

H-9 環境勘定・環境指標を用いた企業・産業・国民経済レベルでの持続可能性評価手法の開発に関する研究

(3) 産業における環境効率・資源生産性評価手法の開発と適用に関する研究

独立行政法人産業技術総合研究所

ライフサイクルアセスメント研究センター 匂坂正幸・稲葉敦・田原聖隆

平成13～15年度合計予算額	25,796千円
(うち、平成15年度予算額)	8,617千円)

[要旨]

既存の環境効率・資源生産性の評価手法および適応事例の得失を明らかにするために、海外、国内の研究事例を調査した。その結果、国内外の既往研究事例を概観することが可能になり、すべての製品や企業、産業、国の各レベルに対して総合的、横断的な資源生産性・環境効率の評価手法として、幅広く適応、促進するためには、システムバウンダリの設定を論理的に行う必要があることが分かった。また、環境負荷項目の抽出の重要性も確認できた。それに加えてLCA、MFA、LCC、環境会計などの関連手法との関係を明らかにした。環境効率で言うサービスを経済指標で表現した場合には、関連手法との関係が強いことが確認でき、環境効率・資源生産性の手法開発には、他の指標を多く取り入れて実施することが可能であることが分かった。エネルギーおよび基礎素材製造データの資源生産性・環境効率手法への適用を図るために、マスバランスを考慮し、精緻なバックグラウンドデータの構築を行った。

提案しているライフサイクルをも考慮できる環境効率の確立を行うために、素材、製品、企業、産業レベルにおいてCO₂効率を算出するケーススタディを実施した。CO₂効率は、産業連関表分析をベースにした「産業のCO₂効率」、企業の環境報告書のデータをベースにした「企業のCO₂効率」、素材、製品のLCIデータをベースにした「製品のCO₂効率」「素材のCO₂効率」のそれぞれを算出した。素材、製品、企業のCO₂効率は、ボトムアップ的に求めたものであり、トップダウン的に求められる産業のCO₂効率と比較することでその妥当性を確認した。また、素材、製品、企業、産業毎にCO₂効率の特徴が明確になった。また、産業のCO₂効率を対象企業の生産活動と対比させることで、企業の環境アクティビティの評価が産業のCO₂効率を基準とすることで可能であることが分かった。

[キーワード] 二酸化炭素、ライフサイクルアセスメント、産業連関表分析、環境効率、エネルギー消費量

1. はじめに

持続可能な発展の必要性は共通の認識になっているが、その方向性を明確に評価する手法の整備は未だ不十分である。環境効率を向上させることは持続可能な発展の一つの指標と考えられ多くの研究事例が存在するが、LCA手法の延長上にある手法であるため製品の評価が多くされてい

る。しかしながら、持続的発展を促進するためには、産業レベルでの生産性の向上、環境効率の向上が望まれている。経済的な指標を取り入れて産業・企業の環境活動を評価できる手法を既往の環境効率・資源生産性、LCA、環境会計、MFA、LCC等の利点を取り入れて手法開発を実施することが急務である。

2. 研究目的

産業、企業、製品レベルで環境効率・資源生産性を評価する手法を開発するため、既存の手法および適応事例の調査によりその得失を明らかにするとともに、LCA、MFA、ライフサイクルコスト(LCC)、環境会計などの関連手法との関係を明らかにする。また、具体的な製品や企業に対して、生産のために投入される資源量やエネルギー量、排出物質量を明らかにし、指標を導き、メソ・マクロスケールデータとの整合性を検証しつつ、ケーススタディを通じて指標の特性を明らかにすることを目的とする。

3. 研究方法および結果・考察

(1) 既存の研究事例の調査 (13年度)

産業、企業、製品レベルで環境効率・資源生産性を評価する手法開発のため、国内外の研究機関・企業における資源生産性、環境効率の提案されている算出手法¹⁻⁹⁾について調査し、その結果を表1の一覧に示した。資源生産性、環境効率の算出手法としては、一般的にサービスを環境負荷(資源投入量)で除した値または、その逆数が広く使用されている。分子に当たるサービスの使用パラメータとしては、大きくコスト(経済的価値)と製品機能サービスの2つに分類でき、多くはコストを用いている。サービスとしてコストを用いる場合は、製品や企業が環境への負荷に対して産出する経済的価値(利益)に着目していることもある。一方、製品機能サービスを用いる場合は、MIPS (Material Input per Service Unit) の単位機能サービスのように、環境への負荷に対していかに多くのサービスを提供できるかに着目している。一方、海外の既存事例ではコストを用いているケースがほとんどであったのに対し、国内での事例全てが製品、機能に着目している点が特筆される。次に、分母に当たる環境負荷の使用パラメータ指標としては、資源やエネルギー使用量・消費量を環境への負荷として用いる場合と、製品のライフサイクルにおける環境負荷や事業活動に伴う環境負荷を算出して環境への負荷として用いる場合の2つに分類できる。環境負荷に活用されるデータは、サービスに比べて多くの項目が検討されており、EEAのヘッドライン指標のような指標セットが用意されている事例もある。資源やエネルギーの消費量から実際の環境負荷を算出するためには、重み付けや集約化・統合化といった手法が必要となる。これらの手法については、広く一般的な概念というものはなく、それぞれの研究機関・企業が独自の考え方に基づいて手法を開発している段階である。重み付けを行うための係数の設定などは、主観的な視点がどこかに介入すると共に、製品や企業、産業によって統合される項目の重要性も異なり、係数も変わってくる。また、対象となるライフステージ、システムバウンダリの考え方では、資源生産性、環境効率の評価の対象が製品の場合には、資源の採取から製造、輸送、使用、廃棄といったライフステージ全般を視野に入れている事例が多かった。一方、企業や産業が対象の場合には、製造段階に限定したもの、あるいは製造段階の前後にあるコントロールできる段階を対象とする事例が多かった。前述した資源生産性、環境効率の評価においては、経済活動のど

こまをを対象として扱うのかシステムバウンダリの決定が大きな課題であり、システムバウンダリの設定が論理的に行うことができれば、より多くの製品や企業、産業に対して総合的、横断的な資源生産性、環境効率の評価手法として、幅広く適応、促進できる可能性がある。

表 1 提案されている資源生産性/環境効率指標の調査結果概要

提案機関・研究者	算出手法					特長
	レベル	分子	分母	システムバウンダリ	リサイクル	
Wuppertal ¹⁾	製品 素材	物質 集約度	単位機能 サービス	採取・製 造・輸送・ 使用・廃棄 (製品により 変わる)	物質集約度や MIPS ¹⁾ の算出 に、再利用段階 における資源の 再投入量及びサ ービスの再増加 を考慮してい る。	・物質集約度は、製品・サービスの製造 から使用、廃棄段階までに投入される全 ての資源ごとに、それぞれのリュックサ ック因子(資源を活用するために必要と なる総物質消費・移動量)を乗じ、その 総和とする。
WBCSD ²⁾	企業 産業	サービス 価値	環境 負荷量	製造・使用	特に考慮されて いない。	・一般適用指標とビジネス特有指標があ る。後者は、企業のコントロールできな い範囲においても、環境効率の算出対象 と関連性の高い部門については、算出対 象とする(例えば、使用電力の燃料採掘 や発電・送電ロスなど)。
David Hunkeler ³⁾	製品	ライフサイ クルコス ト	環境 負荷量	採取・製 造・輸送 使用・廃棄	環境影響にリサ イクルの視点を 盛り込んでいる 。	・国や地域、産業を超えたマクロ的・ミ クロ的な環境効率指標のリンクの必要 性が言及されている。
Pre consultants ⁴⁾	産業	経済価値	環境 負荷量	製造・輸送 使用・廃棄 産業連関	再利用段階にお ける「経済価 値」、「環境負 荷」の増加が考 慮されている。	・環境効率は、ライフサイクルの各段階 における「経済価値」と「環境負荷」の 比を、ベクトル(矢印)として表現して いる。全ライフサイクルのベクトルを積 算することで、総合的な環境効率を表現 している。
BASF ⁵⁾	製品	消費コス ト	環境 負荷量	製造・輸送 使用・廃棄	特に考慮されて いない。	・一般的に環境効率と言われている手法 とは異なっていて、Normalizeしたコス トと環境負荷の積が小さい方が High Eco-efficiency となる。
EEA ⁶⁾	産業 国	豊かさ 経済的ア ウトプ ット	自然の使用 環境影響	製造	特に考慮されて いない。	・資源生産性と環境効率の関係は、分母 分子が逆数の関係となる。 ・「豊かさ」、「自然の使用」からそれ ぞれ指標を選び出し、比を算出してい る。
早稲田大学 ⁷⁾	製品	製品 サービス 効用	総資源・ エネルギー 投入量	製造・使用	環境効率の1つ の評価要素とし て、再資源化強 度を設定し、リ サイクルの考慮 を評価してい る。	・「総資源・エネルギー投入量」は、6 つの強度(物資,エネルギー,再資源化,有害物 質,長期使用,効用)から構成されており、 製品設計者がコントロールできる範囲 での、製品の環境影響に限定している。 輸送過程のような、設計者が関与できな い部分の環境影響は評価に含めない。
三菱電機㈱ ⁸⁾	製品	性能 改善度	環境負荷 改善度	製造・使用	特に考慮されて いない。	・2001年12月現在で公表されているも のは、「製品の環境負荷改善度」のみで あり、3つの項目(製品質量M,電気消 費量E,環境リスク物質使用量T)の基 準年に対する割合をベクトル表現する 手法。
松下電器産業㈱ ⁹⁾	製品	製品機能	エネルギー 消費量 (CO ₂ 排出 量)	採取・製 造・輸送・ 使用・廃棄	リサイクル時の エネルギー消費 量(CO ₂ 排出量) を考慮してい る。	・製品のライフサイクル全体を評価の対 象としている。 ・資源投入量から3R ²⁾ 部材を除くなど、 リサイクルへの取組を考慮している。

(2) 資源生産性・環境効率と他の環境評価手法との関係の明確化(13年度)

持続可能な発展へ向けた環境改善を評価する手法として、環境効率・資源生産性、LCA、環境会計、MFA、LCC等が提案され実施されてきている。製品、企業、産業、国レベルにおける環境効率・資源生産性評価手法の開発には、関連手法との関係を明らかにし、それらの利点を取り入

れる必要がある。環境効率・資源生産性を対象とする各レベルにおけるサービスとその環境負荷（資源投入量）で除したものと定義して、関連手法との関係を明らかにした。LCAにより算出される環境負荷は製品レベルでは、環境効率を求める際にそのまま利用できるものである。企業、産業レベルでは、製品の環境負荷を積み上げることより環境効率を求めることができる。一方、MFAは物的フローの勘定表である性質から、資源生産性指標を算出するには分母、分子に適用可能だが、環境効率に適応するには物量フローから環境負荷への換算手法が必要になる。環境会計は、企業レベルにおいて環境対策に投じたコストとその効果を定量的に評価した指標であることから、その手法を利用し、環境負荷を貨幣換算にして環境効率を経済指標で表現できる。また、コストとその効果の比は、環境対策効率とも言え、環境効率手法と同時に指標化し、比較する必要がある。下図に製品評価時と企業・産業評価時における他の環境評価手法との関係を図示したものを示す。

