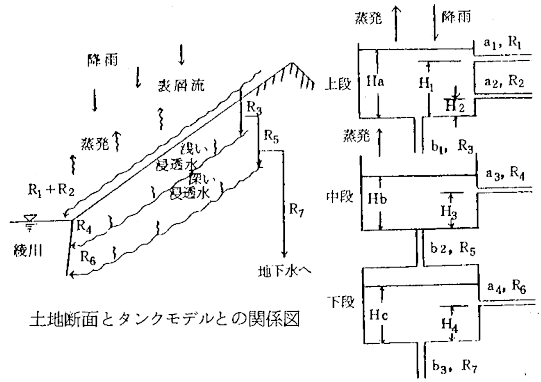


表1 府中湖流域に関する諸元

府中湖流域	区分	面積 km ²	割合(%)
水系別区分	1. 綾川集水面積	101.2	83.4
	2. 北条池 "	20.1	16.6
	計	121.3	100
土地利用別区分	1. 水田	20.7	17.1
	2. 畑	4.0	3.3
	3. 山林	65.8	54.2
	4. 市街地	26.8	22.1
	5. 転作	4.0	3.3
計	121.3	100	



3段直列タンクモデル図

4. 解析方法

流入負荷量を推定する方法には、実測による方法、原単位による方法等¹⁾がある。前者は短期間ならば実測が可能であるが、長期になると到底不可能で、後者についても府中湖流域における各汚濁源の原単位および流下過程における減衰率(流達率)を求め、流入負荷量を推定することは大変な作業を伴うことである。そこで、今回採用した手法は、流入負荷量 L ($L=Q \times C$, C は流入濃度)と、流入水量 Q との関係($L-Q$ 曲線, $L=a \times Q^b$, a, b は係数)をあらかじめ現地調査により求めておき、これにタンクモデルにより推定した特定日(あるいは期間)の流入水量 Q' を当てはめ、同流入負荷量 L' を求める方法で、同時に流入濃度 C' を求めることもできる。この方法は比較的簡単に流入負荷量を推定できるが、反面 $L-Q$ 曲線の精度が結果に大きく左右する。

図2 タンクモデル図

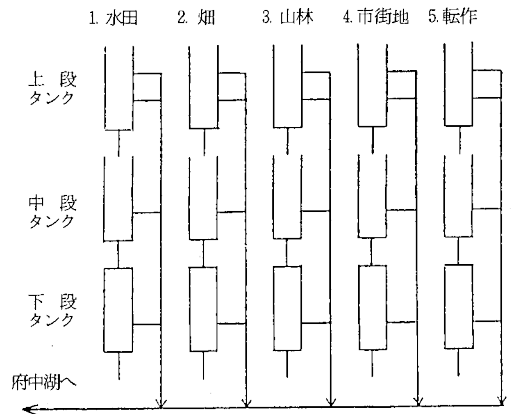


図3 府中湖土地利用別区分図

4-1 流入水量推定モデル

図2に示すとおり、3段直列タンクモデルとした。また、各段のタンクと土地断面との関係²⁾についてもその概要を示しておく。

モデルの基本的な考え方は次のとおりである。まず、降雨により上段のタンクに貯った雨水(H_a)が流出孔の高さ(H_1 , H_2)より高ければその差の貯留高 $(H_a - H_1, H_a - H_2)$ が流出孔の流出係数(a_1, a_2)に応じて河川へ流出するとし、一方、同タンク下部の浸透孔(b_1)からも同様に中段のタンクへ流出する。次に、タンクからの蒸発については Thornthwaite の式³⁾により求めた蒸発量(V)が上段と中段のタンクから蒸発するが、下段のタンクからの蒸発はないものとした。ただし、降雨があった日は蒸発はしないものとした。下段のタンクの浸透孔(b_3)からの流出水は地下水として貯わえられ河川へは流出しないとした。

本県の場合、年間降水量が1,000mm程度と少ないため雨水を貯わえる方法として各地に大小の溜池が整備されて

いる。このため、降雨のすべてが河川へ流出するとは限らず人為的な水の調整が行われていることが考えられる。そこで本タンクモデルについてもこの点を考慮し、降雨有効降下率(FR)、河川有効流出率(FF)の2つの係数を採用した。前者は降った雨の一部は途中、樹木、屋根等にトラップされ地面に落ちてこないとし、後者はタンクの流出孔から出た流出水の一部は河川での流下過程で地下へ浸透し、対象湖沼へは入らないとする。この2つの係数を用いることにより実測値(県営水道管理事務所)との整合性が向上すると考えた。

タンクモデルの基礎式⁷⁾及び蒸発量に関する式については次に示すとおりである。

① タンクモデルの基礎式(上段)

$$R_1 = a_1 \times FFU \times (H_a - H_1) \dots\dots\dots ①$$

$$R_2 = a_2 \times FFU \times (H_a - H_2) \dots\dots\dots ②$$

$$R_3 = b_1 \times H_a \dots\dots\dots ③$$

府中湖への流入量 Q は①, ②式より

$$Q = S \times (R_1 + R_2) \quad \dots\dots\dots ④$$

一方、貯留高Haの変化量は

$$dHa/dt = RN \times FR - V \times FVU - R_1 - R_2 - R_3 \dots\dots\dots ⑤$$

ここで、 $dHa/dt = \Delta Ha / \Delta t$ とし、 $\Delta t = 1$ 日とすると

$$dHa/dt = \Delta Ha \quad \dots\dots\dots ⑥$$

⑤と⑥式より1日の変化量 ΔHa は

$$\Delta Ha = RN \times FR - V \times FVU - R_1 - R_2 - R_3 \dots\dots\dots ⑦$$

次に、差分化により1日後の水位Ha(t+1)は

$$Ha(t+1) = Ha(t) + \Delta Ha \quad \dots\dots\dots ⑧$$

この式を連続的にくり返して水位を求める。

しかし、⑧式では計算精度がかなり荒いので以下に示すとおり、計算ステップの概念を取り入れ⑧式を

$$Ha\left(t + \frac{STP}{24} \times n\right) = Ha\left(t + \frac{STP}{24} \times (n-1)\right) + \Delta Ha \times \frac{STP}{24} \quad \dots\dots\dots ⑨$$

とする。今、仮りに計算ステップを6時間(STP=6)とすると、 $n=4$ ($STP \times n=24$)となり、1日後のHaを求めるためには4回計算をくり返せばよく、差分化による計算誤差を小さくする一手法である。なお、最適の計算ステップの検討については結果及び考察のところで述べる。

