

# 公害防止政策の総合的検討

梶 秀樹

(東京都研究員  
東京工業大学)

## 1 はじめに

もっとも有効な公害防止策が、発生源における各種公害発生量を直接抑制することであるのは論をまたない。工場の煙突から出る煙をなくし、騒音を規制し、廃液の汚濁負荷を減少させ、自動車の排ガスを0にするという対策は、もし、それが可能であれば、明日からでも公害のない都市生活をわれわれに約束してくれる。正月や連休のときの空の青さを思い起こせば、このことを理解するのはたやすい。

その意味で、低硫黄重油の使用、排煙、廃液浄化装置の開発、無公害エンジン、電気自動車という類の対策が、現在の有効性はともかく、もっとも重要視されるべき公害防止策であることは否定し得ないのである。

にもかかわらず、これら発生源への直接策が、その技術的おくれを別にしても、なかなか実現させにくいという社会のしくみについて、考慮する必要がある。それは、基本的には、原因(=汚染物の発生)と結果(=人体への被害)の因果関係があいまいで、加害者を限定しにくいという、公害のもつ本質に帰因する。疑わしいというだけで有罪とし、刑を課すわけにはいかないのである。さらに、微量汚染物質の集積と複合として、公害という現象が発生しているとすれば、因果関係の解明のむづかしさもさることながら、つきとめた原因者は、おそらく、微量の汚染物質発生源すべてを含み、それを根絶するのは、社会構造の大きな変革を必要とするであろう。

現在、法律として規定されている環境基準が、いずれも、発生源ではなく、拡散・希釈、もしくは逆に集積・複合の過程を経て観測された着地濃度や、河川濃度、地区騒音であるのは、被害と直接関連する場面で規制しておかねばならないという、被害防止原則によるからばかりではないことに注意しなければならない。それは、条例その他に例外はあるものの、発生源を無根拠に規制できないことの現われであり、ひとりひとりの発生源は、

すべて加害者でありながら、だれも、ひとりでは被害を発生させてはいない事実の現われにはかならない。

このような、公害の本質と、社会のしくみを考えるとき、発生源において汚染物質の発生を直接抑制するという対策が、その有効性にもかかわらず、実効性において多くの困難と限界をもっていることは覚悟しなければならない。

総合公害防止策という題で論じようとする本論の公害防止政策の姿は、こうした、発生源における排煙・廃液浄化装置とか、無公害エンジンといった、個別の防止対策の限界を前提としたうえで、都市政策としてはいかなる策が有効かを、模索するものである。

都市政策とは、具体的には工場の立地規制や、交通規制、ときには再開発という積極的対策も含まれる。これらの政策の及ぼす影響の強さは、単一の地域、そして単一の公害事象にのみ作用するものではない。ある地域への規制は、他の地域の公害を増加させるかもしれないし、別種の公害を発生させる起因となるかもしれない。したがって、その政策の有効性が実証されるためには、まず第1に、それが実行されたことによって生ずる波及効果のすべてを追跡することが必要となる。その影響は、短期に現われることもあるし、都市成長の主因に作用し、長期にわたり、徐々に表面化してくることもある。都市という複雑システムへ与えられたインパクトである以上、その作用の追跡は困難を極めるであろうし、思いがけない結果がもたらされることも覚悟しなければならない。

昨年の年報において、筆者は、公害防止のための自動車交通制御の政策について論じた。小論では、単にそうした政策実験のできるモデルを提示するにとどまっているが、その後、簡単な数字を入れていくつかの実験を行ってみた結果は、交通量を減らそうとする多くの政策が、かえって逆に交通量を増やすことになってしまうと

いうことを示したのである。排ガスの拡散・希釈の過程についてはなんらふれていないため、公害事象としてどうこういえるものではないが、複雑システムの特徴を端的に示したものと見える。政策効果の追跡には、こうしたモデルが内生化されねばならないことは確かである。