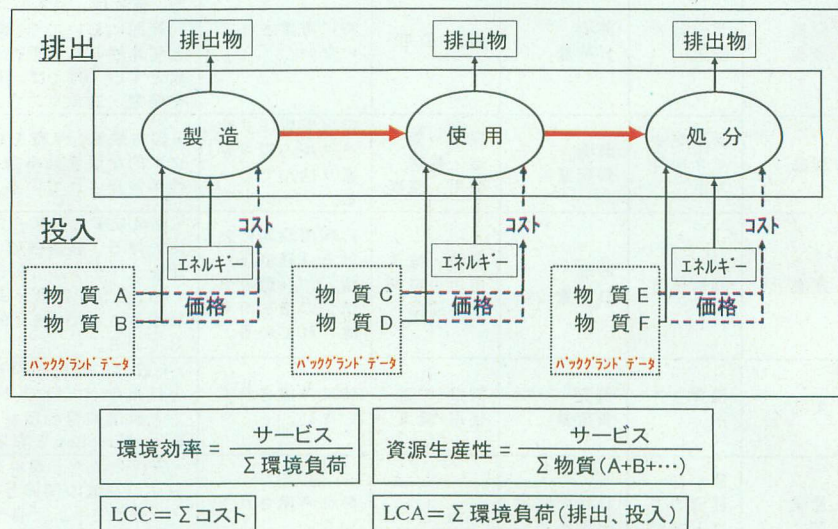


図1 製品評価時の資源生産性/環境効率と他の環境評価手法との関係

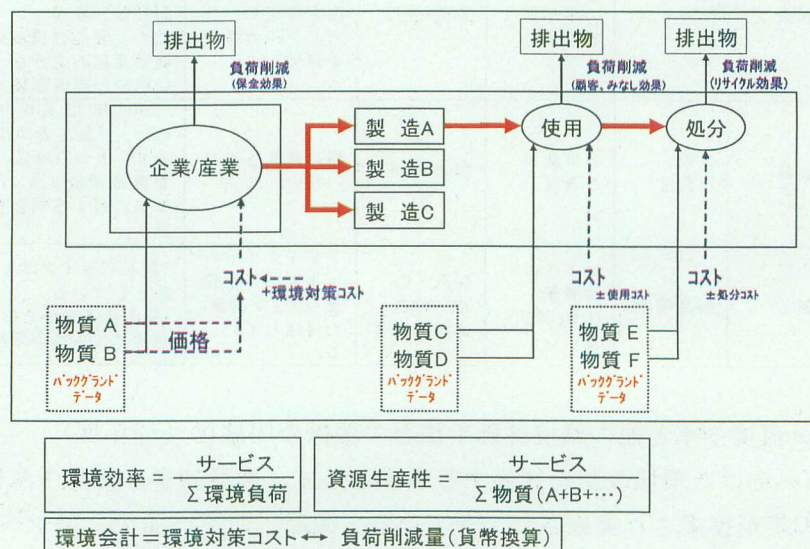


図2 企業/産業評価時の資源生産性/環境効率と他の環境評価手法との関係

(3) 環境効率手法の概念とその評価範囲

環境効率という概念は、1992年にWBCSD²⁾ (World Business Council for Sustainable Development) により提案され、式(1)のように、製品やサービスの提供にあたっての環境への負荷の比率を示すものである。製品サービスの環境負荷の低減を図りつつ、それらの価値を向上させる必要がある。環境効率が高いということは、製品の価値(機能)が同一であれば環境負荷量が少ないことを、環境負荷量が同一であれば機能が充実していることを表す。環境に対し効率が低い生産への定量的な指標となることが期待されている。

$$\text{環境効率} = \frac{\text{製品・サービスの価値}}{\text{環境負荷}} \quad (1)$$

一般的に製品レベルでは、製品の製造段階を評価範囲(図3の①)か、ライフサイクル全体を評価範囲(図3の②)として環境効率を算出する2つの評価範囲が考えられる。製品Aの環境効率は製品Aの価値を環境負荷で除することとなるが、評価範囲①②とも製品Aの価値は同じ値になる。当然、評価範囲②の環境負荷量が大きくなるので、評価範囲①で求めた環境効率の値は小さい値になる。そのため、製品の環境効率を求める際には評価範囲を明確に記述しておく必要がある。近年、製品は使用段階の環境負荷をも考慮に入れ、ライフサイクル全体の環境負荷を最小にする必要があり、それを念頭に製品は開発、製造されている。その観点からライフサイクル全体の環境負荷と製品の価値を比較する図3の②評価範囲が望ましいと考えられる。しかしながら使用段階、廃棄段階の環境負荷量を含めるには、LCA評価と同様に使用状況、廃棄方法の設定、推定により結果に相違が生じることに注意が必要である。

企業レベルの環境効率を求める時には、3つの評価範囲が一般的に考えられる。図4の①は対象としている企業が製造している製品の価値の和と企業活動の直接的な環境負荷量を比較する環境効率でGate to gateの評価範囲である。次に図4の②は製品レベルの①と同様な評価範囲であり、対象としている企業が製造している製品の価値の和と対象企業が製造した製品すべてに係わる環境負荷量を比較する環境効率が考えられる。最後に図4の③は製品レベルの図1の②と同様な評価範囲であり、対象としている企業が製造している製品の価値の和と製造したすべての製品のライフサイクル全体の環境負荷量を比較する環境効率が考えられる。企業レベルも製品レベルと同様にライフサイクル全体の評価範囲で環境効率を求めることが望ましい。しかしながら対象企業が製造しているすべての製品のライフサイクル全体の環境負荷量の定量することは困難なことが多い。そこで、対象企業の直接的な活動の環境適合性を求める指標にする場合、対象企業が向上させた製品の価値、つまり製造したすべての製品の価値から他企業から購入した製品(素材)の価値を差し引いた価値(価値を経済価値とすると企業の総利益(売上高-原価))と企業活動の直接的な環境負荷量を比較する環境効率を考えることも可能である。

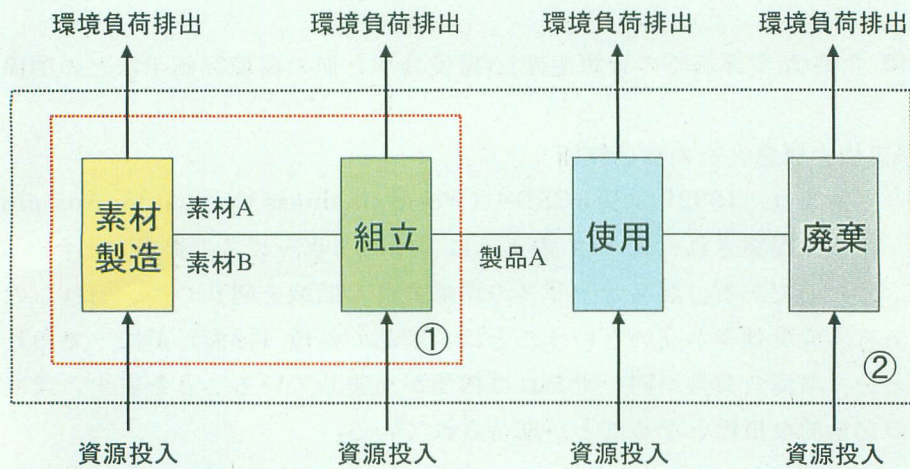


図3 製品レベルの評価範囲の考え方

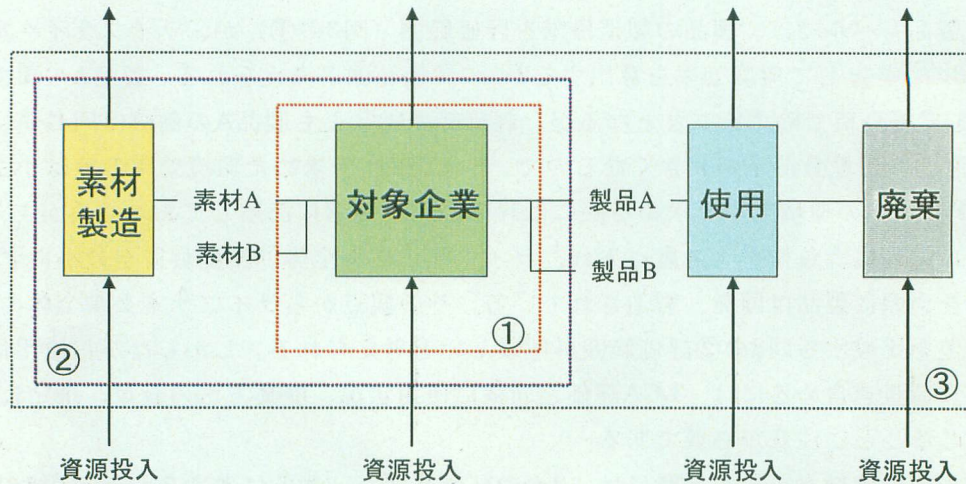


図4 企業レベルの評価範囲の考え方

(4) エネルギーおよび基礎素材製造データの利用可能性の調査 (13,14年度)

製品の製造、サービス、企業・社会活動のほとんどすべてには、直接、間接的に素材やエネルギーが使用されており、CO₂効率算出にはそれらの詳細なデータが不可欠である。加えて化石エネルギー燃焼時のCO₂排出は平均的な元素構成あるいは元素分析結果から精度良く検討可能であるが、燃焼するまでの段階、すなわち化石燃料の採掘、精製、輸送段階でのCO₂排出を評価し、全体への影響の度合いを把握しておくことが必要である。

化学製品インベントリデータは、プロセス分析によりプロセスデータ算出し、その入力と出力についてC, H, Cl, N, Oに着目してマスバランスをとり、一致しないものについては調整を行いマスバランスのとれたデータを構築した。また、化学製品製造工場では自家発電設備を設置している所が多く、電力とスチームが併産されている。各プロセスに使用する電力とスチームのインベントリデータを作成するには、自家発電の負荷を配分しなければならない。それぞれの化学品

製造特有の電力インベントリ（系統+自家発）とスチームインベントリデータ作成し、各化学製品インベントリデータを構築した。電力とスチームの配分には、経済産業省の刊行する工業統計（「平成12年石油等消費構造統計表（商工業）」¹⁰⁾と「平成12年石油等消費動態統計年報」¹¹⁾、「平成12年工業統計表（品目編）」¹²⁾」の資料を使用し、各プラントの自家発電率や電力とスチームの比率を用いてインベントリを作成した。結果の一例として樹脂製品のCO₂排出量を図5に示す。

また、わが国での石油、石炭、天然ガスの採掘、精製、輸送段階の投入エネルギー・資材と排出CO₂を積み上げた。必要なインベントリの選択抽出のため、油ガス田の探査、採掘プラットフォームや油ガス分離プラントなどの生産施設、パイプラインなどの輸送設備といった施設設備の評価を加えて調査を行った。また、年度ごとの生産量に大きな変動のある石炭については年度をさかのぼった調査を実施し、データの集積、解析を行った。

2002年度を基本とした各エネルギーの生産、輸送段階でのCO₂排出量を図5に示した。この中では、天然ガスの排出が大きい結果になっている。これは採掘された天然ガスに含まれるCO₂の分離、排出が大きく影響している。油ガス田での生産時には、この採掘ガス起源のCO₂の配分方法で排出量に大きな相違が生ずることになる。また、これら化石エネルギーの生産、輸送段階の排出は燃焼での排出の最大19%を占めることがわかり、詳細な排出の計算には、この生産、輸送段階の排出を無視することが出来ないことがわかった。また、諸施設設備の製造に基づく排出の寄与は生産、輸送段階での排出の5%内外であり、燃焼を含めると最大で1%に満たず、目的によっては施設設備に関しては省略することが可能であることがわかった。

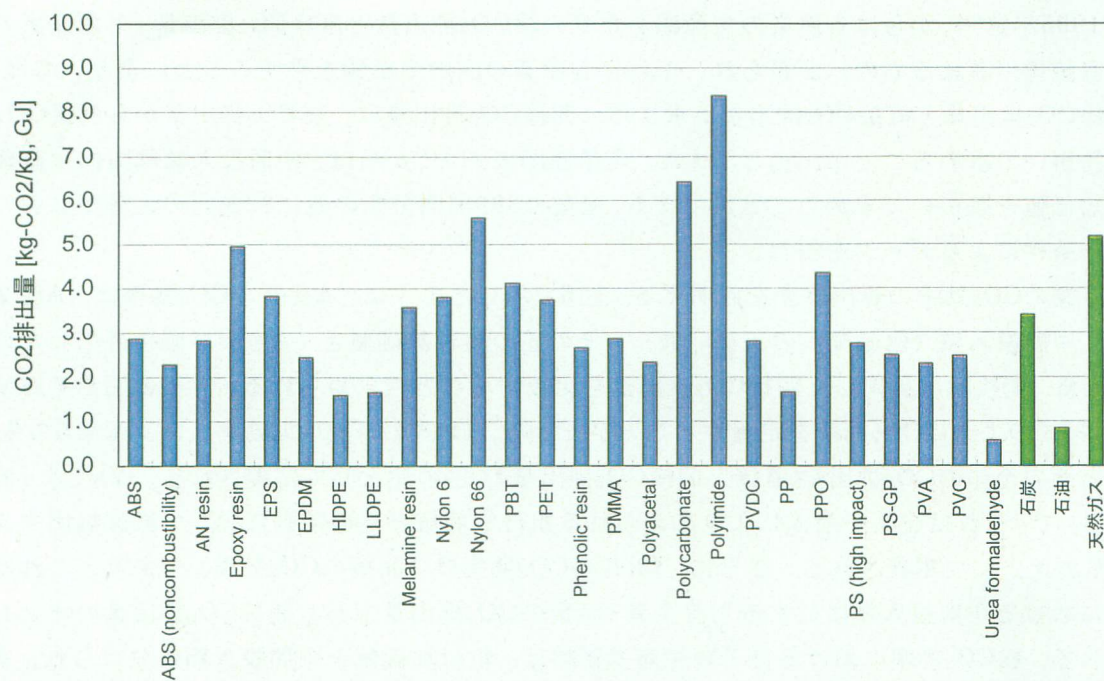


図5 樹脂製品および化石燃料生産のCO₂排出量

(5) 産業レベル（メソレベル）の環境効率の算出

①産業レベルのCO₂効率の算出方法

本研究では、素材、製品、企業、産業の環境効率をすべて同一な方法で評価し、産業レベル（メソレベル）の効率と各レベル（マイクロレベル）を比較することが目的である。比較を可能とするために、すべてのレベルで算出可能な貨幣価値とCO₂排出量を比することでCO₂効率と定義した。また、企業内の製品間の効率を比較することも可能にする。

