

II-223

平面多層モデルによる貯水池の水質変化過程に関する研究

京都大学大学院 学生員 長田信寿
 京都大学工学部 正 員 岩佐義朗
 中部大学工学部 正 員 松尾直規
 建設省 正 員 山田哲也

1. はじめに；本研究は、貯水池における水理現象、特に富栄養化に関して、支川等をも含めた貯水池形状をより忠実に取り扱い得る直交曲線座標系による平面多層モデルを用いて、流体運動、水温及び各種水質濃度計算を行い、その現象再現性を検討するとともに、流れの挙動と水質変化との関連について考察する。

2. 富栄養化に関する水質モデル；水質指標としては、珪藻類、藍藻類及び緑藻類その他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、一般的有機汚濁指標としてのCOD濃度を上げている。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、捕食に関する飽食効果及びスペース効果等を考慮している。

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。

基礎方程式は、直交曲線座標系を用いて記述される連続式、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、数値解析にあたっては、これらを上述のブロックについて積分展開した上で staggered scheme を用いて explicit 型の階差式に変形している。¹⁾ このとき、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。

なお、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Yダム貯水池に適用する。再現計算期間は平成2年7月1日から10日間であるが、このうち出水後の流況・水質の変化が表現されている7月2日、3日、4日について考察する。

対象とする領域はダムサイトから上流約3.3kmまで、容積にして2330万 m^3 の範囲である。図1に示すように流入は全流入量の大部分を占める本川流入(QIN1)と2つの支川流入(QIN2, QIN3)があり、流出は2つ(QOUT1, QOUT2)が表層に、さらに出水時には大量に放水することができるコンジットゲートがEL=132mに設置されている。

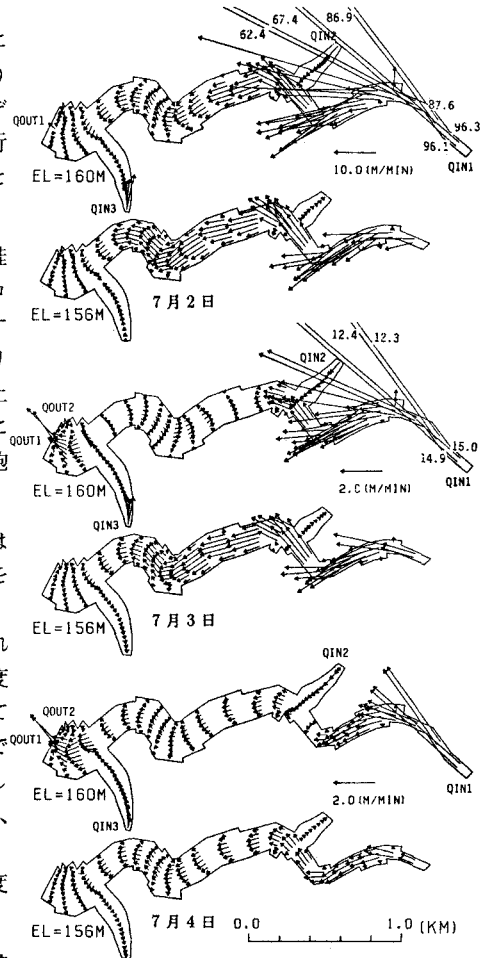


図1 流速分布（平面図）

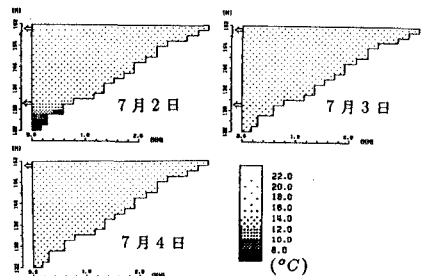


図2 水温分布（縦断面図）

図1より、流入水は表水層の水路中央部を主流域としてダムサイトまで流下するが、7月2日は出水時にあたるため、流速が非常に大きくなっている。7月3日は流速は小さくなるが、流入水温が表水層の水温より低いため、流入水が表水層の下に潜り込み、表水層ではそれに伴う逆流が生じている。出水後2日経過した7月4日は、貯水池の上下流端付近を除き流れは緩やかとなる。

