

た内側の流れと、重力に抗しきれずに下降してくる外側の流れとの相互作用を考慮して、二重ブルームモデルを適用し、二成層状態からの混合過程を解析する。支配方程式および計算方法については参考文献^{4) 5)}に譲るとして、ここでは成層の混合効率についての結果のみを示す。

図6は、筒先端で流れが持つエネルギーに対して密度成層のポテンシャルエネルギーの増分がいかほどになるか、その効率 η の値を、水深・空気量を一定にして計算した例である。横軸の成層強度 R_E は

$$R_E = \frac{N_E^2 H^2}{v_0^2}, \quad N_E = \left[\frac{3}{2} \left(1 - \frac{z_0^2}{H} \right) \frac{\Delta \rho g}{\rho_0 H} \right]^{1/2} \quad (6)$$

で定義される。ただし、 v_0 は筒先端における平均流速、 N_E は一般化された等価浮力振動数で、二成層の場合、上下層の密度差 $\Delta \rho$ と密度界面の高さ z_0 を用いて上のように表される。この図から、等価振動数 N_E を用いることにより混合効率 η が系統的に整理できることがわかる。しかも、両対数グラフ上できわめて直線的な変化をしている。これを経験的に

$$\eta = \begin{cases} C_\eta R_E^a & (R_E \leq R_{im}) \\ C_\eta R_{im}^a (R_{im}/R_E)^b & (R_E > R_{im}) \end{cases} \quad (7)$$

と表すことにし、 R_{im} 、 C_η 、 a 、 b が、計算条件によってどのように変化するか調べた。すると、 C_η 、 a 、 b はほとんど一定で、おおよそ

$$a = 1.0, \quad b = 2/5, \quad C_\eta = 0.36 \quad (8)$$

であることがわかった。また、 R_{im} については、無次元気泡量

$$M_H = \frac{Q_0 g H_a}{4\pi \alpha^2 H (H + H_a) u_s^3} \quad (9)$$

(α , u_s は連行係数および気泡の上昇速度)との相関が高く、他のパラメータに対してはあまり変化しなかった。図7は R_{im} の M_H による変化を示したもので、これより次式が得られた。

$$R_{im} = 0.097 M_H^{-5/9} \quad (10)$$

以上より、揚水筒の流れによる密度成層の混合効率 η は、無次元空気量 M_H および成層強度 R_E という2つのパラメータを用いて、その大まかな傾向を捉えることができることがわかった。

4. システム全体の効率

以上の結果を用いることにより、ある空気量 Q_0 に対して、揚水筒の揚水効率、揚水された流れによる成層の混合効率、そして全体の水理学的効率を簡便に求めることができる。図8は、表1に示すような揚水施設について、 Q_0 に対するシステム全体の効率 ζ の変化を計算した例である。それぞれの成層度に対して単一のピークを有している。また、ある成層度を越えると効率のカーブ全体が大きく減少するので、このような領域が現れないような曝気施設の仕様・運用を考えていく必要がある。

参考文献

- 1) 松梨・宮永：貯水池水質対策における気泡噴流の基礎的検討、電力中央研究所報告、U88066、40p.、1988。
- 2) 浅枝・中井：気泡を用いた高密度の深層水揚水施設の解析、土木学会論文集、第411号/II-2、pp.91~98、1989。
- 3) 水資源公団試験所：曝気循環実験解析業務報告書、140p.、1990。
- 4) Ikeda, H. et al.: Analysis on the flow structures of the air-bullet lake lifter in the stratified environment, Proc. 25th IAHR Congress, Tokyo, 1993 (in press)。
- 5) 池田・浅枝・須賀：気泡弾を用いた深層水揚水施設による密度成層の混合効率の評価法、土木学会論文集（投稿中）。

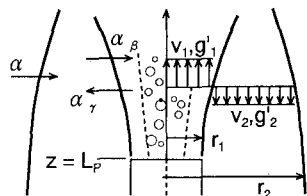


図5. 二重ブルームモデル

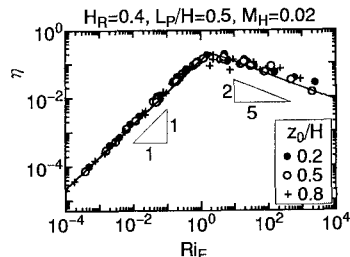


図6. 混合効率 η の計算例

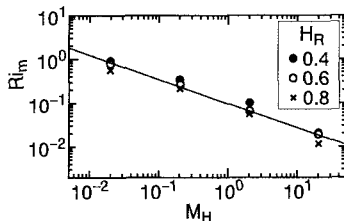


図7. R_{im} と M_H との関係

表1. 全体の効率 ζ の計算条件

H	D_P	L_P	V_{BB}
25m	0.5m	15m	0.1m ³

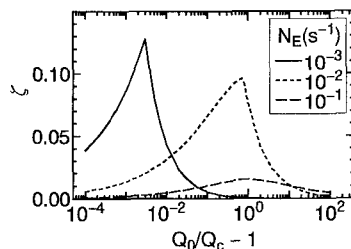


図8. 全体の効率 ζ の計算例