

# 微細気泡流の数値解析モデルの開発

微細気泡による水域の溶存酸素の改善

## Development of a Numerical Model of Flow Including Micro Bubbles

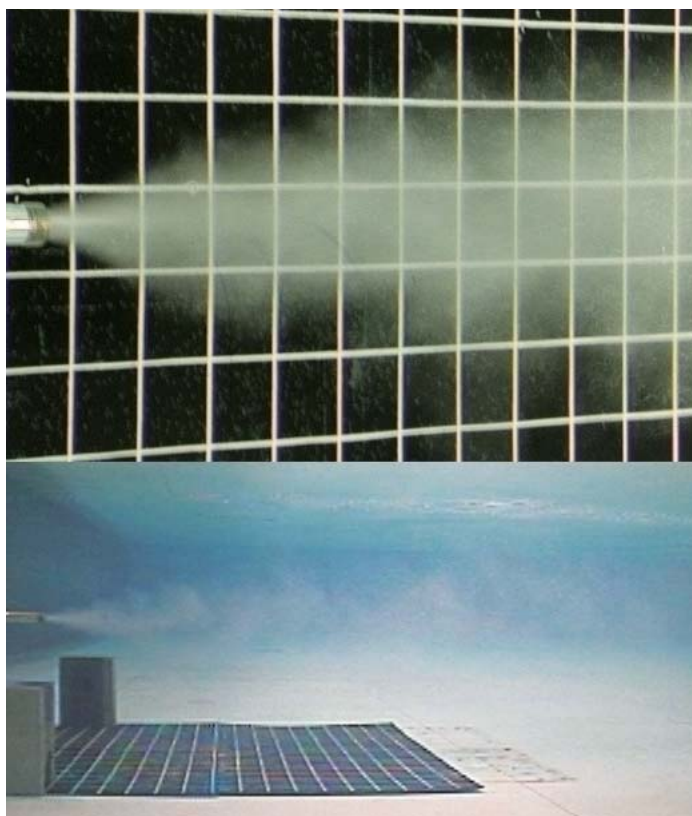
Improvement of Dissolved Oxygen in a Water Area Using Micro Bubbles

(電力技術研究所 土木建築G 水理T)

近年、微細気泡を使ったエアレーションによる湖沼や海域の水質改善が行われるようになってきた。しかし、水中における微細気泡の挙動は複雑なため、その効果を評価することは難しい。本研究では、数値解析モデルを使った実用的な評価手法を開発するとともに、水理実験との比較からその妥当性を検証している。

### 1 目的

近年の環境保全への社会的関心の高まりを受けて、沿岸海域や河川、湖沼などの水質浄化が注目されている。エアレーションは、水域の溶存酸素状態を改善するために、古くから実施されている水質浄化の一手法である。近年、より微細な気泡を発生させる技術が開発され、これを使った水質改善が実施されるようになってきた。しかし、微細な気泡(径100 $\mu\text{m}$ 以下程度)は、水中での動きが複雑で溶存酸素の付加を評価することが難しい。本研究は、微細気泡を海や河川などの一般水域に直接放出した場合における、溶存酸素付加の効果を予測評価するための手法を求めることを目的としている。



第1図 微細気泡流の放出状況(上：平面図、下：側面図)

(Hydraulic Engineering Team, Civil and Architectural Group, Electric Power Research and Development Center)

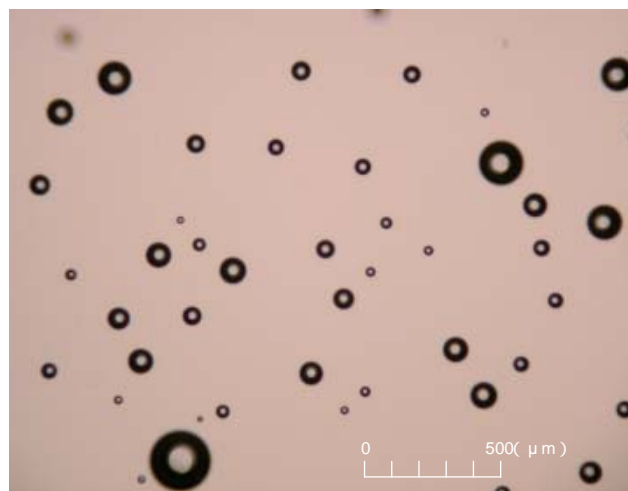
Water quality improvement using micro bubble aeration is adapted in lakes, rivers and seas in recent years. However, behaviors of micro bubble in the water are really complicated, therefore it is hard to estimate the influence of the aeration. In this study, practical evaluating method using numerical model is developed, and compared with hydraulic experiments to verify its validity.

