

マイクロバブルの物理化学的性質と抵抗軽減

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)日本水工設計 正 員 本名 元 (株)エコプレーン 下瀬 俊行

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に検討されてきた。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、 $10 \sim 30 \mu\text{m}$ 前後の気泡径を有する微細な気泡のことをいい、通常自然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 $70 \sim$ 数 $100 \mu\text{m}$)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 1cm^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。

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 1.0l/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

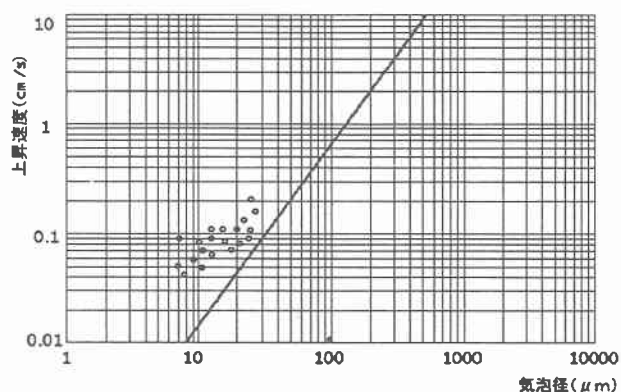


図-1 海水におけるマイクロバブルの上昇速度

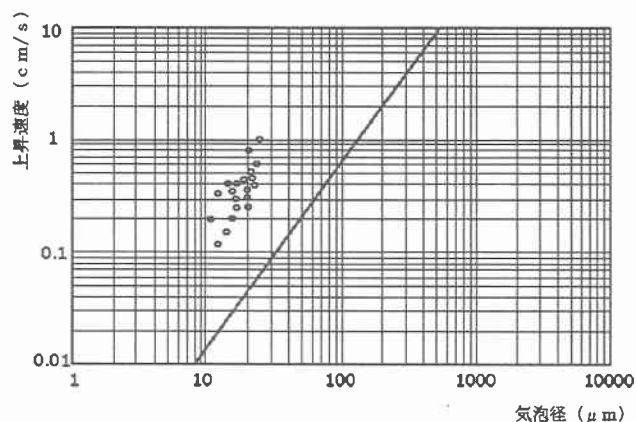


図-2 水道水におけるマイクロバブルの上昇速度

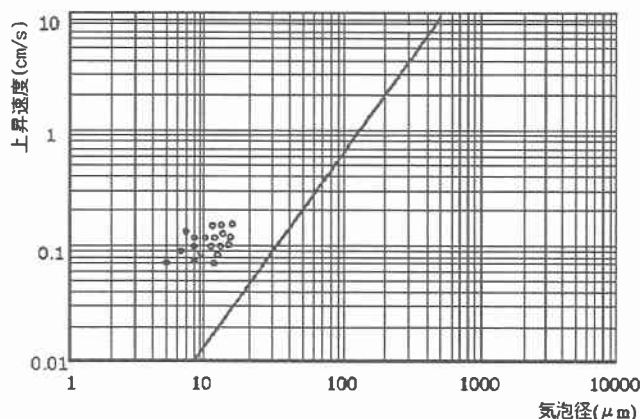


図-3 プロパノールにおけるマイクロバブルの上昇速度

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りマイクロバブル 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なように、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。図-3 にプロパノールでの計測結果を示す。プロパノール水中のマイクロバブルの発生気泡径と上昇速度の関係は、海水中でのそれと比較して、ほぼ同じ値を示している。

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-4 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-4 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。

船舶モデル(横 59.5cm, 長さ 2m, 深さ 10cm)は水路上部に固定されたロードセルと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-5 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 4cm/s~10cm/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 μm ~1mm 程度であった。次に図-6 に抵抗軽減率を示す。この軽減率は図-4 に示される荷重比から求められた。これよ

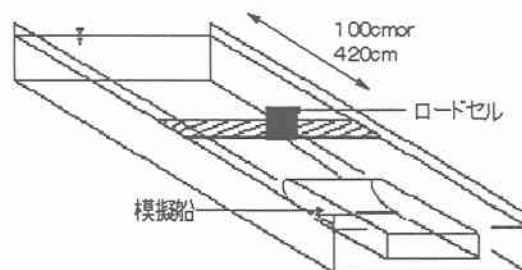


図-4 開水路と船舶モデルの位置関係

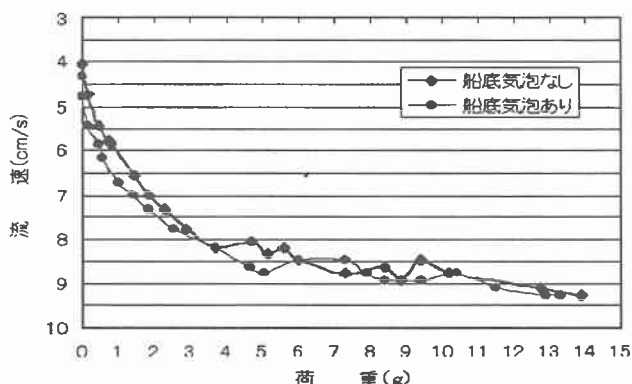


図-5 エアレータ作動時の抵抗荷重の比較(420cm)

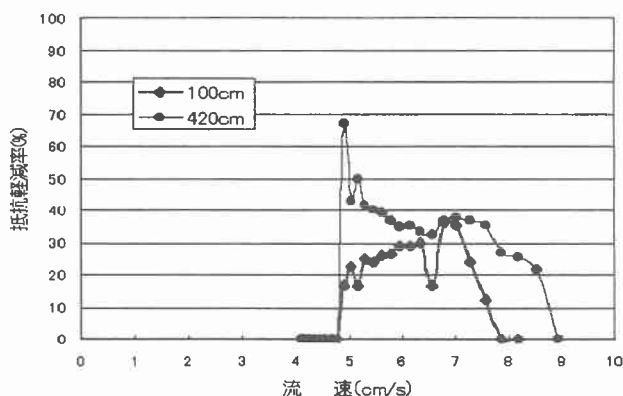


図-6 抵抗軽減率の比較

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に値する。

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。