

下水道の高度処理水が河川に与える影響について

966068 近藤浩二

966124 橋本隆祐

966131 日高千佳

1. 序論

荒子川は以前、雨水や農業用水を水源とし、せせらぎ水路として周辺の人々に親しまれていた。しかし現在は、都市化が進むにつれ、流量が徐々に減少し始め、下流部では水が滞留した状態になっている。このため、上流の打出下水処理場の高度処理水等を利用して、憩の場を復活させる市の計画である。

2. 目的

名古屋市打出下水処理場では、平成2年から高度処理水を $4,000 \sim 10,000 \text{m}^3 / \text{日}$ の規模で荒子川に送水している。本研究では、この高度処理水が荒子川の水質や生物相にどのような影響を与えているかを考察する。また、荒子川ポンプ所付近のモデルを作成し、シミュレーションを行う。

3. 荒子川流域について

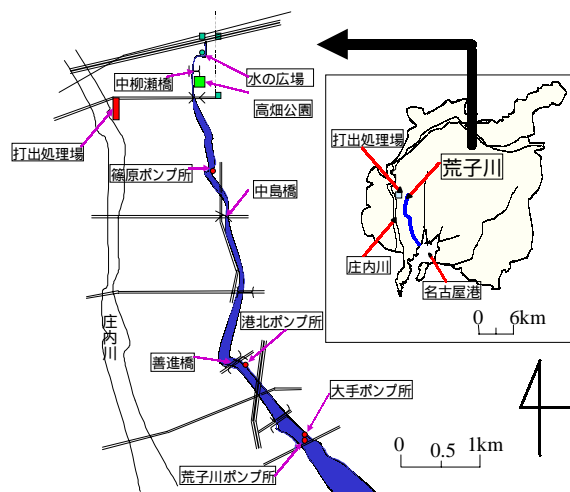


図1 名古屋市全域・荒子川流域地図

3.1 現状

図1は荒子川の流域を示したものである。荒子川は、名古屋市中川区八田町に源を發し名古屋港に注ぐ全長 6.9 km の普通河川であ

る。流域が地盤沈下により自然排水できないため、河口部を締め切ってポンプにより強制排水している。従って、水の流れが少ない閉鎖性水域となり、河口部付近においては流速が遅くなっている。また、栄養塩濃度（無機態窒素、無機態リン）が高くなるなどの富栄養化現象が見られる。

3.1.1 富栄養化現象⁴⁾

河川や湖沼水中の植物栄養塩類の濃度が高くなることを、一般に富栄養化という。以前の富栄養化は、湖沼が形成されてしばらくの栄養塩類の少ない状態から、周囲の森林、河川から長年にわたる栄養塩類の供給によってもたらされる。最近では、人間の諸活動によってもたらされた、栄養塩類を含む廃水の流入によって生じる富栄養化が問題になることが多い。

富栄養化による問題の典型的な一例として、湖沼での淡水赤潮の発生が挙げられる。これは、プランクトンの異常増殖現象である。

その他に富栄養化がもたらす問題点として、次のようなことがあげられる。

- A) 悪臭などの発生によって不快感が生じ、水面の価値が低下する。
- B) 水道水源の場合は、ろ過池の閉塞や異臭味の原因になる。
- C) 魚類の弊死や高級魚の消失が起きる。
- D) 水中の有機物量が増え、未分解の有機物が底部に蓄積し、嫌気化が進行する。
- E) 底部への腐泥が蓄積し、底が浅くなる。

3.2 水質変化

以前は工場排水や生活排水の流入により汚濁が著しかったが、流域の下水道整備が進み、水質の改善傾向が見られる。

3.3 流入水

荒子川への晴天時の流入水は、最上端部の工場からの間接冷却水及び上流部における2工場からの工場排水であったが、平成2年度から下水高度処理水（二次処理水の砂ろ過水）を河口から約6km地点で導水している。

また、降雨時には雨水が中流部の篠原ポンプ所、下流部の港北ポンプ所から流入するとともに、4月から9月の灌漑時期に庄内用水の農業余剰水が、中島橋下流から流入する。

3.4 整備事業

昭和63年度より、荒子川の水辺環境を改善し、やすらぎのある水辺空間を市民に提供するために、荒子川環境整備事業が開始されている。上述の下水高度処理水や農業用水の余剰水導入などはこの整備事業の一環として実施されたものである。

4. 高度処理水について

下水の高度処理の目的には放流水域の環境基準達成のため、閉鎖性水域の富栄養化防止、処理水の再利用、放流水域の利水対応がある。

図2は、実際に打出処理場で行われている上向流式急速ろ過の分水装置である。図が示すように上部に行くほど粒径が小さくなりポンプにより、下から上に水を汲み上げてろ過している。ろ過されて上に上がった水は別の槽に落ちるようになっている。

