

(6) TVゲーム：湖沼水質予測モデル

SIMULATION GAME, THE PREDICTION ON WATER QUALITY IN A LAKE

市川 新*・楠田哲也**, 山本唯夫***

Arata ICHIKAWA*, Tetsuya KUSUDA**, Tadao YAMAMOTO***

ABSTRACT: This paper deals with the simulation model for the prediction on the water quality on a lake. Of course, there are a lot of system or the models for this purpose, there were few systems that could be calculated by the dialogue type. In this paper, we have developed the new system, by putting the several values according to the request of the personal computer, and the results of the simulations are presented on the color display. We are sure that this model could be used on the occasion for the decision making at the first or second stage for the sewerage system, planning or the environmental assessment.

KEYWORDS; simulation, model, lake, water quality, personal computer, sewerage planning

1. 研究の目的

湖沼や河川の水質予測の必要性については、今更いうまでもない事であり、環境基準の設定・流域別下水道整備計画の策定・環境アセスメント等において欠かかすことの出来ないものである。それ等の場で用いられるモデルは夫々の目的・精度に応じて決定されており、それに必要なパラメーターの同定がなされている。実際には水質を決定する要因が多くかつそれ等が相互に関連し合っておりそれを完全に記述することが困難であり、かつ例えそれが可能であっても、それに関連するパラメーターを同じレベルで決定することに問題が残される。

そのためモデルを採用し実際にシミュレーションを行なうと色々な段階で不満が残る。それも大型計算機で実行され、一種の別室で行なわれた場合、その結果をフォローすることが出来ないことも不満を大きくするもとである。

このモデルないしシステムの目的としては、下水道計画なり水質保全計画の立案段階でその担当者や上司がその効果について議論し合い政策決定の基礎資料として利用するのに適するようなモデルの開発にある。そこで本研究では対話型で自から条件なりパラメーターを与えて、その場で結果を見ることが出来るようにし、更にその結果をカラーディスプレイで表示し結果を解り易くする工夫をしたものである。このことは、学生や関連部署の新任担当者の研修用にも使用出来るものと考えている。実際このモデルは、APO（アジア生産性機構）が開催している加盟13国の公害ないし環境関連の担当者の技術研修会に使用するために開発したものである。

