

工業用水の合理化について

近畿圏整備本部 正員 藤野良幸
 大阪大学大学院 学生員 ○上畑憲光
 香川県庁 正員 中井敬一

1. はじめに

工業のめざましい発展と人口の都市集中は水需要の大幅な伸びを示し、都市用水の確保が重要な問題となっている。また一方、都市用水需要の増大は排水量を増加させ、河川水質の悪化をきたしている。都市用水の量の不足と水質の悪化は本来同一の問題であって、よりはなして考えることはできない。そこで、水の合理的利用が問題になってくる。ここでは工業用水に着目し、地域的にその利用の合理化の水準を測定する方法として、構造係数という新しい概念を導入した。

2. 過去の需要の伸びと特徴

過去昭和39~43年の水需要の伸びは、図-1に示す如く、5年間で総用水量39.5%、全淡水量36.2%それぞれ増加しており、水使用量そのものは大幅に増加しているが、淡水取水量ではわずかに9.8%増加したに止まっている。これは、図-2にも明らかな如く工業用水の用途別使用は昭和43年で総用水量中67.5%、淡水中56.5%、海水中9.27%が冷却水であって、冷却水は温度さへ低くできれば循環使用が可能で、取得困難な淡水を避けて海水と回収水が増加したためであろう。

すなわち海水と回収水の量が増加するようになってきたのは、地盤沈下や相互干渉による地下水源の涸渇、河川水に対する水利権の競合などによって企業独自の淡水源取得が困難である上に、補償費の増大など水源開発経費の上昇のために公共水源(買水)コストも高騰しているためであると思われる。

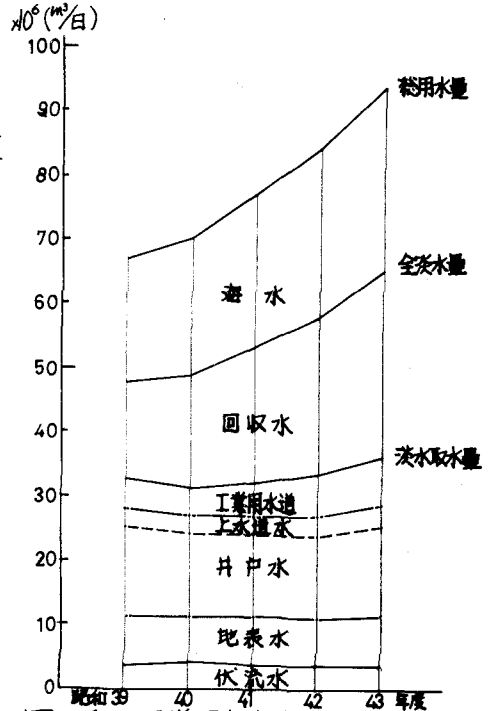


図-1. 工業用水水源別変化(全国)

3. 用水効率化を測る指標

A. 原単位

工業用水量の推計には、{用(取)水量/X}なる型の原単位が用いられる。Xには、従業員数、工場出荷額、工場敷地面積、資本金等が当てはまるが、用水効率化を問題にする場合には水の生産性(水1トン当りの生産量)の逆数に相当する出荷額原単位が適当である。全国の出荷額原

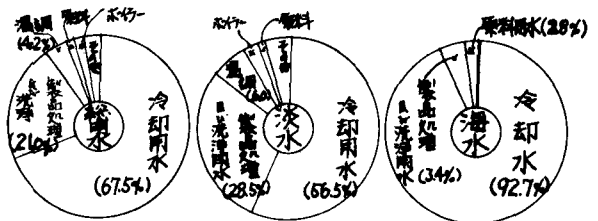


図-2. 全国用途別工業用水使用割合(昭和47年)

単位を各業種別に計算した値を表-1に示す。この表では昭和39~43年の平均値を示し、総用水量原単位が、300^{m³}/t億円以上、150^{m³}/t億円内外、30~40^{m³}/t億円、と明らかに三つに区分されるが、これらをそれぞれ用水型工業、準用水型工業、非用水型工業と業種分類した。総用水量原単位は業種間に非常に差があるが、全淡水量原単位、淡水取水量原単位ではそれほど大きくはない。また、各業種とも年々、原単位は小さくなっている。

B. 回収率、回転率、合理化率

水の効率的使用の指標として原単位の他に、回収率、回転率、合理化率があり、それぞれ、回収率(γ)=回収水/全淡水量、回転率(ρ)=淡水使用量/淡水取水量、合理化率=(回収水+海水)/総用水量、と定義される。これを表-1に示す。

