

県内河川の比流量と BOD 負荷量について

高橋 照美 清水 源治 堤 充 紀

前報¹⁾で筆者らは公共用水域水質測定結果を用いて、山梨県内の河川の流量 X とSS負荷量 Y との関係を $Y=bX^A$ で近似した。その結果富士川上流では A 値が大きく、わずかな流量の増加でSS負荷量が急増することがわかった。本報ではひき続いてBOD負荷量と流量および比流量との関係を考察した。

調査方法

昭和54年4月から59年3月まで5年間の公共用水域水質測定結果²⁾を用い、調査地点として流量測定を行っている16河川29地点を選んで、流量測定時のBOD濃度から測定時毎に負荷量を求めた。また山梨地域主要水系調査書³⁾から流域面積を求め、比流量と単位面積あたりの負荷量(以下比負荷量と呼ぶ)を求めた。なお0.5 mg/l以下の測定値には、0.25 mg/lの値を用いた。平均値には幾何平均値を用いた。

結果と考察

1. BOD濃度と負荷量

各調査地点のBOD濃度と負荷量の平均値を表1に示した。濃度(mg/l)は住宅密集地域を流れる濁川、宮川、

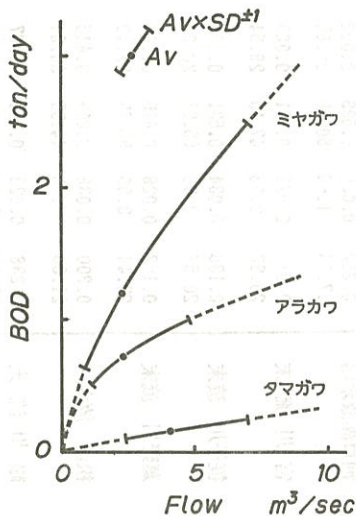


図1 宮川、荒川(二川橋)、多摩川における流量とBOD負荷量との関係

黒沢川で高く4.30~11.6であった。また笛吹川では下流で濃度が高くなり桃林橋で最も高い2.15となった。富士川では富士橋で1.89となったが他の地点では0.65~0.83と低い値であった。なお清流河川ベスト10の上位を占める県東部の4河川(道志川, 秋山川, 多摩川, 小菅川)の濃度は0.44~0.69であった。

BOD負荷量(ton/日)は流量の多い笛吹川(三郡東橋, 桃林橋), 富士川(富士橋), 相模川(桂川橋)で3.31~6.90と大きな値となった。また濃度の低い県東部の4河川や流量の少ない濁川(砂田橋)では0.05~0.16と小さかった。負荷量の変動は流量変動の大きい富士川下流(万栄橋, 身延橋)や相模川(大月橋)などで大きかった。負荷量は各河川とも流量の増加にともなって大きくなった。そこで流量 X (m³/秒)に対して負荷量 Y (ton/日)を次式で近似した¹⁰⁾。

$$Y = bX^A \quad (A, b \text{ : 定数}) \dots \dots \dots (1)$$

A, b は笛吹川(桃林橋, 三郡東橋), 黒沢川流末を除く

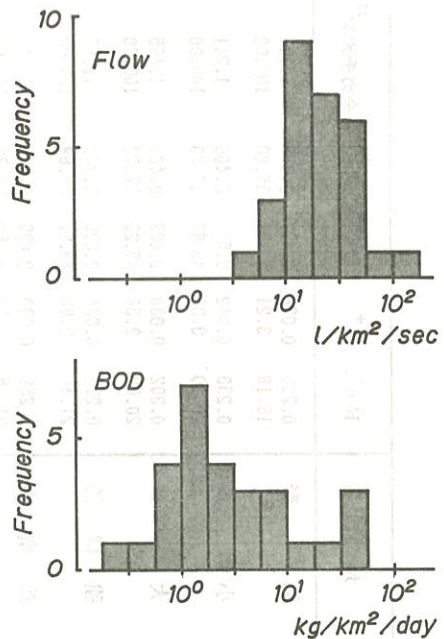


図2 各調査地点の幾何平均値(比流量, BOD比負荷量)の分布

全地点で有意であった(危険率0.01~0.1)。ここでAは流量の増加による負荷量の増分を決める定数であり、Aの値は0.44~1.08の間に分布した(表1)。この値は前報のSS負荷量の場合の1.01~2.41より小さく、流量の増加に対してBODはSSほど急激には増加しないことがわかった。

