

# 公害問題への産業連関論的アプローチ

—レオンチェフの方法について—

井原 健雄

I. はじめに。 II. レオンチェフの方法。 III. 若干の批判的検討。  
IV. むすびにかえて。

## I

我々は、いまきびしい試練に直面している。科学技術の発達は、人間生活の物質的繁栄を築いたが、同時に人間否定の害毒を排泄し、消費文化の洪水は、人間精神を空洞化しつつある。

我々の生活を取り巻く自然環境も、重化学工業化を中心としたこれまでの高度経済成長の過程で、いわゆる「公害」によって脅かされ、すでに随所で深刻な事態を招来している。<sup>1)</sup> 僅か37万km<sup>2</sup>という狭小な国土のなかで、約1億の人間がひしめきあって生きている。巨大な生産活動をはじめ、その他種々の経済活動は、公害防止についての十分な配慮を欠き、しかも土地利用の合理化や社会資本の整備等に対する配慮に至っては、絶無に近い。

かつて、自然は、人間の活動に伴なって排出された各種廃棄物を受容し、これを自ら浄化することによって、自然界の秩序を保ってきた。しかしながら、今日、高度化された産業社会においては、いわゆる産業廃棄物が質量ともに飛躍的に増大し、それが「公害」という名のもとに顕在化している。いうなれば、20世紀後半の現段階の事態は、自然がもつ浄化作用の限界を越えた疑いがある。とくに、人口および産業の集中・集積が顕著な太平洋ベルト地帯の現状たるや、かなり深刻な状態にまで立ち至っている。さらに加

1) たとえば、昭和45年版「公害白書」を参照されたい。

えて、拠点開発方式による国土の利用開発<sup>2)</sup>から、全国的なネットワークの形成による全国土の整備開発へと移行しつつある今日的動向を考慮すれば、公害問題が今後ますます地域的に拡大化していく傾向は、疑いえない事実であろう。

我々の課題は、公害を制御するための合理的手法を、一步一步冷静に、科学的に考え出すことである。その際、注意を要することは、「公害」をどうとらえるかという問題である。公害についての概念規定は、各人各様になされており、未だ十分に定着しているとは判じ難い。<sup>3)</sup>しかし、ともあれ、「概念」というものを、それ自体のために提起するのはあまり意味がない。ある概念を使えば、現象の把握が非常に容易であるとか、分析上非常に好都合であるというときのみ、その概念は意味をもつ。

本稿では、ありうべき公害対策の具体的検討を試みるため、まず最初に、昨年3月国際社会科学委員会主催の「環境破壊に関する国際シンポジウム」においてハーバード大学のW・レオンチェフ教授が報告した「公害の波及過程と経済構造（投入産出分析による接近）」のなかで展開された方法を紹介する。<sup>4)</sup>つぎに、それを1つの手がかりとして、公害問題に対する産業連関分析の適用が誘発する幾つかの重要な問題点を検討し、実践的有用性の観点より今後の方向を明らかにする。<sup>5)</sup>

2) 拠点開発方式の検討については、拙稿「地域経済の動向と今後の課題」、『研究年報7』、(1967)参照。

3) 経済学的には、公害を「マイナスの公共財」として定義する、村上泰亮氏の見解がかなり有力である。ここで「マイナス」という意味は、たれもが望ましくないと認めることであり、また「公共財」という意味は、それが不特定多数の消費者に排除不可能な形で現われるという意味である。村上泰亮「公害政策の合意を求めて」、『東洋経済臨時増刊一公害特集』、(1970、10月14日)6—15ページ参照。

4) この会議に通訳として列席され、レオンチェフ教授による報告のレジメを送付して下さった、現在デリー大学講師のA.Radlra Krishnanに対し、ここに厚く謝意を表明したい。その後、レオンチェフ論文は数学附録を一部補充され、最終的には次の文献に収録されている。Wassily Leontief, "ENVIRONMENTAL REPERCUSSIONS AND THE ECONOMIC STRUCTURE: AN INPUT-OUTPUT APPROACH", The Review of Economics and Statistics, (1970) pp.262—271参照。

5) 本稿の執筆について、終始池上久仁子さんの助力を得た。ここに記して、謝意を表明したい。

## II

レオンチェフは、各種公害因子 (pollution) を通常の経済活動の副産物 (by-product) として捉えている。その多くの形態の各々について、それが計測可能な仕方である特定の消費過程ないし生産過程と結びついていると考える。たとえば、空气中に放出される一酸化炭素の量は、種々のタイプの自動エンジンによって用いられた燃料消費量と明確な関係があり、汚水の河川への放出は、鉄鋼、紙、繊維およびその他すべての水を用いる産業の生産水準と密接に結びついている。

かくて、公害因子の発生は、その各々の場合について、当該産業の技術的特性に依存していると考えるのである。

いうまでもなく投入産出分析は、与えられた国民経済の各産業部門の産出水準を、それと関連する他のすべての産業部門の産出水準との関係で記述し、説明するものである。それをさらに発展させた「多地域投入産出モデル」や「動学的投入産出モデル」では、投入産出分析による接近は種々の財および用役の生産および消費の地域的分布や時間を通じて現われるそれらの成長あるいは——おそらく起りうるであろう——衰退を説明することができる。

これまで気付かれず、また余りにも多く無視されてきた望ましくない副産物は、(勿論、有益ではあるが、しかしそれに対して代価が支払われていない自然資源の投入物と同様に) 我々の経済システムにおける日々の操業を支配する物理的諸関係というネットワークに直接結びつけられている。望ましい生産物の産出水準と望ましくない生産物の産出水準との間の技術的相互依存の関係は、これまで用いられてきた生産と消費に関するすべての通常の各部門間の構造的相互依存関係を示す構造係数と類似のもので表現することができる。

勿論それは、このネットワークのうち欠くことの出来ない重要な部分として記述され、分析されることになる。

レオンチェフ論文の第一の目的は、いかにしてそのような「外部性」(externalities) が国民経済に関する従来の投入産出図式のなかに組み込まれるかを説明することであり、さらに第二の目的として、一度これがなされた場合、近代技術と制御できない経済成長の望ましくない環境破壊の効果によってもた

らされる諸問題に対して実際の解答を見出すのに先立って、従来の投入産出分析による計算が十分に吟味されるべき現実の基礎的諸問題に対し具体的解答を用意しようということ为例証することである。

さて、以下においてレオンチェフ教授の方法による公害問題への産業連関分析の適用を逐次的にフォロー・アップしてみよう。

### 1. 従来の投入産出表

まず、出発点として次のような静学的投入産出分析のフレーム・ワークを考える。簡単化のため、物的生産部門として農業と工業の2部門、それに家計部門のみから成り立つ国民経済を想定する。そのとき、両生産物の部門間取引量は、次の投入産出表によって記述される。

表1 国民経済の投入産出表 (物量単位)

	第1部門 (農業)	第2部門 (工業)	最終需要 (家計)	総産出量
第1部門 (農業)	$x_{11}$	$x_{12}$	$Y_1$	$X_1$
第2部門 (工業)	$x_{21}$	$x_{22}$	$Y_2$	$X_2$

二つの産業部門の総産出量およびその各部門で需要された二種類の投入物の総量は、(1)最終消費者(すなわち家計部門)へ引き渡すべき農産物および工業製品の数量と、(2)各生産部門ごとの特定化した技術構造によって決まる必要投入量とに依存する。

農業・工業両部門の「加工の仕方」(cooking recipes)についても、次の簡単な表によって記述される。

表2 産出1単位当たりの必要投入量

	第1部門 (農業)	第2部門 (工業)
第1部門 (農業)	$a_{11}$	$a_{12}$
第2部門 (工業)	$a_{21}$	$a_{22}$

これは当該国民経済の「構造行列」(structural matrix)とよばれるものである。第1列に記入された数値は、農業部門の技術的投入係数であり、第2列に記入された数値は、工業部門の投入係数である。<sup>6)</sup>

## 2. 物的生産の需給バランス

この技術係数は、もし最終消費者(すなわち家計部門)による農産物および工業製品の所与の直接的需要を満たすのみでなく、さらにまた各生産部門の総産出水準に依存する中間需要をも満たすとした場合、農業部門および工業部門の総年間産出量が如何ほどにならねばならないかを決定する。

かかる間接的効果を含めた各部門間相互の関係は、次の二つの需給バランスの方程式によって簡潔に記述しうる。

$$\begin{cases} X_1 - a_{11}X_1 - a_{12}X_2 = Y_1 \\ X_2 - a_{21}X_1 - a_{22}X_2 = Y_2 \end{cases}$$

これを変形すれば、

$$(1) \begin{cases} (1 - a_{11})X_1 - a_{12}X_2 = Y_1 \\ -a_{21}X_1 + (1 - a_{22})X_2 = Y_2 \end{cases}$$

