

|              |                                                                                                                                             |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title        | 技術開発と産業のパフォーマンス変化 (1) : エネルギー制約環境と資源生産性の変化(技術進歩の経済分析 (1))                                                                                   |
| Author(s)    | 佐脇, 政孝; 大竹, 裕之; 菊田, 隆                                                                                                                       |
| Citation     | 年次学術大会講演要旨集, 21: 111-114                                                                                                                    |
| Issue Date   | 2006-10-21                                                                                                                                  |
| Type         | Conference Paper                                                                                                                            |
| Text version | publisher                                                                                                                                   |
| URL          | <a href="http://hdl.handle.net/10119/6295">http://hdl.handle.net/10119/6295</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  | 一般論文                                                                                                                                        |

○佐脇政孝（産総研），大竹裕之，菊田 隆（未来工研）

## 1. はじめに

地球規模の環境変化をもたらすCO<sub>2</sub>など温室効果ガスの排出抑制や、石油・金属資源などの非再生資源の枯渇への対応を行いながら経済成長を達成する、「持続可能な社会」の実現が求められている。こうした持続可能な社会を実現するためには大量生産・大量廃棄といった現代の社会のあり方を見直すとともに、それを支える産業活動の大幅な変化がなくてはならない。

現代の社会は産業活動によって支えられており、産業のパフォーマンスを規定しているのは産業技術であるという概念のもとに、適切な技術をうまく導入していけば、産業活動を大幅に変化させることができると考えられる。

持続可能な社会の産業ビジョンとして、シュミット＝ブレイクによる「ファクター10」（1991年）（資源生産性を10倍にすることにより持続可能な社会を実現しようとするもの）やワイツゼッカーらによる「ファクター4」（1995年）などが提言されているが、このような大きな変化は不可能であるとする意見も根強い。

しかし、持続可能な社会を実現できなければ、経済的な破綻を意味することであり、一見不可能に見えるほどの大きさの産業の変動をもたらす技術の開発や、その導入政策について検討していかざるを得ない。

そこで、その検討の手始めとして、過去に発生した大きな産業変動に着目し、その事例における産業変革の大きさを測定し、その際に導入された技術及び導入方策についての分析を行うこととした。

事例としてとりあげた産業変動は、(1)日本の製造

業がオイルショックを境に大幅な省エネルギーを達成した事例、(2)大気や水質汚染など公害の発生に対して取り組んだ事例である。それらの事例に対して、まずマクロな統計データから概略の動きを分析した後に、大幅な変動が見いだされる業種について、技術的、制度的な対応について情報を収集した。

本稿（その1）では省エネルギーについて、次の原稿（その2）では公害対策について調査の中間的な報告をとりまとめた。

## 2. エネルギー転換とオイルショック

わが国において、石炭から石油へというエネルギー転換（エネルギー革命）と中東戦争に端を発するオイルショックが起こったのは1955年から1980年にかけての時期である。

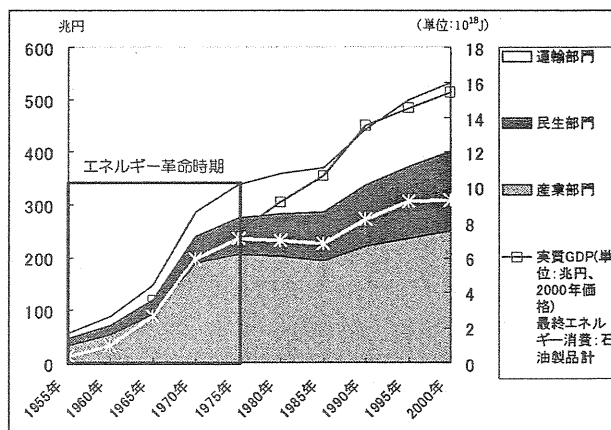


図1 わが国の最終エネルギー消費の推移

出所：エネルギー白書（2005）「最終エネルギー消費と実質GDPの推移」を元に作成。

1955年からオイルショック前の1972年頃までは、エネルギー供給とGDPの成長は強い相関関係を示している。この間、石炭から石油へのエネルギー転換についてみていくと、1955年1959年頃まで、石炭が主要なエネルギーを担っていた。一方、石油製品については、外貨流出を避ける等の観点から、“従”との位置づけであり、産業部門の最終エネルギー消費で「炭主油従」が逆転するのは1960年である。

主要産業についてみると、食料品、繊維工業、紙・パルプ、化学工業、窯業土石の分野では「炭主油従」の逆転は、1961年から1962年頃であったのに対し、鉄鋼や機械金属分野については1956、7年頃には石油消費が石炭消費を圧倒しており、鉄鋼分野におけるエネルギー転換の時期は他の分野と比べ、早かった。

