

直交曲線座標系を用いた平面多層流モデルによる貯水池富栄養化現象の数値解析

京都大学工学部
建設省岩佐義朗
山田哲也中部大学工学部
京都大学大学院松尾直規
○長田信寿

1. はじめに; 本研究は、貯水池の富栄養化現象に対して、直交曲線座標系を用いた平面多層モデルを適用し、貯水池内の流速、水温、水質分布を再現し、それらの関係について考察したものである。

2. 富栄養化に関する水質モデル; ここで考える水質指標としては、藻類の現存量に対応するクロロフィル a 濃度、動物プランクトンの体積密度に対応する炭素濃度、栄養塩である有機態及び無機態の窒素、リン、さらに一般的な有機汚濁指標としての COD 濃度をとり上げている。なお、これらの生態学的変化過程の定式化にあたっては、水温の影響、日射の影響、動物プランクトンによる捕食の影響、及びスペース効果等をも考慮している。

3. 数値解析法; ブロック分割は、幅方向、水平方向には等間隔に分割し、ブロック数を変えることで地形表現を行っている。なお、詳細は文献¹⁾を参照されたい。

基礎方程式は、連続式、運動量保存式、水温・濃度の収支式、密度に関する状態方程式で構成され、これらを staggered scheme を用いて explicit 型の階差式に変形している。ここでは、移流項に 2 次精度の風上差分を、拡散項には中央差分を用いている。濃度計算においては、生産・消費項の非線形性に起因する解の振動を抑えるため、時間方向に 2 ステップの Runge Kutta 法を用いている。

また、陸地境界では Non-slip 条件を用い、温度、濃度の出入りはないものとしている。

4. 解析結果とその考察; 以上の手法を大分県の Y ダム貯水池に適用する。まず、流出・流入境界について述べる。流入は山移川の本川流入 (図 1 の QIN1) と 2 つの支川流入 (QIN2、QIN3) があり、流出は表層に 2 つ (QOUT1、QOUT2) と EL=132m のコンジットゲートである。

再現計算期間は、平成 2 年 7 月 1 日から 10 日間であるが、このうち特に 7 月 4 日の流速、滞留時間、各種水質分布を図 1 ~ 図 6 に示す。

この 7 月 4 日は出水後 3 日目にあたり、流出入端近傍を除くと流速も小さくなっている。また 2 つの支川の流

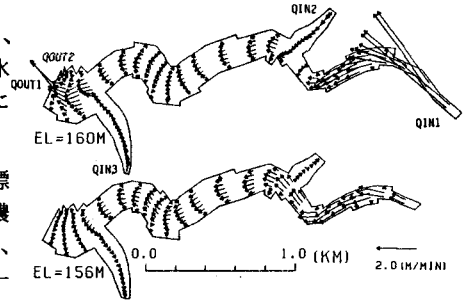


図 1 流速分布 (平面図)

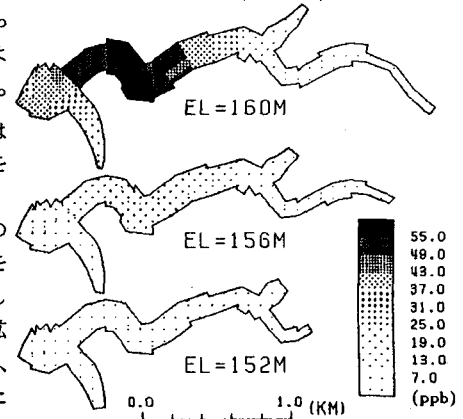


図 2 クロロフィル a 濃度分布 (平面図)

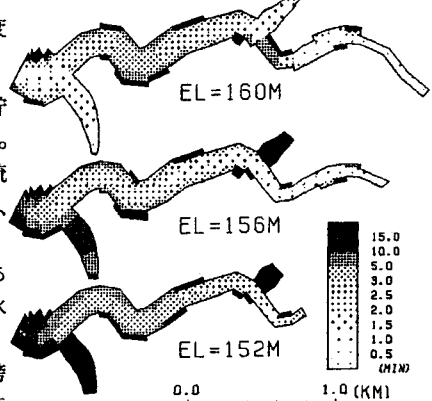


図 3 滞留時間分布 (平面図)