ただし、 $X_1$ 、 $X_2$ は、それぞれ農産物および工業製品の未知なる総産出量を表わし、他方 $Y_1$ 、 $Y_2$ は、最終消費者に引き渡すべき農産物および工業製品の所与の数量を表わすものとする。

二つの未知数 $X_1$ 、 $X_2$ をもったこれら二つの線形方程式体系は、任意に与えられた $Y_1$ と $Y_2$ に関して明示的に解くことができる。

そのときの「一般解」を、次の二つの方程式によって書くことにする。

$$(2) \begin{cases} X_1 = b_{11}Y_1 + b_{12}Y_2 \\ X_2 = b_{21}Y_1 + b_{22}Y_2 \end{cases}$$

したがって、我々は任意に与えられた最終需要 $Y_1$ と $Y_2$ の数量を(2)式右辺の当該項に代入することにより、間接的効果をも含めた各産業部門ごとの産出水準 $X_1$ と $X_2$ の大きさを求めることができる。(2)式右辺の係数を行列表示すれ

6)  $a_{ij} = x_{ij} / X_j$  ( $i, j = 1, 2$ ) と定義する。

ば、

$$(3) \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix}$$

となり、これはもとの方程式(1)の左辺の係数を表わす行列

$$(4) \begin{bmatrix} 1-a_{11} & -a_{12} \\ -a_{21} & 1-a_{22} \end{bmatrix}$$

を「逆転」したものである。

農業部門または工業部門におけるいかなる技術の変化（すなわち、それは表2に記入された4つの投入係数の変化を意味する）といえども、それは構造行列(4)の対応した変化を惹起し、その結果その逆行列(3)もまた変化する。たとえば、農産物と工業製品に対する最終需要（ $Y_1$ および $Y_2$ ）が同じ水準に維持されたとしても、両生産物の総産出量（ $X_1$ および $X_2$ ）は、もし両財の総産出と総投入との需給バランスが保たれるためには、変化せざるをえないであろう。他方、技術構造は前と同じであったとして最終需要の水準（ $Y_1$ および $Y_2$ ）のみが変化した場合にはそれに対応した総産出量（ $X_1$ および $X_2$ ）の変化は前と同じ一般解(2)を用いて決定することができる。

現実の経済問題を処理する場合、我々は技術変化の効果と予想される最終需要のシフトの効果を同時に考慮せねばならない。そして、このような現実問題の計算に用いられる構造行列は、決して2部門のみから成り立っているのではなく、数百部門を含んでいるのが普通である。しかし、分析のアプローチについてみる限り、両者は全く同じである。以下の説明を簡潔にするため、家計部門およびその他の最終消費者によって直接的に排出される公害因子（pollution）の処理に関する考察を、本節では除外する。<sup>7)</sup>

### 3. 公害因子の排出係数

すでに説明したように、生産活動あるいは消費活動に随伴する公害因子の処

7) 家計部門によって排出される公害因子の取り扱い方について、その簡潔な叙述がレオンチェフ論文では数学附録に譲られている。本稿では、これを次のIII節で取り上げることにする。

理や他の望ましくない——あるいはまた望ましい——外部効果の分析は、あらゆる実践的政策目標にとって経済システムの補足部分として考察されねばならない。

そこで、通常の経済活動と外部産出（または投入）との数量的依存関係が、適当な技術係数によって把握され、さらにその係数が当該国民経済を記述する従来の構造行列に組み込まれなければならない。

たとえば、工業部門によって採用された技術は、その部門によって生産された産出量 1 単位当たりにつき  $\alpha_2$  単位の公害因子 (solid pollutant) を大気中に放出するものとし、他方農業部門の技術は、農産物の生産 1 単位当たりにつき  $\alpha_1$  単位の公害因子を排出するものと仮定しよう。

新しい未知数となるこの外部産出（すなわち、公害因子）の排出量を  $\bar{X}_3$  で表わすものとすれば、我々は 2 つの方程式からなるもとの需給バランス体系(1) に対して、さらに第三の方程式を加えなければならない。

$$(5) \quad \begin{cases} (1-a_{11})X_1 & -a_{12}X_2 & = Y_1 \\ -a_{21}X_1 + (1-a_{22})X_2 & & = Y_2 \\ \alpha_1 X_1 & + \alpha_2 X_2 - \bar{X}_3 & = 0 \end{cases}$$

(5)式最後の方程式における第 1 項は、農業部門が排出した公害因子の総量であり、それは農業部門の総産出量  $X_1$  に依存するものとして示されている。またその第 2 項は、工業部門が排出した公害因子量を  $\bar{X}_2$  の関数として表わしている。したがって、その方程式自体は、ただ単に  $\bar{X}_3$  (すなわち、経済システム全体として排出された特定公害因子の総量) がその個々の産業部門によって排出された個別公害因子発生量の総計に等しいことを述べているのに過ぎない。

いま、農産物および工業製品に対する最終需要 ( $Y_1$  および  $Y_2$ ) が与えられたとした場合、(5)式を用いて、それら各生産物の総産出水準 ( $X_1$  および  $X_2$ ) を求めることができるが、それと同時に、また望ましくない公害因子の総排出量  $\bar{X}_3$  が決定される。

拡大された投入産出体系(5)式の左辺に現われる係数を行列表示すれば、次のようになる。

$$(5a) \begin{pmatrix} (1-a_{11}) & -a_{12} & 0 \\ -a_{21} & (1-a_{22}) & 0 \\ \alpha_1 & \alpha_2 & -1 \end{pmatrix}$$

形式的にみる限り、体系(5)の「一般解」は、体系(1)の一般解(2)ときわめて類似している。ただ、それが2つの方程式ではなく3つの方程式から成り立っており、構造行列の逆転が3次の行列について行なわれるだけである。

拡大された構造行列(5a)を一度に逆転するかわりに、我々は次に示す2つのステップを踏むことによって同じ結果を得ることができる。まず最初に、2つの方程式体系(2)から出発してもとの小さい2次の行列の逆行列(3)を求め、任意に与えられた最終需要の組み合わせ( $Y_1$ および $Y_2$ )を満たすのに必要な農産物および工業製品( $X_1$ および $X_2$ )の産出水準を導出する。次に、こうして求められた $X_1$ および $X_2$ の各数量を(5)式最後の方程式に代入して、それに対応した公害因子の総排出量(すなわち $\bar{X}_3$ )を決定する。

さらに我々は、農産物および工業製品に対する最終需要をそれぞれ単位水準に固定して、体系(5)を解くことにより、公害因子の総排出量のうち、その何%を、農産物および工業製品がそれぞれ家計部門に引き渡されることに伴う直接・間接の両生産活動に帰属しうるかが明らかにされる。

#### 4. 公害因子を含めた投入産出表

より詳細な分析を試みるまえに、公害因子の排出フロー(pollution-flows)を明示的にもとの表1に含めることにし、それを新たに表3として示しておこう。

表3 公害因子を含めた国民経済の投入産出表(物量単位)

	第1部門 (農業)	第2部門 (工業)	最終需要 (家計)	総産出量
第1部門 (農業)	$x_{11}$	$x_{12}$	$Y_1$	$X_1$
第2部門 (工業)	$x_{21}$	$x_{22}$	$Y_2$	$X_2$
第3部門 (公害因子)	$x_1$	$x_2$		$\bar{X}_3$

表3の3行1列にある要素 $x_1$ は、農業部門の公害因子排出量を示しており、それは農産物1単位当たりにつき $\alpha_1$ である。工業部門の「公害排出係数」 $\alpha_2$ にその部門の総産出量 $X_2$ をかければ、我々は公害因子の総発生量 $\bar{X}_3$ のうち $x_2 (= \alpha_2 X_2)$ が工業部門によって排出されたものであることがわかる。

従来からある各種経済統計は、我々の競争的な民間企業経済ではつねにある正の市場価値 (positive market value) をもつと考えられる財および用役の生産と消費に関するものであった。このことは、たとえば、何故にD. D. T.の生産と消費がこれまでの投入産出表に記入されているのに、内燃機関によって生ずる一酸化炭素の生産と消費は記入されないかを端的に示している。殆んどすべての経済統計の究極的源泉となっている民間・公共両部門の簿記会計が、かかる「非市場」取引を取り扱っていないので、それらの大きさを推定するには、間接的な仕方、その根底にある技術的諸関係のより詳細な分析を試みなければならないであろう。

しかしながら費用と価格を決める問題は、我々が公害問題を説明し、それを計測することからさらに一歩進めて、公害について何か具体的対策を講じようとするや否や直ちに生じてくるべき問題なのである。

### 5. 価格と費用の関係

従来の国民経済ベースあるいは地域ベースの投入産出表は、いずれも「付加価値」部門の行を含んでいる。それは、金額表示 (たとえば、ドル) で各生産部門が他の生産部門から購入した投入物に対する支払いを控除した後、さらに生じる雇用者所得、資本減耗引当、営業余剰、間接税等の費用を示している。この付加価値の大半は、労働、資本およびその他のいわゆる本源的生産要素にかかる費用であり、その大きさは、それらの物理的投入量とそれらの価格に依存する。たとえば、ある産業の賃金支払総額は、総労働投入量 (人・時) に人時当たりの賃金率を乗じたものに等しい。

