

平成 26 年度

博士（経済学）学位請求論文

環境政策手段が社会厚生およびイノベーションに及ぼす影響に関する理論的研究

麗澤大学大学院経済研究科博士課程

劉 薇

（研究指導 永井四郎教授）

（副研究指導 小野宏哉教授）

はしがき

私が環境問題の研究に取り組もうと決意した理由は 2 つあります。私の母国（中国）は、現在深刻な大気汚染に直面しています。GDP がアメリカに次いで世界第 2 位にまでなった反面、人々の生活環境は悪化しています。現在の中国において、国民が経済成長よりも環境改善を最重要課題と意識して行動するとは考えられません。どうしても政府の環境政策が必要になります。そこでミクロ経済学的視点から環境政策について研究してみようという想いが高まりました。

その想いの実現が可能になったのは、指導教授の永井先生が環境政策理論の研究に携わっておられたからです。修士課程在籍時、私は中国の教育問題を研究テーマとしていましたが、ゼミの合間に先生は「屈折スプーン型限界削減費用曲線」について、力を込めて私に話をされました。私は徐々にその理論に関心を持つようになりました。さらに環境会計の専門家である叔父から、環境政策に関する研究テーマで博士課程に進んだらどうかと勧められたこともあり、進学を決意しました。私の決意を知った永井先生は、週 1 回のゼミを 2 回に増やし、修士論文指導の合間に課税理論に関する先行論文を読むよう私に強制されました。そういう意味で私の修士課程では二重のテーマが課され、苦痛な体験をしましたが、今思えばその苦痛は意味のあるものであったと感じられます。

博士課程に進み、まず私を悩ませたことは経済理論に関する知識の不足でした。先生の激しい指導の下で、ときに涙を抑えきれないこともありました。しかし論文を進めていく過程で経済学のエッセンスらしきものに触れた気がしています。

永井先生には論文指導はもとより、日本語の指導、特に論文の日本語修正に多大なご苦勞をおかけしたことに深くお詫びします。また博士課程 3 年次に副指導にあたられた小野先生には、論文内容について数回にわたってコメントをいただき、論文がより充実したものになったと確信します。さらに徳永先生からは、論文全体に関する構成について貴重なご助言をいただきました。以上の先生方に心から感謝の意を申し述べます。最後に、リサーチセミナーで貴重なご意見を多数いただいたラウ先生に謝意を表します。

平成 26 年 10 月 28 日

麗澤大学大学院 経済研究科 博士課程 3 年

劉 薇

目 次

はしがき

[序論] 問題意識・分析の目的と方法・本研究における前提事項	1
第1節 問題意識	1
第2節 分析の目的と方法	2
第3節 本研究における前提事項	3
第4節 各章の概要	6
第1章 環境政策理論の問題点	10
第1節 競争市場における環境政策理論の問題点	10
第2節 独占市場における環境政策理論の問題点	17
第2章 環境政策と社会厚生およびイノベーションに関する先行研究	
のサーベイ	19
第1節 「屈折スプーン型 MAC」の概要	19
第2節 競争市場における環境政策—永井モデルの概要—	20
第3節 環境税理論に関する先行研究のサーベイ	33
第4節 環境政策とイノベーションに関する先行研究のサーベイ	45
第5節 「ポーター仮説」とイノベーション	52
第6節 環境政策と「コースの定理」	
—本研究との関連から—	56
第3章 競争市場における環境政策とイノベーション	
—先行研究とは異なる視点から—	63
第1節 環境税制下での競争企業のイノベーションのインセンティブ	63
第2節 許可証取引制度下での競争企業のイノベーション	
のインセンティブ	64
第3節 直接規制下での競争企業のイノベーションのインセンティブ	70
第4章 不完全競争市場における環境政策と社会厚生	72

第1節 独占市場における環境政策と社会厚生	72
第2節 寡占市場における環境政策と社会厚生	85
第5章 不完全競争市場における環境政策とイノベーション	96
第1節 独占市場における環境政策とイノベーションのインセンティブ	96
第2節 寡占市場における環境政策とイノベーションのインセンティブ	102
第6章 環境政策手段が社会厚生およびイノベーションに及ぼす影響	113
第1節 分析結果の総括	113
第2節 数値例による分析結果の確認	117
APPENDIX 一直接規制の効率性について	126
結語	131
参考文献	133

図表目次

図序—1 外部性が存在する場合の市場	3
図序—2 環境イノベーション	4
図序—3 技術変化とイノベーション	5
図1—1 機会費用タームでのMAC（限界利潤曲線： $MPrC$ ）	11
図1—2 直接費タームでのMAC	13
図1—3 社会厚生に基づく削減費用	13
図1—4 課税による限界利潤曲線のシフト	15
図1—5 ピグー税の効率性	15
図1—6 Pearce=Turner(1990 : fig6-4)のMAC図式	16
図1—7 現行理論におけるMAC	17
図2—1 屈折スプーン型MAC	20
図2—2 x^* と x'_g の関係	24
図2—3 δ の下落に伴う機会費用タームでのMACの変容	25
図2—4 第2ステップにおける屈折スプーン型MAC	26
図2—5—① $0 < t < \bar{t}$, $h_0' \leq U \leq h_0$ のケース	27
図2—5—② $0 < t < \bar{t}$, $A \leq U < h_0'$ のケース	28
図2—5—③ $0 < t < \bar{t}$, $U < A$ のケース	28

図 2-5-④	$\bar{t} < t$, $h_0'' \leq U \leq h_0$ のケース	29
図 2-5-⑤	$\bar{t} < t$, $A \leq U < h_0''$ のケース	29
図 2-5-⑥	$\bar{t} < t$, $U < A$ のケース	30
図 2-6	許可証取引制度とパレート効率性	31
図 2-7	直接規制による排出削減	32
図 2-8	直接規制とパレート効率性	33
図 2-9	課税による費用効率性の実現	34
図 2-10	Pearce=Turner の最適外部性概念図	37
図 2-11	Pearce=Turner のピグー税概念図	37
図 2-12	外部性の内部化	38
図 2-13	独占市場における外部性の内部化	39
図 2-14	$\tau(\delta)$ 一定とした場合の矛盾	45
図 2-15	イノベーションがもたらす便益	48
図 2-16	イノベーションの便益	50
図 2-17	Palmer らによる「ポーター仮説」批判図	54
図 2-18	外部性における市場取引の可能性	58
図 2-19	汚染の拡大	59
図 2-20	ピグー税下の直接交渉	61
図 3-1	イノベーションによる限界利潤曲線のシフト	64
図 3-2-①	$0 < t < \bar{t}$, $h_0' \leq U \leq h^*$ のケース	67
図 3-2-②	$0 < t < \bar{t}$, $A \leq U < h_0'$ のケース	67
図 3-2-③	$0 < t < \bar{t}$, $U < A$ のケース	68
図 3-2-④	$\bar{t} < t$, $h_0'' \leq U \leq h_0$ のケース	68
図 3-2-⑤	$\bar{t} < t$, $A \leq U < h_0''$ のケース	69
図 3-2-⑥	$\bar{t} < t$, $U < A$ のケース	69
図 3-3	直接規制下での競争企業のイノベーション	71
図 4-1	汚染除去と社会厚生	74
図 4-2	直接費タームでの限界削減費用	75
図 4-3	独占企業の課税下での汚染除去	76
図 4-4	$x^{*'} \text{ と } x_1'$ の関係	77

図 4-5-①	$0 < t < \bar{t}$, $h_0' \leq U \leq h_0$ のケース	79
図 4-5-②	$0 < t < \bar{t}$, $A \leq U < h_0'$ のケース	79
図 4-5-③	$0 < t < \bar{t}$, $U < A$ のケース	80
図 4-5-④	$\bar{t} < t$, $h_0'' \leq U \leq h_0$ のケース	80
図 4-5-⑤	$\bar{t} < t$, $A \leq U < h_0''$ のケース	81
図 4-5-⑥	$\bar{t} < t$, $U < A$ のケース	81
図 4-6	独占下における許可証取引制度と社会厚生(1)	83
図 4-7	独占下における許可証取引制度と社会厚生(2)	83
図 4-8	直接規制下での独占企業の排出削減	84
図 4-9	独占下における直接規制と社会厚生(1)	85
図 4-10	独占下における直接規制と社会厚生(2)	85
図 4-11	寡占市場と外部性	87
図 4-12	寡占企業の排出削減	89
図 4-13	環境税制下での寡占市場の状況	90
図 4-14	寡占企業の屈折スプーン型 MAC	91
図 4-15	寡占下における許可証取引制度と社会厚生(1)	92
図 4-16	寡占下における許可証取引制度と社会厚生(2)	92
図 4-17	直接規制下での寡占企業の排出削減	93
図 4-18	寡占下における直接規制と社会厚生(1)	94
図 4-19	寡占下における直接規制と社会厚生(2)	95
図 5-1-①	$0 < t < \bar{t}$, $h_0' \leq U \leq h_0$ のケース	98
図 5-1-②	$0 < t < \bar{t}$, $A \leq U < h_0'$ のケース	98
図 5-1-③	$0 < t < \bar{t}$, $U < A$ のケース	99
図 5-1-④	$\bar{t} < t$, $h_0'' \leq U \leq h_0$ のケース	99
図 5-1-⑤	$\bar{t} < t$, $A \leq U < h_0''$ のケース	100
図 5-1-⑥	$\bar{t} < t$, $U < A$ のケース	100
図 5-2	直接規制下での独占企業のイノベーション	101
図 5-3	イノベーションによる社会厚生の変化	105
図 5-4-①	$0 < t < \bar{t}$, $h^{*'} \leq U \leq h^*$ のケース	108
図 5-4-②	$0 < t < \bar{t}$, $A \leq U < h^{*'}$ のケース	109
図 5-4-③	$0 < t < \bar{t}$, $U < A$ のケース	109
図 5-4-④	$\bar{t} < t$, $h^{*''} \leq U \leq h^*$ のケース	110

図 5-4-⑤	$\bar{t} < t$, $A \leq U < h^*$ のケース	110
図 5-4-⑥	$\bar{t} < t$, $U < A$ のケース	111
図 5-5	直接規制下での寡占企業のイノベーション	112

表序-1	先行モデルと本論文の共通点と相違点	9
表 5-1	利得表	103
表 6-1	環境政策と市場構造	114
表 6-2	独占のケースにおける最適排出係数数値例	118
表 6-3	寡占のケースにおける最適排出係数数値例	120
表 6-4	$(\pi_{\theta}^+ - \pi_{\theta}^*)$ の変化	122
表 6-5	$(\pi_{a11} - \pi_{a22})$ の変化	123
表 6-6	$(\pi_2^+ - \pi_2)$ の変化	123
表 6-7	$(\pi_{a2}^+ - \pi_{a2})$ の変化	124
表 6-8	$(\pi_3^+ - \pi_3)$ の変化	125
表 6-9	$(\pi_{a3}^+ - \pi_{a3})$ の変化 (1)	126
表 6-10	$(\pi_{a3}^+ - \pi_{a3})$ の変化 (2)	126

【序論】 問題意識・分析の目的と方法・本研究における前提事項

第 1 節 問題意識

(1) 環境問題の発生

柴田弘文（2002：3 ページ）は、地球の 3 大機能として

- ① 基礎資源の供給
- ② 廃棄物の受け皿
- ③ アメニティの提供

を挙げている。基礎資源は再生可能資源（農業、漁業、森林資源など）と再生不可能資源（石炭、石油、鉱物などの枯渇資源）に分けられる。人間はこの基礎資源を用いて財、サービスを生産、消費し、資源利用後に発生した老廃物を自然環境に放出する。廃棄物には分解可能なものとそうでないものがある。二酸化炭素、フロンガス、メタン、放射性物質などは分解不可能廃棄物である。

一方、自然界には廃棄物に対する再生力と浄化力がある。その範囲で経済活動がなされるのであれば、環境問題は発生しない。近年特に分解不可能廃棄物の蓄積によって、その受皿としての地球環境に大きな異変が生ずるに至った。地球温暖化による気候変動をはじめとするオゾン層の破壊、酸性雨、砂漠化など様々な異変が起こっている。これらは従来の公害と異なり、国境を越えて、外部不経済をもたらす現象であることに特徴がある。

(2) 本研究における 3 つの問題意識

本研究は上述の環境問題をミクロ経済学的視点から捉え、以下の 3 つの問題意識の下で分析が進められる。

(i) 環境改善にとって下記①～④の政策手段のうち、いずれが有効であるか。特に政策手段①、②、③と市場構造（競争、独占、寡占）を組合せたモデルを設定し検討したい。

- ① 環境税 ②排出許可証取引 ③直接規制 ④補助金

(ii) 環境政策手段（①、②、③）と市場構造（競争、独占、寡占）、の組合せによる

モデル設定によりイノベーションのインセンティブの大きさを比較した場合、どのような結果が得られるか。

- (iii) Nagai (2013) が提起した新しい分析用具「屈折スプーン型限界削減費用曲線 (MAC)」を用いて上記 (i) および (ii) の問題を分析することによって、新たな理論的知見が生まれるのではないか。

第2節 分析の目的と方法

(1) 分析の目的

上記 (i) から (iii) の問題意識に立つとき、次の課題が生まれる。

- ① 政策手段と市場構造の組合せの下で、汚染物排出量がどのような水準に定まるか。各状況下で定まった排出総量は、社会厚生上どのように評価されるか。
- ② 政策手段と市場構造の組合せの下で、汚染源（企業）のイノベーションのインセンティブを比較した場合、どのような結果が得られるか。
- ③ 「屈折スプーン型 MAC」を用いた分析過程において、現行 MAC 分析とどのような相違が生ずるか。

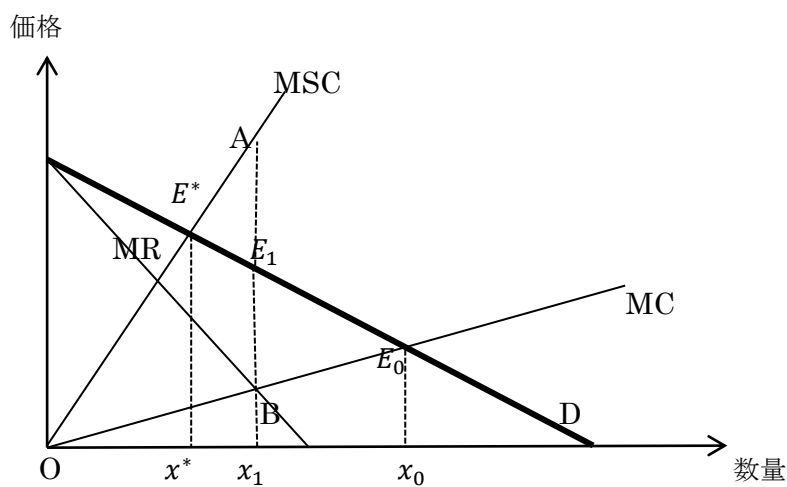
(2) 分析の方法

- 「屈折スプーン型 MAC」を用いて、独占および寡占市場で環境税、許可証取引制度、直接規制が課された場合における排出総量決定モデルを構築し、それぞれ社会厚生への影響を分析する。（競争市場についての同様の分析は、第2章第2節でその概要が提示される。）
- 「屈折スプーン型 MAC」を用いて、競争、独占および寡占市場で環境税、許可証取引制度、直接規制が課された場合におけるイノベーション・モデルを構築し、イノベーションのインセンティブを算定する。特に寡占市場モデルでは、企業間の戦略的ゲームの結果が社会厚生に及ぼす影響が分析される。
- 各政策手段における分析事項
 - 環境税・・・・・・・・●競争、独占、寡占下における税率設定問題
 - 利潤最大化と厚生最大化の同時達成問題
 - 排出許可証取引・・・・●社会厚生上の評価
 - 直接規制・・・・・・・・●規制水準はどのように設定されるべきか
 - 社会厚生上の評価

第3節 本研究における前提事項

(1) 限界利潤と限界外部費用の関係

図序-1 には、財 x に対する需要曲線(D)と限界収入(MR)および限界費用(MC)が描かれている。この財が競争市場で生産される場合均衡点は E_0 、独占企業により生産される場合均衡点は E_1 となる。外部性が存在しないケースでは、明らかに E_0 点において社会厚生は最大化され、競争均衡はパレート効率を実現する。ところが外部性の存在を考慮すると



図序-1 外部性が存在する場合の市場

(序-1) 真の社会厚生(W)=消費者余剰+生産者余剰-外部費用
であり、厚生最大化の1階条件より

(序-2) 価格(p)=社会的限界費用(MSC)
が導出される。 E^* 点で真の社会厚生は最大となる。

本研究では、一貫して E^* 点の右側に独占均衡点が位置する状況を前提として議論が展開される。すなわち E_1 点において

(序-3) $p - MC = BE_1 < \text{限界外部費用}(MEC = AB)$

が成立する状況が想定される。したがって $BE_1 = MEC$ となるような特殊ケースが生じた場合には、独占はパレート効率を実現し、競争促進策は厚生損失を拡大させることになる。すなわち(序-3)式が成立する限り、政策当局は生産量を $x_0 \Rightarrow x^*$ (競争のケース)、 $x_1 \Rightarrow x^*$ (独占のケース)に誘導する環境政策を必要とする。

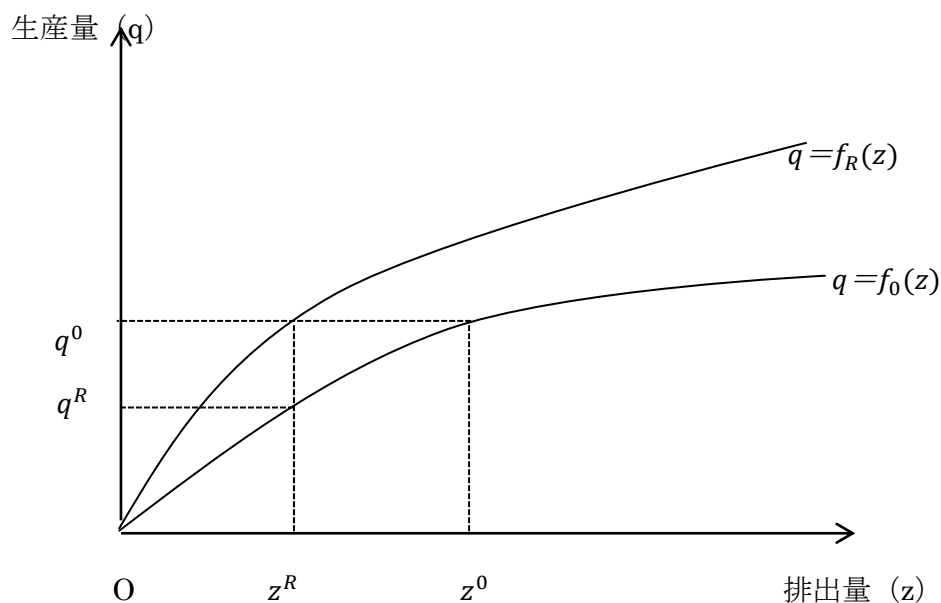
(2) イノベーションの定義

以下では競争、独占、寡占下における環境政策手段とイノベーションの関係を議論するための前提となる技術の概念およびイノベーションの定義を記しておく。本研究では、「技術とは、人間の欲求を充足するための知識の利用である」(永井 2007: 12 ページ)とする。したがって、人間の欲求充足に関わらないものは知識であっても技術ではないことになる。また環境イノベーションとは、環境改善に関わる知識ストックから必要な知識を取り出し、新しい環境改善技術に変換する営為を意味するものとする。

ここで先行研究におけるイノベーションの定義を確認しておきたい。Brännlund=Lundgren(2009)は環境イノベーションを以下のように規定する。生産物 q は、汚染物 z の排出を生むが、それは単一の生産要素によって生産されるとし、生産関数

$$(序-4) \quad q = f(z)$$

が定められる。現在の技術水準 f_0 の下での生産量、排出量はそれぞれ q^0 、 z^0 であるが、イノベーションがなされた場合、技術水準は f_R となり、図序-2 のように生産関数は上方に変容する。いま環境規制が z^R で課されたとすると、現在の技術の下では、生産量は q^0 から q^R に減少することになる。ここで彼らはイノベーションによって新技術 f_R が得られれば、企業は生産量を減らすことなく、規制に対応できるとしている。



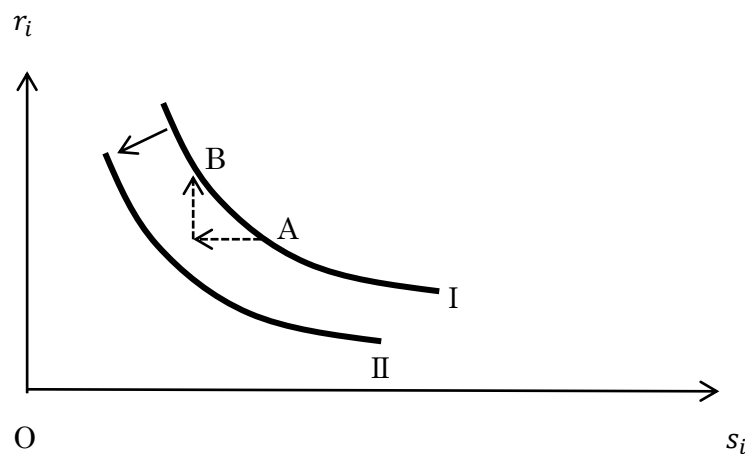
図序-2 環境イノベーション(Brännlund=Lundgren(2009)より)

ところがこの Brännlund=Lundgren モデルでは、企業が生産量を減ずることなくエンド・オブ・パイプの設置や生産過程における改善・工夫などの手段によって排出削減する（それは明らかにイノベーションではない）場合が除外されてしまう。

一方 Ebert (1991) は、産出 x_i 、インプット r_i 、排出量 s_i として第 i 企業の生産関数を

$$(序-5) \quad x_i = F(r_i, s_i)$$

のように定式化している。いま $x_i = \bar{x}$ のときの等産出量曲線 I が、図序-3 に示されている。曲線 I 上での A から B への移動は、生産量一定の下での排出削減であり（イノベーションではなく技術変化）、I から II へのシフトは生産量一定下でインプットおよ



図序-3 技術変化とイノベーション

び排出量の削減が達成され、生産曲面の変化を伴うのでイノベーションである。

本論文では生産物の費用関数、排出削減費用関数を特定化した形に仮定して分析している。すなわち財生産と排出削減の2部門分析である。ただし利潤最大化の過程においては両部門全体として実行される。また生産量一定の下での排出削減は排出削減費用関数に沿う排出係数の低下として分析され、イノベーションとしては扱われない。それは現存削減技術に基づく排出削減である。

一方排出係数の低下と費用関数のパラメータの低下が同時に生ずる場合をイノベーションとしている。すなわち上記費用関数のもとになる生産関数における等産出量曲線の原点方向へのシフトをイノベーションとして捉え、それが費用関数のパラメータの低下をもたらす。これは通常の経済理論におけるイノベーション概念と一致する。

(3) イノベーションのインセンティブの定義

排出係数 δ の低下が社会厚生にどのようなインパクトを与えるか、これは本研究における主要な分析目的である。そのため本論文では、企業は一定の排出削減技術を有しているという前提の下でモデルが設定されている。もちろんその技術を用いて排出削減（生産量一定の下での排出係数の低下）をする場合、コストが必要となる。このとき企業は排出削減費用関数から導出される直接費タームでの限界削減費用曲線（ \overline{MAC} ）に沿って汚染除去を実行することになる。しかしながらこれは前項（2）で述べたようにイノベーションではない。 δ の低下と同時に生産費の減少を伴うときイノベーションがなされたとする。

一般的には企業によるイノベーションのインセンティブは、排出削減や生産費低下がなされないときの利潤と、排出削減および生産費の同時低下が実現したときの利潤の差額で測られる（永井（2012①）参照）。けれども本論文ではモデルの前提条件から、企業が当局による政策発動後に汚染除去のみで対応したときの利潤と、汚染除去と生産費の同時的低下、すなわちイノベーションによって対応したときの利潤の差額としてインセンティブを測っている。したがって一般的ケースと比べてインセンティブが低く評価されることになる。

第4節 各章の概要

第1章「環境政策理論の問題点」では、環境政策の現行理論に対する永井（2012①, ②）および Nagai(2013)の批判的論評の整理がなされる。ただし彼は完全競争条件下で論じているが、ここでは独占下においても完全競争下とほぼ同様な問題が生ずることが示される。

第2章「環境政策と社会厚生およびイノベーションに関する先行研究のサーベイ」では、第1節および第2節で、現行理論の問題点を回避するための永井モデルの概要が示される。第3節で、環境税に関わる先行研究を新しい分析手法の視点からサーベイする。つぎに第4節で環境政策手段がイノベーションのインセンティブにどのような影響を与えるか、代表的先行研究を通して新しい分析手法の視点から検討する。さらに第5節では、環境政策とイノベーションの問題に一石を投じた「ポーター仮説」を取り上げ検討する。最後に第6節では環境政策とコースの定理に関する先行研究の論点整理がなされ、Buchanan=Stubblebine(1962)によるピグー税の効率性に関するコースの定理を用いた分析結果に対する柴田弘文(2002)の反論が検討される。ここで本論文における結

論が、そうした過去のピグー税の効率性に関する論争に対して新たな流れを付加するものであることを確認したい。

第 3 章から第 6 章は、本研究の核心となる章である。第 3 章「競争市場における環境政策とイノベーション—先行研究とは異なる視点から—」では、完全競争下におけるイノベーション誘発の可能性が検討される。ただし環境政策に対応した企業の最適排出水準や厚生分析については第 2 章で論じられているのでここでは省かれている。

第 4 章「不完全競争市場における環境政策と社会厚生」では、独占、寡占下において環境政策が発動された場合における企業の最適排出水準および厚生変化の問題が扱われる。先行研究では、政策手段と社会厚生の関係が中心に論じられてきたが、本論文では新しい分析手法を取り入れると同時に、市場構造要因を加えた分析を行っている。その結果、現行の環境政策論の結論とは異なった帰結が導かれる。

第 5 章「不完全競争市場における環境政策とイノベーション」では、独占、寡占下において環境政策が発動された場合における企業のイノベーションのインセンティブが分析される。

第 6 章「環境政策手段が社会厚生およびイノベーションに及ぼす影響」においては、第 3 章から第 5 章の分析結果がまとめられる。数値例では、各パラメータを変化させ最適排出係数の動向を探るとともに、本来外生変数である初期排出係数（企業が汚染除去をしない場合外生的に定まる排出係数）の水準が最適排出係数存在の決定要因になることが確認される。

APPENDIX—直接規制の効率性について—では、屈折スプーン型 MAC 分析によって引き出される直接規制の効率性について検討される。

本論文は永井（2012①,②）および Nagai（2013）の拡張という一面を有しており、永井モデルと深く関わりを持つため、表序—1 に「先行モデルと本論文の共通点と相違点」として示しておく。ただし h : 排出量、 δ_0 : 排出削減前の排出係数 ($0 < \delta < \delta_0$)、 x_0 : 排出削減前の生産量、 γ : 技術水準を表すパラメータ ($0 < \gamma$) である。

本論文の特徴は、異なる市場構造の下で 3 つの政策手段（環境税、許可証取引、直接規制）が課されたとき、社会厚生とイノベーションに及ぼす影響を分析した点、および寡占下での戦略的イノベーション・モデルを構築し、ナッシュ均衡とパレート効率性について新たな命題を導出した点にある。本論文のオリジナリティは、第 3 章から第 6 章の分析によって得られた以下の 3 点である。

- ①環境税が課された場合には、利潤最大化と厚生最大化の同時解の存在は、競争下だけではなく、独占・寡占下においても保証されない（利潤最大化と厚生最大化を両立させる生産量が存在するためには、外生的要因＜MECの形状＞に関わる特殊条件を必要とする）。
- ②「イノベーションにおける寡占のゲームモデルで、黄金律解としてのナッシュ均衡解が、パレート効率を達成せずパレート改善に導く」という命題が導出される。これは経済理論分野における新たな知見である。
- ③「イノベーションのインセンティブは直接規制手段において最も少なくなる」という通説に対して、寡占のケースで需要の価格弾力性が重要な問題となることがポーター仮説とは異なる視点から論じられる。

表序－1 先行モデルと本論文の共通点と相違点

	先行モデル	本論文
イノベーションの定義	排出係数と生産費の同時低下	共通
イノベーションのインセンティブ	汚染削減ゼロのときの利潤とイノベーション後の利潤との差額	最適汚染削減後の利潤とイノベーション後の利潤との差額
汚染削減費用	$\overline{AbC_h} = \gamma(h_0 - h)^3 \big _{x=x_0}$ $= \gamma x_0^3 (\delta_0 - \delta)^3$	共通
費用関数	$C = \alpha x^2 + \beta \quad (\alpha > 0, \beta > 0)$	共通
外部費用関数	$EC = \frac{1}{2} \tau(\delta) x^2 = \frac{1}{2} \varepsilon h^2$ $(\tau(\delta) = \varepsilon \delta^2, \varepsilon > 0)$	共通
主要な分析用具	屈折スプーン型 MAC	共通
分析対象とする市場	完全競争	競争・独占・寡占
分析の方法・目的	<p>■完全競争下での各政策手段と社会厚生およびイノベーションのインセンティブ比較</p> <p>■完全競争下でのピグー税の効率性</p>	<p>■異なる市場構造下での各政策手段と社会厚生およびイノベーションのインセンティブ比較</p> <p>■独占・寡占下でのピグー税の効率性</p> <p>■寡占下での戦略的イノベーション</p> <p>■数値分析</p>

第1章 環境政策理論の問題点

本章では、永井（2012①,②）および Nagai(2013)で提起された完全競争下における環境政策理論の問題点を整理し、独占市場下でも同様な問題が生ずることを明らかにする。

第1節 競争市場における環境政策理論の問題点

(1) 永井モデルの仮定

(i) 完全競争モデル

排出源は競争企業とする。

(ii) 各企業の費用関数は同一である。

$$(1-1) \quad C = \alpha x^2 + \beta \quad (\alpha > 0, \beta > 0)$$

C : 総費用 x : 生産量

(iii) 産業の需要曲線

$$(1-2) \quad D: p = -ax + b \quad (a > 0, b > 0)$$

p : 生産物価格

(iv) 排出関数

$$(1-3) \quad h = h(\delta, x) = \delta x$$

h : 排出量

企業が汚染除去をしない場合、排出係数は外生的に δ_0 で与えられる。したがって $0 < \delta \leq \delta_0$ である。

(v) 外部費用関数

外部費用 (EC) は生産量、および排出量の増加につれて逓増的に増加し

$$(1-4) \quad EC = \frac{1}{2} \tau(\delta) x^2 = \frac{1}{2} \varepsilon h^2 \quad (\tau(\delta) = \varepsilon \delta^2, \varepsilon > 0)$$

によって表されるものとする。したがって限界外部費用 (MEC) は

$$(1-5) \quad MEC = \tau(\delta) x$$

となる。

(vi) 政策当局は汚染物に対して課税するが、各企業は汚染物への課税率 (θ) を生産物への課税率に変換し、生産量に基づいて利潤最大化行動をとるものとする。このとき生産物への課税率は $\delta\theta$ となる。

(vii) 汚染物は環境に均質に拡散する。

(2) 削減費用の定義と限界削減費用

いま産業内の各企業にはプラスの利潤が存在する短期均衡状態にあるものとする。このとき費用曲線(1-1)の下で生産している競争企業の平均費用(AC)と限界費用(MC)は

$$(1-6) \quad AC = \alpha x + \frac{\beta}{x} \quad MC = 2\alpha x$$

となる。したがって産業の供給曲線は、企業数を m として

$$(1-7) \quad S : p = \frac{2\alpha}{m}x$$

で表される。均衡点 E_0 における市場価格 p_0 および各企業の最適生産量 x_0 は

$$(1-8) \quad p_0 = \frac{2ab}{2\alpha + am}, \quad x_0 = \frac{b}{2\alpha + am}$$

である。企業の利潤曲線は

$$(1-9) \quad \pi_0 = (p_0 - AC)x = -\alpha x^2 + p_0 x - \beta$$

であるから、限界利潤曲線が

$$(1-10) \quad MPrC_0 = -2\alpha x + p_0$$

で表される。

(2)-1 機会費用タームでの限界削減費用

図 1-1 には、企業の限界利潤曲線 $MPrC$ (1-10) 式が描かれている。企業は生産量 x_0 で利潤最大化を実現し、最大利潤 ΔOFp_0 を得ている。いま生産量を FB だけ削減して汚染物の排出を減らそうとした場合、企業の失う利潤は ΔABF であり、機会費用概念に立てばその額は削減費用である。したがって AB が限界削減費用になる。

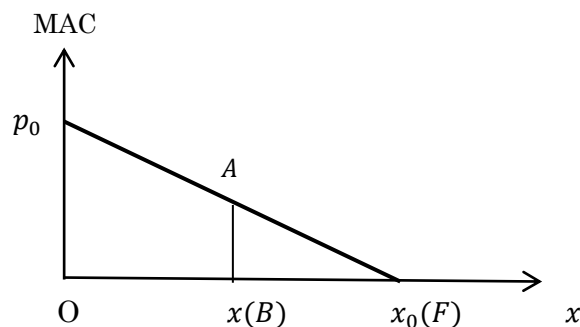


図 1-1 機会費用タームでの MAC (限界利潤曲線 : $MPrC$)

以上のことから、削減費用 (AbC) と限界削減費用 (MAC) が次のように表される。

$$(1-11) \quad AbC_0 = \frac{1}{2}(-2\alpha x + p_0)(x_0 - x) = a\left(\frac{b}{2\alpha + am} - x\right)^2$$

$$(1-12) \quad MAC_0 = 2\alpha\left(\frac{b}{2\alpha + am} - x\right)$$

明らかに (1-12) 式は (1-10) 式そのものであり、機会費用タームでの MAC は限界利潤曲線と一致する。

$$\text{いま } \bar{x} = \frac{b}{2\alpha + am} - x \text{ とすれば}$$

$$(1-13) \quad AbC_0 = \alpha \bar{x}^2$$

$$(1-14) \quad MAC_0 = 2\alpha \bar{x}$$

となる。

ここで、(1-12) 式を排出量表示に変換すると

$$(1-15) \quad MAC_{0h} = \frac{2\alpha}{\delta_0^2} \left[\frac{\delta_0 b}{2\alpha + am} - h \right]$$

になる。

(2) - 2 直接費タームでの限界削減費用

企業がエンド・オブ・パイプの設置や原料・燃料の変更を含む生産過程の改善によって汚染物の排出を削減する場合、次式のような費用逦増を伴う削減費用曲線に基づいてなされるものとする。

$$(1-16) \quad \overline{AbC}_h = \gamma(h_0 - h)^3 \big|_{x=x_0} = \gamma x_0^3 (\delta_0 - \delta)^3 \quad (\gamma > 0, h_0 = \delta_0 x_0)$$

ただし、 γ は削減技術を表す指標であり、新しい削減技術の開発によってそれは低下する。企業は初期排出係数 δ_0 (排出削減努力を何もしない場合の排出係数) の下で最適生産量 x_0 を生産しており、その結果排出量 h_0 が定まっている。したがって企業が排出削減をする場合 h_0 が始点となる。これはモデル設定上の前提である。また (1-16) 式に沿う汚染除去は、生産量一定の下でなされるものとする (注 1)。したがって排出量で表示した直接費タームでの限界削減費用は

$$(1-17) \quad \overline{MAC}_h = \left| \frac{d\overline{AbC}_h}{dh} \right| = 3\gamma(h_0 - h)^2 \big|_{x=x_0} = 3\gamma x_0^2 (\delta_0 - \delta)^2 \quad (h \leq h_0 = \delta_0 x_0)$$

で表される (図 1-2 参照)。

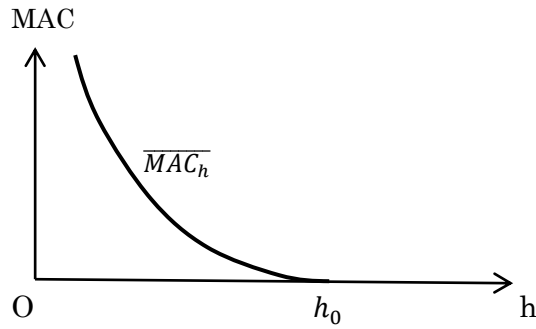


図 1-2 直接費タームでのMAC

(2)－3 社会厚生に基づく限界削減費用

削減費用を生産量削減によって失われた社会厚生の大きさであると定義した場合、生産量削減をしなければ得られたはずの社会厚生と生産量削減をしたことによって減少した社会厚生の差額が削減費用である。図 1-3 で、生産量削減をしなければ得られたはずの本来の社会厚生は ΔObE_0 であり、生産量削減をしたことによって減少した実際の社会厚生は四角形ObABであるから、競争企業の削減費用は

$$AbC = (\Delta ObE_0 - \text{四角形 } ObAB) / m = \frac{1}{2} (2\alpha + am) \left(x - \frac{b}{2\alpha + am} \right)^2$$

となる。よって限界削減費用は図 1-3 のABで示され

$$(1-18) \quad MAC = (2\alpha + am) \left(\frac{b}{2\alpha + am} - x \right)$$

で表される。削減量表示では

$$(1-19) \quad AbC = \frac{1}{2} (2\alpha + am) \bar{x}^2$$

$$(1-20) \quad MAC = (2\alpha + am) \bar{x}$$

となる。

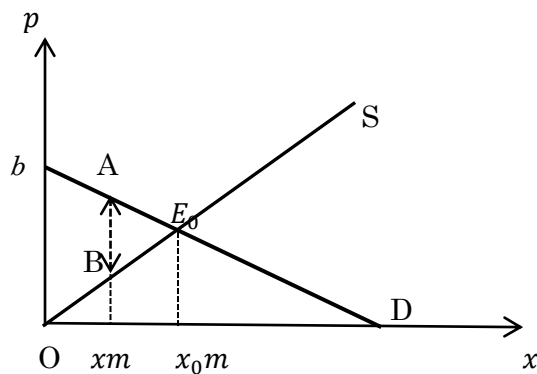


図 1-3 社会厚生に基づく削減費用

ところでプライス・テーカーとして行動する競争企業は、現在の市場価格 p_0 の下で水平な需要曲線に直面しており、産業の需要曲線に関する情報を有してはいない（注 2）。さらに企業は自らの利潤を最大化することを目的としているのであって、社会厚生を考慮して行動してはいない。したがって（1-20）式は、企業が直面する限界削減費用曲線とは言い難い。それは政策策定者の論理から導かれる限界削減費用曲線である。そうした根拠から本研究における分析では、限界削減費用曲線として（1-12）、（1-15）式が用いられる。

（3）環境政策理論の問題点

（3）-1 企業が生産量調整だけで排出削減に対応する場合

いま政策当局によって、環境税 $\delta_0\theta^*$ が課されたものとしよう。このとき企業の平均費用 AC_θ と限界費用 MC_θ は

$$(1-21) \quad AC_\theta = AC + \delta_0\theta^* \quad MC_\theta = MC + \delta_0\theta^*$$

となり、産業の供給曲線は

$$(1-22) \quad p = \frac{2\alpha}{m}x + \delta_0\theta^*$$

で表される。プライステーカーとして行動する競争企業は、 $p_0 = MC_\theta$ を満たす生産量

$$(1-23) \quad \hat{x} = \frac{2ab - (2\alpha + am)\delta_0\theta^*}{2\alpha(2\alpha + am)}$$

を生産する。このときの企業の限界利潤曲線は

$$(1-24) \quad MPrC'_\theta = -2\alpha x + p_0 - \delta_0\theta^*$$

であり、図 1-4 に示されているように課税前限界利潤曲線 $MPrC_0$ を税率分だけ下方シフトしたものとなっている。この状況は、市場では \hat{E} 点（図 1-5 参照）に対応しており、超過需要の状態にある。したがっていずれ価格は新たな均衡点 E^* に向けて p^* まで上昇する。新たな限界利潤曲線は

$$(1-25) \quad MPrC_\theta = -2\alpha x + p^* - \delta_0\theta^*$$

となる。これは(1-24)式を税の消費者負担分だけ上方シフトした曲線になっている。

企業は図 1-4 の S 点で利潤最大化を達成する。課税による企業の負担額は、税額（長方形 OSQA）と削減費用（三角形 SFQ）の和である（注 3）。明らかに課税の帰着点は図 1-5 の E^* であり、その点で

$$(1-26) \quad \delta_0\theta^* = MEC \text{（限界外部費用）}$$

が成立している限り

(1-27) $p = MSC$ (社会的限界費用)

が実現している。

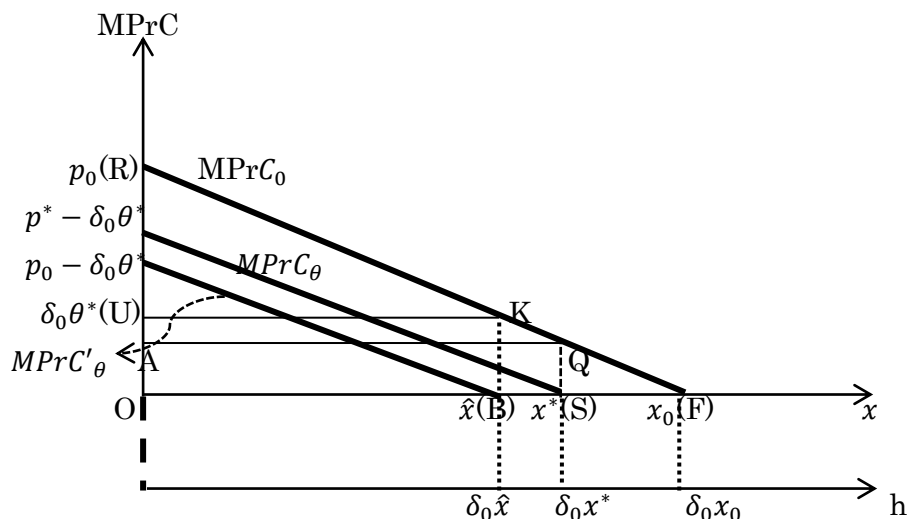


図 1-4 課税による限界利潤曲線のシフト (永井 (2012②) 59 ページより)

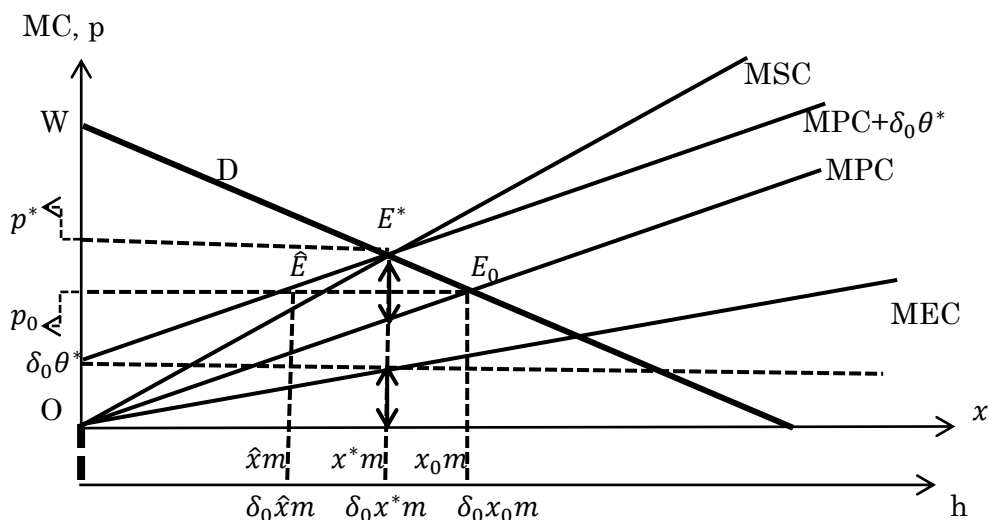


図 1-5 ピグー税の効率性 (永井 (2012②) 59 ページより)

以上の分析結果から、図 1-4 で水平な税率線と $MPrC$ の交点 K において企業の最適生産量は定まらない。税率線を税の消費者負担分だけ下方シフトした直線と $MPrC$ の交点 Q において企業の最適生産量 x^* が決定される。したがって限界削減費用曲線 (1-12) 式と税率線の交点における生産削減量は $x_0 - \hat{x}$ であって $x_0 - x^*$ ではない。税率線を税の消費者負担分だけ下方シフトした直線と (1-12) 式との交点での削減量が $x_0 - x^*$ となる。ただし限界削減費用曲線を (1-20) 式としたときには、税率線との交点で削減量

は $x_0 - x^*$ となる。

(3) -2 企業が生産量調整と汚染除去の両方で排出削減に対応する場合

現行理論では、横軸を排出量、縦軸を限界費用とすると、一本の右下がり曲線によって企業の MAC が描かれ、それに基づいて最適排出水準の分析がなされる。以下の議論は、この点に関する Nagai(2013)の論評を参考にしている。一般に企業の排出削減手段は

- ① 生産量の減少
- ② 汚染物除去装置の設置や生産過程での改善
- ③ 新たな削減技術の開発

であるが、現行 MAC は削減手段①、②の区別が不明確である。Barnett(1980)は①、②を含む一般的ケースを扱っているが、排出関数が明示されず、具体的に MAC も提示されていない(注 4)。Pearce=Turner(1990)は①と②のそれぞれについて図 1-6 のように 2 本の限界削減費用曲線を描いている。けれども、それらが連結された形で定式化されていないこと、および Barnett モデルと同様排出関数が導入されていないため、①と②に基づく MAC(図 1-6 の MAC と MPrC)がそれぞれ独立して存在し、相互の関連が欠落している。したがって、企業は a から b までは $MPrC > MAC$ であり、

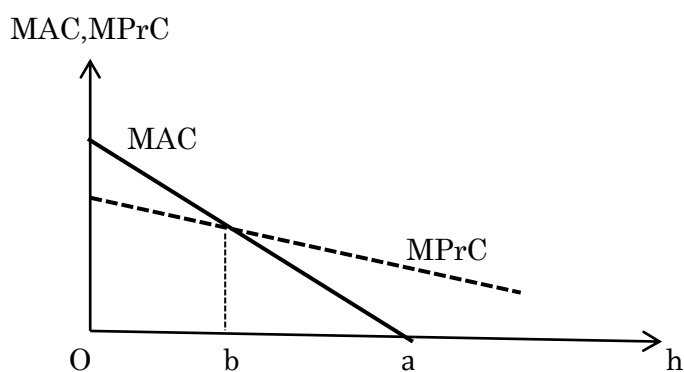


図 1-6 Pearce=Turner(1990 : fig6-4)の MAC 図式

汚染除去を行うが、b から O までは $MPrC < MAC$ であり、生産量で削減するといった議論が展開され、MAC 上での動きが MPrC に何の影響も及ぼさないことになる。これは排出量表示の MAC (1-15) 式を考慮すれば明らかに論理的に矛盾である。

以上の議論から、1 本の右下がり MAC によって削減手段①、②を同時に表現できない

ことが確認される。したがって現行理論におけるMACは削減手段②、すなわち直接費タームでのMACであると考えなければならない。そうであるとすれば、環境税の分析において重大な問題が発生する。この問題は競争市場だけではなく、独占下においても生ずるが次節で明らかにしたい。

第2節 独占市場における環境政策理論の問題点

競争下と独占下でMACの扱いが異なるのは前節(3)－(i)、企業が生産量調整だけで排出削減するケースである。すなわち独占の場合には、水平な税率線とMP_{Pr}Cの交点で最適排出量が定まる(注5)。