<記号の説明>

- R_1, R_2 : 流出高 (mm/日) t : 時間 (日)
- R_3 : 浸透高 (") RN : 降雨量 (mm/日)
- a_1, a_2 : 流出係数 (1/日) FR : 降雨有効降下率 (-)
- b_1 : 浸透係数 (") V : 蒸発量 (mm/日)
- FVU : 上段河川有効流出率 (-)
- Ha : 貯留高 (mm) FVU : 上段蒸発率 (-)
- H_1, H_2 : 流出孔高さ (") STP : 計算ステップ (時間)
- S : 集水面積 (km²) n : 計算回数 (回/日)

② 蒸発量Vの計算式

$$Ed = 0.5 \times (10 \times T / I)^a$$

$$\therefore a = (0.675 \times I^3 - 77.1 \times I^2 + 17,920 \times I + 492,390) \times 10^{-6}$$

$$I = \frac{12}{1} \left(\frac{T}{5} \right)^{1.514}$$

T : 月平均気温 (°C)

$$V = Ed \times FT \quad (\text{mm/日})$$

FTは気候あるいは季節により変化する係数であるが、文献^{8),9)}を参考に、FT=1とした。滝宮 AMeDAS のデータを用い計算すると、Vは0.1~4.3mm/日と求まった。

今回のタンクモデルの目的は、単に流量のみを推定すればよいので府中湖流域を土地利用の形態別に区分する必要はないが、将来、このモデルを用いて、汚濁負荷流出タンクモデル^{10),11)}を作成することを目途としているので、流域を図3に示すとおり5つの区分に分けて解析

を行った。

なお、府中湖へ流入する水は降雨の他に①導水、②事業場排水、③生活雑排水等が考えられるが、導水については実績がなく、事業場排水は800m³/日(届出値)、生活雑排水は3,400m³/日(流域人口21,500人×排水原単位160ℓ/日¹²⁾)で計4,200m³/日の水が定常的に流入していることになる。本来ならばこの水を市街地のタンクモデルへ入れるべきであるが、府中湖の平均流入水量160,000m³/日に比べその寄与は小さいと考え、これらによる影響はないものとした。

タンクモデルに用いる降水量のデータについては図1に示すとおり、3か所のAMeDAS観測所を選び検討した。

以上、タンクモデルに関する入力データ、パラメータ等については表2、3に示す。なお、表3中のパラメータの値は今回のモデルに用いた値である。

表2 タンクモデル入力データ一覧

No.	名称	単位	入力データの数	データの出所
1	降水量 1	mm/日	365日×3年+1	滝宮 AMeDAS 資料
2	" 2	"	"	財田 "
3	" 3	"	"	竜王山 "
4	蒸発量	"	12月×3年	滝宮 " より計算

表3 タンクモデルパラメーター一覧

No.	名称	記号	単位	値				
				水田	畑	山林	市街地	転作
1	土地利用区分	S	km ²	20.7	4.0	65.8	26.8	4.0
2	降雨有効降下率	FR	-	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
3	上段蒸発率	FVU	-	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	中段 "	FVM	"	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	下段 "	FVL	"	0	0	0	0	0
4	上段河川有効流出率	FFU	-	1	1	1	1	1
	中段 "	FFM	"	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	下段 "	FFL	"	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
5	上段洪水用流出孔高さ	H ₁	mm	55	45	55	30	45
	上段流出孔高さ	H ₂	"	30	20	25	15	20
	中段 "	H ₃	"	10	10	10	10	10
	下段 "	H ₄	"	5	5	5	5	5
6	上段洪水用流出係数	a ₁	1/日	0.6	0.5	0.4	0.8	0.5
	上段流出係数	a ₂	"	0.3	0.3	0.2	0.4	0.3
	中段 "	a ₃	"	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	下段 "	a ₄	"	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
7	上段浸透係数	b ₁	1/日	0.15	0.20	0.25	0.10	0.20
	中段 "	b ₂	"	0.045	0.045	0.045	0.045	0.045
	下段 "	b ₃	"	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
8	上段初期貯留高	Ha	mm	0	0	0	0	0
	中段 "	Hb	"	12	12	12	12	12
	下段 "	Hc	"	200	200	200	200	200

4-2 汚濁負荷量モデル

河川等から湖沼への流入負荷量を把握する方法として、一般に負荷量Lを流量Qの指数型関数としてとらえた $L = a \times Q^b$ (L-Q曲線) モデルが用いられている(図4)。今回、このモデルを用いて負荷量を推定することとした。

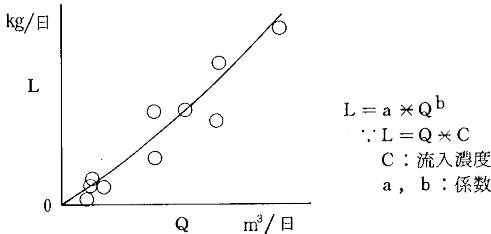


図4 L-Q曲線図

府中湖に流入する河川等は綾川の他に北条池がある。各水域における調査地点は、綾川は府中湖上流の滝宮流入地点で、北条池は府中湖へオーバーフローしている堰部(表層水)である。調査項目等については、流速、COD、T-N、T-P等の汚濁物質を月1回の割合で1年間(62年度)調査した。なお、L-Q曲線の精度を向上させるために、流量Qの変動が大きくなるように調査日を配慮した。

このモデルの特徴は、一般に河川の流量変動はその流域に降る雨によりほとんど決定されるとし、人為的な流量の操作(導水、上流のダム)までは考えに入れれない。また、例えば、上流に高濃度の汚濁物質を排出するような汚濁源が存在し、その排出濃度の日(または月)変動が激しい場合にも不向きである。

綾川水系については、後者の高濃度汚濁源に相当するものは存在しないが、前者については上流に長柄ダム(湛水面積0.36km²、貯水量380万t、流域面積32km²)の他、大小の溜池約1,500個が存在¹³⁾人為的な水量の調整が行われている。

次に、河川は降雨に対し比較的敏感に反応し、水量の増加、濁流となって雨の影響が現れるが、北条池(湛水面積0.38km²、貯水量132万t)のように雨に対して緩衝能力の大きな溜池にまでこのモデルを適用できるか否か、また同池内での内部生産による影響についても問題が残る。

これらの問題点については、計算ステップの検討同様、結果及び考察のところで検討することとする。

4-3 流入汚濁負荷量の推定

流入負荷量の推定手順は次のとおりである。

タンクモデルを用い、府中湖へ流入する全流量を降水量を基に算出し、これを綾川、北条池の各集水面積比

(0.834と0.166)で配分し各水系の流量を推定しておく。次に、62年度の調査で求めた2水系別のL-Q曲線に上記の推定流量をあてはめ、それぞれの水系について流入負荷量を求める。そして両水系の負荷量を合計(濃度の場合は加重平均)して府中湖へ流入する負荷量(及び濃度)を推定する。流入濃度については、湖沼水質シミュレーションモデルの入力データとして大切な因子であるので算出した。濃度Cの算出に関しては次式のとおりである。

$$L = a \times Q^b \quad \dots\dots\dots ①$$

$$\text{ここで、} L = Q \times C \quad \dots\dots\dots ②$$

$$\text{①、②式より、} Q \times C = a \times Q^b \quad \dots\dots\dots ③$$

$$\text{よって、} C = a \times Q^{(b-1)} \quad \dots\dots\dots ④$$

④式から、bの係数が1より大であれば流量が増せば濃度は高くなり、逆にbが1より小さければ濃度は低くなり希釈されると考える。bが1の時は流量(降水量)に関係なく濃度は一定となる。このため、a、bは河川の特徴を表す係数であるといえる。

