

工業用貯水池の水質モデルに関する考察

熊本大学工学部 正会員 中島重旗
熊本大学工学部 学生員 小野浩一
熊本大学工学部 学生員 平尾将基
熊本大学工学部 津野孝弘

1. はじめに 近年、天然湖沼、ダム湖、貯水池などのいわゆる閉鎖性水域での富栄養化の傾向が、問題となっており伊万里市工業用貯水池においても、例外ではなくなってきた。このような状況に対処するために、貯水池内の負荷量の動きを把握することが、貯水池の総合的な水管理をする上で重要になってきた。

本研究はこのような観点から、T-Nをパラメータとした富栄養化モデルについて検討するものである。

2. 概要 対象貯水池は、有田川又は川堰からポンプ揚水により貯留し、総貯水容量47800m³、給水能力7000m³の工業用水道貯水池である。またモデルの適用においては、9月初旬の湯水期のデータを用いた。その時の最大水深5.8m、水面積は約0.06km²と浅く狭い貯水池であることがわかる。その概要を図-1に示す。

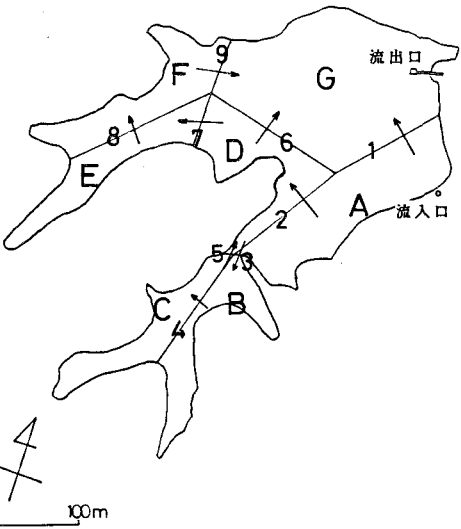


図-1 伊万里市工業用水道貯水池概要

3. 有限容積モデル 対象貯水池の電気伝導率および水温の水深方向の分布が、水深3mを境に変化していることより、水深3mまでを完全混合単一層とみなし2次元流れとして考える。モデル解析においては、図-1のように、対象貯水池を7つのエレメントに分割し、シミュレーションを行ってゆく。

ある特定の物質が輸送されるとき、任意の区間容積を通過する物質収支の一般式を次のように与える。

$$V_i \frac{dC_i}{dt} = \sum_j (G_{ji} + E_{ji}) - S_i \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 V_i :エレメントi内の流体の容積(L³)、 $\frac{dC_i}{dt}$:エレメントi内の物質の濃度変化速度(ML⁻³T⁻¹)
 G_{ji} :エレメントjからiへの移流による物質の輸送、 E_{ji} :エレメントjからiへの拡散による物質の輸送、
 S_i :エレメントi内の物質の発生と消滅

移流項 G_{ji} は次のように表わされる。

$$G_{ji} = Q_{ji} [\delta_{ji} C_j + (1 - \delta_{ji}) C_i] \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 Q_{ji} :エレメントjからiへの流体の体積流量(L³T⁻¹)、 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すのに用いる比例定数で、0.5~1.0の値をとる。

拡散項 E_{ji} は次のように表される。

$$E_{ji} = D_{ji} (C_j - C_i) \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 D_{ji} :エレメントjからiへの物質通過による拡散係数(L²T⁻¹)

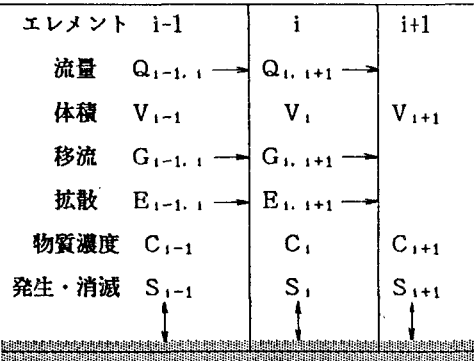


図-2 有限容積モデルの模式図

この場合の次元のしが3次元になっているのは、一般に使われる2次元の拡散係数を、物質収支式に使えるように次元を合わせたためである。式②及び式③を式①に代入すると、

$$V_i \frac{dC_i}{dt} = \sum_j [Q_{ji} \{ \delta_{ji} C_j + (1 - \delta_{ji}) C_i \} + D_{ji} (C_j - C_i)] - S_i \quad (4)$$

