

マイクロバブル・ノズルとその性能評価

Micro-Bubble Nozzles and Their Operation

芹澤昭示(京都大学)、八尋俊彦((株)オーラテック)

SERIZAWA Akimi and YAHIRO Toshihiko

ABSTRACT Micro bubbles of the order of few μm to a few hundreds μm in diameter attract people's concerns in their potential applicability in many practical advanced fields such as bio-medical engineering, environmental and civil engineering, drag reduction in ship building, marine culture, mining, energy conversion plants, chemical reactors and so on. This work reports several different types of such nozzles to generate ultra-small bubbles and their performance in operation.

KEYWORDS: Micro bubbles, Nozzle, Performance in operation

1. はじめに

近年、数ミクロンから数十ミクロン、そして数百ミクロン径の気泡が多くの人々の関心を惹くようになってきた。従来の気泡流といったイメージからは相当かけ離れたもので、人々の関心も流れの乱流構造などといったものよりは、むしろ超微細気泡(以後マイクロバブルと呼ぶ)そのものが持つ優れた物理的、化学的性質を用いて科学技術や工学、さらには実用面で新しい展開を図ろうとするものである。既にマイクロバブルはカキや帆立貝等の海産物の養殖において大きな成果を産み出している[1,2]。最近では原子炉凝縮器冷却用海水取水口におけるクラゲ防止にマイクロバブル利用機器が開発されている[3]。また、汚水処理や微細な微生物の除去を始めとする環境分野や清浄水、オゾン水の製造、半導体の洗浄[4]、バイオ、船舶の抵抗軽減化への応用、医工学への展開[5]等々、マイクロバブルの作成とその応用は近未来においてとてつもなく大きな可能性を持つであろうと予想され、その展開は一層目の離せないものとなるに違いない。

マイクロバブルに関する研究は始まったばかりであり、その物理的、化学的性質は未知であり、また、界面機構や流体機構といった比較的マクロな機構についても現状では我々の知見は乏しい。最近では様々な機構を利用したマイクロバブル作成法が考案され、中には市販されているものもある。今から10年前には気泡流研究者の間では、如何に均一径の気泡を任意に作れるかに関心があつたが、アルコールや食塩、その他の界面活性剤の類等々の利用によっても高々500ミクロン程度の気泡しか得られなかった。現在はこうした化学物質を用いずに数ミクロンから数10 μm の気泡が多量に作れるようになった。ここでは、最近開発されたマイクロバブル作成技術の幾つかを紹介し、また、それらによって作り出される気泡の大きさ等を評価する。実際には特許やあるいは商品としての企業上の問題もあり、現状では余り明らかに出来ない部分や、相互の特性の定量的比較をオープンにし難い面もある。本稿ではこうした理由から、主に定性的な紹介に止め、特性に関する具体的な比較データの提示は講演時に譲ることとしたい。

2. マイクロバブル作成法の例

2000年1月に香港で開催された国際会議でUCLAで5 μm の

気泡を作成したとある招待講演者から報告された。当時5 μm の気泡を作る事自体に困難はなく筆者の研究室でも数 μm の気泡はそれ以前に達成していた。問題は如何に小さな気泡を均一に、しかも多量に作るかということであつた。図1は(株)和泉電気によって開発された加圧溶解法の1種であるGALFシステムの性能評価として紹介されたものである[6]。加圧溶解法は一般にマイクロバブルを高い数密度で得ることができる方法であるが、GALFシステムはその改良版として、20 μm 径、 6×10^5 という高い数密度を達成している。以下に幾つかの代表的なマイクロバブル発生器の例を示す。

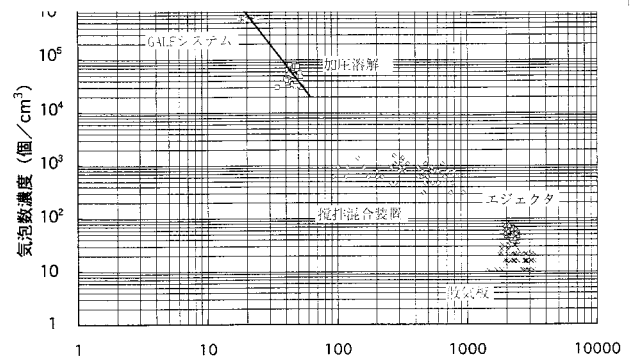


図1 気泡作成法と気泡数密度、気泡径[6]