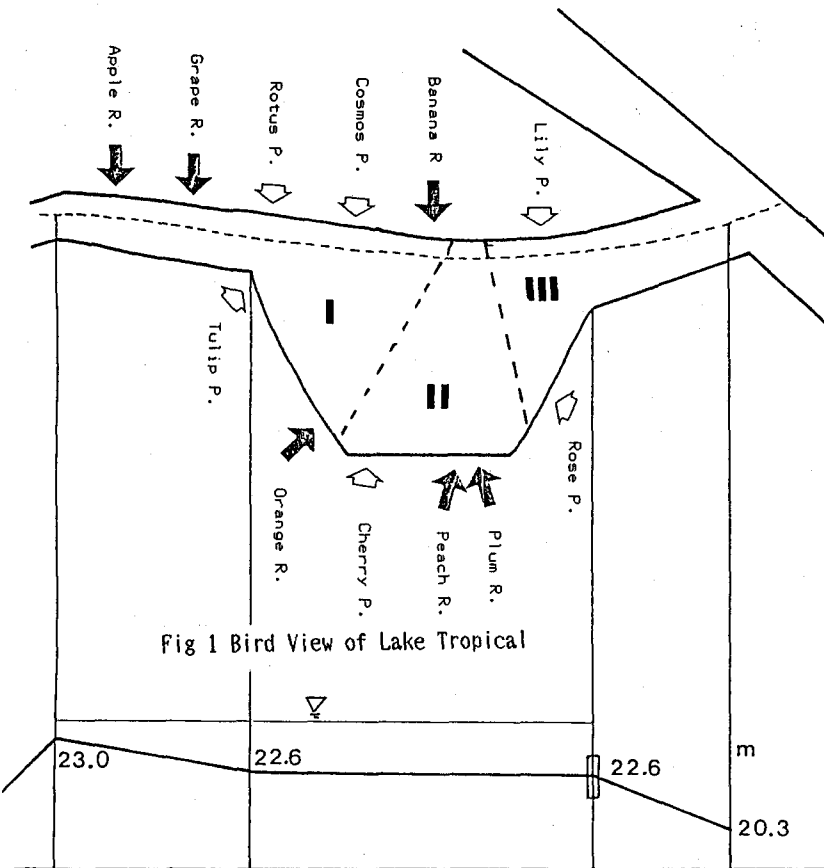
2. 必要な情報と器具

*東京大学工学部都市工学科, Univ. of Tokyo, **九州大学工学部水工土木工学科, Univ. of Kyushuu, ***日本電気株式会社OS事業本部, Nippon Electronics Compan

このモデルは研修用なのでほんらいなら仮想的な湖沼を用いても差し支えないが、具体性がないと問題の作成もしにくいことと、対象が遊離しがちになるので、印幡沼を模式化することにした。流域面積はほぼ同じとし、流入する主要7河川は同じとしたが、それ等の河川流域のみで全流域面積をカバーしきれず湖沼に直接流入する所が残るので、それを5つに分割し仮想的な排水路を設けて沼に流入することとした。湖沼・河川および流入排水路の名称は、計算機の文字数の関係から仮称を使用した。

各流域の人口・土地利用状況・工業や農業活動については、実際の数値を中心としてそれを若干修正する形で与えている。

降雨量・河川流量・同水質等の水文情報は印幡沼に関する千葉県の資料を其儘使用することとしている。流域の模式図を図1に示す。この沼に流入する河川は前述のように12河川であるが、灌がい用水 Daisy 河より取水し一旦この沼に入れそこから流域内の水田および畑に灌がいしている。また Apple 河上流では、通常時には流入のみとなっていて湖水は全て Daisy 河から排水されているが、出水期（湖面水位が海拔 23.0 m 以上の時）には Apple河より流出する構造となっている。この流域の諸元を表1に示す。



Tab 1 Informations on Lake Tropical

Surface area:	31.69 km ²
Depth maximum:	8.50 m
average:	1.24 m
Volume	38 × 10 m ³
Drainage Area area:	453.79 km ²

計算および結果の出力には、NEC社製の PC - 8801 を使用し画面表示はカラーTVを使用している。この機種は広く普及しており多くの場所で実演可能であることが、機種選定の理由である。また本システムはこの程度の計算機の能力の範囲内で計算出来るようなプログラム構造となっている。後述するように各種のパラメーターを変更して計算してもその演算時間は5ないし10秒の範囲であり、待つのに苦痛を感じることはない。

3. 流域の基礎条件

気象条件：流域の気象条件を表2に示す。ここでは簡単のために月平均のみを示した。雪はほとんどなく夏期の水温も 25.8 C\$ある。降雨量は年間 1032 mm と日本の平均からみると低い地域である。年間蒸発量は 664 mm である。

Tab 2 Climate Conditions

	rain fall mm	air temp. °C	water temp. °C	evapo ration mm
Jan.	15	1.8	3.5	20
Feb.	13	2.9	3.8	26
Mar.	113	8.3	8.5	47
Apr.	84	15.0	14.5	52
May	106	18.4	18.1	67
Jun.	123	22.0	21.9	90
Jul.	119	25.5	25.5	105
Aug.	242	25.4	25.8	110
Sep.	194	24.6	24.9	57
Oct.	43	18.4	19.0	41
Nov.	63	14.7	15.3	31
Dec.	17	7.3	9.5	18

湖水の水質：表3に水質とその将来目標値を示した。年平均でも CODは 10 mg/l を超えており富栄養化していることがわかる。富栄養化の制限因子である窒素・リンはいずれも限界濃度をはるかに超している。水質の月平均値を表4に示すが、これによると変動は大きい。表5は流入河川の水質を示したものであるが、これが流入河川の水質をどの程度代表しているかを明らかにすることは極めて困難である。というのは、表5に示した平均流量の合計は図2に示す流況曲線で見ると豊水量を上廻っているからである。水質の代表値を考えるに当っては低水量を考えるのが多く行なわれているので、水質シミュレーションを行なう場合には、この値から修正しなければならない。ここでは単純に「負荷量一定」という原理と、書河川流入量の合計値が沼への総流入量の低水量になるように比例した。

