

平成14年度 經濟產業省委託
環境調和型事業活動導入促進調查
(環境効率調査)
報告書

平成15年3月

社団法人 産業環境管理協會

はじめに

環境経営に指標を取り込む動きがここ数年顕著である。まだ実験的側面が強いが、指標は環境担当者及び技術開発者と経営者や利害関係者との共通した評価基準、すなわちコミュニケーションツールとして注目する企業が増えてきている。企業や工場といった事業者のパフォーマンスのみならず製品個々の環境対策までもが環境経営に関する企業競争力に影響を与えることから、各企業にとって製品環境情報の取り扱いが重要な課題となってきた。環境ラベル、LCA 等、製品環境情報を提示する手法の重要性が認識され始めており、既存品種及び他社競合品種との比較等、自社製品を差別化するために優位性を示す情報提供を行っていない企業はないといっても過言ではない。企業の経営戦略に関する対応策の特徴ともいえる。各企業は熱心に環境対策に取り組んでいるが、第三者に見えにくい環境管理システムのパフォーマンス、環境負荷削減の成果の優位性を如何に迅速に効果的に対外的に示すかに関して新たな企業間競争が起きつつある。本調査研究は環境経営の動向、法規制等社会的事象を踏まえながら、製品環境情報がサプライチェーン、消費、廃棄段階等社会全般にもたらす好影響及び可能性を最大化させるべく、「環境効率」という新概念の切り口から研究を進めていくものである。

我が国の製品は性能パフォーマンスのみならず環境パフォーマンスも優れていると考えられるが、最高の環境パフォーマンスを目指すべき便益、市場の優位性は一般的にまだまだ乏しい。本調査では性能パフォーマンス、環境パフォーマンスの向上を同時に示すことができ、最良の環境効率を目指すための指標として、市場競争力向上に寄与する環境効率指標の構築をねらいとしている。環境管理の一手段として環境効率指標を経営に取り込む事例は多いが、製品単位の環境効率指標をより戦略的に活用する事例は海外でもまだ殆どない。

本年度の調査では具体的な環境効率指標の算出、環境効率指標活用方策の検討を実施した。また製品環境情報全般に関する現状把握を行い、潜在的な指標項目の調査等環境効率に関する評価基準の考察のポイントを探り、今後重点を置くべき方向性を見据えた。

本調査においては委員各位、アンケート調査に御協力いただいた多くの企業の方々、そして経済産業省に対しここに御礼申し上げる次第である。

平成 15 年 3 月

社団法人産業環境管理協会
会長 宮本 四郎

平成 14 年度調査結果の概要

1. 環境効率の目的と必要性

持続可能な開発に向けての取り組みが世界各国でなされているが目的達成への道程は遠い。更なる一層の努力が必要とされ、持続可能な開発に向けて、経済、環境、社会の全ての側面から調和の取れたアプローチが望まれている。そのアプローチを達成するため、技術のブレークスルーによる環境負荷削減は勿論のこと、アプローチの進展を正確に評価することは不可欠であり、その手法として資源生産性、環境効率、ファクターが今注目されている。

環境効率は、製品であれば環境負荷当たりの製品の性能・価値を、企業であれば環境負荷当たりの企業の財務パフォーマンス評価を表すものである。ある時点（もしくは異なる生産方式）に対しての環境効率の改善割合をファクターという。

この概念は、製品の評価から企業、産業、地域、国へと広げて評価できると考えられており、地球環境容量（地球の再生限界）から出発して製品個々の必要とする改善量を算出するアプローチ（トップダウン）と、個々の製品に関わる改善量の評価を通して技術のブレークスルーを促すアプローチ（ボトムアップ）とがあり各方向からの検討とも意義深い。

2. 本調査の目的

本調査では、多種多様な環境効率指標の既存項目及び潜在的項目を調査し、算出を試みることにより製品群ごとの評価基準ポテンシャルを検討する。価値に該当する製品様式及び製品価値基準は多様化・細分化の傾向がますます複雑化する傾向にある。そのため標準化された基準が必要である。そこで、本年度は以下の調査を実施した。

(1) 国内において適用可能な環境効率指標の開発

製品の開発評価指針となる製品単位の指標の開発

企業経営戦略に適用可能な企業・産業レベルでの指標の開発

(2) 生産ステージと消費ステージの関連性をマクロな視点から評価できる手法の開発

3. 調査内容項目

本調査は、本委員会の下に 2 つの WG を置いて具体的検討を行った。

(1) WG1 の活動内容

1) 具体的算出方法の検討

各委員（各社）により指標検討

WG において に関する手法上・運用上の問題点等討議

2) 環境効率指標の普及、標準化指標開発及び導入に関する検討

環境効率指標標準化に向けた開発行程の検討

環境効率手法普及活動 セミナーを開催し、指標実例を紹介

アンケート及びヒヤリングにて製品に関する指標実例及び潜在的指標項目の調査を実施

(2) WG2 の活動内容

排出削減量（使用ステージ）を素材・組立産業に配分し、環境負荷削減の寄与度を適正に評価することを試みた。

総量レベルから見た「民生部門と産業・運輸部門間の配分、さらにサプライチェーン上で関連する産業間で環境負荷はどのように定量化され、配分され得るか。

製品単体の開発レベルから見た「産業（製造）部門における素材・部品・組立メーカー間の配分、方法をどのようになし得るか。知的財産（設計）と消費ステージでの実質的影響（例：価格・付加価値・重量・CO₂ 排出量等）を如何にして配分原則に取り込むかが主要論点となった。具体的に、自動車、エアコン、プリンタの3製品について検討した。

(3) 海外への情報発信

APO（アジア生産性機構）の国際会議において環境効率指標に関する日本企業の取組動向を本調査委員会活動も含め、実例を用いて報告した。また、海外から来日の研究者等との技術討論を行った。

4. WG1 調査結果 「製品環境効率指標の実例及び潜在的指標項目の調査」

(1) 具体的製品の環境効率指標の算出

既に環境効率を活用し、環境報告書等にその結果を報告している3企業（三菱電機、松下電器産業、富士通）にセミナーにて活用状況を報告してもらった。また、検討中の企業はある製品を取り上げ、各々環境効率指標について検討してもらい、その成果を報告書にまとめた。 スキャナー、携帯電話、セメント、塗料、銅製造、通信サービス

今年度は、委員以外の企業で環境効率を検討又は既に使用している企業、更にこれから検討するとしている企業100社に対しアンケートを行い、環境効率指標の考え方を調査した。うち22社から回答を得て、結果をまとめた。

(2) 指標の検討事例

環境効率指標及びファクターの将来の標準化指標開発を念頭に置き、算出事例を収集し多くの企業からも意見を把握することを目的として、下記の通りアンケートを実施した。

調査時期	2002年10月 - 12月
調査協力企業	22社（配布企業100社 - 既実施企業も含む）
集められた指標算出結果	40個（指標種類35種）

表1 検討事例(今回のアンケートで初めて算出した企業の事例) 環境効率指標及び
 ファクター算出結果一例

業種	製品	環境効率指標 (分子)	環境効率指標 (分母)	評価 対象	評価 基準	ファクター 算出 結果
ガラス・ 土石	シャワー トイレ	トイレの広さ(cm ²)	ライフサイクル CO ₂ 排出量 (kg)	最新 製品	1996年	2.182
電気 機器	パソコン	パソコンのサービス[CPU(MTOPs) + ディスク容量(GB)]	ライフサイクル CO ₂ 排出量 (kg)	2001年	1998年	7.800
電気 機器	プリンタ	印字速度(カラー) × 画像品位 (ppm、dpi)	ライフサイクル CO ₂ 排出量 (kg)	2002年	2000年	3.314
電気 機器	DVD	製品機能数、質量等(相対比)	製品の使用電力(kw)	2002年	2000年	2.995
輸送用機器	ラジエータ	易分解性、放熱効率、(製品)寿命、 部品点数(係数)	製品重量(kg)	更新 モデル	前 モデル	6.716
パルプ・ 紙	紙・板紙	生産量(販売量)(t)	CO ₂ 排出量(t)	2001年	1999年	0.933
精密 機器	時計	売上高(百万円)	製造時 CO ₂ 排出量(t)	2001年	2000年	0.987

実際の環境効率及びそのファクターの算出を通じて以下の点が明らかとなった。

【分母(環境負荷)指標に用いる項目】

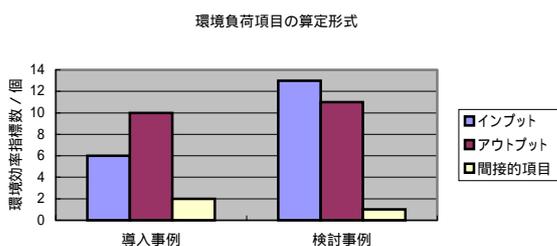


図1 環境負荷項目の算定緒元

分母の「環境負荷項目、としてどんな
 指標項目を用いるか。

- 1) インプット：
 例) エネルギー消費量、資源消費量
 など製品製造・使用に必要なもの
- 2) アウトプット：
 例) CO₂ 排出量、NO_x 排出量、排水
 量等製造・使用段階等に製品から排
 出されるもの
- 3) 間接的項目：
 例) 製品重量など直接環境負荷量の
 算定根拠とはならないもの

検討事例ではインプット項目を用いて算出した指標が僅かではあるが多かった。アウト
 プット項目よりインプット項目による算定の方が企業は取組みやすいと考えられる。

【環境負荷算出のために用いるデータ諸元】

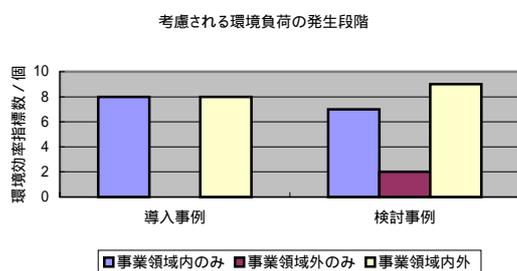


図2 考慮される環境負荷の発生段階

導入事例と検討事例で大きな傾向の差はみられなかった。消費電力の数値等から事業領域外のデータは容易に推定できる場合があり、更にライフサイクルで把握・算出しようとする傾向も多くみられた。一方でライフサイクルのデータの把握が困難で事業領域内のみとする事例も多い。

【分子（製品・サービスの価値）指標に用いる項目】

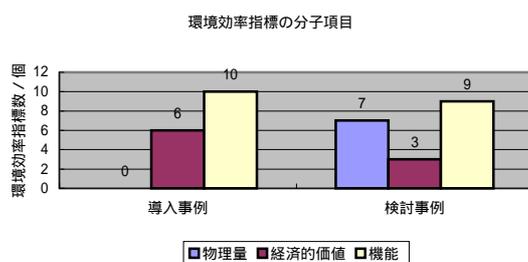


図3 環境効率指標の分子項目

未実施企業（検討事例）にとり物理量や経済的価値による指標化の方が若干取組みやすいと考えられる。ただし表1の紙・板紙、時計の例が示すように、生産量や販売量などの経済的価値は、市場の影響等を受けやすく、環境負荷改善の企業努力を相殺してしまう欠点がある。

算出に用いられた環境負荷項目はどの段階のデータが使われているか。

- 1) 事業領域内：
例) 最終消費財をつくる製造業であれば製造段階
- 2) 事業領域外：
例) 最終消費財をつくる製造業であれば、資源採掘、輸送、使用、廃棄段階
- 3) 事業領域内外：
例) 1) と 2) の両方、つまりライフサイクル全体

分子項目は次のどの種類の指標によって定量化されているかをみた。

- 1) 物理量：
例) 販売量、生産量等
- 2) 経済的価値：
例) 売上高、利益、価格等
- 3) 機能：
例) 製品性能、製品パフォーマンス等

(3) 製品の環境情報 PR 状況

環境効率指標及びファクターの普及状況はまだ低いが、環境配慮型製品を PR する企業が増えてきている。環境報告書から製品レベルでの環境配慮 PR を実施している企業を調査した。

表 2 業種別環境配慮製品 PR 状況(環境報告書掲載分)

業種	環境報告書発行確認 企業数	環境配慮製品 PR 企業	
		企業数	割合(%)
製造業	220	212	96.4
非製造業	20	1	5.0
計	240	216	90.0

非製造業の 65 社より卸売、小売、電気・ガスの 45 社を除く

2002 年度版環境報告書調査結果(表 2)から、特に製造業に関して殆どの企業が製品レベルで環境配慮の取組を PR していることが分かる。環境対策の取組姿勢に関して、企業全体としてのみならず製品個々の PR までも実施しているということは製品レベルの環境効率指標及びファクターの潜在的な需要が存在すると考えられる。

製造業 220 社の製品環境情報開示状況()について以下の傾向が明らかになった。

(定量的データを開示していない場合も含む)

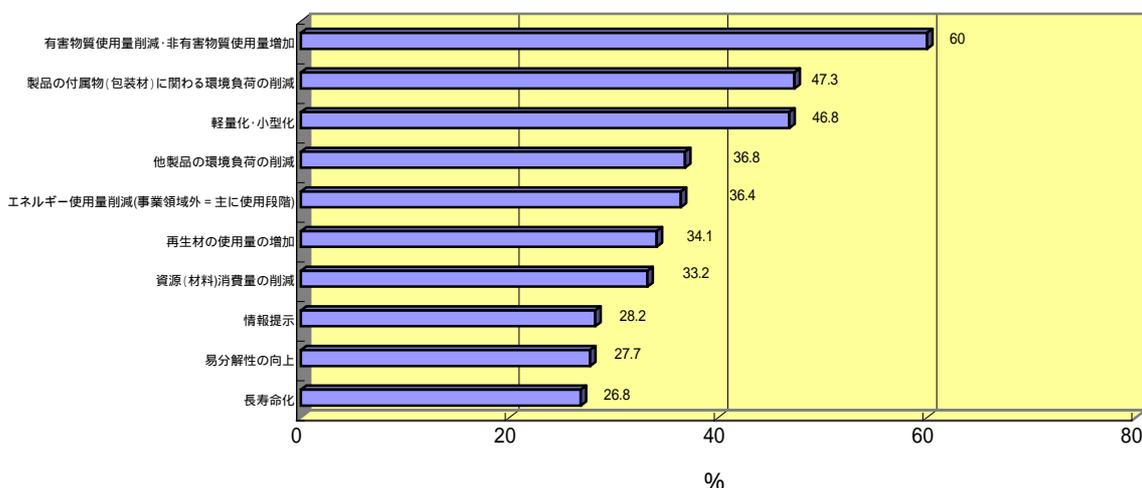


図 4 製品環境情報開示状況

5. WG2 調査結果 「環境負荷削減量の定量化に関する研究」について

環境効率指標の環境負荷の算定方法としてライフサイクルアセスメント(LCA)を適用することができる。LCA は製品単体を評価対象として発達してきた環境負荷改善手法であり、削減効果を的確に把握することにより技術開発インセンティブを形成できることが期

待されているが、製品の使用段階での環境負荷の削減に対するサプライチェーンの企業それぞれの寄与を算定する機能を有しておらず、サプライチェーンの上流にある産業・企業に対して技術開発インセンティブを付与することが非常に困難なものとなっている。本調査は、各産業・企業の環境効率指標において、その産業・企業のライフサイクルを考慮して環境負荷量の定量化する手法を調査するものである。

(1) 調査研究目的

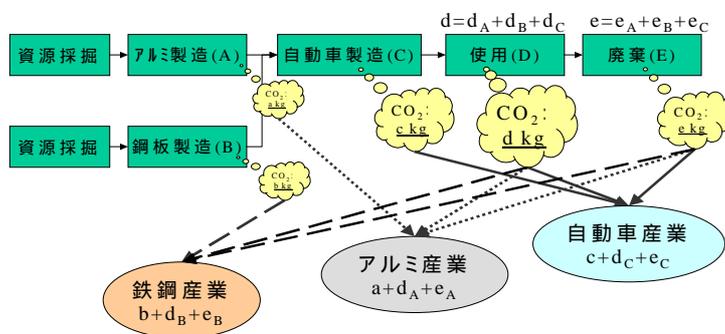
環境効率指標の分母である環境負荷量の算定に LCA を適用する際、最終製品の使用時の環境負荷削減に対する上流側産業（素材並びに部品等メーカー）の寄与を定量化する手法を検討し、各産業並びに企業の環境負荷物質排出量を計量するための境界、及び適切な環境効率評価とは何かを考え、その知見を今後の環境効率指標構築に活かす。

(2) 調査研究内容

平成 14 年度の調査研究では、環境負荷物質として二酸化炭素を取り上げ、自動車、プリンタ、エアコンを組立製品の例示として、それらの製品の使用段階での環境負荷が削減された場合を想定して、サプライチェーン上で関連する産業がその環境負荷改善に対してどの程度貢献をしたのか寄与度を定量化することを試みた。また、産業連関表を活用し、ある産業での環境負荷削減を他産業がどのように貢献しているかを俯瞰する方法を検討した。

(3) 調査研究結果

例えば、図 5 に示すように、自動車の使用段階での二酸化炭素排出削減には自動車メーカーのみならず、アルミ製造、鋼板製造メーカー他多くの主体が直接的・間接的に削減に関与している。このため使用ステージでの環境負荷削減効果を技術毎（メーカー毎）に識別するのは難しく、各々が LCA を実施し削減努力を主張した場合、自動車の使用段階での二酸化炭素排出削減量がダブルカウントされる可能性がある。



環境効率(例: CO₂)

図 5 環境効率の算出指標適用範囲と各メーカーの関わり方

また、使用段階での環境負荷改善がなされても素材・組立等製造段階では環境負荷が大きくなる場合も往々にしてある（図 6 及び図 7）。自らの領域内だけを評価すれば素材・組立等製造部門は環境負荷を増やしたことでマイナス評価されてしまう。そこで使用段階での環境負荷の削減に対する上流産業の寄与を定量化するための指標（例：価格・付加価値・重量・CO₂ 排出量等）に何を選定するか原則を構築することが主要論点となった。

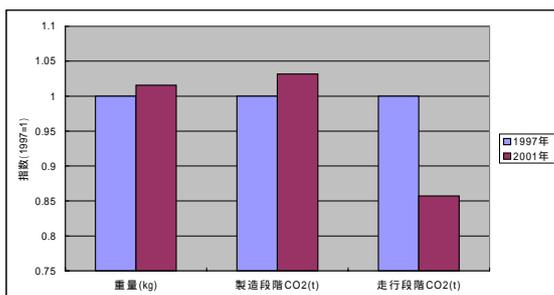


図 6 環境負荷の改善(自動車のケース)

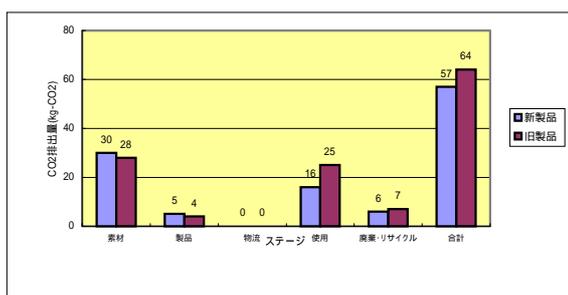


図 7 環境負荷の改善(プリンタのケース)

自動車では以下の手法が検討された。

表 3 定量化手法の比較

	各手法の説明
重量	部品重量の削減量、削減比率により、部品間で環境負荷削減量を配分する。重量削減が負荷削減に相関するという前提が必要である。
	（長所）データ入手が容易である。 （短所）重量変化の伴わぬ改良は配分不可、組立メーカー努力が過小評価される。
金額	製品価格の上昇分を性能向上の努力分（付加価値分）と捉え、環境負荷削減量を配分する。研究開発費が製品価格に反映されている前提が必要である。
	（長所）制御高度化等測定の難しい技術開発、高投資技術の評価が可能である。 （短所）コスト低下努力がマイナス、価格上昇率の場合、低価格部品が過大評価される。
性能	性能の向上率と環境負荷削減全体に対する影響度を考慮し配分する。
	（長所）走行段階の環境負荷削減量配分のベースを想定し易い。ソフト・制御部分貢献度評価可。 （短所）各機器のウェイトと各機器単独の性能向上率が必要。直接燃費を消費しない部品の重み付けが困難。

表 3 に示す通り、各手法については長所・短所が存在する。定量化の妥当性を重要視するか、一般化のし易さ（データ入手の容易さ、客観性等）を考慮するかにより、定量化手

法も異なる。また、ソフトウェア部分の貢献度、設計・研究成果の知的財産部分等定量化が困難である要素があることが明らかとなった。一方、製品開発プロセスにおいては最終製品の設計が使用段階の排出量削減に大きく寄与することを加味した定量化の手法も提案された。

さらに、ある産業で環境負荷改善が行われた場合、その効果の他産業への寄与について、産業連関表を用いた分析手法が検討された。下記に、自動車製造を例とした定量化係数を示す。

表 4 乗用車製造に伴う CO₂ 排出削減量の各部門(上位 10 位)の潜在的貢献度に基づく定量化係数

	部門	定量化係数		部門	定量化係数
1	乗用車	21.8%	6	鋳鉄	3.5%
2	自動車部品	14.9%	7	自家発電	3.3%
3	事業用電力	6.9%	8	粗鋼	2.9%
4	自動車用内燃機関	5.4%	9	プラスチック製品	2.3%
5	熱間圧延鋼材	4.0%	10	鋳鉄品及び鍛工品	2.2%

今年度の調査では、最終製品の使用段階の環境負荷削減に対する上流産業/企業の寄与を定量化する具体的方法を多様な観点から調査した。いずれの方法にも長短があり、合理的な実際的手法を提案することが、現時点では困難であることが分かった。しかし、これらの検討は、環境効率指標の分母である環境負荷量を各産業/企業がライフサイクルで考える時に考慮しなければならない必須要件であり、今後ますます議論を深めていく必要がある。

6. 今後の課題

本年度の調査結果を踏まえて抽出された課題（今後の調査方針）は次の通りである。

今年度の調査では製品群別分子・分母項目を網羅的に抽出することを第一のねらいとした。比較可能性を目的とする標準化指標構築を目指す場合、次のステップは抽出された多くの指標項目の中から評価に適した項目・算出方法を設定する作業である。設定作業では企業が実際に現在採用している改善度の指標が検討の土台となるが、それらの項目は多岐にわたり設定の合意に至るには相当の時間を要する。各企業の優位性、独自性を残す柔軟性を考慮しつつ、これまでの検討をもとに明確な定義を持った指標づくりを続けていくことが必要である。

現状を考えた場合、第 3 ステップ（比較可能性を考慮した標準化）の前に第 2 ステップでは ISO 環境ラベルでいうところのタイプ（自己主張型の環境効率）のような使い方を十分普及させる必要がある。第 1～2 ステップの普及のためにはガイドブック等を策定し、技術側面ならず運用側面からの啓発も合わせて行うことが求められる。

環境効率指標構築ロードマップ

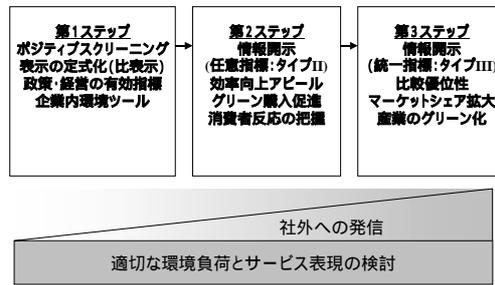


図 8 環境効率指標構築ロードマップ

第 1～2 ステップでは目標管理ツールとしての使用の意義・可能性が確認（報告）された。内部・外部は特に意識しないが、外部に対しても情報を開示する姿勢をとるべきである。環境効率指標を外部向けとして使用する場合、製造者側と利害関係者側のニーズを把握した上で適切な意義付けを行う必要がある。環境効率指標が十分活用されるよう欧州の IPP（包括的製品政策）のような視点に立ち、標準化された環境効率指標がその効果を発揮できる場を積極的に提案していく必要がある。環境効率指標の分子部分であるサービス指標項目の洗い出しには時間がかかるものと判断される。したがって、分母部分（環境負荷項目）を先行的に活用できるよう、例えば環境ラベルの定量的データ開示（タイプ II）の簡易表示としての運用を検討するなど実践の場を想定した開発目的を掲げるのも一案である。

指標項目の設定、すなわち指標項目抽出（価値 [分子] 環境負荷 [分母]）及び算出式の定義は目的如何で変わる。目的を踏まえた上で評価方法についての合意形成が企業間（場合によりその他利害関係者も含む）で必要になる。具体的には指標の利用者で製品群別指標（共通指標も含む）の合意形成作業を製品群別に進めていくことが適切と考える。製品の価値評価は「基本機能」に的を絞るか、「付加機能」「使いやすさ、等も合わせて検討するかの判断が難しい。価値指標項目の選定については、基本機能からその他付加機能の評価方法と合わせて環境負荷と同様に製品群別の検討がする。また、バウンダリの設定は最終的にはライフサイクルをカバーすることが望ましいが、過渡期の現段階は全てを含むことができなくてもよい。

環境調和型事業活動導入促進調査（環境効率調査）本委員会委員名簿（敬称略）

	氏名	所属・役職
委員長	山本 良一	東京大学国際・産学共同センター長
副委員長	稲葉 敦	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長
副委員長	水谷 広	日本大学生物資源科学部教授
委員	浅野 闘一	三菱マテリアル（株）環境企画室長
”	河野 正男	横浜国立大学大学院国際社会科学研究所教授
”	木俣 信行	鳥取環境大学環境情報学部教授
”	木村 輝三	キヤノン（株）グローバル環境推進本部環境技術センター所長
”	古賀 剛志	富士通（株）環境本部本部長
”	斎藤 義夫	東京工業大学機械制御システム専攻・教授
”	下田 孝	太平洋セメント（株）常務取締役
”	谷 達雄	（株）リコー社会環境本部副理事・技師長 社会環境本部長
”	長野 浩司	（財）電力中央研究所経済社会研究所主任研究員
”	野村 侃滋	日本ペイント（株）環境品質本部本部長
”（後任）	東田 正信	NTT 環境エネルギー研究所長
”（前任）	山田 一郎	NTT 環境エネルギー研究所長
”	横山 宏	（株）日立製作所環境本部主管技師長
”	吉田 敬史	三菱電機（株）環境保護推進部次長
”	依田 直也	立正大学経営学部大学院教授
”	和田 安彦	関西大学工学部教授

環境調和型事業活動導入促進調査（環境効率調査）WG1 委員名簿（敬称略）

	氏名	所属・役職
委員長	水谷 広	日本大学生物資源科学部教授
委員	青江多恵子	松下電器産業株式会社環境本部環境保護推進グループ主任
〃	佐野 奨	太平洋セメント（株）中央研究所第1研究部セメント技術グループ
〃	進藤 秀明	三菱マテリアル（株）環境管理部環境センターセンター長補佐
〃	高橋 徹也	三菱電機（株）環境保護推進部企画グループ専任
〃	高橋 誠	富士通（株）環境本部環境技術推進センター エコデザイン推進部長
〃	田中 融	NTT 環境エネルギー研究所環境情報流通プロジェクト 環境アセスメントシステムグループリーダー
〃	野村 侃滋	日本ペイント(株)環境品質本部本部長
〃	羽田野洋充	（株）リコー社会環境本部環境経営推進室 環境情報システムグループ主席係長技師
〃	藤原 圭吾	（株）日立製作所産業・流通システム事業部 産業第二システム本部環境ソリューションセンター技師

環境調和型事業活動導入促進調査（環境効率調査）WG2 委員名簿（敬称略）

	氏 名	所属・役職
委員長	稲葉 敦	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長
委員	石井 寛	キヤノン（株）iプリンタ品質保証センター iプリンタ製品環境安全推進部長
”	田原 聖隆	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
”	乙間 未広	国立環境研究所社会環境システム研究領域主任研究官
”	河野 正男	横浜国立大学大学院国際社会科学部教授
”	高橋 徹也	三菱電機（株）環境保護推進部企画グループ専任
”	長野 浩司	（財）電力中央研究所経済社会研究所主任研究員
”	古田 清人	キヤノン（株）グローバル環境推進本部環境技術センター環境企画部長
”	本藤 祐樹	（財）電力中央研究所経済社会研究所主任研究員
”	山戸 昌子	トヨタ自動車（株）環境部製品グループ

目 次

はじめに	.....
平成 14 年度調査結果の概要	.....
委員名簿	..... xii
目次	..... xv
第 1 章 平成 14 年度環境効率調査の目的	..... 1
1.1 調査の目的及び範囲	..... 1
1.2 環境効率指標の動向	..... 2
第 2 章 環境効率指標	..... 3
2.1 調査の概要	..... 3
2.2 製品の環境効率指標	..... 3
2.2.1 既存事例	..... 3
2.2.1.1 三菱電機（株）	..... 3
2.2.1.2 松下電器産業（株）	..... 8
2.2.1.3 （株）リコー	..... 21
2.2.2 指標検討事例	..... 25
2.2.2.1 スキャナー	..... 25
2.2.2.2 携帯電話	..... 27
2.2.2.3 セメント	..... 29
2.2.2.4 塗料	..... 33
2.2.2.5 銅	..... 47
2.2.2.6 情報流通サービス	..... 52
2.3 環境効率指標及び製品ファクター事例調査	..... 55
2.3.1 普及状況と今後の普及の可能性	..... 57
2.3.2 環境効率指標の導入事例及び検討事例	..... 65
2.3.3 製品ファクターの導入事例、検討事例	..... 76
2.3.4 事例調査まとめ	..... 91
2.4 潜在的な環境効率指標項目の検討	..... 94
2.5 指標の必要性、指標活用のメリット	..... 137

2.6	まとめ	143
第3章	環境負荷定量化手法の検討	152
3.1	定量化手法検討の意義	152
3.2	定量化手法検討事例	153
3.2.1	検討の枠組み	153
3.2.2	マイクロベース（製品単位）による検討	154
3.2.2.1	自動車	155
3.2.2.2	エアコン	177
3.2.2.3	プリンタ	185
3.2.3	マクロベース（産業単位）による検討	190
3.2.3.1	検討事例(1)	190
3.2.3.2	検討事例(2)	200
3.3	まとめ	206
第4章	海外の実践事例	209
4.1	カナダ	209
4.2	フィンランド	211
4.3	ドイツ	214
第5章	平成14年度調査研究の成果と今後の課題	215

資料編

- 1 アンケート回答の前に
- 2 環境効率アンケート A（実施企業）
- 3 環境効率アンケート B（未実施企業）
- 4 環境効率・ファクター算出ガイド

第1章 平成14年度環境効率調査の目的

1.1 調査の目的及び範囲

持続可能な開発に向けての取り組みが世界各国でなされているが、目標達成への道程は遠い。更なる努力が必要とされ、持続可能な開発に向けて、経済、環境、社会の全ての側面から調和のとれたアプローチが望まれている。持続可能な開発が望むのはサービスを向上させながら資源消費・環境負荷を減少させる分離(decoupling)の状態であり、これに対する挑戦は始まったばかりである。

この持続可能な開発を促進するために、進展を確認する指標が今望まれている。その1つが、資源生産性やエコエフィシェンシー(環境・経済効率)といった指標の概念である。これまで国・産業・企業は特定分野のための様々な指標を用いてきているが、持続可能性についての概括的な意味内容を意識したものではない。持続可能性の概念を反映する指標は、環境に関する取組状況が包括的に表現されるべきであるとのことから、資源生産性およびエコエフィシェンシーの概念がヨーロッパを中心に精力的に研究、試行がなされている。既に一部では政策、企業経営において実施段階に入っているといえよう。我が国においても評価を試みる企業等が現れている。

持続可能な開発についての問題は多面性を有する。解決にはシステムティックに統合化された政策、企業戦略が必要であり、目標達成の実現には複数のセクターが関与し、協働することが求められる。ただし経済、環境、社会の三側面が重複し、利害関係も複雑に絡み合うため、持続可能な開発の定義は困難であろう。それゆえ、とりわけこれらには相互に理解し易い明晰な指標が必要とされよう。

指標は、国・産業・企業が取り組む施策の的確性を監視し、その結果を照合して修正し、より適切なものにしていく仕組みづくりにマクロ・ミクロ両レベルで効果的であることが期待される。換言するなら指標の開発は持続可能な社会に向けた対策の進捗状況について一貫性と透明性を保証するものといえる。ゆえに複雑な三側面の枠組みを横断的かつ構造的に明確にし、社会レベルで著しい効果をもたらす対策を導くために有益なツールとなる指標開発と研究の推進が必要である。

上記の目的を達成するため、本調査では次の項目を検討した。

(1) 国内にて適用可能な資源生産性、エコエフィシェンシー標準化指標及び指標単位を開発する。

- a. 製品の開発評価指針となる製品単位指標を開発する。
- b. 企業経営戦略に援用可能な企業レベル指標、戦略的政策に活用し得る産業レベル指標を開発する。

また、製品からサービスへのビジネスの形態変化などによる環境負荷の低減と資源生

産性向上の事例調査と今後の発展の可能性を調査する。

- (2) 環境容量の観点からマクロな視点で資源消費量（排出物量）を把握するためのファクター算出手法を開発する。生産ステージと消費ステージ（廃棄ステージ含む）の関連性を体系付けることにより国全体を俯瞰することをねらいとする。

平成 14 年度は本調査の初年度に当たる。これらの調査検討を推進するに当たり委員会を設置し、前段的調査として、本調査全体管理と調査項目についての検討を行った。そのために、具体的には以下のとおり検討の基礎となる情報収集調査を行うとともに、調査研究活動策定及び評価指標検討の WG を設置して詳細な検討を行った。

1 つの WG1 では製品群別ファクターの開発に向けて事例製品の機能側面・環境側面を整理し環境効率及びファクター算出方法を検討した。

もう一方の WG2 では環境効率を適切に評価するため産業間の物質連鎖(サプライチェーン)を基にした環境負荷の定量化手法の検討を行った。

検討は 2 つのアプローチをとった。1 つは製品レベルの最終消費財単体の検討で、使用ステージの省エネ貢献分を関連産業間で合理的に配分する手法を探るものである。もう 1 つはマクロ的に産業レベルから削減する際の影響度分から関連産業との配分を考慮するものである。併行して、海外動向調査を文献等より実施した

本書はこれらの調査結果をまとめ上げたものである。

1.2 環境効率指標の動向

「環境効率」指標構築の動きは近年次第に高まりをみせている。最近の主な動きを下記に記す。

- (1) 日本学術会議生産システム学専門委員会

「ライフサイクルデザイン指標」として循環型の製品ライフサイクルの在り方がみえる指標づくりが試行されている。

- (2) 建築物の総合的環境性能評価・表示手法研究委員会((財)建築環境・省エネルギー機構)

建築物の環境性能評価手法として「建築物の総合環境評価システム (CASBEE : Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency)」の研究・開発がなされた。

- (3) 環境省

「単位環境負荷当たりの製品・サービス価値 (環境効率指標)」として環境効率性を表す指標の活用事例を「事業者の環境パフォーマンス指標ガイドライン」の中でリストアップしている。

(「事業者の環境パフォーマンス指標に関する検討会」にて)

- (4) 経済産業省

2002 年 3R 実施の客観的評価を目的とした「資源循環指標」を策定した。リサイクル率を設計・製造と回収・再資源化の 2 段階に分けて示したものである。

第2章 環境効率指標

2.1 調査の概要

現状で「環境効率」と言われている指標を調査し、それらの考え方と具体的算定例をとりまとめた。環境効率は、価値（分子）と環境負荷（分母）の比で表現される。製品・企業・産業の各レベルで価値として取り上げられる指標項目と、環境負荷として取り上げられる指標項目の組み合わせによる様々な環境効率指標が提案され、試行がなされている。本年度のWG1では、これらを調査し、指標実例及び潜在的指標項目を整理した。本章ではまず既に公表されている環境効率指標（実行ベース）及び検討段階の指標（試行ベース）の検討事例詳細を示す。次に本調査委員会委員以外の企業に対して行ったアンケート結果を記す。最後に、環境効率指標項目としての適用可能性がある項目を環境報告書等より抽出し、適用可能性を調査した結果を示す。

2.2 製品の環境効率指標

2.2.1 既存事例

既に企業内の環境管理指標としてファクター及び環境効率指標を用いる企業がみられる。本項では既に環境報告書・ホームページ等で公表することにより新たなコミュニケーションツールとして用いている具体例を紹介する。

2.2.1.1 三菱電機株式会社-ファクターX

(1) 環境効率とファクター

「ファクター」とは、持続可能な社会を実現するためには資源利用を出来る限り少なくすると同時に、社会福祉、経済的付加価値及び生活の便益を向上させていくことが必要との原則に基づいて欧米で提唱された概念である。先進国の資源エネルギー消費量を1/4に削減し、資源効率、環境効率を4倍に増加させるべきという「ファクター4」（エルンスト・フォン・ワイツゼッカー博士：元独ブッパタール研究所所長）はその1つである。この主張を更に発展させ、我が国では、サービス（製品の性能）の向上度合いと資源消費量（環境負荷）の低減を両立させる「ファクターX」（山本良一教授：東京大学）が提唱されている。しかし、いつまでにファクターの値を幾つにすべきなのかについては色々な学説があり、定まってははいない。また、定量化手法も確立されていない。

「環境効率 = (製品の性能) ÷ (製品の環境負荷)」の定義と上記概念から、ファクターを以下の算式から導くことができる。即ち、ファクターの分子は、「製品の性能・機能・サービス・品質の向上度」であり、分母は「環境負荷の低減度」となる。

$$\begin{aligned}
 \text{ファクター} &= \text{新旧製品の環境効率改善度} (\Delta EE) \\
 &= \frac{\text{(新製品の環境効率: } EE_{\text{new}} \text{)}}{\text{(旧製品の環境効率: } EE_{\text{old}} \text{)}} \\
 &= \frac{\left[\frac{\text{新製品の性能}(P_{\text{new}})}{\text{新製品の環境負荷}(I_{\text{new}})} \right]}{\left[\frac{\text{旧製品の性能}(P_{\text{old}})}{\text{旧製品の環境負荷}(I_{\text{old}})} \right]} \\
 &= \frac{\text{性能の改善度}}{\text{環境負荷の低減度}}
 \end{aligned}$$

EE：環境効率、P：製品の性能、I：製品の環境負荷、old：旧製品、new：新製品

このことから「従来よりも $1/X$ の環境負荷で製品の機能・サービスの質を同レベルにできたとき、環境効率が X 倍になった(ファクター X)」とすることができる。「ファクター」は、製品の環境負荷低減の「改善度」だけではなく、設計者の努力の結果である製品機能・サービスの「向上度」をも定量的、総合的に評価できることが特長であり、LCA の手法とは全く異なるものである。

(2) ファクター算出の課題

ファクターの分子は性能向上度である。仮に製品性能が飛躍的に向上した場合、環境負荷低減度が低くても、見かけ上のファクター値が大きくなり、環境負荷因子の寄与度が不鮮明になる。性能評価の改善度の妥当性については十分に検証されるべきである。

旧製品にはなかった新機能が加わった場合、分子(性能の改善度)の1因子が無限大になる。また鉛フリー対策等を実施し環境リスク物質の使用を全廃する場合、分母(環境負荷改善度)の1因子がゼロとなり、この場合もファクター値が無限大となる。各々の因子を如何に定量化するかが課題である。

通常、性能改善の変化分である分子、環境負荷改善分の分母の因子は1つではなく、独立した複数の因子から構成される。これらの独立した因子を如何に統合化するかも課題である。

手法によっては因子ごとに重み付けを行い統合化するケースも考えられるが、その過程で主観を介入させてしまうだけでなく重み付けしたことにより、結果的に統合値がバーチャルとなる。

(3) 環境効率指標「ファクター」の基本的考え

当社では、以下の基本的考え方により、環境負荷を MET()の改善度からベクトル合成により定量化し、極力単純化することによる手法を採用した。この方式では、MET のどれかがゼロになってもベクトル和として定量化が可能である。バランスの取れた改善をし

ないとファクター値が向上せず、控えめな数値となることが特長である。なお、家電製品群や重電製品群など飛躍的な技術革新を伴いにくい分野で本方式によりファクターを試算すると、ファクター値が大きな値とはならないことから、当該製品群が市場で貢献する寄与度を正確に評価するため、併せてその製品の環境負荷改善による「社会的貢献度」も算出した。

「ファクター」の分子及び分母

「分子」は、新旧製品間での製品の性能・機能・サービス・品質の向上度と捉えているが、性能向上度の定量化手法が定まっていないため、製品の性能・機能向上分については、当面評価対象から外している(機能向上はないと見做し、分子を「1」としている)。分母は以下の定量化手法による環境負荷の低減度としている。

「ファクター」の基準

原則として10年前の製品即ち90年度製品(ない場合には近傍の製品)を基準製品に選り、現行製品と比較している。

算式

分母の環境負荷低減度については、三菱電機グループの環境保全活動の切り口である「MET」に基づき、

- 製品質量 (M : Material)
- 消費電力量 (E : Energy)
- 環境リスク物質使用量 (T : Toxicity)

の3つの側面から、基準製品を1とした時の現行製品における環境負荷(a、b、c)を算出し、これをベクトルの長さとして総合する手法を採用した(図 2.2.1.1.1)。したがって計算式は次の通りとなる。

ファクター = 現行製品の環境効率 (A) ÷ 基準製品の環境効率 (B)

$$A = 1 / \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$$

$$B = 1 / \sqrt{1^2 + 1^2 + 1^2} = 1 / \sqrt{3}$$

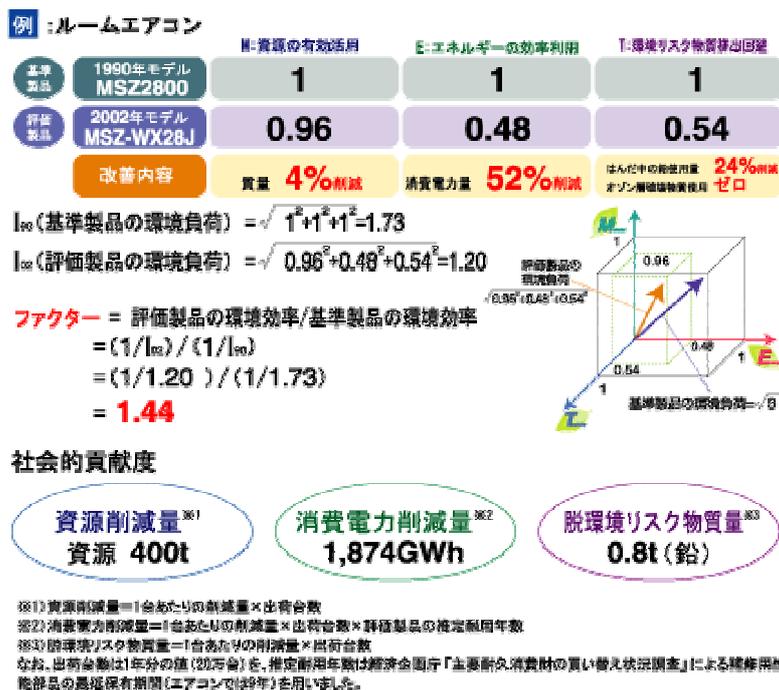


図 2.2.1.1.1 試算した製品の環境効率「ファクター」算出の基本的な考え (MET方式)

バウンダリーについて

原則として、資源採掘からエンドオブライフまで製品の全ライフサイクルをバウンダリーに設定している。

「社会的環境貢献度」の算出

併せて、技術レベルが成熟し、飛躍的に技術のブレークスルーが期待しにくい家電やファクトリーオートメーション製品群が市場で貢献する寄与度を正當に評価するため、その製品の環境負荷改善による「社会的貢献度」についても算出した。これは「ファクター」とは異なるものだが、算出の条件は上記と同じである。貢献度項目は、「MET」に対応した「省資源」¹、「省エネルギー」²、「環境リスク物質使用回避」³について、「製品質量削減量」¹、「消費電力削減量×製品寿命」²、「環境リスク物質削減量」³のそれぞれに、当該製品の直近年度の販売実績(台数)を掛け合わせて算出している。

() MET

M : Material = 資源の有効活用

E : Energy = エネルギーの効率利用

T : Toxicity = 環境リスク物質排出回避

(4) ファクターを適用した対象製品

当社では全ての分野の製品群に対してファクターを適用中である(表 2.2.1.1.1)。

表 2.2.1.1.1 ファクター適用製品

部門	対象製品
重電システム部門	変圧器、昇降機
産業メカトロニクス部門	モータ、シーケンサ、エコモニタ、エアバッグコントローラ
情報通信システム部門	携帯電話、パソコン、屋外複合一体型カメラ
電子デバイス部門	半導体（マイコン・メモリ・バッテリー充電用 IC、高周波電力増幅器）
家庭電器部門	エアコン、カラーテレビ、洗濯機、冷蔵庫、石油ファンヒータ、オープンレンジ、照明器具

当社での主要な製品でのファクター試算値の例を表 2.2.1.1.2 に示す。なお、これらを含め、他の製品での適用結果については、「三菱電機グループ環境レポート 2002」で公開済みなので、参照されたい。

<http://www.MitsubishiElectric.co.jp/corporate/eco/>

表 2.2.1.1.2 当社での主要な製品でのファクター試算値

製品	比較モデル		環境負荷			ファクター	社会貢献度
	基準製品	新製品		基準製品	新製品		
エアコン	MSZ2800 (90年)	MSZ-WX28J (02年)	M	1	0.96	1.44	省資源400トン
			E	1	0.48		省エネ1870GWh
			T	1	0.54		鉛削減0.8トン
冷蔵庫	MR-C36H (93年)	MR-Y40B (02年)	M	1	0.95	1.54	省資源176トン
			E	1	0.6		省エネ176GWh
			T	1	0		特定・指定フロン全廃70.4トン
全自動洗濯機	AW-80V1 (91年)	MAW-V8TP (02年)	M	1	0.59	2	省資源5700トン、水資源削減2.3億リットル
			E	1	0.37		省エネ90GWh
			T	1	0.51		鉛削減3トン
カラーテレビ	25C-X30 (96年)	25T-D101S (02年)	M	1	0.93	1.33	発泡スチロール削減3.16トン
			E	1	0.64		省エネ31.6GWh
			T	1	0.67		鉛削減0.04トン、特定臭素系難燃剤削減12.3トン

(5) 新方式の試算と提案

今回採用した方式では、公正、透明性を確保しつつ、かつ単純明快に評価することを目的に、新旧製品における「環境負荷の改善度合」のみの評価とした。その結果ファクターの数値は控えめになるが、これは評価すべき性能向上度分が含まれていないとの理由による。既述の通り本来の「ファクター」の定義に従い、分子の性能向上度を評価に含める手法が確立されれば当然ファクターの数値は大きくなる。

なお、今回の評価方式では、MET を構成する環境負荷の因子を極力単純化し、資源有効利用（M）の因子については、製品質量の削減度（Reduce）のみの観点からの評価に留

まっている。家電リサイクル法対象製品で確実に実施されている 3R 配慮設計の効果等を正當に評価するため、以下の M1、M2 で定義する資源有効利用指標を基本因子と見做し、これらの 3R 設計による寄与度を M の合成値として前述の冷蔵庫、テレビについてファクターを再試算した表(2.2.1.1.3)。今後は、本来の「ファクター」の定義に整合させるべく、検証を続け、性能評価(分子)、環境負荷データの精度向上(分母)を進め適宜、算式を見直していく。

$$M1(\text{バージン資源使用量}) = \text{製品質量} - (\text{再生材利用質量} + \text{再利用部品質量})$$

$$M2(\text{再資源化不可能質量}) = \text{製品質量} - \text{再資源化可能質量}$$

表 2.2.1.1.3 3R 視点を盛り込んだファクター値の試算

製品	従来方式のファクター	従来方式に 3R の寄与を考慮したファクター
テレビ	1.33	1.39
冷蔵庫	1.54	1.86

2.2.1.2 松下電器産業株式会社 ファクターX (環境効率)の開発とその評価事例

(1) はじめに

科学技術の進歩は、私達に福祉の向上や生活の便利さをもたらした。一方、それらをもたらした製品の増大する消費は、直接的または間接的に地球温暖化や資源枯渇、環境汚染といった地球環境問題を引き起こす元ともなった。私達は、地球環境問題を解決し、持続可能な社会を構築しなければならない。そのための一つの方法は、環境影響の少ないグリーンな製品及びサービス(以下、GP: Green Products/Services と称する)により環境影響を減少させながら、生活の質の向上を目指すことである。それは、事業者による GP の供給と、消費者による GP の需要により達成される。この GP の開発及び普及を促進するためには、設計・開発者、経営者、消費者などの関係者が“何がどうなっていたら GP なのか”を容易に判断できる指標が必要である。

GP の有力な評価手法として LCA や、日本で 1991 年より実施されている製品アセスメントなどがあるが、最近では更に効果的な評価尺度として、ドイツ・ブッパタール研究所より提唱された「ファクター」[1,2]、WBCSD (World Business Council for Sustainable Development: 持続可能発展のための世界経済人会議)によって開発された環境効率[3]などの概念が国際的に注目されている。更に、現在では、これらの概念を発展させ、東京大学の山本教授らによって、下記の式で定義される「環境効率」の向上倍率で「ファクター」をあらわす「ファクターX」が提唱されている[4]。

$$\text{環境効率} = \text{製品及びサービスのパフォーマンス} / \text{環境影響}$$

$$\text{ファクターX} = \text{評価製品の環境効率} / \text{基準製品の環境効率}$$

「ファクターX」は、環境影響を最小化しつつ製品及びサービスの価値を最大化することで向上させることができる。つまり、環境を環境負荷低減というネガティブな発想でと

らえるだけでなく、製品及びサービスの技術進歩を前向きに評価できるポジティブな指標である。

現在、ファクター、環境効率に関する研究が多くの研究機関や企業で進められているが、具体的な対象に対する一般的な測定、評価方法が明確ではなく、標準的な評価方法は確立されていない。そこで、これらの概念を取り入れ、「地球温暖化防止(省エネルギー)」「資源の有効活用」「無害物質の使用」の3つの観点から独自に算出方法を開発、算出結果を発表した[5,6,7,8,9]。

本稿では、独自に開発した指標及びその特長を報告する。また、ファクターの活用として、GPの開発を加速するための社内における活用と、GPの普及を促進するための社外における活用について紹介する。さらに、適用事例とその算出方法についても詳細に解説する。

(2) 指標の開発

1) 経緯

1991年に日本で施行された「資源有効利用促進法」とともに、全製品・部品を対象に省資源、リサイクルなどを評価対象とした「松下製品アセスメント バージョン1」を導入した。それ以来、ライフサイクル全体での環境負荷低減を目指して独自に発展させ、2000年度からはライフサイクル全体を対象としたバージョン5を運用している[10]。しかし、製品アセスメントはチェックリスト方式の定性評価であり改善度が把握しにくい。このため、GPの基準を明確にするべく「松下製品アセスメント」の定量化を図り、GPマネジメントツールへと独自に発展させた。

2) ねらい

ターゲットの明確化による GP の開発加速

情報開示による GP の普及促進

3) GP 指標 2001

「GP 指標 2001」を下表に示す。

表 2.2.1.2.1 GP 指標 2001

環境効率の算出方法		ファクターXの算出方法	
項目	定義	項目	定義
温暖化防止効率 (エネルギー効率)	$\frac{\text{製品寿命} \times \text{製品機能}}{\text{ライフサイクルの温暖化ガス排出量}}$	温暖化防止ファクター (エネルギーファクター)	$\frac{\text{評価製品の温暖化防止効率}}{\text{基準製品の温暖化防止効率}}$
資源効率	$\frac{\text{製品寿命} \times \text{製品機能}}{\text{RVC} \times \text{ライフサイクルの(新規に投入される資源+廃棄される資源)}}$ $= \frac{\text{製品寿命} \times \text{製品機能}}{\text{RVC} \times \text{ライフサイクルの(資源投入量-3R資源量)-3R可能資源量}}$ $= \frac{\text{製品寿命} \times \text{製品機能}}{\text{RVC} \times \text{ライフサイクルの(2} \times \text{資源投入量-3R資源量-3R可能資源量)}}$ <small>RVC: 資源価値係数(Resource Value Coefficient)</small>	資源ファクター	$\frac{\text{評価製品の資源効率}}{\text{基準製品の資源効率}}$
特定化学物質の使用廃止	鉛、カドミウム、水銀、六価クロム、 臭素系・塩素系難燃剤、塩化ビニル樹脂	特定化学物質の使用廃止	使用廃止を目標とする (リスク評価手法を開発中)

4) 用語の定義

製品機能

製品機能は製品特性に応じて定義するが、ユーザーが理解し易いように、また設計・開発者、経営者がベンチマークとして利用出来るように、製品カタログの記載項目や測定法が基準化されている項目で評価する。それ以外に必要な項目がある場合は、今後提案していきたい。

製品寿命

基本的には、設計段階で予測・測定される「設計寿命」とする。しかし、保証寿命より実際に使用される期間が短いもしくは長い製品もあり、製品によっては使用実態に合わせた「実態寿命」による評価も考慮する必要があると考えている。

なお、設計段階での取り組み成果を評価に反映するため、メンテナンスやアップグレードの容易な設計による長期使用化への取り組みも評価に反映する。

3R 資源

一度以上使われた材料・部品を再加工して得られた資源（再生材料、再使用部品など）のことである。設計段階で努力して取り組んだ成果を評価に反映することを目的とし、再生、再使用を指定もしくは確認した材料、部品であり、含有分のみの質量とする。金属に関しては、実態把握が難しい場合、下記の文献値を使用している。

- ・鉄 : 35% (社)産業環境管理協会 1995
- ・銅 : 12% 資源環境技術総合研究所 1998
(現 独立行政法人 産業技術総合研究所)
- ・アルミニウム : 18% (社)日本機械工業連合会 1995 3R

可能資源

当該製品及びそのライフサイクルで投入される資源が使用済みになった時にリユース・リサイクルなどが、将来可能な資源のことである。リユース・リサイクルなどの可能性については、製品毎にリユース・リサイクルなどの技術実態を把握し、リユース・リサイクルなどのフロー（分解性、分別性、材料統一性を考慮）を想定、実際にリユース・リサイクルなどが実施されているか、少なくとも技術と用途に裏打ちされていることから判断する。その際には、経済性も考慮されなければならない。

この目的は2つあり、1つ目は設計者がリユース・リサイクルなどの実情を把握し設計にフィードバックすること、2つ目はリユース・リサイクル性の向上には、設計段階での取り組みに加えリユース・リサイクルなどの技術開発にも取り組むべきであり、その取り組み成果を評価に反映することである。

資源価値係数 (RVC: Resource Value Coefficient)

資源枯渇性、エコロジカル・リユース・リサイクルなどを考慮した重み係数である。当面は「1」とし、データベースの開発、収集の進捗により逐次更新する。

5) 特長

(a) ライフサイクル思考

特定のライフサイクル段階のみに焦点を合わせた場合、環境影響を別の段階へシフトさせて算出の対象外とし、環境負荷の付替になる可能性があるため、ライフサイクル思考をGP指標の基本の考え方とする。現在、LCAを適用したファクター算出事例はほとんどみられない。

(b) 資源の循環利用と長期使用性を評価 (3R: リデュース、リユース・リサイクル)

リデュースの取り組みは資源投入量と製品寿命で、リユース・リサイクルの取り組みは3R資源、3R可能資源で評価できる。GP指標はマクロな指標ではあるものの3Rの対策全体を統合する指標である。このように循環を前提とし、資源の循環利用を統合化した評価事例はほとんどない。本指標は「新規投入資源」と

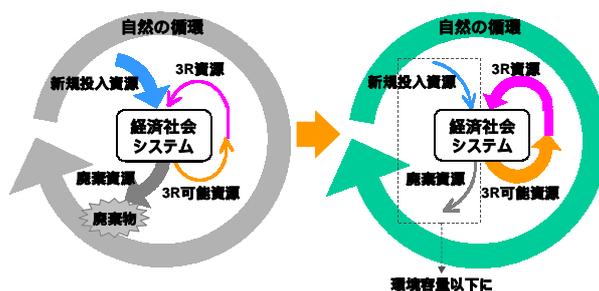


図 2.2.1.2.1 資源効率の考え方

「廃棄資源」の削減、つまり資源の循環利用を意味し、「資源循環指標」と言い換えられる。資源循環型社会の構築に向けて、技術及び社会システムの変革を促すことに適した指標であると考えられる。ただし、循環に必要なエネルギーは温暖化防止効率で、資源の質の問題は化学物質で評価する必要がある。

(c) 技術進歩を評価

社会問題から環境問題だけを切り離しても解決できないのと同様に、製品から環境要素だけを切り離して評価しても社会のニーズに応じることができない。「製品及びサービスのパフォーマンス」を評価することで、製品に全体としての技術進歩を多角的に評価できる。

(d) 多種多様な電気・電子製品に適用可能

各ライフサイクル段階を比較した際、使用段階の環境影響が最も大きい製品もあれば、生産段階や調達部材の製造段階の環境影響が大きい製品もある。このように、製品の特性に応じて環境影響の大きな項目から優先順位をつけて取り組む必要があり、ライフサイクル全体での評価は、その優先順位をつけた取り組みを評価に反映できる。本指標は、当社で扱う家電製品から部品、産業用機器という幅広い電気・電子製品にまで適用できる。

(e) 分かり易さ

環境影響低減努力の成果が正しく製品価格に反映されたら、GPは消費者に全体的な低

コストを提供することができ、GP の選択につながる。しかしこれが当てはまらない現在の経済社会システムにおいては、製品の環境特性の「分かり易い」情報により消費者は GP を選択できるようになる。ここで「分かり易い」といった場合、現在の経済社会システムにおいて消費者が直接的なメリットを実感できる環境特性情報、例えば使用時の消費電力など使用段階における情報を公開するべきだとの考え方もある。消費者にとってもメリットがある使用段階の製品環境情報により需要につながれば、GP に対する需要は、事業者が GP を開発する原動力になるので、使用段階の環境影響が最も大きい製品においては取り組みが促進されるからである。一方、それ以外の例えば生産段階などの環境影響が大きい製品での取り組みは進みにくくなる上、環境影響を別の段階へシフトさせることにつながる可能性もある。したがって消費者がライフサイクル全体を視野に入れて製品を選択するが望まれる。消費者がライフサイクルで配慮することによりライフサイクル全体での負荷低減に向けた取り組みが促進され、事業者と消費者が共同で持続可能な社会の構築に参画できる。つまりここでいう「分かり易さ」とは、「分かり易い簡単な表現方法」例えば単純な数値などであることを意味する。ファクターXの数値による表現は単純で分かり易い。

(3) ファクターの活用

「GP 指標 2001」を GP の認定基準として用い、社内では、業績評価への反映による GP の開発加速へ、社外では環境ラベルタイプ として GP の普及促進に結び付けている。

図 2.2.1.2.2 の三角形は、当社が製造・販売する全ての製品を示す。「必須基準」は、この全製品に対して義務付けられており、「必要条件」は「GP」「スーパーGP」に判定されるための条件である。「GP」は、環境効率の向上を図った「環境効率向上型」と環境問題を解決する目的をもって開発された「環境問題解決型」に分類される。その「環境効率向上型 GP」の認定基準として「GP 指標 2001」を用い、表 2.2.1.2.2 に示す当社の具体的行動計画である「グリーンプラン 2010」にて設定された目標を達成した製品が、GP として認定される。さらに「GP」の上位概念として「持続可能性追求型」として「スーパーGP」を定めた[7]。

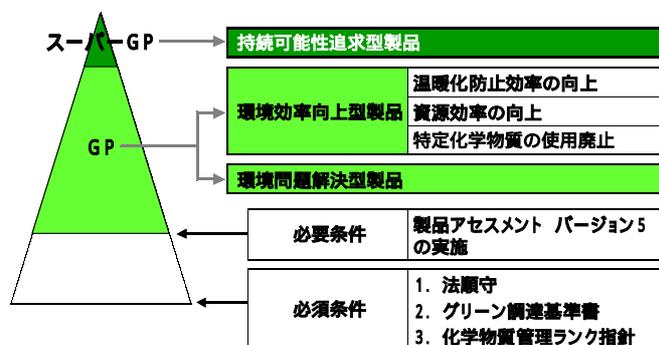


表 2.2.1.2.2 グリーンプラン 2010(抜粋)

	2000	2005	2010
温暖化防止ファクター (エネルギーファクター)	1	1.3	1.5
資源ファクター	1	1.5	1.7
特定化学物質の使用廃止	2005年度使用廃止		-
GP開発率	-	70 %	90 %

図 2.2.1.2.2 スーパーGP と GP の定義

1) 社内における活用 - GP の開発加速 -

「GP 開発率」の目標値を表 2.2.1.2.2 に示す「グリーンプラン 2010」にて設定、その達成に向けてこの内容を業績評価に組み込み、GP の開発を加速させている。図 2.2.1.2.3 に 2002 年度の業績評価の内容を示す。「GP 開発率」は、全開発製品に占める GP の販売金額比率で算出され、目標値への達成度で GP 度を評価する。影響度の大きい主力機器を GP にすることをねらいとして、機種数ではなく販売金額で評価している。なお、「スーパーGP」の場合、2002 年度は 1 機種あれば満点である。

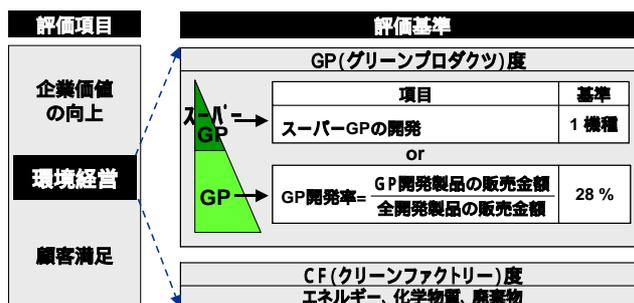


図 2.2.1.2.3 2002 年度業績評価の内容

2) 社外における活用 - GP の普及促進 -

既に、環境報告書、社内外の環境展示会などにおいて公表してきたが、今後は、環境ラベルタイプ を用い、更なる GP の普及促進に努める。



図 2.2.1.2.4 環境ラベル

(4) ファクターの算出

表 2.2.1.2.3 にファクターの算出事例を示す。

表 2.2.1.2.3 ファクター算出事例

製品	評価製品/基準製品	製品機能	ファクター	
			温暖化防止	資源
テレビ	2001/1993	同等機能	2.1	1.9
	2002/1993	同等機能	2.2	2.1
洗濯機	2001/1991	洗濯容量	2.3	1.5
エアコン	2002/1990	暖房能力	3.1	1.6
冷蔵庫	2002/1992	同等機能	5.9	1.1
食器洗い乾燥器	2002/1995	食器容量	1.6	1.2
電子レンジ	2002/1992	出力	2.8	1.8
IHクッキングヒーター	2002/1995	出力	1.3	1.3
ジャーポット	2002/1998	同等機能	1.6	0.9
携帯電話	2002/1998	同等機能	3.9	2.1
ランプ	電球型蛍光灯/白熱電球	同等機能	4.1	2.2

1) ファクター算出方法

表 2.2.1.2.3 の中から、テレビと洗濯機を用いて算出方法を説明する。表 2.2.1.2.4 にテレビ、表 2.2.1.2.5 に洗濯機の製品仕様の概要、ファクター算出結果、技術的ポイントなどを示す。

表 2.2.1.2.4 ファクター算出方法 <テレビ>
製品仕様の概要 <テレビ>

	評価機種	基準機種
製品	36型BSデジタルハイビジョンテレビ	36型ハイビジョンテレビ
製造年	2000年	1993年
品番	TH-36D10	TH-36HV10
製品質量	78.7 kg	91.0 kg
動作時の消費電力	228 W	410 W
年間消費電力	260kWh/年	630kWh/年
待機電力	0.2 W	5 W
使用年数	8 年	
動作時間	4.5 時間/日	
待機時間	19.5 時間/日	

温暖化防止ファクター算出結果<テレビ>

	2000年度製品 TH-36D10		1993年度製品 TH-36HV10	
	温暖化ガス排出量	単位	温暖化ガス排出量	単位
素材製造	25.76	kg/unit	50.55	kg/unit
電子部品製造	499.02	kg/unit	738.14	kg/unit
包装材製造時	6.09	kg/unit	6.99	kg/unit
生産	14.74	kg/unit	14.74	kg/unit
輸送	12.11	kg/unit	14.13	kg/unit
動作時電力	883.10	kg/unit	2030.06	kg/unit
待機時電力	4.86	kg/unit	121.54	kg/unit
消耗材	0.00	kg/unit	0.00	kg/unit
リサイクル・廃棄	0.91	kg/unit	0.94	kg/unit
ライフサイクル全体での温暖化ガス排出量	1446.58	kg/unit	2977.09	kg/unit
製品寿命	8		8	
製品機能	1		1	
温暖化防止(エネルギー)効率	0.00553		0.00269	
温暖化防止ファクター	2.06			

資源ファクター算出結果<テレビ>

	2000年度製品 TH-36D10				1993年度製品 TH-36HV10			
	投入資源	3R資源	3R可能資源	単位	投入資源	3R資源	3R可能資源	単位
製品本体	78.70	3.26	63.88	kg	91.00	4.80	0.00	kg
付属品	0.26	0.00	0.00	kg	0.23	0.00	0.00	kg
製品包装材	8.11	5.67	7.85	kg	8.61	5.68	8.20	kg
取扱説明書	0.51	0.16	0.51	kg	0.08	0.00	0.08	kg
副資材など				kg				kg
使用時	0.20	0.00	0.00	kg	0.19	0.00	0.00	kg
リサイクル・廃棄時				kg				kg
合計	87.77	9.10	72.24	kg	100.10	10.48	8.28	kg
ライフサイクルでの新規投入資源+廃棄資源	94.22				181.45			
製品寿命	8				8			
製品機能	1				1			
資源効率	0.0849				0.0441			
資源ファクター	1.93							

資源ファクター算出データ<テレビ>

	2000年度製品					1993年度製品				
	TH - 36D10					TH - 36HV10				
	投入資源 (kg)	3R資源 率	(kg)	3R可能資源 率	(kg)	投入資源 (kg)	3R資源 率	(kg)	3R可能資源 率	(kg)
製品本体	78.70		3.26		63.88	91.00		4.80		0.00
管体	7.56		0.00		0.00	11.50		0.00		0.00
キャビネット(PS)	3.65	0%	0.00	0%	0.00	5.75	0%	0.00	0%	0.00
バックカバー(PS)	3.62	0%	0.00	0%	0.00	4.80	0%	0.00	0%	0.00
小物部品	0.29	0%	0.00	0%	0.00	0.95	0%	0.00	0%	0.00
CRT	63.07		2.39		61.17	59.20		2.29		0.00
ガラス	52.91	0%	0.00	100%	52.91	49.10	0%	0.00	0%	0.00
鉄	6.06	35%	2.12	100%	6.06	6.04	35%	2.11	0%	0.00
銅	2.20	12%	0.26	100%	2.20	1.50	12%	0.18	0%	0.00
その他	1.90	0%	0.00	0%	0.00	2.56	0%	0.00	0%	0.00
シャーシ	6.45		0.62		1.98	17.10		2.25		0.00
鉄	1.57	35%	0.55	100%	1.57	5.70	35%	2.00	0%	0.00
アルミニウム	0.41	18%	0.07	100%	0.41	1.37	18%	0.25	0%	0.00
銅	-	-	-	-	-	0.05	12%	0.01	0%	0.00
その他	4.47	0%	0.00	0%	0.00	10.03	0%	0.00	0%	0.00
スピーカ	1.62		0.26		0.73	3.20		0.26		0.00
鉄	0.73	35%	0.26	100%	0.73	0.73	35%	0.26	0%	0.00
その他	0.89	0%	0.00	0%	0.00	2.47	0%	0.00	0%	0.00
付属品	0.26		0.00		0.00	0.23		0.00		0.00
リモコン	0.12	0%	0.00	0%	0.00	0.18	0%	0.00	0%	0.00
電池	0.02	0%	0.00	0%	0.00	0.04	0%	0.00	0%	0.00
その他	0.12	0%	0.00	0%	0.00	0.02	0%	0.00	0%	0.00
包装	8.11		5.67		7.85	8.61		5.68		8.20
段ボール	7.09	80%	5.67	100%	7.09	7.10	80%	5.68	100%	7.10
緩衝材	0.76	0%	0.00	100%	0.76	1.10	0%	0.00	100%	1.10
その他	0.27	0%	0.00	0%	0.00	0.41	0%	0.00	0%	0.00
保証書	0.00	0%	0.00	100%	0.00	0.00	0%	0.00	100%	0.00
取扱説明書	0.51		0.16		0.51	0.08		0.00		0.08
取扱説明書	0.32	50%	0.16	100%	0.32	0.08	0%	0.00	100%	0.08
その他	0.19	0%	0.00	100%	0.19	0.00	0%	0.00	100%	0.00
使用時	0.20		0.00		0.00	0.19		0.00		0.00
電池	0.20	0%	0.00	0%	0.00	0.19	0%	0.00	0%	0.00

技術的ポイント<テレビ>

温暖化防止ファクター	資源ファクター
<p>動作時消費電力の削減(410W 228W)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「偏向高圧回路」「電源トランス」の高効率化 <p>待機時消費電力の削減(5W 0.2W)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「待機時専用マイコン」の開発 	<p>製品の小型化(91kg 79kg)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・偏肉構造設計による「管体ユニット」の減量化 ・回路の高集積化、部品の小型化による「シャーシユニット」の減量化 <p>3R可能資源の増加(8kg 72kg)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「CRT」のリサイクル技術の開発(1997年) ・「回路実装基板」のリサイクル技術の開発(2000年)

表 2.2.1.2.5 ファクター算出方法 <洗濯機>

製品仕様の概要 <洗濯機>

	評価機種	基準機種
製品	全自動洗濯機「遠心力洗濯機」	全自動洗濯機
製造年	2001年	1991年
品番	NA - F80SP1	NA - F60A1
洗濯容量	8 kg	6 kg
洗濯条件	バスポンプ使用 標準おまかせ(かくはん/一般洗剤)	バスポンプ無し 標準おまかせ(かくはん/一般洗剤)
製品質量	40.8 kg	41.4 kg
動作時の消費電力量	57.9 Wh(内バスポンプ 7.9 Wh)	131 Wh
待機電力量	0 Wh	1.1 Wh
使用年数	10年(365日/年、1回/日)	
動作時間	39分/日	49分/日
待機時間	23時間 21分/日	23時間 11分/日
標準水量	58 リットル/回	63 リットル/回
使用水道水量	81 リットル/回	192 リットル/回
洗剤	39 g/回	42 g/回

温暖化防止ファクター算出結果 <洗濯機>

	2001年度製品 NA - F80SP1		1991年度製品 NA - F60A1	
	温暖化ガス排出量	単位	温暖化ガス排出量	単位
素材製造	81.1	kg/unit	62.70	kg/unit
電子部品製造	33.37	kg/unit	6.62	kg/unit
包装材料製造	2.71	kg/unit	3.23	kg/unit
生産工程	10.14	kg/unit	9.39	kg/unit
輸送	5.58	kg/unit	5.89	kg/unit
使用時電力	90.22	kg/unit	204.00	kg/unit
待機時電力	0.00	kg/unit	39.70	kg/unit
消耗剤1:洗剤	79.60	kg/unit	86.50	kg/unit
消耗剤2:水	125.99	kg/unit	299.00	kg/unit
リサイクル・廃棄	-11.98	kg/unit	0.00	kg/unit
ライフサイクル全体での温暖化ガス排出量	416.68	kg/unit	717.03	kg/unit
製品寿命	10		10	
製品機能	8		6	
温暖化防止効率(エネルギー効率)	0.1920		0.0837	
温暖化防止ファクター	2.29			

資源ファクター算出結果 <洗濯機>

	2001年度製品 NA - F80SP1				1991年度製品 NA - F60A1			
	投入資源	3R資源	3R可能資源	単位	投入資源	3R資源	3R可能資源	単位
製品本体	40.80	7.68	35.11	kg	41.40	6.65	19.62	kg
付属品	0.00	0.00	0.00	kg	0.00	0.00	0.00	kg
製品包装材料	4.10	3.30	3.99	kg	4.00	1.68	3.36	kg
取扱説明書	0.15	0.08	0.15	kg	0.15	0.00	0.15	kg
副資材など				kg				kg
使用時	295791.13	295650.00	295650.00	kg	700953.30	700800.00	700800.00	kg
リサイクル・廃棄時				kg				kg
合計	295836.18	295661.06	295689.26	kg	700998.84	700808.33	700823.12	kg
ライフサイクルでの 新規投入資源+廃棄資源	322.05				366.23			
製品寿命	10				10			
製品機能	8				6			
資源効率	0.2484				0.1638			
資源ファクター	1.52							

資源ファクター算出データ<洗濯機>

	2001年度製品					1991年度製品				
	NA - F80SP1					NA - F60A1				
	投入資源 (kg)	3R資源 率	(kg)	3R可能資源 率	(kg)	投入資源 (kg)	3R資源 率	(kg)	3R可能資源 率	(kg)
製品本体	37.94		7.68		35.11	39.78		6.65		19.62
塗装鋼	7.02	35%	2.46	100%	7.02	9.49	35%	3.32	100%	9.49
メッキ鋼板	8.97	35%	3.14	100%	8.97	9.08	35%	3.18	100%	9.08
SUS	2.15	35%	0.75	100%	2.15	0.00	35%	0.00	100%	0.00
鋼	0.92	12%	0.11	100%	0.92	0.60	12%	0.07	100%	0.60
ポリプロピレン(PP)	13.21	-	1.00	100%	13.21	12.13	0%	0.00	0%	0.00
ポリエチレン(PE)	0.19	0%	0.00	100%	0.19					
ABS	0.72	0%	0.00	0%	0.00					
UP	0.86	0%	0.00	0%	0.00					
ポリ塩化ビニル(PVC)	0.83	0%	0.00	0%	0.00					
ポリスチレン(PS)						1.50	0%	0.00		0.00
その他樹脂						0.51	0%	0.00		0.00
コンクリート						3.60	0%	0.00		0.00
バランサー塩水	1.42	0%	0.00	100%	1.42	2.02	0%	0.00		0.00
Dシャフトフランジ(ADC)	1.24	18%	0.22	100%	1.24					
アルミニウム						0.45	18%	0.08	100%	0.45
回路基板	0.42	0%	0.00	0%	0.00	0.40	0%	0.00	0%	0.00
包装	3.99		3.30		3.99	4.00		1.68		3.36
段ボール	3.73	85%	3.17	100%	3.73	3.36	50%	1.68	100%	3.36
発泡スチロール(EPS)	0.27	50%	0.13	100%	0.27	0.56	0%	0.00		0.00
その他						0.08	0%	0.00	0%	0.00
取扱説明書	0.15		0.08		0.15	0.15		0.00		0.15
取扱説明書	0.15	50%	0.08	100%	0.15	0.15	0%	0.00	100%	0.15
使用時	295791		295650		295650	700953		700800		700800
洗剤	141.13	0%	0.00	0%	0.00	153.30	0%	0.00	0%	0.00
水	295650	100%	295650	100%	295650	700800	100%	700800	100%	700800