そこで、次に付加価値部門として、労働投入、すなわち総雇用に対応する一行を、もとの投入産出表に加えて、それを表4としよう。

それに応じて、表2で示した「加工の仕方」も、物量単位 (人・時) ならびに貨幣単位 (ドル) で表わした農業・工業両部門の労働投入係数を含むように拡げねばならない。

表4 労働投入を含めた投入産出表 (物量単位と貨幣単位)

	第1部門 (農業)	第2部門 (工業)	最終需要 (家計)	総産出量
第1部門 (農業)	$x_{11}$	$x_{12}$	$Y_1$	$X_1$
第2部門 (工業)	$x_{21}$	$x_{22}$	$Y_2$	$X_2$
労働投入 (付加価値)	$L_1$ ( $L_1$ ドル)	$L_2$ ( $L_2$ ドル)		$L$ ( $L$ ドル)

表5 産出1単位当たりの必要投入量  
(労働すなわち付加価値を含む)

	第1部門 (農業)	第2部門 (工業)
第1部門 (農業)	$a_{11}$	$a_{12}$
第2部門 (工業)	$a_{21}$	$a_{22}$
労働投入係数 (単位時間当 たり1ドル で評価)	$l_1$ ( $V_1=l_1 \times 1$ )	$l_2$ ( $V_2=l_2 \times 1$ )

すでに我々は、もとの投入産出体系(2)の一般解が、どのようにして家計部門の任意に与えられた農産物および工業製品に対する最終需要の組み合わせ ( $Y_1$ および $Y_2$ )を満すのに要請される農業・工業両部門の総産出水準 ( $X_1$ および $X_2$ )を決定するのに用いられるかを説明した。それに対応する総労働投入量は、各部門の労働投入係数 ( $l_1$ および $l_2$ )にその各部門の総産出量 ( $X_1$ および $X_2$ )を乗ずることによって求められる。かくて、農業・工業両部門の産出合計は、経済全体として $L$ だけの労働投入量を誘発する。

$$(6) \quad L = l_1 X_1 + l_2 X_2$$

いま、1時間あたり1ドルの賃金率を想定すれば、総産出量1単位当たりの労働投入に対する支払額は農業部門で $V_1 (= l_1 \times 1)$ ドル、工業部門で $V_2 (= l_2 \times 1)$

ドルとなる(表5参照)。これは、農産物および工業製品1単位当たりの価格 $P_1$ および $P_2$ が、農業・工業両部門の技術構造に規定された中間投入物に対する費用を支払った後、さらに各産業部門の産出量1単位当たりにつき農業部門では $V_1$ ドル、工業部門では $V_2$ ドルだけの付加価値を賄うのに丁度十分なだけのものでなければならないことを意味している。

$$\begin{cases} P_1 - a_{11}P_1 - a_{21}P_2 = V_1 \\ P_2 - a_{12}P_1 - a_{22}P_2 = V_2 \end{cases}$$

これを変形すれば、次式をうる。

$$(7) \begin{cases} (1 - a_{11})P_1 - a_{21}P_2 = V_1 \\ -a_{12}P_1 + (1 - a_{22})P_2 = V_2 \end{cases}$$

任意に与えられた付加価値の組み合わせ( $V_1$ および $V_2$ )から農産物および工業製品の価格( $P_1$ および $P_2$ )を求める(7)式の「一般解」は、次のようになる。

$$(8) \begin{cases} P_1 = b_{11}V_1 + b_{21}V_2 \\ P_2 = b_{12}V_1 + b_{22}V_2 \end{cases}$$

ただし、(8)式右辺の係数行列は、(2)式右辺の係数行列を転置したものになっている。したがって、表4の最初の二行に記入されている農産物および工業製品の物理的数量に(8)式より求める価格を乗ずることにより、我々はすべての部門間取引がドル表示で示されている周知の投入産出表への変換が可能となる。

## 6. 公害防止活動の導入

以上において我々は、開いた投入産出システムの枠組のなかで、公害因子の排出水準のいかなる減少あるいは増大も、それをある特定の財および用役に対する最終需要の変化が国民経済を構成するある産業部門における技術構造の変化か、あるいはこの両者のある組み合わせに即して追跡できることを説明した。

もとより我々経済学者は、新しい技術を考察することはできない。しかし、我々はある任意に与えられた技術変化がどれほどの公害因子の発生量を誘発するか説明し、また予測することはできる。我々は、またそのような技術変化が本源的生産要素に対する各産業部門ごとの需要(したがってその総需要)に与える効果を計測しうる。さらにまた「付加価値」の係数が与えられたら、我々

は、技術変化が各種の財および用役の価格に与える効果を計測することができる。

いま、1つの例をあげれば、いかにしてこれらの問題のいずれもが、投入産出分析の道具を用いて定式化され、かつまた答えられるかを示すのに十分となるはずである。

前と同じ簡単な2つの産業部門からなる経済システムを考え、その初期の状態と技術構造が表3、4、5および6で記述されているものとしよう。さらに、公害を除去(ないし防止)するプロセスが導入されたと想定しよう。ただし、このプロセスを稼働させることにより必要となる投入量は、農業部門または工業部門のいずれかによって大気中に放出される公害因子1単位を除去するのにつき、労働は $l_3$ (すなわち、 $V_3$ ドルの付加価値)、農産物および工業製品は $\beta_1$ および $\beta_2$ であると仮定する。<sup>8)</sup>

すでに示した技術係数にこの追加的情報を結びつければ、次のような国民経済の構造行列が求められる。

表6 公害因子の排出係数と公害防止の投入係数を含めた国民経済の構造行列

	第1部門 (農業)	第2部門 (工業)	公害因子 除去部門
第1部門 (農業)	$a_{11}$	$a_{12}$	$\beta_1$
第2部門 (工業)	$a_{21}$	$a_{22}$	$\beta_2$
公害因子 (産出)	$\alpha_1$	$\alpha_2$	
労働 (付加価値)	$l_1$ ( $V_1$ ドル)	$l_2$ ( $V_2$ ドル)	$l_3$ ( $V_3$ ドル)

このとき、経済全体の投入産出の需給バランスは、次の4つの方程式によって表わすことができる。

8) レオンチェフの用いた仮設の数値例では、 $\beta_1=0$ と仮定されている。

$$(9) \quad \begin{cases} (1-a_{11})X_1 - a_{12}X_2 - \beta_1 X_3 = Y_1 \text{ (農産物)} \\ -a_{21}X_1 + (1-a_{22})X_2 - \beta_2 X_3 = Y_2 \text{ (工業製品)} \\ \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 - X_3 = Y_3 \text{ (公害因子)} \\ -l_1 X_1 - l_2 X_2 - l_3 X_3 + L = Y_4 \text{ (雇用量)} \end{cases}$$

(変数の説明)

$X_1$  : 農産物の総産出量

$X_2$  : 工業製品の総産出量

$X_3$  : 除去された公害因子の総量

$L$  : 雇用量

$Y_1$  : 農産物に対する最終需要量

$Y_2$  : 工業製品に対する最終需要量

$Y_3$  : 除去されなかった公害因子の総量

$Y_4$  : 家計部門によって雇用された総労働量<sup>9)</sup>

ここで注意を要することが2つある。まず、上式(9)における  $X_3$  は、まえのような公害因子の総排出量ではない。これは、公害因子を除去する部門の活動水準を示すものであるから、ここでは「除去された」公害因子の総量という意味になる。また、 $Y_3$  は、家計部門が需要する公害因子の需要量ではない。ここでは、家計部門が「許容する」公害因子の残存量である。したがって、公害因子の総排出量は、その両者の和 ( $X_3 + Y_3$ ) として示される。

さて、このシステムの一般解は、次の4つの方程式より決定される。

$$(10) \quad \begin{cases} X_1 = \widetilde{b}_{11}Y_1 + \widetilde{b}_{12}Y_2 + \widetilde{b}_{13}Y_3 + \widetilde{b}_{14}Y_4 \text{ (農産物)} \\ X_2 = \widetilde{b}_{21}Y_1 + \widetilde{b}_{22}Y_2 + \widetilde{b}_{23}Y_3 + \widetilde{b}_{24}Y_4 \text{ (工業製品)} \\ X_3 = \widetilde{b}_{31}Y_1 + \widetilde{b}_{32}Y_2 + \widetilde{b}_{33}Y_3 + \widetilde{b}_{34}Y_4 \text{ (公害因子)} \\ L = \widetilde{b}_{41}Y_1 + \widetilde{b}_{42}Y_2 + \widetilde{b}_{43}Y_3 + \widetilde{b}_{44}Y_4 \text{ (雇用量)} \end{cases}$$