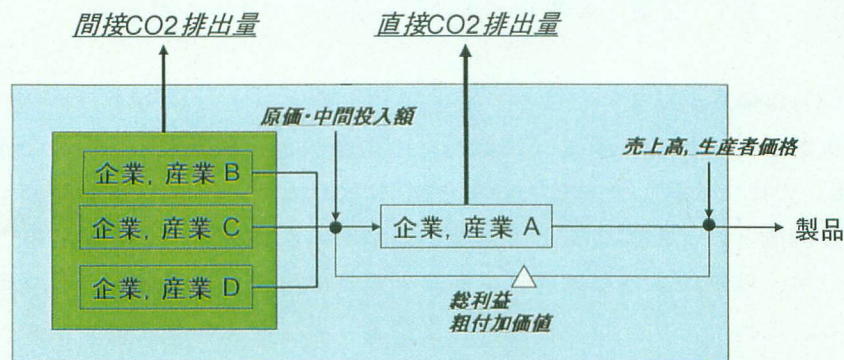
産業連関表^{13) 14)}は、取引基本表の分類で行519、列403部門(計数編2では、186、93部門)で構成されている。産業連関表には産業間の取引額が記載されており、産業間の関係を利用して以下のような方法で、産業毎のCO₂排出量の定量が行える。産業連関表で示される環境負荷原単位 e の求解は、経済活動の部門間の波及効果を示す行列式 $e=d(I-A)^{-1}$ で計算されている。ここで、環境負荷原単位 e (ベクトル)は、単位生産（百万円-生産者価格ベース）当りの直接・間接に誘発される環境負荷量であり、 d は単位生産額当りの直接環境負荷(ベクトル)、 $(I-A)^{-1}$ はレオンチェフ逆行列と呼ばれ、 I は単位正方行列、 A は投入係数行列である。この環境負荷原単位の算出時には、レオンチェフ逆行列を求めるために、投入係数行列 A を正方行列化する必要がある。本研究で参考にした“3EID/1995年値“南斎ら¹⁵⁾では、産業連関表の基本分類(519×403部門)の幾つかの部門を統合化し399部門における環境負荷原単位データを作成している。環境負荷原単位データには、2つのモデルがあり、輸入材のCO₂排出量やエネルギー消費量を国内生産材と同一と仮定した上記レオンチェフ逆行列 $(I-A)^{-1}$ 型と輸入材のCO₂排出や消費を除いた $(I-(I-M)A)^{-1}$ 型（ M は輸入係数行列）がある。本研究では、 $(I-A)^{-1}$ 型データを使用した。

“3EID/1995年値“¹⁵⁾からは各産業の生産額あたりの総CO₂排出量と直接CO₂排出量（対象産業の活動から直接排出されるもの）が得られ、それに各産業の国内生産額を乗ずることにより、各産業部門の総CO₂排出量と直接CO₂排出量が求まる。間接CO₂排出量は、総CO₂排出量から直接CO₂排出量を差引いて求めることが出来る。また、産業連関表^{13) 14)}からは、中間投入額は国内生産額より粗付加価値を差引いて求めることができる。産業の399部門分類の他に32部門の大分類においても同様の条件によりデータを得た。

次に、産業のCO₂効率の算出概念を説明する。図6で示したように、A産業のCO₂効率は、A産業の生産額、中間投入額（他産業への支払い額）、その差の粗付加価値と、A産業が直接排出した直接CO₂排出量、間接的に排出した間接CO₂排出量を比較することで求められる。評価範囲を考慮すると(1)~(3)式のようにCO₂効率を定義することができる。(1)式の「総CO₂効率」は、産業Aの生産者価格とその全体のCO₂排出量(直接と間接CO₂排出量の和)の比として定義される。(2)式は「直接CO₂効率」で、それは企業や産業により加えられる粗付加価値とその活動において直接排出するCO₂排出量の比として定義される。さらに、(3)式のCO₂効率は「間接のCO₂効率」であり、これは対象産業における中間投入額に対する上流企業・産業のCO₂排出量である間接CO₂排出量の比として定義される。総CO₂効率における分子の生産者価格は、粗付加価値と中間投入額に分けられ、また、分母のCO₂排出量は、直接及び間接CO₂排出量に分けられる。図7で示したように、総CO₂効率は、間接CO₂効率と直接CO₂効率のベクトルの和で表現できることが分かる。また、3つのCO₂効率は、2つの効率が解かれれば、他の1つの効率が求められることを意味する。

産業連関表の粗付加価値部門には、財・サービスの生産、販売、購入または使用に関して課せられる間接税（除く関税・輸入品商品税）が含まれており、これには、消費税、酒税、たばこ税、

石油税、揮発油税、自動車重量税などの国税と法人事業税(所得課税)、法人住民税、固定資産税などの地方税がある¹⁶⁾。間接税は、その製造会社の出荷時に企業が納税しており、企業の会計報告(キャッシュフロー計算書)には計上されているが、間接税は基本的に製品に上乗せした形でその負担分は、最終消費者へ転嫁されることが予定されているものである。一方、直接税として企業の利益に対して課せられている法人税は、産業連関表では粗付加価値部門の営業余剰の中に集計されている。後述する企業のCO₂効率と比較するためには、産業連関表の間接税を含む粗付加価値と企業の財務諸表に公開されている損益計算書の総利益とは、間接税の境界を揃えて整合性をとる必要がある。よって、企業の直接CO₂効率と、産業の直接CO₂効率を比較する場合は、粗付加価値から間接税を除いた値を用いて算出した直接CO₂効率と比較を実施する必要がある。そこで、本研究では、産業の直接的は活動によるCO₂排出量の効率を求める観点からも、粗付加価値から間接税を除いて、直接CO₂効率を求める。また、総CO₂効率を求める際にも間接税の取り扱いが問題となるが、今回の試算では企業の総CO₂効率と比較を実施しない、素材、製品の総CO₂効率との比較には間接税を含めた効率の方が比較しやすい、観点から総CO₂効率の算出には間接税を含んでいる。



$$\text{総CO}_2\text{効率} = \frac{\text{生産者価格} \cdot \text{売上高}}{\text{総CO}_2\text{排出量}} \quad (1)$$

$$\text{直接CO}_2\text{効率} = \frac{\text{粗付加価値} \cdot \text{総利益}}{\text{直接CO}_2\text{排出量}} \quad (2)$$

$$\text{間接CO}_2\text{効率} = \frac{\text{中間投入額} \cdot \text{原価}}{\text{間接CO}_2\text{排出量}} \quad (3)$$

図6 企業・産業レベルのCO₂効率の概念

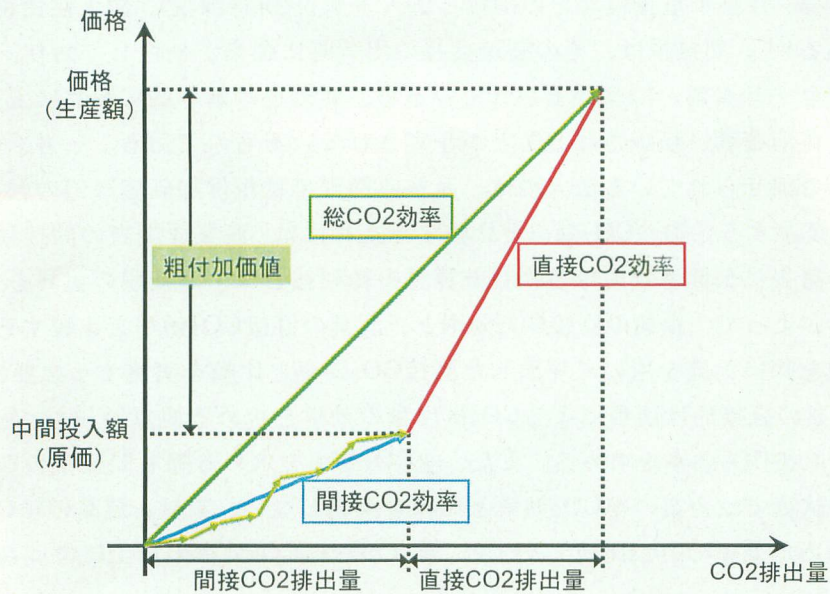


図7 企業・産業レベルのCO₂効率のベクトル概念図

②産業レベルのCO₂効率算出結果

産業連関表分析から得られる各産業（32部門）の生産額と、各産業の上流まで遡及したCO₂排出量（直接+間接）の比で表現した総CO₂効率を図8に図示した。金融、不動産のようなサービス産業と鉄鋼、一般機械といった製造業との効率の差が明らかに大きいことが読みとれる。また、製造業の中でも化学、鉄鋼のような基礎素材産業と電気機械、精密機械等の組立産業とも大きな相違を確認できる。これは、サービス産業、組立産業、素材産業の順でエネルギー依存性が高くなっていることが影響している。

次に、対象とする産業が直接排出しているCO₂排出量あたりの粗付加価値で求められる直接CO₂効率の算出結果を図9に示した。直接CO₂効率では、図8で確認できる産業間の効率の差より大きな値となり、当該産業活動そのものを代表した効率を表している。産業間の直接CO₂効率の傾向としては、前述の総CO₂効率のようにサービス産業、及び組立産業、基礎素材産業とのそれぞれで大きな相違を確認できる。一方、図10に示した間接CO₂効率では、各産業の差が小さくなっていることが確認できる。これは、サービス業の上流部分にはいくつかの製造業があり、これらの上流産業の平均的な効率となっているためである。即ち、図8の総CO₂効率の上流産業そのものの平均値が図10の間接CO₂効率となっている。

