

清水建設 正員 ○ 日比野憲夫
名古屋工業大学 〃 細井 正延

要旨

感潮河川の水質汚濁の解析法として、非定常拡散方程式の数値解法が用いられるようになり、大坂市の寝屋川に適用されて種々の結果が得られて¹⁾いる。本研究では、不定流方程式及びBODとDOに対する非定常拡散方程式を用いて、各種係数(拡散係数、BOD減衰係数、再ばつ気係数)及び河口の境界条件(BOD、DO値)が計算結果に与える影響について考察した。すなわち、この方法では下流端のBOD、DOの境界値と与えなければならないが、実際にはこの値の正確な評価が困難であること(とくに将来予測の場合に)が一つの問題点である。また、各種係数の値を予め正確に見つけることも困難な点であるからである。

1. 計算の方法

計算の対象にした河川は、名古屋市内を南北に流れて伊勢湾に流入する堀川で、流域には多数の下水処理場が存在しているにもかかわらず、処理可能容量の不足のために堀川の水質は非常に汚染されており、環境基準の類型はEのハに指定されている。図-1は堀川の平面図で、図には堀川に流入する1日当りの水量と汚濁負荷量の概算値が記載されている。

(1) 不定流の計算

$$\frac{\eta}{g} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\alpha}{2g} \frac{\partial v^2}{\partial x} - i + \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\eta^2 v^2}{R^{4/3}} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (2)$$

(1)、(2)式を差分式に直して数値計算を行ない、水質汚濁の計算に必要な流速、流水断面積の時間的、場所的変動分布を求める。

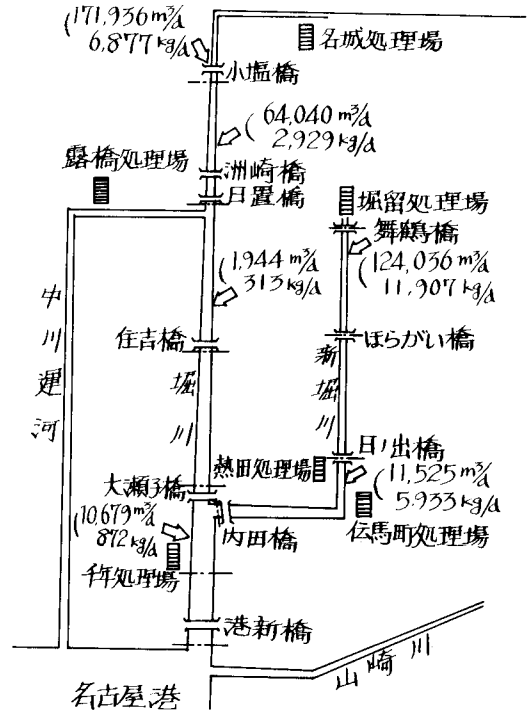
(2) BOD及びDOの計算

$$\frac{\partial (AL)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(AD_L \frac{\partial L}{\partial x} \right) - \frac{\partial (AVL)}{\partial x} - (K_1 + K_3)AL + AL_a \quad (3)$$

$$\frac{\partial (AC)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(AD_L \frac{\partial C}{\partial x} \right) - \frac{\partial (AVC)}{\partial x} - K_1 AL + K_2 A(C_s - C) + AD_b \quad (4)$$

L : 最終BOD D_L : 拡散係数 K_1 : 脱酸素係数 K_3 : 沈殿または吸着によるBOD除去速度
 L_a : BODが加えられる速度(負荷速度) C : 溶存酸素濃度 C_s : 飽和溶存酸素濃度

図-1. 堀川平面図



K_2 : 再ばつ気係数 D_B : BODと再ばつ気以外の因子による酸素消費または供給速度 A : 流水断面面積 v : 流速

式(1), (2)で求めた水理条件を用いて, 式(3), (4)に対する差分式によって, BODとDOの分布を計算する。

拡散係数はStommel-Kentの式を用い, BOD減衰係数(式(3)の $K_1+K_2=K_0$ の値, また式(4)で $K_1=K_0$ と仮定する)はStreeter-Phelps式によって実測から求め, また再ばつ気係数についてはO'Conner-Dobbins式を用いて算出し, $D_B=0$ とした。その結果は, $D_L=31.04 \text{ m}^2/\text{sec}$, $K_0=0.596 \text{ /day}$, $K_2=0.051 \text{ /day}$ であった。

(3) 計算の種類

計算は, つぎのように分類して行なった。まず, 不足流の計算は, 河口の潮差を2.4 m, 1.2 m, 0.6 mの3種類について行ない, それぞれの場合に対して以下の計算を行なった。

