

# DEA・SFA および因子分析を用いた 製紙業界の効率性分析\*

上 田 雅 弘

## 1. 序

2006年7月、日本初の大企業同士による敵対的TOB（株式公開買い付け）として、王子製紙の北越製紙に対する買収劇が注目を浴びた。製紙業界は既に1990年代に大型合併が相次ぎ、業界の再編による寡占化が進展している。大型再編前の1992年時点では、印刷・情報用紙で王子、日本製紙（当時十条製紙）を合わせたシェアは26%であったが、2005年時点では2社計で52%となり倍増した。

寡占化が進むとM&A（企業の合併・買収）の選択肢も減る。北越製紙は規模こそ国内6位であるが、最新鋭の設備を有する生産効率が高い企業である。王子製紙が北越製紙を統合すれば、日本製紙はシェア争いで大きく後退し、これまでの業界内における価格主導権を失う恐れが生じる<sup>1)</sup>。その結果、日本製紙は王子製紙のTOB阻止に動き、2強が対峙する形になった。

こうした製紙業界の攻防の背景には、原油高の影響や海外大手との競争激化

---

\* 本稿作成にあたって、松山大学経済学部上田演習生の宮川真実さんと藤田直子さんには、計測作業において多大な助力をいただいた。ここに記して感謝します。なお、本稿においてあり得べき誤謬は、すべて筆者の責任です（なお本稿は2006年度松山大学特別助成成果研究の一部である）。

1) かつては需給悪化時に王子製紙と日本製紙が減産で足並みをそろえ価格水準を維持する時期もあったが、近年では2強のシェア争いはむしろ激化する方向にある。2005年秋には、日本製紙が先陣を切って印刷・情報用紙の値上げを行ったが、このとき既に王子製紙は値上げに追随しなかった経緯がある。

があげられる。経営体力に勝る海外メーカーが、効率性の高い生産設備を武器に成長市場のアジアで勢力を拡大し、その影響で割安な輸入紙の日本流入も進んでいる。典型的な内需型産業だった製紙業界であるが、グローバルな競争の広がりが国内2強をさらなる再編へと突き動かしている。

本稿では、1990年代以来、大型合併が相次いだ日本の製紙業界に注目し、DEA（決定論的フロンティアモデル）とSFA（確率論的フロンティアモデル）によって産業内の相対的な効率性の変化を捉え、合併の成否および各企業の効率性評価を試みる。さらに因子分析を用いることによって、フロンティアモデルで計測された効率性が、企業のどのような財務面を反映しているかについて検討する。

以下、第2章ではDEAとSFAの基本的な分析方法を提示し、第3章で効率性の実証分析を行う。さらに第4章で多角的な財務指標を用いた因子分析を行い、最後に第5章でこれらの考察を結論としてまとめる。

## 2. DEA・SFAによる効率性の分析方法

### 2-1 基本的なDEAモデル

企業活動のみならず、公的機関を含むあらゆる事業体あるいは意思決定主体（Decision Making Unit：DMU）の活動における効率性を相対的に評価する線形計画の手法として、包絡線分析法（Data Envelopment Analysis：DEA）が用いられている。DEAの嚆矢となった研究はCharnes, Cooper and Rhodes（1978）であり、彼らの提唱したモデルは、以後DEAの基本モデルとして、社会工学をはじめとしたさまざまな分野に適用されるようになった。したがって、内外を問わず、また幅広い専門領域での研究成果があるため先行研究をあげれば足りないが、経済学関連の研究をいくつかあげてみよう。

Ragan et. al.（1988）ではアメリカの215の銀行について、1986年のデータにDEAを適用し、複数財のアウトプットを考慮した技術非効率の程度を計測している。また、Ferrier and Lovell（1990）でも、アメリカの575の金融機

関について、1984年のデータによるDEAとSFA（Stochastic Frontier Analysis：SFA）を用いた技術非効率の推定を行っている。そしてDEAによる技術非効率の程度がSFAによる計測値よりも平均的に小さいことを確認したが、これはSFAでは関数形を特定化し統計的誤差を非効率の程度とする方法にその原因があると推察されている。また日本における研究でも金融機関を取り上げたものが多く、刀根他（1989）では1988年時点の都市銀行および有力地方銀行のデータを用いてDEAによる効率性の測定を行っている。さらに刀根（1993）では都銀および大手地銀をサンプルとして1987年から1991年までのパネルデータ分析を行い、資金調達における都銀上位行の優位性と資金運用面での大手地銀の相対的な効率性を確認している。また高橋（2003）でも都銀と大手地銀をサンプルとし、DEAによって合併・統合の効率性を測る試みがなされている。その結果、必ずしも合併が相対的な効率性を改善する結果とはならないことを示している。

このような先行研究をもとに、本稿ではDEAによる効率性分析を1990年代に合併を繰り返した製紙業界の相対的効率評価に適用し、合併の成否および個別企業の効率成果を検討したい。そのため、以下ではまずDEAの基本的な概念を説明し、続いて分析モデルを展開することにしよう。

いま2種類の投入（ $x_1, x_2$ ）によって1種類の産出（ $y$ ）を生み出す状況を考える。生産効率を考える場合、規模に関する収穫一定（Constant Returns to Scale：CRS）を仮定すれば、それぞれの投入／産出を座標軸として図1のようにA、B、C、Dの各点に4つのDMUに関する観察値が描かれる。これらの点は4つの企業における投入と産出の組み合わせに関する実現値と解釈しよう。生産効率がよいというのは、より少ない投入で大きな産出を生み出すことであるから、A、Bの実現値よりも、C、Dの方が効率的であると判断できる。こうして図1のSS'のような生産フロンティアが描かれる。Farrell（1957）

---

2) 以下のDEA分析に関する基本概念は、Coelli et. al（1998）や末吉（2001）などを参照。

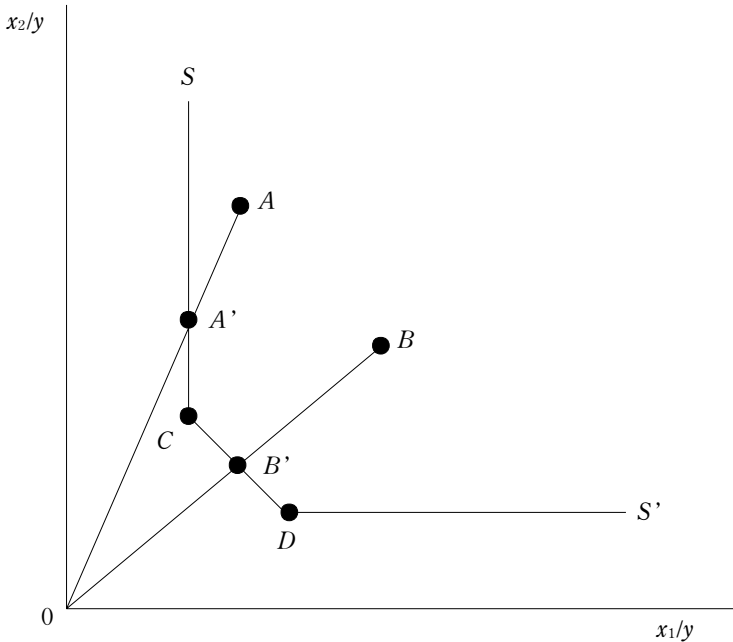


図1 DEAの概念図

の技術効率の指標に従えば、 $A$ 点を実現した企業の技術非効率の程度は  $OA'/OA$  であり、 $B$ 点を実現した企業のそれは  $OB'/OB$  である。しかし、 $A$ 点を実現していた企業が生産フロンティア上の  $A'$  を実現したからといって、それが最適な投入と産出の組み合わせになったとはみなせない。 $x_2$  の投入をさらに減らすことにより  $C$  点を実現すれば、より少ない投入によって生産フロンティア上の点を達成することができるからである。このように、投入指向型 (input-oriented) な見方により定義されるこの余剰投入部分  $A'C$  を、投入スラックと呼ぶ<sup>3)</sup>したがって、 $A$ 点を実現している企業にとっては、 $C$ 点を実現している企業の投入組み合わせが最適目標となる。 $B$ 点を実現している企業にと

3) 産出指向型な分析を用いれば、産出スラックについても同様に定義することができる。

では、 $B'$  の点における投入の組み合わせが最適となりスラックは発生しない。しかし  $B'$  点は  $C$  点と  $D$  点の線形結合で表されるため、最適な投入の組み合わせ目標とする現実の企業としては複数の企業がモデル候補となる。

DEA の基本概念を説明したところで、次に DEA の具体的なモデルを提示する。いま  $k$  種類の投入物を用いて  $m$  種類の産出物を生産する企業が  $n$  社あったとしよう。この関係は  $k \times n$  の投入行列  $X$  と、 $m \times n$  の産出行列  $Y$  として解釈できる。DEA は産出／投入の生産効率を測る指標であるため、最も基本的な DEA は、規模に関する収穫一定 (CRS) を仮定したうえで、産出のウェイトを  $m \times 1$  行のベクトル  $u$ 、投入のウェイトを  $k \times 1$  行のベクトル  $v$  で表し、 $(u'y_j/v'x_j) \leq 1$  および  $u, v \geq 0$  の下で  $(u'y_i/v'x_i)$  を最大化させる分数計画法として定式化できる。しかしこの形式では無限大の解が存在するという問題に突き当たるため、これを回避する方法として産出のウェイトによる加重平均に  $v'x_j = 1$  という制約を追加し、線形計画法によって表現したモデルが次のような基本モデルである。

$$\begin{aligned} & \max_{\mu, v} (\mu'y_i), \\ & \text{s.t. } v'x_i = 1, \\ & \quad \mu'y_j - v'x_j \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \\ & \quad \mu, v \geq 0 \end{aligned} \tag{1}$$

また、この双対形を示せば、

$$\begin{aligned} & \min_{\theta, \lambda} \theta, \\ & \text{s.t. } -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & \quad \theta x_i - X\lambda \leq 0, \\ & \quad \lambda \geq 0 \end{aligned} \tag{2}$$

となる。ここで $\theta$ はスカラー、 $\lambda$ は $n \times 1$ のベクトルである。 $\theta < 1$ ならばそのDMUは非効率となるが、 $\theta = 1$ でも、図1で説明したようなスラックが生じている場合がある。投入スラックは $IS = \theta x_i - X\lambda$ で表され、産出スラックは $OS = Y\lambda - x_i$ で表される。したがって、 $IS$ と $OS$ は次の式を解くことによって得られる。

$$\begin{aligned} & \min_{\lambda, OS, IS} -(OS + IS), \\ & s.t. \quad -y_i + Y\lambda - OS = 0, \\ & \quad \quad \theta x_i - X\lambda - IS = 0, \\ & \quad \quad \lambda \geq 0, OS \geq 0, IS \geq 0 \end{aligned} \tag{3}$$

ここで $OS$ は $m \times 1$ の産出スラックベクトル、 $IS$ は $k \times 1$ の投入スラックベクトルである。したがって、第1段階として(2)式を解き $\theta$ を求めた後に、第2段階として(3)式を解くことになる。したがってDEA最適解は、 $\theta = 1$ かつすべてのスラックがゼロの場合に効率的となる。

