

CO₂排出量を考慮した環境生産性の計測 - 国内製造業81社の実証分析 -

藤井 秀道¹・金子 慎治²・金原 達夫³・馬奈木 俊介⁴

¹学生会員 広島大学大学院 国際協力研究科開発科学専攻 (〒739-8529 東広島市鏡山1-5-1)
E-mail: hidemichi-fujii@hiroshima-u.ac.jp

²正会員 広島大学大学院助教授 国際協力研究科 (同上)
E-mail: kshinji@hiroshima-u.ac.jp

³非会員 広島大学大学院教授 国際協力研究科 (同上)
E-mail: t-kimbara@hiroshima-u.ac.jp

⁴非会員 横浜国立大学助教授 経営学部 (〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台79-4)
E-mail: managi@ynu.ac.jp

近年、企業の社会的責任に対する消費者や市場の関心が高まっており、企業経営にとって経済効率の改善をとまなう形での環境への対応が求められている。本研究ではDEA(Data Envelopment Analysis)を用いたフロンティア生産性分析によって、日本の製造業81社を対象にCO₂排出量を考慮した生産性の時系列分析を行い2001年から2003年までの全要素生産性(TFP: Total Factor Productivity)の変化を推計した。その結果加工組立型産業、特に自動車製造業が相対的に大きな環境生産性の向上を達成していることが分かった。

Key Words : DEA, productivity, eco-efficiency, corporate environmental management, global warming

1. はじめに

近年、日本の製造業ではグリーン調達やエコプロダクトといった環境保全を考えた生産やISO14001認証の取得、環境報告書の発行、環境会計の導入などが行われている。この背景としては、環境問題に対して真摯な態度で取り組んでいるという企業イメージを向上することで他社との差別化が図れる点や、ISO14001認証取得が融資や入札時の参加条件の評価対象になるといった取引の優位性などが挙げられる。こうした環境経営の実践は、ポーター仮説にみるように積極的な環境経営が経済効率を上昇させると同時に、環境汚染に対する膨大な賠償金やイメージダウンといった企業リスクの回避・予防にも効果的である。

表-1は2001年から2003年にかけての日本企業81社のCO₂排出量、売上高付加価値率(付加価値/売上高)、環境効率(付加価値/CO₂排出量)の増減を、プラスマイナスの組み合わせでグループを分けしたものである。ここで、付加価値と売上高は日本銀行の2000年基準企業物価指数(CGPI)でデフレートしている。81社全体としてはCO₂排出量が減少、売上高付加価値率と環境効率は上昇している。しかし個別企業については、その内容は多様である。2001年から2003年にかけて2/3の企業でCO₂排出量が増加している。売上高付加価値率と環境効率はプラスとマイ

ナスの企業がそれぞれほぼ同数ある。CO₂排出量と環境効率を比較してみると、CO₂排出量が削減されたにもかかわらず環境効率が下がった企業が8社あり、他方CO₂排出量が増加したにもかかわらず環境効率が上がった企業は18社である。

表-1 日本の製造業81社の2001年から2003年にかけての変化

グループ	CO ₂ 排出量	売上高付加価値率	環境効率	企業数
A	—	—	—	5
B	—	—	+	5
C	—	+	—	3
D	—	+	+	14
E	+	—	—	23
F	+	—	+	6
G	+	+	—	13
H	+	+	+	12
81社合計	—	+	+	

こうした企業の環境への取り組みをどのように評価したら良いだろうか？そもそも企業の最大の目的は経済性の追及である。経済性を無視した環境対策はあり得ない。したがって、効率性の評価においても、経済効率や生産性にマイナスの影響を与えることなく環境対策が達成されたかどうか問題となる。環境効率はそうした視点から企業経営のパフォーマンスを計測するひとつの指標や

概念として広く利用されるようになってきた。しかし、表-1 で示すようにそれのみによって環境と経済の両立性を十分に評価できているとは言えないようである。

ところで、一口に環境パフォーマンスと言っても業種によって適切かつ重点的に管理すべき環境問題は多様である。京都議定書の発効に伴って、6%削減という国全体の温室効果ガス (GHG ガス) 削減目標達成に寄与するために、製造業企業にとっても GHG ガス、とりわけ CO₂ 排出量の削減が急務となった。そのため企業の温暖化対策として CO₂ 排出量の削減は、ほとんどの業種の企業にとって優先して取り組むべき環境問題のひとつである。したがって本研究では、株主価値や利益の最大化といった企業本来の存在基盤の追求を前提としつつ、CO₂ 排出量削減努力やそのための技術進歩をどのように評価すべきかを問題とする。

