

独占下における環境汚染除去技術の選択と経済厚生^{*}

藤 井 仁^{**}

要 旨

本稿の目的は以下のとおりである。独占企業が環境規制（数量規制または排出権取引制度）に直面したとき、低費用で汚染を生じさせやすい技術と高費用で汚染を生じさせにくい技術のどちらを選択するかを検証する。また同時に、経済厚生の観点から望ましい技術選択についても言及する。

導出された結論は以下のとおりである。(1)生産量の増加が負の外部性をあまり生じさせない場合、独占企業は過度に汚染削減技術を採用しがちであり、生産性の増加が負の外部性を生じさせやすい場合、過度に汚染負荷強度の高い技術を採用しがちである。(2)排出権取引制度が導入された場合、独占企業は社会的な要請に反して、過度に汚染不可強度の高い技術を採用しがちである。

JEL 分類番号 : D42, L12, Q14, Q28

キーワード : 独占, 技術選択, 数量規制, 排出権取引, 経済厚生

1. はじめに

現在、日本における大気汚染、水質汚染などの公害の規制方法は、数量規制（汚染物質の総排出量の規制、単位あたり排出量の規制）が主であるが、数量規制という方法は、最適な汚染水準を政府が決定する必要がある¹⁾、決定にはコストがかかる。市場メカニズムによって最適な汚染水準を決定する排出権取引制度にはこの問題が生じないため、近年その導入がさかんに進められている。

本稿では、現行の数量規制（汚染物質の総排出量の規制）と将来的な導入が見込まれる排出権取引制度という二つの制度を取り上げて、それらの制度が独占企業の技術選択に与える影響を考察

^{*} 本稿の作成に当たり、本学経済学部大川隆夫助教授、広島大学経済学部岡村誠教授、本学経済学部平田純一教授、本学経済学部井澤裕司教授にひとかたならぬご助力をいただきました。ここに記して感謝いたします。なお、ありうべき誤謬は全て筆者の責任です。

^{**} 〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1 立命館大学大学院経済学研究科

E-mail JZT05277@nifty.com

FAX 077-561-3955

1) この点については、例えば、柴田弘文・柴田愛子(1988)を参照

し、二つの制度の有する効果を経済厚生観点から比較検討することを目的とする。

ここで、独占企業に分析の対象を絞ったことについては、以下のような理由による。環境規制を受けるほどの外部不経済をもたらす企業の規模は、当然ある程度の大きさであると考えられる。つまり、価格支配力を有した不完全競争企業であるといえる。ただ、複数の企業が存在するモデリングはより現実の描写に近くなる反面、企業間の戦略的行動を考慮するが故に、結果の含意が見えにくくなるという欠点がある。本稿では、先の二つの政策についての直接的な効果のみを分析し、その経済学的意味を明らかにすることに焦点をあてたいので、独占企業を対象とした。加えて、このような汚染の問題を考察すべき典型が電力産業であることから、独占企業を対象を絞ることに意味があると考えられる。

政府が行使するいくつかの政策が、企業の環境汚染削減技術の導入にどのようなインセンティブを与えるかについては、いくつかの研究が存在している。以下、それらを簡単に概観しておく。

過去の研究において、独占企業が排出権取引制度によって受ける影響を最初に考察したのは Hahn (1984) であった。Hahn (1984) は本稿の目的である「技術選択に与える影響」に関しては言及していないが、排出権市場を完全競争と仮定して分析を行った基本的なモデルを提示した。このモデルを発展させ、財・排出権の双方で市場支配力を持つ企業の技術選択を取り扱ったのが Montero (2002) の研究である。Montero (2002) はそのモデルにおいて、汚染物質削減にかかるコストが、汚染対策設備の技術レベルを表す変数 k によって割り引かれると仮定した。変数 k は排出権取引制度、数量規制など、環境規制の手法によって異なった定式化をされる。この変数 k の変化が企業の利潤にもたらす影響を、各環境政策で比較し、企業の汚染削減技術導入のインセンティブについて言及した。Montero (2002) の導いた結論は、生産物と排出権が寡占状態にある場合、数量規制は排出権取引制度よりも汚染削減技術導入のインセンティブを高めるといふものだった。

一方、Hahn (1984) の定式化とは異なったアプローチをとった研究もいくつか存在する。Malueg (1989) は、汚染対策設備の導入が汚染を削減するための限界費用を低下させることに焦点をあて、限界費用曲線のシフトから得られる利益によって、排出権取引制度を評価した。Malueg (1989) は、排出権取引制度によって汚染削減のための新技術導入のインセンティブが減少すると結論づけた。Malueg (1989) と同じ手法を用いて、排出権取引制度、環境税、数量規制などを汚染削減技術導入のインセンティブという側面から評価したのが Jung and Krutilla (1996) である。彼らは以下のように結論づけた。新技術導入のインセンティブが高い順に環境政策を序列化すると、1. 排出権の初期配分なしの排出権取引制度、2. 環境税または補助金、3. 初期配分ありの排出権取引制度、4. 単位当たり排出量の規制となる。この結論は、市場支配力のある企業を対象としたものではなく、モデルが対象とする費用の範囲にも差異がある。その意味で Montero (2002) の結論と矛盾した²⁾ものではない。

これらの研究に代表される過去の研究では、どの政策が汚染削減技術の導入に関するインセンティブをより高めるかという点から分析が進められている。そのような技術が選択されることが、社会的に見て望ましいかどうかという観点からの分析は存在していない。本稿ではこれらの結論

