

# 經濟論叢

第162卷 第4号

- 
- 高負債・資本比率経済とアジアの危機……………本 山 美 彦 1
- 大気汚染に対する課税と土地利用規制（1）……鄭 炳 潤 28
- 中国のインフレーションの原因に関する  
経済分析（1979-96年）……………鍾 非 43
- 保育における認可制度の効果……………横 山 由 紀 子 62
- 配偶者のサーチモデルと晩婚化現象……………坂 爪 聡 子 76
- 

平成10年10月

京 都 大 学 経 済 学 会

## 大気汚染に対する課税と土地利用規制（1）

鄭 炳 潤

### I はじめに

土地利用規制は土地の用途を区分したり，その利用程度等を計画的に調整することによって，土地の効率的利用と良い都市住環境を確保することを目的とする制度であり，殆どすべての国で採用されている。日本でも住居地域・商業地域・工業地域等の用途地域制度や容積率・建ぺい率等の制度が運用されているが，その適用範囲は全都市地域に渡るため，その社会・経済的効果は大きいと言える。従って，土地利用規制が意図した本来の目的を達成しているか否かという問題，つまりその経済的効果を正確に把握することが重要であることは言うまでもない。

いままで，土地利用規制に対して数多くの研究がなされてきたが，外部不経済を明示的に考慮せず，土地利用規制のない場合の均衡と規制のある場合の均衡を比較して，その効果を分析したものが多い。したがって，土地利用規制は経済の効率性を損なうものと結論づけたものが多い。（例えば，Büttler [1981]，Ohls et al. [1974]，Courant [1976]，Moss [1977]，White [1975]，Grieson & White [1981]）

しかし，都市的土地利用には様々な形態があり，その間ではある土地利用のパターンが他の土地利用に影響を及ぼすのが一般的であるため，土地利用規制のより正確な効果を分析するためには，その外部不経済をモデル分析に明示的に考慮しなければならない。

ところが，外部不経済には産業大気汚染，高い人口密度による混雑，交通か

らの混雑等様々であり、また土地利用規制にも容積率規制、用途地域規制、最小敷地規制等非常に多様であるため、それらを全部分析するのは不可能であり、本稿の範囲を超えることである。

したがって、ここでは外部不経済の内容を産業大気汚染問題に限定して、その政策代案の効果を分析することにする。大気汚染に関する代表的な先行研究としては、Stull [1974] と Henderson [1977] の研究がある。Stull は人口移動の自由な open city を仮定して、CBD 地域から住居地域に外部不経済（大気汚染）が発生しているときのゾーニングの効果について分析している。彼は、外部不経済の程度を CBD 地域と住居地域の距離の減少関数としている面で汚染の拡散過程をモデルに導入したが、汚染の量的な面を考慮しなかったため、最適ピグー税を考慮する余地がない。CBD 地域と住居地域の最適な土地の配分においては、両地域の境界で両地域の土地レントが等しくなる市場均衡解は最適ではないため、ゾーニングによって CBD 地域の土地レントが住居地域の土地レントより高くする必要があるとしている。Stull の研究は外部不経済とゾーニングに対する先駆的な研究と言われているものの (White [1975])、汚染の量的な面を考慮しなかったことと open city の分析に止まっているという限界がある。

それに対し、Henderson [1977] は汚染の量的面も考慮して、最適な汚染税と最適な土地配分の条件を分析している。彼は、CBD 地域と住居地域の汚染の拡散過程が違ふと考え、CBD の境界に至るまで汚染が拡散して蓄積し、またその蓄積された汚染量が住居地域に行くにつれて拡散するとしている。したがって、この場合の最適ピグー税は CBD 境界の外部不経済に寄与した分に対して課せられることになる。最適な土地配分の条件においては、CBD 境界で両地域の土地レントが異なることを導いているが、どの地域の土地レントが高いかははっきりしないため、ゾーニングによって CBD 地域を拡大するか、縮小する必要があるとしている。しかし、外部不経済に対する課税や土地利用規制の政策効果までは分析していない。これらのモデルに対し、Kanemoto

[1987] は大気汚染に対するサーベイ論文で、両地域での汚染の拡散過程が同じである場合、最適な土地配分においても、市場均衡と同じように両地域の土地レントが一致することを直観的に説明している。

