

企業の環境活動に関する将来シナリオを 検討する環境効率指標の要因分析と評価

岡野 雅通¹

¹正会員 博(工) 大阪大学特任助手 大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻 (〒565-0871 吹田市山田丘2-1)

E-mail: okano@ecolonia.env.eng.osaka-u.ac.jp

事業活動における環境と経済の関係を評価する指標である環境効率がWBCSD等によって提唱されており、日本国内における多くの企業も導入しているが、実際の企業活動において参照しようとした際には、結果的にどのような数値になったか、という事後的な現状分析の評価が中心となり、将来目標を提示するにとどまっている。本稿では、企業の財務指標と環境指標を用いて環境効率を4つの指標に要因分解することにより、持続可能あるいは循環型という将来像に至るまでのロードマップの提示に寄与するための基礎的な検討を行うものである。

Key Words : eco-efficiency, environmental cost, environmental accounting, factor analysis

1. はじめに

持続可能な社会の実現を目指し、あらゆる組織に対して社会的な責任の一端として、環境負荷の低減および循環型の社会システムの構築が求められている。特にこれまでの日本国内では企業をはじめとして、新規技術の研究開発や環境マネジメントシステムの導入を通じて、事業活動の中で対応がとられてきた。これらの活動を推進するためには、環境と経済の両立が必要不可欠となっている。これは経済性を犠牲にした環境活動が組織にとっては持続可能でないことを示しているが、同時に経済性を担保できる環境活動については社会への普及も早く、市場経済において合理的であると言える。

このように、事業活動における環境と経済の関係性を評価する指標として「環境効率 (Eco-Efficiency)」が提唱されている。WBCSDが発行している「Measuring Eco-Efficiency: A guide to reporting company performance」によると、環境効率は持続可能性を指向する組織にとって有用な概念であり、以下の(1)の式で定義されている¹⁾。

$$EE = \frac{\text{Products or Service value}}{\text{Env.Influence}} \quad (1)$$

また、日本国内では、平成15年3月に閣議決定された循環型社会基本計画において、GDPと天然資源等投入量から「資源生産性」として、将来の目標値を設定するための指標として採用されている²⁾。さらに、これらの指

標に注目した研究も多く見られ、物質やエネルギーのマテリアルフロー分析と連動してマクロ分析を行う研究³⁾や、指標としての環境効率に注目した地域スケールでの分析事例も行われている⁴⁾。しかし、これらの研究で取り上げられている環境効率はきわめてマクロ的な指標であり、実際の企業活動において参照しようとした際には、結果的にどのような数値になったか、ということで事後的な現状分析の評価が中心になってしまう点が指摘できる。すなわち、目標として環境効率の数値を提示するのみならず、持続可能あるいは循環型という将来像に至るまでのロードマップの提示に寄与するために、もう一段の検討が必要であると言える。

本稿においては、環境効率をより企業に代表される組織における経済活動に密接に結びつけるため、近年発展してきた環境会計 (Environmental Accounting) において集計されている環境コスト (Environmental Costs) と、既存の経営指標との連動を図る。これは、企業による環境負荷の低減が、環境活動のみによって変動するものではなく、経済活動の規模の縮小・拡大、あるいは生産の効率化・合理化等の諸要因による影響も受けることを勘案してのものである。その方法として、環境効率を複数の指標に分解し、それぞれの指標の要因分析を行う。以上に基づき、現状から将来の姿に至る過程において参照すべき指標を導くことを目的とする。さらに、実際の企業が公表している財務面および環境面でのデータを基にしてその効果を検証するものとする。

2. 環境効率の定義と実践例

環境効率は経済パフォーマンスと環境パフォーマンスを分子と分母にとることと得られる指標であり、一般的には(1)式で与えられることを前章で述べた。しかし、実際にはそれぞれの分子・分母に投入される指標と共に、環境効率の計算式についても、分子と分母を入れ替えたもの等、多くの定義が提唱されている。

