マイクロ・ナノバブルの上昇過程

徳山高専 正会員 中山孝志 正会員 大成博文山口大院 学生員 大成博音 徳山高専 中田 陽 山本孝子

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.これらの深刻な問題を解決するために,マイクロ バブルは,新機能物質として多方面で注目され,これま でに,さまざまな技術開発が行われてきた^{1)~3)}.しかし, マイクロバブルの基本的な特性には,いまだ不明な点が 多く存在している.そこで,本研究ではとくに,マイク ロ・ナノバブルの物理的特性として,発生後の可視化撮 影システムを開発し,その上昇過程について詳しく検討 した.

2. マイクロバブル技術

マイクロバブル(MB)は、「その発生時において、気泡 径が10~40µm程度の直径を有する微細気泡」と定義 され、マイクロ・ナノバブル(MNB)はそれ以下、数百ナ ノメートルまでの気泡と定義される¹⁾.このマイクロ・ ナノバブルは、マイクロバブルとして発生した気泡が液 中を浮遊する際に、その径を収縮させる段階のバブルの ことを指す.また数百ナノメートル以下の径を有する バブルをナノバブル(NB)と定義する.この存在は、これ までに確認されていないが、マイクロバブルが収縮する 段階で存在し得ると考えられている.

これらのバブルはミリサイズ以上のバブル(MMB)とは 異なった特別の「サイズ効果」を有しており、これまで にマイクロバブルとその技術について、さまざまな物理 化学的特性が明らかとなっている^{1),2)}.

3. 気泡の上昇過程の可視化

図-1に、微細気泡の上昇過程における可視化システムを示す.このシステムでは気泡のシルエット撮影を採用した.まず,中央の計測水槽にマイクロ・ナノバブルを含んだ水を流入させ.静水状態を形成させ.計測水槽の側面より光を照射する.また,もう一方の側面より,150~800倍までの拡大撮影が可能であるマイクロスコープを用いて計測水槽内を通過する微細気泡を計測した.計測水槽は、シルエットが映るように、側面がすべて透明な装置を用意した.とくに、マイクロスコープが微細気泡を捉える部分に強化ガラスを使用した.ガラス中央部には、最小単位10μmのマイクロスケールを埋め込んだ.次に、撮影を行う反対側から照射する光源を選定し.液晶プロジェクターを用いた場合に最も気泡を



図-1 液晶プロジェクターを光源とした可視化システム



図-2 計測画像

捉えやすいという結果を得たため,光源を2.7mから照 射した.

図-2に,新システムによって得られた計測画像の一 例を示す.この計測により,シルエットを計測した気泡 が黒く映っているのが確認される.また,このシステム の使用により,微細なゴミは沈降し,アルミ紛は水中で 静止することが見出された.よってこの計測方法では, 照明による熱対流がほとんどないと考えられた.図-3 に水道水中において微細気泡を発生させた場合の本シ

Key words: マイクロ・ナノバブル,上昇速度,上昇過程,ストークスの法則 〒745 8585 山口県周南市久米高城3538 徳山工業高等専門学校 環境水理研究室・TEL/FAX:0834-29-6323 ステムによる計測結果とストークスの法則を示す 図の 横軸に気泡径 縦軸に上昇速度を示している .この図よ り ,マイクロ・ナノバブルの上昇速度は 5µm以上では , ストークスの法則に従い ,それ以下で若干早い上昇速度 を示している .

4. 微細土砂粒子の沈降

図 -4に,微細土砂粒子およびカオリン粘土による沈 降実験より得られた結果を示す,実験室において15gの 建設工事現場で採取した土砂を6000ccの水道水と混合 し,その粒径及び沈降速度を計測した,沈降する粒子に ピントを合わせる作業を行い,可能な限り鮮明な可視化 画像が得るようにした.また,読み取りの際には,焦点 が合って明確に見えるもののみを選択し 読み取り誤差 の発生を防いだ.この結果から,1~10µmの径を有す る粘土およびシルトの沈降速度は,ほぼストークスの法 則に従うことが明らかである.

5.微細気泡の上昇および収縮過程

気泡の収縮過程について 時間経過に伴う変化を詳し く解析するため,マイクロスコープの移動による気泡の 時間追跡計測を行った.この計測では,マイクロスコー プの倍率を400倍とした.図-5に,同一気泡の気泡径 および上昇速度の変化過程と,ストークスの法則との関 係を示す.case a ~ dの4個の気泡における,時間経 過による気泡径と上昇速度の変化を示しているいずれ の気泡においても時間経過に伴って気泡径を収縮させ ながら,上昇速度はほぼストークスの法則にそって減少 している.このとき計測された気泡は,発生時に20µm 以上であることも興味深い傾向である.

6.まとめ

本実験により、マイクロ・ナノバブルの可視化を実現 するとともに、その上昇運動中の収縮過程についての特 性も示した.以下に、本研究のまとめを示す. (1)液晶プロジェクターおよびマイクロスケールを用い ることによりマイクロ・ナノバブルの計測が可能となり、 最小で1.5µmのマイクロ・ナノバブルを計測した. (2)5µm以下のマイクロ・ナノバブルは、その気泡径が 減少するに従ってストークスの法則より若干ずれ、上昇 速度が速くなる傾向を示した.一方、5µm以上では、そ の上昇速度は、ストークスの法則に従う.

(3)1~10µm程度の粘土粒子およびシルトの沈降速度は、ほぼストークスの法則に従う.

(4)マイクロバブルは収縮しながら,ストークスの法則 にほぼ従って静水中を上昇する.

参考文献

1)大成博文,閉鎖水域の底質ヘドロおよび水質の浄化と水生 生物環境の蘇生に関する研究,文部科学省科学研究費補助



図-3 計測された気泡径と上昇速度



図-4 微粒砂およびカオリン粘土の径と沈降速度



図-5 気泡の収縮過程と上昇速度

金(基盤研究(B)(2))研究成果報告書, 2003.

- 2)大成博文,マイクロバブル発生技術による船舶の摩擦乱流 抵抗軽減に関する研究,文部科学省科学研究費補助金(基 盤研究(B)(2))研究成果報告書,2001.
- 3)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,文部科学省科学研究費補 助金(基盤研究(B)(2))研究成果報告書,2000.