

研究論文特集 エネルギーシステムと社会

産業部門におけるエネルギー消費量の不確かさを 考慮したLCAの信頼性評価

Reliability Evaluation of LCA Considering the Uncertainty of Energy
Consumption in Industrial Sectors

吉田 好邦*・石谷 久**・松橋 隆治***・大熊 裕之***
Yoshikuni Yoshida Hisashi Ishitani Ryuji Matsushashi Hiroyuki Ohkuma
工藤 祐揮***・盛田 幸治****・古池 亜彌*****・小林 紀*****
Yuki Kudoh Kouji Morita Ami Koike Osamu Kobayashi

(原稿受付日2000年5月10日, 受理日2001年4月11日)

Abstract

The dispersion of input-coefficients in I-O tables and the influences on LCA results are evaluated. We utilize the database based on the original data for compiling the I-O tables and estimate CO₂ emission intensity and its variance of each commodity and service classified in the I-O tables. Then, we apply the CO₂ emission intensity and its variance to the LCA of a specific passenger car and assess the reliability on the value of CO₂ emissions calculated in LCA. Calculation results show CO₂ emissions induced by the production of the passenger car is 1.3 ton-C. Concerning the reliability of the results, coefficients of variation (CV) of CO₂ intensity are about 0.8-1.0 for the intermediate commodities which are frequently assessed in LCA. Although this value is relatively large for the practical use in LCA, calculated CV of CO₂ emissions associated with the production of the passenger car is 0.126. This is because the passenger car consists of many parts and CVs of many parts are canceled in each other. This indicates that although CO₂ intensity itself given by I-O tables has large variance, I-O tables are still useful tools for LCA if the number of components of a product is large enough.

1. はじめに

地球温暖化等の地球規模の環境問題, 大気汚染・水質汚濁等の地域の環境問題を危惧する声が高まり, 製品・サービス・生産プロセスなどの環境負荷を知る手段としてLCAが注目を集めている。LCAの手法は, 環境負荷を製造プロセスごとに足し合わせるボトムアップ法(積み上げ法)と, 産業連関表に代表されるようなプロセスの入出力関係を予めマトリックス上に表現したうえで, 波及効果まで考慮して環境負荷を産出するトップダウン法(プロセス連関法^{1),2)})に大別できる。

積み上げ法では選定したプロセスが, 例えば一工場のデ

ータのように特定の条件の下に選ばれていることが多く, 必ずしもそのプロセスを代表するものではない。一方, 産業連関表に集約されるプロセスは平均財についてのプロセスであり, 特定の財のLCAに対して多くの異質のものが平均化され, その整合性を保持できない可能性がある。したがって感度分析, 誤差分析の観点から見ると, データの幅を考慮した上で, LCA結果の信頼性を高める必要がある。実際には特定製品のLCAをおこなう場合, 製造プロセスが特定可能な部品については積み上げで環境負荷を積算し, 性状や製造工程を特定できない部品やサービスについては産業連関表を用いて補うのが妥当だろう。しかし, 産業連関表の平均財としての数値こそ, データの幅を考慮されるべきであるが, 過去のLCAにおいては産業連関表のデータのばらつきを定量的に考慮した例はなく, 産業連関表をLCAに利用する際のネックになっていたともいえる。本文では産業連関表の各部門に対するエネルギー投入量の分散の標本データに基づいて, 各部門におけるCO₂排出原単位の変動の度合いを算出する。更にその適用例として, 実在の小型自動車の詳細な部品データに基づいて, 自動車製造時のCO₂排出量とその変動を推計し, LCAで産業連関表を利用することの妥当性を検証した。

