

製紙業界合併なかりせば

——シミュレーション・データと DEA による合併効率の評価——

上 田 雅 弘

- I 序
- II 製紙業界の現状と合併の効率性
- III DEA による生産効率と費用効率からみた合併効率の評価法
- IV シミュレーション・データの作成と合併効率の評価
- V 結論

I 序

日本の製紙業界は、1990年代以降、同業他社との合併・統合を繰り返し、規模の経済性を追求する一方で過剰設備を廃棄してきた。しかし、少子化や電子媒体の拡大の影響で国内需要は低迷しており、生産設備にはなお余剰感がある。さらなる業界再編が予想されるが、今後は単純な合併や経営統合による効率性の向上は困難であり、製紙大手各社は化学分野や電力事業などへの多角化を展開し、海外事業を強化しているのが現状である。

こうした製紙業界の合併については、これまで生産性と費用効率の面から実証研究を積み重ねてきた。たとえば上田(2009)では、合併前後の製紙企業の多角化度の変化も考慮して、DEA-Super Efficiency モデルを用いた生産面からの効率性について検証を行っている。また上田(2010)では、DEA-New Cost モデルを用いて費用効率の面からの分析を行っている。しかしこれらの研究は現実のデータをもとにして効率性を比較しているため、合併当事者となった存続企業と被合併企業が、もしも合併しなかったらどうなっていたかという状況までは考慮していなかった。

こうした課題を克服するため、本稿ではシミュレーションによって「合併なかりせば」のデータを作成し、これら架空のデータと合併後の実際のデータを生産効率・費用効率の両面から DEA (Data Envelopment Analysis : 包絡線分析法) によって相対的に比較することで、合併成否の評価を試みる。

そこで次のII章では製紙業界の再編と先行研究を概観し、III章では本稿で用いる生産面と費用面からの DEA の分析方法について述べる。IV章ではシミュレーション・データを作成し、DEA による効率性分析の結果を考察する。最後にV章で結論をまとめる。

II 製紙業界の現状と合併の効率性

日本の製紙業界は1990年代以降大型合併が相次ぎ、洋紙と板紙の両市場における業界再編が活発である。こうした製紙業の合併の成否を検証するため、これまで理論的・実証的な研究を重ねてきた。上田(2003)を嚆矢とする製紙業界に関する一連の実証研究においては、産業内の相対的な効率性を測る方法として、DEA(Data Envelopment Analysis: 包絡線分析法)やSFA(Stochastic Frontier Analysis: 確率的フロンティアモデル)を採用している。これらの手法では、投入と産出のデータから最も効率的であると考えられる点を結んだものを効率フロンティアとし、生産効率と費用効率をフロンティアからの乖離度で測ることによって効率性が評価される。したがって、合併前の産業内における効率値と、合併後の値を比較することにより合併前後の効率性の変化を捉え、合併後に相対的な効率値が改善していれば、合併は成功であると評価した。

たとえば上田(2004)では、生産面からの効率指標をSFAやDEAを用いて計測し、合併の成否について評価を試みている。これを拡張した上田(2009)では、洋紙の多品種生産を製品の「多角化」と定義し、合併の結果として生じた多角化度の変化が企業効率にどのように影響を与えるのか、DEA-Super Efficiencyモデルを用いた検証を行っている。また費用効率の面からは、上田(2010)で多角化を考慮したDEA-New Costモデルを用いた検証と、費用関数を前提としたSFAにより効率値を算出し、合併の成否を検討している。

合併や統合が行われると、被合併企業のデータは消失するうえ、存続企業のデータも不連続となってしまふ。しかし、工場レベルでは企業名を変更して従来の操業を存続するケースがほとんどであり、設備や従業員のデータは財務諸表にある工場の設備状況から、連続的なデータが得られることが多い。こうしたデータのメリットを活かし、企業レベルの動的な市場構造の変化を、工場レベルの動的な効率性分析であるDynamic DEAで評価した実証研究が上田(2012)である。これを拡張した上田(2014)では、企業と工場の相互の関連性を考慮したNetwork Dynamic DEAによって製紙業界の合併事例を評価している。

合併の成否において鍵になるのは、「規模の経済性(Economies of Scale)」と「範囲の経済性(Economies of Scope)」の発揮である。スケール・メリットが働けば、生産・費用の両面で、合併によって効率性は改善するであろう。また、共通する生産要素を用いて多品種の生産が可能であれば、多角化のメリットが生じて範囲の経済性が実現される。合併の成果の要因を規模と多角化の経済性に求めるため、上田(2006)では規模と範囲の経済性について各社の費用関数を計測する静学分析を行い、上田(2013)ではこ

れを動学分析に拡張している。

これら一連の実証研究によれば、大手2強である王子製紙と日本製紙の合併事例は、合併によるスケール・メリット発揮され、効率性の改善が認められる。また1990年代には独立を保っていた中堅企業である大王製紙や北越製紙は、生産面・費用面から見ても効率性が高いことが検証されている。さらに中越パルプや東海パルプなどの相対的に規模が小さい企業でも、多品種生産による範囲の経済性のメリットを活かして効率性を維持していると推察される。

しかしこれらの実証研究は、現実のデータをもとにして投入・産出を定義し、産業内の効率性を比較しているため、合併当事者となった存続企業と被合併企業が合併しなかった状況を想定して、合併後の効率性を比較するということまでは検討していなかった。

このような課題を克服するため、本稿ではシミュレーションによって「合併なかりせば」のデータを作成し、これら架空のデータと合併後の実際のデータを生産効率・費用効率の両面からDEAによる分析を行うことで、合併後に存続した企業と、合併を行わなかったケースでの比較を行い、合併の成否についての評価を試みる。実際に効率性分析を行う前に、まず最新の状況に至る製紙業界再編の流れをここで概観しておく。