技術進歩の指標としてこれまでの経済学的手法で一般に使われる全要素生産性 (TFP: Total Factor Productivity) は、環境への取り組みについては明示的に考慮されていない。また、環境効率で評価しようとする資本生産性や労働生産性の概念が無視されてしまう。表-1 から分かるように企業の経済的・環境的パフォーマンスには多様な傾向が見られるため、既存の単一指標では企業の評価を適切に行うことが出来ない。そこで労働生産性や資本生産性と環境効率を同時に評価する生産性指標を「環境生産性」と称して分析する。

本研究では複数の投入と複数の産出の間の総合効率性を評価することが可能な Data Envelopment Analysis (DEA) を用いて CO₂ 排出量を考慮した全要素生産性の変化を企業単位で計測し、2001 年から 2003 年にかけての技術効率の進歩を評価することを目的とする。具体的には CO₂ 排出量を企業のエネルギー消費量の代理指標と解釈することによって、生産過程へ投入される投入要素 (インプット) のひとつであると考え、通常の投入要素である労働や資本、通常の生産財とあわせて投入・産出効率を計測し、省エネルギーや CO₂ 排出削減などの進捗を含めた総合的な生産性を評価することを試みる。

2. 分析方法

(1) DEA

DEA は Farrell のフロンティア効率 (Frontier efficiency) の考え方をノンパラメトリック分析に応用したもので Charnes and Cooper¹⁾ によって確立された手法である。生産性分析におけるフロンティア効率とは、生産可能集合において効率的生産を実現しているフロンティア生産集合と非効率生産集合との間で計測される相対的な非効率性をいう。DEA は、複数の入力要素と複数の出力要素

を同時に扱うことが可能であり、これらの総合的な効率性を評価可能であることが特徴である。

今 n 個の生産主体からなる生産可能集合が 2 種類の投入財によって 2 種類の財を産出する生産活動をしているとする。このとき、 k 番目の生産主体の生産可能集合に対する効率性 β_k ($0 \leq \beta_k \leq 1$) は以下の式 (1)~(3) で表される。ここで、もし β_k が 1 であれば、 k はフロンティア生産曲線上にあり、1 より小さい場合には $1 - \beta_k$ 分だけ非効率である。ここでフロンティア生産曲線とは、効率性と評価された生産主体によって規定される曲線を指す。

目的関数

$$\text{Max. } \beta_k = \frac{u_1 y_{1,k} + u_2 y_{2,k}}{v_1 x_{1,k} + v_2 x_{2,k}} \quad (1)$$

制約式

$$\frac{u_1 y_{1,j} + u_2 y_{2,j}}{v_1 x_{1,j} + v_2 x_{2,j}} \leq 1 \quad (2)$$

$$v_1, v_2 \geq 0, u_1, u_2 \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

ここで、 x_1, x_2 は n 次の投入ベクトル、 y_1, y_2 は n 次の産出ベクトル、 u は投入ベクトルの可変ウェイト、 v は算出ベクトルの可変ウェイトである。この可変ウェイト u, v は評価対象の各生産主体が最も効率的と評価されるように決定することができ、生産主体ごとに値が違ってよいとする。この分数計画問題は次のように線形計画問題へと変形することが可能である。

目的関数

$$\text{Max. } \beta_k = u_1 y_{1,k} + u_2 y_{2,k} \quad (4)$$

制約式

$$v_1 x_{1,k} + v_2 x_{2,k} = 1 \quad (5)$$

$$u_1 y_{1,j} + u_2 y_{2,j} \leq v_1 x_{1,j} + v_2 x_{2,j} \quad (6)$$

$$v_1, v_2 \geq 0, u_1, u_2 \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

この分数計画問題と線形計画問題が同義であることは Charnes¹⁾ によって証明されている。この線形計画問題の双対形は次のように書ける。

目的関数

$$\text{Min } \beta_k (= D(x, y)) \quad (8)$$

制約式

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \leq \beta_k x_{ik} \quad (i=1,2) \quad (9)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j \geq y_{rk} \quad (r=1,2) \quad (10)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad (j=1,2,\dots,n) \quad (11)$$

