

神戸大学 工学部 正員 工博 田中 茂
 " " 正員 清水 進

1. 緒言

河川汚濁の問題は、従来から Streeter-Phelps の溶存酸素平衡理論により考察されてきたが、下流部における水資源の立場からみれば、各種の水質項目も汚濁因子として重要である。そこで、著者は、神戸市の鳥原川を昭和40年5月より昭和41年2月まで調査して、有機性汚濁に対する河川の天然の自浄作用能力に関する若干の資料をえた。水質項目は、BOD、COD、ABS、一般細菌、大腸菌群、アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素など有機性汚濁物質を分析し、これらの反応速度と水温との関係、窒素類の酸化などについて考察した。

2. 調査

鳥原川の汚濁は、神戸市鈴蘭台地区の家庭下水が未処理のまま放流されるのが、主たる汚染源である。その汚染後は、全く汚水の流入はなく、山間部を約 2.7 Km 流下し、再び、僅かの家庭下水の流入を受けた後、鳥原川貯水池に流入する。調査区域は、下水の流入がない約 2.7 Km の区間で、自浄作用の解析を容易にするために、水理学的流れと下水の流入は、ともに定常的であると仮定した。

調査区域は、上述のように山間部の渓流で、流路の平均こう配は $1/20$ である。流量は $30 \sim 100 \text{ l/sec}$ で、最上流より最下流までの区間の流量増加は約 5% であった。以上のように、河川全体の流れは、水理学的には非常に複雑であるが、平均流速と縦方向拡散係数を求めるための NaCl のトレーサー実験の結果、等流と仮定した。トレーサー実験により、平均流速 $u = 0.23 \text{ m/sec}$ 、縦方向拡散係数 $D = 0.67 \text{ m}^2/\text{sec}$ をえた。測定点の始点よりの各点までの距離と流下時間を表-1 に示す。

測定点	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
距離(m)	0	450	1,059	1,965	2,658
流下時間(day)	0	0.025	0.053	0.099	0.134

表-1 各測定点の始点よりの距離と流下時間

3. 結果

図-1 は COD の流下時間に対する濃度変化を示すが、1次反応によって減少することがわかる。その他の分析項目の中で、BOD、ABS、一般細菌は同じような分解過程を示した。

河川の流れを等流と仮定し、放流される汚濁物質の濃度を一定とし、汚濁物質の分解を1次反応、河床よりの汚濁物質の放出はないものとする、汚濁物質の濃度変化を表す1次元の基礎方程式は

$$D \frac{d^2 C}{dx^2} - u \frac{dC}{dx} - kC = 0 \quad (1)$$

と表わされる。ここで、 D = 縦方向拡散係数、 C = 汚濁物質濃度、 u = 平均流速、 x = 流下距離(ut)、 k = 反応定数である。境界条件を、 $x = 0$; $C = C_0$ 、 $x = \infty$; $C = 0$ として解くと、

$$C = C_0 e^{mx}, \quad m = \frac{u - \sqrt{u^2 + 4kD}}{2D} \quad (2)$$

となる。以上で、 u 、 D 、 k を求めれば、濃度変化が明らかになるが、 D が省略できるかどうかを検討するために、(1)式を $D = 0$ として解くと

$$C = C_0 e^{-\frac{k}{u}x} \quad (3)$$

となる。(2)式と(3)式の指数部分の比を計算すると、つぎのようになる。

$$R = mx / -\frac{k}{u}x = \sqrt{\left(\frac{u^2}{2kD}\right)^2 + 2\left(\frac{u^2}{2kD}\right)} - \frac{u^2}{2kD} \quad (4)$$

$u^2/2kD > 100$ のとき、 $R > 0.995$ となり、 D は省略できる。この調査のとき、 $k = 34.1 (\text{1/day})$ で、 $R = 0.995$ となる。1次反応によって分解する汚濁物質の濃度変化を、 $C = C_0 \cdot 10^{-kt}$ として、反応定数 K と温度との関係の2つの例を示すと、図-2、3になる。 K の最大値は、一般細菌の約 $25 (\text{1/day})$ である。(2)式より k を求めると、 $k = 11.1 (\text{1/day})$ となり、鳥原川の BOD 、 COD 、

