

平成 12 年環境分析用産業連関表
- 推計方法および計測結果 -

中野 諭

2005 年 7 月
KEO Discussion Paper No. 98

平成 12 年環境分析用産業連関表*

—推計方法および計測結果—

中野 諭†

2005 年 7 月

概要

日本をはじめとする先進国の温室効果ガス排出削減義務が規定された京都議定書が、ロシアによる同議定書の批准によって 2005 年 2 月に発効した。日本は第一約束期間 (2008 ~ 12 年) までに 1990 年比 6% の温室効果ガス削減を求められているが、現在に至るまで国内の温室効果ガス排出量は減どころか増え続けている。そのため、約束期間を目前に控え、日本はさらに積極的な地球温暖化対策が求められている。

本稿は、『平成 12(2000) 年産業連関表』が公表されたことにもない、平成 12(2000) 年環境分析用産業連関表の推計を行い、その推計の方法を詳細に報告したものである。また、環境分析用産業連関表が推計されたことによって、現時点で最新の日本の CO₂ 排出構造を、経済活動 (アクティビティ) 別に詳細に分析する枠組みが整えられた。このデータベースは、地球温暖化対策を考える上で、必要不可欠な情報の 1 つと言えよう。

1 はじめに

日本をはじめとする先進国の温室効果ガス排出削減義務が規定された京都議定書が、ロシアによる同議定書の批准によって 2005 年 2 月に発効した。日本は第一約束期間 (2008 ~ 12 年) までに 1990 年比 6% の温室効果ガス削減を求められているが、現在に至るまで国内の温室効果ガス排出量は減どころか増え続けている。そのため、約束期間を目前に控え、日本はさらに積極的な地球温暖化対策が求められている。

一方で、京都議定書が採択された 1997 年の COP3 以降も、地球温暖化対策に関する国際的な議論は進展し、すでに COP10 まで実施されている。2005 年末には COP11 を迎え、柔軟性措置などに関するさらなる議論に加えて、ポスト京都議定書の次期約束の検討が進められようとしている。このような国際的合意に基づいた地球温暖化対策は、一国のみではなく、東アジア地域をはじめとする地域の協調のもとで進められることが、今後は求められるだろう。

慶應義塾大学産業研究所環境問題分析グループでは、昭和 60(1985) 年表を初めての試みとして『環境分析用産業連関表』の推計作業を行い、それをもちいた分析を行ってきた。1990 年、95 年表の推計作業を行う過程で、推計方法もより精緻なものに改善されてきた。さらに『平成 12(2000) 年産業連関表』[1] が公表されたことにもない、本稿では、基本的には 1995 年環境分析用産業連関表で採用された推計方法をもちいて平成 12(2000) 年環境分析用産業連関表の推計を行った。これによって、現時点で最新の日本の CO₂ 排出構造を、経済活動 (アクティビティ) 別に詳細に分析する枠組みが整えられた。

*本研究は、韓国エネルギー経済研究院 (KEEI) との共同研究の一環で行われた。また、同機関からは財政的なサポートを受けた。横浜国立大学大学院環境情報研究院：本藤祐樹助教授には、石灰石の燃焼比率に関する情報をご提供いただいた。そして、慶應義塾大学大学院商学研究科 (当時)：山本悠介氏には、資料の収集および整理に協力していただいた。ここで記して感謝したい。なお本稿における誤りについては、執筆者の責任である。

†慶應義塾大学産業研究所

本稿の目的は、2000年環境分析用産業連関表の推計方法とその結果を報告することである。今回の推計で特に留意した点は、推計方法の精緻化だけにとどまらず、国際比較が可能な形式にしたことである。現在、慶應義塾大学産業研究所では、韓国エネルギー経済研究院(KEEI)との共同研究で、日本と韓国のCO₂排出構造を統一的な枠組みで比較する分析を試みている。これは国ごとに簡略化された環境分析用産業連関表を、統一された部門分類とエネルギー分類のもとで作成・比較しようとする試みであり、日本の表には本稿で推計された環境分析用産業連関表が集計された形で使われている。

本稿の構成は以下の通りである。次節では環境分析用産業連関表を構成している各表について概説し、第3節では各表の推計の方法について詳説している。第4節では計測結果について吟味している。そして、第5節では、環境分析用産業連関表を国際比較が可能な形式に変換する方法を述べている。

2 環境分析用産業連関表の構成

環境分析用産業連関表の構成は以下の図1に示す通りである。以下、順に各表の説明をしていく。

アクティビティ
1, 2, 3, ..., j , ..., 405

コモディティ 1, 2, 3, ⋮ ⋮ i , ⋮ ⋮ 517	金額表 (517 × 405)	最終需要 (517 × 21)	生産額
	付加価値 (10 × 405)		
	生産額 (1 × 405)		
エネルギー 品目 1, 2, ⋮ 53	物量表 (53 × 405)	(53 × 21)	
エネルギー 品目 1, 2, ⋮ 53	熱量換算表 (53 × 405)	(53 × 21)	
エネルギー 品目 1, 2, ⋮ 53	CO ₂ 換算表 (53 × 405)	(53 × 21)	
エネルギー 品目 1, 2, ⋮ 53	CO ₂ 控除量表 (53 × 405)	(53 × 21)	
エネルギー 品目 1, 2, ⋮ 53	CO ₂ 排出量表 (53 × 405)	(53 × 21)	

図 1: 環境分析用産業連関表の構成

最終需要で CO₂ 排出量を推計しているのは、エネルギー品目が消費活動によって燃焼されている部門にかぎっている。したがって、最終需要部門のうち、実際に推計を行っているのは家計外消費支出 (列)、家計消費支出である。

表 1: 環境分析用産業連関表のエネルギー品目一覧

名称	物量単位 Unit	物量単位当 たり発熱量 Mcal/Unit	熱量単位当 たり CO ₂ 排出量 kg-CO ₂ /Gcal	炭素含有率 (重量比) %
1 石灰石	t			12.0
2 フライアッシュ	t			
3 高炉スラグ	t			
4 転炉スラグ	t			
5 電気炉スラグ	t			
6 原料炭	t	7,600	363.000	
7 一般炭	t	6,074	379.280	
8 原油	kl	9,250	286.403	
9 天然ガス	1000m ³	9,800	206.763	
10 LNG	t	13,000	206.763	
11 ガソリン	kl	8,400	280.793	
12 ジェット燃料油	kl	8,700	281.050	
13 灯油	kl	8,900	284.093	
14 軽油	kl	9,200	287.430	
15 A 重油	kl	9,300	290.070	
16 B・C 重油	kl	9,800	299.933	
17 ナフサ	kl	8,000	278.850	
18 液化石油ガス	t	12,000	250.543	
19 改質生成油	kl	8,000	294.894	
20 炭化水素油	kl	9,800	322.703	
21 石油系炭化水素ガス	1000m ³	9,400	217.191	
22 石油コークス	t	8,500	389.107	
23 コークス	t	7,200	451.000	
24 コークス炉ガス	1000m ³	4,800	188.600	
25 高炉ガス	1000m ³	800	910.800	
26 転炉ガス	1000m ³	2,000	767.100	
27 電気炉ガス	1000m ³	2,000	767.100	
28 炭鉱ガス抜きガス	1000m ³	8,600	210.400	
29 コールタール	t	7660	432.250	
30 粗ベンゾール	t			92.3
31 銑鉄	t			4.0
32 粗鋼（転炉）	t			0.3
33 粗鋼（電気炉）	t			0.3
34 銑くず	t			4.0
35 鋼くず	t			0.3
36 事業用電力	百万 kwh	860,000		
37 自家発電	百万 kwh	860,000		
38 廃熱発電	百万 kwh	860,000		
39 都市ガス	1000m ³	10,000	213.950	
40 熱供給	GJ	239		
41 パルプ黒液	絶乾 t	3,000	394.203	
42 一般廃棄物	t	1,580	353.300	
43 廃材	絶乾 t	4,000	322.300	
44 動植物性残さ	t			
45 紙屑	t	4,490	378.619	
46 木屑	t	4,200	404.762	
47 繊維屑	t			
48 廃油	t	6,450	449.612	
49 廃プラ	t	7,726	336.526	
50 汚泥	t	3,500	314.286	
51 廃タイヤ	t	7,726	336.526	
52 高炉ダスト	t			30.0
53 古紙	t			

2.1 金額表

金額表は、各コモディティがどのアクティビティにどれだけ投入されているかを生産者価格表示の金額で示したものである。2000年環境分析用産業連関表においては、『平成12(2000)年産業連関表』「取引基本表」(10省庁共通部門分類、列405×行517)を、それぞれそのまま金額表として使用する。ただし、部門統合による正方化によって分析を行う際には、次のような統合をおこなう。まず、取引基本表の7桁の行コードの上から6桁目が等しい部門を統合する。これによって行部門は、401部門になる。次に、表2に従って、列部門を統合する。以上の作業で、列399×行399に正方化された金額表が得られる。また統合の方法は、鉄屑、非鉄金属屑を仮設部門として設けるケースもある。

表 2: 統合を行った部門の環境分析用産業連関表と取引基本表の部門分類の対応

環境分析用産業連関表 の部門分類		取引基本表の部門分類	
コード	部門名称	コード	部門名称
列部門			
011300	野菜	011301	野菜(露地)
		011302	野菜(施設)
031100	沿岸・沖合・遠洋漁業	031101	沿岸漁業
		031102	沖合漁業
		031103	遠洋漁業
031200	内水面漁業・養殖業	031201	内水面漁業
		031202	内水面養殖業
261101	銑鉄	261101	銑鉄
271109	その他の非鉄金属地金	271109	その他の非鉄金属地金
511100	事業用電力	511101	事業用原子力発電
		511102	事業用火力発電
		511103	水力・その他の事業用発電
行部門			
011300	野菜	011300	野菜
031100	沿岸・沖合・遠洋漁業	031100	海面漁業
031200	内水面漁業・養殖業	031200	内水面漁業・養殖業
261101	銑鉄	261101	銑鉄
		261201	鉄屑
271109	その他の非鉄金属地金	271109	その他の非鉄金属地金
		271201	非鉄金属屑
511100	事業用電力	511100	事業用電力

