産業連関分析的手法による産業廃棄物排出量の将来予測について

大阪府立大　谷山新良
厚生省　片山 徹
〃　○横田 勇

序

本研究の目的は、産業連関分析，計量経済学，および線形計画法の手法によって，将来年次tにおける産業廃棄物排出量 $[{}_tW_{ik}]$（添字 i, k の意味は本文参照のこと。）を予測するための方法論を研究することである。研究順序として、次のように3段階に分けて解説する。

Ⅰ　単純予測（環境容量的制約条件を付けないときの予測）
（1）　短期単純予測　（$\Delta t \leq 5$）
（2）　長期単純予測　（$\Delta t > 5$）
Ⅱ（3）　環境容量的制約条件下の長期予測

（1）　短期単純予測

産業連関分析では、通常5年間は技術構造不変 ⟹ 投入係数一定という仮定で分析しており、本研究においても5年以下を短期とし、5年超過を長期（＝投入係数変化）とする。

産業業種別（添字 i）廃棄物種類別（k）産業廃棄物排出量 $[{}_tW_{ik}]$ の短期単純予測方法は、次のように行なうことができる。最初に各種記号を説明する。

$[\beta_{ij}]$　（$1 \leq i \leq n$, $1 \leq j \leq n$, i, j：整数；　n行n列の正方行列）
最近時の産業連関表逆行列係数（実績値）である。

$\{{}_tY_j\}$　（$1 \leq j \leq n$, j：整数　n次元列ベクトル）
t年次の産業別（j）国内最終需要額（推計値）である。

$\{{}_tE_j\}$　（${}_tY_j$ に同じ。）
t年次の産業別（j）輸出額（推計値）である。

$\{{}_tm_i\}$　（$1 \leq i \leq n$, i：整数　n次元列ベクトル）
t年次の産業別（i）輸入係数（推計値）である。

$\{{}_tX_i\}$　（${}_tm_i$ に同じ。）
t年次の産業別（i）生産額（推計値）である。

$[{}_t\hat{X}_{ij}]$　（$1 \leq i \leq n$, $1 \leq j \leq n$, ${}_t\hat{X}_{ij} \neq 0$（$i = j$ のときのみ）$(= {}_tX_i)$, $i \neq j$ のとき ${}_t\hat{X}_{ij} = 0$）

$[w_{jk}]$　（$1 \leq j \leq n$, $1 \leq k \leq m$, n行m列の長方行列）
最近時の産業別種類別産業廃棄物原単位行列（実績値）である。

（1－1）　産業別生産額　$\{{}_tX_i\}$

$$\{{}_tX_i\} = [\beta_{ij}]\{(1-m_j)\,{}_tY_j + {}_tE_j\}$$

（1－2）　産業別種類別産業廃棄物排出量　$[{}_tW_{ik}]$

$$[{}_tW_{ik}] = [{}_t\hat{X}_{ij}][w_{jk}]$$

イ）　産業別産業廃棄物排出量　$\{W_i\} = \sum_{k=1}^{m} W_{ik}$

ロ）　種類別産業廃棄物排出量　$\{W_k\} = \sum_{i=1}^{n} W_{ik}$

ハ）　産業廃棄物排出総量　$W = \sum_{k=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} W_{ik} = \sum_{i=1}^{n} W_i = \sum_{k=1}^{m} W_k$

（２）　長期単純予測

予測方法は短期単純予測と全く同様であるが，長期単純予測では予測の基礎となる経済量　$[\beta_{ij}]$，$\{{}_tY_j\}$，$\{{}_tE_j\}$，$\{{}_tm_j\}$，$\{{}_tX_i\}$，$[w_{jk}]$ 等がすべて変動するとみる必要があり，結局，長期単純予測は，これらの量を計量経済学的に推測することにつきる。