なお、399分類の結果については、文末の表を参考にされたし。

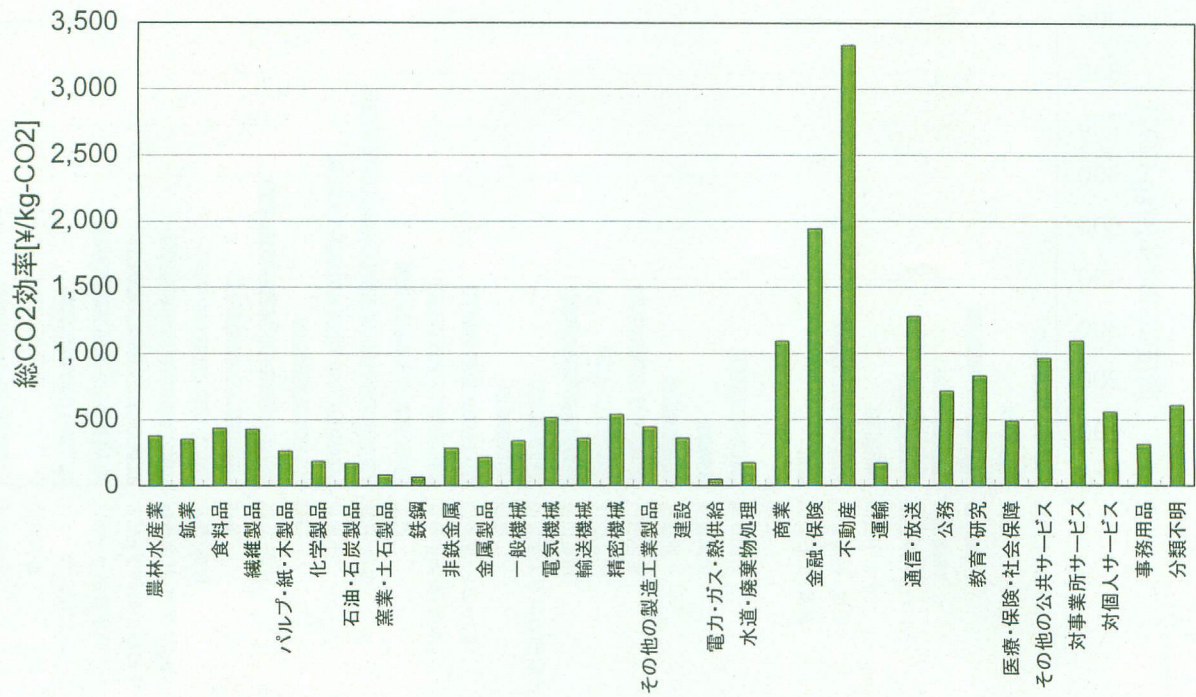


図8 32産業分類の総CO₂効率（生産者価格/直接・間接CO₂排出量）

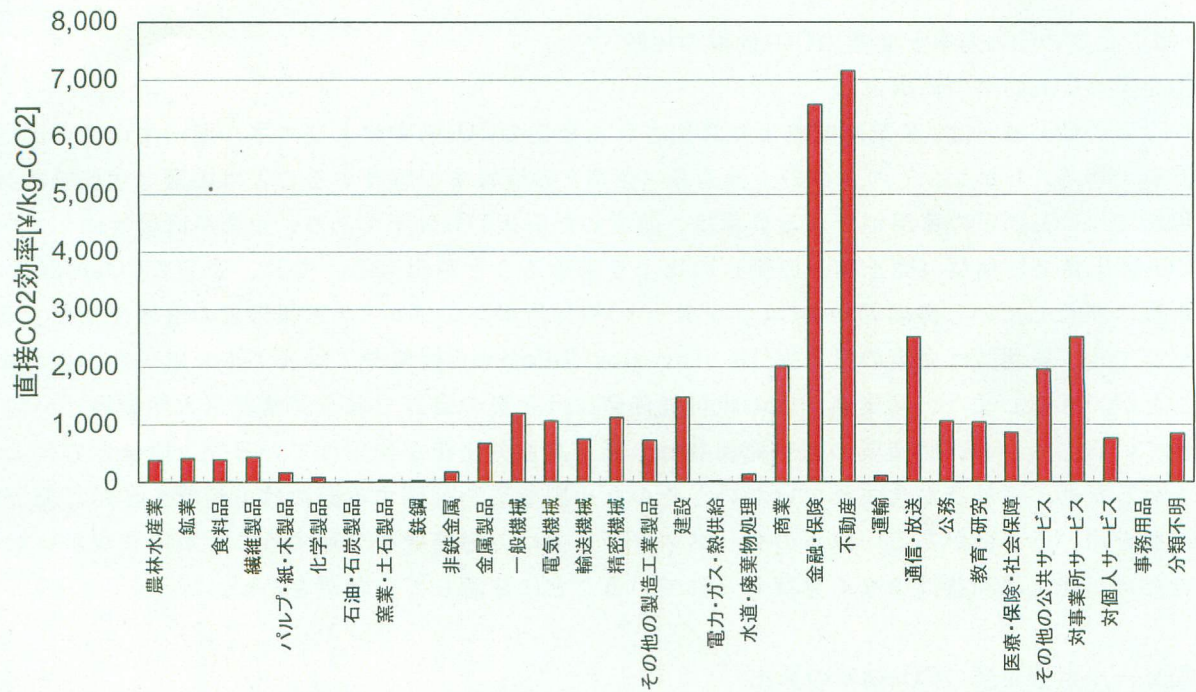


図9 32産業分類の直接CO₂効率（粗付加価値/直接CO₂排出量）

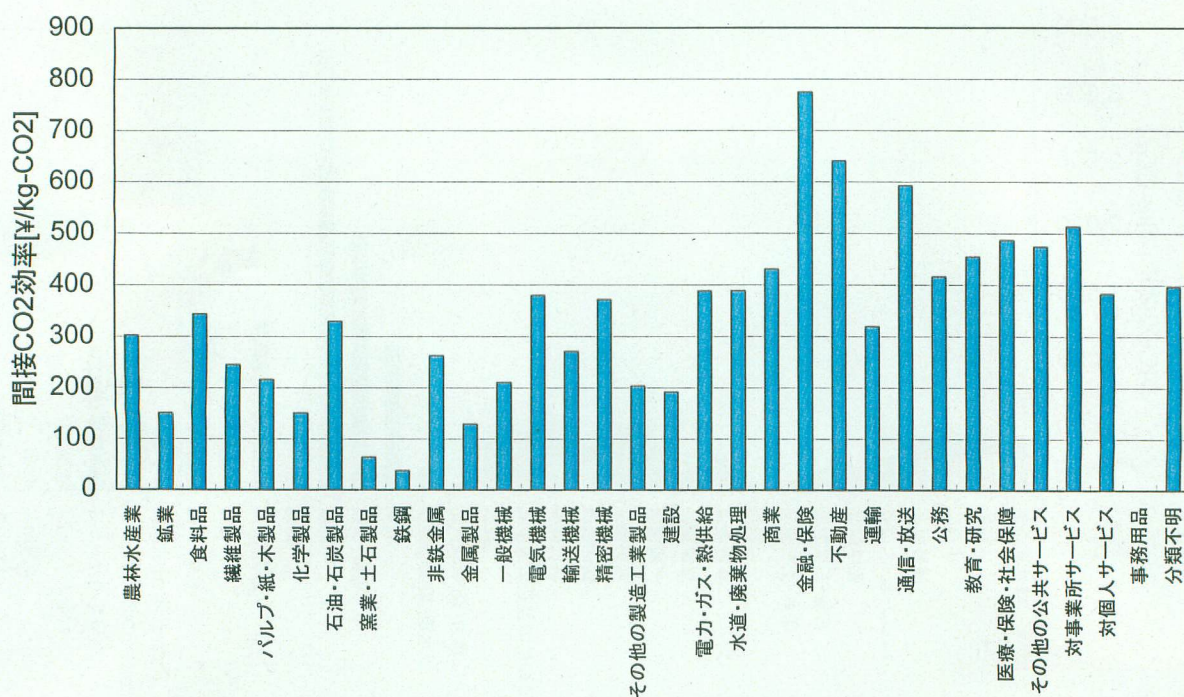


図10 32産業分類の間接CO₂効率（粗付加価値/直接CO₂排出量）

(5) 企業のCO₂効率と産業のCO₂効率の比較

①企業のCO₂効率の算出方法

企業のCO₂効率は、産業連関表より算出される産業のCO₂効率およびエネルギー生産性と同様に計算できる。しかし、その企業の上流産業（企業）の情報まで調査することは困難な状況である。現状ではCO₂効率の算出ができる効率は、前述した直接CO₂効率であり、企業が直接排出しているCO₂排出量と総利益（売上高－原価）の比より求めることが出来る。なお、企業のCO₂排出量は、企業の発行している環境報告書(エコレポート)やレスポンシブル・ケア報告書の情報を利用することができ、総利益は企業の投資家(IR: Investor Relations)情報やアニュアルレポートを利用することができる。また、産業連関表の粗付加価値には企業の会計で言う労務費（人件費等）が含まれている。しかし、製造業の売上総利益は、売上高と労務費が含まれている売上原価との差より求めるため、労務費が含まれていない。そのため製造業を評価するには労務費を含んだ売上総利益を用いる必要がある。以下のケーススタディでは、労務費を分離することが出来なかったため、売上総利益は少なく見積もられていることに注意していただきたい。

②ビール製造企業のCO₂効率の算出

企業レベルのケーススタディを実施するためには、企業財務や環境データ（CO₂排出量やエネルギー消費量）のバウンダリー（連結の国内、海外、単体）、さらに利益の業種別配分などに注意が必要となる。企業の財務と環境報告書における単体と連結の対象となる会社は、親会社単体の単体の場合と、親会社が議決権を50%以上もつ子会社や、親会社が20～50%の議決権を所有して、部分的に連結される関連会社の国内までを含む国内連結と、海外の子会社・関連会社も含む海外

連結（全連結）に大別される。今回のビール企業3社の調査において、海外を含む関連会社などの環境データを得ることが出来ないため、企業の財務と環境データのバンダリーの収集対象を単体とした。

各企業のCO₂排出量は、各企業のビール工場における工程毎の合計値である。各社の算出根拠となる換算原単位は、必ずしも統一されておらず様々であるが、電力のCO₂排出原単位は電事連を使用するなど大きな違いがないので、ここでは企業が環境報告書で示している環境データをそのまま使用することにした。ビール製造業に属するビール企業3社の2001年の環境報告書よりCO₂排出量を求めた結果を表2に示した。排水処理と発酵に関するCO₂の排出は、バイオマス起因の排出であるため、今回の試算には含めず、物流に関する排出から電力購入までの合計を採用した。

表2 各ビール製造企業のCO₂排出量およびエネルギー消費量（2000年度実績/単体）

項目	単位	A社	B社	C社
物流	t-CO ₂	64,000	102,000	21,400
ボイラー	t-CO ₂	244,000	327,000	133,840
工程使用	t-CO ₂	75,000	44,000	42,500
電力購入	t-CO ₂	121,000	121,000	55,160
廃水処理	t-CO ₂	45,000	67,000	12,400
発酵	t-CO ₂	40,000	85,000	22,000
合計（物流～電力購入）	t-CO ₂	504,000	594,000	252,900
合計（物流～発酵）	t-CO ₂	589,000	746,000	287,300

表3 各ビール製造企業の財務会計データ（2000年度実績/単体）

A社		B社		C社	
ビール	1,041,122	ビール	767,300	ビール	407,242
ワイン	6,949	発泡酒	241,400	その他酒類	14,245
その他酒類	4,792	ビール計	1,008,700	飲料	28,121
不動産	1,785	医薬品	44,900	不動産	27,561
		その他	12,900	その他	2,048
売上高	1,054,649	売上高	1,066,719	売上高	479,219
売上原価	798,887	売上原価	758,480	売上原価	362,652
総利益	255,762	総利益	308,238	総利益	116,567
売上に占める ビールの割合	0.987	売上に占める ビールの割合	0.946	売上に占める ビールの割合	0.850
補正総利益	252,482	補正総利益	291,533	補正総利益	99,059

表3に各ビール企業の2000年度実績財務諸表から求めた企業の単体および全連結会計における売上高、売上原価、総利益を製造業種（製品）毎にまとめた。各社の業種（製品）ごとの詳細な売上原価は、企業の財務諸表には公開（記載）されていないため、単体企業の全利益をビールのみの製品による利益配分を、各製品の売上高で按分した。全体の総利益に売上高に占めるビールの割合を乗ずることで補正総利益求め、それをビール製造による総利益とした。表4に示すようにCO₂排出量、総利益からCO₂効率の効率を算出した。

表4 各ビール製造企業のCO₂効率

		単位	A社	B社	C社
CO ₂ 排出量	A	t-CO ₂	504,000	594,000	252,900
総利益	B	百万円	252,482	291,533	99,059
CO ₂ 効率	B/A	円/kg-CO ₂	501.0	490.8	391.7

環境報告書より求めたビール製造企業3社の直接CO₂効率と産業連関表（399分類）から求めたビール産業の直接CO₂効率を図11において比較した。ビール製造企業3社の直接CO₂効率は、産業連関表から求めた間接税を含む直接CO₂効率の値より小さく、粗付加価値から間接税を差引いた直接CO₂効率と比較すると良い一致が得られることがわかった。企業のCO₂効率が産業連関表から求まるCO₂効率と比較することが可能であり、企業の効率の基準となることが明らかになった。

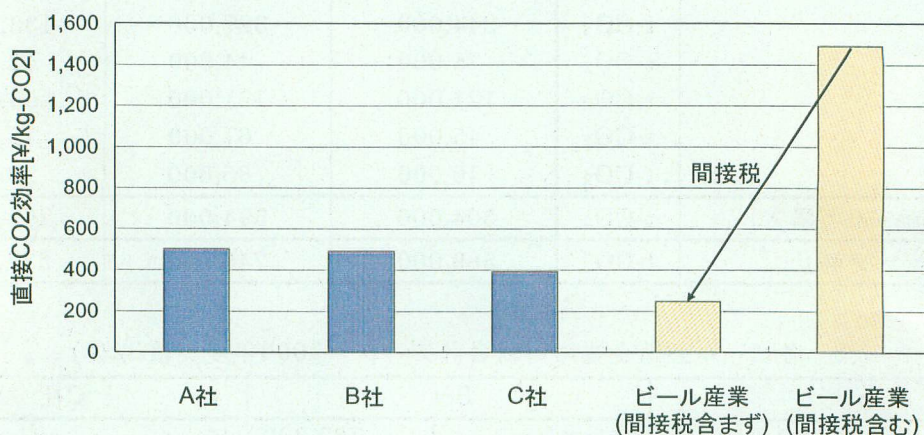


図11 ビール製造企業の直接CO₂効率

③他の企業のCO₂効率の算出

上記のビール製造会社と同様に10業界45社のCO₂効率を、対象企業の環境報告書及び経営関連情報からCO₂排出量、売上総利益を用いて算出した。なお、算出結果については、2001年度の環境報告書及び企業の経営関連情報を使用している。また、環境報告書にエネルギー消費量のみが記載されている場合においては、当該エネルギー消費量に、環境省の「平成14年度温室効果ガス排出量算定方法検討会報告書」（平成14年8月）¹⁷⁾による平成12年度の二酸化炭素排出係数を乗じてCO₂排出量を求め、エネルギー源別の熱量への換算については「平成13年度版総合エネルギー統計」¹⁸⁾を使用した。その結果を図12に示す。図中の左側の石油製品・石炭製品製造業までは左軸で、ゴム製品製造業から右側は右軸で示している。