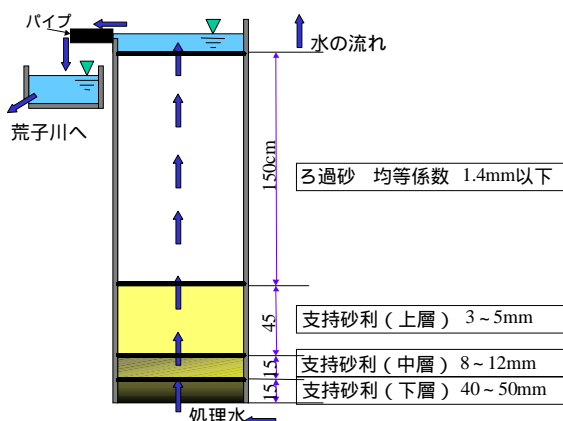


図2 上向流式急速ろ過モデル

5. 荒子川の水質¹⁾

5.1 用語説明

- BOD

生物化学的酸素要求量。水中にある有機物のうち、主として微生物によって好氣的に分解された有機物の量を、分解するのに消費された酸素量で表したものである。

- COD

化学的酸素要求量。水中にある被酸化性物質を、酸化剤を用いて酸化分解したときに消費された酸化剤の量から換算された酸素量を表したものである。

5.2 水質状況

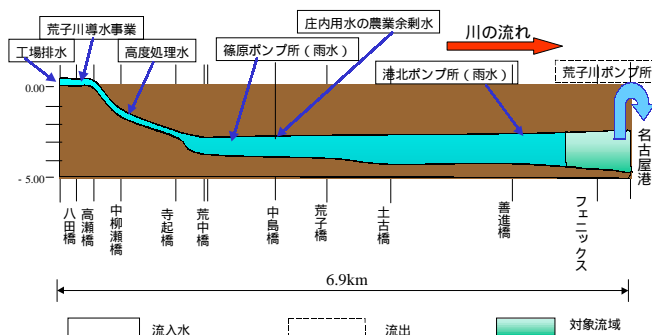


図3 河川の縦断図

ここでは、上流から中柳瀬橋、高度処理水、中島橋、善進橋、荒子川ポンプ所の水質データを比較した。(図3参照)

図4の有機性の汚れを示すBODは、平成2年から高度処理水の影響のためか、値が減少している。しかし、下流に行くにしたがいその値は高くなっている。年々値が増加している。

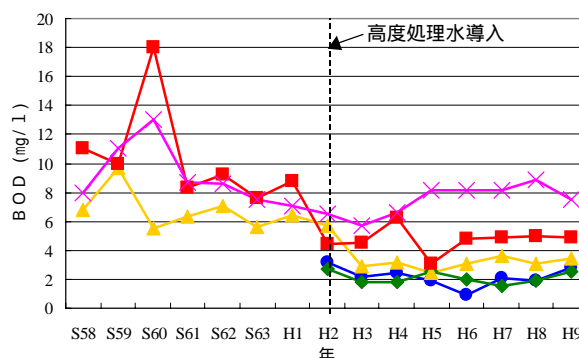


図4 BODの移り変わり

図5の有機性の汚れを示すCODは、高度処理水導入前後での変化があまりみられない。また高度処理水自体、値が高い。これは、CODは生物が利用できない有機物量も測定されるため、化学的な方法で求まる有機物が高

度処理水に多く含まれていると考えられる。

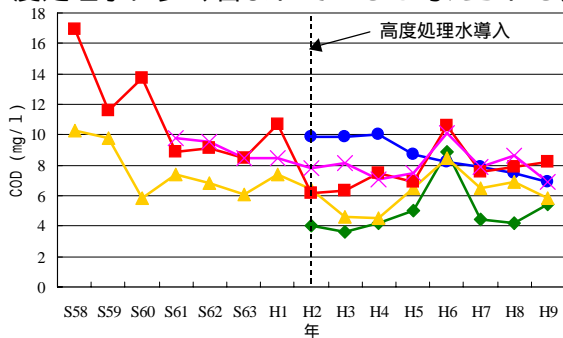


図5 CODの移り変わり

生物が利用する有機物量を表すのは、BODが適当であると考えた。よって、本研究では生態系モデルを考えるのでBODを生物が利用する有機物量の指標とした。

シミュレーションを行うにあたって、対象流域を絞った。図4を見てみると荒子川ポンプ所でBODの値が高い。その理由は、周辺が湖沼のように水が滞留している。また、図6は荒子川をブロック分割したもののだが、この図からも最下流部が湖沼のようになっていることが分かる。よって、荒子川ポンプ所付近を対象流域とした。湖沼における富栄養化の水質環境解析を行う。

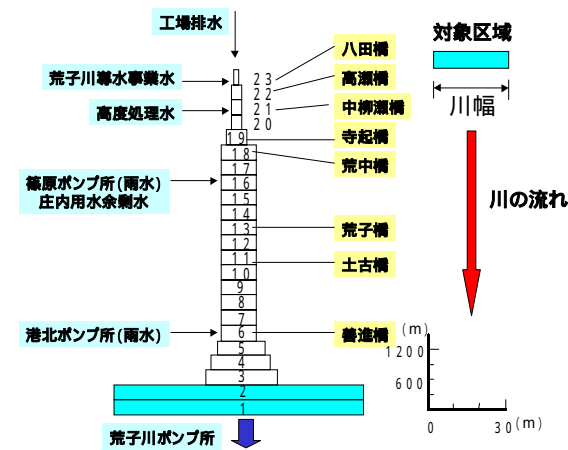


図6 ブロック分割図

6. 水理流動モデル²⁾

6.1 漸変不等流

生態系モデルを考える前に河川の流れについて把握しておく必要がある。対象とする荒子川は、単純な両岸石張小水路(泥土床)であり、定常でかつ流れの水路軸線方向の変化が緩やかな不等流である。このような流れを漸変不等流という。よって本研究では漸変不等

流の基本式を用いてプログラムを作った。

開水路の定常流れのベルヌイの式は(1)式となる。

$$\left(\frac{V^2}{2g} + z_b + h \right)_1 = \left(\frac{V^2}{2g} + z_b + h \right)_2 + h_L \quad (1)$$

z_b : 基準面から開水路底までの高さ、 h : 水深、 V : 断面平均流速、 h_L : 損失水頭

(1)式の損失水頭 h_L を Manning公式によって示す。

$$\left(\frac{Q^2}{2gA_1^2} + h_1 + z_{b1} \right) - \left(\frac{Q^2}{2gA_2^2} + h_2 + z_{b2} \right) = \frac{n^2 Q^2 L}{A^2 R^{4/3}}$$