2.2 物量表

物量表は、表1であげたエネルギー品目が各アクティビティにどれだけ投入されているかを物量単位で示したものである。これらのエネルギー品目には、エネルギー以外の品目も含まれている。そのうち、石灰石、銑鉄、粗鋼(転炉・電気炉)、鉄屑、高炉ダストは、CO₂排出量を推計するための炭素収支計算を行うために必要である。また、フライアッシュ、高炉スラグ、転炉スラグ、

電気炉スラグのように、CO₂ 排出源となる他の投入要素（例えば、セメント生産において投入される石灰石）の代替物になるものも含まれている。

2.3 熱量換算表

熱量換算表は、物量表を表 1 であげた物量単位当たり発熱量をもちいて熱量単位で表したものである。熱量換算表では、各アクティビティにおけるエネルギー品目総投入量が示されるため、どのアクティビティでエネルギーを大量に消費しているのかを認識することができる。

2.4 CO₂ 換算表・CO₂ 控除量表・CO₂ 排出量表

CO₂ 換算表は、表 1 であげたエネルギー品目の各アクティビティに対する投入量を CO₂ で表したものである。従って、投入量すべてが燃焼、あるいは化学反応プロセスによって CO₂ に変化した数値であるともいえる。しかし、実際は消費されているものすべてが燃やされている、あるいは CO₂ を排出する化学反応プロセスをともなっているわけではなく、原料用の消費分も存在している。これらの部分の CO₂ 発生量を差し引く必要がある。この控除分を示したのが、CO₂ 控除量表である。したがって、CO₂ 換算表から CO₂ 控除量表をひいた CO₂ 排出量表が、実際に排出された CO₂ 量を示している。

3 環境分析用産業連関表の推計

2000 年表の推計は、1995 年の環境分析用産業連関表の作成方法 [2] に則している。以下では、環境分析用産業連関表を構成する各表の推計方法を詳説する。

3.1 物量表

3.1.1 産業連関表の物量表から得られるデータ

原料炭、一般炭、原油、ガソリン、ジェット燃料油、灯油、軽油、A 重油、B・C 重油、ナフサ、液化石油ガス、コークス、事業用電力、都市ガス、および熱供給の投入物量は、『産業連関表』の付帯表である「物量表」から得られる。ただし、『2000 年産業連関表』「物量表」では石炭にかんする情報を得ることはできるものの、それを原料炭と一般炭に分割することはできない。そのため、『2000 年産業連関表』「物量表」の石炭投入量を、1995 年で原料炭を投入した部門のみ、1995 年における原料炭と一般炭の投入比率をもちいて分割し、2000 年の原料炭および一般炭投入量とした。

3.1.2 天然ガス、LNG の物量の推計について

天然ガス、LNG の消費量は、『産業連関表』の「取引基本表」から推計している。まず「取引基本表」の天然ガス部門には天然ガスだけでなく、LNG も含まれている。また、「取引基本表」には天然ガス部門の各部門への投入額だけでなく、各部門への投入額のうち輸入分の金額も示されている。現在、LNG は国内で生産されておらず、すべて輸入されている。一方、天然ガスは国内生産のみで輸入はされていない。したがって、「取引基本表」に示されている天然ガス部門の各部門への投入額のうち、輸入分は LNG、国産分は天然ガスであることになる。以上に基づき、「取

引基本表」に示されている各部門への投入額の中の輸入分を LNG 単価で除して LNG 消費量を計測し、国産分を天然ガス単価で除して天然ガス消費量を計測した。

関税・輸入商品税込みの LNG 単価は、『産業連関表』の LNG 投入額（天然ガス投入額の輸入分）合計を『日本貿易月表』[3]の輸入量で除して求めた。そして、「取引基本表」の各部門に対する天然ガス投入額のうち輸入分を、こうして求められた LNG 単価で除して物量を求めた。また、天然ガスについては、まず『産業連関表』の「部門別品目別国内生産額表」における天然ガスの単価と圧縮ガスの単価をそれぞれの生産数量をウェイトとして加重平均し、それを天然ガスの単価とした。そして、その単価で「取引基本表」における各部門に対する天然ガスの投入額を除して物量を求めた。

物量表の推計にもちいた LNG と天然ガスの単価を表 3 に示した。

表 3: 物量表の推計にもちいた LNG と天然ガスの単価*

	LNG の単価	天然ガスの単価
	円/t	円/1000m ³
2000 年	28,199	31,494

* 『産業連関表』、『日本貿易月表』より作成。

3.1.3 副生ガス等の物量の推計について

3.1.3.1 鉱業・製造業部門 改質生成油、炭化水素油、石油系炭化水素ガス、石油コークス、コークス炉ガス、高炉ガス、転炉ガス、電気炉ガス、炭鉱ガス抜きガス、および廃タイヤの鉱業・製造業部門（鉄鋼 10 部門、石油製品部門を除く）における消費量は、『石油等消費構造統計表』[4]「産業別統計表」に記載されている、「(1) 燃料別の受入、発生・回収又は生産、消費、払出、在庫」、「(2) 電力の購入、自家発電、消費及び販売」をもちいて推計した。

『石油等消費構造統計表』の産業分類は『工業統計表』の産業分類に基づいており、産業連関表の部門分類とは異なっている。したがって『石油等消費構造統計表』の産業分類別エネルギー消費量のデータを、『産業連関表』の部門分類に組み替えている。その作業手順を以下に示す。

I. 『工業統計表』の産業分類を『産業連関表』の部門分類へ組み替えるためのコンバータを作成する。

『工業統計表』の産業分類と『産業連関表』の部門分類のコンバータは、『産業連関表』の「産業連関表 - 工業統計（産業）コード対応表」を使用した。このコード対応表は、『産業連関表』列部門コード、『産業連関表』列部門名称、『工業統計表』産業コード、比率（%）という形式で示されているので、これを図 2 のようなコンバータに変換する。図 2 を縦方向に見ていくと『産業連関表』の各部門には、『石油等消費構造統計表』のどの産業が対応し、その産業におけるエネルギー品目消費量の何 % が格付けられているのかが示される。たとえば第 i 列目を縦方向に見ていくと、『産業連関表』の第 i 部門には、『石油等消費構造統計表』の第 1 産業のエネルギー消費量のうちの Sh_{1i} %、第 2 産業の Sh_{2i} % が格付けられているということがわかる。ここで Sh_{ki} は、『石油等消費構造統計表』の第 k 産業のエネルギー消費量のうち、産業連関表の第 i 部門に格付けられる割合を示す。

		産業連関表の部門分類								
		1	2	...	...	i	...	...	n	
石油等消費構造統計	石	1	Sh_{11}	Sh_{12}	...	...	Sh_{1i}	...	...	Sh_{1n}
	油	2	Sh_{21}	Sh_{22}	...	...	Sh_{2i}	...	...	Sh_{2n}
	等	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	消	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	費	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	統	k					Sh_{ki}			
計	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
類	m	Sh_{m1}	Sh_{m2}	...	...	Sh_{mi}	...	...	Sh_{mn}	

図 2: コンバータの形式 (1)

II. 『工業統計表』産業分類別のエネルギー消費量（自家発電用を含む）、ボイラ用エネルギー消費（自家発電用を含む）、自家発電量をコンバータにしたがって『産業連関表』部門分類へ組み替える¹。

第一に、『工業統計表』の産業分類別のエネルギー消費量のデータ（『石油等消費構造統計表』『産業別統計表』『(1)燃料別の受入、発生・回収又は生産、消費、払出、在庫』における消費合計）をコンバータにしたがって『産業連関表』部門分類へ組み替える。計算式は次式で与えられる。

$$EIO_{ji}^T = \sum_k ECI_{jk}^T \cdot \frac{Sh_{ki}}{100} \quad (1)$$

ECI_{jk}^T : 第 k 産業（工業統計の産業分類）における第 j エネルギー品目の消費量（自家発電用を含む）
 EIO_{ji}^T : 第 i 部門（産業連関表の部門分類）における第 j エネルギー品目の消費量（自家発電用を含む）

第二に、『石油等消費構造統計表』『産業別統計表』『(1)燃料別の受入、発生・回収又は生産、消費、払出、在庫』では各産業におけるエネルギー消費総量の用途別内訳（原料用、ボイラ用、コージェネレーション用、直接加熱用、その他用）も記載されている。その用途別内訳のうちボイラ用エネルギー消費量について、コンバータにしたがって『産業連関表』部門分類へ組み替える。計算式は次式で与えられる。

$$EIO_{ji}^b = \sum_k ECI_{jk}^b \cdot \frac{Sh_{ki}}{100} \quad (2)$$

ECI_{jk}^b : 第 k 産業（工業統計の産業分類）における第 j エネルギー品目のボイラ用消費量（自家発電用を含む）
 EIO_{ji}^b : 第 i 部門（産業連関表の部門分類）における第 j エネルギー品目のボイラ用消費量（自家発電用を含む）

¹ 『石油等消費構造統計表』では、コージェネレーション用エネルギー消費にかんする情報を得ることができる。しかし、ここではそれを自家発電用として取り扱わず、各アクティビティのエネルギー消費として計上している。

第三に『石油等消費構造統計表』『産業別統計表』『(2) 電力の購入、自家発電、消費及び販売』には各産業の自家発電量が記載されている。この自家発電量についても、コンバータにしたがって『産業連関表』部門分類へ組み替える。計算式は次式で与えられる。

$$SPIO_i = \sum_k SPCI_k \cdot \frac{Sh_{ki}}{100} \quad (3)$$

$SPCI_k$: 第 k 産業（工業統計の産業分類）の自家発電量
 $SPIO_i$: 第 i 部門（産業連関表の部門分類）の自家発電量

III. 『産業連関表』部門分類に組み替えられたボイラ用エネルギー消費量、自家発電量から自家発電用エネルギー消費量を推計する。

上のように組み替えられた『石油等消費構造統計表』のデータは、自家発電用のエネルギー消費分について修正する必要がある。『石油等消費構造統計表』における各産業のエネルギー消費量には、自家発電のために消費された分も含まれている。それに対して『産業連関表』では各部門が行った自家発電活動を、その部門の主たる生産活動とは別に自家発電部門という部門を設けて集計している²。したがって、『石油等消費構造統計表』から組み替えられたエネルギー消費量に含まれる、自家発電用エネルギー消費量を除く必要がある。