技術的ポイント<洗濯機>

温暖化防止ファクター	資源ファクター
動作時消費電力の削減(22W 7W/布1kg) 待機時消費電力のゼロ化(1998年~) 使用水道水量の削減(32l 10リットル/布1kg)	3R資源の増加(ダイワクの50%) ・ダイワクに下記ポリプロピレン樹脂(PP)を使用 3R可能資源の増加(23kg 39kg) ・METECにてPPのリサイクルを実施(2001年) このPPは2001年度製品から再び洗濯機に使用

温暖化防止ファクターの算出

温暖化ガス排出量は、素材製造から製品廃棄に至るライフサイクルを対象として、JEMAI - LCA ソフトウェア[11]のLCA 原単位データを主に用い、電子部品製造に関しては当社にて開発した原単位データを用いて、「松下製品アセスメント支援システム[10]」により算出した。「生産」と「リサイクル」段階での使用エネルギーは、工場におけるエネルギーの総使用量を台数で割ることにより簡易的に算出した。

資源ファクターの算出

調達・生産、使用時に使われる消耗材の資源の和で評価し、リサイクル・廃棄は省略した。調達・生産段階は、製品本体、付属品、包装、取扱説明書の基本構成材料で算出し、組立産業では、現状環境影響の小さい購入部品の包装材、副資材、材料歩留まりロス、工程歩留まりロスは含んでいない。使用段階は、テレビの場合はリモコンに使用する

る電池、洗濯機の場合は水、洗剤で算出した。電気はエネルギー資源として温暖化防止指標で評価するため、資源利用の評価では対象から除いた。

テレビ及び洗濯機は、日本において2001年に施行された特定家庭用機器再商品化法の対象製品であり、ここ数年間で、リサイクル技術が飛躍的に進歩している。よって、現在の「3R 可能資源」を評価製品と基準製品の両製品に適用するのではなく、評価対象製品の設計時点で実際にリユース・リサイクルが実施されていたか、少なくとも技術と用途の裏打ちがあった資源をカウントした。2001年度製品については、当社のリサイクルプラントである松下エコテクノロジーセンター（以下、METEC）での技術レベルを参考に判断した。なお、製品の回収率、工程歩留まりは考慮していない。経済性としてはリサイクル事業という視点から考えた。

テレビにおいて2000年度製品の3R可能資源であるCRTのガラスと金属類は1997年度のリサイクル実証研究で、シャーシの金属は2000年度のパーツセパレータの開発により技術が確立された。

洗濯機において2001年度製品の3R可能資源であるポリプロピレン樹脂（PP）は、2001年度よりMETECで、実際に使用済み洗濯機からリサイクルされている。このPPは、2000年度より再び洗濯機に使用されており、2001年度製品以降は3R資源である。これは、METECのコンセプトである「製品から製品へ」に基づいて開発された。

本稿における評価では、「生産」と「リサイクル」段階での使用エネルギーの簡易算出や副資材、材料歩留まりロス、工程歩留まりロスなどの組立産業では、現状環境影響の小さい要素を簡略化して評価したが、順次、ステージの拡大と精度の向上を図っていく。

複合機能製品における製品機能の算出

表 2.2.1.2.3 の中から、IH（Induction Heating：電磁誘導加熱）クッキングヒーターを用いて、機能が複合された製品での製品機能の算出方法を説明する。

- a. 製品機能の項目を決定
- b. 顧客満足度で係数を算出（例：使用頻度、平均単価など）
- c. 性能（機能の能力）を絶対値で算出
- d. 基準製品の性能を基準に無次元化する（単位を揃える）
- e. 係数を掛けて加算

表 2.2.1.2.6 製品機能の算出事例 <IH クッキングヒーター>

機能の項目	係数	2002年度製品				1995年度製品			
		機能の有無	性能	無次元化	係数加味	機能の有無	性能	無次元化	係数加味
右IH	1825	1	2000	1.00	1825	1	2000	1.00	1825
左IH	1825	1	3000	1.50	2738	1	2000	1.00	1825
ラジエント	209	1	0.36	1.00	209	1	0.36	1.00	209
ロースター	150	1	0.20	1.00	150	1	0.20	1.00	150
製品機能					4922				4009

係数の考え方

	使用回数	係数
右IH = 5回 / 日 × 365日 × 10年	18,250	1825
左IH = 5回 / 日 × 365日 × 10年	18,250	1825
ラジエント = 209回 / 年 × 10年	2,090	209
ロースター = 150回 / 年 × 10年	1,500	150

本算出方法を用いると、新規に機能が追加された場合においても算出可能である。しかし、基準製品に該当機能が無い場合、新製品の性能は常に「1」となる。このため、その機能を持つ別の基準製品を設定するなどの更に算出方法の検証が必要である。

(5) 今後の取り組み

- ・ ファクターX の数値による表現は単純で分かり易いが、現在、一般にあまり知られていない。ファクターX の表現が広く使われるようになるために、関係者への会話の積み重ねによる共通理解の構築、普及啓発活動に努めたい。
- ・ 現状、GP 開発時には、「地球温暖化防止(省エネルギー)」「資源の有効活用」「無害物質の使用」の3つの観点を全て同等に考慮して開発を行うこととしているが、トレードオフの関係になる項目もあり、統合化が必要である。また、結果をよりわかり易く示すためには、統合化されたシンプルな表示が好ましい。科学的な根拠に基づき、分母の環境負荷が統合化されることが最も望ましいが、科学はまだ明確な解答を提供しないため、統合化は困難である。一方、環境問題には予防の原則が鉄則であり、科学的に判明してからでは手遅れになることが懸念される。2003年3月を目処に日本の国家プロジェクトである LCA プロジェクトよりインパクト分析の研究結果報告があるので、その報告を待ち再検討する。
- ・ 「資源効率」においては、引き続き、資源価値係数の開発と、リデュース、リユース、リサイクルなどの優先順位や回数の優位性を評価に反映する方法の研究を進める。
- ・ 本稿で、複合機能製品における製品機能の算出方法の枠組みを紹介したが、項目の選定方法、係数の考え方など議論と検証が必要である。項目の選定に当たっては、「その機能は本当に必要なのか」「真の豊かさを実現できる機能なのか」「持続可能な生活、世界中の人々が共有できる新しい豊かさを実現できる機能なのか」という議論を積み重ねなくてはならない。機能の算出方法も社会と共有できなければならず、企業内の

みならず、関係者との対話、社会全体での議論が必要である。本提案をきっかけに、「製品機能」に関する議論が活発化し、世界中の人々が共有できる新しい豊かさを追求した、従来の延長線上にはない新しい技術開発、製品開発につながれば幸いである。それは、企業内部においては、商品力強化に結びつくと考える。

- ・ ライフサイクル思考は重要であるが、現在の企業活動の中で、ライフサイクル思考でデータベースを整え評価を実施するのは、決して容易なことではない。しかし、評価指標に基づいたデータベースの収集方法、情報・設計システムの構築、部署間の役割分担や人事評価制度などの組織体制が構築されれば、さほど困難なことではない。持続可能な社会の構築のために、社会が変革を求められるのと同様、持続可能な会社となるため、当社を含め各社でその取り組みが進められている。しかし、企業単独では難しい課題もある。サプライチェーンマネジメントの構築による構成材料、含有される化学物質、LCA 原単位などのデータ公開と収集の仕組みづくりである。現在、欧、米、日の電機・電子業界による国際的な取り組みが進められており今後の活動に期待したい。ただし、過渡期であるだけに、先行する企業にはかなりの負荷がかかる。特に、GP の需要の拡大は企業にとって何よりの原動力であることから、ライフサイクルの視点でのユーザーのグリーン購入に大いに期待したい。
- ・ GP に有利になるよう市場を変える最も強力な手法は、ライフサイクルの真のコストが製品に反映されるようにすることであり、その仕組みの構築も重要である。

参考文献

- [1] エルンスト・U・フォン・ワイツゼッカー、エイモリー・B・ロビンズ、L・ハンター・ロビンズ 佐々木健訳 「ファクター4」 省エネルギーセンター
- [2] F・シュミット＝ブレイク 佐々木健訳 「ファクター10」 シュプリングァー・フェアラク東京
- [3] リビノ・デシモン、フランク・ポポフ、WBCSD 山本良一監訳「エコ・エフィシエーションへの挑戦」 日科技連出版社
- [4] 山本良一 「サステナブル・カンパニー」 ダイアモンド社
- [5] 青江多恵子「Green Products Indicators in Matsushita Electric Group」第5回 国際エコバランス国際学会論文集、2002
- [6] 青江多恵子 「松下電器グループにおけるファクター向上への取り組み」 エコデザイン 2002 ジャパンシンポジウム論文集、2002
- [7] T. Aoe 「Sustainable Products/Services and Green Products/Services Indicators」 Proceedings of the First International Workshop on Life Cycle Approaches to Sustainable Consumption、2003
- [8] T. Aoe 「Introduction and Development of a Factor X Tool」 Proceedings of 2003 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment

- [9] T. Aoe, Y. Matsuoka, N. Shikata, T. Michiyasu and M. Fukuda 「Case Studies for Calculation for Factor X」 Proceedings of 2003 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment
- [10] 青江多恵子 「インターネットを活用した環境配慮設計システムの構築」 エコデザイン 2000 ジャパンシンポジウム論文集、2000
- [11] 社団法人 産業環境管理協会 「JEMAI - LCA ソフトウエア」
- [12] www.matsushita.co.jp/environment/factor_x/ (予定)

2.2.1.3 株式会社リコー 製品に関する環境負荷の改善活動を定量的に評価する手法の開発
環境効率の式に完全に合致するものではないが、環境負荷改善度を LCA をベースとしたポイント換算で定量化することによりにより、製品単位で環境改善に関する取り組みを総合的に判断しようとする評価手法事例である。

(1) 概要

リコーは、環境配慮型製品の開発をより一層推進するため、富士総合研究所と共同で、製品の環境性能を数値化する手法を開発した。省エネルギー、リサイクル、有害物質削減等の環境配慮項目を選定し、その項目ごとに、ライフサイクルアセスメント(LCA)結果に基づき配点を決定する。これにより、再生機と最新省エネルギー機の比較が、可能となった。この手法を社内で活用するとともに、本手法を公開し、グリーン購買に活用していただけるよう提供する。

(2) 目的

エコマーク等のタイプ 環境ラベルは、所定の環境基準を満たした製品を認定し、それらの認定された製品に一律に同一の表示が付されるものである。一方、LCAによって得られた定量的な分析結果を製品に表示する手法(タイプ 環境宣言等)では、一般消費者がその表示から環境影響の度合いを判断することは困難である。本手法は、再使用部品の使用、省エネ化等環境配慮項目ごとにLCAを実施し、環境負荷低減効果に応じて数値化するものである。製品ごとにLCA的な重み付けをして算出した数値を比較することで、容易に製品の環境性能を総合的に判断することが可能となる。

(3) 本手法の複写機への適用

複写機の LCA を実施、結果を統合化

リコーは、Ecoindicator'99, EPS (Environment Priority Strategies for Product Design) 等既存の様々な統合化手法を評価した結果、「EPS が、社会のトレンド及び自社が今まで取り組んできた環境活動の状況を特に満たした」¹として、EPS を今般の環境負荷改善活動の数値化する統合化手法として採用した。統合化指標算定のベースとなる機能単

位は、複写機 1 台が 1 年間に提供するサービスにより設定することとした。

スコアリングを行うための判断基準の設定

複写機の使用年数、再使用率やエコマーク認定基準及び GPN(Green Purchasing Network)ガイドライン等を参考に、製品の環境性能を評価する項目（表 2.2.1.3.1 に示す 14 項目）を設定した。

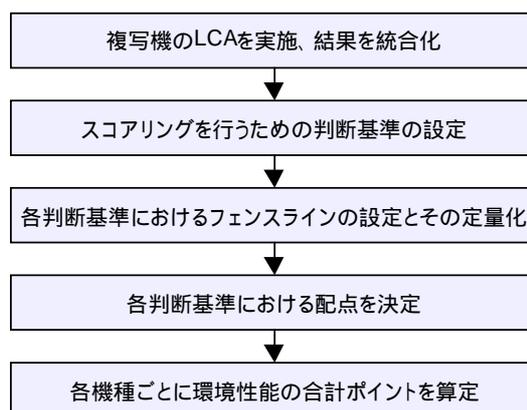


図 2.2.1.3.1 配点算定フロー

各判断基準におけるフェンスラインの設定とその定量化

の各評価基準においてその内容を離散スケールに割り当てるためには何らかの基準でフェンスライン（境界）を設定し、それを複写機のインベントリデータに反映させるための定量化を行う必要がある。フェンスラインは、使用年数、再使用部品使用率、回収システムの有無の他に、原則としてエコマーク認定基準及び GPN ガイドラインで使用されている基準を用いて作成した。そして、各フェンスラインごとに LCA を実施（統合化指標結果を算出）し、ベースとなる機能単位の統合化指標結果からの変化量を求めた。

各評価基準における配点の決定

で算定した各評価基準における統合化指標結果変化量を配点に変換したものが表 2.2.1.3.1 である。

環境性能の合計ポイントの算出

機種ごと配点算定結果

機種名	配点
imaggio Neo 350	25
Spirio 50000 RM	24
Spirio 7010F	18
Spirio 7210F RM	26
FT 4500FK	16
imaggio MF4570	19
imaggio Neo 450	25
imaggio MF5570	19
imaggio MF7070	21
imaggio MF8570	18
imaggio MF105 Pro	18

表 2.2.1.3.1 取り組みの環境影響度による配点(複写機の場合)

		配点			配点
使用期間 (契約期間)	1年使用	140点	集約等紙使用削減 機能の有無	なし あり	0点 2点
	2年使用	53点	回収システム (本体)	全く整備されていない	0点
	3年使用	24点		部分的に導入	2点
	4年使用	9点	全国レベル	4点	
	5年使用	0点	回収システム (サプライ製品)	全く整備されていない	0点
	6年使用	6点		部分的に導入	1点
	7年使用	10点		全国レベル	1点
再使用部品の使用	不使用	0点	省エネ効果	energy 非適合	0点
	使用率 1～5%	1点	energy 適合	3点	
	再使用率10%	2点	省エネ基準目標達成	4点	
	再使用率20%	3点	省エネ基準の1/2レベル	5点	
	再使用率30%	4点	省エネ基準の1/4レベル	6点	
	再使用率40%	6点	有害物質の削減 (はんだの無鉛化)	C	0点
	再使用率50%	8点		B	1点
	再使用率60%	10点		A	2点
	再使用率70%	12点		AA	3点
	再使用率80%	14点	有害物質の削減 (PVCの削減)		0点
	再使用率90%	17点	有害物質の削減 (クロム)	クロム含有銅板	0点
	再使用率100%	19点	クロムフリー 銅板50%使用	1点	
再生プラスチックの 使用	不使用	0点	二次電池含有物質 の有無	使用 不使用	0点 1点
	使用(使用率に関係なく)	1点	包装材に関する 取り組み	通常包装	0点
	サプライ資源の 有効利用	カートリッジ方式		0点	ECO包装	1点
		〃 + 再生カートリッジ使用	1点	ECOラック	1点
		〃 + 再使用部品再使用	2点		
カートリッジ方式ではない	2点				
〃 + トナー容器リサイクル	3点				
両面コピー機能の 有無	なし	0点			
	あり	3点			

図 2.2.1.3.2 にリコーで生産・販売している主な省エネ型最新機と再生機に対して、表 2.2.1.3.1 を用いて算定した配点の比較を示す。

最新の省エネ技術を搭載した機種より、再使用部品率の搭載の多い再生機の方が高配点となることが分かった。

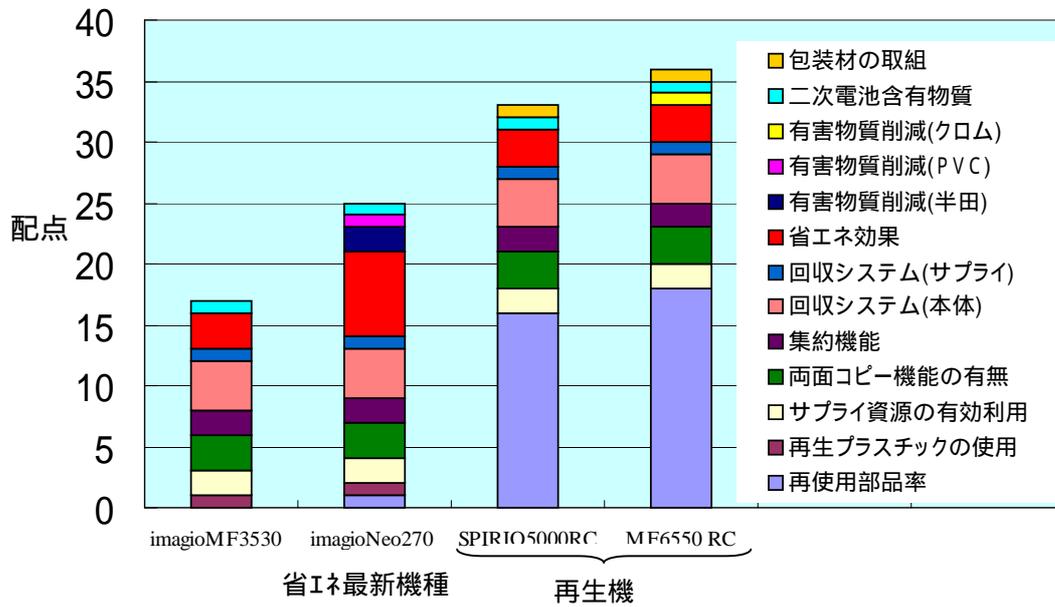


図 2.2.1.3.2 省エネ型最新機と再生機の配点の比較

2.2.2 指標検討事例

環境パフォーマンス評価への関心が高まるにつれ、環境効率及びファクターをその手法に適用しようとする取組が見られるようになってきた。ここでは、2.2.1のように社外への公表を行っていないが、社内管理用もしくは検討準備中の指標事例を具体的製品を用いて紹介する。

2.2.2.1 スキャナー

(1) ファクター算出方法

スキャナーの環境効率ファクターについて調査報告を行う。対象機種として2種類のスキャナーAとBが選ばれた。両機種とも4キロ未満のコンパクトタイプのA4両面原稿対応カラーレススキャナーである。発売はAが1999年春、Bが2002年5月である。分母の環境負荷排出量については、製品のライフサイクルを通じたCO₂排出量を環境負荷として用いる。サービスについては、スキャナーの特徴、及び他の機器との統合性を考え、サービス項目を比較定量化した。

$$\text{環境効率ファクター} = \frac{\text{サービス（新旧製品の比）}}{\text{環境負荷排出量（新旧製品の比）}}$$

(2) ライフサイクルにおけるCO₂排出量(分母)

表 2.2.2.1.1 スキャナーのCO₂排出量

LCAステージ	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /台)		備考
	A(旧)	B(新)	
素材・部品	20.34	23.02	
製造	1.1	1.1	最終組立が対象 工場での製造電力より按分
流通	3.3	7.21	製造拠点からユーザーまでの範囲
使用	41.4	45.2	1日使用2時間、待機6時間、年間240日、5年間使用
回収・廃棄			今回の調査外
合計	66.14	76.53	

環境負荷の新旧比 = 1.16

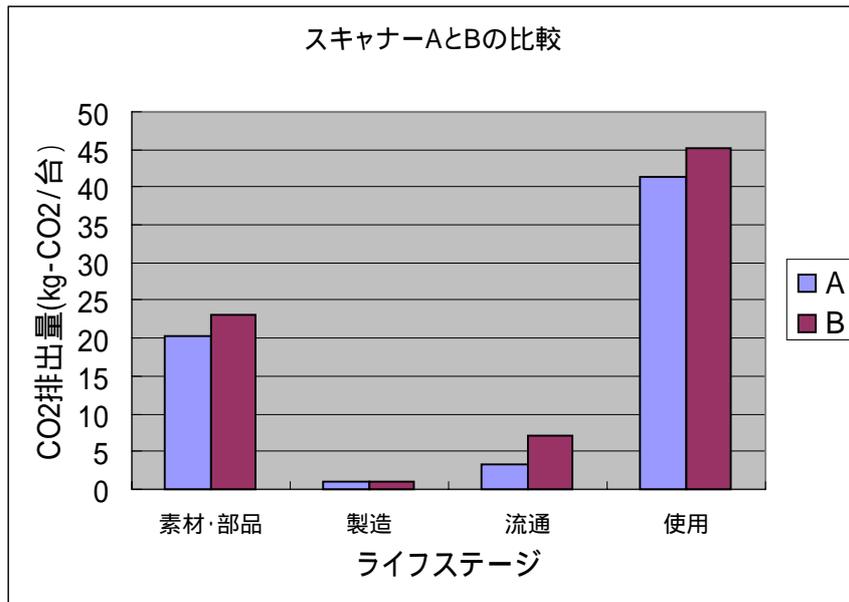


図 2.2.2.1.1 スキャナーの CO₂ 排出量

(3) サービスの定量化(分子)

計算方法と結果：

スキャナーにおけるサービスの新旧比を求める。大項目として、“光学性能”・“媒体処理性能”・“データ処理性能”に分類し、各大項目に対し幾つかの小項目を用いて評価する。大項目、及び小項目同士をまとめる時は2乗和平均を用いる。

$$2 \text{ 乗和平均} = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n S_i^2}$$

表 2.2.2.1.2 スキャナーのサービス新旧比

機能・性能 (大項目)	(小項目)	機能・性能の新旧比	
		S=(b)/(a)	{1/n · S ² } ^{0.5}
光学性能	評価項目1	2.000	3.808
	評価項目2	5.000	
媒体処理性能	評価項目1	1	1.240
	評価項目2	1.440	
データ処理性能	評価項目1	1.500	1.500

} 2.469

(4) ファクター値の算出

これまでの結果から、スキャナーにおける環境効率ファクターを算出する。

$$\begin{aligned}
 \text{環境効率ファクター} &= \frac{\text{サービスの新旧製品の比}}{\text{環境負荷排出量の新旧製品の比}} \\
 &= 2.47/1.16 \\
 &= 2.13
 \end{aligned}$$

2.2.2.2 携帯電話

(1) ファクター算出方法

携帯電話の環境効率ファクターについて調査報告を行う。対象機種として2種類の携帯電話 A と B が選ばれた。両機種ともストレートタイプで内蔵カメラはない。発売日は A が 2001 年 2 月、B が 2002 年 10 月である。分母の環境負荷排出量については、製品のライフサイクルを通じた CO₂ 排出量を環境負荷として用いる。サービスについては、携帯電話の特徴、及び他の機器との統合性を考え、サービス項目を比較定量化した。

$$\text{環境効率ファクター} = \frac{\text{サービス（新旧製品の比）}}{\text{環境負荷排出量（新旧製品の比）}}$$

(2) ライフサイクルにおける CO₂ 排出量(分母)

表 2.2.2.2.1 携帯電話の CO₂ 排出量

LCA ステージ	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /台)		備考
	A(旧)	B(新)	
素材・部品	26.66	32.52	
製造	0.50	0.50	プリント板実装と最終組立が対象 工場での製造電力より按分
流通	0.10	0.10	製造拠点からユーザーまでの範囲
使用	0.42	0.42	一日充電 30 分、2 年間使用
回収・廃棄			今回の調査外
合計	27.68	33.54	

環境負荷の新旧比 = 1.21

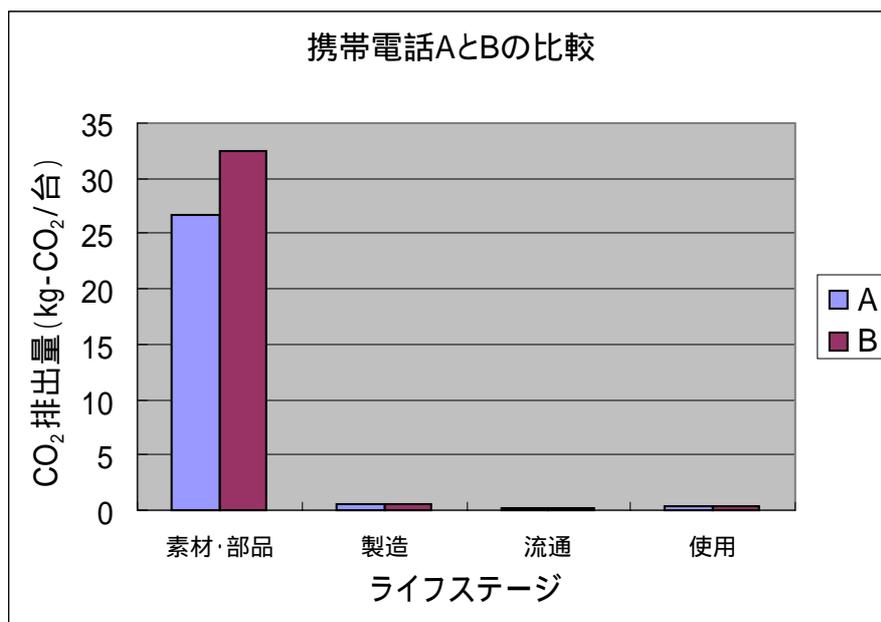


図 2.2.2.2.1 携帯電話の CO₂ 排出量

(3) サービスの定量化(分子)

計算方法と結果：

ハードウェア仕様によるサービスの新旧比を求める。大項目として、“演算速度”・“メモリー”・“LCD”・“バッテリー”に分類し、各大項目に対し幾つかの小項目を用いて評価する。大項目、及び小項目同士をまとめる時は2乗和平均を用いる。

$$2 \text{ 乗和平均} = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n S_i^2}$$

表 2.2.2.2.2 ハードウェア仕様

機能・性能 (大項目)	(小項目)	機能・性能の新旧比	
		S=(b)/(a)	=(1/n · S^2)^0.5
演算速度	評価項目1	1.667	} 2.635
	評価項目2	3.333	
メモリ	評価項目1	1.611	} 2.762
LCD	評価項目1	6.202	
	評価項目2	1.125	
バッテリー	評価項目1	1.097	
	評価項目2	1.000	

(4) ファクター値の算出

これまでの結果から、ハードウェア仕様を用いた携帯電話における環境効率ファクターを算出する。

$$\begin{aligned} \text{環境効率ファクター} &= \frac{\text{サービス（新旧製品の比）}}{\text{環境負荷排出量（新旧製品の比）}} \\ &= 2.76/1.21 \\ &= 2.28 \end{aligned}$$

その他検討したサービス定量化に関する案について以下に示す。

表 2.2.2.2.3 採用案と4つの代案の大項目

	名称	大項目
採用案	ハードウェア仕様	演算速度、メモリー、LCD、バッテリー
案1	電話機能	表示、入力、電源、保存、持ち運び
案2	利用形態	電話、メール、持ち運び
案3	CPU・メモリー	演算速度、メモリー
案4	点数表	15項目を半定量的に判定

表 2.2.2.2.4 採用案と 4 つの代案のファクター値

		環境効率ファクター値			
		単純平均	積	和	2乗和平均
代案1	電話機能による分類	1.25	4.19	2.94	1.52
代案2	利用形態による分類	1.36	2.69	2.41	1.50
代案3	CPU・メモリー	1.36	2.22	1.88	1.36
代案4	点数表	1.19			
採用案	ハードウェア仕様による分類	2.02	16.41	5.58	2.28

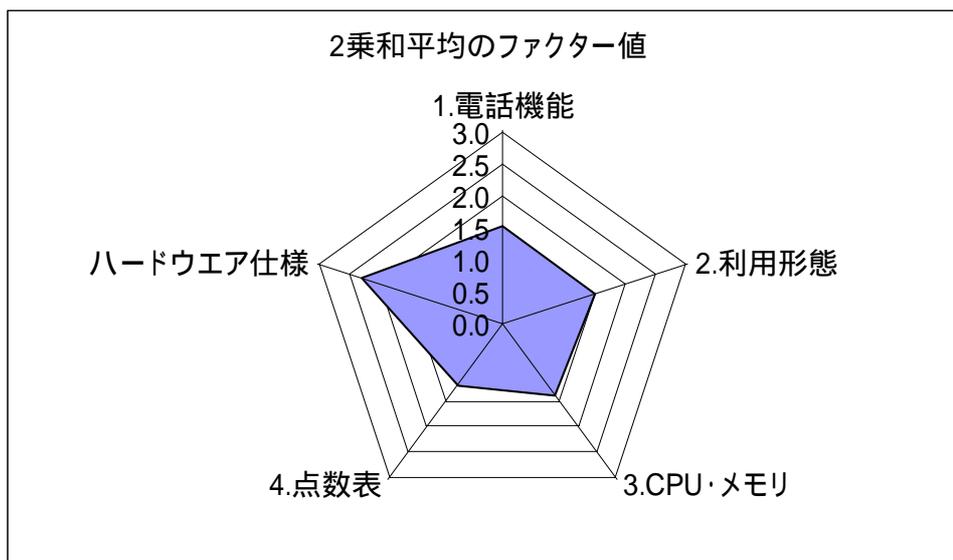


図 2.2.2.2.2 採用案と 4 つの代案のファクター値 (2 乗和平均を用いた場合)

2.2.2.3 セメント

(1) ファクターを適用した対象製品

セメント及びセメント産業のリサイクル事業に関するファクターについて調査報告を行う。対象は、国内 A 社のセメント（各種セメントの平均）とした。

(2) ファクター算出方法

昨年、国内のセメント生産活動における過去 50 年と比較した環境効率指標（資源生産性）及びファクターを天然エネルギー資源に注目して評価を行った。本年は、これに加えて天然鉱物資源、CO₂ 排出量及び近年使用量が飛躍的に増大している廃棄物リサイクル量について検討し、さらに LCA の統合化手法を用いて得られた単一指標から環境効率指標及びファクター算出を試みた。

前述のとおり現在のセメント産業は、これまでのセメント生産事業に加えて廃棄物リサイクル事業を積極的に行っており、静脈産業の核を担うまでに至っている。上記検討においても廃棄物のリサイクルは考慮しているが、セメント生産活動における環境負荷（貢献）の一つとして捉えたものである。そこで、セメント製造時の資源消費や CO₂ の発生を廃棄

物のリサイクルに必要な環境負荷と考え、これを通常の生産活動に対する「環境効率」とは異なる「リサイクル環境効率(以下リサイクル効率)」と定義し上記と合わせてその検討を試みた。

環境効率の分子及び分母

セメント生産事業の環境効率及びファクターを評価する場合は、

分子：セメント生産(1t)、

分母：セメント1t当たりの天然エネルギー資源消費量、天然鉱物資源消費量、CO₂排出量、廃棄物リサイクル量から既に公表されている統合化手法(DtT法)を用いて算出した統合化指数¹⁾を用いた。

この際、天然エネルギー資源消費量は原油換算とした。また、天然鉱物資源消費量はセメント原料である石灰石、粘土、珪石、天然石膏使用量の合計とした。

廃棄物のリサイクルは最終処分場の延命と考え、マイナス負荷とした。なお、スラグ等副産物については工業製品として認知されているが、量を区別するのが困難であったことから全て廃棄物として扱った。

廃棄物のリサイクル事業に注目した評価(リサイクル効率及びファクター)を行う場合は、上記から得られた廃棄物リサイクル量を分子とし、分母については上記と同様とした。ただし、考慮した環境負荷は天然鉱物・エネルギー資源消費量及びCO₂排出量とした。

ファクターの基準

本検討では近年のセメント産業の効果を把握するため、1995年の環境効率を基準とし、2001年のファクターを試算した。

計算式

-1 セメントの環境効率及びファクター

セメント生産活動の環境効率、ファクターは、下式により算出した。

$$\text{セメントの環境効率} = \frac{\text{セメント生産量(1t)}}{\text{統合化指数}}$$

$$\text{統合化指数} = \sum \left(\frac{\text{環境負荷}}{i} \times j \right)$$

$$\text{ファクター} = \frac{\text{対象セメントの環境効率}}{\text{基準セメントの環境効率}}$$

規格値(i)及び重み付け係数(j)は、表2.2.2.3.1の値¹⁾を用いた。

表 2.2.2.3.1 統合化する際に用いた規格値と重付け係数

	規格値(i) ^{*1}	重付け係数(j) ^{*2}
温暖化(t-CO ₂)	1.16 × 10 ⁹	1.15
鉱物資源枯渇(t)	6.45 × 10 ⁷	0.33
エネルギー資源枯渇(t-原油換算)	2.77 × 10 ⁸	2.44
最終処分場枯渇(t-廃棄物)	4.60 × 10 ⁸	-1.94

*1 規格値: 日本国内全体の年間排出量または消費量

*2 重付け係数(DtT法): 目標に対する現在の超過分を比率で表した値。

例えば、温暖化物質削減目標 = -6%(1990年比)

したがって、温暖化の重付け係数 = 現在の排出総量 / (1990年時排出総量 × 0.94)

-2 廃棄物リサイクル活動の環境効率

リサイクル効率，ファクターは下式により求めた。

$$\text{リサイクル効率} = \frac{E_w}{\text{統合化指数}^*}$$

$$\text{ファクター} = \frac{\text{対象セメントのリサイクル効率}}{\text{基準セメントのリサイクル効率}}$$

E_w : セメント 1t 当たりの廃棄物リサイクル量

*: 統合化指数は、天然鉱物・エネルギー資源、CO₂ 排出量から算出

(3) 算出のバウンダリー

セメント製造時に消費する資源・廃棄物、及びその際に発生する CO₂ を計算対象とした。
したがって、使用段階であるコンクリートや構造物の維持補修等は除いた。

(4) 試算結果

セメント生産に観点を置いた環境効率及びファクター

表 2.2.2.3.2 に基準及び評価対象年に製造されたセメント 1t 当たりの CO₂ 排出量，天然鉱物、エネルギー資源消費量、廃棄物リサイクル量を示す。

表 2.2.2.3.2 セメント製造時の資源等消費と CO₂ 排出量

	基準 (1995年)	評価対象 (2001年)
CO ₂ 排出量 (t-CO ₂ /t-cement)	0.743	0.722
天然鉱物資源消費量 (t/t-cement)	1.145	0.973
天然エネルギー資源消費量 (t-原油換算/t-cement)	0.013	0.011
廃棄物リサイクル (t/t-cement)	0.230	0.304

基準セメントの環境効率 = $1/5.87 \times 10^{-9} = 1.70 \times 10^{11}$

評価セメントの環境効率 = $1/4.64 \times 10^{-9} = 2.16 \times 10^{11}$

$$\text{ファクター} = 2.16/1.70 = 1.27$$

リサイクル効率及びファクター

$$\text{基準セメントのリサイクル効率} = 1/2.98 \times 10^{-8} = 3.36 \times 10^7$$

$$\text{評価セメントのリサイクル効率} = 1/1.95 \times 10^{-8} = 5.13 \times 10^7$$

$$\text{ファクター} = 5.13/3.36 = 1.53$$

セメント生産活動を評価した既存のケース では、1995 年と比較して環境効率は 1.3 倍に向上していると試算された。

一方、リサイクル事業に観点を置いた「リサイクル効率」で評価すると、1995 年と比較して 1.5 倍向上しており、廃棄物を効率よくリサイクルしているといえる。

なお、 の考え方は生産される物と量を一致させたシステムで評価することで他のリサイクル技術にも適用することが可能である。例えば、都市ごみ焼却灰の処理・有効活用技術として開発された灰溶融，エコセメント技術を、既往の処理技術である埋立処分と比較すると表 2.2.2.3.3 のようになる。

表 2.2.2.3.3 都市ごみ焼却灰処理システムのリサイクル効率とファクター

	リサイクル効率 (× 10 ⁸)	ファクター
従来システム (評価基準) (埋立処分+天然骨材製造+セメント製造)	1.63	1.0
灰溶融システム*1 (骨材製造+セメント製造)	2.4 ~ 3.13	1.5 ~ 1.9
エコセメントシステム (天然骨材製造+エコセメント製造)	7.71	4.7

*1：溶融方式により環境負荷が異なるため範囲で示した既往の文献記載の値²⁾(CO₂と廃棄物発生量)を用いて試算

本方法で評価すると、エコセメントシステムは従来システムと比較して約 5 倍リサイクル効率 (環境効率) が向上していた。今後統合化の手法や考慮する環境負荷等に検討の余地はあるものの、こうした考え方はリサイクル活動を積極的に行っている他産業においても適用可能であると考えられる。

【参考資料】

- 1) コンクリート技術シリーズ「コンクリートの環境負荷評価」, 44, pp. -21-30 (2002)
- 2) 資源環境対策, 8, pp. 874-880 (2000)

2.2.2.4 塗料

「塗料媒体別比較」

(1) ファクターを適用した対象商品

今回は自動車へ塗装される「溶剤型塗料」「水性塗料」「粉体塗料」を取り上げ、塗料歴史における一般的かつ直感的に「環境負荷を低減してきた」代表的な同機能の製品を比較した。

塗料は「どんな形状でも手軽にかつ廉価に被覆できる」ことで太古から使用されてきた。しかし、その機能を付与するために「最終製品である塗装された被覆成分には不必要な流動媒体である溶剤」を使用してきた。最近の日本の GDP 約 500 兆円のなかで塗料産業は 7000 億円の規模であり、産業に占める割合は 0.13%に過ぎない。しかるに、日本の大気への放出 VOC (Volatile Organic Component) の発生源からみると 37%が塗料原因というデータもあり¹⁾、「手軽な、廉価な、人類にとって使用価値のある塗料」ゆえ使用せざるをえない「溶剤」を含むことでの「環境圧力」が高まってきている。

その経済環境のなかで環境負荷低減製品の開発が進められてきたが、その効果は塗料が使用される「塗装工程」に認められる内容になる。原料から塗料製造までのこれらの3種類の塗料の環境負荷を調査すると、狭いバウンダリーでの LCA であるが、「究極の環境負荷型塗料」であると言われる粉体塗料は、溶剤系よりも大きい環境負荷を示す値となる。これは、粉体塗料の製造は固形樹脂と固形顔料を熔融混練するための電力使用量が大きいためである。

1) 環境儀、No.5、VOC - 揮発性化合物による都市大気汚染 (国立環境研究所)

(表 2.2.2.4.1 塗料比較インベントリと統合指標表、図 2.2.2.4.1 , 2.2.2.4.2 製造工程図参照)

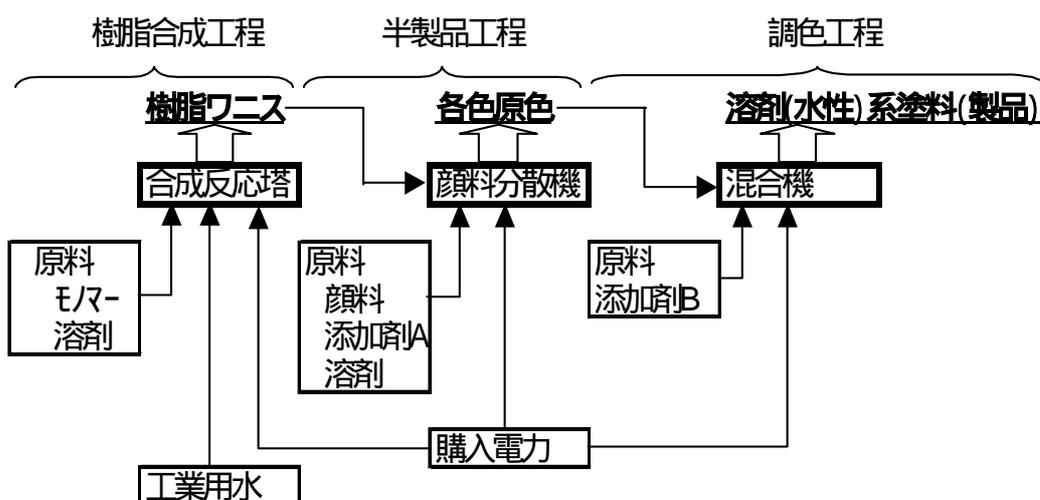


図 2.2.2.4.1 溶剤型(水性)塗料の製造工程と資源・エネルギー使用

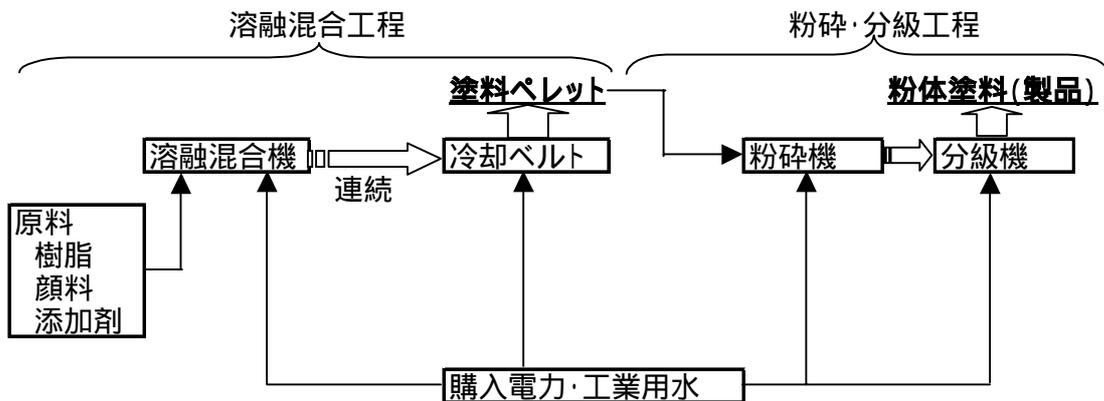


図 2.2.2.4.2 粉体塗料の製造工程と資源・エネルギー使用

図 2.2.2.4.1、2.2.2.4.2 の工程で製造される塗料の「CO₂ インベントリ」と「LCA」および原料までの「CO₂ インベントリ」「LCA」を算出した。(表 2.2.2.4.1)

表 2.2.2.4.1 自動車塗料の媒体別塗料の環境負荷データ

塗料種	原料まで		製造工程	
	CO ₂ インベントリ	統合指標 エコインディケーター	CO ₂ インベントリ	統合指標 エコインディケーター
溶剤型ベース塗料 (シルバー)	484	4.66E-01	0.0057	2.38E-05
水性ベース塗料 (シルバー)	148	2.01E-01	0.0297	6.45E-05
溶剤型トップ塗料 (クリアー)	312	4.22E-01	0.0015	2.56E-05
粉体トップ塗料 (クリアー)	736	1.00E-00	0.169	3.88E-04

単位:CO₂ Kg / 塗料 Kg

この統合指標と販売額のデータでもってそれぞれの「環境効率」を算出した。

(2) ファクターの定義

環境効率の分子及び分母

分子は「塗料の付加価値」として販売額

分母は「環境負荷」として統合指標のエコインディケーター

ファクターの基準

塗料を構成する媒体の違いでの比較(環境負荷低減型製品の検証)

販売額は、1ユーザーの1ラインでの製品置換での比較とした。したがって経年による貨幣価値の差がでてくる。昨年度は生産額を分子としたが、これも納入ユーザーでの採用車種のシェアに依存しており本来の「塗料自体の付加価値」を表さない。今回は付加価値は「よく売れる」と同時に「利益率が高い」ことを重視したほうがより妥当と考えた。

計算式

$$\text{環境効率} = \text{販売額} / \text{環境負荷 (LCA 統合指標)}$$

* インベントリ項目

電力、灯油、都市ガス、重油使用量。

CO₂、CO、NO_x、SO_x、HFC、PFC、CH（ハイドロカーボン） 大気排出量

COD、BOD、りん化合物、窒素化合物、水系排出量

廃プラスチック、有機汚泥、無機汚泥、廃酸、廃アルカリ、産業廃棄物量

* インパクトカテゴリー

資源の消費、地球温暖化、オゾン層破壊、酸性化、湖沼の富栄養化、光化学オキシダント（POCP） 人間への毒性（HCA,HCW） 生態系への毒性（ECA）

エネルギー消費、産業廃棄物排出

* 統合指標

エコインディケーター

* 販売額

当社の1ユーザー納入実績データを用いた。

(3) 算出のバウンダリー

今回は「製造工程」と「資源」のデータ収集から2つのバウンダリーに分けて算出し、最終の「環境効率」は資源から製造までの統合指標で算出した。

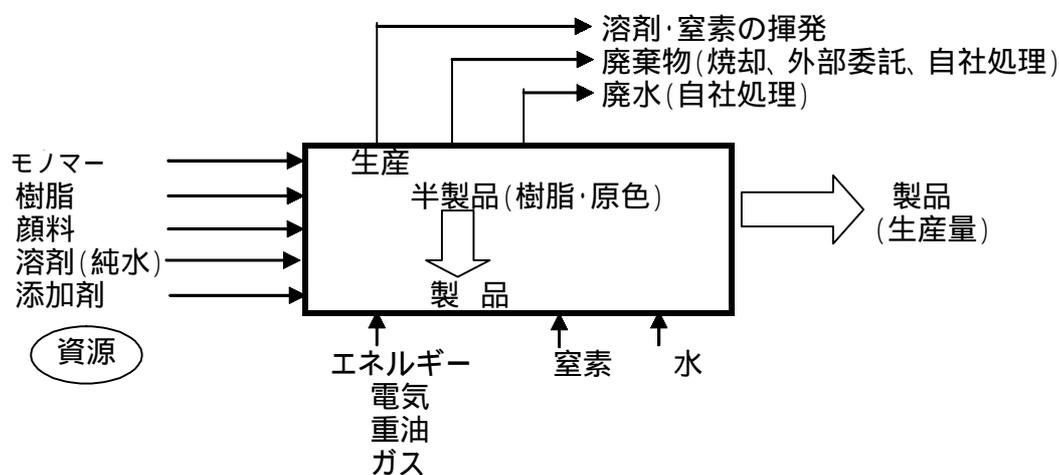


図 2.2.2.4.3 バウンダリー

(4) 塗料媒体例検討事例での問題点

昨年度の検討では塗料製造工程のみのバウンダリーで算出していたが、今回の原料データを加味すると、究極の環境配慮型製品である粉体塗料の環境効率は良くない結果となる。このデータの意味することは、塗料の場合原料のインベントリの占める割合が余りにも大きく、ほぼ原料選択だけで環境負荷量を決定すると言っても過言ではない。

粉体塗料の付加価値を測定する「販売額」にしても、環境側面を配慮した製品は「製品単価が高い」とか塗料の機能の一つである「美観」の面での普及が遅れており、環境面での付加価値が正当に市場評価されていないため、製品導入時の販売予測に対し相当低い販売額の結果となっている。

そのため、原料から製造までの環境負荷を補うだけの販売額が出てない結果、環境効率も「常識なり一般認識」の評価にならなかった。

塗料の環境負荷は、その成分的に塗料使用時（塗装）に流動性付与の媒体（従来は有機溶剤）が大気へ放出されるため、塗料使用者（ユーザー）の領域で発生している。塗料製造時は現在ではほとんどの工程がクローズドになっていることと、使用エネルギーも他領域（資源採掘や塗料使用）に比較して小さい。このため、粉体塗料や水性塗料の環境効率への評価は、製造領域では正当に行えない。

塗料の付加価値は、ほとんどが塗料使用者段階で現れる。塗料成分の溶剤量を低くし使用時の大気汚染低減とか硬化温度を低くすることによる塗膜形成時のエネルギー低減、ダブル機能付与による製造工程改革、そして美観向上などが挙げられるが、塗料の設計においてはその付加価値を付与するためには、環境負荷の大きい原料の採用など塗料そのものの環境負荷量は大きくなる傾向になる。

今回サンプルとした自動車用塗料は、自動車へ単体で使用されているわけではない。自動車の塗膜は通常4回塗装（4コート）されている。それぞれが機能分担され使い分けされている。その塗膜の構成は表 2.2.2.4.2 のとおりである。

表 2.2.2.4.2 自動車塗装メタリック塗膜の代表的構成

	膜厚(μ)	1台使用量(kg)
プライマー	20	11.8
中塗り	35	2
ベースコート	15	3
クリヤーコート	35	1.6

自動車用塗料は単体ではあまり用をなさず、むしろ塗膜全体で機能を持たせているし、それぞれが機能を補助しあっていることから自動車一台あたりに使用される塗料として環境効率を考えるべきではないかと考えた。そこで、まず今回検討した塗料を一番寄与の大きいインベントリ CO₂ 排出量の積み立てでの評価を試してみた。

表 2.2.2.4.3 には、自動車塗装の変遷を記した。最初は溶剤型塗料の組み合わせであっ

たが、ベースコートに水性塗料が導入され、次いでクリアー塗装に粉体塗料が採用された。当然ながら、塗料単位当たりごとの積み立てでは粉体塗装系が環境負荷が大きい結果となる。

表 2.2.2.4.3 自動車メタリック塗装系の変遷

	初期	水性系	粉体系	比較
プライマー	電着塗料	電着塗料	電着塗料	ソリッド
中塗り	溶剤型	溶剤型	溶剤系	溶剤型
ベースコート	溶剤型	水性系	水性系	溶剤型
クリアーコート	溶剤型	溶剤型	粉体系	—

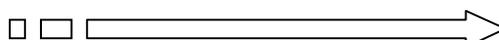
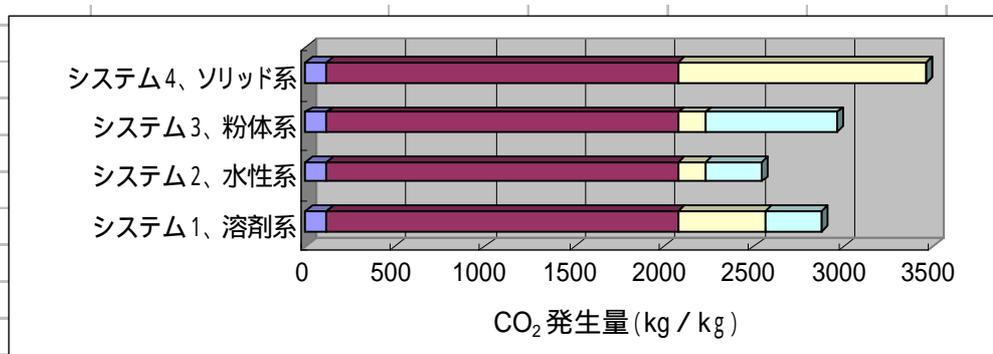


表 2.2.2.4.4 自動車塗装系での CO₂ 発生量(単位; CO₂ kg/塗料 kg)



	プライマー	中塗り	ベース	クリアー
システム1、溶剤系	122	1960	484	312
システム2、水性系	122	1960	148	312
システム3、粉体系	122	1960	148	736
システム4、ソリッド系	122	1960	1380	0

(単位:kg)

そこで、自動車1台当たりのそれぞれの使用量に合わせて環境負荷量を算出した。その結果を表 2.2.2.4.5、2.2.2.4.6 に記す。

表 2.2.2.4.5 自動車一台当たりの塗料使用量例

	Pr	中塗り	ベース	クリアー
溶剤系	11.8	2	3	1.6
水性系	11.8	2	2.5	1.6
粉体系	11.8	2	2.5	0.7

(単位:kg / 台)

注意しなければならないのは粉体系のクリアー（この塗料が粉体塗料）の使用量が0.7kg/台と非常に少ないことである。回収使用（再使用）などの結果である。

表 2.2.2.4.6 自動車一台当たりの CO₂ インベントリ計算例

	Pr	中塗り	ベース	クリアー	トータル
溶剤系	1440	3920	1452	450	7262
水性系	1440	3920	370	450	6180
粉体系	1440	3920	370	970	6700

(単位:kg/台)

表 2.2.2.4.6 をグラフ化したのが図 2.2.2.4.4 である。

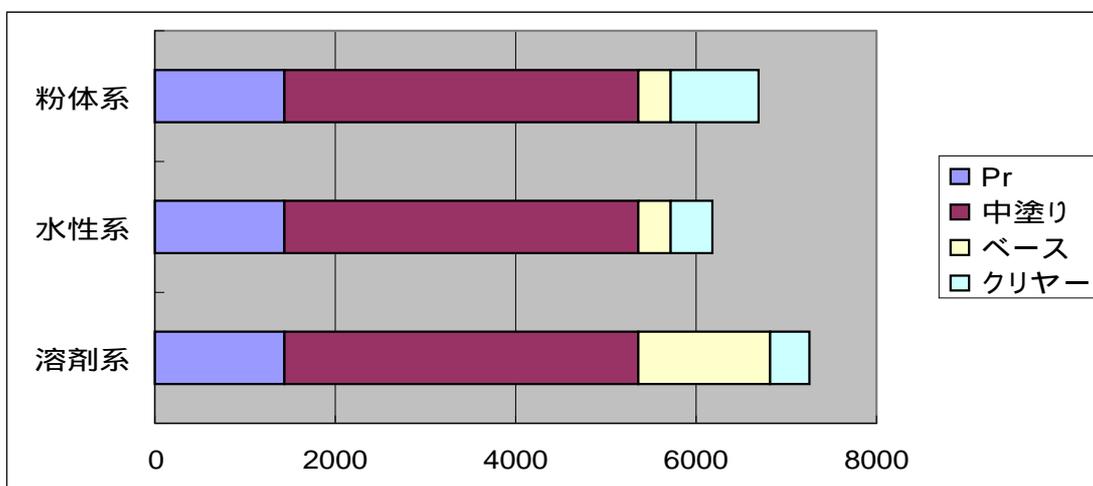


図 2.2.2.4.4 自動車一台当たりの CO₂ インベントリ(単位:kgCO₂/台)

自動車 1 台当たりの CO₂ インベントリにすると、塗装系の価値は出てくる。この塗装系のために開発をした粉体塗料の意義も認められることになる。

このように、塗料は機能分担で塗り分けられるし、それぞれの塗料の開発は関連して行われることが多い。それらの付加価値は塗装系（塗膜構成）で発揮されること、更にその塗装系が使用される製品（被塗物）の付加価値向上なり環境負荷低減へ寄与する。したがって、塗料の環境負荷は塗装系で考えていくべきと考える。

ところが、塗装系で環境効率へ誘導すると「付加価値」に販売額なり販売量を単純に合計することはできない。かつ、販売額なり販売量は製品の本当の付加価値を表しているとは言えない場合が多い。ここで、付加価値を見直した環境効率として新たな試みを開発すべきと考えた。

塗料の原料から製造及び使用（塗装）そして製品の使用から廃棄までの塗料ライフサイクルを考える。環境効率を適用する対象塗料もしくは塗装系での付加価値の特徴もし

くは環境負荷低減の特徴の上位4項目を取り上げる。これらのインベントリ項目及び付加価値項目をまず、「環境負荷インベントリ」へ換算する。

換算できない「付加価値すなわち新規付与機能もしくは美観」は従来品との官能比較をSD法により行い、その付加価値を比較値で表す。このような方法が可能かどうかを今回検討した。

「塗料使用別比較」

塗料の環境効率として定義した分子部分（うれしさ＝製品の付加価値）の意匠・美観を定量化すべくSD法（Semantic Differential Method）を利用し、分母部分（環境負荷）にはLCA 4軸法（4 - Axes Method）を採用、環境配慮型塗料で検証した。

(1) ファクターを適用した対象商品

塗料の環境への対応歴史を「環境効率」の面からマクロ的に検証したが、今回は、より現実的に技術的かつ世の中の先端的要求に基づいた先行的製品の環境面での検証を行って見た。

* 住宅ガレージ用塗料である粉体塗料

（環境配慮型製品）微粒子粉体塗料「ピリューシア」で意匠付与塗装品。

（従来型製品）標準粒子径粉体塗料「パウダックス」での標準色。

「ピリューシア」は粒子径を小さくすることにより、従来型にくらべ付着量を少なくできるし、新たな意匠を形成できるようにした製品。

* 自動車用上塗り塗料（2コート1ベイク塗装系）

（環境配慮型製品）水性ベースコート/溶剤型クリアー 塗装系、シルバーメタリック

（従来型製品）溶剤ベースコート/溶剤型クリアー 塗装系 シルバーメタリック

水性ベースコートはアルミ粉を含む塗料で塗装全体でのメタリック感を左右する部分であり、今回は水性樹脂とそれに適合するアルミ粉の選択での製品。

(2) ファクターの定義

環境効率の分子及び分母

環境効率 = 製品性能 / 環境負荷

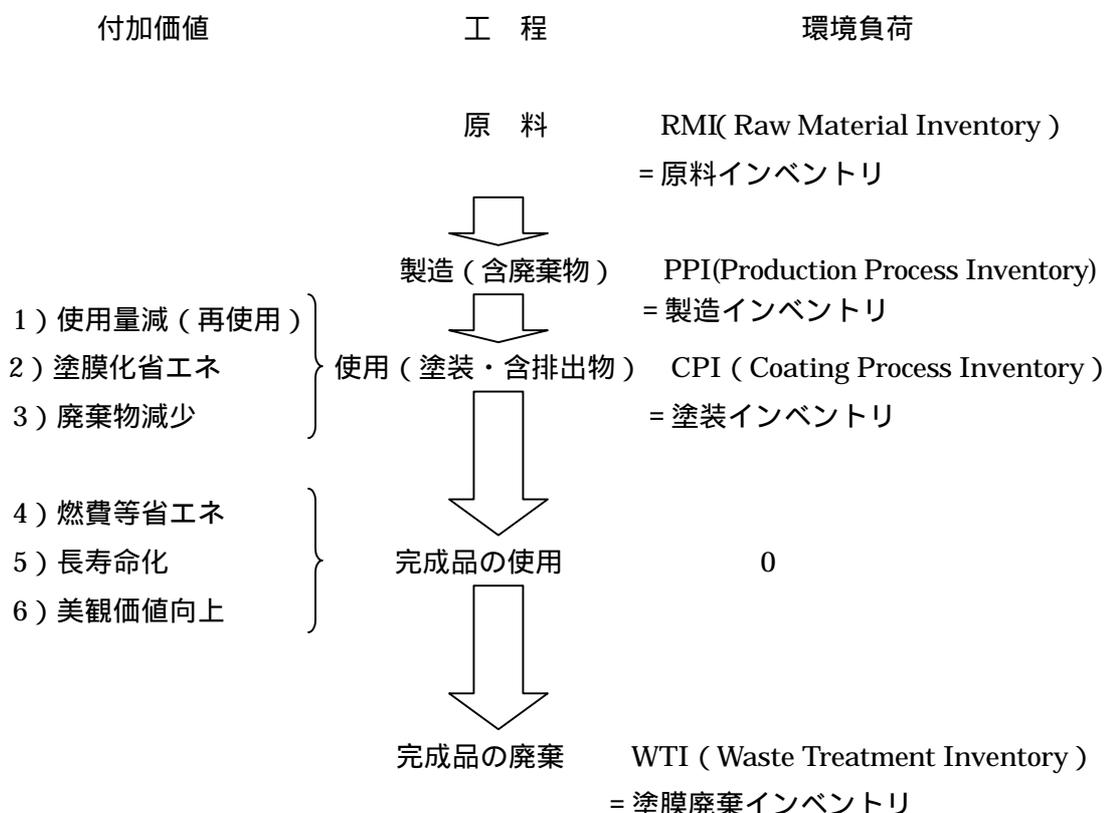
ここで、

製品性能 = 意匠 + 特殊機能

環境負荷 = CO₂ + VOC + 埋め立て廃棄物 + 省資源

ファクターの基準（算定条件）

（考え方と原則）



（付加価値 AV の数値化）

AV1) 2) 3) の使用量減（再使用など）、塗膜化省エネや廃棄物減少など塗料使用に関するインベントリは「CPI」のなかで計算する。

AV4) 燃費減など完成品の省エネ = 塗装することによる輸送機（船・飛行機）の燃費（軽油など）の減少量を環境効率算出単位あたりに（例えば船一隻とか）換算する。

AV5) 長寿命化 = (RMI + PPI + CPI) / 寿命延長化率

これも環境効率算出単位あたりに換算する。

AV6) 美観価値などは、

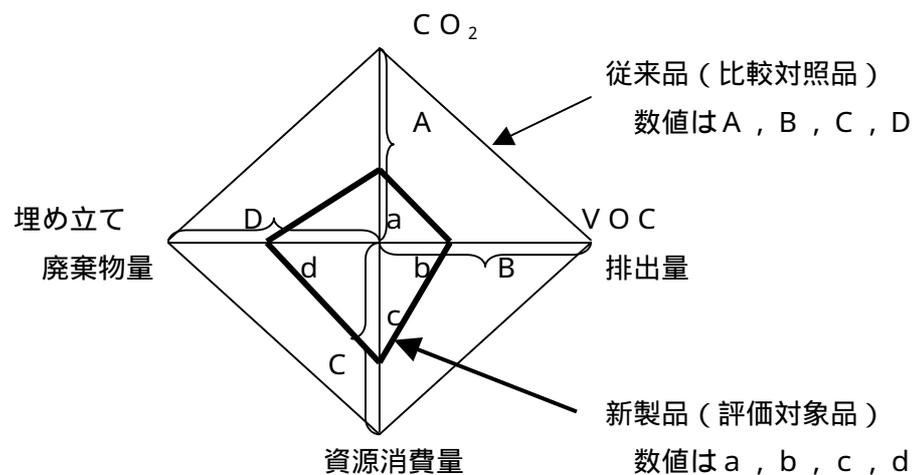
環境負荷数値に換算できない美観やその他機能価値はSD法による従来品との官能評価比較を行う。これも環境効率算出単位で比較評価する。

この結果、CO₂ + VOC + 埋め立て廃棄物 + 省資源で表す

環境負荷インベントリデータ =

$$(RMI + PPI + CPI + WTI) - AV$$

となり、環境負荷の向上率 L（狭義での環境効率で美観やその他機能は含まず）は、従来品との加重平均比較（比率）で表す。



$$\text{環境負荷の向上率 } L = \sqrt{\frac{abcd}{ABCD}} = \sqrt{\frac{ab + bc + cd + da}{AB + BC + CD + DA}}$$

一方、製品の付加価値をプラス面での環境負荷値へ換算できない「製品性能」は、環境効率を計算する分子へ持って行く。分母である環境負荷は上記のように「向上率」として新製品と旧製品の比較値であるためと環境効率の分子項がそれぞれの和とするためには、分子である「製品性能」も比較値である必要がある。

そこで、環境負荷へ換算できない「製品性能」は、SD (Semantic Differential Method) 法をモディファイした一種の新旧品の官能比較評価値を検討し採用した。

SD法*1は個々のイメージに対して選択したm組の対語についての印象を7段階評価していく手法で、複数の被験者の評価値を平均して算出して行く。

*1：日本色彩学会誌、23、4 (1999)

(印象評価の質問の例)



評価品 (新製品) と比較品 (従来品) について印象評価を行う。

(個々の印象評価の数値化)

$$\text{製品の評価数値} = E_m / n$$

各対語 (1 ~ m) についての評価値 (被験者数 n) の平均値

(評価品の付加価値 M)

$$M = \frac{E_m / n \text{ (新商品:評価品)} - E_m / n \text{ (従来品:比較品)}}{6 \cdot m}$$

計算式

(評価対象品の環境効率 E)

$$E = 1 + \frac{M}{L}$$

M : 製品性能

L : 環境効率

(3) 算出のバウンダリー

塗料のライフサイクル (原料サイクルから廃棄まで)



「塗装製品使用」は塗料の場合、通常はゼロとみなせる。しかし、船底塗料のように船舶の運行燃費減少に寄与するケース (この場合開発設計目標のポイントになる) もあり、無視できない。また塗装製品の廃棄も通常はほぼゼロである。有害物や劇毒物含有塗料の場合はコンクリートで固めた埋め立てになるが、これを非含有塗料を開発した場合などは無視できなくなる。

昨年度は「製造」バウンダリーで算出した。これは塗料のライフでのインベントリが集まらないこともあるが、その数値では塗料そのものの「製品価値」が考慮されない場合が多いことがわかった。

それ以上にバウンダリーをライフサイクルの一部分に限定することは「環境効率指標」の本来の意味である「維持可能な発展社会」を創りあげる「製品価値 (地球環境保持と人類生活向上)」を表すことができないと考える。すなわち、あるバウンダリーだけで評価すると、その製品が旧製品に比べて優れていることを強調する結果となりやすい。たとえば、選択したバウンダリーの環境負荷なり製品性能が全ライフサイクルのそれらに比して小さ

い場合は、他のバウンダリーでの「維持可能な発展社会」にとってマイナス面が大きいことを見逃すおそれ大きい。やはり、計算する分母、分子（それぞれが加算値になるはず）には全ライフでの数値同士を除さねばならないと考えたからである。

(4) 指標検討事例

バウンダリーの基本はライフサイクルにわたるべきである。しかし、今回の事例検討では原料の上流、並びに製品使用（塗装）の下流インベントリの入手が困難であり、やむなく製品付加価値が発現する領域で算出した。（インベントリデータの現状）

（環境負荷評価 算出の領域）

* 住宅ガレージ用塗料

塗料使用 = 塗装領域

* 自動車用塗装系

2 コート 1 ベイクの自動車 1 台あたりの塗料使用量での原料までの領域

（製品の付加価値 = 美観、意匠性の領域）

* 住宅ガレージ用塗料、自動車用塗料とも

塗装された最終製品使用領域（使用者の官能評価、SD 法）

被験者：6 名

対 語：12 項目

（評価結果）

* 住宅ガレージ用粉体塗料の塗料使用時の環境負荷インベントリ（表 2.2.2.4.7）

4軸法用データ

		ビリュージャ	指数	ハウダックス	標準
温暖化	CO ₂	543	0.834	651	1
排出量	Emission	2.14	0.836	2.56	1
資源消費量	Virgin	196	0.834	235	1
埋立廃棄物	Landfill	6.11	0.834	7.33	1

* 自動車用塗装系（2 コート 1 ベイク）の原料までの環境負荷インベントリ（表 2.2.2.4.8）

4軸法用データ

		水性ハース	指数	溶剤ハース	標準
温暖化	CO ₂	148	0.464	484	1
排出量	Emission	1.83	0.443	413	1
資源消費量	Virgin	444	0.375	1184	1
埋立廃棄物	Landfill	6	0.667	9	1

これらのデータは、それぞれの領域での CO₂ 排出量、VOC 排出量、資源消費量、埋め立て廃棄物量のデータを JEMAI-LCA によりインベントリ数値化したものを比較しやすい従来型塗料（比較対象製品）を 1 とした評価製品の指数である。この指数値をグラフで表すと図 2.2.2.4.5、2.2.2.4.6 になる。

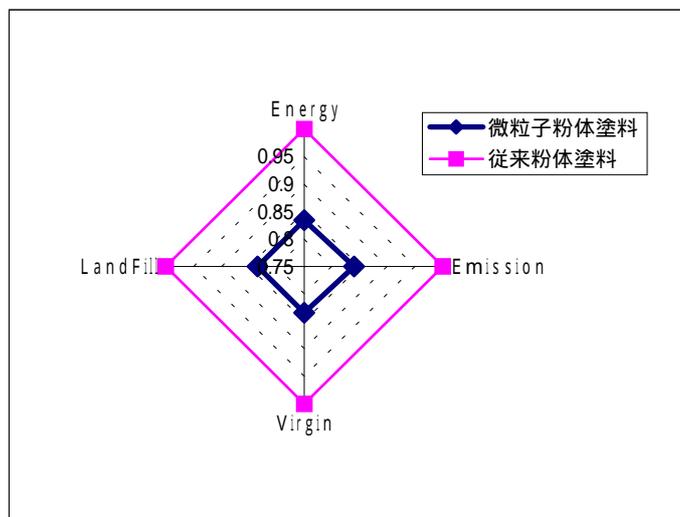


図 2.2.2.4.5 住宅ガレージ用塗料の使用時環境負荷比較

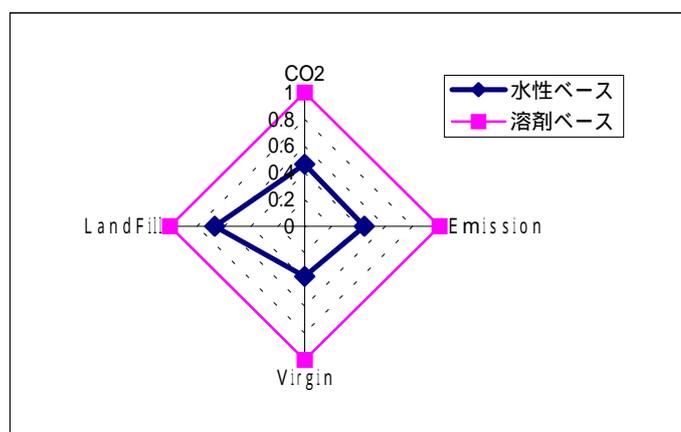


図 2.2.2.4.6 自動車塗装系の原料環境負荷比較

このグラフでの表示は、安井式 LCA 4 軸法で行ってみた。従来製品からどの要素での環境負荷を低減したかが良く分かることで有用な手法であると考えられる。製品開発において、全体の環境負荷データ同士の比較では実態が把握できなくともこのような図を駆使すれば環境負荷への長短が把握できる。

*SD 法による付加価値評価結果

対象製品を SD 法による評価を行った結果を表 2.2.2.4.9 に示す。

表 2.2.2.4.9 SD 法による製品付加価値の評価結果

被験者	ガレージ用塗料		自動車上塗			
	微粒子 PD	標準 PD	シルバーM		レッドマイカ	
			水性	溶剤	水性	溶剤
A	23	-21	16	-15	22	-8
B	7	-6	-8	-14	-1	6
C	20	-16	15	-15	12	-12
D	14	13				
E	12	-12	19	-12	19	-4
F			12	10	11	2
計	76	-42	54	-46	63	-16
平均値	15.2	-8.4	10.8	-9.2	12.6	-3.2

$$\begin{array}{ccc}
 & 23.6 & 20 & 15.8 \\
 M & 23.6/72 = 0.33 & 20/72 = 0.28 & 15.8/72 = 0.22
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 \text{因子 (SD 評価対語数)} : 12 \\
 \text{水準 } 3 - (-3) = : 6
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{因子} \\ \text{水準} \end{array}} \right\} 6 \times 12 = 72$$

商品性能 向上指数*	$1 + 23.6/72$ = 1.33	$1 + 20/72$ = 1.28	$1 + 15.8/72$ = 1.22
---------------	--------------------------------	------------------------------	--------------------------------

* 環境効率の分子部分 $1 + M$

< 環境評価 >

環境評価指数 (従来品; 比較品を 1 とした)

		住宅ガレージ	自動車(シルバーM)
a	Emission	0.836	0.443
b	Green house CO ₂	0.834	0.306
c	Wastes Landfill	0.834	0.667
d	Resources Virgin	0.834	0.375

(計算式)

$$L = \sqrt{\frac{ab + bc + cd + da}{AB+BC+CD+DA}}$$

* 住宅ガレージ用塗料

$$\begin{aligned} ab+bc+cd+ca &= 0.836 \times 0.834 + 0.834 \times 0.834 + 0.834 \times 0.834 + 0.834 \times 0.836 \\ &= 0.697 + 0.696 + 0.696 + 0.697 = 2.786 \end{aligned}$$

$$L = \sqrt{2.786 / 4} = 0.835$$

* 自動車用塗装系

$$\begin{aligned} ab+bc+cd+da &= 0.443 \times 0.306 + 0.306 \times 0.667 + 0.667 \times 0.375 + 0.375 \times 0.443 \\ &= 0.136 + 0.204 + 0.250 + 0.166 = 0.756 \end{aligned}$$

$$L = \sqrt{0.756 / 4} = 0.435$$

< 環境効率評価 / ファクター評価 >

(計算式)

$$E = \frac{1 + M}{L}$$

* 住宅ガレージ用塗料

$$E = 1.33 / 0.835 = 1.59$$

* 自動車用塗装系

$$E = 1.28 / 0.435 = 2.94$$

SD 法を導入することにより塗料の重要な目的である意匠・美観についての製品性能を環境評価に加えることは可能であることが証明された。

2.2.2.5 銅

環境効率指標を検討する場合、何を環境影響として捉えるかが大切になる。環境影響として最低限必要な項目として次に示すものがある。

1) 持続可能性

現代社会の大量生産・大量消費・大量廃棄システムの下では、天然資源の枯渇による社会システムの崩壊は目に見えている。地球環境保全（人類生存）のためには天然資源の延命を図る必要があり、このためにはリサイクルを推進する必要がある。評価のための個別指標としては、再生資源使用比率等が考えられる。

$$\text{再生資源使用比率} = \text{再生資源量} / \text{全原料} \times 100 (\%)$$

2) 地球温暖化

毒性が無いと考えられていた CO₂ による赤外線吸収が原因で地球上の平均気温が上昇している。評価のための個別指標としては、CO₂ を基準とした資源生産性等が考えられる。

$$\text{資源生産性} = \text{生産量} / \text{CO}_2 \text{ 排出量 (又は炭素換算量)}$$

3) 公害、PRTR

有害物質の排出による人の健康への影響を考える必要がある。評価のための個別指標としては、有害物質の排出量等がある。

$$\text{有害物質の排出量} = \text{PRTR 排出量} + \text{SO}_x + \text{NO}_x$$

これらの個別指標を検討するのは、例示したように比較的簡単にできる。個々の影響をどう重み付けして環境指標に統一するかが難しい。公害問題を抱えている発展途上国は公害を優先したいであろうし、公害問題をほぼ解決している先進国は地球温暖化や持続可能性を優先するであろう。環境効率指標として次の計算式で表される指標を提案する。

$$\frac{\text{生産量} \times A \times \{(\text{天然資源量} + \text{再生資源量}) / \text{天然資源量}\}}{(\text{CO}_2 \text{ 排出量} + B \times \text{有害物質排出量})}$$

係数 A、B で持続可能性、地球温暖化、公害、PRTR を重み付けする。A、B とも 1 として 3 つの環境影響が等しいものとして計算することも考えられる。

銅製錬の熔錬工程を対象に指標検討を実施した。上記 1) から 3) の指標を計算しようとしたが、1) 及び 2) については求めることができたが、3) については公表されたデータがなく、求めることができなかった。平成 13 年度から PRTR 法の施行により、最新の 3) のデータを求めることが可能となるが、過去分については求めることができず、ファクターを計算することができない。今年度は、環境効率案を提案することにして、環境効率（温暖化効率）を求めた。

環境効率の算出に当たり、CO₂排出量は製品製造時に計上するという原則に統一するため、廃棄物を代替燃料又は原料として取り扱う場合は、廃棄物起源のCO₂は環境効率の計算から控除した。

銅製錬における環境影響としては、有害物質のうちのSO₂対策が非常に大きなウエイトを占めている。SO₂は銅熔錬工程において環境指標として非常に重要な位置を占めるが、熔錬炉周辺の作業環境中のSO₂濃度等、定量的な数値が調査されていないため定量化できず、評価を見送った。この結果、検討した指標は環境効率ではなく、温暖化効率になってしまった。SO₂を含む有害物質を含めた環境効率の算出方法が課題として残った。