* 東京大学大学院工学系研究科地球システム工学専攻助手

** “ “ “ 教授

*** “ “ “ 大学院生

**** “ “ “ 新領域創成科学研究科環境学専攻助教授

〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1

***** 日産自動車株式会社FCV開発部上級技師

〒237-8523 神奈川県横浜須賀町1

***** 日産自動車株式会社環境・安全技術部

〒104-8023 東京都中央区銀座6-17-1

***** (財)エネルギー総合工学研究所 WE-NETセンター主管研究員

〒105-0003 東京都港区西新橋1-14-2 新橋SYビル

2. LCAにおける産業連関表の利用

2.1 エネルギー消費の分布データ

LCAの分析手法は、環境負荷を製造プロセスごとに足し合わせるボトムアップ法（積み上げ法）と、プロセスの入出力関係を予めマトリックス上に表現したうえで、波及効果まで考慮して環境負荷を産出するトップダウン法（プロセス連関法^{1),2)}）に大別できる。前者は各プロセス技術の詳細にインベントリに記述できる一方で、調査できるプロセスも限られ、すべてのプロセスを網羅できないという欠点がある。後者のトップダウン法では産業連関表を使って、国内におけるすべての財とサービスのやり取りを網羅した推計をする手法がとられることが多いが、国内のすべての産業部門を網羅するがゆえに、個々の部門については、あくまで平均的な財を表すにすぎないことになり、特定の製品についてのLCAに適用するには限界がある。このようにLCAは信頼できるデータを収集することが重要であるのはもとより、データを用いて環境負荷を推定する手法にも少なからぬ不確実性が伴うことを常に念頭におく必要がある。

製造業におけるエネルギー消費量の分析例として、吉岡³⁾らは1990年の工業統計調査と石油等消費構造調査の個票データから、4桁産業分類の製造業（527部門）についてエネルギー消費構造を統計的に分析している。表1に製造業を2桁分類に統合した場合の燃料使用額のばらつきを示す。エネルギー原単位の分布は変動係数（標準偏差／算術平均）が1から1.5と大きな値を示している。特に輸送用機械器具製造業では4.8を超える非常に大きな値である。他にはゴム製品製造業、化学工業の変動係数が大きくなっている。製造業の4桁分類は1990年の産業連関表における統合小分類（405部門）に対応づけをすることが可能である。そして各産業におけるエネルギーの消費量のばらつきが定量的に示されているため、これを産業連関表のエネルギーに関する投入係数のばらつきに変換することができる。なお分布の形状は正の方向に裾の長い分布が特徴的である。例として図1に食料品製造業における生産額千円あたりの燃料消費額（円）の分布を示す。

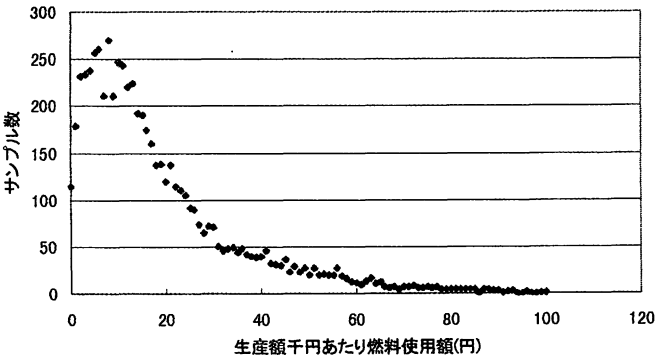
2.2 投入係数の分散データの作成

前節で紹介したエネルギー消費量の分散のデータに基づいて、産業連関表のエネルギーに関連する投入係数の分散を算出する。前述のデータは燃料消費量として与えられ、燃料の種別までは分類されていない。そこで、燃料を石炭、原油、天然ガス、石油製品、石炭製品、都市ガス、事業用発電の6種に分け、各燃料の各産業への投入係数を燃料の消費量の平均値とし、平均のまわりの分散については、燃料間で変動係数の差異がないとの仮定をおいて、上記6種