ここに、 L は下流に向かって正とする。図7に示す標準逐次計算法を用いて、この式を書き直すと(2)式となる。

$$h_2 + z_{b2} = h_1 + z_{b1} + \frac{Q^2}{2g} \left(\frac{1}{A_1^2} - \frac{1}{A_2^2} \right) - \frac{Q^2}{2} \left(\frac{n_1^2}{A_1^2 R_1^{4/3}} + \frac{n_2^2}{A_2^2 R_2^{4/3}} \right) L \quad (2)$$

$h + z_b$: 水位、 Q : 流量、 A : 断面積、 n : 粗度係数、 R : 径深、 L : 間隔距離

計算は常流区間を対象とし、最下流端より上流へ向かって、(2)式を用いて進めた。

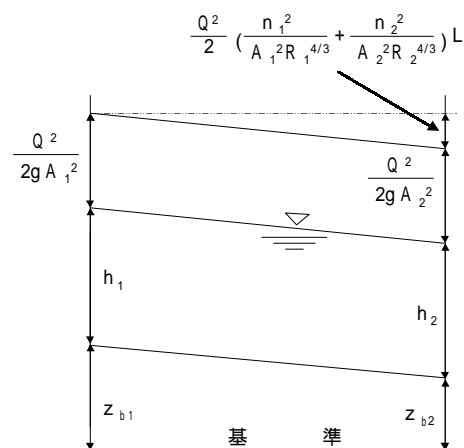


図7 標準逐次計算法

6.2 モデルの利用

荒子川は最下流部をポンプ排水により水位の調節が行われている。以前は、雨天時と晴天時で決められた水位を保つように排水を行

っていたが、高度処理水が導入される少し前から最大水位 N.P-0.8、最小水位 N.P-1.1 とし最大水位になると、最小水位までポンプ排水する方式の運転管理が行われるようになった。上流の各地点の形状データ（河川の水深、断面積、潤辺、径深）を出し、このことと(1)式を利用して、各地点での流速を求めた結果が表 1 である。

表 1 各地点の流速

流速 (cm/s)	荒子川ポンプ所	善進	荒子
12~2月 最大水位	0.043	0.375	0.521
最小水位	0.043	0.452	0.669
3~5月 最大水位	0.093	0.920	1.276
最小水位	0.105	1.108	1.634
6~8月 最大水位	0.118	1.161	1.608
最小水位	0.133	1.398	2.057
9~11月 最大水位	0.077	0.760	1.054
最小水位	0.087	0.915	1.352

荒子川ポンプ所での流速は善進橋の約 10 分の 1 と非常に遅い。また、四季別に見ると、12~2 月の流速は一番小さい。これは、上流からの流量が少ないためである。

7. 生態系モデル^{3)、4)、5)}

7.1 概要・研究方針

数多くの要因に影響される生物反応を考慮した物質循環や生物間の相互作用モデルを生態系モデルという。生態系モデルで解析対象となる代表的な水質・生物項目は、内部生産に関わる窒素及びリンと植物プランクトンである。一般的に生態系モデルは、有光層と無光層の 2 ボックスモデルにすることが多い。しかし本研究では、研究室で最初の試みであるので単純化のためすべて有光層とし、1 ボックスモデルを用いた。

植物プランクトンは、春の珪藻プランクトンと夏の緑藻プランクトン等に分けられる。これらがもつクロロフィル a には質の違いがある。また増殖期では、同じ量の植物プランクトンが存在したとしても、決まった同一の測定結果はでないなどの問題があるが、今回はクロロフィル a の量を植物プランクトンの指標とした。また、動物プランクトンは炭素量を指標とした。

7.2 構成と定式化

富栄養化は、太陽光をエネルギー源とする

植物プランクトンの増殖を中心に説明される。富栄養化の程度は、栄養塩濃度、有機物量（植物プランクトン、動物プランクトン、デトリタス、有機態窒素、有機態リン）、水温、日射量等によって決まる。デトリタスとは、生物体の破片、死骸、分解産物などと、これらを基質として繁殖している微生物を含めた非生体有機物の総称である。

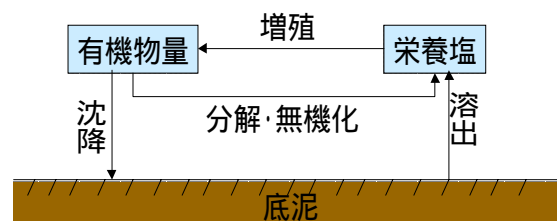


図 8 水質反応概念図

生態系モデルを理解するには、まず、図 8 に示す単純なモデルを作成し、それを定式化するのが適切である。定式化のためには、栄養塩を利用した植物プランクトンの増殖、分解・無機化等を図中の矢印で示す反応速度を与える必要がある。生物が利用する有機物量（C）、全窒素（TN）、全リン（TP）の挙動を定式化すると、(3)、(4)、(5)式となる。

$$\frac{dC}{dt} = X_C \cdot \frac{dX}{dt} + E_C \cdot \frac{dE}{dt} + D_C \cdot \frac{dD}{dt} + Y_C \cdot \frac{dY}{dt} + Z_C \cdot \frac{dZ}{dt} \quad (3)$$

$$\frac{dT_N}{dt} = N_{TN} \cdot \frac{dN}{dt} + Y_{TN} \cdot \frac{dY}{dt} \quad (4)$$

$$\frac{dT_P}{dt} = P_{TP} \cdot \frac{dP}{dt} + Z_{TP} \cdot \frac{dZ}{dt} \quad (5)$$

X：植物プランクトン濃度、E：動物プランクトン濃度、D：デトリタス濃度、Y：有機態窒素濃度、Z：有機態リン濃度、N：無機態窒素濃度、P：無機態リン濃度、ab：a から b への換算係数

