

都市内中小河川の水質汚濁解析と改善策の評価

鳥取大学工学部 正会員 細井由彦、正会員 城戸由能、鳥取大学大学院 学生員 帽田泰孝
鳥根県庁 正会員○柳楽弘行 (株)荒谷建設コンサルタント 正会員 吉田 仁

1. はじめに

本研究では、鳥取市街地中心部を流れる旧袋川を対象とし、現地観測に基づいた流動・水質予測モデルを作成し、旧袋川の流れ・水質の現況をまず明らかにした。そして、本河川の流域特性や流動・水質現況を考慮に入れ本河川に適用可能な種々の水質改善策の代替案を立案し、その効果を数値計算により予測し、水質改善効果と費用の両面から改善策を評価した。

2. 現地観測による旧袋川の流れと水質の実態

図1に示すように、旧袋川は新袋川を水源とし、鳥取市津地中心部を流れ3つの流入支川をもつ都市内中小河川である。汚濁源としては、下水道未整備区域の他、下水処理場があり、処理場からの平均放流量は河川平均流量の約47%を占めている。1994年8月6日および8月7日にかけて行った現地観測結果の一例を図2に示す。

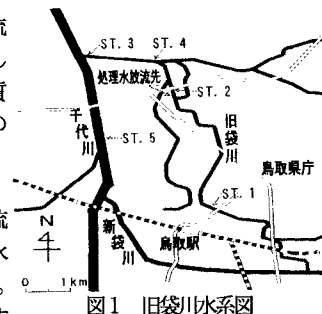


图1 旧袋川水系图

図2より、ST.2付近における逆流・流れの停滞、ST.1付近における安定した流れが観測された。また、ST.1に代表される上流域においては低濃度レベルで安定した水質、ST.2に代表される下流域においては高濃度レベルでの水質変動が観測された。さらに、ST.2付近におけるCOD濃度の時間変動と処理場からの放流量の時間変動は似ており、処理水放流口の直下流に位置するST.2付近の水質濃度レベルとその変動は処理場からの放流水に強く影響を受けると考えられる。

3. 旧袋川の流れ・水質の再現結果と考察

本研究で作成したモデルは、以下の連続式、運動式および水質濃度の収支式で構成されている。

連続式: $\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q$

運動式:
$$\frac{1}{gA} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{2Q}{gA^2} \frac{\partial A}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{|Q|Q}{K^2} = 0$$

水質 (COD, T-N) 濃度の収支式:

$$\frac{\partial(AC)}{\partial t} + \frac{\partial(AUC)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(AD_L \frac{\partial C}{\partial x} \right) - k_r CA + q' + \alpha \frac{da}{dx}$$

g : 重力加速度、 A : 流水斷面積、 t : 時間、 Q : 流量

q : 単位幅あたりの横流入量、 H : 水位、 x : 下向きを正とする距離

K : 通水能 ($K = AR^{2/3} / n$, n : マニングの粗度係数、 R : 径深)

U : 断面平均流速、 C : 断面平均濃度、 D_r : 移流分散係数

 q' : 単位幅あたりの横流入負荷量、 k_r : 汚濁物質除去係数

a : 河床面積、 α : 溶出・巻き上げ速度

旧袋川の流れ・水質の再現結果の一例として、図3にST.2における水位・流量とCOD濃度の再現結果を示す。下流域における逆流・流れの停滞そしてCOD濃度の高濃度レベルでの時間変動を再現できており、本研究で構築した流動・水質予測モデルは再現性の高いものであると評価した。

4. 水質改善策の代替案設計

旧袋川の流れ・水質現況を考慮に入れ、適用可能な種々の水質改善策について代替案を作成し、COD、T-N濃度について水質改善効果を数値計算により予測した。表1に水質改善策の代替案の目的と内容をまとめた。

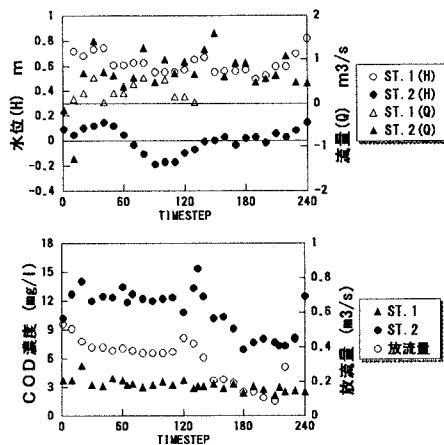


図2 現地観測結果の一例

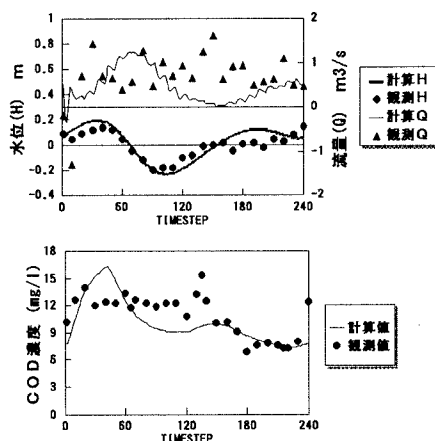


図3 ST.2における再現結果の一例

5. 代替案の水質改善効果の予測

代替案の水質改善効果予測の結果の一例として、図4に2つの観測点における各代替案のシミュレーション結果の75%値に基づく水質改善効果を示す。地点によって代替案の水質改善効果は異なり、ST. 2に代表される下流域においては下水処理施設の高度処理化、処理水放流先の変更、そして新袋川からの取水量の増加といった代替案、ST. 1に代表される上流域においては下水道普及率・人口水洗化率の向上といった代替案が効果の面で有効であるといえる¹⁾。

