

江津湖の水質モデル解析

熊本大学 正会員 中島重雄
 熊本大学 神崎良久
 熊本大学 学生員 小田原真吾
 熊本大学 学生員 吉元裕一

1・緒言・ 近年、都市近郊河川及び湖沼の水質低下は、環境保全上深刻な問題となってきたが、熊本市もその例にもれない。江津湖は、熊本平野の東南部に位置し、湧出する豊富な地下水及び加勢川を人工堤で塞いで造った人造湖であり、中央の狭隘部分を境に、上江津湖・下江津湖に分けられる。またその構造上、連続した水系としてとらえるならば、緑川水系の支川である加勢川の一部であるともいえる。本研究の目的は、下江津湖の水質を調査し現状を把握すると同時に、下江津湖の、流入負荷に対する湖内の水質変動を有限容積モデルを用いて予測することである。なお、水質指標にはBOD、SSを用いた。

2・シミュレーション・江津湖は上述のように河川的特徴も含んでいるので、複雑な変動機構を背景に変化している。現段階ではその変動機構も十分解明されておらず、データ入手にしても十分ではないので、適当な諸仮定を前提としてモデル解析を行なう。

モデル解析にあたっては、図1に示すように、下江津湖を7つのエレメントに分け、各エレメントのBOD、SSを測定し、モデル式の各々の未知定数を決定していく。モデル式は以下の式を用いる。

$$V_i \frac{dC_i}{dt} = \sum_j \{Q_{ji} [\delta_{ji} C_j + (1 - \delta_{ji}) C_j] + D_{ji} (C_j - C_i)\} - S_i \quad (1)$$

V_i : エレメントi内の流体の容積、 $\frac{dC_i}{dt}$: エレメントi内の物質の

濃度変化速度、 Q_{ji} : エレメントjからエレメントiへの流量、

δ_{ji} : 境界における物質濃度を隣接エレメント内の平均濃度で表わす

のに用いる定数で0.5~1.0の値を用いる、 D_{ji} : 拡散係数、 S_i : エレメントi内の物質の発生と消滅項、 C : エレメント内の平均物質濃度。次にBOD、SSの発生消滅項をあげる。

$$S_i = V_i k_{1i} C_i + V_i k_{3i} C_i - Q_i B_{Ti} \quad (2)$$

k_{1i} : エレメントi内の脱酸素定数、 k_{3i} : エレメントi内の泥殿による汚濁物質濃度、 B_{Ti} : 局所流入、巻き上げ等による汚濁物質濃度、 Q_i : 局所流入河川の流量

本研究では江津湖を定常状態とみなし、 $\frac{dC_i}{dt} = 0$ とおく。よって一般式は以下になる。

$$\left\{ \sum_j [D_{ji} + Q_{ji}(1 - \delta_{ji})] + V_i (k_{1i} + k_{3i}) \right\} C_i + \sum_j (Q_{ij} \delta_{ij} - D_{ij}) C_j = Q_i B_{Ti} \quad (3)$$

なお、江津湖は堤を設けただけの人造湖であるうえに、昭和28年大水害時の大量の土砂でかなり浅くなっており、水深は最深でも3.9m、大部分が2m以下である。また電気伝導率、水温の水深方向変化もほとんどみられない。これらから単一層とみなし、2次元の流れとして取り扱う。発生項には局所流入のほかに巻き上げ藻類等による増加などがあるが、巻き上げについては江津湖の流速が極めて遅いこと、効率的実験方法がないことより省略した。BODの藻類等による2次負荷の増加については、湖としては比較的流速が速い方であり、また採水時が秋ということで、2次負荷量を求める調査は行なわなかった。

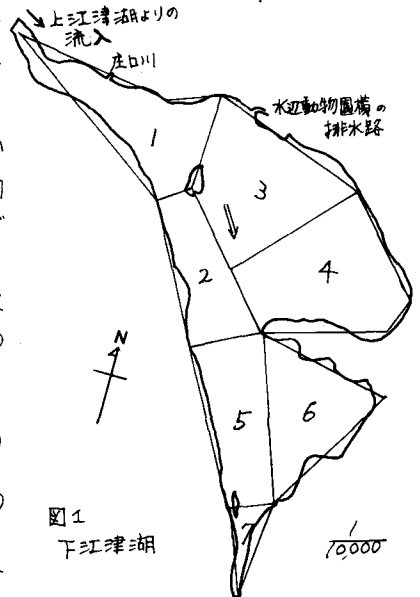


図1
下江津湖

3・結果と考察・ 水質分析結果より下江津湖内各点のBOD、COD、SSの濃度は、それぞれ1~3 mg/l 、0.5~1.8 mg/l 、5~9.5 mg/l である。河川、湖沼の両方の水質環境基準を用いて水質を検討してみると、ともに類型Bである。これは、都市近郊の湖沼としては普通のものである。このように江津湖は、富栄養化が進んでいるとは思われないほど、BOD、SSに関しては低濃度であるが、T-P、T-Nに関しては富栄養化限界値の10倍以上の濃度である。T-P、T-Nが多いのにBODが増加しないのは、BODの増加には窒素のみが関係し、江津湖は硝酸性窒素がほとんどだからである。

