

II-678

水循環による貯水池の水質改善に関する研究

関西大学大学院 学生員○鈴木 裕久

関西大学工学部 正 員 和田 安彦

関西大学工学部 正 員 三浦 浩之

1. はじめに

近年、湖沼や貯水池などの閉鎖性水域における富栄養化が進行し大きな問題となっており、下水道整備等による水域への栄養塩流入量の削減や、水域の直接浄化など富栄養化防止対策が求められている。この対策の一つとして貯水池における水循環の形成と酸素補給があり、滞留域の解消、溶存酸素欠乏の解消、悪臭の緩和などの効果が得られるが、富栄養化防止に効果の高い循環流の規模や手法を検討した事例は少ない。そこで、一般的な形状の貯水池を想定して、水循環の形成が水質改善にどの程度効果があるのか、またどの程度の規模の循環流の効果が高いのかをシミュレーションモデルを用いて検討した。

2. モデルの概要

(1) モデル貯水池

貯水池および循環流の設定については、図-1に示すとおりとする。循環流は、下層放流を行うことで水質改善に最良の結果が得られると考えられるので、上層の水を下層に送り込むことにより発生させる。

(2) 循環流シミュレーション方法

循環流解析には、二次元二層モデル¹⁾を採用した。本モデルでは水域に有光層と無光層を設定し、これによって上層と下層を分割している。これは水質解析モデルにおいて有光層と無光層を持つ二層モデルを用いるためである。本モデルは上層と下層各々の流動の平均的な特性を計算するものである。差分化にはADI法¹⁾を用いた。計算を行う際には、

- ① 循環流解析モデルの中の各種パラメータの値
- ② 上流河川等からの流入水量

が必要となるが、これらは各種の観測値や計算事例より設定した。計算は貯水池内の潮流が安定するまで繰り返す。

(2) 水質予測シミュレーション方法

水質解析モデルは、植物プランクトンを中心とした貯水池内の水質変化の疑似構成を数式で表現し、数値解析を行うものである。本モデルでは、植物プランクトンの生産量に強く影響される富栄養化機構を解明できるということと、任意の時間スケールで水質変化が予測可能であるという特徴により、生態系モデルに含まれる生物系モデル²⁾を用いる。

3. 解析条件

循環流については、14時間で総貯水量を攪拌することができる流量に設定した。計算条件を設定し循環流解析を行い、その結果を用いて水質解析を行った。初期条件は、当研究室において行った調査結果及び文

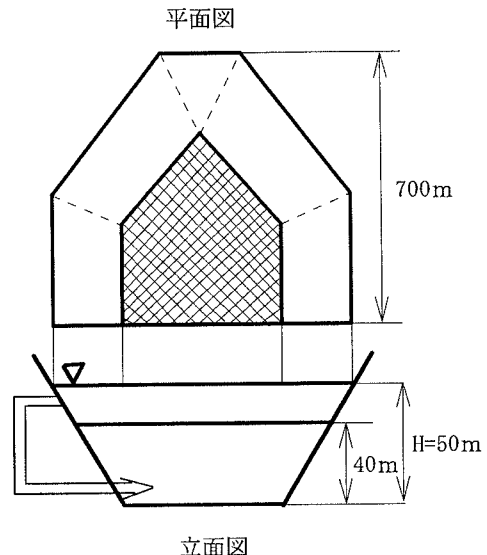


表-1 水質初期値

水 質 項 目	上 層	下 層
クロロフィル a ($\mu\text{g/l}$)	0.50	0.28
有機態窒素 (mg/l)	0.10	0.05
無機態窒素 (mg/l)	0.33	0.17
有機態リン (mg/l)	0.0026	0.001
無機態リン (mg/l)	0.0014	7E-04

献等の値を参考に設定し（表-1）、パラメータ値は文献²⁾³⁾を参考に設定した。水循環の影響を受けるパラメータ値は表-2に示すものがある。植物プランクトンの比増殖速度は、水循環が存在しない場合は、下層は無光層であるために光合成が行われないため0とし、また、水循環が存在する場合は、上層の有光層からの流入を考慮に入れて値を設定した。窒素の溶出速度は、湖沼によって異なる傾向を示す²⁾ことから、循環流の有無に関わらず一定とした。リンの溶出速度は嫌気性の方が大きい傾向を示す²⁾ことから、循環流の存在する場合は、存在しない場合に比べて低い値に設定した。

