

産業連関表による  
**環境負荷原単位データブック (3EID)**

—LCAのインベントリデータとして—

**Embodied Energy and Emission Intensity Data for Japan**  
**Using Input-Output Tables (3EID)**

—Inventory Data for LCA—



著 者：南齋 規介，森口 祐一，東野 達  
By Keisuke Nansai, Yuichi Moriguchi & Susumu Tohno



地球環境研究センター  
Center for Global Environmental Research



独立行政法人 国立環境研究所  
National Institute for Environmental Studies, Japan

Copyright © 2002 by National Institute for Environmental Studies (**NIES**),  
16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-8506, Japan

National Phone: 029-850-2349 FAX: 029-858-2645  
International Phone: (+81) 29-850-2349 FAX: (+81) 29-858-2645  
e-mail: cgerdb@nies.go.jp  
Visit our Home Page on <http://www-cger.nies.go.jp/>

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, scanning or otherwise, without permission in writing from **NIES**.

Printed in Japan.

**Embodied Energy and Emission Intensity Data for Japan**  
**Using Input-Output Tables (3EID)**

*-Inventory Data for LCA-*

Keisuke Nansai, Yuichi Moriguchi & Susumu Tohno\*

*National Institute for Environmental Studies*

*\*Graduate School of Energy Science, Kyoto University*

*JAPAN*

2002



# Foreword

One of the functions of the Center for Global Environmental Research (CGER) is to provide data and information on the global environment to researchers, as well as to administrators worldwide. CGER has issued various publications since its establishment in 1990 for the purpose of disseminating the latest knowledge on the global environment.

Drafting measures to reduce CO<sub>2</sub> emissions is important to Japan in the context of international agreements like the UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) and the Kyoto Protocol on the global warming problem. We have also domestic regional environmental problems to solve; we therefore need to devise environmental policies and technical measures to cope with both global and regional issues.

This data book, "Embodied Energy and Emission Intensity Data for Japan Using Input-Output Tables: Inventory Data for LCA" is a compilation of energy consumption, CO<sub>2</sub> and air pollutant emission intensities by different economic activity sectors in Japan. This data can be utilized to not only to make quantitative assessments of the CO<sub>2</sub> reduction effects of countermeasures, but also to calculate the associated changes in levels of air pollutant emissions. Today, in response to international standardization for environmental management, as defined by ISO (the International Standardization Organization), interest in Life Cycle Assessment (LCA) has been growing. This data is also expected to be used as life cycle inventory data for LCA.

I hope this data book will be of use to researchers in related fields and to members of the public who are interested in global and regional environmental issues and LCA.

March 2002



Gen Inoue  
Director

Center for Global Environmental Research  
National Institute for Environmental Studies



# Preface

Stored at the National Institute for Environmental Studies (NIES) are data obtained during studies on structural analysis of CO<sub>2</sub> emissions and life cycle inventory analyses. Their results for the period from 1975 to 1990 have been compiled as "Carbon Dioxide Emission Intensity Based on Input-Output Analysis" (Kondo et al., 1997), published by CGER in 1997. Since then, NIES has been collaborating with the Graduate School of Energy Sciences at Kyoto University in applying the data to LCA case studies and adding data on emissions of nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) and sulfur oxides (SO<sub>x</sub>) to the intensity database.

After the release of the "*1995 Input-Output Tables*" (MCAG, 1999) in May 1999 in Japan, the energy consumption and CO<sub>2</sub> emission intensities for 1995 were compiled and entitled "Energy Consumption and Carbon Dioxide Emission Intensities Based on Input-Output Analysis: '95 (β Edition)", and provisionally opened to the public via a website at Kyoto University. Since then, we have endeavored to improve the quality of the database, taking into account the results of questionnaire surveys and extensive dialogues with its users.

The data on embodied environmental burden intensities were calculated for emissions of major air pollutants (NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, and suspended particulate matter [SPM]), in addition to CO<sub>2</sub> emissions and energy consumption, and compiled as a data book entitled "Embodied Energy and Emission Intensity Data for Japan Using Input-Output Tables (3EID)" and as electronically accessible data on a CD-ROM. The main improvements in this publication over the β Edition are more accurate estimates of fuel consumption, and changes in calorific value and CO<sub>2</sub> emission factors for individual fuels, etc., in addition to air pollutant emission intensity. Moreover, this data book also includes the intensities from the "*1990 Input-Output Tables*" (MCAG, 1994), recalculated in the same way as in 3EID, to allow users to make comparisons.

The estimation process for intensities is open to users to the maximum extent possible: we believe that data transparency is important for distribution and improvement of the database. We hope the data in **3EID** will be of practical use as one of the useful **InDexes** in the areas of **E**nergy, **E**conomics, and **E**nvironmental (**3E**) studies.

March 2002



Keisuke Nansai  
Yuichi Moriguchi  
Susumu Tohno

Authors





# Contents

**Foreword**

**Preface**

## *Chapter 1*

### **INTRODUCTION AND OVERVIEW OF INPUT-OUTPUT ANALYSIS ..... 1**

1.1	Utilization of Input-Output Tables in Environmental Analysis.....	1
1.2	Utilization of Input-Output Tables in Inventory Analysis of LCA.....	2
1.2.1	Relationship between Input-Output Analysis and Inventory Analysis.....	2
1.2.2	Utilization of Embodied Environmental Burden Intensity from Input-Output Tables in Inventory Analysis.....	2
1.3	Calculation Method of Embodied Intensity Based on Input-Output Analysis.....	4
1.3.1	Embodied Intensity Based on Producer Price.....	4
1.3.2	Embodied Intensity Based on Purchaser Price.....	5

## *Chapter 2*

### **ESTIMATION OF SECTORAL FUEL CONSUMPTION IN JAPAN ..... 7**

2.1	Calculation Process for Embodied Energy and Emission Intensity.....	7
2.2	Sector Consolidation.....	10
2.3	Estimation of Coal-Based Fuel Consumption.....	10
2.3.1	Coking Coal.....	10
2.3.2	Steam Coal, Lignite and Anthracite.....	12
2.3.3	Coke.....	12
2.3.4	Coke Oven Gas (COG).....	13
2.3.5	Blast Furnace Gas (BFG).....	13
2.3.6	Linz Donawitz Gas (LDG).....	14
2.4	Estimation of Petroleum-Based Fuel Consumption.....	14
2.4.1	Crude Oil.....	14
2.4.2	Fuel Oil A.....	14
2.4.3	Fuel Oils B and C.....	14
2.4.4	Kerosene.....	16
2.4.5	Diesel Oil.....	16
2.4.6	Gasoline.....	16
2.4.7	Jet Fuel.....	16
2.4.8	Naphtha.....	17
2.4.9	Petroleum-based Hydrocarbon Gas.....	18
2.4.10	Hydrocarbon Oil.....	18
2.4.11	Petroleum Coke.....	18
2.4.12	Liquefied Petroleum Gas (LPG).....	18

2.5	Estimation of Natural Gas-Based Fuel Consumption .....	19
2.5.1	Natural Gas and Liquefied Natural Gas (LNG).....	19
2.5.2	Mains Gas.....	19
2.6	Estimation of Other Fuel Consumption .....	19
2.6.1	Black Liquor and Waste Wood .....	19
2.6.2	Waste Tires.....	19
2.6.3	Municipal Waste .....	20
2.6.4	Industrial Waste .....	20

## Chapter 3

### ESTIMATION OF DIRECT ENERGY CONSUMPTION AND AIR POLLUTANT EMISSIONS .....21

3.1	Definition of the Net Contribution Rate.....	21
3.1.1	For Energy Conversion.....	21
3.1.2	For Raw Materials.....	22
3.2	Estimation of Energy Consumption.....	22
3.2.1	Energy Supply from Non-Thermal Power Generation .....	22
3.2.2	Energy Consumption by Sector.....	22
3.3	Estimation of CO <sub>2</sub> Emissions .....	23
3.3.1	CO <sub>2</sub> Emission Factor .....	23
3.3.2	Limestone .....	25
3.3.3	Allocation of Method of CO <sub>2</sub> Emitted by Cascade Energy Consumption in the Iron and Steel Production .....	26
3.4	Estimation of NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> and SPM Emissions from Stationary Sources.....	29
3.4.1	Emission Factor of Stationary Sources .....	29
3.4.2	Electric Power Consumption by Electric Furnaces.....	31
3.4.3	Metal Ores .....	32
3.4.4	Open Burning of Waste Agricultural Biomass.....	33
3.5	Estimation of NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> and SPM Emissions from Mobile Sources .....	33
3.5.1	Emissions from Automobiles .....	33
3.5.2	SPM Emissions Originating from Tire Wear .....	38
3.5.3	Emissions from Shipping, Trains and Aircraft.....	39
3.5.4	Emissions from Agricultural Machinery and Construction Machinery.....	39

## Chapter 4

### SECTORAL ENVIRONMENTAL BURDEN AND EMBODIED INTENSITY .....41

4.1	Energy Consumption and Air Pollutant Emissions for Each Sector .....	41
4.1.1	Energy Consumption .....	41
4.1.2	CO <sub>2</sub> Emissions.....	42
4.1.3	NO <sub>x</sub> Emissions.....	42

4.1.4	SO <sub>x</sub> Emissions .....	42
4.1.5	SPM Emissions .....	42
4.2	Technical Problems with Estimation of Energy Consumption .....	49
4.3	Table of Embodied Energy and Emission Intensity .....	50

## Chapter 5

<b>COMPOSITION OF THE DATA FILE .....</b>	<b>51</b>
5.1 Starting 3EID CD-ROM .....	51
5.2 Data File Names and the Composition of the Directory .....	52
5.3 Composition of Embodied Intensity Data Files (Producer Price) .....	54
5.3.1 Worksheet A .....	55
5.3.2 Worksheet B .....	56
5.3.3 Worksheets C1-C5 .....	56
5.3.4 Worksheets D1-D5 .....	57
5.3.5 Worksheets E1-E5 .....	58
5.4 The Composition of Breakdown Data Files .....	59
5.4.1 Worksheets F1 and F2 .....	61
5.4.2 Worksheet G .....	61
5.4.3 Worksheets H1 and H2 .....	61
5.4.4 Worksheet I .....	62
5.5 Composition of Embodied Intensity Data Files (Consumer Price) .....	62
5.5.1 Worksheet J .....	63
5.5.2 Worksheets K1-K5 .....	63
5.5.3 Worksheet L .....	63
5.5.4 Worksheets M1-M5 .....	64
5.6 Appendix File .....	64
<b>ACKNOWLEDGMENTS .....</b>	<b>65</b>
<b>REFERENCES .....</b>	<b>67</b>



# List of Tables and Figures

## <Tables>

Table 2-1 Specially consolidated sectors and corresponding sectors on basic sector classification .....	10
Table 2-2 Comparison of consumption of coking coal among different statistics .....	11
Table 2-3 Comparison of consumption of coal (coking coal, steam coal and others).....	11
Table 2-4 Comparison of consumption of steam coal among different statistics.....	12
Table 2-5 Coke consumption in the "Pig iron" sector .....	13
Table 2-6 Waste tire consumption as fuel .....	20
Table 3-1 Fuels used for energy conversion and their consumption sectors.....	22
Table 3-2 Fuels used for raw materials and their consumption sectors.....	22
Table 3-3 Calorific value by fuel type and other resources .....	23
Table 3-4 CO <sub>2</sub> emission factor by fuel type and other resources.....	25
Table 3-5 Correspondence between use of lime and slaked lime and sectors in the Input-Output Tables .....	26
Table 3-6 Correspondence of fuels and resources between 3EID and the MRI report .....	31
Table 3-7 Electric power consumptions for electric furnaces in the iron and steel industry in each statistic.....	32
Table 3-8 Electric power consumptions related to NO <sub>x</sub> emission in the automobile manufacturing sectors .....	32
Table 3-9 Consumptions of non-ferrous metal ores in metal refinery sectors .....	33
Table 3-10 Incineration of straw and chaff .....	33
Table 3-11 Percentage of range of traveling speed by vehicle type .....	35
Table 3-12 Traveling distances of diesel-powered vehicles by vehicle type and range of traveling speed.....	35
Table 3-13 Traveling distances of gasoline-powered vehicles by vehicle type and range of traveling speed.....	36
Table 3-14 Traveling distance of LPG-powered vehicles by vehicle type and range of traveling speed.....	36
Table 3-15 NO <sub>x</sub> emission factors for diesel-powered vehicles by vehicle type and range of traveling speed.....	37
Table 3-16 NO <sub>x</sub> emission factors for gasoline-powered vehicles by vehicle type and range of traveling speed.....	37
Table 3-17 NO <sub>x</sub> emission factors for LPG-powered vehicles by vehicle type and range of traveling speed .....	37
Table 3-18 SPM emission factors for diesel-powered vehicles by vehicle type and range of traveling speed.....	37
Table 3-19 SPM emission factors for gasoline- and LPG-powered vehicles by vehicle type .....	38
Table 3-20 Temporal emission factors for NO <sub>x</sub> and SPM by 3 types of vehicle.....	38
Table 3-21 SO <sub>x</sub> emission factors for mobile sources by fuel type.....	38
Table 3-22 SPM emission factors for tire wearing by vehicle type .....	38
Table 3-23 NO <sub>x</sub> and SPM emission factors for shipping.....	39
Table 3-24 NO <sub>x</sub> and SPM emission factors for train and aircraft .....	39
Table 3-25 NO <sub>x</sub> and SPM emission factors for agricultural and construction machinery .....	39
Table 4-1 Difference in by-produced gas fuel consumption between 3EID and MAP investigation .....	49
Table 5-1 Data entered in each Worksheet in embodied intensity data files .....	55
Table 5-2 Fuels and resources counted as direct environmental burden .....	59

## <Figures>

Fig. 2-1 Calculation process for embodied energy and emission intensity in each sector .....	9
Fig. 2-2 Fuel oils B and C included in the "Ocean transport" sector .....	15
Fig. 2-3 Jet Fuel included in the "Air transport" sector .....	17
Fig. 3-1 Energy and carbon flow in steel production processes .....	28
Fig. 3-2 Estimation process for NO <sub>x</sub> and SPM emissions from automobiles .....	34
Fig. 4-1 Direct energy consumptions for each sector and its breakdown by fuel type .....	44

Fig. 4-2 Sectoral contribution of induced energy consumption by final demand .....	44
Fig. 4-3 Direct CO <sub>2</sub> emissions for each sector and its breakdown by fuel type .....	45
Fig. 4-4 Sectoral contribution of induced CO <sub>2</sub> emission by final demand .....	45
Fig. 4-5 Direct NO <sub>x</sub> emissions for each sector and its breakdown by fuel type .....	46
Fig. 4-6 Sectoral contribution of induced NO <sub>x</sub> emission by final demand .....	46
Fig. 4-7 Direct SO <sub>x</sub> emissions for each sector and its breakdown by fuel type .....	47
Fig. 4-8 Sectoral contribution of induced SO <sub>x</sub> emission by final demand .....	47
Fig. 4-9 Direct SPM emissions for each sector and its breakdown by fuel type .....	48
Fig. 4-10 Sectoral contribution of induced SPM emission by final demand .....	48
Fig. 5-1 3EID CD-ROM startup screen .....	51
Fig. 5-2 Menu selection page in English .....	51
Fig. 5-3 Selection page of data files .....	52
Fig. 5-4 Selection page of embodied intensity data files .....	52
Fig. 5-5 Nomenclature of data files .....	53
Fig. 5-6 Directory composition of 3EID CD-ROM .....	54
Fig. 5-7 Composition of Worksheets in embodied intensity data files (producer's price basis) .....	55
Fig. 5-8 Data format in Worksheet A .....	56
Fig. 5-9 Data format in Worksheet B .....	56
Fig. 5-10 Data format in Worksheet C (example of C1) .....	57
Fig. 5-11 Data format in Worksheet C (example of C3) .....	57
Fig. 5-12 Data format in Worksheet D1 .....	57
Fig. 5-13 Data format in Worksheet D3 .....	58
Fig. 5-14 Data format in Worksheet E1 .....	58
Fig. 5-15 Selection page of breakdown data files .....	60
Fig. 5-16 Composition of Worksheets in breakdown data file .....	60
Fig. 5-17 Composition of Worksheet F1 (example of embodied energy intensity) .....	61
Fig. 5-18 Data format in Worksheet G (example of embodied energy intensity) .....	61
Fig. 5-19 Composition of Worksheets in embodied intensity data files (consumer price basis) .....	62
Fig. 5-20 Data format in Worksheet J .....	63
Fig. 5-21 Data format in Worksheet K (example of embodied energy intensity) .....	63

# Chapter 1

## INTRODUCTION AND OVERVIEW OF INPUT-OUTPUT ANALYSIS

### 1.1 Utilization of Input-Output Tables in Environmental Analysis

In input-output tables, which were originated by Wassily Leontief, the 1973 Nobel laureate in economics, exchanges of goods and services among industrial sectors are presented in matrix form. Most of the actually available tables are specified in money units. Energy and resource flows among industries can be analyzed on the assumption that goods are transferred in direct proportion to their monetary value. Input-output tables have been frequently applied to the analyses of environmental issues (e.g. Hondo et al., 1998, 2002, Asakura et al., 2001), including attempts by Leontief (e.g. Leontief, 1970) himself.

If we extend input-output tables in physical units to cover input from the natural environment to industry (extraction of natural resources) and output from industry to the natural environment (discharge of wastes and pollutants) as well as transactions among industrial sectors, the input-output approach can be applied to a much wider area of environmental issues. At present in Germany, the Federal Statistical Office prepares input-output tables in physical units (Stahmer et al., 1997). In the field of environmental economics, this approach is termed the "metabolic approach". This is an attempt to describe the interaction with the natural environment as a metabolic process in the framework of economic analysis. Material flows between the natural environment and economic activities are not accurately described by traditional economic analysis, although they generate external costs as a result of environmental pollution.

The method for calculating energy consumption to produce a final product, including indirect consumption by upstream industries such as the component and material industries, is known as energy analysis. In Japan, studies of energy analysis were extensively performed around 1980 (Resource Council, 1979, Kaya, 1980, Japan Resources Association, 1994), and since then, analyses have been conducted for a wide range of economic processes. From the early stage of the analysis, the methodology of applying an input-output approach to calculate production induced by final demand has been used. This methodology has been applied to environmental analysis (Moriguchi et al., 1998). In recent years, this method has been frequently used in Life Cycle Assessment (LCA), and various analyses have been conducted on energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions, which are comparatively easy to estimate. In the area of LCA, a catalog tabulating environmental burdens throughout the life cycle of a product, process or activity under consideration is called Life Cycle Inventory, and takes the form of a table summing up microscopic resource inputs and waste outputs. This clearly is a type of "input-output table". As described below, input-output analysis came to be applied to inventory analysis of LCA on the grounds of their similarity.

"Life Cycle Thinking", aiming at evaluating not only direct environmental burdens associated with economic activity, but indirectly- and/or induced burdens, is an essential viewpoint when we try to analyze the circulation of resources and wastes throughout the economy. In other words, analytical methods that take into account "indirect and/or inducement" effects are needed to conduct a comprehensive analysis of the relationship between overall economic activity and environmental issues as well as to carry out product LCA in the narrow sense. These methods share common ground with the disciplines of engineering and

economics. Combining analytical methods from both these disciplines can create a powerful tool for environmental system analysis.

## 1.2 Utilization of Input-Output Tables in Inventory Analysis of LCA

### 1.2.1 Relationship between Input-Output Analysis and Inventory Analysis

In inventory analysis of LCA, first, a flow diagram is drawn to describe the processes that constitute the life cycle of the products under consideration. Then the input/output of each process is investigated. Here, input indicates elements put into the process, including resources, materials and components; and output indicates elements produced/discharged from the process, including products, by-products, pollutants, and wastes. Both input and output include relevant elements transferred directly from/to the environment and from/to other processes (e.g. other establishments or industries). It is one of the characteristics of LCA that every element transferred indirectly from/to the environment can be quantified by tracing the upstream and/or downstream flows from/to other processes.

Applying the input-output approach to inventory analysis in LCA has to be carried out with two principles in mind.

One is that input-output tables provide input and output data on inventory without modification or with minimal processing. Conventional input-output tables are accompanied by another set of tables, called "*Tables of Values and Quantities*" that describe the input to each sector in the form of quantities of key materials, including energy products such as petrochemical products and electricity, as well as chemical feedstock and steel products. Since the total production for each commodity is also reported as a physical amount, we can, in principle, obtain material input per unit production by each sector. In particular, fuel consumption data is useful in estimating air emissions by multiplying them by emission coefficients. However, there are several problems with the data quality in the Tables of Values and Quantities; therefore, numerous corrections and additions using other, different statistical tables are made before using them as inventory data.

The other is that the essence of life cycle inventory analysis is embedded in the input-output tables in themselves. The process analysis method requires detailed input and output data for individual processes, while input-output tables include all groups of processes or industry sectors relevant to economic activities, indicating that the required data have been prepared beforehand. In input-output analysis, this is done in a single step of "multiplying by inverse matrix", which is mathematically identical to the summing up indirect input/output traced back a step to step.

### 1.2.2 Utilization of Embodied Environmental Burden Intensity from Input-Output Tables in Inventory Analysis

Embodied environmental burden intensity (embodied intensity) obtained from input-output tables shows direct and indirect environmental burdens linked to unit production activity of goods. In general, the embodied intensity is expressed per standard monetary unit (one million yen); and re-dividing it by the unit price leads to the embodied intensity per unit quantity. The unit prices of many items are listed in the "*Table of Domestic Products by Sector and Commodity*" attached to the input-output tables. One sector often includes multiple commodities. The application of a unit price to obtain quantity implies that environmental burden associated with production in a certain sector is generated in proportion to the production cost in that sector.

Allocation of environmental burdens in proportion to monetary value is implicitly conducted even in the



general calculation process of input-output analysis. This is closely related to the so-called "allocation problem" of LCA. A single process often produces multiple commodities (joint production). The question is how to allocate resource inputs and burden outputs to each product when dealing with processes that have co-products. Similar problems arise in many other cases, such as in the simultaneous treatment of many different kinds of wastes, in the utilization of by-products, and in recycling processes. This is an allocation problem, and allocation by physical amount (e.g. mass) or economic value is proposed as a solution. Differences in allocation methods are one of the factors that affect embodied intensities (Moriguchi et al., 1998).

Embodied intensity per amount of money obtained from input-output tables can be used to estimate the environmental burden of a facility by multiplying the prices in a bill for facility construction by embodied intensity. In this case, it should be noticed that there are two different types of prices in input-output tables: the market shipment price of the sector that has produced the relevant item (the producer price) and the price plus domestic transportation charges and trade margins (the purchaser price). Most calculated embodied intensities are expressed on the basis of producer price; all others are expressed on the basis of purchaser price. In the case of purchaser price, the purchaser under consideration should be specified, since embodied intensity per purchase price varies according to purchaser.

The data from input-output tables comprises one useful data source, since satisfactory inventory data acquired by the process analysis method has not yet been prepared and published. In particular, these data are very significant, since all products and services are covered. However, it should be recognized that there are limitations to the application of data from input-output tables.

The chief drawback with Japanese input-output tables (the Input-Output Tables) is that all commodities and services are classified into a very limited 400 or so categories. Therefore, one category contains many different products. Individual sectors are provided for typical materials, including steel, glass, resin, and paper, but a large number of different manufacturers produce these materials, and they consist of an immense number of different types and qualities of products. Therefore, input-output analysis provides only an average value. When it comes to more highly processed products, such as machinery, very different types of products are lumped together in one sector. Typically, the "Other electric household machines and equipment" sector includes a wide range of products, such as microwave ovens, air conditioners, washing machines, refrigerators, and vacuum cleaners. In this case, it is obvious that multiplying the price of each product by the intensity per price in this sector will provide only a very rough estimate.

One increasingly common approach to overcoming these problems with input-output tables is to use a method that combines the process analysis method and input-output analysis, called the "hybrid method". With this method, inventory items directly related to the production process of the target products, such as energy consumption and emissions during the process, are investigated on-site. The composition of primary materials purchased directly from other industries is also investigated in detail. The environmental loads are then estimated by multiplying their price with the corresponding embodied intensities obtained from input-output analysis. For major contributing items, of course, the process analysis method may be used by tracing back to the primary material purchased. This method makes comparison possible for material substitutions or design changes to a product, which fits in with the intended purpose of LCA.

On the other hand, there are several studies, in which components of products and equipment are categorized into materials such as steel, glass, and plastic: the environmental loads are then determined by multiplying their weights with the embodied intensities per unit weight respectively and finally summed. This method carries the risk that the "yield" of used materials, and the environmental burden imposed during the processing of the materials or in setting up on-site may be overlooked. In such cases, a method is proposed in which environmental burdens imposed during the production of materials and subsequent

processing are calculated using the input-output tables for similar products. The calculated results are then used to correct the burden values of the product to be studied (Shiozaki et al., 1996).

Adopting either detailed data for directly concerned items obtained via the process analysis method or extended data obtained from input-output analysis as necessary will make inventory analysis much easier.

### 1.3 Calculation Method of Embodied Intensity Based on Input-Output Analysis

As described above, some embodied intensities can be obtained using producer prices in input-output tables, and others are obtained using purchaser prices. The producer price is based on the 'factory gate' value of a product, whereas purchaser price is based on the sum of producer price, domestic transportation charges, and trade margins. We will describe our calculation methods for these two different sets of embodied intensities based on input-output tables as follows.

#### 1.3.1 Embodied Intensity Based on Producer Price

The treatment of imports in the input-output tables has a significant effect on the basic input-output model, regardless of whether it is based on producer price or purchaser price. If the environmental burdens related to the production of imported products are assumed to be identical to those of the same domestic products, the total environmental burden generated by processes in sector  $j$  is the sum of the direct and indirect burdens from intermediate demands which satisfy the following equation:

$$e_1 x_{1,j} + e_2 x_{2,j} + \cdots + e_k x_{k,j} + \cdots + e_n x_{n,j} + D_j = e_j X_j, \quad (1-1)$$

where  $e_j$  indicates environmental burden in sector  $j$ , generated directly or indirectly per unit production (million yen - producer price), or embodied intensity (amount of burden/million yen - producer price);  $X_j$  indicates domestic production of sector  $j$  (producer price);  $D_j$  indicates direct environmental burden generated by activities in sector  $j$ , which will be estimated in Chapter 2; and  $x_{ij}$  indicates input quantity (producer price) from sector  $i$  into sector  $j$ .

Dividing both sides of Equation (1-1) by  $X_j$ , and using input coefficient  $a_{ij}$  and direct burden per unit production  $d_j$  gives us Equation (1-2):

$$a_{1,j} e_1 + a_{2,j} e_2 + \cdots + a_{k,j} e_k + \cdots + a_{n,j} e_n + d_j = e_j, \quad (1-2)$$

where,

$$a_{i,j} = x_{i,j} / X_j, \quad (1-3)$$

$$d_j = D_j / X_j. \quad (1-4)$$

Expressing these with vector and matrix for sector  $j = 1, \dots, n$  gives us Equation (1-5),

$$(e_1 \ e_2 \ \cdots \ e_n) \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix} + (d_1 \ d_2 \ \cdots \ d_n) = (e_1 \ e_2 \ \cdots \ e_n). \quad (1-5)$$

Then, expressing Equation (1-5) with embodied intensity vector  $\mathbf{e}$ , direct burden per unit production  $\mathbf{d}$ , and input coefficient matrix  $\mathbf{A}$  in Equations (1-6), (1-7), and (1-8), respectively, gives us Equation (1-9):

$$\mathbf{e} = (e_1 \ e_2 \ \cdots \ e_n), \quad (1-6)$$

$$\mathbf{d} = (d_1 \quad d_2 \quad \cdots \quad d_n), \quad (1-7)$$

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1,n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n,1} & a_{n,2} & \cdots & a_{n,n} \end{pmatrix}, \quad (1-8)$$

$$\mathbf{eA} + \mathbf{d} = \mathbf{e}. \quad (1-9)$$

Solving this equation for  $\mathbf{e}$  provides Equation (1-10), which gives embodied intensity.

$$\mathbf{e} = \mathbf{d}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}. \quad (1-10)$$

This method is now widely used, since it is difficult to make accurate estimates of environmental burdens for imported products. However, since such products as petroleum, coal, iron ore, and aluminum are produced domestically only in small quantities in Japan, this method provides totally different values from reality.  $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ , called "Leontief's Inverse Matrix", or simply "Inverse Matrix", is a fundamental matrix for input-output analysis that identifies any ripple effects among economic sectors.

Conversely, the following method involves calculating the environmental burden for only domestic production activities, and excludes inputs from imported products.

Import coefficients  $m_i$  that represent percentages of imported products with respect to intermediate demand and domestic final demand in sector  $i$  is defined as Equation (1-11):

$$m_i = \frac{M_i}{\sum_{j=1}^n a_{i,j} X_j + F_i}, \quad (1-11)$$

where  $M_i$  is imports in sector  $i$ ,  $n$  is the number of sectors, and  $F_i$  is domestic final demand.

Subtracting the environmental burden for imported products from Equation (1-2) gives us Equation (1-12):

$$a_{1,j}e_1 + a_{2,j}e_2 + \cdots + a_{k,j}e_k + \cdots + a_{n,j}e_n - (a_{1,j}m_1e_1 + a_{2,j}m_2e_2 + \cdots + a_{k,j}m_ke_k + \cdots + a_{n,j}m_ne_n) + d_j = e_j \quad (1-12)$$

then, expressing import coefficient  $m_i$  using diagonal matrix  $\mathbf{M}$ :

$$\mathbf{eA} - \mathbf{eMA} + \mathbf{d} = \mathbf{e}, \quad (1-13)$$

and solving this equation for  $\mathbf{e}$  gives us the following Equation (1-14)

$$\mathbf{e} = \mathbf{d}\{\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \mathbf{M})\mathbf{A}\}^{-1}. \quad (1-14)$$

Equation (1-14) provides embodied intensity for domestic producer goods, giving an accurate value for the actual burdens domestically generated.

### 1.3.2 Embodied Intensity Based on Purchaser Price

To calculate embodied intensities based on purchaser price, environmental burdens from trade and transportation need to be added to the embodied intensities based on producer prices. In the Input-Output Tables, "1. Wholesale trade" and "2. Retail trade" are included in the trade margins, and "1. Railway transport (freight)", "2. Road freight transport services", "3. Coastal and inland water transport", "4. Port transport service", "5. Domestic air transport (freight)", "6. Freight forwarding", and "7. Storage facility service" are included in the domestic transportation charges. The purchaser should be specified because the

purchaser price margin varies according to the purchaser.

In this work, embodied intensities based on purchaser price are calculated for the "general consumer," corresponding to the "Consumption expenditures of households" sector as follows. Firstly, the trade margins and domestic transportation charges needed for input from each sector to the "Consumption expenditures of households" sector are included in the output table. They are then multiplied by the embodied intensities for the corresponding margin and domestic transportation sectors, thus providing direct and indirect environmental burdens corresponding to the margin and transport fee for each sector in the "Consumption expenditures of households" sector.

$$L_{i,house} = \sum_{mgn=1}^2 e_{mgn} x_{i,house}^{mgn} + \sum_{fee=1}^7 e_{fee} x_{i,house}^{fee}, \quad (1-15)$$

where

$L_{i,house}$  direct and indirect environmental burdens for trade margins and domestic transportation fees from sector  $i$  to the "Consumption expenditures of households" sector (*house*),

$x_{i,house}^{mgn}$  trade margin amount (mgn: 1. Wholesale trade, 2. Retail trade) in input from sector  $i$  to *house*

$x_{i,house}^{fee}$  transportation fees (fee: 1. Railway transport (freight), 2. Roads, 3. Coastal and inland water transport, 4. Port transport service, 5. Domestic air transport (freight), 6. Freight forwarding, 7. Storage facility service) for input from sector  $i$  to *house*,

$e_{mgn}$  embodied intensity of the trade margin sector (mgn: 1. Wholesale trade, 2. Retail trade),

$e_{fee}$  embodied intensity of the domestic transportation sector (fee: 1. Railway transport (freight), 2. Roads, 3. Coastal and inland water transport, 4. Port transport service, 5. Domestic air transport (freight), 6. Freight forwarding, 7. Storage facility service).

The following Equation (1-16) provides the direct and indirect environmental burden  $P_{i,house}$  which corresponds to the output  $x_{i,house}$  from sector  $i$  to the "Consumption expenditures of households" sector,

$$P_{i,house} = e_i x_{i,house}. \quad (1-16)$$

Direct and indirect burden corresponding to purchaser price  $Z_i$  (production + margins + transportation fees) of sector  $i$  in household expenditure is the sum of  $P_{i,house}$  and  $L_{i,house}$ . Therefore, the following Equation (1-17) gives embodied intensity  $c_i$  based on purchaser price (for general household consumers).

$$c_i = \frac{P_{i,house} + L_{i,house}}{Z_i} = \frac{P_{i,house} + L_{i,house}}{x_{i,house} + \sum_{mgn=1}^2 x_{i,house}^{mgn} + \sum_{fee=1}^7 x_{i,house}^{fee}}. \quad (1-17)$$

## Chapter 2

# ESTIMATION OF SECTORAL FUEL CONSUMPTION IN JAPAN

### 2.1 Calculation Process for Embodied Energy and Emission Intensity

The Input-Output Tables, prepared in 1995 and 1990, were used for calculating embodied energy, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> and SPM emission intensities. In 3EID, the embodied intensities in both years were calculated using the same method to enable comparison of the values and their applications between 1995 and 1990. Here, we describe the estimation method based on the 1995 table. We applied the same methods, statistical tables and citations to the 1990 data. The calculation process for embodied energy and emission intensity in 3EID is shown in Fig. 2-1.

The 1995 Input-Output Tables consisted of 519 rows and 403 columns in rectangular matrix form for the basic sector classification. We then consolidated several sectors to convert the matrix into a perfectly square matrix with 399 rows and 399 columns. Next, for 400 sectors (including the "Consumption expenditure of households" sector, which is one of the final demand sectors), we estimated gross consumption, expressed as physical amount for each sector, of 6 coal-based fuels, 12 petroleum-based fuels, 3 natural gas-based fuels, and 5 other fuels. The Tables of Values and Quantities gives the main data on consumption of these fuels; however, some values include large errors due to the characteristics of the estimation method. We corrected the errors by using other public statistics and a questionnaire survey.

The net contribution rate to environmental burden was then set for each combination of fuel type and sector to exclude fuel consumption that was converted into another fuel type (secondary energy) or used as feedstock, and accordingly which was not a direct cause of the burden. Consumption of fuels contributing to environmental load was obtained by multiplying the gross fuel consumption by the net contribution rate and calorific value for each fuel. This allows calculation by fuel type. Energy supply from non-thermal power generation sources was also taken into account.

Emissions of CO<sub>2</sub> were calculated by multiplying the obtained energy consumption for each fuel type by its corresponding CO<sub>2</sub> emission factor. Furthermore, we estimated CO<sub>2</sub> emissions from limestone, an emissions source separate from fossil fuel.

Emissions of NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, and SPM were classified into either that from stationary sources or from mobile sources. Emissions from stationary sources were obtained by multiplying energy consumption by emission factor, taking into account Japanese removal technologies for denitrification, desulfurization and dust collection. In addition, NO<sub>x</sub> emissions from electric furnaces, SO<sub>x</sub> from non-ferrous ores and SPM from incineration of agricultural bio-wastes (open burning) were taken into consideration as emission sources originating in non-fossil fuels. Emissions from mobile sources, especially from automobiles, were estimated in detail, based on vehicle type and driving conditions. For SPM, emissions from wearing away of tires were also included. However, SPM in these estimates took into account only primary particles which are generated as a particle originally, not secondary particles which are particles transformed from substances in the gaseous phase through the action of atmospheric chemical reactions.

Finally, energy consumption and pollutant emissions by source were totaled for each sector in the Input-Output Tables. They were treated as direct energy consumption or direct emissions for each sector.

For 399 sectors except for the "Consumption expenditure of households" sector, embodied intensities taking the ripple effect into account were then calculated using input-output analysis as described in Chapter 1.

Suspended particulate matter (SPM), for which a Japanese environmental quality standard is established, is defined as air-suspended particulate matter smaller than 10  $\mu\text{m}$  in diameter. On the other hand, "soot and dust generated by combustion" and "particulates" are particulate matters that fall within the definition of the Air Pollution Control Law, in which differences in generation mechanics are specified, but there is no precise definition of particle size. The SPM emission factor for stationary sources, which will be used in Chapter 3, is based on data for soot and dust resulting from combustion; the contribution from facilities that mechanically generate dust is not taken into account. Some mechanical dust may have a diameter of less than 10  $\mu\text{m}$  and be suspended in the air, but most particles are larger and rapidly deposit in the form of fall-out dust, as assumed here for mechanically generated particles. On the other hand, most soot and dust generated by combustion is regarded as consisting mainly of particles suspended in the air that have escaped capture by the dust collectors installed in many facilities. Particulate matter described in this book is treated as suspended particulate matter (SPM), since most particulate matter from mobile sources remains in aerial suspension. However, since it was difficult to obtain definite information on particle sizes for each emission source, the particle size of SPM in 3EID is not necessarily less than the 10  $\mu\text{m}$  specified in the environmental quality standard.

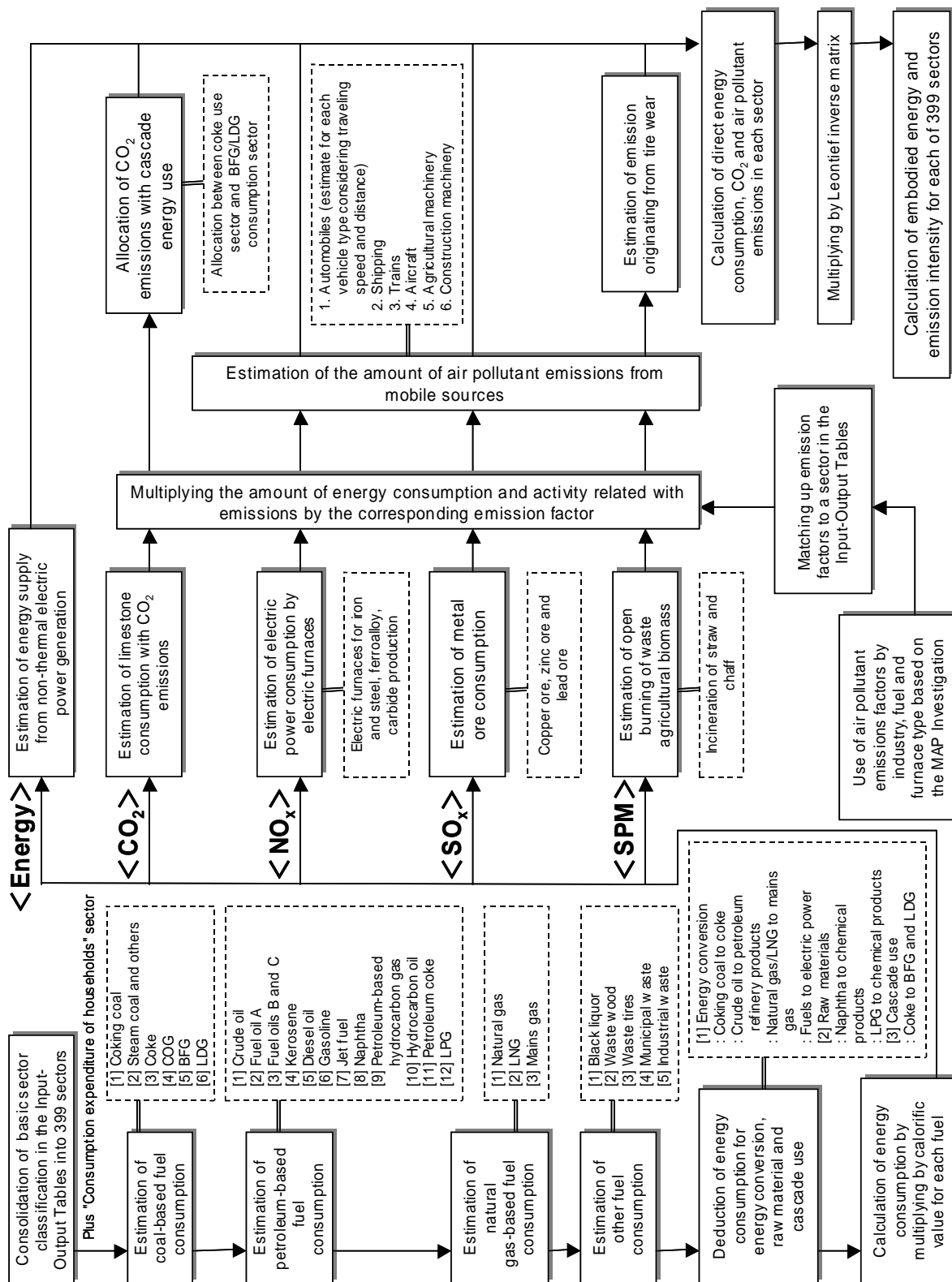


Fig. 2-1 Calculation process for embodied energy and emission intensity in each sector

## 2.2 Sector Consolidation

The 1995 Input-Output Tables consist of a rectangular matrix built of 519 rows and 403 columns based on the basic sector classification (basic classification). To carry out Leontief inverse matrix in input-output analysis, the Table must be in the form of a perfect square; therefore, some sectors in the basic classification needed to be consolidated.

In 3EID, embodied intensity was calculated by sector classification, in which the number of sectors was aggregated to 399 (detailed classification), 186 (small classification), 93 (middle classification) and 32 (large classification), respectively. Aggregation into 186, 93 and 32 sectors is consistent with the original classification of the Input-Output Tables. For aggregation into 399 sectors, one column code is basically regarded as one sector on the column side, whereas one or more row codes are consolidated into one sector on the row side. Items with row codes containing two or more identical digits were aggregated into the same sector. However, as shown in Table 2-1, there were a few exceptions in which different column codes were aggregated into one sector.

**Table 2-1** Specially consolidated sectors and corresponding sectors on basic sector classification

Sector number	Consolidated sector name	Corresponding sectors for basic classification and column code	Corresponding sectors for basic classification and row code
5	Vegetables	Vegetables (outdoor) [11301] Vegetables (glasshouse) [11302]	Vegetables [113001]
26	Marine fisheries	Coastal fisheries [31101] Off shore fisheries [31102] Distant water fisheries [31103]	Marine fisheries (domestic) [311001] Marine fisheries (imported) [311002]
28	Inland water fisheries and culture	Inland water fisheries [31201] Inland water culture [31202]	Inland water fisheries and culture [312001]
292	Electric power for enterprise use	Electric power (atomic power) for enterprise use [511101] Electric power (thermal power) for enterprise use [511102] Electric power (water power etc.) for enterprise use [511103]	Electric power for enterprise use [5111001]

## 2.3 Estimation of Coal-Based Fuel Consumption

### 2.3.1 Coking Coal

In the Tables of Values and Quantities for 1995, the domestic distribution of coking coal appears to be about 73.15 Mt. However, as shown in Table 2-2, this figure is not consistent with the other statistics. For example, the figure in the *"Yearbook of Production, Supply and Demand of Petroleum, Coal and Coke"* (Supply-Demand Statistics) (MITI, 1996a) is 65.41 Mt, and that in the *"Energy Balance Tables in Japan"* (Energy Balance Tables) (EDMC/MITI, 1997) is 67.2 Mt. Domestic distribution of coking coal is thought to be overestimated in the Tables of Values and Quantities, since the values in the Supply-Demand Statistics and the Energy Balance Tables are similar. This is due to a different definition of coking coal from the others. Imports of coking coal in the Tables of Values and Quantities are quoted from the *"Japan Exports & Imports (Monthly Report on Trading)"* (Trading Report) (Ministry of Finance, 1996), where some non-coking coal is also dealt with in part as coking coal, resulting in the observed difference from other statistics. Therefore, supply of steam coal in the Tables of Values and Quantities is smaller than in other statistics as shown in Table 2-3. The sum for coking coals and steam coal is fairly similar to that in the Supply-Demand Statistics and the Energy Balance Tables.



We thus did not use the definition stated in the Tables of Values and Quantities: we assumed that coking coal is consumed only in the iron and steel-related sectors and the gas supply sector (for coke production), and that there is no use of coking coal in other sectors. We estimated the consumption in each sector as follows. For the "Coal products" sector, 57.69 Mt of coking coal consumption, as stated in the Supply-Demand Statistics, was adopted. For the "Pig iron" sector, 6.36 Mt was assumed, which is the remaining 2.5 Mt consumption of steam coal in the "Pig iron" sector deducted from the 8.86 Mt of coal consumption specified as the total of coal used for coke making plus coke used for purposes other than coke making in *"Yearbook of Iron and Steel Statistics"* (Steel Statistics) (MITI, 1996b). For the other iron and steel product sectors, the consumption of coking coal was estimated as 0.81 Mt, which was calculated by subtracting the 8.86 Mt of coal consumption in the "Pig iron" sector and the 0.85 Mt of coking coal consumption for onsite power generation in the iron and steel-related sectors from the 10.52 Mt of coal consumption for steel and iron specified in the Steel Statistics. The coking coal consumption for onsite power generation (0.85 Mt) was also quoted from the Steel Statistics and added to the "Onsite power generation" sector.

Within the other iron and steel-related sectors, the 0.81 Mt was proportionally allocated using the producer prices specified in the Tables of Values and Quantities. The allocated price was the sum of the prices of coking coal and steam coal, since the input of steam coal to the iron and steel-related sectors specified in the Tables of Values and Quantities is regarded as input of coking coal. The amount of coking coal input to the "Gas supply" sector for coke production was quoted from the Tables of Values and Quantities.

**Table 2-2** Comparison of consumption of coking coal among different statistics

Sector name	Coking coal consumption (t)		
	Tables of Values and Quantities	Supply-Demand Statistics	Energy Balance Tables
Pulp and paper	0	0	0
Chemical industry	198,110	4,500	3,000
Coal products	71,873,805	4,759,179	8,056,000
Ceramics, stone and clay	0	0	0
Pig iron	196,952	60,223,398	48,901,000
Iron and steel	92,104	148,883	10,235,000
Electric power	0	0	0
Onsite power generation	0	0	0
Others	791,054	278,161	0
Total	73,152,025	65,414,121	67,195,000

**Table2-3** Comparison of consumption of coal (coking coal, steam coal and others)

Sector name	Total coal consumption (t)		
	Tables of Values and Quantities	Supply-Demand Statistics	Energy Balance Tables
Pulp and paper	1,581,364	4,018,057	2,310,000
Chemical industry	2,911,641	3,840,632	777,000
Coal products	71,937,356	4,824,362	8,131,000
Ceramics, stone and clay	10,200,995	9,698,445	10,067,000
Pig iron	2,696,005	63,084,952	51,114,000
Iron and steel	293,196	581,926	10,506,000
Electric power	38,369,089	40,842,836	41,475,000
Onsite power generation	2,323,181	0	6,585,000
Others	1,565,048	2,239,896	626,000
Total	131,877,875	129,131,106	131,591,000

### 2.3.2 Steam Coal, Lignite and Anthracite

As shown in Table 2-4, the domestic supply of steam coal appears as 58.73 Mt in the Tables of Values and Quantities, 63.72 Mt in the Supply-Demand Statistics, and 64.40 Mt in the Energy Balance Tables, respectively. The figure in the Tables of Values and Quantities is smaller than that in the other statistics due to the different definition of coking coal in the Trading Report. Although the total amount of steam coal in the Tables of Values and Quantities is different from that of other statistics, many subtotals for each sector are similar; therefore, values specified in the Tables of Values and Quantities were adopted in this book, except for those in the sectors described below.

For consumption in the "Coal products" sector, similarly to coking coal, the value of 2.18 Mt of steam coal consumption specified as coal for coke making in the Supply-Demand Statistics was used. In the "Electric power for enterprise use" sector, consumption in the Tables of Values and Quantities was corrected because it was much smaller than that published in the Supply-Demand Statistics and the Energy Balance Tables; the 40.84 Mt in the Supply-Demand Statistics was thus adopted. The large difference in value in the chemical industry-related sectors and the pulp and paper-related sectors between the Supply-Demand Statistics and the Tables of Values and Quantities and the Energy Balance Tables results from the fact that consumption of onsite-generated power is added up directly in each sector in the Supply-Demand Statistics, while the consumption is independently totaled as for onsite power generation in the Tables of Values and Quantities and the Energy Balance Tables.

Furthermore, we confirmed that areas where the chemical or pulp industry consumes large quantities of power generated by onsite power generation coincide with areas where chemical or pulp factories with large-scale facilities for onsite power generation are located, according to *"The Structural Survey of Energy Consumption in Commerce, Mining and Manufacturing"* (Structural Statistics) (MITI, 1996c). That is why steam coal consumption in the chemical industry-related sectors and the pulp and paper-related sectors was treated as not for production processes but for onsite power generation. Therefore, 2.68 Mt and 1.58 Mt of the Tables of Values and Quantities were adopted for steam coal input to the chemical industry-related sectors and the pulp and paper-related sectors, respectively. The sum of the differentials between 3.84 Mt and 4.02 Mt in the Supply-Demand Statistics and those adopted above, respectively, or 3.6 Mt, were added to the "Onsite power generation" sector. These corrections resulted in 64.4 Mt for domestic supply of steam coal, similar to that recorded in other statistics.

**Table 2-4** Comparison of consumption of steam coal among different statistics

Sector name	Steam coal and other coal consumption (t)		
	Tables of Values and Quantities	Supply-Demand Statistics	Energy Balance Tables
Pulp and paper	1,581,364	4,018,057	2,310,000
Chemical industry	2,713,531	3,836,132	774,000
Coal products	63,551	65,183	75,000
Ceramics, stone and clay	10,200,995	9,698,445	10,067,000
Pig iron	2,499,053	2,861,554	2,213,000
Iron and steel	201,092	433,043	271,000
Electric power	38,369,089	40,842,836	41,475,000
Onsite power generation	2,323,181	0	6,585,000
Others	773,994	1,961,735	626,000
Total	58,725,850	63,716,985	64,396,000

### 2.3.3 Coke

For coke consumption in each sector, values in the Tables of Values and Quantities were adopted, since, in large sector classifications, each sector's coke consumption in the Tables of Values and Quantities is similar

to that in the Supply-Demand Statistics and Energy Balance Tables. In the Tables of Values and Quantities, coke generated in the "Gas supply" sector is treated as a by-product, and in this analysis, this by-produced coke is also included in coke consumption by each sector. Coking coal consumption was also added to the "Gas supply" sector, although this coking coal was not treated as for use as fuel, but as raw material for coke (See 3.1.1). Therefore, the generated amount of the by-product, coke, was not treated separately from the total fuel consumption in the "Gas supply" sector, although the by-product generation amount is counted as a negative value in the Tables of Values and Quantities.

For coke for cascade use, namely coke used in blast furnaces, we provided an item specifically entitled "Blast furnace coke" to explicitly indicate the allocation of loads among consumers of blast furnace gas at a later stage. Based on the Steel Statistics, 11 %, regarded as the utilization rate for sintering furnaces, was deducted from 33,235,904 t of coke consumption totaled in the "Pig iron" sector; and the remaining 89 % or 29,417,099 t was attributed to blast furnace coke. Values specified in the Steel Statistics and coke consumption in the "Pig iron" sector determined above are shown in Table 2-5.

**Table 2-5** Coke consumption in the "Pig iron" sector

	Blast furnace coke (t)	Ratio of blast furnace coke to total coke (-)	Others (t)	Ratio of others (-)	Total (t)
Steel Statistics	30,882,129	0.89	4,008,989	0.11	34,891,118
3EID	29,417,099	0.89	3,818,805	0.11	33,235,904

### 2.3.4 Coke Oven Gas (COG)

Total production of coke oven gas (COG) was 15,947 Mm<sup>3</sup> according to the Table on domestic products by sector and commodity attached to the Input-Output Tables. The COG production sector corresponds to the "Other coal products" sector in the Input-Output Table, which includes multiplex items such as briquettes/oval briquettes, coal tar and crude benzol as well as COG. To calculate the consumption of COG in each sector, the total amount of consumption was proportionally allocated to monetary output from "Other coal products" to each sector. However, such sectors, in which items as above other than COG are probably purchased, were excluded.

On the other hand, consumption in the "Coal products" sector, in which most COG is generated, and the "Electric power for enterprise use" sector under which co-operative thermal power connected with pipelines from generating sites is underestimated, due to the assumption that there is no difference in price among consumption sectors. COG consumption in these sectors appears to be higher than that allocated by price, according to other statistics. In 3EID, for consumption in the "Coal products" sector, which is a major sector consuming COG, the value in the Supply-Demand Statistics was adopted, while for the "Electric power for enterprise use" sector, that in the "*Outlook for Electric Supply and Demand*" (Agency of Natural Resources and Energy, 1995, 1996) was adopted, and for the "Gas supply" sector, the figure published in the Energy Balance Tables was used. For consumption in other sectors, the balance between total consumption and the sum of these values was allocated by price.

### 2.3.5 Blast Furnace Gas (BFG)

According to the 1995 Energy Balance Tables, consumption of blast furnace gas (BFG) was estimated at 120,049 Mm<sup>3</sup>, or about 93 % of 129,549 Mm<sup>3</sup>, which is the sum of BFG and Linz Donawitz gas (LDG) generated in the energy conversion sectors (as by-produced gas from iron and steel production). In the Energy Balance Tables, the weighted average of 888 kcal/m<sup>3</sup> of calorific value was used to convert consumption to calories. Consumption was thus estimated at about 93 % of the total generated based on the

fact that the heat value in the Energy Balance Tables is 800 kcal/m<sup>3</sup> for BFG and 2,000 kcal/m<sup>3</sup> for LDG (to be revised as of 2000).

Consumption in each sector was obtained by proportionally allocating output into the sectors with Special Code 4 (by-product input), from the "Other coal products" sector corresponding to the production sectors of BFG and LDG. According to the *"Table on Scrap and By-products"*, by-products in the "Other coal products" sector comprise coal mine gas, BFG and LDG. However, the "Other industrial organic chemical products" sector was excluded, because there is no record of consumption of BFG/LDG in any of the other statistics.

Assuming that blast furnace coke is 100 % oxidized, adding combustion of BFG to the total consumption results in a double counting. This is because BFG is non-reacted CO originating from coke. To avoid this problem, "BFG generation" was newly provided as a fuel item, from which BFG generation was subtracted. Generation of -120,049 Mm<sup>3</sup> was added to the "Pig iron" sector, which is an output sector noted with Special Code 5 (by-product output) from "Other coal products" sector.

### **2.3.6 Linz Donawitz Gas (LDG)**

Total consumption of Linz Donawitz Gas (LDG) was 9,500 Mm<sup>3</sup>, or about 7 % of the sum of consumption of BFG and LDG in the Energy Balance Tables. Its consumption sector was assumed to be the same as for BFG.

LDG, originating from coke, is for cascade use. Since this gas is generated by reaction between oxygen and unburned carbon originating in the coke in pig iron, adding the consumption of LDG to the total consumption (assuming that 100 % of the coke is oxidized) results in a double counting. Therefore, using a method similar to that for BFG, a new item, "LDG generation" was created, and the generation amount was subtracted from the "Crude steel (converters)" sector.

## **2.4 Estimation of Petroleum-Based Fuel Consumption**

### **2.4.1 Crude Oil**

For consumption of crude oil in each sector, the values in the Tables of Values and Quantities were adopted.

### **2.4.2 Fuel Oil A**

For consumption of fuel oil A in each sector, the values in the Tables on Values and Quantities were adopted.

### **2.4.3 Fuel Oils B and C**

There is a large difference in distribution volume of fuel oils B and C due to the different definitions used in each statistic. The domestic productions are 48.32 GJ (giga liter) in the Tables of Values and Quantities, 49.25 GJ in the Supply-Demand Statistics, and 48.21 GJ in the Energy Balance Tables, indicating a close similarity, whereas there is a large difference with exports. Notably, export volume is larger in the Energy Balance Tables due to the difference in handling of bonded oil. Fuel oils B and C are mostly supplied to oceangoing vessels, which are divided into two types: Japanese flag or foreign flag. In the Tables of Values and Quantities and Supply-Demand Statistics, bonded oil supplied to Japanese flag-carrying oceangoing vessels is not added as a bonded export, but only that supplied to foreign flag-carrying vessels is added. On the other hand, in the Energy Balance Tables, all items distributed in bonded areas are regarded as exports, causing this difference.

According to the definition of the "Ocean transport" sector in the Input-Output Tables, corresponding to the relevant activity of oceangoing vessels, all activities of oceangoing vessels with Japanese flags are treated as domestic production. Therefore, supplying bonded oil to Japanese flag-carrying vessels is regarded as domestic distribution, and only the supply of bonded oil to foreign flag-carrying vessels is regarded as exports.

Fuel oils B and C that are added to the "Ocean transport" sector include oil supplied to Japanese vessels at ports both in Japan and abroad, and oil to chartered vessels. Oil supplied at foreign ports is also added as an import in the Tables of Values and Quantities. The range of fuel oils B and C added to the "Ocean transport" sector is shown in Fig. 2-2.

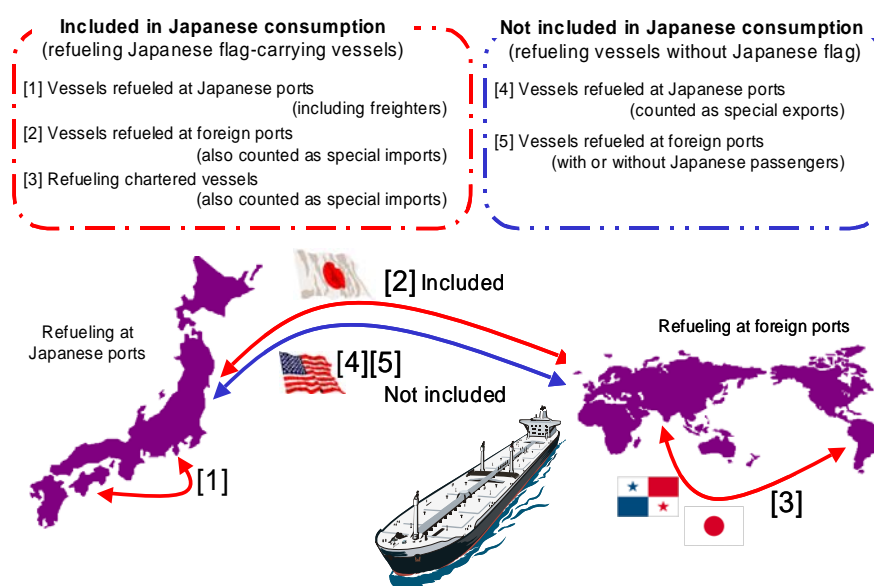


Fig.2-2 Fuel oils B and C included in the "Ocean transport" sector

However, the Tables of Values and Quantities show consumption of 61.77 GJ of fuel oils B and C by the "Ocean transport" sector. Calculation of consumption corresponded to bonded oil, which has a lower price than the domestic version, but uses the same average unit price as domestic oil. Therefore, the fuel amount in the Tables of Values and Quantities is obviously underestimated. This fact was confirmed by directly asking related industries. Supply to sectors other than "Ocean transport" are 42.35 GJ in the Energy Balance Tables and 42.63 GJ in the Supply-Demand Statistics, compared to 46.93 GJ in the Tables of Values and Quantities: a relatively higher figure.

At 3EID, total consumption was adjusted and consumption in the major sectors was corrected as follows. First, 131.67 GJ (the sum of the domestic supply of 55.70 GJ and foreign supply of 75.97 GJ) was totaled as fuel oil consumption in "Ocean transport," based on the data presented by the marine transport industry. Then, since consumption of 23.30 GJ in the "Electric power for enterprise use" sector is much higher than that in other statistics, the value was corrected to 18.53 GJ according to the Outlook for Electric Supply and Demand. After these adjustments, total domestic supply except for the "Ocean transport" sector came to 42.15 GJ, very similar to the 42.35 GJ in the Energy Balance Tables and the 42.63 GJ in the Supply-Demand Statistics.

Consumption of fuel oils B and C in the "Petroleum refinery products" sectors specified in the Tables of Values and Quantities is smaller than that in the oil-refining sector in the Energy Balance Tables. In the "Petroleum refinery products" sector, imports account for most of the input of fuel oils B and C. As for

imported articles, because the imported amount of special trade is calculated using the unit price of ordinary trade and subsequently allocated to each sector, the value depends on the exporting countries and is thus subject to exchange-rate fluctuations, causing a large difference from other statistics. Therefore, we used the more likely value of 2.03 GJ (which is specified as "Own use & losses" of "Energy conversion & own use" in the Energy Balance Tables) for consumption in the "Petroleum refinery products" sector. The difference of 21.59 GJ between the above-mentioned domestic supply of 42.15 GJ and the total consumption of the "Petroleum refinery products" sector (2.03 GJ) plus the "Electric power for enterprise use" sectors (18.53 GJ) was proportionally allocated to other sectors, in proportion to the consumptions noted in the Tables of Values and Quantities.

#### **2.4.4 Kerosene**

If the value in the Tables of Values and Quantities were used for kerosene consumption in each sector, it would generate a large error in the consumption of the "Petroleum refinery products" sectors. The input amount, especially the import amount, of kerosene to the "Petroleum refinery products" sector is excessive, resulting in too high a value in the Tables of Values and Quantities. In Japan, imported kerosene, diesel oil, and gasoline are re-refined in the "Petroleum refinery products" sector to meet domestic standards. This temporary input increases the input amount in the "Petroleum refinery products" sector, causing the value increase in the Tables of Values and Quantities. This can be confirmed by the fact that the input of kerosene into "Petroleum refinery products" is similar to that of ordinary imports in the Tables of Values and Quantities. Therefore, for net consumption in the "Petroleum refinery products" sector, the value for "Own use & losses" of "Energy conversion & own use" in the Energy Balance Tables was used, and consumption obtained by deduction of this value from the domestic supply in the Tables of Values and Quantities was re-allocated based on the value in each sector in the Tables of Values and Quantities.

#### **2.4.5 Diesel Oil**

Consumption in the "Petroleum refinery products" sector was estimated in the same way as that for kerosene. Consumption in the "Electric power for enterprise use" sector is only about 40 % of consumption compared with that in the Outlook for Electric Supply and Demand, probably due to the difference in purchase unit price between big and small transactions. In this study, the consumption in the Outlook for Electric Supply and Demand was used, and, in the same way as that used for kerosene, the balance between domestic supply in the Tables of Values and Quantities and the sum of consumption in the "Petroleum refinery products" and the "Electric power for enterprise use" sectors was allocated to other sectors.

#### **2.4.6 Gasoline**

Consumption in the "Petroleum refinery products" and other sectors was estimated using the same method as that for kerosene.

#### **2.4.7 Jet Fuel**

Domestic jet fuel production figures in the Tables of Values and Quantities are quoted from the Supply-Demand Statistics; most is consumed in the "Air transport" sector. As for the activity range of this sector, jet fuel, which is supplied to Japanese aircraft between either domestic or international flights, was input to the "Air transport" sector. In other words, the supply to Japanese aircraft at foreign airports is also counted. This supply at foreign airports is also added otherwise as imports (special trade). The range of jet fuels included in the "Air transport" sector is shown in Fig. 2-3.

