

隅田川・荒川・綾瀬川及び江戸川の総合 解析結果について (BOD収支等の調査研究)

味村 昭 古井戸 良雄 長 沢 久
土屋 隆夫 川原 浩

1 はじめに

この調査は、昨年の多摩川の調査にひきつづき、隅田川、荒川、綾瀬川及び江戸川の水質汚濁を BOD を指標としてその収支を明らかにし、同時に水質改善のための BOD 許容負荷量の試算を行なったものである。調査は、江戸川については千葉県と、綾瀬川、隅田川については埼玉県と協力して実施した。

2 調査方法

BOD 収支を明らかにするために江戸川、綾瀬川、荒川、隅田川の各河川について、本川、流入支川、流入排水路、取水口等の流量と水質の測定を行なった。調査方法は、流量及び汚濁量の大きい地点については、2時間おきに24時間の連続調査を行ない、その他の地点については日中3回調査を行なった。とくに隅田川の小台橋では、測定の精度を高めるため5日間の連続調査を実施した。

各河川の主な調査地点数は表1のとおりである。

表1 各河川の調査地点数

河川名	調査方法			合計
	5日間 連続調査	24時間 連続調査	1日3回 調査	
江戸川		7	14	21
綾瀬川		11	14	25
荒川		12	5	17
隅田川	1	17	2	20

また、隅田川の白鬚橋で感潮部の塩水くさび(楔)の状態を把握するため、垂直方向50cm毎に塩素イオンの測定を行なった。流下所要時間の測定は江戸川について、昨年の多摩川と同様にビンボン球に塩化ビニール管(径20mm、長さ80mm)をオモリとして吊す方法を用いて測定した。

3 調査結果

江戸川、綾瀬川、荒川、隅田川の各河川の水質及び流入 BOD 負荷量の関係を模式化した結果は、図1~4の左側の部分のとおりである。

なお、各河川の汚濁解析は次の方法で行なった。

江戸川 野田橋~江戸川水門 Streeter-Phelps式

江戸川水門より下流 } Ketchum の
綾瀬川 } Tidal-Prism 法
荒川 }

隅田川 緩混合型(上法の変法)

Streeter-Phelps 式を用いた順流部における手法と、Ketchum の Tidal-Prism法による感潮部の計算については昨年度に報告しているので、今年、あらたに試みた緩混合型の解析法について、次にその概要を示す。

隅田川の感潮部において、その塩分濃度と BOD の関係及び塩分濃度の水深方向の分布を調査したところ、次のような特徴が認められた。

(1) 満潮時に高濃度の塩水くさびが認められ、干潮時にはくさびの形成が全く認められず低塩分濃度となる。

(図5)

(2) 満潮時に BOD は稀釈低減し、逆に干潮時には高濃度となる。(図6)

一般に感潮河川の水理特性は、強混合型、緩混合型、弱混合型に大別され、上の特徴からみると隅田川は緩混合型の一種と考えることができる。

この方法は、基本的には Ketchum の方法に基づくもので、これに上述のように一時的あるいは局地的に塩水くさびが発生する場合について考察を加えたものである。図7のように感潮部をいくつかのブロックに分ける。ここで、 S_i はブロック*i*における塩水くさびの体積、 V_i は干潮時河川体積、 P_i は干潮差体積を表わす。 S_i は

図1 江戸川の現状と水質改善計算例の比較
(野田流量43m³/s・1970年低水量相当時)

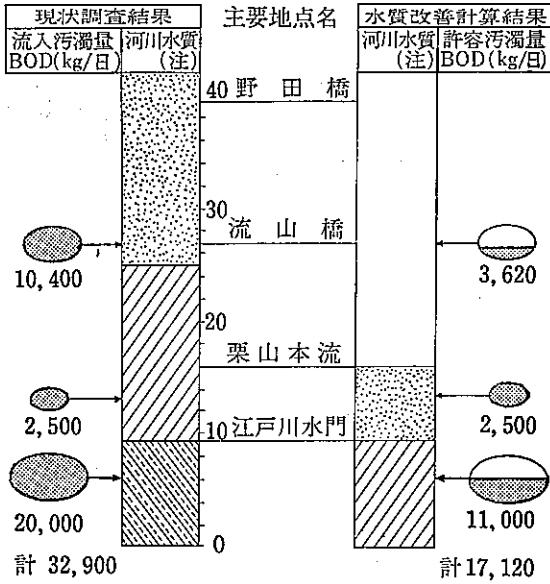


図2 綾瀬川の現状と水質改善計算例の比較
(非かんがい期)