5. 計算方法等

パソコンはPC-9801シリーズを用い、プログラム言語はMS-DOS上のN 88 BASICによった。本プログラムは3つのプログラムと1つのデータファイルから成る。

①: L-Q曲線のa、bの係数を求めるプログラム

②: タンクモデルにより、流量を推定するプログラム

③: ①、②の結果を基に流入負荷量(濃度)を求めるプログラム

④: 降水量(1,096日分)のデータファイル

①は実測値から係数を最小二乗法により算出し、③は①と②で得られた結果から負荷量(濃度)を推定するプログラムで、両者とも簡単なプログラムである。一方、②のタンクモデルについては105個のパラメータを用い、3年間、1,096日分について④のデータファイルを基に流量を推定するプログラムであり、係数のフィッティングにかなりの労力と時間を要する。ちなみに、本プログラムサイズは約11Kバイト、計算時間は3年間(12時間ステップ)で約20分かかる。結果の出力はCRTにはその都度5区分毎の流出量を、LPT、FDには計算終了後に1,096日分の必要な情報を出力させた。

結果及び考察

タンクモデルとL-Q曲線を用い、3年間(1,096日)について、流入汚濁負荷量および同濃度を推定した。

1. タンクモデルによる流入水量の推定結果

府中湖の場合、同湖へ流入する水量は同管理事務所で

1-2 計算ステップの選定結果

降水量については滝宮局のデータを用い、最適な計算ステップを検討した。

計算ステップを24時間とした場合、本プログラムでは当日の降雨すべてが1日遅れて湖へ入ることになり、12時間ステップでは当日の降雨の半分がタイムラグなしで湖へ入り、他の半分は1日遅れて入ることになっている。従って、1日のうちどの時刻に雨が降ったかによっても計算結果に影響を与えることになるが、本プログラムは時間雨量までは考慮していないし、測定誤差等を加味すると、そこまで考慮する必要もないと考えている。

計算ステップは、24、12、6、3、2、1時間を選んだ。結果については表5に示し、散布図については60年度について図6に示す。選定については、散布図の形状等の他、パソコンの計算時間も考慮した結果、12時間ステップを採用した。

表5 計算ステップの選定結果

計算ステップ	項目	年度		
		60 (n=365)	61 (n=365)	62 (n=366)
1	24時間ステップ	相関係数 r=0.859	0.890	0.959
		回帰式 y=0.68x+48	y=0.73x+30	y=0.90x-23
2	12時間ステップ	相関係数 0.929	0.887	0.945
		回帰式 y=0.88x+16	y=0.90x+9	y=1.27x-107
3	6時間ステップ	相関係数 0.927	0.871	0.907
		回帰式 y=0.90x+13	y=0.93x+5	y=1.32x-117
4	3時間ステップ	相関係数 0.923	0.861	0.883
		回帰式 y=0.91x+12	y=0.94x+4	y=1.32x-116
5	2時間ステップ	相関係数 0.921	0.857	0.874
		回帰式 y=0.91x+12	y=0.94x+4	y=1.32x-115
6	1時間ステップ	相関係数 0.919	0.853	0.865
		回帰式 y=0.91x+12	y=0.94x+4	y=1.32x-114

注) x : 計算値 (×10³m³/日) 降水量データは滝宮局
y : 実測値 (")

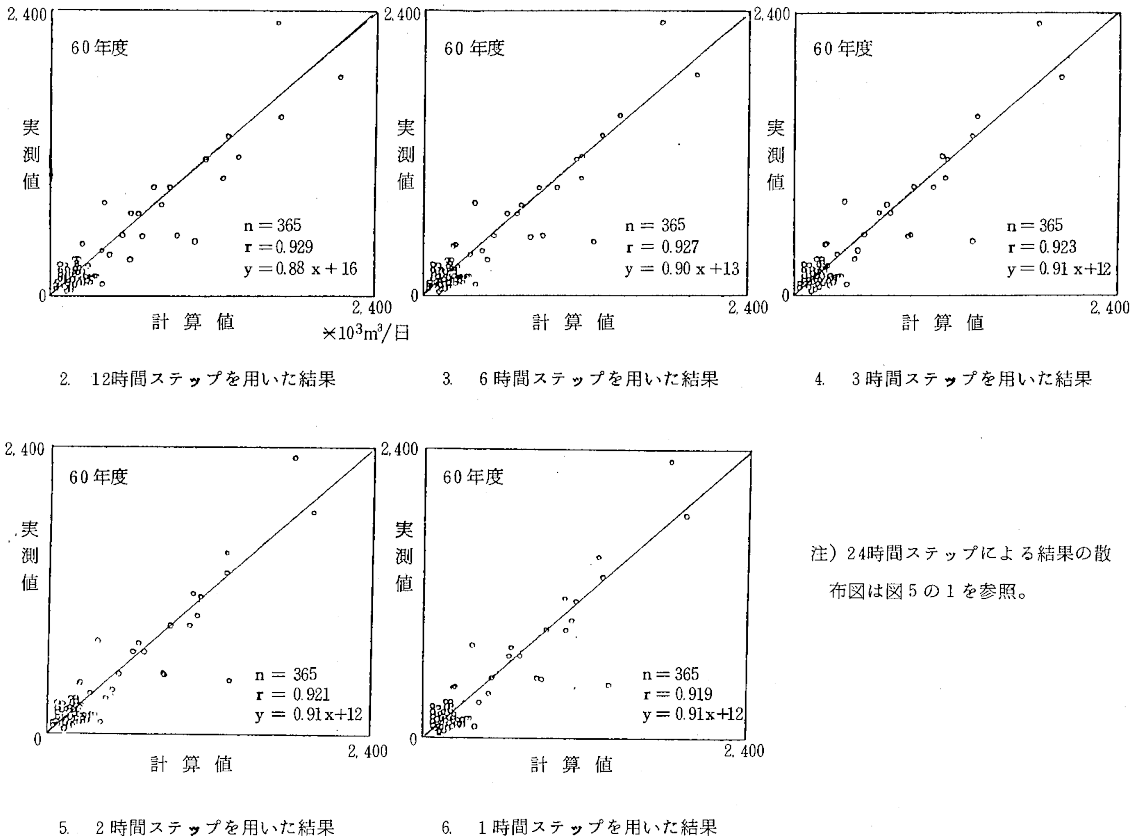


図6 計算ステップの選定結果(60年度)