以上の前提の基で、本年度は、6ヶ所ある国内銅製錬所の内、生産規模の小さい製錬所を除く5ヶ所の製錬所の指標を求めた。

(1) ファクターを適用した対象製品

銅アノード（銅アノードの生産工程）

(2) ファクターの定義

環境効率の分子及び分母

分子：鉱石出アノード生産量

*1) 冷材用スクラップ出の銅は含まない。

分母：CO₂排出量（炭素換算）

ファクターの基準

比較対象年：1990年

計算式

環境効率 E = アノード生産量 / CO₂排出量（炭素量換算）

ファクター F = E₂₀₀₂ / E₁₉₉₀

計算結果

環境効率の計算結果を図 2.2.2.5.1 に、ファクターの計算結果を表 2.2.2.5.1 に示す。
また、アノードの生産量の推移を図 2.2.2.5.2 に示す。

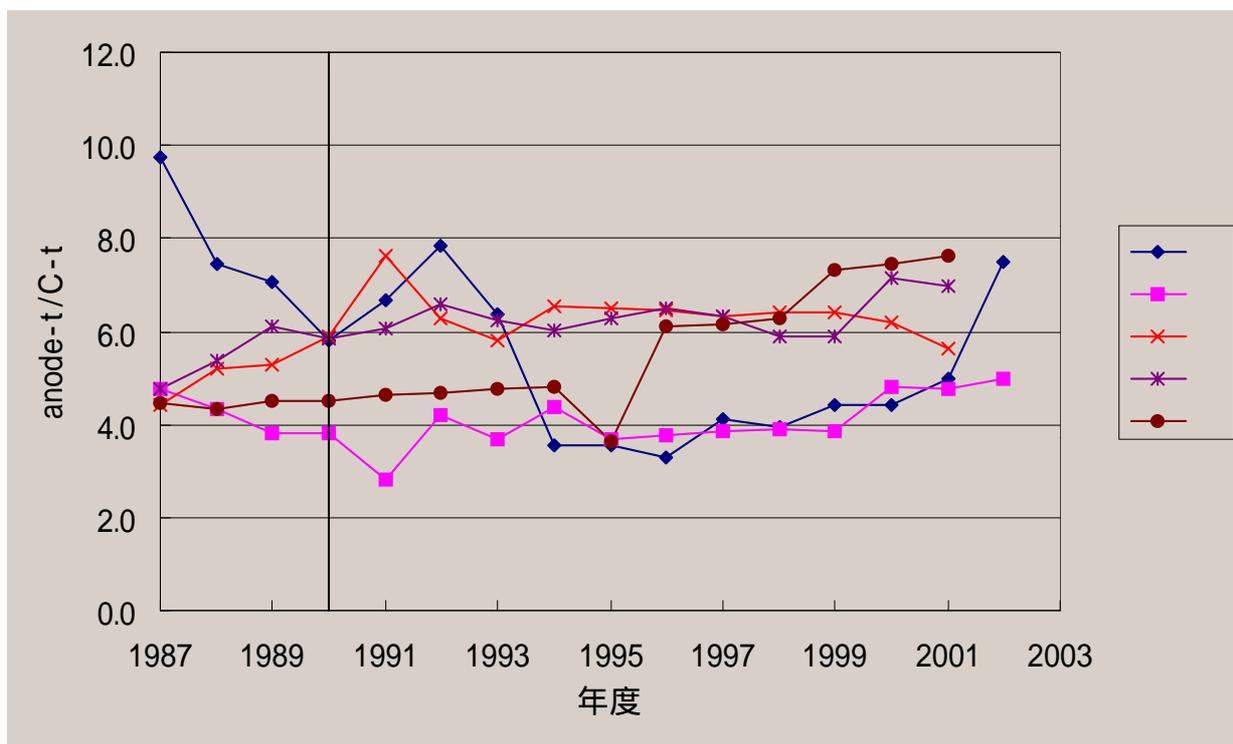


図 2.2.2.5.1 国内銅製錬所の環境効率

表 2.2.2.5.1 国内銅製錬所のファクター

年度					
1987	1.681	1.256	0.751	0.817	0.990
1988	1.286	1.137	0.883	0.917	0.956
1989	1.217	1.000	0.897	1.047	1.000
1990	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1991	1.148	0.746	1.294	1.035	1.027
1992	1.355	1.113	1.067	1.127	1.036
1993	1.100	0.970	0.980	1.064	1.054
1994	0.616	1.151	1.110	1.027	1.064
1995	0.610	0.967	1.104	1.075	0.808
1996	0.570	0.997	1.090	1.115	1.353
1997	0.709	1.016	1.071	1.080	1.364
1998	0.677	1.033	1.089	1.010	1.392
1999	0.765	1.015	1.084	1.007	1.620
2000	0.765	1.268	1.049	1.224	1.649
2001	0.863	1.251	0.956	1.193	1.687
2002	1.292	1.316			

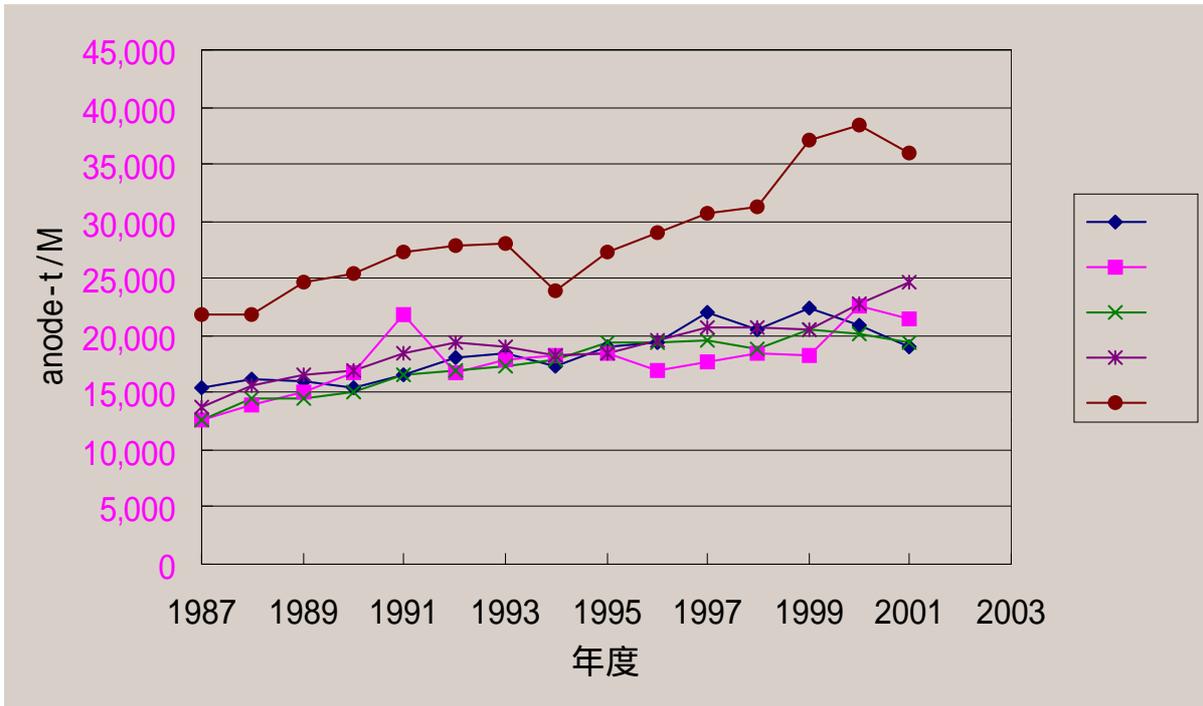


図 2.2.2.5.2 アノード生産量の推移

銅熔錬工程は、銅鉱石（主成分はカルコパイライト： CuFeS_2 ）を熔解して鉄分を融点の低い複合酸化物のスラグとして除去し、硫黄は SO_2 に酸化して除去することにより銅分が99%程度の粗銅を製造する工程である。スラグは水冷して建設用骨材、路盤材等に使用し、 SO_2 は硫酸製造の原料として使用している。

国内の銅製錬所は、自溶炉、連続製銅炉のように銅鉱石処理の効率化を推進してきたから、製錬所と、反射炉で廃棄物処理を増大してきたの銅製錬所が稼働中である。

銅鉱石処理の効率化は、酸素ガスを使用し、熔錬炉での鉱石の処理能力を上げるとともに、発生する排ガス量を削減することにより硫酸製造時の処理ガス量を削減し、同時に排ガスの持ち去る熱量を削減することにより、硫酸製造に使用する動力（電力）や排ガスの持ち去る熱損失を削減している。酸素ガス製造には電力を大量に必要とし、又、使用量が多くなったことから、中、小規模の酸素製造に適した、酸素の樹脂への吸着特性を利用したPSA法から大規模生産に適した、空気中の酸素と窒素の液化温度の差を利用した深冷法へと製造方法を切り替え、電力原単位を下げる動きが見られる。自溶炉、連続製銅炉は、排ガスを硫酸工場で処理するため、排ガス吸引量に制約があり、可燃性廃棄物の処理が難しい。

反射炉は、大抵のものは溶解でき、炉の排ガスを排煙脱硫装置で処理していることから、硫酸工場よりも排ガス吸引能力が大きく、可燃性廃棄物の処理が可能である。この性質を利用し、含銅廃棄物処理を増加させている。

製錬所は、廃棄物処理施設として廃タイヤ乾留設備を持ち、廃タイヤを大量に処理し

ており、又、石油コークスも大量に使用していた。1980年代後半には廃タイヤ、石油コークスは有価であり、価格競争力を比較検討し、石炭に切り替えた。廃タイヤ、石油コークスから石炭への燃料切り替えの結果、環境効率、ファクターが大きく悪化した。最近のこれらの値が大幅に改善している原因は、シュレッダーダスト処理を増加させ、石炭使用量を削減してきているためである。2002年に処理量が倍増しているため、2001年までのデータでは実態と合わないため2002年のデータを追加している。

製錬所 からは酸素の活用により生産能力（生産量）が漸増しており、環境効率も変動はあるものの、改善されている。特に、製錬所 は、酸素を活用して2基あった熔錬炉を1基に集約し、かつ、生産量を漸増しており、大幅な環境効率の改善を達成している。

環境効率に及ぼす燃料の影響は大きい。気体、液体燃料は使い易く、熱効率も高く、しかも単位発熱量当たりのCO₂排出量も少ない。ただし、固体燃料と比較して賦存量が少ないという問題がある。

銅熔錬炉の燃料構成にも大きな相違が見られる。廃棄物処理を推進している製錬所 は、発熱量基準で燃料の約半分がシュレッダーダストになっており、残りの3/4が石炭であり、使用燃料の大部分が廃棄物と石炭になっている。製錬所 と製錬所 は、重油が40%強、石炭が50%強と良く似ている。

環境効率は重油やガス燃料を使用すればかなりの改善が可能である。環境効率を評価する場合、南北間、世代間の問題を含め、燃料の使い易さをどう評価するかも重要な要因になるのではないだろうか。使い易くCO₂発生量の少ない燃料を、現代の先進国だけで使用し尽してしまっても良いのだろうか。

図 2.2.2.5.3 に熔錬炉の燃料構成の一例を示す。



図 2.2.2.5.3 熔錬炉の燃料構成の一例

(3) 算出のバウンダリー

図 2.2.2.5.4 にファクターを算出するのに使用した銅の製錬工程中の銅熔錬工程を示す。

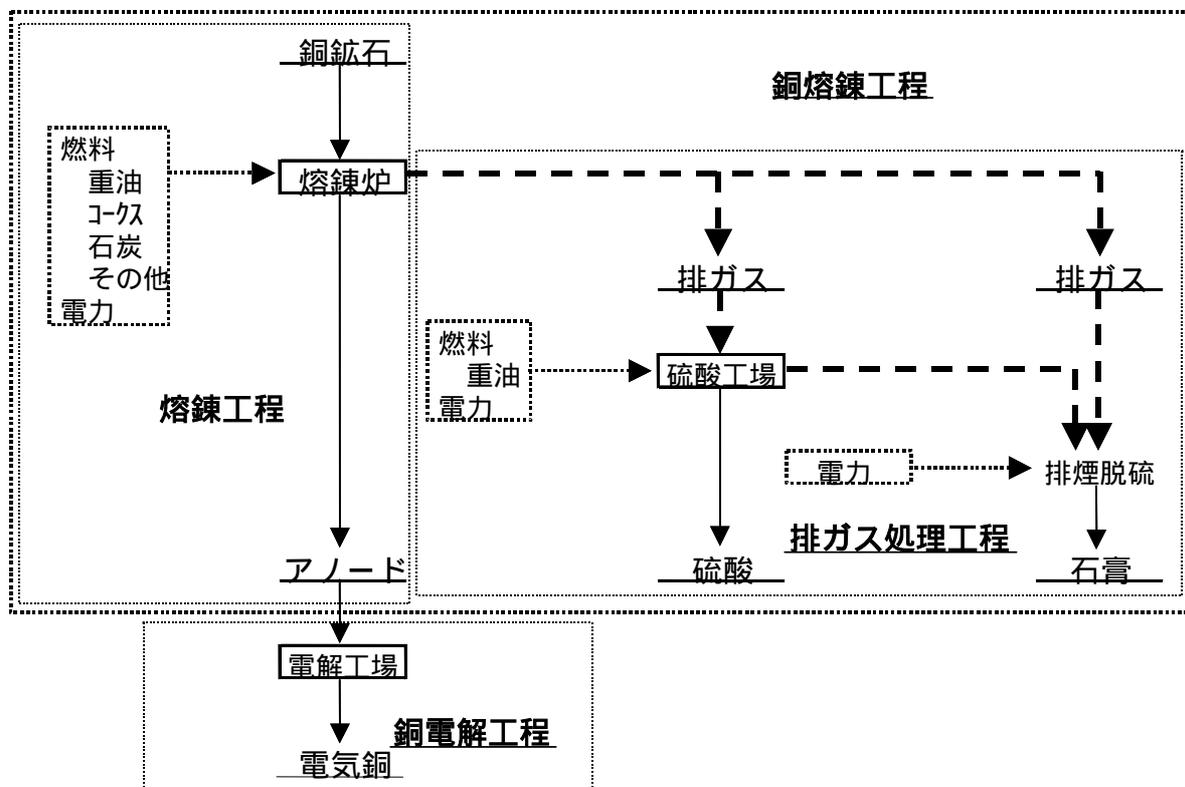


図 2.2.2.5.4 銅製錬フロー

2.2.2.6 情報流通サービス

情報通信は地球環境と 2 つの面で関係している。1 つは、情報流通サービスを提供するために、少なからずエネルギーや資源を消費し、その結果として廃棄物や二酸化炭素を排出していることである。一方で、情報流通サービスの活用により人や物質の移動を効率化・削減することにより社会全体の環境負荷を低減できる可能性があることである。つまり、個人のライフスタイルや社会システムの低環境負荷化に貢献できるサービスである。

情報流通企業グループである NTT は、少ない環境負荷で付加価値の高いサービスを提供することが重要であると考えている。環境効率やその向上度を示す指標であるファクターは、それを総合的に判断する指標としては有効である。一方、情報流通サービスの環境効率やファクターに関する報告はほとんどなく、NTT においても現在、それらを実施のサービスに導入している例はない。これは、個別の製品単体では、環境効率の分子となる製品の機能の定義が比較的容易であるのに対して、サービスではその機能を定義することは難しいためである。さらに、分母となる環境負荷についても、複雑かつ大規模システムである情報通信ネットワーク上で展開される様々なサービスごとに按分し、環境負荷を定量化することは困難であるためである。

先に述べた情報通信と地球環境との関係から、2つのタイプの情報流通サービスの環境効率が考えられる。1つは、新旧の情報流通サービスの環境効率を比較する指標である(タイプ1)。これは、これまでに製造業で展開されている環境効率をサービスに展開したものである。一方で、情報流通サービス特有なものとして、従来サービスと代替される情報流通サービスと比較する指標である(タイプ2)。

(タイプ1)

$$\text{ファクター} = \frac{\frac{[\text{新しい情報流通サービスの価値/機能}]}{[\text{新しい情報流通サービスの環境負荷}]}}{\frac{[\text{従来サービスの価値/機能}]}{[\text{従来サービスの環境負荷}]}}$$

(タイプ2)

$$\text{ファクター} = \frac{\frac{[\text{情報流通サービスの価値/機能}]}{[\text{情報流通サービスの環境負荷}]}}{\frac{[\text{非情報流通サービスの価値/機能}]}{[\text{非情報流通サービスの環境負荷量}]}}$$

タイプ1のファクターは、いかに少量のエネルギーや資源で、高機能なサービスを提供できるのかを評価するものである。これまでに、製造メーカー等で取り込まれてきた同タイプの新旧製品間の環境効率比較に類似したものである。一方、タイプ2のファクターは、情報流通サービスにより変革するライフスタイルやビジネスモデルが社会全体の環境負荷を、どの程度増減させているかを評価するものである。NTTでは、従来からTV会議システムなどを例にとり検討を進めているが、バーチャルなシステムとリアルなシステムの機能をどのように定量化するか、情報流通サービスが誘発する新たな行動により発生する環境負荷をどのように扱うか(いわゆるリバウンド効果)などの課題がある。しかしながら、タイプ2のファクターの考え方は、環境負荷の少ない社会システムを創生するために重要な因子であり、今後、取り組みを加速させていく必要があると考えている。

ここでは、タイプ1のファクターについての試算例を述べる。新旧の情報サービスの環境効率として、最近、進展が著しいブロードバンドサービスを例に取り試算した。ブロードバンドサービスとしては、NTT東日本やNTT西日本が提供するADSL常時接続サービスと光常時接続サービスを採用し、環境効率を計算し、基準サービスとして、ISDN常時接続サービスを採用し、ファクターの算出を試みた。

NTTでは、現在これらの環境負荷を定量化するために、情報通信NW設備およびその上で展開される情報流通サービスのLCA(ライフサイクルアセスメント)を実施している

が、現状では、各サービスの環境負荷として採用できる総括的なデータは保有していない。このため、実際の算出の際は、分母の環境負荷として、アクセス部分のいくつかの典型的な機器の消費電力の総和を採用した。また、各種機器についても複数の製造メーカーから提供されているものが多いが、ここではサンプル的にいくつかのデータを基に消費電力を試算している。

分子となる各サービスの機能としては、ここではアクセス設備の最大伝送能力とした。当然、通信状況により伝送速度が変化するが、ここでは最大伝送能力を用いた。

上記のような限られたデータを基にはあるが、ファクターを試算すると、ADSL サービスでは、約 80、光サービスでは約 1000 となった。これらの大幅なファクターの向上は、ほぼ同程度の環境負荷条件の下で、伝送速度を大きく向上させることが出来たことに起因する。

その他に、情報通信システムの中には、多重化処理を行うことにより、少ないケーブルや伝送装置で、多くの情報を送信する工夫がなされている。今後は、こちらについても環境効率を計算するとともに、情報通信システム全体についての環境効率の算出にも取り組んでいくことになる。

2.3 環境効率指標及び製品ファクター事例調査

環境効率指標は既に 90 年代前半に OECD 等で提唱された考え方である。少量の環境負荷でより多くのサービス(機能)提供の達成が評価できるため持続可能な開発に適したツールとみなされている。製品のサービス機能を高めながら環境負荷を低減させることを目標とするこの環境効率指標はあらゆる製品に適用可能と想定され、次第に産業、企業、製品単位で取り上げられつつある。分子に「サービス(機能)」、分母に「環境負荷」をその算出根拠とするこの概念は、新たな環境経営のための総合的判断ツールとしても注目を浴びてきている。しかしこれまで実際に各種製品の環境効率指標を横断的に調査した事例はない。

今回アンケートを実施し、多種多様な製品単位のファクター(もしくは環境効率指標)の既存項目及び潜在的項目を拾い出し、製品群毎の評価基準ポテンシャルを調査した。サービス機能(分子)に該当する製品様式及び製品価値基準は多様化・細分化の傾向が益々複雑化する傾向にあるため、環境効率指標の開発において、指標項目の選択及び評価手法は困難とみなされている。今回、あらゆる製品産業の指標項目を網羅することにより、環境効率指標の適用可能性を提案していく契機としたい。

【調査目的】

現在、既に企業数社が自発的に独自の環境効率指標を策定・公表し始めているが、その評価手法は統一がなされていない。環境効率指標の有効性及び社会受容性が試されているところであり、何らかの統一基準が望まれる。本調査の目的は下記の 2 項目である。

各種製品毎に既存の環境効率指標項目、潜在的指標項目及び手法を抽出する。

の結果を基に標準化単位開発の適用可能性を探る。

【調査内容】

「任意指標項目」のファクター算出

「環境効率指標及びそのファクターに関するアンケート」と 2002 年版環境報告書から収集した、製品単位のファクター(以降:製品ファクター)の導入事例、検討事例を、以下の 4 つの検討項目に基づいて分析し、理想的な製品ファクターの項目(環境効率の分母項目、分子項目)を抽出することとした。

- [検討項目 1] 企業側からの製品ファクターへの需要
- [検討項目 2] 製品ファクターの算出の容易性
- [検討項目 3] 製品ファクターの企業努力の十分な反映
- [検討項目 4] 持続可能な発展への該当製品の寄与の適正な定量化

本章の構成を以下に示す。

2.3.1 「普及状況と今後の普及の可能性」

企業側からの製品ファクターへの需要について、普及状況、今後の普及の可能性から検討を行う（検討項目 1）

2.3.2 「環境効率指標の導入事例、検討事例」

製品ファクターの構成要素としての環境効率指標の導入事例、検討事例から、企業にとって算出が負担とならない製品ファクターの項目（環境効率指標の分母項目、分子項目）を抽出する（検討項目 2）

2.3.3 「製品ファクターの導入事例、検討事例」

製品ファクターの導入事例、検討事例から、製品ファクターが企業努力を反映しているかどうか（検討項目 3）、製品ファクターが持続可能な発展への該当製品の寄与を適正に定量化しているかどうか（検討項目 4）についての分析を行う

2.3.4 「現状の製品ファクターの問題点」

2.3.1～2.3.4 の内容から、現状の製品ファクターの問題点を整理する

2.3.1 普及状況と今後の普及の可能性

製品ファクターの現在の普及状況と今後の普及の可能性の調査から、検討項目1「企業側からの製品ファクターへの需要」についての検討を行う。

2.3.1.1 普及状況

「環境効率指標及びそのファクターに関するアンケート」と、2002年版環境報告書に基づいて、環境効率指標及びファクターの普及状況を調べた。

(1) 「環境効率指標及びそのファクターに関するアンケート」から

「環境効率指標及びそのファクターに関するアンケート」では、製品レベルの環境効率指標及び製品ファクターを既に導入している企業向けのアンケートA、導入していない企業向けのアンケートBを用意した（アンケートは巻末資料編参照）。

下表に、アンケートA及びアンケートBの回収数を示す。

なお、業種分類は、証券取引所の定める新業種分類（33種）に従い、アンケートの配布を行った業種のみ表記した。

表 2.3.1.1.1 環境効率指標及びそのファクターに関するアンケート回答数

	業種分類	アンケート 配布企業数 ¹⁾	回答企業数		
			アンケートA	アンケートB	合計
1	食料品	2	0	0	0
2	パルプ・紙	5	0	1	1
3	化学	30	0	0	0
4	医薬品	2	0	2	2
5	石油・石炭	2	0	0	0
6	ゴム製品	1	0	0	0
7	ガラス・土石製品	4	1	1	2
8	鉄鋼	2	0	1	1
9	金属製品	2	0	0	0
10	機械	5	0	0	0
11	電気機器	15	4	5	9
12	輸送用機器	4	0	1	1
13	精密機器	5	0	2	2
14	その他製品	1	0	1	1
15	小売業	1	0	0	0
16	通信	2	0	1	1
17	電気・ガス	2	1	0	1
18	不明	15	0	1	1
	合計	100	6	16	22

アンケートより、6社の企業が製品レベルの環境効率指標及び製品ファクターを導入していることが判明した。ただし、アンケートを配布した企業は100社であり、また回収数も23程度であるため、このアンケート結果に洩れた製品レベルの環境効率指標及び製品ファクター採用企業が存在する可能性も考えられる。

(2) 2002年版各社環境報告書から

建設業以外の各社最新報告書から、製品レベルの環境効率指標及び製品ファクターの導入を公開している企業数を次表に挙げる。参考として企業レベルの環境効率指標及び企業レベルのファクターの導入を公開している企業数についても挙げることにした。

表 2.3.1.1.2 業種別環境効率指標及びファクター導入及び公開企業数

	業種分類	環境報告書 発行確認企業数	製品レベルの環境効率指標及 び製品ファクター導入企業数
1	食料品	30	0
2	繊維製品	6	0
3	パルプ・紙	7	0
4	化学	42	0
5	医薬品	12	0
6	石油・石炭	2	0
7	ゴム製品	3	0
8	ガラス・土石製品	10	1
9	鉄鋼	6	0
10	非鉄金属	5	0
11	金属製品	4	0
12	機械	8	0
13	電気機器	56	3
14	輸送用機器	15	0
15	精密機器	9	0
16	その他製品	5	0
17	卸売業	7	0
18	小売業	22	0
19	証券・商品先物	1	0
20	保険	3	0
21	陸運	3	0
22	海運	3	0
23	通信	7	0
24	電気・ガス	16	2
25	サービス	3	0
	合計	285	6

建設業を除いた各業種各社の最新環境報告書の中より、洩れた製品レベルの環境効率指標及び製品ファクター採用している企業数は6社であった。これは「環境効率指標及びそのファクターに関するアンケート」のアンケートAの回答数と同数であるが、該当する企業は完全には一致していない。これについては次の(3)で整理する。

(3) 総括

(1)と(2)の結果から、ダブルカウント分を修正し、現在までに判明している製品レベルの環境効率指標及び製品ファクター導入企業を整理する。

表 2.3.1.1.3 製品レベルの環境効率指標及び製品ファクター導入企業

	業種分類	製品レベルの環境効率指標及び 製品ファクター導入及び公開企業名
1	ガラス・土石製品	(株) INAX
2	電気機器	(株) 富士通
3	電気機器	松下電器産業(株)
4	電気機器	三菱電機(株)
5	電気機器	(株)
6	電気機器	(株)
7	電気・ガス	東京電力(株)
8	電気・ガス	関西電力(株)

以上8社が、製品レベルの環境効率指標及び製品ファクターを導入している企業である。公開企業は6社であった。

建設業を除いた各業種289社の中で導入していたのは8社という事実から、製品レベルの環境効率指標及び製品ファクターの普及の度合いが、現段階では非常に低いことが分かる。

2.3.1.2 今後の普及の可能性

2.3.1.1で、現状での製品レベルの環境効率指標と製品ファクターの普及の度合いが非常に低いことを示した。ここで問題となるのは、製品レベルの環境効率指標及び製品ファクターの今後の普及の可能性である。

以下では、これについて検討を行う。

(1) 「環境効率指標及びそのファクターに関するアンケート」回答から

製品ファクター未導入企業の今後の検討方針から

未導入企業の今後の環境効率指標及び製品ファクターの検討方針についての回答の結果を以下に示す。

表 2.3.1.2.1 製品レベルの環境効率指標及び製品ファクター未導入企業の今後の方針

選択肢		回答数
1	今後も引き続き検討する	3
2	現在は検討していないが、今後検討したい	11
3	検討する予定はない	2
4	分からない	1
[アンケート B] 回答企業数 複数部署から回答があった企業があるため、各選択肢の回答数の合計と回答企業数は一致しない		16

表 2.3.1.2.1 の製品ファクター未導入企業 16 社のうち、「今後も引き続き検討する」もしくは「現在は検討していないが、今後検討したい」の回答数は、14 社分にも上っている。アンケートに回答した企業が、回答しなかった企業に比べ製品ファクターに対する関心が高いことは考慮にいれなければならないが、現在、製品ファクターを導入していない企業についても、製品ファクターに対する潜在的な関心は存在することが示された。

製品ファクター未導入企業の自由意見から

「環境効率指標及びそのファクターに関するアンケート」から、製品ファクター未導入企業の製品ファクターに対する自由意見を以下に示す。(斜体)の部分は本報告書による補記である。

以下の自由意見から、製品ファクター未導入企業の中に、製品ファクター導入に前向きな意見があることが確認できる。

【製品ファクター導入に前向きな意見】

- 現在は「使用していない」が、流れとして『比較可能性』の面で採用が不可避となるであろうから (今後導入を検討したい)
- (製品ファクター導入によって) 美観、機能向上など 環境負荷の概念で評価できない塗料(膜)機能を評価したい
- 分り易い環境効率指標により、製品の性能向上と環境負荷低減を同時に把握できるため (今後導入を検討したい)
- 付加価値の向上度に対する環境負荷を評価するには環境効率の考え方が必要であり、従来の環境負荷の排出量だけでなく、付加価値による使用者のメリットを加えて考えることが、今後のキーとなる (そのため、今後導入を

討したい)

- 定量化されて、比較が明確になり、改善度合のイメージができる(そのため、今後導入を検討したい)
- 変化する生産量や効率を環境側面からも評価してみたい(そのため、今後導入を検討したい)
- 他社でも採用し始めている (そのため、今後導入を検討したい)
- 自社の開発品を環境効率指標で判定し、環境負荷低減型の製品・サービスであるか測りたい。自社で確認の上で得意先に環境配慮型製品として提案したい (そのため、今後導入を検討したい)
- サービスの価値の向上と、環境負荷の増減の関係を把握するために適している指標であると考え (そのため、今後導入を検討したい)
【製品ファクター導入に無関心あるいは否定的な意見】
- (回答した、製品ファクターの検討例は) 特に環境効率を意識したものではない。(環境効率は) 過去から製品製造時の原料原価単位として管理していたもの(の逆数と理解している)
- 統一した指標ができる事が必要と考えるが現状では採用するか否か未定である

(2) 2002年各社環境報告書から

企業にとっての製品ファクターは、以下の目的を以下の手段で実現するための具体的な指標である。

- ・ 目的：製品レベルでの環境配慮のPR
- ・ 手段：環境効率的な発想の利用

製品ファクターが普及するためには、製品レベルでの環境配慮のPRに対する需要と、環境効率に対する意識が企業側に潜在的に存在していることが必要である。

製品レベルでの環境配慮PRへの需要

2002年版各社環境報告書から、製品の環境配慮設計、あるいは環境配慮製品のPRを行っている企業数を業種ごとに集計し、製品レベルでの環境配慮PRへの需要の度合いを調査した。結果を、表2.3.1.2.2に示す。

【表の凡例】

環境配慮製品の考え方

- ・ 後述(2.4.2.1)するように、環境配慮製品であることの根拠には、「脱硝を行う装置であるため環境配慮製品である」といった、製品ファクターとは異なる考え方がなされていることもある。しかし、ここでは、企業が製品レベルで環境への配慮をPRすることを望んでいるかどうかのみを検討するため、自社の製品について

の宣言であれば、環境配慮製品であることの根拠については掘り下げなかった。

- ・ 電気・ガス業界のように、本業における製品(電力、ガス)が一社に一製品の場合、製品の環境配慮 PR は企業の環境配慮 PR と一致すると考え、ここでは除くこととした。また電気事業各社、ガス事業各社は電気利用製品やガス利用製品の販売も行っているが、これらの製造はメーカーが実施しているため、電気事業各社、ガス事業各社の製品ではないとした。
- ・ 小売業、卸売業については、「取り扱っている製品が環境配慮製品である」との PR が多いが、本業は小売りサービス、卸売サービスであるため、これらは環境配慮製品の PR ではないとした。小売サービス、卸売サービスにおける環境配慮は、企業の環境配慮 PR と考え、ここでは対象外とした。
- ・ 証券及び商品先物、保険、陸運、海運、サービス、通信については、提供される通信サービスが多様であることから、個別のサービスごとに環境配慮を PR しているものがあれば、環境配慮製品と考えることとした。

表 2.3.1.2.2 から、製造業に関しては非常に多くの企業が、製品レベルの環境配慮を PR していることが分かる。環境報告書の調査であるため、環境配慮を PR できるものは全てその対象とされる傾向を念頭において考えなければならない。しかし、製造業の各業種については、環境配慮を PR する際に、企業レベルだけでなく製品レベルの PR も行われているということは、製品ファクターの潜在的な需要が存在することを意味すると考えられる。

表 2.3.1.2.2 業種別の環境配慮製品 PR の状況

業種	環境報告書発行 確認企業数	環境配慮製品 PR 企業	
		企業数	割合 [%]
食料品	30	30	100
繊維製品	6	5	83.3
パルプ・紙	7	7	100
化学	42	41	97.6
医薬品	12	12	100
石油石炭	2	0	0
ゴム製品	3	3	100
ガラス・土石製品	10	10	100
鉄鋼	6	6	100
非鉄金属	5	4	80.0
金属製品	4	4	100
機械	8	8	100
電気機器	56	51	91.1
輸送用機器	15	15	100
精密機器	9	8	88.9
その他製品	5	5	100
卸売業	7	-	-
小売業	22	-	-
証券・商品先物	1	1	100
保険	3	0	0
陸運	3	0	0
海運	3	0	0
通信	7	0	0
電気・ガス	16	-	-
サービス	3	0	0

環境効率的な発想の意識

企業側の環境効率的な発想の意識を調査するために、企業レベル、製品レベル別の環境効率指標及びそのファクターの導入企業数を調査した。その結果を表 2.3.1.2.3 に示す。

表 2.3.1.2.3 企業レベル、製品レベル別の環境効率指標及び製品ファクターの導入企業数

	業種分類	環境報告書 発行確認企業数	環境効率指標及びファクター導入企業数	
			製品レベル	企業レベル
1	食料品	30	0	1
2	繊維製品	6	0	0
3	パルプ・紙	7	0	0
4	化学	42	0	2
5	医薬品	12	0	1
6	石油・石炭	2	0	0
7	ゴム製品	3	0	0
8	ガラス・土石製品	10	1	2
9	鉄鋼	6	0	0
10	非鉄金属	5	0	1
11	金属製品	4	0	1
12	機械	8	0	2
13	電気機器	56	3	6
14	輸送用機器	15	0	1
15	精密機器	9	0	0
16	その他製品	5	0	0
17	卸売業	7	0	0
18	小売業	22	0	1
19	証券・商品先物	1	0	0
20	保険	3	0	0
21	陸運	3	0	0
22	海運	3	0	0
23	通信	7	0	1
24	電気・ガス	16	2	2
25	サービス	3	0	0
	合計	285	6	22

表 2.3.1.2.3 から、製品レベルよりも、企業レベルの環境効率指標及びそのファクターの方が、導入企業数が多いことがわかる。

これは、企業全体の環境情報の把握が一般化し、分母項目である企業全体の環境負荷のデータが多くの企業内に蓄積されたことと、分子項目にあたる総生産量や売上高についても、既に蓄積されたデータあり、算出が容易であることが反映しているものと考え

られる。

(なお、環境負荷排出原単位については、その逆数が環境効率に該当する場合があるが「環境効率」と宣言していないものについては、環境効率指標とは考えないこととした。)

算定が比較的容易な企業レベルの環境効率指標及びそのファクター方が、僅かとはいえ製品レベルの環境効率指標及びそのファクターよりも普及していることは、環境効率的な発想によって環境配慮をPRしようとする意識自体が、製品レベルの環境効率指標及びそのファクターの導入数以上に普及していることを示している。

2.3.2 環境効率指標の導入事例及び検討事例

製品ファクターの構成要素としての環境効率指標の導入事例、検討事例から、企業側にとって算出が負担とならない製品ファクターの項目(環境効率指標の分母項目、分子項目)の検討を行う。これは、検討項目2に関する調査に該当する。

2.3.2.1 導入事例及び検討事例の列挙

製品ファクターの構成要素としての環境効率指標の導入事例については「環境効率指標及びそのファクターに関するアンケート」のアンケートAの回答を整理したものを、表2.3.2.1.1に示した。

また、検討事例については、「環境効率指標及びそのファクターに関するアンケート」のアンケートBの回答を整理したものを、表2.3.2.1.2に示した。

【表の凡例】

分母項目

分母項目については、以下の3点に留意した分類を行った。

環境負荷項目の表示方法が、以下のどれに属するか。

- ・インプット：例) エネルギー消費量、資源消費量など製品へのインプットとなるもの。
- ・アウトプット：例) CO₂排出量、NO_x排出量、排水量など製品からのアウトプットとなるもの。
- ・間接的項目：例) 製品重量、有害物含有量の削減(削減物質名を明示しない)などの情報は、直接環境負荷の量の算定根拠とはならないため、「間接的項目」として分類する。

環境負荷の発生を以下のどの段階で計上しているか。

- ・事業領域内：例) 最終消費財をつくる製造業であれば製造段階
- ・事業領域外：例) 最終消費財をつくる製造業であれば、資源採掘段階、流通段階、使用段階、廃棄段階など

環境負荷の統合化を行っているか否か。

例) エネルギー消費とリサイクル率などいくつかの指標項目を1つにまとめ合わせて表現するなど

分子項目

分子項目は、以下のどの種類の指標によって定量化されているかによって分類した。

- ・物理量：例) 販売量、生産量など
- ・経済的価値：例) 売上高、利益、価格など
- ・機能：例) 製品性能、製品パフォーマンスなど

出典

- ・Q：出典が「環境効率指標及びそのファクターに関するアンケート」である。
- ・R：出典が2002年版環境報告書である。

表 2.3.2.1.1 環境効率指標の導入事例 (1)

No	会社名	業種	指標 No	環境効率指標	対象製品・サービス	分子項目	分母項目				出典	
							事業領域内		事業領域外			統合の項目
							直接的項目	間接的項目	直接的項目	間接的項目		
1	A社	ガラス・土石製品	1	$\frac{\text{トイルの長さ (km}^2\text{)}}{\text{ライフサイクル CO}_2\text{ 排出量 (kg)}}$	シャワー・トイル (機器一体型)	機能	直接的項目	CO ₂	直接的項目	CO ₂	0	
2			2	$\frac{\text{トイルの長さ (km}^2\text{)}}{\text{ライフサイクルエネルギー消費量 (MJ)}}$	シャワー・トイル	機能	直接的項目	エネルギー	直接的項目	エネルギー	0	
3			3	低VOC + 自然調湿機能 + 歩行感 + 防汚(項目による) エネルギー使用量(製造段階のみ(MJ))	ソイルセラミック	機能	直接的項目	エネルギー	直接的項目	エネルギー	0	
2	B社	電気機器	1	パソコンのサービスICPU処理能力(MTOPS) + ディスク容量(TB)	パソコン	機能	直接的項目	CO ₂	直接的項目	CO ₂	R	
			2	パソコンのサービスICPU処理能力(MTOPS) + ディスク容量(TB) 資源投入量(製品質量(kg))	パソコン	機能	直接的項目	製品重量	直接的項目	製品重量	R	
3	C社	電気機器	1	製品機能 × 製品寿命(年)	全製品、全部品	機能	直接的項目	CO ₂	直接的項目	CO ₂	R, Q	
			2	ライフサイクルGHG排出量(kg) ライフサイクルの(新規投入資源量) × (廃棄資源量) (kg)	全製品、全部品	機能	直接的項目	新規資源 - 廃棄資源	直接的項目	新規資源 - 廃棄資源	0	
4	D社	電気機器	-	$\frac{\text{環境負荷の総合値(無次元化)}}{\text{分子項目: 「製品・サービスの機能、価値」と捉えているが、適切な定量化手法がないため、1とおく}}$ 分子項目: 環境負荷の総合値は、環境側面を製品重量、消費電力、環境リスク物質使用量のベクトル合成で表現(各々、削減%で算出)	家電製品群、 家電機器、情報通信機器群、 ファクトリーオートメーション機器群、 自動車部品群、 デバイス機器群	機能	直接的項目	製品重量	直接的項目	消費電力	環境リスク物質使用量	R, Q
5	E社	電気機器	-	$\frac{\sqrt{(\text{製品重量})^2 + (\text{消費電力})^2} + (\text{環境リスク物質使用量})^2}{\text{製品パフォーマンス(無次元化)}} \times \text{CO}_2\text{ 排出量 (t-e)}$	複写機	機能	直接的項目	CO ₂	直接的項目	CO ₂	0	
6	F社	電気機器	-	$\frac{\text{基本機能(性能) e.g. 容量 (容量機) / kg, 冷蔵機の場合(MD) 資源枯損負荷量(可採年数)による重み付け(可採年数の逆数, 年)}}{\text{CO}_2\text{ 排出量 (t-e)}}$	冷蔵庫、テレビ、洗濯機、ノートパソコン	機能	直接的項目	資源	直接的項目	資源	0	

表 2.3.2.1.1 環境効率指標の導入事例 (2)

No	会社名	指標 No	指標 名称	環境効率指標	対象製品・ サービス	分子項目	分母項目				出 典		
							事業領域内		事業領域外			統合的指標	統合的指標
							インフラ	プラント	インフラ	プラント			
7	G社	1	電気・ ガス	売上高(億円) 環境負荷総量 ・分母項目:環境負荷総量=(CO ₂ (万t)+SO _x (万t)+NO _x (万t)+ ばいじん(t)+フロン(ODP-t))排出量 環境負荷に重み付け係数をかける	電力	経済的価値	インフラ	プラント	インフラ	プラント	○	Q	
				・CO ₂ ・SO _x ・NO _x ・ばいじん ・フロン			・石炭 ・重油 ・原油 ・LNG ・LPG						
		2	電気	売上高(億円) 環境負荷総量+化石燃料消費量 ・分母項目:環境負荷総量 =(CO ₂ (万t)+SO _x (万t)+NO _x (万t)+ばいじん(t) +フロン(ODP-t))排出量 化石燃料消費量 =(石炭+重油+原油+LNG+LPG)消費量(万t)	電力	経済的価値	インフラ	プラント	インフラ	プラント	○	Q	
				・CO ₂ ・SO _x ・NO _x ・ばいじん ・フロン			・石炭 ・重油 ・原油 ・LNG ・LPG						
8	H社	1	電気・ ガス	営業利益 CO ₂ 排出量 (90年を100とした場合の指数)	電力	経済的価値					-	R	
		2	電気	営業利益 NO _x 排出量 (90年を100とした場合の指数)	電力	経済的価値						-	R
3	電気	営業利益 SO _x 排出量 (90年を100とした場合の指数)	電力	経済的価値						-	R		
4		4	電気	営業利益 産業廃棄物最終処分量 (90年を100とした場合の指数)	電力	経済的価値							R

表 2.3.2.1.2 環境効率指標の検討事例 (1)

No	会社名	業種	指標 No	環境効率指標	対象製品・サービス	分子項目	分母項目				出典	
							事業領域内		事業領域外			統合化の有無
							製品項目	プロセス	製品項目	プロセス		
1	I 社	パルプ・紙	-	生産量(場合によっては販売量)(t) CO ₂ 排出量(t-CO ₂)	紙、板紙	物理量 経済的価値	CO ₂	製品項目	プロセス	-	0	
2	J 社	化学	1	美観、機能(検討中) 統合化指標(EPSなど)	自動車用塗料、新規塗料材料、系樹脂アズイン、工業製品デザイン、新規生産技術	機能	CO ₂ , CH ₄ , HFC, PFC, N ₂ O, SF ₆	製品項目	プロセス ・資源 ・電力	0	0	
3	K 社	医薬品	2	生産量(kg) 統合化指標(EPSなど)	粉体塗料 水性系塗料	物理量	CO ₂ , CH ₄ , HFC, PFC, N ₂ O, SF ₆	製品項目	プロセス ・資源 ・電力	0	0	
4	L 社	ガラス・土石	-	生産量またはリサイクル量(kg) 天然鉱物資源(kg)	工場生産品(薬品)	物理量	エネルギー	製品項目	プロセス エネルギー	-	0	
5	M 社	鉄鋼	-	販売量(円) エネルギー消費量+資源消費量(円)	セメント エコセメント	物理量	天然鉱物資源 資源	製品項目	プロセス ・エネルギー ・資源	-	0	
6	N 社	電気機器	-	製品のライフサイクル CO ₂ 排出量(kg-CO ₂) *分子項目:製品のライフサイクル=消費電力、体積、質量、分解時間、機能	ネットワークデータ アナライザー	機能	CO ₂	製品項目	プロセス	0	0	

表 2.3.2.1.2 環境効率指標の検討事例 (2)

No	会社名	業種	指標 No	環境効率指標	対象製品・サービス	分子項目	分母項目						出 典	
							事業領域内			事業領域外				適合性の有無
							分子項目	分母項目	削減的項目	削減的項目	削減的項目	削減的項目		
7	0 社	電気機器	1	$\frac{\text{印字速度 (ppm)} \times \text{電力消費量 (kWh)} \times \text{CO}_2 \text{ 排出係数 (kg-CO}_2\text{/kWh)}}{\text{印字速度 (ppm)} \times \text{電力消費量 (kWh)}} \times \text{削減率 (\%)}$	プリンタ	機能	CO ₂	CO ₂	稼働音	稼働音	0	0		
8	P 社	電気機器	2	$\sqrt{\text{印字速度 (カラー)} \times \text{画像品位 (縦横の相乗平均) (ppm, dpi)}}$	プリンタ	機能	CO ₂	CO ₂			-	0		
9	0 社	電気機器	-	製品の機能数、質量など(なし、相対比)	DVD プレイヤー	機能					-	0		
10	0 社	電気機器	-	容積率(冷蔵庫の場合)(L)	冷蔵庫	機能	CO ₂	CO ₂			-	0		
10	R 社	電気機器	-	製品の売上高(億円)	生活家電品、照明器具、音響機器、住宅設備・建材、電子材料、測定器	経済的価値						0		
11	S 社	輸送用機器	-	CO ₂ 排出量(t-CO ₂) + 資源消費量(t)	フロントエンドモジュール、ラジエータ、コネクティブモジュール	経済的価値	資源	CO ₂	資源	資源		0		
12	T 社	精密機器	-	易分解性、放熱効率、(製品)寿命、部品点数(係数)	レンズ	機能			製品重量			0		
13	U 社	精密機器	1	生産量(台(部))	ウオッチ	物理量	エネルギー					0		
			2	エネルギー消費量(MJ)	ウオッチ	経済的価値		CO ₂				0		
				売上高(百万円)	ウオッチ	物理量		CO ₂				0		
				製造時のCO ₂ 排出量(t-CO ₂)	ウオッチ	物理量		CO ₂				0		
				生産量(千個)										
				製造時のCO ₂ 排出量(t-CO ₂)										

表 2.3.2.1.2 環境効率指標の検討事例 (3)

No	会社名	業種	指標 No	環境効率指標	対象製品・サービス	分子項目		分母項目				出 発 点	
						分類	単位	事業領域内		事業領域外			統合化の有無
								製品	サービス	製品	サービス		
14	V 社	その他製品	-	包装材料の酸素・水蒸気透過機能(検討中) エネルギー消費量、CO ₂ 排出量(MJ, kgなど)	食品用包装容器	エネルギー	CO ₂	エネルギー	CO ₂			0	
15	W 社	通信	-	アクセス設備の最大伝送速度能力(bits)	ADSL 光ファイバー	電力						0	
16	X 社	不明	-	サービス(性能)(不明) 電力消費量(不明)	ファンクター			電力				0	

2.3.2.2 分母項目

アンケートのサンプルの大きさが十分でないため、その集計結果から傾向を分析することは危険であるが、その危険性を意識した上で、導入事例及び検討事例に基づいた、環境効率指標の分母の傾向を分析する。

(1) 環境負荷項目の算定形式

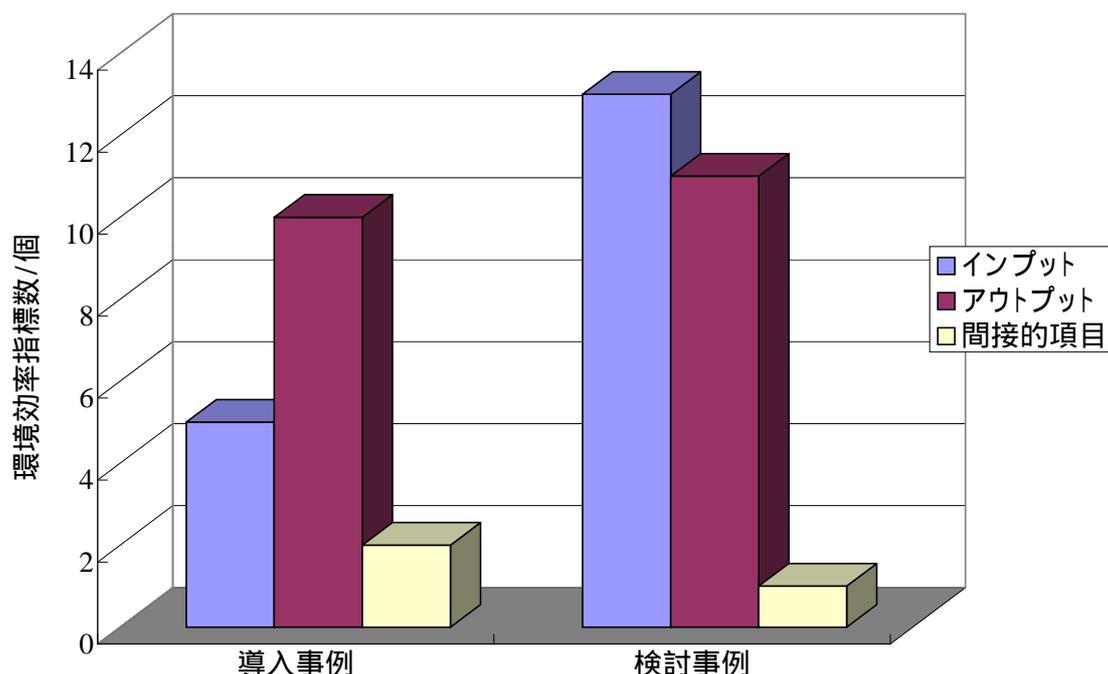


図 2.3.2.2.1 環境負荷項目の表示方法

図 2.3.2.2.1 に示すように、導入事例の環境効率指標の分母（環境負荷）は、検討事例と比較してアウトプット項目によって環境負荷が算定された事例が多い傾向にある。これは、LCA などの環境負荷を算定するスキルを蓄積した企業が環境効率指標を導入しているためであると考えられる。逆に、検討事例においてアウトプット項目よりもインプット項目による算定の事例が多ことは、企業にとってこの方法の方が負担が少ないことを示していると考えられる。

(2) 考慮される環境負荷の発生段階

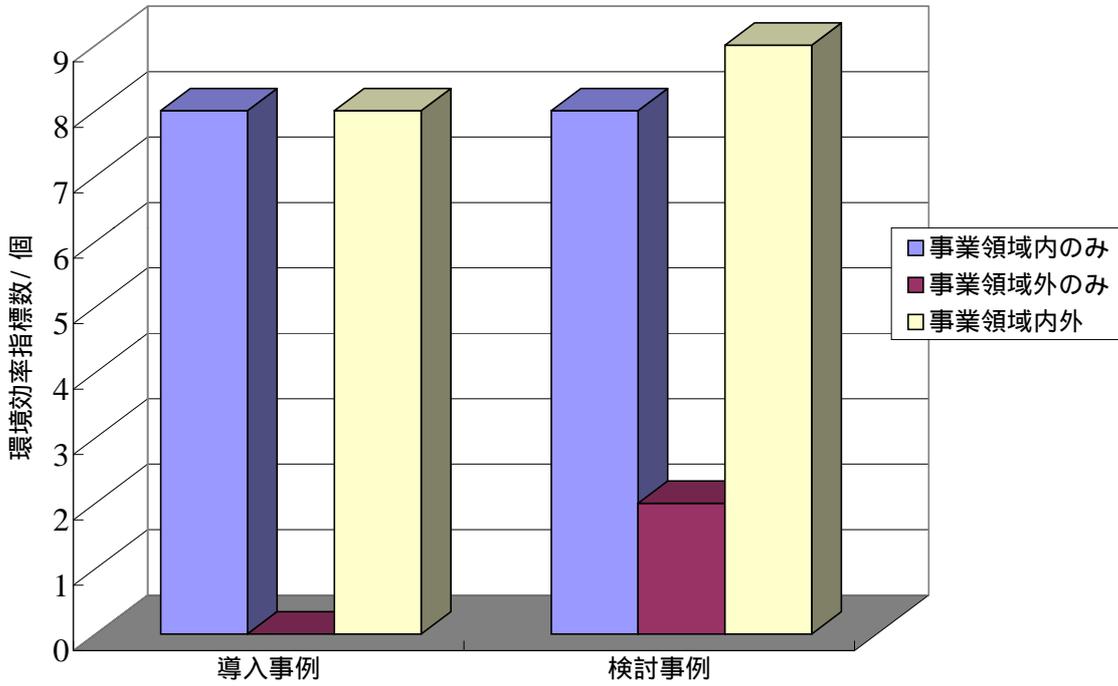


図 2.3.2.2.2 考慮される環境負荷の発生段階

図 2.3.2.2.2 に示すように、導入事例と検討事例では、考慮されている環境負荷発生段階については、それほど大きな傾向の相違は見られない。これは、業種によっては、事業領域外で発生する環境負荷を考慮する場合であっても、消費電力の数値などから算出が容易であることが多いためであると考えられる。

(3) 統合化

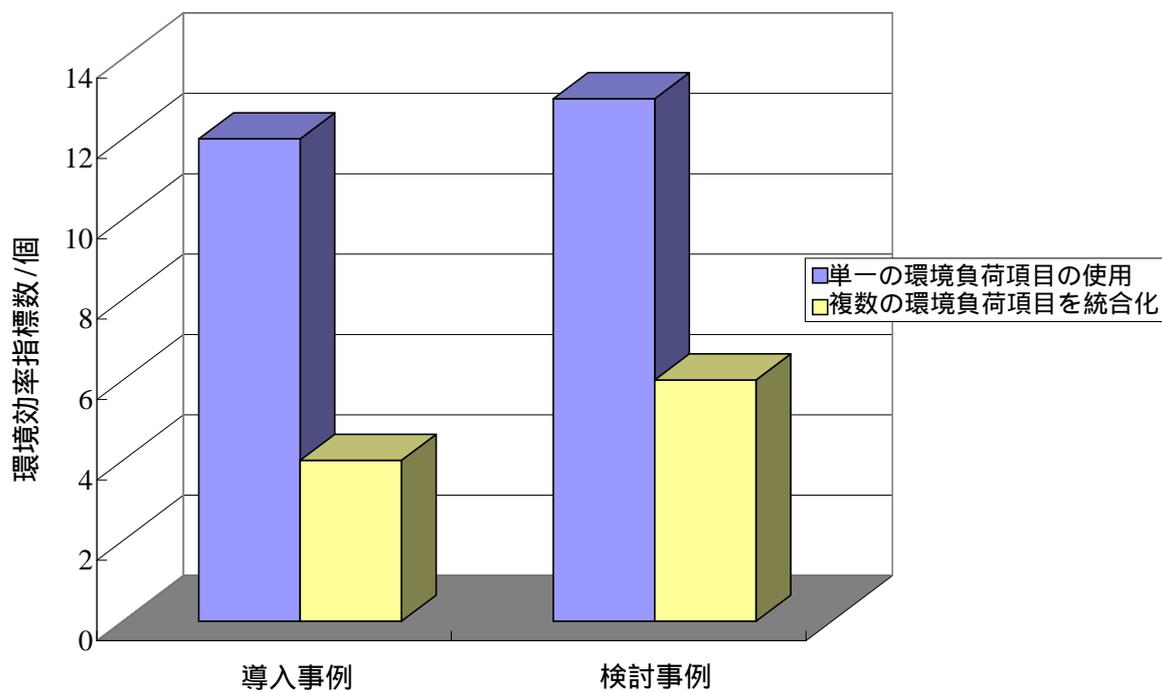


図 2.3.2.2.3 環境負荷項目の統合化の有無

図 2.3.2.2.3 に示すように、導入事例と検討事例では、環境負荷の統合化実施の有無で大きな傾向の相違は見られない。

2.3.2.3 分子項目

2.3.2.2 と同様に、アンケートのサンプルの大きさが十分でないため、その集計結果から傾向を分析することは危険であるが、その危険性を意識した上で、導入例及び検討事例に基づいた、環境効率指標の分子の傾向を分析する。

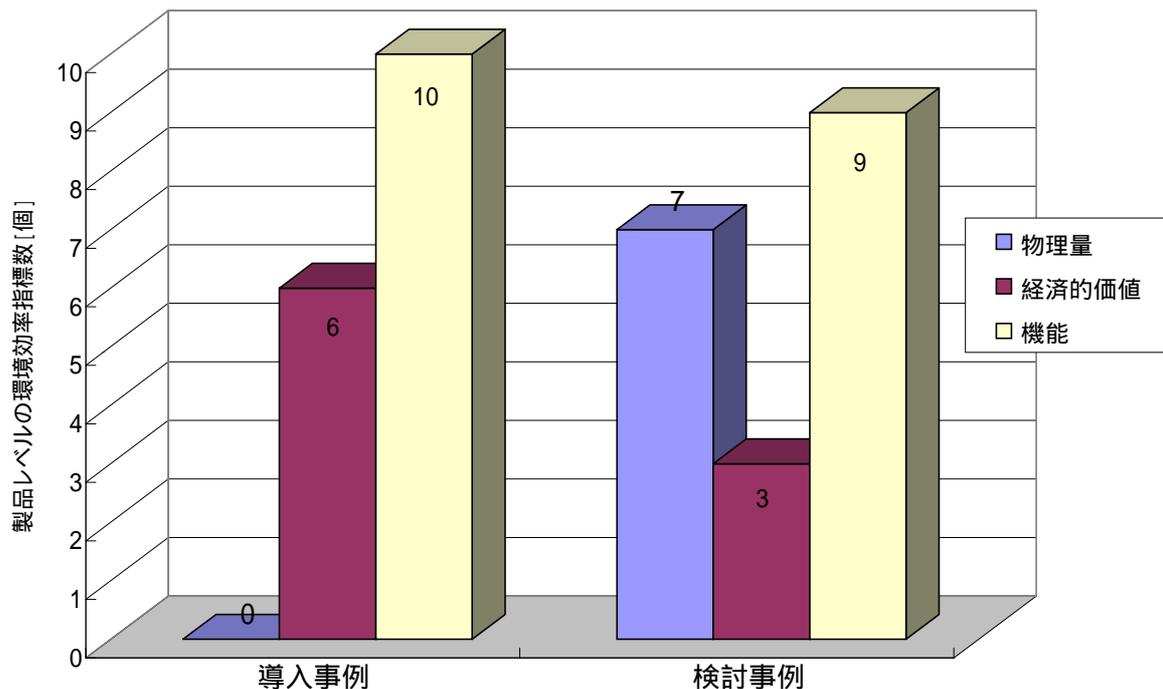


図 2.3.2.3.1 導入事例、検討事例における分子項目

図 2.3.2.3.1 より、導入事例は、検討事例よりも環境効率指標の分子（製品による便益）を機能によって指標化する事例が多いことが示される。検討事例において、物理量や経済的価値によって環境効率指標の分子（製品による便益）を指標化する事例の合計が、機能によって指標化する事例よりも多いことは、物理量や経済的価値による環境効率指標の分子（製品による便益）が比較的用意であるためであると考えられる。

これらは、機能による環境効率指標の分子（製品による便益）の指標化が難しい反面、物理量や経済的価値にはない利点が存在することを示唆すると考えることもできる。

2.3.3 製品ファクターの導入事例、検討事例

製品ファクターの導入事例、検討事例から、製品ファクターが企業努力を適正に反映しているかどうか、製品ファクターが持続可能な発展への当該製品の寄与を適正に定量化しているかどうか、についての分析を行う。これらは、検討項目 3、検討項目 4 に該当する。

2.3.3.1 導入事例及び検討事例の列挙

製品ファクターの導入事例については「環境効率指標及びそのファクターに関するアンケート」のアンケート A の回答を整理したものを、表 2.3.3.1.1 に示した。

また、検討事例については、「環境効率指標及びそのファクターに関するアンケート」のアンケート B の回答を整理したものを、表 2.3.3.1.2 に示した。

【表の凡例】

対象製品

製品ファクター算出の対象となった製品種別

評価対象

製品ファクターによって評価される製品情報

例) 最新製品、2002 年モデル、方式名など

評価基準

製品ファクターを算出する際の基準となる製品情報

例) 前モデル、1990 年モデル、方式名など

算出結果

製品ファクターの算出結果

環境効率指標の分子・分母動向

製品ファクターの算出する際の、環境効率指標の分子、分母の影響を以下の 5 つの類型に分類する。

- ・ **分子依存 I** : 分子 (製品による便益 [物理量、経済的価値、機能]) が向上、分母 (環境負荷) は一定。
- ・ **分子依存 II** : 分母 (環境負荷) が増大、しかし分子 (製品による便益) もそれ以上に向上。
- ・ **分母依存** : 分子 (製品による便益) はほぼ一定、分母 (環境負荷) は削減される。
- ・ **分子分母協調** : 分子 (製品による便益) が向上し、分母 (環境負荷) も同程度削減させる。
- ・ **その他** : 製品ファクターが向上しなかった場合 (上記の 4 つの類型はいずれも製品ファクターが向上する。)

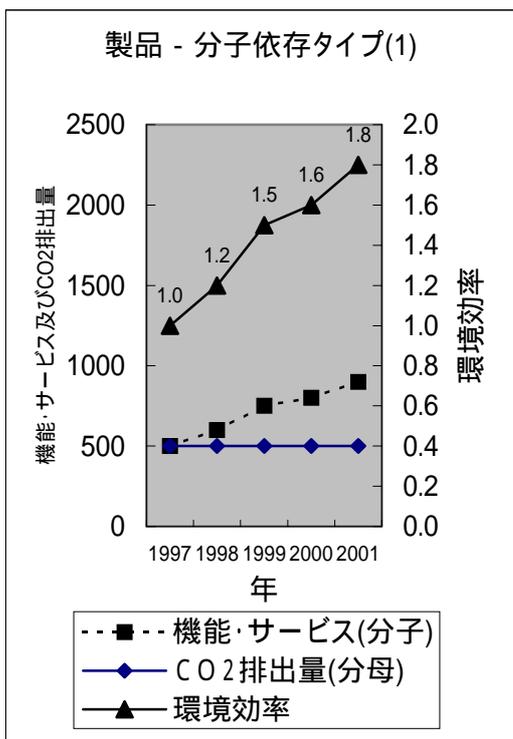
分子依存 I、分子依存 II、分母依存、分子分母均衡の 4 つの類型について、そのイメージを図 2.3.3.1.1 に示す。

また、「環境効率指標及びそのファクターに関するアンケート」の回答には、環境効率指標の分子・分母動向を誤って解釈したものが散見された。そのため、製品ファクター事例の中には、本報告書に掲載するに当たって、実際の分子・分母動向に合わせて類型を変えたものもある。

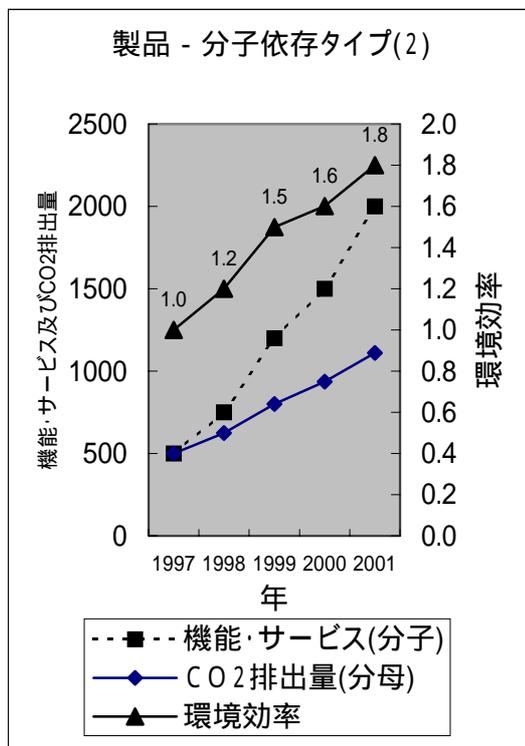
出典

- ・Q：出典が「環境効率指標及びそのファクターに関するアンケート」である。
- ・R：出典が2002年版環境報告書である。

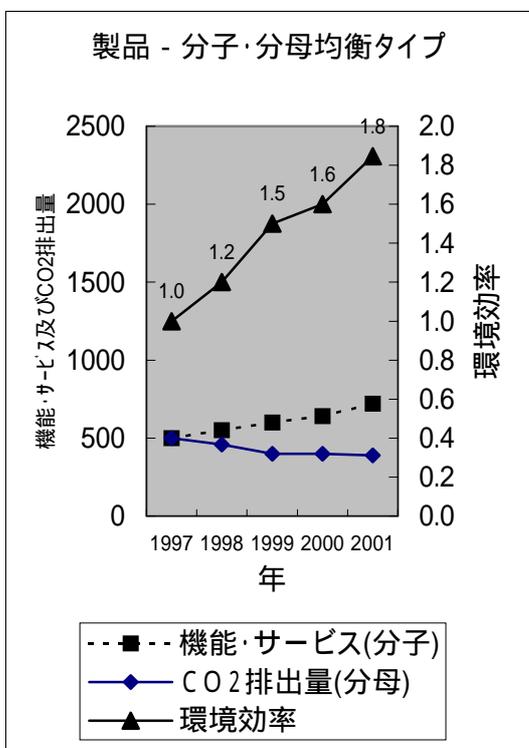
分子依存



分子依存



分母依存



分子・分母均衡

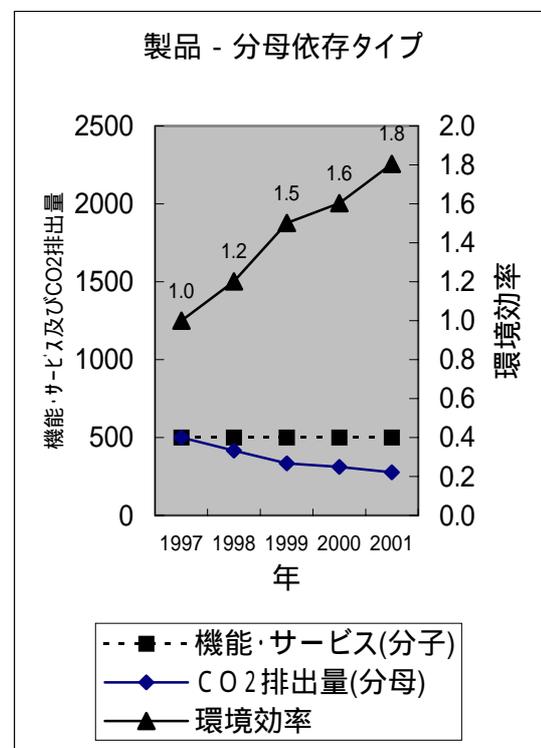


図 2.3.3.1.1 分子依存、分子依存、分子依存、分子分母均衡の概念図

表 2.3.3.1.1 製品ファクターの導入事例(1)

No	会社名	業種	指標 No	環境効率指標	ファクター						グリーン 出典		
					対象製品	評価 対象	評価 基準	算出結果	分子依存1 ・分子向上 ・分子一定	分子依存II ・分子向上 ・分子増大 ・分子増小		分子依存 ・分子一定 ・分子増大	分子増減 ・分子向上 ・分子増減	その他
1 A 社	ガラス・ 土石製品		1	トイレの広さ (cm ²)	最新 製品	1996年	2.182	○				○	
				トイレの広さ (cm ²)	最新 製品	1996年	4.0		○			○	
				低VOC・自然調製機能・お洗濯・お染 (項目による) エネルギー使用量 (製造段階のみ) (MJ)	最新 製品	従来品	5.0		○			○	
2 B 社	電気 機器		1	パソコンのサービ(CPU処理能力(MIPS)+ディスク容量(Gb)) 期間負荷削減量(ライフサイクルCO ₂ 排出量)	2001年 製品	1998年	7.8					R	
				パソコンのサービ(CPU処理能力(MIPS)+ディスク容量(Gb)) 費用投入量 (製品価格) (kg)	2001年 製品	1998年	7.5						R
3 C 社	電気 機器		1	製品機能×製品寿命(年) ライフサイクル-GHG 排出量 (kg)	2001年 製品	1991年	2.0				○	R	
				製品機能×製品寿命(年) ライフサイクルの (直接投入量+感度削減) (kg)	2001年 製品	1991年	2.5				○	R	
4 D 社	電気 機器		2	製品機能×製品寿命(年) ライフサイクルの (直接投入量+感度削減) (kg)	2001年 製品	1991年	1.5				○	R	
				製品機能×製品寿命(年) ライフサイクルの (直接投入量+感度削減) (kg)	2001年 製品	1991年	1.4				○	R	
-				環境負荷の総合値 (数値元化)	家電製品	最新 製品	10年前 の製品	2.002				○	○
					車載機器	最新 製品	10年前 の製品	2.001				○	○
					情報通信機器	最新 製品	10年前 の製品	3.027				○	○
					ファクトリーオートメー ション機器	最新 製品	10年前 の製品	1.436				○	○
				自動車電装部品	最新 製品	10年前 の製品	1.393				○	○	
				デバイス機器	最新 製品	10年前 の製品	73.08				○	○	

表 2.3.3.1.1 製品ファクターの導入事例(2)

No	会社名	業種	指標 No	環境効率指標	対象製品	評価対象	計算基準	算出結果	製品単位の分子・分母の動的				データ出典
									分子依存I ・分子向上 ・分母一定	分子依存II ・分子向上大 ・分母増大小	分母依存 ・分子一定 ・分母削減大	分子分母協調 ・分子向上 ・分母削減		その他
5	E社	電気機器	-	製品パフォーマンス(無次元) CO ₂ 排出量 (t-e)	複写機(MP6550)	リサイクル機	従来機	1.929	○				Q
6	F社	電気機器	-	基本機能(性能) e.g. 容量(洗濯機、冷蔵庫の場合)(t) 資源消費効率(可算年度による重み付け)(可算年度の建設、年)	冷蔵庫、テレビ、洗濯機、ノートパソコン	当年度の関連製品	1990年	-					
7	O社	電気・ガス	1	売上高(億円) 環境負荷総量 ・分母項目: 環境負荷総量=(CO ₂ (万t)+SO _x (万t)+NO _x (万t)+ばいじん(t)+フロン(ODP-t))排出量	電力	-	-	1.369			○		O
8			2	売上高 環境負荷総量+化石燃料消費量 ・分母項目: 環境負荷総量=(CO ₂ +SO _x +NO _x +ばいじん+フロン)排出量 化石燃料消費量=(石炭+重油+原油+LNG+LPG)消費量	電力	-	-	1.505			○		O
9	H社	電気・ガス	1	営業利益 CO ₂ 排出量 (99年を100とした場合の指数)	電力	2001年	1990年	1.98			データなし(不明)		R
10			2	営業利益 NO _x 排出量 (99年を100とした場合の指数)	電力	2001年	1990年	2.82			データなし(不明)		R
11			3	営業利益 SO ₂ 排出量 (99年を100とした場合の指数)	電力	2001年	1990年	7.07			データなし(不明)		R
12			4	営業利益 高度産業物産純産分量 (99年を100とした場合の指数)	電力	2001年	1990年	4.14			データなし(不明)		R

表 2.3.3.1.2 製品ファクターの検討事例(1)

No	会社名	業種	指標 No	環境改善指標	ファクター						ファクター 出典			
					対象製品	評価対象	評価基準	算出結果	分子依存 I ・分子向上 ・分母一定	分子依存 II ・分子向上大 ・分母増大小		分子依存 III ・分子向上 ・分母増大	その他	
1	1 1 社	パルプ、紙	1	生産量 (場合によっては重量 (t)) CO ₂ 排出量 (t-CO ₂)	紙、板紙	2001 年	1999 年	0.9331				○	○	
2	2 1 社	化学	1	美観、機能 (密封中) 総合化指標 (EPS など)										
			2	生産量 (kg) エネルギー (EPS など)	粉体塗料	環境負荷低減型製品	従来製品	7.097 × 10 ⁷		○			○	
3	3 K 社	医薬品	-	生産量 (g) エネルギー消費量 (原相換算) (kWh)	水性系塗料	環境負荷低減型製品	従来製品	7.768 × 10 ⁴		○			○	
4	4 L 社	ガラス、土石	-	生産量またはリサイクル量 (kg) 天然鉱物資源 (kg)	工用生産品	-	1997 年	2.333			○		○	
5	5 M 社	鉄鋼	-	販売量 (円) エネルギー消費量+資源消費量 (円)	セメント	2001 年	1995 年	1.176		○			○	
6	6 N 社	電気機器	-	製品のバフォーマンス CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂)	エコセメント	2001 年	1995 年	1.552			○		○	
7	7 O 社	電気機器	1	印字速度(カラー、モノクロ)×画像品位(ppm, dpi) 原料材料→製造の CO ₂ 排出量+使用時資源消費+稼働音	オイルテンパー線	2002 年	2000 年							
8	8 P 社	電気機器	2	印字速度 (カラー)×画像品位 (解像の相乗平均) ライフサイクル CO ₂ 排出量	ネットワークデータ アダプター	1999 年	1990 年	16.58				○	○	
9	9 Q 社	電気機器	-	製品の機能数、質量など 製品の稼働電力	II プリンタ	2002 年	2000 年	292.1				○	○	
10	10 R 社	電気機器	-	省電率 (冷暖房の場合) CO ₂ 排出量	II プリンタ	2002 年	2000 年	3.314				○	○	
			-	製品の売上高 CO ₂ 排出量+資源消費量	DVD プレイヤー	2002 年	2000 年	2.995			○		○	
			-	製品の売上高 CO ₂ 排出量+資源消費量	冷蔵庫	2000 年	1996 年	2.718				○	○	
			-	製品の売上高 CO ₂ 排出量+資源消費量	生活家電品等	最新製品	基準製品							

表 2.3.3.1.2 製品ファクターの検討事例(2)

No	会社名	機種	指標 No	環境効率指標	対象製品	計画 年度	評価 基準	算出結果	ファクター				データ 出典
									分子依存Ⅰ ・分子向上 ・分子一定	分子依存Ⅱ ・分子向上大 ・分子増大小	分母依存 ・分子一定 ・分母増大	分子分母両側 ・分子向上 ・分母削減		その他
11	S社	輸送用 機器	-	最分解性、燃焼効率、(製品)寿命、部品点数(部品) (製品)重量 (kg 搭載)	フロントエンドモジ ュール	更新 モデル	前モデル	1,630			○		0
12	T社	精密 機器	-	生産性 (台/組) エネルギー消費量 (MJ)	ラジエータ	更新 モデル	前モデル	6,716			○		0
13	U社	精密 機器	1	製造時のCO ₂ 排出量 (t-CO ₂)	コクピットモジュー ル	更新 モデル	前モデル	1,315		○			0
14	V社	その他 製品	2	製造時のCO ₂ 排出量 (t-CO ₂)	レンズ	2001年	1995年						
15	W社	通信	-	包装材料の重量・水素気態削減量 (検討中) エネルギー消費量、CO ₂ 排出量 (MJ、kg など)	ウオッチ	2001年	2000年	0.987				○	0
16	X社	不明	-	アクセス装置の最大伝送速度能力 (bit/s) アクセス装置の消費電力 (W)	ウオッチ	2001年	2000年	1,035			○		0
					食品用包装容器	従来 製品	従来 製品						
					ADSL	従来 サービス	従来 サービス	160		○			0
					光サービス	従来 サービス	従来 サービス	2,100		○			0
					ファンモータ	従来 製品	5年前						

