	17.4	30.9	30.0	32.3	29.9
	18. スリランカ	22.3	30.0	23.5	22.6	28.2
	19. アフガニスタン	8.1	8.5	8.6	7.5	10.7
	20. モンゴル	38.7	65.1	89.7	97.0	100.5
	21. ブルネイ	0.4	0.9	1.1	1.0	1.1
	22. カンボジア	1.2	1.3	2.8	2.9	2.9
	23. ラオス	1.3	1.4	1.6	1.7	1.7
	24. モルシブ			0.3	0.3	0.3
	25. マカオ	0.9	3.0	6.2	7.1	8.4
	アジア計	18,340	22,997	26,269	27,377	29,136
中国 地域別	1 北京	295	395	401	407	415
	2 天津	209	278	280	281	294
	3 河北	559	751	963	1,004	1,065
	4 山西	400	536	734	789	838
	5 内モンゴ	306	392	530	609	651
	6 遼寧	570	799	942	950	998
	7 吉林	216	291	331	337	353
	8 黒龍江	337	439	514	543	583
	9 上海	430	588	584	630	653
	10 江蘇	738	985	1,391	1,436	1,607
	11 浙江	175	232	354	376	415
	12 安徽	224	313	440	473	502
	13 福建	118	149	203	223	246
	14 江西	206	263	375	434	455
	15 山東	919	1,222	1,587	1,722	1,975
	16 河南	536	699	890	922	982
	17 湖北	291	393	499	537	573
	18 湖南	299	401	522	533	551
	19 広東	229	325	427	468	527
	20 広西	226	285	344	388	458
	21 四川	1,365	1,695	2,247	2,372	2,577
	22 貴州	349	436	591	632	752
	23 雲南	351	439	625	644	748
	24 西蔵	1	1	2	3	2
	25 陝西	480	613	850	930	1,017
	26 甘肅	126	176	245	256	271
	27 青海	28	37	47	54	59
	28 寧夏	75	95	139	166	215
	29 新疆	119	147	203	209	210
	中国計	10,175	13,372	17,259	18,326	19,989
インド 地域別	1 アッサム	99	102	121	118	120
	2 ヒマール	376	453	514	519	553
	3 オリッサ	65	43	51	51	53
	4 アンドラ・プラデシ	99	111	188	196	207
	5 タミル・ナドゥ	122	143	268	276	284
	6 カルナータカ、ケララ	81	94	122	126	134
	7 マハラシュトラ、ゴア	256	354	432	453	485
	8 マドhya・プラデシ	98	124	229	237	256
	9 グラジャプラト	148	211	319	334	351
	10 ラジャスタン	64	65	103	106	106
	11 ウタル・プラデシ	178	208	302	315	341
	12 ハリアナ、ハルジャブ	59	97	174	182	194
	13 シヤム ガンギール	8	7	9	9	9
	インド計	1,652	2,010	2,833	2,921	3,074

表6.1-2 アジア地域のSOx排出量年平均伸び率

		(単位:%)				
国別	国名	1975-80	'80-85	'85-87	'80-87	'75-87
	1. 中国	5.6	5.2	7.6	5.9	5.8
	2. 日本	-9.0	-6.0	-1.4	-4.7	-6.5
	3. インド	4.0	7.1	4.2	6.3	5.3
	4. インドネシア	10.4	5.7	5.6	5.7	7.6
	5. 韓国	10.6	-6.6	-2.7	-5.5	0.9
	6. 北朝鮮	3.0	3.6	1.4	3.0	3.0
	7. 台湾	11.2	-7.7	-6.6	-7.4	-0.1
	8. タイ	13.3	3.8	9.9	5.5	8.7
	9. パキスタン	6.1	12.1	4.2	9.8	8.2
	10. フィリピン	5.2	-13.3	-14.8	-13.7	-6.3
	11. マレーシア	7.1	-0.1	-1.6	-0.5	2.6
	12. ハンガリア	7.5	-4.1	3.1	-2.1	1.8
	13. ベトナム	-3.4	2.0	1.8	1.9	-0.3
	14. 香港	8.8	-2.9	2.2	-1.4	2.7
	15. シンガポール	7.7	3.7	2.7	3.4	5.2
	16. ネパール	5.8	9.2	20.3	12.2	9.5
	17. ミャンマー	12.2	-0.6	-0.2	-0.5	4.6
	18. スリランカ	6.1	-4.8	9.5	-0.9	2.0
	19. アフガニスタン	1.0	0.2	11.5	3.3	2.3
	20. モンゴル	11.0	6.6	5.8	6.4	8.3
	21. ブルネイ	17.6	4.1	0.0	2.9	8.8
	22. カンボジア	1.6	16.6	1.8	12.1	7.6
	23. ラオス	1.5	2.7	3.1	2.8	2.3
	24. モルジア			0.0		
	25. マカオ	27.2	15.6	16.4	15.8	20.5
	アジア計	4.6	2.7	5.3	3.4	3.9
中国 地域別	1 北京	6.0	0.3	1.8	0.7	2.9
	2 天津	5.8	0.2	2.3	0.8	2.9
	3 河北	6.1	5.1	5.2	5.1	5.5
	4 山西	6.0	6.5	6.8	6.6	6.4
	5 内蒙古	5.1	6.2	10.8	7.5	6.5
	6 遼寧	7.0	3.3	2.9	3.2	4.8
	7 吉林	6.1	2.6	3.3	2.8	4.2
	8 黒龍江	5.5	3.2	6.5	4.1	4.7
	9 上海	6.5	-0.1	5.7	1.5	3.6
	10 江蘇	5.9	7.2	7.5	7.2	6.7
	11 浙江	3.8	8.8	8.3	8.7	7.5
	12 安徽	6.9	7.1	6.7	7.0	7.0
	13 福建	4.9	6.3	10.2	7.4	6.3
	14 江西	5.0	7.4	10.1	8.1	6.8
	15 山東	5.9	5.4	11.5	7.1	6.6
	16 河南	5.4	5.0	5.1	5.0	5.2
	17 湖北	6.2	4.9	7.1	5.6	5.8
	18 湖南	6.1	5.4	2.7	4.6	5.2
	19 広東	7.2	5.6	11.1	7.2	7.2
	20 広西	4.8	3.8	15.5	7.0	6.1
	21 四川	4.4	5.8	7.1	6.2	5.4
	22 貴州	4.6	6.3	12.8	8.1	6.6
	23 雲南	4.5	7.3	9.4	7.9	6.5
	24 西蔵	3.1	9.5	-4.7	5.2	4.3
	25 陝西	5.0	6.8	9.4	7.5	6.5
	26 甘肅	6.9	6.8	5.1	6.3	6.6
	27 青海	5.5	5.0	11.9	6.9	6.3
	28 寧夏	4.9	8.0	24.2	12.4	9.2
	29 新疆	4.3	6.7	1.8	5.2	4.8
	中国計	5.6	5.2	7.6	5.9	5.8
インド 地域別	1 アッサム	0.6	3.5	-0.2	2.4	1.6
	2 ビハール	3.8	2.6	1.8	2.4	2.9
	3 オリッサ	-7.8	3.3	1.7	2.9	-1.7
	4 アンドラ・プラデシ	2.3	11.1	5.0	9.3	6.4
	5 中央・ナドゥ	3.1	13.4	2.9	10.3	7.3
	6 カルナータカ	3.0	5.3	4.6	5.1	4.3
	7 マハラシュトラ	6.7	4.1	5.9	4.6	5.5
	8 マディヤ・プラデシ	4.7	13.1	5.7	11.0	8.3
	9 グラジャラート	7.4	8.7	4.9	7.6	7.5
	10 ラジヤスタ	0.3	9.6	1.4	7.2	4.3
	11 ウタル・プラデシ	3.2	7.8	6.3	7.4	5.6
	12 ハリアナ、ハルジャブ	10.3	12.4	5.7	10.4	10.4
	13 シヤムガジール	-2.2	5.5	1.1	4.3	1.5
	インド計	4.0	7.1	4.2	6.3	5.3



表6.1-3 アジア地域のSOx排出量地域別構成比

		(単位:%)				
国別	国名	1975年	1980	1985	1986	1987
	1. 中国	55.5	58.1	65.7	66.9	68.6
	2. 日本	14.0	7.0	4.5	4.0	3.9
	3. インド	9.0	8.7	10.8	10.7	10.6
	4. インドネシア	1.1	1.4	1.7	1.7	1.7
	5. 韓国	6.3	8.3	5.2	4.9	4.4
	6. 北朝鮮	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1
	7. 台湾	3.3	4.6	2.6	2.7	2.1
	8. タイ	1.2	1.8	1.9	1.9	2.1
	9. パキスタン	0.8	0.9	1.3	1.3	1.3
	10. フィリピン	4.4	4.5	1.9	1.6	1.3
	11. マレーシア	1.1	1.2	1.0	1.0	0.9
	12. ハンガリア	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	13. ベトナム	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
	14. 香港	0.6	0.7	0.5	0.5	0.5
	15. シンガポール	0.5	0.5	0.6	0.6	0.5
	16. ネパール	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	17. ミャンマー	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	18. スリランカ	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	19. アフガニスタン	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	20. モンゴル	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3
	21. ブルネイ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	22. カンボジア	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	23. ラオス	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	24. モルジブ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	25. マカオ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	アジア計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
中国 地域別	1 北京	2.9	3.0	2.3	2.2	2.1
	2 天津	2.1	2.1	1.6	1.5	1.5
	3 河北	5.5	5.6	5.6	5.5	5.3
	4 山西	3.9	4.0	4.3	4.3	4.2
	5 内モンゴ	3.0	2.9	3.1	3.3	3.3
	6 遼寧	5.6	6.0	5.5	5.2	5.0
	7 吉林	2.1	2.2	1.9	1.8	1.8
	8 黒龍江	3.3	3.3	3.0	3.0	2.9
	9 上海	4.2	4.4	3.4	3.4	3.3
	10 江蘇	7.3	7.4	8.1	7.8	8.0
	11 浙江	1.7	1.7	2.1	2.1	2.1
	12 安徽	2.2	2.3	2.6	2.6	2.5
	13 福建	1.2	1.1	1.2	1.2	1.2
	14 江西	2.0	2.0	2.2	2.4	2.3
	15 山東	9.0	9.1	9.2	9.4	9.9
	16 河南	5.3	5.2	5.2	5.0	4.9
	17 湖北	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
	18 湖南	2.9	3.0	3.0	2.9	2.8
	19 広東	2.3	2.4	2.5	2.6	2.6
	20 広西	2.2	2.1	2.0	2.1	2.3
	21 四川	13.4	12.7	13.0	12.9	12.9
	22 貴州	3.4	3.3	3.4	3.4	3.8
	23 雲南	3.5	3.3	3.6	3.5	3.7
	24 西蔵	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	25 陝西	4.7	4.6	4.9	5.1	5.1
	26 甘肅	1.2	1.3	1.4	1.4	1.4
	27 青海	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	28 寧夏	0.7	0.7	0.8	0.9	1.1
	29 新疆	1.2	1.1	1.2	1.1	1.1
	中国計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
インド 地域別	1 アッサム	6.0	5.1	4.3	4.1	3.9
	2 ビハール	22.8	22.5	18.2	17.8	17.3
	3 オリッサ	4.0	2.2	1.8	1.7	1.7
	4 アンドラ・プラデシ	6.0	5.5	6.6	1.7	6.7
	5 西ベンガル	7.4	7.1	9.5	9.5	9.2
	6 中央・インド	4.9	4.7	4.3	4.3	4.4
	7 マハラシュトラ	15.5	17.6	15.3	15.5	15.8
	8 マディヤ・プラデシ	5.9	6.2	8.1	8.1	8.3
	9 古ジャラート	8.9	10.5	11.3	11.4	11.4
	10 ラジャスタン	3.9	3.2	3.6	3.6	3.5
	11 西ベンガル	10.7	10.3	10.7	10.8	11.1
	12 ハリヤナ、パンジャブ	3.6	4.8	6.1	6.2	6.3
	13 シヤムカシール	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3
	インド計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

表6.1-4 アジア地域の単位面積当りのSO<sub>x</sub>排出量

		(単位:t/km <sup>2</sup> )					
	国名	面積 (1000km <sup>2</sup> )	1975年	1980	1985	1986	1987
国別	1. 中国	9,564.0	1.06	1.40	1.80	1.92	2.09
	2. 日本	377.8	6.80	4.24	3.11	2.88	3.03
	3. インド	3,287.2	0.50	0.61	0.86	0.89	0.94
	4. インドネシア	1,904.6	0.11	0.17	0.23	0.24	0.25
	5. 韓国	99.0	11.71	19.37	13.80	13.68	13.07
	6. 北朝鮮	120.5	1.94	2.25	2.69	2.76	2.76
	7. 台湾	36.0	16.91	28.79	19.26	20.67	16.79
	8. タイ	513.1	0.44	0.82	0.99	1.03	1.19
	9. パキスタン	796.1	0.19	0.25	0.44	0.43	0.48
	10. フィリピン	300.0	2.69	3.47	1.70	1.49	1.23
	12. バングラデシュ	329.7	0.59	0.83	0.82	0.80	0.80
	12. バングラデシュ	144.0	0.27	0.39	0.32	0.35	0.34
	13. ベトナム	331.7	0.12	0.10	0.11	0.12	0.12
	14. 香港	1,045	104.21	158.85	137.32	142.97	143.54
	15. シンガポール	0.618	136.73	198.06	237.54	244.17	250.65
	16. ネパール	140.8	0.03	0.03	0.05	0.08	0.08
	17. ミャンマー	676.6	0.03	0.05	0.04	0.05	0.04
	18. スリランカ	65.6	0.34	0.46	0.36	0.34	0.43
	19. アカニスタン	652.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
	20. モンゴル	1,566.5	0.02	0.04	0.06	0.06	0.06
	21. フルネイ	5.77	0.07	0.16	0.19	0.17	0.19
	22. カンボジア	181.0	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
	23. ラオス	236.8	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	24. モルジブ	0.298	0.00	0.00	1.01	1.01	1.01
	25. マカオ	0.016	56.25	187.50	387.50	443.75	525.00
	アジア計	21,330.9	0.86	1.08	1.23	1.28	1.37
中国地域別	1 北京	16.8	17.55	23.52	23.84	24.25	24.73
	2 天津	11.3	18.52	24.56	24.81	24.84	25.98
	3 河北	187.9	2.97	3.99	5.13	5.34	5.67
	4 山西	156.1	2.56	3.43	4.70	5.06	5.37
	5 内モンゴ	1088.6	0.28	0.36	0.49	0.56	0.60
	6 遼寧	145.8	3.91	5.48	6.46	6.51	6.85
	7 吉林	188.0	1.15	1.55	1.76	1.79	1.88
	8 黒龍江	473.3	0.71	0.93	1.09	1.15	1.23
	9 上海	6.2	69.27	94.77	94.26	101.58	105.29
	10 江蘇	102.5	7.20	9.60	13.57	14.01	15.68
	11 浙江	101.8	1.72	2.28	3.48	3.70	4.08
	12 安徽	139.5	1.60	2.24	3.16	3.39	3.59
	13 福建	121.7	0.97	1.23	1.66	1.83	2.02
	14 江西	166.8	1.24	1.58	2.25	2.60	2.72
	15 山東	153.1	6.00	7.98	10.37	11.25	12.90
	16 河南	166.9	3.21	4.19	5.33	5.52	5.88
	17 湖北	187.5	1.55	2.09	2.66	2.86	3.06
	18 湖南	210.2	1.42	1.91	2.48	2.54	2.62
	19 広東	211.8	1.08	1.53	2.02	2.21	2.49
	20 広西	230.5	0.98	1.24	1.49	1.68	1.99
	21 四川	566.5	2.41	2.99	3.97	4.19	4.55
	22 貴州	176.2	1.98	2.48	3.35	3.59	4.27
	23 雲南	392.2	0.90	1.12	1.59	1.64	1.91
	24 西蔵	1221.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	25 陝西	205.0	2.34	2.99	4.14	4.53	4.96
	26 甘肅	455.1	0.28	0.39	0.54	0.56	0.60
	27 青海	780.0	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
	28 寧夏	66.1	1.13	1.43	2.11	2.51	3.25
	29 新疆	1635.0	0.07	0.90	0.12	0.13	0.13
	中国計	9,564.0	1.06	1.40	1.80	1.92	2.09
インド地域別	1 アッサム	255.0	0.39	0.40	0.47	0.46	0.47
	2 ビハール	269.8	1.39	1.68	1.91	1.92	1.98
	3 オリッサ	155.7	0.42	0.28	0.33	0.32	0.34
	4 アンドラ・プラデシ	275.1	0.36	0.40	0.68	0.71	0.75
	5 中央・ナドゥ	138.8	0.88	1.03	1.93	1.99	2.04
	6 カルナータカ・ケララ	230.7	0.35	0.41	0.53	0.54	0.58
	7 マハラシュトラ・ゴア	312.0	0.82	1.13	1.39	1.45	1.55
	8 マディヤ・プラデシ	443.4	0.22	0.28	0.52	0.54	0.58
	9 グジャラト	196.0	0.75	1.08	1.63	1.70	1.79
	10 ラジヤスタン	342.2	0.19	0.19	0.30	0.31	0.31
	11 西ベンガル	295.9	0.60	0.70	1.02	1.06	1.15
	12 ハリヤナ・パンジャブ	150.4	0.39	0.64	1.16	1.21	1.29
	13 シヤム・カシミール	222.2	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04
	インド計	3,287.2	0.50	0.61	0.86	0.89	0.94

図6.1-1 アジア地域の国別SOx排出量

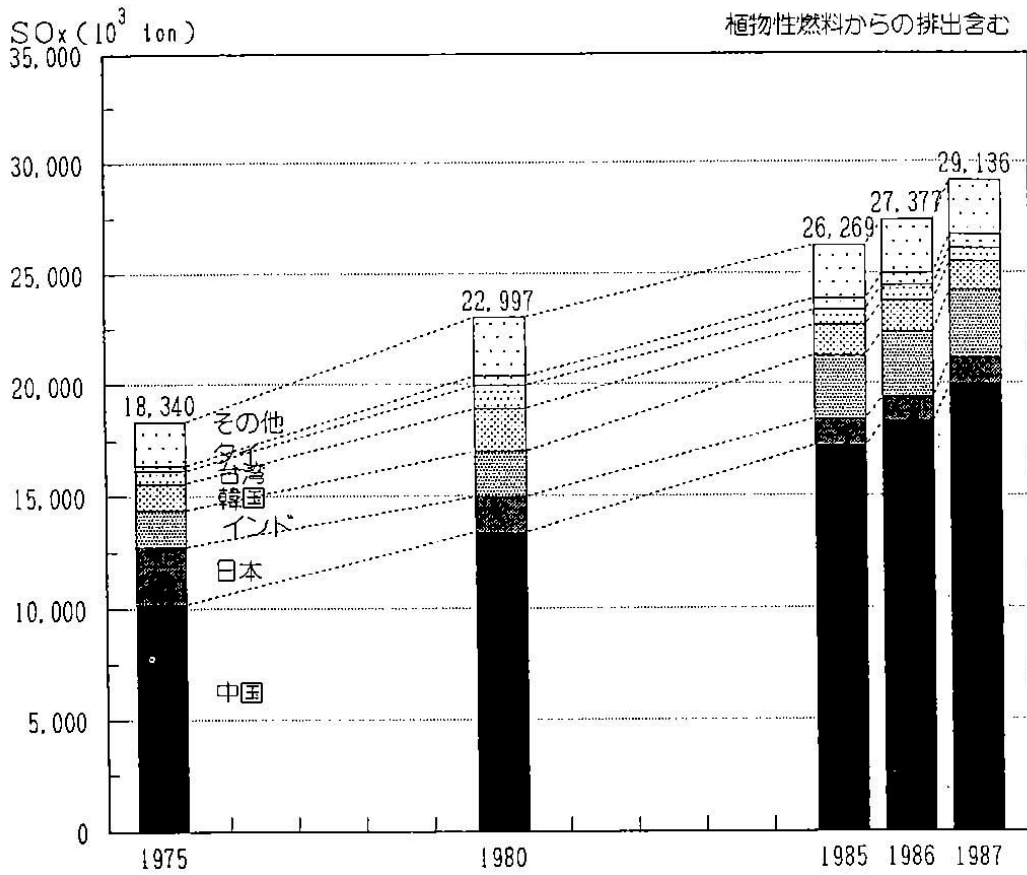


図6.1-2 アジア地域のSOx排出量年平均伸び率(1987/'80年)の地域分布

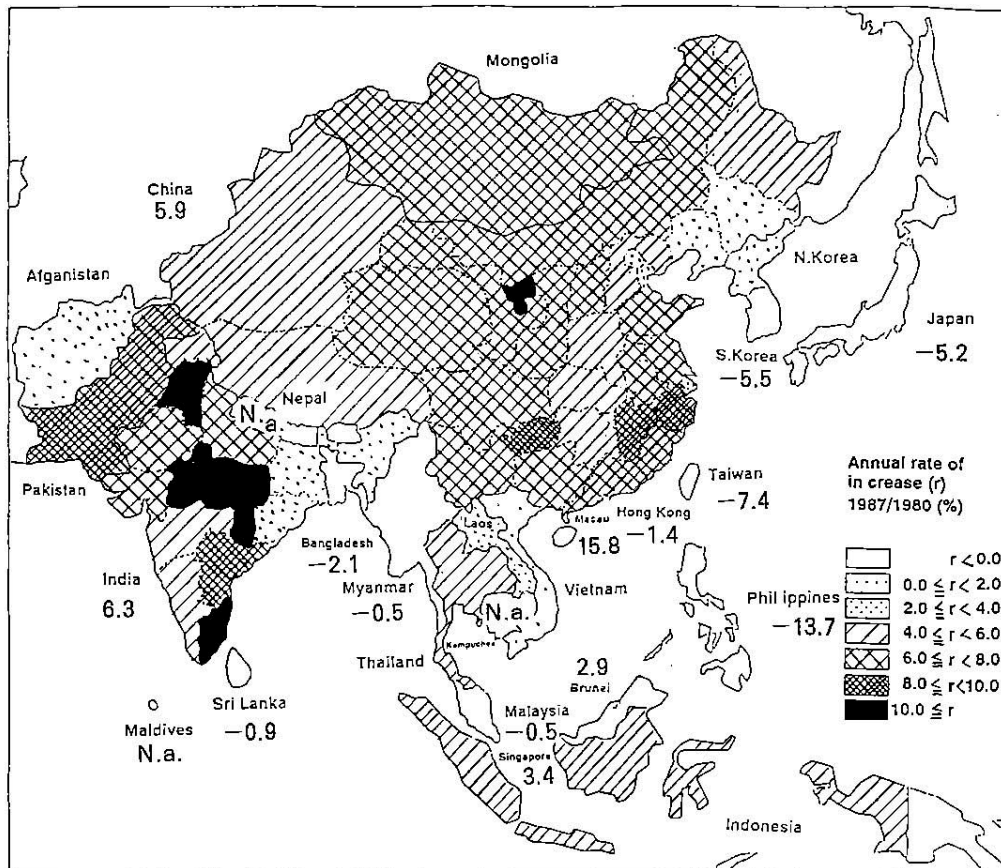
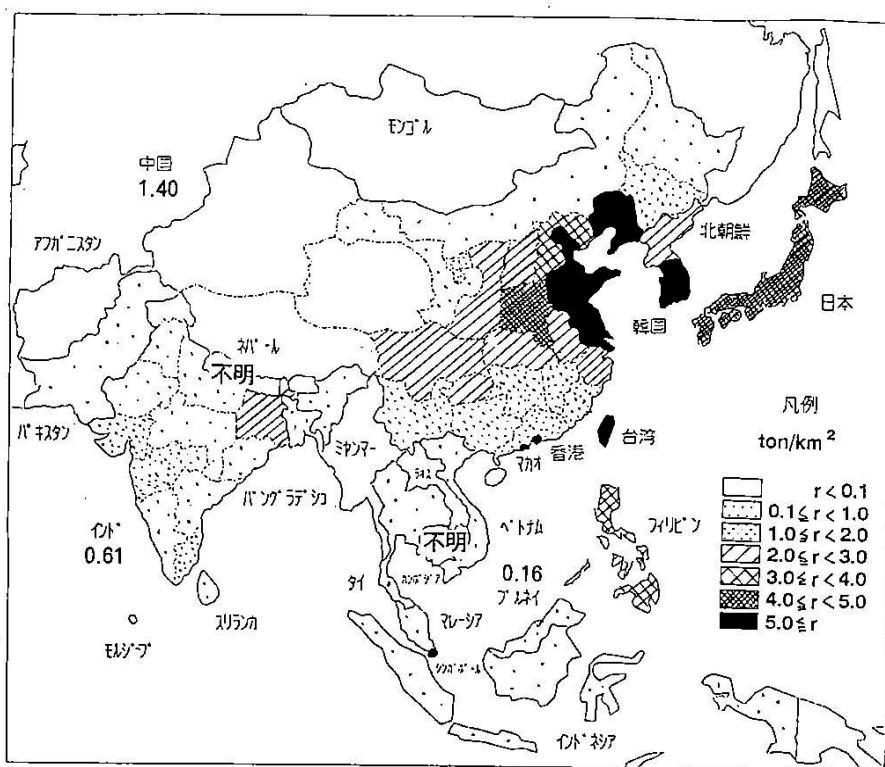
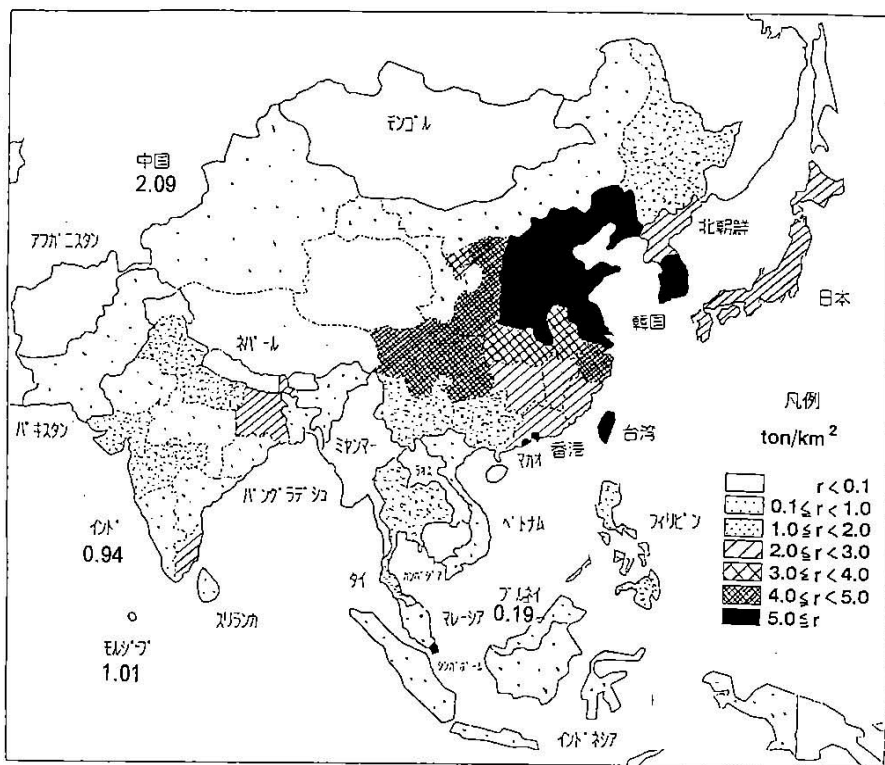


図6.1-3 アジア地域の単位面積当たりのSO<sub>x</sub>排出量地域分布

(1) 1980年



(2) 1987年



### (3) 面積当りのSO<sub>x</sub>排出量の地域別実態

表 6.1-4 には 1975 年、'80 年、'85 年、'86 年、'87 年の、図 6.1-3 '80、'87 年の面積当りのSO<sub>x</sub>排出量を示す。図 6.1-3 に示すように、面積当りのSO<sub>x</sub>排出量の大きい地域は東アジア及びNIE諸国に集中していることが分かる。1980 年には 4t/km<sup>2</sup>の高排出区域は、中国の遼寧省、山東省、江蘇省、上海市、河南省及び韓国、日本、NIEs諸国に限られていたが、'87 年には、日本を除く'75 年の地域に加え、北京市、天津市、山西省、浙江省、陝西省、四川省、貴州省、の地域まで拡大した。このように、面積当りの高SO<sub>x</sub>排出地域は、北京の周辺地域から内陸部へ、さらに沿岸部を南下する様相を程している。

### 6. 1. 3, エネルギー源別にみたアジア全体の SO<sub>x</sub>排出量の変化

図 6.1-4 及び表 6.1-5 にエネルギー源別にみたアジア地域全体の SO<sub>x</sub>排出量を示し、非鉄金属精錬・硫酸製造に伴う SO<sub>x</sub>排出量も同列に表した。

アジア地域全体に占めるエネルギー源別 SO<sub>x</sub>排出量の構成は、1975 年から'87 年について 1980 年を除きエネルギー部門からの排出が 95%台で非鉄金属精錬・硫酸製造からの排出が 4%台で推移しており、あまり大きな変化はない。1980 年はフィリピン、韓国等において非鉄金属精錬・硫酸製造における SO<sub>x</sub>排出量がピークに達したためアジア全体で7%台となったためである。また、エネルギー部門の内訳を全排出量に占めるシェアで見ると植物性燃料は1次エネルギー消費量に占めるシェアは 10%台であるが、硫黄分の少ないことを反映し、1%前後で推移しており、化石燃料が 94%台となっている。化石燃料のうちガスは 0.0%であり残りが石炭と石油からの排出である。石炭からの SO<sub>x</sub>排出量は、1975 年の 10,953 千 t が年平均伸び率 6.1%で増加し、'87 年には 21,525 千 t となり、全排出量に占めるシェアは 57.8%から 73.9%に増加した。これに対して、脱石油を反映し、石油は、1975 年の 6,653 千 t から年平均伸び率 0.7%で減少し、'87 年には 6,125 千 t となり、全排出量と占めるシェアは、36.3%から 21.0%に減少した。

このように、アジア地域における SO<sub>x</sub>排出量は、エネルギーの多様化に伴い石油からの排出が減少するなかで、石炭からの排出が大きなウェートを占めつつあり、石炭からの排出の抑制がますますクローズアップされる必要がある。なお、国別実態については、6.1.5, で述べる。

### 6. 1. 4, 4, 部門別にみたアジア地域の SO<sub>x</sub>排出量の変化

#### (1) アジア全体

図 6.1-5 及び表 6.1-6 にエネルギー消費の部門別にみたアジア地域全体の SO<sub>x</sub>排出量を示し、非鉄金属精錬・硫酸製造に伴う SO<sub>x</sub>排出量も同列に表し、全排出量とした。

アジア地域全体に占める部門別 SO<sub>x</sub>排出量の構成は、エネルギー部門が全体の 95%占め、残りの 4%台を非鉄金属精錬・硫酸製造が占めることは、すでにエネルギー源別排出量で述べた通りである。エネルギー部門の内訳を見ると最終的エネルギー部門が、全体に占めるシェアは 1975 年が 65.5%から'87 年の 60.2%に減少し、これとは逆にエネルギー転換部門が 1975 年の 29.8%から'87 年の 35.5%に増加した、

最終エネルギー部門のうち、全体を通じて最大の排出量を示す産業部門が 1975 年の 7,838 千 t から全排出量の年平均伸び率 3.9%を下回る 2.9%に留まった結果、'87 年には 10,995 千 t に増加したものの全体に対するシェアは 42.7%から 37.7%に減少した。

また、輸送部門及びその他部門の排出量は増加しつつあるが、そのシェアはそれぞれ5%台、17%前後で小さく、その変動も小さい。

一方、エネルギー転換部門のうち発電部門は、1975 年の 4,639 千 t から全排出量の年平均伸び率 3.9%を

上回る5.4%で増加した結果、'87年には8,704千tになり、全体に占めるシェアは25.3%から29.9%に拡大した。エネルギー転換部門のその他も全体の排出量に占めるシェアは4.5%から5.7%に拡大した。

図6.1-4 アジア地域のエネルギー源別 SO<sub>x</sub>排出量

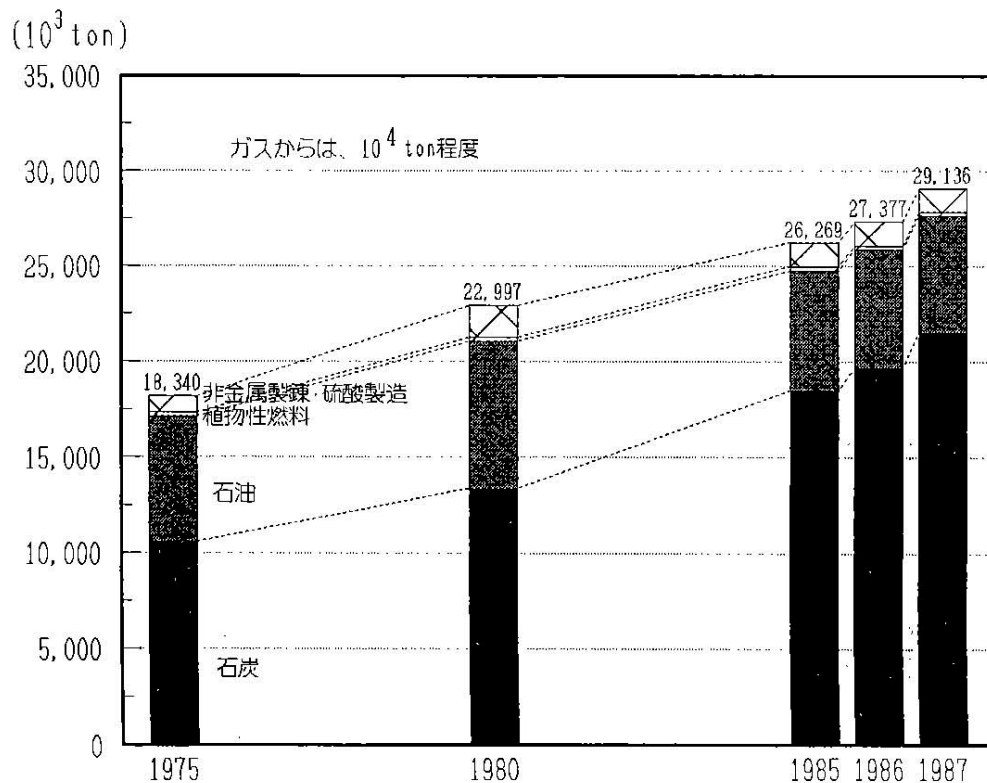


表6.1-5 アジア地域のエネルギー源別 SO<sub>x</sub>排出量

	年	化石燃料				植物性 燃料	エネルギー 部門合計	非鉄金属製 錬硫酸製造	総計
		石炭	石油	ガス	計				
排出量 (1,000t)	1975	10,593	6,653	3	17,249	227	17,476	864	18,340
	1980	13,384	7,719	6	21,109	207	21,317	1,680	22,997
	1985	18,531	6,252	6	24,789	229	25,018	1,251	26,269
	1986	19,673	6,187	1	25,861	234	26,095	1,282	27,377
	1987	21,525	6,125	1	27,651	237	27,888	1,248	29,136
構成比 (%)	1975	57.8	36.3	0.0	94.1	1.2	95.3	4.7	100.0
	1980	58.2	33.6	0.0	91.8	0.9	92.7	7.3	100.0
	1985	70.5	23.8	0.0	94.4	0.9	95.2	4.8	100.0
	1986	71.9	22.6	0.0	94.5	0.9	95.3	4.7	100.0
	1987	73.9	21.0	0.0	94.9	0.8	95.7	4.3	100.0
年平均伸び率 (%)	75-80	4.8	3.0	18.0	4.1	-1.8	4.1	14.2	4.6
	80-85	6.7	-4.1	0.0	3.3	2.0	3.3	-5.7	2.7
	85-87	7.8	-1.0	-69.4	5.6	1.8	5.6	-0.1	5.3
	80-87	7.0	-3.2	-28.7	3.9	2.0	3.9	-4.2	3.4
	75-87	6.1	-0.7	-12.0	4.0	0.4	4.0	3.1	3.9