ボイラ用のエネルギー消費によって蒸気が発生し、その一部でタービンを回転させて発電する。他の蒸気は、生産工程用に消費される。このような自家発電（火力）プロセスを考慮して、ボイラ用エネルギー消費量の一部を、全消費発熱量に占める自家発電用消費発熱量の割合で自家発電用エネルギー消費量に配分した。計算式は、次式で与えられる。

$$EIO_{ji}^s = \frac{ELH \cdot SPIO_i}{\sum_j (EH_j \cdot EIO_{ji}^b)} \cdot EIO_{ji}^b \quad (4)$$

EIO_{ji}^s : 第 i 部門における第 j エネルギー品目の自家発電用エネルギー消費量
 ELH : 電力 1kWh あたり発熱量 860kcal/kwh に熱効率 38.1 % を考慮した発熱量 (= 2250 kcal/kwh ([5]))
 (発電は、熱量投入うち、38~39 % のエネルギーしか電力に転換できない。)
 EH_j : 第 j エネルギー品目の物量単位あたり発熱量

IV. 推計された自家発電用エネルギー消費量を合計し、『産業連関表』の自家発電部門のエネルギー消費量に加える。

最終的に『産業連関表』の第 i 部門と自家発電部門における第 j エネルギー品目の（自家発電用を除く）消費量が、次のように求められる。

$$EIO_{ji} = EIO_{ji}^T - EIO_{ji}^s \quad (5)$$

$$EIO_j^s = \sum_i EIO_{ji}^s \quad (6)$$

EIO_{ji} : 第 i 部門における第 j エネルギー品目の消費量（自家発電用を除く）
 EIO_j^s : 自家発電部門における第 j エネルギー品目の消費量

² 『産業連関表』では、1 アクティビティ1 コモディティの仮定をおいている。

3.1.3.2 鉄鋼 10 部門 炭化水素油、石油コークス、コークス炉ガス、高炉ガス、転炉ガス、電気炉ガス、コールドロールの鉄鋼 10 部門 (銑鉄、フェロアロイ、粗鋼 (転炉)、粗鋼 (電気炉)、熱間圧延鋼材、鋼管、冷間仕上鋼材、めっき鋼材、鋳鍛鋼、鋳鉄品及び鍛工品 (鉄)) における消費量は、『鉄鋼統計年報』の「8. 月報別統計年表 (3) 石油等消費統計」に記載されている「2-1. 電力受払、2-2. 蒸気受払」および「3. 部門別消費内訳」をもちいて推計している。また、銑屑・鋼屑のデータは『鉄鋼統計年報』[6] の「3. 原材料 (1) 鉄くず」より得た。ただし、ここから得られる情報は、銑屑の投入にかんするもののみである。3.3.6 の「炭素収支表方式」でもちいる副生ガス等の産出量にかんしては、『鉄鋼統計年報』の「8. 月報別統計表 (3) 石油等消費統計 1. 燃料受払」をもちいている。『石油等消費構造統計表』をもちいなかった理由は、『産業連関表』の鉄鋼部門の分類概念と『工業統計表』の鉄鋼産業の分類概念の違いが、他の部門と比較して特に大きいからである。例えば、産業連関表の鉄鋼部門の分類では、銑鉄、粗鋼 (転炉・電気炉)、熱間圧延鋼材、… というようにアクティビティ別あるいはコモディティ別の分類概念がとられているが、工業統計の鉄鋼産業の分類では、高炉による製鉄業、その他の高炉によらない製鉄業、… というように、事業所別あるいは生産主体別の概念となっている。従って、「産業連関表 - 工業統計 (産業) コード対応表」をもちいる推計では、銑鉄のように事業所の出荷製品に占める割合が低いコモディティでは、エネルギー品目投入量が過小評価されてしまう。逆に、圧延鋼材のように事業所の出荷製品に占める割合が高いコモディティでは、エネルギー品目投入量が過大評価される。そこで産業連関表の部門分類への組み替えは表 4 に従って行った³。

表 5 は、鉄鋼 10 部門のエネルギー消費量の推計結果である。この表では、鉄鋼部門のエネルギー消費量を鉄鋼統計年報に記載されているデータと、産業連関表の部門分類へ組み替えた後のデータに分けて示している。

³1995 年までは、石油等消費動態統計の「3. 指定生産品目別統計」に記載されている「(2) 指定品目別エネルギー消費量の推移 13. 機械器具製品」における銑鉄鋳物・可鍛鋳鉄を産業連関表の鋳鉄品及び鍛工品 (鉄) 部門に対応させていた。しかし、2000 年の石油等消費動態統計 [7] では、銑鉄鋳物・可鍛鋳鉄にかんする情報を得ることができなくなった。そのため、鋳鉄品及び鍛工品 (鉄) 部門のコークス炉ガス投入量は、前節のように石油等消費構造統計表をもちいて推計している。

表 4: 鉄鋼統計年報の項目と産業連関表の部門分類の対応関係

項目	産業連関表の部門への格付け
『鉄鋼統計年報』	
焼結用 ペレット用 銑鉄用	銑鉄部門に統合
フェロアロイ用	フェロアロイ部門に格付け
製鋼用（転炉）	粗鋼（転炉）部門に格付け
製鋼用（電気炉）	粗鋼（電気炉）部門に格付け
鍛鋼用 鋳鋼用	鋳鍛鋼部門に統合
圧延鋼管用	熱間圧延鋼材、鋼管、冷間仕上鋼材に分割 ^(a)
その他の鉄鋼部門	めっき鋼材部門に格付け
発電・ボイラ・コージェネ レーション用	発電用とボイラ用に分割 ^(b) 発電用とボイラ・コージェネレ - ション用に分割 ^(b) 発電用を自家発電に格付け ボイラ・コージェネレ - ション用を産業連関表の鉄鋼 10 部門に配分 ^(c)
コークス製造部門	石炭製品部門に格付け

(a) 『産業連関表』の「物量表」から得られるエネルギー品目投入量を熱量換算して各部門ごとに合計し、これを配分比率とした。

(b) 配分は『鉄鋼統計年報』の「石油等消費統計」電力・蒸気受払による、自家発電用と生産工程用の蒸気消費量の比率をもちいた。

(c) 配分は各部門の各エネルギー品目消費量に比例させた。

表 5: 2000 年鉄鋼 10 部門のエネルギー消費量*

部門名称	コークス炉ガス 1000m ³	高炉ガス 1000m ³	転炉ガス 1000m ³	電気炉ガス 1000m ³	炭化水素油 kl	石油コークス t	タール t
『鉄鋼統計年報』、『石油等消費構造統計表』のデータ							
焼結鉱用	157,390	57,197	29,409	0	0	0	2,072
ペレット用 (団鋼を含む)	52,235	0	0	0	0	0	0
銑鉄用	1,533,700	31,657,698	1,097,780	0	0	601,745	42,759
フェロアロイ用	3,741	1,455	5,005	6,565	0	6,526	0
製鋼用 (転炉)	334,090	8,981	19,857	0	0	0	0
製鋼用 (電気炉)	27,534	680	2,630	0	0	6,668	0
鍛鋼用	38,447	2,002	7,799	0	0	0	0
鋳鋼用	2,654	0	0	0	0	0	0
圧延 (冷間を含む) および鋼管用	4,166,929	1,342,584	1,517,728	0	0	0	0
発電・ボイラ・コージェネ用	1,555,768	34,648,421	2,245,809	0	0	0	25,339
その他の鉄鋼部門	380,777	1,559,431	34,686	0	0	54	0
コークス製造部門	1,474,748	16,407,326	206,722	0	142,010	566,474	78,353
鋳鉄品及び鍛工品 (鉄)	53	0	0	0	0	0	0
計	9,728,066	85,685,775	5,167,425	6,565	142,010	1,181,467	148,523
『産業連関表』部門分類に組み替え後のデータ							
銑鉄	1,869,002	41,562,807	1,416,568	0	0	601,745	52,695
フェロアロイ	4,011	1,907	6,290	6,565	0	6,526	0
粗鋼 (転炉)	358,175	11,770	24,955	0	0	0	0
粗鋼 (電気炉)	29,519	891	3,305	0	0	6,668	0
熱間圧延鋼材	2,597,832	1,023,167	1,109,170	0	0	0	0
鋼管	412,166	162,333	175,978	0	0	0	0
冷間仕上鋼材	1,457,328	573,975	622,220	0	0	0	0
めっき鋼材	408,227	2,043,656	43,591	0	0	54	0
鋳鍛鋼	44,064	2,624	9,801	0	0	0	0
鋳鉄品及び鍛工品 (鉄)	57	0	0	0	0	0	0
自家発電	1,072,937	23,895,320	1,548,825	0	0	0	17,475
石炭製品	1,474,748	16,407,326	206,722	0	142,010	566,474	78,353
計	9,728,066	85,685,775	5,167,425	6,565	142,010	1,181,467	148,523

* 『産業連関表』、『鉄鋼統計年報』、『石油等消費構造統計表』より作成。

3.1.3.3 紙・パルプ3部門 紙・パルプ3部門のパルプ黒液、廃材の消費量は『石油等消費動態統計年報』の「3. 指定生産品目別統計」に記載されている「(2) 指定品目別エネルギー消費量の推移 1. パルプ・紙・板紙」から推計した。紙・パルプ3部門とはパルプ、洋紙・和紙、板紙部門である。自家発電比率 $SPR_k^{紙パ}$ を『石油等消費動態統計年報』の「2. 業種別統計」に記載されている「(2) 燃料受払 2) 業種別表 (事業所ベース) 1. パルプ・紙・板紙工業」と「(4) 蒸気受払表 2. パルプ・紙・板紙工業」に基づいて計算し、エネルギー品目総消費量から自家発電用エネルギー品目消費量を分割した⁴。計算された自家発電用エネルギー品目消費は、物量表の自家発電部門に加えている。統計から得られるパルプ黒液および廃材消費量と自家発電用を除いたそれぞれの消費量を、表6、7に示した。