4. 解析結果

(1) 循環流シミュレーション

下層の循環流は上層にはあまり影響を与えていない。これは、下層の水深が大きいため放流水は対岸に到達する前に流速が低減しているからである。

(2) 水質予測シミュレーション

解析は、①1日に一定時間循環流が存在する場合、②1日中循環流が存在する場合の2通りの解析を行った。順にCASE1、CASE2とした。CASE1ではほとんど水質低下効果は得られていないが、CASE2では上層の水質低下効果が1割程度であるのに対して、下層では3割程度の水質低下効果が得られている（図-2、図-3）。これは、循環流の大きさが下層に比べて小さいからであることと、次式に示すように、溶出速度は直接下層に影響を及ぼすものであるためと考えられる。

無機態窒素（下層）

$$V_L \frac{d}{dt} C_{INL} = E_X (C_{INU} - C_{INL}) + K_{DONL} \cdot C_{DONL} \cdot V_L + S \cdot R_N$$

無機態リン（下層）

$$V_L \frac{d}{dt} C_{IPL} = E_X (C_{IPU} - C_{IPL}) + K_{DOPL} \cdot C_{DOPL} \cdot V_L + S \cdot R_l$$

5. 結論

今回、貯水池などの閉鎖性水域に水循環を形成した場合の水質改善について解析を行った。その結果、水循環により富栄養化防止に効果のあることが確認できた。今回の解析では、検討ケースが2通りであったが、今後はもっと検討ケースを多くし、循環流をどのように、どの程度行えば水質改善効果がより高くなるのかを検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 堀江 毅, 金子安雄他: 潮流計算における境界等の取り扱い, 港湾技術研究所報告, vol. 15-2, 1976. 6
- 2) 昭和58年度環境庁委託業務報告書: 湖沼水質管理指針策定調査, pp. 8-9, 65-78.
- 3) 名和秀暎, 中村一誠: 丹沢湖における生物系モデルを用いた水質予測 水道協会雑誌, pp. 2-16, 1993.2.

表-2 水循環の影響を受けるパラメータ値

変 数
植物プランクトンの比増殖速度
植物プランクトンの沈降速度
デトリタスの沈降速度
無機態窒素の溶出速度
無機態リンの溶出速度

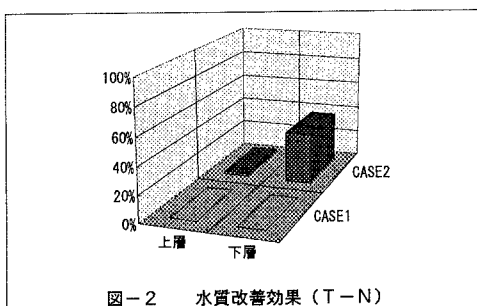


図-2 水質改善効果（T-N）

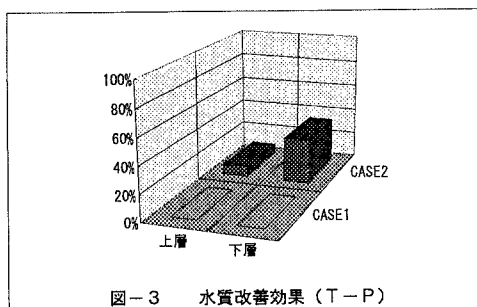


図-3 水質改善効果（T-P）

C_{INU} : 上層の無機態窒素濃度

C_{INL} : 下層の無機態窒素濃度

C_{DONL} : 下層の有機態窒素濃度

K_{DONL} : 下層溶存有機態窒素の分解速度

R_N : 無機態窒素の溶出速度

S : 下層の表面積

C_{IPU} : 上層の無機態リン濃度

C_{IPL} : 下層の無機態リン濃度

C_{DOPL} : 下層の有機態リン濃度

K_{DOPL} : 下層溶存有機態リンの分解速度

R_P : 無機態リンの溶出速度