

官崎大学工学部 正会員 石黒政儀
 官崎大学工学部 学生員 上野俊夫
 官崎大学工学部 学生員 ○ 泥谷知憲
 官崎大学工学部 学生員 山下順市

1. はしがき 近年各種の産業廃液や都市汚水によって河川水質の汚濁が全国的に甚だしくなり、各地でトラブルを起している^(1,2)。これをなくするには汚濁源である汚水を河川に放流しないが、または処理を行なって放流すればよいが、 BOD_5 をゼロにまで処理することは各種の理由で不経済である。問題は放流先の水量と水質によって異なり、河川自体にも自浄作用があるが、その能力を知っておくことは非常に有意義となる^(3,4)。本文では大淀川における過去数年間の季節的、年次的水質の変動を調査し、その傾向を知り、さらに下流部での自浄作用を明らかにし、官崎市上水道取水口で所定の BOD_5 を保持するに必要な上流での BOD_5 をも推定せんとするものである。

2. 水質変動 大淀川の水質汚濁の原因はでん粉廃液のみに限られ、他の工業废水は全

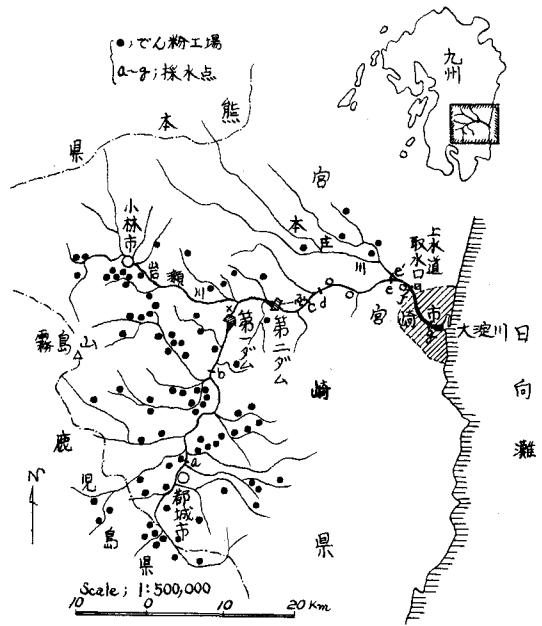


図-1 大淀川水系でん粉工場所在点と採水点

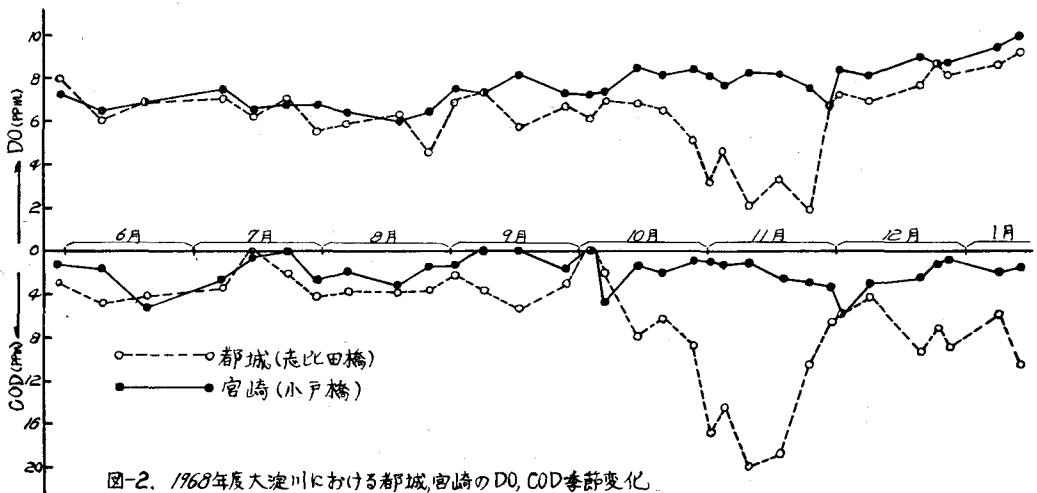


図-2. 1968年度大淀川における都城、官崎のDO, COD季節変化

くないのが特長である。図-1に大淀川水系のでん粉工場所在点と水質調査採水点を示す。本工業の特色によりでん粉廃液は9月下旬から11月下旬までに集中する。全工場数90,1日に放出される総廃液量は、平均 $BOD_5 6000 \text{ ppm}$ のセパレート廃液が 30000 m^3 , 平均 $BOD_5 300 \text{ ppm}$ のフリュウム廃液が同じく 30000 m^3 である。したがって1年を通じて大淀川の水質が大きく悪化するのもこの期間であることが、図-2からもわかる。特に上流部の志比田橋(図-1, ①点)においては $DO 2 \text{ ppm}$ 以下, $COD 20 \text{ ppm}$ 以上と極端に悪化する。またこの期間は渇水期にあるため宮崎では流量 $40 \sim 50 \%$ であり、これが水質汚濁の度合をさらに大きくしている。^{2), 3)}

