

産業連関表を用いた環境負荷原単位データブック(3EID)

2005年産業連関表に基づく部門別エネルギー 消費量および温室効果ガス排出量の推計方法

2013年8月改定版

独立行政法人国立環境研究所

資源循環・廃棄物研究センター

南齊 規介

目次

1. 2005 年表 3EID に含まれるデータ	1
2. 内包型環境負荷原単位とその内訳の計算方法	3
2.1 生産者価格基準による内包型環境負荷原単位	3
2.2 内包型環境負荷原単位の内訳	5
2.3 購入者価格基準による内包型環境負荷原単位	8
3. 部門別原燃料消費量の推計	11
3.1 部門統合	11
3.2 石炭系燃料消費量	11
3.2.1 原料炭.....	11
3.2.2 一般炭・亜炭・無煙炭.....	12
3.2.3 コークス.....	14
3.2.4 コークス炉ガス(COG).....	14
3.2.5 高炉ガス(BFG).....	15
3.2.6 転炉ガス(LDG).....	16
3.3 石油系燃料消費量.....	17
3.3.1 原油.....	17
3.3.2 A 重油.....	17
3.3.3 B・C 重油.....	17
3.3.4 灯油.....	18
3.3.5 軽油.....	18
3.3.6 揮発油(ガソリン).....	18
3.3.7 ジェット燃料油.....	18
3.3.8 ナフサ.....	19
3.3.9 石油系炭化水素ガス.....	19
3.3.10 炭化水素油.....	20
3.3.11 石油コークス.....	20
3.3.12 液化石油ガス(LPG).....	21
3.4 天然ガス系燃料消費量.....	22
3.4.1 天然ガス・液化天然ガス(LNG).....	22
3.4.2 都市ガス.....	22
3.5 その他の原燃料消費量.....	23
3.5.1 回収黒液・廃材.....	23

3.5.2 廃タイヤ.....	23
3.5.3 一般廃棄物.....	23
3.5.4 産業廃棄物.....	24
3.5.5 容器包装廃プラスチック.....	24
4. 「自家発電」部門と「再生資源回収・加工処理」部門に関する留意点	25
5. 部門別エネルギー消費量とCO ₂ 排出量の推計.....	27
5.1 負荷寄与率の設定	27
5.2 エネルギー消費量の推計	29
5.3 CO ₂ 排出量の推計.....	31
5.3.1 CO ₂ 排出係数の設定.....	31
5.3.2 石灰石.....	33
6. 統計表の廃刊や項目縮小等に伴い推計方法を変更した原燃料種	34
6.1 推計方法の変更理由	34
6.1.1 原料炭の変更点.....	34
6.1.2 一般炭・亜炭・無煙炭の変更点.....	35
6.1.3 コークスの変更点.....	35
6.1.4 石油系炭化水素ガスの変更点.....	35
6.1.5 炭化水素油の変更点	36
6.1.6 石油コークスの変更点.....	36
6.1.7 液化石油ガス(LPG)の変更点.....	36
6.1.8 液化天然ガス(LNG)の変更点.....	37
6.1.9 回収黒液・廃材の変更点.....	37
6.1.10 石灰石の変更点.....	38
6.2 推計方法の変更に伴う内包型原単位の利用上の問題点	39
7. その他の温室効果ガス部門別排出量の推計方法	40
8. 「エネルギー分野」排出量の部門対応と配分	42
8.1 燃料の燃焼(1.A)(CH ₄ , N ₂ O)	42
8.1.1 産業連関表との部門対応.....	42
8.1.2 排出量の配分方法.....	43
8.2 燃料からの漏出(1.B)(非エネルギーCO ₂ , CH ₄ , N ₂ O)	43

8.2.1 産業連関表との部門対応	43
8.2.2 排出量の配分方法	44
9. 「工業プロセス分野」排出量の部門対応と配分	45
9.1 製品製造時における排出(非エネルギー-CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFCs, PFCs, SF ₆)	45
9.1.1 産業連関表との部門対応	45
9.1.2 排出量の配分方法	47
9.2 製品製造・使用・廃棄時における排出(HFCs, PFCs, SF ₆)	47
9.2.1 産業連関表との部門対応	47
9.2.2 排出量の配分方法	51
10. 「溶剤その他の製品の利用分野」排出量の部門対応と配分	58
10.1 麻酔(3.D)(N ₂ O)	58
10.1.1 産業連関表との部門対応	58
10.1.2 排出量の配分方法	58
11. 「農業分野」排出量の部門対応と配分	59
11.1 消化管内発酵(4.A)(CH ₄), 家畜排せつ物の管理(4.B)(CH ₄ , N ₂ O)	59
11.1.1 産業連関表との部門対応	59
11.1.2 排出量の配分方法	59
11.2 稲作(4.C)(CH ₄)	59
11.2.1 産業連関表との部門対応	59
11.2.2 排出量の配分方法	59
11.3 農用地の土壌(4.D)(N ₂ O)	60
11.3.1 産業連関表との部門対応	60
11.3.2 排出量の配分方法	61
11.4 農業廃棄物の野焼き(4.F)(CH ₄ , N ₂ O)	61
11.4.1 産業連関表との部門対応	61
11.4.2 排出量の配分方法	62
12. 「廃棄物分野」排出量の部門対応と配分	63
12.1 管理処分場からの排出(6.A.1)(CH ₄), 廃棄物の焼却(6.C)(CH ₄ , N ₂ O), 有機性廃棄物のコンポスト化に伴う排出(6.D.1)(CH ₄ , N ₂ O)	63
12.1.1 産業連関表との部門対応	63
12.1.2 排出量の配分方法	63
12.2 不法処分に伴う排出(6.A.3)(CH ₄)	63

12.2.1 産業連関表との部門対応.....	63
12.2.2 排出量の配分方法.....	63
12.3 排水の処理に伴う排出(6.B)(CH ₄ , N ₂ O), 石油由来の界面活性剤の分解に伴う排出(6.D.2)(非エネ CO ₂)	63
12.3.1 産業連関表との部門対応.....	63
12.3.2 排出量の配分方法.....	64
謝 辞.....	65

1. 2005 年表 3EID に含まれるデータ

2005 年産業連関表に対応した「産業連関表による環境負荷原単位データブック(3EID)」には、以下の①部門別原燃料消費量、②部門別エネルギー消費量、③部門別 CO₂ 排出量、④部門別その他の GHG 排出量、⑤内包型環境負荷原単位(生産者価格基準)、⑥内包型環境負荷原単位(生産者価格基準)の内訳、⑦内包型環境負荷原単位(購入者価格基準)のデータが MS-Excel2010(.xlsx)形式で収録されている。

部門別原燃料消費量

産業連関表の各部門における燃料および CO₂ の排出に関わる原料の年間消費量を推計したもの。推計方法については、「2. 部門別原燃料消費量の推計」に記述する。

②部門別エネルギー消費量

産業連関表の各部門における年間のエネルギー消費量を推計したもの。推計方法については、「4. 部門別エネルギー消費量と CO₂ 排出量の推計」に記述する。

③部門別 CO₂ 排出量

産業連関表の各部門における年間の CO₂ 排出量を推計したもの。推計方法については、「4. 部門別エネルギー消費量と CO₂ 排出量の推計」に記述する。

④部門別その他の GHG 排出量

産業連関表の各部門における年間のエネルギー起源および石灰石起源以外の温室効果ガス(GHG)排出量(CO₂, CH₄, N₂O, HFCs (Hydrofluorocarbons), PFCs (perfluorocarbons), SF₆ (sulfer hexafluoride))を推計したもの。推計方法については、「6. その他の温室効果ガス部門別排出量の推計方法」に記述する。

⑤内包型環境負荷原単位(生産者価格基準)

産業連関分析を用いて生産者価格基準による各部門の内包型エネルギー原単位、内包型 CO₂ 排出原単位、内包型 CO₂(エネルギー起源および石灰石起源以外)排出原単位、内包型 CH₄ 排出原単位、内包型 N₂O 排出原単位、内包型 HFCs 排出原単位、内包型 PFCs 排出原単位、内包型 SF₆ 排出原単位を計算したもの。計算方法については、「2.1 生産者価格基準による内包型環境負荷原単位」に記述する。

⑥内包型環境負荷原単位(生産者価格基準)の内訳

各種内包型環境負荷原単位の値がどのように構成されているかを示すため、内包型環境負荷原単位の原燃料種別や部門別の内訳を示したもの。計算方法については、「2.2 内包型環境負荷原単位の内訳」に記述する。

⑦内包型環境負荷原単位(購入者価格基準)

生産者価格基準の内包型環境負荷原単位に商用マージンおよび輸送マージンに伴う環境負荷量を加えて、購入者価格基準による内包型環境負荷原単位を計算したもの。計算方法については、「2.3 購入者価格基準による内包型環境負荷原単位」に記述する。

2. 内包型環境負荷原単位とその内訳の計算方法

2.1 生産者価格基準による内包型環境負荷原単位

本研究で算出する生産者価格基準による内包型環境負荷原単位とは、部門の単位生産活動に伴い、直接および間接的に発生する環境負荷量を意味する。単位生産活動とは生産者基準の価格、つまり工場出荷時の価格で百万円に相当する生産量を指す。内包型環境負荷原単位は生産部門で直接発生する環境負荷量に加え、そのサプライチェーンを通じて間接的に他の生産部門から発生する環境負荷量を含めた値であり、単位あたりの生産に必要な総エネルギー消費量や総 CO₂ 排出量を示す係数と理解することができる。

部門 k の内包型環境負荷原単位 e_k (環境負荷量/百万円)を産業連関数量モデルにより次のように推計する。いま、部門 $i=1\dots k\dots n$ の総生産額 x_i (百万円)は、中間需要である部門 $j=1\dots k\dots n$ の部門 i に対する需要 x_{ij} (百万円)と最終需要部門による需要 f_i (百万円)との和に等しいと考え、式(1)の関係を仮定する。

$$x_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} + f_i \quad (1)$$

ここで、部門 j の単位生産額あたり必要とする部門 i の投入額を示す投入係数 a_{ij} (百万円/百万円)を式(2)のように生産額 x_{ij} を部門 j の総生産額 x_j で割って求め、式(1)の x_{ij} に代入して式(3)を得る。

$$a_{ij} = x_{ij} / x_j \quad (2)$$

$$x_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j + f_i \quad (3)$$

式(3)の生産額と需要額の関係式を全ての部門 $i = 1\dots k\dots n$ について考えると、式(4)のように行列とベクトルと用いて記述することができる。

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_k \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1k} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{k1} & \cdots & a_{kk} & \cdots & a_{kn} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nk} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_k \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} f_1 \\ \vdots \\ f_k \\ \vdots \\ f_n \end{pmatrix} \quad (4)$$

各部門の生産額を要素とする生産額ベクトル $\mathbf{x} = (x_i)$ ，投入係数を要素とする投入係数行列 $\mathbf{A} = (a_{ij})$ ，最終需要額を要素とする最終需要ベクトル $\mathbf{f} = (f_i)$ を定義すると、式(4)は式(5)で表すことができる。

$$\mathbf{x} = \mathbf{Ax} + \mathbf{f} \quad (5)$$

式(5)を式(6)のように整理し、ベクトル \mathbf{x} に解くと式(7)が得られる。この式から、任意の最終需要額(最終需要ベクトル \mathbf{f})を与えると、その需要を満たすため必要な各部門の生産額(生産額ベクトル \mathbf{x})を求めることができる。なお、行列 \mathbf{I} は単位行列である。

$$(\mathbf{I} - \mathbf{A})\mathbf{x} = \mathbf{f} \quad (6)$$

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{f} \quad (7)$$

式(7)より得られる部門 i の生産額 x_i に部門 i の単位生産額あたりに部門 i で直接発生する環境負荷量 d_i (例えば CO_2 では、 $\text{t-CO}_2/\text{百万円}$) を乗じることで、最終需要額 \mathbf{f} が起点となり部門 i で発生する環境負荷量を $d_i x_i$ (t-CO_2) として計算できる。したがって、最終需要額 \mathbf{f} により全ての部門 $i = 1 \dots k \dots n$ で発生した環境負荷量の合計 E は、式(8)と書ける。なお、本研究では d_i を単位直接環境負荷量と呼び、式(9)のように部門 i から直接発生する年間の環境負荷量 D_i を総生産額 x_i で除して定める。

$$E = \sum_{i=1}^n d_i x_i \quad (8)$$

$$d_i = D_i / x_i \quad (9)$$

各部門の単位直接環境負荷量 d_i を要素とする単位直接環境負荷ベクトル $\mathbf{d} = (d_i)$ を定義すると、式(8)は式(7)を用いて式(10)と書ける。ただし、上付き添え字 t はベクトルの転置を意味する。

$$E = \begin{pmatrix} d_1 \\ \vdots \\ d_n \end{pmatrix}^t \mathbf{x} = \mathbf{d}^t (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{f} \quad (10)$$

産業連関分析による部門 k の内包型環境負荷原単位 e_k は、部門 k に対して一単位の最終需要を与えた場合に各部門で発生する環境負荷量の合計である。それゆえ、最終需要ベクトル \mathbf{f} の部門 k に関する要素 f_k のみを 1 とし、それ以外の要素を 0 とする最終需要ベクトル \mathbf{f}_k を定義し、式(10)の \mathbf{f} に代入することで、式(11)より e_k が算定される。

$$e_k = \mathbf{d}^t (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \begin{pmatrix} f_1 = 0 \\ \vdots \\ f_k = 1 \\ \vdots \\ f_n = 0 \end{pmatrix} = \mathbf{d}^t (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{f}_k \quad (11)$$

全ての部門 $i = 1 \dots k \dots n$ の内包型環境負荷原単位を一度に計算するには、部門 i への最終需要のみを 1 とするベクトルを要素とする行列(単位行列 \mathbf{I} となる)を定義し、式(10)の \mathbf{f} と置き換えて式(12)を計算す

ればよい。各部門の内包型環境負荷原単位を要素とする内包型環境負荷原単位ベクトルを $\mathbf{e} = (e_i)$ とすると式(12)は式(13)と書ける。

$$\begin{pmatrix} e_1 \\ \vdots \\ e_k \\ \vdots \\ e_n \end{pmatrix}^t = \mathbf{d}^t (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \begin{pmatrix} 1 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & 1 & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \cdots & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & 1 & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & \cdots & 1 \end{pmatrix} = \mathbf{d}^t (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{I} \quad (12)$$

$$\mathbf{e}^t = \mathbf{d}^t (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \quad (13)$$

式(13)から計算される内包型環境負荷原単位 e_i は、式(2)の部門 j の中間需要額 x_{ij} (百万円)を国産品と輸入品とを区別せずに両者を合わせて定義した投入係数 a_{ij} に基づいて計算される。そのため、 e_i は部門 i のサプライチェーンにおいて使用される輸入品の生産に伴い発生する環境負荷量を含めた値となる。ただし、輸入品と国産品の生産技術の違いは投入係数 a_{ij} で区別されていないため、輸入品は国産品と同じ生産技術、つまり同じ環境負荷量を持つと仮定(国産技術仮定)した計算となる。

一方、投入係数 a_{ij} から輸入品を除くことで、国内のサプライチェーンのみから発生する環境負荷量だけを対象とした内包型環境負荷原単位 \tilde{e}_i を算出することができる。各部門における部門 i からの投入額のうち、輸入品の占める割合を m_i (百万円/百万円)とすると、国産品のみを対象とする投入係数は $\tilde{a}_{ij} = (1 - m_i) a_{ij}$ と定義できる。いま、国産品のみで構成する投入係数行列 $\tilde{\mathbf{A}} = (\tilde{a}_{ij})$ 、輸入率 m_i を要素とする輸入係数ベクトル $\mathbf{m} = (m_i)$ を定義し、式(13)の \mathbf{A} に $\tilde{\mathbf{A}}$ を代入すると、 \tilde{e}_i を要素とする内包型環境負荷原単位ベクトル $\tilde{\mathbf{e}} = (\tilde{e}_i)$ は式(14)より求められる。

$$\tilde{\mathbf{e}}^t = \mathbf{d}^t (\mathbf{I} - \tilde{\mathbf{A}})^{-1} = \mathbf{d}^t (\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \hat{\mathbf{m}}) \mathbf{A})^{-1} \quad (14)$$

2.2 内包型環境負荷原単位の内訳

本研究では各部門の内包型環境負荷原単位の内訳を三つの視点から示す。一つ目は、環境負荷の発生要因に着目するもので、エネルギー消費と CO₂ 排出量については、原燃料の種類別に見た内包型環境負荷原単位の内訳、その他の GHG 排出量については本研究で排出量を参照した「日本国温室効

果ガスインベントリ報告書(NIR)」の排出源分野別の内訳を示す。この内訳を見ることで、各部門の単位あたりの生産に伴い、どの原燃料からどれくらいエネルギー消費や CO₂ 排出を誘発するか、または、どの排出源分野からの GHG をどれくらい誘発するかを理解することができる。

二つ目は、どの部門に対して環境負荷を誘引するかに着目する内訳である。環境負荷の発生を誘発された部門別の内訳を示すもので、部門の単位生産に伴い、そのサプライチェーンを通じてどの部門にどれくらいの環境負荷を誘発するかを理解することができる。

三つ目は、部門のどの投入物を起点とし、サプライチェーンを通じた環境負荷が誘引されるかに着目する内訳である。部門の内包型環境負荷原単位のその部門が直接投入している投入物(部門)別の寄与を示すもので、部門が直接消費する原材料やサービスが、各々どれくらいの間接的な環境負荷の発生に関与しているかを理解することができる。