つまり、Stull の場合はゾーニングの効果分析に重点を置いたものの、汚染の量的な面を無視したことと分析対象を open city だけにしたという限界がある反面、Henderson と Kanemoto の研究は拡散過程の違いによって最適ゾーニングの条件がどう異なるかに分析の重点が置かれており、実際の政策の効果分析までは行っていないという限界がある。

本論はこのようなギャップを埋めるためのものである。本論の構成は次のようである。第2節ではここで採択しているモデルと過程について述べる。都市は closed city を取り上げる。第3節では、3種類の大気汚染のパターンを取り上げて、最適汚染税と最適土地配分の条件を求める。3種類の大気汚染のパターンは、大気汚染の拡散が産業地域と住居地域別に異なる Henderson 型のパターンと大気汚染の拡散が同じである Kanemoto 型のパターン、そして日本の大都市のように産業地域の面積の割合が小さく、産業地域内の拡散が存在しにくい場合の現実的なパターンである。このように汚染のパターン別に最適条件を求めるのは、Kanemoto の直観的な結果を厳密に証明すると同時に、日本の状況に適した汚染パターンの場合には最適汚染税と最適な用途地域の配分の条件がどう変わるかを分析するためである。続いて、第4節では、最後の現実的な汚染パターンを取り上げて、そのときの市場均衡解を求める。第5節では、最適政策ができない場合、次善策として汚染要素に対する課税と用途地域と最小敷地規模を規制した場合の政策効果を分析する。この節ではどの政策手段が一番望ましいかを比較検討する。最後に、本論の主要結果と今後の課題について簡単にふれる。

## II モデル

まず、モデル構成に必要な諸仮定と関数形態から始めよう。

第1に、分析の便宜上線形の都市を想定する。したがって、ある地点  $r$  での利用可能な土地の総面積  $L(r)$  は  $\theta$  として一定である。つまり、

$$L(r) = \theta \quad (1)$$

となる。第2に、都市は財  $z$  を生産する産業地域である CBD と外郭の住居地域からなっており、CBD の生産過程から出る汚染物質によって住居地域の効用水準が影響されるとする。

第3に、都市の生産物  $z$  は次のように労働  $l(r_1)$ 、土地  $s(r_1)$ 、汚染を発生する生産要素  $k(r_1)$  (以下“汚染要素”と略す) によって生産されるとし、その生産関数は線形同次関数と仮定する。

$$z = z(l(r_1), s(r_1), k(r_1)) \quad (2)$$

そうすると、各地点における企業の利用可能な土地投入量はその地点での総土地量  $\theta$  と等しくなる。したがって、すべての企業の土地投入量は  $\theta$  として一定となる。ここで、都市の生産財の価格は1、汚染要素の価格  $p_k$  は外生的に与えられたとする。そうすると、都市の企業は  $p_k$  の価格で汚染要素を都市の外部から購入することになる。

第4に、生産された財は CBD の輸送ノード ( $r=0$ ) まで運ばれて販売されるが、その単位距離当たりの輸送費は  $t_z$  として一定とする<sup>1)</sup>。

第5に、都市の住民は同一であり、同じ効用関数を持っているとする。さらに、その総人口は  $N$  として一定であり、全員が CBD の境界  $r_*$  まで出勤するものとする。そして、単位距離当たりの出勤費用は  $t$  として一定であるとする。そうすると、すべての住民は同じ所得と同じ効用水準を享受することになる。

第6に、都市住民の効用  $U$  は次のように、都市の生産財  $z(r)$ 、ロットサイズで測った住宅財  $s(r)$ 、外部不経済  $E(r)$ 、の関数であるとする。

$$U = U(z(r), s(r), E(r)) \quad (3)$$

$$\partial U / \partial z(r) > 0, \partial U / \partial s(r) > 0, \partial U / \partial E(r) < 0$$