2) これらの研究以外に、汚染削減技術の伝播に着目した Milliman and Prince (1989)、総論として各環境政策を評価した Baumol and Oates (1988) などの研究がある。

をふまえた上で、Montero (2002) の手法を改変し、社会的に見た望ましさとという観点から分析を進める。

本稿の構成は以下の通りである。まず、2節において、基本的なモデルの枠組みを概観し、数量規制(総量規制)あるいは排出権取引制度が課された場合の技術選択について分析を行う。3節では、2節で導かれた結果の経済学的意味について言及する。4節において、本稿で得られた結論をまとめ、今後の研究の方向性について述べる。

2. 分析

2.1 モデルの枠組

本稿では、政府による数量規制(汚染物質の総排出量の規制)、あるいは排出権取引制度の導入が、企業の技術選択に与える影響を考察することを目的とする。また、同時に、技術導入の社会的な望ましさについても言及する。

本稿のモデルでは、数量規制が実施された場合、企業には二つの選択肢があると考えられる。規制前の低費用で汚染付加強度の高い技術を利用し、総量規制の限度まで生産をする選択、高費用で汚染付加強度の低い技術を利用することで総量規制を無効化し、限度内でより多くの生産をする選択の二つである。排出権取引制度が導入された場合についても同様に二つの選択肢がある。規制前の低費用で汚染付加強度の高い技術を利用し、排出権を使用しながら生産する選択と、高費用ながら汚染付加強度の低い技術を利用することで、排出権を使用せずに生産する選択の二つである。後者を選択した場合、排出権はすべて売却すると仮定する。(将来のために保持しておくことは考えない) 排出権市場は完全競争市場であると仮定するため、独占企業は一定の価格で任意の量を売買できる。

企業のインセンティブは、汚染削減技術の導入がもたらす利潤の大小関係に依存する。一方、社会的な望ましさは、技術導入がもたらす総余剰の大小関係によって左右される。規制前の汚染付加強度の高い技術を導入したとき、総余剰は独占利潤、消費者余剰、負の外部性の和で定義される。しかし、汚染付加強度の低い技術を導入した場合、負の外部性は生じないと仮定しているため、総余剰に外部性の部分は表れない。

2.2 数量規制

最初に、汚染物質が総量で規制されているケースを考える。独占企業はその生産にあたり、環境に悪い影響を及ぼす技術(以下、技術Dと記す)か、環境に悪い影響を一切与えない技術(以下、技術Cと記す)を選択することができ、技術Dを採用した場合のみ、政府によって生産量の上限 \bar{X}_D を定められると仮定する。 \bar{X}_D は独占企業が規制なしに生産した場合の生産量よりも小さい値であるとする。

独占企業が技術Dを選択した場合、生産量の上限 \bar{X}_D まで生産する。このとき、独占企業は以下の費用関数をとる。

$$C = c_0 \bar{X}_D \quad (1)$$

ここで、 C は総費用、 c_0 は限界費用を表す ($0 < c_0 < 1$ と仮定する)。そのとき、利潤は(2)式の形を取る。

$$\pi_D = P_D \bar{X}_D - c_0 \bar{X}_D \quad (2)$$

(2)式において、 P_D は技術 D を選択した場合の価格を、 π_D はその価格の下での利潤を示す。(2)式の利潤を最大にする独占企業の生産量は仮定より \bar{X}_D となる。このとき、独占企業が線形の需要関数 $P = a - X_D$ に直面しているとする、価格は $a - \bar{X}_D$ になる。ここで求められた生産量と価格を(2)式に代入して、利潤をパラメータで表示すると以下の式で表される。

$$\pi_D = (a - c_0 - \bar{X}_D) \bar{X}_D \quad (3)$$

次に、技術 D を採用した場合の経済的な厚生水準について考える。技術 D を採用したとき、その厚生水準は「総余剰 = 消費者余剰 + 独占利潤 + 汚染による負の外部性」で考えられるとする。技術 D を採用したときの消費者余剰 CS_D は、需要関数 $p = a - X_D$ 、生産量 \bar{X}_D より、以下の式で表される。

$$CS_D = \frac{1}{2} X_D^2 \quad (4)$$

汚染による負の外部性 Z_D は、以下の式で表される。

$$Z_D = -\frac{1}{2} \gamma \bar{X}_D^2 \quad (5)$$

ここで $\gamma (> 0)$ は、生産量が汚染水準に与える影響を示すパラメータである。³⁾(3)式から(5)式までの和から、技術 D を選択した場合の総余剰 S_D は以下の式で表すことが出来る。(ここで、式の簡略化のため、 $a - c_0 = 1$ とする)

$$S_D = \left(\frac{2 - \gamma \bar{X}_D - \bar{X}_D}{2} \right) \bar{X}_D \quad (6)$$

一方、技術 C を用いた場合、汚染物質は問題にならず、政府はその生産量を規制しない。ただし汚染物質を削減するためには、一定の固定費用と追加的な限界費用が必要となると仮定する。(F は汚染削減のための技術開発や設備に関する固定費用、 c は汚染物質除去のために上昇した限界費用とも解しうる) そのとき、独占企業の費用関数は以下ようになる(添字 C は技術 C を採用した企業の変数であることを示す)。

$$C_c = (c_0 + c) X_c + F \quad (7)$$

(7)式において、 c は技術 C を採用したことによる追加的な限界費用、 F は技術 C を採用した際に必要となる固定費用を表す。なお簡単化のため $0 < c < 1$ と仮定する。 X_c は技術 C を採用した場合の生産量である。