λ は非効率な各生産主体が参照するフロンティア曲線上の点を一意的に決定するパラメータである。このモデルでは各企業がフロンティア生産曲線に対して、産出財 y を変化させずに投入財 x をどこまで削減出来るかを測定しており、削減可能分は $1-\beta$ である。この β が 1 未満のときは評価対象の生産主体は削減可能な余剰投入財が残っているため、非効率とみなされる。

(2) 技術進歩の計測

次に各生産主体の効率値が時間的にどのように変化したかによって、技術の進歩を計測することとする。ここでは、時系列の効率性変化を分析するために、通常用いられる Malmquist Productivity Index²⁾ に比べてより包括的と考えられている Output oriented Luenberger Productivity Index³⁾ (以下、TFP 指数とする) を用いて推定した。これらはいずれもフロンティア生産曲線の時間的変化(フロンティアシフト)を踏まえた上で、個々の生産主体の効率性変化(キャッチアップ)を計測するための指標である。TFP 指数は以下のように表すことが出来る。

$$\begin{aligned} TFP_t^{t+1} &= \frac{1}{2} (\angle G^t + \angle G^{t+1}) \\ &= \frac{1}{2} ([D^t(x^{t+1}, y^{t+1})] - [D^t(x^t, y^t)]) \\ &\quad + \frac{1}{2} ([D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})] - [D^{t+1}(x^t, y^t)]) \end{aligned} \quad (12)$$

ここで式(12)で計測する TFP 指数の計算方法を簡便に説明するために図-1 に示す 2 投入、1 産出のケースを想定する。各生産主体 Z は t 年から $t+1$ 年にかけて生産を行っており Z_1, Z_2, Z_3 が効率的生産主体であるとする。ここでは Z_0 についての効率性について説明する。 R は Z_0 から原点 O を結ぶ線分とフロンティア生産曲線との交点を示す。

x^t は t 年の投入財、 x^{t+1} は $t+1$ 年の投入財、 y^t は t 年の産出財、 y^{t+1} は $t+1$ 年の産出財、 $\angle G^t$ は図-1 中の $\frac{|OR_2^t|}{|OZ_0^t|} - \frac{|OR_1^t|}{|OZ_0^t|}$ を、 $\angle G^{t+1}$ は図-1 中の $\frac{|OR_2^{t+1}|}{|OZ_0^{t+1}|} - \frac{|OR_1^{t+1}|}{|OZ_0^{t+1}|}$ を

それぞれ表す。

$D^t(x^t, y^t)$ 、 $D^t(x^{t+1}, y^{t+1})$ はそれぞれ t 年、 $t+1$ 年のデータを t 年のフロンティア生産曲線を基準に計測する効率性であり、図-1 中のそれぞれ $\frac{|OR_1^t|}{|OZ_0^t|}$ 、 $\frac{|OR_2^t|}{|OZ_0^t|}$ にあたる。同様に、 $D^{t+1}(x^t, y^t)$ 、 $D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$ はそれぞれ t 年、 $t+1$ 年のデータを $t+1$ 年のフロンティア生産曲線を基準に計測する効率性であり、図-1 中のそれぞれ $\frac{|OR_1^{t+1}|}{|OZ_0^{t+1}|}$ 、 $\frac{|OR_2^{t+1}|}{|OZ_0^{t+1}|}$ に相当する。

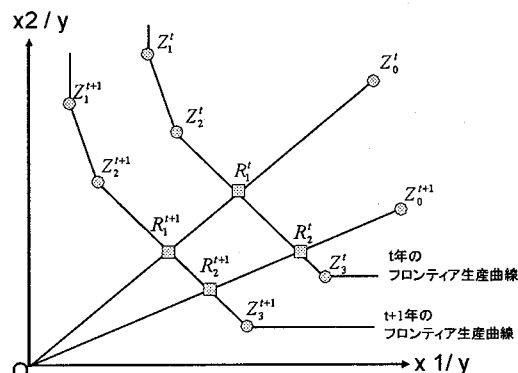


図-1 2 投入 1 産出の図

式(12)は、 t 年と $t+1$ 年の 2 つのフロンティア生産曲線をそれぞれ基準として計測した 2 種類の技術進歩の算術平均を生産主体の技術進歩(TFP 指数)と定義していることを示している。ここで、式(12)を展開してまとめなおすと、TFP 指数は Catch Up (CU 指数、効率性変化)と Frontier Shift (FS 指数、技術変化)に分けることが可能で、 $TFP = CU + FS$ が成立する。

