

汚濁小河川におけるBOD収支のシミュレーションに関する研究

熊本大学 工学部 学会員○小野浩一
熊本大学 工学部 正会員 中島重旗
熊本大学 工学部 山田伸雄

1、はじめに 熊本市は豊富な地下水に支えられてきたが、近年地下水の減少に伴い地下水涵養が叫ばれてきている。そこで地下水涵養と洪水対策をも考慮して、堀川の中流域に遊水池を作る計画が提起されている。本研究は、この計画をふまえて水質の適切な管理を行う為に、河川の最も一般的な水質指標の一つであるBODをパラメーターとする水質変動モデルについて検討するものである。

2、調査水域 モデルの対象河川は、熊本市近郊を流れる堀川中流である。堀川は、白川の支流であり、熊本市中心部を流れる坪井川に合流している。シミュレーション区間は、約9kmである。(図-1参照) 野外調査は、1987年10月22～23日に行った。

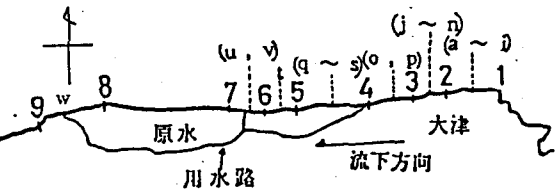


図-1 調査水域

a ~ w : 流入点
1 ~ 9 : 分割地点

3、水質変動モデル BODを水質指標とした河川の水質モデル¹⁾は、次のように表される。(図-2参照)

$$\frac{\partial (AB)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(AD_L \frac{\partial B}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial x} (AUB) - k_1 BA - k_3 BA - k_5 BA + B_T \dots\dots (1)$$

ここで、B=BOD濃度(gBOD/m³)、D_L=拡散係数(m²/h)、Q=流量(m³/h)、A=流路断面積(m²)、t=時間(h)、x=流れ方向距離(m)
K₁=細菌類による酸化分解反応速度係数(1/h)、K₃=BODの沈降速度係数(1/h)
K₅=BODの吸着速度係数(1/h)、B_T=支流からのBOD負荷(gBOD/m/h)

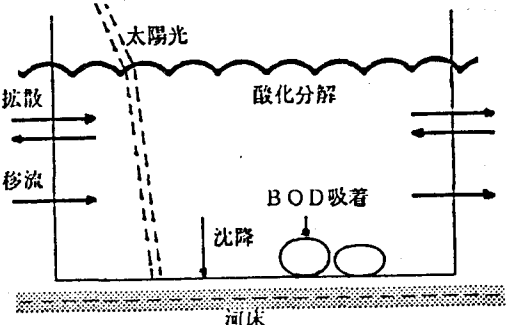


図-2 BODの変動機構

(1)式は、放物型偏微分方程式であり解析解を得ることは困難なので、有限差分法の陽法²⁾によって数値解を得た。

4、データの測定法および測定結果 調査水域を8区間に分割して(図-1参照)地点1より浮子流した。水塊の移動に合わせて、各測点の流下時間を測定し、更正係数を用いて平均流速を求めた。また浮きの散らばり具合から拡散係数も算出した。各地点の流量の測定も水塊の移動に合わせて行った。

表-1 各区間の平均流速および拡散係数

地点1から地点4において特に人口が多く

	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9
区間長 (m)	1145	795	1100	1532	713	665	2180	1260
流下時間 (min)	18.3	12.8	18.9	34.9	13.8	11.7	54.3	47.5
浮子の流速 (m/h)	3747	3717	3486	2713	3108	3425	2411	1593
平均流速 (m/h)	3185	3159	2963	2306	2641	2911	2049	1354
拡散係数 (m ² /h)	315.7	768.8	695.4	669	1169.3	1738.3	236.6	314.6

(約4,700人)、家庭からの下水による

表-2 各側点の流量および断面積

流入負荷を無視できない。しかし、各側溝からの流入負荷をすべて実測するのは難しいので、以下のようにして求めた。各側溝の流量は、一ヶ所のデー

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
流量 (m ³ /h)	7100	7128	5432	4759	4324	3816	2128	2149	3733
断面積 (m ²)	2.35	2.10	2.61	2.29	2.23	1.90	0.88	0.88	1.39