図6.1-5 アジア地域の部門別 SO<sub>x</sub>排出量

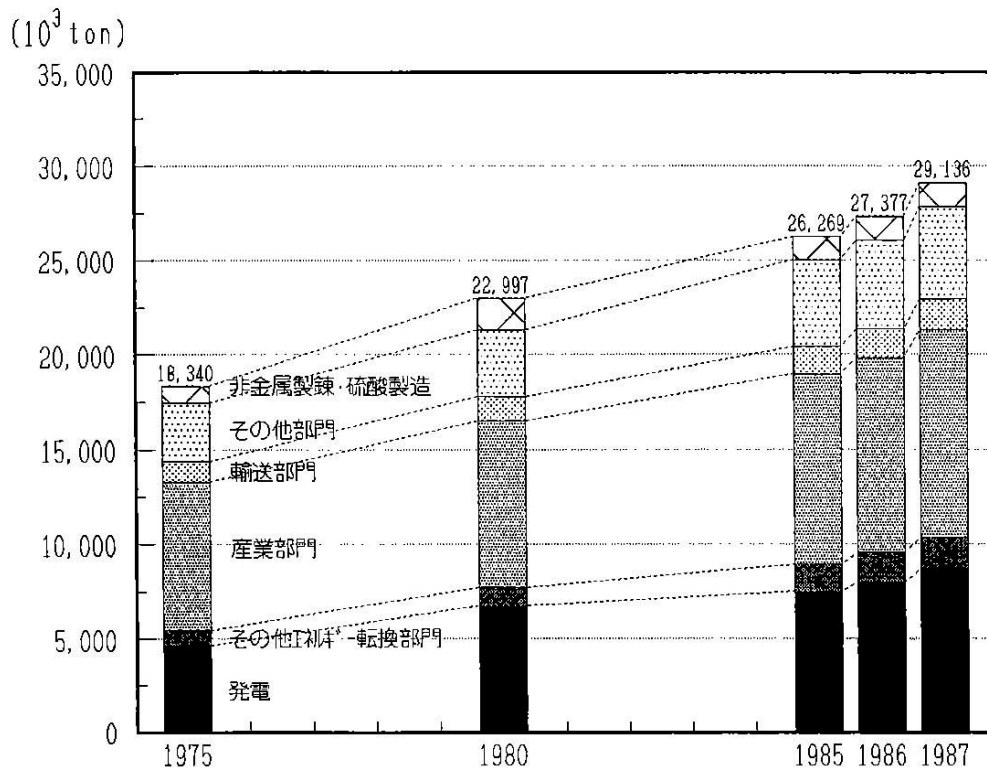


表6.1-6 アジア地域の部門別 SO<sub>x</sub>排出量

	年	EIL* - 転換			最終EIL* -					EIL* - 部門 合計	非鉄金属製 錬硫酸製造	総計
		部門	発電	その他	消費部門	産業部門	輸送部門	(内:道路)	その他部門			
排出量 (1,000t)	1975	5,470	4,639	831	12,006	7,838	1,088	303	3,080	17,476	864	18,340
	1980	7,750	6,740	1,010	13,567	8,729	1,316	469	3,523	21,317	1,680	22,997
	1985	8,965	7,502	1,464	16,052	10,021	1,451	593	4,580	25,018	1,251	26,269
	1986	9,573	8,023	1,550	16,522	10,307	1,508	638	4,708	26,095	1,282	27,377
	1987	10,355	8,704	1,651	17,533	10,995	1,633	699	4,905	27,888	1,248	29,136
構成比 (%)	1975	29.8	25.3	4.5	65.5	42.7	5.9	1.6	16.8	95.3	4.7	100.0
	1980	33.7	29.3	4.4	59.0	38.0	5.7	2.0	15.3	92.7	7.3	100.0
	1985	34.1	28.6	5.6	61.1	38.1	5.5	2.3	17.4	95.2	4.8	100.0
	1986	35.0	29.3	5.7	60.4	37.6	5.5	2.3	17.2	95.3	4.7	100.0
	1987	35.5	29.9	5.7	60.2	37.7	5.6	2.4	16.8	95.7	4.3	100.0
年平均伸び率 (%)	75-80	7.2	7.8	4.0	2.5	2.2	3.9	9.2	2.7	4.1	14.2	4.6
	80-85	3.0	2.2	7.7	3.4	2.8	2.0	4.8	5.4	3.3	-5.7	2.7
	85-87	7.5	7.7	6.2	4.5	4.7	6.1	8.6	3.5	5.6	-0.1	5.3
	80-87	4.2	3.7	7.3	3.7	3.4	3.1	5.9	4.8	3.9	-4.2	3.4
	75-87	5.5	5.4	5.9	3.2	2.9	3.4	7.2	4.0	4.0	3.1	3.9

図6.1-6(1) アジア各国の全 SO<sub>x</sub>排出量に対する部門別の排出量の構成比

上段：1975年、下段：1987年

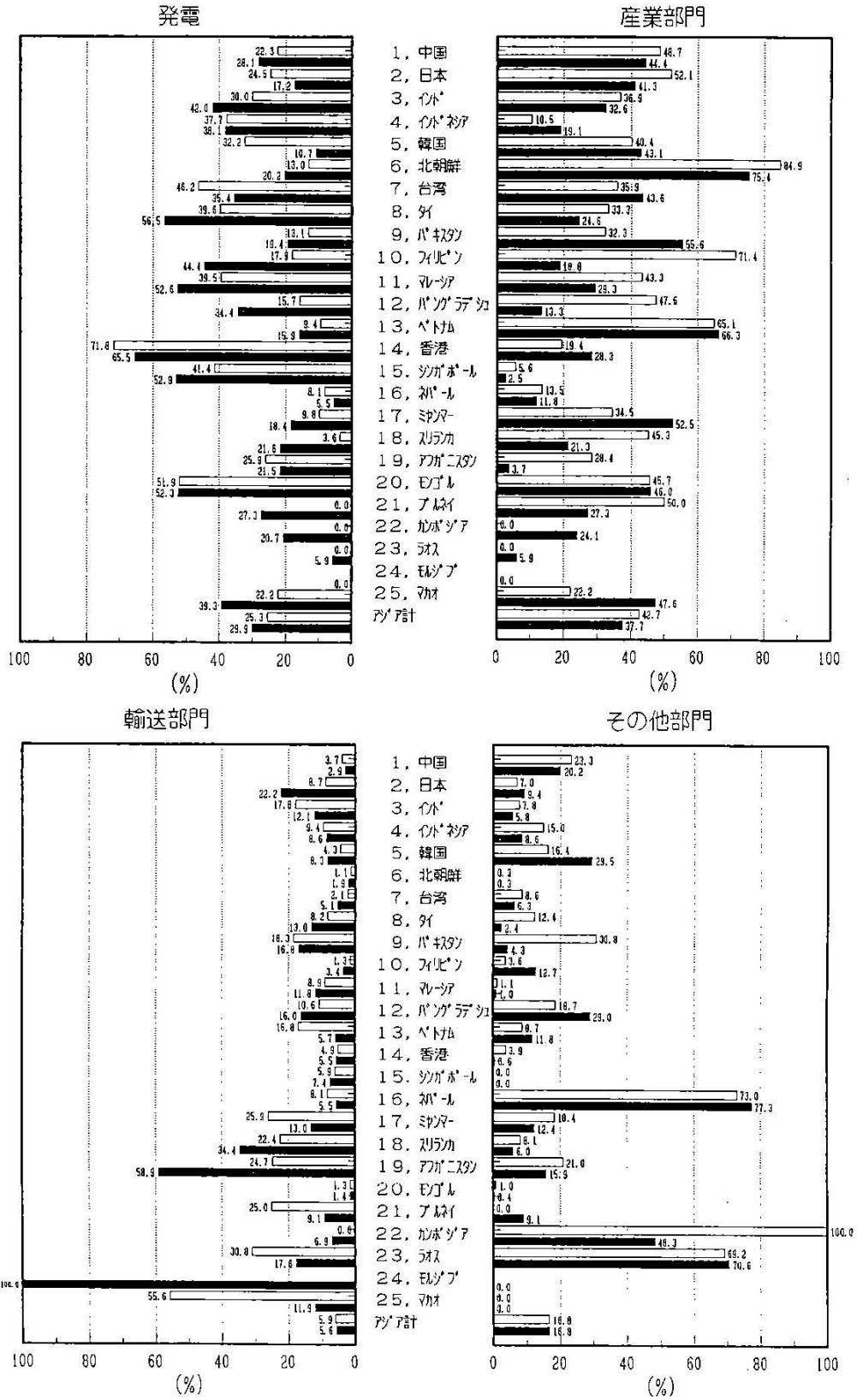
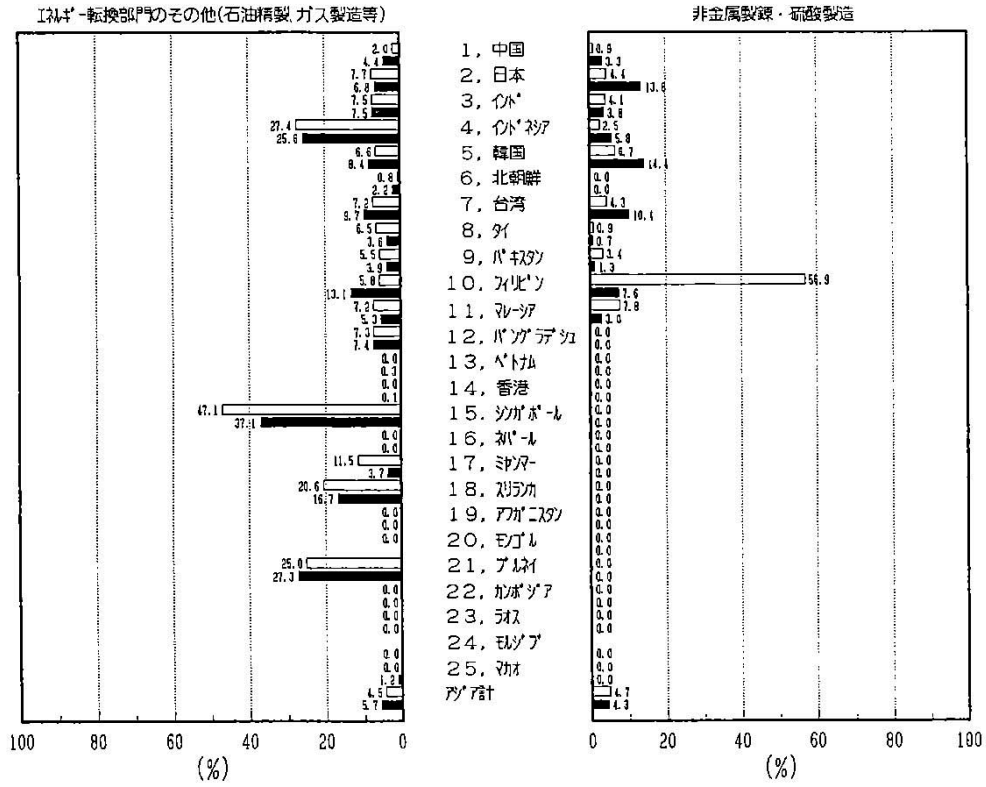




図6.1-6(2) アジア各国の全 SO<sub>x</sub>排出量に対する部門別の排出量の構成比

上段：1975年、下段：1987年



## (2) 国別

図 6.1-6(1)、(2)にアジア各国の全 SO<sub>x</sub>排出量に対する部門別の排出量の構成比を示す。これらは、発電、産業部門、輸送部門、民生を主体とするその他部門、エネルギー転換部門のその他(石油精製、ガス製造等)及び非鉄金属精錬・硫酸製造の6部門から成る。なお、アフガニスタン、モンゴル、カンボジア、ラオス、モルジブ、マカオの6ヶ国については部門別のエネルギー消費量が不明であるので、当該国の消費燃料の細分別にこれらの国の合計値(IEA のエネルギーデータ)部門構成が同一と仮定したエネルギーバランス表に基づき推計した結果の排出量である。

全体の SO<sub>x</sub>排出量に占める発電からの排出量の占めるシェアの高い国は、1987年時点についてみると、香港の 65.5%、タイの 56.5%、シンガポール、マレーシア及びモンゴルの 52%台、フィリピンの 44.4%、インドの 42.0%の順で 40%を上回っている。

一方、1975年に比べ'87年の発電からのシェアは、アジア全体では、増加したが、減少した国は、日本、韓国、台湾、香港、ネパール、アフガニスタン6ヶ国があげられる。日本、韓国、台湾は原子力発電のシェアの増加及び発電部門の環境対策の進展によるものである。

産業部門からの SO<sub>x</sub>排出量のシェアの大きい国は、1987年についてみると、北朝鮮の 75.4%、ベトナムの 66.3%、パキスタンの 55.6%、ミャンマーの 52.5%の順で 50%を上回っている。1975年に比べ'87年の産業部門からの排出量のシェアは、アジア全体では減少したが、増加した国は、インドネシア、韓国、台湾、パキスタン、ベトナム、香港、ミャンマー、マカオの8ヶ国があげられる。

輸送部門からの SO<sub>x</sub>排出量のシェアの大きい国は、1987年についてみると、モルジブの 100%、アフガニスタンの 58.9%、スリランカの 34.4%、日本の 22.2%の順で 20%を上回っている。

また、その他部門のシェアは、ネパール、カンボジア、ラオスで 40%を上回っており、植物性燃料の依存が大であるがその他部門におけるエネルギー消費のシェアの大きさを反映したものである。

一方、エネルギー転換部門のその他の排出量のシェアは、1987年ではシンガポールの 37.1%、ブルネイの 27.3%、インドネシアの 25.6%、スリランカの 16.7%がきわだって大きい。シンガポール、スリランカは石油精製であり、ブルネイ、インドネシアは天然ガス部門によるものである。

非鉄金属精錬・硫酸製造の排出量のシェアは、1975年にフィリピンでは 56.9%を占めていたが、'87年には 7.6%まで減少した。また、日本、韓国、台湾、では、1975年に比べ'87年には排出量シェアが増大し 10%以上となっている。

### 6. 1. 5, 国別にみた1次エネルギー消費量と SO<sub>x</sub>排出量の関係

図 6.1-7 及び表 6.1-7 にアジア各国の1次エネルギー消費量と SO<sub>x</sub>排出量の関係を示す。図 6.1-6 に示すように全体的傾向として、1次エネルギー消費量(石油換算トン;toe)に伴い SO<sub>x</sub>排出量が増加するという相関があることが分かる。両対数にプロットしている関係から、回帰線からのバラツキが少ないように見えるが、同じ1次エネルギー消費量でも SO<sub>x</sub>の排出量には、10 倍以上の差がある。この差は、1次エネルギー源別構成において、SO<sub>x</sub>を排出しない水力、原子力への依存、SO<sub>x</sub>の排出が石炭、石油に比べて極めて少ない植物性燃料、ガスへの依存、石炭、石油への依存及び石炭、石油の燃料含有硫黄分の大小に起因するものである。また、環境対策として排煙脱硫を行っているかどうかも関係する。

これらの実態と 1975 年から '87 年までの経年変化について、「3.2,エネルギー源別の1次エネルギー消費量」で検討した各国のエネルギー源別構成と「5.1,硫黄酸化物(SO<sub>x</sub>)の排出係数(EF)と非鉄金属精錬・硫酸製造に伴う SO<sub>x</sub>の排出量の推計」に示した燃料別の含有硫黄分を非鉄金属精錬・硫酸製造に伴う SO<sub>x</sub>排出

量をもとに、国別に以下のように考察を行った。

(1) 1次エネルギー消費量当りの SO<sub>x</sub>排出量の関係について

1) 1次エネルギー消費量当りの SO<sub>x</sub>排出量の小さい国(回帰線を上回る国)

1次エネルギー消費量当りの SO<sub>x</sub>排出量の小さい国とその原因を分類すると次のようになる。

<1> 環境対策(燃料の低硫黄化と排煙脱硫)の進展

日本

<2> 植物性燃料への依存が大

ネパール、ラオス、カンボジア

<3> 天然ガスへの依存が大

ブルネイ

<4> 植物性燃料及び天然ガスへの依存が大

インドネシア、バングラデシュ、アフガニスタン

<5> 低硫黄石炭の使用

北朝鮮

<6> 植物性燃料及び低硫黄石炭の依存が大

ベトナム、インド

2) 1次エネルギー消費量当りの SO<sub>x</sub>排出量の大きい国(回帰線を下回る国)

1次エネルギー消費量当りの SO<sub>x</sub>排出量の大きい国とその原因を分類すると次のようになる。

<1> 石炭への依存が大であり、かつその硫黄分も大きい。

中国、モンゴル

<2> 石油への依存が大

タイ、フィリピン、マレーシア、シンガポール、マカオ、モルジブ

<3> 石炭、石油への依存が大

韓国、台湾、香港

(2) 1次エネルギー消費量当りの SO<sub>x</sub>排出量の経年変化について

1) 1次エネルギー消費量当りの SO<sub>x</sub>排出量が経年的に小さくなるか横ばいで推移する国とその原因

<1> 燃料の低硫黄化、排煙脱硫対策の進展と1次電力への依存の増加

日本

<2> 燃料の低硫黄化の進展と1次電力への依存の増加

韓国、台湾

<3> 天然ガスへの依存の増加

マレーシア、バングラデシュ、ブルネイ

<4> 非鉄金属精錬・硫酸製造からの排出量の減少

フィリピン

2) 1次エネルギー消費量当りのSOx排出量が経年的に大きくなる国とその原因

<1> 石炭への依存の増加

中国、モンゴル

<2> 植物性燃料のシェアが減少し、石炭又は石油への依存の増加

インドネシア、タイ、カンボジア

<3> 石油製品のうち重油への依存が増加

マカオ

図6.1-7 アジア各国の1次エネルギー消費量とSOx排出量

(植物性燃料含む)

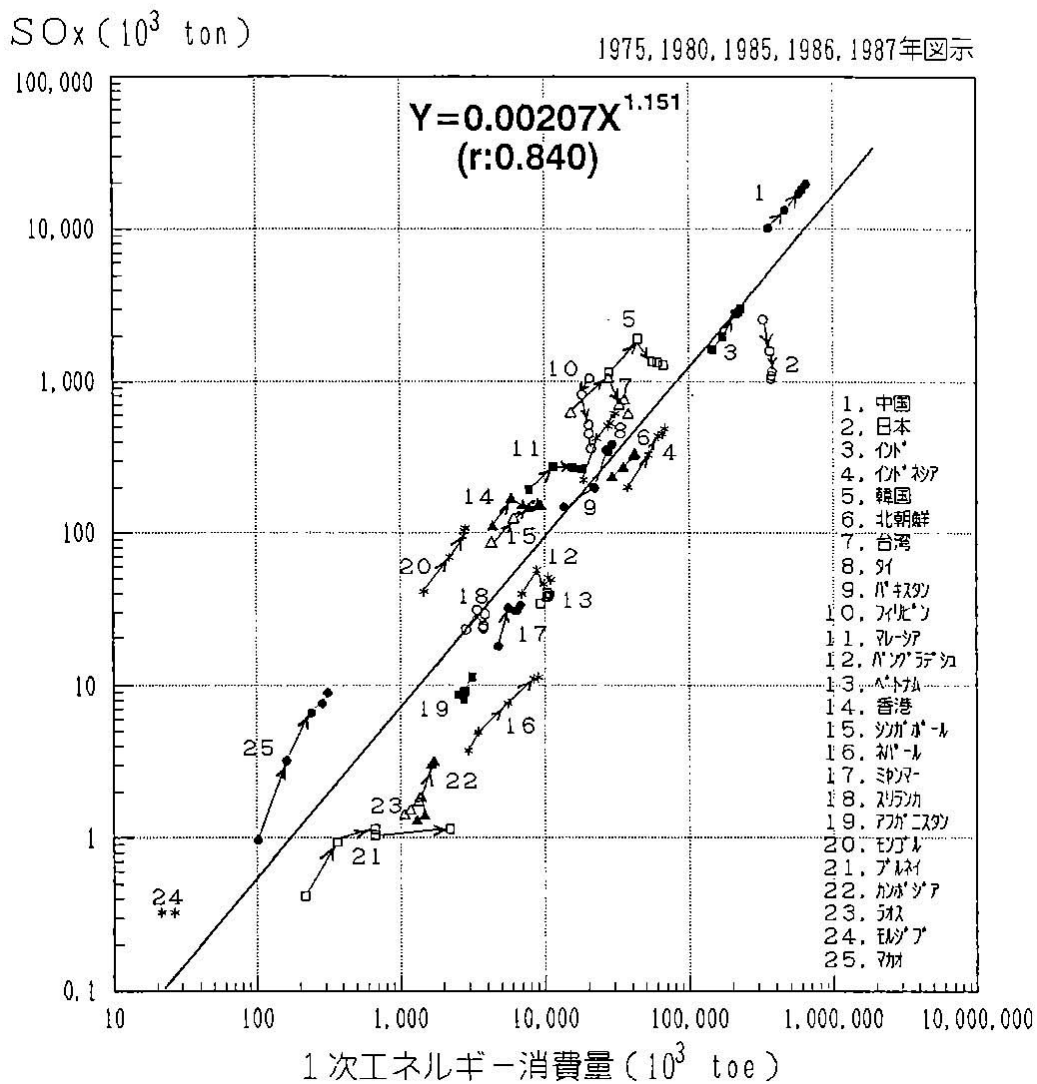


表6.1-7 アジア各国の1次エネルギー消費量当りSOx排出量

国名	1次エネルギー消費量		SOx排出量		1次エネルギー消費量 当りSOx排出量	
	(Mtoe)		(1,000ton)		(kg/toe)	
	1975	1987	1975	1987	1975	1987
1.中国	354.65	648.65	10,175	19,989	28.7	30.8
2.日本	326.42	371.66	2,571	1,143	7.9	3.1
(脱硫装置無し)			4,151	2,587	12.7	7.0
3.インド	145.08	228.51	1,652	3,074	11.4	13.5
4.インドネシア	37.67	67.90	201	485	5.3	7.1
5.韓国	27.97	66.06	1,159	1,294	41.4	19.6
6.北朝鮮	29.32	42.07	234	333	8.0	7.9
7.台湾	15.07	37.80	609	605	40.4	16.0
8.タイ	18.58	30.46	224	612	12.1	20.1
9.パキスタン	13.26	28.67	148	381	11.1	13.3
10.フィリピン	17.65	20.46	807	370	45.7	18.1
11.マレーシア	7.61	17.86	193	263	25.4	14.7
12.バングラデシュ	6.76	10.70	40	49	5.8	4.6
13.ベトナム	10.14	10.48	40	39	4.0	3.7
14.香港	4.25	9.15	109	150	25.6	16.4
15.シンガポール	4.17	8.58	85	155	20.3	18.1
16.ネパール	2.88	8.19	3.7	11.0	1.3	1.3
17.ミャンマー	4.58	5.92	17.4	29.9	3.8	5.0
18.スリランカ	2.73	3.69	22.3	28.2	8.2	7.6
19.アフガニスタン	2.67	3.33	8.1	10.7	3.0	3.2
20.モンゴル	1.53	3.01	38.7	100.5	25.3	33.4
21.ブルネイ	0.21	2.11	0.4	1.1	1.9	0.5
22.カンボジア	1.37	1.81	1.2	2.9	0.9	1.6
23.ラオス	1.12	1.47	1.3	1.7	1.2	1.2
24.モルジブ		0.03	1.3	0.3		11.1
25.マカオ	0.11	0.33	0.9	8.4	8.5	25.7
アジア計	1,035.80	1,628.87	18,340	29,136	17.7	17.9

## 6. 1. 6, 1人当りとGDP当りのSO<sub>x</sub>排出量

### (1) 1人当りのSO<sub>x</sub>排出量

表 6.1-8 にアジア各国の 1975 年と'87 年 1 人当り SO<sub>x</sub>排出量を示す。アジア全体の 1 人当り SO<sub>x</sub>排出量、1975 年の 8.2kg/人から'87 年の 10.6kg/人に増加した。'87 年においてアジア全体の 10.6kg/人を上回る国は、大きい順に示すとシンガポール、モンゴル、韓国、台湾、香港、マカオ、中国、マレーシア、タイ9ヶ国があげられる。日本は、排煙脱硫装置無しを想定した場合には'87 年で 21.2kg/人であり、排煙脱硫により 56%を削減し 9.4kg/人まで減少させている。

また、1975 年に比べ'87 年の 1 人当り SO<sub>x</sub>排出量の減少した国とその主な原因は、日本の燃料の低硫黄化と排煙脱硫対策の進展、韓国と台湾の燃料の低硫黄化対策の進展、フィリピンの非鉄金属精錬・硫酸製造からの排出量の減少、マレーシアの天然ガス依存への増大、ベトナムのエネルギー消費の停滞があげられ、その国数は6ヶ国となる。他の国では 1 人当りの SO<sub>x</sub>排出量は増加しつつある。

### (2) GDP 当りの SO<sub>x</sub>排出量

図 6.1-8 と表 6.1-9 にアジア各国の GDP と SO<sub>x</sub>排出量の関係を示す。GDP 当りの SO<sub>x</sub>排出量は、排出からみた経済効率を表すもので有り、小さいほど効率が良好という指標である。SO<sub>x</sub>排出量は、前述したように1次電力、植物性燃料、天然ガスへの依存が大きいほど小さくなる特性をもつ性格のものである前提でこの指標を見る必要がある。

アジア地域全体の GDP 当りの SO<sub>x</sub>排出量は、1975 年の 12.8g/'80PUS\$ (以下 g/\$ という) が減少し、'87 年には 11.0g/\$ となった。'87 年にアジア地域全体の値を上回る国は、大きい順に、モンゴル、中国、タイ、インド、韓国の5ヶ国であり、他の国はアジア地域全体の値を下回る。特に小さい国は、ブルネイの 0.3、日本の 0.8 である。

また、1975 年に対して、'87 年の GDP 当りの SO<sub>x</sub>排出量が増加した国は、インド、タイ、ネパール、ミャンマー、アフガニスタン、モンゴル、ブルネイの7ヶ国となっている。

図 6.1-9 にアジア各国の経済水準(1人当り GDP)と GDP 当りの SO<sub>x</sub>排出量の関係を示す。アジアの開発途上国では、中国を除き経済水準の向上とともに GDP 当りの SO<sub>x</sub>排出量が増加する傾向をもち1人当り GDP が 1,000~2,000 ドルで最大となり、さらに 1 人当り GDP が増大するにつれて減少する。この理由として、まず第1に経済水準の向上とともに SO<sub>x</sub>排出量への寄与の小さい植物性燃料から化石燃料への依存が増すことと、第2に工業化の過程において1次的に GDP 当りの SO<sub>x</sub>排出量が大きくなることと、第3に1人当りの GDP が大きくなると GDP 当りのエネルギー消費量が小さくなることに加え日本、韓国、台湾のように環境対策による SO<sub>x</sub>排出の削減効果があげられる。中国は同程度の経済水準をもつ他の国とは異なり、GDP 当り SO<sub>x</sub>排出量は、5倍前後の大きい値をもち1人当り GDP が増加するにつれ(経年的に)減少している。GDP 当りの1次エネルギー消費量の変化と同じ傾向をもつことから省エネルギーの進行による効果と推定できる。

表6.1-8 アジア各国の1人当りSOx排出量

国名	人口		SOx排出量		1人当りSOx排出量	
	(百万人)		(1,000ton)		(kg/人)	
	1975	1987	1975	1987	1975	1987
1.中国	933.00	1,088.57	10,175	19,989	10.9	18.4
2.日本	111.57	122.09	2,571	1,143	23.0	9.4
(脱硫装置無し)			4,151	2,587	37.2	21.2
3.インド	600.76	781.37	1,652	3,074	2.8	3.9
4.インドネシア	130.50	170.18	201	485	1.5	2.8
5.韓国	35.28	41.58	1,159	1,294	32.9	31.1
6.北朝鮮	15.85	21.39	234	333	14.7	15.5
7.台湾	16.15	19.67	609	605	37.7	30.7
8.タイ	41.87	53.61	224	612	5.4	11.4
9.パキスタン	71.03	102.24	148	381	2.1	3.7
10.フィリピン	42.07	57.36	807	370	19.2	6.5
11.マレーシア	11.93	16.53	193	263	16.2	15.9
12.バングラデシュ	78.96	102.56	40	49	0.5	0.5
13.ベトナム	47.61	62.81	40	39	0.8	0.6
14.香港	4.40	5.61	109	150	24.8	26.7
15.シンガポール	2.26	2.61	85	155	37.3	59.3
16.ネパール	12.59	17.79	3.7	11.0	0.3	0.6
17.ミャンマー	30.17	39.14	17.4	29.9	0.6	0.8
18.スリランカ	13.50	16.36	22.3	28.2	1.7	1.7
19.アフガニスタン	11.78	15.22	8.1	10.7	0.7	0.7
20.モンゴル	1.42	2.03	38.7	100.5	27.2	49.6
21.ブルネイ	0.16	0.23	0.4	1.1	2.6	4.7
22.カンボジア	7.10	7.68	1.2	2.9	0.2	0.4
23.ラオス	3.43	3.78	1.3	1.7	0.4	0.4
24.モルジブ	0.13	0.20		0.3		1.5
25.マカオ	0.27	0.43	0.9	8.4	3.4	19.6
アジア計	2,223.78	2,751.04	18,340	29,136	8.2	10.6

表6.1-9 アジア各国の GDP 当り SO<sub>x</sub>排出量

国名	GDP		SO <sub>x</sub> 排出量		GDP当りSO <sub>x</sub> 排出量	
	('80P10億 \$)		(1,000ton)		(g/'80PUS\$)	
	1975	1987	1975	1987	1975	1987
1.中国	184.65	470.23	10,175	19,989	55.1	42.5
2.日本	831.52	1,370.69	2,571	1,143	3.1	0.8
(脱硫装置無し)			4,151	2,587	5.0	1.9
3.インド	148.37	250.062	1,652	3,074	11.1	12.3
4.インドネシア	54.22	100.95	201	485	3.7	4.8
5.韓国	43.07	111.67	1,159	1,294	26.9	11.6
6.北朝鮮			234	333		
7.台湾	25.06	71.90	609	605	24.3	8.4
8.タイ	21.97	47.47	224	612	10.2	12.9
9.パキスタン	20.51	43.52	148	381	7.2	8.8
10.フィリピン	26.04	36.33	807	370	31.0	10.2
11.マレーシア	16.26	33.47	193	263	11.9	7.8
12.バングラデシュ	12.36	19.05	40	49	3.2	2.6
13.ベトナム	4.70	7.14	40	39	8.6	5.4
14.香港	15.42	45.83	109	150	7.1	3.3
15.シンガポール	7.79	17.52	85	155	10.8	8.8
16.ネパール	1.73	2.67	3.7	11.0	2.1	4.1
17.ミャンマー	4.31	6.39	17.4	29.9	4.0	4.7
18.スリランカ	3.17	5.62	22.3	28.2	7.0	5.0
19.アフガニスタン	2.59	2.98	8.1	10.7	3.1	3.6
20.モンゴル	0.83	1.64	38.7	100.5	46.6	61.4
21.ブルネイ	2.99	3.65	0.4	1.1	0.1	0.3
22.カンボジア			1.2	2.9		
23.ラオス			1.3	1.7		
24.モルジブ		0.08		0.3		3.6
25.マカオ			0.9	8.4		
アジア計	1,427.53	2,649.42	18,340	29,136	12.8	11.0



図6.1-8 GDPとSOx排出量の関係

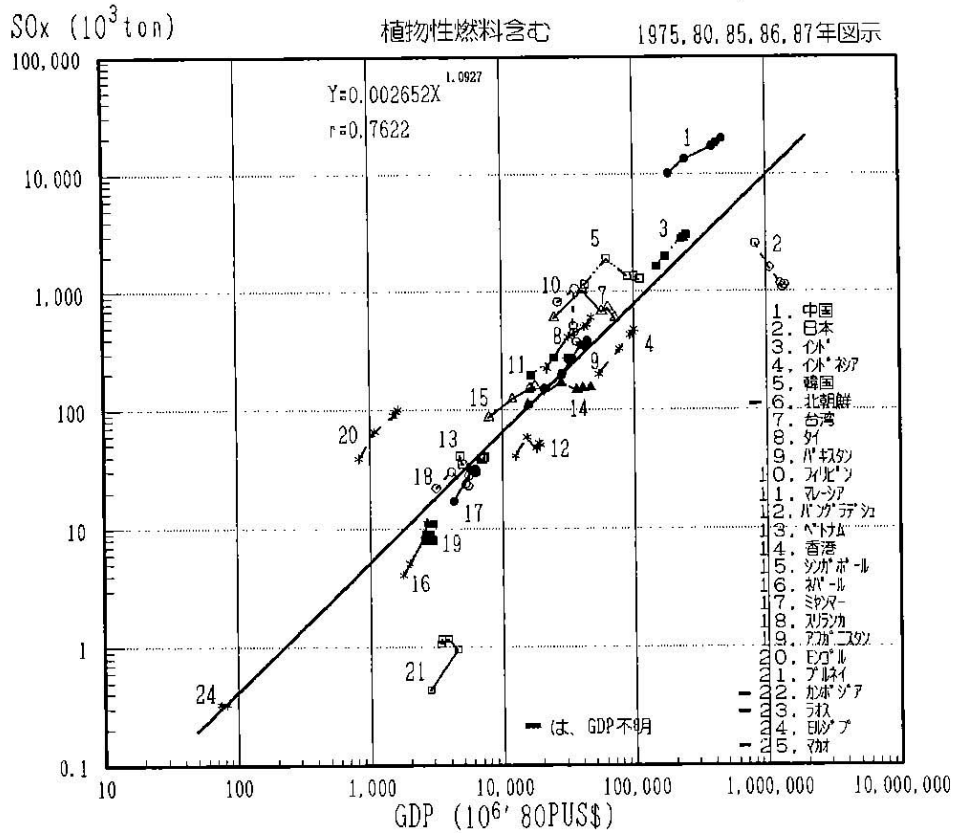
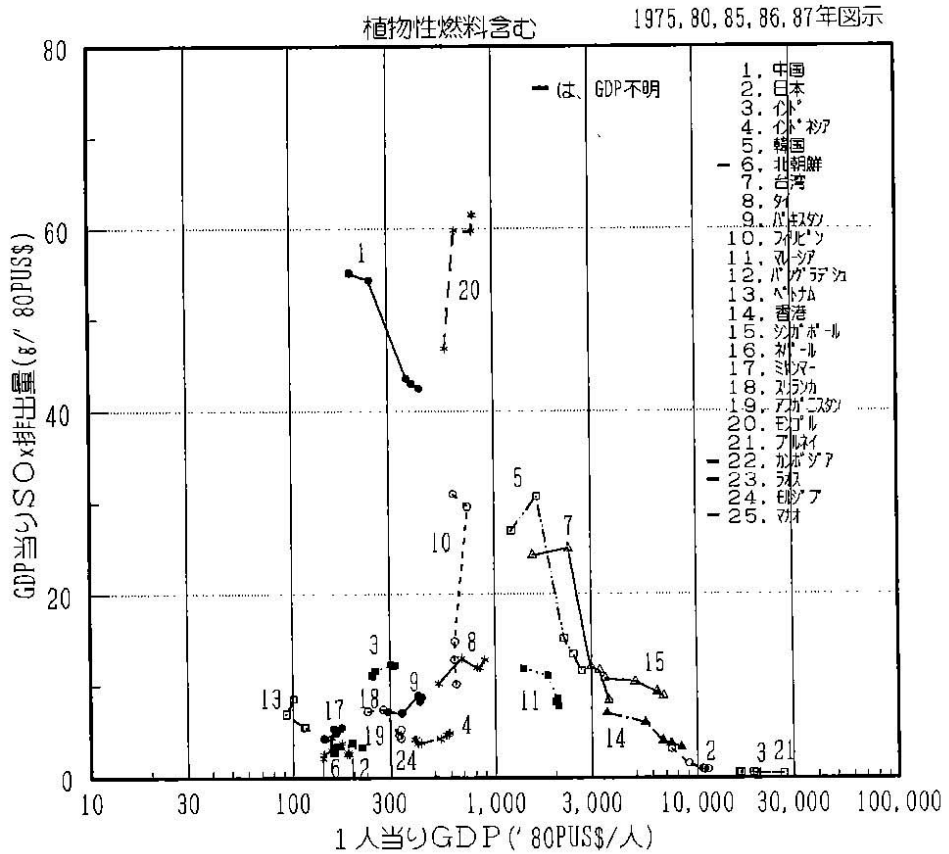