Tab 3 Water Quality in Lake Tropical

		p.H	BOD mg/l	COD mg/l	SS mg/l	DO mg/l	TN mg/l
Daisy R.	mean	7.3	2.0	2.9	21	9.2	2.17
	max	8.1	6.6	4.0	49	14.2	4.25
	min	7.0	0.4	1.6	9	5.4	0.42
L. Tropical	mean			10.2	22	12.	1.17
	max	9.7		14.	48	17.	3.68
	min	7.5		5.9	6	7.8	0.44
Target		6.5-8.5	2.0	3.0	5	7.5	0.2

流域の土地利用：表6は流域の土地利用状況を与えたものである。一部の河川流域において2段で記載しているのは流域内のブロック化において同じカテゴリーに入る土地利用区分が2ヶ所存在するケースを示している。工場については、実際は多数種が存在するが、ここでは単純化して2種（電気メッキと澱粉工場）にしてある。

人口分布：表7・8に人口数と人口密度を示した。ここでも単純化して工場地帯や森林地帯には人口はないものとしている。

排水処理状況：各河川流域における下水道および浄化槽の設置状況を表9に示す。ここでは、下水道（広義の解釈で浄化槽・汲取りも含めている）として、処理人口 2,500人以上をもつ大規模下水道、処理人口 300 - 2,500人程度の大型共同浄化槽、50 - 300人程度の小規模共同浄化槽、家庭用浄化槽および汲取り世帯に大別している。表9は各土地利用区分毎の人口構成比率を%で表示している。

Tab 4 Monthly Fluctuation in Lake Tropical

	BOD mg/l	COD mg/l	TN mg/l	TP mg/l
Jan.	4.0	6.5	0.42	0.04
Feb.	2.0	3.4	0.44	
Mar.	3.1	4.6	0.76	0.02
Apr.	3.5	4.4	0.47	
May	2.6	3.8	2.30	0.00
Jun.	1.7	2.7	3.07	
Jul.	1.8	3.7	1.56	0.01
Aug.	2.2	3.9	1.59	
Sep.	1.2	2.5	3.68	0.01
Oct.	1.2	1.5	0.89	
Nov.	1.0	2.2	0.53	0.04
Dec.	1.3	1.4	0.42	0.00

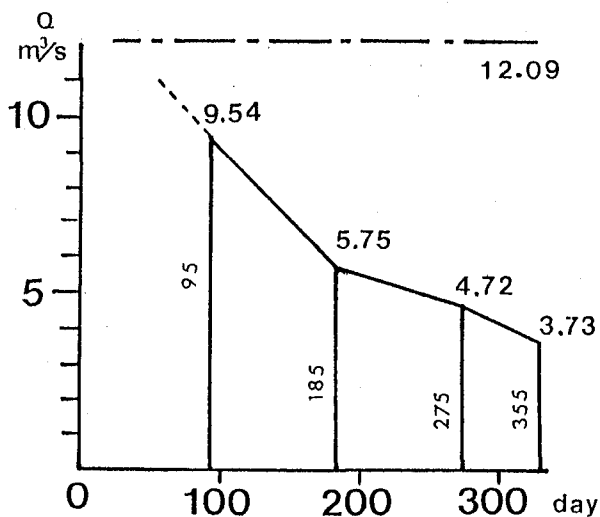


Fig 2 Probability of Inflow to Lake Tropical

Tab 5 Water Quality and Flux

	BOD mg/l	COD mg/l	T.N mg/l	T.P mg/l	Flux m³x3/s
Apple R.	17.7	16.1	10.6	2.2	0.96
Grape R.	8.7	10.5	6.8	1.6	0.36
Rotus P.	2.2	3.8	0.4	0.12	0.06
Cosmos P.	2.4	4.6	1.3	0.72	0.35
Banana R.	3.5	6.2	0.8	0.15	0.32
Lily P.	2.8	5.3	0.6	0.25	0.42
Rose P.	3.9	6.8	0.8	0.22	1.84
Plum R.	2.9	6.2	2.9	0.12	2.05
Peach R.	5.6	8.5	5.0	0.62	2.86
Cherry P.	3.1	4.5	0.4	0.21	0.35
Orange R.	8.3	13.2	7.2	1.16	0.83
Tulip P.	11.5	15.4	9.9	0.80	0.56

