

マイクロバブルの上昇速度と抵抗軽減

徳山高専専攻科 学生員 山本 直樹 徳山高専 正 員 大成 博文
(株)中電コンサル 正 員 山原 康嗣 (株)日本水工設計 正 員 本名 元

1. はじめに

今日、地球規模での環境問題が多方面から指摘されている。大気圏における炭酸ガスの増加に伴う地球温暖化、海洋汚染に伴う水産業の衰退など、ますます深刻な状況が進行している。これらの深刻な状況を解決するために、マイクロバブルを中心とする技術開発がさまざまな検討されてきた。なかでも広島湾でのカキ養殖やダム貯水池での水質改善については重要な成果を得てきた^{1), 2)}。

そこで本研究においては、マイクロバブルの物理学的特性を明らかにし、その成果を踏まえて、流れのなかにおけるマイクロバブルの抵抗軽減効果を検討した。

2. 海水マイクロバブルとは

マイクロバブル発生装置は、M型とW型の2種類があり、M型にはM1～M3までの3種類の装置がある。M2型装置はマイクロバブルの発生出口が1つであり、マイクロバブルを大量に発生させるとともに、装置内や水域における拡散能力に優れている。さらに、M1型と比較して目詰まりがないことなどの特徴が挙げられる。

「マイクロバブル」とは、10～30 μm 前後の気泡径を有する微細な気泡のことをいい、通常の世界には大量に存在していない。また液体の種類によってもマイクロバブルの発生状況が異なる。とくに海水においてはマイクロバブルが大量に発生することから、海水中で発生するマイクロバブルを「海水マイクロバブル」と呼ぶ。

本装置により発生した海水マイクロバブルは、自然界に存在するマイクロバブル(約70～数100 μm)と比較すると、約1/10程度に相当する。さらに発生量については毎秒1 cm^3 につき3840個を観測している¹⁾。これは自然界における計測例の約120倍に相当する値であり、気泡径の小ささとともにその発生量においても優れた性能を有している。

以上のような特徴を有するマイクロバブルは、それ以外のさまざまな物理化学的性質を有するが¹⁾、ここでは省略する。

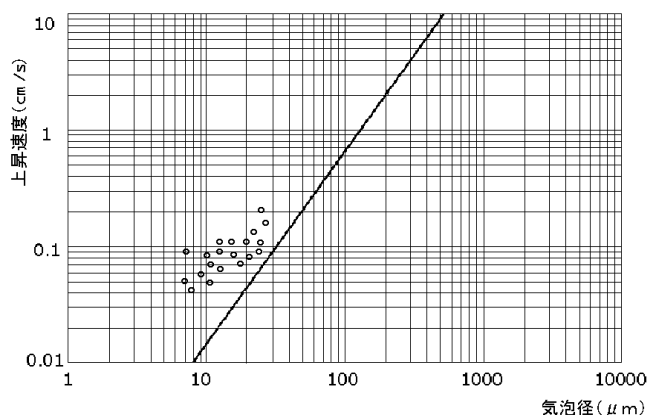


図-1 海水におけるマイクロバブルの上昇速度

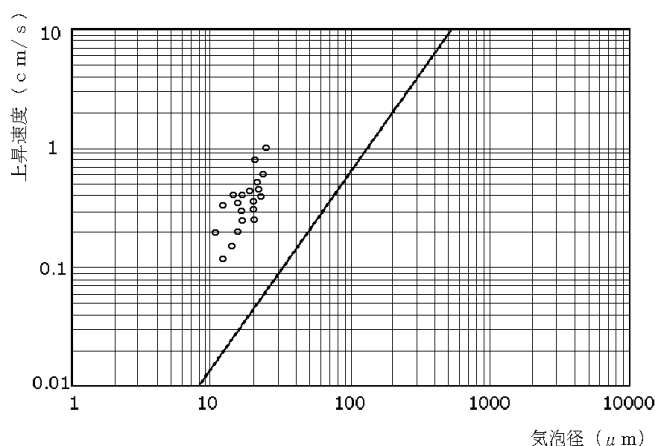


図-2 水道水におけるマイクロバブルの上昇速度

3. 上昇速度実験

マイクロバブルの上昇速度を調べるために、海水および水道水においてマイクロバブルを水槽中で大量発生させた。マイクロバブル発生装置にはM2-L型を使用した。自吸空気量は1.0 l/min とし、装置を2分間作動させ、装置停止30秒後から30秒間、1/30秒単位で140倍にされた画像からマイクロバブルの上昇軌跡を読み取った。上昇するマイクロバブルの背後には、モノサシが置かれ1mmの長さを上昇するマイクロバブルの経過時間を計って、マイクロバブル1個ごとの上昇速度を求めた。図-1、2にその計測結果を示す。これらの比較からも明らかに、海水中のマイクロバブルの方が水道水と比較して上昇速

Key word: マイクロバブル, 上昇速度, 抵抗軽減, 乱流制御

〒745-8585 山口県徳山市久米高城 3538 徳山工業高等専門学校 環境水理研究室 TEL/FAX (0834)29-6323

度がやや小さいようである。この相違は両液体の粘性による相違分よりも大きく、その原因は不明であるが、海水中の有機物含有量が関係しているのかもしれない。このように液体の種類によってマイクロバブルの大きさと上昇速度が微妙に異なっており、これは水道水中にメタノール、エタノール、プロパノールを 0.1% 入れて実験したときも同じであった。