上記三つの内包型環境負荷原単位の内訳の計算方法は以下の通りである。

①排出要因別内訳

単位直接環境負荷量 d_i を原燃料種別などの発生要因 r 別 ($r = 1 \dots R$) に分解し、発生要因 r 別の単位直接環境負荷量 d_{ri} を求める。これを要素とする単位直接環境負荷行列 $\mathbf{D} = (d_{ri})$ を定義すると、式(15)より発生要因 r 別の内包型環境負荷原単位 e_{ri} を得ることができる。 e_{ri} は e_i と式(16)の関係にある。なお、国産品のみを対象とする場合は、同様に式(17)より内包型環境負荷原単位 \tilde{e}_{ri} を求めることができる。 \tilde{e}_{ri} は \tilde{e}_i と式(18)の関係を満たす。

$$\begin{pmatrix} e_{11} & \cdots & e_{1k} & \cdots & e_{1n} \\ \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ e_{R1} & \cdots & e_{Rk} & \cdots & e_{Rn} \end{pmatrix} = \mathbf{D}^t (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \quad (15)$$

$$e_i = \sum_{r=1}^R e_{ri} \quad (16)$$

$$\begin{pmatrix} \tilde{e}_{11} & \cdots & \tilde{e}_{1k} & \cdots & \tilde{e}_{1n} \\ \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \tilde{e}_{R1} & \cdots & \tilde{e}_{Rk} & \cdots & \tilde{e}_{Rn} \end{pmatrix} = \mathbf{D}^t (\mathbf{I} - \tilde{\mathbf{A}})^{-1} \quad (17)$$

$$\tilde{e}_i = \sum_{r=1}^R \tilde{e}_{ri} \quad (18)$$

②誘発部門内訳

部門 j の単位あたりの生産に伴い部門 i に誘発する環境負荷量 e_{ij} は式(19)より算出することができる。 e_{ij} は部門 j の内包型環境負荷原単位 e_j と式(20)の関係にある。なお、国産品のみを対象とする場合は、

同様に式(21)より内包型環境負荷原単位 \tilde{e}_j を求めることができる。 \tilde{e}_j は部門 j の国産品のみを対象とする内包型環境負荷原単位 \tilde{e}_j と式(22)の関係を満たす。上付き添え字 \wedge はベクトルの要素を対角要素として他を 0 とする正方行列を表す。

$$\begin{pmatrix} e_{11} & \cdots & e_{1k} & \cdots & e_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ e_{k1} & \cdots & e_{kk} & \cdots & e_{kn} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ e_{n1} & \cdots & e_{nk} & \cdots & e_{nn} \end{pmatrix} = \hat{\mathbf{d}}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \quad (19)$$

$$e_j = \sum_{i=1}^n e_{ij} \quad (20)$$

$$\begin{pmatrix} \tilde{e}_{11} & \cdots & \tilde{e}_{1k} & \cdots & \tilde{e}_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{e}_{k1} & \cdots & \tilde{e}_{kk} & \cdots & \tilde{e}_{kn} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{e}_{n1} & \cdots & \tilde{e}_{nk} & \cdots & \tilde{e}_{nn} \end{pmatrix} = \hat{\mathbf{d}}(\mathbf{I} - \tilde{\mathbf{A}})^{-1} \quad (21)$$

$$\tilde{e}_j = \sum_{i=1}^n \tilde{e}_{ij} \quad (22)$$

③投入物別内訳

部門 j の単位生産あたりに直接消費する原材料やサービスの種類と量は投入係数 a_{ij} に示されている。式(23)から得られる投入係数 a_{ij} に内包型環境負荷原単位 e_i を乗じた $e_i a_{ij}$ は、部門 i から部門 j への直接的な投入に起因して発生する環境負荷量を示す。これは、部門 j は既に $e_i a_{ij}$ の環境負荷を発生させた原材料やサービスを部門 i から購入し、それに部門 j から直接発生する環境負荷量 d_j を追加することで単位あたりの生産活動を行うものと理解することができる。この投入物別の内訳を見ることで、部門 j が直接利用する原材料やサービスの中で、何が最も直接的間接的な環境負荷の発生に関与しているかを解析することができる。なお、 $e_i a_{ij}$ と d_j は部門 j の内包型環境負荷原単位 e_j と式(24)の関係を満たす。

国産品のみを対象とする場合は、同様に式(25)より $\tilde{e}_j \tilde{a}_{ij}$ を求めることができる。 $\tilde{e}_j \tilde{a}_{ij}$ と d_j は \tilde{e}_j と式(26)の関係にある。

$$\begin{pmatrix} e_1 a_{11} & \cdots & e_1 a_{1k} & \cdots & e_1 a_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ e_k a_{k1} & \cdots & e_k a_{kn} & \cdots & e_k a_{kn} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ e_n a_{n1} & \cdots & e_n a_{nk} & \cdots & e_n a_{nn} \end{pmatrix} = \hat{\mathbf{e}}\mathbf{A} \quad (23)$$

$$e_j = d_j + \sum_{i=1}^n e_i a_{ij} \quad (24)$$

$$\begin{pmatrix} \tilde{e}_1 \tilde{a}_{11} & \cdots & \tilde{e}_1 \tilde{a}_{1k} & \cdots & \tilde{e}_1 \tilde{a}_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{e}_k \tilde{a}_{k1} & \cdots & \tilde{e}_k \tilde{a}_{kn} & \cdots & \tilde{e}_k \tilde{a}_{kn} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{e}_n \tilde{a}_{n1} & \cdots & \tilde{e}_n \tilde{a}_{nk} & \cdots & \tilde{e}_n \tilde{a}_{nn} \end{pmatrix} = \hat{\tilde{\mathbf{e}}}\tilde{\mathbf{A}} \quad (25)$$

$$\tilde{e}_j = d_j + \sum_{i=1}^n \tilde{e}_i \tilde{a}_{ij} \quad (26)$$

2.3 購入者価格基準による内包型環境負荷原単位

商品が生産者から購入者の手に渡る間に、工場からの輸送費、商社や小売店での商業マージンが商品の価格に加えられる。また、その輸送や小売店での商業マージンに相当する販売活動に伴って環境負荷が発生する。例えば、購入者は商品の購入に 100 万円を支払った場合でも、その商品の生産時の価格は 90 万円であり、輸送費や商業マージンが 10 万円を占める場合もある。一方、CO₂ も生産までに 10t-CO₂ が発生し、購入者の手に渡る間に輸送等で更に 5t-CO₂ が発生することもある。つまり、購入者から見た 100 万円分の商品と生産者から見た 100 万円分の商品は量が異なり、また、その 100 万円に付随する環境負荷の構成も異なるのである。

購入者価格基準の内包型環境負荷原単位とは、購入者から見た 100 万円分の商品に付随し直接間接に発生する環境負荷量を示す値であり、生産時の環境負荷に加え、購入者への輸送、販売に伴う環境負荷を含む係数である。購入者への輸送と販売の形態は、無論、商品によっても異なるが、購入者の種類によっても異なる。例えば、同じ商品を購入する場合でも、家計であれば小売店の店舗や宅配を利用し、会社であれば、商社や物流会社を通じて購入する。

本研究では、商業マージンとして「卸売マージン($mgn = 1$)」と「小売マージン($mgn = 2$)」を含み、輸送費である国内貨物運賃には、「鉄道貨物輸送($trs = 1$)」、「道路貨物輸送($trs = 2$)」、「沿海・内水面輸送($trs = 3$)」、「港運輸送($trs = 4$)」、「航空輸送($trs = 5$)」、「貨物利用運用($trs = 6$)」、「倉庫($trs = 7$)」を含める。

いま、購入者を部門 j とすると、部門 j における部門 i の購入者価格基準の内包型環境負荷原単位 c_{ij} (環境負荷量/購入者価格基準での百万円) は式 (27) より算出される。

$$c_{ij} = \frac{e_j x_{ij} + \sum_{mgn=1}^2 e_{mgn}^{(M)} y_{ij}^{mgn} + \sum_{trs=1}^7 e_{trs}^{(T)} z_{ij}^{trs}}{x_{ij} + \sum_{mgn=1}^2 y_{ij}^{mgn} + \sum_{trs=1}^7 z_{ij}^{trs}} \quad (27)$$

ここで、 y_{ij}^{mgn} は部門 i の生産物を部門 j が購入する場合の商業マージン $mgn=1, 2$ の年間合計額、 z_{ij}^{trs} は部門 j が部門 i の生産物を購入する場合の国内貨物運賃 $trs=1...7$ の年間合計額である。 $e_{mgn}^{(M)}$ は商業マージンに該当する部門の内包型環境負荷原単位、 $e_{trs}^{(T)}$ は国内貨物運賃に該当する部門の内包型環境負荷原単位である。なお、部門 j には中間需要部門だけでなく最終需要部門も対象とする。

購入者価格基準の内包型環境負荷原単位に対する、生産、商業マージン ($mgn=1, 2$)、国内貨物運賃 ($trs=1...7$) に伴う環境負荷の寄与を理解するため、式 (27) を式 (28) のように分解することができる。

$$c_{ij} = \frac{e_j x_j}{w_{ij}} + \frac{e_1^{(M)} y_{ij}^1}{w_{ij}} + \frac{e_2^{(M)} y_{ij}^2}{w_{ij}} + \frac{e_1^{(T)} z_{ij}^1}{w_{ij}} + \frac{e_2^{(T)} z_{ij}^2}{w_{ij}} + \frac{e_3^{(T)} z_{ij}^3}{w_{ij}} + \frac{e_4^{(T)} z_{ij}^4}{w_{ij}} + \frac{e_5^{(T)} z_{ij}^5}{w_{ij}} + \frac{e_6^{(T)} z_{ij}^6}{w_{ij}} + \frac{e_7^{(T)} z_{ij}^7}{w_{ij}} \quad (28)$$

ただし、

$$w_{ij} = x_{ij} + \sum_{mgn=1}^2 y_{ij}^{mgn} + \sum_{trs=1}^7 z_{ij}^{trs} \quad (29)$$

なお、国産品のみを対象とする場合は、同様に式 (30) より、購入者価格基準による内包型環境負荷原単位 \tilde{c}_{ij} を得ることができる。

$$\tilde{c}_{ij} = \frac{\tilde{e}_j (1-m_i) x_{ij} + \sum_{mgn=1}^2 \tilde{e}_{mgn}^{(M)} (1-m_i) y_{ij}^{mgn} + \sum_{trs=1}^7 \tilde{e}_{trs}^{(T)} (1-m_i) z_{ij}^{trs}}{(1-m_i) x_{ij} + \sum_{mgn=1}^2 (1-m_i) y_{ij}^{mgn} + \sum_{trs=1}^7 (1-m_i) z_{ij}^{trs}} \quad (30)$$

式 (30) の分解は式 (31) となる。

$$\begin{aligned}
\tilde{c}_{ij} = & \frac{\tilde{e}_j (1-m_i) x_j}{\tilde{w}_{ij}} \\
& + \frac{\tilde{e}_1^{(M)} (1-m_i) y_{ij}^1}{\tilde{w}_{ij}} + \frac{\tilde{e}_2^{(M)} (1-m_i) y_{ij}^2}{\tilde{w}_{ij}} \\
& + \frac{\tilde{e}_1^{(T)} (1-m_i) z_{ij}^1}{\tilde{w}_{ij}} + \frac{\tilde{e}_2^{(T)} (1-m_i) z_{ij}^2}{\tilde{w}_{ij}} + \frac{\tilde{e}_3^{(T)} (1-m_i) z_{ij}^3}{\tilde{w}_{ij}} \\
& + \frac{\tilde{e}_4^{(T)} (1-m_i) z_{ij}^4}{\tilde{w}_{ij}} + \frac{\tilde{e}_5^{(T)} (1-m_i) z_{ij}^5}{\tilde{w}_{ij}} + \frac{\tilde{e}_6^{(T)} (1-m_i) z_{ij}^6}{\tilde{w}_{ij}} + \frac{\tilde{e}_7^{(T)} (1-m_i) z_{ij}^7}{\tilde{w}_{ij}}
\end{aligned} \tag{31}$$

ただし,

$$\tilde{w}_{ij} = (1-m_i) x_{ij} + \sum_{mgn=1}^2 (1-m_i) y_{ij}^{mgn} + \sum_{trs=1}^7 (1-m_i) z_{ij}^{trs} \tag{32}$$

3. 部門別原燃料消費量の推計

3.1 部門統合

2005年産業連関表の取引基本表は、基本分類である行520部門×列407部門で構成されている。基本表を用いて産業連関モデルにおける投入係数を作成するため、基本分類のいくつかの部門を統合し、行と列の部門数が等しい正方形行列化を作成した。

本研究では、行と列の部門数を403部門、190部門、108部門および34部門に統合した場合についてそれぞれ内包型原単位を算出した。行520部門×列407部門から行403部門×列403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部門を作成した。具体的には、列コードと行コードの2桁目以上の数字が全て同じ場合、該当する複数の行部門を1部門に統合した。しかし、表3-1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。なお、190部門、108部門および34部門への統合は、産業連関表で定義されている小分類、中分類、大分類の対応に従った。

表 3-1 特別な部門統合により作成した部門分類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	「11301 野菜(露地・施設)」	「11301 野菜(露地)」 「11302 野菜(施設)」	「113001 野菜」
25	「31101 漁業(沿岸・沖合・遠洋)」	「31101 沿岸漁業」 「31102 沖合漁業」 「31103 遠洋漁業」	「311001 沿岸漁業(国産)」 「311002 海面漁業(輸入)」
27	「31201 内水面漁業・養殖業」	「31201 内水面漁業」 「31202 内水面養殖業」	「312001 内水面漁業・養殖業」
290	「511101 事業用発電」	「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」	「5111001 事業用電力」

3.2 石炭系燃料消費量

3.2.1 原料炭

エネルギー消費やCO₂排出量の推計において、石炭を原料炭と一般炭等とに分けて消費量を推計す

る目的の一つは、それらの発熱量と炭素含有量の違いを反映するためである。1995年産業連関表までに付帯している物量表は、石炭は「原料炭」、「一般炭・亜炭」の2つに分けて掲載されていたが、2000年産業連関表の物量表からは両者が「石炭」の1つに集約され、各部門が「原料炭」と「一般炭・亜炭」のどちらをどれだけ消費したかを知ることができない。発熱量や炭素含有量と関連する石炭の性状は本来、石炭の産地で区分すべきものであるが、本研究では簡易に製鉄プロセスで利用される石炭を「原料炭」とし、それ以外の石炭消費を全て「一般炭・亜炭・無煙炭」と区分した。

製鉄プロセスにおける石炭利用は酸化鉄の還元剤、製鋼の炭素含有など、熱源としての利用よりも炭素源としての利用が主目的であり、比較的炭素含有量の高い石炭を選択する可能性が高いと考え、製鉄プロセス関連の部門で消費する石炭を「原料炭」と設定した。各部門の推計方法は以下の通りである。

コークス生産部門である「石炭製品」部門の消費量は、『石油等消費動態統計』における鉄鋼業のコークス製造用炭の受入量 53,013kt を採用した。「261101 銑鉄」部門の消費量は、『石油等消費動態統計』における鉄鋼業の石炭消費量(コークス製造用炭、石炭)のうち「焼結鉍用」、「ペレット用」、「銑鉄用」を「原料炭」と区分し、12,406kt と設定した。

「261101 銑鉄」部門以外の鉄鋼関連部門(「261102 フェアラロイ」、「261103 粗鋼(転炉)」、「261104 粗鋼(電気炉)」、「262101 熱間圧延鋼材」、「262201 鋼管」、「262301 冷間仕上鋼材」、「263101 鋳鉄鋼」、「263103 鋳鉄品及び鍛工品」、「264909 その他の鉄鋼製品」)については、これらの部門で消費される合計量を定め、物量表に記載されている石炭の投入量の大ききでその合計量を案分し、各部門の投入量を求めた。合計量は、『石油等消費動態統計』に記載されている製鉄関連の全石炭消費量 17,111kt から、上述の「261101 銑鉄」部門への投入分 12,406kt と、『石油等消費動態統計』に記載の鉄鋼部門の自家発電用石炭消費量(「発電・ボイラ・コージェネレーション用」)の 3,520kt を差し引いた 1,185kt を用いた。なお、以上の推計から「原料炭」の総消費量は 66,605kt とした。

3.2.2 一般炭・亜炭・無煙炭

本研究では、製鉄プロセス関連部門で使用する石炭を「原料炭」と区分し、それ以外の部門での石炭消費は全て「一般炭・亜炭・無煙炭」の消費とした。

まず、「原料炭」と「一般炭・亜炭・無煙炭」(以下:一般炭等)を合わせた石炭総消費量を推計し、その総消費量から「原料炭」の消費量を差し引くことで、「一般炭等」の総消費量を定めた。石炭総消費量は産業連関表が暦年基準であることから、暦年ベースの統計値を使用した。暦年ベースの消費量として、物量表または『貿易統計』記載の石炭輸入量が候補となる。両者を比較すると、物量表と『貿易統計』の値には 3%程度の差が存在する(表 3-2 参照)。『貿易統計』から石炭輸入量を推計するには、石炭に該当する複数の商品の輸入品を集計する必要があるが、本研究では『総合エネルギー統計』における『貿易統計』の使用方に習った。なお、年度ベースである『総合エネルギー統計』の値と物量表との差異は

1%程度である(表 3-2 参照)。

『貿易統計』の石炭輸入量のうち、原料炭と区分する商品の輸入量を求めると83,940ktとなり、先に推計した「原料炭」の合計量(66,605kt)と大きく異なっている。そのため、石炭総消費量から「原料炭」の消費量を差し引いて、「一般炭等」の総消費量を決定する方法においては、『貿易統計』における石炭輸入量を採用することは暗黙的な不整合を生じる。加えて、2000年表で採用した推計方法の継続性を重視し、本研究では物量表の値(186,554kt)を石炭総消費量として使用した。したがって、「一般炭」の総消費量は、石炭総消費量から「原料炭」の合計量を差し引いた119,949ktとした。

各部門の推計方法は次の通りである。一般炭の主要な消費業種としては、紙パルプ、石油化学、窯業土石および電力が挙げられる。中でも一般炭は自家発電用に使用されることが多い。日本の産業連関表では自家発電の生産活動が「511104 自家発電」部門として独立しており、各業種の自家発電に用いた一般炭を「511104 自家発電」部門へ計上する必要がある。

本研究では各部門に計上する生産用途(自家発電用途以外)と見なす一般炭として、物量表に記載されている各部門の石炭投入量を用いた。なお、本研究における「原料炭」と「一般炭等」の区分定義に基づき、「212101 石炭製品」、製鉄および製鋼関連部門の一般炭消費量はゼロとした。一般炭の多消費部門である「511101 事業用発電」部門については、『電力需給の概要』から消費量を引用した。