2.3.3.2 企業努力の反映について

表 2.3.3.1.1、表 2.3.3.1.2 から、算出された製品ファクターのほとんどは 1 以上の値をとり、環境効率が向上したことを示している。これは、環境効率指標の分子（製品による便益）の向上あるいは分母（環境負荷）の削減における企業努力を反映した結果である。

しかし、表 2.3.3.1.2 の No.1 の I 社及び No.13 の U 社の製品ファクターは算出結果が 1 以下となり、環境効率が向上しないという結果になった。表 2.3.3.2 に示すように、I 社、U 社は共に新旧の環境効率指標の分母（環境負荷）は削減されている。そのため、両社の環境効率指標の分母（環境負荷）に対する企業努力は、製品ファクターに十分に反映されなかったこととなる。

表 2.3.3.2.1 (株)(製紙・パルプ)、U(株)(精密機器)製品ファクターの内訳

	新環境効率指標		旧環境効率指標	
	分子	分母	分子	分母
I 社	1,024,904 (t)	1,288,645 (t-CO ₂)	1,135,345 (t)	1,332,234 (t-CO ₂)
U 社	85,557(百万円)	30,513 (t-CO ₂)	93,313(百万円)	32,568 (t-CO ₂)

製品ファクターが 1 以上とならず、環境効率が向上しなかったのは、環境効率指標の分子（製品による便益）が向上しなかったためである。I 社、U 社はともに、同一の製品群に対して製品ファクターを算出している。同一の製品群であれば、消費者側の受ける便益についても同一と考えられる。これにもかかわらず両者の環境効率が向上しなかったのは、環境効率指標の分子（製品による便益）を、I 社が「生産量 (t)」とし、U 社が「売上高 (百万円)」としているためである。

生産量や売上高は、当該製品が消費者に与える便益が変わらなかった場合でも、市場環境の変化によって変動し得る。そのため、生産量や売上高を環境効率指標の分子とした製品ファクターは、環境効率指標の分母（環境負荷）削減の企業努力を適正に反映しない可能性がある。

以上から、生産量などの物理量、売上高などの経済的価値は、環境負荷削減の企業努力を相殺してしまう可能性があるため、環境効率指標の分子としては欠点をはらんでいるといえる。

2.3.3.3 持続可能な発展への寄与の適正な定量化について

製品ファクターの評価数値の度合いが高過ぎる、適切であるといった解釈を与えるのは難しい。しかし極端に高い評価数値は指標項目として適切に機能し、定量的表現するかを考慮する必要がある。

製品ファクターが、持続可能な発展への寄与を適正に定量化しないケースには、以下の4つの類型が考えられる。

- (類型1) 環境効率指標の分子の向上が過大評価される
- (類型2) " が過小評価される
- (類型3) 環境効率指標の分母の削減が過大評価される
- (類型4) " が過小評価される

ただし、類型2及び類型4は、企業努力が適正に反映されないケースにも該当する。そのため、製品ファクターが、持続可能な発展への寄与を適正に定量化しないケースとしては、企業努力の反映が行き過ぎてしまう類型1、類型3を対象とすべきであると考えられる。

以下、今回収集した製品ファクターの導入事例及び検討事例の中に、類型1と類型3のケースが存在するか否かを検討した。

本節の構成は、以下の通りである。

- (1) 環境効率指標の分子・分母動向
- (2) 環境効率指標の分子の向上が過大評価された危険性のある事例
- (3) 環境効率指標の分母の削減が過大評価された危険性のある事例
- (4) 環境効率指標の分子の向上と分母の削減が共に過大評価された危険性のある事例

(1) 環境効率指標の分子・分母動向

表 2.3.3.1.1、表 2.3.3.1.2 の「環境効率指標の分子・分母の動向」の集計結果を、図 2.3.3.3.1 に示す。

分子依存 (分子向上、分母一定)、分子依存 (分子向上大、分母増大小) のような分子依存型の分子・分母動向を示した製品ファクター計算結果は少なく、むしろ、分母依存型や、分子分母均衡型の分子・分母動向を示した製品ファクター計算結果が多いことが分かる。

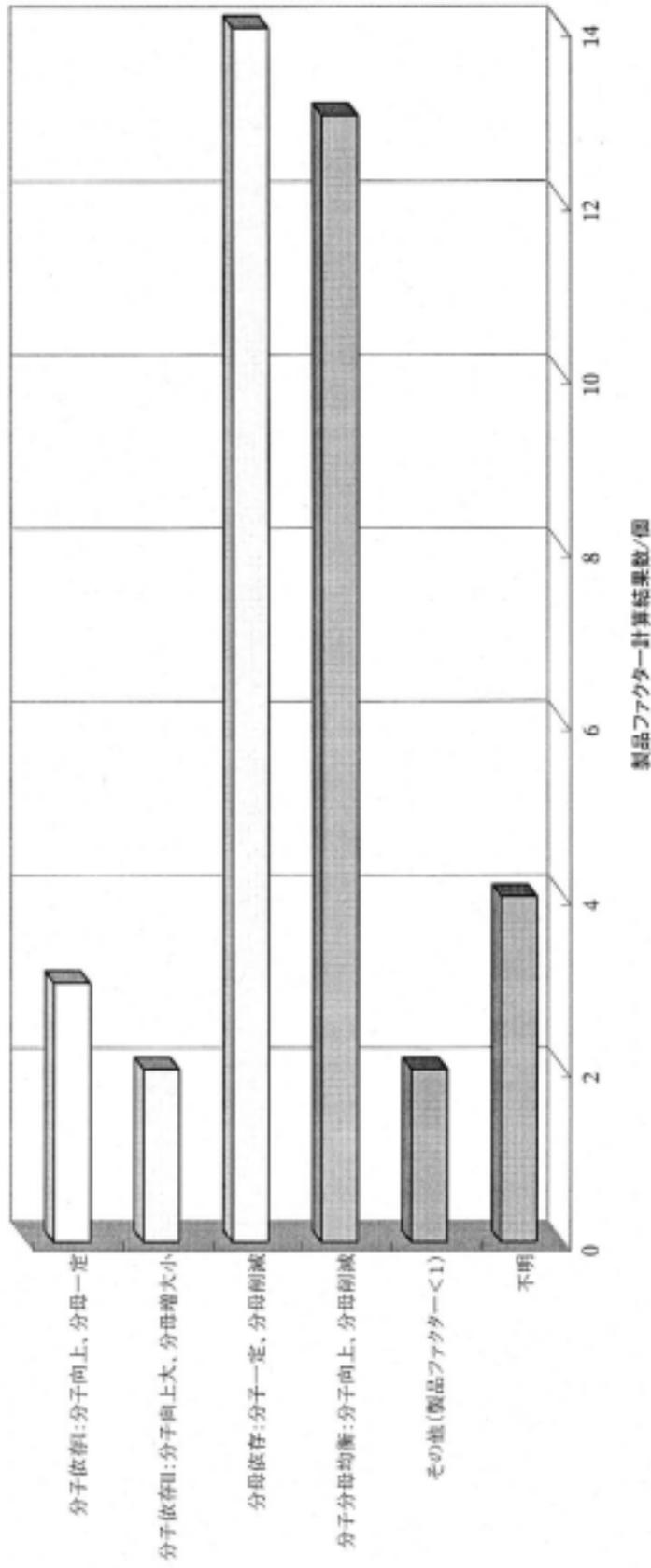


図 2.3.3.3.1 環境効率指標の分子・分母動向

(2) 分子の向上が過大評価された危険性のある事例

分子の向上が過大評価された危険性があるのは、分子依存（分子向上、分母一定）、分子依存（分子向上大、分母増大小）のような分子依存型の分子・分母動向を示した製品ファクター計算結果である。これらに該当する製品ファクター計算結果事例を下表に示す。

表 2.3.3.3.1 分子依存、分子依存型の製品ファクター計算結果

分子分母動向	会社名	対象製品	環境効率指標の分子分類	製品ファクター計算結果
分子依存	S 社	コックピットモジュール	機能	1.315
	W 社	ADSL	機能	160
		光サービス		2,100
分子依存	A 社	シャワートイレ (便器一体型)	機能	2.182
	P 社	DVD プレイヤー	機能	2.995

S 社、A 社、P 社の製品ファクター計算結果は 1～3 程度である。これは環境効率指標が 1～3 倍程度に向上したことを意味している。数倍程度のスケールでの製品性能の向上は十分考えられるため、これらの製品ファクター計算結果については、分子の向上が過大評価されている可能性は低いと考えられる。

W 社の製品ファクター計算結果は、最大で 2,100 ほどとなっている。これは環境効率指標が 2,100 倍に向上したことを意味する。W 社は、「環境効率指標及びそのファクターに関するアンケート」において、新環境効率指標(旧)の分子・分母の数値を回答していないため、具体的な環境効率指標の分子分母の値は不明であるが、アクセス設備の最大伝送速度能力が、従来タイプの ISDN と比較して ADSL と光サービスで、各々、大幅に向上したことを反映しているものと考えられる。

こうした製品性能の向上は、製品の最大能力として実証されているものであるため、過大評価されているとの評価は当たらない。しかし、環境効率指標の分母に着目すると、表 2.3.2.1.2 より、アクセス設備の消費電力のみが、環境負荷として計上されている。光サービスで使用される光ファイバーは、アクセス設備の消費電力は少ないものの、製造時に多くのエネルギーを消費するため製造段階については、ISDN で使用される銅線よりも環境負荷が高いことが考えられる。このため、分子の過大評価はなされていないが、分母増大の過小評価が行われている可能性を指摘することができるであろう。

環境効率指標の分母(環境負荷)は必ずしもライフサイクル環境負荷である必要はないが、ライフサイクルの 1 段階のみの環境負荷を計上する場合には、その環境負荷のライフサイクルにおける位置付けを検討する必要があることが示唆される。

(3) 分母の削減が過大評価された危険性のある事例

分母の削減が過大評価された危険性があるのは、分母依存（分子一定、分母削減）のような分子・分母動向を示した製品ファクター計算結果である。これらに該当する製品ファクター計算結果事例を表 2.3.3.3.2 に示す。

J 社、D 社のデバイス機器以外については、製品ファクター計算結果は 1～5 程度である。これは環境効率指標が 1～5 倍程度に向上したことを意味している。数分の 1 倍程度に環境負荷が削減させることは十分考えられるため、これらの製品ファクター計算結果については、分母の削減が過大評価されている可能性は低いと考えられる。

D 社のデバイス機器は、製品ファクター計算結果が 73.08 とされている。D 社の環境効率指標は分子が 1 とされているので、これは環境負荷が 73 分の 1 になったことを意味する。これはデバイスが 1 部品であり、製品重量、消費電力の削減が大きく進むことも考えられるところから、分母の削減が過大評価されているとは言い切れない。

J 社は、製品ファクターの計算結果が、粉体塗料について 7.097×10^7 、水性塗料について 7.788×10^4 という大きな値となっている。これは環境効率指標が、それぞれ 7.097×10^7 倍、 7.788×10^4 倍となったことを意味する。新旧の環境効率指標の内訳を表 2.3.3.3.3 に示す。

表 2.3.3.3.3 から、粉体塗料については環境負荷が $1.02/2.34 \times 10^7 = 0.44 \times 10^{-7}$ 倍にまで削減され、水性塗料については環境負荷が $2.57 \times 10^2/2.34 \times 10^7 = 1.10 \times 10^{-5}$ 倍にまで削減されたことが確認できる。

評価基準である溶剤塗料と評価対象である水性系塗料は、製造工程が殆ど同じであり、ライフサイクル環境負荷では水性系塗料の方が、溶剤塗料よりも大きくなることもある（社団法人産業環境管理協会環境調和型事業活動導入促進調査報告書（2002））との指摘もある。溶剤塗料の環境負荷が水溶系塗料の 10^5 倍と算出されていることについては、システム境界やインベントリ項目の決定の妥当性について検討の必要性も考えられる。

表 2.3.3.3.2 分母依存型の製品ファクター計算結果

分子分母 動向	会社名	対象製品	環境効率指標の分母内容	製品ファクター 計算結果
分母依存	A 社	シャワートイレ	ライフサイクル エネルギー	4.0
		ソイルセラミック	使用段階エネルギー	5.0
	D 社	家電製品	製品重量、消費電力量、 環境リスク物質使用量 のベクトル合成	2.002
		重電機器		2.001
		情報通信機器		3.027
		ファクトリーオー トメーション機器		1.436
		自動車電装部品		1.393
		デバイス機器		73.08
	E 社	複写機	ライフサイクル CO ₂ 排出量	1.929
	J 社	粉体塗料	ライフサイクル	7.097 × 10 ⁷
		水生系塗料	環境負荷 (EPS)	7.788 × 10 ⁴
	L 社	セメント	天然鉱物資源 消費量	1.176
	A 社	冷蔵庫	ライフサイクル CO ₂ 排出量	2.718
U 社	腕時計	製造時の CO ₂ 排出量	1.035	

表 2.3.3.3.3 J社の製品ファクターの内訳

評価対象	環境効率指標 (新)		環境効率指標 (旧)	
	分子	分母	分子	分母
粉体塗料	157,000	1.02E+00	50,800	2.34E+07
水性系塗料	44,931	2.75E+02	50,800	2.34E+07

(4) 分子向上と分母削減がともに過大評価された危険性のある事例

環境効率指標の分子向上と分母削減がともに過大評価された危険性があるのは、分子分母均衡（分子向上、分母削減）のような分子・分母動向を示した製品ファクター計算結果である。これらに該当する製品ファクター計算結果事例を表 2.3.3.3.4 に示す。

N 社の事例、O 社の製品ファクター計算結果が 292.1 となった事例以外は、製品ファクターの計算結果が、1～10 程度の範囲に収まっている。これらについては、環境効率指標の分子の向上、分母の削減が過大評価されている可能性は低いと考えられる。

N 社の事例、O 社の製品ファクター計算結果が 292.1 となった事例については、その内訳を表 2.3.3.3.5 に示した。

N 社の事例は、新旧の環境効率指標で、分子が 3.3 倍、分母が 1/5 倍に変化している。これらは、分子向上及び分母削減としてはあり得る範囲の変化であると考えられる。したがって、N 社の事例は、環境効率指標の分子の向上、分母の削減が過大評価されている可能性は低いと考えられる。

O 社の製品ファクター計算結果が 292.1 となった事例は、新旧の環境効率指標で、分子が 12 倍、分母が 1/23 倍に変化している。環境効率指標の分子・分母の変化が非常に大きいことが分かる。これは、環境効率指標の分子・分母の定義によるものだと考えられる。この事例の環境効率指標の分子・分母は、表 2.3.2.1.2 に示したように、下式で定義されている。

環境効率指標の分子 = 印字速度 × 画像品位

環境効率指標の分母 = 原料採掘～製造の CO₂ 排出量 × 使用時資源消費量 × 稼働音

これらの定義の特徴は、製品の性能、環境負荷の両方について、複数の項目を積算することで、統合的な製品の性能、統合的な環境負荷が算定されていることである。このような積算方式による環境効率指標の分子、分母の統合化は、高橋ら（2002）ⁱによって、技術改善の度合い及び環境負荷の削減度合いを大きく見積もるリスクが高いことが指摘されている。積算方式を採用した O 社の事例の場合、稼働音がほぼゼロになった場合、統合的な環境負荷がたとえ CO₂ 排出量などが削減されなくてもゼロとなってしまう、という不都合が生じる。

O 社の事例についても、高橋ら（2002）の指摘が該当しているために、292.1 という製品ファクターの計算結果が得られたものと考えられることができる。

以上から、環境効率指標の分子向上及び分母削減が過大評価される危険性を回避するためには、積算方式による統合的な製品の性能、統合的な環境負荷の算定を行うべきではないことが示唆された。

ⁱ 高橋、上野、林、中川、大山；環境対策の改善指標「ファクター-X」の評価手法とその適用事例、エコデザイン 2002 ジャパンシンポジウム論文集、pp54、2002

表 2.3.3.3.4 分子分母均衡型の製品ファクター計算結果

分子分母 動向	会社名	対象製品	環境効率指標の 分子分類	環境効率指標の 分母内容	製品ファクター 計算結果
分子分母 均衡	C 社	エアコン	機能	ライフサイクル GHG 排出量	2.0
		全自動洗濯機		2.5	
		エアコン		ライフサイクルの（新規資源 投入量 + 廃棄資源量）	1.5
		全自動洗濯機		1.4	
	G 社	電力	経済的価値	(CO ₂ +SO _x +NO _x +ばいじん+フ ロン)排出量	1.369
				(CO ₂ +SO _x +NO _x +ばいじん+フ ロン)排出量 + (石炭+重油+原 油+LNG+LPG)消費量	1.505
	K 社	工場生産品	物理量	エネルギー消費量	2.333
	L 社	エコセメント	物理量	天然鉱物資源消費量	1.552
	N 社	ネットワークデー タアナライザ	機能	CO ₂ 排出量	16.58
	O 社	IJ プリンタ	機能	原料採掘～製造の CO ₂ 排出量 × 使用時資源消費 × 稼働音	292.1
				ライフサイクル CO ₂ 排出量	3.314
	S 社	フロントエンドモ ジュール	機能	製品重量	1.630
ラジエータ		機能	6.716		

表 2.3.3.3.5 環境効率指標の分子向上・分母削減が過大評価されている

可能性のある製品ファクター計算事例

会社名	対象製品	製品ファクター 計算結果	環境効率指標（新） / 環境効率指標（旧）		環境効率指標 （新）		環境効率指標 （旧）	
			分子 / 分子	分母 / 分母	分子	分母	分子	分母
N 社	ネットワークデー タアナライザ	16.58	3.3	1.95 × 10 ⁻¹	16.0	37.1	5.0	190.5
O 社	IJ プリンタ	292.1	1.296 × 10 ¹	4.4 × 10 ⁻²	475,200	4.9	36,656	111.3

2.3.4 事例調査まとめ

2.3.4.1 調査結果の整理

2.3「製品ファクター及び環境効率指標の事例調査」から明らかになったことを、4つの検討項目に沿って整理する。

(1) [検討項目1] 企業側からの製品ファクターへの需要

現状での製品ファクター導入事例は少ないが、潜在的な需要は大きい。

- 確認できた製品ファクター導入企業は、環境報告書発行確認企業（285社、建設業除く）とアンケート配布企業（100社、建設業除く）から、8社程度であった（2.3.2.1）
- アンケートに回答した製品ファクター未導入企業16社中14社は、製品ファクターに対して「今後も引き続き検討する」「現在は検討していないが、今後検討したい」を回答した（2.3.1.2（1））
- 業種別の環境配慮製品PR実施企業は、製造業においては、全業種で80%以上であった（2.3.1.2（2））

(2) [検討項目2] 製品ファクターの算出の容易性

環境効率指標の分母（環境負荷）について

どのような形での環境負荷の算出であれば、企業にとって過剰な負担とならないかについては、明確な傾向を掴むことはできなかった。

- アウトプット項目よりインプット項目による算定の方が企業側の負担が軽いと考えられる（2.3.2.2（1））
- 環境負荷の発生段階の考慮範囲を事業領域内に限定するか、事業領域外まで含むかは、業種によって企業側の負担が異なると考えられ、製品ファクター算出の企業側の負担との関係は明確ではない（2.3.2.2（2））
- 環境負荷項目の統合化実施の有無は、製品ファクター算出の企業側の負担との関係は明確ではない（2.3.2.2（3））

環境効率指標の分子（製品による便益）について

製品による便益は、「機能」よりも、「物理量」や「経済的価値」による指標化の方が、企業側の負担は軽い。（2.3.2.3）

(3) [検討項目3] 製品ファクターへの企業努力の十分な反映

製品による便益を、「物理量」や「経済的価値」で指標化した場合、環境負荷削減の企業努力が市場環境の変化などの外部要因によって相殺される危険性がある。（2.3.3.2）

(4) [検討項目4] 持続可能な発展への当該製品の寄与の適正な定量化

環境効率指標の分母（環境負荷）は、削減分が過大評価を避けるために、ライフサイクルを通じて影響の大きい段階の環境負荷を計上することが望まれる。（2.3.3.3(2)）

環境効率指標の分子（製品による便益）を積算によって算定した統合的な「機能」とすると、分子の向上が過大評価される恐れがある。（2.3.3.3(4)）

環境効率指標の分母（環境負荷）を積算によって算定した統合的な「環境負荷」とすると、分子の削減が過大評価される恐れがある。（2.3.3.3(4)）

2.3.4.2 製品ファクターが満たすべき要件

検討項目 2、3、4 は、製品ファクターが満たすべき要件に該当する。

2.3.4.1 の整理に基づいて、2.3「環境効率指標及び製品ファクター事例調査」で明らかになった製品ファクターの要件を以下に整理する。

(1) 環境効率指標の分子(製品による便益)の要件

環境効率指標の分子（製品による便益）は、製品の「機能」によって指標化されることが望ましい。（2.3.3.2）

環境効率指標の分子(製品による便益)向上の過大評価を避けるため、複数の「機能」を積算によって統合化することは避けることが望ましい。（2.3.3.3(4)）

(2) 環境効率指標の分母(環境負荷)の要件

環境効率指標の分母(環境負荷)は、削減分が過大評価を避けるために、ライフサイクルを通じて影響の大きい段階の環境負荷を計上することが望まれる。

(2.3.3.3(2))

環境効率指標の分母(環境負荷)削減の過大評価を避けるため、複数の「環境負荷」を積算によって統合化することは避けることが望まれる。

(2.3.3.3(4))

2.3.4.3 検討が不十分な項目

「環境効率指標及びそのファクターに関するアンケート」の配布数及び回収数が少なかったため、2.3「環境効率指標及び製品ファクター事例調査」では、十分な検討ができない項目が残った。これらを以下に示す。

[検討項目2] 製品ファクター算出の容易性

実際にどのような環境負荷項目であれば、企業にとって算出が過剰な負担とならないで済むのか、についての検討が十分ではない

[検討項目3] 製品ファクターへの企業努力の十分な反映

環境効率指標の分子(製品による便益)を「機能」で指標化すべきことは示唆されたが、具体的にどのように「機能」を定量化すべきかについては、何の検討もなされていない

[検討項目4] 持続可能な発展への当該製品の寄与の適正な定量化

環境効率指標の分子(製品による便益)、分母(環境負荷)の項目が複数ある場合、ともに積算によって統合化をすることは、分子向上あるいは分母削減の過大評価につながる恐れがあることが示唆された。しかし、環境効率指標の分子・分母の項目が複数ある場合の統合化の方法については検討されていない。

これらについては、2.4「潜在的な環境効率指標項目の検討」において検討の対象とした。ただし、検討項目3の「機能の定量化」、検討項目4から派生した環境効率指標の分子・分母の項目が複数ある場合の統合化の方法については、本調査の対象外とした。

2.4 潜在的な環境効率指標項目の検討

平成 14 年度、日本企業の約 600 社弱が環境報告書を発行し、多くの企業が環境配慮型製品もしくは環境負荷を改善した商品についてのページを設けている。また各社ホームページ、パンフレットなどで、改善度を定量的、半定量的に示しているケースが多数みられる。

これらの事例は将来、算出に適した指標項目の検討対象として勘案する余地がある。環境報告書の中から指標項目としての潜在的項目を調査した。

2.4.1 潜在的な製品ファクター項目の検討

本項では、2.3「環境効率指標及び製品ファクター事例調査」において抽出された製品ファクターの要件を前提とし、潜在的に製品ファクターの項目（環境効率指標の分母）となり得る項目を検討する。

2.4.2 環境効率指標の分母（環境負荷）についての検討

2002 年版環境報告書に基づいて企業による製品レベル、企業レベルの環境負荷把握の実情を調査し、環境効率指標の分母（環境負荷）の候補を検討する。

本章の構成を以下に示す。

2.4.2.1：製品レベルでの環境負荷削減情報の開示状況

2.4.2.2：企業レベルでの環境負荷情報の開示状況

2.4.2.3：潜在的に環境効率指標の分母となり得る項目の抽出

2.4.2.1 製品レベルでの環境負荷削減情報の開示状況

(1) 環境報告書における製品レベルでの環境負荷削減情報の開示状況

企業による製品レベルの環境負荷削減情報の開示状況を調査することで、製品レベルの環境負荷の把握状況を推測することとした。

調査方針

A. 情報源

企業が開示する製品レベルの環境負荷削減情報については、2002年版各社環境報告書に基づいた。環境報告書以外のメディアにおいて開示された製品レベルの環境負荷削減情報については、網羅性の担保が困難であるため、ここでは情報源に含めないこととした。そのため、例えばエコリーフ環境ラベルを取得している製品、あるいはグリーン購入ネットワークを通じてデータ公開している製品であれば、開示されていることが判明している環境負荷項目についても、環境報告書に引用記載がないものについては「事例無し」とした。

B. 製品レベルの環境負荷削減情報の分類

企業による情報の開示状況に基づいて、製品レベルの環境負荷削減情報を以下の考え方で分類する。

「製品とその付属物に関わる環境負荷の削減」であるかどうか

- ・ 企業による製品レベルの環境負荷削減という主張には、脱硫装置、脱硝装置のように環境負荷を除去する製品であることが含まれている場合がある
- ・ 脱硫装置や脱硝装置が低減する環境負荷は、環境効率指標の分母となる「製品に関連する環境負荷」とは異なるため、企業による製品レベルの環境負荷削減の主張が、「製品とその付属物（包装材）に関わる環境負荷の削減」であるかどうかの分類を行う

「製品自体に関わる環境負荷の削減」であるか、「製品の付属物に関わる環境負荷の削減」であるか

- ・ 「製品とその提供方法に関わる環境負荷の削減」の内容は、「製品自体に関わる環境負荷の削減」と「製品の付属物に関わる環境負荷の削減」に分類されるため、この分類を行う
- ・ 製品の付属物とは製品を提供するための梱包材や包装材を指す

「事業領域内の環境負荷削減」であるか、「事業領域外の環境負荷削減」であるか

- ・ 「製品自体に関わる環境負荷の削減」は製品のライフサイクルのどの段階での環境負荷を削減するか、によって分類することができる

- ・表 2.4.2.1.1 では、製品のライフサイクル段階を大きく事業領域の内外に 2 分し、「製品自体に関わる環境負荷の削減」の内容を「事業領域内の環境負荷削減」と「事業領域外の環境負荷削減」に分類した
例) 製造業の事業領域外の環境負荷とは、
購買資源の採掘、精製段階の環境負荷
購買部品の製造段階の環境負荷
消費者による製品の使用段階の環境負荷

「間接的な環境負荷削減」であるか、「直接的な環境負荷削減」であるか

- ・「製品自体に関わる環境負荷の削減」は、「間接的な環境負荷削減」と「直接的な環境負荷削減」に分類することができる。表 2.4.2.1.1 ではこの 2 つの考え方によって、「事業領域内の環境負荷削減」と「事業領域外の環境負荷削減」の両方を分類している
- ・「間接的な環境負荷削減」は、環境負荷の削減に結びつくような対策を指す
例) 製品の易分解性の向上
製品の分解を容易にすることによってリユース、リサイクル率を高めることは、リユース、リサイクルされた素材を使用する次世代製品の製造段階の環境負荷を削減することにつながる
- ・「直接的な環境負荷削減」は、直接的な環境負荷の削減を指す
例) CO₂ 排出量の削減

「当該製品の環境負荷の削減」であるか、「他製品の環境負荷の削減」であるか

- ・「事業領域外の環境負荷削減」には、「当該製品の環境負荷の削減」の場合と「他製品の環境負荷の削減」の場合が考えられたため、表 2.4.2.1.1 ではこの 2 つの考え方によって、「事業領域外の環境負荷削減」を分類している
- ・「他製品の環境負荷の削減」とは、当該製品と併用して使用される他の製品による環境負荷が、当該製品の機能によって削減されることを意味する
例) 断熱材の性能向上による空調装置（他製品）の電力消費量削減

「インプット項目の削減」であるか、「アウトプット項目の削減」であるか

- ・「直接的な環境負荷削減」は、エネルギーのようなインプット項目の削減として表示される場合と、CO₂ 排出量のようなアウトプット項目として表示される場合があるため、表 2.4.2.1.1 ではこの 2 つの考え方によって、「直接的な環境負荷削減」を分類している

以上の考え方による分類の概念図を図 2.4.2.1.1 に示す。

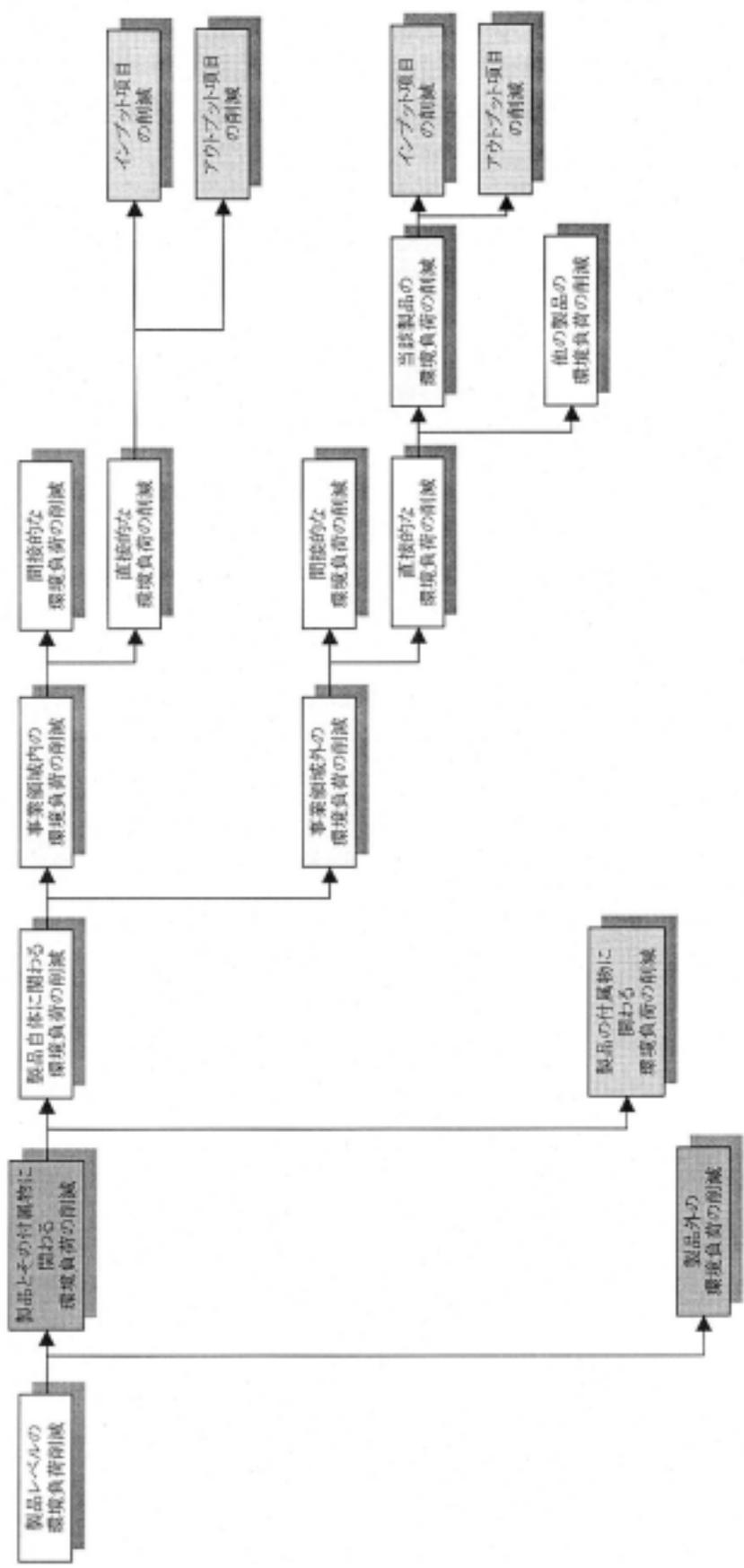


図 2.4.2.1.1 製品レベルの環境負荷削減情報の分類

C. 製品レベルの環境負荷削減情報の項目

B の分類の考え方に従って、具体的な製品レベルの環境負荷削減情報の項目を以下に示す。

表 2.4.2.1.1 製品レベルの環境負荷削減情報の項目

製品と付属物に関わる環境負荷の削減
製品自体に関わる環境負荷の削減
事業領域内の環境負荷の削減
間接的な環境負荷の削減
軽量化、小型化
長寿命化
直接的な環境負荷の削減
インプット項目の削減
エネルギー使用量の削減
化石燃料使用量の削減
ガス使用量の削減
電力使用量の削減
水消費量の削減
資源(材料)消費量の削減
再生材の使用量の増加
アウトプット項目の削減
CO2排出量の削減
NOx(窒素酸化物)排出量の削減
SOx(硫黄酸化物)排出量の削減
化学物質排出量の削減
排水量の削減
BOD排出量の削減
COD排出量の削減
窒素汚濁負荷量の削減
リン汚濁負荷量の削減
廃棄物発生量の削減
事業領域外の環境負荷の削減
間接的な環境負荷の削減
有害物使用量削減 / 非有害代替物使用量増加
易分解性の向上
再生可能資源の使用量増加
情報提示
回収の実施
リユース(再利用)の実施
直接的な環境負荷の削減
当該製品の環境負荷の削減
インプット項目
エネルギー使用量の削減
化石燃料使用量の削減
ガス使用量の削減
電力使用量の削減
水消費量の削減
アウトプット項目
CO2排出量の削減
NOx排出量の削減
SOx排出量の削減
化学物質排出量の削減
排水量の削減
BOD排出量の削減
COD排出量の削減
窒素汚濁負荷量の削減
リン汚濁負荷量の削減
廃棄物発生量の削減
他製品の環境負荷の削減
製品の付属物(包装材)に関わる環境負荷の削減

D. 製品レベルの環境負荷削減情報の開示の判断

製品レベルの環境負荷削減情報は、定量的な表示がない場合について、記述があれば開示されているものとする。これは、定量表示を行っていない場合でも対外的な公表を行う場合には、企業側がそのデータを把握していると考えられるためである。(定量表示を行っている事例については、別途 2.4.2.1(2)に示す)

また、B の分類において下位の情報が示されている場合には、上位の項目についても情報が開示されていると考えた。

例)「化石燃料使用量の削減」という情報が開示されている場合、その上位の「エネルギー使用量の削減」、「インプット項目の削減」についても情報が開示されていると考える

調査結果

業種別の製品レベルでの環境負荷削減情報の開示状況を表 2.4.2.1(2)に示す。企業別の製品レベルでの環境負荷削減情報の開示状況は、付録資料集に掲載する。

【表の凡例】

数値の意味

- ・ 表の数値は、該当する環境負荷の削減（あるいはそれにつながる対策）の取り組みを環境報告書内で PR している企業の割合を%で表示したものである
- ・ 該当する環境負荷の削減が環境報告書以外の媒体で PR されている場合もあるが、ここでは情報源を環境報告書に限定した

色表示

- ・ 色表示は、数値の大きさを視覚的に読み取り易くするために行った
- ・ 色表示の規則は以下のとおりである

色表示	数値の範囲
	0%～20%未満
	20%～40%未満
	40%～60%未満
	60%～80%未満
	80%～100%

表示した業種

表 2.1.2.2「業種別の環境配慮製品 PR 状況」において環境配慮製品 PR 企業の存在を確認した業種について表 2.4.2.1.2 に表示した。ただし、証券・商品先物業界については、環境配慮製品であるエコファンドは、環境負荷の削減方法が、表 2.4.2.1.1 の分類に収まらないため、ここでは扱わないこととした。

結果として、表示された業種は、ほぼ製造業に限定された。

20% - 20%未満
20% - 40%未満
40% - 60%未満
60% - 80%未満
80% - 100%

表 2.4.2.1.2 業種別の製品レベルでの環境負荷削減情報の開示状況

業種	製品	削減率														
		0%	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%	14%
化学	原料品	30	118	204	474	674	874	1074	1274	1474	1674	1874	2074	2274	2474	2674
	中間製品	4	105	205	305	405	505	605	705	805	905	1005	1105	1205	1305	1405
	パルプ・紙	7	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
	化学	42	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
	医薬品	12	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
	化学・化粧品	3	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
	化粧品	3	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
	プラスチック	10	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
	繊維	6	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
	医薬品	5	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
	食品	4	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
	医薬品	8	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
	繊維	15	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
	医薬品	8	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
	食品	5	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400

調査結果の分析

表 2.4.2.1.2 に示された製品レベルの環境負荷削減情報開示の傾向を大まかに把握するために、表 2.4.2.1.3 に表 2.4.2.1.2 の結果を全業種¹について企業数で重み付けをし合計したものを示す。

表 2.4.2.1.2、表 2.4.2.1.3 から、以下の傾向を読み取ることができる。

製品レベルでの環境負荷削減の大部分は「間接的な環境負荷削減」情報として与えられている

「軽量化、小型化」については表 2.4.2.1.2 に表示された全業種 220 社中 46.8%が、「有害物質使用量削減 / 非有害物質使用量増加」については 60%が製品レベルの環境負荷削減情報として開示している

一方で、「直接的な環境負荷削減」情報については、「資源(材料)消費量の削減」、「再生材の使用量の増加」、「(事業領域外での)エネルギー使用量削減」などの開示事例が多いが、いずれも表 2.4.2.1.2 に表示された全業種 220 社中 30%台の企業しか開示していない

これは、製品レベルの環境負荷については、「直接的な環境負荷削減」情報の把握の方が、「間接的な環境負荷削減」情報の把握よりも企業にとって負担となっていることを示唆している

「直接的な環境負荷削減」情報の中で開示事例が多いのは以下の 3 項目である

- ・資源(材料)消費量の削減(全業種中 33.2%)
- ・再生材の使用量の増加(全業種中 34.1%)
- ・(事業領域外)エネルギー使用量削減(全業種中 36.4%)

これは、製造業においては、製造時(事業領域内)の材料資源消費量と、製品の使用段階のエネルギー使用量が比較的把握しやすいことを示唆していると考えられる。

¹ 表 2.4.2.1.2 に表示されたすべての業種という意味である。

表 2.4.2.1.3 製品レベルでの環境負荷削減情報の開示状況(全業種)

製品レベルの環境負荷削減情報の項目	環境負荷削減情報開示状況
製品とその付属物に関する環境負荷の削減	96.4%
製品自体に関する環境負荷の削減	92.3%
事業領域内の環境負荷の削減	73.6%
間接的な環境負荷の削減	53.6%
軽量化、小型化	46.8%
長寿命化	26.8%
直接的な環境負荷の削減	52.3%
インプット項目の削減	49.1%
エネルギー使用量の削減	8.6%
化石燃料使用量の削減	3.2%
ガス使用量の削減	0.0%
電力使用量の削減	1.8%
水消費量の削減	1.8%
資源(材料)消費量の削減	33.2%
再生材の使用量の増加	34.1%
アウトプット項目の削減	10.9%
CO2排出量の削減	9.5%
NOx(窒素酸化物)排出量の削減	1.8%
SOx(硫黄酸化物)排出量の削減	1.8%
化学物質排出量の削減	0.9%
排水量の削減	0.9%
BOD排出量の削減	2.3%
COD排出量の削減	2.3%
窒素汚濁負荷量の削減	0.5%
リン汚濁負荷量の削減	0.0%
廃棄物発生量の削減	3.2%
事業領域外の環境負荷の削減	70.0%
間接的な環境負荷の削減	58.6%
有害物使用量削減 / 非有害代替物使用量増加	60.0%
易分解性の向上	27.7%
再生可能資源の使用量増加	7.7%
情報提示	28.2%
回収の実施	16.4%
リユース(再利用)の実施	17.7%
直接的な環境負荷の削減	52.7%
当該製品の環境負荷の削減	45.0%
インプット項目	41.8%
エネルギー使用量の削減	36.4%
化石燃料使用量の削減	7.7%
ガス使用量の削減	1.4%
電力使用量の削減	27.7%
水消費量の削減	4.1%
アウトプット項目	31.4%
CO2排出量の削減	17.7%
NOx排出量の削減	9.5%
SOx排出量の削減	3.2%
化学物質排出量の削減	2.3%
排水量の削減	2.3%
BOD排出量の削減	0.9%
COD排出量の削減	0.9%
窒素汚濁負荷量の削減	0.0%
リン汚濁負荷量の削減	0.0%
廃棄物発生量の削減	10.5%
他製品の環境負荷の削減	36.8%
製品の付属物(包装材)に関する環境負荷の削減	47.3%

色表示	数値の範囲
	0% ~ 20%未満
	20% ~ 40%未満
	40% ~ 60%未満
	60% ~ 80%未満
	80% ~ 100%

(1) 環境報告書における製品レベルでの環境負荷を定量表示している事例

製品レベルの環境配慮を PR している企業のなかには、対策の内容を定性的に紹介するのみの企業が大半である一方で、定量的なデータを公開している企業も存在する。こうした、製品レベルでの環境負荷の定量表示は、製品レベルの環境負荷を定量的に把握していることの証左であるとともに、製品ファクターのプロトタイプであるとも考えることもできる。

ここでは、製品レベルでの環境負荷の定量表示の事例を紹介する。

製品レベルでの環境負荷の定量表示事例の概要は表 2.4.2.1.2 に示した通りである。

なお、表 2.4.2.1.1 では、企業の製品レベルでの環境配慮 PR のロジックを分類するために、「製品外の環境負荷の削減」という項目を置いたが、製品ファクターや環境効率の考え方に合致しないため本項では除外した。

表 2.4.2.1.3 製品レベルでの環境負荷削減情報の定量表示事例の概要

環境負荷把握項目	定量表示の有無	企業例
製品とその提供方法に関わる環境負荷の削減	—	—
製品自体に関わる環境負荷の削減	—	—
事業領域内の環境負荷の削減	—	—
間接的な環境負荷の削減	—	—
軽量化、小型化	○	ヤマハ(株)など多数
長寿命化	○	横浜ゴム(株)、オリエンタルモーター(株)など数社
直接的な環境負荷の削減	—	—
インプット項目の削減	—	—
エネルギー使用量の削減	○	(株)フジクラなど数社
化石燃料使用量の削減	無	
ガス使用量の削減	無	
電力使用量の削減	無	
水消費量の削減	無	
資源(材料)消費量の削減	○	オムロン(株)など数社
再生材の使用量の増加	○	北越製紙(株)など
アウトプット項目の削減	—	—
CO2排出量の削減	○	LCA実施企業の大部分
NOx(窒素酸化物)排出量の削減	○	LCA実施企業のうち数社
SOx(硫黄酸化物)排出量の削減	○	LCA実施企業のうち数社
化学物質排出量の削減	無	
排水量の削減	無	
BOD排出量の削減	○	(株)リコー
COD排出量の削減	○	(株)リコー
窒素汚濁負荷量の削減	無	
リン汚濁負荷量の削減	無	
廃棄物発生量の削減	○	(株)リコー
事業領域外の環境負荷の削減	—	—
間接的な環境負荷の削減	—	—
有害物使用量削減/非有害代替物使用量増加	○	トヨタ車体(株)など多数
易分解性の向上	○	カルソニックカンセイ(株)
再生可能資源の使用量増加	○	富士重工(株)など数社
情報表示	—	—
回収の実施	○	(株)ブリタケカンパニーリミテッド
リユース(再利用)の実施	○	積水化学工業(株)など数社
直接的な環境負荷の削減	—	—
当該製品の環境負荷の削減	—	—
インプット項目	—	—
エネルギー使用量の削減	無	
化石燃料使用量の削減	○	輸送用機器を中心に多数
ガス使用量の削減	○	リンナイ(株)
電力使用量の削減	○	電機機器を中心に多数
水消費量の削減	○	東陶機器(株)、INAX(株)など
アウトプット項目	—	—
CO2排出量の削減	○	LCA実施企業の大部分
NOx排出量の削減	○	輸送用機器を中心に数社
SOx排出量の削減	○	トヨタ自動車(株)
化学物質排出量の削減	○	(株)リコー
排水量の削減	無	
BOD排出量の削減	○	(株)リコー
COD排出量の削減	○	(株)リコー
窒素汚濁負荷量の削減	無	
リン汚濁負荷量の削減	無	
廃棄物発生量の削減	○	カネボウ(株)など数社
他製品の環境負荷の削減	○	日本版硝子(株)
製品の付属物(包装材)に関わる環境負荷の削減	○	多くの業種にわたり多数

製品自体に関わる環境負荷の削減：事業領域内の環境負荷の削減

A. 間接的表現 / 間接的に影響を及ぼす対策

(a) 軽量化、小型化

製品の重量、容量のデータを得ることが難しくないためか、多数の企業が軽量化、小型化の定量表示をしている。

以下に、富士通テン（株）とヤマハ（株）の事例を紹介する。

富士通テン（株）（業種：電気機器）

4. エアバッグ制御コンピュータの小型・軽量化と有害物質低減

新種統合ASIC[®]の開発により、部品点数を削減しました。
併わせて省電力化によるコンデンサの削減・放熱板削除、両面実装化により、小型・軽量化を図りました。
また、基板（板金）のクロムフリー化を実現し、環境負荷物質を削減しました。
今後はケースの樹脂化と鉛フリー化に取り組みます。

工場名	従来品	開発品	削減率
サイズ	110×115×40	91×90.7×40	28%
重量	270g	205g	24%
部品点数	162点	136点	16%
六価クロム	六価クロム含有の 基板を使用	六価クロムフリーの 基板を使用	—

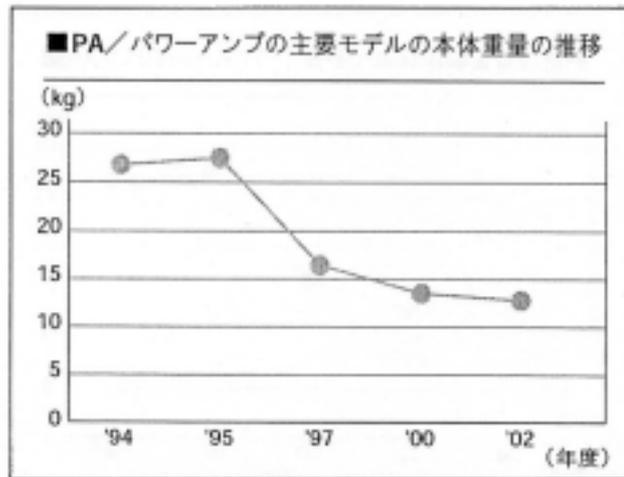


エアバッグコンピュータ

※ASIC (Application Specific Integrated Circuits 特定用途向け集積回路)

富士通テン（株）；環境報告書 2002 年版より

ヤマハ（株）（業種：その他製品）



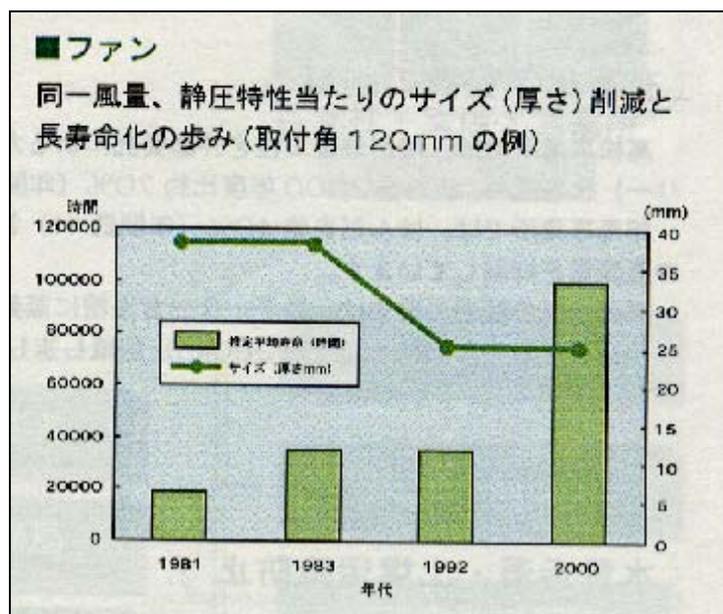
ヤマハ（株）；ヤマハ環境報告書 2002 より

(b) 長寿命化

長寿命化については、その度合いの定量化が容易ではないためか、軽量化、小型化に比較すると定量表示事例は少ない。

以下に、オリエンタルモーター（株）の事例を紹介する。

オリエンタルモーター（株）（業種：電気機器）



オリエンタルモーター（株）；環境報告 2002 より

B. 直接的表現 / 直接的に影響を及ぼす対策

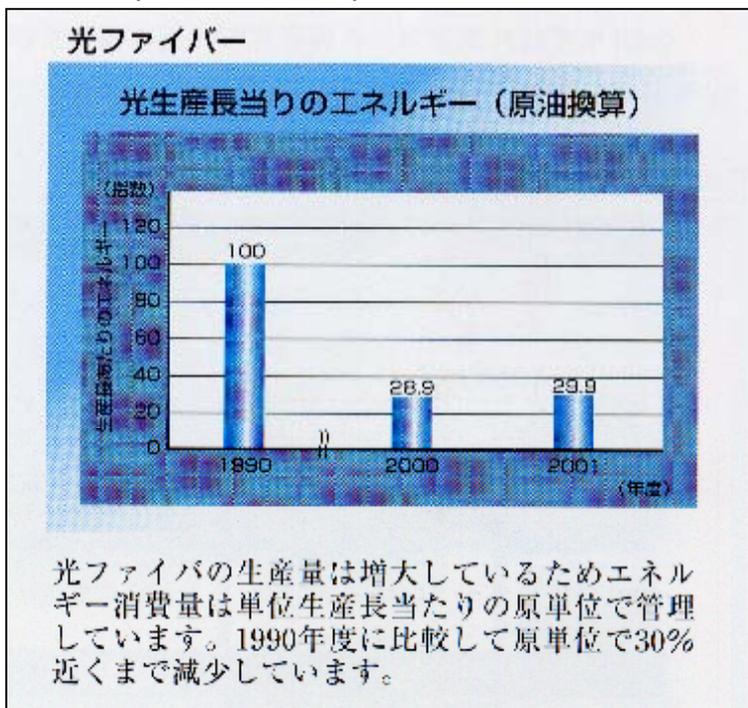
(a) インプット項目

1. エネルギー使用量の削減（事業領域内）

2.4.2.2 で後述するように、企業レベルにおいては、事業領域内でのエネルギー使用量を定量的に把握している企業は多い。しかし、製品ごとに事業領域内のエネルギー使用量を提示する事例は数社程度である。製品レベルの事業領域内でのエネルギー消費量を定量的に把握している企業はLCA 実施企業数より少ないとは考えられない。LCA がある程度普及していることを勘案すれば、製品レベルの事業領域内でのエネルギー消費量を定量的に把握していながら、定量表示していない企業が多いものと考えられる。これは、労力を傾けてLCA を実施した場合、エネルギー使用量よりも、CO₂ 排出量などにより評価を掲載した方が消費者に対するアピール力が高いと企業側が考えているためとも考えられる。

以下に、（株）フジクラの事例を紹介する。

(株)フジクラ (業種：非鉄金属)



(株)フジクラ; フジクラ環境報告書 2002 より

II. 水消費量の削減 (事業領域内)

今回発行を確認した2002年版各社環境報告書の中からは事例の存在を確認できなかった。

III. 資源 (材料) 消費量の削減 (事業領域内)

使用した資源量の削減を定量表示した事例は、製品の軽量化、小型化を定量表示した事例よりも少なく、数社程度であった。

以下に、オムロン(株)の事例を紹介する。

オムロン(株)(業種：電気機器)



オムロン(株); 環境報告書 2002 より

IV. 再生材の使用量の増加

再生材の使用量の増加については、素材メーカーから最終消費財メーカーにいたる多くの業種の企業が環境配慮項目に含めていたが、定量表示の事例は10数社程度であった。

以下に、北越製紙（株）の事例を紹介する。

北越製紙（株）（業種：紙・パルプ）

<p>古紙100%の繊維ボード「バスコ」</p> <p>1971年（S46）から特殊積層繊維ボード（バスコ）を生産。軽量かつ強度・弾力性に富み、成形性にも優れ、さまざまな商品が開発されています。</p> <hr/> <p>・パルプチェア</p> <p>10年前にカッシーナ・インターデコール・ジャパンが発表し世界的に有名に。（株）良品計画が改良し、無印良品として発売。（安達紙器工業株式会社製造）</p>	
--	---

北越製紙（株）；2002 北越製紙環境レポートより

(b) アウトプット項目

1. CO₂ 排出量の削減（事業領域内）

CO₂ 排出量は、LCA 実施企業の大部分がインベントリ項目としているため、定量表示の事例は多数あり、また多くの業種に及んでいる。

ただし、電機機器、輸送用機器などの業種では、使用段階（メーカー企業からすれば事業領域外）での CO₂ 排出量を削減することでライフサイクル CO₂ 排出量を削減している一方で、製造段階（メーカー企業からすれば事業領域内）での CO₂ 排出量は増加していることが多い。そのため、事業領域内での CO₂ 排出量を定量表示していても、その部分が直接的に製品の環境配慮の根拠とはなっていない事例が多数を占める。事業領域内での製品レベルの CO₂ 排出量削減を PR する定量表示の事例は少ない。

以下に、INAX（株）、日本電気（株）の事例を紹介する。

INAX（株）（業種：ガラス・土石製品）

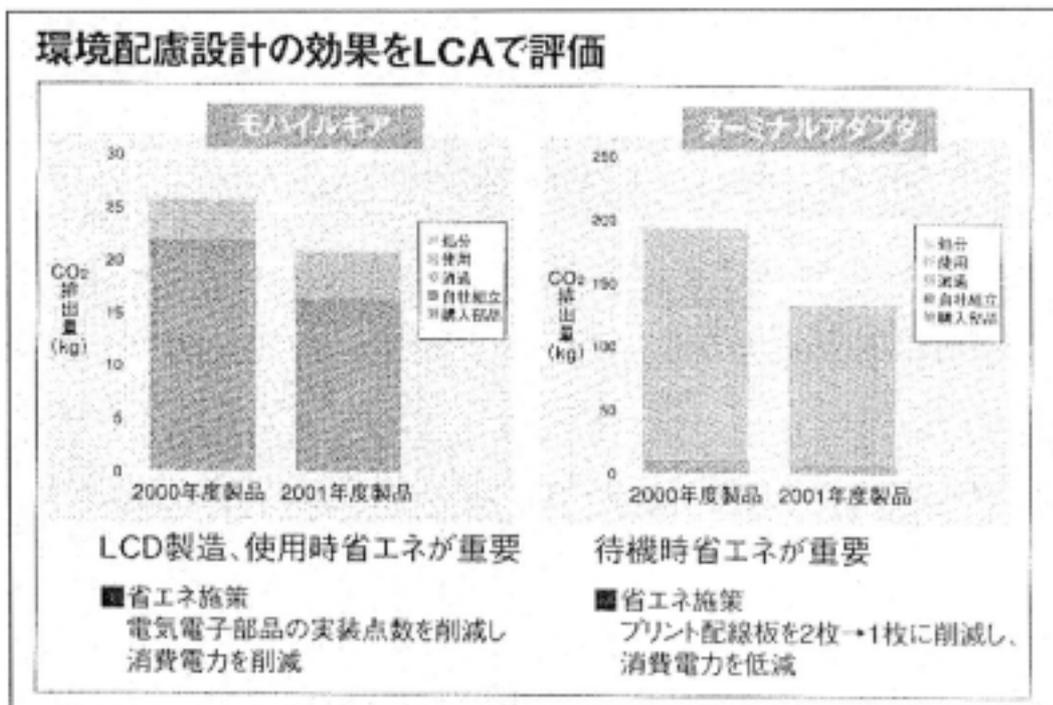
製造段階（INAX（株）から見れば事業領域内）での CO₂ 排出量が削減され、それが環境配慮の根拠となっている事例である。



INAX（株）; INAX ECO Report 2002 より

日本電気（株）（業種：電気機器）

組み立て段階（日本電気（株）から見れば事業領域内）での CO₂ 排出量も定量表示されているものの、環境配慮の根拠となるライフサイクル CO₂ 排出量の削減は、主に、使用段階や購入部品製造といった事業領域外の CO₂ 排出量削減によってもたらされている事例である。



日本電気（株）；環境アニュアルレポート 2002 より

II. NO_x 排出量の削減（事業領域内）

NO_x 排出量は、LCA 実施の際にインベントリ項目される頻度が CO₂ 排出量に比べて少ない。そのため、定量表示の事例は、数社程度となっているとしているため、定量表示の事例は数社程度である。

以下に、（株）リコーの事例を示す。

（株）リコー（業種：電気機器）

Intaglio MF7070 (Aficio 700) の LCA 情報 (タイプ III 環境宣言)*

	環境負荷項目	前工程	製造	輸送	運用・保守	リサイクル・廃棄
インベントリ	電力 (kWh)	—	37.9	0	3.89	0.7
	化石燃料 (L) / エコジョール	7,708 (ML)	147	209	2,698	—
	水道水の消費	—	3.62	0	0	0
	工業廃水	—	0	0	0	0
	地下水	—	0	0	2,219	0
	廃棄物 (kg)	—	11.6 プラスチック 39.8 ガラス 2.2 その他 45.1	0	コピー機機 1,229 トナー 85.2 紙 3.62 廃棄物 10.9 廃棄物 27.9 その他 27.4	0
	PRTR 対象物質 (g)	—	39.4	0	1,379	0
	揮発性有機物 (g)	—	0	0	73.6	0
	排水量 (L)	—	—	—	—	—
	CO ₂ 当量 (kg)	—	—	—	—	—
アウトプット	CO ₂ (kg)	290	6,899,220	9,17.9	291,145.4	3,317.0
	SO _x (kg)	3,460	93,212.3	9,914.5	992,13.6	3,237.8
	NO _x (kg)	7.11	92,89.35	9,779.2	169,726.6	3,787.0
	PRTR 対象物質 (g)	—	0	0	1,379	0
	揮発性有機物 (g)	—	0	0	73.6	0
	排水量 (L)	—	3.62	0	2,219	0
	BOD (g)	8,340	0.255 以下	0	8.31	0
	COD (g)	7,270	0.238 以下	0	—	0
	PRTR 対象物質 (g)	—	0.00479	0	0	0
	揮発性有機物 (g)	—	0.007	0	11.2	177.4
	廃棄物 (kg)	—	0.0284	0.045	0.064	0.08
	廃棄物 (kg)	—	0.0009	0	0.01	0.01

（株）リコー；リコーグループ環境経営報告書 2002 より

III. SO_x 排出量の削減（事業領域内）

SO_x 排出量は、NO_x 以上に LCA 実施の際にインベントリ項目される頻度が低いいため、定量表示の事例は、NO_x 排出量の事例として紹介した（株）リコーにみられた。

IV. 化学物質排出量の削減（事業領域内）

企業レベルとは異なり、製品レベルの事業領域での化学物質排出量の定量表示の事例は、ほとんど確認できない。これについても、NO_x 排出量の事例として紹介した（株）リコーに事例がみられた。

V. 排水量の削減

企業レベルとは異なり、製品レベルの事業領域での排水量の定量表示の事例は、ほとんど確認できない。これについても、NO_x 排出量の事例として紹介した（株）リコーに事例がみられた。

VI. BOD 排出量の削減

企業レベルとは異なり、製品レベルの事業領域での排水量の定量表示の事例は、ほとんど確認できない。これについても、NO_x 排出量の事例として紹介した（株）

リコーに事例がみられた。

VII. COD 排出量の削減

企業レベルとは異なり、製品レベルの事業領域での排水量の定量表示の事例は、ほとんど確認できない。これについても、NOx 排出量の事例として紹介した（株）リコーに事例がみられた。

VIII. 窒素汚濁負荷量の削減

企業レベルとは異なり、製品レベルの事業領域での排水量の定量表示の事例は、ほとんど確認できない。2002 年版の各社環境報告書からは事例を確認することができなかった。

IX. リン汚濁負荷量の削減

企業レベルとは異なり、製品レベルの事業領域での排水量の定量表示の事例は、ほとんど確認できない。2002 年版の各社環境報告書からは事例を確認することができなかった。

X. 廃棄物発生量の削減

企業レベルとは異なり、製品レベルの事業領域での排水量の定量表示の事例は、ほとんど確認できない。これについても、NOx 排出量の事例として紹介した（株）リコーに事例がみられた。

製品自体に関わる環境負荷の削減：事業領域外の環境負荷の削減

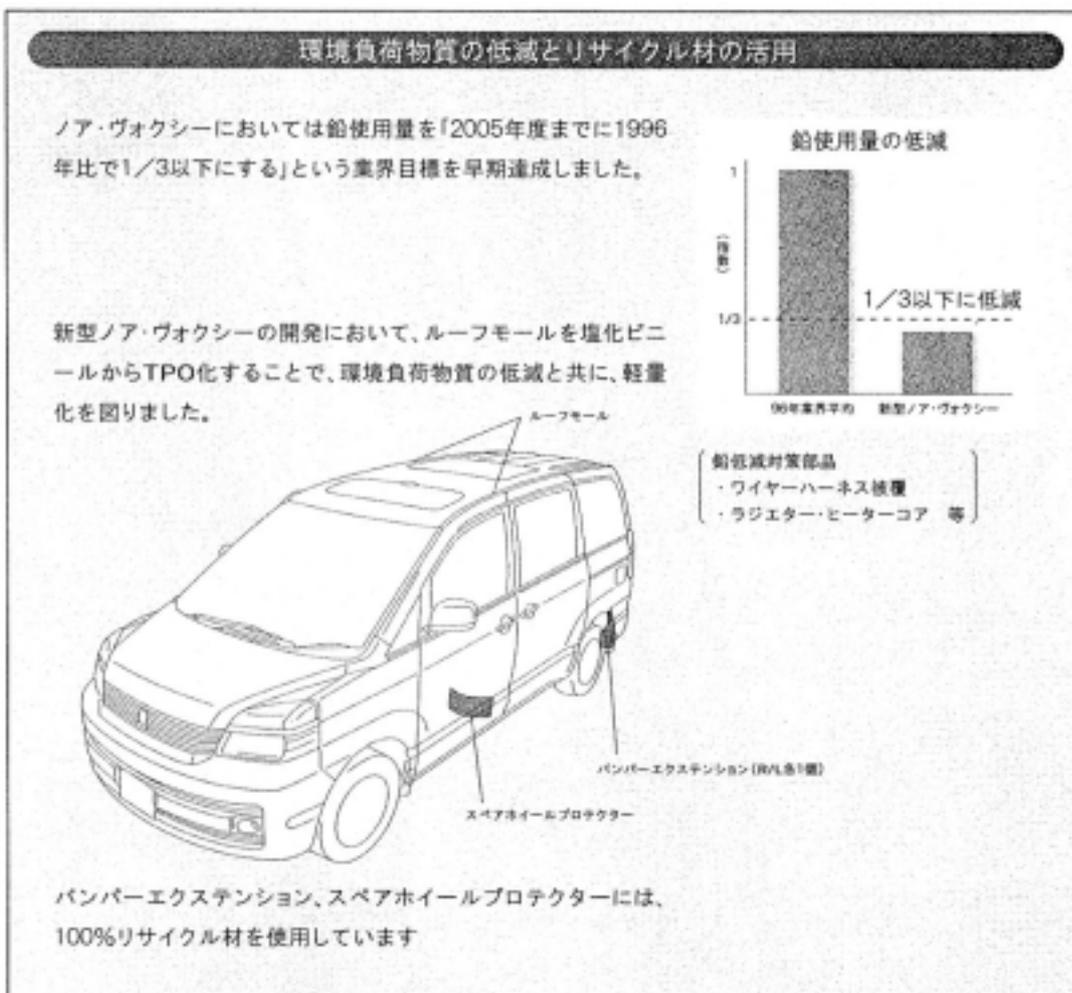
A. 間接的表現 / 間接的に影響を及ぼす対策

(a) 有害物使用量削減 / 非有害代替物使用量の増加

有害物の使用量の削減や、非有害代替物の使用量の増加は、データを得ることが難しくないためか、多数の企業が定量表示を行っている。

以下に、トヨタ車体（株）の事例を紹介する。

トヨタ車体（株）（業種：輸送用機器）



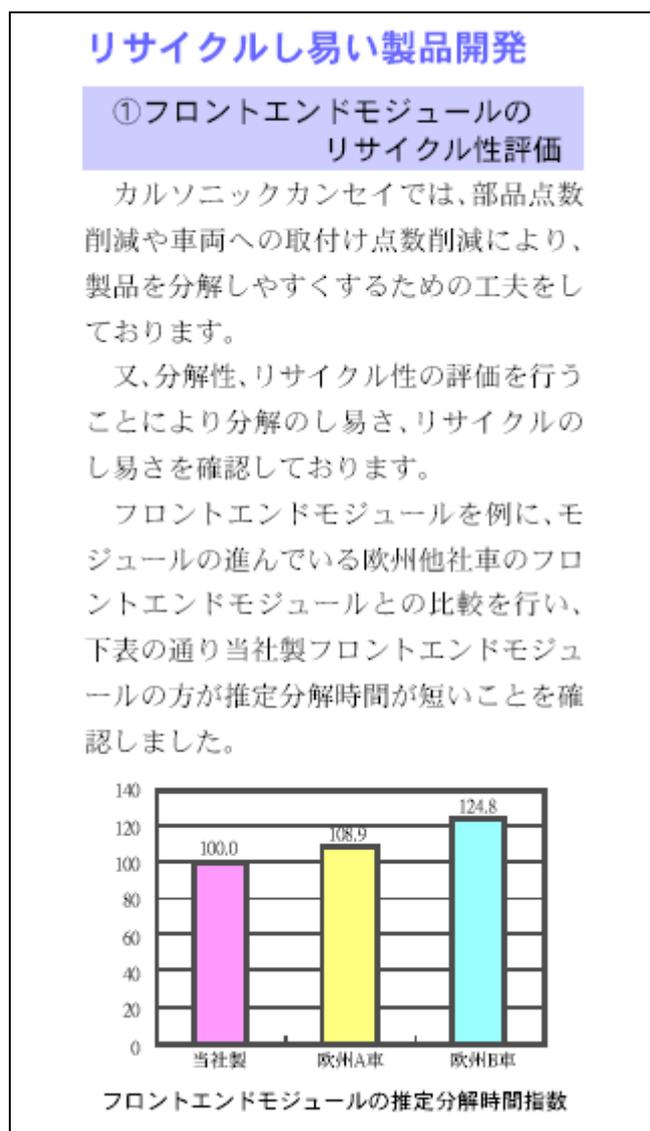
トヨタ車体（株）；環境報告書 2002 より

(b) 易分解性の向上

製品レベルの環境配慮の根拠として、易分解性を挙げている企業は非常に多いが、易分解性を定量化して表示している事例は数社程度である。

以下に、カルソニックカンセイ（株）の事例を紹介する。

カルソニックカンセイ（株）（業種：輸送用機器）

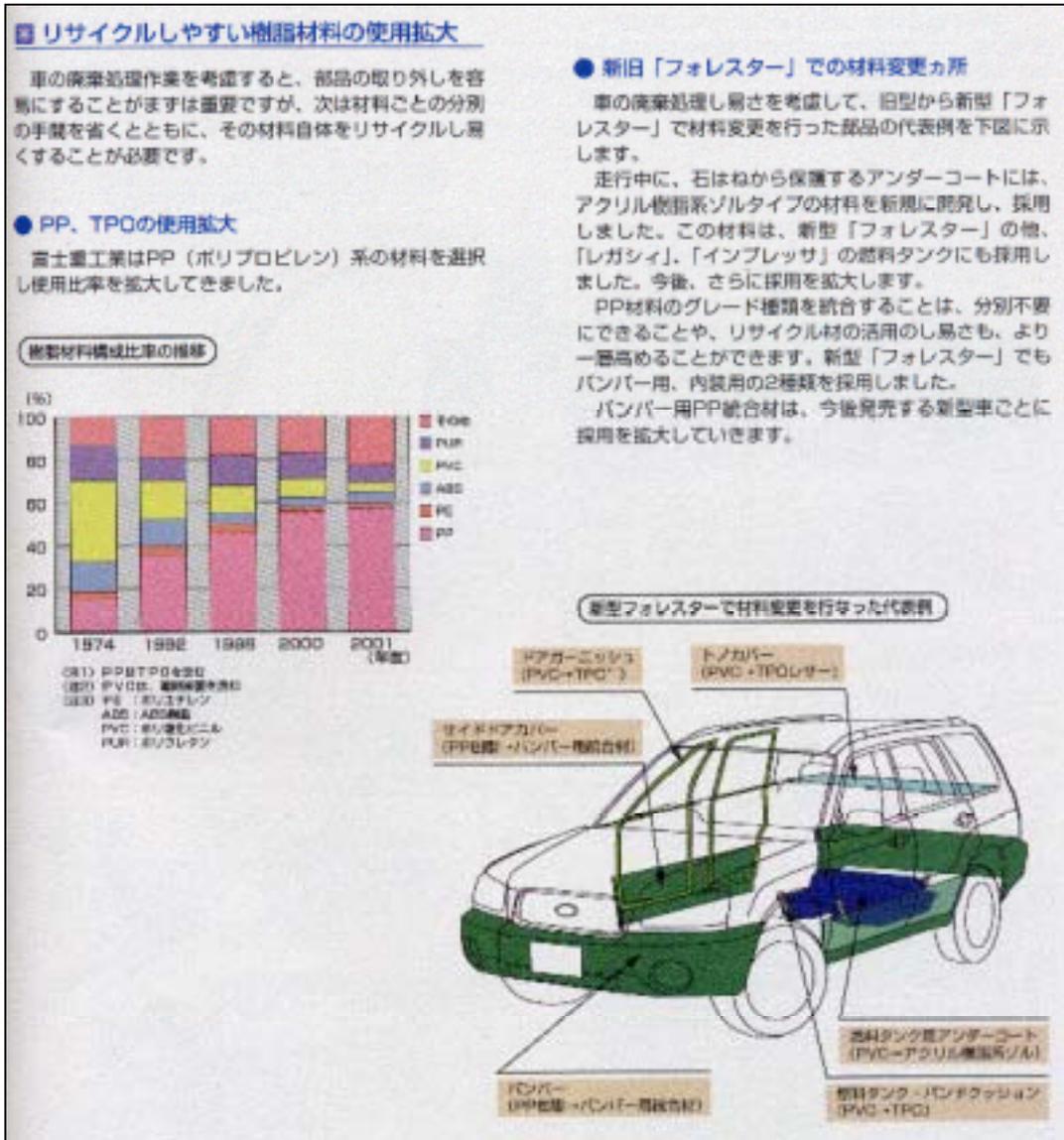


カルソニックカンセイ（株）；2002 環境報告書より

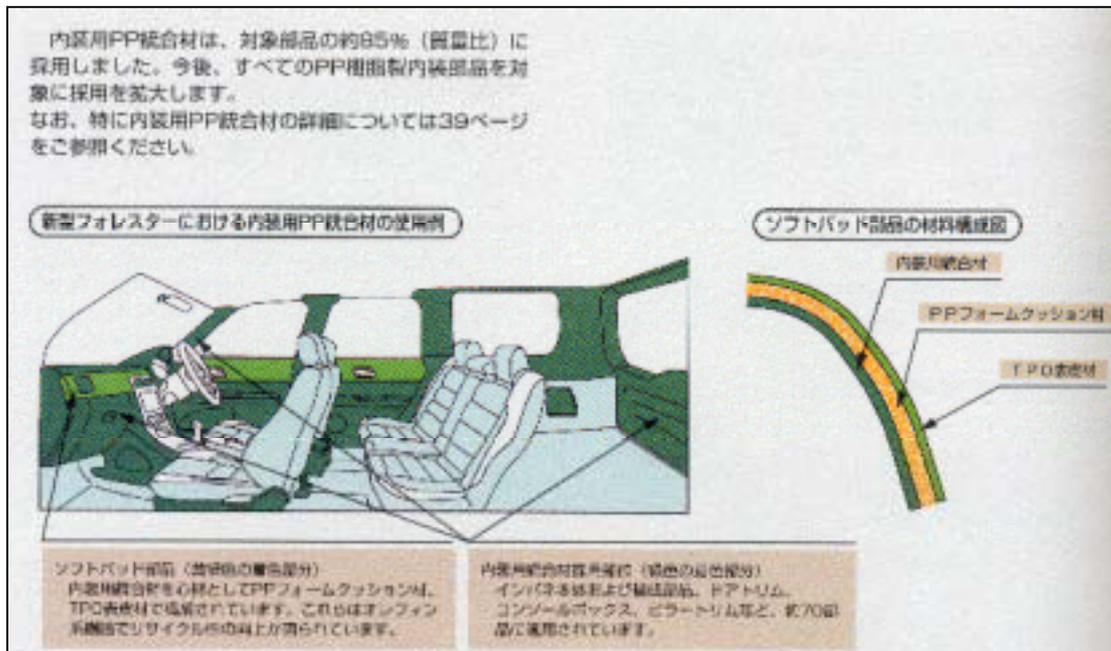
(c) 再生可能資源の使用量増加

10 数社の企業が、再生可能資源の使用量増加を定量表示している。

以下に、富士重工業（株）の事例を紹介する。



富士重工業（株）; 2002 環境報告書より



富士重工業（株）；2002 環境報告書より

情報提示については、製品あたりの情報提示の件数を定量表示する場合は見られるが、これは環境負荷の定量表示ではないため、本章では割愛した。

(d) 回収の実施

自社による回収を行うことを製品の環境配慮の根拠とする例はいくつか見られるが、製品別に回収実績を示しているのは数社程度である。

以下に、（株）ノリタケカンパニーリミテッドの事例を紹介する。

（株）ノリタケカンパニーリミテッド（業種：ガラス・土石製品）

製品リサイクル

企業が消費者・ユーザー等に提供する製品は、ライフサイクルを通じて、産業段階での環境影響が大きいと考えられています。ノリタケグループでは廃棄される製品の環境負荷を削減することを考え、製品の回収リサイクルに取り組んでいます。

取り組み状況
 産業製品は、いくつかの物質が焼結しているためリサイクルが難しく、使用後はほとんどが埋立処理されています。これを少しでも回収・リサイクルし、環境負荷を削減することがノリタケグループの使命と考え、製品の回収・リサイクルシステムの整備に取り組んでいます。
 現状は一部の製品について、多量に使用・廃棄されるお客様からの回収を始め、種類、回収量等は紹介事例のようにまだわずかですが、回収システムやリサイクル技術の開発・整備を進めて、種類の拡大・回収量の増大を進めていく計画です。

