

東京大学 工学部 都市工学科 正員 工博 杉本 昭 典

1. はしかま

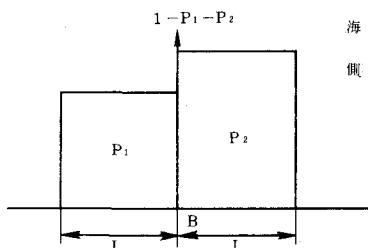
筆者は、隅田川の汚濁予知に關して 感潮部の汚濁機構についての研究を行ない、昨季一応の結論をえた。その一部は既に 第三回共生工学討論会などで発表したが、こゝに汚濁予知に關する二・三の因子について詳細を行なり、今後の研究の方向を明らかにした。

2. 計算方法

隅田川の水質の予知に用いた方法は、Ketchum が提案した tidal prism の概念を拡張した Thames 方式によつた。

考へていふ河川部は、完全混合であると仮定し、ある地味より流入した物質は、潮位による混合 (Tidal Mixing) によつて左図に示すように 投入地味の上流に分散する。今時刻単位を 1 潮時にとり、B 處に投入された物質が 1 潮時後分散する割合を P_1, P_2 とし、原處に残る割合は $1-P_1-P_2$ となる。拡散距離は L で、これは 1 潮時の水分子の移動する距離にほぼ等しい。

感潮部混合模型



この計算において、固有流による移動と 潮位による混合とに分けて計算を実施することにより、水理條件のかなりの範囲において L, P_1, P_2 がかわらぬことを Predely は Thames 河で示した。さらに、汚濁予知には、水と塩分の保存條件を基礎として行なう。すなわち

(1) ある期間、ある處を過つて上流に運ばれた塩分は、この期間のあかりに上流にある塩分量からはじめにあった塩分量とこの期間 河川に流出した塩分量を差し引いたものに等しい。

(2) この地味に入る水の量 について (1) と同様 保存條件を満足してゐる。また 混合のみによつて 水塊の移動はない。

この二つの條件から 次式がえられる。ただし n 潮時の平均を考へる。

$$\frac{1}{n} \left[\int_0^L \frac{A}{L} C A P_2 \frac{L-x}{L} dx + \int_0^{-L} \frac{A}{L} C A P_1 \frac{L+x}{L} dx \right] = \frac{1}{n} \left[\frac{A}{L} R C + S \right] \quad (1)$$

$$\int_0^L A P_2 \frac{L-x}{L} dx + \int_0^{-L} A P_1 \frac{L+x}{L} dx = 0 \quad (2)$$

こゝに、 L : 混合距離 P_1 : 混合係数 (上流側) P_2 : 混合係数 (下流側) C : 塩素イオン又は塩分濃度 A : 半潮時の流経 R : T 期間の固有流量 S : T 期間 増減した塩素イオン又は塩分濃度

BOD 分布の予知

$X = A P_1, Y = A P_2, L, A$ は河程、かき割塩分濃度などによつて定められると、これをを用いて BOD 分布を (1) 固有流による移動 および (2) 混合とに分けて予知することができる。

計算は次式となる。

$$B' = B e^{-kT} + \int_0^T I e^{-k(T-t)} dt \quad \text{----- (3)}$$

$$B' = \frac{1}{A} \left[\int_0^L \frac{B'Y}{L} dx + \int_{-L}^0 \frac{B'X}{L} dx + B'(A-X-Y) \right] \quad \text{----- (4)}$$

二、 B : ある期間 T の最初の BOD , B' : 一潮時移送後の BOD (Δx 離れた地点の BOD) B'' : 混合後の BOD K : 河水中の脱酸素恒数 T : 初期地点より負荷流入地点に要する時間

DO分布

溶存酸素分布は、 BOD 分布と同様に移送と混合に分けて計算を行なう。計算式は次のようである。

$$D' = D e^{-\int_0^T \frac{q}{H} dt} + \int_0^T K B e^{-\int_0^T \frac{q}{H} dt} dt \quad \text{----- (5)}$$

$$D' = \frac{1}{A} \left[\int_0^L \frac{D'Y}{L} dx + \int_{-L}^0 \frac{D'X}{L} dx + D'(A-X-Y) \right] \quad \text{----- (6)}$$

二、に、 D : 期間 t の最初の河水中の DO 不足量, D' : T 期間後移送中脱酸素および混合による気化した後の酸素不足量, D'' : 混合後の酸素不足量 K : 脱酸素恒数 q : 酸素交換係数 H : 平均水深 B : BOD 値である。

