

京都大学防災研究所 正員 井上和也 中部大学工学部 正員 松尾直規
建設技術研究所 正員 ○長田信寿 京都大学大学院 学生員 友近文志

1. はじめに; 本研究は, 貯水池の富栄養化対策の1つである循環混合による藻類増殖の抑制機構の解明と, その効果の予測を行うものである。まず, 3次元モデルを用いて気泡ブルームに伴う循環流を解析し, その水理特性を考察する。次に, 平面多層モデルを用いて循環流を解析し, 3次元モデルとの比較より, 実際現象への適用を検討する。その上で実貯水池において, 富栄養化現象の数値解析を行い循環流が藻類増殖に及ぼす抑制効果を検討する。

2. 3次元モデル¹⁾による数値解析; 本研究では, 空気泡ブルームを混相流として取り扱うことなく濃度と同様の概念である空気泡密度として取り扱い, 空気泡は周囲流体と相対速度を持って上昇するものとする。また, 連続式を満足させるための修正計算には Hirt & Cook の反復法を用いる。このモデルを用いて解析を行った一例を Fig.(1) に示す。これは, 水温成層場において水深 15m の地点に $0.01\text{m}^3/\text{s}$ の空気注入を行った場合の, 空気注入断面における流速分布図およびトレーサー分布図である。気泡上昇にともなう流れは, 空気注入地点より周囲水を連行しながら上昇するが, 下方の冷たい高密度の水を持ち上げるためしばらく表層を流れた後もぐり込み, 水深 9m 付近を流下している。

3. 平面多層モデルによる数値解析; 上述の3次元モデルでは, 計算時間が膨大となり現地への適用には都合が悪いことから, 水深方向に静水圧分布を仮定して単純化を図った平面多層モデル²⁾の適用を考える。鉛直流速の発達する空気注入カラム近傍では, 静水圧分布の仮定が満足されないことから, 平面多層モデルでは循環流を厳密には再現し得ない。しかし, 貯水池での藻類増殖現象についてみれば, 重要なのは空気泡ブルーム近傍の流れではなく, 時空間スケールの大きな水平方向の循環であると考えられる。そこで, 平面多層モデルにおいては, 3次元モデルの計算値を使って空気注入カラムでの圧力分布を補正することによって両モデルの循環量を合致させ, その実際への適用を図ることとする。Fig.(2) は, 両モデルの 10m 四方, 22m 四方, 30m 四方の流量分布図である。これより, 上述の補正により循環量の一致が可能となり, 得られる結果は

