II-211　廃棄物の将来量の予測についての試み －その１－

京大・工　岩井重久，日立造船　春山　鴻，　○京大・工　入江登志男

1．はじめに

近年，日本経済の進展に伴い、廃棄物の量は著しく増加を続けている。しかも、技術的進歩と共に、生産物の物性が変化し、廃棄物としてみた場合，著しくその質が変化しつつある。元来，廃棄物の処理機器は，質の変化に対する受容能力が，生産的機器よりもかなり大きいことを要求されるが，このように変化の速度が早い場合には、その変化を未来時点において把握しつつ、処理方法とその機器の選択，およびその次元の決定をする必要がある。これまで、未来時点での生産量等の予測は，数理経済学等の研究者によって行なわれているが、必ずしも、正鵠を射ているとは言い難い。しかも、それらの研究者によ，てとられている方法は，何十という指数函数形の因子を導入し，それの対数をと，て作成した線形方程式の解を，試行法によ，て修正することによ，て，未来時点の数値をもとめているようである。われわれは，より多くの因子によって支配されるごみの燃焼が，２，３の主要な因子を選択することによって，よく近似する燃焼則を表わしうることを発見した。このように少数の因子により、未来時点の生産量を把握することができる可能性がないか，もしあれば，それをもとにして廃棄物の量を把握しうる。と推察した。

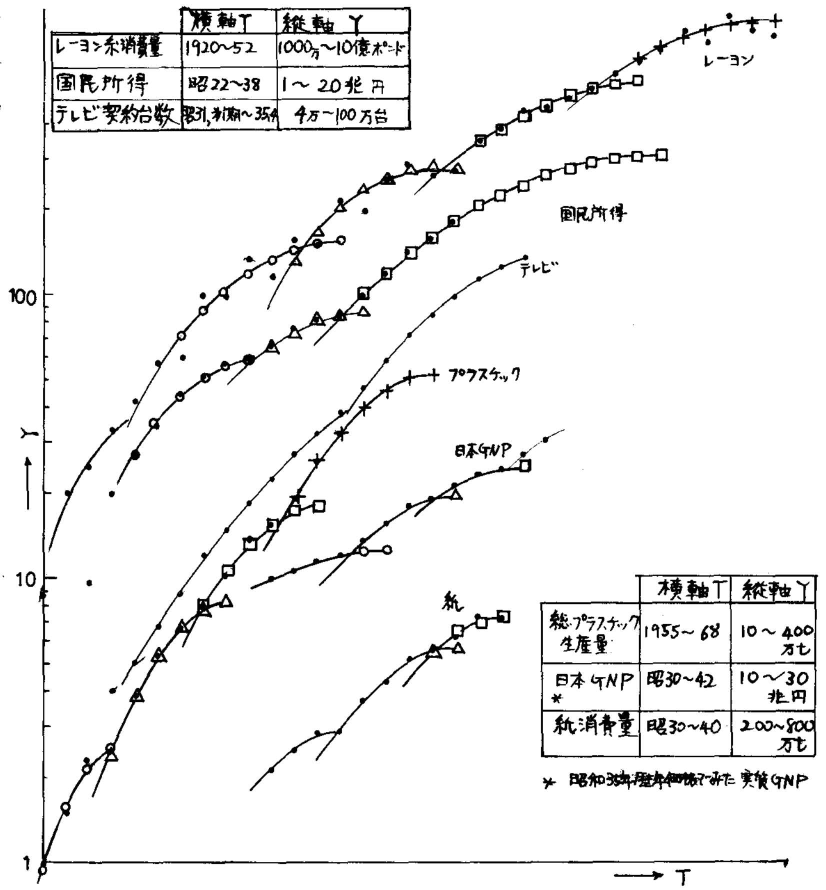
本文においては，われわれの行なった試みについて報告したい。

2．生産量の，時間に関する関係

われわれは，先に次の[1]ような微分方程式

$$\frac{d^2P}{dT^2}=2S\left[(T_H-T)\frac{dP}{dT}-P\right] \qquad (1)$$

を、T_Hに向う方向を正に



	横軸T	縦軸Y
レーヨン糸消費量	1920～52	1000万～10億ポンド
国民所得	昭22～38	1～20兆円
テレビ契約台数	昭31,初期～35年	4万～100万台

