

# 市場機構を利用した環境改善の方策について

## —新オフセット方式を中心にして—

塩 飽 直 紀

岡山理科大学教養部

(昭和62年9月30日 受理)

### I. はじめに

わが国の公害行政は、公害対策基本法（昭和42年7月成立、8月3日施行）を中心に多くの公害法体系のもとに実施されているわけであるが、その主たる方式は法的直接規制方式といえる。この方式は、大気汚染防止法や水質汚濁防止法にみられる如く、国の定めた環境基準<sup>1)</sup>を達成し維持してゆくために、汚染物質の排出源に対して排出規制（濃度規制、総量規制、燃料使用規制など）を行なう方式で、この規制に従わない場合には罰則を適用するというものである。

現代アメリカの環境法の中心を占めるといわれる1970年改正大気清浄法（Clean Air Act Amendments of 1970）においても、環境保護庁（Environmental Protection Agency:EPA）に国家大気環境基準（National Ambient Air Quality Standards）を設定する権限を与えており、この基準を達成し維持・執行するために各州は実施計画（State Implementation Plan:SIP）を策定し、実施しなければならないとされている<sup>2)</sup>。州はEPAの承認を得たSIPに基づいて、主として汚染排出源に対する排出限度の適用を通じて規制を行なっている。

このようにアメリカにおいても、わが国と同様に直接規制方式が公害行政の中心的手法となっているのだが、アメリカでは1960年代に入って、環境汚染を市場メカニズムを利用して制御・改善してゆこうとする考え方方が抬頭し始め、具体的に、汚染物質の排出許可証（emissions permits）の売買や、排出料金（effluent charges）制の理論的検討がなされてきた<sup>3)</sup>。これらの方針は基本的に、汚染者（例えば汚染企業）が自らの判断で汚染削減費用の額を決定する結果、社会全体にとって、より少い費用でもって一定の環境水準が達成されると期待される。直接規制方式に比べて、より安い費用効果（cost-effectiveness）が期待されるこれらの方法を経済学者らが推奨するのは当然のことであって、事実、EPAも排出許可証の売買（取引）方式を補助的にせよ採用するに至って

おり、各州に対してその実施を促がしている<sup>4)</sup>。

本稿の目的は、大気汚染・水質汚濁現象を念頭におき、主として ① Alan J. Krupnick, Wallace E. Oates, Eric Van De Verg の共著になる「On Marketable Air-Pollution Permits: The Case for a System of Pollution Offsets」および ② Albert M. McGartland と Wallace E. Oates の「Marketable Permits for the Prevention of Environmental Deterioration」<sup>5)</sup>に従って、排出許可証の取引（売買）方式による環境改善策を検討することである。

## II. 問題設定

いま、一定の地域内の大気または水域中に、特定の汚染物質を排出している  $m$  個の固定発生源（以下、単に“発生源”“企業”などともいう）があるとし、環境の質（大気質または水質）は、その地域内の  $n$  カ所の観測地点で、汚染物質濃度を測定することによって示されるものとする。そうすれば、環境の質は、 $n$  次元ベクトル

$$\mathbf{Q} = (q_1, q_2, \dots, q_n)$$

で示される。ここで、 $q_j(j=1 \sim n)$  は、第  $j$  地点における汚染濃度である。また、このような想定のもとでは、汚染物質拡散状況を次のような  $m \times n$  行列で表わすことができよう。

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} & & & & \\ & & & & \\ & \cdots & d_{ij} & \cdots & \\ & & & & \\ & & & & \end{bmatrix}$$

ここで、 $d_{ij}$  は発生源  $i$  ( $i = 1 \sim m$ ) からの 1 単位当たり汚染物質が、 $j$  地点にもたらす汚染濃度增加分を示し、拡散係数（diffusion coefficients）と名づける。