このとき、利潤 π_c は(8)式ようになる。

$$\pi_c = P X_c - (c_0 + c) X_c - F \quad (8)$$

3) 汚染の被害が汚染物質の2乗に比例するという仮定は、Harrison and Rubinfeld (1978) などの実証研究において、その妥当性が確認されている。

(8)式の利潤を最大化する生産量と、そのときの独占価格は、それぞれ、 $X_c = \frac{1}{2}(a - c_0 - c)$ 、 $P = \frac{1}{2}(a + c_0 + c)$ となる。この値を(8)式に代入し、 $a - c_0 = 1$ を考慮して利潤をパラメータ表示すると以下の式になる。

$$\pi_c = \frac{1}{4}(1 - c)^2 - F \quad (9)$$

技術Cを採用した場合の厚生水準は総余剰(=消費者余剰+独占利潤)で表される。仮定よりこの場合には汚染物質は排出されず、負の外部性は生じないからである。まず、消費者余剰 CS_c を上述の X_c と P より求めると、(10)式の形を取る。

$$CS_c = \frac{1}{8}(1 - c)^2 \quad (10)$$

よって、(9)式の独占利潤と(10)式の消費者余剰を加えた総余剰 S_c は、以下の式によって表される。

$$S_c = \frac{3}{8}(1 - c)^2 \quad (11)$$

上記の式で表される費用関数の下で独占企業が数量規制を課せられた場合、技術Cと技術Dのどちらを選択するかを以下見ていくことにする。

(3)式で表される π_D から、(8)式で表される π_c を差し引き、 $\pi_D - \pi_c = \Delta\pi$ を求める。 $\Delta\pi$ が正のとき、企業は技術Dを採用し、負のときは技術Cを採用する。0のときはどちらの技術の採用も無差別である。 $\Delta\pi$ がどのパラメータによって左右されているかを考え、正負を決定する条件を定める。

$\pi_D - \pi_c = \Delta\pi$ は以下の式で表される。

$$\Delta\pi = (a - c_0 - \bar{X}_D)X_D - \frac{1}{4}(a - c_0 - c)^2 + F \quad (12)$$

(12)式を $a - c_0 = 1$ として簡略化すると、以下のように表される。

$$\Delta\pi = (1 - \bar{X}_D)X_D - \frac{1}{4}(1 - c)^2 + F \quad (13)$$

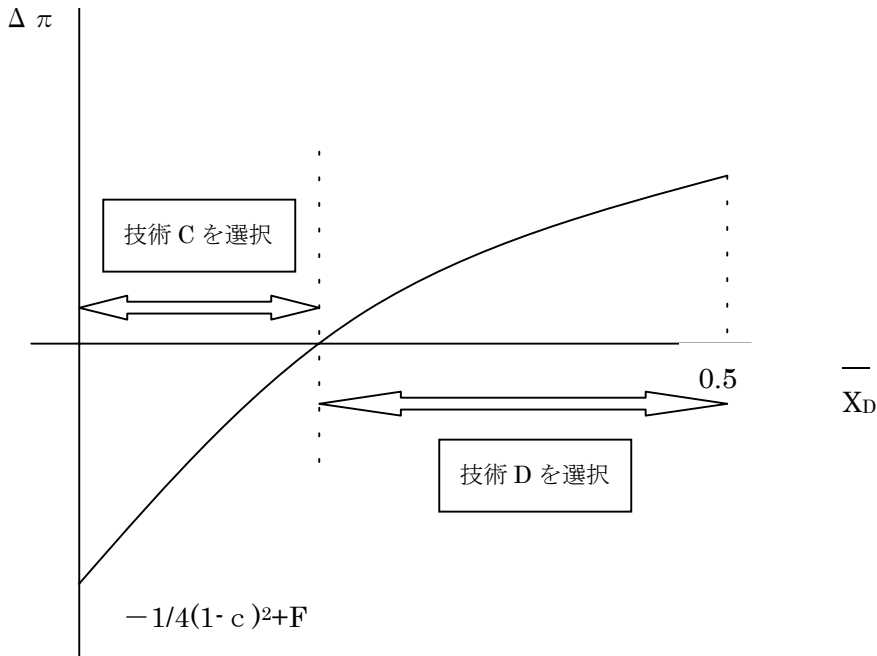
このとき、政府の生産量に対する規制水準 X_D の変化と、 $\Delta\pi$ の関係をグラフに表すと、図1のようになる。

図1において、政府の規制水準は0.5を上回らない。企業が技術Dを採用した上で利潤を最大化させた場合、 $MC[C_0] = MR[a - 2X_D]$ より、最適生産量 X_D は $X_D = \frac{a - c_0}{2}$ となる。 $a - c_0 = 1$ であることから、 $X_D = 0.5$ となる。仮定より、企業が汚染に関する規制を受けない場合の生産量(0.5)より、規制水準は低い。

次に、独占企業が数量規制を課せられた場合、社会的に望ましい技術選択はどのように決定されるかを考察する。(13式と同様に、技術Dを選択した場合の総余剰を表す(6)式から、技術Cを選択した場合の総余剰を表す(11)式を差し引き、総余剰の差分 ΔS を求めると、以下のようになる。

$$\Delta S = \left(\frac{2 - (1 + \gamma)\bar{X}}{2} \right) X_D - \frac{3}{8}(1 - c)^2 + F \quad (14)$$