## 2-2 規模に関する収穫可変および技術変化を考慮したDEA

こうした規模に関する収穫一定(CRS)のモデルに対して、Banker, Charnes and Cooper (1984)は、規模に関して収穫可変(Variable Returns to Scale: VRS)のモデルを提示した。図2は1種類の投入から1種類の産出を生み出す例を描き、CRSとVRSでのフロンティアの違いを説明したものである。図中P点のCRSによる効率性は $TE_{CRS} = AP_C/AP$ で表されるが、VRSで測定すると効率性は $TE_{CRS} = AP_V/AP$ となり、この比率をとった $TE_{CRS}/TE_{CRS} = AP_C/AP_V$ が規模の効率性(SE)となる。また規模の弾力性( $\epsilon$ )は、

$$\epsilon = \frac{\ln(y)}{\ln(x)} = \frac{y/x}{dy/dx}$$

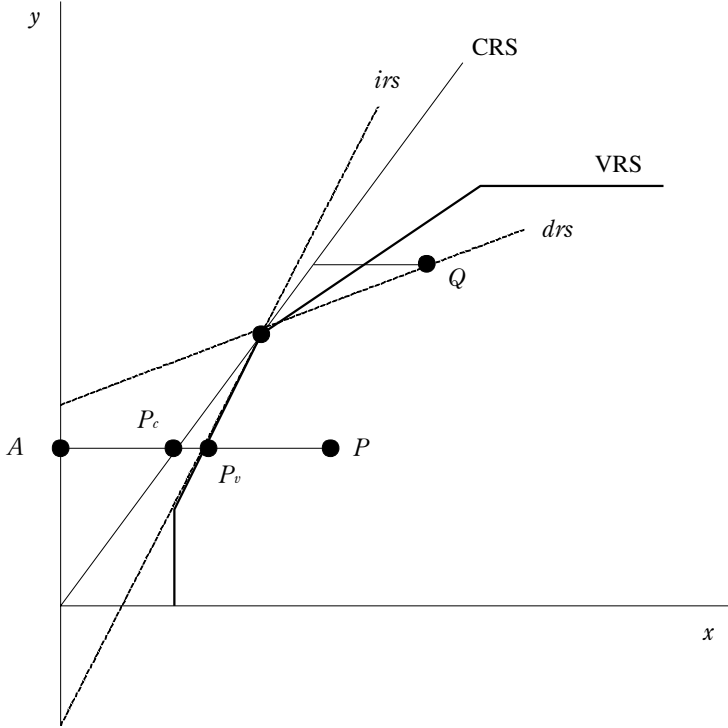


図2 CRSとVRS

というように、平均生産物と限界生産物の比で表されるので、図中 $Q$ 点では規模に関して収穫逓減（*drs*）、 $P_v$ 点では規模に関して収穫逓増（*irs*）となる。

以上の概念を数式によるモデルで表現した場合、VRSモデルはCRSモデルに $\lambda = 1$ の制約を加えた次のような式で表される。

$$\min_{\theta, \lambda} \theta,$$

$$\begin{aligned} \text{s.t.} \quad & -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & \theta x_i - X\lambda \leq 0, \\ & \lambda = 1 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned} \tag{4}$$

この VRS によって得られる技術効率性は、CRS モデルによって得られるものと同等であるか、もしくは通常大きくなる。この VRS を使えば、規模による効率指標 (Scale Efficiency) を推計することができる。

また、基本的な DEA をパネルデータに適用した場合、次のようなマルムクイスト指数 ( $M$ ) を使って全要素生産性 (Total Factor Productivity: TFP) を指標とした技術効率の変化を捉えることができる。

$$M(y_{t+1}, x_{t+1}, x_t, y_t) = \left[ \frac{d^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d^t(x_t, y_t)} \times \frac{d^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{\frac{1}{2}} \tag{5}$$

この指標は、 $t$  期における投入と産出の状況 ( $x_t, y_t$ ) から  $t+1$  期における状況 ( $x_t, y_t$ ) に変化したときの幾何平均で TFP の変化を表している。この指標を計算するためには、次のような 4 つの線形計画問題を解くことが必要になる。まず産出指向型の CRS による線形計画問題、

$$[d^t(x_t, y_t)]^{-1} = \max_{\phi, \lambda} \Phi,$$

$$\begin{aligned} \text{s.t.} \quad & -\Phi y_{it} + Y_t \lambda \geq 0, \\ & x_{it} - X_t \lambda \geq 0, \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

を計算し、残る 3 つの問題である、



$$\begin{aligned}
 [d^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})]^{-1} &= \max_{\phi, \lambda} \Phi, & [d^t(x_{t+1}, y_{t+1})]^{-1} &= \max_{\phi, \lambda} \Phi, \\
 \text{s.t. } -\Phi y_{i,t+1} + Y_{t+1} \lambda &\geq 0, & \text{s.t. } -\Phi y_{i,t+1} + Y_t \lambda &\geq 0, \\
 x_{i,t+1} - X_{t+1} \lambda &\geq 0, & x_{i,t+1} - X_t \lambda &\geq 0, \\
 \lambda &\geq 0 & \lambda &\geq 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [d^{t+1}(x_t, y_t)]^{-1} &= \max_{\phi, \lambda} \Phi, \\
 \text{s.t. } -\Phi y_{it} + Y_{t+1} \lambda &\geq 0, \\
 x_{it} - X_{t+1} \lambda &\geq 0, \\
 \lambda &\geq 0
 \end{aligned}$$

を解くことによって TFP 値を得る。このとき技術進歩があれば  $\Phi < 1$  となる。

### 2-3 SFA を用いた効率性の分析方法

これまでに展開した DEA は、線形計画法を用いたノンパラメトリックな決定論的分析である。これに対し、確率論的分析によって効率性を測る方法が確率的フロンティアモデル (Stochastic Frontier Analysis: SFA) である。SFA を分析に適用するため、まず分析方法を概観し、DEA との違いを確認しておく。

DEA での説明と同様に、2 種類の投入 ( $x_1, x_2$ ) によって 1 種類の産出 ( $y$ ) を生み出す状況を考える。図 3 では規模に関する収穫一定を仮定して、それぞれの投入/産出を座標軸にした平面に、観察値  $A, B, C \dots$  が与えられている。SFA はそれぞれの観察値に対して特定化した関数を用いて生産フロンティアを推定し、技術非効率の程度を推計するパラメトリックな方法である。図中の  $SS'$  は特定化された関数によって描かれた生産フロンティアである。SFA の場合、図中  $A$  点のような生産可能集合の外側にも確率的に観察値が存在することを許容するモデルとなる。 $B$  点や  $C$  点は生産フロンティア上に存在しないため、それぞれ  $BB'$  と  $CC'$  だけの技術非効率が生じている。すなわち、それぞれの技術非効率の程度は、 $TE_B = OB'/OB$  および  $TE_C = OC'/OC$

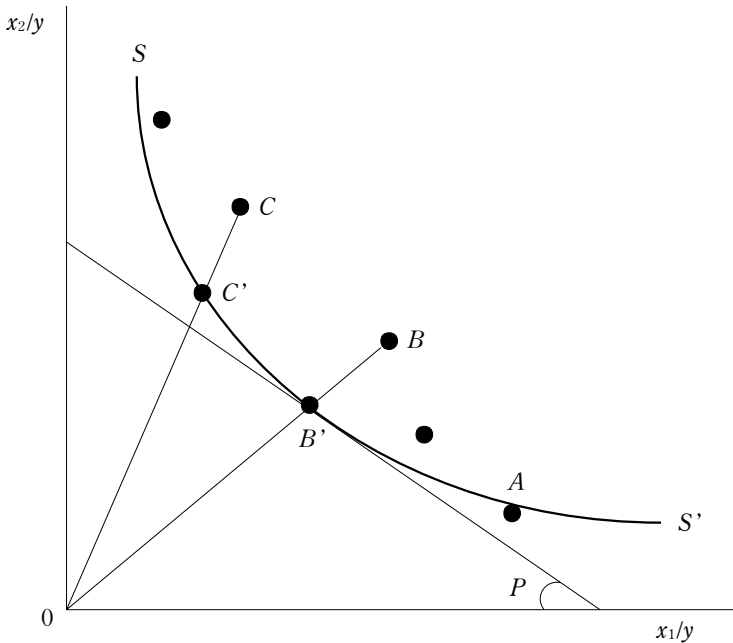


図3 SFAの概念図

となる。さらに $P$ を傾きとした要素価格比が考慮されると、 $C$ 点は資源配分上の非効率も含むことになるが、SFAでは技術非効率のみを推定値として得ることになる。DEAの場合、この資源配分上の非効率はスラック部分として解釈することもできよう。

### 3. DEA・SFAを用いた製紙業界における効率性の検証

#### 3-1 製紙業界再編の流れ

これまで展開したDEAおよびSFAによる生産フロンティアの分析方法を製紙業界に適用し、推計された効率指標により1990年代の大型合併についての成否および各企業の効率性を検討する。

ここで分析の主眼となる製紙業界の概況を確認しておこう。製紙業の主たる

製品は、新聞・印刷・衛生用紙となる「洋紙」と、包装用や加工用の「板紙」に区分される。輸入の割合は、洋紙で2%前後、板紙においては1%であるが、近年では海外メーカーのアジア進出により割安な輸入紙が流入し、競争が激化している。典型的な内需型産業と言えるが、持続的に供給過剰の状況にあり、構造変化や技術進歩が余儀なくされている厳しい市場である。

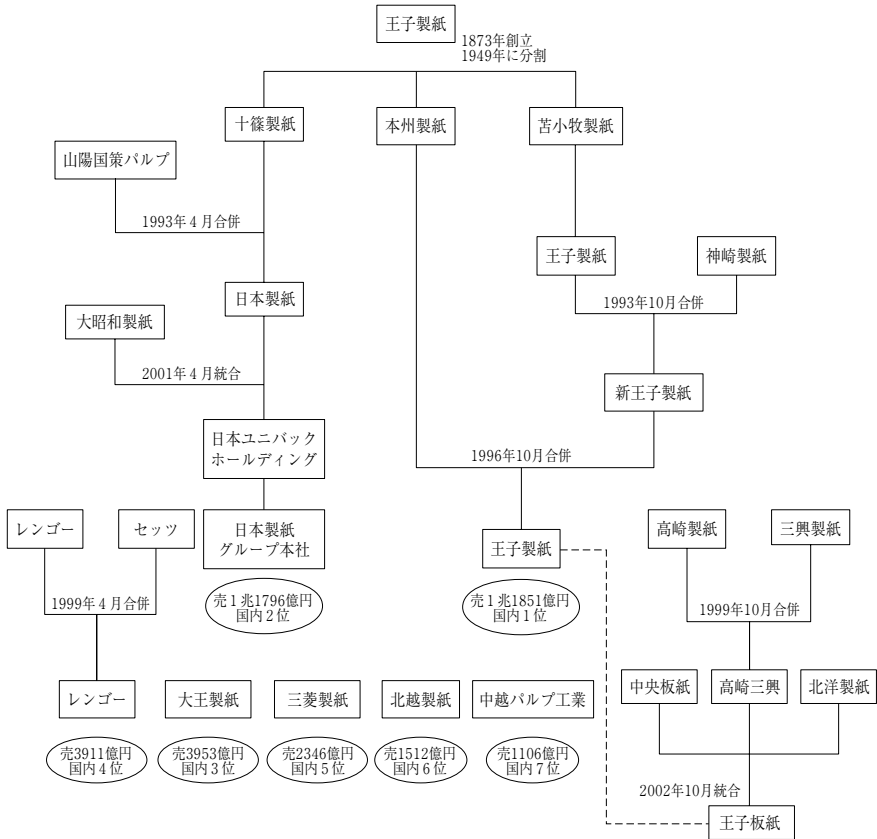
こうした状況を背景に、製紙業界では1990年代に大型合併が相次ぎ、市場構造が変化した。分析に入る前に、製紙業界再編の流れを簡単に追ってみよう。

