

Title	環境効率指標から見た産業のパフォーマンス評価と技術(戦略形成, 一般講演, 第22回年次学術大会)
Author(s)	佐脇, 政孝; 井上, 佳久; 岸本, 充生; 増田, 幸治; 小澤, 寿輔
Citation	年次学術大会講演要旨集, 22: 776-779
Issue Date	2007-10-27
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/7391">http://hdl.handle.net/10119/7391</a>
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨

## 環境効率指標から見た産業のパフォーマンス評価と技術

○佐脇政孝，井上佳久，岸本充生，増田幸治，小澤寿輔（産業技術総合研究所）

### 1. はじめに

ローマクラブが、人口の増加や、大量生産・大量消費・大量廃棄といった現代の産業社会がもたらす地球規模の環境破壊、資源枯渇の恐れなどから、「成長の限界」という警鐘を鳴らしたのは172年のことである。これに対して、1980年代には、環境と開発を両立させようという「持続可能な開発」の概念が提唱された。近年、原油価格の高騰や異常気象といった現実に直面して、持続可能な社会の実現が強く求められるようになってきている。

一方で、現代社会は高度な産業社会であり、増加する人口を維持していく上でも産業社会を維持していかなくてはならない。つまり持続可能な社会の実現には、多くの産業が「持続可能な産業活動」へと産業活動の重心を移動していかなくてはならない。それを実現するために社会制度やライフスタイルの改革とともに、技術革新の果たす役割は大きい。

産業技術総合研究所では第2期研究戦略（2005－2009年）において、「持続的発展可能な社会の経済基盤となる新産業群の創出を目的とした中長期的研究開発の推進」をミッションとしている。そこで、そうした中長期的な研究開発に資するために、新しい技術が持続可能な産業活動実現にどの程度寄与できるかを評価する指標の開発し、産業のパフォーマンス評価と新技術導入が産業のパフォーマンスに与える影響の可視化を試みた。

### 2. 産業活動の重心移動

現代社会は産業活動によって支えられており、産業活動なしには社会は動いていかない。しかし、一方で現在の産業活動は資源の大量消費、あるいは地球環境汚染など地球社会の持続可能性を危うくする大きな原因でもある。

そこで、持続可能な社会を実現するためには、産業活動を持続的なものに変えていかなければならない。多くの企業が、現在の産業活動から持続型の産業活動に移行し、その結果として、産業のレベルでその活動が持続的なものへと変貌すること。吉川弘之はそれを「産業活動の重心移動」と名付けた。

産業は産業技術によって支えられており、持続的な産業活動には持続的な産業技術が必要である。産業活動を持続的なものへと変えていくために、公的研究機関はそうした技術を社会に供給していくべきであるという思想がその背景にある。

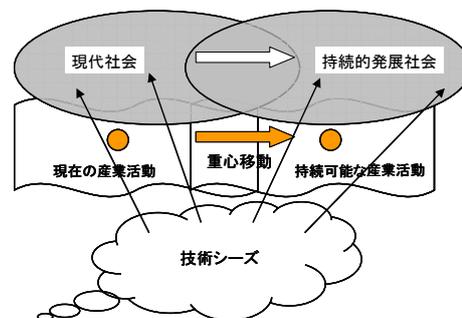


図1 産業活動の重心移動コンセプト

### 3. 産業活動の持続性を測定するための指標

新技術によって産業活動をより持続的なものに変えていくためには、産業活動のパフォーマンスを持続的な観点から測定する指標が必要となる。

エコロジカル・フットプリント（面積指標）やエコロジカル・リュックサック（重量指標）など、社会の持続可能性を測定するための指標として、これまでも様々なものが提案されている。また、その多くは、国または地域を対象としたものである。このほか、製品や企業活動を対象とした「環境効率」という指標が提案されている。これは特定の製品や企業活動が提供する価値（製品の場合は機能など、企業の場合は付加価値額や利益額など）を、その製品の製造や、企業活動を行うに際しての環境負荷（多くはCO<sub>2</sub>排出量など）で割ったものである。