7.2.1 植物プランクトンの変化量

植物プランクトンの増殖速度に影響する因子として日射量、水温、無機態窒素、無機態リンを考慮し、他のブロックからの流入を加えた。逆に減少項については、植物プランクトンの枯死、動物プランクトンの捕食、他のブロックの流出を考えた。また、各係数は表

2 に示した標準的な値を用いた。

$$G_X = \mu_{max} \cdot \frac{N}{K_N + N} \cdot \frac{P}{K_P + P} \cdot \frac{L}{L_C} \cdot \exp\left(1 - \frac{L}{L_C}\right) \cdot \frac{T}{T_C}$$

$$G_E = F_{max} \cdot \frac{T}{T_C} \cdot \frac{k_x}{k_x + X} \cdot X$$

G_X : 植物プランクトンの増殖速度 (d^{-1})

G_E : 動物プランクトンの増殖速度 (d^{-1})

L : 日射量 ($cal \cdot cm^{-2} \cdot d^{-1}$) T : 水温 ()

$$\frac{dX}{dt} = G_X \cdot X - G_E \cdot E - k_d \cdot X + \frac{X_{in} \cdot Q_{in}}{V} - \frac{X \cdot Q_{out}}{V}$$

X_{in} : 流入水の水質、 Q_{in} : 流入、 Q_{out} : 流出

7.2.2 動物プランクトンの変化量

動物プランクトンは植物プランクトンの捕食を増加項、逆に減少項は死滅を考えた。

$$\frac{dE}{dt} = a_E \cdot G_E \cdot E - k_Z \cdot T \cdot E + \frac{E_{in} \cdot Q_{in}}{V} - \frac{E \cdot Q_{out}}{V}$$

7.2.3 デトリタスの変化量

デトリタスは植物プランクトンの枯死、動物プランクトンの死滅を増加項、逆に減少項は沈降、微生物による分解・無機化を考えた。

$$\frac{dD}{dt} = k_d \cdot X + k_Z \cdot T \cdot E - \frac{S_D}{H} \cdot D - k_M \cdot D + \frac{D_{in} \cdot Q_{in}}{V} - \frac{D \cdot Q_{out}}{V}$$

7.2.4 無機態窒素・リンの変化量

無機態窒素・リンは微生物による分解・無機化、底泥からの溶出、動物プランクトンの排泄を増加項、逆に減少項は植物プランクトンによる吸収を考えた。

$$\frac{dN}{dt} = -G_X \cdot X + (1 - a_E) \cdot G_E \cdot E + R_N \cdot N^{(T-T_C)} \cdot (Y - X - E) + \frac{W_N}{H} + \frac{N_{in} \cdot Q_{in}}{V} - \frac{N \cdot Q_{out}}{V}$$

$$\frac{dP}{dt} = -G_X \cdot X + (1 - a_E) \cdot G_E \cdot E + R_P \cdot P^{(T-T_C)} \cdot (Z - X - E) + \frac{W_P}{H} + \frac{P_{in} \cdot Q_{in}}{V} - \frac{P \cdot Q_{out}}{V}$$

7.2.5 有機態窒素・リンの変化量

有機態窒素・リンは植物プランクトンにより採取された無機態窒素・リンから有機態窒素・リンへの変換量を増加項、逆に減少項は微生物による分解・無機化、沈降、動物プランクトンの排泄を考えた。

$$\frac{dY}{dt} = G_X \cdot X - (1 - a_E) \cdot G_E \cdot E - R_N \cdot N^{(T-T_C)} \cdot (Y - X - E) - \frac{d_N}{H} \cdot (Y - E) + \frac{N_{in} \cdot Q_{in}}{V} - \frac{N \cdot Q_{out}}{V}$$

$$\frac{dZ}{dt} = G_X \cdot X - (1 - a_E) \cdot G_E \cdot E - R_P \cdot P^{(T-T_C)} \cdot (Z - X - E) - \frac{d_P}{H} \cdot (Z - E) + \frac{Z_{in} \cdot Q_{in}}{V} - \frac{Z \cdot Q_{out}}{V}$$

表2 各種計算に用いた係数

項目	単位	値
μ_{max} 最大比増殖速度	d^{-1}	0.33
K_p リンの半飽和定数	mgP/l	0.0105
K_N 窒素の半飽和定数	mgN/l	0.15
k_M 分解速度定数	d^{-1}	0.03
L_C 最適日射量	$cal \cdot cm^{-2} \cdot d^{-1}$	275
T_C 最適温度		20
S_D デトリタスの沈降速度	$m \cdot d^{-1}$	0.275
R_p 有機態リンの無機化速度	d^{-1}	0.09
R_N 有機態窒素の無機化速度	d^{-1}	0.05
k_Z 枯死速度定数	d^{-1}	0.15
p 有機態リンの無機化速度温度補正係数	-	1.05
n 有機態窒素の無機化速度温度補正係数	-	1.03
W_p 底泥からの無機態リンの溶出速度	$mgP \cdot cm^{-2} \cdot d^{-1}$	0.055
W_N 底泥からの無機態窒素の溶出速度	$mgN \cdot cm^{-2} \cdot d^{-1}$	0.125
d_p 有機態リンの沈降速度	$m \cdot d^{-1}$	0.05
d_N 有機態窒素の沈降速度	$m \cdot d^{-1}$	0.05
	植物プランクトン中の窒素量	(Y/X)
	植物プランクトン中のリン量	(Z/X)
F_{max} 最大ろ過速度	$l \cdot mg^{-1} \cdot DW \cdot d^{-1}$	0.165
k_x 飽和効果の半飽和定数	mgX/l	0.06
a_E 動物プランクトン摂取効率	-	0.6
	換算係数 DW:炭素	(DW/X)
		50
k_Z 死亡速度(*水温)	d^{-1}	$0.009 \cdot T$
	動物プランクトン中の有機態窒素	(Y/DW)
	動物プランクトン中の有機態リン	(Z/DW)
		0.01

