

山梨大学 正会員 平山公明
山梨大学 正会員 今岡正美
山梨大学 正会員 片山けい子

1. はじめに 生活排水ともなう汚濁物の流出負荷量は、普通、流域面積、流域人口、発生原単位、流出率を用いて推定される。しかし、降雨時の流出負荷量の推定には流量がパラメータとして用いられているし、また、自然汚濁負荷に關しても比流量という形で流量がパラメータとしてとりこまれている^{3,4)}。したがって、生活排水ともなう平常時の流出負荷量を支配する要因のひとつに流量を考慮することは、意味があるように思われる。本研究では、流量をパラメータに加えて平常時の流出負荷量を推定することの有効性について検討してみた。

2. 方法 洞沢によれば³⁾、人為的汚濁をほとんど受けていない河川上流でのBODの流出負荷量は、比流量の関数として(1)式であらわされる。

$$L/A = a_1 q + a_2 \quad \text{----- (1)}$$

(1)式を変形すると次式となる。

$$L = a_1 Q + a_2 A \quad \text{----- (2)}$$

(2)式は、自然汚濁負荷量は流量に比例して発生する部分と面積に比例して発生する部分の2つから成り立っていると解釈できる。この考え方に沿うと、流域に汚濁発生源としての人口が存在する場合、(2)式を拡大解釈して流出負荷量を(3)式のようにあらわすのもひとつの方法であろう。

$$L = \alpha Q + \beta A + \gamma P \quad \text{----- (3)}$$

河川での負荷量が(3)式であらわされ係数 α, β, γ の値が推定できれば、原単位や流出率を考慮せずに負荷量が求められる。ここでは、河川で測定された流出負荷量が、

(3)式でどの程度あらわされるかを調べようとした。

解析に用いたデータはこれまでに当研究室で測定したもので、甲府市を流れる荒川とその支流、および、八王子市を流れる浅川の支流から得た59のデータを用いた。これらのデータに共通している点は、公共下水道が整備されていないこと、採水は10月から12月にかけて降雨のない日が数日続いた後でおこなったこと、午前10時から午後4時の間に採水したこと、などである。解析の対象とした河川は、流量が3%以下、流域面積140km²以下、流域人口30000人以下である。そのうち、市街地から離れた人口密度の低い流域(人口密度100人/km²以下)が、全体の約80%を占めている。

これらの河川のデータを用いて(3)式の係数を最小自乗法で算出した。また、比較のために、面積と人口の2つのパラメータを用いた次式

$$L = \beta A + \gamma P \quad \text{----- (4)}$$

による回帰式についても、同様に計算した。

3. 結果および考察 まず、人口、面積、流量の各単独のパラメータと

測定された負荷量との関係を、BODについで、図1, 2, 3に示す。図1にお

りてはバラツキが大きいし、図2, 3においては市街地を流れる河川と人口

密度の低い所を流れる河川とで点がグループに別れる傾向がみられる。したがって、自然的負荷と人為的負荷の両方が存在する場合、単独のパラメータで流出負荷量を推定することは困難であると考えられる。