	横軸T	縦軸Y
総プラスチック生産量	1955～68	10～400万t
日本GNP*	昭30～42	10～30兆円
紙消費量	昭30～40	200～800万t

＊ 昭和35年暦年価格でみた実質GNP

図－１　各種生産量，消費量等の経年変化

にとり，$T=-\infty$で$P=0$，$T=T_M$で$P=P_M$という条件のもとに解いて次なる解を得た。

$$P = P_M\left[\exp\{-S(T_M - T)^2\}\right] \qquad \text{—— (2)}$$

上式等において，Pはある時間巾における平均生産量，Tはある時点，P_Mは，あるいくつかの時間巾の和である時間巾においての最大生産量を示し，その巾内においては定数であるが，より大きい時間巾においては，P_{M_1}，P_{M_2}，……P_{MM}のように変化するものと考えている。S，T_MもP_Mと同様に変化する。ただし，P_M一定の範囲においては定数である。

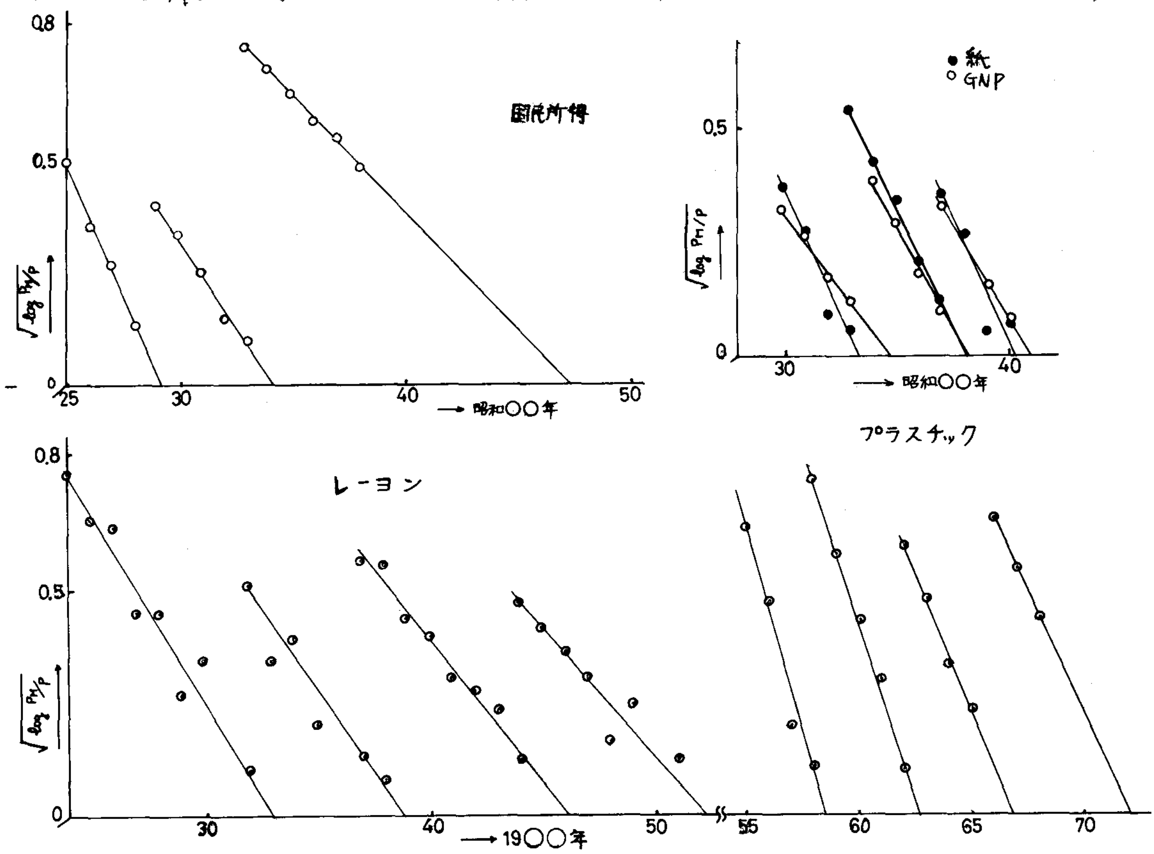
さて，式(2)は，P_M，T_M，S等は離散的に変化するが，片対数グラフ上では，例えば図−1に示すように，上方に凸ないくつかの2次曲線の集まりになる。これまで前式等は生産量のみについて考えたが，これらは消費量，その変化をも示すものとする。実際，各種の物品の生産量，消費量は同図に示すように，いくつかの2次曲線の集まりとなっている。これはまた，

$$\sqrt{\log(P_M/P)} = \sqrt{S}\,(T_M - T)\sqrt{\log e} \qquad \text{—— (3)}$$

と変形して図示すると1次線形のグラフにならなければならないが，図−2に示すように，かなり正確に直線近似されることがわかる。式(2)は，適当な常数をえらんで

$$\log P = -AT^2 + BT + C \qquad \text{—— (4)}$$

のように表わすことができる。数理経済学者達は，これを，$P=AT+B$，$P=A\exp(kT)$，あるいは，$P = A/1+B\exp(-CT)$ 等で示されるような傾向線の一種にすぎないと考えているようであるが，図−1，