表3 初期値

名称	記号	単位	値
植物プランクトン	X	mg/l	0.21
動物プランクトン	E	mg/l	2.1
デトリタス	D	mg/l	1.652
無機態窒素	N	mg/l	3.06
無機リン	P	mg/l	0.26
有機態窒素	Y	mg/l	0.94
有機リン	Z	mg/l	0.49
BOD	C	mg/l	9.9
全窒素	TN	mg/l	4.0
全リン	TP	mg/l	0.75

7.3 対象流域の観測水質について

図9と図10は荒子川ポンプ所における高度処理水導入(平成2年)後の富栄養化の水質

要素を月別にグラフ化したものである。BODに関しては、滞留時間が長くなる12月～2月にかけて値が高くなっている。逆に、水の循環の良い秋期は値が低いことが分かる。他の要素もBODと同様に変化している。

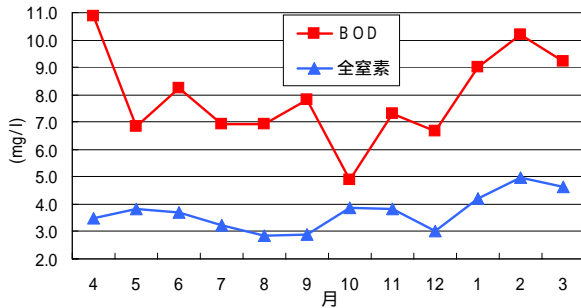


図9 BOD・全窒素の観測値

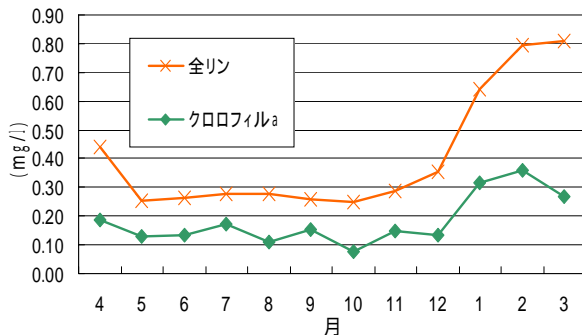


図10 全リン・クロロフィルaの観測値

7.4 プログラム起動にあたって

生態系の変化を見るにあたって、月別、季節別、天候別のデータをとる方法が挙げられる。しかし本研究では、荒子川ポンプ所のポンプ排水量データ（平成9年4、5、6月）をもとにシミュレーションで得た計算値と実測値との一致を図ることにした。そして、1日あたりの排水流量、流入量、日射量、貯流量、水深等と荒子川ポンプ所、善進橋の水質データをもとに、(3)、(4)、(5)式に用いて1日ごとの変化を求めた。

8. 結果

8.1 動物プランクトンの有無

初めは単純にするため動物プランクトンを考えずに研究を進めていた。しかし、生態系モデルを考えるにあたって動物プランクトンの存在が大きい可能性がある。そこで、動物プランクトンを加えたものと、そうでないものとを比較した。

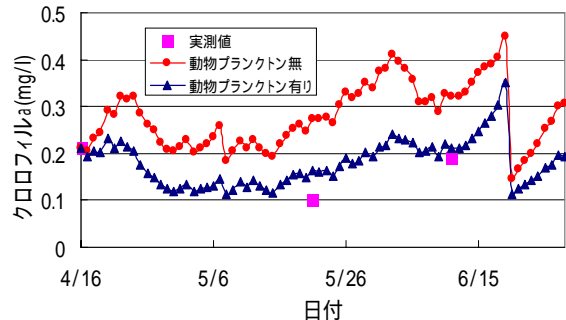


図11 クロロフィルa

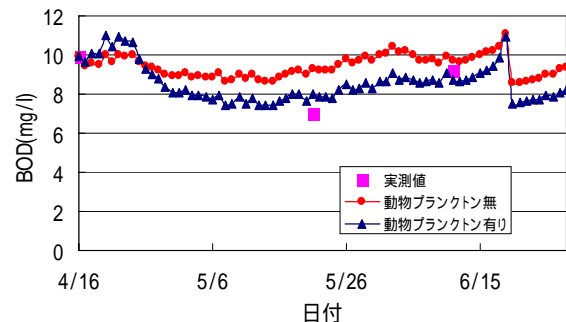


図12 BOD

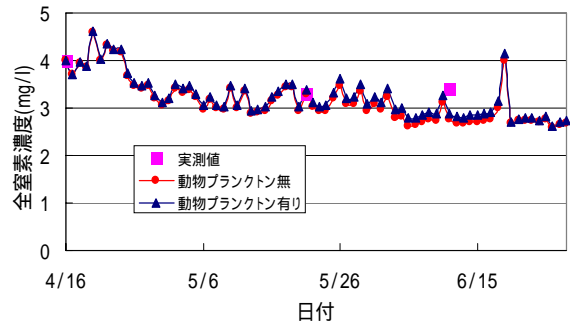


図13 全窒素濃度

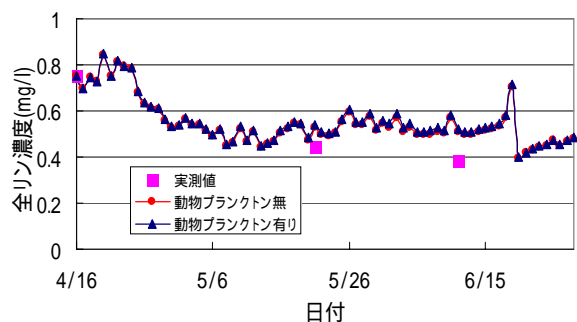


図14 全リン濃度

図13の全窒素、図14の全リンは、全く変化がなく動物プランクトンを考えなくても良いように思われた。図11のクロロフィルaは、動物プランクトンの捕食により大幅に減少し、また図12のBODにおいても変化が見られた。このことから、生態系モデルにおいて動物プランクトンの存在が大いに影響していると分かった。そこで本研究では動物プランクトンを加えた解析を用いることにした。