Yoshiyuki IWASA, Naoki MATSUO, Tetsuya YAMADA, Nobuhisa NAGATA

入部で表水層の下に連行現象に伴う上流側へ向かう流れが生じている。(図1) 図2では、出水による栄養塩の供給を受け、クロロフィルaの高濃度塊が、流況が安定するこの7月4日に、ダム上流約1kmの水域を中心とする表層に出現しているのが見られる。このクロロフィルaは、前述の通り富栄養化障害である藻類の発生状況を示す指標として用いているが、以下これと、その他の諸要素との関係について考察する。

図3は1m³当りの滞留時間分布である。この図よりクロロフィルa濃度55ppb以上の水域は、滞留時間分布において2分30秒以上(流速にして1cm/sec以下)の水域とはほぼ一致し、停滞性が増大するにつれて、藻類が大量に発生することが確認される。

図4、図5は無機態窒素濃度の平面分布図と鉛直分布図である。鉛直分布図より、流況の安定に伴い鉛直分布が卓越し、表層付近での濃度が小さくなっていることが分かる。さらに平面分布図より、表層の中でも特に前述したクロロフィルaの発生水域において濃度の小さいことが分かる。これは、藻類の発生により、栄養塩である無機態窒素の消費が増大したためと考えられる。

図6は有機態窒素濃度の鉛直分布図である。表層と下層に高濃度の水域が見られるが、このうち下層の高濃度塊は、出水時に流入したものがコンジットからの放水によりEL=132m付近に引き寄せられたためと考えられ、一方、表層で濃度が高いのは藻類生産に起因する内部生産を反映したものである。

また、本研究では藻類を藍藻類、緑藻類、珪藻類に大別し、計算を進めたが、その結果、藍藻類が優占種となった。これは、表水層の有光層内の水温が藍藻類の最適増殖水温として設定した25°Cに近かったためである。

なお、上述の各種水質分布の計算結果は実測結果と概ね一致するものであったことを付記しておく。

5. おわりに; 以上の数値解析結果により、このモデルの現象再現性がおおむね良好であることが検証されるとともに、貯水池内の各種水質濃度変化の様子が詳細に考察された。これは、貯留水の運動学的挙動を直接測定することが困難な現状では、富栄養化の汚染機構を解明する上で有用な手法と言えよう。

(参考文献)

- 1) 岩佐義朗・椎野佐昌・松尾直規: 貯水池水理における地形形態の影響に関する基礎的研究、中国四国支部研究発表会、1990

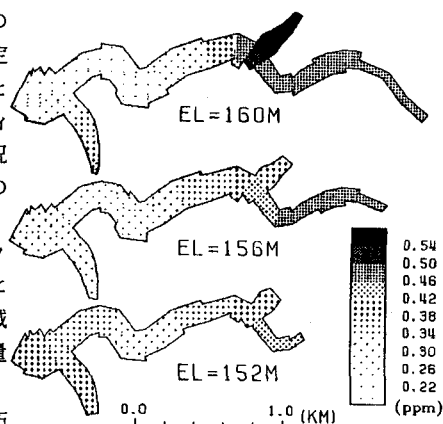


図4 無機態窒素濃度分布(平面図)

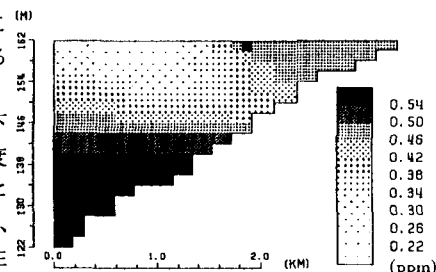


図5 無機態窒素濃度分布(縦断面図)

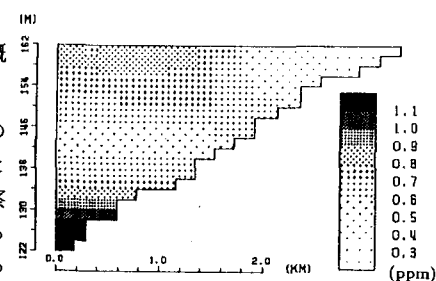


図6 有機態窒素濃度分布(縦断面図)