1) ここでは、問題を明確にするために、輸送ノードは海岸のポートに位置していると仮定する。このように仮定すると、都市の一面だけに分析の焦点を当てることができる。

第7に、CBDの各地点 $r_1$ にある企業の汚染物質の放出量 $e(r_1)$ は汚染要素の使用量の増加関数であるとする、

$$e(r_1) = e(k(r_1)), \quad \partial e / \partial k(r_1) > 0 \quad (4)$$

と表せる。

ところで、大気汚染は距離とともに拡散する可能性があるから、その拡散形態を考慮しなければならない。ここでは、3つのタイプの拡散形態を考慮してみよう。

第1タイプは、汚染が地域に関係なく距離とともに拡散する形態である(Kanemoto型)。この場合、住居地域のある地点 $r_2$ に及ぼす $e(r_1)$ の影響は $r_1$ が $r_2$ に近いほど増加し、 $r_2$ が $r_1$ から遠く離れるほど減少することになる。その影響の程度を $g$ とすると、

$$g(r_1, r_2) = g(e(r_1), r_2) \quad (5)$$

$$\partial g / \partial e > 0, \quad \partial g / \partial r_1 > 0, \quad \partial g / \partial r_2 < 0$$

と表すことができる。そうすると、CBDにある全企業の汚染放出によって、 $r_2$ の住民が被る外部不経済の程度は、

$$E(r_2, r^*) = \int_0^{r^*} g(e(r_1), r_1, r_2) dr_1 \quad (6)$$

となる<sup>2)</sup>。

第2タイプは、産業地域と住居地域の拡散形態が異なる場合である(Henderson型)。つまり、汚染の発生地が産業地域の境界から離れているほど、汚染の量が少なくなり、住居地域に行くにつれて産業地域の境界での汚染蓄積量が拡散するタイプである<sup>3)</sup>。そうすると、この場合の $r_2$ に及ぼす $e(r_1)$ の影響 $h$ は、 $r_*$ までの汚染総量 $V$ の増加関数、 $r_2$ の減少関数、 $r_*$ の増加関数として次のように表すことができる。

$$h(r_2, r_*) = h[V(e, r_1, r_*), r_2, r_*].$$

2) このタイプは、両地域を対称的に扱っているという面で、Yellin [1974] と Kanemoto [1987] の人種モデルと同様のタイプである。

3) このタイプは Henderson [1977] のタイプである。

$$\partial h/\partial V > 0, \partial h/\partial r_2 < 0, \partial h/\partial r_* > 0 \quad (6-1)$$

$$\text{但し, } V(r_*) = \int_0^{r_*} v(e, r_1, r_*) dr_1, \quad \frac{\partial v}{\partial e} > 0, \frac{\partial v}{\partial r_1} > 0, \frac{\partial v}{\partial r_*} < 0$$

$\partial v/\partial r_1 > 0$  は企業が  $r_*$  に近く立地するほど、汚染が多くなることを、 $\partial v/\partial r_* < 0$  は  $r_*$  が大きいほど汚染が拡散することを意味するものである。そうすると、この場合の外部不経済の程度は、次のように表すことができる。

$$E(r_2, r_*) = \int_0^{r_*} h(V(r_*, r_1), r_2, r_*) dr_1 \quad (6-2)$$

第3タイプは、第2タイプの変形として、産業地域内の拡散はなく、住居地域だけの拡散が存在する場合である。現実には、産業地域は住居地域に比べて面積が小さく、企業が密集しているため、汚染の拡散が無視できる水準である可能性が大きいと考えられるからである。そうすると、この場合の外部不経済の程度はつぎのように表せる。

$$f(r_2, r_*) = f(J(e(r_1)), r_2, r_*), \quad \frac{\partial f}{\partial J} > 0, \frac{\partial f}{\partial r_2} < 0, \frac{\partial f}{\partial r_*} > 0 \quad (6-3)$$

$$\text{但し, } J(r_*) = \int_0^{r_*} j(e(r_1)) dr_1, \quad \frac{\partial j}{\partial e} > 0.$$

ここで、 $f$  は第2タイプの  $h$  に当たるものを、 $J$  は  $V$  に当たるものを示している。そうすると、この場合の外部不経済の程度は、

$$E(r_2, r_*) = \int_0^{r_*} f(J(r_*), r_2, r_*) dr_1 \quad (6-4)$$

となる。

このような拡散のタイプの違いは、異なった最適条件をもたらすことになる。ここで、分析を簡単にするために、 $e, v, j$  はすべて線形同次関数と仮定しよう。これは、汚染要素の増加比率だけ汚染の放出も多くなることを意味する。