第2に、政策有効性の実証には、すべての地域、すべての公害事象を含んだ「評価関数」が必要である。いま、環境基準をひとつの評価関数体系と考えれば、全地域、全公害に関して、基準内であるか否かによって、少なくとも政策の適合度を測ることができるだろう。しかし、環境基準は、公害の許容基準というよりはむしろ、現時点での努力水準に近い性格のものである。したがって、評価関数体系としては、環境基準を最小限満足すると同時に、それ以下の状態でも起こりうる被害の形に、全公害を集約したものが必要である。

目下のところ環境基準を、総合評価体系と考えると、ひとつの政策が、いかなる因果関係のもとに、いかなる地域のいかなる公害事象に作用するかを明らかにし、関連した公害事象のひとつひとつを地区ごとに環境基準からチェックするという過程を経てはじめて、政策の有効性が保証されることになる。

本論のタイトルを「総合」公害防止政策としたのは、このプロセスにおける政策効果の検討を、あらゆる公害、あらゆる地域について同一レベルで考慮する意図を表わしたものである。

各地域に、それぞれ異なった様相で発生している公害現象を、ひとつの因果体系の枠組でとらえること、それが、こうした総合的検討の第1歩であり、本小論は、そのシステムを明らかにすることを目的としている。

## 2 公害発生メカニズム

いま、大気汚染、水質汚濁、騒音、地盤沈下の4つの公害を考えよう。大気汚染と騒音については、それぞれ自動車と工場その他を分けて考えることにする。

首都圏ぐらゐの広がりをもった地域について、区市町村単位で上記6つの公害現象が観測されるとすれば、地域相互に、そして、それぞれの現象間に、いかなる関連をもっているかを明らかにするのが本論の目的である。

個別事象についてさえ、発生メカニズムについて完全な研究が行なわれていない現在、総合システムについて

考えるのは困難であり、精緻な議論をすることは不可能であろう。それゆえ、多少、抽象的な議論展開となることをご了解いただきたい。

最初に、各地区の建物延床面積を表わすベクトルを  $x_k$  とし、 $k$  はいま、簡単のために、住宅と、商業と、工場の3つだけを考えることにする。

したがって、すべての地区の建物床面積状況は、次のようなマトリックスとして表わせる。

$$X = [x_1, x_2, x_3] \dots\dots\dots ①$$

このマトリックスをもとに、各種公害の発生を記述してみる。

(1) 自動車による大気汚染

自動車の発生源単位を  $c = (c_1, c_2, c_3)$  とすれば、 $i$  地区の発生集中交通量  $[O_i]$  は

$$O_i = \sum_k c_k x_{ik}$$

ベクトル表示すれば、

$$O = Xc' \dots\dots\dots ②$$

$i \rightarrow i'$  への交通量マトリックスを  $T = [t_{ii'}]; i, i' = 1, 2, \dots, n$  とすれば、

$$T = f(O, D) \dots\dots\dots ③$$

$D$  は  $i, i'$  の距離であり、 $f$  はたとえば、グラビティ型関数で表わされよう。

$i$  地区における道路の配分交通量  $V = [v_i]$  (縦ベクトル) は、

$$V = g(T, R, D) \dots\dots\dots ④$$

で与えられる。 $R$  は、幹線道路のネットワークを表わすマトリックスであり、簡略には、 $i$  地区が  $i' \rightarrow i''$  の通過点になっているか否か、1 or 0 の3次元マトリックスと考えてよい。④式の  $V$  は、通常ネットワークシミュレーション等によって求められており、この関数  $g$  は、そうした手法によってきまるものを抽象的に表現している。

以上より、地区  $i$  における自動車排ガスの汚染度  $A_o$  は、

$$A_o = h_o(a_o V, I_R) \dots\dots\dots ⑤$$

となる。 $a_o$  は排ガスの発生源単位であり、関数  $h_o$  は、拡散方程式である。 $I_R$  は、地区  $i$  の道路形状を示す特性値で、高い建物で遮蔽されていたり、遮断線地があるなどの、通常拡散をさまたげる防御装置を、すべて含むものである。

