

環境規制に伴う機会費用評価分析 —VOC排出に着目した国内製造業7業種の比較研究—

藤井 秀道¹・馬奈木 俊介²・金子 慎治³・西谷 公孝⁴・小松 悟⁵

¹非会員 東北大学大学院環境科学研究科 (〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-20)
E-mail:hidemichifujii@gmail.com

²非会員 東北大学大学院環境科学研究科 (〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-20)
E-mail:managi.s@gmail.com

³正会員 広島大学大学院国際協力研究科 (〒739-8529 広島県東広島市鏡山1-5-1)
E-mail:kshinji@hiroshima-u.ac.jp

⁴非会員 広島大学大学院国際協力研究科 (〒739-8529 広島県東広島市鏡山1-5-1)
E-mail:kimitakan@hiroshima-u.ac.jp

⁵非会員 広島大学大学院国際協力研究科 (〒739-8529 広島県東広島市鏡山1-5-1)
E-mail:skomatsu@hiroshima-u.ac.jp

新たな環境規制の導入は機会費用を生じさせている。また、環境規制が与える影響は業種によって異なると考えられるため、最適な環境規制を設定するためには、それぞれの業種特性を考慮し比較することが重要である。本研究では、2006年の大気汚染防止法改正によって排出規制の対象となった揮発性有機化合物(VOC)の排出量に着目し、VOCの排出規制が経済便益に与える影響を業種間で評価・比較することを目的とする。分析手法には、Directional Distance Function(DDF)を適用することで、非効率的な生産を行っている企業が排出規制によって失った潜在的な非効率性改善分(機会費用)を推計した。分析結果より、機会費用が売上に占める割合では、繊維やパルプ紙製品業で高い傾向にある。一方で、加工組立型の業種や化学製品製造業では、機会費用が売上に占める割合は小さいことが明らかとなった。

Key Words : opportunity cost, volatile organic compounds, directional distance function, manufacturing sector, Japan

1. 背景と目的

製造業企業が直面する環境問題は多様であり、その対策には非生産部門での投資や費用が生じる。新たな環境規制が実行された場合、非生産部門への汚染対策費によって、企業は財務パフォーマンスを圧迫するだけでなく、同時に機会費用(Opportunity cost)を生じさせている。ここで指す機会費用とは、環境規制を遵守するために必要となる費用負担を、仮に生産部門への投資に使用することで、増加することが可能な利潤を意味する。つまり、環境規制が制定されない場合の企業の生産部門への投資行動と、環境規制が制定された場合での投資行動による、生産活動のアウトプットの差を指す。

環境規制を制定する場合において、我が国全体の経済成長の阻害を最小限に食い止めるためには、環境規制が経済効率性に与える影響評価を行う必要がある。また、環境規制が与える影響は業種によって異なると考えられ

るため、最適な環境規制を設定するためには、それぞれの業種特性を考慮し比較することが重要である。包括的で大規模な企業単位での環境汚染排出データは2001年に公開された化学物質排出把握管理促進法(pollution release and transfer register: PRTR)が初めてであり、次いで2006年より地球温暖化対策推進法に基づく温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度によってCO₂排出量を含む温室効果ガスの排出量が容易にアクセス可能となった。環境規制の影響評価を行う場合には、規制の前後の企業の環境・経済パフォーマンスの変化を考察する必要がある。こうした点に留意し、本研究ではPRTRのデータが利用可能となった2001年以降に制定された環境規制として、2006年の大気汚染防止法改正に着目した。この改正によって2000年を基準とし、2010年度における規制対象事業所での揮発性有機化合物(VOC)の排出量を1割削減、及び企業の自主的取り組みにより排出量を2割削減という目標が、2004年の中央環境審議会の意見具申で発表された。