Tab 6 Population (thousand)

	High densed	Low densed	Paddy field	Field
Apple R.	88.80	24.56		3.86
Grape R.	53.92	13.23	2.72	5.53
Rotus P.			1.29	
Cosmos P.			3.58	0.51
Banana R.			2.86	3.89
Lily P.			8.36	0.96
Rose P.		10.00	5.58	2.54
Plum R.		8.47	0.06	23.23
Peach R.	40.23	35.61	2.62	23.90
		20.90		
Cherry P.			1.67	1.35
Orange R.	56.74	15.85		1.52
		12.34		
Tulip P.	38.96	9.30	3.32	
	27.35			

Tab 7 Population Density (person /ha)

	High densed	Low densed	Paddy field	Field
Apple R.	63.6	23.0		9.8
Grape R.	145.2	31.5	4.7	3.6
Rotus P.			4.3	
Cosmos P.			5.6	2.5
Banana R.			5.3	2.6
Lily P.			3.2	1.8
Rose P.		16.0	1.7	2.2
Plum R.		14.0	3.7	3.8
Peach R.	73.8	41.5	4.1	4.7
		14.0		
Cherry P.			3.1	4.1
Orange R.	96.0	21.5		6.2
		14.0		
Tulip P.	159.0	28.0	5.2	
	127.2			

Tab 8 Classification of Land Use Pattern km²

	High densed	Low densed	Paddy field	Field	Hog raising	Starch refine	Electro plating	Forest
Apple R.	13.92	10.68		7.88				
Grape R.	3.71	4.20	5.85	16.20				
Rotus P.			3.01					
Cosmos P.			6.40	3.18	0.76			
Banana R.			5.40	14.95	1.36			
Lily P.			26.53	5.31	1.30			
Rose P.		6.25	32.80	15.13		2.66		
Plum R.		6.05	4.19	57.14		1.73	3.37	
						2.24	2.80	
Peach R.	5.45	5.79 14.93	6.39	51.40	2.57	1.63	4.90	46.26
Cherry P.			5.37	3.32			0.68	
Orange R.	5.91	7.37 8.81		2.48			1.16	
Tulip P.	2.45 2.15	3.32	6.45					
Total	33.59	67.4	102.39	176.99	5.99	8.26	12.91	46.26

Tab 9 Actual Situation of Sewer Systems
(Percentage of Poulation)

	High densed					Low densed				Paddy field.			Field		
	A	B	C	D	E	B	C	D	E	C	D	E	C	D	E
Apple R.	9	12	22	31	26	12	35	8	45				23	28	49
Grape R.	14	15	25	34	12	6	24	20	50	8	18	74	12	23	65
Rotus P.										7	23	70			
Cosmos P.										12	25	63	8	16	76
Banana R.										10	11	79	4	15	81
Lily P.										8	18	74	3	12	85
Rose P.						12	14	35	39	2	13	85	1	12	87
Plum R.						8	12	27	53	4	20	76	3	23	74
Peach R.	0	8	12	42	38	16	30	15	39	3	15	82	6	18	76
						8	26	18	48						
Cherry P.										7	14	79	8	18	74
Orange R.	6	21	16	35	22	12	16	22	66				30	14	56
						16	23	19	42						
Tulip P.	3	31	18	21	27	12	24	32	32	14	23	63			
	4	33	22	26	15										

A: Large scale sewer system, more than 2500 person
 B: Middle scale sewer system, between 300 and 2500 persons
 C: Small scale sewer system, between 50 and 300 persons
 D: Septic tank system for individual houses
 E: Dry toilet system. Night soil of which have been emptied
 by vacuum car and tranported to the night-soil treatment plant