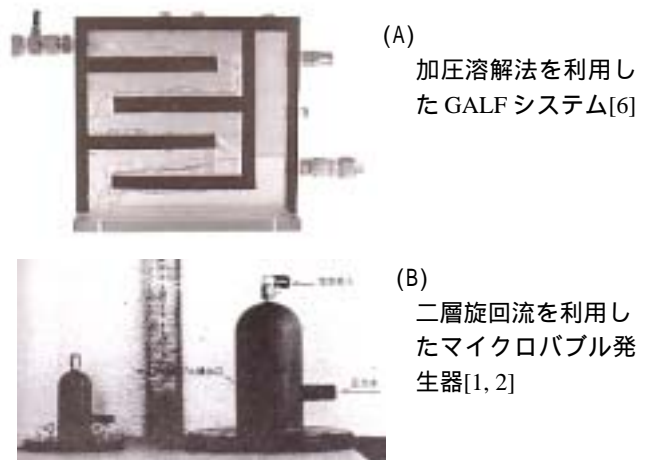
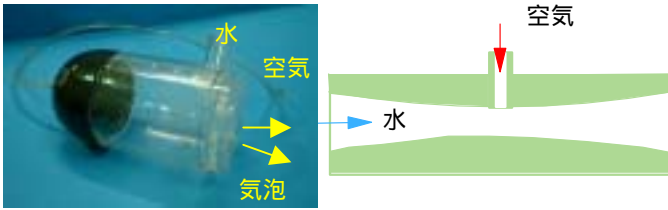


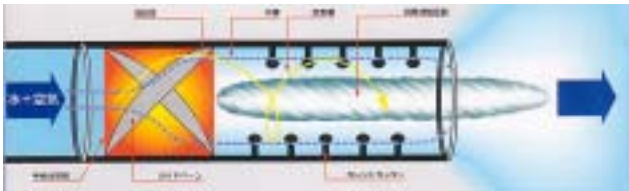
図2 マイクロバブル作成器の例



(C) 旋回流を利用した発生器 (D) ベンチュリー型発生器



(E) オーラジェット (F) キャビテーション型ノズル
((株) オーラテック) ((株) オーラテック)



(G) OHR ラインミキサー[7]

図2 マイクロバブル作成器の例(続き)

3. マイクロバブル作成器による気泡

上記以外にも様々なマイクロバブル作成器が開発されており、それらの使用方法や最適使用条件には若干の差違があり、同一の基準や条件で比較することは必ずしも最適とは言えないが、ここでは図2に示した(C)(D)(E)(F)(G)について同一の気液流動条件で気泡発生状況の観察を行った。これら5つの気泡発生器は基本的には気体の自吸が可能なるものであり、観察は自吸状態で行った。また、液体としては水を用いた。水を用いる理由は、海水中で行うと上記以外のものも含めて、多くの気泡作成器で数 μ ~数十 μ の気泡が作成でき、性能の違いが明確に出ないためである。また、一般に全てのマイクロバブル発生器に共通して、液流量を大きくするほど発生する気泡の径が小さくなることから、観察は液流量大、空気流量小及び大の共通条件とした。ただし、図2(F)のキャビテーションノズルは水中に溶解した溶存気体がマイクロバブルとして析出するため、空気流量制御の対象外であり、同一の液流量条件下でのみ観察した。

図3にマイクロバブルの発生状況の観察写真を示す。

また、図4はマイクロバブルを一定時間(1分)発生させた水槽内の様子を示したものであり、マイクロバブル作成器による特性の相違が見られる。講演時にはその定量的評価についても報告する。各社の製品にはそれぞれの特徴となる利点もあり、それらを生かしつつ共通した技術の開発に共同して当たる意義を感じる。

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組成に関する研究、平成10年度~平

成11年度科学研究費補助金成果報告書(2000.12)

- [2] 大成博文、マイクロバブル技術による水産養殖実験、日本伝熱学会誌(2001.1)2-7
[3] 和泉電気ホームページ
[4] 「科学技術」2001年1月18日号
[5] 高比良裕之ほか、マイクロバブルのレーザートラッピングにおける光学力の評価、日本機械学会論文集、B編、67巻657号(2001-2)436-450.
[6] 町谷勝幸ほか、気泡水の生成と利用、IDEC REVIEW、和泉電気(1994)
[7] 植松秀人、単一パイプのみによる流体粒子の極限的微小化と活性化、超音波TECHNO、Vol.13, No.5(2001)2-6.



図3 マイクロバブルの発生状況
左列：液大、空気小
右列：液大、空気大



(G) OHR ラインミキサー (F) キャビテーションノズル
図4 マイクロバブル発生1分後の循環水槽内の様子