最後に、「原料炭」と「一般炭等」を合計した物量表の石炭消費量総量186,554ktから、「原料炭」消費量(66,605kt)、生産用途と見なす一般炭消費量合計(15,980kt)、「511101 事業用発電」部門の一般炭消費量(82,537kt)を差し引いた残りの21,433ktを自家発電用途の消費量として「511104 自家発電」部門に計上した。この「511104 自家発電」部門に計上した値は、2000年表の推計値から大きく増加している。しかし、『総合エネルギー統計』も同様に2000年から2005年にかけて自家発電用途の石炭消費量は増加していることから、変化の傾向は整合する(表 3-3 参照)。

表 3-2 石炭総消費量(原料炭＋一般炭等)の統計間比較

	物量表 (kt/y)	貿易統計 (kt/y)	総合エネルギー 統計(kt/y*) *年度
石炭総消費量 (原料炭＋一般炭)	186,554	180,836	184,730

表 3-3 「自家発電」部門の一般炭消費量の統計間比較

	2000年 (kt/y)	2005年 (kt/y)
総合エネルギー統計 (年度)	7,509	8,764
物量表	4,912	1,275
本研究	14,603	21,433

3.2.3 コークス

各部門のコークス消費量は物量表の値を採用した。しかし、「261101 銑鉄」部門において高炉用に使用されるコークスは後に高炉ガス(BFG)として他部門で利用されるため、CO₂ 排出量の配分、大気汚染物質等の発生の有無を考える上で、高炉用以外に使用されるコークスと区別して計上する必要がある。本研究では、「261101 銑鉄」部門へ計上されるコークスを「コークス」と「高炉用コークス」に分けて消費量を記述した。具体的には、「261101 銑鉄」部門へ計上されている物量表の36,471ktのコークスうち、『石油等消費動態統計』から「261101 銑鉄」部門に該当する高炉用のコークスの割合を88.9%と定め、 $36,471\text{kt} \times 0.889 = 32,426\text{kt}$ を「高炉用コークス」とした。この高炉用コークスの割合は、『石油等消費動態統計』に記載の「焼結鉍用」、「ペレット用」、「高炉用」(これらを「261101 銑鉄」部門の活動範囲と見なす)のコークス使用量の合計に対する「高炉用」の比率から算定した(表 3-4 参照)。

2005年の物量表では、「611101 卸売」、「611201 小売」、「912100 家計消費支出」部門のコークス消費量がマイナスの値で示されている。これは、上記部門で発生したコークスと競合する屑及び副産物の発生量を示す。一方、「392101 再生資源回収・加工処理」部門に上記の三つの部門からの発生量の合計と等しい量がプラスの値で計上されている。この発生した副産物は回収された容器包装系の廃プラスチックを指しており、本研究では、「容器包装廃プラスチック」という燃料種を別途設け、コークスとは別に各部門の消費量を推計した。したがって、「611101 卸売」、「611201 小売」、「912100 家計消費支出」部門のコークス発生および「392101 再生資源回収・加工処理」部門のコークス投入は共にゼロとした。

表 3-4 高炉用コークスの配分割合

	高炉用	高炉用以外		
		焼結鉍用	ペレット用	その他
消費量(t/y)	31,396,932	3,827,729	88,047	0
割合(%)	88.9			11.1

3.2.4 コークス炉ガス(COG)

物量表にコークス炉ガス(Coke Oven Gas: COG)の記載はないが、日本の産業連関表ではCOGは元より「2121019 その他の石炭製品」部門の産出物の一つと定義されている。そのため、この部門の産出先がCOGの消費部門を示すが、「2121019 その他の石炭製品」部門は、COGのほか、練炭、豆炭、粗ベンゾールやコールタールなどを産出することから、全ての産出先がCOGを消費している部門とは限らない。

本研究では、COGの総消費量を産業連関表に付帯の「部門別品目別国内生産額表」に掲載されている $15,638 \times 10^6 \text{m}^3 (=15,638 \text{Mm}^3)$ とした。各部門の消費量の推計方法は次の通りである。

まず、主要な消費部門である「212101 石炭製品」、「511101 事業用発電」部門の投入量を設定した。次

に、総消費量からこれら二つの部門の消費量を差し引いた量を、「2121019 その他の石炭製品」部門の産出先から COG の消費部門と考えられる部門へ産出額の大きさに配分した。「212101 石炭製品」部門への投入量は、『資源エネルギー統計年報』から 3,147Mm³とし、「511101 事業用電力」部門については、『電力需給の概要』から 2,464Mm³を引用した。「2121019 その他の石炭製品」部門の産出先から COG 消費部門の識別は以下ように行った。

『総合エネルギー統計』から COG の消費実態を確認し、「2121019 その他の石炭製品」部門の産出先のうち先に設定した「212101 石炭製品」、「511101 事業用電力」部門を除く、化学工業、窯業土石、鉄鋼、金属機械関連部門および「511104 自家発電」部門を COG の消費部門と仮定した。これらの産出先からコーラル原料とする製品を産出する部門（「202901 無機顔料」や「259903 炭素・黒鉛製品」部門等）、粗ベンゾールを原料として用いる部門（「203102 石油化学系芳香族製品」や「203202 環式中間物」部門等）を除き、該当する各部門へ総消費（15,638Mm³）から「212101 石炭製品」（3,147Mm³）、「511101 事業用発電」（2,464Mm³）での消費を差し引いた量（10,028Mm³）を「2121019 その他の石炭製品」部門の産出額に応じて按分した。この時、消費部門として該当する「392101 再生資源回収・加工処理」及び「511104 自家発電」部門へ配分された COG 消費量は、更に、これら両部門の産出物を利用する幾つかの部門へ再分配し、「392101 資源回収・加工処理」、「511104 自家発電」部門の COG 消費量をゼロとした。

COG のような特定の産業のみが消費する燃料消費量に関する「392101 再生資源回収・加工処理」、「511104 自家発電」部門での取り扱い方法については「2. 「自家発電」部門と「再生資源回収・加工処理」部門の原燃料消費量の計上方法に関する留意点」に記述する。

3.2.5 高炉ガス(BFG)

物量表に高炉ガス(Blast Furnace Gas: BFG)の消費量に関する記載はないため、本研究では『石油等消費動態統計』から発生量である 129,616Mm³を引用し、それを総消費量と仮定した。

BFG の競合品を生産する「2121019 その他の石炭製品」部門からの産出先のうち、産業連関表の付帯する『屑・副産物発生・投入表』が示す産出先に対して、その産出額の大きさに応じて総消費量を配分し、各部門の消費量を決定した。

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する場合、BFG の燃焼分を更に加えることは重複加算（いわゆるダブルカウント）となる。それゆえ、本研究では原燃料種の項目として「BFG 発生」を別途定義し、BFG 消費量に相当する量（129,616Mm³）をマイナス値で全て「銑鉄」部門へ計上した。

3.2.6 転炉ガス(LDG)

物量表に転炉ガス(Linz Donawitz Gas:LDG)の消費量に関する記載はないため、本研究では『石油等消費動態統計』から発生量である 8,726Mm³ を引用し、それを総消費量と仮定した。各部門の消費量の推計は、BFG の場合と同様である。

LDG は、カスケード利用されているコークス起源のガスであり、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場合に発生するガスである。そのため、高炉で使用されるコークスが全て燃焼すると仮定する場合、更に LDG の燃焼分を更に加えることはダブルカウントとなる。本研究では、「LDG 発生」を別途設け、「261103 粗鋼(転炉)」部門へ発生量に相当する 8,726Mm³ をマイナス値で計上した。加えて、その LDG 発生に要する銑鉄中のコークス由来の未燃炭素の消費量を明示的に示すため、「LDG(鉄含有炭素)」を定義した。「261103 粗鋼(転炉)」へ「LDG(鉄含有炭素)」の消費量として 8,726Mm³ を計上し、「261101 銑鉄」部門に発生量として同量をマイナスの値で計上した。この記述により、銑鉄中の未燃炭素の転炉への移動を表現されるため、「261103 粗鋼(転炉)」部門において発生するエネルギーとその源の関係が理解しやすい。

3.3 石油系燃料消費量

3.3.1 原油

各部門の原油消費量は物量表の値を用いた。ただし、燃焼用として消費量が多い「511101 事業用電力」部門の消費量については、『電力需給の概要』から暦年値を算出して計上した。

3.3.2 A 重油

物量表と『総合エネルギー統計』の総消費量が近似することを確認し、各部門におけるA重油消費量は物量表の値を用いた。

3.3.3 B・C 重油

物量表には、B重油とC重油を合わせた消費量が示されているが、「714101 外洋輸送」部門の消費量が実態的な数値と乖離する傾向があるため、本研究では物量表の値を次のように補正した。

「714101 外洋輸送」部門には産業連関表の国内概念により、日本籍船の国内給油、ボンド油(保税油)の内地調達分に加え、海外港で給油したB・C重油を含めて計上する必要がある。ボンド油、海外港での給油における単価は、関税や石油税のかかる国内単価より安価であるのが現状であるが、物量表ではこの単価の違いが適切に反映されていないため、「714101 外洋輸送」部門の消費量が過小に評価される傾向がある。

そこで本研究では、「714101 外洋輸送」部門のB・C重油の消費量として、まず、国内給油量を『資源エネルギー統計』による輸出量(ボンド油)(6,271ML)から物量表の輸出量(特殊貿易)(5,804ML)を差し引いた467MLとした。海外給油量は、年度値であるが『交通関係エネルギー要覧』における海外給油(11,739ML)を引用し、国内給油量と合わせて12,206MLを「714101 外洋輸送」部門へ計上した。

この「714101 外洋輸送」部門に対する消費量の歪みに伴い、物量表に記載の「輸出」を除く総消費量(内生部門の合計:34,704ML)も過小に評価されており、総消費量の修正が必要となる。本研究では、『資源エネルギー統計』から国内生産量、在庫、輸出入量(普通貿易)を参照し、前出の外洋輸送の海外給油分を輸入量(特殊貿易)とし、輸出量(特殊貿易)には統計情報の制約から物量表の値を採用することで、総消費量を41,714MLと推計した。したがって、「714101 外洋輸送」部門を除く部門の消費量の合計は29,508MLとなる。

消費量の大きい「511101 事業用発電」部門およびB・C重油が自家消費となり他部門より安価に調達できる可能性がある「211101 石油製品」部門についても、物量表の値を修正した。「511101 事業用電力」部

門は『電力需給の概要』から暦年計(11,301ML)を求め、「211101 石油製品」部門は『資源エネルギー統計』から自家消費(2,559ML)の値を引用した。その他の部門の消費量は、先の総消費量(29,508ML)から、これら二つの部門の消費量を差し引いた 15,649ML を、物量表に記載の各部門の消費量の大きさを配分して算定した。

3.3.4 灯油

自家消費となる「211101 石油製品」部門への消費量を物量表から修正し、『資源エネルギー統計』の記載値(87ML)を用いた。国内の在庫を除く総消費量として、『資源エネルギー統計』の記載値(29,626ML)を採用し、「211101 石油製品」部門以外の部門については、この総消費量から「211101 石油製品」部門へ消費量を差し引いた量を配分した。配分は物量表が示す灯油消費量に基づき行った。

3.3.5 軽油

自家消費となる「211101 石油製品」部門への投入量を物量表から修正し、『資源エネルギー統計』の記載値(7ML)を採用した。また、大口の消費部門であり他の部門の小口取引とは単価が異なることが推察される「511101 事業用電力」部門への消費量を『電力需給の概要』の値(197ML)を用いて修正した。国内の在庫を除く総消費量として、『資源エネルギー統計』の値(37,456ML)を採用し、その他の部門については、この総消費量から「211101 石油製品」部門と「511101 事業用電力」部門の消費量を差し引いた量を配分した。配分は物量表が示す軽油消費量に基づき行った。

3.3.6 揮発油(ガソリン)

自家消費となる「211101 石油製品」部門への投入量を物量表から修正し、『資源エネルギー統計』の記載値(1ML)を用いた。国内の在庫を除く総消費量として、『資源エネルギー統計』の値(61,617ML)を採用した。その他の部門については、この総消費から「211101 石油製品」部門の消費量を差し引いた量を各部門の物量表の揮発油消費量の大きさに基づき分配して算定した。

3.3.7 ジェット燃料油

ジェット燃料油の消費量の推計には、B・C 重油と同じく、産業連関表の国内概念に注意する必要がある。「715101 航空輸送」部門に計上される消費量は、日本籍機の国内給油、ボンド油(保税油)の内地調達分に加え、海外空港での給油を含むため、B・C 重油と同様の理由で物量表の値が過小に評価される。

本研究では、『資源エネルギー統計』から国内生産量、在庫、輸出入量(普通貿易)を参照し、航空機の海外給油分の輸入量(特殊貿易)を『航空輸送統計年報』から引用し、輸出力(特殊貿易)には統計情報の制約から物量表の値を採用して、輸出と在庫を除いた国内の総消費量(10,598ML)を算定した。「715101 航空輸送」部門には、『航空輸送統計年報』からジェット燃料油の消費量(10,587ML:国内外給油計)を計上した。その他の部門については、国内総消費量から、「715101 航空輸送」部門の消費量を差し引いた量を、物量表に記載のジェット燃料油消費量に基づいて各部門へ按分した。

3.3.8 ナフサ

物量表における国内消費量(50,806ML)を『資源エネルギー統計』(49,541 ML),『総合エネルギー統計』(47,197 ML: 年度値)と比較して近似することを確認し、物量表の値を採用した。

3.3.9 石油系炭化水素ガス

石油系炭化水素ガスの消費量は物量表には記述されていない。石油系炭化水素ガスは石油化学関連部門で副生燃料として発生するが、石油化学関連部門の産出先が全て副生燃料の消費部門とも限らない。本研究では『石油等消費動態統計』で示される石油系炭化水素ガスの部門別消費量を引用し、以下の方法により産業連関表の部門別消費量を推計した。

『石油等消費動態統計』の部門と産業連関表の部門が一对一で対応すると考えられる部門については、『石油等消費動態統計』に記載の消費量をそのまま産業連関表の対応する部門に計上した。一方、『石油等消費動態統計』の部門と対応する産業連関表の部門が複数ある場合、対応する複数の部門に対して何らかの配分基準を定め、『石油等消費動態統計』における消費量を産業連関表の部門に配分する必要がある。

本研究では『大気汚染物質排出量総合調査』に基づき推計された大気汚染物質の排出係数データベースである『固定発生源 NO_x, SO_x, PM 排出係数データベース(EF-JASS)』を利用して、『石油等消費動態統計』における消費量を配分するための指標を検討した。石油系炭化水素ガスは他の燃料種と併用して利用される事例が多いことに着目し、併用する燃料種の消費量の大きさを指標として、配分係数の算定を行った。

EF-JASS の産業部門別に石油系炭化水素ガスと併用して燃焼された燃料種とその発熱量を全て抽出し(ただし、その他気体燃料は除く)、抽出された燃料種のシェアを求めた。例えば、EF-JASS における化学工業(石油化学)においては、石油系炭化水素ガス(オフガス)は、A 重油、その他液体燃料、都市ガス、LPG、転炉ガス、その他気体燃料と併用して燃焼されている。その他の気体燃料は配分係数を作るための消費量を産業連関表の部門別には得られないことから除外すると、残りの併用される燃料種の発熱量

ベースでのシェアは 2.5%, 70.7%, 6.5%, 14.1%, 6.2%となる。本研究では、これらの抽出された燃料種のうち、シェアの大きいものから選出し、シェアの合計が 80%以上になる燃料種を配分係数の算定に用いる燃料種に設定した。上記の例では、その他液体燃料(70.7%)と LPG(14.1%)でシェアが累積で 80%以上となるため、それらに該当する。この二つのシェアが 100%になるように換算すると、EF-JASS の化学工業(石油化学)部門では、石油系炭化水素ガスの消費に対して、その他液体燃料は 83.4%と LPG は 16.6%の割合で関与していると考えることができる。

この定めたシェアで『石油等消費動態統計』の部門別の石油系炭化水素ガスの消費量を 2 つに区分する。具体的には、『石油等消費動態統計』における「石油化学製品・動力燃料用」と「その他製品」で消費されている石油系炭化水素ガス($6,631,772 \times 10^3 \text{Nm}^3$)の 83.4%をその他液体燃料との併用による消費量($5,530,837 \times 10^3 \text{Nm}^3$)、16.6%を LPG との併用による消費量($1,100,935 \times 10^3 \text{Nm}^3$)とする。本研究で対象とする燃料種では、その他液体燃料は炭化水素油に該当する。そのため、『石油等消費動態統計』の「石油化学製品・動力燃料用」と「その他製品」に対応する産業連関表の複数の部門に対し、前者の消費量($5,530,837 \times 10^3 \text{Nm}^3$)を各部門の炭化水素油の消費量に大きさを配分係数を作成し、各部門へ配分を行った。後者の消費量($1,100,935 \times 10^3 \text{Nm}^3$)は、各部門の LPG の消費量に大きさによって配分し、配分された二つの消費量を合わせて各部門の石油系炭化水素ガスの消費量を決定した。

3.3.10 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の手法で推計した。なお、EF-JASS において炭化水素油は「その他液体燃料」に対応させた。

3.3.11 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の手法で推計した。なお、EF-JASS において石油コークスは「その他液体燃料」に対応させた。ただし、「202909 その他の無機化学工業製品」部門の生産活動の一部である「シリコンカーバイド製造」における原料由来の CO_2 排出量をエネルギー消費由来の CO_2 排出量と明示的に区分する必要があるため、当該部門の総石油コークス消費量に『石油等消費動態統計』に記載の化学工業における石油コークス消費量の燃料用割合(燃料用÷(燃料用+原料用))を乗じて、燃料量の石油コークス消費量のみを推計し当該部門へ計上した。シリコンカーバイド製造におけるオイルコークス消費量の燃料用割合が統計からは得られないため、化学工業全体の割合を使用した(7.1 製品製造時における排出(非エネルギー CO_2 , CH_4 , N_2O , HFCs, PFCs, SF_6)を参照)。