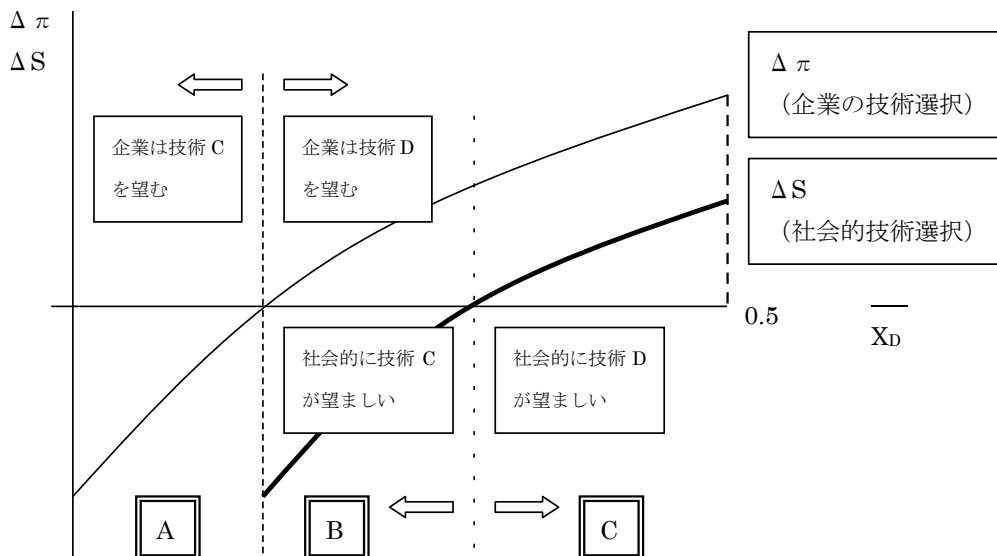
図1 企業の技術選択



(14式)によって求められた ΔS が正のときは、社会的に技術 D を採用することが望ましく、負の場合は技術 C を採用することが好ましい。0 のときは、どちらの技術を採用しても厚生水準に差異はない。

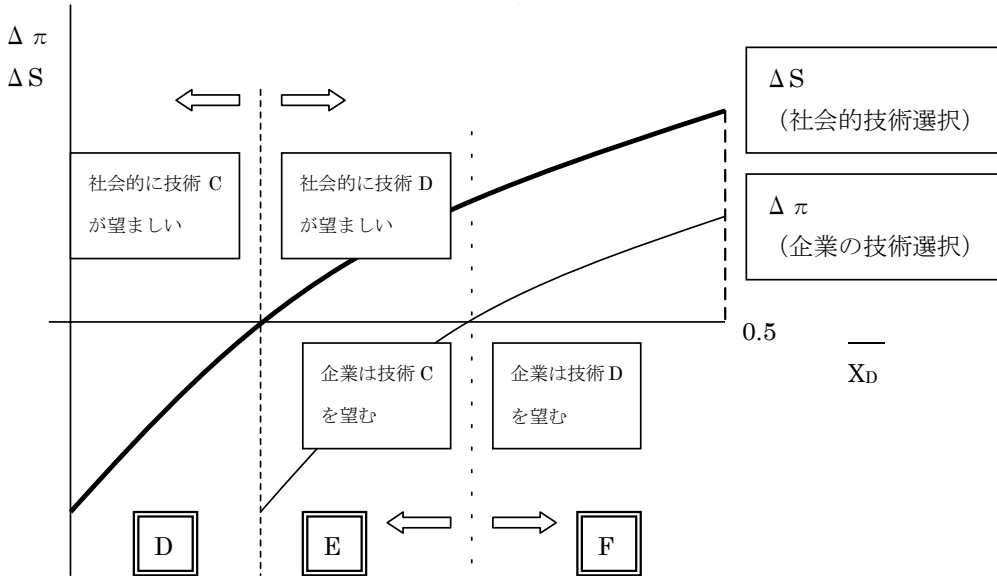
(14式)は、(13式)と同様のグラフによって表されるが、 γ の水準によってその位置を変える。図1に表した、企業の技術選択を決定する曲線を基準にして、社会的な技術選択を決定する曲線がどの位置に来るかを以下に示す。

図2 社会的な技術選択と企業の技術選択 ($\gamma > 1$ 場合)



$\gamma > 1$ の場合 (生産量の増加が環境を悪化させやすい場合), A, C の規制水準では, 企業が望む技術選択と社会的に望ましい技術選択が一致する。しかし, B の範囲に規制水準が設定されると, 社会的には技術 C が望ましいにもかかわらず, 企業は技術 D を選択してしまう。

図3 社会的な技術選択と企業の技術選択 ($0 < \gamma < 1$ の場合)



一方, γ の水準が $0 < \gamma < 1$ の場合 (生産量の増加が環境を悪化させにくい場合), D, F の規制水準では, 企業が望む技術選択と社会的に望ましい技術選択が一致する。しかし, E の範囲に規制水準が設定されると, 社会的には技術 D が望ましいにもかかわらず, 企業は技術 C を選択してしまう。

かくして(13), (14)式より, 以下の命題が導かれる。

(命題 1) 数量規制を用いた場合, 環境汚染が起り易い状況では ($\gamma > 1$), 社会厚生観点からみて望ましくない技術 D が採用される可能性があり, 環境汚染が起りにくい状況では ($0 < \gamma < 1$), 社会厚生観点からみて望ましくない技術 C が採用される可能性がある。