In the Tables of Values and Quantities, the physical value of imported jet fuels (special trade) is obtained

by multiplying the transactions calculated from the international trade balance by the average unit price of imports (ordinary trade). Therefore, this figure depends on exchange-rate fluctuations and price differentials, and in fact there was a large difference in physical amount: for example, 8.28 GJ compared with the 2.93 GJ in the "Annual Report on Air Transport" (Air Report) (Ministry of Transportation, 1996).

On the other hand, imported jet fuel is treated as an import (ordinary trade) in the Tables of Values and Quantities, but is regarded as imported bonded oil in the Supply-Demand Statistics. They are given values of 3.28 GJ and 2.93 GJ respectively, which do not differ significantly. The difference in these items results from the fact that the value in the Tables of Values and Quantities is adopted from the Trading Report, which makes no distinction between ordinary trade and imports treated as bonded articles. In this book, instead of using 13.69 GJ in the Tables of Values and Quantities, the value of 9.62 GJ, which was quoted from the Air Report, was used as consumption in the "Air transport" sector to avoid excess input to the sector. Also, the balance between domestic production and input to the "Air transport" sector was proportionally allocated, based on the producer price, to other sectors.

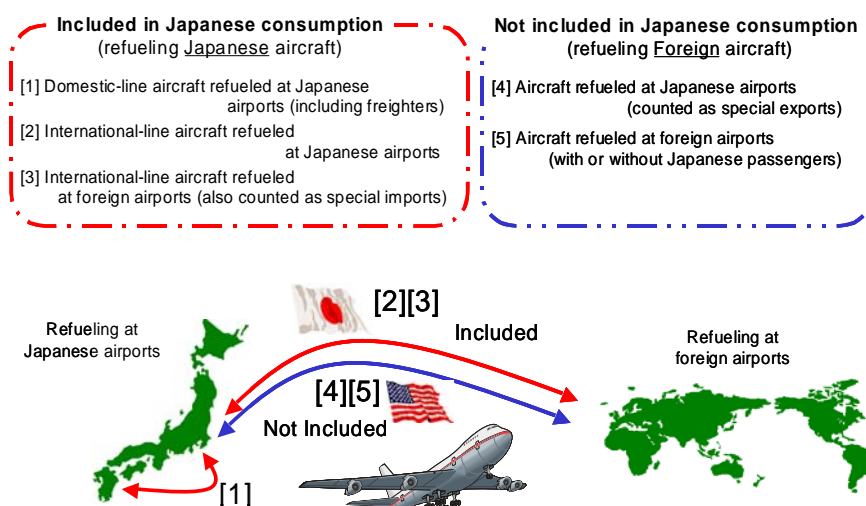


Fig.2-3 Jet Fuel included in the "Air transport" sector

#### 2.4.8 Naphtha

We used the domestic production figure in the Tables of Values and Quantities as total supply amount, since there is no major difference with that quoted in other statistics. The entire input of naphtha to petrochemical-related sectors was assumed to be consumed as feedstock, and environmental load originating in naphtha in the petrochemical-related sectors was assumed to be generated by petroleum-based hydrocarbon gases and oils, described in subsections 2.4.9 and 2.4.10. The cracking process of naphtha corresponds to the "Petrochemical basic products" and the "Petrochemical aromatic products" sectors in the Tables of Values and Quantities: 34.64 GJ and 11.04 GJ of naphtha were input, respectively. Assuming that the generation of petroleum-based hydrocarbon gas and hydrocarbon oil are respectively 6429.39 Mm<sup>3</sup> and 2.34 GJ as published in Structural Statistics, the percentage of by-products will be about 19 %. This is very close to the other reference (Plastic Waste Management Institute, 1995). Here, we assumed the density of naphtha, petroleum-based hydrocarbon gas (treated as methane), and hydrocarbon oil to be 0.69 kg/l, 0.716 kg/Nm<sup>3</sup>, and 0.85 kg/l, respectively.

In the "Ammonia" sector, Naphtha is consumed to extract hydrogen and simultaneously generates CO<sub>2</sub>. This CO<sub>2</sub> is processed into carbon dioxide gas and dry ice for use in other sectors. According to the results

of our inquiries, the distribution of carbon dioxide gas and dry ice in the market was about 770 kt and 200 kt in 1995. However, we did not count the volume of CO<sub>2</sub> emissions accompanying their consumption since it was difficult to determine the consumption sectors in detail.

#### **2.4.9 Petroleum-based Hydrocarbon Gas**

This fuel is not included in the Tables of Values and Quantities. A total consumption value of 1467.75 Mm<sup>3</sup> was obtained by deducting the amount for material feedstock from that in Structural Statistics, and was allocated to each sector using the attached "*Industrial Statistics Sector Code Table*" (Code Table). In the Code Table, there are correspondence rates between sector classifications in industrial statistics and non-service sectors in the Input-Output Tables, but not between sector classifications in industrial statistics and service sectors in the Input-Output Tables. Accordingly, correspondence rates do not add up to 100. If the rates in the Code Table are used in unmodified form, a proportion of the consumption of petroleum-based hydrocarbon gas is not allocated to any sector in the Input-Output Tables. We changed the correspondence rates for the Code Table sum to total 100.

In the Structural Statistics, petroleum-based hydrocarbon gas includes refinery gas generated during the petroleum refinery process. Based on the description above, 84,511 Mcal was allocated to the "Petroleum refinery products" sector, one of the petroleum refinery sectors. In the Energy Balance Tables, 89,270 Mcal appears as refinery gas consumption in the oil-refining sector, which enabled us to regard it as the same fuel. Therefore, to avoid double counting, refinery gas is not separately accounted.

#### **2.4.10 Hydrocarbon Oil**

For consumption of hydrocarbon oil, 1.97 GJ, obtained by deducting the consumption for material feedstock from that in Structural Statistics, was allocated to each sector in the same way as for petroleum-based hydrocarbon gas.

#### **2.4.11 Petroleum Coke**

For consumption of petroleum coke, 3.15 Mt, obtained by deducting the consumption for material feedstock from that in Structural Statistics, was allocated to each sector in the same way as for petroleum-based hydrocarbon gas.

#### **2.4.12 Liquefied Petroleum Gas (LPG)**

Liquefied petroleum gas (LPG) for automobile and household use is more expensive than that used by industry, due to its higher tax rate and less efficient mode of supply. However, the Tables of Values and Quantities is prepared based on the averaged unit price, generating a large difference between the calculated value and actual value. The unit price of by-products is lower than that of primary products because, while the former is similar to that of products for industrial use only, the latter is highly influenced by the price of automobiles. However, average unit price in the Input-Output Tables, including that for non-automobile use, is lower than the actual unit price of products for automobiles. This results in overestimated consumption of LPG in transportation-related sectors and excessively underestimated consumption in other sectors.

To correct this problem, LPG consumption was divided into 7 types of industrial use using the Supply-Demand Statistics. However, it was difficult to accurately match the activity ranges of 3 use types: "For chemical feedstock", "For industrial use", and "For steel and iron" to any of the 7 types based on sectors in the Input-Output Tables. We integrated these three use types into "For aggregated industrial use", and LPG use types were classified into "for aggregated industrial use", "for automobiles", "for mains gas",



"for electric power generation", and "as household fuel". The total consumption of 19.78 Mt was proportionally allocated to the corresponding sectors in the Input-Output Tables based on the producer price.

The by-product (input) price of LPG was also included in the producer price for allocation, but by-product (output) price, which has a negative figure in the Input-Output Tables, was disregarded. By the results of a questionnaire survey to the office compiling the Input-Output Tables, we confirmed that the byproduct LPG in the Input-Output Tables means a petroleum-based hydrocarbon gas and the amount of byproduct LPG was estimated by multiplying the input of naphtha to the "Petrochemical basic products" sector by a factor of 0.188 (the rounded-off version of 0.185 appears in the Tables of Values and Quantities). Since we estimated the consumption of petroleum-based hydrocarbon gas independently, it is logically appropriate to exclude the price of byproduct LPG from the allocation price. However, in the Tables of Values and Quantities, LPG consumption was divided into input of byproduct LPG and input of primary product LPG for convenience in maintaining consistency with production.

Specifically, total output price of byproduct LPG was calculated by multiplying the physical output of byproduct LPG in the "Petrochemical basic products" sector as described above by the average unit LPG price for industrial use. Allocating it to the appropriate sectors in which byproduct LPG was consumed then gives the byproduct LPG input price in each sector. The input price divides total LPG input price, which originally was set at a single value, into primary product LPG price and byproduct LPG price. Accordingly, it is difficult to conclude that these prices for LPG and petroleum-based hydrocarbon gas are realistic. Therefore, we determined LPG consumption in each sector by allocating the consumption by use type, according to the sum of primary product and byproduct LPG input prices in the sector.

## 2.5 Estimation of Natural Gas-Based Fuel Consumption

### 2.5.1 Natural Gas and Liquefied Natural Gas (LNG)

For consumption of natural gas and liquefied natural gas (LNG) in each sector, values in the Tables of Values and Quantities were used. Total heat value calculated from the consumption in the Tables of Values and Quantities is similar to that in the Energy Balance Tables. The Tables of Values and Quantities count natural gas and LNG together as LNG. The sector name, however, in the Tables of Values and Quantities is "Natural gas".

### 2.5.2 Mains Gas

For consumption of mains gas in each sector, values in the Tables of Values and Quantities were adopted.

## 2.6 Estimation of Other Fuel Consumption

### 2.6.1 Black Liquor and Waste Wood

Consumption of black liquor and waste wood in the "pulp", "foreign paper and Japanese paper", and "paperboard" sectors was determined according to the *"Yearbook of Paper and Pulp Statistics"* (MITI, 1996d).

### 2.6.2 Waste Tires

The quantity of waste tires utilized as fuel was counted for each sector. According to a report (JATMA,

1996), the use classifications of waste tires as fuel are "for cement kilns", "for medium- and small-sized boilers", "for metal smelting", "for tire manufacturing plants", and "for paper manufacturing". We determined the correspondence of these classifications to sectors in the Input-Output Tables, and a total amount of 496 kt was added to these sectors, as shown in Table 2-6.

Since we were not able to specify which industrial sectors consumed waste tires in medium- and small-sized boilers, the total amount was added to the "Onsite power generation" sector under the assumption that all waste tires were used for power generation. In the Input-Output Tables, 4 sectors correspond to metal smelting, but there was no appropriate indicator for allocating waste tire consumption. Therefore, the consumption was allocated based on the total energy consumption of each sector. Their utilization was assumed to be in proportion to total energy consumption, based on the fact that waste tires are utilized as additional fuel.

**Table 2-6** Waste tire consumption as fuel

Sector name	Waste tire consumption (t)
Foreign paper and Japanese paper	26,000
Tires and inner tubes	32,000
Cement	275,000
Copper	5,590
Lead and Zinc (including regenerated lead)	10,568
Aluminum (including regenerated aluminum)	14,823
Other non-ferrous metals	6,020
Onsite power generation	126,000
Total	496,000

### 2.6.3 Municipal Waste

For incineration of municipal waste, the whole 39.49 Mt was added to the "Waste disposal services (public)" sector, according to the published value (Environmental Agency, 2000a).

### 2.6.4 Industrial Waste

Industrial waste was consumed onsite in many cases; therefore, it is appropriate to count the incineration quantity of industrial waste in each sector. However, there is no acceptable statistic for estimates regarding industrial waste in about 400 classification sectors. Industrial waste disposal is summarized in the "Waste disposal services (industrial)" sector in the Input-Output Tables. Therefore, we added 9.69 Mt of the total amount (Environmental Agency, 2000a) to the sector.

## Chapter 3

# ESTIMATION OF DIRECT ENERGY CONSUMPTION AND AIR POLLUTANT EMISSIONS

In Chapter 3, we explain the method of calculating direct energy consumption and air pollutant emissions for each sector, in consideration of the fuel consumption estimated in Chapter 2 and emission sources specific to each environmental load.

### 3.1 Definition of the Net Contribution Rate

Fossil fuels are consumed not only for energy use, but also for non-energy use such as for raw materials of plastics. To describe actual net flows of energy consumption, their consumption as raw materials should be deducted and only their combustion as waste at the final stage counted. Fuels are converted to secondary fossil energy such as coal for coking and crude oil refined into gasoline or diesel oil according to use. We call these processes "energy conversion". Energy consumption in each sector should be calculated according to the type and quantity of fuel ultimately burned, not including fuels for energy conversion.

We defined the net contribution rate, which means how the fuel consumption relates directly to environmental burden. Unity was given as the standard value, and zero was given to the net contribution rate of fuels consumed for energy conversion or as raw materials. Some statistics, such as the Structural Statistics, also include fuel consumption for raw materials other than total consumption; therefore, these values can be used to calculate the net contribution rate. However, it is difficult to match up a specific activity sector in the Input-Output Tables with a specific industrial sector. The investigation range does not cover every factory in Japan. These problems can cause difficulties in determining representative values of the net contribution rate, so zero or unity is given as the net contribution rate. Sectors and fuels given zero for their net contribution rate are described below.

#### 3.1.1 For Energy Conversion

Table 3-1 shows sectors and fuels for energy conversion and given zero for their net contribution rate. Crude oil in the "Petroleum refinery products" sector is refined into petroleum products such as gasoline and diesel oil, which are ultimately combusted. Also, coking coal in the "Coal products" sector is carbonized and used as coke; the COG generated during carbonization is burned separately. Therefore, the net contribution rates of crude oil and coking coal in these sectors were set as zero.

Since mains gas is counted as a type of fuel, its net contribution rate of fuels, input to "Gas supply" sector for conversion to mains gas, was given as zero.

**Table 3-1** Fuels used for energy conversion and their consumption sectors

Consumption sector	Fuels	Application
Petroleum refinery products	Crude oil	Converted into petroleum refinery products
Coal products	Coking coal	Converted into coke
Gas supply	Coking coal	Converted into mains gas
Gas supply	LNG, Natural gas	Converted into mains gas
Gas supply	Naphtha	Converted into mains gas
Gas supply	LPG	Converted into mains gas
Gas supply	COG	Converted into mains gas

### 3.1.2 For Raw Materials

Some naphtha and LPG is utilized as raw materials for chemical products such as plastics and ammonia. In 3EID, fuel consumption listed in Table 3-2 is treated as for raw materials, and given zero as their net contribution rate.

**Table 3-2** Fuels used for raw materials and their consumption sectors

Consumption sector	Fuels	Application
Ammonia	Naphtha	Raw Materials for chemical products
Chemical fertilizer	Naphtha	Raw Materials for chemical products
Petrochemical basic products	Naphtha	Raw Materials for chemical products
Petrochemical basic products	LPG	Raw Materials for chemical products
Petrochemical aromatic products	Naphtha	Raw Materials for chemical products
Aliphatic intermediates	Naphtha	Raw Materials for chemical products
Cyclic intermediates	Naphtha	Raw Materials for chemical products
Synthetic rubber	Naphtha	Raw Materials for chemical products
Methane derivatives	Naphtha	Raw Materials for chemical products
Oil and fat industrial chemicals	Naphtha	Raw Materials for chemical products
Plasticizers	Naphtha	Raw Materials for chemical products
Synthetic dyes	Naphtha	Raw Materials for chemical products
Other industrial organic chemicals	Naphtha	Raw Materials for chemical products

## 3.2 Estimation of Energy Consumption

### 3.2.1 Energy Supply from Non-Thermal Power Generation

Embodied energy intensity includes energy consumption associated with electric power consumption. Energy consumption related to fossil fuel combustion in the "Electric power for enterprise use" sector is allocated to each sector using Leontief's inverse matrix. However, to obtain substantial energy consumption associated with electric power consumption, energy supply from non-thermal power should be included.

Energy supply from nuclear and hydroelectric power generation plus other power generation was estimated to be 254,726 GWh and 80,116 GWh from the Table of Domestic Products by Sector and Commodity, respectively.

### 3.2.2 Energy Consumption by Sector

Direct energy consumption  $h_i$  in sector  $i$  is the sum of energy consumption  $h_{i,k}$  of fuel  $k$ , which is calculated by multiplying consumption  $m_{i,k}$  of fuel  $k$  by calorific value  $q_k$  and the net contribution rate  $r_{i,k}$ .

$$h_i = \sum_k h_{i,k} = \sum_k q_k r_{i,k} m_{i,k} , \quad (3-1)$$

here, HHV (Higher Heating Value) based calorific value  $q_k$  was used as shown in Table 3-3. The value in calories, which is commonly used as heat unit, and the value in joules conforming to the SI unit system are also included here. This study did not count heat value from incineration of municipal and industrial waste as direct energy consumption, due to the difficulty of determining energy use amount as the heat value by sector.

Electric power supply from non-thermal power generation was converted at 860 kcal/kWh. It is possible to calculate its energy consumption based on the primary energy (input base) using thermal power efficiency (e.g. 2150 kcal/kWh), by using a breakdown list of intensity for each fuel.

**Table 3-3** Calorific value by fuel type and other resources

Fuel and resource name	Calorific value (HHV) [1cal=4.18605J]		Unit
	×10 <sup>7</sup> kcal	×10GJ	
Coking coal	0.6904	2.89	/t
Steam coal, lignite and anthracite	0.6354	2.66	/t
Coke	0.7191	3.01	/t
Coke oven gas (COG)	0.5041	2.11	/1000Nm <sup>3</sup>
Blast furnace gas (BFG)	0.0815	0.34	/1000Nm <sup>3</sup>
Linz Donawitz gas (LDG)	0.2009	0.84	/1000Nm <sup>3</sup>
Crude oil	0.9126	3.82	/kl
Fuel oil A	0.9341	3.91	/kl
Fuel oils B and C	0.9962	4.17	/kl
Kerosene	0.8767	3.67	/kl
Diesel oil	0.9126	3.82	/kl
Gasoline	0.8266	3.46	/kl
Jet fuel	0.8767	3.67	/kl
Naphtha	0.8146	3.41	/kl
Petroleum-based hydrocarbon gas	1.0726	4.49	/1000Nm <sup>3</sup>
Hydrocarbon oil	1.0105	4.23	/kl
Petroleum coke	0.8504	3.56	/t
Liquefied petroleum gas (LPG)	1.1992	5.02	/t
Natural gas, LNG	1.3019	5.45	/t
Mains gas	0.9818	4.11	/1000Nm <sup>3</sup>
Black liquor	0.3010	1.26	/t (dry)
Waste wood	0.3989	1.67	/t (dry)
Waste tires <sup>1)</sup>	0.81	3.39	/t
Municipal waste <sup>2)</sup>	0.21	0.88	/t
Industrial waste <sup>2)</sup>	0.30	1.26	/t
Nuclear power generation	86	360	/GWh
Hydro and other power generation	86	360	/GWh

References

1 Japan Automobile Tire Manufacturers Association, Inc., 1996

2 Japan Information Processing Service Co., Ltd. 1996

Others; Agency of Natural Resources and Energy, 2001

### 3.3 Estimation of CO<sub>2</sub> Emissions

#### 3.3.1 CO<sub>2</sub> Emission Factor

Since CO<sub>2</sub> removal technology is now being researched but is not in common use, the amount of CO<sub>2</sub> emissions was determined by multiplying the energy consumption for each fuel in each sector by its respective CO<sub>2</sub> emission factor as shown in Equation (3-2). We also counted CO<sub>2</sub> emissions based on non-fossil fuels, which are produced by utilizing limestone, i.e. in cement manufacturing.

$$D_i = \sum_k f_k h_{i,k}, \quad (3-2)$$

here,  $D_i$  is direct CO<sub>2</sub> emission in sector  $i$ ,  $f_k$  is CO<sub>2</sub> emission factor for fuel  $k$ , and  $h_{i,k}$  is energy consumption for fuel  $k$  in sector  $i$ . In the case of limestone as fuel  $k$ , energy consumption  $h_{i,k}$  is given as the amount of material ( $t$ ). Table 3-4 shows the CO<sub>2</sub> emission factor for each fuel used in the estimation. Black liquor and waste wood, which are biomass fuels, were not counted as CO<sub>2</sub> emissions in each sector, although their CO<sub>2</sub> emission factors are given. Also, emission factors for municipal and industrial wastes include only CO<sub>2</sub> emissions originating in non-biomass waste.

The Environment Agency Committee on Greenhouse Gas Emission Methodology (the Committee) (Environment Agency, 2000b) was prepared for CO<sub>2</sub> emission factors per unit heat value as well as per original mass according to Government ordinance. We mainly employed these factors. However, when CO<sub>2</sub> emissions are calculated by multiplying emission factor by activity amount, or energy consumption, there exists a discrepancy between the measured calorific value of sample fuel and the calorific value used for estimates of energy consumption. Therefore, the Committee included correction factors for the difference between measured calorific value and calorific value specified in the Energy Balance Tables. CO<sub>2</sub> emissions can be calculated with estimated energy consumption using the Energy Balance Tables.

Since we quoted many of the calorific values of fuels from the revised value of Energy Balance Tables (EDMC/MITE, 2001), multiplying the Committee's emission factor by the correction factor causes an inconsistency with the emission factor corresponding to the energy consumption in 3EID. Therefore, we used a CO<sub>2</sub> emission factor converted as follows:

$$\text{CO}_2 \text{ emission factor in 3EID} = \text{The Committee's emission factor} \times \text{Committee's correction factor} \times \\ (\text{Revised calorific value in Energy Balance Tables} / \text{Conventional Calorific value in Energy Balance Table})$$

The emission factor quoted from other references was not converted, since its estimation rationale has not been investigated.

**Table 3-4** CO<sub>2</sub> emission factor by fuel type and other resource

Fuel and resource name	Emission factor [1cal=4.18605J]		Remarks
	t-C/10 <sup>7</sup> kcal	Mg-CO <sub>2</sub> /10GJ	
Coking coal	1.045	0.915	
Steam coal, lignite and anthracite	1.015	0.889	
Coke	1.231	1.078	
Coke oven gas (COG)	0.462	0.405	
Blast furnace gas (BFG)	1.231	1.078	Same value as coke
Linz Donawitz gas (LDG)	1.231	1.078	Same value as coke
Crude oil	0.792	0.693	
Fuel oil A	0.809	0.709	
Fuel oils B and C	0.812	0.711	
Kerosene	0.779	0.682	
Diesel oil	0.790	0.692	
Gasoline	0.761	0.667	
Jet fuel	0.760	0.666	
Naphtha	0.747	0.654	
Petroleum-based hydrocarbon gas	0.519	0.455	
Hydrocarbon oil <sup>1)</sup>	0.880	0.771	
Petroleum coke	1.061	0.930	
Liquefied petroleum gas (LPG)	0.688	0.603	
Natural gas, LNG	0.585	0.512	
Mains gas	0.597	0.523	
Black liquor <sup>2)</sup>	1.075	0.942	Not count in CO <sub>2</sub> emission
Waste wood <sup>3)</sup>	0.879	0.770	Not count in CO <sub>2</sub> emission
Waste tires <sup>4)</sup>	0.913	0.800	Tire for passenger-vehicle
Municipal waste (exc. CO <sub>2</sub> from biomass) <sup>5)</sup>	0.344 (1.025)	0.302 (0.898)	( ) includes CO <sub>2</sub> from biomass wastes
Industrial waste (exc. CO <sub>2</sub> from biomass) <sup>5)</sup>	1.010 (1.696)	0.884 (1.485)	( ) includes CO <sub>2</sub> from biomass wastes
Limestone <sup>6)</sup>	0.120	0.440	Emission per 1 t
References			
1 Hondo et al., 1998		5 Environment Agency, 2000a	
2 Environment Agency, 1992		6 Kondo et al., 1997	
3 Asakura et al., 2001		Others; Environment Agency, 2000b	
4 Japan Automobile Tire Manufacturers Association, Inc., 1996			

### 3.3.2 Limestone

Consumption of limestone (CaCO<sub>3</sub>) is given in the Tables of Values and Quantities. This consumption includes the amount of limestone that, due to how it is used, does not emit CO<sub>2</sub>. We therefore estimated, from other statistics, the consumption percentage which is thought to emit CO<sub>2</sub> during the consumption process. Limestone used in iron and steel, cement, and glass products processes emits CO<sub>2</sub>. Limestone which is needed for the production of slaked lime (Ca(OH)<sub>2</sub>) and lime (CaO) is also a source of CO<sub>2</sub> emissions. In the Input-Output Tables, slaked lime and lime are categorized into the "Miscellaneous ceramic, stone and clay products" sector, in which multiple goods are aggregated. Accordingly, if limestone consumption needed for producing slaked lime and lime are added to the sector, it is allocated, due to the ripple effect of the inverse matrix, to sectors in which they were not actually consumed. We added a limestone amount equivalent to the consumption of slaked lime and lime to sectors that consume them, assuming that CO<sub>2</sub> emissions occurring in the production sectors occur exclusively in the consumption sectors. To convert consumption of lime and slaked lime to equivalent limestone consumption, the following equation was used.

Equivalent limestone consumption =

$$\text{Lime consumption} \times \text{limestone molecular weight (100)} / \text{molecular weight of lime (56)}$$

Equivalent limestone consumption =

$$\text{Slaked lime consumption} \times \text{molecular weight of limestone (100)} / \text{slaked lime molecular weight (74)}$$

Consumption of limestone, slaked lime, and lime in the "Iron and steel" sectors were quoted from the Steel Statistics, and added to the "Pig iron," "Ferroalloy," "Crude steel (converter)," and "Crude steel (electric furnaces)" sectors. The consumption for cement production was quoted from the "Mining Handbook" (Agency of Natural Resources and Energy, 1999) and added to the "Cement" sector, and that for glass products was obtained from "Yearbook of Ceramic and Building Materials Statistics" (MITI, 1996e) and added to the "Sheet glass and safety glass" sector. Consumption of slaked lime and lime in agriculture, the chemical industry, construction, power generation, public water supply, and sewerage was estimated from "Trends in Demand for Lime by Use" (MITI, 1996f). Except for construction use, consumption by use in the statistics was added to the corresponding sector in the Input-Output Tables to the use respectively as shown in Table 3-5. The amount of consumption for construction use was allocated according to production price from the "Miscellaneous ceramic, stone and clay products" sector to construction-related sectors.

**Table 3-5** Correspondence between use of lime and slaked lime and sectors in the Input-Output Tables

Items of use in "Trends in demand of lime by use"		Equivalent limestone (t)	Corresponding sectors in Input-Output Tables	
Use of Lime and slaked lime			Column code	Sector name
Chemical industry	Carbide	772,240	202909	Other industrial inorganic chemicals
	Bleaching agent and soda	1,541,399	202101	Industrial soda chemicals
	Paper and pulp	317,088	181101	Pulp
	Seawater magnesia	646,861	272203	Non-ferrous metal scrap
	Petrochemicals	148,261	204101	Thermo-setting resins
	Other chemicals	415,831	204101	Thermo-setting resins
Construction	Plastered	59,267	411101	Construction and building sectors <sup>1)</sup>
	Light weight concrete	342,839		- Construction and building sectors <sup>1)</sup>
	Stabilized treatment of soil	1,058,122	413209	Construction and building sectors <sup>1)</sup>
Agriculture	Fertilizers	381,410	201102	Chemical fertilizers
	Agricultural chemicals	12,163	207401	Agricultural chemicals
Others	Non-ferrous metal castings and forgings	49,629	272203	Non-ferrous metal scrap
	Mining	35,651	62101	Materials for ceramics
	Waterworks	71,468	521101	Waterworks and small waterworks
	Sewage	227,308	521103	Sewage
	Pollution control	1,120,193	511101	Electric power for enterprise use
	Others	559,031	900000	Unclassified

1) Allocated according to production price from the "Miscellaneous ceramic, stone and clay products" to sectors related with construct

### 3.3.3 Allocation Method of CO<sub>2</sub> Emitted by Cascade Energy Consumption in the Iron and Steel Production

BFG mainly consists of non-reacted carbon monoxide (CO) and reacted CO<sub>2</sub> after oxidizing coke to CO and then utilizing it as a reducing gas for iron oxide. The resultant heat from burning the non-reacted CO is used for steelmaking and rolling. In other words, heat originating in coke is used in multiple steps (cascade use). Allocation methodology for CO<sub>2</sub> emitted by cascade energy consumption is a very important issue.

BFG has a very high CO<sub>2</sub> emission factor because it has a low calorific value and includes mainly coke-derived carbon. LDG also includes reacted CO and CO<sub>2</sub>, resulting from the oxidation reaction in the converter due to the removal of impurities, especially of carbon (coke) in pig iron. \*LDG is provided to cascade use of heat originating in coke as well as BFG. LDG has a low calorific value and has a high emission factor. This is why sectors utilizing BFG and LDG are allocated a lot of CO<sub>2</sub> in spite of their small energy



consumption. Fig. 3-1 shows the flow of energy and carbon in the sectors related to iron and steel production. This figure was drawn up based on a report (The Iron and Steel Institute of Japan, 1993). If the total carbon content of coking coal is assumed to be 100, the large consumption sectors for by-produced gas as steelmaking or power generation are allocated 60 for carbon in total, despite energy consumption of only 32. (The energy of coking coal is assumed to be 100.) On the other hand, the production process corresponding to the "Pig iron" sector to generate BFG has 34 for carbon, including limestone input, and 59 for energy consumption, taking into account re-input of by-produced gas to the process. In short, there is a difference of a factor of about 3.3 in carbon emission per unit energy consumption between generation and consumption sector for by-produced gas.

We allocated the CO<sub>2</sub> emitted by BFG and LDG consumption to each sector, not according to the actual emission amount calculated according to their real carbon density, but according to the amount of energy consumption. This allocation method allows CO<sub>2</sub> to be allocated to the "Pig iron" sector in which use of carbon in coke is the main objective, and prevents its allocation to specific consumption sectors for by-produced gas due to production flow of steelmaking, in spite of the original purpose of energy use.

More specifically, the entire CO<sub>2</sub> emission from coke burning was added to the coke consumption sectors. For generated sectors of BFG and LDG, the amount of CO<sub>2</sub> emission equivalent to the heat value generated from BFG and LDG was deducted. Here, CO<sub>2</sub> emission factors for BFG and LDG did not use the factors based on the actual composition (BFG: 3.16 t-C/10<sup>7</sup> kcal, LDG: 2.06 t-C/10<sup>7</sup> kcal) (The Iron and Steel Institute of Japan, 1993), but instead used the same emission factor as coke (1.23t-C/10<sup>7</sup> kcal). Multiplying this emission factor by generated energy from BFG and LDG determined the deducted CO<sub>2</sub> amount. We defined these items as "BFG generation" and "LDG generation". Similarly, CO<sub>2</sub> emission for the BFG and LDG consumption sector was calculated by the energy consumption and using the same emission factor as coke. These items are defined as "BFG consumption" and "LDG consumption", respectively.

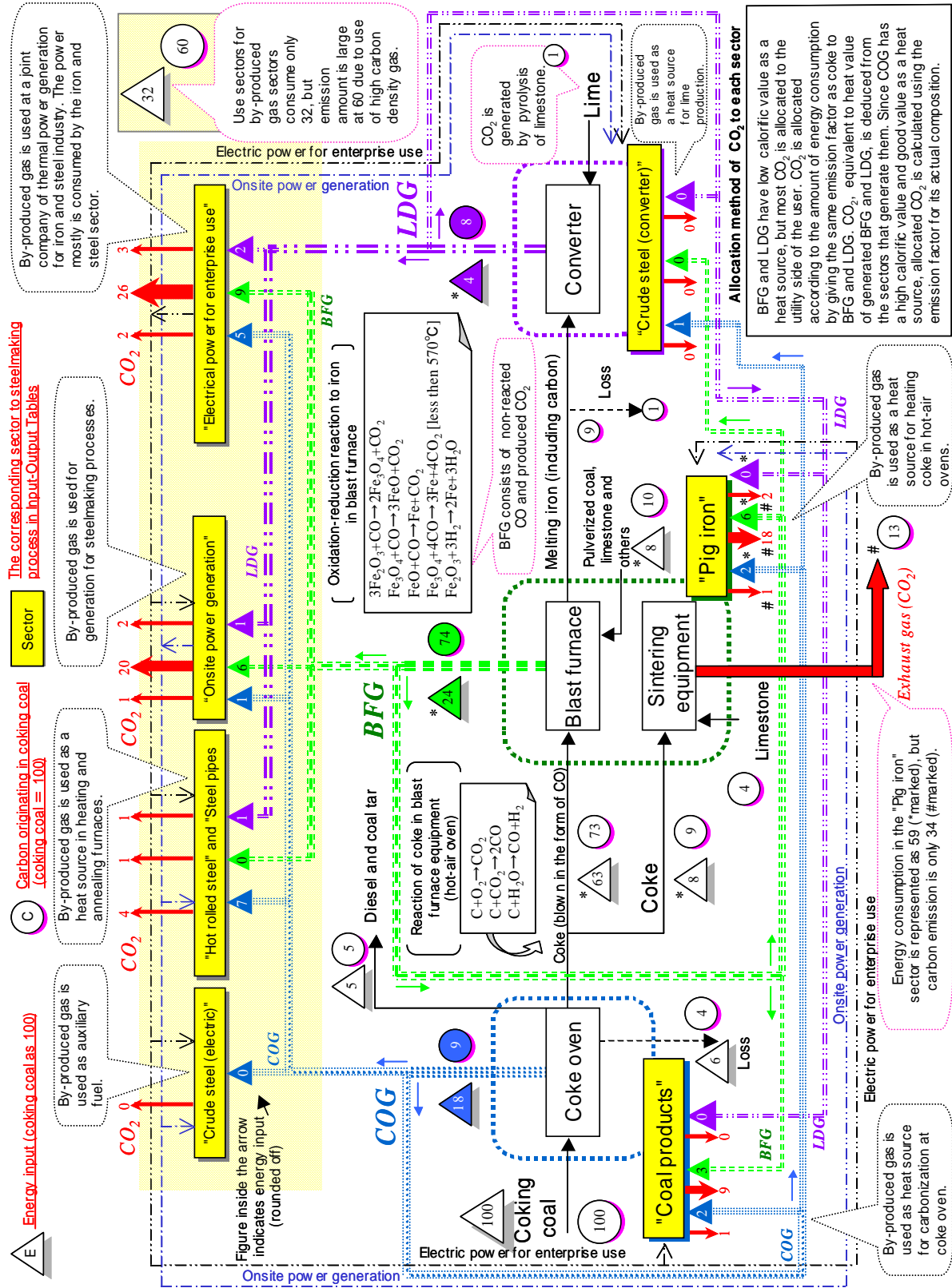


Fig. 3-1 Energy and carbon flow in steel production processes

### 3.4 Estimation of NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> and SPM Emissions from Stationary Sources

Removal equipment for NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> and SPM emission is installed at stationary sources in Japan. In many industries, denitrification equipment and low NO<sub>x</sub> burners are utilized, and desulfurization equipment and dust collectors are installed. These air pollutants are generated by the combustion of fossil fuels, but emission factors for each fuel, estimated by the same procedure as for CO<sub>2</sub>, do not provide the actual emission amount, because the types and efficiency of removal technology of air pollutants vary depending on industry and combustion facilities.

In this study, the same emission factors for each fuel, industry, and furnaces calculated from the results of the Investigation for Management of Air Pollutant emissions (MAP investigation) (MRI, 2000, Japan Information Processing Service Co., Ltd., 1996) were used as those for stationary sources. These factors are close to the actual ones, and reflect the distribution of denitrification, desulfurization, and dust removal technologies.

Air pollutants from stationary sources also include emissions from non-fossil fuels. For example, thermal NO<sub>x</sub> is generated in electric furnaces used to melt scrap iron, and SO<sub>x</sub> is generated in the refining process of non-ferrous metals by oxidization of sulfur present in metal ore. We performed estimates for these specific emission sources

#### 3.4.1 Emission Factor of Stationary Sources

Air pollutant emissions from fuel combustion in stationary sources were obtained by multiplying the energy consumption for each fuel by the emission factor for stationary sources.

$$p_{i,k} = f'_{i,k} h_{i,k}, \quad (3-3)$$

where  $p_{i,k}$  is the amount of air pollutant emission from fuel  $k$  in sector  $i$ ,  $f'_{i,k}$  represents the emission factor adjusted for the efficiency of removal technologies in that sector, and  $h_{i,k}$  is energy consumption.

Here, we explain the calculation method for the emission factors of stationary sources. In the MAP investigation, a total of about 202,000 facilities in Japan, including factories or establishments with "smoke- and soot-emitting facilities" as specified in the Air Pollution Control Law, Clause 2, Article 9 (and including smoke- and soot-emitting facilities as specified in the Electric Power Industry Law and the Gas Industry Law, and facilities specified in the Mine Safety Law) and facilities regulated under Prefectural laws, were investigated.

Emission factors for sectors in the Input-Output Tables were prepared, based on emission factors calculated from fuel consumption and the emission amounts of NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, and dust for each classification of 32 fuels, 75 industries and 159 furnace types in the MAP investigation. Since there are about 400 sector classifications in the Input-Output Tables, it was difficult to match fuel consumption in each sector to a specific type of furnace. In short, "Fuel consumption" for a sector in the Input-Output Tables means the sum of fuel consumption in multiple furnaces. Therefore, it is necessary to calculate the representative average emission factor of multiple furnaces to match the relevant sectors in the Input-Output Tables. There are two types of average emission factors for each industry and fuel:

1. Average emission factor of all furnaces except for those related with power generation and waste incineration
2. Average emission factor of all furnaces (including those related with power generation) except for those related to waste incineration

These emission factors are selected according to the methodology for allocating fuel consumption for the "Onsite power generation" sector in the Input-Output Tables. Since the Input-Output Tables are constructed in line with the activity-based classifications, "Onsite power generation" exists as an independent sector. Therefore, extracted fuel consumption for Onsite power generation from total consumption in each sector should be included in the "Onsite power generation" sector. On the other hand, for reasons of the introduction of cogeneration systems, it is important to allocate energy consumption for Onsite power generation to that on the heat-demanding side as well as the generating side.

Our estimation method for energy consumption indicates that based on the Energy Balance Tables, in which all consumption of onsite power generation is included in the onsite power generation sector, about 60 % of the energy consumption was attributed to the "Onsite power generation" sector in the Input-Output Tables, and the remaining approximately 40 % was attributed to each industrial sector as heat demand. In short, a part of fuel consumption for Onsite power generation was directly added to the industrial sectors; therefore, we used the average emission factor of all furnaces (including those related to power generation) except for those related to waste incineration. Emission amount was estimated by multiplying energy consumption by this emission factor. When correspondence between furnace type and fuel consumption could be determined, the emission factor specific to that furnace was used for the estimation.

The fuels specified in the MRI report (MRI, 2000) and fuels in 3EID were matched to each other as shown in Table 3-6 according to their names. The emission factor of coal in the MRI report was applied to coking coal, steam coal, lignite, and anthracite; that of LNG was applied to LNG and natural gas; that of other liquid fuels (heavy parts) was applied to hydrocarbon oil; and that of other solid fuels was applied to petroleum coke and waste tires, respectively. The energy supply from non-thermal power generation was not given an emission factor, but electric power consumption by electric furnaces, which are  $\text{NO}_x$  emission sources, was given an emission factor for electric power. Since the emissions of  $\text{NO}_x$  and other pollutants from blast furnace coke were assigned to BFG, the emission factor for this coke was set at zero.

**Table 3-6** Correspondence of fuels and resources between 3EID and the MRI report

Fuels and resources in 3EID	Fuels and resources in the MRI report
Coking coal	Coal
Steam coal, lignite and anthracite	Coal
Coke	Coke
Blast furnace coke	Set emission factor for 0 [Allocated to BFG]
Coke oven gas (COG)	COG
Blast furnace gas (BFG)	BFG
Linz Donawitz gas (LDG)	LDG
Crude oil	Crude oil
Fuel oil A	Fuel oil A
Fuel oils B and C	Fuel oils B and C [Weighted average]
Kerosene	Kerosene
Diesel oil	Diesel oil
Gasoline	Gasoline
Jet fuel	Jet fuel
Naphtha	Naphtha
Petroleum-based hydrocarbon gas	Petroleum based hydrocarbon gas
Hydrocarbon oil	Other liquid fuels [Heavy part]
Petroleum coke	Other solid fuels
Liquefied petroleum gas (LPG)	Liquefied petroleum gas (LPG)
Natural gas, LNG	LNG
Mains gas	Mains gas
Black liquor	Black liquor
Waste wood	Waste wood
Waste tires	Other solid fuels
Municipal waste	Municipal waste
Industrial waste	Industrial waste
Nuclear power generation	-
Hydro and other power generation	-
Electric power at electric furnaces	Electric power
Metal ores	Metal ores

### 3.4.2 Electric Power Consumption by Electric Furnaces

An electric furnace used in a small iron mill and for melting scrap generates thermal  $\text{NO}_x$  due to oxidation of nitrogen in the air at high temperature. Therefore, we estimated electric power consumption for electric furnaces as an emission source of  $\text{NO}_x$  separately from ordinary electric power consumption. The consumption sectors of electric power for electric furnaces in the Input-Output Tables were the "Crude steel (electric furnaces)" sector, corresponding to electric furnaces for iron and steel making, the "Ferroalloy" sector, corresponding to that for alloys, and the "Other industrial inorganic chemicals" sector, corresponding to that for calcium carbide. In addition, the electric power consumption of the furnace was added to sectors related to automobile manufacturing in which electric power is used for melting metals.

As shown in Table 3-7, there was a difference in consumption of electric power by electric furnaces in the "Iron and steel" sector between the Tables of Values and Quantities and the Steel Statistics. We used the values in the Steel Statistics, and 15,617 GWh and 2,330 GWh were added to the "Crude steel (electric furnaces)" and "Ferroalloy" sectors, respectively. Also, electric power consumption in the "Other industrial inorganic chemicals" sector was allocated 902 GWh required for manufacturing calcium carbide and lime nitrogen, based on the "Yearbook of Chemical Industries Statistics" (MITI, 1996g).

**Table 3-7** Electric power consumptions for electric furnaces in the iron and steel industry in each statistic

Sector name	Tables of Values and Quantities	Steel Statistics
	GWh	GWh
Crude steel (electric furnaces)	10,016	15,617
Ferroalloys	2,363	2,330
Total	12,379	17,947

Electric power consumption involved in NO<sub>x</sub> emissions in sectors related to automobile manufacturing could not be found in any published statistics. Therefore, we assumed that 7 % of the total electric consumption in both the "Electric power for enterprise use" and "Onsite power generation" sectors in the Tables of Values and Quantities was used for electric furnaces, referring to electric power consumption used for metal melting in those industries derived in the MAP investigation. Sector names of automobile manufacturing in the Input-Output Tables and their electric power consumption for electric furnaces are shown in Table 3-8.

**Table3-8** Electric power consumptions related to NO<sub>x</sub> emission in the automobile manufacturing sectors

Sector name	Electric power consumption GWh
Passenger motor cars	170
Trucks, buses and other cars	50
Two wheel motor vehicles	10
Motor vehicle bodies	51
Internal combustion engines for motor vehicles and parts	267
Motor vehicle parts and accessories	442
Total	990

### 3.4.3 Metal Ores

Sulfur in iron ore and non-ferrous metal ores causes SO<sub>2</sub> emissions during metal refining. SO<sub>2</sub> originating in iron ore is generated in blast furnaces. 90 % of the sulfur in a blast furnace is derived from coke, of which 85 % - 90 % is absorbed into the slag. It is subsequently used as raw material for cement and/or brickmaking (The Japan Institute of Metals, 2000). Since SO<sub>2</sub> originating in iron ore is included in BFG, we did not give an emission factor to iron ore or count its consumption.

Although sulfur in non-ferrous metal ore is recovered and reused, it is also released into the atmosphere in the form of SO<sub>2</sub>. In the Input-Output Tables, the "Copper," "Lead and Zinc (including regenerated lead)," "Aluminum (including regenerated aluminum)," and "Other non-ferrous metal ingot" sectors correspond to the non-ferrous metal refining process. In this book, consumption of copper, lead and zinc ore was added to the "Copper" and "Lead and Zinc (including regenerated lead)" sectors, respectively. However, other ores were not included, because most aluminum used in Japan is recycled, and it was difficult to estimate ore consumption in the "Other non-ferrous metals" sector including various non-ferrous metals. The total shown in Table 3-9 was used as the consumption from the "Mining Handbook" (Agency of Natural Resources and Energy, 1999); the "Copper" sector was allocated 1,724 kt on a metal basis, and the "Lead and Zinc (including regenerated lead)" sector was given 1,211 kt, the sum of lead ore and zinc ore.

**Table 3-9** Consumptions of non-ferrous metal ores in metal refinery sectors

	Copper ore 1000 t [metal basis]	Lead ore 1000 t [metal basis]	Zinc ore 1000 t [metal basis]
Domestic production	1,216	223	660
Import	380	70	112
Stocks	127	30	116
Total	1,724	323	888

### 3.4.4 Open Burning of Waste Agricultural Biomass

As SPM emissions from non-fossil fuel, we considered SPM emissions from open burning of waste agricultural biomass. Since dust collectors are not provided in the case of open burning, this is a stationary source with high SPM emission factors. Incineration of straw and chaff in 1995 was determined according to the supplied data (MAFF, 2001) as shown in Table 3-10. However, since the SPM emission factor for open burning in Japan could not be obtained, we used the emission factor of 7.71 kg/t for open burning of wood and plants in the USA.

**Table 3-10** Incineration of straw and chaff

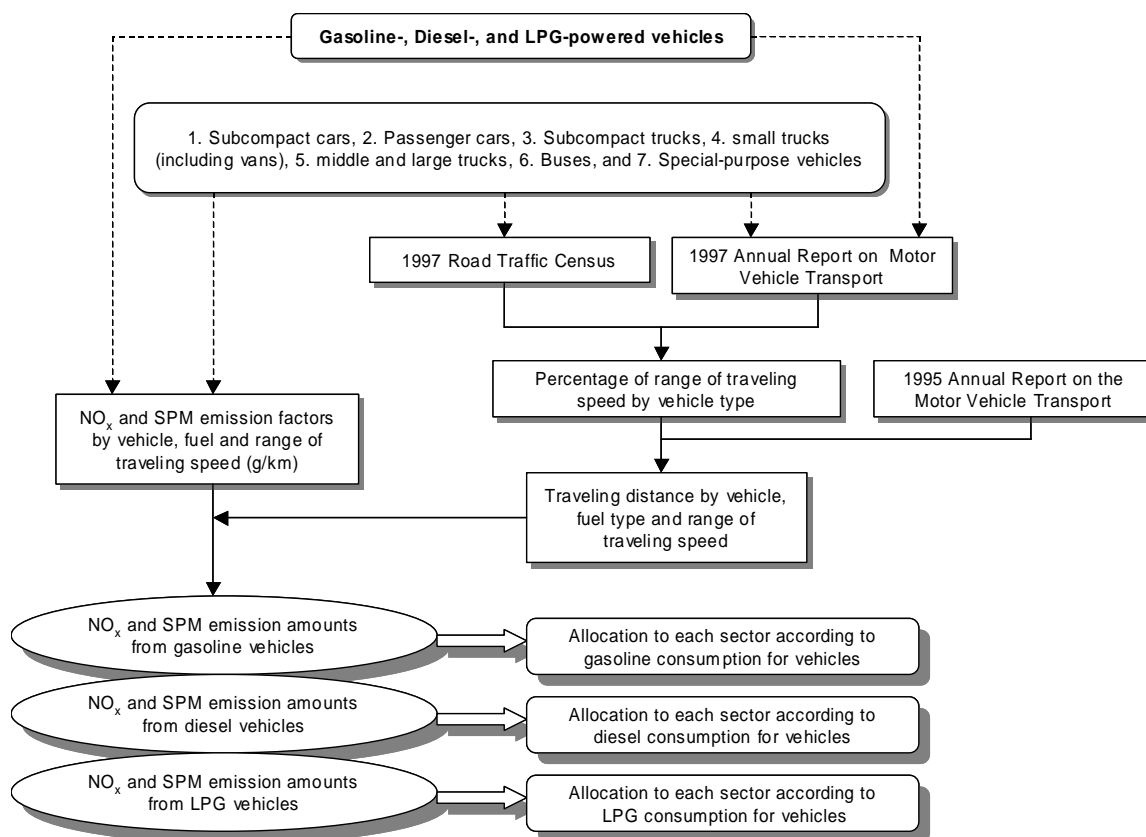
	Total output t	Disposal by incineration t
Straw	10,850,883	536,908
Chaff	2,431,108	528,290

## 3.5 Estimation of NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> and SPM Emissions from Mobile Sources

In 3EID, mobile emissions sources include automobiles, waterborne vessels, railways, aircraft, agricultural machinery, and construction machinery. The estimation method of emission amount for each source is described as follows.

### 3.5.1 Emissions from Automobiles

Automobiles are a major mobile emissions source; therefore, it is important to obtain a quantitative understanding of their emissions. However, it is not easy to estimate emissions of NO<sub>x</sub> and SPM, because they are not determined by only fuel properties as CO<sub>2</sub> and SO<sub>x</sub>. SPM emission amounts depend on traffic density and traveling conditions. For example, diesel-powered cars emit large amounts of SPMs during acceleration. Parameters for actual traveling conditions and corresponding emission factors are necessary to calculate the NO<sub>x</sub> and SPM emissions accurately. We estimated emission amounts from automobiles using emission factors and driving mileages for each vehicle type by range of traveling speed in the same manner as a previous study (Nomura Research Institute, Ltd., 1998). The process of estimating NO<sub>x</sub> and SPM emissions is shown in Fig. 3-2.



**Fig. 3-2** Estimation process for NO<sub>x</sub> and SPM emissions from automobiles

First, average traffic volume per 24 hours was calculated based on the day/night ratio and average traffic volume per 12 hours, categorized by road type, weekday or holiday, and vehicle type in the "1997 Road Traffic Census" (Road Traffic Census) (Ministry of Construction, 1998). The value was then multiplied by the proportion of vehicle types at peak time, categorized by road type and roadside conditions to calculate the number of moving cars by road type and weekday or holiday. Further, multiplying this figure by distance along road type, roadside conditions, paved or unpaved road, traveling velocity during busy hours determined the traveling amount (number of vehicles  $\times$  traveling distance (km)) of vehicle according to the traveling distance for each vehicle type by road type, range of traveling speeds, and weekday or holiday. The number of holidays per year was assumed to be 77 days, including Sundays, national holidays, New Year holidays, and the summer vacation, and the traveling amount (number of vehicles  $\times$  traveling distance (km)) per year by road type, range of velocity, and vehicle type was determined.

Next, ranges of traveling speed on open roads and expressways were classified into  $\geq 3$  km/h to  $< 5$  km/h (3 ~ 5 km/h), 5 ~ 10 km/h, 10 ~ 15 km/h, 15 ~ 25 km/h, 25 ~ 40 km/h, 40 ~ 60 km/h, and 60 ~ 80 km/h. We assumed 7 vehicle types: subcompact cars, passenger cars (compact, midsize, and large), subcompact trucks, small trucks (including vans), medium and large trucks, buses, and special-purpose vehicles (e.g., emergency vehicles). In the Road Traffic Census, small trucks and vans are categorized separately, but in this research, traveling data for small trucks and vans were integrated into the small trucks category.

The Road Traffic Census provides only data relating to national arterial highways. No data relating to minor roads is included. To obtain the total traveling distance, traveling data in the "1997 Annual Report on Motor Vehicle Transport" (Ministry of Transportation, 1999) for the same year as the Road Traffic Census was also



used in calculating total pollutant emissions. We assumed that the difference in traveling distance between the Road Traffic Census and the 1997 Annual Report on the Motor Vehicle Transport represents the traveling distance for minor roads. The traveling speed on minor roads was set at 15 ~ 25 km/h, and the distances were integrated into the category of 15 ~ 25 km/h for traveling amount (number of vehicles × traveling distance (km)) by road type, range of velocity, and vehicle type. Also, traveling amounts (number of vehicles × traveling distance (km)) by road type, range of velocity, and vehicle type on expressways and open roads were aggregated. For each vehicle type, the ratio of traveling distance in each speed range to the total distance was calculated. Table 3-11 shows the percentages of range of traveling speed by vehicle type.

**Table 3-11** Percentage of range of traveling speed by vehicle type

Vehicle type	Percentage (%) of range of traveling speed						
	Speed range (km/h)						
	3 ~ 5	5 ~ 10	10 ~ 15	15 ~ 25	25 ~ 40	40 ~ 60	60 ~ 80
Subcompact cars	0.0	0.3	1.5	11.5	40.2	41.8	4.7
Passenger cars (compact, midsize and large)	0.1	0.3	1.0	30.0	28.1	29.5	11.0
Subcompact trucks	0.0	0.2	0.9	43.9	25.5	26.5	2.9
Small trucks (including vans)	0.1	0.3	1.0	33.0	24.9	26.2	14.5
Middle and large trucks	0.1	0.2	0.7	48.4	16.8	17.8	16.0
Buses	0.1	0.3	1.2	14.3	30.8	32.6	20.7
Special-purpose vehicles	0.1	0.2	0.8	39.6	19.9	21.1	18.1

We estimated the amount of pollutant emissions using this percentage as follows. The representative mileage of each vehicle type was determined by averaging the mileages of vehicles for business and personal use in the "1995 Annual Report on Motor Vehicle Transport" (Ministry of Transportation, 1997) of the same year as the Input-Output Tables. Also, the traveling distance of each vehicle type by fuel type was calculated using the mileage and consumption of gasoline, diesel oil, and LPG for each vehicle type to determine the percentage of traveling distance by fuel type. The total mileage for each vehicle type in the 1995 Annual Report on the Motor Vehicle Transport was proportionally divided into three classes by fuel type of gasoline, diesel, and LPG, using the obtained percentage. Therefore, total traveling distance by vehicle type in the 1995 Annual Report on the Motor Vehicle Transport could be adjusted to that by each vehicle type and fuel type (excluding the distance of specific vehicle types).

The obtained traveling distance by fuel type and vehicle type was allocated according to the percentage of range of traveling speed by vehicle type to provide the traveling distance by fuel type, vehicle type, and range of speed as shown in Tables 3-12 ~ 3-14.

**Table 3-12** Traveling distances of diesel-powered vehicles by vehicle type and range of traveling speed

Vehicle type [Diesel-powered vehicle]	Traveling distance ( $\times 10^6$ km) by range of traveling speed							Total
	Speed range (km/h)							
	3 ~ 5	5 ~ 10	10 ~ 15	15 ~ 25	25 ~ 40	40 ~ 60	60 ~ 80	
Subcompact cars	0	0	0	0	0	0	0	0
Passenger cars (compact, midsize and large)	49	193	773	22,315	20,897	21,927	8,209	74,363
Subcompact trucks	0	0	0	0	0	0	0	0
Small trucks (including vans)	53	163	620	20,452	15,467	16,267	9,005	62,027
Middle and large trucks	69	162	552	37,826	13,106	13,903	12,518	78,135
Buses	7	22	80	966	2,086	2,204	1,403	6,768
Special-purpose vehicles	16	39	133	6,431	3,235	3,431	2,939	16,224

**Table 3-13** Traveling distances of gasoline-powered vehicles by vehicle type and range of traveling speed

Vehicle type [Gasoline-powered vehicle]	Traveling distance ( $\times 10^6$ km) by range of traveling speed							Total
	Speed range (km/h)							
	3 ~ 5	5 ~ 10	10 ~ 15	15 ~ 25	25 ~ 40	40 ~ 60	60 ~ 80	
Subcompact cars	19	129	578	4,523	15,820	16,472	1,846	39,386
Passenger cars (compact, midsize and large)	208	810	3,246	93,735	87,778	92,102	34,481	312,359
Subcompact trucks	26	177	800	37,114	21,547	22,420	2,451	84,534
Small trucks (including vans)	22	68	259	8,539	6,458	6,792	3,760	25,897
Middle and large trucks	0	1	2	151	52	55	50	311
Buses	0	0	0	0	0	0	0	0
Special-purpose vehicles	0	0	0	0	0	0	0	0

**Table 3-14** Traveling distances of LPG-powered vehicles by vehicle type and range of traveling speed

Vehicle type [LPG-powered vehicle]	Traveling distance ( $\times 10^6$ km) by range of traveling speed							Total
	Speed range (km/h)							
	3 ~ 5	5 ~ 10	10 ~ 15	15 ~ 25	25 ~ 40	40 ~ 60	60 ~ 80	
Subcompact cars	0	0	0	0	0	0	0	0
Passenger cars (compact, midsize and large)	13	53	211	6,085	5,699	5,979	2,239	20,279
Subcompact trucks	0	0	0	0	0	0	0	0
Small trucks (including vans)	0	0	0	0	0	0	0	0
Middle and large trucks	0	0	0	0	0	0	0	0
Buses	0	0	0	0	0	0	0	0
Special-purpose vehicles	0	0	0	0	0	0	0	0

Pollutant emissions were calculated by multiplying these distances by the corresponding emission factor by vehicle type and range of traveling speed. The emission factors by vehicle type and range of speed for  $\text{NO}_x$  (Nomura Research Institute, Ltd., 1998, Suuri Keikaku, Co., Ltd., 1991) are shown in Tables 3-15 ~ 3-17, and those for SPM (Nomura Research Institute, Ltd., 1998) are shown in Tables 3-18 and 3-19. However, we employed a constant SPM emission factor with respect to the traveling speed (Environment Agency, 1997) for calculation, since the contribution of fuel burning by gasoline- and LPG-powered vehicles to total SPM emission is much smaller than that of diesel-powered vehicles, and collecting data on emission factors by range of traveling speed was extremely difficult.

To allocate the emissions to each sector of the Input-Output Tables, type of vehicle as representative of each sector was chosen. In reality, some vehicles are categorized as representative vehicle within each sector, but it is difficult to identify them precisely. Therefore, vehicle types were integrated into passenger cars, trucks, and buses, and the emission amount was allocated according to the relevant fuel consumption, assuming that each sector used a specific type of vehicle. In other words, emission factors of  $\text{NO}_x$  and SPM per unit energy consumption for 3 types vehicles shown in Table 3-20 were provisionally prepared, and multiplied by the energy consumption in each sector to obtain the emissions for each sector.

$\text{SO}_x$  emission factor was determined from the  $\text{SO}_2$ -converted sulfur content of each fuel and its calorific value, and emission amount was calculated from the factor and energy consumption. Table 3-21 shows  $\text{SO}_x$  emission factor by fuel type using the actual values of sulfur content (Petroleum Association of Japan, 2000, Mitsui O.S.K. Lines, 2000).

**Table 3-15** NO<sub>x</sub> emission factors for diesel-powered vehicles by vehicle type and range of traveling speed

Vehicle type [Diesel-powered vehicle]	NO <sub>x</sub> emission factor (g/km) by range of traveling speed						
	Speed range (km/h)						
	3 ~ 5	5 ~ 10	10 ~ 15	15 ~ 25	25 ~ 40	40 ~ 60	60 ~ 80
Subcompact cars	-	-	-	-	-	-	-
Passenger cars (compact, midsize and large)	0.86	0.86	0.52	0.35	0.26	0.25	0.28
Subcompact trucks	-	-	-	-	-	-	-
Small trucks (including vans)	3.79	3.79	3.79	2.85	1.96	1.39	1.55
Middle and large trucks	7.90	7.90	7.90	5.98	4.16	3.01	3.30
Buses	11.67	11.67	11.67	8.87	6.22	4.55	5.02
Special-purpose vehicles	8.33	8.33	8.33	6.36	4.50	3.30	3.59

**Table 3-16** NO<sub>x</sub> emission factors for gasoline-powered vehicles by vehicle type and range of traveling speed

Vehicle type [Gasoline-powered vehicle]	NO <sub>x</sub> emission factor (g/km) by range of traveling speed						
	Speed range (km/h)						
	3 ~ 5	5 ~ 10	10 ~ 15	15 ~ 25	25 ~ 40	40 ~ 60	60 ~ 80
Subcompact cars	0.21	0.21	0.21	0.20	0.20	0.22	0.26
Passenger cars (compact, midsize and large)	0.36	0.36	0.24	0.18	0.14	0.14	0.17
Subcompact trucks	0.89	0.89	0.89	0.83	0.82	0.90	1.18
Small trucks (including vans)	1.21	1.21	1.21	1.02	0.94	1.09	1.71
Middle and large trucks	2.95	2.95	2.95	2.58	2.42	2.72	3.94
Buses	4.52	4.52	4.52	4.06	3.94	4.49	6.38
Special-purpose vehicles	0.62	0.62	0.62	0.54	0.52	0.64	1.02

**Table 3-17** NO<sub>x</sub> emission factors for LPG-powered vehicles by vehicle type and range of traveling speed

Vehicle type [LPG-powered vehicle]	NO <sub>x</sub> emission factor (g/km) by range of traveling speed						
	Speed range (km/h)						
	3 ~ 5	5 ~ 10	10 ~ 15	15 ~ 25	25 ~ 40	40 ~ 60	60 ~ 80
Subcompact cars	-	-	-	-	-	-	-
Passenger cars (compact, midsize and large)	0.43	0.43	0.43	0.44	0.49	0.63	0.90
Subcompact trucks	-	-	-	-	-	-	-
Small trucks (including vans)	-	-	-	-	-	-	-
Middle and large trucks	-	-	-	-	-	-	-
Buses	-	-	-	-	-	-	-
Special-purpose vehicles	-	-	-	-	-	-	-

**Table 3-18** SPM emission factors for diesel-powered vehicles by vehicle type and range of traveling speed

Vehicle type [Diesel-powered vehicle]	SPM emission factor (g/km) by range of traveling speed						
	Speed range (km/h)						
	3 ~ 5	5 ~ 10	10 ~ 15	15 ~ 25	25 ~ 40	40 ~ 60	60 ~ 80
Subcompact cars	-	-	-	-	-	-	-
Passenger cars (compact, midsize and large)	0.049	0.03	0.021	0.016	0.015	0.016	0.021
Subcompact trucks	-	-	-	-	-	-	-
Small trucks (including vans)	0.167	0.125	0.102	0.085	0.073	0.071	0.087
Middle and large trucks	1.125	0.777	0.615	0.521	0.463	0.443	0.457
Buses	1.281	0.894	0.71	0.6	0.525	0.494	0.509
Special-purpose vehicles	0.787	0.543	0.428	0.361	0.319	0.307	0.326

**Table 3-19** SPM emission factors for gasoline- and LPG-powered vehicles by vehicle type

Vehicle type	Gasoline vehicle	LPG vehicle
	g/km	g/km
Subcompact cars	0.025	-
Passenger cars (compact, midsize and large)	0.01	0.01
Subcompact trucks	0.025	-
Small trucks (including vans)	0.063	-
Middle and large trucks	0.077	-
Buses	0.085	-
Special-purpose vehicles	0.077	-

**Table 3-20** Provisional emission factors for NO<sub>x</sub> and SPM by 3 types of vehicle

	NO <sub>x</sub> emission factor (kg/10 <sup>7</sup> kcal)			SPM emission factor (kg/10 <sup>7</sup> kcal)		
	Diesel	Gasoline	LPG	Diesel	Gasoline	LPG
Passenger cars	3.28	1.56	7.44	0.18	0.11	0.13
Trucks	21.66	20.75	-	1.82	0.77	-
Buses	28.52	-	-	2.55	-	-

**Table 3-21** SO<sub>x</sub> emission factors for mobile sources by fuel type

Fuel type	Sulfur content	SO <sub>x</sub> emission factor
	wt%	kg/10 <sup>7</sup> kcal
Gasoline	0.04	0.71
Diesel oil	0.13	2.23
Fuel oil A	0.78	13.92
Fuel oils B and C	2.89	56.62
LPG	0	0

### 3.5.2 SPM Emissions Originating from Tire Wear

Tire wear is an SPM emissions source resulting from automobile use. In this book, the amount of SPM emission was calculated by SPM emission factor per unit traveling distance by vehicle type (Environment Agency, 1997) shown in Table 3-22 and the traveling distance for each vehicle type in Tables 3-12 ~ 3-14. The total SPM emission was allocated to each sector according to energy consumption by specific types of automobiles, the same allocation method used for SPM emissions from fuel burning.