3.3.12 液化石油ガス(LPG)

液化石油ガス(Liquefied Petroleum Gas: LPG)は、税率や供給形態の違いから消費部門によって単価が大きく異なる燃料である。例えば、自動車用、家庭用のLPGは工業用で利用されるLPGより高価である。しかし、現在の物量表は、こうした単価の違いを適切に反映していないため、自動車用、家庭用の消費量が過大に評価される傾向にある。そこで、本研究では物量表ではなく各種統計から大きな用途区分で消費量を把握し、それを各用途に該当する部門に配分して各部門の消費量を定めた。

まずLPGの総消費量として、『資源エネルギー統計』の国内向販売量を使用した。製造業部門は『石油等消費動態統計』から大きな用途区分でのLPG消費量を把握した(ただし、「211101 石油製品」部門については、自家消費量を引用して直接計上)。自動車用については日本LPガス協会がホームページで公表している自動車用のLPG消費量を使用した。日本LPガス協会の1995年から2007年まで値を『資源エネルギー統計』(2001年まで)、『総合エネルギー統計』と比較すると、日本LPガス協会の値と『総合エネルギー統計』の値は類似した経年変化を示す。しかし、1995年から2001年までを見ても、『資源エネルギー統計』の経年変化の傾向は他と異なっている。そのため、本研究では『総合エネルギー統計』よりも『エネルギー・経済統計要覧』に記載のLPG自動車保有台数の経年変化の傾向と類似したLPG消費量の経年変化を示す日本LPガス協会の数値(年度値)を採用した。

都市ガス用については『ガス事業便覧』の数値を使用した。『ガス事業便覧』と『資源エネルギー統計』(2001年まで)、『総合エネルギー統計』の値を1995年から2007年まで比較すると、『ガス事業便覧』と『総合エネルギー統計』の消費量が概ね一致することから、暦年での消費量が得られる『ガス事業便覧』のデータを採用した。電力用については『電力需給の概要』の値を引用した。家庭などその他の用途については、LPGの総消費量から上記全ての部門の消費量を差し引いた量を消費量とした。

上記の各種統計を使用し設定した用途は、工業用(パルプ・紙・板紙工業、化学工業、化学繊維工業、石油製品工業、窯業・土石製品工業、ガラス製品工業、鉄鋼業、非鉄金属地金工業、機械工業を統合したもの)、自動車用、都市ガス用、電力用、家庭燃料その他用である。この用途別の消費量を各用途に対応する部門に対し、物量表に記載のLPG投入額の大きさに按分した。この按分に用いた投入額は、成品と副産物(投入のみ)の合計の投入額である。

3.4 天然ガス系燃料消費量

3.4.1 天然ガス・液化天然ガス(LNG)

天然ガスと液化天然ガス(Liquefied Natural Gas: LNG)の総消費量は、天然ガスを発熱量に基づきLNG相当量に換算した合計値を各部門へ計上した。

天然ガスの総消費量は『資源エネルギー統計』から引用し、3,805Mm³とした。LNGの総消費量は、2000年表で引用していた『エネルギー生産需給統計』の後継である『資源エネルギー統計』の値を採用するのが、推計手法の継続性の観点から最も望ましい。しかし、『資源エネルギー統計』における2003年以降のLNG消費量は急激に減少しており、日本が国連気候変動枠組条約事務局に提出するCO₂排出量の推計に使用する『総合エネルギー統計』の値と大きく乖離する(表3-5参照)。そのため、本研究では、『資源エネルギー統計』を使用せず、『総合エネルギー統計』がLNG国内供給量として引用する『貿易統計』の輸入量を採用し、暦年ベースでの輸入量として58,014ktを用いた。これと天然ガス(LNG換算)とを合わせた総消費量は61,053ktである。

大口の需要部門である「511101 事業用電力」部門には、『電力需給の概要』から消費量を定めた。「512101 都市ガス」部門の消費量は、天然ガスは『資源エネルギー統計』を、LNGは『ガス事業生産動態統計』を引用した。他の部門の消費量については、LNG総消費量からこれら二部門の消費量を差し引いた値を、物量表に記載の天然ガス・LNG消費量に基づき配分した。

表 3-5 LNG消費量(国内供給量)の統計間比較

	資源エネルギー統計 (kt/y)	総合エネルギー統計 (kt/y)	貿易統計 (kt/y)
2000年	53,581	54,157	53,690
2005年	50,963	57,797	58,014

3.4.2 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。

3.5 その他の原燃料消費量

3.5.1 回収黒液・廃材

『石油等消費動態統計』から、パルプ、紙、板紙部門の回収黒液及び廃材消費量を引用し、それぞれ該当する部門へ計上した。

3.5.2 廃タイヤ

廃タイヤの消費量うち、熱利用される量を該当する部門別へ計上した。『日本のタイヤ産業』における熱利用用途の廃タイヤ消費量は、バイオマス発電等(製紙)、バイオマス発電等(化学工場等)、セメント焼成炉、製鉄、ガス化炉、タイヤ工場、中・小型ボイラーの分類で示されている。本研究では、上記分類と産業連関表部門との対応を次のように定め、上記分類の消費量を各部門へ割り当てた。

セメント焼成炉等、製鉄、タイヤ工場として計上されている消費量は、それぞれ「252101 セメント」、 「261101 銑鉄」、 「231101 タイヤ・チューブ」部門へ計上した。中・小型ボイラー用については、産業連関表における消費部門を明確に特定することが困難であるため、本研究ではこの利用目的を発電用であると仮定し、全消費量を「511104 自家発電」部門に計上した。バイオマス発電等(製紙)、バイオマス発電等(化学工場等)は、2000年表の推計で用いた『日本のタイヤ産業』での分類は、それぞれ製紙、発電という分類で示されていた消費量であり、2000年表の推計で「181201 洋紙・和紙」部門、「511104 自家発電」部門に計上していたことから、推計方法の継続性に鑑み、同様に「181201 洋紙・和紙」部門、「511104 自家発電」部門に消費量を割り当てた。ガス化炉の消費量(2005年の『日本のタイヤ産業』から新設)は製鉄所で使用されていることから、鉄鋼関連部門に分配した。鉄鋼業へのヒアリングに基づき、ガス化炉からの燃焼ガスは主にLNGの代替燃料として使用すると仮定し、鉄鋼関連の各部門へLNG消費量に応じて分配した。金属製錬の消費量は、産業連関表の「271101 銅」、「271102 鉛・亜鉛(含再生)」、「271103 アルミニウム(含再生)」、「271109 その他の非鉄金属地金」部門に対応させた。廃タイヤの利用が補足的な熱利用であると仮定し、各部門の総エネルギー消費量の大きさに基づいて廃タイヤの消費量を配分した。

3.5.3 一般廃棄物

一般廃棄物の焼却量は、『温室効果ガス排出・吸収目録』から引用し、「521201 廃棄物処理(公営)」部門に40,251ktを計上した。

3.5.4 産業廃棄物

産業廃棄物の処理は、廃棄処理業への委託処理ではなく、産業が自家で中間処理する場合も多く、本来はそうした産業廃棄物の焼却量は自家処理した部門に直接計上するべきである。しかし、本研究では約 400 部門別に産業廃棄物の焼却量を自家処理分と委託処理分に区分して把握することが困難であったため、『温室効果ガス排出・吸収目録(2009 年 4 月公表値)』より総焼却量(13,042kt)を引用し、全て「521202 廃棄物処理(産業)」部門に計上した。

3.5.5 容器包装廃プラスチック

プラスチック製の容器包装の回収が始まり、リサイクルされた容器包装廃プラスチックの消費量がコークスとナフサの競合品として物量表に記載されている。しかしながら、物量表の値は回収量ベースの値であり、実質的に CO₂ 排出の要因となる再商品化量を示していない。本研究では、再商品化手法の中でも、容器包装廃プラスチックの燃焼により CO₂ を発生する、高炉還元法、コークス炉化学原料化法、ガス化法で再商品化される容器包装廃プラスチックに着目し、各部門の消費量を推計した。

利用可能なデータの制約から、財団法人容器包装リサイクル協会による再商品化量(2005 年度)に基づき、先の再商品化手法に該当する部門に対して容器包装廃プラスチックの消費量を計上した。なお、財団法人容器包装リサイクル協会のデータでは「プラスチック」と「白色トレイ」の統計値があるが、2000 年表の推計手法との継続性を鑑み「プラスチック」のみを対象とした。

高炉還元法で再商品化される容器包装廃プラスチックは「261101 銑鉄」部門に、コークス炉化学原料化法による容器包装廃プラスチックはその 20%をコークス代替とし「261101 銑鉄」部門へ、40%をコークス炉ガス(COG)代替として COG を消費する部門へ COG の消費量の大きさに基づき配分した。また、ガス化による容器包装廃プラスチックについては、鉄鋼業の自家発電の燃料として利用されたと仮定し、鉄鋼関連部門に対し、物量表に記載の自家発電消費量の大きさに基づき配分した。

4. 「自家発電」部門と「再生資源回収・加工処理」部門に関する留

意点

本研究では、「511104 自家発電」部門と2000年表から新設された「392101 再生資源回収・加工処理」部門に対する原燃料消費量の計上について、次のような方法を採用している。自家発電の実態を踏まえると、鉄鋼業は石炭系副生ガスを活用した自家発電、石油化学業では石油精製時の副生ガスを活用した自家発電を行っており、同じ電力を生産するものの利用する燃料種は大きく異なっている。そのため、自家発電を利用する業種の燃料消費形態により、単位あたりの電力生産に伴うCO₂排出量には顕著な違いが見られる。一方、日本の産業連関表では、こうした実際には業種により技術の異なる自家発電を一つに集約して「511104 自家発電」部門を定義している。そのため、「511104 自家発電」部門の投入構造（産業連関分析の投入係数）との整合性を考えれば、各業種の自家発電で利用される多様な種類の原燃料を集約して「511104 自家発電」部門に計上する必要がある。

しかし、「511104 自家発電」部門にそうした集約した燃料消費量を計上した場合、産業連関分析ではどの部門が「511104 自家発電」を使用しても、その単位利用あたりのCO₂排出量は同一と見なして内包型CO₂排出原単位を計算する。そのため、例えば、鉄鋼関連部門の内包型原単位に「511104 自家発電」部門の投入に起因した石油系副生ガスからのCO₂が含まれる。逆に、化学関連部門の内包型原単位にはBFGなどの石炭系副生ガスからのCO₂も含まれてしまい、各部門の内包型原単位に現実性を欠く排出量が内包される問題が生じる。

理論的には、鉄鋼系自家発電、石油化学系自家発電など、CO₂排出量の観点から見た自家発電技術の類似性を鑑み、「511104 自家発電」部門を分割して複数の自家発電部門を設ける必要がある。そして、各自家発電部門について投入と産出構造を記述し、原燃料消費量を計上すれば、上述の問題を回避することができる。しかし実際には、約400部門を有する産業連関表では、部門分割により新たに定義した部門について、その投入産出構造を整合的に精度よく記述するには技術情報の十分な調査を必要とし容易な作業ではない。

本研究では簡便な代替手段として、ある業種の自家発電に固有な原燃料種については「511104 自家発電」部門には計上せず、その業種に該当する自家発電を利用する部門に計上した。一方、重油や石炭は各業種の自家発電で概ね共通して使用される燃料であるため、「511104 自家発電」部門に計上する方法を採用した。具体的には、COG、BFG、LDGの自家発電利用分は、鉄鋼関連部門に対し自家発電の消費量に応じて配分した。石油系の副生燃料（石油系炭化水素ガス、炭化水素油、石油コークス）については、石油化学系の自家発電を利用すると考えられる石油化学関連部門に直接計上した。また、黒液や廃材も紙パルプ業での自家発電特有の燃料であるため、紙パルプ関連部門にそれらの消費量を計上した。

上述の原燃料種の計上方法は、「511104 自家発電」部門の投入構造から判断すると単位生産額あたりの CO₂ 排出量が過小に算定されるため、特に「511104 自家発電」部門の内包型原単位の構造的整合性を犠牲にする。しかし、内包型原単位の主な利用を LCA における LCI データと考えると、「511104 自家発電」部門の内包型原単位よりも、自家発電を使用する多い鉄鋼製品や石油化学製品の生産部門の内包型原単位の利用の方が多くと想定される。それゆえ、本研究では「511104 自家発電」部門よりも後者の内包型原単位に、より実態的な燃料消費形態を反映させることを重視し、自家発電で利用される業種特有の燃料種について上述の計上方法を採用した。

一方、新設された「392101 再生資源回収・加工処理」部門も、「511104 自家発電」部門と同様に多様な再生資源技術を集約した部門である。本来、「392101 再生資源回収・加工処理」部門には、鉄屑、プラスチック屑、ガラス瓶、古紙等の再生資源の回収と処理活動に要した原燃料種を全て計上することが理論的に正しい。しかし、鉄鋼業の石炭系副生ガスは鉄屑の再生で利用、プラスチック屑は高炉やコークス炉で処理されるなど、現実的には利用する部門が限定されている原燃料種がある。こうした原燃料種を「392101 再生資源回収・加工処理」部門に一括して計上すると、例えば、「392101 再生資源回収・加工処理」部門からの投入は、現実には再生紙(古紙の投入部門)の消費を意味する部門に対しても、その内包型原単位に鉄屑再生に要した石炭系副生ガスに起因する CO₂ が含まれてしまう。

理論的には、再生資源の種類ごとに「392101 再生資源回収・加工処理」部門を分割し、分割した部門毎に処理に要した原燃料を計上し、その CO₂ が再生資源の利用部門へ適切に帰属するよう、産業連関表を拡張することが必要である。しかしながら、そのための技術情報の収集は容易でないことから、本研究では「511104 自家発電」部門と同様の燃料消費量の計上方法を用いた。すなわち、原燃料種が特定の資源再生に主として利用され、且つ、再生された資源の利用部門が概ね特定できる場合、資源の再生に要した原燃料種の消費量は、「392101 再生資源回収・加工処理」部門ではなく、再生資源の利用部門に対して計上した。そのため、「392101 再生資源回収・加工処理」部門の内包型原単位は投入構造と整合しない過小な値を示す。「511104 自家発電」、「392101 再生資源回収・加工処理」部門の内包型原単位の利用において、上述の特性に注意を要する。

5. 部門別エネルギー消費量とCO₂排出量の推計

推計した部門別原燃料消費量に基づき、各部門の直接的なエネルギー消費量およびCO₂排出量を算定した。

5.1 負荷寄与率の設定

各部門における原燃料消費量に対し負荷寄与率を設定し、エネルギー消費と見なす原燃料消費を規定した。負荷寄与率は基準値として1を与え、エネルギー転換用途、原料用途である消費形態については0と設定した。表5-1にエネルギー転換用として、表5-2に原料用途として負荷寄与率を0とした部門と原燃料種を示す。

表 5-1 エネルギー転換用途として負荷寄与率を0と設定した部門と原燃料種

部門番号	部門名	原燃料種	用途
138	「211101 石油製品」	原油	石油製品へ転換
139	「211101 石炭製品」	原料炭	コークスへ転換
292	「512101 都市ガス」	一般炭・亜炭	都市ガスへ転換
292	「512101 都市ガス」	LNG・天然ガス	都市ガスへ転換
292	「512101 都市ガス」	ナフサ	都市ガスへ転換
292	「512101 都市ガス」	LPG	都市ガスへ転換

表 5-2 原料用途として負荷寄与率を0と設定した部門と原燃料種

部門番号	部門名	原燃料種	用途
104	「201101 化学肥料」	ナフサ	化学製品原料
109	「202909 その他の無機化学工業製品」	ナフサ	化学製品原料
110	「203101 石油化学基礎製品」	ナフサ	化学製品原料
111	「203102 石油化学系芳香族製品」	ナフサ	化学製品原料
112	「203201 脂肪族中間物」	ナフサ	化学製品原料
113	「203202 環式中間物」	ナフサ	化学製品原料
119	「203909 その他の有機化学工業製品」	ナフサ	化学製品原料
134	「207909 その他の化学最終製品」	ナフサ	化学製品原料
104	「201101 化学肥料」	LPG	化学製品原料
105	「202101 ソーダ工業製品」	LPG	化学製品原料
106	「202901 無機顔料」	LPG	化学製品原料
107	「202902 圧縮ガス・液化ガス」	LPG	化学製品原料

部門番号	部門名	原燃料種	用途
109	「202909 その他の無機化学工業製品」	LPG	化学製品原料
110	「203101 石油化学基礎製品」	LPG	化学製品原料
111	「203102 石油化学系芳香族製品」	LPG	化学製品原料
112	「203201 脂肪族中間物」	LPG	化学製品原料
113	「203202 環式中間物」	LPG	化学製品原料
114	「203301 合成ゴム」	LPG	化学製品原料
115	「203901 メタン誘導品」	LPG	化学製品原料
117	「203903 可塑剤」	LPG	化学製品原料
118	「203904 合成染料」	LPG	化学製品原料
119	「203909 その他の有機化学工業製品」	LPG	化学製品原料
120	「204101 熱硬化性樹脂」	LPG	化学製品原料
121	「204102 熱可塑性樹脂」	LPG	化学製品原料
122	「204103 高機能性樹脂」	LPG	化学製品原料
123	「204109 その他の合成樹脂」	LPG	化学製品原料
125	「205102 合成繊維」	LPG	化学製品原料
126	「206101 医薬品」	LPG	化学製品原料
127	「207101 石けん・合成洗剤・界面活性剤」	LPG	化学製品原料
128	「207102 化粧品・歯磨」	LPG	化学製品原料
129	「207201 塗料」	LPG	化学製品原料
130	「207202 印刷インキ」	LPG	化学製品原料
131	「207301 写真感光材料」	LPG	化学製品原料
132	「207401 農薬」	LPG	化学製品原料
133	「207901 ゼラチン・接着剤」	LPG	化学製品原料
134	「207909 その他の化学最終製品」	LPG	化学製品原料
135	「211101 石油製品」	LPG	化学製品原料
104	「201101 化学肥料」	LNG・天然ガス	化学製品原料
106	「202901 無機顔料」	LNG・天然ガス	化学製品原料
109	「202909 その他の無機化学工業製品」	LNG・天然ガス	化学製品原料
112	「203201 脂肪族中間物」	LNG・天然ガス	化学製品原料
115	「203901 メタン誘導品」	LNG・天然ガス	化学製品原料
119	「203909 その他の有機化学工業製品」	LNG・天然ガス	化学製品原料
120	「204101 熱硬化性樹脂」	LNG・天然ガス	化学製品原料
121	「204102 熱可塑性樹脂」	LNG・天然ガス	化学製品原料
122	「204103 高機能性樹脂」	LNG・天然ガス	化学製品原料
123	「204109 その他の合成樹脂」	LNG・天然ガス	化学製品原料
127	「207101 石けん・合成洗剤・界面活性剤」	LNG・天然ガス	化学製品原料