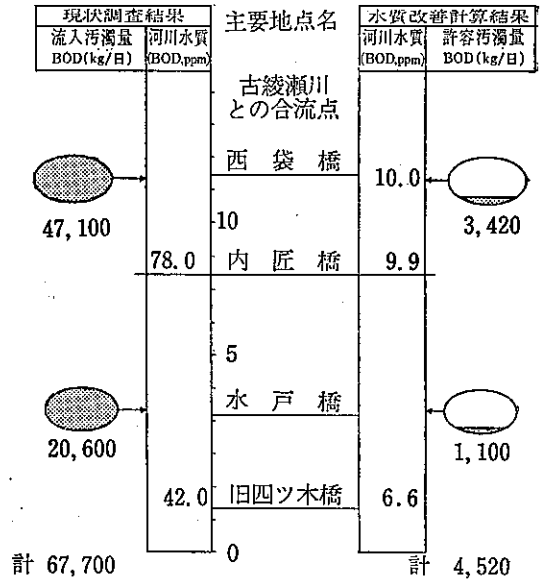
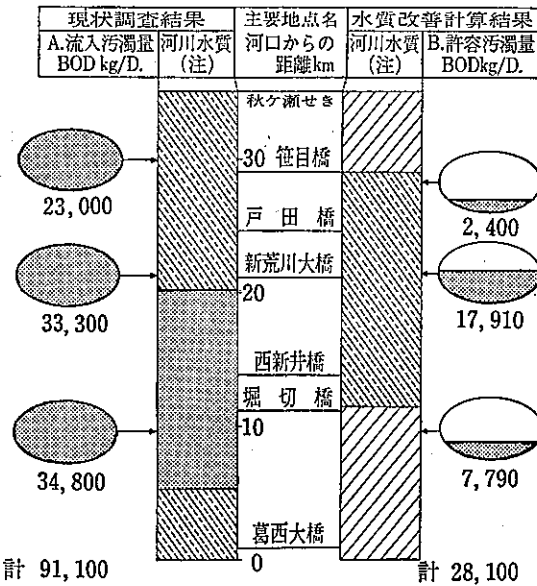


図3 荒川水質改善計算結果
(1968~1970年平均低水量相当時)※



※ 秋ヶ瀬せき下流放流量5.0m³/sのとき

図4 隅田川の現状と水質改善計算例との比較
(浄化用水9.2m³/s 1970年低水量相当時)