となる。定常状態であると考え、上式において $\frac{dC_i}{dt} = 0$ とおく。

次に発生消滅項 S_i について考察する。エレメントDの西側部は、水深50cm以下である。そのため風により波が起きるとかなり巻き上げが生じると思われる。従って発生項に巻き上げを考慮する。また消滅項として沈降を考慮する。以上のことより発生消滅項 S_i は次のようになる。

$$S_i = V_i k_{3i} C_i - M_i \quad (5)$$

ここに、 k_{3i} : エレメントi内の沈降係数(T^{-1})、 M_i : エレメントi内の巻き上げによる負荷量($M \cdot T^{-1}$)

以上のことにより、有限容積モデルの一般式は次のようになる。

$$\sum_j \{ D_{ji} + Q_{ji} (1 - \delta_{ji}) \} + V_i k_{3i} C_i - \sum_j \{ (D_{ij} - \delta_{ij} Q_{ij}) C_j \} = M_i \quad (6)$$

なお各データを表-1~表-3に示す。

表-1 各エレメントの体積、T-N濃度、沈降係数

	V (m ³)	C (mg/l)	K ₃ (1/h)
A	26043	0.77	.0010
B	16986	0.21	.0031
C	18612	0.32	.0025
D	11634	0.29	.0023
E	13368	0.62	.0013
F	19191	0.58	.0013
G	56736	0.84	.0014

表-2 各測線の流量及び拡散係数

	Q (m ³ /h)	D (m ² /h)
測線1	2538	2620
測線2	2138	294
測線3	482	2080
測線4	4147	1220
測線5	653	130
測線6	8585	3347
測線7	3018	610
測線8	8943	2749
測線9	312	319

表-3 流入口、流出口の流量及びT-N濃度

	Q (m ³ /h)	C (mg/l)
流入口	503	0.71
流出口	216	0.89

4. 結果及び考察 解析においては、各エレメントの濃度を未知数とし移流係

数を0.5~1.0の間で動かし、また今回実測できなかった流入口の拡散係数も同時に動かしてそれによって求められた計算結果が、実測値に近づくようにシミュレーションを行った。その結果を表-4に示す。結果をみるとエレメントE,Fの誤差が、他のエレメントの誤差に比べ非常に大きいことがわかる。これは、エレメントB,C,E,Fが地形的に他のエレメントに比べ滞留時間が長く、考えているモデルの流下時間では十分に循環していない、その結果エレメントE,Fの誤差につながったと考えられる。

表-4 計算値及び実測値との誤差

	A	B	C	D	E	F	G
計算値	0.62	0.14	0.39	0.33	0.04	0.17	1.15
誤差	19	33	22	14	94	71	37

(単位 計算値: mg/l, 誤差: %)

表-5 計算値及び実測値との誤差 (3ELEMENT)

	A	D	G
計算値 (mg/l)	0.63	0.24	0.99
誤差 (%)	18	17	18

表-6 測線上、流入口、流出口の移流係数

	測線1	測線2	測線3	測線5	測線6	測線7	測線9	流入口	流出口
δ	1.0	0.8	0.6	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5

従ってこの4つのエレメントを停滞域と考え、4つのエレメントに比べ滞留時間が短いエレメントA,D,Gについて再シミュレーションを行った。結果を表-5及び表-6に示す。結果をみると誤差が、3エレメントとも20%以内となり、この誤差内でT-Nの挙動をつかめた。

5. 今後の課題 (1)発生項に巻き上げを考慮し、その計算値が5800%とでたがこの負荷量は実測値ではなく物質収支から算出した計算値なので、今後実験的な考察が必要である。

(2)流入口の拡散係数のシミュレーション値が、30000%とでたが、今後実測値を測定し、本研究のシミュレーション結果を確認する必要がある。

(3)今回B,C,E,Fを停滞流域と仮定してシミュレーションを行ったが、実際に停滞しているかどうかを水質的に検証してみる必要がある。

参考文献 1)中島重旗;土木技術者の陸水環境調査法 森北出版 1983年