第8に、分析の便宜上農村地域の土地レント  $p_A$  はゼロとする。

第9に、財市場と生産要素市場は完全競争であるとする。したがって、企業の長期利潤はゼロとなる。

第10に、両地域の境界都市  $r_*$  は事前に決められているとする。

### III 最適な汚染税と最適な土地配分

#### 1 最適な汚染税

上のモデルに基づいて、効率的資源配分をもたらす最適ビグー税を見いだすことができる。その最適な汚染税率は都市の厚生を最大化するものでなければならない。つまり、都市はすべての住民がある最大水準の効用を享受できるように最適課税を選ばなければならない。ある代表的な個人の効用を  $U_0$  をとすると、この最大化の問題は一定の制約条件のもとで  $\max U_0(z(r), s(r), E(r))$  を得ることになる。その制約条件は次のようである。

第1に、すべての住民は能力面で同じなので、 $r_2$  に居住する住民はすべて同じ効用水準を享受しなければならない。つまり、すべての  $r_2$  において次式が成立しなければならない。

$$U(z(r_2), s(r_2), E(r_2)) = U_0, \quad r_* \leq r_2 \leq r_f$$

次に、都市の生産物の販売額は都市の消費額と汚染要素の購入額の合計と等しくなければならない。これは完全分配の条件である。輸送費を引いた販売額は  $\int_0^{r_*} (1-t_e r) z(r) dr_1$  であり、都市の消費額と汚染要素への支払額はそれぞれ  $\int_{r_*}^{r_f} z(r_2) dr_2$  と  $p_k \int_0^{r_*} k(r_1) dr_1$  であるから、次の式が成立しなければならない。

$$\begin{aligned} & \int_0^{r_*} (1-t_e r) z(l(r_1), s(r_1), k(r_1)) dr_1 \\ & = \int_{r_*}^{r_f} z(r^2) n(r^2) dr_2 + p_k \int_0^{r_*} k(r_1) dr_1 \end{aligned} \quad (7)$$

ここで、 $n(r_2)$  は住居地域の人口密度  $L(r)/s(r_2) = \theta/s(r_2)$  である。

次の条件は外部不経済に対する条件である。すべての  $r_2$  において、三つのタイプの外部不経済に関して、(6)、(6-2)、(6-4)式が成立しなければならない。



四番目は、完全雇用の条件である。つまり、全雇用量は都市の総人口  $N$  に等しくなければならない。つまり、(8)式が成り立たねばならない。

$$\int_0^{r^*} l(r_1) dr_1 = N \quad (8)$$

次の条件は総人口に対する制約式である。

$$\int_{r^*}^{r_f} n(r_2) dr_2 = N \quad (9)$$

最後の制約式は両地域における利用可能な土地量に対する条件である。つまり、(10)式と(11)式が成立しなければならない。

$$\theta = s(r_1), \quad 0 \leq r_1 \leq r^* \quad (10)$$

$$\theta = s(r_2)n(r_2), \quad r^* \leq r_2 \leq r_f \quad (11)$$

以上の制約条件をまとめると、第1タイプの効用最大化のラグランジュ関数を書くと次のようになる。

$$L = \max U_0(z(r_2), s(r_2), E(r_2)) + \int_{r^*}^{r_f} \mu_1(r_2) [U(z(r_2), s(r_2), E(r_2)) - U_0] dr_2 \quad (12-1)$$

$$+ \mu_2 \left\{ \int_0^{r^*} (1 - t_e r_1) z(l(r_1), s(r_1), k(r_1)) dr_1 - \int_{r^*}^{r_f} z(r_2) n(r_2) dr_2 - p_k \int_0^{r^*} k(r_1) dr_1 \right\} \quad (12-2)$$

$$+ \int_{r^*}^{r_f} \mu_3(r_2) \{E(r) - \int_0^{r^*} g(e(r_1), r_1, r_2) dr_1\} dr_2 \quad (12-3)$$