自家発電比率の推計は、次の通りである。まず、エネルギー品目消費量の構成は、次式のように表される。このうちボイラ用消費量の一部が、自家発電用にもちいられている。

$$ECE^x = ECE^b + ECE^a \quad (7)$$

ECE^x :エネルギー品目総消費量
 ECE^b :エネルギー品目ボイラ用消費量
 ECE^a :エネルギー品目その他の消費量

また、蒸気は以下のようにバランスしている。

$$STM^m + STM^x = STM^e + STM^c \quad (8)$$

$$STM^c = STM^{cp} + STM^{cs} \quad (9)$$

STM^m :蒸気受入量
 STM^x :蒸気自家発生量
 STM^e :蒸気払出量
 STM^c :蒸気消費量
 STM^{cp} :生産工程用蒸気消費量
 STM^{cs} :自家発電・その他用蒸気消費量

受け入れられた蒸気は払い出されないと考え、蒸気受入量は次式のように表される。

$$STM^m = STM^{cmp} + STM^{cms} \quad (10)$$

STM^{cmp} :生産工程用蒸気消費量 (受入)
 STM^{cms} :自家発電・その他用蒸気消費量 (受入)

蒸気受入量のうちの生産工程用と自家発電・その他用の比率は、蒸気消費量のうち生産工程用と自家発電・その他用の比率に等しいとし、その比率を α で与えている。

$$STM^{cms} = \alpha STM^m \quad (11)$$

$$\alpha = \frac{STM^{cms}}{STM^m} = \frac{STM^{cs}}{STM^c} \quad (12)$$

蒸気自家発生量は、ボイラからの蒸気とその他からの蒸気で構成されている。また、自家発生した蒸気は払い出しもされ、次式のように表される。

⁴自家発電比率とは、エネルギー品目総消費量に占める自家発電用消費量の割合である。

$$STM^x = STM^{xa} + STM^{xb} = STM^e + STM^{cap} + STM^{cbp} + STM^{cas} + STM^{cbs} \quad (13)$$

STM^{xa} : 蒸気発生量 (その他)
 STM^{xb} : 蒸気発生量 (ボイラ)
 STM^{cap} : 生産工程用蒸気消費量 (その他)
 STM^{cbp} : 生産工程用蒸気消費量 (ボイラ)
 STM^{cas} : 自家発電・その他用蒸気消費量 (その他)
 STM^{cbs} : 自家発電・その他用蒸気消費量 (ボイラ)

蒸気の発生起源が異なっても、蒸気自家発生量にしめる自家発電・その他用蒸気消費量の割合は等しいとしているため、次式が成立する。

$$\beta = \frac{STM^{cas}}{STM^{xa}} = \frac{STM^{cbs}}{STM^{xb}} \quad (14)$$

ここで、自家発電・その他用蒸気消費量の構成は、

$$STM^{cs} = STM^{cms} + STM^{cas} + STM^{cbs} \quad (15)$$

であるので、

$$STM^m + STM^x = STM^e + STM^{cp} + \beta STM^x + \alpha STM^m \quad (16)$$

$$\beta = \frac{(1 - \alpha)STM^m + STM^x - STM^e - STM^{cp}}{STM^x} \quad (17)$$

以上より、自家発電比率は次式で求められる。

$$SPR = \frac{ECE^b}{ECE^x} \cdot \frac{STM^{cbs}}{STM^{xb}} = \frac{ECE^b}{ECE^x} \cdot \beta \quad (18)$$

この手順に従い、紙・パルプ部門で消費されるエネルギー品目の自家発電比率は、以下のように表される。

$$SPR_k^{\text{紙パ}} = \frac{ECE_k^{\text{紙パ}b}}{ECE_k^{\text{紙パ}}} \cdot \frac{(1 - \frac{STM_k^{\text{紙パ}cs}}{STM_k^{\text{紙パ}c}}) \cdot STM_k^{\text{紙パ}m} + STM_k^{\text{紙パ}x} - STM_k^{\text{紙パ}e} - STM_k^{\text{紙パ}cp}}{STM_k^{\text{紙パ}x}} \quad (19)$$

$SPR_k^{\text{紙パ}}$: 紙・パルプ部門における第 k エネルギー品目の自家発電比率
 $ECE_k^{\text{紙パ}}$: 『石油等消費動態統計年報』「燃料受払表」における紙・パルプ部門の第 k エネルギー品目消費量
 $ECE_k^{\text{紙パ}b}$: $ECE_k^{\text{紙パ}}$ のうちボイラ用消費量
 $STM_k^{\text{紙パ}c}$: 『石油等消費動態統計年報』「蒸気受払表」における紙・パルプ部門の蒸気消費量
 $STM_k^{\text{紙パ}cs}$: $STM_k^{\text{紙パ}c}$ のうち自家発電・その他用蒸気消費量
 $STM_k^{\text{紙パ}m}$: 『石油等消費動態統計年報』「蒸気受払表」における紙・パルプ部門の蒸気受入量
 $STM_k^{\text{紙パ}x}$: 『石油等消費動態統計年報』「蒸気受払表」における紙・パルプ部門の蒸気自家発生量
 $STM_k^{\text{紙パ}e}$: 『石油等消費動態統計年報』「蒸気受払表」における紙・パルプ部門の蒸気払出量
 $STM_k^{\text{紙パ}cp}$: $STM_k^{\text{紙パ}c}$ のうち生産工程用蒸気消費量

表 6: 2000 年紙・パルプ 3 部門のパルプ黒液消費量 (単位:絶乾 t)*

部門名称	消費量 (自家 発電用を含む)	自家発電 比率	自家発電 用消費量	消費量 (自家 発電用を除く)
パルプ	5,933,778	0.463	2,750,183	3,183,595
紙	7,898,600	0.463	3,660,837	4,237,763
板紙	762,188	0.463	353,258	408,930

* 『石油等消費動態統計年報』より作成。

表 7: 2000 年紙・パルプ 3 部門の廃材消費量 (単位:絶乾 t)*

部門名称	消費量 (自家 発電用を含む)	自家発電 比率	自家発電 用消費量	消費量 (自家 発電用を除く)
パルプ	71,347	0.393	28,054	43,293
紙	224,246	0.393	88,174	136,072
板紙	53,071	0.393	20,868	32,203

* 『石油等消費動態統計年報』より作成。

3.1.3.4 石油製品部門 石油製品部門における炭化水素油、石油コークス、石油系炭化水素ガス消費量を『石油等消費動態統計年報』の「3. 指定生産品目別統計」に記載されている「(2) 指定品目別エネルギー消費量の推移 4. 石油製品」から推計した。自家発電比率 $SPR_k^{石油}$ は、『石油等消費動態統計年報』の「2. 業種別統計」に記載されている「(2) 燃料受払 2) 業種別表 (事業所ベース) 3. 石油製品工業」と「(4) 蒸気受払 5. 石油製品工業」に基づいて下のように計算し、燃料総消費量から自家発電用燃料消費量を分割した。計算された自家発電用燃料消費は、物量表の自家発電部門に加えている。石油系炭化水素ガスについては、コージェネレーション用に一部消費されているが、ここではその他用として取り扱った。統計から得られる各燃料消費量と自家発電用を除いたそれぞれの消費量を、表 8 に示した。

$$SPR_k^{石油} = \frac{ECE_k^{石油 b}}{ECE_k^{石油}} \cdot \frac{(1 - \frac{STM^{石油 cs}}{STM^{石油 c}}) \cdot STM^{石油 m} + STM^{石油 x} - STM^{石油 e} - STM^{石油 cp}}{STM^{石油 x}} \quad (20)$$

- $SPR_k^{石油}$: 石油製品部門における第 k エネルギー品目の自家発電比率
- $ECE_k^{石油}$: 『石油等消費動態統計年報』「燃料受払表」における石油製品部門の第 k エネルギー品目消費量
- $ECE_k^{石油 b}$: $ECE_k^{石油}$ のうちボイラ用消費量
- $STM^{石油 c}$: 『石油等消費動態統計年報』「蒸気受払表」における石油製品部門の蒸気消費量
- $STM^{石油 cs}$: $STM^{石油 c}$ のうち自家発電・その他用蒸気消費量
- $STM^{石油 m}$: 『石油等消費動態統計年報』「蒸気受払表」における石油製品部門の蒸気受入量
- $STM^{石油 x}$: 『石油等消費動態統計年報』「蒸気受払表」における石油製品部門の蒸気自家発生量
- $STM^{石油 e}$: 『石油等消費動態統計年報』「蒸気受払表」における石油製品部門の蒸気払出量
- $STM^{石油 cp}$: $STM^{石油 c}$ のうち生産工程用蒸気消費量

3.1.3.5 事業用火力発電部門 事業用火力発電部門のコークス炉ガス、高炉ガス、転炉ガスの消費量は、『電力需給の概要』[8, 9]の「コークス炉ガス使用実績」、「高炉ガス使用実績」、「天然ガ

表 8: 2000 年石油製品部門の炭化水素油、石油コークス、石油系炭化水素ガス消費量 *

	単位	消費量 (自家 発電用を含む)	自家発電 比率	自家発電 用消費量	消費量 (自家 発電用を除く)
炭化水素油	kl	203,346	0.289	58,845	144,501
石油コークス	t	142,624	0.289	41,273	101,351
石油系炭化水素ガス	1000m ³	8,848,048	0.043	382,927	8,465,121

* 『石油等消費動態統計年報』より作成。

ス・転炉ガス使用実績」に記載されている数字をもちいた。ただし、『電力需給の概要』は財政年度データであるので、月別のデータを合計して暦年データにしている。その結果、得られる消費量は表 9 のようになっている。

表 9: 事業用火力発電部門のコークス炉ガス、高炉ガス、転炉ガス消費量 (単位: 絶乾 t)*

	コークス炉ガス 1000m ³	コークス炉ガス (雑用) 1000m ³	高炉ガス 1000m ³	高炉ガス (雑用) 1000m ³	転炉ガス 1000m ³	転炉ガス (雑用) 1000m ³
2000 年	2,350,187	765	40,384,984	108	1,477,401	460