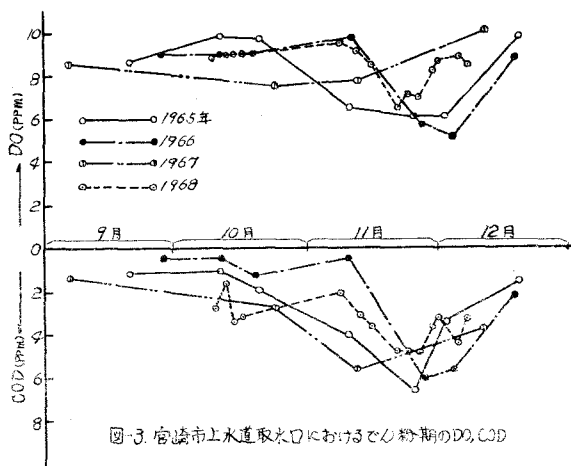


図-3 宮崎市上水道取水口におけるでん粉期の DO, COD

大淀川下流部にある宮崎市上水道取水口(図-1, ④点)における近年の水質変化を検討するため、実測 DO, COD を図-3に示す。1963年以前の各工場廃液は無処理のまま放流されていた。ところが1963年秋でん粉廃液による公害が激化してから県当局も除去施設の必要性を認め、廃液30%除去を目標とした素掘り池でん池方式と定め、各工場に対して行政指導を行ってきた。しかしこの指導も1964年は徹底せず、この年大淀川において上中流部の魚類の死滅、河川悪臭、宮崎市上水道の断水といった未曾有の被害をもたらし、④点で最も激しかった11月30日は全川にわたって $DO 3 \text{ ppm}$ 以下, $COD 10 \text{ ppm}$ 以上を示した。これに対し県当局が積極的に指導を行なった結果、図-3に見られるように1965年以降水質はかなり好転している。特に上水道に最も影響を及ぼす下流の三工場(図-1, ①②③点)に対し、廃液をシーズン中全く放流させない、大容量の貯留池を作らせたことは注目すべきことである。²⁾

3. 下流部の自浄作用 でん粉廃液によるこのような水質汚濁の防止対策として、でん粉廃液処理の研究は最も重要であるが、その施設としては高価な高級処理法でなく、できる限り安価な方法が望ましい。ゆえにある程度の浄化施設で満足して河川に放流し、河川の自浄作用に期待することが考えられる。特に問題の多い宮崎市上水道水源に影響を及ぼす汚染物質を上流で規制する目的から、本川の自浄作用能力を解明しておくことも重要である。ここでは図-1のC点(柚木崎)から④点(宮崎市上水道取水口)まで18km区間の自浄作用を究明する。この区間は上流のでん粉工場全廃液が第二ダム(貯水能力450万 m^3)に流入し、そこで均一化された汚濁水が発電所から放流され、④点までは工場からの廃液流入がない。C点をこの区間の上流点とし、この点から7km下流のd点(高岡), 15km下流のe点(有田), および18km下流の④点において、でん粉すり込み期の9月中旬より12月中旬まで定期的に採水し、下水試験法に基づいて水質試験を行なった。⁶⁾ 1965年から1967年のでん粉すり込み期における大淀川水質試験結果($COD=0.1 \sim 100 \text{ ppm}$)から BOD_5 と COD との関係は図-4のようになり、次式を得た。

$$COD = (BOD_5)^{0.95} \text{-----①}$$

この式はすでに報告した $COD=500 \sim 10000 \text{ ppm}$ の高 BOD に対して求めた式と同値であり⁷⁾、でん粉廃液

が希釈された低 BOD の河川水においても適用できる事実が判明した。ゆえに式①を用いて BOD₅ は COD から容易に換算できる。自浄作用の解析には 1968 年の定期的水質試験結果に 1965 年から 1967 年のものも付加して用いた。〔奥へノ奥での支川の流入は本河川の針であるが、この川の水質はほぼ奥の水質に近い値を示しており、本川の水質にあまり影響は及ばない。

