

II-219 貯水池形状が貯留水の流れと水質に及ぼす影響に関する数値解析

中央大学工学部	正 員	松尾直規
京都大学工学部	正 員	岩佐義朗
四電技術コンサルタント	正 員	椎野佐昌
京都大学大学院	学生員	福井直之

1. はじめに

本研究は、貯水池における複雑な幾何形状ならびに流入等境界条件に対応した貯留水の流れと各種水質変化の特徴を数値解析により詳細に明らかにし、富栄養化等の課題に関係する水理・水質現象の正しい理解とそれに基づく水質改善対策の樹立に寄与せんとするものである。

2. 貯水池の水理特性と地形形状との関係

流れの場としての貯水池の地形形状の特徴は、貯留水の水理特性と密接に関係している。例えば、流入水に伴う移流熱量を主要因とする水温成層については、その変温層の位置が取水口の位置とともに堆砂段丘の有無など貯水池の縦断形状と少なからず関係している¹⁾。また、それは洪水時の水温成層の変形、破壊ならびに濁水の流入形態および位置にも影響し、その後の濁水滞留状況を左右する一因となる。さらに、富栄養化に関しては、流入部の潜り点付近での藻類の集積や入り江等のよどみ部での藻類の大量発生など、平面形状および縦断形状の特徴と対応した現象が経験的に知られている。これらの水理・水質現象を正しく把握することは濁水長期化や富栄養化の課題を解決する上で重要であり、そのためには地形形状とそれに対応した流れの運動学的挙動をできるだけ忠実に取り扱う必要がある。

3. 数値解析法

数値解析は上述の目的を達成するために著者らが開発した直交曲線座標系による平面多層流モデル²⁾を用いて行う。このモデルは、水の連続式、水平2方向に関する運動量保存式、静水圧分布式(鉛直方向の運動量保存式の代用)、水温・濃度の収支式、密度に関する状態方程式で構成され、各式は既存の地形測量データに基いて3次元分割されたブロックについて展開されている。なお、これらのモデルの表示については文献2)を、ブロック分割法については文献3)を参照されたい。

4. 解析結果とその考察

数値解析は、3. で述べたモデルをstaggered schemeを用いてexplicit型の階差式に変形し、所与の境界条件の下で数値解析することにより進められる。ブロック分割は200m毎の測量資料に基き、ブロック幅、ブロック厚さについては一定として幅方向および水深方向に分割数を変える方法で地形表現を行った。陸地(堤体を含む)境界ではNon-slip条件を用い、温度および濃度の出入りはないものとするとともに、日射等の気象要因による熱の授受、濃度に関する生産・消費、沈降はとりあえず考えないことにした。

以上の諸条件の下で得られた水温成層流の計算結果例を図-1～2に示す。図-1は表水層温度と等しい温度の水が上流端より流入し、下流端の左岸側から流出したケース、図-2は変温層の平均温度と等しい水が流入したケースであり、それぞれ計算開始時(静水状態)より6時間後の結果である。図-1では流入水が表水層を流下するのに伴い下層水が逆流し連行される様子が表わされているのに対し、図-2の場合は、流入水が密度流的に流入端から底面に沿って潜り込むように流下して潜り点に近い下流区間の表層水が逆流し連行される様子が表現されている。また、この時点ではいずれのケースも水深が急に深くなるところで下層水の逆流連行が顕著にみられる。平面的な分布については、貯水池幅が一様で直線的な区間では流速は水路の中心付近で最大となりほぼ左右対称の分布となるのに対し、湾曲部では外側の流速が大きく内側で小さい非対称分布になることが表わされている。また、入り江などの存在により貯水池幅が広がる所や逆に幅が狭