**Table 3-22** SPM emission factor for tire wear by vehicle type

Vehicle type	SPM emission factor for tire wear g/km
Subcompact cars	0.02
Passenger cars (compact, midsize and large)	0.02
Subcompact trucks	0.02
Small trucks (including vans)	0.02
Middle and large trucks	0.2
Buses	0.1
Special-purpose vehicles	0.2

### 3.5.3 Emissions from Shipping, Trains and Aircraft

NO<sub>x</sub> and SPM emissions from shipping are high, with the emission factor depending on vessel size. Therefore, we used the NO<sub>x</sub> emission factor by fuel type regarding four types of ships (Tonooka et al., 2000) as shown in Table 3-23. However, since SPM emission factors were obtained for only diesel and fuel oil (Cass G. R. et al., 1982), the same value was used for all ships. For trains (MRI, 2000, USEPA, 2000) and aircraft (MRI, 2000, Cass G. R. et al., 1982), the values as shown in Table 3-24 were used for calculation. Since there was no corresponding emission factor for trains to steam coal, the value for "Stoker-fired boilers" was substituted.

SO<sub>x</sub> emissions by diesel oil and jet fuel were calculated by emission factor based on the sulfur content as shown in Table 3-21. SO<sub>x</sub> emission factor for steam coal was given by the same reference (USEPA, 2000) as NO<sub>x</sub> and SPM emission factors.

**Table 3-23** NO<sub>x</sub> and SPM emission factors for shipping

Ship type	Diesel oil		Fuel oil A		Fuel oils B and C	
	NO <sub>x</sub>	SPM	NO <sub>x</sub>	SPM	NO <sub>x</sub>	SPM
	kg/10 <sup>7</sup> kcal					
Fishing boat (offshore and distant waters)	33.0	1.95	44.5	3.39	46.0	3.39
Fishing boat (coastal)	37.4	1.95	38.0	3.39	39.9	3.39
Ocean-going shipping	75.7	1.95	77.1	3.39	80.9	3.39
Coastal shipping	58.8	1.95	59.8	3.39	62.7	3.39

**Table 3-24** NO<sub>x</sub> and SPM emission factors for train and aircraft

Transportation	Steam coal			Diesel		Jet fuel	
	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	SPM	NO <sub>x</sub>	SPM	NO <sub>x</sub>	SPM
	kg/10 <sup>7</sup> kcal						
Train	7.26	31.5	0.71	7.31	3.25	-	-
Aircraft	-	-	-	-	-	11.1	0.68

### 3.5.4 Emissions from Agricultural Machinery and Construction Machinery

Non-regulated vehicles, such as agricultural machinery and construction machinery, have higher emission factors for NO<sub>x</sub> and SPM than automobiles. We employed the NO<sub>x</sub> emission factor (MRI, 2000) based on the measurement result (Environment Agency, 1995) of actual working machinery in Japan.

Since there was no SPM emission factor reflecting actual value for working machinery in Japan, we set the emission factor using the U.S value (AACOG, 1996). The emission factor used in this work is shown in Table 3-25. The SO<sub>x</sub> emission factor was the same as in Table 3-21.

**Table 3-25** NO<sub>x</sub> and SPM emission factors for agricultural and construction machinery

Machinery type	Diesel oil	
	NO <sub>x</sub>	SPM
	kg/10 <sup>7</sup> kcal	
Agricultural machinery	41.32	2.2
Construction machinery	43.40	2.2



## Chapter 4

# SECTORAL ENVIRONMENTAL BURDEN AND EMBODIED INTENSITY

### 4.1 Energy Consumption and Air Pollutant Emissions for Each Sector

In this section, we surveyed the structure of energy consumption and air pollutant emissions estimated in Chapters 2 and 3 from the viewpoint of sector and fuel type. All 400 sectors including the "Consumption expenditures of households" sector were consolidated into 17 sectors and the direct energy consumption and emissions for each sector were quantitatively revealed. In addition, we calculated the contribution of each sector-induced environmental burden by the economic final demand to the total burden. The induced environmental burdens were obtained for the 399 sectors, after which these sectors plus the "Consumption expenditures of households" sector (only direct burdens) were consolidated into 17 sectors.

Calculation of the induced environmental burden in each sector utilized the embodied intensity  $e_i$  determined by Equation (1-14). The final demand for sector  $i$ ,  $F_i$ , can be divided into domestic final demand,  $Y_i$ , and export demand,  $E_i$ , as Equation (4-1). Equation (4-2) gives the induced environmental burden,  $T_i$ , by the final demand for any sector  $i$ . Here,  $m_i$  represents the import coefficient defined by Equation (1-9).

$$F_i = Y_i + E_i \quad (4-1)$$

$$T_i = (1 - m_i) e_i Y_i + e_i E_i \quad (4-2)$$

#### 4.1.1 Energy Consumption

Fig. 4-1 shows sectoral direct energy consumption and its fuel type composition (coal, petroleum, natural gas and other). Fig. 4-2 shows the contribution of each sector to the total energy consumption from the viewpoint of induced consumption by final demand. The total energy consumption attributable to Japanese economic activity was estimated to be 438 M TOE (Ton Oil Equivalent =  $10^7$  kcal) in 1995. In comparison with other estimations, this value is somewhat smaller than the 469 M TOE proposed by Hondo et al. (Hondo et al., 2001), since there were differences in calorific values for each fuel and definition of the net contribution rate, in addition to differences in the statistics used in the estimation. For direct energy consumption, the "Electric power, gas and heat supply" sector accounted for 35 % of the whole, or 150 M TOE, because nuclear, hydro and other forms of power generation were included, followed by 17 %, or 74 M TOE for the "Transportation" sector. The "Consumption expenditures of households" (Households) sector accounts for 13 % of the total, or 57 M TOE, mainly due to consumption of gasoline and diesel oil by private cars.

For energy consumption induced by final demand, economic demand for the "Communications and service" sector, which includes restaurants, personal services such as amusement facilities and medical and insurance services, directly and indirectly induced 17.5 % of the total energy, although the direct energy consumption was only 5 %, or 23 M TOE. Similarly, 15.2 % of the whole energy originating in economic demand for the "Construction and real estate" sector, while only 2 % of the total, or 7 M TOE, was directly consumed.

### 4.1.2 CO<sub>2</sub> Emissions

CO<sub>2</sub> emissions were estimated to be 343 Mt-C in this study. This estimate was an intermediate value between the 334 Mt-C calculated by Hondo et al. (Hondo et al., 2001) and 359 Mt-C by Keio University (Asakura et al., 2001). The proportion of direct CO<sub>2</sub> emissions for each sector was similar to the energy consumption shown in Fig. 4-3. Emissions from the "Electric power, gas and heat supply" sector were the greatest, representing about 30 % of the whole, or 103 Mt-C, followed by 58 Mt-C and 41 Mt-C in the "Transportation" and "Household" sectors, respectively. The "Ceramic, stone and clay products" sector, which includes cement industry-consumed limestone, accounted for 7 % of total CO<sub>2</sub> emissions, in spite of accounting for only 3 % of total energy consumption. Also, the "Iron and steel" sector, in which limestone is consumed and large amounts of coal-based fuels are used, dominated, accounting for 8 % of energy consumption and 11 % of CO<sub>2</sub> emissions.

The sectoral proportion of CO<sub>2</sub> emissions induced by final demand was similar to that of energy consumption as shown in Fig. 4-4. However, the percentage for the "Construction and real estate" sector showed the largest share of 19.2 %, because of demand for the sector-caused cement and iron steel production, in which CO<sub>2</sub> is emitted by limestone consumption as separate from fuel burning.

### 4.1.3 NO<sub>x</sub> Emissions

NO<sub>x</sub> emissions amounted to 3.51 Mt. Emissions from the "Transportation" sector, including mobile sources such as road transport, marine transportation, and air transport, was 2.12 Mt and accounted for 61 % as shown in Fig. 4-5. Emissions control technologies, such as denitrification equipment and low NO<sub>x</sub> burners, are installed in stationary sources, which is why the contribution of the "Electric power, gas and heat supply" sector was only 8 %, or 0.28 Mt of NO<sub>x</sub> despite being a energy consuming sector. Emissions from the "Agriculture, forestry, and fisheries" sector amounted to 0.22 Mt due to the combustion of fuel oil by fishing boats.

On the other hand, the "Transportation" sector was not only the large direct emission sector, but also showed the largest share of 41 % for induced NO<sub>x</sub> emissions, as shown in Fig. 4-6. This emissions structure was different from that of CO<sub>2</sub>. In particular, the "Food" sector showed a high ratio of 6 %, because this sector causes NO<sub>x</sub> emissions from fuel oil for fishing boats by inducing activity in the "Agriculture, forestry and fisheries" sector.

### 4.1.4 SO<sub>x</sub> Emissions

SO<sub>x</sub> emission was estimated to be 1.87 Mt. Fig. 4-7 demonstrates the small contribution of stationary sources due to control measures such as installation of desulfurizing equipment. The emissions from the "Transportation" sector of mobile sources was 0.97 Mt, accounting for 52 %, a very large proportion and the same as for NO<sub>x</sub>. In particular, fuel oil consumption by overseas vessels pushed up the emission amount. SO<sub>x</sub> emissions depend on the fuel type, and major emitting sectors in the list of stationary sources were the "Iron and steel" sector, which consumes large amounts of coking coal and steam coal; and the "Food" sector, which consumes fuel oil for steam boilers. Also, the "Paper and pulp" sector produces high SO<sub>x</sub> emissions due to the utilization of fuel oil as a heat source for drying paper, as well as the utilization of black liquor. The cause of SO<sub>x</sub> emissions from black liquor is due to the presence of sulfur compounds originating in the sodium sulfide used in the digesting process used to eliminate lignin from wood.

From the viewpoint of final demand, the contribution of each sector to SO<sub>x</sub> emissions is shown in Fig. 4-8. As with the case of NO<sub>x</sub>, the "Transportation" sector dominated, contributing 44.1 %, almost half of the total. The "Machinery and other production" sector had a share of 9.7 %, larger than that of the "Construction and real estate" sector with 9.1 %. The NO<sub>x</sub> emission intensity for the "Construction and real estate" sector showed



a high value due to emissions from construction machinery. In the case of SO<sub>x</sub> emission intensity, the contribution of construction machinery was small, because the intensity was calculated based on fuel sulfur content. Therefore, the final demand for the "Construction and real estate" sector caused minimal SO<sub>x</sub> emissions.

#### 4.1.5 SPM Emissions

Total SPM emission primary particles from anthropologic sources was estimated at 0.32 Mt. Emissions from the "Transportation" sector accounted for 45 %, or 0.14 Mt as shown in Fig. 4-9. Tire wear caused 0.032 Mt of SPM emission, or 10 % of the whole, leading to greater emission amounts in the "Transportation" and "Household" sectors. The contribution of the "Agriculture, forestry, and fisheries" sector amounted to 0.036 Mt, or 11 % of the total, due to the inclusion of emissions from the open burning of straw and chaff as well as emissions from fishing boats. This was a high value, following 0.046 Mt for the "Electric power, gas and heat supply" sector.

Fig. 4-10 demonstrates the demand for the "Food" sector-induced SPM emissions of 10.5 % of the whole, followed by the "Transportation sector" and the "Construction and real estate sector". Since the demand for the "Food" sector was related to production by the "Agriculture, forestry, and fisheries" sector, the emissions from open burning and fishing boats increased the share of the "Food" sector in the total.

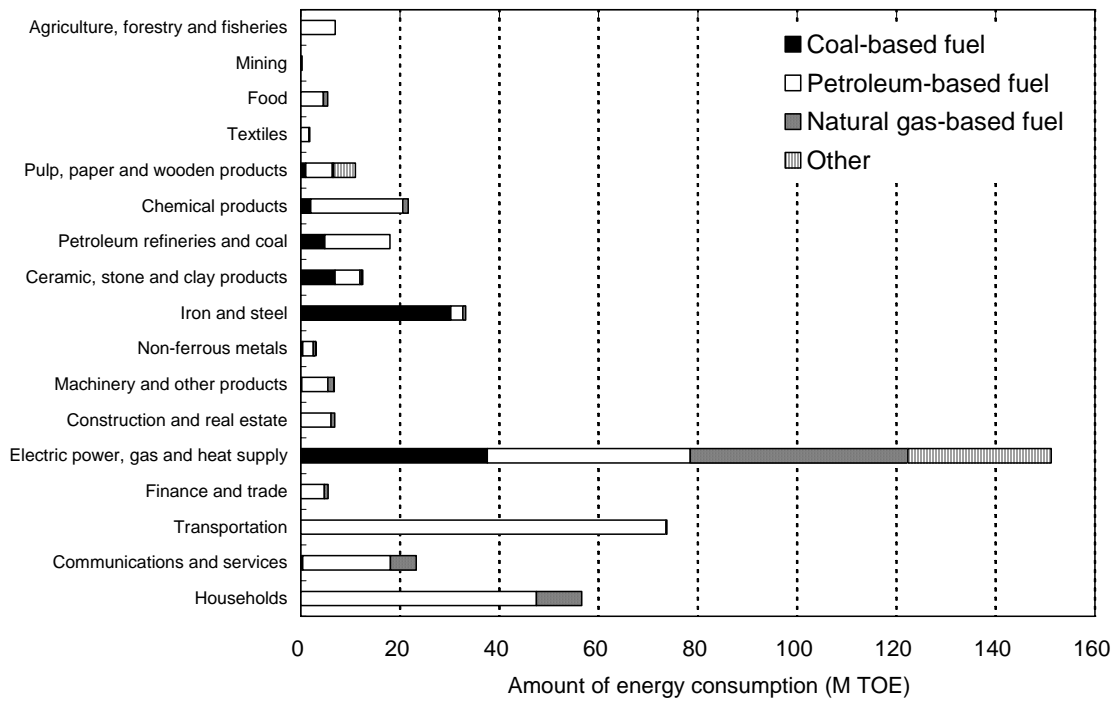


Fig. 4-1 Direct energy consumptions for each sector and its breakdown by fuel type

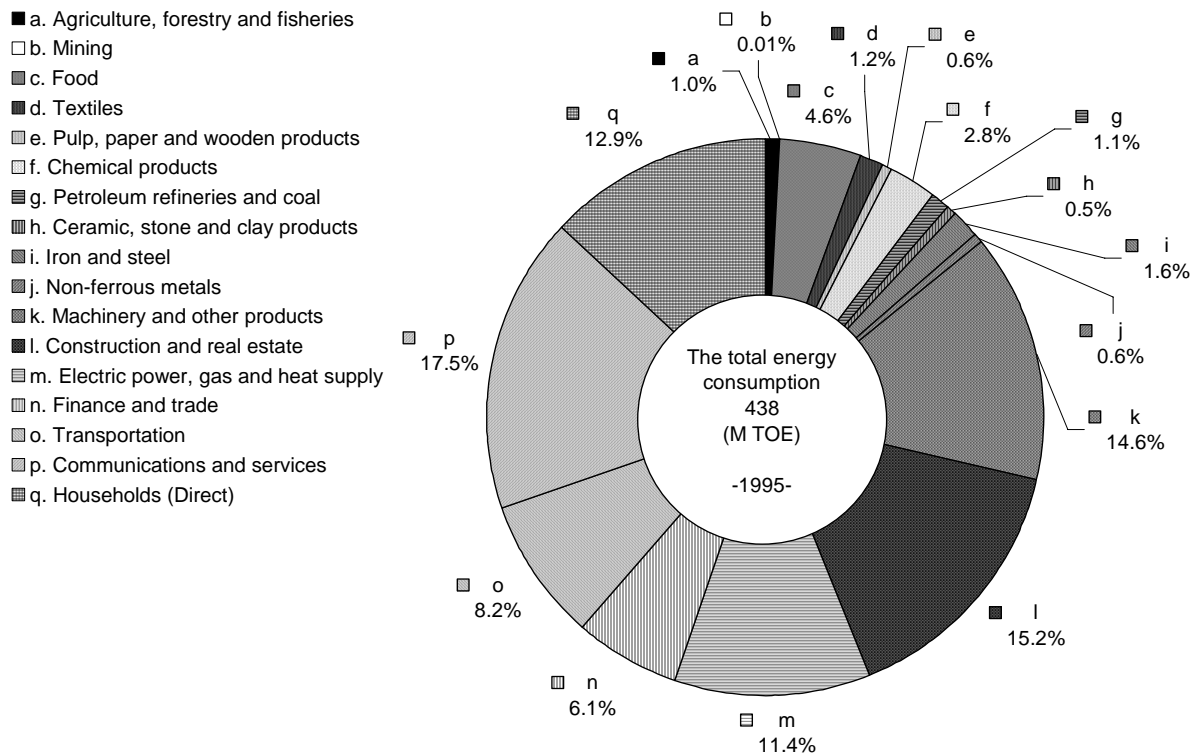


Fig. 4-2 Sectoral contribution of induced energy consumption by final demand

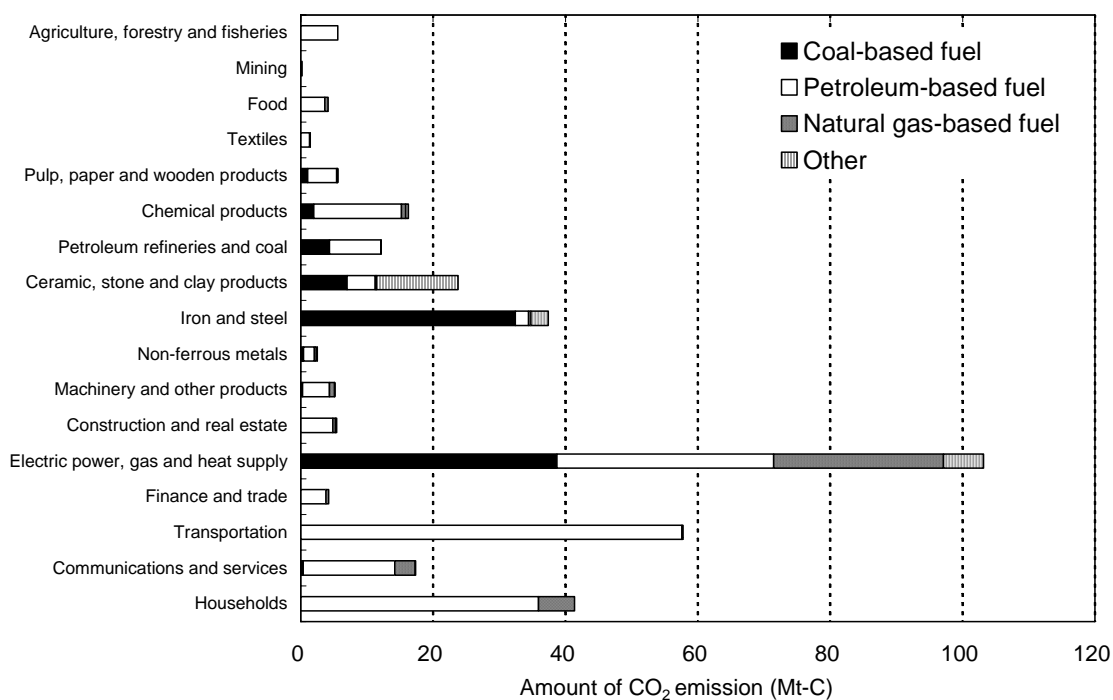


Fig. 4-3 Direct CO<sub>2</sub> emissions for each sector and its breakdown by fuel type

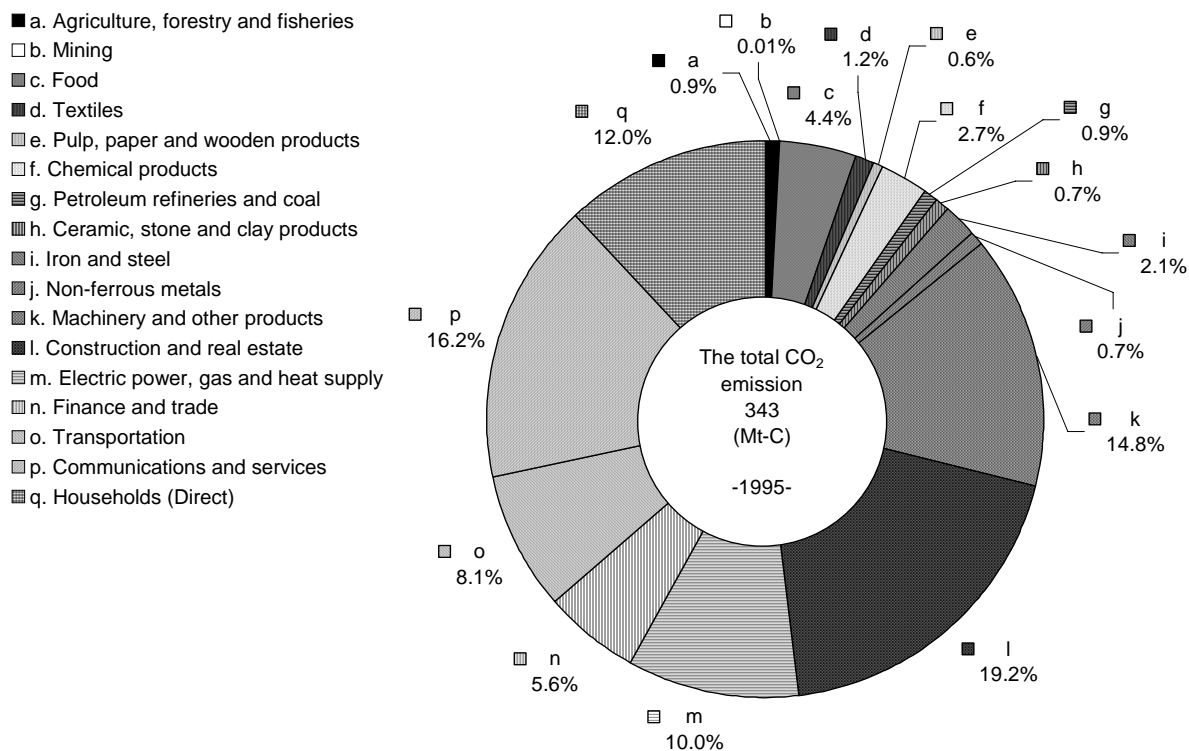


Fig. 4-4 Sectoral contribution of induced CO<sub>2</sub> emission by final demand

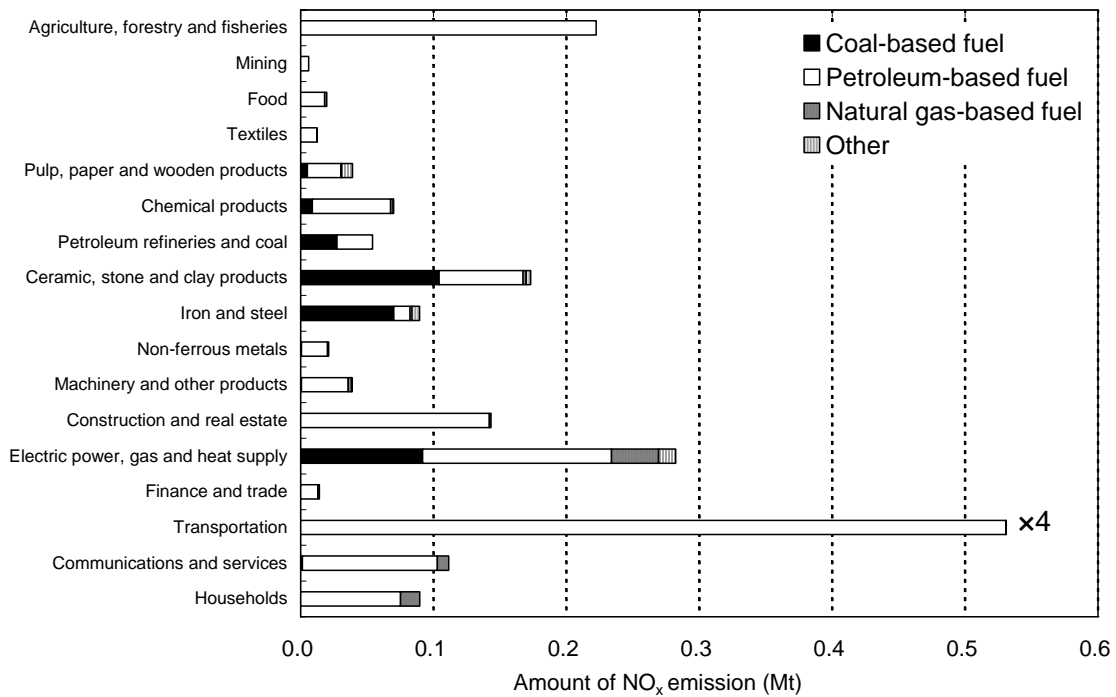


Fig. 4-5 Direct NO<sub>x</sub> emissions for each sector and its breakdown by fuel type

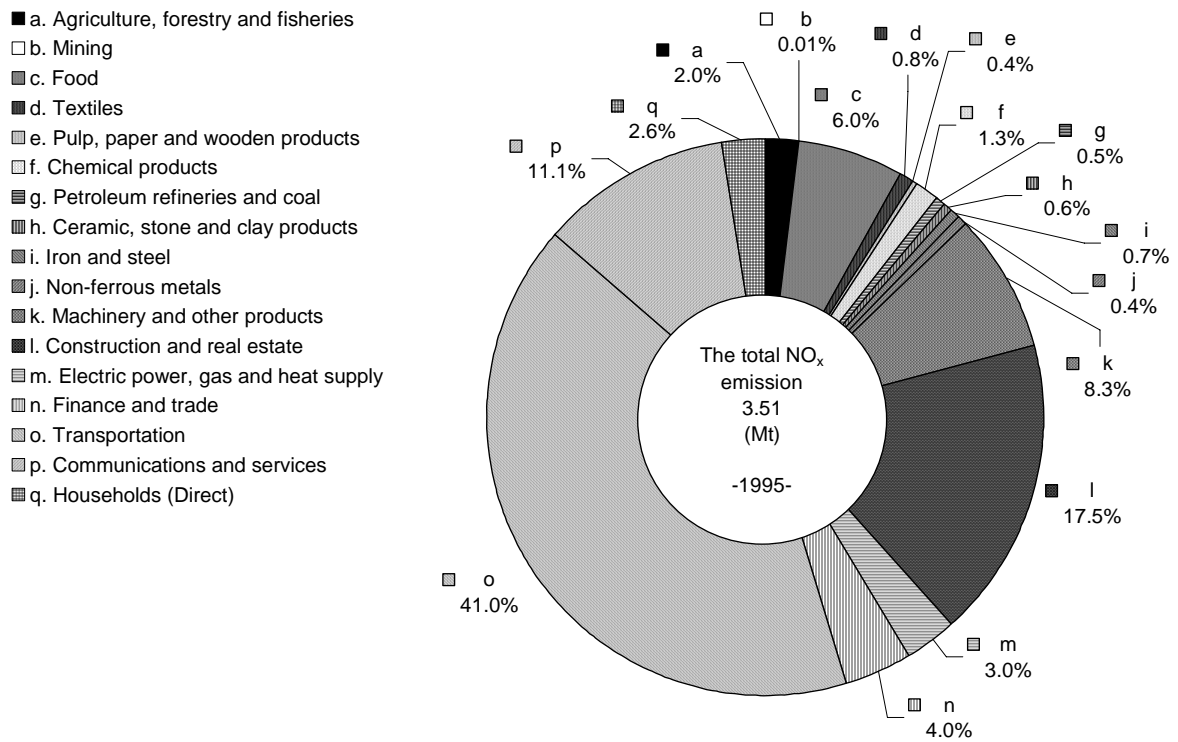


Fig. 4-6 Sectoral contribution of induced NO<sub>x</sub> emission by final demand

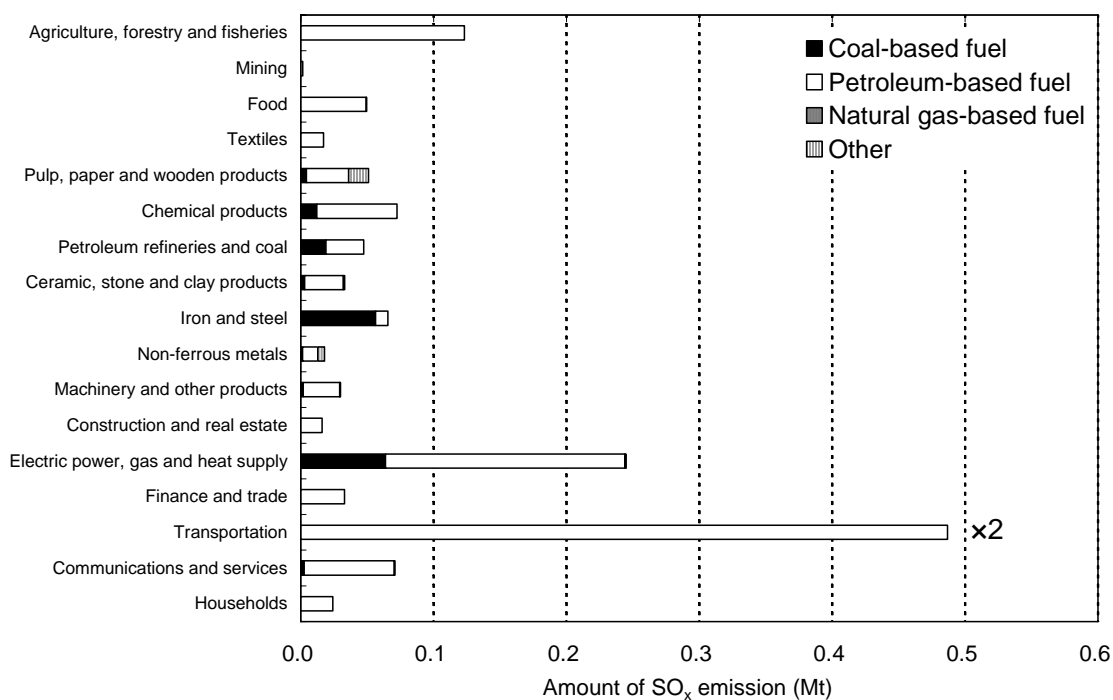


Fig. 4-7 Direct SO<sub>x</sub> emissions for each sector and its breakdown by fuel type

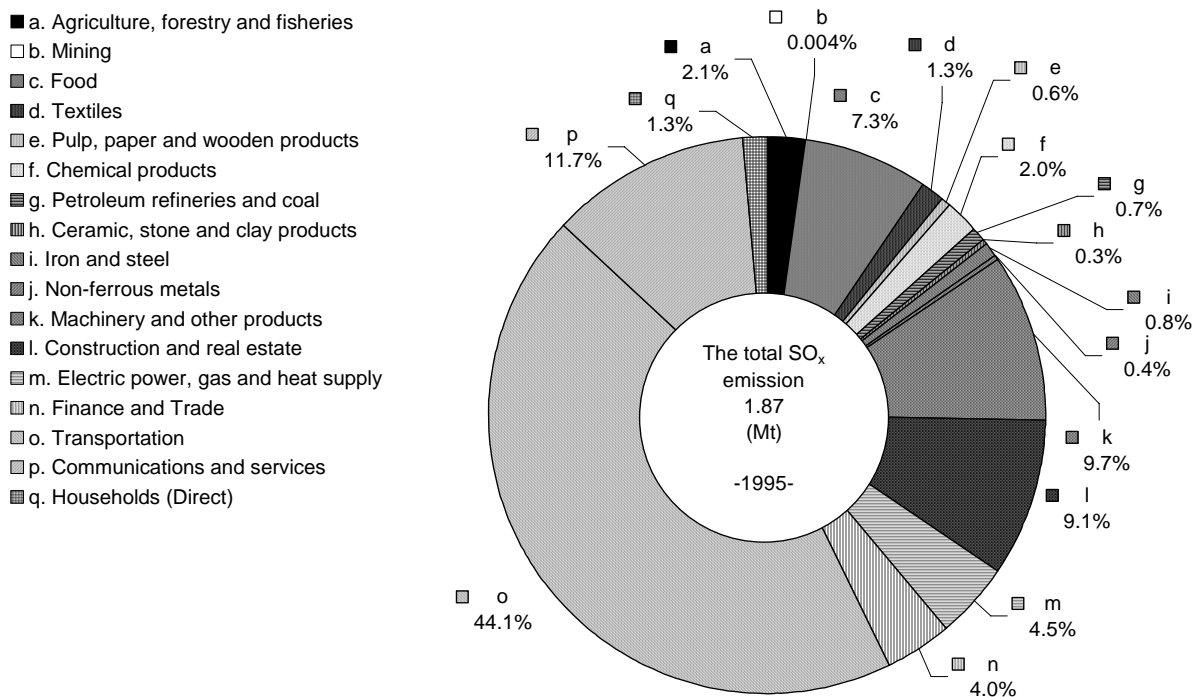


Fig. 4-8 Sectoral contribution of induced SO<sub>x</sub> emission by final demand

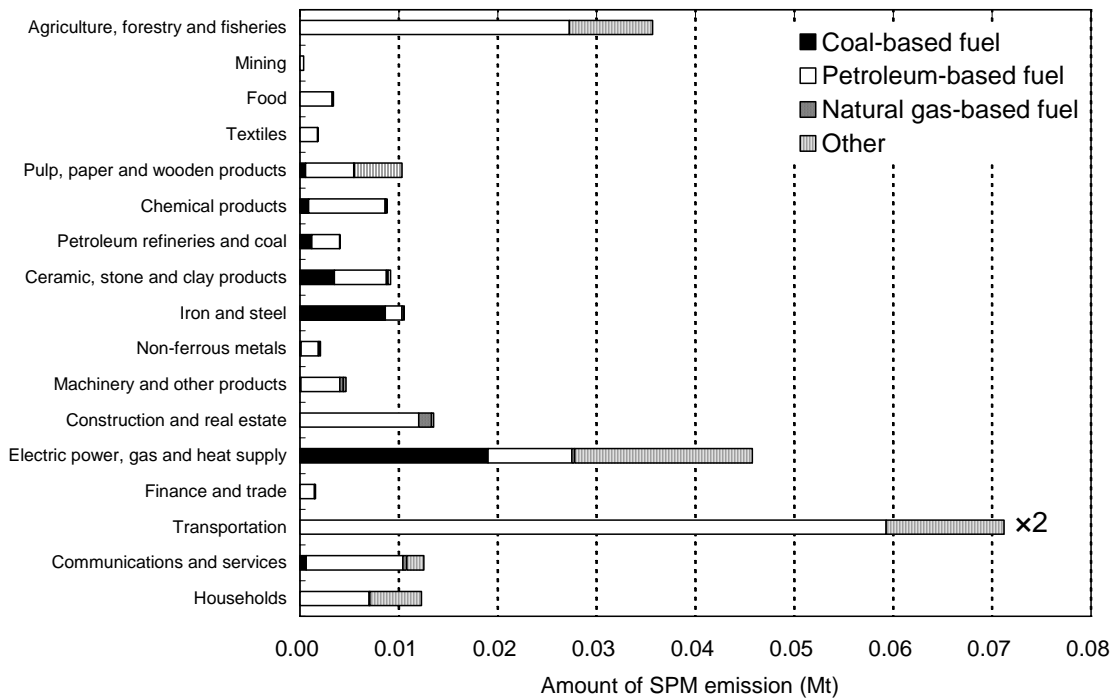


Fig. 4-9 Direct SPM emission for each sector and its breakdown by fuel type

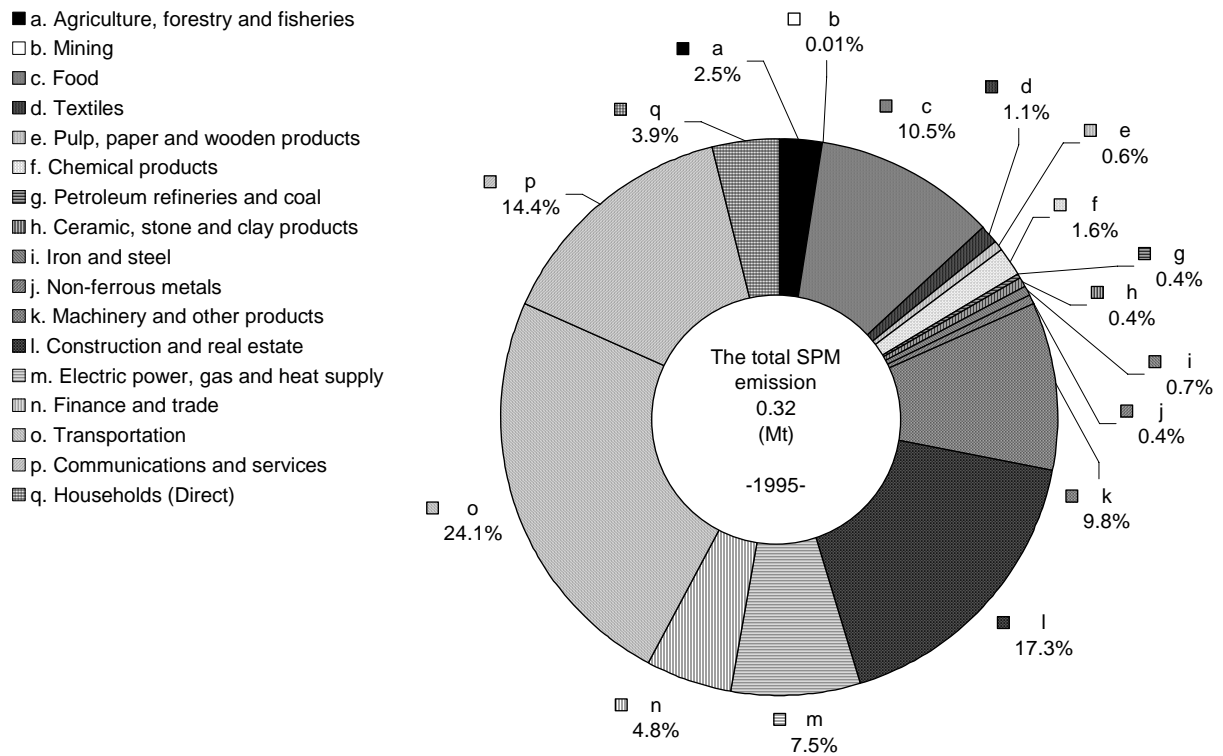


Fig. 4-10 Sectoral contribution of induced SPM emission by final demand

## 4.2 Technical Problems with Estimation of Energy Consumption

This study employed public statistics and the results of questionnaire surveys to estimate energy consumption and CO<sub>2</sub> and air pollutant emissions. However, the MAP investigation used for air pollutant estimation revealed that there is a by-produced fuel not included in the published statistics for the petrochemical industry.

The cracking process for crude oil and naphtha at petroleum refineries and petroleum chemical industries generates by-produced gases, which are typically called “off-gas”. We used the consumption of petroleum-based hydrocarbon gas in the Structural Statistics as that of off-gas. The Structural Statistics says that production of petroleum-based hydrocarbon gas excluding that used for raw materials was 14,678 Mm<sup>3</sup> in 1995 and its heat value was 13.797 Pcal due to using the same calorific value of 9,400 kcal/m<sup>3</sup> as methane for calculation. In this consumption, the petroleum refinery and petrochemical industries consumed 9,061 Mm<sup>3</sup> (85.17 Pcal as reported value) and 2,102 Mm<sup>3</sup> (19.76 Pcal) respectively, as shown in Table 4-1. On the other hand, since we gave 10,726 kcal/m<sup>3</sup> as the calorific value of petroleum-based hydrocarbon gas, this study calculated 97.19 Pcal for petroleum refineries and 22.54 Pcal for the petrochemical industry, and allocated them to each sector in the Input-Output Tables.

**Table 4-1** Difference in by-produced gas fuel consumption between 3EID and MAP investigation

	Structural Statistics		MAP investigation (excluding natural gas)		3EID		Difference (3EID-MAP)
	Mm <sup>3</sup>	Pcal	Mm <sup>3</sup>	Pcal	Mm <sup>3</sup>	Pcal	Pcal
Petroleum refinery	9,061	85.17	10,929	88.72	9,061	97.19	8.47
Petrochemical	2,102	19.76	8,186	67.49	2,102	22.54	-44.95

According to the MAP investigation, petroleum refineries and the petrochemical industry consumed 8,592 Mm<sup>3</sup> (75.3 Pcal) and 2,122 Mm<sup>3</sup> (21.27 Pcal) of off-gas. These values agree approximately with our estimation. However, the MAP investigation indicated that those industries also consumed 11,335 Mm<sup>3</sup> (17.4 Pcal) and 6,287 Mm<sup>3</sup> (50.19 Pcal) as other gas fuels respectively, in addition to petroleum-based hydrocarbon gas. Since the MAP investigation includes natural gas in 'Other gas fuels,' natural gas consumption in the Energy Balance Tables was deducted from the other gas fuel consumption figures. The sums of the remaining other gas fuel and off-gas above were 88.72 Pcal for the petroleum refinery industry and 67.49 Pcal for the petrochemical industry. The former was close to our value, but the latter showed a large divergence of 44.95 Pcal. One of the reasons may be that of by-produced gases, Structural Statistics takes into account only methane, and does not count by-produced gas with high calorific value, although petrochemical processes in fact use C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> type hydrocarbon gases generated during their processes as fuel.

In this study, hydrocarbon oil in the Structural Statistics is treated as by-produced liquid fuel from petrochemical process. Total consumption was 19.93 Pcal. Other liquid fuel oils identified in the MAP investigation were particularly the long-chain types of hydrocarbon oils. Consumption of the long-chain types was 53.48 Pcal, 33.55 Pcal larger than our value based on available statistics. The petrochemical industry consumes most of this. Taking into account the difference in by-produced gas fuel, there is a possibility that we are at present underestimating energy consumption, CO<sub>2</sub> and air pollutant emissions for sectors related to the petrochemical industry. Even if their contribution to total CO<sub>2</sub> emissions in Japan is small, any underestimation can strongly influence embodied intensities for the petrochemical sectors. If these intensities are applied to inventory data in LCAs for petrochemical products like plastic goods, the reliability of these analyses is probably low.

However, we thought it would be difficult to quantitatively estimate the by-produced fuel consumptions not

accounted for in publicly available statistics, because of a lack of detailed information uncovered by the MAP investigation on chemical composition, on the fuels used as off-gas, other gas fuels and other liquid fuels. Thus, this study includes no specific corrections to the by-produced fuel consumptions in available statistics. Referring to studies on carbon flow at petrochemical process (D.J. Gielen et al., 2002), it is an important task to quantify unknown fuel consumption.

### 4.3 Table of Embodied Energy and Emission Intensity

The Table at end of this book summarizes embodied intensities derived from estimated direct environmental burdens imposed by each sector, using input-output analysis as described in the subsection "1.3.1 Embodied Intensity Based on Producer Price". The specifications are as follows.

Year: 1995

Basis price: Producer price

Sector classification: 399 sectors (detailed classification)

In this Table, energy intensities are expressed as "TOE =  $10^7$  kcal" (Ton Oil Equivalent). Also, CO<sub>2</sub> emission intensities are expressed as t-C (carbon equivalent). Energy intensities in GJ and CO<sub>2</sub> emission intensities in Gg (CO<sub>2</sub> equivalent) can be seen in the Appendix file ("Complete list of embodied intensities on producer price basis").



# Chapter 5

## COMPOSITION OF THE DATA FILE

### 5.1 Starting 3EID CD-ROM

When the attached CD-ROM is inserted into the drive, the start screen in Web format illustrated in Fig. 5-1 automatically opens. You can choose either English- or Japanese-language files. If the CD-ROM does not run automatically, click the "index.html" file to open it. After choosing English, the screen seen in as Fig. 5-2 opens and allows selection of "Summary", "Data file", "Appendix file" and "Contact us" using the menu at the left.



Fig. 5-1 3EID CD-ROM startup screen

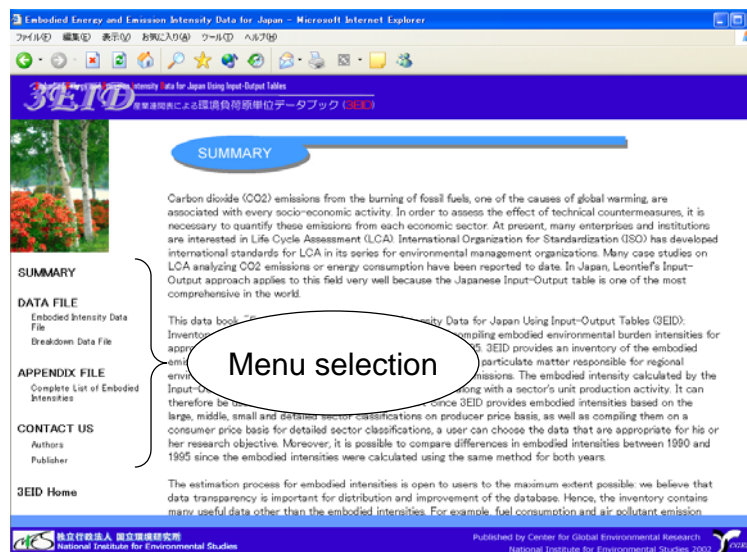


Fig. 5-2 Menu selection page in English

## 5.2 Data File Names and the Composition of the Directory

If you choose "Data files" from the menu, the page shown in Fig. 5-3 will appear. Data files on the 3EID CD-ROM include "Embodied intensity data files" and "Breakdown data files", in Microsoft Excel® Workbook form (.xls). If you click "Intensity data files", the Selection menu seen in Fig. 5-4 will open. Clicking the file name opens that data file.

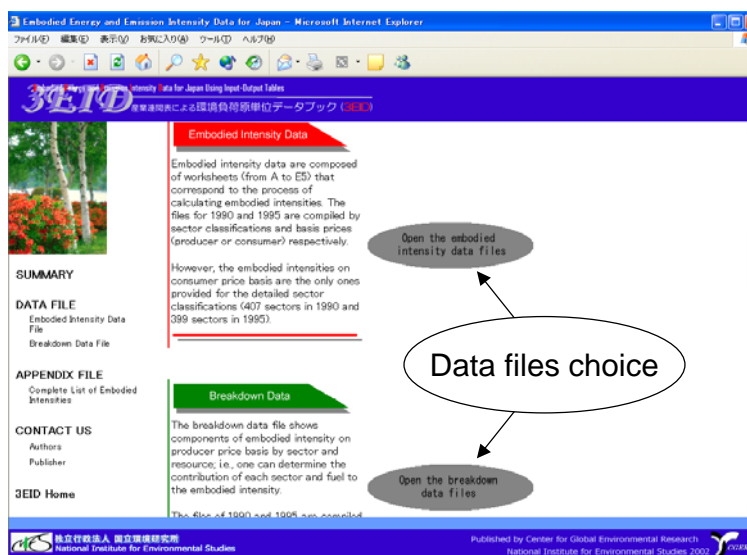


Fig. 5-3 Selection page of data files

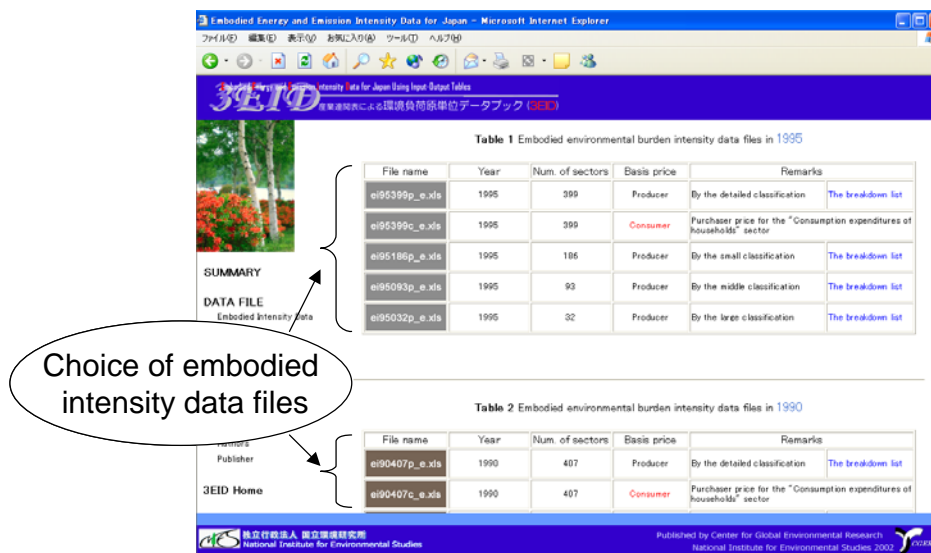
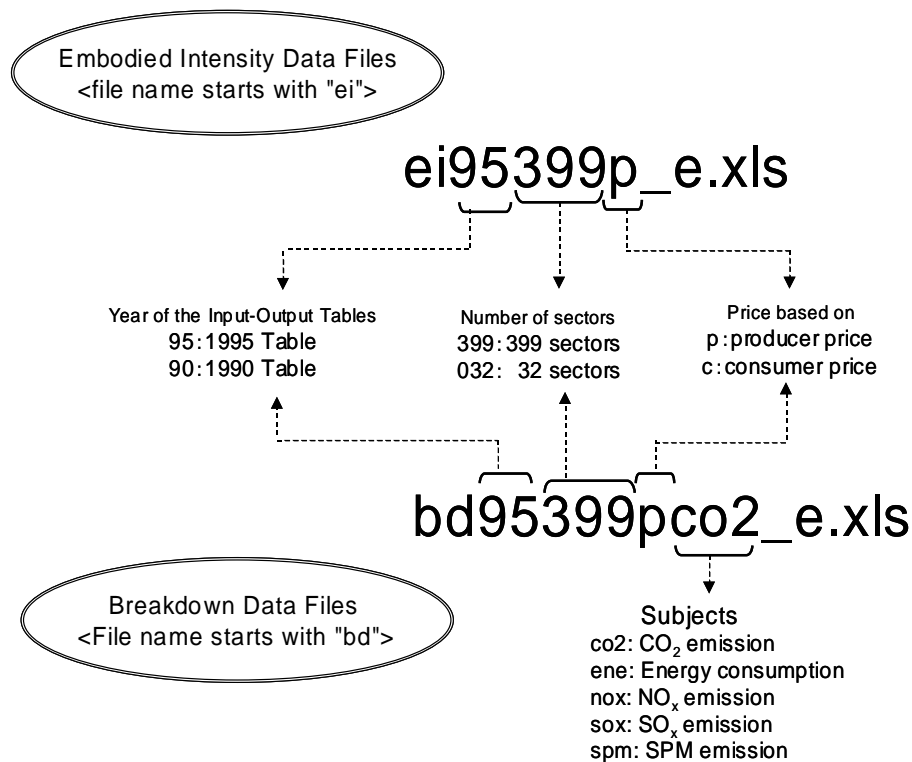


Fig. 5-4 Selection page of embodied intensity data files

Data files are named according to a set of rules. The names of embodied intensity data files start with "ei" as shown in Fig. 5-5. As described below, embodied intensity data files include those on a producer price basis and on a consumer price basis, (purchase price basis only for the "Consumption expenditures of households" sector).



**Fig. 5-5** Nomenclature of data files

You can follow the series of operations from fuel consumption to direct environmental burdens for each sector using the producer price basis embodied intensity data files. They are organized by the year of the Input-Output Tables and the sector number. Trade margins and domestic transportation fees for the "Household consumption expenditures" sector are also shown on a consumer price basis in the embodied intensity data files, enabling you to follow the calculation process of the embodied intensity on a consumer price basis. Concerning file names, the 2-digit number following "ei" indicates the year of the Input-Output Tables, and the subsequent 3-digit number indicates the number of sectors. A final p (producer price) or c (consumer price) indicates the price basis. However, embodied intensity on a consumer price basis has been prepared only for detailed sector classification (1995: 399 sectors, 1990: 407 sectors).

The filename of the breakdown data files starts with "bd", and these files contain breakdown lists of the embodied intensity by sector and fuel type (only for embodied intensity on a producer price basis). The name consists of the year, number of sectors, basis price, and type of embodied intensity for the breakdown, listed in that order, as well as name of the embodied intensity data files.

Our data files are stored following the directory structure as shown in Fig. 5-6. Embodied intensity data files are stored in the directory of sector numbers as subdirectories of the year directory. The breakdown data files are also stored in breakdown list folders inside the directory of sector numbers.

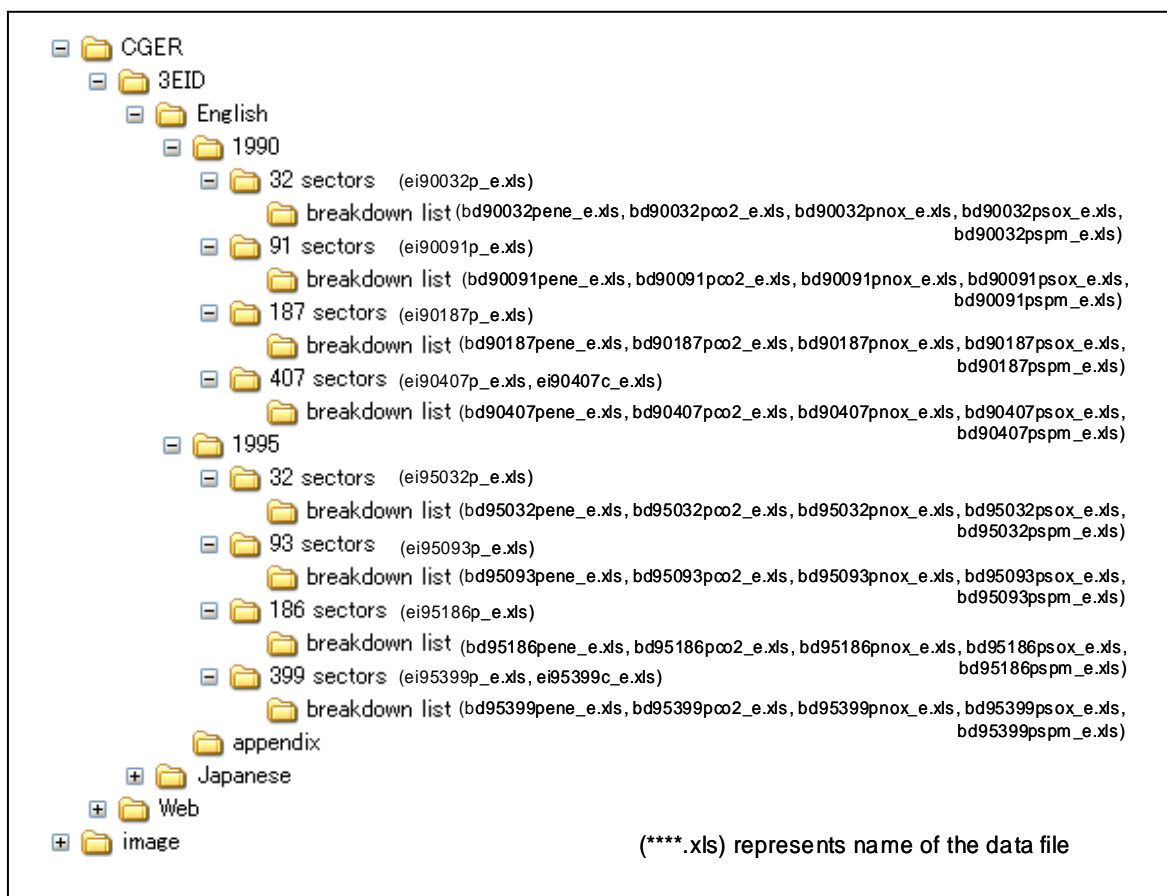


Fig. 5-6 Directory composition of 3EID CD-ROM

### 5.3 Composition of Embodied Intensity Data Files (Producer Price)

A producer price-based embodied intensity data file consists of Worksheets A through E5 following the preparation process, showing the rationale used to calculate the embodied intensity. Embodied intensity data files are prepared by year and number of sectors; both files share the same format. However, Worksheet B includes intensity data files only for detailed sectors (1995: 399 sectors, 1990: 407 sectors). In the Worksheet, intermediate sectors in the Input-Output Tables and the "Household consumption expenditures" sector are aligned in the column direction. The Worksheet also provides the total of intermediate sectors and the sum total of the total and the "Household consumption expenditures" sector. An overview of the preparation processes and data entered in each Worksheet is shown in Fig. 5-7 and Table 5-1, respectively.

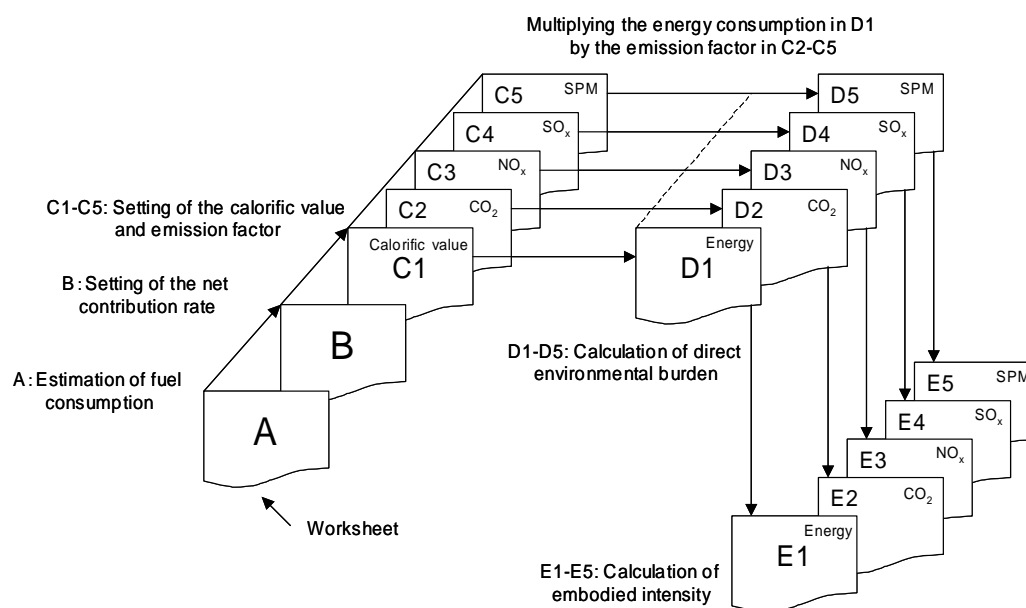


Fig. 5-7 Composition of Worksheets in embodied intensity data files (producer price basis)

Table 5-1 Data entered in each Worksheet in embodied intensity data files

Worksheet name	Data contents
A	Fuels consumption in each sector
B	Net contribution rate by sector and fuel type
C1	Calorific value by fuel type
C2	CO <sub>2</sub> emission factor by fuel type
C3	NO <sub>x</sub> emission factor by sector and fuel type
C4	SO <sub>x</sub> emission factor by sector and fuel type
C5	SPM emission factor by sector and fuel type
D1	Energy consumption by fuel type
D2	CO <sub>2</sub> emission amount by fuel type
D3	NO <sub>x</sub> emission amount by fuel type
D4	SO <sub>x</sub> emission amount by fuel type
D5	SPM emission amount by fuel type
E1	Direct energy consumption and embodied intensity by sector
E2	Direct CO <sub>2</sub> emission and embodied CO <sub>2</sub> emission intensity by sector
E3	Direct NO <sub>x</sub> emission and embodied NO <sub>x</sub> emission intensity by sector
E4	Direct SO <sub>x</sub> emission and embodied SO <sub>x</sub> emission intensity by sector
E5	Direct SPM emission and embodied SPM emission intensity by sector

### 5.3.1 Worksheet A

In Worksheet A, the consumption of fuels and resources for each sector is provided in units of material amount. Fuel consumption is expressed in matrix form: sectors are aligned in the column direction, with fuels aligned in the row direction. Fuels and resources listed here include 34 items whose estimation methods are described in Chapters 2 and 3. Cells for the consolidated sectors described in the section "2.2 Sector Consolidation" are highlighted in yellow. For example, in Worksheet A, if you want to look up annual gasoline consumption in the "Passenger motor cars" sector, you can find it in the cell where the "Passenger motor cars" sector row and Gasoline column intersect, as shown in Fig. 5-8.

Column code	Sector #	Sector name	Fuel types		
			Coking coal t	Steam coal t	Gasoline kl
11101	1	Rice			
11102	2	Wheat, barley and the like			
⋮	⋮	⋮			
351101	249	Passenger motor cars			77979
⋮	⋮	⋮			

ex. Gasoline consumption in the "Passenger motor cars" sector: 77,979kL

Fig. 5-8 Data format in Worksheet A

### 5.3.2 Worksheet B

Worksheet B gives the net contribution rates of fuel consumption to direct environmental load in each sector. To avoid double counting, zero is allocated to the utilization of fuel as raw material for plastics or for energy conversion. See "3.1 Definition of The Net Contribution Rate" for the metrology.

In Worksheet B, which has the same format as Worksheet A, each cell in the matrix is allocated a net contribution rate of 1 or 0 (see Fig. 5-9). Each cell is given 1 even if consumption in Worksheet A is 0, and specific cells are allocated 0, highlighted in red.

However, the net contribution rate was provided for only 399 sector classifications in the 1995 Table, and 407 sector classifications in the 1990 Table; therefore, there is no Worksheet B for embodied intensity data files for other sector classifications.

Column code	Sector #	Sector name	Fuel types		
			Coking coal -	Steam coal -	Gasoline -
11101	1	Rice			
11102	2	Wheat, barley and the like			
⋮	⋮	⋮			
351101	249	Passenger motor cars			1
⋮	⋮	⋮			

ex. The net contribution rate of gasoline to the "Passenger car" sector is given as 1.  
↓  
The all energy consumption contributed to environmental burden.