3. L および P_1, P_2 について

一般に流水中の拡散現象は、拡散方程式を基礎として解析を進めるのが普通である。Kentらは基礎式を差分に直し、数値的にとくうとしている。一方 Holly と Harleman は、Taylorの管内の拡散係数の理論を、水は変動のみのある実況塩分の変動のない感潮部の拡散現象に拡張した。

隅田川について、集くつかの観測値から拡散係数を計算してみると図-1のようになる。ただしこの場合拡散係数は次式を用いた。

$$K_g = \frac{Q_f \cdot g_x \cdot 20x}{A(g_{x+20} - g_{x-20})} \quad \text{---- (7)}$$

g : 塩分濃度 K_g : 拡散係数
 A : 断面積 Q_f : 固有流量

この図からみると、感潮河川において拡散係数を水理量から推定しようとする試みは今の所絶望的であるようにみえる。そこで著者が Thames方式を隅田川に適用するに当たって L, P_1, P_2 を実測試料から求めると図-2, 図-3のようになる。 L は前述のように水分子が一潮時移動する距離であるが、特別の場合を除いて隅田川においては $L=14km$ としてよいであろう。

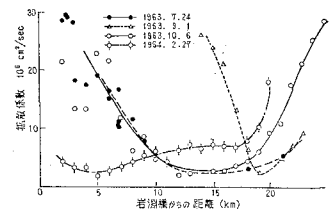


図-1 拡散係数の距離の変化

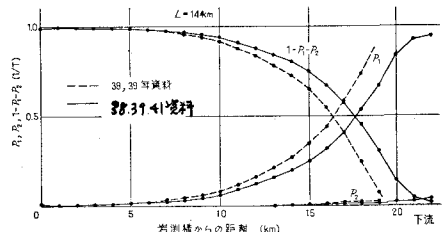


図-2 P_1, P_2 および $1-P_1-P_2$

3.

さらに L が 14 Km 近傍における値と実測値との関係を示すと図-4 のようになり、 L の変動による誤差はあまり顕著ではない。

汚濁物質の分散の割合を示す P_1, P_2 の実測条件による変化を示すと図-2 のようになる。 P_1, P_2 について 112 条件によつて多少の変動がみえるが、実際計算に用いられる P_1 および P_2 について A (価種) をかけた X, Y についてみると 図-3 に示すように 条件による変動はあまり認められる。ほぼ一定として考えようといふことができる。

4. 両ばう気係数

空気中の酸素が水中に与へる速度につては Dobbins-O'Connor, Dobbins さらには著者らが提案した Levich 理論の応用などがあるが、いずれも 非感潮部の流水に於てであり、流速、水位 さらには塩分濃度などが変動する場合には あまり適切な方法はない。従つて 限田川では 次式で定義される 酸素交換係数を用いることにした。

$$\frac{dD}{dt} = -\frac{f}{Z} D \quad \text{--- (8)}$$

f : 酸素交換係数 cm/hr Z : 水深 cm

D : 酸素不足量

下流側の酸素不足量は

$$D = D_0 e^{-\int_0^T \frac{f}{Z} dt} \quad \text{--- (9)}$$

である。現況の BOD 分布、および溶存酸素分布を用いて、 f を 1 cm/hr から 15 cm/hr と仮定し、1潮時前後の 酸素不足量の差を示すと図-5 となる。もし あつたこの条件が 安定して いるとすると、この値は零でなければならぬが、計算値をみると 上流側で負、下流側で正である。