* 『電力需給の概要』より作成。

3.1.3.6 都市ガス部門 都市ガス部門のコークス炉ガス、石油系炭化水素ガスの消費量は、『ガス事業統計年報』[10]の「II. 統計 2. 製造」に記載されている原料消費量から推計した。その他のガスのうち、石炭ガスをコークス炉ガスに、オフガスを石油系炭化水素ガスに格付けた。また、この都市ガス部門においてはメタンガスについても考慮した。これらのガスの消費量は、表 10 に示される。

表 10: 都市ガス部門のガス消費量 (単位: 1000m³)*

	2000 年
コークス炉ガス	218,209
石油系炭化水素ガス	81,626
メタンガス	720
消化ガス	391

* 『ガス事業統計年報』より作成。

3.1.4 一般廃棄物、産業廃棄物について

一般廃棄物、産業廃棄物 (鋳さい、金属くず、動物のふん尿、建設廃材、動植物性残さ、ばいじん、紙くず、ガラスくず及び陶磁器くず、廃油、燃え殻、動物の死体、木くず、廃プラスチック類、廃酸、繊維くず、ゴムくず、汚泥、廃アルカリ) といった廃棄物の焼却処理量は『日本の廃棄物処理 (平成 12 年度版)』[11] および『産業廃棄物排出・処理状況調査報告書 (平成 12 年度実績)』

[12] から推計した。ただし、ここで得られるデータは年度データであるが、暦年データとして近似的に使用している。

一般廃棄物の処理は『産業連関表』では廃棄物処理（公営）部門に格付けられ、一般廃棄物の焼却処理量は報告書から得られる。また、産業廃棄物の処理は『産業連関表』では廃棄物処理（産業）部門に格付けられる。産業廃棄物の焼却は、中間処理の段階で減量化を目的として行われるので、実際に焼却されている廃棄物（紙くず、廃油、木くず、廃プラスチック類、汚泥）の減量化量を焼却処理量として推計している。ただし、廃油、廃プラスチック類、汚泥にかんしては、旧 1990 年表 [13] と排出量にしめる焼却処理量の割合が等しいとして推計している。これらの廃棄物の焼却処理量を示したのが、表 11 である。

表 11: 廃棄物の焼却処理量 (単位:t)*

	2000 年	格付けた部門
一般廃棄物	40,304	廃棄物処理（公営）
産業廃棄物		
紙屑	898,413	廃棄物処理（産業）
木屑	2,901,729	廃棄物処理（産業）
廃油	921,106	廃棄物処理（産業）
廃プラスチック類	1,005,945	廃棄物処理（産業）
汚泥	5,340,089	廃棄物処理（産業）

* 『日本の廃棄物処理（平成 12 年度版）』などより作成。

3.1.5 高炉・転炉・電気炉スラグ、高炉ダスト、フライアッシュについて

高炉・転炉・電気炉スラグについては『鉄鋼スラグ統計年報』[14]、フライアッシュは日本フライアッシュ協会へのヒアリング [15] より、それぞれ発生量と利用量を得ることができる。また、高炉ダスト [16] については、発生原単位が旧 1990 年表 [13] と同じであるとして推計している。

3.2 熱量換算表

熱量換算表は、物量表に表 1 のエネルギー品目別物量単位あたり発熱量を乗じて熱量換算する。この熱量換算表は物量表を単純に熱量換算したものであるが、エネルギー品目投入量のうち、実際に燃焼された分を熱量換算した表も作成している。

3.3 CO₂ 換算表，CO₂ 控除量表，CO₂ 排出量表

この節では CO₂ 換算表、CO₂ 控除量表、CO₂ 排出量表の作成方法を示すが、作業手順は以下のとおりである。

1. 熱量換算表に表 1 のエネルギー品目別 熱量単位あたり CO₂ 排出量を乗じる。(CO₂ 換算表)
2. 「燃焼比率」あるいは「炭素収支表」をもちいて CO₂ 控除量表を計測する。
3. CO₂ 換算表の数値から CO₂ 控除量表の数値を差し引き、CO₂ 排出量表を計測する。

CO₂ 控除量表の推計方法として二つの方法を上にあげたが、「燃焼比率方式」は、投入されたエネルギー品目の炭素分のうち、燃焼しなかった分を推計して、これを控除量とする方法である⁵。また、「炭素収支表方式」は、産出物に含まれる炭素分を推計して、これを控除量とする方法である。部門の大半には「燃焼比率方式」を適用して CO₂ 排出量を推計しており、「炭素収支表方式」を適用した部門は、石炭製品、銑鉄、粗鋼(転炉)、粗鋼(電気炉)、都市ガスの 5 部門である。これらの部門に「炭素収支表方式」を適用したのは、炉ガスが回収されたり、製品や副産物の組成中に燃料中の炭素分が組み込まれたりするからである。

3.3.1 「燃焼比率方式」(『石油等消費構造統計表』からの推計)

「燃焼比率方式」を適用した部門数は 400 部門であるが、部門によって推計に利用した資料が異なっている。石油化学製品 9 部門、化学肥料部門⁶の燃焼比率は『化学工業統計年報』から推計した。石油製品部門の燃焼比率は、『エネルギー生産・需給統計年報』および『石油等消費構造統計表』から推計した。残りの 389 部門のうち、非工業部門については燃焼比率を 1(全て燃焼)と想定し、工業部門については『石油等消費構造統計表』から推計した。しかし、燃焼比率を想定してあたえた部門もある。これは、『石油等消費構造統計表』からの推計だけでは、その部門で原料用には消費されていないエネルギー品目でも、原料用に消費されていることになってしまうケースがあるからである。また逆に、原料用に消費されているエネルギー品目をすべて燃焼しているという結果にもなるケースがある。エネルギー品目のうち、コークス炉ガス、高炉ガス、転炉ガス、電気炉ガス、炭鉱ガス抜きガス、ガソリン、軽油、ジェット燃料油、パルプ黒液、廃材、一般廃棄物、紙屑、木屑、廃油、廃プラスチック、污泥、廃タイヤは、どの部門で消費された場合でも全て燃焼されていると想定した。また原料炭については、化学肥料部門、フェロアロイ部門では全て燃焼させたとし、それ以外の部門においてはまったく燃焼させていないと想定している。

『石油等消費構造統計表』では『工業統計表』の産業分類別エネルギー品目別に、エネルギー消費総量とその目的別内訳(原料用、ボイラ用、コージェネレーション用、直接加熱用、その他用)が記載されている。用途別内訳のうち原料用消費量について、鉱業・製造業部門において副生ガスを推計した際と同様に変換する。

$$EIO_{ji}^m = \sum_k ECI_{jk}^m \cdot \frac{Sh_{ki}}{100} \quad (21)$$

ECI_{jk}^m : 第 k 産業(工業統計の産業分類)における第 j エネルギー品目の原料用消費量
 EIO_{ji}^m : 第 i 部門(産業連関表の部門分類)における第 j エネルギー品目の原料用消費量

『産業連関表』の部門別燃焼比率を次のように定義した。ただし、 EIO_{ji} は副生ガス推計の際に鉱業・製造業部門で求めた、第 i 部門(産業連関表の部門分類)における第 j エネルギー品目の(自家発電用を除く)消費量である。

$$BR_{ji} = 1 - \frac{EIO_{ji}^m}{EIO_{ji}} \quad (22)$$

BR_{ji} : 第 i 部門(産業連関表の部門分類)における第 j エネルギー品目の燃焼比率

この燃焼比率をもちいて、最終的に CO₂ 排出量は次のように計算できる。

⁵燃焼比率とは、エネルギー品目消費量に占める実際に燃焼された消費量の比率である。

⁶アンモニアを含む

$$CO2_{ji}^d = (1 - BR_{ji}) \cdot CO2_{ji}^g \quad (23)$$

$$CO2_{ji} = CO2_{ji}^g - CO2_{ji}^d \quad (24)$$

$CO2_{ji}^g$: 第 i 部門に対する第 j エネルギー品目投入量の CO₂ 換算値
 $CO2_{ji}^d$: 第 i 部門に投入された第 j エネルギー品目のうちの CO₂ 控除量
 $CO2_{ji}$: 第 i 部門に投入された第 j エネルギー品目起源の CO₂ 排出量

3.3.2 「燃焼比率方式」(『石油等消費動態統計年報』からの推計)

石油化学製品 9 部門および化学肥料部門の燃焼比率は、『石油等消費動態統計年報』の「統計表 3. 指定生産品目別統計 (2) 指定生産品目別エネルギー消費量の推移 2. 化学工業製品」に基づいて燃焼比率を計算した。石油化学製品 9 部門とは石油化学基礎製品、石油化学系芳香族製品、脂肪族中間物、環式中間物、合成ゴム、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、高機能性樹脂、その他の合成樹脂である。ここでは、石油化学製品 9 部門のエネルギー品目別燃焼比率は同じであると想定した。石油化学製品 9 部門の燃焼比率を表 12 に、化学肥料部門の燃焼比率を表 13 に示した。

表 12: 2000 年石油化学製品 9 部門の燃焼比率 *

	単位	消費量 (原料用を含む)	原料用消費量	燃焼比率
灯油	kl	1,094,258	992,762	0.093
ナフサ	kl	35,639,148	35,639,148	0.000
液化石油ガス	t	4,395,741	3,985,356	0.093
改質生成油	kl	16,823,249	16,823,249	0.000

* 『石油等消費動態統計年報』より作成。

表 13: 2000 年化学肥料部門の燃焼比率 *

	単位	消費量 (原料用を含む)	原料用消費量	燃焼比率
天然ガス	1000m ³	167,873	87,310	0.480
ナフサ	kl	483,224	453,264	0.062
液化石油ガス	t	30,309	6,949	0.771
石油系炭化水素ガス	1000m ³	344,954	228,348	0.338

* 『石油等消費動態統計年報』より作成。

3.3.3 「燃焼比率方式」(『エネルギー生産・需給統計年報』からの推計)