2.3 排出権取引制度

この節では, 独占企業に対して排出権取引による環境規制が課されたケースを考慮する。ここで取り扱う排出権制度に, いくつかの仮定をおく。企業には一定量 (\bar{X}_D) の排出権が与えられる (必要な排出権すべてを購入しなければならない Auctioned Permits とは異なる)。排出権市場においてすべての企業はプライステイカーであると仮定する。(従って q を一定と仮定できる) また, 独占企業は数量規制のケースと同様に, 環境に悪影響を及ぼす技術 (技術 D) か, 環境にまったく悪影響を及ぼさない技術 (技術 C) のどちらかを選択する。これらの仮定のもとで, 独占企業が技術 D を選択した場合, 独占企業は以下の費用関数に直面する。

$$S_D = \left(\frac{2 - \gamma \bar{X}_D - \bar{X}_D}{2} \right) \bar{X}_D \tag{15}$$

添字 d は排出権取引制度の下で技術 D を選択したことを意味する。C_d は技術 D を選択した場合の費用、X_d は技術 D を選択した場合の生産量、 \bar{X}_d は排出権の割当量に応じた生産量をあらわす。その他の記号は数量規制の場合と同じである。

この費用関数の下で、独占企業の利潤 π_d は以下の式で表される。

$$\pi_d = PX_d - C_0 X_d - q(X_d - \bar{X}_d) \quad (16)$$

(16)式の q は排出権の価格を表す。需要曲線 $P = a - X_d$ のもとで、(16)式の利潤を最大化する生産量と独占価格は、 $MR = MC$ より、 $W_d = \frac{1}{2}(a - c_0 - q)$ 、 $P = \frac{1}{2}(a + c_0 + q)$ となる。この値を(16)式に代入して、利潤をパラメータ表示すると以下の式になる。($a - c_0 = 1$ とおく)

$$\pi_d = \frac{1}{4}(1 - q) + q\bar{X}_d \quad (17)$$

排出権取引制度下において、技術 D を選択した場合の厚生水準は、上記の生産量・独占価格から求めた消費者余剰 $S_d = \frac{1}{8}(a - c_0 - q)^2$ と、外部性 $Z_d = -\frac{1}{2}\gamma\bar{X}_d^2$ と、(16)式で表される利潤の和であり、以下の式で表される。($a - c_0 = 1$ とおく)

$$S_d = \frac{2}{8}(1 - q)^2 + q\bar{X}_d - \frac{\gamma}{2}X_d^2 \quad (18)$$

次に、独占企業が排出権取引制度の下で、技術 C を採用したケースについて考える。技術 C を採用した独占企業は、以下の費用関数に直面する。

$$C_c = (c_0 + c)X_c - q\bar{X}_d + F \quad (19)$$

添字 c は技術 C を採用したことを示す。その他の変数は数量規制のケースと同じである。このとき、利潤は以下の式で表される。

$$\pi_c = PX_c - (c_0 + c)X_c + F + q\bar{X}_d \quad (20)$$

所与の条件の下で、(20)式を最大化する生産量 X_c と価格 P は、それぞれ、 $X_c = \frac{1}{2}(a - c_0 - c)$ 、 $P = \frac{1}{2}(a + c_0 + c)$ となる。この値を(20)式に代入して、利潤をパラメータ表示すると以下の式になる。($a - c_0 = 1$ に注意)

$$\pi_c = \frac{1}{4}(1 - c)^2 - F + q\bar{X}_d \quad (21)$$

(20)式で表された独占利潤と、上記の生産量・独占価格の下での消費者余剰 $CS_c = \frac{1}{8}(a - c_0 - c)^2$ を合算した総余剰 S_c は以下の式で表される。⁴⁾

$$S_c = \frac{3}{8}(1 - c)^2 - F + q\bar{X}_d \quad (22)$$

4) 独占企業が技術 C を選択し、排出権を売却した場合、その排出権を用いて他業種の企業が汚染を生じさせる。この外部性を考慮に入れても、図4のHの領域は存在する。

数量規制の場合と同様に、技術 D を採用した場合と技術 C を採用した場合の利潤差、余剰差を求め。それらの式から、企業が望む選択、社会的に望ましい技術の選択がどのような変数の変化によってもたらされるかを以下で分析する。

(17式, (21)式より、技術選択の差異による独占企業の利潤差は以下の式で表される。(数量調整に関する分析と同じく、技術 D を採用した場合の利潤から、技術 C を採用した場合の利潤を差し引いている。)