1973年の第4次中東戦争による原油価格の高騰（第1次オイルショック）により、日本の高度成長は終わりを告げ、以後GDPの成長率は鈍化した。石油に過度に依存していたわが国の製造業は、省エネルギー、製造効率向上に向けて様々な対策を行わなければならなかった。

### 3. オイルショックを契機とした産業パフォーマンスの変化

1955年から1980年にかけて、わが国の産業のパフォーマンスがどのように推移してきたのかを、データで概観する。

工業統計の粗付加価値額（名目値）を産業活動の成果指標とし、また最終エネルギー消費（総合エネルギー統計）をインプット指標とした。まず成果指標とインプット指標の経年変化を見てみる。

1973年の石油価格の高騰の後も日本の製造業の粗付加価値額は（第1次、第2次のオイルショック後の不況期はあるものの）増加傾向にあるのに対して、最終エネルギー消費量は明らかに減少に転じた。その結果、資源消費（最終エネルギー消費）と産業パフォーマンス（粗付加価値額）との間にデカップ

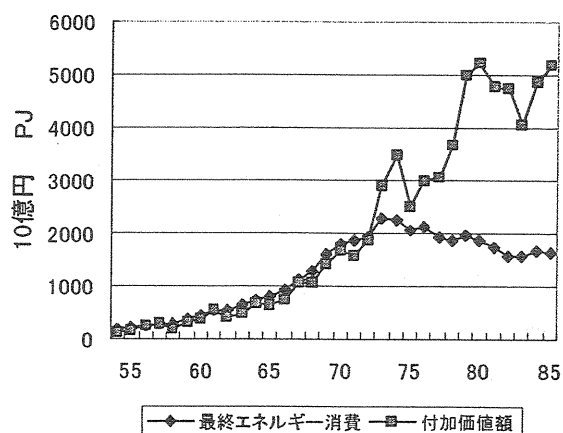


図2 最終エネルギー消費と粗付加価値額の推移（鉄鋼業）  
出所：工業統計（付加価値額）と総合エネルギー統計（2003年度版）より作成

リングが認められる。図2はこの時期の鉄鋼業を例としてその推移を見たものである。

このデカップリングは、どれくらいのエネルギー生産性の向上により発生したのであろうか。ここでは粗付加価値額（10億円：名目）を、最終エネルギー消費（1015ジュール：PJ）で除したものを「エネルギー生産性」と定義し、さらに、このエネルギー

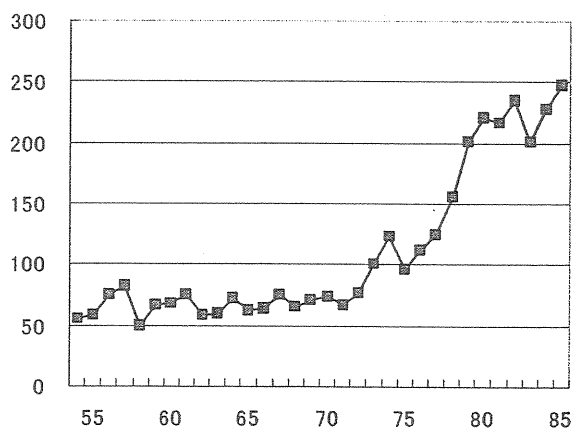


図3 鉄鋼業のエネルギー生産性の推移（73年を100とした指数）

出所：図2と同様に作成

生産性の値を、オイルショックのあった 1973 年を 100 とする指数値で表した。図 2 と同じく、鉄鋼業についてこの指数の推移を示したのが図 3 である。

この図からわかるように、石炭から石油へのエネルギー革命が起こった 50 年代からオイルショックの 73 年まで、エネルギー生産性はほぼ横ばいであるのに対して、1973 年以降は大幅に向上している。1985 年にはオイルショック時に比べて約 2.5 倍のエネルギー生産性を達成しているのである。同時期の他の製造業のエネルギー生産性の伸びを見てみると、化学工業が 3.1 倍、窯業・土石製品が 2.7 倍、紙・パルプが 2.4 倍、食料品が 2.3 倍、非鉄金属が 2.1 倍、繊維が 1.9 倍など、2 倍から 3 倍のエネルギー生産性の向上を達成しているのである。