第二次大戦前、王子製紙は洋紙業界で80%以上の生産シェアを誇ったが、戦後1949年には「過度経済力集中排除法」により、苫小牧製紙、本州製紙、十條製紙に分割された。

その後、苫小牧製紙は1960年に他社との合併を機に王子製紙と改名し、数社との合併を経験した後、1993年10月には神崎製紙と合併し、新王子製紙となった。また本州製紙も1980年代には合併を繰り返したが、1996年10月、新王子製紙との合併で、「王子製紙」の社名が復活した。

十條製紙もその後数回の合併を行っているが、1992年3月には東北製紙を完全子会社化、1993年4月には山陽国策パルプと合併し、日本製紙と改名した。さらに日本製紙は2001年4月、大昭和製紙と統合し、子会社、関連会社を含めた日本ユニパックホールディングを設立、2004年10月には「日本製紙グループ本社」と商号を変更した。2005年現在、洋紙生産の市場シェアは、日本製紙が30%、王子製紙が25%で、2強体制が確立している。それに続く勢力として、大王製紙が10%ほどのシェアを有し、さらに三菱製紙、北越製紙、中越パルプ、丸住製紙が、それぞれ5%前後のシェアとなっている。

板紙業界でも長年供給過剰の状態が続いていたが、1997年10月には日本紙業と十條板紙が合併して日本板紙が設立されたのを契機に、1999年4月には業界大手のレンゴーとセツツが合併、同年10月には高崎製紙と三興製紙が合併し、板紙業界の再編が加速した。その後、2001年4月には、日本板紙、大



売は 2005 年 3 月期の連結売上高を表す

図 4 製紙業界再編の流れ

昭和製紙，東北製紙の 3 社協同出資による共販会社が設立され，2003 年 4 月にはこれが日本大昭和板紙に発展している。

また，2002 年 10 月には，王子製紙グループの傘下にあった高崎三興，中央板紙，北陽製紙らが王子板紙として統合されたほか，2005 年には王子製紙が段ボール專業の森紙業を買収した。このように，板紙業界においても段ボール

事業の一貫体制が急速に進められており、その結果、2004年度の板紙生産における市場占有率を見ると、王子製紙グループが30%、レンゴーが20%弱、日本製紙グループが15%、大王製紙が10%程度のシェアとなっている。

他方、合併に関わりのなかった企業として、大手2強グループに続く大王製紙は、洋紙で業界第3位、板紙で第4位の地位にあり、コスト競争力で独自の路線を歩んでいる。また三菱製紙は北越製紙と2000年に資本提携を行っているが、その後解消となり、中越パルプ工業との合併話も破談となったため、目下自力での合理化対策による体質改善が続いている。北越製紙は需要が好調な塗工紙に強く、主力となる新潟工場は最高水準のコスト競争力を有している。

こうした1990年代の製紙業界における大型合併の成果を評価するため、上田(2003)ではSFAを用いて技術効率性を計測した。本稿ではDEAによってその成果を測るとともに、DEAで用いた同じサンプル企業についてSFAによる再計測を行い、2つの方法による効率性評価にどの程度差があるか検討を試みる。

### 3-2 DEAを用いた実証分析

まず、DEAによる効率性の計測を行う。ここでは分析期間を1990年度から2004年度までの15年間とし、分析対象とする企業は、主として洋紙を生産する上場企業で、かつ当該期間の紙・板紙統計年報に掲載されている市場占有率が上位20社以内に持続的にランキングされた企業をサンプルとする。こうして選ばれた企業は、王子製紙(旧)→新王子製紙→王子製紙(新)、十條製紙→日本製紙、本州製紙、大昭和製紙、大王製紙、三菱製紙、北越製紙、山陽国策パルプ、神崎製紙、中越パルプ、東海パルプ、高崎製紙→高崎三興製紙、紀州製紙の13社である。

投入と産出のデータは、以下の通り作成した。まず投入要素として、資本設備、労働、原材料の3種類を考慮した。それぞれの具体的な変数の作成方法は次の通りである。

表1 DEAの計測結果

1990年

	CRSTE	VRSTE	SCALE	
十條製紙	1	1	1	—
北越製紙	1	1	1	—
紀州製紙	1	1	1	—
王子製紙	0.981	1	0.981	drs
東海バルブ	0.963	1	0.963	irs
大王製紙	0.963	0.981	0.981	irs
本州製紙	0.944	1	0.944	drs
山陽国策	0.916	0.94	0.975	irs
三菱製紙	0.901	0.93	0.969	irs
大昭和製紙	0.9	0.918	0.98	drs
高崎製紙	0.897	1	0.897	irs
中越バルブ	0.759	0.862	0.881	irs
神崎製紙	0.724	0.726	0.998	irs

1992年

	CRSTE	VRSTE	SCALE	
十條製紙	1	1	1	—
北越製紙	1	1	1	—
紀州製紙	1	1	1	—
大王製紙	1	1	1	—
大昭和製紙	0.975	0.996	0.979	drs
本州製紙	0.944	0.981	0.962	drs
王子製紙	0.92	1	0.92	drs
東海バルブ	0.896	0.984	0.911	irs
高崎製紙	0.853	1	0.853	irs
神崎製紙	0.771	0.792	0.974	drs
三菱製紙	0.769	0.814	0.944	irs
山陽国策	0.742	0.761	0.975	irs
中越バルブ	0.726	0.775	0.936	irs

1994年

	CRSTE	VRSTE	SCALE	
日本製紙	1	1	1	—
紀州製紙	1	1	1	—
大王製紙	1	1	1	—
大昭和製紙	0.908	0.955	0.951	drs
本州製紙	0.907	0.911	0.996	drs
北越製紙	0.898	0.95	0.945	irs
東海バルブ	0.832	0.955	0.872	irs
新王子製紙	0.831	0.833	0.998	irs
高崎製紙	0.821	1	0.821	irs
中越バルブ	0.774	0.849	0.912	irs
三菱製紙	0.709	0.79	0.898	irs

1996年

	CRSTE	VRSTE	SCALE	
日本製紙	1	1	1	—
大昭和製紙	1	1	1	—
紀州製紙	1	1	1	—
大王製紙	0.925	0.942	0.982	irs
中越バルブ	0.918	0.979	0.937	irs
北越製紙	0.884	0.938	0.942	irs
東海バルブ	0.793	0.934	0.849	irs
高崎製紙	0.767	1	0.767	irs
王子製紙	0.762	1	0.762	drs
三菱製紙	0.732	0.804	0.91	irs

1991年

	CRSTE	VRSTE	SCALE	
東海バルブ	1	1	1	—
王子製紙	1	1	1	—
本州製紙	1	1	1	—
十條製紙	1	1	1	—
紀州製紙	1	1	1	—
大昭和製紙	0.998	1	0.998	drs
大王製紙	0.984	1	0.984	irs
北越製紙	0.967	0.97	0.997	drs
山陽国策	0.879	0.897	0.98	irs
三菱製紙	0.839	0.86	0.975	irs
高崎製紙	0.78	1	0.78	irs
神崎製紙	0.742	0.743	0.999	—
中越バルブ	0.705	0.779	0.905	irs

1993年

	CRSTE	VRSTE	SCALE	
日本製紙	1	1	1	—
紀州製紙	1	1	1	—
大王製紙	1	1	1	—
本州製紙	0.937	0.948	0.988	irs
東海バルブ	0.898	0.996	0.902	irs
北越製紙	0.895	0.946	0.946	irs
大昭和製紙	0.892	0.938	0.95	drs
高崎製紙	0.807	1	0.807	irs
新王子製紙	0.788	0.793	0.994	irs
三菱製紙	0.725	0.791	0.916	irs
中越バルブ	0.697	0.79	0.883	irs

1995年

	CRSTE	VRSTE	SCALE	
日本製紙	1	1	1	—
大昭和製紙	1	1	1	—
紀州製紙	1	1	1	—
大王製紙	1	1	1	—
北越製紙	0.936	1	0.936	irs
中越バルブ	0.9	0.981	0.917	irs
新王子製紙	0.844	0.844	1	—
本州製紙	0.758	0.767	0.988	irs
東海バルブ	0.757	0.973	0.778	irs
三菱製紙	0.735	0.835	0.88	irs
高崎製紙	0.642	1	0.642	irs

1997年

	CRSTE	VRSTE	SCALE	
日本製紙	1	1	1	—
大昭和製紙	1	1	1	—
紀州製紙	1	1	1	—
北越製紙	0.985	1	0.985	irs
大王製紙	0.921	0.934	0.986	irs
中越バルブ	0.906	0.933	0.97	irs
高崎製紙	0.859	1	0.859	irs
東海バルブ	0.857	0.931	0.921	irs
王子製紙	0.827	1	0.827	drs
三菱製紙	0.653	0.683	0.956	irs

## 1998年

	CRSTE	VRSTE	SCALE	
日本製紙	1	1	1	—
紀州製紙	1	1	1	—
北越製紙	0.993	1	0.993	irs
大王製紙	0.965	0.997	0.968	irs
大昭和製紙	0.944	0.946	0.999	irs
東海バルブ	0.934	1	0.934	irs
中越バルブ	0.843	0.868	0.971	irs
王子製紙	0.818	1	0.818	drs
高崎製紙	0.802	1	0.802	irs
三菱製紙	0.589	0.633	0.932	irs

## 1999年

	CRSTE	VRSTE	SCALE	
日本製紙	1	1	1	—
北越製紙	1	1	1	—
大昭和製紙	1	1	1	—
大王製紙	1	1	1	—
東海バルブ	0.928	1	0.928	irs
王子製紙	0.924	1	0.924	drs
紀州製紙	0.891	1	0.891	irs
中越バルブ	0.847	0.876	0.967	irs
三菱製紙	0.663	0.676	0.981	irs
高崎三興	0.503	1	0.503	irs

## 2000年

	CRSTE	VRSTE	SCALE	
日本製紙	1	1	1	—
北越製紙	1	1	1	—
大王製紙	1	1	1	—
王子製紙	0.998	1	0.998	drs
紀州製紙	0.931	1	0.931	irs
大昭和製紙	0.883	0.884	0.998	irs
中越バルブ	0.834	0.937	0.89	irs
三菱製紙	0.755	0.781	0.968	irs
東海バルブ	0.746	1	0.746	irs
高崎三興	0.652	0.887	0.735	irs

## 2001年

	CRSTE	VRSTE	SCALE	
王子製紙	1	1	1	—
日本製紙	1	1	1	—
北越製紙	1	1	1	—
紀州製紙	1	1	1	—
大王製紙	1	1	1	—
中越バルブ	0.825	0.955	0.864	irs
三菱製紙	0.77	0.823	0.935	irs
東海バルブ	0.696	1	0.696	irs
高崎三興	0.468	0.968	0.484	irs

## 2002年

	CRSTE	VRSTE	SCALE	
王子製紙	1	1	1	—
大王製紙	1	1	1	—
北越製紙	0.985	1	0.985	irs
紀州製紙	0.985	1	0.985	irs
日本製紙	0.925	0.944	0.98	irs
中越バルブ	0.758	0.864	0.876	irs
東海バルブ	0.742	1	0.742	irs
三菱製紙	0.671	0.719	0.934	irs