以下では両市場に共通して生ずる現行理論における問題点を独占モデルの下で示す。直接費タームでのMACによって環境税の分析をする場合、次のような問題が生ずる。

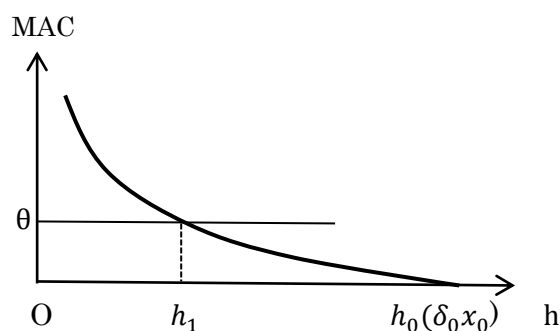


図1-7 現行理論におけるMAC

現行理論では水平な税率線 θ と限界削減費用曲線の交点で企業の最適汚染排出水準 h_1 が定まるとしている(図1-7参照)。ところが独占企業は課税がなされた場合、税率をパラメータとして受け止め、生産量を

$$(1-28) \quad MC \text{ (限界費用)} = MR \text{ (限界収入)}$$

を満たす x_0 から

$$(1-29) \quad MC + \delta_0 \theta = MR$$

を満たす x^* に減少させる。 θ がセカンド・ベストの税率である限り、 x^* は $p=MSC$ を満たす。ここで独占企業は排出量を削減することによって支払う税額を減らし、課税によって失われた利潤の一部を回収可能であることに気付くであろう。そこで独占企業は削減手段②を用いて

$$(1-30) \quad (\delta \text{を追加1単位下げることによる利潤増分}) = (\delta \text{を追加1単位下げることによる削減費用増分})$$

となる δ' まで排出係数を下げるであろう。その結果

$$(1-31) \quad MC + \delta'\theta = MR$$

を満たす $x^{*'}(> x^*)$ に生産量が定まる。

以上の分析から明らかなように、 $x^{*'}$ の決定は(1-31)式によってなされ、最適排出量が $\delta'x^{*'}$ に定まるのに対して、図 1-7 における h_1 の決定要因は税率 θ と直接費タームでの MAC のパラメータであり、それぞれが異なった要因によって定まる排出量であるから

$$(1-32) \quad \delta'x^{*' } \neq h_1$$

となる。すなわち現行理論における課税後最適排出量の決定原理は、費用効率性の実現をもたらすが、需給原理と整合的でないことが分かる。現行理論では、課税前 MAC を基準として分析がなされるため、支払う税額と排出削減費用の関係から最適排出量が決定され、企業の利潤最大化行動が分析から除外されてしまうのである。

以上は環境税に問題を限定して述べたが、排出許可証取引や直接規制のケースにおいても現行理論と削減手段①、②を連結したMAC分析では議論の展開過程に変化が生じる。この点については次章および第 4 章で詳しく論じられる。

第 1 章 注

(注 1) x_0 は企業の利潤最大化行動から導出された生産量である。 x_0 の変更は、競争下では価格、費用構造の変化、独占下では費用構造の変化による。本論文では排出係数の低下によって費用構造に影響が及ばないと仮定されている。この点については Ebert モデル (1991) も同様な仮定を置いている。

(注 2) 完全競争の条件である完全情報の仮定は、すべての経済主体が市場価格について完全な情報を有しているということである。

(注 3) Pearce=Turner (1990) は、課税による企業負担額を税額 (長方形 OBKU) と削減費用 (三角形 BFK) の和であるとしている。

(注 4) 詳細は第 2 章で論じられる。

(注 5) この点については第 4 章で論じられる。

第 2 章 環境政策と社会厚生およびイノベーションに関する先行研

究のサーベイ

本章第 1 節および第 2 節では第 1 章で論じられた問題点を解決するための Nagai(2013)による新たな分析手法の概要が提示される。現行の環境政策理論における問題点は以下の 2 項目に集約される。

- ① 企業による汚染物の排出削減手段に応じて直接費タームと機会費用タームの MAC が存在し、それらは互いに異なった性質を有しているが、現行理論では両者に明確な区別がなされていないか、ないしは区別はされているが連結した形で定式化されていない。そのため企業の最適汚染排出水準と市場レベルでの排出水準に不整合が生ずる。この問題は市場構造を問わず発生する
- ② 競争企業が生産量制限だけによって排出削減する場合、水平な税率線と機会費用タームでの MAC との交点で最適排出量が定まるとする現行理論は、市場との整合性を欠く。課税の消費者負担分だけ税率線を下方シフトした直線と MAC との交点で最適排出量が定まる。ただし不完全競争下ではこの問題は生じない。

Nagai(2013)はこれらの問題を回避するために、課税を 2 つのステップに分ける。第 1 ステップでは機会費用タームでの MAC、第 2 ステップでは直接費タームと機会費用タームの両 MAC を連結した「屈折スプーン型 MAC」が適用され、外部性が存在する経済においては社会厚生最大化と利潤最大化の両立が困難である状況が示される。

本章第 3 節、第 4 節では、本論文の分析視点に立って先行研究をサーベイする。第 5 節、第 6 節は本研究の分析と直接関わりはないが、分析結果との関連で重要なインプリケーションを含むテーマであり、その視点からサーベイされる。

第 1 節 「屈折スプーン型 MAC」の概要

ここでは政策当局によって何ら規制がなされず、企業が自主的に排出削減する場合を想定する。企業が生産量を減らすことによって汚染削減を実行する場合(1-15)式に基づいてなされる。それに対して除去装置の設置や生産過程における改善・工夫によって排出削減する場合の MAC は (1-17) 式である。したがって企業の限界削減費用は、図 2-1 のように (1-15) 式と (1-17) 式を連結させた曲線 (実線) として描かれる。

一般に企業は MAC の低い削減手段から採用すると考えられるので、 h_0 から h'_0 までは

除去装置の設置や生産過程の改善・工夫により \overline{MAC}_h に沿って削減するであろう。このとき排出係数 δ の下落によって $MPrC_{0h}$ は右方向に回転変容し、 MAC_{0h} となることから全体として「屈折スプーン型 MAC」が形成される。ここでなぜ企業は h_0 から h'_0 まで削減するのかという問題が生ずるが、それは政策当局によってどのような規制がなされるかに依存する。 h_0 から h_1 までの削減を要する場合には企業は \overline{MAC}_h 上 h'_0 まで削減した上でさらに生産量を制限して h_1 までの削減を実行することになる。このときの削減総費用は

$$(2-1) \quad TAC = \int_{h'_0}^{h_0} 3\gamma(h_0 - h)^2 \big|_{x=x_0} dh + \int_{h_1}^{h'_0} \left(-\frac{2\alpha}{\delta'^2} h + \frac{p_0}{\delta'} \right) dh$$

$$= \gamma x_0^3 (\delta_0 - \delta')^3 - \left(-\frac{\alpha}{\delta'} + p_0 \right) (x_1 - x_0) \quad , \quad (x_0 < x_1)$$

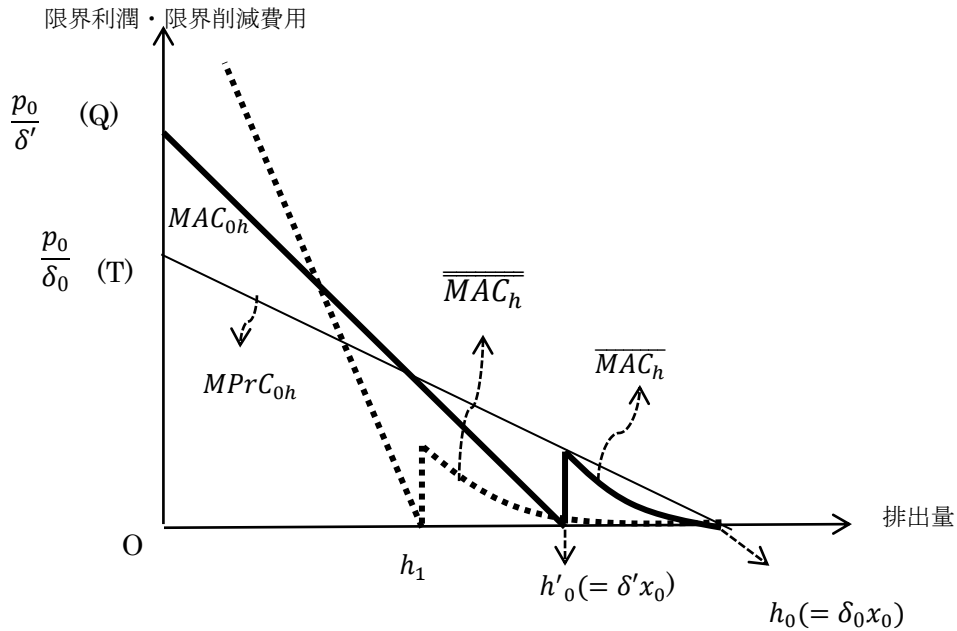


図 2-1 屈折スプーン型 MAC (Nagai(2013)Fig.1 より)

となる。排出削減が h'_0 にとどまった場合には、生産量に変化はなく、 $\Delta OTh_0 = \Delta OQh'_0$ が成立する。もし企業が目標とする排出削減($h_0 - h_1$)を生産制限せずに達成しようとするならば、新たな削減技術

$$(2-2) \quad \overline{MAC}_h = 3\gamma'(h_0 - h)^2 \big|_{x=x_0} = 3\gamma'x_0^2(\delta_0 - \delta)^2 \quad (0 < \gamma' < \gamma)$$

を開発するであろう。

第 2 節 競争市場における環境政策—永井モデルの概要—

本節では、第 1 章第 1 節冒頭の仮定の下で議論が展開される。したがって完全競争モ

デルであり、各企業の平均費用、限界費用および産業の供給曲線は (1-6)、(1-7) 式によって与えられる。市場均衡価格と各企業の最適生産量は (1-8) 式、企業利潤は (1-9) 式となる。

(1) 環境税のケース

(1) -1 課税の第 1 ステップ

いま税率 θ^* で環境税が課された場合、企業の費用関数は

$$(2-3) \quad C_\theta = \alpha x^2 + \beta + \delta_0 \theta^* x$$

となるので、利潤は新たな均衡価格を p^* とすると

$$(2-4) \quad \pi_\theta = (p^* - AC)x = -\alpha x^2 + (p^* - \delta_0 \theta^*)x - \beta$$

によって示される。よって限界利潤曲線 $MPrC_\theta$ は (1-25) 式になる。(1-25) 式は機会費用タームでの限界削減費用 MAC_θ であり、

$$(2-5) \quad MAC_\theta = 2\alpha \left(\frac{b - \delta_0 \theta^*}{2\alpha + am} - x \right)$$

に書き換えられる。さらに(2-5)式を排出量表示に変換すると

$$(2-6) \quad MAC_{h\theta} = \frac{2\alpha}{\delta_0^2} \left[\frac{\delta_0(b - \delta_0 \theta^*)}{2\alpha + am} - h \right]$$

となる。

一方、市場では課税により供給曲線が $\delta_0 \theta^*$ だけ上方シフトし、(1-22) 式となるので新たな均衡価格と企業の最適生産量が

$$(2-7) \quad p^* = \frac{2ab + am\delta_0 \theta^*}{2\alpha + am}, \quad x^* = \frac{b - \delta_0 \theta^*}{2\alpha + am}$$

によって与えられる。競争企業はプライス・テーカーとして行動するため、図 1-5 に おいて $E_0 \rightarrow \hat{E} \rightarrow E^*$ のように課税による均衡点の移動が示される。Nagai(2013)は E_0 から E^* までを「課税の第 1 ステップ」と呼ぶ。

ここで真の社会厚生 (W) を最大化する市場供給量を x_g とすると

$$(2-8) \quad W = \text{消費者余剰} + \text{生産者余剰} - \text{外部費用}$$

$$\begin{aligned} &= \left\{ \int_0^x (-ax + b) dx - p(x)x \right\} + \left\{ p(x)x - \int_0^x \frac{2\alpha}{m} x dx \right\} - \int_0^x \tau(\delta_0) x dx \\ &= - \left\{ \frac{a}{2} + \frac{\alpha}{m} + \frac{1}{2} \tau(\delta_0) \right\} x^2 + bx \end{aligned}$$

であり、 $\frac{dW}{dx} = 0$, $\left(\frac{d^2W}{dx^2} = - \left(a + \frac{2\alpha}{m} + \tau(\delta_0) \right) < 0 \right)$ より

$$(2-9) \quad x_g = \frac{bm}{2\alpha + am + \tau(\delta_0)m}$$

が導出される。最適税率は

$$(2-10) \quad mx^* = x_g$$

より

$$(2-11) \quad \theta^* = \frac{\tau(\delta_0)bm}{(2\alpha + am + \tau(\delta_0)m)\delta_0}$$

となる。すなわち政策当局によりピグー税率 (2-11) 式が課せられれば、 $p=MSC$ が成立し真の社会厚生が最大化が実現する。ここで $MEC = \tau(\delta_0)x_g = \frac{\tau(\delta_0)bm}{2\alpha + am + \tau(\delta_0)m} = \delta_0\theta^*$ であり、完全内部化がなされていることが確認できる。

第 1 ステップでは、企業は課税をコストとみなし、利潤最大化原理に基づいて生産量を減らす。この段階では企業に汚染除去のインセンティブは働かない。したがって機会費用タームでの MAC、すなわち限界利潤曲線は図 1-4 で示されたように一旦税率だけ下方シフトし、最終的に消費者負担分だけ上方シフトした(1-25)式、したがって(2-5)式、排出量表示では(2-6)式に定まる。

(1) -2 課税の第 2 ステップ

x_0 から x^* に生産量を減らすことを余儀なくされた競争企業は、汚染物の排出削減（排出係数 δ の低下）によって支払う税額を減らし、失われた利潤の一部を回収可能であることに気付くであろう。 δ の水準は独占のケース ((2-30) 式) と同様に、(δ を追加 1 単位下げることによる利潤 π_θ の増分) が (δ を追加 1 単位下げることによる汚染削減の直接費増分) に等しくなる δ' に定まるであろう。いま固定費が変数 δ の関数

$$\beta = q - w\delta^2, \quad \left(q > 0, w > 0, \delta_0 \leq \sqrt{\frac{q}{w}} \right)$$

として定まると仮定すると、(2-4) および (2-7) 式を考慮して、

$$(2-12) \quad \pi_\theta^* = \frac{\alpha(b - \delta\theta^*)^2}{(2\alpha + am)^2} - (q - w\delta^2)$$

よって

$$\left| \frac{d\pi_\theta^*}{d\delta} \right| = \frac{2\alpha\theta^*(b - \delta\theta^*)}{(2\alpha + am)^2} - 2w\delta$$

が得られる。また課税の第 1 ステップ終了時点での生産量 x^* を起点とし排出量で表示した直接費タームでの削減費用は (1-16) 式より

$$(2-13) \quad \overline{AbC_{h\theta}} = \gamma(h^* - h)^3 \big|_{x=x^*} = \gamma x^{*3}(\delta_0 - \delta)^3 \quad (\gamma > 0, h^* = \delta_0 x^*)$$

で表されるので、排出係数で表示した MAC は

$$(2-14) \quad \overline{MAC}_{\delta\theta} = \left| \frac{d\overline{AbC_{h\theta}}}{d\delta} \right| = 3\gamma x^{*3}(\delta_0 - \delta)^2$$

で与えられる。よって δ' は

$$(2-15) \quad \frac{2\alpha\theta^*(b-\delta\theta^*)}{(2\alpha+am)^2} - 2w\delta = 3\gamma x^{*3}(\delta_0 - \delta)^2$$

を満たす水準に定まる（注 1）。

ここでプライス・テーカーとしての企業の行動を確認しておきたい。企業はパラメータ a, b, m を知ることはできないが、 α, δ, θ^* については具体的な値を知っている。もちろんこの時点でプライス・テーカーたる企業は δ の低下による新たな均衡価格 p^* を知ることはできないが、 δ の低下によって生ずる利潤増分を未知のパラメータ a, b, m を含む形で認知する。ちょうど寡占のクールノー・ナッシュ均衡モデルで、ある寡占企業が他の企業の生産量を一定として自分の利潤の最大化を行うモデルと似ている。その場合寡占企業は産業の需要曲線を知っているが（この点は競争モデルと異なる）他企業の生産量を具体的に知ることはできないので、彼が直面する需要曲線是他企業の生産量（パラメータ）の制約を受けた形として定まる。

排出係数の低下によって MEC が下方変容することによって、図 2-2 に示されているように MSC も MSC' に変容する。その結果パレート効率を実現する点は E^* から E' に移動する。ただし E' 点に対応する数量 x'_g は

$$(2-16) \quad x'_g = \frac{bm}{2\alpha+am+\tau(\delta')m}$$

である。一方 (1-22) 式も

$$(2-17) \quad p = \frac{2\alpha}{m}x + \delta'\theta^*$$

のように下方シフトするため、実際の市場均衡点は E^* ($p = p^*, x = x^* m$) から E'^* ($p = p^{*'}, x = x^{*'} m$) に移動する。ただし

$$(2-18) \quad p^{*'} = \frac{2ab+am\delta'\theta^*}{2\alpha+am}, \quad x^{*'} = \frac{b-\delta'\theta^*}{2\alpha+am}$$

である。

いま

$$(2-19) \quad x^{*'} m = x'_g$$

が成り立つための条件を導出すると

$$(2-20) \quad \frac{m}{2\alpha+am} = \frac{1}{\delta_0-\delta'} \left\{ \frac{\delta'}{\tau(\delta')} - \frac{\delta_0}{\tau(\delta_0)} \right\}$$

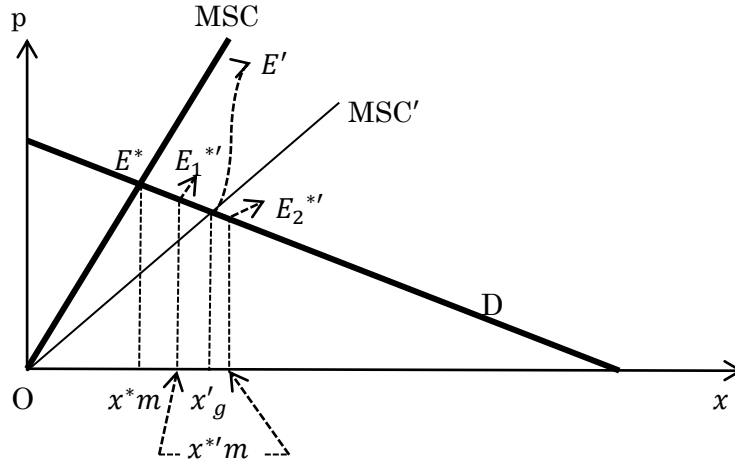


図 2-2 x^* と x'_g の関係

である(注 2)。この式の右辺は外生的に与えられる τ 関数の形状に依存して定まる値である。特に $\frac{\delta'}{\delta_0} < \frac{\tau(\delta')}{\tau(\delta_0)}$ が成立するケースでは、(2-20) 式右辺が負となり (2-19) 式は成立しない。したがって一般的に

$$(2-21) \quad x^{*'} m \neq x'_g$$

である。よって図 2-2 に示されているように、汚染除去後の新たな均衡点は $E_1^{*'}$ または $E_2^{*'}$ となり、パレート効率を達成しない。ただし汚染除去前の E^* 点と比べて社会厚生は増加しているので、課税の第 2 ステップによりパレート改善が実現している。

以上より「外部性が存在するケースでは、一般的に利潤最大化原理とパレート効率性を満たす解は保証されない」という新たな命題が提起され論証されたと永井は指摘する(注 3)。

第 2 ステップにおいて形成される屈折スプーン型 MAC は、図 2-4 のように δ' の水準に応じて 3 ケースに分かれる。図 2-1 と比べて屈折の状態が異なるのは、汚染除去による税額の減少により企業の生産量が x^* から $x^{*'}$ に増加し、それに伴う排出量の増加が生じたためである。 δ の下落 \Rightarrow 税額減 \Rightarrow コスト減 \Rightarrow 生産増 による機会費用タームでの MAC は、図 2-3 に示されるように $MAC_{h\theta}$ (第 1 ステップ終了時点での MAC) \Rightarrow $MAC''_{h\theta}$ (δ の下落により右側に回転変容した MAC) \Rightarrow $MAC'_{h\theta}$ (x^* から $x^{*'}$ への生産増、 p^* から $p^{*'}$ への価格下落によって左側に回転変容した MAC) のように変容し、最終的に

$MAC'_{h\theta}$ に定まる。

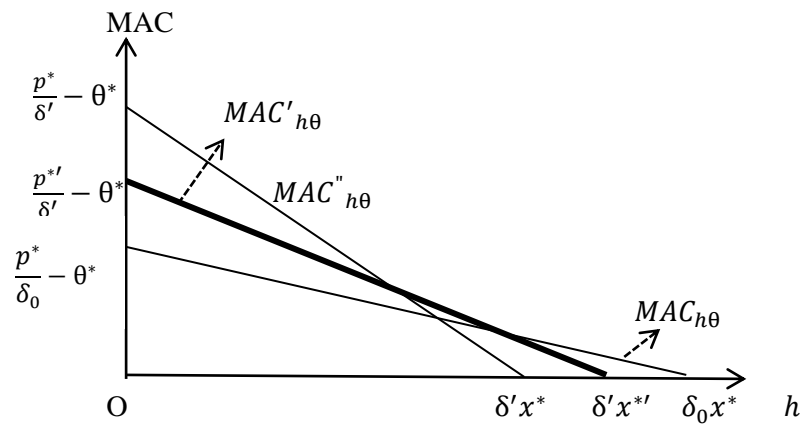


図 2-3 δ の下落に伴う機会費用タームでの MAC の変容

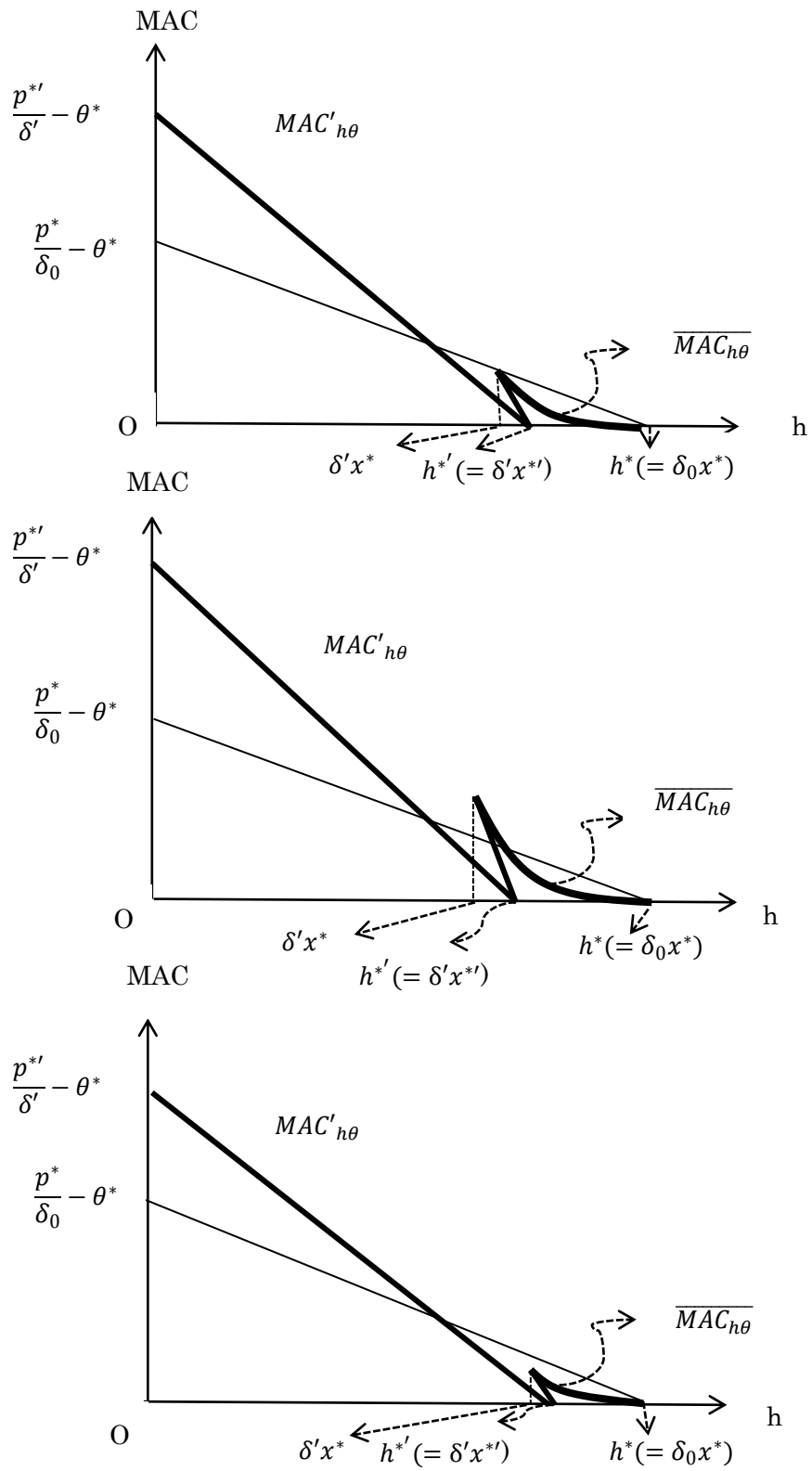


図 2-4 第 2 ステップにおける屈折スプーン型 MAC(Nagai(2013)Fig.5 より)

(2) 排出許可証取引のケース

以下では第1章第1節の仮定の下で、一競争企業の行動に限定して議論される。屈折スプーン型MACを用いた許可証取引モデルの特徴は、許可証価格および排出量の初期配分がどの水準に定まるかによって排出源企業の許可証取引行動が変化する。

いま許可証価格を t 、(規制前限界利潤曲線 $\langle (1-15) \text{式} \rangle MPrC_{0h}$) と (直接費タームでの限界削減費用曲線 $\langle (1-17) \text{式} \rangle \overline{MAC}_h$) が等しくなる許可証価格を \bar{t} 、さらに排出量の初期配分を U 、 $t = MAC_{0h}$ (δ の低下により回転変容した $MPrC_{0h}$) となる排出量を A とする。

$0 < t < \bar{t}$, $h_0' \leq U \leq h_0$ のケース (図 2-5-①) では、企業は \overline{MAC}_h に沿って h_0 から h_0' まで、さらに h_0' から A まで MAC_{0h} に沿って排出削減し、 $U-A$ 分の許可証を販売する。 $U=h_0$ および $U=h_0'$ の場合も $U-A$ 分の許可証が販売される。

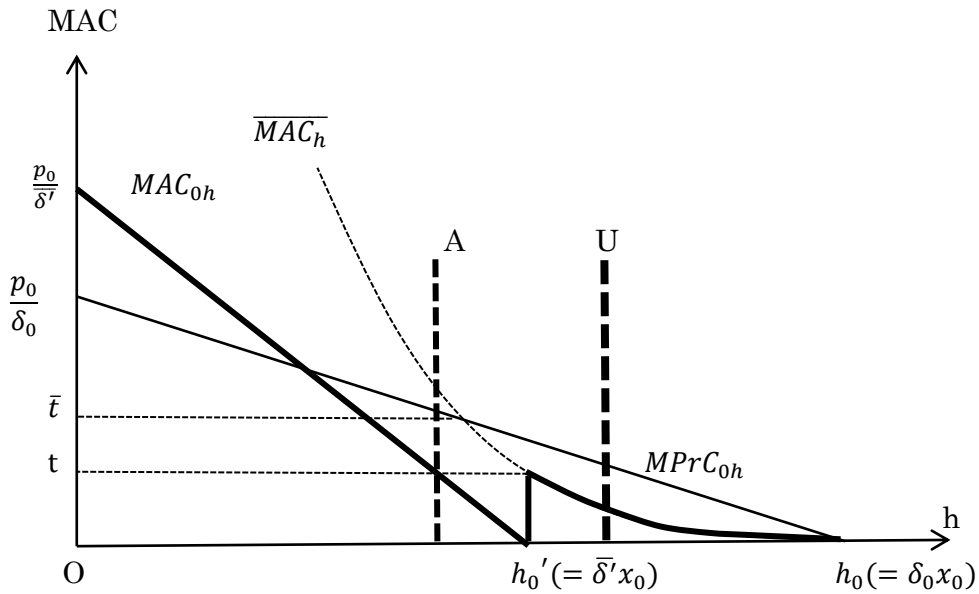


図 2-5-① $0 < t < \bar{t}$, $h_0' \leq U \leq h_0$ のケース

一方 $0 < t < \bar{t}$, $A \leq U < h_0'$ のケース (図 2-5-②) では、企業は h_0 から h_0' までは \overline{MAC}_h に沿い、 $h_0' - A$ については生産量制限、すなわち MAC_{0h} に沿って排出削減する。したがって企業は $U-A$ 分の許可証を販売する。 $U=A$ のときには許可証取引はなされない。

さらに $0 < t < \bar{t}$, $U < A$ のケース (図 2-5-③) では、企業は h_0 から h_0' までは \overline{MAC}_h に沿い、 h_0' から A までは MAC_{0h} に沿って排出削減し、 $A-U$ 分の許可証を購入する。

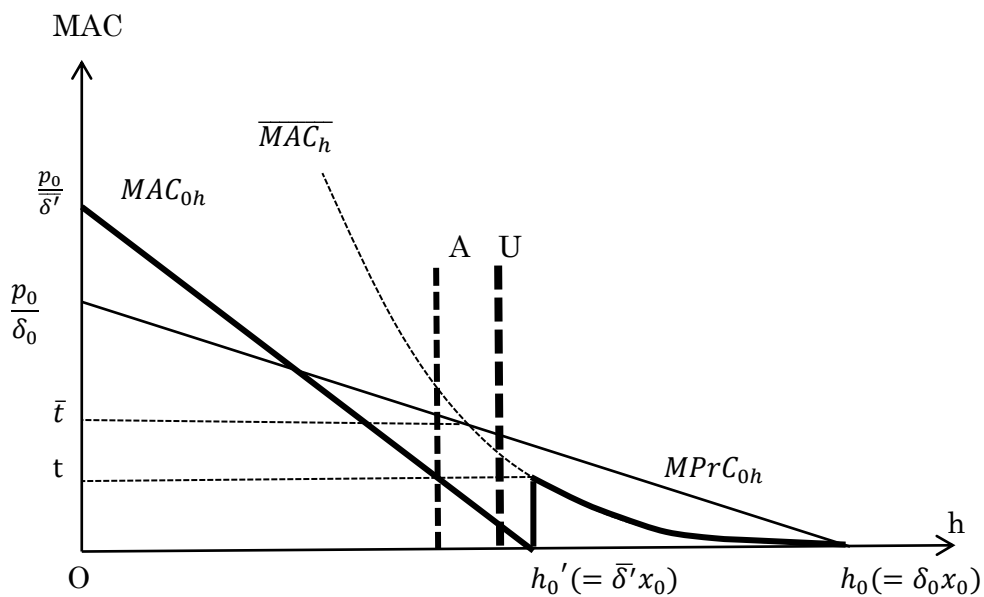


図 2-5-② $0 < t < \bar{t}$, $A \leq U < h_0'$ のケース

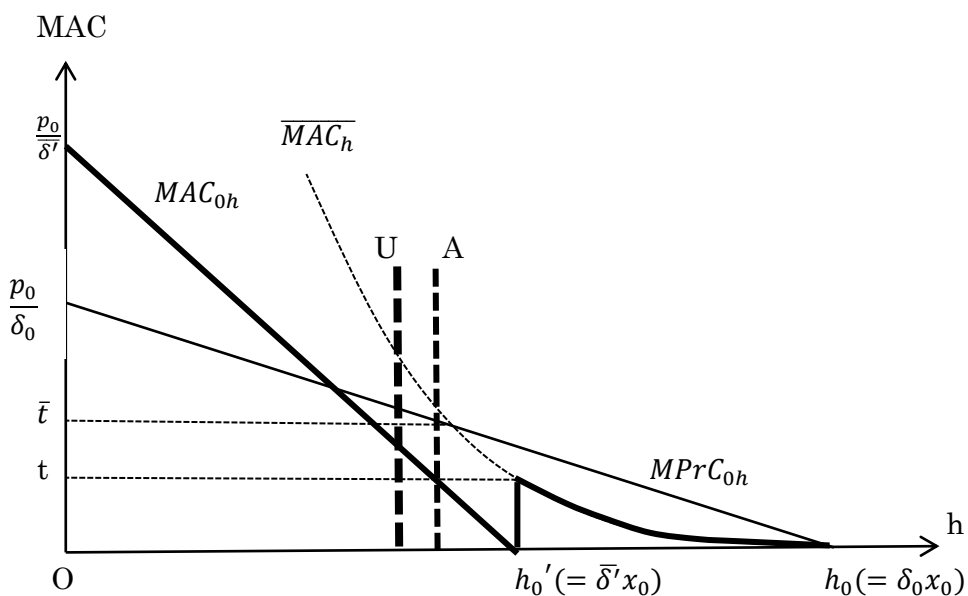


図 2-5-③ $0 < t < \bar{t}$, $U < A$ のケース

次に $\bar{t} < t$ の場合について検討する。 $h_0'' \leq U \leq h_0$ のケース（図 2-5-④）では企業は h_0 から h_0'' まで \overline{MAC}_h に沿って排出削減し、 h_0'' から A までは MAC_{0h} に沿って生産削減する。そして $U - A$ に相当する許可証を販売する。 $U = h_0$ および $U = h_0''$ の場合も $U - A$ 分の許可証が販売される。

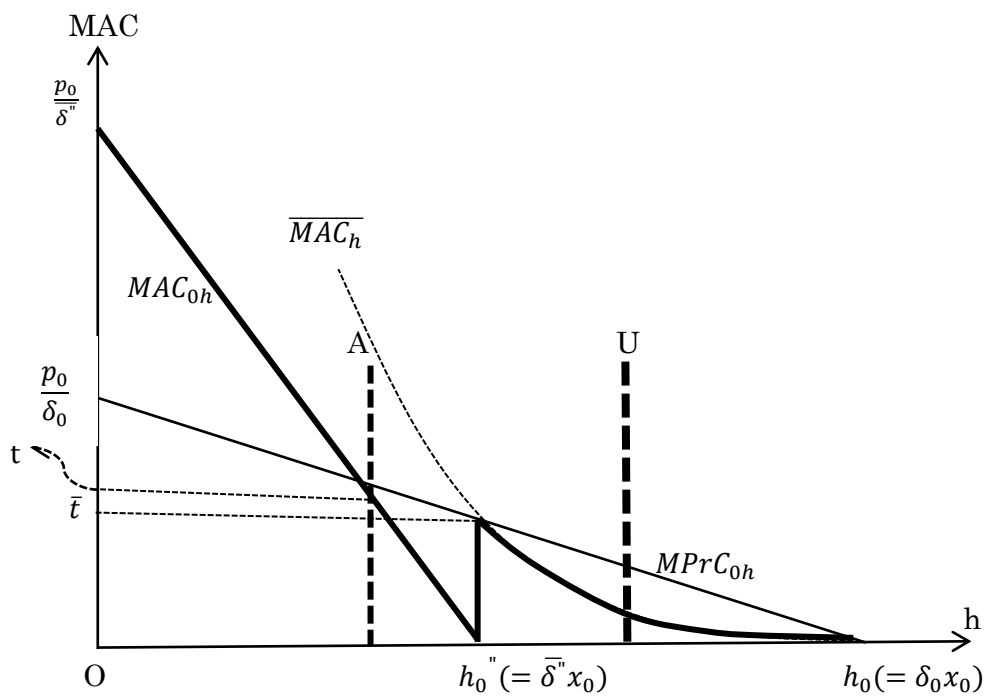


図 2-5-④ $\bar{t} < t$, $h_0'' \leq U \leq h_0$ のケース

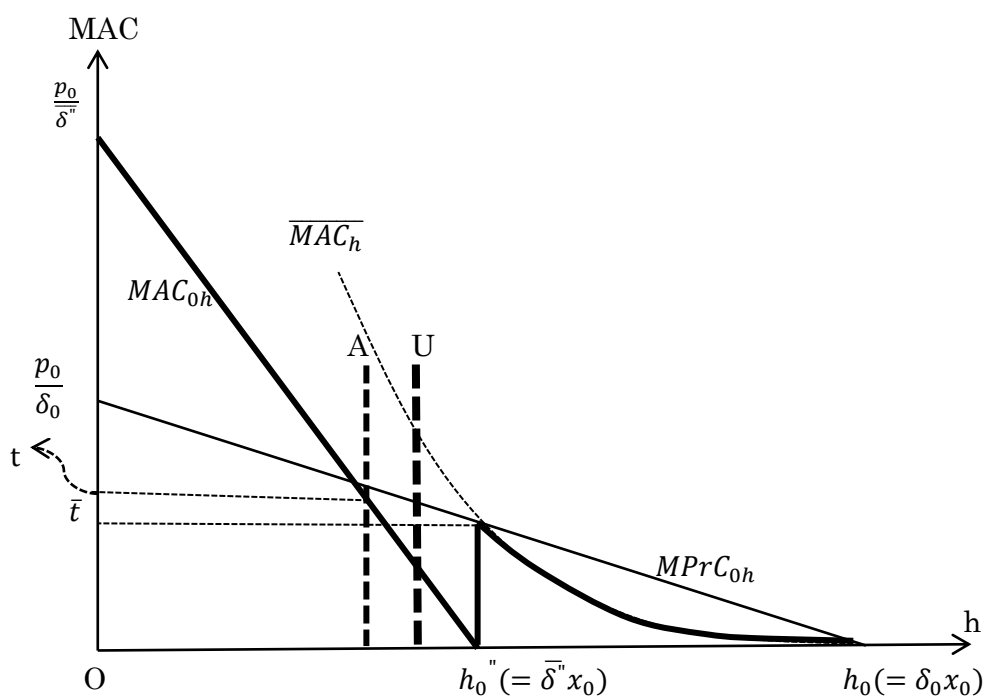


図 2-5-⑤ $\bar{t} < t$, $A \leq U < h_0''$ のケース

$A \leq U < h_0''$ のケース（図 2-5-⑤）では、 $h_0'' \leq U \leq h_0$ のケースと同様に、企業は h_0 から h_0'' まで \overline{MAC}_h に沿って排出削減し、 h_0'' から A までは MAC_{0h} に沿って生産削減する。

そして $U-A$ に相当する許可証を販売する。 $U=A$ のとき許可証取引は行われない。

最後に $U < A$ のケース（図 2-4-⑥）では企業は h_0 から h_0'' まで \overline{MAC}_h に沿って排出削減し、 h_0'' から A までは MAC_{0h} に沿って生産削減する。そして $A-U$ に相当する許可証を購入する。

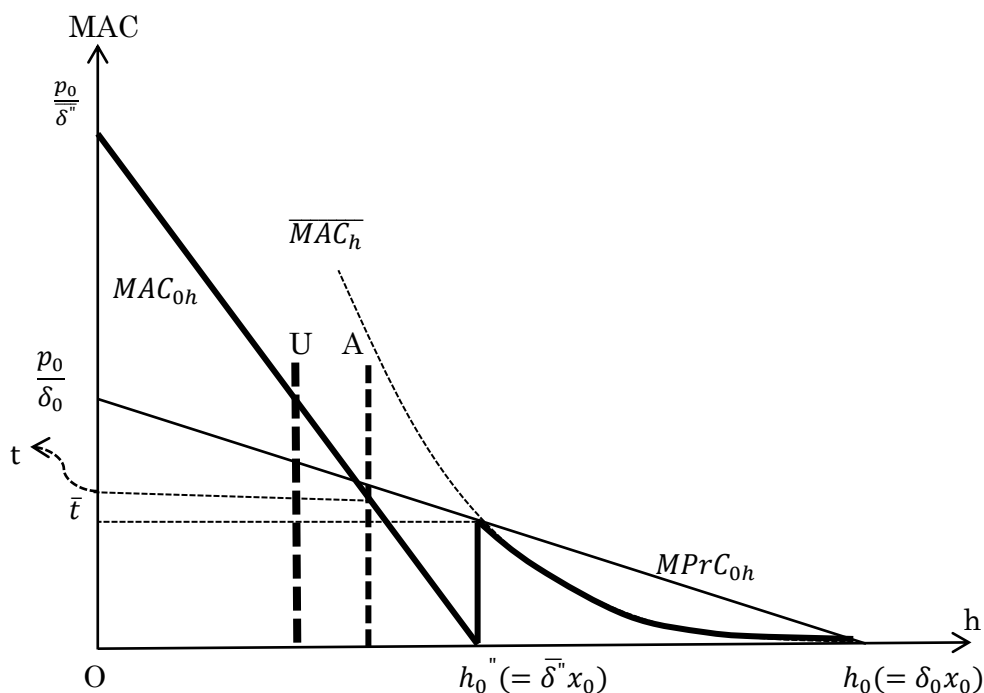


図 2-5-⑥ $\bar{t} < t$, $U < A$ のケース

以上の分析を通して、次の事項が確認される。

- (i) 許可証価格が高いケース ($\bar{t} < t$) では、許可証価格が低いケース ($0 < t < \bar{t}$) よりも排出係数が低く ($\delta'' < \delta'$)、汚染の除去が進むと同時に生産量の減少幅が大きく生産物価格上昇の程度も高くなる。
- (ii) $U < A$ のケースでは、許可証価格に関わりなく各企業は許可証需要者となる。
- (iii) $U \geq A$ のケースでは、許可証価格に関わりなく各企業は許可証の供給主体となるか、または許可証取引がなされないかのいずれかとなる。
- (iv) 許可証取引制度と環境税の相違は、排出係数 δ の低下が費用効率性に基づいて決定されるという点にある。

ここで社会厚生の変化を確認するため、市場の状態を検討する。いま $0 < t < \bar{t}$ のケースで、 $\delta_0 \rightarrow \delta''$ の変化による社会的限界費用 MSC の変容を MSC' 、生産量と価格の変化をそれぞれ $x_0 m \rightarrow x_1 m$ 、 $p_0 \rightarrow p_1$ 、 $\bar{t} < t$ のケースで、 $\delta_0 \rightarrow \delta''$ の変化による MSC の

変容を MSC'' 、生産量と価格の変化をそれぞれ $x_0m \rightarrow x_2m$, $p_0 \rightarrow p_2$ で表す。ただし
 (2-22) $x_2 < x_1$, $p_1 < p_2$
 である。

図 2-6 は許可証取引制度とパレート効率性の関係が示されている。 MEC' や MEC'' は汚染除去（排出係数の低下）によって下方変容した限界外部費用であり、それに伴って社会的限界費用も MSC' および MSC'' に定まる。いま MSC' 、 MSC'' と需要曲線の交点をそれぞれ K' 、 K'' とする。したがって排出係数の低下幅と生産量の減少幅が小さい $0 < t < \bar{t}$ のケースにおいて定まる需要曲線上の点 E' (x_1m , p_1)と K' が一致しなければパレート効率は実現しない。同様にして排出係数の低下幅と生産量の減少幅が大きい $\bar{t} < t$ のケースにおいて定まる需要曲線上の点 E'' (x_2m , p_2)と K'' が一致しなければパレート効率は実現しない。

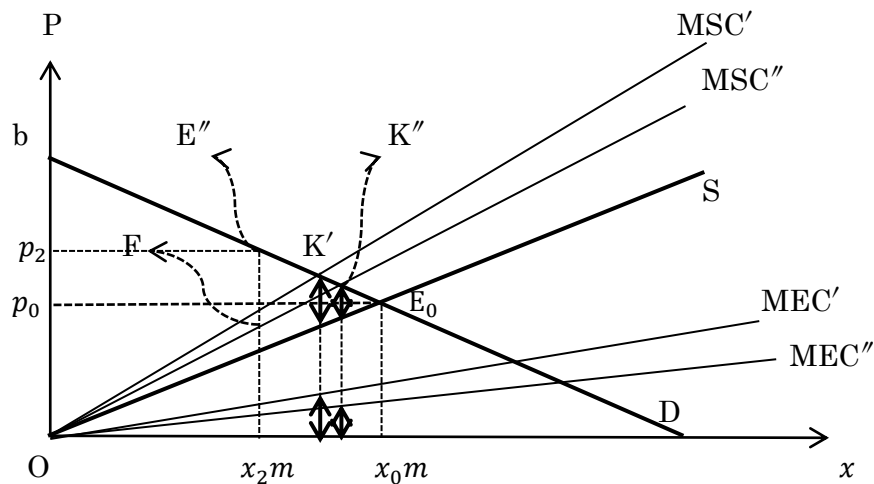


図 2-6 許可証取引制度とパレート効率性

ところが(2-22)式より、需要曲線上で E' は E'' の右側に位置しなければならない。そこで、もし E' と K' が一致し、 $0 < t < \bar{t}$ のケースでパレート効率が達成される状況下で、許可証価格が $\bar{t} < t$ に定まった場合には、 E'' がパレート効率の点 K'' の左側に位置し、過少生産をもたらす結果厚生損失 ($\Delta E'' FK''$) が発生する。逆に E'' と K'' が一致し、 $\bar{t} < t$ のケースでパレート効率が達成される状況下で、許可証価格が $0 < t < \bar{t}$ に定まった場合には過剰生産下で厚生損失が発生する。

以上の分析から分かるように、許可証価格に対応して企業の汚染除去水準が定まり、パレート効率の点 K' 、 K'' が決定されるが、実現した生産量の点 E' 、 E'' は K' 、

K'' とは無関係に定まる。したがって許可証取引制度は、各企業の費用効率性追求行動に着眼した環境政策である。

(3) 直接規制のケース

直接規制においては、実際の排出規制がどの水準に定められるかによって、社会厚生に大きく影響する。図 2-7 は排出規制 U が

(i) $\bar{\delta}'' x_0 \leq U_1 < \delta_0 x_0$ (低い規制水準)

(ii) $U_2 < \bar{\delta}'' x_0$ (高い規制水準)

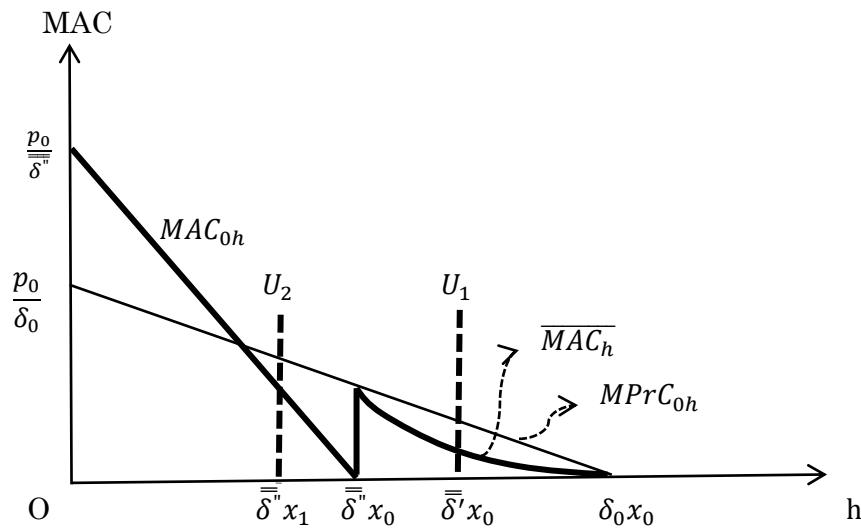


図 2-7 直接規制による排出削減

の 2 ケースに分けて示されている。ケース (i) では生産量に変化はなく、汚染除去 ($\delta_0 \rightarrow \delta'$) だけによって規制水準が達成される。それに対してケース (ii) では、 δ_0 から $\bar{\delta}''$ への排出係数の低下とともに生産量の x_0 から x_1 への減少が生ずる。

