

半閉鎖性水域の水質予測に関する研究 (I)

山口県衛生公害研究センター (所長: 田中一成)

溝田 哲・田中克正・今富幸也・山本征治
古谷誠治・松村 宏

Studies on Simulation of Water Qualities in Semi-closed Water Area (I)

Satoshi MIZOTA, Katsumasa TANAKA, Yukiya IMATOMI
Seiji YAMAMOTO, Seiji FURUTANI, Hiroshi MATSUMURA

Yamaguchi Prefectural Research Institute of Health (Director: Dr. Kazushige TANAKA)

はじめに

湖沼など、半閉鎖性水域の富栄養化による水質汚濁が問題となって久しい。この原因として、生活系排水からの汚濁負荷の割合が大きいといわれており、この削減対策が種々講じられている。しかし、いまだ決定的な方策はなく、流域内の人間活動の増大により排出負荷量は増し、水質の汚濁は進行している。

水質を保全するという観点からは、人間活動の変化がどの程度水質に影響を及ぼすかを事前に把握し、水質保全と人間活動の調和をはかり、水質の悪化を未然に防止する対策を講じることが必要である。

我々はこのような立場から、ダム湖を対象としてその水質を予測することを試みたのでその結果について報告する。

研究方法

1 対象ダム湖

山口市の北部に位置する一の坂ダムを選んだ。このダムは1983年に完成したもので、表1、2に示すように水質予測を試行する対象として規模的にも手頃であり、調査資料も比較的整っている。

2 対象期間

1985年～1989年の5年間とした。

3 対象項目及び予測の目標

(1) 汚濁負荷流入量

COD、TN、TPの3項目とした。これらの流入負荷量については実測データが得られないので、流入河川の水質を対象とし、日単位の再現を予測の目標とした。

表1 一の坂ダムの諸元

諸	元	内	容
位	置	山口市天花	
湛	水面積 (K ²)	0.14	
総	貯水量 (千 ³)	1485	
有効	貯水量 (千 ³)	1285	
平均	水深 (m)	10.6	
年間	回転数 (回/年)	9.1	
集	水面積 (km ²)	6.7	
流入	河川	一の坂川 二つ堂川	

表2 一の坂ダム流域の土地利用状況

全流域面積	市街地	山林	畑	水田
6.7 km ²	0.2 %	98.5 %	0 %	1.3 %

(2) ダム湖の水質

COD, TN, TP, DO の4項目とした。月平均値の再現を予測の目標とした。

4 予測の方法

予測方法の概要を図1に示す。これは、

- (1) ポルトグラフシミュレーションモデル¹⁾、
- (2) ダム湖の水質予測モデル。

の二つのモデルから成る。

ポルトグラフシミュレーションモデルは、浮田等^{1,2)}が提案したもので、図2に示すような構造を持っている。タンクモデルは、4段直列タンクモデルとした。

ダム湖の水質予測モデルは、図3に示すような構造を持つボックスモデルで、文献^{3~8)}を参考にして組み立てた。予測対象項目のうちCODはPCOD(SS態)とDCOD(溶存態)に分けた。

今回対象としたダム湖は、その水質が過去の調査資料から水平方向には均一として扱えること、水深方向では季節的に安定な成層が出来る事がわかっているので、1ボックス3層モデルとした。