CU 指数は t 年から $t+1$ 年にかけて各生産主体がどれだけフロンティア生産曲線に近づいたかを示す指数であり、

図-1 の $\frac{|OR_2^t|}{|OZ_0^t|} - \frac{|OR_1^t|}{|OZ_0^t|}$ で表すことが出来る。この値が正

であれば、それまで非効率であった生産主体がフロンティア生産曲線に近づいていることを表しており、効率性の改善を意味する。一方、負のときはその距離が拡大していることを表しており、効率性が悪化していることを意味する。

これに対して FS 指数は t 年から $t+1$ 年にかけてフロンティア生産曲線がどれだけシフトしたかを示す指標であり、図-1 の $\frac{1}{2} \left(\frac{|OR_1^t|}{|OZ_0^t|} + \frac{|OR_2^t|}{|OZ_0^t|} \right)$ で表すことが出来る。こ

の場合は生産主体 Z_0 から見たときのフロンティアシフトを表しており、一般にはすべての生産主体の FS 指数を算術平均することで全体のフロンティアシフトを求め

る。FS 指数の値が正ならば、フロンティア生産曲線がより効率的な方向へシフトしており、負の場合は非効率な方向へシフトしていることを表している。

3 対象企業とデータ

本分析で用いる日本製造業企業のデータセットは付加価値、資本ストック、労働者数を日経NEEDSから、CO₂排出量を各企業が公表している環境報告書から作成した。分析対象企業はすべて東証一部上場企業である。対象年度は2001-2003年度の3年間で、この間の経年データが整合的に得られる81社をサンプル企業とした。

分析モデルは市場投入・産出財によって評価される市場生産性のみに注目した市場モデルと、市場投入・産出財に加えCO₂排出量を考慮して評価される環境生産性を計測する環境モデルを用いる。市場モデルには投入データとして資本ストックと労働者数を、市場産出データとして付加価値額を用いる。一方環境モデルには、市場モデルでの使用データにCO₂排出量を投入データとして追加している。市場モデルの計算結果をレファレンスとして参照しながら環境モデルの計算結果を考察することにより、企業の環境生産性の変化を評価する。また、価格データは日本銀行の2000年基準企業物価指数(CGPI)でデフレートしている。

ここで、包括的かつ整合的なデータベースである日経NEEDSのような企業データベースにCO₂排出量が含まれていないことから、CO₂排出量データを複数年得ることは困難であった。従って、業種によっては、分析対象企業数が2社、3社となる場合がある。そのため企業数の少ない業種では分析対象企業がその業種を代表する一定規模以上の企業であるものの、結果の解釈については日本標準産業分類⁹⁾に基づき、もっぱら地方資源型、基礎素材型、加工組立型の3つに分類して行うこととした。

本来業種特性の同質性が十分に確保できる企業同士の相対的な効率性を評価することが望ましい。しかし、現時点ではそうした分析を可能とするような十分なデータ数を確保することは困難であり、今後の課題である。そのため本分析の対象企業は、業種特性の大きく異なる企業を扱っており、計測された効率性の絶対水準について議論することはできない。本研究では得られたサンプル企業群全体のフロンティア生産関数に対して相対的にどの程度技術進歩したかを計測・評価することとする。

表-2に付加価値/CO₂排出量で計測した環境効率、表-3に付加価値/労働者数で計測した労働生産性、表-4に付加価値/資本ストックで計測した資本生産性の平均値と標準偏差をそれぞれ業種ごとにまとめた。表-2から全体的な環境効率の推移はU字型であり、医薬品や電気機械、

精密機械製造業が高環境効率を達成している。表-3より労働生産性は2001年から2003年にかけて全体的に単調増加の傾向にあることが分かる。パルプ・紙製造業や医薬品業製造業の労働生産性が高く、医薬品業は業種内の各差が拡大していることが標準偏差から見て取れる。表-4から資本生産性は全体的に逆U字型で推移しており、鉄鋼業や自動車製造業が高い資本生産性を達成している。