## 2003年

	CRSTE	VRSTE	SCALE	
王子製紙	1	1	1	—
北越製紙	1	1	1	—
大王製紙	1	1	1	—
日本製紙	0.912	0.92	0.992	drs
紀州製紙	0.885	1	0.885	irs
東海バルブ	0.8	1	0.8	irs
中越バルブ	0.779	0.869	0.896	irs
三菱製紙	0.683	0.729	0.937	irs

## 2004年

	CRSTE	VRSTE	SCALE	
王子製紙	1	1	1	—
大王製紙	1	1	1	—
東海バルブ	0.901	1	0.901	irs
日本製紙	0.896	0.898	0.998	drs
北越製紙	0.862	0.934	0.923	irs
中越バルブ	0.755	0.8	0.944	irs
紀州製紙	0.746	1	0.746	irs
三菱製紙	0.701	0.754	0.93	irs

まず資本 ( $K$ ) は貸借対照表における土地と建設仮勘定を除いた償却対象有形固定資産で定義し、国民経済計算年報の民間企業設備デフレーターにより実質化した。また労働 ( $L$ ) は期末従業員数を用いた。原材料 ( $M$ ) は製造原価明細書に計上された原材料費を、日本銀行算出による需要段階別・用途別指数の素材原材料指数によってデフレートしている。

産出物 ( $Y$ ) は付加価値額で定義し、営業利益、人件費 (労務費 + 役員給料・手当)、金融費用 (支払利息・割引料 + 社債発行差金償却及び社債発行費償却)、賃借料 (製造原価、販売費及び一般管理費に計上されたもの)、租税公課 (製造原価、販売費及び一般管理費、営業外費用に計上されたもの)、および減価償却費を合計したものを、GDP デフレーターで実質化した。財務データはすべて日経 NEEDS 財務データから得られたものであり、すべてのデータの実質化は 1990 年を基準としている。

このようなデータによって DEA による効率性の計測を行った結果を表 1 に示している。表 1 には CRS の結果 (CRSTE)、VRS の結果 (VRSTE)、さらにこれらを使った規模の効果 (SCALE) を示し、収穫逓増の状況にある場合には *irs*、収穫逓減の場合には *drs* と示している。全体を概観すると、CRS による計測の結果では、効率性が 1 となる企業は 3 社ないし 4 社であるが、VRS を適用するとほとんどの年で効率性の値が 1 となる企業が半数にもおよぶ。これは既に検討した図 2 からわかる特徴であり、VRS による計測では規模が考慮されるため、サンプルが少ないとフロンティア上に存在する企業が相対的に多くなってしまふことを反映している。したがって、ここではそれぞれの企業について CRS の結果を採用して検討することにしよう<sup>4)</sup>。

まず、最も効率性が高く計測されたのは日本製紙 (十條製紙) である。2001 年以前のすべての年で効率性の値は 1 となっている。1993 年の十條/山陽国策の合併前には、十條製紙の効率性は 1 である一方で、山陽国策パルプは 1990 年には 13 社中の 8 位で効率性値は 0.91、1991 年には 9 位で効率性値は 0.88、合併直前の 1992 年には 12 位に転落し、効率性値は 0.74 であった。相対的に効率指標の低い山陽国策との合併であったが、合併後の日本製紙の効率性には変化がなく効率性値は 1 であることから、成功的な合併であったと判断される。

---

4) 本稿では日本製紙/大昭和製紙の統合について、財務データ入手の都合から分析対象とすることが困難であったため、このケースは対象外となっている。



1993年に合併を行ったもうひとつの事例は王子／神崎である。合併前の効率性値は、王子製紙は1ないし0.9以上と高かったが、神崎製紙は低いランキングであった。新王子製紙となった合併後では効率性値は0.8前後となり、合併前の王子製紙と比べると、相対的な効率性が低下している。さらに1996年の新王子／本州の合併では、合併前に比較的上位にランキングされていた本州製紙と、これより下位に位置していた新王子製紙の組み合わせであったが、合併後3年は効率ランキングを大きく低下させている。表にはこれら3つの企業が、合併前年には相対的に規模に関する収穫逓減（drs）の位置にあったことも示されている。ただ、合併後4年目以降は王子製紙の効率ランクは上昇し、2000年以降はほぼ1位となった。

1999年の高崎／三興の合併では、高崎製紙はそれ以前も効率ランキングは低かったが、1999年以降にはサンプル中で最低となってしまった。その他、合併に関わらなかった企業を見ると、規模は小さいが紀州製紙の効率指標が安定的に高く、2002年までは1ないし0.9以上である。また北越製紙の効率性も分析期間を通じて高く、大王製紙はほぼすべての年で効率指標が1であり、この効率指標からは日本の製紙業界の中で最も効率的な企業であると判断される。他方、三菱製紙は全期間を通じて効率性は相対的に低く、投入と産出の組み合わせにおいて戦略的な革新が必要であるかもしれない<sup>5)</sup>。

さらにマalmquist指数を用い、大型合併があった年は除外して各年のTFPを計算した値を表2に示している。これを見ると、王子／神崎の合併後1994年の指標ではTFPの値は1を超えているため、TFPは上昇していると判断され、生産技術の面から言えば合併の成果が確認される。また、新王子／本州の合併後1997年にはTFPの値は1以下となるため、生産性は低下してい

---

5) そもそもDEAはこうした問題について、具体的にどのような投入・産出の組み合わせをすれば効率フロンティア上に位置できるかを計算することができる手法である。非効率となった個別企業についての効率性を達成する（効率指標が1となる）投入量や、非効率な企業が目標とすべき参照集合について求めているが、これら指標の詳しい結果については改めて検討したい。

表2 Malmquist DEA による TFP の計測

	1991年	1992年	1994年	1995年	1997年	1998年	2003年	2004年
山陽国策	0.824	0.899						
東海バルブ	0.981	0.832	0.989	1.053	1.000	0.894	1.115	1.243
王子製紙	0.925	0.901	1.136	1.185	0.989	0.818	1.011	1.083
本州製紙	1.005	0.928	1.007	0.981				
日本製紙	0.881	1.042	1.065	1.120	0.896	0.841	0.972	1.032
三菱製紙	0.789	0.990	1.033	1.108	0.811	0.728	1.056	1.087
北越製紙	0.856	0.970	1.052	1.224	1.013	0.802	1.074	0.928
神崎製紙	0.953	1.025						
高崎三興	0.804	1.062	1.089	0.909	1.047	0.774		
大昭和製紙	1.040	0.909	1.089	1.290	0.913	0.756		
中越バルブ	0.822	0.984	1.158	1.320	0.929	0.773	1.064	1.057
紀州製紙	0.943	0.952	0.984	1.130	0.891	0.702	0.858	0.764
大王製紙	0.904	0.977	1.049	1.135	0.954	0.910	0.980	0.937

る。これは合併前に、本州製紙の TFP が低下傾向にあったこととも関係するかもしれない。しかしその後、高崎三興をはじめとする板紙企業を王子板紙として分離統合したため、この成果もあってか 2003 年以降は TFP が上昇している。先の効率性分析においても、この時期王子製紙の相対的順位は好転している。

日本製紙は 1993 年の合併直後、TFP を上昇させており、生産性の面から見ても十條/山陽国策の合併は成功的であったと考えられる。その後、生産性は低下するが、2001 年の大昭和製紙との統合後、再び生産性は改善する。

その他、効率指標が高かった大王製紙・北越製紙・紀州製紙などは、個別の生産性で見れば 1994 年・1995 年あたりで上昇しているが、持続的に生産性が上昇しているわけではない。

### 3-3 SFA を用いた実証分析

次に SFA を用いた計測を検討しよう。実際の計測では、企業  $i$  の  $t$  期における産出を  $Y_{it}$  とし、投入物については、 $K_{it}$  を資本、 $L_{it}$  を労働、 $M_{it}$  を原料として、生産関数  $Y=f(K, L, M)$  を想定した。実際の計測では生産関数を次のような Cobb-Douglas 型に特定化した確率的フロンティアモデルを用いた。

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \beta_K \ln K_{it} + \beta_L \ln L_{it} + \beta_M \ln M_{it} + v_{it} - u_{it} \quad (6)$$

計測の結果、 $\beta_K$  と  $\beta_L$  および  $\beta_M$  の係数値の和が1以上であれば、規模の経済性が存在すると判断される。ここで  $v_{it}$  は生産に関わる外生的なショックを確率的な攪乱項として表したもので、正規分布  $N(0, \sigma_v^2)$  に従うと仮定する。また  $u_{it}$  は X 非効率などによって発生する技術非効率を表し、ここでは切断正規分布 ( $|N(\mu, \sigma_u^2)|$ ) に従うと仮定した<sup>6)</sup>。攪乱項の  $v_{it}$  と  $u_{it}$  は互いに独立（無相関）であると仮定するため、 $\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$ 、 $\gamma = \sigma_u^2 / (\sigma_v^2 + \sigma_u^2)$  という指標を考慮し検定を行っている。

さらにここではパネルデータを用いた生産関数を最尤法によって推計するため、各期における非効率性の程度が変化するモデルを用いる。そこで  $u_{it}$  を  $u_{it} = u_i \exp\{-\eta(t-T)\}$  と特定化する。すると  $\eta$  は市場全体の効率性が時間とともに上昇したのか低下したのかを表す係数となる。つまり  $\eta > 0$  ならば、 $u_{it} = u_i \exp\{\eta(T-t)\}$  となるので効率性は改善、 $\eta < 0$  であれば効率性は低下、 $\eta = 0$  であれば、効率性は分析期間を通じて一定となる。非効率の程度は1からどれだけ乖離しているかで表されるため、効率指標の計測結果が1に近いほど効率性が高い企業であると解釈するのは DEA と同様である。また、計測に用いる変数の作成方法や分析期間、およびサンプルとした企業は、前章の DEA による分析で用いたものとまったく同じである<sup>7)</sup>。比較のために SFA の分析期間も DEA 同様に大型が合併の時期で分割し計測を行った。

こうして SFA によって計測した生産関数の結果を表3に示している。1990年から1992年の計測では、投入要素の係数値  $\beta$  はすべて統計的に有意に正であるため、理論的な符号条件は満たしている。推定した  $\eta$  の符号を見るとマ

6) X 非効率については、Leibenstein (1966) など参照。

7) 既に上田 (2003) では確率的生産フロンティアによる製紙業界の分析を行っているが、本稿で用いたサンプル企業とは異なるため、DEA 分析の結果との比較のために再計測している。

表3 フロンティア生産関数の推定結果

1990-1992	coefficient	t-ratio	1993-1995	coefficient	t-ratio
$\beta_o$	0.947	1.588	$\beta_o$	-0.452	-0.809
$\beta_K$	0.270	2.987	$\beta_K$	0.381	3.169
$\beta_L$	0.377	3.770	$\beta_L$	0.422	4.226
$\beta_M$	0.355	2.702	$\beta_M$	0.324	1.668
$\sigma_2$	0.032	4.011	$\sigma_2$	0.011	2.429
$\gamma$	0.874	16.502	$\gamma$	0.546	3.853
$\mu$	0.336	5.110	$\mu$	0.152	1.669
$\eta$	-0.236	-3.159	$\eta$	0.299	1.785
<i>LL</i>	37.249		<i>LL</i>	29.845	