図2は水温の鉛直分布図である。この図より7月2日に形成されている水温成層が、7月3日以降は破壊されていることがわかる。これは出水時に大量にコンジットゲートから放流したためと考えられる。なお、この計算結果は実測値ともほぼ一致している。

図3は濁度分布図である。濁度は後述するクロロフィルaや栄養塩のように生産・消費による変化がないため、貯水池内での水の動きを知ることができる。この図より出水時の7月2日に本川から高濃度塊が流入し、コンジット放流に伴う流れの特徴に対応するように貯水池内を流下している様子がわかる。

図4はクロロフィルa濃度分布図である。出水前に存在していたクロロフィルaが出水により貯水池外へ流出している様子が、7月2日、3日の分布図に示されている。7月4日には、ダム上流1km付近の表層に55ppb以上の高濃度塊が出現しているが、これは出水により栄養塩が供給され、流況の安定とともにクロロフィルaの生産速度が移流速度に比して卓越した結果と考えられる。また、この高濃度塊の分布は流れの滞流状況と非常に密接な関係があり、高濃度塊の発生域は流速にして1cm/sec以下の水域とはほぼ一致する。停滞性の増大が藻類の集積現象に関係することを示したものとえよう。なお、栄養塩の分布（図は省略）も藻類の発生を反映したのとなっており、上層では藻類の増大に伴い無機態の窒素・リンは消費されるため濃度が小さくなり、逆に有機態の窒素・リンは大きくなっている。

5. おわりに；以上の数値解析結果により、本研究で用いた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、出水時とその後における貯水池内の流れの状況が詳細に把握された。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・山田哲也：平面多層モデルによる貯水池の富栄養化現象の数値解析, 水工学論文集第35巻, 1991.

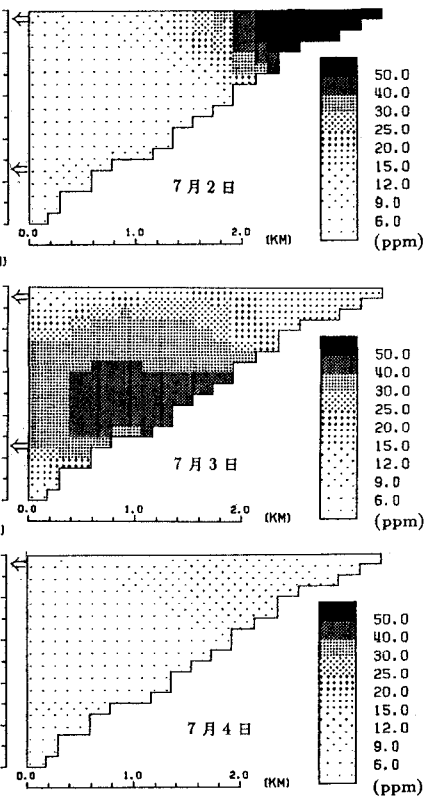


図3 濁度分布（縦断面図）

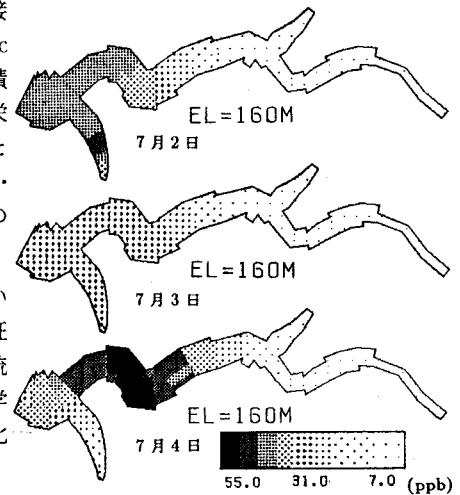


図4 クロロフィルa濃度分布（平面図）