図 2-8 は、ケース (i)、(ii) について市場での状態が示されている。ただし p_1 は生産量の減少に伴って上昇した価格を示し、

$$(2-23) \quad x_1 < x_0, \quad p_0 < p_1$$

である。ケース (i) では、市場供給量が $x_0 m$ であり、パレート効率点 K' に対して過剰生産が生じ、厚生損失 ($\Delta K' FE_0$) が発生する。ケース (ii) では、パレート効率点 K'' と E'' ($x_1 m, p_1$) が一致する可能性が生ずる。

以上より直接規制も、許可証取引制度と同様、実現した点 E' 、 E'' はパレート効率の点 K' 、 K'' と無関係に定まるが、当局が厳しい規制 U_2 を課すことによって、パレー

ト効率を実現する可能性が生まれる。

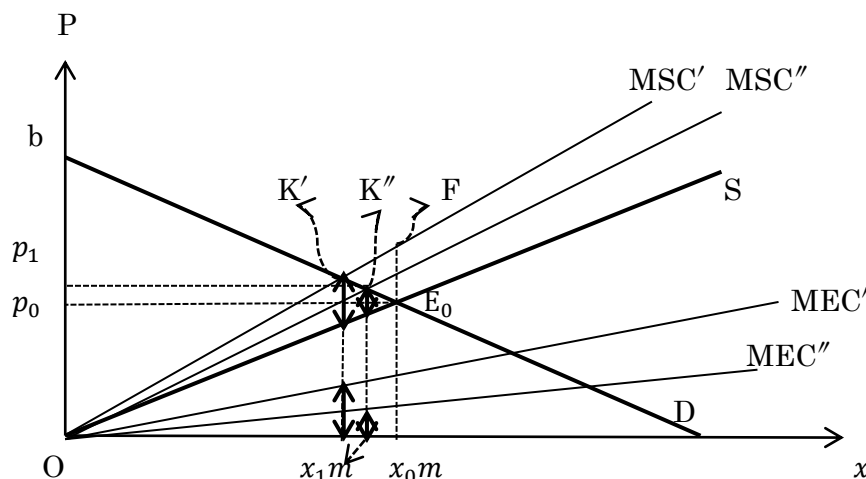


図 2-8 直接規制とパレート効率性

第 3 節 環境税理論に関する先行研究のサーベイ

(1) 競争市場下での環境税モデル

(1) -1 Baumol=Oates によるピグー税に関する論評

Baumol=Oates (1971) は、完全競争下で、MEC（限界外部費用）＝税率 となるように課税することによって外部性の完全内部化が達成されるというピグー税は、実際上 MEC を測定することが困難であることから実施が不可能であるとし、以下のような代替的手段を提起した。政策当局はまず目標とする汚染水準（環境基準）を定め、課税や補助金によってそれを達成するというものである。すなわち不明確な限界被害に基づいて課税するのではなく、特定の一般的に受容され得る環境標準の実現に向けて税を利用することによって、パレート効率は達成されないもののセカンドベストの効率性が実現可能であるという。図 2-9 には 2 企業の限界削減費用曲線が描かれている。

企業 1 は企業 2 よりも優れた削減技術を有しており、税率 θ に対して最適排出量が $h_1 (< h_2)$ に定まる。政策当局は $(h_1 + h_2)$ が目標排出量に近づくまで税率を改定していくことで、低い政策コストでセカンドベストの状態を実現することができるということになる。さらに図 2-9 で、各企業の MAC が税率に等しくなる水準まで排出削減がなされることから限界削減費用の均等化が自動的になされる。ここで彼らは次のような例をあげてピグー税の問題点を指摘し、目標を定めた上での税率設定の重要性を述べている。

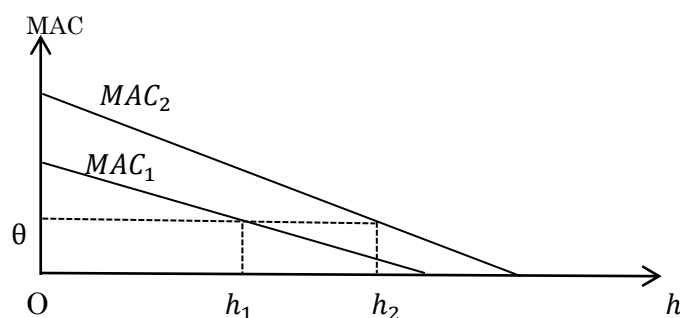


図 2-9 課税による費用効率性の実現

いまある工場で追加 1 単位の生産による MEC が 50 セントであったとする。汚染除去により MEC が 20 セントに減った場合、ピグー税率は 50 セントから 20 セントに下げられなければならないが、50 セントのままであると過少生産が生じてしまう。この単純な例から分かるように、直接最適税率を定めようとするのは好ましくないと彼らは指摘する。

Baumol=Oates の議論は、本研究の視点からすると第 1 章で述べた問題に関わってくる。すなわち図 2-9 の MAC が機会費用タームであるとする、税率線と MAC の交点で最適排出量は定まらない。また MAC が直接費タームである場合には市場レベルで不整合が生じてしまう。さらに上記工場の事例では、彼らのピグー税に対する重大な錯誤がある（注 4）。

追加 1 単位の生産によって排出される汚染物の量を δ 、ピグー税率を θ とすると、生産物 1 単位に課される税率は $\delta\theta$ であり、最適税率は $\delta\theta = 50$ (円) となる。ただしこの式はパレート効率条件 $p = MSC (= MPC + MEC)$ を満たす需要曲線上の 1 点においてのみ成立する。汚染除去により δ が δ' に低下し、MEC が 20 セントになったとすれば、 $\delta\theta = 50$ (円) は $\delta'\theta = 20$ (円) に変化する。すなわちこの過程でピグー税 θ の変化はまったく生じておらず、 $\theta = \frac{50}{\delta} = \frac{20}{\delta'}$ が成立する。工場が汚染を除去するインセンティブは、一定のピグー税率 θ の下で支払う税額の減少に他ならない。Baumol=Oates はピグー税に関して上述の点を看過している。

本論文ではこの立場から、汚染除去によるピグー税率変更の必要はないものとしてモデルが構築されている。

(1) -2 生産関数に汚染物を取り込んだ Lee モデル

Lee(1975)は、生産関数に他の投入要素と並んで生産過程で排出される汚染物を取り入れている。 X_1^j : 企業 j から排出される生産物 1 単位あたり汚染量、 r_1 : 汚染 1 単位に課される税、 $X_2^j, X_3^j, \dots, X_N^j$: 生産要素、 r_2, r_3, \dots, r_N : 各生産要素の価格、 Q^j : 生産物として、生産関数が

$$(2-24) \quad Q^j = f^j(X_1^j, X_2^j, X_3^j, \dots, X_N^j)$$

で表される。企業は X_1^j を減らし、他の要素を増加させる（代替可能）ことができるものとする。企業 j が直面する需要曲線を

$$(2-25) \quad p^j = p^j(Q^j) \quad (p^j \text{ は } Q^j \text{ の非増加関数})$$

とすると、第 j 企業の目的は(2-24)式の制約下での利潤最大化

$$(2-26) \quad \max_X p^j Q^j - \sum_{i=1}^N r_i X_i$$

である。最大化の 1 階条件は

$$(2-27) \quad \frac{dQ^j}{dX_1^j} \left(\frac{dp^j}{dQ^j} Q^j + p^j \right) - r_1 = 0$$

$$(2-28) \quad \frac{dQ^j}{dX_i^j} \left(\frac{dp^j}{dQ^j} Q^j + p^j \right) - r_i = 0 \quad (i = 2, 3, \dots, N)$$

となる（注 5）。(2-27)、(2-28)式は「競争企業はインプットの限界生産物の価値が限界コスト（インプットの価格）に等しくなるように生産要素を利用する」という命題を示している。汚染を考慮しない伝統理論では、 $r_1 = 0$ であり、企業は汚染の限界生産物がゼロになるまで汚染をし続けることになる。課税により、企業は

$$(2-29) \quad (\text{汚染の限界生産物の価値}) = (\text{税率} : r_1)$$

が成立するところまで汚染をするであろう。(2-27)、(2-28)式の解 X^* で評価された限界生産物の価値は、汚染削減の私的限界コストを表す。このように Lee モデルでは、内部コストの最小化を通して企業の汚染削減がなされ、汚染の限界生産物の価値が各企業で均等化する。

Smith(1976)は、Baumol=Oates と Lee のコストに対する定義の相違が重要であると指摘する。Baumol=Oates のコスト概念は資源投入のコストであり、課税の前後で産出量変化に伴う損益が考慮されていない。それに対して Lee のコスト概念では、環境税はコストとして扱われ、産出量制約・社会厚生 of 損失をもたらすものとして扱われている。

る。Smith は、厚生最大化問題にアプローチする場合、Lee と Baumol=Oates のコスト概念のいずれが望ましいかという問いを発している。

本論文では、分析の方法は Lee と異なるが、コスト概念は内部コストの最小化を通して企業の汚染削減がなされるという点で Lee と同様である。異なる点は Lee モデルでは生産関数(2-24)式の技術 f^j について、生産技術と汚染削減技術が一体となって定式化されているが、永井や本論文のモデルでは、それらが分離して定式化されていることである。問題は Lee モデルで、(2-29)式を満たすように汚染排出水準が定まり、(2-28)式を満たすように生産量が定まることになるが、それはインプットの代替によってなされるという定式化にある。すなわち課税による生産量の減少は、汚染除去のために投入されたインプット量の制約を受けて定まるという点である。その結果課税後における企業の最適排出量水準や生産量水準が本論文の結果とは異なってくる。しかしそれはモデルの定式化の相違（課税に対する企業行動の相違）である。

(1) -3 Pearce=Turner による最適外部性概念

いま MNPB：限界私的純便益（本論文では MPrC：限界利潤）は（限界収入－限界費用）であり、1 単位の産出水準の変化による追加的便益を表す。したがって MNPB の下側の面積は汚染者の私的純便益になる。それに対して MEC（限界外部費用）の下側の面積は外部費用の総額になる。Pearce=Turner(1990)は、汚染者の利益と被害者の損害が均等することが望ましいとし、社会の目的は[（便益額）－（外部費用）]を最大化することであると指摘する。したがって図 2-10 で、 ΔOXY が得られた純便益の最大額になり、 Q^* が最適産出水準になる。その結果

$$(2-30) \quad MNPB = MEC$$

が得られる。ピグー税はこの式を満たすように定められることになるというのが Pearce=Turner の論理である。

Pearce=Turner の最適外部性概念について、永井(2012②)は以下のように激しく反論する。まず(2-30)式は

$$(2-31) \quad \sum MNPB \text{ (集計化された限界私的純便益)} = MEC$$

と改められるべきである。また

$$(2-32) \quad \sum MNPB = p(\text{価格}) - MPC \text{ (私的限界費用)}$$

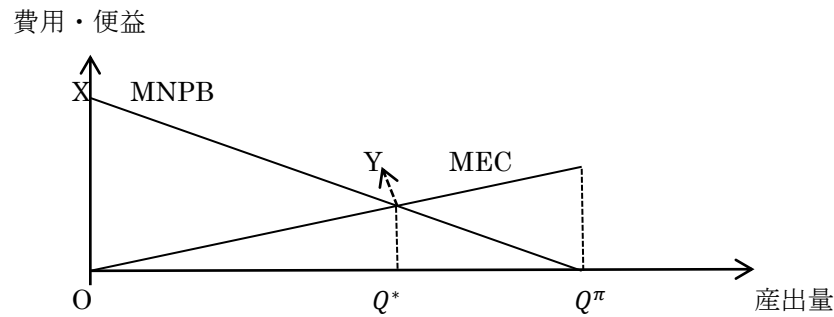


図 2-10 Pearce=Turner の最適外部性概念図 (Pearce=Turner(1990)Fig.4-1)

であるから、これと(2-31)式より、価格 (p)=社会的限界費用($MSC = MPC + MEC$)が得られるという Pearce=Turner の議論は完全競争下での市場原理を無視した結果である。(2-32)式における価格は、外部性が内部化される以前の価格 p_0 である。ところが

$p = MSC$ が成立するときの価格は、外部性が内部化され、新たな均衡点における価格 p^* でなければならない。社会の目的は、[(消費者余剰) + (生産者余剰) - (外部費用)] の最大化であり、(2-31)式は成立しない。

Pearce=Turner のこの誤りは、課税のケースにおいて重大な問題となって現れる。(2-31)式が成立するためには、ピグー税 T^* が課されたとき、MNPB は税率だけ下方シフト

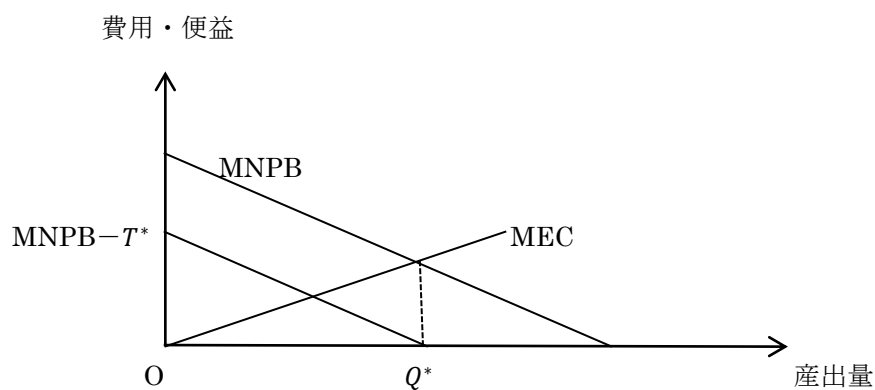


図 2-11 Pearce=Turner のピグー税概念図 (Pearce=Turner(1990)Fig.6-1)

トしなければならない。図 2-11 に示されるように、そうでなければ完全競争下での最

適内部化の条件 ($T^* = MEC$) が成立しない。ところが本論文第 1 章第 1 節で述べられたように、MNPB のそのようなシフトは市場レベルで不整合が生ずる (図 1-4 および図 1-5 参照)。

本論文における課税モデルは、上述の点に注意を向けて構築されている。

(2) 独占市場下での環境税モデル

(2) -1 Buchanan の問題提起

Buchanan(1969)は競争産業において、ピグー税は明確に厚生を最大化をもたらすが、独占のケースでは厚生を減少をもたらすことを最初に問題提起した。ピグーの議論の前提は競争状態に置かれている。したがって政策当局がピグー税を適用する場合、どのような市場構造で外部性が生じているか、ピグー税を適用する市場構造は何かを明確に区別することが必要であると Buchanan は指摘する。

Buchanan は上述の問題を図 2-12 によって示している。D : 産業の需要曲線、MR : 限界収入曲線、であり、一定の生産コスト ($MC < \text{限界費用} = AC < \text{平均費用}$) が仮定される。また E_c : 競争均衡点、 E_m : 独占均衡点である。いまこの産業の生産に外部性が伴うことが分かったとしよう。この外部性は特定のインプットがもたらすものではなく、生産量に応じて発生するものであるとする。図 2-12 で単位あたり外部不経済 (限界外部費用) は $p'_c p_c$ であり、税率はその大きさ T に定まる。課税により、競争生産

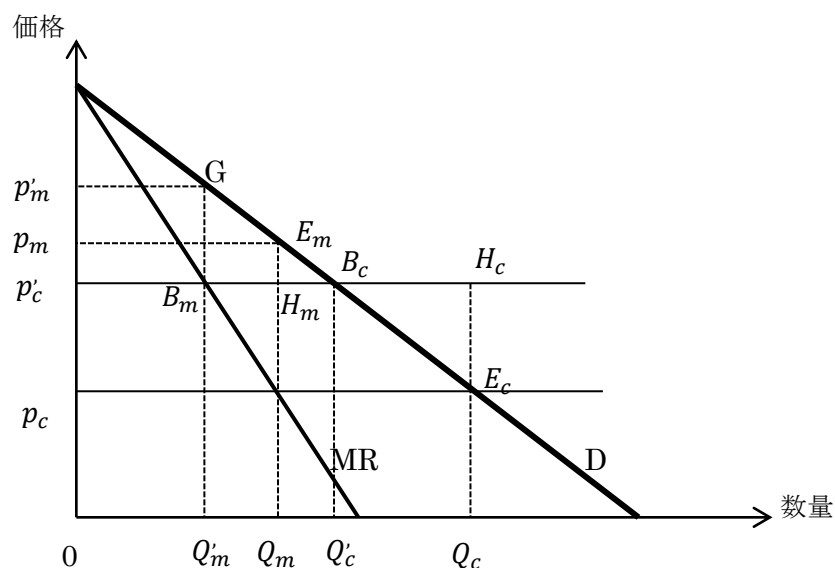


図 2-12 外部性の内部化(Buchanan(1969)より)

量が Q_c から Q'_c に減少し、価格は p_c から p'_c に上昇する。このとき消費者便益は四角形 $Q'_cB_cE_cQ_c$ だけ失われ、社会的費用（＝私的費用＋外部費用）の減少分は四角形 $Q'_cB_cH_cQ_c$ となる。したがって課税による厚生増分は $\Delta B_cH_cE_c$ で表される。

一方独占市場で同額の税率 T が課されたとすると、産出量は Q_m から Q'_m に減り価格は p_m から p'_m に上昇する。完全内部化（ T =限界外部費用）により、厚生は四角形 $GB_mH_mE_m$ だけ減少する。

(2) -2 Asch=Seneca モデルと Misiolek による Asch=Seneca モデルの拡張

Asch=Seneca(1976)は、Buchanan の問題提起を受けて限界利潤と限界外部費用を比較した上で課税することの重要性を指摘した。図 2-13 は（限界外部費用： P_1P_2 ）>（限

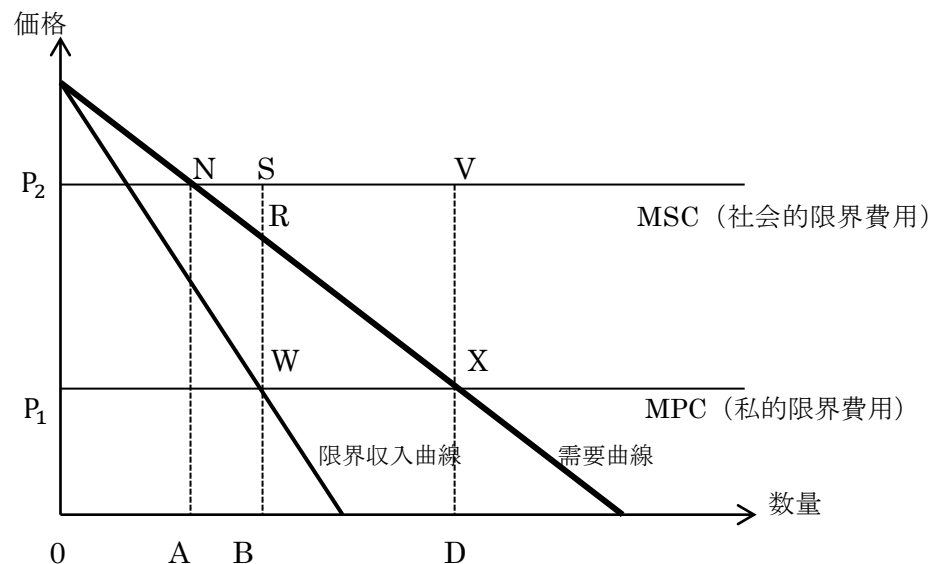


図 2-13 独占市場における外部性の内部化（Asch=Seneca(1976)より）

界利潤：RW）のケースが描かれている。限界外部費用（MEC）に等しい税が課された場合、競争市場の最適生産量は OA である。内部化されないときの数量は OD である。したがって内部化によって生じる厚生損失は ΔNVX となる。同様にして内部化されたときの独占における厚生損失は ΔNSR となる。外部性が内部化されないとすれば、（独占産出量： OB ）<（競争産出量： OD ）であるから、独占は競争状態よりも汚染排出が少なく社会的に望ましい。したがって外部性を考慮した場合、内部化されない状況下では独占から競争への移行は純社会厚生を悪化させることになる。

Asch=Seneca は（限界外部費用： P_1P_2 ） \leq （限界利潤：RW）のケースについて分析

し、内部化されない状況下で、独占から競争への移行が純社会厚生を改善させる場合が存在することを示している。

Misiolec(1980)は Asch=Seneca モデルを重要な視点を加えて拡張した。すなわち最適産出水準は

$$(2-33) \quad P = MPC + MEC$$

を満たさなければならないという条件設定である。一方課税 (T^*) による企業の利潤最大化を考慮すると

$$(2-34) \quad MR = MPC + T^*$$

であるから、(2-33) 式を (2-34) 式に代入して

$$(2-35) \quad T^* = MEC + MR - P$$

が得られる。ここで需要の価格弾力性を ρ とすると

$$MR = P \left(1 - \frac{1}{\rho} \right)$$

であるから

$$(2-36) \quad T^* = MEC - \frac{P}{\rho}$$

が成立する (注 6)。(2-36) 式による課税で、生産物に対する資源の最適配分が実現することを Misiolec は示した。セカンドベスト税率の設定において、需要の価格弾力性が重要な要素になることが分かる。

(2) -3 生産量調整と汚染除去を含む Barnett モデル

Barnett(1980)は、Misiolec と同じ年に (2-36) 式と同様な式を発表した。ただし Barnett 論文は課税による企業の対応として汚染除去がモデルに明示化されている点に特徴がある。

いま独占企業 (汚染源) は需要曲線 $f(q)$ に直面し、単一の生産物 q を生産しているものとする。汚染 s によって被害を受けた人々についての状態 x_i のベクトルを $X = (x_1, x_2, \dots, x_i)$ とすると、 $x_i = g(s)$ である。よって汚染 s による損害 $e(s, X)$ は、 s のみの関数として

$$(2-37) \quad e(s, X) = E(s)$$

で表される。また汚染を削減するための資源を w とすると、独占企業が直面する総費用は $c(q, w)$ となる。社会厚生 u

$$(2-38) \quad u = \int_0^q f(q) dq - c(q, w) - E(s)$$

の最大化のための一階条件は、(2-38) 式を税率 t で微分することにより次式で与えられる。

$$(2-39) \quad f(q) \frac{dq}{dt} - \frac{\partial c(q,w)}{\partial q} \frac{dq}{dt} - \frac{\partial c(q,w)}{\partial w} \frac{dw}{dt} - \frac{dE(s)}{ds} \left[\frac{\partial s}{\partial q} \frac{dq}{dt} + \frac{\partial s}{\partial w} \frac{dw}{dt} \right] = 0$$

また独占企業の利潤 π は

$$(2-40) \quad \pi = f(q)q - c(q, w) - st$$

であり、企業は t をパラメータとみなし、 q と w について π の最大化を行う。

$$(2-41) \quad \frac{\partial \pi}{\partial q} = f(q) + \frac{df(q)}{dq} q - \frac{\partial c(q,w)}{\partial q} - \frac{\partial s}{\partial q} t = 0$$

$$(2-42) \quad \frac{\partial \pi}{\partial w} = 0 - \frac{\partial c(q,w)}{\partial w} - \frac{\partial s}{\partial w} t = 0$$

これら 2 式を書き換えると

$$(2-43) \quad \frac{\partial c(q,w)}{\partial q} = f(q) + \frac{df(q)}{dq} q - \frac{\partial s}{\partial q} t$$

$$(2-44) \quad \frac{\partial c(q,w)}{\partial w} = -\frac{\partial s}{\partial w} t$$

が得られる。(2-43) および (2-44) 式を (2-39) 式に代入することによって企業の利潤最大化行動を含んだ形での厚生最大化の一階条件が次式のように与えられる。

$$(2-45) \quad 0 = -\frac{df(q)}{dq} \frac{dq}{dt} q + \frac{\partial s}{\partial q} \frac{dq}{dt} t + \frac{\partial s}{\partial w} \frac{dw}{dt} t - \frac{dE(s)}{ds} \left[\frac{\partial s}{\partial q} \frac{dq}{dt} + \frac{\partial s}{\partial w} \frac{dw}{dt} \right]$$

したがって厚生最大化を実現する税率は

$$(2-46) \quad t^* = \frac{\frac{df(q)}{dq} \frac{dq}{dt} q}{\frac{\partial s}{\partial q} \frac{dq}{dt} + \frac{\partial s}{\partial w} \frac{dw}{dt}} + \frac{dE(s)}{ds}$$

で表される。

ここで Barnett は、①生産量 q を減らして s を軽減するケースと、②汚染を除去するための資源 w を増やして s を軽減するケースに分類し、①、②を含む一般的ケースに議論を展開している。いま q について需要の価格弾力性を η とすると

$$(2-47) \quad -\frac{df(q)}{dq} q = \frac{f(q)}{|\eta|}$$

であり、これを (2-46) 式に代入することによって

$$(2-48) \quad t^* = \frac{\frac{f(q)}{|\eta|} \frac{dq}{dt}}{\frac{\partial s}{\partial q} \frac{dq}{dt} + \frac{\partial s}{\partial w} \frac{dw}{dt}} + \frac{dE(s)}{ds}$$

が得られる。Barnett は、 $\frac{dq}{dt} < 0$, $\frac{dw}{dt} > 0$ を仮定し、(2-48) 式右辺第 1 項が負であることから独占のケースでは

$$(2-49) \quad t^* < \frac{dE(s)}{ds}$$

となる税率が必要とされることを示した。

明らかに (2-48) 式は Misiolec モデルの (2-36) 式に対応する式である。Barnett モデルで確認されるべきことは、(2-40)、(2-41) および (2-42) の 3 式から生産量調整と汚染除去の同時決定モデルであることが分かるが、汚染除去は生産量一定の下でなされるということである。逆に生産量で調整される場合は、汚染除去はなされない。この手法は、本論文のように課税を 2 つのステップに分けたモデルと全く変わらないことを確認しておきたい。

Barnett モデルと本論文のモデルとの大きな相違点は、(2-43) および (2-41) 式を (2-39) 式に代入することによって企業の利潤最大化行動を含んだ形での厚生最大化の一階条件を導出していることである。けれども本論文では、そのような税率の存在が保証されないことを論じている。事実 Barnett 自身、論文中で “Obviously, (2-48) is not an explicit solution for t because t is on both side of the equation.” と述べている。ただし彼のそれ以後の論述で、この点について全く触れられていない。

(3) 寡占市場下での環境税モデル

(3) -1 汚染削減を明示化した Ebert モデル

Ebert (1991) は、寡占下で外部不経済が起こるケースの最も単純な枠組みを考え、伝統的クールノー・モデルで分析している。いま同質財 x を生産している $n(n \geq 2)$ 企業を想定する。企業規模の相違は無視する。各企業の費用関数は同一とし、 $C(x_i)$ とする。産業の生産量 X は $X = \sum_{i=1}^n x_i$ である。単純のため、汚染 s_i と生産量 x_i は同じとする。

ここで、産業の排出量 S は

$$(2-50) \quad S = \sum_{i=1}^n s_i = \sum_{i=1}^n x_i$$

に定まる。このとき外部費用は $D(S)$ または $D(X)$ で表される。いまピグー税 t が課されたとき企業が生産削減で対応するものとする。また産業の需要関数を $P(X)$ とする。企業 i は数量 x_i を選択することによって利潤を最大化する。ただし $X - x_i$ は産業の残量で、他企業はそれに反応せずピグー税も影響されない。したがって、次式が得られる。

$$(2-51) \quad \max_{x_i} \{P((X - x_i) + x_i)x_i - C(x_i) - tx_i\}$$

(2-52) を x_i に関して微分して一階条件を求めると

$$(2-53) \quad P'(X)x_i + P(X) - MC(x_i) - t = 0$$

となり、これは企業 i の反応曲線となる。セカンドベスト税率を引き出すためには社会厚生

$$(2-54) \quad W(X) = \int_0^X P(X)dX - nC\left(\frac{X}{n}\right) - D(X)$$

を制約式 (2-53) 式の下で税率 t について最大化することによって与えられ、ピグー税

$$(2-55) \quad t = D'(X) + P'(X) \frac{X}{n}$$

が導出される。(2-55) 式は完全競争下 ($n \rightarrow \infty$) では $t = t_1 = D'(X)$ (限界外部費用) となること、および汚染が存在しないとすれば $t = t_2 = P'(X) \frac{X}{n}$ であり、 $P'(X) < 0$ より厚生最大化を達成するためには補助金が必要とされている。すなわち $t_1 + t_2 > 0$ のときは課税が、 $t_1 + t_2 < 0$ のときには補助金が必要とされる。

ここで Ebert は、課税に対して企業が生産量を一定に保ち、汚染排出を減らすケースをモデル化する。いま企業は生産量 x_i の下で汚染量 s_i を排出しているが、削減費用関数 $AC(a_i)$ にしたがって排出削減量 a_i を実現できるものとする。ただし MAC (限界削減費用) > 0 および MAC' (MAC の微分) > 0 であり、生産量とは独立であるとする。利潤最大化する企業 i は、最適生産量 x_i と最適除去 a_i を与えられた税率 t の下で以下のように決定する。

汚染除去後の効率的排出量を $x_i - a_i$ として企業 i の利潤は

$$(2-56) \quad \max_{x_i, a_i} [P\{(X - x_i) + x_i\}x_i - C(x_i) - AC(a_i) - t(x_i - a_i)]$$

で表される。よって以下の 2 つの一階条件を得る。

$$(2-57) \quad P'(X)x_i + P(X) - MC(x_i) - t = 0$$

$$(2-58) \quad -MAC(a_i) + t = 0$$

(2-58) 式は (限界削減費用 = 税率) となるように排出削減量が定まることを表している。

ここで各企業の最適努力水準を a とすると、産業全体としては $A = n a$ となる。社会厚生は新たに

$$(2-59) \quad W(X, A) = \int_0^X P(X) dX - nC\left(\frac{X}{n}\right) - nAC\left(\frac{A}{n}\right) - D(X - A)$$

のように定まる。総削減量 X と全削減努力 A は t に依存するので、 $\frac{dW(X(t), A(t))}{dt} = 0$ より

$$(2-60) \quad P(X) \frac{dX}{dt} - MC\left(\frac{X}{n}\right) \frac{dX}{dt} - MAC\left(\frac{A}{n}\right) \frac{dA}{dt} - D'(X - A) \left(\frac{dX}{dt} - \frac{dA}{dt}\right) = 0$$

が与えられる。

(2-60) 式に (2-57) 式と (2-58) 式 ($MAC\left(\frac{A}{n}\right) = t$) を代入すると、寡占企業の

利潤最大化が実現されつつ同時に社会厚生最大化が達成される税率が次式によって定まる。

$$(2-61) \quad t = D'(X - A) + \frac{P'(X) \frac{X}{n} \frac{dX}{dt}}{\frac{dX}{dt} \frac{dA}{dt}}$$

以上のように Ebert モデルでは、課税に対して寡占企業が生産量調整だけで反応した場合の最適税率 (2-55) 式と、生産量一定の下で汚染除去がなされた場合と生産量調整による場合の同時決定における最適税率 (2-61) 式が導出されている。(2-55) 式については、課税当局が必要な情報をすべて入手できたとすればピグー税率によって企業の利潤最大化と同時に社会厚生最大化が達成される。

Ebert モデルは、本論文のモデルとの関係で 2 つの重要な問題を含んでいる (注 7)。Ebert は、汚染が除去されることによって限界外部費用が $D'(X)$ から $D'(X - A)$ に変化しているとしているが、 X と A が互いに独立である限り、 $D'(X - A)$ は $D'(X)$ とは異なる関数、例えば $\overline{D'}(X)$ と表記すべきである。確かに汚染除去によって排出量は X から $X - A$ に減少する。しかし (2-54) 式や (2-59) 式は排出量表示ではなく生産量表示である。排出係数 1 の仮定の下で、 X が排出量と同じであるとしても、排出量 X の減少は生産量の削減によってのみ可能である。ところが A は X を一定とした上で汚染除去により実現された削減量であるから、 X 軸上で $X - A$ なる点を定めたとすると、削減量 A は汚染除去によるものではなく生産量で削減したことになり矛盾である。したがって生産量一定の下で汚染除去がなされた場合、限界削減費用 $D'(X)$ は下方変容し $\overline{D'}(X)$ になる、として定式化すべきである。この場合 A の大きさが下方変容の程度を定めることになる。

Ebert はこの点を見落としている。(2-61) 式の成立は、(2-60) 式を成立させるような $\overline{D'}(X)$ の値が存在する場合に限って可能なのである。明らかに (2-60) 式を成立させる $\overline{D'}(X)$ の存在は外生的要因により定まるので、(2-61) 式の成立を保証する根拠を Ebert モデルに見出すことはできない。

本論文の分析視点から論ずると以下ようになる。 $MEC = \tau(\delta)x$ で、 τ が δ の低下によって減少しないとすると、論理的矛盾が発生してしまう。MEC の形状について先行研究では、図 2-14 に示されている 2 ケースがある。①、②いずれの場合も、生産量一定 x_0 の下で、企業がエンド・オブ・パイプや生産過程の改善などにより排出削減がなされたとき、社会に与える損害額 (外部費用：四角形 $OABx_0$ または三角形 OAx_0) は減少するはずだが、MEC 関数が下方変容しないとすると、汚染除去によっても外部費用は変化しないということになり、環境政策の理論そのものが崩壊してしまう。 δ の低下

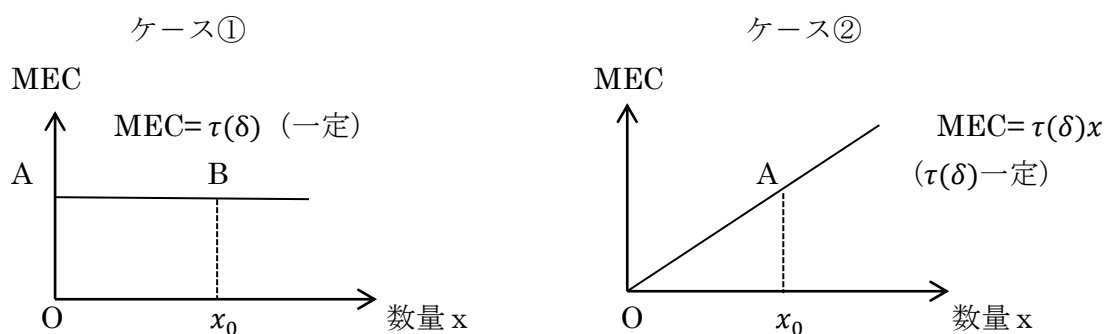


図 2-14 $\tau(\delta)$ 一定とした場合の矛盾(永井教授との討論過程で筆者作成)

によって①では MEC が下方シフト、②では下方変容が起こらなければ説明が成立しない。

さらに (2-56) 式を a_i について偏微分して導出された (2-58) 式は論理上の問題を含んでいる。生産量一定の下で汚染を除去することによって企業は税額を減らすことができるが、それによりコスト低減を実現し生産量の増加、したがって課税によって失われた利潤の一部回収が可能であるからである。本論文では、以上の 2 点を改善するモデルが定式化される。

以上の先行研究では、企業数を一定としてモデルの定式化がなされている。それに対して Katsoulacos=Xepapadeas(1995)は、企業数 N を変数とし、社会厚生を最大化するような最適企業数決定モデルを提示した。彼らのモデルでは寡占構造を $1 < N < \infty$ と捉え、最適税率は MEC を超える水準に定まるとしている。このように長期モデルでは、競争、寡占構造で企業の入退出および排出係数が生産量の関数として定式化され、モデルの構造に大きな変化が現れる。本研究のモデルでは短期が想定されているため、ここで彼らのモデルを展開することは避け、今後の研究課題としたい。

第 4 節 環境政策とイノベーションに関する先行研究のサーベイ

この分野の先行研究では、環境イノベーション（汚染排出を削減し、生産コストの低減を実現するような新技術の開発）がどのような政策手段によって誘発され易いかが論じられてきた。

Zerbe(1970)は、イノベーションのインセンティブの大きさを直接規制、補助金、環境税について比較検討し、環境税が課される状況において最も大きなインセンティブがもたらされることを示した。この Zerbe の見解は現在も環境経済学の分野で支持されている。

Fischer=Newell(2008)は、環境政策手段により環境技術開発が誘発される場合、それがもたらす影響を考慮した政策がなされるべきであるとして以下の 4 項目を挙げている。

- ① 排出量に価格付けがなされると、エネルギー集約部門の経済活動を縮小させる。
- ② 二酸化炭素価格の上昇は、化石燃料の生産者と消費者に分配上の異変をもたらす。
- ③ 技術のスピルオーバーが生じてイノベーションの市場が失敗し、排出量価格付けによっても技術改善に対するインセンティブが提供されない状況が生ずる。
- ④ イノベーションは R&D 投資を通してだけでなく、新技術を利用する過程でなされる学習によっても生まれるので、生産量の増大はイノベーションを刺激する。

上記 4 項目のうち③は、排出源以外の主体が技術開発者であるケースである。

Fischer=Newell が指摘した重要な点は、技術進歩の性質（スピルオーバー・R&D 投資以外の学習による新技術の獲得）に配慮した政策運営の必要性を説いたことである。すなわち望ましい知識（温室効果ガスの削減と再生可能エネルギー利用を促進するもの）の出現に向けた環境政策、特に知識誘発のための補助金政策の重要性が指摘されている点に注目したい。

またこの点に関して Greaker=Rosendahl(2008)は、2 国 A,B 内においてそれぞれ削減技術が上流部門（鉄道輸送や炭鉱会社など）で開発され、下流の汚染産業にその装置を販売するモデルを構築し、厳しい環境政策と同時に R&D 補助金を支給することの重要性を指摘した。

以上の 2 論文における論点は、本論文第 6 章の APPENDIX で直接規制と研究開発補助金の組み合わせによって効率性が実現される可能性を指摘していることと深く関わっている。

Wigley=Richels=Edmonds(1996)は、排出量の効率的削減について次のように論じている。2 つの技術経路上での排出削減にあたっては、環境へのインパクトの大きさと削減コストとのバランスを考慮した選択が重要である。具体的には削減目標を設定し、最初の数年は緩やかな削減、後に鋭い削減に移行することが効率的であること、すなわち目標を費用効率的に達成するためには削減を延期する必要があると指摘する。

この Wigley らの議論を受けて Hart(2008)は、2 つの技術部門の間で進歩の程度がバランスしている場合には、ピグー税が課されることが望ましいが、2 つの技術部門にお

ける環境インパクトを比較考慮し、ピグー税率かそれ以上の税率を課すかが決定されるべきであるとした。Hart の議論の背景には、①イノベーションを誘発するためには、政策当局はピグー税率以上の税率を課すべきであること、②技術開発を促すためには、スピルオーバーのない経済と比較してより高い税率を必要とする、の 2 点がある。

本論文のモデルでは、企業による汚染削減は (2-13) 式に基づいてなされる。その経路に沿って削減する技術が存在しており、企業は経路上のいずれの点においても瞬時にして実行可能である。しかも最も効率的な費用で削減が実現される。したがって Wigley=Richels=Edmonds や Hart の議論は全く考慮されていない。彼らの議論を導入するためには長期モデルの構築が要請される。それは本研究に残された課題である。

以下では環境政策と環境イノベーションに関する代表的先行研究 2 点について、本研究の分析視点に基づいて検討する。

(2) -1 イノベーションの産業内波及を明示化した Milliman=Prince モデル

Milliman=Prince(1989)は、競争産業においてイノベーションが生じた場合、以下の 3 ステップを経てイノベーションの便益が社会に還元されるとした。

- ① 広く企業内に適用できる重要な発見に基づいたイノベーションであること。
- ② 各企業が新技術を容易に適用できること。
- ④ このイノベーションに対して汚染を最適に調整するように企業が反応すること。

図 2-15 で、 E : 時間当たり産業の排出量 (emission/time)、 E^m : 最大排出量、 E^* : 社会的最適排出量、 MD : 産業の限界外部費用、 MC : 産業の限界削減費用、である。

ステップ①では、この産業にイノベーションが生じ、 MC は MC' にシフトする。その結果社会的便益 E^mAB が得られる。ステップ②で、産業内に技術が波及し、 MC' は MC'' にシフトする。その結果追加的便益 E^mBC が得られる。ステップ③において、排出量が E^* から E^{**} に減少し、さらなる追加的便益 CAD が社会に与えられる。

このモデルを基本的分析用具として、彼らは 5 つの政策手段

- (i) 直接規制
- (ii) 排出補助金
- (iii) 環境税

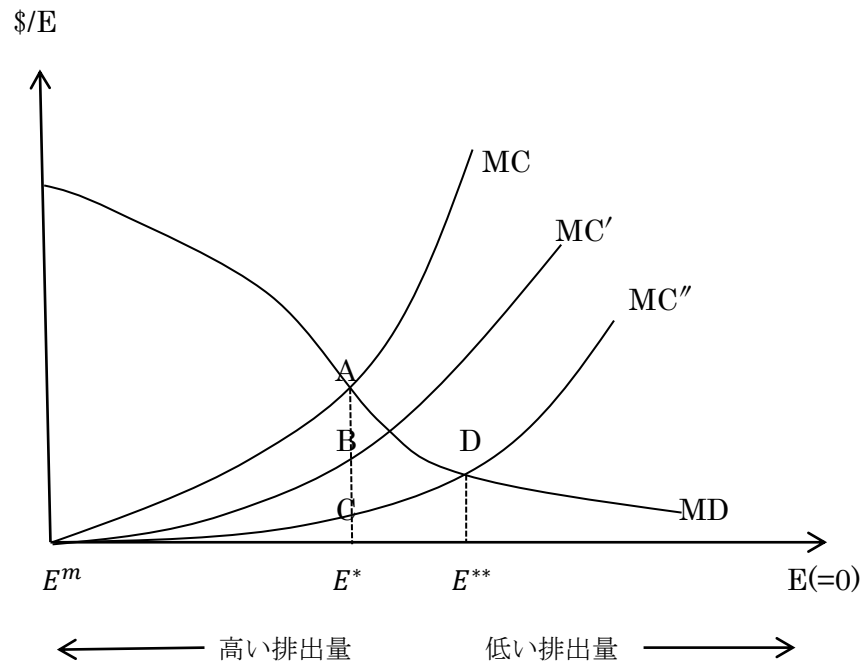


図 2-15 イノベーションがもたらす便益 (Milliman=Prince(1989)Fig.1 より)

(iv) 常時あるいは一定の間隔において排出許可証が無償で分配される自由市場での許可証取引

(v) 常時あるいは一定の間隔において販売されるオークション市場での許可証取引

が当局により実行されたとき、企業にイノベーションを推進させるインセンティブはどの手段が大きいかを検討した。彼らの主要な分析結果は以下の 2 点である。

- ① 直接規制や排出補助金そして自由市場での排出許可証取引に比べて、環境税や競争的排出許可証取引はイノベーションの誘因として優れている。
- ② 排出許可証が無償で分配される自由市場での許可証取引と直接規制は、イノベーションのインセンティブにおいて同等になる。

Milliman=Prince モデルの特徴は、産業内イノベーション、新技術の産業内波及、各企業の最適エージェンシー反応という 3 つのステップを通して分析している点にある。けれども彼らの基本的分析用具である図 2-15 において適用されている $MC=MD$ なる論理は、 MC が機会費用タームであるか直接費タームであるかに関わりなく、本論文の分析視点からすると、市場との整合性を欠き不適切である。また上記①、②の結論を引き出す過程で、彼らは (税率) $=MC$ を満たす排出量を最適水準として分析している

点も、本論文の議論（第1章第2節参照）から見て問題である。

本論文のモデル（第3章－第6章）と Milliman=Prince モデルとの相違点は、本論文では上記問題点を改善し得る屈折スプーン型MAC分析を用いた数式モデルを通して社会厚生やイノベーションのインセンティブが分析されている点である。

（2）－2 政策手段とイノベーションの関係を論じた Downing=White モデル

Downing=White(1986)は、イノベーションとは排出削減コストを減じる発見であると定義し、以下の3前提の下でモデルが構築される。

- （i）汚染源の出す汚染は全体に対してわずかな部分であり、イノベーションによって全体の限界条件に変化が生じない。
- （ii）汚染源の出す汚染は全体に対して重要な部分を占めていて限界条件に変化が生じるが、当局が政策手段の最適強度設定に失敗する。
- （iii）イノベーションにより限界条件が変化し、当局の政策手段の強度調整が適切になされる。

ただし限界条件とは当局による目標排出量を意味し、イノベーションによってそれ以下に排出量が低下すれば政策手段の強度に何らかの変更が必要とされる。

汚染源は

$$(2-62) \quad (\text{イノベーションによる限界利得}) = (\text{イノベーションの限界費用})$$

となるところまでイノベーションを実行する。社会的には

$$(2-63) \quad (\text{限界社会便益}) = (\text{限界社会費用})$$

となるところまでイノベーションがなされることが望ましい。

図2-16は（i）のケースについて示されている。ただしMCはイノベーション前の限界削減費用、MC'はイノベーション後の限界削減費用を表す。規制が何もなければ、100単位（J点）の汚染物質が排出される。ここで当局が汚染1単位につきPの環境税を課す場合、ある期間にCJ単位の排出許可証を発行する場合、CJ単位の排出を直接規制する場合が検討される。このとき利潤最大化を目的とする汚染源は、OC単位の汚染排出を抑制するように行動する。もしPが排出1単位の削減に伴う限界社会便益を表し、MCが排出削減の限界社会費用を表すのであれば、上の削減水準は社会的に

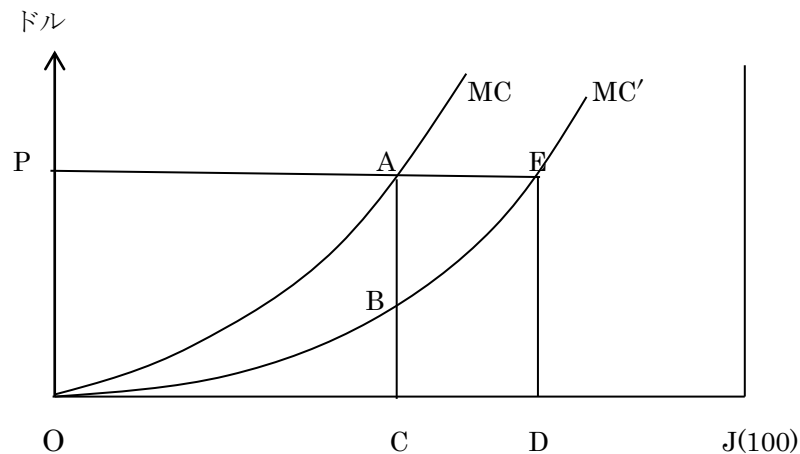


図 2-16 イノベーションの便益 (Downing=White(1986)Fig.2 より)

最適であるといえるが、Downing=White らはこの条件を満たすものとして議論を展開する。

彼らはまず、イノベーションによって社会的に望ましい結果をもたらすような削減水準を定める。それは限界削減費用が社会的限界便益 P に等しくなるような削減である。それは以下の理由による。イノベーションが実現したことによって、排出削減は CD 単位増加し