すなわち、我々は任意に与えられた  $Y_i$  ( $i=1, 2, 3, 4$ ) の組み合わせについて未知数  $X_i$  ( $i=1, 2, 3$ ) および  $L$  の大きさを求めることができる。ただし、上

9) 単純化の為、 $Y_4=0$  がレオンチェフ論文では仮定されている。

式右辺の  $Y_i$  にかかる係数は、(9)式左辺の係数行列の逆行列に対応する。<sup>10)</sup>

そこで、次にこの一般解に現われる各係数のもつ経済学的意味を簡単に説明しておこう。

まず、最初の方程式の第1項の係数は、最終消費者（すなわち、家計部門）へ引き渡すべき農産物をさらに1単位追加したとき、直接および間接的な部門間相互依存の結果、農業部門の総産出をさらに  $\tilde{b}_{11}$  単位だけ増産しなければならないことを示している。同様に第2項の係数は、最終消費者への工業製品の1単位の追加が、農業部門の総産出をさらに  $\tilde{b}_{12}$  単位だけ増産しなければならないことを示している。

次の第3項は、農業部門の総産出量 ( $X_1$ ) と除去されずに最終消費者に引き渡される公害因子の総量 ( $Y_3$ ) との間の関係について、直接・間接の部門間波及の総効果を表わしている。すなわち、除去されずに最終消費者へ引き渡されるべき公害因子の総量 ( $Y_3$ ) を1単位減少させたとき、農業部門の産出水準は  $-\tilde{b}_{13}$  単位だけ増加することを意味している。<sup>11)</sup>

また、 $Y_3$  にかかる係数を第2以下の方程式についてみていけば、次の諸点が明らかにされる。まず、除去されずに最終消費者が許容せねばならぬ公害因子量をさらに1単位減少させるためには、工業部門の産出水準を  $-\tilde{b}_{23}$  単位だけさらに増やす必要が生じ、第3部門（すなわち、公害因子を除去する活動部門）は  $-\tilde{b}_{33}$  単位の公害因子を除去しなければならなくなる。これは、公害因子を除去する活動が、物的生産物の投入を必要とし、その結果として、最終的には公害因子を除去する活動それ自体がある程度の公害因子を排出することになるという技術的連関関係が存在するからである。

第3の方程式の右辺にある初めの二項の係数は、もし除去されずに家計部門が耐忍する公害因子量を不変としたとき、公害因子を除去する部門の操業水準

10) このとき、すべての係数  $b_{ij}$  ( $i=1, 2, 3, l: j=1, 2, 3, 4,$ ) が非負であるとは限らない。なぜならば、Hawkins-Simon の条件が満たされていないからである。レオンチェフの掲げている数値例では、 $b_{i3}$  ( $i=1, 2, 3, l$ ) はすべて負の値をとっている。また、 $b_{i4}$  ( $i=1, 2, 3$ ) はすべてゼロとなっている。

11)  $\tilde{b}_{13}$  が負値であれば、それにマイナス符号をつけた ( $-\tilde{b}_{13}$ ) は、正值となる。つまり、 $\tilde{b}_{13}$  が負値であることの意味は、最終消費者の許容する公害因子量 ( $Y_3$ ) の変化と農業部門の産出水準 ( $X_1$ ) の変化の方向が逆向きだということである。

( $X_3$ )が、家計部門によって購入される農産物および工業製品の需要量の変化によってどのように変わるかを明示している。最後の方程式は、除去されなかった公害因子の総量( $Y_3$ )を1単位減少するのに必要とされる総労働投入量が $\tilde{b}_{23}$ 単位であることを示している。これは、農産物をさらに1単位だけ家計部門に引き渡すのに必要となる労働量 $\tilde{b}_{11}$ およびさらに1単位の工業製品を家計部門に引き渡すのに必要となる労働量 $\tilde{b}_{12}$ と較べることが可能となる。

以上により我々は、家計部門(すなわち、最終消費者)が農産物および工業製品をそれぞれ $Y_1$ および $Y_2$ 単位消費するという仮定に加えて、さらに「 $Y_3$ 単位だけの公害因子量ならば敢えて除去されなくても耐忍しうる」ものと考えれば、各部門間の相互依存関係を考慮した投入産出フローの物理的数量が、さきの一般解(10)によって決定されることを知る。そのとき、同時に我々は、農業・工業両部門の生産活動によって $(\alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2)$ 単位の公害因子量が排出され、そのうち $X_3$ 単位が公害因子を除去する部門によって処理され、残りの $(\alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2) - X_3$ 単位(すなわち、 $Y_3$ 単位)が家計部門へ引き渡されることが明らかになる。

#### 7. 公害防止活動を含めた価格と費用の関係

さて、次に各部門の産出する生産物の価格と付加価値(すなわち、ここでは賃金率)との間に成立する関係をみておこう。すでに我々は、農業部門および工業部門の範囲内での価格と費用の関係を(7)式で考察したが、いまや公害因子を除去する部門の導入を試みた結果、それに対応する第3の方程式を(7)式に付加しなければならない。すなわち、それは「公害因子を1単位除去する価格」(これを $P_3$ で表わす)が、農業・工業両部門からの投入物に対する費用とさらに公害因子を除去する部門によって雇用された労働量に対する費用を丁度カバーするのに十分な高さでなければならないことを示す条件式である。かくて、(7)式は次のように拡張される。

$$\begin{cases} P_1 - a_{11}P_1 - a_{21}P_2 = V_1 \\ P_2 - a_{12}P_1 - a_{22}P_2 = V_2 \\ P_3 - \beta_1P_1 - \beta_2P_2 = V_3 \end{cases}$$

これを変形すれば、次式をうる。

$$(11) \begin{cases} (1-a_{11})P_1 & -a_{21}P_2 & = V_1 \\ -a_{12}P_1 + (1-a_{22})P_2 & & = V_2 \\ -\beta_1 P_1 & -\beta_2 P_2 + P_3 & = V_3 \end{cases}$$

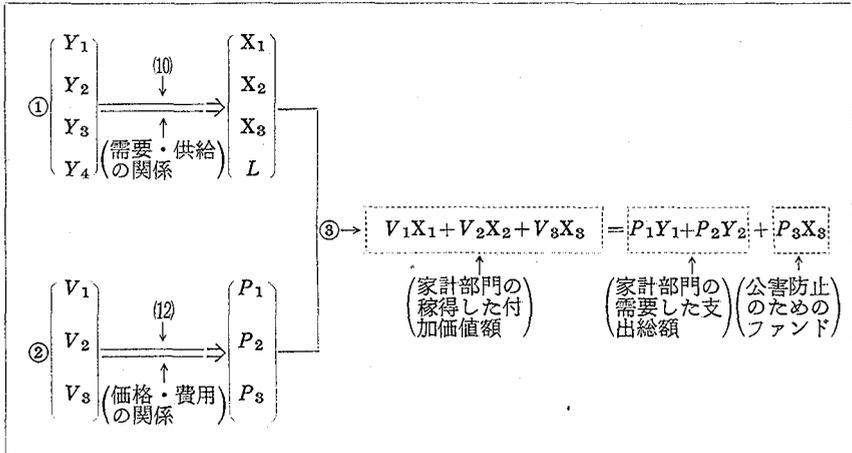
これらの方程式の一般解は、(8)式と同様にして、次のようになる。<sup>12)</sup>

$$(12) \begin{cases} P_1 = \tilde{C}_{11} V_1 + \tilde{C}_{21} V_2 + \tilde{C}_{31} V_3 \\ P_2 = \tilde{C}_{12} V_1 + \tilde{C}_{22} V_2 + \tilde{C}_{32} V_3 \\ P_3 = \tilde{C}_{13} V_1 + \tilde{C}_{23} V_2 + \tilde{C}_{33} V_3 \end{cases}$$

かくて、我々は前と同じ手続きにより、いま任意に与えられた付加価値（すなわち、 $V_1, V_2, V_3$ ）の組み合わせに対応した価格体系（すなわち、 $P_1, P_2, P_3$ ）を決定することができる。すなわち、「公害因子を1単位除去するのに要するコスト」（すなわち、 $P_3$ ）を計算することができるのである。

以上において展開してきたレオンチェフの方法を、次の図式化によって要約しておこう。

図1 公害因子の発生と除去を含めたレオンチェフの方法



12) ただし、(11)式の最初の二つの方程式がいずれも  $P_3$  の項を含んでいないことより、(12)式の  $\tilde{c}_{31}$  および  $\tilde{c}_{32}$  はいずれもゼロとなる。また、 $\tilde{c}_{33}$  の値は1である。

