

マイクロバブルの発生機構に関する研究

徳山高専 中山孝志 大成博音 大成博文
 中電コンサル(株) 前田邦男 松尾克美 山原康嗣

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 .

これらの深刻な問題を解決するために ,マイクロバブルを中心とする技術開発が行われてきた^{1)~3)} .その結果 ,この技術開発において注目されたマイクロバブルに関する重要な特性は ,マイクロバブルの発生機構に関する物理化学的特性に依存することである .そこで ,マイクロバブルの発生部の高速度撮影を行い ,その発生機構について詳しく検討した .

2. 気泡の分類

図-1に各サイズにおけるバブルの分類を示す .右側に 左側の気泡サイズの大きさと対応する ,代表する物質を示す .この分類のなかで最も特徴的な気泡がマイクロバブル(MB)であり ,それは ,「その発生時において ,気泡径が10 μ m ~ 数10 μ mである微細気泡」と定義される^{1)~3)} .

また上記のマイクロバブルの下限となる10 μ mは ,これまでの計測装置の限界に依存したものであったが ,最近では ,マイクロバブルの計測限界は0.5 μ mに拡大され ,従来不可能であった10 μ m以下の気泡の計測が可能となった .このとき ,0.1 ~ 10 μ mの気泡径を有する気泡は「マイクロ・ナノバブル」と定義される¹⁾ .さらに気泡径の微細なナノメートルサイズの気泡を「ナノバブル」というが ,現在 ,このサイズの気泡の存在は確認されていない .

3. マイクロバブルの発生機構

マイクロバブルの特徴を考察する際に ,マイクロバブルの発生機構を理解することが重要である .マイクロバブルは ,M型装置の中で ,次の2段階の流体力学的プロセスを経て発生すると説明してきた¹⁾ .

第1段階

装置中心部に液体および気体の二相旋回流を発生させ ,その回転軸部分に空洞部を形成させる .また ,この回転空洞部を竜巻状に細くして 強力な回転せん断を空気と液体境界で発生させることが重要である .そして ,装置上部から吸入した気体を ,この空洞部に注入 通過

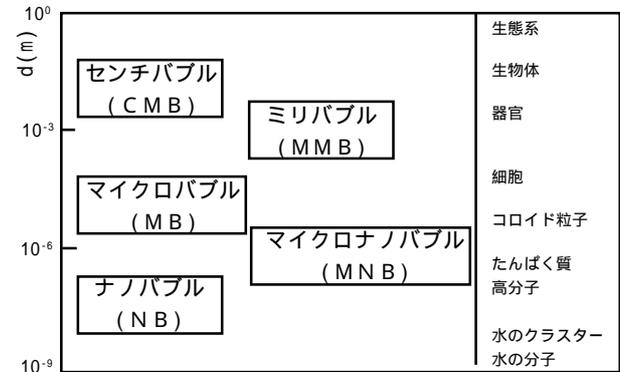
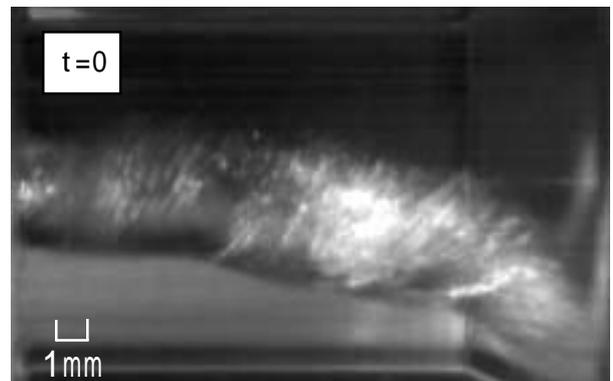
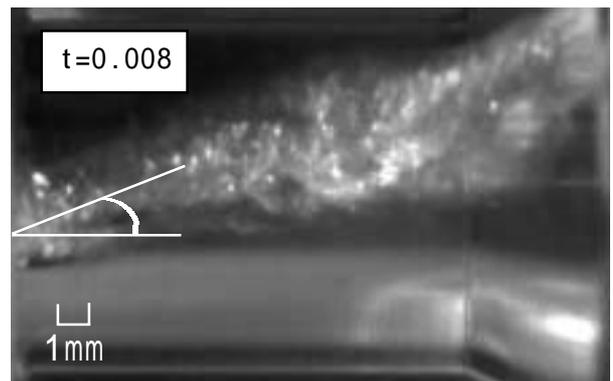


図 1 バブルの分類



(a) t=0 (sec)



(b) t=0.008 (sec)

図-2 縦断面高速度カメラ画像 (M2型装置内)

させる .

第2段階

この気体空洞部を回転制御作用で 切断・粉砕することによって ,マイクロバブルを大量に発生させる .