図1に宮川、荒川(二川橋)、多摩川の流量とBOD負荷量との関係を示したが、宮川、多摩川ではAの値が1に近く、流量と負荷量とがほぼ一次関係にあった。これら2地点では流量が増加しても濃度はほとんど減少せず、底質を含む流域内からのBOD供給容量が大きいことを示している。他方荒川(二川橋)ではAの値が小さく流量の増加にともなって負荷量は頭打ちになる傾向がみられた。この地点では流量の増加にともなって濃度は減少するが、これはBODの供給容量に限りがあるため濃度を一定に保つことができないと考えられた。

2. 比流量

河川の流量はその流域面積に左右される。そこで流域面積の異なる河川の流量を相互に比較するために比流量($l/km^2/秒$)を算出した。比流量は全国の河川では41前後⁴⁾とされているが、県内河川では年降水量1,200~1,800mm、蒸発散分を320mm⁴⁾として算出した値は28~47となる。

各地点の比流量の平均値を表1に、その分布を図2に示した。全地点の平均値20は降水量から求めた値より小さかった。これは流量測定が非降水時に行われており、降水時流出による増分が把握されていないためと考えられる。また富士川下流や相模川(大月橋)では発電用に大量に取水されるため比流量は特に小さかった。また鎌田川、黒沢川などでは他河川から取水されるため比流量は大きくなっていった。



図3 BOD濃度の幾何平均値が0.9mg/l未満の調査地点

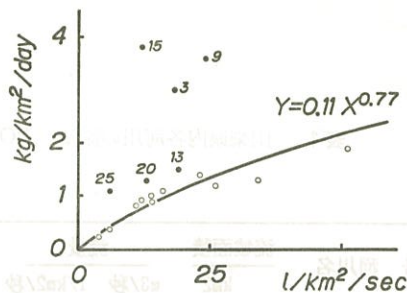


図4 各調査地点のBOD比負荷量と自然汚濁によるBOD比負荷量の回帰曲線
(○0.9mg/l未満の地点, ●その他の地点)

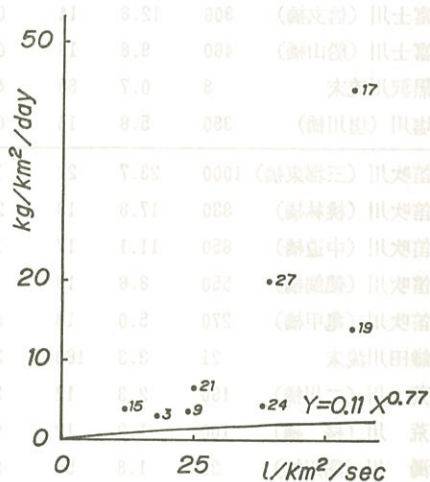


図5 各調査地点のBOD比負荷量と自然汚濁によるBOD比負荷量の回帰曲線

3. BODの比負荷量

BODの流出量を比較するために各地点の比負荷量を算出し、その平均値を表1に示した。またその分布を図2に示したが、分布の範囲は比流量より大きかった。比負荷量($kg/km^2/日$)は鎌田川、濁川(濁川橋)、黒沢川、宮川、平等川で14~47と県東部4河川の1.2~1.9より1桁大きい値となった。また比流量の少ない富士川下流では0.24~0.37と小さかった。

なお、比流量 $X(l/km^2/秒)$ に対して比負荷量 $Y(kg/km^2/日)$ を次式で近似したが、A、 b' は笛吹川(桃林橋、三郡東橋)、黒沢川を除く全地点で有意であった(危険率0.01~0.1)。A、 b' の値を表1に示した。なおA値は(1)式に一致した。

$$Y=b'X^A \quad (A, b': \text{定数}) \dots \dots \dots (2)$$

表1 山梨県内各河川の流量、BOD濃度とその負荷量の各幾何平均値、およびA、b値

(S54 - 58)