部門番号	部門名	原燃料種	用途
134	「207909 その他の化学最終製品」	LNG・天然ガス	化学製品原料

5.2 エネルギー消費量の推計

部門*i*における原燃料*k*の消費量 y_{ik} に負荷寄与率 r_{ik} と単位物量あたりの発熱量 q_k を乗じて、式(33)のように部門*i*の原燃料*k*の消費に伴うエネルギー消費量 h_{ik} を求めた。また式(34)のように h_{ik} を集計し、部門*i*の直接エネルギー消費量を算定した。

$$h_{ik} = y_{ik} \times r_{ik} \times q_k \quad (33)$$

$$H_i = \sum_k h_{ik} \quad (34)$$

本研究では、発熱量 q_k は表 5-3 に示す『総合エネルギー統計』に記載の標準発熱量を使用した。これは高位発熱量(HHV: Higher Heating Value)になる。なお、『総合エネルギー統計』に標準発熱量の記載がない一般廃棄物、産業廃棄物については『固定発生源 NO_x, SO_x, PM 排出係数データベース(EF-JASS)』を参考に推計した発熱量を利用した。ただし、式(34)の部門別直接エネルギー消費量の集計には、一般廃棄物、産業廃棄物起源のエネルギー消費は含めない。容器包装廃プラスチックについてはナフサの標準発熱量をナフサの比重(0.7kg/L)で換算した値を用いた。

表 5-3 原燃料種別単位物量あたりの発熱量

原燃料種	発熱量	単位	出典
原料炭	29.0	GJ/t	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
一般炭・亜炭・無煙炭	25.7	GJ/t	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
コークス	29.4	GJ/t	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
高炉用コークス	29.4	GJ/t	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
コークス炉ガス(COG)	21.1	GJ/1000Nm ³	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
高炉ガス(BFG)(発生,消費)	3410	GJ/1000Nm ³	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
転炉ガス(LDG) (発生,消費,鉄含有炭素)	8410	GJ/1000Nm ³	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
原油	38.2	GJ/kl	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
A 重油	39.1	GJ/kl	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
B 重油・C 重油	41.9	GJ/kl	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
灯油	36.7	GJ/kl	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
軽油	37.7	GJ/kl	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
揮発油	34.6	GJ/kl	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
ジェット燃料油	36.7	GJ/kl	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
ナフサ	33.6	GJ/kl	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
石油系炭化水素ガス	44.9	GJ/1000Nm ³	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
炭化水素油	41.7	GJ/kl	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)の 他重質石油製品の値を適用し,アスファルトの比重を(1.02g/cm ³)として算出
石油コークス	29.9	GJ/t	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
LPG	50.8	GJ/t	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
LNG・天然ガス	54.6	GJ/t	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
都市ガス	44.8	GJ/1000Nm ³	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
回収黒液	13.2	GJ/絶乾 t	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
廃材	16.3	GJ/絶乾 t	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
廃タイヤ	33.2	GJ/t	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
一般廃棄物	10.7	GJ/t	EF-JASS から算出 (エネルギー消費量には含めない)
産業廃棄物	16.8	GJ/t	EF-JASS から算出 (エネルギー消費量には含めない)
容器包装廃プラスチック	48.0	GJ/t	ナフサの発熱量と比重(0.7kg/L)から算出
原子力発電	3600	GJ/百万 kWh	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
水力・その他発電	3600	GJ/百万 kWh	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)

5.3 CO₂ 排出量の推計

5.3.1 CO₂ 排出係数の設定

部門*i*における原燃料種*k*の消費に伴うCO₂排出量*c_{ik}*を、式(35)のようにエネルギー消費量*h_{ik}*に対応するCO₂排出係数*g_{ik}*を乗じて推計した。本研究では、式(36)のようにセメント製造等での石灰石利用に伴うCO₂排出量*c_{i,Lime}*を石灰石消費量に*y_{i,Lime}* CO₂排出係数*g_{i,Lime}*を乗じて推計した。式(37)のように*c_{ik}*と*c_{i,Lime}*を集計し、部門*i*の直接CO₂排出量*C_i*を算定した。なお、各部門の石灰石消費量の推計方法は後述する。

$$c_{ik} = g_k \times h_{ik} \quad (35)$$

$$c_{i,Lime} = g_{Lime} \times y_{i,Lime} \quad (36)$$

$$C_i = \sum_k c_{ik} + c_{i,Lime} \quad (37)$$

表5-4に推計に用いた原燃料種別CO₂排出係数を示す。基本的には『総合エネルギー統計』におけるCO₂排出係数を使用した。回収黒液及び廃材については『総合エネルギー統計』にCO₂排出係数の記載がないため、2006年改訂IPCCガイドラインで定められているCO₂排出係数を引用した。ただし、回収黒液及び廃材はバイオマス系の燃料であることから、CO₂排出係数を与えるが、式(37)による部門別直接CO₂排出量の集計には含めない。また、一般廃棄物と産業廃棄物のCO₂排出係数にはバイオマス系廃棄物からの排出を含まない値を用いた。容器包装廃プラスチックについては、ナフサの排出係数を適用した。

表 5-4 原燃料別 CO₂ 排出係数

原燃料種	排出係数	単位	出典
原料炭	0.090	t-CO ₂ /GJ	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
一般炭・亜炭・無煙炭	0.091	t-CO ₂ /GJ	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
コークス	0.108	t-CO ₂ /GJ	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
高炉用コークス	0.108	t-CO ₂ /GJ	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
コークス炉ガス(COG)	0.040	t-CO ₂ /GJ	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
高炉ガス(BFG)(発生, 消費)	0.108	t-CO ₂ /GJ	コークスと同じ値
転炉ガス(LDG) (発生, 消費, 鉄含有炭素)	0.108	t-CO ₂ /GJ	コークスと同じ値
原油	0.068	t-CO ₂ /GJ	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
A 重油	0.069	t-CO ₂ /GJ	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
B 重油・C 重油	0.072	t-CO ₂ /GJ	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
灯油	0.068	t-CO ₂ /GJ	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
軽油	0.069	t-CO ₂ /GJ	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
揮発油	0.067	t-CO ₂ /GJ	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
ジェット燃料油	0.067	t-CO ₂ /GJ	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
ナフサ	0.067	t-CO ₂ /GJ	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
石油系炭化水素ガス	0.052	t-CO ₂ /GJ	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
炭化水素油	0.076	t-CO ₂ /GJ	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)の 他重質石油製品の値を適用
石油コークス	0.093	t-CO ₂ /GJ	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
LPG	0.060	t-CO ₂ /GJ	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
LNG・天然ガス	0.049	t-CO ₂ /GJ	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
都市ガス	0.050	t-CO ₂ /GJ	総合エネルギー統計(2005年度改訂値)
回収黒液	0.095	t-CO ₂ /GJ	2006年 IPCC ガイドライン(排出量には含め ず)
廃材	0.112	t-CO ₂ /GJ	2006年 IPCC ガイドライン(排出量には含め ず)
廃タイヤ	0.052	t-CO ₂ /GJ	日本国インベントリ(2005)
一般廃棄物	0.026	t-CO ₂ /GJ	日本国インベントリ(2005)より算出(バイオ マス起源を除く(含む場合は 0.088))
産業廃棄物	0.042	t-CO ₂ /GJ	日本国インベントリ(2005)より算出(バイオ マス起源を除く(含む場合は 0.065))
容器包装廃プラスチック	0.067	t-CO ₂ /GJ	ナフサと同じ値
石灰石	0.440	t-CO ₂ /t	化学組成から算出

5.3.2 石灰石

各部門に計上した石灰石については、その利用過程で CO₂ の放出を伴う消費量のみを対象とした。主要な消費部門であるセメント製造関連部門の石灰石消費量は『窯業建材統計』を使用した。鉄鋼関連部門については『資源エネルギー統計』の石灰石用途別販売量を使用し、物量表に記載の石灰石消費量を用いて各部門に配分した。ガラス製造に該当する「251101 板ガラス・安全ガラス」部門の消費量は物量表の値を使用した。

また、生石灰、消石灰の製造用の石灰石も CO₂ の放出を伴う利用である。日本の産業連関表では、「259909 その他の窯業・土石製品」部門が生石灰と消石灰を製造する部門であり、その部門へ製造に要した石灰石消費量を計上することが理論的には正しく、部門の投入構造と排出量が整合する。しかし、本研究では「259909 その他の窯業・土石製品」部門でなく、生石灰、消石灰を消費する部門に対し、それらの消費に相当する石灰石(生石灰、消石灰の生産に要する石灰石消費量)を計上した。

その理由は次の通りである。「259909 その他の窯業・土石製品」部門は、複数の生産活動を含む部門であり、当該部門から各部門への産出額には生石灰、消石灰以外の品目が含まれる。また、各部門の内包型 CO₂ 排出原単位には、「259909 その他の窯業・土石製品」部門からの投入額に比例して、「259909 その他の窯業・土石製品」部門から発生する CO₂ が内包される。そのため、生石灰、消石灰の製造に要する石灰石を「259909 その他の窯業・土石製品」部門へ計上すると、実際には、生石灰、消石灰以外の生産物を「259909 その他の窯業・土石製品」部門から購入している部門に対しても、石灰石起源の CO₂ が内包型 CO₂ 排出原単位に含まれてしまう。

理論的には、生石灰、消石灰の生産活動を「259909 その他の窯業・土石製品」部門から分離して新しく部門を定義し、そこに石灰石消費に伴う CO₂ を計上することが正しい。しかし、新しく部門を規定するには約 400 の部門との投入産出関係を把握することが必要であり、精度良い推計を行うことは容易ではない。そこで、本研究は上述の簡便な代替手法として、生石灰、消石灰の消費部門でそれらの生産に要した石灰石を計上し、生石灰、消石灰を消費しない部門の内包型 CO₂ 排出原単位に実態にそぐわない石灰石起源の CO₂ が含まれることを回避した。しかしながら、この代替手法を採用すると、「259909 その他の窯業・土石製品」部門の内包型 CO₂ 排出原単位は、その投入構造と整合しない過小な値となることに留意が必要となる。なお、生石灰、消石灰の部門別消費量は、日本石灰協会提供のデータを使用した。ただし、製鉄用途については、『資源エネルギー統計』の値を用いた。

2000 年表の推計方法では、ガラス製造用の石灰石消費量を『資源エネルギー統計』(2000 年はエネルギー生産需給統計)の石灰石用途別販売量の「ソーダ・ガラス用」から、日本石灰協会提供のデータから算出したソーダ用の石灰石消費量を差し引いて推計した。しかし、2005 年の消費量を同じ方法で推計すると 2000 年の 1/10 程度の消費量であった。ガラス生産量の経年変化から推察して、その値の妥当性は高くないと判断し、本研究では物量表の値を採用した。

6. 統計表の廃刊や項目縮小等に伴い推計方法を変更した原燃料種

6.1 推計方法の変更理由

2005年は多くのエネルギー関連統計が廃刊や項目の縮小等がされており、2000年表の推計と同じ統計値を利用することができず、2005年表では算定方法を変更せざるを得ない原燃料種があった。特に、2000年表の推計で利用した『エネルギー生産・需給統計』と『石油等消費構造統計』の廃刊の影響が大きく、鉄鋼関連部門などの原燃料消費の推計に変更を生じた。また、『鉄鋼統計』、『紙・パルプ統計』、『窯業・建材統計』の燃料や石灰石の消費を示す項目の減少や『鉱業便覧』の休刊により、大口の消費部門における原燃料消費量を引用する統計を変更した。以下に各変更点とその理由をまとめる。

6.1.1 原料炭の変更点

- ・(推計方法の変更箇所)「212101 石炭製品」部門の原料炭消費量
(使用統計)『エネルギー生産・需給統計』(2000年表推計)⇒『石油等消費動態統計』(2005年推計)
(変更理由)『エネルギー生産・需給統計』からコークス原料用の石炭消費量を引用していたが、後継統計である『資源・エネルギー統計』には石炭消費に関する記載が無いため。

- ・(推計方法の変更箇所)「261101 銑鉄」部門の原料炭消費量
(使用統計)『鉄鋼統計』(2000年表推計)⇒『石油等消費動態統計』(2005年表推計)
(変更理由)『鉄鋼統計』から焼結銑用、ペレット用、製銑用の石炭消費量を銑鉄部門の原料炭消費量として引用していたが、『鉄鋼統計』が『鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計』に集約されて、それらの消費量を示す石油等消費統計(部門別消費内訳)の記載が無くなったため。ただし、『鉄鋼統計』は『石油等消費動態統計』の引用であったため、推計値の統計上の性質は維持されている。

- ・(推計方法の変更箇所)銑鉄以外の鉄鋼関連部門における原料炭総消費量
(使用統計)『鉄鋼統計』(2000年表推計)⇒『石油等消費動態統計』(2005年表推計)
(変更理由)『鉄鋼統計』から銑鉄部門以外の鉄鋼関連部門における原料炭総消費量を推計するため、製鉄関連の全石炭消費、自家発電用石炭消費量を引用していたが、『鉄鋼統計』が『鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計』に集約され、それらの消費量を示す石油等消費統計(部門別消費内訳)の記載が無くなったため。ただし、『鉄鋼統計』は『石油等消費動態統計』の引用であったため、推計値の統計上の性質

は維持されている。

6.1.2 一般炭・亜炭・無煙炭の変更点

・(推計方法の変更箇所)「511101 事業用発電」部門の一般炭消費量
(使用統計)『エネルギー生産・需給統計』(2000 年表推計)⇒ 『電力需給の概要』(2005 年表推計)
(変更理由)『エネルギー生産・需給統計』の電気業における一般炭消費量を引用していたが、後継統計の『資源・エネルギー統計』には石炭消費に関する記載が無いため。

・(推計方法の変更箇所)紙パルプ, 石油化学, 窯業土石業に由来する「511104 自家発電」部門の一般炭消費量
(使用統計)『エネルギー生産・需給統計』(2000 年表推計)⇒ 特定せず(自家発電部門の総消費量を一般炭総消費量から各部門の生産活動用途消費量の合計値を差し引いて推計)(2005 年表推計)
(変更理由)『エネルギー生産・需給統計』から紙パルプ, 石油化学, 窯業土石関連部門の総石炭消費量を引用し, それと各部門の物量表における石炭消費量の合計との差を自家発用と見なして, 自家発電部門に計上していた。後継統計である『資源・エネルギー統計』には石炭消費に関する記載が無いため。

6.1.3 コークスの変更点

・(推計方法の変更箇所)「261101 銑鉄」部門における高炉以外のコークス消費割合
(使用統計)『鉄鋼統計』(2000 年表推計)⇒ 『石油等消費動態統計』(2005 年表推計)
(変更理由)「261101 銑鉄」部門における高炉以外でのコークス消費量を特定するため, コークス消費に占める高炉用コークスの割合を『鉄鋼統計』から焼結鉍用, ペレット用、製銑用の石炭コークス消費量を引用して推計していたが, 『鉄鋼統計』が『鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計』に集約され, それらの消費量を示す石油等消費統計(部門別消費内訳)の記載が無くなったため。ただし, 『鉄鋼統計』は『石油等消費動態統計』の引用であったため, 推計値の統計上の性質は維持されている。

6.1.4 石油系炭化水素ガスの変更点

・(推計方法の変更箇所)各部門の石油系炭化水素ガス消費量
(使用統計)『石油等消費構造統計』(2000 年表推計)⇒ 『石油等消費動態統計』(2005 年表推計)および EF-JASS(大気汚染物質排出量総合調査に基づく大気汚染物質排出係数データベース)
(変更理由)『石油等消費構造統計』から工業統計表の産業細分類の部門区分で石油系炭化水素ガス

の消費量を引用し、産業連関表との部門対応表に基づき各部門の消費量を推計していたが、統計が廃止されたため、『石油等消費動態統計』の区分での消費量は産業連関表の多部門に対して配分する必要があるが、産業連関表との部門対応に関する定義がなく、配分指標を算出するため、補助的にEF-JASSを用いた。

6.1.5 炭化水素油の変更点

・(推計方法の変更箇所)各部門の炭化水素油消費量
(使用統計)『石油等消費構造統計』(2000年表推計)⇒『石油等消費動態統計』(2005年表推計)およびEF-JASS(大気汚染物質排出量総合調査に基づく大気汚染物質排出係数データベース)
(変更理由)『石油等消費構造統計』から工業統計表の産業細分類の部門区分で炭化水素油の消費量を引用し、産業連関表との部門対応表に基づき各部門の消費量を推計していたが、統計が廃止されたため、『石油等消費動態統計』の区分での消費量は産業連関表の多部門に対して配分する必要があるが、産業連関表との部門対応に関する定義がなく、配分指標を算出するため、補助的にEF-JASSを用いた。

6.1.6 石油コークスの変更点

・(推計方法の変更箇所)各部門の石油コークス消費量
(使用統計)『石油等消費構造統計』(2000年表推計)⇒『石油等消費動態統計』(2005年表推計)およびEF-JASS(大気汚染物質排出量総合調査に基づく大気汚染物質排出係数データベース)
(変更理由)『石油等消費構造統計』から工業統計表の産業細分類の部門区分で石油コークスの消費量を引用し、産業連関表との部門対応表に基づき各部門の消費量を推計していたが、統計が廃止されたため、『石油等消費動態統計』の区分での消費量は産業連関表の多部門に対して配分する必要があるが、産業連関表との部門対応に関する定義がなく、配分指標を算出するため、補助的にEF-JASSを用いた。