この結果は業界間での比較を実施するものではなく、業界内での比較が意味を持つ。しかしながら、各業界内での比較においてもCO₂効率の値はばらつきがある。このばらつきの原因として考えられるのは、同業界であっても、各企業の活動（生産）が多産業にまたがっている点、CO₂排出量の算出対象範囲が的確でないことが挙げられる。ビール製造企業の場合は、生産の大部分がビール製造となっているので、生産額を用いて売上総利益の補正を行ったが、大部分の企業の生産

活動は多岐に渡っている。そこで、ある企業Xの活動が複数の産業にまたがっている場合は図13のように考えることで、産業のCO₂効率と比較が出来る。企業Xは7種(A～G)の産業分類(産業連関表の339分類)に属しているとする、企業Xの基準とすべきCO₂効率は、7種(A～G)の産業のCO₂効率のベクトル和(企業X=A+B+C+D+E+F+G産業)として表現できる。その基準より効率が良い企業は、CO₂対策が実施されていると考えられ、CO₂効率の良い企業といえることになる。これにより、企業の環境アクティビティの評価が可能になる。今後、提案した企業のCO₂効率算出方法のケーススタディを実施する必要がある。

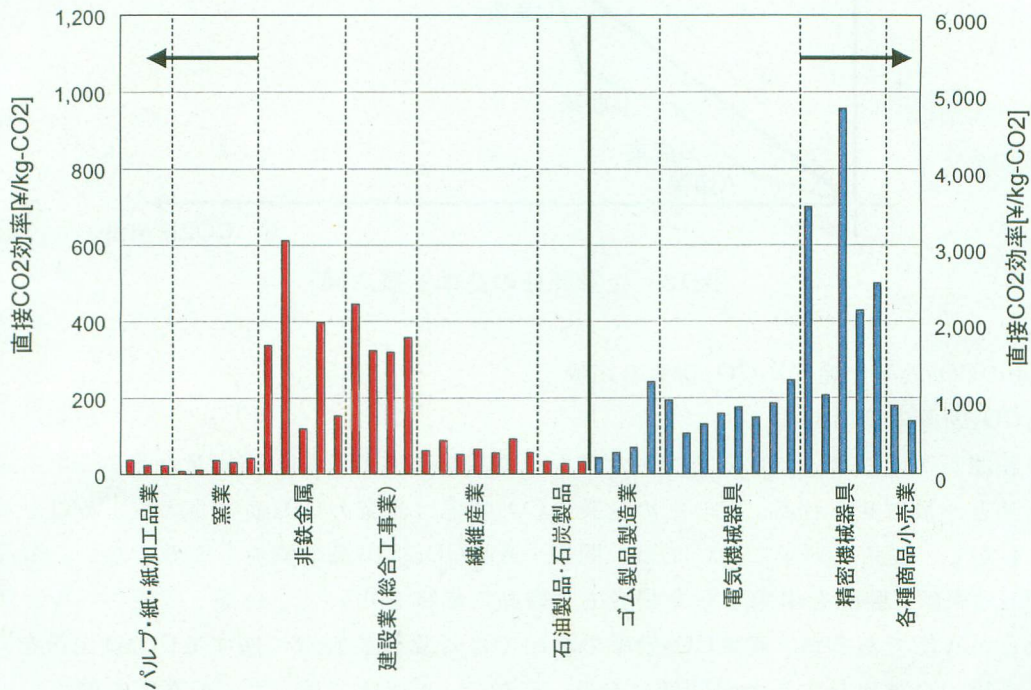


図12 10業界45社の直接CO₂効率

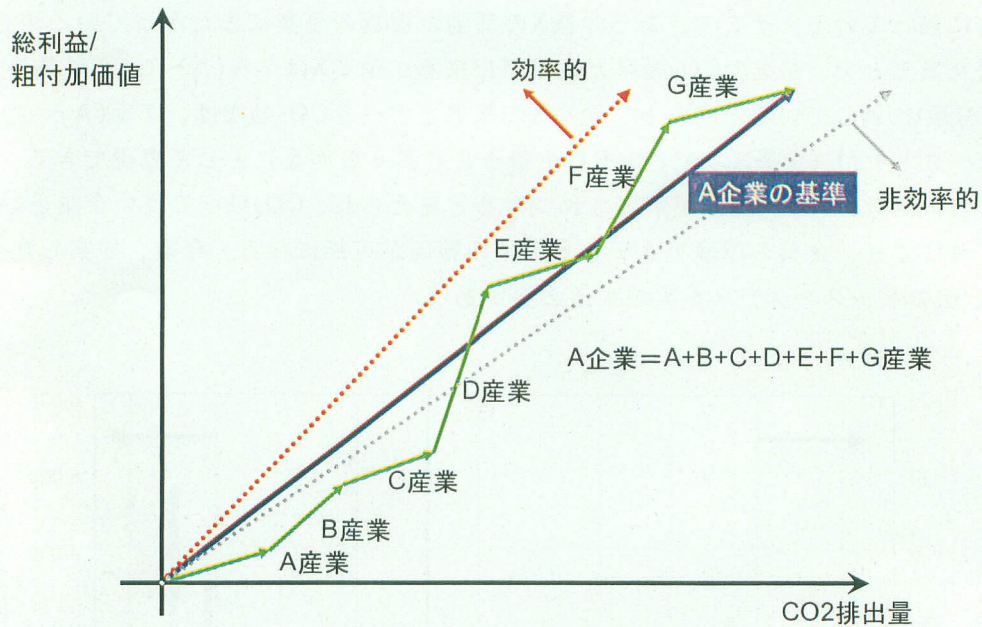


図13 企業評価の基準と概念図

(6) 製品のCO₂効率と産業のCO₂効率の比較

①製品CO₂効率の算出方法

企業の範囲が明確になっているので、企業から直接排出されるCO₂排出量が求められ、企業活動を産業活動と一致させられる。そのため企業のCO₂効率は産業のCO₂効率と比較することが可能であった。しかし、製品レベルにおいては、間接・直接CO₂排出量の境界が明確でない。製品製造までの総CO₂効率は、製品を対象とした場合も、製品の価格を用いて、企業・産業レベルと同様に算出することが可能であるが、直接CO₂効率の算出では対象製品製造に関するCO₂排出量を、どの範囲までを直接的な排出とするかが問題になる。そこで、本研究では、手法の適応を確認するため、図14で示したようにシステムバウンダリを設定した。対象製品の部品製造や組立に係わるCO₂排出量を直接CO₂排出量として計算し、鉄鋼製品、プラスチック等の他産業から投入される製品製造に伴うCO₂排出量は間接排出量とした。

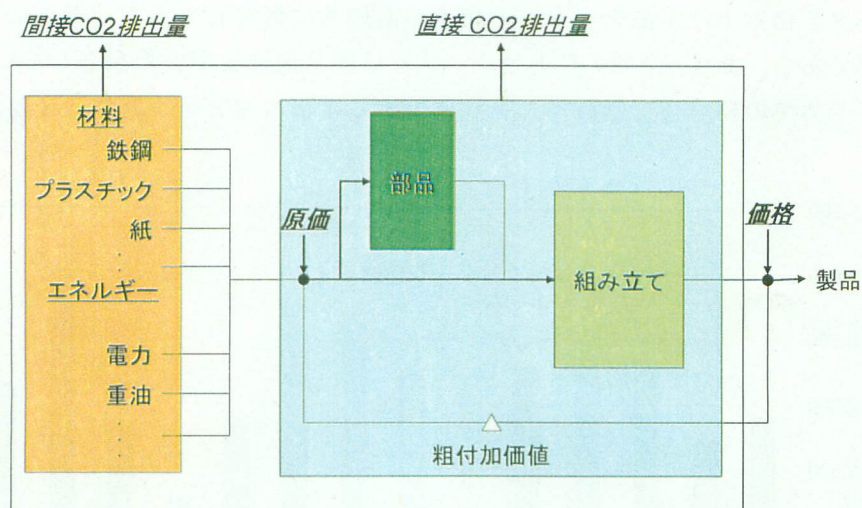


図14 製品レベルのCO₂効率の概念

②タイプⅢデータを用いた製品CO₂効率の算出

直接CO₂効率を算出するためには、直接CO₂排出量と付加価値に相当する経済価値を求める必要がある。タイプⅢラベル¹⁹⁾ データは、PSCにより環境負荷算出方法の統一が図られており、製品の製造段階の環境負荷として材料起因のCO₂排出量と製品全体のCO₂排出量が示されているので、本手法のケーススタディに用いることが出来る。そこで、材料製造に関わるCO₂排出量を間接CO₂排出量、それ以外を直接CO₂排出量とし、付加価値に相当する経済価値は、製品価格と材料原価の差としてCO₂効率を算出した。ここで使用した経済価値は産業連関表の単価表及び製品価格情報を用いて求めている。

図15,16に複写機、レンズ付フィルムのそれぞれの総CO₂効率を示す。複写機では産業のCO₂効率 (311,101:複写機) 468¥/kg-CO₂に対し、1,000-3,000¥/kg-CO₂程度の効率となっており、レンズ付フィルムでは、産業のCO₂効率 (207,301:写真感光材料) 299¥/kg-CO₂に対し500-1,000¥/kg-CO₂程度となっている。レンズ付フィルムより複写機の方の価格が高く、総CO₂効率が高い傾向を表す結果となっている。なお、コピー機Aから順に印刷速度が高速である製品になっている。

製造段階のCO₂排出量と間接CO₂排出量の差を直接CO₂排出量とし、価格と材料コストの差を付加価値として直接CO₂効率を求めた結果を図17,18に示した。複写機の直接CO₂効率は図15で示した製品製造までの総CO₂効率の傾向と一致する製品が多いことが確認でき、その値は産業のCO₂効率 1453¥/kg-CO₂に対し、6,000-20,000¥/kg-CO₂程度となっている。一方レンズ付フィルムの場合は、直接CO₂効率と総CO₂効率では傾向が若干異なる結果になっており、その値は産業のCO₂効率 411¥/kg-CO₂に対し、3000-6000¥/kg-CO₂程度となっている。総CO₂効率、直接CO₂効率とも産業のCO₂効率より製品のCO₂効率の方が大きな値になっている。その原因としては、対象製品が当該産業の中では高付加価値の製品であることや、価格の設定が製品の方が高額になっていることで分子が大きく見積もられ、CO₂排出量の定量が少なくなっていることで分母が小さく見積もられている両方が影響している。また、産業連関表分析手法から求まるCO₂排出量は産業の平均値を意味しており、製品レベルにまで細分化すると、LCAにおいての以前から指摘されている産業

連関表分析データと積み上げ手法データとの相違が直接的に影響してくる。製品レベルへの適応へは配慮が必要である。また、今回のCO₂効率の試算は製品製造までを対象としているので、今後ライフサイクル全体での環境負荷低減努力を評価できる手法の開発を実施する必要がある。