1996-1998	coefficient	t-ratio	1999-2001	coefficient	t-ratio
$\beta_o$	0.386	0.394	$\beta_o$	-2.023	-2.682
$\beta_K$	0.096	0.139	$\beta_K$	0.029	0.210
$\beta_L$	0.500	1.031	$\beta_L$	0.204	1.195
$\beta_M$	0.483	0.643	$\beta_M$	0.969	3.826
$\sigma_2$	0.034	0.982	$\sigma_2$	0.018	3.390
$\gamma$	0.475	1.082	$\gamma$	0.161	0.918
$\mu$	0.253	0.290	$\mu$	0.107	1.494
$\eta$	-1.021	-0.958	$\eta$	0.564	2.140
<i>LL</i>	18.302		<i>LL</i>	14.063	

2002-2004	coefficient	t-ratio
$\beta_o$	-0.553	-0.575
$\beta_K$	0.383	1.637
$\beta_L$	0.402	2.093
$\beta_M$	0.344	1.145
$\sigma_2$	0.031	0.621
$\gamma$	0.740	1.660
$\mu$	0.036	0.096
$\eta$	0.018	0.088
<i>LL</i>	17.834	

注；*LL*は対数尤度

イナスとなっているため、この景気後退期において、産業全体の効率性は低下したことになる。他の時期についてみると、1993年から1995年では係数値は統計的に有意であるが、 $\eta$ の値はプラスとなっているため、産業全体の効率性は改善している。1996年から1998年の期間では、係数値 $\beta$ はすべて正であるが、統計的に有意でないため、後の効率指標の解釈において注意が必要となる。 $\eta$ もマイナスではあるが有意ではない。2000年以降も同様に係数値に有

表 4 SFA による計測結果

	1990	1991	1992
十條製紙	0.946	0.932	0.915
王子製紙	0.886	0.858	0.824
大王製紙	0.864	0.831	0.792
大昭和製紙	0.832	0.792	0.744
東海パルプ	0.829	0.789	0.741
紀州製紙	0.794	0.747	0.691
本州製紙	0.782	0.732	0.674
北越製紙	0.780	0.731	0.672
高崎製紙	0.757	0.703	0.640
山陽国策	0.747	0.691	0.626
三菱製紙	0.728	0.669	0.601
中越パルプ	0.696	0.632	0.559
神崎製紙	0.693	0.628	0.555

	1993	1994	1995
紀州製紙	0.891	0.917	0.938
日本製紙	0.875	0.905	0.929
大王製紙	0.862	0.896	0.921
東海パルプ	0.821	0.863	0.897
高崎製紙	0.775	0.827	0.869
北越製紙	0.744	0.803	0.849
本州製紙	0.690	0.759	0.815
中越パルプ	0.681	0.752	0.809
大昭和製紙	0.679	0.751	0.808
王子製紙	0.661	0.735	0.796
三菱製紙	0.623	0.704	0.771

	1996	1997	1998
日本製紙	0.978	0.941	0.847
大王製紙	0.976	0.934	0.830
東海パルプ	0.972	0.926	0.809
高崎製紙	0.967	0.913	0.778
中越パルプ	0.964	0.905	0.759
北越製紙	0.961	0.895	0.737
大昭和製紙	0.960	0.894	0.735
紀州製紙	0.955	0.881	0.705
王子製紙	0.954	0.877	0.697
三菱製紙	0.940	0.842	0.621

	1999	2000	2001
大王製紙	0.883	0.931	0.960
東海パルプ	0.852	0.912	0.949
中越パルプ	0.779	0.867	0.922
日本製紙	0.769	0.860	0.918
北越製紙	0.733	0.837	0.904
紀州製紙	0.682	0.803	0.883
王子製紙	0.648	0.780	0.868
三菱製紙	0.619	0.761	0.856
高崎三興	0.612	0.756	0.853
大昭和製紙	0.612	0.756	

	2002	2003	2004
大王製紙	0.958	0.958	0.959
東海パルプ	0.952	0.953	0.953
王子製紙	0.938	0.939	0.940
北越製紙	0.925	0.926	0.927
日本製紙	0.872	0.874	0.876
紀州製紙	0.811	0.814	0.817
中越パルプ	0.800	0.803	0.807
三菱製紙	0.737	0.741	0.745

意性が見られない変数があるため、この時期に関しては強い結論が得られない。

生産関数の計測結果を念頭において企業ごとの効率性を検討しよう。効率性の計測結果は表4の通りである。これを見ると、大型合併のあった1993年以前は、十條製紙、王子製紙の2強が上位を占め、大王製紙、大昭和製紙といったシェア上位企業が続く。その後の動きを大型合併に関わった企業から検討すると、1994年以降、日本製紙がランクをひとつ落とすものの上位を維持している一方で、王子製紙は大きくランクを下げているところもDEAでの計測結果と一致している。1996年の新王子/本州の合併についても同様のことが言える。

その他の企業を検討しよう。DEAでは規模の小さい紀州製紙や中規模の北越製紙の効率性もフロンティア上に位置したのが特徴的であったが、SFAによる計測では、例えば1993年以前の期間では、これらの企業は中位のランキングにとどまっている。しかし1993年から1995年の計測結果では紀州製紙は最も効率的に評価される。その後の分析期間では、紀州製紙は相対的下位に、北越製紙は中位の効率評価となる。一方で大王製紙はSFAの計測においてもすべての期間で上位に位置しており、相対的効率性の高さが確認される。

## 4. 因子分析による効率性要因分解

### 4-1 因子分析の方法

これまでDEAとSFAによる効率性分析によって、1990年代における製紙業界の大型合併の成否およびその他企業の相対的効率性を検討した。結果を考察すると、十條/山陽国策=日本製紙は成功的な事例であり、王子製紙の一連の合併に関しては、効率性を下げる結果となっている。またその他の企業においても、大王製紙はどちらの効率指標で見ても優れており、北越製紙や紀州製紙もDEAにおける評価は上位であった。こうした産業内の相対的な効率性の源泉を探るべく、効率性分析に用いたものと同じサンプル企業を使って、ここでは財務指標を用いた因子分析を試みる。

因子分析は、分析対象となる多変量の観察値には潜在的にいくつかの共通因子が含まれると考え、観測されたデータの相関行列から共通因子を見出し、それぞれの変量に対する共通因子の影響力を測るという、多変量解析による分析手法のひとつである。因子分析は次のようなモデルによって表現することができる。いま  $k$  社における財務指標  $m$  を  $z_{km}$  とすれば、因子分析のモデルは次のようになる。

$$z_{km} = a_{mn}f_{kn} + e_{km} \quad (7)$$

ここで  $f_{kn}$  は抽出された  $k$  社における  $n$  個の共通因子を表し、 $a_{mn}$  はその共通因子にかかるウェイトで因子負荷量と呼ばれる。それぞれの財務指標に関する各社固有の因子は  $e_{km}$  で捉えられる。ここで  $Z$  を財務指標の行列とし、 $F$  を因子得点行列、 $A$  を因子付加行列とすれば、因子分析のモデルを次のように行列表示することができる。

$$Z = FA' + E \quad (8)$$

実際には標準化されたデータによって相関行列を求め、共通性と独自性を推定して因子得点が計算される。共通性の推定にはいくつかの方法があるが、ここでは重回帰分析において計算される決定係数を利用して共通性を推定する SMC 法を採用した。また、各変量の相関を見る座標軸をバリマックス法によって回転させることにより、因子の意味をより明確化させた。

#### 4-2 財務指標を用いた因子分析の結果

このような方法で、企業の財務指標を用いた因子分析を試み、生産効率との因果関係および効率性の要因を探る。分析に使用した財務指標は、法人企業統計などの指標を参考に、収益性・効率性・安全性・成長性・規模に関する財務

表5 因子分析で用いる財務指標

収益性	売上高営業利益率	= 営業利益/売上高
	売上高経常利益率	= 経常利益/売上高
	売上高原価率	= 売上原価/売上高
	売上高人件費率	= 人件費総額/売上高
	総資本経常利益率	= 経常利益/総資産
	自己資本経常利益率	= 経常利益/自己資本
効率性	総資本回転率	= 売上高/総資産
	固定資産回転率	= 売上高/固定資産
	棚卸資産回転率	= 売上高/棚卸資産
	売上債権回転期間	= 売上債権 (受取手形・売掛金・受取手形割引残高)/売上高
安全性	買入債務回転期間	= 買入債務 (支払手形・買掛金)/売上高
	自己資本比率	= 資本/総資産
	有利子負債依存度	= (長期・短期借入金+社債+受取手形割引残高)/ (総資本+受取手形割引残高)
	売上高純金利負担率	= (支払利息等-受取利息等)/売上高
	流動比率	= 流動資産/流動負債
	手元流動性	= (現金・預金+有価証券)/売上高
成長性	固定比率	= 固定資産/自己資本
	従業員伸び率	= (今期従業員数-前期従業員数)/前期従業員数
	売上高伸び率	= (今期売上高-前期売上高)/前期売上高
	総資産伸び率	= (今期総資産-前期総資産)/前期総資産
	株主資本伸び率	= (今期自己資本-前期自己資本)/前期自己資本
規模	総資産	= 総資産 (対数)
	売上高	= 売上高 (対数)
	従業員数	= 従業員数 (対数)

指標を計算したもので、それぞれの指標に関する計算方法は表5に示した通りである。サンプル企業は前章までの効率性分析に用いた13社であり、分析期間も同様に1990年から2004年までである。ただし、王子/神崎、十條/山陽国策が合併した1993年と、新王子/本州が合併した1996年、また高崎/三興が合併した1999年、さらに王子製紙の従業員数が極端に減少する2000年、日本/大昭和が統合した2001年については、成長性をみる指標を作成しなければならぬため分析から除外した。

因子分析ではそれぞれの共通因子の固有値と因子負荷量が計算される。例と



表6 1994年の因子分析による固有値と因子負荷量

固有値表：回転後(バリマックス法)		効 率 性	因子 No. 1	規 模	因子 No. 2
因子 No.	固有値	B 総資本回転率	0.96	E 売上高	0.99
因子 No. 1	6.83	B 固定資産回転率	0.93	E 総資産	0.97
因子 No. 2	4.05	C 売上高純金利負担率	0.90	E 従業員数	0.97
因子 No. 3	3.16	C 有利子負債依存度	0.86	B 買入債務回転期間	0.39
因子 No. 4	2.83	A 総資本経常利益率	0.86	D 総資産伸び率	0.22
因子 No. 5	1.82	C 自己資本比率	0.82	A 売上高人件費率	0.20
		C 固定比率	0.75	D 売上高伸び率	0.16
因子 No.	寄与率	A 自己資本経常利益率	0.67	A 売上高営業利益率	0.14
因子 No. 1	31.04%	D 株主資本伸び率	0.64	A 総資本経常利益率	0.05
因子 No. 2	18.40%	A 売上高原価率	0.24	B 固定資産回転率	0.04
因子 No. 3	14.35%	B 売上債権回転期間	0.16	A 自己資本経常利益率	-0.02
因子 No. 4	12.88%	B 買入債務回転期間	0.14	B 棚卸資産回転率	-0.03
因子 No. 5	8.28%	B 棚卸資産回転率	0.13	B 総資本回転率	-0.03
		E 従業員数	0.11	C 売上高純金利負担率	-0.03
因子 No.	累積寄与率	A 売上高営業利益率	0.08	A 売上高原価率	-0.06
因子 No. 1	31.04%	E 売上高	-0.06	C 自己資本比率	-0.08
因子 No. 2	49.45%	C 手元流動性	-0.10	C 固定比率	-0.09
因子 No. 3	63.80%	D 従業員伸び率	-0.21	C 有利子負債依存度	-0.11
因子 No. 4	76.67%	E 総資産	-0.21	D 株主資本伸び率	-0.19
因子 No. 5	84.96%	D 総資産伸び率	-0.24	C 手元流動性	-0.40
		D 売上高伸び率	-0.35	D 従業員伸び率	-0.45
		A 売上高人件費率	-0.51	B 売上債権回転期間	-0.67

