

貯水池の富栄養化予測法について

京都大学工学部 正 員 岩佐 義朗
 京都大学工学部 正 員 松尾 直規
 中国電力 正 員 仏原 肇
 京都大学大学院 学生員 森北 佳昭

1 はじめに 本研究は、貯水池における富栄養化現象を数値解析するにあたっての、流体力による質量輸送、現象の時間的・空間的スケール、生物学的生産・消費に関するモデル式、及びそれらの係数値等の取扱いについて、前報で報告した富栄養化予測モデルを用いた窒生貯水池における数値シミュレーションにより考察したものである。

2 数値解析 解析に用いた富栄養化数値解析モデルについて略記すると、解析対象とする水質指標は、植物プランクトン（クロロフィル α 濃度）、動物プランクトン（炭素濃度）、総リン、無機態窒素、有機態窒素濃度の5つであり、これら水質の挙動をコントロール・ボリューム法による貯水池水理解析手法を適用してモデル化したものである。基礎式、ならびに境界条件、初期条件等の計算条件については、既報を参考されたい。このモデルを用いて、窒生貯水池を対象に以下の5点について数値解析を実施し、その結果を考察した。表1～表3は、それらの計算ケースを整理したものである。

a) 流体力による質量輸送

表-1 環境境界条件による比較ケース

ケース	環境境界条件の変化
1	流入水温を2℃上昇
2	流入水温を2℃減少
3	無機態窒素流入負荷量を2倍
4	無機態窒素流入負荷量を1/2
5	有機態窒素流入負荷量を2倍
6	有機態窒素流入負荷量を1/2
7	総リン流入負荷量を2倍
8	総リン流入負荷量を1/2
9	日射減衰係数を0.2から0.1にする
10	日射減衰係数を0.2から0.3にする
11	総リン溶出速度に季節変化をつける
12	無機態窒素溶出なし

である移流・拡散・沈降の各項と生物学的生産・消費項を比較し、それぞれが水質変化へ寄与する程度を把握する。

b) 表-1のように環境境界条件を変化させた時の応答特性。

c) 表-2のようにモデルの反応項内の各係数値を変化させた時の応答特性。

表-2 モデル式の各係数値による比較ケース

ケース	係数	変化前	変化後
1	植物プランクトン最大増殖速度	0.048	0.0626
2	水の温度比例定数との積 μ_{CKM}	0.048	0.01
3	動物プランクトン捕食速度 Cg	0.25	0.13
4		0.25	1.0
5	沈降速度	0.3	0.15
6	$U_{0,Cp}$ $U_{0,Ph}$ $U_{0,No}$	0.3	0.03
7	植物プランクトン呼吸速度 K_A	0.005	0.0035

d) 表-3のように生産・消費項のモデル式を変化させた時の計算結果への影響。

e) コントロール・ボリュームの大きさ（ Δx の値）の違いによる解析結果の比較。

表-3 生産・消費項のモデル式による比較ケース

ケース	モデル式構成要素	変化後
1	植物プランクトン増殖率内水温項	μ_{CKM} 指数型
2	μ_{CKM} 比例型	μ_{CKM} 指数型
3	植物プランクトン増殖率内日射項	$\frac{I_0}{I_0 + I_1}$ 比例型
4	$\frac{I_0}{I_0 + I_1} e^{(1-I_0/I_1)}$ 指数型	$\frac{I_0}{K_0 + I_0}$ Monod型
5	植物プランクトン呼吸率 K_A 水温比例型	$K_A e^{(T-T_0)/T_0}$ 水温指数型
6	植物プランクトン捕食率 Cg $\frac{Cg}{K_{cp} + C_p}$ 濃度比例型	$Cg \cdot Z$ 動物プランクトン濃度比例型
7	飼食効果を考慮した動物プランクトン濃度比例型	$Cg \cdot \frac{C_p}{K_{cp} + C_p}$ 水温比例型
8	植物プランクトン増殖に伴う窒素の取込み $\beta \cdot G_{cp}$	$\beta(G_{cp} K_A C_p)$
9	OHからINへの分解速度 K_L (定数)	$e^{0.0693(T-20)}$ 水温指数型
10	総リン	無機態リン 有機態リン

3. 結果と考察 上記a)~e)のそれぞれについて、解析結果の主なものをまとめてみると以下ようになる。

a) 拡散項は、全ての水質指標について、その他の項よりオーダー的に小さく、これを無視することができる。

・表層、及び貯水池中間部の中層においては、比較的流速があり移流項、沈降項が生産・消費項と同程度のオーダーとなっている。このため、生産・消費項に起因する各指標濃度の変動が流下方向・水深方向に伝播するとともに、出水時においては移流に起因する栄養塩、動物プランクトンの増減が、その後の生物学的生産・消費と密接に関連する結果となる。

・植物プランクトンの増殖には、水温、日射、栄養塩が大きな影響を及ぼしているが、植物プランクトン自身の濃度、動物プランクトン濃度も大きく関係する。また、植物プランクトンに関する生産・消費項の大小が各水質指標の変化を支配する結果となっている。

b) 流入条件の変化による水質指標への影響は、主に上述の移流効果の大きい所に表れるが、各水質指標の時間的変化パターンは変わらない。

・日射の減衰係数、すなわち日射がどの程度の深さにまで達し、その値がどの程度であるかは、光合成による植物プランクトンの一次生産に基づく生物学的生産・消費の過程に大きな影響を与える。

・成層期の貯水池においては、表層、中層へは底泥からの溶出成分がほとんど移動されず、栄養塩の溶出の影響は、非常に小さいと思われる。

c) 表-2にあげたケース1からケース6までの係数の変化は、いずれも計算結果に大きな影響を与えることが示され、これらの値を正しく選択することが、解析結果の精度に重要な意味を持っている。

d) 採用する関数型によって、計算結果が異ってくるのは当然であるが、影響因子の範囲内では結果的にそれほど大きな違いはない。対象とする貯水池の水理、水質特性及び気候等の環境条件等によって、個々の現象をいかに近似するかが問題となろう。

・リンについては、総リンとして扱っても、無機態、有機態に分けて扱っても、有機態リンから無機態リンへの変換速度が大きいので、ほとんど変わらないことがわかった。

e) Δx を1000mから、2000m、600mと変えた場合について計算したが、600mの場合には、顕著な変化が認められないにもかかわらず、2000mの場合には、かなりの変化がみられた。これは、この値より空間的スケールの小さな現象が存在し、その再現ができなかったためと思われる。従って実際現象の再現には、実測値によりそれらの空間スケールを把握し、それらを再現しうる Δx , Δy を選ばなければならない。

4. おわりに 本研究で、前報富栄養化数値解析モデルに、様々なインパクトを与えた時のモデルの挙動を観察することにより、その特性と限界がある程度理解できた。富栄養化現象に関する情報量の少なさや、実測資料の不備から実際現象とそれに対するモデルの適用性を詳しく論ずることは難しいが、ある程度モデルの精度を上げることが可能であると言えよう。

参考文献；1) 岩佐・松尾・森北；“貯水池における富栄養化のシミュレーション” 土木学会関西支部年講，1979

2) 岩佐・松尾・淵原；“貯水池水理モデルによる富栄養化のシミュレーション” 第34回土木学会全国大会年講，1979