$$+ \mu_4 (N - \int_0^{r^*} l(r_1) dr_1) \quad (12-4)$$

$$+ \mu_5 (N - \int_{r^*}^{r_f} n(r_2) dr_2) \quad (12-5)$$

$$+ \int_0^{r^*} \mu_6(r_1) (\theta - s(r_1)) dr_1 \quad (12-6)$$

$$\int_{r^*}^{r_f} \mu_7(r_2) (\theta - s(r_2)n(r_2)) dr_2 \quad (12-7)$$

第2タイプと第3タイプのラグランジュ関数は(12-3)式だけがそれぞれ次のように変わる。

$$\int_{r^*}^{r^f} \mu_3(r_2) \{E(r_2) - \int_0^{r^*} h(V, r_2, r_*) dr_1\} dr_2 \quad (12-3)'$$

$$\int_{r^*}^{r^f} \mu_3(r_2) \{E(r_2) - \int_0^{r^*} f(J, r_2, r_*) dr_1\} dr_2 \quad (12-3)''$$

ここで、 $\mu$  はラグランジュ乗数であり、 $\mu_2, \mu_4, \mu_6(r), \mu_7(r)$  はそれぞれ  $z, l, s_1, s_2$  のシャドープライスを意味する。

まず、 $k$  で(12)式を微分することによって、次の関係を得る。

$$\mu_2(1-t_e r) \frac{\partial z}{\partial k} - p_k - \int_{r^*}^{r^f} \mu_3(r_2) \frac{\partial g}{\partial e} \frac{\partial e}{\partial k} dr_2 = 0 \quad (13)$$

次いで、 $E$  と  $z$  による微分から、(14)式と(15)式の関係を得る。

$$\mu_1(r_2) \frac{\partial U}{\partial E} + \mu_5(r_2) = 0 \quad (14)$$

$$\mu_1(r) \frac{\partial U}{\partial z} - \mu_2 n(r_2) = 0 \quad (15)$$

(14)÷(15)から  $\mu_3(r)$  を求めて、(13)式に代入すると、(16)式の関係が得られる。

$$\begin{aligned} p_k &= (1-t_e r) \frac{\partial z}{\partial k} + \int_{r^*}^{r^f} \frac{\partial U}{\partial E} \frac{\partial U}{\partial z} n(r_2) \frac{\partial g}{\partial e} \frac{\partial e}{\partial k} dr_2 \\ &= (1-t_e r) \frac{\partial z}{\partial k} - \tau(r_1) \frac{\partial e}{\partial k} \end{aligned} \quad (16)$$

ここで、 $\tau(r_1) = - \int_{r^*}^{r^f} \frac{\partial U}{\partial E} \frac{\partial U}{\partial z} n(r_2) \frac{\partial g(e(r_1), r_1, r_2)}{\partial e} dr_2$  は汚染に対する最適ピ

グー税率である。

税率の構成項目の内、 $(\partial U/\partial E)/(\partial U/\partial z)$  は  $z$  で測った外部不経済の増加による効用の減少を表す。 $r_1$  での汚染物質の増加による  $r_2$  地点の住民の被る外部不経済の被害は  $n(r)(\partial g/\partial e)$  である。したがって、最適ピグー税の税率は  $r_1$  地点における追加的な汚染放出によって発生する  $r_2$  地点での総効用の減少

額を意味する。つまり、ピグー税は汚染による社会的損失額と等しい。そして、第1タイプのピグー税は  $r_1$  の関数であるため、企業の立地別の外部不経済に対して、異なる税金を課することになる。

次いで、同じように、第2タイプと第3タイプの最適ピグー税率を求めると次のようになる。

$$\tau'(r_*) = \int_{r_*}^{r_1} \frac{\partial U}{\partial E} n(r_2) \frac{\partial h(V, r_2, r_*)}{\partial V} dr_2$$

$$\tau''(r_*) = \int_{r_*}^{r_1} \frac{\partial U}{\partial E} n(r_2) \frac{\partial f(J, r_2, r_*)}{\partial J} dr_2$$

第2タイプと第3タイプにおけるピグー税率は、その内容において異なる。第1タイプの場合は税率が企業の立地点別に違うのに対し、第2タイプと第3タイプの場合の税率は  $r_*$  の関数となっているため、 $r_*$  が固定されている限り固定税率となる。これは、ピグー税率の式から分かるように、第2タイプと第3タイプのピグー税は  $r_*$  における総汚染量の増加に寄与した分に課せられるからである。

