

綾瀬川における工場排水規制の水質改善効果の解析

早稲田大学大学院理工学研究科 学生会員 大野木 一彦
 栃木県庁 県土整備部 増田 圭
 早稲田大学創造理工学部 フェロー 鮎川 登*

1. はじめに

綾瀬川は埼玉県桶川市に源を發し、埼玉平野の南西部を流れ、東京都葛飾区で中川に合流する流域面積 176km²、流路長 47kmの平地河川(図1)で、暇橋の下流数 km までは潮位変動の影響を受ける感潮部である。中流部(暇橋～内匠橋間)は 1960 年代後半から住宅や事業所・工場が増加し、住宅や事業所・工場からの排水により古綾瀬川、伝右川、毛長川などの支川の水質が著しく悪化し、その影響を受けて綾瀬川の水質も悪化した。綾瀬川では水質改善が重要な課題となり、工場排水規制、下水道整備、浚渫、浄化施設の設置、浄化水の導水などの水質改善対策が実施され、水質が改善されてきた。ここでは、綾瀬川の水質シミュレーションモデルを用いて工場排水規制の水質改善効果について検討した結果について述べる。



図1 綾瀬川

2. BODの変遷

古綾瀬川の合流点と伝右川・毛長川の合流点との間に位置し、これらの支川からの汚濁負荷の影響を受ける手代橋における 1963 年以降の BOD の変遷を示すと、図2のようになる。

手代橋の BOD は 1963 年から 1973 年にかけて流域内の人口と事業所・工場数の増加により著しく増加した。1970 年に水質汚濁防止法が制定され、事業所・工場からの排水の規制が実施された。埼玉県

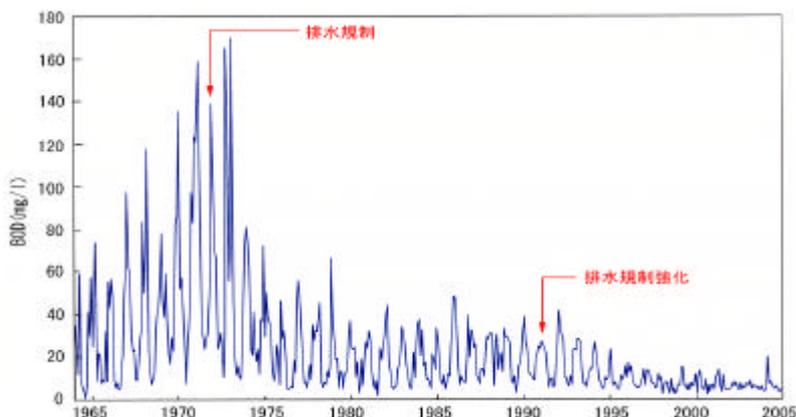


図2 手代橋の BOD の変遷

では 1972 年に日平均排水量 10m³以上の事業所・工場の排水基準を BOD 最大値 60mg/l 以下と定めた。その結果、手代橋の BOD は 1974 年から 1980 年にかけて著しく減少した。しかし、1980 年以降は改善されなかった。埼玉県は 1991 年に排水基準の上乗せ条例を改正し、日平均排水量 10m³以上の事業者・工場の排水基準を BOD 最大値 25mg/l 以下(日平均 20mg/l 以下)と定めた。そのころから流域内の事業所・工場が減少し、また古綾瀬川・伝右川・毛長川流域の下水道整備が進展したこともあり、手代橋の BOD は 1997 年以降は 10 mg/l 以下になっている。なお、図2によると手代橋の BOD は 1 年周期で変動しているが、これは綾瀬川の流量(暇橋)が夏期に多く(6 ~ 8 m³/s)、冬期に少ない(1 ~ 2 m³/s)ために、綾瀬川の BOD は夏期に小さく、冬期に大きくなることによる。

手代橋の BOD について 1971 ~ 73 年を最悪期、1980 ~ 1994 年を第一改善期、1997 年以降を第二改善期として、それぞれの期間における BOD の月平均値を比較して示すと、図3のようになる。図3によると、排水規制による第一水質改善期では年間を通じて BOD の減少が認められるが、特に冬期の BOD の減少が著しい。排水規制の

強化、下水道整備による第二水質改善期では冬期のBODは著しく減少しているが、夏期のBODの減少は僅かである。

3. 水質シミュレーションモデル

水質シミュレーションモデルは流れの計算モデルと水質の計算モデルで構成される。解析対象区間は潮位変動の影響を受ける感潮区間であり、流れの計算は1次元非定常流の連続方程式と運動方程式を用いて行う。