地点番号	河川名	流域面積 km ²	流量		BOD					ΔY kg/km ² /日	R	
			m ³ /秒	l/km ² /秒	mg/l	t/日 (SD)	kg/km ² /日	b	b'			A
1	富士川 (万栄橋)	3200	13.7	4	0.85	0.76 (5.3)	0.24	0.05	0.06	1.01	-	-
2	富士川 (身延橋)	3000	17.3	6	0.82	1.11 (3.8)	0.37	0.10	0.08	0.88	-	-
3	富士川 (富士橋)	2300	42.1	18	1.89	6.90 (1.5)	3.0	1.33	0.84	0.44	2.0	2.9
4	富士川 (三郡西橋)	1100	12.4	11	0.83	0.89 (2.7)	0.81	0.10	0.10	0.87	-	-
5	富士川 (信玄橋)	900	12.8	14	0.82	0.90 (2.6)	1.0	0.07	0.07	1.01	-	-
6	富士川 (船山橋)	460	9.8	16	0.78	0.67 (2.7)	1.1	0.06	0.06	1.05	-	-
7	黒沢川流末	8	0.7	88	4.30	0.26 (1.5)	33	-	-	-	-	-
8	塩川 (塩川橋)	390	5.6	14	0.71	0.34 (2.1)	0.87	0.12	0.16	0.64	-	-
9	笛吹川 (三郡東橋)	1000	23.7	24	1.78	3.65 (1.5)	3.6	-	-	-	-	-
10	笛吹川 (桃林橋)	930	17.8	19	2.15	3.31 (1.5)	3.6	-	-	-	-	-
11	笛吹川 (中道橋)	650	11.1	17	1.32	1.27 (1.8)	1.9	0.25	0.28	0.67	0.9	1.9
12	笛吹川 (瀬飼橋)	550	8.6	16	1.54	1.14 (1.8)	2.1	0.44	0.62	0.44	1.2	2.3
13	笛吹川 (亀甲橋)	270	5.0	19	0.92	0.40 (2.0)	1.5	0.13	0.19	0.71	0.5	1.4
14	鎌田川流末	21	3.3	160	3.44	0.99 (1.6)	47	0.41	1.10	0.74	(42)	(8.6)
15	荒川 (二川橋)	190	2.3	12	3.68	0.73 (1.9)	3.8	0.50	1.21	0.46	3.1	5.1
16	荒川 (桜橋)	100	1.2	12	0.89	0.08 (2.6)	0.92	0.08	0.13	0.79	-	-
17	濁川 (濁川橋)	33	1.8	55	9.43	1.51 (1.8)	44	0.92	1.79	0.81	44	19
18	濁川 (砂田橋)	12	0.1	8	11.6	0.14 (2.0)	8.4	0.47	2.31	0.62	7.8	15
19	平等川流末	31	1.7	55	2.85	0.42 (1.7)	14	0.26	0.38	0.90	12	5.8
20	日川 (日川橋)	110	1.4	13	1.19	0.14 (2.4)	1.3	0.11	0.24	0.66	0.5	1.6
21	重川 (重川橋)	110	2.7	25	3.10	0.72 (1.7)	6.6	0.30	0.90	0.62	5.3	5.0
22	多摩川 (下保之瀬橋)	120	4.1	34	0.45	0.16 (2.0)	1.3	0.05	0.08	0.80	-	-
23	小菅川流末	48	1.1	23	0.69	0.07 (2.5)	1.4	0.06	0.15	0.72	-	-
24	相模川 (桂川橋)	1000	38.3	38	1.39	4.63 (1.7)	4.6	0.16	0.16	0.92	2.7	2.5
25	相模川 (大月橋)	510	3.2	6	2.01	0.52 (2.9)	1.1	0.20	0.24	0.85	0.7	2.5
26	相模川 (富士見橋)	-	3.5	-	1.27	0.39 (2.4)	-	0.10	-	1.08	-	-
27	宮川 (昭和橋)	59	2.3	39	6.06	1.18 (2.2)	20	0.68	1.72	0.67	18	11
28	秋山川流末	43	1.1	26	0.53	0.05 (2.0)	1.2	0.05	0.10	0.75	-	-
29	道志川流末	80	4.1	51	0.44	0.16 (1.8)	1.9	0.06	0.15	0.64	-	-

S.D: 対数のS.Dを真数に直した値

$$A, b : Y = bX^A \quad (X : \text{m}^3/\text{秒} \quad Y : \text{t}/\text{日})$$

$$A, b' : Y = b'X^A \quad (X : \text{l}/\text{km}^2/\text{秒} \quad Y : \text{kg}/\text{km}^2/\text{日})$$

4. 自然汚濁量と人為汚濁量

BOD の自然汚濁量を把握する目的で、河川上流域の負荷量調査が各地で行われている⁵⁻⁹⁾。これまでの調査から自然汚濁による BOD は 0.7 mg/l 前後であること⁹⁾、地域的にはさほど大きな変化はなくその負荷量は比流量の関数として表わし得ること⁶⁾などが明らかにされている。

そこで表 1 の調査地点の中から濃度が 0.8 mg/l 未満の 6 河川 7 地点を選び比流量 X と比負荷量 Y の各平均値から回帰式を求め (3) 式とした。また地域的な偏りをなくするために 0.9 mg/l 未満まで地点を増やして (4) 式としたが、両式に大きな差はなかった。そこで県内における自然汚濁負荷量を表わす式として地点数の多い (4) 式を用いることとした。