本章では VOC 排出量に着目し、VOC の排出規制が経済便益に与える影響の評価・比較を行い、業種間でどのような違いが存在するか明らかにすることを目的とする。

2. 分析方法

(1) Directional Distance Function

本研究では VOC 排出量を考慮した生産性評価を行うために、Directional Distance Function (DDF)を用いて計算を行う。DDF は、環境汚染などの望ましくない産出財(以下、環境産出財)を考慮した生産効率性評価手法として Chung *et al.* (1997)¹⁾によって提唱された手法であり、従来の生産性分析に用いる労働、原材料や資本などの投入要素(以下、市場投入財)と売上、製品生産量などの望ましい産出(以下、市場産出財)に加えて、環境産出財を用いて生産性評価を行うことが可能である。DDF の計算式は下記で与えられる。

目的関数

$$\text{Max. } \beta_k (= D(x_k, y_k, b_k | g_x, g_y, g_b)) \quad (1)$$

制約式

$$\sum_{i=1}^N y_{q,i} \lambda_i \geq y_{q,k} + g_y \beta_k \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^N x_{p,i} \lambda_i \leq x_{p,k} - g_x \beta_k \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^N b_{r,i} \lambda_i = b_{r,k} - g_b \beta_k \quad (4)$$

$$\lambda_i \geq 0 \quad (i=1,2,\dots,k,\dots,N) \quad (5)$$

x_{pi} は $P \times N$ の市場投入財データ行列 X の p 行 i 列番目の要素、 y_{qi} は $Q \times N$ の市場産出財データ行列 Y の q 行 i 列番目の要素、 b_{ri} は $R \times N$ の環境産出財データ行列 B の r 行 i 列番目の要素を表す。 $D(x, y, b | g_x, g_y, g_b)$ は DDF モデルの非効率値を表しており、予め設定した方向ベクトル g によって規定される。また、方向ベクトル g と β_k の積はフロンティアラインと評価対象である k 番目のサンプルとの距離を表しており、 λ は非効率な生産を行っている企業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。制約式(2), (3), (4)の左辺はフロンティアラインを表しており、右辺は評価対象となるデータセットを用いる。本研究では分析結果の解釈を容易にするため、方向ベクトルを $(g_x, g_y, g_b) = (0, y, b)$ と定めて計算を行う。この場合、 k 番目のサンプルについての計算式は以下になる。

目的関数

$$\text{Max. } \beta_k (= D(x_k, y_k, b_k | 0, y_k, b_k)) \quad (6)$$

制約式

$$\sum_{i=1}^N y_{q,i} \lambda_i \geq (1 + \beta_k) y_{q,k} \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^N x_{p,i} \lambda_i \leq x_{p,k} \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^N b_{r,i} \lambda_i = (1 - \beta_k) b_{r,k} \quad (9)$$

$$\lambda_i \geq 0 \quad (i=1,2,\dots,k,\dots,N) \quad (10)$$

上記のモデルでは評価対象のサンプルがフロンティアラインに対して、市場投入財を増やすことなくどれだけ市場産出財を増加し、環境産出財を削減出来るかを測定しており、増減可能な割合は $D(x_k, y_k, b_k / 0, y_k, b_k)$ で表される。 $D(x_k, y_k, b_k / 0, y_k, b_k) > 0$ であれば、評価対象の企業には増加可能な市場産出財と削減可能な環境産出財が存在するため、非効率とみなされる。

(2) Weak disposability と strong (Free) disposability

DDF には環境産出財を考慮する際に、strong (free) disposability of output (SD) と weak disposability of output (WD) の二つの仮定によって計算を行うことが可能である。SD では、生産主体は環境負荷物質を費用負担なしで排出可能であると仮定し、WD では環境負荷物質を排出する際には、排出量に応じて費用を支払うとする仮定である。排出量一単位当たりの費用は各生産主体とフロンティア生産主体との効率性格差によって決定される。WD は式(9)のように表される。

$$(y, b) \in P(x) \text{ and } 0 < \beta < 1 \Rightarrow (\beta y, \beta b) \in P(x) \quad (9)$$