今回用いた係数の値については表2に示すとおりである。3年間の計算結果については実測値と対比させ表6、図7に示す。なお、計算に用いた滝宮局の降水量データ及び地下浸透水量の計算結果についても示しておく。

長期にわたり流出水量を再現できるタンクモデルを完成させることは難しいとされている。今回の結果によれば、表6より流入水量のうち、最高値、平均値、標準偏差について60、61年度は実測値と比べ、ほぼ満足できる結果であると考えている。しかし、62年度については、最高値では実測値の方が、平均値では逆に計算値の方が高く評価されている。この原因の1つには62年10月17日の台風19号による集中豪雨（208mm/日）の影響が考えられる。1日のうちに1年間の総雨量の約1/5が降ったことになり、府中湖に1,260万tの水が流入しており、この量は同湖の最大貯水量850万tの1.5倍に相当する量である。本タンクモデルは3年間全体の整合性を向上させることを主目的としているので、このようなケタはずれの降雨に対してまでは現象を再現できない¹⁵⁾

次に、水収支について検討する。本県における降雨に関する水収支は、全降水量を100%とすると、河川流出量50%、蒸発量32%、地下浸透水量18%と試算¹⁷⁾されている。一方、今回の府中湖に関しても流入水量の実績により3年間の平均は46.4%と求まっており、上記の県全体の試算値と大差はないのでこれらの値を参考にすると、

流入水量の51.3%は妥当な値と考えているが、蒸発量は32%に比べ24.5%とやや小さく、地下浸透水量は逆に大きくなっている。これについてはタンクモデルからの蒸発量をもう少し大きくすれば良いと思われるが今後の課題としたい。

図7の1は3年間の滝宮局の降水量データを、2及び3は同計算結果をグラフ化したものである。降水量と流入水量及び地下浸透水量との関係が把握できる。たとえば、図7の2の流入水量について、実測値は降雨後すぐに流量が低下（いわゆる鉄砲水）し平常流量にもどっているが、計算値はやや右側へ尾を引く傾向を示しており、現象を正確に再現していないことを示している。その他、実測値とのズレについては、上流の長柄ダム、大小の溜池の人為的な水の調整までも考慮しなければならぬが、それらの実態が把握できないのでこれ以上言及しないこととする。今回の結果ではおおむね3年間の日変動の現象を再現していると考えている。

このモデルで得られた流量を綾川水系と北条池水系に配分し、次のL-Q曲線に使用するが、配分の比率については各水系の集水面積比を用い、季節に関係なく一定とし、綾川水系0.834、北条池水系0.166（1-0.834）とした。

表6 流入水量等計算結果一覧

項目 年度	n	水 量 等	単 位	最 高 値	平 均 値	最 小 値	標 準 偏 差	※全降水量に対する流出割合(%)	
60	365	降 水 量 (滝宮局)	mm/日	51	257	0	6.79	—	蒸発割合(%) 192 (100-52.0-28.8)
	〃	流 入 水 量 (実測値)	×10 ³ m ³ /日	2302.5	158.8	29.3	219.7	50.9	
	〃	〃 (計算値)	〃	2135.9	162.4	36.9	232.3	52.0	
	〃	地 下 浸 透 水 量 (〃)	〃	121.1	89.8	51.7	20.1	28.8	
61	365	降 水 量 (滝宮局)	mm/日	57	230	0	5.91	—	〃 291
	〃	流 入 水 量 (実測値)	×10 ³ m ³ /日	1480.0	125.3	22.4	131.2	44.9	
	〃	〃 (計算値)	〃	1344.9	129.1	44.3	129.0	46.3	
	〃	地 下 浸 透 水 量 (〃)	〃	90.8	68.6	54.1	10.2	24.6	
62	366	降 水 量 (滝宮局)	mm/日	208	355	0	13.38	—	〃 25.4
	〃	流 入 水 量 (実測値)	×10 ³ m ³ /日	12593.6	189.0	14.6	736.5	43.9	
	〃	〃 (計算値)	〃	8940.6	232.4	51.7	546.4	54.0	
	〃	地 下 浸 透 水 量 (〃)	〃	117.5	88.7	61.5	17.6	20.6	
3年間	1096	降 水 量 (滝宮局)	mm/日	208	280	0	9.32	—	〃 24.5
	〃	流 入 水 量 (実測値)	×10 ³ m ³ /日	12593.6	157.8	14.6	450.3	46.4	
	〃	〃 (計算値)	〃	8940.6	174.6	36.9	352.9	51.3	
	〃	地 下 浸 透 水 量 (〃)	〃	121.1	82.3	51.7	19.2	24.2	