図6.1-9 アジア各国経済水準とGDP 当り SOx排出量の関係



## 6. 2, NO<sub>x</sub>排出量の推計結果と排出量の動態

### 6. 2. 1, NO<sub>x</sub>排出量の推計結果の見方

3. で検討したエネルギーの実績データに対して、5.2. で検討したNO<sub>x</sub>排出係数をかけることによって、17種類のエネルギー消費部門別、27燃料種類別(植物性燃料である薪炭、バガス、その他非商業用燃料含む)にNO<sub>x</sub>の排出量を推計した。なお、日本については、6.5. で検討したように排煙脱硝対策の後に排出された推計値である。また、中国、インド国内の地域別排出量は、5.4. の方法により推計した結果である。

### 6. 2. 2, NO<sub>x</sub>排出量の地域別動態

表 6.2-1 に 1975 年～'87 年のアジア各国及び中国、インド国内の地域別 NO<sub>x</sub>排出量の推計結果を示すとともに、NO<sub>x</sub>排出量の大きい6ヶ国とその他の国で構成するアジア全体の排出量の経年変化を図 6.2-1 に示した。また、表 6.2-2 にいくつかの期間に分けた NO<sub>x</sub>排出量の年平均伸び率を示し、1980 年と'87 年の7年間の NO<sub>x</sub>排出量の年平均伸び率を地域別に図 6.2-2 に示した。表 6.2-3 には、アジア全体を 100%とした時の各国の NO<sub>x</sub>排出量構成比の経年変化を示すとともに、中国、インドの NO<sub>x</sub>排出量を当該国または地域の面積で割った単位面積当りの NO<sub>x</sub>排出量を示し、これを 1980 年と'87 年について地域別に図 6.2-3 に示し、変化の実態を分かり易くした。

#### (1) アジア全体の NO<sub>x</sub>排出量と地域別構成の変化

表 6.2-1、表 6.2-2 に示すように、アジア地域の NO<sub>x</sub>の総排出量は 1975 年の 9,388 千 t が'87 年には 15,483 千 t と推計され、その間の年平均伸び率は 4.3%で、その倍率は 1.65 倍で増加したことによる。これを、1975-'80 年、'80-85 年、'85-87 年の期間の年平均伸び率はそれぞれ 3.9%、4.0%、5.9%であり、経年的に大きくなる傾向を示している。

アジア地域の国別 NO<sub>x</sub>排出量の構成を表 6.2-1、3 及び図 6.2-1 に示すが、1987 年の排出量の大きい順に、中国、インド、日本、インドネシア、韓国、北朝鮮があげられるが、これらの6ヶ国で 1975 年～'87 年の期間において、アジア全体の 87%程度の排出量を占める。

中国の NO<sub>x</sub>排出量は、1975 年の 3,727 千 t から年平均伸び率 5.8%で増加し、'87 年には 7,371 千 t になり、アジア地域全体に占める中国のシェアは、1975 年の 39.7%から'87 年の 47.6%に拡大した。また、同期間において、日本では 2,329 千 t の 24.8%から 1,935 千 t の 12.5%に減少し、インドでは 1,379 千 t の 14.7%から 2,556 千 t の 16.5%に増加、インドネシアでは 1,379 千 t の 3.5%から 639 千 t の 4.1%に、韓国では 220 千 t の 2.3%から 555 千 t の 3.6%に増加し、北朝鮮では 325 千 t の 3.5%から 468 千 t の 3.0%に変化した。

#### (2) NO<sub>x</sub>排出量の地域別年平均伸び率

NO<sub>x</sub>排出量の経年変化を国別の年平均伸び率で見ると、'75 年に対して'87 年は日本、ベトナムで減少した以外は、他の国では増加している。

さらに、中国、インド国内を含む地域別の NO<sub>x</sub>排出量の経年変化を 1980 年に対する 1987 年の年平均伸び率の分布から把握した(図 6.2-2 参照)。なお、中国及びインド国内の地域別排出量の制度及びエネルギー源構成比の変化等を考慮のうえ'80 年を基準にしたものである。

この期間の平均伸び率から、NO<sub>x</sub>排出量の動態をみると、インド国内、中国国内、タイ及び韓国で年平均伸び率6%以上の高い伸びとなっている。特にインドのハリアナ・ヒマチャルプラデン・パンジャブ・チャングラ、マデヤプラデシ、タミルナドゥ及び中国の寧夏省では 10%以上の高い伸びとなっている。これらの地域はもともと

NO<sub>x</sub>排出量の少ない地域が多く、電力化に伴う火力発電所の立地、工業化に伴う工場の立地等が高い伸びの原因となっている。また、中国の沿岸地域でも8%以上の高い伸びを示しているが、産業の活化の影響が反映された結果とみることができる。

### (3) 面積当りのNO<sub>x</sub>排出量の地域別実態

表 6.2-4 には1975、'80、'85、'86、'87年の、図 6.2-3 '80、'87年の面積当りのNO<sub>x</sub>排出量を示す。図 6.2-3 に示すように、面積当りのNO<sub>x</sub>排出量の大きい地域は東アジア及びNIEs諸国に集中していることが分かる。1980年には2t/km<sup>2</sup>以上の高排出区域は、中国の北京市、天津市、上海市、遼寧省、山東省、江蘇省、及び日本、韓国、北朝鮮、NIEs諸国に限られていたが、'87年には、'75年の地域に加え、河北省、山西省、河南省、浙江省の地域まで拡大した。このように、SO<sub>x</sub>と同様に面積当りの高NO<sub>x</sub>排出地域は、北京の周辺地域から内陸部へ、さらに沿岸部を南下する様相を呈している。

表6.2-1 アジア地域のNOx排出量

(単位: 1000t/年)

	国名	1975年	1980	1985	1986	1987
国別	1. 中国	3,727	4,907	6,361	6,772	7,371
	2. 日本	2,329	2,132	1,948	1,901	1,935
	3. インド	1,379	1,673	2,312	2,401	2,556
	4. インドネシア	331	465	561	600	639
	5. 韓国	220	365	464	499	555
	6. 北朝鮮	325	383	456	468	468
	7. 台湾	124	225	261	300	325
	8. タイ	182	255	327	341	384
	9. パキスタン	101	164	193	201	231
	10. フィリピン	172	184	173	177	184
	11. マレーシア	90	126	167	171	177
	12. バングラデシュ	46	58	61	65	66
	13. ベトナム	120	88	95	98	99
	14. 香港	51	67	106	119	134
	15. シンガポール	43	67	81	84	88
	16. ネパール	18	21	34	53	50
	17. ミャンマー	38	47	50	53	45
	18. スリランカ	23	31	34	33	37
	19. アフガニスタン	20	22	24	22	30
	20. モンゴル	31	49	66	71	72
	21. ブルネイ	2.0	4.0	8.1	7.7	11.1
	22. カンボジア	8.6	9.3	11.7	12.1	12.3
	23. ラオス	7.9	8.0	8.7	8.9	9.1
	24. モルジブ			0.5	0.6	0.6
	25. マカオ	2.1	2.0	3.7	4.8	5.0
	アジア計	9,388	11,352	13,805	14,462	15,483
中国地域別	1 北京	167	226	258	268	267
	2 天津	106	141	151	154	165
	3 河北	265	353	471	489	514
	4 山西	175	235	329	358	387
	5 内モンゴ	98	129	173	203	219
	6 遼寧	329	446	547	546	583
	7 吉林	151	201	243	248	263
	8 黒龍江	209	277	351	369	400
	9 上海	185	255	263	283	298
	10 江蘇	217	282	403	425	489
	11 浙江	80	103	161	175	197
	12 安徽	104	140	198	215	232
	13 福建	49	61	83	95	111
	14 江西	73	95	137	150	158
	15 山東	256	342	451	497	566
	16 河南	229	300	384	399	428
	17 湖北	139	181	233	253	271
	18 湖南	145	183	242	255	269
	19 広東	114	146	200	223	261
	20 広西	63	78	96	106	123
	21 四川	211	267	345	364	396
	22 貴州	56	73	95	100	116
	23 雲南	61	77	107	112	132
	24 西蔵	1	2	2	3	3
	25 陝西	94	122	168	181	198
	26 甘肅	59	77	112	118	123
	27 青海	19	25	34	38	41
	28 寧夏	18	23	34	45	56
	29 新疆	53	68	94	98	105
	中国計	3,727	4,907	6,361	6,772	7,371
インド地域別	1 アッサム	33	41	44	45	47
	2 ビハール	298	353	393	401	419
	3 オリッサ	61	47	55	55	57
	4 アンドラ・プラデシ	91	105	162	169	181
	5  tamil・ナドゥ	64	110	203	210	221
	6 カルナータカ、ケララ	94	110	131	135	141
	7 マハラシュトラ、ゴア	193	269	334	353	379
	8 マディヤ・プラデシ	97	117	211	219	237
	9 グジャラート	113	151	226	237	250
	10 ラジヤスタン	53	59	81	83	87
	11 ウタル・プラデシ	191	218	311	325	354
	12 ハリアナ、パンジャブ	55	86	154	161	174
	13 シヤム ガジメー	6	7	8	8	9
	インド計	1,379	1,673	2,312	2,401	2,556

表6.2-2 アジア地域のNO<sub>x</sub>排出量年平均伸び率

		(単位: %)				
	国名	1975-80	'80-85	'85-87	'80-87	'75-87
国別	1. 中国	5.7	5.3	7.6	6.0	5.8
	2. 日本	-1.8	-1.8	-0.3	-1.4	-1.5
	3. インド	3.9	6.7	5.2	6.2	5.3
	4. インドネシア	7.0	3.8	6.7	4.6	5.6
	5. 韓国	10.7	4.9	9.4	6.2	8.0
	6. 北朝鮮	3.4	3.6	1.4	2.9	3.1
	7. 台湾	12.6	3.0	11.6	5.4	8.3
	8. タイ	7.0	5.1	8.4	6.1	6.4
	9. パキスタン	10.2	3.4	9.3	5.1	7.2
	10. フィリピン	1.3	-1.2	3.0	0.0	0.5
	11. マレーシア	6.9	5.8	2.9	5.0	5.8
	12. バングラデシュ	4.9	1.0	3.4	1.7	3.0
	13. ベトナム	-5.9	1.4	2.3	1.7	-1.5
	14. 香港	5.9	9.5	12.3	10.3	8.4
	15. シンガポール	9.1	3.7	4.5	3.9	6.1
	16. ネパール	3.4	9.6	22.2	13.0	8.9
	17. ミャンマー	4.3	1.6	-5.2	-0.4	1.5
	18. スリランカ	6.6	1.6	5.2	2.6	4.3
	19. アフガニスタン	2.1	1.9	10.0	4.1	3.3
	20. モンゴル	9.9	5.9	4.7	5.6	7.3
	21. ブルネイ	14.9	15.2	17.1	15.7	15.4
	22. カンボジア	1.6	4.7	2.5	4.1	3.0
	23. ラオス	0.3	1.7	2.3	1.9	1.2
	24. モルシブ			9.5		
	25. マカオ	6.7	5.0	16.2	8.1	7.5
	アジア計	3.9	4.0	5.9	4.5	4.3
中国地域別	1 北京	6.2	2.6	1.8	2.4	4.0
	2 天津	5.9	1.4	4.5	2.3	3.8
	3 河北	5.9	5.9	4.6	5.5	5.7
	4 山西	6.0	7.0	8.6	7.4	6.8
	5 内モン	5.7	6.0	12.7	7.9	7.0
	6 遼寧	6.3	4.2	3.3	3.9	4.9
	7 吉林	6.0	3.9	3.9	3.9	4.7
	8 黒龍江	5.8	4.8	6.8	5.4	5.5
	9 上海	6.7	0.6	6.4	2.2	4.0
	10 江蘇	5.3	7.4	10.2	8.2	7.0
	11 浙江	5.0	9.4	10.7	9.8	7.7
	12 安徽	6.1	7.2	8.2	7.5	6.9
	13 福建	4.6	6.6	15.3	9.0	7.1
	14 江西	5.3	7.6	7.6	7.6	6.7
	15 山東	6.0	5.7	12.0	7.4	6.8
	16 河南	5.5	5.1	5.6	5.2	5.4
	17 湖北	5.4	5.1	8.0	5.9	5.7
	18 湖南	4.8	5.7	5.5	5.7	5.3
	19 広東	5.2	6.4	14.4	8.6	7.2
	20 広西	4.5	4.2	13.2	6.7	5.8
	21 四川	4.9	5.3	7.1	5.8	5.4
	22 貴州	5.2	5.6	10.3	6.9	6.2
	23 雲南	4.8	6.7	10.9	7.9	6.6
	24 西蔵	5.5	7.1	2.1	5.7	5.6
	25 陝西	5.3	6.5	8.8	7.2	6.4
	26 甘肅	5.3	7.8	4.9	6.9	6.3
	27 青海	4.9	6.3	10.6	7.5	6.5
	28 寧夏	5.3	7.9	28.3	13.4	9.9
	29 新疆	5.0	6.8	5.9	6.5	5.9
	中国計	5.7	5.3	7.6	6.0	5.8
インド地域別	1 アッサム	4.1	1.5	3.4	2.0	2.9
	2 ビハール	3.5	2.2	3.3	2.5	2.9
	3 オリッサ	-5.0	3.0	2.2	2.8	-0.5
	4 アンドラ・プラデシ	3.0	9.1	5.5	8.0	5.9
	5 錫ル・ナドゥ	11.6	12.9	4.5	10.5	10.9
	6 カルナータカ、ケララ	3.2	3.5	3.9	3.6	3.5
	7 マハラシュトラ、ゴア	6.8	4.4	6.5	5.0	5.8
	8 マディヤ・プラデシ	3.9	12.4	6.0	10.5	7.7
	9 グラジャワート	5.9	8.4	5.3	7.5	6.8
	10 ラジャスタン	2.0	6.7	3.9	5.9	4.2
	11 ウタル・プラデシ	2.7	7.4	6.5	7.2	5.3
	12 ハリアナ、パンジヤブ	9.4	12.3	6.5	10.6	10.1
	13 シヤム カシミール	2.1	2.2	6.2	3.3	2.8
	インド計	3.9	6.7	5.2	6.2	5.3

表6.2-3 アジア地域のNOx排出量地域別構成比

		(単位:%)				
国別	国名	1975年	1980	1985	1986	1987
	1. 中国	39.7	43.2	46.1	46.8	47.6
	2. 日本	24.8	18.8	14.1	13.1	12.5
	3. インド	14.7	14.7	16.7	16.6	16.5
	4. インドネシア	3.5	4.1	4.1	4.2	4.1
	5. 韓国	2.3	3.2	3.4	3.4	3.6
	6. 北朝鮮	3.5	3.4	3.3	3.2	3.0
	7. 台湾	1.3	2.0	1.9	2.1	2.1
	8. タイ	1.9	2.2	2.4	2.4	2.5
	9. パキスタン	1.1	1.4	1.4	1.4	1.5
	10. フィリピン	1.8	1.6	1.3	1.2	1.2
	11. マレーシア	1.0	1.1	1.2	1.2	1.1
	12. バングラデシュ	0.5	0.5	0.4	0.5	0.4
	13. ベトナム	1.3	0.8	0.7	0.7	0.6
	14. 香港	0.5	0.6	0.8	0.8	0.9
	15. シンガポール	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6
	16. ネパール	0.2	0.2	0.2	0.4	0.3
	17. ミャンマー	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3
	18. スリランカ	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2
	19. アフガニスタン	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	20. モンゴル	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5
	21. ブルネイ	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1
	22. カンボジア	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	23. ラオス	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	24. モルジブ			0.0	0.0	0.0
	25. マカオ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	アジア計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
中国 地域別	1 北京	4.5	4.6	4.0	4.0	3.6
	2 天津	2.8	2.9	2.4	2.3	2.2
	3 河北	7.1	7.2	7.4	7.2	7.0
	4 山西	4.7	4.8	5.2	5.3	5.3
	5 内モン	2.6	2.6	2.7	3.0	3.0
	6 遼寧	8.8	9.1	8.6	8.1	7.9
	7 吉林	4.0	4.1	3.8	3.7	3.6
	8 黒龍江	5.6	5.7	5.5	5.5	5.4
	9 上海	5.0	5.2	4.1	4.2	4.0
	10 江蘇	5.8	5.7	6.3	6.3	6.6
	11 浙江	2.2	2.1	2.5	2.6	2.7
	12 安徽	2.8	2.8	3.1	3.2	3.1
	13 福建	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5
	14 江西	2.0	1.9	2.2	2.2	2.1
	15 山東	6.9	7.0	7.1	7.3	7.7
	16 河南	6.1	6.1	6.0	5.9	5.8
	17 湖北	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7
	18 湖南	3.9	3.7	3.8	3.8	3.7
	19 広東	3.1	3.0	3.1	3.3	3.5
	20 広西	1.7	1.6	1.5	1.6	1.7
	21 四川	5.7	5.4	5.4	5.4	5.4
	22 貴州	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6
	23 雲南	1.6	1.6	1.7	1.6	1.8
	24 西蔵	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	25 陝西	2.5	2.5	2.6	2.7	2.7
	26 甘肅	1.6	1.6	1.8	1.7	1.7
	27 青海	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6
	28 寧夏	0.5	0.5	0.5	0.7	0.8
	29 新疆	1.4	1.4	1.5	1.5	1.4
	中国計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
インド 地域別	1 アッサム	2.4	2.4	1.9	1.9	1.8
	2 ビハール	21.6	21.1	17.0	16.7	16.4
	3 オリッサ	4.5	2.8	2.4	2.3	2.2
	4 アンドラ・プラデシ	6.6	6.3	7.0	7.1	7.1
	5 KERALA	4.6	6.6	8.8	8.8	8.7
	6 カルナータカ、ケララ	6.8	6.6	5.7	5.6	5.5
	7 マハラシュトラ、ゴア	14.0	16.1	14.4	14.7	14.8
	8 マディヤ・プラデシ	7.0	7.0	9.1	9.1	9.3
	9 クラジャワート	8.2	9.0	9.8	9.9	9.8
	10 ラジヤスタン	3.9	3.5	3.5	3.5	3.4
	11 ウタル・プラデシ	13.8	13.0	13.5	13.5	13.8
	12 ハリアナ、パンジャブ	4.0	5.1	6.6	6.7	6.8
	13 シヤム、カシミール	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3
		インド計	100.0	100.0	100.0	100.0

表6.2-4 アジア地域の単位面積当りのNOx排出量

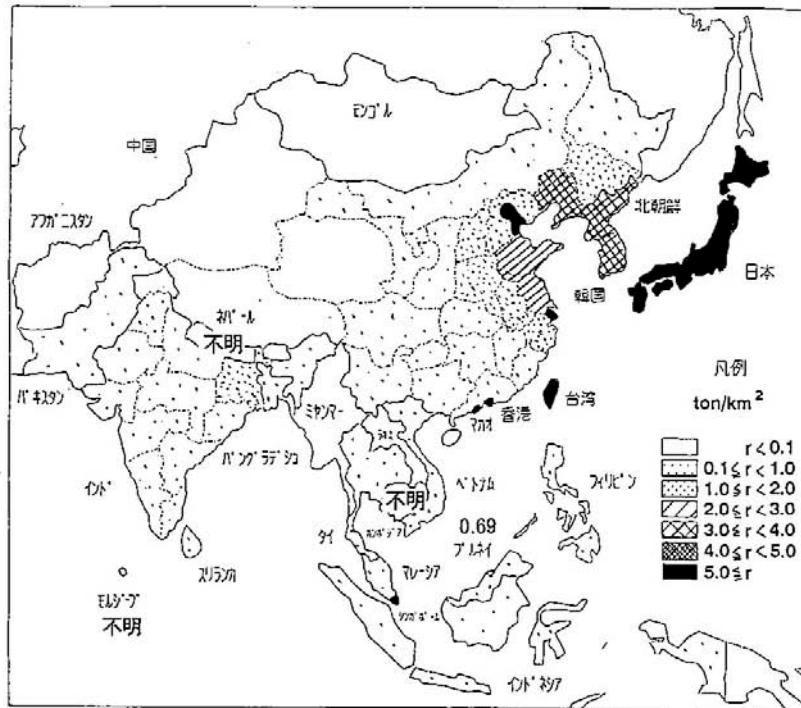
		(単位: t/km <sup>2</sup> )					
国別	国名	面積 (1000km <sup>2</sup> )	1975年	1980	1985	1986	1987
国別	1. 中国	9,564.0	0.39	0.51	0.67	0.71	0.77
	2. 日本	377.8	6.17	5.64	5.16	5.03	5.12
	3. インド	3,287.2	0.42	0.51	0.70	0.73	0.78
	4. インドネシア	1,904.6	0.17	0.24	0.29	0.32	0.34
	5. 韓国	99.0	2.22	3.69	4.68	5.03	5.60
	6. 北朝鮮	120.5	2.69	3.18	3.78	3.88	3.89
	7. 台湾	36.0	3.45	6.25	7.24	8.32	9.02
	8. タイ	513.1	0.35	0.50	0.64	0.67	0.75
	9. パキスタン	796.1	0.13	0.21	0.24	0.25	0.29
	10. フィリピン	300.0	0.57	0.61	0.58	0.59	0.61
	11. マレーシア	329.7	0.27	0.38	0.51	0.52	0.54
	12. バングラデシュ	144.0	0.32	0.40	0.43	0.45	0.46
	13. ベトナム	331.7	0.36	0.27	0.29	0.30	0.30
	14. 香港	1.045	48.33	64.40	101.44	113.49	127.85
	15. シンガポール	0.618	70.23	108.74	130.26	136.57	142.23
	16. ネパール	140.8	0.13	0.15	0.24	0.38	0.36
	17. ミャンマー	676.6	0.06	0.07	0.07	0.08	0.07
	18. スリランカ	65.6	0.34	0.47	0.51	0.50	0.57
	19. アフガニスタン	652.1	0.03	0.03	0.04	0.03	0.05
	20. モンゴル	1,566.5	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05
	21. ブルネイ	5.77	0.35	0.69	1.41	1.34	1.93
	22. カンボジア	181.0	0.05	0.05	0.06	0.07	0.07
	23. ラオス	236.8	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04
	24. モルジブ	0.298	0.00	0.00	1.68	2.01	2.01
	25. マカオ	0.016	131.25	181.25	231.25	300.00	312.50
	アジア計	21,330.9	0.44	0.53	0.65	0.68	0.73
中国 地域別	1 北京	16.8	9.96	13.46	15.33	15.93	15.88
	2 天津	11.3	9.38	12.50	13.37	13.64	14.60
	3 河北	187.9	1.41	1.88	2.50	2.60	2.74
	4 山西	156.1	1.12	1.50	2.10	2.30	2.48
	5 内モン	1088.6	0.09	0.12	0.16	0.19	0.20
	6 遼寧	145.8	2.25	3.06	3.75	3.74	4.00
	7 吉林	188.0	0.80	1.07	1.29	1.32	1.40
	8 黒龍江	473.3	0.44	0.59	0.74	0.78	0.85
	9 上海	6.2	29.82	41.18	42.42	45.60	48.00
	10 江蘇	102.5	2.12	2.75	3.93	4.15	4.77
	11 浙江	101.8	0.79	1.01	1.58	1.72	1.93
	12 安徽	139.5	0.75	1.00	1.42	1.54	1.66
	13 福建	121.7	0.40	0.50	0.69	0.78	0.91
	14 江西	166.8	0.44	0.57	0.82	0.90	0.95
	15 山東	153.1	1.67	2.23	2.95	3.24	3.69
	16 河南	166.9	1.37	1.79	2.30	2.39	2.57
	17 湖北	187.5	0.74	0.97	1.24	1.35	1.45
	18 湖南	210.2	0.69	0.87	1.15	1.21	1.28
	19 広東	211.8	0.54	0.69	0.94	1.05	1.23
	20 広西	230.5	0.27	0.34	0.42	0.46	0.53
	21 四川	566.5	0.37	0.47	0.61	0.64	0.70
	22 貴州	176.2	0.32	0.41	0.54	0.57	0.66
	23 雲南	392.2	0.16	0.20	0.27	0.28	0.34
	24 西蔵	1221.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	25 陝西	205.0	0.46	0.60	0.82	0.88	0.97
	26 甘肅	455.1	0.13	0.17	0.25	0.26	0.27
	27 青海	780.0	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05
	28 寧夏	66.1	0.27	0.35	0.52	0.67	0.85
	29 新疆	1635.0	0.03	0.04	0.06	0.06	0.06
	中国計	9564.0	0.39	0.51	0.67	0.71	0.77
インド 地域別	1 アッサム	255.0	0.13	0.16	0.17	0.18	0.18
	2 ビハール	269.8	1.10	1.31	1.46	1.48	1.55
	3 オリッサ	155.7	0.39	0.30	0.35	0.36	0.37
	4 アンドラ・プラデシ	275.1	0.33	0.38	0.59	0.62	0.66
	5 KERALA	138.8	0.46	0.79	1.46	1.52	1.59
	6 カルナータカ、ケララ	230.7	0.41	0.48	0.57	0.59	0.61
	7 マハラシュトラ、ゴア	312.0	0.62	0.86	1.07	1.13	1.21
	8 マドhya・プラデシ	443.4	0.22	0.26	0.47	0.49	0.53
	9 グラジャワット	196.0	0.58	0.77	1.15	1.21	1.28
	10 ラジヤスタン	342.2	0.16	0.17	0.24	0.24	0.25
	11 ウタル・プラデシ	295.9	0.64	0.74	1.05	1.10	1.19
	12 ハリアナ、パンジャブ	150.4	0.37	0.57	1.02	1.07	1.16
	13 シヤム、カシミール	222.2	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04
	インド計	3,287.2	0.42	0.51	0.70	0.73	0.78



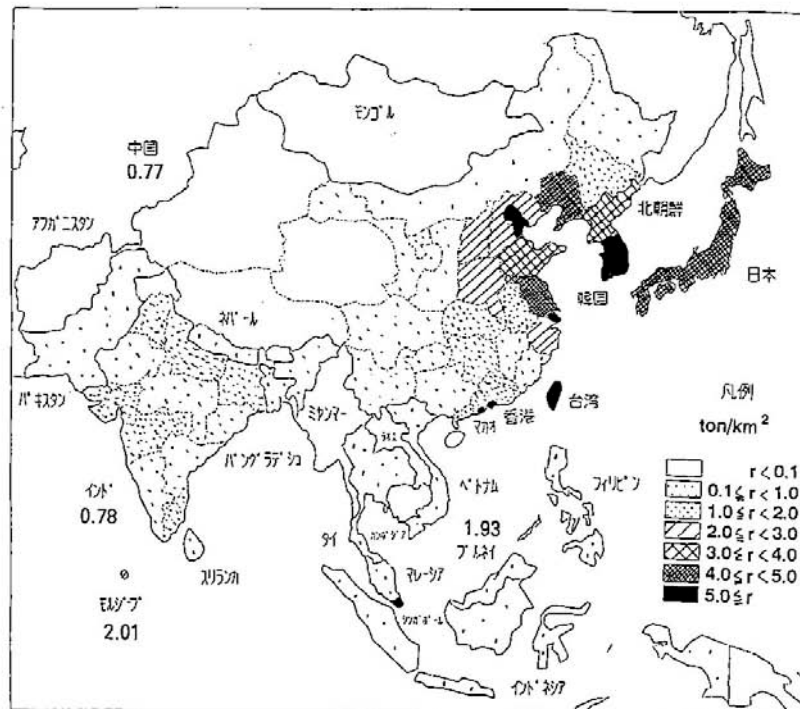


図6.2-3 アジア地域の単位面積当たりのNO<sub>x</sub>排出量地域分布

(1) 1980年



(2) 1987年



### 6. 2. 3, エネルギー源別にみたアジア全体の NO<sub>x</sub>排出量の変化

図 6.2-4 及び表 6.2-5 にエネルギー源別にみたアジア地域全体の NO<sub>x</sub>排出量を示した。

アジア地域全体に占めるエネルギー源別 NO<sub>x</sub>排出量の構成は、1975 年から '87 年について全排出量に占めるシェアで見ると、植物性燃料は 1 次エネルギー消費量に占めるシェアは 1975 年の 16.3%から '87 年の 12.9%に減少しこれを反映し、植物性燃料からの排出量は、1975 年の 11.0%から '87 年の 8.3%に変化した。

一方、化石燃料がのシェアは、1975 年の 89.0%から '87 年の 91.7%に増加した。化石燃料のうちガスは 1%前後であり残りが石炭と石油からの排出である。石炭からの NO<sub>x</sub>排出量は、1975 年の 4,134 千 t が年平均伸び率 6.3%で増加し '87 年には 8,651 千 t となり、全排出量に占めるシェアは 44.0%から 55.9%に増加した。これに対して、脱石油を反映し、石油からの排出量は、1975 年の 4,178 千 t から年平均伸び率 2.1%で増加し、'87 年には 5,369 千 t となり、全排出量と占めるシェアは、44.5%から 24.7%に減少した。

このように、アジア地域における NO<sub>x</sub>排出量は、エネルギーの多様化に伴い石油から排出のシェアが減少するなかで、石炭からの排出が大きなウェートを占めつつあり、石炭からの排出の抑制がますますクローズアップされる必要がある。なお、国別実態については、6.2-5 で述べる。

図6.2-4 アジア地域のエネルギー源別 NO<sub>x</sub>排出量

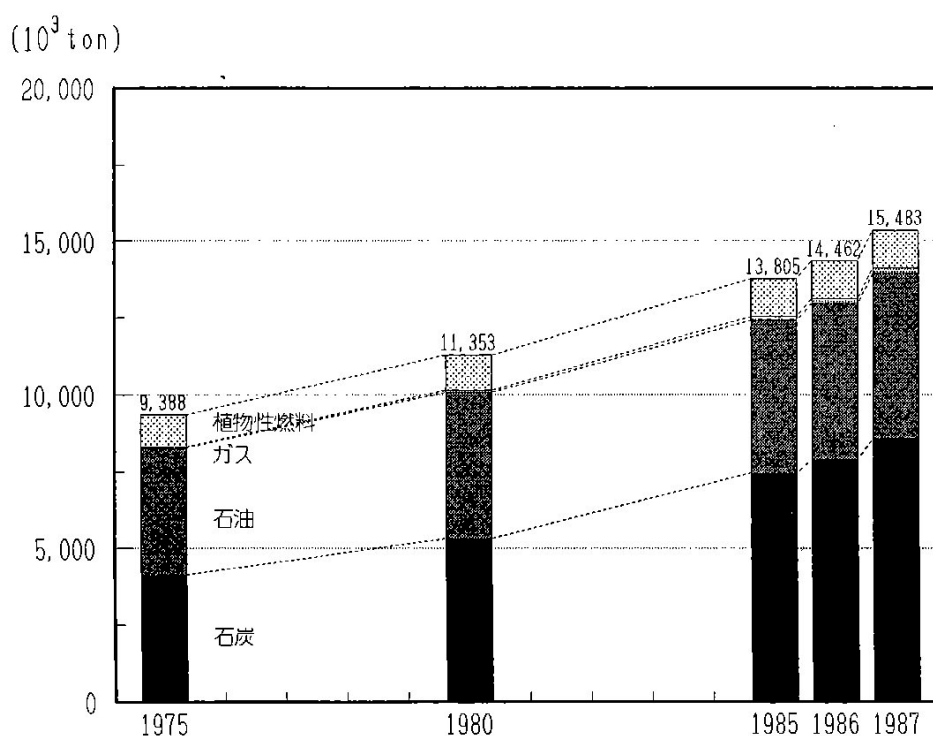


表6.2-5 アジア地域別のエネルギー源別 NO<sub>x</sub>排出量

	年	化石燃料				植物性燃料	エネルギー部門合計
		石炭	石油	ガス	計		
排出量 (1,000t)	1975	4,134	4,178	47	8,360	1,029	9,388
	1980	5,328	4,795	84	10,207	1,145	11,353
	1985	7,477	4,978	117	12,573	1,232	13,805
	1986	7,990	5,052	156	13,198	1,264	14,462
	1987	8,651	5,369	182	14,203	1,280	15,483
構成比 (%)	1975	44.0	44.5	0.5	89.0	11.0	100.0
	1980	46.9	42.2	0.7	89.9	10.1	100.0
	1985	54.2	36.1	0.9	91.1	8.9	100.0
	1986	55.2	34.9	1.1	91.3	8.7	100.0
	1987	55.9	34.7	1.2	91.7	8.3	100.0
年平均伸び率 (%)	75-80	5.2	2.8	12.2	4.1	2.2	3.9
	80-85	7.0	0.8	6.9	4.3	1.5	4.0
	85-87	7.6	3.9	24.5	6.3	1.9	5.9
	80-87	7.2	1.6	11.6	4.8	1.6	4.5
	75-87	6.3	2.1	11.9	4.5	1.8	4.3

## 6. 2. 4, 部門別にみたアジア地域の NO<sub>x</sub>排出量の変化

### (1) アジア全体

図 6.2-5 及び表 6.2-6 にエネルギー消費の部門別にみたアジア地域全体の NO<sub>x</sub>排出量を示した。

アジア地域全体に占める部門別 NO<sub>x</sub>排出量の構成は、最終エネルギー部門の全体に占めるシェアは 1975 年が 77.4% '87 年の 69.4%に減少し、これとは逆にエネルギー転換部門が 1975 年の 22.6%から '87 年の 30.6%に増加した。

最終エネルギー部門のうち、全体を通じて最大の排出量を示す産業部門が 1975 年の 3,106 千 t から全排出量の年平均伸び率 4.3%を下回る 3.7%に留まった結果、'87 年には 4,799 千 t に増加したものの全体に対するシェアは 33.1%から 31.0%に減少した。

産業部門に次ぐ排出量のシェアを占める輸送部門の排出量は、年平均伸び率 3.2%で増加したが、1975 年の 28.2%のシェアに対して '87 年の 25.1%にやや減少した。輸送部門のうち道路の排出量の全体に対するシェアは 18.7%から 17.9%やや減少した。その他部門の排出量も年平均伸び率 2.6%で増加したが、全体に占めるシェアは 1975 年の 16.1%から '87 年の 13.3%に減少した。

一方、エネルギー転換部門のうち発電部門は、1975 年の 1,829 千 t から全排出量の年平均伸び率 4.3%を上回る 7.0%で増加した結果、'87 年には 4,099 千 t になり、全体に占めるシェアは 19.5%から 26.5%に拡大した。エネルギー転換部門のその他(石油精製、ガス製造等)も全体の排出量も年平均伸び率 6.8%で増加した結果、全体に占めるシェアは 1975 年の 4.5%から '87 年の 5.7%に拡大した。

### (2) 国別

図 6.2-6(1)、(2)にアジア各国の全 NO<sub>x</sub>排出量に対する部門別の排出量の構成比を示す。これらは、発電、産業部門、輸送部門、輸送部門のうち道路、民生を主体とするその他部門、エネルギー転換部門のその他(石油精製、ガス製造等)の6部門から成る。なお、アフガニスタン、モンゴル、カンボジア、ラオス、モルジブ、マカオの6ヶ国については部門別のエネルギー消費量が不明であるので、当該国の消費燃料の細分別にこれこれらの国の合計値(IEA のエネルギーデータ)部門構成が同一と仮定したエネルギーバランス表に基づき推計した結果の排出量である。

全体の NO<sub>x</sub>排出量に占める発電からの排出量の占めるシェアの高い国は、1987 年時点についてみると、香港の 62.3%、モンゴルの 43.8%、インドの 36.7%、シンガポールの 30.0%に続いて中国、フィリピン、台湾、インドネシア、ブルネイ、北朝鮮が 20%台となっており、他の国は 20%未満である。

一方、1975 年に比べ '87 年の発電からのシェアは、アジア全体では、増加したが、減少した国は、日本、韓国のみであり、その原因として、原子力発電のシェア増加があげられるが、日本についてはさらに、発電部門の環境対策の進展によるためである。

産業部門からの NO<sub>x</sub>排出量のシェアの大きい国は、1987 年についてみると、北朝鮮の 60.1%、中国の 44.3%、モンゴルの 34.5%、ベトナムの 29.2%、台湾の 20.4%の順で 20%を上回っており、計画経済圏で高いシェアを示している。1975 年に比べ '87 年の産業部門からの排出量のシェアは、アジア全体では減少したが、増加した国は、インドネシア、パキスタン、ベトナム、ミャンマー、モンゴルの5ヶ国があげられる。