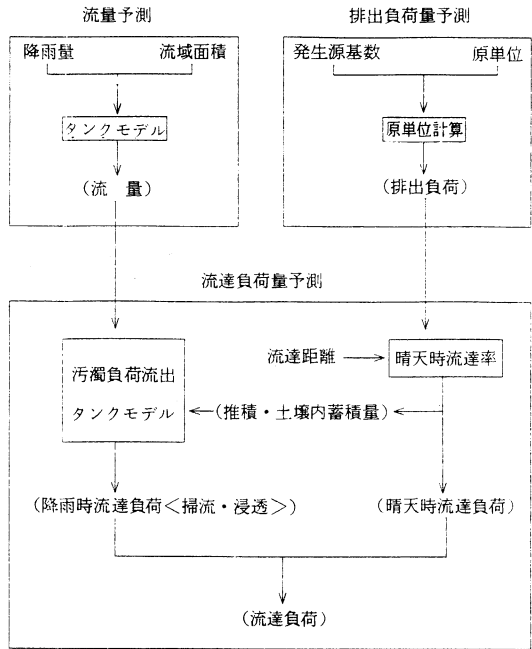


図2 ポルトグラフシミュレーションモデルの構造

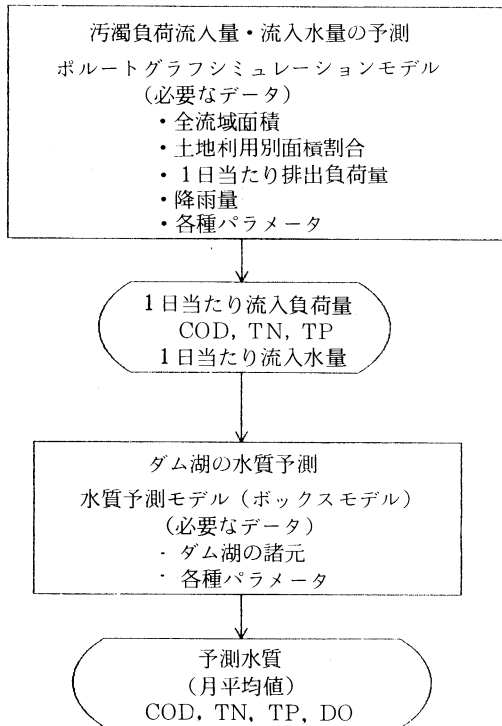


図1 水質予測方法の概要

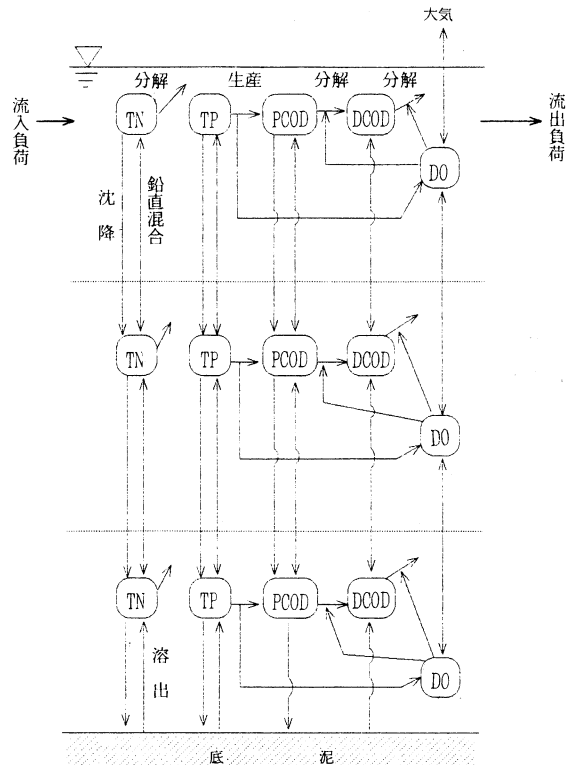


図3 ダム湖の水質予測モデルの構造

5 計算方法

タンクモデルと汚濁負荷流出モデルは、C言語で開発したプログラムで計算した。降雨量などの入力データは、計算期間分の実測値を用いた。汚濁負荷流出モデルの出力結果は、予測目標を考慮して水質濃度とした。32ビットパソコン（数値演算プロセッサ付き）を用い、計算ステップ0.25日で1年分の計算に前者が10秒、後者が22秒を要した。

ボックスモデルは、パラメータの設定と計算とは別のプログラムとし、前者はBASIC言語で、後者はFORTRAN言語でそれぞれ開発した。流入水質と流入水量は、計算期間分の日データを用いた。水温・バッキ係数等は月平均値とし、1年分の値を繰り返し用いるようにした。結果の出力は、予測目標を考え月平均値とした。同様に1年分の計算に13秒を要した。

6 用いた資料

原単位による排出負荷量は、山口県の流域別基本フレーム（1988）を利用した。降雨量及び流入水量の実測値（日データ）は、ダム管理事務所の測定値¹⁰⁾を利用した。水質データは、当所が奇数月に1回調査した測定値を用いた。流入水質については、流入2河川の平均値とし、ダム湖の水質は湖心の測定値とした。