$$\Delta\pi = \frac{1}{4}(1-q)^2 - \frac{1}{4}(1-c)^2 + F \tag{23}$$

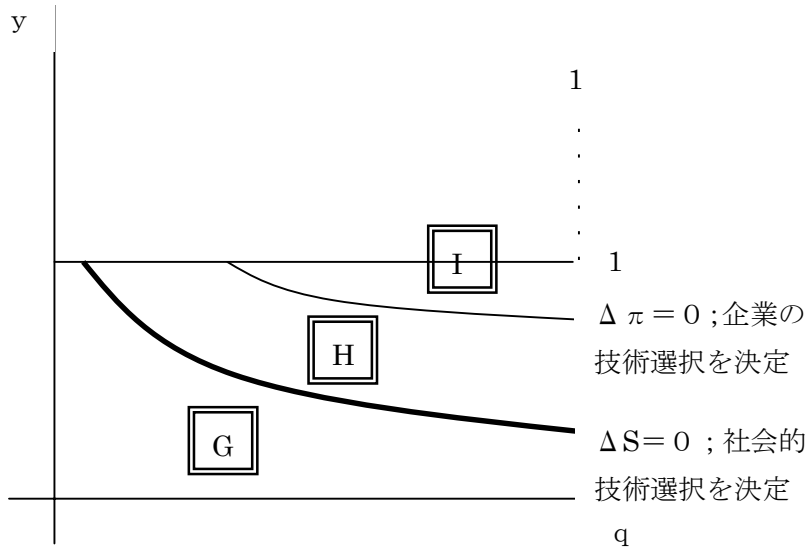
一方、(18式, (22)式より導かれる、技術選択の差異による余剰の差は、

$$\Delta S = \frac{3-\gamma}{8}(1-q)^2 - \frac{3}{8}(1-c) + F \tag{24}$$

となる。(23), (24)式から明らかのように、企業の技術選択にも、社会的な技術選択にも排出権の初期割当量は関係しない。

$(1-c)^2=y$ とおき、 $\Delta\pi, \Delta S$ が 0 となる場合の曲線を $y-q$ 平面に描く。その図から、企業の技術選択と社会的に望ましい技術選択に乖離が見られるかどうかを以下確認する。⁵⁾

図4 企業の技術選択



G の領域では $\Delta\pi > 0$ かつ $\Delta S > 0$ であり、企業は技術 D を採用しようとし、社会的にも技術 D が望ましい。I の領域では、 $\Delta\pi < 0$ かつ $\Delta S < 0$ であり、企業は技術 C を採用しようとし、社会的にも技術 C が望ましい。この二つの領域では、企業の望む技術と社会的に望ましい技術とが一致する。しかし、H の領域では、 $\Delta\pi > 0$ かつ $\Delta S < 0$ であり、企業は技術 D を採用しようとするが、社会的には技術 C が望ましい。かくして、次の命題を得る。

5) 計算上、 y も q も 1 を越えない。ただし、この制約にかかわらず H の領域は存在する。

(命題2) 排出権取引制度においては、任意の排出権価格 q の下で以下の結果が成立する。(i) 汚染除去技術採用時の単位費用増加分 c が大きいとき、独占企業は社会的に望ましい技術 D を採用する。逆に、 c が非常に小さいとき、社会的に望ましい技術 C を採用する。(ii) 汚染除去技術採用時の単位費用増加分 c がある水準の範囲内であるときに、社会的にみて望ましくない技術 D を企業は採用する。

命題2は、排出権取引の場合、過度に技術 D が選択される可能性があり、しかも、この可能性は、 c の大小関係によって決定され、 F, γ の水準には依拠していないことを示している。なぜなら、図3において(23)式と(24)式は生産量の上限1までの間に交差しない。なおかつ、 F, γ がどのような値をとっても $1+4F < \frac{1}{3}(3-\gamma)$ は成り立つからである。よって、 F, γ がどのような水準であっても、図4における H の領域が生じ、社会的要請に反して企業が技術 D を選択する可能性は生じる。

3. 結果の経済学的含意

本節では、2節での分析において導出した結果の経済学的な含意について、詳しく見ていくことにする。

まず、独占企業の排出する汚染物質に数量規制をかけた場合(生産量を総量で規制した場合)、独占企業の技術選択は社会的厚生の見地から、望ましいものにならない場合がある。しかも、生産量の変化によって汚染水準(負の外部性)がどれだけ影響されやすいかを表すパラメータ γ の値で、企業の望む技術選択と社会的に望ましい技術選択との齟齬は2つのパターンに分けられる。

$\gamma > 1$ のとき(生産量の増加が大きな負の外部性を生みやすい場合)、社会的に技術 D が好ましい場合は、企業も必ず技術 D を選択する。しかし、社会的厚生の見地から技術 C が好ましい場合でも、総量規制の上限 \bar{X}_D の水準によっては、企業は技術 D を選択する可能性がある。この可能性は、 \bar{X}_D の値を大きめに設定した場合に高くなる。

一方、 $0 < \gamma < 1$ のとき(生産量の増加が大きな負の外部性を生みにくい場合)、社会的厚生の見地から技術 C が好ましい場合は、企業も必ず技術 C を選択する。しかし、社会的に技術 D が好ましい場合に企業が技術 C を選択する可能性がある。この可能性は、 \bar{X}_D の水準を比較的小さめに設定した場合に起こりやすい。

そこで、技術 C 、技術 D それぞれを用いた場合の総余剰を表す式を併記することで、それぞれの要素がどのような状況にあるかをみていくことを通じて上記の結果の含意を考察する。

生産量の増加が負の外部性を生みやすい場合、技術 D を採用することによる外部不経済により、総余剰に対して必ずマイナス効果をもたらす。これは技術 C を採用する社会的なインセンティブとなる。独占利潤や消費者余剰に関して、どちらの技術を採用した方がより水準が大きくなるかは政府の定める規制水準に依存している。

\bar{X}_D の水準が非常に低い場合、価格水準が非常に高くなることも相まって、生産技術そのものは技術 D の方が効率的であるにもかかわらず、独占利潤も消費者余剰も技術 C を採用した方が高くなることもある。このとき、社会的にみれば、先のマイナス効果を斟酌せずとも、技術 C の採用が望ましい。外部性を考慮しない独占企業にとってみても常に技術 C を採用するインセンティブを有する。このとき、技術選択に関する齟齬は生じない。これは、図 2 の領域 A において生じている。