図1 王子製紙グループの再編

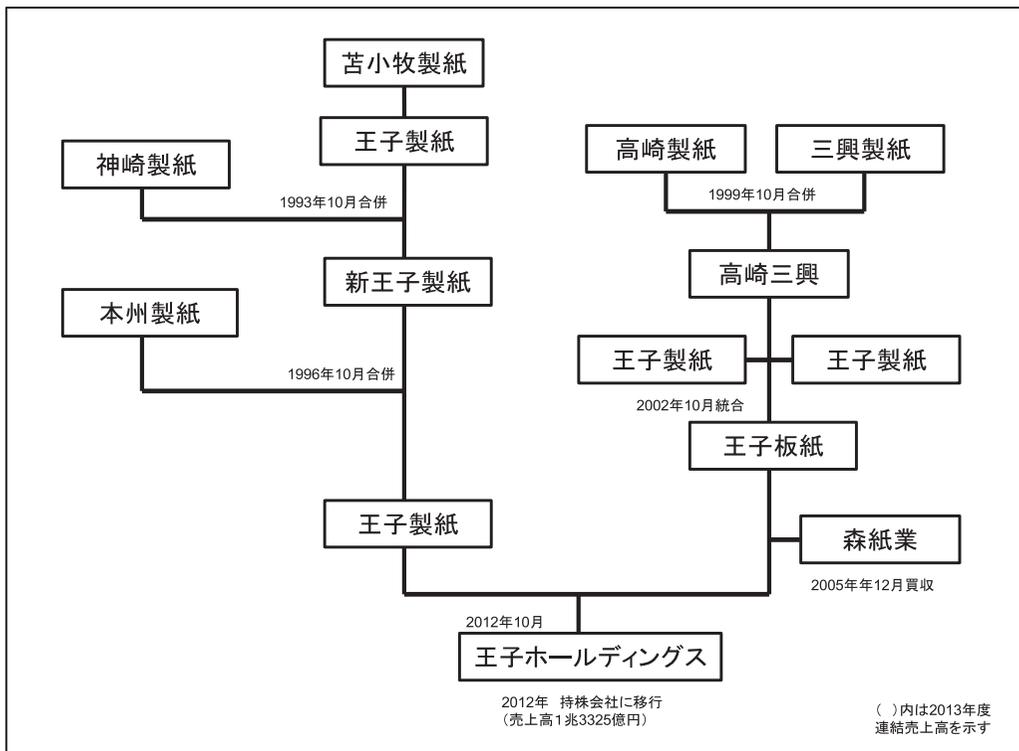
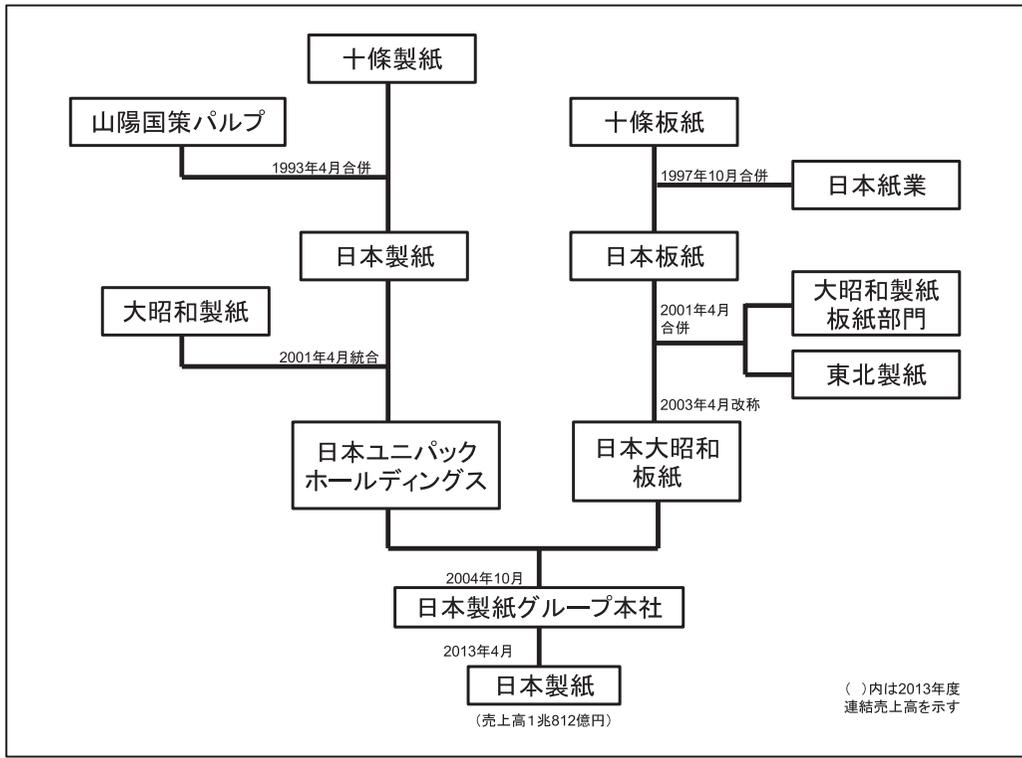


図2 日本製紙グループの再編

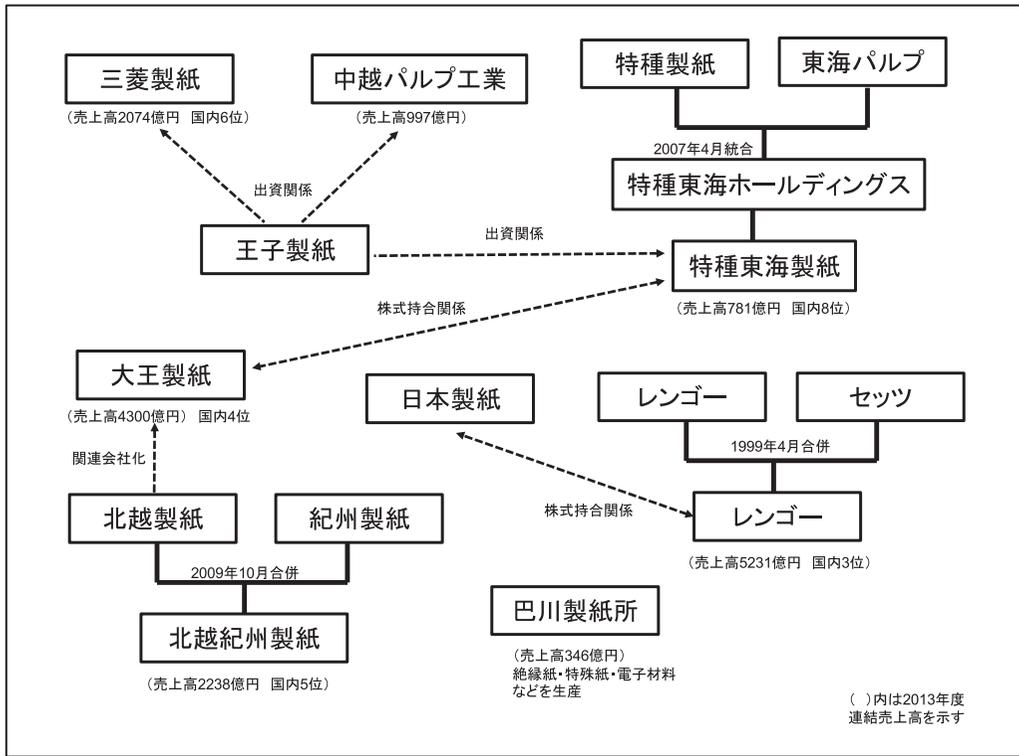


戦前には国内市場をほぼ独占していた王子製紙は戦後分割され、苦小牧製紙、十條製紙、本州製紙の3つの企業が設立された。苦小牧製紙は1960年に他社との合併を期に王子製紙と改名し、その後も数社との合併を経験したが、1990年代初頭から始まる長期的な不況の余波を受け、1993年10月に神崎製紙と合併し新王子製紙となった。十條製紙も幾度か小規模の合併を経験した後、1993年4月には山陽国策パルプと合併を行い日本製紙と改名した。もともと兄弟企業であった本州製紙は、1996年10月、新王子製紙との合併し、ここで再び王子製紙の社名が復活した。