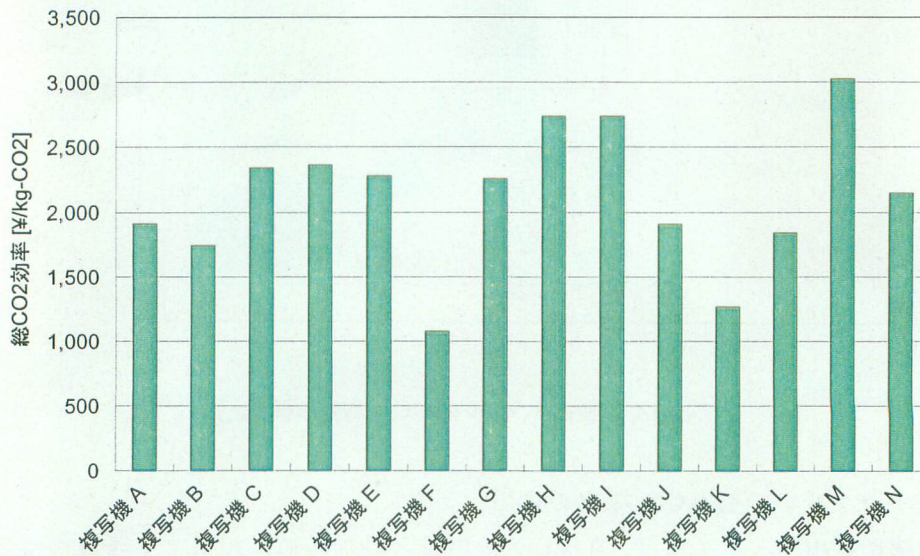


図16 複写機の総CO₂効率

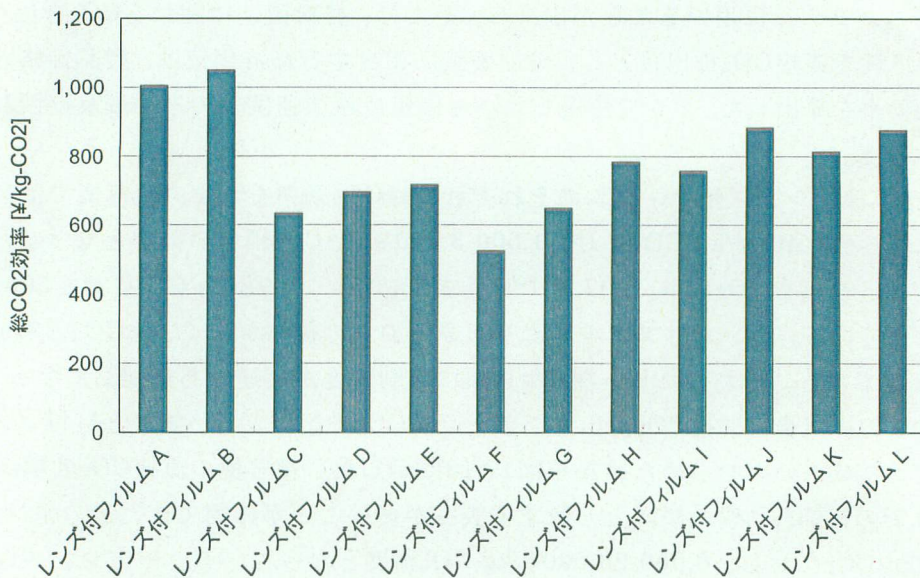


図17 レンズ付きフィルムの総CO₂効率

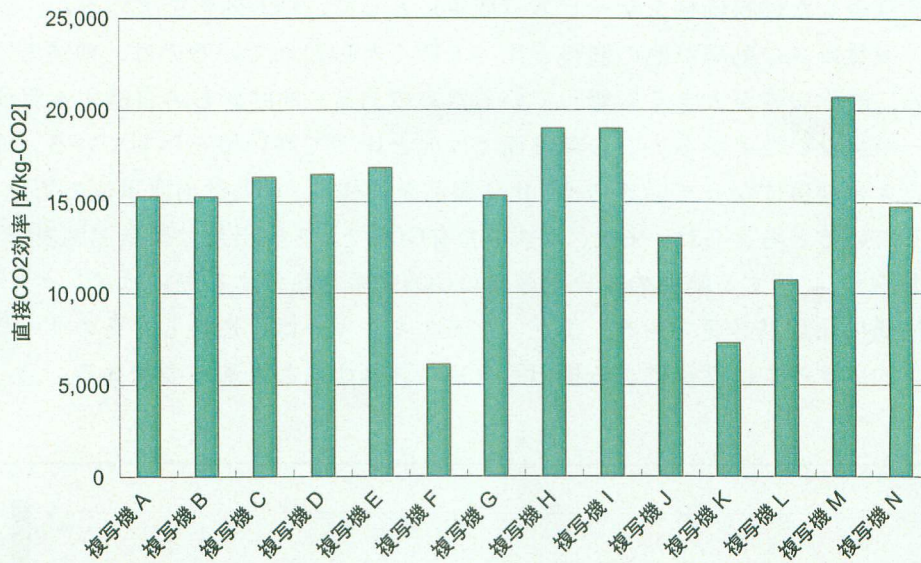


図18 複写機の直接CO₂効率

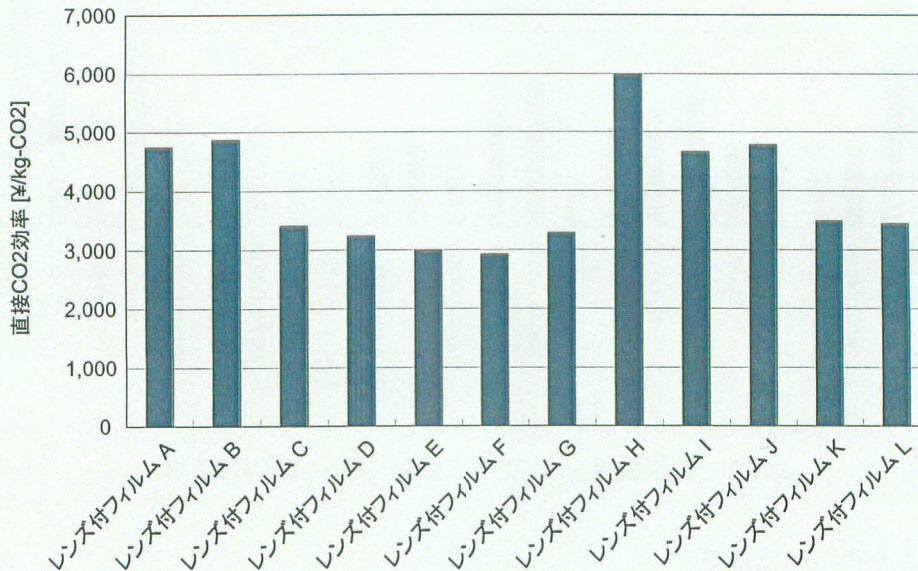


図19 レンズ付きフィルムの直接CO₂効率

(7) 素材レベルの環境効率

上記で作成したインベントリデータを使用して、素材レベル（化学製品）のCO₂効率を算出し、図20に示した。なお、399分類の産業連関表から求めたCO₂効率を併記した。化学素材CO₂効率は産業のCO₂効率と若干の相違が確認された。これは以前から指摘されている、積み上げ手法と産業連関表分析手法とのCO₂排出量の相違が効率の違いに影響している。また、生産額と市場平均価格の相違も影響している。

化石エネルギーを燃料として燃焼する際、その燃焼前までの過程で排出された二酸化炭素（前

述)をもとに、調査した燃料価格をサービス(価値)として、CO₂効率を求めると、図20のような結果を得た。天然ガスの効率が他の燃料と比べて低くあらわれているのは、前述と同様に採掘されたガス中の二酸化炭素が大きく影響しているためである。油井からの自噴する原油の生産は、所要エネルギーが少ないことから、この効率面では他と比べて高い値を示している。産業のCO₂効率と比べると大きな値になっているのは、化学製品と同様に、CO₂排出原単位の相違と価格の見積もりが影響していると考えられ。また、ガス中含有CO₂による排出量は産業連関表分析においては考慮されておらず、評価する範囲の違いも産業のCO₂効率を比較する際にはインベントリデータの比較の時と同様に注意が必要である。また、化石エネルギーは、燃焼してそのサービスを受けられるため、目的によっては燃焼による排出も含めて評価することも必要である。

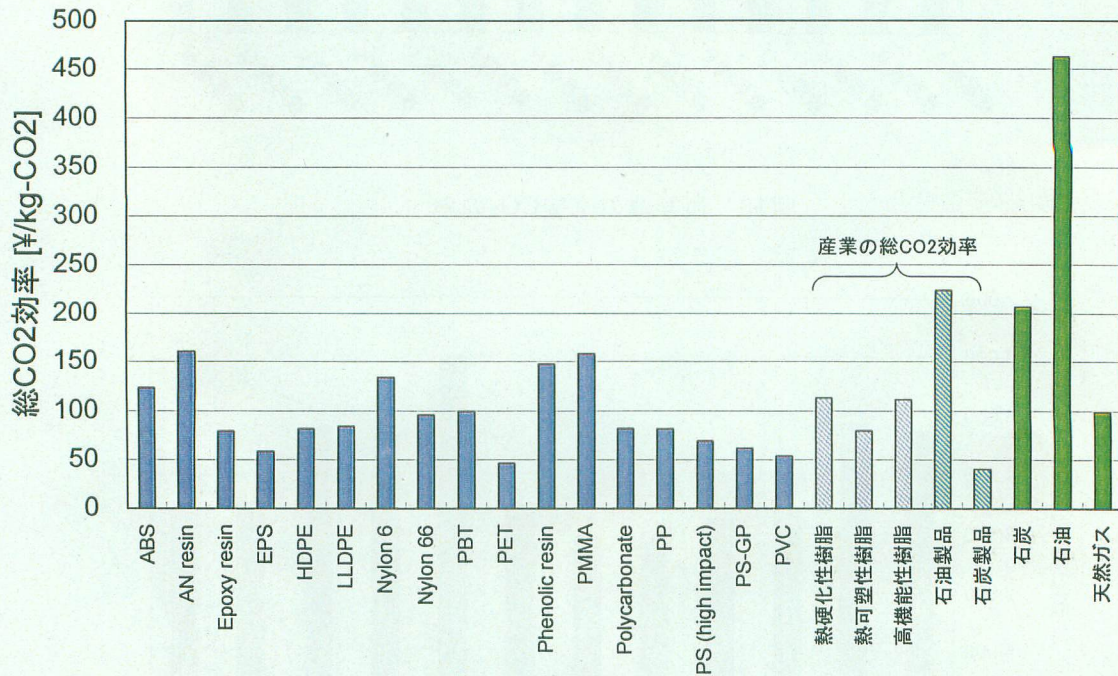


図20 樹脂製品および化石燃料生産の総CO₂効率

4. 本研究により得られた成果

環境効率・資源生産性の手法開発には、環境会計、LCA、LCC、MFAの概念が有効に活用できることが明らかになり、既往の研究を概観することにより、現在提案されている手法の得失を明確にできたことは手法開発を大きく前進させた。ケーススタディの実施に必要な基礎的なデータが収集できた。素材、製品、企業のCO₂効率は、ボトムアップ的に求めたものであり、トップダウン的に求められる産業のCO₂効率と比較することでその妥当性を確認し、CO₂効率は素材・製品群、企業・産業群毎に特徴が明確になった。また、企業の環境アクティビティの評価が産業のCO₂効率を基準とすることで可能であることが分かった。

5. 引用文献

1) Friedrich Schmidt-Bleek, Ernst Ulrich von Weizsaecker : The development and promo

tion of the Ecological Rucksacks and Material Input Per unit Service(MIPS) concepts, as measures of the ecological stress of products and services, (2001)

- 2) WBCSDホームページ : <http://www.wbcds.ch/>
- 3) David Hunkeler
Return on Environment. Addressing the need for normalization and validation in ecometrics,1st International Conference on life cycle management,Abstract book, (Copenhagen, August 27-29, 2001)
- 4) Mark J. Goedkoop, Cees J.G. van Halen, Harry R.M. te Riele, Peter J.M. Rommens, Ecological and Economic Basis, (1999)
“Product Service systems”
- 5) BASFホームページ : <http://www.basf.de/en/umwelt/oeko/oeffizienz/oeko/>
- 6) Stephan Moll, David Gee, Eco-efficiency, resource productivity and innovation (1999)
“Making sustainability accountable”
- 7) 平成12年度新環境評価手法開発調査(環境効用ポテンシャル評価法)報告書, ミクニヤ環境システム研究所(株), (2001.7)
- 8) K.Ueno, T. Takahashi, T. Oyama, K. Shimamura, Ecodesign 2001(2001)
“Efforts to Improve the Eco-efficiency for Products of Mitsubishi Electric Corporation - Factor X by Using MET”
- 9) 松下電器産業(株)ホームページ : <http://www.matsushita.co.jp/environment/index.html>
- 10) 経済産業省編、平成12年石油等消費構造統計表(商工業)、平成14年3月刊行
- 11) 経済産業省編、平成12年石油等消費動態統計年報、pp. 148-149、平成13年8月刊行
- 12) 経済産業省編、平成12年工業統計表(品目編)、p. 383、平成14年3月刊行
- 13) 平成7年(1995年)産業連関表:計数編(1),(2)、総務庁、平成11年5月
- 14) 平成7年(1995年)産業連関表:総合解説編、総務庁、平成11年5月
- 15) 南斎, 森口, 東野, CGER-REPORT, 国立環境研究所, 地球環境研究センター, 2002年3月
「産業連関表による環境負荷原単位データブック(3EID) -LCAのインベントリデータとして-」
- 16) 税制調査会 : わが国税制の現状と課題 - 二十一世紀に向けた国民の参加と選択 -, 税制調査会答申、平成十二年七月十四日; <http://www.mof.go.jp/jouhou/syuzei/syuzei05.htm>
- 17) 環境省、平成14年度 温室効果ガス排出量算定方法検討会 エネルギー・工業プロセス分科会報告書(各種炉分野)、平成14年8月
- 18) 資源エネルギー庁長官官房総合政策課、平成13年度版総合エネルギー統計、2002年7月
- 19) 産業環境管理協会、エコリーフHP、http://www.jemai.or.jp/CACHE/ecoleaf_news.cfm