輸送部門からの NO<sub>x</sub>排出量(中国は航空機からの排出量は含まれ程いない)のシェアの大きい国は、1987 年についてみると、モルジブの 83.3%、マカオの 70.0%、日本の 61.9%、マレーシアの 60.0%、スリランカの 56.2%、タイの 53.6%、パキスタンの 51.9%、アフガニスタンの 50.2%の順で 50%を上回っている。また、輸送部門のうち道路の排出量が全体に対して 40%以上を占める国は、モルジブ、マカオ、マレーシア、スリランカ、

タイ、日本、ブルネイ、パキスタン、アフガニスタンの9ヶ国である。

また、その他部門のシェアは、ネパール、ラオス、カンボジア、ミャンマー、バングラデシュ、アフガニスタンので50%を上回っており、その他部門におけるエネルギー消費のシェアの大きさを反映したものである。

一方、エネルギー転換部門のその他の排出量のシェアは、1987年ではブルネイの27.9%、シンガポール、モルジブの16.7%、タイの10.5%がきわだって大きい。シンガポール、スリランカは石油精製であり、ブルネイは天然ガス部門によるものである。

図6.2-5 アジア地域の部門別 NOx排出量

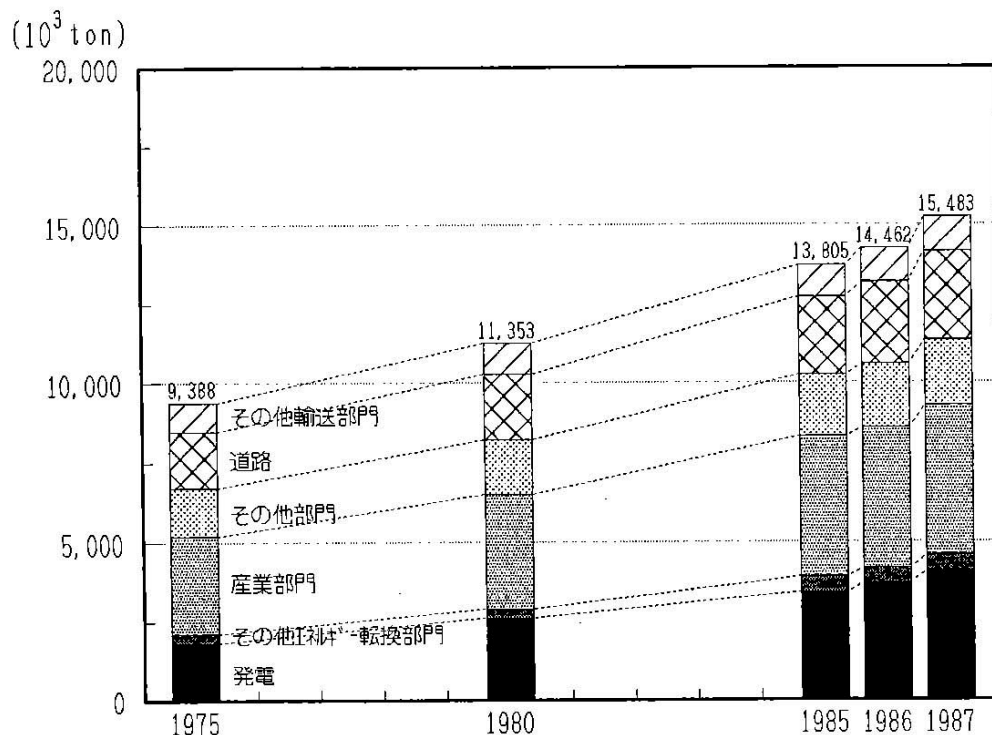


表6.2-6 アジア地域の部門別 NOx排出量

	年	エネルギー転換			最終エネルギー					エネルギー部門
		部門	発電	その他	消費部門	産業部門	輸送部門	(内:道路)	その他部門	合計
排出量 (1,000t)	1975	2,121	1,829	292	7,267	3,106	2,649	1,757	1,512	9,388
	1980	3,002	2,629	373	8,351	3,595	3,044	2,054	1,711	11,353
	1985	4,042	3,452	590	9,764	4,379	3,447	2,452	1,938	13,805
	1986	4,328	3,720	608	10,134	4,501	3,632	2,590	2,001	14,462
	1987	4,742	4,099	643	10,741	4,799	3,887	2,779	2,055	15,483
構成比 (%)	1975	22.6	19.5	3.1	77.4	33.1	28.2	18.7	16.1	100.0
	1980	26.4	23.2	3.3	73.6	31.7	26.8	18.1	15.1	100.0
	1985	29.3	25.0	4.3	70.7	31.7	25.0	17.8	14.0	100.0
	1986	29.9	25.7	4.2	70.1	31.1	25.1	17.9	13.8	100.0
	1987	30.6	26.5	4.2	69.4	31.0	25.1	17.9	13.3	100.0
年平均伸び率 (%)	75-80	7.2	7.5	5.0	2.8	3.0	2.8	3.2	2.5	3.9
	80-85	6.1	5.6	9.6	3.2	4.0	2.5	3.6	2.5	4.0
	85-87	8.3	9.0	4.4	4.9	4.7	6.2	6.5	3.0	5.9
	80-87	6.7	6.6	8.1	3.7	4.2	3.6	4.4	2.7	4.5
	75-87	6.9	7.0	6.8	3.3	3.7	3.2	3.9	2.6	4.3

図6.2-6(1) アジア各国の全 NOx排出量に対する部門別の排出量の構成比

上段：1975年、下段：1987年

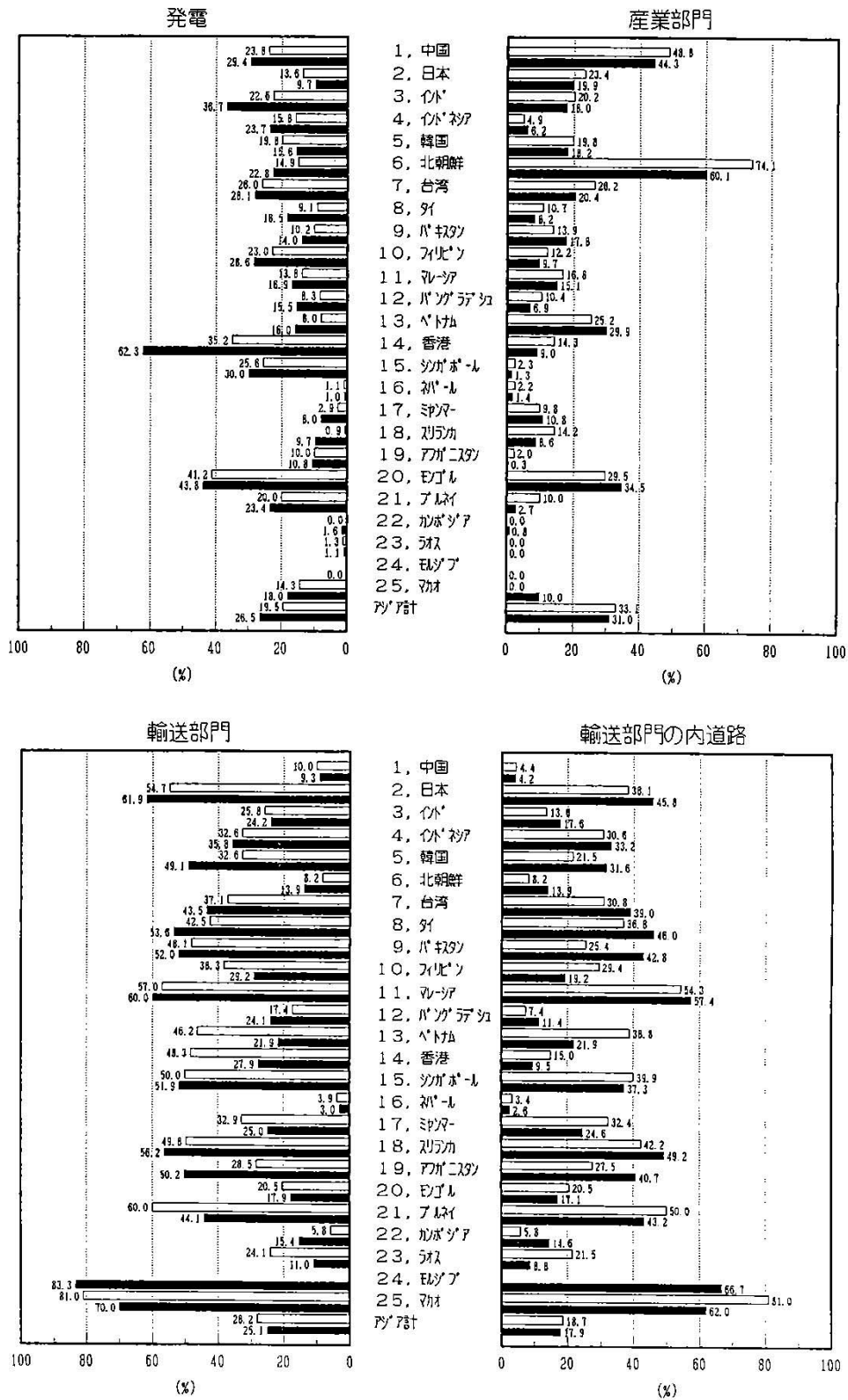
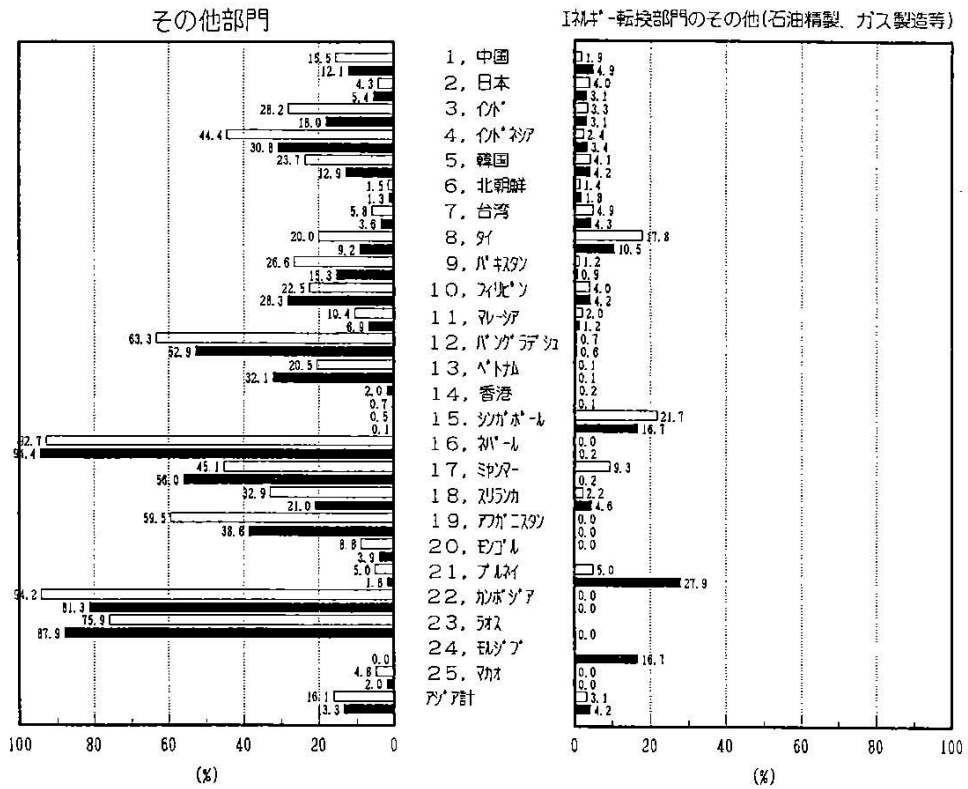


図6.2-6(2) アジア各国の全 NOx排出量に対する部門別の排出量の構成比

上段：1975年、下段：1987年





## 6. 2. 5, 国別にみた1次エネルギー消費量とNO<sub>x</sub>消費量の関係

図 6.2-7 及び表 6-2-7 にアジア各国の1次エネルギー消費量とNO<sub>x</sub>排出量の関係を示す。図 6.2-6 に示すように全体的傾向として、1次エネルギー消費量(石油換算トン;toe)に伴い、NO<sub>x</sub>排出量が増加するという強い相関があることが分かる。しかしながら両対数にプロットしている関係から、同じ1次エネルギー消費量でもNO<sub>x</sub>排出量には、千倍程度の差がある。この差は、1次エネルギー源別構成において、NO<sub>x</sub>を排出しない水力、原子力への依存及び依存する燃料の種類に起因する。また、同一の燃料でも、高温で燃焼させる輸送部門、発電部門では排出量が大きくなるので部門構成においても起因する。さらに、日本のNO<sub>x</sub>の環境対策のように燃焼管理、排煙脱硝及び車の排ガス規制を行っているかどうかも関係する。

これらの実態と1975年から'87年までの経年変化について、「3.2,エネルギー源別の1次エネルギー消費量、3.3,部門別にみたエネルギー消費量」で検討した各国のエネルギー源別構成と「5.2,硫黄酸化物(NO<sub>x</sub>)の排出係数(EF)をもとに、国別以下のように考察を行った。

### (1) 1次エネルギー消費量当りのNO<sub>x</sub>排出量の関係について

1次エネルギーは消費量当りのNO<sub>x</sub>排出量の大きさは、エネルギー源別にみた場合には、1次電力(原子力、水力)、植物性燃料、ガスへの依存が大きいほど小さい。部門別に見た場合には、その他部門のエネルギー消費のシェアが大きいほど小さくなる。

また、環境対策によるNO<sub>x</sub>削減も、当然のことながら1次エネルギー消費量当りのNO<sub>x</sub>排出量を下げる方向となる。

一方、1次エネルギー消費量当りのNO<sub>x</sub>排出量が大きい国は、石炭、石油の化石燃料への依存が高く、また、輸送部門、発電部門、産業部門のエネルギー消費量のシェアが大きい。

### 1) 1次エネルギー消費量当りのNO<sub>x</sub>排出量の小さい国

1次エネルギー消費量当りのNO<sub>x</sub>排出量の小さい国とその原因を分類すると次のようになる。

#### <1> 環境対策(燃焼管理、排煙脱硝及び自動車の排ガス規制)、原子力への依存の進展

日本

#### <2> 原子力への依存の進展

韓国、台湾

#### <3> 植物性燃料への依存が大

ネパール、ラオス、カンボジア

#### <4> 天然ガスへの依存が大

ブルネイ

#### <5> 植物性燃料及び天然ガスへの依存が大

インドネシア、バングラデシュ、ミャンマー、アフガニスタン

#### <6> 天然ガス、植物性燃料、水力への依存が大

パキスタン

#### <7> その他部門のエネルギー消費のシェアが高くかつ水力、植物性燃料の依存が大

フィリピン

2) 1次エネルギー消費量当りの NO<sub>x</sub>排出量の大きい国

1次エネルギー消費量当りの NO<sub>x</sub>排出量の大きい国とその原因を分類すると次のようになる。

<1> 石油または石炭への依存が大

中国、モンゴル

<2> 発電部門とそこにおける石炭又は石油への依存が大

インド、香港、モンゴル

<3> 産業部門とそこにおける石炭または石油への依存が大

中国、北朝鮮

<4> 輸送部門が大

タイ、マレーシア、シンガポール、スリランカ、モルジブ、マカオ

(2) 1次エネルギー消費量当りの NO<sub>x</sub>排出量の経年変化について

1) 1次エネルギー消費量当りの NO<sub>x</sub>排出量が経年的に小さくなるか横ばいで推移する国とその原因

<1> 環境対策(燃焼管理、排煙脱硝及び自動車の排ガス規制)、原子力への依存の進展

日本

<2> 天然ガスへの依存の増加

マレーシア、バングラデシュ、ミャンマー、ブルネイ

<3> その他部門のシェアの増

フィリピン、ベトナム、ネパール

2) 1次エネルギー消費量当りの NO<sub>x</sub>排出量が経年的に大きくなる国とその原因

<1> 発電部門のシェアの増加

中国、インド、インドネシア、香港、シンガポール、モンゴル

<2> 輸送部門のシェアの増加

インドネシア、韓国、台湾、タイ、パキスタン、スリランカ、アフガニスタン、カンボジア

図6.2-7 アジア各国の1次エネルギー消費量とNOx排出量

(植物性燃料含む)

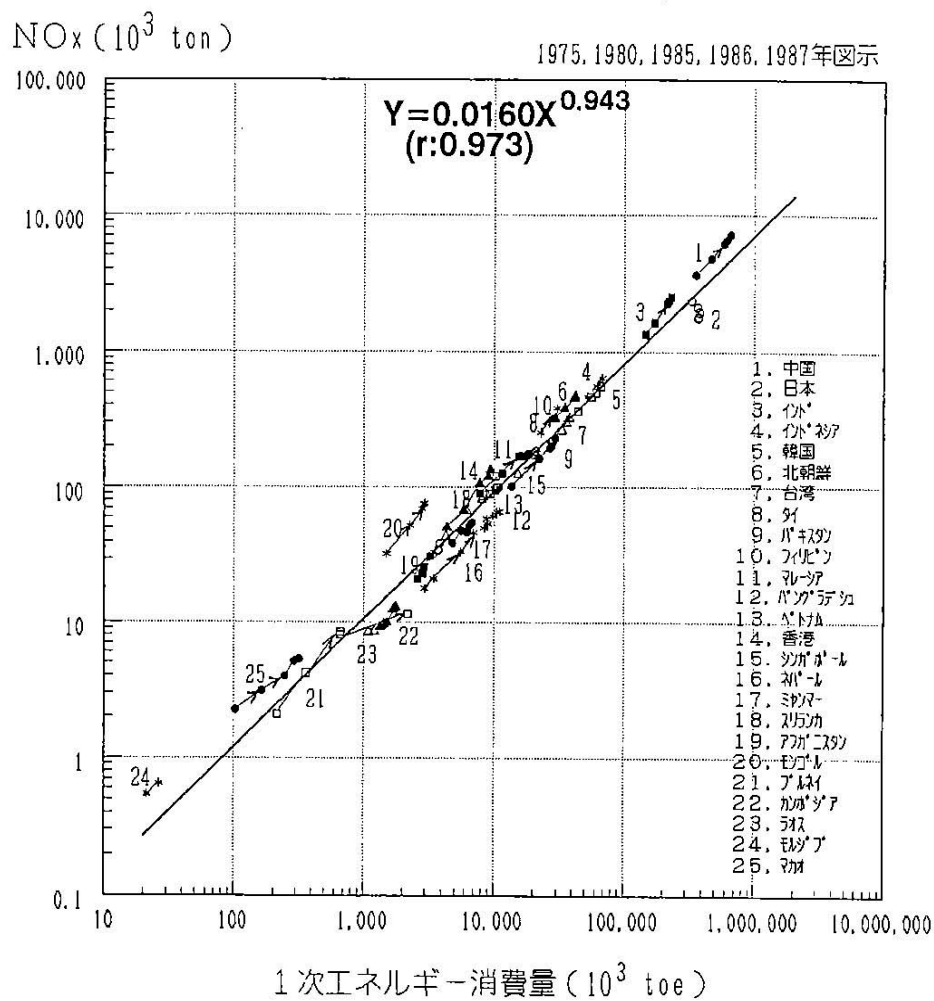


表6.2-7 アジア各国の1次エネルギー消費量当りNOx排出量

国名	1次エネルギー消費量		NOx排出量		1次エネルギー消費量 当りNOx排出量	
	(Mtoe)		(1,000ton)		(kg/toe)	
	1975	1987	1975	1987	1975	1987
1.中国	354.65	648.65	3,727	7,371	10.5	11.4
2.日本 (脱硫装置無し)	326.42	371.66	2,329	1,935	7.1	5.2
3.インド	145.08	228.51	1,379	2,556	9.5	11.2
4.インドネシア	37.67	67.90	331	639	8.8	9.4
5.韓国	27.97	66.06	220	555	7.9	8.4
6.北朝鮮	29.32	42.07	325	468	11.1	11.1
7.台湾	15.07	37.80	124	325	8.2	8.6
8.タイ	18.58	30.46	182	384	9.8	12.6
9.パキスタン	13.26	28.67	101	231	7.6	8.1
10.フィリピン	17.65	20.46	172	184	9.8	9.0
11.マレーシア	7.61	17.86	90	177	11.8	9.9
12.バングラデシュ	6.76	10.70	46	66	6.8	6.1
13.ベトナム	10.14	10.48	120	99	11.8	9.5
14.香港	4.25	9.15	51	134	11.9	14.6
15.シンガポール	4.17	8.58	43	88	10.4	10.2
16.ネパール	2.88	8.19	18	50	6.2	6.1
17.ミャンマー	4.58	5.92	38	45	8.2	7.6
18.スリランカ	2.73	3.69	23	37	8.2	10.1
19.アフガニスタン	2.67	3.33	20	30	7.5	8.9
20.モンゴル	1.53	3.01	31	72	20.1	24.0
21.ブルネイ	0.21	2.11	2.0	11.1	9.6	5.3
22.カンボジア	1.37	1.81	8.6	12.3	6.3	6.8
23.ラオス	1.12	1.47	7.9	9.1	7.1	6.2
24.モルジブ		0.03	7.9	0.6		22.2
25.マカオ	0.11	0.33	2.1	5.0	19.9	15.3
アジア計	1,035.80	1,628.87	9,388	15,483	9.1	9.5

## 6. 2. 6, 1人当りと GDP 当りの NO<sub>x</sub>排出量

### (1) 1人当りの NO<sub>x</sub>排出量

表 6.2-8 にアジア各国の 1975 年と '87 年の 1人当り NO<sub>x</sub>排出量を示す。アジア全体の 1人当り NO<sub>x</sub>排出量は、1975 年の 4.2kg/人から '87 年の 5.6kg/人に増加した。'87 年においてアジア全体の 5.6kg/人を上回る国は、大きい順に示すとブルネイ、モンゴル、シンガポール、香港、北朝鮮、台湾、日本、韓国、マカオ、タイ、中国の 11ヶ国があげられる。日本は、排煙脱硝装置無しを想定した場合には '87 年で 26.3kg/人であり排煙脱硝、自動車の排ガス規制により 40%を削減し 15.8kg まで減少させている。

また、1975 年に比べ '87 年の 1人当り NO<sub>x</sub>排出量の減少した国は、日本とフィリピンだけである。その主な原因は、日本は環境対策に加え原子力発電を推進させたためである。フィリピンは、発電部門、その他部門でエネルギー消費量で増加したものの産業部門、輸送部門エネルギー消費量が減少したためである。他の国では 1人当り NO<sub>x</sub>排出量は増加しつつある。

### (2) GDP 当りの NO<sub>x</sub>消費量

図 6.2-8 と表 6.2-9 にアジア各国の GDP と NO<sub>x</sub>排出量の関係を示す。GDP 当りの NO<sub>x</sub>排出量は、排出からみた経済効率を表すものであり、小さいほど効率が良好という指標である。NO<sub>x</sub>排出量は、前述したように 1次電力、天然ガス、植物性燃料への依存が大きいほど小さくなり、また、その他部門のシェアが大きいほど小さくなる特性をもつ性格のものである前提でこの指標を見る必要がある。

アジア地域全体の GDP 当りの NO<sub>x</sub>排出量は、1975 年の 6.6g/'80PUSS(以下 g/\$という)が減少し、'87 年には 5.8g/\$となった。'87 年にアジア地域全体の値を上回る国は、大きい順に、モンゴル、ネパール、中国、ベトナム、インド、アフガニスタン、タイ、ミャンマー、モルジブ、スリランカ、インドネシアの 11ヶ国であり、他の国はアジア地域全体の値を下回る。特に小さい国は、日本の 1.4 ブルネイの 3.0 である。

また、1975 年に対して '87 年の GDP 当りの NO<sub>x</sub>排出量が増加した国は、インド、インドネシア、パキスタン、ネパール、アフガニスタン、モンゴル、ブルネイの 7ヶ国となっている。

図 6.2-9 にアジア各国の経済水準(1人当り GDP)と GDP 当り NO<sub>x</sub>排出量の関係を示す。アジア各国では、経済水準の向上とともに GDP 当りの NO<sub>x</sub>排出量が減少する傾向をもつ。しかしながら工業化の過程において 1 次的に GDP 当りの NO<sub>x</sub>排出量が大きくなる傾向をもつ。これらの傾向は、1人当り GDP と GDP 当りの 1次エネルギー消費量の変化関係と類似しており、1人当り GDP が増加することにより NO<sub>x</sub>を排出しない原子力発電への依存、環境対策の推進が図られることから、エネルギーの効率よりもさらに加速された効率の向上が図られる。

表6.2-8 アジア各国の1人当りNOx排出量

国名	人口		NOx排出量		1人当りNOx排出量	
	(百万人)		(1,000ton)		(kg/人)	
	1975	1987	1975	1987	1975	1987
1.中国	933.00	1,088.57	3,727	7,371	4.0	6.8
2.日本 (脱硫装置無し)	111.57	122.09	2,329	1,935	20.9	15.8
			2,829	3,209	25.4	26.3
3.インド	600.76	781.37	1,379	2,556	2.3	3.3
4.インドネシア	130.50	170.18	331	639	2.5	3.8
5.韓国	35.28	41.58	220	555	6.2	13.3
6.北朝鮮	15.85	21.39	325	468	20.5	21.9
7.台湾	16.15	19.67	124	325	7.7	16.5
8.タイ	41.87	53.61	182	384	4.3	7.2
9.パキスタン	71.03	102.24	101	231	1.4	2.3
10.フィリピン	42.07	57.36	172	184	4.1	3.2
11.マレーシア	11.93	16.53	90	177	7.6	10.7
12.バングラデシュ	78.96	102.56	46	66	0.6	0.6
13.ベトナム	47.61	62.81	120	99	2.5	1.6
14.香港	4.40	5.61	51	134	11.5	23.8
15.シンガポール	2.26	2.61	43	88	19.2	33.6
16.ネパール	12.59	17.79	18	50	1.4	2.8
17.ミャンマー	30.17	39.14	38	45	1.2	1.2
18.スリランカ	13.50	16.36	23	37	1.7	2.3
19.アフガニスタン	11.78	15.22	20	30	1.7	1.9
20.モンゴル	1.42	2.03	31	72	21.6	35.6
21.ブルネイ	0.16	0.23	2.0	11.1	12.8	47.4
22.カンボジア	7.10	7.68	8.6	12.3	1.2	1.6
23.ラオス	3.43	3.78	7.9	9.1	2.3	2.4
24.モルジブ	0.13	0.20		0.6		3.1
25.マカオ	0.27	0.43	2.1	5.0	7.9	11.7
アジア計	2,223.78	2,751.04	9,388	15,483	4.2	5.6

表6.2-9 アジア各国の GDP 当り NOx排出量

国名	GDP		NOx排出量		GDP当りNOx排出量	
	('80P10億\$)		(1,000ton)		(g/'80PUS\$)	
	1975	1987	1975	1987	1975	1987
1.中国	184.65	470.23	3,727	7,371	20.2	15.7
2.日本 (脱硫装置無し)	831.52	1,370.69	2,329	1,935	2.8	1.4
			2,829	3,209	3.4	2.3
3.インド	148.37	250.62	1,379	2,556	9.3	10.2
4.インドネシア	54.22	100.95	331	639	6.1	6.3
5.韓国	43.07	111.67	220	555	5.1	5.0
6.北朝鮮			325	468		
7.台湾	25.06	71.90	124	325	5.0	4.5
8.タイ	21.97	47.47	182	384	8.3	8.1
9.パキスタン	20.51	43.52	101	231	4.9	5.3
10.フィリピン	26.04	36.33	172	184	6.6	5.1
11.マレーシア	16.26	33.47	90	177	5.5	5.3
12.バングラデシュ	12.36	19.05	46	66	3.7	3.4
13.ベトナム	4.70	7.14	120	99	25.5	13.9
14.香港	15.42	45.83	51	134	3.3	2.9
15.シンガポール	7.79	17.52	43	88	5.6	5.0
16.ネパール	1.73	2.67	18	50	10.3	18.7
17.ミャンマー	4.31	6.39	38	45	8.8	7.1
18.スリランカ	3.17	5.62	23	37	7.1	6.6
19.アフガニスタン	2.59	2.98	20	30	7.7	9.9
20.モンゴル	0.83	1.64	31	72	37.1	44
21.ブルネイ	2.99	3.65	2.0	11.1	0.7	3.0
22.カンボジア			8.6	12.3		
23.ラオス			7.9	9.1		
24.モルジブ		0.08	7.9	0.6		7.1
25.マカオ			2.1	5.0		
アジア計	1,427.53	2,649.42	9,388	15,483	6.6	5.8

図6.2-8 GDPとNOx排出量の関係

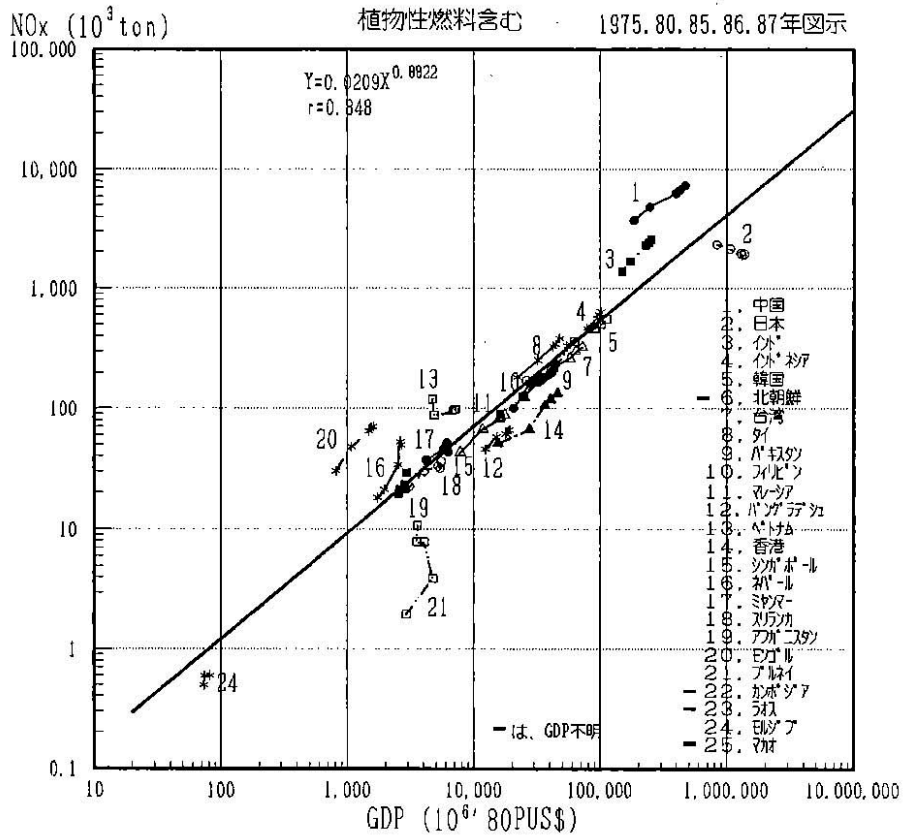
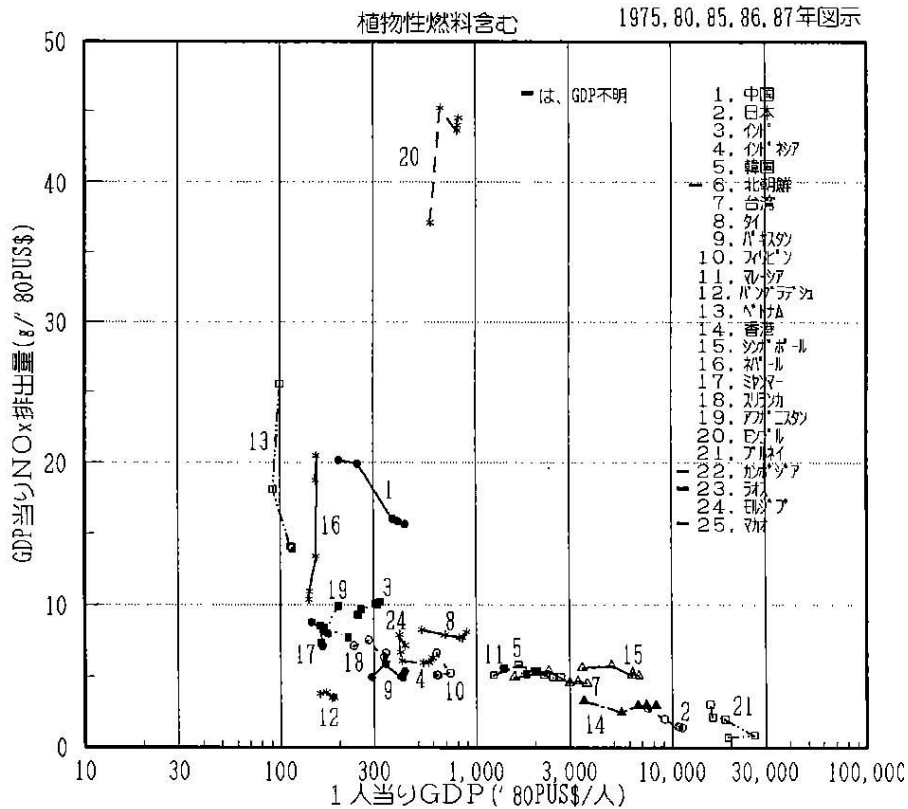


図6.2-9 アジア各国の経済水準と GDP 当り NOx排出量の関係





## 6. 3, CO<sub>2</sub>排出量の推計結果と排出量の動態

### 6. 3. 1, CO<sub>2</sub>排出量の推計結果の見方

3. で検討したエネルギー消費の実績データに対して、5.3. で検討したCO<sub>2</sub>排出係数を対応するエネルギーにかけることによって、アジア地域の各国のCO<sub>2</sub>排出量が求められた。アジア各国のCO<sub>2</sub>排出量の推計結果を表 6.3-1 に、CO<sub>2</sub>排出量のいくつかの期間に関する伸び率の変化を表 6.3-2 に、CO<sub>2</sub>排出量の構成比の変化を表 6.3-3 に示す。これらの表をみるとわかるように、中国については 29 の省・自治区・直轄都市に分けてCO<sub>2</sub>排出量を、インドについては1ないし2の州を含む 13 の地域に区分してCO<sub>2</sub>排出量を推計した。中国やインドは、その国土がきわめて大きいので、このように地域に分割してその地域特性をみていくことが必要である。このような地域別のCO<sub>2</sub>排出量の推計は今回はじめて行われた。

CO<sub>2</sub>排出量の推計は、植物性燃料からの排出を0とみなすケースと排出があるとみなすケースの2種類を計算したが、ここでは植物性燃料からの排出量を0とみなすことの基本的な考え方は、植物性燃料は自身が成長する過程で大気中からCO<sub>2</sub>を吸収しているので、燃焼したとしても吸収したものを元に戻すだけで、ネットとしては0という考え方によるものである。それに対して、排出量をカウントしようとする考え方は、燃焼された植物性燃料は、必ずしも十分に再生されておらず、森林破壊の一因となっているので、カウントして温室効果に寄与していることを示そうというものである。

電力消費に伴うCO<sub>2</sub>排出量に関しても、i) 発電で生じるCO<sub>2</sub>排出をすべて発電部門でカウントして、最終消費部門での電力消費はCO<sub>2</sub>排出が0であるとみなす、ii) 発電で生じるCO<sub>2</sub>排出を最終消費部門での電力消費にのせてすべてカウントし、発電部門でのCO<sub>2</sub>排出を0とみなす、iii) 最終消費部門では消費した電力に相当するCO<sub>2</sub>排出をカウントし、発電部門では転換ロス、自家消費、送配電ロスの合計に相当するCO<sub>2</sub>排出をカウントする、といった異なった考え方が存在する。i)あるいはii)は、ある意味で極端な考え方である。この分析では、i)のケースとiii)のケースについて排出量を計算し、結果を比較してみた。