さらに日本製紙は2001年4月、業界大手の大昭和製紙と統合して持株会社を設立後、2012年10月には板紙部門と加工紙・化学製品分野を合併して再編成した。中国・タイ・ベトナム・ブラジルの企業に出資合併を行うなど、海外に事業の活路を見出す中で、2013年4月には日本製紙グループ本社と合併という形をとり、現在の日本製紙に至っている。また王子製紙もグループ関連の板紙企業を統合再編した後、2012年10月には持株会社である王子ホールディングスに移行し、インドや東南アジア諸国に海外事業を展開している。

近年、中堅企業の合従連衡も盛んである。2007年7月には東海パルプと特種製紙が持株会社方式で経営統合の後、2010年4月には両社は正式合併し特種東海製紙が発足

図3 中堅企業の再編



した。北越製紙は2009年に紀州製紙を完全子会社化し、2011年4月には吸収合併している。さらに北越製紙は大王製紙の元会長の貸付問題を機に創業家から大王製紙の株式を取得し、大王製紙を関連会社化した。また、王子ホールディングスが中堅企業である三菱製紙、中越パルプ工業、特種東海製紙の大株主となっている。

2013年度連結売上高でみると、王子ホールディングスは1兆3325万円であり、洋紙2位、板紙1位である。日本製紙の売上高は1兆812億円で王子製紙と並んでおり、洋紙は1位、板紙3位の売上となっている。業界内連結売上高3位は板紙専門のレンゴーであり、売上高は5231億円、業界4位が大王製紙で連結売上高は4300億円である。業界5位の北越紀州製紙の売上高は2238億円であり、大王製紙のおよそ半分程度となっている。これに並ぶのが三菱製紙であり、売上高は2074億円である。

製紙業界は内需依存型の典型的な装置産業であるため、景気動向に大きく影響を受ける。2013年度は景気の回復に伴って紙の需要も改善したが、経済の成熟化と電子化が逆風となり、長期的には内需の減少傾向は避けられない。1990年代から合従連衡の動きは活発であり、大手2強に対峙する第3極の形成も期待されるが、今後は合併・統合による生産性の大幅な向上は見込まれず、海外市場の開拓やエネルギー事業・化学関連事業への多角化を迫られているのが現状である。

の組み合わせになつたと見なすことはできない。たとえば C 点と D 点を比べれば、D 点は x_1 の投入をさらに減らすことにより、より少ない投入によって生産フロンティア上の C 点を達成することができる。このように投入指向型（input-oriented）モデルにより定義されるこの余剰投入部分 CD を投入スラックと呼ぶ²。

実際に計測を行うと、単純な DEA では複数の企業の効率値が 1 と評価され、場合によっては大半の企業の効率値が 1 となってしまうケースもある。そうした問題を解決するために提示されたのが DEA-Super efficiency モデルである。この方法は、まず CCR などの基本的なモデルによって効率値 1 と判断された企業を除いた生産フロンティアを作成し、その後、当該企業とフロンティアとの距離を測ることにより、フロンティア上の企業に優劣をつける方法である。このモデルでは、効率値 1 をとる企業間の優劣を測定するために、1 以上の効率値を許容することになる。

この距離の判定には Tone (2001) によって提示された Slacks-based measure of efficiency (SBM) という評価方法が適用されている。SBM による効率性の評価では、文字通りスラックを考慮した効率値が測定される³。

具体的には、図 4 のような生産可能集合 P において、生産フロンティア上にある企業 A の効率値を測る場合、A を除いた点線で囲まれる新たな生産可能集合 P' を定義し、 (x'_1, x'_2, y') をそれに属する点とする。いま 2 種類の入力を想定しているので、新たな生産フロンティアにおける入力ベクトル A と (x'_1, x'_2, y') の間の距離は、

$$\frac{\left(\frac{x'_1}{x_1^A} + \frac{x'_2}{x_2^A}\right)}{2} \quad (1)$$

で定義される。さらに、A と P' の間の距離を、次の線形計画問題の最適目的関数値として解くことになる。

$$\min \frac{\left(\frac{x'_1}{x_1^A} + \frac{x'_2}{x_2^A}\right)}{2} \quad (2)$$

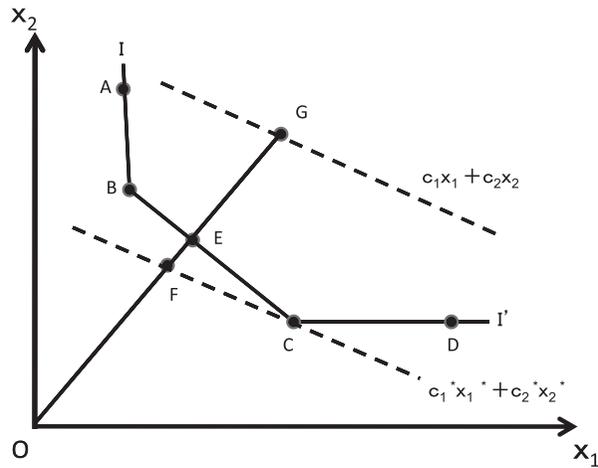
$$\text{subject to } x'_1 \geq x_1^A, x'_2 \geq x_2^A, y' \geq y^A, (x'_1, x'_2, y') \in P'$$

ここでは、この Super-SBM-I-C (Super-efficiency Slacks-Based Measure Model Input

2 産出スラックについても産出指向型モデルにおいて同様に定義することができる。CCR などのような基本的なモデルでは、入出力の比例的な変化を主要な関心事とし、残留するスラックは二次的なものとして取り扱われる。こうした方法は Radial モデルと呼ばれる。他方、SBM (slacks-based measure) のように、入出力の比例的な変化に固執することなくスラックを直接対象とする分析方法は、Non-Radial モデルと呼ばれる。詳しくは刀根 (1993)、末吉 (2001) など参照。

