L-46

圧電アクチュエータ振動ノズルによる酸素ナノ・マイクロバブルの発生

Oxygen nano-micro-bubbles generated by utilizing a piezo-actuator vibrating nozzle

越田 真実[1]， 渡邉 学[2]， 皆藤 孝[3]， 胡桃 聡[3] ， 松田 健一[3]， 鈴木 薫[3,4]
Makoto Koshita[1], Gaku Watanabe[1],Takashi Kaito, Satoshi Kurumi[2], Ken-ichi Matsuda[3], Kaoru Suzuki[4]

Nano-Micro-Bubble were generated from piezo-vibrating nozzles. A micro size hole on a SUS film was fabricated by focused ion beam techniques. The film was mounted on piezo-vibrating nozzle. Dissolved oxygen level was increased by oxygen NMB generation utilizing the nozzle.

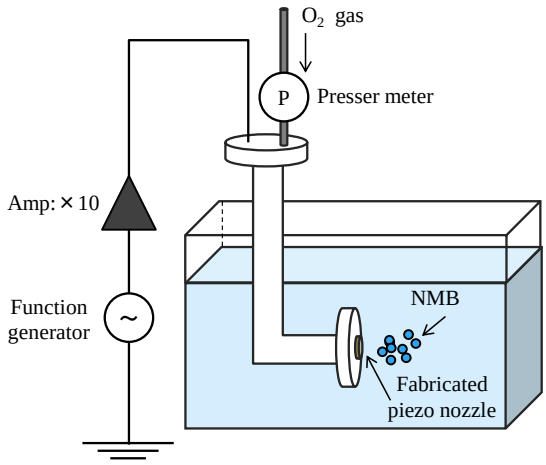
１．はじめに

マイクロバブルは直径数十マイクロメートル以下の微小な気泡であり，ナノバブルは直径 100 ナノメートル以下の微小な気泡のことを指す．一般的な気泡は水中より上昇し水面で破裂するのに対し、ナノ・マイクロバブル（NMB：nano-micro-bubble）は電荷を帯びながら水中に滞在し，自己消滅するなどの特性があり，NMB は圧壊時に高温高圧状態になり，溶媒の水，溶存ガスを分解，ラジカルを発生する。それにより海水や淡水の洗浄が可能の他に，酸素を含んだマイクロバブルでは養殖の育成促進に大きな効果があることも発見された[1]．ナノバブルも酸素やオゾンを用いて殺菌，脱臭効果や医療への応用など期待されており，NMB は幅広い分野への応用に期待されている．この NMB を発生させるには小さい穴にガスを注入するだけでは，表面張力により穴径よりも大きい気泡となってしまう．NMB を発生させるためには，バブルの離脱条件として表面張力が浮力よりも小さいことが必要である[2]．よって NMB を発生させるための装置の開発が必要である．そこで我々は表面張力から NMB を離脱させるため圧電素子による振動を利用した．本稿では圧電アクチュエータを用いた NMB 発生装置の開発と，酸素 NMB を発生させた際の，水中溶存酸素量について報告する．

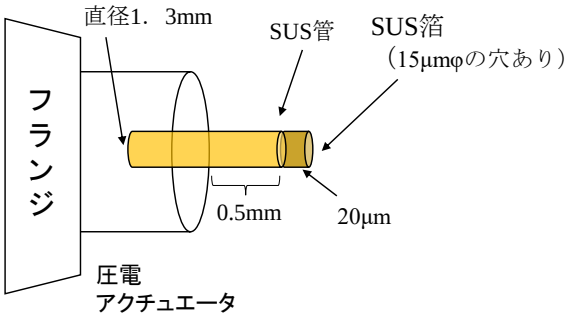
２．実験方法

2.1.実験装置作製

図 1(a)は NMB 発生装置の概略図である．図 1(b)は NMB 発生の為のノズル先端部分であり NMB 発生用のノズルは圧電アクチュエータ（NEC トーキン社製）に直径 1.3mm の SUS 管を挿入し，その表面に穴径 15 ㎛の空隙がある SUS 箔を貼り付けて製作した．NMB 発生装置はこのノズルとガス導入用，および圧電アクチュエータ駆動用の配管を組み合わせたものである．ガス導入用の配管では，ガス圧計によって管内気圧を調整した．圧電アクチュエータは発振器の出力を増幅率 10 倍のアンプによって 4～7W の電力を印加することによって駆動させた．



(a)実験装置全体図



(b)実験装置ノズル部分

図 1　実験装置概略図

2.2.Focused Ion Beam: FIB 装置によるノズル表面観察

SUS 製ノズルの表面評価は，SIM 像を観察することにより行った．ノズル表面の SIM 像は FIB 装置によりイオンビームを照射し，2 次電子を検出することにより観測した．