(2) 交通騒音

V が与えられれば、⑤式と同様の形で、次のようにかける。

$$Sc = \phi_c(s_c V, Ir) \dots\dots\dots ⑥$$

(3) 工場その他による大気汚染

ここでは、SO<sub>2</sub>に限って話を進めよう。もちろんこれから述べることは、SO<sub>2</sub>以外のものでも適用できる。ただ、いくつもの汚染物質を考えると、その分、サフィックスが増えることになる。

工場、その他の SO<sub>2</sub> 発生源単位 (床面積当たり) を  $a=[a_k]$  とする。住宅が SO<sub>2</sub> を出すことはないから、 $a_1=0$  と考えてよい。商業施設は、オフィスにおける冬期暖房があり、負荷量をもつだろう。また工場については、業種別に  $a_k$  が異なると考えられる。これは、最初の X の分類を、どれだけ細かくとるかだけのことであり、式の展開に一般性を失うものではない。

発生源単位を床面積当たりとすることに異義があるのは当然であるが、出荷額をとるにしても、従業員数をベースにしても、さらには、重油の使用量をベースにしても、X の分類と関連し、うまい分類が得られれば、それらを一価関数で床面積と相関させられると考えられ、大きな仮定とはならないであろう。ここは、X をベースにおくことにより、後に、立地モデルと連動させることを念頭においているのである。

汚染発生量  $P=[p_i]$  (縦ベクトル) は、

$$P = Xa' \dots\dots\dots ⑦$$

となる。拡散方程式を  $h_s(\cdot, \cdot)$  とすれば、着地濃度  $As$  は、

$$As = h_s(P, Is) \dots\dots\dots ⑧$$

となる。Is は、⑤式と同じく、都市の形態構造の特性値である。

71年の年報で紹介した拙稿「大気汚染度推定のための統計的モデル」によれば、拡散方程式を使うかわりに、i より拡散する i' 地区の SO<sub>2</sub> 濃度は、マトリックスの形で分配係数として与えられるから、それを、

$$H=[h_{ij}]$$

とすれば、⑧式は、

$$As = H \cdot P \dots\dots\dots ⑧'$$

とかけ、マトリックス演算によって算定できよう。

地区単位が大きいときは、点煙源の拡散方程式を適用

することは不適當であり、面煙源拡散方程式が必要となる。それが不完全のときは、⑧' のような方式が考えられてよいと思われる。

(4) 工場その他の騒音

同じく騒音源単位  $SA=[s_k]$  を用いて、

$$SB = \phi_B(SAX, Is) \dots\dots\dots ⑨$$

とかける。騒音について X の関数とずるのは問題がある。そうした細かい問題については、ここではふれない。

(5) 水質汚濁

家庭排水、工場排水の汚染負荷源単位を、これまで同様に床面積当たりで考えて、 $e=[e_k]$  とする。(BOD ppm・m<sup>3</sup>)

i 地区から排出される汚水負荷量 W は、

$$W = Xe' \dots\dots\dots ⑩$$

となる。このうち、一部は下水処理場へ、一部は河川へそのまま放流されると考えられるから、河川分についてのみ考えると、

$$\bar{W} = W - W_N \dots\dots\dots ⑪$$

主要河川だけを考えると、i 地区に川が流れていないことも考えられるから、ここで、i 地区の負荷量が流れ込む川  $\ell$  の流入口に当たる地区を j と考えると、 $\ell$  の j 地点における汚染負荷量  $\bar{W}_\ell$  は、

$$\bar{W}_\ell = \bar{W} \cdot \delta_\ell \dots\dots\dots ⑫$$

ただし  $\delta_\ell = [\delta_\ell(ji)] \begin{cases} = 1 & i \text{ が } j \text{ において } \ell \text{ に流れ込むとき} \\ = 0 & \text{そうでないとき} \end{cases}$