4. 水および汚濁物収支

沼に対する水収支は、単純化して次式で表現した。

流入量 = 降水 + 基底流量 + 農業排水 + 家庭排水 + 工場排水 + 畜産排水

降水：ここでは晴天時の水質を考えることにしているので、降雨による直接の出水は考慮しないで、降雨による中間流に近いものとして、月間降雨量を1日当りにしその7%が降雨による基底流量の増加分としている。

基底流量：比流量を考えることとしその値として 0.02(cum / sec / 100 sqkm) を採用した。

農業排水：灌がい水量として水田 12 mm, 畑 4 mm (いずれも日量) としそのうち、月間蒸発量 (日量になおしたもの) の 1.2 倍が蒸発 E するものと仮定した。この量の差 (I - E) の 20 % が流出するものとし残りの 80 % は地下へ浸透し将来の基底流量となるものとしている。処理場からの排水が直接湖沼に流

入している場合にはその負荷量を別途加えればよい。勿論蒸発量が灌がい量を上廻る時 ($1 - E < 0$) は農地からの排水はないものとしている。

家庭排水：家庭ないしは生活排水量は生活水準に反映されているので、表10 のように仮定した。すなわち表9に示したような排水処理に応じて用水使用量を定め、かつ夫々の処理基準を示している。家庭用浄化槽の場合はし尿のみを処理し雑排水は無処理で放流されるものとしている。そこでの水質は両者の混合排水の水質を示している。汲取り世帯の場合はし尿が流域外に搬出されし尿処理場で処理され沼にその処理水が流入しないものと考え負荷量はないものとしている。それ故、汲取り世帯からの排水の水質は、雑排水の水質である。

Tab 10 Water Consumption and its Quality

		A	B	C	D*	E
blackish water		280	230	200	60	20
gray water (ℓ/cap/day)					140	120
after treat- ment mg/ℓ	BOD	20	30	50	80	120
	COD	30	42	65	110	150
	TN	15	30	40	90	25
	TP	2	3	4	6	8

工場排水：電気メッキ工場からの排水には有機物がないものとし、かつ工場で完全に処理されているものと仮定し、負荷量は無視出来るものとした。唯用水量として 5 cum / ha/day を考慮することにしてはいる。澱粉工場については、流域の畑は全て馬鈴薯畑としそこからの生産量（原単位法で求めることとし 2.3 ton / ha）が全量澱粉工場に廻され、馬鈴薯当り 15 cum / ton の用水使用があるものとする。その排水は全て長時間曝気法で処理されその排水水質は BOD, COD, TN, TP 夫々 25, 32, 12, 5 (mg/l) であるものとする。

畜産排水：畜産は全て養豚とし飼育頭数を 33 / ha とし汚濁負荷量は人口等量で6人とする。この排水は活性汚泥法等で処理されるものとし、その処理水質はC（小型合併浄化槽）に相当するものとする。

次に汚濁物収支を考える。

負荷量＝家庭排水＋工場排水＋畜産排水＋基底流量＋Daisy Riverからの流入量

最初の3項については既に説明したので繰返さない。基底流量による負荷量はバックグラウンド値ともいうべきもので、BOD, COD, TN, TPを夫々 1.5, 2.0, 0.85, 0.0（いずれも mg/l）と仮定した。Daisy Riverからの負荷量は灌がい期間のみとし表4に示した水質で流入するものとしている。

以上の式で求めたものは「発生負荷量」ともいうべきもので、実際に沼に流入するものとは異なる。それは「流達率」という概念で説明される項が入っていないからである。そこで流達率 a を導入して、実際の流入量を推定することとした。本モデルでは、この流達率をパラメーターの1つとして考え、計算の都度与えることが出来るようにしている。実際の流達率は排水形態や水路の清掃状況により決定されるものである。