表1 2桁製造業の生産額千円あたりの燃料使用額（円）1990年

	標本平均	変動係数	標本数
食 品	26.4	1.36	7,032
飲料・飼料・たばこ	19.9	1.81	807
織 維	46.8	1.16	3,247
衣服・その他の繊維製品	23.1	0.94	4,180
木 材 ・ 木 製 品	19.8	0.86	1,143
家 具 ・ 装 備 品	13.9	0.82	1,222
パルプ・紙・紙加工品	30.3	1.26	1,841
出版・印刷・同関連	16.6	1.36	2,976
化 学	33.4	1.92	2,188
石油製品・石炭製品	41.4	1.17	126
プ ラ ス チ ッ ク	33.1	0.86	2,769
ゴ ム 製 品	34.3	2.98	831
なめし革・同製品・毛皮	13.4	1.26	411
窯 業 ・ 土 石 製 品	55.9	1.06	2,863
鉄 鋼	49.7	0.95	1,423
非 鉄 金 属	40.1	1.43	824
金 属 製 品	25.9	1.21	4,639
一 般 機 械 器 具	16.7	1.47	6,124
電 気 機 械 器 具	20.9	1.35	9,763
輸 送 用 機 械 器 具	22.4	4.89	3,343
精 密 機 械 器 具	18.2	1.00	1,300
武 器	12.8	0.69	12
そ の 他 製 造 業	16.9	1.74	1,297

出所：吉岡³⁾
(注1) 変動係数は標準偏差／算術平均で与えられる。
(注2) 実際のデータはより詳細な4桁分類（527部門）で構成されている。



(横軸：生産額千円あたり燃料使用額（円）、縦軸：サンプル数）
出所：吉岡³⁾

図1 食料品製造業における燃料消費分布

の燃料の部門から、各製造業の部門への投入係数の分散を算出した。なお、自家発電については吉岡³⁾のデータソースである工業統計調査で除かれているため分散の評価対象から除外した。

また、産業連関表の部門分類と吉岡³⁾の部門分類は共に日本標準産業分類に基づいており、部門の数の差は統合によって補い、全部で393部門の分類とし、うち217部門に統合した製造業について上記6種エネルギーの投入係数の分散を算出した。

3. CO₂排出原単位のばらつき

3.1 前提条件

前節までに求められた投入係数とその分散を用いて、投入逆行列を計算し、各部門の最終需要1単位あたりのCO₂排出量を求める。ここでは $(I-A)^{-1}$ 型の逆行列に基づいて生産者価格100万円あたりの各製品のCO₂排出量を算出する。またCO₂排出係数の分散については、投入係数について特定の確率分布を仮定した上で、前節までに求めた投入係数の分散に基づいて乱数を発生させ、モンテカルロシミュレーションにより求めることができる。投入係数について仮定する分布はしばしば対数正規分布等の非負かつ裾の長い分布によるフィッティングがおこなわれる。ただ、本文で示すCO₂排出係数の導出のように、多数の投入係数の組からなる確率変数を用いて、投入逆行列を求めてCO₂原単位を算出する一連のプロセスでは、確率変数同士で多くの演算が繰り返されることにより、目的のCO₂原単位の分布は投入係数の分布の形状によらず、多かれ少なかれ裾が短い分布に近づくと考えられる。ここでは、確率分布に正規分布を採用し、負の値に対しては、正の値が得られるまで再度乱数を発生させることによって対応するものとする。

以上のような方法で、ここでは1万組のランダムな投入係数行列を発生させ、その投入逆行列に基づいてCO₂排出原単位を算出する。既述のように、変動係数のデータは製造業で消費される燃料製品の消費量であるので、その他の部門における投入係数は未考慮である。そこで、以下の計算では次のケースを想定してそれぞれについてCO₂排出量とその変動を計算した。