以上の発生機構についてさらに詳しく解明するため

Key word: マイクロバブル , 発生機構 , 高速度カメラ , 回転 , 遠向心分離

〒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

に、高速度カメラを用いて、噴出ノズル口付近の撮影を行った。実験に用いた高速度カメラは、PHOTRON社製FASTCAM-PCIである。

図-2(a)に、撮影速度500fps、シャッター速度1/3000secにおけるマイクロバブル発生口付近の縦断面撮影画像を示す。また、(a)から0.008秒後の同条件における画像を(b)に示す。これらより、出口中央部付近で、回転空洞部が白く写し出されているのが明らかである。また、この空洞部は、出口付近に向かって徐々に拡大しながら、上下に変動している。この回転空洞部をより詳しく観察すると、(a)では、白い筋状のものが、(b)では、白い塊状のものが多数形成されているが、これらがマイクロバブルの発生に重要な関係を有しているように思われ、今後より詳しい構造的な解明が必要である。

図-3に、マイクロバブル発生装置の噴出口付近における傾斜角度の経時変化が示されている。この図は、縦軸を、図-2の画像から回転空洞部の中心線と水平線からできる傾斜角度、横軸を、マイクロバブル発生装置内からの距離Xとして時間経過ごとに曲線化したものである。これより、時間経過に伴って、傾斜角度が変化し、同時に出口に向かって、その角度が増大していることが明らかである。これは、この回転空洞部自身がさらに回転し、その回転半径が出口に向かって増大していることを示唆している。

さらに、図-4(a)に、図-2と同条件におけるマイクロバブル発生口付近の横断面撮影画像を示す。また、(a)から0.008秒後の同条件における画像を(b)に示す。これらの図により、上記の回転の様子が明らかとなった。時間の経過とともに、マイクロバブルの発生部が白く写し出され、それが回転していることが明らかである。写真中央部の白い部分は、出口ノズルの、より奥の部分であり、周辺部の白い部分は、出口直後の部分に相当している。

以上を総合すると、発生装置の出口中央部では、強烈な回転空洞部が形成され、それがさらに回転するという二重の回転運動が実現されているように思われる。また、この際の回転速度は、秒速約530回転ほどであり、非常に高速な回転によってマイクロバブルが形成されていることが明らかとなった。

4. おわりに

マイクロバブル発生装置の出口付近の噴出状況を高速度カメラを用いて撮影し、その結果を踏まえて、マイクロバブルの発生機構を考察した。以下に本論の主要な結論を示す。

- (1)マイクロバブル発生装置内では、気体空洞部が回転し、その出口付近の回転数は、秒速約530回である。
- (2)回転空洞部では、出口付近で変形し、それ自身が回転する。また、この回転の角度を出口に向かって増大させる。

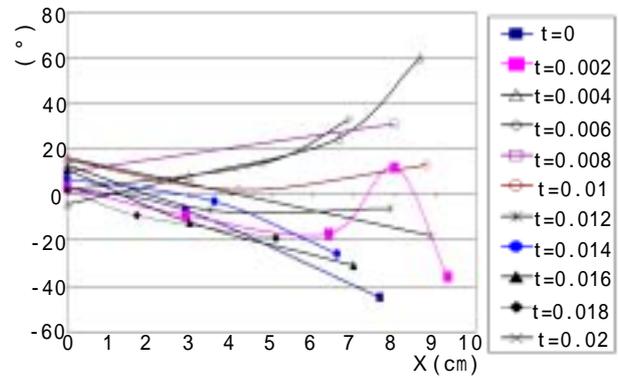
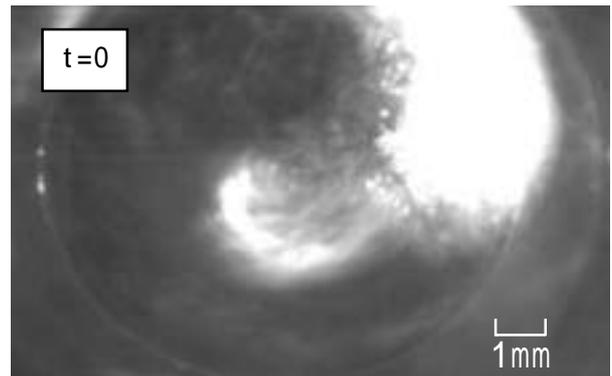
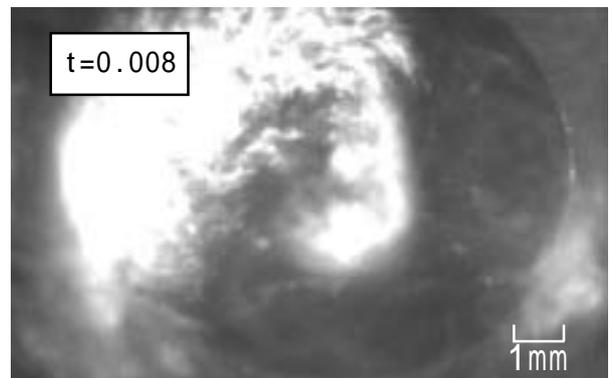


図 3 空洞部の傾斜角度



(a) t=0 (sec)



(b) t=0.008 (sec)

図-4 横断面高速度カメラ画像(M2型装置内)

(3)装置内の回転気体空洞部とその周辺の液体部との界面で、強力な静電摩擦が発生する。

(4)気体空洞部の回転数と、その傾向角度の変化がマイクロバブルの発生に重要な寄与をなしている。

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,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.
- 2)大成博文,マイクロバブルの魅力と可能性,超音波テクノ,13,8,44-49,2001.
- 3)大成博文,マイクロバブル技術による水産養殖実験,伝熱,40,160,2-7,2001.