石油製品部門の燃焼比率は、『エネルギー生産・需給統計年報』[17]の「石油 3. 石油製品 (1) 石油製品製油所受払 1. 総括」および『石油等消費構造統計表』に基づいて計算した。後者では、前述した方法と同様に求めている。二つの統計どちらからも比率を得られる品目については、燃焼比率の低い方を選択した。表 14 は、石油製品部門の燃焼比率を示したものである。

表 14: 2000 年石油製品部門の燃焼比率 *

	単位	消費量 (原料 用を含む)	燃焼量	燃焼比率
一般炭	t	198,399	195,869	0.98725
灯油	kl	92,073	41,455	0.45024
軽油	kl	2,752	148	0.05378
ナフサ	kl	60,557	0.3	0.00001
石油コークス	t	1,965	1,872	0.95303
液化石油ガス	t	180,042	37,143	0.20630

* 『エネルギー生産・需給統計年報』、『石油等消費構造統計表』より作成。

3.3.4 石灰石の燃焼比率について

石灰石は加熱されたり、酸を加えることによって化学反応をおこし、CO₂ を発生する。ほとんどのアクティビティでは、石灰石を消費する際に、このような化学反応をともなっている。しかし、窯業原料鉱物アクティビティでは投入された石灰石は粉碎されているだけである。したがって、このアクティビティでは石灰石起源の CO₂ は排出されないとしている。また鉄鋼部門や窯業・土石製品部門の一部において、化学反応をともなわない方法で石灰石を消費しているアクティビティがある。これらについては、投入量のうちどれだけ CO₂ を発生していないかという正確な情報がないため、電力中央研究所の 1995 年データ [18] をもちいて推計している。

3.3.5 都市ガスの物量の推計について

『石油等消費構造統計表』においては LNG は化学部門等でも消費されているが、『産業連関表』の「取引基本表」においては LNG の産出額は都市ガス、事業用火力発電、自家発電の 3 部門にしか計上されていない。これは、『石油等消費構造統計表』における LNG には地域のガス事業者から LNG 専用の導管で供給されているものが含まれているのに対し、『産業連関表』ではガス事業者から供給される LNG は都市ガスに計上されているからである。ここで問題となるのは、『石油等消費構造統計表』の環式中間物・合成染料・有機顔料製造業では LNG を原料用としても消費していることである。したがって、これらの製造業に対応する『産業連関表』の部門 (表 15) においては、都市ガスを全て燃焼したとして推計すると CO₂ 発生量が過大推計されてしまう。そこで都市ガスの燃焼を計算する際、原料用の LNG を消費する部門については原料分を除く。その手順を以下に示す。

- 『産業連関表』の各部門のエネルギー消費量が、環式中間物・合成染料・有機顔料製造業に割り振られている割合を求める。鉱業・製造業部門において副生ガスを推計する際にもちいたコンバータは、『石油等消費構造統計表』の各産業のエネルギー消費が、『産業連関表』の各部門に格付けられる割合であったので、これと逆のコンバータを該当部門について作成する。
- 3.1.3.1 と同様に推計された『産業連関表』の各部門の LNG と都市ガス消費量から燃焼比率を求める。まず、鉱業・製造業部門において副生ガスを推計した際と同様に『工業統計表』産業分類別の LNG の原料用消費量を『産業連関表』部門分類へ組み替える。

$$EIO_{LNG,i}^m = \sum_k ECI_{LNG,k}^m \cdot \frac{Sh_{ki}}{100} \cdot LGH \quad (25)$$

		工業統計の産業分類							
		1	2	...	...	k	...	...	m
産業 連 関 表 の 部 門 分 類	1	Sh'_{11}	Sh'_{12}	...	...	Sh'_{1k}	...	...	Sh'_{1m}
	2	Sh'_{21}	Sh'_{22}	...	...	Sh'_{2k}	...	...	Sh'_{2m}
	⋮	⋮	⋮	⋮					⋮
	i					Sh'_{ik}			
	⋮	⋮	⋮					⋮	⋮
	n	Sh'_{n1}	Sh'_{n2}	...	...	Sh'_{nk}	...	...	Sh'_{nm}

図 3: コンバータの形式 (2)

- $ECl_{LNG,k}^m$: 第 k 産業 (工業統計の産業分類) における LNG の原料用消費量
 $EIO_{LNG,i}^m$: 第 i 部門 (産業連関表の部門分類) における LNG の原料用消費量 (熱量換算値)
 LGH : LNG1t あたり発熱量 (= 13,000 Mcal/t)

次に、『産業連関表』の該当部門に投入された都市ガスの燃焼比率を次式のように推計した。ただし、 $EIO_{LNG+都市ガス,i}$ は、第 i 部門 (産業連関表の部門分類) における LNG と都市ガスの (自家発電用を除く) 消費量 (熱量換算値) を合計したものである。

$$BR_{都市ガス,i} = 1 - \frac{EIO_{LNG,i}^m}{EIO_{LNG+都市ガス,i}} \quad (26)$$

『産業連関表』の「物量表」より得た都市ガス投入量に、 $BR_{都市ガス,i}$ のシェアと $BR_{都市ガス,i}$ の燃焼比率を乗じることによって、原料用を除いた都市ガス投入量を得ることができる。

$$G_i = \sum_k G_i^T \cdot \frac{Sh'_{ik}}{100} \cdot BR_{都市ガス,i} \quad (27)$$

- G_i : 第 i 部門 (産業連関表の部門分類) への原料用を除いた都市ガス投入量
 G_i^T : 『産業連関表』の「物量表」から得られる第 i 部門 (産業連関表の部門分類) への都市ガス投入量

表 15: 原料用の LNG を考慮する石油等消費構造統計表の産業分類と産業連関表の部門分類の対応 (2000 年)

石油等消費構造統計表	産業連関表
環式中間物・合成染料・有機顔料製造業	レトルト食品 その他の食料品 清涼飲料 染色整理 その他の繊維工業製品 その他のパルプ・紙・紙加工品 印刷・製版・製本 化学肥料 ソーダ工業製品 無機顔料 圧縮ガス・液化ガス その他の無機化学工業製品 石油化学基礎製品 石油化学系芳香族製品 脂肪族中間物 環式中間物 合成ゴム メタン誘導品 可塑剤 合成染料 その他の有機化学工業製品 熱硬化性樹脂 熱可塑性樹脂 高機能性樹脂 その他の合成樹脂 医薬品 石けん・合成洗剤・界面活性剤 化粧品・歯磨 塗料 印刷インキ 写真感光材料 農薬 ゼラチン・接着剤 その他の化学最終製品 プラスチック製品 板ガラス・安全ガラス その他の窯業・土石製品 アルミニウム(含再生) 再生資源回収・加工処理

3.3.6 「炭素収支表方式」による推計

石炭製品、銑鉄、粗鋼(転炉)、粗鋼(電気炉)、都市ガスの5部門については、炭素収支表を作成して炭素の受け渡し状況を調べ、CO₂排出量を推計した⁷。炭素収支表とは、ある部門の投入品目中に含まれる炭素量と産出品目中に含まれる炭素量を、貸借対照表のような形に整理したものである。投入品目中の総炭素量と産出品目中の総炭素量がバランスすると考え、前者から後者を差し引いた炭素量をCO₂排出量としている。この方法で推計を行うと、都市ガス部門におけるCO₂排出量が負の値になってしまう。そのため、都市ガス部門におけるCO₂排出量を0として推計している。

炭素収支表は、次の手順で作成する。

1. 各部門の投入品目と産出品目(副産物をふくむ)のうち炭素を組成中に含むものを選択する。
2. それらの品目の投入・産出についての物量表を作成する。(マテリアル収支表)
3. 表1に示される各品目の炭素含有量に基づき、マテリアル収支表を炭素の投入と産出の関係に換算する。(炭素収支表)

表16~23に、該当部門のマテリアル収支表と炭素収支表を示す。

表 16: 2000年石炭製品部門のマテリアル収支表

	単位	投入	産出
原料炭	t	67,858,120	
一般炭	t	60,000	
ガソリン	kl	56	
灯油	kl	8,069	
軽油	kl	260	
A重油	kl	1,670	
B重油・C重油	kl	383	
炭化水素油	t	142,092	
石油系炭化水素ガス	1000m ³	356	
石油コークス	t	566,672	
コークス	t		38,562,016
コークス炉ガス	1000m ³		12,818,813
高炉ガス	1000m ³	18,904,221	
転炉ガス	1000m ³	363,916	
コールタール	t		1,561,026
粗ベンゾール	t		519,867
都市ガス	1000m ³	605	

⁷ただし、1985年表の粗鋼部門は、転炉と電気炉に分割されていない。

表 17: 2000 年銑鉄部門のマテリアル収支表

	単位	投入	産出
石灰石	t	17,753,143	
原料炭	t	397,518	
一般炭	t	5,043,956	
天然ガス	1000m ³	1,334	
灯油	kl	75	
A 重油	kl	1,507	
B 重油・C 重油	kl	33,958	
液化石油ガス	t	8,259	
石油コークス	t	601,745	
コークス	t	35,960,569	
コークス炉ガス	1000m ³	1,869,002	
高炉ガス	1000m ³	41,562,807	132,380,518
転炉ガス	1000m ³	1,416,568	
コークス	t	52,695	
銑鉄	t		81,105,642
銑屑	t	2,488	
都市ガス	1000m ³	1,532	
高炉ダスト	t	1,217,351	

表 18: 2000 年粗鋼 (転炉) 部門のマテリアル収支表

	単位	投入	産出
石灰石	t	17,794,346	
一般炭	t	730	
天然ガス	1000m ³	222	
灯油	kl	9,711	
A 重油	kl	18,488	
B 重油・C 重油	kl	2,473	
液化石油ガス	t	851	
コークス	t	96,054	
コークス炉ガス	1000m ³	358,175	
高炉ガス	1000m ³	11,770	
転炉ガス	1000m ³	24,955	8,437,446
銑鉄	t	77,145,345	
粗鋼 (転炉)	t		75,793,461
銑屑	t	557,251	
鋼屑	t	6,274,734	
都市ガス	1000m ³	15,057	