### 6. 3. 2, CO<sub>2</sub>排出量の地域別動態

#### (1) アジア全域のCO<sub>2</sub>排出量と地域別構成の変化

アジア地域全域のCO<sub>2</sub>排出量(除植物性燃料)は、表 6.3-1、表 6.3-2、図 6.3-2 に示すように、1975 年の 7 億 7,930 万T-C(炭素換算トン)から1987年の12億2,868万T-Cまで平均年率3.9%で拡大し、1987年には1975年の1.58倍に到達した。1975-1980年、1980-1985年、1985-1987年それぞれの年平均伸び率は、5.0%、3.2%、4.8%である。第2次石油危機後の1980-1985年における伸びは幾分鈍化したものの、それ以外の期間は平均年率で5%前後でCO<sub>2</sub>排出が拡大している(表 6.3-3)。

1987年の構成比をみると、中国が48.5%で最も高く、日本が22.1%、インドが10.6%でこれに続いている。中国、日本、インドがアジア地域の3大CO<sub>2</sub>排出国でそのあとには韓国、北朝鮮、インドネシア、台湾が続いているが、シェアは5%未満となっている。

中国のCO<sub>2</sub>排出量は、1975年の3億1,703万T-Cから1987年の5億9,621万T-Cまで平均年率5.4%で拡大した。アジア地域全体に占める中国のシェアは、1975年に40.7%であったが、1987年には48.5%まで拡大した。インドの場合は、1975年の7,019万T-Cから1987年1億3,051万T-Cまで平均年率5.3%で拡大した。その結果、アジア全域に占める構成比は、1975年の9%から1987年の10.6%まで増大している。

これに対して、日本のCO<sub>2</sub>排出量は1975年の2億7,195万T-Cから1987年の2億7,179万T-Cまでほぼ横ばいで推移した。日本がこの12年間にある程度の経済成長を遂げたものにもかかわらず、CO<sub>2</sub>排出をほぼ横ばいに維持できたのは強力に省エネルギーと原子力、LNGなどの燃料転換を押し進めたからである。アジア

各国は日本と異なって大半の国のCO<sub>2</sub>排出量が拡大しているので、日本の占めるシェアは1975年の34.9%から1987年の22.1%まで13ポイント近くも低下した。フィリピンのシェアが日本と同様に低下しているが、エネルギー消費の項ですでに述べたように、国内の動乱に起因するものである。

## (2) CO<sub>2</sub>排出量の地域別年平均伸び率

1980年を基準とした場合に、1987年のアジア各国のCO<sub>2</sub>排出量の年平均伸び率がどのような範囲の値となったかを図示したものが、図6.3-2である。また、表6.3-2に年平均伸び率を示す。日本とフィリピン2ヶ国の年平均伸び率はマイナスとなっている。北朝鮮、ベトナム、ラオスといった計画経済圏の国と台湾、ミャンマー、スリランカの年平均伸び率は、0～4%の範囲内に入っており、アジア全体の平均的伸び率3.9%よりも低い領域である。

中国、インド、韓国、シンガポール、マレーシア、インドネシア、モンゴルの各国の年平均伸び率は、4～6%の範囲内におさまっている。アジアNIEsの国々は、日本ほど強いものではないが、やはり高い経済成長が図られたものの省エネルギーと燃料転換を進めてきたので、CO<sub>2</sub>排出量の伸びは穏やかなものとなっている。中国の場合は、すでに述べたように1980年代に入って省エネルギーが大幅に進められているが、経済成長がそれを上回って拡大しているので、CO<sub>2</sub>排出量の増加も続いている。

タイ、パキスタン、の各国の年平均伸び率は、6～8%の範囲内にある。これらの国々では、活発な経済成長にともなって、エネルギー消費が急拡大しており、省エネルギーや燃料転換があまり効いていない。

香港、マカオ、アフガニスタンの年平均伸び率は、8%を上回っており、アジア各国の中ではもっとも高い。香港の場合には、活発な経済成長にともなってエネルギー消費が拡大したほかに、発電のためのエネルギーを重油から石炭に転換したことが、CO<sub>2</sub>排出量の増加に大きく寄与したと考えられる。アフガニスタンの場合は、アフガン紛争の影響で1980年当時のエネルギー消費が極端に縮小していたことが考えられる。

中国を地域別に分けて年平均伸び率をみると、上海から広州へかけての沿岸部の各省のCO<sub>2</sub>排出量の倍率が高くなっている。1980年代の中国の経済成長は、華南および中南地域を中心とするものであったことがわかる。華北および東北地域のCO<sub>2</sub>排出量の倍率は、省によって高いところもあるが、全般的にはそれほど伸びていない。インドの場合にも、中国と同様に、州による排出量の伸びの違いが大きく出ている。

表6.3-1 アジア地域のCO<sub>2</sub>排出量(除植物性燃料)

		炭素換算トン			(単位:1000T-C/年)	
国別	国名	1975年	1980	1985	1986	1987
	1. 中国	317,031	413,480	519,636	550,984	596,205
	2. 日本	271,945	281,165	272,059	269,933	271,786
	3. インド	70,194	87,268	120,520	123,879	130,507
	4. インドネシア	11,219	21,194	26,251	28,222	29,888
	5. 韓国	22,990	38,337	47,754	50,023	53,250
	6. 北朝鮮	28,333	33,139	38,324	39,029	39,055
	7. 台湾	11,961	21,422	21,624	24,657	26,337
	8. タイ	7,397	11,034	13,899	14,330	16,679
	9. パキスタン	6,124	8,700	12,101	12,502	13,759
	10. フィリピン	8,892	10,259	8,665	8,781	9,164
	11. マレーシア	5,086	7,311	9,357	9,679	10,052
	12. バングラデシュ	1,290	1,919	2,355	2,635	2,839
	13. ベトナム	5,690	4,292	4,574	4,749	4,815
	14. 香港	3,590	5,200	7,539	8,466	9,330
	15. シンガポール	3,521	5,186	6,050	6,261	6,414
	16. ネパール	95	146	195	186	211
	17. ミャンマー	1,145	1,507	1,757	1,934	1,559
	18. スリランカ	845	1,167	1,083	1,109	1,250
	19. アフガニスタン	524	424	908	800	1,065
	20. モンゴル	1,119	1,901	2,456	2,589	2,676
	21. ブルネイ	134	253	489	482	1,365
	22. カンボジア	20		117	121	121
	23. ラオス	70	53	57	58	58
	24. モルジブ			19	23	23
	25. マカオ	84	140	202	243	268
	アジア計	779,297	955,492	1,117,990	1,161,673	1,228,676
中国 地域別	1 北京	13,505	19,007	20,484	21,182	21,744
	2 天津	8,838	12,005	11,911	12,269	13,076
	3 河北	21,921	28,443	37,232	38,564	40,606
	4 山西	15,529	20,146	27,442	28,959	30,374
	5 内モン	8,885	11,597	14,949	16,828	18,014
	6 遼寧	28,622	39,034	45,497	46,542	48,985
	7 吉林	11,917	15,762	18,737	19,377	20,491
	8 黒龍江	17,845	23,085	28,132	29,602	31,336
	9 上海	17,308	24,458	23,131	26,338	27,952
	10 江蘇	17,136	21,845	30,130	31,819	36,186
	11 浙江	6,582	8,320	12,675	13,562	15,307
	12 安徽	8,585	11,367	15,549	16,761	18,058
	13 福建	4,111	5,117	6,745	7,381	8,271
	14 江西	6,056	7,660	10,676	11,755	12,418
	15 山東	19,612	25,532	32,717	35,432	40,749
	16 河南	19,486	24,717	31,890	33,093	35,037
	17 湖北	12,368	16,348	20,570	22,458	24,326
	18 湖南	13,237	16,319	21,391	21,740	23,102
	19 広東	8,832	11,319	15,413	17,224	19,916
	20 広西	4,735	5,818	6,984	7,663	8,743
	21 四川	20,362	25,837	32,893	34,754	37,745
	22 貴州	5,287	6,611	8,820	9,444	11,233
	23 雲南	5,441	6,796	9,279	9,500	10,838
	24 西蔵	68	81	105	119	103
	25 陝西	7,690	9,788	13,104	14,149	15,443
	26 甘肅	4,981	6,283	9,182	9,563	10,073
	27 青海	1,586	2,020	2,659	3,012	3,234
	28 寧夏	1,571	1,963	2,833	3,286	4,015
	29 新疆	4,936	6,201	8,506	8,610	8,831
	中国計	317,031	413,480	519,636	550,984	596,205
インド 地域別	1 アッサム	1,403	1,646	1,852	1,943	2,049
	2 ビハール	16,690	22,463	23,535	23,050	23,459
	3 オリッサ	5,813	3,062	3,292	3,134	3,146
	4 アンドラ・プラデシ	3,770	4,925	7,711	8,045	8,585
	5 KERALA	4,347	5,286	10,071	10,450	10,918
	6 カルナータカ、ケララ	4,116	4,926	5,944	6,081	6,381
	7 マハラシュトラ、ゴア	9,743	13,687	17,744	18,860	20,324
	8 マディヤ・プラデシ	5,240	6,738	11,644	11,828	12,505
	9 グラジヤワート	5,793	8,019	13,012	13,741	14,503
	10 ラジヤスタン	2,271	2,820	3,829	3,905	4,035
	11 ウタル・プラデシ	7,873	9,283	13,967	14,645	15,849
	12 ハリアナ、パンジヤブ	2,960	4,215	7,674	7,943	8,471
	13 シヤム カシミール	175	196	244	255	284
		インド計	70,194	87,268	120,520	123,879

表6.3-2 アジア地域のCO<sub>2</sub>排出量(除植物性燃料)

		年平均伸び率 (単位:%)				
国別	国名	1975-80	'80-85	'85-87	'80-87	'75-87
国別	1. 中国	5.5	4.7	7.1	5.4	5.4
	2. 日本	0.7	-0.7	-0.1	-0.5	0.0
	3. インド	4.5	6.7	4.1	5.9	5.3
	4. インドネシア	13.6	4.4	6.7	5.0	8.5
	5. 韓国	10.8	4.5	5.6	4.8	7.3
	6. 北朝鮮	3.2	2.9	0.9	2.4	2.7
	7. 台湾	12.4	0.2	10.4	3.0	6.8
	8. タイ	8.3	4.7	9.5	6.1	7.0
	9. パキスタン	7.3	6.8	6.6	6.8	7.0
	10. フィリピン	2.9	-3.3	2.8	-1.6	0.3
	11. マレーシア	7.5	5.1	3.7	4.7	5.8
	12. ハングランド	8.3	4.2	9.8	5.8	6.8
	13. ベトナム	-5.5	1.3	2.6	1.7	-1.4
	14. 香港	7.7	7.7	11.2	8.7	8.3
	15. シンガポール	8.1	3.1	3.0	3.1	5.1
	16. ネパール	8.9	6.0	3.8	5.4	6.9
	17. ミャンマー	5.6	3.1	-5.8	0.5	2.6
	18. スリランカ	6.7	-1.5	7.5	1.0	3.3
	19. アフガニスタン	-4.2	16.5	8.3	14.1	6.1
	20. モンゴル	11.2	5.3	4.4	5.0	7.5
	21. ブルネイ	13.6	14.1	67.1	27.3	21.4
	22. カンボジア			1.8		16.4
	23. ラオス	-5.5	1.5	0.7	1.3	-1.6
	24. モルディブ			8.7		
	25. マカオ	10.7	7.6	15.1	9.7	10.1
	アジア計	4.2	3.2	4.8	3.7	3.9
中国 地域別	1 北京	7.1	1.5	3.0	1.9	4.0
	2 天津	6.3	-0.2	4.8	1.2	3.3
	3 河北	5.3	5.5	4.4	5.2	5.3
	4 山西	5.3	6.4	5.2	6.0	5.7
	5 内モン	5.5	5.2	9.8	6.5	6.1
	6 遼寧	6.4	3.1	3.8	3.3	4.6
	7 吉林	5.8	3.5	4.6	3.8	4.6
	8 黒龍江	5.3	4.0	5.5	4.5	4.8
	9 上海	7.2	-1.1	9.9	1.9	4.1
	10 江蘇	5.0	6.6	9.6	7.5	6.4
	11 浙江	4.8	8.8	9.9	9.1	7.3
	12 安徽	5.8	6.5	7.8	6.8	6.4
	13 福建	4.5	5.7	10.7	7.1	6.0
	14 江西	4.8	6.9	7.9	7.1	6.2
	15 山東	5.4	5.1	11.6	6.9	6.3
	16 河南	4.9	5.2	4.8	5.1	5.0
	17 湖北	5.7	4.7	8.7	5.8	5.8
	18 湖南	4.3	5.6	3.9	5.1	4.8
	19 広東	5.1	6.4	13.7	8.4	7.0
	20 広西	4.2	3.7	11.9	6.0	5.2
	21 四川	4.9	4.9	7.1	5.6	5.2
	22 貴州	4.6	5.9	12.9	7.9	6.5
	23 雲南	4.6	6.4	8.1	6.9	5.9
	24 西蔵	3.6	5.3	-0.9	3.5	3.5
	25 陝西	4.9	6.0	8.6	6.7	6.0
	26 甘肅	4.8	7.9	4.7	7.0	6.0
	27 青海	5.0	5.7	10.3	7.0	6.1
	28 寧夏	4.6	7.6	19.0	10.8	8.1
	29 新疆	4.7	6.5	1.9	5.2	5.0
	中国計	5.5	4.7	7.1	5.4	5.4
インド 地域別	1 アッサム	3.2	2.4	5.2	3.2	3.2
	2 ビハール	6.1	0.9	-0.2	0.6	2.9
	3 オリッサ	-12.0	1.5	-2.3	0.4	-5.0
	4 アンドラ・プラデシ	5.5	9.4	5.5	8.3	7.1
	5 คุร์ナトウ	4.0	13.8	4.1	10.9	8.0
	6 カルナータカ、ケララ	3.7	3.8	3.6	3.8	3.7
	7 マハラシュトラ、ゴア	7.0	5.3	7.0	5.8	6.3
	8 マディヤ・プラデシ	5.2	11.6	3.6	9.2	7.5
	9 グラジャヤート	6.7	10.2	5.6	8.8	7.9
	10 ラジヤスタン	4.4	6.3	2.7	5.2	4.9
	11 ウタル・プラデシ	3.3	8.5	6.5	7.9	6.0
	12 ハリアナ、パンジヤブ	7.3	12.7	5.1	10.5	9.2
	13 シヤムカシメル	2.4	4.4	7.9	5.4	4.1
	インド計	4.5	6.7	4.1	5.9	5.3

表6.3-3 アジア地域のCO<sub>2</sub>排出量(除植物性燃料)

		構成比 (単位: %)				
		1975年	1980	1985	1986	1987
国別	1. 中国	40.7	43.3	46.5	47.4	48.5
	2. 日本	34.9	29.4	24.3	23.2	22.1
	3. インド	9.0	9.1	10.8	10.7	10.6
	4. インドネシア	1.4	2.2	2.3	2.4	2.4
	5. 韓国	3.0	4.0	4.3	4.3	4.3
	6. 北朝鮮	3.6	3.5	3.4	3.4	3.2
	7. 台湾	1.5	2.2	1.9	2.1	2.1
	8. タイ	0.9	1.2	1.2	1.2	1.4
	9. パキスタン	0.8	0.9	1.1	1.1	1.1
	10. フィリピン	1.1	1.1	0.8	0.8	0.7
	11. マレーシア	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8
	12. ハングライシュ	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	13. ベトナム	0.7	0.4	0.4	0.4	0.4
	14. 香港	0.5	0.5	0.7	0.7	0.8
	15. シンガポール	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	16. ネパール	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	17. ミャンマー	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1
	18. スリランカ	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	19. アフガニスタン	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1
	20. モンゴル	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2
	21. ブルネイ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
	22. カンボジア	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	23. ラオス	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	24. モルジブ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	25. マカオ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		アジア計	100.0	100.0	100.0	100.0
中国地域別	1 北京	4.3	4.6	3.9	3.8	3.6
	2 天津	2.8	2.9	2.3	2.2	2.2
	3 河北	6.9	6.9	7.2	7.0	6.8
	4 山西	4.9	4.9	5.3	5.3	5.1
	5 内モン	2.8	2.8	2.9	3.1	3.0
	6 遼寧	9.0	9.4	8.8	8.4	8.2
	7 吉林	3.8	3.8	3.6	3.5	3.4
	8 黒龍江	5.6	5.6	5.4	5.4	5.3
	9 上海	5.5	5.9	4.5	4.8	4.7
	10 江蘇	5.4	5.3	5.8	5.8	6.1
	11 浙江	2.1	2.0	2.4	2.5	2.6
	12 安徽	2.7	2.7	3.0	3.0	3.0
	13 福建	1.3	1.2	1.3	1.3	1.4
	14 江西	1.9	1.9	2.1	2.1	2.1
	15 山東	6.2	6.2	6.3	6.4	6.8
	16 河南	6.1	6.0	6.1	6.0	5.9
	17 湖北	3.9	4.0	4.0	4.1	4.1
	18 湖南	4.2	3.9	4.1	3.9	3.9
	19 広東	2.8	2.7	3.0	3.1	3.3
	20 広西	1.5	1.4	1.3	1.4	1.5
	21 四川	6.4	6.2	6.3	6.3	6.3
	22 貴州	1.7	1.6	1.7	1.7	1.9
	23 雲南	1.7	1.6	1.8	1.7	1.8
	24 西藏	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	25 陝西	2.4	2.4	2.5	2.6	2.6
	26 甘肅	1.6	1.5	1.8	1.7	1.7
	27 青海	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	28 寧夏	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7
	29 新疆	1.6	1.5	1.6	1.6	1.5
	中国計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
インド地域別	1 アッサム	2.0	1.9	1.5	1.6	1.6
	2 ビハール	23.8	25.7	19.5	18.6	18.0
	3 オリッサ	8.3	3.5	2.7	2.5	2.4
	4 アンドラ・プラデシ	5.4	5.6	6.4	6.5	6.6
	5 賈ル・ナドゥ	6.2	6.1	8.4	8.4	8.4
	6 カルナータカ、ケララ	5.9	5.6	4.9	4.9	4.9
	7 マハラシュトラ、ゴア	13.9	15.7	14.7	15.2	15.6
	8 マディヤ・プラデシ	7.5	7.7	9.7	9.5	9.6
	9 グラジャラート	8.3	9.2	10.8	11.1	11.1
	10 ラジャスタン	3.2	3.2	3.2	3.2	3.1
	11 ウタル・プラデシ	11.2	10.6	11.6	11.8	12.1
	12 ハリアナ、パンジヤブ	4.2	4.8	6.4	6.4	6.5
	13 シヤム ガシミール	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
		インド計	100.0	100.0	100.0	100.0

表6.3-4 アジア地域の単位面積当りのCO<sub>2</sub>排出量

(植物性燃料からの排出量除く)		(単位: t/km <sup>2</sup> )					
国名	面積 (1000km <sup>2</sup> )	1975年	1980	1985	1986	1987	
国別	1. 中国	9,564.0	33.1	43.2	54.3	57.6	62.3
	2. 日本	377.8	719.8	744.2	720.1	714.5	719.4
	3. インド	3,287.2	21.4	26.5	36.7	37.7	39.7
	4. インドネシア	1,904.6	5.9	11.1	13.8	14.8	15.7
	5. 韓国	99.0	232.2	387.2	482.3	505.2	537.8
	6. 北朝鮮	120.5	235.1	274.9	317.9	323.8	324.0
	7. 台湾	36.0	332.2	595.0	600.7	684.9	731.6
	8. タイ	513.1	14.4	21.5	27.1	27.9	32.5
	9. パキスタン	796.1	7.7	10.9	15.2	15.7	17.3
	10. フィリピン	300.0	29.6	34.2	28.9	29.3	30.5
	11. マレーシア	329.7	15.4	22.2	28.4	29.4	30.5
	12. ハングラーテシュ	144.0	9.0	13.3	16.4	18.3	19.7
	13. ベトナム	331.7	17.2	12.9	13.8	14.3	14.5
	14. 香港	1.045	3,435.6	4,976.0	7,214.2	8,101.6	8,927.8
	15. シンガポール	0.618	5,697.6	8,391.1	9,789.6	10,131.4	10,378.2
	16. ネパール	140.8	0.7	1.0	1.4	1.3	1.5
	17. ミャンマー	676.6	1.7	2.2	2.6	2.9	2.3
	18. スリランカ	65.6	12.9	17.8	16.5	16.9	19.1
	19. アフガニスタン	652.1	0.8	0.6	1.4	1.2	1.6
	20. モンゴル	1,566.5	0.7	1.2	1.6	1.7	1.7
	21. ブルネイ	5.77	23.2	43.8	84.8	83.6	236.8
	22. カンボジア	181.0	0.1	0.0	0.6	0.7	0.7
	23. ラオス	236.8	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
	24. モルジブ	0.298	0.0	0.0	64.4	76.2	76.2
	25. マカオ	0.016	5,262.5	8,756.3	12,650.0	15,193.8	16,762.5
アジア計		21,330.9	36.5	44.8	52.4	54.5	57.6
中国 地域別	1 北京	16.8	803.9	1,131.4	1,219.3	1,260.8	1,294.3
	2 天津	11.3	782.1	1,062.4	1,054.1	1,085.7	1,157.2
	3 河北	187.9	116.7	151.4	198.1	205.2	216.1
	4 山西	156.1	99.5	129.1	175.8	185.5	194.6
	5 内モンゴ	1088.6	8.2	10.7	13.7	15.5	16.5
	6 遼寧	145.8	196.3	267.7	312.1	319.2	336.0
	7 吉林	188.0	63.4	83.8	99.7	103.1	109.0
	8 黒龍江	473.3	37.7	48.8	59.4	62.5	66.2
	9 上海	6.2	2,791.6	3,944.9	3,730.8	4,248.0	4,508.4
	10 江蘇	102.5	167.2	213.1	293.9	310.4	353.0
	11 浙江	101.8	64.7	81.7	124.5	133.2	150.4
	12 安徽	139.5	61.5	81.5	111.5	120.2	129.4
	13 福建	121.7	33.8	42.0	55.4	60.6	68.0
	14 江西	166.8	36.3	45.9	64.0	70.5	74.4
	15 山東	153.1	128.1	166.8	213.7	231.4	266.2
	16 河南	166.9	116.8	148.1	191.1	198.3	209.9
	17 湖北	187.5	66.0	87.2	109.7	119.8	129.7
	18 湖南	210.2	63.0	77.6	101.8	103.4	109.9
	19 広東	211.8	41.7	53.4	72.8	81.3	94.0
	20 広西	230.5	20.5	25.2	30.3	33.2	37.9
	21 四川	566.5	35.9	45.6	58.1	61.3	66.6
	22 貴州	176.2	30.0	37.5	50.1	53.6	63.8
	23 雲南	392.2	13.9	17.3	23.7	24.2	27.6
	24 西蔵	1221.6	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	25 陝西	205.0	37.5	47.7	63.9	69.0	75.3
	26 甘肅	455.1	10.9	13.8	20.2	21.0	22.1
	27 青海	780.0	2.0	2.6	3.4	3.9	4.1
	28 寧夏	66.1	23.8	29.7	42.9	49.7	60.7
	29 新疆	1635.0	3.0	3.8	5.2	5.3	5.4
中国計		9564.0	33.1	43.2	54.3	57.6	62.3
インド 地域別	1 アッサム	255.0	5.5	6.5	7.3	7.6	8.0
	2 ビハール	269.8	61.9	83.3	87.2	85.4	87.0
	3 オリッサ	155.7	37.3	19.7	21.1	20.1	20.2
	4 アンドラ・プラデシ	275.1	13.7	17.9	28.0	29.2	31.2
	5 処ル・ナドゥ	138.8	31.3	38.1	72.6	75.3	78.7
	6 カルナータカ、ケララ	230.7	17.8	21.4	25.8	26.4	27.7
	7 マハラシュトラ、ゴア	312.0	31.2	43.9	56.9	60.4	65.1
	8 マディヤ・プラデシ	443.4	11.8	15.2	26.3	26.7	28.2
	9 グラジャラート	196.0	29.6	40.9	66.4	70.1	74.0
	10 ラジャスタン	342.2	6.6	8.2	11.2	11.4	11.8
	11 ウタル・プラデシ	295.9	26.6	31.4	47.2	49.5	53.6
	12 ハリアナ、パンジャブ	150.4	19.7	28.0	51.0	52.8	56.3
	13 シヤムガシヨール	222.2	0.8	0.9	1.1	1.1	1.3
インド計		3,287.2	21.4	26.5	36.7	37.7	39.7

図6.3-1 アジア地域の国別CO<sub>2</sub>排出量

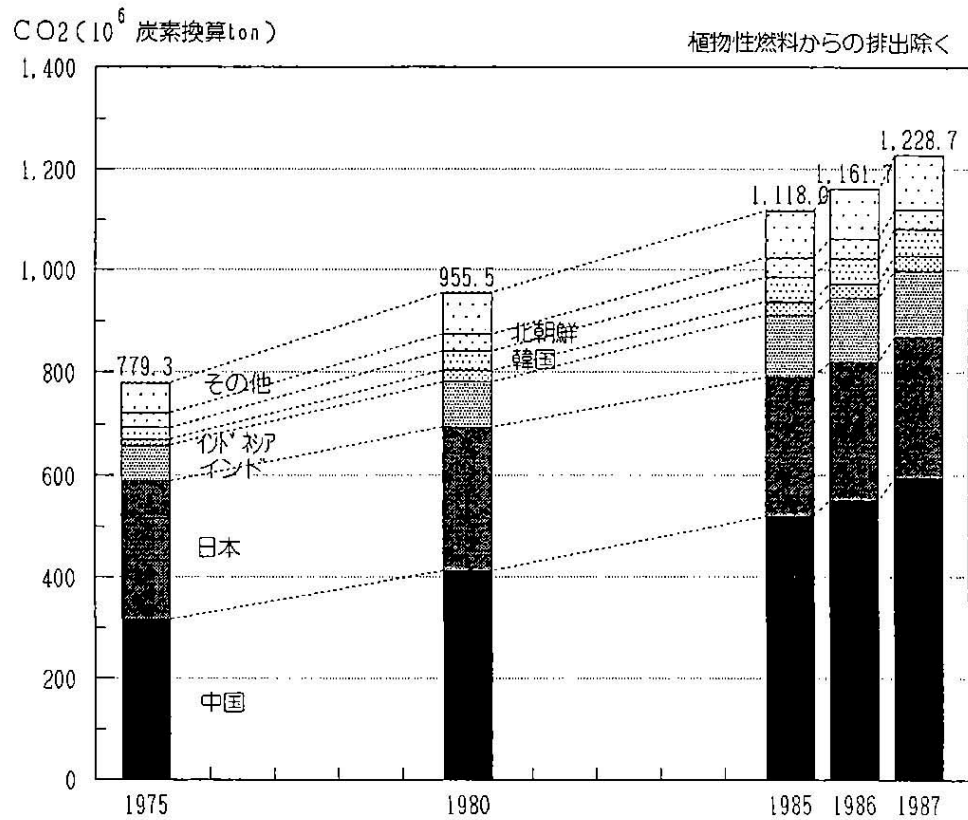
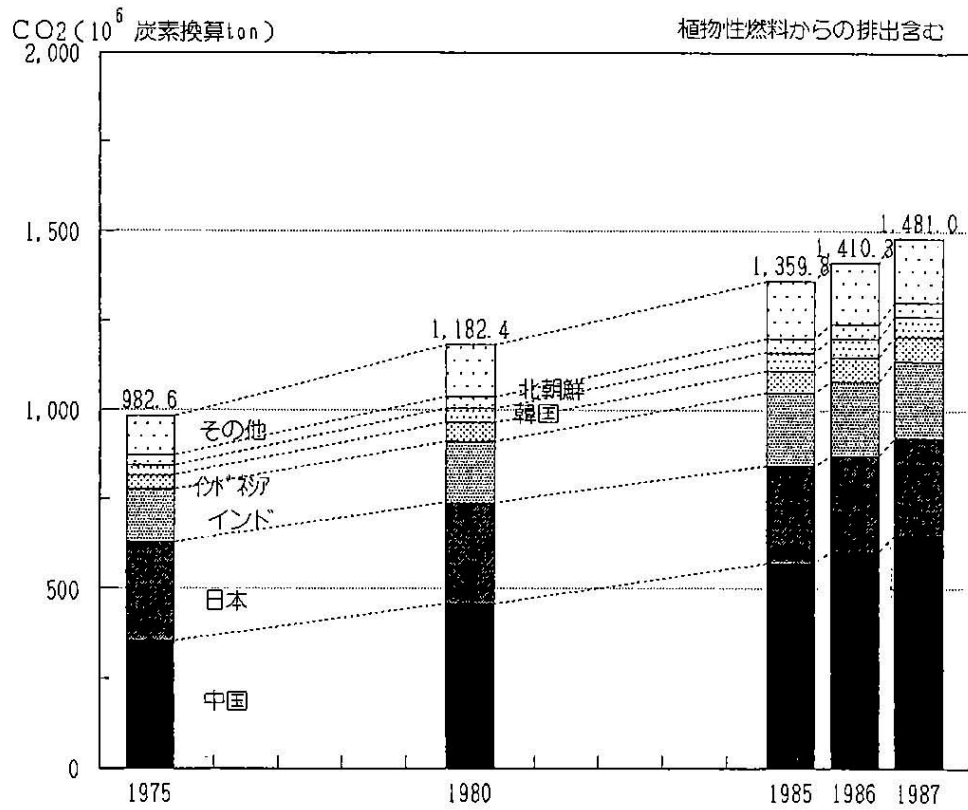


図6.3-2 アジア地域のCO<sub>2</sub>排出量年平均伸び率(1987/'80)の地域分布

(植物性燃料からのCO<sub>2</sub>排出量は含まない)

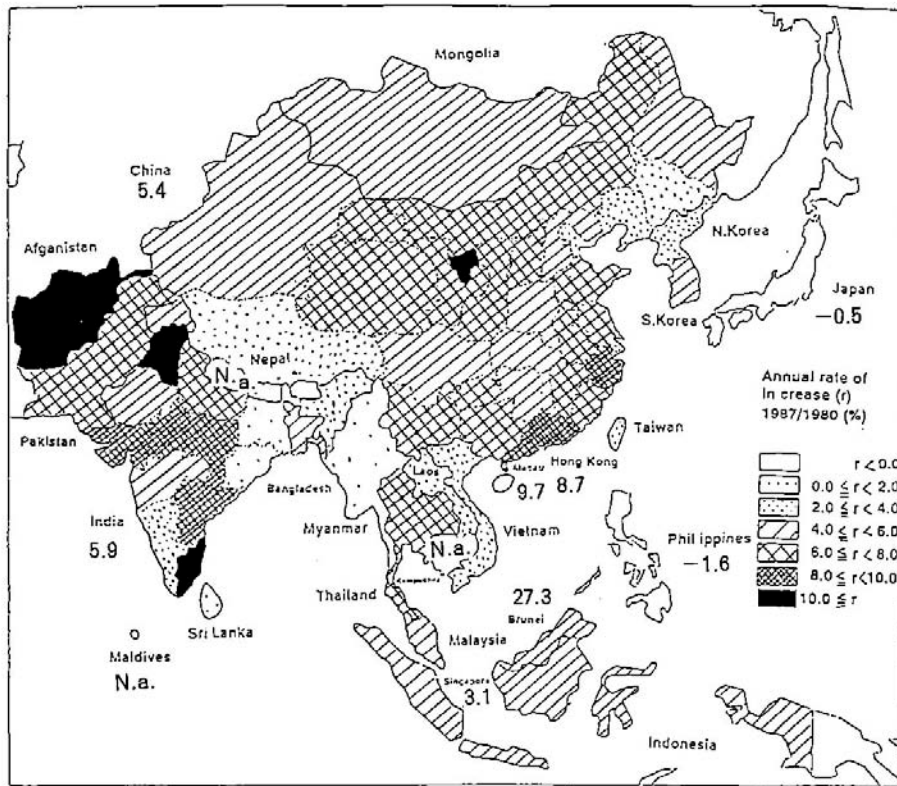
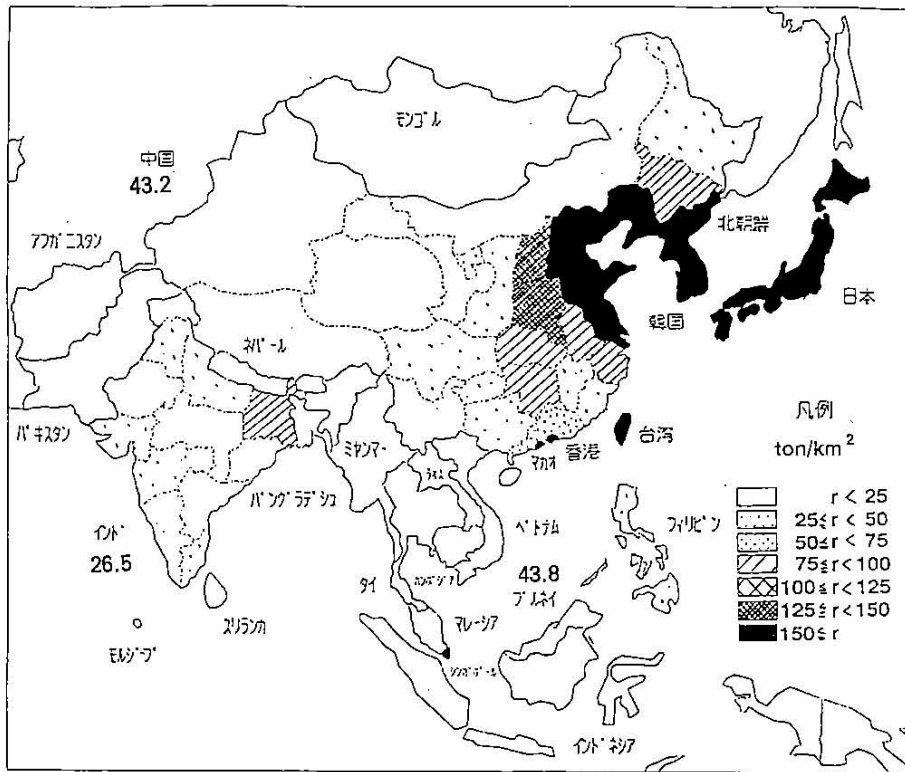


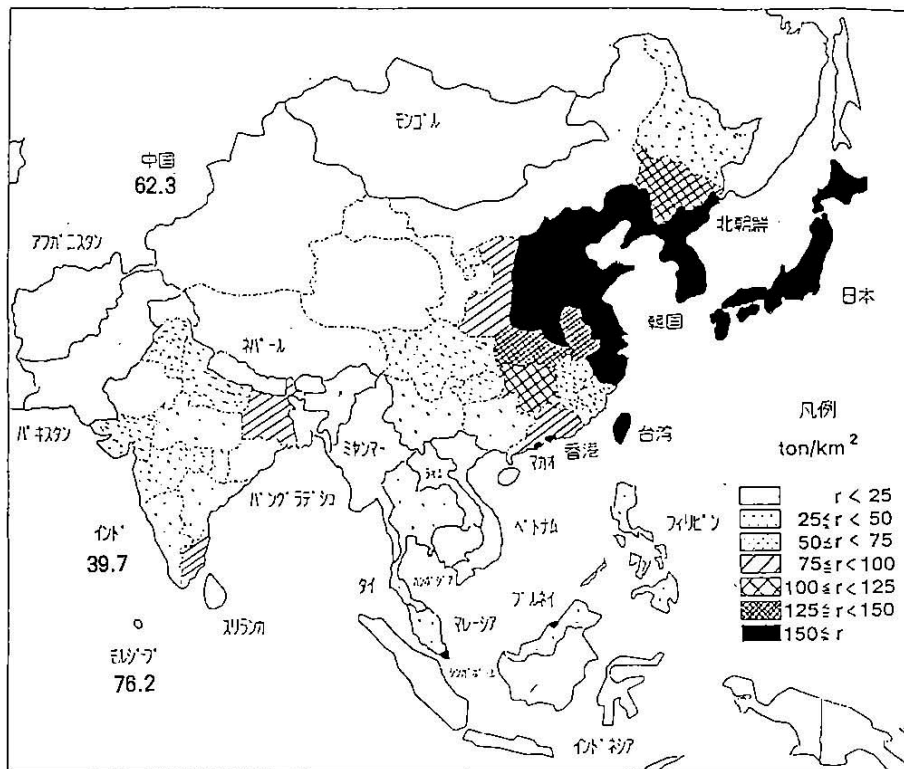


図6.3-3 アジア地域の単位面積当たりのCO<sub>2</sub>排出量地域分布(炭素換算)  
 (植物性燃料からのCO<sub>2</sub>排出量は含まない)