6. 水質改善策の代替案評価

水質改善策を効果と経済性の両面から評価するため、新たな施設を必要とする代替案は建設費および維持管理費、水洗化率を上げる場合には融資額等、浚渫については浚渫工事費を用い、既存施設の運用の場合には新たな費用はゼロとして各代替案の費用を算出した²⁾。

次に、代替案を効果・費用の両面から相対的な優劣を評価するため、効果と費用を無次元化し、地点別および3地点の水質改善の重要度を等しいと置いて合成し、河川全体の水質改善効果について3段階の代替案評価を行った。図5にST. 2における第1段階（COD）の代替案評価図を示す。図5をみると、ST. 2におけるCODに関しては、代替案N、Qが図中の右上に位置しており、他の代替案に比べて明らかに効果・費用の両面で優位であり、優先順位第一級の代替案として評価できる。代替案N、Qの優劣は、効果を重視すると代替案N、経済性を重視すると代替案Qの優位性が高くなる。代替案N、Qを除いた代替案について同様の優先順位の評価を計3段階行った結果を表2に示す。代替案評価の特徴を以下にまとめる。

- ① ST. 3（河口付近）では総じて取水量の増加による希釈と処理水放流先の変更および高度処理による流入汚濁負荷量の削減といった改善策の優先順位が高い。
- ② ST. 2付近では放流口の近くに位置しているため、処理場からの放流水の影響が強く、河口付近同様の改善策の優先順位が高い。
- ③ ST. 1付近では流域全体からみると絶対量は少ない下水道未整備区域や未接続家庭からの負荷量削減策の優先順位が高い。
- ④ 3地点を等価合成した場合、第1、第2段階の代替案評価ではST. 3およびST. 2での優先順位と一致した選好結果となり、第3段階になってST. 1で優先順位の高い代替案が選好される。

7. おわりに

本研究では、水利権の調整、高度処理施設建設にかかる費用・時間、そして放流先の環境影響等の諸問題を考慮に入れ、実行可能な代替案を選択できるように多段階の代替案評価を行った。また、今回評価した代替案は必ずしも競合するものではないので、上流域の水質改善に寄与する水洗化や下水道普及率の推進といった基本的な対策に加え、新袋川からの取水量増加や高度処理施設の導入を同時に行うなど複合的な施策検討が重要である。本研究の代替案評価プロセスは上記の両面で有効であると評価できる。

本研究は平成6年度文部省科学研究費奨励研究(A)課題番号06750590(代表: 城戸)の補助を受けた。

参考文献

- 1) 細井他、旧袋川の水質汚濁機構のモデル化とその浄化対策の評価に関する研究、中国支部第47回講演概要集、平成7年度
- 2) 建設省都市局下水道部、流域別下水道整備総合計画調査指針と解説、p 80～p 81、(社)日本下水道協会、平成2年

表1 水質改善策の代替案

目的	内容
流入汚濁負荷量の削減	水洗化率の向上 B: 90.3%→95% C: 90.3%→100% 下水道普及率の向上 D: 52.6%→78% E: 52.6%→100%
河川の直接浄化	底泥の浚渫 F: 旧袋川全域を浚渫 G: ST. 2より下流域を1/4浚渫 H: ST. 2より下流域を1/2浚渫 I: ST. 2より上流域を浚渫
処理施設における処理能力の向上	高度処理化 J: 急速ろ過法 K: 急速ろ過法+凝集沈殿法 L: 急速ろ過法+凝集沈殿法+活性炭吸着法
汚濁物質の系外への早急な放出	放流先の変更 M: ST. 4 N: ST. 5 新袋川からの取水量の増加 O: 0.15m ³ /s→0.5m ³ /s P: 0.15m ³ /s→1.0m ³ /s Q: 0.15m ³ /s→2.0m ³ /s 処理場からの放流制御 R: 放流量・放流濃度一定 S: 逆流時・停滞時に一定濃度・流量で放流 T: 放流濃度一定

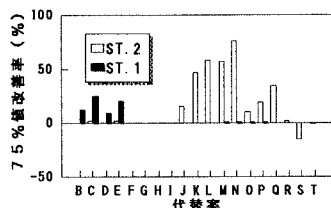


図4 改善効果予測結果の一例

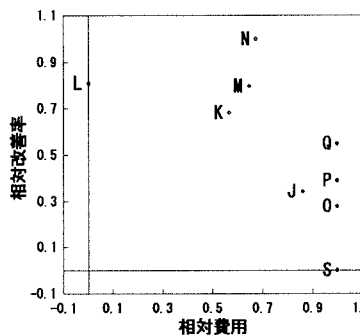


図5 ST. 2の第一段階代替案評価図

表2 代替案評価結果

	ST.3	ST.2	ST.1	3地点合成
第一級	Q N	N, Q	C E, O	Q
第二級	Q, K, L, N	M, P	Q P B D	N, P
第三級	R, S, M 以外 T, J	L, K, O	N, F	L, K, C O