## 2 最適な土地の配分

ここでは、パレート効率的な土地の配分を図るためには、両地域をどのように配分すれば良いかという問題を考察してみよう。ここでの問題は外部不経済の関数形態によって最適な土地の配分の条件がどう異なるかということである。結論から言えば、第1タイプの場合は両地域の境界で両地域の土地レントが一致することであり、第2タイプの場合は両地域の土地レントが一致するのは最適ではないが、どの地域の土地レントが高いかは明確ではない。第3タイプの場合は、CBD 地域の土地レントが住居地域の土地レントより高いのが最適な土地配分の条件となる。

このような結果は、効用最大化の(12)式から、各タイプ別に両地域の境界  $r_*$  が最適になる条件を求めることによって確かめられる。まず、第1タイプ

の最適  $r_*$  の条件を求めてみよう。

$\partial L / \partial r_* = 0$  から, (17) 式の関係が得られる<sup>4)</sup>。

$$\begin{aligned} & \mu_1(r_f)(U(r_f) - U_0) - \mu_1(r_*)(U(r_*) - U_0) \\ & + \mu_2[(1 - tr_*)z(r_*) - z(r_f)n(r_f)\frac{\partial r_f}{\partial r_*} + z(r_*)n(r_*) - p_k k(r_*)] \\ & - \int_{r_*}^{r_f} \mu_3(r_2)g[e(k(r_*)), r_*, r_2]dr_2 \\ & - \mu_4 l(r_*) \\ & - \mu_5 n(r_f)\frac{\partial r_f}{\partial r_*} + \mu_5 n(r_*) \\ & + \mu_6(r_f)(\theta - s(r_f)n(r_f))\frac{\partial r_f}{\partial r_*} - \mu_6(r_*)(\theta - s(r_*)n(r_*)) \\ & + \mu_7(r_*)(\theta - s(r_*)) \\ & = 0 \end{aligned} \tag{17}$$

次いで,  $z, E, k, n, s, l$  で微分した結果から得られるラグランジュ乗数を(17)式に代入して整理すると, 次式が得られる<sup>5)</sup>。

$$\begin{aligned} & (1 - t_e r_*) \left[ z(r_*) - \frac{\partial z}{\partial k} k(r_*) - \frac{\partial l}{\partial z} l(r_*) \right] + \tau(r_1) \frac{\partial k}{\partial e} k(r_*) \\ & + \int_{r_*}^{r_f} \frac{\partial U}{\partial z} \mu_3(r_2)g[e(k(r_*)), r_*, r_2]dr_2 - p_2(r_*)\theta \\ & = 0 \end{aligned} \tag{18}$$

4) ここでは(17)式の3行目の式だけを導出する。

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial r_*} \left[ \int_{r_*}^{r_f} \mu_3(r_2)E(r_2)dr_2 - \int_{r_*}^{r_f} \left[ \mu_3(r_2) \int_0^{r_*} g(e(k(r_1)), r_1, r_2)dr_1 \right] dr_2 \right] \\ & = \mu_3(r_f)E(r_f)\frac{\partial r_f}{\partial r_*} - \mu_3(r_*)E(r_*) - \int_{r_*}^{r_f} \mu_3(r_2)g[e(k(r_*)), r_*, r_2]dr_2 \\ & + \mu_3(r_*) \int_0^{r_*} g(e(k(r_1)), r_1, r_*)dr_1 - \mu_3(r_f) \int_0^{r_*} g(e(k(r_1)), r_1, r_f)dr_1 \frac{\partial r_f}{\partial r_*} \\ & = - \int_{r_*}^{r_f} \mu_3(r_2)g[e(k(r_*)), r_*, r_2]dr_2 \end{aligned}$$

5) ここで, 用いられるラグランジュ乗数の値は次のようである。

$$\begin{aligned} \mu_1(r) &= n(r) / (\partial U / \partial z) \\ \mu_2 &= 1 \\ \mu_3(r) &= -MRS_{E,z} n(r) (\partial g / \partial e) \\ \mu_4 &= w = (1 - t_e r) (\partial z / \partial l) \\ \mu_5(r) &= -[z(r) + MRS_{s,z} s(r)] \\ \mu_6(r) &= P_2 = MRS_{s,z} \\ \mu_7(r) &= P_1 = (1 - t_e r) (\partial z / \partial s) \end{aligned}$$