本章では環境効率の定義について整理すると共に、その実践的な導入例について整理する。

(1) 分子・分母に投入する指標

a) 付加価値を示す指標

(1)式の分子「Products or Service value」は、一般的に経済活動に伴って創出された付加価値が相当する。先述のWBCSDの定義に従うと、物理量、金銭価値、機能という3つの指標に関連するとされている¹⁾。

さらにこれを検討すると、物理量としては経済活動に伴って産出され、社会に提供される量が挙げられる。具体的な例としては、石油精製業界におけるガソリンや灯油等の生産・供給量、電子・電機業界における生産台数や販売台数が挙げられる。次に、金銭価値としては、企業の会計システムで集計される、売上高や経常利益、当期純利益といった財務的な指標が挙げられる。さらに、機能としては経済活動に伴い、消費者や顧客に対して与えられるサービスを示すもので、鉄道業界における「輸送人キロ」等の単位で与えられる輸送量、建設・建築業界における着工床面積等の実績値、に相当する。

b) 環境影響を示す指標

(1)式の分母に相当する「Environmental Influence (環境影響)」に関しては、経済活動に伴って発生する環境負荷量およびその被害・影響量が相当する。ここには、製品・サービスを産出する活動に伴う環境影響のみならず、製品・サービスの使用・廃棄を含んだライフサイクルでの環境影響を検討することが望ましい。

WBCSDの定義においては、製品・サービスの提供に伴うものとして、エネルギー消費、物質消費、天然資源消費、製品ロス、事故が挙げられている。さらに、製品使用時等に関しては、製品およびサービス特性、容器包装廃棄物、製品のエネルギー消費、使用・廃棄を通じた排出物が挙げられている¹⁾。

これらをより具体的に検討すると、地球温暖化の主要な原因物質であるCO₂の排出量、また混合物質である廃棄物の排出量や最終処分量等が相当する。さらに最近では異なる環境負荷の影響評価を行うことで、統合した被害額等を算定する例も見受けられる。この手法によって得られた総環境負荷量も環境影響の指標となる。

以上のa)とb)をまとめると、表1のようになる。

表1. サービスと環境負荷の類型

	WBCSDの類型	具体例
サービス*	物理量、貨幣価値、機能	売上高、純便益、生産・販売量、輸送量、床面積、等
環境負荷	エネルギー消費量、物質消費量、天然資源消費量、製品ロス、事故	単独物質 CO ₂ , SO _x , NO _x , PM, COD, 等
	製品・サービス特性、容器包装廃棄物、エネルギー消費、使用・廃棄時の排出物	混合物質 廃棄物発生量、排水量、埋立処分量、等
		統合指標 エコバラン (BUWAL) ⁵⁾ JEPIX (SMF他) ⁶⁾ LIME (AIST) ⁷⁾ Eco-indicator 99(Pre) ⁸⁾ EPS (CPM) ⁹⁾

*便宜上「Products or Service value」をサービスとした。

(2) 環境効率の算出式

環境効率の算出にあたっては、(1)式と表1の各種指標の組み合わせのみでも、非常に多岐に渡っていることが分かる。さらに、環境効率は、算出式の分子と分母の組み合わせによって、さまざまな意味を有する指標として再構成される。

例えば、(1)式は単位環境負荷あたりの製品およびサービスの価値を示している。この数値は大きくなるほど、環境面と経済面に適合した経済活動を実施していることを示す。先述のようにマクロ指標として国・地域レベルでの評価にも使われるが、組織全体の評価においても適用されており、日本国内の企業の多くが採用している。「環境効率を2倍にする」等の目標設定にも使われている。また、この(1)式の分子と分母を入れ替えた算出式は、ほぼ同じ意味を有するが、単位付加価値あたりの環境影響であり、同じ製品やサービスの質を比較評価する際に有効である。