産業活動のパフォーマンスを測定するための指標は、マクロ経済統計等では「産業」を対象とし、現在の産業活動が「どの程度持続的」なものであり、新たな技術を導入することにより「どの程度持続可能性が変化するか」を把握することができるものである必要がある。

#### 4. 産業活動の重心移動指標の開発

##### (1) 指標の考え方

近年、企業活動や製品評価に使われている「環境効率」の考え方を産業レベルに適用し、特定産業の生み出す付加価値をその産業活動で消費したエネルギーや資源で割ったもの（除したものを）を産業の資源生産性指標（環境効率指標）とした。

資源制約がある環境下で、なお経済的な発展をするためには、より少ない資源消費でより大きな付加価値を生まねばならない。すなわち、この指標の値が大きい（資源生産性が高い）ほど、より持続的発展可能な状態であるといえる。

また、この指標の値が増加するという事は、その産業が「より持続的発展可能な状態になる」ということであり、これが産業活動の重心指導を表していると考えられるのである。

指標算出にあたっては、産業の付加価値を産業連関表の各産業の「営業余剰」と「雇用者所得」の合計とした。また、産業活動に投入した資源量は、上記の活動のために投入されたエネルギー（石油換算）および金属資源（鉄鋼・非鉄金属など）とした。

産業連関表の付加価値数値と、それに投入された資源量をリンクさせるために、産業連関表に記載された取引データ（産業が営業余剰や雇用者所得を生み出すために、外部から購入した物の金額）から、購入した物（エネルギー、金属資源）の重量を推計した。

##### (2) データ処理

1980年から2000年までの20年間の産業連関表（32産業部門、1995年固定価格表）より、データを得た。各産業の付加価値を産業連関表上の「営業余剰」と「雇用者所得」の合計とした。また、そのふかかちを生み出すために投入した資源量は、産業連関表に記載された取引データ（産業が営業余剰や雇用者所得を生み出すために、外部から購入した物の金額）から、購入した物（エネルギー、金属資源）の重量を推計した。

取引金額から購入した資源の重量への換算は、国立環境研究所の「産業連関表による環境負荷原単位データブック（3EID）」（2002年）の付属資料である「環境負荷原単位と品目別国内生産額との対応表」の製品単価データによって行った。

#### 5. 指標による産業活動の表現

##### (1) エネルギー・資源消費と付加価値による産業活動のプロット

32の産業部門について、各年度に投入されたエネルギー量（石油重量換算：TOE）、金属資源量（トン）および、付加価値額を計算した。また、32の産業部門を「素材製造業」「製品製造業」「サービス業」に区分（産業区分）した上で（表1参照）、付加価値額と資源投入量でプロットしたのが図2、図3である。図中の波線の部分が、それぞれの産業区分に属する産業の分布の広がりを見せている。

なお、これらの図ではエネルギー・資源消費量の軸を逆転させており、軸の右側ほどエネルギー・資源の消費が少なくなっており、図の右上方向が資源生産性の高い方向となっている。

素材製造業は、生産のためのエネルギーや金属資源の投入が、他の産業区分より多くなる傾向にあり、図の中では資源消費の割に付加価値の低いゾーンに分布する。製品製造業は、素材製造業に比べて資源消費の少ないゾーンに分布する。またサービ

表1 産業区分と属する業種

産業区分	属する業種
素材製造業(8)	農林水産業、鉱業、パルプ・紙・木製品、化学製品、石油・石炭製品、窯業・土石製品、鉄鋼、非鉄金属
製品製造業(10)	食料品、繊維製品、金属製品、一般機械、電気機械、輸送機械、精密機械、その他製造工業製品、建設、電力・ガス・熱供給
サービス業(14)	水道・廃棄物処理、商業、金融・保健、不動産、運輸、通信・放送、公務、教育・研究、医療・保健・社会保障・介護、その他公共サービス、対事業所サービス、対個人サービス、事務用品、分類不明