図−2 T_Mの経年変化

図－5に示すように、例えば各国のGNP，各種機器の保有量も、このようないくつかの2次曲線の集まりになっているため、偶然性とはいいがたいと考えられる。ただし、新製品が市場に出た場合，戦災による復興期においては，ある短い期間

$$P = P_0 \exp[S(T_0 + T)^2] \quad \left(\begin{array}{l}\text{ここに } T_0 \text{ はある時点、}\\ P_0 \text{ はその時点での生産量}\end{array}\right) \quad \text{—— (5)}$$

であらわされるような，片対数グラフ上で下に凸な2次曲線のいくつかの集まりとなる場合が多い様である。

さて，本来滞留量ともいうべき，自動車，テレビ等保有台数量が、生産量消費量の変化と同様な傾向をたどることは、次のような方程式の成立を必要とする。

$$I_M \exp[-S_I(T_{IM} - T_x)^2] = P_M \int_{T_0}^{T_x} \exp[S(T_M - T)^2]\,dT - \int_{T_0}^{T_x} W(T)\,dT \quad \text{—— (6)}$$

ただし I_M はある時間中での滞留量，すなわち保有量，S_I は生産量等の式における S に相当する定数，T_{IM} も同様に考える。T_x は滞留量をもとめる時点，$W(T)$ は T における廃棄物量。これを微分することにより，逆に廃棄物量をもとめることが可能となる。

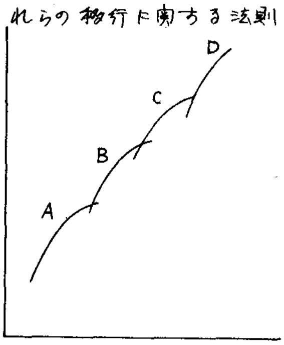
われわれは，すくなくとも今後10年間の生産量を，誤差20～30%の範囲で求めることによって廃棄物量も知り、それに基いて廃棄物量の処理処分計画を適切に立てることを望んでいるのであるが、これまでにのべた式(2)等が真理をあらわしているとしても，S，P_M，T_M 等のある時間中における定数が、次の時間中の定数に移行するのに数年しかかからぬことがある。従って、これらの移行に関する法則を求めたいと思い、以下2，3の試みを行った。

式(4)によって，図－3のように数個の2次曲線が重なった場合、

(1) 曲線Aの前半でもって，後半および曲線Bの初めが推測できる。(図－4－① cf.)

(2) Aの後半と、Bもしくは C の曲線の前半で C の後半が推定できる。(図－4－② cf.)

(3) 曲線A，B，C の頂部でもって，ほぼDの前半が得られ，下限としてのDの推定値が得られる。(図－4－③ cf.)



図－3　2次曲線群

等がわかったが，総じて，わずかな期間しか推定できない。このような理由から、1つの試みとして，$\log P$ について次のような関係があると仮定する。

$$T = A(\log P)^2 + B \cdot \log P + C \quad \text{—— (7)}$$

これによる，曲線A，B よりの曲線C の推定は，かなりよくなる。(図－4－④ cf.) この方法でのプラスチック生産量推定値は，1980年で 2,500万tである。

次に，$\log(\log P)$ について以下の関係式を仮定したが、

$$T = A(\log\log P)^2 + B \cdot \log\log P + C \quad \text{—— (8)}$$

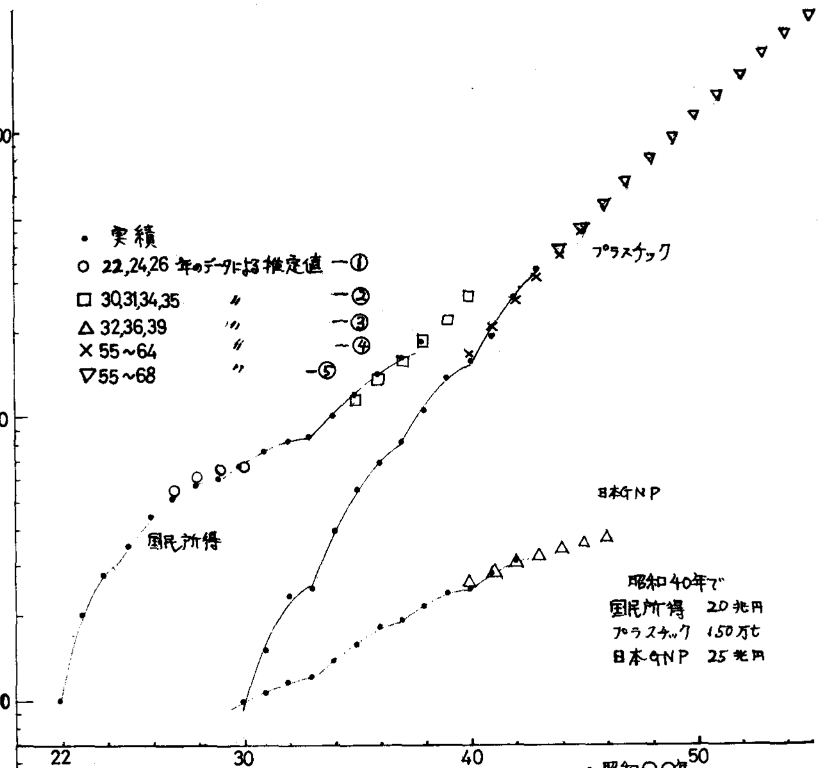
この式によると，図－5で示されるように、アメリカGNP，レーヨン，日本自動車保有量，国民所得について，過去10～15年のデータで，それ以後の10年間(特にアメリカGNPは30年間)の推定値が，実積値とよく一致する。そこで、この方法によってプラスチック・紙消費量について今後10年間の予測をした所、1980年にはプラスチックは3460万t，紙は3450万tとなる。しかし、このプラスチックの値は自動車保有台数が1980年に1億台(図－5)という値とともに、かなり過大と思われる結果を与えている。