8.2 誤差について

図 11～14 を見ると、実測値と計算値との間に若干の誤差がある。誤差要因として挙げられるのは、表 2 で示した係数の定め方、水理データの整理の仕方、生態系モデルの単純化、雨水ポンプ所からの排水水質（ファーストフラッシュ）を考えていない、一定の水質条件ではないなどがある。このうちのファーストフラッシュ（F・F）について検討した。

8.2.1 ファーストフラッシュ（F・F）

ここでは、篠原、港北ポンプ所からの雨水排水の水質を考慮した。そして、雨水排水が行われたと思われる日に、その水質が F・F のようになりに汚れたものであると仮定して考えないものと比較した。具体的には考えないものの流入水質（善進橋）の 3 倍とした。

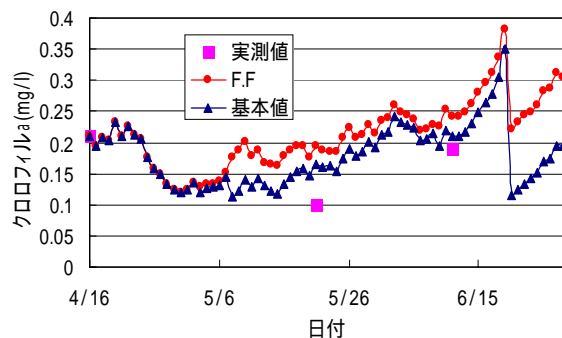


図 15 クロロフィル a

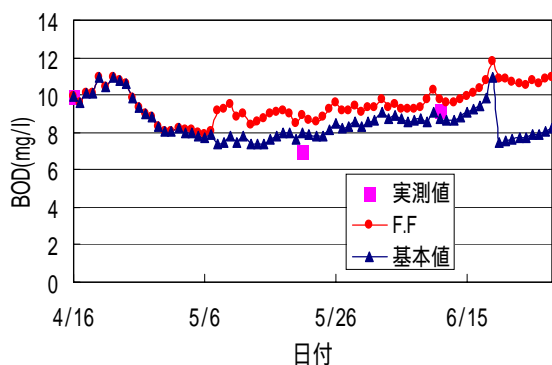


図 16 BOD

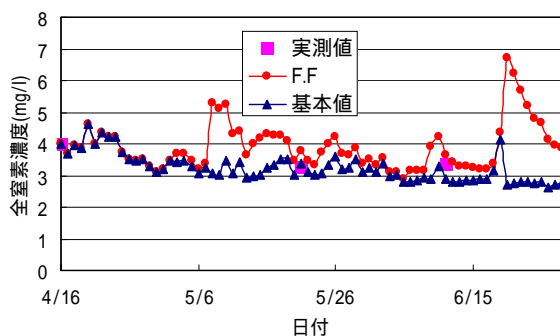


図 17 全窒素濃度

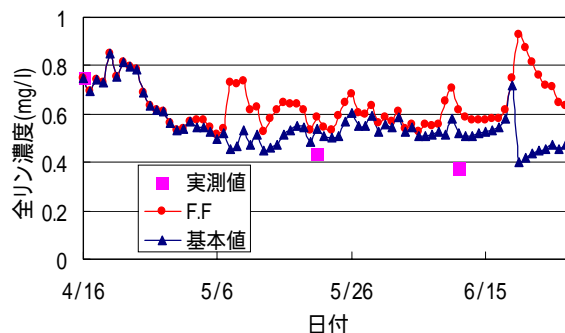


図 18 全リン濃度

図 15 のクロロフィル a、図 16 の BOD の F・F を考えた場合は、考えない場合より値が高い。また 6 月 20 日ごろ、基本値は大幅な変化を示したが、F・F は、それほどでもなかった。図 17 の全窒素、図 18 の全リンは、F・F の影響により、下がっていたところが、上がっている。

今後シミュレーションを行うにあたって、F・F の存在は必要であるが、今回は F・F の考え方にも問題がある。そのため、F・F を考えないものを中心にする。また、実測値ともある程度近い水質の値が得られたので、この計算法を用いて、以下に示す 2 つの水質浄化対策をシミュレートした。

8.3 水質浄化対策

8.3.1 水位の変動

6 の水理流動モデルで述べたように、現在の対象流域での最低水位は N.P-1.1 となっている。そこで、ポンプの運転モードを変えて最低水位を变化（対象流域の貯流量、水深の変化）させることにより、水質へどのような影響を与えるかを確認した。水位の変動は、N.P-0.5、N.P-0.8、N.P-1.4、N.P-1.7 の 4 種類と、N.P-1.1 とで比較した。