まず、①において、農産物に対する最終需要量 ( $Y_1$ )、工業製品に対する最終需要量 ( $Y_2$ )、家計部門の許容する公害因子の総量 ( $Y_3$ ) および家計部門によって雇用される総労働量 ( $Y_4$ ) が与えられた場合、(10)式より、農産物の総産出量 ( $X_1$ )、工業製品の総産出量 ( $X_2$ )、除去された公害因子の総量 ( $X_3$ ) および社会全体の総雇用量 ( $L$ ) が決定される。他方、②において、農業部門の付加価値額 ( $V_1$ )、工業部門の付加価値額 ( $V_2$ ) および公害因子除去部門の付加価値額 ( $V_3$ ) が与えられた場合、(12)式より、農産物の価格 ( $P_1$ )、工業製品の価格 ( $P_2$ ) および公害因子を1単位除去するのにかかる費用である価格 ( $P_3$ ) が決定される。かかる結果をもとにして、次に③へ移行する。この左辺の ( $V_1 \cdot X_1 + V_2 X_2 + V_3 X_3$ ) は、家計部門の稼得した総付加価値額 (すなわち、ここでは賃金総額) であり、右辺の ( $P_1 Y_1 + P_2 Y_2$ ) は、家計部門の需要した物的生産に対する支出総額である。一般的には、前者が後者を超過しており、その差額 (すなわち、 $P_3 X_3$ ) が公害因子を除去する費用を支払うためのファンドとなる。その支出形態について、レオンチェフは、直接的に行なう場合と、間接的な仕方で行なう場合との2通りの方法をあげている。間接的な仕方とは、まず家計部門に税金を課すという形で資金が徴収され、それを政府によって、民間企業あるいは公共企業の担当する公害防止の費用に充当するというやり方である。

いま、もし企業自身の自発的行為 (おそらく期待しえないが) によるか、さもなくば、法的規制に服させるかにより、個々の企業がその企業自身の費用でその企業によって排出された公害因子のすべてか、あるいは少なくとも前以って決められたその一部を除去することを企てた場合、<sup>13)</sup> 価格体系は(12)式により決定されるものとは幾分異なったものとなるであろう。というのは、追加的費用が、その企業の生産物の価格に容易に転嫁されるからである。

たとえば、農業・工業両部門は、現行の生産技術条件のもとで、その各部門によって排出される公害因子量の50%を除去するように義務づけられ、またそれに要する費用をその企業自身に支弁させるものと仮定しよう。そのとき、(11)式の最初の二つの方程式は、農産物、工業製品の産出1単位当たりにつき、

13) 公害因子の排出部門は、その企業の自己責任で公害対策の操業に従事するか、さもなければ公害因子は従来どおり排出するが適当な税金 (たとえば、公害税) を支払うであろう。しかし、いずれの場合についても、結果において変りはない。

それぞれ  $\frac{1}{2}\alpha_1$ ,  $\frac{1}{2}\alpha_2$  単位の公害因子量を除去する費用を含めねばならなくなり、それゆえ(11)式は次のように変更される。

$$(13) \quad \begin{cases} (1-a_{11})P_1 & -a_{21}P_2 - \frac{1}{2}\alpha_1 P_3 = V_1 \\ -a_{12}P_1 + (1-a_{22})P_2 & - \frac{1}{2}\alpha_2 P_3 = V_2 \\ -\beta_1 P_1 & -\beta_2 P_2 & + P_3 = V_3 \end{cases}$$

上式左辺に現われる係数行列を逆転すれば、新しい価格体系は次の一般解によって与えられる。

$$(14) \quad \begin{cases} P_1 = \widetilde{C}_{11}V_1 + \widetilde{C}_{21}V_2 + \widetilde{C}_{31}V_3 \\ P_2 = \widetilde{C}_{12}V_1 + \widetilde{C}_{22}V_2 + \widetilde{C}_{32}V_3 \\ P_3 = \widetilde{C}_{13}V_1 + \widetilde{C}_{23}V_2 + \widetilde{C}_{33}V_3 \end{cases}$$

いまや、農産物および工業製品を購入する際、購買者はその財の生産によって生じた公害因子のある量を除去するためにかかる費用の一部を支払うことになる。そのときの価格は、(12)式により決まる価格よりも高くなるであろう。しかしながら、家計部門（すなわち、最終消費者）の観点からみる限り、実質費用（real cost）と実質収益（real benefit）の関係は、まえと全く同じ結果になる。つまり、公害防止活動の費用の一部を間接的に負担することより、直接的に支払う金額がそれだけ少なくならざるをえないのである。

### III

前節において、我々は公害問題に対するレオンチェフの方法をかなり詳細に説明してきた。これまでの説明より明らかなように、かれの方法は理論レベルでみるかぎり、きわめて素朴なものである。しかし、それが素朴なものであるとはいえ、公害問題に対する計量分析を可能ならしめる1つの突破口であることは間違いないと思う。換言すれば、かれの方法は「公害」を現実が発生している問題としてまず捉え、加えてそれに対する計量的・経験的アプローチのな

かに各産業部門間の相互依存関係を明示的に考慮している点で、実践的有用性の観点より、かなり有効なものといえるかと思う。レオンチェフの方法は、現実問題を解明しうる有効なツールとして決して完全なものではないが、それだけに一層それを基軸として、今後さらに拡充発展させていくべき貴重な素材を豊富に秘めている。

ここでは、そのなかでも特にレオンチェフの方法のうち、公害部門の取り扱い方について、少し立ち入った検討を試み、その特徴をさぐっていくことにしよう。

レオンチェフの方法では、従来の産業連関表に新たに組み込まれた公害部門について、その縦部門と横部門とは、全く実体が異なっていることに注意を要する。すなわち、従来の産業連関表に公害あるいは汚染因子を組み込む場合、かれの考えでは公害因子をマイナスの投入量とみなして、排出される公害因子を産業連関表の横行に配列する。そのとき、この公害部門の産出量は、企業の生産活動による公害因子の排出量とみなすことができる。公害部門に対応する縦列には、公害因子を除去（または防止）する部門を設けている。したがってこれは、公害因子の除去または防止活動のすべてを総括したダミー部門で、その活動主体が何であるかは問われない。

### 1 従来の投入産出体系

まず最初に一般化した記号の説明を与えておこう。

[記号の説明]

経済財および公害因子

$$\underbrace{1, 2, \dots, i, \dots, j, \dots, m}_{\text{経済財}} : \underbrace{m+1, m+2, \dots, g, \dots, k, \dots, n}_{\text{公害因子}}$$

技術係数

$a_{ij}$  :  $j$  部門の生産した財  $j$  の産生 1 単位当たり要する財  $i$  の投入量

変数

$x_i$  : 財  $i$  の総産出量

$y_i$  : 財  $i$  の家計部門への最終引き渡し量

ベクトルと行列<sup>14)</sup>

14) スペースの節約のため、以下において列ベクトルを{ }の記号で表わすものとする。たとえば、 $X_1 = \{x_1 \ x_2 \ \dots \ x_m\}$  は、 $m$  次元の列ベクトルである。

$$A_{11} = [a_{ij}] \quad i, j = 1, 2, \dots, m$$

$$X_1 = \{x_1 \ x_2 \ \dots \ x_m\}$$

$$Y_1 = \{y_1 \ y_2 \ \dots \ y_m\}$$

このとき、物量表示の投入産出バランスは次式によって表わされる。

$$A_{11}X_1 + Y_1 = X_1$$

これを變形すれば、次式を得る。

$$(15) \quad [I - A_{11}]X_1 = Y_1$$

いうまでもなく、これは前節Ⅱの(1)式に当たるものである。

## 2. 公害発生部門の導入（横行にのみ配列した場合）

次に公害発生部門を、従来の産業連関表の横行にのみ付加した場合を考えてみよう。これにともなって、新しく付加される記号の説明は次のとおりである。

〔記号の説明〕

技術係数

$a_{gi}$  :  $i$  部門の生産した財  $i$  の産出 1 単位当たりにつき発生する公害因子  $g$  の排出量

変数

$\bar{x}_g$  : 企業の生産活動により発生した公害因子  $g$  の総排出量

ベクトルと行列

$$A_{21} = [a_{gi}] \quad i = 1, 2, \dots, m : g = m+1, m+2, \dots, n$$

$$\bar{X}_2 = \{\bar{x}_{m+1} \ \bar{x}_{m+2} \ \dots \ \bar{x}_n\}$$

このとき、経済財および公害因子の投入産出バランス（いずれも物量表示）は、次式によって表わされる。

$$A_{11}X_1 + Y_1 = X_1$$

$$A_{21}X_1 = \bar{X}_2$$

これをまとめて書けば、次のようになる。

$$(16) \begin{pmatrix} I - A_{11} & 0 \\ A_{21} & -I \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ \bar{X}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

上式は、IIの(5)式に対応する。かくてまた、上式左辺の係数行列は、すでに説明した(5a)に対応する。ここで注意を要することは、当該国民経済における公害因子の総発生量( $\bar{X}_2$ )が、もっぱら企業の生産活動によってのみもたらされるもの(すなわち、 $A_{21} X_1$ )と仮定されている点である。また、レオンチェフの方法では、明確な説明がなされていないが、その場合の公害因子の発生量( $A_{21} X_1$ )は、すべて“gross”ではなくて“net”の概念であるものと思われる。