ところで、線形同次の生産関数を仮定しているため、オイラー定理によって上の最初の式は  $r_*$  で企業が支払う土地レント、つまり  $(1-t_e r) \partial z / \partial s(r_*) \theta = p_1(r_*) \theta$  と等しい。また、2番目の式に(16)式の最適ピグー税率を代入すると、2番目の式と3地目の式は次のように整理できる。

$$\int_{r_*}^{r_1'} \frac{\partial U}{\partial E} \frac{\partial U}{\partial z} n(r_2) \left[ g(r_*) - \frac{\partial g}{\partial e} \frac{\partial e}{\partial k} k(r_*) \right] dr_2 \quad (19)$$

$g$  も線形同次関数と仮定しているため、(19)式はゼロとなる。したがって、(18)式は結局  $p_1(r_*) \theta = p_2(r_*) \theta$  の関係を意味する。このことは、汚染の拡散が両地域で同様である場合、最適な両地域の境界で両地域の土地レントが一致することを意味するものである。つまり、均衡解と同じく、最適解においても両地域の境界では両地域の土地レントが一致することになる。この結果は、Kanemoto [1987] が直観的に説明した結果と同じものである。

同じように、第2タイプの場合の最適な土地の配分の条件を求めると、次のようになる。

$$\begin{aligned} & (1-t_e r_*) \left[ z(r_*) - \frac{\partial z}{\partial k} k(r_*) - \frac{\partial z}{\partial l} l(r_*) \right] \\ & + \int_{r_*}^{r_1'} \frac{\partial U}{\partial E} \frac{\partial U}{\partial z} n(r_2) \frac{\partial h}{\partial V} \left[ v(r_*) - \frac{\partial v}{\partial k} k(r_*) \right] \\ & + \int_{r_*}^{r_1'} \frac{\partial U}{\partial E} \frac{\partial U}{\partial z} n(r_2) \frac{\partial h}{\partial V} \left[ \int_0^{r_*} \frac{\partial h}{\partial r_1} dr_1 + \frac{\partial h}{\partial r_*} \right] dr_2 \\ & - p_2(r_*) \theta \\ & = 0 \end{aligned}$$

第1タイプの場合と同じように2番目の式はゼロとなるが、最後の式がゼロではないため、両地域の土地レントは異なることになる。そして、2番目の式の括弧内の積分は汚染の拡散を表すもので、マイナスであるが、もう1つの式は境界の増加による外部不経済の増加を表すものでありプラスである。したがって、両者の大きさによって、両地域の土地レントの相対的大きさが決まる

ことになる。しかし、均衡では両地域の境界で両地域の土地レントが一致してしまうので、最適な土地配分のためには、用途地域規制によって両地域の土地レントが異なるように両地域の境界を決めなければならない。その境界の決定は、最適条件が産業地域の土地レントが大きい場合には、産業地域の縮小を、住居地域の土地レントが大きい場合は産業地域の拡大の形になるであろう。

次に、第3タイプの最適条件を求めると次のようになる。

この場合は、第2タイプと違って、産業地域での汚染の拡散が存在しないため、3番目の式にそれに当たる式がなくなる。3番目の式に現れるのはCBD地域の拡大による外部不経済の増加を表す項目だけであり、それはプラスの値を持つ。したがって、両地域の境界で、産業地域の土地レントが住居地域の土地レントより常に大きくなるのである。このことは、最適な土地の配分のためには用途地域規制によって産業地域を縮小しなければならないことを意味するものである。

$$\begin{aligned}
 & (1-t_0 r_*) \left[ z(r_*) - \frac{\partial z}{\partial k} k(r_*) - \frac{\partial z}{\partial l} l(r_*) \right] \\
 & + \int_{r_*}^{r_1} \frac{\partial U}{\partial k} n(r_2) \frac{\partial f}{\partial j} \left[ j(r_*) \frac{\partial j}{\partial k} k(r_*) \right] \\
 & + \int_{r_*}^{r_1} \frac{\partial U}{\partial z} n(r_2) \frac{\partial f}{\partial r_*} \\
 & - p_2(r_*) \theta \\
 & = 0
 \end{aligned}$$