Fig. 5-9 Data format in Worksheet B

### 5.3.3 Worksheets C1-C5

Worksheet C1 lists the calorific values for each fuel type shown in Table 3-3 (see Fig. 5-10). In Worksheet C2, CO<sub>2</sub> emission factors shown in Table 3-4 are given. In the same format, in Worksheets C3, C4, and C5, emission factors of NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> and SPM for each fuel type and each sector are given, respectively (see Fig. 5-11). When fuel consumption is allocated 0 in Worksheet A, the emission factor is also allocated 0. On the other hand, even if the consumption relating to emission is given, if the emission factor is allocated 0 due to installation of efficient control technology such as desulfurization equipment or allocation of pollutant emissions to by-produced gas such as coke for blast furnaces, the emission factor of the relevant cell is

allocated 0.0000.

In Worksheets C3-C5, since emission factors are defined based on detailed sector classification, Worksheets C3-C5 in embodied intensity workbooks for other sector classifications include temporary emission factors which are obtained by dividing the aggregated emission amount calculated in detailed sector classifications (in Worksheets D3-D5) by the energy consumption listed in Worksheet D1.

Fuels and resouces	Calorific value	Unit	Remaks
Coking coal	0.6904	TOE/t	
Steam coal, lignite and anthracite	0.6354	TOE/t	
.....	.....	.....	.....

Fig. 5-10 Data format in Worksheet C (example of C1)

Column code	Sector #	Sector name	Fuel types		
			Coking coal kg/TOE	Steam coal kg/TOE	Gasoline kg/TOE
11101	1	Rice			
11102	2	Wheat, barley and the like			
.....	.....	.....			
351101	249	Passenger motor cars			20.75
.....	.....	.....			

ex. NO<sub>x</sub> emissoin factor regarding gasoline in the "Passenger motor cars" sector: 20.75kg/TOE

Fig.5-11 Data format in Worksheet C (example of C3)

### 5.3.4 Worksheets D1-D5

Worksheet D1 provides the energy consumption for each sector by fuel type. The energy consumption was obtained by multiplying the fuel consumption in Worksheet A by the net contribution rate in Worksheet B and calorific value in Worksheet C1 (see Fig. 5-12).

Column code	Sector #	Sector name	Fuel types		
			Coking coal 0.6904 TOE/t	Steam coal 0.6354 TOE/t	Gasoline 0.8266 TOE/kl
11101	1	Rice			
11102	2	Wheat, barley and the like			
.....	.....	.....			
351101	249	Passenger motor cars			64457
.....	.....	.....			

ex. Energy consumption regarding gasoline in the "Passenger motor cars" sector: 64,457(TOE)

Fig.5-12 Data format in Worksheet D1

On the other hand, the respective emission amounts of CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> and SPM for each sector by fuel type are given in Worksheets D2-D5. The air pollutant emissions were calculated by multiplying the energy consumption in Worksheet D1 by the emission factors in Worksheets C2-C5 (see Fig. 5-13). However, the SPM emission from tire wear (of diesel, gasoline and LPG automobiles) in Worksheet D5 was calculated by multiplying the emission factor in Worksheet C5 by the energy consumption of diesel, gasoline and LPG in Worksheet D1, respectively.

Column code	Sector #	Sector name	Fuel types		
			Coking coal kg-NO <sub>x</sub>	Steam coal ..... kg-NO <sub>x</sub>	Gasoline ..... kg-NO <sub>x</sub>
11101	1	Rice			
11102	2	Wheat, barley and the like			
.....	.....	.....			
351101	249	Passenger motor cars			1337728
.....	.....	.....			

Energy consumption (D1) × Emission factor (C3)

ex. NO<sub>x</sub> emission regarding gasoline in the "Passenger motor cars" sector: 1,337,728 kg

Fig.5-13 Data format in Worksheet D3

### 5.3.5 Worksheets E1-E5

Worksheets E1-E5 list domestic production (million yen), direct environmental loads (TOE, t-C, kg), unit direct environmental burden (TOE, t-C, kg/million yen), embodied intensity (I-A)<sup>-1</sup> type (TOE, t-C, kg/million yen), and embodied intensity {I-(I-M)A}<sup>-1</sup> type (TOE, t-C, kg/million yen) for each sector.

For example, as shown in Fig. 5-14, in Worksheet E1, direct energy consumption was determined by summing the energy consumption by fuel type obtained in Worksheet D1. Unit direct energy consumption is determined by dividing direct energy consumption by domestic production. Embodied energy intensity (I-A)<sup>-1</sup> type is given by multiplying together the unit direct energy consumption and the (I-A)<sup>-1</sup> type inverse matrix. Also, values that were calculated using the {I-(I-M)A}<sup>-1</sup> type inverse matrix represent embodied energy intensity {I-(I-M)A}<sup>-1</sup> type. Direct energy consumption and embodied energy intensity are also represented in J (joule).

Column code	Sector #	Sector name	Domestic production (million yen)	Direct energy consumption (TOE)	Unit direct energy consumption (TOE/million yen)	Embodied energy intensity (I-A) <sup>-1</sup> type (TOE/million yen)	Embodied energy intensity {I-(I-M)A} <sup>-1</sup> type (TOE/million yen)	Direct energy consumption (GJ)	Embodied energy intensity (I-A) <sup>-1</sup> type (GJ/million yen)	Embodied energy intensity {I-(I-M)A} <sup>-1</sup> type (GJ/million yen)
11101	1	Rice								
11102	2	Wheat, barley and the like								
.....	.....	.....								
351101	249	Passenger motor cars			0.9409	0.8252	7211995	39.388	34.542	
.....	.....	.....								

Sum of energy consumption at row in Worksheet D1

Direct energy consumption / Domestic production

Energy consumption of import item assumed to be the same as that of domestic ones

Excluded energy consumption of import items

ex. When a passenger car of million yen in producer price is produced, it consumes directly and indirectly energy: 0.9409 TOE (TOE=10<sup>7</sup>kcal)

Converted in Joule from TOE (10<sup>7</sup>kcal) using 4.18605J/cal

ex. When a passenger car of million yen in producer price is produced, it consumes directly and indirectly energy except for import items: 0.8252 TOE

Fig.5-14 Data format in Worksheet E1



Worksheet E2 provides the same items on CO<sub>2</sub> emissions as those in Worksheet E1: in units of t-C and Mg-CO<sub>2</sub>, respectively.

For example, in the case of CO<sub>2</sub>, the combustion of biomass fuels such as black liquor and waste wood are not counted as direct CO<sub>2</sub> emissions. In short, the types of fuels regarded as direct environmental burdens depend on the type of burden. In Table 5-2, fuels summed as direct environmental burdens are summarized by Worksheet (burden type).

**Table5-2** Fuels and resources counted as direct environmental burden

Fuel and resource name	Worksheet name				
	E1 [Energy]	E2 [CO <sub>2</sub> ]	E3 [NO <sub>x</sub> ]	E4 [SO <sub>x</sub> ]	E5 [SPM]
Coking coal	○	○	○	○	○
Steam coal, lignite and anthracite	○	○	○	○	○
Coke	○	○	○	○	○
Blast furnace coke	○	○	×	×	×
Coke oven gas (COG)	○	○	○	○	○
BFG (Consumption)	○	○	○	○	○
BFG (Generation)	○	○	-	-	-
LDG (Consumption)	○	○	○	○	○
LDG (Generation)	○	○	-	-	-
Crude oil	○	○	○	○	○
Fuel oil A	○	○	○	○	○
Fuel oils B and C	○	○	○	○	○
Kerosene	○	○	○	○	○
Diesel oil	○	○	○	○	○
Gasoline	○	○	○	○	○
Jet fuel	○	○	○	○	○
Naphtha	○	○	○	○	○
Petroleum-based hydrocarbon gas	○	○	○	○	○
Hydrocarbon oil	○	○	○	○	○
Petroleum coke	○	○	○	○	○
Liquefied petroleum gas (LPG)	○	○	○	○	○
Natural gas, LNG	○	○	○	○	○
Mains gas	○	○	○	○	○
Black liquor	○	-	○	○	○
Waste wood	○	-	○	○	○
Waste tires	○	○	○	○	○
Municipal waste	-	○	○	○	○
Industrial waste	-	○	○	○	○
Nuclear power generation	○	-	-	-	-
Hydro and other power generations	○	-	-	-	-
Limestone	-	○	-	-	-
Electric power by electric furnaces	-	-	○	-	-
Non-ferrous metal ores	-	-	-	○	-
Open burning of straw and chaff	-	-	-	-	○
Tire wear (Diesel vehicle)	-	-	-	-	○
Tire wear (Gasoline vehicle)	-	-	-	-	○
Tire wear (LPG vehicle)	-	-	-	-	○

○ Included in direct environmental load

× Not included due to setting emission factor at 0

- Not regarded as an emission source

## 5.4 The Composition of Breakdown Data Files

When you chose a breakdown data file from page in Fig. 5-3, the page listing the data files opens as shown in Fig. 5-15. Clicking the file name opens the file.

Breakdown data files include breakdowns of each embodied intensity entered in Worksheets E1-E5 of intensity data files on the basis of producer price, which makes it possible to find which sectors and emissions from fuels contribute to a particular embodied intensity. In Worksheets F1, F2 and G, a breakdown list of (I-A)-1 type intensity is provided, and sectors are divided into two: the first half of the sectors is addressed in Worksheet F1 and the latter half in Worksheet F2 (see Fig. 5-16). Similarly, in Worksheets H1, H2, and I, a breakdown list of {I-(I-M)A}-1 type intensity, respectively, is included.

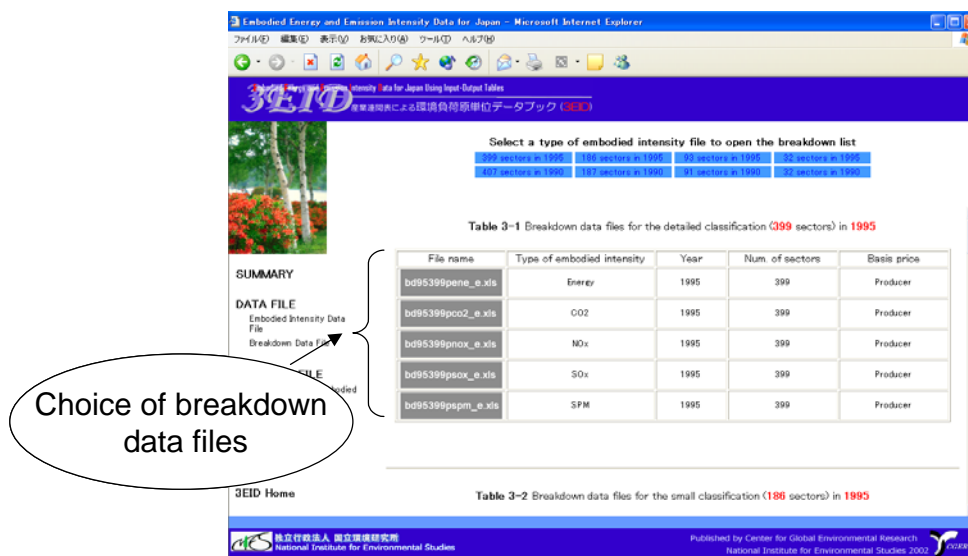
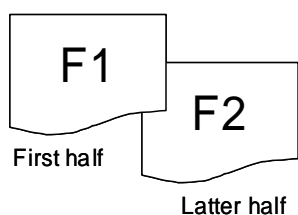


Fig.5-15 Selection page of breakdown data files

F1 and F2: Breakdown list of (I-A)<sup>-1</sup> type embodied intensity by sector

G: Breakdown list of (I-A)<sup>-1</sup> type embodied intensity by fuel type



H1 and H2: Breakdown list of {I-(I-M)A}<sup>-1</sup> type embodied intensity by sector

I: Breakdown list of {I-(I-M)A}<sup>-1</sup> type embodied intensity by fuel type

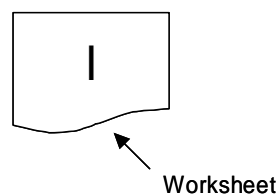
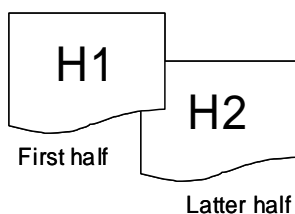


Fig.5-16 Composition of Worksheets in breakdown data file

### 5.4.1 Worksheets F1 and F2

Worksheets F1 and F2 provide a breakdown list for  $(I-A)^{-1}$  type embodied intensity by sector. Because of limitations on the number of cells in the row direction on a Worksheet, embodied intensities are separated into a first half and latter half to allow space for detailed sector classification. The entire embodied intensities are presented in Worksheet F1 except for the detailed sector classification.

Sectors are aligned in the row direction, and breakdown lists of an embodied intensity by sector are aligned in the column direction. The summation of each column is equal to the  $(I-A)^{-1}$  type embodied intensity of that sector (see Fig. 5-17). From this breakdown list, you can find the contributing sectors and their contribution to direct and indirect environmental burden along with production activity per million yen in any sector in the Worksheet.

Embodied energy intensity		1	2	-----	200
Sector #	Sector name	Rice	Wheat,etc		Turbines
1	Rice		0.0002		
2	Wheat, barley and the like		0.1197		
.....	.....				
249	Passenger motor cars		0.0000		
.....	.....				
399	Activities not elsewhere classified		0.0019		
Embodied Intensity (TOE/million yen)			0.8727		

Sum of column is equal to the embodied energy intensity

Fig.5-17 Data format in Worksheet F1 (example of embodied energy intensity)

### 5.4.2 Worksheet G

Worksheet G shows a breakdown list of  $(I-A)^{-1}$  type intensity by fuel type. Fuels and resources are aligned in the row direction and sectors are aligned in the column direction. The sum of each row is equal to the  $(I-A)^{-1}$  type embodied intensity of each sector (see Fig. 5-18). Fuels and resources summed as embodied intensity are shown in Table 5-2. From this breakdown list, you can find the contributing fuels and their contribution to direct and indirect environmental burden, along with production activity per million yen in any sector in the Worksheet.

Embodied energy intensity		1	2	.....	34	Embodied Intensity
Sector #	Sector name	Coking coal	Steam coal		Open burning	TOE/million yen
1	Rice	0.0024	0.0298		0	0.5199
2	Wheat, barley and the like					
.....	.....					
249	Passenger motor cars					
.....	.....					
399	Activities not elsewhere classified					

Sum of row is equal to embodied energy intensity

Fig.5-18 Data format in Worksheet G (example of embodied energy intensity)

### 5.4.3 Worksheets H1 and H2

Similarly to Worksheets F1 and F2, Worksheets H1 and H2 give the breakdown list of  $\{I-(I-M)A\}^{-1}$  type embodied intensity by sector. Sectors are divided in half: the first half of the sectors is presented in Worksheet

H1 and the latter half in Worksheet H2.

### 5.4.4 Worksheet I

Worksheet I provides a breakdown list of  $\{I-(I-M)A\}^{-1}$  type embodied intensity by fuel type in the same format as in Worksheet G.

## 5.5 Composition of Embodied Intensity Data File (Consumer Price)

From the page illustrated in Fig. 5-4, you can open embodied intensity data files based on the consumer price (for the "Consumption expenditures of households" sector). They can be found in Worksheets J, K1-K5, L, and M1-M5. Worksheets J and K1-K5 describe the calculation process for  $(I-A)^{-1}$  type embodied intensity, and Worksheets L and M1-M5 provide this information for  $\{I-(I-M)A\}^{-1}$  type embodied intensity.

Worksheets J and L include intensity on a producer price basis, production amount, trade margin and transportation fees input to the "Consumption expenditures of households" sector. Embodied intensities based on the consumer's price are provided by environmental load type in Worksheets K1-K5 and M1-M5, where (M and K) 1 is for energy, 2 for CO<sub>2</sub>, 3 for NO<sub>x</sub>, 4 for SO<sub>x</sub> and 5 for SPM. The composition of embodied intensity data files (consumer price basis) is shown in Fig. 5-19. There are data files for only detailed sector classifications (1995: 399 sectors, 1990: 407 sectors).

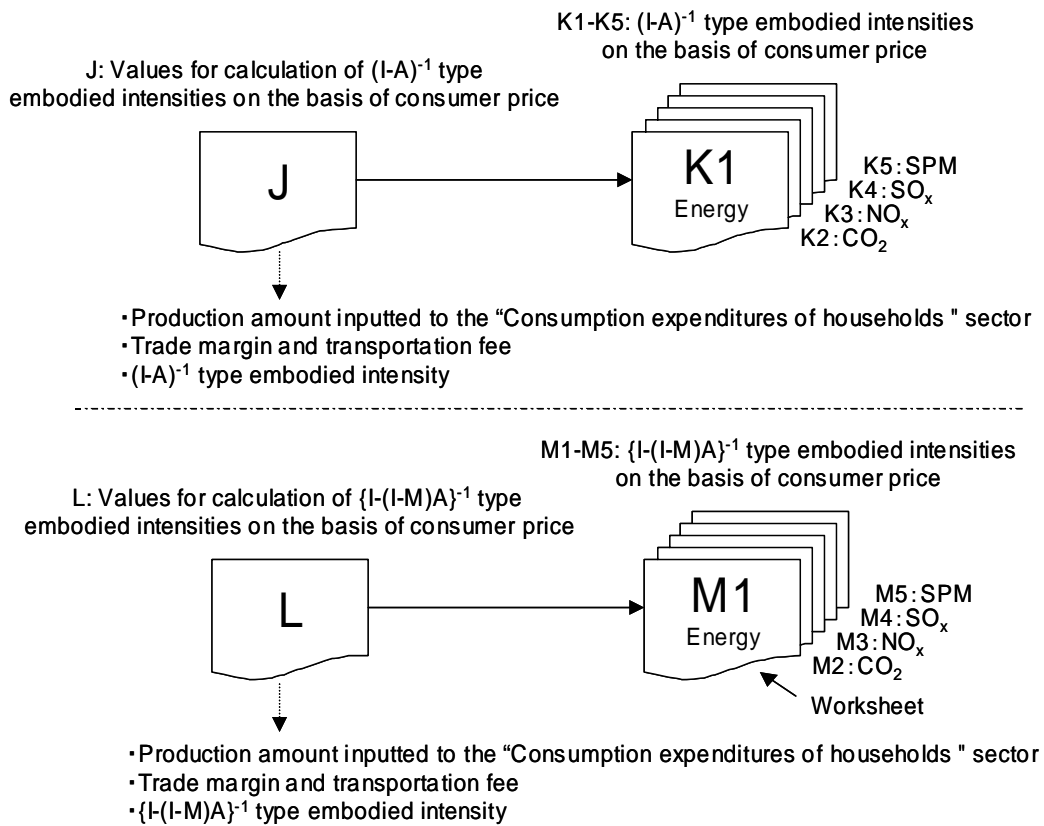


Fig.5-19 Composition of Worksheets in embodied intensity data files (consumer price basis)

### 5.5.1 Worksheet J

Worksheet J provides the values used for calculation of embodied intensity on a consumer price basis. These are  $(I-A)^{-1}$  type embodied intensities based on the producer price and the production amount, trade margin and transportation fee input to the "Consumption expenditures of households" (see Fig. 5-20).

Sector #	Sector name	Embodied intensity (on a producer price basis)		Consumption expenditures of households (Million yen)	The sum of trade margin (Million yen)	Margin and transportation fee	
		Energy	SPM			Wholesale	Warehouse
1	Rice	0.5199	0.3926	0	0	0	0
2	Wheat, barley and the like						
249	Passenger motor cars	0.9409	0.5336	5155748	3920313	1926525	7472
399	Activities not elsewhere classified						

Fig.5-20 Data format in Worksheet J

### 5.5.2 Worksheets K1-K5

Worksheets K1-K5 provide  $(I-A)^{-1}$  type embodied intensity based on consumer price and the respective direct and indirect environmental burdens corresponded to production amount, trade margin and transportation fee input to the "Consumption expenditures of households" sector. However, lack of input to the "Household consumption expenditures" sector, no trade margin or transportation fee, such as in service sectors, prevents calculation of the embodied intensity based on consumer price. Accordingly, a "-" mark is placed in the relevant cell. The data format in Worksheet K (example of K1 for embodied energy intensity) is shown in Fig. 5-21.

Sector #	Sector name	Embodied energy intensity	Direct and indirect energy consumption	Direct and indirect energy consumption	Wholesale	Warehouse
		TOE/million yen (consumer price)	TOE (for production)	TOE (for margin and trans.)	TOE	TOE
1	Rice	-	0	0	0	0
2	Wheat, barley and the like					
249	Passenger motor cars	0.7220	4851225	1701697	610109	4477
399	Activities not elsewhere classified					

Fig.5-21 Data format in Worksheet K (example of embodied energy intensity)

### 5.5.3 Worksheet L

As with Worksheet J, Worksheet L provides  $\{I-(I-M)A\}^{-1}$  type embodied intensity and production amount. The production amount is the same as that in Worksheet J.

### **5.5.4 Worksheets M1-M5**

As with Worksheets K1-K5, Worksheets M1-M5 provide  $\{I-(I-M)A\}^{-1}$  type embodied intensity based on the consumer price.

## **5.6 Appendix File**

The 3EID CD-ROM contains the following PDF file as an appendix. You will need Adobe Acrobat Reader® to view and print this document. The viewer can be downloaded free from the Adobe Website [[www.adobe.com/](http://www.adobe.com/)].

[1] Complete list of embodied intensities at producer price basis (File name: table.pdf)

This file, especially useful when printed out, summarizes all the embodied intensities in 3EID on a producer price basis.

## **ACKNOWLEDGMENTS**

This research was supported by the Global Environmental Research Fund provided by the Ministry of the Environment of Japan. This project also received support from the "Research for the Future" Program, the Japan Society for the Promotion of Science (JSPS) "Distributed Autonomous Urban Energy System for Mitigating Environmental Impact" Project (JSPS-RFTF97P01002) and the Sumitomo Foundation (Grants No. 013243). We are grateful for their help.





## REFERENCES

- AACOG (Alamo Area Council of Governments) (1996), 1996 Emission Inventory for the Alamo Area Council of Governments Region. <http://www.aacog.dst.tx.us/>
- Agency of Natural Resources and Energy (1995), 1994 Outlook for Electric Supply and Demand, Chuwa Printing Co., Ltd. (in Japanese).
- Agency of Natural Resources and Energy (1996), 1995 Outlook for Electric Supply and Demand, Chuwa Printing Co., Ltd. (in Japanese).
- Agency of Natural Resources and Energy (1999), 1999 Mining Handbook, Research Institute of Economy, Trade and Industry (in Japanese).
- Asakura K, Hayami H, Mizoshita M, Nakamura M, Nakano S, Shinozaki M, Washizu A, Yoshioka K (2001), The input-Output Table for Environmental Analysis, Library of Keio University Sangyo Kenkyuujo (in Japanese).
- Cass G R., Coone P. M., Macias E.S. (1982), Emission and Air Quality Relationships for Atmospheric Carbon Particles in Los Angeles. In *Particulate Carbon: Atmospheric Life Cycle*. (ed. By Wolff, G. T., Klimisch, R. L.) , Plenum Press, 207-240.
- D.J. Gielen, H. Yagita (2002), Carbon Accounting for Japanese Petrochemicals, *J. Material Cycles Waste Management*, **4**, in print.
- EDMC/MITE (1997), Energy Balance Tables in Japan, Compiled by IEE (The Institute of Energy Economics, Japan) /The Energy Data Modeling Center and Ministry of International Trade and Industry.
- EDMC/MITE (2001), Energy Balance Tables in Japan, Compiled by IEE (The Institute of Energy Economics, Japan) /The Energy Data Modeling Center and Ministry of International Trade and Industry.
- Environment Agency (1992), Report on Carbon Dioxide Emissions (in Japanese).
- Environment Agency (1995), Report on Emissions from Unregulated Automobiles (in Japanese).
- Environment Agency (1997), Manual for Predicting Pollution by Suspended Particulate Matter, Toyokan Publishing Co., Ltd. (in Japanese).
- Environment Agency (2000a), Greenhouse Gas Emissions and Absorption Inventory (2000 Submission to Convention Office).
- Environment Agency (2000b), Results on Greenhouse Gas Emissions, Committee on Greenhouse Gas Emission Methodology (in Japanese).
- Hondo H, Tonooka Y, Uchiyama Y (1998), Environmental Burdens Associated with Production Activities in Japan Using an Input-Output Table, Central Research Institute of Electric Power Industry Report, Y97017 (in Japanese).
- Hondo H, Moriizumi Y, Tonooka Y (2001), Estimation of Direct Energy Consumption and CO<sub>2</sub> Emission by Sector in Input-Output Tables (1995 Table), Central Research Institute of Electric Power Industry Research Data, Y01908 (in Japanese).
- Hondo H, Moriizumi Y, Tonooka Y (2002), Estimation of Energy and Greenhouse Gas Intensities Using 1995 Japanese Input-Output Table: Inventory Data Reflecting the Actual Conditions of Overseas Production Activities, 1995 Table). Central Research Institute of Electric Power Industry Report, Y01009 (in Japanese).
- Japan Information Processing Service Co., Ltd. (1996), 1995 Comprehensive Investigation on Air Pollutants Emissions, Report on Work Commissioned by the Environment Agency (in Japanese).
- Japan Resources Association (1994), Life Cycle Energy in Home Life, Anhorume (in Japanese).
- JATMA (1996), Tire Recycling Handbook, The Japan Automobile Tire Manufacturers Association, Inc. (in

- Japanese).
- Kaya Y. (1980) Energy Analysis, Energy Forum (in Japanese).
- Kondo Y, Moriguchi Y (1997), Carbon Dioxide Emission Intensity Based on the Input-Output Analysis, National Institute for Environmental Studies, Center for Global Environmental Research, CGER-D016 - '97.
- Leontief, W.W (1970), Environmental Repercussion and Economic Structure; An Input-Output Approach, *The Review of Economics and Statistics*, **52**, 262-271.
- MAFF (2001), Supplied Data, The Ministry of Agriculture, Forestry, and Fisheries, Agricultural Production Bureau, Crop Production Division, (in Japanese).
- MCAG (1994), 1990 Input-Output Tables, Management and Coordination Agency Government of Japan, (in Japanese).
- MCAG (1999), 1995 Input-Output Tables, Management and Coordination Agency Government of Japan, (in Japanese).
- Ministry of Construction (1998), The 1997 Road Traffic Census (National Road Traffic Investigation), General Traffic Census, Edited by the Road Bureau, (in Japanese).
- Ministry of Finance (1996), 1995 Japan Exports & Imports (Monthly Report on Trading), Japan Tariff Association, (in Japanese).
- Ministry of Transportation (1996), 1995 Annual Report on Air Transport (in Japanese).
- Ministry of Transportation (1997), 1995 Annual Report on Motor Vehicle Transport (in Japanese).
- Ministry of Transportation (1999), 1997 Annual Report on Motor Vehicle Transport (in Japanese).
- MITI (1996a), 1995 Yearbook of Production, Supply and Demand of Petroleum, Coal and Coke, Compiled by Ministry of International Trade and Industry (in Japanese).
- MITI (1996b), 1995 Yearbook of Iron and Steel Statistics, Compiled by Ministry of International Trade and Industry (in Japanese).
- MITI (1996c), 1995 The Structural Survey of Energy Consumption in Commerce, Mining and Manufacturing, Compiled by Ministry of International Trade and Industry (in Japanese).
- MITI (1996d), 1995 Yearbook of Paper and Pulp Statistics, Compiled by Ministry of International Trade and Industry (in Japanese).
- MITI (1996e), 1995 Yearbook of Ceramic and Building Materials Statistics, Compiled by Ministry of International Trade and Industry (in Japanese).
- MITI (1996f), 1995 Trends in Demand for Lime by Use, The Ministry of International Trade and Industry, Basic Industries Bureau Chemicals Division (in Japanese).
- MITI (1996g), 1995 Yearbook of Chemical Industries Statistics, Compiled by Ministry of International Trade and Industry (in Japanese).
- Mitsui OSK Lines (2000), Mitsui OSK Lines Environmental Report 2000. <http://www.mol.co.jp/>
- Moriguchi Y, Kondo Y (1998), Quantification of Environmental Burdens Associated with Imported Resources and the Analysis of Influence by Allocation Rule on Life Cycle Inventory Analysis, *Journal of the Japan Institute of Energy*, **77**, 1062-1069 (in Japanese).
- MRI (Mitsubishi Research Institute), Inc. (2000), 1999 Report on LCA Database Preparation, 1999 Environment Agency Contract Investigation (in Japanese).
- Nomura Research Institute, Ltd. (1998), Research on Intensity and Total Amount of Emissions from Motor Exhaust, Commissioned by the Environment Agency of Japan (in Japanese).
- Petroleum Association of Japan (2000), Questionnaire-based research.
- Plastic Waste Management Institute (1995), Life Cycle Assessment of Plastic Packaging (in Japanese).
- Resource Council (1979), Life Cycle Energy for Food, Clothing, and Shelter, Ministry of Finance Publishing

- Bureau (in Japanese).
- Shiozaki G, Moriguchi Y (1996), Life Cycle Analysis of the District Heating and Cooling System Reflecting Local Conditions, *Environmental Systems Research: Proceedings of Environmental Systems Research*, **24**, 260-271 (in Japanese).
- Stahmer, C., Kuhn, M., Braun, N. (1997), Physical Input-Output Tables for Germany, 1990, Eurostat Working Papers, 2/1998/B/1.
- Suuri Keikaku, Co., Ltd. (1991), 1990 Report on Analysis of High Density Nitrogen Oxides, Commissioned by Kyoto City (in Japanese).
- The Iron and Steel Institute of Japan, Fundamental Research Group (1993), Carbon Dioxide Reduction and the Future of the Steelmaking Process, The Iron and Steel Institute of Japan, (in Japanese).
- The Japan Institute of Metals (2000), Iron and Steel Refinery, Maruzen Co., Ltd., (in Japanese).
- Tonooka, Y, Moriguchi, Y, Hondo, H, Halada, K, Ikaga, T, Kannari, A, Shiba, H, Hagiwara, K (2000), Emission Factor Analysis of Air Pollutants for Input/Output Table, Proc. 4<sup>th</sup> Int. Conf. on EcoBalance, 177-180, Tsukuba.
- USEPA (2000), Compilation of Air Pollutant Emission Factors AP-42 Fifth Edition Volume 1 Supplement F, U.S. Environmental Protection Agency.



Please e-mail any questions or comments on 3EID to the corresponding author.

***Dr. Keisuke NANSAI\****

Research Center for Material Cycles and Waste Management,  
National Institute for Environmental Studies

16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-8506, Japan  
Tel. +81 29-850-2889 Fax +81 29-850-2917  
E-mail: nansai.keisuke@nies.go.jp

***Dr. Yuichi MORIGUCHI***

Research Center for Material Cycles and Waste Management,  
National Institute for Environmental Studies

16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-8506, Japan  
Tel. +81 29-850-2540 Fax +81 29-850-2808

***Prof. Susumu TOHNO***

Energy and Environment,  
Socio-Environmental Energy Systems,  
Department of Socio-Environmental Energy Science,  
Graduate School of Energy Science, Kyoto University

Gokasho, Uji, Kyoto 611-0011, Japan  
Tel. +81 774-38-4408 Fax +81 774-38-4411

\*Corresponding author



**Japanese**





産業連関表による  
環境負荷原単位データブック(3EID)  
-LCA のインベントリデータとして-

著者： 南齋 規介, 森口 祐一, 東野 達\*

独立行政法人 国立環境研究所  
\*京都大学大学院エネルギー科学研究科  
2002



# 序

地球環境研究センターの機能の一つは、国内外の地球環境研究者や行政担当者に、地球環境に関わるデータや情報を提供することである。地球環境研究センターは、1990年設立されて以来、国立環境研究所における研究成果として得られたデータの提供を受け、地球環境に関する最新の知見を広く一般に供するため、多くの出版物を作成してきた。

現在、地球温暖化問題に対して「気候変動枠組条約」や「京都議定書」のように国際的な制度化が進む中で、わが国においても温室効果ガスの削減に向けた対策の立案は急務である。一方で、国内の地域環境問題についても取り組むべき課題は多く、両問題を包括的に解決する環境政策や対策技術の考案が必要である。

本データブック「産業連関表による環境負荷原単位データブック(3EID)-LCAのインベントリデータとして-」は、わが国の経済活動部門別にエネルギー消費とCO<sub>2</sub>排出量に加えて大気汚染物質の排出に関する原単位を算出し取りまとめたものである。それゆえ、温暖化対策等によるCO<sub>2</sub>排出量の増減を定量的に評価する場合に用いることができるほか、その対策による大気汚染物質排出量の変化を併せて知ることができる。また今日、環境管理に関するISO(International Organization for Standardization)の国際規格づくりに呼応して、ライフサイクルアセスメント(LCA)が高い関心を集めているが、本データブックの原単位は副題に示すようにLCAのインベントリデータとしても活用が期待できる。

最後に、本データブックが地球、地域環境問題の専門家の方々のみでなく、広く一般の方の有用な情報となることを願う次第である。

2002年3月

独立行政法人 国立環境研究所

地球環境研究センター

総括研究管理官

井上 元



## はじめに

国立環境研究所では、CO<sub>2</sub> 排出構造の分析やライフサイクルインベントリ分析に関する研究を実施する過程で作成された 1975 年から 1990 年のデータを「産業連関表による二酸化炭素排出原単位」(近藤ら, 1997)としてとりまとめ、1997 年 3 月に地球環境研究センターからこれを刊行した。その後、国立環境研究所と京都大学大学院エネルギー科学研究科とが共同して、LCA のケーススタディへの応用、窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)、硫黄酸化物(SO<sub>x</sub>)排出量への拡張、推計方法の改善等に取り組んできた。

1999 年 5 月に、「平成 7 年(1995 年)産業連関表」(総務庁, 1999)が公表されたことを受け、推計手法の見直しなどを図り、新たに平成 7 年版のエネルギー消費および CO<sub>2</sub> 排出原単位を作成し、2000 年 4 月に「エネルギー・二酸化炭素排出原単位'95(β版)」と題し、京都大学大学院エネルギー科学研究科のホームページ上にて仮公開した。公開後、利用者に対して実施したアンケート調査の結果や、寄せられた多くの質問や意見を踏まえ、データベースとしての質の向上に努めてきた。

この度、エネルギー消費量、CO<sub>2</sub> 排出量に加え、代表的な大気汚染物質である NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> および浮遊粒子状物質(SPM:Suspended Particulate Matter)を対象とした産業連関表による環境負荷原単位を整備し、電子媒体(CD-ROM)付きのデータブックとしてとりまとめた。β版からの主な改良点としては、大気汚染物質が追加されただけでなく、原燃料消費量の推計手法のほか、発熱量、CO<sub>2</sub> 排出係数の変更などがあげられる。これと併せて、「平成 2 年(1990 年)産業連関表」(総務庁, 1994)による原単位を同じ手法により再計算し、両者の比較が行えるようにしている。

原単位の推計過程は可能な限り利用者に公開し、データ作成の透明性を重視している。本データをエネルギー・経済・環境問題(3E)の解決に資する指標(InDex)の一つとして、さまざまな場面で活用いただければ幸いである。

2002 年 3 月

著者一同

南齋 規介

森口 祐一

東野 達



## 目次

序  
はじめに

第1章 総説 .....	1
1.1 産業連関表の環境分析における利用 .....	1
1.2 LCA のインベントリ分析における産業連関表の利用 .....	1
1.2.1 産業連関分析とインベントリ分析の関わり .....	1
1.2.2 産業連関表による環境負荷原単位のインベントリ分析における利用 .....	2
1.3 産業連関分析による環境負荷原単位の算出方法 .....	3
1.3.1 生産者価格による原単位 .....	3
1.3.2 購入者価格による原単位 .....	5
第2章 部門別原燃料消費量の推計 .....	7
2.1 環境負荷原単位の算出プロセスの概要 .....	7
2.2 部門統合 .....	9
2.3 石炭系燃料消費量の推計 .....	9
2.3.1 原料炭 .....	9
2.3.2 一般炭・亜炭・無煙炭 .....	10
2.3.3 コークス .....	11
2.3.4 コークス炉ガス(COG) .....	12
2.3.5 高炉ガス(BFG) .....	12
2.3.6 転炉ガス(LDG) .....	12
2.4 石油系燃料消費量の推計 .....	13
2.4.1 原油 .....	13
2.4.2 A 重油 .....	13
2.4.3 B・C 重油 .....	13
2.4.4 灯油 .....	14
2.4.5 軽油 .....	14
2.4.6 揮発油 .....	14
2.4.7 ジェット燃料油 .....	14
2.4.8 ナフサ .....	15
2.4.9 石油系炭化水素ガス .....	16
2.4.10 炭化水素油 .....	16
2.4.11 石油コークス .....	16
2.4.12 液化石油ガス(LPG) .....	16
2.5 天然ガス系燃料消費量の推計 .....	17
2.5.1 天然ガス・液化天然ガス(LNG) .....	17
2.5.2 都市ガス .....	17
2.6 その他の原燃料消費量の推計 .....	17
2.6.1 黒液・廃材 .....	17
2.6.2 廃タイヤ .....	17
2.6.3 一般廃棄物 .....	18
2.6.4 産業廃棄物 .....	18

<b>第3章 直接エネルギー消費・大気環境負荷量の推計</b> .....	<b>19</b>
3.1 負荷寄与率の設定 .....	19
3.1.1 エネルギー転換用 .....	19
3.1.2 原料用 .....	20
3.2 エネルギー消費量の推計 .....	20
3.2.1 非火力発電によるエネルギー供給 .....	20
3.2.2 部門別エネルギー消費量 .....	20
3.3 CO <sub>2</sub> 排出量の推計 .....	21
3.3.1 CO <sub>2</sub> 排出係数の設定 .....	21
3.3.2 石灰石 .....	23
3.3.3 製鉄プロセスにおけるカスケードエネルギー利用に伴う CO <sub>2</sub> 排出の配分 .....	24
3.4 固定発生源からの NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , SPM 排出量の推計 .....	26
3.4.1 固定発生源に関する排出係数 .....	26
3.4.2 電気炉用電力消費量 .....	28
3.4.3 金属鉱石消費量 .....	28
3.4.4 野焼きの活動量 .....	29
3.5 移動発生源からの NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , SPM 排出量の推計 .....	29
3.5.1 自動車からの排出量 .....	29
3.5.2 タイヤ磨耗による SPM 排出量 .....	34
3.5.3 船舶・鉄道・航空機からの排出量 .....	34
3.5.4 農業機械・建設機械からの排出量 .....	35
<b>第4章 部門別環境負荷量と原単位</b> .....	<b>37</b>
4.1 部門別エネルギー消費と大気環境負荷量 .....	37
4.1.1 エネルギー消費構造 .....	37
4.1.2 CO <sub>2</sub> 排出構造 .....	37
4.1.3 NO <sub>x</sub> 排出構造 .....	38
4.1.4 SO <sub>x</sub> 排出構造 .....	38
4.1.5 SPM 排出構造 .....	38
4.2 エネルギー消費量の推計における技術的課題 .....	44
4.3 環境負荷原単位表 .....	45
<b>第5章 データファイルの構成</b> .....	<b>47</b>
5.1 データ CD-ROM の起動 .....	47
5.2 データファイル名とディレクトリ構成 .....	48
5.3 原単位データファイル(生産者価格)の構成 .....	50
5.3.1 ワークシート”A” .....	51
5.3.2 ワークシート”B” .....	52
5.3.3 ワークシート”C1～C5” .....	52
5.3.4 ワークシート”D1～D5” .....	53
5.3.5 ワークシート”E1～E5” .....	54
5.4 内訳データファイルの構成 .....	55



5.4.1	ワークシート”F1～F2”	57
5.4.2	ワークシート”G”	57
5.4.3	ワークシート”H1～H2”	57
5.4.4	ワークシート”I”	58
5.5	原単位データファイル(購入者価格)の構成	58
5.5.1	ワークシート”J”	58
5.5.2	ワークシート”K1～K5”	59
5.5.3	ワークシート”L”	59
5.5.4	ワークシート”M1～M5”	59
5.6	付録ファイル	60
	謝辞	61
	参考文献	63



## 図表目次

### (表)

表 2-1	特別な統合により作成した部門と対応する基本分類 .....	9
表 2-2	原料炭消費量の統計間比較 .....	10
表 2-3	石炭消費量(原料炭+一般炭等)の統計間比較 .....	10
表 2-4	一般炭消費量の統計間比較 .....	11
表 2-5	「銑鉄」部門におけるコークス消費量 .....	11
表 2-6	熱利用を目的とした廃タイヤ消費量 .....	18
表 3-1	エネルギー転換用として負荷寄与率を設定した部門と原燃料種 .....	19
表 3-2	原料用として負荷寄与率を設定した部門と原燃料種 .....	20
表 3-3	原燃料種別単位物量あたりの発熱量 .....	21
表 3-4	原燃料種別 CO <sub>2</sub> 排出係数 .....	22
表 3-5	生石灰・消石灰用途と産業連関表部門との対応 .....	23
表 3-6	環境庁報告書と本書における原燃料の対応 .....	27
表 3-7	鉄鋼業に関する電気炉用電力消費の統計間比較 .....	28
表 3-8	自動車製造部門における NO <sub>x</sub> 発生に関する電力消費量 .....	28
表 3-9	非鉄金属精錬部門における金属鉱石消費量 .....	29
表 3-10	稲わら・もみがらの焼却量 .....	29
表 3-11	自動車の車種別・速度域別走行割合 .....	31
表 3-12	ディーゼル車に関する車種別速度域別走行距離 .....	31
表 3-13	ガソリン車に関する車種別速度域別走行距離 .....	31
表 3-14	LPG 車に関する車種別速度域別走行距離 .....	32
表 3-15	ディーゼル車に関する速度域別 NO <sub>x</sub> 排出係数 .....	32
表 3-16	ガソリン車に関する速度域別 NO <sub>x</sub> 排出係数 .....	33
表 3-17	LPG 車に関する速度域別 NO <sub>x</sub> 排出係数 .....	33
表 3-18	ディーゼル車に関する速度域別 SPM 排出係数 .....	33
表 3-19	ガソリン車・LPG 車に関する SPM 排出係数 .....	33
表 3-20	便宜的に求めた車種別 NO <sub>x</sub> および SPM 排出係数 .....	34
表 3-21	移動発生源に関する燃料種別 SO <sub>x</sub> 排出係数 .....	34
表 3-22	タイヤ磨耗による車種別 SPM 排出係数 .....	34
表 3-23	船舶に関する NO <sub>x</sub> , SPM 排出係数 .....	35
表 3-24	鉄道, 航空機に関する NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , SPM 排出係数 .....	35
表 3-25	農業機械, 建設機械に関する NO <sub>x</sub> , SPM 排出係数 .....	35
表 4-1	本推計と MAP 調査との副生ガス消費量の違い .....	44
表 5-1	原単位データファイルにおける各ワークシートの掲載データ .....	51
表 5-2	直接環境負荷量として含まれる原燃料 .....	55

### (図)

図 2-1	環境負荷原単位の算出フロー .....	8
図 2-2	「外洋輸送」部門における B・C 重油の計上範囲 .....	13
図 2-3	「航空輸送」部門におけるジェット燃料油の計上範囲 .....	15
図 3-1	鉄鋼関連部門におけるエネルギーと炭素の流れ .....	25
図 3-2	自動車起源の NO <sub>x</sub> および SPM 排出量の推計フロー .....	30
図 4-1	部門別直接エネルギー消費量と原燃料種別内訳 .....	39
図 4-2	最終需要からみたエネルギー消費量の部門別寄与 .....	39

図 4-3	部門別直接 CO <sub>2</sub> 排出量と原燃料種別内訳	40
図 4-4	最終需要からみた CO <sub>2</sub> 排出量の部門別寄与	40
図 4-5	部門別直接 NO <sub>x</sub> 排出量と原燃料種別内訳	41
図 4-6	最終需要からみた NO <sub>x</sub> 排出量の部門別寄与	41
図 4-7	部門別直接 SO <sub>x</sub> 排出量と原燃料種別内訳	42
図 4-8	最終需要からみた SO <sub>x</sub> 排出量の部門別寄与	42
図 4-9	部門別直接 SPM 排出量と原燃料種別内訳	43
図 4-10	最終需要からみた SPM 排出量の部門別寄与	43
図 5-1	データ CD-ROM の起動画面	47
図 5-2	日本語のメニュー選択画面	47
図 5-3	データファイルの選択画面	48
図 5-4	原単位データファイルの選択画面	48
図 5-5	データファイル名の表記方法	49
図 5-6	CD-ROM データのディレクトリ構成	50
図 5-7	原単位データファイル(生産者価格)のワークシート構成	51
図 5-8	ワークシート A の構成	52
図 5-9	ワークシート B の構成	52
図 5-10	ワークシート C の構成 (C1 を例として)	53
図 5-11	ワークシート C の構成 (C3 を例として)	53
図 5-12	ワークシート D1 の構成	53
図 5-13	ワークシート D3 の構成	54
図 5-14	ワークシート E1 の構成	54
図 5-15	内訳データファイルの選択画面	56
図 5-16	内訳データファイルのワークシート構成	56
図 5-17	ワークシート F1 の構成 (エネルギー原単位を例として)	57
図 5-18	ワークシート G の構成 (エネルギー原単位を例として)	57
図 5-19	原単位データファイル(購入者価格)のワークシート構成	58
図 5-20	ワークシート J の構成	59
図 5-21	ワークシート K の構成 (エネルギー原単位を例として)	59

# 第1章 総説

## 1.1 産業連関表の環境分析における利用

産業連関表(Input-Output Tables)は、ノーベル経済学賞受賞者であるレオンチェフが考案したもので、産業部門間の物資やサービスの取引を行列の形で表したものである。実際に作成されているほとんどの産業連関表では取引は貨幣価値単位で記述されているが、この金額のフローとともに物資が移動すると考えることにより、産業間でのエネルギーや資源のフローの分析が行えることから、レオンチェフ自身(e.g. Leontief, 1970)によるものも含め、産業連関表の環境問題への応用は盛んに行われてきている(e.g. 本藤ら, 1998, 2002, 朝倉ら, 2001)。

産業連関分析は投入産出分析とも呼ばれるが、産業連関表の形式を拡張し、産業間だけではなく、自然環境から産業への投入(自然資源の採取)や、産業から自然環境への産出(廃棄物や汚染物質の排出)まで含めた物量単位の投入産出表を作成すれば、環境問題への応用範囲は大きく広がる。実際、ドイツでは、物量単位の産業連関表が連邦統計局により作成されている(Stahmer ら, 1997)。こうした概念は、環境経済学においては「物質代謝論アプローチ」として位置付けられている。これは、従来の経済分析において、自然環境と経済活動との間での物のフローが、環境汚染などを通じて費用を発生させるにもかわらず、この項が十分に考慮されてこなかったため、経済分析の枠組みの中に自然環境との関わりを物質の代謝という形で記述しようとしたものである。

最終製品を製造するために、部品産業や材料産業などの上流側の産業で必要とされる間接分も含めたエネルギー消費量を求める方法は、エネルギー・アナリシスとして知られる。わが国では、1980年前後にエネルギー・アナリシスへの取り組みが盛んとなり(資源調査会編, 1979, 茅, 1980, 資源協会編, 1994), 経済活動の幅広い分野にわたる分析が行われた。わが国におけるエネルギー・アナリシス研究では、その初期段階から、最終需要により誘発される生産額を産業連関分析で求める方法論が応用され、これを継承する成果がその後も報告されている(森口ら, 1998)。最近、こうした方法のライフサイクルアセスメント(LCA)における応用が盛んとなり、エネルギー消費量のほか、これから比較的容易に推計可能なCO<sub>2</sub>排出量を中心に、多くの分析が行われるようになってきている。LCAにおいて、分析対象のライフサイクルにわたる環境負荷をまとめた目録は、ライフサイクルインベントリと呼ばれるが、これはマイクロレベルでの資源の投入と廃物の産出をまとめた表、すなわち「投入産出表」にほかならない。後に詳しく述べるように、産業連関分析がLCAのインベントリ分析で活用されるようになった背景には、両者のこうした共通性がある。

一方、ある活動に付随して直接発生する環境負荷だけでなく、間接的、波及的に発生する環境負荷にまで目を向ける「ライフサイクル思考」(Life Cycle Thinking)は、社会全体における資源や廃棄物の循環を分析する上でも不可欠な視点である。すなわち、製品等を対象とした狭い意味でのLCAだけでなく、経済活動全般と環境問題との関わりを分析する上でも、「間接的・波及的」効果の分析手法が求められている。これらの手法は、工学的アプローチと経済学的アプローチの接点にあって多くの共通点があり、これらを組み合わせることが、環境のシステム分析における有力なツールとなりつつある。

## 1.2 LCA のインベントリ分析における産業連関表の利用

### 1.2.1 産業連関分析とインベントリ分析の関わり

LCA のインベントリ分析では、対象とする製品等のライフサイクルがどのようなプロセスから構成されているかのフローを描き、ついで、その個々のプロセスの入力と出力を調査する。ここで入力とは、資源、素材、部品など、プロセスに投入される要素、出力とは、製品、副産物、汚染物質、廃棄物など、プロセスから産出・排出される要素である。各々、環境と直接やりとりされる要素と、他のプロセス(他の事業所、他の産業)との間でやりとりされる要素を含む。他のプロセスとのやりとりを上流側に遡ったり、下流側に追跡したりすることにより、間接的に環境との間を出入りする要素を漏れなく把握することが、LCA の本質の一つである。

産業連関分析を LCA におけるインベントリ分析に用いることには、二つの異なる意味がある。

第一は、産業連関表自身の中に、投入物や排出物のインベントリの項目としてそのまま、あるいは多少の加工によって、利用可能な内容が含まれていることである。産業連関表では、石油製品や電力などのエネルギー製品、化学原料、鉄鋼製品などの主要素材について、各部門への投入量を物量で記述した「物量表」と呼ばれる表が作成されている。各部門の生産量も物量で把握されているので、これらを利用すれば、理論上は、各部門の単位生産量あたりの素材投入量が得られる。とくに燃料消費量データは、これに係数を乗じて、大気環境への負荷排出量の推計に利用できる点で貴重である。但し、この物量値の精度には、多くの問題点があり、インベントリデータでの応用に際して、補正を加える、全く別の統計データを併用するなどの措置がとられている場合もある。

第二は、各プロセスの入力と出力を漏れなく記述し、これを辿って間接的なものを含めた資源投入、負荷排出の全体像を把握するという、インベントリ分析の本質が、産業連関表にほぼそのまま組みこまれていることを活かすものである。積み上げ法では、関係するプロセスを逐一追う必要があるが、産業連関表では全ての経済活動についての取引が網羅されているので、必要なデータはあらかじめ用意されていることになる。産業連関分析では、これを「逆行列を乗じる」という操作で一度に行うが、このことは、間接的な投入や排出を一段階づつ遡及して、積み上げて加算することと、数学的には全く同じ操作を意味する。

### 1.2.2 産業連関表による環境負荷原単位のインベントリ分析における利用

産業連関表から得られる環境負荷原単位(原単位)は、財の 1 単位の生産(通常、生産額(百万円)で表現される)に伴って直接および間接的に生じる環境負荷量を示す。金額あたりで表現されるが、産業連関表に添付された「部門別品目別国内生産額表」に、多くの財について単価が記載されており、この単価で割り戻すことにより、物量あたりの原単位を得ることができる。一つの部門には複数の品目が対応していることが多いが、単価を適用して物量に換算する、ということは、ある部門での生産に伴って生じた環境負荷が、その部門内では生産金額に比例して生じたと仮定したことを意味する。

なお、環境負荷を金額に応じて配分するという方法は、産業連関分析の一般的な計算過程でも暗黙のうちに採用されているが、このことは LCA においてアロケーション(配分)とよばれる問題と密接な関わりがある。一般に、一つの工程から複数の産物が得られること(結合生産)は珍しいことではないため、その工程への資源投入や負荷排出を、複数の産物にどのように配分するか、という問題がおきる。複数の異なる種類の廃棄物を同時に処理する場合や、副生成物の利用、リサイクル工程などにおいても、同様の問題が起きる。これがアロケーション問題であり、物量による配分、経済的価値による配分などが提案されてい

る。この配分方法の違いも、原単位に影響を与える要因である(森口ら, 1998)。

一方、産業連関表から得られる金額あたりの原単位の利用方法として、施設工事の積算書の金額に原単位を乗じて利用するような場合も考えられる。この際には、産業連関表の金額には、対象となる財を生産した部門から出荷される時点の価格(生産者価格)と、その財を購入する者までの運賃などの流通コストを加えた価格(購入者価格)の2種類があることに注意を要する。原単位の作成事例の多くは、生産者価格あたりで表現されているが、購入者価格あたりの原単位を提供している事例もある。但し、購入者価格あたりの原単位は、購入者によって異なるので、誰が購入した場合が想定されているかを確認する必要がある。

積み上げ法によるインベントリデータが十分に整備・公表されていない現段階では、産業連関表を用いたデータは有用なデータソースの一つである。とくに全ての製品やサービスを網羅していることの意義は大きい。しかし、産業連関表によるデータの限界も十分に認識しておかねばならない。

最大の難点は、産業連関表は全ての財やサービスを約400という限られた数の部門に分類しており、一つの部門に多くの異なる製品が分類されてしまうことである。鉄鋼、ガラス、樹脂、紙などの材料は、独立した部門が設けられているが、これらは多数の製造者による膨大な種類の異なる品質の製品から構成されており、産業連関分析から得られる値は、全体の平均値にすぎない。機械類などのより高次の加工製品については、異種の製品がひとまとめに扱われる。典型的な例として「その他の民生用電気機器」という部門には、電子レンジ、エアコン、洗濯機、冷蔵庫、掃除機などがすべて含まれる。このような場合、この部門について得られた価格あたりの原単位を、個々の異なる製品の価格に乗ずるだけでは、極めて粗い推計値しか得られないことが理解されよう。

こうした産業連関表の問題点をふまえ、積み上げ法と産業連関分析を併用する方法(ハイブリッド法と呼ばれることもある)も採用されつつある。この方法では、対象となる製品等の生産工程に直接かかわる項目、すなわち工程でのエネルギー消費量や環境負荷量は実地で調査するとともに、他産業から直接購入する原材料の構成を詳細に調査して、これに産業連関分析で得られた原単位を乗じる方法である。むろん、特に寄与の大きな品目については、購入原材料に遡って積み上げ法による分析を行っても良い。このような方法をとれば、材料代替や設計変更による比較も可能となり、LCA本来の用途での活用が可能となろう。

一方、製品や設備について、その構成材料を、鉄、ガラス、プラスチックのように、素材の種類に分解し、各々の重量あたりの原単位を乗じて足しあげる方法がとられる場合がある。この方法では、使用される素材の「歩留まり」や、素材を加工するための工程、現場で組み上げる工程での負荷が見落とされる恐れがある。こうした場合に、産業連関分析を用いることにより、素材の生産までの工程と、それ以降の加工工程における負荷とを類似製品について求め、これにより補正を加える手法も提案されている(汐崎ら, 1996)。

積み上げ法により得られる分析の直接の対象についての詳細なデータと、産業連関分析により得られる広範囲のデータの使い分けにより、インベントリ分析の労力はかなり低減できると思われる。

### 1.3 産業連関分析による環境負荷原単位の算出方法

先にも述べたが産業連関表から作成される原単位には生産者価格によるものと、購入者価格によるものがある。生産者価格は工場の出荷価格で評価したものであり、購入者価格はこれに需要者までの貨物運賃と商業マージンを加えた額で評価したものである。次に、本書で扱う産業連関表によるこれら2種類

の原単位の算出方法を説明する。

### 1.3.1 生産者価格による原単位

生産者価格ベース, 購入者価格ベースによらず, 産業連関分析では輸入品の取り扱いが重要であり, 輸入品の扱いにより用いる基本モデルが異なる。輸入品の生産に関わる環境負荷が同一製品を国内で生産した場合のそれと同量であると仮定した場合, 部門  $j$  の活動に伴う総環境負荷量は中間需要に伴う間接負荷と直接負荷との和であるから次式の関係のみたす。

$$e_1 x_{1,j} + e_2 x_{2,j} + \cdots + e_k x_{k,j} + \cdots + e_n x_{n,j} + D_j = e_j X_j \quad (1-1)$$

ここで,  $e_j$  は部門  $j$  の単位生産(百万円-生産者価格)あたりの直接, 間接に誘発される環境負荷量, すなわち環境負荷原単位(負荷量/百万円-生産者価格)を示し,  $X_j$  は部門  $j$  の国内生産額(生産者価格),  $D_j$  は第 2 章で推計を行う部門  $j$  の生産活動に伴う直接環境負荷量,  $x_{ij}$  は部門  $j$  における部門  $i$  からの投入額(生産者価格)をそれぞれ示す。

式(1-1)は, その両辺を国内生産額  $X_j$  で割ると, 投入係数  $a_{ij}$ , 単位生産額あたりの直接環境負荷量  $d_j$  を用いて式(1-2)で表せる。

$$a_{1,j} e_1 + a_{2,j} e_2 + \cdots + a_{k,j} e_k + \cdots + a_{n,j} e_n + d_j = e_j \quad (1-2)$$

ただし,

$$a_{i,j} = x_{i,j} / X_j \quad (1-3)$$

$$d_j = D_j / X_j \quad (1-4)$$

これらを部門  $j=1, \dots, n$  についてベクトルおよび行列を用いて表すと式(1-5)となる。

$$\begin{pmatrix} e_1 & e_2 & \cdots & e_n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1,n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n,1} & a_{n,2} & \cdots & a_{n,n} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} d_1 & d_2 & \cdots & d_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} e_1 & e_2 & \cdots & e_n \end{pmatrix} \quad (1-5)$$

また, 式(1-6), 式(1-7)および式(1-8)のように, 原単位ベクトル  $\mathbf{e}$ , 単位あたりの直接環境負荷ベクトル  $\mathbf{d}$  および投入係数行列  $\mathbf{A}$  を用いて, 式(1-5)を表すと式(1-9)となる。

$$\mathbf{e} = \begin{pmatrix} e_1 & e_2 & \cdots & e_n \end{pmatrix} \quad (1-6)$$

$$\mathbf{d} = \begin{pmatrix} d_1 & d_2 & \cdots & d_n \end{pmatrix} \quad (1-7)$$

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1,n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n,1} & a_{n,2} & \cdots & a_{n,n} \end{pmatrix} \quad (1-8)$$



$$\mathbf{eA} + \mathbf{d} = \mathbf{e} \quad (1-9)$$

これを  $\mathbf{e}$  について解くと式(1-10)となり、環境負荷原単位を得ることができる。

$$\mathbf{e} = \mathbf{d}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \quad (1-10)$$

輸入品に関する環境負荷量を国産品とは別に精度よく推計することが難しいため、この方式は現在では多く用いられている。しかし、この方式では国内生産のほとんど行われていない石油、石炭、鉄鉱石、アルミニウムなどに関する負荷量については実態とは大きく異なるデータを適用したことになる。なお、 $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$  はレオンチェフ逆行列、あるいは単に逆行列と呼ばれ、経済活動部門間の波及効果を示す産業連関分析の根幹となる行列である。

これに対し、各部門における輸入品に関する投入量を除外し、国内の生産活動に関わる環境負荷量だけを求める手法を次に示す。

部門  $i$  における中間需要と国内最終需要のうち輸入品が占める割合を示す輸入係数  $m_i$  を式(1-11)のように定義する。

$$m_i = \frac{M_i}{\sum_{j=1}^n a_{i,j} X_j + F_i} \quad (1-11)$$

ここで  $M_i$  は部門  $i$  における輸入額、 $n$  は部門数、 $F_i$  は国内最終需要計である。

式(1-2)から輸入品に関する環境負荷量を控除すると式(1-12)となる。

$$a_{1,j}e_1 + a_{2,j}e_2 + \cdots + a_{k,j}e_k + \cdots + a_{n,j}e_n - (a_{1,j}m_1e_1 + a_{2,j}m_2e_2 + \cdots + a_{k,j}m_ke_k + \cdots + a_{n,j}m_ne_n) + d_j = e_j \quad (1-12)$$

さらに、輸入係数  $m_i$  を要素とする対角行列  $\mathbf{M}$  を用いて表すと、

$$\mathbf{eA} - \mathbf{eMA} + \mathbf{d} = \mathbf{e} \quad (1-13)$$

となり、これを  $\mathbf{e}$  について解くと式(1-14)が得られる。

$$\mathbf{e} = \mathbf{d}\{\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \mathbf{M})\mathbf{A}\}^{-1} \quad (1-14)$$

式(1-14)では、国内生産財に関わる環境負荷量を求めており、わが国内で発生する実質的な負荷量を知る場合に適している。

### 1.3.2 購入者価格による原単位

購入者価格による原単位を求めるためには、生産者価格ベースの原単位に販売や運搬に伴う負荷を加算する必要がある。産業連関表において販売や運搬活動に該当する部門は商業マージンとして「1.卸売」、「2.小売」部門、国内貨物運賃として「1.鉄道貨物輸送」、「2.道路貨物輸送」、「3.沿海・内水面貨物輸送」、「4.港湾運送」、「5.国内航空貨物輸送」、「6.貨物運送取扱」および「7.倉庫」部門である。購入者価格は購入者によってマージンの大きさが異なるため、誰を対象とした購入者価格であるかを明確にしなければならない。

本書では一般的な消費者が該当する「家計消費支出」部門を対象とした購入者価格による環境負荷原単位を次のように算出した。まず、各部門から「家計消費支出」部門への投入において要した商業マージンおよび国内貨物運賃は産出表に記されており、これらの額と対応するマージンおよび貨物運賃相当部門の環境負荷原単位を乗じることにより、各部門から「家計消費支出」部門へのマージンや運賃に相当

する直接間接の環境負荷量を求めた。

$$L_{i,house} = \sum_{mgn=1}^2 e_{mgn} x_{i,house}^{mgn} + \sum_{fee=1}^7 e_{fee} x_{i,house}^{fee} \quad (1-15)$$

ただし、

$L_{i,house}$  部門  $i$  から「家計消費支出」部門 ( $house$ ) への商業マージンおよび国内貨物運賃に相当する直接間接の環境負荷量

$x_{i,house}^{mgn}$  部門  $i$  から部門  $house$  への投入に伴う商業マージン額 (mgn: 1.卸売, 2.小売)

$x_{i,house}^{fee}$  部門  $i$  から部門  $house$  への投入に伴う国内貨物運賃 (fee: 1.鉄道, 2.道路, 3.沿海, 4.港湾, 5.航空, 6.取扱, 7.倉庫)

$e_{mgn}$  商業マージン相当部門の環境負荷原単位 (mgn: 1.卸売, 2.小売)

$e_{fee}$  国内貨物運賃相当部門の環境負荷原単位 (fee: 1.鉄道, 2.道路, 3.沿海, 4.港湾, 5.航空, 6.取扱, 7.倉庫)

部門  $i$  から「家計消費支出」部門への生産額  $x_{i,house}$  に相当する直接間接の環境負荷量  $P_{i,house}$  は式 (1-16) で求まることから、「家計消費支出」における部門  $i$  の購入者価格  $Z_i$  (生産+マージン・運賃) に相当する直接間接の環境負荷量は、 $P_{i,house}$  と  $L_{i,house}$  の和となる。

$$P_{i,house} = e_i x_{i,house} \quad (1-16)$$

したがって、購入者価格(家計)による環境負荷原単位  $c_i$  は式 (1-17) より導くことができる。

$$c_i = \frac{P_{i,house} + L_{i,house}}{Z_i} = \frac{P_{i,house} + L_{i,house}}{x_{i,house} + \sum_{mgn=1}^2 x_{i,house}^{mgn} + \sum_{fee=1}^7 x_{i,house}^{fee}} \quad (1-17)$$