- ① OAB だけのコスト節約
- ② 排出削減による $AEDC$ だけの社会的便益の追加

$$\text{純便益の増加分} : AEDC - BEDC = AEB$$

がもたらされる。したがってイノベーションがもたらす社会的便益は、①+②= OAE であり、イノベーションによる初期コストを X とすると、 $X < OAE$ である限り、イノベーションは社会的に望ましい。

[課税のケース]

Downing=White らは汚染源が利潤最大化行動を取る限り、 $P(\text{税率}) = MC$ を満たす削減水準が実現するとし、次のようにイノベーションの利益を定める。

$$\begin{aligned} (\text{イノベーションの利益}) &= \text{コスト削減分} (OAB) + \text{税額回避分} (AEDC) - \text{削減コスト追加分} (BEDC) \\ &= OAE \end{aligned}$$

となり、社会的便益と一致する。

[排出補助金が支給されるケース]

汚染源は、 $P(\text{補助率})=MC$ となる水準まで汚染を削減するので、課税のケースと同様に、イノベーションによる便益は社会的便益と一致する。

[許可証取引のケース]

(仮定) イノベーションに成功した汚染源が受け取る許可証はイノベーション前と同じく CJ である。

汚染源は、 $P(\text{許可証価格})=MC$ となるような削減水準を選択するので、

$$\begin{aligned} (\text{イノベーションの利益}) &= \text{コスト削減分 (OAB)} + \text{許可証販売収入 (AEDC)} - \text{削減コスト追加分 (BEDC)} \\ &= \text{OAE} \end{aligned}$$

となり、イノベーションの汚染源利益と社会的便益は一致する。

[直接規制のケース]

汚染源は規制水準 (CJ) 以下に汚染を削減するインセンティブを持たないから、イノベーションの前後で削減水準は OC に止まり変化しない。よってイノベーションによる汚染源の利益は、削減コストの節約分 OAB のみとなる。その額は社会的便益 OAE よりも小さく、社会的に望ましいイノベーションは直接規制においては実現しない。

以上が (i) の場合における結果であり、直接規制を除くすべての政策手段でイノベーションの私的便益と社会的便益が一致し、イノベーションは社会的に望ましい状況をもたらす。

(ii) の場合には、大手汚染源が的を得たイノベーションを実行するが当局がそれに反応せず、経済的インセンティブに依存する削減手段は社会的に過剰なイノベーションをもたらすこと、さらに直接規制のケースでは、イノベーションは過少となることが示される。

(iii) の場合には、 P が低下するために以下のような状況が生ずる。

[課税のケース]: イノベーターが適切な削減水準を達成しても、税率 P が調整されるため、イノベーション水準の行き過ぎが生ずる。

[排出補助金が支給されるケース]: イノベーターの利益が社会的便益より小さくなり、

イノベーションの活動に純損失が生ずる可能性が起こる。

[許可証取引のケース]：イノベーターの利益は、当局による排出許可証割当をだれが吸収するかに依存するが、いかなる場合もイノベーターの利益が社会的便益より低くなることが示される。

[直接規制のケース]：イノベーションのインセンティブが不足する。

Downing=White モデルの帰結は、「イノベーションのインセンティブは課税制度下で最も大きくなり、直接規制下で最も小さくなる」ということである。

イノベーションの定義に関して本論文と Downing=White や Milliman=Prince モデルで大きな相違が見られる。本論文では、イノベーションを汚染除去と生産費低下の同時実現としているが、彼らは汚染削減コストの低下としており、本論文における \overline{MAC}_h ((2-2) 式参照) の実現に相当する。すなわち彼らのモデルには win-win 概念がイノベーションに盛り込まれていない。これは問題点というよりも分析手法の相違である。

次に本論文の分析視点から Downing=White モデルを論じた場合、2つの問題点を挙げるができる。まず第1に Milliman=Prince モデルと同様、MC が機会費用タームなのか直接費タームなのか不明である。どちらかに特定した場合、いずれも市場との整合性が保たれないことは本論文第1章で論じられている。第2は課税のケースで、 $P(\text{税率})=MC$ を満たす水準に汚染源の最適汚染削減が定まるとしている点であり、これはすでに Milliman=Prince モデルの論評部分で指摘されている。問題は許可証取引のケースである。 $P(\text{許可証価格})=MC$ を満たすように汚染源の削減水準が定まるとするのは本論文のモデルと同様であるが、汚染源の2次的行動（生産量を減らして生ずる排出量に相当する許可証の販売はモデル化されていない。この点は屈折スプーン分析による本論文のモデルとの決定的な違いである。

第5節 「ポーター仮説」とイノベーション

(1) 「ポーター仮説」の概要

Porter(1991)は、適切にデザインされた直接規制は企業に新技術開発のインセンティブをもたらすとした。厳格な規制は、①汚染削減、②資源の効率利用、に関わる技術を誘発させるという。特に厳格な法規制下で成功した日本の自動車産業を事例に挙げ、次のように述べている。日進月歩で燃費向上競争がなされ、新技術による改善実績が現れているという事実は、環境保護が競争を阻害しないという最も強力な証しである。しか

も日本は汚染削減装置や生産過程の効率化について世界のリーダーとなっている。

さらに Porter は Linde との共著論文(1995)において、数百にのぼる企業に対する詳細なケース・スタデーの結果「国際競争力のある企業は、規模が大きく安価なインプットを調達できる企業ではなく、革新能力に優れ絶えざる技術革新をする企業である」ことが分かったとしている。また適切にデザインされた環境規制はイノベーションを誘発させるのみならず、環境基準を満たすためのコストを埋め合わせ、同様な規制をしていない他国の企業に対して絶対優位をもたらすことにつながるとした。ここで彼らは適切にデザインされた環境規制とは、以下の 6 つの事項に合致したものであると述べている。

- ① 規制により潜在的イノベーションが誘発される。
- ② 規制は情報収集をもたらし、企業に革新の必要性に関する自覚を促す。
- ③ 規制は環境改善投資の不確実性を減じる。
- ④ 経済学の分野ではイノベーションの誘因は、競争、顧客需要の増大、原料価格の上昇であるが、規制は競争を通してイノベーションへの圧力を企業に与える。
- ⑤ 規制は 1 企業が環境改善投資をしないで、機会コストを回避することができない制度である。
- ⑥ 一般にイノベーションは法令を遵守するコストを埋め合わすとは限らない。規制はそうしたケースにおいても、企業にイノベーションの圧力を与えるから環境改善にとって重要である。

さらに彼らの指摘で傾聴されるべき点は、イノベーションの 2 つのフォーム、①有害な物質をどのように減じるか、②生産物それ自体と、その関連プロセスを改善する、である。特に②は、環境規制が産業の競争を促進させる理由になると考えられる。規制は効率的資源の利用や生産物の改良を通して汚染を削減する方向に導くが、規制当局はこのことを認識していなければならない。そのためには原料、機械装置から生産までの過程に規制を課すことが必要とされる。しかしながら一方で、イノベーションはそれをもたらす知識について制約されているから、汚染削減の内部コストを測定する方法が重要になる。したがって規制過程それ自体にイノベーションのインセンティブが組み込まれていなければならないと彼らは指摘する。

(2) 「ポーター仮説」とイノベーション

以上の「ポーター仮説」に対して、Palmer=Oates=Portney(1995)らは激的な批判を浴びせた。伝統的アプローチでは、規制がもたらす便益とそれを確保するための費用の間にトレード・オフ関係が存在するものとして分析されるが、Porter らの論文は、そのトレード・オフ関係を否定するものである。すなわち Porter らは、環境規制のコストを無視している、または存在しないものとして考えているという。さらに Palmer らは、「直接規制がときとしてコスト節約や生産物の改善などの技術をもたらす」という Porter らの見解に対し、それは企業が効率的フロンティア上にいるかどうかを絶えず警戒していることを意味しており、われわれは企業がそんな警戒をしているなどとは信じないと反論する。しかも排出削減技術に関する過去のモデルを検討した場合、インセンティブに基づく環境規制（環境税や排出許可証取引）であっても排出削減によって企業利潤は減少すると Palmer らは述べている。実際規制によって費用が高まり利潤が減少した事例を挙げることは困難ではない。そもそも Porter らの主張はモデルを通してなされるべきであるとし、Palmer らは次のようなモデルを提示する。

図 2-17 で、MAC は企業の現在の限界削減費用曲線を表すが、研究開発投資を実行し新たな削減技術 MAC*に移動できるものと仮定する。ただし開発の不確実性は存在しないものとする。課税 P のケースでは、 $MAC=P$ より削減量は A である。もしこの企業が A のままで操業していたとすれば、それは MAC^* を得る研究開発コストが MAC^* を得たときの利得より大きくなるからである。以下の 2 点が図から明らかにされる。

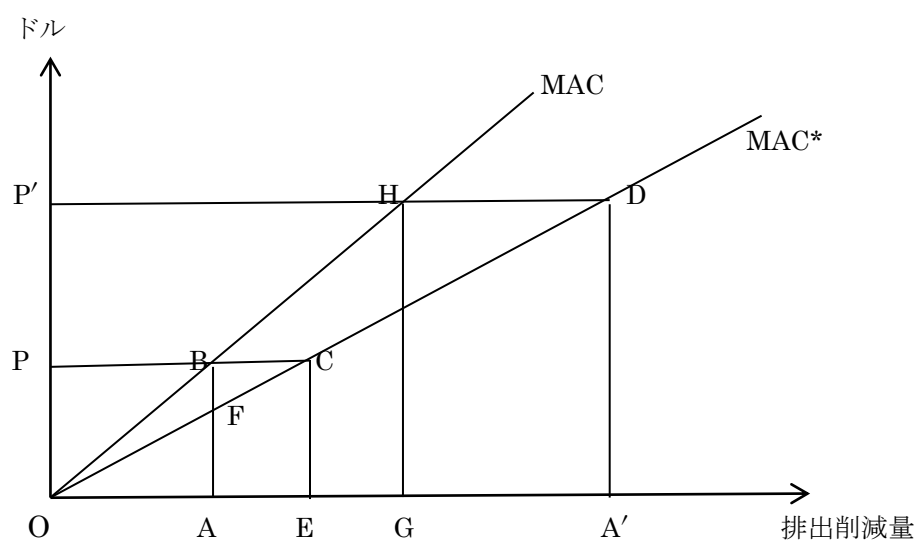


図 2-17 Palmer らによる「ポーター仮説」批判図 (Palmer らの論文より)

① 削減初期では、削減コストは低いので R&D 努力の結果も小さく ΔOFB の大きさに止まる。

② 企業が新技術を持つと、汚染削減量を拡大し支払う税額を ΔBCF だけ節約できる。

イノベーションのインセンティブは ΔOBC の大きさであり、R&D がそれより大きければ企業は MAC 上で削減することになる。

いま環境規制が厳しくなり、 P' で課税されたとする。このときイノベーションのインセンティブは ΔOHD であり、課税が P のときと比較して四角形 $BCDH$ だけインセンティブが増大するが、削減費用が四角形 $CEA'D$ 増加する。 $(\text{四角形 } BCDH) < (\text{四角形 } CEA'D)$ であるから、 D における利潤は C における利潤より減少する。Palmer らはこのモデルの帰結を通して、企業は厳しい環境規制がなされた場合、利潤は減少するとし Porter らの見解に反論した。

さらに「規制強化により国内企業は国際競争で優位性を持つようになる」という Porter らの見解に対して、Palmer らは「むしろ政府は国内企業の国際優位性を促すために、規制をコントロールする（戦略的環境規制政策）であろう」としている。

Simpson=Bradford(1996)は「ポーター仮説」に対してきわめて重要な問題提起をした。それは厳格な環境規制の効果として、①直接効果（生産費を引き上げる）、②間接効果（イノベーションを刺激して可変費を引き下げる）の 2 局面の存在を提唱したことである。Simpson らは、間接効果が直接効果を上回るとき直接規制は企業に利潤をもたらすとし、その場合次の 2 点が考慮されるべきであると論ずる。

① 成功したイノベーションがもたらす利潤が R&D コストを補うかどうか。

② 汚染削減と生産費削減に要する投資が不十分（不適切）であるとき、政府がそれを誘導すべきである。

特に②の問題は、Porter との議論で重要な関わりを持つ。Simpson らは、「政府の目的は国内企業の利潤を最大化させることである」という仮定の下で、どのような条件でその目的が達成できるかを 2 国間モデル（生産者は国内企業と外国企業の 2 社だけであり、ともに同一の生産物を生産している）で分析している。その結果、政府が国内企業に課税することによって企業にイノベーションを誘発させ、限界コストを低め、結果として外国のライバル企業に対して優位性を持つようになるためには、外国の生産費削減投資の純効果を見定めた上で国内課税率の設定が必要であることを示した。この結論は、事実上国内政府が直接効率的税率を定めることができないことを意味しており、ポーター

仮説に対してネガティブなものとなっている。

(3) 本論文の分析視点による「ポーター仮説」の解釈

以上の論者の「ポーター仮説」に対する共通の見解は、厳格な直接規制下にある国の企業はそうでない国の企業より高い競争力を持つようになるという明確な根拠はないという点である。一方厳格な規制がイノベーションを誘発する可能性については、Palmer らと Simpson らの見解に相違が見られる。

本論文の分析視点からすると Palmer らの議論には 2 つの疑問が生ずる。第 1 は問題の企業が完全競争企業であるとすれば、本論文第 1 章で論じたように最適削減量は A や G そして A' には定まらない。また彼らのモデルで MAC は明らかに直接費タームであるから、 A や G そして A' の削減量は市場で集計された削減量と整合的でない。したがって費用のタームだけで利潤の比較をすることはできないはずである。第 2 の疑問は、Palmer らのモデルではイノベーションによる win-win のケース、すなわち汚染削減と生産費の低下が同時に生起する状態が見逃されているという点である。これは Simpson らが提起した間接効果に関連する。本論文の第 3 章および第 5 章の分析では、win-win のケースをイノベーションと定義し、イノベーションのインセンティブを利潤の差額として算定している。その場合イノベーションの前提となる R&D コストは考慮されていないが、イノベーションのために必要とされる費用（汚染除去と生産費削減に要する費用）および固定費の変化がモデルに組み込まれている。その結果、直接規制の場合に競争、独占、寡占のいずれにおいてもイノベーションのインセンティブがプラスの値を取ることが確認される。したがって、Porter らの議論にはイノベーションに伴う費用が考慮されていないという批判に対して、本論文の結果は「ポーター仮説」を支持する展開になっている。ただし Porter らの第 2 の論点、国際競争における優位性の問題については、本論文の領域を超えている。

第 6 節 環境政策と「コースの定理」—本研究との関連から—

(1) 外部性と「コースの定理」

Coase(1960)は、外部性が存在する経済において伝統的アプローチ（私的生産物と社会的生産物概念を用いた分析）による解決策は一般的に望ましい結果をもたらさないことを指摘した。彼の基本的前提は「費用最小化を実現できればよいとする基準に立つて行動する個人」を合理的個人としている点である。

いま他者（B）に対して有害な影響を及ぼす企業（A）を想定する。Aの行動をいかに抑制するかという伝統的捉え方は不適切であると Coase は指摘する。問題はより大きな損害の方を避けるべきであるという視点が重要であるという。すなわち有害な影響を除去することで得られる利得と、その継続を容認することで得られるはずの利得とを比較する必要があるという。具体的例として、鉄道会社（A）が原因で発生する火災で損害を被る人々（B）を考える。ここで論ずべき問題は、列車に防災装置を装備したりするのが望ましいかどうかではなく、鉄道会社が原因で発生する火災で損害を被る人々を鉄道会社が補償する制度を選ぶのが望ましいのか、鉄道会社の責任を免除する制度を選ぶのが望ましいかの選択の問題になるという。経済学者がなすべきことは、各々の制度の下で生み出される社会的総生産物を比較することであり、断じて私的生産物と社会的生産物との比較などではないと Coase は主張する。いまAがもたらす火災により年間1万ドルの損害をBに与えたとする。このときAに対して年間1万ドルが課税されたとし、Aは9千ドルで防災装置を設置できるとする。Aはその装置を設置することによって年間千ドルの便益が得られる。しかしこのようにして達成される状態は最適ではない可能性がある。いま損害を被っている人々は他の場所へ移動するか予防措置を施すことで損害を避けられると仮定する。その場合年間全体で4千ドルの費用ないし所得損失を伴うものとする。このような状況下では、鉄道会社が何の措置も取らなかったとしても、9千ドル—4千ドル=5千ドルの生産物価値の増大が見込まれる。

生産者だけに損害発生税を課す税体系の下では損害防止の費用が過度に高められる可能性がある。この事態を避けるためには課税ベースを、発生した損害額ではなく、火災で生ずる生産物価値の低下分に置けばよいと Coase は指摘する。

(2) Pearce=Turner による論評

以上の内容は「コースの定理」として広く知られている。Pearce=Turner(1990)は外部性における市場取引の問題を所有権という視点から論じ、コースの定理を論評している。彼らは、所有権を特定の方法で自然環境（資源）を利用する権利として定義し、被害者が環境への所有権を有しているという状況を想定する。この状況下では、被害者は汚染されない権利を有し、加害者は汚染する権利を持たないことになり、図 2-18 の原点 O の状態である。いま汚染者と被害者の交渉の結果原点 O から d 点に達したとすると、汚染者便益は Oabd、被害者の損失は Ocd であり、

$$(2-64) \quad Oabd - \alpha = Ocd + \alpha \quad (\alpha < Oabd)$$

となる α が存在する。これにより依然として汚染者は純利益を得ており、被害者は α だけ補償されているので、パレート改善が達成される。したがってこうした交渉により $d \Rightarrow e \Rightarrow Q^*$ に移ることで社会的最適が実現する。

一方 Q_π から f への動きを考えることができる。被害者は f への移動が起こらなければコスト・便益

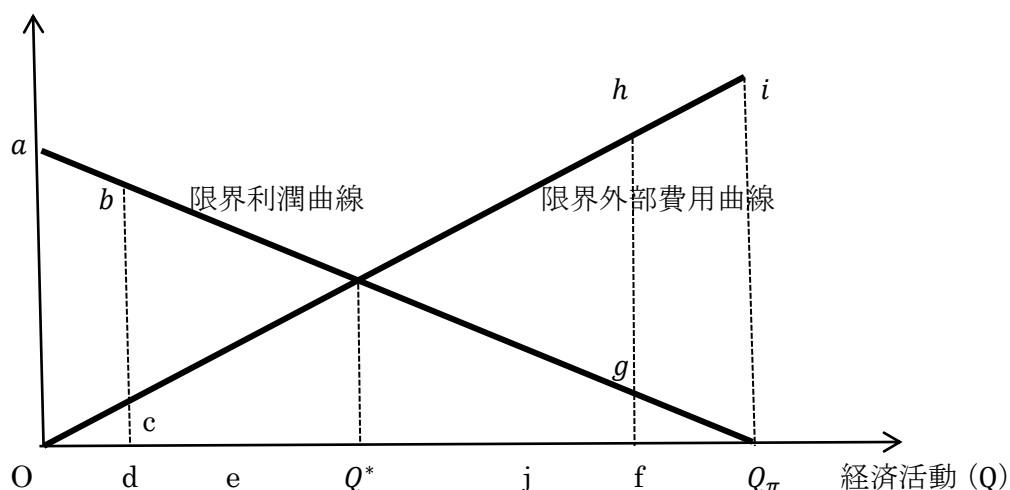


図 2-18 外部性における市場取引の可能性 (Pearce=Turner (1990) Fig.5.1 より)

ば $fhiQ_\pi$ の損失額に耐えねばならないから、これより少ない額であれば飲んで加害者に支払うであろう。加害者は $f g Q_\pi$ より大きな額であれば喜んで受け取り、生産量を f に削減する。こうして $f \Rightarrow j \Rightarrow Q^*$ まで移ることで社会的最適化が実現する。

Pearce=Turner は上述のように図 2-18 を用いてコースの定理を解説し、以下のような議論を展開する。

- ① 図 2-18 における限界利潤曲線は、コースの定理を適用した場合汚染源（企業）の契約曲線（どれだけを支払い、どれだけを受け取るかを表す）である。不完全競争下では（限界利潤曲線）＝（限界収入）－（限界費用）であり、（価格）－（限界費用）が契約曲線ではなくなり、取引の解は存在しなくなる。すなわち汚染源の契約曲線は、汚染源と消費者の利益が混在した状況下で現れ、その下で被害者との交渉がなされることになり、取引の解の実現は困難になる。
- ② 多くの汚染源は、何十年、何百年という長期に亘って汚染を排出し続ける。被害者はそのような長期に亘って生きてはいない。したがって両者の交渉が続けられるとは考えにくい。
- ② 被害者と便益を受ける主体が同じケースがあり得る。

- ③ 被害者が汚染源を補償するという事態が生ずると、新規汚染源が補償を求めて参入してくる可能性がある。

(3) 時間・空間概念の導入

以上の Pearce=Turner の議論に対して永井（2007：222－223 ページ）は、世界的規模で発生する環境外部性については、総生産物の価値を最大化するという Coase の基準を無条件に適用することはできないとし、以下のような議論を展開する。企業 A の生産過程で排出される煤煙が企業 B に被害を与えるとした場合、次の 2 つの状況が考えられる。

(i) (煤煙防止のために要する企業 A のコスト) > (企業 B が被害を回避するためのコスト)

(ii) (煤煙防止のために要する企業 A のコスト) < (企業 B が被害を回避するためのコスト)

(i) のケースでは、外部性は存在し続けるが、政府の介入は全く必要とされない Coase は指摘する。逆に (ii) のケースでは、なにゆえ企業 B は企業 A と交渉しないのかという問題が発生する。それに対する答えは簡単で、この取引には大きなコストが必要であり、それが交渉の結果えられる利益を上回ると企業 B が考えたからである。同様にして政府の介入に関しても、介入によって期待される利益が、そのために必要なコストを下回る場合には介入しないことが望ましい。すなわち外部性に対して政府が介入すべきかどうかは、その経済における費用条件に依存する。換言すれば総生産物の価値最大化基準に立って政府介入の是非を考えるべきだというのが Coase の論理である。

ここで永井は、Coase の議論を踏襲した場合、図 2—19 に示された CO_2 排出問題に代表される環境制約がどのような形で持続可能型市場システムや制度に関わってくるのであろうかを問う。この点を探るためには、上の 2 企業モデルに重要な要因を追加して再検討する必要がある。それは時間の経過に伴う汚染の拡大である。図 4—11 には、外部不経済を発生させる企業 A を中心とする距離空間が描かれている。企業 C は現在

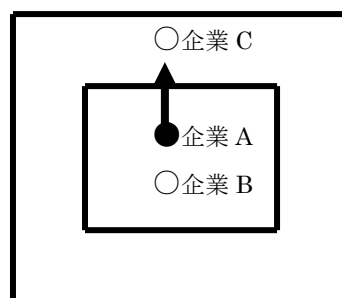


図 2—19 汚染の拡大（永井（2007）図 8—4 より）

のところ外部不経済を被っていないものの潜在的被害者であると考えられる。Coase の

議論には、明らかにこの視点が欠落していると永井は指摘する（注8）。将来外部不経済を被るであろう潜在的企業 C、D、E、・・・のそれぞれが（i）の条件を満たしたとしても、各企業の回避コストを総計すれば（ii）のケースに至ることは自明である。しかも汚染が人々の健康を害するものであるとすれば、企業 A の周辺住民も被害者になるであろう。したがってケース（i）は、例えば騒音のように時間とともに被害の空間的拡大が生じない場合に限定される。

CO₂ 排出による環境問題においては、政府介入に要するコスト以上に環境改善の期待利益が大きいと考えられるから、Coase 理論の適用によっても政府の介入は正当化される。すなわち CO₂ 排出規制によるか、排出許可証の付与または課税によるか、あるいはそれらの組み合わせによるか、いずれが CO₂ 削減に効果的であるかが問われなければならない。ただし環境汚染の改善は国境をまたがる課題であり、例えばある国の炭素税賦課によって国内企業が生産拠点を非課税国に移せば、世界全体として CO₂ 排出量がむしろ増大してしまうという炭素リーケージの問題が起こりうる。これは Coase の論点に立てば、炭素税否定論の根拠になる。問題はどのような介入の仕方が、環境改善の期待利益の最大化に導くかという点である。そしてその場合のコスト負担を、国際社会がどのように配分するかが重要な課題となるであろうと永井は指摘する。

（5）Buchanan=Stubblebine と柴田の論争

Buchanan=Stubblebine(1962)は、コースの定理を用いて「ピグー税はパレート効率を実現しない」と論じた。それは課税後に当事者間で取引が行われ、生産量がパレート効率な量よりも少なくなるという理由による。それに対して柴田（2002）は、課税後に当事者間で取引がなされる理論的根拠はないとして Buchanan らの見解を否定している。柴田の論点を以下に示す。

図 2-20 で、OT はピグー税であり E 点において MEC に等しく課税されている。このとき汚染者は OX' から OX* に生産量を減らす。したがって汚染者の税引き後利潤は ΔTEB の面積となる。ここで汚染者と被害者が取引し、生産量が OX* から OL に縮小されたとする。これにより汚染者が失う利潤は ΔUVE の面積、被害者が汚染減少から得る利益は LX*ER の面積である。すなわち（LX*ER の面積）>（ΔUVE の面積）であれば、被害者が汚染減少から得る利益の中から汚染者の失う損失を補償することによって、汚染者は自発的に汚染を削減することになる。したがってピグー税が課されると、パレート効率な生産量 OX* 以下となってしまう。ところがピグー税は当事者間で高い取引コストをもたらすことから実行に移されない場合にのみ課されるべきものであり、課税

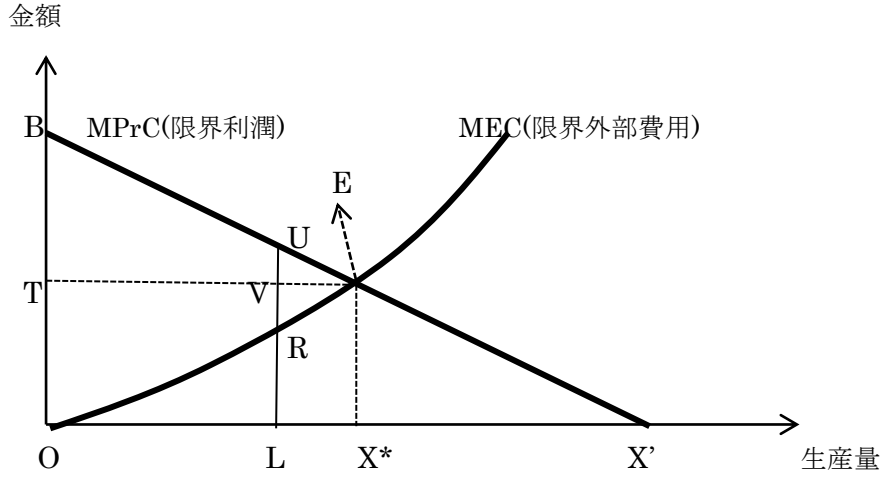


図 2-20 ピグー税下の直接交渉 (柴田(2002)図 9-2 より)

後に取引がなされる社会環境であれば、すでに課税前に取引は可能であったはずであると柴田は説く (柴田(2002)157 ページ)。すなわちピグー税の賦課を待つまでもなく、すでに直接取引はなされており、外部性は内部化されているというのである。

以上の柴田の議論は、本論文の分析視点からすると受け入れ難い。なぜならば本論文の図 1-4 に示されているように、税率線を税の消費者負担分だけ下方シフトした直線と MPrC の交点で汚染者の最適生産量が定まるのであって、その量は $O X^*$ とは異なるからである。

本論文では、独占、寡占市場において「課税後に企業が汚染除去をした場合には、ピグー税は $p=MSC$ を実現しない」と論じている。すなわち Buchanan=Stubblebine とは異なる方向からピグー税の効率性に疑問を投じた。そうした意味で、永井モデルや本研究はピグー税の効率性に関する潮流に新たな視点を加えたといえよう。

第 2 章 注

(注 1) (2-15)式より

$$3\gamma x^{*3}(2\alpha + am)^2(\delta - \delta_0)^2 + 2w\delta(2\alpha + am)^2 - 2\alpha\theta(b - \delta\theta) = 0$$

よって

$$\textcircled{1} \quad \delta^2 - \frac{2[3\gamma\delta_0(b - \delta_0\theta^*)^3 - (2\alpha + am)\{\alpha\theta^{*2} + w(2\alpha + am)^2\}]}{3\gamma(b - \delta_0\theta^*)^3}\delta + \frac{3\gamma\delta_0^2(b - \delta_0\theta^*)^3 - 2\alpha b\theta^*(2\alpha + am)}{3\gamma(b - \delta_0\theta^*)^3} = 0$$

が得られる。ここで m は競争企業数であるから

$$3\gamma\delta_0(b - \delta_0\theta^*)^3 - (2\alpha + am)\{\alpha\theta^{*2} + w(2\alpha + am)^2\} < 0$$

かつ

$$3\gamma\delta_0^2(b - \delta_0\theta^*)^3 - 2ab\theta^*(2\alpha + am) < 0$$

を満たすに十分大きな数である。①式左辺を $f(\delta)$ と置くと、十分大きな m を考慮して

$$f(\delta_0) = \frac{2(2\alpha + am)}{3\gamma(b - \delta_0\theta^*)^3} [\{w(2\alpha + am)^2 + \alpha\theta^{*2}\}\delta_0 - b\alpha\theta^*] > 0$$

であるから①式は、 $0 < \delta' < \delta_0$ なる δ' を解に持つ。

(注 2) (2-19)式に(2-18)式の $x^{*'}$ および (2-16) 式を代入し、 $\theta^* = \frac{\tau(\delta')bm}{(2\alpha + am + \tau(\delta')m)\delta'}$

を得る。この式と (2-11) 式より、 $\frac{\tau(\delta')bm}{(2\alpha + am + \tau(\delta')m)\delta'} = \frac{\tau(\delta_0)bm}{(2\alpha + am + \tau(\delta_0)m)\delta_0}$ が得られる。これよ

り (2-20) 式が導出される。

(注 3) Nagai(2013)はこの命題を上述のように完全競争モデルで論証しているが、本研究では第 4 章において、独占、および寡占モデルの下で論証がなされる。

(注 4) 以下の内容は永井が「2013 年日本経済学会秋季大会 “Pigovian tax and Pareto efficiency”」で論じたものである。

(注 5) 問題の企業は競争企業であるから(2-3)式は水平となり、この両式は

$$\frac{dq^j}{dx^j_1} p^j - r_1 = 0 \quad \text{および} \quad \frac{dq^j}{dx^j_i} p^j - r_i = 0 \quad \text{とすべきであろう。}$$

(注 6) 本論文では(4-16)式に相当する。

(注 7) 以下の内容は、永井教授からの示唆によるものである。

(注 8) Mendelsohn(1986)は、排出源の地域性がもたらす汚染の影響や汚染物の種類と被害の関係の重要性を指摘している。

第3章 競争市場における環境政策とイノベーション—先行研究とは

異なる視点から—

本論文では、企業によるイノベーションは、図序—3 のように Ebert モデルを援用した形で定義される。すなわち等産出量曲線の原点方向へのシフトをイノベーションと定める。本論文のモデルでは、費用関数(1-1)のパラメータ α および排出係数 δ の同時的低下 $[\alpha \rightarrow \alpha', (\alpha' < \alpha), \delta_0 \rightarrow \delta', (\delta' < \delta_0)]$ としてイノベーションが定義される。ただし(2-2)式に示されるような直接費タームでの MAC の下方変容は対象としない。

本研究では一貫して、イノベーションのインセンティブは、企業が生産量調整と汚染除去だけで規制に対応したときの利潤 π^* とイノベーションで対応したときの利潤 π^+ の差額とする。それは本論文では、企業はあらかじめ排出削減技術を有しており、そのコストは(1-16)式で与えられるものとしてモデルが構築されていることによる。また研究開発コストはゼロと仮定して議論される。この仮定は非現実的であるが、イノベーションの可能性を測る目的のための単純化である。さらに以下の分析では、単純のため δ だけを下げするために要するコストを k 、 δ と α を同時に下げするために必要なコストを一括して ω で表すことにする。

完全競争市場において環境政策が実施された場合における企業の対応と社会厚生の変化の問題は、すでに Nagai(2013)に基づいて第2章で確認されているのでここでは扱わない。

第1節 環境税制下での競争企業のイノベーションのインセンティブ

競争企業が課税の第1ステップ完了時においてイノベーションで対応する場合、利潤関数は

$$(3-1) \quad \pi^+_{\theta} = -\alpha'x^2 + p^{*+}x - \delta'\theta^*x - \omega - \beta^+$$

で表される。ただし $p^{*+} = \frac{2\alpha'b+am\delta'\theta^*}{2\alpha'+am}$ 、 β^+ ：イノベーション後の固定費、であり、特に

プライス・テーカーたる企業は a, b, m をパラメータとして把握し、 p^{*+} を認識する。

したがって限界利潤曲線は

$$(3-2) \quad MPrC^+_{\theta} = -2\alpha'x + p^{*+} - \delta'\theta^*$$

となる。つぎに企業が汚染除去だけで課税に対応した場合には

$$(3-3) \quad \pi_{\theta} = -\alpha x^2 + p^{*'}x - \delta'\theta^*x - k - \beta'$$

である ($p^{*'}$ については (2-18) 式を参照)。よって限界利潤曲線は

$$(3-4) \quad MPrC_{\theta} = -2\alpha x + p^{*'} - \delta'\theta^*$$

となる。ここで

$$(3-5) \quad (p^{*'} - \delta'\theta^*) - (p^{*+} - \delta'\theta^*) = \frac{2am(\alpha - \alpha')(b - \delta'\theta^*)}{(2\alpha + am)(2\alpha' + am)} > 0$$

また

$$(3-6) \quad \frac{p^{*'} - \delta'\theta^*}{2\alpha} - \frac{p^{*+} - \delta'\theta^*}{2\alpha'} = \frac{(\alpha - \alpha')\{\delta'\theta^*(2\alpha\alpha' + 2am\alpha + 2am\alpha' + a^2m^2) - 2\alpha\alpha'b\}}{\alpha\alpha'(2\alpha + am)(2\alpha' + am)}$$

において、企業数 m は十分大きいので

$$(3-7) \quad \frac{p^{*'} - \delta'\theta^*}{2\alpha} > \frac{p^{*+} - \delta'\theta^*}{2\alpha'}$$

が成立する。よって図 3-1 に示されているように、イノベーションにより利潤が減少し、インセンティブは生まれない。

競争市場でこのような事態が生ずる理由は、 α の低下による価格下落が生産費減少による利潤増加を打ち消してしまうことによる。永井(2012①)では、企業が汚染除去活動をしないう場合 (δ 不変) の利潤とイノベーション後 (α 、 δ の同時低下) の利潤を比較しているため本論文とは異なる帰結になっている。特に一定税率以上でイノベーションのインセンティブが生まれる状況が示されている。

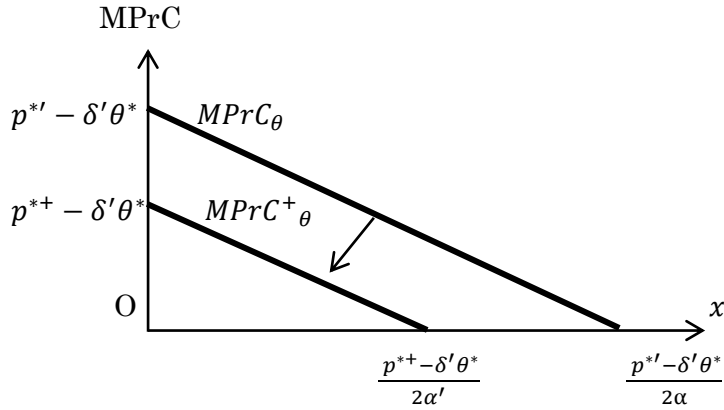


図 3-1 イノベーションによる限界利潤曲線のシフト

第 2 節 許可証取引制度下での競争企業のイノベーションのインセンティブ

許可証取引制度下で、競争企業がイノベーションを実行した場合、排出係数の低下とともに初期価格 p_0 と生産量 x_0 ((1-8) 式参照) が

$$(3-8) \quad p'_0 = \frac{2b\alpha'}{2\alpha' + am}, \quad x'_0 = \frac{b}{2\alpha' + am}$$

に変化する。プライス・テーカーとして行動する企業は、 p'_0 をパラメータ a, b, m を含む形で認識する。ここで

$$\frac{dp_0}{d\alpha} = \frac{2abm}{(2\alpha+am)^2} > 0$$

より $p'_0 < p_0$ である。

$0 < t < \bar{t}$, $h'_0 \leq U \leq h_0$ のケース (図 3-2-①) では、イノベーションにより許可証の販売が $U-A$ から $U-A'$ に減少する。イノベーションが実行された場合の企業収益 π_1^+ は、 h_0 から h'_0 までの削減コストを k_1 とすると

$$A' = \frac{\bar{\delta}'}{2\alpha'} \left(\frac{2b\alpha'}{2\alpha'+am} - t\bar{\delta}' \right)$$

より

$$(3-9) \quad \pi_1^+ = \frac{1}{2} \left(\frac{p'_0}{\bar{\delta}'} + t \right) A' - \beta^+ + (U - A')t - k_1 = \frac{1}{4\alpha'} \left(\frac{2b\alpha'}{2\alpha'+am} - t\bar{\delta}' \right)^2 + tU - k_1 - \beta^+$$

となる。イノベーションがなされない場合の企業収益 π_1 は

$$A = \frac{\bar{\delta}'}{2\alpha} \left(\frac{2b\alpha}{2\alpha+am} - t\bar{\delta}' \right)$$

より

$$(3-10) \quad \pi_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{p_0}{\bar{\delta}'} + t \right) A - \beta' + (U - A)t - k_1 = \frac{1}{4\alpha} \left(\frac{2b\alpha}{2\alpha+am} - t\bar{\delta}' \right)^2 + tU - k_1 - \beta'$$

である。ここで

$$L = \frac{1}{4\alpha} \left(\frac{2b\alpha}{2\alpha+am} - t\bar{\delta}' \right)^2$$

と置き、

$$\frac{dL}{d\alpha} = \frac{1}{4\alpha} \left(\frac{2b\alpha}{2\alpha+am} - t\bar{\delta}' \right) \left\{ \frac{4abm}{(2\alpha+am)^2} - \frac{1}{\alpha} \left(\frac{2b\alpha}{2\alpha+am} - t\bar{\delta}' \right) \right\}$$

より以下の場合分けが生ずる。

$$(i) \quad \frac{2b\alpha}{2\alpha+am} < t\bar{\delta}' \quad \text{のとき} \quad \frac{dL}{d\alpha} < 0$$

イノベーションのインセンティブが生まれる可能性がある。

$$(ii) \quad \frac{2b\alpha}{2\alpha+am} > t\bar{\delta}' \quad \text{のとき}$$

$$(ii) -1 \quad \frac{4abm}{(2\alpha+am)^2} < \frac{1}{\alpha} \left(\frac{2b\alpha}{2\alpha+am} - t\bar{\delta}' \right) \quad \text{ならば} \quad \frac{dL}{d\alpha} < 0$$

よってイノベーションのインセンティブが生まれる可能性がある。

$$(ii) \quad -2 \frac{4abm}{(2\alpha+am)^2} \geq \frac{1}{\alpha} \left(\frac{2b\alpha}{2\alpha+am} - t\bar{\delta}' \right) \text{ ならば } \frac{dL}{d\alpha} \geq 0$$

このときにはイノベーションのインセンティブは生まれない。

ただし MAC'_{oh} (図 3-2) はイノベーション後に変容した限界利潤曲線を表す。

$0 < t < \bar{t}$, $A \leq U < h_0'$ のケース (図 3-2-②) では、同様にイノベーションにより許可証の販売が $U-A$ から $U-A'$ に減少し、イノベーションのインセンティブは上記 (i)、(ii) と同じになる。

さらに $0 < t < \bar{t}$, $U < A$ のケース (図 3-2-③) では、企業は $A-U$ (イノベーション後は $A'-U$) 分の許可証を購入するが、企業収益は前 2 ケースと同様になり、したがってイノベーションのインセンティブも上記 (i)、(ii) と同じになる。

次に $\bar{t} < t$ の場合について検討する。 $h_0'' \leq U \leq h_0$ のケース (図 3-2-④) ではイノベーションにより許可証の販売が $U-A$ から $U-A'$ に減少する。イノベーションが実行された場合の企業収益 π_2^+ は、 h_0 から h_0'' までの汚染除去コストと生産費を下げるために要するコストの和を ω_2 とすると

$$A' = \frac{\bar{\delta}''^2}{2\alpha'} \left\{ \frac{2b\alpha'}{\bar{\delta}''(2\alpha'+am)} - t \right\}$$

より

$$(3-11) \quad \pi_2^+ = \frac{1}{2} \left(\frac{p_0'}{\bar{\delta}''} + t \right) A' - \beta^+ + (U - A')t - \omega_2$$

$$= \frac{1}{4\alpha'} \left\{ \frac{2b\alpha'}{2\alpha'+am} - t\bar{\delta}'' \right\}^2 + tU - \omega_2 - \beta^+$$

である。イノベーションがなされない場合の企業収益 π_2 は、 h_0 から h_0'' までの汚染除去コストを k_2 とすると

$$A = \frac{\bar{\delta}''^2}{2\alpha} \left\{ \frac{2b\alpha}{\bar{\delta}''(2\alpha+am)} - t \right\}$$

より

$$(3-12) \quad \pi_2 = \frac{1}{2} \left(\frac{p_0}{\bar{\delta}''} + t \right) A - \beta' + (U - A)t - k_2$$

$$= \frac{1}{4\alpha} \left\{ \frac{2b\alpha}{2\alpha+am} - t\bar{\delta}'' \right\}^2 + tU - k_2 - \beta'$$

となる。したがって $\bar{\delta}'$ を $\bar{\delta}''$ に変えることで、 $0 < t < \bar{t}$, $h_0' \leq U \leq h_0$ のケース (図 3-2-①) と同様な分析が適用される。

$A \leq U < h_0''$ のケース（図 3-2-⑤）では、 $h_0'' \leq U \leq h_0$ のケースと同様に、イノベーションにより許可証の販売が $U-A$ から $U-A'$ に減少するので、イノベーションのインセンティブは(3-11)、(3-12)式から導出されるものと同じになる。

さらに $U < A$ のケース（図 3-2-⑥）では、企業は $A-U$ （イノベーション後は $A'-U$ ）分の許可証を購入するが、企業収益は前 2 ケースと同様になり、したがってイノベーションのインセンティブも(3-11)、(3-12)式から導出されるものと同じになる。