注) 全降水量は次式で表される。全降水量(×10³m³/日) = 府中湖流域面積(km²) × 年間降水量(mm/年) / 365

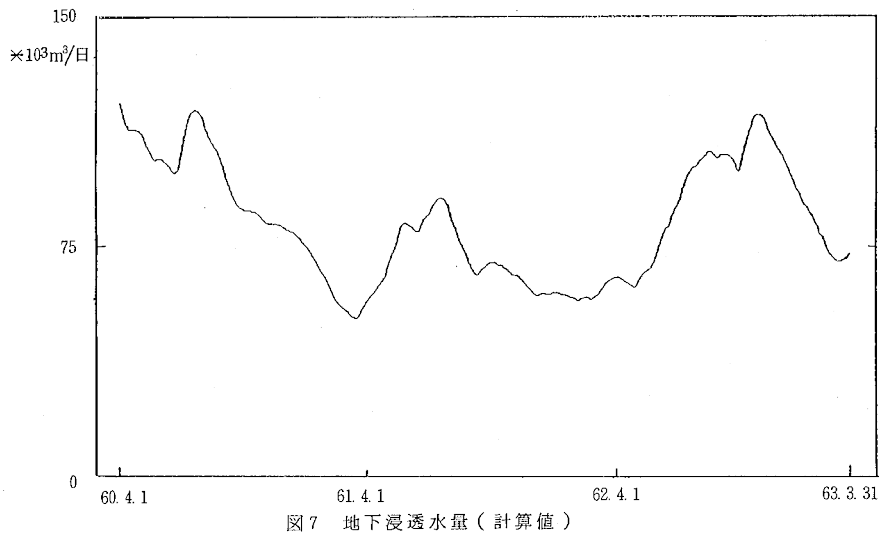
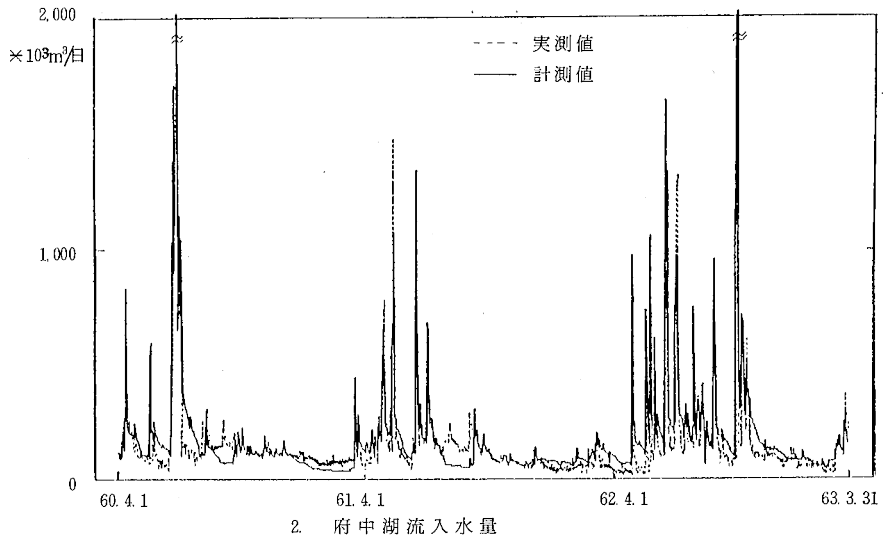
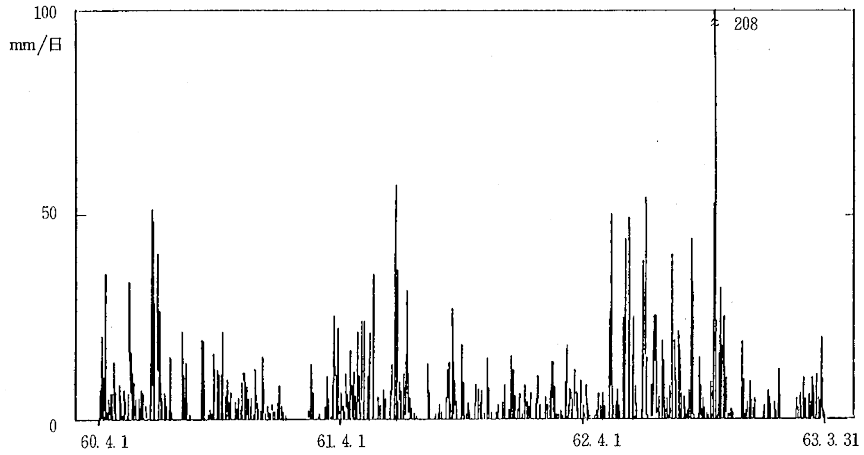


図7 降水量及びタンクモデルによる計算結果

2. L-Q曲線モデルの係数調査結果

綾川及び北条池に関する結果については表7に示す。降雨が流域の土地系に含まれる負荷物質を掃流するため、流量の増加と共に負荷物質濃度も高くなる ($b > 1$)¹⁸⁾¹⁹⁾の一般的なものであるが、 $chl-a$ は発生源から直接排出されるものではなく、河川、溜池で光合成により生産されるものであるため、流量の増加により希釈されるものと考えられ、今回の結果もそれを裏付けている。DOについては、流量の増加によりばっ気が良くなり $b > 1$ となると考えられるが、今回両水系とも逆の結果が得られた。これは濁流によりDOが有機物等に消費されるためと考えたが、調査回数が少ないこともあり結論は得られなかった。

綾川については全般的に高い相関が得られており、上流の長柄ダム等の人為的な水の調整による影響は認められなかった。

北条池に関してサンプル数が6~7と少ないのは、降水量が少ない冬期には同池の堰からのオーバーフロー水がなく、流量を測定できなかったためである。このため、表7の結果は4月~10月までの結果である。次に、同池の内部生産については表8に示すとおり、CODで3.3mg/l、 $chl-a$ で0.028mg/lの増加が認められ、池内での内部生産が考えられる。一方、降雨により池の水がそのまま押し出されると考えるとbの値は1に近くなるはずであるが、必ずしもそうではなく PO_4-P は $b = 1.907$ と高い値となっている。これは同池の平均水深が3.5mと比較的浅いことと関連しているかもしれない。以上、北条池については今回、サンプル数が少なく、しかも冬期のデータが欠けていることもあり、相関係数はどの項目も高い値を示した。

内部生産及び降雨に対して緩衝能力を有すると考えられる溜池にL-Q曲線を適用できるか否かについては、今回の例のように何らかの条件(例えば季節、降水量etc)がそろえば適用できると考えるが、最終的には溜池の水質シミュレーションモデルにより流出負荷量を推定することが必要であろう。現在、北条池については $chl-a$ を組み込んだ1ボックスモデルを作成中であり、今後これを用いて流出負荷量を推定することとしている。

3. 流入汚濁負荷量及び濃度の推定結果

タンクモデルで求めた流量をL-Q曲線にあてはめ、負荷量及び濃度を算出した。負荷量については表9、図8に、濃度については表10、図9にそれぞれ示す。なお、グラフについては一部省いたものもある。

表9より、推定流入負荷量は3年間の平均でCOD 1,021kg/日、T-N 274kg/日、T-P 181kg/日等と求まり、綾川、北条池からの流入割合についても項目により若干の差はあるが約7:3と求まった。しかし、これら

表7 L-Q曲線の係数一覧 (62年度調査)

地点	負荷物質	n	r	a	b
綾川 (滝宮流入地点)	COD	13	0.978	1.842	1.172
	T-N	"	0.979	1.374	1.014
	DIN	"	0.877	1.100	0.975
	T-P	"	0.915	0.0216	1.249
	PO_4-P	"	0.851	0.0073	1.341
	$chl-a$	"	0.766	0.0172	0.617
北条池 (同池堰部表面水)	DO	"	0.989	10.380	0.959
	COD	7	0.986	13.580	0.937
	T-N	6	0.992	1.561	1.062
	DIN	"	0.935	0.491	1.112
	T-P	"	0.868	0.1495	1.030
	PO_4-P	7	0.927	0.0028	1.907
$chl-a$	"	0.876	0.0351	0.955	
DO	6	0.956	15.040	0.875	

n: サンプル数 r: 相関係数 L: 負荷量 (kg/日)
 $L = a \times Q^b$ a, b: 係数 Q: 流量 ($\times 10^3$ m³/日)

表8 北条池及び同池流入河川の負荷物質濃度

項目	n	COD (mg/l)	T-N (%)	T-P (%)	$chl-a$ (%)
河川等					
富川	4	6.6	2.4	0.23	0.007
御寺川	"	13.2	3.3	0.45	0.019
両河川の加重平均	"	7.5	2.6	0.25	0.010
北条池堰部	12	10.8	2.5	0.16	0.038