7 パラメータの設定

各モデルとも文献値^{3~9)}を参考にし、予測期間の最初の3年間の実測値を再現するように、試行錯誤により決定した。

8 水質への人間活動（土地利用）の影響予測

流域が宅地開発され、市街地の面積が0.2%から2%に増加し、山林面積がその分減少した場合の水質を予測した。

結果及び考察

1 検証結果について

検証期間は、1988～1989年の2年間とした。その結果を図4～10及び表3、4に示す。

(1) 流入水量について

計算値と実測値の適合の目安としては、相関係数を用いた。図4、5から、個々を見ると大きな違いもみられるが、相関係数0.88が得られ、全体として満足できる結果が得られたと考えられる。特に大きく違っているところは、時間雨量が著しく多いために、タンクモデルの特徴から予測が困難な場合と考えられた。

(2) 流入水質について

適合の目安として相関係数と平均値及び次の条件を用いた。

$$\text{計算値} \times 0.7 \leq \text{実測値} \leq \text{計算値} \times 1.3$$

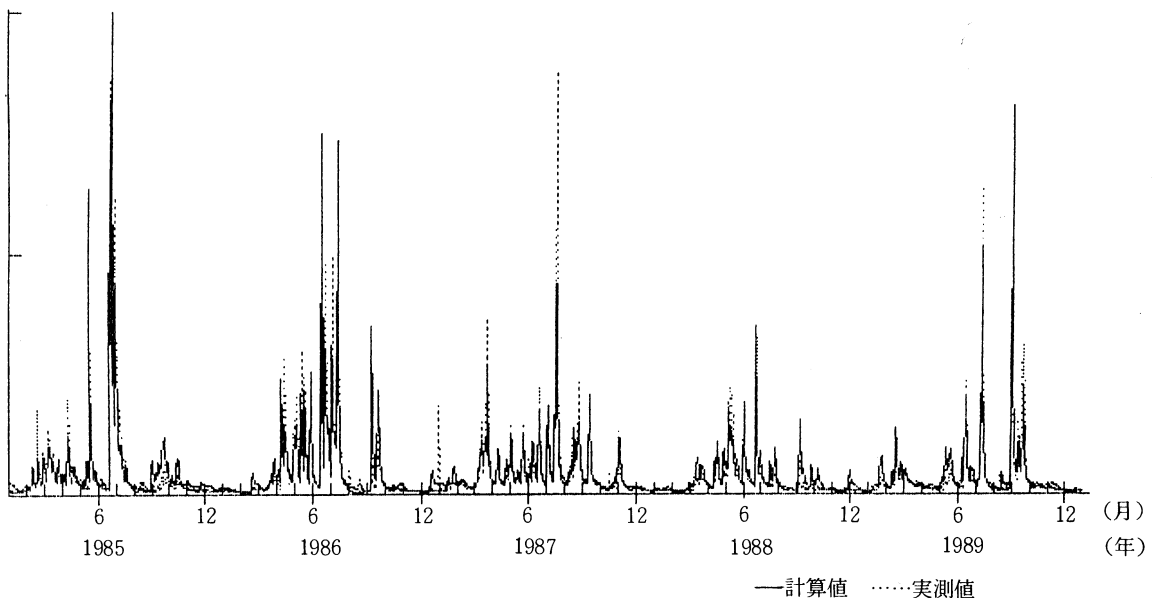


図4 流入水量予測結果

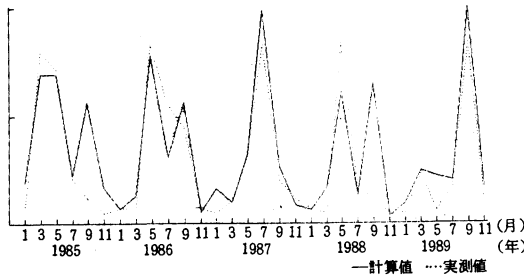


図5 流入水量予測結果 (水質実測日について)

