

II-280

二成層水域における Bubble Plume による酸素供給についての実験的検討

宇都宮大学 学生員 ○佐々木俊典

宇都宮大学 正 員 池田 裕一

宇都宮大学 フェロー員 須賀 堯三

1. はじめに

成層化した閉鎖性水域の水質保全対策として、曝気循環を行なうことが多い。これは、ほとんどの場合水域下方から気泡を連続的に放出して、Bubble Plume を形成させるものである。その期待される効果としては水温成層を破壊し流動促進をねらうものが我が国ではほとんどであるが、よりきめの細かい水質保全を進めるためには、ガス交換による貧酸素状態の解消にも配慮した運用も必要である。そこで、本研究では流動形態、気泡径、水面擾乱に着目し、それらが酸素供給に与える影響について室内実験をもとに検討するものである。

2. 実験装置および方法

実験には、図1に示すような装置を用いた。断面が 1.5m × 1.5m、深さ 1.5m のアクリル製水槽を用い、気泡発生器は水槽底部中央、高さ 10cm に設置した。発生器の先端を交換することで、気泡径 1.5, 3.2, 5, 9 mm の4種類について実験できるようにした。二成層の実験を行うにあたり、塩水によって密度成層を、窒素曝気により貧酸素状態と飽和酸素状態の成層を形成させた。一様成層では水域全体を貧酸素状態にした。密度分布の測定には電気伝導度計を、溶存酸素濃度の測定には溶存酸素計を用い、鉛直方向に 5cm ごとにサンプリングを行った。

実験条件は表1に示すようなものを組み合わせて、合計 40 ケースを行った。水面擾乱が「無」というのは、Bubble Plume が水面にあたる箇所に直径 40cm の発泡スチロールを置くことで水面の乱れを無くしたものである。二成層での密度界面位置は、空気流量が 0.17 l/min のとき気泡発生源から 30cm、2.30 l/min のとき 45cm とした。

3. 実験結果および考察

流動形態は空気流量の大きさにより 2 種類に大別できる¹⁾。空気流量の少ないケースでは密度界面を持ち上げられた下層水はドーム状の盛り上がりを見せるだけであり(タイプⅠ)、鉛直分布の時間変化は図2のようになる。空気流量の大きいケースでは、下層水は水面にまで達するものであり(タイプⅡ)、分布図は図3のようになる。これらより DO 分布は、密度分布に類似しているのが分かり、流動形態によって異なることも確認できる。

図4は酸素相対増加率を、図5, 6は酸素供給効率を示している。前者は酸素の増加量を水域の飽和酸素量で除したもので、後者は増加量を送入した酸素量で除したものである。横軸の時間 t は水域の体積を送入酸素流量で除した時間 t_0 を用いて無次元化してある。図5よりタイプⅠの供給効率ではピークを迎えているのがわかる。上層との混合が少ないこのタイプでは密度界面の高さが供給効率に影響していると考えられる。タイプⅡでは増加率が徐々に緩やかになり、供給効率の値は減少する傾向である。これは、混合が進むことにより水域の DO 濃度が一様に近づくため酸素の供給量が減少していくからだと考えられる。気泡径の違いに着目すると、気泡径は大きいほど体積あたりの表面積は小さくなり、発生する気泡数も少なくなるので、単

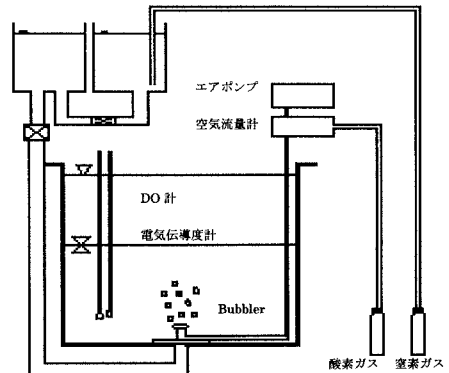


図1 実験装置

表1 実験条件

空気流量 (l/min)	0.17, 2.30
気泡径 (mm)	1.5, 3.2, 5, 9
水面擾乱	有・無
成層状態	一様・二成層
曝気ガス	酸素・空気

キーワード：曝気、ブルーム、ガス交換、気泡、成層

連絡先：〒321-8585 宇都宮市陽東7-1-2 宇都宮大学工学部 TEL 028-689-6214 FAX 028-689-6230

位時間あたりのガス交換量は小さくなる。しかし、気泡径が大きいほどブルームの浮力は減少するため、水面までの到達時間が長くなるので、その分トータルのガス交換量は大きくなる。よって、どこか中間で効率の良い気泡径が存在すると考えられる。タイプIでは、気泡径が5mmのものが曝気終了時に増加率、供給効率ともに最も高く、9mmのものは最も低く、値も増加率は1%以下でありまた供給効率も1%程度である。タイプIIでは増加率、供給効率とも気泡径が小～大の順に値は高い。空気流量が大きいこのタイプでは9mmのものは効率が悪いといえるが、供給効率の最大となる気泡径は1.5mm以下のものを検討しなければならない。