### 2 解析モデルの概要

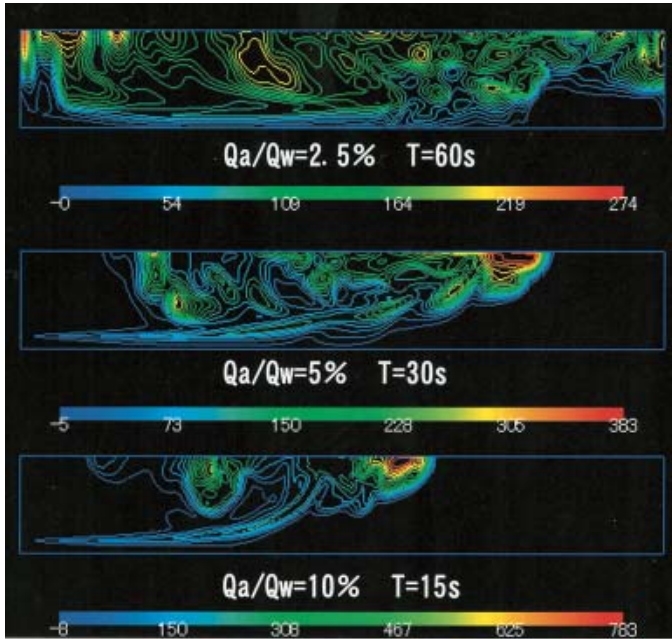
今回対象とする微細気泡の放出流は、第1図に示すような気泡と水を一緒に放出するものである。このような気泡の含まれた流れは水と空気が相互に影響するため、理想的にはこの二流体をそれぞれに解析するべきであるが、一般水域を対象とする場合は、適切な近似を導入して計算負荷を軽減した簡略なモデルを用いるほうが有用である。

第2図は微細気泡の顕微鏡写真の一例である。今回はこのような気泡径が極めて小さく、水の体積に比して空気の体積が小さい状態を対象とするので、水の運動に対する空気の運動の直接的な影響は小さいと仮定し、気泡は粒子として扱い、流体としての運動は水のみを解析することとした。気泡の存在は、水の流動解析の中で見かけの密度として考慮される。

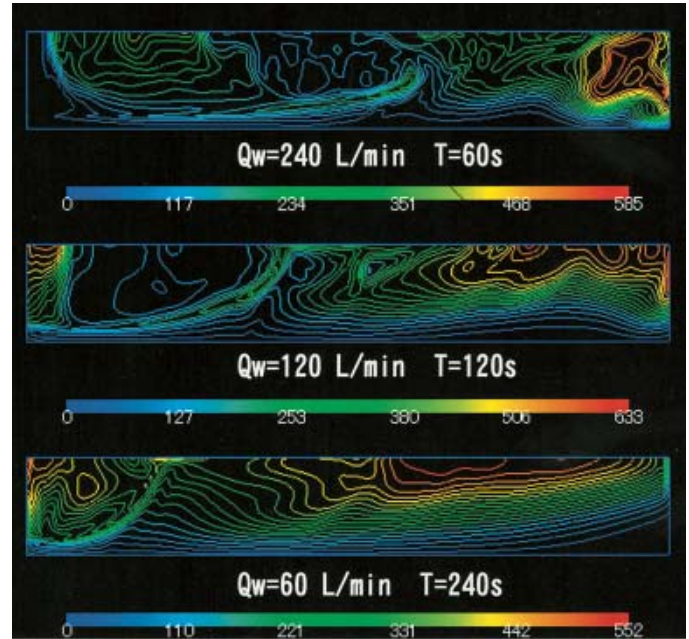
また、気泡は水に溶解する過程で、徐々に径を縮小しやがて消滅すると考えられるので、気泡粒子を表現するために、まず、気泡径と気泡数(単位体積あたり)の2つのパラメータを考慮するモデルを考えた。さらに、より簡略なモデルとして、気泡数のみを変数として溶解に伴



第2図 微細気泡の顕微鏡写真



第3図 空気量の違い( 水流量固定、気泡径固定)



第4図 放水量による違い( 気液比固定、気泡径固定)

う気泡径の収縮を気泡数の減少に置き換えるモデルも考えた。

後者は溶解や水圧による気泡径の変化を考慮できないため、溶解過程の表現に誤差が生じたり、気泡の浮上速度を過大評価したりすることが懸念されたが、パラメータスタディの結果、水深10m以浅の水域を対象とした場合においては、流動や溶存酸素付加状況に大きな差異が見られなかったため、当面の検討では後者を使うこととした。

### 3 計算結果

以上の解析モデルを使って、さまざまな放出条件下での溶存酸素の付加過程について、計算した結果の一部を紹介する。評価は空気の投入量が等量となる時間断面で比較している。

第3図は空気流量 $Q_a$ による違い( 気泡径、水量 $Q_w$ 固定)を示したものである。空気流量 $Q_a$ が多いと局所的な酸素濃度は高くなるもののその領域は狭く、浮力の影響を強く受けて早く水面付近に浮上している様子がみられる。一方、空気流量 $Q_a$ が少ないと、溶存酸素の絶対値は小さいものの、遠方までほぼ均等に溶存酸素が付加される様子がみられる。

第4図は水流量 $Q_w$ ( 放出流速)による違い( 気泡径、気液比 $Q_a/Q_w$ 固定)を示したもので、水流量 $Q_w$ が多いと気泡は遠方まで気泡は運ばれるものの、ジェット先端しか溶存酸素の上昇がみられないが、水流量 $Q_w$ が小さいと気放流は近傍で浮上してしまうものの、上層部の比較的広い範囲で溶存酸素が付加されている様子が見られる。

いずれも定性的には理論通りの傾向を示しており、解析モデルが物理現象をある程度正しく表現しているものと判断できる。

## 4 今後の展開

これらの検討により、微細気泡流の移流拡散過程や溶存酸素の付加過程が定性的には評価できるようになってきた。今後は、様々な放出条件( 気液比、放出流速、気泡径)下における水理実験を実施し、解析モデルの検証を行い精度向上を図るとともに、実水域を想定した効果的な放出方法を検討するためのツールとして活用したい。



第5図 微細気泡の放出実験の様子



執筆者 / 杉山陽一  
Sugiyama.Youichi@chuden.co.jp