## 第2章 部門別原燃料消費量の推計

### 2.1 環境負荷原単位の算出プロセスの概要

環境負荷原単位の作成に用いた産業連関表は平成7年(1995年)表と平成2年(1990年)表である。本書では、両年次における原単位やその応用結果の比較ができるよう、それぞれ同じ手法に基づき算出した。すなわち、ここでは1995年表ベースでの推計方法のみ記述するが、1990年データの推計においても手法および用いた統計表や引用箇所は全く同一で年次のみ異なる。本書における環境負荷原単位の計算手順を図2-1に示す。

1995年産業連関表は基本分類で行519、列403部門で構成されているため、幾つかの部門を統合して行列399部門の正方行列を作成した。次に、石炭系燃料6種、石油系燃料12種、天然ガス系燃料3種、その他の燃料5種を対象に「家計消費支出」部門を含む、400部門における物量としての消費量を推計した。このとき、産業連関表に付帯の「物量表」の値を重視しながらも、物量表の作成方法の特徴から消費量が実態と大きく乖離するものについては、公表統計やヒアリング調査による値を用いた。そして、各部門・各燃料種の消費量のうち他の燃料種(2次エネルギー)に転換されるものや、原料用として利用されており、環境負荷の直接の原因とならない消費量を差し引くため、負荷寄与率を設定した。これを原燃料消費量に乗じて環境負荷に寄与する原燃料の消費量とし、燃料種別の発熱量を乗じて燃料種別エネルギー消費量を算出した。また、非火力発電によるエネルギー供給分を別途加算した。

CO<sub>2</sub>排出量は求めた原燃料ごとのエネルギー消費量に、対応するCO<sub>2</sub>排出係数を掛け合わせて算出し、非化石燃料起源のCO<sub>2</sub>排出として石灰石からの排出量を加味した。

NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>およびSPMの排出量は固定発生源と移動発生源に分類した。固定発生源からの排出はわが国の脱硝、脱硫、集じん技術を反映した排出係数をエネルギー消費量に乗じて求めた。加えて、非化石燃料由来の排出として、電気炉からのNO<sub>x</sub>、金属鉱石起源のSO<sub>x</sub>および農業における野焼きに伴うSPM排出量を考慮した。移動発生源からの排出については、特に自動車からの排出量を車種や走行状態を反映し詳細に推計を行った。また、SPMについてはタイヤの磨耗による発生分を含めて推計した。ただし、本推計におけるSPMは一次粒子が対象であり、二次粒子としてのSPMは含まれていない。

最後に、求めたエネルギー消費量および各排出量をそれぞれ産業連関表の部門別に集計して、これを各部門における直接環境負荷量とし、第1章で述べた産業連関分析法を用いて波及効果を反映した各種原単位を「家計消費支出」部門を除く、399部門について導いた。

本来、環境基準が設定されているSPMとは、大気中に浮遊する粒子状物質で、粒径10 $\mu$ m以下のものをさす。一方、大気汚染防止法では、ばいじんと粉じんが粒子状物質に相当するが、発生機構の違いだけで明確な粒径の定義はなく、第3章で用いるSPM排出係数のうち固定発生源については、ばいじんに関するデータをベースとしており、粉じん施設からの寄与は考慮していない。粉じんは粒径10 $\mu$ m以下の浮遊状態の粒子も存在するが、多くは大粒径のもので降下ばいじんとして沈着することが発生機構から推察される。これに対し、ばいじんは燃焼過程等に伴って発生する粒子状物質であり、集じん機が設置されている施設も多いことを考えると浮遊状態の粒子が大半を占めると考えられる。移動発生源からの粒子状物質は浮遊状態のものがほとんどであることとあわせて、本書で対象とする粒子状物質を浮遊粒子状物質(SPM)と記す。ただし、発生源の粒径に関する明確な情報を得ることは困難であったため、環境基準という粒径10 $\mu$ m以下の浮遊粒子状物質とは必ずしも一致しないことに注意されたい。

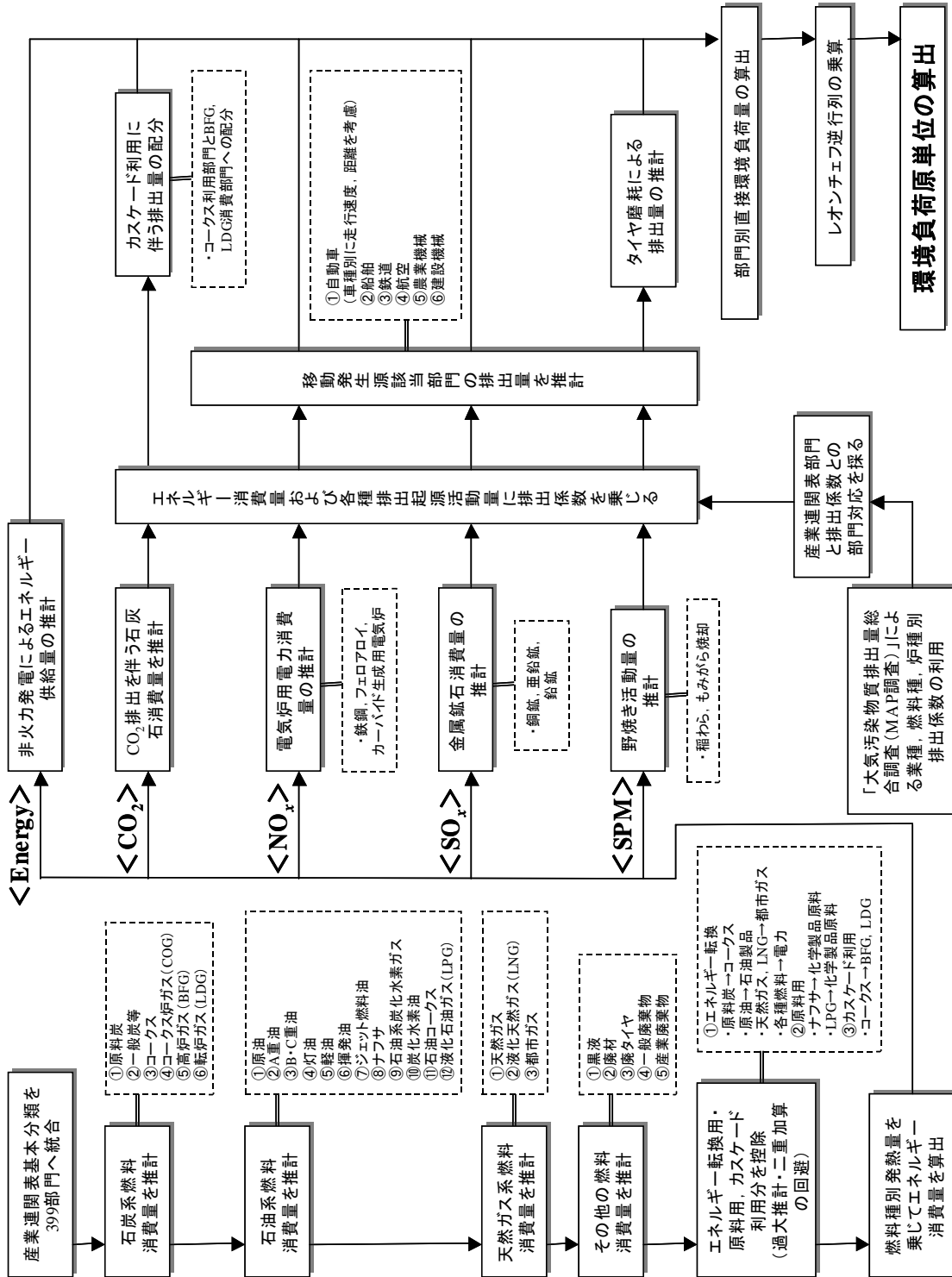


図2-1 環境負荷原単位の算出フロー

## 2.2 部門統合

1995年産業連関表の取引基本表は基本分類である行519部門×列403部門で掲載されている。それゆえ、産業連関分析におけるレオンチェフ逆行列を求めるためには、正方行列化する必要がある、基本分類の幾つかの部門を統合しなければならない。

本書では、部門数を399部門、186部門、93部門、32部門に統合した場合について、それぞれ原単位を算出し、186部門、93部門、32部門への統合は産業連関表の小分類、中分類、大分類に従った。399部門への統合は基本的に一つの列コードを列側の1部門とし、一つまたは複数の行コードをまとめ、行側の1部門を作成している。具体的には列コードと行コードの2桁目以上の数字がすべて同じ場合、該当する複数の行部門を1部門に統合した。しかし、表2-1に示す部門については、複数の列コードを1部門にまとめた。

表 2-1 特別な統合により作成した部門と対応する基本分類

部門番号	統合した部門名	対応する基本分類名と列コード	対応する基本分類名と行コード
5	野菜	野菜(路地){11301} 野菜(施設){11302}	野菜{113001}
26	海面漁業	沿岸漁業{31101} 沖合漁業{31102} 遠洋漁業{31103}	海面漁業(国産){311001} 海面漁業(輸入){311002}
28	内水面漁業	内水面漁業{31201} 内水面養殖業{31202}	内水面漁業・養殖業{312001}
292	事業用電力	事業用原子力発電{511101} 事業用火力発電{511102} 水力・その他の事業用発電{511103}	事業用電力{5111001}

## 2.3 石炭系燃料消費量の推計

### 2.3.1 原料炭

物量表には1995年における原料炭の国内流通量は約7,315万tと記されている。しかし、これを他の統計表と比較すると、表2-2のように大きな乖離が見られる。「エネルギー生産・需給統計(需給統計)」(通産省, 1996a)は6,541万t、「総合エネルギー統計(エネバラ表)」(資源エネルギー庁, 1997)では6,720万tと記されている。暦年ベースと年度ベースの違いはあるものの需給統計とエネバラ表の値が近いことから判断して、物量表は過大と考えられるが、これは物量表の原料炭の定義が他と異なることが原因である。具体的には、物量表の原料炭輸入量は「日本貿易月表(貿易統計)」(大蔵省, 1996)からの引用値であり、貿易統計がコークス原料以外の石炭も一部原料炭として扱っていることから他統計との違いが生じている。したがって、物量表では一般炭の供給量は他統計と比較し小さくなっているが、表2-3に示すよう、原料炭と一般炭の合計は需給統計、エネバラ表と大きなずれはない。

本書では物量表による原料炭の定義ではなく、原料炭は鉄鋼関連部門と都市ガス部門(コークスが生産される)でのみ消費されると考え、他部門での原料炭消費はないものとして各部門の消費量を次のように推定した。まず、コークス生産部門である「石炭製品」部門の消費量は需給統計のコークス原料炭消費量5,769万tを引用した。「銑鉄」部門には「鉄鋼統計」(通産省, 1996b)よりコークス用・非コークス用石炭

として記載されている石炭消費量 886 万 t から「銑鉄」部門における一般炭消費量 250 万 t (物量表値) を差し引いた 636 万 t を引用し、その他の鉄鋼部門へは鉄鋼統計記載の製鉄関連全石炭消費量 1,052 万 t から「銑鉄」部門への原料炭投入分 886 万 t、鉄鋼部門自家発電用石炭消費量 85 万 t を差し引いた 81 万 t を計上した。「自家発電」の原料炭消費量も鉄鋼統計より引用した。

その他鉄鋼部門内における 81 万 t の分配であるが、これは物量表に記載の生産者価格で比例配分を行った。本書では物量表記載の鉄鋼関連部門への一般炭投入は原料炭投入とみなして扱っているため、配分価格は原料炭、一般炭の合計額とした。

なお、コークスの製造を伴う「都市ガス」部門における原料炭投入量は物量表の値を採用した。

表 2-2 原料炭消費量の統計間比較

部門名	原料炭消費量(t)		
	物量表	需給統計	エネバラ表
パルプ	0	0	0
化学工業	198,110	4,500	3,000
石炭製品	71,873,805	4,759,179	8,056,000
窯業・土石	0	0	0
銑鉄	196,952	60,223,398	48,901,000
鉄鋼	92,104	148,883	10,235,000
電力	0	0	0
自家発	0	0	0
その他	791,054	278,161	0
合計	73,152,025	65,414,121	67,195,000

表 2-3 石炭消費量(原料炭+一般炭等)の統計間比較

部門名	石炭合計消費量(t)		
	物量表	需給統計	エネバラ表
パルプ	1,581,364	4,018,057	2,310,000
化学工業	2,911,641	3,840,632	777,000
石炭製品	71,937,356	4,824,362	8,131,000
窯業・土石	10,200,995	9,698,445	10,067,000
銑鉄	2,696,005	63,084,952	51,114,000
鉄鋼	293,196	581,926	10,506,000
電力	38,369,089	40,842,836	41,475,000
自家発	2,323,181	0	6,585,000
その他	1,565,048	2,239,896	626,000
合計	131,877,875	129,131,106	131,591,000

### 2.3.2 一般炭・亜炭・無煙炭

一般炭の国内供給量は表 2-4 に示すように、物量表では 5,873 万 t であり、需給統計が 6,372 万 t、エネバラ表では 6,440 万 t となっている。物量表の値が他統計と比べ小さい値になっている原因は、原料炭と同じく貿易統計の定義による。一般炭については、他統計と物量表を比較したところ、総量には相違が見られるものの、各部門ごとの集計値はほぼ一致する箇所が多く、以下に説明する部門以外は物量表に示す値を採用した。

「石炭製品」部門での消費量は原料炭と同じく、需給統計よりコークス原料用として記載のある一般炭消費量 218 万 t を代入、「事業用電力」部門へは物量表がエネバラ表および需給統計と比較し過小であったために修正し、需給統計より 4,084 万 t を引用した。化学工業、パルプ部門について、需給統計と大きく値が異なっているのは、需給統計では自家発電に使用した消費量も各部門に直接的に計上されるが、物量表、エネバラ表では自家発電として別に計上されるためである。

さらに、化学工業、紙・パルプ業による石炭火力の自家発電量が多い地域を「石油等消費構造統計(構造統計)」(通産省, 1996c)より確認すると、大規模な自家発電施設を持つ化学、パルプ工場が立地する地域と一致する。したがって、当該部門における一般炭消費は生産プロセス用ではなく、自家発電用であると判断し、化学工業、パルプ工業関連部門への一般炭投入量として物量表の 268 万 t, 158 万 t をそれぞれ採用し、需給統計記載値 384 万 t, 402 万 t との差の合計値 360 万 t を「自家発電」部門へ計上した。これらの修正により一般炭国内供給量は 6,440 万 t となり、他統計とおおよそ近似する値となっている。

表 2-4 一般炭消費量の統計間比較

部門名	一般炭等消費量(t)		
	物量表	需給統計	エネバラ表
パルプ	1,581,364	4,018,057	2,310,000
化学工業	2,713,531	3,836,132	774,000
石炭製品	63,551	65,183	75,000
窯業・土石	10,200,995	9,698,445	10,067,000
銑鉄	2,499,053	2,861,554	2,213,000
鉄鋼	201,092	433,043	271,000
電力	38,369,089	40,842,836	41,475,000
自家発	2,323,181	0	6,585,000
その他	773,994	1,961,735	626,000
合計	58,725,850	63,716,985	64,396,000

### 2.3.3 コークス

各部門におけるコークス消費量は物量表、生産需給、エネバラ表を比較し、大枠での各部門の消費量が凡そ近似することを確認し、本書では物量表の値を用いた。物量表には「都市ガス」部門から発生するコークスが副産物扱いで計上されているが、本書では、この副産物としてのコークスを含めて各部門へ計上した。このコークスの原料である原料炭の消費量を「都市ガス」部門に計上しているが、燃焼しないと設定しているため(3.1.1 参照)、「都市ガス」部門から副産物コークス発生分を差し引くことはしていない(物量表のマイナス値で示されている)。

カスケード利用されるコークス、すなわち、高炉で用いられるコークスについては、後に高炉ガスとして利用される際の高炉ガス利用部門間における排出量の配分を明示的にするため、「高炉用コークス」として項目を設け別途これを計上した。「銑鉄」部門へ計上されているコークス消費量 33,235,904t のうち、鉄鋼統計から焼結炉用による使用率を 11%として、残りの 89%に相当する 29,417,099t を高炉用コークスとした。表 2-5 に鉄鋼統計の記載値と、本書で決定した「銑鉄」部門のコークス消費量を示す。

表 2-5 「銑鉄」部門におけるコークス消費量

	高炉用 (t)	高炉用割合 -	その他 (t)	その他割合 -	合計 (t)
鉄鋼統計	30,882,129	0.89	4,008,989	0.11	34,891,118
本推計	29,417,099	0.89	3,818,805	0.11	33,235,904

### 2.3.4 コークス炉ガス(COG)

コークス炉ガス(COG:Coke Oven Gas)の総生産量は付帯表の部門別品目別国内生産額表から $15,947 \times 10^6 \text{m}^3$ とした。COGの生産部門は、産業連関表では「その他の石炭製品」部門が該当する。ただし、この部門はCOGの他、煉炭・豆炭、コールタール、粗ベンゾール等を生産する複数財の混合部門である。本書では各部門におけるCOGの消費量の算出は、総量を「その他の石炭製品」部門から各部門への産出額で按分する方法をとった。しかし、上記のようなCOG以外の財を購入していると考えられる部門は除外した。

一方、産出先部門間で単価の違いがないと仮定する価格配分では、COGの主な発生部門である「石炭製品」部門や、発生先からパイプラインでつながり供給されている共同火力が該当する「事業用電力」における消費量が過小となる。いくつかの統計表からも価格配分による値よりもCOG消費量が実際には大きいことが確認できる。本書では、COGの主要な消費部門である「石炭製品」部門における消費量を需給統計から、「事業用電力」部門は「電力需給の概要」(資源エネルギー庁、1995、1996)から、そして「都市ガス」部門における消費量はエネバラ表から引用した。他の部門における消費量は総生産量からこれらの消費量を差し引いたものを価格配分した。

### 2.3.5 高炉ガス(BFG)

高炉ガス(BFG:Blast Furnace Gas)の消費量は、エネバラ表から1995年のエネルギー転換部門(鉄鋼系ガス)からの高炉ガス、転炉ガス合計発生量 $129,549 \times 10^6 \text{m}^3$ のうち、約93%に相当する $120,049 \times 10^6 \text{m}^3$ と見積もった。エネバラ表では物量での消費量から熱量換算する際、発熱量を加重平均した $888 \text{kcal/m}^3$ を用いている。エネバラ表における個々の発熱量は高炉ガスが $800 \text{kcal/m}^3$ 、転炉ガスが $2,000 \text{kcal/m}^3$ (平成12年度は改定されている)であることから、約93%が高炉ガス分であると仮定した。

各部門における消費量は、高炉ガス・転炉ガスの生産部門に相当する「その他の石炭製品」部門からの産出先のうち、特殊分類符号4(副産物投入)の付いた部門の産出額の大きさに按分して求めた。「その他の石炭製品」部門における副産物は「屑・副産物発生及び投入表」から、炭田ガス、高炉ガス、転炉ガスであることが確認できる。ただし、他の統計では消費実績が確認できないことから「その他の有機化学工業製品」を除外した。

BFGはコークス起源の未反応COであるため、高炉で使用されるコークスが全て燃焼すると仮定した計算に、BFGの燃焼分を更に加えるとダブルカウントとなる。したがって、本書ではこれを回避するため、原燃料種の項目として「BFG発生」を設け、BFG発生分をマイナス値で計上した。発生量は $120,049 \times 10^6 \text{m}^3$ とし、「銑鉄」部門へ計上した。「銑鉄」部門は「その他の石炭製品」部門の産出先において副産物発生分として記載されている、すなわち特殊分類符号5(副産物発生)が付与された部門である。

### 2.3.6 転炉ガス(LDG)

転炉ガス(LDG:Linz Donawitz Gas)の総消費量は、エネバラ表の高炉ガス、転炉ガス合計消費量のうち約7%に相当する $9,500 \times 10^6 \text{m}^3$ とした。消費部門は高炉ガスと同様とした。

転炉ガスはコークス起源のカスケード利用されているガスである。銑鉄中のコークス由来の未燃炭素分と酸素を反応させたときに発生するガスであるため、コークスを全て燃焼させた計算条件下で、転炉ガスを加算するとダブルカウントとなる。したがって、本書では高炉ガスと同手法により、「粗鋼(転炉)」部門へ「LDG発生」を設け、その発生量をマイナス値で計上した。



## 2.4 石油系燃料消費量の推計

### 2.4.1 原油

各部門における原油消費量は物量表の値を用いた。

### 2.4.2 A 重油

各部門における A 重油消費量は物量表の値を用いた。

### 2.4.3 B・C 重油

各種統計表の定義の違いにより流通量に大きな違いが確認された。国内生産量は物量表が 4,832 万kl, 需給統計が 4,925 万kl, エネバラ表では 4,821 万klと極端なずれはないが, 輸出量を見ると, 大きな違いが生じている。特に, エネバラ表における輸出量が大きく, これはボンド油の扱い方の違いに原因がある。B・C 重油の場合, そのほとんどが外航船舶に供給されており, 外航船舶は日本籍船と外国籍船に大別される。物量表と需給統計ではボンド油のうち日本籍外航船舶供給分を保税輸出として計上せず, 外国籍船舶への供給量のみを計上している。一方, エネバラ表では保税地区への流通をすべて輸出扱いとしているため, このような乖離が起こっている。

本書では問題となる外航船舶活動の該当部門である「外洋輸送」部門の産業連関表による定義が, 日本籍である外航船舶活動全てを国内生産活動として考えることから, 日本籍船へのボンド油供給は輸出扱いとせず国内流通とし, ボンド油扱いで輸出として掲載されるのは外国籍船への供給量のみとした。「外洋輸送」部門に計上される B・C 重油は日本籍船舶の日本国内での給油, 外国港での給油, 用船の給油であり, 外国港での給油分は輸入(特殊)としても物量表では計上される。「外洋輸送」部門における B・C 重油の計上範囲を図 2-2 にまとめる。

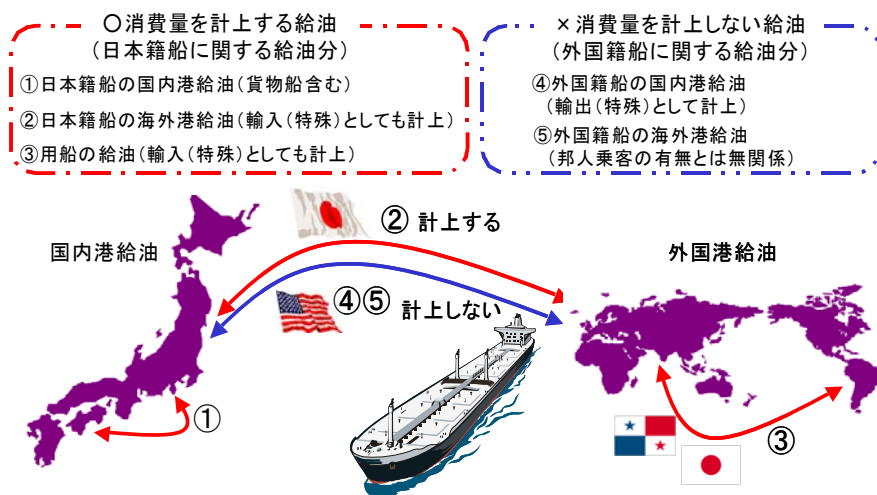


図 2-2 「外洋輸送」部門における B・C 重油の計上範囲

しかし, これらの消費量に相当する物量表の「外洋輸送」の B・C 重油消費量 6,177 万klはボンド油供給油の単価が国内価格より安価であるにも関わらず, 同じ平均単価で物量に換算していることから, 過小に推計され, これは業界ヒアリングからも確認した。一方で, 「外洋輸送」を除く部門への供給量はエネバラ表では 4,235 万kl, 需給統計では 4,263 万klであるのに対し, 物量表は 4,693 万klと, やや過大となっ

ている。

本書では総量の調整及び主要部門における消費量の修正を次のように行った。まず、「外洋輸送」の重油消費量に船舶業界提供資料より国内給油分 5,570 万klと海外港給油分 7,597 万klとの合計値 13,167 万klを計上した。さらに、「事業用電力」部門の消費量 2,330 万klは他統計と比較し過大と判断し、電力需給の概要より 1,853 万klへと修正した。これらの調整により、「外洋輸送」を除く国内供給量は 4,215 万klとなり、エネバラ表の 4,235 万kl、需給統計の 4,263 万klとも近似することを確認した。

また、物量表に記載の「石油製品」部門における B・C 重油の消費量はエネバラ表の石油精製部門と比較が少ない。「石油製品」部門では B・C 重油の投入のほとんどを輸入品が占めている。輸入品は普通貿易による単価を用いて特殊貿易による輸入量を算出し、それを各部門へ配分するため、輸入先の違いや為替変動の影響を受けやすく、他統計との違いが大きくなっていると考えられる。したがって、本書では「石油製品」部門における消費量をエネバラ表のエネルギー転換自家消費として記載されている 203 万klとし、「事業用電力」、「外洋輸送」部門を除く他部門へは先の国内供給量 4,215 万klから「石油製品」、「事業用電力」部門の消費量を差し引いた 2,159 万klを物量表に記載の消費量で按分した。

#### 2.4.4 灯油

各部門における灯油消費量を物量表の値とすると、「石油製品」部門における消費量に大きな誤差を生じる。「石油製品」部門への灯油の投入額、特に輸入額が大きいため、物量表でもその値が大きくなっている。わが国では灯油、軽油、揮発油の輸入品を国内の規格に合わせるため、「石油製品」部門で再精製を行っており、その一時的な投入が「石油製品」部門の投入額を押し上げ、物量表での値が大きくなっている。これは物量表での「石油製品」部門への灯油の投入量が、輸入（普通）に記載されている量と近似していることから確認できる。

したがって、本書では、「石油製品」部門における正味の消費量として、エネバラ表のエネルギー転換部門自家消費から引用し、物量表による国内供給量から、この値を差し引いた消費量を各部門の物量表の値で再配分を行った。

#### 2.4.5 軽油

「石油製品」部門における消費量は灯油と同様に推計をした。また、「事業用電力」部門における消費量が電力需給の概要と比較し、大口と小口による購入単価の違いのためか、平均単価による物量表では約 40%の消費量しか計上されていない。本書では電力需給の概要による消費量を採用し、灯油と同様に、物量表による国内供給量から「石油製品」および「事業用電力」部門における消費量を差し引き、残りの量を他部門へ配分した。

#### 2.4.6 揮発油

「石油製品」部門およびその他部門における消費量は、灯油と同じ手法で推計した。

#### 2.4.7 ジェット燃料油

物量表の国内生産量は需給統計の値を用いており、ジェット燃料油のほとんどは「航空輸送」部門で消費されている。この「航空輸送」部門の活動範囲を確認すると、「航空輸送」部門に投入されるジェット燃料油は日本籍機が国内線、国際線を問わず給油した量が計上され、外国空港での日本機への給油分も加算される。外国空港での給油分は輸入（特殊貿易）としても別に記載される。ジェット燃料油の計上範

圏を図 2-3 にまとめる。

物量表では輸入(特殊貿易)の値は、国際収支から得た取引額に、輸入(普通貿易)と同じ平均単価を乗算し物量を逆算している。そのため、為替変動や国内外での価格差などの影響を受けやすく、物量が「航空輸送統計年報(航空統計)」(運輸省、1996)の293万klと比較し828万klと大きな違いが見られる。

一方、物量表で輸入(普通貿易)として輸入されるジェット燃料油は需給統計ではボンド扱いの輸入と記されているが、それぞれ328万kl、293万klと大きな差はない。この計上項目の違いは物量表の値が貿易統計から引用され、貿易統計がボンド扱い輸入と普通貿易との区別なく記載されていることから生じている。

本書では「航空輸送」部門における消費量を物量表の1,369万klから変更し、航空統計から962万klを引用して当該部門へ過剰に投入されることを避けた。また、その他の消費部門へは国内生産量から、航空輸送部門への投入量を差し引いた残量を生産者価格で按分する方法を取った。

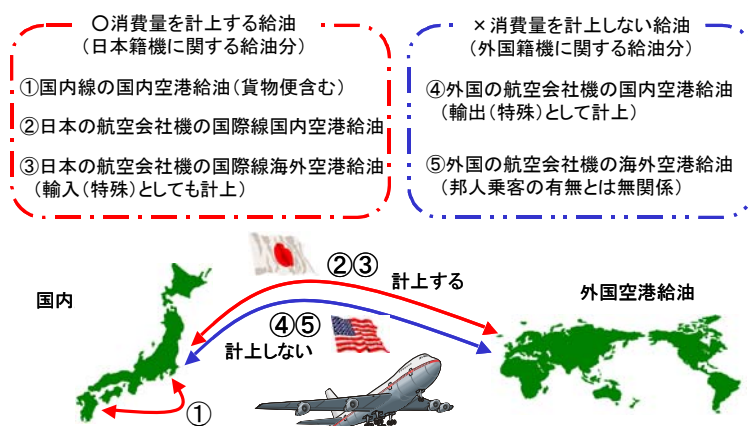


図 2-3 「航空輸送」部門におけるジェット燃料油の計上範囲

## 2.4.8 ナフサ

国内生産量は他統計と比較し、大きな相違がないことを確認し、物量表の値を採用した。本書ではナフサの石油化学関連部門への投入は全て原料用として使用されるものとし、石油化学関連部門のナフサ起源の環境負荷は、後述する石油系炭化水素ガスおよび炭化水素油として生ずるとした。ナフサの分解過程は物量表では「石油化学基礎製品」、「石油化学芳香族製品」部門に該当し、それぞれ3,464万kl、1,104万klのナフサが投入されており、石油系炭化水素ガスの発生量を構造統計から得られる642,939万m<sup>3</sup>、炭化水素油を234万klとすれば、その副生割合は約19%となり他の文献値((社)プラスチック処理促進協会、1995)と近似する。ただし、密度をナフサ0.69(kg/l)、石油系炭化水素ガス0.716(kg/Nm<sup>3</sup>) (メタン扱い)、炭化水素油0.85(kg/l)として計算した。

また「アンモニア」部門で消費されるナフサは水素の抽出を目的として使用されるため、本書では原料用(3.1.2参照)として燃焼には寄与しないものとしている(CO<sub>2</sub>の排出として勘定されない)。一方、実際には水素の抽出に伴いCO<sub>2</sub>が発生し、これは炭酸ガス、ドライアイスへと加工され他部門で利用されている。ヒアリングによると平成7年の炭酸ガス市場流通量(自家消費は含まず)は約77万t、ドライアイスは約20万tとの報告がある。しかし、これらの消費部門が詳細に把握できなかったことから、本書では炭酸ガス、ドライアイスによるCO<sub>2</sub>排出量を計上していない。

### 2.4.9 石油系炭化水素ガス

物量表では扱われていないため、総消費量は構造統計から原料用を除いた 146,775 万 m<sup>3</sup>とし、構造統計における各部門での消費量を付帯表である「工業統計コード対応表」(対応表)を用いて各部門へ配分した。対応表では工業統計部門分類と産業連関表の非サービス部門との対応割合が記載されているが、産業連関表のサービス部門に対する対応割合の記載はない。すなわち、対応割合の合計が 100 になっていない。したがって、対応表に掲載されている割合をそのまま利用すると、石油系炭化水素ガス消費量の一部が産業連関表のどの部門へも割り振られなくなるため、本書では対応表の割合を合計が 100 となるよう修正した。

構造統計による石油系炭化水素ガスには石油精製過程に伴って生成される製油所ガスも含まれている。先に述べた分配により石油精製該部門である「石油製品」部門へは 84,511Mcal(エネバラ表と比較のため 9,400kcal/m<sup>3</sup>で算出)が計上される。エネバラ表に製油所ガス石油精製部門消費量が 89,270Mcalと記載されていることから、これは製油所ガスと同一であると判断できる。したがって二重加算を回避するため本書では製油所ガスとしての消費量は別途に計上はない。

### 2.4.10 炭化水素油

各部門の消費量は石油系炭化水素ガスと同様に構造統計から原料用を除く 197 万klを引用し分配した。

### 2.4.11 石油コークス

各部門の消費量は石油系炭化水素ガスと同様に構造統計から原料用を除く 315 万 t を引用し分配した。

### 2.4.12 液化石油ガス(LPG)

税率や供給形態の違いから自動車用、家庭用の液化石油ガス(LPG:Liquefied Petroleum Gas)は工業用より高価であるが、物量表は平均単価の割戻しで作成されるため、その値は実態と大きく乖離している。物量表において副産物扱いの単価が主産物より安価になっているのは、副産物が工業用のみの単価に近く、主産物単価は自動車用単価の影響を大きく受けているからである。しかし、非自動車用を含めて平均化された産業連関表上の単価は、実際の自動用単価より安価となるため、輸送部門における LPG 消費が過剰となり、逆に、他部門の消費量が過小になる傾向がある。

この現象を是正するため、需給統計より7項目に分類された主な用途別消費量を引用した。次に、7項目の内、化学原料用、工業用、鉄鋼用の分類の活動範囲と連関表該部門との的確な対応が困難であったため、これら 3 項目を統合工業用として統合した。すなわち、統合工業用、自動車用、都市ガス用、発電用、家庭燃料用別に総 LPG 消費量 1,978 万 t を計上し、連関表該部門の生産者価格でそれぞれを配分した。

生産者価格での分配は副産物としての投入額も含めた金額で行い、副産物発生額としてマイナスで計上されている金額は無視する扱いとした。この副産物の LPG(副生 LPG)とは、いわゆる石油系炭化水素ガスであり、これは副産物発生量が「石油化学基礎製品」部門へのナフサ投入量に対し係数 0.188 を乗算し算出されていることをヒアリングにより確認した(物量表では数値が丸められているため 0.185 となっている)。本書では石油系炭化水素ガスを独立して扱っているため、理論的には副産物投入額を含まない生産額で配分することが妥当と考えられる。しかし、物量表における副産物投入額は産出額との整合性

を保つため便宜的にLPG消費額を主産物と副産物に分配したものである。

具体的には、「石油化学基礎製品」部門からの副生LPGの発生量を先の方法で求め、これに工業用のLPG平均単価を乗じて副生LPGの総生産額を求める。次に、副生LPGの消費先に該当する部門へ総生産額を配分し、もともとは主生、副生の区別のなかった各部門のLPG投入額を主産物購入、副産物購入とに分配する。したがって、これらがLPGと石油系炭化水素ガスの実態的な投入額を示す可能性は低いと判断し、本書では用途別LPG消費量の各部門への配分を、主産物投入額と副産物投入額の合計額に応じて行った。

## 2.5 天然ガス系燃料消費量の推計

### 2.5.1 天然ガス・液化天然ガス(LNG)

各部門における天然ガス、液化天然ガス(LNG:Liquefied Natural Gas)消費量は、物量表が発熱量ベースで総量がエネバラ表と近似することを確認して物量表の値を用いた。物量表では天然ガス、LNGの区別はなく、天然ガスをLNGに換算してまとめて計上している。ただし、物量表の部門名は「天然ガス」と表記されている。

### 2.5.2 都市ガス

各部門における都市ガス消費量は物量表の値を用いた。

## 2.6 その他の原燃料消費量の推計

### 2.6.1 黒液・廃材

「紙パルプ統計年報」(通産省, 1996d)から「パルプ」, 「洋紙・和紙」, 「板紙」部門に対する黒液および廃材消費量を引用した。

### 2.6.2 廃タイヤ

発生する廃タイヤのうち、熱利用される量を部門別に計上した。資料((社)日本自動車タイヤ協会, 1996)による熱利用目的の消費先はセメント焼成炉等, 中・小型ボイラー用, 金属製錬, タイヤメーカー工場用, 製紙の分類で示されていた。これらと産業連関表部門との対応をとり、総量を49万6千tとし表2-6の示す部門に計上した。

中・小型ボイラー用である廃タイヤの消費は産業部門が特定できなかったため、本書ではこの利用目的を発電用燃料であると仮定し、全量を「自家発電」部門に計上した。また、金属製錬は産業連関表では4部門に対応するが、配分に適した指標がないことから、各部門の総エネルギー消費量の大きさと分配した。廃タイヤの利用が補足的な熱利用であることから、その利用は各部門における総エネルギー消費量に比例すると仮定した。

表 2-6 熱利用を目的とした廃タイヤ消費量

部門名	廃タイヤ消費量 t
洋紙・和紙	26,000
タイヤ・チューブ	32,000
セメント	275,000
銅	5,590
鉛・亜鉛(含再生)	10,568
アルミニウム(含再生)	14,823
その他の非鉄金属地金	6,020
自家発電	126,000
合計	496,000

### 2.6.3 一般廃棄物

一般廃棄物の焼却量は文献値(環境庁, 2000a)から「廃棄物処理(公営)」部門に全量 3,949 万 t を計上した。

### 2.6.4 産業廃棄物

産業廃棄物は各産業で処理されている場合が多く、本来なら部門毎に産業廃棄物の焼却量を計上することが望ましい。しかし、約 400 部門分類で推計可能な産業廃棄物に関する統計が整備されていないこと、産業連関表では産業廃棄物処理に関するアクティビティーは分離され、「廃棄物処理(産業)」に集約されていることから、本書は当該部門へ文献値(環境庁, 2000a)より全量 969 万 t を計上した。

## 第3章 直接エネルギー消費・大気環境負荷量の推計

本章では第2章で推計した原燃料消費量および各種環境負荷に固有の発生源を考慮し、各部門における直接的なエネルギー消費量および大気環境負荷量を求める。

### 3.1 負荷寄与率の設定

各部門で消費されている原燃料種の中にはプラスチックの原料など、燃焼以外の目的で使用されているものがある。エネルギー消費のフローをより現実的に記述するには、この原料用途の消費量を控除し、最終的に廃棄物としての燃焼分を計上する必要がある。また、燃料種の多くは用途に合わせ、その物性の調整が図られる。例えば、原油から揮発油や軽油が精製され、原料炭からコークスが作られる。これをエネルギー転換と呼ぶことにすると、各部門におけるエネルギー消費量を求める場合、最終的に燃焼される燃料とその量を把握し、エネルギー転換前の燃料を二重に加算することを回避しなければならない。

本書では各部門における燃料消費量に対し、負荷寄与率を設定することで、この問題に対応した。負荷寄与率は基準値として1を与え、エネルギー転換用、原料用とされる消費形態をとるものに関しては0を与えた。一方、構造統計等には総消費量と原料用消費量が掲載されており、これらの値から負荷寄与率を設定することも可能である。しかし、構造統計等と産業連関表との部門の対応関係、構造統計等の捕捉範囲の問題から、本書は部門別原燃料種別に詳細な代表性のある負荷寄与率を求めることは難しいと考え、0または1を与える手法を用いた。以下に負荷寄与率を0に設定した部門と原燃料種を記述する。

#### 3.1.1 エネルギー転換用

エネルギー転換用と考え、負荷寄与率を0とした部門と燃料種を表3-1に示す。「石油製品」部門における原油は揮発油や軽油など石油製品へ転換され燃焼される。また、「石炭製品」部門における原料炭は乾留後コークスとして利用され、乾留時の発生ガスであるCOGは別途燃焼される。ゆえに、当該部門の原油および原料炭の負荷寄与率を0と設定した。

都市ガスを原燃料種の一つとして計上しているため、「都市ガス」部門に一旦投入され、都市ガスとして他部門へ供給される原燃料種についても負荷寄与率を0とした。

表 3-1 エネルギー転換用として負荷寄与率を設定した部門と原燃料種

消費部門	原燃料種	用途
石油製品	原油	石油製品へ転換
石炭製品	原料炭	コークスへ転換
都市ガス	原料炭	都市ガスとコークスへ転換
都市ガス	LNG・天然ガス	都市ガスへ転換
都市ガス	ナフサ	都市ガスへ転換
都市ガス	LPG	都市ガスへ転換
都市ガス	COG	都市ガスへ転換

### 3.1.2 原料用

ナフサや LPG の一部はプラスチックやアンモニアなどの化学製品原料として利用される。本書では、表 3-2 に示す部門における原燃料消費は原料用であるとし、負荷寄与率を 0 とした。

表 3-2 原料用として負荷寄与率を設定した部門と原燃料種

消費部門	原燃料種	用途
アンモニア	ナフサ	化学製品原料
化学肥料	ナフサ	化学製品原料
石油化学基礎製品	ナフサ	化学製品原料
石油化学基礎製品	LPG	化学製品原料
石油化学系芳香族製品	ナフサ	化学製品原料
脂肪族中間物	ナフサ	化学製品原料
環式中間物	ナフサ	化学製品原料
合成ゴム	ナフサ	化学製品原料
メタン誘導品	ナフサ	化学製品原料
油脂加工製品	ナフサ	化学製品原料
可塑剤	ナフサ	化学製品原料
合成染料	ナフサ	化学製品原料
その他の有機化学工業製品	ナフサ	化学製品原料

## 3.2 エネルギー消費量の推計

### 3.2.1 非火力発電によるエネルギー供給

エネルギー原単位には「事業用電力」部門に計上された化石燃料によるエネルギー消費がレオンチェフ逆行列の操作により、電力消費に伴うエネルギー消費量として内包される。しかし、実質的な電力消費に伴うエネルギー消費量を求める場合は、非火力電力によるエネルギー供給分を加算する必要がある。

本書では原子力発電、水力・その他の発電による発電電力量を品目別生産額表からそれぞれ、 $254,726 \times 10^6 \text{kWh}$ 、 $80,116 \times 10^6 \text{kWh}$  を引用して計上した。

### 3.2.2 部門別エネルギー消費量

部門  $i$  における原燃料  $k$  の消費量  $m_{i,k}$  に負荷寄与率  $r_{i,k}$  を乗じたものに、単位あたりの発熱量  $q_k$  を掛け合わせた  $h_{i,k}$  の総和を部門  $i$  の直接エネルギー消費量  $h_i$  とした。

$$h_i = \sum_k h_{i,k} = \sum_k q_k r_{i,k} m_{i,k} \quad (3-1)$$

本書では発熱量  $q_k$  は表 3-3 に示す高位発熱量 (HHV: Higher Heating Value) での値を用いた。熱量の単位として従来から多く利用されてきた cal 単位と SI 単位系に準じた J (ジュール) 表記によるものを併記する。一般および産業廃棄物の熱量は、エネルギーとしての利用分を部門別に推計することが困難であったため、本書ではこれらの熱量を直接エネルギー消費量には含めていない。

なお、非火力発電による電力供給の熱換算には  $860 \text{kcal/kWh}$  を用いている。発電端投入熱量ベース (火力発電) の発熱量 (例えば  $2150 \text{kcal/kWh}$ ) を適応した場合の原単位を作成することは、原単位の原燃料種別の内訳を利用することにより容易に行える。



表 3-3 原燃料種別単位物量あたりの発熱量

原燃料種	発熱量(1cal=4.18605J)		単位物量
	×10 <sup>7</sup> kcal	×10GJ	
原料炭	0.6904	2.89	/t
一般炭・亜炭・無煙炭	0.6354	2.66	/t
コークス	0.7191	3.01	/t
コークス炉ガス(COG)	0.5041	2.11	/1000Nm <sup>3</sup>
高炉ガス(BFG)	0.0815	0.34	/1000Nm <sup>3</sup>
転炉ガス(LDG)	0.2009	0.84	/1000Nm <sup>3</sup>
原油	0.9126	3.82	/kl
A重油	0.9341	3.91	/kl
B・C重油	0.9962	4.17	/kl
灯油	0.8767	3.67	/kl
軽油	0.9126	3.82	/kl
揮発油	0.8266	3.46	/kl
ジェット燃料油	0.8767	3.67	/kl
ナフサ	0.8146	3.41	/kl
石油系炭化水素ガス	1.0726	4.49	/1000Nm <sup>3</sup>
炭化水素油	1.0105	4.23	/kl
石油コークス	0.8504	3.56	/t
液化石油ガス(LPG)	1.1992	5.02	/t
天然ガス/LNG	1.3019	5.45	/t
都市ガス	0.9818	4.11	/1000Nm <sup>3</sup>
回収黒液	0.3010	1.26	/絶乾t
廃材	0.3989	1.67	/絶乾t
廃タイヤ <sup>1)</sup>	0.81	3.39	/t
一般廃棄物 <sup>2)</sup>	0.21	0.88	/t
産業廃棄物 <sup>2)</sup>	0.30	1.26	/t
原子力発電	86	360	/10 <sup>6</sup> kWh
水力/その他の発電	86	360	/10 <sup>6</sup> kWh

引用文献

1 (社)日本自動車タイヤ協会編, 1996

2 日本電子計算株式会社, 1996

無印 資源エネルギー庁, 2001

### 3.3 CO<sub>2</sub> 排出量の推計

#### 3.3.1 CO<sub>2</sub> 排出係数の設定

CO<sub>2</sub> 回収技術が研究段階であり、一般的に普及していない現状であることから、CO<sub>2</sub> 排出量の推計は式(3-2)のように各部門の原燃料種別のエネルギー消費量に各々の CO<sub>2</sub> 排出係数を乗じて行った。さらに、本書では非化石燃料起源としてセメント製造などにおける石灰石利用に伴う CO<sub>2</sub> 排出量を考慮した。

$$D_i = \sum_k f_k h_{i,k} \quad (3-2)$$

ここで、 $D_i$ は部門*i*の直接CO<sub>2</sub>排出量、 $f_k$ は燃料*k*に関するCO<sub>2</sub>排出係数、 $h_{i,k}$ は部門*i*における燃料*k*に関するエネルギー消費量(石灰石の場合は物量での消費量)である。表 3-4 に推計に用いた原燃料種別CO<sub>2</sub>排出係数を示す。ただし、バイオマス系の燃料である回収黒液および廃材についてはCO<sub>2</sub>排出係数を与えるものの、各部門の排出量としては計上しない。また、廃棄物の排出係数はバイオマス系廃棄物からの排出量を除いた値を用いた。

本書で主として用いた環境庁温室効果ガス排出量算定方法検討会(検討会)によるCO<sub>2</sub>排出係数(環境

庁, 2000b)は, 政令に従って算定した固有単位の排出係数とともに, 発熱量あたりの係数も併記されている。しかし, 排出係数に活動量となるエネルギー消費量を乗じて排出量を算定する場合, 実測した燃料サンプルの発熱量とエネルギー消費量の推計に用いた発熱量との相違を勘案する必要がある。そのため, 実測値とエネバラ表による発熱量の違いを補正する係数(補正係数)が与えられており, エネバラ表からエネルギー消費量を推定して CO<sub>2</sub> 排出量を求めることできる。

一方, 本書では原燃料の発熱量の多くを改定されたエネバラ表(資源エネルギー庁, 2001)から引用しているため, 単に補正係数を乗じるだけでは, 検討会の排出係数と本推計におけるエネルギー消費量との整合性が取れないことから,

$$\text{本書の CO}_2 \text{ 排出係数} = \text{検討会の排出係数} \times \text{検討会の補正係数} \times (\text{エネバラ表(2001)の改定された発熱量} \div \text{従来のエネバラ表の発熱量})$$

のように換算した CO<sub>2</sub> 排出係数を用いた。なお, 他から引用した排出係数については, 推計根拠が十分に把握できないことから換算は行っていない。

表 3-4 原燃料種別 CO<sub>2</sub> 排出係数

原燃料種名	CO <sub>2</sub> 排出係数		備考 (1cal=4.18605J)
	t-C/10 <sup>7</sup> kcal	Mg-CO <sub>2</sub> /10GJ	
原料炭	1.045	0.915	
一般炭・亜炭・無煙炭	1.015	0.889	
コークス	1.231	1.078	
コークス炉ガス(COG)	0.462	0.405	
高炉ガス(BFG)	1.231	1.078	コークスと同値
転炉ガス(LDG)	1.231	1.078	コークスと同値
原油	0.792	0.693	
A重油	0.809	0.709	
B重油・C重油	0.812	0.711	
灯油	0.779	0.682	
軽油	0.790	0.692	
揮発油	0.761	0.667	
ジェット燃料油	0.760	0.666	
ナフサ	0.747	0.654	
石油系炭化水素ガス	0.519	0.455	
炭化水素油 <sup>1)</sup>	0.880	0.771	
石油コークス	1.061	0.930	
液化石油ガス(LPG)	0.688	0.603	
天然ガス・LNG	0.585	0.512	
都市ガス	0.597	0.523	
回収黒液 <sup>2)</sup>	1.075	0.942	排出量に含めない
廃材 <sup>3)</sup>	0.879	0.770	排出量に含めない
廃タイヤ <sup>4)</sup>	0.913	0.800	乗用車用全磨耗品
一般廃棄物(非バイオマス系) <sup>5)</sup>	0.344 (1.025)	0.302 (0.898)	( )はバイオマス系を含む場合
産業廃棄物(非バイオマス系) <sup>5)</sup>	1.010 (1.696)	0.884 (1.485)	( )はバイオマス系を含む場合
石灰石 <sup>6)</sup>	0.120	0.440	1tあたりの排出量

## 引用文献

- |                        |               |
|------------------------|---------------|
| 1 本藤ら, 1998            | 5 環境庁, 2000a  |
| 2 環境庁, 1992            | 6 近藤ら, 1997   |
| 3 朝倉ら, 2001            | 無印 環境庁, 2000b |
| 4 (社)日本自動車タイヤ協会編, 1996 |               |

## 3.3.2 石灰石

物量表には石灰石(CaCO<sub>3</sub>)消費量が掲載されているが、これは利用方法の違いからCO<sub>2</sub>を排出しない石灰石消費量が含まれているため、他統計からCO<sub>2</sub>排出に寄与すると考えられる消費量を引用した。

鉄鋼、セメント、ガラス製造部門で使用される石灰石はCO<sub>2</sub>を排出する。消石灰(Ca(OH)<sub>2</sub>)、生石灰(CaO)の生成に要する石灰石もCO<sub>2</sub>排出起源である。産業連関表では消石灰および生石灰は「その他の窯業・土石製品」部門に含まれ、この部門が複数の生産財の集合部門であるため、消石灰、生石灰の生産用に使用された石灰石消費量を計上すると、実際にはそれらを消費していない部門にまで逆行列による波及効果が及ぶことが懸念される。したがって、本書では消石灰、生石灰を消費した部門へ、その消費量に必要な石灰石生産量を計上し、実際には消石灰、生石灰生産部門で生じる排出が消費部門で生じたとみなす方法を採用した。生石灰および消石灰消費量から相当石灰石消費量への換算は

$$\text{相当石灰石消費量} = \text{生石灰消費量} \times \text{石灰石分子量}(100) \div \text{生石灰分子量}(56)$$

$$\text{相当石灰石消費量} = \text{消石灰消費量} \times \text{石灰石分子量}(100) \div \text{消石灰分子量}(74)$$

を用いて行った。

鉄鋼関連部門の石灰石、消石灰、生石灰消費量は鉄鋼統計から引用し、「銑鉄」、「フェオアロイ」、「粗鋼(転炉)」、「粗鋼(電気炉)」部門へ計上した。セメント用石灰石は「鉱業便覧」(資源エネルギー庁、1999)から引用し「セメント」部門へ、ガラス製造用は「窯業建材統計年報」(通産省、1996e)から「板ガラス・安全ガラス」部門へ計上した。農業、化学工業、建設、発電、上下水道で使用される消石灰、生石灰に関する消費量は「石灰用途別需要動向」(通産省、1996f)から推計した。建設用途以外の場合は表3-5に示すように産業連関表との部門対応をとり、建設用途の消費量は「その他の窯業土石製品」部門から建設関連部門への産出額の大きさに従って配分した。

表3-5 生石灰・消石灰用途と産業連関表部門との対応

「石灰用途別需要動向」の用途項目		相当石灰石消費量	対応させた産業連関表部門	
生石灰・消石灰用途		t	列コード	部門名
化学工業用	カーバイド用	772,240	202909	その他の無機化学工業製品
	漂白剤・ソーダ用	1,541,399	202101	ソーダ工業
	紙・パルプ用	317,088	181101	パルプ
	海水マグネシア用	646,861	272203	非鉄金属素形材
	石油化学用	148,261	204101	熱硬化性樹脂
	その他化学用	415,831	204101	熱硬化性樹脂
建設用	左官用	59,267	411101	建設・建築関連部門 <sup>1)</sup>
	軽量コンクリート用	342,839	～	建設・建築関連部門 <sup>1)</sup>
	土質安定処理用	1,058,122	413209	建設・建築関連部門 <sup>1)</sup>
農業用	肥料用	381,410	201102	化学肥料
	農薬用	12,163	207401	農薬
その他	非鉄金属精練用	49,629	272203	非鉄金属素形材
	鉱山用	35,651	62101	窯業原料鉱物
	上水道用	71,468	521101	上水道・簡易水道
	下水道用	227,308	521103	下水道★★
	公害防止用	1,120,193	511101	事業用電力
	その他用	559,031	900000	分類不明

1 「その他の窯業土石部門」から該当部門への産出額の大きさに従って配分

### 3.3.3 製鉄プロセスにおけるカスケードエネルギー利用に伴う CO<sub>2</sub> 排出の配分

高炉ガス(BFG)はコークスを一酸化炭素(CO)へ酸化させ、酸化鉄の還元ガスとして利用した後の未反応 CO や反応後の CO<sub>2</sub> を主とするガスである。この CO を燃焼させ、製鋼や圧延などの工程でその熱を利用している。すなわち、コークスの由来の熱を多段階利用(カスケード利用)しているのである。エネルギーのカスケード利用に伴う CO<sub>2</sub> の排出は、その配分方法が問題となる。

高炉ガスは発熱量が小さい上、コークス起源の炭素の大部分を含むため、実際の組成では非常に高い CO<sub>2</sub> 排出係数を持つ。また、転炉ガス(LDG)も転炉において、鉄の不純物、特に炭素分(元はコークス)を酸化反応により除去した後の CO や CO<sub>2</sub> を含むガスであり、高炉ガスと同様にコークス由来の熱をカスケード利用したもので、発熱量は小さく排出係数が高い。したがって、高炉ガスや転炉ガスを利用する部門では、熱の消費量は少ないにもかかわらず CO<sub>2</sub> の排出量が高くなる。図 3-1 は資料((社)日本鉄鋼協会、1993)に基づき筆者が作成した鉄鋼関連部門におけるエネルギーと炭素量の流れを示したものであるが、原料炭の炭素量を 100 とすると、製鋼や発電といった副生ガスを多く利用する部門の炭素量は 60 となり、エネルギー消費量が 32 と小さい(原料炭の持つエネルギー量を 100)。逆に、BFG を発生する「銑鉄」部門に相当する工程では、炭素量が石灰石投入分を含めて 34、副生ガスの再投入を含めて、エネルギー消費量が 59 となり、副生ガスの発生部門と消費部門における単位熱量あたりの炭素量は約 3.3 倍の違いがある。

こうしたことから、本書では、高炉ガスや転炉ガスの消費に伴う CO<sub>2</sub> 排出量を、実組成に基づく排出量の大きさではなく、エネルギー消費の大きさで各部門に割り当てた。エネルギー消費の大きさで CO<sub>2</sub> を配分することによって、本来、熱の獲得が目的であるが、製鋼工程の流れ上、副生ガスを使用する特定の部門が CO<sub>2</sub> 排出量を大きく請け負うことを回避し、元来、コークスの炭素成分が重要な利用目的の一つである「銑鉄」部門へ客観的に CO<sub>2</sub> 排出量を配分することができる。

具体的には、コークスを消費する部門では、コークス燃焼に伴う CO<sub>2</sub> 発生量を当該部門へ全て計上し、高炉ガスおよび転炉ガスを発生する部門においては、その発生熱量に相当する CO<sub>2</sub> 発生量を差し引いた。このとき、高炉ガスおよび転炉ガスは、実際の組成に基づく CO<sub>2</sub> 排出係数(高炉ガス:3.16t-C/10<sup>7</sup>kcal, 転炉ガス:2.06 t-C/10<sup>7</sup>kcal)((社)日本鉄鋼協会、1993)を用いず、コークスと同じ 1.23t-C/10<sup>7</sup>kcal を用いて、これら副生ガスの発生熱量に乗じて、差し引く CO<sub>2</sub> を算出した(これを「BFG 発生」、「LDG 発生」として区分)。同様に、高炉ガス・転炉ガス消費部門では消費熱量とコークスと同じ排出係数から CO<sub>2</sub> 排出量を決定した(これを「BFG 消費」、「LDG 消費」と区分)。

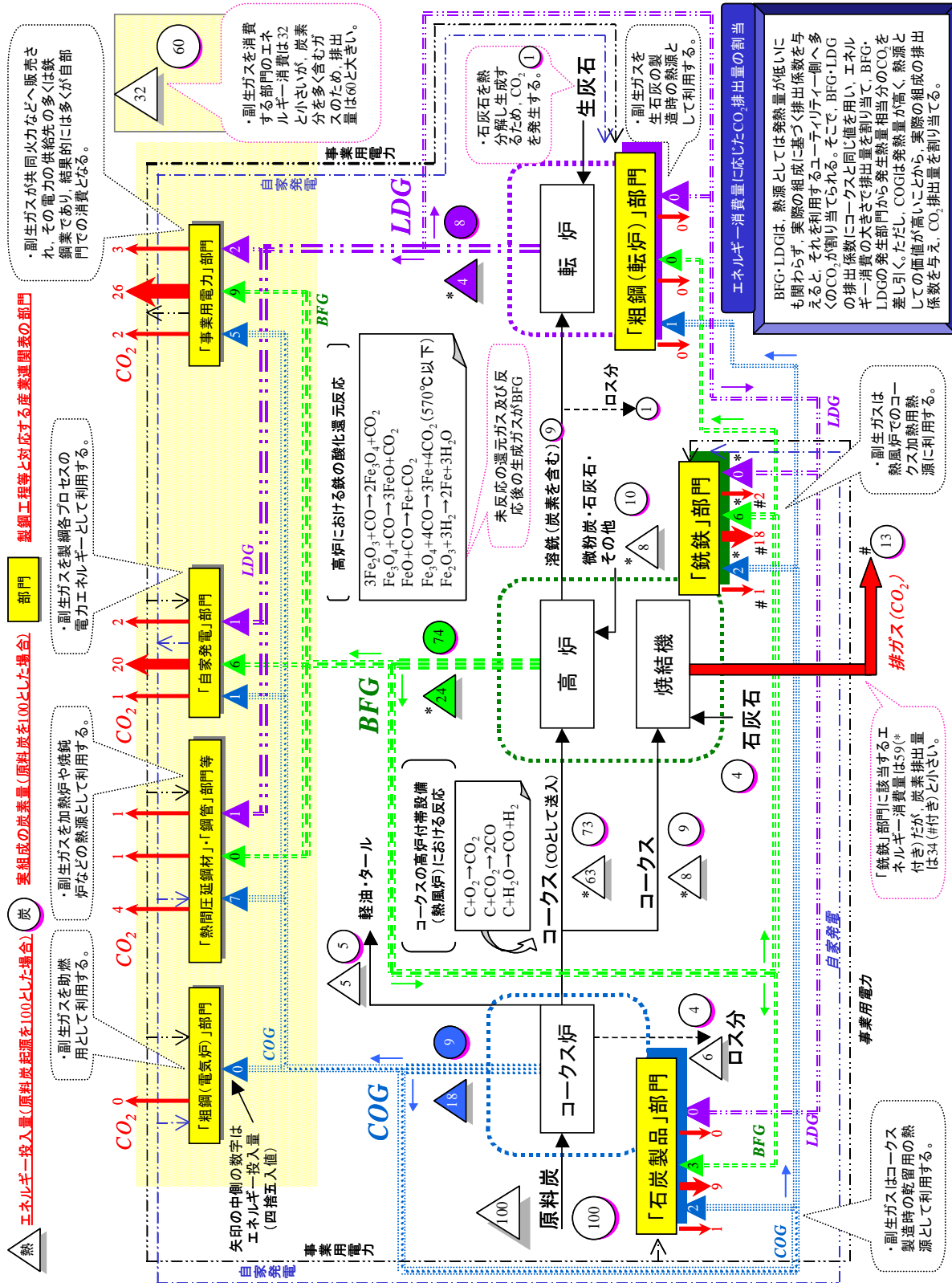


図3-1 鉄鋼関連部門におけるエネルギーと炭素の流れ

### 3.4 固定発生源からの NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, SPM 排出量の推計

わが国では固定発生源からの NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> および SPM の排出に対しては排出防止策がとられている。脱硝装置や低 NO<sub>x</sub> バーナーの利用、脱硫装置や集じん機などが多くの産業で設置されている。これらの大気汚染物質は化石燃料の燃焼に伴い発生するが、排出抑制技術の種類や効果が産業や燃焼施設で異なるため、排出量の推計は CO<sub>2</sub> のように燃料種ごとの排出係数を与えるだけでは十分ではない。

本書では、主として大気汚染物質排出量総合調査(MAP 調査)の実施結果から算出された原燃料種別、業種別、炉種別排出係数((株)三菱総合研究所, 2000, 日本電子計算株式会社, 1996)を固定発生源に関する排出係数として引用した。これらの係数はわが国の脱硝, 脱硫, 集じん技術の設置状況を反映した実態に近い値である。

また、固定発生源からの大気汚染物質の排出には非化石燃料由来のものもある。例えば、鉄スクラップなどの溶解に利用する電気炉ではサーマル NO<sub>x</sub> が発生し、非鉄金属精錬工程では原料となる鉱石に含まれている硫黄分が酸化して SO<sub>x</sub> が発生する。本書では、こうした各汚染物質固有の排出源についても考慮して推計を行った。

#### 3.4.1 固定発生源に関する排出係数

固定発生源における燃料消費等に伴う大気汚染物質の排出量は、燃料種別のエネルギー消費量に固定発生源に関する排出係数を乗じて求めた。

$$p_{i,k} = f'_{i,k} h_{i,k} \quad (3-3)$$

ここで、 $p_{i,k}$  は部門  $i$  における燃料  $k$  による大気汚染物質排出量、 $f'_{i,k}$  は部門  $i$  における燃料種  $k$  に関する大気汚染物質排出係数、 $h_{i,k}$  はエネルギー消費量である。

次に、固定発生源に関する排出係数の作成方法について簡単に説明する。MAP 調査は大気汚染防止法第 2 条第 2 項で規定された「ばい煙発生施設」を設置する工場や事業場の施設(電気事業法およびガス事業法に規定されたばい煙発生施設、鉱山保安法により規定される施設を含む)、都道府県の条例によって規制の対象とされている施設を含む合計約 202,000 施設が対象となっている。