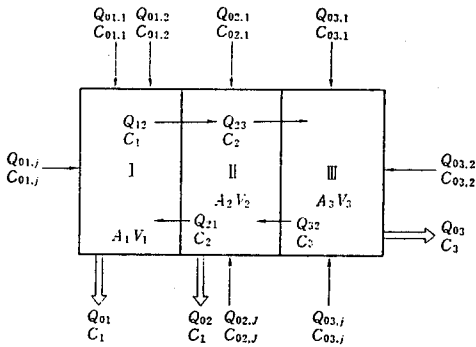
5. 湖内水質予測モデル

本モデルはダイナミックモデルであるが、計算を容易にするため、次のような簡略化を行なっている。

- 1) 湖内を図1に示すように3つに分割する。
- 2) 各ブロック内では水位および水質は定常であるものとする。
- 3) 各ブロック内では計算単位時間内で完全混合するものとする。
- 4) 隣接するブロック間の水の交換は平均流量に比例するが、その絶対量は小さい。
- 5) 湖内での反応および沈降は湖内水質濃度に比例するものとする。
- 6) 底泥からの溶出量はブロックによらず一定（湖面積に比例）する。

以上の仮定を用いて各ブロック毎に水の収支を取ると、次式で示される。記号は図3に示してある。

ここで仮定4項によれば、各ブロック間の実質交換量は次式で示される。



$$\frac{dV_1}{dt} = \sum Q_{01,j} - Q_{12} - Q_{21} - Q_{10}$$

$$\frac{dV_2}{dt} = \sum Q_{02,j} + Q_{12} - Q_{21} - Q_{23} + Q_{32} - Q_{20}$$

$$\frac{dV_3}{dt} = \sum Q_{03,j} + Q_{23} - Q_{32} - Q_{30}$$

$$\sum Q_{01,j} - \alpha Q_{12} - Q_{10} =$$

$$\sum Q_{02,j} + \alpha Q_{12} - \alpha Q_{23} - Q_{20} = 0$$

$$\sum Q_{03,j} + \alpha Q_{23} - Q_{30} = 0$$

Fig 3 Conceptual Flow and Notation

$$Q_{12} = \frac{1}{\alpha} (\sum Q_{01,j} - Q_{10}) \quad Q_{23} = Q_{12} + \frac{1}{\alpha} (\sum Q_{02,j} - Q_{20}) \quad Q_{30} = \alpha \cdot Q_{23} + \sum Q_{03,j}$$

式 3・5 の定常状態を考えると式 9・11 に書き直すことが出来る。

汚濁物質について同様に収支をとると式 12・14 のようにかける。同様に定常状態を考え、各項を整理すると次のように書ける。この式はC i を変数としたときの連立3元方程式であり、行列を用いて解を求めることが出来る。

$$\frac{dC_1 V_1}{dt} = C_1 (-Q_{12} - Q_{10} - b V_1) + C_2 Q_{21} + \sum C_{01,j} \cdot Q_{01,j} + \alpha A_1$$

$$\frac{dC_2 V_2}{dt} = C_1 Q_{12} + C_2 (-Q_{21} - Q_{23} - Q_{20} - b V_2) + C_3 Q_{32} + \sum C_{02,j} \cdot Q_{02,j} + \alpha A_2$$

$$\frac{dC_3 V_3}{dt} = C_2 Q_{23} + C_3 (-Q_{32} - Q_{30} - b V_3) + \sum C_{03,j} \cdot Q_{03,j} + \alpha A_3$$

$$B_{11} C_1 + B_{21} C_2 = E_1$$

$$B_{12} C_1 + B_{22} C_2 + B_{32} C_3 = E_2$$

$$B_{23} C_2 + B_{33} C_3 = E_3$$

$$C_1 = \frac{1}{D} \begin{vmatrix} E_1 & B_{21} & 0 \\ E_2 & B_{22} & B_{32} \\ E_3 & B_{32} & B_{33} \end{vmatrix}$$

$$C_2 = \frac{1}{D} \begin{vmatrix} B_{11} & E_1 & 0 \\ B_{12} & E_2 & B_{32} \\ 0 & E_3 & B_{33} \end{vmatrix}$$