ス業は、サービスの生産にあたって資源消費量が最も少ないため、さらに図中の右側のゾーンに分布する。

## (2) 産業活動の重心移動

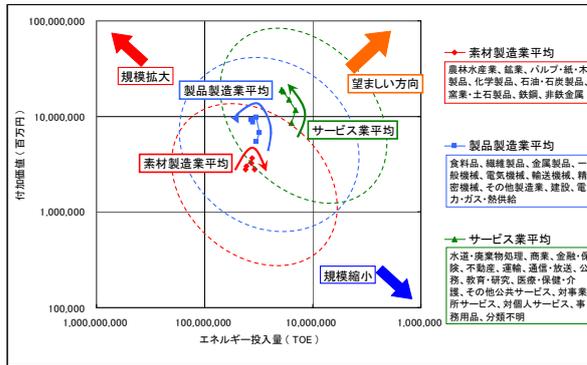


図2 付加価値とエネルギー投入量の関係 (1980～2000年)

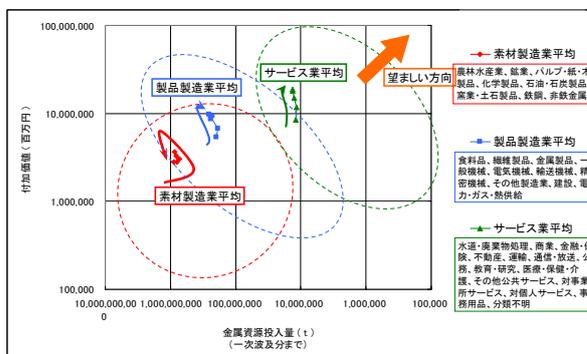


図3 付加価値と金属資源投入量の関係 (1980～2000年)

また、32産業部門について、1980年から2000年までの20年間のデータをプロットすることによって、各産業部門のグラフ上の位置の遷移を見ることができる。

これは、20年間の各産業毎の資源生産性の変化であり、資源生産性という尺度で表現した「各産業の活動の重心の移動」であると考えることができる。

さらに、前述の産業区分毎に属する各産業の座標値の平均は、産業区分の重心と考えることができる。その1980年から2000年までの重心位置を図2、図3にプロットし、遷移状況を矢印として示した。

エネルギー効率について見てみると、1980年から2000年にかけて、素材製造業では、効率向上から効率一定で規模縮小へ、製品製造業では効率向上から規模拡大を経て効率低下へ、サービス業では効率向上から効率一定で規模拡大へと変化してきた状況が読み取れる。

物質効率では、素材製造業で効率向上から規模拡大を経て効率低下へ、製品製造業は効率向上から規模拡大へ、サービス業では規模の拡大をしながら効率も向上しつつある。

## 6. 資源生産性指標による新技術導入の評価の試行

今回開発した指標を使って、新技術が特定産業に導入された結果として、その産業がどの程度重心移動をするかという視点から技術の評価しようという試行も行った。

### (1) 考え方

新技術の導入によるインパクトターゲットを評価する基本的な考え方は次のものである。

○「特定の技術が実現し、それがあある産業の全ての企業に導入されたと仮定した場合に、その産業の位置がどのように変化するか」

今回の試行では、産業連関表のエネルギー資源と金属資源の投入量を変化させる一方、産出量および付加価値額は変化しない（ミクロ的には少ない原材料で生産するが、製品価格は変わらない状況）として、新技術導入後の資源生産性を計算した。

### (2) 事例による試算 — 「局所クリーン化生産方式」

「局所クリーン化生産方式」とは、半導体生産において、クリーンルームの中に生産ラインを構築するのではなく、原料ウェハーから完成品までを高気密の小型コンテナに収納し、このコンテナを製造ラインに沿って搬送し、自動化した製造装置によって生産を行うというもので、クリーンルームは必要としない。

局所クリーン化生産方式により、従来の生産ラインより、建屋面積や消費電力を半分に削減できると考えられている。そこで、こうした生産方式が、産業連関表の「半導体素子・集積回路産業」の全ての企業で導入されたと仮定し、資源投入量やエネルギー投入量などを2分の1として指標計算を行った。エネルギーについてその指標空間での位置の変化を図示したのが図4である。