ケース1：製造業における燃料の消費量の変動係数のみを考慮。

ケース2：製造業以外の部門における燃料以外の製品の消費量についての変動係数についてもケース1と同程度の変動を仮定する。

ケース1は、得られているデータのみに基づいてCO₂排出量の変動の最小限度を推計するという位置づけであり、ケース2ではデータの不足部分にも概算の推定値を当てはめることによって、CO₂排出量の変動についてより実態に近い概算値を推計するという位置づけになる。ケース2においてその他の部門の変動係数は以下のように仮定した。

- ・非製造業における燃料消費量の変動係数：1.0
- ・全部門における物理的投入（素材，中間財等）の変動係数：0.5
- ・全部門における燃料以外の非物理的投入（サービス等）の変動係数：1.0

ここで、物理的投入に関する変動係数は、一般にサービ

ス等の非物理的投入よりも分散が小さいと考えられ、本文で使用した乗用車のデータや小林³⁾ など、複数の自動車の素材構成データに基づいて変動係数を0.5と仮定している。その他の変動係数1.0は、製造業における燃料消費の変動係数と同程度の水準値として与えている。

以上の投入係数は独立に乱数を発生させているが、例えば事業所の規模による燃料消費量の効率差等の要因を考慮すれば、特に投入係数行列における列の各成分の変動には相関が存在する可能性を否定することはできない。そこで、最大の変動を評価する目的で、投入係数行列の各列ごとに元の投入係数列と相関を1とする乱数によって投入係数列を生成する次のケースを検討する。

ケース3：ケース2において投入係数列の変動に相関1を仮定する。

このケースでは、正の相関によって計算結果のCO₂排出原単位の変動が大きくなると考えられるが、一方で投入係数の列和は1以下である（付加価値率を加えて1に等しい）制約のため、投入係数列のすべての成分が極端な変動を取り得ず、変動を抑制する要因も存在する。

なお、CO₂原単位を算出する際に、各部門における燃料消費量をCO₂に換算するにあたっては、環境分析用産業連関表³⁾の中で示されるCO₂換算係数を用いた。（これによって原料用途の石油製品等の未燃炭素が除かれる。）

3.2 計算結果

紙面の制約により393部門のすべてについて掲載できないが、全部門を通した変動係数の平均値は、ケース1において0.26、ケース2において0.95である。これにより変動の約1/4が製造業のエネルギー消費によって説明できることがわかる。またケース3では全部門を通した変動係数の平均値は0.76で、ケース2よりも小さい変動である。このことは、投入係数の列和が1を超えないという制約のため、変動に正の相関を仮定しても、投入係数列の成分が同時に極端な変動を取り得ないことによる。したがって、投入係数は互いに相関をもつことは十分にあり得るものの、相関を仮定した場合のCO₂原単位の変動が、独立を仮定した場合の変動よりも必ずしも大きくないといえる。

また全体においては、加工度の大きい製品を製造する業種で分散が大きく、逆に素材・原料に近い業種やサービス業では分散が小さい傾向がみられる。

次に、実際のLCAにおいてデータを得るのが困難になりやすい、部品や素材加工品などの中間財についてのCO₂原単位をピックアップして表2に示す。LCAにおける上流プロセスの評価では専ら素材により近い財の評価が必要となることを考慮すれば、全体を通しての変動係数はケース1で平均0.2程度、ケース2で平均0.8程度となっている。

