

工業用水使用の実態について

東京大学工学部 正員 綾 日出教
○ 学生員 島津 暉之

1. はじめに 工業用水が実際にどのように使用されているかを検討するためには、個々の工場の用水に関するデータが必要である。本研究は通産省の工業用水統計の調査表を用いて、工業用水使用量を分析したものである。分析結果の一部はすでに報告済みであるが（月刊誌「工業用水」昭和43年5月）、この分析によって一般的に原単位というものは非常にばらつきが大きく、用水計画にそのまま使用することができないことがわかった。今回の研究は個々の業種に着目して、各工場の前単位の大きさとバラツキ程度が業種の特長によってどの程度説明されるかを検討したものである。

2. 資料 この分析に用いたのは昭和40年度の工業用水統計であって、この統計調査の対象には従業員数30人以上の工場がすべて含まれている。今回、分析を行ったのは次の三業種である。

化学工業(1,900) 鉄鋼業(1,775) 紙パルパ紙加工品製造業(1,852) ()内は工場数。
ここで扱う使用水量は上水道、井戸水、回収水等を含めた淡水合計使用量で、海水は含まれていない。

3. 使用水量の傾向 同じ業種の工場とつあげた場合、各工場の使用水量は規模とどのような関係を示しているのだろうか。一例として熱間圧延業についての使用水量—規模（出荷額）の相関図を図-Iに示す。なお、ここで扱う業種は細分類業種である。産業分類は鉄鋼、化学といった中分類の中が小分類、小分類の中が細分類という具合に構成されている。図に示されるように使用水量は規模と一対一の関係にあるのではなく、かなりばらついている。しかも単にばらついているだけではなく、同じ規模であっても50~100倍の違いがみられるのである。ただ、全般的には使用水量は出荷額の増大とともに増えており、使用水量と出荷額の比、すなわち原単位は各規模とも同様な分布を示している。それ故、規模が原単位に与える影響はあまり大きくはないと考えることができる。

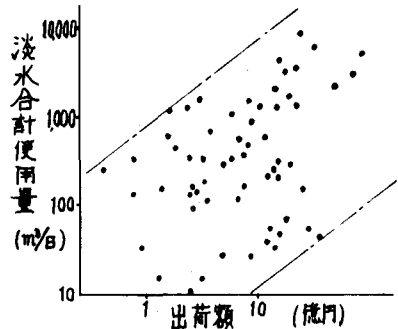


図-I. 使用水量の傾向(熱間圧延業)

4. 業種による平均原単位の違い この原単位について各業種の平均を求めると、業種によってはかなりの差がみられる場合がある。例えば、紙パルパ紙加工品製造業は平均原単位によって表-Iのようなグループに分けることができる。なお、原単位は普通正規分布ではなく、対数正規分布を示すので、平均値としては幾何平均を用いている。このような原単位の業種間の違いは原単位の極値のものとの程度説明しているのだろうか。

表-I. 平均原単位による業種の分類

分散分析によってこの問題を考えてみよう。
今、各工場の前単位が次の式で表わされると考える。 $\log G_{ijkl} = E + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \epsilon_{ijkl}$
(G_{ijkl} : $ijkl$ という工場の前単位, E : 中

1,000 (噸/億円) 以上	製紙パルパ製造業, 板紙製造業.....
100 ~ 1,000	セロファン製造業, 繊維板製造業.....
10 ~ 100	塗工紙製造業, 段ボール製造業.....
1 ~ 10	日用紙製品製造業, 紙器製造業.....