１：日本大学理工学部電気工学科，学生　２：日本大学院理工学研究科電気工学専攻，院生　３：日本大学理工学部電気工学科，教員　４：先端材料科学・材料創造研究

2.3.溶存酸素量の測定

圧電アクチュエータの動作の有無による, NMB を発生させた液中の溶存酸素量（Dissolved Oxygen: DO）の変化を，溶存酸素計（堀場製作所，LAQUAcat OM-71）により計測した。表 1 に NMB 発生条件を示す。

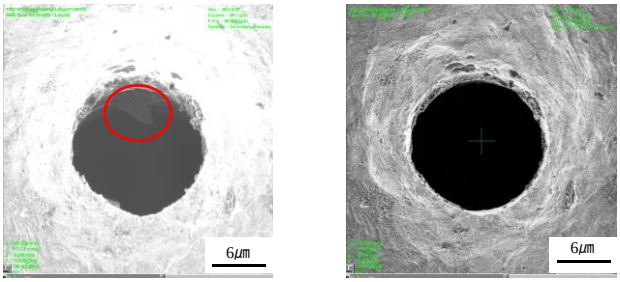
表 1　酸素 NMB の発生条件

溶液	水道水
ガス種	O_2
管内気圧	20kPa
印加電圧	6.7W
周波数	76.6kHz

３．実験結果

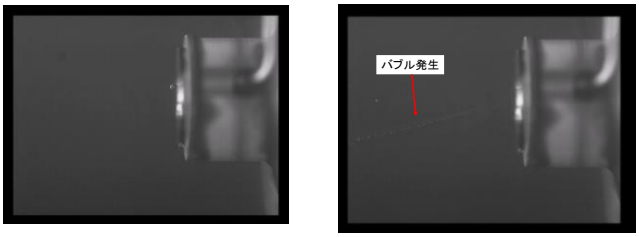
3.1，ノズルの表面観察

図 2 に FIB 装置により観測した SUS 製ノズル表面の SIM 像を示す．作製したノズルの SUS 箔表面は，均一な円形で設計通り直径 15 μm であることを確認した。ノズル作成時，図 2(a)のようにノズル内に異物が見られたため図 2(b)のように FIB を用いて異物除去を行い NMB を発生させた.



(a)異物除去前　　(b)異物除去後

図 2　SUS 製ノズルの SIM 像



(a)　圧電アクチュエータ駆動前　　(b)圧電アクチュエータ駆動後

図3　圧電アクチュエータ駆動による NMB 発生の様子

図 3 は圧電アクチュエータ駆動前後における NMB 発生の様子を撮影した写真である．圧電アクチュエータの振動がない場合（図 3(a)）NMB の発生が確認されなかった．図 3(b)は圧電アクチュエータによる振動を与えたときの画像である．ノズルから NMB が指向性をもって放出されていることがわかる.

3.2，溶存酸素量の測定

図 4 に溶存酸素量の時間的変化の関係を示す．図の圧電素子を振動させない場合，溶存酸素濃度値はほとんど変化が見られない．それに対し，圧電素子を振動させた場合は時間が経過するにつれて溶存酸素濃度値が上昇し，15 分後には 17mg/L となった．1 気圧，水温 20℃における飽和溶存酸素量は 8.84mg/L であり，圧電アクチュエータを振動させ酸素 NMB を発生させることにより溶存酸素量が過飽和することができた.

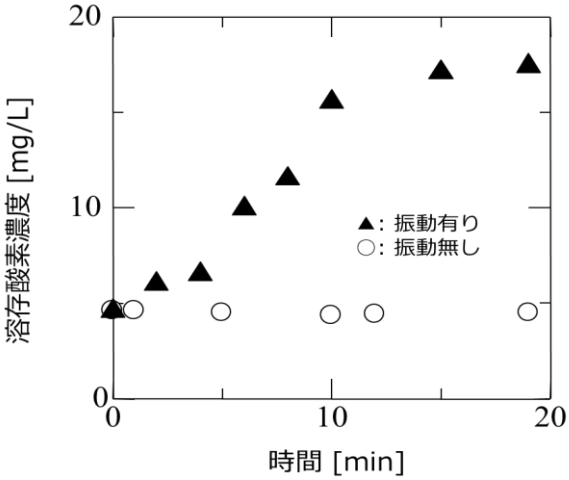


図 4 溶存酸素量の時間的変化

４．まとめ

本実験では SUS を用いたノズル開発を行い、さらに NMB 発生時の水中溶存酸素量についての計測を行った．SUS によるノズルの作製に成功し，水中で NMB を発生させた際, NMB と一般の気泡とでは溶存酸素量に大きく差が出ることを確認した.

参考文献

[1] 日本機械学会 :「マイクロバブル最前線」，pp．3-4 (2009)

[2] 胡桃　聡 他 :「FIB マイクロ加工した圧電振動子ノズルによるマイクロバブル発生」，平成 24 年基礎・材料・共通部門大会予稿集，pp．157-162(2012)