なお、回収率と回転率の間には、 $\rho=1/(1-\gamma)$ の関係がある。

表-1. 全国業種別原単位(^{m³}/t億円)、回収率、合理化率、

	1. 鉄鋼	2. 化学	3. 鉄鋼	4. 石油・石炭	5. 窯業・土石	6. 繊維	7. 食品	8. 非鉄金属	9. 機械	10. その他	11. 用水型	12. 準用水型	合計
総用水量原単位	1037.2	815.2	602.6	432.2	378.7	165.3	135.4	132.3	30.7	35.3	683.0	144.4	258.3
α_i	4.015	3.156	2.333	1.673	1.466	0.640	0.524	0.512	0.119	0.137	-	-	1.0
全淡水量原単位	1033.3	606.8	265.5	110.9	181.8	165.8	109.5	90.5	29.3	34.6	445.6	123.8	179.9
α_i	5.744	3.373	1.476	0.616	1.011	0.922	0.609	0.503	0.163	0.192	-	-	1.0
淡水取水量原単位	773.5	293.1	95.9	57.3	95.9	158.2	96.3	63.8	20.6	28.6	238.6	109.7	109.2
α_i	7.083	2.684	0.878	0.525	0.878	1.449	0.882	0.584	0.189	0.262	-	-	1.0
回収率	25.2	51.7	63.9	48.4	47.2	4.5	12.0	29.4	29.8	17.1	46.5	11.4	39.3
β_i	0.641	1.316	1.626	1.232	1.201	0.115	0.305	0.748	0.758	0.432	-	-	1.0
合理化率	25.4	64.0	84.1	86.8	74.7	4.8	28.9	51.8	53.0	17.1	65.1	24.2	57.7
β_i	0.440	1.109	1.458	1.504	1.295	0.083	0.501	0.898	0.572	0.296	-	-	1.0

4. 構造係数

A. 原単位構造係数

地域間で全工業の原単位を比較する場合、原単位のちがいはその地域独特の要因と業種構成のちがいがおさなっているため、生の数字で比較できない。ここでは、各地域全体の原単位 α を

$$Q = F(l, m) = F(l) \cdot G(m) \quad (1)$$

但し、 $F(l)$; 地域特性によるもの
 $G(m)$; 業種構成のちがいによるもの

と考える。

今、各地域業種原単位を全国の業種原単位と等しいと仮定し、それを α_i^* (i ; 業種)で表わす。そのときある地域の i 業種出荷額を Y_i とすると、 $\sum \alpha_i^* \cdot Y_i$ はその地域の全用水量を表わす。

ここである地域の全体の平均原単位 α^* は次のように表わせる。

$$\alpha^* = \frac{\sum \alpha_i^* \cdot Y_i}{Y} = \sum \alpha_i^* \cdot y_i \quad (2)$$

但し、 $Y = \sum Y_i$, $y_i = Y_i / Y$ (業種構成比)

一方、全国の全工業の平均原単位を α_0^* としその業種構成比を y_i^* とすると、

$$\alpha_0^* = \sum \alpha_i^* \cdot y_i^*, \quad y_i^* = Y_i^* / Y^*$$

となる。

次に、(2)式の両辺を α_0^* で割り、ある地域全体の原単位と全国の原単位の比をとると、

$$\begin{aligned} \alpha_i / \alpha_0^* &= \sum \alpha_i^* \cdot y_i / \alpha_0^* \\ &= \sum (\alpha_i^* / \alpha_0^*) \cdot y_i \\ &= \sum \alpha_i \cdot y_i \quad \alpha_i = \alpha_i^* / \alpha_0^* \\ &= \lambda \end{aligned}$$

この λ を原単位構造係数と呼ぶ。 α_i は全国の業種原単位と地域全体の原単位の比によって決定される値であるが、ここでは昭和39~43年の5年間平均の原単位を採用した。この α_i を表-1に示す。表-1からわかるように総用水量原単位では用水型工業の α_i がきわだって大きい。淡水取水量原単位になると準用水型工業の α_i が大きい値を示している。

原単位構造係数 λ は、 $\lambda = \sum \alpha_i \cdot y_i$ で表わせるように業種構成比 y_i において用水型工業の比率が高くなるほど総用水量原単位構造係数は大きくなる。この方法で求めた原単位構造係数を表-2に示す。

表-2 原単位構造係数(昭和42年)

($\times 10^2$)

	全国	大阪	東京	神奈川	三重	和歌山	兵庫	京都	奈良	滋賀
総用水量	99.21	94.13	72.38	81.73	126.86	176.10	111.19	81.25	58.80	83.60
全淡水	98.41	94.31	76.65	74.03	123.80	122.05	96.64	92.60	69.73	93.99
淡水取水量	98.11	93.65	76.76	68.59	120.09	100.33	87.91	102.93	83.92	102.15