ビトリファイド研削砥石の回収
 ●ノリタケリサイクルセンター
 回収量：500トン／回収率：31%
 客先で使用され、廃棄された砥石を回収し、磁砕・分級して砥石材料や、光触媒技術を利用した環境浄化粒「ECグリット」に再生利用されています。

メラミン食器の回収
 ●ノリタケコーディネートウェア
 回収量：9.6トン／回収率：24%
 大口客先より使用済食器を回収し、粉砕・過粒して、金属表面にダメージを与えずに塗装を剥がすことが可能なサンドブラスト材料として再利用されています。

（株）ノリタケカンパニーリミテッド；環境報告書 2002 より

(e) リユース（再利用）の実施

製品の部品等をリユースしていることを製品の環境配慮の根拠とする例はいくつか見られる。数社が、製品中のリユース比率の定量データを公開している。

以下に、積水化学工業（株）の事例を紹介する。

積水化学工業（株）（業種：化学）

■解体段階の省資源化

●再築システムの家（ユニットのリユースなど）
 使用できる部材をもう一度住まいづくりに利用することで、
 大幅な資源の節約と廃棄物削減を可能にしたシステムです。
 リユースとは「使用を終えた製品に必要に応じて適切な処理を施し、
 基本的な形を替えずに再び用いること」。環境に与える負荷が最も
 少ないこのリユースという考えを当社でも取り入れ、2002年5月より『再
 築システムの家』の販売を開始しました。『再築システムの家』とは、
 ①下取りシステム②非解体システム③リユースシステムの3つから
 成る、まったく新しい発想の環境保全型住宅です。再利用契約を
 したハイムを現場でユニットに分割し工場に持ち帰り、リユース（再
 利用）するものとリサイクル（再資源化）するものに分類。リユース
 する外構部材とユニット本体は、点検・修繕（清掃、部材取りつけ、
 塗装）した後、『再築システムの家』購入者の建築現場に出荷、移
 築します。これにより建物部分の重量ベースで約7割の資源が再
 利用できますので、大幅な廃棄物削減が可能になりました。

●下取りシステム
 中古ハイム
 入居者が当社に
 建築士を依頼
 全棟を
 下取り・査定
 再築システム
 の
 部品として回収
 （リユース）
 部材の改良
 によって再
 リサイクル
 分譲住宅の下取り

●非解体システム
 分譲住宅の売上で建て替える
 分譲住宅
 回収と再
 活用
 基礎や
 外構は
 定年通り
 分譲住宅の解体

●リユースシステム
 分譲住宅
 回収と再
 活用
 リユース部分
 リユースの
 重量比率
 70%
 内装・設備
 30%
 取替部分
 蓄積
 62%
 建物部分
 68%
 2007年度標準F☆☆V住宅

「再築システムの家」は、
 2002年度（社）日本建築学会
 設計競技「ゼロエミッション化住宅」で
 優秀賞に選ばれました。

再築システムの家

積水化学工業（株）；環境レポート 2002 より

B. 直接的表現 / 直接的に影響を及ぼす対策

(a) 当該製品の環境負荷の削減

1. インプット項目

i) エネルギー使用量の削減 (事業領域外)

【エネルギー量による定量表示】

事業領域外において当該製品のために使用されるエネルギーは、電気機器であれば電力、輸送用機器であれば化石燃料（ガソリン、ディーゼル油）のように、エネルギー種別があらかじめ決まっている場合も多い。そのため、事業領域内の場合と異なり、エネルギー量による統合的な定量表示の事例は少ない。

【エネルギー種別ごとの定量表示 (化石燃料)】

事業領域外において当該製品のために使用されるエネルギーを、化石燃料の消費量で定量表示する事例は、化石燃料を燃料とする輸送用機器業界で多く見られる。

以下に、本田技研工業 (株) の事例を紹介する。

本田技研工業 (株) (業種：輸送用機器)



本田技研工業 (株) ; 2002 Honda 環境年次レポートより

【エネルギー種別ごとの定量表示（ガス）】

事業領域外において当該製品のために使用されるエネルギーを、ガスの消費量で定量表示する事例は、ガスを燃料とする製品分野の事例で見られる。

以下に、リンナイ（株）の事例を紹介する。

リンナイ（株）（業種：金属製品）

リンナイ（株）; Green Report 2002 環境報告書より

【エネルギー種別ごとの定量表示（電力）】

事業領域外でのエネルギー使用量を削減する環境配慮製品は、電気機器を中心に多くの事例が存在する。

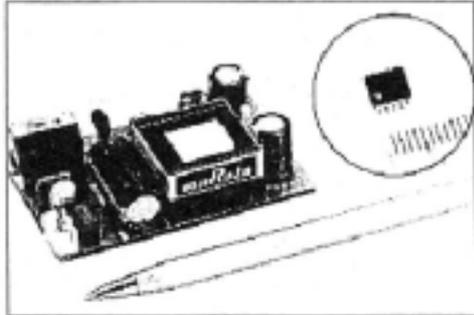
以下に、ノーリツ（株）と（株）村田製作所の事例を紹介する。

ノーリツ（株）（業種：金属製品）

ノーリツ（株）; 2002 環境報告書より

(株)村田製作所(業種:電気機器)

省電力



省エネルギー型スイッチング電源

ムラタでは、従来から電源の総合的な高効率化に取り組んできました。とくに、待機時電力を削減する独自の回路方式を採用することにより、業界に先駆けて待機時効率を向上させた省エネルギー電源の商品化を行ってきました。

この電源では、例えば500mWの待機時電力を電子機器に供給する際に従来は約1.5W発生していた電源内部の電力損失を、1/10の150mW以下にまで抑えることに成功しました。

これは待機時の電力損失としては、業界トップレベルの低さです。

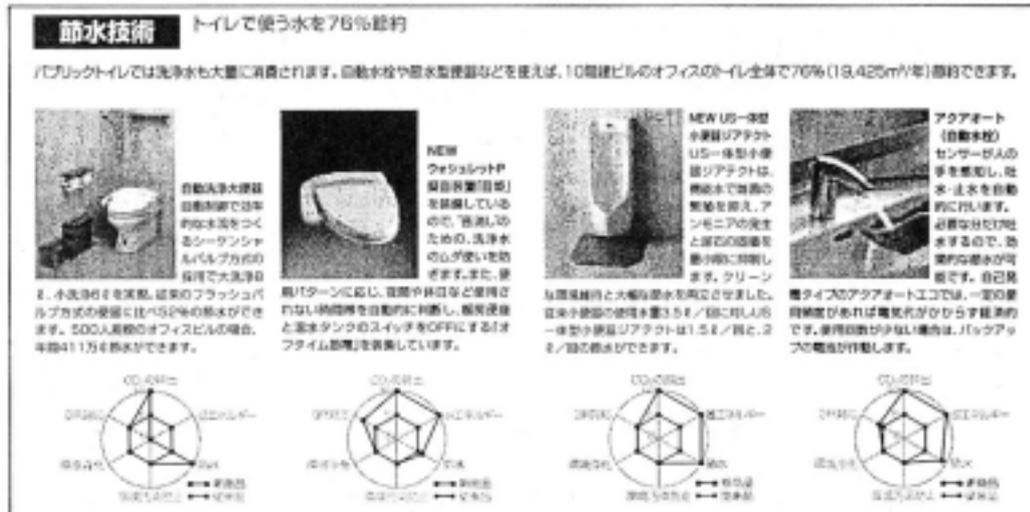
(株)村田製作所; 2002 環境報告書 村田製作所グループより

ii) 水消費量の削減（事業領域外）

事業領域外での水消費量を削減する環境配慮製品は、使用段階で水が主な投入資源となるトイレなどの製品が多い。

以下に東陶機器（株）の事例を紹介する。

東陶機器（株）（業種：ガラス・土石製品）



東陶機器（株）；環境報告書 2002 年版より

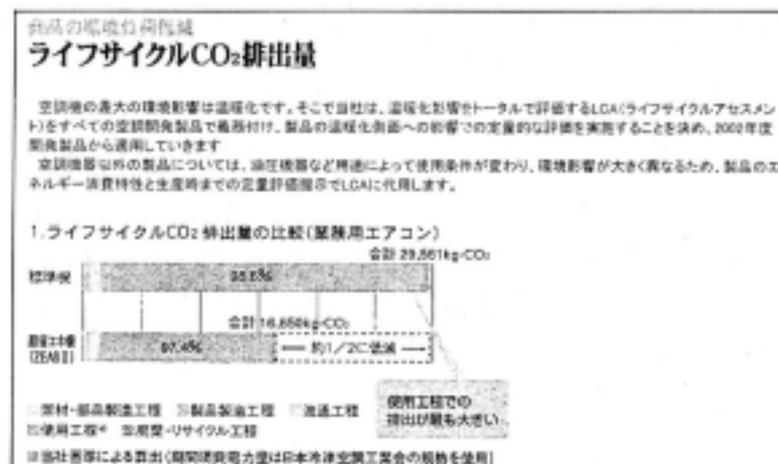
II. アウトプット項目

i) CO₂ 排出量の削減（事業領域外）

事業領域外での CO₂ 排出量は、使用段階で CO₂ を排出するエネルギーを使用する製品に対する LCA にたいいてい含まれるため、電気機器、機械、輸送用機器などの業種での事例が非常に多い。

以下に、ダイキン工業（株）の事例を紹介する。

ダイキン工業（株）（業種：機械）



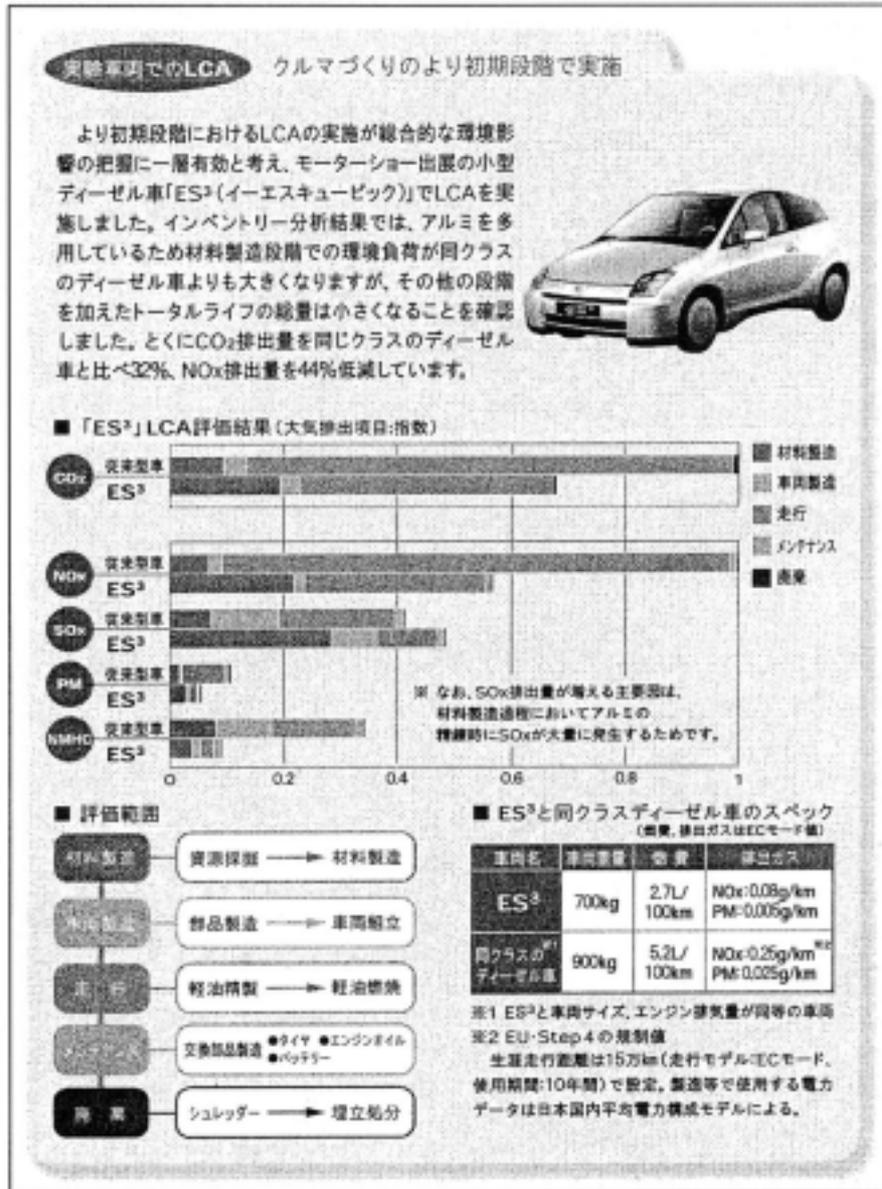
ダイキン工業（株）；2002 環境報告書より

ii) NO_x 排出量の削減（事業領域外）

事業領域外での NO_x の排出量を定量表示する事例は、使用段階の排気ガスの環境影響が重視される輸送用機器業種に非常に見られる。

以下に、トヨタ自動車（株）の事例を紹介する。

トヨタ自動車（株）



トヨタ自動車（株）；環境報告書 2002 より

各社環境報告書からは、(株)リコーの事例しか確認できなかった。

viii) 窒素汚濁負荷量の削減 (事業領域外)

事業領域外での排水量の削減を定量化した事例は非常に少ない。2002年版各社環境報告書からは、事例を確認できなかった。

ix) リン汚濁負荷量の削減 (事業領域外)

事業領域外での排水量の削減を定量化した事例は非常に少ない。2002年版各社環境報告書からは、事例を確認できなかった。

x) 廃棄物発生量の削減 (事業領域外)

事業領域外での廃棄物発生量排出量の削減を定量化した事例は数社程度である。以下に、カネボウ(株)の事例を紹介する。

カネボウ(株)(業種:化学)

省資源化に向けた詰替容器の採用

ホームフロググツ事業

トイレットリー商品において、容器リサイクル法の施行(1997年4月)に先駆けて、1996年から「詰替タイプのボディソープ」の販売を開始しています。『ナイーブ』ボディソープの例では、詰替用のスタンディングバックを採用することで、従来のボトルに比べてゴミの発生量を約1/20に抑えています。これに加えて、原料自体の消費量も削減できるほか、生産・充填過程に必要なエネルギーも約1/3にまで低減できるため、省資源化にも役立っています。

ボトルと詰替バックの比較

詰替バックはゴミが減る!

詰め替バックは従来のボトルに比べてゴミの発生量を約1/20に抑えています。

詰替バックは省エネルギー

詰め替バックは従来のボトルに比べて詰め替に必要なエネルギーを約1/3にまで低減できます。

カネボウ(株); カネボウグループ環境報告書 2002 より

(b) 他製品の環境負荷の削減

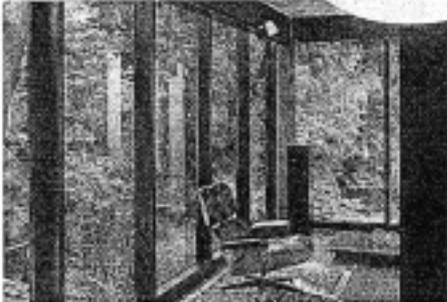
当該製品の機能が向上することにより、他の製品の環境負荷が削減される場合が考えられる。タイヤの性能によって自動車の燃費が影響を受けることや、断熱機能の高い断熱材によって冷暖房のエネルギーが節約されるようなケースがこれにあたる。

このような他製品の環境負荷削減の定量表示事例が数社存在する。

日本板硝子（株）

日本板硝子の自信作 真空ガラス「スペースシア」

「スペースシア」は世界初の真空窓ガラス。優れた環境性能が高く評価され、今年度受賞した日刊工業新聞社環境賞優良賞をはじめ、数々の表彰を受けています。2枚のガラスの中間に0.2ミリの真空層を挟むという独自の技術によって、従来の複層ガラスに比べて断熱性能も大きく向上。サッシを交換することなく既存の住宅でも簡単に取り付けることができます。省エネ効果も大きいので、経済的にもメリットがあります。さらに通音や結露の防止にも優れた効果を発揮しています。



スペースシア施工例

●社業による冷暖房消費エネルギー

5000棟未満 5000棟未満

社業	一般ガラス	一般複層ガラス	真空ガラス「スペースシア」	削減率	削減率
札幌	53,121	37,680	4,959		
東京	20,989	16,162	4,827		
福岡	30,320	19,610	10,710		

冷暖房エネルギー(QMJ/年)

結露を防いで快適な暮らし

冬の朝、目が覚めると窓ガラスがびっしょりと濡れていることはありませんか？結露はカビを発生させ、住む人の健康を害し、家の寿命も縮めてしまう原因となります。スペースシアはなんとマイナス21℃まで結露知らず。窓から床を伝わるように近づいてくる冷気もシャットアウトし、快適な暮らしを約束します。

日本板硝子（株）；環境報告書 2002 より

製品の付属物(包装材)に関わる環境負荷の削減

製品自体ではなく、包装材のような製品の付属物の環境負荷を削減したという事例は、環境報告書においては数多く報告されている。定量表示の事例も多数存在する。

以下に、資生堂（株）の事例を示す。

減量化及びリサイクルしやすい設計

● 樹脂容器の減量化

「プラウディア ファンデーション」のレフィルに使用している樹脂容器には再生PETを使用していますが、その厚さを0.5mmから0.4mmに減少させ、包装形態を改良することにより、60%の樹脂の減量を実現しました。また、合わせて、紙製ケースも24%減量しています。減量化を推進するため、適用製品を拡大し、現在約55%のファンデーションのレフィル容器にこの方式を採用しています。



2.4.2.2 企業レベルでの環境負荷情報の開示状況

企業レベルでの環境負荷情報の開示状況から、潜在的に多くの企業が算出能力を有する環境負荷項目を推測する。

調査方針

A. 情報源

製品レベルの環境負荷削減情報の開示状況に対する調査と同様、2002年版の各社環境報告書に基づいた。

B. 企業レベルの環境負荷情報の分類

企業レベルの環境負荷情報の分類を図 2.4.2.2.1 に示す。

C. 企業レベルの環境負荷情報開示の判断

環境報告書において、企業レベルでの入出力の定量的なデータが示されている場合に、情報が開示されているものとする²。

「原油」の企業レベルでの使用量が開示されていた場合、その上位項目である「化石燃料使用量」、「エネルギー使用量」についても情報が開示されたと考えることとする。

² 定量的データの有無に関わらず、言及があれば情報が開示されていると考えた製品レベルの環境負荷削減情報の開示状況調査と異なる

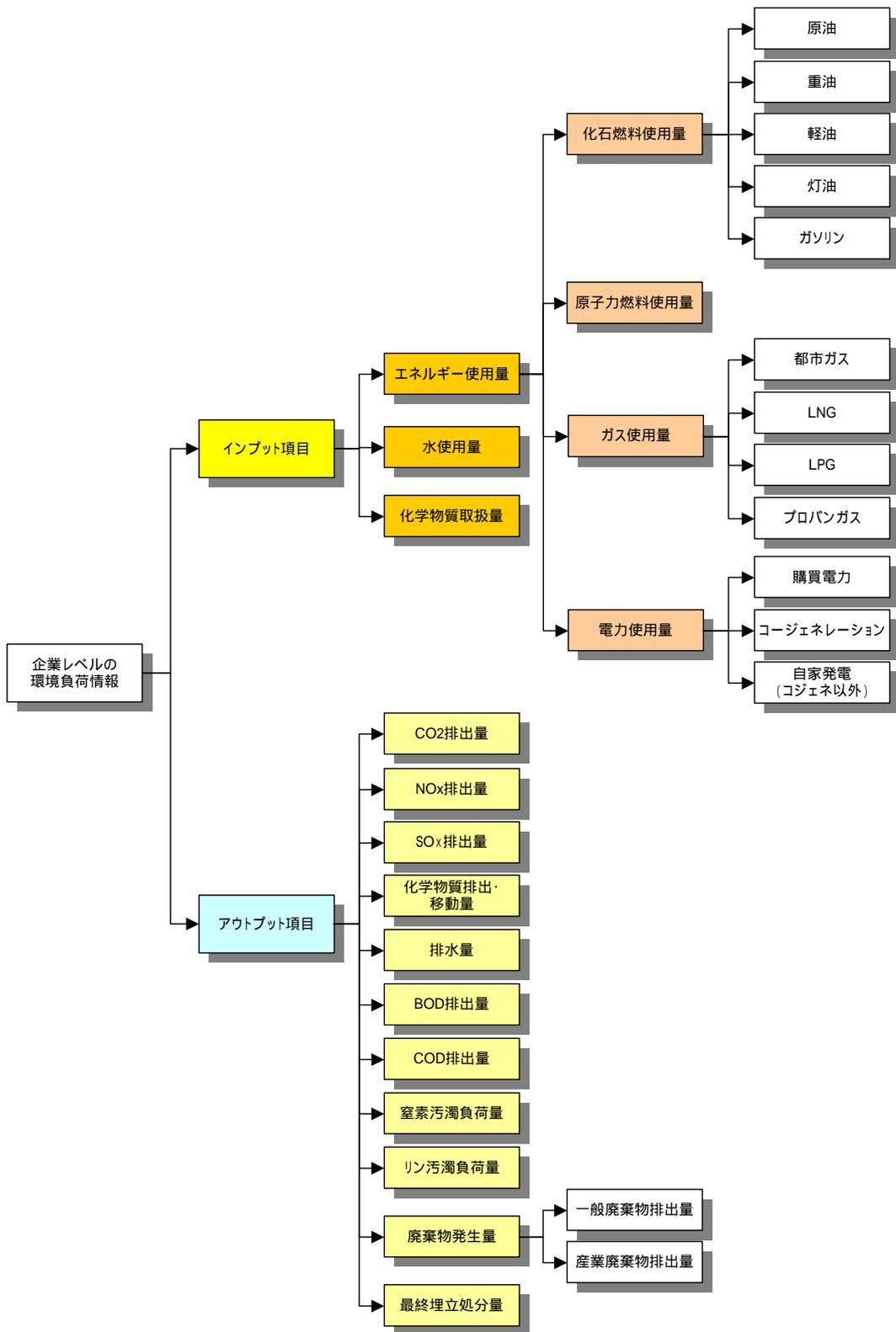


図 2.4.2.2.1 企業レベルの環境負荷情報の分類

調査結果

業種別の企業レベルでの環境負荷情報の開示状況を表 2.4.2.2.1 に示す。企業別の企業レベルでの環境負荷情報の開示状況は、付録資料集に掲載する。

【表の凡例】

数値の意味

- ・ 表の数値は、該当する環境負荷の企業レベルでの定量データを開示している企業の割合を業種別に%で表示したものである
- ・ 該当する環境負荷の情報が環境報告書以外の媒体で PR されている場合もあるが、ここでは情報源を環境報告書に限定した

色表示

- ・ 色表示は、数値の大きさを視覚的に読み取り易くするために行った
- ・ 色表示の規則は以下のとおりである

色表示	数値の範囲
	0%～20%未満
	20%～40%未満
	40%～60%未満
	60%～80%未満
	80%～100%

調査結果の分析

表 2.4.2.2.1 に示された企業レベルの環境負荷情報開示の傾向を把握するために、表 2.4.2.2.2 に表 2.4.2.2.1 の結果を製造業、非製造業別に企業数によって重み付けをし合計したものを示す。

表 2.4.2.2.1、表 2.4.2.2.2 から、以下の傾向を読み取ることができる。

製造業の企業は、事業領域内の環境負荷項目については、ほとんどをアウトプット項目の定量的データで把握している

企業レベルの環境負荷情報は、事業領域内での環境負荷情報に当たりアウトプット項目については、製造業のうち 50%以上の企業が、「窒素汚濁負荷量」「リン汚濁負荷量」以外の環境負荷項目の定量的データを把握している
製品レベルでの環境負荷削減情報としては開示されていなかった情報についても、企業が総量では定量的に把握しているものが多いことが分かる

製造業の 50%以上の企業が定量的データを把握しているインプット項目の環境負荷項目は、以下のとおりである

- ・エネルギー使用量（製造業中 90.9%）
 化石燃料使用量（製造業中 62.7%）
 電力使用量（製造業中 69.1%）
- ・水使用量（製造業中 78.2%）
- ・化学物質取扱量（製造業中 61.8%）

「水使用量」は、製品レベルでの環境負荷削減情報としてはほとんど開示されていない情報であったが、企業レベルのインプット項目の環境負荷においては「エネルギー使用量」に次いで多く開示されている
ただし、「エネルギー使用量」の内訳については、定量的データの開示率は高くないものもあるが、アウトプット項目の定量的データを算出するためには必要なデータであるため、企業側は十分把握していると考えてよいと考えられる

非製造業は、製造業と比較するとアウトプット項目の定量データの開示事例は少ない

アウトプット項目については、非製造業のうち 50%の企業が定量データを開示している項目は、

- ・ CO₂ 排出量 (非製造業中 67.7%)
- ・ 廃棄物発生量 (非製造業中 73.8%)

の 2 項目のみである

非製造業のうち 50%の企業が定量データを開示しているインプット項目は以下の 6 項目である

- ・ エネルギー使用量 (非製造業中 87.7%)
 - 化石燃料使用量 (非製造業中 56.9%)
 - 電力使用量 (非製造業中 86.2%)
- ・ 水使用量 (非製造業中 60.0%)
 - CO₂ 排出量 (非製造業中 67.7%)
 - 廃棄物発生量 (非製造業中 73.8%)

「水使用量」は、非製造業企業においても把握している企業の多い項目であることが分かる。

表 2.4.2.2.2 製造業、非製造業別の企業レベル環境負荷情報の開示状況

企業レベルの環境負荷項目		環境負荷情報の開示状況	
		製造業	非製造業
インプット項目	エネルギー使用量	90.9%	87.7%
	化石燃料使用量	62.7%	56.9%
	原油	3.2%	13.8%
	重油	29.5%	35.4%
	軽油	9.5%	35.4%
	灯油	19.1%	10.8%
	ガソリン	7.3%	15.4%
	その他	2.7%	1.5%
	原子力燃料使用量	0.0%	10.8%
	ガス使用量	40.9%	49.2%
	都市ガス	21.8%	18.5%
	LNG	3.6%	16.9%
	LPG	19.1%	12.3%
	プロパンガス	0.9%	4.6%
	電力使用量	69.1%	86.2%
	購買電力	10.9%	23.1%
コージェネレーション	5.9%	3.1%	
自家発電	3.6%	20.0%	
水使用量	78.2%	60.0%	
化学物質取扱量	61.8%	16.9%	
アウトプット項目	CO2排出量	87.5%	67.7%
	NOx排出量	80.9%	46.2%
	SOx排出量	77.3%	23.1%
	化学物質(PRTR)排出・移動量	77.3%	21.5%
	排水量	55.9%	13.8%
	BOD排出量	52.3%	1.5%
	COD排出量	62.7%	10.8%
	窒素汚濁負荷量	37.3%	4.6%
	リン汚濁負荷量	36.4%	4.6%
	廃棄物発生量	87.3%	73.8%
	一般廃棄物排出量	12.3%	35.4%
	産業廃棄物排出量	19.5%	35.4%
	最終埋立処分量	69.5%	35.4%

2.4.2.3 潜在的に環境効率指標の分母となり得る項目の抽出

2.4.2.1、2.4.2.2 の調査結果とその分析から、潜在的に製品レベルの環境効率指標の分母となり得る項目を抽出する

(1) 事業領域内の環境負荷の場合

事業領域内の製品レベルの環境負荷は、製品レベルの環境負荷削減データをそのまま適用することや、企業レベルの環境負荷データを製品ごとに割り当てることで算出することができる。

製品レベルの環境負荷削減情報の開示状況から

製品レベルの環境負荷削減情報の開示状況が判明しているのは、ほぼ製造業に限定される。多くの製造業企業が環境負荷削減情報を開示している環境負荷項目が、潜在的に環境効率指標の分母となり得る項目だと考えることができる。

潜在的に環境効率指標の分母となり得る項目として、表 2.4.2.1(3)において環境負荷削減情報の開示率が 20%以上の項目を挙げる。

潜在的に環境効率指標の分母となり得る項目（事業領域内）

間接的な環境負荷削減情報

- ・軽量化、小型化（46.8%）
- ・長寿命化（26.8%）

直接的な環境負荷削減情報

- ・資源（材料）消費量の削減（33.2%）
- ・再生材の使用量の増加（34.1%）

企業レベルの環境負荷情報の開示状況から

多くの製造業企業が定量的データを開示している環境負荷項目が、潜在的に環境効率指標の分母となり得る項目だと考えることができる。

A. 製造業

潜在的に環境効率指標の分母となり得る項目として、製造業企業の 50%以上が定量データを開示している環境負荷項目を挙げる。

潜在的に環境効率指標の分母となり得る項目（事業領域内・製造業）

インプット項目

- ・エネルギー使用量（製造業中 90.9%）
 - 化石燃料使用量（製造業中 62.7%）
 - 電力使用量（製造業中 69.1%）
- ・水使用量（製造業中 78.2%）
- ・化学物質取扱量（製造業中 61.8%）

アウトプット項目

- ・CO₂ 排出量
- ・NO_x 排出量
- ・SO_x 排出量
- ・化学物質排出・移動量
- ・排水量
- ・BOD 排出量
- ・COD 排出量
- ・廃棄物発生量
- ・最終埋立処分量

B. 非製造業

非製造業についても多くの企業が定量的データを開示している環境負荷項目が、潜在的に環境効率指標の分母となり得る項目だと考えることができる。

潜在的に環境効率指標の分母となり得る項目として、非製造業企業の 50%以上が定量データを開示している環境負荷項目を挙げる。

潜在的に環境効率指標の分母となり得る項目（事業領域内・非製造業）

インプット項目

- ・エネルギー使用量（非製造業中 87.7%）
 - 化石燃料使用量（非製造業中 56.9%）
 - 電力使用量（非製造業中 86.2%）
- ・水使用量（非製造業中 60.0%）

アウトプット項目

- ・CO₂ 排出量（非製造業中 67.7%）
- ・廃棄物発生量（非製造業中 73.8%）

(2) 事業領域外の環境負荷の場合

事業領域外の環境負荷については、企業レベルの環境負荷情報の開示状況を利用することができないため、製品レベルでの環境負荷削減情報の開示状況のみから、多くの企業が定量的データを把握しているものと思われる環境負荷項目を推定することになる。

潜在的に環境効率指標の分母となり得る項目として、製品レベルの環境配慮を PR する企業³のうち、20%以上が情報を開示している環境負荷項目を挙げる。

潜在的に環境効率指標の分母となり得る項目（事業領域外）

間接的な環境負荷削減情報

- ・ 有害物使用量削減 / 非有害代替物使用量増加 （60.0%）
- ・ 易分解性の向上 （27.7%）
- ・ 情報提示 （28.2%）

直接的な環境負荷削減情報

- ・ エネルギー使用量 （36.4%）
 電力使用量 （27.7%）

³ 表 2.1.2(2) で示したように、該当する企業の大半が製造業に含まれる

2.5 指標の必要性、指標活用のメリット

環境効率指標は現在、その算出方法が試行錯誤の段階であり、その効果についても検討すべき多くの課題が残っている。指標の導入には賛否両論があるが、実施を検討し始める企業は増えてきている。

既に行動を開始している企業だけでなく、関心はあるが具体的に行動に移していない企業が指標を積極的に活用できるよう、情報交流を促進し、手法開発を推進していくことが重要である。本項では実際に取組む企業から意見を記す。より多くの企業が関心を持って取組み、その効果を検証して、成功活用事例を増やしていくことが望まれる。

2.5.1 指標の必要性、指標活用のメリット

2.5.1.1 既実施企業からの考察

(1) 指標の必要性

環境効率指標「ファクター」については、定義、算出方式等が定まっていないため、賛否両論あることも事実であるが、環境配慮製品（エコプロダクツ）を世の中に創出していく一企業の立場からは、指標の導入については以下の理由から賛同のスタンスを採りたい。

1) エコプロダクツの創出のため

環境効率指標「ファクター」は、持続可能な社会を実現するための有効な指標として世の中からも注目が集まっている。これらの手法を採用することで、真の「エコプロダクツ」創出のためのドライビングフォースとすることができる。

2) 製品技術者へのインセンティブのため

環境効率指標「ファクター」は、「LCA」と比較されるが、LCAとは、環境負荷を定量的に把握する手法であり、小さければ小さいほど良い。一方、環境効率指標「ファクター」においても、環境負荷低減度の尺度としての活用も可能であるが、製品の機能・サービスの向上度、品質向上度を把握できるということが、LCAと大きく異なる。環境効率指標「ファクター」は、大きければ大きいほど良い。これは、本来の製品技術者の手腕を正当に評価することを意味する。したがって、「未来志向の明るい指標」であり、製品の技術開発度を正当に評価することにより技術者へのインセンティブとすることができる。

3) 顧客からの製品環境情報要請

顧客からは、製品の環境情報が益々求められてくる。環境ラベル（Type II 環境ラベル）の一つとして活用することにより、情報開示の要請に応えることも可能である。しかし、現状では、社内の新旧製品の比較について、自らの基準により算出した数値である。環境効率指標「ファクター」の数値を開示するに当たっては、前提条件、比較モデル、算出式、指標、重み付け、統合手法等をすべてガラス張りにすることが必要条件であろう。数値が一人歩きするリスクは避けるべきである。社内の新旧製品での比較から算出した数値であり、他社製品とは比較してはならない、ということも十分に断わる必要があるだろう。数

値を見る側(顧客)にもそのような眼を持たせるため、普及啓発も必要になる。

4) 定量的達成目標として中長期目標への利用可能性

性能改善度、環境負荷改善度を定量化できることから、将来到達すべき将来目標として利用することが可能である。製品の環境効率値「ファクター」を毎年、向上させていくこと、これは正に ISO14001 がいうところの「継続的改善」に外ならない。

(2) 指標の用い方

「21世紀は環境の世紀」と言われる如く、2000年には循環型社会形成推進基本法が成立し、併せて廃棄物の適正処理及びリサイクル推進に関わる法律が続々と法制化された。

グリーン購入法もその1つであるが、環境に配慮した製品を優先的に調達するためのこの法律は、現在のところ、国の調達でしか強制力はないものの、その調達額は、日本のGDPの約2%、国に準じた取組みを行っている地方自治体を含めると7%にもなるといわれている。既にこれだけでも数十兆円の市場であり、実際には百兆円のグリーン商品の市場が形成されているともいわれている。

もちろん、これだけ大きな市場になると、企業も無関心ではいられず、ユーザーに対して、製品がどれだけグリーンであるかを知らせる手段を模索している。その手段として、環境ラベルへの取組みがあるが、タイプラベルについては、取得するか否かなので、ラベルを取得した製品同士での差別化はできないし、全ての条件をクリアすることが要求される。またタイプラベルに関しては、企業独自の基準によるラベルなので、どれくらい環境に配慮しているかの判断が難しく他社比較を行うことが困難である。これらの問題に対し、タイプラベルは、企業間の開示基準のばらつきをある程度統一化できており、LCAベースの情報開示であることから、評価するための情報を多く持っているという利点がある。ただし、現段階において、タイプラベルの開示内容を充分理解できるユーザーは非常に限定されており、難解な点があることも事実である。

そこで、ユーザーが購入の判断材料として容易に活用できるような、例えば、自動車の「燃費」のように、購買動機の決定打ではないが、多くの人が購入に際して意識するような、他と差別化を図れる環境効率指標が必要となってきた。

環境効率指標を用いることにより、従来製品に比べ環境面でどれだけ向上しているか、他社との比較においてどうなのか、ひいては、機能向上のために環境配慮を怠っていないか、事業規模に見合った環境負荷で事業活動が行われているか等が分かるようになる。また、環境効率指標には、外部への情報提供という外部機能だけではなく、企業内部における製品開発の現場において、製品の環境性能評価の指標として活用するという内部機能も有する。より環境に配慮した製品作りの基準にもなり得ることから、企業としては、この内部機能は無視できないし、逆に、内部機能だけのための指標化を先行して行うことも考えられる。なぜなら、環境効率指標は、あくまで企業発信の任意情報であることから、外部機能をきちんと果たすためには、設定の根拠、数値の妥当性に透明感がないと、ユーザ

ーをミスリードしてしまうのは明白だからであり、企業内部であれば、関係部署とのコンセンサスさえとれていれば、ある程度、割り切りで設定することも可能だからである。

社会からの要請はあくまで外部機能を果たす環境効率指標の設定ではあるが、説得力のある指標設定には、企業としても慎重に検討しなければいけないと考えている。環境負荷に対応したサービス・機能面をどのような根拠で設定するか、資源生産性において単に重量比ではなく製品の構成材質ごとに環境負荷比較ができるか、製品製造時の環境負荷だけの評価で製品に組みつけられる購入部品が作製される上での環境負荷をどのように捉えるか、低歩留まりの場合の廃材を考慮しているかなど、少し考えただけでも、検討しなければいけない点が多々ある。これらを無視しての指標の設定は、ユーザーからの信頼を得ることはできない。

このように外部機能を果たす環境効率指標の設定に関しては、かなりハードルが高いと思われるが、企業群の環境情報開示の進展により、環境負荷情報を相互に提供し合うことができれば、かなり説得力のある環境効率指標の標準化も可能になってくるだろう。それまでは、各社が独自に開発した指標を用いることで、市場の評価を仰ぐフェーズがしばらくは続くのではないかと考えられる。

2.5.1.2 検討中企業からの考察

(1) 検討対象製品(スキャナ、携帯電話)

情報通信産業分野においては、情報高度化に伴いそれぞれの製品において高速化・高機能化が進んでおり今後ともこの傾向が続くと予想される。これら製品により社会生活での利便性を実現している一方で、マイクロプロセッサに代表される高集積回路の採用により環境負荷の増大を伴っている。このように大きな進化を遂げている製品群において、環境効率ファクターや資源効率ファクターは、環境負荷と製品の向上を表せる画期的な手法が必要であると考えられる。

サービスの定量化に関し、その経験から1つの包括的な提案を行いたい。まず、ソフトウェアにより各種機能を実現しているPCや携帯電話に代表される製品に関しては、ハードウェアの仕様で評価することを提案する。これらの製品ではユーザーの製品に対する捉え方が時系列的に変化し易く、また個々によっても製品の使い方が異なるため、ユーザーから見たサービスを一般的に評価しにくい。よってソフトウェアのベースとなるハードウェア(うつわ-器)で評価するのが望ましいと思われる。次に、スキャナに代表される特定のサービスに特化している製品に関しては、製品機能から評価することを提案する。スキャナ以外にも冷蔵庫やエアコンディショナーなど一般的な家電もこの分野に入るであろう。これらの製品では、ユーザーが求める製品に対する性能や機能が定かであるため、ユーザーから見たサービスを評価するのが望ましいと思われる。

このサービス(機能も含む)は、使用する側との関わりで決定されるということであり、今後はどのような形で数値化していくかが課題である。

(2) 検討対象製品(銅)

近年、地域的な公害問題とは別に CO₂ 排出による地球規模での温暖化が問題となっている。銅熔錬工程の環境影響は、公害問題として顕在化した SO₂ や重金属の大気中への排出が大きく、過去には地域的な公害問題として大きくクローズアップされたことがある。銅製錬の環境影響は、SO₂ や重金属の排出による公害問題のほうが CO₂ の排出による地球温暖化問題よりもはるかに大きい。

銅製錬所の環境影響の指標を考える場合、SO₂ や重金属による公害問題と CO₂ による地球温暖化問題を統一した指標の導入が望ましい。前者は、S の回収率等の指標によって評価が可能であり、後者は CO₂ 単位排出量当たりのアノード生産量等の指標で評価が可能である。2 つの指標が統一できれば、銅製錬所の環境負荷の国際的な比較が可能となる。

現在、国内の銅製錬所は、銅の生産量に対する SO₂ 排出原単位、CO₂ 排出原単位は世界でも最先端を走っている。当面は 2 つの指標を使用するにしても、世界に通用する定量的な指標を作成し、通用させることにより、日本の銅製錬技術の先進性をアピールするとともに、地球温暖化防止対策の第二約束期間における CO₂ 排出量削減のための国際的な枠組み作りに活用できる指標が望まれる。

指標活用のメリットは

環境効率を算出し、同様な設備と比較検討することにより、自社の優位点、問題点を把握することができる点である。このため、対策が必要な問題点に集中的に資源を集中して投下することが可能となる。

また、国内の銅製錬所の環境負荷（地域的な公害への影響及び地球規模での温暖化への影響）が低いことを世界にアピールすることが可能となる。

(3) 検討対象製品(セメント)

ファクターを算出する際、環境効率を求めるまでは通常の LCA を実施する作業と明確な差はない。環境効率を求める際の分子に相当する「性能」についても、それを考慮したケーススタディは LCA によく見受けられる。例えば、耐久消費財や土木建築構造物では寿命に関わる耐久性を考慮して LCA を行う場合がそれにあたる。LCA（及び LCA 的思考）が環境負荷を評価する一般的な手法として認知されたのは、環境負荷削減の重要性が注目されたことに加え、負荷削減に対する取組を定量的に明らかにする手段として有効であったことが一因であると考えられる。

これに対してファクターは、過去の自社製品または従来技術、サービスの環境負荷（環境効率）と相対比較することが最大の特徴である。上流部門である素材・電力産業の省エネ対策は既に限界にあり、エネルギーや CO₂ 排出量だけに注目すると今後大幅なファクター向上を望むのは難しい。仮に将来の目標を設定する場合、当然過去の取組及びそれによるファクターの向上が考慮されるべきである。換言すれば、何らかの目標設定に利用され

ることによりファクターを求める必要性及びメリットを見出すことができる。

今後社会からの環境負荷低減への要求は益々強くなると予想される。その際、過去の努力を考慮できるファクターの考え方は、産業界にとって非常に有効なツールになる可能性がある。来年度以降はこうしたメリットをより明確にし、目標設定に向けたガイドライン等の検討が望まれる。また、考慮すべき環境負荷に関する検討及びその際の統合化についても考える必要がある。

(4) 検討対象製品(塗料)

今回は塗料の立場から「環境効率」をいかに設定すべきかを考えて定義付けを行った。しかし、今回はその定義の実用性への検証が厳密にはできなかった。それはバウンダリがインベントリデータの補足が不十分なために開発した製品ごとにその都度発生した必要性のデータのみを採用せざるを得ず、限定した「環境効率」になってしまった。限定とはいえ算出した「環境効率」は、開発を意図した製品の「人間の五感」に求める付加価値を表せることは少なくとも証明できたと考える。

「環境効率」指標の活用は「維持可能な発展社会」を実現させるために必要であるし、指標検討をしている目的でもある。これからの製品開発において計画している製品が本当に「環境保持」になるか「生活向上」になるかを評価して、「地球環境と人類」に役立つ製品であるかを判断する「指標」になることが究極の目的である。

これまでの人類は、利便さや裕福さを求める生活向上のためにいろいろな「もの」を創造してきた。その前提は、地球資源や地球の復元力が無限であることで(これまでの人口や生活スタイルでの話)ひたすら「生活向上」を目指してきた。しかし、地球資源や地球の復元力が有限であり、このまま人口増加と生活向上内容が続けば資源は枯渇し自然の復元力を壊すことになることを人類は気が付いた現在、人類は新たに創造する「もの」が「生活向上」だけでなく「地球環境」への影響をも考えるべきである。誰もが(今後は産業界だけでなく NGO や市民をまきこんだ評価が重要になってくる)判断できる指標が必要になる。

産業界においては「維持可能な発展社会」構築に非常に重要な役割を担っている。このためには産業活動の基本である「創造」が「維持可能な発展社会」形成に寄与していることを自らが客観的に評価できることが必要である。そしてその寄与度を NGO や一般市民へ公開していくことが要求されてくるであろう。産業界はその説明は勿論、積極的に維持可能な発展社会構築への事業活動を紹介したり企業のプロパガンダを行うのに「環境効率指標」を使用することになるであろう。

「環境効率指標」を使用する効果としては、新しく創造する製品がそのライフ全体を考慮したサイクルで「地球環境」と「人類の生活向上」に寄与しているかを客観的に判断できるようになる。その結果、世界全体が「維持可能な発展社会」を目指すベクトルを同じ方向に向かわせることになる。そのための前提は、環境効率指標が客観的は数値であることである。産業界が常に「維持可能な発展社会」を配慮した事業活動を行い、その内容を

NGO や一般市民が確認できる媒体が「環境効率指標」である。

今回の事例検討においても塗料の面からの定義を行った「環境効率」をより客観的にするには色々な問題点がある。これらの問題点を解消するには、各バウンダリにあたる各工業会での統一したインベントリーの充実が必要である。さらには、各バウンダリーでの数値の相互利用できるための整備も必要になる。

(問題点)

原料としてのインベントリーデータが少ない。現在は代用数値を適用している。かつ、塗料原料としては資源からいろいろ加工されているがその加工した数値がない。例えば、塗料の最大の原料である「酸化チタン」は鉱石のデータである。しかし、塗料用には粒子径を 0.5μ から 1.0μ へ調整しているし、その表面は塗料中での沈降防止のため SiO_2 などで表面処理してある。このような加工された原料のインベントリーデータはほとんど見当たらない。

廃棄物処理のインベントリーデータが不足している。塗料に使用される原料の多くは廃棄時の処分方法へ影響される。例えば、鉛成分を含み、廃棄状態で水溶出があればコンクリート詰めが必要になる。塗料メーカーはユーザーからの要請と地球環境の立場からこれら廃棄処理時制限を受けない組成への転換を図っているが、この効果が現在のデータの範囲では数値化できない。

塗料のような産業での中間製品は、多くはそのユーザー（多くは最終製品メーカー）の要請かもしくは共同研究の体制で新製品の開発を行う。その際、ユーザーの意図（工程短縮とか新機能付与とか）が明確にされなく開発する場合も多い。さらに、開発後その効果も明確に説明を受けない。一方、このための新製品は加工なり工夫を加えることになり、結果的に塗料のような中間製品は環境負荷データは増大する傾向にあるのも事実である。川上から川下のライフ全体が分かる仕組みなり公開制度を国がつくらねば、偏ったデータとなりかつ利用できる業界だけが利用することになるであろう。

環境効率は製品の宣伝にのみ利用されてはならない。新たに開発する新製品が本当に地球環境を保持するか、人類の生活向上に役だっているかを総合的に判断するメジャーでないといけない。そのためには、その製品に有利なバウンダリだけで効率を出すと局部的データでもって判断を誤るケースが発生する。そのため、この検討ではバウンダリを塗料のライフサイクル全体にすべきとした。

2.6 まとめ

環境効率を追求する根源は、有限な生命維持システムである地球システム内に人間活動が存在しているという事実由来する。したがって、人間活動が無限に拡大することは有り得ないし、また地球限界一杯の人類圏が理想とも言えない。何らかの適正規模がある筈であり、そこへと人間活動を誘導するツールとして環境効率を役立てようというものであろう。

現在の酸化的雰囲気支配の生命維持システムはおよそ 20 億年前にそれまでの嫌気性生物主体の生命に替わって地球上に出現しており、その後ずっと安定的に継続してきた。一方、人類圏が地球限界に迫る勢いを得たのは、過去 50 年に過ぎない。図にあるように、人類圏は資源の採取と廃棄物の処理とを地球生命維持システムに完全に頼っているのに、人類圏に依存していない生命維持システムにとって人類圏は「お荷物」以外の何物でもない。その安定性を攪乱するだけの存在である。これは、人間にとって身も蓋もない話であるが、冷厳な事実でもある。

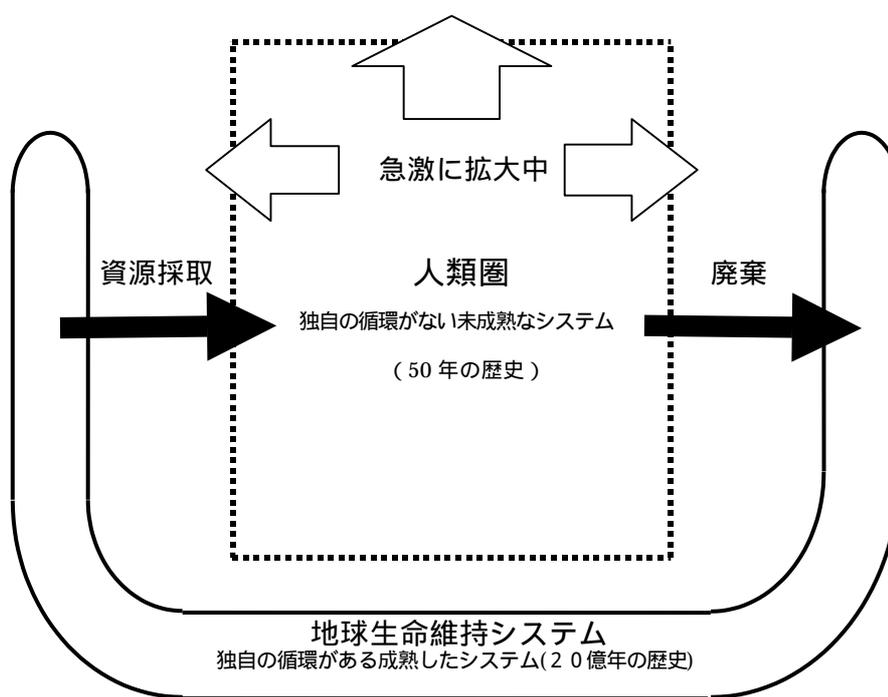


図 2.6.1 生物圏と人類圏との物質収支の現状

そして、有限な物質で構成されている生命維持システムは、その攪乱要因である人類圏との物質収支が一定（地球限界）以下でなければ崩壊してしまう。この事実を、人間活動を制約するものと捉えることも出来ようが、他方で「収支の限界さえ守っていれば、人類

圏内部は自由に良い」と言うことでもある。そんなに厳しい制約ではないのではなからうか。

環境効率の標準化は、以上の外的要因を踏まえて目指される。ところが、このような発想を人間が得てから間もないために、具体的な地球限界自体が解っていないのが現状である。そのような状況下で WG1 は今年度、地球生命維持システムとの物質収支を把握するという方向性を大前提とした上で、企業にとって使い易い環境効率・ファクター算出のガイド（巻末資料編）を提示し、その普及の度合いを調査した。

本項では、本章で述べられた結果を、(a) ベネフィット、(b) 環境負荷、(c) データ、(d) 控除、(e) バウンダリ、(f) 環境効率のメリット、の事項に分けて要約し、それを踏まえて来年度以降の調査活動を展望する。

(a) ベネフィット

ここでベネフィットとは、製品・サービスがもたらす便益を指す。環境効率の分子に位置するものであり、従来、「サービス」と総称されているが、製品の対語としてのサービスとの混同がみられるため、製品・サービス両者を括る言葉としてベネフィットを用いる。

アンケート調査では、ベネフィットの数値化が困難であるというものが多かった。その原因の一つに、サービス指向の発想に不慣れということもあると思われる。事実、WG1 を構成する企業では、このような初期の困難を乗り越えて、数値化本来の困難に取り組んでいる。

その中で、今回目立った特徴の 1 つは、製品・サービス 1 単位が提供するベネフィットを不変とする考えに広がりが見えたことである。これはセメントなどの基礎素材の製造では一般的であったが、今回、三菱電機株がその全製品にこの考えを採用したため、一気に重電システム、産業メカトロニクス、情報通信、電子デバイス、家庭電器などの製品群に広がった。また、スキャナー（2.2.2.1）並びに携帯電話（2.2.2.2）の環境効率では、複数個のハードウェア仕様について、二乗平均をベネフィットとした。これらの背景には、ベネフィットの適切な表現法が確定していないことに加えて、環境効率の向上をベネフィットの向上によるよりも環境負荷の低減で達成すべきとする考えがあるように思われる。

これまでパソコンなどでは、演算速度やメモリーなど個別性能項目の積を取ってベネフィットとみなす考えもあった。この場合、発展途上の製品では、環境効率が何百何千倍に向上するといった結果も得られており、それが真の意味でニーズを満たすサービスの向上度を示すものであるのかに多少の違和感があった。今回、情報の常時接続サービスにおいて ADSL サービスないし光サービスが従来の ISDN サービスに比して前者で約 80、後者で約 1000 というファクタを得たことは、一見、同様の過大な数字であるように思われるが、実際にはサービスとして最大伝送速度を取っており、単に個別性能の積をとったものではない。またユーザーの実感として、確かに ISDN サービスに較べて ADSL や光による

サービスが「桁違い」に向上していると感じられる場合もある。

情報流通サービスは、TV 会議など非情報流通サービスを代替する機能があり、この点からも、ベネフィットの数値表現について先端的に取り組んできた。今年度の結果を受けて、ニーズの序列化とそれに基づく重み付けなど、いよいよサービスの本質を視野に入れる時が来たと言える。

同じくベネフィットの数値化に関して、これまでになかった斬新な試みがあった。その一つが、官能試験で美観を定量化する試みである。すなわち、ペンキの製品性能には意匠と特殊機能とがあるとして、新旧品の美観価値を SD 法 (Semantic Differential Method) によって数値化し、ベネフィットとしたものである。今一つはセメントで、廃棄物のリサイクルを社会へのサービスと位置づけ、リサイクル環境効率の分子とした。

更に松下電器(株)では、機能が複合した製品の場合に、その総合機能を顧客満足度に基づいて算出する方法を提案している。これは、選好依存型経済評価手法の一種とも見なされ興味深い。このような複合機能は既に多くの製品に見られるばかりか、今後その例が増加することが考えられるとともに、製品に限られたことではなくバーチャルな情報流通サービスでも同様なことがある。したがって、このような方法論の提示は大いに期待されるものと言えよう。松下電器産業(株) (2.2.1.2) では、ベネフィットの選定において、その必要性、豊かさとの関係、持続可能かつ共有性、についての議論を社会に開かれた形で進めるとしている。

(b) 環境負荷

アンケート結果にもみられたように、一般的に言えば環境負荷は資源消費などインプットを対象とした方が容易である。しかし一方で、アウトプットである二酸化炭素排出量が事実上の環境負荷共通項目となっている。その上で、他の項目を取り込むか否かに、それぞれの独自性があると言える。

例えば塗料の事例 (2.2.2.4) では、従来のエコインディケーターの他に、二酸化炭素、揮発性有機成分、埋め立て廃棄物、省資源の計 4 項目を取り上げた。三菱電機(株) (2.2.1.1) では、製品質量、消費電力量、環境リスク物質使用量の 3 項目を環境負荷として取り上げた。セメントの事例 (2.2.2.3) では、二酸化炭素排出、処分場の延命、資源消費 (鉱物資源枯渇とエネルギー資源枯渇)、廃棄物リサイクル量を取り上げた。ここで天然鉱物資源消費量は、石灰石、粘土、珪石、天然せっこう使用量の合計を用いているが、これは地球システムとの物質収支に注目する考えの一つである TMR (total material requirement : ベネフィット獲得に必要とされる地球システムからの総物質質量) に通ずるものとして興味深い。

これらの環境負荷をどう表現するか (すなわち環境効率の分母の関数形をどう定めるか) については、それぞれのベネフィットに応じた様々な表現が工夫されている。たとえばペンキでは、製品寿命の延長が原料製造から塗装までの工程におけるインベントリ低減

に寄与することから、環境負荷へ負の寄与をする形で長寿命化を取り込んだ。また三菱電機では、取り上げた3つの環境負荷をベクトルの長さとして総合する手法を採用し全製品にこの考えを適用しようとしている。さらに、技術レベルが既に成熟した家電やFA（ファクトリー・オートメーション）製品群においては、環境負荷の絶対的な低減を「社会的環境貢献度」として算出している。

セメントの事例（2.2.2.3）では、環境負荷を統合化手法（DtT法）を用いて算出した統合化指数を用いている。松下電器産業㈱（2.2.1.2）では、温暖化防止、資源有効活用、無害物質の使用という3つの軸を一つに統合化することを視野に入れつつ、現状では同等に扱っている。そして、環境負荷を製品寿命で除することにより製品機能発揮時間当たりで環境負荷を正規化した。また、使用資源の違いを環境負荷に反映させる重み付け因子を資源価値係数と呼ぶことを提案した。

環境負荷は、究極的には地球限界との相対値で評価されるべきであり、資源価値計数を具体的に設定するには、まず地球の限界を明らかにしていく努力が求められる。その上で、標準化を視野に入れた環境負荷表現では、当面、あまり特定製品・サービス群に特化しないことを心がけつつ様々な表現上の工夫をすることが肝要であろう。

(c) データ

データに関しては、日本LCAフォーラムによるデータベースの充実が世界の最先端で進んでいるものの、これはあくまでも人間社会内での相対的な話であり、絶対的なレベルでは早急な対応が望まれる重要な問題を未だに多く抱えていることが指摘された。すなわち、データ品質について、「原料のインベントリデータが少ない」、「資源から加工されて原料となる工程での数値がない」、「廃棄物処理のインベントリデータが不足している」、などである。またデータ提供について、「企業の環境情報開示が不十分」、「環境負荷情報を提供しあう体制がない」などである。これらが進まなければ、説得力のある環境効率指標の標準化が実現しないとの厳しい指摘がある。

銅の環境効率指標（2.2.2.5）では、持続可能性（再生資源使用比率）、地球温暖化（二酸化炭素排出量）、有害物質（PRTR対象物質、SO_x、NO_x）の排出、以上の3点を軸とした環境負荷を提案しているが、その具体的な算出ではデータの制約から温暖化のみを求めている。これは、本来あるべき環境効率がデータの不足によって求められない実態を象徴するものである。

(d) 控除

今回の環境効率・ファクター算出ガイドでは、環境の観点から有意義なものについて、たとえ物理化学的には同一のものであっても社会的な区別があるものは別扱いして良いとした。これについて三菱電機㈱では、リサイクル部分を分母から控除することにより、ファクターがテレビで1.33から1.39に、冷蔵庫で1.54から1.86に向上するという試算を

示した。一方、松下電器産業(株)では、試算に留まらず、環境効率計算の枠組みに取り込んだ。すなわち、再生材料や再使用部品などを 3R 資源と呼んで資源使用量から控除し、さらに製品とそのライフサイクルで投入される資源の内でもリユース・リサイクルなどが可能なものを 3R 可能資源と呼んで廃棄物から控除した。この結果、特に 3R 可能資源が過去 10 年で増加したことにより大幅に向上した環境効率を得られた。

今回の例で明らかのように、リサイクル分の控除を積極的に取り入れることにより、環境効率は向上し、結果として循環型社会の形成にもプラスの効果をもたらすものと思われる。しかし他方で、この効果が大きいだけに、控除対象を選定する基準は慎重に選択されるべきであろう。実際に再生・再使用されていることの検証、可能性と事実との仕分けなどに今後の進展が望まれる。殊に、水を 3R 資源並びに 3R 可能資源とした結果、製品使用時に水を大量に消費する洗濯機の環境効率算定において、節水が資源効率における環境負荷低減に直接つながらなくなっている。これは、もう一方の温暖化防止効率の算定と整合性が取れていないばかりか、これまでの水質汚濁公害ならびに今世紀深刻になる水資源問題という両観点からも更なる検討が望まれよう。

銅(2.2.2.5)の環境効率算出においては、控除が抱える別の問題が現れている。すなわち、銅アノードの生産において、代替燃料とした廃棄物(廃タイヤ、シュレッダーダスト等)からの二酸化炭素は環境効率の計算から控除したが、この時、松下電器産業(株)における控除対象を選定する基準の問題に加えて、以下の 2 つの問題点が明らかとなった: 代替燃料を使うことができる精錬法(反射炉)と使うことができない精錬法(自溶炉、連続製銅炉)とがある、代替燃料も価格競争から免れるものでないために算出される環境効率が大きく変動する。この内、については、同等の製品を提供する異なるプロセス間の選択という問題であり、本来それぞれ別に扱うべきものであろう。またについては、いずれ環境影響評価や環境効率が燃料の選択を左右する判断基準になること、更には価格そのものが環境コストを素直に反映したのものになること、によって解決するものであろう。

以上、控除の認定には幾つか更に検討すべき点があることが判明したが、社会的に意義が認められる環境負荷を控除することは、大局として人類圏を循環型にする原動力となる。個別企業による努力に加えてサプライチェーンの上流・下流に位置する企業並びに社会システム全体の体制充実と改善こそが必要とされよう。

(e) バウンダリ

本来バウンダリは対象となるベネフィットのライフサイクル全体を含むべきであることは当然であり、この点で基本的合意が得られていると言って良い。しかしその上で、リサイクル・廃棄プロセスの取り扱いが確定していないこととそのデータが不充分であることから、それらを取り込んだ場合に得られる環境効率の信頼性が低いために、実際の環境効率算出では、これらのプロセスを含まない例が殆どである。また、環境効率改善をファクターによって示す場合、ライフサイクル全体を対象とすると、その直示性(線型性)

という観点からも問題を残す。そこで今年度の調査では、バウンダリの設定を任意なものとした。その結果、バウンダリの違いが環境効率の顕著な違いとなる例が塗料に見られた。すなわち塗料では、製造時の環境負荷は、原料製造（資源採掘）や塗装時（特に有機溶媒仕様の製品における溶媒の大気への放出）の環境負荷に較べて桁違いに小さい。したがって、これらを含むバウンダリと含まないバウンダリとでは環境効率が大きく異なった。

また、原料製造工程でも製品製造工程でも、環境配慮型製品と言われる粉体塗料の環境効率が有機溶剤を用いるものや水性のものに較べて製品質量当たりで劣っていた。しかし、自動車一台あたりのバウンダリであれば塗料単体ではなく塗装系（塗膜構成）で評価される点とその塗装系が使用される製品の付加価値向上の結果、粉体塗料が環境負荷低減へ寄与する効果が現れた。これは、それぞれの製品・サービスがライフサイクルでどのような位置を占めるかを具体的に想定してバウンダリを設定しなくてはならないということを示している。バウンダリの設定が自由であることと、それが説得力を持つこととは全く別なのである。

関連する問題として、バウンダリを具体的に設定しようとする時の情報不足が指摘された。塗料の場合、その付加価値は、殆どが塗料使用者の立場で現れる。そのため塗料の設計ではその塗装後の価値を付与するために環境負荷の大きい原料を採用する傾向があるが、他方でユーザーの意図が明確にされないまま製品を開発する場合も多く、開発後も明確な説明を受けない。そのため、中間製品メーカーによる適切なバウンダリの設定が困難であるという。

(f) 環境効率のメリット

環境効率のメリットとして次のものが挙げられた。

A：企業の現場で

- 1) エコプロダクト・エコサービス創出のドライビングフォースとなる。
- 2) 未来志向の明るい指標であり、開発現場における製品技術者へのインセンティブとなる。
- 3) 定量的達成目標として継続的改善に利用できる。
- 4) 同様な生産設備との比較が可能であり、優位点と問題点を把握できる。

B：コミュニケーションツールとして

- 1) 顧客に伝え易い製品環境情報伝達ツールとなる。
- 2) 相対的な比較により、すでに成熟した製品・サービスでも環境配慮の努力を表現できる。
- 3) NGO や市民など誰もが環境配慮を判断できる。
- 4) 産業活動の基本である創造が持続可能社会の形成に寄与していることを客観的に評価できる。

C：地球環境の大局観として

- 1) 生活向上と地球環境に与える影響とのバランスに関して、人間が製造するモノについて考える指標となる。
- 2) 世界全体を持続可能社会を目指す方向に向かわせる。

これらの事項は、環境効率の本来的性格を表していると同時に、環境効率への期待であるとも言えよう。その期待に応える客観的な数値である環境効率指標を工夫することが今後の課題であろう。今回の調査で、環境効率に関する小異を知った。今後は、それを踏まえて大同を追求することが求められる。

例えばベネフィットに関しては、個別製品・サービスに対応しつつ普遍性があるベネフィットの定義、美観など数量化が困難なものの数量化の工夫、多機能製品のベネフィット算出方法論、廃棄物リサイクルなどサービス概念の拡張検討、ヒューマンニーズの解明と序列化などが今後の検討課題である一方で、そのような主張を特に望まない場合には、当面、製品・サービス1単位が提供するベネフィットを一定とすることもあり得よう。

同様に環境負荷に関しては、地球システムとの収支に直結した環境負荷項目の選定、資源採取に係わる物質種類と量のデータ充実、地球システムに戻して良い廃棄形態は何か、その形態にするのに必要な物質とエネルギー消費データ、環境負荷をどう表現するか(ガイドラインの分母の関数形をどうとるか)などが今後の課題であるが、図 2.6.2 に示したように LCA のバウンダリを拡張して、
、
、
の進めていく中で、
については、当面、地球システムとの物質・エネルギー収支量を質量とエネルギーそれぞれの単純和とする策も可能であろう。

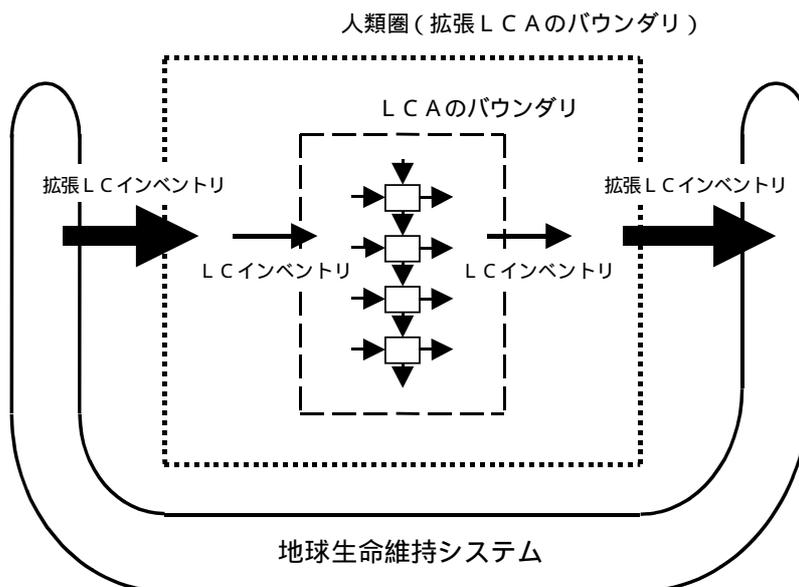


図 2.6.2 拡張 LCA の概念図

このように、ベネフィットと環境負荷については、今後の長期的な研究課題が明らかになったと同時に当座の表現法も絞られたが、データに関しては短中期的に対応が急がれる課題が明らかにされた。すなわち、原材料素材にまで遡ったインベントリデータの取得、

原料のインベントリデータの充実、資源から加工されて原料となる各種工程でのきめ細かなデータの取得と公開、廃棄物処理のインベントリデータ充実、環境負荷情報提供・開示の体制充実、といった課題である。

また、控除とバウンダリとに関しては、独善的にならない一般原則の探求が今後継続的に実行されることが求められよう。特にバウンダリ設定では、塗料で指摘されたように、バウンダリ設定に必要な外部情報の充実も望まれるが、これはデータ以前の問題とも言え、人間社会が環境効率算出の意義を広く認知することによって自ずと解決していくものであろう。

ここで、環境効率やファクターを向上させる努力が報われ、さらに一層の努力が払われるという良いフィードバックが築かれることが重要であることを指摘したい。確かに、これまでの議論で明らかなように、環境効率の標準化には克服すべき科学的技術的な課題が多数残されており、その解決に向けた研究が積極的に推進されなくてはならない。しかし同時に、社会はその解決をただ待つことはできない。たとえ多少の不確定性が環境配慮性にあるとしても、グリーン購入の推進など、環境効率を向上させたベネフィットの提供に対する積極的需要拡大策が好循環を生み出すことになる。

今回のアンケート調査によって、産業界内での温度差が大きいことが判明した。したがって、環境効率の普及活動に力を注ぐと同時に、既に熱心に取り組む企業・産業には、競争的環境を維持し更なる前進を助ける必要がある。そのためにも、様々な困難のために停滞するのではなく、たとえ正確さに劣っても方向性が正しく汎用性がある指標を工夫し、それを使いつつ劣る部分を改善していくことが重要であろう。完璧なものを得るまで待っていることは、人間社会も地球生命維持システムも出来ないからである。

その一方で、地道な研究を進めることも大事である。それは、ミクロな立場である個別製品・工程毎のフローをマクロの立場である地球環境へとつなげる指標は、同時に、使いやすく、改善が見え、解かり易くて役に立つものでなければならぬからである。また、それぞれの工程には一定以上の改善は不可能という自然科学からの効率上限値があることを冷静に把握し、そこへ限りなく近づく努力を真っ当に評価するものでなければならぬからでもある。さらに、有限な地球システムにも限界があることを認識し、その限界値を取り込んだものでなければならぬからである。

科学的技術的な問題以外にも、持続可能なライフスタイルや生産・消費・廃棄スタイルがどんなものであり、それへスムーズに移行する方策がどうか、利害の異なるものがどうやって合意形成するか、そして、環境コストが製品やサービスの価格に素直に反映される社会経済的仕組みの構築も大いに望まれることは本章の各節でも述べられている通りである。

以上、本年度の WG1 の活動によって、環境効率の一般的な特徴について実態が解明され、その様々な側面において様々な試みがあることも見出された。今後、環境効率指標が標準化され、外部への環境情報の発信機能をきちんと果たすためには、その設定の根拠、数値の妥当性等に透明性がなければならない。これには、企業内部に限った利用とは異なり、一層の困難があろう。しかし一方で、そのような環境効率指標の設定が社会的に要請されている現状を先取りし 21 世紀の環境配慮社会を世界に先駆けて実現するには、環境負荷とベネフィットをどのような根拠で設定するかを、環境効率がそもそも何故要請されるのかという原点である地球システムとの収支並びにヒューマンニーズの正当性判定に立ち戻って考えることが求められる。そして、我が国のみならず、先進工業国、開発途上国も含めた異業種・異文化に属する人々への説明までもが可能な指標の開発を大胆に進める必要がある。

第3章 環境負荷定量化手法の検討

3.1 定量化手法検討の意義

多くの企業が環境改善目標、環境効率目標を達成するために何らかの環境パフォーマンス評価システムを作成し、実施してきている。ところがその結果、異なる評価基準が多数使用され、それぞれの測定結果の比較が容易に行えないという事態が起きている。

例えば環境効率指標の環境負荷の算定方法としてライフサイクルアセスメント（LCA）を適用することができる。実際に企業または製品の環境負荷量をライフサイクルベースで計算し、外部に対して公表する企業が出始めている。一方で、自らが関与するステージのみの環境負荷量を算定している企業もある。

自らが関与するステージのみの環境負荷量を測定する場合には、その企業の上流に位置するサプライチェーンや下流の使用段階並びに廃棄段階での環境負荷が欠落し、ライフサイクル全体での環境負荷が増大する恐れがある。ライフサイクル全体での環境負荷を削減し、環境効率を向上させて行くことが必要である。

LCAは製品単体を評価対象として発達してきた環境負荷改善手法であり、削減効果を的確に把握することにより技術開発インセンティブを形成できることが期待されている。実際、LCAは多くの場合、製品の使用段階での環境負荷の削減を目的とし、製造段階に技術開発インセンティブを与えるツールとして使用されてきた。

工業製品の製造には、最終製品の製造企業のみならず、素材や部品メーカーなど多数の企業が関与しており、それらの企業の技術開発の成果が、最終製品の使用段階での環境負荷の削減に結実している。したがって、最終製品の使用段階での環境負荷を削減するためには、サプライチェーンにある個々の企業に技術開発インセンティブを与えることが重要である。しかし、サプライチェーンの上流にある企業には、最終製品の使用段階での環境負荷の削減が見えにくく、インセンティブを形成することが非常に困難なものとなっている。

また反対に、サプライチェーンにある個々の企業が、最終製品の使用段階の環境負荷削減を、自社の技術開発の成果として主張する場合がある。この場合には、最終製品の使用段階での環境負荷の削減が、複数の企業でダブルカウントされることになる。ダブルカウントで個々に削減効果を主張しても良いのではないかという見方もあろう。しかし、環境負荷物質の排出許容量が最終的には地球全体での許容量で決定され、それに対する個々の企業あるいは産業の削減努力が問われると考える時、最終製品の使用段階での環境負荷の削減に対する個々の企業・産業の寄与を考察することが重要となることが容易に予想される。

LCAは製品のライフサイクルでの環境負荷量を定量化する手法である。したがって、製

品の使用段階での環境負荷の削減に対するサプライチェーンの企業それぞれの寄与を算定する機能を有していない。したがって、個々の企業が自らが関与する最終製品のライフサイクルを考慮して環境負荷の削減を定量化することが非常に困難なものとなっている。

本章では、最終製品の環境負荷の削減に対するサプライチェーンのそれぞれの企業の寄与を定量化する手法について検討する。サプライチェーン上の複数企業が関与した技術成果である使用段階での削減達成分を、あるルールに従いその寄与度を識別することを考える。このルールを用いて、最終製品の環境負荷削減に関し、関連企業に現実性を備えたインセンティブを付与することが可能となることが期待される。

またこの検討を通じて、それぞれの事業主体に適切な環境効率指標を考察し、その知見が今後の環境効率指標構築に活かされることを期待する。

3.2 定量化手法検討事例

3.2.1 検討の枠組み

環境負荷物質としてライフサイクルインベントリ分析の容易さの観点から二酸化炭素（CO₂）をその一例として選択し、次の二つのアプローチで定量化のための手法を検討した。

（ア）マイクロ（製品単位）ベース

主に技術開発貢献度の観点から、最終製品の使用段階の環境負荷削減量への製品サプライチェーン上のそれぞれの企業の寄与の定量化を試みる。製品の環境負荷は多数の技術開発の集積によって改善されてきた。関与する企業それぞれに、環境負荷を削減した最終製品を開発するインセンティブを付与できる定量化手法を検討する。

検討対象製品として、サプライチェーンに多くの企業を有する代表的な組み立て製品である自動車、プリンタ、エアコンを取り上げ、組み立て企業とサプライチェーン上にある企業の最終製品の二酸化炭素排出量削減に対する寄与を、素材や重量等の物理量、経済的価値、製品機能・性能等を基に検討する。

（イ）マクロ（総量単位）ベース

製品単体での環境負荷削減の努力が、普及率の増加、使用者の非効率な使用方法等で、社会全体の削減効果に反映されない場合がある。本アプローチでは、我が国の全産業を俯瞰することにより、経済システム上の関連産業が、均衡して削減効果を創出できる方法を検討する。

具体的には、産業連関表を用い、自動車産業での二酸化炭素排出削減に対する各産業の寄与を明確にし、関連産業での今後の環境負荷削減の方向を示す方法を検討する。

3.2.2 ミクロベース(製品単位)による検討

現在の CO₂ 排出量は、従来のエネルギー消費量からの伝統である 3 部門をベースに計算されている。すなわち、産業・民生・運輸は独立しており、製品の使用段階に排出される CO₂ については産業部門の関与は明確に定義されていないのが現状である。