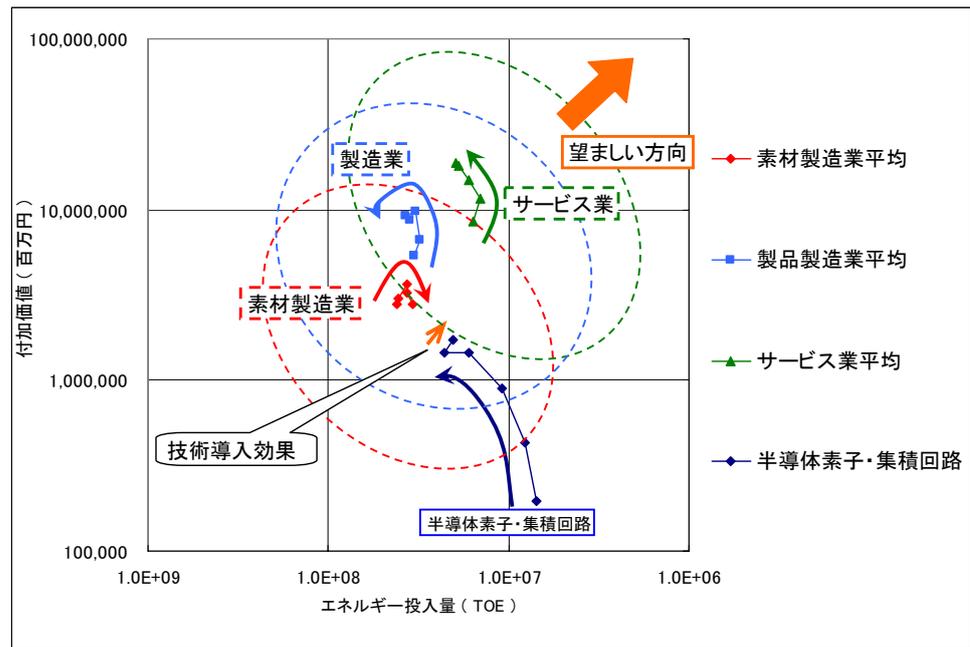


図4 技術導入による産業重心へのインパクト

局所クリーン化生産方式を導入することにより、グラフ中の注釈部分の変化が発生し、資源生産性がエネルギーについては31.1%、金属資源については27.6%向上するという結果になった。

## 7. 結論

エネルギー及び金属資源に関する資源生産性指標により、次のような成果を得た。

- 特定年次の産業活動を資源投入と付加価値額の2軸によって規定される空間上にプロットすることができ、その位置変化をもって「産業活動の重心移動」を目に見える形で表示することを可能とした。
- 産業連関表データに基づく指標であるため、「産業活動の重心移動」というコンセプトを通して、国民経済計算などのマクロ経済統計やそれに基づく経済政策と、今後の技術開発計画との接点を作り、同じ土俵での議論の可能性を生み出したこと。
- 「持続型の新技術」の産業導入を仮定し、その技術がもたらす省資源、省エネルギー性能から、「技術導入による産業活動の重心シフト」を表現することにより技術評価、研究開発目標の設定などへの応用展開の可能性を生み出したこと。

一方で、今後の課題として以下のものがある。

- あくまでも「効率（資源生産性）」を計るものであり、地球に対する負荷量の「全体量」を計るものではないこと。効率が良くなっても、効率向上以上に産業活動の規模が大きくなれば資源消費量は減少しない。そういう状況をうまく評価できるものではないこと。
- 各産業の「生産活動」に着目した指標であり、「生産活動がどれくらいの資源生産性を示しているか」を計るのみであること。産業活動の成果である「製品・サービス」の「環境効率」を計るものではないこと。

## 参考文献

- 田原聖隆；「付加価値を基礎とした環境効率指標の提案とその活用」（環境効率最新動向セミナー資料）,2006
- （独）国立環境研究所；「環境負荷原単位と品目別国内生産額との対応表」,『産業連関表による環境負荷原単位データブック（3EID）』,2002
- 原史郎；『局所クリーン化の世界一人とモノの分離が生み出す新しいモノづくり』,2006,工業調査会