（２－１）　$[\beta_{ij}]$ の予測

わが国における産業連関表（投入係数表 $[A]=[a_{ij}]$）は５年毎に発表されており，最近のものでは，昭和４０年産業連関表 $[{}_{40}A]$ がある。そこでまず，昭和３５年産業連関表を昭和４０年価格表示昭和３５年産業連関表に価格修正し，２つの固定価格表示投入係数　$[{}_{35}a_{ij}]^*$，$[{}_{40}a_{ij}]$，および昭和４０年産業連関表 $[{}_{40}X_{ij}]$ からＲＡＳ方式により昭和ｔ年（例えばｔ＝６０）投入係数 $[{}_{60}a_{ij}]$ を予測し，これと別途に予測した昭和６０年輸入係数 $[m_i]$ から，昭和６０年逆行列 $[{}_{60}\beta_{ij}]$ を次式によって算出する。

$$[I-A+M]^{-1} = [{}_{60}\beta_{ij}]$$

$$I=\begin{pmatrix}1 & & 0\\ & \ddots & \\ 0 & & 1\end{pmatrix},\quad A=[a_{ij}]_{60},\quad M=\begin{pmatrix}m_1 & & 0\\ & \ddots & \\ 0 & & m_n\end{pmatrix},\quad m_j=\frac{M_j}{X_j}\quad\left(\begin{array}{l}m_j：輸入係数\\ M_j：j部門輸入額\end{array}\right)$$

計算手順をフローチャートによって示せば，次のようになる。

$$\left.\begin{array}{l}\left.\begin{array}{r}[{}_{35}a_{ij}] \xrightarrow{(価格修正)} [{}_{35}a_{ij}]^*\\ [{}_{40}X_{ij}]\end{array}\right] \to [\hat{r}],\ [\hat{s}]\\ \qquad\qquad\qquad [{}_{40}a_{ij}]\end{array}\right] \to \left.\begin{array}{r}[\hat{r}][{}_{40}a_{ij}][\hat{s}] = [a_{ij}]_{60}\\ [M]\end{array}\right] \to [{}_{60}\beta_{ij}]$$

ここに，行向修正係数 $[\hat{r}]$ および列向修正係数 $[\hat{s}]$ は，$[\hat{r}][{}_{35}a_{ij}]^*[\hat{s}]=[{}_{40}a_{ij}]$ となるように選ぶ。なお，輸入係数 ${}_{60}m_j$ は，過去の産業連関表から回帰分析などによって推計する。

$$m_j = \frac{M_j}{X_j} = \frac{M_j}{\{AX\}_j + Y_j}$$

（２－２）　その他の量の予測

産業別国内最終需要 ${}_tY_j$，および輸出 ${}_tE_j$ は過去の国民所得統計および産業連関表から推計し得るが，産業別種類別産業廃棄物原単位 ${}_tw_{ik}$ は過去の時系列データに乏しくこの種の分析の最大の隘路となっている。しかしながら今回の研究テーマは，マクロな経済指標と産業廃棄物排出量とがどのようにリンクするかという点に主眼がおかれており，予測に必要な基礎データは既知として扱わざるをえなかった。

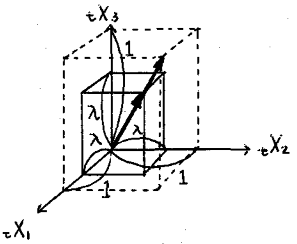
（３）　環境容量的制約条件下の長期予測

産業廃棄物排出量に一定の上限値 $\{\overline{W_k}\}$ を設定したときの排出量予測が本節の課題である。

（３－１）　種類別産業廃棄物排出量許容上限値 $\{{}_t\overline{W_k}\}$ を設定した場合

本手法は，環境容量的制約条件のために，将来経済は単純予測経済 $\{{}_tX_i^s\}$ の産業構造は不変とし，活動水準（規模）だけを縮少させるモデルを用いて，線型計画法によりその縮少率を求める方法である。