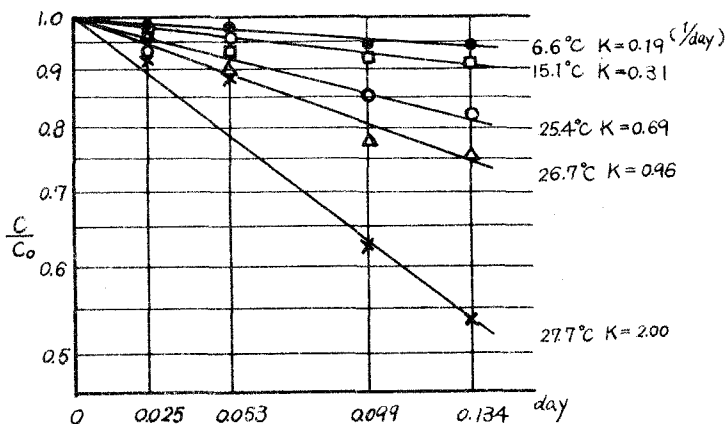


図-1 CODの変化

ABS、一般細菌などの汚濁を考察するとき、拡散係数を無視できることがわかる。

図-4はアンモニア性、亜硝酸性、硝酸性窒素の変化を示す。一般に硝化現象は8~10 dayより生ずると云われ、本調査では、約0.15 dayより硝化現象が現われている。このような硝化現象が早く生ずる河川の溶存酸素平衡を解析するとき、硝化も考慮する必要がある。

参考文献 W.E.Dobbins; BOD and Oxygen Relationships in Streams, June, 1964 Proc of the A.S.C.E.

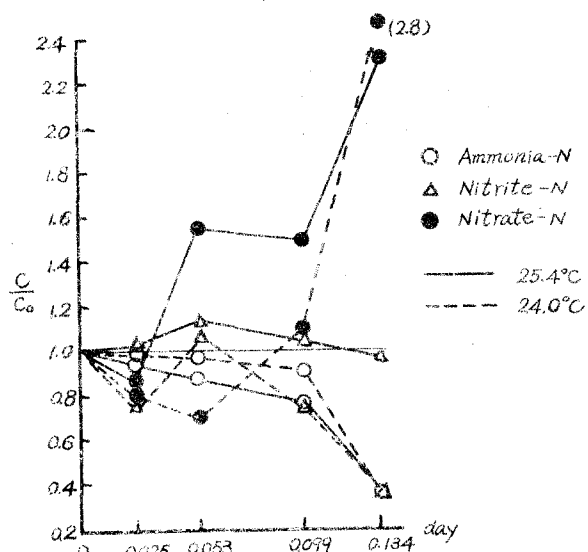


図-4 窒素類の変化

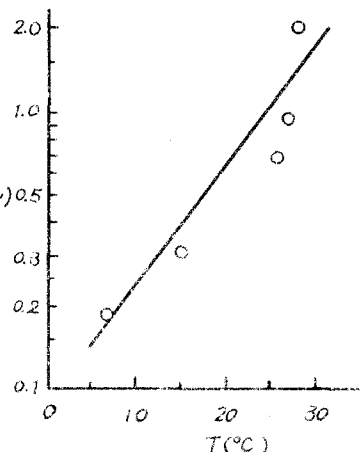


図-2 CODの反応速度定数と温度

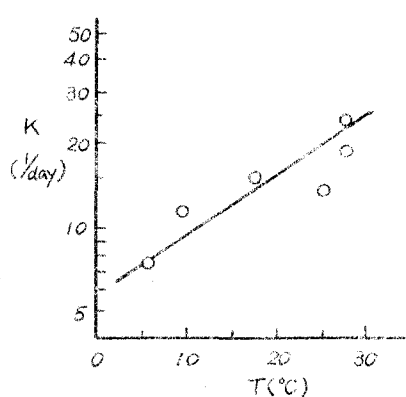


図-3 一般細菌の反応速度定数と温度