収 益 性	因子 No. 4	安 全 性	因子 No. 5	成 長 性 逆	因子 No. 6
B 棚卸資産回転率	0.87	A 売上高原価率	0.96	C 手元流動性	0.78
A 売上高営業利益率	0.84	B 買入債務回転期間	0.72	D 総資産伸び率	0.48
A 自己資本経常利益率	0.72	C 自己資本比率	0.52	A 売上高人件費率	0.29
D 株主資本伸び率	0.65	C 固定比率	0.45	B 固定資産回転率	0.16
C 固定比率	0.43	C 手元流動性	0.43	C 固定比率	0.11
A 総資本経常利益率	0.38	A 売上高営業利益率	0.40	A 自己資本経常利益率	0.04
A 売上高人件費率	0.33	D 売上高伸び率	0.31	B 買入債務回転期間	0.03
C 売上高純金利負担率	0.31	A 総資本経常利益率	0.25	B 棚卸資産回転率	0.01
C 手元流動性	0.21	C 有利子負債依存度	0.21	A 総資本経常利益率	0.00
B 総資本回転率	0.15	D 株主資本伸び率	0.16	D 株主資本伸び率	0.00
B 買入債務回転期間	0.13	C 売上高純金利負担率	0.15	C 自己資本比率	0.00
B 固定資産回転率	0.09	B 売上債権回転期間	0.13	C 売上高純金利負担率	-0.01
D 従業員伸び率	0.09	E 従業員数	0.12	C 有利子負債依存度	-0.01
D 売上高伸び率	0.06	A 自己資本経常利益率	0.11	E 従業員数	-0.02
E 売上高	0.01	E 総資産	0.08	E 総資産	-0.05
C 自己資本比率	-0.01	E 売上高	0.06	E 売上高	-0.06
E 総資産	-0.03	B 固定資産回転率	-0.11	B 総資本回転率	-0.07
A 売上高原価率	-0.05	D 総資産伸び率	-0.11	A 売上高原価率	-0.10
D 総資産伸び率	-0.07	A 売上高人件費率	-0.14	A 売上高営業利益率	-0.11
E 従業員数	-0.13	B 総資本回転率	-0.19	B 売上債権回転期間	-0.13
C 有利子負債依存度	-0.18	D 従業員伸び率	-0.25	D 従業員伸び率	-0.49
B 売上債権回転期間	-0.23	B 棚卸資産回転率	-0.35	D 売上高伸び率	-0.75

して表6には、1994年の因子分析の結果、計算された固有値と因子負荷量を示している。一般的に固有値の累積寄与率が80%を超えれば、データの8割について説明力があると考えられるため、抽出する因子の数は累積寄与率によって判断される。実際にはすべての分析期間において累積寄与率は5つの固有値でちょうど80%を超えるため、5つの因子を採用する。これはそもそも分析に使用した財務指標の性質にも対応していることがわかる。

次に抽出した5つの因子にそれぞれ命名することが必要となる。表6には計算された変数をわかりやすく表示するため、 $A$  (収益性)・ $B$  (効率性)・ $C$  (安全性)・ $D$  (成長性)・ $E$  (規模)として因子負荷量が大きい順に並べている。これをみると、第1因子には総資本回転率や固定資産回転率など効率性の変数が大きな因子負荷量を持つため、第1因子は効率性の因子であると判断した。同様に、第2因子は規模、第3因子は収益性、第4因子は安全性とした。第5因子はプラスの負荷量を持つ変数を見ると分類が難しいが、成長性を表す変数がマイナスで大きな因子負荷量を示している。このようなケースも成長性の因子が抽出されたと判断されるが、後に示した因子分析の結果では、「成長性逆」という表記を用いている。

こうして共通性の推定から因子負荷行列  $A$  と各企業の独自性のベクトル  $E$  が計算される。すると、観測値ベクトル  $Z$  は与えられているので、(8)式より因子得点  $F$  を求めることができる。

ここで各企業の因子得点をクロスセクションで求めた結果を表7に示す。総合評価とは、企業ごとの因子得点をそれぞれの因子の固有値でウェイトし、合計した指標である<sup>8)</sup>。例えば1990年の王子製紙の総合評価は、次のように求められている。

---

8) このような方法で総合評価をすることに関しては、問題点も多いことが指摘されていることに留意しておかねばならない。この点については稲岡・野口(2004)など参照。

表7 因子分析の結果

1990											総合得点
安全性	5.28	規模	3.81	収益性	3.49	効率性	3.41	成長性	1.68		
神崎製紙	2.09	山陽国策	1.44	王子製紙	1.62	中越パルプ	1.66	王子製紙	1.86	王子製紙	18.69
紀州製紙	1.74	本州製紙	1.42	東海パルプ	1.24	大昭和製紙	1.24	大昭和製紙	1.03	十條製紙	9.31
山陽国策	1.24	王子製紙	1.18	北越製紙	0.54	王子製紙	1.18	高崎製紙	0.67	三菱製紙	7.92
三菱製紙	0.78	十條製紙	0.85	十條製紙	0.32	紀州製紙	0.81	神崎製紙	0.29	神崎製紙	7.88
十條製紙	0.73	三菱製紙	0.76	大王製紙	0.24	大王製紙	0.41	三菱製紙	0.08	山陽国策	6.44
本州製紙	0.32	大王製紙	0.73	三菱製紙	-0.08	十條製紙	0.38	十條製紙	-0.12	紀州製紙	6.01
王子製紙	0.27	大昭和製紙	0.20	中越パルプ	-0.32	三菱製紙	0.30	本州製紙	-0.34	中越パルプ	1.99
東海パルプ	0.25	神崎製紙	-0.14	紀州製紙	-0.35	神崎製紙	0.20	東海パルプ	-0.51	東海パルプ	-1.52
中越パルプ	0.24	北越製紙	-0.16	高崎製紙	-0.44	山陽国策	0.09	中越パルプ	-0.61	本州製紙	-2.15
高崎製紙	-0.29	紀州製紙	-0.71	山陽国策	-0.70	北越製紙	0.01	紀州製紙	-1.22	大王製紙	-3.48
北越製紙	-0.44	中越パルプ	-0.74	本州製紙	-0.78	東海パルプ	-0.63	大王製紙	-1.38	北越製紙	-5.04
大王製紙	-1.17	東海パルプ	-1.10	神崎製紙	-1.07	高崎製紙	-1.53	山陽国策	-2.04	大昭和製紙	-9.30
大昭和製紙	-1.45	高崎製紙	-1.45	大昭和製紙	-2.40	本州製紙	-1.74	北越製紙	-2.38	高崎製紙	-12.67

1991

1991											総合得点
規模	5.72	安全性	4.60	収益性	4.34	効率性逆	1.82	成長性逆	1.79		
王子製紙	0.92	神崎製紙	1.80	東海パルプ	2.83	十條製紙	2.27	北越製紙	2.48	三菱製紙	11.17
大昭和製紙	0.91	山陽国策	1.30	本州製紙	1.89	王子製紙	1.16	中越パルプ	1.99	東海パルプ	10.86
大王製紙	0.89	紀州製紙	1.21	紀州製紙	0.99	大王製紙	0.73	東海パルプ	1.70	王子製紙	9.63
本州製紙	0.84	三菱製紙	1.09	北越製紙	0.71	紀州製紙	0.01	三菱製紙	1.08	神崎製紙	8.85
山陽国策	0.81	王子製紙	0.13	十條製紙	0.41	三菱製紙	-0.09	大昭和製紙	0.84	山陽国策	7.60
三菱製紙	0.70	中越パルプ	0.00	神崎製紙	0.17	東海パルプ	-0.16	山陽国策	0.78	十條製紙	7.17
十條製紙	0.54	十條製紙	-0.20	王子製紙	0.14	高崎製紙	-0.51	神崎製紙	0.58	紀州製紙	5.04
神崎製紙	0.22	東海パルプ	-0.43	三菱製紙	0.08	中越パルプ	-0.58	王子製紙	0.56	北越製紙	2.83
北越製紙	-0.26	大王製紙	-0.43	山陽国策	-0.07	北越製紙	-0.62	大王製紙	-0.28	大王製紙	2.81
東海パルプ	-0.39	北越製紙	-0.45	大王製紙	-0.25	神崎製紙	-1.37	十條製紙	-0.52	本州製紙	2.69
紀州製紙	-0.67	高崎製紙	-0.48	中越パルプ	-0.60	大昭和製紙	-1.54	紀州製紙	-0.58	中越パルプ	-4.24
中越パルプ	-0.73	本州製紙	-0.94	高崎製紙	-0.61	山陽国策	-2.26	本州製紙	-0.90	大昭和製紙	-8.26
高崎製紙	-2.74	大昭和製紙	-1.81	大昭和製紙	-0.88	本州製紙	-2.43	高崎製紙	-0.97	高崎製紙	-23.19

1992

1992											総合得点
安全性	6.45	規模	4.33	収益性	2.79	効率性逆	1.94	成長性	1.78		
紀州製紙	2.13	三菱製紙	1.26	北越製紙	0.47	王子製紙	2.70	大昭和製紙	3.58	紀州製紙	9.84
神崎製紙	1.24	十條製紙	1.21	大王製紙	0.06	北越製紙	0.44	三菱製紙	2.57	王子製紙	9.60
山陽国策	0.90	本州製紙	1.15	本州製紙	0.03	中越パルプ	0.44	紀州製紙	2.17	十條製紙	7.54
三菱製紙	0.65	王子製紙	0.82	東海パルプ	-0.92	紀州製紙	0.40	十條製紙	1.62	三菱製紙	6.05
王子製紙	0.47	大昭和製紙	0.77	十條製紙	-1.07	三菱製紙	0.22	北越製紙	1.48	本州製紙	4.14
十條製紙	0.41	山陽国策	0.65	中越パルプ	-1.28	大王製紙	-0.11	高崎製紙	1.36	神崎製紙	2.63
本州製紙	0.24	大王製紙	0.55	王子製紙	-1.36	十條製紙	-0.15	神崎製紙	1.00	山陽国策	1.16
高崎製紙	-0.19	神崎製紙	-0.13	高崎製紙	-1.62	東海パルプ	-0.35	東海パルプ	0.98	北越製紙	0.92
北越製紙	-0.27	北越製紙	-0.49	山陽国策	-1.65	高崎製紙	-0.35	本州製紙	0.98	大王製紙	-4.29
東海パルプ	-0.47	中越パルプ	-0.66	紀州製紙	-1.92	大昭和製紙	-0.49	王子製紙	0.89	東海パルプ	-10.04
中越パルプ	-1.06	紀州製紙	-0.74	神崎製紙	-1.98	神崎製紙	-0.53	大王製紙	0.43	大昭和製紙	-11.31
大王製紙	-1.14	東海パルプ	-1.28	三菱製紙	-3.09	山陽国策	-0.76	山陽国策	-0.76	高崎製紙	-13.08
大昭和製紙	-1.65	高崎製紙	-2.09	大昭和製紙	-3.37	本州製紙	-2.19	中越パルプ	-2.32	中越パルプ	-16.52