4. 船舶抵抗軽減実験

上記のマイクロバブルの特性を踏まえ、図-3 に示すような抵抗軽減実験を行った。通常の船舶航行においては船底および船側壁の摩擦抵抗が問題となり、それが省エネ運転と大きく関係していると言われている。実際の航行時には、船壁に付着生物が多数着いて、それが摩擦抵抗増大の大きな要因となっている。

そこで図-3 に示すような船舶モデルをアクリル板で製作し、それを開水路に浮かべて実験した。開水路上流の整流水槽内に M2-L 型装置を 4 機設置し、マイクロバブルを大量に発生させた。この整流水槽には 1 つの越流板と 3 つのパンチングメタル板があり、これらを通過する際に比較的大きいマイクロバブルは上昇して水面に到達してしまうことから、開水路には非常に小さい $10 \sim 20 \mu\text{m}$ 程度のマイクロバブルが流下したと考えられる。

船舶モデル(横 59.5cm、長さ 2m、深さ 10cm)と水路上部に固定されたロードセルを非伸縮性の糸でつなぎ、レイノルズ数一定($Re=4910$)のもとで船舶に作用する抵抗を直接計測した。また船舶モデルの位置を変えてその抵抗の変化を調べた。計測された荷重には本船舶モデル前部の形状抵抗も含まれているが、本実験ではそれを摩擦抵抗と区別して考察することはしなかった。

図-4 に流下距離 420cm の場所で抵抗を計測した例を示す。縦軸は Re 数一定のもとで水深を変化させ、船舶モデル下の流れの速度を約 $4\text{cm/s} \sim 10\text{cm/s}$ の範囲で変化させ、その時の抵抗をロードセルの示す荷重として計測した。

本図より船底に気泡が付着している場合とそうでない場合で抵抗が異なり、気泡が付着した場合には抵抗がより軽減されていることが明らかである。この場合、流れの速度が小さいほど抵抗軽減率が高いが、これは流速の増大に伴って船底に付着した気泡が離脱し減少したことを示唆している。このときの付着気泡の大きさは数十 $\mu\text{m} \sim 1\text{mm}$ 程度であった。次に図-5 に抵抗軽減率を示す。この軽減率は図-3 に示される荷重比から求められた。これ

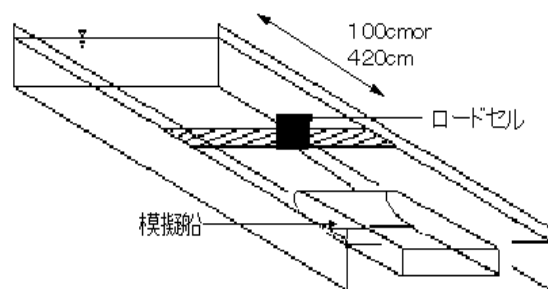


図-3 開水路と船舶モデルの位置関係

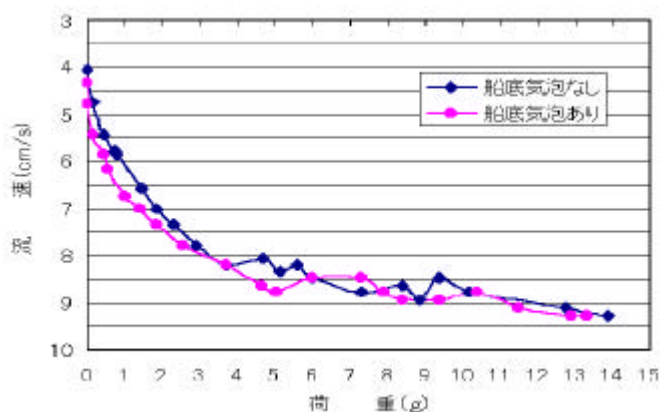


図-4 エアレータ作動時の抵抗荷重の比較(420cm)

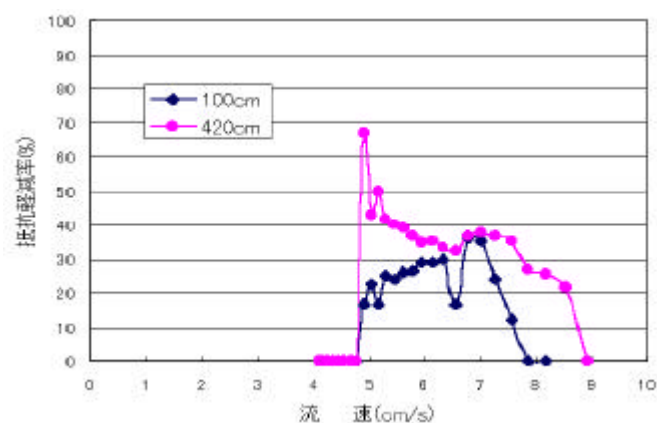


図-5 抵抗軽減率の比較

より船舶モデルの位置によって、すなわち流れの発達の場合に応じて抵抗軽減率が異なっていることが明らかである。またマイクロバブルを流れの中に混入しただけで、30～40%程度の抵抗軽減を得たことも注目値する。なお本抵抗軽減はマイクロバブルが船底に付着した時に発生するだけでなく、流れの中にマイクロバブルが注入された場合の方が、より抵抗軽減することも判明した。

参考文献

- 1) 大成博文：マイクロバブル発生技術による閉鎖水域の水質浄化と水環境蘇生に関する研究，平成10年度～平成11年度科学研究費補助金(基盤研究(B)(2))研究成果報告，2000。
- 2) 大成博文：マイクロバブルの高機能性と水質浄化，資源処理技術，第46巻(1999)，第4号，pp.54-56。