表-2 環境効率の業種別平均値と標準偏差

		企業数	百万円/CO ₂			標準偏差		
			2001年	2002年	2003年	2001年	2002年	2003年
地方資源型	食品・飲料製造業	7	0.539	0.559	0.516	0.294	0.326	0.271
	繊維	2	0.048	0.047	0.049	0.017	0.021	0.022
	パルプ・紙	4	0.031	0.033	0.033	0.009	0.012	0.012
	ゴム	2	0.281	0.280	0.262	0.056	0.055	0.050
	窯業	3	0.352	0.340	0.347	0.292	0.299	0.310
基礎素材型	化学工業	12	0.738	0.738	0.757	1.072	1.075	1.081
	医薬品	9	1.543	1.451	1.441	0.659	0.582	0.561
	鉄鋼業	4	0.137	0.150	0.133	0.067	0.073	0.050
	非鉄金属及び金属製品	7	1.322	1.291	1.271	1.284	1.313	1.335
加工組立型	一般機械	6	1.106	1.175	1.195	0.607	0.679	0.812
	電気機器	15	1.927	1.754	2.181	2.071	1.682	2.104
	自動車	7	0.743	0.783	0.859	0.229	0.218	0.233
	精密機械	3	1.464	1.474	1.552	0.338	0.600	0.669
	全体	81	1.028	0.994	1.080	1.223	1.088	1.277

表-3 労働生産性の業種別平均値と標準偏差

		百万円/人	平均値			標準偏差		
		企業数	2001年	2002年	2003年	2001年	2002年	2003年
地方資源型	食品・飲料製造業	7	18.16	19.71	19.85	3.86	3.84	5.65
	繊維	2	14.02	15.24	16.88	0.40	0.16	0.01
	パルプ・紙	4	21.06	22.59	23.32	3.25	5.25	4.26
	ゴム	2	17.84	18.33	17.87	3.17	3.58	2.83
	窯業	3	15.08	14.14	15.75	0.51	1.37	0.67
基礎素材型	化学工業	12	19.00	20.47	20.33	6.53	8.25	7.58
	医薬品	9	26.50	27.28	29.60	13.22	15.00	18.39
	鉄鋼業	4	12.38	14.50	14.17	3.53	3.03	2.97
	非鉄金属及び金属製品	7	13.44	14.35	14.94	4.36	3.45	3.21
加工組立型	一般機械	6	13.07	15.17	15.20	2.29	2.92	2.53
	電気機器	15	13.07	14.36	16.47	4.90	6.53	7.94
	自動車	7	14.29	17.65	19.46	5.89	5.53	5.56
	精密機械	3	16.41	17.51	17.22	1.50	4.53	2.25
	全体	81	16.72	18.15	19.10	7.28	7.99	8.91

表-4 資本生産性の業種別平均値と標準偏差

		百万円/百万円		平均値		標準偏差		
		企業数	2001年	2002年	2003年	2001年	2002年	2003年
地方資源型	食品・飲料	7	0.402	0.416	0.369	0.248	0.281	0.254
	製造業							
	繊維	2	0.297	0.320	0.292	0.187	0.235	0.191
	パルプ・紙	4	0.494	0.505	0.433	0.033	0.056	0.042
	ゴム	2	0.429	0.424	0.373	0.206	0.197	0.173
基礎素材型	窯業	3	0.279	0.273	0.259	0.109	0.136	0.108
	化学工業	12	0.340	0.340	0.315	0.125	0.122	0.107
	医薬品	9	0.350	0.332	0.311	0.096	0.093	0.088
	鉄鋼業	4	0.734	0.716	0.615	0.645	0.567	0.433
	非鉄金属及び金属製品	7	0.510	0.479	0.457	0.228	0.204	0.221
加工組立型	一般機械	6	0.585	0.608	0.506	0.446	0.417	0.298
	電気機器	15	0.456	0.475	0.502	0.179	0.192	0.170
	自動車	7	0.732	0.851	0.954	0.357	0.438	0.532
	精密機械	3	0.410	0.412	0.387	0.057	0.089	0.094
	全体	81	0.463	0.475	0.457	0.272	0.286	0.288