1994

効率性	6.83	規模	4.05	収益性	3.16	安全性	2.83	成長性逆	1.82		総合得点
紀州製紙	2.21	日本製紙	1.94	北越製紙	2.13	新王子製紙	1.14	中越パルプ	1.81	日本製紙	14.42
本州製紙	0.81	本州製紙	1.68	本州製紙	1.15	中越パルプ	0.51	三菱製紙	1.68	紀州製紙	12.06
日本製紙	0.70	大王製紙	1.25	大王製紙	1.08	三菱製紙	0.41	東海パルプ	0.81	中越パルプ	10.55
新王子製紙	-0.07	中越パルプ	1.04	中越パルプ	0.79	大王製紙	0.01	本州製紙	0.59	本州製紙	8.85
三菱製紙	-0.09	大昭和製紙	0.85	高崎製紙	0.53	日本製紙	-0.07	紀州製紙	0.49	三菱製紙	4.98
中越パルプ	-0.13	新王子製紙	0.33	新王子製紙	0.40	紀州製紙	-0.15	大王製紙	0.47	大王製紙	4.64
東海パルプ	-0.36	三菱製紙	0.04	三菱製紙	0.38	北越製紙	-0.15	日本製紙	0.47	新王子製紙	1.52
高崎製紙	-0.60	紀州製紙	-0.33	日本製紙	0.36	東海パルプ	-0.59	北越製紙	0.23	北越製紙	-0.25
北越製紙	-0.66	北越製紙	-0.61	東海パルプ	-0.06	大昭和製紙	-0.97	大昭和製紙	0.19	東海パルプ	-9.85
大王製紙	-0.69	高崎製紙	-1.43	紀州製紙	-0.69	高崎製紙	-0.99	高崎製紙	-0.95	高崎製紙	-12.79
大昭和製紙	-1.88	東海パルプ	-1.74	大昭和製紙	-1.74	本州製紙	-2.89	新王子製紙	-2.10	大昭和製紙	-17.24

1995

効率性	5.47	収益性	5.44	規模	3.47	成長性	2.71	安全性	1.83		総合得点
紀州製紙	2.55	中越パルプ	1.43	本州製紙	1.90	東海パルプ	3.60	大昭和製紙	4.54	大王製紙	14.20
本州製紙	1.35	北越製紙	1.25	新王子製紙	1.87	本州製紙	3.49	日本製紙	4.20	紀州製紙	13.95
新王子製紙	0.64	日本製紙	0.73	大王製紙	1.17	大王製紙	2.85	高崎製紙	3.49	本州製紙	10.86
三菱製紙	0.63	大昭和製紙	0.36	東海パルプ	0.51	新王子製紙	0.25	紀州製紙	3.41	新王子製紙	10.11
東海パルプ	0.62	紀州製紙	0.29	三菱製紙	0.27	三菱製紙	-0.34	中越パルプ	3.31	三菱製紙	5.54
大王製紙	0.28	新王子製紙	0.16	大昭和製紙	-0.54	北越製紙	-0.78	三菱製紙	2.02	東海パルプ	3.30
日本製紙	0.25	三菱製紙	-0.29	日本製紙	-1.02	紀州製紙	-1.03	本州製紙	1.84	中越パルプ	-2.22
中越パルプ	-0.23	大王製紙	-0.40	紀州製紙	-1.45	大昭和製紙	-2.31	北越製紙	1.70	北越製紙	-2.46
北越製紙	-0.49	高崎製紙	-0.81	中越パルプ	-2.11	中越パルプ	-2.76	大王製紙	1.68	日本製紙	-4.33
高崎製紙	-1.19	東海パルプ	-1.87	北越製紙	-2.19	日本製紙	-5.10	新王子製紙	-0.78	大昭和製紙	-8.45
大昭和製紙	-1.93	本州製紙	-2.92	高崎製紙	-3.92	高崎製紙	-6.06	東海パルプ	-0.79	高崎製紙	-34.56

1997

効率性	5.67	規模	4.51	収益性	4.09	安全性逆	3.80	成長性	1.19		総合得点
紀州製紙	2.51	王子製紙	1.06	北越製紙	2.64	大昭和製紙	2.34	三菱製紙	1.73	日本製紙	6.81
日本製紙	0.86	日本製紙	0.87	大王製紙	0.13	高崎製紙	0.28	中越パルプ	1.31	紀州製紙	5.00
中越パルプ	0.12	三菱製紙	0.43	中越パルプ	0.06	紀州製紙	0.28	東海パルプ	1.04	大昭和製紙	3.61
東海パルプ	0.09	大王製紙	0.17	大昭和製紙	0.00	大王製紙	0.09	大昭和製紙	0.46	王子製紙	3.17
王子製紙	0.08	大昭和製紙	-0.33	王子製紙	-0.13	東海パルプ	0.07	王子製紙	0.18	北越製紙	2.38
大王製紙	-0.15	中越パルプ	-0.63	日本製紙	-0.25	日本製紙	-0.30	日本製紙	0.15	大王製紙	-1.07
北越製紙	-0.25	北越製紙	-0.76	紀州製紙	-0.35	中越パルプ	-0.43	北越製紙	0.15	中越パルプ	-1.96
大昭和製紙	-0.76	東海パルプ	-1.22	高崎製紙	-0.36	王子製紙	-0.46	紀州製紙	-0.88	東海パルプ	-5.03
三菱製紙	-0.89	紀州製紙	-1.73	東海パルプ	-0.37	北越製紙	-0.99	大王製紙	-1.58	三菱製紙	-16.82
高崎製紙	-1.10	高崎製紙	-2.70	三菱製紙	-1.63	三菱製紙	-2.40	高崎製紙	-2.64	高崎製紙	-21.95

1998

収益性	6.14	安全性	4.63	規模	3.48	成長性	2.65	効率性	2.23		総合得点
大王製紙	1.38	紀州製紙	1.87	王子製紙	1.84	北越製紙	1.85	北越製紙	1.77	日本製紙	13.91
東海パルプ	1.06	北越製紙	1.15	大昭和製紙	1.23	中越パルプ	1.63	高崎製紙	1.52	北越製紙	12.60
日本製紙	0.52	日本製紙	0.89	日本製紙	0.91	三菱製紙	0.82	日本製紙	1.24	王子製紙	10.01
紀州製紙	-0.01	三菱製紙	0.83	三菱製紙	0.54	日本製紙	0.24	王子製紙	1.06	大王製紙	7.06
王子製紙	-0.02	王子製紙	0.55	大王製紙	0.34	東海パルプ	0.23	大昭和製紙	0.01	紀州製紙	0.84
北越製紙	-0.09	中越パルプ	0.49	中越パルプ	-0.02	大王製紙	0.11	大王製紙	-0.26	中越パルプ	0.47
大昭和製紙	-0.81	高崎製紙	-0.41	北越製紙	-0.29	大昭和製紙	-0.12	中越パルプ	-0.27	東海パルプ	-0.82
中越パルプ	-0.88	大王製紙	-0.51	紀州製紙	-0.42	王子製紙	-0.44	東海パルプ	-0.43	三菱製紙	-5.10
三菱製紙	-1.46	東海パルプ	-0.59	東海パルプ	-1.23	高崎製紙	-0.66	紀州製紙	-0.86	大昭和製紙	-8.68
高崎製紙	-1.82	大昭和製紙	-1.67	高崎製紙	-1.29	紀州製紙	-1.64	三菱製紙	-1.81	高崎製紙	-15.92

2001

効率性	6.48	規模	4.13	安全性	3.88	収益性	3.43	成長性	2.40		総合得点
高崎三興	2.42	王子製紙	1.69	紀州製紙	2.31	北越製紙	0.43	東海パルプ	0.69	日本製紙	16.46
東海パルプ	1.83	日本製紙	1.50	日本製紙	1.08	三菱製紙	-0.13	日本製紙	0.28	王子製紙	11.00
王子製紙	1.70	大王製紙	0.46	北越製紙	0.90	高崎三興	-0.84	中越パルプ	0.14	高崎三興	2.87
日本製紙	1.52	三菱製紙	0.39	王子製紙	0.85	日本製紙	-1.28	三菱製紙	-0.15	三菱製紙	2.15
中越パルプ	0.81	北越製紙	-0.15	中越パルプ	0.45	東海パルプ	-2.39	王子製紙	-0.85	東海パルプ	-0.67
紀州製紙	0.63	中越パルプ	-0.49	東海パルプ	-0.03	王子製紙	-2.42	北越製紙	-1.26	中越パルプ	-3.14
三菱製紙	0.31	高崎三興	-0.71	三菱製紙	-0.18	中越パルプ	-2.46	紀州製紙	-1.30	紀州製紙	-4.31
大王製紙	-0.46	紀州製紙	-0.96	高崎三興	-0.40	紀州製紙	-2.99	大王製紙	-1.36	北越製紙	-6.41
北越製紙	-1.20	東海パルプ	-1.42	大王製紙	-1.41	大王製紙	-3.20	高崎製紙	-2.29	大王製紙	-20.80

2002

収益性	6.04	規模逆	5.48	安全性	4.04	効率性	3.30	成長性	2.16		総合得点
大王製紙	1.22	北越製紙	0.85	紀州製紙	2.09	北越製紙	0.68	東海パルプ	2.25	北越製紙	12.10
北越製紙	0.83	東海パルプ	0.43	日本製紙	0.55	東海パルプ	0.66	日本製紙	0.61	中越パルプ	4.80
王子製紙	0.60	紀州製紙	0.37	北越製紙	0.44	中越パルプ	0.57	王子製紙	0.31	東海パルプ	3.54
日本製紙	0.46	中越パルプ	0.31	王子製紙	-0.01	日本製紙	0.55	紀州製紙	0.23	紀州製紙	3.23
中越パルプ	0.17	大王製紙	0.11	中越パルプ	-0.07	王子製紙	0.14	中越パルプ	0.22	日本製紙	-4.10
東海パルプ	-0.48	三菱製紙	-0.11	東海パルプ	-0.73	三菱製紙	-1.34	大王製紙	-0.29	王子製紙	-4.21
紀州製紙	-0.54	王子製紙	-1.62	三菱製紙	-1.38	紀州製紙	-1.36	北越製紙	-0.74	大王製紙	-5.89
三菱製紙	-2.58	日本製紙	-2.23	大王製紙	-1.44	大王製紙	-2.24	三菱製紙	-1.58	三菱製紙	-29.57

2003

規模	5.40	安全性	4.69	収益性	4.00	効率性	3.27	成長性	3.13		総合得点
王子製紙	2.26	紀州製紙	1.26	北越製紙	1.51	大王製紙	2.90	日本製紙	2.37	北越製紙	15.01
日本製紙	0.86	北越製紙	1.04	中越パルプ	0.77	北越製紙	0.64	北越製紙	0.06	大王製紙	9.04
大王製紙	0.82	中越パルプ	0.13	大王製紙	0.30	紀州製紙	0.49	紀州製紙	-0.34	日本製紙	8.35
北越製紙	0.33	王子製紙	0.05	東海パルプ	0.11	三菱製紙	-0.07	東海パルプ	-0.44	王子製紙	3.58
三菱製紙	0.30	日本製紙	-0.58	王子製紙	-0.04	日本製紙	-0.12	大王製紙	-0.46	中越パルプ	-2.19
中越パルプ	-0.32	三菱製紙	-0.87	日本製紙	-0.15	東海パルプ	-0.40	中越パルプ	-0.66	紀州製紙	-3.56
紀州製紙	-0.92	大王製紙	-0.99	三菱製紙	-1.26	中越パルプ	-0.65	三菱製紙	-0.73	三菱製紙	-9.94
東海パルプ	-1.50	東海パルプ	-1.52	紀州製紙	-1.26	王子製紙	-0.88	王子製紙	-1.86	東海パルプ	-17.42