また、公害発生部門(横行)についての係数行列とベクトルは、経済財生産部門についての係数行列およびベクトルと逆符号の関係にあるが、これは経済財の生産活動に伴って発生する公害因子量(すなわち、公害因子の産出量)を経済財生産部門によるマイナスの投入量と考えているからである。それゆえ、 $A_{21}$ は企業の生産活動1単位当たりにつき発生する公害因子の純排出係数を表す行列である。<sup>15)</sup>

### 3. 公害除去部門の導入(縦列にのみ配列した場合)

公害因子の発生過程を明示的に取り上げた結果、それを除去する活動を次に考えてみよう。いま、公害除去部門を従来の産業連関表の縦列に付加したとすれば、それに伴って新しく付加される記号は、次のようになる。

[記号の説明]

技術係数

$a_{ig}$ :  $g$  部門の除去した公害因子  $g$  の除去1単位当たりに要する財  $i$  の投入量

15) 産業連関表における副産物の取り扱い方については、トランスファー方式、ストーン方式(すなわち、マイナス投入方式)などがあるが、その各々の方式によって、部門間波及の効果は異ってくる。この点については例えば、岡崎不二男・金子敬生、「産業連関の経済学」155—161ページを参照されたい。レオンチェフは、公害因子を通常の生産活動の副産物として捉えている点で、その処理の仕方が注目されるが、この点についての説明は簡略にすぎた含意に乏しい。

変数

$x_g$  : 除去された公害因子  $g$  の総量

$y_g$  : 公害因子  $g$  の家計部門への最終引き渡し量

ベクトルと行列

$$A_{12} = [a_{ig}] \quad i=1, 2, \dots, m; g=m+1, m+2, \dots, n$$

$$X_2 = \{x_{m+1} \ x_{m+2} \ \dots \ x_n\}$$

$$Y_2 = \{y_{m+1} \ y_{m+2} \ \dots \ y_n\}$$

このとき、経済財および公害因子の投入産出バランス(いずれも物量表示)は、次式によって表わされる。

$$A_{11}X_1 + A_{12}X_2 + Y_1 = X_1$$

$$A_{21}X_1 - Y_2 = X_2$$

これをまとめて書けば、次のようになる。

$$(17) \quad \begin{pmatrix} I - A_{11} & -A_{12} \\ A_{21} & -I \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{pmatrix}$$

上式は、II で説明した(9)式のうち最後の方程式を除く残りの式に対応する。ここでの  $X_2$  は、うえて定義した公害因子の総排出量  $\bar{X}_2$  とは異なり、公害除去部門が除去する公害因子量のベクトルを表わす。また、 $Y_2$  は家計部門が許容する公害因子量のベクトルを表わす。したがって、 $(X_2 + Y_2)$  が社会全体の公害因子総発生量となっている。さらに、 $A_{12}$  は公害因子を1単位除去するのに要する経済財の投入係数行列である。

#### 4. 公害因子の除去活動がさらに公害因子の発生を随伴する場合

公害除去部門の導入についての説明はすでに3で与えたが、そのとき公害除去活動それ自体が、さらに追加的公害因子の発生を直接的に誘発するケースは考慮していなかった。しかし、この公害因子の集積効果を3で示した(9)式の体系に組み込むことは容易である。以下これについて簡単に触れておこう。<sup>16)</sup>

16) レオンチェフ論文では、この点の説明が本文ではなされていないが、数学附録において補足されている。

## 〔記号の説明〕

## 技術係数

$a_{gk}$ :  $k$  部門の除去した公害因子  $k$  の除去 1 単位当たりにつき発生する公害因子  $g$  の発生量

## 行列

$$A_{22} = [a_{gk}] \quad g, k = m+1, m+2, \dots, n$$

このとき、投入産出バランスは次のようになる。

$$A_{11}X_1 + A_{12}X_2 + Y_1 = X_1$$

$$A_{21}X_1 + A_{22}X_2 - Y_2 = X_2$$

これをまとめて書けば、次のようになる。

$$(18) \begin{pmatrix} I - A_{11} & -A_{12} \\ A_{21} & -I + A_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{pmatrix}$$

ここで、 $A_{22}$  は公害因子の除去 1 単位当たりにつき新たに発生する公害因子の排出係数行列である。それゆえ、この体系を、さきの体系(17)式と比較すれば、前者が後者より公害因子の除去量は多くなるであろう。<sup>17)</sup>

## 5. 副産物の処理方法

これまでの説明より明らかなように、レオンチェフの方法は、公害発生部門を横行に付加し、公害除去部門を縦列に付加して、その両者が相対応する形をとっている。その場合、かれは、各種公害因子の発生量を通常の生産活動の副産物として捉えている。

副産物(および屑)については、その産出内訳 (output) を主産物と区分して把握することができるが、投入内訳 (input) は主産物と技術的な結合関係にあるためこれを区分して把握することができない。このため原則として activity base で分類される産業連関表のうえで、副産物に関する投入産出の内訳を記録する場合、やや特異な操作が必要となる。<sup>18)</sup>

17) これについては、(17)式より求める  $X_2$  と (18)式より求める  $X_2$  との比較を試みればよい。

18) たとえば、金子敬生・吉田稔/編著、「日本の産業連関」153-155ページを参照されたい。

この点についてレオンチェフの方法は、副産物（すなわち、公害因子）の生産額を、経済財生産部門の縦列と公害因子発生部門の横行との交点にマイナスで計上する、いわゆる「ストーン方式」に準拠しているように、一見したところ思われる。<sup>19)</sup> しかしながら、厳密な意味での「ストーン方式」の適用であれば、副産物の投入内訳は主産物と区分することなく経済財生産部門に計上し、その産出内訳は副産物部門（すなわち、公害発生部門の横行に当たる）からの産出として計上する結果、副産物は経済財生産部門・公害発生部門いずれの部門の生産額としても計上されないことになる。

いまこの点を明らかにするため、主産物として工業製品を90単位、副産物として公害因子（たとえば、 $SO_2$ ）を10単位生産する産業があるものとして、この場合の処理の仕方を「ストーン方式」に従うものと仮定すれば、産業連関表の作成は、次のようになる。

表7 ストーン方式による副産物の取り扱い方法（仮設例）

	工業部門	その他部門	公害発生部門	総 産 出 量
工 業 部 門		90		90
そ の 他 部 門	100			100
公 害 発 生 部 門	-10	10		
総 産 出 量	90	100		

かくして、「ストーン方式」に従う限り、新たに付加した公害発生部門の総産出量はつねにゼロとなり、その他部門の投入する公害因子量は、工業部門の産出するマイナスの投入量と照応する。以上のことから明らかのように、レオンチェフの方法は、公害因子を副産物として捉えてはいるが、その処理の仕方については、従来からある「ストーン方式」とは異なった新しい方法を提案し

19) レオンチェフ自身は、この点について何も言及していない。しかし、以下の説明で、レオンチェフの方法が厳密な意味で「ストーン方式」に準拠していないことが明らかにされるであろう。

ていると考えるべきではなからうか。勿論、これについての実行可能性は、企業ベースで発生する公害因子量の data 推計に大きく左右されることは言うまでもない。現在、我国でも、通産省において汚染因子（硫黄酸化物のみ）の排出係数のベクトルを含む産業連関表の製作にかかっているとのことである。そこで、今後より有益な産業連関表が作成されることを希望し、あらかじめ考えられる追加的情報量を前提とした公害問題に対する処理方式を考えてみるのも、あながち無意味なものとはいえないであろう。

以下に述べる方式は、レオンチェフの方法を吟味しているうちに得た1つの大胆な試案である。もとより、その実行可能性については、追加的情報量と相俟って、今後に残された課題である。

#### 6. 公害発生部門の導入（横行と縦列に配列した場合）

すでに説明したとおり、産業連関表に計上される投入・産出の内訳は原則として activity base で分類されている。いま、その視角より公害因子を眺めれば、レオンチェフによって付加された公害発生部門と公害除去部門とは、公害因子という commodity としては同じものであっても、activity としては全く異なったものであると考えられる。そこで、この点を明らかにするため、III の1で与えた公害因子についての添字（すなわち、 $m+1, m+2, \dots, g \dots k \dots, n$ ）に加えて、その同じ commodity である公害因子に対して、さらに新しく次の添字を付加しておこう。これに伴って、新しく追加ないしその意味が変更される記号の説明は、次のようになる。

〔記号の説明〕

公害因子

$$\underbrace{n+1, n+2, \dots, r \dots s \dots, p}_{\text{公害因子}}$$

技術係数

$a_{ig}$  : 公害因子  $g$  の発生1単位当たりに伴う財  $i$  の投入量（すなわち、財  $i$  の摩滅・損傷を表わす）

$a_{gk}$  : 公害因子  $k$  の発生1単位当たりに伴う公害因子  $g$  の投入量（すなわち、公害発生の相乗効果を表わす）

## 変数

$x_g$ : 公害因子  $g$  の総発生量 (ただし, 家計部門による公害因子の発生はないものとする)