ここで x は市場投入財、 y は市場産出財、 b は環境産出財を表す。 β はパラメータ、 $P(x)$ は、投入財 x によって生産可能な領域の範囲を表す。

式(1)では、生産可能領域 $P(x)$ に属している企業では、望ましくない産出財 b を削減する場合には望ましい産出財 y も減少することを意味しており、これは y の減少なしには b を削減することは出来ないとする仮説となる。この仮説は、環境産出財の排出が規制されている場合には、市場産出財を減少させずに環境産出財を削減することは出来ないと解釈できる。WD と同時に仮定される仮説が null-joint hypothesis である。この仮説は、企業は環境汚染の排出なしに生産活動を行うことは出来ないとする仮説であり、式(10)で表される。一般に、WD と null-joint hypothesis は合わせて用いられる。

$$(y, b) \in P(x) \text{ and } u=0 \Rightarrow y=0 \quad (10)$$

一方でSDは式(11)で表される。式(11)では、SDの仮定では、環境産出財の排出は規制されていない。従って、企業は費用負担をすることなく、自由に環境産出財を排出することが可能である。今日の企業が直面する情勢としては、環境汚染物質を何の制限もなく排出することは考えにくく、なんらかの制約が負荷しているため、SDの仮定は極端な仮定であると解釈できる。こうした点も踏まえ、本研究で推計される機会費用は、機会費用の最大値であることを留意する必要がある。

$$(y, b) \in P(x) \text{ and } (y', b') \leq (y, b) \Rightarrow (y', b') \in P(x) \quad (11)$$

ここで、WDとSDの違いを、図-1を用いて説明する。図-1では3つの企業A,B,Kが存在しており、企業Kが非効率的な生産を行っているケースである。ここでは、yとbの二次元での説明を行うため、投入財xはA,B,Kで同じ値と仮定する。WDの仮定下では、生産可能領域P(x)は図-1中の領域OABCで表される。一方で、SD仮定における生産可能領域P(x)は図-1中のODBCである。WDとSDの二つの仮定で異なる点は、WDでは、企業Aが効率的な企業と評価されている点である。企業AがWDで効率的と評価されるのは、企業Bがbとyを同時に減少させた場合、企業Aよりもより効率的な位置(左上)にシフトできるかが分からないからである。一方でSD仮定の下では、企業Bはyを下げることなくbを削減することが可能であることから、点Bから縦軸に伸ばした線分と縦軸の交点の点Dに移動することが出来る。従って、SD仮定の下では、効率的な企業は企業Bのみであり、生産可能領域はODBCとなる。

企業Kの機会費用の値は、線分 $P_{WD}P_{SD}(=|KP_{SD}|-|KP_{WD}|)$ となる。ここで、 P_{WD} は企業Kから垂直方向に伸ばした直線と線分ABとの交点、 P_{SD} は企業Kから垂直方向に伸ばした直線と線分BDとの交点を表す。このとき、企業Kの機会費用はWDとSDの二つの仮定における、企業Kの潜在的なyの上昇幅の違いで定められる。SDにおける環境規制が実施されていない場合では、企業Kは効率的な生産を達成している企業Bを参照することで、望ましい産出を企業Bと同水準まで上昇することが可能であることから、潜在的なyの上昇可能分は線分 KP_{SD} となる。その一方で、WDでは、環境規制が実施されたことによって生産可能領域が狭まり、企業Kの潜在的なyの上昇可能分が線分 KP_{WD} まで縮小される。

WD仮定下での潜在的な産出増加可能量は、環境負荷物質の費用負担によって、SD仮定下での数値以下になる。これら二つの異なる仮定下で企業の効率性評価を行い、産出増加可能量の差を計算することによって、非効率的な企業が排出規制によって失った潜在的な効率性改善分(機会費用)を推計することが可能である(Picazo-Tadeo et al., 2005)²⁾。