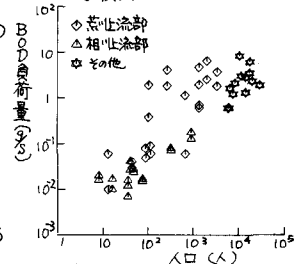


図1. 人口とBOD負荷量の関係

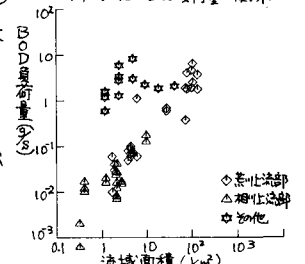


図2. 流域面積とBOD負荷量の関係

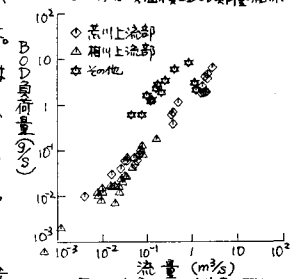


図3. 流量とBOD負荷量の関係

表1. 流量・面積・人口の3変数による負荷量の回帰式と相関係数

項目	回帰式	相関係数
BOD	$L = 2.82 Q - 2.61 \times 10^3 A + 1.29 \times 10^6 P$	0.855
COD	$L = 2.22 Q - 2.29 \times 10^3 A + 1.10 \times 10^6 P$	0.880
浮遊物質	$L = 3.44 Q - 1.46 \times 10^3 A + 6.91 \times 10^5 P$	0.680
沈降物質	$L = 8.29 \times 10^2 Q - 3.31 \times 10^3 A + 2.75 \times 10^5 P$	0.911
塩素イオン	$L = 2.97 Q - 2.08 \times 10^3 A + 3.69 \times 10^5 P$	0.759
アモニウム	$L = 1.03 \times 10^2 Q - 1.57 \times 10^3 A + 2.26 \times 10^5 P$	0.574
少酸素イオン	$L = 1.47 \times 10^2 Q - 2.57 \times 10^3 A + 1.34 \times 10^5 P$	0.816

(各変数の単位: L : g/s, Q : m³/s, A : km², P : 人)

表1に、(3)式による回帰式と、回帰式から求めた負荷量と測定された負荷量の相関係数を示す。回帰式による負荷量と測定された負荷量の関係を、BODと蒸気残留物について、図4, 5に示す。表2に、(4)式による回帰式と相関係数を、図6, 7に、回帰式による負荷量と測定された負荷量の関係を示す。

表1と表2を比較すると、流量をパラメータに加えることによって、アンモニウム性窒素のようにほとんど相関係数が変化しない項目もあるが、BOD, COD, 蒸気残留物についてはかなり相関係数が大きくなっているといえる。図4と図6、図5と図7を比較しても、流量をパラメータに加えることによって、BOD, 蒸気残留物の負荷量はより精度よく推定できるものと考えられる。

表1に示されている式は回帰式なので明確な物理的意味と与えることは適当でないが、(3)式は、流出負荷量は、流量に伴い発生する部分(自然的負荷)、流域面積に伴い発生する部分(自然的負荷)、人口に伴い発生する部分(人為的負荷)の3つから成っていると解釈できる。表1中の β はいずれもマイナスになっている。一般に面積が大きいと発生した負荷を流下の過程で何らかの形で除去する機会は増えると考えられるので、 β がマイナスになるのは、負荷と除去する効果が自然的負荷を発生させる効果よりも大きいためであるとの解釈も成り立つ。

表3には、表1中の α, β, γ の比を $\gamma=1$ として示した。水質項目は相関係数の比較的高い5項目を選んだ。表3

の値は、 1m^3 の流量が人口何人分の負荷に相当するか、又は、 1km^2 の面積が人口何人分の負荷の削減効果をもつかを示すと考えられる。 β と γ の比に注目すると、塩素イオンはBODやCODに比べて面積による削減効果が小さいことを示している。これは、塩素イオンが化学的ないし生物化学的な変化を受けにくい物質であるということと一致する結果である。続いて α と γ の比に注目する。 α が自然的負荷の大きさをあらわす目安であると考え、 α と γ の比が小さい程、人為的影響があらわれやすいことを示唆する。したがって表3は、塩素イオンやリン酸イオンの方がBODやCODよりも人為的影響を反映しやすい指標であることを示唆している。塩素イオンについてこのことは桜井によって示されているし、リン酸イオンが人為的影響を反映しやすいことは十分考えられる。

4. まとめ 河川での負荷量と(3)式であらわすと、いくつかの項目については、相関性が高くなることがわかった。また、(3)式であらわされる回帰式は、負荷量流出現象として本来備えているべき性質のいくつかと持っていることが指摘できた。なお、アンモニウム性窒素のように相関がよくならない項目もあること、本研究で用いたデータは範囲が限られていることと考慮し、今後は、(3)式の係数と流域特性との関連性とを中心に、係数の決定方法、(3)式を用いることの可否、も含めて、検討したいと考えている。

