

エアレーション装置内の流れに関する基礎的研究

鳥取大学工学部 正員 道上 正規
 鳥取大学工学部 林 農
 鳥取大学大学院 学生員 〇岩本 和也

1. はじめに 本研究は、生物膜接触酸化法によって湖沼の水質浄化を行う効率の良い装置を開発するための基礎的研究である。研究の第一歩として、小気泡連続噴出によって水槽内に上昇流を誘起させたとき、引き起こされる流れの様相を、可視化及び流速の計測によって実験的に検討した。

2. 実験装置及び実験方法 実験装置の概念図を図-1に示す。使用した水槽は、内径48 cm、深さは中心で51 cmの円筒形状をしており、水槽底部には水槽壁面より中心に向かって1/24の下り勾配が設けられている。気泡噴出器は、直径1.5 cm、高さ6.3 cmの多孔質性の円柱形状をした人工石であり、揚水筒上端より19.5 cm下方にこの下端がくるように設置した。

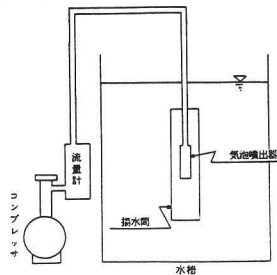


図-1 実験概念図

揚水筒は、内径5.6 cm、高さ25.4 cmの円筒形状のものを使用した。実験は、水深を29.5、31.5、33.5 cm、注入空気量を5、7、9、11 l/minの条件でそれぞれ変化させて流れを生じさせた。水槽内の流れは時間平均的に軸対称であったので、任意の半径断面にスリット光を照射して可視化を行った。トレーサとしては、平均粒径0.0145 cm、平均沈降速度0.153 cm/s、比重1.178の塩化ビニール粉末が使用された。また、任意の半径断面の流速は、電磁流速計を用いて測定した。

3. 実験結果及び考察 図-2は水深を29.5 cm、注入空気量を9 l/minの条件で揚水筒内を用いて小気泡連続噴出を行ったとき、水槽内に誘起された流れの可視化写真である。揚水筒内に設置された気泡噴出器より噴出された気泡群は、気泡噴出器の下端より上方に約11 cmまで広がりながら上昇していくが、それより上ではこの広がりが揚水筒内壁によってはばまれ、内径いっぱい広がって上昇していく。図-3は、図-2と実験条件を同じくする流れの水面近傍に注目した可視化写真である。水面まで達した気液混合体は、静止状態時の水面よりも、盛り上がった水面を生じさせる。水面に達した水は、水面直下を速い流速で薄い層をなして、揚水筒端より水槽壁面に向かって放射状に広がっていく。水槽壁面に衝突した流れは、流れの方向を変えて水槽壁面に沿って下降していく。この下降流の一部は、下降途中において図-2にみられるような、循環流によって引き起こされる大規模渦に巻き込まれる。残りの部分は、そのまま下降し、水槽底面に沿って、揚水筒内に吸引される。以後、このような流れの様相を繰り返している。揚水筒近傍に生じている上昇流は、次の2つの流れから構成されている事が、観察より明らかになった。1つは大規模渦を構成している上昇流であり、もう1つは図-3に見られるように、水面において盛り上がりを生じている部分に吸い込まれる上昇流である。ただし、可視化写真おさめられた流れの様相は、水槽内の任意の半径断面の代表的な流れの様相を示す一例であって、実際にはもっと複雑な流れの様相を示すときがある。また、松梨・宮永の研究と同じく、水面での気泡の広がり幅は、注入空気量の増加にともな

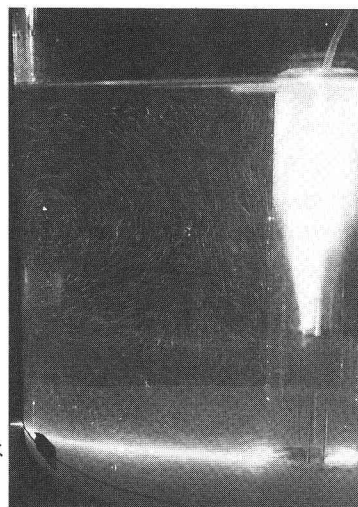


図-2 可視化写真(水槽全体)



