

マイクロバブルの収縮・溶解特性

徳山高専 学生会員 ○吉村治輝
徳山高専 正会員 大成博文
徳山高専 学生会員 大成由音

1. はじめに

一般にマクロバブルにおいて、酸素は溶けやすく窒素は溶けにくいことが知られている。しかし、発生時に気泡の直径が 10~数十 μm という微細な気泡であるマイクロバブルでは、そのマクロバブルの性質とは異なる可能性が高いことから、マイクロバブルの収縮過程を詳しく調べ、その溶解特性を解明することが重要である。

そこで本研究では、3種類の気体（空気、窒素、酸素）を使用して、それらのマイクロバブルの収縮過程を詳しく観察するとともに、マイクロバブルの溶解特性を検討した。

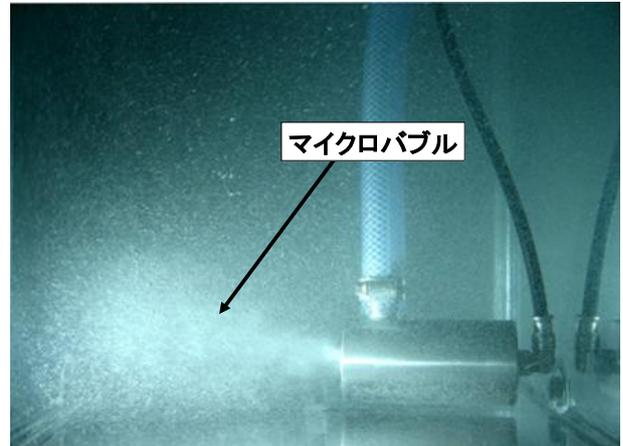


図-1 発生中のマイクロバブル（水道水）

2. 実験方法

図-1に、水道水においてマイクロバブル発生装置（株式会社ナノプラネット研究所製M2-LM型）から、マイクロバブルが発生している様子を示す。図中の矢印で示された白い部分がマイクロバブルであり、淡水においては、比較的強い光を照射することによって初めてやや白濁化した状態を呈する。

これには、0.15MPa、流量20l/m、200W のポンプを使用し、空気自吸量は1l/mとした。図-2に示される水槽内に精製水を入れ、図-1の装置を使用して、マイクロバブルを大量に発生させた。その発生中にマイクロバブルを含む水を計測水槽に導き、マイクロバブルが静水中を上昇する様子を、マイクロスコープ（キーエンス社製、VH-5000）で接写撮影した。照明には、発光熱の影響がほとんどない液晶プロジェクターを用い、その距離は2.1m離し、より鮮明な画像撮影を行うために、パルスメーター（SUGAWARA社製、MPL-18）を計測水槽から70cmの離して置いた。撮影された画像はパソコンに取り込まれ、画像処理がなされた。また、マイクロバブルを発生させる気体には、空気、窒素、酸素などを用いた。溶存酸素濃度の計測には、ハイドララボ社のゾンデ4を使用した。