一方で、環境負荷を削減する目的に特化した費用である環境コストに注目すると、(2)式が得られる。

$$EE = \frac{\Delta Env. Influence}{Env. Cost} \quad (2)$$

(2)式では、投入した環境コストと、ベースラインとして定めた現状値等に対して変動した環境影響の量、すなわち環境影響を改善する際の効率性が得られる。複数の代替案が存在するプロジェクトの評価等においては、現状維持も含めた比較評価の際に有効な指標となりうる。ただし(2)式の環境効率の問題点としては、環境コストの投入以外の諸要因による影響が見えにくいことが挙げられる。そのため、企業等の組織全体の評価においては、環境コストの投入と経済活動の規模の変化量のいずれが環境影響の変動をもたらしているのかを別途検討しなくてはならない。

(3) 環境効率の実践例

環境効率を実際に導入している実践事例としては、企業による環境報告書への開示が多く見られる。1990年代後半より、大手企業を中心とした環境報告書の発行が相次いだ。その中で1年間の環境活動の総括として、環境効率を指標として用いている。

(1) 式を採用している企業としては、大林組、関西電力、新日本石油、ソニー、トヨタ自動車等の企業である。経年的に数値の変化を示しており、継続的な環境活動の展開を表現している。特にソニーにおいては、環境負荷ごとに環境効率を算出している。また、麒麟ビールや富士ゼロックスのように、(1) 式の逆数(分子と分母を入れ替えた算出式)を採用している企業もある。

一方、(2) 式を導入している例としては、大成建設、日立製作所、富士通等の企業が挙げられる。

以上をまとめると、表2のようになる。

表2. 各企業の環境効率指標の導入状況

環境効率の種類	採用している企業 (50音順)
(1) 式	大林組、関西電力、新日本石油、ソニー、大成建設、トヨタ自動車、等
(1) 式の逆数	麒麟ビール、富士ゼロックス、等
(2) 式	大成建設、日立製作所、富士通、等

3. 環境効率の要因分析

2章で示したように、環境効率はあくまでも特定の製品・サービス等の付加価値の創出と、それに伴う環境影響の関係を示しているが、企業を例にとった場合、実際の事業活動との関係性が見えにくいことがある。

そのひとつの問題点については、(2) 式で表される環境効率の課題で述べたように、環境活動以外の要因による環境負荷物質への影響である。

この問題はミクロレベルでの問題に限らず、マクロレベルでの指標として用いる際にはさらに重要な論点となる。国や地域スケールの評価においては、経済成長や輸出入による影響等、さらに多種多様な要因に関わることとなるためである。

これに対するひとつのアプローチとして、松野・森口の研究では循環型社会白書に掲載されている、日本のマクロな物質収支を評価する指標である環境効率(資源生産性)を、(3) 式のように分解してシュミレーションを行っている。なお、この式の前提として、「天然資源の消費量=GDP×(天然資源の消費量/GDP)」としたときに、「(天然資源の消費量/GDP)」を小さくすることを目標にすることが、天然資源の消費の抑制を直接に目標とすることになり近いことになるという点が挙げられている¹⁰⁾。

$$\text{資源生産性} = \frac{DMI}{GDP} \quad (3)$$

$$= \sum_k \sum_i \frac{DMI_k}{(DMI+R)_k} \times \frac{(DMI+R)_k}{F_i} \times \frac{F_i}{F} \times \frac{F}{GDP}$$

ただし、DMI: Direct Material Input (直接物質投入量)、R: 循環利用量、F: 最終需要、k: 資源種を表す添え字(4種)、i: 財・サービス種を表す添え字(17種)である。その結果、現状の経済成長や貿易構造の数値に基づくと、平成22年までの目標値を、今後の最大限の努力の下で達成できることを示している。

さらにこの議論を発展させると、どの資源種に特に注力すべきか、といった点等が得られると共に、企業や自治体、家計等の各セクターにおける目標値と行動計画に引き付けることができるものと考えられる。これによって、最終的な目標達成のために各セクターはどのような行動をとる必要があるのかをロードマップとして提示することができると考える。

以上の議論を参考に、本稿においては、(1) 式で表される環境効率を分解することで要因分析を行い、企業活動が将来へ向けて取り組むべき方向性を導く指標を導出する。以下に、要因分解式を示す。

$$EE = \frac{\text{Service}}{\text{Env.Influence}} = \frac{S}{E.I.} \quad (4)$$

$$= \frac{S}{T.C.} \times \frac{T.C.}{E.C.} \times \frac{E.C.}{\Delta E.I.} \times \frac{\Delta E.I.}{E.I.}$$