P_{M1}, P_{M2} … 等の変化が、⑧式で表わされる曲線上にあるとしても、P_Mのとる最大値P_{MM}は存在すると考えているのが我々の意見であるから、この曲線から、Pの示す曲線は必然的に離れるものと考えている。従って自動車保有量等は、80年以前のある時点で飽和すると考えることが妥当であろう。

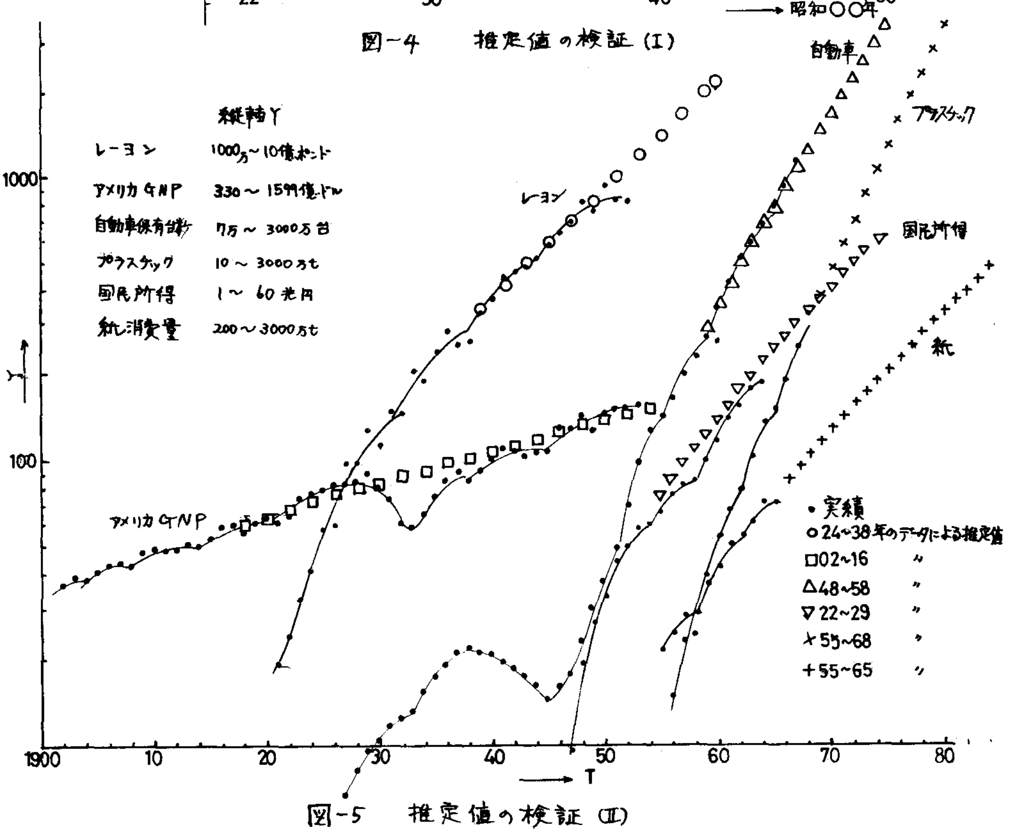
廃棄物量予測については、講演時に述べる。

文献 (1) 岩井, 春山；土木学会関西支部 S49 講習会テキスト 都市廃棄物の現状と将来

文中の各種データは、数冊の経済専門書に依った。



図−4 推定値の検証 (I)



図−5 推定値の検証 (II)