BOD 除去速度恒数 k_r (1/day) は一般に次式で表わされる。^(34), 9)

$$\left. \begin{aligned} L_b &= L_a \cdot 10^{-k_r t} \\ k_r &= \frac{1}{t} \log \frac{L_a}{L_b} \end{aligned} \right\} \text{--- ②}$$

ここに、 L_a : 上流奥

の BOD₅, L_b : 下流奥の BOD₅, t : 流下時間 (day),

この区間の水質試験値と流下時間 t (流量 30% ~ 120% の実測値より求めた図-5 の V から計算) を用いて、 $k_r = 0.50 \sim 1.78$ 1/day の値が得られ、この値と流水時の水深との関係は、一定の水温に対して多少変動するが図-6 のようになる。BOD 除去を酸化だけにと限定して、この値 (k_r) を脱酸素恒数 (k_d) に等しいとする。⁽⁸⁾ 以後 k_d の記号を用いる。

再曝気係数 k_2 (1/day) は O'Conner-Dobbins 公式 (平均水深 $H < 15$ m であるので非等方性乱流の場合の式)⁽⁶⁾。

$$k_2 = \frac{10.48 D^{\frac{1}{2}} I^{\frac{1}{4}} \cdot 10^4}{H^{\frac{1}{2}}} \text{--- ③}$$

ここに、 D : 酸素の水中への分子拡散係数 (%), I : 河床

こう配 ($= \frac{1}{1000}$), H : 平均水深 (m),

を用い、 $Q = 40$ % のとき $k_2 = 2.0$ 1/day, $Q = 50$ % のとき $k_2 = 1.7$ 1/day, $Q = 60$ % のとき $k_2 = 1.5$ 1/day となる。なお H は図-5 の V と河幅 $B = 130$ m (実測から $Q = 30$ % ~ 120 % でほぼ一定) を用いて、 $Q = BHV$ から求まる。

このようにして求まった k_1 , k_2 の値を用いて溶存酸素不足量 D (ppm) を次式⁽²⁾

$$D = \frac{k_1 L_a}{k_2 - k_1} (10^{-k_1 t} - 10^{-k_2 t}) + D_a 10^{-k_2 t} \text{--- ④}$$

図-4. BOD₅ と COD との関係

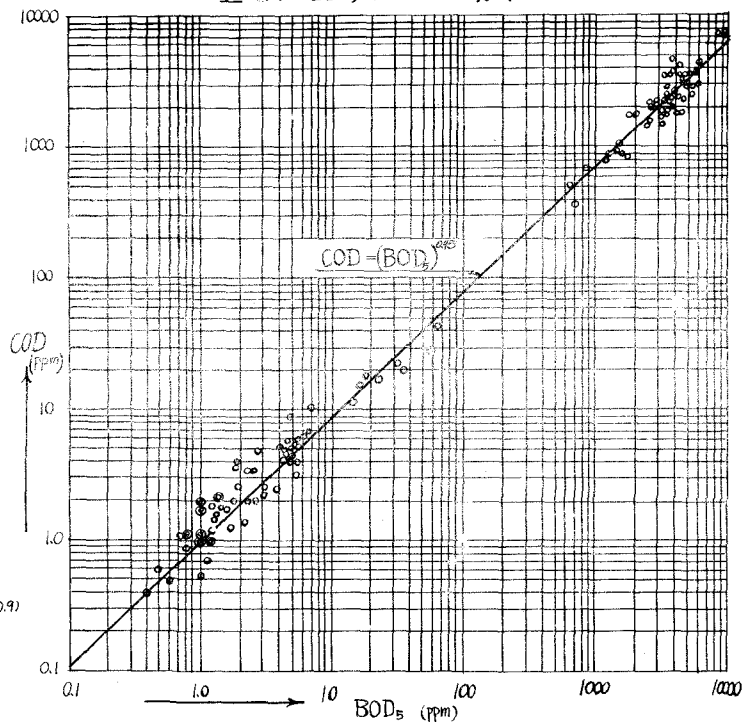
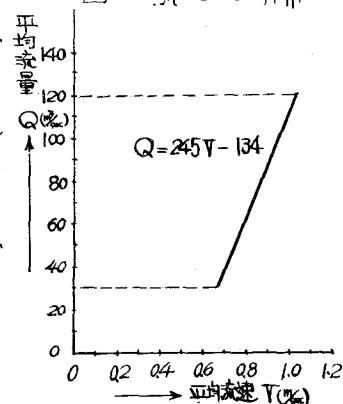