① 下流端(河口)のBOD, DO値が計算結果に与える影響

BOD = 10.0, 16.5, 20.0 ppm の3種類

DO = 2.5, 3.5, 5.0 の3種類

ただし, $D_L=31.04 \text{ m}^2/\text{sec}$, $K_0=0.596 \text{ /day}$, $K_2=0.051 \text{ /day}$

② 拡散係数が計算結果に与える影響

$D_L=1.00, 10.0, 100.0 \text{ m}^2/\text{sec}$ の3種類

ただし, $K_0=0.596 \text{ /day}$, $K_2=0.051 \text{ /day}$

③ BOD減衰係数が計算結果に与える影響

$K_0=0.10, 0.50, 1.00 \text{ /day}$ の3種類

ただし, $D_L=31.04 \text{ m}^2/\text{sec}$, $K_2=0.051 \text{ /day}$

④ 再ばつ気係数が計算結果に与える影響

$K_2=0.05, 0.50, 1.00 \text{ /day}$ の3種類

ただし, $D_L=31.04 \text{ m}^2/\text{sec}$, $K_0=0.596 \text{ /day}$

2. 計算の結果と, その考察

潮差2.4 mの場合の計算結果はつぎのとおりで, 潮差1.2 m, 0.6 mについては記載を省略するが, 下流端条件, 各種係数の影響は, 2.4 mの場合とほぼ同じ傾向を示した。

(1) 下流端条件が計算結果に与える影響

下流端のBOD値を変えた場合のBOD及びDOの縦断分布は, 図-2, 3のとおりである。BOD, DO値は1潮時の間に時間的に変化するもので, 1潮時間の平均値を用いた。DO分布は一部の区間を除いてすべて負の値であるから, 溶存酸素不足量を表わすと考えてよい。また, BODの計算値は, 常に溶存酸素が存在していて, 好気性分解が行なわれている場合に対するものと見なさなければならない。

つぎに, 下流端のDO値を変えた場合には, BOD分布には影響がないことは(3)式から明らかであるので, DOの縦断分布を示すと図-4のようで, 上流まで広い範囲に境界条件の影響が及んでい

図-2. BOD 縦断分布
(下流域界条件(BOD)の影響)

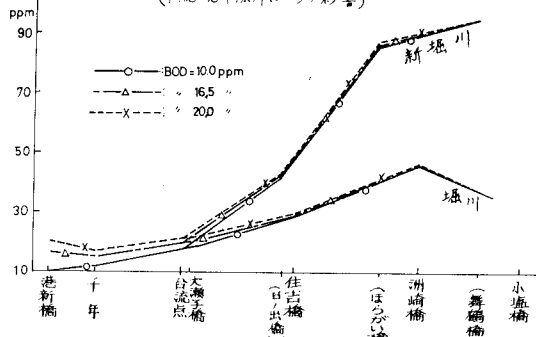


図-3. DO 縦断分布
(下流域界条件(BOD)の影響)

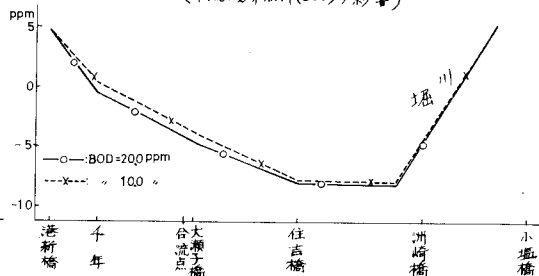


図-4. DO 縦断分布
(下流域界条件(DO)の影響)

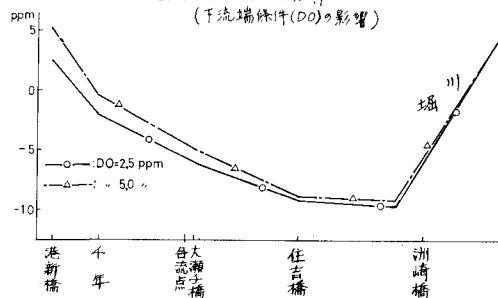


図-5. BOD 縦断分布
(拡散係数の影響)

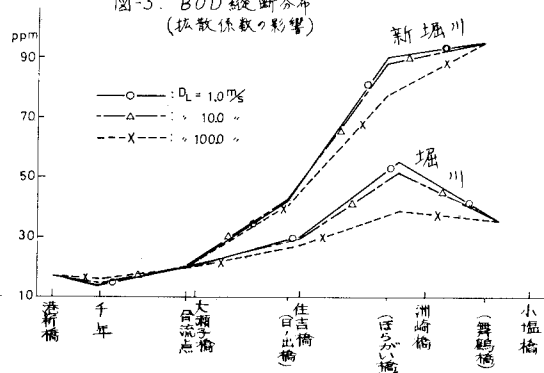


図-6. DO 縦断分布
(拡散係数の影響)