他方、環境保全当局が各地点ごとに設定する環境基準を

$$\mathbf{Q}^* = (q_1^*, q_2^*, \dots, q_n^*)$$

で表わすことになると、 $q_j^*(j=1 \sim n)$  は第  $j$  地点で許容される最大限の汚染濃度を示す。また、注 1) でみたように、アメリカの各州は、地域によって、EPA の定めた環境基準よりも厳しい基準を定めて、それを適用している場合もあるため、

$$\mathbf{Q}^\circ = (q_1^\circ, q_2^\circ, \dots, q_n^\circ)$$

で、現実に  $n$  個の地点に適用されている基準を表わすこととする。さらに、 $e_i$  で、第  $i$  発

生源の汚染物排出量,  $C_i(e_i)$ で、汚染物排出量削減費用関数<sup>6)</sup>をそれぞれ表わすこととする。

さて、このような背景のもとで、④の著者達は、『環境基準  $Q^*$ , または、地域によつては、より厳しい基準  $Q^\circ$ を最小の費用で達成し得るような移転可能な排出許可証 (transferable discharge permits: TDP) 制度を求めてゆく』という政策問題を設定するわけである。これを定式化すれば、

$$\begin{aligned} & \text{Minimize } \sum_i C_i(e_i) \\ & \text{s.t. } ED \leq \min(Q^*, Q^\circ), \quad E \geq 0 \\ & \quad \text{を満足するような排出ベクトル} \\ & \quad E = (e_1, e_2, \dots, e_m) \text{ を求めよ} \end{aligned}$$

と表現することができる。ここで、EDは

$(e_1, e_2, \dots, e_m) \left[ \begin{array}{c} \cdots d_{ij} \cdots \\ | \\ | \end{array} \right]$  であって、全地点での汚染濃度ベクトルを示す。

ところで、このような問題設定法は、もともと文献④の著者達がとっていたものであるが、<sup>7)</sup>そこでは条件式  $ED \leq \min(Q^*, Q^\circ)$  の代りに  $ED \leq Q^*$ <sup>8)</sup> を用い、そこで求められる移転可能な排出許可証制度を“オフセット方式”と名づけている。“オフセット”的名称は、排出許可証の移転（売買）によって関係企業は排出量を増減させるが、その効果は互いに相殺（オフセット）されて汚染濃度が以前と変化しないところから来ている。

本稿では、④でいう“オフセット方式”に、以下の2条件を補足した“新オフセット方式”を中心に、“オフセット方式”も含めて、次節で検討してゆく。

- (i)  $[\min(Q^*, Q^\circ)]$  を侵さない限り、発生源（企業）どうし、自由に許可証の取引（売買）ができる。
- (ii) すでに環境基準を達成している地域における各発生源に対して、現状での汚染物排出活動を適法なものと認めた許可証TDP (transferable discharge permits) をすでに配分しているものとする。

### III. 新オフセット方式の検討

ここでは、前節で設定された問題を、環境基準達成地域と未達成地域に分けて図解してゆき、新オフセット方式の方が、④でいうオフセット方式に比べて、最小費用の達成と環境改善の両面において、より良好な結論を導くものであることを確認してゆく。なお、図解は、2汚染発生源、2観測地点のケースで行なう。