(1) 1980年



(2) 1987年



### (3) 面積当たりのCO<sub>2</sub>排出量の地域別実態

アジア地域の単位面積あたりのCO<sub>2</sub>排出量の地域分布を、1980年と1987年の双方について、図6.3-3に示す。ここに示した図では、植物性燃料を含まないケースが示してある。両年を比較するとよくわかるが、1980年には日本、韓国、台湾、北朝鮮、中国の山東半島を中心とする領域で単位面積当たりのCO<sub>2</sub>排出量が高くなっている。これらの地域に次いで高いのは、中国の華南、中南、東北地域とインドのカルカッタを中心とする地域である。

1987年になると、これらの地域を拡大する形で中国のいくつかの省が単位面積当たりのCO<sub>2</sub>排出量を増やしていることがわかる。もし植物性燃料を含めて考えると、アジア地域の南よりの途上国でも、単位面積当たりのCO<sub>2</sub>排出量はかなり大きくなるはずである。

### 6.3.3. エネルギー源別にみたアジア全体のCO<sub>2</sub>排出量の変化

アジア全体のエネルギー源別にみたCO<sub>2</sub>排出量の変化を、図6.3-4と表6.3-5に示す。表6.3-1に示したCO<sub>2</sub>排出量の変化は、植物性燃料をはずしたものであったが、ここでは、植物性燃料からのCO<sub>2</sub>排出量も一緒に示し、植物性燃料を消費することの意味も合わせて考察する。

化石燃料の燃焼、植物性燃料の燃焼、そしてセメント生産からのCO<sub>2</sub>排出量を合わせると、1987年のアジア地域全体のCO<sub>2</sub>排出量は14億8,100万T-Cに上る。この中で、植物性燃料からの排出量は2億5,328万T-Cで、全体の17%を占めている。

植物性燃料からの排出量は、1975年に2億331万T-Cであったものが、平均年率1.8%と穏やかに伸びて前述の1987年の値に到達したものである。その結果、全体に占める構成比は1975年の20.7%から1987年の17%まで低下した。セメント生産からの排出量もちろん増加しているが、シェアの振り替わりは主として植物性燃料から化石燃料への転換が進んだことによって起こっている。

非商業用エネルギーの植物性燃料から商業用エネルギーであるか化石燃料へ転換してくることは、経済が発展し文化水準が上昇する過程では必ず起こってくる方向である。しかしながら、植物性燃料の再生が着実に行われ、真の意味で再生可能エネルギーとして植物性燃料が位置づけられるのであれば、植物性燃料からのCO<sub>2</sub>排出量を0として地球温暖化の抑制に果たす役割を評価していくことが重要と考えられる。開発途上国における植物性燃料の利用をどの様に位置付けていくかは今後の重要な問題の1つである。

化石燃料の消費に伴うCO<sub>2</sub>排出量は、1975年の7億5,144万T-Cから1987年の11億7,627万T-Cまで、平均年率3.8%で拡大した。1975年の排出量全体に占めるシェアは、76.5%であったが、1987年にはシェアの値が79.4%へと増加した。アジア地域のCO<sub>2</sub>排出量の増加に最も大きく寄与しているのは、化石燃料の燃焼によるCO<sub>2</sub>排出量の増加である。

化石燃料の中で、石炭からの排出量は1975年の4億1,576万T-Cから1987年の7億2,626万T-Cまで、平均年率4.8%まで拡大している。その結果、化石燃料全体からの排出量に占める石炭のシェアは、1975年の55.3%から1987年61.7%へと6ポイント強増大した。天然ガスからの排出量は、1975年の1,823万T-Cから5,986万T-Cまで、平均年率10.4%で拡大した。化石燃料全体からの排出量に占める天然ガスのシェアは、1975年の2.4%から1987年の5.1%へと拡大した。伸び率では天然ガスが石炭よりも大きいですが、絶対量では石炭の方が天然ガスよりも大きく寄与している。

これに対して、石油からの排出量は、1975年の3億1,745万T-Cから1987年の3億9,015T-Cと、平均年率1.7%で石炭や天然ガスに比べればずっと穏やかな伸びとなっている。この結果、化石燃料全体からの排出量に占める石油のシェアは、1975年の42.2%から1987年の33.2%へ9ポイントも低下した。2回の石油危機を

通じて、日本およびアジア NIEsの国々を中心として脱石油の動きが進展したことが大きく寄与している。

各国別にみると、エネルギー消費の分析においてすでに述べたように、石油から石炭への転換が進んでいる国と石油から天然ガスへの転換が進んでいる国の両者がある。韓国、台湾、香港といったアジアNIEsの国々と中国、インド、モンゴルといった国々で石炭への転換が進んでおり、石炭からのCO<sub>2</sub>排出量が増大している。中国とインドの場合には、石炭のシェアの伸びはそれほど大きくないが、絶対量が大きいため、排出量の増大に対する寄与の仕方も大きい。

日本、マレーシア、ブルネイ、ミャンマー、バングラデシュ、アフガニスタンの場合には、石油から天然ガスへの転換が進んでおり、天然ガスからの排出量が増大しているが、石油が同じ量増えることと比較すれば、CO<sub>2</sub>排出量を相対的に抑制する方向で働いている。

インドネシア、タイ、フィリピンといったアセアン諸国とインド、バングラデシュ、ネパール、ミャンマー、スリランカ、アフガニスタン、ベトナムといった低所得国では、植物性燃料からのCO<sub>2</sub>排出量が40%以上国によっては90%台という大きなウェートを占めている。石油換算1トン当たりのCO<sub>2</sub>排出係数は、植物性燃料の方が化石燃料よりも大きい。

植物性燃料からの排出量をカウントして植物性燃料から化石燃料へ転換すべきであると位置付けるか、植物性燃料の再生可能性を重視して排出量を0とみなし、化石燃料への転換を抑えて植物性燃料をより効率的な方法で使用する方向性を取っていくかは、大きく考え方の分かれるところである。アジア開発途上地域では、植物性燃料のCO<sub>2</sub>排出に占めるウェートの高い国が多いので、化石燃料内の石炭、石油、天然ガス3者間の転換と同様に、植物性燃料と化石燃料間の転換が重要な検討項目となる。

もう1つ重要な項目は、CO<sub>2</sub>の排出量を0とみなすことができる水力発電の拡大である。アジア開発途上地域では、まだまだ未開発の包蔵水力のポテンシャルが大きく、CO<sub>2</sub>排出量の抑制に大きく寄与するオプションとなると考えられる。しかしながら、水力発電は、自然破壊、森林破壊、水害など地球温暖化問題よりもっと身近な環境問題に直結する可能性があるため、これらの環境アセスメントを十分行った上で開発に取り組んでいくことが重要である。

図6.3-4 アジア地域のエネルギー源別CO<sub>2</sub>排出量

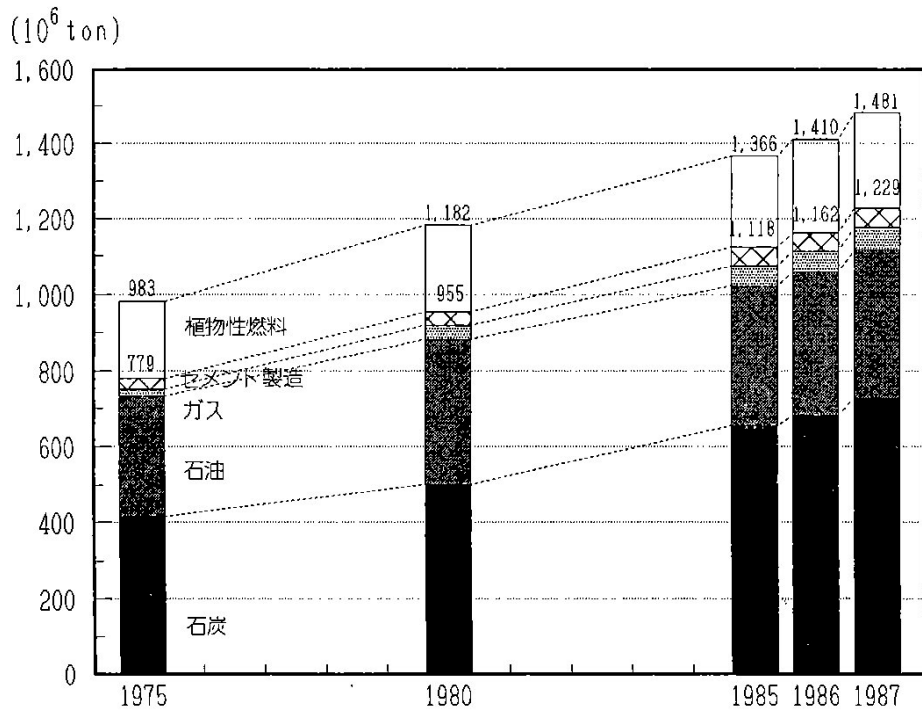


表6.3-5 アジア地域のエネルギー源別CO<sub>2</sub>排出量

	年	化石燃料				植物性 燃料	エネルギー 部門合計	セメント製造業 (セメント材料)	総計
		石炭	石油	ガス	計				
排出量 (炭素換算 1,000t)	1975	415,758	317,449	18,228	751,435	203,314	954,749	27,862	982,611
	1980	501,390	380,361	36,995	918,744	226,894	1,145,639	36,748	1,182,387
	1985	655,996	365,335	51,395	1,072,725	241,851	1,314,576	45,266	1,359,841
	1986	681,933	375,962	55,004	1,112,898	248,653	1,361,551	48,775	1,410,326
	1987	726,263	390,150	59,861	1,176,274	252,328	1,428,602	52,403	1,481,004
構成比 (%)	1975	42.3	32.3	1.9	76.5	20.7	97.2	2.8	100.0
	1980	42.4	32.2	3.1	77.7	19.2	96.9	3.1	100.0
	1985	48.2	26.9	3.8	78.9	17.8	96.7	3.3	100.0
	1986	48.4	26.7	3.9	78.9	17.6	96.5	3.5	100.0
	1987	49.0	26.3	4.0	79.4	17.0	96.5	3.5	100.0
年平均伸び率 (%)	75-80	3.8	3.7	15.2	4.1	2.2	3.7	5.7	3.8
	80-85	5.5	-0.8	6.8	3.1	1.3	2.8	4.3	2.8
	85-87	5.2	3.3	7.9	4.7	2.1	4.2	7.6	4.4
	80-87	5.4	0.4	7.1	3.6	1.5	3.2	5.2	3.3
	75-87	4.8	1.7	10.4	3.8	1.8	3.4	5.4	3.5

### 6.3.4. 部門別にみたアジア全体のCO<sub>2</sub>排出量の変化

#### (1) アジア全体

アジア全体の部門別にみたCO<sub>2</sub>排出量の推移を、植物性燃料を含む場合と含まない場合とに分けて、図6.3-5と表6.3-6に示す。植物性燃料を含む場合と含まない場合の大きな違いは、その他部門(民生部門が中心)のシェアが異なってくることである。1987年を比較すると、植物性燃料を含む場合にはその他部門が30%のシェアを占め、産業部門が31.2%、エネルギー転換部門が26%に対して、植物性燃料を含まない場合にはその他部門が17.1%と低下し、産業部門が36.7%、エネルギー転換部門が30.7%と上昇してくる。

アジアの開発途上国では植物性燃料が大量に使われているわけであるが、このことから植物性燃料が中心的に使われ、CO<sub>2</sub>排出に大きな影響を持っているのは民生部門であることがわかる。植物性燃料を化石燃料に転換するべきであるかについては、これまで述べてきた観点のほかに、植物性燃料が中心的に使われているのは生活用のエネルギーとしてであるという点も加えて検討しなければならない。

アジア地域全体で部門別のCO<sub>2</sub>排出量の変化をみると、その他部門(民生部門が中心)では、植物性燃料を含む場合、1975年の3億2,492万T-Cから1987年の4億4,420万T-Cまで、平均年率2.6%で穏やかに増大している。排出量全体に占めるシェアは、1975年の33.1%から1987年の30%まで徐々に低下している。植物性燃料を含まない場合には、その他部門の排出量は1975年に1億3,517万T-Cで、植物性燃料を含む場合の41.6%にすぎない。しかしながら、伸び率は高く、平均年率3.8%で増加して1987年には2億1,034万T-Cに到達した。植物性燃料を含む場合とは異なって、その他部門のシェアは1975年の17.3%に対して1987年は17.1%とほとんど変わっていない。

輸送部門では、植物性燃料は使われていない。輸送部門のCO<sub>2</sub>排出量、1975年の8,529万T-Cから1987年の1億3,838万T-Cまで、平均年率4.1%で拡大した。排出量全体に占めるシェアは、植物性燃料を含む場合には1975年の8.7%から1987年の9.2%まで、植物性燃料を含まない場合には1975年の10.9%から1987年の11.3%までわずかに増大している。その中でも、道路輸送による排出量は、1975年の5,311万T-Cから1987年の1億30万T-Cへと、平均年率5.4%で急速に伸びており、輸送部門全体に占める道路輸送の排出量シェアは、1975年の62.3%から1987年の72.5%まで拡大した。輸送部門のシェアは、他の部門に比べてまだ小さいが、最終消費部門の中で最も伸び率が高いことや化石燃料の1つである石油からの代替が効きにくいことを考えると、今後のCO<sub>2</sub>排出量に占めるこの部門の位置付けは大きい。

産業部門のCO<sub>2</sub>排出量は、植物性燃料を含む場合、1975年の3億2,481万T-Cから1987年の4億6,138万T-Cまで、平均年率3.0%で穏やかに増加している。植物性燃料を含まない場合は、多少排出量は減少するが、その他部門のような大きな影響はなく、1975年-1987年の年平均伸び率は2.9%とほとんど変化がない。産業部門のCO<sub>2</sub>排出量が穏やかな伸びにとどまったのは、特に日本の産業部門が著しい省エネルギーを進めてエネルギー消費を減少させたことが大きく働いていると考えられる。排出量がこのような穏やかな伸びにとどまったため、排出量全体に占める産業部門のシェアは、植物性燃料を含む場合1975年の33.1%から1987年の31.2%へ、植物性燃料を含まない場合1975年の40.8%から1987年の36.7%へ、減少を示している。

エネルギー転換部門のCO<sub>2</sub>排出量は、植物性燃料を含む場合には1975年の2億1,974万T-Cから1987年の3億8,464万T-Cまで、平均年率4.8%で伸びている。植物性燃料を含まない場合でも、産業部門と同様に、排出量の減少はそれほど大きくなく、1975-1987年の伸び率は平均年率4.9%でほとんど変わらない。エネルギー転換部門の伸び率が、最終消費の3つの部門と比較しても、最も高くなっている。エネルギー転換部門のCO<sub>2</sub>排出量が急速に増大している要因は、アジアで電力化が進んでいることと、中国、インドといった石炭大消費国および韓国、台湾、香港といったアジアNIEsの国々で発電部門の石炭消費が拡大したためである。

アジアの開発途上地域では、その他部門の植物性燃料からの排出量の伸びが鈍化し、発電部門を中心とするエネルギー転換部門からの排出量の伸びが増加したように見受けられる。この表に示した数字では、発電に伴うCO<sub>2</sub>排出をすべて発電部門に計上しており、最終消費部門における電力消費に伴うCO<sub>2</sub>排出は0であるとみなしている。しかしながら、このような考え方は極端であり、少なくとも最終消費部門の電力消費に相当するCO<sub>2</sub>排出は同部門に配分されるべきである。この考え方を取ると、表 6.3-6 に示すよりは穏やかな各部門のシェアの変化となる可能性が大きい。

図6.3-5 アジア地域の部門別CO<sub>2</sub>排出量

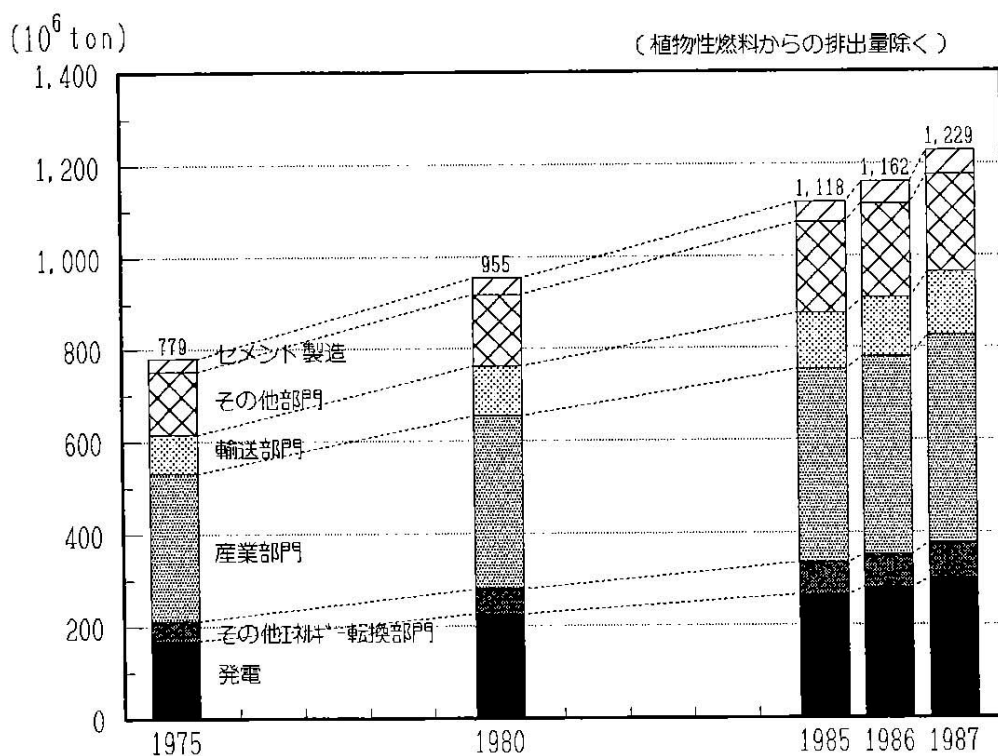


表6.3-6 アジア地域の部門別CO<sub>2</sub>排出量

(1) 植物性燃料からの排出量含む

	年	エネルギー転換			最終エネルギー					エネルギー部門 合計	セメント製造業 (セメント原料)	総計
		部門	発電	その他	消費部門	産業部門	輸送部門	(内:道路)	その他部門			
排出量 (炭素換算 1,000t)	1975	219,738	169,928	49,810	735,009	324,805	85,287	53,105	324,917	954,748	27,862	982,610
	1980	289,532	225,179	64,353	856,107	381,418	106,142	71,577	368,546	1,145,639	36,748	1,182,387
	1985	344,138	267,002	77,135	970,437	427,216	123,527	87,547	419,694	1,314,575	45,266	1,359,841
	1986	360,923	281,937	78,986	1,000,627	438,291	130,099	93,164	432,237	1,361,550	48,775	1,410,325
	1987	384,639	302,606	82,033	1,043,963	461,380	138,382	100,301	444,200	1,428,602	52,403	1,481,004
構成比 (%)	1975	22.4	17.3	5.1	74.8	33.1	8.7	5.4	33.1	97.2	2.8	100.0
	1980	24.5	19.0	5.4	72.4	32.3	9.0	6.1	31.2	96.9	3.1	100.0
	1985	25.3	19.6	5.7	71.4	31.4	9.1	6.4	30.9	96.7	3.3	100.0
	1986	25.6	20.0	5.6	71.0	31.1	9.2	6.6	30.6	96.5	3.5	100.0
	1987	26.0	20.4	5.5	70.5	31.2	9.3	6.8	30.0	96.5	3.5	100.0
年平均伸び率 (%)	75-80	5.7	5.8	5.3	3.1	3.3	4.5	6.2	2.6	3.7	5.7	3.8
	80-85	3.5	3.5	3.7	2.5	2.3	3.1	4.1	2.6	2.8	4.3	2.8
	85-87	5.7	6.5	3.1	3.7	3.9	5.8	7.0	2.9	4.2	7.6	4.4
	80-87	4.1	4.3	3.5	2.9	2.8	3.9	4.9	2.7	3.2	5.2	3.3
	75-87	4.8	4.9	4.2	3.0	3.0	4.1	5.4	2.6	3.4	5.4	3.5

(2) 植物性燃料からの排出量除く

	年	エネルギー転換			最終エネルギー					エネルギー部門 合計	セメント製造業 (セメント原料)	総計
		部門	発電	その他	消費部門	産業部門	輸送部門	(内:道路)	その他部門			
排出量 (炭素換算 1,000t)	1975	213,016	169,928	43,088	538,418	317,963	85,287	53,105	135,168	751,435	27,862	779,297
	1980	280,721	225,179	55,542	638,024	373,594	106,142	71,577	158,288	918,744	36,748	955,492
	1985	335,532	267,002	68,530	737,193	417,151	123,527	87,547	196,514	1,072,725	45,266	1,117,990
	1986	352,418	281,937	70,481	760,480	427,305	130,099	93,164	203,076	1,112,898	48,775	1,161,673
	1987	377,044	302,606	74,438	799,230	450,505	138,382	100,301	210,342	1,176,274	52,403	1,228,676
構成比 (%)	1975	27.3	21.8	5.5	69.1	40.8	10.9	6.8	17.3	96.4	3.6	100.0
	1980	29.4	23.6	5.8	66.8	39.1	11.1	7.5	16.6	96.2	3.8	100.0
	1985	30.0	23.9	6.1	65.9	37.3	11.0	7.8	17.6	96.0	4.0	100.0
	1986	30.3	24.3	6.1	65.5	36.8	11.2	8.0	17.5	95.8	4.2	100.0
	1987	30.7	24.6	6.1	65.0	36.7	11.3	8.2	17.1	95.7	4.3	100.0
年平均伸び率 (%)	75-80	5.7	5.8	5.2	3.5	3.3	4.5	6.2	3.2	4.1	5.7	4.2
	80-85	3.6	3.5	4.3	2.9	2.2	3.1	4.1	4.4	3.1	4.3	3.2
	85-87	6.0	6.5	4.2	4.1	3.9	5.8	7.0	3.5	4.7	7.6	4.8
	80-87	4.3	4.3	4.3	3.3	2.7	3.9	4.9	4.1	3.6	5.2	3.7
	75-87	4.9	4.9	4.7	3.3	2.9	4.1	5.4	3.8	3.8	5.4	3.9

図6.3-6(1) アジア各国の全CO<sub>2</sub>排出量に対する部門別の排出量の構成比

(植物性燃料からの排出除く)

上段：1975年、下段：1987年

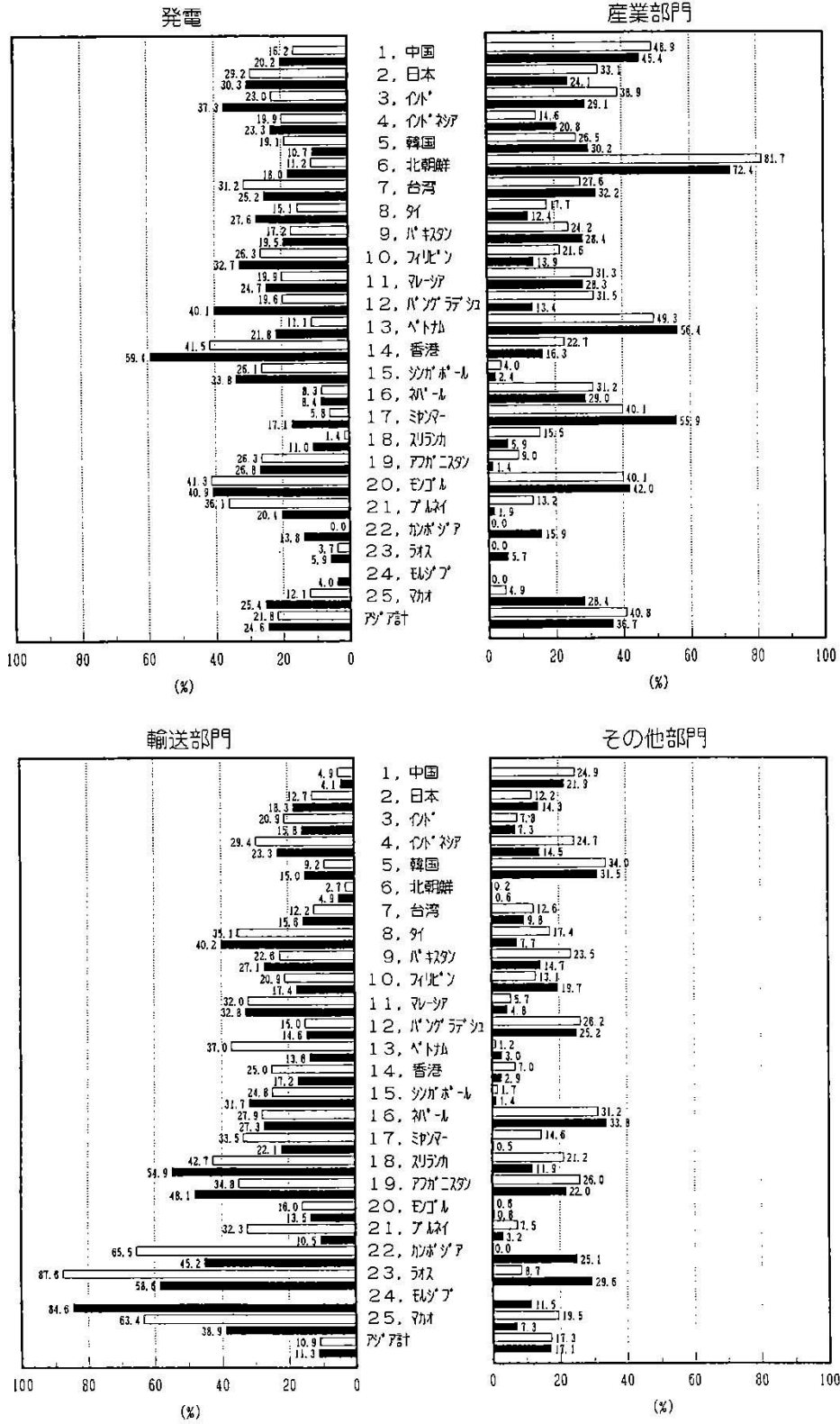
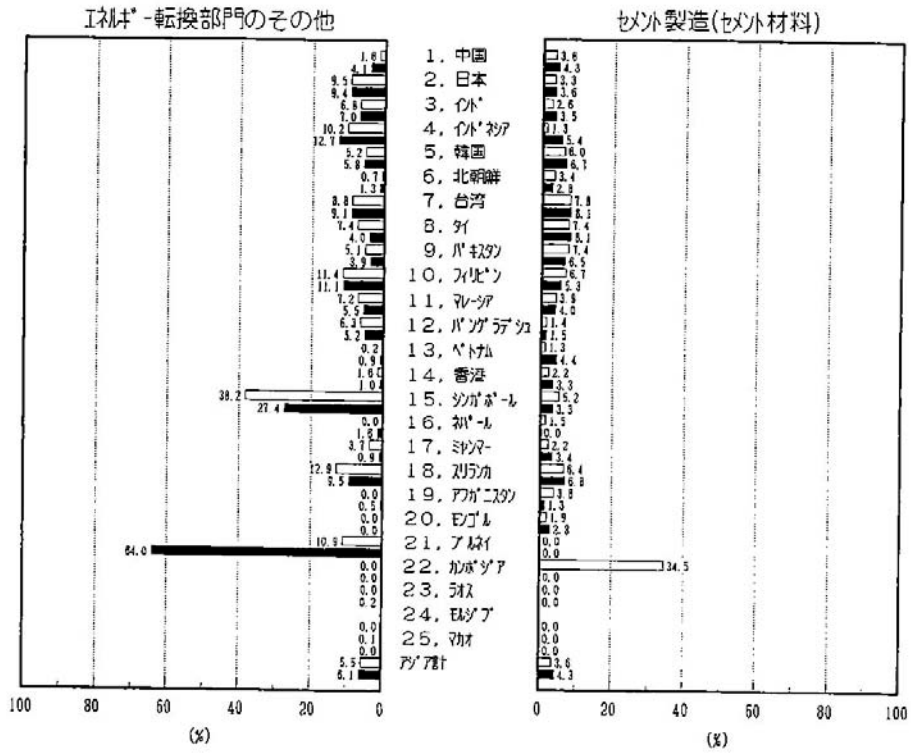




図6.3-6(2) アジア各国の全CO<sub>2</sub>排出量に対する部門別の排出量構成比

(植物性燃料からの排出除く)

上段：1975年、下段：1987年



## (2) 国別

図 6.3-6(1)、(2)に植物性燃料からのCO<sub>2</sub>排出を含まないアジア各国の全CO<sub>2</sub>排出量に対する部門別の排出量の構成比を示す。

植物性燃料を含まない場合について各国別に部門別のCO<sub>2</sub>排出量の大きさをみると、シンガポール、ブルネイ、香港、日本といった高所得国とインド、インドネシア、フィリピン、バングラデシュといった低所得国では、エネルギー転換部門の排出量のシェア(発電とエネルギー転換部門のその他の合計)が最も高くなっている。中国、北朝鮮、ベトナム、モンゴルといった計画経済圏の国々とミャンマーの場合には、産業部門の排出量のシェアが最も高くなっている。

大変興味深いのは、タイ、マレーシア、といったアセアン諸国とモルジブ、ラオス、マカオ、スリランカ、カンボジア、アフガニスタンといった国々で輸送部門の排出量シェアが高くなっている点である。すでにみたように、アジア地域全体の排出量において輸送部門が占めるシェアは 10%前後にすぎないので、輸送部門のシェアが最も高くなるということはかなりユニークな特徴といえる。韓国は、中国以外の経済水準の国の中で、唯一民生部門の排出量のシェアが最も高い国となっている。

植物性燃料を含めた場合には、アジアの多くの開発途上国で、民生部門からの排出量が一気に増大するので、植物性燃料を含まない場合とは異なって民生部門の排出量シェアが最も高くなる国の数が一気に増えることになる。

### 6.3.5. 国別にみた1次エネルギー消費量とCO<sub>2</sub>排出量の関係

アジア各国の国別の1次エネルギー消費量とCO<sub>2</sub>排出量の関係を、植物性燃料を含む場合と含まない場合に分けて、図 6.3-7 に示す。植物性燃料を含む場合には、この図をみるとわかるように、各国がほぼ一直線上に並んでおり、非常に相関係数の良い回帰線を求めることができる。

アジア各国の中では、石炭消費の多い国、天然ガス消費の多い国、原子力発電を持つ国、水力発電を持つ国と様々であるが、その割には回帰線の回りに点が集まりすぎているという印象が大きい。このような結果が得られた最も大きな理由は、植物性燃料の排出係数が石炭の排出係数よりも大きく、開発途上国では植物性燃料のシェアが高くなるために、他の特性が打ち消されてしまうためである。

植物性燃料を含まない場合については、植物性燃料を含む場合の回帰線をそのまま残しておき、植物性燃料からの排出量を計上しなかった場合に回帰線からどの様なずれが生じてくるかを観察した。結果をみるとわかるように、ネパール(16)、カンボジア(22)、ラオス(23)といった植物性燃料のシェアの高い国がまず回帰線から大きくずれてきている。

インドネシア(4)、バングラデシュ(12)、ミャンマー(17)、スリランカ(18)、アフガニスタン(19)がこれらに続いて回帰線からのかい離が大きく、さらにインド(3)、マレーシア(8)、パキスタン(9)、フィリピン(10)、ベトナム(13)の各国が続いている。このように、アジア地域のCO<sub>2</sub>排出量を特徴づける要素として植物性燃料の存在は非常に大きなものがある。

アジア開発途上国地域で、植物性燃料を再生可能であると位置付けて排出量を0とみなして考えていくのか、植物性燃料は森林破壊等につながるとして排出量を計上していくのかでは、植物性燃料と化石燃料の間の転換の考え方に大きな相違が生じてくる。いずれにしても、造林、森林保全を図って、森林破壊を食い止め、植物性燃料をできる限り再生可能なエネルギーとして位置付けることは、きわめて重要である。

1975年と1987年のアジア各国のエネルギー消費当たりのCO<sub>2</sub>排出量を、植物性燃料を含む場合と含まない場合に分けて表 6.3-7 に示す。植物性燃料を含む場合の、アジアの平均値は1975年の0.949T-C/toeから

1987年の0.909T-C/toeへ低下している。これは、植物性燃料からより排出係数の小さい化石燃料への転換が起こったことを示している。

植物性燃料を含まない場合には、アジアの平均値は1975年の0.752T-C/toeから1987年の0.754T-C/toeへわずかに上昇している。これは、アジアの開発途上地域で天然ガスが大幅に導入されたり、日本、韓国、台湾での原子力発電の導入があったりしたのであるが、中国、インド、韓国、香港、台湾などで石炭利用も拡大されており、CO<sub>2</sub>排出量の面ではその性格が上回ったことを示している。

各国別に、植物性燃料を含む場合のエネルギー消費当たりのCO<sub>2</sub>排出量をみると、植物性燃料をほとんど使っていない日本、韓国、台湾、シンガポール、ブルネイの値は1よりも明らかに小さくなっている。マレーシアとパキスタンは、植物性燃料のシェアが比較的 low、化石燃料の中では天然ガスの消費のウェイトが高いために、1よりも小さい値となっている。それ以外の国々は、植物性燃料の使用が大きいために、1前後あるいは1を超える値を取っている。1975年から1987年にかけて植物性燃料のシェアが低下したところは、エネルギー消費量当たりのCO<sub>2</sub>排出量の値も低下している。

植物性燃料を含まない場合には、当然ながら植物性燃料のシェアの大きいところほど、エネルギー消費当たりのCO<sub>2</sub>排出量の値が小さくなる。その中で、1975年から1987年にかけて値が大きくなる国と値が小さくなる国が存在している。値が大きくなっている国は、化石燃料の中で石炭シェアを増大させる方向へ進んだ国である。値が小さくなっている国は化石燃料の中で天然ガスのシェアを増大させた国、あるいは原子力発電や、水力発電のシェアを増大させた国である。