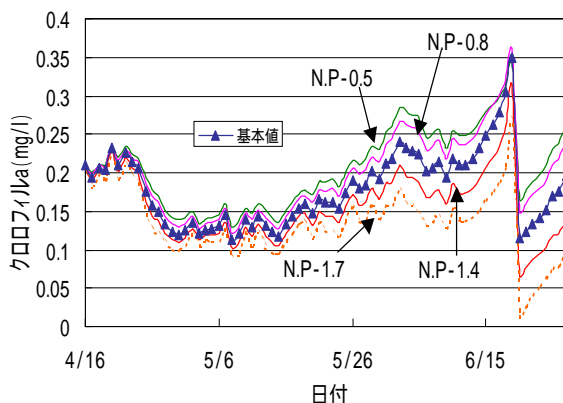


図 19 クロロフィル a

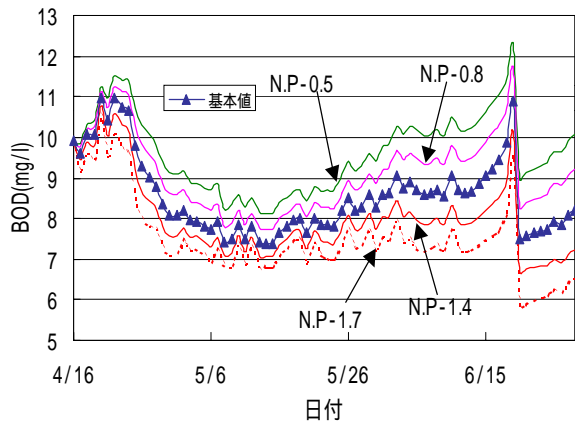


図 20 BOD

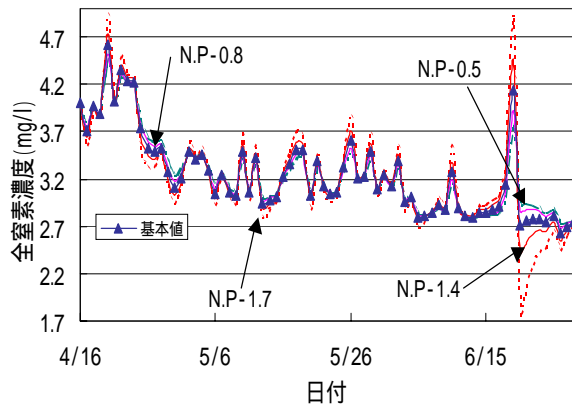


図 21 全窒素濃度

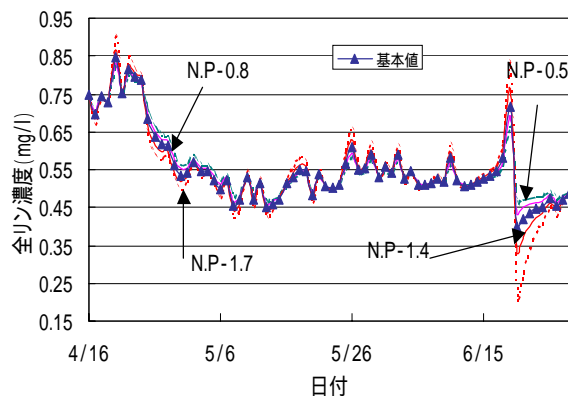


図 22 全リン濃度
 図 19 のクロロフィル a は、最低水位を下げると減少した。図 20 の BOD は、水位の高さに連れて一様な変化を見せた。BOD とクロロフィル a との変化の違いは、クロロフィル a が窒素やリンの影響を受けるところにありそうである。図 21 の全窒素、図 22 の全リンは水位の低下につれ、変化の増減が激しくなるだけで、あまりいい水質対策にはならない。