一方、産業部門において CO₂ 排出抑制方策を実施した場合、実際の削減効果は民生・運輸部門で発現されることが多い。そのため、従来の 3 部門に分かれたカウント方式で計算すると、民生部門の削減効果が企業に還元して評価されないこととなる。今後、環境負荷削減技術開発に対する企業のインセンティブ低下を防ぐためにも、企業が製品に及ぼす環境負荷影響の一貫した評価手法を検討する必要がある。

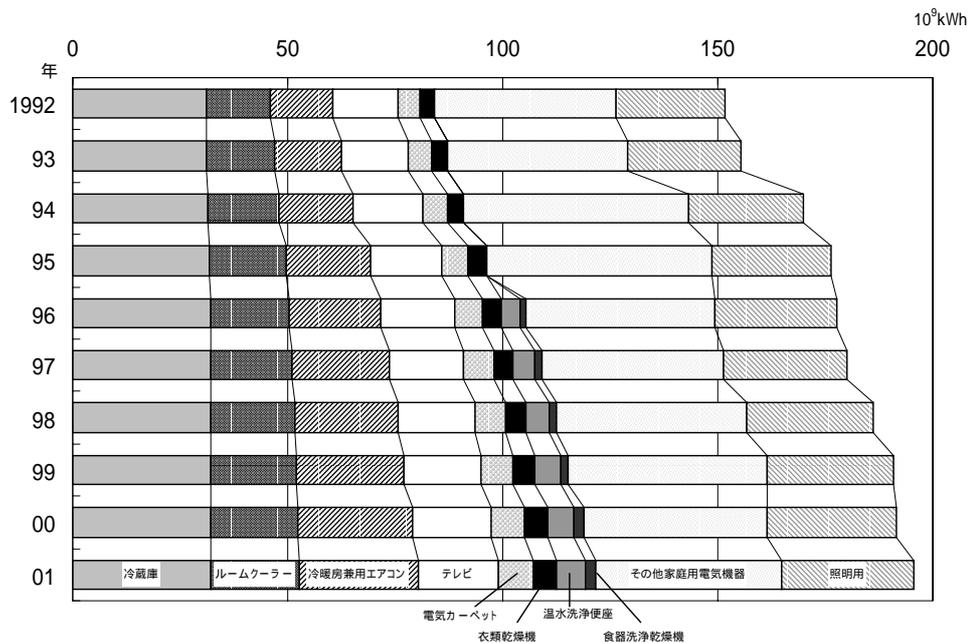
(1) 対象製品

- ・各部門の対象製品は、市場への普及数、エネルギー消費量の大きさ等を考慮し、次の通りとする。
- ・運輸部門：運輸部門のエネルギー消費における自動車の寄与率は、船舶、航空に比べて高い。また、自検協統計によると、平成 12 年度末の車種別車両保有台数ではガソリン乗用車が最も多くなっている。よって、運輸部門を代表する製品として、自動車（ガソリン乗用車）を取り上げる。
- ・民生部門：省エネルギーセンターの調査によると、家庭内では、エアコンが最も多く CO₂ を排出している家電製品であることが分かる（表 3.2.1）。また、従量電灯電力量の家電製品別内訳の推移（図 3.2.1）をみても、近年のエアコンの伸びが著しいことが分かる。よって、民生部門を代表する製品として、エアコンを取り上げる。
- ・その他：グリーン購入法による国・自治体、積極的な民間の取り組みにより、オフィスにおいて環境配慮型製品を導入する機運が高まっている。それに伴い、省エネルギー型のオフィス機器が多く開発されている。この代表例として、プリンタを取り上げる。

表 3.2.2.1 一世帯当たりの年間 CO₂ 排出量

	年間 CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂)	備考
自家用乗用車	2,956	ガソリン使用
石油ストーブ・ファンヒータ	822	灯油使用
給湯器	715	ガス使用
エアコン	161	
冷蔵庫	118	
照明器具	106	
テレビ	65	
ビデオ	6	
パソコン	3	

出典)：(財)省エネルギーセンターパンフレットより作成



出典)「電力需給の概要」2000年版 より作成

図 3.2.2.1 従量電灯(家庭用電気機器別)電力量の推移

(2) 実施手法

- ・対象となる製品のエネルギー消費、省エネルギーに関する技術、LCA に関する情報・事例を、文献を中心に整理する。

3.2.2.1 自動車

自動車の環境負荷を LCA 的に見ると、使用段階における排出が 8 割以上を占めると言われている。その使用段階の環境負荷の削減は、燃費の向上という形で表される。

一方、部品、素材の製造段階での環境負荷は、LCA 的思考の進展により徐々に明らかにされてきているが、走行段階(使用段階)の環境負荷低減との関連性については殆ど言及されていない。

自動車の燃費向上は多くの構成部品が関係しており、軽量化、機能向上など様々な効果が組み合わせられることにより実現される。そのため、個別部品、材料へ走行段階の環境負荷低減効果を配分することは難しい。本節では定量化の可能性について検討した。

(1) 自動車の環境負荷に関する動向と特徴

1) 運輸部門の省エネルギー対策

2001 年 6 月にまとめられた総合資源エネルギー調査会省エネルギー部会報告書では、産業部門、民生部門と並び、運輸部門の省エネルギー対策が記載されている。ここでは、「技術的、経済的に実現可能なぎりぎりの範囲のものとして積み上げた対策」という位置

づけで策定された現行の省エネルギー対策、及び総合部会、需給部会において示された約2,000万t-Cの削減を念頭に置いた新規対策について取り上げられている。

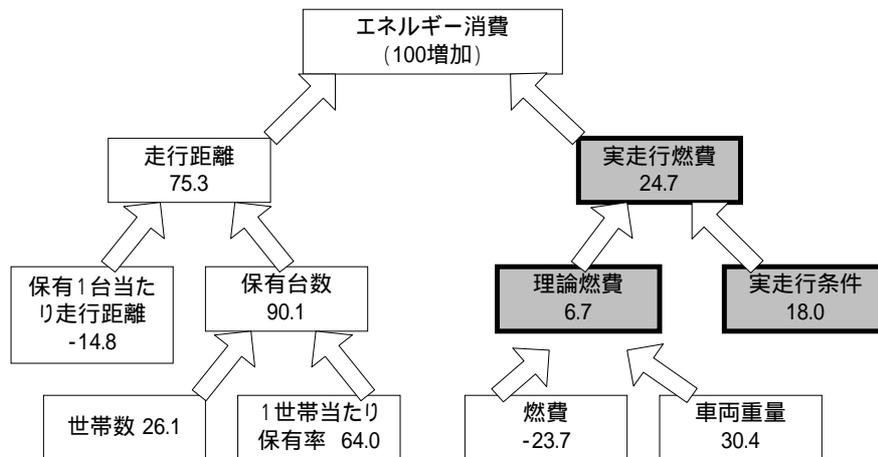
運輸部門においては、現行対策として3つの対策、新規対策として2つの対策の効果が試算されている。これを見ると、交通システムに係る対策効果が高いが、機器効率の改善による燃費の向上も必要とされていることが分かる。すなわち、自動車メーカーのみならず、部品・素材メーカーのより一層の努力が求められていることが分かる。

表 3.2.2.1.1 省エネルギー部会による省エネルギー対策

省エネルギー対策項目	効果 (原油換算 kl)
運輸部門の省エネルギー対策効果	1,690
現行対策の効果	1,590
トッランナー規制による機器効率の改善	540
クリーンエネルギー自動車の普及促進	80
交通システムにかかる省エネ対策	970
新規対策の効果	100
トッランナー基準適合車の加速的導入	50
ハイブリッド自動車等車種の多様化等の推進	50

2) 自家用乗用車の実走行燃費の悪化

自動車の省エネルギー対策が求められる理由として、自動車のエネルギー消費の増加があげられる。省エネ部会によると、90年度から98年度の自家用乗用車のエネルギー消費量の増加要因は、75%が総走行距離の増加、25%が実走行燃費の悪化となっている（図3.2.2.1.1参照）。総走行距離の増加は自動車単体の影響ではなく、保有台数の増加が原因とされている。一方、実走行燃費の悪化は、理論燃費の悪化と実走行条件の悪化が要因である。それぞれ、25%のうち、7%及び18%の要因となっている。理論燃費の悪化については、車両重量の増加が大きな要因とされている。



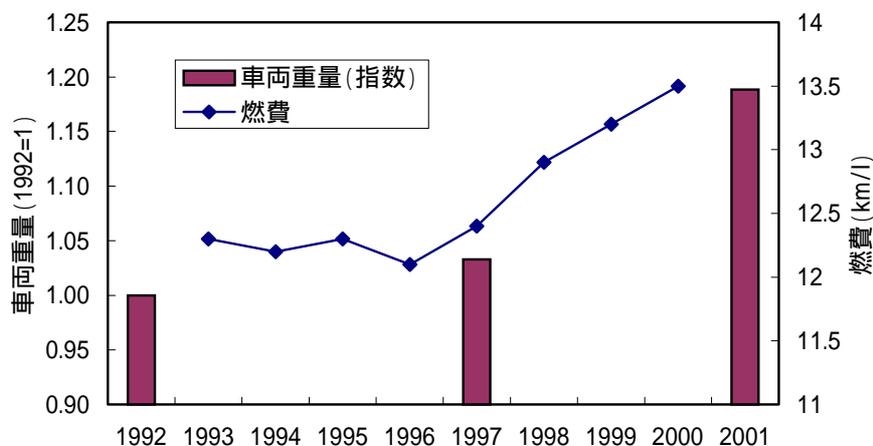
出典) 省エネ部会第2回会合より

図 3.2.2.1.1 自家用乗用車のエネルギー消費の増加要因

3) 車両重量及び燃費の動向

図 3.2.2.1.1 から、理論燃費の悪化要因は車両重量の増加ということがわかる。同時に、近年、自動車の軽量化は燃費向上に結び付くとも言われている。では、実際の状況はどうか。図 3.2.2.1.2 は、1992 年以降の車両重量と燃費の平均値の時系列変化を同じグラフに示したものである。車両重量は、2001 年には 1992 年の 1.2 倍程度まで増加している。燃費は 93 年から 96 年にかけてはいったん低下するものの、2000 年にかけては年々向上していることが解る。

このことは、車両重量と燃費とは無関係ではないものの、実際の燃費向上は、軽量化というより車両や部品の技術開発による性能向上によるところが多いということを示唆している。



出典) 車両重量:「日本の自動車工業」((社)日本自動車工業会)より、普通・小型乗用車平均値
燃費:「自動車燃費一覧」(国土交通省)より、ガソリン乗用車全体平均値

図 3.2.2.1.2 車両重量と燃費の経年変化

4) 自動車に関する燃費向上技術

重要とされる自動車の燃費向上に資する近年の技術開発にはどのようなものがあげられるのだろうか。表 3.2.2.1.1 は、技術の対象となる部品群を表側に、省エネルギーの技術的方向性を表頭に置き、近年及び近未来の技術例を整理したものである。これをみると、次のような傾向があることが分かる。

- ・内燃機関のエンジンについては、コンピュータ制御による動作の最適化によってロスを削減する技術が多く見られる。この背景には、コンピュータを用いた燃焼状態のシミュレーション技術、可視化技術の向上等が背景にあると考えられる。
- ・フリクションロスの削減（表には未記入）等、損失の削減を目指す方向もある。
- ・その他の傾向として、車両の軽量化、CEV の開発等の大きな流れがある。また、ロスを少なくするのではなく、ロスを積極的に利用しようという流れも熱電素子、デシカント空調システム等で見受けられる。

なお、それぞれの技術がどの程度単体の自動車燃費向上に寄与しているかは明らかにされておらず、環境負荷低減効果の技術への配分を困難にさせている。また、実際に使用される技術は車両の販売戦略（ターゲット、価格設定等）により差異が生じると考えられ、単純な一般化は困難であることも示唆される。

表 3.2.2.1.2 自動車に関する近年の省エネルギー技術動向

		省エネルギーの方向性				
		効率向上		走行抵抗低減		その他
		効率改善	ポンプ損失、熱損失低減	車両重量軽減	抵抗低減	システム最適化
1	エンジン	・直接噴射エンジン(GD) ・予混合圧縮着火エンジン(G)	・リーンバーンエンジン(G) ・電子制御燃料噴射式エンジン用フューエルレール(G)	・コンロッド軽量化		・可変弁制御システム(G) ・可変圧縮比システム(G) ・クールド EGR(D)
2	トランスミッション	・ベルト式 CVT ・トロイダル型 CVT ・トルクコンバータの効率化				
3	スプリング、ブレーキ、サスペンション			・管材のハイドロフォーム成形	・タイヤ転がり抵抗軽減	
4	艤装			・スーパーポリマーアロイ成形技術 ・樹脂部品の軽量化 ・樹脂ガラス		
5	車体			・高張力鋼 ・アルミ超塑性成形 ・アルミ超微細結晶化 ・マグネシウムチクソモルディング法		
6	電装	・オルタネータステータコイルの高密度巻線	・高効率熱電素子 ・デシカント空調システムの適用	・42V 化によるワイヤーハーネスの細線化		・空調用可変容量型コンプレッサ

出典は、自技会資料、各社ホームページ等

5) 自動車に関する LCI の経年的比較

燃費向上技術は使用段階の環境負荷は当然のごとく削減するであろうが、製造段階の環境負荷については言及されることは少ない。しかし、ある部品の性能向上が環境負荷削減に結びついていたとしても、製造段階の環境負荷が増加している場合は、ライフサイクル全体としてのその部品の寄与度は低下することになる。よって、製造段階の環境負荷についても言及する必要がある。ここでは、モデルチェンジ前後の車両の LCI を経年的に比較することによって、近年の技術の製造段階の環境負荷の影響を確認した。

システムバウンダリー

以下の通り設定した。

- ・ 自動車の製造 - 使用段階 廃棄・リサイクルは含まない
- ・ 製造段階：素材製造時 部品加工等は含まない
- ・ 使用段階：ガソリン製造時及び使用時（10 万 km 走行）

調査対象車種

調査対象車種は、A 社販売車種の 1997 年式及び 2002 年式とした。モデルチェンジ 1 回を挟んだ車両を比較することとなる。なお、それぞれの関連諸元を表 3.2.2.1.3 に示す。

表 3.2.2.1.3 調査対象車種

	1997 年車	2002 年車
車両重量(kg)	1270kg	1290kg
エンジン排気量(cc)	2000cc	2000cc
燃費(km/l)	12.0km/l	14.0km/l
出力	103kw/6,000r.p.m.	112kw/6,000r.p.m.

計算手法

LCI の計算は、次の手順で行った。

- ）素材別の重量を求める。
- ）その重量に、素材別の製造原単位を乗じる。
- ）それらの結果を足し合わせる。
- ）走行段階については、燃費から燃料消費量を逆算し、燃料の製造原単位を乗じた。

なお、ここで取り上げた車両重量、燃費等の諸元はカタログ値を使用した。素材別の重量比は「日本の自動車工業 2002」((社)日本自動車工業会)から入手、素材別製造原単位は JEMAI-LCA 等から作成した。

結果

1997 年車、2001 年車のそれぞれの重量、燃料消費率と、製造段階及び走行段階の CO₂

排出量を表 3.2.2.1.4 に示す。

表 3.2.2.1.4 推計結果

	推計値	
	1997年	2001年
重量(kg)	1,270	1,290
燃料消費率(l/km)	0.083	0.071
製造段階 CO ₂ (t)	2.17	2.24
走行段階 CO ₂ (t)	24.44	20.95

重量は 20kg (1%程度) 重くなっている。それぞれの重量に素材別重量比を乗じ、素材別の重量を比較した(図 3.2.2.1.3 参照)。その結果、熱延薄板、亜鉛メッキ鋼板の伸びが大きいことが判明した。

それぞれの重量に原単位を乗じた結果が図 3.2.2.1.4 である。素材製造段階の CO₂ 排出量は、重量に比例して増えていることが分かる。一方、使用段階の CO₂ 排出量は燃費向上により減っており、その削減比率は素材製造時の増加比率を上回っていることが分かる(図 3.2.2.1.5)。

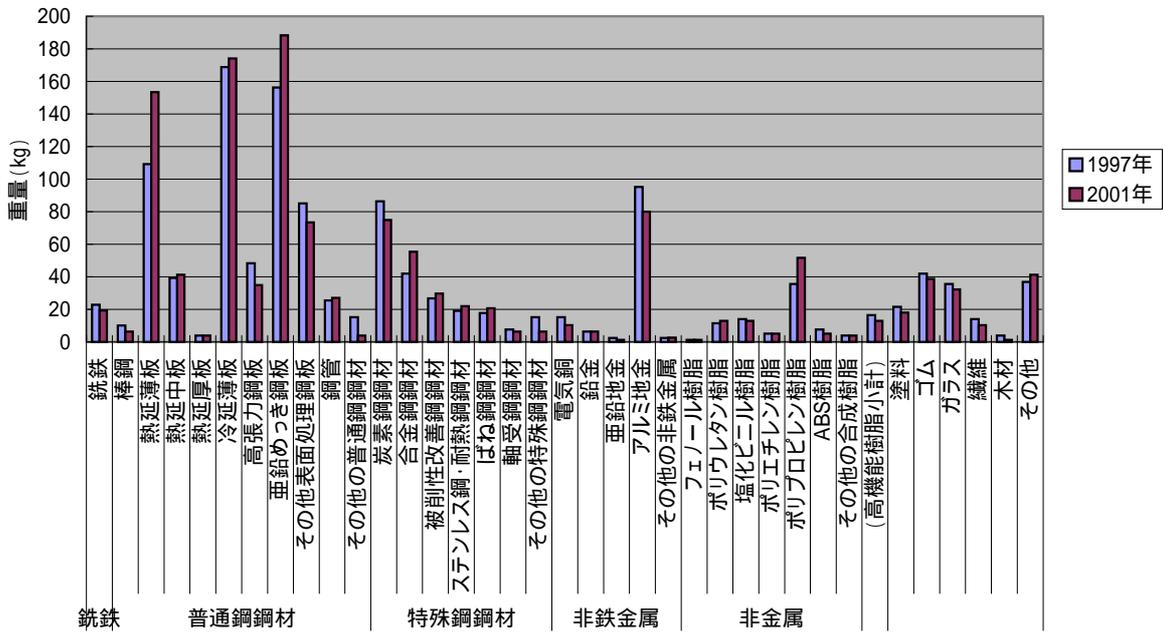


図 3.2.2.1.3 素材重量内訳の経年変化

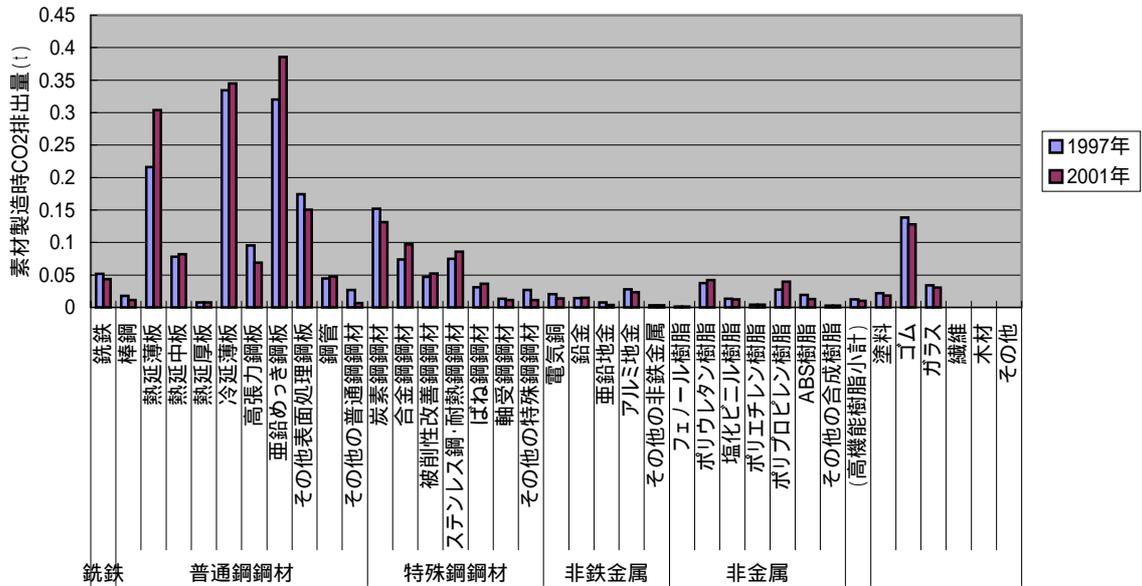


図 3.2.2.1.4 素材製造時の CO₂ 排出量の経年変化

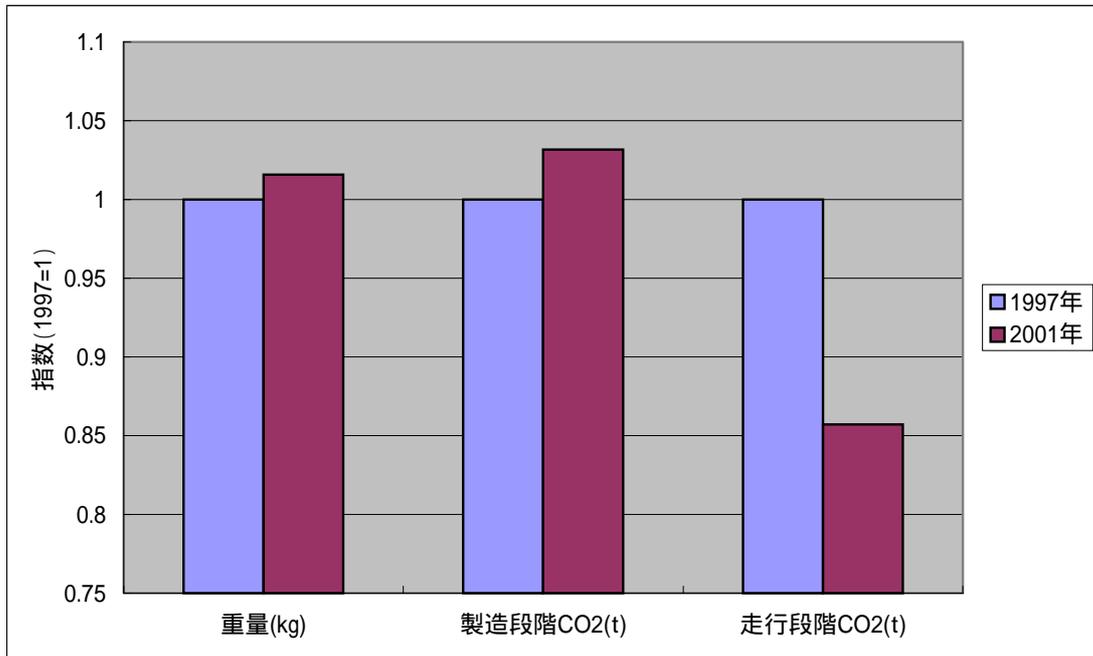


図 3.2.2.1.5 重量及び製造段階 CO₂ と走行段階 CO₂ の経年変化

以上より、重量及び製造段階の CO₂ は増加しているが、使用段階の CO₂ は減少していることが分かる。重量増加は製造段階の CO₂ とは相関しているが、使用段階の CO₂ とは明確な関係は見出せないことが分かる。燃費向上技術の項でも述べたとおり、近年の傾向としてコンピュータ制御等による最適化などが進んでいる。すなわち、単純に重量や製造段階の CO₂ では使用段階の環境負荷削減の説明が難しくなっていることが示唆される。

(2) 環境負荷削減量の定量化の検討

前節で概括した自動車の走行段階の環境負荷を、部品・素材メーカーに各々定量化するための手法の検討を行った。それらの手法の長所・短所を明確にするため、検討はケーススタディによって行った。なお、検討した定量化手法は次の通りである。

- ・ 重量を用いた定量化手法
- ・ 経済的価値を用いた定量化手法
- ・ 性能を用いた定量化手法
- ・ 環境効率を用いた定量化手法

1) 重量を用いた定量化手法

考え方の整理

環境負荷を定量化する手法として、測定可能な物理量、すなわち重量を用いた定量化を検討した。具体的には、使用段階の環境負荷の削減量を、各部品の重量の削減量に応じて配分しようというものである。実際、自動車の使用段階の環境負荷削減は、重量の削減より

性能の向上によるところが大きい、重量削減によるものという前提に基づいて検討する。

自動車の場合、いわゆる完成車メーカーは最終的な組立は行うが、部品は外製であることも多い。そのため単純に重量比で配分すると、環境負荷削減の開発を行った完成車メーカーへの配分が過小評価になる可能性がある。そこで、完成車メーカーと部品メーカーの関係を以下の3パターン想定し、手法の検討を行った。

- ・ 完成車メーカーは部品メーカーの1つと捉える
- ・ 完成車メーカーは研究や他の部品メーカーに設計の指示を行う機能を持つものと捉え、削減努力として設計の研究・指示を考慮する
- ・ 各メーカーはそれぞれ独自に削減努力を行ったと捉える

ケーススタディ

i) 想定シミュレーション

「小型乗用車のシェルボディを鋼板からアルミに改良し、軽量化を図った。また、エアコンを高性能化し、燃料消費量の削減を図った。それぞれの削減量はどのように定量化されるか」

ii) 前提条件

小型乗用車の改良前後の関係諸元を次の表 3.2.2.1.5 の通り設定した。

その他の前提条件は次の通り。

- ボディ、エアコンのみが燃費向上に寄与したものとする。
- ボディ、エアコンは完全外注、組付けは完成車メーカーが実施したものとする。
- 定量化は、「完成車メーカー」「ボディ製造会社」「エアコン製造会社」のみで行う。

表 3.2.2.1.5 小型乗用車の諸元

	改良前	改良後
価格	150 万円 (メーカーより)	159.3 万円
重量	1,000kg (メーカーより)	950kg
シェルボディ	鋼板製 300kg 1.5 万円 (H7 産業連関表より、 普通鋼板板：約 50 円/kg)	アルミ製 250kg 10 万円 (H7 産業連関表より、 アルミ圧延製品：約 400 円/kg)
エアコン	10kg (メーカーより) 4 万円 (H10 機械統計より)	10kg < 不変 > 4.8 万円 < 20% 性能向上分 >
ボディ、エアコン以外の価格・重量	144.5 万円 690kg	
燃費	16.0km/l	16.5km/l < 3% 向上 >
走行段階の CO ₂ 排出量 (10 万 km 走行)	16.57t-CO ₂	16.07t-CO ₂ < 500kg 削減 >

出典) メーカーヒアリングより設定

iii) 検討結果

CO₂削減量を、「減らした重量」で定量化する。完成車メーカーの位置付けに応じ、3つの異なった結果が得られた。

A. 完成車メーカーを1部品メーカーとして捉えた場合

それぞれの重量の削減量は、完成車メーカー、エアコンメーカーはゼロで、ボディメーカーのみが50kgとなる。よって、定量化比率は次の通りとなる。

完成車 : ボディ : エアコン = 0kg : 50kg : 0kg = 0% : 100% : 0%
--

B. 完成車メーカーの研究・設計指示を考慮に入れた場合

完成車メーカーの研究や設計指示によって、ボディ重量が削減されたことを考慮する。すなわち、ボディ削減量の50kgが完成車メーカーにもカウントされることとなる。結果として、削減量はダブルカウントとなる。

完成車 : ボディ : エアコン = 50kg : 50kg : 0kg = 50% : 50% : 0%

例えば第3の部品メーカーがさらに10kgの重量削減を行ったとすると、完成車メーカーの削減量は60kgとカウントされ、定量化は次の通りとなる。

完成車 : ボディ : エアコン : 第3部品 = 60kg : 50kg : 0kg : 10kg = 50% : 42% : 0% : 8%
--

すなわち、常に完成車メーカーは50%の配分率となり、残り50%を部品間の重量削減量で定量化することになる。

C. 各メーカーが独自に重量削減を行ったと捉える場合

各メーカーのアウトプットの重量削減率により、それぞれの削減努力を表現し、それをもとに定量化する。完成車メーカーのアウトプットは完成車であるが、完成車メーカーの努力により、1000kgの完成車の50kgが削減されたと考える。ボディメーカーのアウトプットであるボディは、300kgから50kg削減されたと考える。よって、定量化比率は次の通りとなる。

完成車 : ボディ : エアコン = 50/1000 : 50/300 : 0/10 = 0.05 : 0.17 : 0 = 23% : 77% : 0%

例えば第3の部品メーカーが50kgの部品から10kgの重量削減を行ったとすると、次の通り定量化される。

完成車 : ボディ : エアコン : 第3部品 = 50/1000 : 50/300 : 0/10 : 10/50 = 0.05 : 0.17 : 0 : 0.2 = 12% : 40% : 0% : 48%

すなわち、常に完成車メーカーは50%を自らの削減努力として受けとり、残り50%を部品間の重量削減量で分配することになる。

長所及び短所

重量を用いた環境負荷削減量の定量化の長所、短所は次の通りである。

長所

- ・ データの入手が比較的容易である
- ・ 重量の変化量がわかれば定量化できる。
- ・ 重量削減をダブルカウントすることで、研究や設計の効果を加味することができる。

短所

- ・ 重量の変化が伴わない改良（製品の性能向上、コンピュータ制御の高度化等）については、定量化できない（本ケーススタディのエアコンメーカーへの配分は常にゼロ）。
- ・ 安全性等の性能を向上させるために重量が増えてしまう場合、定量化はできない。
- ・ 完成車メーカーの削減努力が過小評価される。
- ・ 各メーカーの削減率を用いた手法の場合（3つめ）寄与度を加味していないため、軽量部品のメーカーが過大評価される恐れがある。

2) 経済的価値での配分定量化

考え方の整理

環境負荷を定量化する手法として、経済的価値、金額を用いた定量化を検討した。具体的には、使用段階の環境負荷の削減量を、各部品の改良にかけたコストに応じて定量化しようというものである。実際には各メーカーの研究開発、工程の改良等にかかったコストのデータを得ることは困難であることが予想されるため、アウトプットの価格上昇分によって定量化する。価格上昇分の中に、研究開発費等が含まれているという前提が必要となる。

ケーススタディ

想定シミュレーションと前提条件は、重量による定量化と同じものを用いた。

i) 検討結果

CO₂削減量を、「上昇した価格」で定量化する。完成車メーカーの位置づけに応じ、3つの異なった結果が得られた。

完成車メーカーを1部品メーカーとして捉えた場合

部品コストの上昇は、完成車メーカーはゼロで、ボディメーカーが 8.5 万円、エアコンメーカーが 0.8 万円となる。よって、定量化比率は次の通りとなる。

完成車：ボディ：エアコン = 0 万円：8.5 万円：0.8 万円 = 0%：91%：9%

完成車メーカーの研究・設計指示を考慮に入れた場合

完成車メーカーの研究や設計指示によって技術開発が行われ、その分が価格上昇に繋がったことを考慮する。重量の場合と同様、コスト上昇分はダブルカウントになり、常に完成車メーカーは定量化分の 50%をとる。

完成車：ボディ：エアコン = 9.3 万円：8.5 万円：0.8 万円 = 50%：46%：4%

各メーカーが独自に技術開発を行ったと捉える場合

各メーカーのアウトプットの価格上昇率により、それぞれの削減努力を表現し、それをもとに定量化する。よって、定量化比率は次の通りとなる。

完成車：ボディ：エアコン = $9.3/150$ ： $8.5/1.5$ ： $0.8/4 = 0.06$ ： 5.67 ： $0.2 = 1\%$ ： 96% ： 3%

長所及び短所

経済的価値を用いた環境負荷削減量の定量化の長所、短所は次の通りである。

長所

- ・ 環境負荷低減に向けた、見えない努力を評価できる（価格上昇に反映されていると仮定）
- ・ 重量やその他の物理量では小さいが、投資が大きい技術について評価できる。

短所

- ・ データを得るのが困難である。
- ・ コスト低下努力、利益圧縮努力がマイナスに働く。
- ・ 素材の単価、加工時のユーティリティ料も価格に反映されるため、価格だけでは削減努力を判別できない。価格の構造分解が必要
- ・ 価格上昇率で定量化した場合、低価格部品が過大評価される。

3) 部品の性能を用いた配分手法

考え方の整理

先に述べた LCI などにより、走行段階の環境負荷削減は部品の性能向上に起因していることが確認できた。逆に、重量や製造段階の環境負荷とは明確な相関関係が見られなかった。このことは、環境負荷の定量化についても性能向上に基づく手法で行うことが望ましいことを示唆している。そこで、部品の性能を用いて環境負荷削減量を定量化する手法を検討した。これは次の考え方に基づいている。

まず、基準年の環境負荷量は「部品の性能」と「ウェイト」を乗じたものの合計という前提をおく(式)。このとき、各部品の性能、寄与率が明らかにできれば、部品を制御するソフトウェアの影響がわかる。

式 を微分することによって、左辺は環境負荷の変化量、すなわち環境負荷削減量となる。右辺は、各部品の性能向上率にウェイトを乗じたものの合計となる(式)。すなわち、各部品のウェイトをあらかじめ求めていれば、性能の向上率によって環境負荷削減量の配分量を求めることができる。また、式 と同様、ソフトウェアの配分量についても求めることが可能となる。

<p>基準年の環境負荷量：C、部品性能：Xi、ウェイト：Wi ソフトウェア性能：Y、ソフトウェアのウェイト：Wy $C = (W_1 \times X_1) + (W_2 \times X_2) + (W_3 \times X_3) \dots$ $+ (W_y \times Y) \dots\dots\dots$ 環境負荷削減量：dC、部品の性能向上率：dXi ソフトウェアの性能向上率：dY $dC = (W_1 \times dX_1) + (W_2 \times dX_2) + (W_3 \times dX_3) \dots$ $+ (W_y \times dY) \dots\dots\dots$ 各項が配分量 ソフトウェアの配分量 (Wy × dY) は、全体から各部品の分を差し引くことで求める</p>

この手法を用いるためには、ウェイトと性能向上率が明らかにされる必要があるが、括弧でくくられた (Wi × dXi) が明らかな場合は、これを配分量として利用する。

事例分析

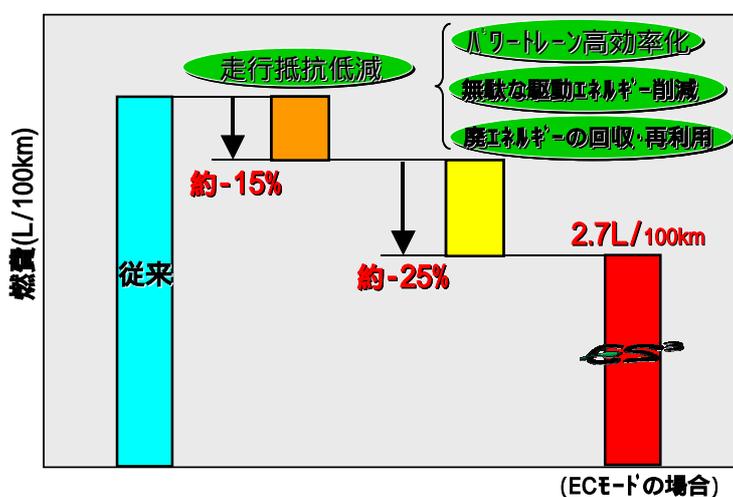
性能向上と削減量の配分について、2001 年の東京モーターショーに出展された新車種 (A 社) の例を用いて検討する。

取り上げた新車種はディーゼルエンジンを用いたコンセプトカーであり、あらゆる最新テクノロジーを駆使して 47km/リットル (10・15 モード) を実現した。具体的には次の 4 つの開発コンセプトによって燃費の向上を図っている。

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ・ 走行抵抗低減 ・ パワートレイン高効率化 ・ 無駄な駆動エネルギー削除 ・ 廃エネルギーの回収・再利用 |
|--|

図 3.2.2.1.6 にはそれぞれのコンセプトの削減配分率が示されている。図 3.2.2.1.6 によると、ベース車からの燃費向上率は 40%であり、その内訳は、走行抵抗低減が 15%、その他全体が 25%ということがわかる。なお、コンセプトカーの燃費は 2.7 リットル/100km であることから、実際の CO₂ 削減量は次の通りとなる。

- コンセプトカーの燃費：2.7 リットル/100km
- 生涯燃料削減量： $(2.7/0.6 - 2.7) * 100,000\text{km} = 1,800$ リットル
- CO₂ 排出削減量：約 4,760kg-CO₂
- ◇ 排出係数（軽油）：2.6444kg-CO₂/リットル



出典) A 社資料

図 3.2.2.1.6 2001 年東京モーターショーコンセプトカーの燃費向上内訳

これらの開発コンセプトによる燃費の向上は、技術の向上の結果現れたものである。それぞれのコンセプトに関連する技術は、表 3.2.2.1.6 のように想定することができる。また、各コンセプト中の技術の削減割合が同じであるとすると、削減量についても表 3.2.1.6 の通り想定することができる。

表 3.2.2.1.6 配分率の詳細化

ES3 開発コンセプト	削減率	関連箇所	削減率	削減量 (kg-CO ₂)
走行抵抗低減	15%	ボディ形状	7.5%	892
		ボディ軽量化	7.5%	892
パワートレーン高効率化	25%	エンジン直噴化	6.3%	744
		ミッション CVT	6.3%	744
		アイドルストップ	6.3%	744
		制動エネルギー回生システム	6.3%	744
無駄な駆動エネルギー削除				
廃エネルギーの回収・再利用				
合計			40.0%	4,760

以上の結果を式 に当てはめると、下記の通りとなる。(単位 : kg)

$$\text{環境負荷削減量(4760)} = \text{ボディ形状(892)} + \text{ボディ軽量化(892)} + \text{エンジン直噴化(744)} + \text{ミッション CVT(744)} + \text{アイドルストップ(744)} + \text{制動エネルギー回収システム(744)}$$

なお、右辺の各項は次の通りとなる。

- ・ ボディ形状(892) = ウェイト × 性能向上率
- ・ ボディ軽量化(892) = ウェイト × 性能向上率
- ・ エンジン直噴化(744) = ウェイト × 性能向上率
- ・ ミッション CVT(744) = ウェイト × 性能向上率
- ・ アイドルストップ(744) = ウェイト × 性能向上率
- ・ 制動エネルギー回収システム(744) = ウェイト × 性能向上率

ウェイトと性能向上率は技術によって異なるが、本データでは明らかにされていない。別途、ウェイトを求めれば、性能向上率より配分量を決めることが可能となる。仮に、このコンセプトカーにおける性能向上率が各技術で同等とすると、ウェイトは削減量の比率と同じとなる(表 3.2.2.1.7)。なお、この場合、ソフトウェアや制御の影響は加味できない。

表 3.2.2.1.7 各技術のウェイト

ES3 開発コンセプト	関連箇所	削減量 (kg-CO ₂)	ウェイト
走行抵抗低減	ボディ形状	892	18.8
	ボディ軽量化	892	18.8
パワートレーン高効率化	エンジン直噴化	744	15.6
	ミッション CVT	744	15.6
無駄な駆動エネルギー削除	アイドルストップ	744	15.6
廃エネルギーの回収・再利用	制動エネルギー回生システム	744	15.6
合計		4,760	100.0

コンセプトカーにおける性能向上率が各技術で同等であり、ソフトウェアや制御の影響はないと仮定した場合。

長所および短所

性能を用いた環境負荷削減量の定量化手法について、長所と短所をまとめた。

長所

- ・ 性能の向上に基づいているため、走行段階の環境負荷削減量配分についてイメージしやすい。
- ・ 各機器のウェイトと性能向上率が得られれば、全体の削減量から機器の削減量を差し引くことで、ソフト・制御部分の削減量を得ることができる。

短所

- ・ この手法を汎用化させるためには、各機器のウェイトと各機器単独の性能向上率が必要となる。
- ・ 自動車のように、直接燃料を消費しない部品（ボディ、タイヤ等）の影響が大きい製品については、ウェイトを想定するのは難しい。
- ・ 機器単独の性能向上については、データ自体を得ることが困難である。
- ・ 仮に性能の向上によって走行段階の環境負荷が削減されても、それ以上に製造段階の環境負荷が増加する可能性もある。その矛盾に対応できない。

4) 部品の環境効率を用いた配分手法

考え方の整理

使用時の環境負荷削減は部品の性能向上によるところが多く、前節ではその考え方をを用いた定量化手法を検討した。本節では部品の性能向上の表現方法として、「環境効率」を用いた定量化手法の検討を行う。具体的には、部品の環境効率を用いて、CO₂削減に対する

寄与を表現することにより、外製部品メーカーに使用段階の CO₂ 削減量を定量化する。そのため、主要外製部品の環境効率を計算する必要が生じる。環境効率は、次の式により与えられる。

$$\text{環境効率} = (\text{製品機能}) / (\text{製造時の CO}_2 \text{ 排出量}) \dots\dots\dots$$

環境効率の経年変化を比で表したものを、「ファクター」として定義する。

$$\begin{aligned} \text{環境ファクター} &= \text{環境効率 1} / \text{環境効率 2} \\ &= (\text{製品機能 1} / \text{CO}_2 \text{ 排出量 1}) / (\text{製品機能 2} / \text{CO}_2 \text{ 排出量 2}) \\ &= (\text{製品機能 1} / \text{製品機能 2}) / (\text{CO}_2 \text{ 排出量 1} / \text{CO}_2 \text{ 排出量 2}) \\ &= (\text{機能の変化率}) / (\text{排出量の変化率}) \dots\dots\dots \end{aligned}$$

ファクターを用いることにより、前節の性能改善率の短所である製造段階の責任についても考慮することができる。すなわち、製品機能が上がっても、それ以上に製造時の CO₂ 排出量が増えればファクターは低下し、配分量は少なくなる。

なお、環境効率については、各部品単位で求める無次元の指標のため、コントロールトータルとなるものがない。その点で、前述した 3 つの考え方と異なる。また、ファクターは環境効率の変化量であるため、性能の場合と同様、ウェイト付けをする必要がある。これらの注意点を認識した上で、検討を進める必要がある。

ファクター例

燃費への影響が大きいと考えられ、かつ性能向上がイメージしやすい部品について、ファクターの推定を試みた。具体的には、タイヤ、ガラス、カーエアコンを取り上げた。なお、これらのファクターはあくまでも参考値である。これらは基準年等がまちまちなため、直接環境負荷削減量の定量化には利用できない。

i) タイヤ

燃費向上に寄与する性能向上

転がり抵抗軽減、重量軽減、偏磨耗性向上、耐磨耗性向上

ファクターの算出

対象製品：ゴム製品

性能向上（分子）：転がり抵抗 20%向上（1990 年比）

環境負荷低減（分母）：対象製品の環境負荷計算値は公表されていないため、重量削減比で代替する。 10%削減（1990 年比）

ファクター：式 より、 $1.2/0.9 = 1.33$

ii) ガラス

燃費向上に寄与する性能向上

断熱性、熱線反射性

ファクターの算出

対象製品：熱線反射ガラス

性能向上（分子）：日射熱除去率 15 34%（通常の板ガラスとの比）

環境負荷低減（分母）：対象製品の環境負荷計算値は公表されていない 一定と置く

ファクター：2.27（= 34 / 15）

iii) カーエアコン

燃費向上に寄与する性能向上

コンデンサー性能向上

ファクターの算出

対象製品：カーエアコン

性能向上（分子）：コンデンサー性能向上 1.8 倍（20 年間）

環境負荷低減（分母）：対象製品の環境負荷計算値は公表されていないため、重量削減比で代替する。 1/2 ~ 1/3（20 年間）

ファクター：式 より、1.8/0.5 = 3.6

上記で試算したファクターは、実際の定量化手法には適用不可である。例えば t1 年から t2 年の環境負荷削減量を定量化する際は、ファクターも t1 年と t2 年の環境効率の比から求める必要がある。本試算では基準年やタイムスパンが統一されていないため、利用はできない。

ファクターを用いた CO₂ 削減量配分

ファクターを用いることにより、「機能の向上」および「製造段階の CO₂ 削減（軽量化等）」を同時に考慮することができる。例えば、ファクターを用いてタイヤ業界に CO₂ 削減量を配分する場合は、次の式が適用可能である。（タイヤ、エアコン、ガラス、エンジンのみが燃費向上に関与したものとする）

$$C_t = t \times F_t / (t \times F_t + a \times F_a + g \times F_g + e \times F_e) \times CO_2$$

C_t：タイヤ業界に配分する CO₂ 削減量

F_t：タイヤ業界のファクター

F_a、F_g、F_e：エアコン業界、ガラス業界、エンジン業界（自動車業界）のファクター

t：タイヤ業界のウェイト

a、g、e：エアコン業界、ガラス業界、エンジン業界（自動車業界）のウェイト

CO₂：走行段階の CO₂ 削減量

このとき、タイヤ業界のファクターは式より下記の通りとなる。

$$F_t = (\text{機能の変化率}) / (\text{環境負荷排出量の変化率})$$

よって、 F_t を上げるため、すなわち配分を多くするためには、分子を大きくするか、分母を小さくすれば良い。すなわち、機能を向上させ、環境負荷を減らすという努力が定量化の大きさに繋がることとなる。

長所および短所

環境効率を用いた環境負荷削減量の定量化手法について、長所と短所をまとめた。

長所

- ・ この方法は機能向上努力のみでなく、製造段階の環境負荷低減努力を加味することができる。

短所

- ・ 無次元の指標の変化量で定量化するため、コントロールトータルがなく、客観的公平性に欠く。
- ・ この方法を用いるためには、各 부품のウェイト及び機能の定義が必要である。
- ・ 環境効率、ファクターの作成そのものが難しい。
 - 製造段階の環境負荷に関する情報が必要である。
 - ファクターを用いるため、機能、環境負荷の同一の基準年からの変化率が必要となる。

(3) まとめ

1) 手法の比較

自動車の走行段階からの環境負荷削減量の定量化手法について検討するため、まず自動車の環境負荷削減の動向をまとめ、次いでいくつかの定量化手法について可能性を検討した。

自動車の環境負荷の特徴として、燃費と車両重量の動向があげられた。車両重量が増加しているにもかかわらず、燃費は向上している。さらに LCI の経時変化を見たところ、車両重量の増加に伴い製造段階の環境負荷は増加しているものの、使用段階の環境負荷は低下している。

また、近年の自動車に関する燃費向上対策を見ると、部品の性能の向上やソフトウェアによる制御の高度化に関するものが多く、近年の燃費の向上は部品性能向上に起因していることが判明した。

このような状況を加味し、重量、金額、性能、環境効率という4つの定量化手法について検討を行った。それぞれの概要、長所、短所および適応条件を表3.2.2.1.8に示す。

表 3.2.2.1.8 定量化手法の比較

	特徴	長所	短所	適応条件
重量	部品重量の削減量、削減比率により、部品間で環境負荷削減量を配分。重量削減が環境負荷削減に結びついていると言う前提が必要。	<ul style="list-style-type: none"> データの入手が比較的容易 重量削減をダブルカウントすることで、研究や設計の効果を加味可能 	<ul style="list-style-type: none"> 重量の変化が伴わない改良（製品性能向上、コンピュータ制御高度化等）については、定量化不可 完成車メーカー努力が過小評価 軽量部品メーカーが過大評価 	<ul style="list-style-type: none"> 機能向上を伴わない部品の重量のみが、燃費向上に寄与していると仮定した場合
金額	アウトプット価格の上昇分を性能向上の努力分と捉え、環境負荷削減量を定量化。研究開発費が製品価格に反映されているという前提が必要。	<ul style="list-style-type: none"> 見えない努力を評価可能 高投資技術について評価可能 	<ul style="list-style-type: none"> データを得るのが困難 コスト低下努力、利益圧縮努力がマイナスに働く 価格上昇率で配分した場合、低価格部品が過大評価 	<ul style="list-style-type: none"> 燃費に關与する性能の向上のみがコストの向上に關与していると仮定場合
性能	性能の向上率と全体に対するウェイトを考慮し定量化。	<ul style="list-style-type: none"> 走行段階の環境負荷削減量配分についてイメージしやすい。 データの整備状況により、ソフト・制御部分の削減量を評価可能 	<ul style="list-style-type: none"> 各機器のウェイトと各機器単独の性能向上率が必要 直接燃料を消費しない部品（ボディ、タイヤ等）のウェイトを想定は困難 製造段階 CO₂ 増加等に対応不能 	<ul style="list-style-type: none"> 各機器の燃費に關係する性能向上が明確な場合 各機器の重み付けが可能な場合
環境効率	「製品機能 / 製造時の環境負荷」で得られる環境効率の比（ファクター）を用いて定量化する。物理量ではないので、コントロールトータルがない。	<ul style="list-style-type: none"> 機能向上努力のみでなく、製造段階の環境負荷低減努力を加味 	<ul style="list-style-type: none"> 指標の作成自体が困難 各部品のウェイトと機能が必要 製造段階の環境負荷情報が必要 機能、環境負荷の同一の基準年からの変化率が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 環境ファクター作成のための情報が揃っている場合 各機器の重み付けが可能な場合

上記の通り、それぞれについて長所・短所が存在するが、定量化の妥当性を求めるのか、一般化のしやすさ（データ取得の容易性、客観性等）を求めるのかにより、考慮すべき配分手法も異なる。また、重量や性能が明確に定量化できないソフト部分の重要性や、設計や研究の重要性についても、データの制約上、実際の評価は困難となっている。自動車の場合、外製部品が多く、車種によってはほとんど外製であり、組立のみを行う場合もあるため、この点を評価することは重要である。今後は上記を加味した上、各手法の研究、データの整備を進める必要がある。また、環境負荷削減量定量化の目的は部品メーカーへの

インセンティブの付与が大きい。よって定量化のみならず、異なる観点からのインセンティブ付与のあり方についても、今後の検討が待たれるところである。

2) 共通シミュレーションによる検討

以上の4つの手法の結果を、一つの共通例題を用いて比較する。なお、価格が性能の向上率に応じて増加する場合、その増加率は性能向上率と等しくなるため、価格による配分は割愛した。

想定シミュレーション

- ・ 次の車両1が車両2に改良された場合の各ファクターを求める。なお、これはシミュレーション用に設定した緒元であり、実在の車両とは関係がない。

表 3.2.2.1.9 共通シミュレーション諸元

	車両1 (改良前)	車両2 (改良後)	変化量
重量	1,000kg	960kg	-40kg
部品重量変化 (シート、インパネのみ)	シート：100kg インパネ：50kg	シート：70kg インパネ：40kg	シート：30kg 減 (30%減) インパネ：10kg 減 (20%減)
性能変化 (エンジン、エアコン、 タイヤのみ)	エンジン：出力 100hp エアコン：コンデンサー性能 5%向上 タイヤ：転がり抵抗 20%向上	110hp	エンジン：10%増 エアコン：5%増 タイヤ：20%増
製造段階 CO ₂ 変化 (エンジン、エアコン、 タイヤのみ)	エンジン：500kg エアコン：200kg タイヤ：200kg	エンジン：450kg エアコン：200kg タイヤ：220kg	エンジン：50kg 減 (10%減) エアコン：増減なし タイヤ：20kg 増 (10%増)
ウェイト (寄与度)			エンジン：0.4 エアコン：0.05 タイヤ：0.1
燃費	16.0km/l	16.5km/l	3%向上
走行段階の CO ₂ 排出量 (10万 km 走行)	16.57t-CO ₂	16.07t-CO ₂	500kg 削減

手法1：重量での定量化

完成車メーカーを一部品メーカーとして捉えた場合

- ・ 完成車：シート：インパネ = 0:30:10 = 0%:75%:25% = 0kg:375kg:125kg

完成車メーカーの研究・設計指示を考慮に入れた場合

- ・ 完成車：シート：インパネ = 40:30:10 = 50%:37.5%:12.5% = 250kg:188kg:62kg

各メーカーが独自に独自に重量削減を行なったと捕える場合

- ・ 完成車：シート：インパネ = 40/1000:30/100:10/50 = 0.04:0.3:0.2 = 7% : 56%:37%

$$= 35\text{kg} : 280\text{kg} : 185\text{kg}$$

手法2：性能向上での定量化

- ・ ソフトウェア、制御については考慮しない。
- ・ エンジン：エアコン：タイヤ = $10 \times 0.4 : 5 \times 0.05 : 20 \times 0.1 = 4 : 0.25 : 2$
 $= 64\% : 4\% : 32\% = 320\text{kg} : 20\text{kg} : 160\text{kg}$

手法3：ファクターでの定量化

- ・ ファクターの設定
 - エンジン： $1.1/0.9 = 1.22$
 - エアコン： $1.05/1 = 1.05$
 - タイヤ： $1.2/1.1 = 1.09$
- ・ エンジン：エアコン：タイヤ = $1.22 \times 0.4 : 1.05 \times 0.05 : 1.09 \times 0.1 = 0.49 : 0.05 : 0.11$
 $= 75\% : 8\% : 17\%$

以上の結果をまとめると、次の通りとなる。なお、これらの定量化には「正解」はない。配分の目的、条件、データに合わせた手法の検討が今後必要となる。

表 3.2.2.1.9 配分例のまとめ

単位：kg-CO₂

		完成車	シート	インパネ	エンジン	エアコン	タイヤ
重量		0	375 (75%)	125 (25%)			
		250 (50%)	188 (37.6%)	62			
		35	280	185			
性能					320 (64%)	20 (4%)	160 (32%)
環境ファクター					375 (75%)	40 (8%)	85 (17%)

3.2.2.2 エアコン

(1) エアコンの配分ルール検討の概要

エアコンは家電製品の中でも使用段階の環境負荷が大きい製品であり、エアコン製造メーカーには使用段階の環境負荷低減（省エネ化）につながる技術開発が求められている。エアコンの主要部品は内製している場合が多く、メーカー内部ではいくつかの担当部門に分かれて、各部門で省エネ化のための技術開発を進めている。したがって環境負荷削減量の定量化について、前項の自動車のケースほど他のメーカーと使用段階の定量化が問題になることは少ないと推定される。エアコン全体で評価される。しかし各部門の技術開発に向けてのインセンティブを与えるために、社内の部門間で削減量を定量化することが求められており、自動車と同様に定量化のためのルール作りについての検討を行った。

(2) エアコンの省エネ化の動向

1) エアコン全体の電力消費量の推移

図 3.2.2.2.1 に国内メーカーのエアコン主力機種（壁掛け型の室内機及び室外機から構成されるタイプ家庭用ルームエアコン）における電力消費量の推移を示す。1992 年から 1994 年の時期はエアコン業界におけるコンパクト化の競争が行われた。1992 年から 1993 年にかけて室内機、および室外機のコンパクト化が実現されたが、電力消費量の削減にはつながらず、むしろ増加する方向に進行していった。これは省エネを犠牲にしてもコンパクトなエアコンが欲しいという顧客のニーズに応えるものであった。

1995 年頃にはエアコンの能力制御、例えば温度適正管理などを行うソフトウェアの技術が開発され、本格的な省エネ化競争が始まった。1995 年に 40%近い省エネ化を実現した後も、空気清浄機能、除湿機能等の新機能を導入しつつ省エネ化が続いている。しかし、大幅な省エネを実現するには熱交換器を大型化し、熱交換効率を高めることが必要不可欠であることから、エアコンの省エネ化の進行に反し、結果としてエアコンの重量は増加する傾向にある。熱交換器が大型化しても室内機にコンパクトに収納する構造設計の最適化の努力はなされている。

省エネを促進させる大きな契機となったのが、1999 年にエネルギーの使用の合理化に関する法律（省エネルギー法）の改正であり、トップランナー方式による特定の家電機器の電力消費量削減が義務付けられた。トップランナー方式とは、電気機器の省エネルギー基準を、エネルギー消費効率が現在商品化されている製品のうち最も優れている機器の性能以上にするという考え方である。エアコンもその対象となり、エネルギー消費効率の示す指標として COP（Coefficient of Performance）値が採用された。COP 値とは、消費電力 1kW あたり何 kW の能力を引き出せるかを表す数値であり、環境効率と同義と捉えてよい。図 3.2.2.2.2 に COP 値の推移を示す。COP 値は 2001 年で 5.45 であり、省エネ化以前の 1994 年の 2.60 と比べると、およそ 2 倍近い数値を実現している。

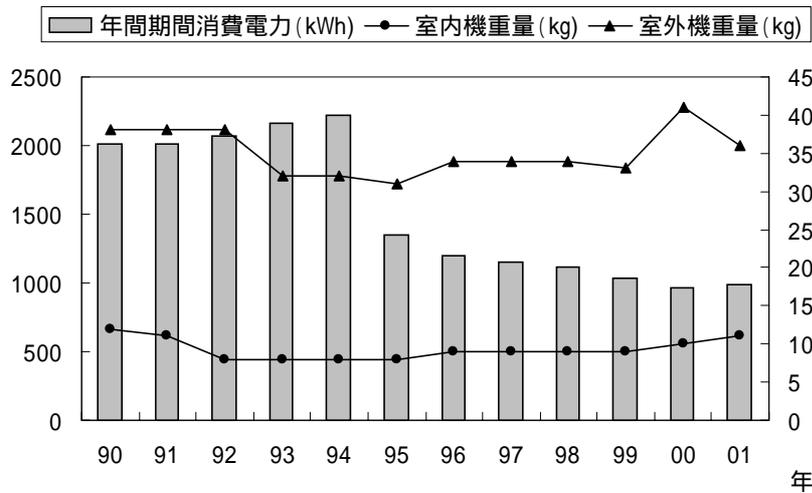


図 3.2.2.2.1 エアコン重量と電力消費量の推移

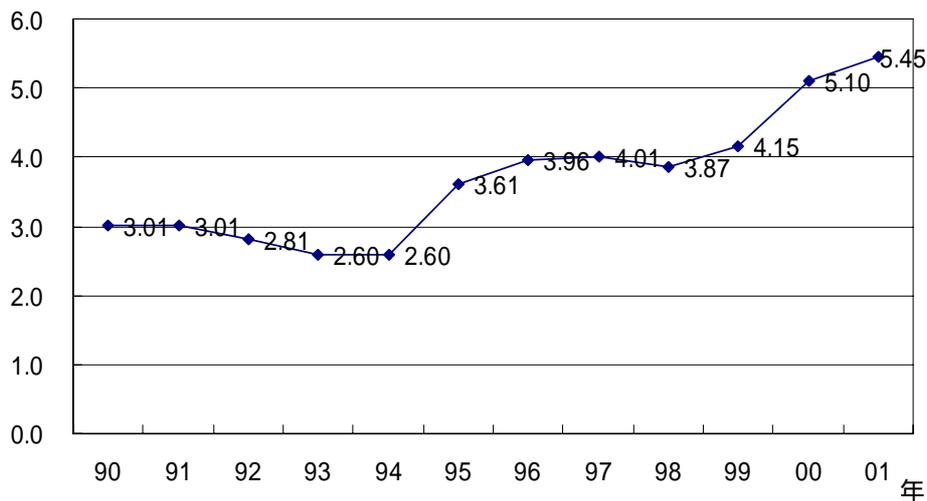


図 3.2.2.2.2 COP 値の推移

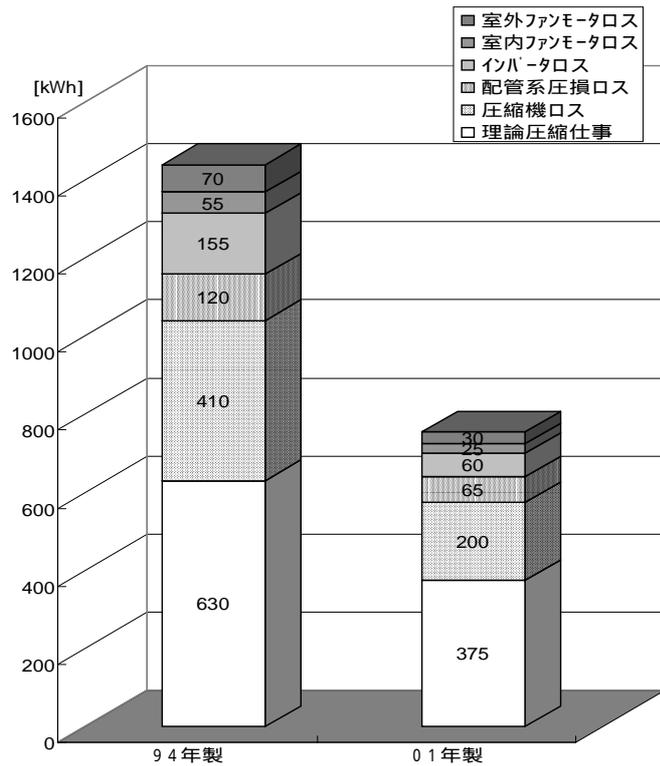
2) 各 부품の電力消費量の推移

省エネ化以前の1994年と省エネ化以後の2001年の電力消費量を部品レベルにブレークダウンしたのが図 3.2.2.2.3 である。図中の理論圧縮仕事とは、エアコンの稼動には圧縮機の動作が必要であり、理論圧縮仕事とは冷凍サイクルで考えた時の必要最小限の仕事量を意味する。

また、図 3.2.2.2.3 ではロスという表現が用いられているが、理論圧縮仕事以外で消費する電力分を示している。部品の性能向上やソフトウェアによる制御により、電力消費量の削減ができる可能性があるという意味でロスという表現を使用している。しかし、ロスの中にはエアコンを稼動する上で必要な部品も含まれており、実質的にロスをゼロにすることは不可能である。なお、理論圧縮仕事と圧縮機ロスはどちらも圧縮機起因の消費電力で

ある。

図 3.2.2.2.3 の電力消費量の内訳は直接電力を消費することに繋がり消費量を定量的に把握することが可能な技術（部品）であり、把握が困難なもの、例えば、熱交換器は図 3 の中には含まれていない。しかし、熱交換器の性能向上は電力消費量削減に大きく貢献する。更に、熱交換器以外にも部品ではないが、電力消費量削減に貢献している技術としてソフトウェア、空力設計が挙げられるが、これらも図 3.2.2.2.3 の内訳には示されていない。



(3) 省エネ化に寄与する技術

図 3.2.2.2.3 電力消費量の内訳(省エネ前と後)

1) 省エネ化技術

図 3.2.2.2.3 電力消費量の内訳（省エネ前と後）に示されるような直接電力を消費することに繋がり、電力消費量を定量的に把握可能である部品の電力消費量削減には、各部品単体の性能向上技術、熱交換器の性能向上技術、ソフトウェアによる各部品の制御やエアコン全体の空力設計などの技術が寄与している。これらの寄与の関係をマトリクスとして表 3.2.2.2.1 に示す。

表 3.2.2.2.1 電力消費量削減に寄与する技術

電力消費量を定量的に把握可能である部品	設計技術			
	単体	熱交換器	ソフトウェア	空力設計
圧縮機				
配管系			-	
インバータ制御系				
室内機ファンモータ				
室外機ファンモータ				

...直接関与、 ...直接的な関与は少ないが、ゼロではない

熱交換器の性能向上は主に圧縮機の電力消費量削減に寄与している。また、熱交換器は圧縮機以外の部品の電力消費量削減にも直接的ではないが寄与している。ソフトウェアに

については、インバータ制御装置によりエアコン内の各要素部品（圧縮機、ファンモータ等）を駆動させ、適切にコントロールさせるものと、エアコンの能力制御（室内ファンや気流制御など）がある。前者のインバータ制御装置は自らが電力を消費しながら、各部品の制御を行っており、特に圧縮機や室内機・室外機内のファンモータの効率向上に寄与する。後者のエアコンの能力制御を行うためのソフトウェアとは、エアコンがつくった冷風や温風を人に伝えるための技術、即ち、フラップ等の気流制御さらに快適な温度に能力を制御するものである。具体的には人が快適になる様に、温風を届ければユーザは低めの設定温度でも快適であり、かつ省エネな暖房運転を行う事が可能になる（冷房も同様）。この場合の省エネ効果は、理論圧縮仕事分の低減に繋がるが、効果はユーザの使い方や人の感覚、建物の構造等によりバラツキが大きく統一した評価基準ができず、その寄与を定量化するのは困難を伴う。

このように圧縮機や室内機ファンモータなどの省エネ化実現のためには、ソフトウェア技術は不可欠であるとともに、ソフトウェア技術の向上（インバータ制御技術の向上）の効果は圧縮機や室内機ファンモータなどの電力消費量削減として実現されることを示している。ソフトウェア以外にも空力設計が各部品の消費電力量削減に寄与している。しかし、ソフトウェアや空力設計が各部品にどの程度寄与しているかを正確に評価するのは困難である。

2) 部品の電力量削減と技術の現状

理論圧縮仕事の削減

理論圧縮仕事の低減のためには、主に空力設計、ユニット内部への熱交換器の高密度実装化構造設計、熱交換器単体の熱伝達率向上が必要である。例えば室内の空力設計の場合、94年製の風量に比べ01年製は約50%の増加を図っている。熱交換器の高密度実装化も約50%大型化した熱交換器を、限られたユニット寸法内で実現している。現在、理論圧縮仕事低減に関する技術はほぼ限界に近い数値を実現している。

圧縮機のロス削減

圧縮機のロスとして、主にメカ部のロス及びモータ部のロスに分けられる。メカ部のロスは圧縮工程中のシール部からの漏れロスをはじめ多岐に分かれるが、効率改善率が大きい部分はモータ部である。省エネ化前の94年製までは、誘導電動機ACモータを使用しており、このときのモータ効率は約85%であった。現在はDCモータを使用しモータ効率を約95%まで改善を図っており、効率改善の限界に近づいている。

配管系のロス削減

配管ロスの主なものは、冷媒が回路内を循環するときには生じる圧力損失による影響である。この圧力損失は主に熱交換器内部で生じる。圧力損失を低減するために、例えば冷

媒配管系を大きくして冷媒流速を低下するなどが可能である。しかし、冷媒流速を低下した場合は、逆に熱交換器の伝熱性能の悪化が生じる。すなわち、配管ロス（圧力損失）には最適な設定値が必要であるため、現実はあまり低減することは出来ない。

室内機及び室外機ファンモータのロス削減

省エネ化前の 94 年製までは、圧縮機モータと同様に誘導電動機 AC モータを使用しており、このときのモータ効率は室内機で約 35%、室外機で約 40%であった。現在は DC モータを使用し、駆動ロスを含めたモータ効率を室内機で約 80%、室外機で約 70%まで改善を図っている。駆動ロスを含めての効率であるため、効率改善の限界に近づいている。

3) 省エネ化の目標値設定

社内におけるエアコンの省エネ化の目標値設定方法は以下の通りである。

<目標値の設定方法>

各設計部門で可能性を検討

対策コスト算出

費用対効果で目標値を設定

各部品を積み上げて、全体目標値を設定

設計部門単位で省エネ化目標値を検討するが、前述したように、圧縮機モータや室内機ファンモータの高効率化を実現するためにはソフトウェア技術が不可欠である。つまり、各部門における個別の努力の単純な足し合わせで全体の目標値が決まるものではない。部門間の複雑な関与が影響しており、全体の目標値に対する各部門の寄与度を正確に評価することができない。仮に全体の目標値を達成した後、省エネ化による環境負荷量削減を各部門に配分することを考えても、客観的な寄与度が分からないために、寄与度による配分は困難である。ただし、エアコンの場合、主要部品は内製している場合が多いことを鑑みれば、客観性を持たない独自の寄与度を設定して配分することは可能である。

4) 部品の省エネ寄与度

部品単体や技術単位で省エネ寄与度を知ることは困難であることは前述した。しかし、直接電力を消費することに繋がり電力消費量を定量的に把握可能である部品のみで考える、つまりソフトウェアや空力設計などを個別には考えないのであれば、省エネ寄与度を知ることは可能である。

省エネ化以前の 94 年製エアコンと 01 年製エアコンの電力消費量内訳から省エネ寄与度を求めると、表 3.2.2.2.2 のようになる。エアコン全体の電力消費量の削減量を 1 としたときの、各部品の電力消費量の削減量を省エネ寄与度とした。

表 3.2.2.2.2 定量的に電力消費量を把握可能な部品の省エネ寄与度

	94年製エアコン 電力消費量(kWh)	01年製エアコン 電力消費量(kWh)	削減量 (kWh)	省エネ寄与度
圧縮機	1040	575	465	0.679
配管系	120	65	55	0.080
インバータ制御系	155	60	95	0.139
室内機ファンモータ	55	25	30	0.044
室外機ファンモータ	70	30	40	0.058
全 体	1440	755	685	1.000

圧縮機の電力消費量削減には、圧縮機単体のほか、熱交換機の性能向上やソフトウェア制御技術の向上などが寄与している。他の部品にもソフトウェア制御技術向上などが寄与しているが、その程度を客観的な数値として把握するのは困難である。しかし、技術開発を行っている現場の感覚では、熱交換器の熱伝導性能を約 10%向上させたらエアコン全体として約 1.5%省エネ改善、空力設計技術による熱伝導性能を約 10%向上させたらエアコン全体として約 1.5%省エネ改善という数値が見込まれている。

(4) 電力消費量削減分の配分方法の検討

使用段階における環境負荷排出量（CO₂排出量）は、エアコンの場合では電力消費量に比例する。したがって、環境負荷削減量の部品や技術への定量化方法の検討は電力消費量の配分をもとに考える。定量化の対象となるのは、ある年の電力消費量を基準としたときの電力消費量の削減量である。

部品や技術の省エネ寄与度を指標とした定量化を行いたい、前述した通り、客観的な数値として示すことができる省エネ寄与度は、94年製および01年製エアコンのソフトウェアなどの寄与を盛り込んだ、電力消費量を定量的に把握可能である部品のレベルでしかわからない。

したがって、ここでは電力消費量を定量的に把握可能である部品より下記の手順で定量化を行う。94年製エアコンを基準とした01年製エアコンの電力消費量削減分の定量化を例にとって考える。

電力消費削減量全体に占める各部品の削減量の割合推計

エアコン全体の削減量は 685[kWh]であり、電力消費量を定量的に把握可能である部品にブレークダウンして、全体に占める各部品の削減量の割合を算出する。この割合は上述の通り、電力消費量を定量的に把握可能である部品のみで考えたときの省エネ寄与度と見ることができる。

表 3.2.2.2.3 電力消費削減量全体に占める各部品の割合

	削減量 (kWh)	割合
圧縮機	465.0	0.679
配管系	55.0	0.080
インバータ制御系	95.0	0.139
室内機ファンモータ	30.0	0.044
室外機ファンモータ	40.0	0.058
全体	685.0	1.000

部品単体・技術のウェイト付け

ソフトウェアや空力設計の性能向上は各部品の電力消費量削減に寄与するが、前述の通り、その程度を客観的な数値として示すことができない。しかし、社内における部品や技術への配分ということを考えた時は、独自にそれらのウェイトを設定することは可能である。電力消費量を定量的に把握可能である部品の電力消費量削減に係る部品単体及び技術のウェイトをおおまかに表 3.2.2.2.4 のように設定する。

表 3.2.2.2.4 部品単体・技術のウェイト

定量的に電力消費量を把握可能な部品	部品単体・技術				計
	単体	熱交換器	ソフトウェア	空力設計	
圧縮機	0.69	0.20	0.08	0.03	1.00
配管系	0.96	0.01	0	0.03	1.00
インバータ制御系	0.88	0.01	0.08	0.03	1.00
室内機ファンモータ	0.88	0.01	0.08	0.03	1.00
室外機ファンモータ	0.88	0.01	0.08	0.03	1.00

表 3.2.2.2.4 は実際のウェイトが把握不可能であるため、仮に設定した数値である。

部品・技術の省エネ寄与度の算出

表 3.2.2.2.3 と表 3.2.2.2.4 の掛け合わせにより、部品単体・技術のエアコン全体への省エネ寄与度は表 3.2.2.2.5 のように推計できる。省エネ寄与度はあくまで仮に設定した数値から求めたものであり、客観性を持つものではない。

表 3.2.2.2.5 部品単体・技術のエアコン全体への省エネ寄与度

部品単体・技術	省エネ寄与度
圧縮機単体	$0.679 \times 0.69 = 0.468$
配管系単体	$0.080 \times 0.96 = 0.077$
インバータ制御系単体	$0.139 \times 0.88 = 0.122$
室内機ファンモータ単体	$0.044 \times 0.88 = 0.039$
室外機ファンモータ単体	$0.058 \times 0.88 = 0.051$
熱交換器単体	$0.679 \times 0.20 + 0.080 \times 0.01 + 0.139 \times 0.01 + 0.044 \times 0.01 + 0.058 \times 0.01 = 0.139$
ソフトウェア	$0.679 \times 0.08 + 0.139 \times 0.08 + 0.044 \times 0.08 + 0.058 \times 0.08 = 0.074$
空力設計	$0.679 \times 0.03 + 0.080 \times 0.03 + 0.139 \times 0.03 + 0.044 \times 0.03 + 0.058 \times 0.03 = 0.030$

表 3.2.2.2.5 は実際の寄与度が把握不可能であるため、仮に設定した数値を使用して求めた省エネ寄与度である。

94 年製エアコンを基準とした 01 年製エアコンの電力消費削減分の定量化は、表 3.2.2.2.5 の仮に設定した省エネ寄与度を利用すれば、表 3.2.2.2.6 のように行われる。

表 3.2.2.2.6 01 年製エアコンにおける配分量

部品単体・技術	配分量 (kWh)	省エネ寄与度
圧縮機単体	320.8	0.468
配管系単体	52.8	0.077
インバータ制御系単体	83.6	0.122
室内機ファンモータ単体	26.4	0.039
室外機ファンモータ単体	35.2	0.051
熱交換器単体	95.2	0.139
ソフトウェア	50.4	0.074
空力設計	20.6	0.030
計	685.0	1.00

(5) まとめ

エアコンにおける環境負荷（電力消費量）の部品単体・技術への定量化ルールの検討を行った。省エネ化には部品単体の性能向上のほか、ソフトウェアによる各製品の制御やエアコン全体の空力設計などの技術が寄与している。しかし、ソフトウェアや空力設計が電力を消費する製品の電力消費量削減にどの程度寄与しているかを客観的かつ正確に評価するのはほぼ不可能である。

今回は定量化ルールを検討することが主眼であり、定量時に示された量そのものの妥当性の検証は目的としていないので、部品単体・技術の省エネ寄与度を仮に設定して、定量化を行うこととした。

エアコンの主要部品は内製している場合が多く、社内の部門間で配分するという条件であれば、社内で独自に寄与度を設定することは可能である。しかし、資本関係のない外部のメーカからエアコンの省エネルギーに大きく寄与するキーデバイスを調達する場合でも、今回、事例として取り上げた定量化ルールに従って上流側の部品メーカへ分配することが可能であると思われる。

3.2.2.3 プリンタ

(1) プリンタの LCA 手法による評価

製品における環境負荷低減の寄与度を素材・組立産業に適正に定量化するルールのトライアルとして、C社のプリンタを例に考えてみた。C社においては、製品の環境負荷を LCA（ライフサイクルアセスメント）の手法を用いて評価を行っている。その結果は、社団法人産業環境管理協会が推進しているエコリーフプログラムにより、タイプ 環境ラベルとして運用されている。よって、C社のプリンタがどのような環境負荷になっているかを考察し、環境負荷低減に寄与したステージについて合理的な定量化方法があるかを検討した。