図6.3-7 アジア各国の1次エネルギー消費量とCO<sub>2</sub>排出量

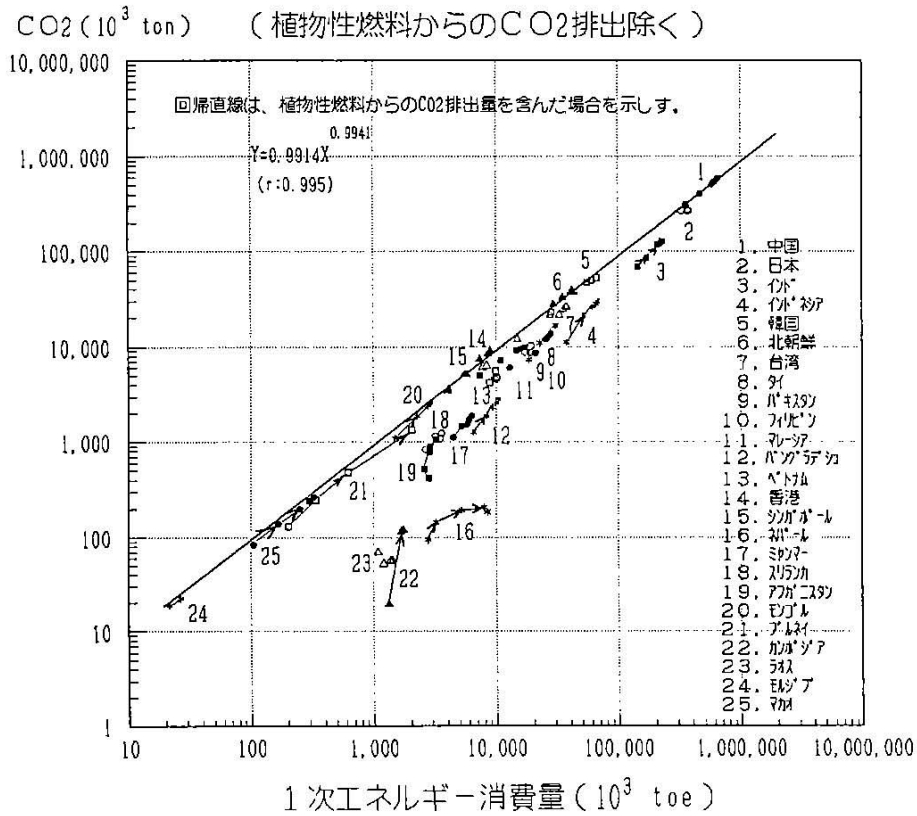
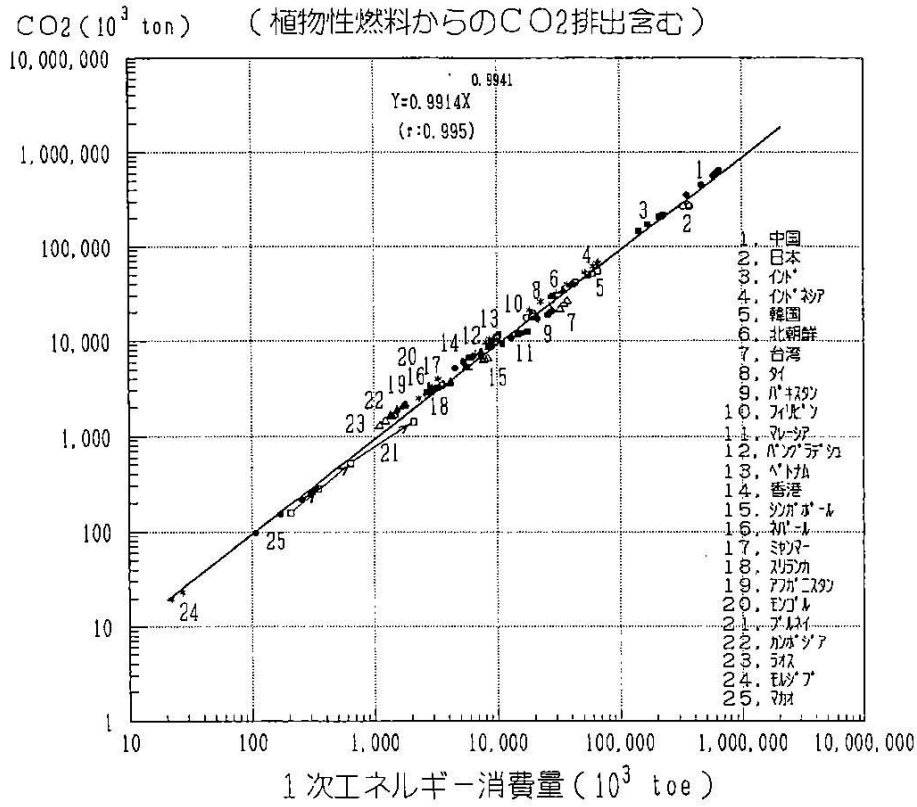


表6.3-7 アジア各国の1次エネルギー消費量当りCO<sub>2</sub>排出量

国名	1次エネルギー消費量		CO <sub>2</sub> 排出量		1次エネルギー消費量 当りCO <sub>2</sub> 排出量		CO <sub>2</sub> 排出量		1次エネルギー消費量 当りCO <sub>2</sub> 排出量	
	(Mtoe)		(1,000T-C)		(T-C/toe)		(1,000T-C)		(T-C/toe)	
	1975	1987	1975	1987	1975	1987	1975	1987	1975	1987
1.中国	354.65	648.65	356,802	648,908	1.006	1.000	317,031	596,205	0.894	0.919
2.日本	326.42	371.66	271,945	271,786	0.833	0.731	271,945	271,786	0.833	0.731
3.インド	145.08	228.51	146,754	219,278	1.012	0.960	70,194	130,507	0.484	0.571
4.インドネシア	37.67	67.90	39,628	68,095	1.052	1.003	11,219	29,888	0.298	0.440
5.韓国	27.97	66.06	27,062	54,821	0.967	0.830	22,990	53,250	0.822	0.806
6.北朝鮮	29.32	42.07	29,248	40,181	0.998	0.955	28,333	39,055	0.966	0.928
7.台湾	15.07	37.80	11,961	26,337	0.794	0.697	11,961	26,337	0.794	0.697
8.タイ	18.58	30.46	20,987	32,181	1.129	1.057	7,397	16,679	0.398	0.548
9.パキスタン	13.26	28.67	10,518	20,454	0.793	0.713	6,124	13,759	0.462	0.480
10.フィリピン	17.65	20.46	17,236	18,387	0.977	0.899	8,892	9,164	0.504	0.448
11.マレーシア	7.61	17.86	6,833	12,338	0.898	0.691	5,086	10,052	0.668	0.563
12.バングラデシュ	6.76	10.70	7,209	9,708	1.067	0.907	1,290	2,839	0.191	0.265
13.ベトナム	10.14	10.48	10,521	11,253	1.038	1.074	5,690	4,815	0.561	0.460
14.香港	4.25	9.15	3,637	9,389	0.855	1.027	3,590	9,330	0.844	1.020
15.シンガポール	4.17	8.58	3,530	6,414	0.847	0.747	3,521	6,414	0.845	0.747
16.ネパール	2.88	8.19	3,373	9,547	1.172	1.165	95	211	0.033	0.026
17.ミャンマー	4.58	5.92	5,104	6,618	1.114	1.118	1,145	1,559	0.250	0.263
18.スリランカ	2.73	3.69	2,668	3,471	0.976	0.941	845	1,250	0.309	0.339
19.アフガニスタン	2.67	3.33	2,817	3,212	1.054	0.965	524	1,065	0.196	0.320
20.モンゴル	1.53	3.01	1,654	3,212	1.080	1.069	1,119	2,676	0.730	0.890
21.ブルネイ	0.21	2.11	155	1,386	0.744	0.658	134	1,365	0.641	0.648
22.カンボジア	1.37	1.81	1,627	2,096	1.191	1.158	20	121	0.014	0.067
23.ラオス	1.12	1.47	1,249	1,640	1.117	1.116	70	58	0.063	0.039
24.モルジブ		0.03		23		0.841		23		0.841
25.マカオ	0.11	0.33	93	271	0.878	0.828	84	268	0.800	0.820
アジア計	1,035.80	1,628.87	982,610	1,480,998	0.949	0.909	779,297	1,228,676	0.752	0.754

### 6.3.6, 1人当たりCO<sub>2</sub>排出量とGDP当たりCO<sub>2</sub>排出量

#### (1) 1人当たりCO<sub>2</sub>排出量

アジア各国の1人当たりCO<sub>2</sub>排出量の変化を、植物性燃料を含む場合と含まない場合に分けて、表6.3-8に示す。植物性燃料を含む場合と含まない場合の違いは、繰り返し述べてきたのでここでは省略する。植物性燃料を含む場合について、1人当たりCO<sub>2</sub>排出量の特徴を述べることにする。アジア地域の平均をみると、1人当たりCO<sub>2</sub>排出量は、1975年の0.442T-C/人から1987年の0.538T-C/人まで、平均年率1.7%で増加する傾向にある。

1987年にアジア地域のなかで、植物性燃料を含む場合に最も高い1人当たりCO<sub>2</sub>排出量を持っている国はブルネイの6.026T-C/人で、これは米国並の水準である。これに次いで、シンガポールの2.457T-C/人、日本の2.226T-C/人、北朝鮮の1.878T-C/人と続いている。最も低いのは、バングラデシュの0.095T-C/人で、これにモルジブの0.115T-C/人、ミャンマーの0.169T-C/人、ベトナムの0.179T-C/人が続いている。1人当たりエネルギー消費量の変化の同じで、1人当たりの所得水準との間に正の相関関係が存在する。

#### (2) GDP当たりのCO<sub>2</sub>排出量

図6.3-8にアジア各国のCO<sub>2</sub>排出を植物性燃料からの排出を含む場合と除く場合についてGDPとの関係を示した。両者ともGDPの増加に伴ってCO<sub>2</sub>排出量が増大するが、除いた場合には当然のことながら、同じGDPでもCO<sub>2</sub>排出量が小さくなり、植物性燃料のCO<sub>2</sub>排出低減効果を明らかにすることができる。

さらに、図6.3-9にアジア各国の経済水準(1人当たりGDP)とGDP当たりCO<sub>2</sub>排出量の関係を植物性燃料を含む場合と除く場合の両者について示した。含む場合には、経済水準の向上とともにGDP当りのCO<sub>2</sub>排出量が減少することが明確に表現されている。

ところが、アジア地域においては植物性燃料からの排出を除く場合には、1,000ドル～3,000ドル/人までは、GDP当りのCO<sub>2</sub>排出量が増加し、さらに1人当たりGDPが上昇するにつれて減少する形態をとり、開発途上国では、経済水準の向上とともに植物性燃料から化石燃料への依存が、1,000～3,000ドル/人まで急速に進行することを示している。その後は経済効率の高さがCO<sub>2</sub>排出量を上回るための低下である。なお、この過程において韓国、台湾の植物性燃料を含む場合にもみられるように、工業化段階でGDP当りのCO<sub>2</sub>排出量1時的に増加する傾向がある。

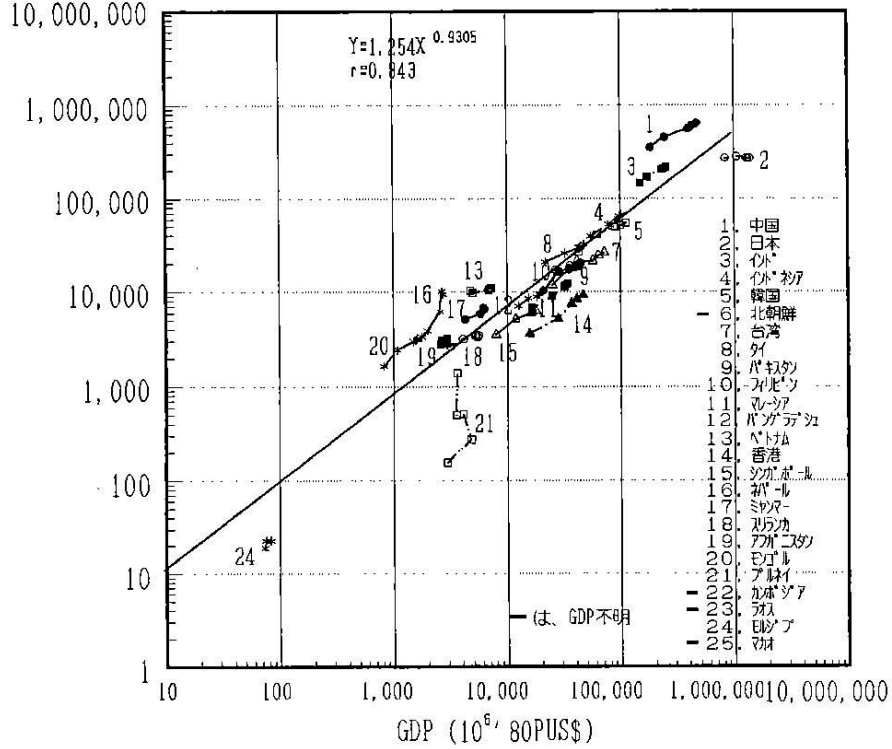
また、アジア各国のGDP当たりCO<sub>2</sub>排出量の変化を、植物性燃料を含む場合と含まない場合に分けて、表6.3-9に示す。植物性燃料を含む場合についてのGDP当たりCO<sub>2</sub>排出量の特徴を述べることにする。アジア地域の平均をみると、GDP当たりCO<sub>2</sub>排出量は、1975年の0.666kg-C/\$から1987年の0.542kg-C/\$まで、平均年率-1.7%で低下する傾向にある。

1987年にアジア地域の中で、植物性燃料を含む場合に最も高いGDP当たりCO<sub>2</sub>排出量を持っている国はネパールの3.576kg-C/\$である。厳寒の気候の中で植物性燃料を非効率的に使っていることがこの数字に反映している。これに次いで、モンゴルの1.959kg-C/\$、ベトナムの1.576kg-C/\$、中国の1.380kg-C/\$と続いている。

最も低いのは、日本の0.198kg-C/\$である。日本の場合には、1975年の0.327kg-C/\$から平均年率-4.1%で低下してきている。これに香港の0.205kg-C/\$が続いている。アジア開発途上地域のGDP当たりCO<sub>2</sub>排出量は、GDP当たりエネルギー消費量の値が大きいこと、すなわちエネルギー効率が良くないことと同じことを示している。

図6.3-8 GDPとCO<sub>2</sub>排出量の関係

CO<sub>2</sub> (10<sup>3</sup> tonC換算) 植物性燃料からの排出含む 1975.80.85.86.87年図示



CO<sub>2</sub> (10<sup>3</sup> tonC換算) 植物性燃料からの排出除く 1975.80.85.86.87年図示

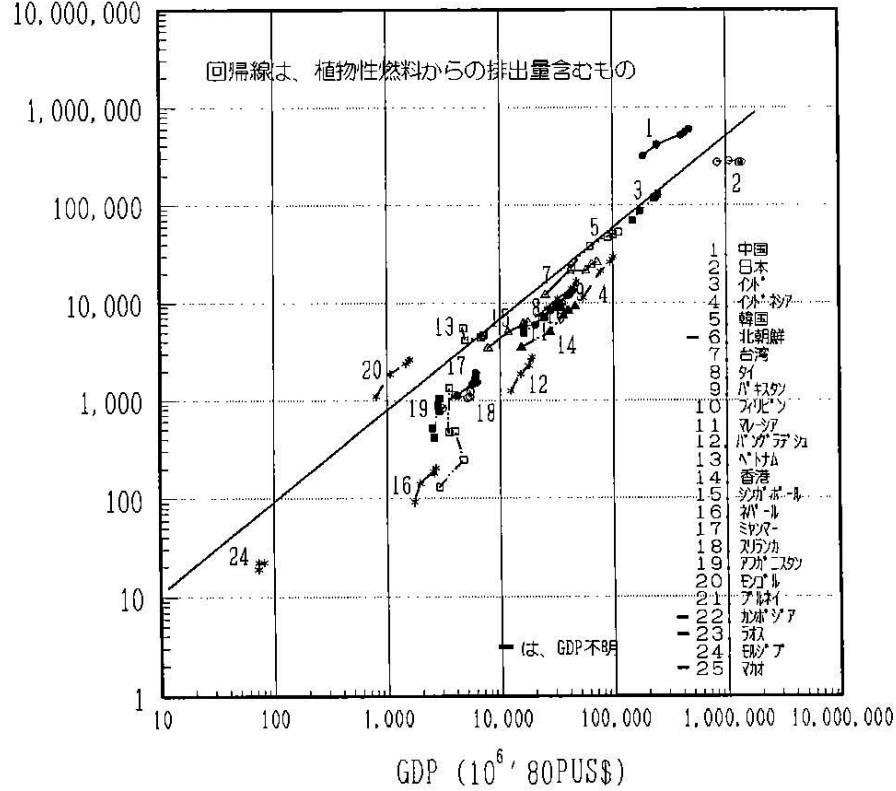


図6.3-9 アジア各国の経済水準をGDP当りCO<sub>2</sub>排出量の関係

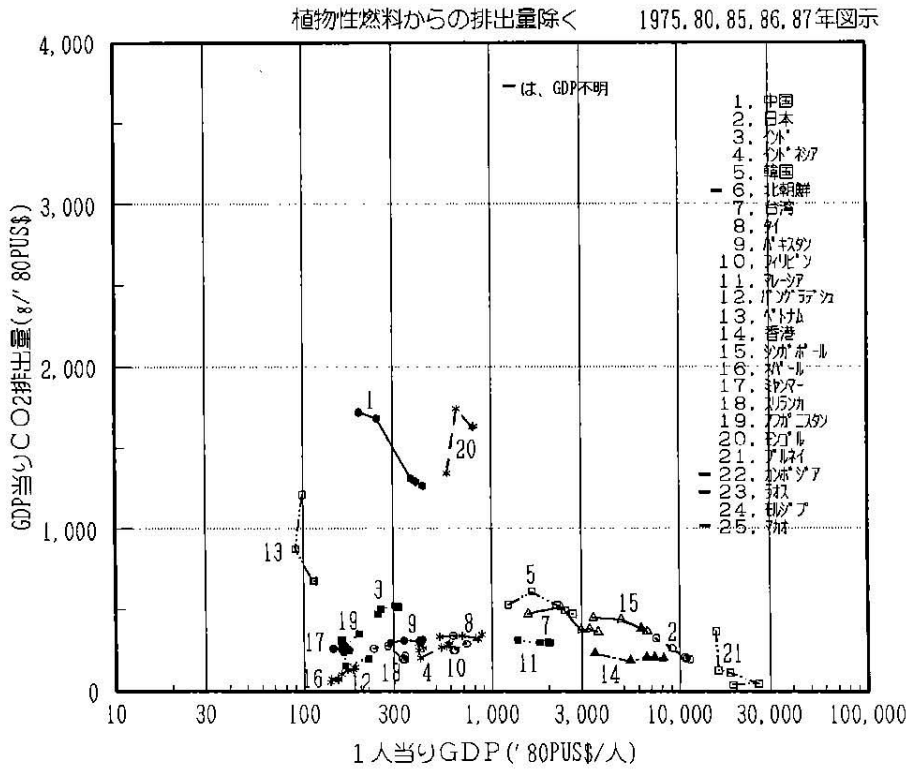
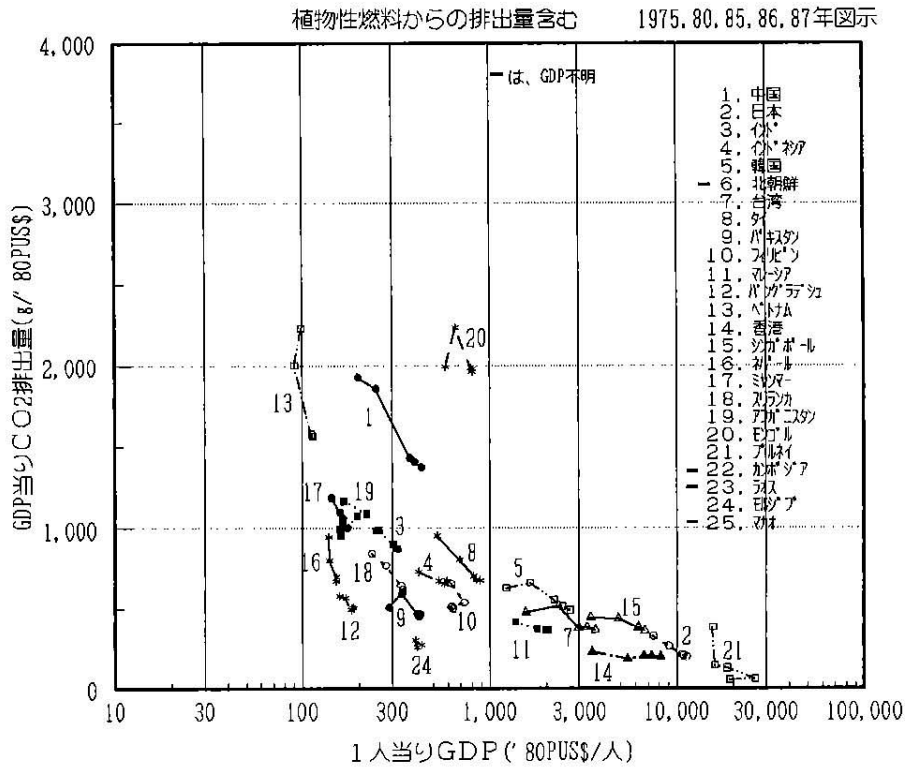




表6.3-8 アジア各国の1人当りCO<sub>2</sub>排出量

国名	人口 (百万人)		植物性燃料からの排出含む				植物性燃料からの排出除く			
			CO2排出量 (1,000T-C)		1人当りCO2 排出量 (T-C/人)		CO2排出量 (1,000T-C)		1人当りCO2 排出量 (T-C/人)	
	1975	1987	1975	1987	1975	1987	1975	1987	1975	1987
1.中国	933.00	1,088.57	356,802	648,908	0.382	0.596	317,031	596,205	0.340	0.548
2.日本	111.57	122.09	271,945	271,786	2.437	2.226	271,945	271,786	2.437	2.226
3.インド	600.76	781.37	146,754	219,278	0.244	0.281	70,194	130,507	0.117	0.167
4.インドネシア	130.50	170.18	39,628	68,095	0.304	0.400	11,219	29,888	0.086	0.176
5.韓国	35.28	41.58	27,062	54,821	0.767	1.319	22,990	53,250	0.652	1.281
6.北朝鮮	15.85	21.39	29,248	40,181	1.845	1.878	28,333	39,055	1.787	1.826
7.台湾	16.15	19.67	11,961	26,337	0.741	1.339	11,961	26,337	0.741	1.339
8.タイ	41.87	53.61	20,987	32,181	0.501	0.600	7,397	16,679	0.177	0.311
9.パキスタン	71.03	102.24	10,518	20,454	0.148	0.200	6,124	13,759	0.086	0.135
10.フィリピン	42.07	57.36	17,236	18,387	0.410	0.321	8,892	9,164	0.211	0.160
11.マレーシア	11.93	16.53	6,833	12,338	0.573	0.746	5,086	10,052	0.426	0.608
12.バングラデシュ	78.96	102.56	7,209	9,708	0.091	0.095	1,290	2,839	0.016	0.028
13.ベトナム	47.61	62.81	10,521	11,253	0.221	0.179	5,690	4,815	0.120	0.077
14.香港	4.40	5.61	3,637	9,389	0.827	1.673	3,590	9,330	0.817	1.662
15.シンガポール	2.26	2.61	3,530	6,414	1.560	2.455	3,521	6,414	1.556	2.455
16.ネパール	12.59	17.79	3,373	9,547	0.268	0.537	95	211	0.008	0.012
17.ミャンマー	30.17	39.14	5,104	6,618	0.169	0.169	1,145	1,559	0.038	0.040
18.スリランカ	13.50	16.36	2,668	3,471	0.198	0.212	845	1,250	0.063	0.076
19.アフガニスタン	11.78	15.22	2,817	3,212	0.239	0.211	524	1,065	0.044	0.070
20.モンゴル	1.42	2.03	1,654	3,212	1.162	1.584	1,119	2,676	0.785	1.320
21.ブルネイ	0.16	0.23	155	1,386	0.993	5.925	134	1,365	0.856	5.833
22.カンボジア	7.10	7.68	1,627	2,096	0.229	0.273	20	121	0.003	0.016
23.ラオス	3.43	3.78	1,249	1,640	0.364	0.434	70	58	0.020	0.015
24.モルジブ	0.13	0.20		23		0.116		23		0.116
25.マカオ	0.27	0.43	93	271	0.346	0.631	84	268	0.315	0.625
アジア計	2,223.78	2,751.04	982,610	1,480,998	0.442	0.538	779,297	1,228,676	0.350	0.447

表6.3-9 アジア各国のGDP当りCO<sub>2</sub>排出量

国名	GDP ('80P10億\$)		植物性燃料からの排出含む				植物性燃料からの排出除く			
			CO2排出量 (1,000T-C)		GDP当りCO2 排出量 (kg-c/'80PUSS)		CO2排出量 (1,000T-C)		GDP当りCO2 排出量 (kg-c/'80PUSS)	
	1975	1987	1975	1987	1975	1987	1975	1987	1975	1987
1.中国	184.65	470.23	356,802	648,908	1.932	1.380	317,031	596,205	1.717	1.268
2.日本	831.52	1,370.69	271,945	271,786	0.327	0.198	271,945	271,786	0.327	0.198
3.インド	148.37	250.62	146,754	219,278	0.989	0.875	70,194	130,507	0.473	0.521
4.インドネシア	54.22	100.95	39,628	68,095	0.731	0.675	11,219	29,888	0.207	0.296
5.韓国	43.07	111.67	27,062	54,821	0.628	0.491	22,990	53,250	0.534	0.477
6.北朝鮮			29,248	40,181			28,333	39,055		
7.台湾	25.06	71.90	11,961	26,337	0.477	0.366	11,961	26,337	0.477	0.366
8.タイ	21.97	47.47	20,987	32,181	0.955	0.678	7,397	16,679	0.337	0.351
9.パキスタン	20.51	43.52	10,518	20,454	0.513	0.470	6,124	13,759	0.299	0.316
10.フィリピン	26.04	36.33	17,236	18,387	0.662	0.506	8,892	9,164	0.341	0.252
11.マレーシア	16.26	33.47	6,833	12,338	0.420	0.369	5,086	10,052	0.313	0.300
12.バングラデシュ	12.36	19.05	7,209	9,708	0.583	0.510	1,290	2,839	0.104	0.149
13.ベトナム	4.70	7.14	10,521	11,253	2.241	1.576	5,690	4,815	1.212	0.674
14.香港	15.42	45.83	3,637	9,389	0.236	0.205	3,590	9,330	0.233	0.204
15.シンガポール	7.79	17.52	3,530	6,414	0.453	0.366	3,521	6,414	0.452	0.367
16.ネパール	1.73	2.67	3,373	9,547	1.945	3.570	95	211	0.055	0.079
17.ミャンマー	4.31	6.39	5,104	6,618	1.185	1.036	1,145	1,559	0.266	0.244
18.スリランカ	3.17	5.62	2,668	3,471	0.843	0.617	845	1,250	0.267	0.222
19.アフガニスタン	2.59	2.98	2,817	3,212	1.088	1.077	524	1,065	0.202	0.357
20.モンゴル	0.83	1.64	1,654	3,212	1.993	1.961	1,119	2,676	1.348	1.634
21.ブルネイ	2.99	3.65	155	1,386	0.052	0.380	134	1,365	0.045	0.374
22.カンボジア			1,627	2,096			20	121		
23.ラオス			1,249	1,640			70	58		
24.モルジブ		0.08		23		0.270		23		0.270
25.マカオ			93	271			84	268		
アジア計	1,427.53	2,649.42	982,610	1,480,998	0.688	0.559	779,297	1,228,676	0.546	0.464

## 7. 世界各国別のSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出量推計の現状とアジア地域における本調査研究による推計結果の評価

### 7. 1, 世界各国別の SO<sub>x</sub>、No<sub>x</sub> 排出量推計状況とアジアの現状

世界各国の SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub> 排出量推計状況を表 7.1-1、表 7.1-2 に示す。本表は、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub> についてその推計結果を、OECD諸国についてデータ集として整理されている「OECD Environmental Data Compendium 1991」及び世界全体の国々を対象とした「World Resources 1990-91. (出典;GEMS)」を引用したものである。

OECDが、OECD諸国について、北米2ヶ国(カナダ、米国)、アジア1ヶ国(日本)、ヨーロッパ17カ国(オーストラリア、ベルギー、デンマーク等)の合計20カ国を整理している。World Resources(GEMS による)は、北米2ヶ国、アジア4ヶ国(中国、インド、日本、タイ)、中東2ヶ国(イスラエル、クエート)、ヨーロッパ24ヶ国及びオセアニア1ヶ国(ニュージーランド)の合計33ヶ国について整理されている。

これに示されるように、ヨーロッパ、北米ではほぼ全域を網羅するかたちで各国別の SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub> の排出量が推計されており、しかも、かなりの国において経年的排出量の実態が明らかにされている。しかしながら、ヨーロッパ、北米を除く世界の各国別 SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub> の排出量はほとんど明らかでない。

アジア地域においても、日本のほか、中国、インド、タイの4ヶ国で推計されているものの、アジア地域全体はもちろんのこと経年的にもその実態を明らかにできるまでには至っていない現状である。

### 7. 2, 本調査研究にSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出量推計結果と他機関による推計結果の比較による評価

#### (1) SO<sub>x</sub>

表 7.2-1 にアジア地域における各国別の本調査研究による SO<sub>x</sub> 排出量の推計結果と他の機関による推計結果を示した。本表は、表 7.1-1 に、さらに、最近までの各国の関係機関による報告、研究論文の排出量の推計結果を追加し作成したものである。

これによれば、1975年以降で見ると日本及び中国で、1975年以降又は'80年以降経年的に SO<sub>x</sub> 排出量が把握されているほかは、韓国、台湾、タイ、マレーシアが1975年以降1ヶ年について当該国の機関によって推計されている。また、本表の<2>で示したように、フェロー、グリーンは、1986年以降を対象として中国、インドを含むアジア13ヶ国について排出量を推計している。

しかしながら、アジア25ヶ国についての SO<sub>x</sub> 排出量の動態を把握するには、十分とは言えない現状にあり、これを明らかにするうえで本調査研究による推計結果は有効なものと考えている。

本調査研究による SO<sub>x</sub> 排出量の推計値と他機関における推計値について比較する。表 7.2-1 の中国の<1>(輸送部門含まず)は、本推計に比べ1980年は13百万t台でほぼ一致しているが、'85年以降は本推計値に対して70%前後の値と小さくなっている。<1>の推計方法は明かでないので、この違いについて論ずることは難しいが、1980年から'87年の1次エネルギー消費量は、石炭を主体としその年平均伸び率は約5%であるが、<1>の SO<sub>x</sub> 排出量は、1980年から'86年まで減少し、'87年になり増加に転じており、この推移については理解しにくいところがある。なお、1986年の<2>と本推計は18百万t台で比較的良好に合っている。

日本の<3>(非金属精錬・硫酸製造は含まず、輸送部門は自動車のみ)は、1975年については本推計ともよく一致しているが、1980年以降差が大きくなり1986年には、本推計の77%になっている。

韓国の<4>はよく一致し、<9>は3割くらい本推計値に比べ小さい。台湾の<5>(燃料の燃焼及び燃料以外含む)は、1988年値であるが本推計の1987年値と比較しても2倍以上の差をもっている。なお、本推計と<2>は近い値である。タイの<6>(1982年値)は、本推計の1980年値と比較しても、75%程度の値であり本推計が大き

い。マレーシアの<7>は本推計値とよく一致している。

フェロー、グリーンらによる各国の<2>と本推計の比較では、インド、韓国、台湾、フィリピン、マレーシアでは比較的近い値となっているが、インドネシア、北朝鮮、バングラデッシュ、香港では<2>が大きく推計されており、シンガポールでは<2>が小さく推計されている。しかしながら、これらの差については<2>の推計方法が十分明らかになっていないので言及することはできない。

藤田、市川らによる<8>(1986年)と本推計を比較すると、中国は本推計の86%の値と小さめになっており、日本、韓国では比較的よく一致している。北朝鮮については、<8>は、150～700千tの範囲をもっているが、本推計では333千tとその中に入っている。台湾については、<8>は、本推計、<2>、<5>に比べ最小の値となっている。

表7.2-2に中国国内のSO<sub>x</sub>排出量の推計結果について本推計値と中国統計年鑑に記載されている推計値を示したが、違いの大きい地域も多い。統計年鑑の推計値がどのように推計されたかは不明であるので、ここでは実態を示すのみにとどめる。

## (2) NO<sub>x</sub>

表7.2-3にアジア地域における各国別の本調査研究によるNO<sub>x</sub>排出量の推計結果と他の機関による推計結果を示した。本表は、SO<sub>x</sub>と同様に表7.1-2に、さらに、最近までに各国の関係機関による報告、研究論文を追加し作成したものである。

表7.1-1 世界各国のSOx 排出量の推計状況

(単位：1,000t/年)

地域	国	OECD							GEMS			
		1970	1975	1980	1985	1986	1987	1990	1973-75	1979-81	1982-84	
北米	カナダ	a,f)	6,671	5,319	4,643	3,704		3800		5,880 a	4,610 a	3,760 a
	アメリカ合衆国	o)	28,400	25,900	23,400	21,100	20,700	20400		25,600	23,300	21,100
アジア	中国									14,210	12,920	
	インド								1,610			
	日本	b)	4,973	2,586	1,263		835		2,620	1,640	1,610	
	タイ									120 c	310	
中東	イスラエル								230 b	290 b	2 b	
	クウェート										450	
ヨーロッパ	オーストリア			389	190			119		300	140	
	ベルギー	p)			828	452	474	414	420	1,000	860	700
	ブルガリア										1,030	1,140
	チェコスロバキア										3,100	
	デンマーク		574	418	447	340	278	249		430	460	410
	フィンランド		515	535	584	382	331	328		540	570	360
	フランス	e)	2,966	3,328	3,339	1,475	1,288	1,288	1,207	3,760	3,410	2,305
	東ドイツ										4,000	4,000
	西ドイツ		3,743	3,334	3,194	2,396	2,263	1,933		3,600	3,300	2,750
	ギリシャ									270	400	360
	ハンガリー										1,635	1,460
	アイスランド										6	6
	アイルランド	c)		186	217.0	138		174				
	イタリア	f,m)	2,830	3,331	3,211	2,086	2,074	2,010			3,210	2,230
	ルクセンブルグ				24	16	14	14	10		20	10
	オランダ	g,n)	807	429	492	269	273	267	217	320 g	390 g	260 g
	ノルウエー	n, i)	171	137	142	97	91	75	59	155	145	110
ポーランド									2,080	2,600	3,700	
ポルトガル	j)	116	178	267	198	234	218		180	260	305	
ルーマニア										200		
スペイン	k)		3,003	3,404	2,156					2,670		
スウェーデン	d,l)	930	690	511	284	263	241	168	690	480	285	
スイス		125	109	126				63	110	120	100	
イギリス		6,424	5,370	4,894	3,718	3,895	3,898		5,430	4,740	3,750	
ユーゴスラビア				1,300	1,500	1,500	1,550			820		
オセアニア	ニューギランド									90 d		
<p>出典) OECD Environmental Data Compendium 1991</p> <p>註) a) 1987データは、事務局評価による。                  b) 移動排出源は、自動車のみ。                  c) 1987の新評価手法。                  d) 1989: 暫定値、1990: 予測値。                  e) 1980-89: 修正値、1990: 暫定値                  f) 1975データは、1976値を引用。                  g) 1990暫定値                  h) 大洋航路は含んでいない。                  i) 1989、1990: 予測値                  j) 移動排出源は、道路と航空機のみ                  k) 1983から新評価手法                  l) H2Sを含む。                  m) 工業プロセスからの排出は、含まない                  n) 1987以降のデータは、工業プロセスに対しては、暫定値を含む。                  o) 1988は、発電所からの排出に対して事務局の評価を含む                  p) 1984-1990は、EMEPを引用する。</p>									<p>出典) World Resources 1990-91, New York Oxford, Oxford University Press (Source: Global Environment Monitoring System (GEMS)).</p> <p>註) a. 山火事は含まない。                  b. 化石燃料の燃焼のみ。                  c. バンコクのみ。                  d. 工業プロセスは、含まない。                  g. 化石燃料の燃焼は家庭用ストーブと自動車のみ。</p>			

表7.1-2 世界各国のNOx排出量の推計状況

(単位：1,000t/年)