$$C_3 = \frac{1}{D} \begin{vmatrix} B_{11} & B_{21} & E_1 \\ B_{12} & B_{22} & E_2 \\ 0 & B_{23} & E_3 \end{vmatrix}$$

$$B_{11} = Q_{12} + Q_{10} + b V_1$$

$$B_{21} = -Q_{21}$$

$$B_{12} = -Q_{12}$$

$$B_{22} = Q_{21} + Q_{23} + Q_{20} + b V_2$$

$$B_{32} = -Q_{32}$$

$$B_{23} = -Q_{23}$$

$$B_{33} = Q_{32} + Q_{30} + b V_3$$

$$E_1 = \sum C_{01,j} Q_{01,j} + \alpha A_1$$

$$E_2 = \sum C_{02,j} Q_{02,j} + \alpha A_2$$

$$E_3 = \sum C_{03,j} Q_{03,j} + \alpha A_3$$

$$D = \begin{vmatrix} B_{11} & B_{21} & 0 \\ B_{12} & B_{22} & B_{32} \\ 0 & B_{23} & B_{33} \end{vmatrix}$$

6. モデルの実演とコメント

実際のモデルにおいては、4章で説明した発生負荷量をあらかじめ計算しておき、それをプログラム内にインプットしておき、それを変更しながら、湖内水質を計算しその結果をグラフ表示するようにしている。以下画面を見ながら説明していくことにする。画面は1行ずつ表示され、こちらからの入力待ちの状態となる。ここでは紙面の関係からいくつかの入力をまとめて表示している。図中のアンダーラインしてあるのは本原稿用に後で記入したものであるが、アンダーライン部でカーソルが点滅し入力待ちとなり、入力したことを意味している。

1) 表題の表示：プログラムをスタート (RUN) させると Lake Tropical という表題が約 20 秒表示される。ここではその画面は省略してある。画面が消え、図4の表示となる。

2) 計算対象の水質因子：BOD, COD, TN, TP のいずれかを選ぶようにきてくるので必要に応じて指示された番号を入力する。

3) 計算記号の入力：シミュレーションを行なっている中に整理がつかなくなることを恐れて5文字以内の記号を入力する。

INPUT OF WATER QUALITY INDEX: 1 FOR BOD, 2 FOR COD
 3 FOR T.N, 4 FOR T.P? 1
 INPUT NAME and CASE No. in 5 chars. a1233

INITIAL CONDITIONS ARE AS FOLLOWS: If you want to change loadings,

- 1) shift cursor to the values which you want to change, by using arrow key
- 2) replace them with modified values,
- 3) shift cursor to the end of this line, and push return key.

Apple Grape Rotus Cosmos Banana Lily RosE Plum Peach Cherry Orange Tulip Daisy

1587 1073 0030 0554 1020 1035 0472 0859 3691 0085 1211 0985 1097

Apple Grape Rotus Cosmos Banana Lily RosE Plum Peach Cherry Orange Tulip Daisy

0087 0073 0030 0054 0020 0035 0472 0059 0091 0085 0011 0085 0097
 0087 0073 0030 0054 0020 0035 0472 0059 0091 0085 0011 0085 0097

Would you like to chnge coeff. of reduecation rate ?

Yes =1 No= 0?

Would you like to change coeff. of settling rate ?

Yes = 1 No = 0?

Would you like to change coeff. of release rate ?