3 Super efficiency モデルの展開については、Cooper et al. (2005) など参照。

図5 Cost DEA モデルの概念



Oriented CCR) モデルを用いて、生産面からの効率性を算出する。

次に、費用効率の側面から DEA を行うモデルを、Cooper et al. (2005) での説明に沿って概観する⁴。DEA で費用効率を捉える際には、生産面からの分析で計測される技術非効率に加えて、図5に示したように要素価格を考慮した資源配分の非効率性が考慮される。図中の I-I' は2つの投入要素 (x) を用いて等量の産出物を生産した場合のフロンティアを表し、このフロンティアに内包される部分が生産可能な集合となる。たとえば点 G での投入要素の組み合わせによって産出が行われるときの技術効率性は、生産フロンティア上に位置する点 E を参照点として、次のように定義される。

$$0 \leq \frac{d(O, E)}{d(O, G)} \leq 1 \tag{3}$$

ここで要素価格を c とし、要素投入量を x とした等費用曲線を考慮して、図中の点 G に対応する等費用曲線 $c_1x_1 + c_2x_2 = k_1$ を描く。すると、技術非効率が解消された E 点からさらに総費用を削減し、等費用曲線を $c_1^*x_1^* + c_2^*x_2^* = k_0$ ($k_0 < k_1$) まで平行移動させることが、資源配分の効率性を達成する意味でも効率的な点となる。この最適生産量となる点 C を求める定式化は、次のような線形計画問題として表現できる。

$$\begin{aligned} cx^* &= \min_{x, \lambda} cx \\ \text{subject to } x &\geq X\lambda, \quad y_0 \leq Y\lambda, \quad \lambda \geq 0 \end{aligned} \tag{4}$$

4 詳細については、Cooper et al. (2005) pp.245-269 を参照。

ここで c は要素価格ベクトルである。ここでは点 E と点 F との距離が、「資源配分の非効率性」を表す。

$$0 \leq \frac{d(O, F)}{d(O, E)} \leq 1 \quad (5)$$

このように、DEA における「費用効率性」は、「技術効率性」と「資源配分の効率性」を合わせた、次のような評価指標となる。

$$0 \leq \frac{d(O, F)}{d(O, G)} = \frac{cx^*}{cx_0} \leq 1 \quad (6)$$

$$\frac{d(O, E)}{d(O, G)} \cdot \frac{d(O, F)}{d(O, E)} = \frac{d(O, F)}{d(O, G)} \quad (7)$$

しかし、この費用効率性のモデルでは、たとえば2つの企業が同じ産出量であり、一方が他方の2倍の入力単価 c がかかる場合に、2つの企業は同一の費用効率を持つと判定されてしまう。こうした短所を解決するために、Cooper et al. (2005) では New-Cost モデルが提示された。⁵ New-Cost モデルでは、次のような別の生産可能性集合が設定される。

$$P_C = \{(\bar{x}, y) | \bar{x} \geq \bar{X}\lambda, y \leq Y\lambda, \lambda \geq 0\} \quad (8)$$

$$\bar{X} = \{\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_n\} \in R^{m \times n}, \bar{x}_j = (c_{1j}x_1, \dots, c_{mj}x_{mj})^T$$

X と C は非負の行列である。この生産可能性集合 P_C に基づく技術効率性 $\bar{\theta}^*$ は、次の線形計画問題を解くことによって得られる。

$$\bar{\theta}^* = \min_{\bar{\theta}, \lambda} \bar{\theta}$$

$$\text{subject to } \bar{\theta}x_0 \geq \bar{X}\lambda, \quad y_0 \leq Y\lambda, \quad \lambda \geq 0 \quad (9)$$

新たな費用効率性 $\bar{\gamma}^*$ は、次のように定義される。

$$\bar{\gamma}^* = \frac{e\bar{x}_0^*}{e\bar{x}_0} \quad (10)$$

ここで $e \in R^m$ は、成分がすべて1となる行ベクトルである。 \bar{x}^* は次の線形計画問題の

5 Cooper et al. (2005) pp.246-252 参照。

最適解となっている。

$$\begin{aligned}
 ex_0^* &= \min_{\bar{x}, y} e\bar{x} \\
 \text{subject to } \bar{x} &\geq \bar{X}\lambda, \quad y_0 \leq Y\lambda, \quad \lambda \geq 0
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

したがってこのモデルでは、新たな資源配分の効率性は次のように定義される。

$$\bar{\alpha}^* = \frac{\gamma^*}{\theta^*}
 \tag{12}$$

本章ではこの New-Cost モデルを用いて、費用効率指標を算出する。

IV シミュレーション・データの作成と合併効率の評価

効率指標を算出する DEA の分析手法を概観したところで、ここでは「合併なかりせば」のデータをモンテカルロ・シミュレーションによって作成し、前章で展開した DEA の生産面と費用面のアプローチを適用して合併の成否を検証する。

まず、資本 (K)、労働 (L)、原材料 (M) の3つの投入要素から生産量 (Y) を生み出す生産関数 $Y = f(K, L, M)$ をもとに投入-産出を定義し、DEA-Super efficiency モデルによって生産面の効率性を判定する。また費用面の効率性は、総費用 (C)、資本コスト (w_K)、賃金率 (w_L)、原材料価格 (w_M) を用いて、双対定理によって得られる費用関数 $C = C(Y, w_K, w_L, w_M)$ を想定した投入-産出を規定し、DEA New-Cost モデルを適用する。

分析対象となる企業は「紙・板紙統計年報」に掲載されている市場占有率が、分析期間を通じて上位 25 社以内に持続的にランキングされ、主として洋紙を生産する上場企業に限る。分析期間は 1990 年度から、王子製紙の継続的な単独決算データが得られる 2011 年度までの 22 年間である。この定義にあてはまる企業は、分析初年度で 16 社であり、以下で算出するシミュレーション・データを含めると、最終年度のサンプルは 22 社となる。

計測に使用した変数は次のように加工している。まず生産要素については、資本設備 (K) には貸借対照表における償却対象有形固定資産を用い、資本コスト (w_K) は減価償却率 (今期の減価償却/前期の償却対象有形固定資産) で定義し、民間固定資本のデフレーター (内閣府) で実質化している。労働 (L) は期末従業員数であり、賃金 (w_L) は損益計算書に記載された人件費および福利厚生費と製造原価明細書に記された労務費

表1 変数の定義

生産要素	記号	データ	出所
資本設備	(K)	償却対象有形固定資産	日経 NEEDS 財務データ
労働	(L)	期末従業員数	日経 NEEDS 財務データ
原材料	(M)	原材料費	日経 NEEDS 財務データ
生産物	(Y)	売上高	日経 NEEDS 財務データ

要素価格	記号	実質化	出所
資本価格	(w_K)	民間総固定資本形成デフレーター	内閣府：SNA 統計
賃金	(w_L)	名目賃金指数（製造業）	厚生労働省：毎年勤労統計調査
原材料価格	(w_M)	投資財価格指数	日銀：物価指数年報
		GDP デフレーター	内閣府：SNA 統計