4. 結果と考察

DEAの時系列分析より計測したTFP指数、FS指数、CU指数は基準年である2001年を0となるように基準化して時間変化を考察する。市場モデルのTFP指数は市場生産性を表し、環境モデルのTFP指数は環境生産性を表す。TFP指数を上昇される要因としては、リストラや資本設備の見直しといった経営努力、環境経営を積極的に行うことによる省エネの促進などが考えられる。まず図-2に示した市場モデルによる81企業全体を対象とした環境(CO₂排出量)を明示的に評価しない通常の経済分析の結果を考察する。2001年から2002年にTFP指数が増加しており、全体として経済的な意味での技術進歩が見られる。一方2002年から2003年には大きな進歩が見られない。この技術進歩をFS指数とCU指数に分解すると、前半はFS指数とCU指数がともにプラスに寄与した結果全体として大きな技術進歩が見られたこと、後半は大幅に増加したFS指数がマイナスに転じたCU指数を補っているものの全体として若干の技術進歩に留まっていることが分かる。CUが減少している理由としては、フロンティア生産曲線上の効率的な企業が生産性を向上している中で、非効率的な企業が生産性を向上することが出来なかった点が挙げられる。

次に環境を明示的に評価した環境モデルで計測した81企業全体の結果を図-3に示す。TFP指数は市場モデルと同様の傾向を示しているものの、CU指数の結果が異なる。図-2と図-3のCU指数の違いから、CO₂排出を考慮した場合の非効率企業とフロンティア曲線との相対的な格差は、CO₂排出を考慮しない場合に比べてより大きくなる事が分かる。

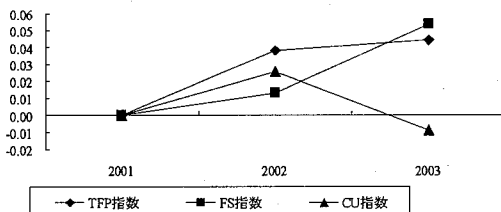


図-2 各指数の日本企業81社平均(市場モデル)

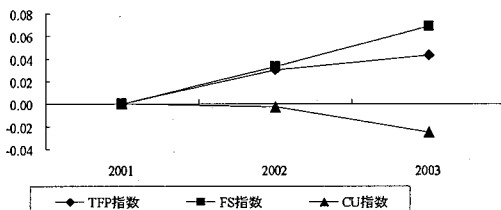


図-3 各指数の日本企業81社平均(環境モデル)

つまり一部の先進的な企業が経済パフォーマンスを高めながら環境パフォーマンスを高めつつある一方でその技術進歩から相対的に後れていく企業があることを示唆している。環境生産性が上昇している企業には、基礎素材型企業では労働生産性が、加工組立型企業では資本生産性・環境効率が改善された企業が多く見られた。

次に、図-4～図-9に地方資源型、基礎素材型、加工組立型の3業種ごとの市場モデル、環境モデルの結果を示す。各指数は業種ごとの技術レベルと需要等多くの要因の変化によって変化する。これらは年度とともに変化するものであり、一般的に業種間には同じ動きはしない。図-4は市場モデルで計測した地方資源型18企業の平均値の推移を示している。図-2で示した全サンプル企業の結果との違いは、CU指数の低さである。特に2002年から2003年にかけて市場生産性は大きく後退しており、その結果2003年の技術水準は、2001年から2002年までの技術進歩を相殺して2001年と同水準となっていることが分かる。また、図-5で示した地方資源型企業の環境生産性の結果も同様である。ただし、2001年から2002年までのTFP指数とFS指数が同じでCU指数がほぼゼロであることから、この期間にフロンティア生産曲線の技術進歩と同程度の技術水準が平行してなされたことを示している。ここで注意すべきことは、FS指数の解釈である。FS指数は必ずしも地方資源型企業群のフロンティア生産関数の変化を捉えたものではなく、地方資源型企業が参照したフロンティア企業の平均的な動きを捉えたものである。したがって、市場モデル、環境モデルの双方で2003年のTFP指数がゼロに近いということは、地方資源型企業群は平均として市場生産性、環境生産性ともにフロンティア生産曲線からの乖離が進み進歩が見られなかったと結論付けられる。