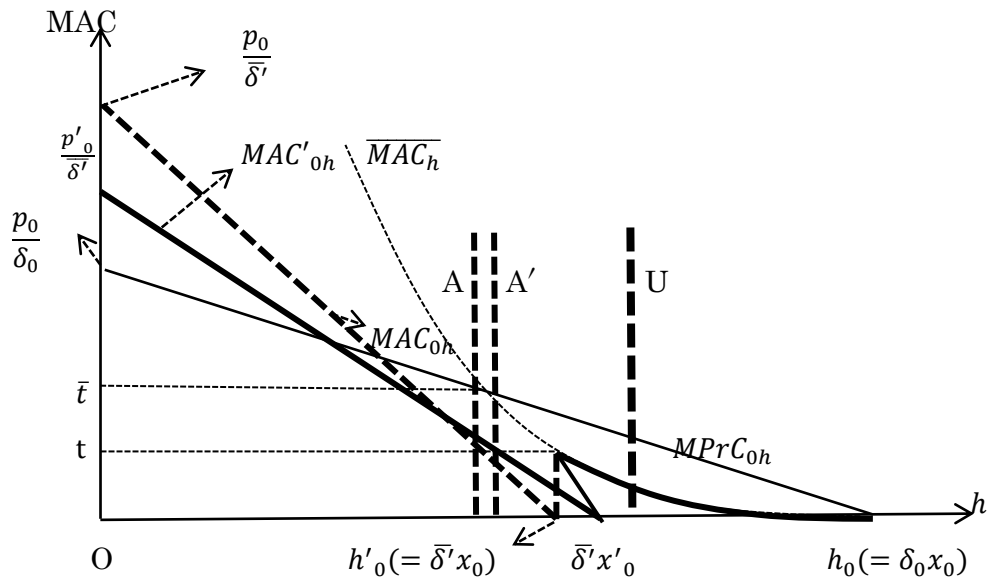


図 3-2-① $0 < t < \bar{t}$, $h'_0 \leq U \leq h^*$ のケース

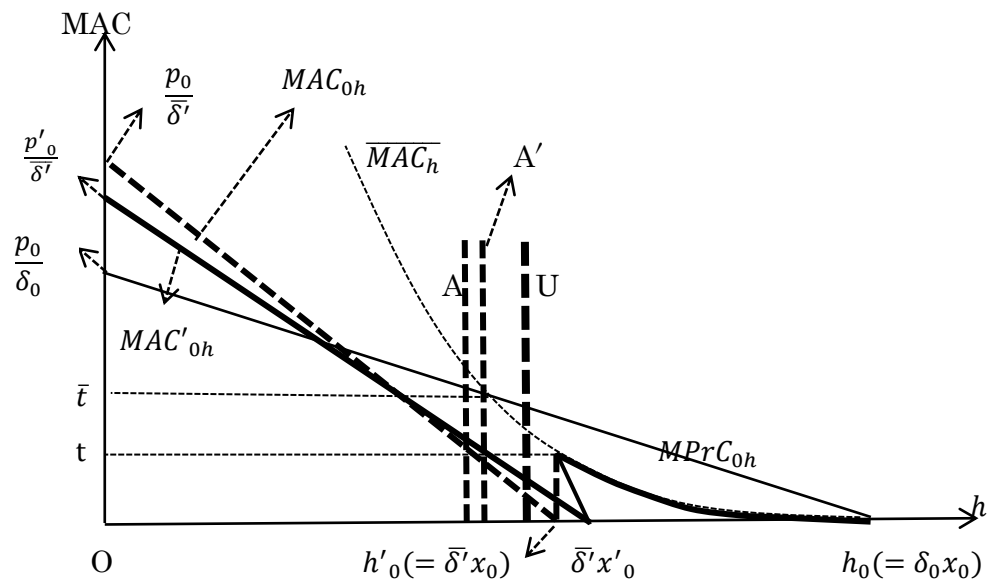


図 3-2-② $0 < t < \bar{t}$, $A \leq U < h'_0$ のケース

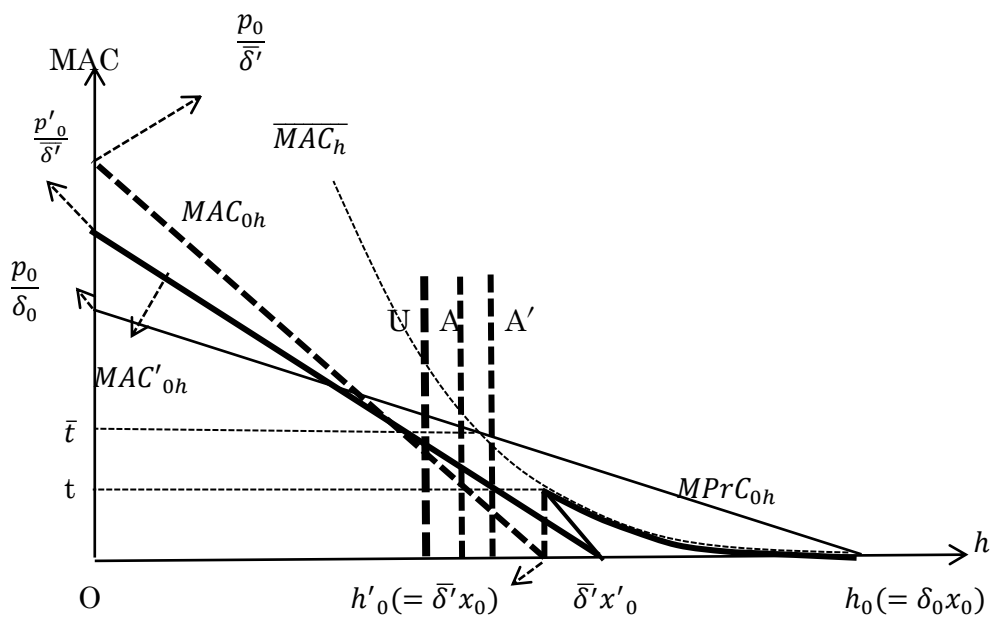


図 3-2-③ $0 < t < \bar{t}$, $U < A$ のケース

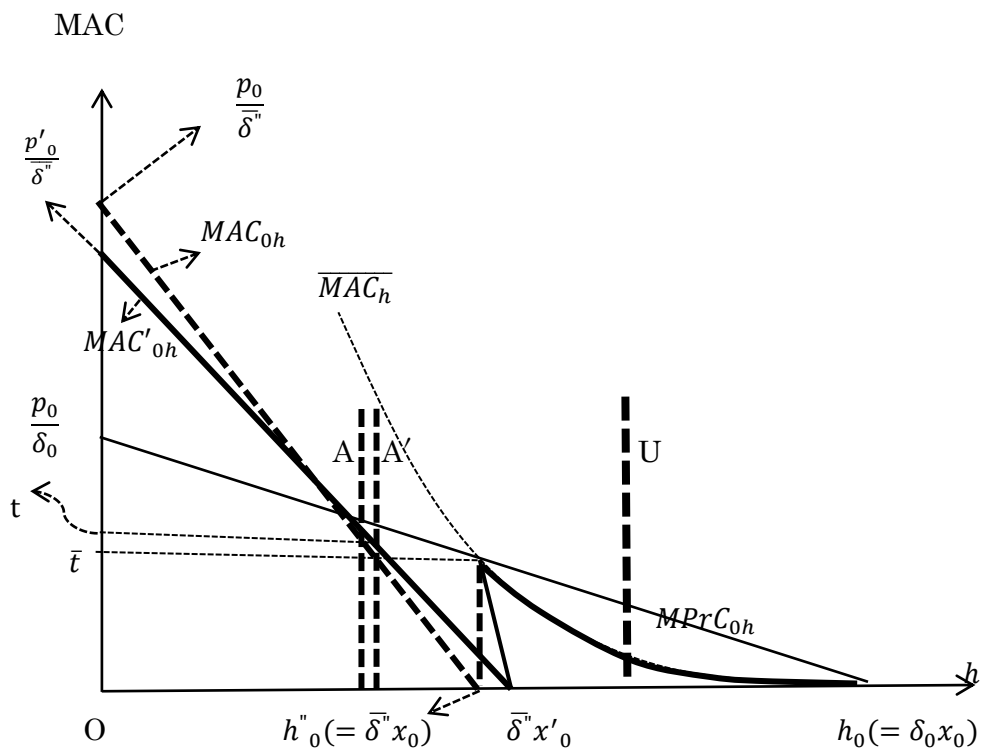


図 3-2-④ $\bar{t} < t$, $h''_0 \leq U \leq h_0$ のケース

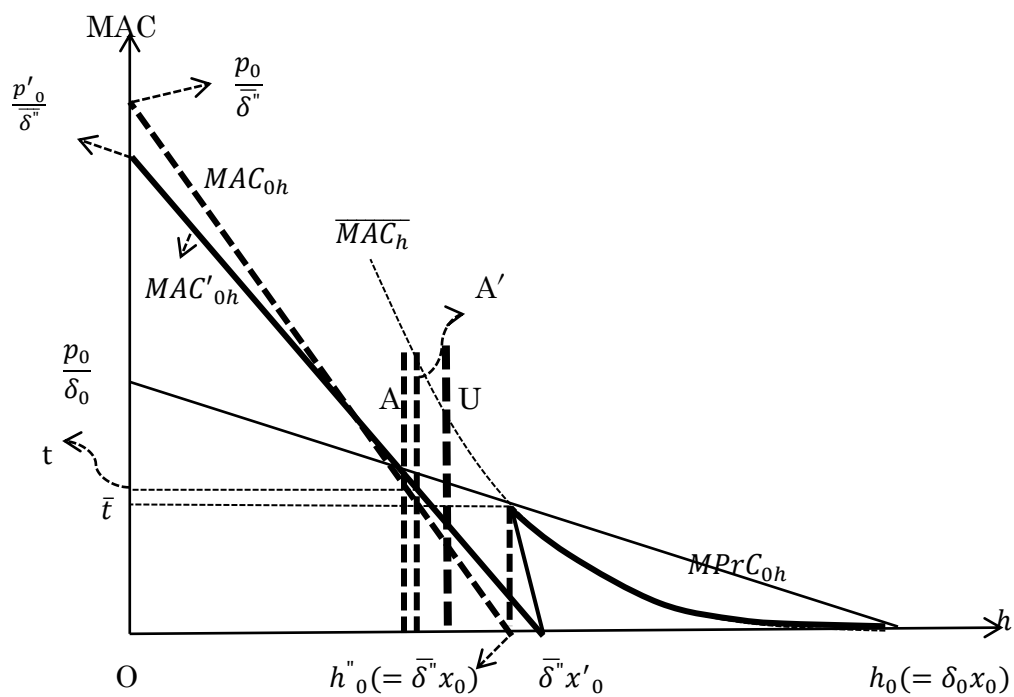


図 3-2-⑤ $\bar{t} < t$, $A \leq U < h''_0$ のケース

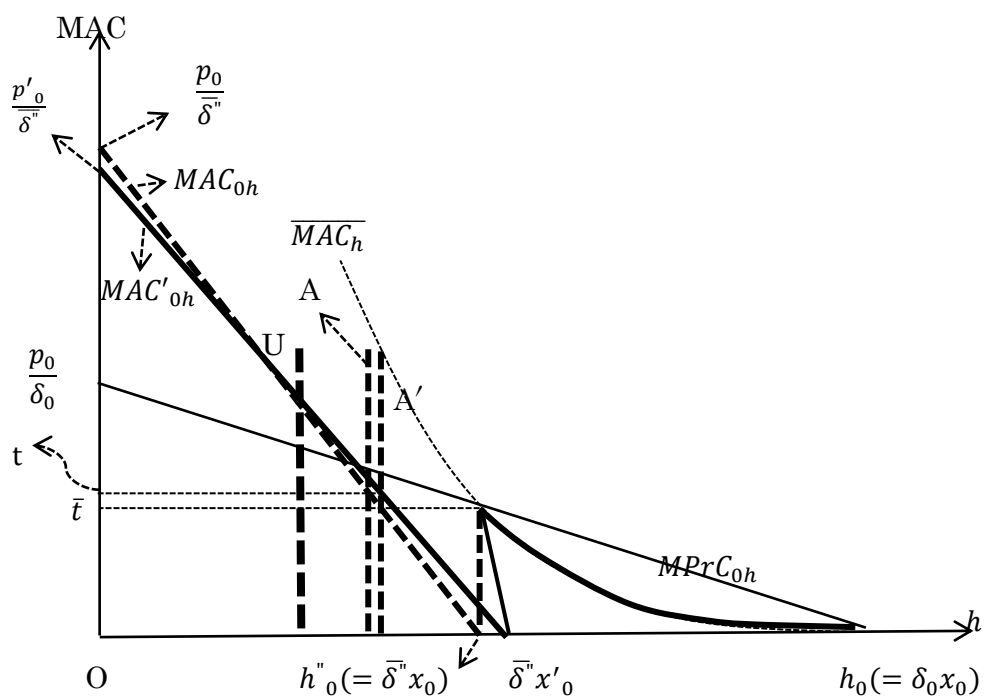


図 3-2-⑥ $\bar{t} < t$, $U < A$ のケース

第3節 直接規制下での競争企業のイノベーションのインセンティブ

低い規制水準 (U_1) のケースでは、企業は規制前利潤から比較的安い汚染削減コストを差し引いた額の利潤を得ており、イノベーションのインセンティブは小さい。それに対して高い規制水準 (U_2) の下では、企業は \overline{MAC}_h に沿って $\delta_0 x_0$ から $\bar{\delta} x_0$ まで汚染削減し、さらに U_2 まで減産によって対応するため、生産コストの減少を伴うイノベーションへのインセンティブが発生する。規制後イノベーションがなされない場合の利潤 π_3 は、図 3-3 より

$$(3-13) \quad \pi_3 = \frac{1}{2} \left\{ \frac{p_0}{\bar{\delta}} + \frac{2\alpha\{b-(2\alpha+am)x_1\}}{\bar{\delta}^2(2\alpha+am)} \right\} x_1 \bar{\delta} - \beta' - k_3$$

$$= \frac{\{2\alpha b - \alpha(2\alpha+am)x_1\}}{2\alpha+am} x_1 - \beta' - k_3$$

で表される。ただし k_3 は $\delta_0 x_0$ から $\bar{\delta} x_0$ までの除去コストである。一方イノベーションに成功した場合の利潤 π_3^+ は

$$(3-14) \quad \pi_3^+ = \frac{1}{2} \left\{ \frac{p'_0}{\bar{\delta}} + \frac{2\alpha'\{b-(2\alpha'+am)x_1\}}{\bar{\delta}^2(2\alpha'+am)} \right\} x_1 \bar{\delta} - \beta^+ - \omega_3$$

$$= \frac{\{2\alpha' b - \alpha'(2\alpha'+am)x_1\}}{2\alpha'+am} x_1 - \beta^+ - \omega_3$$

となる。ただし ω_3 は $\delta_0 x_0$ から $\bar{\delta} x_0$ までの除去コストと生産費低下のために要するコストの和である。また p'_0 , x'_0 は (3-8) 式と同じである。

ここで $(\pi_3^+ - \pi_3)$ の符号を吟味する。

$$(3-15) \quad \frac{d}{d\alpha} \left\{ \frac{2\alpha b - 2\alpha^2 x_1 - am\alpha x_1}{2\alpha+am} \right\} = \frac{2abm - (2\alpha+am)^2}{(2\alpha+am)^2}$$

より

(i) $2abm < (2\alpha+am)^2$ のとき

イノベーションのインセンティブが生ずる可能性がある。

(ii) $2abm \geq (2\alpha+am)^2$ のとき

イノベーションのインセンティブは生じない。



第4章 不完全競争市場における環境政策と社会厚生

本章では「屈折スプーン型 MAC」を用い、独占、寡占下における環境政策と社会厚生との関係が検討される。その場合、(限界削減費用) = (税率) による最適排出水準決定命題に付随する問題点を考慮しつつ分析が進められる。ただし政策手段を環境税、許可証取引、および直接規制に限定する。

第1節 独占市場における環境政策と社会厚生

(1) 仮定

以下の仮定は、完全競争下における永井モデルのそれに準じている。

(i) 独占企業の費用関数

$$(4-1) \quad C = \alpha x^2 + \beta \quad (\alpha > 0, \beta > 0)$$

C : 総費用 x : 生産量

(ii) 需要曲線

$$(4-2) \quad D: p = -ax + b \quad (a > 0, b > 0)$$

p : 生産物価格

(iii) 排出関数

$$(4-3) \quad h = h(\delta, x) = \delta x$$

h : 排出量

企業が汚染除去をしない場合の排出係数は外生的に定まるが、それを δ_0 とする。よって $0 < \delta \leq \delta_0$ であり、 δ の低下は生産量一定の下でなされるものとする。

(iv) 外部費用関数

外部費用 (EC) は生産量、および排出量の増加につれて逓増的に増加し

$$(4-4) \quad EC = \frac{1}{2} \tau(\delta) x^2 = \frac{1}{2} \varepsilon h^2 \quad (\tau(\delta) = \varepsilon \delta^2, \varepsilon > 0)$$

によって表されるものとする。したがって限界外部費用 (MEC) は

$$(4-5) \quad MEC = \tau(\delta) x$$

となる。

(v) 政策当局は汚染物に対して課税するが、企業は汚染物への課税率 (θ) を生産物への課税率に変換し、生産量に基づいて利潤最大化行動をとるものとする。このとき生産物への課税率は $\delta\theta$ となる。

(v) 汚染物は環境に均質に拡散する。

(2)環境税が課された場合における独占企業行動と厚生変化

(2)－1 課税の第1ステップ

環境税 θ^* が課された場合を想定する。課税前利潤 π_0 ，課税後利潤 π_θ は

$$(4-6) \quad \pi_0 = -(a + \alpha)x^2 + bx - \beta$$

$$(4-7) \quad \pi_\theta = -(a + \alpha)x^2 + (b - \delta_0\theta^*)x - \beta$$

となるので、限界利潤曲線が

$$(4-8) \quad MPrC_0 = -2(a + \alpha)x + b$$

$$(4-9) \quad MPrC_\theta = -2(a + \alpha)x + b - \delta_0\theta^*$$

で与えられる。すなわち独占のケースでは、課税後限界利潤曲線(4-9)式は課税前限界利潤曲線(4-8)式を税率 $\delta_0\theta^*$ だけ下方シフトしたものになる。したがって水平な税率線 $\delta_0\theta^*$ と $MPrC_0$ の交点の生産量 x^* に対応した排出量 δ_0x^* が、独占企業の最適排出量になる(注1)。

$MPrC_0 = 0$ および $MPrC_\theta = 0$ より課税前後の利潤最大化を実現する生産量 x_0, x^* が、さらに(4-2)式より課税前後の独占価格 p_0, p^* が以下のように定まる。

$$(4-10) \quad p_0 = \frac{b(a+2\alpha)}{2(a+\alpha)}, \quad x_0 = \frac{b}{2(a+\alpha)}$$

$$(4-11) \quad p^* = \frac{2b\alpha + ab + a\delta_0\theta^*}{2(a+\alpha)}, \quad x^* = \frac{b - \delta_0\theta^*}{2(a+\alpha)}$$

図4-1は、 E_0 点において、 $p_0 - MC(-(2\alpha + a)x_0 + b) < \text{限界外部費用}(\tau(\delta_0)x_0)$ すなわち

$$(4-12) \quad a < \tau(\delta_0)$$

のケースである。独占下で課税が必要なケースでは、図4-1で示されるように

$$(4-13) \quad \text{税率}(\delta_0\theta^*) < \text{MEC}(Fx^*)$$

となっている。これはすでに Buchanan(1969)や Barnett(1980)が指摘している点であり、不完全競争モデルの特徴である。

さていかなる市場構造においても、 $p = \text{MSC}$ が成立する需要曲線上の点で社会厚生は最大化される。それは本モデルでは

$$(4-14) \quad (2\alpha + \tau(\delta_0))x = -ax + b$$

で表され、(4-14)式を満たす数量を x_g とすると

$$(4-15) \quad x_g = \frac{b}{a + 2\alpha + \tau(\delta_0)}$$

となる(注2)。 $x_g = x^*$ を満たす税率 θ^* がセカンド・ベストの税率(注3)であり

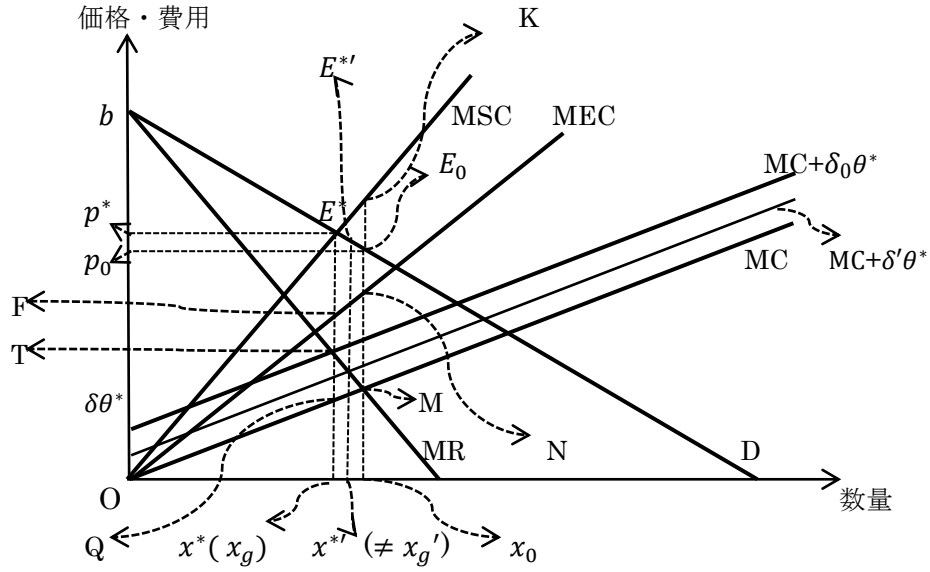


図 4-1 汚染除去と社会厚生

$$(4-16) \quad \theta^* = \frac{b(\tau(\delta_0) - a)}{\delta_0(a + 2\alpha + \tau(\delta_0))}$$

が与えられる。

以上の議論から外部費用が内部化されないときの真の社会厚生 W_0 は

$$(4-17) \quad W_0 = \text{四角形 } ObE_0M - \Delta ONx_0 = \frac{b^2(3a + 2\alpha - \tau(\delta_0))}{8(a + \alpha)^2}$$

外部費用が内部化されたときの真の社会厚生 W_1 は

$$(4-18) \quad W_1 = \Delta ObE^* = \frac{b^2}{2(a + 2\alpha + \tau(\delta_0))}$$

であり、

$$(4-19) \quad W_1 - W_0 = \frac{b^2(\tau(\delta_0) - a)^2}{8(a + \alpha)^2(a + 2\alpha + \tau(\delta_0))} = \Delta E^*KE_0$$

となる。すなわち外部費用が内部化されたときの真の社会厚生は、内部化されないときの真の社会厚生より ΔE^*KE_0 だけ増大する。

(2) - 2 課税の第 2 ステップ

E^* の段階で独占企業は汚染を除去することによって、課税によって失われた利潤の一部を回収可能であることを認識するであろう。いま削減費用が (2-13) 式で与えられたとすると、汚染除去は課税後直接費タームでの MAC

$$(4-20) \quad \overline{MAC_{h\theta}} = \left| \frac{d\overline{AbC_{h\theta}}}{dh} \right| = 3\gamma(h^* - h)^2 \big|_{x=x^*} = 3\gamma x^{*2}(\delta_0 - \delta)^2 \quad (\gamma > 0, h^* = \delta_0 x^*)$$

によってなされる(図 4-2 参照)。このとき (4-9) 式を排出量表示に変換した課税後 MAC

$$(4-21) \quad MAC_{h\theta} = \frac{2(a+\alpha)}{\delta_0^2} \left[\frac{\delta_0(b-\delta_0\theta)}{2(a+\alpha)} - h \right]$$

と(4-20)式を連結した屈折スプーン型 MAC が形成される。ここで第 2 章第 2 節(1)-2 と同様に固定費を $\beta = q - w\delta^2$ とする。排出係数で表示した MAC は(2-14)式であるから、 δ を追加 1 単位下げるのに要する費用は $3\gamma x^{*3}(\delta_0 - \delta)^2$ である。また δ の低下に伴う利潤増分は、(4-7)、(4-11) 式より

$$(4-22) \quad \pi_\theta = \frac{(b-\delta\theta^*)^2}{4(a+\alpha)} - (q - w\delta^2)$$

であるから

$$\left| \frac{d\pi_\theta}{d\delta} \right| = \frac{(b-\delta\theta^*)\theta^*}{2(a+\alpha)} - 2w\delta$$

で表される。よって独占企業は

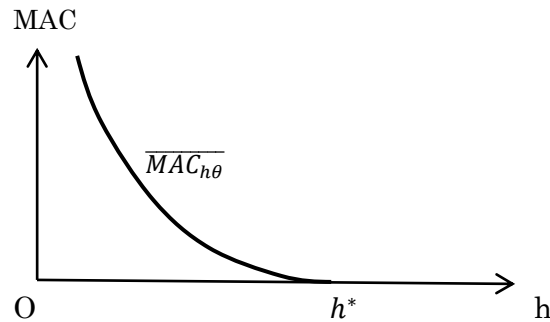


図 4-2 直接費タームでの限界削減費用

$$(4-23) \quad \frac{(b-\delta\theta^*)\theta^*}{2(a+\alpha)} - 2w\delta = 3\gamma x^{*3}(\delta_0 - \delta)^2$$

が成立するところまで δ を下げるであろう。(4-23) 式は

$$(4-24) \quad \delta^2 - \frac{6\gamma x^{*3}\delta_0 - \{4w(a+\alpha) + \theta^{*2}\}}{3\gamma x^{*3}}\delta + \frac{3\gamma x^{*3}\delta_0^2 - b\theta^*}{3\gamma x^{*3}} = 0$$

となる。いま (4-24) 式左辺を $f(\delta)$ と置く。 x^* は独占企業の課税後第 1 ステップ終了時点での生産量であり、

$$(4-25) \quad \theta^{*2} + 4w(a+\alpha) < 6\gamma x^{*3}\delta_0, \quad b\theta^* < 3\gamma x^{*3}\delta_0^2$$

を満たすに十分大きな数量であると仮定する (注 4)。このとき初期排出係数が

$$(4-26) \quad 0 < \delta_0 < \frac{b\theta^*}{\theta^{*2} + 4w(a+\alpha)}$$

の範囲に与えられた場合には、 $f(\delta_0) < 0$ が成立し、 $f(\delta) = 0$ の解 δ' が $0 < \delta' < \delta_0$ において存在する。すなわち(4-24)式の解 δ' の存在は、初期排出係数 δ_0 に依存することが分かる。

汚染除去後、図 4-3 の状況が生じたとする。ただし $x^* < x^{*'}$ であり、これは汚染除去により支払う税額が減ったことによってもたらされた生産量の増加を意味する(注 5)。

市場では図 4-1 の E' 点の実現する。ところが独占の場合も完全競争の場合と同様な問題が生ずる(注 6)。すなわち独占企業の利潤最大化条件

$$(4-27) \quad MC + \delta' \theta^* = -2ax + b (= MR)$$

を満たす数量 $x^{*'} = (b - \delta' \theta^*) / 2(a + \alpha)$ と社会厚生最大化条件

$$(4-28) \quad (2\alpha + \tau(\delta'))x = -ax + b$$

を満たす数量 $x_g' = (b / (a + 2\alpha + \tau(\delta')))$ とが一致する保証はない。 δ の低下に伴って MEC が下方変容することから、MSC もまた下方変容するが、その下方変容した MSC

限界利潤・限界費用

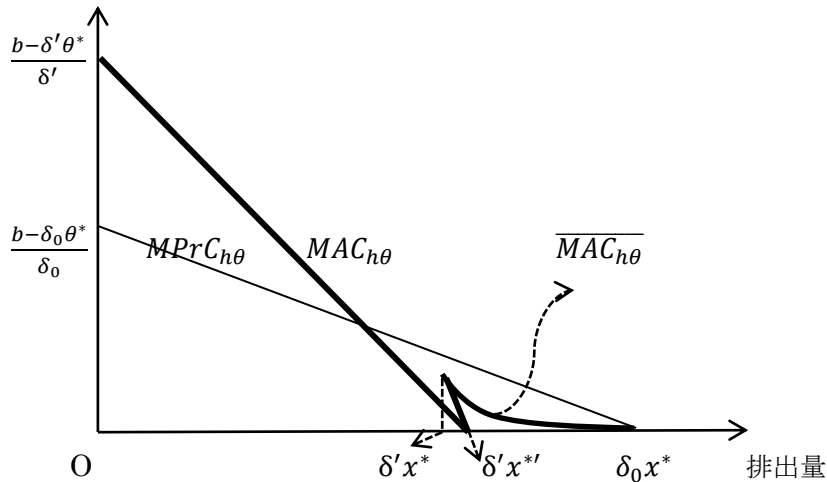


図 4-3 独占企業の課税下での汚染除去

と需要曲線の新たな交点 E' (図 4-4 参照)における数量 x_g' と、 $x^{*'}$ が一致するためには(4-16)式を考慮すると

$$(4-29) \quad \frac{a + 2\alpha + \tau(\delta')}{a + 2\alpha + \tau(\delta_0)} = \frac{\tau(\delta') - a}{\tau(\delta_0) - a} \cdot \frac{\delta_0}{\delta'} < 1$$

が成り立たなければならない。よって

$$(4-30) \quad \frac{\tau(\delta') - a}{\tau(\delta_0) - a} < \frac{\delta'}{\delta_0}$$

77

ない。

さらに $0 < t < \bar{t}$, $U < A$ のケース (図 4-5-③) では、企業は h_0 から h_0' までは $\overline{MAC_h}$ に沿い、 h_0' から A までは MAC_{0h} に沿って排出削減し、 $A-U$ 分の許可証を購入する。

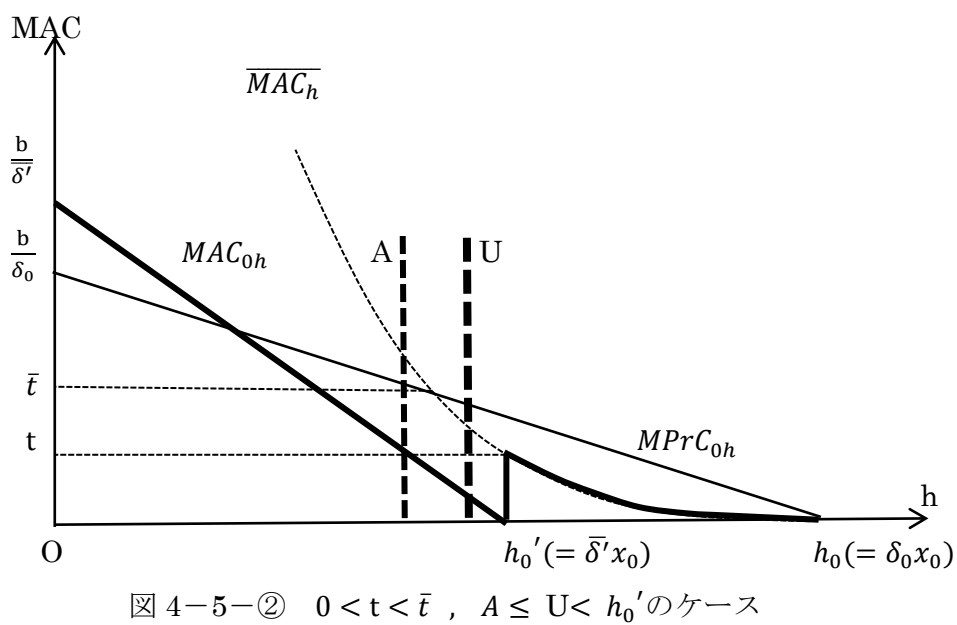
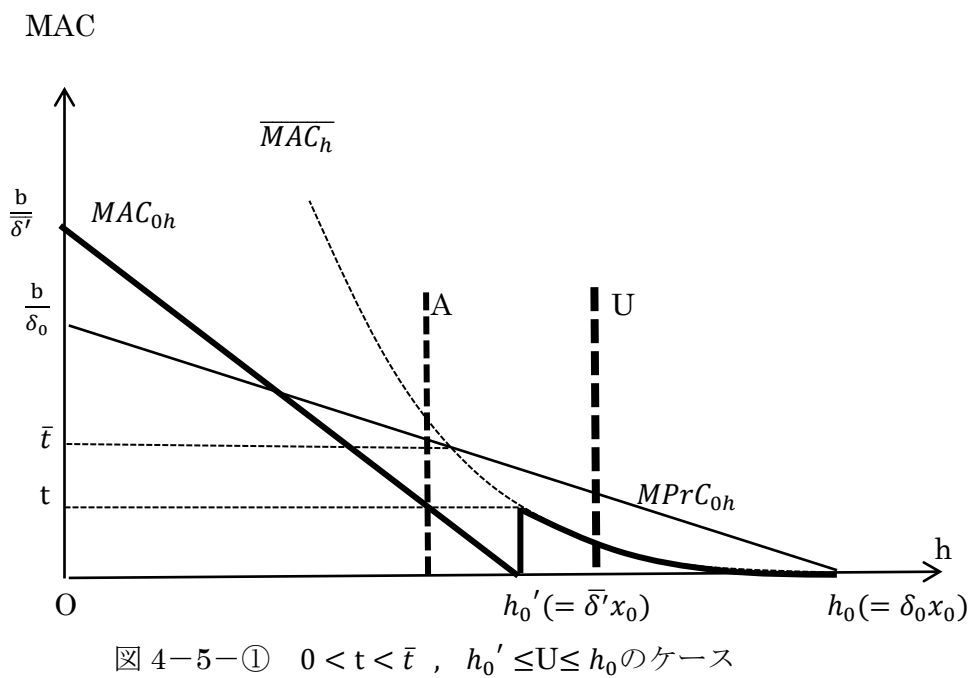
次に $\bar{t} < t$ の場合について検討する。 $h_0'' \leq U \leq h_0$ のケース (図 4-5-④) では企業は h_0 から h_0'' まで $\overline{MAC_h}$ に沿って排出削減し、 h_0'' から A までは MAC_{0h} に沿って生産削減する。そして $U-A$ に相当する許可証を販売する。 $U=h_0$ および $U=h_0''$ の場合も $U-A$ 分の許可証が販売される。

$A \leq U < h_0''$ のケース (図 4-5-⑤) では、 $h_0'' \leq U \leq h_0$ のケースと同様に、企業は h_0 から h_0'' まで $\overline{MAC_h}$ に沿って排出削減し、 h_0'' から A までは MAC_{0h} に沿って生産削減する。そして $U-A$ に相当する許可証を販売する。 $U=A$ のとき許可証取引は行われない。

最後に $U < A$ のケース (図 4-5-⑥) では企業は h_0 から h_0'' まで $\overline{MAC_h}$ に沿って排出削減し、 h_0'' から A までは MAC_{0h} に沿って生産削減する。そして $A-U$ に相当する許可証を購入する。

以上の分析を通して、次の事項が確認される。

- (i) 許可証価格が高いケース ($\bar{t} < t$) では、許可証価格が低いケース ($0 < t < \bar{t}$) よりも排出係数が低く ($\bar{\delta}'' < \bar{\delta}'$)、汚染の除去が進むと同時に生産量の減少幅が大きく生産物価格上昇の程度も高くなる。
- (ii) $U < A$ のケースでは、許可証価格に関わりなく独占企業は許可証需要者となる。
- (iii) $U \geq A$ のケースでは、許可証価格に関わりなく独占企業は許可証の供給主体となるか、または許可証取引がなされないかのいずれかとなる。



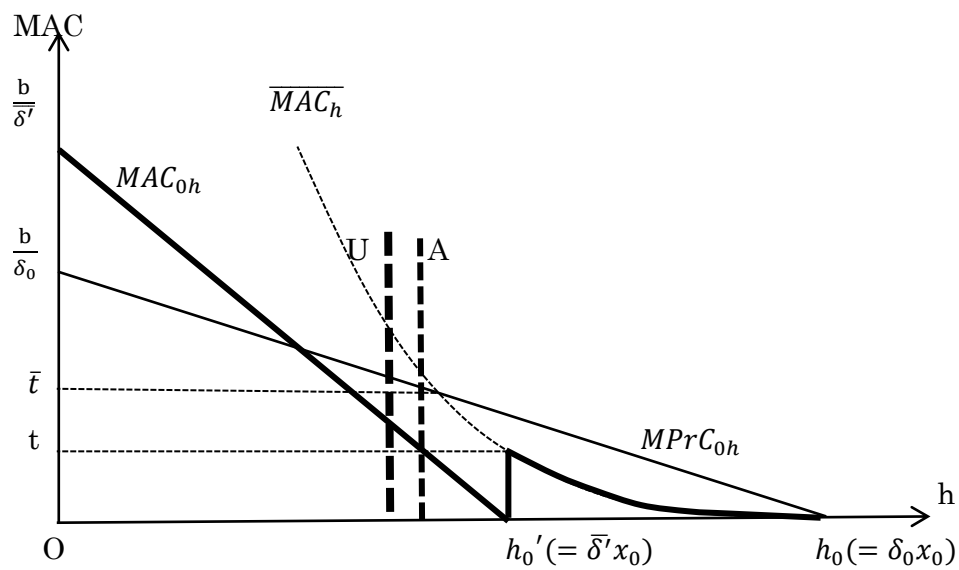


図 4-5-③ $0 < t < \bar{t}$, $U < A$ のケース

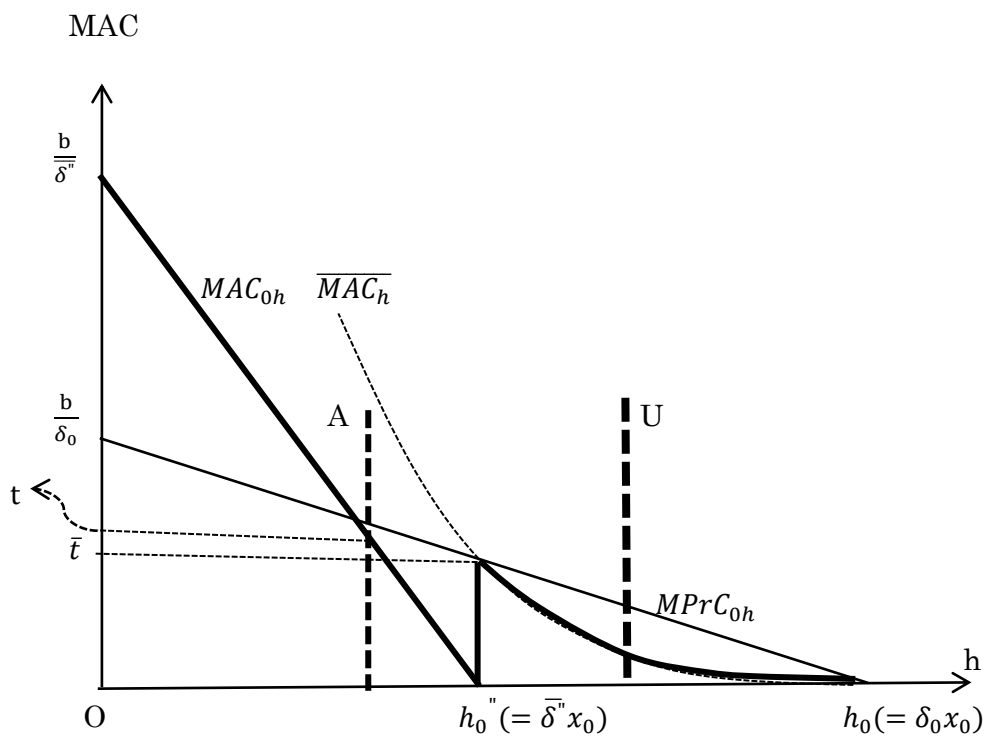


図 4-5-④ $\bar{t} < t$, $h_0'' \leq U \leq h_0$ のケース

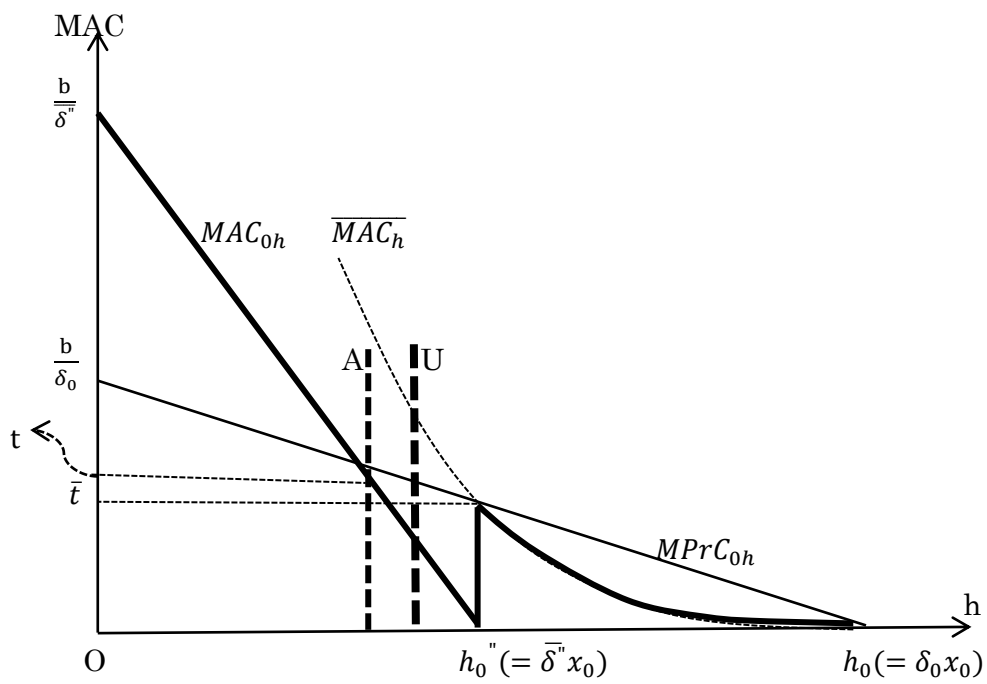


図 4-5-⑤ $\bar{t} < t$, $A \leq U < h_0''$ のケース

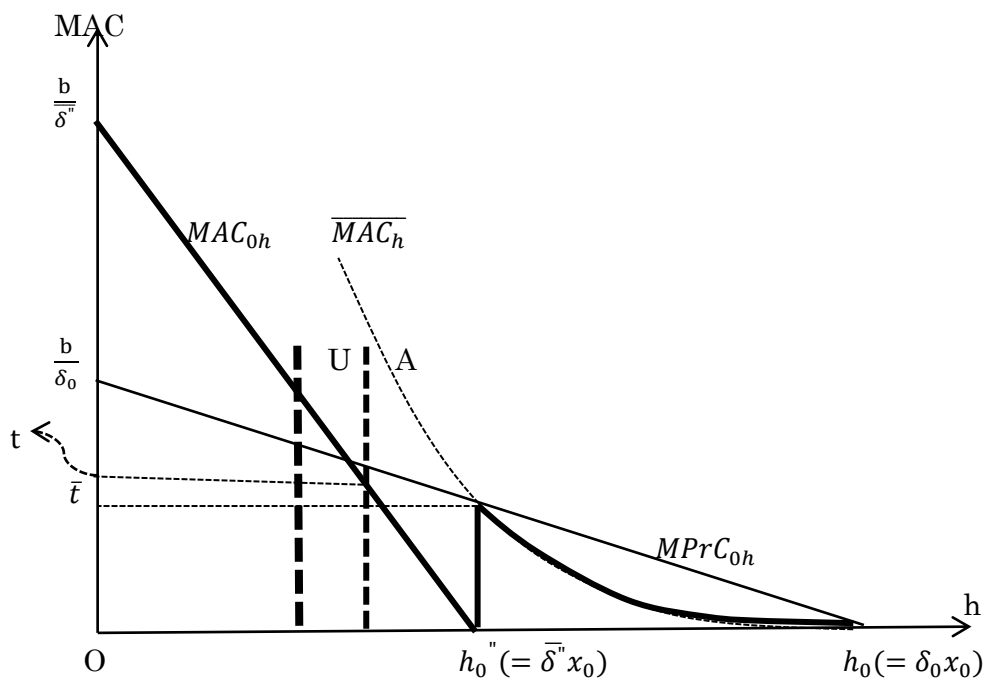


図 4-5-⑥ $\bar{t} < t$, $U < A$ のケース

ここで社会厚生の変化を確認するため、市場の状態を検討する。いま $0 < t < \bar{t}$ のケースで、 $\delta_0 \rightarrow \bar{\delta}'$ の変化による社会的限界費用 MSC の変容を MSC' 、生産量と価格の変化をそれぞれ $x_0 \rightarrow x_1, p_0 \rightarrow p_1$ 、 $\bar{t} < t$ のケースで、 $\delta_0 \rightarrow \bar{\delta}''$ の変化による MSC の変容を MSC'' 、生産量と価格の変化をそれぞれ $x_0 \rightarrow x_2, p_0 \rightarrow p_2$ で表す。ただし

$$(4-32) \quad x_2 < x_1 < x_0, \quad p_1 < p_2$$

である。

図 4-6 は、 E_0 点において $p_0 - MC > MEC$ の状況下での許可証取引制度と社会厚生の関係が示されている。 MEC' や MEC'' は汚染除去（排出係数の低下）によって下方変容した限界外部費用であり、それに伴って社会的限界費用も MSC' および MSC'' に定まる。また MSC' 、 MSC'' と需要曲線の交点をそれぞれ K' 、 K'' とする。したがって排出係数の低下幅と生産量の減少幅が小さい $0 < t < \bar{t}$ のケースにおいて定まる需要曲線上の点 E' (x_1, p_1) と K' が一致しなければ厚生最大化は実現しない。同様にして排出係数の低下幅と生産量の減少幅が大きい $\bar{t} < t$ のケースにおいて定まる需要曲線上の点 E'' (x_2, p_2) と K'' が一致しなければ厚生最大化は実現しない。

図から明らかなように独占下においては、許可証取引制度は過度な生産縮小を引き起こし、甚大な厚生損失をもたらすことが分かる。それは許可証取引制度下では、企業が費用効率性基準にしたがって行動するからである。

ただし MEC がきわめて大きく、 E_0 点において $p_0 - MC < MEC$ のケースでは、厚生最大化の可能性が起こるが、図 4-7 のように競争のケース（第 2 章第 2 節(2)）と同様な問題が生ずる。すなわち(4-32)式より需要曲線上で E' は E'' の右側に位置しなければならないが、もし E' と K' が一致し、 $0 < t < \bar{t}$ のケースで厚生最大化が達成される状況下で、許可証価格が $\bar{t} < t$ に定まった場合には、 E'' が厚生最大化の点 K'' の左側に位置し、過少生産をもたらす結果厚生損失 ($\Delta E'' FK''$) が発生する。逆に E'' と K'' が一致し、 $\bar{t} < t$ のケースで厚生最大化が達成される状況下で、許可証価格が $0 < t < \bar{t}$ に定まった場合には過剰生産下で厚生損失が発生する。

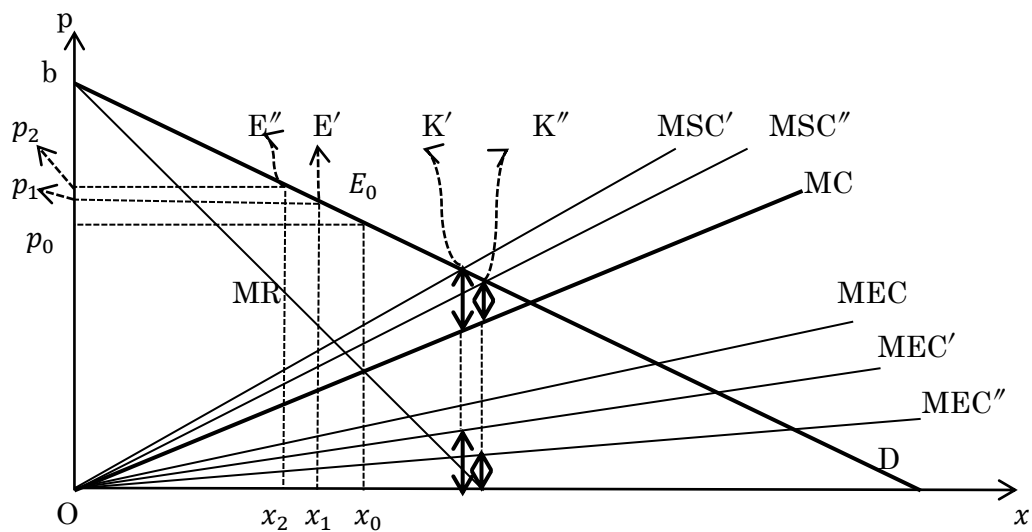


図 4-6 独占下における許可証取引制度と社会厚生(1)

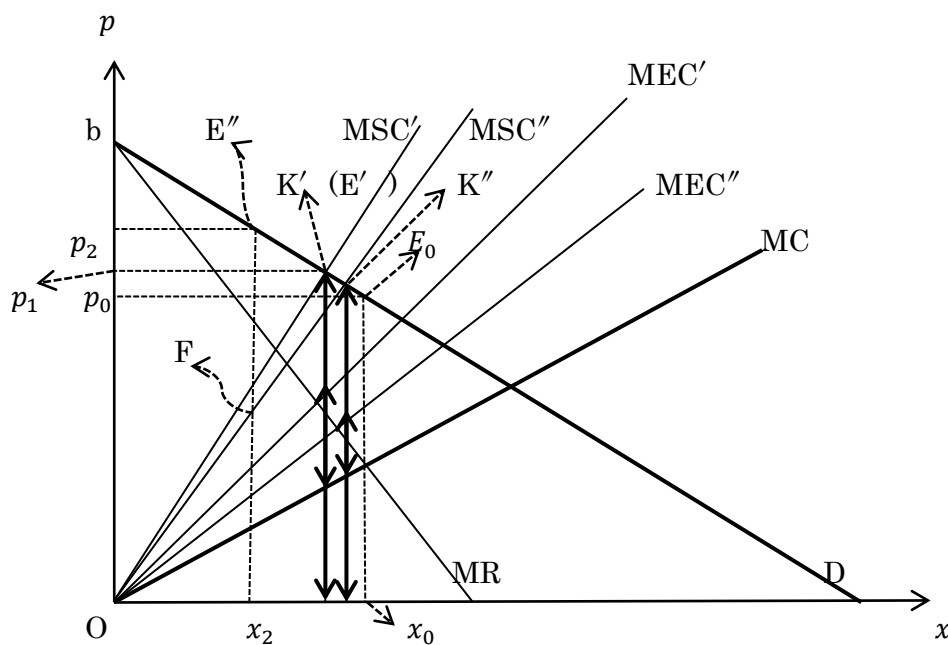


図 4-7 独占下における許可証取引制度と社会厚生(2)

(4) 直接規制下における独占企業行動と厚生変化

直接規制においては、競争のケースと同様に実際の排出規制がどの水準に定められるかによって、社会厚生に大きく影響する。図 4-8 は排出規制 U が

- (i) $\bar{\delta}''x_0 \leq U_1 < \delta_0x_0$ (低い規制水準)
- (ii) $U_2 < \bar{\delta}''x_0$ (高い規制水準)