を足し合わせた金額を、期末従業員数で除した一人あたり賃金を用いており、製造業の賃金指数（厚生労働省）で実質化した。原材料価格（ w_M ）は、製造原価明細書に計上された原材料費で定義し、紙・パルプの投入指数（日銀）で実質化している。総費用（C）を計算する際には、物的な原材料（M）を1として、 $C = w_K K + w_L L + w_M M$ で算出している。最後に生産物（Y）についてはそれぞれの企業の売上高を用い、GDP デフレーターで実質化している。これらの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る。

ここで、シミュレーション・データの作成方法を説明する。いま、企業 A と企業 B が合併して企業 C が設立された際には、合併後に存在するのは企業 C のデータのみである。「合併なかりせば」という視点で合併の評価を行うためには、合併が行われなかった場合の企業 A' と企業 B' のデータを、何らかの方法によって作成しなければならない。

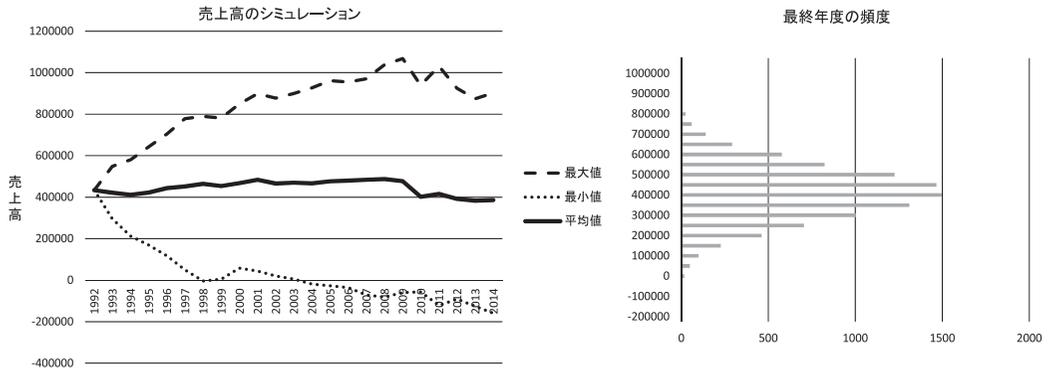
そこで、以下のようなモンテカルロ・シミュレーションを行うことにより、企業 A' と企業 B' に関する架空のデータを作成した。

$$x_t^{A'} = x_{t-1}^A \times GR_t \times \text{Random}[N \sim (\mu, \sigma)] \quad (12)$$

変数 $x_t^{A'}$ は合併後の t 期における企業 A' のデータであり、これは合併前期の変数である。 x_{t-1}^A の値に当該年度の洋紙需要量成長率（ GR_t ）を掛け、これに平均が μ で標準偏差が σ の正規分布を用いた乱数（Random）を乗じて作成している。標準偏差 σ には当該企業の合併後 10 年の洋紙需要量成長率の標準偏差を用いており、シミュレーションは 10,000 回試行している。同様の方法で、生産物（Y）だけでなく生産要素とそれぞれの要素価格についてもデータを作成している。

表2は上記のモンテカルロ・シミュレーションによって発生したデータの中央値を用

図6 王子製紙の1993年合併以降の売上高シミュレーション



いて、生産面からの効率性を Super-SBM-I-C モデルによって計測した結果を示している。実際に DEA は 1 年ごとに行っているが、大型合併があったほぼ 3 年ごとに効率値の期間平均値を算出している。1990 年から 1992 年を第 I 期、十條／山陽国策＝日本製紙と王子／神崎の合併が行われた 1993 年から 1995 年を第 II 期、王子／本州＝新王子の合併があった 1996 年から 1998 年を第 III 期、板紙企業であるレンゴー／セツ＝レンゴーと、高崎／三興＝高崎三興が合併して板紙市場の構造変化があった 1999 年から 2002 年までを第 IV 期、日本製紙／大昭和製紙＝日本製紙の合併が完了する 2003 年から 2006 年を第 V 期、2006 年から 2008 年を第 VI 期、2009 年から 2011 年を第 VII 期と区分している。

これを見ると、まず第 I 期の時点では、本州、王子、十條、山陽国策、大王、北越の効率値が 1 を超えており、フロンティア上に位置することがわかる。第 II 期の 1993 年には十條／山陽国策＝日本製紙と、王子／神崎＝新王子製紙が発足するが、日本製紙と新王子製紙は、両社の効率ランキングはトップ 2 つに並んでいる。合併後、消滅した企業を (消) で示している。十條製紙と山陽国策パルプは第 I 期においても効率値が高かったが、第 II 期のシミュレーションで得られた十條製紙 (消) と山陽国策 (消) よりも、合併して存続した日本製紙の効率値が高いことから、この合併は成功的であったと評価できる。また、王子製紙 (消) と神崎製紙 (消) の効率値は、合併してできた新王子製紙の効率値よりも低いことから、この合併事例も効率性を改善したものと推察される。

第 III 期の 1996 年には、新王子／本州＝王子製紙の大型合併があったが、この時期の効率ランキングをみると王子製紙がトップになり、シミュレーション・データを用いた新王子製紙 (消) や本州製紙 (消) と比べても、合併した王子製紙の効率性が改善されているものと評価される。

1999 年の第 IV 期には大きな動きはないが、次の 2003 年からの第 V 期には、日本／大

表2 生産 DEA の計測結果（シミュレーションの中央値を使用）

I	1990-1992	II	1993-1995	III	1996-1998	IV	1999-2002
本州製紙	1.153	日本製紙	1.182	王子製紙	1.174	王子製紙	1.167
王子製紙	1.107	新王子製紙	1.058	日本製紙	1.122	大王製紙	1.093
十條製紙	1.084	大王製紙	1.036	大王製紙	1.048	新王子製紙（消）	1.065
山陽国策	1.072	山陽国策（消）	1.016	山陽国策（消）	1.021	日本製紙	1.039
大王製紙	1.024	十條製紙（消）	0.948	新王子製紙（消）	1.020	山陽国策（消）	1.019
北越製紙	1.011	王子製紙（消）	0.942	十條製紙（消）	0.921	本州製紙（消）	0.882
特種製紙	0.841	本州製紙	0.876	本州製紙（消）	0.914	十條製紙（消）	0.867
大昭和製紙	0.786	特種製紙	0.814	王子製紙（消）	0.825	新王子製紙（消）	0.836
三興製紙	0.686	紀州製紙	0.671	紀州製紙	0.672	北越製紙	0.676
三菱製紙	0.685	大昭和製紙	0.664	巴川製紙所	0.658	大昭和製紙	0.654
神崎製紙	0.606	北越製紙	0.574	大昭和製紙	0.655	巴川製紙所	0.604
東海パルプ	0.564	巴川製紙所	0.571	特種製紙	0.604	三菱製紙	0.544
紀州製紙	0.516	三菱製紙	0.546	三菱製紙	0.545	神崎製紙（消）	0.516
巴川製紙所	0.516	神崎製紙（消）	0.525	北越製紙	0.529	中越パルプ工業	0.499
日本加工製紙	0.496	中越パルプ工業	0.512	神崎製紙（消）	0.523	紀州製紙	0.423
中越パルプ工業	0.469	東海パルプ	0.484	中越パルプ工業	0.522	東海パルプ	0.413
		日本加工製紙	0.464	東海パルプ	0.470	日本加工製紙	0.398
		三興製紙	0.440	日本加工製紙	0.422	特種製紙	0.384
				三興製紙	0.405	三興製紙（消）	0.367