以上の分析結果から、外部不経済の関数形態によって、ピグー税の内容と土地の最適な配分条件が異なることが分かる。

しかし、ここでのピグー税を現実的に施行するのは大変難しいであろう。どのようなタイプであれ、政策当局は汚染と消費財の限界代替率だけでなく、都市全体の立地構造や汚染の発牛程度などについて完全な情報を持っていないなければならない。かりに、その情報収集が可能であってもそれには莫大な費用が掛

かり、むしろ社会的効率性を損なうことになるであろう。したがって、現実的には汚染要素に対する課税や土地利用規制といった政策が行われることになる。

参考文献

- 阿部賢一, 佐々木公明 [1995] 「ゾーニングの都市計画的及び社会経済的研究」 ARSC 研究発表大会論文。
- Büttler, H. J. [1981] "Equilibrium of a Residential City, Attributes of Housing, and Land Use Zoning," *Urban Studies*, 18, pp. 23-39.
- Courant, P. N. [1976] "On the Effect of Fiscal Zoning on Land and Housing Values," *Journal of Urban Economics*, 3, pp. 88-94.
- Crecine et al. [1967] "Urban Property Markets: Some Empirical Results and Their Implications for Municipal Zoning," *Journal of Law & Economics*, 10, October, pp. 79-100.
- Crone, T. M. [1983] "Elements of an Economic Justification for Municipal Zoning," *Journal of Urban Economics*, 14, September, pp. 168-83.
- de Leeuw, F. [1971] "The Demand for Housing: A Review of Cross-section Evidence," *Review of Economics and Statistics*, 53, February.
- Fischel, W. A. [1975] "Fiscal and Environmental Considerations in the Location of Firms in Suburban Communities," in *Fiscal Zoning and Land Use Controls*, eds. by E. S. Mills and W. E. Oates, Lexington Books.
- Fischel, W. A. [1978] "A Property Rights Approach to Municipal Zoning," *Land Economics*, 54, 1, February.
- Fujita, M. [1989] *Urban Economic Theory*, Cambridge University Press.
- Grieson, R. E. & White, J. R. [1981] "The Effects of Zoning on Structure and Land Markets," *Journal of Urban Economics*, 10, pp. 271-85.
- Henderson, J. V. [1977a] *Economic Theory and the Cities*, Academic Press.
- Henderson, J. V. [1977b] "Externalities in a Spatial Context: The Case of Air Pollution," *Journal of Public Economics*, 7.
- 石田頼房 [1990] 『日本近代都市計画の百年』 自治体研究社。
- 岩田規久男他 [1992] 『都市と土地の理論』 ぎょうせい。
- Kanemoto, Y. & Miyao, T. [1987] *Urban Dynamics and Urban Externalities*, Ch1, Ch2, Harwood.
- Maser et al. [1977] "The Effects of Zoning and Externalities on the Price of Land: An Empirical Analysis of Monroe County, New York," *Journal of Law & Eco-*

- nomics*, 20, April, pp. 111-32.
- Moss, W. [1977] "Large Lot Zoning, Property Taxes, and Metropolitan Area," *Journal of Urban Economics*, 4, pp. 408-27.
- Muth, R. F. [1969] *Cities and Housing*, Chicago, Univ. of Chicago Press.
- Muth, R. F. [1971] "The Derived Demand for Urban Residential Land," *Urban Studies*, 8, October.
- 宮尾尊弘 [1991] 『土地問題は解決できる』東洋経済新報社。
- Ohls, J. C. et al. [1974] "The Effect of Zoning on Land Value," *Journal of Urban Economics*, 1, pp. 428-44.
- 大谷幸夫 [1988] 『都市にとって土地とは何か』筑摩書房。
- Stull, W. [1974] "Land Use Zoning in an Urban Economy," *American Economics Review*, 64, June, pp. 337-47.
- Sullivan, A. M. [1984] "Land Use and Zoning in the Central Business District," *Regional Science and Urban Economics*, 14, pp. 521-32.
- White, M. J. [1975] "The Effect of Zoning on the Size of Metropolitan Areas," *Journal of Urban Economics*, 2, pp. 279-90.
- Yellin, J. [1974] "Urban Population Distribution, Family Income and Social Prejudice," *Journal of Urban Economics*, 1, pp. 21-47.