6.1.7 液化石油ガス(LPG)の変更点

・(推計方法の変更箇所)工業関連部門のLPG総消費量
(使用統計)『エネルギー生産・需給統計』(2000年表推計)⇒『石油等消費動態統計』(2005年表推計)
(変更理由)税率や供給形態の違いを考慮して、物量表の消費量を修正するため、大枠での消費量を『エネルギー生産・需給統計』から引用していたが、後継統計の『資源・エネルギー統計』にはその値を示すLPGの「消費者向総販売量」の記載が無い。

- ・(推計方法の変更箇所)自動車用のLPG総消費量
(使用統計)『エネルギー生産・需給統計』(2000年表推計)⇒『自動車用消費量の推移(日本LPガス協会)』(2005年表推計)
(変更理由)同上
- ・(推計方法の変更箇所)「512101 都市ガス」部門のLPG消費量
(使用統計)『エネルギー生産・需給統計』(2000年表推計)⇒『ガス事業便覧((社)日本ガス協会)』(2005年表推計)
(変更理由)同上
- ・(推計方法の変更箇所)「511101 事業用電力」部門のLPG消費量
(使用統計)『エネルギー生産・需給統計』(2000年表推計)⇒『電力需給の概要』(2005年表推計)
(変更理由)同上

6.1.8 液化天然ガス(LNG)の変更点

- ・(推計方法の変更箇所)LNG総消費量
(使用統計)『エネルギー生産・需給統計』(2000年表推計)⇒『貿易統計』(2005年表推計)
(変更理由)2000年表の推計ではLNGの総消費量を『エネルギー生産・需給統計』から引用しており、後継統計である『資源・エネルギー統計』にも総消費量の記載はある。しかし、『エネルギー生産・需給統計』では近似の消費量を示していた『総合エネルギー統計』と比較し、2003年以降の消費量に大きな乖離が見られた。そのため『総合エネルギー統計』が引用する『貿易統計』から暦年値の消費量を引用した。
- ・(推計方法の変更箇所)「512101 都市ガス」部門のLNG消費量
(使用統計)『エネルギー生産・需給統計』(2000年表推計)⇒『ガス事業生産動態統計』(2005年表推計)
(変更理由)大口消費部門である「512101 都市ガス」部門におけるLNG消費量を『エネルギー生産・需給統計』から引用していたが、後継統計の『資源・エネルギー統計』には、その値を示すLNGの「消費者向総販売量」の記載が無いため。

6.1.9 回収黒液・廃材の変更点

- ・(推計方法の変更箇所)各部門の回収黒液・廃材の消費量

(使用統計)『紙・パルプ統計年報』(2000年表推計)⇒『石油等消費動態統計』(2005年表推計)
(変更理由)「紙・パルプ統計」からパルプ、紙、板紙部門の回収黒液と廃材の消費量を引用していたが、「紙パルプ統計」が「紙・印刷・プラスチック・ゴム製品統計」に集約されて、それらの消費量を示す石油等消費動態統計(部門別消費)の記載が無くなったため。ただし、「紙・パルプ」は石油等消費動態統計の引用であったため、推計値の統計上の性質は維持されている。

6.1.10 石灰石の変更点

・(推計方法の変更箇所)「252101 セメント」部門の石灰石消費量

(使用統計)『鉱業便覧』(2000年表推計)⇒『窯業建材統計』(2005年表推計)

(変更理由)「鉱業便覧」からセメント製造用の石灰石消費量を引用していたが、休刊となったため。

・(推計方法の変更箇所)鉄鋼関連部門の石灰石消費量

(使用統計)『鉄鋼統計』(2000年表推計)⇒『資源・エネルギー統計』(2005年表推計)

(変更理由)『鉄鋼統計』から鉄鋼関連部門における石灰石と生石灰の消費量を引用していたが、『鉄鋼統計』が『鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計』に集約され、それらの数値が掲載されていた原材料統計(鉄鋼部門消費内訳)の掲載がなくなったため。『資源・エネルギー統計』からは鉄鋼・製錬用販売量として掲載されており、鉄鋼関連部門への配分は物量表の値に比例させた。

・(推計方法の変更箇所)「251101 板ガラス・安全ガラス」部門の石灰石消費量

(使用統計)『窯業建材統計』(2000年表推計)⇒『産業連関表付帯表 物量表』(2005年表推計)

(変更理由)『窯業建材統計』の原材料消費・在庫統計から板ガラスの石灰石消費量を引用していたが、2002年から原材料・燃料・電力消費統計として項目がまとめられ、板ガラス用の石灰石消費量が掲載されていないため。

・(推計方法の変更箇所)生石灰、消石灰の生産に要する石灰石消費量

(使用統計)『石灰用途別需要動向』(2000年表推計)⇒『日本石灰協会提供データ』(2005年表推計)

(変更理由)データの取りまとめ先が経済産業省から日本石灰協会に変更されたため。統計の内容に変更はない。

6.2 推計方法の変更に伴う内包型原単位の利用上の問題点

2000年表と2005年表で原燃料消費量の推計方法を変更したが、その変更が内包型原単位を利用する上でどのような問題を生じるかを整理する。

産業連関分析に用いる環境負荷データを整備する上で最も重要なのは、日本の産業連関表のシステム境界と整合する環境負荷量を推計することである。例えば、CO₂であれば、産業連関表の国内概念の生産活動範囲で生じた暦年のCO₂排出量を求める必要がある。本研究における2005年表の推計も2000年表の推計と同様に、部門別CO₂排出量の合計は暦年の総CO₂排出量を示しており、2005年表に基づく産業連関分析を行う上で何ら理論的な問題は生じない。2005年表と2000年表の推計方法の違いは、総CO₂排出量をどのように各部門へ配分したかの違いに過ぎない。そのため、2005年表に限って言えば、各部門の内包型原単位は同一の計算条件(システム境界、配分方法)に基づいて算定されるため、部門間の比較が可能であり、内包型原単位を併用したハイブリッドLCAにより技術比較においてもバイアスは生じない。

一方、2005年表と2000年表の内包型原単位を混在してハイブリッドLCAを行う場合や、内包型原単位の経年比較を行う場合には、推計手法の変更は結果の解釈を非常に難しくする。例えば、接続産業連関表を利用して、2000年と2005年の基準価格を揃えて両年の内包型原単位を計算し、ある部門の経年比較を行う場合を考える。構造分解分析を適用することで、内包型原単位の値の変化が、どの部門の排出量の変化に大きく起因しているかを定量的に解析することはできる。しかし、その部門の排出量の変化が、真に部門の技術的变化によるものか、それとも単に推計方法(引用する統計)の変更により排出量の増減したのかを識別することが難しい。すなわち、たとえ2005年表の内包型原単位が2000年表による内包型原単位よりも小さい場合でも、それは必ずしも技術的な改善による効果とは限らないということである。

これは、もちろん両年の内包型原単位を用いたハイブリッドLCAでも同様であり、2000年から2005年の排出量の変化が必ずしも技術的变化によるものではないことがあり、結果の解釈には十分に注意をする必要がある。特に400部門のような詳細な部門分類に基づく場合、部門の直接排出量の変化はその部門の内包型原単位の値に強く影響を与える。各種統計が廃刊や縮小を行われる中で、精度良い推計を行いながらも、推計方法の経年的な一貫性を担保していくかが今後の重要な課題である。

7. その他の温室効果ガス部門別排出量の推計方法

本研究では、先述したエネルギー起源、石灰石起源および一部の原料用途による CO₂ 排出以外の温室効果ガス(CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆)排出量の推計を次のように行った。

部門別排出量の推計には、「日本国温室効果ガスインベントリ報告書(NIR)」においてわが国が国連気候変動枠組条約事務局(UNFCCC)に報告している温室効果ガス排出量を使用した。わが国の温室効果ガスインベントリの詳細な数値データは、UNFCCC に NIR と共に提出される「共通報告書様式(CRF)」というデータファイルに記載されており、本研究では、この CRF に記載の排出量を産業連関表の各部門に配分し、部門別排出量を定めた。

理想的には、エネルギー起源の CO₂ 排出量と同様に産業連関表の部門別に、温室効果ガスの排出要因となる物質等の消費量を推計し、それらの消費量を基に温室効果ガス排出量を算出すべきである。各部門の温室効果ガスの排出要因と排出量とを明示的に記述することで、部門の投入構造と排出量との整合性を容易に確認することができるだけでなく、排出削減に向けて具体的にどの排出要因に着目すべきかを識別するためにも有益である。また、例えば、排出削減に関するシナリオ分析として部門の排出要因の削減を仮定し、それに対応して部門の投入構造を変更する場合、どの部門からの投入をどのように変更すべきかを検討する上でも極めて有用である。

しかしながら、CRFにおける温室効果ガス排出量は非公開の情報も含めて詳細に推計した結果であることから、それよりも高精度な推計を独自に行うことは難しいため、本研究では、CRFの排出量を配分する方法を採用した。無論、CRFにはエネルギー起源のCO₂排出量も含まれているが、年度単位での排出量であるため、暦年である日本の産業連関表との対応ができない。また、各種エネルギー関連統計を利用して排出要因である原燃料種の消費量が推計可能であることから、本研究では日本の温室効果ガス排出量の大部分を占めるエネルギー起源のCO₂排出量と石灰石起源および一部の原料用途によるCO₂排出量については、CRFを採用せずに独自の推計を行った。なお、CRFによる排出量は非エネルギー起源のCO₂, CH₄, N₂Oは年度基準であり、HFCs, PFCs, SF₆は暦年基準である。非エネルギー起源のCO₂, CH₄, N₂Oは産業連関表の暦年と不整合であるが、日本の温室効果ガス排出量に対する寄与が限定的であることから、そのまま採用した。

具体的な推計の手順は、まずCRFにおいて最も細分化された排出源分野と2005年産業連関表の部門間の対応関係を設定した。対応関係の設定は、CRFの排出量算定に使用された各種統計データ等の分類定義と、産業連関表の部門定義を照合し、両者の定義が可能な限り一致させた。

両者が1対1で対応する場合は、CRFの排出量をそのまま該当する産業連関表の部門の排出量とした。CRFの排出源分野に対し複数の産業連関表部門が対応する場合は、当該分野における排出量と関係性に着目して統計値等から配分指標を作成し、その配分指標によりCRFの排出量を対応する部門へ割

り当てた。そして、産業連関表の各部門に割り付けられた排出源分野別の排出量を集計し、部門別の直接排出量を求めた。各温室効果ガスの排出量は、NIR で使用する地球温暖化係数(GWP)により CO₂ に換算し CO₂ 等価量(CO₂-equivalent: CO₂eq)で示す。なお、森林、農地等土地利用による吸収・排出を扱う「土地利用、土地利用変化及び林業分野」は対象外とした。

以下に CRF の排出源分野別に産業連関表との部門対応と排出量の配分方法を記述する。排出源分野を示す記号は CRF と同じである。

8. 「エネルギー分野」排出量の部門対応と配分

8.1 燃料の燃焼(1.A) (CH₄, N₂O)

8.1.1 産業連関表との部門対応

CRF の排出量推計で用いる『総合エネルギー統計』と産業連関表の双方の分類定義を照合・比較し、CRF のエネルギー利用業種と産業連関表の部門とを対応させた。部門対応において特に検討を要した点を以下に記述する。

「その他産業(1.A.2.f)」の対応部門

「その他産業(1.A.2.f)」に計上されている排出量は、『総合エネルギー統計』の出典統計である『石油等消費動態統計』の調査対象外の業種における総排出量を意味し、具体的にどのような業種からの排出量であるかを判別することができない。そのため、産業連関表との明確な部門対応が難しい。本研究では、『石油等消費動態統計』の調査対象業種に対応する部門を除く全ての部門を「その他産業(1.A.2.f)」の対応部門と見なし、排出量を各部門へ配分した。なお、本研究で推計した「その他産業(1.A.2.f)」に対応する部門のCO₂排出量は、CRFにおける「その他産業(1.A.2.f)」のCO₂排出量と近似することを確認し、「その他産業(1.A.2.f)」と産業連関表の対応部門との補足範囲が概ね整合することを検証した。

自家発電に該当する排出量の抽出

CRF では、自家発電の燃料消費に伴う排出は自家発電を行った製造業からの排出量に含めて報告されており、自家発電による排出量のみを知ることができない。しかし、産業連関表における「511104 自家発電」部門は自家発電に伴う排出のみ計上する必要がある。本研究では CRF における各業種別の排出量から自家発電による排出量を次のように抽出し、それを集計して「511104 自家発電」部門へ計上した。

ここでは、CRF における「鉄鋼(1.A.2a)」からの排出量 T から自家発電に要した排出量 G の抽出を対象とする。まず、「511104 自家発電」部門の総発電量 P_1 と鉄鋼関連部門への供給量 P_2 を利用し、先に推計した「511104 自家発電」部門の総エネルギー消費量 Q_1 から、鉄鋼関連部門へ寄与分

$Q_2 = Q_1 \times P_2 / P_1$ を定めた。次に、産業連関表の鉄鋼関連部門の総エネルギー消費量 Q_3 に Q_2 を加え、

それに対する Q_2 の割合 $Q_2 / (Q_2 + Q_3)$ を鉄鋼関連部門の総排出量に対する自家発電による排出量の寄与率と見なした。CRFの「鉄鋼(1.A.2a)」からの総排出量 T にその割合を乗じて、産業連関表の「511104 自家発電」部門に計上する排出量 $T = G \times Q_2 / (Q_2 + Q_3)$ を決定した。

「重複補正」の取り扱い

CRFでは業種間でのエネルギー消費量のバランスを取るために、「重複補正項」が定義され、その部門にも排出量がマイナス値で計上されている。本研究では、「重複補正項」の排出量も産業連関表の各部門へ配分し、CRFの排出量との整合性を確保した。『総合エネルギー統計』の出典である『石油等消費動態統計年報』において「重複補正項」に対応するのは主要9業種であるため、本研究においても、主要9業種に対応する産業連関表の各部門に対して「重複補正項」における排出量の配分を行った。

8.1.2 排出量の配分方法

各部門の総エネルギー消費量の大きさに基づき、CRFの排出量に対応する部門へ配分した。排出量の配分において特に検討を要した点を以下に記述する。

「自動車(1.A.3.b)」の配分方法

CRFの「自動車(1.A.3.b)」の対応部門は「712101バス」、「712102ハイヤー・タクシー」、「712201道路貨物輸送(除自家輸送)」、「713101自家輸送(旅客自動車)」、「713201自家輸送(貨物自動車)」および「912100家計消費支出」部門である。しかし、CRFの排出量を各部門の総エネルギー消費量で配分すると灯油やLPG等、自動車以外の燃料消費も多い「912100家計消費支出」部門に対して過大に配分される。本研究では、自動車からの排出量に起因する燃料種を軽油と揮発油に限定し、「自動車(1.A.3.b)」の排出量を各部門の軽油と揮発油のみを対象としたエネルギー消費量に基づき配分を行った。

8.2 燃料からの漏出(1.B)(非エネルギー-CO₂, CH₄, N₂O)

8.2.1 産業連関表との部門対応

試掘、生産、輸送の各プロセス別に産業連関表との部門対応を取った。採掘、生産は「71101石炭・原

油・天然ガス」に対応, 石油輸送は「711201 鉄道貨物輸送」, 「712201 道路貨物輸送(除自家輸送)」および「713201 自家輸送(貨物自動車)」に対応させた。

8.2.2 排出量の配分方法

各部門の総エネルギー消費量の大きさに基づき, CRF の排出量に対応する部門へ配分した。

9. 「工業プロセス分野」排出量の部門対応と配分

9.1 製品製造時における排出(非エネルギーCO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆)

9.1.1 産業連関表との部門対応

CRF の製品区分毎に産業連関表との部門対応を行った。部門対応において特に検討を要した点を以下に記述する。

「アンモニア製造(2.B.1)」におけるCO₂の非エネルギー起源とエネルギー起源の分離

本研究では、アンモニア製造に伴う排出量の一部を既にエネルギー起源のCO₂として含めており、それと重複しないCRFの排出量を各部門に割り当てる必要がある。そのため、CRFにおける活動量の出典である『石油等消費動態統計年報』のアンモニア製造に係る原料種別消費量から原料種別排出量を算定した(表9-1)。「アンモニア製造(2.B.1)」と対応する産業連関表の部門である「201101 化学肥料」部門における原燃料種別エネルギー消費量を参考に、エネルギー起源CO₂として既に含めた原燃料を特定し、それらに起因するCRFにおける排出量を除外して、「201101 化学肥料」部門へ計上した。

表 9-1 アンモニア製造に伴う原料種別CO₂排出量

原燃料	排出量 (Gg-CO ₂)	本研究における区分
ナフサ	207	非エネルギー起源
石油系炭化水素ガス(石油化学オフガス)	345	エネルギー起源に既含有
天然ガス	171	非エネルギー起源
石炭(一般炭・輸入炭)	3	エネルギー起源に既含有
オイルコークス	986	エネルギー起源に既含有
液化天然ガス(LNG)	448	非エネルギー起源

「化学産業(2.B)」CO₂の秘匿排出量の推計

CRFにおいて「化学産業(2.B)」に含まれるカーバイド製造とエチレン製造に伴うCO₂排出量はそれぞれ秘匿扱いとなっている。「化学産業(2.B)」の総排出量から「アンモニア製造(2.B.1)」の排出量を差し引くことで、両者を合わせた排出量は把握できる。しかし、産業連関表では、カーバイド製造は、「202909 そ

の他の無機化学工業製品」部門が対応し、エチレン製造は「203101 石油化学基礎製品」部門が対応するため、秘匿扱いの排出量を区分する必要がある。加えて、カーバイド製造に伴う排出量のうち、一部をエネルギー起源の CO₂ または石灰石起源の CO₂ として、既に計上しているため、それと重複しない CRF の排出量を抽出する必要がある。本研究では図 9-1 に示す手順に従い産業連関表の各部門の排出量を決定した。