謝辞 採水・分析に協力してくれた当研究室の卒論生の方々に感謝します。

記号 L: 汚濁負荷量(g/s), A: 流域面積(km^2), Q: 流量(m^3/s), P: 人口(人), q : 比流量(m^3/s), $q_1, q_2, \alpha, \beta, \gamma$: 係数ただし、それぞれの変数は $[a_1] = \text{g}/\text{m}^3$, $[a_2] = \text{g}/\text{m}^2\text{s}$, $[\alpha] = \text{g}/\text{m}^3$, $[\beta] = \text{g}/\text{m}^2\text{s}$, $[\gamma] = \text{g}/\text{s}$

文献 1) 海老瀬一他; 用水と廃水, Vol. 21, No. 12, 1979 2) 海老瀬一他; 衛生工学研究論文集, Vol. 20, 1984 3) 河沢勇; 用水と廃水, Vol. 15, No. 11, 1973 4) 和田彦彦; 用水と廃水, Vol. 20, No. 4, 1978 5) 桜井雄雄; 下水道協会誌, Vol. 10, No. 110, 1973

表2. 面積, 人口の2変数による回帰式と相関係数

項目	回 帰 式	相 関 係 数
BOD	$L = 2.65 \times 10^4 A + 1.61 \times 10^4 P$	0.706
COD	$L = 1.85 \times 10^4 A + 1.35 \times 10^4 P$	0.717
汚濁物質	$L = 4.95 \times 10^4 A + 1.09 \times 10^4 P$	0.581
蒸気残留物	$L = 1.21 A + 3.70 \times 10^3 P$	0.794
塩素イオン	$L = 3.48 \times 10^3 A + 4.04 \times 10^3 P$	0.713
アンモニウム性窒素	$L = 3.21 \times 10^4 A + 2.38 \times 10^3 P$	0.560
リン酸イオン	$L = 1.61 \times 10^4 A + 1.51 \times 10^3 P$	0.742

(係数の単位 L: g/s, A: km^2 ; P: 人)

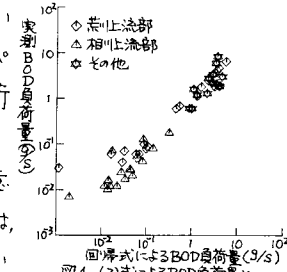


図4. (3)式によるBOD負荷量と実測BOD負荷量の比較

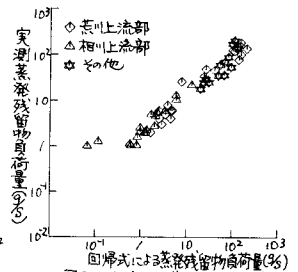


図5. (3)式による蒸気残留物負荷量と実測蒸気残留物負荷量の比較

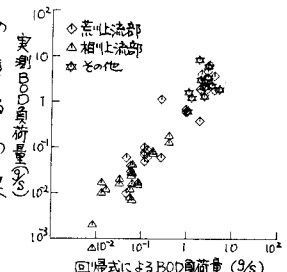


図6. (4)式によるBOD負荷量と実測BOD負荷量の比較

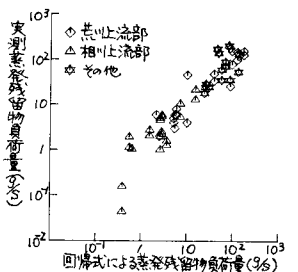


図7. (4)式による蒸気残留物負荷量と実測蒸気残留物負荷量の比較

表3. 表1中のQの係数とAの係数とPの係数の比

項目	Qの係数(a)	Aの係数(b)	Pの係数(c)
BOD	22000	200	1
COD	20000	210	1
蒸気残留物	30000	120	1
塩素イオン	8100	56	1
リン酸イオン	11000	190	1