タを基準にして、各側溝の流域人口比をかけることによって求めた。また濃度は、基準側溝の流入BODに各側溝の流達率比をかけたものをその地点の濃度とした。

酸化分解反応速度係数 K_1 は 溶存酸素不足量の増加速度が酸化分解反応速度と等しいとしたStreeter-Phelpsの式を用いた結果、 $K_1=0.0237$ (1/h)となった。沈降速度係数 K_2 は、調査水域の4地点にバットを沈め約1日静置した後、水中から引き揚げその沈降量を調べ、物質の沈降が存在する物質質量に比例するという一次反応型の式と仮定して、測定した結果 $K_2=0.177$ (1/h)となった。吸着速度係数 K_3 を測定する際の仮定として、一定期間は付着藻類の光合成による増殖のみで、剥離はないとした。この仮定のもとで水槽実験を行い、 $K_3=0.054$ (1/h)という結果を得た。以上の測定データを表-1 から表-3 に示す。

表-3 側溝の流入量及びBOD濃度

流入点	距離	流入量	濃度
a	5	6.03	74.9
b	90	7.02	74.9
c	230	3.26	74.9
d	430	4.79	25.0
e	520	1.77	58.2
f	580	5.00	74.9
g	815	3.76	16.6
h	1050	17.03	41.6
i	1100	1.24	41.6
j	1152	28.17	74.9
k	1220	5.68	25.0
l	1440	10.18	58.2
m	1710	13.27	74.9
n	1890	4.08	16.6
o	1990	2.73	25.0
p	2200	53.22	74.9
q	3170	1.31	16.6
r	3290	3.41	74.9
s	3710	11.46	41.6
t	5245	1.49	25.0
u	5590	1.88	41.6
v	5720	7.84	25.0
w	8790	1472	4.4

単位 : m, m³/h, mg/l
(注 w は用水路からの流入、距離は側点1からの距離)

5、解析結果および考察 シミュレーション結果を表-4 に示す。実測値と計算値との差の主な原因は 沈降速度係数 K_2 によるものと思われる。沈降速度係数は、調査水域(9.4km)において4ヶ所測定し、その平均値を用いてシミュレーションを行ったが、少なくとも区間ごとのデータが必要であったと思う。その他誤差の原因としては、巻き上げが考えられる。堀川は、人工の河川で水面勾配が平均1/150と比較的大きい為、流速が大きく(断面平均流速52~91cm/s)、巻き上げが生じている可能性が大きい。

表-4 シミュレーション結果

6、おわりに

①BOD吸着の考え方でシミュレーションを行った結果、実測値

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
実測値(mg/l) A	8.8	11.4	7.6	8.3	7.8	6.0	6.3	6.8	9.4
計算値(mg/l) B	8.8	10.1	5.3	6.0	5.2	5.9	8.3	9.4	6.4
差 (A-B)/A*100	-	11.1	29.7	27.3	33.1	1.3	32.1	38.2	31.6

と計算値との差の平均は、25.6%となった。

②沈降速度係数の測定法の検討および巻き上げを正確に把握する必要がある。

③今回うまく捕捉できなかった沈降速度係数、巻き上げを試行錯誤的に変えることによってBOD収支の最適シミュレーションを行う予定である。

④最適シミュレーションを用いて、対象地域の人口増に伴う汚濁負荷に対して将来予測を行い、また下水処理施設の必要性についても検討したい。

〈参考文献〉

- 1) 中島・松並・田爪：「都市小河川における付着生物の浄化作用」：昭和60年度土木学会西部支部講演集
- 2) 合葉修一・岡田光正・大竹久夫・後藤隆一・森忠洋：「浅い汚濁河川にBOD、DO収支のシミュレーション(第一報)」：下水道協会誌 Vol.12 No.31 1975/4