[S1] 「化学産業(2.B)」の排出量を CRF から引用した。

[S2] 「アンモニア製造(2B1)」の排出量を CRF から引用した。

[S3] 「カーバイド製造(2B4)とエチレン(2B5)製造」の合計排出量を[S1]－[S2]より推計した。

[S4] 「エチレン(2B5)製造」の排出量をエチレン生産量(『化学工業統計年報』から引用)と排出係数を用いて推計し、「203101 石油化学基礎製品」部門へ計上した。なお、CRF で用いている排出係数は秘匿扱いであるため、本研究では「算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧(環境省)」の排出係数(0.028t-CO₂/t)を使用した(2009 年度インベントリの作成時点の数値)。

[S5] 「カーバイド(2B4)製造」の排出量を[S3]－[S4]より推計した。

[S6] 「カーバイド(2B4)製造」における「カルシウムカーバイド製造(石灰起源)」に伴う排出量は、「3.3.2 石灰石」で推計した「202909 その他の無機化学工業製品」における石灰石起源の CO₂ 排出量が該当すると見なした。排出量の二重計上を防ぐため追加的な計上はしない。

[S7] 「カーバイド(2B4)製造」における「シリコンカーバイド製造」および「カルシウムカーバイド製造(還元剤起源+使用時)」に伴う排出量は、[S5]－[S6]より算定し、「202909 その他の無機化学工業製品」に計上した。

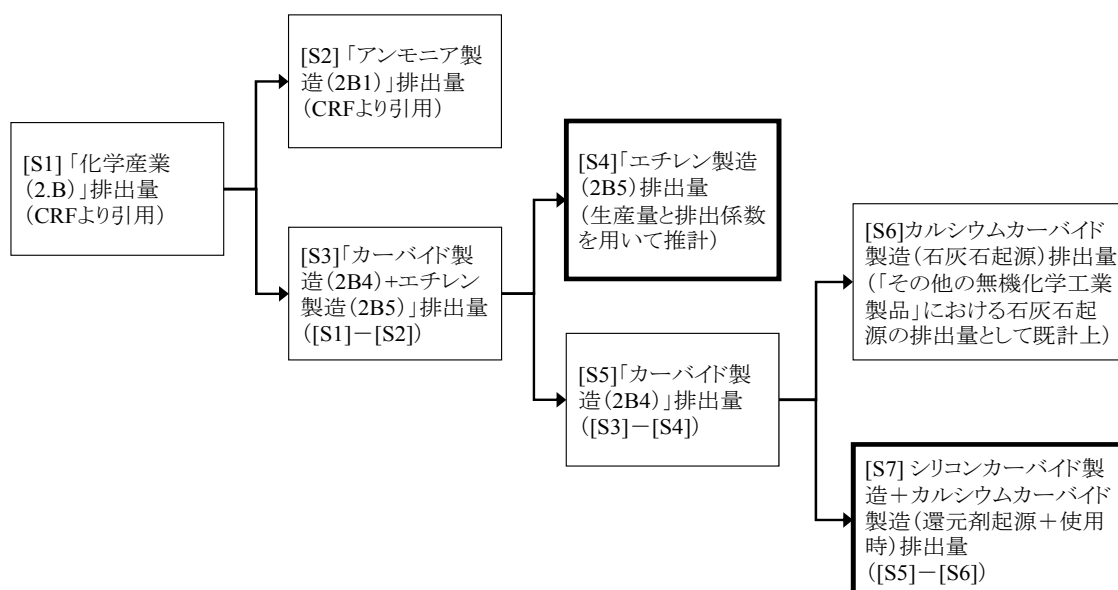


図 9-1 エチレンおよびカーバイド製造に関する排出量の推計手順

9.1.2 排出量の配分方法

CRF の排出量を産業連関表の部門と 1 対 1 に対応するよう分割したため、排出量の配分の必要はない。

9.2 製品製造・使用・廃棄時における排出 (HFCs, PFCs, SF₆)

9.2.1 産業連関表との部門対応

CRF の製品区分毎に産業連関表との部門対応を行った。部門対応において特に検討を要した点を以下に記述する。

F ガス内蔵機器の使用・廃棄に伴う排出

F ガス(HFCs, PFCs, SF₆)を内蔵する製品の使用に伴う排出を産業連関表の各部門に帰属させる場合、理論的にはその製品を使用する部門に排出量を計上すべきであるが、実際には部門の特定と排出量の配分が難しい場合がある。

例えば、CRF の「発泡(2.F.2)」における発泡・硬質フォームの使用に伴う排出は、その使用部門の特定

が難しい。産業連関表では発泡・硬質フォームの生産は、「221101 プラスチック製品」部門が該当するため、当該部門からの投入がある部門が発泡・硬質フォームの使用部門となるが、他のプラスチック製品を使用する部門との識別ができない。また、CRF の「消火剤」の使用による排出も同様である。消火剤の生産部門に該当する「301909 その他一般機械器具及び部品」部門は、消火剤以外の製品も多く生産するため、「301909 その他一般機械器具及び部品」部門を投入する部門が、消火剤の使用部門とは限らない。

一方、F ガス内蔵機器の廃棄時の排出は、理論的には廃棄物処理部門である「521201 廃棄物処理(公営)」部門や「521202 廃棄物処理(産業)」部門へ計上するべきである。しかし、これらの廃棄物処理部門は、あらゆる廃棄物の処理活動が集約されている。そのため、産業連関分析を行うと、実際には F ガス内蔵機器の廃棄物処理ではなく、他の廃棄物処理を必要として廃棄物処理部門からの投入がある部門にも、F ガス排出量が帰属する問題がある。

本研究では、F ガス内蔵機器の使用部門が特定可能な場合は、該当する部門に使用に伴う排出量を計上し、併せて廃棄に伴う排出も機器を使用する部門に割り当てた。使用部門の特定が難しい場合は、F ガス内蔵機器の生産部門へ使用時の排出量を計上した。生産部門への排出量を計上すると、上述した発泡・硬質フォームや消火剤のように、その生産部門(「221101 プラスチック製品」部門および「301909 その他一般機械器具及び部品」部門)が多様な製品を生産しているため、産業連関分析を行うと実際には F ガス内蔵機器以外の製品を投入している部門にまで排出量が配分される問題がある。そのため、本研究では CRF の区分を細分化し、F ガス内蔵機器に関する排出を「生産(M)」、「使用(U)」、「廃棄(D)」に分割して、それぞれ産業連関表の対応部門へ計上した。こうして排出量を分割することにより、産業連関分析による内包型原単位に、F ガス機器のどの段階の排出量が内包されているかを明示することができる。

無論、これは本質的な解決策ではないが、現実的には F ガス内蔵機器を使用または廃棄していない部門の内包型原単位に対して、「使用(U)」、「廃棄(D)」による排出量がどの程度含まれるかを、内包型原単位の利用者自身が理解することを可能とする。これは、本研究の内包型原単位の特性を踏まえた LCA への適用を支援する上で有益な情報となると考えられる。

「冷蔵庫・空調機器(2.F.1)」に関する排出量の製造・使用・廃棄段階の区分

CRF には「冷蔵庫・空調機器(2.F.1)」の排出量は製造・使用・廃棄段階の合計排出量が報告されているため、本研究では以下のように各段階の排出量を推計した。

CRF の排出量の算定に使用されている、公表資料である「産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖

化防止対策小委員会(第22回)－配付資料(以下、バイオ部会資料)」(経済産業省)に記載のパラメータ等を用いて算出した排出量で、CRFの合計排出量を製造・使用・廃棄段階の排出量に分割した。CRFの合計排出量の分割に使用する排出量の算出には、基本的にCRFの排出量の算定方法を援用し、バイオ部会資料記載の冷蔵庫・空調機器のFガス充填量、製造・使用・廃棄時漏洩率および機器台数等から、製造・使用・廃棄時別の排出量を推計した。本研究で推計した各段階の排出量の合計は、実際にCRFに記載されている排出量とは厳密には一致しないため、各段階の排出量の大きさを基準として、CRFの合計排出量を製造・使用・廃棄時の排出に分割することになる。一方、CRFの算定根拠が明示的でなく、CRFと同様の方法に基づいて使用および廃棄段階の排出量の推計が困難な機器については、バイオ部会資料における該当機器の合計排出量から推計が可能であった段階の排出量と製造時の排出量を差し引くことで、残りの段階の排出量を算定した。表9-2に本研究における「冷蔵庫・空調機器(2.F.1)」排出量の製造・使用・廃棄時排出量への分割方法をまとめる。

表9-2 冷蔵庫・空調機器のCRF合計排出量の分割に使用する製造・使用・廃棄に伴うFガス排出量の推計方法(各機器の総排出量やパラメータはバイオ部会資料における値を使用)

機器	排出区分	推計方法
家庭用冷蔵庫	製造	製造時 HFC 充填総量 × 生産時漏洩率
	使用	$\sum(\text{HFC 使用機器国内稼働台数} \times 1 \text{ 台当たり充填量} \times \text{使用時(故障時含む)漏洩率})$
	廃棄	総排出量－製造時排出量－使用時排出量
業務用冷凍空調機器 (業務用冷凍空調機器)	製造	$\sum(\text{HFC 機器生産台数} \times \text{工場生産時平均冷媒充填量} \times \text{工場生産時冷媒排出係数})$
	使用	$\sum(\text{HFC 機器現場充填実施台数} \times \text{現場設置時平均冷媒充填量} \times \text{現場設置時冷媒排出係数})$ $+ \sum(\text{HFC 機器市中稼働台数} \times \text{機器稼働時平均冷媒充填量} \times \text{機器稼働時冷媒排出係数}) - \text{法律に基づく機器整備時 HFC 回収量}$
	廃棄	総排出量－製造時排出量－使用時排出量
業務用冷凍空調機器 (自動販売機)	製造	$\sum(\text{HFC 使用機器生産(販売)台数} \times 1 \text{ 台当たり充填量} \times \text{生産時漏洩率})$

機器	排出区分	推計方法
	使用	$\Sigma\{\text{稼働台数} \times 1 \text{ 台当たり充填量} \times \text{事故・故障発生率} \times (\text{故障時平均漏洩率} + \text{修理時平均漏洩率})\}$ (使用時充填量と製造時充填量が同じと仮定)
	廃棄	2005 年度は廃棄台数 0 台のため排出なし
固定空調機器 (家庭用エアコン)	製造	$\Sigma(\text{HFC 使用機器生産台数} \times 1 \text{ 台当たり充填量} \times \text{生産時排出係数})$
	使用	$\Sigma(\text{HFC 機器市中稼働台数} \times \text{機器稼働時平均冷媒充填量} \times \text{機器稼働時冷媒排出係数})$
	廃棄	総排出量－製造時排出量－使用時排出量
輸送機器用空調機器 (カーエアコン)	製造	$\Sigma(\text{HFC エアコン車生産台数} \times 1 \text{ 台当たり生産時漏洩量})$
	使用	総排出量－製造時排出量－廃棄時排出量
	廃棄	$\Sigma(\text{使用済 HFC 車国内台数} \times \text{使用済 HFC 車冷媒充填量}) - \text{HFC 回収量 (2002 年度以降は法律に基づく)}$

「半導体製造 (2.F.7)」に関する排出量の分割

「半導体製造 (2.F.7)」に関する排出量は半導体製造と液晶製造に伴う排出量の合計であり、これらの生産活動は産業連関表では「341101 半導体素子」, 「342102 液晶素子」部門がそれぞれ対応する。そのため、本研究ではバイオ部会資料に記載の半導体および液晶の製造に伴う排出量の比を用いて、CRF の排出量を区分し、「341101 半導体素子」, 「342102 液晶素子」部門へ計上した。

「溶剤 (2.F.5)」に関する排出量の部門対応

「溶剤 (2.F.5)」に関する PFCs 排出量については、「平成 20 年度化学物質安全確保・国際規制対策推進等 (工業用洗浄剤の実態調査) 調査報告書」(経済産業省)においてフッ素系洗浄剤の出荷量では精密機械器具が最も多くなっていることを踏まえ、産業連関表の「203901 メタン誘導品」の産出部門のうち

PFCs 系溶剤の主要な消費部門とみられる「341101 半導体素子」, 「341102 集積回路」, 「342102 液晶素子」, 「342109 その他の電子部品」, 「354103 自動車部品」を対応部門として、各部門への産出額の比で CRF の排出量を分割して計上した。なお、上記調査報告書で調査対象となっているフッ素系洗浄剤に PFC 系溶剤は含まれないが、フッ素系洗浄剤、PFC 系溶剤共に液状の工業用洗浄剤として使用されており、PFC 系溶剤は上記調査報告書の調査対象のフッ素系洗浄剤と同様の用途で使用されているものと想定する。

9.2.2 排出量の配分方法

表 9-3 に示す CRF の発生源分野と産業連関表との部門が 1 対 1 で対応しない場合は、統計値や産業連関表の投入額を用いて排出量の配分を行った。とりわけ、使用および廃棄に該当する部門への配分については、製造に該当する部門からの投入額の大きさに基づいて配分した。以下に、排出量の配分において特に検討を要した点を記述する。

表 9-3 F ガス内蔵機器に関する排出量と産業連関表との部門対応

CRF の発生源分野	排出区分	産業連関表の対応部門	備考	
冷蔵庫及び空調機器(2.F.1)	家庭用冷蔵庫	製造	「325102 民生用電気機器(除エアコン)」	
		使用	「912100 家計消費支出」	
		廃棄	「912100 家計消費支出」	a
業務用冷凍空調機器(業務用冷凍空調機器)	業務用冷凍空調	製造	「301301 冷凍機・温湿調整装置」	
	機器(業務用冷	使用	「301301 冷凍機・温湿調整装置」	b
	凍空調機器)	廃棄	「301301 冷凍機・温湿調整装置」	b
業務用冷凍空調機器(自動販売機)	業務用冷凍空調	製造	「301301 冷凍機・温湿調整装置」	
	機器(自動販売	使用	「301301 冷凍機・温湿調整装置」	b
	機)	廃棄	「301301 冷凍機・温湿調整装置」	b
固定空調機器(家庭用エアコン)	固定空調機器	製造	「325101 民生用エアコンディショナ」	
	(家庭用エアコ	使用	「912100 家計消費支出」	
	ン)	廃棄	「912100 家計消費支出」	a
輸送機器用空調機器(カーエアコン)	輸送機器用空調	製造	「354103 自動車部品」	
	機器	使用	「712101 バス」	
			「712102 ハイヤー・タクシー」	
			「712201 道路貨物輸送(除自家輸送)」	
			「713101 自家輸送(旅客自動車)」	
		「713201 自家輸送(貨物自動車)」		

CRF の発生源分野		排出区分	産業連関表の対応部門	備考
		廃棄	「912100 家計消費支出」 「712101 バス」 「712102 ハイヤー・タクシー」 「712201 道路貨物輸送(除自家輸送)」 「713101 自家輸送(旅客自動車)」 「713201 自家輸送(貨物自動車)」 「912100 家計消費支出」	a a a a a a
発泡(2.F.2)	発泡 硬質 フォーム	製造 使用・廃棄	「221101 プラスチック製品」 「221101 プラスチック製品」	b, c
消火剤(2.F.3)	消火剤	使用	「303109 その他の一般機械器具及び部 品」	b
エアゾール及び 医療品製造業 (2.F.4)	医療品製造業 (MDI)	製造 使用・廃棄	「206101 医薬品」 「831101 医療(国公立)」 「831102 医療(公益法人等)」 「831103 医療(医療法人等)」	c c c
	エアゾール	製造 使用・廃棄	「206101 医薬品」 「207102 化粧品・歯磨」 「207201 塗料」 「206101 医薬品」 「207102 化粧品・歯磨」 「207201 塗料」	c c c
溶剤(2.F.5)	溶剤	使用・廃棄	「341101 半導体素子」 「341102 集積回路」 「342102 液晶素子」 「342109 その他の電子部品」 「354103 自動車部品」	c c c c c
半導体製造 (2.F.7)	半導体製造	半導体製造 液晶製造	「341101 半導体素子」 「342102 液晶素子」	
電気設備 (2.F.8)	電気設備	製造 使用・廃棄	「321102 変圧器・変成器」 「321103 開閉制御装置及び配電盤」 「511101 事業用電力」 「511104 自家発電」	c c
その他(3.D)	麻酔	使用	「831101 医療(国公立)」 「831102 医療(公益法人等)」 「831103 医療(医療法人等)」	

a) 廃棄に伴う排出量を機器の使用部門へ計上

- b) 機器の使用部門、廃棄部門の特定が困難なため使用、廃棄に伴う排出量を機器の製造部門へ計上
 c) 使用と廃棄に伴う排出量を区分できないため、両者をまとめて計上

「輸送機器用空調機器（カーエアコン）（2.F.1）」の使用に伴う排出量の配分

「輸送機器用空調機器（カーエアコン）（2.F.1）」の使用に伴う排出量は産業連関表の輸送関連部門および「912100 家計消費支出」部門へ配分した。『自動車保有車両数月報（自動車検査登録情報協会）』における2005年3月末の車種別保有車両台数から、各部門に該当する車種を定めて部門別自動車保有台数を推計し、その台数の大きさに基づいて排出量を配分した。一つの車種に複数の部門が対応する場合は、対応する部門における揮発油および軽油の消費による直接エネルギー消費量の大きさに排出量の更なる分割を行った。表9-4に『自動車保有車両数月報』の車種区分と産業連関表との部門対応および複数の部門が対応する場合に用いた燃料種を示す。

表9-4 『自動車保有車両数月報』の車種区分と産業連関表との部門対応

車種区分		産業連関表の対応部門	分割に用いた燃料種
貨物	営業用	「712201 道路貨物輸送(除自家輸送)」	-
	自家用	「713201 自家輸送(貨物自動車)」	-
	軽自動車	「712201 道路貨物輸送(除自家輸送)」 「713201 自家輸送(貨物自動車)」	揮発油
乗合	営業用	「712101 バス」	-
	自家用	「713101 自家輸送(旅客自動車)」	-
乗用	営業用	「712102 ハイヤー・タクシー」	-
	自家用	「713101 自家輸送(旅客自動車)」 「912100 家計消費支出」	軽油 + 揮発油
	軽四輪	「713101 自家輸送(旅客自動車)」 「912100 家計消費支出」	揮発油
特殊用途車	営業用	「712201 道路貨物輸送(除自家輸送)」	-
	自家用	「713201 自家輸送(貨物自動車)」	-

