

# 都市内中小河川のモデル解析

三上英敏 棗 庄輔 斉藤 修  
有末二郎 伊藤英司

## 要 約

本調査研究は、多くの要因によって様々な水質汚濁現象が発現する都市内中小河川の水質管理を的確に行うために、最も基本的な河川流量や河川流入負荷量等の環境因子と河川水質との関連を定量化することを目的としている。本報告では、帯広川を対象に水質現象を巨視的に把握しうる流出モデルを考案し、BOD、COD、SS、T-N、T-P、についてその妥当性を検討し、SSを除く4成分について都市内中小河川に対する本モデルの有効性を明らかにした。

## 1 諸 言

近年、生活排水による都市内中小河川の水質汚濁問題が社会的に関心が持たれ、各地域の「快適環境づくり」の一つとして「水辺とのふれあいづくり」について検討が試みられている<sup>1)</sup>。

一般的に、流域の都市化は中小河川に対して次の様な影響を与えている。第一に、十分処理されていない生活排水が流入することによって、河川水質が著しく劣化すること。第二に、森林等に代わり家屋や舗装道路等が拡大することによって、保水機能が低下して汚濁成分の流出率が高まること。第三に、治水対策が強く推し進められて、河川の蛇行部を直線化して滞留時間を短くし、かつコンクリート護岸するなどによって、自浄能力が低下すること等である。

このような都市内中小河川は、汚濁負荷の主体が時間的変動の大きい家庭排水や工場・事業場の排水であり、排出された汚濁物質は都市域の排水系統において残存堆積したり、或は降雨時に一挙に流出したり、その流出パターンは流水条件によって著しく変化し、河川水質が変動する大きな要因の一つになっている。

この劣化性かつ変動性を持つ都市内中小河川水質の管理を的確に行うには、河川流量や河川流入負荷量等の環境因子と河川水質との関係を巨視的に把握することが基本的かつ重要な課題である。

本調査研究では、種々の環境因子によって構成される河川水質(BOD、COD、SS、T-N、T-P)を予測するための有効で簡単なモデルを考案し、そのモデルの妥当性を都市内中小河川の性格

を有している帯広川を対象に現象追跡によって検証した。また、モデルを利用した河川水質管理の応用例の一つとして、シミュレーション解析を試み、その有効性を示した。

## 2 研究対象の概要

帯広川は流路延長44km、流域面積188km<sup>2</sup>を有する十勝川の支流で、日高山脈の帯広岳を源としている。源流から3~4km下ると平坦な畑地に達し、隣町の芽室町との境界沿いを流下しながら帯広市の東北部で十勝川に合流する。その下流域流域には、帯広市の人口16万人の約70%が居住しており、現在、下水道の普及が積極的になされているが、都市内中小河川が有する様々な水質汚濁問題をかかえている。

モデル解析の対象にした流域は、図1に示すとおりである。即ち、調査区間は都市域上流端の七線橋から末流点の十勝川合流前までの約12kmの間であり、調査地点として、本流5地点、支流



図1 帯広川の概略と調査地点

2地点, 工場・事業場4地点, 側溝7地点を設定した。

なお, 帯広川はいくつもの支流があるが, ここでは主な都市内小河川であるウツベツ川, 柏林台川のみを支流とし, 他はすべて側溝として扱った。また, 河川, 工場・事業場, 側溝の流量バランスの不足分を架空の側溝として扱い, 以後, 未調査側溝と称した。解析に用いたデータは, 平成2年7月, 9月及び10月に行った水質, 水量調査によるものである。

### 3 流出モデルについて

汚濁成分(BOD, COD, SS, T-N, T-P)の流下にもなう挙動を巨視的に把握するため, 物質収支を基本にした流出モデル<sup>2)</sup>を検討した。

物質収支の概念図を図2に, 収支式を式1に示す。ただし, 各ブロック内では完全混合が行われ

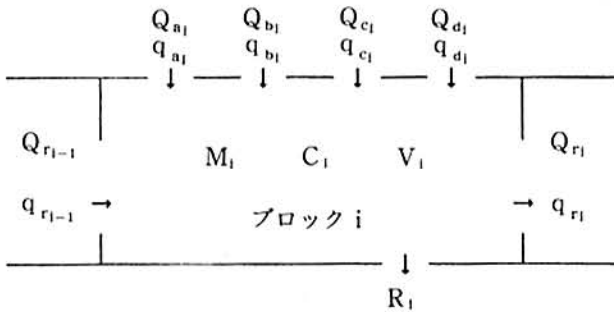


図2 物質収支の概念図

ると仮定した。

$$dM_i/dt = q_{r_{i-1}} - q_{r_i} + q_{a_i} + q_{b_i} + q_{c_i} + q_{d_i} - R_i \quad \text{式1}$$