となる。 $\bar{W}_\ell$  は、 $\ell$  河川が通過している地区についてのみ値をもち、その他は 0 であるようなベクトルである。河川  $\ell$  について、各通過地点において新たに混入される負荷量が示されたわけであるから、任意の地点の、河川  $\ell$  の BOD 濃度は、ストリーター・フェルプスの微分方程式を用いて算定することができる。このとき、簡単のために各地区間を通過する流下時間は一定と仮定しておけばよい。結果として得られる  $\ell$  の j 地区における BOD 濃度を  $\bar{W}_L$  とする。

$$\bar{W}_L = \varphi(\bar{W}_\ell \cdot L_\ell) \dots\dots\dots ⑬$$

L は脱酸素係数や、再ばっ気係数として表わされる。河川の特異値および、対象とする地域に入ってくる時の流量、汚濁負荷量などを示す。

(6) 地盤沈下

各主体の水使用源単位を  $u=[u_k]$  とする。総水需要  $M$  は、

$$M = Xu' \dots\dots\dots ⑭$$

上水道および、工業用水道により供給されている水量を  $M_P$  とすると、総需要のうち  $M_P$  を差し引いた分が、地下水に頼っていると考えられる。したがって地下水使用量  $\bar{M}$  は、

$$\bar{M} = M - M_P \dots\dots\dots ⑮$$

$i$  地区における 1 単位の水使用により沈下する  $j$  地区の地盤沈下量を  $g_{ij}$  とすると、 $j$  地区における沈下量  $q_j$  は、ベクトル表示すれば、

$$Q = \bar{M}' \cdot G \dots\dots\dots ⑯$$

とかける。もちろん、このような  $G$  は、地下水脈や土壌条件によって決まるとしても、簡単ではなく、ここでは仮定的に考えられているマトリックスにすぎない。

以上により 6 つの公害現象が記述された。それらは、⑤、⑥、⑧、⑨、⑬、⑯の各式で示されている。そこで、評価関数  $Z$  に、これを集約すると、

$$Z = \pi(Ac, Sc, As, Sb, WL, Q) \dots\dots\dots ⑰$$

となって、もし、 $\pi$  として環境基準をもち出せば、それぞれの地区において、それぞれの公害が、基準以下になっているか否かを検討することになる。もしそこに、ひとつでも不適合があれば、再度、政策の変更が必要となる。

これまでのところでは、各公害現象は、 $X$  という建物現況を共通にしながらも、ばらばらに導かれてきた。しかし、実は都市社会には、この  $X$  自体が、⑰式で示される評価関数の関数として与えられるというフィードバックメカニズムがある。

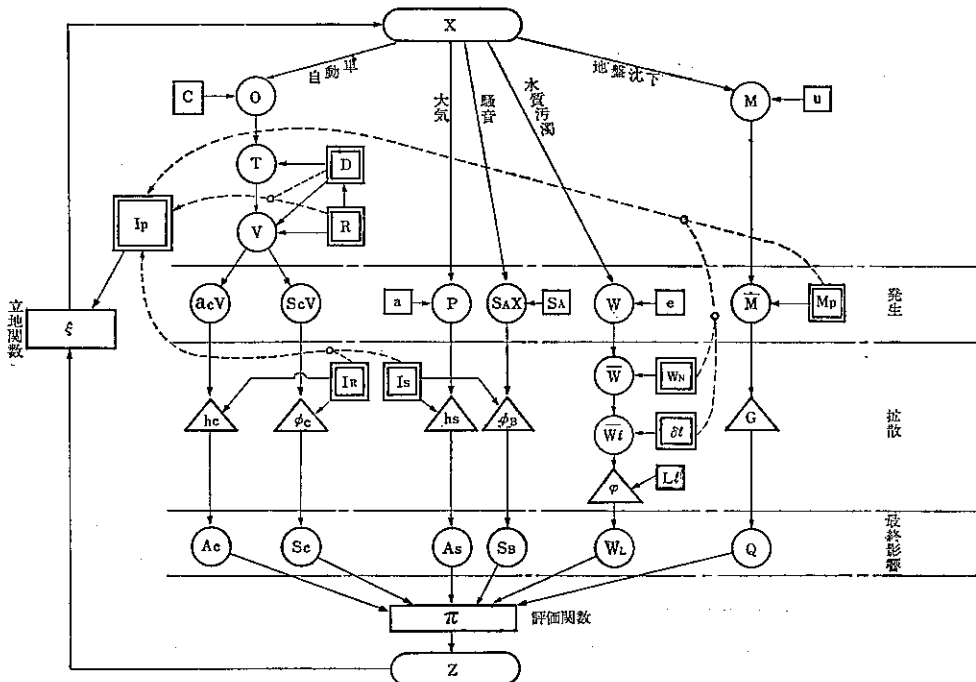
すなわち、公害の激しいところからは、住宅の転出が起こるだろうし、規制の強いところに工場の立地は行なわれない。それらの立地動向を反映して、商業施設の移動が生ずることになる。