「輸送機器用空調機器（カーエアコン）（2.F.1）」の廃棄に伴う排出量の配分

「輸送機器用空調機器（カーエアコン）（2.F.1）」の廃棄に伴う排出量は産業連関表の輸送関連部門および「912100 家計消費支出」部門へ配分した。各部門のHFCエアコン車廃棄台数を推計し、その台数の

大きさに応じて排出量を配分した。以下に、本研究におけるHFCエアコン車廃棄台数の推計方法を記述する。

まず、自動車廃棄台数の推計を行った。2004年度末時点での「自動車保有台数」と2005年度の「新規登録車両台数」との合計から2005年度末時点での「自動車保有台数」を差し引き、2005年度中に登録が抹消された自動車台数(登録抹消台数)を車種別に求めた。2005年度中に登録が抹消された自動車は、廃棄または中古車として輸出されるものと仮定し、「登録抹消台数」から「中古自動車輸出台数」を差し引いて、2005年度の「廃棄台数」を定めた。しかし、廃棄される車両には、CFCエアコン搭載車とHFCエアコン搭載車の両方が存在するため、「廃棄台数」のうちHFCエアコン搭載車のみを推計する必要がある。以下に各種推計に用いた統計を記述する。

2004年度と2005年度末の「自動車保有台数」には、『自動車保有車両数月報』における3月末の保有車両台数を用いた。また2005年度の「新規登録車両台数」は、『自動車保有車両数月報』における車種別月別の新規登録車両台数の12ヶ月分を積算して算出した。統計の車種区分と産業連関表との部門対応は表9-4と同様とし、一つの車種区分に複数の部門が対応する場合は、揮発油および軽油(表9-4参照)の消費に伴うエネルギー消費量に基づき車両台数を分割した。

車種別中古自動車輸出台数には『貿易統計』における各車種別の中古自動車の輸出台数を使用した。車種区分と産業連関表との部門対応を表9-5に示す。一つの車種区分に複数の部門が対応する場合は、先に推計した2005年度の部門別の「登録抹消台数」の大きさで分割した。なお、特殊用途用と乗用車のうち、雪上車、ゴルフカー等については、中古自動車の内数が不明だったため、それぞれ乗用車、貨物車の輸出台数に対する中古自動車の比率と同等と仮定して中古車数を推計した。

表 9-5 『貿易統計』の車種区分と産業連関表との部門対応

車種区分	産業連関表の対応部門
バス	「712101 バス」
	「713101 自家輸送(旅客自動車)」
乗用	「712102 ハイヤー・タクシー」
	「713101 自家輸送(旅客自動車)」
	「912100 家計消費支出」
貨物	「712201 道路貨物輸送(除自家輸送)」
	「713201 自家輸送(貨物自動車)」
特殊用途車	「712201 道路貨物輸送(除自家輸送)」
	「713201 自家輸送(貨物自動車)」

HFC エアコン搭載車の廃棄台数の推計は、バイオ部会資料を作成した経済産業省と日本自動車工業会へのヒアリングを基に、バイオ部会資料に類似する推計方法を採用したと考えられる PRTR (Pollutant Release and Transfer Register) 制度の「届出外排出量の推計方法等に関わる資料」(以下、PRTR 資料)におけるカーエアコンからの CFC-12 (chlorofluorocarbon) 排出量の推計方法とデータを参考にした。カーエアコンに充填される冷媒は CFC-12 か HFC-134a のいずれかと仮定し、1 から PRTR 資料中の「初度登録年別車種別 CFC-12 使用比率(日本自動車工業会データ)」を差し引いて「初度登録年別車種別 HFC-134a 使用比率」とした。求めた「初度登録年別車種別 HFC-134a 使用比率」に PRTR 資料中の「初度登録年別車種別エアコン装着率(日本自動車工業会データ)」を乗じ、「初度登録年別車種別 HFC エアコン車比率」とする。

PRTR 資料中の平成 17 年度の「初度登録年別車種別非登録車両数」に「初度登録年別車種別 HFC エアコン車比率」を乗じ、各登録年の台数を合計して平成 17 年度の「車種別非登録 HFC エアコン車両数」とする。なお、平成 17 年度の「初度登録年別車種別非登録車両数」とは、PRTR 資料中に示された登録を抹消された車両台数(≒廃棄台数+輸出台数)のことで、平成 18 年 3 月末の「初度登録年別車種別保有車両数(自動車検査登録情報協会)」から平成 17 年 3 月末の「初度登録年別車種別保有車両数(自動車検査登録情報協会)」を差し引き算出されている。

「車種別非登録 HFC エアコン車両数」(約 308 万台)は廃棄台数だけでなく輸出台数等を含むため、平成 17 年度の「車種別非登録車両数」に「車種別非登録 HFC エアコン車両数」が占める割合を算出して「車種別非登録 HFC エアコン車両比率」を定め、それを「車種別廃棄台数」(= 「車種別 2005 年度登録抹消台数」 - 「車種別中古自動車輸出台数」) に乗じることで、「車種別 HFC エアコン搭載車廃棄台数」を算出した。ここで、廃棄車、輸出台とも HFC エアコン搭載車の割合は同じと仮定した。なお、PRTR 資料中の車種区分と産業連関表との部門対応は表 9-6 に設定した。一つの車種区分に複数の部門に対する場合は「車種別 2005 年度登録抹消台数」に基づき配分を行った。

得られた平成 17 年度「HFC エアコン搭載車の廃棄台数」を表 9-7 に示す。なお、バイオ部会資料における推計結果 205 万台とは 50 万台程度の違いがある。相違の理由として、中古車輸出台数の出典が異なること、HFC エアコン搭載車両比率が異なることが考えられる。HFC エアコン搭載車両比率は、『バイオ部会資料』では HFC エアコン車の年別生産台数から推計しており、本研究では 1 から「初度登録年別車種別 CFC-12 使用比率」を差し引いて推計した。しかし、バイオ部会資料における中古車輸出台数の出典については詳細が確認できず、また HFC エアコン車の生産台数は非公開データであるため、本研究の推計結果との違いの原因を検証することは困難である。

CRF における「輸送機器用空調機器(カーエアコン) (2.F.1)」の廃棄に伴う排出量の産業連関表部門へ

の配分には、表 9-7 の「HFC エアコン搭載車の廃棄台数」の部門別シェアを用いた。

表 9-6 PRTR 資料の車種区分と産業連関表との部門対応

車種区分	産業連関表の対応部門
乗用車	「712102 ハイヤー・タクシー」
	「713101 自家輸送(旅客自動車)」
	「912100 家計消費支出」
軽自動車	「712102 ハイヤー・タクシー」
	「713101 自家輸送(旅客自動車)」
	「912100 家計消費支出」
普通貨物車	「712201 道路貨物輸送(除自家輸送)」
	「713201 自家輸送(貨物自動車)」
小型貨物車	「712201 道路貨物輸送(除自家輸送)」
	「713201 自家輸送(貨物自動車)」
軽貨物車	「712201 道路貨物輸送(除自家輸送)」
	「713201 自家輸送(貨物自動車)」
乗合車	「712101 バス」
	「713101 自家輸送(旅客自動車)」

表 9-7 産業連関表部門別 HFC エアコン搭載車廃棄台数

産業連関表部門	全廃棄台数	HFC エアコン搭載 車廃棄台数	部門別 シェア
	[台]	[台]	[%]
「712101 バス」	1,262	381	0.015
「712102 ハイヤー・タクシー」	22,651	14,053	0.55
「712201 道路貨物輸送(除自家輸送)」	100,937	54,576	2.1
「713101 自家輸送(旅客自動車)」	1,039,356	642,620	2.5
「713201 自家輸送(貨物自動車)」	1,021,570	552,351	22
「912100 家計消費支出」	2,068,304	1,283,229	50
合計	4,254,080	2,556,844	100

「医療品製造業(MDI)(2.F.4)」の使用・廃棄に伴う排出量の配分

「医療品製造業(MDI)(2.F.4)」の使用・廃棄に伴う排出量の産業連関表部門への配分は、医療品の医療関連部門における利用に限定し、「831101 医療(国公立)」、「831102 医療(公益法人等)」、「831103 医療(医療法人等)」部門に対応させた。本研究では、「206101 医薬品」部門から各部門への投入額の大き

さに応じて排出量を配分した。

「エアゾール(2.F.4)」の製造・使用・廃棄に伴う排出量の配分

「エアゾール(2.F.4)」の製造・使用・廃棄に伴う排出量を各段階に分割することができなかったため、本研究では一括して製造に対応する産業連関表の部門に排出量を計上した。具体的には、「206101 医薬品」、「207102 化粧品・歯磨」、「207201 塗料」部門に対応させ、「エアゾール主要製品生産数量(日本エアゾール協会)」における生産量(単位:缶)に応じて排出量を配分した。エアゾールの主要製品と産業連関表との部門対応は表 9-8 の通りである。ただし、実際には製品によって 1 缶当たりの容量等が異なり、缶数と排出量とを比例させる本研究の配分方法では、各部門の実態的な排出量と乖離することが懸念される。

表 9-8 エアゾール主要製品生産量と産業連関表部門との対応

産業連関表部門	エアゾール主要製品区分	生産数量 (缶)
「206101 医薬品」	殺虫剤	71,235
「207102 化粧品・歯磨」	人体用品	286,530
「207201 塗料」	塗料	54,618

「電気設備(2.F.8)」の製造に伴う排出量の配分

「321102 変圧器・変成器」部門および「321103 開閉制御装置及び配電盤」部門を「電気設備(2.F.8)」の製造に対応する部門とし、各部門における SF₆ の製造部門に該当する「202909 その他無機化学工業製品」部門からの投入額に応じて排出量を配分した。

「電気設備(2.F.8)」の使用・廃棄に伴う排出量の配分

電気設備の使用に該当する部門として「511101 事業用電力」部門、「511104 自家発電」部門を設定した。電気設備の使用・廃棄に伴う排出量は区分せず、一括して使用に該当するこれらの部門に排出量を計上した。本研究では、物量表における各部門の発電量の大きさに応じて排出量を配分した。

10. 「溶剤その他の製品の利用分野」排出量の部門対応と配分

10.1 麻酔(3.D)(N₂O)

10.1.1 産業連関表との部門対応

麻酔の使用を医療分野に限定し、「831101 医療(国公立)」、「831102 医療(公益法人等)」、「831103 医療(医療法人等)」部門に対応させた。

10.1.2 排出量の配分方法

「医療品製造業(MDI)(2.F.4)」の使用・廃棄に伴う排出量と同様に、本研究では「206101 医薬品」部門から各部門への投入額の大きさに応じて排出量を配分した。

11. 「農業分野」排出量の部門対応と配分

11.1 消化管内発酵(4.A)(CH₄), 家畜排せつ物の管理(4.B)(CH₄, N₂O)

11.1.1 産業連関表との部門対応

CRF の排出量について家畜種ごとに産業連関表との部門対応を取った。対応関係は表 11-1 の通り。

表 11-1 CRF における家畜種と産業連関表との部門対応

CRF における家畜種	産業連関表の対応部門
乳用牛	「12101 酪農」
肉牛	「12105 肉用牛」
水牛	「12109 その他の畜産」
めん羊	「12109 その他の畜産」
山羊	「12109 その他の畜産」
馬	「12109 その他の畜産」
豚	「12104 豚」
家禽類*	「12102 鶏卵」 「12103 肉鶏」

*家禽類は「消化管内発酵」の排出量を含まず。

11.1.2 排出量の配分方法

「家禽類」以外は、産業連関表の部門と 1 対 1 に対応するため配分の必要なし。「家禽類」は、採卵鶏、肉鶏(ブロイラー)それぞれについて、CRF の排出量の推計方法と使用データを参考に排出量を推計し、その大きさに基づいて CRF の排出量をそれぞれ該当する各部門へ配分した。

11.2 稲作(4.C)(CH₄)

11.2.1 産業連関表との部門対応

「11101 米」部門に対応させた。

11.2.2 排出量の配分方法

産業連関表の部門と 1 対 1 に対応するため配分の必要なし。

11.3 農用地の土壌(4.D) (N₂O)

11.3.1 産業連関表との部門対応

直接排出(合成肥料の施肥, 有機質肥料の施肥, 窒素固定作物, 作物残渣の透き込み, 有機質土壌の耕起)については, CRF 排出量の推計方法に従って該当する作物種を特定し, 産業連関表の該当する部門に対応させた。各排出区分に含まれる作物種と産業連関表の部門対応は表 11-2 の通り。

表 11-2 CRF の各排出区分(直接排出)における作物種と産業連関表との部門対応

CRF の排出区分	該当する作物種	産業連関表の対応部門
合成肥料の施肥	水稻 麦 馬鈴薯, かんしょ 豆類 野菜 果樹 茶 そば(雑穀) 飼料作物 工芸作物, たばこ	「11101 米」 「11102 麦類」 「11201 いも類」 「11202 豆類」 「11301 野菜(露地・施設)」 「11401 果実」 「11502 飲料用作物」 「11509 その他の食用耕種作物」 「11601 飼料作物」 「11609 その他の非食用耕種作物」
有機質肥料の施肥	「合成肥料の施肥」と同様	
窒素固定作物	豆類(乾燥子実) 飼料作物, 混播牧草のうちマメ科分	「11202 豆類」 「11601 飼料作物」
作物残渣の透き込み	米 小麦, 二条大麦, 六条大麦, 裸麦, ライ麦, オート麦, 青刈りえん麦, 青刈りライ麦, 青 刈りその他麦 かんしょ, ばれいしょ 大豆, 小豆, いんげん, らっかせい だいこん, かぶ, にんじん, ごぼう, れんこ ン, さといも, やまのいも, はくさい, こまつ ナ, キャベツ, ちんげんさい, ほうれんそう, ふき, みつば, しゅんぎく, セルリー, アスパ ラガス, カリフラワー, ブロッコリー, レタス, ねぎ, にら, たまねぎ, にんにく, きゅうり, か ぼちゃ, なす, トマト, ピーマン, スイートコー	「11101 米」 「11102 麦類」 「11201 いも類」 「11202 豆類」 「11301 野菜(露地・施設)」

CRFの排出区分	該当する作物種	産業連関表の対応部門
	ン, しょうが, いちご, メロン, すいか, さやいんげん, さやえんどう, そらまめ, えだまめ	
	てんさい, さとうきび	「11501 砂糖原料作物」
	茶	「11502 飲料用作物」
	そば, なたね, こんにゃくいも	「11509 その他の食用耕種作物」
	牧草, 青刈りとうもろこし, ソルゴー	「11601 飼料作物」
	い, 葉たばこ	「11609 その他の非食用耕種作物」
有機質土壌の 耕起	「合成肥料の施肥」と同様	

なお、間接排出(大気沈降, 窒素溶脱)については、該当する作物種を特定することができないため、上記の直接排出(合成肥料の施肥, 有機質肥料の施肥)と同じ部門に対応させた。

11.3.2 排出量の配分方法

直接排出については、CRF の排出量の推計方法と使用データを参考に、作物種別に排出量を推計し、その大きさを CRF 排出量に対処部門へ配分した。間接排出については、直接排出の合成肥料の施肥と有機質肥料の施肥に伴う排出量の合計量に応じて排出量を配分した。

11.4 農業廃棄物の野焼き(4.F) (CH₄, N₂O)

11.4.1 産業連関表との部門対応

CRF 排出量の推計方法に従って、野焼きの対象としている作物種を特定し、産業連関表の該当する部門に対応させた。対応関係は表 11-3 の通り。

表 11-3 CRF における作物種と産業連関表との部門対応

CRF における作物種	産業連関表の対応部門
穀物	「11101 米」
	「11102 麦類」
	「11509 その他の食用耕種作物」
豆類	「11202 豆類」
根菜類	「11201 いも類」
	「11501 砂糖原料作物」
サトウキビ	「11501 砂糖原料作物」

11.4.2 排出量の配分方法

CRF の排出量の推計方法と使用データを参考に、作物種別の排出量を推計し、その大きさに CRF の排出量を各部門へ配分した。

12. 「廃棄物分野」排出量の部門対応と配分

12.1 管理処分場からの排出(6.A.1) (CH₄), 廃棄物の焼却(6.C) (CH₄, N₂O), 有機性廃棄物のコンポスト化に伴う排出(6.D.1) (CH₄, N₂O)

12.1.1 産業連関表との部門対応

「521201 廃棄物処理(公営)」と「521202 廃棄物処理(産業)」に対応させた。

12.1.2 排出量の配分方法

CRF の排出量の推計方法と使用データを参考に、一般廃棄物の排出量と産業廃棄物別の排出量を推計した。前者の大きさに基づいて CRF の排出量を「521201 廃棄物処理(公営)」部門に配分し、後者の大きさに基づいて「521202 廃棄物処理(産業)」部門へ排出量を配分した。

12.2 不法処分に伴う排出(6.A.3) (CH₄)

12.2.1 産業連関表との部門対応

不法処分については、本来の排出源と考えられる「521202 廃棄物処理(産業)」に対応させた。

12.2.2 排出量の配分方法

産業連関表の部門と 1 対 1 に対応するため配分の必要なし。

12.3 排水の処理に伴う排出(6.B) (CH₄, N₂O), 石油由来の界面活性剤の分解に伴う排出(6.D.2) (非エネ CO₂)

12.3.1 産業連関表との部門対応

「521103 下水道」部門に対応させた。

12.3.2 排出量の配分方法

産業連関表の部門と1対1に対応するため配分の必要なし。

謝 辞

本研究におけるデータ整備に関し、三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社の森本高司氏、川島 一真氏、寺川 卓志氏に多大なご協力を頂いたことを感謝してこれを記する。