

II-419

曝気循環に伴う水質変化の数値解析

中部大学工学部 正 員 松尾 直規
 京都大学工学部 正 員 岩佐 義朗
 京都大学大学院 学生員 若林 伸幸

1.はじめに;本研究は曝気循環による貯水池水質改善効果を明らかにすることを目的に、曝気により生ずる流れの場における各種水質変化の過程を、軸対称気泡混合流モデルと植物プランクトンの種構成を考慮した富栄養化モデルとの組合せを用いて数値解析し、その結果を考察したものである。

2.数値解析モデル;対象とする流れの場は実際の貯水池内に設けられた間欠式揚水筒による曝気実験区であり、曝気により生ずる気泡ブルーム及び周囲水の流れの挙動は、著者らの円筒2次元気泡混合流モデル¹⁾により取り扱われる。このモデルは、点源より放出される上昇気泡により生ずる流れを軸対称とみなすとともに、気泡の容積とその変化を考慮し、流体力学の基礎原理を出発点として水深方向及び半径方向に適当に分割して得られたドーナツ状の体積要素について展開されたものであり、連続式、運動方程式、水温収支則、気泡の容積に関する収支則より構成される。一方、上述のモデルにより得られた流れの場における各種水質変化の解析は、著者らの従来のモデル²⁾に、植物プランクトンの種構成を考慮して改良を加えたモデル³⁾により行われる。即ち、植物プランクトンを珪藻類、藍藻類、緑藻類の3種に分類し、それぞれに対応するクロロフィルa濃度と、それらに關係する動物プランクトン、無機及び有機態の窒素、リンの各濃度を指標として一次生態系における増殖、呼吸、捕食、摂取、排泄、分解、溶出の過程に関する動力学的關係を表すとともに、移流、分散、沈降の各項を上述の円筒2次元分割要素について展開したものである。なお、この水質モデルは、実際の貯水池への適用が図られ、その現象再現性が比較的良好であることが確かめられている³⁾。また、上述の各モデルの詳細については著者らの文献に譲り、ここでは紙面の都合上省略する。

3.対象領域と計算条件;対象としたのは、室生貯水池における曝気実験区であり、計算ではそれを半径20m、水深23mの円筒領域として取り扱い、その中心軸上の水深9mから4.5mに設置された間欠式揚水筒から気泡が放出される場合について実施した。流れの計算は水深方向に $\Delta z = 0.5$ m、半径方向に $\Delta r = 0.2 \sim 2$ mの空間分割の下で、現実の諸条件を与えることにより、staggered schemeによる前進差分法を用いて進めている。図1は得られた流速及び水温分布の1例であるが、曝気により生ずる循環流は、揚水筒の下端よりやや低い水深10m以浅の表水層で顕著にみられるが、それより下層では流れは極めて穏やかであり、表水層との混合の程度も余り大きくない。こうした流れの特徴は、水温成層の存在の下で、変温層より上層の表水層内で曝気が行われる場合には、常に認められるものである。

水質計算にあたっては、以上の流れの特徴により、計算開始日の水温分布に対して求められた流れの場が、計算期間を通じて変わらないものと仮定し、各種水質濃度の変化を求め

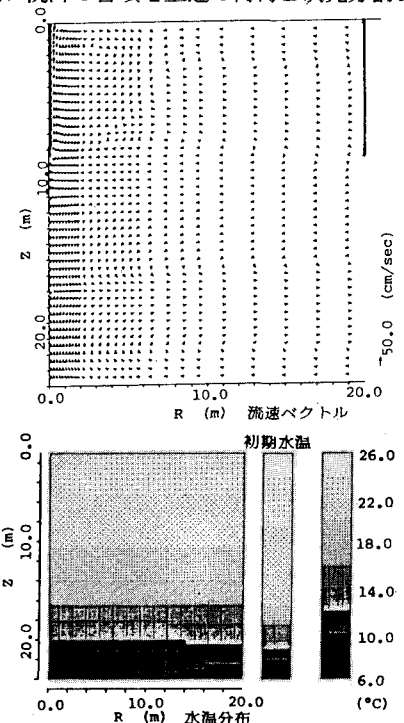


図1 流速及び水温分布

ることとする。水質計算の対象期間は、昭和58年4月20日～5月6日，同8月26日～9月9日であり、水温及び水質分布の初期値には、貯水池全体を対象とする一方向多層流モデルにより得られた相当水域の計算結果を用いている。なお、水質計算に用いた空間分割は $\Delta z = 1\text{m}$ ， $\Delta r = 2\text{m}$ であり、 Δt は安定条件より $\Delta t = 20$ 秒とした。