MAP 調査における燃料種 32 分類, 75 業種, 159 炉種別に燃料消費量と NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, ばいじん排出量を集計した結果から、それぞれの排出係数を計算し、産業連関表部門に適応する排出係数を作成する。産業連関表は約 400 部門分類であるため、各部門における燃料の消費形態を一つの炉種に対応させることが難しい。つまり、複数の炉で燃焼された燃料消費量の和が、産業連関表部門の燃料消費量として計上されていると考えられることから、複数の炉を平均化した代表的な排出係数を求め、産業連関表の部門と対応させることが必要となる。平均化した排出係数として業種, 燃料種別に以下の 2 通りが考えられる。

- ① 発電に関する炉と廃棄物処理に関する炉を除く全ての炉に関する平均排出係数
- ② 廃棄物処理に関する炉を除く全ての炉に関する平均排出係数(発電関連炉を含む)

これらは産業連関表の「自家発電」部門に関する原燃料消費量の推計方法によって、対応させる排出係数が異なる。産業連関表はアクティビティーに基づく部門分類であるため自家発電が独立部門として設けられている。したがって、各部門における燃料消費量のうち、自家発電用として使用された消費量を分離し、「自家発電」部門に計上する必要がある。しかし一方で、コージェネレーションシステム等の導入を背景として、

そのエネルギー消費量の配分を発電側だけでなく、熱需要側への割り当てについても考慮しなければならない。

本書におけるエネルギー消費量の推計では、自家発電に要したエネルギーを全て発電側に帰属させるエネバラ表のエネルギー消費量を基準とすると、自家発電に関するエネルギー消費量の約6割が「自家発電」部門へ、約4割が熱需要として各部門に帰属している。すなわち、発電用途に使用された燃料消費量の一部を直接産業部門へ計上しているため、本書では②廃棄物処理に関する炉を除く全ての炉に関する平均排出係数(発電関連炉を含む)を選択し、エネルギー消費量に乗じて排出量を推計した。ただし、燃焼炉が特定できると判断した場合は対応する炉種の排出係数を当てはめた。

環境庁報告書(株)三菱総合研究所, 2000)に記載の燃料と本書における原燃料を表3-6のように対応をとり、基本的には名称で一致させた。原料炭および一般炭・亜炭・無煙炭には石炭の排出係数を対応させ、LNG・天然ガスにはLNG, 炭化水素油にはその他の液体燃料(重質油), 石油コークスおよび廃タイヤにはその他の固体燃料を対応させた。非火力発電によるエネルギー供給には排出係数を与えないが、NO<sub>x</sub>固有の発生源である電気炉による電力消費には電力の排出係数を与えた。また、高炉用コークスからのNO<sub>x</sub>等の発生は高炉ガスへ割り当てることから排出係数は0とした。

表3-6 環境庁報告書と本書における原燃料の対応

本書における原燃料	報告書の原燃料
原料炭	石炭
一般炭・亜炭・無煙炭	石炭
コークス	コークス
高炉用コークス	排出係数を0に設定(BFGに割り当て)
コークス炉ガス(COG)	コークス炉ガス
高炉ガス(BFG)	高炉ガス
転炉ガス(LDG)	転炉ガス
原油	原油
A重油	A重油
B・C重油	B重油・C重油(加重平均)
灯油	灯油
軽油	軽油
揮発油	揮発油
ジェット燃料油	ジェット燃料油
ナフサ	ナフサ
石油系炭化水素ガス	石油系炭化水素ガス
炭化水素油	その他の液体燃料(重質油)
石油コークス	その他の固体燃料
液化石油ガス(LPG)	液化石油ガス(LPG)
天然ガス・LNG	LNG
都市ガス	都市ガス
回収黒液	回収黒液
廢材	廢材
廢タイヤ	その他の固体燃料
一般廢棄物	一般廢棄物
産業廢棄物	産業廢棄物
原子力発電	-
水力・その他発電	-
電気炉消費電力	電力
金属鉍石	金属鉍石

### 3.4.2 電気炉用電力消費量

小規模の製鉄所やスクラップなどの溶解に利用する電気炉は高温になることから空気中の窒素を酸化し、サーマル NO<sub>x</sub> を発生させる。したがって、本書では通常の電力消費とは別に NO<sub>x</sub> の発生源として電気炉用電力消費量を推計した。対象とした電気炉用電力消費部門は製鉄製鋼用電気炉の利用が対応する「粗鋼(電気炉)」部門、合金用電気炉が対応する「フェロアロイ」部門、カルシウムカーバイド用電気炉の「その他の無機化学工業製品」部門である。また、金属の溶解などに電力を使用している自動車製造に該当する部門についても電力消費量を計上した。

鉄鋼関連部門における電気炉用電力消費量は表 3-7 のように物量表と鉄鋼統計では異なっているが、本書では鉄鋼統計の値を採用し、「粗鋼(電気炉)」部門に  $15,617 \times 10^6 \text{kWh}$ 、「フェロアロイ」部門に  $2,330 \times 10^6 \text{kWh}$  をそれぞれ計上した。また、「その他の無機化学工業製品」部門に関する電力消費量は、「化学工業統計年報」(通産省, 1996g)よりカルシウムカーバイド及び石灰窒素製造に要した  $902 \times 10^6 \text{kWh}$  とした。

表 3-7 鉄鋼業に関する電気炉用電力消費の統計間比較

部門名	物量表	鉄鋼統計
	10 <sup>6</sup> kWh	10 <sup>6</sup> kWh
粗鋼(電気炉)	10,016	15,617
フェロアロイ	2,363	2,330
合計	12,379	17,947

自動車製造関連部門における NO<sub>x</sub> の発生に関与する電力消費量は公表統計から引用することができなかった。ここでは、MAP 調査における自動車製造関連業の金属溶解用電力消費量を参考に、物量表に記載の事業用電力と自家発電による電力消費量との合計の 7%を電気炉用電力として計上した。自動車製造関連部門と推計した電気炉用電力消費量を表 3-8 に示す。

表 3-8 自動車製造部門における NO<sub>x</sub> 発生に関する電力消費量

部門名	電力消費量
	10 <sup>6</sup> kWh
乗用車	170
トラック・バス・その他の自動車	50
二輪自動車	10
自動車車体	51
自動車用内燃機関・同部分品	267
自動車部品	442
合計	990

### 3.4.3 金属鉱石消費量

鉄鉱石、非鉄金属鉱石には硫黄分が含まれており、金属精錬時に SO<sub>2</sub> として排出される。鉄鉱石起源の SO<sub>2</sub> は高炉内で発生する。高炉中の S 分の 90%はコークス由来であり、その内 85%~90%は高炉スラグに吸収され、その後、セメント原料や煉瓦などに利用される(日本金属学会, 2000)。鉄鉱石起源の SO<sub>2</sub> は高炉ガスに含まれることから、本書では鉄鉱石に排出係数は与えず、その消費量を計上しなかった。

非鉄金属鉱石の硫黄分は回収後、利用されているが、SO<sub>2</sub> として大気中にも排出される。産業連関表で非鉄金属精錬部門に該当するのは、「銅」、「鉛・亜鉛(含再生)」、「アルミニウム(含む再生)」、「その他の



非鉄金属地金」である。本書ではアルミニウムは、その大部分が再生アルミニウムであること、「その他の非鉄金属」が複数の非鉄金属の混合部門であり、消費量の推計が困難であることから、「銅」および「鉛・亜鉛(含再生)」部門にのみ鉱石消費量を計上した。消費量は鉱業便覧(資源エネルギー庁, 1999)より表 3-9 に示す合計値を採用し、「銅」部門が地金ベースで  $1,724 \times 10^3 \text{t}$ 、「鉛・亜鉛(含再生)」部門が鉛鉱, 亜鉛鉱の合計  $1,211 \times 10^3 \text{t}$  とした。

表 3-9 非鉄金属精錬部門における金属鉱石消費量

	銅鉱	鉛鉱	亜鉛鉱
	1000t-地金	1000t-地金	1000t-地金
国内生産分	1,216	223	660
輸入分	380	70	112
在庫	127	30	116
合計	1,724	323	888

### 3.4.4 野焼きの活動量

SPM の非化石燃料起源の排出として農業における野焼きによる発生量を考慮した。野焼きは集じん装置など設置されていないことから、排出係数の高い SPM の固定発生源である。1995 年における稲わら, もみがら焼却量を資料(農林水産省, 2001)から表 3-10 のように決定した。これらの野焼きに伴うわが国における SPM 排出係数が得られなかったため、米国の木材・植物・葉の野焼きによる排出係数  $7.71 \text{kg/t}$  (USEPA, 2000)を代用して SPM 発生量を推定した。

表 3-10 稲わら・もみがらの焼却量

	発生量	焼却量
	t	t
稲わら	10,850,883	536,908
もみがら	2,431,108	528,290

## 3.5 移動発生源からの $\text{NO}_x$ , $\text{SO}_x$ , SPM 排出量の推計

本書では移動発生源に該当する発生源として、自動車, 船舶, 鉄道, 航空機, 農業機械, 建設機械を対象とした。以下に発生源ごとに排出量の推計方法を述べる。

### 3.5.1 自動車からの排出量

移動発生源の中でも特に自動車からの排出量は大きく、その定量的な把握は極めて重要である。しかし、燃料性状で排出量が決まる  $\text{CO}_2$  や  $\text{SO}_x$  と異なり  $\text{NO}_x$  や SPM の排出量の推計は容易ではない。例えば、ディーゼル車では主に加速時に SPM 排出量が多いことなどから、道路の混雑状況, すなわち走行条件によって SPM の排出量は異なる。 $\text{NO}_x$  や SPM の排出量を精度高く推計するためには、実際の走行状況を示すパラメータと、それに対応した排出係数が必要である。本書では先行研究((株)野村総合研究所,

1998)と同様に車種別速度域別の走行距離と排出係数を用いて、自動車起源の排出量を推計した。自動車に関するNO<sub>x</sub>およびSPM排出量推計のフローを図3-2に示す。

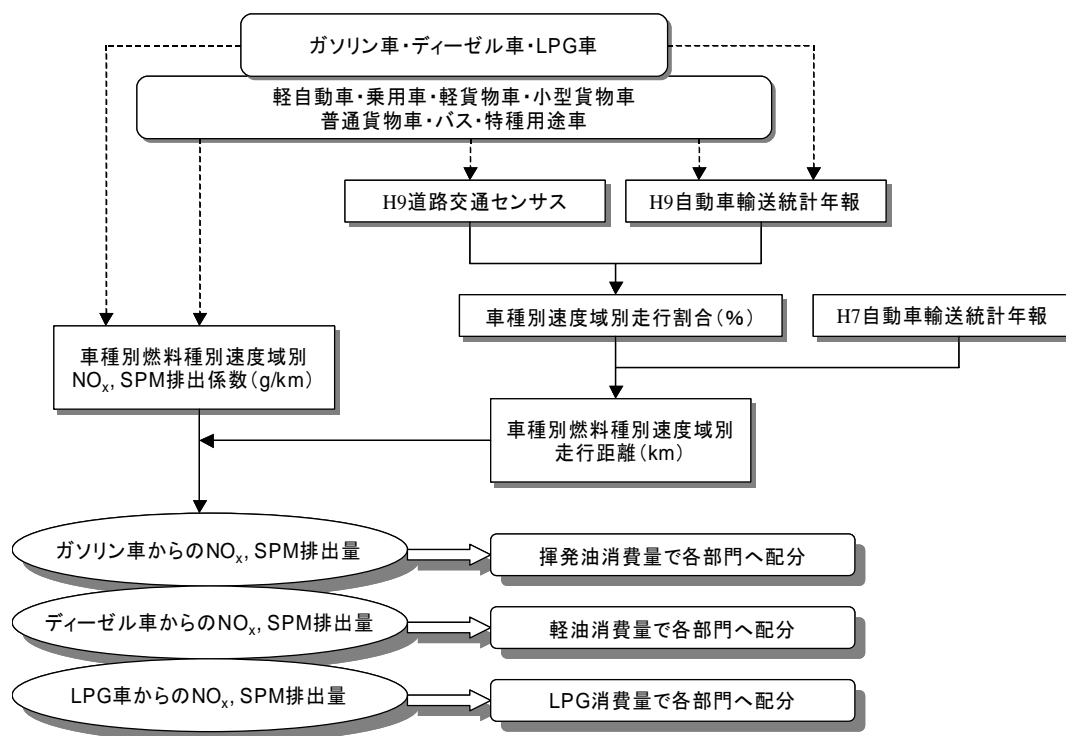


図3-2 自動車起源のNO<sub>x</sub>およびSPM排出量の推計フロー

まず、道路交通センサ(1997年調査分)(建設省, 1998)にある道路種別・平日休日別・車種別12時間平均交通量および昼夜率から、24時間あたりの平均交通量を算出し、その結果に道路種別・沿道状況別ピーク時車種構成比を乗じて、道路種別・平日休日別車種構成台数を算出した。さらに、道路種別・沿道状況別・舗装未舗装別・混雑時旅行速度別延長を乗じることで、道路種別・速度域別・平日休日別に車種別走行台キロを求めた。年間休日数は、日曜祝日に年末年始・夏期休暇等を考慮に入れて77日とし、年間の道路種別・速度域別・車種別走行台キロを決定した。

次に、一般道路および高速道路の速度域を、3km/h以上5km/h未満(3~5km/h)、5~10km/h、10~15km/h、15~25km/h、25~40km/h、40~60km/h、60~80km/hに区分した。また、道路交通センサのデータは、貨物車と貨客車が区別されているが、本書では貨客車の走行量データを貨物車に組み込んで、軽乗用車、乗用車、バス、軽貨物車、小型貨物車(貨客車)、普通貨物車、特種用途車の7車種に統合した。

道路交通センサのデータは全国主要幹線道路のデータのみで、細街路等のデータは含まれていないため、排出総量算出の際に用いる走行量は道路交通センサと対象年が同じ平成9年度の自動車輸送統計(運輸省, 1999)の値を用いた。この際、道路交通センサと自動車輸送統計の走行量の差はすべて細街路の走行量であり、細街路での走行は15~25km/hであると仮定して、道路種別・速度域別・車種別走行台キロの15~25km/hに組み込んだ。さらに、道路種別・速度域別・車種別走行台キロの高速道路と一般道路を統合して、車種ごとの総走行量に対する各速度域での走行量の割合を算出し、車種別・速度

域別走行割合を求めた。表 3-11 に車種別・速度域別走行割合の算出結果を示す。

表 3-11 自動車の車種別・速度域別走行割合

車種区分	速度域別走行割合(%)						
	速度域 (km/h)						
	3~5	5~10	10~15	15~25	25~40	40~60	60~80
軽乗用車	0.0	0.3	1.5	11.5	40.2	41.8	4.7
乗用車	0.1	0.3	1.0	30.0	28.1	29.5	11.0
軽貨物車	0.0	0.2	0.9	43.9	25.5	26.5	2.9
小型貨物車(貨客車)	0.1	0.3	1.0	33.0	24.9	26.2	14.5
普通貨物車	0.1	0.2	0.7	48.4	16.8	17.8	16.0
バス	0.1	0.3	1.2	14.3	30.8	32.6	20.7
特種用途車	0.1	0.2	0.8	39.6	19.9	21.1	18.1

車種別・速度域別走行割合から排出量の推定は次のように行った。産業連関表と同じ年次の平成7年度自動車輸送統計(運輸省, 1997)における自家用および営業用の車種別燃費からその平均値を求め、これを代表燃費と設定した。また、求めた燃費と各車種別のガソリン、軽油、LPGの燃料消費量から車種別・燃料種別の走行距離を算出し、燃料種別の走行割合を定めた。得られた燃料種別走行割合から、平成7年度自動車輸送統計に記載されている車種別の総走行距離をガソリン、軽油、LPGの3種に分割した。この操作により、自動車輸送統計の車種別総走行距離(ただし、一部の車種の走行距離は含まれていない)を燃料種別に区分することができる。

求めた燃料種別車種別の走行距離を車種別・速度域別走行割合によって分配し、表 3-12~3-14 に示す燃料種別・車種別・速度域別の走行距離を算出した。

表 3-12 ディーゼル車に関する車種別速度域別走行距離

ディーゼル車 車種区分	速度域別走行距離(10 <sup>6</sup> km)							合計
	速度域 (km/h)							
	3~5	5~10	10~15	15~25	25~40	40~60	60~80	
軽乗用車	0	0	0	0	0	0	0	0
乗用車	49	193	773	22,315	20,897	21,927	8,209	74,363
軽貨物車	0	0	0	0	0	0	0	0
小型貨物車(貨客車)	53	163	620	20,452	15,467	16,267	9,005	62,027
普通貨物車	69	162	552	37,826	13,106	13,903	12,518	78,135
バス	7	22	80	966	2,086	2,204	1,403	6,768
特種用途車	16	39	133	6,431	3,235	3,431	2,939	16,224

表 3-13 ガソリン車に関する車種別速度域別走行距離

ガソリン車 車種区分	速度域別走行距離(10 <sup>6</sup> km)							合計
	速度域 (km/h)							
	3~5	5~10	10~15	15~25	25~40	40~60	60~80	
軽乗用車	19	129	578	4,523	15,820	16,472	1,846	39,386
乗用車	208	810	3,246	93,735	87,778	92,102	34,481	312,359
軽貨物車	26	177	800	37,114	21,547	22,420	2,451	84,534
小型貨物車(貨客車)	22	68	259	8,539	6,458	6,792	3,760	25,897
普通貨物車	0	1	2	151	52	55	50	311
バス	0	0	0	0	0	0	0	0
特種用途車	0	0	0	0	0	0	0	0

表 3-14 LPG 車に関する車種別速度域別走行距離

LPG車 車種区分	速度域別走行距離(10 <sup>6</sup> km)							合計
	速度域(km/h)							
	3~5	5~10	10~15	15~25	25~40	40~60	60~80	
軽乗用車	0	0	0	0	0	0	0	0
乗用車	13	53	211	6,085	5,699	5,979	2,239	20,279
軽貨物車	0	0	0	0	0	0	0	0
小型貨物車(貨客車)	0	0	0	0	0	0	0	0
普通貨物車	0	0	0	0	0	0	0	0
バス	0	0	0	0	0	0	0	0
特種用途車	0	0	0	0	0	0	0	0

さらに、それぞれの走行距離に車種別・速度域別排出係数を乗じて排出量を求めた。本書で用いたNO<sub>x</sub>に関する車種別速度域別排出係数((株)野村総合研究所, 1998, (株)数理計画, 1991)を表 3-15~3-17 に、SPM に関する排出係数((株)野村総合研究所, 1998)を表 3-18~3-19 に示す。ただし、SPM についてはガソリン車および LPG 車は、ディーゼル車に比べて、その燃料燃焼による寄与は極めて小さく、また速度域別に排出係数を設定することはデータ収集の問題から困難であったため、速度域によらず一定値の排出係数(環境庁, 1997)を用いて算出した。

得られた排出量を産業連関表における各部門へ割り当てるため、部門ごとに使用車種を設定した。現実的には各部門における使用車種には複数該当するが、これを厳密に特定することは難しいため車種を乗用車、貨物車およびバスに集約し、いずれかの一つの車種を使用すると仮定して、求めた排出量を該当する燃料消費量の大きさに配分した。したがって、便宜的に表 3-20 に示す 3 車種の単位エネルギー消費量あたりの NO<sub>x</sub> および SPM 排出係数を作成し、これに乗じて各部門における排出量を求めた。

SO<sub>x</sub> については各燃料種の硫黄含有量から SO<sub>2</sub> へ換算して排出係数を設定し、エネルギー消費量から排出量を求めた。硫黄含有量の実勢値を考慮して求めた燃料種別 SO<sub>x</sub> 排出係数(石油連盟, 2000, (株)商船三井, 2000)を表 3-21 に示す。

表 3-15 ディーゼル車に関する速度域別 NO<sub>x</sub> 排出係数

ディーゼル車 車種区分	速度域別NO <sub>x</sub> 排出係数(g/km)						
	速度域(km/h)						
	3~5	5~10	10~15	15~25	25~40	40~60	60~80
軽乗用車	-	-	-	-	-	-	-
乗用車	0.86	0.86	0.52	0.35	0.26	0.25	0.28
軽貨物車	-	-	-	-	-	-	-
小型貨物車(貨客車)	3.79	3.79	3.79	2.85	1.96	1.39	1.55
普通貨物車	7.90	7.90	7.90	5.98	4.16	3.01	3.30
バス	11.67	11.67	11.67	8.87	6.22	4.55	5.02
特種用途車	8.33	8.33	8.33	6.36	4.50	3.30	3.59

表 3-16 ガソリン車に関する速度域別 NO<sub>x</sub> 排出係数

ガソリン車 車種区分	速度域別NO <sub>x</sub> 排出係数 (g/km)						
	速度域 (km/h)						
	3~5	5~10	10~15	15~25	25~40	40~60	60~80
軽乗用車	0.21	0.21	0.21	0.20	0.20	0.22	0.26
乗用車	0.36	0.36	0.24	0.18	0.14	0.14	0.17
軽貨物車	0.89	0.89	0.89	0.83	0.82	0.90	1.18
小型貨物車(貨客車)	1.21	1.21	1.21	1.02	0.94	1.09	1.71
普通貨物車	2.95	2.95	2.95	2.58	2.42	2.72	3.94
バス	4.52	4.52	4.52	4.06	3.94	4.49	6.38
特種用途車	0.62	0.62	0.62	0.54	0.52	0.64	1.02

表 3-17 LPG 車に関する速度域別 NO<sub>x</sub> 排出係数

LPG車 車種区分	速度域別NO <sub>x</sub> 排出係数 (g/km)						
	速度域 (km/h)						
	3~5	5~10	10~15	15~25	25~40	40~60	60~80
軽乗用車	-	-	-	-	-	-	-
乗用車	0.43	0.43	0.43	0.44	0.49	0.63	0.90
軽貨物車	-	-	-	-	-	-	-
小型貨物車(貨客車)	-	-	-	-	-	-	-
普通貨物車	-	-	-	-	-	-	-
バス	-	-	-	-	-	-	-
特種用途車	-	-	-	-	-	-	-

表 3-18 ディーゼル車に関する速度域別 SPM 排出係数

ディーゼル車 車種区分	速度域別SPM排出係数 (g/km)						
	速度域 (km/h)						
	3~5	5~10	10~15	15~25	25~40	40~60	60~80
軽乗用車	-	-	-	-	-	-	-
乗用車	0.049	0.03	0.021	0.016	0.015	0.016	0.021
軽貨物車	-	-	-	-	-	-	-
小型貨物車(貨客車)	0.167	0.125	0.102	0.085	0.073	0.071	0.087
普通貨物車	1.125	0.777	0.615	0.521	0.463	0.443	0.457
バス	1.281	0.894	0.71	0.6	0.525	0.494	0.509
特種用途車	0.787	0.543	0.428	0.361	0.319	0.307	0.326

表 3-19 ガソリン車・LPG 車に関する SPM 排出係数

車種区分	ガソリン車	LPG車
	g/km	g/km
軽乗用車	0.025	-
乗用車	0.01	0.01
軽貨物車	0.025	-
小型貨物車(貨客車)	0.063	-
普通貨物車	0.077	-
バス	0.085	-
特種用途車	0.077	-

表 3-20 便宜的に求めた 3 車種別 NO<sub>x</sub> および SPM 排出係数

	NO <sub>x</sub> 排出係数(kg/10 <sup>7</sup> kcal)			SPM排出係数(kg/10 <sup>7</sup> kcal)		
	軽油	揮発油	LPG	軽油	揮発油	LPG
乗用車	3.28	1.56	7.44	0.18	0.11	0.13
貨物車	21.66	20.75	-	1.82	0.77	-
バス	28.52	-	-	2.55	-	-

表 3-21 移動発生源に関する燃料種別 SO<sub>x</sub> 排出係数

燃料種	硫黄含有量	SO <sub>x</sub> 排出係数
	wt%	kg/10 <sup>7</sup> kcal
揮発油	0.04	0.71
軽油	0.13	2.23
A重油	0.78	13.92
B・C重油	2.89	56.62
LPG	0	0

### 3.5.2 タイヤ磨耗による SPM 排出量

自動車からの SPM 発生源として、タイヤの磨耗による排出がある。本書では表 3-22 の単位走行距離あたりの車種別 SPM 排出係数(環境庁, 1997)と、表 3-12~3-14 に示した各車種の走行距離を用いて総排出量を計算し、燃料起源の排出量と同様に各部門の自動車に該当するエネルギー消費量の大きさでそれを配分した。

表 3-22 タイヤ磨耗による車種別 SPM 排出係数

車種区分	タイヤ磨耗による SPM 排出係数 g/km
軽乗用車	0.02
乗用車	0.02
軽貨物車	0.02
小型貨物車(貨客車)	0.02
普通貨物車	0.2
バス	0.1
特種用途車	0.2

### 3.5.3 船舶・鉄道・航空機からの排出量

船舶からの SPM 排出量は大きく、その排出係数は船舶規模により異なるため、NO<sub>x</sub> について本書では表 3-23 に示す 4 種の船舶を対象にした燃料種別排出係数(Tonooka ら, 2000)を用いた。しかし、SPM については軽油と重油に関する排出係数(Cass G R.ら, 1982)を与え、全ての船舶で同じ値を用いた。また、鉄道((株)三菱総合研究所, 2000, USEPA, 2000)および航空機((株)三菱総合研究所, 2000, Cass G R.ら, 1982)に関しては表 3-24 の値を用いて排出量を算出した。ただし、鉄道の一般炭等については該当する排出係数が得られなかったため、「Stoker fired boiler」の値を代用した。

軽油およびジェット燃料油による SO<sub>x</sub> の排出量は表 3-21 の硫黄含有量による燃料種別排出係数を用い

たが、鉄道の一般炭等に関する排出係数は  $\text{NO}_x$ 、SPM と同じ文献(USEPA, 2000)を参照した。

表 3-23 船舶に関する  $\text{NO}_x$ 、SPM 排出係数

船舶種	軽油		A重油		B・C重油	
	$\text{NO}_x$	SPM	$\text{NO}_x$	SPM	$\text{NO}_x$	SPM
	kg/10 <sup>7</sup> kcal					
漁船(沖合, 遠洋)	33.0	1.95	44.5	3.39	46.0	3.39
漁船(沿岸)	37.4	1.95	38.0	3.39	39.9	3.39
外航海運	75.7	1.95	77.1	3.39	80.9	3.39
内航海運	58.8	1.95	59.8	3.39	62.7	3.39

表 3-24 鉄道, 航空機に関する  $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_x$ 、SPM 排出係数

発生源	一般炭等			軽油		ジェット燃料油	
	$\text{NO}_x$	$\text{SO}_x$	SPM	$\text{NO}_x$	SPM	$\text{NO}_x$	SPM
	kg/10 <sup>7</sup> kcal						
鉄道	7.26	31.5	0.71	7.31	3.25	-	-
航空機	-	-	-	-	-	11.1	0.68

### 3.5.4 農業機械・建設機械からの排出量

農業機械や建設機械などの未規制車は自動車より  $\text{NO}_x$  や SPM に関する排出係数が高い。 $\text{NO}_x$  の排出係数については、わが国の調査結果(環境庁, 1995)に基づき算出された排出係数((株)三菱総合研究所, 2000)を引用した。

一方、SPM の排出係数は国内稼働機械の実勢値が得られなかったことから、本書では米国の値(AACOG, 1996)を参考に排出係数を作成した。表 2-35 に用いた排出係数を示す。また、 $\text{SO}_x$  については表 3-21 の燃料種の排出係数から算出した。

表 3-25 農業機械, 建設機械に関する  $\text{NO}_x$ 、SPM 排出係数

発生源	軽油	
	$\text{NO}_x$	SPM
	kg/10 <sup>7</sup> kcal	
農業機械	41.32	2.2
建設機械	43.40	2.2





## 第4章 部門別環境負荷量と原単位

### 4.1 部門別エネルギー消費と大気環境負荷量

第2章および第3章で述べた手法に基づき推計した「家計消費支出」部門を含む400部門における各種環境負荷量(1995年値)を17部門へ集約して、部門別燃料種別に見たエネルギー消費および汚染物質の排出構造を概観する。各部門の直接的な環境負荷量に加え、最終需要からみた総排出量に対する各部門の寄与を明らかにする。なお、各部門の誘発環境負荷量は399部門分類で求めた後、「家計消費支出」部門(直接排出のみ)を加えて17部門へまとめた。

各部門への最終需要により誘発される環境負荷量の算出には、式(1-14)から導かれる原単位  $e_i$  を用いる。部門  $i$  の最終需要額  $F_i$  は式(4-1)のように国内最終需要額  $Y_i$  と輸出需要額  $E_i$  に分割され、式(4-2)より部門  $i$  への最終需要により誘発された環境負荷量  $T_i$  を求めることができる。ただし、 $m_i$  は式(1-9)で定義される部門  $i$  に関する輸入係数である。

$$F_i = Y_i + E_i \quad (4-1)$$

$$T_i = (1 - m_i) e_i Y_i + e_i E_i \quad (4-2)$$

#### 4.1.1 エネルギー消費構造

部門別の直接エネルギー消費量とその原燃料種別(石炭系、石油系、天然ガス系、その他)の内訳を図4-1に、最終需要からみた総エネルギー消費量に対する各部門の寄与を図4-2に示す。1995年のわが国の経済活動にともなう総エネルギー消費量は4億3千8百万TOE(Ton Oil Equivalent =  $10^7$  kcal)と推計された。他機関の推計と比較すると、電力中央研究所の(本藤ら, 2001)4億6千9百万TOEと比較し若干小さい。用いた統計表の違いに加え、発熱量や負荷寄与率の定義の相違が原因と考えられる。

部門別に直接的な消費量を見ると、「電力・ガス等」部門による消費量が原子力、水力による発電分を含めたことから、1億5千百万TOEと全体の35%を占め、「運輸」部門が7千4百万TOEの17%と続く。「家計消費支出」部門はいわゆるマイカーによる揮発油、軽油によるエネルギー消費が主な原因となり、5千7百万TOEと全体としての寄与も大きく13%を占めた。

最終需要側からエネルギー消費をみると、ファミリーレストランなどの飲食店や娯楽施設に該当する対個人サービスや医療・保険などが含まれる「通信・サービス等」部門の直接的な消費量は2千3百万TOEの全体の5%と小さいが、その需要は17.5%に相当するエネルギー消費を促したことがわかる。続いて「建設・不動産」部門も同様に、直接的な寄与は7百万TOEと全体の2%の寄与に過ぎないにも関わらず全体の15.2%を占めた。

#### 4.1.2 CO<sub>2</sub> 排出構造

CO<sub>2</sub>排出量は3億4千3百万t-Cと推計され、電力中央研究所(本藤ら, 2001)の3億3千4百万t-C、慶應義塾大学(朝倉ら, 2001)の3億5千9百万t-Cと比較し中間的な推計値となった。図4-3のようにエネルギー消費と類似し部門別では「電力・ガス等」部門が全体の30%に相当する1億3百万t-Cと最も大きく、続いて「運輸」部門が5千8百万t-C、「家計消費支出」部門が4千百万t-Cであった。一方、石灰石を消費するセメント業が該当する「窯業・土石製品」部門はエネルギー消費では3%の寄与であったが

CO<sub>2</sub> では 7%を占めた。また、「鉄鋼」部門も石灰石消費に加え、石炭系燃料の使用が多いことから、8%のエネルギー消費の寄与から 11%の CO<sub>2</sub> 排出寄与となった。

図 4-4 から最終需要により誘発される CO<sub>2</sub> の排出構造はエネルギー消費と類似しているが、「建設・不動産」部門の寄与が 19.2%と最も大きい値を示した。「建設・不動産」部門への需要は、セメントや鉄鋼の製品製造を促すために、燃料に加えて石灰石の使用による CO<sub>2</sub> の発生分が加わることが原因である。

#### 4.1.3 NO<sub>x</sub> 排出構造

NO<sub>x</sub> 排出量は総合計で 351 万 t となり、図 4-5 に示すように移動発生源である道路輸送、船舶輸送、航空輸送などが該当する「運輸」部門部門が 212 万 t と全体の 61%を占める結果となった。脱硝装置や低 NO<sub>x</sub> バーナーなど排出抑制技術が施されている固定発生源からの排出は、「電力・ガス等」部門から 28 万 t と 8%を占めるに過ぎず、エネルギー消費の寄与に対して極めて小さいことが確認された。「農林水産業」部門からの排出量が 22 万 t と大きい、これは漁船による重油からの排出が主たる要因である。

一方、NO<sub>x</sub> 排出を促した部門は図 4-6 に示すよう、直接的な排出量も大きい「運輸」部門が 41%の寄与を示し、エネルギー消費や CO<sub>2</sub> 排出とは異なる構造を示す。中でも「食料品」部門の割合が 6%と高いが、これは「農林水産業」部門における漁船の重油消費に伴う NO<sub>x</sub> を誘発するためである。

#### 4.1.4 SO<sub>x</sub> 排出構造

SO<sub>x</sub> 排出量は 187 万 t と推計され、NO<sub>x</sub> と同様に脱硫装置等の対策技術により固定発生源からの排出量は小さく、図 4-7 に示すよう移動発生源である「運輸」部門の寄与が 97 万 t の 52%と極めて大きい。なかでも、外洋船舶による C 重油の消費が牽引役となっている。SO<sub>x</sub> の排出は使用する燃料にも依存するため、原料炭や一般炭の利用が大きい「鉄鋼」部門や、蒸気ボイラによる重油の消費が原因となる「食料品」部門は固定発生源の中でも排出量の多い部門であることがわかった。また、「紙・パルプ等」部門も紙の乾燥（ドライヤーパート）に必要な熱源として重油を利用するため SO<sub>x</sub> 排出量が多く、回収黒液の利用も原因の一つとなっている。回収黒液は木材からリグニンを溶解する蒸解工程で用いた硫化ナトリウムに起因する硫黄化合物が存在することが原因の一つである。

最終需要からみた SO<sub>x</sub> の部門別排出寄与を図 4-8 に示す。NO<sub>x</sub> と同様に「運輸」部門の寄与が 44.1%と半ばを占めるが、次に「機械、機器、他製品」部門が 9.7%と「建設・不動産」部門の 9.1%より大きい。「建設・不動産」部門では建設機械からの排出が、当該部門の NO<sub>x</sub> の排出原単位を大きくしていたが、SO<sub>x</sub> については燃料中の硫黄含有量に基づき排出量を算出するため、建設機械による排出が SO<sub>x</sub> の原単位を押し上げておらず、「建設・不動産」部門の需要による排出の寄与が小さくなっている。

#### 4.1.5 SPM 排出構造

人為起源の一次粒子 SPM 排出量は 32 万 t と推計され、図 4-9 のように「運輸」部門が 14 万 t と 45%を占める結果となった。総排出量のうち、タイヤ磨耗による排出が 3 万 2 千 t と 10%を占め、「運輸」部門や「家計消費支出」部門からの排出量を押し上げた。「農林水産業」部門は船舶からの排出量に加えて、稲わら、もみ殻の野焼きによる排出分を含めたことから 3 万 6 千 t に及び 11%の寄与となり、「電力・ガス等」部門の 4 万 6 千 t に続く高い値を示した。

図 4-10 からわかるように、「運輸」、「建設・不動産」に続いて「食料品」部門による誘発した排出の寄与が 10.5%を占めた。「食料品」部門への需要は間接的に「農林水産業」部門の生産活動を促し、漁船や野焼きに伴って SPM が排出されるため、「食料品」部門の占める割合が高くなっている。

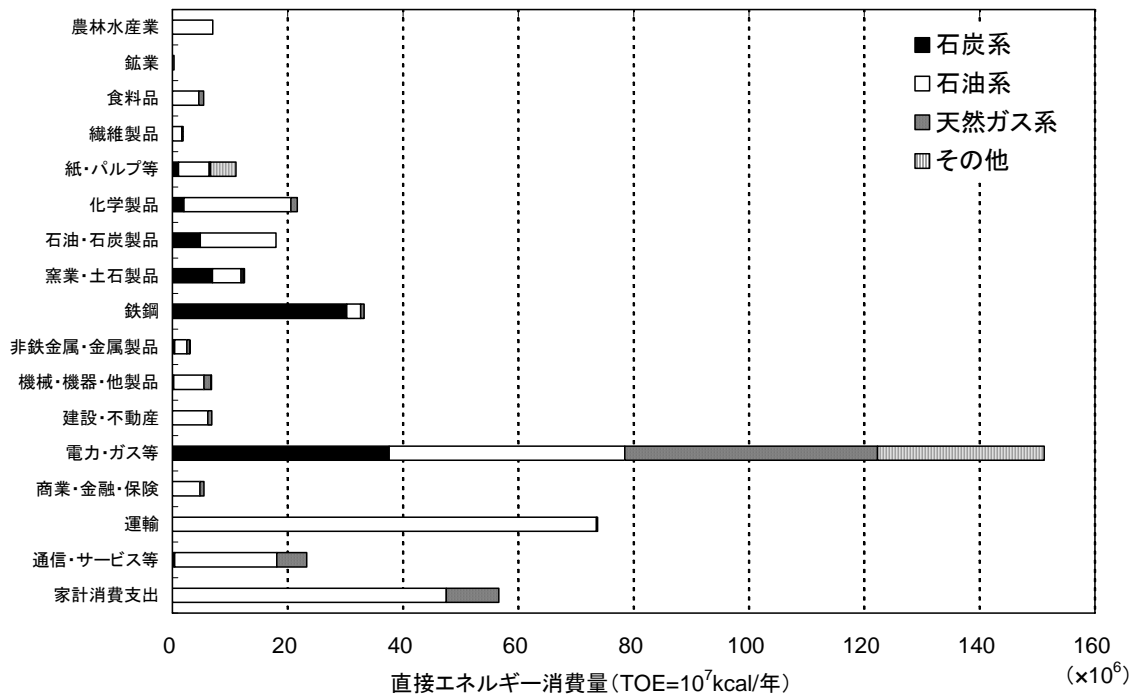


図 4-1 部門別直接エネルギー消費量と原燃料種別内訳

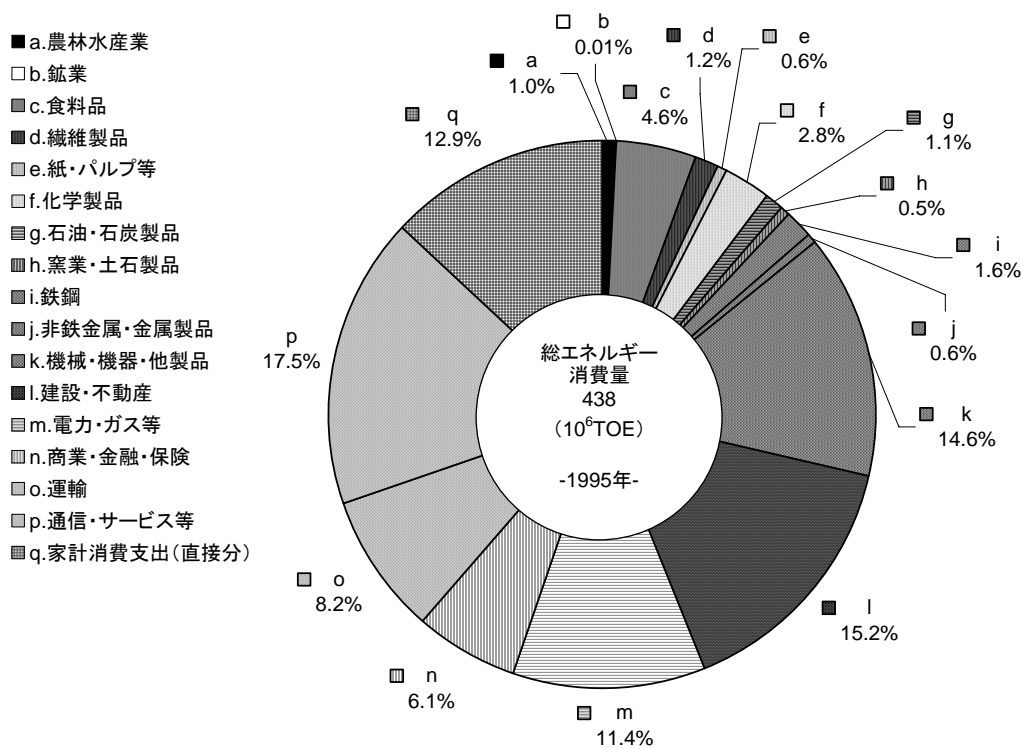


図 4-2 最終需要からみたエネルギー消費量の部門別寄与

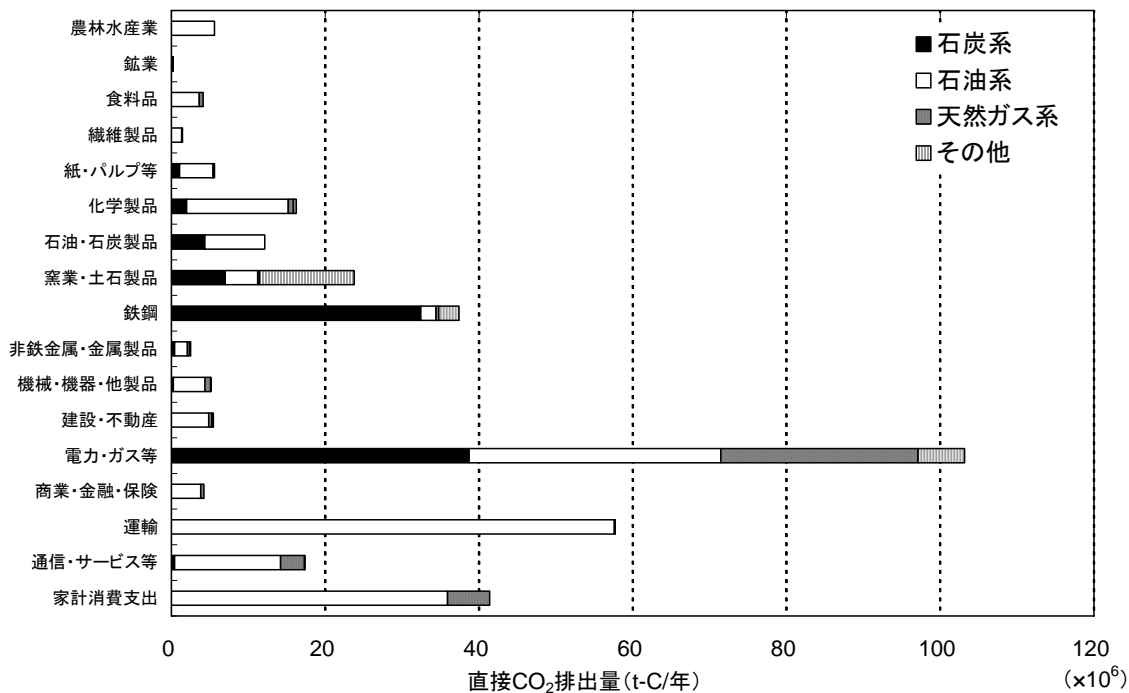


図 4-3 部門別直接 CO<sub>2</sub> 排出量と原燃料種別内訳

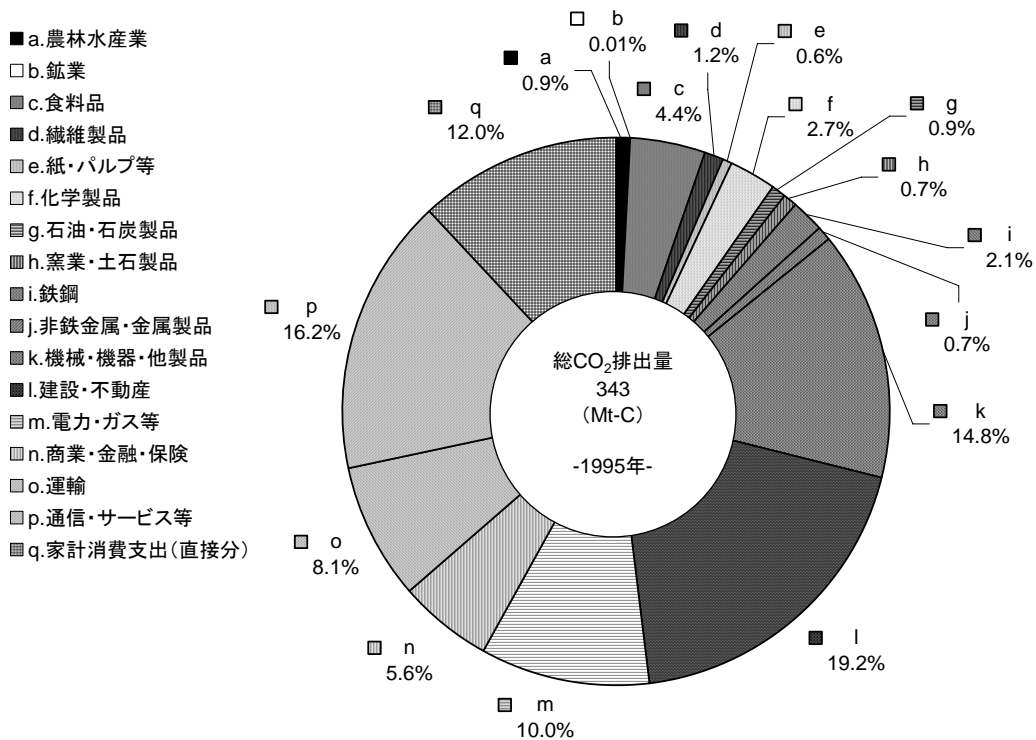


図 4-4 最終需要からみた CO<sub>2</sub> 排出量の部門別寄与

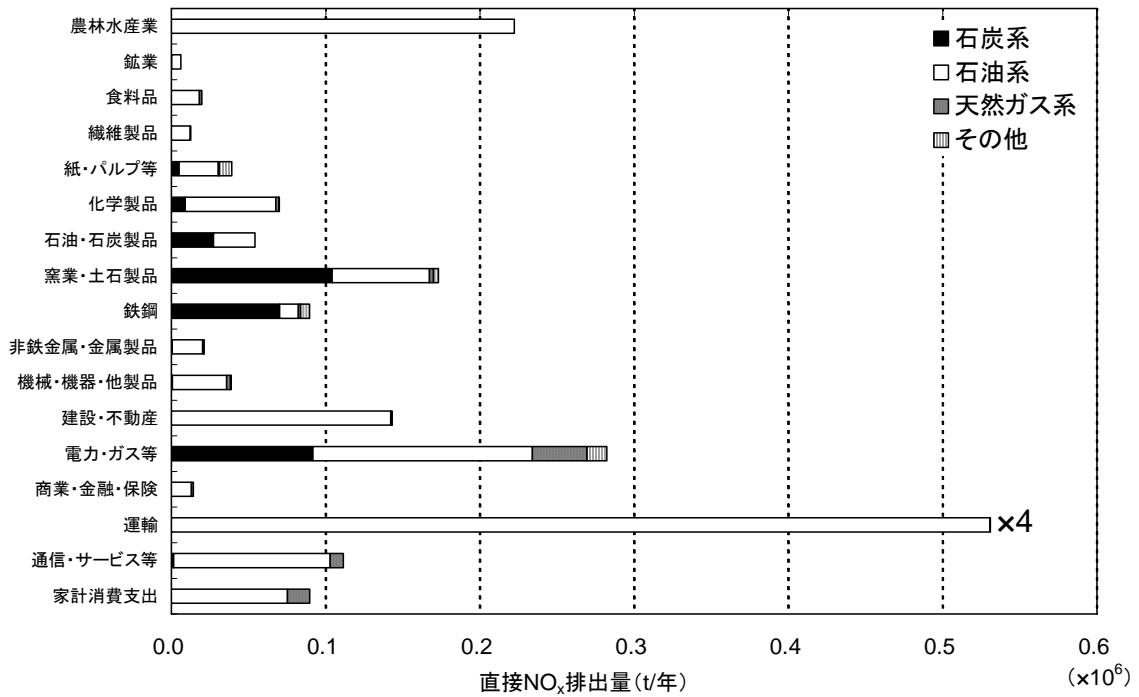


図 4-5 部門別直接 NO<sub>x</sub> 排出量と原燃料種別内訳

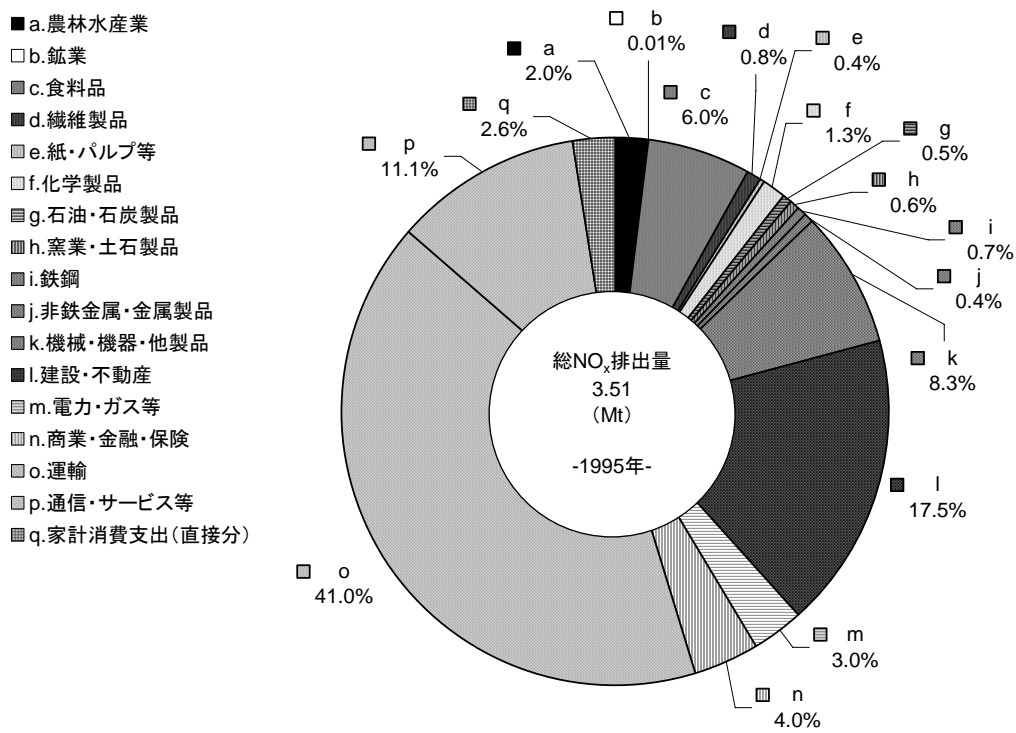


図 4-6 最終需要からみた NO<sub>x</sub> 排出量の部門別寄与

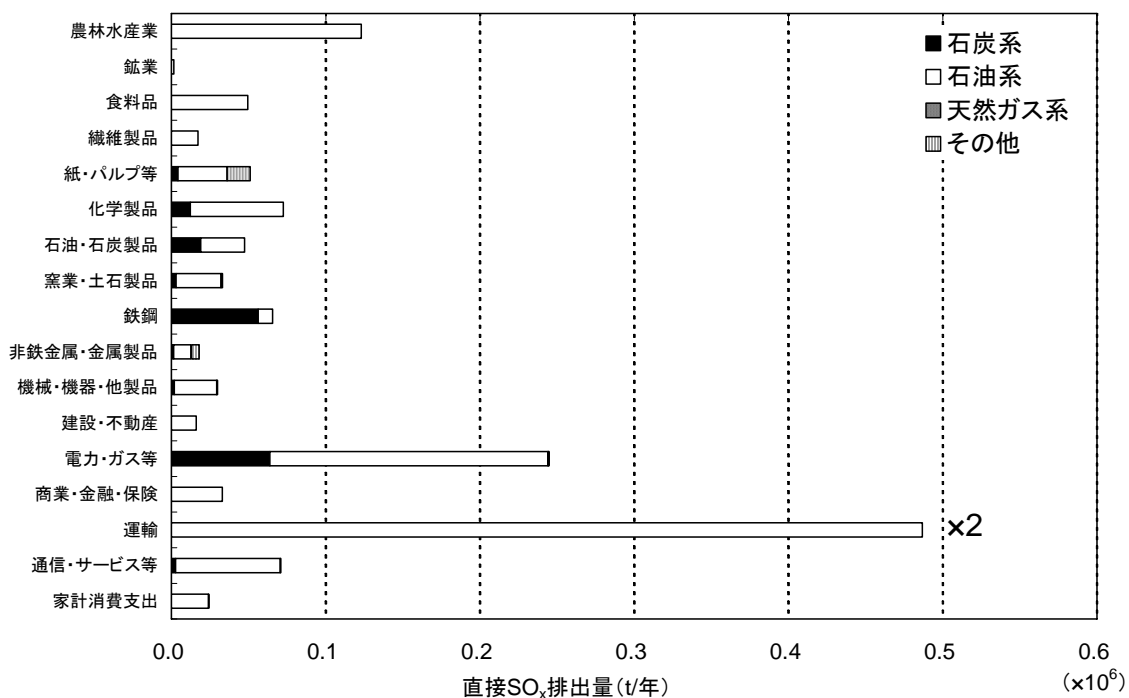


図 4-7 部門別直接 SO<sub>x</sub> 排出量と原燃料種別内訳

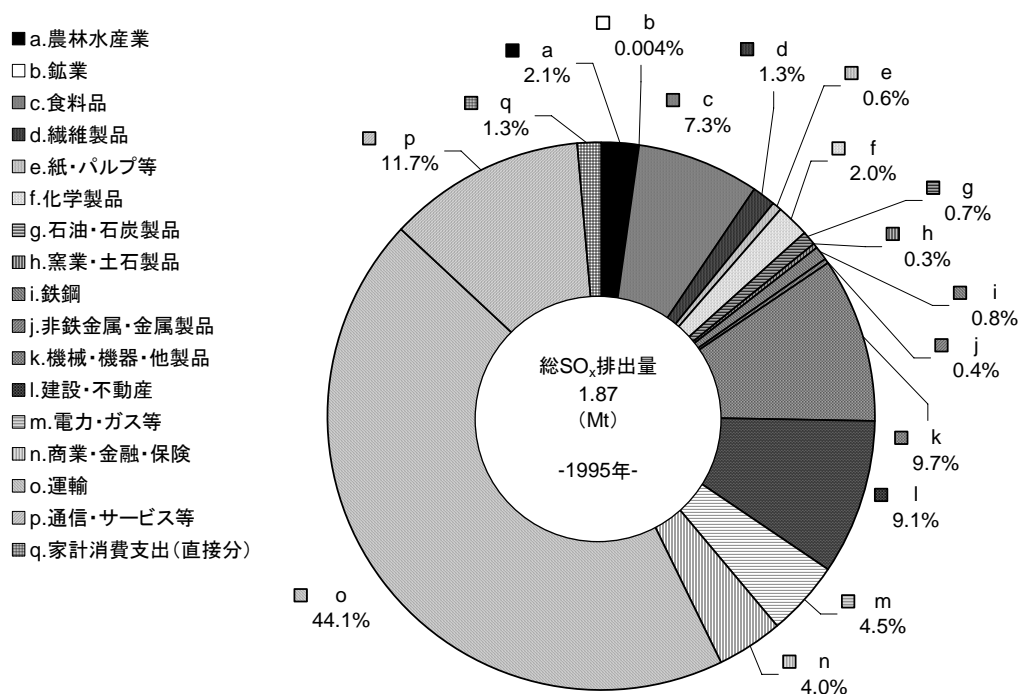


図 4-8 最終需要からみた SO<sub>x</sub> 排出量の部門別寄与

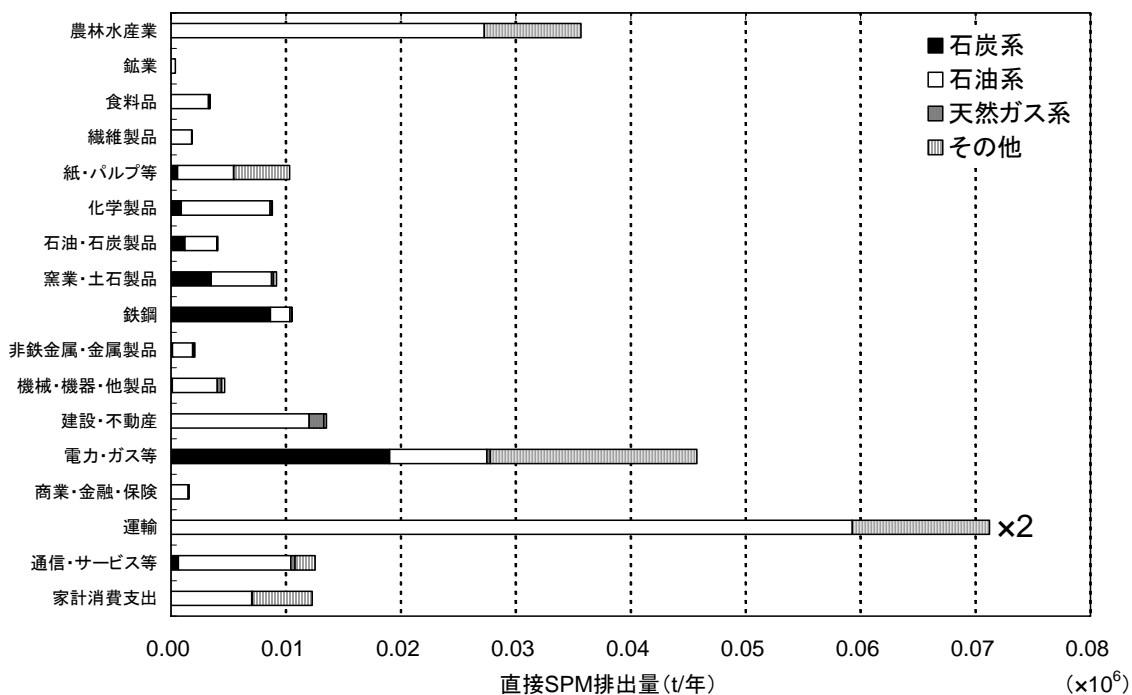


図 4-9 部門別直接 SPM 排出量と原燃料種別内訳

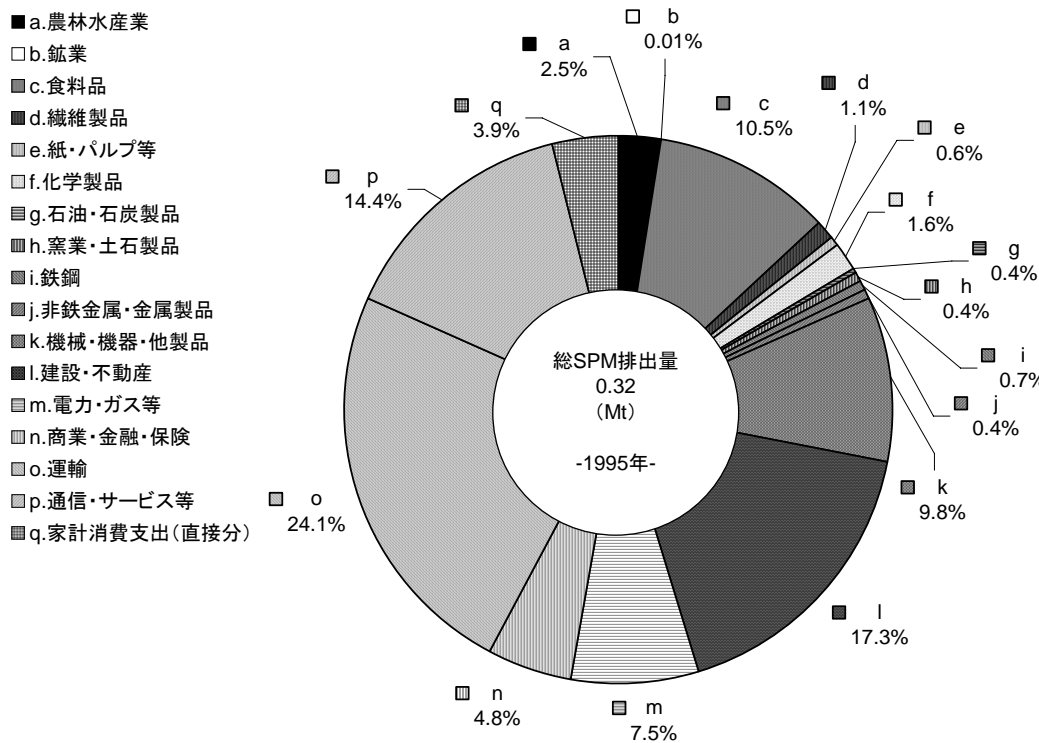


図 4-10 最終需要からみた SPM 排出量の部門別寄与

## 4.2 エネルギー消費量の推計における技術的課題

本書では公表統計やヒアリング調査に基づき推計したエネルギー消費量を基本とし、各部門の CO<sub>2</sub> や大気汚染物質の排出量を算出している。しかし、大気汚染物質の推計に用いた実測調査である MAP 調査の結果から、特に石油化学業におけるエネルギー消費量について公表統計では推計の困難な副生燃料の消費が存在することを確認した。

製油所や石油化学工場では原油やナフサの分解時に一般にオフガスと呼ばれる副生ガスが発生する。本推計ではオフガスに該当する消費量として構造統計における「石油系炭化水素ガス」の値を用いた。構造統計では 1995 年の原料用を除く石油系炭化水素ガスの消費量は  $14,678 \times 10^6 \text{m}^3$  と記載され、熱量では発熱量をメタンと同じ  $9,400 \text{kcal/m}^3$  としているため  $13,797 \times 10^{10} \text{kcal}$  となっている。このうち石油精製業および石油化学業における消費量は表 4-1 に示すように、それぞれ  $9,061 \times 10^6 \text{m}^3$  (エネルギーで  $8,517 \times 10^{10} \text{kcal}$ )、 $2,102 \times 10^6 \text{m}^3$  ( $1,976 \times 10^{10} \text{kcal}$ ) と掲載されている。我々の推計では石油系炭化水素ガスの発熱量として  $10,726 \text{kcal/m}^3$  を用いたことから、石油精製業が  $9,719 \times 10^{10} \text{kcal}$ 、石油化学業が  $2,254 \times 10^{10} \text{kcal}$  として、関連する産業連関表の各部門へ配分している。

表 4-1 本推計と MAP 調査との副生ガス消費量の違い

	構造統計		MAP調査(天然ガス控除)		本推計		本推計-MAP調査
	$10^6 \text{m}^3$	$10^{10} \text{kcal}$	$10^6 \text{m}^3$	$10^{10} \text{kcal}$	$10^6 \text{m}^3$	$10^{10} \text{kcal}$	$10^{10} \text{kcal}$
石油精製業	9,061	8,517	10,929	8,872	9,061	9,719	847
石油化学業	2,102	1,976	8,186	6,749	2,102	2,254	-4,495