2004

規模	5.79	収益性	4.33	安全性	4.25	効率性	3.36	成長性	3.20		総合得点
王子製紙	1.38	北越製紙	1.08	紀州製紙	1.27	日本製紙	1.09	東海パルプ	1.78	北越製紙	6.49
日本製紙	1.20	中越パルプ	-0.41	北越製紙	1.00	大王製紙	0.74	日本製紙	0.89	日本製紙	5.57
大王製紙	1.18	三菱製紙	-0.88	王子製紙	-0.14	東海パルプ	0.44	王子製紙	0.66	大王製紙	4.13
北越製紙	0.26	大王製紙	-0.92	中越パルプ	-0.16	紀州製紙	0.42	大王製紙	0.47	中越パルプ	-4.85
三菱製紙	0.08	東海パルプ	-0.94	大王製紙	-0.64	中越パルプ	-0.31	中越パルプ	0.37	王子製紙	-8.44
中越パルプ	-0.44	日本製紙	-1.13	日本製紙	-0.70	三菱製紙	-0.99	北越製紙	-0.07	紀州製紙	-10.32
紀州製紙	-0.95	王子製紙	-1.55	三菱製紙	-1.53	北越製紙	-1.10	紀州製紙	-0.10	東海パルプ	-14.41
東海パルプ	-1.70	紀州製紙	-2.60	東海パルプ	-1.79	王子製紙	-3.35	三菱製紙	-2.14	三菱製紙	-20.02

$$5.28 \cdot 0.27 + 3.81 \cdot 1.18 + 3.49 \cdot 1.62 +$$

(安全性)            (規模)            (収益性)

$$3.41 \cdot 1.18 + 1.68 \cdot 1.86 = 18.69$$

(効率性)            (成長性)            (総合得点)

まず表7の分析結果を概観しよう。共通因子として抽出された指標の特徴として、規模の因子は各年ともに上位に現れ、特に近年では第1の共通因子となっている。1993年以前では安全性の因子が大きな共通因子であるが、大型合併後の1994年以後では収益性や効率性が大きな共通因子となって現れてくる。成長性の因子はいずれの年も下位の因子であり、製紙企業の現状を如実に反映したものと考えられる。

次に因子得点および総合得点を大型合併の前後の時期で検討すると、1993年に被合併企業となった神崎製紙と山陽国策パルプは、1990年時点では第1因子となった安全性、第2因子、第3因子の収益性いずれにおいても因子得点は高く、総合順位においても上位5社以内にランクされている。両企業の合併先となった王子製紙・十條製紙の大手2社も、規模はむろんのことながら、特に収益性の因子得点が高く、総合得点では1位・2位となった。合併前の1992年までは、それぞれの因子得点および総合得点は多少低下するが、概して大きな変動は見られない。ところが1993年の合併以降、十條/山陽国策=日本製紙は効率性や規模の因子が大きく作用し、総合得点では1位となった。その

後、1995年には一時的に総合順位は低下するが、以後、日本製紙は収益性・安全性や規模などの因子得点が相対的に高く、総合順位も上位を維持している。これに対して王子／神崎＝新王子は、合併後の1994年にはすべての因子得点が相対的に低下し、総合順位を大きく下げた。その後、1996年の本州製紙との合併後は、特に規模の因子が大きく影響し、2000年以前では総合得点が上位にランクされるが、それ以後は収益性が相対的に下位にランクされ、総合順位もこの影響で低下する。

その他、合併に関わった企業として高崎製紙を見ると、総合得点は一貫して最下位であったが、板紙企業である三興製紙と合併した1999年以降には効率性の因子が大きく作用し、総合得点を上昇させている。また、合併に関わらなかった企業では、収益性や効率性といった因子に、大王製紙や北越製紙が上位にランクされている年が多い。

この因子分析を行った最大の目的は、財務指標で評価した相対的ランキングが、前章までに行った生産効率性の結果とどのように対応しているかである。生産フロンティア分析の効率指標と完全とは言えないまでも、収益性や効率性の因子得点がかなりの程度対応している。また、1993年の大型合併以前では、規模や安全性といった因子が第1因子や第2因子として抽出されているが、業界再編後では収益性や効率性の因子の寄与度が高いことも特徴的である。

## 5. 結 論

本稿ではDEAとSFAという、2つの生産フロンティアモデルを用いて、1990年代の製紙業界再編に関する効率性の検証を試みた。その結果、DEAによる効率指標による企業ランキングとSFAによるランキングはかなりの程度一致し、双方の分析とも合併事例として成功的であったのは、十條／山陽国策＝日本製紙のケースであると判断された。他方、王子製紙が経験した王子／神崎＝新王子と新王子／本州＝王子の2つのケースでは、相対的な効率性の面からは成功的であると判断できなかった。

また合併に関連しなかった企業では、DEAとSFAのどちらの結果でも大王製紙の効率性が最も高く評価されている。上田(2005)では、大王製紙の効率性の高さは「規模と範囲の経済性」が反映したものと検証結果から裏付けている。また最新鋭の設備を誇る北越製紙もどちらの方法を用いた計測においても効率性は高く、近年になるほど効率ランキングは上位になる。

ただ、製紙企業のサンプルは少ないため、SFAでの計測は特定化した関数の推計で有意な係数値が得られにくく、その意味ではSFAよりもDEA分析が技術非効率を捉えるのに有用であることは間違いない。

さらに財務指標を用いた因子分析を行うことによって、2つのフロンティアモデルで計測された効率性が、企業のどのような財務面を反映しているかについて検討した。その結果、業界再編以前は規模や安全性といった指標が企業の総合力に大きく反映しているが、再編後は、規模のほか収益性や企業の資産効率性が企業の総合力に大きなウェイトを持つ。さらにフロンティアモデルで測られた技術効率と、収益性や効率性の因子得点が高かった企業がある程度対応していることも確認された。もっとも、効率性分析に用いた投入および産出は、その定義から言えば、規模の経済性、収益力といった項目を反映しているものであり、財務的な安全性や成長性を含んだものではない。しかしそれでもなお、多角的な財務指標を用いた因子分析の結果、フロンティアモデルによる効率指標が対応した事実は、DEAおよびSFAの計測による相対的効率性に、補完的な事実を提示したと解釈できるであろう。

今後の課題としては、DEAによって計算された投入スラックを、非効率性が生じた企業の投入に代替して効率的な組み合わせを作り、これをSFAでシミュレーションすることによってどのような効率値が得られるかを検討してみることが興味深い。これによってDEAから得られる望ましい投入量についての情報が、どの程度戦略的なインプリケーションを持つのかという判断材料となる。本稿でカバーしきれなかったDEAによる詳細な誤差分析がこうした問題に示唆を与えるだろう。また生産物あるいは投入物の定義などを再検討し、



生産量単位で捉えた複数産出によって、製紙業界の再編に加わった板紙企業も含めた効率性を検討することも大きな課題である<sup>9)</sup>。さらには個別企業の詳細な設備状況を考慮した計測も望まれる。

王子製紙による TOB 表明後 1 ヶ月余り、さまざまな攻防戦が繰り返され、王子製紙は北越製紙の買収をあきらめ、自前で最新鋭の製紙設備を建設する意向を表明した。老朽設備を抱えた製紙大手が今後設備競争を繰り返すことにより、価格競争の激化は必至である。また最近では 10 月末の大王製紙と北越製紙、11 月には日本製紙とレンゴアの資本提携、さらには東北パルプと特種製紙との統合も発表され、業界再編の動きはまだまだ流動的である。製紙業界は成熟産業における寡占市場の典型的なモデルであり、寡占市場の実証分析という観点からは、今後もその動向に目が離せない。

#### 参 考 文 献

- 1) Charnes, A., W. W. Cooper and E. Rhodes (1978), "Measuring the Efficiency or Decision Making Units," *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, pp. 429-444.
- 2) Charnes, A., W. W. Cooper and A. R. Lewin L. M. Seiford (1994) 'Data Envelopment Analysis Theory, Methodology, and Applications,' Kluwaer Academic Publishers.
- 3) Coelli, T., D. S. P. Rao and G. E. Battese, (1998) 'An Introduction to Efficiency and Production Analysis,' Kluwaer Academic Publishers.
- 4) Cooper, W. W. M. S. Lawrence and J. Zhu (2004) 'Handbook on Data Envelopment Analysis,' Kluwaer Academic Publishers.
- 5) Farrell, S. (1957) "The Measurement of Productive Efficiency," *Journal of the Royal Statistical Society*, Vol. 120, pp. 253-281.
- 6) Ferrier, G. D., and C. A. K. Lovell (1990) "Measuring Cost Efficiency in Baking," *Journal of Econometrics*, Vol. 46, pp. 229-245.
- 7) Leibenstein, H. (1966) "Allocative Efficiency vs. X-Efficiency," *American Economic Review*, Vol. 66, pp. 392-415.
- 8) Ragan, N. R., Grabowski, H. Y. Aly and C. Pasurka (1988), "The Technical Efficiency of US

---

9) 本稿で用いた投入・産出の定義で板紙企業を含めた計測を行った場合、DEA による計測結果で板紙企業がほとんど 1 となり、効率性の比較が不可能であった。上田 (2003) の SFA 分析では、板紙企業も含めた計測を行っている。

- Banks," *Economic Letters*, Vol. 2, pp. 429-444.
- 9) Sengupta, J. K. (1995) 'Dynamics of Data Envelopment analysis' Kluwaer Academic Publishers.
  - 10) 稲岡潔・野口美津恵 (2004) 「キャッシュ・フローを含む連結財務分析指標の検証と業績評価モデル」, 『経営情報研究』第10巻2号, pp. 17-64。
  - 11) 上田雅弘 (2003) 「合併の効率性と評価—フロンティア生産関数による合併の効率性分析—」, 『ビジネス・インサイト』第41巻1号, 現代経営学研究会。
  - 12) 上田雅弘 (2004) 「日本の製紙業界再編とシュタツケルベルク競争」, 『松山大学論集』第16巻1号, pp. 175-204。
  - 13) 粕谷宗久 (1993) 『日本の金融機関経営—範囲の経済性, 非効率性, 技術進歩—』, 東洋経済新報社。
  - 14) 末吉俊幸 (2001) 『DEA—経営効率分析法—』, 朝倉書店。
  - 15) 高橋智彦 (2003) 「巨大経営統合を考慮した銀行の効率性について」高橋一・池田昌幸編著『金融工学と資本市場の計量分析』第2章所収, 日本評論社。
  - 16) 刀根薫 (1993) 『経営効率性の測定と改善』, 日科技連。
  - 17) 刀根薫・山岸晃・大川直人 (1989) 「DEAによる都市銀行等の経営効率の比較」, 『オペレーションズ・リサーチ』7月号, pp. 316-319。
  - 18) 松浦克己・竹澤康子 (2001) 「われわれは金融機関をどのように選別すればよいか—フロンティア生産関数による効率性分析—」, 松浦克己・竹澤康子・戸井佳奈子著『金融危機と経済主体』第8章所収, 日本評論社。
  - 19) 松浦克己・戸井佳奈子 (2002) 「銀行の経営費効率とその要因—銀行破綻, 銀行再生政策との関連において—」, 林敏彦・松浦克己編著『金融変革の実証分析』第3章所収, 日本評論社。