ただし

$$q_{r_i} = M_i \cdot Q_{r_i} / V_i$$

$$R_i = M_i \cdot k / 3,600$$

$$k = \text{浄化係数 [1/h]}$$

ここで,

$M_i$ : ブロック i 中の物質現存量 [g]

$C_i$ : ブロック i 中の物質濃度 [g/m<sup>3</sup>]

$V_i$ : ブロック i の容積 [m<sup>3</sup>]

$R_i$ : ブロック i の浄化除去量 [g/sec]

$Q_{r_i}$ : 河川流下流量 [m<sup>3</sup>/sec]

$q_{r_i}$ : 河川流下の物質移動量 [g/sec]

また,  $Q_{a_i}$ ,  $Q_{b_i}$ ,  $Q_{c_i}$ ,  $Q_{d_i}$  はそれぞれ支流, 工場・事業場, 側溝, 未調査側溝からの流入流量 [m<sup>3</sup>/sec] を表し,  $q_{a_i}$ ,  $q_{b_i}$ ,  $q_{c_i}$ ,  $q_{d_i}$  はそれぞれ支流, 工場・事業場, 側溝, 未調査側溝からの流入負荷量 [g/sec] を表す。

具体的には, 七線橋, 南一線橋, 西七号橋, 西

三条橋, 十勝合前を境界とする4ブロックに分割し, 各ブロックの容積  $V_i$  を実測断面積と河川長から算定し, 七線橋の濃度と流量の実測値から算出した平均負荷量  $q_{r_i}$  を最上流の境界条件として用いた。

さらに, モデルの各パラメーターは次のように設定した。

(1) 河川流量と工場・事業場, 側溝の流量を実測平均値から設定。

(2) 未調査側溝分の流量を次式から算定。

$$Q_{d_i} = Q_{r_i} - Q_{r_{i-1}} - Q_{a_i} - Q_{b_i} - Q_{c_i}$$

(3) 各流入負荷量を設定。

$q_{a_i}$ : 支流負荷量 (実測値)

$q_{b_i}$ : 工場・事業場負荷量 (実測値)

$q_{c_i}$ : 側溝負荷量 (実測値)

$q_{d_i}$ : 未調査側溝負荷量

ただし

$$q_{d_i} = Q_{d_i} \cdot \Sigma q_{c_i} / \Sigma Q_{c_i}$$

(4) 浄化係数  $k$  を  $0 \sim 0.2$  [1/h] に設定。

時間幅  $\Delta t$  を1時間に設定して, 各ブロックの汚濁成分(BOD, COD, SS, T-N, T-P)量  $M_i$  が時間的に一定 ( $dM_i/dt = 0$ ) になるまで, 繰り返し計算を行った。

### 4 モデルの現象追跡

BOD, COD, SS, T-N, T-P の5項目の汚濁成分について, 河川流量に実測平均値を, 各種流入負荷量に最大と最小の実測値を用いて, 浄化係数  $k$  をパラメーターにして現象追跡を行った。

平成2年9月の調査結果を基にした現象追跡の結果を汚濁成分別に示すと図3~7のようになる。BOD, COD, T-N, T-P については, 浄化率は浄化係数  $k = 0.0 \sim 0.2$  の範囲で計算値と実測値がほぼ適合し, モデルは流下に伴う各成分(BOD, COD, T-N, T-P)の濃度変化を巨視的に把握するには十分有効であることが示された。またSSについては上述した成分と異なり, 浄化率を  $0$  [1/h] で追跡しても実測値がしばしば計算値を大幅に上回った。その理由の一つとして, 河床沈殿物の再浮遊現象等が考えられ, 本モデルに再浮遊の項をどの様に導入するかが今後の検討課題である。

なお, 7月及び10月の調査結果を基にした現象追跡は, 上述した9月分の結果と同様であり, BOD, COD, T-N, T-P については浄化係数  $k = 0.0 \sim 0.2$  の範囲で計算値と実測値がほぼ適合し, SSについてはこのモデルでは表現しきれな