表3 流入水量予測結果

	COD	TN	T-P
相関係数	0.02	0.12	0.14
実測値の平均値 (mg/l)	1.0	0.36	0.028
計算値の平均値 (mg/l)	0.8	0.33	0.029
適合範囲の割合 (%)	50	67	80

以下これを適合範囲とする。

図6及び表3から、CODを除いて値のレベルはよく適合していると考えられる。しかし、相関係数は小さく、実測値の変動を表現できていない。これは、CODの再現性ととも、モデルの実用化へ向けての今後の検討課題としたい。

TNを見ると試行の時より適合度が落ちている。これは、1987年ごろから実測値に上昇傾向が見られるにもかかわらず、計算値がこれを表現できていないことによるものである。この上昇傾向が何によるのかが明らかになれば、その関係因子をモデルに組み込むことによって、解決出来ると考えられる。

(3) ダム湖の水質について

適合の目安は、(2)と同様である。平均値(表4)を見ると、TNと表層のTPを除いて計算値と実測値はほぼ一致している。適合範囲の割合(表4)を見ると、CODは表層で92%が、中層で約70%が適合範囲に入っている。しかし、下層は50%と悪くなっている。DOも同様の傾向である。TPは、下層で75%と良く、上層にいくほど悪くなっている。TNは、全体に良くない。相関係数(表4)を見ると、どの項目も下層が一番大きい。以上から、値のレベルはTNを除き、実用化へ向けほぼ満足できる結果が得られたと考えられる。しかし、変動パターンの再現性は下層を除き満足できる結果

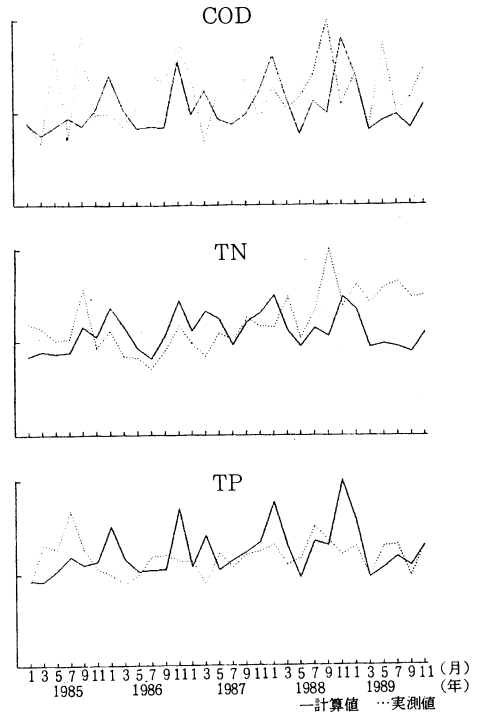


図6 流入水質予測結果

表4 ダム湖の水質予測結果

	COD	TN	TP	DO	
上層	相関係数	0.29	0.22	0.08	0.59
	実測値の平均値 (mg/l)	2.4	0.39	0.022	11.1
	計算値の平均値 (mg/l)	2.5	0.27	0.017	10.3
	適合範囲の割合 (%)	92	8	50	80
中層	相関係数	0.09	0.26	0.03	0.78
	実測値の平均値 (mg/l)	2.1	0.40	0.022	9.8
	計算値の平均値 (mg/l)	2.4	0.30	0.020	8.8
	適合範囲の割合 (%)	67	25	58	67
下層	相関係数	0.64	0.33	0.58	0.90
	実測値の平均値 (mg/l)	2.3	0.51	0.028	5.6
	計算値の平均値 (mg/l)	2.2	0.35	0.027	6.0
	適合範囲の割合 (%)	50	0	75	42

ではない。計算値にはいずれも一年周期の規則的な変動が見られるが、実測値ではDOの他は下層に見られるだけで上・中層には見られない。これには、流入水質の再現性、月1回の実測値を月の代表値としていること、そしてモデルそのものの適合性などが問題として考えられる。