ここで、T.C. は経済活動に伴う総コスト(総原価)を示し、会計システム上では、売上原価と販売費および一般管理費の総計から得られる。また、E.C. は環境コストを示しており、環境会計を通じて得られる、組織の環境活動に伴って発生するコストの総計である。なお、算出にあたって用いる各数値は、いずれも特定の期間(例えば1年間)に発生するものとし、他の数値との整合を取るものとする。

さらに、上式の各項について説明する。

$$\frac{S}{T.C.} : \text{企業活動に伴う経済効率性}$$

$$\frac{T.C.}{E.C.} : \text{全コストに占める環境コストの割合の逆数}$$

$$\frac{E.C.}{\Delta E.I.} : \text{環境負荷削減効率を示す(2) 式の逆数}$$

$$\frac{\Delta E.I.}{E.I.} : \text{環境影響の変化率}$$

第1項は、経済合理性を示しているため、(1)式で与えられる環境効率の値が大きくなったとしても、それが経済活動の合理化によるものであれば、この項の数値のみが大きくなる。

第2項は、環境活動を目的として組織が投下するコストの割合の逆数を示すが、各企業あるいは業種に応じた適切な水準があり、大きな変動は起こりにくいと考えられる。また、予算制約の側面からも、経年的な変動量はさほど大きくはないものと考えられる。

第3項は、(2)式で示した環境負荷の削減効率の逆数である。削減効率が高いほどこの項の数値はゼロに向けて大きくなるが、削減余地が大きい場合と、革新的な技術による場合とで評価する点も異なり、環境影響の総量等の他項との関係を見た上で判断する必要がある。

第4項は、環境影響の変化率であり、環境負荷の削減量が効果が大きいほどこの項の数値がマイナスの値で大きくなる。

以上より、(1)で算出された環境効率の数値は何が要因となっているのか、という点を抽出するために、環境効率を4つの項に要因分解した。また、将来の目標値に対して、今後の改善の余地はどの部分にあり、どういった活動水準で進めていけばよいのか、といった点について検討することが可能になる。

4. 環境効率の要因分析

3章での環境効率の要因分解の妥当性を検証するため、実際の企業の公表数値を用いて評価を行う。ただし、本稿における分析では、特定組織の現在の状況を分析することは主目的としていないため、仮想企業Aを対象とした評価を行う。なお、仮想企業Aの財務パフォーマンスおよび環境パフォーマンスについては、実際に建設業界に属する5社の数値を平均化した数値を用いるものとする。データによる評価期間は各社のデータの測定精度や公表状況を整理した結果、2001年～2003年度のものをを用いる。なお、財務パフォーマンスのうち、総コスト（総原価）としては、損益計算書に記されている「売上原価」と「販売費及び一般管理費」を合算した数値を用い、(1)および(4)式の「Products or Service value」に相当する数値としては「営業利益」を用いた。これは「営業利益」が主たる業務における経営の効率性を示すものであり、非定常な損益（特別損益）や本業以外の損益（営業外損益）等の数値を含まないため、各年度の収益状況を明確に示すという判断に沿ったものである¹¹⁾。

一方、環境パフォーマンスとしては、地球温暖化の原因物質とされ、近年の企業の環境活動の進展を評価する際の代表的な指標である二酸化炭素（CO₂）を用いる。

表3に、その数値の経年変化を示す。

表3. 仮想企業Aの数値データ

	2001	2002	2003
CO ₂ (t)	226,667	215,580	198,380
ΔCO ₂ (t)	-18,406	-11,087	-17,200
環境コスト(百万円)	18,920	19,616	19,037
総コスト(百万円)	1,087,373	1,024,164	983,850
営業利益(百万円)	25,185	21,509	27,237

表4. 要因分解した各項の数値

	2001	2002	2003
環境効率	0.11	0.10	0.14
第1項	0.023	0.021	0.028
第2項	57.47	52.21	51.68
第3項	-1.03	-1.77	-1.11
第4項	-0.081	-0.051	-0.087