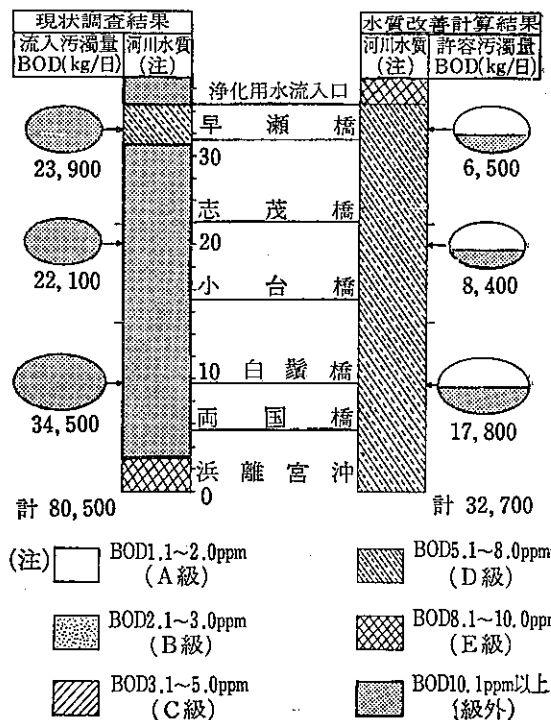


図5 隅田川感潮部(白鬚橋)のCl'の水深方向分布

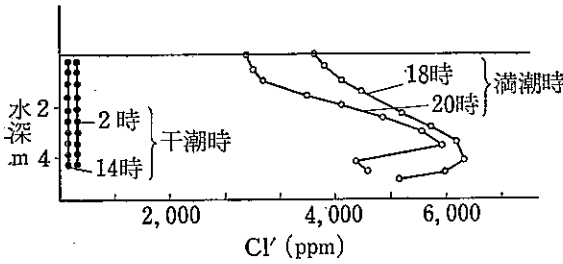


図6 隅田川感潮部(白鬚橋)のCl'とBODの関係

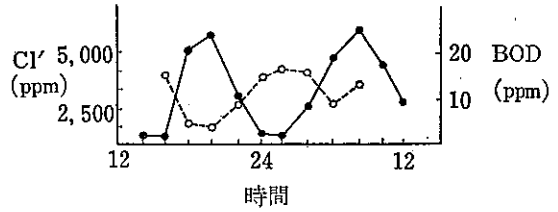
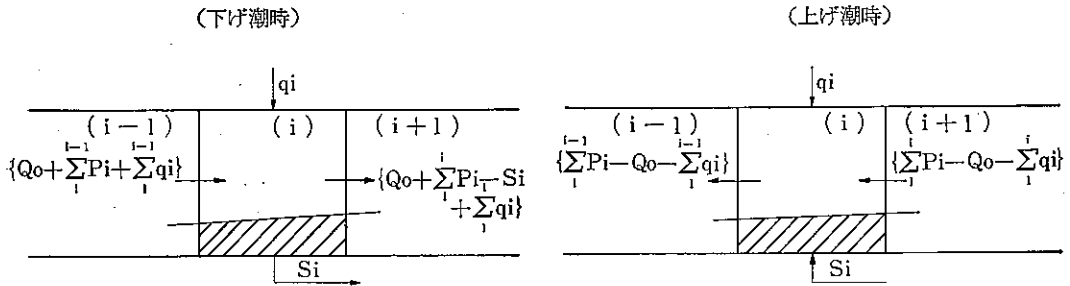


図7 感潮水域例



隣接するブロックの水と混合せず、直接海からあるいは海へ移動するものとする。 S_i を0とみなすときは強混合型を表わし、 S_i が隣接ブロックの S_i と交換し、 S_i とそれ以外の部分との混合を考へない場合は弱混合型を表わす。 S_i を P_i と関連づけて式(1)のように表わす。ここで r_i は塩水くさびの発生率と考へられる。また、図7に示すように S_i が海と直接交換する場合、潮の干満後の混合水質 \bar{C}_i は式(2)、式(3)のように表わさる。

$$S_i = r_i \cdot P_i \dots\dots\dots (1)$$

干潮時

$$\bar{C}_i = \frac{[C_i (V_i + P_i) + C_{i-1} \times \{Q_0 + \sum_1^{i-1} P_i + \sum_1^{i-1} q_i\} + d_i q_i - C_i \times \{Q_0 + \sum_1^i P_i - r_i P_i + \sum_1^i q_i\} - e_i S_i]}{V_i} \dots\dots\dots (2)$$

満潮時

$$\bar{C}_i = \frac{[C_i V_i + C_{i+1} (\sum_1^i P_i - Q_0 - \sum_1^i q_i) + d_i q_i - C_i \times (\sum_1^{i-1} P_i - Q_0 - \sum_1^{i-1} q_i) + c_s S_i P_i]}{(V_i + P_i)} \dots\dots\dots (3)$$

ここで C_i : 混合前の水質 (式(2)では前回の満潮時水質)

- d_i : ブロック内に流入する水の水質
- q_i : ブロック内に流入する水の水量
- e_i : 流出 S_i の水質
- Q_0 : 河川の固有流量
- c_s : 海水の水質

この解析法の妥当性を検討するため、まず塩素イオン濃度について実測値と計算値が一致するように式(1)の r_i 値を採り、図8に示すような一致をみた。これを Ketchumの方法で計算すると図9のようになり、 r_i の導入が合理的であることがわかる。また、式(2)、式(3)では分解、沈殿等による水質の変化は考へられていないが、実際に解析をする場合には自浄作用を考へる必要がある。隅田川の解析はこの方法を用いたが、 $a = \alpha c$ (a : 実測値、 c : 計算値)で示されるような α を流達率と考へ、Ketchumの方法と同様に自浄作用を考へた。

江戸川では、野田橋～篠崎水門の間を一応順流部とし、BOD負荷収支と、別に観測した流下所要時間の調査結果を用いて、Streeter-Phelpsの式により自浄係数を算出した。(表2)

なお、河口部(篠崎水門より下流)の流達率はほぼ1であった。

綾瀬川での流達率は表3のとおりである。綾瀬川の上

図8 緩混合計算法による塩素イオンの計算値と実測値との比較

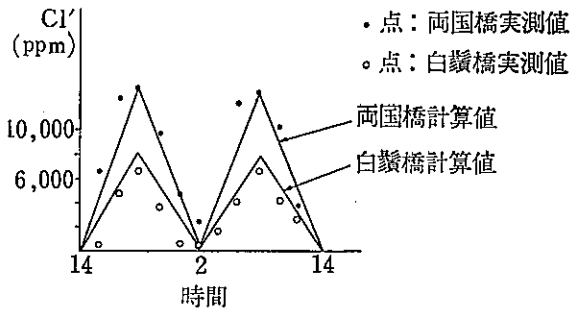


表2 江戸川の自浄係数

区 間	区間の距離	自浄係数 K (1/日)	流下所要時間 (月)
野田橋 新葛飾橋	21.8km	0.445	0.525(注)
新葛飾橋 篠崎水門	8.2km	0.134	0.376