coeff. =? 0.0005

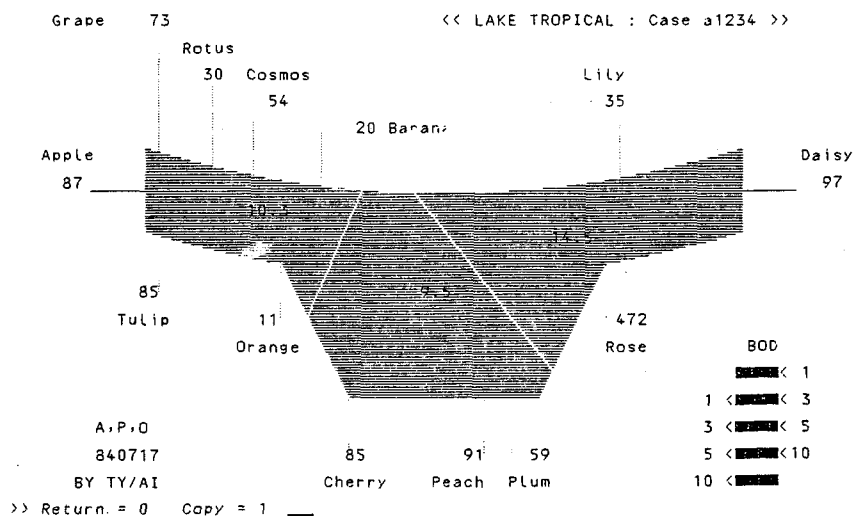


Fig 4 Computer Graphics

4) 初期条件の表示とその変更：各河川毎の水質因子毎の発生負荷量が kg/day の単位で表示され、カーソルは発生負荷量の欄の先頭の位置にある。図4のように各河川名の下に表示されるが、河川名の字数により、若干のずれがある。もしこの数値に対する湖内各ブロックの水質を計算する場合には、そのままリターンキーをおせばよい。もし変更したい時には、変更したい河川の所までカーソルを移動させ、キーボードから変更したい数値に変更する。この操作において変更しない河川の場合はカーソルを通過させるだけでよいが、カーソルは行の右端まで移動させなければならない。カーソルが右端にある状態でリターンキーを押すとその行の数値全体が夫々の発生負荷量として記憶されることになる。

5) パラメーターの入力：対話型で変更出来るパラメーターとして、流達率・沈降率・溶出率の3つである。この順に1つずつ変更の有無を聞いてくる。もし変更しない場合には0，変更する時には，1を入れる。するとこの行が消えてその行に新しい数値を入力するように聞いてくるので，その数値をいれリターンキーを押す3つのパラメーターが与えられたら，直ちに計算が始まり，画面が消え結果が表示される。

6) 計算結果の表示とその結果の印字：図1の流域図を画面上に書き水質濃度に応じカラー表示される。色は濃度の低い方から青，水，緑，黄，赤の5段階表示である。黄色より濃い濃度の場合は赤で表示されるようにしてある。なおこの画面上には，図6のように計算に用いた発生負荷量が河川毎に表示してある。この計算結果をプリントするには，1を入力すればよい。ただしプリントはカラーではない。1の代りに0を入力すると，画面が消え次の表示となる。そこで，1を入力すると図4の状態もどる。このときには先に変更した数値が保存されている。0を入力すると，計算結果とそれに用いた，パラメーターが表11のように表示される。

7. 考察と今後の課題

湖沼の水質を対話型形式で操作し簡単なモデルにより結果を求め，かつそれを解り易く表示した。目的の項で述べたように，政策決定の場や教育の現場で用いるのに適しているものと考えている。しかし本システムは更に改良を重ねていく必要があろう。主な点を記しておく。

- 1) 発生負荷量を直接入れるのではなく，そのベースとなる人口や工業等のフレームを入力出来るようにシステムを改良する。
- 2) 水質の季節変動を容易に出来るようにする。
- 3) 計算モデルをより厳密にするため，沼の分割を大にする。
- 4) 沈澱と溶出との間の現象をより厳密に記述する。具体的には沈降量が大となると，堆積量が増大しそれに伴って溶出量が大きくなるというメカニズムを入れたい。

謝辞：本モデルはAPO（アジア生産性機構）の開催した環境問題の研修会用に作成ものであり，そのような機械を与えて戴いた同機関の Dr.S.K.Subramanian ・大西克邦氏，に感謝する。

WATER QUALITY IN LAKE TROPICAL (mg/l)

UPPER	MIDDLE	LOWER
12.1	11.9	21.0

Coefficient of reduction rate = 0.250 (dimentionless)

Coefficient of settling rate = 0.02000 (1/day)

Coefficient of release rate = 0.001000 (kg/sq m/day)

Fig 5 Result of the Simulation