もちろん  $X$  の立地動向を決定づけるものは  $Z$  だけではないから、一般には、

$$X = \xi(Z, X, Ip) \dots\dots\dots ⑱$$

となる。ここで  $Ip$  は、道路、学校、都心への接近性など地区の特性を表わす公害以外の変数であり、すでに登場した  $Is, Ir, D, R$  などを含む。関数の中に  $X$  が入っているのは、既存の状態が新規状態に作用すると

図1 公害発生 の因果関係



いうタイムラグを考慮した関係を示す。

このようなフィードバックがあるがゆえに、ある種の公害を減少させようとする努力が、他の公害現象のすべてに、そして、他の地域に波及するのである。

図は、これまでの議論をひとつのフローチャートにまとめたものである。

この図をもとに、たとえば、道路の建設という政策を考えてみよう。それが、必ずしも公害減少を目的とするものではないとしても、この図から公害への影響を読むことができる。図中では、その影響は、 $R$  と、 $IR$  と  $IS$ 、 $IP$  を通じてもたらされる。直接的には、道路交通量  $V$  を変更させ、さらに排気ガス、騒音の拡散に、二重の働き方をする。 $AC$  と  $S$  が、各地区でいかに変化するかは分らないが、なんらかの形で  $Z$  を動かすことは明らかである。道路の建設は、さらに、工場その他より出る排煙の拡散状態をかえるだろう。そして、もっとも重要な影響は、 $IP$  を通じて、都市活動を支える各主体の立地行動を大幅に規定することである。そして次の期には、 $X$  を通じて、他のすべての公害現象に作用することになるのである。それらのすべての動きを、評価関数が、建設以前の状態との対比において指し示す。

当該道路建設が、公害を増大させたか抑制したかは、その変動を観測することにより、短期的にも、長期的にも明らかとなる。

公害の減少は、現代の都市生活者の願いである。しかし、都市という複雑システムの挙動は、よいと思って行なったことに対し、必ずしもよい結果を約束してはくれない。しかも、都市政策は、つねに公害減少だけを目的として行なわれるものではない。実にさまざまな計画や

規制が、さまざまな目的を志向して行なわれているのである。そのひとつとして行なわれる公害政策が、それだけならば多少効果を現わしたとしても、同時に行なわれた他の政策によって、まったく意味のないものになり下がらないとは、誰も断言できないのである。

公害防止政策の総合的検討と題しながら、この小論は具体的政策について、何も検討していない。検討するための考え方、複雑システムの読みについて、きわめて荒っぽい論理展開で示したにすぎない。筆者の浅学のいたすところである。

しかしながら、このような考え方で設計された公害のシステムモデルが、総合的、かつ斉合性のある政策立案を目指すうえで、きわめて重要な役割を果たすであろうことは疑いを入れない。

#### 参 考 文 献

- 1 経済企画庁：経済企画庁経済研究所研究シリーズ 25号“水質保全のシステム分析” 1971
- 2 公害研究所：公害防止のための線型計画モデル 1971
- 3 地盤沈下メカニズム研究会：地下水の採取による地盤沈下のメカニズムに関する実証的研究 1972
- 4 日本機械学会：自動車排出ガスによる大気汚染に関する研究 1971
- 5 政策科学研究会：公害防止の社会的システム(1) 1971
- 6 南部鶴彦、梶秀樹：都市公害制御のシステム分析 東洋経済、都市問題特集 1972