(注) 野田橋～流山橋間を調査したときの流量が、総合調査時の流量より多かったため、Manningの公式を用いて補正をした値である。

表3 綾瀬川の流達率

区 間 (河口からの距離)	実測水質 (BODppm)	計算水質 (BODppm)	流達率 (α)
4.5～14km	78.0*	94.3	0.83
0～4.5km	42.0**	54.0	0.78

(注) *内匠橋の水質, **旧四ツ木橋水質

うに勾配の小さい河川で非常に多量の汚濁質の流入をうけ、また海水の影響をうけるところでは、河川自体が沈殿池の役割を果たすと考えられる。

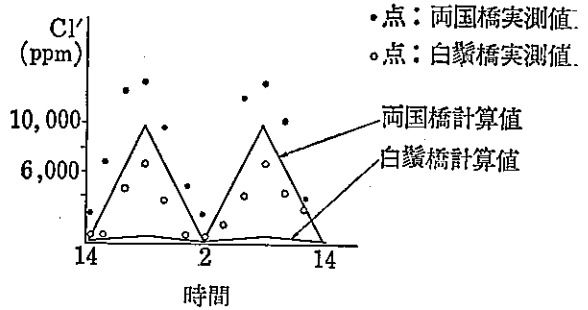
荒川の流達率は上流部で約0.4であるが、下流部ではほぼ0.8であった。

隅田川の解析計算は、京都大学工学部衛生工学教室(末石研究室、住友助教授、伊藤研究員)において、緩混合型感潮河川の解析方法の一環として実施されたものである。

4 水質改善計算例

BOD 収支調査結果を基礎として、各河川の水質を改善するための計算を行なってみた。改善の目標として、

図9 Ketchum 法による塩素イオンの計算値と実測値との比較



1970年9月1日閣議決定された環境基準の類型指定値(ただし、隅田川については、「都民を公害から防衛する計画」の目標値、D級)を用いた。

水質改善計算の結果は、図1～4及び表4に示すとおりであった。なお改善計算の方法は、現状解析と同様の方法で行なったが、綾瀬川、荒川については、改善された後の水質が似ている江戸川河口部の流達率が1であることから、流達率は1になるものとして改善計算を行なった。また隅田川の場合は、次のように条件を定めて、水質を改善するために許容しうる汚濁負荷量を計算した。

- 計算条件 (1)浄化用水はないものとした。
 (2)荒川との間の水門は開かれたままとする。
 (3)荒川の水質は、環境基準値(BOD 8 ppm)以下であるとする。
 (4)新河岸川の水質は EOD10ppm 以下であるとする。
 (5) r_1 と α_1 は9月の調査時と同じとする。

なお、河川容積及び水門での水の出入量等は、建設省荒川下流工事事務所及び江戸川工事事務所の資料を用いて計算した。

表4 各河川の許容流入 BOD 量

河川名	流入量 EOD (t/日)		$\frac{B}{A} \times 100$
	現状 (A)	許容量(B)	
江戸川	約32.9	約17.1	52.0
綾瀬川	約67.7	約4.5	6.6
荒川	約91.1	約28.1	30.8
隅田川	約80.5	約32.7	40.6

5 問題点ならびに今後の課題

昨年の多摩川調査報告のなかで指摘した、自浄係数及び流入負荷と背景負荷との結びつき等については、今後とも継続して調査をする必要はあるが、さらに次のような問題点が考えられる。

(1) これまで河川の調査は、1都3県共同で調査を実施し、一定の範囲については河川の汚濁実態を定量的につかみ得たが、これまで調査対象にはいなかった上流部分についても、関係各県と協力して調査を実施する必要がある。たとえば、今回の江戸川調査において、野田地点で環境基準（A級、BOD 2 ppm 以下）をこえており、利根川の水質悪化が問題となっている。他の河川についても同様のことが考えられるので、都内河川の水質改善を現実に保障するためにも共同調査は緊急の課題であろう。

(2) 都内河川の大部分は感潮河川であり、その解析は水理学的に複雑なため難しい問題がある。これまでは Ketchum の方法を用い、今回隅田川において、より妥当性のあると考えられる緩混合型の手法を用いて解析を行なったが、他の河川についてもこの手法を導入した解析を考慮していきたい。

最後にこの調査研究は、1都3県共同調査（1970年度）として行なったものであり、当該調査報告書の要点をとりまとめて本稿としたものであるが、調査研究にあたり、国立公衆衛生院衛生工學部長南部祥一氏、京都大学助教授住友恒氏及び同大学研究員伊藤憲男氏らの指導と協力があつたことを付け加える。なお、フィールド調査その他調査資料の取りまとめは、(株)日本水道コンサルタントが実施した。