表2 主な中間財のCO₂原単位と変動係数

連関表分類	CO ₂ 原単位 (t-C/百万円)	変動係数 (ケース1)	変動係数 (ケース2)	変動係数 (ケース3)
製材	0.454	0.240	0.702	0.527
合板	0.739	0.355	0.724	0.579
木材チップ	0.490	0.240	0.627	0.505
木製建具	0.636	0.121	0.475	0.568
洋紙・和紙	4.504	0.059	0.343	0.193
板紙	3.395	0.071	0.345	0.194
段ボール	2.209	0.065	0.645	0.527
圧縮ガス・液化ガス	3.336	0.590	0.628	0.499
石油化学基礎製品	2.404	0.044	0.193	0.208
石油化学系芳香族製品	3.289	0.024	0.226	0.232
脂肪族中間物	2.877	0.126	0.509	0.374
環式中間物	3.046	0.082	0.353	0.325
合成ゴム	2.927	0.112	0.388	0.263
プラスチック製品	1.257	0.800	1.222	0.660
タイヤ・チューブ	1.594	0.119	0.449	0.403
板ガラス・安全ガラス	1.628	0.122	0.320	0.329
ガラス繊維・同製品	1.852	0.173	0.373	0.294
生コンクリート	6.156	0.036	0.547	0.529
セメント製品	2.652	0.107	0.536	0.519
炭素・黒鉛製品	2.961	0.285	0.498	0.387
研磨材	1.508	0.246	0.600	0.481
熱間圧延鋼材	6.013	0.096	0.658	0.558
鋼管	3.740	0.114	0.773	0.611
冷間仕上鋼材	4.142	0.095	0.739	0.547
めっき鋼材	3.018	0.173	0.761	0.511
鋳鍛鋼	2.779	0.213	0.610	0.465
鋳鉄管	3.279	0.128	0.375	0.415
銅	1.620	0.433	0.792	0.385
鉛(含再生)	4.847	0.052	0.156	0.113
亜鉛(含再生)	3.560	0.589	0.709	0.188
アルミニウム(含再生)	2.243	0.414	0.767	0.334
電線・ケーブル	0.999	0.311	0.679	0.592

4. 自動車の製造段階のLCA

4.1 LCA手法

LCAで産業連関表を利用する場合には、対象となる製品を構成する多数の部品を素材レベルに分類し、産業連関表の部門に割り当てる作業がおこなわれる。ただし、最終製品や連関表の部門に合致しない特殊な財は連関表に依らずに別途LCIデータを収集する必要がある。連関表によって評価されるのは、性状や製造工程を特定できない部品やサービスが中心となる。このとき生じるLCA結果のばらつきについては、産業連関表の投入係数が(投入額)/(生産額)で与えられるから、値のばらつきは、次のようにその分子と分母の変動で説明できる。

- ・同一の価格の製品における投入額のばらつき（特に事業所の規模の違い等によるエネルギー、サービス等の投入量のばらつき、すなわち分子の変動）
- ・同一部門に統合される異なる製品の単価のばらつき（例

えば、熱間圧延鋼材に分類される普通鋼と特殊鋼の単価の差、すなわち分母の変動）

本研究で使用するデータ³⁾は上記双方のばらつきの影響を含んだ標本データである。したがって、ある財のデータが物量ベースで与えられて、これを連関表の部門に対応づける場合には、連関表に付帯する「生産数量・単価・金額表」で与えられる平均価格を用いて金額ベースに換算する必要がある。これは平均価格のまわりの分散は上記のデータによって与えられ、財、サービスの単価の差は平均財としてのLCA結果の分散値として定量的に評価できるからである。

さて、本研究では対象とする自動車を小型自動車(1,500cc)とし、2,000余の部品データを用いて製造ステージにおけるLCAをおこなう。自動車製造工程に投入される財、サービスは「物理的投入」と「非物理的投入」の2種類に分けて評価する。ここで「物理的投入」とは各種素材や各種部品の投入を指し、「非物理的投入」とは加工組立、輸送、サービスの投入を指す。物理的投入によるCO₂排出量の推計においては、2,000余の部品の各々と産業連関表の各素材部門との対応づけをおこなって、それらの素材としての必要量を「生産数量・単価・金額表」で与えられる平均価格を用いて金額ベースに換算した上で、ベクトルFに格納する。その後、投入逆行列 (I-A)⁻¹、CO₂排出原単位行列Cを掛けて、

$$C(I-A)^{-1}F \cdots \cdots \cdots (1)$$

によって、素材製造時のCO₂排出量が求められる。また非物理的投入に伴うCO₂排出量は西村⁶⁾を参考に、産業連関表によって求められる平均財に関する非物理的投入負荷の値を利用して求めている。具体的な手法は次のようである。