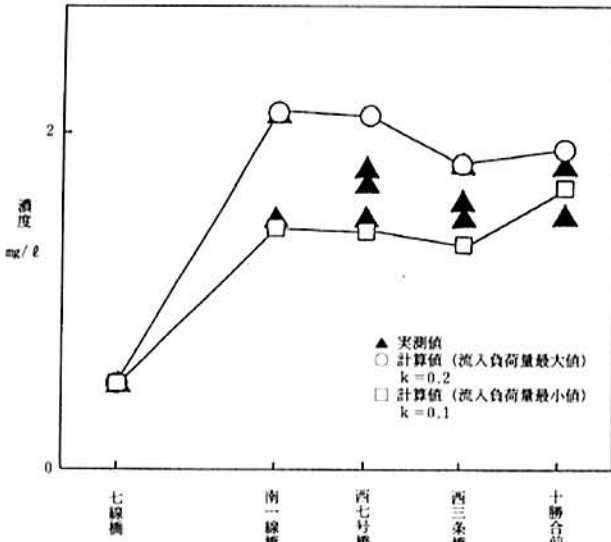


図3 BODの流下に伴う現象追跡結果

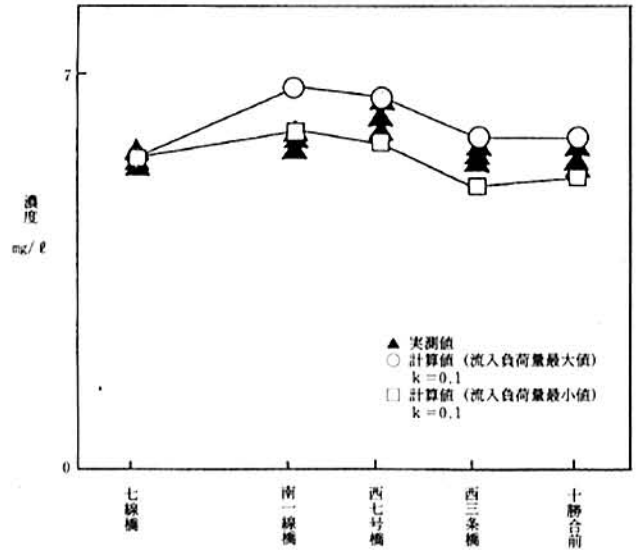


図6 T-Nの流下に伴う現象追跡結果

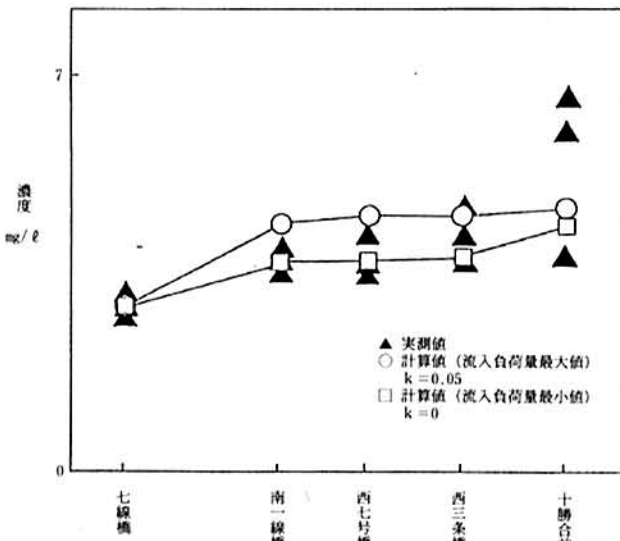


図4 CODの流下に伴う現象追跡結果

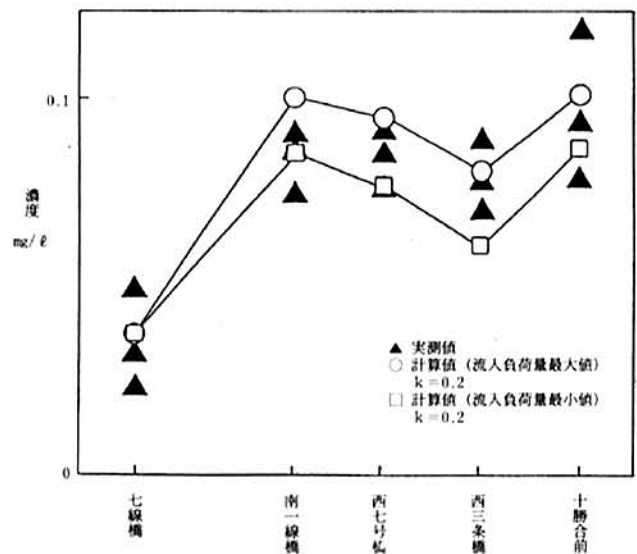


図7 T-Pの流下に伴う現象追跡結果

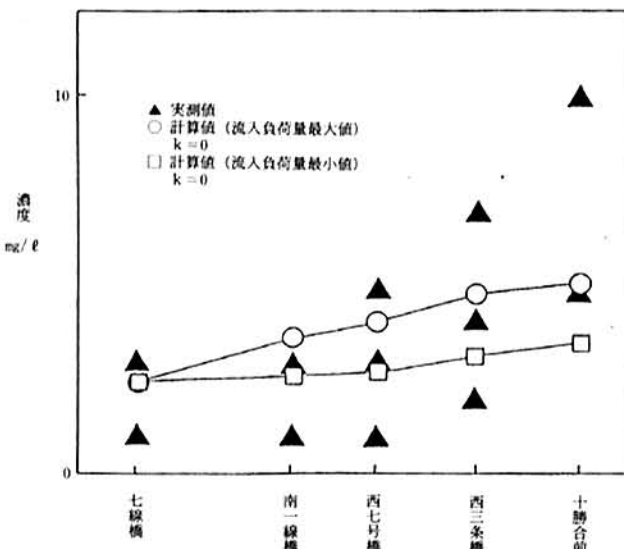


図5 SSの流下に伴う現象追跡結果

いことが示された。

### 5 モデルの応用

モデルの応用例として、現象追跡が可能と考えられる4成分(BOD, COD, T-N, T-P)について各種(支流, 工場・事業場, 側溝, 未調査側溝)の流入負荷が、河川水質にどの様に影響するかをシュミレートし、水質汚濁防止対策等の水質管理への有効性について検討した。

具体的なモデルの各パラメータは、①河川流量及び横方向からの各種流入負荷量にそれぞれ全調査結果中の最小実測値及び最大実測値を、②浄化係数に前述の現象追跡で適合した最大値を、それぞれ設定した。河川水質シュミレーションは、各種流入負荷量をそれぞれ種別に100%削減した場