一方、MAP 調査による石油精製業、石油化学業に該当する業種のオフガス消費量はそれぞれ、 $8,592 \times 10^6 \text{m}^3$  ( $7,530 \times 10^{10} \text{kcal}$ )、 $2,122 \times 10^6 \text{m}^3$  ( $2,127 \times 10^{10} \text{kcal}$ ) であり、本推計と近い値を示す。しかし、MAP 調査ではオフガスの他に「その他の気体燃料」として石油精製業に  $11,335 \times 10^6 \text{m}^3$  ( $1,740 \times 10^{10} \text{kcal}$ )、石油化学に  $6,287 \times 10^6 \text{m}^3$  ( $5,019 \times 10^{10} \text{kcal}$ ) の消費量が別途確認されている。MAP 調査の調査表によれば「その他の気体燃料」には天然ガスが含まれることから、エネバラ表記載の天然ガス消費量を控除し、先のオフガス消費量と合算すると石油精製業は  $8,872 \times 10^{10} \text{kcal}$  と本推計と近似するが、石油化学業は  $6,749 \times 10^{10} \text{kcal}$  と我々の公表統計ベースの推計と比べ  $4,495 \times 10^{10} \text{kcal}$  の違いがある。この原因の一つとして、石油化学では実際には C<sub>3</sub>、C<sub>4</sub> 系の副生ガスも燃料として使用しているが、構造統計では副生ガスの中でもメタンのみが捕捉対象であり、発熱量の高い副生ガスの消費量が計上されていないと推察できる。

また、本書では石油化学等のプロセスで副生される液体燃料として、構造統計から炭化水素油の消費量を総量で  $1,993 \times 10^{10} \text{kcal}$  を計上した。MAP 調査では「その他の液体燃料」として、液体燃料の消費量が把握されており、炭化水素油はその中でも重質な燃料に該当する。重質分の「その他の液体燃料」の消費量は  $5,348 \times 10^{10} \text{kcal}$  であり、我々の統計ベースと比較し  $3,355 \times 10^{10} \text{kcal}$  分だけ消費量が多い。石油化学は主な消費先であり、先の副生ガス燃料と合わせると、本推計は石油化学関連部門のエネルギーや CO<sub>2</sub> 排出量を過小に見積もっている可能性がある。わが国の総 CO<sub>2</sub> 排出量への寄与は小さくても、石油化学関連部門の原単位への影響は無視できるものではなく、LCA のインベントリデータとして用いた場合、プラスチック等の石油化学製品を対象とした LCA の信頼性が問題となる。

MAP 調査で「オフガス」、「その他の気体燃料」や「その他の液体燃料」として報告されている燃料種に



ついて組成などの詳細が不明なため、現時点では公表統計で捕捉されていない実質的な副生燃料の消費量を定量的に求めることが難しいと判断し、本書では公表統計による副生燃料の消費量に対し、特別な補正を加えていない。今後、石油化学プロセスにおける炭素のフローに関する研究例等(D.J. Gielen et al., 2002)を参考に、未推計の燃料消費量を定量的に解明することが重要な課題である。

### 4.3 環境負荷原単位表

各部門の直接環境負荷量から、本書の「1.3.1 生産者価格による原単位」で記述した産業連関分析法により導いた環境負荷原単位を巻末に掲載する。仕様は以下の通りである。

対象年次：1995年(平成7年)

生産額：生産者価格

部門数：399部門

ここでは、エネルギー原単位は“TOE=10<sup>7</sup>kcal(Ton Oil Equivalent)単位で示している。また、CO<sub>2</sub>排出原単位は t-C(炭素換算値)で表記する。GJ(ギガジュール)で表記したエネルギー原単位および Gg(CO<sub>2</sub>換算)によるCO<sub>2</sub>排出原単位は付属CD-ROM内の付録ファイル「環境負荷原単位一覧表」に掲載している。



## 第5章 データファイルの構成

### 5.1 データ CD-ROM の起動

添付されているCD-ROMは自動実行により図5-1のようなWeb形式のスタート画面が開かれ、日本語または英語によるガイドを選択することができる。自動実行しない場合は、「index.html」をクリックして起動させる。日本語を選択すると、図5-2の画面が開き、左側にデータのメニューが表示され「3EIDの概要」、「データファイル」、「付録ファイル」、「問い合わせ先」を選択することができる。



図 5-1 データ CD-ROM の起動画面

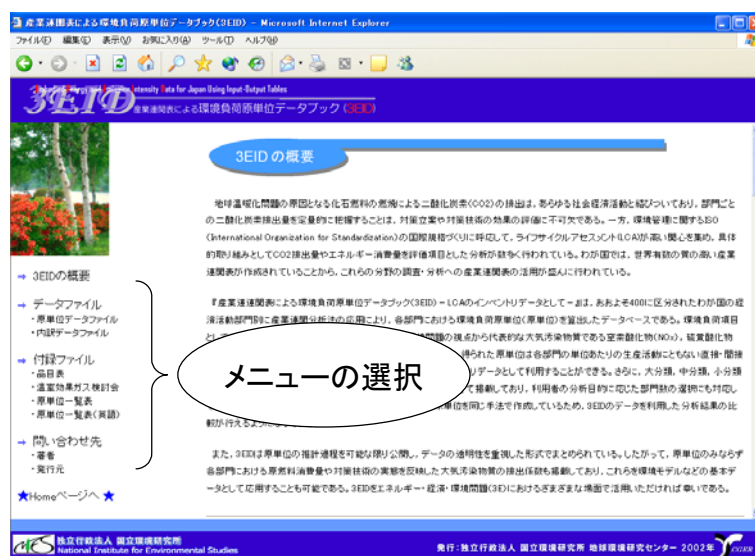


図 5-2 日本語のメニュー選択画面

## 5.2 データファイル名とディレクトリ構成

メニューから「データファイル」を選択すると、図 5-3 の画面が表示される。本書のデータファイルには「原単位データファイル」と「内訳データファイル」があり、データファイルは Microsoft Excel<sup>®</sup>ブック形式(.xls)で作成されている。「原単位データファイル」を選択すると、図 5-4 のような原単位データファイルの選択画面が表示され、ファイル名をクリックするとファイルが開かれる。

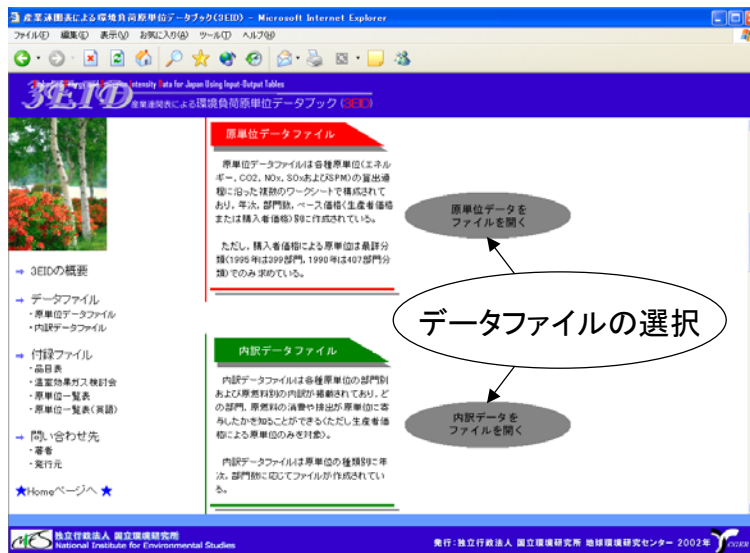


図 5-3 データファイルの選択画面



図 5-4 原単位データファイルの選択画面

ファイル名は図 5-5 に示す規則に従って付けられており、原単位データファイルは「ei」からファイル名が始まる。詳細は後述するが、原単位データファイルは生産者価格によるものと購入者価格(家計消費支出を対象)とがある。

生産者価格による原単位データファイルは部門別の原燃料消費量から直接環境負荷量を求める一連の作業が読み取れる形式となっており、産業連関表の年次、部門数別にまとめられている。一方、購入者価格による原単位データファイルには「家計消費支出」部門への生産額、マージンおよび国内貨物運賃が示されており、購入者価格による環境負荷原単位の算出過程を追うことができる。ファイル名は「ei」に続く2桁の数字で産業連関表の対象年次を示し、続く3桁で部門数を示す。最後にベース価格をp(生産者価格)またはc(購入者価格)を付けて表記している。ただし、購入者価格による原単位は詳細部門(1995年:399部門,1990:407部門)分類でのみ作成している。

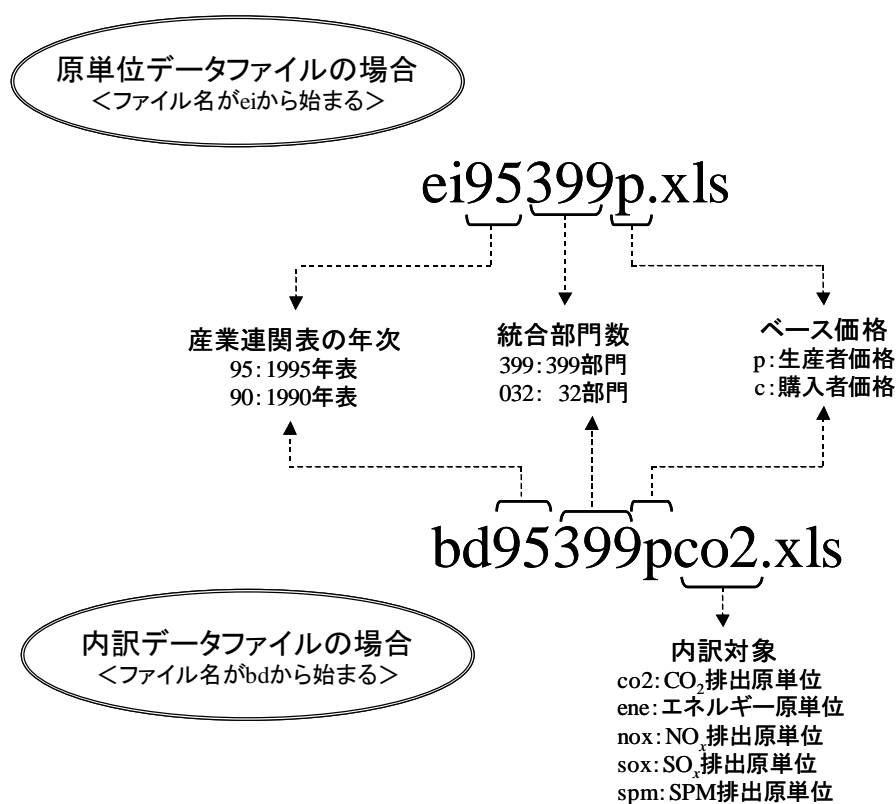


図 5-5 データファイル名の表記方法

内訳データファイルは「bd」からファイル名が始まり、原単位の部門別および原燃料別の内訳が掲載されている(生産者価格による原単位のみを対象)。原単位データファイルと同様に、年次、部門数、ベース価格の順に表し、最後に内訳の対象となっている原単位の種類を示している。

本書のデータファイルは図 5-6 に示す CD-ROM 内のディレクトリ構成に従って収められている。対象年次の下層に部門数別のフォルダがあり、そこに原単位データファイルが入っている。また、原単位内訳フォルダが各部門数別フォルダの中に入り、内訳データファイルが収められている。



図 5-6 CD-ROM データのディレクトリ構成

### 5.3 原単位データファイル(生産者価格)の構成

生産者価格による原単位データファイルは原単位の作成過程に沿った A から E5 までの複数のワークシートで構成されており、原単位の算出根拠を知ることができる。原単位データファイルは年次、部門数別に作成されているが、いずれのファイルにおいても共通の書式となっている。ただし、ワークシート B は詳細部門数(1995 年は 399 部門、1990 年は 407 部門)での原単位データファイルにのみ含まれている。ワークシートは列方向に産業連関表の内生部門と「家計消費支出」部門をとり、加えて内生部門計および家計消費支出分を加えた総合計を記している。各ワークシートで行われている作成過程の概要を図 5-7 に、掲載内容を表 5-1 に簡単に記述する。

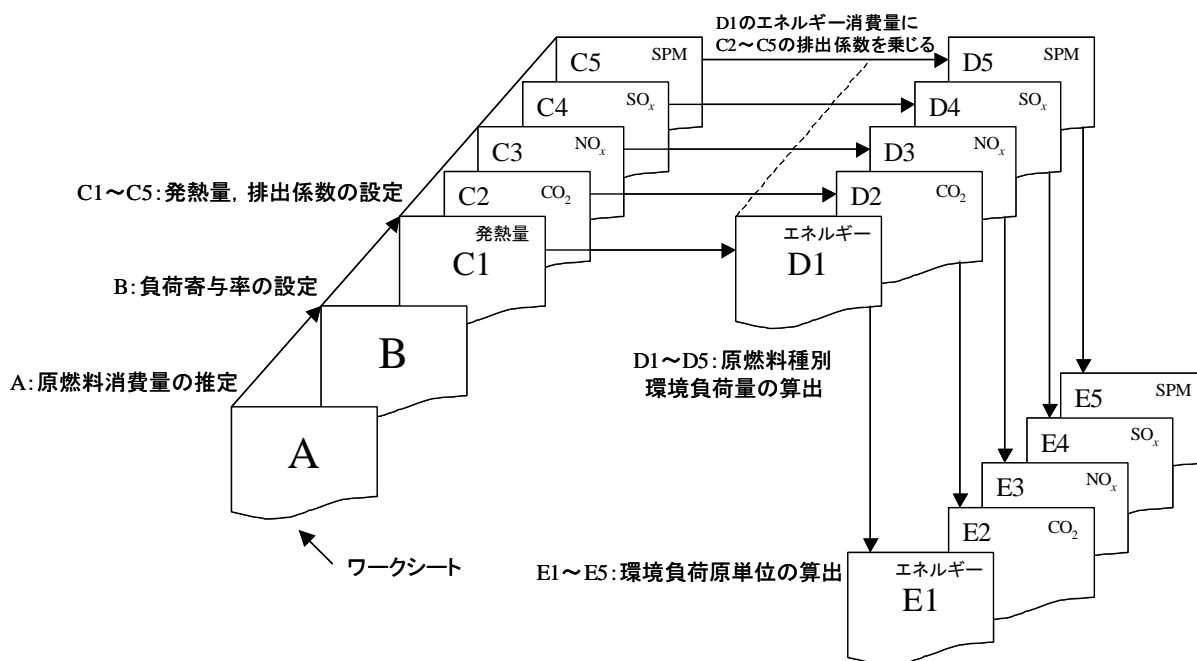


図 5-7 原単位データファイル(生産者価格)のワークシート構成

表 5-1 原単位データファイルにおける各ワークシートの掲載データ

ワークシート名	掲載データ
A	各部門における原燃料消費量
B	原燃料種別の負荷寄与率
C1	原燃料種別の発熱量
C2	原燃料種別のCO <sub>2</sub> 排出係数
C3	部門別原燃料種別のNO <sub>x</sub> 排出係数
C4	部門別原燃料種別のSO <sub>x</sub> 排出係数
C5	部門別原燃料種別のSPM排出係数
D1	原燃料種別エネルギー消費量
D2	原燃料種別のCO <sub>2</sub> 排出量
D3	原燃料種別のNO <sub>x</sub> 排出量
D4	原燃料種別のSO <sub>x</sub> 排出量
D5	原燃料種別のSPM排出量
E1	部門別直接エネルギー消費量およびエネルギー原単位
E2	部門別直接CO <sub>2</sub> 排出量およびCO <sub>2</sub> 排出原単位
E3	部門別直接NO <sub>x</sub> 排出量およびNO <sub>x</sub> 排出原単位
E4	部門別直接SO <sub>x</sub> 排出量およびSO <sub>x</sub> 排出原単位
E5	部門別直接SPM排出量およびSPM排出原単位

### 5.3.1 ワークシート“A”

ワークシート A には各部門における原燃料種の消費量が物量単位で書かれている。列方向に産業連関表の各部門, 行方向に原燃料種をとり, 行列形式で消費量が示されている。記載されている原燃料種は第2章および第3章で推計方法を示した34項目である。「2.2 部門統合」で述べた, 複数の基本分類が統合されている部門はセルの背景を黄色で示している。ワークシート A から, 例えば, 「乗用車」部門で消費された年間の揮発油の消費量を知る場合, 図 5-8 のように「乗用車」部門と揮発油の交点にあたるセル中の値を読めばよい。

原燃料種

列コード	部門番号	部門名	原燃料種		
			原料炭 t	一般炭 t	揮発油 kl
11101	1	米			
11102	2	麦類			
⋮	⋮	⋮			
351101	249	乗用車			77979
⋮	⋮	⋮			

例)「乗用車」部門での揮発油投入量:  
77,979kL

図 5-8 ワークシート A の構成

### 5.3.2 ワークシート”B”

ワークシート B には各部門における原燃料消費量に対する環境負荷への寄与率(負荷寄与率)が掲載されている。すなわち、プラスチックなどの原料となる場合やエネルギー転換される場合には 0 を与え、二重に加算することを回避している。負荷寄与率の設定方法の詳細は「3.1 負荷寄与率の設定」を参照されたい。

書式はワークシート A と同様に作られており、行列の各要素が寄与率として 1 または 0 の数値が入っている(図 5-9 参照)。ワークシート A での消費量が 0 であっても、基本的に各要素には 1 が記載されており、特定の要素のみが 0 となっている。要素が 0 の場合はセルの背景が赤色で示されている。

ただし、負荷寄与率は 95 年表では 399 部門分類で、90 年表では 407 部門分類で設定しているため、これら以外の部門分類で作成されている原単位データファイルにはワークシート B は含まれていない。

原燃料種

列コード	部門番号	部門名	原燃料種		
			原料炭 -	一般炭 -	揮発油 -
11101	1	米			
11102	2	麦類			
⋮	⋮	⋮			
351101	249	乗用車			1
⋮	⋮	⋮			

例)「乗用車」部門の揮発油の寄与率が1  
↓  
すべてエネルギー消費や大気汚染物質の排出へ寄与した

図 5-9 ワークシート B の構成

### 5.3.3 ワークシート”C1~C5”

図 5-10 のように、ワークシート C1 には表 3-3 に示した各原燃料種の発熱量が掲載されている。ワークシート C2 には表 3-4 の CO<sub>2</sub> 排出係数が記されている。また、ワークシート C3, C4, C5 にはそれぞれ NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> および SPM の排出係数が燃料種別部門別に示されている(図 5-11 参照)。ワークシート A において消費量が 0 の場合は排出係数を 0 としている。一方、排出に関連する消費量が計上されているが、脱硫装



置などの対策技術の効果が高い場合や、高炉用コークスのように副生ガス側で排出量が計上されるため排出係数が0となっているセルでは0.0000と表記している。

ワークシート C3~C5 の排出係数は詳細部門数で設定しているため、他の部門数の原単位ワークブックにおけるワークシートC3~C5は、詳細部門数で得られた排出量(ワークシートD3~D5に掲載)を集約し、ワークシートD1のエネルギー消費量で割り戻して求めた便宜上の排出係数を掲載している。

原燃料種名	発熱量	単位	備考
原料炭	0.6904	TOE/t	
一般炭・亜炭・無煙炭	0.6354	TOE/t	
.....	.....	.....	

図 5-10 ワークシート C の構成 (C1 を例として)

列コード	部門番号	部門名	原燃料種		
			原料炭 kg/TOE	一般炭 kg/TOE	揮発油 kg/TOE
11101	1	米			
11102	2	麦類			
.....	.....	.....			
351101	249	乗用車			20.75
.....	.....	.....			

例)「乗用車」部門の揮発油のNO<sub>x</sub>排出係数:  
20.75kg/TOE

図 5-11 ワークシート C の構成 (C3 を例として)

### 5.3.4 ワークシート”D1~D5”

ワークシート D1 には部門別原燃料種別のエネルギー消費量が掲載されている。ワークシート A の原燃料消費量にワークシート B の負荷寄与率とワークシート C1 の発熱量を乗じてエネルギー消費量を求めている(図 5-12 参照)。

列コード	部門番号	部門名	原燃料種		
			原料炭 TOE/t	一般炭 TOE/t	揮発油 TOE/kl
11101	1	米	0.6904	0.6354	0.8266
11102	2	麦類			
.....	.....	.....			
351101	249	乗用車			64457
.....	.....	.....			

消費量(A) × 負荷寄与率(B) × 発熱量(C1)

例)「乗用車」部門の揮発油によるエネルギー消費量は64,457(TOE)

発熱量  
ワークシート  
C1の参照

図 5-12 ワークシート D1 の構成

一方、ワークシート D2～D5 は部門別原燃料種別にそれぞれ、CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> および SPM の排出量が掲載されている。大気環境負荷物質の排出量はワークシート D1 のエネルギー消費量にワークシート C2～C5 の排出係数を乗じて算出している(図 5-13 参照)。ただし、ワークシート D5 のタイヤ磨耗(軽油車、揮発油車、LPG 車)からの SPM 排出量は、ワークシート C5 の排出係数にワークシート D1 の軽油、揮発油、LPG のエネルギー消費量に乗じてそれぞれ求めている。

原燃料種

列コード	部門番号	部門名	原燃料種		
			原料炭 kg-NOx	一般炭 ..... kg-NOx	揮発油 ..... kg-NOx
11101	1	米	エネルギー消費量(D1) × × 排出係数(C3)		
11102	2	麦類			
.....	.....	.....			
351101	249	乗用車			1337728
.....	.....	.....			

例)「乗用車」部門の揮発油からのNOx排出量:  
1,337,728 kg

図 5-13 ワークシート D3 の構成

### 5.3.5 ワークシート"E1～E5"

ワークシート E1～E5 には国内生産額(百万円), 直接環境負荷量(TOE, t-C, kg), 単位直接環境負荷量(TOE, t-C, kg/百万円), 原単位(I-A)<sup>-1</sup> 型( TOE, t-C, kg/百万円)および原単位{I-(I-M)A}<sup>-1</sup> 型( TOE, t-C, kg/百万円)が部門別に示されている。

例えば、図 5-14 に示すようにワークシート E1 ではワークシート D1 で得られた原燃料種別エネルギー消費量を部門別に集計して、直接エネルギー消費量を求めている。直接エネルギー消費量を国内生産額で割ったものを単位直接エネルギー消費量とし、これに(I-A)<sup>-1</sup> 型の逆行列を乗じたものをエネルギー原単位(I-A)<sup>-1</sup>型として掲載している。また、{I-(I-M)A}<sup>-1</sup>型の逆行列を用いて算出されたエネルギー原単位を、エネルギー原単位{I-(I-M)A}<sup>-1</sup> 型として掲載し、直接エネルギー消費量およびエネルギー原単位については、J(ジュール)換算した値も併記している。

列コード	部門番号	部門名	国内生産額 百万円	直接エネルギー消費量 TOE	単位直接 エネルギー消費 TOE/百万円	エネルギー原単位 (I-A) <sup>-1</sup> 型 TOE/百万円	エネルギー原単位 {I-(I-M)A} <sup>-1</sup> 型 TOE/百万円	直接エネルギー 消費量 GJ	エネルギー原単位 (I-A) <sup>-1</sup> 型 GJ/百万円	エネルギー原単位 {I-(I-M)A} <sup>-1</sup> 型 GJ/百万円
				ワークシートD1の 行和	直接エネルギー消費量 ÷ 国内生産額	輸入財のエネルギー 消費を国内生産財と 同一と仮定した場合	輸入財のエネルギー 消費を除いた場合			
11101	1	米								
11102	2	麦類								
351101	249	乗用車			0.9448	0.8279	7150211	39.549	34.675	
.....	.....	.....								

例)乗用車を生産者価格で百万円分生産する場合に直接、間接に消費されるエネルギーは0.9448TOE (TOE=10<sup>7</sup>kcal)

例)乗用車を生産者価格で百万円分生産する場合、輸入財を除いて直接、間接に消費されるエネルギーは0.8279TOE

4.18605J/calとしてTOE(10<sup>7</sup>kcal)をジュール単位換算した値

図 5-14 ワークシート E1 の構成

ワークシート E2 では CO<sub>2</sub> に関して、ワークシート E1 と同様の項目の項目に加え CO<sub>2</sub> の単位を t-C から Mg-CO<sub>2</sub> に換算した値も載せている。

例えば CO<sub>2</sub> では、バイオマス系燃料である回収黒液や廃材を直接環境負荷量として集計しないなど、環境負荷物質によって直接環境負荷量として含まれる原燃料種が異なる。表 5-2 に直接環境負荷量として集計される原燃料種をワークシート別(環境負荷項目別)にまとめる。

表 5-2 直接環境負荷量として含まれる原燃料

原燃料種	ワークシート				
	E1 (エネルギー)	E2 (CO <sub>2</sub> )	E3 (NO <sub>x</sub> )	E4 (SO <sub>x</sub> )	E5 (SPM)
原料炭	○	○	○	○	○
一般炭・亜炭・無煙炭	○	○	○	○	○
コークス	○	○	○	○	○
高炉用コークス	○	○	×	×	×
コークス炉ガス(COG)	○	○	○	○	○
高炉ガス(BFG)消費	○	○	○	○	○
高炉ガス(BFG)発生	○	○	-	-	-
転炉ガス(LDG)消費	○	○	○	○	○
転炉ガス(LDG)発生	○	○	-	-	-
原油	○	○	○	○	○
A重油	○	○	○	○	○
B重油・C重油	○	○	○	○	○
灯油	○	○	○	○	○
軽油	○	○	○	○	○
揮発油	○	○	○	○	○
ジェット燃料油	○	○	○	○	○
ナフサ	○	○	○	○	○
石油系炭化水素ガス	○	○	○	○	○
炭化水素油	○	○	○	○	○
石油コークス	○	○	○	○	○
LPG	○	○	○	○	○
LNG・天然ガス	○	○	○	○	○
都市ガス	○	○	○	○	○
回収黒液	○	-	○	○	○
廃材	○	-	○	○	○
廃タイヤ	○	○	○	○	○
一般廃棄物	-	○	○	○	○
産業廃棄物	-	○	○	○	○
原子力発電	○	-	-	-	-
水力・その他発電	○	-	-	-	-
石灰石	-	○	-	-	-
電気炉消費電力	-	-	○	-	-
金属鉱石	-	-	-	○	-
野焼き	-	-	-	-	○
タイヤ磨耗(軽油車)	-	-	-	-	○
タイヤ磨耗(ガソリン車)	-	-	-	-	○
タイヤ磨耗(LPG車)	-	-	-	-	○

- 直接環境負荷量として集計する
- × 排出係数を0と設定しているため含まれない
- 発生源と見なさないため含まれない

## 5.4 内訳データファイルの構成

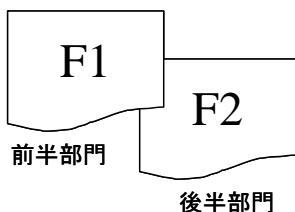
図 5-3 の画面から内訳データファイルを選択すると、図 5-15 のようにデータの選択画面が表示され、ファイル名をクリックすると、ファイルを開くことができる。

内訳データファイルには生産者価格による原単位データファイルのワークシート E1~E5 に掲載されている各原単位の内訳が記されており、どの部門や原燃料からの排出が原単位に寄与したかを知ることができる。ワークシートF1~F2 および G には、(I-A)<sup>-1</sup>型原単位の内訳が記されており、F1 には前半部門を F2 には後半部門の原単位の内訳を示している(図5-16参照)。同様に、ワークシートH1~H2 および I には (I-M)A<sup>-1</sup>型原単位の内訳がそれぞれ掲載されている。



図 5-15 内訳データファイルの選択画面

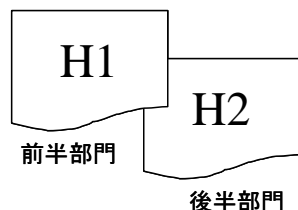
F1~F2: (I-A)<sup>-1</sup>型原単位の  
部門別内訳表



G: (I-A)<sup>-1</sup>型原単位の  
原燃料別内訳表



H1~H2: (I-(I-M)A)<sup>-1</sup>型原単位の  
部門別内訳表



I: (I-(I-M)A)<sup>-1</sup>型原単位の  
原燃料別内訳表

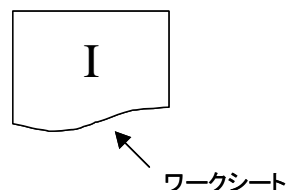


図 5-16 内訳データファイルのワークシート構成

### 5.4.1 ワークシート”F1～F2”

ワークシート F1～F2 には(I-A)<sup>-1</sup> 型の原単位の部門別内訳が掲載されている。ワークシートの行方向の制約から詳細分類での原単位を前半部門と後半部門に分けている。したがって、詳細分類以外の原単位は一つのワークシート F1 に全て掲載されている。

行方向に各部門、列方向に各原単位の部門別内訳が書かれており、その列和が各部門の(I-A)<sup>-1</sup> 型原単位と等しくなっている(図 5-17 参照)。この内訳から、ある部門の百万円あたりの生産活動に伴う直接、間接の環境負荷に対し、如何なる部門が、どの程度、寄与しているかを知ることができる。

エネルギー原単位		1	2	200
部門番号	部門名	米	麦類	タービン
1	米		0.0002	
2	麦類		0.1183	
...	...			
249	乗用車		0.0000	
...	...			
399	分類不明		0.0022	
原単位(TOE/百万円)			0.8766	

この列和がエネルギー原単位と等しい

図 5-17 ワークシートF1 の構成(エネルギー原単位を例として)

### 5.4.2 ワークシート”G”

ワークシート G には(I-A)<sup>-1</sup> 型の原単位の原燃料種別内訳が掲載されている。行方向に原燃料種、列方向に部門が書かれており、その行和が各部門の(I-A)<sup>-1</sup> 型原単位と等しくなっている(図 5-18 参照)。原単位として集計される原燃料種は、環境負荷物質別に表 5-2 に示した通りである。この内訳から、ある部門の百万円あたりの生産活動に伴う環境負荷に対し、如何なる原燃料種が、どの程度、寄与しているかを知ることができる。

エネルギー原単位		1	2	34	原単位
部門番号	部門名	原料炭	一般炭	野焼き	TOE/百万円
1	米	0.0022	0.0306	0	0.5216
2	麦類				
...	...				
249	乗用車				
...	...				
399	分類不明				

この行和がエネルギー原単位と等しい

図 5-18 ワークシート G の構成(エネルギー原単位を例として)

### 5.4.3 ワークシート”H1～H2”

ワークシート H1～H2 にはワークシート F1～F2 と同様に、{I-(I-M)A}<sup>-1</sup> 型の原単位の部門別内訳が記されている。ワークシート H1 には前半部門をワークシート H2 には後半部門の原単位の内訳が掲載されている。

### 5.4.4 ワークシート”J”

ワークシートIはワークシートGと同様に、 $\{I-(I-M)A\}^{-1}$ 型の原単位の燃料種別内訳が掲載されている。

## 5.5 原単位データファイル(購入者価格)の構成

図 5-4 の選択画面より、購入者価格による原単位を選択することができる。購入者価格(家計消費支出を対象)による原単位データファイルはワークシート J, K1~K5, L, M1~M5 で構成されている。ワークシート J および K1~K5 は  $(I-A)^{-1}$  型の原単位の算出過程が示され、ワークシート L, M1~M5 には、 $\{I-(I-M)A\}^{-1}$  型の場合が記されている。

ワークシート J および L には生産者価格による各種原単位、「家計消費支出」部門における投入額、商業マージンおよび国内貨物運賃を掲載し、ワークシート K1~K5, M1~M5 では環境負荷物質別に購入者価格による原単位を求めている。ここで、(M または K) 1.エネルギー、2.CO<sub>2</sub>、3.NO<sub>x</sub>、4.SO<sub>x</sub>、5.SPM である。原単位データファイル(購入者価格)の構成を図 5-19 に示す。なお、データファイルは詳細部門分類(1995 年は 399 部門、1990 年は 407 部門)でのみ作成している。

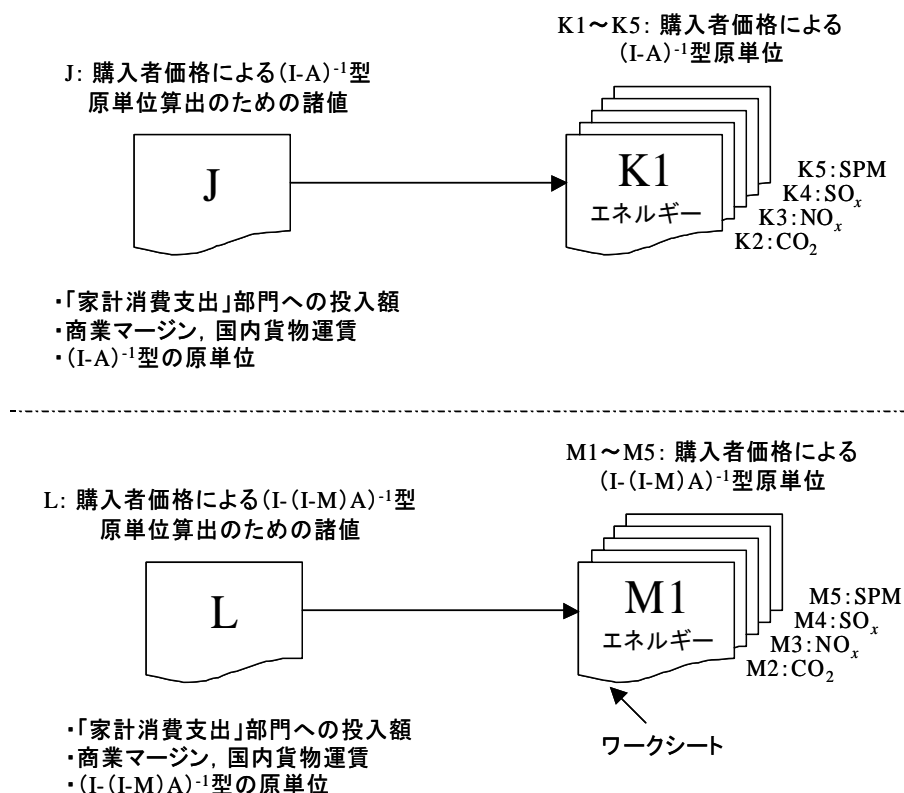


図 5-19 原単位データファイル(購入者価格)のワークシート構成

### 5.5.1 ワークシート”J”

ワークシート J には購入者価格による原単位の算出に用いる数値が掲載されている。生産者価格による  $(I-A)^{-1}$  型の各種原単位、各部門から家計消費支出への投入額、商業マージンおよび国内貨物運賃が記

されている(図 5-20 参照)。

部門番号	部門名	環境負荷原単位(生産者価格ベース) エネルギー ----- SPM		家計消費支出 百万円	マージン合計 百万円	マージン・国内貨物運賃 卸売 ----- 倉庫	
		エネルギー	SPM			卸売	倉庫
1	米	0.5216	5.385	0	0	0	0
2	麦類						
249	乗用車	0.9448	0.478	5155748	3920313	1926525	7472
399	分類不明						

家計消費支出への産出がない場合は生産額が0

商業マージン(2部門)  
国内貨物運賃(7部門)

図 5-20 ワークシート J の構成

### 5.5.2 ワークシート”K1~K5”

ワークシート K1~K5 には購入者価格による(I-A)<sup>-1</sup>型の原単位, 家計消費支出への投入額に相当する直接間接の環境負荷量を生産分とマージン・貨物運賃分に分けて掲載している。ただし, 家計消費支出への投入額が0, またはサービス部門のように商業マージン, 国内貨物運賃が0の場合は, 購入者価格による原単位は求められないため, 「-」を記入している。図 5-21 にワークシート K(エネルギー原単位の K1を例として)の構成を示す。

部門番号	部門名	エネルギー原単位	直接・間接エネルギー消費	直接・間接エネルギー消費	卸売	倉庫
		TOE/百万円(購入者価格)	TOE(生産分)	TOE(マージン・運賃分)	TOE	TOE
1	米	-		0	0	0
2	麦類					
249	乗用車	0.7237	4871069	1697098	606590	4492
399	分類不明					

購入者価格によるエネルギー原単位, 「家計消費支出」への投入額がない場合は原単位が求められないため「-」を記入

ワークシートJの「家計消費支出」への投入額とエネルギー原単位の積

ワークシートJのマージン・運賃額と対応するマージン運賃部門のエネルギー原単位の積

直接・間接エネルギー消費の和(生産分+マージン・運賃分)をワークシートJの「家計消費支出」への投入額とマージン合計額の和で割った値

図 5-21 ワークシート K の構成(エネルギー原単位を例として)

### 5.5.3 ワークシート”L”

ワークシート L はワークシート J と同様に {I-(I-M)A}<sup>-1</sup> 型の原単位および生産額が示されている。生産額についてはワークシート J と同じである。

### 5.5.4 ワークシート”M1~M5”

ワークシート M1~M5 はワークシート K1~K5 と同様に {I-(I-M)A}<sup>-1</sup> 型の購入者価格による原単位が掲載されている。

## 5.6 付録ファイル

付録ファイルとして環境負荷原単位の参考資料となる以下の4つのファイルが含まれている。ファイルはPDF形式であるため、閲覧にはアドビシステムズ(株)のAdobe Acrobat Reader<sup>®</sup>が必要である。

### ① 環境負荷原単位と品目別国内生産額との対応表(フォルダ名:1, ファイル名:品目表.pdf)

1995年(平成7年)産業連関表に付帯の「部門別品目別国内生産額表」から、非サービス部門について抜粋した表である。この表から各部門に含まれる具体的な品目を確認できるため、分析対象財と環境負荷原単位との対応が取りやすい。また、単価が記載されている品目もあるため、百万円あたりの原単位から単位重量あたりの原単位へと変換することが可能であり、ある財の構成素材の重量をもとにLCAのインベントリ分析を行う場合に有効である。

### ② 温室効果ガス排出量算定に関する検討結果(環境庁, 2000b)(フォルダ名:2, ファイル名:01~19.pdf)

本書のCO<sub>2</sub>排出係数を定める際に引用した報告書で環境省のホームページからダウンロードしたものである。参考に、「1. はじめに」に掲載されている文章を以下に記す。

平成10年10月に、「地球温暖化対策の推進に関する法律」が公布され、同法において国及び地方公共団体(都道府県及び市町村)に対し、自らの事務及び事業に関する温室効果ガスの排出の抑制等のための実行計画を策定し公表するとともに、その実施状況(温室効果ガスの総排出量を含む)についても公表することを求めている(第7条第2項及び第8条第3項)。また、政府は、毎年、我が国における温室効果ガスの総排出量を算定し公表することとされている(第13条)。これらの「温室効果ガスの総排出量」の算定方法については、平成11年4月に制定された同法施行令において規定しており、さらに、この施行令において、温室効果ガス排出量の算定に必要な活動区分ごとの排出係数について、毎年度政令で制定することとされている。環境庁では、同施行令で定められた活動区分ごとの排出係数について検討するため、「温室効果ガス排出量算定方法検討会」と分野別に5つの分科会を設置し、平成11年11月より平成12年9月まで検討を行った。本報告書は、この検討会の検討結果を取りまとめたものである。

### ③ 環境負荷原単位一覧表(フォルダ名:3, ファイル名:原単位一覧.pdf)

本書では1995年(平成7年)の399部門における環境負荷原単位のみを掲載したが、他部門分類および1990年(平成2年)表による原単位を一覧表として示したファイルである。原単位の印刷用として便利である。

### ④ 環境負荷原単位一覧表-英語版(フォルダ名:4, ファイル名:原単位一覧英語版.pdf)

③と同じ内容を英語で表記したもの。



## 謝 辞

本書は、環境省地球環境研究総合推進費、日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業「環境負荷低減を目的とした自律分散型都市エネルギーシステム」プロジェクト(JSPS-RFTF97P01002)および財団法人住友財団「2001年度環境研究助成(助成番号 013243)」の研究費により実施した研究の成果をもとに作成された。ここに記して謝意を表す。



## 参考文献

- AACOG (Alamo Area Council of Governments) (1996), 1996 Emission Inventory for the Alamo Area Council of Governments Region, <http://www.aacog.dst.tx.us/>.
- Cass G. R., Coone P. M., Macias E.S. (1982), Emission and Air Quality Relationships for Atmospheric Carbon Particles in Los Angeles. In *Particulate Carbon: Atmospheric Life Cycle*. (ed. By Wolff, G. T., Klimisch, R. L.), Plenum Press, 207-240.
- D.J. Gielen, H. Yagita (2002), Carbon accounting for Japanese petrochemicals, *J. Material Cycles Waste Management*, **4**, in print.
- Leontief, W.W (1970), Environmental Repercussion and Economic Structure; An Input-Output Approach, *The Review of Economics and Statistics*, **52**, 262-271.
- Stahmer, C, Kuhn, M, Braun, N (1997), Physical Input-Output Tables for Germany, 1990, Eurostat Working Papers, 2/1998/B/1.
- Tonooka, Y, Moriguchi, Y, Hondo, H, Halada, K, Ikaga, T, Kannari, A, Shiba, H, Hagiwara, K (2000), Emission Factor Analysis of Air Pollutants for Input/Output Table, Proc. 4<sup>th</sup> Int. Conf. on EcoBalance, 177-180, Tsukuba.
- U.S. Environmental Protection Agency (2000), Compilation of Air Pollutant Emission Factors AP-42 Fifth Edition Volume 1 Supplement F.
- (株)商船三井 (2000), 商船三井環境報告書 2000, <http://www.mol.co.jp/>
- (株)数理計画 (1991), 平成 2 年度京都市委託-窒素酸化物高濃度出現解析調査報告書.
- (株)野村総合研究所 (1998), 自動車排出ガス原単位および総量に関する調査(環境庁委託).
- (株)三菱総合研究所 (2000), 平成 11 年度環境庁請負調査-平成 11 年度 LCA データベース作成調査報告書.
- (社)プラスチック処理促進協会 (1995), プラスチックなどの包装材料の環境影響評価 (LCA).
- (社)日本自動車タイヤ協会 (1996), タイヤリサイクルハンドブック.
- (社)日本鉄鋼協会基礎研究会 (1993), 炭酸ガス抑制と製鉄プロセスの未来, 社団法人日本鉄鋼協会.
- 朝倉啓一郎, 早見均, 溝下雅子, 中村政男, 中野論, 篠崎美貴, 鷺津明由, 吉岡完治 (2001), 環境分析用産業連関表, 慶應義塾大学出版会.
- 運輸省 運輸政策局情報管理部 (1996), 平成 7 年航空輸送統計年報
- 運輸省 運輸政策局情報管理部 (1997), 平成 7 年度自動車輸送統計年報
- 運輸省 運輸政策局情報管理部 (1999), 平成 9 年度自動車輸送統計年報
- 大蔵省 (1996), 平成 7 年日本貿易月表, 日本関税協会.
- 茅陽一 (編) (1980), エネルギー・アナリシス, 電力新報社.
- 環境庁 (1992), 二酸化炭素排出量調査報告書.
- 環境庁 (1995), 未規制自動車からの排出実態調査報告書.
- 環境庁 (1997), 浮遊粒子状物質汚染予測マニュアル, 大気保全局大気規制課監修, 東洋館出版社.
- 環境庁 (2000a), 温室効果ガス排出・吸収目録 (インベントリ) (2000 年条約事務局提出分).
- 環境庁温室効果ガス排出量算定方法検討会 (2000b), 温室効果ガス排出量算定に関する検討結果.
- 建設省道路局編集 (1998), 平成 9 年度道路交通センサス (全国道路交通情勢調査) 一般交通量調査.
- 近藤美則, 森口祐一 (編) (1997), 産業連関表による二酸化炭素排出原単位, 国立環境研究所地球環境

研究センター, CGER-D016-‘97.

資源エネルギー庁公益事業部編(1995), 平成6年電力需給の概要, 中和印刷.

資源エネルギー庁公益事業部編(1996), 平成7年電力需給の概要, 中和印刷.

資源エネルギー庁長官官房企画調査課(1997), 平成8年度総合エネルギー統計, 通商産業研究会.

資源エネルギー庁長官官房企画調査課(2001), 平成12年度総合エネルギー統計, 通商産業研究会.

資源エネルギー庁長官官房鉱業課監修(1999), 平成11年度版鉱業便覧, 通商産業調査会.

資源協会編(1994), 家庭生活のライフサイクルエネルギー, あんほるめ.

資源調査会編(1979), 衣・食・住のライフサイクルエネルギー, 大蔵省印刷局.

汐崎剛, 森口祐一(1996), 地域特性を考慮した地域冷暖房システムのライフサイクル分析, 環境システム研究, **24**, 260-271.

総務庁(1994), 平成2年(1990年)産業連関表

総務庁(1999), 平成7年(1995年)産業連関表

石油連盟(2000), ヒアリング調査.

通産省大臣官房調査統計部編(1996a), 平成7年エネルギー生産・需給統計年報, 通商産業調査会.

通産省大臣官房調査統計部編(1996b), 平成7年鉄鋼統計年報, 通商産業調査会.

通産省大臣官房調査統計部編(1996c), 平成7年石油等消費構造統計表, 通商産業調査会.

通産省大臣官房調査統計部編(1996d), 平成7年紙パルプ統計年報, 通商産業調査会.

通産省大臣官房調査統計部編(1996e), 平成7年窯業建材年報, 通商産業調査会.

通産省基礎産業局化学肥料室(1996f), 平成7暦年石灰用途別需要動向.

通産省大臣官房調査統計部編(1996g), 平成7年化学工業統計年報, 通商産業調査会.

日本金属学会(2000), 鉄鋼製錬, 丸善株式会社.

日本電子計算株式会社(1996), 平成7年度環境庁委託業務結果報告書-大気汚染物質排出量総合調査.

農林水産省生産局農業振興課(2001), 提供資料.

本藤祐樹, 外岡豊, 内山洋司(1998), 産業連関表を用いた我が国の生産活動に伴う環境負荷の実態分析, 電力中央研究所報告, Y97017.

本藤祐樹, 森泉由恵, 外岡豊(2001), 産業連関表(1995年表)部門別直接エネルギー消費量および直接CO<sub>2</sub>排出量の推計, 電力中央研究所研究調査資料, Y01908.

本藤祐樹, 森泉由恵, 外岡豊(2002), 1995年産業連関表を用いたエネルギーおよび温室効果ガス原単位の推計-海外の生産活動の実態を反映したインベントリデータ, 電力中央研究所研究報告, Y01009.

森口祐一, 近藤美則(1998), 資源輸入に伴う環境負荷の定量化と負荷の配分方法が LCI に与える影響の分析, 日本エネルギー学会誌, **77**, 1062-1069.

本書の内容に関するお問い合わせは著者まで

なんさい けいすけ  
南齋 規介

〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2  
独立行政法人国立環境研究所 循環型社会・廃棄物研究センター  
Tel. 029-850-2889 Fax 029-850-2917  
E-mail: nansai.keisuke@nies.go.jp

もりぐち ゆういち  
森口 祐一

〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2  
独立行政法人国立環境研究所 循環型社会・廃棄物研究センター  
Tel. 029-850-2540 Fax 029-850-2808

とうの すずむ  
東野 達

〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄  
京都大学大学院エネルギー科学研究科 エネルギー社会・環境科学専攻  
エネルギー環境学分野  
Tel. 0774-38-4409 Fax 0774-38-4411



## 環境負荷原単位表

### Table of Embodied Energy and Emission Intensities

#### データ仕様

対象年次 :1995 年 (平成 7 年 )

ベース価格 : (生産者価格 )

部門数 :399 部門

#### Data specifications

Year: 1995

Basis price: Producer price

Sector classification: 399 sectors





表 環境負荷原単位 (1995年 生産者価格ベース)

Table Embodied energy and emission intensity on producer price basis in 1995

\* TOE=10<sup>7</sup>kcal \*\* MY=Million yen (百万円)

列コード 部門番号		部門名		環境負荷原単位 (生産者価格ベース)				
Column code	Sector number	Sector name		Embodied energy and emission intensity on producer price basis				
				Energy	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	SPM
				TOE*/MY**	t-C/MY**	kg/MY**	kg/MY**	kg/MY**
11101	1	米	(I-A) <sup>-1</sup> type	0.5216	0.3944	5.010	1.484	5.385
		Rice	{I-(I-M)A} <sup>-1</sup> type	0.4622	0.3497	4.645	1.271	5.346
11102	2	麦類		0.8766	0.6626	7.428	2.317	2.317
		Wheat, barley and the like		0.7504	0.5671	6.645	1.926	2.193
11201	3	いも類		0.5882	0.4497	6.547	1.869	0.901
		Potatoes and sweet potatoes		0.5078	0.3888	6.113	1.610	0.852
11202	4	豆類		0.5968	0.4577	6.135	1.916	0.656
		Pulses		0.4866	0.3737	5.400	1.552	0.575
11301	5	野菜		0.7757	0.5944	7.953	4.691	1.045
		Vegetables		0.7085	0.5450	7.555	4.441	1.000
11401	6	果実		0.4743	0.3567	4.352	1.788	1.373
		Fruits		0.4198	0.3163	4.023	1.591	1.337
11501	7	砂糖原料作物		0.6584	0.5025	6.029	2.036	0.681
		Sugar crops		0.5549	0.4242	5.459	1.696	0.613
11502	8	飲料用作物		0.6623	0.5081	5.322	2.301	0.643
		Crops for beverages		0.5513	0.4235	4.669	1.906	0.570
11509	9	その他の食用耕種作物		0.7326	0.5594	9.783	2.645	0.874
		Other edible crops		0.5421	0.4151	7.882	1.948	0.696
11601	10	飼料作物		0.5584	0.4293	5.330	1.557	0.559
		Crops for feed and forage		0.4753	0.3656	4.813	1.278	0.500
11602	11	種苗		0.6895	0.5232	6.218	3.704	0.641
		Seeds and seedlings		0.6064	0.4617	5.653	3.358	0.579
11603	12	花き・花木類		1.3229	1.0174	12.151	8.164	1.218
		Flowers and plants		1.2540	0.9668	11.765	7.912	1.178

\* TOE=10<sup>7</sup>kcal \*\* MY=Million yen (百万円)

列コード 部門番号		部門名	環境負荷原単位 (生産者価格ベース)				
Column	Sector	Sector name	Embodied energy and emission intensity on producer price basis				
code	number		Energy	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	SPM
			TOE*/MY**	t-C/MY**	kg/MY**	kg/MY**	kg/MY**
11609	13	その他の非食用耕種作物 Other inedible crops	0.5768 0.5169	0.4406 0.3955	5.110 4.775	1.531 1.325	0.601 0.565
12101	14	酪農 Dairy farming	0.5538 0.4349	0.4154 0.3249	5.930 4.727	2.204 1.618	0.793 0.668
12102	15	鶏卵 Hen eggs	0.9831 0.7481	0.7313 0.5539	11.573 8.687	4.992 3.575	1.923 1.650
12103	16	肉鶏 Fowls and broilers	1.0631 0.8392	0.7846 0.6155	11.086 8.381	4.807 3.491	3.313 3.058
12104	17	豚 Hogs	0.8485 0.6475	0.6289 0.4769	9.736 7.254	4.257 3.044	1.571 1.335
12105	18	肉用牛 Beef cattle	0.7089 0.5382	0.5333 0.4037	8.264 6.431	3.120 2.257	1.323 1.113
12109	19	その他の畜産 Other livestock	0.3951 0.3052	0.2958 0.2274	4.398 3.393	1.701 1.235	0.520 0.420
12201	20	養蚕 Sericulture	0.8296 0.6832	0.6226 0.5125	5.758 4.814	2.000 1.567	2.750 2.504
13101	21	獣医業 Veterinary service	0.9836 0.9260	0.7430 0.7014	4.343 4.071	1.270 1.088	0.383 0.354
13102	22	農業サービス (除獣医業) Agricultural services(except veterinary service)	1.2258 1.1286	0.8741 0.8034	6.481 5.721	2.408 2.099	11.254 11.184
21101	23	育林 Silviculture	0.3613 0.3274	0.2699 0.2447	3.607 3.393	0.872 0.777	0.297 0.277
21201	24	素材 Logs	0.6345 0.5969	0.4803 0.4525	9.191 8.977	1.466 1.358	0.750 0.731
21301	25	特用林産物 (含狩猟業) Special forest products (inc. hunting)	2.0353 1.9240	1.5630 1.4810	17.275 16.263	8.492 8.165	1.793 1.700
31101	26	海面漁業 Marine fisheries	3.0218 2.9429	2.4040 2.3452	114.377 113.563	63.668 63.194	8.602 8.533

\* TOE=10<sup>7</sup>kcal \*\* MY=Million yen (百万円)

列コード 部門番号		部門名	環境負荷原単位 (生産者価格ベース)				
Column	Sector	Sector name	Embodied energy and emission intensity on producer price basis				
code	number		Energy	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	SPM
			TOE*/MY**	t-C/MY**	kg/MY**	kg/MY**	kg/MY**
31104	27	海面養殖業	2.1234	1.6640	65.226	39.614	5.478
		Marine culture	1.9111	1.4997	59.423	36.358	5.030
31201	28	内水面漁業	1.4551	1.0260	16.535	5.732	1.303
		Inland water fisheries and culture	1.3036	0.9128	14.086	4.445	1.104
61101	29	金属鉱物	1.8060	1.3569	13.800	5.672	1.321
		Metallic ores	1.7401	1.3074	13.427	5.476	1.287
62101	30	窯業原料鉱物	1.8675	1.3938	30.903	4.978	2.322
		Materials for ceramics	1.7871	1.3353	30.423	4.735	2.278
62201	31	砂利 採石	1.4372	1.0927	22.469	3.621	2.244
		Gravel and quarrying	1.3739	1.0461	22.154	3.431	2.214
62202	32	碎石	1.5509	1.1739	22.765	4.077	2.273
		Crushed stones	1.4818	1.1231	22.412	3.862	2.240
62909	33	その他の非金属鉱物	1.7453	1.2777	24.653	4.707	2.023
		Other non-metallic ores	1.6715	1.2233	24.132	4.497	1.978
71101	34	石炭	1.8868	1.5804	9.927	6.006	0.990
		Coal mining	1.8211	1.5274	9.543	5.804	0.955
72101	35	原油・天然ガス	0.7590	0.5592	3.080	1.696	0.301
		Crude petroleum and natural gas	0.7270	0.5343	2.880	1.609	0.283
111101	36	と畜 (含肉鶏処理)	0.7809	0.5805	8.600	3.448	1.606
		Slaughtering and meat processing	0.6168	0.4565	6.708	2.537	1.414
111201	37	肉加工品	0.7546	0.5506	5.902	3.095	0.932
		Processed meat products	0.5388	0.3899	3.626	2.081	0.572
111202	38	畜産びん・かん詰	0.9886	0.7556	7.132	5.324	0.960
		Bottled or canned meat products	0.8141	0.6211	5.380	4.442	0.726
111203	39	動物油脂	1.8346	1.3623	8.490	14.874	1.449
		Animal oil and fats	1.5901	1.1789	6.618	13.581	1.162
111204	40	酪農品	0.9971	0.7307	5.933	5.732	0.806
		Dairy farm products	0.8862	0.6487	5.129	5.188	0.714
111301	41	冷凍魚介類	1.8503	1.4432	60.940	33.819	4.632
		Frozen fish and shellfish	1.5676	1.2209	51.572	28.598	3.923

\* TOE=10<sup>7</sup>kcal \*\* MY=Million yen (百万円)

列コード 部門番号		部門名	環境負荷原単位 (生産者価格ベース)				
Column	Sector	Sector name	Embodied energy and emission intensity on producer price basis				
code	number		Energy	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	SPM
			TOE*/MY**	t-C/MY**	kg/MY**	kg/MY**	kg/MY**
111302	42	塩干・くん製品	1.5208	1.1613	37.674	21.616	2.952
		Salted, dried or smoked seafood	1.1400	0.8646	25.757	14.982	2.042
111303	43	水産びん・かん詰	1.6332	1.2870	27.357	18.306	2.320
		Bottled or canned seafood	1.3242	1.0409	19.320	13.798	1.699
111304	44	ねり製品	1.1412	0.8367	17.752	10.295	1.521
		Fish paste	0.8995	0.6507	11.562	6.803	1.034
111305	45	魚油・魚かす	2.2571	1.7370	51.413	33.511	4.139
		Fish oil and meal	2.0012	1.5372	43.582	29.133	3.542
111309	46	その他の水産食品	1.1498	0.8763	25.132	14.836	2.075
		Other processed seafoods	0.9557	0.7268	20.309	12.073	1.694
111401	47	精穀	0.6220	0.4613	6.052	1.924	4.597
		Grain milling	0.5618	0.4163	5.667	1.711	4.540
111402	48	製粉	0.8492	0.6127	6.236	2.691	1.228
		Flour and other grain milled products	0.6389	0.4547	4.429	2.084	0.788
111501	49	めん類	0.9773	0.7194	5.997	4.322	0.807
		Noodles	0.8495	0.6238	5.043	3.814	0.652
111502	50	パン類	0.8569	0.6072	4.741	3.167	0.676
		Bread	0.7360	0.5173	3.887	2.641	0.530
111503	51	菓子類	0.8791	0.6286	4.594	4.077	0.688
		Confectionery	0.7665	0.5453	3.863	3.481	0.588
111601	52	農産びん・かん詰	1.2412	0.9600	6.823	6.653	0.916
		Canned or bottled vegetables and fruits	1.1034	0.8510	5.954	6.013	0.802
111602	53	農産保存食料品 (除びん・かん詰)	0.8270	0.6099	5.444	3.956	0.685
		Preserved agricultural foodstuffs (other than bottled or canned)	0.7370	0.5420	4.863	3.511	0.614
111701	54	砂糖	2.1153	1.6224	10.934	23.266	1.819
		Sugar	1.8870	1.4487	9.725	21.287	1.640
111702	55	でん粉	1.8297	1.3111	9.524	9.703	1.282
		Starch	1.6186	1.1510	7.014	8.957	1.051
111703	56	ぶどう糖・氷あめ・異性化糖	3.2063	2.4234	14.465	27.742	2.252
		Dextrose, syrup and isomerized sugar	2.9846	2.2578	12.554	26.881	2.063

\* TOE=10<sup>7</sup>kcal \*\* MY=Million yen (百万円)

列コード 部門番号		部門名	環境負荷原単位 (生産者価格ベース)				
Column	Sector	Sector name	Embodied energy and emission intensity on producer price basis				
code	number		Energy	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	SPM
			TOE*/MY**	t-C/MY**	kg/MY**	kg/MY**	kg/MY**
111704	57	植物油脂 Vegetable oils and meal	1.3140 1.0177	0.9767 0.7521	8.110 5.062	6.747 5.623	0.965 0.665
111705	58	調味料 Condiments and seasonings	1.1288 0.9826	0.8383 0.7270	6.558 5.457	5.920 5.211	0.856 0.735
111901	59	冷凍調理食品 Prepared frozen foods	0.9372 0.7798	0.6811 0.5635	8.262 5.795	5.415 4.113	1.024 0.765
111902	60	レトルト食品 Retort foods	0.9335 0.7957	0.6792 0.5790	6.406 5.031	5.127 4.370	0.874 0.699
111903	61	そと菜・すし弁当 Dishes, sushi, lunch boxes	0.7887 0.6683	0.5729 0.4828	6.717 5.198	3.979 3.141	1.087 0.925
111904	62	学校給食 (国公立) School lunch (public)	0.6678 0.5952	0.4733 0.4184	4.588 3.723	2.523 2.015	0.667 0.572
111905	63	学校給食 (私立) School lunch (private)	0.6838 0.6008	0.4859 0.4230	4.824 3.730	2.658 2.024	0.687 0.571
111909	64	その他の食料品 Other foods	1.0980 0.9902	0.8018 0.7222	5.691 4.874	5.405 5.005	0.807 0.692
112101	65	清酒 Refined sake	0.5903 0.5394	0.4285 0.3916	3.953 3.634	2.568 2.382	1.426 1.388
112102	66	ビール Beer	0.5353 0.4882	0.3916 0.3558	2.753 2.472	2.254 2.093	0.308 0.279
112103	67	添加用アルコール Ethyl alcohol for liquor manufacturing	2.7145 2.5049	2.0911 1.9350	11.947 10.951	26.486 25.563	2.039 1.924
112104	68	ウイスキー類 Whiskey and brandy	0.5166 0.4582	0.3731 0.3312	2.938 2.602	2.101 1.896	0.319 0.282
112109	69	その他の酒類 Other liquors	0.9862 0.8983	0.7432 0.6786	5.822 5.278	8.643 8.318	1.011 0.949
112901	70	茶・コーヒー Tea and roasted coffee	0.6942 0.5533	0.5011 0.3954	4.079 3.094	2.099 1.617	0.483 0.367
112902	71	清涼飲料 Soft drinks	1.0252 0.8985	0.7791 0.6810	5.328 4.616	4.642 4.105	0.665 0.578

\* TOE=10<sup>7</sup>kcal \*\* MY=Million yen (百万円)

列コード 部門番号		部門名	環境負荷原単位 (生産者価格ベース)				
Column	Sector	Sector name	Embodied energy and emission intensity on producer price basis				
code	number		Energy	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	SPM
			TOE*/MY**	t-C/MY**	kg/MY**	kg/MY**	kg/MY**
112903	72	製氷	1.7730	1.1512	4.366	2.980	0.441
		Manufactured ice	1.7286	1.1172	4.130	2.839	0.418
113101	73	飼料	1.1057	0.8214	10.721	6.163	1.096
		Feeds	0.7343	0.5382	5.565	3.729	0.615
113102	74	有機質肥料 (除別掲)	1.1343	0.8741	11.375	9.875	1.360
		Organic fertilizers, n.e.c	0.8564	0.6631	7.129	7.369	0.975
114101	75	たばこ	0.2099	0.1538	1.233	0.856	0.154
		Tabacco	0.1654	0.1210	0.908	0.709	0.115
151101	76	製糸	0.8835	0.6663	5.183	3.893	1.826
		Raw silk	0.7685	0.5809	4.877	3.906	1.559
151102	77	紡績糸	1.4939	1.1100	7.155	6.735	0.891
		Fiber yarns	1.3026	0.9681	6.140	6.089	0.771
151201	78	綿・スフ織物 (含合繊短織物)	1.6639	1.2366	8.539	8.351	1.044
		Cotton and staple fiber fabrics (inc. fabrics of synthetic spun fibers)	1.4496	1.0777	7.516	7.562	0.926
151202	79	絹・人絹織物 (含合繊長織物)	1.8199	1.3785	8.821	8.541	1.107
		Silk and artificial silk fabrics (inc. fabrics or synthetic filament fibers)	1.5794	1.2013	7.811	7.779	0.975
151203	80	毛織物・麻織物・その他の織物	1.5234	1.1468	7.775	8.394	1.051
		Woolen fabric, hemp fabrics, and other fabrics	1.2851	0.9702	6.624	7.512	0.917
151301	81	ニット生地	1.4099	1.0519	6.657	5.745	0.768
		Knitting fabric	1.1737	0.8771	5.600	4.899	0.648
151401	82	染色整理	2.2959	1.7697	11.859	15.195	1.763
		Yarn and fabric dyeing and finishing (processing on commission only)	2.0790	1.6071	10.874	14.502	1.654
151901	83	綱・網	1.7407	1.3243	9.013	7.360	0.972
		Ropes and nets	1.5033	1.1492	8.063	6.630	0.874
151902	84	じゅうたん 床敷物	1.5316	1.1486	7.114	6.603	0.875
		Carpets and floor mats	1.2886	0.9688	6.035	5.747	0.754
151903	85	繊維製衛生材料	1.0302	0.7190	5.011	3.810	0.720
		Fabricated textiles for medical use	0.8719	0.6093	4.130	3.184	0.601
151909	86	その他の繊維工業製品	1.4123	1.0524	6.937	7.309	0.915
		Other fabricated textile products	1.2515	0.9348	6.171	6.754	0.827