最終財 *f*、サービス *s*、エネルギー *h* 等の非物理的投入は、生産される財の物理量（例：構成素材の重量和、体積和）に依存するものと考えられる。非物理的投入が生産財の構成素材の重量和に比例するとした場合、エネルギーの波及効果も考慮して部門 *f* から部門 *k* への非物理的投入は次のように表せる。

$$\frac{W_k}{W_{ave}} \alpha_{fk} \cdots \cdots \cdots (2)$$

同様に、部門 *s* から部門 *k*、また部門 *h* から部門 *k* への非物理的投入はそれぞれ、

$$\frac{W_k}{W_{ave}} \alpha_{sk}, \frac{W_k}{W_{ave}} \alpha_{hk} \cdots \cdots \cdots (3)$$

と表すことができる。ここに、
α_{ij}：投入係数行列の*ij*成分
W_k：k部門に投入される自動車部品総重量（実データ）
W_{ave}：産業連関表から求められる平均的自動車の重量

である。これら式 (2), (3) を最終需要ベクトルFの該当する非物理的投入の成分に代入して、式 (1) を用いれば、非物理的投入分によるCO₂排出量及びその変動係数を算定することができる。なおW_{ave}は産業連関表の投入係数行列Aにおいて、物理的投入だけの波及を考え、物理的な投入量以外の成分（サービス部門などの投入）をすべて0とおくような加工を施した上で、改めて投入逆行列を計算することにより、物理的な投入の波及だけを考慮することができ、平均財の素材構成量を算定できる。

4.2 プロセスの分解

部品製造プロセスは、1) 車体、2) 内燃機関、部品、3) タイヤ、4) ガラス、5) 電池、6) 電気音響機器、7) 電球類の7プロセスとし、図2のように部品を分類して各プロセス毎のCO₂排出量を算定する。

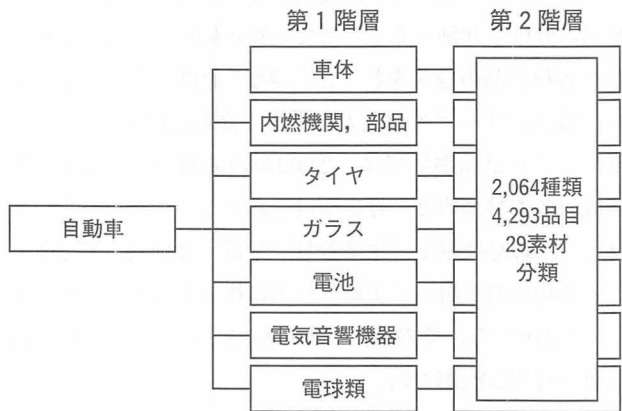


図2 部品別素材データベース構成図

2,000余の部品を上記7カテゴリに分類し、それぞれの部品を産業連関の部門に対応づける。その結果、対象とする小型自動車の素材構成は表3のようにまとめられた。

4.3 製造工程におけるCO₂排出量の算定結果

CO₂排出量の推計値を図3に示す。自動車製造ステージ全体を通してのCO₂排出量は約1.27[t-C]と算定された。この値を過去の研究例と比較すると、積み上げ法による値(小林⁴⁾)よりは大きく、産業連関表による計算例(近藤⁷⁾、産業環境管理協会⁸⁾)とほぼ同程度の値であり、直接間接の波及を考慮した値としては、妥当な数値といえる。