#### (1) 環境基準達成地域

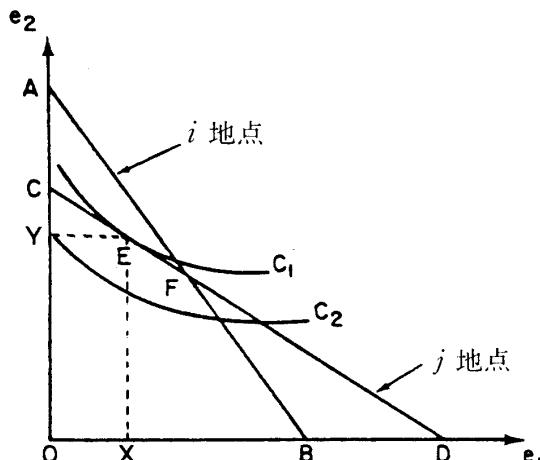


図1. オフセット方式

&lt;オフセット方式&gt; ◎図1のケース

図1の横軸、縦軸はそれぞれ第1汚染発生源、第2汚染発生源の汚染物質排出量  $e_1$ ,  $e_2$ を測る。

曲線  $c_1$ ,  $c_2$ は両発生源の総汚染削減費用に対応する等費用曲線 (iso-cost curve) であり、原点より遠い曲線ほど、より少ない総削減費用に対応する。直線ABは、観測地点iにおける汚染制約直接であり、AB上の点( $e_1$ ,  $e_2$ )のもとで、汚染濃度がちょうど環境基準濃度に等しい( $q_i = q^*$ )状態であることを示す。また、その勾配は、発生源1, 2の当該汚染物質に関する拡散係数の比 ( $d_{2i}/d_{1i}$ ) を示す。換言すれば、i地点での汚染濃度を変えることなく発生源2からの排出物が発生源1からの排出物に代替しうる比率を示す。

同様に、直線CDはj地点における汚染制約直線である。かくて、両地点での汚染制約を同時に満足する領域（可能領域と呼ぶことにする）はOBF $C$ で示される。

さて、前節で設定された問題（但し、図1ではオフセット方式を考察するため、制約条件式は、 $ED \leq Q^*$ ）の解としての費用最小点は、可能領域中の線分CFと最小の等費用曲線  $C_1$ との接点Eにおいて実現される。この時両発生源の限界汚染削減費用の比率が、ちょうど双方の拡散係数の比率に一致する<sup>9)</sup>。このE点（費用最小点）は、また“取引均衡点 trading equilibrium”をも意味している。なぜなら、現実の排出量が、図のOXEYの領域内にあるとすると、注8）でみたように、排出量の増大は、殆んど被害を発生しない状態であるため、両企業は自由に排出量を増やすことによって削減費用を節約し、結局E点に向うであろうし、現実の排出量が、領域CYEまたはEXBFのいずれかにある場合には、お互いに排出許可証の移転（売買）を通してE点に至り<sup>10)</sup>、そこでは、もはやそうした調整をする余地が全く無くなるからである（この意味において、以下の議論に出てくる“費用最小点”は全て“取引均衡点”を意味する）

なお、仮に等費用曲線の接点EがFB上にあったとしても、以上の議論は同様に妥

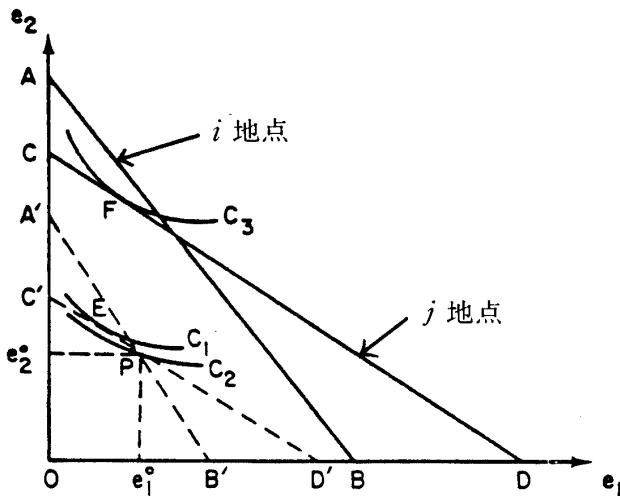


図2. 新オフセット方式; ケース1

当する。

#### 〈新オフセット方式〉

オフセット方式の条件式  $ED \leq Q^*$  の難点については、注8)でみたとおりであるが、次に条件式  $ED \leq \min(Q^*, Q^\circ)$ を持った新オフセット方式の検討に移ろう。

#### ◎新オフセット方式；ケース1（図2）

この場合、初期において環境保全当局が両地点  $i, j$  について、環境基準  $Q^*$  より厳しい基準  $Q^\circ$ を適用しており、両企業の汚染物排出量が  $P$  点( $e_1^*, e_2^*$ )に抑制されている状況が示されている。両地点での汚染濃度は、排出量に比例すると考えられるので、新しい基準のもとでの汚染制約直線は、もとの直線に平行なそれぞれ  $A'B'$ ,  $C'D'$ となり、新しい可能領域は  $OB'PC'$ となる。