## ベクトルと行列

$$A_{12} = [a_{ig}] \quad i=1, 2, \dots, m; g=m+1, m+2, \dots, n$$

$$A_{22} = [a_{gk}] \quad g, k=m+1, m+2, \dots, n$$

$$X_2 = \{x_{m+1} \ x_{m+2} \ \dots \ x_n\}$$

このとき, 経済財および公害因子の投入産出バランス (いずれも物量表示) は, 次式によって表わされる。

$$A_{11}X_1 + A_{12}X_2 + Y_1 = X_1$$

$$A_{21}X_1 + A_{22}X_2 = X_2$$

これをまとめて書けば, 次のようになる。<sup>20)</sup>

$$(19) \quad \begin{pmatrix} I - A_{11} & -A_{12} \\ -A_{21} & I - A_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

この  $A_{21}$  は, 2 で説明したレオンチェフの定義した  $A_{21}$  の概念に相当する。すなわち, それは企業の採用している既存の生産技術のもとで排出される産出 1 単位当たりの排出係数を表わす行列である。これは, いったん見れば, 世論の盛り上がり——たとえば, 最近, 公害追放に立ち上がった市民運動を考えるがよい——を受けて, 企業の実態調査が進むにつれて——実は, 公害発生の実態調査に要する莫大な資金の拠出が一層重要な問題なのであるが——企業ごとにその発生源が明らかにされる公害因子の総発生量を表わしている。

もし「公害」という言葉の意味が, 「人の健康又は生活環境に係る被害」<sup>21)</sup> が発生するような環境の変化であり, その加害の事実が, 社会状況に拡散して薄められていたりすることにおいて「公」害だと理解すれば, もとより,  $A_{21}$  は

20) すでに指摘した, 経済財生産部門と公害因子発生部門との符号の差異にかかわる吟味は, 説明の簡単化のため, これより以下では割愛する。

21) 「公害対策基本法」第二条より引用。

「公害」とよぶべきものではなくなってしまう。なぜなら、それは各種公害因子の発生源が物的生産活動を行なっている私的企業ごとの責任という形で明らかにされるからである。

一般に、公害への対策が立ち遅れてた原因とし、次の諸点があげられる。<sup>22)</sup>

(i) 責任の所在が不明瞭であること、(ii)被害度を医学的に示すのが困難であること、(iii) 個々の発生源は規制できても、それが合わさって被害をおこすことになるので、その点でのいわゆる環境基準を定めても規制を現実にすることがむづかしいこと、(iv) 企業の側に、公害防止施設・装置といった非生産的投資に金をかける姿勢が乏しいし、まして中小企業等には公害予防装置などへ投資する資金的余裕もないこと、等々である。こういった、公害問題固有の原因に輪をかけて、我国の場合とくに公害行政の怠惰が加わり、事態を一層ひどく悪化させたといえるのである。

いわば、 $A_{21}$  は公害因子の発生がつねに私的企業の生産活動と結びついている点で、「私」害と呼ぶべき概念かもしれない。しかし、我々にとって当面重要な課題は、名よりも実、すなわち呼称よりも、 $A_{21}$  の具体的情報なのである。

他方、現実には発生している多量の公害因子（すなわち、 $X_2$ ）は、企業の実態調査等により発生源の明らかにされる公害因子量（ $A_{21}X_1$ ）をつねに陵駕するであろう。その差額が、発生源の不明な公害因子量となる。また、それが(19)式の  $A_{22}X_2$  に対応する。<sup>23)</sup> かくして、 $A_{22}$  は、各種公害因子の発生に伴う相乗効果を表わす行列である。<sup>24)</sup>

また  $A_{12}X_2$  は、各種公害因子の発生によって打撃を受ける各種経済財の被

22) 松原治郎、「公害行政の課題と問題点」(ジュリスト) No.458 参照。

23)  $X_2$  および  $A_{21}X_1$  の具体的数値が明らかにされれば、(19)式の第二式より  $A_{22}X_2$  が求められる。ただし、その場合  $A_{22}$  は、対角行列と考えることにする。別途に、発生源の不明な公害因子量を外生化して、最終需要の欄に計上することも可能である。その場合、次に示す家計部門の排出する公害因子量との関係が問題となる。

24) 「公害先進国」でみられた光化学スモッグを想起するがよい。これは  $A_{22}$  の行列の非対角要素に当たるものと思われるが、その測定はかなり困難であろう。ちなみに、 $A_{22}$  の行列の対角要素は、海に放出された汚染因子の結果、小さい魚が死ねば、それを食べた大きな魚もまた死ぬといういわば公害発生の相乗効果に当たるものである。

害・損傷を表わす行列である。これについては、すでに公害が発生してしまった地域における救済ならびに保障の対策として、たとえば苦情受付に関する恒常的窓口を設けること等により記録をとれば、その被害状況についての具体的な数値が計上可能となる。<sup>25)</sup>

望むことは、 $A_{21}$  の不断の追求と  $A_{12}$  への厚き配慮である。

#### 7. 家計部門による公害因子の発生を考慮した場合

以上において我々は、公害発生部門の導入を activity base に準拠して、それを従来の産業連関表の縦列と横行に配列した場合の説明を与えてきた。しかし、そこでは簡単化のため、家計部門の消費活動によって各種公害因子が発生するケースを考慮しなかった。<sup>26)</sup> いま、これを明示的に取り上げ、それをさきの体系(19)に付加することにしよう。これによって、まず影響を受けるベクトルは、 $X_2$  であり、新たに付加されるベクトルは  $Y_2$  である。

[記号の説明]

変数

$x_g$  : 家計部門の消費活動により発生した公害因子  $g$  の発生量を含めた、社会全体の公害因子  $g$  の総発生量

$y_g$  : 家計部門の消費活動により発生した公害因子の  $g$  総発生量

ベクトル

$$X_2 = \{x_{m+1} \ x_{m+2} \ \cdots \ x_n\}$$

$$Y_2 = \{y_{m+1} \ y_{m+2} \ \cdots \ y_n\}$$

このとき、(19)式の投入産出バランスは、次のように変更される。

$$A_{11}X_1 + A_{12}X_2 + Y_1 = X_1$$

$$A_{21}X_1 + A_{22}X_2 + Y_2 = X_2$$

25) ちなみに、公害問題に関する苦情および陳情についての件数は、年々急速な増加を示している。たとえば、昭和42年度に地方公共団体が受理しただけでも27,588件で、前年度にくらべ35%増であった。だが、逆に処理状況は41年度の76.5%から、42年度69.1%と下がっており、住民の公害意識の上昇に反して、現実処理が追いつかなくなっている。松原治郎、前掲書、219ページ参照。

26) たとえば、最終消費者が川にゴミを捨てる場合を想起されたい。

これをまとめて書けば、次のようになる。

$$(20) \begin{pmatrix} I - A_{11} & -A_{12} \\ -A_{21} & I - A_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{pmatrix}$$

我々の場合、この  $Y_2$  を外生変数として処理していることより、この(20)の一般解をさきの(19)式の一般解と比較すれば、社会全体の公害因子の発生量は、家計部門の排出する公害因子量 ( $Y_2$ ) だけ多くなっている。<sup>27)</sup>

次に、この体系をレオンチェフの方法と対比する意味で彼自身が考えた、最終消費によって直接発生する公害因子を含めた場合の処理の仕方を説明しておこう。補足的な記号の説明とその方程式は、次のとおりである。

[記号の説明]

技術係数

$a_{g,y(i)}$ : 最終需要部門へ引き渡した財  $i$  を 1 単位消費することより発生する公害因子  $g$  の発生量

変数

$y^*_g$ : すべての産業部門が最終需要部門へ引き渡した公害因子  $g$  の総量と最終需要部門内部で発生した公害因子  $g$  の総量との合計量

$x^*_g$ : すべての産業部門によって排出される公害因子  $g$  の総量と最終需要部門のなかで発生する公害因子  $g$  の総量との合計量 (gross)

ベクトルと行列

$$A_y = \begin{pmatrix} a_{m+1,y(1)} & a_{m+1,y(2)} & \cdots & a_{m+1,y(m)} \\ a_{m+2,y(1)} & a_{m+2,y(2)} & \cdots & a_{m+2,y(m)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n,y(1)} & a_{n,y(2)} & \cdots & a_{n,y(m)} \end{pmatrix}$$

$$Y^*_2 = \{y^*_{m+1} \quad y^*_{m+2} \cdots y^*_n\}$$

$$X^*_g = \{x^*_{m+1} \quad x^*_{m+2} \cdots x^*_n\}$$

27) 注意を要することは、この  $Y_2$  の理解の仕方如何によって、 $A_{21}$  および  $A_{22}$  の具体的内容が変ってくるという点である。レオンチェフの方法では、次に示すように、この  $Y_2$  をすべての産業部門から家計部門へ引き渡した公害因子の最終引き渡し量 (net の意) と考えている。