表-2において全国の各原単位構造係数が1.0にならないのは業種構成を全国の昭和39~43年の平均業種構成に等しくしたからである。総用水量原単位構造係数の大きい三重、和歌山は用水型工業の割合が大きく、反対に小さい京都、東京、奈良は用水型工業の割合が小さい。また、原単位構造係数の経年変化をみると減少傾向の府県が多いがこれは用水型工業から非用水型工業への移行を示していると言えよう。

B. 原単位の補正

表-3 修正原単位(昭和42年) m³/t・億円 (生の値)

原単位構造係数(λ)は各地域の業種が全国の各業種の原単位で水使用していると仮定した時、全国の全工業の平均原単位を α_0^* とすると地域全体の原単位 α^* は $\lambda \alpha_0^*$ になるべきである。従って、各地域全体の原単位をその地域の原単位構造係数(λ)で割ると業種構成のちがいによる原単位が補正され、全国と同じ業種構成になおした原単位がでる。この方法を標準業種構成になおした昭和42年の各種修正原単位を表-3に示す。

	全国	大阪	東京	神奈川
総用水量 原単位	245.74 (243.80)	110.44 (103.96)	68.94 (49.90)	231.11 (188.89)
全淡水 原単位	170.51 (167.80)	79.31 (74.82)	59.15 (45.31)	144.68 (107.11)
淡水取水量 原単位	99.38 (97.50)	48.70 (45.61)	42.42 (32.56)	62.20 (42.66)

表-3によると三地域とも原単位は全国値よりかなり小さい。特に東京都の原単位は小さ

く、水源の取得が困難なために効率的な利用が行なわれていることを示しているのであろう。また生の原単位も修正原単位も各地域間の傾向はあまり変化ない。

C. 回収率構造係数と回収率の補正

各業種の回収率と全体の回収率の関係は、淡水使用量を W_i 、回収率を Y_i とすると、全淡水使用量 $W_0 = \sum W_i$ 、全回収水量 $= \sum Y_i \cdot W_i$ となり、全体の回収率 $V = \sum Y_i \cdot W_i / W_0$ となる。ここで原単位の場合と同様に、業種構成比を $W_i = W_i / W_0$ とすると、

$$\begin{aligned} V^* / V_0^* &= \sum Y_i^* \cdot W_i / Y_0^* \\ &= \sum (Y_i^* / Y_0^*) W_i \\ &= \sum \beta_i \cdot W_i \\ &= \mu \end{aligned}$$

$$\beta_i = Y_i^* / Y_0^*$$

ここにおける μ を回収率構造係数と呼ぶ。
 β_i は表-1 に示すとおりである。

回収率構造係数及び合理化率構造係数、さらに修正回収率、修正合理化率を表-4 に示す。

表-4 によると生の回収率、合理化率と修正値とは地域間の傾向に変化はない。

5. 結論と今後の課題

1. 工業用水利用の効率化は最終的には淡水取水量原単位でみるべきであるが回収率、合理化率でもみることが出来る。本研究では全国、東京、大阪、神奈川について調べた。それによると東京、大阪、神奈川の原単位は全国よりは小さく経年変化は除々に小さくなっている。神奈川の回収率、合理化率は他地域よりとりわけ大きい。淡水取水量原単位は他より大きい。これは神奈川は回収率、合理化率は大いけれども淡水取水量原単位を小さくするほど効率的使用をしてはいないことを示す。

2. 地域間比較を行なったが、生の値と修正値で地域的傾向に順位が入れかわるほど変化はなかった。このことは全工業の原単位の相異は、業種構成のちがひによるよりも、取水の容易さなど地域的特殊性によるものが強いと思われる。

3. 工業統計表より資料をとったが、業種分類は中分類しかなく細分類の資料が得られるなら細分類によつて比較・検討を行なうべきであらう。またその時は各種原単位を卸売物価指数で修正するか、製品別に卸売物価指数で修正して用いるべきであらう。

4. (1)式において、FとGの独立・従属が明確でないがこれは今後の問題である。

参考文献

1. 工業統計表
2. 水経済年報(71年版)
3. 大阪府工業用水利用効率化基礎調査書

表-4. 構造係数、修正回収率及び修正合理化率(昭和42年)

	全国	大阪	東京	神奈川
回収率				
構造係数	1.013	1.147	0.869	1.246
修正値	41.4	34.0	32.4	48.3
(生の値)	(41.9)	(39.0)	(28.2)	(60.2)
合理化率				
構造係数	1.011	1.025	0.750	1.124
修正値	57.1	54.7	46.4	68.9
(生の値)	(57.7)	(56.1)	(34.8)	(77.4)