図7は水面擾乱の有無を比較した相対増加率であるが、どの気泡径でもほとんど差がなく、水面擾乱の影響は小さいと考えられる。

4.まとめ

- 1.二成層水域における Bubble Plume による酸素供給は、流動形態によって異なり混合の進行に影響を受けることが分かった。
- 2.酸素曝気において本実験で考えた気泡径の大きい9mmのものは、気泡径の小さい1.5~5mmのものに比べ効果が小さいことが分かった。
- 3.水面擾乱による酸素供給の影響は小さいことが分かった。

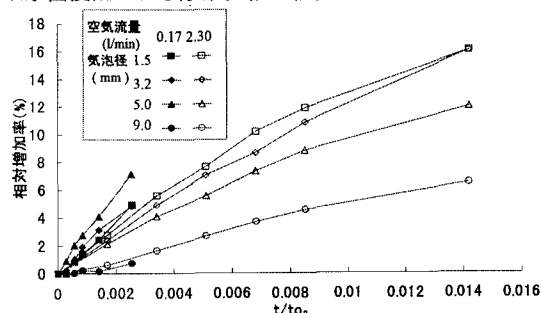


図4 酸素相対増加率(酸素曝気・二成層)

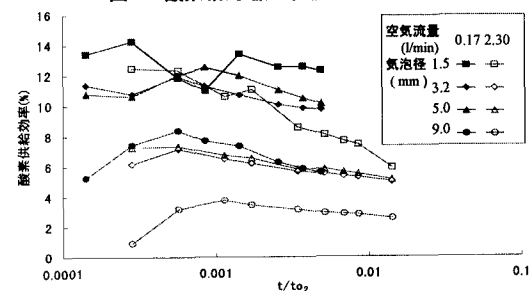


図6 酸素供給効率(酸素曝気・一様成層)

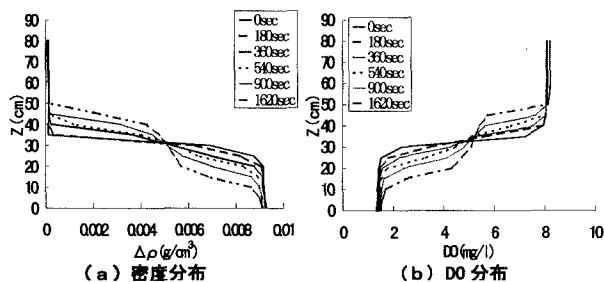


図2 タイプIでの鉛直分布の時間変化
(酸素曝気, 0.17 l/min, 気泡径 1.5mm)

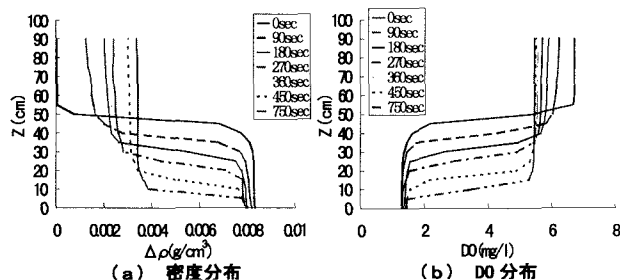


図3 タイプIIでの鉛直分布の時間変化
(酸素曝気, 0.17 l/min, 気泡径 1.5mm)

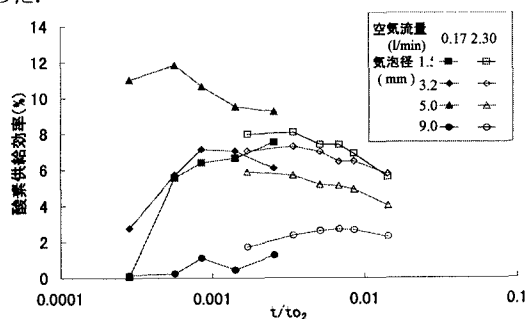


図5 酸素供給効率(酸素曝気・二成層)

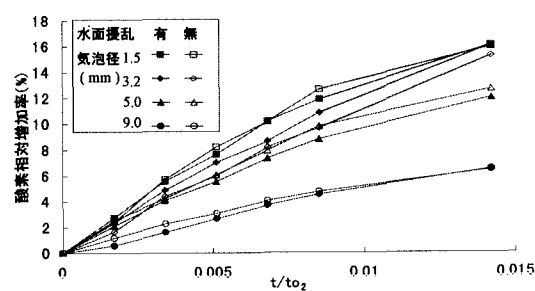


図7 酸素相対増加率(酸素曝気, 2.30 l/min)

5.参考文献

- 1) 池田裕一：貯水池内温度成層における曝気循環流の特性と環境制御への適用に関する研究，東京工業大学学位論文，1995。
- 2) A. Wuest : Bubble Plume Modeling for Lake Restoration, Water Resources Research, vol.28, No.12, pp3235-3250, 1992。