\bar{X}_D が図 2 の領域 B に示されたような水準の場合、技術 D の生産に関する効率性の効果が発揮されて、独占利潤および消費者余剰とも技術 D 採用時の方が大きくなる。この技術 D 採用時のメリットでは相殺できないレベルにまで外部不経済の影響が大きければ、下に示したように社会的余剰は技術 C 採用時の方が大きくなる。かくして、外部性を考慮しない企業は技術 D を選択するインセンティブを有するが、社会的には技術 C を選択する方が望ましいという齟齬が生じるのである。

$$S_D = \pi_D + CS_D + Z_D$$

\wedge \vee \vee

$$S_C = \pi_C + CS_C$$

影響大

\bar{X}_D が図 2 の領域 C に示されたような大きさにまで到達すると、技術 C から技術 D への変更時の独占利潤および消費者余剰増大効果の方が外部不経済のマイナス効果を上回ってしまう。したがって、生産量の増加が大きな負の外部性を生みやすい場合であったとしても、企業は勿論技術 D を選択し、社会的にみても技術 D を採用する方が望ましいという結果となる。

生産量の増加が大きな負の外部性を生みにくい場合にも、同様の手法で説明が可能である。説明を簡単にするために、技術 D 採用時の外部不経済がほとんど無視しうるとしよう。

先述したように、規制数量が非常に小さいとき、技術 D の生産効率性が発揮されず、技術 C を採用した時に比して消費者余剰も独占利潤も減少する。したがって、社会的にも、企業にとってみても技術 C の採用は望ましい。これは、図 3 の領域 D に示されている。

規制数量が図 3 の領域 E の範囲内であるとすると、生産技術に関する効率性の効果が発揮されて価格は安くなり、消費者余剰は技術 D 採用時の方が大きくなるが、独占利潤は技術 C を採用した方が大きくなるという状況が起こる。固定費用の負担分がもたらすマイナス効果のウエイトを、生産量の大きさで減衰させられ、比較的高水準の粗利潤が獲得できるからである。しかし、固定費用の負担分によって、技術 C 採用時の独占利潤増大効果が消費者余剰減少効果を上回ることにはできない。外部性は無視しうるほど小さいので、下の式に示したように、社会的にみると技術 D の採用が望ましい。かくして、技術選択に齟齬が生じる。

$$S_D = \pi_D + CS_D + Z_D$$

\vee \wedge \vee

$$S_C = \pi_C + CS_C$$

影響小

規制数量が図3の領域Fの範囲内であるならば、技術Dの生産技術の効率性が発揮されて、技術D採用時の方が独占利潤は大きくなる。かくして、社会的にも、企業にとっても技術Dの採用の方が望ましい。

次に、独占企業の排出する汚染物質に関して、排出権取引を導入する場合をみていこう。この場合、 F 、 γ の値や排出権の価格 q に関わらず（排出権の価格は一定であると仮定している）、次のような結論が求まった。汚染除去技術採用時の単位費用増加分 c が大きいとき、独占企業は社会的に望ましい技術Dを採用するが、 c が非常に小さいとき、社会的に望ましい技術Cを採用する。一方、汚染除去技術採用時の単位費用増加分 c がある程度の水準の範囲内であるときに、社会的にみて望ましくない技術Dを企業は採用する。

ここで、注意すべきことは次の点である。技術Dを選択した場合、たとえ一定量の排出権が与えられていたとしても陰伏的に、あたかも排出権を購入するという機会費用が発生しているが、技術Cを採用した場合、生産決定と排出権売買は異なる意思決定となるのでこの種の機会費用は発生しない。

図4の領域Gの範囲内に単位費用格差 c が入っているとき、すなわち格差が大きいとき、技術Dと技術Cとの間には、効率性において大きな差が生じている。技術Dを採用した独占企業は、陰伏的に排出権を購入した分の機会費用を支払って生産する。その排出権購入分の費用は、技術Cを採用した時の単位費用増加分プラス固定費用より低くなるので、独占企業は技術Dを採択する。加えて、技術Cに比して非常に効率的な技術Dは、安価な財の供給をもたらす、消費者余剰を大きく引き上げる。したがって、社会的にも、技術Dの採用による独占利潤と消費者余剰の十分大きな増大が外部不経済のマイナス効果をカバーしうることから、技術Dの採用が望ましい。

領域Hの範囲内に c が存在する場合、独占企業は先述の通り、生産技術格差のメリットゆえに、より利潤を生み出す技術Dを採用するインセンティブを有する。ところが、社会厚生観点からは、生産技術格差はさほど大きくないので、技術D採用による独占利潤および消費者余剰の格差は、外部性のマイナス効果をカバーしうるほど大きくはない。したがって、社会的厚生観点から技術Cが望ましい。かくして、領域Bにおいては技術選択の齟齬が生じる。

$$S_D = \pi_D + CS_D + Z_D$$

\wedge \vee \neq

$$S_C = \pi_C + CS_C$$

利潤差を打ち消す大きさを持つ

これは、技術Cを導入することによる投資費用 F を削減して得られる利益増加は、独占企業だけが獲得できるものであるため、陰伏的に排出権を購入する費用を勘案したとしても技術Dを社会的にみて過大に評価してしまっていることから生じる。

領域Iの範囲内では、生産技術の差が小さい。よって社会的な観点からは、前述の通り、独占利潤と消費者余剰の効果を考慮しても、外部性の純マイナス効果が上回ってしまうので、技術Cが望ましい。企業にとっても、技術Dを採用した際の陰伏的に排出権を購入する費用が相対的