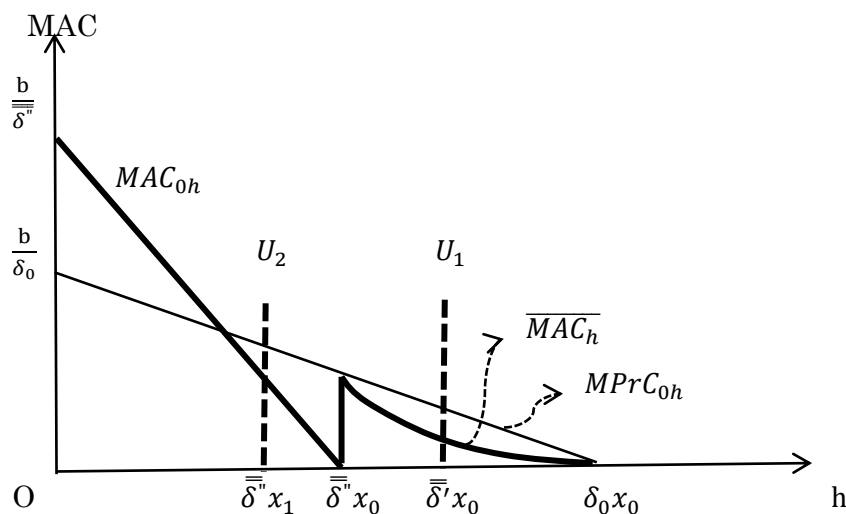


図 4-8 直接規制下での独占企業の排出削減

の 2 ケースに分けて示されている。ケース（i）では生産量に変化はなく、汚染除去だけによって規制水準が達成される。それに対してケース（ii）では、 δ_0 から $\bar{\delta}''$ への排出係数の低下とともに生産量の x_0 から x_1 への減少が生ずる。

図 4-9 は、 E_0 点において $p_0 - MC > MEC$ の下でケース（i）、（ii）について市場での状態が示されている。ただし

$$(4-33) \quad x_1 < x_0, \quad p_0 < p_1$$

である。ケース（i）では市場供給量に変化がなく x_0 であり、厚生最大化の点 K' に対して過少生産が生じ、厚生損失（ $\Delta E' FK'$ ）が発生する。ケース（ii）では、供給量が x_0 から x_1 に減少し、さらに大きな厚生損失（ $\Delta E'' F' K''$ ）が生ずる。

一方 E_0 点において（限界利潤） $< MEC$ の下では、図 4-10 のような状況が生ずる。ケース（i）では、市場供給量 x_0 の下で過剰生産が起こり、厚生損失（ $\Delta K' FE'$ ）が発生する。ケース（ii）では、 E'' が K'' と一致する可能性が生まれ、その場合には厚生最大化が達成される。

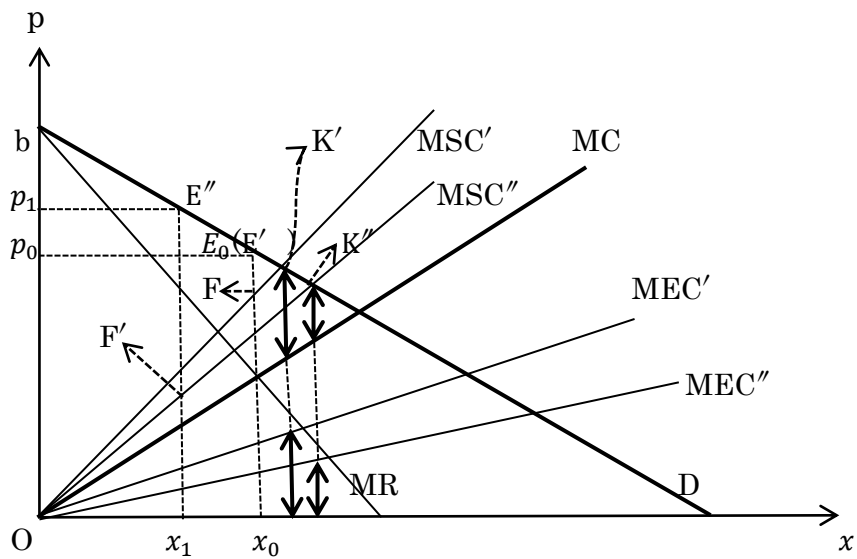


図 4-9 独占下における直接規制と社会厚生(1)

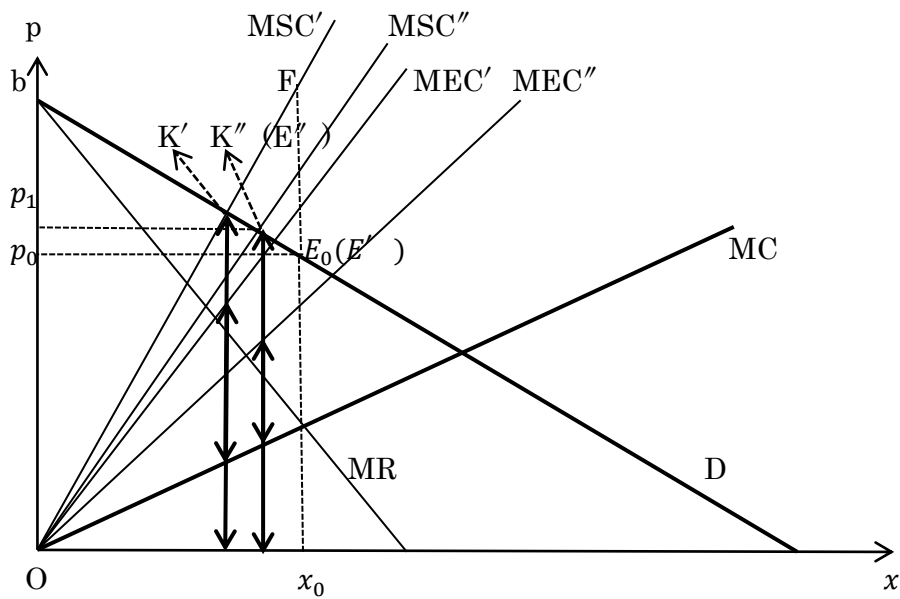


図 4-10 独占下における直接規制と社会厚生(2)

第 2 節 寡占市場における環境政策と社会厚生

(1) 仮定

(i) 同質の生産物を生産する 2 企業モデル

x_a : 企業 A の生産量

x_b : 企業 B の生産量

x : 産業の生産量 ($x_a + x_b = x$)

π_a : A 企業の利潤

π_b : B 企業の利潤

$$(4-34) \quad C_a = \alpha x_a^2 + \beta, \quad C_b = \alpha x_b^2 + \beta \quad (\alpha > 0, \beta > 0)$$

$$\text{限界費用} \quad MC_a = 2\alpha x_a, \quad MC_b = 2\alpha x_b$$

(iii) 産業の需要曲線、排出関数（各企業で同一）、および限界外部費用は、それぞれ (4-2)、(4-3)、(4-5) 式で与えられるものとする。

(2) 環境税制下における寡占企業行動と社会厚生

(2)-1 課税の第 1 ステップ

ここでは伝統的クールノー・ナッシュ均衡を前提として議論を進める。A 企業は B 企業の生産量をパラメータとして自らの利潤を最大化するように行動する。すなわち彼は自らが直面する需要曲線

$$p = (b - \alpha x_b) - \alpha x_a$$

の下で利潤

$$\pi_a = p x_a - C_a = -(a + \alpha) x_a^2 + (b - \alpha x_b) x_a - \beta$$

を最大化する。B 企業も同様に行動することから最大化の 1 階条件より、課税前の各企業の反応曲線が

$$(4-35) \quad x_a = \frac{b}{2(a+\alpha)} - \frac{a}{2(a+\alpha)} x_b, \quad x_b = \frac{b}{2(a+\alpha)} - \frac{a}{2(a+\alpha)} x_a$$

で与えられ、これを解くと

$$(4-36) \quad x_a^* = \frac{b}{3a+2\alpha}, \quad x_b^* = \frac{b}{3a+2\alpha}$$

となる。よってクールノー・ナッシュ均衡解 E は

$$(4-37) \quad x^* = x_a^* + x_b^* = \frac{2b}{3a+2\alpha}, \quad p^* = \frac{b(a+2\alpha)}{3a+2\alpha}$$

に定まる。

いま、汚染物の限界被害の大きさ (MEC) と $(p^* - MC)$ の関係から、図 4-11 のように社会的限界費用が MSC_1 ($MEC = RA < p^* - MC = EA$) と MSC_2 ($MEC = FA > p^* - MC = EA$) に分類されるケースを想定する。社会厚生の最大化条件 $p = MSC$ を満たすためには、 MSC_1 のケースでは補助金、 MSC_2 のケースでは課税が必要とされる。ここでは MSC_2 のケースを扱うこととする (注 8)。図 4-11 で、E : クールノー・ナッシュ均衡、 E_M : 独占均衡であり、社会的限界費用は

$$(4-38) \quad MSC_2 = (2\alpha + \tau_2(\delta_0))x, \quad (MEC = \tau_2(\delta_0)x)$$

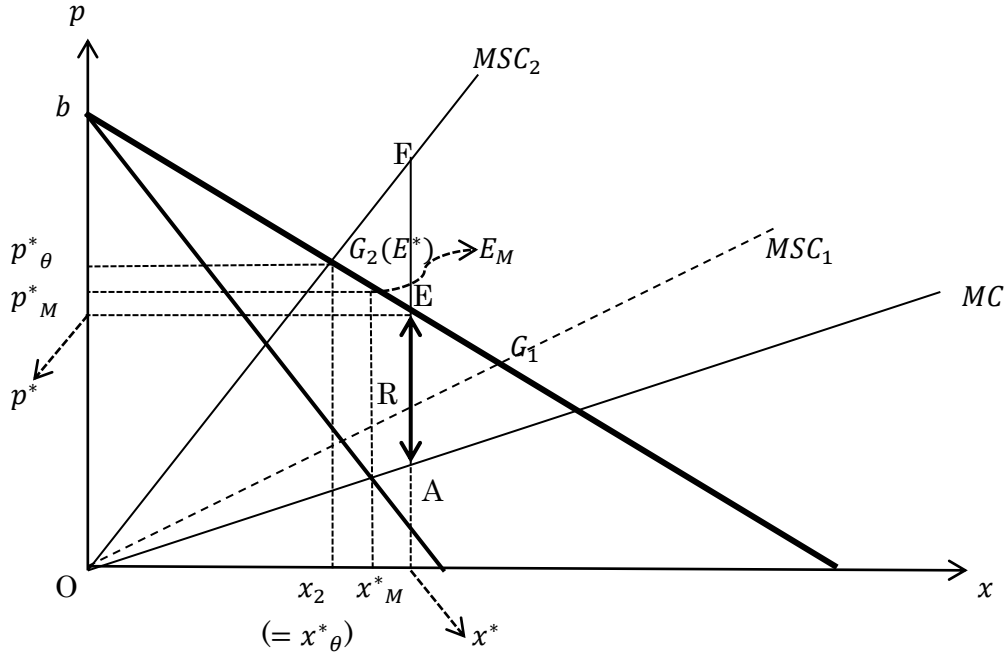


図 4-11 寡占市場と外部性

となる（注9）。このとき寡占産出量 x^* は社会的に効率な数量（ x_2 ）を超過する。ここで政策当局は、課税によって $x^* \rightarrow x_2$ を達成する必要がある。いま、当局により汚染物に対して税率 θ^* で環境税が課されたものとする。このとき寡占企業は生産物に対して $\delta_0\theta^*$ の税率で課税されたものとして行動する。両企業の利潤関数は

$$(4-39) \quad \pi_{a\theta} = -(a + \alpha)x_a^2 + (b - \alpha x_b - \delta_0\theta^*)x_a - \beta$$

$$(4-40) \quad \pi_{b\theta} = -(a + \alpha)x_b^2 + (b - \alpha x_a - \delta_0\theta^*)x_b - \beta$$

で表され、反応曲線

$$(4-41) \quad x_a = \frac{b - \delta_0\theta^*}{2(a + \alpha)} - \frac{a}{2(a + \alpha)}x_b, \quad x_b = \frac{b - \delta_0\theta^*}{2(a + \alpha)} - \frac{a}{2(a + \alpha)}x_a$$

が定まり、その解は

$$(4-42) \quad x_{a\theta}^* = \frac{b - \delta_0\theta^*}{3a + 2\alpha}, \quad x_{b\theta}^* = \frac{b - \delta_0\theta^*}{3a + 2\alpha}$$

で与えられる。よって課税後のクールノー・ナッシュ均衡解 E^* は

$$(4-43) \quad x_\theta^* = \frac{2(b - \delta_0\theta^*)}{3a + 2\alpha}, \quad p_\theta^* = \frac{b(a + 2\alpha) + 2a\delta_0\theta^*}{3a + 2\alpha}$$

となる。セカンド・ベストの税率は、 $x_\theta^* = x_2$ より

$$(4-44) \quad \theta^* = \frac{b(-a + 2\alpha + 2\tau_2(\delta_0))}{2\delta_0(a + 2\alpha + \tau_2(\delta_0))}$$

に定まる。ただし社会的に効率な点 G_2 における数量は

$$(4-45) \quad x_2 = \frac{b}{a+2\alpha+\tau_2(\delta_0)}$$

である。

(2)–2 課税の第2ステップ

課税の第1ステップ完了時点でのA企業の限界利潤曲線は(4–39)式より

$$(4-46) \quad MPrC_{a\theta} = -2(a+\alpha)x_a + (b - ax_b - \delta_0\theta^*)$$

である。いま課税後にクールノー・ナッシュ均衡が実現した状況では、企業は(4–43)式を知っているため、(4–46)式は

$$(4-47) \quad MPrC_{a\theta} = -2(a+\alpha)x_a + 2(a+\alpha)x_{a\theta}^*$$

で表される。これを排出量表示に変換すると

$$(4-48) \quad MPrC_{a\theta h} = -\frac{2(a+\alpha)}{\delta^2}h_a + \frac{2(a+\alpha)}{\delta}x_{a\theta}^*$$

となる。このときの企業Aの利潤は

$$(4-49) \quad \pi_{a\theta} = \frac{(a+\alpha)(b-\delta\theta^*)^2}{(3a+2\alpha)^2} - (q - w\delta^2)$$

で表され、 δ の追加1単位を低下させた場合の利潤増分は

$$\left| \frac{d\pi_{a\theta}}{d\delta} \right| = \frac{2(a+\alpha)(b-\delta\theta^*)\theta^*}{(3a+2\alpha)^2} - 2w\delta$$

となる。ここで δ の低下は、削減費用(2–13)式によるものとする、排出係数表示の直接費タームでのMAC

$$\overline{MAC}_{\delta\theta} = 3\gamma(h^* - h_a)^2 \big|_{x=x_{a\theta}^*} = 3\gamma x_{a\theta}^{*3}(\delta_0 - \delta)^2, \quad (\gamma > 0, h^* = \delta_0 x_{a\theta}^*)$$

によってなされる(注10)。したがって

$$(4-50) \quad \frac{2(a+\alpha)(b-\delta\theta^*)\theta^*}{(3a+2\alpha)^2} - 2w\delta = 3\gamma x_{a\theta}^{*3}(\delta_0 - \delta)^2$$

を満たす δ の水準 δ' まで排出係数が下がるであろう。(4–50)式は次のように変形される。

$$(4-51) \quad \delta^2 - \frac{2\{3\delta_0\gamma x_{a\theta}^{*3}(3a+2\alpha)^2 - (a+\alpha)\theta^{*2} - w(3a+2\alpha)^2\}}{3\gamma x_{a\theta}^{*3}(3a+2\alpha)^2} \delta + \frac{3\delta_0^2\gamma x_{a\theta}^{*3}(3a+2\alpha)^2 - 2b\theta^*(a+\alpha)}{3\gamma x_{a\theta}^{*3}(3a+2\alpha)^2} = 0$$

ここで $x_{a\theta}^*$ は企業Aの生産量であり、

$$(4-52) \quad 3\delta_0\gamma x_{a\theta}^{*3}(3a+2\alpha)^2 > (a+\alpha)\theta^{*2} + w(3a+2\alpha)^2$$

$$(4-53) \quad 3\delta_0^2\gamma x_{a\theta}^{*3}(3a+2\alpha)^2 > 2b\theta^*(a+\alpha)$$

を成立させるに十分大きな数量であると仮定する。ただし独占の場合と同様両式が成立する状況は第6章第2節で確認される。いま(4–51)式左辺を $f(\delta)$ と置く。初期排出

係数が

$$(4-54) \quad \delta_0 < \frac{b\theta^*(a+\alpha)}{w(3a+2\alpha)^2+(a+\alpha)\theta^{*2}}$$

を満たすとき

$$f(\delta_0) = \frac{2}{3\gamma x_{a\theta}^* (3a+2\alpha)^2} [\delta_0 \{w(3a+2\alpha)^2 + (a+\alpha)\theta^{*2}\} - b\theta^*(a+\alpha)] < 0$$

となり、(4-51)式は δ' ($0 < \delta' < \delta_0$) を解に持つ。

δ の低下により支払う税額が減少した企業 A の生産量は $x_{a\theta}^*$ から $x_{a\theta}^{*'}$ に増加する。それに伴って排出量も $x_{a\theta}^* \delta'$ から $x_{a\theta}^{*'} \delta'$ に増大する。その結果図 4-12 のように屈折スプーン型 MAC が形成される。ただし

$$(4-55) \quad x_{a\theta}^{*'} = \frac{b-\delta'\theta^*}{3a+2\alpha}$$

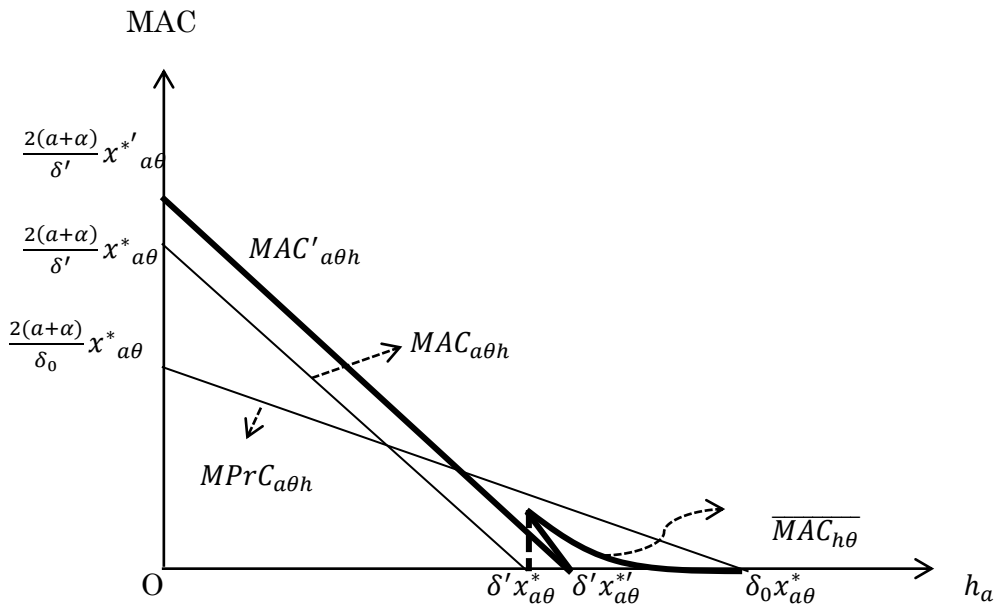


図 4-12 寡占企業の排出削減

であり、企業 B も企業 A と同じ行動を取ることから、価格は p_θ^* から

$$(4-56) \quad p_\theta^{*'} = \frac{b(a+2\alpha)+2a\delta'\theta^*}{3a+2\alpha}$$

に下落する。

以上の状況は市場レベルでは、図 4-13 のように示される。 δ の低下により MSC_2 は

$$(4-57) \quad MSC'_2 = (2\alpha + \tau_2(\delta'))x$$

に下方変容し、 $p = MSC'_2$ を満たす需要曲線上の点 G'_2 が定まる。このときの数量は

$$(4-58) \quad x'_2 = \frac{b}{a+2\alpha+\tau_2(\delta')}$$

である。

一方、2 企業による汚染除去行動の結果定まる数量は

$$(4-59) \quad x_{\theta}^{*'} = \frac{2(b-\delta'\theta^*)}{3a+2\alpha}$$

であり、

$$(4-60) \quad x_{\theta}^{*'} = x'_2$$

が成立するためには、

$$(4-61) \quad \tau_2(\delta') = \frac{b(a-2\alpha)+2\delta'\theta^*(a+2\alpha)}{2(b-\delta'\theta^*)}$$

でなければならない。ところが(4-61)式左辺は外生的に与えられる値であるから(4-60)式の成立は、独占のケースと同様に保証されないことが分かる。すなわち汚染除去後のクールノー・ナッシュ均衡解は $E^{*'}_1$ または $E^{*'}_2$ となり、 G'_2 と一致しない状況が一般的に生起する。

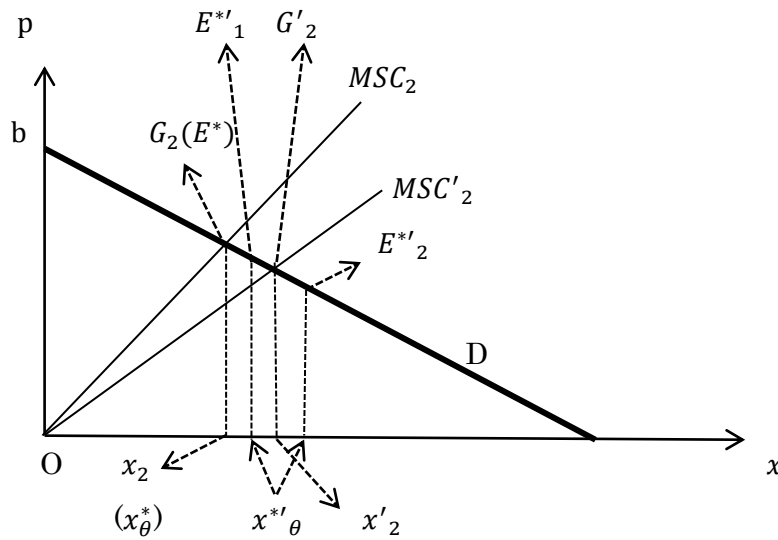


図 4-13 環境税制下での寡占市場の状況

(3) 排出許可証取引制度下における寡占企業行動と厚生変化

寡占企業 A の利潤および限界利潤曲線はそれぞれ

$$(4-62) \quad \pi_a = -(a+\alpha)x_a^2 + (b-ax_b)x_a - \beta$$

$$(4-63) \quad MPrC_a = -2(a + \alpha)x_a + b - \alpha x_b$$

で表される。(4-63)式を排出量表示に変換すると

$$(4-64) \quad MPrC_{ah} = -\frac{2(a+\alpha)(b-\alpha x_b)}{(b-\alpha x_b)\delta_0^2} h_a + \frac{b-\alpha x_b}{\delta_0}$$

であり、クールノー・ナッシュ均衡下では(4-36)式を考慮して

$$(4-65) \quad MPrC_{ah} = -\frac{2(a+\alpha)}{\delta_0^2} h_a + \frac{2b(a+\alpha)}{(3a+2\alpha)\delta_0}$$

となる。よって最大利潤に対応する排出量は、 $h^*_a = \delta_0 x^*_a = \frac{b\delta_0}{3a+2\alpha}$ である。したがって直接費タームでの限界削減費用曲線

$$(4-66) \quad \overline{MAC}_{ah} = 3\gamma(h^* - h)^2 \big|_{x_a=x^*_a} = 3\gamma x^{*2}_a (\delta_0 - \delta)^2 \quad (\gamma > 0, h^* = \delta_0 x^*_a)$$

の下で、企業 A の屈折スプーン型 MAC が図 4-14 のように描かれる。ただし t は許可証価格である。許可証価格の高低および初期配分の位置に伴うケースごとの分析は独占の場合と同様である。

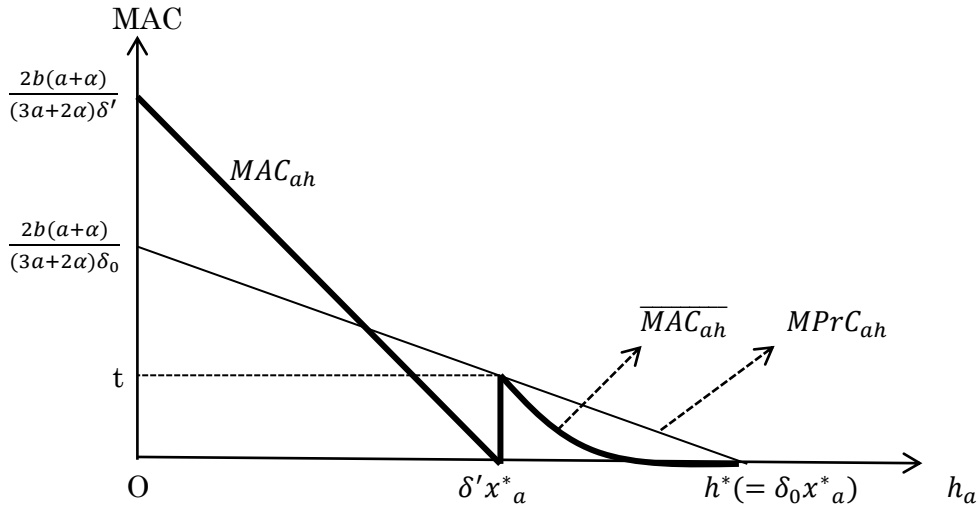


図 4-14 寡占企業の屈折スプーン型 MAC

つぎに社会厚生の変化を確認するため、独占のケースにおける図 4-5 および図 4-14 を参照して市場の状態を検討する。いま $0 < t < \bar{t}$ のケースで、 $\delta_0 \rightarrow \bar{\delta}'$ の変化による社会的限界費用 MSC の変容を MSC' 、生産量と価格の変化をそれぞれ $x^* \rightarrow x^*_1$ 、 $p^* \rightarrow p_1$ 、 $\bar{t} < t$ のケースで、 $\delta_0 \rightarrow \bar{\delta}''$ の変化による MSC の変容を MSC'' 、生産量と価格の変化をそれぞれ $x^* \rightarrow x^*_2$ 、 $p^* \rightarrow p_2$ で表す。ただし

$$(4-67) \quad x^*_{*2} < x^*_{*1} < x^* \quad , \quad p_1 < p_2$$

である。

図 4-15 は、E 点において $p^* - MC > MEC$ の状況下での許可証取引制度と社会厚生
の関係が示されている。MEC' や MEC'' は汚染除去（排出係数の低下）によって下方
変容した限界外部費用であり、それに伴って社会的限界費用も MSC' および

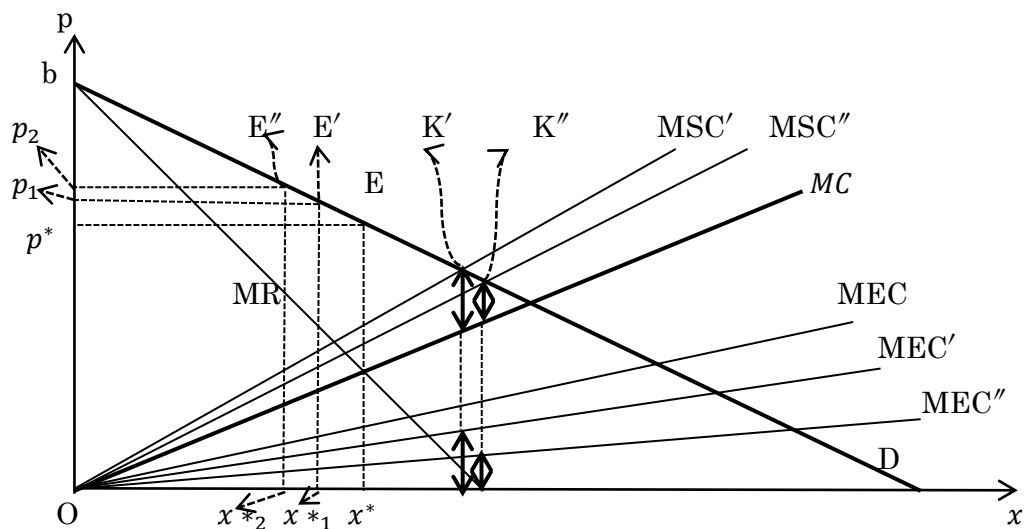


図 4-15 寡占下における許可証取引制度と社会厚生(1)

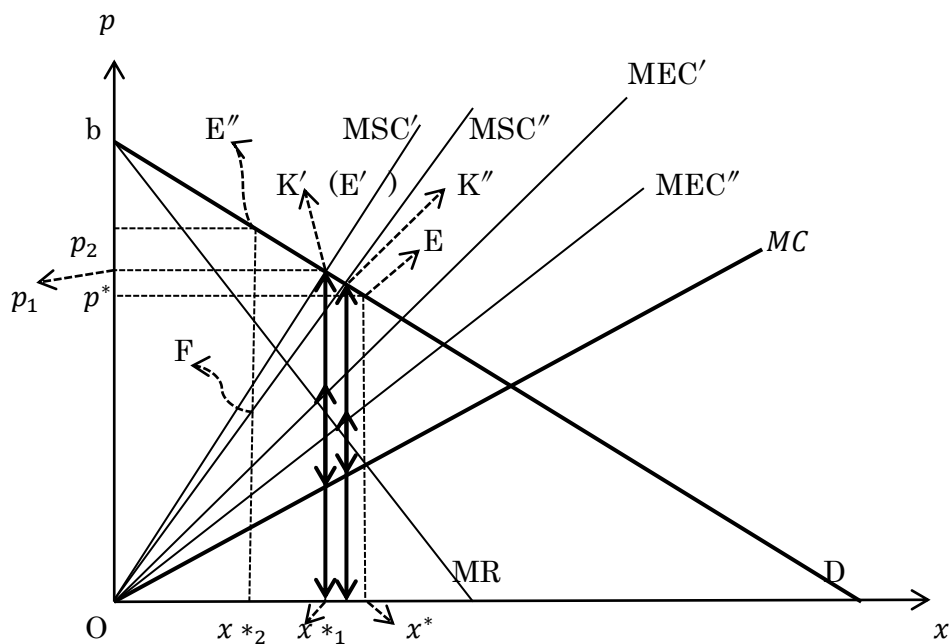


図 4-16 寡占下における許可証取引制度と社会厚生(2)

MSC'' に定まる。また MSC' 、 MSC'' と需要曲線の交点をそれぞれ K' 、 K'' とする。
 したがって排出係数の低下幅と生産量の減少幅が小さい $0 < t < \bar{t}$ のケースにおいて定まる需要曲線上の点 E' (x_{*1} , p_1) と K' が一致しなければ厚生最大化は実現しない。
 同様にして排出係数の低下幅と生産量の減少幅が大きい $\bar{t} < t$ のケースにおいて定まる需要曲線上の点 E'' (x_{*2} , p_2) と K'' が一致しなければ厚生最大化は実現しない。
 図から明らかなように寡占下においても、独占のケースと同様許可証取引制度は過度な生産縮小を引き起こし、甚大な厚生損失をもたらすことが分かる。ただし MEC がきわめて大きく、 E 点において $p^* - MC < MEC$ のケースでは、厚生最大化の可能性が起こるが、図 4-16 のように競争のケース（第 2 章第 2 節(2)）と同様な問題が生ずる。すなわち(4-67)式より需要曲線上で E' は E'' の右側に位置しなければならないが、図のようにもし E' と K' が一致し、 $0 < t < \bar{t}$ のケースで厚生最大化が達成される状況下で、許可証価格が $\bar{t} < t$ に定まった場合には、 E'' が厚生最大化の点 K'' の左側に位置し、過少生産をもたらす結果厚生損失 ($\Delta E'' FK''$) が発生する。逆に E'' と K'' が一致し、 $\bar{t} < t$ のケースで厚生最大化が達成される状況下で、許可証価格が $0 < t < \bar{t}$ に定まった場合には過剰生産下で厚生損失が発生する。

(4) 直接規制下における寡占企業行動と厚生変化

直接規制下での寡占企業の行動は独占のケース(図 7-8 から図 7-10 参照)と同様、

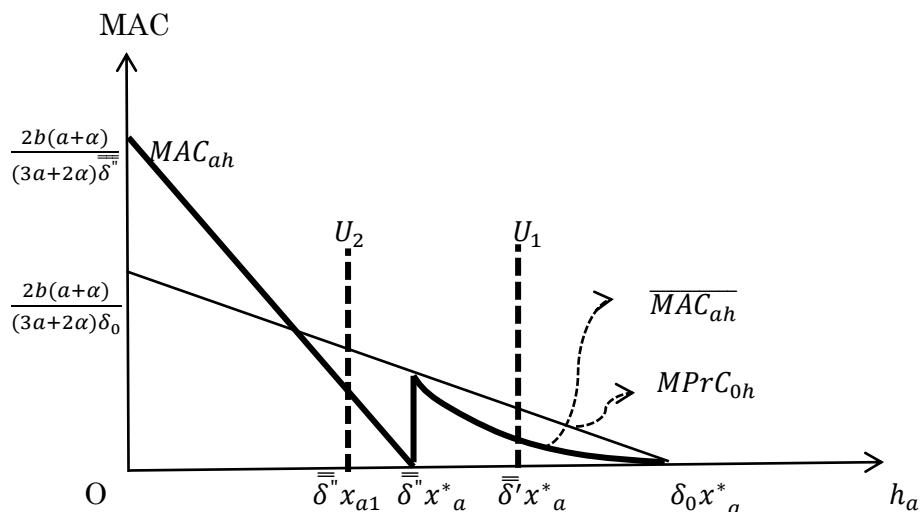


図 4-17 直接規制下での寡占企業の排出削減

規制水準の高低

(i) $\bar{\delta}'' x_a^* \leq U_1 < \delta_0 x_a^*$ (低い規制水準)

(ii) $U_2 < \bar{\delta}'' x_a^*$ (高い規制水準)

により、図 4-17 のように示される。

ケース (i) では寡占企業の生産量に変化はなく、汚染除去だけによって規制水準が達成される。それに対してケース (ii) では、 δ_0 から $\bar{\delta}''$ への排出係数の低下とともに生産量の x_a^* から x_{a1} への減少が生ずる。

図 4-18 は、E 点において $p^* - MC > MEC$ の下でケース (i)、(ii) について市場での状態が示されている。ただし

$$(4-68) \quad x_1 (= x_{a1} + x_{b1}) < x^*, \quad p^* < p_1$$

である。ケース (i) では市場供給量に変化がなく x^* であり、厚生最大化の点 K' に対して過少生産が生じ、厚生損失 ($\Delta E' F K'$) が発生する。ケース (ii) では、供給量が x^* から x_1 に減少し、さらに大きな厚生損失 ($\Delta E'' F' K''$) が生ずる。

一方 E 点において $p^* - MC < MEC$ の下では、図 4-19 のような状況が生ずる。

ケース (i) では、市場供給量 x^* の下で過剰生産が起こり、厚生損失 ($\Delta K' F E'$) が発生する。ケース (ii) では、 E'' が K'' と一致する可能性が生まれ、その場合には厚生最大化が達成される。

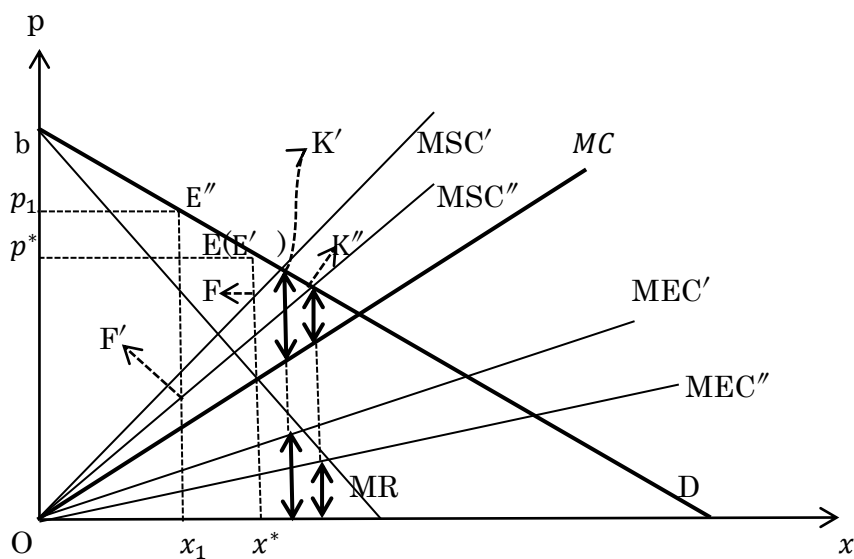


図 4-18 寡占下における直接規制と社会厚生(1)

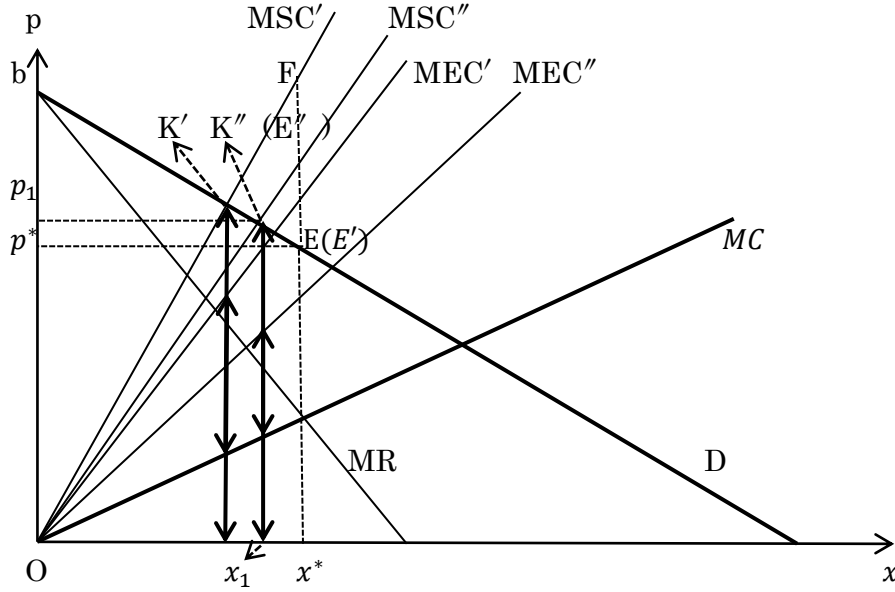


図 4-19 寡占下における直接規制と社会厚生(2)

第 4 章 注

- (注 1) 完全競争モデルでは、この命題は成立しない (Nagai(2013)を参照)。
(注 2) 社会厚生 W は、 $W = \int_0^x (-ax + b)dx - (\alpha x^2 + \beta) - \frac{1}{2}\tau(\delta)x^2$ であり、その最大化の一階条件より (4-15) 式が導出される。
(注 3) 最適税率とは、 $\delta_0\theta^* = MEC$ を満たす税率 θ^* である。
(注 4) (4-25) 式が成立する状況については、第 6 章第 2 節で確認される。
(注 5) 明らかに $b > (\delta_0 + \delta')\theta^*$ が成り立つので、 $\delta'x^* < \delta_0x^*$ である。
(注 6) Nagai(2013)を参照のこと。
(注 7) Nagai(2013)はこれを「課税の失敗(“tax failure.”)」と呼んでいる。
(注 8) MSC_1 のケースでは、社会的に効率な数量は

$$x_1 = \frac{b}{a+2\alpha+\tau_1(\delta_0)}$$

であり、補助金支給により、 $x^* \rightarrow x_1$ となるように当局の介入が必要とされる。補助率を s とすると、各企業の生産量は

$$x_{as}^* = \frac{b+\delta_0\theta^*}{3a+2\alpha} \quad x_{bs}^* = \frac{b+\delta_0\theta^*}{3a+2\alpha}$$

となる。よってクールノー・ナッシュ均衡解は

$$x_s^* = \frac{2(b+\delta_0s)}{3a+2\alpha} \quad p_s^* = \frac{b(a+2\alpha)-2a\delta_0s}{3a+2\alpha}$$

で与えられる。

- (注 9) $x = x_a + x_b$ より、各企業の費用関数は

$$C_a = \alpha(x - x_b)^2 + \beta, \quad C_b = \alpha(x - x_a)^2 + \beta$$

で表される。寡占市場では

$$C = C_a + C_b = \alpha\{(x - x_b)^2 + (x - x_a)^2\} + 2\beta \quad \text{であるから}$$

$$MC = \frac{dC}{dx} = 2\alpha x \quad \text{となり、独占のケースと同じになる。}$$

- (注 10) 両企業とも同一削減技術を有するものとする。

第5章 不完全競争市場における環境政策とイノベーション

第3章における場合と同様、 δ だけを下げするために要するコストを k 、 δ と α を同時に下げるために必要なコストを一括して ω 、 β^+ をイノベーション後の固定費とする。

第1節 独占市場における環境政策とイノベーションのインセンティブ

(1) 環境税制下における独占企業のイノベーションのインセンティブ

イノベーションの可能性は、課税の第1ステップ終了時点の E^* 点（図4-1参照）で生ずる。 π_{θ}^* と π_{θ}^+ は

$$(5-1) \quad \pi_{\theta}^* = \frac{(b-\delta'\theta^*)^2}{4(a+\alpha)} - k - \beta' \quad (\beta < \beta')$$

$$(5-2) \quad \pi_{\theta}^+ = \frac{(b-\delta'\theta^*)^2}{4(a+\alpha')} - \omega - \beta^+ \quad (\beta < \beta^+)$$

となる。したがってイノベーションのインセンティブは

$$(5-3) \quad \pi_{\theta}^+ - \pi_{\theta}^* = \frac{(b-\delta'\theta^*)^2(\alpha-\alpha')}{4(a+\alpha)(a+\alpha')} + (\beta' - \beta^+ + k - \omega)$$

で表される。

(2) 許可証取引制度下における独占企業のイノベーションのインセンティブ

許可証取引制度下で、独占企業がイノベーションを実行した場合、排出係数の低下とともに初期生産量 x_0 が

$$(5-4) \quad x_0' = \frac{b}{2(a+\alpha')}$$

に増大する。

$0 < t < \bar{t}$, $h_0' \leq U \leq h_0$ のケース（図5-1-①）では、イノベーションにより許可証の販売が $U-A$ から $U-A'$ に減少する。イノベーションが実行された場合の企業収益 π_1^+ は、 h_0 から h_0' までの削減コストと生産費を下げるために要するコストの和を ω_1 とすると $A' = \bar{\delta}'(b - \bar{\delta}'t)/2(a + \alpha')$ より

$$(5-5) \quad \pi_1^+ = \frac{1}{2} \left(\frac{b}{\bar{\delta}'} + t \right) A' - \beta^+ + (U - A')t - \omega_1 = \frac{(b - \bar{\delta}'t)^2}{4(a + \alpha')} + tU - \omega_1 - \beta^+$$

となる。イノベーションがなされない場合の企業収益 π_1 は $A = \bar{\delta}'(b - \bar{\delta}'t)/2(a + \alpha)$ より h_0 から h_0' までの削減コストを k_1 とすると

$$(5-6) \quad \pi_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{b}{\delta'} + t \right) A - \beta' + (U - A)t - k_1 = \frac{(b - \bar{\delta}'t)^2}{4(a + \alpha')} + tU - k_1 - \beta'$$

であるから、イノベーションのインセンティブは

$$(5-7) \quad \pi_1^+ - \pi_1 = \frac{(b - \bar{\delta}'t)^2 (\alpha - \alpha')}{4(a + \alpha)(a + \alpha')} + (\beta' - \beta^+ + k_1 - \omega_1)$$

で表される。ただし MAC'_{oh} はイノベーション後に変容した限界利潤曲線を表す。

$0 < t < \bar{t}$, $A \leq U < h_0'$ のケース (図 5-1-②) では、同様にイノベーションにより許可証の販売が $U - A$ から $U - A'$ に減少し、イノベーションのインセンティブは(5-7)式と同じになる。

さらに $0 < t < \bar{t}$, $U < A$ のケース (図 5-1-③) では、企業は $A - U$ (イノベーション後は $A' - U$) 分の許可証を購入するが、企業収益は前 2 ケースと同様になり、したがってイノベーションのインセンティブも(5-7)式と同じになる

次に $\bar{t} < t$ の場合について検討する。 $h_0'' \leq U \leq h_0$ のケース (図 5-1-④) ではイノベーションにより許可証の販売が $U - A$ から $U - A'$ に減少する。イノベーションが実行された場合の企業収益 π_2^+ は、 h_0 から h_0'' までの削減コストと生産費減少に要するコストの和を ω_2 とすると

$$(5-8) \quad \pi_2^+ = \frac{1}{2} \left(\frac{b}{\delta''} + t \right) A' - \beta^+ + (U - A')t - \omega_2 = \frac{(b - \bar{\delta}''t)^2}{4(a + \alpha')} + tU - \omega_2 - \beta^+$$

であり、イノベーションがなされない場合の企業収益 π_2 は、 h_0 から h_0'' までの削減コストを k_2 として

$$(5-9) \quad \pi_2 = \frac{1}{2} \left(\frac{b}{\delta''} + t \right) A - \beta' + (U - A)t - k_2 = \frac{(b - \bar{\delta}''t)^2}{4(a + \alpha')} + tU - k_2 - \beta'$$

であるから、イノベーションのインセンティブは

$$(5-10) \quad \pi_2^+ - \pi_2 = \frac{(b - \bar{\delta}''t)^2 (\alpha - \alpha')}{4(a + \alpha)(a + \alpha')} + (\beta' - \beta^+ + k_2 - \omega_2)$$

で表される。

$A \leq U < h_0''$ のケース (図 5-1-⑤) では、 $h_0'' \leq U \leq h_0$ のケースと同様に、イノベーションにより許可証の販売が $U - A$ から $U - A'$ に減少するので、イノベーションのインセンティブは(5-10)式と同じになる。

さらに $U < A$ のケース (図 5-1-⑥) では、企業は $A - U$ (イノベーション後は $A' - U$) 分の許可証を購入するが、企業収益は前 2 ケースと同様になり、したがってイノベーションのインセンティブも(5-10)式と同じになる。