C社で行っている製品の LCA 評価は、次のプロセスにより成り立っている。

素材製造時の環境負荷

C社のプリンタの材料構成情報及びその成分毎の質量より、素材毎の素材製造原単位（kg 当り）を用いて素材製造時の環境負荷を求める。

製品製造時の環境負荷

製品製造時の加工・組立の環境負荷を含む。部品・素材毎に加工原単位を用い質量を乗じて算出。重要部品（ヘッドやインクなど）は、C社における実際の加工実績を用いている。

物流の環境負荷

製品の総質量データと輸送形態データを基に、輸送原単位（輸送手段別の kg・km 当り）を用いて算出する。

使用時の環境負荷

使用時（本プリンタの場合、3年間・7600枚印字）における電力消費量（印字時、待機時、省エネモード時、電源 OFF 時を加味したトータルな電力消費量）及び消耗品の環境負荷（素材製造・部品製造・加工組立・輸送・廃棄など）をもって使用時の環境負荷とする。

廃棄リサイクル時の環境負荷

製品廃棄時の環境負荷を算出（破碎、焼却など）する。廃棄リサイクル原単位（kg 当り）に乗じて算出する。

いずれの算出も、基礎となる原単位を確定し、製品の材料、加工プロセスなどの各要素毎に、原単位に乗じて算出をしている。

(2) プリンタの LCA 評価結果から見た環境負荷の配分

プリンタにおける環境負荷低減を比較するために、C社のプリンタにおける最量販機種（もっとも市場で売れている機種で、価格帯が同等の製品）にて、2002年秋モデル（Pタイプ）と2000年モデル（Fタイプ）との比較を行った。プリンタの基本性能の比較は下記の通りである。



Fタイプ(従来タイプ)
2000年10月発売
印刷速度 カラー:4ppm



Pタイプ(新タイプ)
2002年10月発売
印刷速度 カラー:11ppm

表 3.2.2.3.1 プリンタ基本性能の比較

製品情報

	発売年月	価格	質量	解像度 (横×縦)	印字速度	
					モノクロ	カラー
新タイプ	2002年10月	29,800円	4.7kg	4800×1200dpi	18ppm	11ppm
従来タイプ	2000年10月	39,800円	3.7kg	1440×720dpi	9ppm	4ppm

使用時電力

	OFF時	待機時	動作時		3年7200枚 消費電力量
			モノクロ	カラー	
新タイプ	0.19W	0.39W	11.17W	9.89W	3.04W
従来タイプ	0.90W	1.84W	9.70W	9.35W	11.37W

消費電力量算出基準

モノクロ 3600 枚・カラー 3600 枚

8 時間 / 日、20 日 / 月、12 ヶ月 / 年、3 年

2002 年モデルである P タイプと従来の F タイプでは、印刷スピードなど基本性能に差があるが、2 年間の技術の進歩により性能が向上しつつも価格は低下している。販売戦略上は、最量販機種として同じに扱われるため、今回この 2 製品の比較を行った。

LCA の手法を用いた比較をまとめた結果を図 3.2.2.3.1 に示した。結果としては、製品のライフサイクルを通じて、最新機種である P タイプが 7kg CO₂ 削減（10%削減）していることになる。また、各ステージにおける環境負荷の増減では、素材ステージにおいては高速化にともなう筐体強度アップに伴う質量増により、環境負荷は若干増加している。一方、使用時の環境負荷は低減されている。使用時の環境負荷の低減の主な対策としては、待機時における大幅な省エネルギーの達成（待機時の電力使用量は、約 75%削減を達成）及び、印刷スピードのアップによる待機時間の拡大（環境負荷の大きい印字時間の短縮）によるものである。また、製品製造、廃棄ステージでは、素材が変更になった影響で環境負荷微増という結果であった。

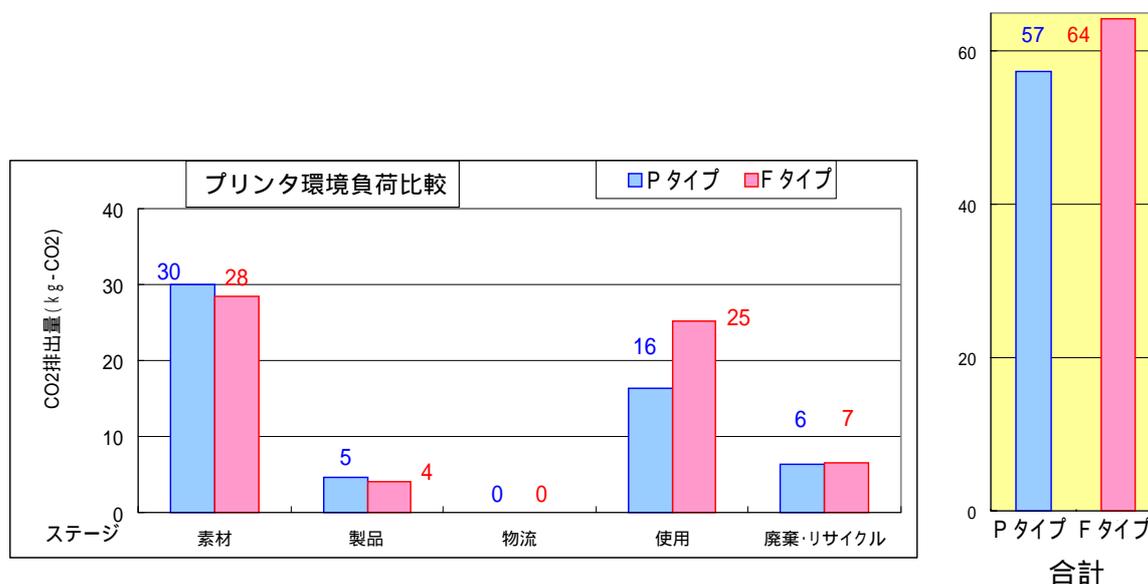


図 3.2.2.3.1 プリンタの CO₂ のライフサイクルインベントリ比較

本機ではこの 2 機種種のプリンタの環境負荷増減を各主体間にどのように定量化してやるかを考察していく。この環境負荷の増減が、誰の意思、努力により増減が生じたかが定量化手法を検討する際のキーポイントとなると考えられる。通常の製品の開発の流れは、次の通りである。

性能（環境性能を含め）のスペックを決定する

（例）印字スピード、エネルギー消費量等

このスペックを基に、設計、技術開発が行われる。合わせて、部品・材料メーカーに対する技術開発への協力働きかけが実施される。

必要なスペックが満たされた製品の市場投入

すなわち、どの素材をどのような質量配分で使用するかは設計者の判断によるところが大きい。また、製品の省エネルギーについては、設計者がどのような省エネルギー技術を採用するかに依存するところが大きい。その努力が回路設計に資するとすれば、それは設計者によるものであり、個々の部品の性能向上に資するとすれば、それは部品メーカーの努力と考えることが妥当である。

よって、この枠組みを用いて環境負荷低減の合理的定量化ルールを考えるとすれば、誰の意思により、設計、技術開発が行われているか、それぞれの決定者がその削減分を自らの貢献分として分配されることが妥当であると考えられる。すなわち、LCA を利用した評価における環境負荷低減において、合理的な定量化を考えるのであれば、

素材ステージ

素材の選定（変更）による削減については、設計者の努力として評価される。

各素材の原単位改善分については材料メーカー。

使用ステージ

設計により改善される分は設計者、ソフトウェア開発者の貢献分として評価。

部品単品におけるエネルギー効率の改善における原単位改善分、部品メーカー。

上記のように、それぞれのステージにおいて、環境負荷低減に実際携わった主体（メーカー）の努力度により定量化することが妥当と考えられる。

(3) 事務機における製品開発目標からブレイクした場合の考え方

もう一つの考え方として、機器の構成をユーザ使用時の観点からブロック化し、電力使用技術ポイントからパーセント分けしたものを開発当初目標とし、製品完成後に改めて貢献度を分け直し、それを更に社外貢献度分と分けてみた。

ユーザの使用条件はJEMAIのLCA計算基準を参考にした。

開発の際、当初想定したブロック別貢献度目標はヘッドとモーターが全体のうち各5%、その他は均一30%程度である(a)。特徴としてはブロックにパワーマネジメントを含むファームウェアを入れたことである（表3.2.2.3.2）。

製品完成後、設計者とレビューの結果は(b)列の通りであった。(c)列はそのうち社外の部品メーカーへ割り当てられる努力相当分である。例えば電源ユニットの部品メーカーの場合、 $40\% \times 50\% = 20\%$ の貢献度(最大)となる。社外メーカーによりウエイトは異なるが、推進する際に設定する目標値は結果と大きな差異を生じておらず妥当と思われる。削減達

成度は開発スタート時に設定した目標に依存することが多い。

このような負荷定量化の方法はプリンタのような製品の構成要素が簡単な製品はブロック化し設計目標を与えることも出来易いが機器の構成要素が複雑になると適用は難しいであろう。

ただしここに取り上げた家庭用プリンタは使用時の省エネについてほぼ技術的限界に近いところまできている。社外メーカーに上述のような定量化によるインセンティブを与えても今以上の開発に対するモチベーションを促すことは難しいと思われる。

表3.2.2.3.2 製品構成ユニット別の環境影響度

	当初開発目標 (a)	実際の貢献度 (b)	左記のうち 社外の貢献度 (c)
ヘッド	5%	4%	(社内)
コントロール基盤	30%	25%	5 - 10%
モーター	5%	6%	5%
電源ユニット	30%	40%	30 - 50%
ファームウェア	30%	25%	(社内)

3.2.3 マクロベース(産業単位)による検討

日本全体の環境負荷量の削減量(総量)配分ルールをサプライチェーン上の総量レベル(産業・民生・運輸部門)もしくは経済システム全体の観点から検討する。

製品単体における環境負荷の削減努力は、普及率増加、使用者の非効率な使用方法等で、使用段階(消費ステージ)の総量に直接的に反映されにくい。企業が努力しても国全体の環境負荷排出量は増加の一途を辿るばかりである。

本アプローチでは各部門が均衡して削減に取り組み、総量ベースを目安とした削減効果を評価・創出できるようその定量化手法を検討する。

3.2.3.1 マクロベース検討事例(1)～産業連関表による考察

(1) はじめに - 何を問題とするのか -

ある最終需要(例えば、自動車による陸上輸送)に伴い発生する、ライフサイクルにわたる環境負荷(例えば CO₂ 排出量)が、なにかしらの改善により削減される場合を考える。一般的に言えば、経済システムを構成している全ての経済主体が、この削減に、直接的ではないにしろ間接的には、ある程度の貢献をしている可能性を持つ。言い換えるならば、各経済主体が所有する技術や知識、もしくは、各経済主体の具体的な行動が、この削減に貢献している可能性がある。ここで、経済主体とは、具体的には、企業であり、政府であり、最終消費者(市民)である。仮に、この削減量を、削減に貢献している各主体ごとに定量化するならば、どのような方法が考えられるであろうか。本検討において設定される問題は、「ある製品のライフサイクル全体にわたる環境負荷が削減される場合、経済システムを構成している各経済主体に、その削減量をどのように配分するか」ということである。以下では、削減量の定量化方法について検討を試みている。

(2) 基本的な考え方と原則

なぜ、定量化するのか

ライフサイクル環境負荷の削減量の各主体への配分は、悪く言えば、関連主体の削減量の取り分と言い換えることも出来る。しかし、各主体の削減量の取り分を決めるために検討することは生産的であるとは言えない。ライフサイクルアセスメント(LCA)の重要な本質は、「ライフサイクルというシステムを考え、そのシステム内の様々な関連主体を対立的にではなく協調的に取り込む」ことにある[1]。つまり、今後の環境対策にとって重要な「主体間の協調」が、LCAの本質にある。その意味からすると、ライフサイクルにわたる環境負荷の削減分を各主体が争って取り合うというのは、本末転倒である。

では、なぜ、主体間の削減量の取り分を決定するのか? なぜ、各主体の削減量を定量化する必要があるのか。この問いに答えることなくして、適切に各主体の貢献度を計ることは出来ない。その答えによって、基本となる考え方が異なるからである。

その答えの1つとして、経済主体に自主的な削減のインセンティブを与えるために定量

化する、ということが挙げられる。つまり、環境負荷削減に伴う自らの努力分が適切に評価されなければ、各主体が削減を自主的に進めていかない、という仮説を設ける。この目的のために定量化が必要であるとした場合、以下のような基本的な定量化原則が考えられる。

- 1) かく汗に応じた配分： 広い意味での技術改善によって、ある製品・サービスのライフサイクル環境負荷が低減される場合、技術開発など各主体の努力分（インプット）を検討し、その努力分に基づき定量化する。（努力主義の原則：インプットベースの評価）

他方、ライフサイクルシステム全体の環境負荷を「効率的」¹に低減できるように、各主体へインセンティブを与えることが、定量化基準を決定するための理由として考えることが出来る。システム全体の環境負荷を効率的に削減出来る可能性がある主体に、大きなインセンティブを与えて、システム全体の削減が進むようにする。つまり、極端に言えば、どんなに汗をかいても、システム全体に大きな影響を与えることが出来なければ、その努力は評価されないということである。システム全体に大きな影響を与えるという結果（アウトプット）のみで評価する。この場合の定量化原則は、以下のように考えられる。

- 2) 全体の環境負荷の削減に与える影響に応じた定量化： ある製品・サービスのライフサイクル環境負荷の削減における各主体の影響度を明らかにし、その影響度の大小に基づき定量化する。（結果主義の原則：アウトプットベースの評価）

努力主義の原則と結果主義の原則

努力主義の原則では、環境負荷の低減における貢献度を評価する際に、知識や行動を通して、削減のためにかく汗の量を評価基準とすることを考える。払える可能性のある努力を数え上げ、その努力と、努力に伴う事象と、事象による削減量との関連を分析することで、各努力に見合う削減量が割り付けられることになる。例えば、自動車の軽量化による使用時のCO₂排出量削減は、鉄鋼会社による優れた高張力化鋼板の技術開発とより高張力化された鉄鋼の加工技術の自動車会社による開発という2つの事象によると仮定する。その場合、2つの技術開発に必要とされた広い意味での努力（時間、費用など）を見積もり、それに応じて、削減されたCO₂排出量を2つの主体間で定量化することになる。これは、極めて単純な例であり、実際にはより複雑な関係をもっていると考えられる。定量化原則1)では、削減に関連するすべての事象、そして、各事象に必要な努力を明らかにした上で、それらの関連を分析することが求められる。

他方、結果主義の原則では、ライフサイクルシステム全体の環境負荷を効率的に削減出

¹ 「効率的」の定義：本論では、各主体の行動に伴い生じる変化(例：材料使用量の減少)が、全体の削減に効率的に伝わるという意味で利用されている。費用（努力）効率的という意味ではない。ただし、仮に、すべての主体における変化(例：材料使用量の1%の削減)が同じ「頑張り度（努力、費用）」で達成できるという仮定が置かれるならば、費用効率的にもなる（ここでの費用は努力に等しい）

来る可能性のある主体に配分を厚くすることで、その主体に大きなインセンティブを与えて、システム全体の削減が進むようにする。この場合の削減可能性とは、結果的に環境負荷が減少する可能性を意味している。自動車のCO₂排出量を例にすると、自動車の現状におけるライフサイクルCO₂排出構造、すなわち、各主体に投入される物質・エネルギー量、そして、各主体から排出されるCO₂量を明らかにする。そして、それらの投入/排出量の変化がライフサイクルCO₂排出量に与える影響度の大きさでもって、削減されたCO₂排出量を定量化することになる。したがって、全く努力もしないのに削減量が定量化されることもあり得る。定量化原則 2)は、現状の物質投入・排出構造を基準として、各主体の行動のライフサイクル環境負荷への「影響度」の程度による定量化としても理解することが出来る。逆に言えば、現状の環境負荷排出構造（基本的には物質・エネルギー投入および環境負荷物質の排出の構造）以外の要素については考慮されない。

以下では、2つの原則に基づく定量化方法がどのような特徴を持つかをみしてみる。

[説得力]

努力主義の原則は、環境負荷の低減につながる実際の要因を考慮するので、説得力の高い定量化方法となる可能性をもつ。他方、結果主義の原則は、削減に関連する様々な行動が、結果的に環境負荷を減少させる可能性が大きいか否かだけで判断するので、かつ、削減に伴う実際の（広い意味での）技術要素の影響を十分には考慮していないので、十分な説得力を持つことは困難かもしれない。

[客観性]

しかし、努力主義では、説得力を高めるために細かく分析すればするほど、異論が出てきて、定量化方法に合意が得られなくなることも考えられる。すべての主体が納得できる結果になるとは限らず、主体間の対立が生じる可能性もある。その結果、主体間の交渉によって定量化方法が決められることになるかもしれない。他方、結果主義は、現状の排出構造を基礎に定量化を決定するので、比較的、客観性をもつ定量化が可能となる。

[一般性]

また、努力主義による定量化方法は製品依存性が大きく、特定のいくつかの製品を検討するには有効であるが、定量化方法を一般化することが困難である。一方、結果主義では、詳細な（広い意味での）技術要素を直接解析する必要性が少ないので、製品の種類に依存しない普遍的なルールとなる可能性がある。

[指標の選択]

努力主義では、素材開発などのハードな技術だけでなく、コンピューター制御のようなソフトな部分も含めた技術の役割を考える必要がある。さらには、金融的な側面や横断的な技術移転などの効果も考慮することが求められる。つまり、広い意味での様々な技術要素を考える必要がある。様々な形の努力が存在するだけに、異なる種類の努力を測定する指標の選択が困難である。他方、結果主義では、指標の選択に迷うことはない。

[定量化方法の検討にかかる費用]

努力主義では、上述したように、排出削減に関わる複雑な連関を分析することが求められる。事例ごとに異なるために一般化できず、非常に多大な費用や時間がかかる可能性が高い。結果主義では、ライフサイクル環境負荷を求めることで明らかになっている、物質連関構造に関する情報しか必要としないので、定量化方法の検討に要する時間は非常に少なくて済む。

[技術改善と技術革新]

結果主義の原則は、「現状」の排出構造を基に削減量を定量化するので、漸進的な技術改善を取り扱うことは出来るが、劇的な変化を伴う技術革新への適用は不適切であろう。それに対して、努力主義の原則では劇的な技術革新についても、現実的にはその分析は極めて難しいと思われるが、原理的には可能である。

結果主義の原則を反映した定量化基準 - 感度の利用 -

a. 変動率感度

本節では、結果主義の原則に基づいた定量化指標の可能性について検討している。ここから先では、CO₂ 排出量によって環境負荷を代表させて説明する。ライフサイクルシステム全体の CO₂ 排出量を効率的に減少させるためには、どの主体の管理プロセスにおける変化(具体的には、投入物質量の減少など)がライフサイクル CO₂ 排出量に、どの程度、影響するかを知ることが求められる。そのためには、以下に示すような変動率感度(s)が有効な指標として利用可能である。

$$s_{ij} = \frac{\Delta b / b}{\Delta \alpha_{ij} / \alpha_{ij}} \quad \text{式(1)}$$

a : 材料消費量、CO₂ 排出量など

b : ライフサイクル CO₂ 排出量

：各量の微小変動量

i : 主体の管理するプロセス

j : 物質・エネルギーフローおよび環境負荷フローの種類

ここで、入力量 a_{ij} は、主体 i の管理するプロセスにおける物質・エネルギー (j) の直接投入量などを示す。出力量 b はライフサイクル CO_2 排出量に相当する。変動率感度 (s_i) が大きい要素 i は、ライフサイクル CO_2 排出量への影響度が高く、その値を大きく変動させ得るといえる。したがって、現状の CO_2 排出構造が既知であれば、変動率感度を利用することで、各主体のライフサイクル CO_2 排出量の削減に与える影響度を知ることが可能となる。

上述した感度値を求めるために、対象とするライフサイクルシステムの CO_2 排出構造が既知であることが前提になる。ここでは、経済全体を見渡せるという特徴をもつ産業連関表を利用して得られた CO_2 排出構造を念頭におく。(産業連関表は、経済全体における財とサービスの流れを金額単位で示した表である。)もちろん、プロセスを一つずつ検討することによって得られた結果、すなわち、プロセス分析による CO_2 排出構造を利用することも可能である。

b. 潜在的貢献度と配分係数

変動率感度値を利用して、以下のように、潜在的貢献度 (c) と配分係数 (r) を定義する。

$$c_i = \sum_j s_{ij} \quad \text{式(2)}$$

$$r_i = \frac{c_i}{\sum_i c_i} \quad \text{式(3)}$$

ここで、 c_i は、主体 i のライフサイクル CO_2 排出量を削減することを目指す場合の潜在的貢献度を示す指標である。ライフサイクル全体に関わる主体の潜在的貢献の合計値に対する主体 i の潜在的貢献度の比でもって、主体 i の定量化係数とする。この定量化係数を利用することで、現状の CO_2 排出構造を基に、ライフサイクル CO_2 排出量が削減された場合の、各主体定量化量を決定することになる。

(3) 自動車为例とした事例分析

前提条件

- ・ 1995年産業連関表(397部門)を利用。上で述べている「主体」を「産業部門」と置き換えて読むことが出来る。
- ・ 環境負荷を CO_2 排出量により代表。
- ・ 各部門の CO_2 排出量は文献[2]の結果を利用。
- ・ 製品として乗用車を選択(産業連関コード:351101)。
- ・ 乗用車自動車の生産に伴う CO_2 排出量だけを対象としており、消費や廃棄に伴う

CO₂ 排出量は考慮していないので、ライフサイクル CO₂ 排出量の定量化とは言えない。ただし、ライフサイクル CO₂ 排出量の配分も同様の枠組みで実施することも可能である(文献[3]参照)。

- ・ 変動率感度の具体的な定式化については文献[4]を参照。

感度分析結果

表 3.2.3.1.1 に、我が国の経済全体において、どのフローが、乗用車の生産に伴う CO₂ 排出削減に大きな影響を及ぼすかを示している。乗用車部門への部品投入が最も影響することがわかる。端的に言えば、自動車部門での部品投入を 1%削減することができれば、乗用車の生産に伴う CO₂ 排出量を 0.395%減少させることが可能であると言える。2 番目に効果的なのは、発電に伴う CO₂ 排出量を減少させることである。たとえば、電源構成の変化に伴い発電による CO₂ 排出量が 1%減少すれば、乗用車の生産時の CO₂ 排出量は 0.269%減少することになる。表 3.2.3.1.1 の左欄はフローの種類を示しており、I は Input (財・サービスの投入) を、O は Output(CO₂ 排出量)を表現している。

定量化係数の推定結果

表 3.2.3.1.1 の結果をもとに、乗用車製造に伴う CO₂ 排出が削減される場合の各部門への定量化係数を求める。各部門の 397 種の財・サービス投入フローの感度値と、CO₂ 排出フローの感度値、計 398 の感度値の合計をもって、各部門の潜在的貢献度とする。表 3.2.3.1.2 に、潜在的貢献度の高い上位 30 部門を示す。全部門の潜在的貢献度の合計に対する、各部門の貢献度の比を定量化係数として定義している。各部門の定量化係数も表 3.2.3.1.2 にあわせて示している。

本論で示した方法に従って、定量化係数を決定すると、乗用車部門の定量化係数が 21.8%と最も大きくなった。次いで、自動車部品、発電、鉄鋼部門などが上位に位置付けられた。表 3.2.3.1.1 の結果を合わせて見ると、乗用車部門への部品やエンジンやガラスなど生産に必要な材料の投入の感度が大きいために、定量化比率が大きくなっていることがわかる。端的に言えば、生産単位あたりの投入量を削減することが、乗用車の生産に伴う CO₂ 排出量を減少させる効果が大いということである。もちろん、それらの投入量を削減することの実現可能性つまりは難易度については、表 3.2.3.1.1, 2 で示した情報からは得られない。ここで示されている定量化係数は、努力の大小や実現可能性については考慮せずに、結果的に、どこが一番効く可能性があるかを基に決定しているのである。本論では、「責任付与」ではなく、「インセティブ付与」を目的として定量化方法を検討していることを再度述べておく。また、本論の主たる目的は、数値自体を計算することではなく、考え方を提示することである。ここで示された数値は、考え方を具体的に見せるためのものであり、数値自体に強い意味はないことに留意されたい。

表 3.2.3.1.1 自動車製造における CO₂ 排出量に強く影響を与える要因

I/O	sector	sector	sensitivity
|	自動車部品	乗用車	0.395
○	事業用電力		0.269
|	自動車部品	自動車部品	0.256
|	自動車用内燃機関・同	乗用車	0.169
○	自家発電		0.147
|	銑鉄	粗鋼(転炉)	0.137
|	粗鋼(転炉)	熱間圧延鋼材	0.132
○	銑鉄		0.123
|	自動車車体	乗用車	0.097
|	熱間圧延鋼材	冷間仕上鋼材	0.076
|	自動車用内燃機関・同	自動車用内燃機関・同	0.072
|	鋳鉄品及び鍛工品(鉄)	自動車部品	0.068
|	板ガラス・安全ガラス	乗用車	0.059
○	鋳鉄品及び鍛工品(鉄)		0.046
|	事業用電力	自動車部品	0.046
○	板ガラス・安全ガラス		0.046
○	石炭製品		0.037
|	プラスチック製品	自動車部品	0.036
|	事業用電力	乗用車	0.035
|	事業用電力	自動車用内燃機関・同	0.033
|	自動車部品	自動車車体	0.033
○	道路貨物輸送		0.032
|	事業用電力*	事業用電力*	0.031
|	熱可塑性樹脂	プラスチック製品	0.030
|	プラスチック製品	乗用車	0.030
|	鋳鉄品及び鍛工品(鉄)	自動車用内燃機関・同	0.029
|	冷間仕上鋼材	自動車車体	0.029
|	石炭製品	銑鉄	0.027
|	粗鋼(電気炉)	熱間圧延鋼材	0.027
|	内燃機関電装品	乗用車	0.026
○	自動車部品		0.024
|	内燃機関電装品	内燃機関電装品	0.023
|	企業内研究開発	乗用車	0.023
|	鉄鋼シャースリット業	自動車部品	0.022
|	タイヤ・チューブ	乗用車	0.021
|	プラスチック製品	プラスチック製品	0.021
|	事業用電力*	企業内研究開発	0.021
|	熱間圧延鋼材	鉄鋼シャースリット業	0.021
|	熱間圧延鋼材	自動車部品	0.020
|	銑鉄	鋳鉄品及び鍛工品(鉄)	0.020
○	自家用旅客自動車輸送		0.019
|	内燃機関電装品	自動車用内燃機関・同	0.017
|	冷間仕上鋼材	めっき鋼材	0.016
|	その他のゴム製品	自動車部品	0.016
|	道路貨物輸送	乗用車	0.016
|	非鉄金属素形材	自動車部品	0.015
○	沿海・内水面輸送		0.015
|	めっき鋼材	自動車部品	0.015

なお、ここでは、乗用車の製造段階における CO₂ 排出量のみを対象としており、ライフサイクル CO₂ 排出量全体を対象としていない。ただし、上に述べた手法は、ライフサイクル全体においても適用可能である。

表 3.2.3.1.2 乗用車製造に伴うCO₂排出削減量における各部門の
潜在的貢献度および定量化係数

部門	潜在的貢献度	定量化計数
乗用車	0.999	21.8%
自動車部品	0.683	14.9%
事業用電力	0.313	6.9%
自動車用内燃機関・同	0.246	5.4%
熱間圧延鋼材	0.183	4.0%
銑鉄	0.162	3.5%
自家発電	0.149	3.3%
粗鋼(転炉)	0.133	2.9%
プラスチック製品	0.104	2.3%
鋳鉄品及び鍛工品(鉄)	0.102	2.2%
自動車車体	0.100	2.2%
冷間仕上鋼材	0.095	2.1%
内燃機関電装品	0.077	1.7%
板ガラス・安全ガラス	0.071	1.5%
企業内研究開発	0.051	1.1%
石炭製品	0.047	1.0%
道路貨物輸送	0.040	0.9%
脂肪族中間物	0.038	0.8%
熱可塑性樹脂	0.038	0.8%
鉄鋼シャースリット業	0.037	0.8%
卸売	0.032	0.7%
その他のゴム製品	0.031	0.7%
石油化学基礎製品	0.030	0.7%
粗鋼(電気炉)	0.029	0.6%
めっき鋼材	0.028	0.6%
非鉄金属素形材	0.027	0.6%
洋紙・和紙	0.025	0.5%
アルミニウム(含再生)	0.024	0.5%
自家用旅客自動車輸送	0.024	0.5%
合成ゴム	0.023	0.5%
上記以外の部門合計	0.634	13.9%

(4) 提案された定量化係数の留意点

現状の排出構造を前提に貢献度を計量

漸進的な改善は過去に積み上げてきた現状の上に成立するものと考えれば、その改善に伴う削減効果の各主体の貢献度を、現状の関係に基づいて計量することは一定の説得力を持つ。しかし、革新的な改善においては、現状の関係を基に貢献度を評価する方法は、マイナス面が色濃くでるであろう。したがって、この考え方は、漸進的な改善に伴う削減に適用されることが適切と考えられる。

具体的な個別技術に基づいていない

経済システム全体とのつながりを分析する以上、個別技術の詳細な関係まで分析することは現実的には困難である。そのためには、ある経済システムに存在する莫大な数の技術を全て記述した投入産出表が必要となる。しかし、ここに示した考え方をを用いて、個別技術の詳細との関係まで分析することは可能である。経済システム全体ではなく、

関連の深い特定の範囲に絞り、その投入産出構造をより詳細に記述することで、同様の分析が可能となる。しかし、その場合であっても、現状の物質の投入産出構造を基に配分しているため、コンピューター制御による改善効果や、横断的な技術移転の貢献や、技術開発における知的財産や金融の役割などは反映されていない。

削減の可能性(難易度)は考慮していない

影響度が大きいところが、必ずしも、大きな削減可能性を持つとは限らない。前節で得られた結果は、影響度が大きい部門を特定しているのであって、現実的に削減効果の大きい部門を特定しているのではない。影響度が大きくても、現実的な削減の可能性が小さい場合も当然あり得る。削減の難易度を考慮しない感度による定量化基準である。なお、最初に記述した通り、ここでは、削減のインセンティブを与えることを目的とした場合の定量化基準について検討している。つまり、各産業や各業界に削減量を割り当てるための定量化基準ではない、ことに留意されたい。

全ての要素は独立であると仮定

改善要素 A、B による環境負荷の削減効果を、それぞれ、 X_A 、 X_B とする。A と B とが同時に実施される場合、その 2 つの間に相関が存在すれば、改善効果は必ずしも $X_A + X_B$ とはならない。2 つの要素の相関が正である場合は、付加的な削減効果が期待できる。要素 A と B のどちらかを改善すると、必然的に(自動的に)お互いの改善を引き起こす場合である。逆に、相関が負である場合は、削減効果が減じられてしまう可能性がある。つまり、要素 A の改善が、要素 B の改悪という犠牲の上に成立する場合である。各要素間の従属関係を考慮して分析することで、より適切な定量化基準となると考えられる。ただし、各要素を独立と仮定して分析した結果が否定される訳でない。この結果は近似的な解として解釈でき、一定の意味を持つものである。

(5) おわりに

先に述べたように、なぜ、環境負荷の削減量を各主体毎に定量化する必要があるのか、を考えた上で、その答えに適した原則について十分な検討をする必要がある。本論では、「ライフサイクルシステム全体の環境負荷を効率的に低減できるよう、各主体にインセンティブを与えるために、定量化を実施する」として、検討を進めている。しかし、その前提自体、検討が不十分であると考えられる。ここでは、仮に、この理由によって定量化が必要であると仮定した場合に、どのような定量化手法があり得るかについて検討を実施した。

だれもが完全に納得する、環境負荷の低減における貢献度の定量的な測定方法、つまりは、削減量の定量化方法を確立することは難しいであろう。これは、よりミクロなレベルにおいても同様である。むしろ、ミクロなレベルにおいての方が、具体的な技術論が強く

関連してくるだけに、より困難かもしれない。現実の社会においては、その貢献度が各経済主体（特に企業）の利害に結びつくために、全てを解決できる指標は存在しえないと言っても過言ではない。実際には、その貢献度は、交渉によって決定される部分も小さくはない。しかしながら、貢献度を示す定量指標が全く意味をなさないかと言えば否である。最終的には交渉で決定するにしろ、その交渉を進める上で一定のルールに基づいて推計された貢献度指標すなわち定量化指標は、大いに参考にされると考えられる。原則がしっかりした共通ルールに基づいた指標は一定の役割を担うことが出来る。その意味では、このような指標は唯一に限る必要はなく複数存在しても良いと考えられる。重要なことは、原則が合理性と汎用性を持ち、その原則に基づく定量化方法のルールが明確にされていることである。この観点からすると、本論で示した方法は、検討が不十分である点是否めないが、ひとつの考え方として一考の余地があると考えられる。

参考文献

- [1] 本藤祐樹、今なぜ LCA なのか - その本質と特徴 - 、電気学会誌、第 123 巻 1 号、2003 年
- [2] 本藤祐樹、森泉由恵、外岡豊「1995 年産業連関表を用いたエネルギーおよび温室効果ガス原単位の推計」電力中央研究所報告 Y01009、2002 年
- [3] Hiroki HONDO, “Is ‘Life Cycle’ Appropriate as a System Studied?: Description of System Boundary Definition in Mathematical Terms”, The 5th International Conference on EcoBalance, Tsukuba, Japan, Nov. 2002
- [4] 本藤祐樹、酒井信介、丹野史朗「産業連関法を用いて推計された CO₂ 排出原単位の感度分析」エネルギー・資源、第 22 巻、第 4 号、2001 年

3.2.3.2 マクロベース検討事例(2)～産業連関表(粗付加価値)による考察

(1) はじめに

企業や産業が製品開発を通して環境効率を向上させたことの評価は、製品の使用段階の負荷削減量を環境効率の算出に導入せずには実施することは困難になってきている。つまり、企業・産業の環境活動は、ライフサイクルアセスメントの普及と密接に関わり合いながら、ライフサイクル全体を見据えたものとなっているため、使用段階をも考慮に入れた評価が必要となってきている。また、企業・産業の環境活動(環境対策努力)による削減量が、その評価手法に公平に導入されなければならない。それに加え、その評価方法は企業・産業の環境対策技術の導入を促すインセンティブになり得るものである必要がある。

企業・産業が環境負荷を削減した効果を、ライフサイクルを考慮した環境効率の算出に取り入れるためには、その効果(削減量)は対象としている企業・産業がどの程度貢献しているのかを知る必要がある。換言すると、効果(削減量)を各企業・産業毎に定量化を実施する必要があることと言え、公平に定量化するルールが出来れば、実施した環境対策が正当に評価されることにつながる。そして、この評価方法が企業・産業の環境対策促進のインセンティブになり得る可能性が高い。

対策効果の定量化には、製品レベルでは、各対策の特徴を考慮しながら行うことが必要であることは言うまでも無いが、対策効果個々に対応していかないとならない欠点がある。一方、マクロ(産業)的にその考え方を取り入れることが可能なら、精度は落ちるものの時間的、費用的には優位性があると考えられる。そこで、環境対策効果の産業間における定量化を、実施するために、産業連関表分析を用いて議論を行う。(環境対策効果をここではCO₂削減量と定義して議論していく)。

(2) 本報告での考え方

考え方 : 個別の削減技術に対し一様に定量化率を求める

マクロレベルで削減効果を定量化する場合、削減効果の貢献度の関係を個々の産業毎に明らかにすることは非常に困難であるため、個別の削減効果に対し定量化するのではない。ある最終消費財(製品)がいずれの対策でも同様に定量化を行えると言う簡易的なメリットがあるが、個々に分析できないデメリットもある。

考え方 : 定量化に粗付加価値利用する

生産額(売上高)と中間投入額(原価)の差である粗付加価値は、企業・産業活動に対しての代価であり、企業努力(汗かき度)が反映している。汗かき度が大きいと言うことは、対象とする削減量に対して寄与できる潜在的可能性(ポテンシャル)が大きいと考えられる。粗付加価値により潜在的可能性を定量化比率に用いる。

(3) 産業連関表とは

我々の日常生活に必要な各種の消費財や企業の設備の拡充に使用される資本財は、農林

水産業、製造業、サービス業など多くの産業によって生産されており、これらの産業はそれぞれ単独に存在するものではなく、原材料、燃料等の取引を通じてお互いに密接な関係を持っている。自動車の製品において生産会社が鋼板を購入しているとする、鋼板の製造にあたっては、原料となる鉄材を製造する必要があり、鉄材の製造を行うに当たっては、鉄鉱石と石炭の購入が必要になる、といった購入が波及していくことになる。また、これらの原材料や出来上がった製品を運ぶ輸送機関も必要である。このように自動車の生産会社は、直接・間接にさまざまな産業と取引関係を持っており、自動車の需要が増加すると、鋼板のみならず他の製品に製品の生産量の増加が波及し、次々と関連する各産業の需要も増加することになり、逆に需要が減ると関連する各産業の需要も減ることになる。つまり、各産業間の密接な取引関係の中で、ある産業の需要の増減は、その産業の需要の増減にとどまらず、各関連産業に直接・間接の影響を与えることになる。また、各産業の生産活動は、私たち消費者の最終的な需要が影響を受けると共に、各産業で働く従業員の賃金にも影響を与える。さらに、消費者でもある従業員の賃金から新たな需要が生み出されるなど、経済活動は、孤立したものではなく、産業相互間、あるいは産業と家計などの間で密接に結びつき、互いに影響を及ぼし合っている。このような経済取引を特定の1年間について一覧表にしたものが「産業連関表」である。これは、5年毎に発行されており、最新版は1995年表であり、本試算もそれを使用している。

表をタテの列方向にみると、表頭の各産業がその製品を生産するのに要した費用の構成（投入：input）つまり、生産のために原材料をどこからどれだけ買ったか（いくら支払ったか）が記述されている。さらに、企業の利潤等、生まれた価値はいくらかが分かるようにもなっている。このうち、生産のために使用した原材料のことを「中間投入」といい、生産活動によって生み出された価値、すなわち、生産活動に伴って支払われた賃金（雇用者所得）や企業の儲け（営業余剰）などのことを「粗付加価値」と言う。図3.2.3.2.1のように表すことが出来る。

表をヨコの行方向にみると、表側の各産業が生産した商品の販路の構成（産出：output）つまり、生産物をどこへどれだけ売ったかが記述されている。このうち、各産業へ原材料として販売される分を「中間需要」といい、家計、政府などで消費されたり、企業などの投資や外国の需要に応じて輸出したりする分を「最終需要」と言う。

産業連関表を全体的にみると、粗付加価値部門と最終需要部門を「外生部門」と言い、中間投入部門及び中間需要部門を「内生部門」と言う。また、タテの列方向からみた投入額の計（国内生産額）とヨコの行方向からみた産出額の計（国内生産額）とは、すべての部門について相互に一致しており、この点が産業連関表の大きな特徴になっている。産業連関表のタテ・ヨコの各部門の関係は、各行、各列の部門ごと、「総需要額＝総供給額」「国内生産額＝中間投入額＋粗付加価値額＝中間需要額＋最終需要額－輸入額」が成立している。また、部門の合計額についてのみ「粗付加価値額合計＝国内生産額合計－中間投入額合計＝最終需要額合計－輸入額合計」、「最終需要額合計＝国内生産額合計＋輸入額合計－

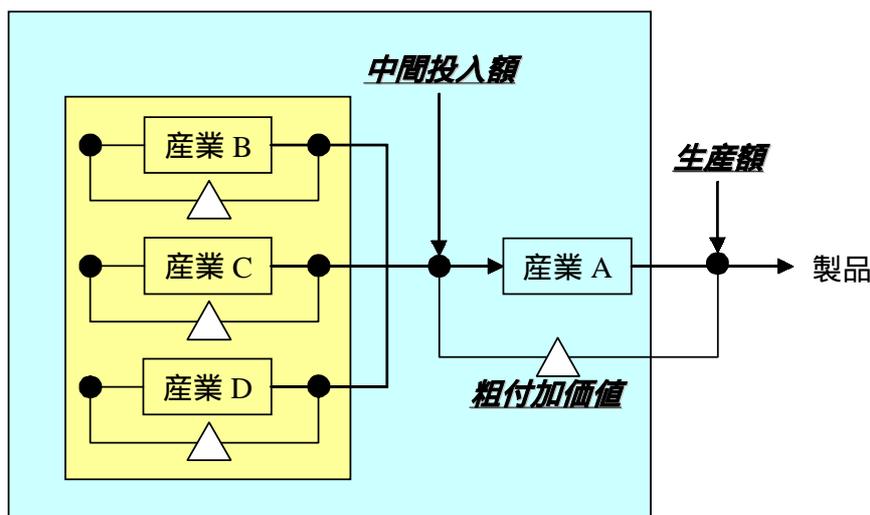


図 3.2.3.2.1 生産額、中間投入額と粗付加価値の関係

中間需要額合計 = 粗付加価値額合計 + 輸入額合計」が成立している。

各列は、該当する産業へ投入された原材料の量が計上されているので、もし生産高に比例して原材料の投入が必要であると仮定すると、各列をその産業の生産額で除すると、単位生産高あたりに必要な原材料の投入額が求まることになる。このようにして求めた値を投入係数と呼び、Mの部分について投入係数を各々求めて行列としたものは、投入係数行列と呼ばれる。以下投入係数行列をAと記し、そのi行j列の要素を A_{ij} と記す。

投入係数行列は、生産活動に伴い各産業が直接購入する必要が生ずる投入財の量を表す行列である。製品を作る場合のエネルギー投入量、環境負荷の推定には、直接的な原材料の投入のみならず、間接的な投入とそこに伴うエネルギー投入及び環境負荷を考察する必要がある。生産の波及量を見積もるために逆行列係数の計算が行われる。産業kの生産高が増加したとき、産業jを通して産業iの産業の生産量の増加は、 $A_{ik} \cdot A_{kj}$ となる。これを経由する全ての産業について計算を行うと、行列の積 A^2 のij要素となる。従って、2段の間接的な生産量の増加の波及量は、 A^2 で表され、同様に3段の波及は A^3 で表される。これを、直接的な投入から全ての段階まで計算を行うと、

$$I + A + A^2 + A^3 + \dots = (I - A)^{-1} \quad (1)$$

という形で波及の合計量を推定することができる。これを、逆行列係数と呼ぶ。逆行列係数は、対応する列の産業の生産量が増加したときに、生産の波及効果により対応する行の産業の生産量が増加する量を示していることになる。実際の経済システムにおいては、輸出入を無視し得ない。生産の増加に伴う波及が、国内産業への需要とはならず、輸入量の増加により補われる場合には上記の議論は修正が必要となる。このために、現状の各製品の輸入比率が変化しないという仮定に基づいて補正を行った後に逆行列係数を計算することが行われる場合もある。この関係を利用して産業連関表を用い、マクロレベルの定量化を検討した。

(4) 定量化方法

本試算の定量化方法は、対象産業の上流産業にあたる各産業の粗付加価値の和と、対象産業の粗付加価値のそれぞれの比率で配分することである。つまり、対象産業が生産した生産額に対して、各産業がどれだけ粗付加価値を得ることが出来たかが定量化のルールになる。本報告では、自動車産業（乗用車）を例にとり、定量化比率の計算を実施した。

対象産業に対する各産業の粗付加価値額を求めるためには、上述した逆行列係数を用いて求めた、対象産業が各産業へ波及した生産額に粗付加価値率（粗付加価値/生産額）を乗ずることで求めた。各産業の付加価値の和の比率により定量化される量が求まることができ。なお、算出された各産業の粗付加価値額の合計は、対象産業の生産額になる。

(5) 配分結果

表 3.2.3.2.1 に上位 30 産業の輸出を考慮していない配分率と、表 3.2.3.2.2 に上位 30 産業の輸入を考慮に入れた定量化比率を示した。

輸入を考慮に入れない場合と、入れる場合どちらでも、乗用車産業が全体の 16%程度の定量化比率を持つことが分かった。また、自動車部品産業も乗用車産業とほぼ同じ配分率を持つことも示された。また、輸入を考慮すると石油産業への定量化比率が著しく減少する。卸売や金融のような技術を技術的に削減に貢献し辛い部門も付加価値で定量化する特徴から定量化される結果となった。削減技術を施した乗用車を販売した努力、開発するための融資にまで削減量を定量化するという考え方をすることにより説明が出来る。以上より乗用車産業削減した削減量を上記の定量化比率で定量化することができた。

(6) 本定量化法の留意点

- ◇ 個別削減技術の対応できない
- ◇ 一様な配分率である
- ◇ 粗付加価値による定量化である
- ◇ 潜在的な削減可能性による定量化である
- ◇ 削減に寄与しなくても定量化される

(7) まとめ

産業連関表を用いて、マクロレベルの削減量の定量化比率を求めることができた。これは、粗付加価値が汗かき度（貢献度）に比例するという仮定に基づく定量化比率であり、すべての産業・企業が納得できるものになっているとは考えていない。粗付加価値という指標を用いて定量化比率を算出すると、上記の結果が得られるというものである。しかし、この様な全ての産業に適用できる定量化ルールが提案されることにより、製品レベルの定量化比率の算出に参考に出来ると考えられる。

表 3.2.3.2.1 輸入を考慮しない乗用車産業部門の生産額に対する粗付加価値率(上位 30)

分類名	配分率
乗用車	0.16262
自動車部品	0.16194
卸売	0.07449
自動車用内燃機関・同部分品	0.07071
企業内研究開発	0.04873
金融	0.03363
内燃機関電装品	0.02617
プラスチック製品	0.02340
自動車車体	0.02223
事業用発電	0.02052
道路貨物輸送	0.01879
物品賃貸業(除貸自動車)	0.01711
その他の対事業所サービス	0.01671
不動産賃貸業	0.01155
その他のゴム製品	0.01057
鋳鉄品及び鍛工品(鉄)	0.01009
板ガラス・安全ガラス	0.00781
機械修理	0.00766
石油製品	0.00746
印刷・製版・製本	0.00744
分類不明	0.00642
非鉄金属素形材	0.00607
その他の金属製品	0.00599
ベアリング	0.00575
国内電気通信(除移動通信)	0.00570
冷間仕上鋼材	0.00548
広告	0.00541
熱間圧延鋼材	0.00538
建設補修	0.00516
原油・天然ガス	0.00492
30位までの合計	0.81589

表 3.2.3.2.2 輸入を考慮した乗用車産業部門の生産額に対する粗付加価値率(上位 30)

分類名	配分率
乗用車	0.16262
自動車部品	0.16079
卸売	0.07108
自動車用内燃機関・同部分品	0.07000
企業内研究開発	0.04746
金融	0.03002
内燃機関電装品	0.02588
プラスチック製品	0.02252
自動車車体	0.02220
事業用発電	0.01888
道路貨物輸送	0.01808
物品賃貸業(除貸自動車)	0.01583
その他の対事業所サービス	0.01515
不動産賃貸業	0.01071
その他のゴム製品	0.01020
鋳鉄品及び鍛工品(鉄)	0.00989
板ガラス・安全ガラス	0.00756
機械修理	0.00707
印刷・製版・製本	0.00694
非鉄金属素形材	0.00600
ベアリング	0.00564
その他の金属製品	0.00554
分類不明	0.00540
石油製品	0.00536
冷間仕上鋼材	0.00531
国内電気通信(除移動通信)	0.00525
熱間圧延鋼材	0.00504
建設補修	0.00477
広告	0.00475
小売	0.00458
30位までの合計	0.79054

3.3 まとめ

WG2 では、環境効率の分母である環境負荷量の定量化手法を調査した。製品の環境負荷削減のためには最終製品の組み立て段階のみならず、サプライチェーン全体での排出量を削減する必要がある。しかし、サプライチェーンの上流にある企業は、最終製品の使用並びに廃棄の段階が見えにくく、最終製品の環境負荷削減に向けて技術開発インセンティブを持つことが困難である場合が多い。本調査では、サプライチェーンの上流にある企業に技術開発インセンティブを付与することを目的に、最終製品の使用段階での環境負荷削減に対する上流企業の寄与を明確にする手法を調査した。環境負荷物質の例として、二酸化炭素を取り上げ、環境負荷削減の寄与度の評価を次の2つのアプローチから試みた。

製品単体の使用段階の環境負荷削減量に対する、素材・部品・組立企業メーカーの寄与をどのように定量化できるか検討を行った。例えば、素材部門の技術開発、部品部門の技術開発、組立部門の製品設計により使用時の環境負荷改善がなされた場合、それぞれの寄与をどのように評価するかを検討した。最終製品の使用段階で負荷の削減がなされても素材・組立段階では環境負荷が大きくなる場合がある。このような場合に自らの領域内だけを評価すれば、素材部門は環境負荷を増やしたことになる。本調査では、使用段階の環境負荷の削減に対するそれぞれの事業主体の寄与を定量化するために使用する指標（例：価格・付加価値・重量・CO₂排出量等）についての原則を検討した。自動車、エアコン、プリンタの3製品を具体例として調査した。

ある産業部門での環境負荷改善が行われた場合、その効果が他の産業にどのくらい影響するのかを検出する方法を検討した。具体的には、産業連関表を用いて自動車を例とし、製造時の環境負荷改善がどこにどのように現れるかを検討し、基本的概念の妥当性、評価限界等について調査した。

では、組立部門の設計者の立場から、上流企業/産業の寄与を定量化することを試みた。その結果、定量化に用いることのできる指標が4つ提案された。いずれも長所と短所があり、組立部門の設計者以外の立場からの評価も含めて、今後検討を続ける必要がある。

定量化の指標として、

- イ) 部品の重量削減量（重量削減が環境負荷削減に結び付いている場合）
 - ロ) 金額（製品開発費が製品価格に反映されている場合）
 - ハ) 性能（性能向上が構成部品の性能アップに比例する場合）
 - ニ) 環境効率（各部品・素材の環境効率の情報がある場合）
- が提案された。

また、製品開発プロセスにおける設計者の意思が大きく反映されることを加味した定量化の事例も示された。

の結果は以下の通りであった。

自動車部門が部品投入で1%CO₂削減すると乗用車生産に伴うCO₂は0.395%減少、発電に伴うCO₂排出量を1%削減すると乗用車生産に伴うCO₂は0.269%減少する。このような結果から乗用車製造に伴うCO₂排出が削減される場合の各部門への定量化係数が求められる。この結果、乗用車部門の定量化係数が21.8%と最も大きく、次いで自動車部品、発電、鉄鋼部門などが上位に位置付けられた。すなわち、乗用車製造部門への部品、エンジン、ガラスなどの生産に必要な材料の投入感度が大きいため、それらのCO₂排出量を減少させることが効果的であることが分かった。

また、粗付加価値を基にした検討では、輸入の考慮如何で定量化比率に影響を受けることが示された。

今年度の調査では、最終製品の使用段階の環境負荷削減に対する上流産業/企業の寄与を定量化する具体的方法を多様な観点から調査した。いずれの方法にも長短があり、合理的な実際的手法を提案することが、現時点では困難であることが分かった。しかし、これらの検討は、環境効率指標の分母である環境負荷量を各産業/企業がライフサイクルで考える時に考慮しなければならない必須要件であり、今後ますます議論を深めていく必要がある。

『環境効率指標構築～貢献度の適切な把握のための仕組み構築に向けて』

環境負荷削減の取組についての「効果」の検証結果を明確に示すことが以前にも増して求められるようになってきている。定量的評価のみならず、定性的な内容についてもその判断材料の提示が求められる。

LCAという製品の環境負荷削減量を評価する便利な共通ルールができた。しかし、LCAを活用することで、サプライチェーン上の各主体がその取組成果を共有する最終製品の使用段階における削減量の算定はできるが、それに対する各主体の寄与を明確にすることは非常に困難である。最終製品の環境負荷削減には様々な要因が絡み合っている。各主体の活動には多くの要素が含まれており、環境負荷改善技術だけに特化しても、各主体の活動の成果を分析し、それぞれの効果を測定することは難しい。

環境対策の投資及び費用を算定する手法はほぼ確立しているが、その環境側面の効果を把握する方法については、まだ確立されたものがない。対策の管理範囲や管理項目を明確にした上で、それが効果を表す対象を整理し（例：現状と開発後想定される新たな状態の比較等）計画段階から技術適用後の継続観測までも含めた適正な効果把握を行うための仕組みを作ることが今後重要となると思われる。現状では、各企業が独自に効果を把握する仕組みを模索している状況にあるが、今後、様々な企業に適用できる統一的な考え方が必要になるとと思われる。

近年では技術開発サイクルの短縮化等で効果を数値化してもすぐに陳腐化してしまう技術も増えている。また、今までの技術のとらえ方ではその効果が把握しにくい新しい技術（ソフトウェア等）も創生されている。複雑化している環境対策の効果について、考え

られる要因・要素を分析・検討を行い、少しずつでも定量的に効果を測定し、指標化する努力を行うこと、またこの作業を継続して積み重ねていく仕組み作りを行うことが重要である。そして、その効果の把握結果を何らかの「評価」に結び付けてこそ、各社の環境経営への取組を促進させるインセンティブになるはずである。以下に、仕組み作りに向けて重要と思われるポイントを示す。

1) 全関連産業の把握

環境負荷削減に対する効果を把握するためには、削減に影響を与える産業もしくは削減に関与した産業がどのような領域に広がっているかを鳥瞰図的に把握しておく必要がある。

2) 既存システムの把握

現状についての寄与度を把握していない、もしくはしようとならない企業が多い。関連産業の効果を各々把握するためには、効果の関連性、効果の算出方法及びその適切さや課題を明確にする必要がある。

3) 新しい導入技術の効果把握

定量的効果が計測可能であれば計測し、定性的効果についてはその項目をさらに咀嚼し、可能な限り計測できる項目に、もし不可能ならより具体的な項目に落とし込む必要がある。

1) の把握について、WG2 におけるマクロベースの考察が、全体を把握する点から意義があると考えられる。全ての利害関係者がその位置づけを共有することを可能にするであろう。2) 及び3) については本調査におけるミクロベースの考察が今後役立つことを期待する。

第4章 海外の実践事例

Eco-efficiency の概念を引き続き調査した。幾つかある事例より、研究レベルのみならず実践レベルとして検討及び活用している海外の事例を以下に掲載する。

4.1 カナダ(環境と経済に関するカナダ円卓会議[NRTEE])

(The National Round Table on the Environment and the Economy)

1996年夏、NRTEEは持続可能な発展のための世界経済人会議(WBCSD)との連携のもとで、環境効率測定のコア指標を作成の実現可能性を調査するためのタスクフォースを結成した。コア指標は、企業が測定可能な環境効率目標を設定し、目標に対する進捗状況や実績の評価や、同業者だけでなく業種や規模の異なる企業との間での環境パフォーマンスの比較を、より簡単に行えるようにすることを目指すものである。

指標作成の意図は、外部への義務的な開示要求事項を新たに設定することではない。全ての企業が使用できるような健全で、幅広く受け入れられ、定量的であり検証可能な環境効率指標を作成し、最初は社内の管理目的に、のちに外部へのパフォーマンス報告用に使用できるようにすることが目的である。

これまで提案された指標は以下の通りである。最終レポートは2003年春刊行される。

【コア指標】

エネルギー集約度指標

(プロジェクト境界内で消費されたエネルギーの総量[MJ])

(製品単位数又はサービス提供単位数[t,\$,製品・部品の数])

廃棄物集約度指標

(プロジェクト境界を出ていく廃棄物の総量[kg])

(製品単位数又はサービス提供単位数[t,\$,製品・部品の数])

水集約度指標

(対象となる水の総量[t])

(製品単位数又はサービス提供単位数[例:t,\$,製品・部品の数])

【関連指標】

補完的エネルギー集約度指標

(ア) ライフサイクルエネルギー集約度指標

各ライフサイクル段階内で消費されるエネルギー総量を算定

(イ) 余剰エネルギー集約度指標

製品又はサービスの範囲内で精製される余剰エネルギーで、その設備ないでは使用されずに別の設備で使用される、又は別の施設に売却されるエネルギー

(ウ) 材料の輸送エネルギー集約度指標

材料を輸送するために必要なエネルギーやサービス単位あたりのライフサイクル段階間のエネルギー

(エ) 人員の輸送エネルギー集約度指標

ライフサイクル段階間（プロジェクト境界間）の人員の移動に関する製品単位又はサービス提供単位あたりの輸送エネルギーに対応（技術者派遣、通常の事業業務、出張等の移動を含む）

廃棄物利用率

(ア) 廃棄物利用指標

(利用廃棄物量[kg])

(廃棄物総排出量[kg])

補完的水集約度指標

(ア) 排水集約度指標

(総排水量[m³])

(製品単位数([t,\$,製品・部品の数]))

【その他】

物質生産性指標

生成された製品の重量と副産物の重量の合計

使用された物質（リサイクルされた物質の重量と原材料）の重量の合計

ライフタイムコスト指標

購買価格 + エネルギー / 物質の有効ライフコスト + 処理コスト

耐用年数

有害物質放出指標

13 化学物質の質量(重み付けが必要か?) + 他の重要化学物質の質量

値(ドル)(或いは、製品又はサービスの1ユニット)

商品およびサービスのサービス集約率

機能の利用

製品又はサービスのユニット

NRTEE 指標プログラム参加者は、上記コア指標を測定するよう奨励することに合意し、企業が指標の算定及び報告に使用できるようユーザフレンドリーなワークブックを作成することが有益であるとの合意に達した。この提言に基き、ワークブックが作成されている。

http://www.nrtee-trnee.ca/eng/programs/Current_Programs/Eco-efficiency/eco-efficiency_e.htm

4.2 フィンランド

ファクターX - プロジェクトは2000年10月に動き出したEUの事業で、これまで2年間継続して行われている。このプロジェクトの一環で、フィンランド初の試みとして企業と環境専門家たちが具体的な手法による環境効率化、特にファクターとMIPSアプローチの応用について研修を受けた。この研修では2001年のあいだ、環境効率の理論をひと通り学び、モニター企業、組織が実際に仕事への応用を始めた。環境コンサルタントと専門家は、企業の新たなプロジェクト推進のためにそのアシスト役にまわった。

ファクターX - プロジェクトはメディアの関心も引いたため、環境効率の考え方はフィンランド全国に広く知られるようになった。プロジェクト開始当初、フィンランドで初めてファクターおよびMIPSアプローチを扱った基本図書「Luonnon uusi laskuoppi (自然の新しい算数) - 環境効率尺度 MIPS」という本が刊行された。

ファクターX - プロジェクトの MIPS 検証対象

企業名	検証対象
フィン・カレリア・ヴィルケ (株)	女性用ポロシャツ
フィントン (株)	システムバルコニー
HUS	股関節手術
イスク (株)	梱包用品を含む事務用品
ケスコ	果汁飲料
ミトロン (株)	伝言板
ノキア	携帯電話
パペリパルベル (株)	ファイル
プリマルコ (株)	ワインのパック詰め
インテリア・ザザ	テーブル、家具
SLU (サッカー)	サッカーの試合、フィンランド対ドイツ
SLU (バスケットボール)	バスケットボールの練習
SLU (アイスホッケー)	ジュニアチームのアイスホッケーの練習
ソネラ Oyj	遠隔ワーク
オリエンテーリング・ワールドカップ	オリエンテーリング・ワールドカップタンペレ大会の開催
VR (株)	鉄道での旅客一人当たりの輸送距離
YIT ラピド	不動産業

以下の2つのアプローチが同時に実行できれば、自然資源の生産性は飛躍的に向上する、とし、研究では、自然資源を節約してエンドユーザーの享受するサービスを向上させるという方法をさらに多く生み出すことができるとみている。

1. MI を小さくする。つまり製品やサービスを生産するのに必要な物質の総量を減らす。これは通常、製品の改良、新技術の開発、物質の選択を変更することなどによって改善、促進される。

- ・物質の変換
- ・生産廃棄物量の削減
- ・梱包の最適化
- ・電力及びエネルギー使用の削減
- ・輸送の最小化
- ・システムの変化

2. S を大きくする。つまり製品から得られるメリット / サービスの量を増やすことである。

これは通常、技術的解決とならんで「社会的改革」が重要となってくる。具体的には、例えば耐久性のある製品を販売するかわりにレンタルやリースにする、新しい製品を買うかわりに長く使えるよう修理サービスを充実させることなどである。これはエンドユーザーの行動が変わることが重要である。

- ・製品の使用寿命を延ばすことにより主なメリットを増加
- ・製品の汎用性を高めることによる主なメリットを拡大
- ・新たにメリットを作り付加する
- ・最初の使用期間終了後、この製品の更なる用途を可能にする

ファクターX の例：インテリア商ザザ

保証期間を 10 年間に

インテリア商ザザのもつ工房では専門の家具職人の手によってタボロというモデルのテーブルを作っていて、最高級品として販売されている。ファクターX プロジェクトの枠組の中で、どうしたら顧客が長い期間テーブルを使っていかれるか、その方法が思案された。

その結果、以下のアイデアが生まれた。

- 職人の作った製品については保証期間を 10 年とすること（職人たち自身は 10 年間でも短いとしている）。
- テーブルの MI 値を多少高くして（天板を厚くする）、S を大きく向上させる。新型のテーブルは表面を数年ごとに鉋で削って新品同様にできる。新型のテーブルの MIPS が半減したということはつまり、新型のテーブルは古いモデルに比べてエコ効率が 2 倍になったと言える（ファクター2）。
- 製品には、正しい手入れ法などを記したケア・ブックをつける。
- 製造された製品にはそれぞれ認識番号をつける。同時に顧客登録にも、例えば何番の客のテーブルにどんな仕上げ剤を塗布してあるかなどの情報を記録しておく。
- MIPS 検証を柔らかい家具（ソファなど）に拡大し、その表面の布の張り替えを提案するなど、可能性を探る。
- 将来的には自分のところで作った製品の中古販売などのビジネスを展開する。製品は時としてアンティーク家具として販売することが可能である。
- ザザの顧客はその商品を所有したいと望むため、製品のリースは難しい。その代わりザザは、以前にもしたことがある内装のサービスを提供する。

ファクター及び MIPS アプローチは、有害物質や危険な廃液に直接には触れていない。間接的にはもちろん触れているが、それは自然資源の使用を減らせばそれに伴って問題となる廃液やゴミも減っていくということではかない。MIPS 手法を利用しても、企業は有害物質に対する認識と調査から解放されないのである。いずれにしても企業は危険物質についての規則を守らなければならない。

生産、製品、サービスによって生じる物質の流れを計算するにあたり、当初は苦労するかもしれない。特に複雑な製品の部品全てを物質ごとに調べるのは根気のいる作業である。しかも MI 係数は全ての物質について判明しているわけではない。一つの選択肢として、総物質投入量の実質的な値域が得られるように、不確実な部分の扱い方をもっと改善することが求められる。このような MIPS 手法の限界を考慮して、以下の留意点も述べられていることは注目すべきである。

MIPS 適用ガイド

- 他の指標と一緒に利用すること。
- 検証の際の限界や仮定、不確実性については明記すること。
- MIPS の S 定義：適切で、それに関係する集団に喜んで受け入れられること。
- 企業決定を下す際の注意：
比較検討する際の差異が明らかであること
MIPS は方向性を示し、大きさの区分をするだけである。
他の方法による検討もすべきである。

4.3 ドイツ(ブッパタール研究所) Factor 4 Best Practices

エネルギー消費、物質消費、水資源消費、廃棄物、アウトプット (CO₂ 等) の 5 つの観点からファクターが改善された製品 (-環境負荷削減成功事例製品 (1 ないし 2 以上の指標項目で 50%以上削減達成した製品) の実例をウェブページで公開している。

<http://www.wupperinst.org/FactorFour/index.html>

Factor 4 Best Practices システム指標

定量的指標	例/キーワード	定性的指標	例/キーワード
エネルギー消費	Energy consumption, energy sources used, share of renewable energies, ...	輸送需要	Regionally-based upstream suppliers, mobility concept, ...
天然資源消費	Materials used in operation, availability, closed-loop processes, land use, renewable raw materials,	ライフスパン/ユーザー領域	Product lifespan, user-friendly interface, possibility of repairing or reducing to component parts, ...
水資源消費	Water consumption, closed-loop processes, ...	収益性, サステナブル企業戦略	Competitive prices, new markets, environmental management, innovations in structural organisation (networking, marketing, etc.), versatility, increased turnover, ...
廃棄物	Waste volume, harmful substances, closed-loop processes, recycling rate, ...	社会影響	Impact on the labour market, motivation of employees, further training, involvement of employees in management decisions, equal opportunities, fair trade, ...
排出物	CO ₂ , SO ₂ , NO _x , dust, noise, adverse effects on water and soil ...	健康, 生活の質,	Health protection, environmental protection, safety, convenience, benefit to the user positive image, attractiveness,
		その他	Versatility, communication, transparency, ...