6. 国際共同研究等の状況

なし

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表(学術誌・書籍)

<学術誌(査読あり)>

- ① 成田暢彦、匂坂正幸、稲葉敦：資源と素材、117, pp. 271-276 (2001)
「チリにおける銅生産システムのライフサイクルインベントリ分析」
- ② 成田暢彦、匂坂正幸、稲葉敦：資源と素材、117, pp. 671-676 (2001)
「銅製品生産システムにおけるCO₂排出のライフサイクルインベントリ分析」
- ③ Nobuhiko NARITA, Masayuki SAGISAKA and Atsushi INABA, International Journal of Life Cycle Assessment, vol.7, no.5, pp277-282, (2002.9)
“Life Cycle Inventory Analysis of CO₂ Emissions -Manufacturing Commodity Plastics in Japan -”
- ④ 田原聖隆：日本エネルギー学会誌、82, pp554-559 (2003)
「環境効率への応用」
- ⑤ 匂坂正幸、山本剛、中山克義、金田英伯：日本エネルギー学会誌、83, pp285-290(2004)
「南長岡における天然ガス生産、輸送のライフサイクルインベントリ (LCI) 調査」
- ⑥ Kiyotaka Tahara, M. Sagisaka T. Ozawa, K. Yamaguchi and A. Inaba, Journal of Cleaner Production (Accepted)
“Comparison of "CO₂ Efficiency" between Company and Industry”
- ⑦ 田原聖隆、匂坂正幸、山口和夫、小澤寿輔、稲葉敦、日本エネルギー学会誌(投稿中)
「企業・産業のCO₂効率の算出手法の開発」

<学術誌 (査読なし)>

- ① Kiyotaka TAHARA, Atsushi INABA, EcoDesign 2001, pp.968-973 (2001.12)
"Development of a life cycle inventory database for chemical products"
- ② Kiyotaka TAHARA, Masayuki SAGISAKA, Kazuo YAMAGUCHI and Atsushi INABA, Proc. 5th International Conference on EcoBalance, pp.415-418, (2002.11)
“A study of “CO₂ efficiency” for industry and company”
- ③ Masayuki SAGISAKA and Atsushi INABA, Proc. 5th International Conference on EcoBalance, pp.25-16, (2002.11)
“Development and Sharing of Life Cycle Inventory Data among Asian Countries Conducted by AIST/JEMAI of Japan”
- ④ Nobuhiko NARITA, Masayuki SAGISAKA and Atsushi INABA, Proc. 5th International Conference on EcoBalance, pp.209-212, (2002.11)
“Life Cycle Inventory Analysis of CO₂ Emission of the Copper Products Manufacturing System in Japan”

<書籍>

なし

<報告書類等>

なし

(2) 口頭発表

- ① 匂坂正幸、田原聖隆、稲葉敦、資源素材学会春季大会：(2002)
「資源生産性指標に関する一考察」
- ② Nobuhiko NARITA, Masayuki SAGISAKA and Atsushi INABA, International Workshop on LCA and Metals, Montreal(Canada), (2002.4)
“Life Cycle Inventory Analysis of CO₂ emission from Copper Products Manufacturing System in Japan”
- ③ Masayuki SAGISAKA, Nobuhiko NARITA and Atsushi INABA, New Initiatives in the Mining Sector, Santiago(Chile), (2002.5)
“Application of Life Cycle Assessment for Copper Production System”
- ④ Kiyotaka TAHARA, Masayuki SAGISAKA, Kazuo YAMAGUCHI and Atsushi INABA, 第1回国際ワークショップ持続可能な消費, 東京, (2003.3)
“A study of “CO₂ efficiency” for industry and company”
- ⑤ 田原聖隆、匂坂正幸、山口和夫、稲葉敦, 第12回日本エネルギー学会大会、9-1,pp412-413, 北海道大学 (2003.7.30)
「産業/企業レベルのエネルギー生産性」,
- ⑥ Kiyotaka TAHARA, Masayuki SAGISAKA, Kazuo YAMAGUCHI and Atsushi INABA, InLCA / LCM 2003, 2003.9.30, Seattle, USA
“Comparison of “CO₂ Efficiency” between Company and Industry”
- ⑦ Kiyotaka Tahara and Atsushi Inaba, 第2回国際ワークショップ持続可能な消費, 2003.12.13, 東京
“Evaluation of CO₂ efficiency for product level”
- ⑧ Kiyotaka TAHARA, Toshisuke OZAWA and Atsushi INABA, International Conference ECO-EFFICIENCY FOR SUSTAINABILITY, 2004.4.2, Leiden, Netherlands
“Application of the CO₂ efficiency to products”

(4) 受賞等

なし

(5) 一般への公表・報道等

なし

8. 成果の政策的な寄与・貢献について

開発した環境効率指標は、経済産業省で環境効率の国際標準化に向けた議論に活用されている。また、本指標は、「事業者の環境パフォーマンス指標ガイドライン-2002年度版-」にて今後の課題となっている、LCA的アプローチによる指標の開発、環境効率を表す指標の開発に寄与できると考えられる。加えて、本研究にて算出した、企業の環境効率の基準になり得る産業別の環境効率を、産業技術総合研究所LCA研究センターのHPに公開することで企業の環境効率指標算出に大きく貢献できる。

表5 32分類のCO₂効率一覧

	部門名	総 CO ₂ 効率 [¥/kg-CO ₂]	直接 CO ₂ 効率 [¥/kg-CO ₂]	間接 CO ₂ 効率 [¥/kg-CO ₂]
1	農林水産業	377	382	303
2	鉱業	351	415	151
3	食料品	435	398	344
4	繊維製品	428	440	245
5	パルプ・紙・木製品	262	170	216
6	化学製品	185	89	151
7	石油・石炭製品	168	23	329
8	窯業・土石製品	80	44	64
9	鉄鋼	64	33	38
10	非鉄金属	284	177	262
11	金属製品	211	675	129
12	一般機械	338	1,190	210
13	電気機械	516	1,069	379
14	輸送機械	357	747	270
15	精密機械	540	1,123	372
16	その他の製造工業製品	443	725	204
17	建設	362	1,466	192
18	電力・ガス・熱供給	47	23	388
19	水道・廃棄物処理	174	131	389
20	商業	1,093	2,013	430
21	金融・保険	1,940	6,570	775
22	不動産	3,330	7,154	642
23	運輸	168	104	319
24	通信・放送	1,277	2,513	593
25	公務	717	1,062	416
26	教育・研究	830	1,035	455
27	医療・保険・社会保障	488	862	486
28	その他の公共サービス	964	1,956	475
29	対事業所サービス	1,095	2,517	513
30	対個人サービス	558	762	383
31	事務用品	315		
32	分類不明	609	845	397

表6 399分類のCO₂効率一覧

	部門名	総 CO ₂ 効率 [¥/kg-CO ₂]	直接 CO ₂ 効率 [¥/kg-CO ₂]	間接 CO ₂ 効率 [¥/kg-CO ₂]
1	米	691	2,532	270
2	麦類	412	1,208	253
3	いも類	606	2,885	277
4	豆類	596	3,134	263
5	野菜	459	687	263
6	果実	765	3,981	265
7	砂糖原料作物	543	5,811	223
8	飲料用作物	537	32,145	215
9	その他の食用耕種作物	488	1,305	285
10	飼料作物	635	3,250	239
11	種苗	521	706	363
12	花き・花木類	268	237	300
13	その他の非食用耕種作物	619	1,830	218
14	酪農	656	3,076	429
15	鶏卵	373	1,399	320
16	肉鶏	348	621	321
17	豚	434	1,765	335
18	肉用牛	511	2,975	443
19	その他の畜産	922	7,213	383
20	養蚕	438	1,220	338
21	獣医業	367	345	361
22	農業サービス（除獣医業）	312	296	306
23	育林	1,011	3,513	253
24	素材	568	764	503
25	特用林産物（含狩猟業）	174	104	358
26	海面漁業	113	83	292
27	海面養殖業	164	132	189
28	内水面漁業	266	218	306
29	金属鉱物	201	176	237
30	窯業原料鉱物	196	201	177
31	砂利・採石	250	979	135
32	砕石	232	590	140
33	その他の非金属鉱物	213	222	195
34	石炭	173	116	339
35	原油・天然ガス	488	433	487
36	と畜（含肉鶏処理）	470	1,000	458
37	肉加工品	495	616	449
38	畜産びん・かん詰	361	275	379
39	動物油脂	200	92	318
40	酪農品	373	226	439
41	冷凍魚介類	189	692	148
42	塩・干・くん製品	235	322	210
43	水産びん・かん詰	212	153	224
44	ねり製品	326	492	266

45	魚油・魚かす	157	128	167
46	その他の水産食品	311	1,102	213
47	精穀	591	60	650
48	製粉	445	437	437
49	めん類	379	436	341
50	パン類	449	548	388
51	菓子類	434	571	359
52	農産びん・かん詰	284	166	336
53	農産保存食料品（除びん・かん詰）	447	537	395
54	砂糖	168	57	300
55	でん粉	208	75	541
56	ぶどう糖・水あめ・異性化糖	113	27	235
57	植物油脂	279	89	388
58	調味料	325	366	294
59	冷凍調理食品	400	365	405
60	レトルト食品	402	339	420
61	そう菜・すし・弁当	476	625	411
62	学校給食（国公立）★★	576	805	417
63	学校給食（私立）★	561	760	424
64	その他の食料品	340	256	422
65	清酒	637	595	441
66	ビール	696	246	305
67	添加用アルコール	130	49	262
68	ウイスキー類	731	497	328
69	その他の酒類	367	237	329
70	茶・コーヒー	544	909	434
71	清涼飲料	350	560	288
72	製氷	237	163	474
73	飼料	332	169	359
74	有機質肥料（除別掲）	312	375	282
75	たばこ	1,773	1,966	368
76	製糸	409	206	512
77	紡績糸	246	230	235
78	綿・スフ織物（含合繊短織物）	221	189	217
79	絹・人絹織物（含合繊長織物）	198	322	164
80	毛織物・麻織物・その他の織物	238	360	212
81	ニット生地	259	485	204
82	染色整理	154	123	187
83	綱・網	206	288	169
84	じゅうたん・床敷物	237	448	201
85	繊維製衛生材料	379	542	307
86	その他の繊維工業製品	259	372	206
87	織物製衣服	423	1,825	284
88	ニット製衣服	358	936	257
89	その他の衣服・身の回り品	283	299	269
90	寝具	382	497	333
91	その他の繊維既製品	428	1,017	289