こうした状況のもとでは、最小費用点は  $E$  点となり、それに対応する総削減費用  $C_1$ は、当初の  $C_2$ より小さいため、両企業間に互いに有効な排出許可証の売買が成立する可能性が存在する。つまり、企業2は  $P$  点から  $E$  点へ移行するのに必要なだけの許可証を企業1より購入することになる。 $E$  点において許可証売買によって生ずる利益は消滅する。このように、 $P$  点から  $E$  点への移行によって、結局両企業に費用の節約をもたらすわけであるが、同時に、環境改善をも達成することとなる。つまり  $E$  点は、 $i$  地点にとって新しい制約直線  $A'B'$ より内部に位置するため、環境の質の改善がもたらされるわけである。 $j$  地点にとっては、同じ  $C'D'$ 上での移行であるため環境の質は不変である。こうした費用の改善と環境の質の改善の同時達成は、最小の等費用曲線が  $P$  点で接点を持たない限り（つまり、接点が  $C'P$  上か又は  $PB'$  上にくる限り）実現され、 $P$  点で接点を持つ限り、いずれもそれ以上の改善の余地はない。なお、同図での  $F$  点は従前のオフセット方式での取引均衡点で、相当の費用削減が見込まれるが、飽くまでも環境の質の悪化という代償を払ったうえのことである。

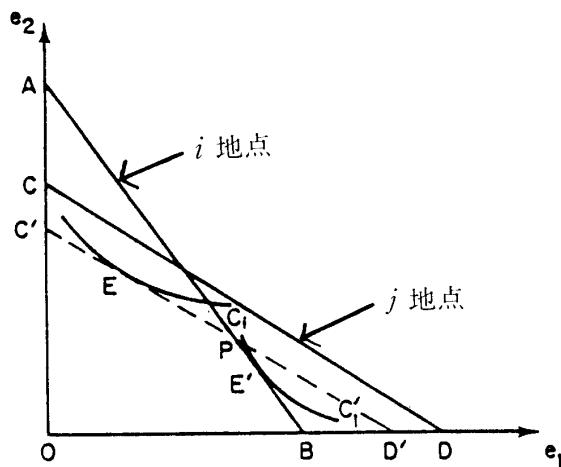


図3. 新オフセット方式; ケース2

## ◎新オフセット方式；ケース2（図3）,

この場合、初期において、環境保全当局はi地点については環境基準どうり、j地点についてはそれより厳しい基準を適用している状態が示されている（P点）。図2のケースと同様に考えて、この時の可能領域はOBPC'となり、最小の等費用曲線の接点がPC'上にくるか、PB上にくるかに従って、最小費用点はそれぞれE、E'点に落着く。この時、P点に比べてE点においてはi地点での環境質の改善（j地点は不变）E点においてはj地点での環境質の改善（i地点では不变）がみられる。

## ◎新オフセット方式；ケース3（図4）

この場合、初期（P点）において、環境保全当局は両地点の環境の質をちょうど環境基準どうりに保持している状態を示している。この時の可能領域はOBPCであるが、最小の等費用曲線の接点がCP上にくるか、PB上にくるかに従って最小費用点は、それぞ