V	2003-2005	VI	2006-2008	VII	2009-2011
大王製紙	1.137	日本製紙	1.103	大王製紙	1.087
日本製紙	1.071	大王製紙	1.094	新王子製紙（消）	1.084
新王子製紙（消）	1.047	王子製紙	1.007	日本製紙	1.049
日本製紙（消）	1.013	新王子製紙（消）	0.963	山陽国策（消）	1.026
王子製紙	1.004	山陽国策（消）	0.921	王子製紙	0.984
山陽国策（消）	0.910	日本製紙（消）	0.917	日本製紙（消）	0.983
王子製紙（消）	0.804	十條製紙	0.908	十條製紙（消）	0.937
十條製紙（消）	0.763	三菱製紙	0.905	本州製紙（消）	0.936
本州製紙（消）	0.749	本州製紙（消）	0.900	巴川製紙所	0.850
巴川製紙所	0.640	王子製紙（消）	0.759	王子製紙（消）	0.829
大昭和製紙（消）	0.611	北越製紙	0.596	北越紀州製紙	0.713
三菱製紙	0.578	大昭和製紙（消）	0.583	三菱製紙	0.655
北越製紙	0.576	中越パルプ工業	0.545	北越製紙（消）	0.631
神崎製紙（消）	0.475	神崎製紙（消）	0.507	大昭和製紙（消）	0.624
中越パルプ工業	0.473	巴川製紙所	0.490	中越パルプ工業	0.546
東海パルプ	0.409	東海パルプ	0.440	神崎製紙（消）	0.513
紀州製紙	0.390	紀州製紙	0.419	特種東海製紙	0.471
日本加工製紙（消）	0.372	特種製紙	0.414	東海パルプ（消）	0.439
特種製紙	0.350	日本加工製紙（消）	0.393	紀州製紙（消）	0.415
三興製紙（消）	0.341	三興製紙（消）	0.364	日本加工製紙（消）	0.393
				特種製紙（消）	0.383
				三興製紙（消）	0.361

昭和＝日本製紙の統合・合併が実現する。これに伴い再編された日本製紙の効率値は、日本製紙（消）と大昭和製紙（消）のシミュレーション値を用いた効率値よりも高く、さらに次の2006年からの第Ⅵ期には日本製紙の効率性がトップとなることから、この合併も成功事例であると判断できる。

2009年からの第Ⅵ期には、北越／紀州＝北越紀州製紙と、特種／東海＝特種東海製紙が設立される。合併して発足した北越紀州製紙の効率値は、北越製紙（消）や紀州製紙（消）の推計されたデータによる効率値よりも高いため、合併による効率性の改善を確認できる。また、特種東海製紙についても、もともと両企業の効率値は低位に算出されているものの、特種製紙（消）や東海パルプ（消）よりも上位にあるため、DEA生産効率の意味では合併による効率性の向上が推察される。

分析期間を通じて、合併を経た存続企業としての王子製紙と日本製紙の効率値は常に1を超えており、フロンティア上に評価されている。これらの結果より、製紙業における一連の合併を生産面から見たDEAによって判断すると、合併を試みた企業の方が効率性の向上が見られ、分析の最終期間には消滅会社が効率性ランキングの低位に多いということからも、合併はすべて成功的であったと判断される。

合併に参加していない中堅企業の効率性を検討すると、大王製紙の効率ランキングは分析期間を通じてほぼトップクラスである。三菱製紙は一貫して中位に位置するが、現存の企業としては相対的に効率性が低く算出されている。中越パルプ工業の効率性は低位であり、巴川製紙所の効率性は当初低位であるが、近年になるほど向上し、最終的にはほぼ中位である。

次に、費用面からの効率性分析として、DEA New Cost-CCRモデルによる効率性分析の計測結果を表3に示して検討する。第Ⅰ期の時点では山陽国策がフロンティアとなり、大王、十條がこれに続く。第Ⅱ期の1993年には、もともと効率値が上位にあった企業同士の合併で発足した十條／山陽国策＝日本製紙は、ほぼ効率ランキングを下げることなく、以後も長期的に上位にとどまっている。王子／神崎＝新王子製紙についても、王子製紙（消）から見ればさほど効率ランキングを下げることなく維持しているため、効率性が相対的に低位に観察された神崎製紙との合併という視点から見れば、この合併事例は費用面から見ても成功例であると考えられる。

第Ⅲ期の1996年に合併した新王子／本州＝王子製紙についてみれば、シミュレーションで変数を作成した新王子製紙（消）からみれば、効率ランキングは存続企業となった王子製紙の方が低位になっている。しかし1999年からの第Ⅳ期以降は、王子製紙の効率性は新王子製紙（消）や本州製紙（消）よりも高くなっているため、長期的に評価すると、このケースにおいても合併による効率性の改善が認められる。