注) 62年度調査の平均値。富川、御寺川は季別の調査である。

の値が相当量なものかどうか正確に評価することはできない。なぜなら、これらの推定値は晴天時、雨天時すべての場合を包括しているが、我々が現地調査(月1回程度)する時は一般的に晴天時の調査となり、²⁰⁾実際よりも低く評価される恐れがあるからである。ちなみに62年度にL-Q曲線の係数を求めるために両水系で負荷量調査を実施しているため推定値と比較すると、推定値が実測値と比べかなり高い値に評価されている。この誤差の原因はこの他に、①タンクモデルの精度、特に62年度の場合は60、61年度に比べ計算値が実測値に比べ23%(232.4/189.0)も多く流量を推定しており、このため流入負荷量の推定値も高く評価される恐れがある、②推定流量の両水系の分配比、③L-Q曲線の精度、特に流量Qの大きい時に負荷量Lを外挿することの妥当性、④このモデルの性質上、年間降水量が多ければそれに比例して負荷量も増大する(62年度は平年と比べ約3割降水量が多い)等があげられる。

表9 府中湖流入負荷量推定結果

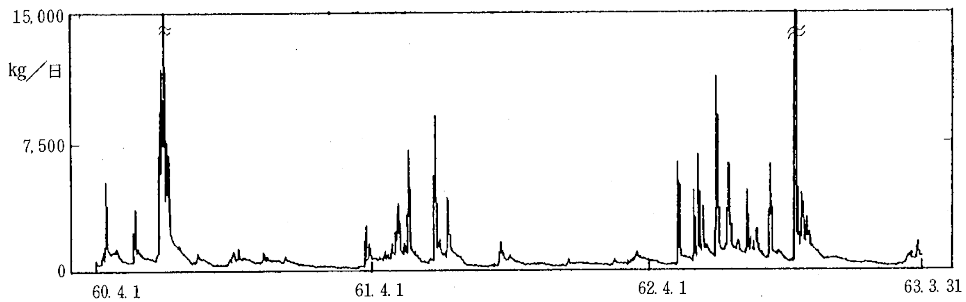
項目	水系	年度			
		60	61	62	平均
COD (kg/日)	綾川水系	642	471	1,026(385)	713
	北条池〃	289	236	400(371)	308
	計	931	707	1,426(756)	1,021
T-N (〃)	綾川水系	201	159	289(134)	216
	北条池〃	53	41	79(77)	58
	計	254	200	368(211)	274
DIN (〃)	綾川水系	130	105	184(84)	140
	北条池〃	20	15	31(19)	22
	計	150	220	215(103)	162
T-P (〃)	綾川水系	11.6	8.2	197(71)	13.2
	北条池〃	4.5	3.5	6.6(6.6)	4.9
	計	16.1	11.7	26.3(37)	18.1
PO ₄ -P (〃)	綾川水系	6.7	4.5	12.3(4.1)	7.8
	北条池〃	3.9	1.7	14.8(3.0)	6.8
	計	10.6	6.2	27.1(7.1)	14.6
chl-a (〃)	綾川水系	0.32	0.29	0.39(0.25)	0.33
	北条池〃	0.80	0.65	1.12(0.07)	0.85
	計	1.12	0.94	1.54(1.32)	1.18
DO (〃)	綾川水系	1,128	913	1,577(740)	1,206
	北条池〃	255	213	342(299)	270
	計	1,383	1,126	1,919 (1,019)	1,476
滝宮局降水量(mm/年)		941	839	1,295	1,025

注) 値は平均値, カッコ書きは実測値

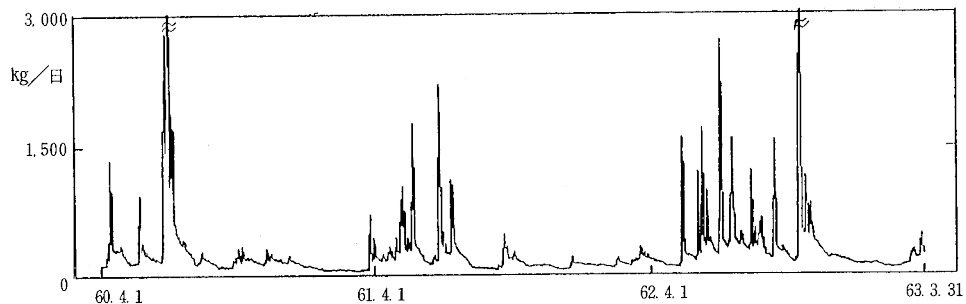
表10 府中湖流入負荷濃度推定結果

項目	水系	年度			
		60	61	62	平均
COD (mg/l)	綾川水系	41 (42)	40 (64)	43 (36)	41 (47)
	北条池〃	113 (93)	114 (134)	111 (108)	113 (112)
	加重平均	5.3	5.2	5.4	5.3
T-N (〃)	綾川水系	1.46	1.46 (468)	1.47 (147)	1.47
	北条池〃	1.88	1.86	1.91 (247)	1.88
	加重平均	1.53	1.53	1.54	1.54
DIN (〃)	綾川水系	0.98	0.98 (088)	0.98 (113)	0.98
	北条池〃	0.68	0.68	0.71 (104)	0.69
	加重平均	0.93	0.93	0.93	0.93
T-P (〃)	綾川水系	0.068(0.172)	0.066(0.297)	0.073(0.067)	0.069(0.179)
	北条池〃	0.163(0.072)	0.163(0.128)	0.165(0.162)	0.164(0.121)
	加重平均	0.084	0.082	0.088	0.085
PO ₄ -P (〃)	綾川水系	0.036	0.034(0.178)	0.039(0.037)	0.036
	北条池〃	0.053	0.044	0.073(0.048)	0.057
	加重平均	0.039	0.036	0.045	0.040
chl-a (〃)	綾川水系	0.003	0.003(0.004)	0.003(0.005)	0.003
	北条池〃	0.031	0.031	0.030(0.038)	0.031
	加重平均	0.008	0.008	0.007	0.008
DO (〃)	綾川水系	86 (84)	86 (94)	85 (90)	86 (89)
	北条池〃	105 (90)	106 (101)	101 (98)	104 (96)
	加重平均	8.9	9.0	8.8	8.9

注) 値は平均値, カッコ書きは実測値



1. COD 負荷量



2. T-N 負荷量

図8 府中湖流入負荷量推定結果(合計量)