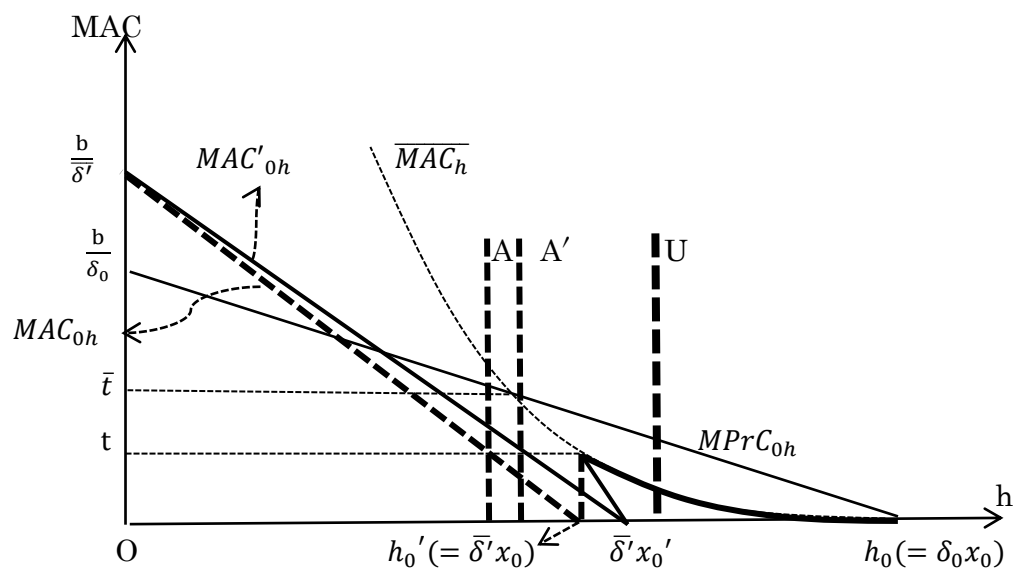


図 5-1-① $0 < t < \bar{t}$, $h_0' \leq U \leq h_0$ のケース

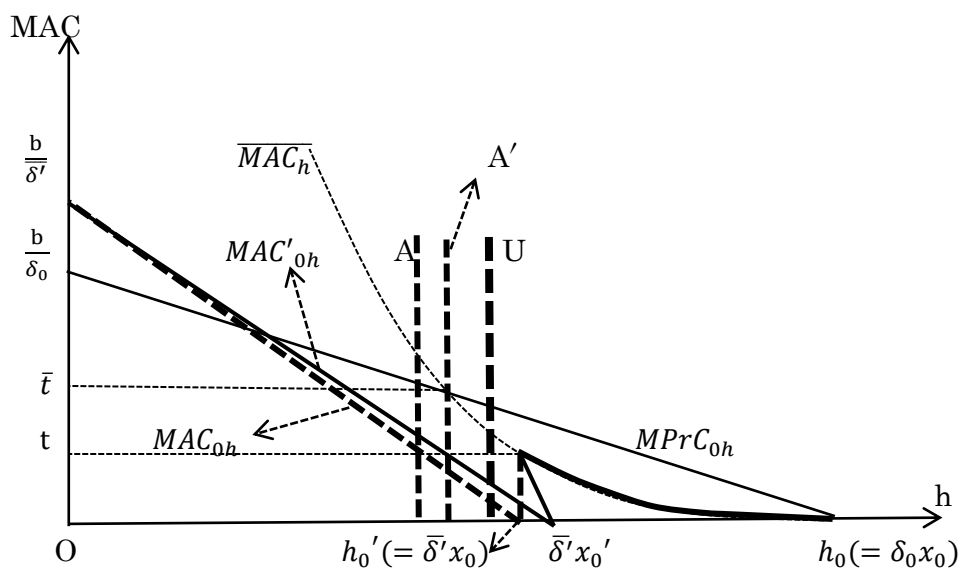


図 5-1-② $0 < t < \bar{t}$, $A \leq U < h_0'$ のケース

。

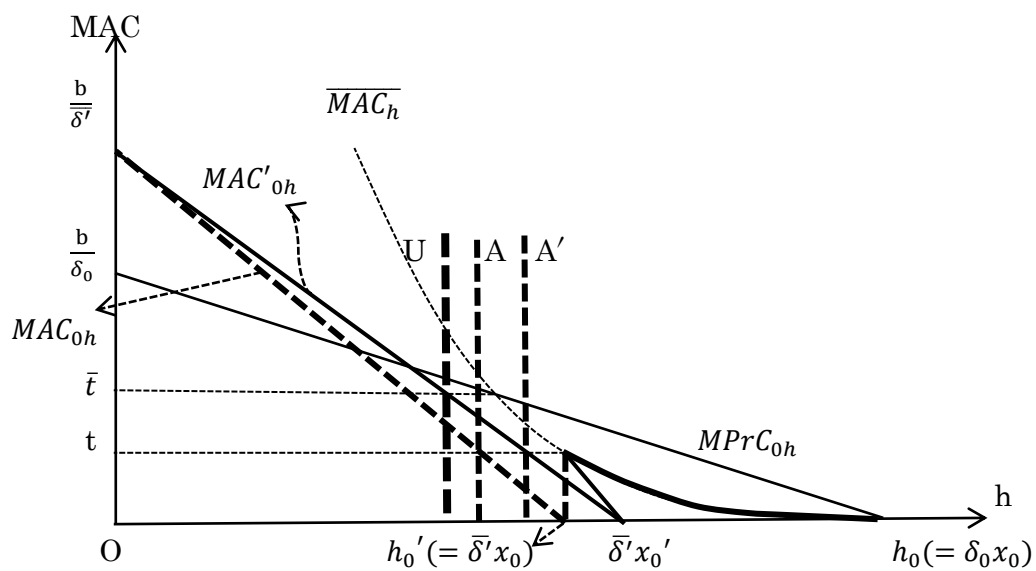


図 5-1-③ $0 < t < \bar{t}$, $U < A$ のケース

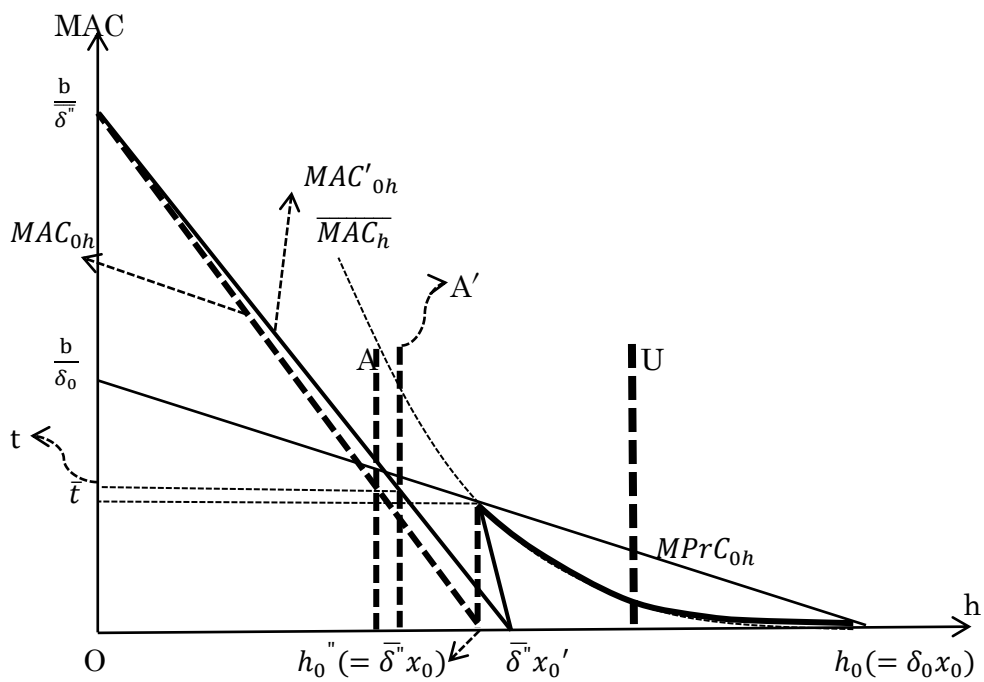
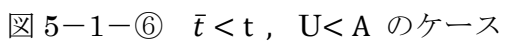
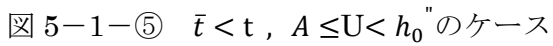


図 5-1-④ $\bar{t} < t$, $h_0'' \leq U \leq h_0$ のケース



(3) 直接規制下における独占企業のイノベーションのインセンティブ

低い規制水準 (U_1) のケースでは、独占企業は規制前利潤から比較的安い汚染削減コストを差し引いた額の利潤を得ており、イノベーションのインセンティブは小さい。それに対して高い規制水準 (U_2) の下では、独占企業は \overline{MAC}_h に沿って $\delta_0 x_0$ から $\bar{\delta}'' x_0$ まで汚染削減し、さらに U_2 まで減産によって対応するため、生産コストの減少を伴うイノベーションへのインセンティブが発生する。規制後イノベーションがなされない場合の利潤 π_3 は、図 5-2 より

$$(5-11) \quad \pi_3 = \frac{1}{2} \left\{ \frac{b}{\bar{\delta}''} + \frac{b-2(a+\alpha)x_1}{\bar{\delta}''} \right\} x_1 \bar{\delta}'' - \beta' - k_3 = \{b - (a + \alpha)x_1\} x_1 - \beta' - k_3$$

で表される。イノベーションに成功した場合の利潤 π_3^+ は

$$(5-12) \quad \pi_3^+ = \frac{1}{2} \left\{ \frac{b}{\bar{\delta}''} + \frac{b-2(a+\alpha')x_1}{\bar{\delta}''} \right\} x_1 \bar{\delta}'' - \beta^+ - \omega_3 = \{b - (a + \alpha')x_1\} x_1 - \beta^+ - \omega_3$$

であるから、イノベーションのインセンティブは

$$(5-13) \quad \pi_3^+ - \pi_3 = (\alpha - \alpha')x_1^2 + (\beta' - \beta^+ + k_3 - \omega_3)$$

となる。ただし k_3 は $\delta_0 x_0$ から $\bar{\delta}'' x_0$ まで汚染を除去する場合のコスト、 ω_3 は $\delta_0 x_0$ から $\bar{\delta}'' x_0$ までの汚染除去コストと生産費を低下させるためのコストの和、また $x_1 = U_2 / \bar{\delta}''$ である。

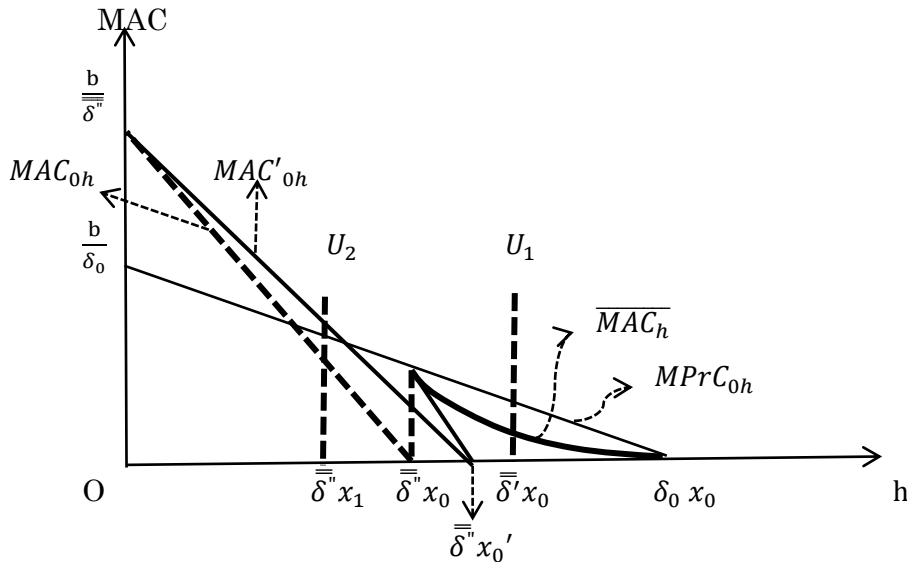


図 5-2 直接規制下での独占企業のイノベーション

第2節 寡占市場における環境政策とイノベーションのインセンティブ

(1) 環境税制下における寡占企業のイノベーションのインセンティブ

課税後に寡占企業がイノベーションの意思決定をする場合、相手企業との戦略的關係に左右されと考えられる。企業 A がイノベーションに成功した場合、限界利潤曲線および利潤関数は、

$$(5-14) \quad \text{MP}C_{a\theta}^+ = -2(a + \alpha')x_a + (b - ax_b - \delta'\theta^*)$$

$$(\pi_{a\theta}^+ = -(a + \alpha')x_a^2 + (b - ax_b - \delta'\theta^*)x_a - \omega - \beta^+)$$

となり、イノベーションのインセンティブは

$$\pi_{a\theta} = -(a + \alpha)x_a^2 + (b - ax_b - \delta'\theta^*)x_a - k - \beta' \quad \text{より}$$

$$(5-15) \quad \pi_{a\theta}^+ - \pi_{a\theta} = \frac{(\alpha - \alpha')(b - ax_b - \delta'\theta^*)^2}{4(a + \alpha)(a + \alpha')} + (\beta' - \beta^+ + k - \omega)$$

によって表される。ここで(5-15)式の x_b の値は、相手企業がイノベーションを実行するかどうかによって変化し、自らがイノベーションを実行した場合のインセンティブに直接影響を及ぼすことになる。

この分野での先行研究としては、Misiolek(1980), Barnett(1980), Pearce and Turner.(1990), Ebert.U(1991)などがあり、独占、寡占下において環境税が課された場合における社会厚生への影響が分析されているが、寡占企業間における戦略的意思決定として、イノベーションを扱ったものは見当たらない。本論文では、以下のような前提の下で、イノベーションを戦略とする寡占企業の行動モデルを設定し、寡占の解が社会厚生にどのような影響を及ぼすかが分析される。

企業 A,B とも下の2戦略を持つものとする。ただし、 $\delta_a = \delta_b = \delta' (< \delta)$, $\alpha_a = \alpha_b = \alpha' (< \alpha)$ と仮定する。また以下の分析で、単純のため利潤式に固定費および k , ω の記述を省略する。

戦略 1 : 燃料・原料の変更を含み、生産費の低下を伴う新しい汚染削減技術を開発する。 (α, δ) の同時低下)

戦略 2 : 第2ステップで汚染除去のみを行う。 (α) 不変、 δ 低下)

π_{ijn} : 企業 i ($i = A$ (添字 a), B (添字 b)) が戦略 j ($j = 1, 2$) を取り、相手企業が戦略 n ($n = 1, 2$) を取ったときの企業 i の利潤

表 5－1 利得表

A \ B	戦略 1	戦略 2
戦略 1	π_{a11}, π_{b11}	π_{a12}, π_{b21}
戦略 2	π_{a21}, π_{b12}	π_{a22}, π_{b22}

ここで、各 π_{ijn} は以下のようになる。

(i) π_{a11}, π_{b11} のケース

$$x_a = x_b = \frac{b - \delta' \theta^*}{3a + 2\alpha'} \quad \text{より} \quad \pi_{a11} = \pi_{b11} = \left(\frac{b - \delta' \theta^*}{3a + 2\alpha'} \right)^2 (a + \alpha')$$

(ii) π_{a22}, π_{b22} のケース

$$x_a = x_b = \frac{b - \delta' \theta^*}{3a + 2\alpha} \quad \text{より} \quad \pi_{a22} = \pi_{b22} = \left(\frac{b - \delta' \theta^*}{3a + 2\alpha} \right)^2 (a + \alpha)$$

(iii) π_{a12} のケース

$$x_b = \frac{b - \delta' \theta^*}{3a + 2\alpha} \quad \text{より} \quad x_a = \frac{b - ax_b - \delta' \theta^*}{2(a + \alpha')} = \frac{(a + \alpha)(b - \delta' \theta^*)}{(a + \alpha')(3a + 2\alpha)}$$

よって

$$\pi_{a12} = \frac{(a + \alpha)^2 (b - \delta' \theta^*)^2}{(a + \alpha')(3a + 2\alpha)^2}$$

(iv) π_{b21} のケース

$$x_a = \frac{b - \delta' \theta^*}{3a + 2\alpha'} \quad \text{より} \quad x_b = \frac{b - ax_a - \delta' \theta^*}{2(a + \alpha)} = \frac{(a + \alpha')(b - \delta' \theta^*)}{(a + \alpha)(3a + 2\alpha')}$$

よって

$$\pi_{b21} = \frac{(a + \alpha')^2 (b - \delta' \theta^*)^2}{(a + \alpha)(3a + 2\alpha')^2}$$

(v) π_{a21} のケース

$$x_b = \frac{b - \delta' \theta^*}{3a + 2\alpha'} \quad \text{より} \quad x_a = \frac{b - ax_b - \delta' \theta^*}{2(a + \alpha)} = \frac{(a + \alpha')(b - \delta' \theta^*)}{(a + \alpha)(3a + 2\alpha')}$$

よって

$$\pi_{a21} = \frac{(a + \alpha')^2 (b - \delta' \theta^*)^2}{(a + \alpha)(3a + 2\alpha')^2}$$

(vi) π_{b12} のケース

$$x_a = \frac{b - \delta' \theta^*}{3a + 2\alpha} \quad \text{より} \quad x_b = \frac{b - ax_a - \delta' \theta^*}{2(a + \alpha')} = \frac{(a + \alpha)(b - \delta' \theta^*)}{(a + \alpha')(3a + 2\alpha)}$$

よって

$$\pi_{b12} = \frac{(a + \alpha)^2 (b - \delta' \theta^*)^2}{(a + \alpha')(3a + 2\alpha)^2}$$

したがって

$$(5-16) \quad \pi_{a11} - \pi_{a21} = \left(\frac{b-\delta'\theta^*}{3a+2\alpha'}\right)^2 (a+\alpha')(\alpha-\alpha') > 0$$

$$\pi_{a12} - \pi_{a22} = \left(\frac{b-\delta'\theta^*}{3a+2\alpha}\right)^2 (a+\alpha)(\alpha-\alpha') > 0$$

また $\pi_{b11} - \pi_{b21} = \pi_{a11} - \pi_{a21}$ および $\pi_{b12} - \pi_{b22} = \pi_{a12} - \pi_{a22}$ であるから

$\pi_{a11} > \pi_{a21}$, $\pi_{a12} > \pi_{a22}$, $\pi_{b11} > \pi_{b21}$, $\pi_{b12} > \pi_{b22}$ であり, ナッシュ均衡解は(戦略1, 戦略1)となる。

以上よりイノベーションのインセンティブは

$$(5-17) \quad \pi_{a11} - \pi_{a22} = \frac{(b-\delta'\theta^*)^2 \{(a+\alpha')(3a+2\alpha)^2 - (a+\alpha)(3a+2\alpha')^2\}}{(3a+2\alpha)^2(3a+2\alpha')^2} > 0$$

となる。ただし

$$(a+\alpha')(3a+2\alpha)^2 - (a+\alpha)(3a+2\alpha')^2 = (\alpha-\alpha')\{3a^2 + 4(\alpha+\alpha')a + 4\alpha\alpha'\} > 0$$

である。

次にナッシュ均衡解(戦略1, 戦略1)について社会厚生の変化を検討する。企業A、Bがともに同水準のイノベーションを実行した場合、市場では

$$(5-18) \quad x_{\theta}^+ = \frac{2(b-\delta'\theta)}{3a+2\alpha'} \quad , \quad p_{\theta}^+ = \frac{b(a+2\alpha') + 2a\delta'\theta}{3a+2\alpha'}$$

が実現する。図5-3において

真の社会厚生 ($\triangle bG_2O$) = 実際の社会厚生 (四角形 bG_2AO) - 外部費用 ($\triangle OG_2A$) が成り立つ。ここで両企業は $\alpha \rightarrow \alpha', \delta_0 \rightarrow \delta'$ に成功しているので、その結果として(4-38)式の MSC_2 は

$$(5-19) \quad MSC_2^+ = (2\alpha' + \tau_2(\delta'))x$$

のように下方変容する

(5-19)式と需要曲線との交点 G_2^+ における数量は

$$(5-20) \quad x_g = \frac{b}{a+2\alpha'+\tau_2(\delta')}$$

であり

$$(5-21) \quad x_g = x_{\theta}^+$$

が成立するとき、両企業がイノベーションを実行した場合、真の社会厚生は $\triangle ObG_2^+$ となり $\triangle OG_2G_2^+$ だけ厚生が増大する。

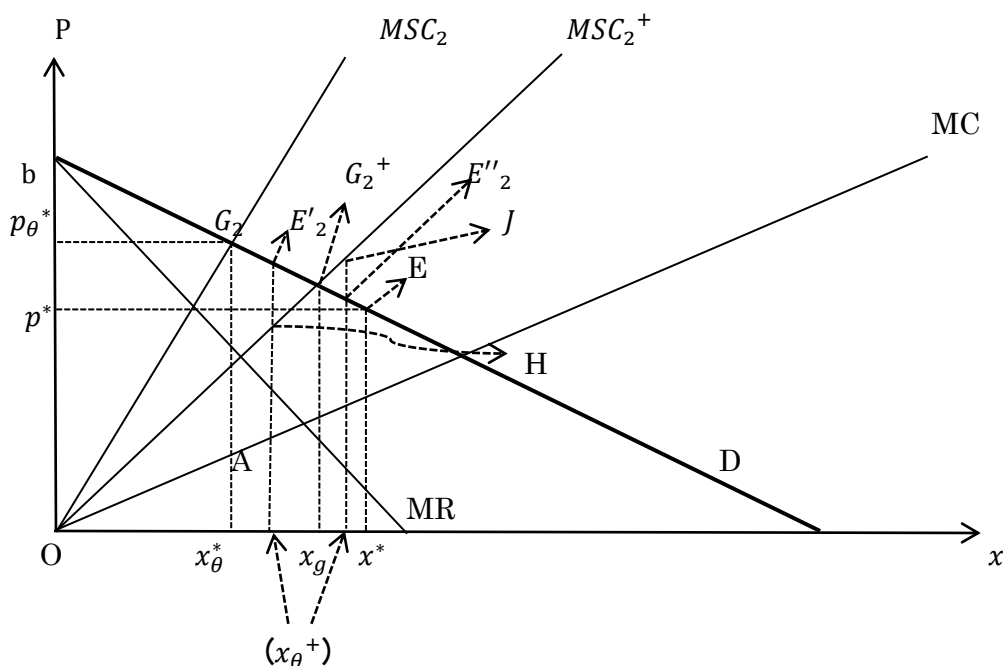


図 5-3 イノベーションによる社会厚生の変化

ここで重要な問題が提起される。(5-21) 式左辺は厚生最大化条件を満たす数量であるが、右辺は寡占企業の戦略的行動の結果定まる数量であり、両数量の一致は保証されない。なぜならば、両数量が一致するためには

$$\tau_2(\delta') = \frac{b(a-2\alpha') + 2\delta'\theta^*(a+2\alpha')}{2(b-\delta'\theta^*)}$$

が成立しなければならないが、明らかに関数 τ_2 の形状に依存することになり一般的には成立しない。

両企業がイノベーションを実行した場合、図 5-3 に示されているように x_{θ}^+ は、(i) $x_{\theta}^+ < x_g$ または (ii) $x_g < x_{\theta}^+ < x^*$ のいずれかに定まると考えられる。(i) の場合には E'_2 が実現し、厚生最大化は達成されないが両企業がイノベーションを実行しない場合と比較して厚生増分 $OG_2E'_2H$ が生ずる。一方(ii) のケースでは E''_2 が実現し、(i)と同様に厚生最大化は達成されないが、両企業がイノベーションを実行しない場合と比較して厚生増分 $(\Delta OG_2G_2^+ - \Delta G_2^+JE''_2)$ が生ずる。

以上のことから両企業がイノベーションを実行した場合、厚生最大化条件を満たさないが、両企業がイノベーションを実行しない場合に比べて厚生総額を増大させることが明らかになった。したがって政策当局は、課税収入から研究開発コストに補助金を支給することによって厚生総額を増大させると同時に、環境改善技術の社会への蓄積を推進させることができる。

(2) 許可証取引制度下における寡占企業のイノベーションのインセンティブ

許可証取引制度下で、寡占企業 A がイノベーションを実行した場合、排出係数の低下とともに初期生産量 x_a^* が

$$(5-22) \quad x_a^{*'} = \frac{b}{3a+2\alpha'}$$

に増大する。

$0 < t < \bar{t}$, $h^{*'} \leq U \leq h^*$ のケース (図 5-4-①) では、イノベーションにより許可証の販売が $U-A$ から $U-A'$ に減少する。イノベーションが実行された場合の企業収益 π_{a1}^+ は、 h^* から $h^{*'}$ までの汚染除去コストと生産費の減少に要するコストの和を ω_1 とすると

$$A' = \frac{2b(a+\alpha')\bar{\delta}' - (3a+2\alpha')\bar{\delta}'^2 t}{2(a+\alpha')(3a+2\alpha')}$$

より

$$(5-23) \quad \pi_{a1}^+ = \frac{1}{2} \left\{ \frac{2b(a+\alpha')}{(3a+2\alpha')\bar{\delta}'} + t \right\} A' - \beta^+ + (U - A')t - \omega_1 = \frac{\{2b(a+\alpha') - (3a+2\alpha')\bar{\delta}' t\}^2}{(a+\alpha')(3a+2\alpha')^2} + tU - \omega_1 - \beta^+$$

となる。イノベーションがなされない場合の企業収益 π_{a1} は

$$A = \frac{2b(a+\alpha)\bar{\delta} - (3a+2\alpha)\bar{\delta}^2 t}{2(a+\alpha)(3a+2\alpha)}$$

より

$$(5-24) \quad \pi_{a1} = \frac{1}{2} \left\{ \frac{2b(a+\alpha)}{(3a+2\alpha)\bar{\delta}} + t \right\} A - \beta' + (U - A)t - k_1 = \frac{\{2b(a+\alpha) - (3a+2\alpha)\bar{\delta} t\}^2}{(a+\alpha)(3a+2\alpha)^2} + tU - k_1 - \beta'$$

である。ただし k_1 は h^* から $h^{*'}$ までの汚染除去コスト、 β' は汚染除去後の固定費である。

ここでイノベーションによる利潤の変化を検討するため

$$L = 2b(a+\alpha) - (3a+2\alpha)\bar{\delta} t$$

と置き $d\pi_{a1}/d\alpha$ の符号を吟味する。

$$(5-25) \quad \frac{d\pi_{a1}}{d\alpha} = \frac{L\{4(b-\bar{\delta}' t)(a+\alpha)(3a+2\alpha) - (7a+6\alpha)L\}}{(a+\alpha)^2(3a+2\alpha)^3}$$

より

(i) $L < 0$ のとき $\frac{d\pi_{a1}}{d\alpha} < 0$ よって α の低下により利潤は増加し、イノベーションの

インセンティブが生まれる。

(ii) $L > 0$ のとき

① $\frac{4(b-\bar{\delta}'t)(a+\alpha)(3a+2\alpha)}{7a+6\alpha} < L$ のとき $\frac{d\pi_{a1}}{d\alpha} < 0$ よってイノベーションのインセンティブが生まれる。

② $\frac{4(b-\bar{\delta}'t)(a+\alpha)(3a+2\alpha)}{7a+6\alpha} \geq L$ のとき $\frac{d\pi_{a1}}{d\alpha} \geq 0$ よってイノベーションはなされない。

ただし 図 5-4 で MAC'_{ah} はイノベーション後に変容した限界利潤曲線を表す。

$0 < t < \bar{t}$, $A \leq U < h^*$ のケース (図 5-4-②) では、同様にイノベーションにより許可証の販売が $U-A$ から $U-A'$ に減少し、イノベーションのインセンティブの有無は(5-23)、(5-24) 式に準ずる。

さらに $0 < t < \bar{t}$, $U < A$ のケース (図 5-4-③) では、企業は $A-U$ (イノベーション後は $A'-U$) 分の許可証を購入するが、企業収益は前 2 ケースと同様になり、したがってイノベーションのインセンティブも(5-23)、(5-24) 式に準ずる。

次に $\bar{t} < t$ の場合について検討する。 $h^{**} \leq U \leq h^*$ のケース (図 5-4-④) ではイノベーションにより許可証の販売が $U-A$ から $U-A'$ に減少する。イノベーションが実行された場合の企業収益 π_{a2}^+ は、 h^* から h^{**} までの除去コストと生産費削減に要するコストの和を ω_2 として ($\omega_1 < \omega_2$)

$$(5-26) \quad \pi_{a2}^+ = \frac{1}{2} \left\{ \frac{2b(a+\alpha')}{(3a+2\alpha')\bar{\delta}''} + t \right\} A' - \beta^+ + (U-A')t - \omega_2 = \frac{\{2b(a+\alpha') - (3a+2\alpha')\bar{\delta}''t\}^2}{(a+\alpha')(3a+2\alpha')^2} + tU - \omega_2 - \beta^+$$

であり、イノベーションがなされない場合の企業収益 π_{a2} は

$$(5-27) \quad \pi_{a2} = \frac{1}{2} \left\{ \frac{2b(a+\alpha)}{(3a+2\alpha)\bar{\delta}''} + t \right\} A - \beta' + (U-A)t - k_2 = \frac{\{2b(a+\alpha) - (3a+2\alpha)\bar{\delta}''t\}^2}{(a+\alpha)(3a+2\alpha)^2} + tU - k_2 - \beta'$$

である。ただし k_2 は h^* から h^{**} までの除去コストである。いま

$$L' = 2b(a+\alpha) - (3a+2\alpha)\bar{\delta}''t$$

と置くと

$$(5-28) \quad \frac{d\pi_{a2}}{d\alpha} = \frac{L' \{4(b-\bar{\delta}'t)(a+\alpha)(3a+2\alpha) - (7a+6\alpha)L'\}}{(a+\alpha)^2(3a+2\alpha)^3}$$

より

(i) $L' < 0$ のとき $\frac{d\pi_{a2}}{d\alpha} < 0$ よって α の低下により利潤は増加し、イノベーションのインセンティブが生まれる。

(ii) $L' > 0$ のとき

- ① $\frac{4(b-\bar{\delta}''t)(a+\alpha)(3a+2\alpha)}{7a+6\alpha} < L'$ のとき $\frac{d\pi_{a2}}{d\alpha} < 0$ よってイノベーションのインセンティブが生まれる。
- ② $\frac{4(b-\bar{\delta}''t)(a+\alpha)(3a+2\alpha)}{7a+6\alpha} \geq L'$ のとき $\frac{d\pi_{a2}}{d\alpha} \geq 0$ よってイノベーションはなされない。

$A \leq U < h^{*''}$ のケース (図 5-4-⑤) では、 $h^{*''} \leq U \leq h^*$ のケースと同様に、イノベーションにより許可証の販売が $U-A$ から $U-A'$ に減少するので、イノベーションのインセンティブは(5-28)式に準ずる。

さらに $U < A$ のケース (図 5-4-⑥) では、企業は $A-U$ (イノベーション後は $A'-U$) 分の許可証を購入するが、企業収益は前 2 ケースと同様になり、したがってイノベーションのインセンティブも(5-28)式に準ずる。ここで

$$\frac{d}{d\alpha} \left(\frac{a+\alpha}{3a+2\alpha} \right) = \frac{a}{(3a+2\alpha)^2} > 0 \quad \text{より以下の式が成り立つことが確認できる。}$$

$$(5-29) \quad \frac{2b(a+\alpha)}{(3a+2\alpha)\delta'} > \frac{2b(a+\alpha')}{(3a+2\alpha')\delta'}$$

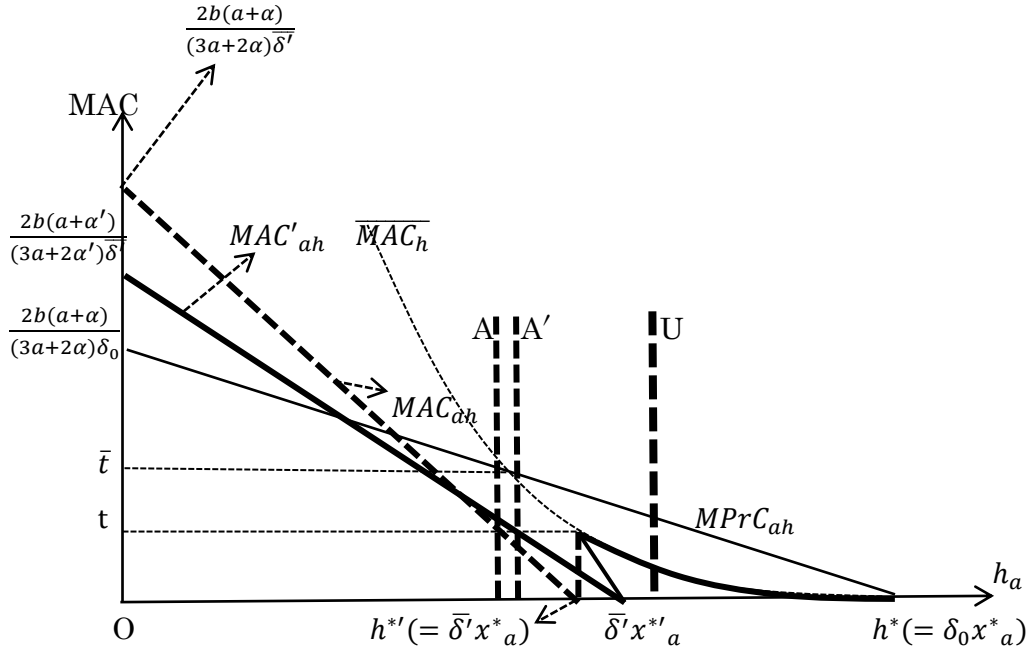


図 5-4-① $0 < t < \bar{t}$, $h^{*'} \leq U \leq h^*$ のケース

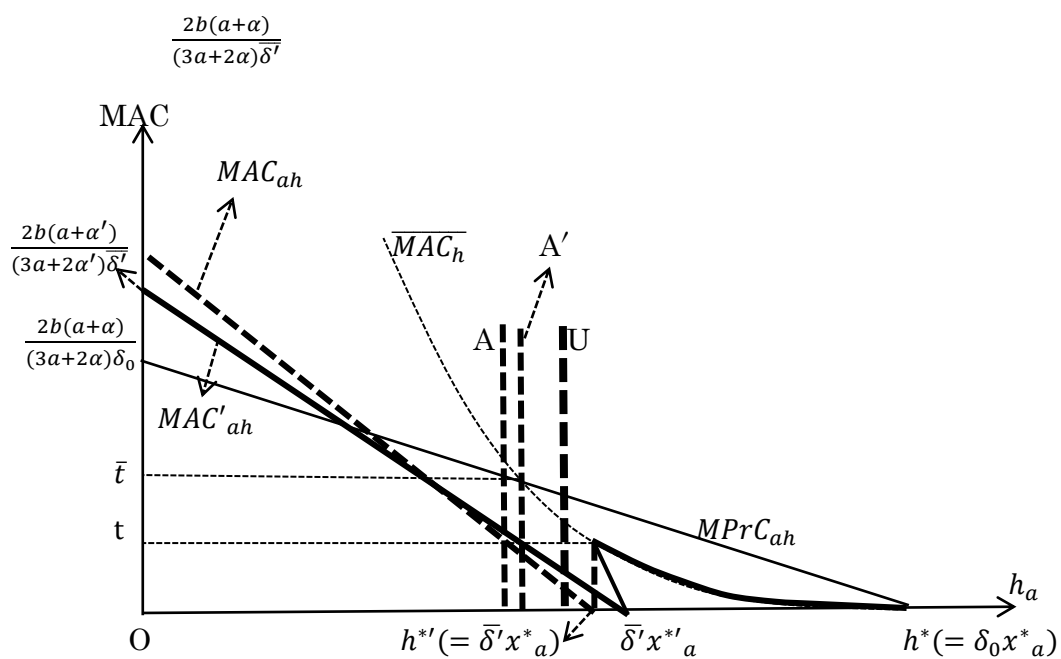


図 5-4-② $0 < t < \bar{t}$, $A \leq U < h^*$ のケース

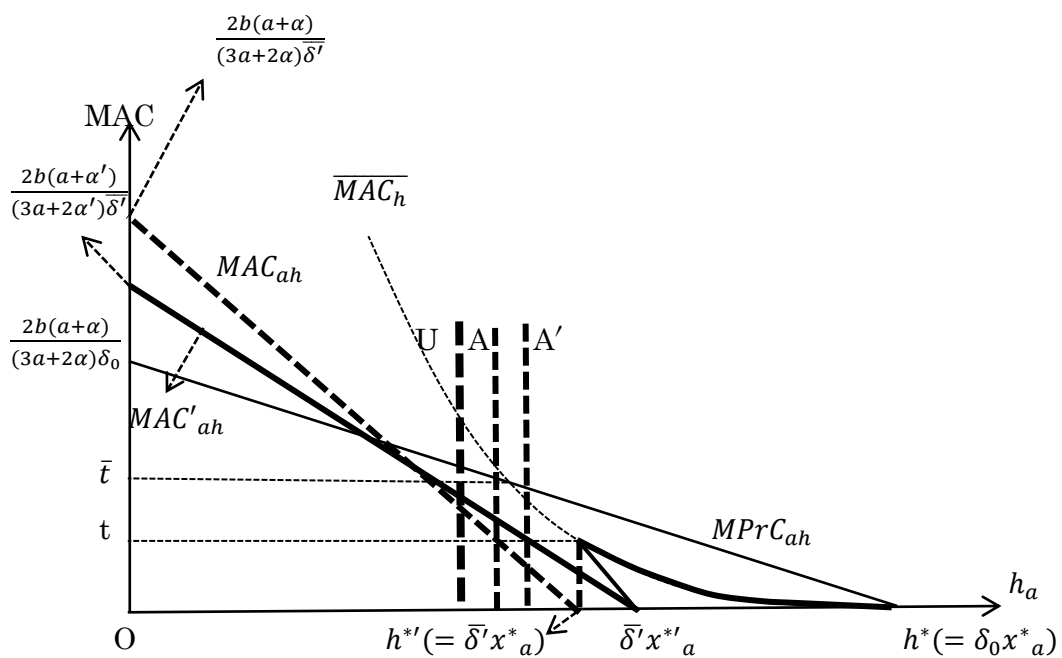


図 5-4-③ $0 < t < \bar{t}$, $U < A$ のケース

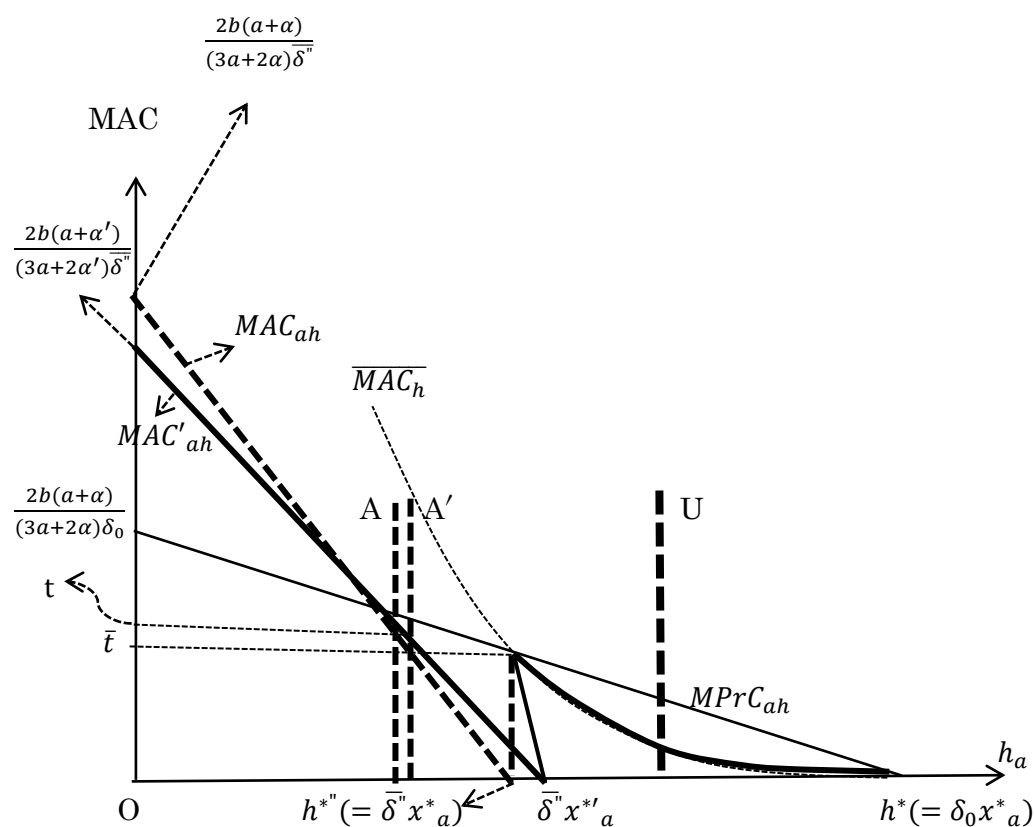


図 5-4-④ $\bar{t} < t$, $h^{*''} \leq U \leq h^*$ のケース

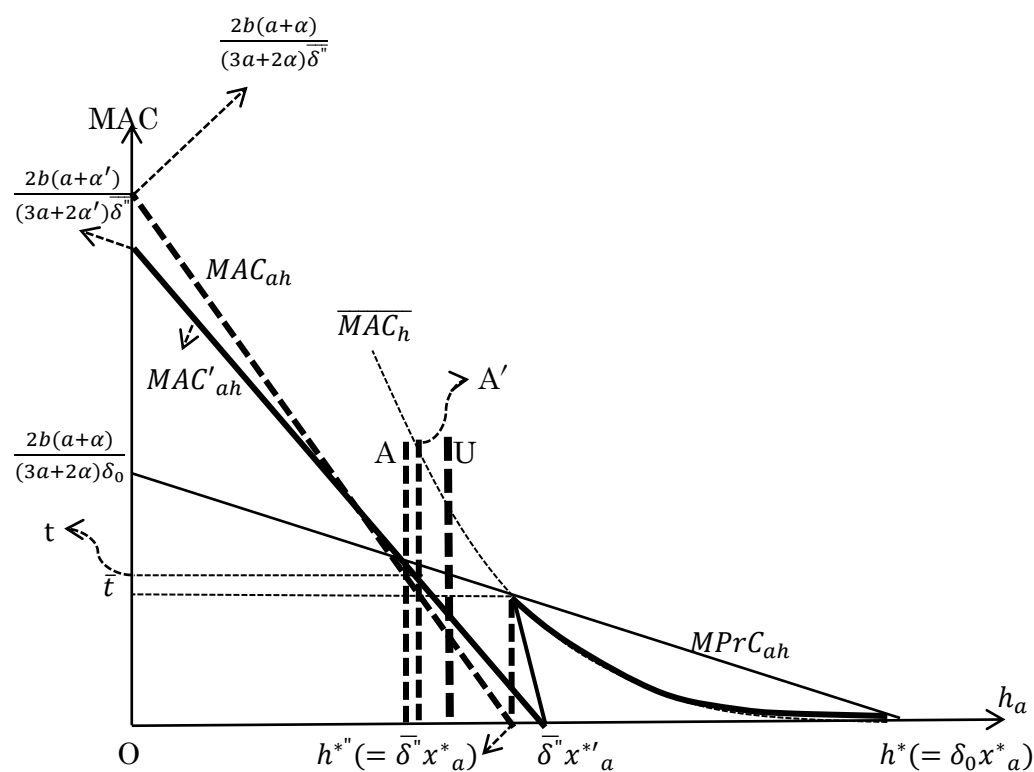


図 5-4-⑤ $\bar{t} < t$, $A \leq U < h^{*''}$ のケース

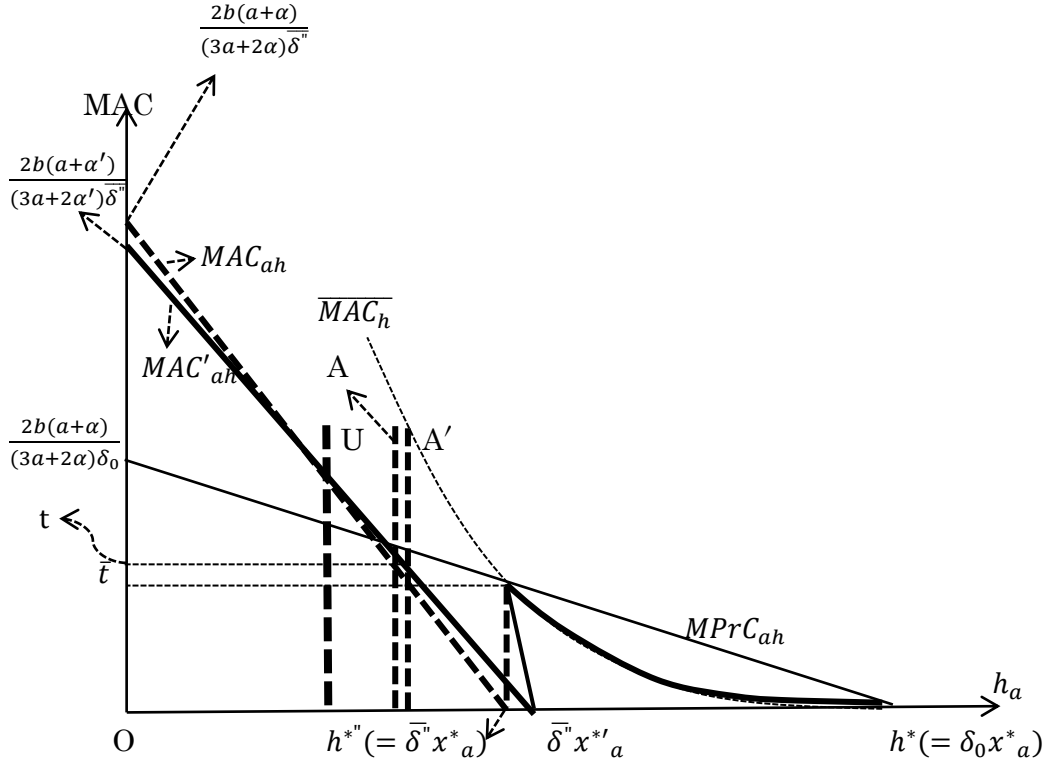


図 5-4-⑥ $\bar{t} < t$, $U < A$ のケース

(3) 直接規制下における寡占企業のイノベーションのインセンティブ

低い規制水準 (U_1) のケースでは、寡占企業は規制前利潤から比較的安い汚染削減コストを差し引いた額の利潤を得ており、イノベーションのインセンティブは小さい。それに対して高い規制水準 (U_2) の下では、寡占企業は \overline{MAC}_h に沿って $\delta_0 x^*_a$ から $\bar{\delta}'' x^*_a$ まで汚染削減し、さらに U_2 まで減産によって対応するため、生産コストの減少を伴うイノベーションへのインセンティブが発生する。規制後イノベーションがなされない場合の利潤 π_{a3} は、図 5-5 より

$$\begin{aligned}
 (5-30) \quad \pi_{a3} &= \frac{1}{2} \left\{ \frac{2b(a+\alpha)}{(3a+2\alpha)\bar{\delta}''} - \frac{2(a+\alpha)}{\bar{\delta}''} + \frac{2b(a+\alpha)}{(3a+2\alpha)\bar{\delta}''} \right\} x_1 \bar{\delta}'' - \beta' - k_3 \\
 &= \frac{(a+\alpha)(-3a+2b-2\alpha)}{3a+2\alpha} x_1 - \beta' - k_3
 \end{aligned}$$

で表される。イノベーションに成功した場合の利潤 π_{a3}^+ は

$$(5-31) \quad \pi_{a3}^+ = \frac{1}{2} \left\{ \frac{2b(a+\alpha')}{(3a+2\alpha')\bar{\delta}''} - \frac{2(a+\alpha')}{\bar{\delta}''} + \frac{2b(a+\alpha')}{(3a+2\alpha')\bar{\delta}''} \right\} x_1 \bar{\delta}'' - \beta^+ - \omega_3$$

$$= \frac{(a+\alpha')(-3a+2b-2\alpha')}{3a+2\alpha'} x_1 - \beta^+ - \omega_3$$

であるから、規制水準 (U_2) の下でイノベーションのインセンティブは

$$(5-32) \quad \pi_{a3}^+ - \pi_{a3} = \frac{2(\alpha-\alpha')(2\alpha\alpha'+3a\alpha+3a\alpha'-ab)}{(3a+2\alpha)(3a+2\alpha')} x_1 + (\beta' - \beta^+ + k_3 - \omega_3)$$

となる。ただし k_3 は $\delta_0 x_a^*$ から $\bar{\delta}'' x_a^*$ まで汚染削減する場合のコスト、 ω_3 は汚染除去と生産費減少に要したコストの和である。(5-32)式第1項の符号を検討するため

$$(5-33) \quad \frac{d}{d\alpha} \left\{ \frac{(a+\alpha)(-3a+2b-2\alpha)}{3a+2\alpha} \right\} = \frac{2ab}{(3a+2\alpha)^2} - 1$$