0.9 mg/l 未満の 7 河川 11 地点の位置を図 3 に示した。また図 4 にこれらの比流量と比負荷量を白ヌキの点で、回帰曲線を実線で示した。

$$Y=0.10X^{0.79} \quad (n=7, r=0.96) \dots\dots (3)$$

$$Y=0.11X^{0.77} \quad (n=11, r=0.95) \dots\dots (4)$$

なお他県の調査⁵⁻⁹⁾では比流量と比負荷量を一次式に回帰させているが、それらの回帰式から求めた自然汚濁量は比流量 20~40 の時、山形 1.3~2.9、兵庫 1.1~2.4、熊本 1.1~2.2、0.8~1.2、秋田 0.7~1.6、千葉 0.9~1.7 となり、本調査の 1.1~1.8 はこれらの値によく一致していた。

自然汚濁量の把握は人為汚濁量の大きさを推定することが目的である場合が多い。そこで人為汚濁量を本来自然汚濁量だけであった地域が田畑や都市などに変遷したために増加した汚濁量と考え、その増分 ΔY を (2)(4) 式をあわせて次式から算出した。

$$\Delta Y = b'X^A - 0.11X^{0.77} \dots\dots (5)$$

また現在の負荷量と自然汚濁負荷量の比 R を次式から求めた。

$$R = b'X^A / 0.11X^{0.77} \dots\dots (6)$$

(5) 式から荒川(二川橋)では比流量 12 (平均流量) の時

$$\Delta Y = 1.21 \times 12^{0.46} - 0.11 \times 12^{0.77}$$

$$= 3.8 - 0.7$$

となり、人為汚濁による比負荷量の増分は 3.1 となる。

また R は

$$R = 3.8 / 0.7$$

となり、自然汚濁だけで説明できる量の 5.4 倍の負荷量になっていることが推測できた。

表 1 に各地点の平均流量時の ΔY と R の値を示した。

また図 4、5 に平均流量時の比負荷量を示したが、濁川

(濁川橋)、宮川、平等川では ΔY 、R とともに大きな値であった。

ま と め

昭和 54~58 年度の公共用水域測定結果を用いて流量と BOD 負荷量との関係について考察した。その結果次の点が明らかになった。

(1) 調査した 16 河川 29 地点のうち笛吹川 (桃林橋、三郡東橋)、黒沢川流末を除く全地点で流量 X (m³/秒) に対し負荷量 Y (ton/日) が

$$Y = bX^A \quad (A, b: \text{定数})$$

で近似できた。A の値は 0.44~1.08 の間に分布した。

(2) 各地点ごとに比負荷量を求めたが、その平均値は鎌田川、濁川、黒沢川、平等川で大きかった。

(3) 人為汚濁が比較的少ないと考えられる 7 河川 11 地点の比流量、比負荷量の平均値をもとにすると、県内における自然負荷量 Y (kg/km²/日) は比流量 X (l/km²/秒) に対して

$$Y = 0.11X^{0.77}$$

で表わすことができた。

(4) 人為汚濁による負荷量の増分 ΔY と現在の負荷量と自然負荷量の比 R を

$$\Delta Y = b'X^A - 0.11X^{0.77} \quad (A, b': \text{定数})$$

$$R = b'X^A / 0.11X^{0.77} \quad (A, b': \text{定数})$$

で推定した。

文 献

- 1) 高橋照美, 清水源治: 山梨衛公研年報 28, 33~36 (1984)
- 2) 山梨県: 公共用水域測定結果 (各年度)
- 3) 国土庁土地局: 山梨地域主要水系調査書 (昭和 58 年) 国土庁土地局: 静岡県東部, 山梨県東部地域主要水系調査書 (昭和 57 年)
- 4) 合田 健: 水環境指標, 思考社 (1979)
- 5) 洞沢 勇: 用水と廃水 15 (11), 43~47 (1973)
- 6) 和田安彦: 用水と廃水 20 (4), 50~60 (1978)
- 7) 永山賛平ら: 熊本衛公研年報 9, 28~29 (1979)
- 8) 小林 裕ら: 秋田公技センター年報 (昭和 56 年度) 136~146
- 9) 藤村葉子: 千葉県水保研年報 (昭和 58 年度) 101~111
- 10) 柏原正純, 米田幸次: 公害と対策 16, 778~784 (1980)