8.3.2 流入水の水質

次に、善進橋からの流入水の水質を、生物的要素(クロロフィル a、動物プランクトン、デトリタス)、化学的要素(窒素、リン)をそ

れぞれ変化させ、対象流域の生態系への影響を考えた。とりあえず、現在の状況から 30% の除去が可能だと考えて比較した。

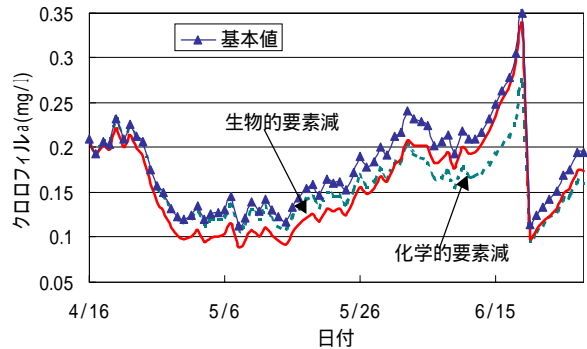


図 23 クロロフィル a

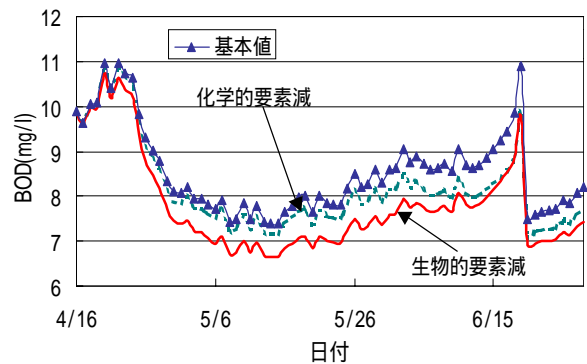


図 24 BOD

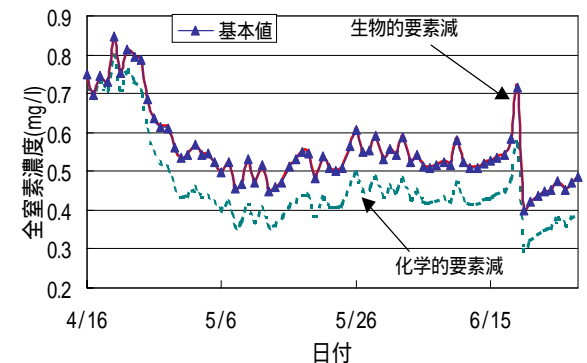


図 25 全窒素濃度

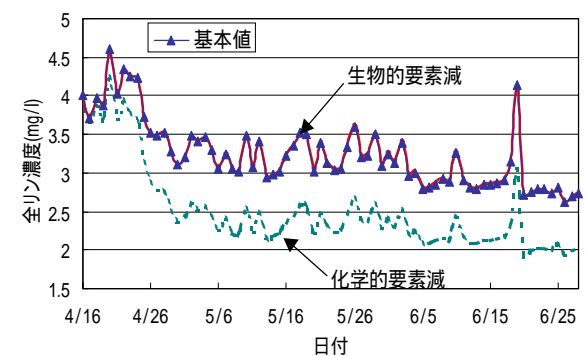


図 26 全リン濃度

図 23 のクロロフィル a と図 24 の BOD は、生物的要素を減らしても変化がよく解らず、検討し難い。しかし化学的要素を減らした場

合、栄養塩の減少により、月日の経過とともに植物プランクトン、BODは減少傾向にあった。図25の全窒素、図26の全リンは生物的要素を減らしても何の変化もみられなかった。しかし化学的要素を減らすと、全体的に値が下がった。実現は容易ではないが流入水の化学成分を減らすことは有効であると思われる。

9. 研究のまとめ

9.1 結果のまとめ

水位の変動に関しては、特に対象流域において貯留量の変化が大きくなる。窒素やリンは増減が激しくなるだけというのは予想外だった。しかし、貯留量を減らせば水質改善になる。そこで上流、対象流域の環境の変化を考慮し、できる限り水位を下げる必要があると考えた。

流入水の水質に関しては、何らかの方法で生物的要素を減らしても、あまり効果がないように思われた。しかし、化学的要素を減らすことは、大いに効果があった。同時に富栄養化にとって、窒素やリンの影響が大きいと分かった。そこで、上流から最下流部までの全窒素、全リンの実測値の変化（平成9年）をグラフにまとめた。

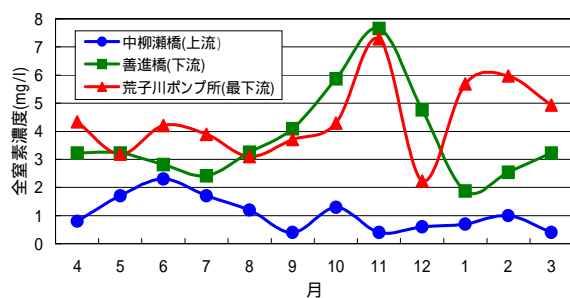


図27 全窒素

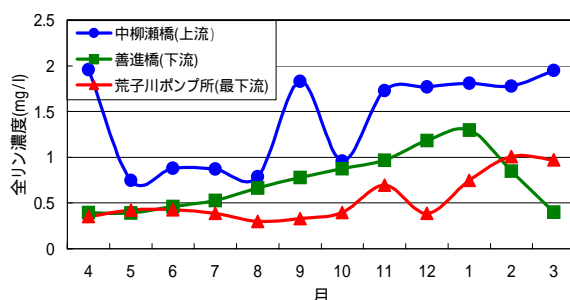


図28 全リン

図27の全窒素は、上流の値は低いが、下流（善進橋）付近の値は高い。逆に、図28の全リンは、下流に行くにしたがい値が低い。これは流入水に問題がある。

そこで、もう一度荒子川への流入水を見直してみると、窒素を多く含んでいるのは、雨水ポンプ所からの排水、庄内用水の農業余剰水、打出処理場からの高度処理水が考えられる。また、リンを多く含んでいるのは、上流部の工場排水だと考えられる。

9.2 結論

1年間荒子川を観測してきて、どれくらいの最低水位なら周囲の環境に影響しないか、今回計算した春の場合は上流の河川への影響も考えてN.P-1.4ぐらいが妥当だろう。

流入水質に関しては、窒素とリンは一般的には毒性もなく、酸素も消費されず、炭素の有機化に道をひらくだけである。その作用は急速ではないが、入り込んだが最後、容易に出て行かないので、河川の中での除去は困難である。したがって、流入水中の窒素やリンが荒子川に流入する前に除去されることが望ましい。よって、可能な限りの最低水位と、脱窒、脱リンをすれば荒子川の水質は良くなる。

9.3 補足

9.3.1 その他の対策

富栄養化を防止するためには、排水の脱窒、脱リンの実施だけでなく、水域の栄養塩類の収支などを考慮した総合的な対策が必要である。排水の栄養塩類の効果的な除去には莫大な費用を要するので、将来への見通しをもたず、やみくもに高度処理を取り入れるべきではない。従来の生物処理でも、丁寧に管理すれば、BODだけでなく窒素及びリンの除去能力も高くなる。そこで、まず生物処理の機能を十分に発揮させてから、その不足分を高度処理に頼るべきである。

富栄養化した水域を回復させるための排水処理以外の対策としては、次の3つがある。

- 、底泥を取り除く
- 、水生植物や藻類収穫する

、底層の溶存酸素を 2mg/l 以上に保持する

9.3.2 水理データ

本研究を行うにあたってはデータが乏しかった。そこで研究をより正確に行うために必要となるデータを今後のため以下に示した。

- ◆ 雨水ポンプ所からの排水量
- ◆ 雨水ポンプ所からの排水水質
- ◆ 荒子川ポンプ所の排水量
- ◆ 荒子川ポンプ所付近の水質
- ◆ 善進橋での水質（週 1 回測定）

また水質に関して必要な項目は、窒素、リン、BOD、クロロフィル a、動物プランクトン（炭素量）である。

参考文献

- 1) 名古屋市公害対策局：みずべ（1988～1998）
- 2) 林泰造：基礎水理学 鹿島出版会 pp.261～263
- 3) 森下郁子：ダム湖の生態学 山海堂出版 pp.124～125
- 4) 松本順一郎：水環境工学 朝倉書店 pp.84～85（1994）
- 5) 都留信也：環境と微生物 共立出版 pp.90、211～212（1979）