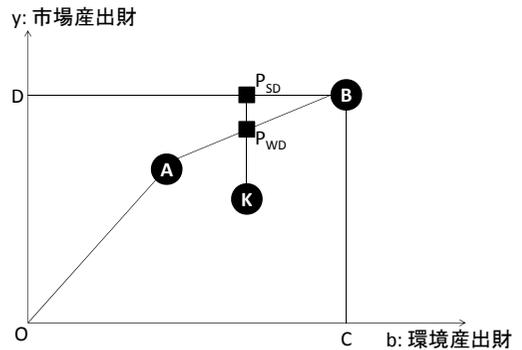


図-1 Weak disposability と strong disposability の説明

3. データ

分析に使用するデータは、市場産出財に売上、環境産出財としてVOC排出量、市場投入財に資本ストック、労働コスト、原材料コストを用いた。財務データは日経メディアマーケティング社のNEEDSデータベース³⁾から作成した。VOC排出量は、国が公表しているPRTR届出データベース⁴⁾より、別途環境省が定めるVOC規制対象化学物に該当する主な100物質として示す物質の中から、比較的排出量の多い37種を選択し、排出量の総和を利用する。

分析対象期間は、化学物質排出量データが利用可能な2001年から2008年であり、分析対象業種は基礎素材型産業であるパルプ・紙製品製造業(8社)、化学製品製造業(111社)、非鉄金属製造業(24社)、鉄鋼業(23社)と、生活関連型及び加工組立型産業である繊維製品製造業(18社)、一般機械製造業(62社)、電気機器製品製造業(41社)の7業種である。分析に使用する企業サンプルは東証一部上場企業であり、大規模企業である。財務データは2000年価格に基準化して使用する。デフレーターには、内閣府から公表されている平成20年度国民経済計算確報内の総資本形成を用いて資本ストックを基準化、経済活動別総生産を用いて売上を基準化した。さらに総務省統計局が公表している消費者物価指数を用いて労働コストを基準化、卸売物価指数を用いて原材料費の基準化を行った。

4. 分析結果

2001年度から2008年度にかけての分析結果を業種別に表-1から表-7に示す。各表には売上高平均値、WDとSDのそれぞれの仮定下で計算した産出増加可能量の平均値、機会費用の平均値と、平均値の比率(WD/SD)を記載する。WD/SDは、排出規制によって産出増加可能額がどれだけ低減したかを解釈するために参考となる。ここ

で、産出増加可能量と機会費用は絶対尺度の指標であり、企業規模と直接的に強い相関を持つ。そこで本研究では業種間に存在する企業規模格差の影響を緩和させるために、機会費用(Opportunity Cost)が売上に占める比率(OC比率)を用いて、相対尺度での解釈を行う。

表-1 から表-7 より、OC 比率は繊維製品製造業や、パルプ紙製品業で高い傾向にある。一方で、上記 2 業種以外の業種では、OC 比率が 1%以下となっており、機会費用が売上に占める割合は比較的小さい。

以下、業種別に考察を行う。表-1 より、2001 年の繊維製品製造業では、VOC 排出量の規制によって平均的に一社当たり 19.05 億円、業種全体では約 342.94 億円の機会費用を負うことが明らかとなった。さらに、WD/SD が 50%近くを推移していることから、潜在的な売上改善幅が半分まで縮小されていることが分かる。従って、VOC 排出量規制は繊維製品製造業が経済効率性を改善する上で大きな障壁となっていると言えよう。

表-2 は、パルプ・紙製品製造業の分析結果であるが、2003 年と 2007 年に OC 比率が大幅に変化していることが分かる。この結果は、フロンティアラインを形成している企業のパフォーマンスの変化によってもたらされている。ここで、パルプ・紙製品製造業では、利用可能なサンプル数が 8 社と少ないため、生産可能領域を規定するフロンティアラインを密に生成することが難しい。従って、フロンティアラインを形成している企業のパフォーマンスの変化が、他の企業の分析結果に大きく影響をすることが考えられる。加えて、パルプ・紙製品製造業では 2006 年における潜在的な産出増加可能額が VOC 規制を講じることで 60%近く減少していることから、VOC 排出規制を行った場合に潜在的な生産性改善幅が大きく影響を受ける業種と言える。