分類業種の幾何平均, α_i : 小分類業種 i による偏差 ($\sum \alpha_i = 0$), β_{ij} : 細分類業種 j による偏差 ($\sum \beta_{ij} = 0$), γ_{ijk} : 同じ細分類業種の中での規模 k による偏差 ($\sum \gamma_{ijk} = 0$), ϵ_{ijkl} : 誤差} 小分類は鉄鋼, 化学といった大きな分類の中に含まれる全く異質の業種, 例えば鉄鋼一貫メーカーと鋳物業のような本質的な違いを表わすものであり, 細分類は小分類という同系統の業種の中における製品の種類の違い, 例えば洋紙製造と板紙製造の違いを表わすものである。ここでは3. で扱った規模も因子の中に含めて考えることにする。偏差の合計値が0になるという上記の仮定を用いると, 原単位の全変動は次のように分解できる。 S_T (全変動) = S_α (小分類間変動) + S_β (細分類間変動) + S_γ (同じ細分類の中の規模間変動) + S_ϵ (同一業種, 同一規模内の変動 = 偶然変動) 各分散の期待値は $E(S_\alpha) = \sum \alpha_i^2 + \epsilon E(\epsilon_{ijkl}^2)$, $E(S_\epsilon) = \phi E(\epsilon_{ijkl}^2)$ (ϵ, ϕ は各分散の自由度) であるから, $\sum \alpha_i^2$ すなわち小分類に分けることによる全変動への寄与率は $(S_\alpha - \frac{\epsilon}{\phi} S_\epsilon) / S_T$ と指定される。このようにして求めた各因子の寄与率を表-Ⅱに示す。偶然変動を除けば, 小分類に分けることによる寄与率が最も大きく, 細分類間の寄与は小さい。規模間の寄与はもっと小さい。このように原単位の大きさを決定するものは業種間の本質的な差と偶然変動であり, 製品の種類や規模の影響はわずかである。

表-Ⅱ. 寄与率 (%)

	小分類間	細分類間	規模間	偶然変動
鉄鋼業	19.3	9.9	4.2	66.6
化学工業	25.0	9.1	4.8	61.1
紙・パルプ	75.5	3.3	1.8	19.4

5. 業種によるバラツキの違い どの業種でも原単位のバラツキは大きい, そのバラツキの大きさは業種によってかなりの違いがみられる。このような変動の違いの原因として考えられることは, 使用水量の大きい業種ほど, 水の管理が進んでいるからではないかということである。図-Ⅰに示すように, 各業種の原単位の幾何標準偏差は幾何平均との相関があまりよくないが, しかし, 大体, 原単位の大きい業種ほどそのバラツキ程度が減少するという傾向をよみとることができる。

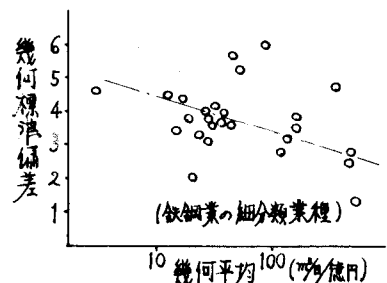


図-Ⅰ. 原単位の業種別変動

6. 代替水の影響 以上の検討は淡水のみを扱ったものである, ここで海水が淡水にどの程度の代替効果を及ぼすかを調べてみよう。海水使用量を淡水使用量でわった比率と原単位の関係を図-Ⅱに示す。かなりよく相関しており, 代替効果がはっきりとでてくる。ただし, 海水を使用する工場はほんの一部に限られており, 全工場からみれば, 海水が淡水原単位のバラツキを説明しうる部分はわずかである。

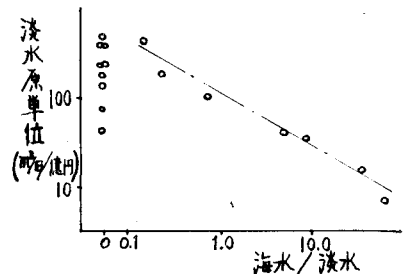


図-Ⅱ. 海水の影響 (平炉メーカー)

7. 結び 以上, 原単位の大きさとバラツキに各工場の業種がどのように関与しているかについて若干の傾向を指摘することができた。しかし, このような傾向は今後, 工場の実態調査によってより詳細に検討していく必要がある。最後に御指導いただいた東京大学石橋多聞教授に謝意を表します。