次に、測定結果をもとに、モデル解析を行ない、計算値を出したところ、実測値とのずれが40%前後と大きく、シミュレーションには利用できないことがわかった。これは、BODについては、藻類等による2次負荷、SSについては巻きあげによる負荷を考慮していなかったことが大きな要因としてあげられる。そこで、モデル式の発生項に、BODの2次負荷量、SSの巻きあげによる増加量を加えて、再度計算を行なった。

まずBODについてみると、2次負荷が発生するエレメントは湖沼の性質を持ち、しかも表面積の広いエレメント③④⑥とした。SSについては、流速が30 cm/sec 以上のエレメント⑦と、水深50 cm 以下の部分が1/3以上を占めるため波による巻きあげが予想されるエレメント⑥の2つのみとした。以上のことを考慮して、新たにモデルをつくり、計算値を出した。BOD、SSともに、シミュレーションの適合性は表1・2に示すとうりである。誤差率をみると、BOD、SSともエレメント④が大きい。この原因としては、①流量測定誤差、②2次負荷量の加え方の良否、③上流側エレメント②③及び④中の他の発生ファクターの存在があげられ、今後の課題としたい。特にSSについては、エレメント①と⑦の誤差率が低いので系全体のシミュレーションとしては適合性が高いといえる。

次に、上江津湖より流入する負荷及び、庄口川と水辺動物園横の排水路の流入河川の負荷をそれぞれ50%カットする。この時の湖内各々のエレメントのBOD、SS平均濃度を水質モデル解析し、表3・4に示す。これらにより、湖内の水質のほとんどは、上江津湖からの流入水による影響を受け、BOD濃度が7.28 mg/l という高い濃度を示す水辺動物園横の排水路や、SSが15.3 mg/l の庄口川は、それほど湖内の水質変動には影響がないことがわかる。このため、江津湖の水質を改善するためには、まず上江津湖より流入する水質を向上させる必要がある。なお特徴的なことは、表3・4からわかるように、上江津湖からの流入負荷変動の影響が、エレメント⑥に関しては、BOD、SSともにそれほどみられないことである。これは、エレメント⑥が湾の形態をしており、湧水が比較的少なく、水深、流速等も小さいため、ほとんど貯留しているからと思われる。

4・結び・ 今回、我々は有限容積モデルを用いて江津湖の解析を行なったが、発生項の処理に無理があり、計算値の算出にあたっては誤差を生じた。より正確なモデル解析を行なうには、発生・消滅項の正確な把握、長期間にわたる調査の継続が必要である。我々の今後の課題は、移流係数、流量、発生・消滅項の見直し等を行ない、さらに、負荷量、断面積、流入量等を変え、江津湖の水質向上に役立つ結果が得られるよう努めたい。

表1 BOD(mg/l)

エレメント	実測値	計算値	誤差(%)
0	2.1	2.1	—
1	2.2	1.7	22
2	1.8	1.7	5
3	1.8	1.4	20
4	1.8	1.3	32
5	1.7	1.3	21
6	2.2	1.9	15
7	1.7	1.5	10

表2 SS(mg/l)

エレメント	実測値	計算値	誤差(%)
0	10.0	10.0	—
1	8.1	7.1	12
2	7.7	6.1	20
3	7.5	5.1	32
4	7.3	4.3	41
5	6.0	5.0	17
6	6.3	5.4	14
7	7.6	6.9	9

表3 BOD

エレメント	計算濃度(mg/l)	流入負荷を50%カットした場合		局所流入負荷を50%カットした場合	
		計算濃度(mg/l)	初率(%)	計算濃度(mg/l)	初率(%)
0	2.1	1.1	—	2.1	—
1	1.7	0.9	98	1.7	1.2
2	1.7	0.8	104	1.6	1.2
3	1.4	0.8	94	1.4	4.2
4	1.3	0.7	88	1.2	4.8
5	1.4	0.7	100	1.3	1.4
6	1.9	1.9	4	1.9	0
7	1.5	0.7	104	1.5	0

表4 SS

エレメント	計算濃度(mg/l)	流入負荷を50%カットした場合		局所流入負荷を50%カットした場合	
		計算濃度(mg/l)	初率(%)	計算濃度(mg/l)	初率(%)
0	10.0	5.0	—	10.0	—
1	7.1	3.8	92	7.1	0
2	6.1	2.1	98	6.1	0
3	5.1	2.5	102	5.0	2
4	4.3	2.4	88	4.3	2
5	5.0	2.7	92	5.0	0
6	5.4	4.7	26	5.4	0
7	6.9	3.3	104	5.9	3.2