すなわち、単純予測での産業別生産額ベクトルを $\{{}_tX_i^s\}$，制約条件下の最適産業別生産額を $\{{}_tX_i^*\}$ とすれば，



第1図 $\{{}_tX_i^S\}$ベクトルの縮小

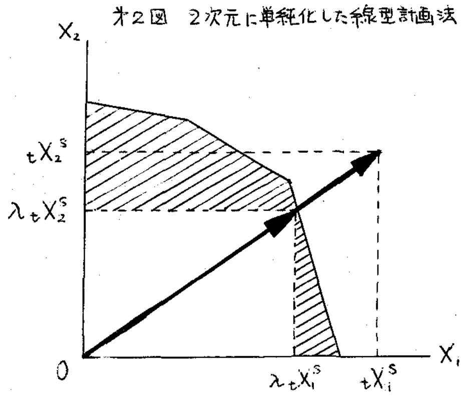
$$\{{}_tX_i^*\} = \lambda\{{}_tX_i^s\} = \lambda\{[I-[I-\hat{M}]A]_t^{-1}\}\{(1-m_j)_tY_j+{}_tE_j\}$$
$$(0 \leqq \lambda \leqq 1)$$

とし、ベクトル $\{{}_tX_i^s\}$ の方向を変えずに、大きさ $\|{}_tX_i^s\|$ のみを縮少することとなる。（第1図参照）

種類別産業廃棄物許容上限値 $\{{}_t\overline{W}_k\}$ が与えられた場合の最適産業別生産額 $\{{}_tX_i^*\}$ は、次の線型計画問題を解いて求める。すなわち，

$$\mathbf{i}\,[{}_t\hat{X}_{ij}][{}_tw_{jk}] \leqq \{{}_t\overline{W}_k\} \qquad (1 \leqq k \leqq m) \qquad (m本)$$
$$\{{}_tX_i\} \geqq \lambda[I-[I-\hat{M}]A]_t^{-1}\{(1-m)_tY_j+{}_tE_j\} \qquad (1 \leqq i \leqq n)\,(n本)$$
$$\forall\ {}_tX_i \geqq 0$$
$$\lambda \geqq 0$$

第2図　2次元に単純化した線型計画法



$\mathbf{i} = (1, 1, \cdots\cdots, 1)$ ；列和記号
k： 廃棄物の種類，i：産業分類
λ： スカラー量

である。かかる制約条件下において，

$$\lambda \longrightarrow max$$

とすれば、その最大値 λ_{max} を用いて，

$$\{{}_tX_i^*\} = \lambda_{max}\{{}_tX_i^s\}$$

これが最適産業別生産額となる。第2図は、2次元に単純化した場合の線型計画問題を図示したものである。得られた $\{{}_tX_i^*\}$ より 廃棄物排出量を求めるやり方は、単純予測の場合と同様であるので省略する。

なお、制約条件 $\{{}_t\overline{W}_k\}$ の下における最適最終需要 $\sum\{{}_tY_i^*+{}_tE_i^*\} = \lambda\sum\{{}_tY_i+{}_tE_i\}$ を達成するための最適経済成長率 g^* は、基準年次の最終需要を $\sum\{{}_0Y_i+{}_0E_i\}$，経過年数を n とすれば，

$$g^* = \sqrt[n]{\frac{\sum({}_tY_i^*+{}_tE_i^*)}{\sum({}_0Y_i+{}_0E_i)}} - 1 = \lambda^{\frac{i}{n}}\sqrt[n]{\frac{\sum({}_tY_i+{}_tE_i)}{\sum({}_0Y_i+{}_0E_i)}} - 1$$

によって算出することができる。

（3－2）　産業別産業廃棄物排出量許容上限値 $\{{}_t\overline{W}_i\}$ を設定した場合

（省　　略）

（3－3）　種類別産業別産業廃棄物排出量許容上限値 $\{{}_t\overline{W}_{ik}\}$ を設定した場合

（省　　略）