次に表-3 の化学製品製造業では、上記 2 業種に比べて OC 比率が低い傾向にある。さらに WE/SD がほぼ 100%に近い値で推移していることから、VOC の排出規制による産出可能量の低減はほとんど見られなかった。こうした結果が得られた背景には、業界団体の自発的かつ積極的な取り組みが挙げられる。化学製品製造業企業約 190 社で構成された日本化学工業協会(日化協)では、VOC の排出対策を含めた毒性化学物質管理を目的とするワーキンググループや研修会・セミナーなどを頻繁に行っている。こうした活動を通じて、協会内の他の加盟企業との情報交換などが可能となり、VOC 対象物質削減の具体的かつ明確な目標を持って環境経営に取り組むことが出来る。加えて、日化協では、独自に日化協 VOC 自主行動計画を策定しており、VOC 排出量の削減割合の目標値を毎年設定し、目標達成に向けて取り組んでいる。日本化学工業協会(2009)⁹⁾では、日化協加盟企業の VOC 排出量の推移を記しており、2004 年時点で 2000 年の排出量から 34%の削減を達成している。化学製品製造業での OC 比率や WD/SD が低い要因として、業界団体が大気汚染防止法以

前から VOC 排出対策に取り組んでいることが挙げられよう。

表-4 と表-5 は、非鉄金属製品製造業と鉄鋼業の分析結果である。両業種の分析結果は、傾向が類似している。これら二つの業種では、VOC 対象化学物質は主に塗装と洗浄に利用されており、製品の質(強度や重さ)を決定するものではない。従って、VOC 対象物質から他の物質への代替を行う際には、製品の市場競争力に与える影響が小さいと考える。日本鉄鋼連盟(2008)¹⁰⁾によれば、VOC 対象物質であるトリクロロエチレンを臭素系洗浄液に代替化を行うことで、2008 年以降ではトリクロロエチレンの全廃を達成するとされている。一方で、日本鉄鋼連盟が VOC 対象物質排出抑制を目的とした自主行動計画を策定した時期は 2005 年 7 月であり、大気汚染防止法の改正に合わせたものと考えられる。この行動計画に沿って取り組みを行い、2006 年に VOC 排出量が業界全体で低減された結果、OC 比率が下がったと考える。

最後に、加工組立型産業である一般機械製造業と電気機器製品製造業の分析結果を考察する。表-6 と表-7 より、加工組立型産業では、OC 比率が低く機会費用が売上に占める割合は小さいことが分かる。特に電気機器製品製造業では分析対象期間において 0.1%以下で推移しており、VOC 対象物質の排出規制の影響が比較的小さい業種であることが明らかとなった。

表-1 繊維製品製造業の産出増加可能額と機会費用

繊維	売上高 (百万円)	産出増加可能額の 平均値(百万円)			機会費用(百万円)		
		WD	SD	WD/SD	平均値	合計	OC 比率
		2001	64,964	2,323	4,228	55%	1,905
2002	63,913	2,026	4,002	51%	1,977	35,581	3.09%
2003	70,480	2,681	5,017	53%	2,336	42,046	3.31%
2004	74,811	5,086	6,532	78%	1,445	26,012	1.93%
2005	79,363	2,976	5,804	51%	2,828	50,903	3.56%
2006	84,208	3,375	6,244	54%	2,870	51,655	3.41%
2007	88,204	3,183	5,353	59%	2,170	39,060	2.46%
2008	78,088	8,888	11,150	80%	2,262	40,722	2.90%

表-2 パルプ・紙製品製造業の産出増加可能額と機会費用

パルプ ・紙	売上高 (百万円)	産出増加可能額の 平均値(百万円)			機会費用(百万円)		
		WD	SD	WD/SD	平均値	合計	OC 比率
		2001	204,726	25,285	42,997	59%	17,713
2002	203,950	37,728	48,124	78%	10,397	83,172	5.10%
2003	191,593	41,260	41,878	99%	618	4,942	0.32%
2004	191,336	19,291	25,974	74%	6,683	53,463	3.49%
2005	195,782	30,465	39,943	76%	9,478	75,823	4.84%
2006	211,110	9,421	23,218	41%	13,797	110,377	6.54%
2007	224,439	12,953	15,377	84%	2,424	19,389	1.08%
2008	219,088	17,446	20,908	83%	3,463	27,702	1.58%