92	製材	540	545	519
93	合板	401	776	289
94	木材チップ	535	514	527
95	その他の木製品	505	880	385
96	木製家具・装備品	478	1,052	355
97	木製建具	444	1,048	331
98	金属製家具・装備品	259	938	178
99	パルプ	99	26	350
100	洋紙・和紙	90	51	143
101	板紙	85	32	190
102	段ボール	136	433	112
103	塗工紙・建設用加工紙	193	301	154
104	段ボール箱	265	915	176
105	その他の紙製容器	265	971	177
106	紙製衛生材料・用品	245	341	206
107	その他のパルプ・紙・紙加工品	249	649	168
111	アンモニア	27	8	266
112	化学肥料	121	125	116
113	ソーダ工業製品	57	24	172
114	無機顔料	129	88	166
115	圧縮ガス・液化ガス	112	42	682
116	塩	39	18	158
117	その他の無機化学工業製品	120	78	165
118	石油化学基礎製品	55	8	180
119	石油化学系芳香族製品	55	17	108
120	脂肪族中間物	70	40	89
121	環式中間物	76	-4	113
122	合成ゴム	82	46	136
123	メタン誘導品	77	33	139
124	油脂加工製品	268	241	278
125	可塑剤	93	64	115
126	合成染料	111	79	137
127	その他の有機化学工業製品	107	88	116
128	熱硬化性樹脂	113	109	112
129	熱可塑性樹脂	80	60	88
130	高機能性樹脂	111	130	103
131	その他の合成樹脂	78	48	98
132	レーヨン・アセテート	82	34	156
133	合成繊維	106	80	122
134	医薬品	447	1,115	304
135	石けん・合成洗剤・界面活性剤	239	310	207
136	化粧品・歯磨	407	902	316
137	塗料	199	888	143
138	印刷インキ	189	834	145
139	写真感光材料	299	411	237
140	農薬	198	198	190
141	ゼラチン・接着剤	176	334	138

142	その他の化学最終製品	189	234	166
143	石油製品	224	26	435
144	石炭製品	40	11	131
145	舗装材料	283	239	300
154	板ガラス・安全ガラス	183	135	236
155	ガラス繊維・同製品	171	110	274
156	その他のガラス製品	172	121	255
157	セメント	9	3	237
158	生コンクリート	42	1,470	23
159	セメント製品	93	434	53
160	陶磁器	251	188	329
161	耐火物	141	82	244
162	その他の建設用土石製品	141	89	227
163	炭素・黒鉛製品	146	90	244
164	研磨材	276	227	284
165	その他の窯業・土石製品	160	116	219
166	銑鉄	10	2	104
167	フェロアロイ	28	10	196
168	粗鋼（転炉）	21	-122	15
169	粗鋼（電気炉）	70	49	76
170	鉄屑	0		
171	熱間圧延鋼材	39	128	32
172	鋼管	68	216	52
173	冷間仕上鋼材	64	143	51
174	めっき鋼材	101	151	87
175	鍛鋼	79	78	76
176	鉄管	94	80	103
177	鉄製品及び鍛工品（鉄）	59	44	78
178	鉄鋼シャースリット業	84	943	65
179	その他の鉄鋼製品	122	340	81
180	銅	194	93	248
181	鉛・亜鉛（含再生）	103	35	340
182	アルミニウム（含再生）	161	51	305
183	その他の非鉄金属地金	211	103	282
184	非鉄金属屑	0		
185	電線・ケーブル	305	549	239
186	光ファイバケーブル	360	646	278
187	伸銅品	334	237	375
188	アルミ圧延製品	237	188	247
189	非鉄金属素形材	227	196	240
190	核燃料	266	423	224
191	その他の非鉄金属製品	279	282	262
192	建設用金属製品	153	1,143	95
193	建築用金属製品	264	646	186
194	ガス・石油機器及び暖厨房機器	198	1,164	139
195	ボルト・ナット・リベット及びスプリング	161	595	100
196	金属製容器及び製缶板金製品	203	697	133

197	配管工事付属品・粉末冶金製品・道具類	230	441	160
198	その他の金属製品	252	586	141
199	ボイラ	337	1,103	250
200	タービン	342	1,051	243
201	原動機	266	856	204
202	運搬機械	322	1,643	234
203	冷凍機・温湿調整装置	359	1,305	261
204	ポンプ及び圧縮機	242	1,044	165
205	機械工具	257	921	153
206	その他の一般産業機械及び装置	278	1,032	188
207	鉱山・土木建設機械	254	1,029	174
208	化学機械	350	1,560	225
209	産業用ロボット	464	2,570	311
210	金属工作機械	354	1,439	228
211	金属加工機械	337	1,188	190
212	農業機械	267	893	198
213	繊維機械	325	1,241	218
214	食料品加工機械	264	2,164	158
215	半導体製造装置	398	1,707	281
216	その他の特殊産業機械	379	1,501	241
217	金型	270	1,656	142
218	ベアリング	179	517	118
219	その他の一般機械器具及び部品	264	987	162
220	複写機	468	1,453	373
221	その他の事務用機械	522	1,181	428
222	サービス用機器	482	2,035	344
223	電気音響機器	507	1,814	395
224	ラジオ・テレビ受信機	518	4,704	383
225	ビデオ機器	544	1,719	393
226	民生用電気機器	422	1,514	312
227	電子計算機本体	662	2,400	528
228	電子計算機付属装置	571	1,499	472
229	有線電気通信機器	557	1,281	450
230	無線電気通信機器	575	2,897	452
231	その他の電気通信機器	617	1,816	429
232	電子応用装置	670	2,145	501
233	電気計測器	645	3,010	449
234	半導体素子・集積回路	530	625	458
235	電子管	351	542	290
236	液晶素子	412	475	383
237	磁気テープ・磁気ディスク	308	663	232
238	その他の電子部品	576	982	445
239	回転電気機械	317	863	222
240	開閉制御装置及び配電盤	462	1,981	300
241	変圧器・変成器	360	1,814	229
242	その他の産業用重電機器	452	1,570	302
243	電気照明器具	396	1,163	289

244	電池	322	672	256
245	電球類	414	717	316
246	配線器具	429	1,279	293
247	内燃機関電装品	392	1,128	303
248	その他の電気機械器具	375	536	301
249	乗用車	361	1,057	319
250	トラック・バス・その他の自動車	352	883	314
251	二輪自動車	365	954	326
252	自動車車体	255	935	197
253	自動車用内燃機関・同部分品	344	516	300
254	自動車部品	307	751	253
255	鋼船	209	679	159
256	その他の船舶	324	495	274
257	船用内燃機関	259	536	209
258	船舶修理	260	2,035	165
259	鉄道車両	234	610	190
260	鉄道車両修理	233	286	191
261	航空機	626	1,443	413
262	航空機修理	830	3,015	584
263	自転車	444	1,096	351
264	その他の輸送機械	322	999	247
265	カメラ	613	1,172	486
266	その他の光学機械	466	789	339
267	時計	523	1,029	402
268	理化学機械器具	495	1,619	332
269	分析器・試験機・計量器・測定器	524	1,337	377
270	医療用機械器具	466	1,203	315
108	新聞	349	2,392	187
109	印刷・製版・製本	385	1,260	206
110	出版	458	3,486	302
146	プラスチック製品	211	406	164
147	タイヤ・チューブ	186	184	179
148	ゴム製履物	438	635	346
149	プラスチック製履物	310	491	249
150	その他のゴム製品	276	527	200
151	革製履物	569	1,456	391
152	製革・毛皮	304	166	434
153	かばん・袋物・その他の革製品	455	1,645	298
271	玩具	474	2,407	334
272	運動用品	331	822	243
273	楽器	531	1,515	379
274	情報記録物	405	651	319
275	筆記具・文具	417	939	300
276	身辺細貨品	314	1,025	242
277	畳・わら加工品	692	1,729	559
278	武器	395	1,605	263
279	その他の製造工業製品	367	965	265

280	住宅建築（木造）	510	3,749	287
281	住宅建築（非木造）	342	1,898	200
282	非住宅建築（木造）	476	3,673	267
283	非住宅建築（非木造）	331	1,725	197
284	建設補修	357	1,566	224
285	道路関係公共事業	268	840	166
286	河川・下水道・その他の公共事業	274	1,265	160
287	農林関係公共事業	265	697	167
288	鉄道軌道建設	238	1,771	134
289	電力施設建設	364	1,833	208
290	電気通信施設建設	421	2,031	238
291	その他の土木建設	259	1,170	158
292	事業用電力	45	26	425
293	自家発電	15	5	122
294	都市ガス	642	743	517
295	熱供給業	94	35	738
296	上水道・簡易水道	451	423	452
297	工業用水	416	361	540
298	下水道★★	167	122	406
299	廃棄物処理（公営）★★	92	73	300
300	廃棄物処理（産業）	133	98	335
301	卸売	1,185	3,947	441
302	小売	789	1,127	413
303	金融	2,165	7,317	856
304	生命保険	1,508	4,946	546
305	損害保険	1,690	5,179	632
306	不動産仲介・管理業	1,392	1,657	771
307	不動産賃貸業	1,304	1,410	664
308	住宅賃貸料	4,537	26,387	623
309	鉄道旅客輸送	457	326	651
310	鉄道貨物輸送	304	197	522
311	バス	354	304	502
312	ハイヤー・タクシー	504	507	412
313	道路貨物輸送	248	195	453
314	自家用旅客自動車輸送	94	0	442
315	自家用貨物自動車輸送	87	0	454
316	外洋輸送	25	6	50
317	沿海・内水面輸送	106	62	443
318	港湾運送	806	787	785
319	航空輸送	90	30	562
320	貨物輸送取扱	675	696	577
321	倉庫	686	608	747
322	こん包	561	3,266	279
323	道路輸送施設提供	969	1,013	735
324	水運施設管理★★	629	624	392
325	その他の水運付帯サービス	1,853	3,741	506
326	航空施設管理（国公営）★★	649	588	625

327	航空施設管理（産業）	503	430	592
328	その他の航空付帯サービス	1,081	1,337	599
329	旅行・その他の運輸付帯サービス	1,201	1,848	776
330	郵便	943	2,843	275
331	国内電気通信（除移動通信）	1,482	2,520	671
332	移動通信	2,039	5,088	847
333	国際電気通信	1,254	2,225	806
334	その他の通信サービス	1,464	2,268	651
335	公共放送	705	1,125	508
336	民間放送	967	1,772	695
337	有線放送	920	1,749	514
338	公務（中央）★★	701	1,084	459
339	公務（地方）★★	728	1,053	386
340	学校教育（国公立）★★	1,314	1,958	369
341	学校教育（私立）★	1,120	1,832	396
342	社会教育（国公立）★★	487	447	577
343	社会教育（非営利）★	609	662	500
344	その他の教育訓練機関（国公立）★★	339	333	361
345	その他の教育訓練機関（産業）	442	393	516
346	自然科学研究機関（国公立）★★	616	648	525
347	人文科学研究機関（国公立）★★	2,002	5,170	379
348	自然科学研究機関（非営利）★	1,341	2,167	412
349	人文科学研究機関（非営利）★	1,966	5,519	364
350	自然科学研究機関（産業）	572	594	453
351	人文科学研究機関（産業）	1,351	5,050	540
352	企業内研究開発	567	587	517
353	医療（国公立）	528	604	471
354	医療（公益法人等）	639	822	495
355	医療（医療法人等）	665	861	496
356	保健衛生（国公立）★★	929	1,530	355
357	保健衛生（非営利）★	629	835	443
358	保健衛生（産業）	637	1,066	415
359	社会保険事業（国公立）★★	763	825	664
360	社会保険事業（非営利）★	703	737	667
361	社会福祉（国公立）★★	881	1,418	413
362	社会福祉（非営利）★	807	1,383	390
363	対企業民間非営利団体	822	1,394	480
364	対家計民間非営利団体（除別掲）★	1,010	2,207	473
365	広告	647	1,191	526
366	情報サービス	1,235	2,765	614
367	ニュース供給・興信所	1,221	5,366	640
368	物品賃貸業（除貸自動車）	1,845	8,557	742
369	貸自動車業	1,896	3,546	716
370	自動車修理	541	1,968	325
371	機械修理	549	1,026	422
372	建物サービス	1,550	5,598	565
373	法務・財務・会計サービス	1,481	3,567	566

374	土木建築サービス	1,031	1,903	444
375	労働者派遣サービス	7,271	25,133	814
376	その他の対事業所サービス	1,424	2,480	715
377	映画・ビデオ制作・配給業	867	1,951	533
378	映画館	390	193	712
379	劇場・興行場	750	795	668
380	遊戯場	457	445	456
381	競輪・競馬等の競走場・競技団	987	687	498
382	スポーツ施設提供業・公園・遊園地	829	1,216	414
383	興行団	855	3,032	411
384	その他の娯楽	1,001	942	321
385	一般飲食店（除喫茶店）	522	963	270
386	喫茶店	482	454	486
387	遊興飲食店	647	812	514
388	旅館・その他の宿泊所	501	572	424
389	洗濯・洗張・染物業	557	711	336
390	理容業	1,035	1,301	524
391	美容業	1,126	1,859	482
392	浴場業	218	157	434
393	写真業	839	2,964	343
394	冠婚葬祭業	527	655	336
395	各種修理業（除別掲）	548	880	304
396	個人教授所	1,020	1,600	422
397	その他の対個人サービス	751	1,208	302
398	事務用品	258		258
399	分類不明	553	845	397