内訳をみると、物理的投入の素材製造プロセスが約0.62[t-C]と全体の48%を占め、次いで非物理的投入の中間部品製造プロセス及び最終組立プロセスが約25%ずつとなっている。7部品の製造プロセス間で比較すると、「内燃機関、部品」製造プロセスが0.68[t-C]と群を抜いているが、これは「内燃機関、部品」に分類される部品が、重量にして全体の約75%、金額にして全体の約59%と大部分を占めていることによると考えられる。自動車の製造ステージにおけるCO₂排出量はその約半分が素材製造プロセスに起因しており、残りが加工組立時に投入される非物理的なエネ

表3 部門別重量構成比

産業連関表分類	重量[kg]	構成比
その他の非食用耕種作物	1.4	0.1%
綿糸	0.1	0.0%
洋紙・和紙	0.1	0.0%
脂肪族中間物	7.1	0.7%
合成ゴム	13.5	1.3%
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	99.0	9.1%
合成繊維	2.9	0.3%
塗料	4.7	0.4%
石油製品	16.7	1.5%
プラスチック製品	0.0	0.0%
タイヤ・チューブ	28.3	2.6%
板ガラス・安全ガラス	33.0	3.0%
炭素・黒鉛製品	0.1	0.0%
熱間圧延鋼材	406.2	37.6%
鋼管	8.9	0.8%
冷間仕上鋼材	169.8	15.7%
めっき鋼材	92.7	8.6%
鉄製品及び鍛工品(鉄)	110.5	10.2%
銅	12.2	1.1%
鉛(含再生)	8.3	0.8%
アルミニウム(含再生)	1.7	0.2%
その他の非鉄金属地金	0.2	0.0%
電線・ケーブル	1.7	0.2%
伸銅品	0.9	0.1%
非鉄金属鑄鍛造品	54.1	5.0%
その他の非鉄金属製品	0.3	0.0%
不明	6.6	0.6%
合計	1,081	100%

ルギーに起因している。自動車の製造ステージの中で、素材製造プロセスは自動車メーカーの直接的な範疇にはなく、その下請けの中小工場でのプロセスにあたる。つまり、自動車メーカーが製造ステージにおけるCO₂排出量の削減を考えるのであれば、自社工場での省エネルギー策のみならず、それ以上に各部品の調達に関して細心の注意を払わなければならないということがわかる。

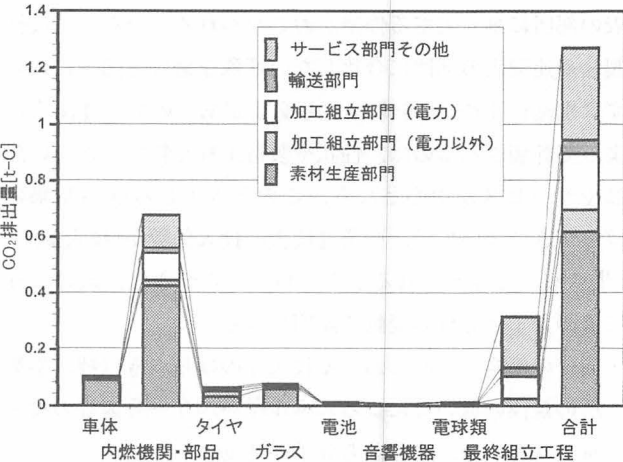


図3 部品別・プロセス別CO₂排出量

4.4 CO₂排出量の変動係数

表 4 に部品別CO₂排出量の変動係数を示す。ケース 1 における全体を通しての変動係数は0.037と非常に小さい数値が算定された。最も変動係数の大きく出た素材製造プロセスの音響機器部品でも0.16と、全体的に小さい。ケース 2 の全体を通しての変動係数は0.126、中間部品製造プロセスでは平均して0.212、最終組立プロセスでは0.123である。

表 4 中間部品・プロセス別CO₂排出変動係数

	ケース 1	ケース 2
車 体	0.041	0.231
内 燃 機 関, 部 品	0.063	0.196
タ イ ヤ	0.055	0.188
ガ ラ ス	0.089	0.235
電 池	0.039	0.106
音 響 機 器	0.156	0.317
電 球	0.062	0.210
最 終 組 立 プ ロ セ ス	0.032	0.123
全 体	0.037	0.126