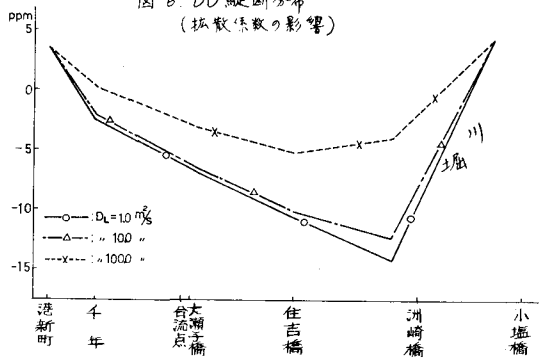


図-7. BOD 縦断分布
(BOD減衰係数の影響)

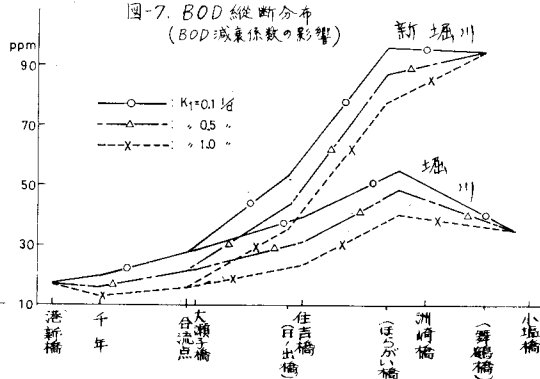


図-8. DO 縦断分布
(BOD減衰係数の影響)

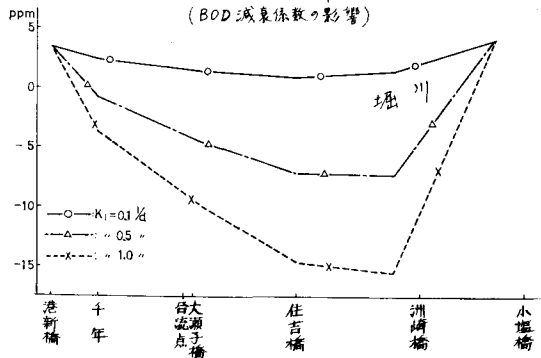
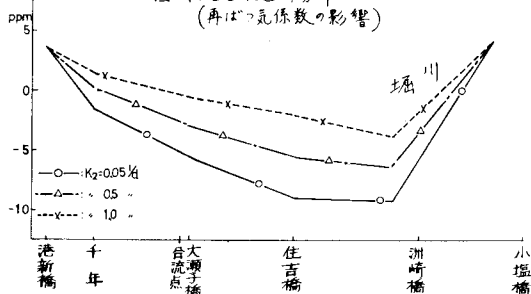


図-9. DO 縦断分布
(再ばつ気係数の影響)



ることがわかる。

(2) 拡散係数が計算結果に与える影響

BOD分布は図-5のようで、拡散係数の影響は上流部で見られる。下流部では拡散項よりも移送項の影響が大きい、上流部では反対に拡散項が大きい。DOの分布については、図-6のように、やはり上流部に大きな影響が現われている。

(3) BOD減衰係数の影響

BOD分布及びDO分布ともに、この係数の影響が大きく現われている(図-7, 8)。河川水中でのBOD減衰係数の値を正確に見つめることは非常に難しいが、重要な因子であるから、計算を行なうにあたってはとくに注意しなければならない。

(4) 再ばつ気係数の影響

BOD分布に対しては、この係数の影響がないことは、(2)式の中に K_2 がはいっていないことから考えて、明らかである。DOの分布は図-9に示すとおりで、全川にわたって、その影響が大きく現われている。

以上の結果から、つぎのように要約することができる。

(1) 下流端のBOD値のBOD分布に対する影響は、下流部の短い区域の間で消滅して、それより上流にはほとんど及ばない。また、下流端のDO値のDO分布に与える影響は、上流まで広い範囲に及んでいる。

(2) BODとDO分布に及ぼす拡散係数の影響は、上流部ほど大きい。

(3) BOD減衰係数は、BOD分布とくにDO分布に対して大きな影響を与える。

参考文献

1) 日本下水道協会：エアレーションによる河川浄化に関する調査報告書，昭和45年3月