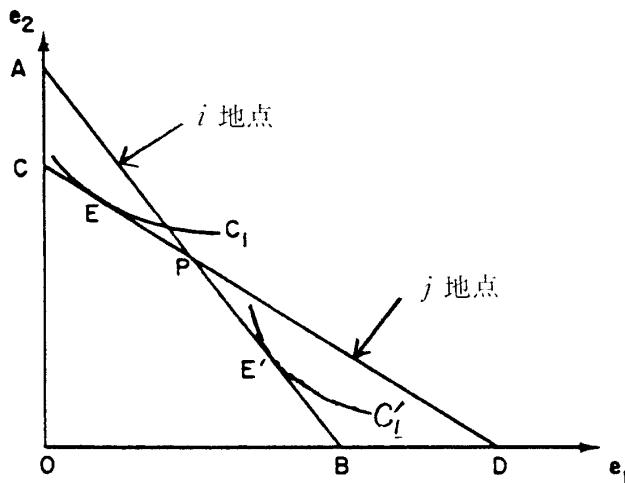


図4. 新オフセット方式; ケース3

れE, E'点に落着く。また、E点においてはi地点で、E'においてはj地点で、それぞれ環境の質の改善がみられる。なお、このケースでの結論は、図1でみた従前のオフセット方式の場合と全く同一である。

以上、図2～4に従って、環境基準達成地域での新オフセット方式を初期状態別に3つのタイプに分けて図解したわけであるが、全てに共通していえることは、結果的に汚染削減費用の低減と、より改善された環境の質をもたらすことである。

## (2)環境基準非達成地域

(1)では、両地点での初期状態が、共に少くとも環境基準  $Q^*$  は達成している状態で検討したのであるが、ここでは初期状態において、どちらかの地点で環境基準を達成していないケース（現実的には、例えば一定の地域内の郊外周辺部では環境基準が達成されて

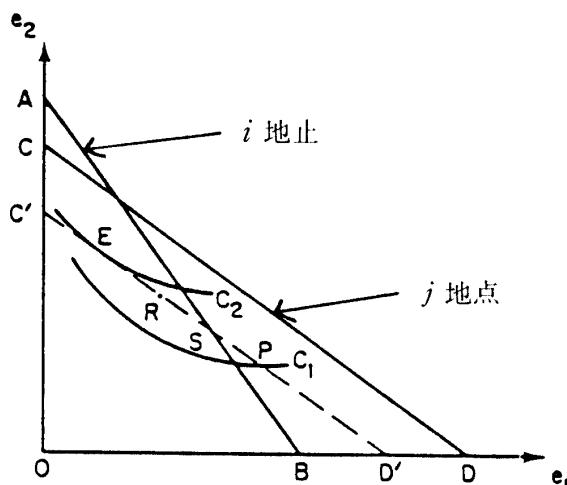


図5. 非達成地域; ケース1

いる一方で、中心部のビジネス街では非達成であるような状況）を想定し、2つのケースに分けて、その問題点を指摘する。

### ◎非達成地域；ケース1（図5）

このケースでの初期状態P点では、i地点において環境基準を越えた汚染が進んでいることを示し、j地点では逆に基準値以下に汚染が抑えられていることを示している。この時、“新オフセット方式”を導入して、条件式  $ED \leq \min(Q^*, Q^o)$  のあてはめを考えると、j地点にとってC'D'が新しい制約直線となる一方で、i地点にとってABを引き続き制約直線と考えてゆかねばならない。その結果、OBSC'が新オフセット方式にマッチする可能領域となる。この時、環境保全当局は、新オフセット方式を有効に作動させるためには、企業1か又は2の少くとも一方の汚染排出量を削減させて、P点をC'S上またはSB上または領域OBSC'内部にまで移動させねばならない。そのようにして移動した点が、例えばR点であったとし、当局はR点に見合った排出許可証を両企業に配分したとする。またその時の最小の等費用曲線がC'S上にあったとすると、(1)でみたのと同様