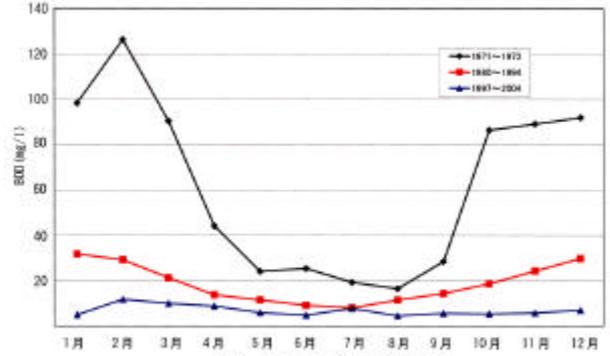


図3 手代橋の月平均BOD

$$\text{連続方程式} \quad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_l \tag{1}$$

$$\text{運動方程式} \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{bQ^2}{A} \right) + gA \left(\frac{\partial H}{\partial x} + \frac{n^2 Q^2}{A^2 R^{4/3}} \right) - q_l v_{lx} = 0 \tag{2}$$

連続方程式(1)と運動方程式(2)を4点陰差分法により解き、流量 Q 、流速 v 、水位 H 、水深 h 、流水断面積 A を求める。 q_l は横流入量で、工場排水量を与える。

水質(BOD) C は水質方程式(3)を時間分割法により移流方程式(4)、減衰方程式(5)および分散方程式(6)に分割し、流れの計算で求めた流速 v と流水断面積 A を用いて計算する。

$$\text{水質方程式} \quad \frac{\partial C}{\partial t} + v \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} \left(AE \frac{\partial C}{\partial x} \right) - kC + q_l C_l \tag{3}$$

$$\text{移流方程式} \quad \frac{\partial C}{\partial t} + v \frac{\partial C}{\partial x} = 0 \tag{4}, \quad \text{減衰方程式} \quad \frac{\partial C}{\partial t} = -kC \tag{5}, \quad \text{分散方程式} \quad \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} \left(AE \frac{\partial C}{\partial x} \right) \tag{6}$$

ここで、分散係数は $E = a|v|h$ で与える($a = 5$ とする)。 C_l は工場排水のBODである。

4. 工場排水規制の水質改善効果の解析

古綾瀬川、伝右川、毛長川の数箇所で工場排水 q_l を流入させて水質を計算する。工場排水規制の効果を示すために、工場排水のBOD(C_l)を400、200、100、50、25 mg/lと変えて水質計算を行い、手代橋のBODを算定し、比較して示すと図4のようになる。図4によると、工場排水規制により工場排水のBODを低下させることによる手代橋のBODの減少(工場排水規制の効果)を推定することができる。なお、図4は2000年1月18日~19日の流れ(大潮、堰橋流量0.95~1.33m³/s; 平均0.98m³/s)についての計算結果である。

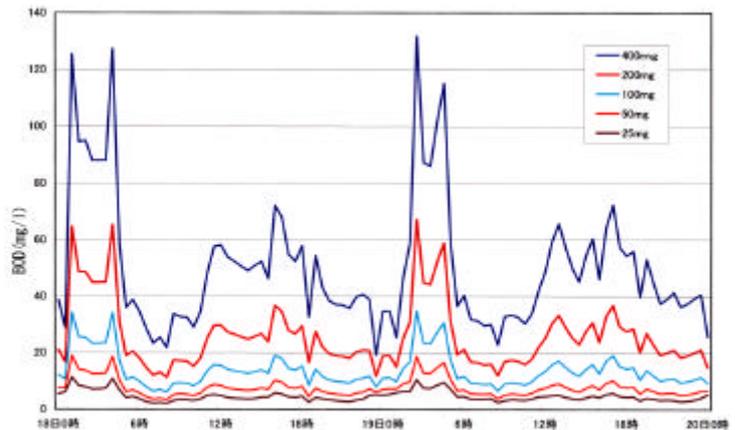


図4 綾瀬川・手代橋のBODと工場排水BODとの関係

5. おわりに

綾瀬川における工場排水規制による水質改善の効果を評価することを試みた。今後は工場排水規制の状況や下水道整備に関する資料を用いて計算精度を上げたいと思っている。

本研究の遂行にあたり国土交通省江戸川河川事務所および埼玉県環境部で測定された資料を使用させていただきました。記して謝意を表します。