図-5. 流量と流速との関係



ここに、 L_a : 上流臭の BOD, D_s : 上流臭の溶存酸素不足量、

図-6 R_r と水温との関係

によって求めると、実測値による溶存酸素不足量に近似しており、 R_r 、 R_s はこの区間の代表値と認められる。この関係の一部を図-7 に示す。なお前述のように大淀川水系上流部からのでん粉工場廃液は第一ダム、第二ダムに貯えられるので、ダムから下流の臭ではすでに臨界臭を過ぎて、酸素回復期にあることが図-7 から判明する。

上水道取水口地臭の BOD_5 を一定に促すための上流臭 C の BOD_5 許容値推定 (水温 15°C とする)

i). 上流臭の許容 $BOD_5 = 3 \text{ ppm}$ の場合

平均流量 $40 \text{ } \%$ とすると、図-5 より $V = 0.7 \text{ } \%$, (臭至上流の流下距離 $L = 18 \text{ km}$ であり、流下時間 $t = 0.294 \text{ day}$ 、水温 15°C のときの R_r は図-6 より $0.8 \text{ } \%$, 式②に $L_0 = 3 \text{ ppm}$, $t = 0.294 \text{ day}$, $R_r = 0.8 \text{ } \%$ を代入し、上流臭 C における許容 BOD_5 は $L_0 = 5.2 \text{ ppm}$ となる。

どうように平均流量 $50 \text{ } \%$, $60 \text{ } \%$ に対してはそれぞれ $L_0 = 5.0 \text{ ppm}$, 4.9 ppm となる。

ii). 上流臭の許容 $BOD_5 = 5 \text{ ppm}$ の場合

i) の場合とどうように、平均流量 $40 \text{ } \%$, $50 \text{ } \%$, $60 \text{ } \%$ に対してそれぞれ $L_0 = 8.6 \text{ ppm}$, 8.3 ppm , 8.2 ppm となる。

i), ii) より上水道取水口地臭の $BOD_5 \leq 3 \text{ ppm}$ 、

5 ppm に保つためには平均流量 $40 \text{ } \%$ ~ $60 \text{ } \%$ に対して上流臭 C の BOD_5 もそれぞれ 5 ppm , 8 ppm 以下に規制しなければならない。

4. まとめ 大淀川の水質変動は、でん粉廃液の量と質によって左右され、処理施設の有無にかかっており、その努力によって好転傾向にある。自浄作用については下流部のみの成果しり本文では報告しなかったが、全川については別の機会にゆずる。特に中流部にある発電用貯水池の浄化能力は極めて大きく、その実態調査と浄化機構の解明は今後の河川水質管理上からも興味あるテーマである。

参考文献

- 小林幸治, 石黒政儀; 甘藷でん粉廃液による大淀川の水質汚濁について, 土木学会第3回衛生工学討論会論文集 (1965.11)
- 石黒政儀; 甘藷でん粉廃液による水質汚濁とその対策, 産業公害, Vol. 4, No. 2 (1968. 2)
- 岩井重久; 河川水中の溶存酸素平衡について, 用水と廃水, Vol. 2, No. 1 (1960)
- 洞沢勇; 日本における河川の自然浄化作用の特性について, 水道協会雑誌, 第297号
- 福田博業; でん粉廃液による宮崎市上水道水源への影響, 用水と廃水, Vol. 7, No. 3 (1965. 5)
- 下水道協会; 下水試験法 (1967)
- 石黒政儀, 高畑重三郎, 中村静夫; 回轉円板曝気槽による甘藷でん粉廃液処理について, 土木学会第21回年度学術講演会要集 (1966. 5)
- 土木学会; 水理公式集 91 岸松高久; 水質調査法, 丸善
- 岩井重久; 淀川水系の水質保全について, 土木学会誌, Vol. 90, No. 11 (1963)

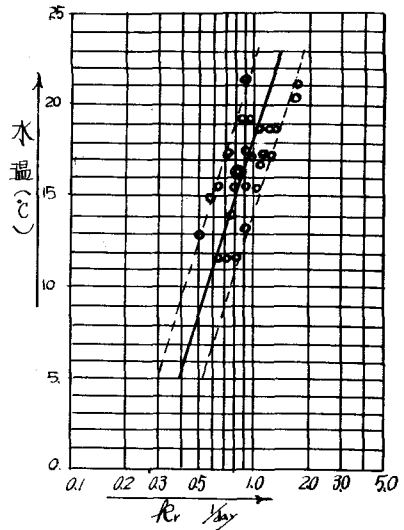


図-7 溶存酸素垂下曲線

