

# 気泡循環で生じる広域水平密度流の流量とプルーム数との関係

(独)水資源機構 総合技術センター テクニカルアドバイザー 正会員 ○古里 栄一

## 1.はじめに

ダム貯水池の水質管理において、有害植物プランクトンの増殖制御は重要な問題である。気泡循環対策は、水温成層構造の人為的制御によりアオコ抑制を可能にする有用な対策の一つである。この対策の工学的適用においては、気泡吐出によって広域的に生じる流れの流量そのものが重要な情報となる。本発表では著者が近年系統的に発表してきた気泡循環対策の基礎原理としての密度成層条件における気泡噴流の特性の特性と課題を対象とする。なおスペースの関係で、結論である課題の前提となる様々な情報や図の記号の説明、引用文献等はこの講演要旨では省略するが当日はそれらも含めて発表を行う。

## 2.気泡式循環対策と気泡噴流

気泡式循環対策は、局所流である気泡噴流によって成層水域で生じる広域水平密度流(以降、水平流と記載する)を活用した混合作用によって有害藍藻類の増殖抑制等の、様々な水質保全を達成するものである。本対策の主な直接的影響は上記水平流の流量発生であり、特に表水層の流量( $Q_u$ )である。次に気泡噴流によって中層で発生するイントルージョン流量( $Q_i$ )の貯水池全域の混合に対する影響が大きい。これらは数値解析モデルの二重プルームモデル(DPM)の解析結果からも確認できる。ところで、著者は近年低いプルーム数( $P_N$ :成層強度に対する気泡浮力の比の無次元数)が現地貯水池の条件であり、そうした場合は DPM よりも数倍以上  $Q_u$  と  $Q_i$  が少ないことを土木学会、水工学講演会で発表してきた。図-1, 2 はその知見を用いた修正 DPM(rDPM)を構築し、貯水池水理水質解析モデル(JWA モデル)に導入した結果である。ただし、rDPM では  $P_N$  と  $Q_u$  の関係に関して、現地および室内実験から得られた経験値を用いており、流体力学的な裏付けが必要な状況である。

## 3.低 $P_N$ における $Q_u$ 減少の原理の考察と課題

まず第1に、 $Q_u$  が生じると考えられる水面数 cm 程度の水面境界層の特性である。水面のごく浅層では従来の噴流やプルームの連行則と異なる周囲水の混合が生じている可能性があると考えている。第2に噴流半径および  $Q_u$  が発生する噴流外縁の問題である。噴流周囲長さは  $P_N$  の低下すなわち相対的な成層の影響の減少により半径が増大し、長くなる。しかしながらこうした条件では  $Q_u$  を生じる円状境界が長くなるにもかかわらず、 $Q_u$  が減少する。なお、外部プルーム沈下時の流速は  $P_N$  低下で遅くなるためにこの際の連行係数が一定であっても周囲からの連行による収束流量が減少するが、 $Q_u$  が発生するのは水面のみである。し

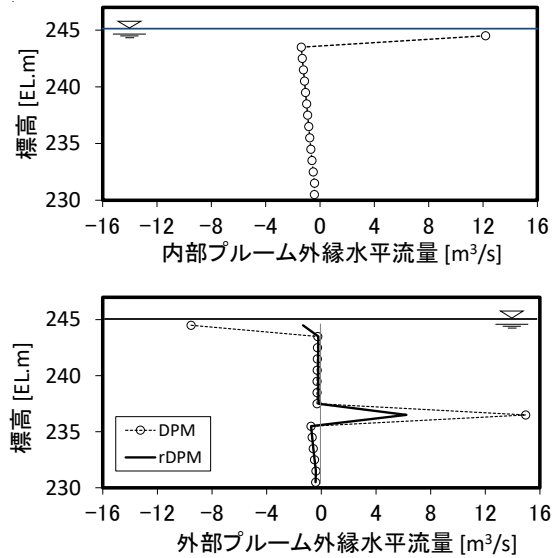


図-1 気泡噴流の内部プルーム外縁(左)と外部プルーム外縁における水平流量の解析結果の例(両図において、横軸流量は右向き(正)は気泡噴流から周囲に拡がる放射流を、左向き(負)は気泡噴流中心に向かう収束流を示す)( $Q_A = 3,700 \text{ NL min}^{-1}$  ( $0.062 \text{ Nm}^3 \text{ s}^{-1}$ ),  $H = 15 \text{ m}$  (E.L. 230 m),  $P_N = 0.8$ ,  $N^2 = 3.4 \times 10^{-4} \text{ s}^{-2}$ )

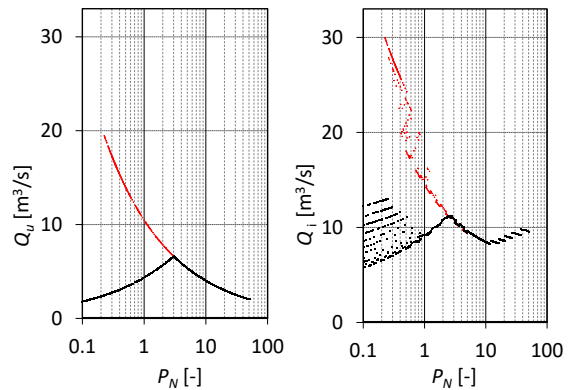


図-2 DPM (+) と rDPM (●) の広域水平流量の比較 (PN を除く気泡噴流に関する条件は図-1 と同じ)

たがって、噴流半径と  $Q_u$  との関係は別途の機構が存在すると考えられる。第3に気泡コア部分で  $P_N$  低下時にのみ発生する水面勾配とその周囲で認められる跳水様現象による乱流エネルギー減少である。最後に、第4の可能性として、外部プルーム周囲でのもう一つのリング状鉛直循環流の存在である。これらは全て推測の範疇であるが、今後、理論解析、実験、現地観測、数値解析等により明らかにする必要がある。