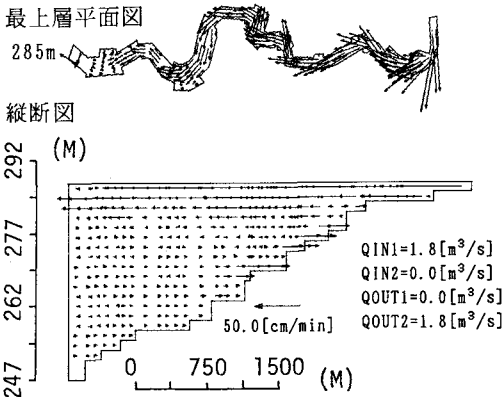


図-1 水温成層流の計算例（流入水温26.8℃）

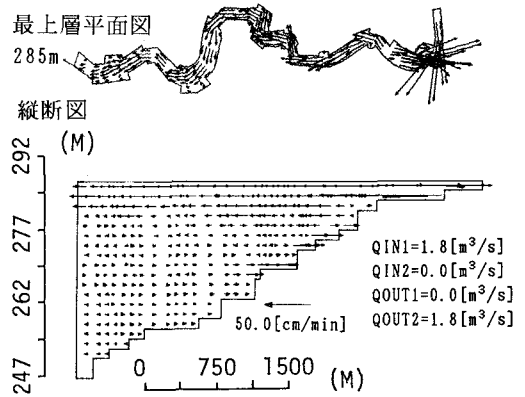


図-2 水温成層流の計算例（流入水温15.3℃）

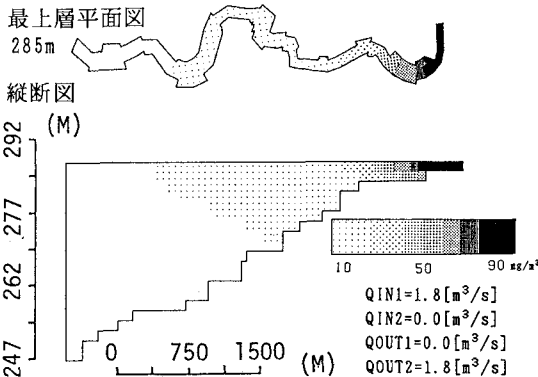


図-3 濃度分布の計算例（流入水温26.8℃）

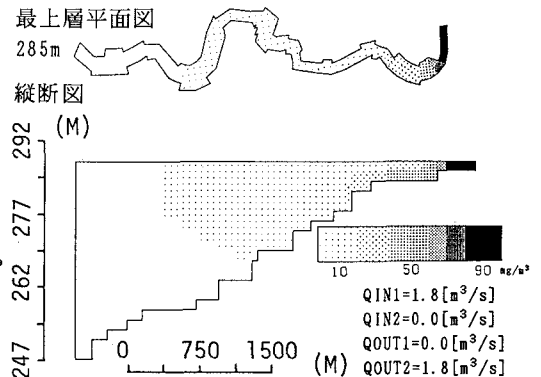


図-4 濃度分布の計算例（流入水温5.9℃）

くるところは、ブロック分割の結果を反映する形で陸地境界の影響を受け、側岸部で局所的な滞留がみられる。こうした流れの特徴は現段階では検証することができないが、従来より経験的に得られている知見と少なくとも定性的には一致するものであろう。

図-3、4は、図-1のケースならびに深層水と等しい温度の水が流入するケースについて、上流端から100mg/m³の溶解性物質濃度の継続的流入を想定し、その流下過程を追跡した例である。各図は全域において濃度ゼロとした計算開始時より36時間後の結果であるが、前述した流入水温の違いによる流入水ならびにその周囲水の運動学的挙動の差を反映した分布が示されている。また、各平面図には、湾曲と急拡に伴う幅方向の移流速度の違いを表わす濃度分布が一部にみられる。

5. おわりに

本研究での数値解析結果より、地形形状が貯留水の局所的な循環、滞留に影響し水質分布に反映される事が確認された。今後も、こうした水理特性と水の華などの問題事象との関係をより詳細かつ定量的に明らかにするための研究をその基礎となる実測資料の収集整備とともに進める必要がある。

参考文献

- 1) 岩佐・綾・松尾：多目的貯水池の水温分布特性とその影響要因、第27回水講演文集、1983
- 2) 松尾・岩佐・椎野・若林：直交曲線座表系を用いた2方向多層流れの数値解析、水工学論文集34巻、1990
- 3) 岩佐・椎野・松尾：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、