今回は実測値が月に一回だけしか無く、これと予測値(月平均値)を比較して再現性を検討した。

しかし、水質には日間変動が有ると思われ、月

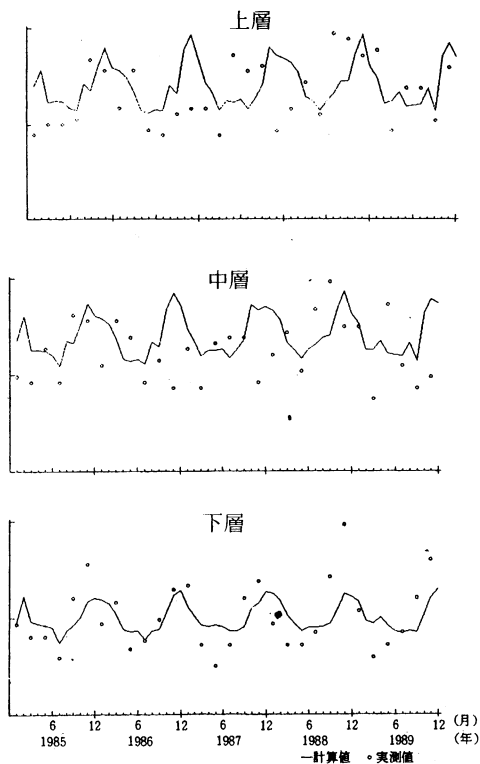


図7 ダム湖の水質予測結果 (COD)

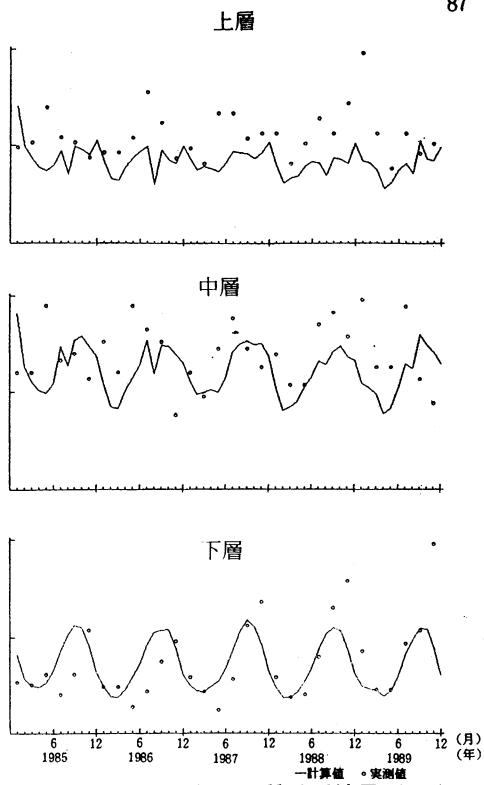


図9 ダム湖の水質予測結果 (TP)

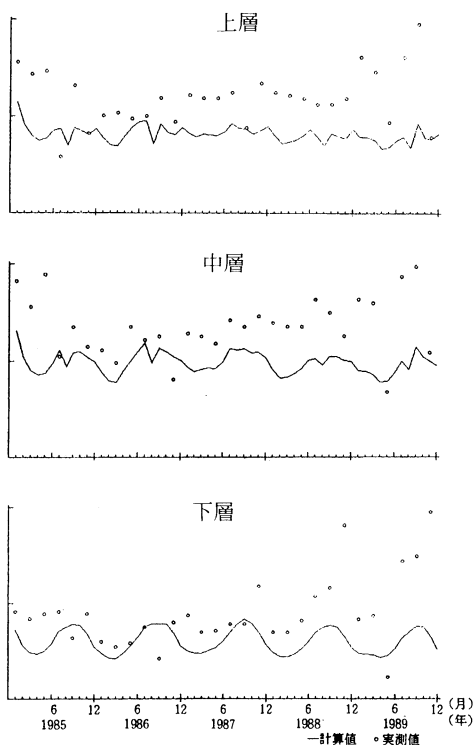


図8 ダム湖の水質予測結果 (TN)