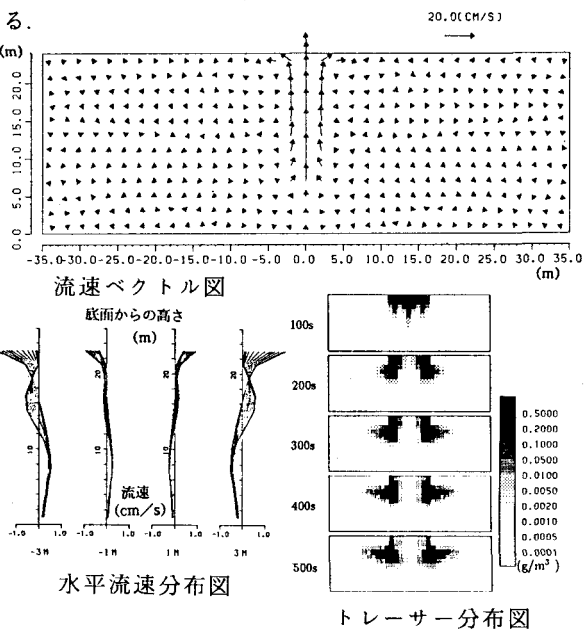


Fig.(1) 3次元モデルの解析結果

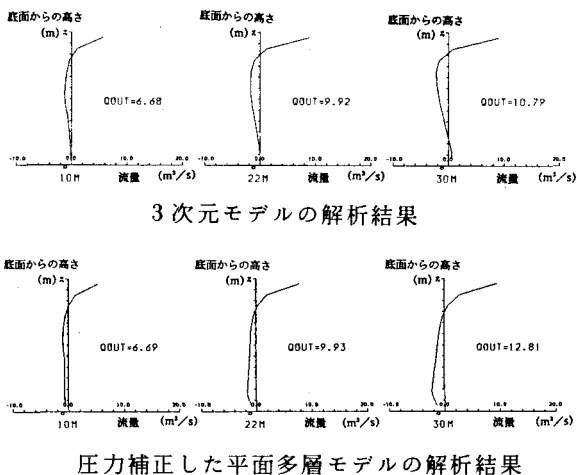


Fig.(2) 循環量分布図

貯水池の水質改善予測計算には十分な精度であると考えられる。

4. 実貯水池への適用；上述の手法を用いて平面多層モデルを大分県の Y ダム貯水池に適用する。対象期間は平成 2 年 7 月 2 日から 7 月 17 日までであり、気泡循環は 7 月 4 日正午から始め、ダム上流 200m, EL=151m(水深 11m) に $0.1\text{m}^3/\text{s}$ の空気注入を行うものとする。Fig.(3) に、気泡循環を行わなかった場合と、行った場合のクロロフィル a の濃度分布図を示す。両ケースを比較すると、気泡循環を行った場合ではクロロフィル a の高濃度水域の減少がみられ、気泡循環により藻類の増殖がある程度抑制される結果となっている。このことは、気泡による循環を継続し、時間が経過するにつれてよりはっきりと現れてくる。この要因としては、低濃度の下層水を揚水し移流拡散することによる希釈と、気泡循環によりダム上流域の表層水の停滞性が改善されたこと、および藻類の増殖の活発な水深 3m 以浅の水温が低下したことが挙げられる。ところで、対象貯水池における観測データによれば、有光水深は約 5m であるとされている。そこで水深 10m 以浅の循環流を対象に、気泡循環を行わなかったケースで藻類量の増大がみられたダムサイトから 1km 上流までの水域で、この有光層内に存在する時間と有光水深以下に存在する時間を流速計算より算定し比較すると、気泡循環を行わなかった場合は表層で 75 時間、有光層以深で 362 時間であるのに対し、気泡循環を行った場合は表層で 60 時間、有光層以深で 457 時間となる。このことから、循環流の有光層以深へのもぐり込みによって、藻類の一次生産が活発化する明条件の時間が減り、一次生産が不活発となる暗条件が増えたことがわかる。すなわち、藻類の増殖に関する光制限が藻類増殖の抑制結果をもたらしたことを示している。

5. おわりに；以上の数値解析により、複雑な貯水池形状の影響を考慮した上で、貯留水の流出入に伴う流れと気泡ブルームの導入によって生ずる循環流と、それに伴う富栄養化関連水質濃度の変化過程を明らかにするとともに、気泡循環が藻類増殖の抑制に与える効果、またその機構について考察した。本研究の成果が貯水池における藻類制御技術の樹立の一助となれば幸いである。

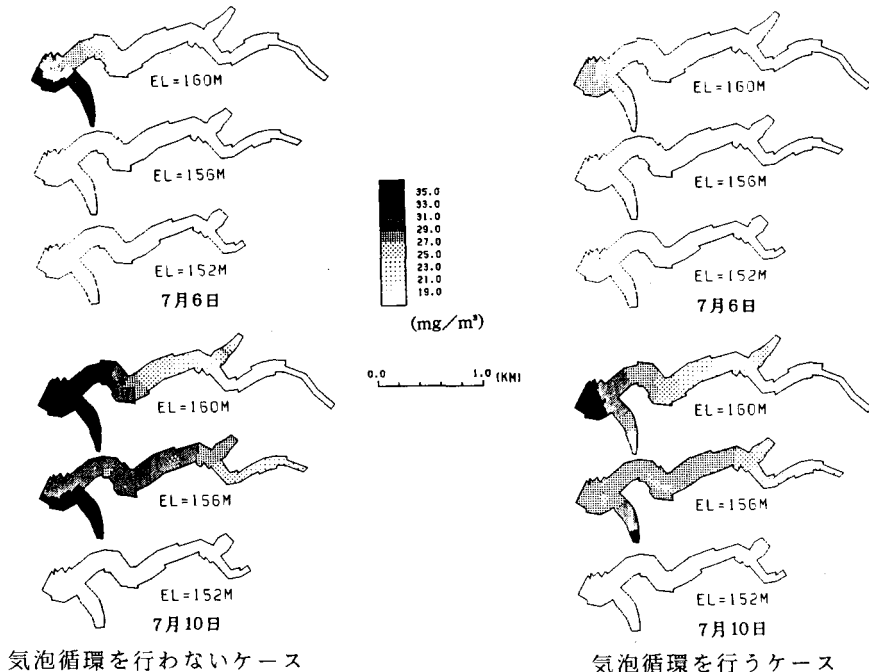


Fig.(3) クロロフィル a 濃度分布図

参考文献

1. 岩佐義朗・松尾直規：空気泡ブルームの水力特性に関する研究, 京大防災研年報 29 号 B-2, pp.579 ~ 583, 1986.
2. 山田哲也：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: 京都大学修士論文, 1991.