表 19: 2000 年粗鋼 (電気炉) 部門のマテリアル収支表

	単位	投入	産出
石灰石	t	1,003,835	
一般炭	t	558	
天然ガス	1000m ³	1,048	
灯油	kl	9,002	
A 重油	kl	10,466	
B 重油・C 重油	kl	2,002	
液化石油ガス	t	1,048	
石油コークス	t	6,668	
コークス	t	74,084	
コークス炉ガス	1000m ³	29,519	
高炉ガス	1000m ³	891	
転炉ガス	1000m ³	3,305	
電気炉ガス	1000m ³		98,148
銑鉄	t	1,780,351	
粗鋼 (電気炉)	t		30,665,213
銑屑	t	742,014	
鋼屑	t	30,028,684	
都市ガス	1000m ³	21,245	

表 20: 2000 年石炭製品部門の炭素収支表 (t-C)

	投入	産出
原料炭	51,056,449	
一般炭	37,698	
ガソリン	36	
灯油	5,564	
軽油	188	
A 重油	1,229	
B 重油・C 重油	307	
炭化水素油	122,554	
石油系炭化水素ガス	198	
石油コークス	511,150	
コークス		34,150,521
コークス炉ガス		3,164,895
高炉ガス	3,756,647	
転炉ガス	152,269	
コールタール		1,409,621
粗ベンゾール		479,837
都市ガス	353	
計	55,644,641	39,204,875
CO ₂		16,439,766

表 21: 2000 年銑鉄部門の炭素収支表 (t-C)

	投入	産出
石灰石	2,130,377	
原料炭	299,092	
一般炭	3,169,090	
天然ガス	737	
灯油	52	
A 重油	1,109	
B 重油・C 重油	27,222	
液化石油ガス	6,772	
石油コークス	542,786	
コークス	31,846,680	
コークス炉ガス	461,447	
高炉ガス	8,259,361	26,306,657
転炉ガス	592,718	
コールタール	47,584	
銑鉄		3,244,226
銑屑	100	
都市ガス	894	
高炉ダスト	365,205	
計	47,751,226	29,550,882
CO ₂		18,200,343

表 22: 2000 年粗鋼 (転炉) 部門の炭素収支表 (t-C)

	投入	産出
石灰石	2,135,322	
一般炭	459	
天然ガス	123	
灯油	6,696	
A 重油	13,602	
B 重油・C 重油	1,982	
液化石油ガス	698	
コークス	85,065	
コークス炉ガス	88,431	
高炉ガス	2,339	
転炉ガス	10,442	3,530,381
銑鉄	3,085,814	
粗鋼 (転炉)		227,380
銑屑	22,290	
鋼屑	18,824	
都市ガス	8,786	
計	5,480,873	3,757,761
CO ₂		1,723,112

表 23: 2000 年粗鋼 (電気炉) 部門の炭素収支表 (t-C)

	投入	産出
石灰石	120,460	
一般炭	351	
天然ガス	579	
灯油	6,208	
A 重油	7,700	
B 重油・C 重油	1,605	
液化石油ガス	859	
石油コークス	6,015	
コークス	65,609	
コークス炉ガス	7,288	
高炉ガス	177	
転炉ガス	1,383	
電気炉ガス		41,067
銑鉄	71,214	
粗鋼 (電気炉)		91,996
銑屑	29,681	
鋼屑	90,086	
都市ガス	12,396	
計	421,610	133,063
CO ₂		288,548

4 推計結果

推計結果は、表 24、および図 4 の通りである。2000 年の CO₂ 総排出量は、約 13 億 t-CO₂ であり、1995 年と比較して 1.5%程度増加している⁸。

まず、CO₂ 排出量の上位 10 部門を見てみよう。1995 年と 2000 年では、部門が入れ替わっている。電力・ガス・熱供給部門は、4 億 1300 万 t-CO₂ で最も高く、ついで 1 億 9500 万 t-CO₂ の運輸部門、1 億 7700 万 t-CO₂ の民間消費支出となっている。これらの部門の順位は変化していない。鉄鋼部門 (9700 万 t-CO₂)、石油・石炭製品部門 (8800 万 t-CO₂)、化学製品部門 (4600 万 t-CO₂)、およびパルプ・紙・木製品部門 (3000 万 t-CO₂) は、それぞれ 4 位、5 位、7 位、8 位に順位を上げている。一方、窯業・土石製品部門 (8900 万 t-CO₂)、水道・廃棄物処理部門 (2500 万 t-CO₂) は、それぞれ 6 位と 9 位に落ちている。ただし、鉄鋼部門、石油・石炭製品部門、およびパルプ・紙・木製品部門のいずれにおいても、1995 年から 2000 年にかけて CO₂ 排出量は減少している。

次に、CO₂ 排出量が増加した部門を見ると、電力・ガス・熱供給部門および民間消費支出における排出量の増分が、約 7000 万 t-CO₂ と非常に大きい。上位 10 部門のうち 7 部門において CO₂ 排出量が減少しているにもかかわらず、上位 10 部門全体の CO₂ 排出量は増加している。したがって、この上位 10 部門における CO₂ 排出量の増加が、日本の CO₂ 総排出量の増加に寄与していると考えられる。

CO₂ 排出量の伸び率が高い部門について吟味すると、通信・放送部門が 58.0%で最も高い。公務部門 (47.6%)、電気機械部門 (40.8%)、精密機械部門 (34.4%)、その他製造工業製品部門 (27.4%)、一般機械部門 (25.2%)、民間消費支出 (18.1%)、輸送機械部門 (17.4%)、教育・研究部門 (14.9%)、および対事業所サービス部門 (14.7%) においても、CO₂ 排出量の伸び率が高くなっている。

一方、伸び率が低い部門について見ると、分類不明を除いて、水道・廃棄物処理部門が-50.0%と最も低い。次に低い部門は、繊維製品部門で-31.0%であり、家計外消費支出 (-24.3%)、窯業・土石製品部門 (-10.7%)、農林水産業部門 (-17.8%)、建設部門 (-9.9%)、商業部門 (-8.3%)、運輸部門 (-6.5%)、石油・石炭製品部門 (-2.4%)、および非鉄金属製品部門 (-2.1%) と続いている。

⁸ここでの 1995 年表の値は、『昭和 60-平成 2-7 年接続環境分析用産業連関表』[19] を推計する際に再推計されたものももちいている。したがって、同じ 1995 年表であっても、[2] とは異なるので注意されたい。

表 24: 1995 年・2000 年部門別 CO₂ 排出量

	1995 年		2000 年		伸び率 (%)
	CO ₂ 排出量 (t-CO ₂)	構成比 (%)	CO ₂ 排出量 (t-CO ₂)	構成比 (%)	
農林水産業	20,446,520	1.56	16,808,688	1.26	-17.79
鉱業	770,861	0.06	771,856	0.06	0.13
食料品	14,977,620	1.14	14,666,745	1.10	-2.08
繊維製品	5,251,253	0.40	3,625,375	0.27	-30.96
パルプ・紙・木製品	30,497,052	2.32	30,269,242	2.27	-0.75
化学製品	46,361,400	3.53	46,382,079	3.48	0.04
石油・石炭製品	90,380,493	6.88	88,174,370	6.61	-2.44
窯業・土石製品	99,611,766	7.58	88,933,597	6.67	-10.72
鉄鋼	96,826,806	7.37	96,547,681	7.24	-0.29
非鉄金属	5,271,842	0.40	5,160,962	0.39	-2.10
金属製品	3,799,588	0.29	4,333,133	0.32	14.04
一般機械	3,007,966	0.23	3,766,302	0.28	25.21
電気機械	3,949,852	0.30	5,559,540	0.42	40.75
輸送機械	4,896,870	0.37	5,748,414	0.43	17.39
精密機械	398,726	0.03	536,031	0.04	34.44
その他の製造工業製品	6,072,431	0.46	7,733,796	0.58	27.36
建設	15,508,430	1.18	13,968,871	1.05	-9.93
電力・ガス・熱供給	372,257,006	28.34	412,992,989	30.95	10.94
水道・廃棄物処理	49,270,767	3.75	24,627,167	1.85	-50.02
商業	13,882,135	1.06	12,730,627	0.95	-8.29
金融・保険	1,109,870	0.08	1,234,886	0.09	11.26
不動産	3,175,160	0.24	3,250,003	0.24	2.36
運輸	208,086,963	15.84	194,510,993	14.58	-6.52
通信・放送	1,017,307	0.08	1,607,633	0.12	58.03
公務	10,697,508	0.81	15,792,485	1.18	47.63
教育・研究	9,951,649	0.76	11,432,047	0.86	14.88
医療・保健・社会保障・介護	12,330,404	0.94	13,619,263	1.02	10.45
その他の公共サービス	1,199,628	0.09	1,208,492	0.09	0.74
対事業所サービス	5,534,919	0.42	6,349,484	0.48	14.72
対個人サービス	22,118,376	1.68	21,991,742	1.65	-0.57
事務用品	0	0.00	0	0.00	0.00
分類不明	3,009,736	0.23	1,683,100	0.13	-44.08
家計外消費支出(列)	1,872,853	0.14	1,417,895	0.11	-24.29
家計消費支出	149,812,625	11.41	176,861,615	13.26	18.06
排出量計	1,313,356,384	100.00	1,334,297,105	100.00	1.59

5 EDEN 形式への変換

慶應義塾大学産業研究所では、東アジア 9ヶ国(日本、韓国、中国、台湾、タイ、シンガポール、マレーシア、フィリピン、インドネシア)を統一的な枠組みで比較分析できるような『環境・エネルギー問題分析用産業連関表』(略称: EDEN)の作成作業を別途行ってきた。日本と韓国の CO₂ 排出構造を比較分析するために、本稿では推計した環境分析用産業連関表を EDEN 形式に則した形に組み替える。

EDEN データベースは、A~E の 5 つの表から構成される。A 表は、本稿における金額表であり、B 表は本稿の物量表に当たる。また、C 表は B 表で示される物量のうち燃焼される量を示したものである。つまり、B 表に本稿の燃焼比率を乗じたものが C 表である。D 表は、実際に燃焼されるエネルギーから発生する熱量表であり、C 表に単位当たりの熱量を乗じることで求められる。そして、E 表は、CO₂ および SO₂ 発生表である。これは、C 表に単位当たりの炭素分もしく