表-3 化学製品製造業の産出増加可能額と機会費用

化学	売上高 (百万円)	産出増加可能額の 平均値(百万円)			機会費用(百万円)		
		WD	SD	WD/SD	平均値	合計	OC比率
2001	82,971	45,497	45,828	99%	332	36,800	0.40%
2002	86,231	39,892	39,970	100%	79	8,744	0.09%
2003	90,706	42,678	42,764	100%	87	9,617	0.10%
2004	99,495	43,475	43,561	100%	87	9,606	0.09%
2005	108,091	45,554	45,824	99%	269	29,904	0.25%
2006	126,018	51,908	52,084	100%	176	19,508	0.14%
2007	137,577	58,826	59,102	100%	276	30,647	0.20%
2008	142,050	60,479	60,990	99%	511	56,713	0.36%

表-4 非鉄製品製造業の産出増加可能額と機会費用

非鉄	売上高 (百万円)	産出増加可能額の 平均値(百万円)			機会費用(百万円)		
		WD	SD	WD/SD	平均値	合計	OC比率
2001	121,813	20,997	21,697	97%	700	16,802	0.57%
2002	115,785	16,820	17,202	98%	382	9,178	0.33%
2003	114,190	16,301	16,442	99%	141	3,392	0.12%
2004	118,139	16,059	16,146	99%	87	2,085	0.07%
2005	133,931	17,480	17,590	99%	110	2,649	0.08%
2006	139,054	14,435	14,467	100%	32	778	0.02%
2007	145,039	13,290	13,516	98%	226	5,435	0.16%
2008	129,789	12,406	12,572	99%	166	3,980	0.13%

表-5 鉄鋼製品製造業の産出増加可能額と機会費用

鉄鋼	売上高 (百万円)	産出増加可能額の 平均値(百万円)			機会費用(百万円)		
		WD	SD	WD/SD	平均値	合計	OC比率
2001	129,327	10,521	11,038	95%	517	9,301	0.40%
2002	128,447	7,695	7,989	96%	294	5,292	0.23%
2003	124,564	8,508	8,561	99%	53	945	0.04%
2004	124,736	9,506	9,879	96%	373	6,714	0.30%
2005	123,449	14,383	14,521	99%	138	2,492	0.11%
2006	140,589	22,394	22,409	100%	15	270	0.01%
2007	148,157	25,017	25,299	99%	282	5,074	0.19%
2008	135,633	26,983	27,155	99%	172	3,090	0.13%

表-6 一般機械製品製造業の産出増加可能額と機会費用

機械	売上高 (百万円)	産出増加可能額の 平均値(百万円)			機会費用(百万円)		
		WD	SD	WD/SD	平均値	合計	OC比率
2001	112,188	12,466	12,689	98%	222	13,785	0.20%
2002	110,508	17,788	17,805	100%	16	1,018	0.01%
2003	113,275	27,808	28,156	99%	348	21,571	0.31%
2004	127,906	33,464	33,827	99%	363	22,501	0.28%
2005	141,443	38,533	38,923	99%	390	24,156	0.28%
2006	161,216	41,231	41,843	99%	612	37,971	0.38%
2007	173,131	40,962	41,604	98%	642	39,781	0.37%
2008	169,131	46,936	47,079	100%	143	8,887	0.08%

表-7 電気機器製品製造業の産出増加可能額と機会費用

電気 機器	売上高 (百万円)	産出増加可能額の 平均値(百万円)			機会費用(百万円)		
		WD	SD	WD/SD	平均値	合計	OC比率
2001	599,443	84,896	85,501	99%	605	24,802	0.10%
2002	677,120	115,098	115,779	99%	681	27,937	0.10%
2003	800,321	179,934	180,774	100%	840	34,420	0.10%
2004	959,769	230,972	231,971	100%	999	40,962	0.10%
2005	1,162,745	321,967	322,404	100%	437	17,916	0.04%
2006	1,373,074	318,405	319,170	100%	765	31,375	0.06%
2007	1,612,438	469,743	471,134	100%	1,391	57,043	0.09%
2008	1,597,062	437,216	438,708	100%	1,492	61,192	0.09%