第5章 平成14年度調査研究の成果と今後の課題

平成14年度は環境効率指標調査を本格的に開始し、環境効率指標の標準化を見込み議論を重ねてきた。環境効率の概念は凡そ確立されてきたと考えられるが、本調査委員会以外にも国内外の機関、企業などにおいて様々な試行がなされている段階であり、標準化指標構築のための素地が企業間に十分成熟したとはいえない。

本年度は次の通り、主に2つのWGをベースとして活動を行ってきた。

WG1では、製品群別に分子・分母項目を抽出することを第一のねらいとした。比較可能性を究極の目的とする指標構築に向けての次のステップは、抽出した多くの指標項目の中から評価に適した項目・算出方法を設定する作業である。設定作業では企業が実際に採用している指標が検討の基礎となるが、それらの項目は多岐にわたり、設定の合意に至るには相当の時間を要すると見込まれる。比較可能性を考慮しつつも、各企業の優位性、独自性を残す柔軟性に配慮して、これまでの検討をもとに明確な定義を持った指標作りを続けていくこととしたい。今後の課題は以下の点に集約されるであろう。

「指標の目的について」

環境効率指標の用途目的について、現状を鑑み、公表側（企業側）と受け手側（利害関係者側）のニーズを把握した上で、適切な意義付けを行う必要がある。製品の環境効率指標については、策定した環境効率指標が十分活用されるよう欧州のIPP（包括的製品政策）のような視点に立ち、自主的かつ積極的に環境効率指標を公表する企業がその効果を発揮できる場を積極的に探っていく。実践の場を想定した開発目的を掲げる必要がある。

「指標の構成について」

指標項目の設定、すなわち指標項目抽出（付加価値〔分子〕、環境負荷〔分母〕）及び算出式の定義は目的如何で変わる。目的を踏まえた上で評価方法についての合意形成が企業間（場合により、その他利害関係者も含む）で必要になる。具体的には指標の利用者で製品群別指標（共通指標も含む）の合意形成作業を製品群別に進めていくことが適切と考える。上記活動に合わせ、指標項目の定義・算出方法（バウンダリの設定含む）の実務的側面からの精査も継続して実施する。

一方、WG2では、産業間の物質連鎖（サプライチェーン）を基にして、環境効率指標構築に付随する問題解決のための議論を行った。環境問題は、一企業、一産業で解決できる問題ではない。サプライチェーン上の各主体（企業、産業）が、環境負荷削減のために何らかの貢献をすることが求められる。一方で企業経営は人的資源、技術開発のための資金等、様々な制約を抱えている。そのような状況下、削減を達成するための適切な貢献度とはどの程度なのか、という議論に帰着する。今年度の調査研究では、どのような定量化ルールの基準を構築することが考えられるか、企業（産業）としてどの程度の貢献を行っているかを探ってみた。こうした定量化ルールを明確化することにより、企業が積極的に

環境経営に取組み、環境技術に関する投資を行えるようになることが期待できる。報告の中で示したように複雑な問題であるが、議論の必要性は増してくるであろう。

今後、企業、製品の環境パフォーマンスの効率を評価する動きがますます増えることが予想される。今後は、本委員会の活動内容をより多くの企業、消費者、その他利害関係者に広げ、対話の場を持てるよう配慮していきたい。開かれた場での討議を重ねていくことが、環境効率評価手法を収斂させていく近道であると期待している。

資料編

アンケート回答の前に

環境効率指標とファクターについて簡単な説明をおこなっております

アンケートA、 アンケートB を選択する前にお読みください

本説明書については、ご返却の必要はありません

[1] 環境効率指標について

(1) 環境効率指標とは

環境効率指標とは、製品やサービスの生産、消費にともなう環境負荷を、定量的に示す指標です。環境効率指標が大きいほど、その製品やサービスは環境にとって望ましいことを意味します。

WBCSD(World Business Council for sustainable Development)は、環境効率指標を、以下のように定義しています。

$$\text{環境効率指標} = \frac{\text{製品・サービスの価値}}{\text{環境負荷}}$$

環境効率指標は、何をもって製品・サービスの価値とするか、何をもって環境負荷とするか、によってさまざま定義が可能です。環境効率指標は、一意的、普遍的なものではありません。

(2) 環境効率指標の例

携帯電話とセメントを例にとり、どのような環境効率指標が考えられるかを考えてみましょう。

1) 携帯電話の場合

携帯電話の環境効率指標 1

$$\text{携帯電話の環境効率指標} = \frac{\text{販売量}}{\text{製造時の CO}_2 \text{ 排出量}}$$

- ・ 携帯電話の価値を、販売量によって表しています
- ・ 携帯電話の環境負荷を、製造時の CO₂ 排出量で表しています

携帯電話の環境効率指標 2

$$\text{携帯電話の環境効率指標} = \frac{\text{1 充電あたりの通話時間}}{\text{1 充電あたりの電力消費量}}$$

- ・ 携帯電話の価値を、1 充電あたりの通話時間によって表しています
- ・ 携帯電話の環境負荷を 1 充電あたりの電力消費量で表しています

携帯電話の環境効率指標 3

$$\text{携帯電話の環境効率指標} = \frac{\text{提供できるサービスを定量化したものの}}{\text{ライフサイクル全体でのエネルギー消費量}}$$

- ・ 携帯電話の価値を、提供できるサービスの数によって表しています
(例 情報伝達速度、サービスの数 等)
- ・ 携帯電話の環境負荷を、ライフサイクル全体でのエネルギー消費量によって表しています (例 ライフサイクル全体で MJ のエネルギーが消費される)

2) セメントの場合

セメントの環境効率指標 1

$$\text{セメントの環境効率指標} = \frac{\text{販売量}}{\text{製造時の CO2 排出量}}$$

- ・ セメントの価値を、販売量によって表しています
- ・ セメントの環境負荷を、製造時の CO2 排出量で表しています

セメントの環境効率指標 2

$$\text{セメントの環境効率指標} = \frac{\text{売上高}}{\text{製造時の資源使用量}}$$

- ・ セメントの価値を、売上高によって表しています
- ・ セメントの環境負荷を、製造時の資源使用量で表しています
(例 セメント 1t あたりの生石灰使用量 t)

[2] ファクターについて

(1) ファクターとは

ファクターとは、同じ製品・サービスについて、時代、生産方式等の違いによる環境効率の違いを比で示したものです。ファクターは、以下の式で表すことができます。

$$\text{ファクター} = \frac{\text{評価対象の製品・サービスの環境効率指標}}{\text{基準となる製品・サービスの環境効率指標}}$$

(2) ファクターの例

ファクターは、評価対象と基準の取り方により、いくつかの種類が考えられます。以下に例を示します。

ファクターの例 1：基準年と比較する方法

$$\text{ファクター} = \frac{\text{2002 年の製品・サービスの環境効率指標}}{\text{1990 年の製品・サービスの環境効率指標}}$$

ファクターの例 2：基準となる生産方式と比較する方法

$$\text{ファクター} = \frac{\text{生産方式 A の製品・サービスの環境効率指標}}{\text{生産方式 B の製品・サービスの環境効率指標}}$$

[3] アンケート A、B の選択について

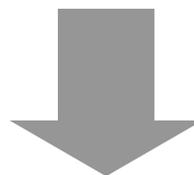
貴社では、自社製品・サービスによる環境負荷を定量化するために、環境効率指標もしくはファクター、或いは効率性を表す類似の指標を用いていますか？

1 . 用いている

2 . 用いていない



アンケート A へ



アンケート B へ

アンケート A、アンケート B のうち、どちらか該当する方をご回答ください

アンケート A

貴社が、環境効率指標およびファクターを使用している場合は、このアンケート A にご回答ください。

ご回答の内容は、本アンケート用紙に直接ご記入ください。

ご回答後は、本アンケート用紙を同封の返信用封筒にてご返却ください。

ご注意ください

貴社が、環境効率指標もしくはファクターを使用していない場合は、別冊のアンケート B にご回答ください。

お答えいただく前に

1. 調査内容の秘密保持

本調査は、産業群、製品群ごとの傾向を分析するために利用させていただくことが目的なので、社名及び個別調査票のまま、公表することはありません。

2. お問い合わせ先

本調査内容および結果についてのお問い合わせは下記担当者までお願いいたします。

(社)産業環境管理協会調査企画部企画課(中庭, 森本)
住所: 〒110-8535 東京都台東区上野1丁目17番6号
tel:03-3832-7085 fax:03-3832-2774
e-mail:nakaniwa@jemai.or.jp

3. ご回答期日

本調査のご回答は、結果とりまとめ及び分析の都合上、平成14年10月末日までに同封の封筒にてご返送願います。

4. フィードバック

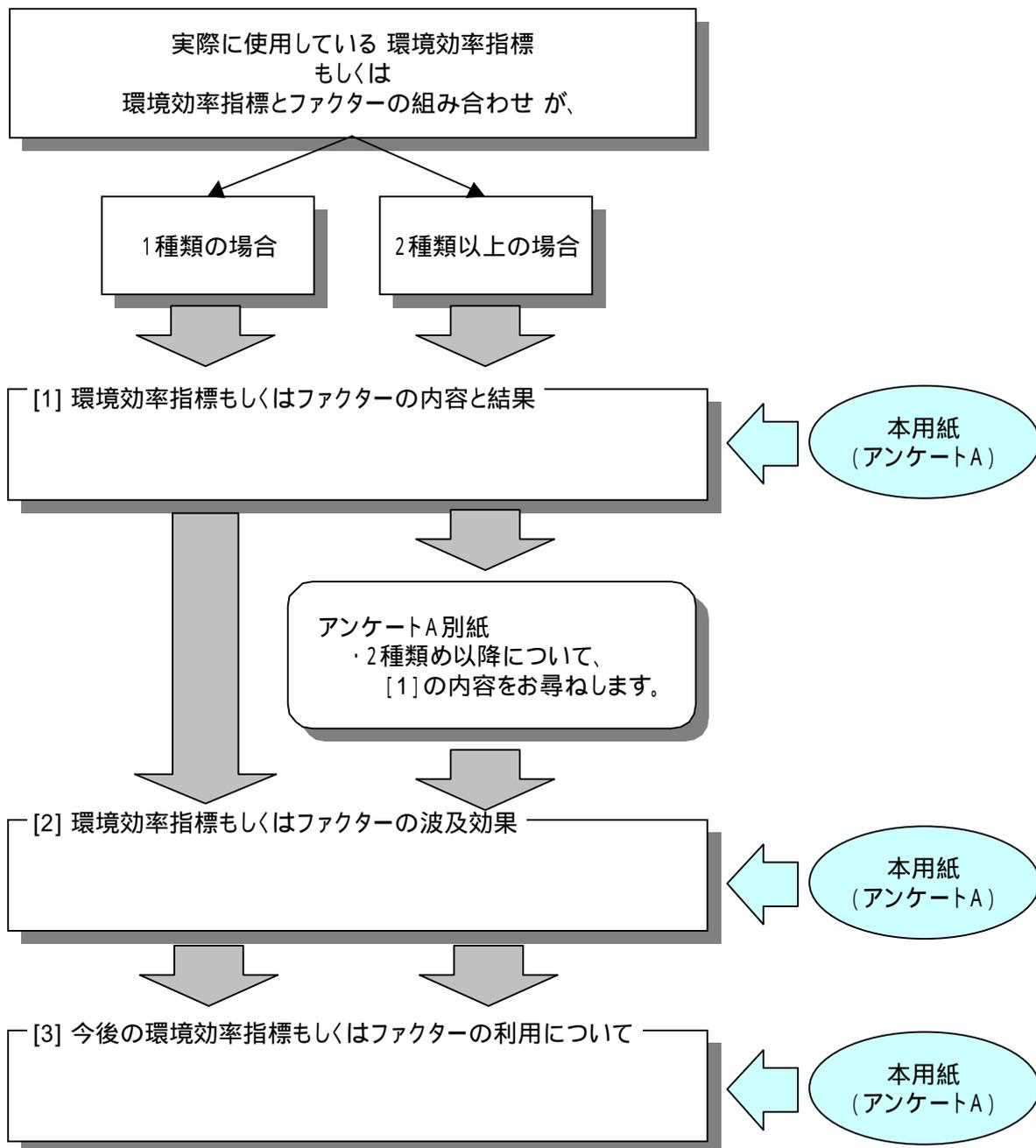
ご協力してくださった企業には、報告書を一部送付させていただきます。

5. ご回答者名・ご連絡先

会社名 : _____
所属 : _____
役職名 : _____
お名前 : _____
電話番号 : _____
電子メールアドレス : _____

6 . アンケートの構成

本アンケートの構成は、下図に示すとおりです。



ここからアンケートとなります。

[1] 環境効率指標もしくはファクターの内容と結果

[1] では、貴社が実際に使用している環境効率指標もしくはファクターの内容と計算結果について、ご回答いただきます。

【ご注意ください】

貴社が実際に使用されている環境効率指標もしくはファクターが2種類以上存在する場合、そのうち1種類についてのみ本用紙(アンケートA)[1]にご回答下さい。そして、2種類め以降の環境効率指標もしくはファクターの内容と結果については、[アンケートA別紙]をご使用ください。

(1) 環境効率指標、ファクターの内容についてご回答ください。

1) 環境効率指標の分子(製品・サービスの価値)、分母(環境負荷)についてご回答ください。

分子(製品・サービスの価値)には、何の値を使用していますか。また、その単位についてもご回答ください。

例：物理量 販売量、生産量等
経済的価値 製品・サービスの売上高等
機能 付加価値、製品パフォーマンス等

単位

分母(環境負荷)には、何の値を使用していますか。また、その単位についてもご回答ください。

例：エネルギー消費量、資源消費量、CO2 排出量、NOx 排出量等
* 複数の環境負荷を統合化している場合は、[CO2 排出量 + 産業廃棄物] 等のように、算出式の形で記入してください

単位

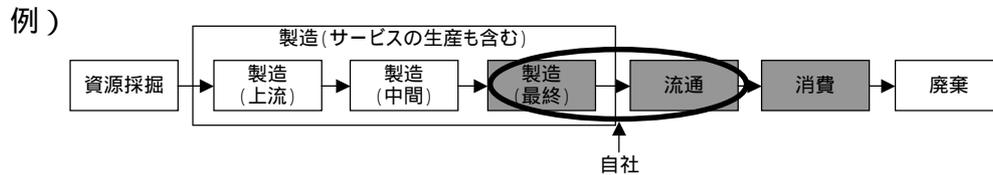
2) ファクターを算出する時、評価対象と基準をどのように決めましたか。
 下記の空欄に、評価対象の決め方と基準の決め方をご回答ください。

評価対象	/	基準
例) 2000 年 最新製品・サービス A タイプの生産方式		1995 年 10 年前の製品・サービス B タイプの生産方式

3) 1)、2) でご記入いただいた環境効率指標およびファクターについてお尋ね
 します。環境効率指標およびファクターの対象とした製品・サービス名をご
 回答ください。

	製品・サービス名
製品・サービス 1	
製品・サービス 2	
製品・サービス 3	
製品・サービス 4	
製品・サービス 5	
製品・サービス 6	

4) 環境効率指標を決定する際、環境負荷の排出源の境界条件をどのように決めましたか。下のフロー図中に、製品・サービスごとに自社が関与するプロセスを で囲み、環境負荷算出の対象範囲として考慮したプロセスを塗りつぶして示してください。

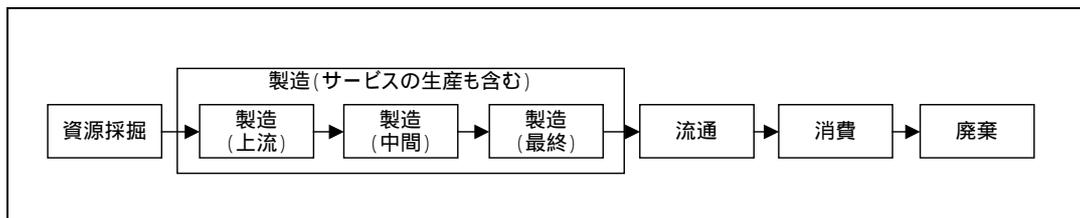


なお、

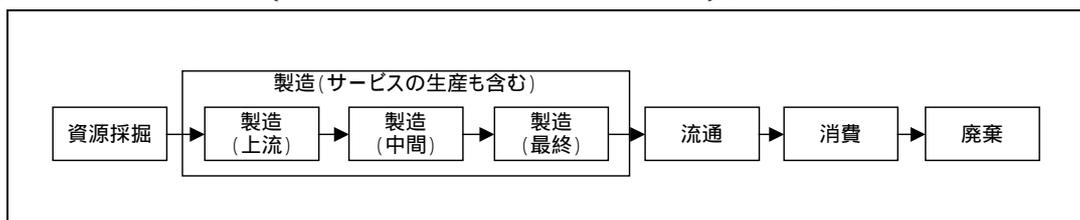
- ・製造（上流）：素材加工プロセス等
- ・製造（中間）：部品製造プロセス等
- ・製造（最終）：組立プロセス等

を意味するものとします。製造プロセスの区分がない場合、製造全体を塗りつぶしてください。

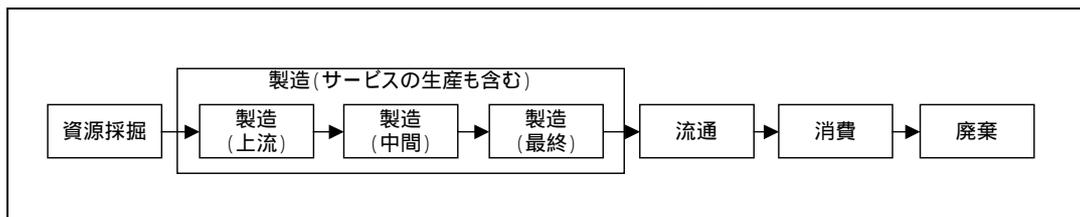
製品・サービス 1 () について



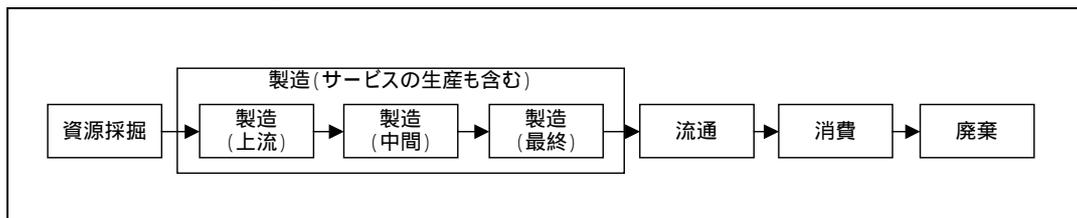
製品・サービス 2 () について



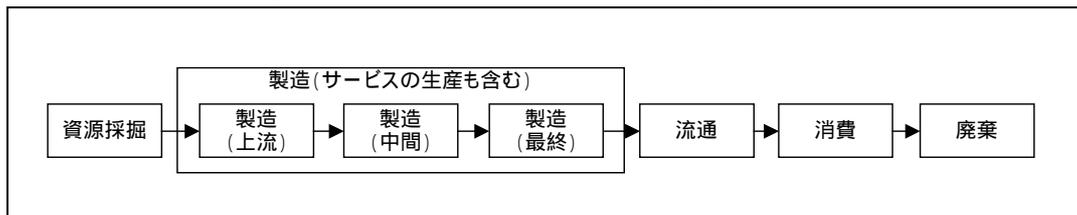
製品・サービス 3 () について



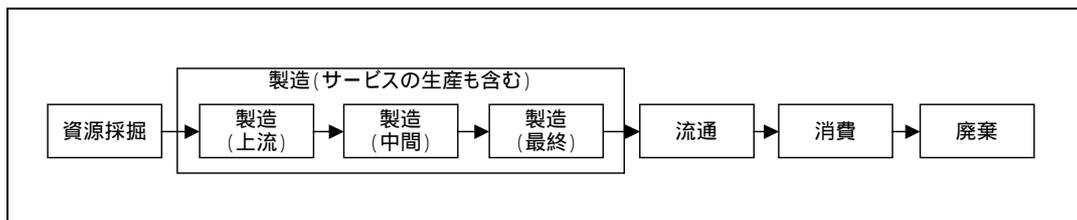
製品・サービス 4 () について



製品・サービス 5 () について



製品・サービス 6 () について



5) 環境効率指標およびファクターを使用する意図はどのようなものですか。
該当する番号に をつけてください。(複数回答可)

1. 製品・サービスに新たな付加価値を加えるため
2. 企業ブランドを向上させるため
3. 製品・サービスに対するの環境側面からの批判を回避するため
4. 企業に対する環境側面からの批判を回避するため
5. その他 ()

6) 環境効率指標およびファクターの提示先はどこですか。該当する番号に をつけてください。(複数回答可)

1. 社内部内
2. 社内部外
3. 社外取引先
4. 社外一般(消費者、マスコミ等)
5. その他 ()

7) 5) の用途のために、他の指標ではなく、環境効率指標もしくはファクターを採用したのはなぜですか。採用した理由をご記入ください。(自由回答)

(2) 環境効率指標、ファクターの計算結果についてご回答ください。

ここでは、(1)に内容を示していただいた環境効率指標、ファクターの計算結果を回答していただきます。環境効率指標、ファクターの対象となる製品が複数あることを考え、(2)の1)~7)の質問に対する回答については、以下に示す記入例にしたがってp9-10の回答表に記入してください。

回答表(記入例)

設問		製品・サービス		
		1.冷蔵庫	2.テレビ	3.洗濯機
1)	指標結果パターン	その他()	その他()	その他()
2)	新製品の環境効率 (a)	2	2.4	3
	旧製品の環境効率 (b)	1.6	2	1.667
	内訳(a)の分子(c)	10	12	12
	内訳(a)の分母(d)	5	5	4
	内訳(b)の分子(e)	8	8	10
	内訳(b)の分母(f)	5	4	6
3)	原因	1 (2) 3	1 (2) 3	(1) 2 3
4)	内的原因	1 2 3 4 5 6.その他()	1 2 3 4 5 6.その他()	(1) 2 3 4 5 6.その他()
5)	外的原因	(1) 2 3 4 5.その他()	(1) 2 3 4 5.その他()	1 2 3 4 5.その他()
6)	指標向上に必要な要因	(1) 2 (3) (4) 5 6 7 8 9 10 11.その他()	(1) 2 (3) (4) 5 6 7 8 9 10 11.その他()	(1) 2 (3) (4) 5 6 7 8 9 10 11.その他()
7)	(6)の上位3要因	1 3 2 4 3 1	1 3 2 4 3 1	1 3 2 4 3 1

回答表 1

設問		製品・サービス																	
		1.			2.			3.											
1)	指標結果 パターン	その他()			その他()			その他()											
2)	新製品の 環境効率(a)																		
	旧製品の 環境効率(b)																		
	内訳(a)の分子(c)																		
	内訳(a)の分母(d)																		
	内訳(b)の分子(e)																		
	内訳(b)の分母(f)																		
3)	原因	1 2 3			1 2 3			1 2 3											
4)	内的原因	1 2 3 4 5 6.その他()			1 2 3 4 5 6.その他()			1 2 3 4 5 6.その他()											
5)	外的原因	1 2 3 4 5.その他()			1 2 3 4 5.その他()			1 2 3 4 5.その他()											
6)	指標向上に必要な要因	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11.その他()			1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11.その他()			1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11.その他()											
7)	(6)の上位3要因	1		2		3		1		2		3		1		2		3	

回答表 2

設問		製品・サービス																	
		4.			5.			6.											
1)	指標結果 パターン	その他()			その他()			その他()											
2)	新製品の 環境効率(a)																		
	旧製品の 環境効率(b)																		
	内訳(a)の分子(c)																		
	内訳(a)の分母(d)																		
	内訳(b)の分子(e)																		
	内訳(b)の分母(f)																		
3)	原因	1 2 3			1 2 3			1 2 3											
4)	内的原因	1 2 3 4 5 6.その他()			1 2 3 4 5 6.その他()			1 2 3 4 5 6.その他()											
5)	外的原因	1 2 3 4 5.その他()			1 2 3 4 5.その他()			1 2 3 4 5.その他()											
6)	指標向上に必要な要因	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11.その他()			1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11.その他()			1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11.その他()											
7)	(6)の上位3要因	1		2		3		1		2		3		1		2		3	

以下からが、質問となります。

- 1) ファクターの計算結果、環境効率指標の分子と分母の数値の推移はどのようになりましたか。以下の ~ のパターンの中から一つ選び、回答表のその番号を黒く塗りつぶしてください。 ~ のパターンに該当しない場合は、を選択し、環境効率指標の分子と分母の数値の推移を記述してください。

【ご注意ください】

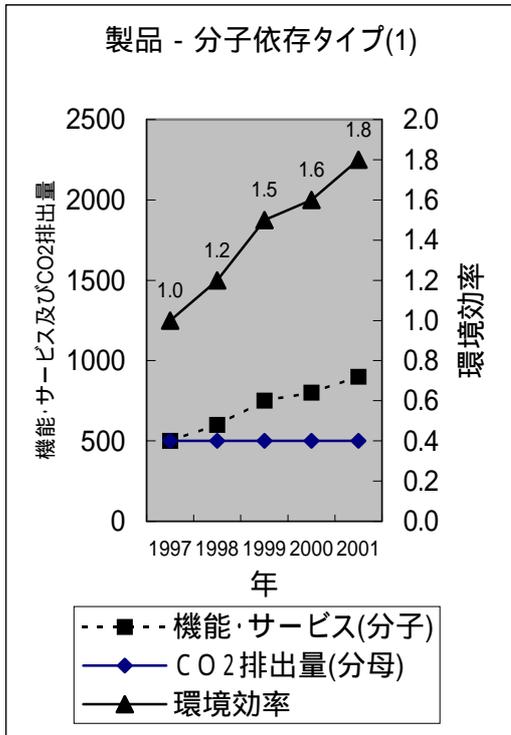
次ページの環境効率指標向上パターンは、分かりやすさのために5カ年の推移を示していますが、2カ年の比較でも結構です。また経年変化でなく、異なった生産方式間の比較でも結構です。

ご回答は、製品・サービス別に p9-10 の回答表にご記入ください。

環境効率指標向上のパターン（但し、数値は全て仮定値）

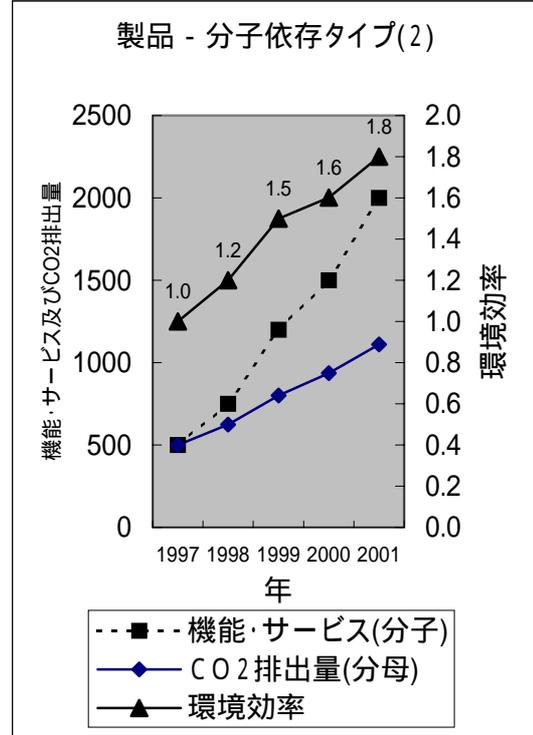
分子依存タイプ（１）

分子=向上 / 分母=一定



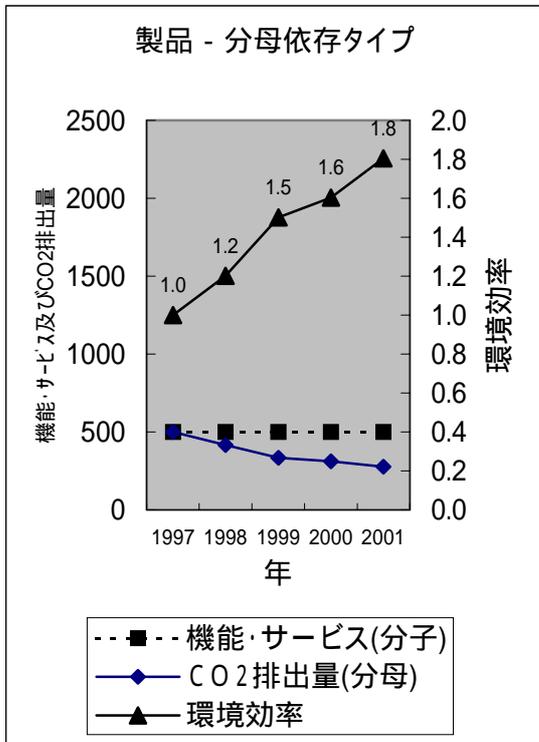
分子依存タイプ（２）

分子=大きく向上 / 分母=向上



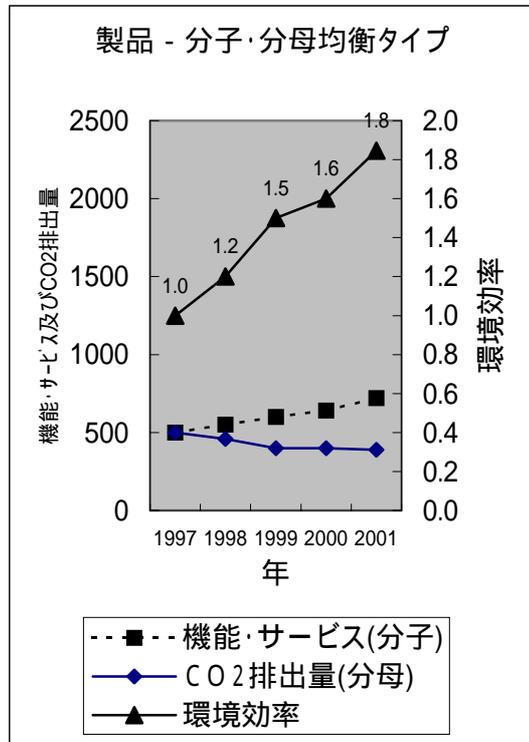
分母依存タイプ

分子=一定 / 分母=減少



分子・分母均衡タイプ

分子=向上 / 分母=減少



その他

2) 差し支えなければ、ファクターの数値についてご回答ください。

【ご注意ください】

ご回答は、p9-10 の回答表にご記入ください。

ファクター

$$\begin{aligned} \text{ファクター} &= \frac{\text{評価対象の製品・サービスの環境効率指標} = \boxed{} \quad (a)}{\text{基準となる製品・サービスの環境効率指標} = \boxed{} \quad (b)} \end{aligned}$$

環境効率指標内訳

$$\begin{aligned} \text{評価対象の製品・サービスの環境効率} (a) &= \frac{\text{価値} = \boxed{} \quad (c)}{\text{環境負荷} = \boxed{} \quad (d)} \\ \text{基準となる製品・サービスの環境効率} (b) &= \frac{\text{価値} = \boxed{} \quad (e)}{\text{環境負荷} = \boxed{} \quad (f)} \end{aligned}$$

なお、評価対象製品（サービス）と基準製品（サービス）の価値を同一とみなす場合は、各々“1”と記入してください。

3) ファクターの結果が 1) の回答のようになったのは何が原因ですか。該当する番号に をつけてください。（複数回答可）

【ご注意ください】

ご回答は、p9-10 の回答表にご記入ください。

- 1 . 内的原因（技術開発、環境保全活動の徹底・充実、業務効率化等）
 - 2 . 外的原因（消費者嗜好の変化、環境政策（規制や優遇措置等）
 - 3 . 分からない

- 6) 今後、環境効率指標およびファクターの向上に必要な要因には、何が挙げられますか。該当する番号に をつけてください。(複数回答可)

【ご注意ください】

ご回答は、p9-10 の回答表にご記入ください。

- 1 . 環境負荷を削減する技術の開発
- 2 . 製品・サービスの価値を向上させる技術の開発
- 3 . 環境保全活動(省エネ、歩留まりの向上、再生原料の使用等)の推進
- 4 . 業務の効率化(組織改正、ITの活用による業務効率化等)の推進
- 5 . 環境効率指標、ファクター導入以外の自社努力による販売量拡大
- 6 . 環境配慮型の製品・サービスの需要の喚起
- 7 . 規制型の環境政策(有害物質の排出濃度規制等)
- 8 . 企業の環境負荷低減に優遇措置を与える環境政策
- 9 . 環境効率の向上した製品・サービスを購入する消費者に優遇措置を与える環境政策(該当する製品に対する所得税の免除等)
- 10 . 市場環境の変化(環境配慮型の製品・サービスに対する需要の拡大等)
- 11 . その他

()

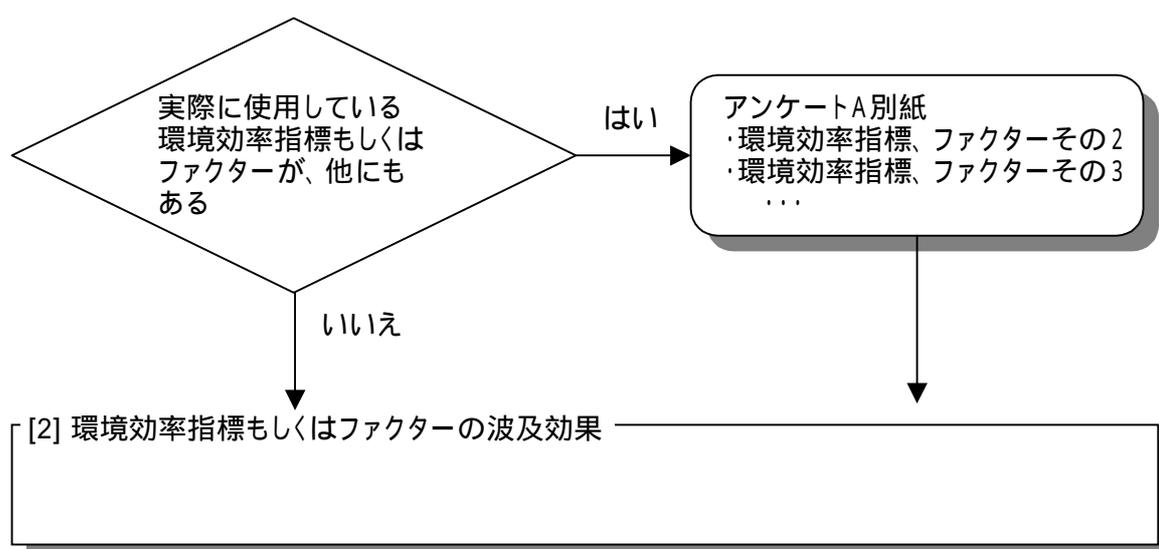
- 7) 6) の各要因の中で、重要だと考えられる上位3つの要因を挙げてください。

【ご注意ください】

ご回答は、p9-10 の回答表にご記入ください。

1 位		2 位		3 位	
-----	--	-----	--	-----	--

環境効率指標もしくはファクターの内容と結果 は以上です。



実際に使用している環境効率指標もしくはファクターが他にも存在する場合：

アンケート A 別紙（ 2 3 頁の後に添付） 環境効率指標、ファクターの内容と結果 2 へお進みください。

実際に使用している環境効率指標もしくはファクターが他には存在しない場合：

次頁 p17 [2] 環境効率指標もしくはファクターの波及効果へお進みください。

[2] 環境効率指標もしくはファクターの波及効果

[2]では、[1]もしくは[アンケートA別紙]でご回答いただいた環境効率指標もしくはファクターがもたらした波及効果についてお伺いします。

- (1) 環境効率指標もしくはファクターの導入によって、何らかの波及効果は生じましたか。該当するものに をつけてください。(複数回答可)

1. 環境効率指標、ファクターの導入によって、何らかの波及効果が生じた
2. 波及効果と呼べるものは生じなかった
3. 分からない

- (2) (1)「1. 環境効率指標、ファクターの導入によって、何らかの波及効果が生じた」を選択された方にお伺いします。どのような波及効果が生じましたか。該当するものに をつけてください。(複数回答可)

1. 環境効率指標、ファクターを向上させるための活動によって、社内業務上のプラスの影響(コスト削減、新技術の開発等)が生じた
2. 環境効率指標、ファクターを公開したこと、あるいは向上させたことによって、対外業務上のプラスの影響(新規取引の打診の増加、販売額の増加等)が生じた
3. 環境効率指標、ファクターを公開したこと、あるいは向上させたことによって、製品・サービス、または企業の自体に対する社会的評価(エコプロダクト表彰、環境経営度ランキング等)が向上した
4. 環境効率指標、ファクターを公開したことが、社会の変化(消費者のライフスタイルの変化、関連企業の環境効率指標・ファクターの公開等)をもたらした
5. 自社製品・サービスの環境効率指標、ファクターの向上が、関連企業の製品・サービスの環境効率指標、ファクターの向上に貢献した
6. 社内における環境効率指標、ファクターの扱いが変化した(対象となる製品・サービスの拡大等)
7. その他

()

- (3) (2)「1. 環境効率指標、ファクターを向上させるための活動によって、社内業務上のプラスの影響（コスト削減、新技術の開発等）が生じた」を選択された方にお伺いします。それはどのような効果ですか。該当するものに をつけてください。（複数回答可）

- 1. コスト削減
- 2. 環境負荷削減だけに留まらない新技術の開発
- 3. 業務効率の改善
- 4. その他

[]

- (4) (2)「2. 環境効率指標、ファクターを公開したこと、あるいは向上させたことによって、対外業務上のプラスの影響（新規取引の打診の増加、販売額の増加等）が生じた」を選択された方にお伺いします。それはどのような効果ですか。該当するものに をつけてください。（複数回答可）

- 1. 新規取引の打診の増加
- 2. 取引企業の増加
- 3. 販売量の増加
- 4. その他

[]

(8) (2) 「6 . 社内における環境効率指標、ファクターの扱いが変化した」を選択された方にお伺いします。どのような変化が生じましたか。

- 1 . 環境効率指標、ファクターの対象製品・サービスの枠を広げる動きが生まれた
- 2 . 環境効率指標、ファクターの向上が、技術開発の目的として取り上げられることが増加した
- 3 . その他

()

[3] 今後の環境効率指標およびファクターの利用について

- (1) 今後も、現在の環境効率指標およびファクターを使用する予定ですか。該当するものに をつけてください。

1. 現在の環境効率指標、ファクターを引き続き使用する
2. 変更を検討している
3. 廃止を検討している
4. 分からない

- (2) (1)「2. 変更を検討している」を選択した方にお伺いします。変更を検討しているのはなぜですか。該当するものに をつけてください。(複数回答可)

1. 現在の環境効率指標、ファクターでは、自社の製品・サービスの価値が正しく反映されないため
2. 現在の環境効率指標、ファクターでは、環境負荷の実態が正しく反映されないため
3. 現在の環境効率指標、ファクターでは、自社の製品・サービスの評価に不利であるため
4. その他

{ }

(3) (1) 「2. 変更を検討している」を選択した方にお伺いします。
検討している変更の内容はどのようなものですか。

1) 環境効率指標の分子（製品・サービスの価値）、分母（環境負荷）の変更であれば、その内容をご回答ください。

分子（製品・サービスの価値）

単位

分母（環境負荷）

単位

2) ファクターの変更であれば、その内容をご回答ください。

評価対象

基準

/

例) 2000年

最新製品・サービス

Aタイプの生産方式

1995年

10年前の製品・サービス

Bタイプの生産方式

アンケート B

貴社が、環境効率指標およびファクターを使用していない場合は、このアンケート B にご回答ください。

ご回答の内容は、本アンケート用紙に直接ご記入ください。

ご回答後は、本アンケート用紙を同封の返信用封筒にてご返却ください。

ご注意ください

貴社が、環境効率指標もしくはファクターを使用している場合は、別冊のアンケート A にご回答ください。

お答えいただく前に

1. 調査内容の秘密保持

本調査は、産業群、製品群ごとの傾向を分析するために利用させていただくことが目的なので、社名及び個別調査票のまま、公表することはありません。

2. お問い合わせ先

本調査内容および結果についてのお問い合わせは下記担当者までお願いいたします。

(社)産業環境管理協会調査企画部企画課(中庭, 森本)
住所: 〒110-8535 東京都台東区上野1丁目17番6号
tel:03-3832-7085 fax:03-3832-2774
e-mail:nakaniwa@jemai.or.jp

3. ご回答期日

本調査のご回答は、結果とりまとめ及び分析の都合上、平成14年10月末日までに同封の封筒にてご返送願います。

4. フィードバック

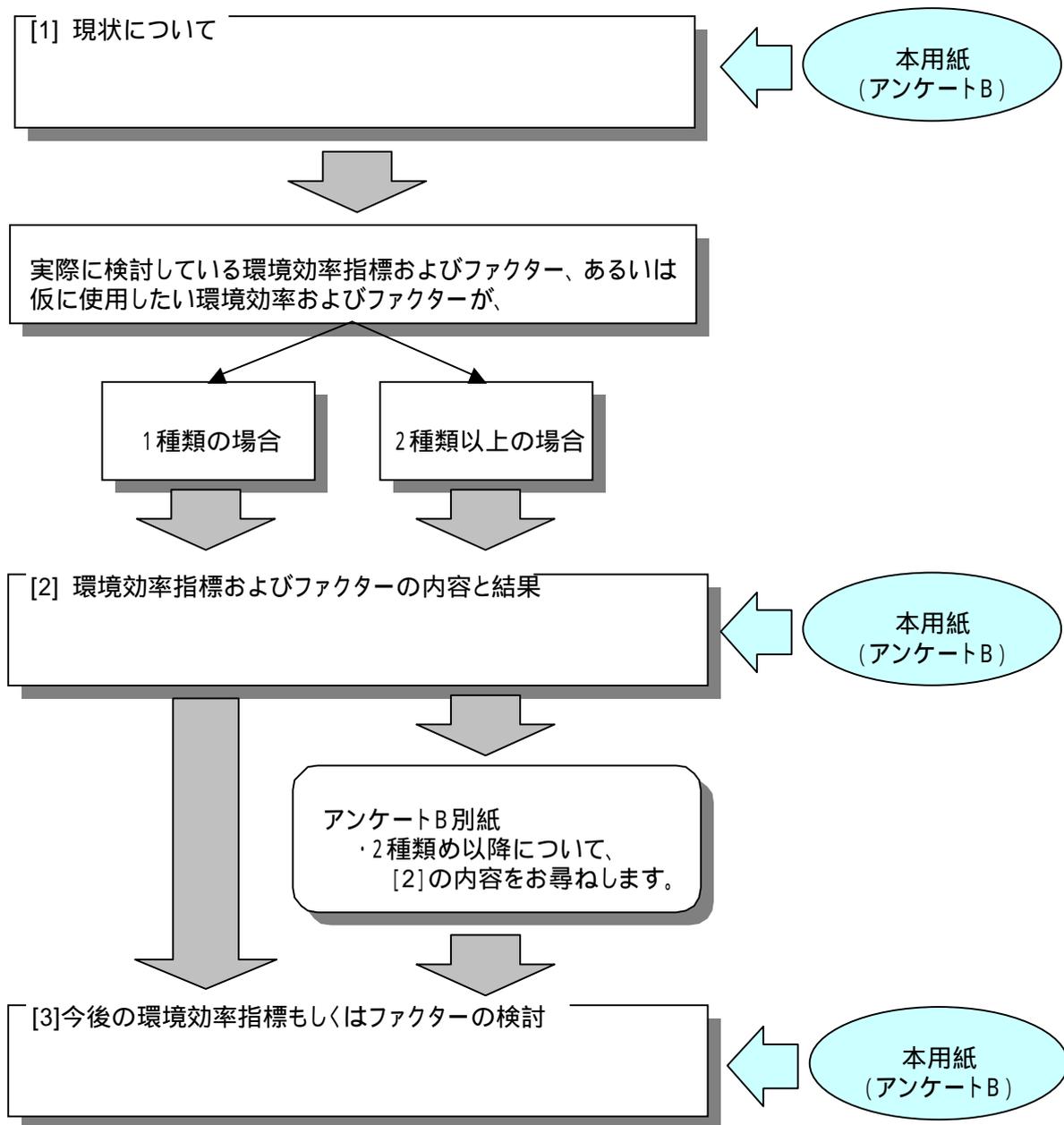
ご協力してくださった企業には、報告書を一部送付させていただきます。

5. ご回答者名・ご連絡先

会社名 : _____
所属 : _____
役職名 : _____
お名前 : _____
電話番号 : _____
電子メールアドレス : _____

6. アンケートの構成

本アンケートの構成は、下図に示すとおりです。



ここからアンケートとなります。

[1] 現状について

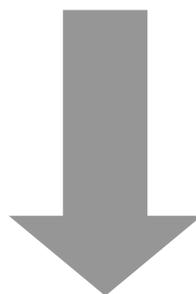
(1) 貴社では、自社製品・サービスによる環境負荷を定量化するために、具体的に検討されている環境効率指標もしくはファクターはありますか。該当する番号に をつけてください。

1 . 具体的に検討している環境効率指標もしくはファクターがある

2 . 具体的に検討している環境効率指標およびファクターはない



[2] では、実際に検討している環境効率指標とファクターについて、その内容と計算結果について、ご回答ください



[2] では、仮に使用してみたい環境効率指標とファクターをお考えいただき、その内容と計算結果についてご回答ください

[2] 環境効率指標およびファクターの内容と結果

[2] では、実際に検討している環境効率指標およびファクター、あるいは仮に使用したい環境効率およびファクターについて、内容と計算結果をご回答いただきます。

【ご注意ください】

貴社が実際に検討している環境効率指標もしくはファクター、あるいは仮に使用したい環境効率もしくはファクターが2種類以上存在する場合、そのうち1種類についてのみ本用紙（アンケート B）[2] にご回答下さい。そして、2種類め以降の環境効率指標もしくはファクターの内容と結果については、[アンケート B 別紙] にご使用ください。

(1) 環境効率指標、ファクターの内容についてご回答ください。

1) 環境効率指標の分子（製品・サービスの価値）、分母（環境負荷）についてご回答ください。

分子（製品・サービスの価値）には、何の値を使用していますか。また、その単位についてもご回答ください。

例：物理量 販売量、生産量等
経済的価値 製品・サービスの売上高等
機能 付加価値、製品パフォーマンス等

単位

分母（環境負荷）には、何の値を使用していますか。また、その単位についてもご回答ください。

例：エネルギー消費量、資源消費量、CO2 排出量、NOx 排出量等
* 複数の環境負荷を統合化している場合は、[CO2 排出量 + 産業廃棄物] 等のように、算出式の形で記入してください

単位

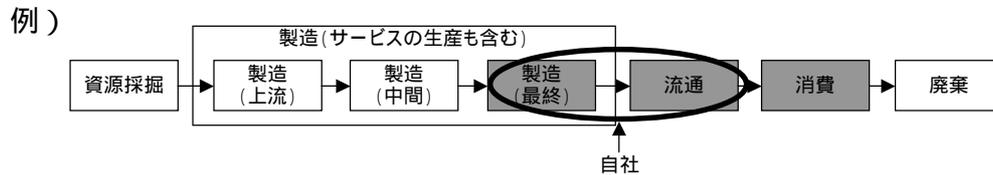
2) ファクターを算出する時、評価対象と基準をどのように決めましたか。
 下記の空欄に、評価対象の決め方と基準の決め方をご回答ください。

評価対象	/	基準
例) 2000 年 最新製品・サービス A タイプの生産方式		1995 年 10 年前の製品・サービス B タイプの生産方式

3) 1)、2) でご記入いただいた環境効率指標およびファクターについてお尋ね
 します。環境効率指標およびファクターの対象とした製品・サービス名をご
 回答ください。

	製品・サービス名
製品・サービス 1	
製品・サービス 2	
製品・サービス 3	
製品・サービス 4	
製品・サービス 5	
製品・サービス 6	

4) 環境効率指標を決定する際、環境負荷の排出源の境界条件をどのように決めましたか。下のフロー図中に、製品・サービスごとに自社が関与するプロセスを で囲み、環境負荷算出の対象範囲として考慮したプロセスを塗りつぶして示してください。

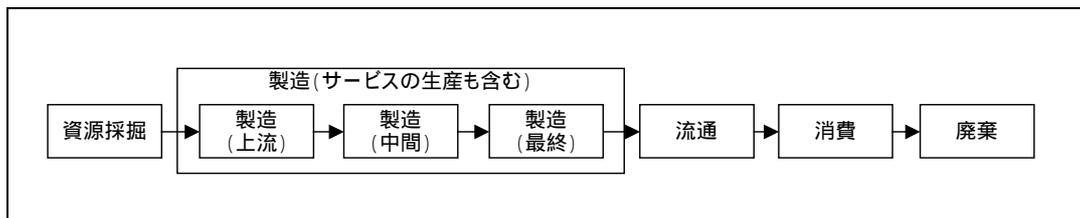


なお、

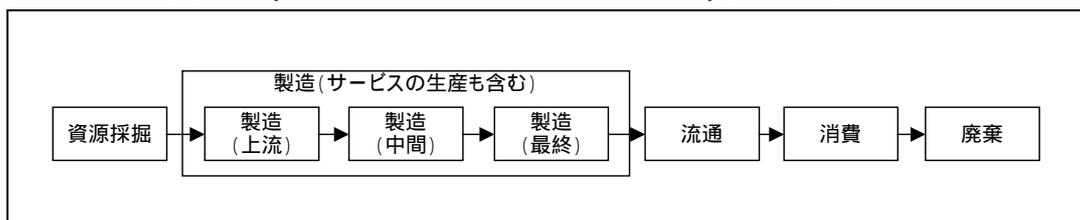
- ・製造(上流): 素材加工プロセス等
- ・製造(中間): 部品製造プロセス等
- ・製造(最終): 組立プロセス等

を意味するものとします。製造プロセスの区分がない場合、製造全体を塗りつぶしてください。

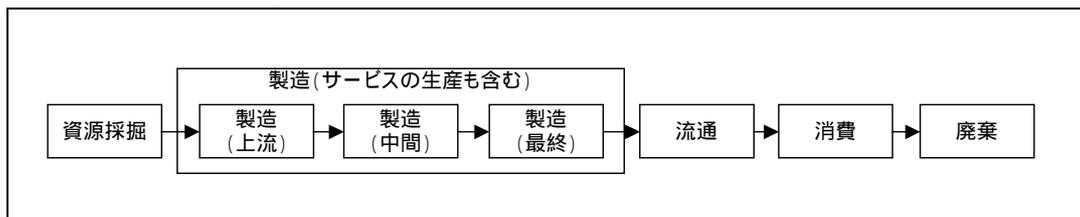
製品・サービス 1 () について



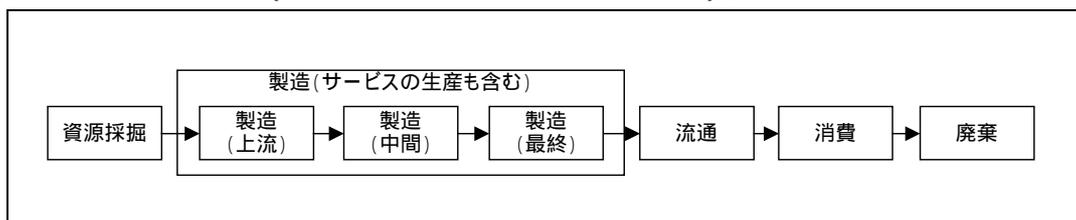
製品・サービス 2 () について



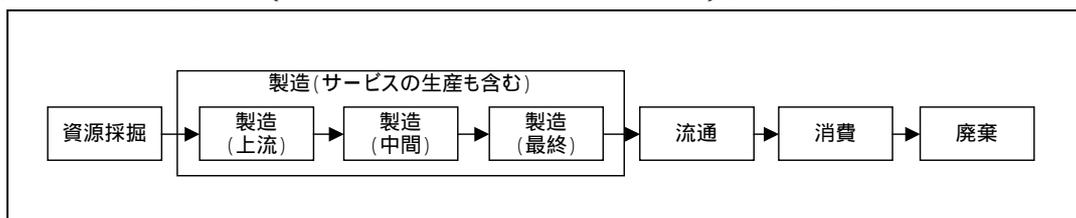
製品・サービス 3 () について



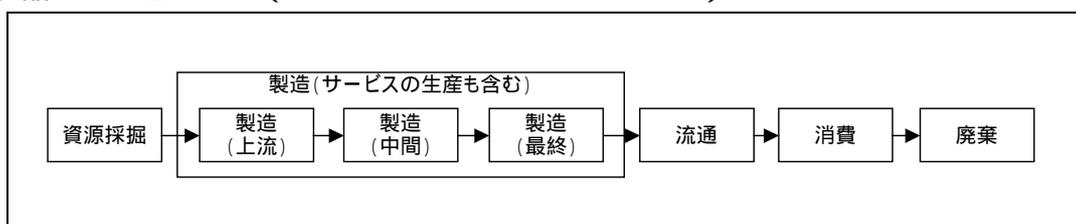
製品・サービス 4 () について



製品・サービス 5 () について



製品・サービス 6 () について



5) 環境効率指標およびファクターを使用する意図はどのようなものですか。
該当する番号に をつけてください。(複数回答可)

1. 製品・サービスに新たな付加価値を加えるため
2. 企業ブランドを向上させるため
3. 製品・サービスに対するの環境側面からの批判を回避するため
4. 企業に対する環境側面からの批判を回避するため
5. その他 ()

6) 環境効率指標およびファクターの提示先はどこになりますか。該当する番号に をつけてください。(複数回答可)

- 1. 社内部内
- 2. 社内部外
- 3. 社外取引先
- 4. 社外一般(消費者、マスコミ等)
- 5. その他 ()

7) 5) の用途のために、他の指標ではなく、環境効率指標もしくはファクターを採用するのはなぜですか。採用する理由をご記入ください。(自由回答)

(2) 環境効率指標、ファクターの計算結果についてご回答ください。

ここでは、(1)に内容を示していただいた環境効率指標、ファクターの計算結果を回答していただきます。環境効率指標、ファクターの対象となる製品が複数あることを考え、(2)の1)~7)の質問に対する回答については、以下に示す記入例にしたがってp10-11の回答表に記入してください。

回答表(記入例)

設問		製品・サービス		
		1.冷蔵庫	2.テレビ	3.洗濯機
1)	指標結果 パターン	その他()	その他()	その他()
2)	新製品の 環境効率 (a)	2	2.4	3
	旧製品の 環境効率 (b)	1.6	2	1.667
	内訳(a)の分子(c)	10	12	12
	内訳(a)の分母(d)	5	5	4
	内訳(b)の分子(e)	8	8	10
	内訳(b)の分母(d)	5	4	6
3)	原因	1 (2) 3	1 (2) 3	(1) 2 3
4)	内的原因	1 2 3 4 5 6.その他()	1 2 3 4 5 6.その他()	(1) 2 3 4 5 6.その他()
5)	外的原因	(1) 2 3 4 5.その他()	(1) 2 3 4 5.その他()	1 2 3 4 5.その他()
6)	指標向上に必要な要因	(1) 2 (3) (4) 5 6 7 8 9 10 11.その他()	(1) 2 (3) (4) 5 6 7 8 9 10 11.その他()	(1) 2 (3) (4) 5 6 7 8 9 10 11.その他()
7)	(6)の上位3要因	1 3 2 4 3 1	1 3 2 4 3 1	1 3 2 4 3 1

回答表 1

設問		製品・サービス											
		1.			2.			3.					
1)	指標結果 パターン	その他()			その他()			その他()					
2)	新製品の 環境効率(a)												
	旧製品の 環境効率(b)												
	内訳(a)の分子(c)												
	内訳(a)の分母(d)												
	内訳(b)の分子(e)												
	内訳(b)の分母(f)												
3)	原因	1 2 3			1 2 3			1 2 3					
4)	内的原因	1 2 3 4 5			1 2 3 4 5			1 2 3 4 5					
		6.その他()			6.その他()			6.その他()					
5)	外的原因	1 2 3 4			1 2 3 4			1 2 3 4					
		5.その他()			5.その他()			5.その他()					
6)	指標向上に必要な要因	1 2 3 4 5 6			1 2 3 4 5 6			1 2 3 4 5 6					
		7 8 9 10			7 8 9 10			7 8 9 10					
		11.その他()			11.その他()			11.その他()					
7)	(6)の上位3要因	1	2	3	1	2	3	1	2	3			

回答表 2

設問		製品・サービス																	
		4.			5.			6.											
1)	指標結果 パターン	その他()			その他()			その他()											
2)	新製品の 環境効率(a)																		
	旧製品の 環境効率(b)																		
	内訳(a)の分子(c)																		
	内訳(a)の分母(d)																		
	内訳(b)の分子(e)																		
	内訳(b)の分母(f)																		
3)	原因	1 2 3			1 2 3			1 2 3											
4)	内的原因	1 2 3 4 5 6.その他()			1 2 3 4 5 6.その他()			1 2 3 4 5 6.その他()											
5)	外的原因	1 2 3 4 5.その他()			1 2 3 4 5.その他()			1 2 3 4 5.その他()											
6)	指標向上に必要な要因	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11.その他()			1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11.その他()			1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11.その他()											
7)	(6)の上位3要因	1		2		3		1		2		3		1		2		3	

以下からが、質問となります。

- 1) ファクターの計算結果、環境効率指標の分子と分母の数値の推移はどのようになりましたか。以下の ~ のパターンの中から一つ選び、回答表のその番号を黒く塗りつぶしてください。 ~ のパターンに該当しない場合は、を選択し、環境効率指標の分子と分母の数値の推移を記述してください。

【ご注意ください】

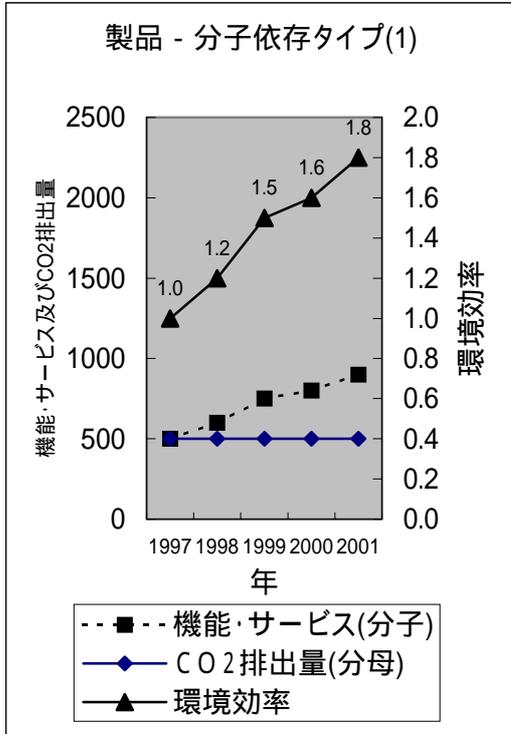
次ページの環境効率指標向上パターンは、分かりやすさのために5カ年の推移を示していますが、2カ年の比較でも結構です。また経年変化でなく、異なった生産方式間の比較でも結構です。

ご回答は、製品・サービス別に p10-11 の回答表にご記入ください。

環境効率指標向上のパターン（但し、数値は全て仮定値）

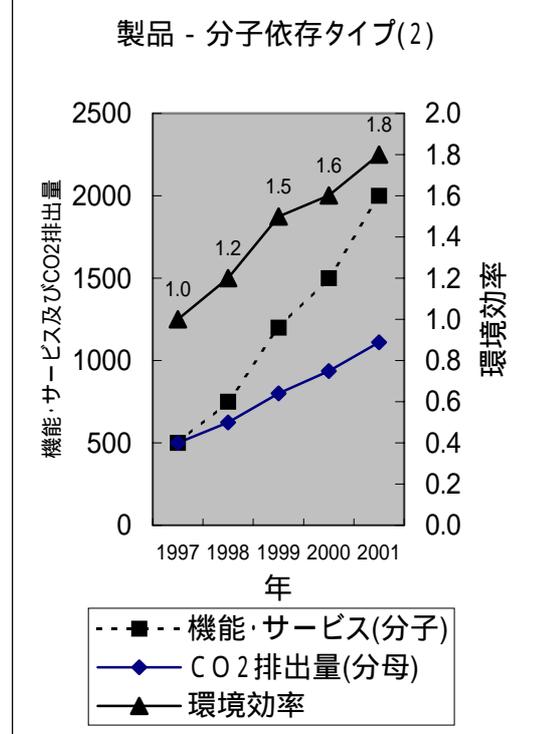
分子依存タイプ（１）

分子=向上 / 分母=一定



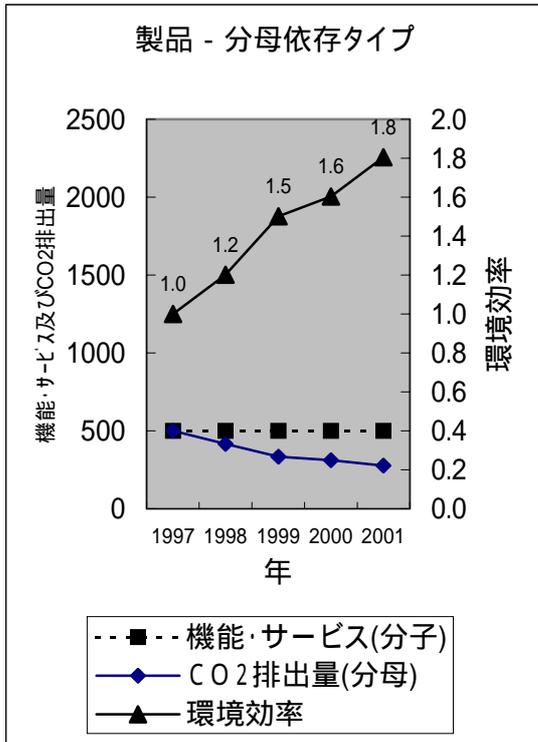
分子依存タイプ（２）

分子=大きく向上 / 分母=向上



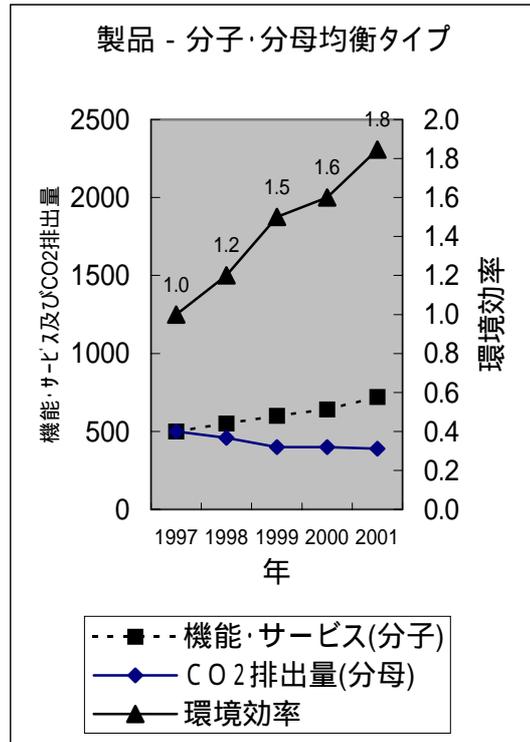
分母依存タイプ

分子=一定 / 分母=減少



分子・分母均衡タイプ

分子=向上 / 分母=減少



その他

2) 差し支えなければ、ファクターの数値についてご回答ください。

【ご注意ください】

ご回答は、p10-11 の回答表にご記入ください。

ファクター

$$\begin{aligned} \text{評価対象の製品・サービスの環境効率指標} &= \boxed{} \quad (\text{a}) \\ \text{ファクター} &= \frac{\text{評価対象の製品・サービスの環境効率指標}}{\text{基準となる製品・サービスの環境効率指標}} \\ \text{基準となる製品・サービスの環境効率指標} &= \boxed{} \quad (\text{b}) \end{aligned}$$

環境効率指標内訳

$$\begin{aligned} \text{評価対象の製品・サービスの環境効率 (a)} &= \frac{\text{価値} = \boxed{} \quad (\text{c})}{\text{環境負荷} = \boxed{} \quad (\text{d})} \\ \text{基準となる製品・サービスの環境効率 (b)} &= \frac{\text{価値} = \boxed{} \quad (\text{e})}{\text{環境負荷} = \boxed{} \quad (\text{f})} \end{aligned}$$

なお、評価対象製品（サービス）と基準製品（サービス）の価値を同一とみなす場合は、各々“1”と記入してください。

3) ファクターの結果が1)の回答のようになったのは何が原因ですか。該当する番号に をつけてください。（複数回答可）

【ご注意ください】

ご回答は、p10-11 の回答表にご記入ください。

- 1．内的原因（技術開発、環境保全活動の徹底・充実、業務効率化等）
 - 2．外的原因（消費者嗜好の変化、環境政策（規制や優遇措置等）
 - 3．分からない

- 4) 3) で「1. 内的原因」を選択した方にお伺いします。
内的原因として考えられるものは、次のうちどれですか。該当する番号に をつけてください。(複数回答可)

【ご注意ください】

ご回答は、p10-11 の回答表にご記入ください。

- 1. 環境負荷(分母項目)を削減する技術の開発
- 2. 製品・サービスの価値(分子項目)を向上させる技術の開発
- 3. 環境保全活動の徹底(省エネ、歩留まりの向上、再生原料の使用等)
- 4. 業務の効率化(組織改正、ITの活用による業務効率化等)
- 5. 環境効率指標、ファクター導入以外の自社努力による販売量拡大製品・サービスあたりの環境負荷の減少)
- 6. その他

{ }

- 5) 3) で「2. 外的原因」を選択した方にお伺いします。
外的原因として考えられるものは、次のうちどれですか。該当する番号に をつけてください。(複数回答可)

【ご注意ください】

ご回答は、p10-11 の回答表にご記入ください。

- 1. 市場環境の変化による販売量の拡大
- 2. 規制型の環境政策(有害物質の排出濃度規制等)
- 3. 企業の環境負荷低減に優遇措置を与える環境政策
- 4. 環境効率の向上した製品・サービスを購入する側(消費者、取引先企業)に優遇措置を与える環境政策(該当する製品に対する所得税の免除等)
- 5. その他

{ }

6) 今後、環境効率指標およびファクターの向上に必要な要因には、何が挙げられますか。該当する番号に をつけてください。(複数回答可)

【ご注意ください】

ご回答は、p10-11 の回答表にご記入ください。

- 1 . 環境負荷を削減する技術の開発
- 2 . 製品・サービスの価値を向上させる技術の開発
- 3 . 環境保全活動(省エネ、歩留まりの向上、再生原料の使用等)の推進
- 4 . 業務の効率化(組織改正、ITの活用による業務効率化等)の推進
- 5 . 環境効率指標、ファクター導入以外の自社努力による販売量拡大
- 6 . 環境配慮型の製品・サービスの需要の喚起
- 7 . 規制型の環境政策(有害物質の排出濃度規制等)
- 8 . 企業の環境負荷低減に優遇措置を与える環境政策
- 9 . 環境効率の向上した製品・サービスを購入する消費者に優遇措置を与える環境政策(該当する製品に対する所得税の免除等)
- 10 . 市場環境の変化(環境配慮型の製品・サービスに対する需要の拡大等)
- 11 . その他

()

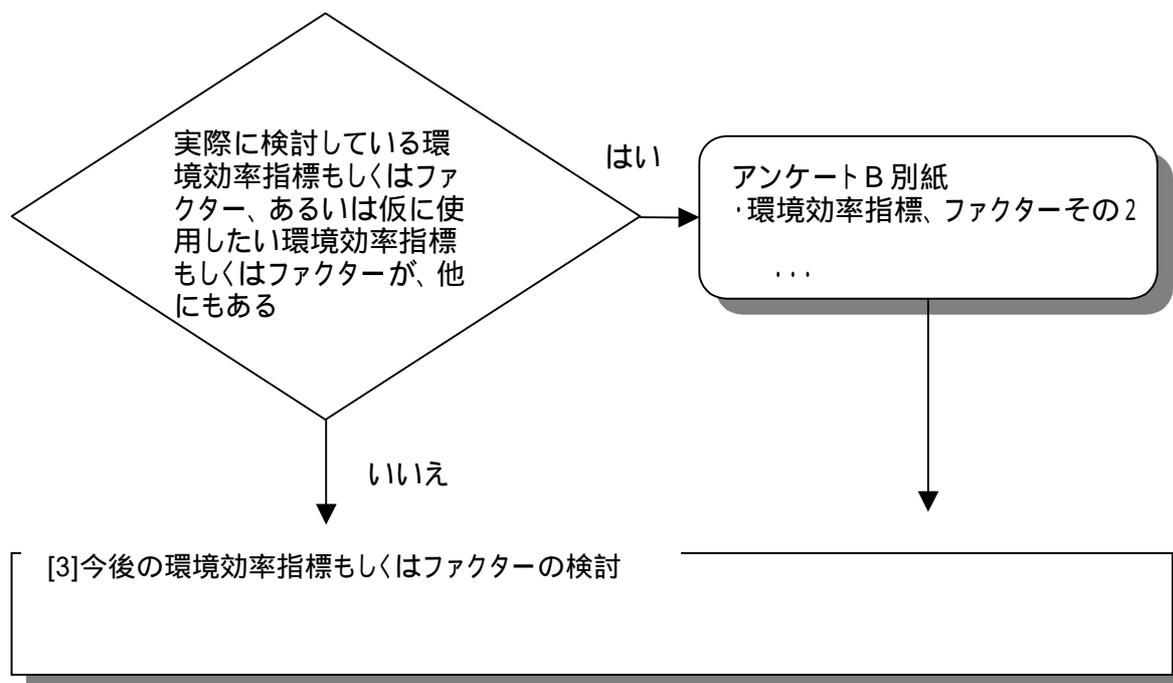
7) 6) の各要因の中で、重要だと考えられる上位3つの要因を挙げてください。

【ご注意ください】

ご回答は、p10-11 の回答表にご記入ください。

1 位		2 位		3 位	
-----	--	-----	--	-----	--

環境効率指標もしくはファクターの内容と結果 は以上です。



実際に検討している（使用してみたい）環境効率指標もしくはファクターが他にも存在する場合：

アンケートB別紙（19頁の後に添付）環境効率指標、ファクターの内容と結果2へお進みください。

実際に検討している（使用してみたい）環境効率指標もしくはファクターが他には存在しない場合：

次頁 p18 [3] 今後の環境効率指標もしくはファクターの検討へお進みください。

[3] 今後の環境効率指標もしくはファクターの検討

- (1) 今後、環境効率指標もしくはファクターの使用を検討しますか。
該当するものに をつけてください。

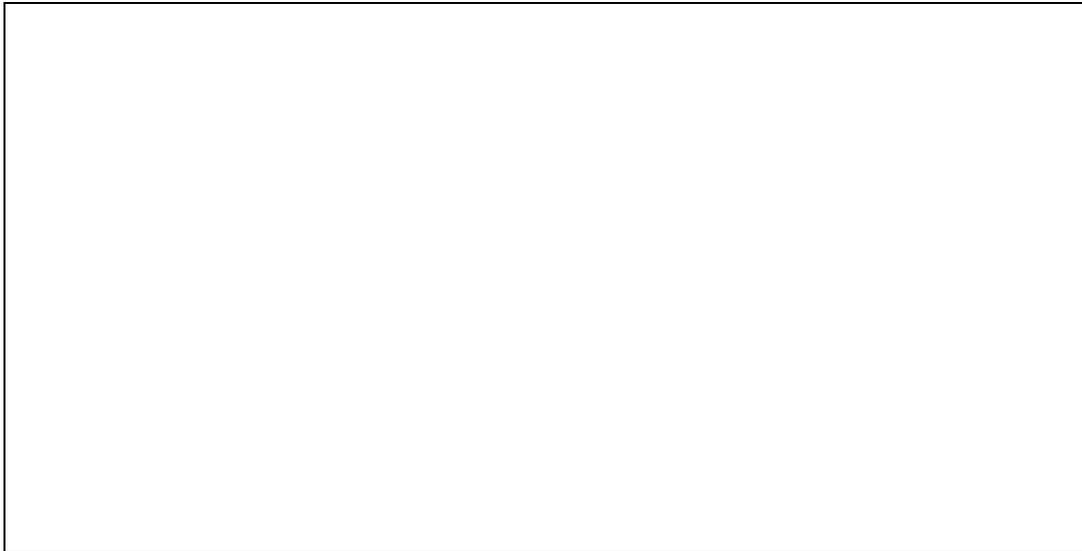
1. 今後も引き続き検討する
2. 現在は検討していないが、今後検討したい
3. 検討する予定はない
4. 分からない

- (2) (1)「3. 今後、検討する予定はない」を選択した方にお伺いします。それはなぜですか。該当するものに をつけてください。(複数回答可)

1. 環境効率指標、ファクターでは、自社の製品・サービスの価値が正しく反映されないため
2. 環境効率指標、ファクターでは、環境負荷の実態が正しく反映されないため
3. 環境効率指標、ファクターでは、自社の製品・サービスの評価に不利であるため
4. 環境効率指標、ファクターを計算するための労力がさけないため
5. その他

()

(3) その他、環境効率指標もしくはファクターについて、ご意見がございましたら、
お願いいたします。(自由回答)



ご協力ありがとうございました

環境効率・ファクター算出ガイド

1. 算出に当たって

a) 環境効率は様々に定義可能である

環境効率とは、製品やサービスの生産・消費にともなう環境負荷を定量的に示す指標であり、それが大きいほど環境に望ましい。ファクターとは、同じ製品・サービスについて生産方式や時代による環境効率の違いを比で示したものである。その算出は、有限な物質系である地球システム内での人間活動を持続可能にする一助となるが、環境効率には多様な定義が可能であり一意的普遍的なものではない。

b) 環境効率は持続的発展の指標である

環境効率は多様な定義が可能である。どのような定義を用いるかは、したがって第一に、製品・サービスの環境性能を如何にアピールできるかによって決定することができる。ただし、その本来の目的から見て、現実世界からかけ離れた定義は欺瞞に陥る危険があり注意を要する。環境効率は持続的発展という最終目標のための定量化しやすい実務的指標であることを忘れてはならない。

2. 環境効率の計算（一般論）

a) 人間活動の物理的側面

人間活動は、意図的な資源の使用による何らかの便益の享受に要約される(図1)。すなわち、資源(物質、エネルギー)と知識(情報、科学技術)が投入され、ベネフィット(製品、サービス)が得られる。この時、意図した製品・サービス以外の排出物(物質、エネルギー)が環境負荷となる。投入や排出が起きる境界をバウンダリーと呼ぶ。

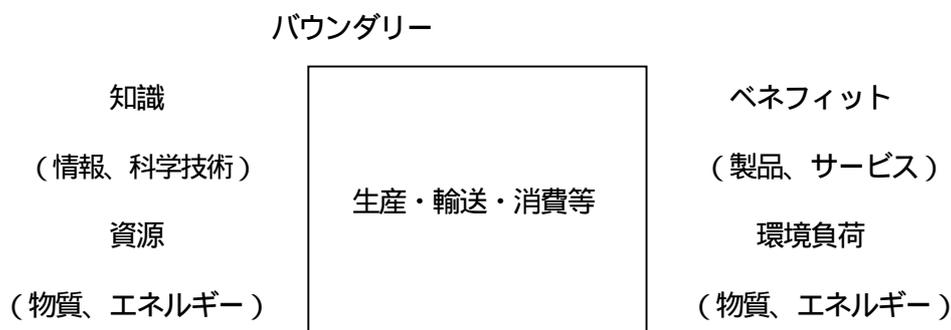


図1 人間活動の基本

ここで、資源、環境負荷および製品は物理的に定量可能な物質とエネルギーであるのに対し、知識とサービスは物理的には定量されないという特徴がある。この区別は、人間活動による大量採取と大量廃棄が環境に影響を与えているという環境問題の本質から見て重要である。すなわち、物質系である地球生命維持システムに影響をもたらす物質やエネルギーといった物理的に定量されるもの出入り量こそが環境負荷として本質的であり、これらが定量的に求められなくてはならないからである。

b) 効率算定の基礎単位は工程であり、ライフサイクルは考えなくて良い

バウンダリーの中にふくまれる人間活動の最小単位は工程である。これは、製品のライフサイクル全体をバウンダリーの中にふくむLCAとは大いに異なる。境界の中に複数の工程が入っても良いが、ライフサイクル全体をふくむ必要はない。

3. 環境効率の計算 (具体論)

図2に、境界内に工程が一つ(工程A)だけあり、その工程に2つの知識インプット(K_i, i = 1~2)、5つの資源インプット(R_i, i = 1~5)、2つのベネフィットアウトプット(B_i, i = 1~2)、6つの環境負荷アウトプット(L_i, i = 1~6)がある場合を示す。



図2 工程が一つの場合

この時、環境効率Eは、 $E = f(B_j) / g(R_s, L_i)$ で表される($j = 1 \sim 2, s = 1 \sim 5, i = 1 \sim 6$)。ここで、fはベネフィット(製品・サービス)の量、gは環境負荷の程度、を示す任意の関数である。(注:分母をRの関数とした $f(B_j) / h(R_i)$ を資源生産性と呼び、分母をLの関数とした $f(B_j) / h(L_i)$ を環境効率と呼んで区別することがある。)

したがって、関数の定義により原則的には無限の種類環境効率が求められる。今、単純に、製品B₁を分子とし、排出される環境負荷一つ(L_i, i = 1~6)を分母としても、6種の環境効率が求められる。しかし、これらの中でその向上を主張する意味があるものは通常、少数に限られる。

工程Aだけでは環境効率の向上が小さいあるいは無いが、工程Aで作られた製品が次の工程Bの環境効率の向上に資する場合には、工程Bも境界内にふくませることが出来る。これを図3に示す。



図3 工程が2つの場合

以下、同様にして、環境効率の向上が見られるような範囲までバウンダリーを拡張する（境界内の工程を増やす）ことができる。後に「4.c）バウンダリーの厳守」で述べるように、一旦設定したバウンダリーは厳守しなくてはならない。したがって、バウンダリー設定の仕方は任意であるが、よく考えておこなうべきである。

バウンダリーの取り方に関わらず、環境効率Eは、 $E = f(B_j) / g(R_s, L_i)$ で表される。fは製品・サービスの量、gは環境負荷の程度、を示す任意の関数である。

4. 環境効率の計算における個別留意事項

a) 環境効率の分母と分子の選択における基本原則

環境効率の分母となる関数を決定する基本は、当該工程による環境負荷の影響を受ける地域（ローカルからグローバルまで有り得る）の環境容量との関係である。一方、分子となる関数は当該工程によって提供されるベネフィットが人間のニーズとどのような関係があるかで選ばれる。

b) 分母と分子の特徴

環境効率の分母である環境負荷は定量可能な物理量だけで決まる。一方、分子はサービスのように物理的に定量されないものを含むことも可能である。したがって例えば、ペンキに関して「美観の付与」を何らかの数値で表現して分子に含むことは可能であるが、分母には「美観の付与」そのものを含むことはできない。「美観の付与」が製品への愛着となり長期間使われることになるといった文脈で「製品寿命が延びることによる単位時間当たりの環境負荷発生の低減」を定量し分子に計上することは可能である。

c) バウンダリーの厳守

一旦設定したバウンダリーは厳守する。バウンダリー外での環境負荷を環境効率の算出に取り込んではならない。すなわち、投入される資源・エネルギーの製造における環境負荷等は考えない。

同様に、対象とする製品・サービスがバウンダリー外の工程の効率改善に使われることもカウントしない。製品自体がエネルギー源となる場合であっても、その分を製造に要するエネルギー消費から控除しない。さもないとダブルカウントになるからである。これは特に、対象とする製品が素材である場合に注意を要する。分母は素材製造の環境負荷とし、その素材が使われている最終製品が果たすサービスは分子に計上しない。バウンダリーの設定は、「一旦設定したバウンダリーは厳守する」ことを十分に踏まえておこなう必要がある。

d) 再生可能資源とリサイクル材もバージン材と同様にカウントする

再生可能資源の投入とそれに伴う環境負荷発生も、再生不能資源と同様に、 R_i 、 L_j として物質収支上ではカウントする。これはリサイクル材についても同様である。さもないと、マスバランスが狂うからである。

e) 異なる資源から発生する同じ環境負荷を合算しなくても良い

異なる資源から発生する同じ環境負荷を分母にどう取り込むかは任意である。すなわち例えば、バイオマスがエネルギーとして利用され二酸化炭素を発生する場合には、その二酸化炭素を、原油を燃やした結果出てくる二酸化炭素と別扱いすることは許される。廃棄タイヤやプラスチックを燃やして出てくる二酸化炭素も同様の扱いが可能である。言うまでもなく、このような扱いについては、選択した関数 g の記述の際に記載する。

f) 解釈やデータの中が狭い設定が望ましい

定量的結果を得るため、曖昧さや多様な解釈をできるだけ排除して解釈やデータの中が狭いところまで条件を絞ることが望ましい。このために、対象とする製品・サービスを絞る(例えば、「プラスチック」で括るのではなく「家庭用ラップ」にする)、多種の製品ないしサービスを提供するものについても、代表的な製品或いはサービスに絞って(例えばペットボトルであれば炭酸用1500mlボトルの加工に限るなど)、その提供に要する環境負荷を求める。

g) データ採用の優先順位

想定した工程に関する物質・エネルギーのデータ採用順位は次のようである(質が異なる複数のデータが存在する場合、記号 > の左に位置するデータをなるべく採用する。)

- 1) フォアグラウンドデータ > バックグラウンドデータ
- 2) 個別データ > 平均値
- 3) 当時の生データ > 当時の推定データ > 現在のデータ
- 4) 現地のデータ > 広域データ > 他所のデータ

h) 欠落データの扱い

データがまるでない場合はケースバイケースで決めるしかなく、通則はない。極力、何らかの推定値を出し、その事実と推定手順を明記する。

i) 廃棄・リサイクル関連データもバージン材のものと同様にカウントする

設定したバウンダリー内に廃棄物処理工程がある場合には、それによる環境負荷発生もカウントする。廃棄されずにバウンダリー内でリサイクルされる場合には、リサイクルによる環境負荷の発生をカウントする。廃棄物処理やリサイクルに関する過去のデータがないなどの場合は上記「g) データ採用の優先順位」と「h) 欠落データの扱い」に準じる。

5. ファクターの算出

対象とする製品・サービス、設定したバウンダリー、環境効率の計算法。これらが同じという条件で、環境効率をそれぞれ工程別、新旧別などで求め、その比を取り、ファクターとする。ファクターは比率量であり、無次元数となる。

たとえば、 という生産方式と という生産方式との間の環境効率のファクターFは：

$$F = E / E \quad \text{で与えられる。}$$

2000年の生産方式と1950年の生産方式との間の環境効率のファクターFは：

$$F = E_{2000} / E_{1950} \quad \text{で与えられる。}$$

6. 算出結果の記載

a) 課題等の積極的明示的指摘

結果の記載に当たっては、基礎となる数値データに加えて、算出にあたって問題・課題・難題と思われた事項を列挙する。その際、その理由も併記する。さらに、得られた環境効率・ファクターから問題・課題・難題を示す（例：仮に過去30年、旅客輸送の環境効率が半減したという結果が得られた場合、その原因として鉄道利用から自動車利用への転換があるとして、都市計画レベルでの対応が必要という課題が出てくる）。環境効率の変化をもたらした（あるいは妨げていた）技術的・政策的ポイントを抽出、指摘する。今後の環境効率向上に資する技術的・政策的ポイントも指摘する。この環境効率・ファクター算出指針についても、問題点の指摘などを積極的におこなう。

b) 記載項目

記載項目を以下に示す。

1) 算出基礎と結果

選定した製品あるいはサービスと選定理由

算出した指標（環境効率、ファクター）

仮定したバウンダリーとその選定理由ならびにバウンダリーにふくまれる工程

バウンダリーを出入りする知識（K）、資源（R）、ベネフィット（B）、環境負荷（L）

各データと、それぞれの質

環境効率の分母（関数g）、分子（関数f）の定義とその選定理由

計算結果（ファクターについては時系列、方法別などの区別も含む）

2) 環境効率・ファクターの変化をもたらした原因についての考察

環境効率向上に影響を及ぼした技術（例：正確な位置決め技術の開発、精製法の工夫、コロンブスの卵的発想に基づく技術革新）

環境効率向上に影響を及ぼした社会的要因（政策 - 例：国家プロジェクトによるブレークスルー、研究助成・免税、市場動向 例：消費者の嗜好変化・多様化）

3) 環境効率・ファクターの変化がもたらした影響についての考察

環境効率向上が及ぼした技術的波及効果（例：他の製品製造の環境効率向上に寄与）

環境効率向上が及ぼした社会的影響（例：大量普及による市場拡大）

環境効率向上が、それに見合う環境負荷の低減を現実にもたらしたか否か（もたらした場合、ファクターに較べてどれくらいか。もたらさなかった場合あるいは却って増大した場合、その理由は何か。）

4) 今後、環境効率を向上させるための課題

技術的課題（例：原料純度の現場測定と調整、各生産工程の時間差調整）

政策的課題（例：規制の撤廃）

環境効率・ファクター計算方法論上の課題

再生紙使用