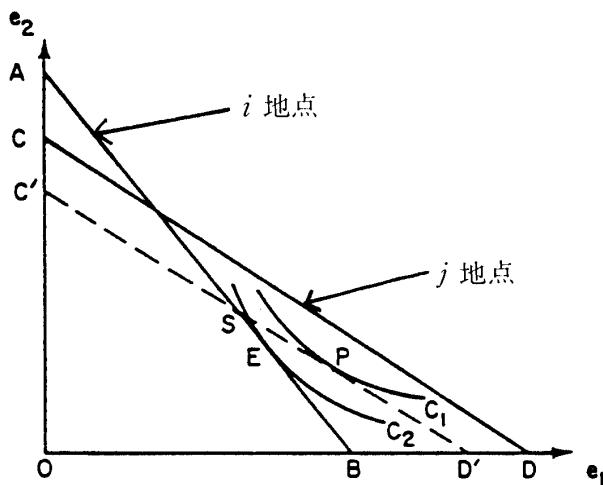


図6. 非達成地域; ケース2

の許可証の取引がおこり、結局 E 点に到達して、初期の状態に比べて費用の削減と環境の質の改善 (j 地点) とが同時にもたらされることになる。

#### ◎非達成地域；ケース2（図6）

このケースと図5のケースとの違いは、最小の等費用曲線との新しい可能領域 OBSC' との接点が C'S 上でなく SB 上にくることのみで、他の条件は全て同一である。

この時、新オフセット方式を導入することは、P 点から E 点への移行 (E 点は領域 OBSC' 内での最小費用点) を意味し、結局、汚染削減費用は  $C_1$  から  $C_2$  へと増加することを余儀なくされる。その結果、環境の質については、両地点において改善がみられるものの、削減費用については少くとも 1 つの企業が、初期状態に比べてより高い額の負担をせざるを得ないこととなる。

かくて、初期状態において、どちらか一方の地点において環境基準が未達成のケースにおいて新オフセット方式を導入することは、常に環境の質の改善はみられるものの、場合によっては、削減費用が増加せざるを得ないことが判明した。費用増加のケースにおいて、“新オフセット方式”を導入するかどうかを判断するには、また別の考察を必要とするであろう。

#### 注

1) 公害対策基本法第9条1項によれば、「政府は、大気の汚染、水質の汚濁、土壌の汚染及び騒音に係る環境上の条件について、それぞれ、人の健康を保護し、及び生活環境を保全されるうえで維持されることが望ましい基準を定めるものとする」とあり、この基準を環境基準という。なお大気汚染については、現在、日本、アメリカとも同じ 6 物質につき環境基準を定めていて、ともに全国一律にこれを適用しているが、アメリカの場合、州はこれより厳しい基準を設定できるとされている。日本の場合には、

汚染源からの排出規準については、国の定めた基準より厳しい、いわゆる“上乗せ排出基準”を都道府県が定めることができることとなっている。

- 2) 松下和夫「1970年改正大気清浄法」環境研究1977, №17
- 3) 例えば、Allen V. Kneese, “The Economics of Regional Water Quality Management” (Baltimore, Johns Hopkins University Press for Resources for the Future, 1964), Allen V. Kneese and Blair T. Bower, “Managing Water Quality:Economics, Technology, Institutions” (Baltimore, Johns Hopkins University Press for Resources for the Future, 1968); J. H. Dales, “Pollution, Property and Prices”(University of Toronto Press, Toronto, Canada, 1968); W. David Montgomery, Markets in Licenses and Efficient Pollution Control Programs, *Journal of Economic Theory* 5, 395-418(1972) など。
- 4) 1982年4月7日付の官報(Federal Register)に、EPAは「Emissions Trading Policy Statement; General Principles for Creation, Banking, and Use of Emission Reduction Credits」なるステートメントを載せ、排出許可証の取引方式のEPA版ともいえるエミッション・トレイディング(Emission Trading; これは更に、バブル Bubble, ネッティング Netting, オフセット Offset 及びバンキング Banking に細分される)方式を採用して、大気清浄法に定める目標を、より早期に、又、より低コストで達成するよう各州と企業に呼びかけている。
- 5) Alan J. Krupnick, Wallace E. Oates and Eric Van De Verg, On Marketable Air-Pollution Permits:The Case for a System of Pollution Offsets *Journal of Environmental Economics and Management* 10, 233-247(1983).  
Albert M. McGartland and Wallace E. Oates, Marketable Permits for the Prevention of Environmental Deterioration *Journal of Environmental Economics and Management* 12, 207-228(1985)
- 6) 汚染物排出量削減費用関数の形状は、限界削減費用が遞増するものとする。
- 7) その他、W. D. Montgomery, Markets in Licenses and Efficient Pollution Control Programs, *Journal of Economic Theory* 5, 395-418(1972) も同様の問題設定を行なっている。
- 8) 条件式  $ED \leq \min(Q^*, Q^\circ)$  の代りに、 $ED \leq Q^*$  を採用することは、環境基準の範囲内であれば、自由に汚染の進行を許容することを意味する。環境基準が「それを越えて汚染が進む時、突然に被害が甚大になり、それを下回れば、被害が全く無視できるほどに小さくなる」ような性格を持つものもあれば、そのような定式化も妥当であろう。現実にはそのような性格を持っているとは考えにくく、一般には、汚染物排出量の増加に歩調を合わせて被害も増大していくと考えるのが妥当であろう。従って、この定式化は環境基準値までの汚染を助長しやすく、好ましい方法といえない。
- 9) 両企業の総汚染削減費用関数を、 $C = C(e_1, e_2) (= C_1(e_1) + C_2(e_2))$  とすれば、その全微分、