#### 4. オイルショック期の技術的対応

オイルショック期の石油価格の高騰に対する省エネルギー技術対策について、ここでも鉄鋼業を例にとって見てみる。

そもそも鉄鋼業においては、戦後の復興期から先進国との競争に耐えるために、溶鉱炉の近代化とエネルギー消費の低減が大きな技術課題であった。

鉄鋼業の省エネルギー対策については、①「酸素転炉」の導入など、効率の良い設備導入や操業改善による対策、②従来一度冷却してから再加熱していた行程を連続的に行う「連続 casting」など、生産工程の省略と連続化、③コークス乾式消火設備、高炉炉頂圧回収発電装置、電気炉スクラップ予熱装置などの排エネルギーの回収などの対策が取られていた。

これらの技術はオイルショック以前から導入されており、それがオイルショック後の大幅な省エネ達成につながったと言える。

また、鉄鋼業以外の製造業についても、生産工程の省エネルギー化や廃熱の回収・再利用、他の資源活用などの技術が導入されている。当時取り組まれていた技術研究課題の一部を表 1 に掲げた。

表 1 当時の省エネルギー関連技術の技術課題

| 業種  | 技術的特質  | 技術                     | 技術内容                                                                 |
|-----|--------|------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 鉄鋼業 | 廃熱回収   | 連続溶解還元技術               | 還元鉄、還元鉄又は半還元ペレットを廃熱によるエネルギー損失の少ない密閉型の炉によって連続溶解還元を行う技術                |
|     | 廃熱回収   | 工業用炉からの熱回収技術           | 水、ガスを用いて冷却していた加熱炉等ラインに有機熱媒体、液体金属を使用し高温用自動熱移動装置から廃熱を回収する技術            |
|     | 資源活用   | 高周波誘導炉による鉄鋼溶解の省エネルギー技術 | 加炭技術の確立により、C・Si・Mn・S・Pの成分変動と使用耐火物質の性質を踏まえた高周波誘導炉による鉄鋼溶解技術            |
|     | 資源活用   | アルミ溶解技術                | アルミ溶解炉は一般に重油燃焼炉が使われているが、重油価格が高騰したため、古タイヤを燃料としコスト低減を図るアルミ溶解炉の開発       |
|     | 資源活用   | 製鋼用電炉のオイルレス操業          | 製鋼用電気製鋼炉の補助燃料用灯油を他熱源に代替使用し脱石油操業技術                                    |
|     | 資源活用   | 炭化炉、ガス化炉               | 炭化炉にてカーボン（もみがら、スラッジ）と乾留ガスをえて、カーボン再資源化乾留ガスの代替エネルギーを得る目的               |
|     | 省エネ    | 熱間圧延設備における省エネルギー技術     | 低温抽出が可能な圧延機配列、パススケジュール等                                              |
|     | 省エネ    | チタン製錬                  | 従来の塩素を使用したクロール法による製錬に代わり、無公害型及び省エネルギー化を図る連続化製錬技術                     |
|     | 廃棄物資源化 | 鉄鋼業廃棄スラグの再利用           | 年間 3000 万 t 高炉から廃棄されるスラグは路盤材として使用されるが、製錬中に含有される言おう状態を物理的手段で決定し良質化を図る |

| 業種        | 技術<br>的<br>特質    | 技術                                        | 技術内容                                                                                                           |
|-----------|------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 化学<br>工業  | 熱 回<br>収・利<br>用  | 高温還元ガス<br>利用による直<br>接製鉄技術                 | 高温ガス炉から熱をカスケ<br>ード利用する技術（超耐熱<br>合金の開発）                                                                         |
|           | 熱 回<br>収・熱<br>利用 | 流路内におけ<br>る壁面及び壁<br>近傍乱流促進<br>体による熱伝<br>達 | 流路内に乱流促進体を設置<br>し熱交換器の効率向上させ<br>る技術                                                                            |
| ・パル<br>工業 | 省 エ<br>ネ         | 高濃度ヘッド<br>ボックスに関<br>する研究                  | 紙料濃度が 2.0～2.5%の領<br>域で良好な紙層を形成でき<br>るヘッドボックスを開発。<br>このヘッドボックスの開発<br>により循環に要するポンプ<br>の小型化、設備費、電力、<br>用水が節約可能となる |

出所：中小企業事業団中小企業情報センター「省資源／省エ  
ネルギー技術・公害防止技術リスト」（昭和 55 年度版）  
より作成

## 5. おわりに

今回、簡単なエネルギー生産性指標を導入することにより、大きな産業のパフォーマンス変化を把握し、業種別の比較も可能となった。これにより、パフォーマンス変化をもたらした技術やその時の状況について焦点を絞った分析も行えることが明らかになった。次のステップでは、今回得られた知見をもとに、技術開発の方向性検討や導入政策の立案に役立てるための、現在まだ姿の見えない「持続可能な産業」への移行を測定する指標の検討を行う計画である。