2003年からの第Ⅴ期において、日本／大昭和＝日本製紙の合併を検討すると、大昭

表3 費用 DEA の計測結果（シミュレーションの中央値を使用）

I	1990-1992	II	1993-1995	III	1996-1998	IV	1999-2002
山陽国策	1.000	大王製紙	1.000	大王製紙	1.000	大王製紙	1.000
大王製紙	0.958	山陽国策（消）	0.919	山陽国策（消）	0.868	日本製紙	0.798
十條製紙	0.902	日本製紙	0.890	日本製紙	0.851	山陽国策（消）	0.786
特種製紙	0.870	十條製紙（消）	0.854	十條製紙（消）	0.806	十條製紙（消）	0.729
王子製紙	0.791	特種製紙	0.811	特種製紙	0.755	特種製紙	0.719
東海パルプ	0.771	王子製紙（消）	0.745	新王子製紙（消）	0.713	王子製紙	0.681
三菱製紙	0.726	新王子製紙	0.733	王子製紙（消）	0.707	新王子製紙（消）	0.646
本州製紙	0.721	中越パルプ工業	0.706	中越パルプ工業	0.695	王子製紙（消）	0.642
北越製紙	0.708	本州製紙	0.693	王子製紙	0.685	中越パルプ工業	0.628
中越パルプ工業	0.702	三菱製紙	0.684	東海パルプ	0.661	巴川製紙所	0.611
三興製紙	0.681	東海パルプ	0.680	本州製紙（消）	0.648	本州製紙（消）	0.587
巴川製紙所	0.671	北越製紙	0.672	巴川製紙所	0.643	東海パルプ	0.576
紀州製紙	0.665	巴川製紙所	0.667	三菱製紙	0.642	北越製紙	0.574
日本加工製紙	0.647	日本加工製紙	0.618	北越製紙	0.616	三菱製紙	0.568
神崎製紙	0.638	三興製紙	0.612	紀州製紙	0.594	三興製紙（消）	0.539
大昭和製紙	0.619	紀州製紙	0.608	三興製紙	0.591	紀州製紙	0.524
		神崎製紙（消）	0.592	日本加工製紙	0.571	大昭和製紙	0.515
		大昭和製紙	0.580	神崎製紙（消）	0.562	日本加工製紙	0.513
				大昭和製紙	0.562	神崎製紙（消）	0.509

V	2003-2005	VI	2006-2008	VII	2009-2011
大王製紙	1.000	大王製紙	1.000	大王製紙	1.000
山陽国策（消）	0.741	三菱製紙	0.858	山陽国策（消）	0.858
日本製紙（消）	0.733	山陽国策（消）	0.847	三菱製紙	0.854
十條製紙（消）	0.687	日本製紙（消）	0.840	日本製紙（消）	0.843
日本製紙	0.664	特種製紙	0.800	王子製紙	0.826
王子製紙	0.662	日本製紙	0.787	日本製紙	0.813
特種製紙	0.647	十條製紙（消）	0.785	特種製紙（消）	0.811
三菱製紙	0.614	王子製紙	0.768	巴川製紙所	0.800
新王子製紙（消）	0.608	巴川製紙所	0.748	十條製紙（消）	0.794
王子製紙（消）	0.606	中越パルプ工業	0.739	特種東海製紙	0.749
中越パルプ工業	0.597	新王子製紙（消）	0.696	中越パルプ工業	0.740
巴川製紙所	0.588	王子製紙（消）	0.693	北越紀州製紙	0.700
東海パルプ	0.566	北越製紙	0.672	新王子製紙（消）	0.699
北越製紙	0.566	東海パルプ	0.669	王子製紙（消）	0.698
本州製紙（消）	0.554	本州製紙（消）	0.635	北越製紙（消）	0.692
三興製紙（消）	0.508	三興製紙（消）	0.582	東海パルプ（消）	0.669
紀州製紙	0.507	紀州製紙	0.578	本州製紙（消）	0.635
日本加工製紙（消）	0.495	日本加工製紙（消）	0.568	三興製紙（消）	0.583
大昭和製紙（消）	0.491	大昭和製紙（消）	0.562	紀州製紙（消）	0.577
神崎製紙（消）	0.481	神崎製紙（消）	0.549	日本加工製紙（消）	0.566
				大昭和製紙（消）	0.559
				神崎製紙（消）	0.551

和製紙は計測期間にわたって低位にあるが、存続会社となった日本製紙の効率性は、シミュレーションによって得た変数による日本製紙(消)と比べて相対的に下位にある。これが最終年度まで続くことから、DEAで測った費用面からの効率性で捉えると、日本/大昭和=日本製紙の合併は、日本製紙(消)から見れば費用効率性をやや低下させたとは判断せざるを得ない。

分析の最後の期間である2009年からの第Ⅵ期に合併した北越/紀州=北越紀州製紙については、存続企業である北越紀州製紙の効率値が、北越製紙(消)と紀州製紙(消)のいずれよりも上位にあるため、成功的な合併事例であることが確認される。また、同時期に合併した特種/東海=特種東海製紙については、存続企業である特種東海製紙の効率値は東海パルプ(消)を上回るが、特種製紙(消)よりは効率値を下げており、DEAを用いた費用効率の観点からは、この合併は成功事例として認められない。

中堅企業に着目すると、分析期間を通じて大王製紙の効率値はほぼトップを維持しており、費用面から評価しても大王製紙は相対的に効率性の高い事業体であることがわかる。三菱製紙は分析期間の後半で効率値ランキングを上昇させており、効率性の改善が窺われる。中越パルプ工業と巴川製紙所は分析期間を通じて中位に位置している。

分析の最後に、合併によって消滅した企業の売上高について、10,000回のシミュレーションによって求めた値の上位40%から50%、つまり上位から4,000番目から5,000番目のデータの平均値を用いて、合併して消滅した企業の売上げが好転したケースとして変数を作成して効率性分析を試みた。計測の結果、生産効率でも費用効率でも、中央値を用いた場合とほとんどランキングに変化はなかった。表4では最終年度の第Ⅶ期にあたる2009年以降の効率性分析を示している。中央値を用いたケースと比べると、生産効率では新王子製紙(消)が台頭し、本州製紙(消)も存続している王子製紙の効率値を上回る。日本製紙については、1992年に消滅した十條製紙(消)、2002年に消滅した日本製紙(消)や、被合併企業となった山陽国策パルプ(消)、大昭和製紙(消)よりも、存続している日本製紙の効率値は高い。つまり「合併なかりせば」の企業を業界の平均的な成長よりパフォーマンスが好転したケースを想定しても、日本製紙の一連の合併による効率性の向上が窺える。北越紀州の合併については、存続企業が消滅企業の効率値を上回るので成功例と認識できる。特種東海製紙の場合も同様である。

費用効率性についても、消滅した企業の売上げが好転したケースで再計測すると、表4の右側の欄に示されているように、十條/山陽国策=日本製紙については、山陽国策(消:1992年)から見れば効率値は下がるものの、十條製紙(消:1992年)から見れば同程度の効率性を維持している。他方、王子製紙の効率値は、合併により消滅した王子製紙(消:1992年)新王子製紙(消:1996年)を凌駕しており、王子製紙のグループ再編によるパフォーマンスの向上が認められる。また、北越紀州製紙と特種東海製紙の