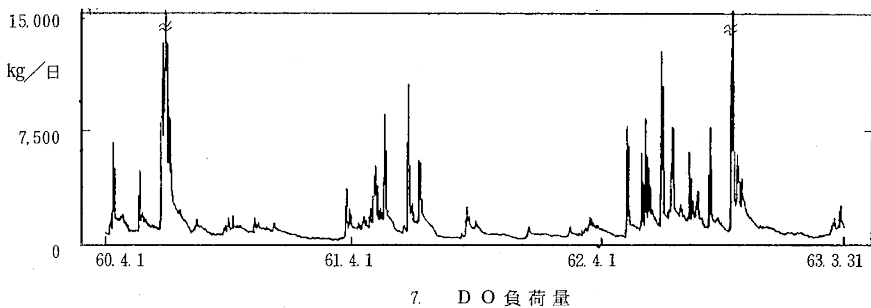
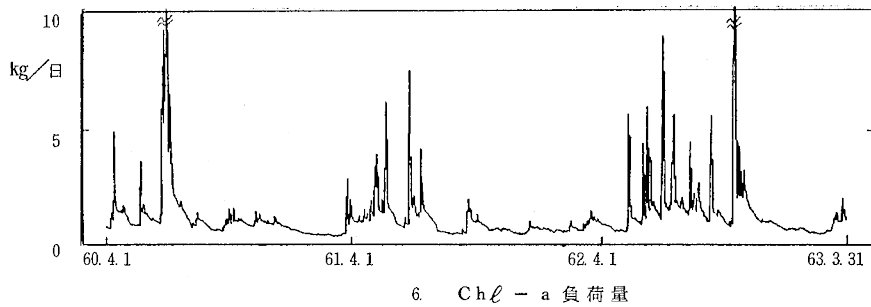
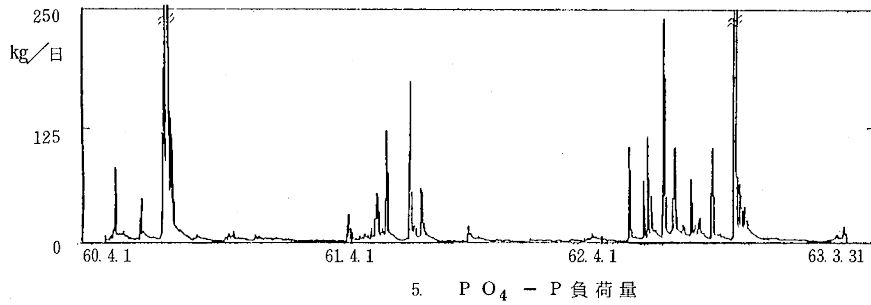
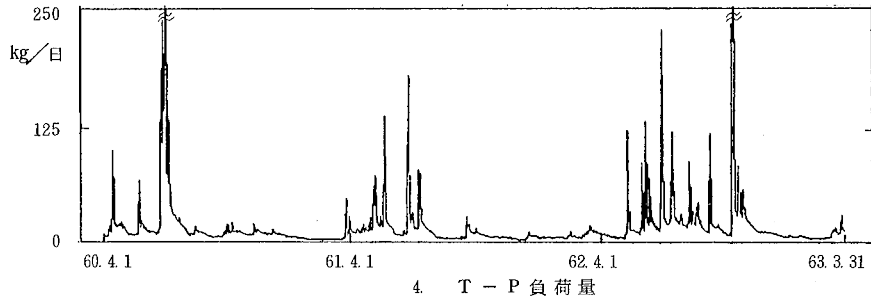
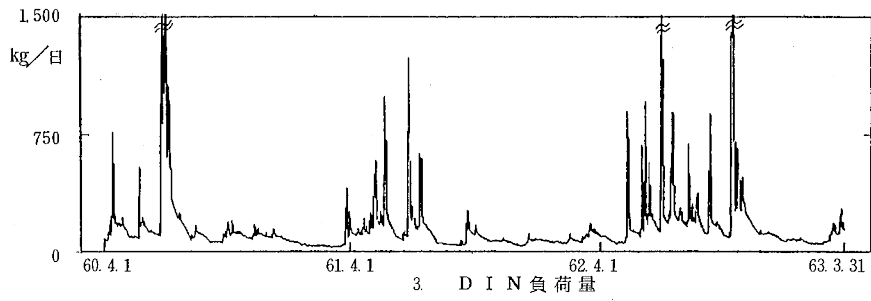


図8 府中湖流入負荷量推定結果(合計量)

図8は3年間の結果をグラフ化したもので、両水系の合計値である。図7の1の降水量の変化とCOD等の流入負荷量の変化とがよく対応していることがわかる。

ダム湖の場合、降雨により流入水量が多くなればそれに応じて放水量も調整され、常に一定の貯水量を保つように操作されるため、ダム湖の水質保全を考えた場合、流入負荷量よりも流入濃度の方が必要になる時もある。表10は表9の流入負荷量から流入濃度を算出した結果で

ある。実測値（年6～12回調査）と比較すると、COD、DIN、 $chl-a$ 、DOはほぼ一致している。しかし、T-N、T-P、 PO_4-P については実測値自体にかなりのバラツキがみられたこともあり（これは北条池よりも綾川において顕著である）、整合性はよくなかった。府中湖には3年間の平均で、COD $5.3mg/l$ 、T-N $1.54mg/l$ 、T-P $0.085mg/l$ 等の負荷が流入していることになり、同湖の水質保全対策が急がれるところである。