公害因子の総発生量のうちある部分が、最終需要部門自体のなかで発生している場合には、すでに説明した(18)式の右辺に現われるベクトル  $Y_2$  を、ベクトル  $Y_2 - Y^*_2$  によって置きかえる必要が生じてくる。ただし、ここでの  $Y^*_2$  は、次式によって与えられる。<sup>28)</sup>

$$(21) \quad Y^*_2 = A_y Y_1$$

この場合、すべての産業部門と最終需要部門によって発生した公害因子の総排出量は、うえて表わしたいずれの方程式についても明示的には入ってこない。しかし、その具体的数量は、次の方程式より計算することができる。

$$(22) \quad X^*_g = [A_{21} : A_{22}] \begin{pmatrix} X_1 \\ \vdots \\ X_2 \end{pmatrix} + Y^*_2$$

#### 8. 公害除去部門の導入（縦列と横行に配列した場合）

次に、公害除去部門の導入を、6 で展開した公害発生部門の導入と同様にし、従来の産業連関表の縦列と横行に同時に配列してみよう。これに伴って、新しく追加ないしその意味が変更される記号の説明は、次のようになる。〔記号の説明〕

##### 技術係数

$a_{ir}$  : 公害因子  $r$  の除去 1 単位当りに要する財  $i$  の投入量

$a_{gr}$  : 公害因子  $r$  の除去 1 単位当たりにつき発生する公害因子  $g$  の発生量

$a_{rs}$  : 公害因子  $s$  の除去 1 単位当りに伴う公害因子  $r$  の投入量（すなわち、公害除去の相乗効果を表わす）

$a_{ri}$  :  $i$  部門の生産 1 単位当たりにつき除去した公害因子  $r$  の量（すなわち、企業の自己責任で除去した公害因子  $r$  の単位当たり除去量を表わす）

$a_{rg}$  : 公害発生部門  $g$  が除去した公害因子  $r$  の量（すなわち、自然の浄化作用によって除去された公害因子  $r$  の単位当たり除去量を表わす）

##### 変数

$x_r$  : 公害因子  $r$  の総除去量

$y_r$  : 家計部門によって除去した公害因子量

28) (18)式と双対関係にある価格と付加価値のバランス方程式は、変更しなくてすむ。

ベクトル行列

$$\begin{aligned}
 A_{13} &= [a_{ir}] \quad i=1, 2, \dots, m : r=n+1, n+2, \dots, p \\
 A_{23} &= [a_{gr}] \quad g=m+1, m+2, \dots, n : r=n+1, n+2, \dots, p \\
 A_{33} &= [a_{rs}] \quad r, s=n+1, n+2, \dots, p \\
 A_{31} &= [a_{ri}] \quad i=1, 2, \dots, m : r=n+1, n+2, \dots, p \\
 A_{32} &= [a_{rg}] \quad g=m+1, m+2, \dots, n : r=n+1, n+2, \dots, p \\
 X_3 &= \{x_{n+1} \ x_{n+2} \ \dots \ x_p\} \\
 Y_3 &= \{y_{n+1} \ y_{n+2} \ \dots \ y_p\}
 \end{aligned}$$

このとき、経済財および公害因子の投入産出バランス（いずれも物量表示）は、次式によって表わされる。<sup>29)</sup>

$$\begin{aligned}
 A_{11}X_1 + A_{12}X_2 + A_{13}X_3 + Y_1 &= X_1 \\
 A_{21}X_1 + A_{22}X_2 + A_{23}X_3 + Y_2 &= X_2 \\
 A_{31}X_1 + A_{32}X_2 + A_{33}X_3 + Y_3 &= X_3
 \end{aligned}$$

これをまとめて表記すれば、次のようになる。

$$(23) \quad \begin{pmatrix} I - A_{11} & -A_{12} & -A_{13} \\ -A_{21} & I - A_{22} & -A_{23} \\ -A_{31} & -A_{32} & I - A_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \end{pmatrix}$$

上式左辺に現われる各小行列の経済学的意味づけは、すでに与えたその要素の説明より敷衍することができる。ここでは、次の2点にのみ言及しておく。まず  $A_{33}$  は、公害因子の除去活動それ自体がさらに公害因子を単位当たりにつき  $A_{33}$  だけ除去することを示している。<sup>30)</sup> したがって、これをうえて与えた公害因子発生の相乗効果 ( $A_{23}$ ) と比較できる。

次に、 $A_{23}$  と  $A_{32}$  との比較も重要である。なぜなら、前者は公害因子の除去

29) この場合、公害因子を発生・除去の両活動に分離して考えているので、次式第三の行列方程式が必要となる。

30) 小さい魚が生きれば、大きな魚もまた生きるという公害因子の除去活動に伴うプラスの相乗効果を表わしている。

活動が新たに誘発する直接的な公害因子の発生量であるのに対し、<sup>31)</sup> 後者はいわば自然の有する浄化作用の *capacity* とみなすことができるからである。<sup>32)</sup> しかし、いずれにせよ、公害分析を真に意味のあるものに結実させるためには、地道な資料の収集と飽くなき公害の実態調査が、なによりもまず重要である。

#### IV

以上において、我々は、公害問題に対する産業連関論的アプローチを、レオンチェフの方法にもとづいて考察してきた。かれの公害問題に対する基本的考え方を要約すれば、次のとおりである。

まず、レオンチェフは、各種公害因子の発生が経済主体の生産過程または消費過程により発生するものとする。それを産業連関論の用語でパラフレーズすれば、生産過程は技術的投入係数により、また消費過程は外生部門の最終需要により、それぞれ把握される。かれは、そのなかでもとくに、企業の生産活動により随伴する公害因子の排出過程に注目し、「公害因子排出係数」という新しい概念を提起した。これは、公害因子を排出する企業部門の主産物1単位当たりにつき排出される公害因子量であり、そのとき排出される公害因子を当該企業が産出する副産物とみなして処理している。その結果、公害発生部門を明示的に導入することにより、従来の産業連関表の枠組は拡大される。また、かれは、公害因子を除去すべき処分のプロセスを従来の産業連関システムに導入する結果、公害除去部門と呼ばれる新しい項目が付加される。

つぎに、かれは市場における取引対象とはならない各種公害因子の費用の算定方式を理論的に提案する。すなわち、価格・費用のバランス方程式より求まる *shadow price* がこれである。いうまでもなく、産業連関論は2つのシス

31) ゴミ消却に伴う有毒ガスの発生などがこれに当たる。

32) 最後に、レオンチェフの方法、すなわち(18)式と我々の方法、すなわち(23)式とを簡単に比較しておこう。レオンチェフの方法では、おそらく *operational* な意味を考えた結果だと思われるが、(23)式の第三行と第二列とを削除している。敢えて *net* だと説明したのは、この理由による。その結果、レオンチェフが定義した「家計部門が許容 (*tolerate*) する公害因子の残存量」すなわち、(18)式の  $Y_2$  は、我々のモデルでは(23)式の右辺にある  $Y_3$  に相当する。なお、双対価格の検討は、稿を改めて論じてみたい。

テムから構成されている。最終需要を所与として決定される産出量決定機構と、平均付加価値を所与として決定される価格決定機構がそれである。レオンチェフが提案した公害因子を1単位除去することに伴う費用（すなわち、これをその公害因子の価格とみる）の算定方式は、公害因子を含めた産業連関表に対する価格決定機構の適用にはかならない。

公害防止（除去）費用の算定が可能になるや、直ちにその負担原則が重要な問題として浮かび上がってくる。レオンチェフの構想のなかには、経済成長と公害防止との間にトレードオフ関係があることを察知し、それに対する具体的計量化を意図しているように思われる。勿論、この点について、レオンチェフ自身は、まだなにも触れていない。しかし、経済成長と公害防止との間にトレードオフの関係があることは、つぎの説明で明らかになる。すなわち、これまでは、公害の存在を全く考慮に入れていなかったから、企業も公害防止のためとくにコストを支払わなかった。しかし、いま公害防止のために資源を使えば、社会全体としては当然経済成長率が落ちてくる。かくして、経済成長と公害防止との間に、いわゆるトレードオフの関係が成立する。

こと比処に至れば、公害を含めた産業連関分析の動学モデルの実用化が囑望される。そのためにも、地道な資料の収集と飽くなく公害の実態調査が要請される。そのなかでも、とくに中央・地方政府による社会資本投資の正確な推計が期待される。

そこで、最後に、レオンチェフの構想を前提として、それをこれから拡充、発展させながら具体的な形として結実させていこうとするとき、すぐに浮かび上がってくる重要な課題を整理しておく。

- 1) 公害を含めた技術係数の検討
- 2) 付加価値部門の一層の細分化
- 3) 最終消費者としての家計部門の内生化
- 4) 公害問題に対する地域的特性の考慮
- 5) 双対問題より導出される shadow price の吟味

(1971年2月15日)