4. 計算結果とその考察；図2～4は、得られた結果のうち、対象期間が8月26日～9月9日の場合について、水温及び各種水質濃度の最上層における経時変化ならびに水深方向分布の例を示したものである。各図には、比較のため、上述した一方向多層流モデルによる実験区外（網場）での計算結果をも同時に示している。図2より、実験区では、曝気開始1日後には、鉛直混合により水温及びクロロフィルa濃度が低下し、逆に栄養塩濃度は上昇していることがわかる。また、網場ではその後の期間にクロロフィルa濃度が急激に増加し、それに伴い栄養塩濃度が低下するのに対し、実験区ではそのような変化はみられず、いずれもほぼ一定な値を保っている。なお、表水層水温の低下に伴う藻類種の変化はみられない。次に、図3の水深方向分布をみると、実験区では水深10m以浅の表水層において循環混合の結果、水温及び各種水質濃度が一様化していることがわかる。また、上述した水表面付近の時間的変化の違いが、分布にも反映されている。図4に示した藻類種の構成比の分布についても同様のことがいえる。以上に述べた水温及び各種水質濃度の曝気循環に伴う時間的、空間的变化の特徴は、他の計算期間においてもほぼ同様にみられるとともに、実測値が示す傾向とも定性的に一致するものである。なお、表水層におけるクロロフィルa濃度の増加抑制要因は、水温低下に伴う増殖率の低下もその一つであるが、それ以上に、極めて大きく他の項と比べると2オーダー程度大きい）移流混合が表水層での増殖による蓄積を抑制しているためと考えられる。

5. 終わりに；曝気循環に伴う水温及び各種水質変化の解析手法とその計算例を示した。得られた結果は概ね実測値が示す変化の特徴を再現しているが、定量的には不十分な点も残されている。今後とも、残された課題についてさらに検討を深めたい。（参考文献）1）松尾直規、岩佐義朗、木村玄、雑賀正嗣；間欠式揚水筒を用いた曝気循環による流れの数値解析 昭和62年度土木学会年次学術講演会概要集 2）岩佐義朗、松尾直規；貯水池における富栄養化のシミュレーションによる比較研究 第2回比較河川学シンポジウム講演概要集 1985.12 3）岩佐義朗、松尾直規、渡辺浩太郎、若林伸幸；鉛直循環流の場合における水質変化のシミュレーション 昭和63年度土木学会関西支部年次学術講演会概要集

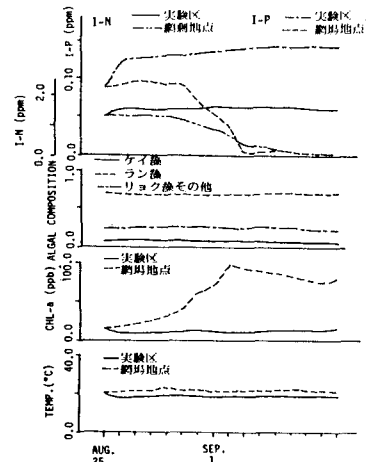


図2 実験区及び網場における経時変化

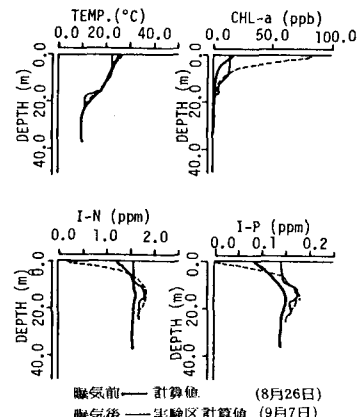


図3 実験区及び網場における水深方向分布

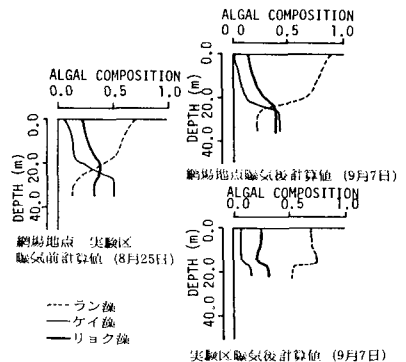


図4 実験区及び網場における水深方向分布