図-3 可視化写真(水面近傍)

槽内の任意の半径断面の代表的な流れの様相を示す一例であって、実際にはもっと複雑な流れの様相を示すときがある。また、松梨・宮永の研究と同じく、水面での気泡の広がり幅は、注入空気量の増加にともな

て直線的に増加する結果が得られた¹⁾。

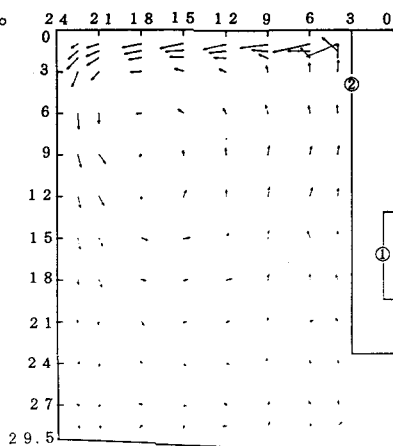
図-4 は、図-3 と実験条件を同じくした時の流速分布図である。図中の上の横軸は水面を、表示されている数値は水槽の中心からの半径距離(cm)を示している。左の縦軸は中心から半径2.4 cmの所の水槽壁の位置に相当し、表示されている数値は水深(cm)を示している。右の縦軸は、水槽の中心軸に一致している。ベクトルの大きさは、それぞれの流速分布図の下に示され、この単位は(cm/s)である。図中の①は気泡噴出器を、②は揚水筒を示す。水面直下の水平方向流速が大きい層の厚さは、中心より半径9 cmの所で約1 cm、半径22.5 cmの所で約2 cmと、中心からの距離が増すに従って、その層の厚さを増している。また、水深を一定にし、注入空気量を増加させると、水面直下の流れにおいては、流速が増加する結果が得られた。また、注入空気量を一定にし、水深を増加させたときにも水深の増加にともなって流速が増加する結果が得られた。

水面直下の水平方向流速が大きい層の半径方向の広がり幅を短くすることによって、水槽内の流れの様相がどのように変化するかを実験的に検討した。図-5 は、図-4 と実験条件を同じくし、ただし中心より半径12.4 cmの位置に水面から水面下3.5 cmまで円筒状の障害物が挿入された状態の流速分布図である。図-4 と比較すると、大規模渦が小さくなっている。この渦の小さくなった原因は、水面直下の水平方向流速が大きい層の半径方向の広がり幅が短くなったためである。これより、大規模渦は水面直下の水平方向流速が大きい層により、その層より下の水が連行される事によって生じるものと考えられる²⁾。また、揚水筒近傍では、揚水筒に沿った下降流が生じる結果となっている。水深を一定にし、注入空気量を増加させると、水面直下の流れ及び揚水筒に沿った下降流の流速が増加する結果が得られた。

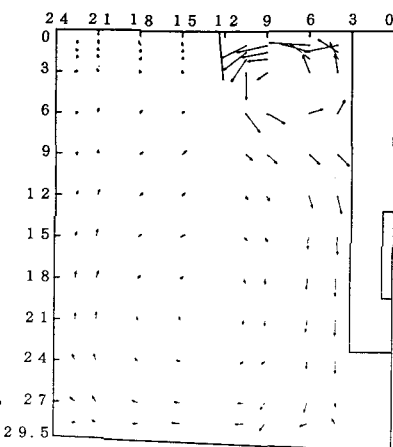
4. おわりに 揚水筒を用いた小気泡連続噴出によって生じる流れの様相は、水面直下の水平方向流速が大きい層の半径方向の広がり幅によって、著しく変化する事が分かった。また、大規模渦の大きさは、この層の広がり幅によって大きく影響される事が分かった。

(参考文献)

- 1) 松梨史朗・宮永洋一：気泡噴流の特性量に関する実験的検討，土木学会第42回年次学術講演会，II 205, PP. 440～441, 1987
- 2) 浅枝隆・中井正則・玉井信行：水面に衝突する高密度噴流の拡がり幅，土木学会集，No411/II-12, PP. 109～116, 1989



(10 cm/s)
図-4 流速分布図(1)



(10 cm/s)
図-5 流速分布図(2)