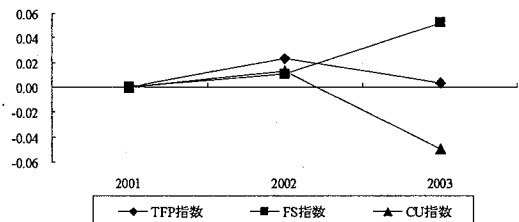


図-4 各指数の地方資源型企業18社平均(市場モデル)

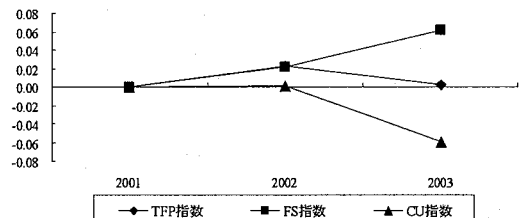


図-5 各指数の地方資源型18社平均(環境モデル)

次に図-6、図-7に基礎素材型32社平均の市場モデル、環境モデルの結果を示した。図-6の市場モデルの結果は地方資源型企业群の結果と同じような傾向である。すなわち、2001年から2002年までに若干の市場生産性の向上が見られたものの2002年から2003年までにCU指数の低下によってそれらが相殺され、2003年までに2001年と同水準の生産性にまで後退した。他方、図-7の結果から基礎素材型企业群は分析期間を通して一貫して環境生産性のフロンティア生産曲線から相対的に離れていったことが分かる。このことは基礎素材型産業が市場生産性を高めながらCO₂排出削減技術を進歩させていくことが他の業種の企業に比べて相対的に困難であることを表していると解釈できる。

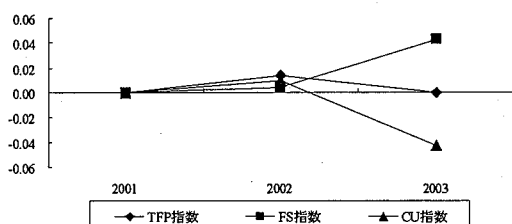


図-6 各指数の基礎素材型企业 32 社平均(市場モデル)

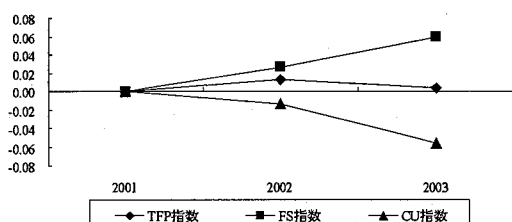


図-7 各指数の基礎素材型企业 32 社平均(環境モデル)

最後に図-8、図-9で示した加工組立型企业31社の市場モデルと環境モデルの結果を考察する。加工組立型企业群の生産性は地方資源型、基礎素材型企业と大きく異なり、市場生産性、環境生産性ともにほぼ直線的に向上している。双方ともにCU指数が常に正であるため、フロンティア生産曲線の技術進歩より早いペースで技術進歩を遂げつつある。とりわけ2001年から2002年は市場生産性を高めながら同時に環境生産性も高めている。加工組立型企业群の中で個別の業種を細かく見ると自動車製造業の技術進歩が著しく高いことが分かる。

さまざまな業種を含む81社を対象とした分析結果から日本の製造業の環境生産性の向上は市場生産性を高めながら環境技術を進歩させつつある加工組立型企业群の寄与するところが大きいことが分かる。こうした結果から加工組立型産業は他の産業に比べて経済性や市場生産性を犠牲にすることなく、環境対策(CO₂排出削減対策)が進

めやすい業種であることと見ることである。そこから導かれる政策的含意は、こうした業種特性を正しく把握することによって多様な業種特性の企業が混在する製造業においてトップランナー的に対策を進める業種を特定することである。これによって特定の業種が先行してCO₂排出削減を実施して、国全体としての経済的損失を最小にしながらCO₂排出削減目標達成のための戦略を立てることができる。また逆に温暖化対策やCO₂排出削減対策によって市場生産性や利益追求に支障を及ぼしやすい業種に対しては必要な公的支援や優遇措置を講じることもまた同時に可能である。