5. 結論

本章では VOC 排出量に着目し、VOC の排出規制が経済便益に与える影響の評価・比較を行い、業種間でどのような違いが存在するかを明らかにした。本研究の結論を以下にまとめる。(1) 繊維製品製造業、パルプ・紙製品製造業では売りに占める機会費用の割合が大きいため、VOC 規制が経済効率性に与える影響は他業種と比較して大きいことが明らかとなった。(2) 一方で、化学製品製造業や鉄鋼、非鉄金属製造業、加工組立型産業では、売上に占める機会費用の割合は小さく、VOC 対象物質の排出規制によって生じる機会費用の影響は小さい。(3) VOC 排出規制が企業の経済効率性に与える影響は業種によって大きく異なっているため、各業種の特性や費用負担、経済性への影響を考慮した対応が重要である。

謝辞：本研究は、文部科学省の科学研究費補助金基盤研究B、特別研究員奨励費及び環境省の環境経済政策研究の援助のもとに行われた。ここに記して謝意を表す。

付録 本研究で使用した化学物質名と政令番号

アクリル酸[3]	アクリル酸メチル[6]	アクリロニトリル[7]
アセトアルデヒド[11]	アセトニトリル[12]	イソブレン[28]
エチルベンゼン[40]	エチレンオキシド[42]	エチレンジクロール[43]
エチレンジクロール	エピクロロヒドリン[54]	キシレン[63]
モノメチルエーテル[45]	クロロエタン[74]	クロロエチレン[77]
クレゾール[67]	クロロベンゼン[93]	クロロホルム[95]
HCFCC-142b[84]	クロロメタン[96]	酢酸[101]
クロロメタン[96]	シクロヘキシルアミン[114]	酢酸ビニル[102]
NN-ジメチルホルムアミド[172]	1,2-ジクロロエタン[116]	ジクロロメタン[145]
テトラフルオロエチレン[203]	N,N-ジメチルホルムアミド[172]	スチレン[177]
1,3,5-トリメチルベンゼン[224]	テトラフルオロエチレン[203]	トリクロロエチレン[211]
1,3-ブタジエン[268]	二硫化炭素[241]	トルエン[227]
メタクリル酸メチル[320]	ベンゼン[299]	フェノール[266]
		ホルムアルデヒド[310]

参考文献

- 1) Chung, Y. H., R. Färe and S. Grosskopf (1997) Productivity and undesirable output: A directional distance function approach. *Journal of Environmental Management*, 51: 229–240.
- 2) Picazo-Tadeo, A.J., E. Reig-Martínez and F. Hernández-Sancho (2005) Directional distance functions and environmental regulation: *Resource and Energy Economics*, 27 (2): 131–142.
- 3) 日本経済新聞社, NEEDS データベース, 2010.
- 4) 経済産業省・厚生労働省, 特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律第 11 条に基づく開示ファイル記録事項, 2001-2008.
- 5) 日本化学工業協会, (2009) 化学業界の VOC 自主的取組等への対応, H20.3.11 VOC 自主的取組の支援者向けセミナー資料.
- 6) 日本鉄鋼連盟, (2008) 揮発性有機化合物(VOC) 排出抑制に関する自主行動計画.

OPPORTUNITY COST OF ENVIRONMENTAL REGULATION

—EMPIRICAL ANALYSIS FOR VOC EMISSION OF SEVEN INDUSTRIES IN JAPAN—

Hidemichi FUJII, Shunsuke MANAGI, Shinji KANEKO, Kimikata NISHITANI, Satoru KOMATSU

This study clarifies that opportunity cost of volatile organic compounds (VOC) emission enforced in 2006. We apply directional distance function approach to evaluate inefficiency score and potential improvement amount of desirable output. We employ two assumptions which are weak disposability of undesirable output, and strong disposability of undesirable output. To compare the results under there two assumptions, we can estimate the opportunity cost if undesirable output was regulated. Main finding of this study is that textile and pulp/paper industries have high opportunity cost comparing with sales. However, chemical, steel, and processing and assembly industries have low opportunity cost. Based on our findings, we can suggest the policy implication that VOC emission restriction should be consider the differences of industrial characteristics and opportunity cost among industry.