より

(i) $2ab \geq (3a+2\alpha)^2$ のときイノベーションのインセンティブは生じない。

(ii) $2ab < (3a+2\alpha)^2$ のときイノベーションのインセンティブが生ずるが、
($\beta' - \beta^+ + k_3 - \omega_3$) を考慮するとイノベーションの可能性は低い。

となる。

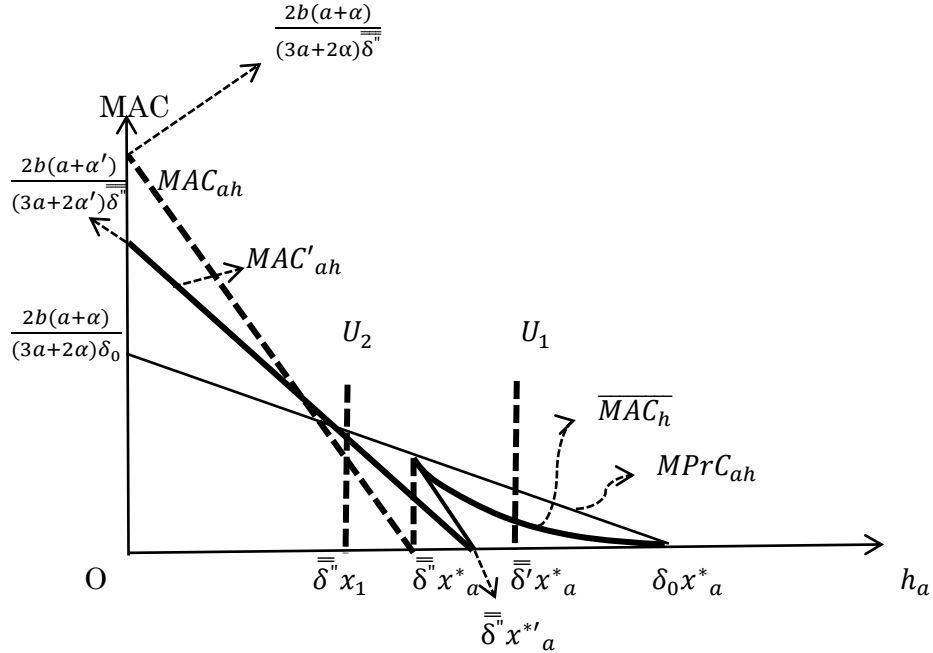


図 5-5 直接規制下での寡占企業のイノベーション

第 6 章 環境政策手段が社会厚生およびイノベーションに及ぼす影響

本章の目的は、第 3 章から第 5 章までの分析結果をまとめ、数値分析により最適排出係数の存在やイノベーションの可能性を探ることである。ただし本論文におけるモデルでは、イノベーションとは排出係数 δ と生産部門における費用関数のパラメータ α の同時的低下を実現する、いわゆる win-win のケースであることを改めて確認しておきたい。

第 1 節 分析結果の総括

第 3 章から第 5 章までの分析結果を先行研究理論との比較でまとめると表 6-1 のようになる。表から分かるように本研究と現行理論の決定的相違は、本研究が Nagai(2013)によって提起された直接費タームの MAC と機会費用タームの MAC を連結した屈折スプーン型 MAC を用いて分析している点である。特に表 6-1 で[環境税]－(2)・(5)、[許可証取引]－(4)・(5)、[直接規制]－(3)・(4)については、本研究における核心部分を構成しており、それらの分析結果を通して市場構造ごとに

①環境政策⇒企業による生産調整と汚染除去⇒社会厚生への影響

②環境政策⇒企業による環境イノベーションの可能性

の流れが理論的に明示化された。①については、完全競争下で Nagai(2013)が提示した命題「外部性が存在する市場においては、利潤最大化（私的効率性）と社会厚生最大化（社会的効率性）は両立しない」が、独占、寡占市場においても妥当することが示された点である。特にイノベーションにおける寡占のゲームモデルで、黄金律解としてのナッシュ均衡解がパレート効率ではなくパレート改善の実現につながるという本研究における帰結は、経済理論分野における新たな知見である（注 1）。

表 6-1 環境政策と市場構造

項 目	区分	独占	寡占	競争
【環境税】				
(1)課税（ピグー税）後 企業が生産調整だけ で対応した場合、厚生 最大化が実現する	現行理論	○	○	○
	本論文	○	○	○
(2)課税の第 2 ステップ で企業が汚染を除去 した場合、厚生最大 化と利潤最大化の両 立が実現する	現行理論	○	○	○
	本論文	×	×	×
(3)企業による汚染除去 によってパレート改 善が実現する	現行理論	分析対象から除外されている		
	本論文	○	○	○
(4) ω, k, β を除外し た場合、イノベー ションのインセンテ ィブが必ず生ずる	現行理論	○	○	○
	本論文	○	○	×

【許可証取引】

(1) U, t の水準に関わりなく、企業は直接費タームの MAC と機会費用タームの MAC の両方を用いて排出削減する	現行理論	直接費ターム MAC と機会費用ターム MAC が連結されていないため分析不能		
	本論文	○	○	○
(2) 規制が厳しくなり、許可証価格が高くなると δ の低下幅が大きくなると同時に生産量の減少を伴って価格上昇幅も大きくなる	現行理論	直接費ターム MAC と機会費用ターム MAC が連結されていないため分析不能		
	本論文	○	○	○
(3) この制度下では、企業の排出削減は費用効率性基準（許可証価格=MAC）によってなされる	現行理論	○	○	○
	本論文	○	○	○
(4) 許可証取引後各企業の生産量と排出量の変化が明示され、厚生損失が評価できる	現行理論	×	×	×
	本論文	○	○	○
(5) ω, k, β を除外した場合、イノベーションのインセンティブが必ず生ずる	現行理論	○	○	○
	本論文	○	×	×

[直接規制]

		直接費ターム MAC と機会費用ターム MAC		
(1) 高い規制水準の下では、 汚染除去と生産量調整 が明示化される	現行理論	が連結されていないため分析不能		
	本論文	○	○	○
(2) 低い規制水準の下での 厚生損失と高い規制水 準の下での厚生損失の 比較が可能である	現行理論	直接費ターム MAC と機会費用ターム MAC が連結されていないため分析不能		
	本論文	○	○	○
(3) $p=MSC$ が実現する 可能性が確認できる	現行理論	×	×	×
	本論文	○	○	○
(4) ω, k, β を除外した 場合、イノベーションの インセンティブ が必ず生ずる	現行理論	○	○	○
	本論文	○	×	×

第2章でサーベイされたように、単独の右下がり MAC による分析に基づく現行理論では、イノベーションは MAC の下方シフトとして捉えられるため、研究開発コストや ω, k, β を考慮しなければイノベーションのインセンティブが市場構造に関わりなく必ず存在することになる。また先行研究では、政策手段とイノベーションの可能性に焦点が当てられており、異なる市場構造の下での分析がなされていない。本研究では、その点に注意を向けた分析が試みられている。

競争のケースでは、課税によって図 3-1 で示されたようにイノベーションのインセンティブが負となり、イノベーションは誘発されない（注 2）。許可証取引については寡占のケースと同様イノベーションのインセンティブが生ずるためには一定の条件（[（3-11）－（3-12）] の値が正となるための条件）が必要とされる。さらに本論文のモデルで、競争下において直接規制が高い規制水準で課された場合、イノベーションのインセンティブは、[（3-14）－（3-13）] の値が正となる条件（ $2abm < (2\alpha + am)^2$ ）が成立するとき生まれる。

独占のケースでは政策手段のいかに拘わらず、イノベーションのインセンティブが

発生する（(5-3)、(5-7)、(5-10)、(5-13) 式を参照）。その大きさを課税と許可証取引で比較した場合、排出係数 δ' 、 $\bar{\delta}'$ 、 $\bar{\delta}''$ と θ^* 、 t の各水準によってインセンティブの大きさの相違が定まる。さらに許可証取引のケースでは、許可証価格が高い場合に排出削減が進むが、イノベーションの可能性は $b - \delta' t'$ と $b - \bar{\delta}'' t''$ の大きさに依存する。ただし $0 < t' < \bar{t}$ 、 $\bar{t} < t''$ で $\bar{\delta}'' < \bar{\delta}'$ である。直接規制のケースでは、イノベーションのインセンティブの水準は、高い規制水準 U_2 と排出係数 $\bar{\delta}''$ に左右される（(5-13) 式参照）。したがって独占において直接規制下では、イノベーションのインセンティブが他の規制手段と比較して低位にあるという先行研究における通説は必ずしも妥当しない。

つぎに寡占のケースで、税と許可証取引を比較した場合、排出係数 δ と費用パラメータ α の低下幅によってイノベーションのインセンティブの相違が定まる。すなわち (5-17) 式と [(5-23) - (5-24)] および [(5-26) - (5-27)] の値との比較による。また許可証取引のケースでは、両パラメータ (α 、 δ) とそれらの低下幅がインセンティブの有無に関わってくる。さらに寡占の場合も、直接規制下でイノベーションの可能性が他の手段より低いという結論は早計であることが分かる（(5-32) 式参照）(注 3)。

第 2 節 数値例による分析結果の確認

(1) 独占市場下で環境税が課された場合における最適排出係数 δ' の存在

課税の第 2 ステップで、独占企業が汚染除去をする場合、利潤関数は(4-22)式および(2-13)式を考慮して

$$(6-1) \quad \Pi_{\theta} = \pi_{\theta} - \overline{AbC_h} = \frac{(b - \delta\theta^*)^2}{4(a + \alpha)} - (q - w\delta^2) - \gamma x^{*3}(\delta_0 - \delta)^3$$

で与えられる。利潤最大化の 1 階条件 $\frac{d\Pi_{\theta}}{d\delta} = 0$ より(4-23)式が得られる。2 階条件は

$$(6-2) \quad -6\gamma x^{*3}(\delta_0 - \delta) + \left\{ \frac{\theta^{*2}}{2(a + \alpha)} + 2w \right\} < 0$$

である。本項では、数値例により(4-23)式を満たす δ' および(4-25)、(4-26)、(6-2)式の成立する状況が確認される。

いま需要曲線、費用関数、限界外部費用曲線をそれぞれ

$$(6-3) \quad p = -0.5x + 1000, \quad C = 0.2x^2 + 7750, \quad MEC = 0.675x$$

とする。また初期排出係数 δ_0 を 1.5 に定め、それが 0.01 間隔で削減される状況を想定する。表 6-2 がその結果である。(A) 蘭は汚染除去後の利潤(9-1)式を、(B)、(C)、(D)

蘭はそれぞれ(4-25)式第1項、(4-25)式第2項、(4-26)式を示しており、いずれもプラスの条件を満たしている。(F)蘭は2階条件(6-2)式で、すべてマイナス値になっている。最適排出係数 δ' は(E)蘭において、0.324443912 から-34084.16331 に変化するところ、すなわち1.47から1.46の間に存在することが分かる。

表6-2 独占のケースにおける最適排出係数数値例

a	b	α	ε	δ_0	δ'	$\tau(\delta_0)$
0.5	1000	0.2	0.3	1.5	1.49	0.675
0.5	1000	0.2	0.3	1.5	1.48	0.675
0.5	1000	0.2	0.3	1.5	1.47	0.675
0.5	1000	0.2	0.3	1.5	1.46	0.675
0.5	1000	0.2	0.3	1.5	1.45	0.675
0.5	1000	0.2	0.3	1.5	1.44	0.675

$\tau(\delta')$	θ^*	x^*	p^*	γ	q	w
0.66603	183.75	253.53125	363.2344	1	10000	1000
0.65712	183.75	253.53125	363.2344	1	10000	1000
0.64827	183.75	253.53125	363.2344	1	10000	1000
0.63948	183.75	253.53125	363.2344	1	10000	1000
0.63075	183.75	253.53125	363.2344	1	10000	1000
0.62208	183.75	253.53125	363.2344	1	10000	1000

β	β'	π^*_{θ}
7750	7779.9	84075.85
7750	7809.6	84075.85
7750	7839.1	84075.85
7750	7868.4	84075.85
7750	7897.5	84075.85
7750	7926.4	84075.85

(A)

$\Pi_{\theta} = \frac{(b - \delta' \theta^*)^2}{4(a + \alpha)} - (q - w\delta'^2) - \gamma x^{*3}(\delta_0 - \delta')^3$
519588.3987
522116.8305
524456.657
526510.0993
528179.3782
529366.7148

(B)

(C)

(D)

$6\gamma x^{*3}\delta_0 - \{\theta^{*2} + 4w(a + \alpha)\}$	$3\gamma x^{*3}\delta_0^2 - b\theta^*$	$-\delta_0 + b\theta^*/\{\theta^{*2} + 4w(a + \alpha)\}$
146631987.3	109817663.5	3.525426264
146631987.3	109817663.5	3.525426264
146631987.3	109817663.5	3.525426264
146631987.3	109817663.5	3.525426264
146631987.3	109817663.5	3.525426264
146631987.3	109817663.5	3.525426264

(E)

(F)

$-2w\delta' + \frac{(b - \delta' \theta^*)\theta^*}{2(a + \alpha)} - 3\gamma x^{*3}(\delta_0 - \delta')^2$	$-6\gamma x^{*3}(\delta_0 - \delta') + \left\{ \frac{\theta^{*2}}{2(a + \alpha)} + 2w \right\}$
38835.5897	-963972.9203
24306.90878	-1941763.263
0.324443912	-2919553.605
-34084.16331	-3897343.947
-77946.5545	-4875134.289
-131586.8491	-5852924.631

(2) 寡占市場下で環境税が課された場合における最適排出係数 δ' の存在

課税の第2ステップで寡占A企業が汚染除去をする場合、利潤関数は(4-50)式および(2-13)式を考慮して

$$(6-4) \quad \Pi_{a\theta} = \pi_{a\theta} - \overline{AbC_h} = \frac{(a+\alpha)(b-\delta\theta^*)^2}{(3a+2\alpha)^2} - (q - w\delta^2) - \gamma x^{*3}_{a\theta}(\delta_0 - \delta)^3$$

で与えられる。利潤最大化の1階条件より、(4-50)式が得られる。2階条件は

$$(6-5) \quad -6\gamma x^{*3}_{a\theta}(\delta_0 - \delta) + \frac{2(a+\alpha)\theta^*}{(3a+2\alpha)^2} + 2w < 0$$

である。ここで数値例により(4-50)式を満たす δ' および(4-52)、(4-53)、(4-54)、(6-5)式の成立する状況が確認される。ただし需要曲線、費用関数、限界外部費用曲線

をそれぞれ

$$(6-6) \quad p = -0.5x + 900, \quad C = 0.2x^2 + 8560, \quad MEC = 0.576x$$

とする。また初期排出係数 δ_0 を 1.2 とし、それが 0.01 間隔で削減される状況を想定する。表 6-3 がその結果である。(A)蘭は汚染除去後の利潤(6-4)式を、(B)、(C)、(D)蘭はそれぞれ(4-52)、(4-53)、(4-54)式を示しており、いずれもプラスの条件を満たしている。(F)蘭は 2 階条件(6-5)式で、すべてマイナス値になっている。最適排出係数 δ' は(E)蘭において、37351.04858 から-55355.51482 に変化するところ、すなわち 1.16 から 1.15 の間に存在することが分かる。

表 6-3 寡占のケースにおける最適排出係数数値例

a	b	α	ε	δ_0	δ'	$\tau(\delta_0)$
0.5	900	0.2	0.4	1.2	1.19	0.576
0.5	900	0.2	0.4	1.2	1.18	0.576
0.5	900	0.2	0.4	1.2	1.17	0.576
0.5	900	0.2	0.4	1.2	1.16	0.576
0.5	900	0.2	0.4	1.2	1.15	0.576
0.5	900	0.2	0.4	1.2	1.14	0.576

$\tau(\delta')$	θ^*	$x_{a\theta}^*$	p_{θ}^*
0.56644	233.928	325.9402	574.0598
0.55696	233.928	325.9402	574.0598
0.54756	233.928	325.9402	574.0598
0.53824	233.928	325.9402	574.0598
0.52900	233.928	325.9402	574.0598
0.51984	233.928	325.9402	574.0598

γ	q	w	β	β'	$\pi_{a\theta}$
1	10000	1000	8560	8583.9	259901
1	10000	1000	8560	8607.6	259901
1	10000	1000	8560	8631.1	259901
1	10000	1000	8560	8654.4	259901
1	10000	1000	8560	8677.5	259901
1	10000	1000	8560	8700.4	259901

(A)

$\Pi_{\theta} = \frac{(a + \alpha)(b - \delta'\theta^*)^2}{(3a + 2\alpha)^2} - (q - w\delta'^2) - \gamma x_{a\theta}^{*3}(\delta_0 - \delta)^3$
261874.4133
263647.9746
265013.874
265764.35
265691.6411
264587.9859

(B)

(C)

$3\delta_0\gamma x_{a\theta}^{*3}(3a + 2\alpha)^2 - (a + \alpha)\theta^{*2} - w(3a + 2\alpha)^2$	$3\delta_0^2\gamma x_{a\theta}^{*3}(3a + 2\alpha)^2 - 2b\theta^*(a + \alpha)$
449969496.9	539718945.7
449969496.9	539718945.7
449969496.9	539718945.7
449969496.9	539718945.7
449969496.9	539718945.7
449969496.9	539718945.7

(D)

(E)

$b\theta^*(a + \alpha) - \delta_0\{w(3a + 2\alpha)^2 + (a + \alpha)\theta^{*2}\}$	$-2w\delta' + \frac{2(a + \alpha)(b - \delta'\theta^*)\theta^*}{(3a + 2\alpha)^2} - 3\gamma x_{a\theta}^{*3}(\delta_0 - \delta')^2$
97075.90029	190813.8378
97075.90029	160435.7249
97075.90029	109281.4618
97075.90029	37351.04858
97075.90029	-55355.51482
97075.90029	-168838.2284

(F)

$\frac{2\theta^{*2}(a + \alpha)}{(3a + 2\alpha)^2} + 2w - 6\gamma x_{a\theta}^{*3}(\delta_0 - \delta')$
-1999003.783
-4076618.8
-6154233.816
-8231848.832
-10309463.85
-12387078.86

(3) イノベーションのインセンティブに関する数値分析

ここでは、イノベーションのインセンティブに関する分析結果を数値例で確認する。
ただし許可証取引、直接規制についてはそれぞれ許可証価格が高い場合、規制水準が厳

しい場合に限定する。

(3) -1 課税のケース

(i) 独占

$$(6-7) \quad k = \gamma x^{*3}(\delta_0 - \delta')^3 \quad k : \delta \text{だけを削減するためのコスト}$$

$$(6-8) \quad \omega = \gamma^+ x^{*3}(\delta_0 - \delta')^3 \quad \omega : \delta \text{と} \alpha \text{を同時に下げるためのコスト (イノベーションに伴うコスト)} (\gamma^+ > \gamma) \text{ (注 4)}$$

$$(6-9) \quad \beta' = q - w\delta'^2, \quad \beta^+ = q^+ - w\delta'^2 \quad \beta^+ : \text{イノベーション後の固定費} \\ (\beta' < \beta^+)$$

イノベーションのインセンティブの大きさは

$$\begin{aligned} \pi_{\theta}^+ - \pi_{\theta}^* &= \frac{(b - \delta'\theta^*)^2(\alpha - \alpha')}{4(a + \alpha)(a + \alpha')} + (\beta' - \beta^+ + k - \omega) \\ &= \frac{(b - \delta'\theta^*)^2(\alpha - \alpha')}{4(a + \alpha)(a + \alpha')} + q - q^+ + x^{*3}(\delta_0 - \delta')^3(\gamma - \gamma^+) \end{aligned}$$

で表される。いま表 6-2 の数値例に、 $\alpha' = 0.1$, $q^+ = 11000$, $\gamma^+ = 1.1$ を追加すると、 $(\pi_{\theta}^+ - \pi_{\theta}^*)$ は δ' の値に応じて表 6-4 のように示される。

表 6-4 $(\pi_{\theta}^+ - \pi_{\theta}^*)$ の変化

δ'	$\pi_{\theta}^+ - \pi_{\theta}^*$
1.49	4537.521953
1.48	4565.335682
1.47	4592.405491
1.46	4617.753589
1.45	4640.011069
1.44	4657.417909

(ii) 寡占

寡占のケースでは、(6-7) および (6-8) 式において、 x^{*3} を $x_{a\theta}^{*3}$ に置き換え、表 6-3 の数値例に、 $\alpha' = 0.1$, $q^+ = 11000$, $\gamma^+ = 1.1$ を追加する。イノベーションのインセンティブは

$$\pi_{a11} - \pi_{a22} = \frac{(b - \delta'\theta^*)^2 \{ (a + \alpha')(3a + 2\alpha)^2 - (a + \alpha)(3a + 2\alpha')^2 \}}{(3a + 2\alpha)^2(3a + 2\alpha')^2} + q - q^+ + x_{a\theta}^{*3}(\delta_0 - \delta')^3(\gamma - \gamma^+)$$

であり、 δ' の値に応じて表 6-5 のように示される。

表 6-5 $(\pi_{a11} - \pi_{a22})$ の変化

δ'	$\pi_{a11} - \pi_{a22}$
1.19	158691.705
1.18	159871.6462
1.17	161014.5581
1.16	162099.6646
1.15	163106.1895
1.14	164013.3567

(3) -2 許可証取引のケース

(i) 独占

$$(6-10) \quad k_2 = \gamma x_0^3 (\delta_0 - \bar{\delta}'')^3$$

$$(6-11) \quad \omega_2 = \gamma^+ x_0^3 (\delta_0 - \bar{\delta}'')^3$$

$$(6-12) \quad \beta' = q - w \bar{\delta}''^2, \quad \beta^+ = q^+ - w \bar{\delta}''^2$$

イノベーションのインセンティブは

$$\begin{aligned} \pi_2^+ - \pi_2 &= \frac{(b - \bar{\delta}'' t)^2 (\alpha - \alpha')}{4(a + \alpha)(a + \alpha')} + (\beta' - \beta^+ + k_2 - \omega_2) \\ &= \frac{(b - \bar{\delta}'' t)^2 (\alpha - \alpha')}{4(a + \alpha)(a + \alpha')} + q - q^+ + x_0^3 (\delta_0 - \bar{\delta}'')^3 (\gamma - \gamma^+) \end{aligned}$$

であり、 $\bar{\delta}''$ の値に応じて表 6-6 のように示される。ただし $t = \theta^*$ とする。

表 6-6 $(\pi_2^+ - \pi_2)$ の変化

$\bar{\delta}''$	$\pi_2^+ - \pi_2$
1.49	9464.44581
1.48	9434.643
1.47	9353.39019
1.46	9194.96238
1.45	8933.63458
1.44	8543.68177

(ii) 寡占

寡占のケースでは、(6-10) および (6-11) 式において、 x_0^3 を x_a^{*3} に置き換える。

イノベーションのインセンティブは

$$\pi_{a2}^+ - \pi_{a2} = \frac{\{2b(a + \alpha') - (3a + 2\alpha')\bar{\delta}''t\}^2}{(a + \alpha')(3a + 2\alpha')^2} - \frac{\{2b(a + \alpha) - (3a + 2\alpha)\bar{\delta}''t\}^2}{(a + \alpha)(3a + 2\alpha)^2} + q - q^+ + x_a^*{}^3(\delta_0 - \bar{\delta}'')^3(\gamma - \gamma^+)$$

であり、 $\bar{\delta}''$ の値に応じて表 6-7 のように示される。ただし $t = \theta^*$ とする。

表 6-7 $(\pi_{a2}^+ - \pi_{a2})$ の変化

$\bar{\delta}''$	$\pi_{a2}^+ - \pi_{a2}$
1.19	1768533.322
1.18	1791757.055
1.17	1815005.595
1.16	1838215.174
1.15	1861322.021
1.14	1884262.365

(3) -3 直接規制のケース

(i) 独占

$$(6-13) \quad k_3 = \gamma x_0^3 (\delta_0 - \bar{\delta}'')^3$$

$$(6-14) \quad \omega_3 = \gamma^+ x_0^3 (\delta_0 - \bar{\delta}'')^3$$

$$(6-15) \quad \beta' = q - w\bar{\delta}''^2, \quad \beta^+ = q^+ - w\bar{\delta}''^2$$

イノベーションのインセンティブは

$$\pi_3^+ - \pi_3 = (\alpha - \alpha')x_1^2 + (\beta' - \beta^+ + k_3 - \omega_3)$$

で表される。ここで $MPrC_{0h}$ (4-31 式) $= \theta^*$ を満たす h を $U_2(= \bar{\delta}'' x_1)$ と仮定すると、

$$x_1 = \frac{\delta_0^2 x_0}{b\bar{\delta}''} \left(\frac{b}{\delta_0} - \theta^* \right)$$

である。よって

$$\begin{aligned} \pi_3^+ - \pi_3 &= (\alpha - \alpha') \left\{ \frac{\delta_0^2 x_0}{b\bar{\delta}''} \left(\frac{b}{\delta_0} - \theta^* \right) \right\}^2 + (\beta' - \beta^+ + k_3 - \omega_3) \\ &= (\alpha - \alpha') \left\{ \frac{\delta_0^2 x_0}{b\bar{\delta}''} \left(\frac{b}{\delta_0} - \theta^* \right) \right\}^2 + q - q^+ + x_0^3 (\delta_0 - \bar{\delta}'')^3 (\gamma - \gamma^+) \end{aligned}$$

が得られる。以上より $\bar{\delta}''$ の値に応じて表 6-8 のようにイノベーションのインセンティブが示される。

表 6-8 $(\pi_3^+ - \pi_3)$ の変化

$\bar{\delta}''$	$\pi_3^+ - \pi_3$
1.49	31104.06707
1.48	30644.51621
1.47	30136.40785
1.46	29554.01701
1.45	28871.61869
1.44	28063.48788

(ii) 寡占

寡占のケースでは、(6-13) および (6-14) 式において、 x_0^3 を x_a^{*3} に置き換える。
イノベーションのインセンティブは

$$\pi_{a3}^+ - \pi_{a3} = \frac{2(\alpha - \alpha')(2\alpha\alpha' + 3a\alpha + 3a\alpha' - ab)}{(3a + 2\alpha)(3a + 2\alpha')} x_1 + (\beta' - \beta^+ + k_3 - \omega_3)$$

で表される。ここで $MPrC_{ah}$ (4-65 式) $= \theta^*$ を満たす h を $U_2 (= \bar{\delta}'' x_1)$ と仮定すると、

$$x_1 = \frac{(3a + 2\alpha)\delta_0^2 x_a^*}{2b\bar{\delta}''(a + \alpha)} \left\{ \frac{2b(a + \alpha)}{(3a + 2\alpha)\delta_0} - \theta^* \right\}$$

である。よって

$$\begin{aligned} \pi_{a3}^+ - \pi_{a3} &= \frac{2(\alpha - \alpha')(2\alpha\alpha' + 3a\alpha + 3a\alpha' - ab)}{(3a + 2\alpha)(3a + 2\alpha')} \frac{(3a + 2\alpha)\delta_0^2 x_a^*}{2b\bar{\delta}''(a + \alpha)} \left\{ \frac{2b(a + \alpha)}{(3a + 2\alpha)\delta_0} - \theta^* \right\} + (\beta' - \beta^+ + \\ &\quad k_3 - \omega_3) \\ &= \frac{2(\alpha - \alpha')(2\alpha\alpha' + 3a\alpha + 3a\alpha' - ab)}{(3a + 2\alpha)(3a + 2\alpha')} \frac{(3a + 2\alpha)\delta_0^2 x_a^*}{2b\bar{\delta}''(a + \alpha)} \left\{ \frac{2b(a + \alpha)}{(3a + 2\alpha)\delta_0} - \theta^* \right\} \\ &\quad + q - q^+ + x_a^{*3}(\delta_0 - \bar{\delta}'')^3(\gamma - \gamma^+) \end{aligned}$$

が得られる。以上より $\bar{\delta}''$ の値に応じて表 6-9 のようにイノベーションのインセンティブが示される。表から明らかなように、インセンティブがマイナスになり、設定した条件下ではイノベーションは誘発されない。これは上式で、

$$2\alpha\alpha' + 3a\alpha + 3a\alpha' - ab < 0$$

となるためである。表 6-10 は、需要条件を変化させたケースが示されている。この表から寡占下で直接規制が課された場合には、イノベーションは需要の価格弾力性に大きく依存することが確認できる。特に表 6-10 で、インセンティブが一旦プラスに転

じると、あらゆる政策手段と比較にならないほどの大きなインセンティブがもたらされることが示されている。

表 6-9 $(\pi_{a3}^+ - \pi_{a3})$ の変化 (1)

$\bar{\delta}''$	$\pi_{a3}^+ - \pi_{a3}$
1.19	-87824652640
1.18	-87086630432
1.17	-86348608351
1.16	-85610586462
1.15	-84872564828
1.14	-84134543512

表 6-10 $(\pi_{a3}^+ - \pi_{a3})$ の変化 (2)

a	b	$\bar{\delta}''$	$\pi_{a3}^+ - \pi_{a3}$
0.5	900	1.19	-87824652640
0.4	800	1.18	-19117755897
0.3	700	1.17	-1459207676
0.25	600	1.16	320979851.3
0.2	500	1.15	364626317.3
0.15	400	1.14	148159707.3

APPENDIX

—直接規制の効率性について—

一般に直接規制は人間の生命や生物種に被害を与える汚染の抑制に適しているといわれている。過去に日本で実施された自動車排気ガス規制は、自動車各企業のエンジン改良技術の開発を促進させる効果をもたらしたことは広く知られている。

図 1 は 2 企業 A,B の直接費タームでの現行型 MAC が示されている。いま規制当局がこの産業の目標排出量 $2h_2$ を達成するため、各企業に第 1 次規制 h_1 、その後第 2 次規制 h_2 を課すとしよう。図によれば企業 A は平素から排出削減に取り組んでおり MAC_a の下で生産活動を行っているため企業 B と比べて安い削減費用で h_1 を実現できる。ただし規制前排出量および生産量は各企業で同一とする。ここで長期を視野に置いた場合、

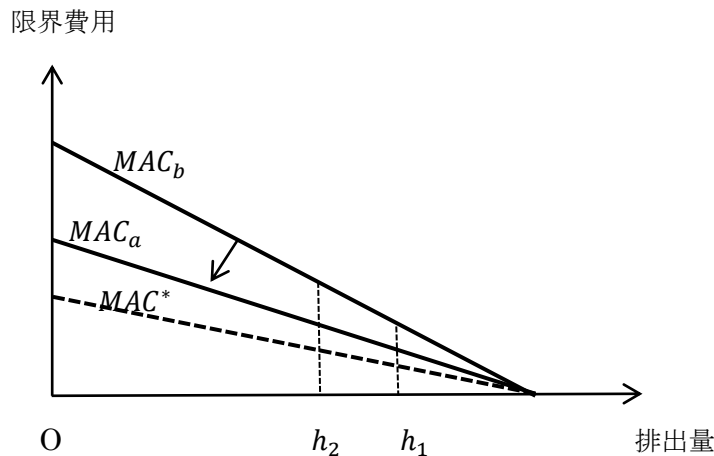


図1 直接規制と MAC の均等化

企業 B は競争力を失い産業から退出を余儀なくされるかもしれない。けれども特許制度下では、産業内企業数まで技術が拡散するため、 MAC_b は MAC_a にほぼ一致する可能性が高い（寺西俊一（2007：259 ページ）は、既存技術の普及によって大幅に環境負荷を低減させる場合も少なくないと述べている）。その結果各企業の限界削減費用の均等化が達成されるであろう。

以上の点を考慮すると、単に排出削減量に応じた補助金の支給はイノベーションのインセンティブを減じることになり、非効率であると判断される。むしろ MAC_a をさらに下方変容させる（図1の破線 MAC^* ）「トップランナー式研究開発補助金」が有効であると考えられる。ただしここで問題となるのは、多くの場合イノベーションは生産性の支給対象から除外されてしまい、むしろエンド・オブ・パイプ的措置に対して補助金が支給されるといった事態が起こる可能性である。研究開発への助成がこうした問題を含むものの、適切な補助金が支給されるならば、 MAC^* に向かうインセンティブを企業に与える可能性を否定できない。

ここでは、屈折スプーン型 MAC を用いて、これら2点を再検討する。機会費用タームと直接費タームの MAC を連結した屈折スプーン型 MAC を用いて図示した場合には、図2のようになる。各企業の生産量と市場価格をそれぞれ x_0 、 p_0 とし、直接規制が h^* で課されているものとする。機会費用タームでの MAC は各企業で同一であるが、直接費タームの MAC については A 企業のみ $\overline{MAC_a}$ を有し、他のすべての企業は $\overline{MAC_b}$ であるとする。したがって A 企業は他企業と比べて

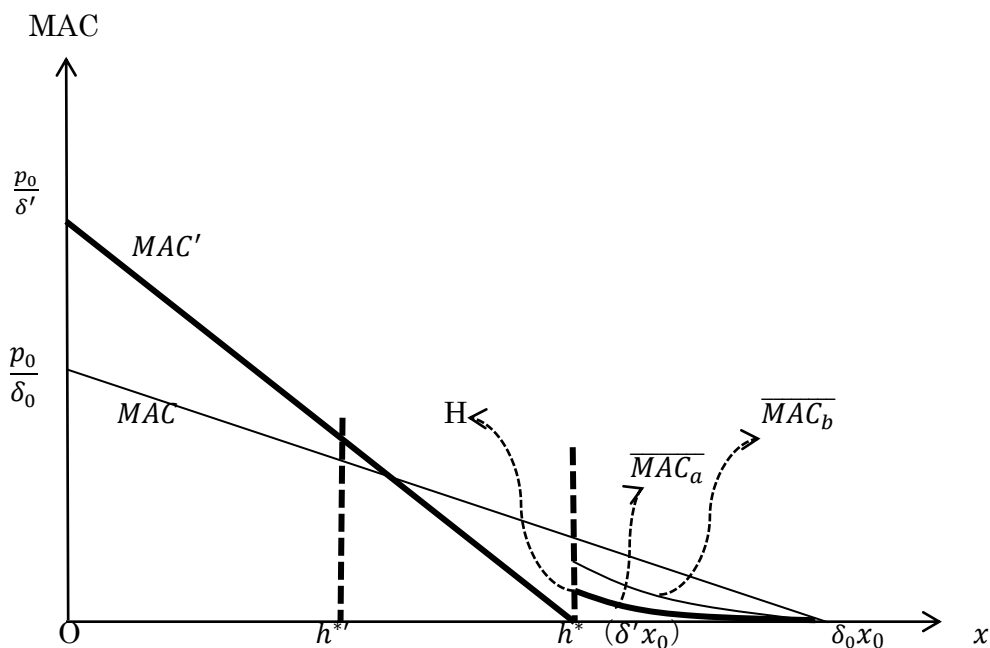


図 2 直接規制下での MAC の均等化

$$\int_{h^*}^{\delta_0 x_0} (\overline{MAC_b} - \overline{MAC_a}) dh$$

だけ削減コストを節約している。いま A 企業が $\overline{MAC_a}$ について特許を取得していれば、いずれ産業内企業数までこの削減技術は拡散するであろう。したがって各企業の限界削減費用は Hh^* となり、MAC の均等化が達成される。このとき各企業の利潤はロイヤリティを無視すると

$$\frac{1}{2} x_0 p_0 - \int_{h^*}^{\delta_0 x_0} \overline{MAC_a} dh - \beta'$$

で表される。ただし β' は汚染除去後の固定費である。

以上の議論から、直接規制のケースでは排出削減に応じた補助金交付は屈折スプーン型 MAC 分析においても非効率であることが分かる。研究開発補助金の支給が重要な政策手段となる。

直接規制の効率性問題を検討する場合、第 2 章第 5 節で取り上げたポーター仮説を無視することはできない。ここでは Porter の言う「適切にデザインされた環境政策」が具備する 6 つの事項のうち、

- 直接規制は環境投資の不確実性を減じる
- 直接規制は競争を促進させ、企業にイノベーション推進の圧力を与える
- 直接規制は一企業が環境投資をしないで機会費用を回避することのできない制度である

の3点に着目し、直接規制の有する効率性を探してみたい。

直接規制は一般に健康被害に関わる外部費用が存在する場合に有効であるとされている。実際、日本における自動車排気ガス規制は、各企業にエンジン改良技術の開発を急速に促進させた。Rosenberg(1969)は、技術進歩に付随する重要な特性について以下のように述べている。自動車のエンジンが改良され、高速走行が可能になると、それがブレーキシステムの改善の誘因になる。そうでないと高速走行を実現するエンジン技術がもたらす利益を享受できないからである。同様に生産過程のある段階で技術進歩が起こり生産性が上昇したとしても、生産過程の他の段階での生産性がそれに応じて上昇しなければ、その段階がボトル・ネックとなって生産活動全体の生産性は上昇せず、ある段階での技術進歩の利益が享受できないことになる。したがって各企業は、最も制約要因となる技術に向けた研究開発を実施しようとするであろう。

いま直接規制がきわめて厳しい h^* (図2参照)で課されたとしよう。このとき \overline{MAC}_b の下では企業は生産量の削減を強いられることになる。そこで新たな削減技術 \overline{MAC}_a が産業内で要請され、技術開発競争を促進させるであろう。ここで \overline{MAC}_b から \overline{MAC}_a といった同種の技術開発のケースでは、開発プロセスの一部がボトル・ネックになって \overline{MAC}_a が実現できないという状況が起こり得る。このボトル・ネックになっている部分に向けて集中的な開発投資がなされるとすれば、Porterの言う環境投資の不確実性を減らすことにつながる可能性が高い。また直接規制は産業内の各企業に対してある排出水準が一律に課されるため、厳しい規制下では新技術開発へのインセンティブが他の政策手段よりも大きくなる可能性がある。本論文の第6章における数値分析結果(表6-10参照)からもそのことが察知できる。ただし直接規制下では、各企業は通常の利潤最大化原理によるのではなく、規制された排出水準を最も効率よく(費用効率性に立って)実現しようとして行動する。

第6章 注

(注1) ナッシュ均衡解が必ずしもパレート効率でないことは一般的に知られているが、本モデルでは黄金律解(寡占2企業がともにイノベーションを実行する)が、 $P=MSC$ を満たさないこと、けれども2企業がともにイノベーションを行わない状況と比較して厚生総額が増大するという事実からパレート改善という語が使われている。

(注2) 永井(2012①)は、完全競争下で課税第2ステップにおいて企業が汚染除去をしない場合の利潤 π_θ とイノベーション(δ と α の同時低下)に成功した場合の利潤 π^*_θ を比較している。需要曲線や企業の費用関数は本論文第2章第1節と同じであり、以下の式が提示される。

$$\pi^+_{\theta} - \pi_{\theta} = \frac{1}{2} \left\{ \frac{(2\alpha' + 1)(b - \delta' \theta^*)}{2\alpha' + am} - \frac{(2\alpha + 1)(b - \delta_0 \theta^*)}{2\alpha + am} \right\} - \omega + \beta - \beta^+$$

右辺第 1 項は、税率条件

$$\frac{b(\alpha - \alpha')}{\alpha\delta - \alpha'\delta' + 4\alpha\alpha'(\delta_0 - \delta')} < \theta^*$$

を満たすとき正の値を取ることが示される。

(注 3) この点については次節の数値例で検討される。

(注 4) 第 3 章および第 5 章の分析では、具体的に ω を定めていないが、ここでは (6-8) 式のように定式化する。 α の低下は生産構造全体を変化させ、その結果 α と δ を同時に下げる費用が (6-8) 式のように定まると仮定する。(削減技術の退化を意味するものではない。)

結 語

本研究は序論で掲げたように、永井の定式化による「屈折スプーン型 MAC」を用いて独占、寡占下において環境政策がなされた場合、最適排出水準および社会厚生がどのように定まるか、イノベーション誘発の可能性はどうかという問題に対して理論的分析を試みたものである。問題提起から結論に至るプロセスは、通常の理論経済学の分析手法（目的変数の最大化および市場均衡理論）に依拠している。けれども分析過程で生じる論点は、課税のケースにおける排出係数の低下に伴う生産量の変化の有無である。Ebert(1991)や Barnett(1980)そして Nagai(2013)のモデルでは、汚染除去によって生産量の変化が生じない。ただし Nagai モデルでは、排出係数の低下による税額の減少が生産量の増大をもたらす。それは屈折スプーン型 MAC 分析の特徴である。排出係数の低下にはコストを要するから、それが生産量の抑制要因になるのではないかという問題が生ずるが、Nagai や本論文のモデルでは、排出係数の低下によるコスト増分は税額の減少がもたらす利潤増分によってカバーされている。

さらに屈折スプーン型 MAC 分析は、許可証取引制度にも新たな視点を投げかけている。それはほとんどの場合、許可証取引の結果企業の生産量が減少することである。この理論的事実は、現実と一見整合的ではないが将来許可証取引が一般化した場合、どのような状況が生起するか興味を引くところである。

本研究は序論で提示したように、3つのオリジナリティを引き出している。永井が完全競争下で提起した命題「外部性が存在する市場では、利潤最大化と厚生最大化の両立が困難である」は、A.Smith 以来の経済学の体系への一つの問題提起である。本研究は独占、寡占（複占）下においても、その命題が成立することを論証している。

第2に本論文では、寡占のゲームにおいて黄金律解としてのナッシュ均衡解がパレート効率を実現せず、パレート改善に導くという理論的帰結を得ている。これはゲーム理論における新たな知見である。

つぎに直接規制においてイノベーションのインセンティブが他の政策手段と比べて大きくなる可能性については、第6章の数値分析では得られなかった。ただし需要条件によっては他の政策手段よりも多大なインセンティブが生ずることが寡占のケースで示されており、通説に対する一考を促す要因を提示したといえよう。

最後に今後の残された課題として以下の3点を掲げておく。

(1) 寡占2企業（複占）モデルで、同一費用関数を仮定し、各企業の規模要因を捨象しているが、この仮定を緩めた分析（先発か後発かの問題）が必要である。代表的先行

研究（Ebert モデル）においても本論文と同様同一費用関数を仮定した展開をしているとはいえ、産業組織論上重要なテーマでもあるので、この点について残された課題である。

（2）許可証取引の独占モデルで、本論文では許可証価格が低い場合と高い場合、初期配分が多い場合と少ない場合、それぞれについて分析しているが、この制度は一定の許可証発行数量に対して産業間で取引がなされ、その結果許可証価格が定まるのであるから、他産業との関連でモデル化されるべきであった。

（3）課税モデルのところで、税収をどのように還元するかという問題に対して、本論文ではイノベーションとの関わりで効率的な補助金支給を提言している（本文 105 ページおよび 126 ページ APPENDIX）が、内生的にモデル化されることが望ましかった。

参考文献

日本語文献

- [1]柴田弘文著(2002)『環境経済学』東洋経済新報社
- [2]寺西俊一編著(2007)『新しい環境経済政策』東洋経済新報社
- [3]永井四郎著(2007)『市場経済と技術価値論』麗澤大学出版会
- [4]永井四郎(2012①)「環境政策理論の再検討」『麗澤経済研究』Vol.20, No.1
- [5]永井四郎(2012②)「完全競争下における環境政策」『麗澤大学紀要』第94巻

英語文献

- [6]Asch, P., Seneca, J.J.,(1976). “Monopoly and external costs: An application of second-best theory to the automobile industry,” *Journal of Environmental Economics and Management* 3, 69–79.
- [7]Barnett. A.H., (1980). “The Pigouvian tax rule under monopoly,” *American Economic Review* 70, 1037–1041.
- [8]Baumol, W.J., Oates, W.,(1971). “The use of standards and prices for protection of the environment,” *Swedish Journal of Economics* 73, 42–54.
- [9]Brännlund,R.,Lundgren,T.,(2009). “Environmental policy without costs? A review of the Porter hypothesis,” *Sustainable Investment and Corporate Governance Working Papers*, Umeå University, Sweden.
- [10]Buchanan, J.M., Stubblebine,W.C.,(1962). “Externality,” *Economica*, November,371 – 384.
- [11]Buchanan, J.M., (1969). “External diseconomies, corrective taxes, and market structure,” *American Economic Review* 59,174–177.
- [12]Coase,R.,(1960). “The Problem of Social Cost,” *Journal of Law and Economics*,” October,1 – 44.
- [13]Downing,P.B.,White,L.J.,(1986). “Innovation in Pollution Control,” *Journal of Environmental Economics and Management* 13, 18–29.
- [14]Ebert, U., (1991). “Pigouvian tax and market structure: The case of oligopoly and different abatement technologies,” *Finanzarchiv* 49, 154–166.
- [15]Fischer,C.,Newell,R.G.,(2008). “Environmental and technology policies for climate mitigation,” *Journal of Environmental Economics and Management* 55, 142–162.
- [16]Greaker,M.,Rosendahl.,(2008). “Environmental policy with upstream pollution abatement technology firms,” *Journal of Environmental Economics and Management* 56, 246–259.
- [17]Hart,R.,(2008). “The timing of taxes on CO₂ emissions when technological change is

- endogenous,” *Journal of Environmental Economics and Management* 55, 194–212.
- [18]Katsoulacos, Y., Xepapadeas, A.,(1995). “Environmental policy under oligopoly with endogenous market structure,” *Scandinavian Journal of Economics* 97, 411–420.
- [19]Lee, D.R., (1975). “Efficiency of pollution taxation and market structure,” *Journal of Environmental Economics and Management* 2, 69–72.
- [20]Mendelsohn,R.,(1986). “Regulating Heterogeneous Emissions,” *Journal of Environmental Economics and Management* 13, 301–312.
- [21]Milliman,S.R.,Prince,R.,(1989). “Firm Incentives to Promote Technological Change in Pollution Control,” *Journal of Environmental Economics and Management* 17, 247–265.
- [22]Misiolek, W.S.,(1980). “Effluent taxation in monopoly markets,” *Journal of Environmental Economics and Management* 7, 103–107.
- [23]Nagai,S.,(2013). “A new approach to the theory of environmental policy,” R-vec (Reitaku University), Working Paper No.11.
- [24]Palmer,K.,Oates,W.E.,Portney,P.R.,(1995). “Tightening Environmental Standards :The Benefit-Cost or the No-Cost Paradigm?,” *Journal of Economic Perspectives*, Vol.9,No.4,119 – 132.
- [25]Pearce, D.W., Turner, R.K.,(1990). *Economics of natural resources and the environment*. Prentice Hall.
- [26]Porter,M.E.,(1991). “American’s Green Strategy,” *Scientific American*, April.
- [27]Porter,M.E.,Claas van der Linde.,(1995). “Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship,” *Journal of Economic Perspectives*,Vol.9,No.4,97 – 118.
- [28]Rosenberg,N.,(1969). “The Direction of Technical Change: Inducement Mechanisms and Focusing Devices,” *Economic Development and Cultural Change*, Vol.18, No.1.
- [29]Simpson,R.D.,Brandford,R.L.,(1996). “Taxing Variable Cost :Environmental Regulation as Industrial Policy,” *Journal of Environmental Economics and Management* 30, 282–300.
- [30]Smith, V.K., (1976). “A note on effluent charges and market structure,” *Journal of Environmental Economics and Management* 2, 309–311.
- [31]Wigley,T.M.L.,Richels,R.,(1996). “Economic and environmental choice in the stabilization of atmospheric CO₂ concentrations,” *Nature* 379,240 – 243.
- [32]Zerbe,R.O.,(1970). “Theoretical Efficiency in Pollution Control,” *Western Economic Journal*, 8,364 – 376.