表5. 各項の変化率

	2001～2002	2002～2003	2001～2003
環境効率	90%	138%	124%
第1項	91%	132%	120%
第2項	91%	99%	90%
第3項	172%	63%	108%
第4項	63%	169%	107%

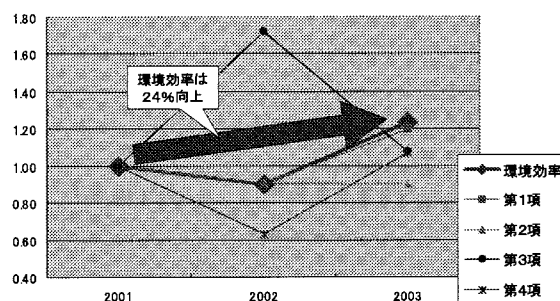


図1. 各項の変化率の推移

続いて、表3の数値を(4)式に基づいて計算した結果を表4に示し、さらにその変化率を表5と図1に示す。

表5および図1より、環境効率は2001年から2002年にかけて10%落ち込んだものの、2003年にかけてトータルで24%向上したことが見てとれる。具体的にその要因を検討するために各項の変化率に注目すると、2001年から2003年にかけての環境効率の向上率が24%であるのに対して、経済合理性を示す第1項に注目すると同じ期間に20%向上していることが分かる。続いて環境影響の変化率を示す第4項に注目すると、環境影響は着実に削減されていることが分かり、経済活動の効率化と環境負荷の削減が両立できていることが分かる。

一方、第2項の変化率に注目すると、比較的大きな変化はないものの、環境コストの占める割合が徐々に増加している状況が分かる。これは、環境対策の進展に伴って組織が負担する費用が相対的に増加していることが反映されていると考えられる。

次に、第3項に注目すると、2002年に環境コストの投入に伴う環境影響の削減効率が低くなっており（数値としては正の値で大きくなっており）、突出していることが分かる。これは建設リサイクル法の施行に伴って、CO₂対策以外の資源循環を目的とした環境コストが急激に増加したことが要因として考えられる。

また、このような環境効率を向上させるような環境活動推進の背景として、建設業界における2000年度～2001年度が、環境経営への大きな転換期であったことが挙げられる。まず、大きな法律面の改正として2000年に成立した循環型社会形成推進基本法から建設リサイクル法、グリーン購入法等が成立したことが挙げられる。次に、(社)日本建設業団体連合会が2001年度に公表した、「建設業における環境リスクマネジメント—EMSの戦略的活用—」、「CO₂削減量実態調査報告書—平成12年度調査結果—」、「建設業における環境会計ガイドライン（中間とりまとめ）」等が、業界としての環境活動の推進を促したことが挙げられよう¹²⁾。

以上の経年的な変化を見ることにより、この仮想企業Aにおける環境活動は、環境コストの比重を徐々に高めつつ、環境負荷を確実に削減しながらレベルアップしており、経済面におけるロスの低減等による合理化の進展とあいまって、環境効率の向上を牽引していることが分かる。その結果、環境活動そのものが年々効率的かつ効果的になっていると共に、企業全体としても持続可能になりつつある、と分析することができる。

5. 結論と今後の課題

環境効率の要因分解によって、組織の環境活動を評価するための指標を作成し、仮想企業を対象とした分析を行った。

今後はこの指標を将来的な目標値へ向けてのロードマップを描くための指標として、要因分析の結果を将来シナリオに反映させることが必要となる。環境活動の推進にあたっては、将来に向けての売上高や営業利益に基づく業績予測や、合理化の推進に伴うコスト削減の目標値等の経営パフォーマンスと、環境影響や環境コストといった環境パフォーマンスとを連動させることが重要となってくる。これによって、今後の環境活動の展開を戦略的に検討する指標として活用することを想定している。