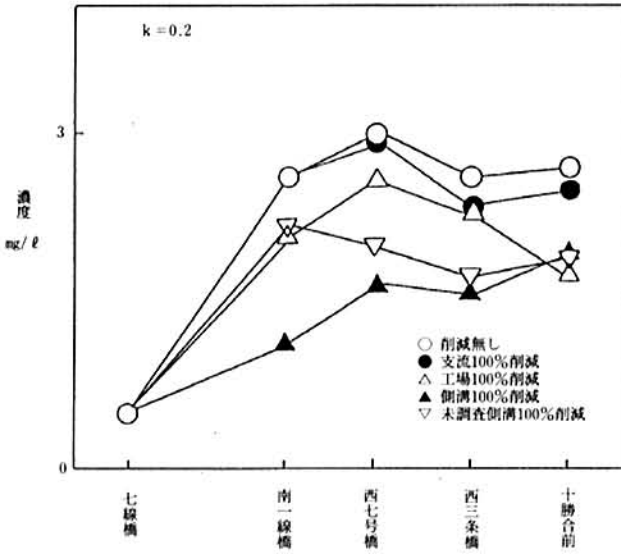


図8 BODのモデルシュミレーション

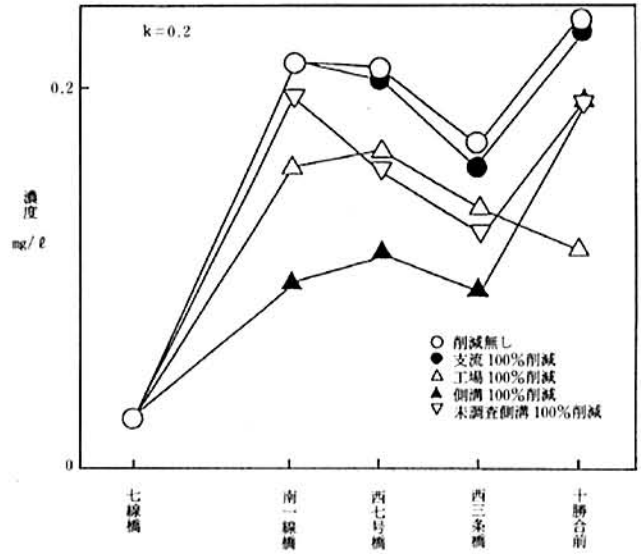


図11 T-Pのモデルシュミレーション

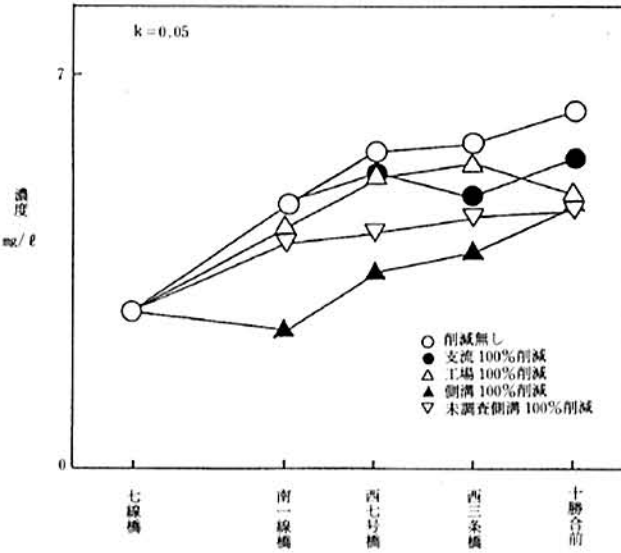


図9 CODのモデルシュミレーション

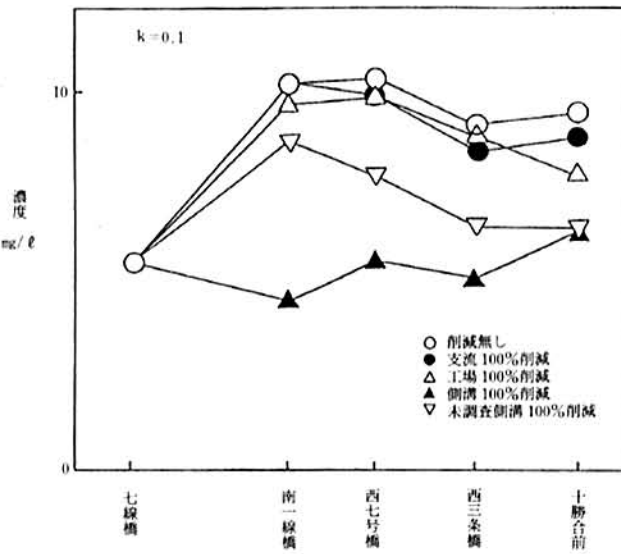


図10 T-Nのモデルシュミレーション

合について行い、その結果を成分別に図8～11に示した。

最も河川水質が良好な状態は、側溝からの汚濁負荷量を削減した場合であり、特に南一線橋より上流部の水質は他の区間に比較して改善されることが示され、南一線橋上流部の側溝が帯広川の水質を劣化させる大きな要因の一つであることが示された。また、十勝川合流前の水質は直前の工場・事業場から供給される負荷量によって大きく影響されること、柏林台川、ウツベツ川両支流の帯広川の水質に与える影響はさほど大きくないこと等が明らかとなった。これらのことから、帯広川の水質を改善するには、南一線橋上流部の側溝からの負荷量削減対策を優先するべきであると考えられる。

## 6 結 語

複雑な汚染要因を有し、水質の変動が大きい都市内中小河川を対象に流出モデルを考案し、帯広川を例にモデルの検証を行った。この結果、モデルは浄化係数を適切に選択することによって発現する水質汚濁現象を巨視的に把握し得ることが明らかとなった(但しSSを除く)。また、各種流入汚濁負荷量や河川流量をパラメータにし河川水質を管理する場合、このモデルによるシュミレーションが有力な手段の一つであることが示された。

## 参 考 文 献

- 1) 北海道快適環境づくり指針, 北海道 (1990)
- 2) 伊藤英司, 有末二郎, 棗庄輔: 北海道公害防止研究所報, 16, 45 (1989)

# Analysis by Simulation Model for Small Urban Rivers

Hidetoshi MIKAMI, Shosuke NATSUME, Osamu SAITOH,  
Jiroh ARISUE and Hideshi ITOH

## Abstract

A small urban river has different and peculiar phenomenon clue to the occurrence of water pollution. The water quality of a river is determined fundamentally by its river flux and the incoming degree of the pollutants. To manage the water quality of such a river, We have clarified the relationship between the water quality and the influence of these factors. In the Obihiro River, which is a small urban river, we designed a simulation model by which we could roughly estimate the water quality of a river from the existing factors, and suggested that the simulation model was effective on BOD, COD, T-N, and T-P for small urban rivers.