製造ステージ全体を通しての変動係数が0.126であるということは、自動車製造ステージにおけるCO₂排出量の母集団分布を簡単のため仮に正規分布であるとするならば、平均値に対して幅±12.6%の間に、約68%の確率で値が存在するということになる。つまり、変動係数がこの程度に抑えられるならば、産業連関表を用いた自動車LCAからもたらされる算定結果は一定の信頼性をもたらすものと評価できよう。ここで、変動係数の0.126は、ケース 2 において中間財のCO₂原単位の変動係数がおよそ0.8程度であったことから考えると、非常に小さい値である。この理由は自動車が多数の構成部品から組み立てられており、それら個別の部品についてのCO₂原単位の変動は大きくても、全体としての自動車についてのCO₂排出量の変動は小さくなることによる。したがって仮に構成部品の少ない製品について、同様に産業連関表を利用してCO₂排出量を推計する場合には、逆に変動係数は自動車に比べてかなり大きくなる可能性もあることに注意しなければならない。

5. おわりに

LCAにおいて製品の環境負荷を求めるときに製造プロ

セスに沿って遡って環境負荷を評価する場合、上流に遡るほどデータの取得が困難であるため、国全体のマクロなデータである産業連関表が上流部分の評価にしばしば用いられている。他方において産業連関表に集約されるプロセスは平均財についてのプロセスであり、特定の財のLCAに対して多くの異質のものが平均化されている点で、LCAに産業連関表を用いることへの批判もある。このような背景から本文は産業連関表のエネルギー投入に関する標本分布のデータを利用して、最終需要各財に誘発するCO₂原単位ならびにその変動係数を推定した。LCAにおける上流プロセスの評価で対象となる素材により近い財ではケース 1 において平均で0.2程度、ケース 2 においては平均で0.8程度である。

またケーススタディとして、実在のセダン型小型自動車(1,500cc)を対象として製造段階におけるライフサイクルCO₂を算定した。自動車製造ステージ全体を通してのCO₂排出量は約1.27[t-C]と算定された。そのうち、素材製造プロセスが約0.62[t-C]と全体の48%を占め、次いで中間部品製造プロセス及び最終組立プロセスが約25%ずつとなっている。また、ケース 2 の変動係数は0.126となり、構成部品が多ければ、各部品に付随する分散を製品全体としては抑えられ、産業連関表を用いたLCA結果の不確かさに一定の評価を与えることが可能となった。

参 考 文 献

- 1) 吉岡理文, 石谷久, 松橋隆治;線形計画法を用いたLCA手法の検討, シミュレーション, 15- 1 (1996), 72-78.
- 2) 疋田浩一, 石谷久, 松橋隆治, 吉田好邦;プロセス連関分析による電力・都市ガスシステムのライフサイクルアセスメント, 電気学会電子・情報・システム部門誌, 118-9 (1998), 1270-1277.
- 3) 吉岡完治, 中島隆信;産業におけるエネルギー消費構造の分析, 科学研究費重点領域A3公募班報告書 (1998)
- 4) 小林紀;自動車のLCA研究, 第2回エコバランス国際会議講演集 (1996), 76-79
- 5) 慶應義塾大学産業研究所,「環境分析用産業連関表」(1996)
- 6) 西村一彦, 本藤祐樹, 内山洋司;プロセスモデルによる製品製造時の包含負荷量の比較分析ーガソリン車とEVの比較ー, エネルギー・資源, 19-2 (1998), 182-187.
- 7) 近藤美則, 森口祐一, 清水浩;電気自動車IZAとガソリン車とのライフサイクルCO₂量の比較, エネルギー・資源, 17-5 (1996), 486-492.
- 8) (社)産業環境管理協会, 生涯環境影響調査方法の開発報告書, (1997), 37-38.