地域	国	OECD								GEMS		
		1970	1975	1980	1985	1986	1987	1990	1973-75	1979-81	1982-84	
北米	カナダ	a,f)	1,364	1,756	1,959	1,959			1,943	1,750 a	1,910 a	1,870 a
	アメリカ合衆国		18,300	19,200	20,400	19,800	19,300	19,500		19,200	20,670	19,500
アジア	中国										4,400	4,130
	インド											
	日本	b)	1,651	1,781	1,400		1,176			1,800	1,340	1,420
	タイ										30 c	310
中東	イスラエル									95 b	110 b	125 b
	クウェート											100
ヨーロッパ	オーストリア				232	230		205	179		200	210
	ベルギー	m)			317	281	292	297	300	380	390	340
	ブルガリア											150
	チェコスロバキア										1,200	
	デンマーク			178	241	259	267	262		200	240	250
	フィンランド	d)		160	264	251	256	270		160	280	250
	フランス	e)	1,322	1,608	1,834	1,579	1,584	1,605	1,742	1,675	1,855	1,730
	東ドイツ											
	西ドイツ		2,381	2,571	2,980	2,959	3,008	2,927		2,600	3,100	3,000
	ギリシャ									105	130	150
	ハンガリー										290	300
	アイスランド										10	10
	アイルランド	c)		60	71.0	68		115		60	70	60
	イタリア	f,o)	1,410	1,507	1,585	1,555	1,570	1,650			1,510	1,530
	ルクセンブルグ				23	22					20	20
	オランダ	g,k,n)	456	464	558	547	565	578	530	390 g	470 g	450 g
	ノルウエー	h,i)	159	176	192	203	222	233	212	150	170	180
	ポーランド									90		1,770
	ポルトガル	j)	72	104	166	96	110	116		105	210	190
ルーマニア												
スペイン			625	951	826				620	810		
スウェーデン	p)	302	308	394	398	405	404	371	310	320	295	
スイス		149	162	196				184	160	200	210	
イギリス		2,510	2,427	2,442	2,402	2,475	2,578		1,870	1,900	1,770	
ユーゴスラビア				350	400	420	440					
オセアニア	ニュージーランド										90 d	
		<p>出典) OECD Environmental Data Compendium 1991</p> <p>註) a) 1987データは、事務局評価による。                  b) 移動排出源は、自動車のみ。                  c) 1987の新評価手法。                  d) 1975は1977を引用。                  e) 700kt/と評価されたいくつかの農業関係の排出を含まない。                  1970は1971を引用。1980-1989: 修正値。1990: 予測値。                  f) 1975データは、1976値を引用。                  g) 1990: 暫定値                  h) 1989,1990: 予測値。                  i) 大洋航路は、含んでいない。                  j) 移動排出源は、道路と航空機のみ                  k) 移動排出源の道路は、新しい排出係数のため、1989と1990は、                  1988以前と比較できない。                  l) 1987以降は、工業プロセスに対して暫定値を含む。                  m) 1985-1990は、EMEPを引用する                  o) 工業プロセスからの排出を含まない。                  p) 1989は、予測値であり、1990の合計は、予測値。</p>								<p>出典) World Resources                  1990-91, New York                  Oxford, Oxford                  University Press                  (Source: Global                  Environment                  Monitoring System                  (GEMS)).</p> <p>註) a. 山火事は含まない。                  b. 化石燃料の燃焼のみ。                  c. バンコクのみ。                  d. 工業プロセスは、含まない。                  g. 化石燃料の燃焼は家庭用ストーブと自動車のみ。</p>		

表7.2-1 アジア各国の SOx 排出量推計結果の比較

(単位：1,000t/年)

国名	本調査研究による推計値					他機関による推計値				
	1975年	1980	1985	1986	1987	1975年	1980	1985	1986	1987
1.中国	10,175	13,372	17,259	18,326	19,989		<1>81 13,710	<1> 13,250	<1>12,500	<1> 14,120
2.日本	2,571	1,604	1,175	1,088	1,143	<3>2,586	<3> 1,263	<3>83 1,049	<3> 835	
3.インド	1,652	2,010	2,833	2,921	3,074				<8> 1,120	
4.インドネシア	201	329	435	453	485				<2> 3,181	
5.韓国	1,159	1,918	1,366	1,355	1,294			<4> 1,352	<2> 1,224	<9> 1,041
6.北朝鮮	234	271	324	333	333				<2> 587	
7.台湾	609	1,036	693	744	605				<8>150-700	
8.タイ	224	420	507	528	612				<2> 850	<5>88 1,368
9.パキスタン	148	198	351	345	381		<6>82 317		<8> 340	
10.フィリピン	807	1,041	510	447	370				<2> 627	
11.マレーシア	193	272	271	264	263				<2> 748	
12.バングラデシュ	40	57	46	51	49				<2> 403	
13.ベトナム	40	34	38	38	39				<2> 298	<7> 268
14.香港	109	166	144	149	150				<2> 150	
15.シンガポール	85	122	147	151	155				<2> 274	
16.ネパール	3.7	4.9	7.6	11.3	11.0				<2> 61	
17.ミャンマー	17.4	30.9	30.0	32.3	29.9					
18.スリランカ	22.3	30.0	23.5	22.6	28.2					
19.アフガニスタン	8.1	8.5	8.6	7.5	10.7					
20.モンゴル	38.7	65.1	89.7	97.0	100.5					
21.ブルネイ	0.4	0.9	1.1	1.0	1.1					
22.カンボジア	1.2	1.3	2.8	2.9	2.9					
23.ラオス	1.3	1.4	1.6	1.7	1.7					
24.モルジブ			0.3	0.3	0.3					
25.マカオ	0.9	3.0	6.2	7.1	8.4					
アジア計	18,340	22,997	26,269	27,377	29,136					
	推計の対象範囲) ・燃料消費によるもの全て。但し、国際船舶は、含まない(中国は更に航空機も含まない)。 ・非金属製錬・硫酸製造					出典) <1>中国統計年鑑 1988他 中国国家统计局編、 <2>ACID RAIN IN ASIA:AN ECONOMIC, ENERGY AND EMISSIONS OVERVIEW:by Wesley K. Foell and Collin W. Green:Resource Management Associates of Madison, Inc. University of Wisconsin, Asian Institute of Technology:19 November 1990.<3>OCED ENVIRONMENTAL DATA COMPENDIUM 1991 OECD.<4>韓国環境保護 1986 韓国環境庁、<5>台湾環境白書 <6>THAILAND NATURAL RESOURCES PROFILE: Thailand Development Research Institute,May 1987.<7>Department of Environment, Environmental Quality Report, 1987 Malaysia. <8>電力中央研究所報告 T88086 東アジア地域における二酸化硫黄の発生量の推計 藤田慎一 市川陽一 平成元年5月 (財)電力中央研究所 <9>韓国環境庁 韓国環境年鑑 '1988,'89,90				

表7.2-2 中国国内地域別のSOx排出量推計結果の比較

(単位：1,000t/年)

地域	本調査研究による推計値					中国統計年鑑 1987他 中国国家统计局編				
	1975年	1980	1985	1986	1987	1975年	1980	1985	1986	1987
1.北京	295	395	401	407	415		260	320	310	340
2.天津	209	278	280	281	294		250	220	240	300
3.河北	559	751	963	1,004	1,065		770	630	690	860
4.山西	400	536	734	789	838		340	470	470	710
5.内蒙古	306	392	530	609	651		360	380	420	690
6.遼寧	570	799	942	950	998		970	920	850	860
7.吉林	216	291	331	337	353		300	240	220	210
8.黒龍江	337	439	514	543	583		910	260	260	270
9.上海	430	588	584	630	653		230	340	360	430
10.江蘇	738	985	1,391	1,436	1,607		630	760	750	810
11.浙江	175	232	354	376	415		280	300	390	360
12.安徽	224	313	440	473	502		440	320	290	310
13.福建	118	149	203	223	246		100	100	90	120
14.江西	206	263	375	434	455		250	550	430	280
15.山東	919	1,222	1,587	1,722	1,975		1,190	1,600	1,710	1,730
16.河南	536	699	890	922	982		610	370	390	500
17.湖北	291	393	499	537	573		500	560	450	480
18.湖南	299	401	522	533	551		810	670	430	480
19.広東	229	325	427	468	527		370	290	280	350
20.広西	226	285	344	388	458		580	360	300	410
21.四川	1,365	1,695	2,247	2,372	2,577		1,660	1,650	1,200	1,460
22.貴州	349	436	591	632	752		440	450	540	670
23.雲南	351	439	625	644	748		220	320	290	300
24.西藏	1	1	2	3	2					
25.陝西	480	613	850	930	1017		700	590	590	590
26.甘肅	126	176	245	256	271		360	320	300	310
27.青海	28	37	47	54	59		30	30	40	60
28.寧夏	75	95	139	166	215		70	100	100	110
29.新疆	119	147	203	209	210		80	130	110	120
中国計	10,175	22,997	17,259	18,326	19,989		13,710	13,250	12,500	14,120
	推計の対象範囲)・燃料消費によるもの全て 。但し、航空機及び国際 船舶費は、含まない。 ・非金属製錬・硫酸製造					推計の対象範囲)・燃料消費によるもの 内、固定排出源。 (SO2としての推計値				



表7.2-3 アジア各国のNOx排出量推計結果の比較

(単位: 1,000t/年)

国名	本調査研究による推計値					他機関による推計値				
	1975年	1980	1985	1986	1987	1975年	1980	1985	1986	1987
1.中国	3,727	4,907	6,361	6,772	7,371		<1>81 4,401		<1> 7,671	
2.日本	2,329	2,132	1,948	1,901	1,935	<3>1,781	<3> 1,400	<3>83 1,367	<3> 1,176	
3.インド	1,379	1,673	2,312	2,401	2,556				<2> 2,830	
4.インドネシア	331	465	561	600	639				<2> 712	
5.韓国	220	365	464	499	555			<4> 723	<2> 663	<8> 837
6.北朝鮮	325	383	456	468	468				<2> 628	
7.台湾	124	225	261	300	325				<2> 298	<5>88 636
8.タイ	182	255	327	341	384		<6>82 153		<2> 495	
9.パキスタン	101	164	193	201	231				<2> 119	
10.フィリピン	172	184	173	177	184				<2> 202	
11.マレーシア	90	126	167	171	177				<2> 296	<7> 95
12.バングラデシュ	46	58	61	65	66				<2> 25	
13.ベトナム	120	88	95	98	99					
14.香港	51	67	106	119	134				<2> 111	
15.シンガポール	43	67	81	84	88				<2> 166	
16.ネパール	18	21	34	53	50					
17.ミャンマー	38	47	50	53	45					
18.スリランカ	23	31	34	33	37					
19.アフガニスタン	20	22	24	22	30					
20.モンゴル	31	49	66	71	72					
21.ブルネイ	2.0	4.0	8.1	7.7	11.1					
22.カンボジア	8.6	9.3	11.7	12.1	12.3					
23.ラオス	7.9	8.0	8.7	8.9	9.1					
24.モルジブ			0.5	0.6	0.6					
25.マカオ	2.1	2.9	3.7	4.8	5.0					
アジア計	9,388	11,352	13,805	14,462	15,483					
	推計の対象範囲)・燃料消費によるもの全て。但し、国際船舶は、含まない(中国は更に航空機も含まない)。					出典) <1>中国社会統計資料 1987 国家統計局社会統計司編、<2>ACID RAIN IN ASIA:AN ECONOMIC, ENERGY AND EMISSIONS OVERVIEW:by Wesley K. Foell and Collin W. Green:Resource Management Associates of Madison, Inc. University of Wisconsin, Asian Institute of Technology:19 November 1990.<3>OCED ENVIRONMENTAL DATA COMPENDIUM 1991 OECD.<4>韓国環境保護 1986 韓国環境庁、<5>台湾環境白書 <6>THAILAND NATURAL RESOURCES PROFILE: Thailand Development Research Institute,May 1987.<7>Department of Environment, Enviromental Quality Report, 1987 Malaysia.<8>韓国環境庁 韓国環境年鑑 1988.				

表7.2-4 中国国内地域別のNOx排出量推計結果の比較

(単位：1,000t/年)

地域	本調査研究による推計値					中国社会統計資料 1987				
	1975年	1980	1985	1986	1987	1975年	1981	1982	1986	1987
1.北京	167	226	258	268	267		171	154		
2.天津	106	141	151	154	165		49	95		
3.河北	265	353	471	489	514		236	232		
4.山西	175	235	329	358	387		92	168		
5.内蒙古	98	129	173	203	219		110	129		
6.遼寧	329	446	547	546	583		277	368		
7.吉林	151	201	243	248	263		141	171		
8.黒龍江	209	277	351	369	400		304	269		
9.上海	185	255	263	283	298		152	115		
10.江蘇	217	282	403	425	489		231	209		
11.浙江	80	103	161	175	197		86	93		
12.安徽	104	140	198	215	232		388	154		
13.福建	49	61	83	95	111		54	34		
14.江西	73	95	137	150	158		116	80		
15.山東	256	342	451	497	566		249	267		
16.河南	229	300	384	399	428		374	333		
17.湖北	139	181	233	253	271		187	111		
18.湖南	145	183	242	255	269		153	137		
19.広東	114	146	200	223	261		75	119		
20.広西	63	78	96	106	123		104	70		
21.四川	211	267	345	364	396		215	252		
22.貴州	56	73	95	100	116		74	93		
23.雲南	61	77	107	112	132		310	170		
24.西藏	1	2	2	3	3					
25.陝西	94	122	168	181	198		105	96		
26.甘肅	59	77	112	118	123		91	147		
27.青海	19	25	34	38	41		14	16		
28.寧夏	18	23	34	45	56		13	19		
29.新疆	53	68	94	98	105		29	37		
中国計	3,727	4,907	6,361	6,772	7,371		4,401	4,138		
	推計の対象範囲)・燃料消費によるもの全て 。但し、航空機及び国際 船舶は、含まない。					出典) <1>中国社会統計資料 1987 国家 統計局社会統計司編				

これによれば、他機関の推計状況は SOx とほぼ同様であるのでここでは省略するが、アジア地域の NOx 排出量の動態を把握するうえで本推計が有効なものであると言える。

本調査研究による NOx 排出量の推計値と他機関における推計値について比較する。表 7.2-3 の中国の<1> (1981 年)は本推計(1980 年)の 90%となっており、<2>(1986 年)は逆に本推計の 1.1 倍と大きくなっている。

一方、日本の<3>(輸送部門は自動車のみ)は本推計に比べ各年ともに 60~70%の値となっており、第 1 の原因は、<3>が輸送部門では自動車のみであることがあげられるがそれでも小さめになっている。

韓国の<4>、<8>は、本推計に比べ 1.5 倍程度の大きさとなっているが、NOx 排出量の推計に米国 EPA の排出係数が使用されたものによる違いである。台湾の<5>(1980 年)は、本推計(1987 年)に対して 2 倍程度と大きくなっているがその原因は把握できない。恐らく韓国と同じ理由によるものと考えられる。

タイの<6>(1982 年)は、韓国、台湾とは逆に小さくなっており、本推計値(1980 年)に対して 60%の値となっている。マレーシアは、タイと同様、本推計に比べ小さくその値は 54%と約半分になっている。しかしながら、タイ、マレーシアについては、自動車の NOx 排出係数に原因があるものと考えられるが明言できない。

<2>と本推計の比較では、台湾と香港ではよく一致しているが、他は<2>が大きくマレーシア、シンガポールにおいては 2 倍前後の違いとなっている。これらの違いについては、<2>の推計方法が十分明かでないのせ言及することができない。

表 7.2-4 に中国国内の NOx 排出量の推計結果について、本推計値と中国社会統計資料に記載されている推計値を示したが、その違いの大きい地域も多い。本統計資料の推計方法が不明であるので、ここでは実態を示すのみにとどめる。

### (3) CO<sub>2</sub>

表 7.2-5 にアジア地域における各国別の本調査研究による CO<sub>2</sub> 排出量の推計結果と他の機関による推計結果(World Resources 1990-91)を示す。他機関による推計結果は、この外にいくつかあるものと考えられるが現在まで入手した資料を記載した。

これによれば、中国、北朝鮮、フィリピン、ネパール、アフガニスタン、モンゴル、カンボジア、ラオスでは、本推計値とよく一致している。タイ、パキスタン、マレーシア、ミャンマー、スリランカでも比較的一致していると言える。ところが、インド、インドネシア、バングラデシュ、ベトナム、シンガポールでは本推計が小さくなっている。この原因として World Resources が Flaring も対象としているため、石油、天然ガスの採掘、石油精製の多いこれらの国が大きめになったものと考えられる。これとは逆に、日本、韓国では本推計が大きめとなっているがその原因は明言できない。

表7.2-5 アジア各国のCO2排出量推計結果の比較

(単位：1,000t炭素/年)

国名	本調査研究による推計値(植物性燃料除く)					他機関による推計値				
	1975年	1980	1985	1986	1987	1975年	1980	1985	1986	1987
1.中国	317,031	413,480	519,636	550,984	596,205					<1> 596,110
2.日本	271,945	281,165	272,059	269,933	271,786					<1> 247,524
3.インド	70,194	87,268	120,520	123,879	130,507					<1> 154,900
4.インドネシア	11,219	21,194	26,251	28,222	29,888					<1> 34,900
5.韓国	22,990	38,337	47,754	50,023	53,250					<1> 47,700
6.北朝鮮	28,333	33,139	38,324	39,029	39,055					<1> 39,900
7.台湾	11,961	21,422	21,624	24,657	26,337					
8.タイ	7,397	11,034	13,899	14,330	16,679					<1> 15,500
9.パキスタン	6,124	8,700	12,101	12,502	13,759					<1> 14,550
10.フィリピン	8,892	10,259	8,665	8,781	9,164					<1> 9,880
11.マレーシア	5,086	7,311	9,357	9,679	10,052					<1> 11,360
12.バングラデシュ	1,290	1,919	2,355	2,635	2,839					<1> 3,376
13.ベトナム	5,690	4,292	4,574	4,749	4,815					<1> 5,110
14.香港	3,590	5,200	7,539	8,466	9,330					
15.シンガポール	3,521	5,186	6,050	6,261	6,414					<1> 7,821
16.ネパール	95	146	195	186	211					<1> 226
17.ミャンマー	1,145	1,507	1,757	1,934	1,559					<1> 1,489
18.スリランカ	845	1,167	1,083	1,109	1,250					<1> 1,081
19.アフガニスタン	524	424	908	800	1,065					<1> 1,096
20.モンゴル	1,119	1,901	2,456	2,589	2,676					<1> 2,497
21.ブルネイ	134	253	489	482	1,365					
22.カンボジア	20		117	121	121					<1> 120
23.ラオス	70	53	57	58	58					<1> 56
24.モルジブ			19	23	23					
25.マカオ	84	140	202	243	268					
アジア計	799,297	955,492	1,117,990	1,161,673	1,228,676					
	推計の対象範囲)・燃料消費によるもの全て 。但し、国際船舶は、含まない(中国は更に航空機も含まない)。 ・セメント製造に伴うセメント材料					出典) <1>World Resources 1990-91,New York Oxford, Oxford University Press (Source:Carbon Dioxide Information Analysis). 推計の対象範囲) ・燃料消費によるもの。 ・セメント製造に伴うセメント材料 ・Flaringによるもの。				

## 8. まとめ

本調査研究では、石炭、石油、天然ガスなどとともに開発途上国の主要なエネルギー源のひとつである植物性燃料を含め、アジア25ヶ国全域を網羅したエネルギー消費構造を明らかにすることができた。

また、SO<sub>x</sub>排出量推計の基本となる燃料含有硫黄分については、特に中国、インド国内の石炭含有硫黄分について現地におけるヒヤリング(中国:中国統配煤炭総公司等、インド:エネルギー省石炭局)等によりその実態を明らかにすることができた。また、NO<sub>x</sub>の排出係数についても種々の仮定を置きながらも17部門、27燃料に、特に開発途上国の実態に即した設定を行うことができたと考えている。CO<sub>2</sub>の排出係数についても、27燃料別に調査した。これらの成果を踏まえ、アジア25ヶ国及び中国、インド国内のSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出量を部門別、エネルギー源別に1975～'87年の間の動向というかたちで初めて明らかにすることができた。これらの調査研究結果をまとめると次のようになる。

### 1. アジア地域における経済発展とそれに伴うエネルギー消費構造の変化及び環境への影響の実態

#### (1) 世界の中で最もエネルギー需要の伸びが大きく、今後の拡大の可能性が最も高いアジア地域の実状

1975年-'87年において、世界の8地域の中でアジア地域は最も高い経済成長(GDP年平均伸び率5.3%)成しとげ、それに伴い1次エネルギー消費量もGDP弾性値0.7の年平均伸び率3.8%で増加し、'75年の10.4億toe(石油換算トン)から'87年の16.2億toeとなった。その結果、世界に占めるGDPは13%から17%に、1次エネルギー消費量は17%から20%に拡大した。しかしながら、世界人口の57%を占めるアジア地域の1人当りの1次エネルギー消費量は、世界最小の地域であることから、エネルギー需要増加に対する潜在性を有している。

アジア各国別にみると、アジアNIEs諸国、中国、アセアン諸国でアジアの平均GDP成長率を上回る高い経済成長が図られ、1次エネルギー消費の対GDP弾性値も中国、日本等をのぞくこれらの国及び開発途上国では、1.0前後で増加し、1次エネルギー消費の年平均伸び率は、アジアNIEs諸国等で6%以上、中国、インド等で5%台の高い伸びとなった。

また、生活水準(1人当りGDP)の向上に伴って、1人当りエネルギー消費量は、各国とも日本及びシンガポールなどのような経路をたどりながら増加しつつある。

(本文 2., 3.1 参照)

#### (2) 植物性燃料から化石燃料へ、石油から石炭、ガスへの依存体質への変化

一方、本地域は、先進国、アジアNIEs諸国、計画経済圏、開発途上国という経済状況の違い、エネルギー資源の保有状況の違いを反映させながら、2回のオイルショックを経て経済成長が図られるなかで、1次エネルギー源別の消費にいくつかの特徴が現れてきている。

それは、石油消費の増加が鈍化し、石炭、ガス、原子力への依存が増加したことである。特に、石炭の消費量は、1981年には石油の消費量を上回りアジア地域における第1位のエネルギー源となり、1次エネルギー合計に対するシェアは、'75年の37%から'87年の43%に増加し、石炭を第1位のエネルギー源とする世界で唯一の地域となった。また、アジア地域の石炭の消費量は、1984年には、ソ連・東欧の消費量を上回り世界第1位の消費地域となり、1987年には世界の石炭消費量の32%を占めるに至った。また、もうひとつのアジア地域の特徴として、植物性燃料への依存が大きく'87年には、世界の植物性燃料の38%を占めている。

エネルギー源構成の変化を国別にみると、南アジア、東南アジア諸国では、植物性燃料のシェアを減じ化石燃料のシェアが増加しつつある。また、日本、韓国、台湾等では化石燃料のシェアを原子力1次電力(原子力)のシェアが増加しつつある。化石燃料については、石油のシェアを大幅に減じマレーシア、バングラデシュ、

インドネシア等ガスにシフトする国々と、アジア NIEs諸国及び中国等石炭にシフトする国々の両極と日本、タイのように石炭、ガスを指向する国々が表れてきた。特に、中国の石炭消費の増加がアジア地域全体の石炭消費に寄与するウェイトが大きい。

植物性燃料の消費量は、経済水準(1人当り GDP)と強い関係があり、1次エネルギー消費量に占める植物性燃料のシェアは1人当り GDP の増加とともに減少し約 3,000ドル('80P US\$)でほぼゼロとなる。

(本文 2. , 3. 2 参照)

### (3) 経済水準の向上に伴う工業化、電力化を指向するエネルギー利用状態への変化とその形態の東アジア、東南アジア、南アジアへの伝播

最終エネルギー消費部門(産業、輸送、その他の3部門)では、経済水準(1人当り GDP)の向上に伴い、その他部門のエネルギー消費量のシェアを減じ産業部門、さらには輸送部門のシェアを増加しつつある。特に、民生を主体とするその他部門では、経済水準の低い南アジアでそのシェアが最大であり、東南アジア、NIEsの順で工業化とともにそのシェアが低くなり、1人当り GDP が約 8,000ドル('80P US\$)で最低となり、それ以上になると日本、ブルネイのように再び大きくなる。

輸送部門を除き、エネルギー源別消費の傾向は、1次エネルギーと同様植物性燃料から化石燃料へ、化石燃料から電力消費へ経済水準の向上とともに変化しつつある。特に、電力化率(最終エネルギー消費計に占める電力消費量の割合)は、ネパール、ミャンマー、バングラデシュ等では 4%以下と低い水準にあり、南アジアの低所得国、東南アジアのアセアン諸国、アジアNIEs、日本、ブルネイの 20%以上と高くなる。このように生活水準の向上が電力化率の上昇、ひいては発電量の増大に対する需要が大きくなることを見込まれる。特に、年間を通して冷房の必要な東南アジア、南アジアではブルネイにみられるような電力化率の増加指向が、今後のエネルギー需要の大幅な増の可能性を潜在的に示している。

(本文 3. 3 参照)

### (4) エネルギー消費量の増大に伴い進行する大気汚染と遅れる対策

アジア各国の大気汚染は、冬季の暖房を要する中国北部、韓国の都市、未整備車の急増による東南アジア、インド、パキスタンの大都市、産業の活発化と自動車の急増によるNIEs諸国の都市、自動車排ガス規制が実施されているが、それが原因と考えられる大気汚染の進行している日本の大都市があげられる。

比較的、観測の行われているSO<sub>2</sub>濃度についてみると中国、韓国、インド、台湾、香港の都市でWHOのガイドラインを大きく上回っている都市が多い。

特に、中国沿岸部の都市、インドのニューデリーでは、近年急激にSO<sub>2</sub>濃度が高くなり汚染が進行しつつある。

一方、日本、韓国、台湾、中国では、PH4台の酸性雨が出現するようになり、特に中国の貴州省、四川省では深刻な問題となっている。

これらの国では、ばいじん対策が主であり、韓国、台湾は燃料の低硫黄化対策を進行させたが、日本を除くとまだ対策が不十分であり、今後のエネルギー需要の増加に対応して環境対策が増々必要になる。

(本文 4. 参照)

## 2. アジア地域における経済発展段階別にみたエネルギー利用効率

### (1) 開発途上国におけるエネルギー利用効率の高い工業化の推進

アジア各国の経済発展に伴い大幅なエネルギー需要の増大が予想でき、それに基づくエネルギー需給の逼迫はもとより地球環境不可への軽減を図るうえからも効率的なエネルギー利用の推進が必要になる。経済規模とエネルギー利用効率を GDP 当りのエネルギー消費量で示すと、南アジア、東南アジア、NEIs、日本の順に小さくなる傾向を示すように、経済水準(1人当たり GDP)が向上するに従い小さくなる。しかしながら、工業化の過程では、日本、NIEs諸国が経験したように GDP 当りのエネルギー消費量が大きくなる傾向を持ち、開発途上国においてはこれらの経験をもとにエネルギー利用効率の高い工業化を図ることが重要になる。

(本文 3. 1. 2, 3. 1. 3 参照)

### (2) 格差の大きい発電部門のエネルギー効率

発電部門に投入されるエネルギーは、化石燃料のシェアを高めるインド、インドネシア等と水力のシェアを高めるネパール、フィリピン等及び原子力のシェアを高める韓国、台湾、日本があげられ1次エネルギー減別消費と同様に化石燃料のうち石油から、石炭、ガスを指向する国々が現れてきている。

アジア諸国の発電効率は、日本の 40%近い高率に対して 30%以下の国もあり、開発途上国ほど効率が低いことから電力需要の増大に伴いこれらのエネルギー利用の効率を高めることが重要課題となる。また、このことは、発電部門の総合ロス率(自家消費と送電ロスの合計)についても言え、日本、NIEs所国、アセアン諸国、南アジア諸国の順にロス率が大きくなるが、発電効率と同様の効率を高めることが重要課題である。

(本文 3. 3. 1(4), 3. 3. 6(3) 参照)

## 3. アジア地域におけるSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>及びCO<sub>2</sub>排出量の動態

### (1) アジア地域における石炭への依存の増大とエネルギー消費量の増加を上回るSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出量の増加

アジア地域全体のSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出量の年平均伸び率(1975年-‘87年)は、1次エネルギー消費量の年平均伸び率 3.8%を上回るそれぞれ 3.9%、4.3%、3.9%で増加した。1次エネルギー消費量の年平均伸び率を上回る第1の原因は、アジア地域全体として石炭への依存が高まったことによるものである。特に、SO<sub>x</sub>排出量は、日本、韓国、台湾等において環境対策、ガスへの燃料転換を図られたにもかかわらず大きな伸び率となった。これは、石炭の依存を増々高める中国の占める割合が大きく1975-‘87年の1次エネルギー消費量の年平均伸び率 3.8%に対して、SO<sub>x</sub>排出量が 5.9%で増加したことが大きな原因のひとつとしてあげられる。

アジア地域全体のエネルギー源別SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出量は、そのシェアで見ると石炭によるものが 60~70%を占め、1975-‘87年にそのシェアが急増している。これは、アジア地域全体として石炭への依存が増加しているためである。

(本文 6. 1. 3, 6. 2. 3, 6. 3. 3 参照)

### (2) エネルギー供給の多様化における石炭への依存の増大する東アジアの地球環境負荷と植物性燃料、天然ガスへの依存の大きい南アジア、東南アジアの地球環境負荷

2回のオイルショックを経て、エネルギーの安定的供給を図るうえからも、石油を主体としたエネルギー利用からエネルギーの多様化が各国とも重要な施策としてあげられている。中国及び韓国、台湾、香港等の東アジア諸国では地球環境負荷の大きい石炭への依存が増大し、バングラデシュ、ミャンマー、インドネシア、マレーシア、ネパール等の南アジア、東南アジア諸国では環境負荷の相対的に小さい植物性燃料、天然ガスへの依

存が大きいという地域的な傾向を示している。特に、これらは、1次エネルギー消費合計当りのSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出量の格差に大きな影響をもたらしている。

(本文 3. 2, 6. 1. 2, 6. 2. 2, 6. 3. 2, 6. 1. 5, 6. 2. 5, 6. 3. 5 参照)

### (3) 東アジアに偏在するSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出量と増加率の高い中国、インド内陸部

アジア地域全体のSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出量のうち、中国、日本、インド、韓国等の上位6ヶ国でSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>ともに約 90%を占める排出量である。特に中国が大きく、1975年以降そのシェアを拡大し、'87年にはSO<sub>x</sub>が69%、NO<sub>x</sub>が48%、CO<sub>2</sub>が49%を占めるに至っている。

また、中国、インドの地域別を含むアジア全域の単位面積当りのSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出量(1985、'87年)は東アジア、NIEs諸国で高くなっており、その排出量の高い領域が経年的に拡大している。

また、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出量の年平均伸び率(1975年-'87年)は、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出量ともに産業活動を反映し中国沿岸及び電力化を図るため内陸部に立地する発電所等の影響により、インド中央部、中国内陸部で高い。

(本文 6. 1. 2, 6. 2. 2, 6. 3. 2 参照)

### (4) 電力化に伴い増大する発電部門のSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出量

アジア地域全体の部門別SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出量は、そのシェアで見ると発電部門で増加し、産業部門で低下しつつある。この2部門でSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出量とともに 60~70%のシェアを占める。NO<sub>x</sub>排出量については輸送部門も比較的多くNO<sub>x</sub>全体の約 25%を占める。今後の電力化が進行するなかでの部門別排出量をみるうえで、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>ともに発電部門の寄与が大きくなる。また、NO<sub>x</sub>については、輸送部門についても自動車の保有に伴って大きく増大していくものと見込まれる。

(本文 6. 1. 4, 6. 2. 4, 6. 3. 4 参照)

### (5) 世界で最も高いと見込まれるアジア地域における植物性燃料依存

世界の8地域別にみた植物性燃料の消費量はアジア地域が最大であり、特に南アジア、東南アジア諸国において植物性燃料への依存が高い。植物性燃料はその消費においてCO<sub>2</sub>を排出するが、森林を破壊しない範囲の利用においては、CO<sub>2</sub>が再固定される考え方に立脚できる。しかしながら、経済水準の向上とともに化石燃料への依存を高める傾向を示している。

(本文 6. 3. 3, 6. 3. 5 参照)

## 4. 経済発展段階とSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出量の関係

アジア地域では、特に開発途上国では経済成長と共にエネルギー消費量が増大しSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出量が増加しつつある。GDP当りのSO<sub>x</sub>排出量と経済水準(1人当りGDP)との関係について、アジア各国の動態をみると、1人当りGDPが大きくなるにつれてGDP当りの排出量が大きくなる。1人当りGDPが1,000~2,000ドルで最大となり、さらに1人当りGDPが大きくなると低下の傾向を持つ。この理由として、経済水準の向上とともに植物性燃料から化石燃料への依存の増加があげられる。また、GDP当りのNO<sub>x</sub>排出量と経済水準の関係は、1人当りGDPが増加するに従いGDP当りのNO<sub>x</sub>排出量が減少する傾向をもつ。また、CO<sub>2</sub>

についてみると、1人当りGDPが増加するに従い植物性燃料からの排出を含む場合には、NO<sub>x</sub>と同じ傾向をとりGDP当りのCO<sub>2</sub>排出量は減少し、植物性燃料からの排出を除いた場合には、SO<sub>x</sub>と同じ傾向をとり、1人当りGDPが1,000~2,000ドルで最大となる。



GDP当りのSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>の排出量がともに経済水準の向上段階における工業化の過程で、GDP当りのエネルギー消費量と同様にGDP当りの排出量が1時的に増大する傾向をもち、開発途上国が工業化を図るうえで、環境への配慮が必要である。

さらに、工業化の進展している国についてみると、SO<sub>x</sub>については、日本、韓国、台湾等で、また、NO<sub>x</sub>については日本で環境対策による低減対策が図られ、GDP 当りの排出量の低減効果に大きく反映されている。

(本文 6. 1. 6, 6. 2. 6, 6. 3. 6 参照)

## 9. 今後の課題について

### 1. エネルギー関連データの整備

#### (1) 特に、開発途上国のエネルギーデータの整備の必要性

エネルギー利用に伴う地球環境対策を行う上からも、特に、開発途上国について信頼性が高くかつ業種別まで明らかにしたエネルギーデータの整備が必要である。このことにより環境対策の立案はもとより、業種別の国際的な省エネルギー等の技術移転等が進行しやすくなる。

#### (2) 地球環境保全からみた燃料性状のデータベース化の必要性

従来のエネルギーデータは、需給バランスに資することを主目的にした燃料の性状(例えば発熱量)が第1に考えられていたが、地球環境の保全という立場から燃料含有の硫黄分、窒素分、炭素分の燃料産地別のデータベース化を図る必要がある。

### 2. エネルギー、環境制約下におけるアジア地域に即した技術進歩の必要性

アジア地域では、今後のエネルギー需要の増大とともに、植物性燃料から化石燃料への依存が高まるなかで、エネルギーと環境の制約が増大することが見込まれる。

特に、エネルギー制約のもとで長期的にみた場合、化石燃料のうち環境負荷の大きい石炭への依存が、世界の他の地域に先じて益々、増大するものと考えざるをえない。このような条件下において、アジアの特質をより見きわめたエネルギー制約、環境制約のもとで技術進歩を図る必要がある。

#### (1) 地域の実状に即したエネルギー利用と環境対策の技術開発の推進

今後のエネルギー需給の逼迫及び地球環境保全の必要性から、各国の実状に対応した石炭、石油、ガス、水力、原子力、新エネルギー等のエネルギー利用と各国の実状に即した先進国の主導による環境保全のための一層の技術開発の推進が必要である。

#### (2) 地球環境保全対策として特に必要な電力化に伴う発電部門

アジア地域では、地球環境負荷の大きい石炭の需要が今後増々増大することが見込まれるが、これに対する抜本的な環境へ考慮した対策が必要である。特に、電力化の進行とともに発電部門からの地球環境物質の排出量が急増しているが、この部門の特に、石炭使用における環境対策が最重要課題となる。

#### (3) エネルギー利用効率向上の必要性

開発途上国の経済発展過程における工業化を図るなかで、特にエネルギー利用効率の向上を図る必要がある。また、開発途上国においては、発電部門のエネルギー効率(発電効率、ロス率)が著しく低い、電力化が急速に進んでいる現状からこの効率の向上が最重要の課題となる。

#### (4) 低コストの環境対策の技術進歩の必要性

中国やインドでの石炭利用が一層増加して国内の汚染だけでなく、地球の酸性化、温暖化への影響も増大する可能性が高いが、中国やインドの現状では国民1人当りのGDPが少なく、環境対策に十分な費用までにはなっていない実状にある。これらの国に最も適した便益の高い環境対策のあり方の探求が重要である。

(5) エネルギー効率を高めるためのトータルシステム構築の必要性

中国の発電所からの都市への熱供給がみられるように、気候、地理的条件に即した地域としてトータルなエネルギー効率を高めるシステムの構築が必要である。

(6) 植物性燃料の再評価の必要性

アジア地域は世界でも植物性燃料の消費量の最も多い地域であり、経済水準の向上に伴う化石燃料への依存の高まりに対応しつつ、森林保全への配慮を前提とした植物性燃料の利用方法が必要である。

3. 地球環境保全を考慮したアジア地域におけるグローバルな土地利用計画と国際的な協力体制の必要性

地球規模の環境対策を検討するうえで、世界の地域別または国別の検討だけでなく今回の調査研究の中国、インド国内の地域別で試みたように、詳細な地域別の積み上げの検討が必要である。これらを踏まえ、地球環境保全を図るうえでのアジア地域全体の土地利用計画の視点とそれを実行する国際的な協力体制の整備が必要になる。