表4 売上高シミュレーション上位40～50%の平均値を用いたDEAの計測結果

生産効率 VII	2009-2011	費用効率 VII	2009-2011
新王子製紙（消）	1.096	大王製紙	1.000
大王製紙	1.082	山陽国策（消）	0.875
日本製紙	1.049	日本製紙（消）	0.856
山陽国策（消）	1.030	三菱製紙	0.854
本州製紙（消）	1.011	王子製紙	0.826
日本製紙（消）	0.993	特種製紙（消）	0.821
王子製紙	0.983	日本製紙	0.813
十條製紙（消）	0.945	十條製紙（消）	0.810
王子製紙（消）	0.850	巴川製紙所	0.800
巴川製紙所	0.846	特種東海製紙	0.749
北越紀州製紙	0.713	中越パルプ工業	0.740
三菱製紙	0.655	新王子製紙（消）	0.713
大昭和製紙（消）	0.634	王子製紙（消）	0.712
北越製紙（消）	0.632	北越紀州製紙	0.706
中越パルプ工業	0.546	北越製紙（消）	0.692
神崎製紙（消）	0.524	東海パルプ（消）	0.676
特種東海製紙	0.471	本州製紙（消）	0.646
東海パルプ（消）	0.444	三興製紙（消）	0.593
紀州製紙（消）	0.421	紀州製紙（消）	0.586
日本加工製紙（消）	0.399	日本加工製紙（消）	0.574
特種製紙（消）	0.388	大昭和製紙（消）	0.568
三興製紙（消）	0.367	神崎製紙（消）	0.561

合併についても成功的に解釈できる。

消滅した企業の効率性が低位に固まっているのも特徴的であり、製紙業界の一連の合併に効率性の改善効果があったことが検証された。大王製紙の効率性はこの想定でも全期間の分析においてトップであった。

V 結 論

本稿では、1990年代以来、合併が相次ぐ日本の製紙業界について、合併の成否を評価するため、合併後の企業データをシミュレーションによって作成し、DEAを用いて生産効率・費用効率の両面から合併事例の評価を試みた。これまでの関連研究では、合併前後の実際のデータを用いて合併前後の効率指標を算出し比較していたため、合併によって経年的にサンプルは減り、DEAによる計測も限界が見えていた。しかし、「合併なかりせば」を想定した架空のデータを作成することは、合併が行われなかった時と比較することができることに加えて、合併事例が増えるほどサンプルも増えるという利点

がある。

過去の実証研究では、日本製紙の一連の合併については成功的な事例であると判断することができたが、王子製紙の合併事例については、その効率性の評価はケース・バイ・ケースであった。しかし、本稿の分析では、大手2強の合併事例については、生産効率と費用効率の両面から見ても、ほぼすべての例で効率性の向上が認められ、合併に肯定的な評価をすることができた。また、近年の北越紀州製紙と特種東海製紙の合併についても、合併しなかったケースに比べ相対的な効率性は改善が検証されている。

本稿では、シミュレーションによって作成したデータを使用して、過去の合併事例に関する評価を試みたが、中堅の大王・北越・三菱製紙を中心に、業界のさらなる再編も予想される。こうした第3極が形成されたときに、大手2強と比べて効率値はどうか検討することも課題としてあげられる。その際には、将来予測のシミュレーションにマルコフ連鎖モンテカルロ法 (MCMC) などの手法を応用する必要がある。

さらには製紙業界における一連の合併が、産業全体の競争構造や資源配分にどのような影響を与えたか、理論的な検討のうえに実証研究を重ねることが今後の研究課題となる。

製紙各社は成長の見込めない国内需要に見切りをつけ、海外事業の強化と電力などのエネルギー事業への多角化、極細繊維の開発など素材力でも新機軸を見出している。今後の製紙業界は、こうした新たな分野への進出を考慮した合併と多角化が展開されるであろう。

本稿作成にあたり、同志社大学商学部上田雅弘演習7期生の北出晏千君には、データ作成および計測の補助で多大な貢献をいただいた。ここに感謝の意を記したい。なお本稿におけるあり得べき誤謬はすべて筆者の責任である。

参考文献

- [1] Andersen, P. and N. C. Petersen (1993) "A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis," *Management Science* Vol.39, pp.1261-1264.
- [2] Charnes, A., W. W. Cooper and E. Rhodes (1978), "Measuring the Efficiency of Decision Making Units," *European Journal of Operational Research*, Vol.2, pp.429-444.
- [3] Charnes, A., W. W. Cooper and A. R. Lewin L. M. Seiford (1994) 'Data Envelopment Analysis Theory, Methodology, and Applications,' Kluwaer Academic Publishers.
- [4] Coelli, T., D. S. P. Rao and G. E. Battese, (1998) 'An Introduction to Efficiency and Production Analysis,' Kluwaer Academic Publishers.
- [5] Cooper, W. W., M. S. Lawrence and J. Zhu (2004) 'Handbook on Data Envelopment Analysis,' Kluwaer Academic Publishers.
- [6] Cooper, W. W., L. M. Seiford and K. Tone (2005) 'Introduction to Data Envelopment Analysis and its Uses With DEA-Solver Software and References', Springer.
- [7] Farrell, S. (1957) "The Measurement of Productive Efficiency," *Journal of the Royal Statistical Society*, Vol.120, pp.253-281.

- [8] Leibenstein, H. (1966) "Allocative Efficiency vs. X-Efficiency," *American Economic Review*, Vol.66, pp.392-415.
- [9] Sengupta, J. K. (1995) 'Dynamics of Data Envelopment analysis' Kluwaer Academic Publishers.
- [10] Tone, K. (2001) "A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis," *European Journal of Operational Research* Vol.130, pp.498-509.
- [11] Tone, K. (2002) "A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis," *European Journal of Operational Research*, Vol.143, pp.32-41.
- [12] 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, 現代経営学研究学会。
- [13] 上田雅弘 (2004) 「日本の製紙業界再編とシュタッケルベルク競争」, 『松山大学論集』第 16 巻 1 号, pp.175-204。
- [14] 上田雅弘 (2006) 「日本の製紙業における規模と範囲の経済性」, 『同志社商学』第 57 巻 6 号, pp.492-510。
- [15] 上田雅弘 (2009) 「DEA-Super Efficiency モデルを用いた製紙業の合併と多角化の生産効率分析」, 『同志社商学』第 61 巻 3 号, pp.127-149。
- [16] 上田雅弘 (2010) 「DEA・SFA による製紙業の費用効率分析」, 『同志社商学』60 周年記念論文集, pp.274-291。
- [17] 上田雅弘 (2012) 「Dynamic DEA を用いた製紙業における工場別効率性の動学的評価」『同志社商学』第 63 巻第 6 号, pp.1049-1067。
- [18] 上田雅弘 (2013) 「動学的要素需要関数による製紙企業の規模と範囲の経済性の計測」, 『社会科学』第 42 巻第 4 号, pp.155-176。
- [19] 末吉俊幸 (2001) 『DEA－経営効率分析法－』, 朝倉書店。
- [20] 刀根薫 (1993) 『経営効率性の測定と改善』, 日科技連。
- [21] 『紙・板紙統計年報』日本製紙連合会。
- [22] 『紙パルプ統計年報』経済産業省。
- [23] 『日本マーケット・シェア事典』矢野経済研究所。