具体的には、将来の目標値（例えば「2010年までに環境効率を2倍にする」等）を設定した上で、この目標に向けて、どのくらいの水準の環境コストを投入して環境活動を実施し、どの程度の環境負荷を何年以内に削減していかなければならないか、等という点について検討するための指標とすることである。これに基づいて、組織とし

て掲げた環境目標の定量化を図り、具体的な環境計画の策定に沿った活動の展開に寄与することができるものとする。

今後の課題として、今回の算定においては、複合的な環境活動をも含めて、全て「CO₂削減」を目的にしたものとして環境パフォーマンスをまとめて評価している。これはすなわち、廃棄物処理に必要なコストや化学物質の低減を目的とした環境コスト等も含めていることとなり、目的に応じた環境コストを集計し、評価しなくてはならない点が挙げられる。

また、もうひとつの重要な課題として、近年の環境会計の数値は、ガイドラインの改訂が2年毎に行われていることにも関係するが、年々測定の精度が向上すると共に、その集計範囲も拡大している。測定精度が向上すること自体は望ましい方向性ではあるものの、これまでに得られた結果との比較可能性の側面からは注意が必要である。すなわち、単一の企業においても経年的な比較評価に際しては過去の集計結果を精査あるいは再集計した上で分析を行う必要がある。

最後に、今後の追加的な実証評価の積み上げにより、本稿で示した環境効率指標の要因分解による評価の枠組みの有用性を検証し、必要に応じて改善を重ねていく必要がある。その中で、各業界や組織の現状を分析し、課題を明らかにすると共に、今後の環境活動の方向性を導く羅針盤として活用できるようにしたい。

参考文献

- 1) World Business Council for Sustainable Development ; Measuring eco-efficiency: a Guide to Reporting Company Performance, P.2-9, 2000, http://www.wbcsd.org/web/publications/measuring_eco_efficiency.pdf
- 2) 環境省；循環型社会白書 平成 16 年版，ぎょうせい，P.42-49, 平成 16 年
- 3) 天野耕二・戸辺勝俊・長谷川聖洋；日本全国の都道府県における物質循環評価手法に関する研究，環境システム研究論文集，Vol.29, P.215-223, 2001
- 4) 吉田登・若林俊輔・金子泰純・日下正基；全国の工業集積地におけるエネルギー消費及び可燃性廃棄物排出からみた環境効率の分析，環境システム研究論文集，Vol.32, P.75-82, 2004
- 5) BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) ; BUWAL SR297, 1998 (和訳の一部は、「宮崎修行；統合的環境会計論，創成社，P.468-479, 2001」を参照)
- 6) 宮崎修行・C・ジーゲンターラー・熊谷敏・篠塚英一・永山綾子・環境経営学会/環境経営格付機構；環境パフォーマンス評価係数 (JEPIX) , 2003
- 7) (独) 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，http://unitaist.go.jp/lca-center/time/time_top.html

- 8) Pre' ; The Eco-indicator 99 "Manual for Designers" ,2000
 9) CPM(Center for Environmental Assessment of Products and Material System) ; A Systematic Approach to Environmental Priority Strategies in Product Development (EPS) Version 2000 - General System Characteristics, 1999
 10) 松野裕・森口祐一；循環基本計画の物質フロー目標－指標
 選定と目標水準決定の経緯－, 環境研究 2003, No.130, 日立環境財団, P.18-27, 2003
 11) 伊藤邦雄；ゼミナール現代会計入門, 日本経済新聞社, P.189-208, 2000
 12) (社) 日本建設業団体連合会 Web サイト「レポート 2001」, <http://www.nikkenren.com/publication/2001.html>

ECO-EFFICIENCY FOR FUTURE SCENARIOS OF CORPORATE ENVIRONMENTAL ACTIVITY

Masamichi OKANO

Eco-efficiency, the indicator that shows a relationship of environment and economic, is suggested by WBCSD and others. Currently this indicator is adopted by many corporation in their environmental report, but it is mainly used as an ex post facto evaluation like present data analysis.

This thesis shows a basic consideration about eco-efficiency that contribute to proposition of road-map of future scenarios such as sustainable society by resolving it into four indicators consists of economical and environmental indicators.