は硫黄分を乗じて導出される。

したがって、本稿における環境分析用産業連関表の推計方法と EDEN データベースの推計方法の大きな違いは、次のようにまとめられる。前者が各アクティビティに投入されるエネルギーの物量を先に熱量あるいは炭素換算してから控除される分を差し引いているのに対し、後者は先に燃烧されないものを物量から控除してから熱量、炭素換算している。

環境分析用産業連関表は、仮設部門である自家輸送部門（自家用旅客自動車輸送および自家用貨物自動車輸送）を明示した分類で作成している。しかし、EDEN 形式の産業連関表は、自家輸送および企業内研究開発は設けられていない。そこで、各部門の自家輸送および企業内研究開発投入額をもちいて、環境分析用産業連関表を自家輸送および企業内研究開発なしの分類に組み替える必要がある。

本稿では、自家輸送および企業内研究開発以外の部門に対する、自家輸送および企業内研究開発の投入額をウェイトとして、自家輸送および企業内研究開発部門のエネルギー消費、CO₂ 排出量をその他の部門に振り分ける方法を採用した⁹。

また、多くの国際機関が報告している CO₂ 排出量には、石灰石起源のものが含まれていない。それは、EDEN データベースであっても同じである。それゆえ、EDEN 形式への変換にともなって、石灰石起源の CO₂ を 0 としている。

6 おわりに

本稿のような詳細な環境分析用産業連関表の推計が可能なのは、世界的に見ても日本のエネルギー・経済関連の統計が整備されているからである。過去と比べ、コージェネレーション用に消費されたエネルギーを把握することが可能になったり、まだ不十分ではあるが、産業連関表でリサイクル部門が設けられるなど、エネルギー・環境分析に必要な情報が増えつつある。しかし、同時に過去入手できていた情報が得られなくなっている傾向もすでに見られる。1995 年表の作成においても課題であった、都市ガス部門における CO₂ 排出量などの問題点は、いまだ解決されないままである。

環境分析用産業連関表は、地球温暖化対策を考える上で不可欠な詳細な CO₂ 排出構造にかんする情報を与えてくれる。したがって、いかに必要な統計を確保し、継続的に環境分析用産業連関表を推計していくかということは、今後非常に大きな課題となる。

また、本稿における推計結果を活用し、未来技術の環境影響にかんする分析、家計の消費行動が環境問題に与える影響分析などを行っていく予定である。日本にかんする環境分析用産業連関表の研究成果を、その他の国々を含む分析に拡張していくことも今後の重要な課題である。

そして、本稿では明示的に扱っていないコージェネレーションについては、関連データの整備とともにサブモデルの作成が求められてくるだろう。本稿で培われた推計のノウハウや工学的情報を活用する形で、今後このような問題点に取り組んでいきたいと考えている。

⁹組み換えには、産業連関表の付帯表である自家輸送マトリクスをもちいる方法もある。

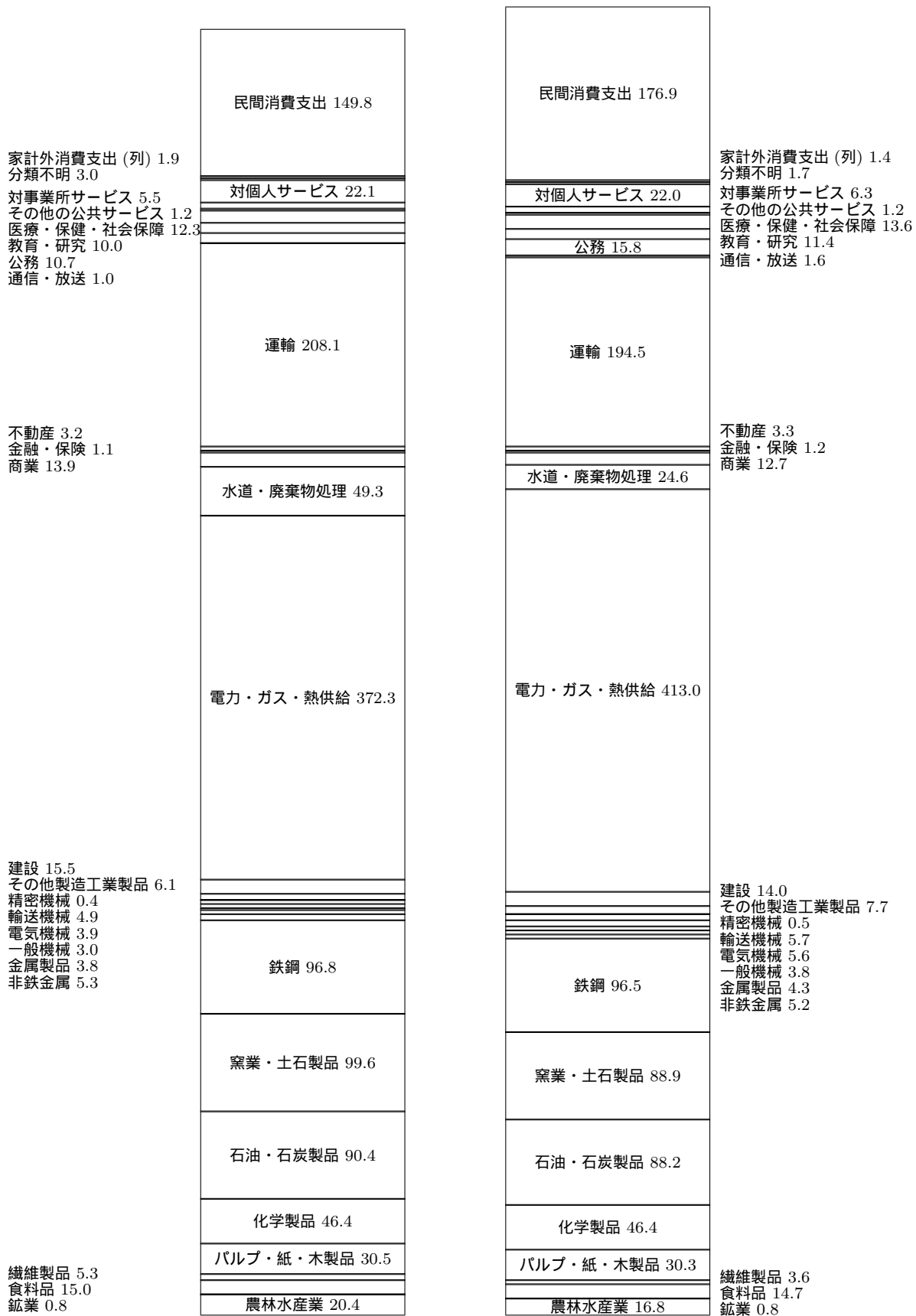


図 4: 1995 年、2000 年 CO₂ 排出量

参考文献

- [1] 総務省. 『平成 12 年産業連関表』. 財団法人 全国統計協会連合会, 2004.
- [2] 朝倉啓一郎, 早見 均, 溝下雅子, 中村政男, 中野 諭, 篠崎美貴, 鷲津明由, 吉岡完治. 『環境分析用産業連関表』. 慶應義塾大学出版会, 2001.
- [3] 財務省. 『日本貿易月表 (品別国別) 平成 12 年 12 月号』. 日本関税協会, 2001.
- [4] 経済産業省経済産業政策局調査統計部. 『平成 12 年石油等消費構造統計表 (商工業)』. 社団法人 経済産業統計協会, 2002.
- [5] 資源エネルギー庁長官官房総合政策課. 『総合エネルギー統計 (平成 13 年度版)』. (株) 通商産業研究社, 2002.
- [6] 経済産業省経済産業政策局調査統計部. 『平成 12 年鉄鋼統計年報』. 財団法人 経済産業調査会, 2001.
- [7] 経済産業省経済産業政策局調査統計部. 『平成 12 年石油等消費動態統計年報』. 社団法人 経済産業統計協会, 2001.
- [8] 資源エネルギー - 庁電力・ガス事業部. 『平成 12 年度電力需給の概要』. 中和印刷株式会社出版部, 2000.
- [9] 資源エネルギー - 庁電力・ガス事業部. 『平成 13 年度電力需給の概要』. 中和印刷株式会社出版部, 2001.
- [10] 資源エネルギー - 庁電力・ガス事業部ガス市場整備課. 『平成 12 年ガス事業統計年報』. 社団法人 日本ガス協会, 2001.
- [11] 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課. 『日本の廃棄物処理 (平成 12 年度版)』. 環境省ホームページ (<http://www.env.go.jp>).
- [12] 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部産業廃棄物課. 『産業廃棄物排出・処理状況調査報告書 (平成 12 年度実績)』. 環境省ホームページ (<http://www.env.go.jp>).
- [13] 産業研究所環境問題分析グループ. 『環境分析用産業連関表』. 慶應義塾大学産業研究所, 1996.
- [14] 鉄鋼スラグ協会. 『鉄鋼スラグ統計年報 (平成 12 年度実績)』. 鉄鋼スラグ協会ホームページ (<http://www.slg.jp/>), 2001.
- [15] 日本フライアッシュ協会ホームページ. (<http://www.japan-flyash.com/>).
- [16] 社団法人 日本鉄鋼連盟環境管理部. 『鉄鋼業のスラグ等の発生及び利用・埋立状況報告書 (平成 5 年実績)』. 社団法人 日本鉄鋼連盟, 1994.
- [17] 経済産業省経済産業政策局調査統計部. 『平成 12 年エネルギー生産・需給統計年報 (石油・石炭・コークス)』. 財団法人 経済産業調査会, 2001.
- [18] 本藤祐樹, 森泉由恵, 外岡豊, 神成陽容. 『1995 年産業連関表を用いた温室効果ガス排出原単位の推計』. 日本エネルギー学会誌, Vol. 9, No. 81, 2002.
- [19] 中野 諭, 森 茂樹, 鷲津明由. 『昭和 60-平成 2-7 年接続環境分析用産業連関表-推計方法及び計測-』. *KEO Discussion Paper*, G-157, 慶應義塾大学産業研究所, 2002.