に大きくなるので、技術 C の採用するインセンティブを有する。結果、社会的に望ましい技術 C が企業によって採用される。

最後に、環境規制に関する二つの政策の結果を今一度整理すると次のようになる。数量規制においては、 γ の値いかんでは社会的に望ましくないほど技術 C が採用されることがあり得るが、排出権取引制度の場合、 γ, F, q がの任意の値をとってもその可能性はなく、過度に技術 D を採用させる可能性しか持たない。よって、排出権取引制度のほうが企業を技術 D 選択に導きやすい。

この結果は、Montero (2002) の導き出した結果と整合性をもつ。本稿のモデルでは、Montero (2002) と異なり、排出権市場が完全競争市場であるという仮定をおいている。にもかかわらず、同じ結論が導かれたことから、排出権市場での競争形態はこの結論に影響を与えないものと考えられる。

排出権取引において過度に技術 D が採用されがちなのは、技術 D を選択したとき、排出権を購入して生産を増大させることができることに対して、数量規制の場合、その規制水準以上の生産を行えないという点にある。このことは、均衡で評価した、各技術を採用したときに生じる実質的な利潤低下のダメージが異なることを示唆する。排出権取引の場合は陰伏的な購入費用支払いだけで済み、単位費用増加分 c が減衰するのみである。従って収入面には一切影響を与えない。それゆえ、技術 D 採用による投資費用節減効果を過大評価しがちになる。一方、数量規制の場合、費用面のみならず収入面に直接影響を与えるので、技術 D に対する企業の投資費用節減効果に対する評価は、特に規制数量が小さい場合、過小になりがちである。よって、数量規制の場合、技術 D が過小に評価されてしまうこともある。

4. 結語

本稿の分析によって得られた結論は以下のとおりである。

数量規制を施行した場合、企業が望む技術選択と社会的に望ましい技術選択の間に齟齬が生じる可能性がある。生産量の変化によって、汚染水準(負の外部性)がどれだけ影響されやすいかを表すパラメータ γ の値で、企業の望む技術選択と社会的に望ましい技術選択との齟齬は 2 つのパターンに分かれる。

生産量の増加が大きな負の外部性を生みやすい状況 ($\gamma > 1$) では、社会的厚生の観点から汚染削減技術が好ましい場合でも、総量規制の水準によっては、企業は規制前の汚染を生じさせやすい技術を選択する可能性がある。

生産量の増加が大きな負の外部性を生みにくい状況 ($0 < \gamma < 1$) では、社会的厚生の観点から規制前の汚染を生じさせやすい技術が好ましい場合でも、総量規制の水準によっては、企業は汚染削減技術を選択する可能性がある。

排出権取引制度を施行した場合にも、企業が望む技術選択と社会的に望ましい技術選択の間に齟齬が生じる可能性がある。ただし、その場合の齟齬は、社会的には汚染削減技術が望ましいにもかかわらず、企業は汚染を生じさせやすい技術を選択する、という形でのみ現れる。よって、

数量規制と排出権取引制度を比較した場合、前者のほうが汚染削減技術を導入させる可能性が高い。

最後に、本稿の発展の方向について述べる。本稿では、生産物市場・排出権市場が完全競争市場であるか否かによって、結論に変化が生じるかどうかを十分に検証していない。過去の研究では、企業のインセンティブにのみ論点を絞っているが、市場の完全性についての比較検討は綿密になされている。よって今後は、本稿の特徴である社会的厚生 of 視野を含めた上で、市場の状態による影響を分析する必要があるものと思われる。

参考文献

(邦文文献)

柴田弘文・柴田愛子 (1988) 『公共経済学』, 日本評論社。

(欧文文献)

Baumol, W. J. and W. E. Oates (1988) *The Theory of Environmental Policy*, Cambridge University Press.

Dawning, P. B., and L. J. White, (1986) "Innovation in Pollution Control." *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 13, pp. 18-29.

Hahn, R. W., (1984) "Market Power and Transferable Property Rights." *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 99, pp. 753-765.

Harrison, D., and D. L. Rubinfeld, (1978) "Hedonic Housing Prices and the Demand for Clean Air." *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 5, pp. 81-102.

Jung, C., and K. Krutilla, (1996) "Incentives for Advanced Pollution Abatement Technology at the Industry Level: An Evaluation of Policy Alternatives." *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 30, pp. 95-111.

Malueg, D. A., (1989) "Emission Credit Trading and the Incentive to Adopt New Pollution Abatement Technology." *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 16, pp. 52-57.

Milliman, S. R., and R. Prince, (1989) "Firm Incentives to Promote Technological Change in Pollution Control." *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 17, pp. 247-265.

Montero, J., (2002) "Permits, Standards, and Technology Innovation." *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 44, pp. 23-44.

TITLE

On The Effects of Environmental Policy on a Monopolist's Choice of a Pollution Abatement Technology

ABSTRACT

The purpose of this paper is to analyze the effects of two environmental policies: issued permits and emission standards on a monopolist's choice of a pollution abatement technology. In particular, we focus on the following question: Whether monopolist adopts a pollution abatement technology excessively or insufficiently under a given environmental policy from the welfare viewpoint. We establish the following results: (1) In the case of issued permit trading, monopolist's insufficient adoption is invoked irrespective of the level of pollution damage caused by rejection of the adoption. (2) In the emission standards case, monopolist chooses to adopt a pollution abatement technology excessively (insufficiently) when the level of damage is (not) serious.