\* TOE=10<sup>7</sup>kcal \*\* MY=Million yen (百万円)

列コード 部門番号		部門名	環境負荷原単位 (生産者価格ベース)				
Column	Sector	Sector name	Embodied energy and emission intensity on producer price basis				
code	number		Energy	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	SPM
			TOE*/MY**	t-C/MY**	kg/MY**	kg/MY**	kg/MY**
152101	87	織物製衣服 Woven fabric apparel	0.8724 0.6999	0.6451 0.5171	4.637 3.655	4.003 3.271	0.575 0.465
152102	88	ニット製衣服 Knitting apparel	1.0254 0.8499	0.7621 0.6326	5.348 4.467	4.334 3.666	0.626 0.528
152209	89	その他の衣服・身の回り品 Other wearing apparel and apparel accessories	1.2966 1.1354	0.9644 0.8459	7.319 6.478	6.478 5.856	0.855 0.759
152901	90	寝具 Bedding	0.9682 0.7856	0.7138 0.5791	5.733 4.636	4.661 3.874	0.716 0.573
152909	91	その他の繊維既製品 Other ready-made textile products	0.8666 0.7084	0.6365 0.5196	4.564 3.735	3.629 2.999	0.529 0.436
161101	92	製材 Timber	0.6922 0.5338	0.5055 0.3860	7.540 5.450	1.633 1.239	0.708 0.536
161102	93	合板 Plywood	0.9309 0.7552	0.6794 0.5504	6.637 5.182	3.270 2.737	0.809 0.666
161103	94	木材チップ Wooden chips	0.7027 0.5237	0.5102 0.3758	7.478 5.177	1.594 1.158	0.702 0.510
161909	95	その他の木製品 Other wooden products	0.7374 0.6147	0.5396 0.4481	5.304 4.269	2.229 1.862	0.612 0.512
171101	96	木製家具・装備品 Wooden furniture and fixtures	0.7700 0.6486	0.5701 0.4793	4.992 4.157	2.481 2.089	0.551 0.467
171102	97	木製建具 Wooden fixtures	0.8386 0.7051	0.6141 0.5166	5.637 4.686	2.802 2.368	0.698 0.599
171103	98	金属製家具・装備品 Metallic furniture and fixtures	1.2278 1.0740	1.0519 0.9178	5.785 4.954	3.297 2.820	0.631 0.556
181101	99	パルプ Pulp	5.5566 5.2690	2.7465 2.5330	21.665 18.900	26.559 25.814	5.277 5.017
181201	100	洋紙・和紙 Foreign paper and Japanese paper	5.2873 4.6354	3.0296 2.6745	20.220 17.168	21.519 18.653	4.180 3.587
181202	101	板紙 Paperboard	4.9483 4.4232	3.2169 2.9265	19.571 17.113	19.905 17.629	3.535 3.068

\* TOE=10<sup>7</sup>kcal \*\* MY=Million yen (百万円)

列コード 部門番号		部門名	環境負荷原単位 (生産者価格ベース)				
Column	Sector	Sector name	Embodied energy and emission intensity on producer price basis				
code	number		Energy	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	SPM
			TOE*/MY**	t-C/MY**	kg/MY**	kg/MY**	kg/MY**
181301	102	段ボール Corrugated cardboard	3.0263 2.6954	2.0043 1.8150	13.316 11.768	12.692 11.285	2.220 1.937
181302	103	塗工紙・建設用加工紙 Coated paper and building (construction) paper	2.1688 1.8874	1.4096 1.2376	9.439 8.139	7.437 6.337	1.739 1.528
182101	104	段ボール箱 Corrugated card board boxes	1.5221 1.3687	1.0292 0.9375	7.193 6.464	6.635 6.005	1.118 0.995
182109	105	その他の紙製容器 Other paper containers	1.6067 1.3891	1.0290 0.8986	7.116 6.112	5.982 5.111	1.176 1.002
182901	106	紙製衛生材料・用品 Paper textile for medical use	1.6692 1.4640	1.1128 0.9828	7.312 6.388	10.336 9.540	1.069 0.925
182909	107	その他のパルプ・紙・紙加工品 Other pulp, paper and processed paper products	1.7190 1.4997	1.0939 0.9640	7.308 6.281	6.780 5.898	1.204 1.028
191101	108	新聞 Newspapers	1.2772 1.0782	0.7806 0.6617	5.816 4.758	4.472 3.742	0.949 0.787
191102	109	印刷・製版・製本 Printing, plate making and book binding	1.1255 0.9793	0.7090 0.6206	4.641 3.952	3.756 3.180	0.739 0.626
191103	110	出版 Publishing	0.9400 0.8030	0.5950 0.5110	4.555 3.810	3.117 2.620	0.683 0.576
201101	111	アンモニア Ammonia	15.1382 14.9701	10.2832 10.1624	45.123 44.381	9.633 9.150	3.517 3.458
201102	112	化学肥料 Chemical fertilizer	2.8885 2.6404	2.2452 2.0529	11.525 10.104	6.394 5.621	1.714 1.550
202101	113	ソーダ工業製品 Industrial soda chemicals	5.4477 5.2554	4.7985 4.6383	28.990 27.669	28.912 28.018	3.744 3.595
202901	114	無機顔料 Inorganic pigment	2.6635 2.4006	2.1198 1.9177	11.673 10.066	9.705 8.786	1.249 1.090
202902	115	圧縮ガス・液化ガス Compressed gas and liquefied gas	3.8001 3.7252	2.4427 2.3846	8.214 7.819	6.470 6.230	0.878 0.838
202903	116	塩 Salt	7.8122 7.4791	7.0774 6.8045	56.144 54.048	47.741 46.152	7.653 7.390



\* TOE=10<sup>7</sup>kcal \*\* MY=Million yen (百万円)

列コード 部門番号		部門名	環境負荷原単位 (生産者価格ベース)				
Column	Sector	Sector name	Embodied energy and emission intensity on producer price basis				
code	number		Energy	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	SPM
			TOE*/MY**	t-C/MY**	kg/MY**	kg/MY**	kg/MY**
202909	117	その他の無機化学工業製品	2.7320	2.2688	14.444	12.027	1.967
		Other industrial inorganic chemicals	2.4791	2.0738	12.648	11.114	1.792
203101	118	石油化学基礎製品	6.8846	4.9850	17.780	13.259	1.574
		Petrochemical basic products	6.5452	4.7434	16.431	12.341	1.447
203102	119	石油化学系芳香族製品	7.2658	4.9962	17.512	9.212	1.320
		Petrochemical aromatic products (except synthetic resin)	6.9941	4.8055	16.455	8.537	1.222
203201	120	脂肪族中間物	5.1056	3.9032	17.916	16.818	1.797
		Aliphatic intermediates	4.7164	3.6111	16.404	15.603	1.646
203202	121	環式中間物	5.0384	3.5841	15.729	11.578	1.482
		Cyclic intermediates	4.6466	3.3023	14.319	10.605	1.348
203301	122	合成ゴム	4.1547	3.3117	15.868	19.735	1.638
		Synthetic rubber	3.8815	3.1129	14.824	19.005	1.537
203901	123	メタン誘導品	5.1064	3.5435	16.332	13.577	1.832
		Methane derivatives	4.7116	3.2483	14.439	12.323	1.634
203902	124	油脂加工製品	1.4092	1.0182	5.709	4.911	0.677
		Oil and fat industrial chemicals	1.2135	0.8706	4.469	3.970	0.533
203903	125	可塑剤	4.1254	2.9248	13.761	9.171	1.536
		Plasticizers	3.6326	2.5618	11.933	7.774	1.352
203904	126	合成染料	3.3178	2.4559	13.039	9.558	1.469
		Synthetic dyes	2.8500	2.1170	11.348	8.355	1.304
203909	127	その他の有機化学工業製品	3.4109	2.5535	12.694	9.080	1.375
		Other industrial organic chemicals	3.1182	2.3299	11.401	8.173	1.245
204101	128	熱硬化性樹脂	3.0959	2.4147	11.289	8.813	1.157
		Thermo-setting resins	2.4724	1.9632	9.109	7.192	0.940
204102	129	熱可塑性樹脂	4.7060	3.4159	15.134	12.496	1.513
		Thermoplastics resin	4.2483	3.0838	13.495	11.282	1.355
204103	130	高機能性樹脂	3.3671	2.4507	12.434	9.862	1.247
		High functionality resins	2.6265	1.9192	9.934	7.991	1.003
204109	131	その他の合成樹脂	4.9785	3.4960	16.372	11.268	1.794
		Other resins	4.3327	3.0281	14.116	9.507	1.566

\* TOE=10<sup>7</sup>kcal \*\* MY=Million yen (百万円)

列コード 部門番号		部門名	環境負荷原単位 (生産者価格ベース)				
Column	Sector	Sector name	Embodied energy and emission intensity on producer price basis				
code	number		Energy	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	SPM
			TOE*/MY**	t-C/MY**	kg/MY**	kg/MY**	kg/MY**
205101	132	レーヨン・アセテート	4.2752	3.3183	20.203	28.106	2.826
		Rayon , acetate	3.8533	3.0491	18.347	26.585	2.540
205102	133	合成繊維	3.3093	2.5771	13.434	12.645	1.426
		Synthetic fibers	2.8300	2.2294	11.762	11.395	1.262
206101	134	医薬品	0.8341	0.6099	3.939	2.546	0.442
		Medicaments	0.7248	0.5294	3.378	2.203	0.384
207101	135	石けん 合成洗剤 界面活性剤	1.5593	1.1404	6.755	4.633	0.853
		Soap, synthetic detergents and surface active agents	1.3349	0.9765	5.793	3.925	0.746
207102	136	化粧品 歯磨	0.9224	0.6703	4.526	3.067	0.514
		Cosmetics, toilet preparations and dentifrices	0.7923	0.5776	3.892	2.636	0.442
207201	137	塗料	1.8080	1.3691	7.581	5.432	0.799
		Paints and varnishes	1.4909	1.1299	6.249	4.463	0.662
207202	138	印刷インキ	1.9268	1.4412	7.918	5.708	0.851
		Printing ink	1.5732	1.1774	6.487	4.644	0.703
207301	139	写真感光材料	1.2762	0.9128	6.078	5.345	0.814
		Photographic sensitive materials	1.0857	0.7779	5.060	4.633	0.689
207401	140	農薬	1.8207	1.3777	9.011	8.808	1.044
		Agricultural chemicals	1.5305	1.1645	7.707	7.917	0.910
207901	141	ゼラチン 接着剤	2.0480	1.5458	8.879	7.685	0.971
		Gelatin and adhesives	1.7314	1.3103	7.597	6.736	0.839
207909	142	その他の化学最終製品	1.9553	1.4446	9.056	8.265	0.997
		Other final chemical products	1.6407	1.2113	7.624	7.216	0.848
211101	143	石油製品	1.9223	1.2165	6.587	5.217	0.570
		Petroleum refinery products (inc. greases)	1.6504	1.0165	5.466	4.582	0.462
212101	144	石炭製品	7.6906	6.7928	45.002	29.908	2.358
		Coal products	6.8115	6.0572	40.224	27.048	1.894
212102	145	舗装材料	1.3553	0.9653	7.684	5.668	1.109
		Paving materials	1.1940	0.8510	6.948	5.225	1.039
221101	146	プラスチック製品	1.8020	1.2947	6.761	5.272	0.728
		Plastic products	1.5540	1.1143	5.810	4.591	0.632

\* TOE=10<sup>7</sup>kcal \*\* MY=Million yen (百万円)

列コード 部門番号		部門名	環境負荷原単位 (生産者価格ベース)				
Column	Sector	Sector name	Embodied energy and emission intensity on producer price basis				
code	number		Energy	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	SPM
			TOE*/MY**	t-C/MY**	kg/MY**	kg/MY**	kg/MY**
231101	147	タイヤ チューブ	1.9284	1.4682	8.600	8.970	1.040
		Tires and inner tubes	1.7175	1.3077	7.538	8.262	0.926
231901	148	ゴム製履物	0.8544	0.6226	4.039	3.253	0.473
		Rubber footwears	0.6986	0.5086	3.275	2.684	0.386
231902	149	プラスチック製履物	1.1927	0.8790	5.434	4.231	0.568
		Plastic footwears	1.0336	0.7627	4.727	3.698	0.492
231909	150	その他のゴム製品	1.3128	0.9893	5.370	5.260	0.608
		Other rubber products	1.1644	0.8769	4.677	4.761	0.536
241101	151	革製履物	0.6634	0.4790	3.807	2.826	0.494
		Leather footwears	0.5079	0.3653	2.776	2.127	0.354
241201	152	製革 毛皮	1.2300	0.8973	7.559	7.141	1.193
		Leather and fur skins	1.0008	0.7257	5.187	6.076	0.831
241202	153	かばん 袋物 其他の革製品	0.8239	0.5996	4.346	3.165	0.535
		Miscellaneous leather products	0.6686	0.4850	3.291	2.476	0.402
251101	154	板ガラス 安全ガラス	1.9295	1.4875	24.455	10.556	1.324
		Sheet glass and safety glass	1.8236	1.4073	23.629	10.176	1.257
251201	155	ガラス繊維 同製品	2.2055	1.5927	20.878	6.860	1.712
		Glass fiber and glass fiber products, n.e.c.	2.0729	1.4941	19.932	6.456	1.626
251909	156	その他のガラス製品	2.1673	1.5855	23.064	8.664	1.471
		Other glass products	2.0587	1.5047	22.266	8.289	1.393
252101	157	セメント	13.1580	30.1737	185.012	18.849	7.038
		Cement	12.9184	29.9827	183.093	18.104	6.870
252201	158	生コンクリート	3.4115	6.5075	50.351	7.276	2.761
		Ready mixed concrete	3.3088	6.4070	49.469	6.980	2.692
252301	159	セメント製品	1.9401	2.9357	22.504	5.857	1.699
		Cement products	1.8452	2.8482	21.840	5.587	1.644
253101	160	陶磁器	1.5178	1.0873	8.992	4.378	1.077
		Pottery, china and earthenware	1.4246	1.0191	8.272	4.055	1.006
259901	161	耐火物	2.2679	1.9295	14.293	10.551	1.774
		Clay refractories	2.0953	1.7955	12.799	9.933	1.641

\* TOE=10<sup>7</sup>kcal \*\* MY=Million yen (百万円)

列コード 部門番号		部門名	環境負荷原単位 (生産者価格ベース)				
Column	Sector	Sector name	Embodied energy and emission intensity on producer price basis				
code	number		Energy	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	SPM
			TOE*/MY**	t-C/MY**	kg/MY**	kg/MY**	kg/MY**
259902	162	その他の建設用土石製品	2.5772	1.9390	12.175	12.898	2.378
		Other structural clay products	2.4455	1.8457	11.204	12.487	2.278
259903	163	炭素・黒鉛製品	2.3632	1.8703	13.177	9.395	1.318
		Carbon and graphite products	2.1886	1.7374	12.275	8.874	1.230
259904	164	研磨材	1.2650	0.9892	7.331	4.382	0.803
		Abrasive	1.0911	0.8585	5.970	3.673	0.673
259909	165	その他の窯業・土石製品	2.0219	1.7006	13.369	4.459	1.211
		Miscellaneous ceramic, stone and clay products	1.8770	1.5884	12.097	4.025	1.102
261101	166	銑鉄	24.3114	27.6773	58.696	37.166	6.293
		Pig iron	23.6036	27.1240	53.739	34.867	5.828
261102	167	フェロアロイ	9.3855	9.5964	62.055	34.894	2.842
		Ferroalloys	8.9262	9.2202	58.724	33.323	2.563
261103	168	粗鋼 (転炉)	11.4486	12.9829	33.394	20.428	3.336
		Crude steel (converters)	10.4819	12.0353	28.482	17.875	2.929
261104	169	粗鋼 (電気炉)	3.9010	3.8812	24.106	12.261	1.429
		Crude steel (electric furnaces)	3.0664	3.0537	18.647	9.239	1.136
261201	170	鉄屑	-	-	-	-	-
		Scrap iron	-	-	-	-	-
262101	171	熱間圧延鋼材	6.6009	7.0388	23.601	13.260	2.092
		Hot rolled steel	5.9747	6.4262	20.133	11.411	1.839
262201	172	鋼管	4.0478	4.0104	14.849	9.109	1.497
		Steel pipes and tubes	3.5777	3.5437	12.516	7.844	1.315
262301	173	冷間仕上鋼材	4.3765	4.2865	15.738	9.692	1.528
		Cold-finished steel	3.8816	3.7982	13.231	8.332	1.332
262302	174	めっき鋼材	2.9957	2.6884	11.663	7.091	1.109
		Coated steel	2.6742	2.3827	10.021	6.146	0.973
263101	175	鋳鍛鋼	3.5231	3.4668	13.253	14.153	1.455
		Cast and forged steel	3.2520	3.2086	11.593	13.238	1.347
263102	176	鋳鉄管	2.9350	2.8892	9.784	8.813	1.223
		Cast iron pipes and tubes	2.8188	2.7878	9.136	8.468	1.163

\* TOE=10<sup>7</sup>kcal \*\* MY=Million yen (百万円)

列コード 部門番号		部門名	環境負荷原単位 (生産者価格ベース)				
Column	Sector	Sector name	Embodied energy and emission intensity on producer price basis				
code	number		Energy	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	SPM
			TOE*/MY**	t-C/MY**	kg/MY**	kg/MY**	kg/MY**
263103	177	鑄鉄品及び鍛工品 (鉄)	4.4566	4.6095	12.468	14.785	1.709
		Cast and forged materials (iron)	4.2593	4.4278	11.410	14.215	1.619
264901	178	鉄鋼シャー スリット業	3.2551	3.2605	13.133	7.309	1.210
		Iron and steel shearing and slitting	2.8370	2.8477	11.064	6.180	1.047
264909	179	その他の鉄鋼製品	2.3486	2.2428	11.092	5.949	1.214
		Other iron or steel products	2.1133	2.0148	9.885	5.297	1.118
271101	180	銅	1.7745	1.4092	13.745	15.529	1.204
		Copper	0.7802	0.6612	6.056	12.279	0.476
271102	181	鉛・亜鉛 (含再生)	3.1000	2.6413	15.069	21.240	1.442
		Lead and Zinc (inc. regenerated lead)	2.6964	2.3351	12.029	19.887	1.156
271103	182	アルミニウム (含再生)	2.0921	1.6904	19.421	12.162	1.829
		Aluminum (inc. regenerated aluminum)	1.6523	1.3407	15.527	9.862	1.465
271109	183	その他の非鉄金属地金	1.6972	1.2897	14.413	7.588	1.217
		Other non-ferrous metals	0.8790	0.6744	8.071	4.922	0.619
271201	184	非鉄金属屑	-	-	-	-	-
		Non-ferrous metal scrap	-	-	-	-	-
272101	185	電線 ケーブル	1.2032	0.8941	6.774	6.025	0.647
		Electric wires and cables	0.8174	0.5986	3.953	4.060	0.385
272102	186	光ファイバケーブル	1.0575	0.7579	5.446	3.040	0.533
		Optical fiber cables	0.9340	0.6656	4.714	2.609	0.462
272201	187	伸銅品	1.1032	0.8175	6.702	5.736	0.592
		Rolled and drawn copper and copper alloys	0.8035	0.5867	4.421	4.175	0.385
272202	188	アルミ圧延製品	1.5084	1.1493	11.505	7.093	1.104
		Rolled and drawn aluminum	0.9103	0.6691	6.054	3.732	0.592
272203	189	非鉄金属素形材	1.4444	1.2021	10.262	6.582	1.075
		Non-ferrous metal castings and forgings	0.9404	0.8035	5.833	3.968	0.668
272204	190	核燃料	1.3609	1.0258	9.689	5.577	0.904
		Nuclear fuels	0.5586	0.4156	3.053	2.194	0.329
272209	191	その他の非鉄金属製品	1.3025	0.9767	7.798	5.325	0.730
		Other non-ferrous metal products	0.7319	0.5434	3.104	2.907	0.323

\* TOE=10<sup>7</sup>kcal \*\* MY=Million yen (百万円)

列コード 部門番号		部門名	環境負荷原単位 (生産者価格ベース)				
Column	Sector	Sector name	Embodied energy and emission intensity on producer price basis				
code	number		Energy	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	SPM
			TOE*/MY**	t-C/MY**	kg/MY**	kg/MY**	kg/MY**
281101	192	建設用金属製品	1.8433	1.7864	7.852	4.296	0.748
		Metal products for construction	1.6277	1.5796	6.713	3.693	0.657
281201	193	建築用金属製品	1.2212	1.0322	6.678	3.710	0.625
		Metal products for architecture	1.0197	0.8596	5.234	2.865	0.494
289101	194	ガス・石油機器及び暖厨房機器	1.5044	1.3788	6.713	3.706	0.654
		Gas and oil appliances and heating and cooking apparatus	1.3023	1.1957	5.605	3.077	0.557
289901	195	ボルト・ナット・リベット及びスプリング	1.8308	1.6898	7.464	4.111	0.705
		Bolts, nuts, rivets and springs	1.6205	1.4900	6.370	3.516	0.616
289902	196	金属製容器及び製缶板金製品	1.5254	1.3403	6.689	3.542	0.633
		Metal containers, fabricated plate and sheet metal	1.3427	1.1729	5.705	2.982	0.548
289903	197	配管工事付属品・粉末冶金製品・道具類	1.3945	1.1833	5.843	3.312	0.567
		Plumber's supplies, powder metallurgy products and tools	1.2183	1.0301	4.744	2.714	0.473
289909	198	その他の金属製品	1.2720	1.0832	5.216	2.936	0.506
		Other metal products	1.1370	0.9601	4.448	2.498	0.439
301101	199	ボイラ	0.9248	0.8092	4.458	2.522	0.474
		Boilers	0.8134	0.7099	3.843	2.179	0.419
301102	200	タービン	0.9207	0.7967	4.151	2.464	0.435
		Turbines	0.7802	0.6730	3.391	2.037	0.366
301103	201	原動機	1.1488	1.0236	5.220	3.219	0.563
		Engines	1.0177	0.9082	4.459	2.785	0.495
301201	202	運搬機械	0.9561	0.8459	4.321	2.508	0.445
		Conveyors	0.8331	0.7372	3.659	2.131	0.386
301301	203	冷凍機・温湿調整装置	0.9066	0.7603	4.070	2.642	0.438
		Refrigerators and air conditioning apparatus	0.7822	0.6578	3.375	2.221	0.373
301901	204	ポンプ及び圧縮機	1.2380	1.1274	5.319	3.598	0.607
		Pump and compressors	1.0960	1.0026	4.476	3.127	0.532
301902	205	機械工具	1.1922	1.0623	5.458	3.157	0.538
		Machinists' precision tools	1.0225	0.9137	4.344	2.551	0.441
301909	206	その他の一般産業機械及び装置	1.0974	0.9797	4.947	2.926	0.514
		Other general industrial machinery and equipment	0.9717	0.8661	4.249	2.546	0.452

\* TOE=10<sup>7</sup>kcal \*\* MY=Million yen (百万円)

列コード 部門番号		部門名	環境負荷原単位 (生産者価格ベース)				
Column	Sector	Sector name	Embodied energy and emission intensity on producer price basis				
code	number		Energy	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	SPM
			TOE*/MY**	t-C/MY**	kg/MY**	kg/MY**	kg/MY**
302101	207	鉱山・土木建設機械	1.1876	1.0725	5.270	3.386	0.568
		Mining, civil engineering and construction machinery	1.0554	0.9550	4.558	2.970	0.504
302201	208	化学機械	0.8894	0.7797	3.977	2.423	0.419
		Chemical machinery	0.7795	0.6827	3.379	2.083	0.366
302301	209	産業用ロボット	0.7076	0.5874	3.080	1.844	0.329
		Industrial robots	0.6088	0.5054	2.558	1.537	0.280
302401	210	金属工作機械	0.8735	0.7706	3.659	2.354	0.395
		Metal machine tools	0.7784	0.6876	3.128	2.058	0.347
302402	211	金属加工機械	0.9180	0.8082	3.767	2.425	0.402
		Metal processing machinery	0.8260	0.7251	3.278	2.148	0.360
302901	212	農業機械	1.1600	1.0208	5.070	3.181	0.546
		Agricultural machinery	1.0288	0.9052	4.364	2.769	0.482
302902	213	繊維機械	0.9590	0.8392	4.131	2.642	0.445
		Textile machinery	0.8322	0.7294	3.447	2.241	0.381
302903	214	食料品加工機械	1.1338	1.0340	4.993	2.888	0.494
		Food processing machinery	0.9754	0.8884	4.179	2.432	0.423
302904	215	半導体製造装置	0.8186	0.6851	3.672	2.191	0.392
		Semiconductor making equipment	0.6871	0.5741	2.965	1.777	0.325
302909	216	その他の特殊産業機械	0.8398	0.7205	3.773	2.319	0.400
		Other special industrial machinery	0.7295	0.6263	3.171	1.977	0.346
303101	217	金型	1.0830	1.0097	4.506	3.097	0.488
		Metal molds	0.9799	0.9172	3.906	2.783	0.437
303102	218	ベアリング	1.6527	1.5195	6.547	3.686	0.645
		Bearings	1.4724	1.3485	5.626	3.178	0.569
303109	219	その他の一般機械器具及び部品	1.1605	1.0343	5.265	3.375	0.554
		Other general machines and parts	1.0165	0.9099	4.374	2.867	0.475
311101	220	複写機	0.7688	0.5827	3.704	2.274	0.393
		Copy machine	0.6421	0.4876	3.058	1.874	0.329
311109	221	その他の事務用機械	0.7106	0.5220	3.351	2.000	0.365
		Other office machines	0.5956	0.4369	2.768	1.639	0.306

\* TOE=10<sup>7</sup>kcal \*\* MY=Million yen (百万円)

列コード 部門番号		部門名	環境負荷原単位 (生産者価格ベース)				
Column	Sector	Sector name	Embodied energy and emission intensity on producer price basis				
code	number		Energy	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	SPM
			TOE*/MY**	t-C/MY**	kg/MY**	kg/MY**	kg/MY**
311201	222	サービス用機器	0.7014	0.5662	3.396	1.902	0.362
		Machinery for service industry	0.6014	0.4858	2.867	1.594	0.312
321101	223	電気音響機器	0.7210	0.5380	3.350	1.984	0.356
		Electric audio equipment	0.5941	0.4420	2.694	1.589	0.291
321102	224	ラジオ・テレビ受信機	0.7074	0.5269	3.539	2.028	0.353
		Radio and television sets	0.5811	0.4323	2.850	1.635	0.288
321103	225	ビデオ機器	0.6771	0.5015	3.123	1.861	0.320
		Video recording and playback equipment	0.5503	0.4057	2.409	1.441	0.252
321201	226	民生用電気機器	0.8326	0.6461	3.830	2.326	0.398
		Household electric appliance	0.7016	0.5433	3.134	1.901	0.331
331101	227	電子計算機本体	0.5753	0.4122	2.749	1.574	0.285
		Electric computing equipment (main parts)	0.4494	0.3209	2.094	1.195	0.221
331102	228	電子計算機付属装置	0.6599	0.4774	3.060	1.763	0.315
		Electric computing equipment (accessory equipment)	0.5150	0.3710	2.319	1.335	0.243
332101	229	有線電気通信機器	0.6758	0.4900	3.157	1.932	0.330
		Wired communication equipment	0.5632	0.4066	2.550	1.573	0.270
332102	230	無線電気通信機器	0.6509	0.4739	3.088	1.871	0.326
		Radio communication equipment	0.5327	0.3864	2.449	1.486	0.264
332109	231	その他の電気通信機器	0.5857	0.4422	2.765	1.608	0.299
		Other communication equipment	0.4965	0.3743	2.274	1.331	0.251
333101	232	電子応用装置	0.5637	0.4070	2.729	1.498	0.279
		Applied electronic equipment	0.4634	0.3327	2.172	1.187	0.226
333201	233	電気計測器	0.5646	0.4231	2.684	1.550	0.285
		Electronic measuring instruments	0.4590	0.3437	2.100	1.212	0.228
334101	234	半導体素子・集積回路	0.7366	0.5143	2.950	1.857	0.294
		Semiconductor devices and integrated circuits	0.6399	0.4424	2.387	1.529	0.240
335901	235	電子管	1.0668	0.7775	7.559	3.483	0.585
		Electron tubes	0.9493	0.6884	6.676	3.059	0.511
335902	236	液晶素子	0.9397	0.6615	4.735	2.579	0.423
		Liquid crystal devices	0.7923	0.5530	3.879	2.100	0.344



\* TOE=10<sup>7</sup>kcal \*\* MY=Million yen (百万円)

列コード 部門番号		部門名	環境負荷原単位 (生産者価格ベース)				
Column	Sector	Sector name	Embodied energy and emission intensity on producer price basis				
code	number		Energy	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	SPM
			TOE*/MY**	t-C/MY**	kg/MY**	kg/MY**	kg/MY**
335903	237	磁気テープ 磁気ディスク Magnetic tapes and discs	1.2178 1.0636	0.8851 0.7711	5.023 4.351	3.443 2.974	0.546 0.475
335909	238	その他の電子部品 Other electronic components	0.6617 0.5625	0.4734 0.3989	3.008 2.394	1.781 1.433	0.310 0.252
341101	239	回転電気機械 Rotating electrical equipment	1.0281 0.8868	0.8599 0.7417	4.414 3.580	2.845 2.344	0.455 0.378
341102	240	開閉制御装置及び配電盤 Relay switches and switchboards	0.7313 0.6122	0.5898 0.4950	3.342 2.663	2.064 1.666	0.348 0.284
341103	241	変圧器 変成器 Transformers and reactors	0.9188 0.7673	0.7572 0.6336	4.306 3.429	2.637 2.105	0.461 0.376
341109	242	その他の産業用重電機器 Other industrial heavy electrical equipment	0.7726 0.6552	0.6040 0.5117	3.542 2.884	2.262 1.857	0.386 0.321
342101	243	電気照明器具 Electric lighting fixtures and apparatus	0.9005 0.7736	0.6884 0.5883	4.164 3.473	2.404 1.996	0.421 0.356
342102	244	電池 Batteries	1.1076 0.8932	0.8458 0.6803	5.309 3.954	3.831 3.004	0.537 0.411
342103	245	電球類 Electric bulbs	0.9202 0.7849	0.6590 0.5581	5.027 4.148	2.617 2.128	0.469 0.387
342104	246	配線器具 Wiring devices and supplies	0.8203 0.6845	0.6356 0.5284	3.764 2.969	2.337 1.856	0.384 0.310
342105	247	内燃機関電装品 Electrical equipment for internal combustion engines	0.8561 0.7323	0.6951 0.5932	3.925 3.198	2.376 1.942	0.398 0.330
342109	248	その他の電気機械器具 Other electrical devices and parts	0.9944 0.7289	0.7282 0.5253	4.860 2.868	2.944 1.870	0.465 0.289
351101	249	乗用車 Passenger motor cars	0.9448 0.8279	0.7560 0.6616	4.733 4.077	2.834 2.438	0.478 0.417
352101	250	トラック・バス その他の自動車 Trucks, buses and other cars	0.9698 0.8498	0.7754 0.6784	4.724 4.059	2.924 2.518	0.489 0.426
353101	251	二輪自動車 Two wheel motor vehicles	0.9353 0.8193	0.7474 0.6541	4.391 3.750	2.738 2.345	0.465 0.404

\* TOE=10<sup>7</sup>kcal \*\* MY=Million yen (百万円)

列コード 部門番号		部門名	環境負荷原単位 (生産者価格ベース)				
Column	Sector	Sector name	Embodied energy and emission intensity on producer price basis				
code	number		Energy	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	SPM
			TOE*/MY**	t-C/MY**	kg/MY**	kg/MY**	kg/MY**
354101	252	自動車車体 Motor vehicle bodies	1.2253 1.0770	1.0675 0.9361	5.368 4.588	3.195 2.741	0.544 0.475
354102	253	自動車用内燃機関 同部分品 Internal combustion engines for motor vehicles and parts	0.9884 0.8790	0.7932 0.7046	4.141 3.451	2.804 2.400	0.448 0.385
354103	254	自動車部品 Motor vehicle parts and accessories	1.0755 0.9469	0.8888 0.7832	4.635 3.924	3.081 2.652	0.499 0.432
361101	255	鋼船 Steel ships	1.4164 1.2452	1.3028 1.1454	5.913 5.010	3.473 2.964	0.603 0.526
361102	256	その他の船舶 Ships except steel ships	1.0759 0.9436	0.8411 0.7351	4.785 4.071	2.703 2.299	0.499 0.432
361103	257	船用内燃機関 Internal combustion engines for vessels	1.2021 1.0902	1.0537 0.9561	4.979 4.343	3.439 3.074	0.548 0.492
361110	258	船舶修理 Repair of ships	1.1466 1.0008	1.0489 0.9186	4.970 4.165	2.988 2.520	0.503 0.434
362101	259	鉄道車両 Rolling stock	1.3146 1.1429	1.1671 1.0158	6.238 5.268	3.483 2.937	0.618 0.532
362110	260	鉄道車両修理 Repair of rolling stock	1.3394 1.2202	1.1730 1.0692	5.486 4.811	5.948 5.562	0.645 0.585
362201	261	航空機 Aircrafts	0.5811 0.4748	0.4355 0.3555	2.915 2.298	1.623 1.271	0.293 0.234
362210	262	航空機修理 Repair of aircrafts	0.4443 0.2667	0.3286 0.1951	2.251 1.318	1.217 0.696	0.222 0.130
362901	263	自転車 Bicycles	0.7697 0.5967	0.6141 0.4736	3.414 2.469	2.126 1.546	0.370 0.275
362909	264	その他の輸送機械 Other transport equipment	0.9757 0.8660	0.8464 0.7509	4.419 3.820	2.706 2.364	0.461 0.408
371101	265	カメラ Camera	0.6232 0.5082	0.4450 0.3614	2.919 2.309	1.764 1.405	0.304 0.244
371109	266	その他の光学機械 Other photographic and optical instruments	0.8144 0.7174	0.5858 0.5126	4.632 3.960	2.306 1.956	0.403 0.342

\* TOE=10<sup>7</sup>kcal \*\* MY=Million yen (百万円)

列コード 部門番号		部門名	環境負荷原単位 (生産者価格ベース)				
Column	Sector	Sector name	Embodied energy and emission intensity on producer price basis				
code	number		Energy	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	SPM
			TOE*/MY**	t-C/MY**	kg/MY**	kg/MY**	kg/MY**
371201	267	時計 Watches and clocks	0.7046 0.5433	0.5214 0.3996	3.778 2.648	2.061 1.439	0.371 0.265
371901	268	理化学機械器具 Professional and scientific instruments	0.7010 0.6158	0.5507 0.4814	3.324 2.849	1.852 1.579	0.341 0.296
371902	269	分析器 試験機 計量器 測定器 Analytical instruments, testing machine, measuring instruments	0.6725 0.5682	0.5204 0.4388	3.364 2.745	1.795 1.445	0.341 0.282
371903	270	医療用機械器具 Medical instruments	0.7783 0.6441	0.5855 0.4839	3.551 2.829	2.236 1.798	0.375 0.304
391101	271	玩具 Toys	0.7995 0.6612	0.5758 0.4764	4.556 3.772	2.398 1.918	0.506 0.424
391102	272	運動用品 Sporting and athletic goods	1.0950 0.9371	0.8240 0.7053	5.885 4.962	3.539 2.968	0.639 0.543
391901	273	楽器 Musical instruments	0.7024 0.5930	0.5140 0.4340	4.068 3.469	1.955 1.623	0.445 0.384
391902	274	情報記録物 Audio and video records, other information recording materials	0.9622 0.8502	0.6739 0.5942	4.446 3.937	2.618 2.274	0.491 0.435
391903	275	筆記具・文具 Writing instruments and stationery	0.8899 0.7746	0.6538 0.5681	4.701 4.093	2.502 2.134	0.514 0.449
391904	276	身辺細貨品 Small personal adornments	1.1665 0.7894	0.8690 0.5871	14.681 10.273	7.718 5.695	1.328 0.949
391905	277	畳・わら加工品 "Tatami" (straw matting) and straw products	0.5265 0.4289	0.3940 0.3205	4.683 3.958	1.503 1.202	2.228 2.139
391906	278	武器 Ordnance	0.8552 0.7173	0.6902 0.5816	4.793 3.941	2.787 2.242	0.579 0.497
391909	279	その他の製造工業製品 Miscellaneous manufacturing products	1.0030 0.8512	0.7430 0.6312	5.939 4.982	3.593 3.037	0.638 0.541
411101	280	住宅建築 (木造) Residential construction (wooden)	0.6298 0.5405	0.5348 0.4660	4.821 4.140	1.701 1.428	0.505 0.439
411102	281	住宅建築 (非木造) Residential construction (non-wooden)	0.8537 0.7612	0.7986 0.7223	6.026 5.440	2.163 1.872	0.652 0.597

\* TOE=10<sup>7</sup>kcal \*\* MY=Million yen (百万円)

列コード 部門番号		部門名	環境負荷原単位 (生産者価格ベース)				
Column	Sector	Sector name	Embodied energy and emission intensity on producer price basis				
code	number		Energy	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	SPM
			TOE*/MY**	t-C/MY**	kg/MY**	kg/MY**	kg/MY**
411201	282	非住宅建築 (木造)	0.6454	0.5729	4.986	1.720	0.497
		Non-residential construction (wooden)	0.5569	0.5036	4.293	1.453	0.432
411202	283	非住宅建築 (非木造)	0.8773	0.8239	6.014	2.206	0.646
		Non-residential construction (non-wooden)	0.7865	0.7469	5.465	1.920	0.596
412101	284	建設補修	0.8431	0.7634	5.962	2.272	0.679
		Repair of constructions	0.7483	0.6849	5.389	1.966	0.624
413101	285	道路関係公共事業	0.9934	1.0190	11.485	2.653	0.951
		Public construction of roads	0.9210	0.9580	11.063	2.439	0.914
413102	286	河川・下水道・その他の公共事業	0.9137	0.9955	9.696	2.352	0.780
		Public construction of rivers, drainages and others	0.8454	0.9377	9.292	2.150	0.744
413103	287	農林関係公共事業	1.0084	1.0305	14.044	2.542	0.959
		Agricultural public construction	0.9366	0.9709	13.622	2.331	0.921
413201	288	鉄道軌道建設	1.0352	1.1439	9.708	2.841	0.745
		Railway construction	0.9266	1.0505	9.043	2.456	0.686
413202	289	電力施設建設	0.8065	0.7499	6.969	2.215	0.588
		Electric power facilities construction	0.7126	0.6727	6.402	1.879	0.537
413203	290	電気通信施設建設	0.7104	0.6475	5.834	2.113	0.515
		Telecommunication facilities construction	0.6173	0.5744	5.260	1.770	0.462
413209	291	その他の土木建設	1.0037	1.0521	10.376	2.694	0.815
		Other civil engineering and construction	0.9185	0.9794	9.869	2.434	0.769
511101	292	事業用電力	9.8129	6.1193	17.150	13.712	1.613
		Electric power for enterprise use	9.7037	6.0353	16.610	13.401	1.561
511104	293	自家発電	19.4375	17.9855	87.276	73.410	8.295
		Onsite power generation	19.1469	17.7546	85.808	72.531	8.156
512101	294	都市ガス	0.6153	0.4251	3.109	1.418	0.314
		Gas supply	0.4869	0.3313	2.539	1.094	0.258
512201	295	熱供給業	3.9970	2.9151	11.457	14.279	1.300
		Steam and hot water supply	3.9452	2.8765	11.201	14.130	1.275
521101	296	上水道・簡易水道	0.9009	0.6043	2.458	1.627	0.270
		Water supply	0.8658	0.5776	2.277	1.517	0.252

\* TOE=10<sup>7</sup>kcal \*\* MY=Million yen (百万円)

列コード 部門番号		部門名	環境負荷原単位 (生産者価格ベース)				
Column	Sector	Sector name	Embodied energy and emission intensity on producer price basis				
code	number		Energy	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	SPM
			TOE*/MY**	t-C/MY**	kg/MY**	kg/MY**	kg/MY**
521102	297	工業用水	0.9941	0.6553	2.670	1.621	0.273
		Industrial water supply	0.9686	0.6356	2.524	1.539	0.259
521103	298	下水道	2.1716	1.6348	6.222	14.333	1.272
		Sewage disposal	2.1184	1.5947	5.945	14.168	1.245
521201	299	廃棄物処理 (公営)	0.8877	2.9683	15.001	2.587	12.353
		Waste disposal services (public)	0.8482	2.9391	14.778	2.468	12.331
521202	300	廃棄物処理 (産業)	0.6654	2.0570	6.199	2.231	2.860
		Waste disposal services (industrial)	0.6264	2.0282	5.971	2.110	2.838
611101	301	卸売	0.3149	0.2302	2.012	0.851	0.215
		Wholesale trade	0.2876	0.2105	1.824	0.780	0.198
611201	302	小売	0.4883	0.3455	2.255	1.427	0.252
		Retail trade	0.4620	0.3270	2.105	1.341	0.236
621101	303	金融	0.1814	0.1260	0.850	0.459	0.100
		Financial service	0.1622	0.1128	0.734	0.396	0.087
621201	304	生命保険	0.2577	0.1808	1.276	0.657	0.146
		Life insurance	0.2327	0.1635	1.125	0.575	0.129
621202	305	損害保険	0.2296	0.1614	1.116	0.587	0.127
		Non-life insurance	0.2068	0.1454	0.974	0.510	0.112
641101	306	不動産仲介・管理業	0.2883	0.1959	0.981	0.587	0.104
		Real estate agencies and managers	0.2728	0.1848	0.884	0.538	0.095
641102	307	不動産賃貸業	0.3028	0.2092	0.954	0.614	0.102
		Real estate rental service	0.2926	0.2016	0.894	0.581	0.096
642101	308	住宅賃貸料	0.0720	0.0601	0.435	0.196	0.048
		House rent	0.0649	0.0546	0.392	0.173	0.044
711101	309	鉄道旅客輸送	0.8175	0.5966	2.557	1.934	0.370
		Railway transport (passengers)	0.7862	0.5725	2.386	1.835	0.353
711201	310	鉄道貨物輸送	1.2485	0.8959	3.898	3.173	0.770
		Railway transport (freight)	1.2096	0.8656	3.689	3.053	0.749
712101	311	バス	1.0057	0.7709	22.680	2.565	2.385
		Bus transport service	0.9719	0.7469	22.524	2.466	2.370

\* TOE=10<sup>7</sup>kcal \*\* MY=Million yen (百万円)

列コード 部門番号		部門名	環境負荷原単位 (生産者価格ベース)				
Column	Sector	Sector name	Embodied energy and emission intensity on producer price basis				
code	number		Energy	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	SPM
			TOE*/MY**	t-C/MY**	kg/MY**	kg/MY**	kg/MY**
712102	312	ハイヤー・タクシー	0.7829	0.5410	5.619	1.259	0.344
		Hired car and taxi transport	0.7572	0.5229	5.503	1.185	0.333
712201	313	道路貨物輸送	1.4364	1.1008	26.373	4.050	3.012
		Road freight transport service	1.3945	1.0712	26.182	3.930	2.994
713101	314	自家用旅客自動車輸送	3.8731	2.8991	11.736	6.937	1.467
		Transport by private cars (passengers)	3.7163	2.7885	11.072	6.507	1.405
713201	315	自家用貨物自動車輸送	4.1218	3.1436	75.347	9.358	7.700
		Transport by private cars (freight)	3.9754	3.0398	74.716	8.948	7.640
714101	316	外洋輸送	13.2929	10.7533	1042.742	705.027	43.971
		Ocean transport	7.8894	6.3856	622.473	420.997	26.230
714201	317	沿海・内水面輸送	3.2223	2.5836	177.331	104.101	9.610
		Coastal and inland water transport	3.1587	2.5357	176.968	103.877	9.574
714301	318	港湾運送	0.4385	0.3384	15.175	7.024	0.801
		Port transport service	0.4186	0.3235	15.066	6.959	0.790
715101	319	航空輸送	4.0172	3.0137	41.699	1.368	2.634
		Air transport	3.9271	2.9502	41.207	1.142	2.590
716101	320	貨物輸送取扱	0.5454	0.4038	7.020	1.292	0.803
		Freight forwarding	0.5161	0.3833	6.851	1.204	0.786
717101	321	倉庫	0.6011	0.3977	1.890	1.121	0.202
		Storage facility service	0.5782	0.3809	1.759	1.045	0.188
718101	322	梱包	0.6774	0.4861	3.780	2.198	0.479
		Packing and crating service	0.5873	0.4228	3.274	1.894	0.417
718901	323	道路輸送施設提供	0.4073	0.2814	1.608	0.761	0.177
		Facility service for road transport	0.3898	0.2682	1.504	0.703	0.166
718902	324	水運施設管理	0.5278	0.4333	6.428	4.529	0.842
		Port and water traffic control	0.4972	0.4091	6.247	4.434	0.825
718903	325	その他の水運付帯サービス	0.1733	0.1472	1.802	1.309	0.247
		Services relating to water transport	0.1621	0.1388	1.728	1.274	0.240
718904	326	航空施設管理 (国営)	0.6168	0.4202	2.284	1.166	0.248
		Airport and air traffic control (public)	0.5825	0.3953	2.091	1.052	0.227

\* TOE=10<sup>7</sup>kcal \*\* MY=Million yen (百万円)

列コード 部門番号		部門名	環境負荷原単位 (生産者価格ベース)				
Column	Sector	Sector name	Embodied energy and emission intensity on producer price basis				
code	number		Energy	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	SPM
			TOE*/MY**	t-C/MY**	kg/MY**	kg/MY**	kg/MY**
718905	327	航空施設管理 (産業)	0.8079	0.5417	3.276	1.476	0.356
		Airport and air traffic control (industrial)	0.7721	0.5161	3.080	1.356	0.334
718906	328	その他の航空付帯サービス	0.3680	0.2523	1.758	0.823	0.203
		Services relating to air transport	0.3441	0.2349	1.600	0.727	0.185
718909	329	旅行・その他の運輸付帯サービス	0.3385	0.2270	1.437	0.759	0.159
		Travel agency and other services relating to transport	0.3082	0.2061	1.251	0.656	0.139
731101	330	郵便	0.3926	0.2892	5.218	1.258	0.464
		Postal service	0.3449	0.2538	4.278	0.787	0.414
731201	331	国内電気通信 (除移動通信)	0.2620	0.1840	1.205	0.597	0.133
		Domestic telecommunication (except mobile communication)	0.2443	0.1712	1.088	0.542	0.121
731202	332	移動通信	0.1837	0.1338	0.893	0.464	0.105
		Mobile communication	0.1692	0.1234	0.803	0.414	0.095
731203	333	国際電気通信	0.3086	0.2175	1.374	0.692	0.150
		International telecommunication	0.2859	0.2009	1.231	0.625	0.136
731909	334	その他の通信サービス	0.2631	0.1863	1.050	0.485	0.112
		Other services relating to communication	0.2472	0.1743	0.948	0.437	0.102
732101	335	公共放送	0.5063	0.3868	2.689	1.117	0.323
		Public broadcasting	0.4431	0.3403	2.207	0.965	0.284
732102	336	民間放送	0.3850	0.2821	2.269	1.114	0.225
		Private broadcasting	0.3356	0.2465	1.953	0.984	0.195
732103	337	有線放送	0.3927	0.2966	2.103	1.023	0.219
		Cable broadcasting	0.3557	0.2687	1.884	0.910	0.198
811101	338	公務 (中央)	0.5206	0.3893	3.053	1.493	0.311
		Public administration (central)	0.4627	0.3454	2.710	1.309	0.278
811201	339	公務 (地方)	0.4850	0.3746	2.340	1.515	0.295
		Public administration (local)	0.4594	0.3559	2.183	1.428	0.279
821101	340	学校教育 (国公立)	0.2915	0.2076	1.223	0.699	0.148
		School education (public)	0.2756	0.1959	1.116	0.652	0.138
821102	341	学校教育 (私立)	0.3385	0.2436	1.682	0.782	0.211
		School education (private)	0.3152	0.2269	1.539	0.710	0.197

\* TOE=10<sup>7</sup>kcal \*\* MY=Million yen (百万円)

列コード 部門番号		部門名	環境負荷原単位 (生産者価格ベース)				
Column	Sector	Sector name	Embodied energy and emission intensity on producer price basis				
code	number		Energy	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	SPM
			TOE*/MY**	t-C/MY**	kg/MY**	kg/MY**	kg/MY**
821301	342	社会教育 (国公立)	0.8269	0.5603	2.708	1.636	0.344
		Social education (public)	0.7900	0.5344	2.465	1.510	0.319
821302	343	社会教育 (非営利)	0.6835	0.4478	2.297	1.296	0.260
		Social education (private, non-public)	0.6478	0.4231	2.078	1.168	0.235
821303	344	その他の教育訓練機関 (国公立)	1.0815	0.8037	4.087	5.096	0.536
		Other educational and training institutions (public)	1.0447	0.7772	3.834	5.007	0.514
821304	345	その他の教育訓練機関 (産業)	0.8205	0.6172	7.264	3.307	0.801
		Other educational and training institutions (profit making)	0.7842	0.5919	7.054	3.199	0.779
822101	346	自然科学研究機関 (国公立)	0.6701	0.4430	2.077	1.039	0.203
		Research institute for natural sciences (public)	0.6450	0.4251	1.919	0.964	0.187
822102	347	人文科学研究機関 (国公立)	0.1916	0.1362	0.990	0.452	0.114
		Research institutes for cultural and social science (public)	0.1754	0.1254	0.890	0.402	0.103
822103	348	自然科学研究機関 (非営利)	0.2857	0.2034	1.360	0.499	0.155
		Research institute for natural sciences (private, non-profit)	0.2684	0.1911	1.245	0.449	0.144
822104	349	人文科学研究機関 (非営利)	0.1819	0.1387	0.823	0.405	0.119
		Research institutes for cultural and social science (private, non-profit)	0.1668	0.1287	0.734	0.352	0.108
822105	350	自然科学研究機関 (産業)	0.6741	0.4764	2.401	1.701	0.437
		Research institute for natural sciences (profit-making)	0.6461	0.4569	2.248	1.612	0.420
822106	351	人文科学研究機関 (産業)	0.2975	0.2019	1.637	0.807	0.198
		Research institutes for cultural and social science (profit-making)	0.2639	0.1796	1.415	0.697	0.174
822201	352	企業内研究開発	0.7028	0.4806	2.563	1.711	0.364
		Research and development (intra-enterprise)	0.6562	0.4479	2.295	1.545	0.334
831101	353	医療 (国公立)	0.7127	0.5166	3.396	2.253	0.394
		Medical service (public)	0.6460	0.4677	2.997	2.015	0.353
831102	354	医療 (公益法人等)	0.5897	0.4268	2.861	1.798	0.330
		Medical service (non-profit foundations, etc.)	0.5362	0.3875	2.530	1.601	0.296
831103	355	医療 (医療法人等)	0.5702	0.4103	2.782	1.725	0.319
		Medical service (medical corporations, etc.)	0.5172	0.3714	2.439	1.529	0.285
831201	356	保健衛生 (国公立)	0.3934	0.2935	2.059	1.225	0.257
		Health and hygiene (public)	0.3632	0.2720	1.901	1.120	0.239



\* TOE=10<sup>7</sup>kcal \*\* MY=Million yen (百万円)

列コード 部門番号		部門名	環境負荷原単位 (生産者価格ベース)				
Column	Sector	Sector name	Embodied energy and emission intensity on producer price basis				
code	number		Energy	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	SPM
			TOE*/MY**	t-C/MY**	kg/MY**	kg/MY**	kg/MY**
831202	357	保健衛生 (非営利)	0.5743	0.4336	2.828	1.391	0.393
		Health and hygiene (private, non-profit)	0.5275	0.4000	2.578	1.228	0.365
831203	358	保健衛生 (産業)	0.5647	0.4278	3.427	1.647	0.458
		Health and hygiene (profit making)	0.5061	0.3860	3.118	1.445	0.423
831301	359	社会保険事業 (国公立)	0.5349	0.3576	1.773	1.009	0.191
		Social insurance (public)	0.5077	0.3379	1.599	0.907	0.174
831302	360	社会保険事業 (非営利)	0.5699	0.3879	2.052	1.213	0.229
		Social insurance (private, non-profit)	0.5370	0.3642	1.846	1.091	0.208
831303	361	社会福祉 (国公立)	0.4386	0.3095	2.485	1.232	0.281
		Social welfare (public)	0.4021	0.2828	2.093	1.001	0.243
831304	362	社会福祉 (非営利)	0.4754	0.3379	2.774	1.396	0.311
		Social welfare (private, non-profit)	0.4327	0.3065	2.325	1.130	0.267
841101	363	対企業民間非営利団体	0.4607	0.3318	2.362	1.638	0.268
		Private non-profit organizations serving enterprises	0.4082	0.2945	2.050	1.448	0.234
841102	364	対家計民間非営利団体 (除別掲)	0.3807	0.2700	2.055	1.000	0.235
		Private non-profit organizations serving households, n.e.c.	0.3396	0.2414	1.791	0.858	0.207
851101	365	広告	0.6335	0.4213	3.058	2.081	0.400
		Advertising services	0.5545	0.3704	2.608	1.819	0.342
851201	366	情報サービス	0.3209	0.2208	1.539	0.834	0.179
		Information service	0.2890	0.1989	1.345	0.731	0.158
851202	367	ニュース供給・興信所	0.3117	0.2234	1.947	0.741	0.194
		News syndicates, and private detective agencies	0.2678	0.1918	1.624	0.635	0.166
851301	368	物品賃貸業 (除貸自動車)	0.2000	0.1478	1.127	0.519	0.118
		Goods rental and leasing (except car renting)	0.1745	0.1287	0.962	0.438	0.103
851401	369	貸自動車業	0.1952	0.1438	1.790	0.425	0.177
		Car rental and leasing	0.1814	0.1337	1.714	0.382	0.169
851510	370	自動車修理	0.6529	0.5041	3.335	2.036	0.349
		Repair of motor vehicles	0.5732	0.4416	2.911	1.762	0.307
851610	371	機械修理	0.6405	0.4970	3.120	1.597	0.316
		Repair of machine	0.5542	0.4271	2.653	1.331	0.272

\* TOE=10<sup>7</sup>kcal \*\* MY=Million yen (百万円)

列コード 部門番号		部門名	環境負荷原単位 (生産者価格ベース)				
Column	Sector	Sector name	Embodied energy and emission intensity on producer price basis				
code	number		Energy	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	SPM
			TOE*/MY**	t-C/MY**	kg/MY**	kg/MY**	kg/MY**
851901	372	建物サービス Building maintenance services	0.2398 0.2112	0.1760 0.1554	1.540 1.357	0.669 0.572	0.174 0.156
851902	373	法務・財務・会計サービス Judicial, financial and accounting services	0.2570 0.2332	0.1842 0.1678	1.286 1.138	0.549 0.473	0.150 0.134
851903	374	土木建築サービス Civil engineering and construction services	0.3831 0.3432	0.2645 0.2384	1.926 1.680	0.859 0.729	0.243 0.214
851904	375	労働者派遣サービス Worker dispatching services	0.0542 0.0487	0.0375 0.0337	0.271 0.237	0.153 0.136	0.030 0.026
851909	376	その他の対事業所サービス Other business services	0.2717 0.2452	0.1915 0.1723	1.316 1.096	0.672 0.566	0.134 0.116
861101	377	映画・ビデオ制作 配給業 Motion picture production, and supply	0.4412 0.3830	0.3147 0.2727	2.174 1.823	0.954 0.801	0.229 0.195
861102	378	映画館 Movie theaters	1.0214 0.9695	0.6987 0.6612	3.489 3.189	2.424 2.283	0.378 0.349
861103	379	劇場・興行場 Theater and entertainment facilities	0.5280 0.4963	0.3638 0.3406	1.996 1.810	1.141 1.050	0.212 0.194
861104	380	遊戯場 Amusement and recreation facilities	0.8615 0.8215	0.5968 0.5680	3.218 2.984	1.975 1.844	0.339 0.315
861105	381	競輪 競馬等の競走場 競技団 Stadiums and companies of bicycle, horse, motorcar and motorboat race	0.3862 0.3613	0.2762 0.2582	2.093 1.940	0.979 0.900	0.226 0.210
861106	382	スポーツ施設提供業 公園 遊園地 Sport facility service, public gardens and amusement parks	0.4485 0.4185	0.3290 0.3074	2.333 2.165	1.144 1.049	0.267 0.249
861107	383	興行団 Theatrical companies	0.4346 0.3775	0.3188 0.2771	2.404 2.000	0.979 0.832	0.253 0.218
861109	384	その他の娯楽 Other amusement and recreation services	0.3611 0.3406	0.2724 0.2577	1.655 1.539	0.813 0.746	0.199 0.187
861201	385	一般飲食店 (除喫茶店) General eating and drinking place (except coffee shops)	0.7203 0.6326	0.5220 0.4558	5.785 4.485	3.168 2.448	0.660 0.532
861202	386	喫茶店 Coffee shops	0.8073 0.7338	0.5663 0.5113	4.338 3.593	2.395 1.964	0.519 0.438

\* TOE=10<sup>7</sup>kcal \*\* MY=Million yen (百万円)

列コード 部門番号		部門名	環境負荷原単位 (生産者価格ベース)				
Column	Sector	Sector name	Embodied energy and emission intensity on producer price basis				
code	number		Energy	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	SPM
			TOE*/MY**	t-C/MY**	kg/MY**	kg/MY**	kg/MY**
861203	387	遊興飲食店	0.5881	0.4217	3.812	2.061	0.445
		Eating and drinking places for pleasures	0.5293	0.3776	3.087	1.655	0.371
861301	388	旅館 その他の宿泊所	0.7253	0.5445	4.337	2.353	0.545
		Hotel and other lodging places	0.6631	0.4983	3.597	1.940	0.473
861901	389	洗濯 洗張 染物業	0.6485	0.4899	3.249	1.076	0.426
		Cleaning, laundries and dyeing services	0.6196	0.4691	3.092	0.988	0.409
861902	390	理容業	0.3695	0.2636	1.400	0.486	0.143
		Barber shops	0.3515	0.2506	1.299	0.428	0.132
861903	391	美容業	0.3351	0.2421	1.493	0.613	0.163
		Beauty shops	0.3090	0.2232	1.324	0.516	0.146
861904	392	浴場業	1.7417	1.2506	5.164	5.137	0.799
		Public baths	1.7026	1.2223	4.973	5.015	0.779
861905	393	写真業	0.4431	0.3252	3.115	1.273	0.358
		Photographic studios	0.3873	0.2854	2.823	1.074	0.324
861906	394	冠婚葬祭業	0.7109	0.5176	3.515	1.661	0.431
		Ceremonial occasions	0.6727	0.4894	3.275	1.518	0.407
861907	395	各種修理業 (除別掲)	0.6309	0.4972	3.287	1.288	0.415
		Miscellaneous repairs, n.e.c	0.5783	0.4578	2.973	1.126	0.384
861908	396	個人教授所	0.3773	0.2674	1.651	0.780	0.183
		Places for private lessons	0.3548	0.2510	1.512	0.703	0.169
861909	397	その他の対個人サービス	0.4894	0.3633	2.395	1.021	0.279
		Other personal services	0.4566	0.3390	2.173	0.895	0.258
890000	398	事務用品	1.6464	1.0575	8.138	6.375	1.254
		Office supplies	1.3706	0.8852	6.837	5.297	1.047
900000	399	分類不明	0.5871	0.4930	4.308	2.112	0.413
		Activities not elsewhere classified	0.5342	0.4529	3.770	1.792	0.374



## CD-ROM の動作確認

インストールの必要はなく、CD-ROM は自動実行し、Web 形式で内容が表示される。CD-ROM 動作確認は以下の 2 つのコンピュータシステムを用いて行ったが、CD-ROM の動作環境はこれらに限定されるものではない。

< Microsoft WindowsRの場合 >

・オペレーティングシステム

Microsoft Windows® 2000

・ソフトウェア

Microsoft Excel® 2000

Adobe Acrobat Reader® 4.0

Microsoft Internet Explorer® 5.5 (Macromedia Flash® 5 のプラグイン)

・コンピュータシステム

300 MHz Intel Celeron® プロセッサ

128 MB のメモリ

解像度 1280 × 1024 色表示モニタ

12 倍速 CD-ROM ドライブ

< MacintoshRの場合 >

・オペレーティングシステム

Macintosh MacOS® 9.1

・ソフトウェア

Microsoft Excel® 2001 for Mac

Adobe Acrobat Reader®5.0

Netscape Navigator® 4.7 (Macromedia Flash® 5 のプラグイン)

・コンピュータシステム

PowerMac® G3 300 MHz プロセッサ

64 MB のメモリ

解像度 1280 × 1024 色表示モニタ

4 倍速 CD-ROM ドライブ

## Confirmation of CD-ROM Operation

No separate software installation is required. The 3EID CD-ROM plays automatically and displays its content using a Web browser. The CD-ROM is confirmed to be viewable in the following two computer systems. However, computer system requirement for the CD-ROM operation is not limited to these systems.

<For Microsoft Windows®>

•Operating system

Microsoft Windows® 2000

•Software

Microsoft Excel® 2000

Adobe Acrobat Reader® 4.0

Microsoft Internet Explorer® 5.5 (Plug in Macromedia Flash® 5)

•Computer system

300 MHz Intel Celeron® processor

128 MB RAM

Monitor capable of 1280 x 1024 resolution

12x CD-ROM drive

<For Macintosh®>

•Operating system

Macintosh MacOS® 9.1

•Software

Microsoft Excel® 2001 for Mac

Adobe Acrobat Reader® 5.0

Netscape Navigator® 4.7 (Plug in Macromedia Flash® 5)

•Computer system

PowerMac® G3 300 MHz processor

64 MB RAM

Monitor capable of 1280 x 1024 resolution

4x CD-ROM drive



## CGER-REPORT

---

### 産業連関表による環境負荷原単位データブック (3EID)

—LCA のインベントリデータとして—

2002年3月31日 第1刷発行

2002年9月27日 第2刷発行

2002年12月24日 第3刷発行

著者 南齋規介，森口祐一，東野 達

発行 独立行政法人国立環境研究所 地球環境研究センター

〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2

電話：029-850-2349 FAX：029-858-2645

E-mail：cgerdb@nies.go.jp

WWW：http://www-cger.nies.go.jp/index-j.html

[印刷所] 株式会社 イセブ 〒305-0005 茨城県つくば市天久保 2-11-20

電話：029-851-2515 FAX：029-852-8501

http://www.isebu.co.jp/

---

本書の全部または一部を，独立行政法人国立環境研究所に無断で転載，複製することを禁じます。

落丁本・乱丁本はお取り替えいたします。

ISSN 1341-4356

CGER-D031-2002