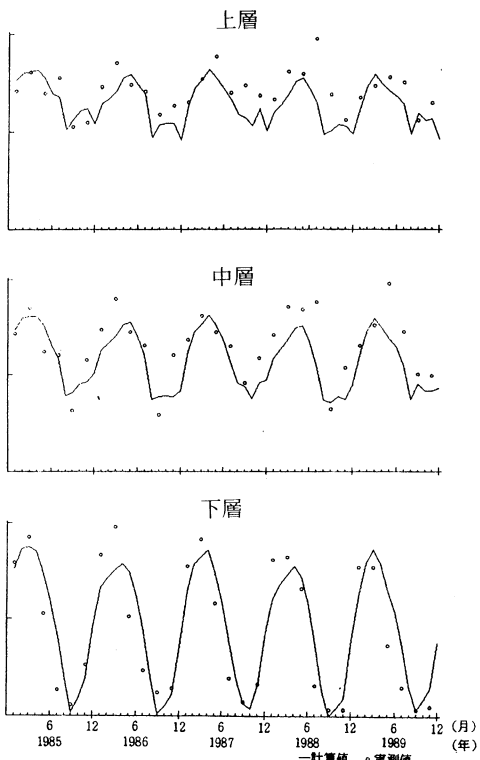


図10 ダム湖の水質予測結果 (DO)

表5 水質への人間活動の影響予測
(流入水質平均値mg/l)

COD	TN	TP
2.8	1.16	0.107

表6 水質への人間活動の影響予測
(ダムの水質平均値mg/l)

	上層	中層	下層
COD	5.5	5.2	4.8
TN	0.50	0.53	0.61
TP	0.033	0.038	0.050
DO	11.1	8.5	4.3

平均値と月に一度の測定値を比較するには無理があるように思われる。従って、予測値の再現性を検討するためには週一回くらいの実測値を用い、月平均値と月内変動の検討をしておく必要があると考える。

いくつかの問題点はあるものの、実用化への第一歩としては、まずまずの結果が得られたと考えている。

2 水質への人間活動の影響予測について

結果を表5、6に示す。表3～表6に示すとおり、市街地面積がわずか1.8%増加するだけで、流入水質の平均値が約3倍となる。ダム湖の水質も平均値で、CODが各層とも約2.1倍、DOが上層でやや増加するものの下層で約70%に減少し、貧酸素状態が強まる。従って、開発等による市街地化(宅地化)の水質への影響はかなり大きいことが示唆された。

まとめ

汚濁負荷流入量の予測から、ダム湖の水質予測までの、一連の半閉鎖性水域の水質予測システム

を作成して、一の坂ダムを対象としたシミュレーションを試み一応の成果を得た。しかし問題点も多く、その最も大きなものが、汚濁負荷流入量及び水質変動パターンの再現性が良くなかったことである。その原因を明らかにすることが今後の大きな課題と思われる。今後、流入水質の再現性の向上、多くの実測値によるモデルの再検討などを行い、実用に耐え得るものとし、県内の他のダム湖にも適用できるようにしたいと考えている。

最後に、本研究においてご指導いただいた、山口大学工学部教授浮田正夫博士ならびにご校閲いただいた当センター所長田中一成博士に深謝いたします。

また、流入水量などのダムに関する資料を快く提供していただいた一の坂ダム管理所の方々に感謝いたします。

文 献

- 1) 関根雅彦, 浮田正夫ほか: 衛生工学研究論文集, 22, 103~109 (1986)
- 2) 厚東川水系水質保全対策推進協議会: 専門委員会調査研究結果報告書, 198~207 (1988)
- 3) 浮田正夫, 中西 弘ほか: 土木学会論文集, 357 (II-3), 235~242 (1985)
- 4) 山本 務ほか: 香川県公害研究センター所報, 12, 29~36 (1987)
- 5) 田中铁次郎, 沖野外輝夫: 諏訪湖集水域生態系研究第1号, 73~90 (1978)
- 6) 沖野外輝夫ほか: 諏訪湖集水域生態系研究第7号, 63~68 (1981)
- 7) 細見正明, 須藤隆一: 国立公害研究所研究報告, R-117-'88, 87~107 (1988)
- 8) (社) 日本水質汚濁協会編: 湖沼水質管理指針策定調査, 90~100 (1985)
- 9) 松岡浩爾, 細見正明: 国立公害研究所研究報告, R-20-'81, 82 (1981)
- 10) 山口県一の坂ダム管理所: 一の坂ダム管理年表, (1985~1989)