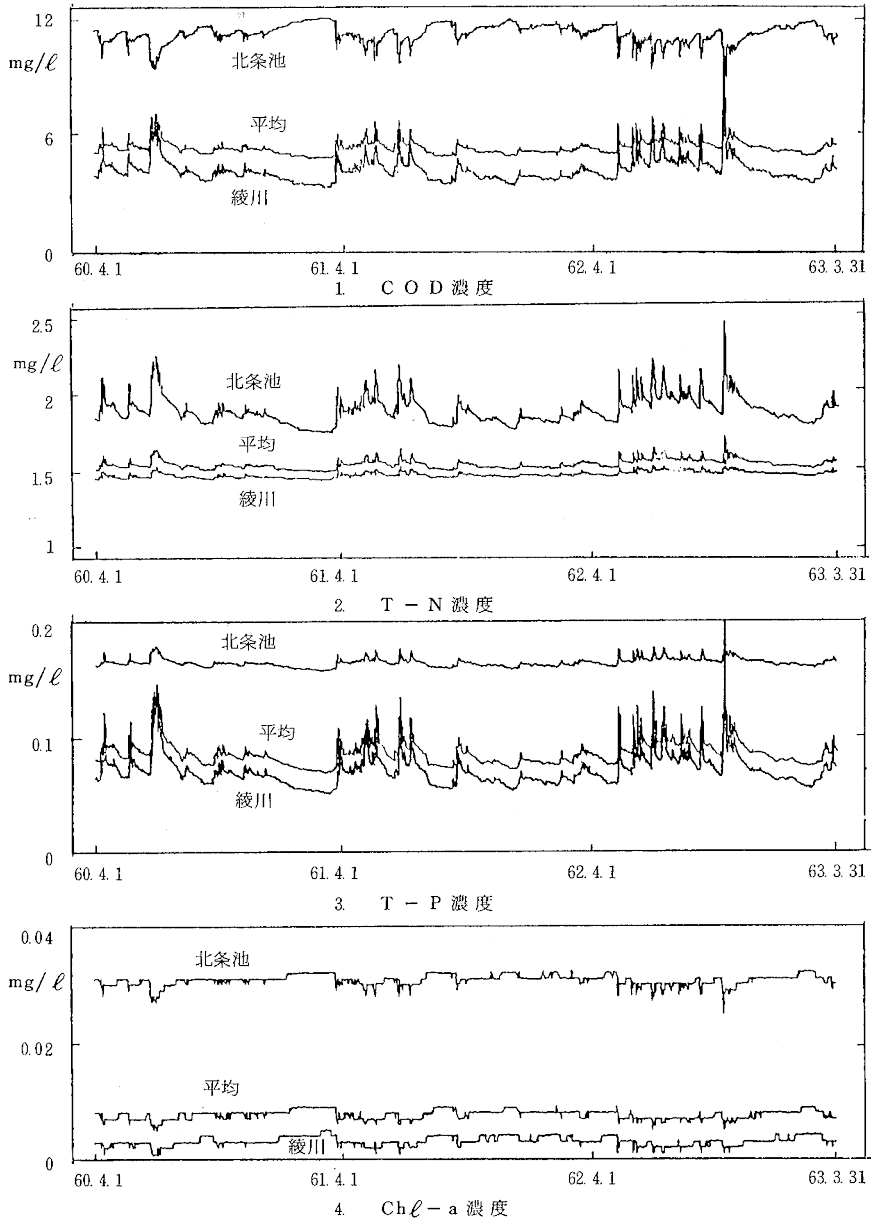


図9 府中湖流入負荷濃度推定結果

図9は綾川、北条池からの流入濃度及び両者の加重平均をグラフ化したものである。L-Q曲線の係数bの値が1を境にして降水量と濃度との関係が逆転していることがわかる。また、北条池からの流入濃度が綾川と比べてかなり高いこともわかる。

今回、タンクモデルとL-Q曲線を用いて流入負荷量及び濃度を推定した。タンクモデルはパラメータを多く使用するが多成分系非線型モデルであり、流量を推定する手法として高く評価されている²⁾一方、L-Q曲線についてはモデル自体が簡易なだけに問題点がある。例えば、①河川の改修工事等で質が変化した時には新に調査しなければならない、②湖沼の水質を保全するために流域の面源(家庭排水、水田、山林、etc)、点源(事業場、工場、etc)からの流出負荷量をどの程度削減すればよいかという予測・評価が不可能である、③内部生産を伴うような溜池に年を通して適用できるか否か、等である。これらの欠点を補う方法として、前述したが浮田ら¹⁰⁾が提案している汚濁負荷流出タンクモデルがある。この手法はL-Q曲線を用いず、タンクの中に各発生源からの負荷量(原単位から算出する)を一旦貯えておいてから降雨に応じて流出(掃流)させる方法である。現在、このモデルを検討中である。

ま と め

60~62年度の3年間について、タンクモデルとL-Q曲線により府中湖に流入する負荷量及び濃度を推定した。今回の結果をまとめると次のとおりである。

1. 流入水量の推定には3段直列5区分のタンクモデルを用い、実測資料を基にパラメータを設定し流量の再現を試みた。流量の再現結果及び水収支等から判断して、ほぼ妥当なモデルが構築できた。推定した流量を綾川、北条池の両水系に配分する方法については今後検討する必要がある。
2. 汚濁負荷量の推定モデルにはL-Q曲線を用い、62年度の負荷量調査により同曲線の係数を決定した。両水系とも相関係数は高く、評価できる結果であった。
3. 流入負荷量及び濃度の推定には上記の2つのモデルを用いた。L-Q曲線の精度、特に負荷量を外挿するところに本モデルの限界があるが、流入負荷量は3年間の平均でCOD 1,021 kg/日、T-N 274 kg/日、T-P 18.1 kg/日と推定され、綾川、北条池からの流入割合は約7:3であった。

終りに、本調査研究にあたり、終始御指導いただいた山口大学工学部助教授、浮田正夫先生、府中湖に関する資料を提供していただいた県営水道管理事務所の嘉屋康

夫、小袁雅也両氏に深く感謝いたします。

文 献

- 1) 国立公害研究所：第2回富栄養化問題シンポジウム—モデルと評価—(B-18-'81)，P 114 (1981)
- 2) 佐藤敦久：水環境工学，P 128，技報堂(1987)
- 3) 松岡譲：国立公害研究所研究報告(R-54-'84)，54, 62 (1984)
- 4) 山本務，藤田淳二，多田薫，他：香川県公害研究センター所報，11, 29 (1986)
- 5) 中島重旗：陸水環境調査法，P 126，森北出版(1983)
- 6) 松岡浩爾，細見正明：国立公害研究所研究報告(R-20-'81)，20, 81 (1981)
- 7) 岩佐義郎：最新河川工学，P 49，森北出版(1987)
- 8) 土屋巖：国立公害研究所研究資料(B-25-'84)，25, 173 (1984)
- 9) 土屋巖，白井邦彦，増田啓子，他：国立公害研究所研究報告(R-21-'81)，20, 43 (1981)
- 10) 関根雅彦，浮田正夫，山本修司，他：衛生工学研究論文集，22, 103 (1986)
- 11) 中西弘，浮田正夫，関根雅彦：昭和62年度厚東川水系水質保全対策協議会調査研究成果報告書，山口大学工学部(1987)
- 12) 西原幸一，藤田久雄，冠野慎男，他：香川県公害研究センター所報，11, 19 (1986)
- 13) 香川県：香川県統計年鑑(昭和61年刊行)，P 10 (1986)
- 14) 山田淳，清水稔也，長谷川祐一，他：第22回水質汚濁学会講演集，22, 33 (1988)
- 15) 山本哲也：第21回水質汚濁学会講演集，21, 263 (1987)
- 16) 丸山利輔，小林慎太郎，渡辺紹裕：琵琶湖流入負荷量(N, P)の推定，京都大学農学部内部資料(1986)
- 17) 香川県：香川県長期水需給計画，P 48 (1986)
- 18) 橋本敏子，井沢博文，中富文雄：第22回水質汚濁学会講演集，22, 37 (1988)
- 19) 津野洋，相崎守弘，大槻晃，他：国立公害研究所研究報告(R-6-'79)，6, 55 (1979)
- 20) 海老瀬藩一：第1回環境データ処理研究会報告書，P 1，国立公害研究所環境情報部(1985)
- 21) 日野幹雄，長谷部正彦：水文流出解析，P 50，森北出版(1985)