$$dc = \frac{\partial c}{\partial e_1} de_1 + \frac{\partial c}{\partial e_2} de_2$$

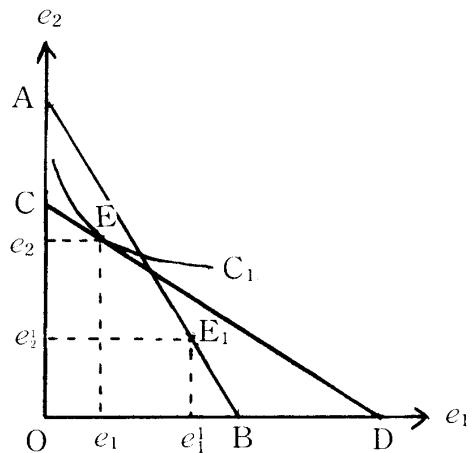
において、 $dc = o$  ( $C$  を  $C_1$  に固定するから) とおいて整理すれば、等費用関数の接線勾配  $-(de_2/de_1) =$

$$\frac{\partial c}{\partial e_1} / \frac{\partial c}{\partial e_2}$$

が得られるので、E点においては  $-(d_{21}/d_{11}) = \frac{\partial c}{\partial e_1} / \frac{\partial c}{\partial e_2}$

が成立つ。

- 10) 仮に、現実の排出ポイントが、図の  $E_1$  にあったとすれば、企業 2 は企業 1 より  $e_1^1$  から  $e_1$  までの排出許可証を購入し、それに見合って自らの排出量を  $e_2^1$  から  $e_2$  まで増加させることによって  $E$  点、つまり総削減費用の最小点を実現でき、両企業にとって最大の費用効果を実現できる。つまり、 $E_1$  から  $E$  への移行は、企業 1 にとっては削減費用の増加、企業 2 にとっては減少を意味するが、両者併せた純効果が最も大きく減少となるのが  $E$  点である。企業 1 にとって、削減費用の増加よりも許可証の販売収入の方が大きく、企業 2 にとっては許可証の購入代金より削減費用の減少額の方が大きい限り、両企業にとって許可証の取引が有利となり、その可能性が最大になるのが  $E$  点である。



**On the Market-oriented Method of  
Environmental Improvement: The Case  
for a New Offset System**

Naoki SHIWAKU

*Faculty of Liberal Arts and Science,  
Okayama University of Science,  
1-1 Ridai-cho, Okayama 700, JAPAN*

(Received September 30, 1987)

Recently in the U.S.A., it looks a favorite way for EPA to introduce market-oriented methods to attain the goals of environmental acts more quickly and inexpensively.

Referring the A.M. McGartland and W.E. Oates's paper mainly, I ascertained that for the case where the national ambient standard are initially attained the equilibrium under the new offset system typically results in both an improvement in environmental quality and a reduction in costs to all sources. For the nonattainment case, in contrast, some sources may experience an increase in control costs.