これは f 値を全川に於て一定と仮定したこと、および 流入水の 溶存酸素が 皆無と考へたため、これを考慮すれば 図-6 のようになる。

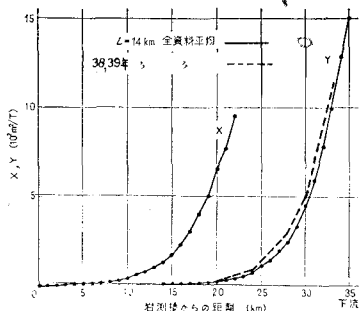


図-3

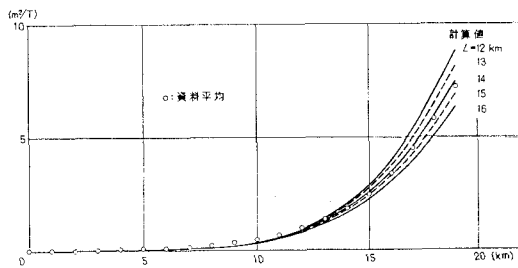


図-4

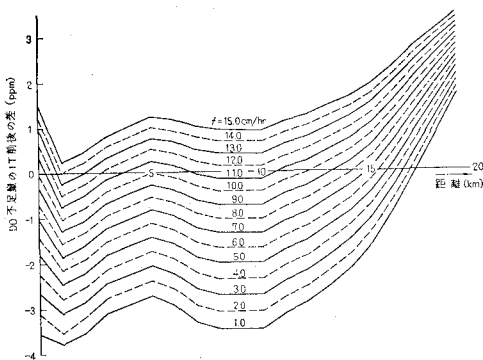


図-5

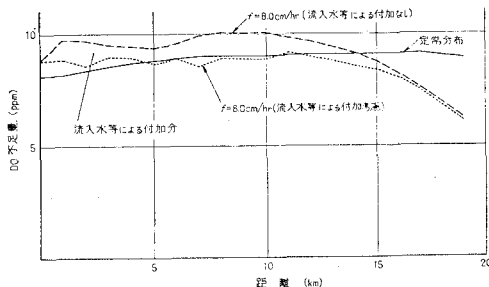


図-6 $f=8 \text{ cm/hr}$ としたときの溶存酸素不足量の実測値と計算値

しかし 図-6 における計算値と実測値との差は主として 江東内水の隅田川への影響を平すものと考へられる。しかしこの影響を現在明らかにできない。

上述のようにして求めた L , P , P_2 についで検証のための計算結果を平すと 図-7, 8 のようである。おなわち 水理条件を一定とし、汚濁負荷を現状として 無汚濁の状態を初期条件として計算した。この結果 ほぼ 8 Tidal (略4日台) に計算結果は収斂 するこゝがわかつた。

溶存酸素については ほぼ満足すべきであると考えられる。

5. 計画 流量について

建設省が 隅田川汚濁対策として 昭和39年完成した 浄化用水路を用いて 昭和39年9・10月に試験通水を行ない 40年5月以降 荒川本川の流量に余裕のある限り 常時 浄化用水を 新河岸川から 隅田川に流入している。

この結果を整理すると 志茂橋 および 小台橋では その効果は 顕著であるが 両国橋ではその効果がたゞしも 明らかではない。このことは、国府流量の変化、おなわち 隅田川と 新河岸川合流点において $40\text{ m}^3/\text{s}$, 小台橋で $50\text{ m}^3/\text{s}$, さらに両国橋では $80\text{ m}^3/\text{s}$ に達し、さらに浄化用水 0, 10, 20, $30\text{ m}^3/\text{s}$ としても その効果は 薄まる ことは明らかである。しかしながら 浄化用水の確保については さらに確率的な取扱方法について 研究すべきであると考ええる。

最後に 本研究に協力された 建設省 河川局・関東地方建設局・土木研究所の皆様へ感謝の意を表します。

紙数の関係から 参考文献の主なものは次のみです。

1. The Effects of Polluting Discharges on Thames Estuary, H.M.S.O. 1964
2. 杉本 昭典 感潮河川の汚濁模倣; 特に隅田川について, 建設省土木研究所報告 133号

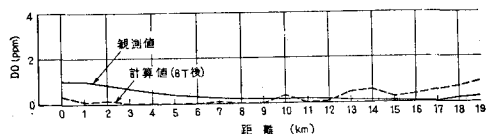


図-7 溶存酸素計算値と実測値

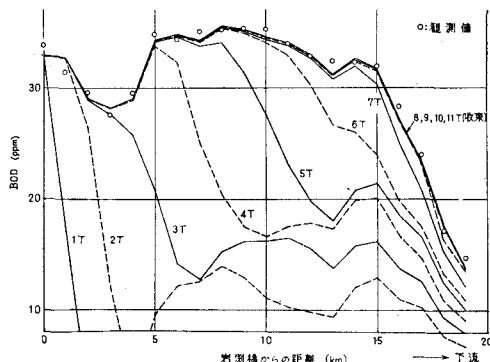


図-8 BOD 変動 観測値

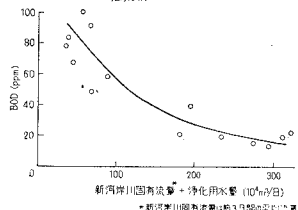
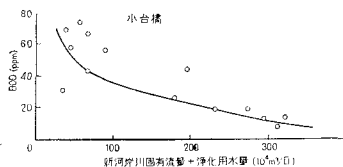
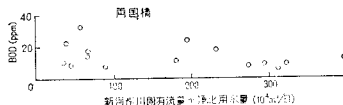


図-9 新河岸川流量と水質との関係