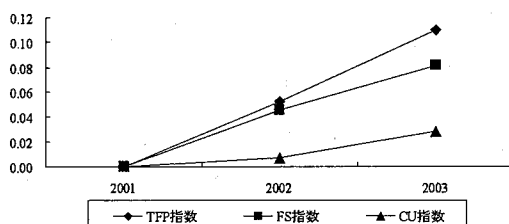


図-8 各指数の加工組立型企业 31 社平均(市場モデル)

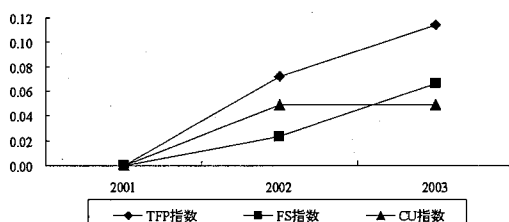


図-9 各指数の加工組立型企业 31 社平均(環境モデル)

5. 結論

本研究の結論を以下にまとめる。

1. TFP 指数と労働・資本生産性、環境効率のサンプル全体での推移を比較すると、資本生産性が逆U字型に推移しているのに対し、市場モデルと環境モデルの両 TFP 指数と労働生産性は単調増加、環境効率はU字型に推移している。業種別にみると労働生産性が上昇しているにもかかわらず、TFP 指数が下がっている業種も多く見られた。従って、TFP 指数と環境効率、労働生産性、資本生産性での評価は異なっていると言える。
2. 分析対象 81 社全体としては 2001 年から 2003 年にかけて環境モデル、市場モデルでの両 TFP 指数は上昇している。これは FS 指数の伸びが大きく、効率

的な企業がさらに TFP 指数を伸ばしていることによる。また CU 指数が下がっていることから、CO₂ 排出を考慮した場合の非効率企業とフロンティア曲線との相対的な格差は、CO₂ 排出を考慮しない場合に比べてより大きくなることが分かる。

3. 上記傾向はとりわけ地方資源型と基礎素材型の企業にみられる。これら二つの産業分類では市場モデル、環境モデルの双方で 2003 年の TFP 指数がゼロに近い値をとっており、CU 指数が下がっていることから、平均として市場生産性、環境生産性ともにフロンティア生産曲線からの乖離が進み進歩が見られなかったことが分かる。
4. 他方、加工組立型の特徴は FS 指数、CU 指数の双方が上昇し結果として TFP 指数が大きく上昇している点が指摘できる。また CU 指数が 2003 年で正の値をとっていることから、非効率な企業がフロンティア生産曲線上にある先進的な企業との差を縮めていることが分かった。

謝辞：本研究は科学研究費補助金基盤研究(B)「環境効率と環境管理に関する日本・中国・インドネシア・タイ企業の比較分析」(代表：金原達夫，研究課題番号 18330081)の一環として行ったものである。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) Charnes, A., Cooper, W. W. and Rhodes, E. L.: Measuring the Efficiency of Decision Making Units, *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, pp. 429-444, 1988.
- 2) Färe, R., Grosskopf, S. and Lovell, C.A.K. (1994) : Production Frontiers, Cambridge University Press, Cambridge.
- 3) Chambers, R.G., Chung, Y. and Fare, R: Profit Directional Distance Functions, and Nerlovian Efficiency, *Journal of Optimization Theory and Applications* 98:351-364., 1998
- 4) 日本標準産業分類，総務省 統計局

ENVIRONMENTALLY SENSITIVE PRODUCTIVITY MEASUREMENTS: AN EMPIRICAL ANALYSIS FOR THE CASE OF 81 MANUFACTURING FIRMS IN JAPAN

Hidemichi FUJII, Shinji KANEKO, Tatsuo KIMBARA, and Shunsuke MANAGI

With emerging concerns of market and consumers on corporate social responsibility, simultaneous pursuit of market productivity improvement and environmental performance improvement become increasingly important for firms. This study intends to measure the corporate environmental productivity of 81 Japanese industrial firms while estimating TFP(Total Factor Productivity) with DEA(Data Envelopment Analysis), where corporate CO₂ emission is explicitly considered. The results shows that manufacturing and assembly industry represented by automobile industry has been greatly improved the environmental productivity while market productivity has also been improved simultaneously. It might be important for formulating climate change policy to identify the specific industry which has relative advantage for achieving simultaneous pursuit of market productivity improvement and gains of environmental performance.