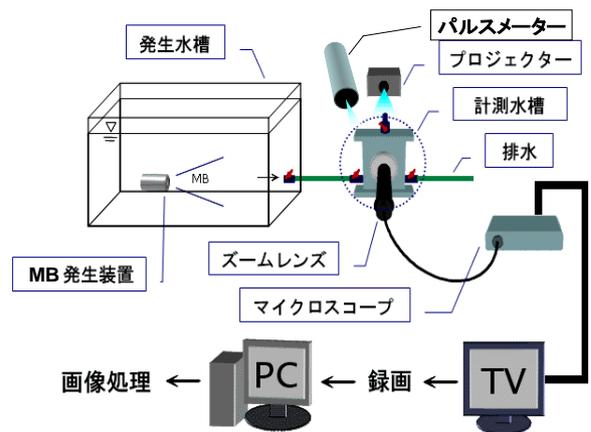


図-2 マイクロバブルの撮影システム

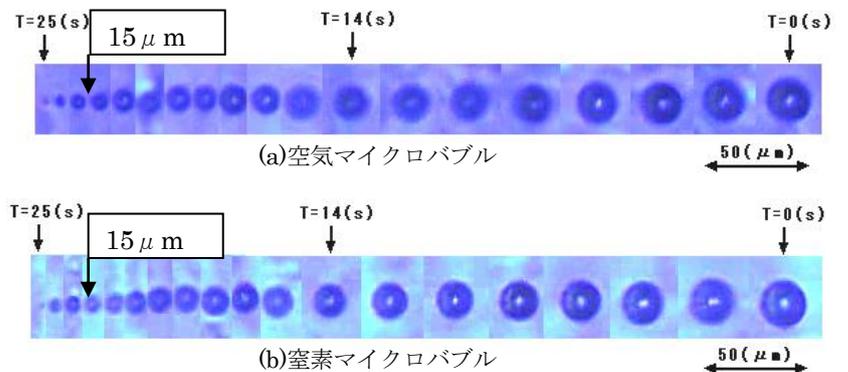


図-3 マイクロバブルの収縮過程

3. 結果および考察

マイクロバブルにおいて、それが溶解することを「収縮する過程で水の中に気体の成分がなくなること」と定義する。これまでの研究において、空気と水道水を使用したマイクロバブルについては、それが収縮する際に、負電位を増加させ、その収縮過程で、自発光することも確かめられている²⁾。

その結果を踏まえ、液体と気体の種類を変えて、その収縮および溶解特性を考察した。

図-3 に、空気マイクロバブルおよび窒素マイクロバブルが収縮する過程を示す。これより、マイクロバブルが上昇しながら時間的に徐々に収縮していることが明らかである。とくに、注目すべき点は、それらの気泡径が $10\mu\text{m}$ を前後して急激に時間的な収縮割合が大きくなっていることである。また、この割合においては、空気と窒素における大きな差異は生じていない。

図-4 に、マイクロバブルの収縮過程における直径の平均値を示す。平均サンプリング数は空気では4、窒素では10である。これより、窒素マイクロバブルにおいては、その直径が $20\mu\text{m}$ から消滅までに約7秒経過しており、空気では約8秒である。この差異は、窒素が空気よりも短時間で液体内に消失していることを意味する。このような溶解は、窒素マイクロバブルにおいてはほとんど実現されないことから、窒素マイクロバブルの重要な特徴として注目される。また、この窒素マイクロバブルが空気マイクロバブルとほぼ同じ収縮特性を示すのは、それぞれに窒素マイクロバブルの溶解成分が寄与しているからであると思われる。

この結果を検討するために、図-5、6 に示すように、精製水中において、窒素マイクロバブルと酸素マイクロバブルを発生させ、その溶存酸素濃度 (DO) 変化を測定した。その結果、窒素マイクロバブルにおいては DO が15秒で 4mg/l 低下したが、最終的には 1.6mg/l 程度に留まった。また、酸素マイクロバブルにおいては、窒素マイクロバブルの供給で溶存酸素濃度を予め低下させてから実験を開始した、その結果、DO が15秒で 4mg/l 増加することが明らかとなった。この結果は、窒素マイクロバブルによる DO の低下と酸素マイクロバブルによる DO 増加のそれぞれの割合において、その変化量にほとんど差異がないことを示している。

以上の結果から、マイクロバブルでは溶けにくいとされていた窒素も溶けやすくなることが明らかとなった。

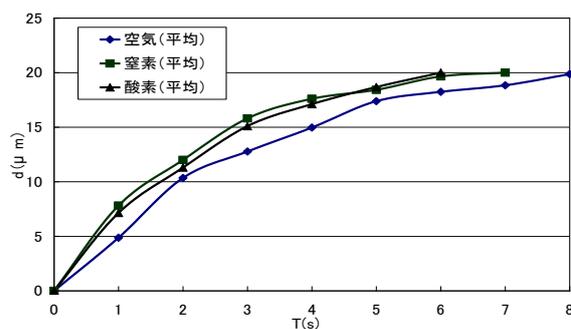


図-4 マイクロバブルの直径の時間変化

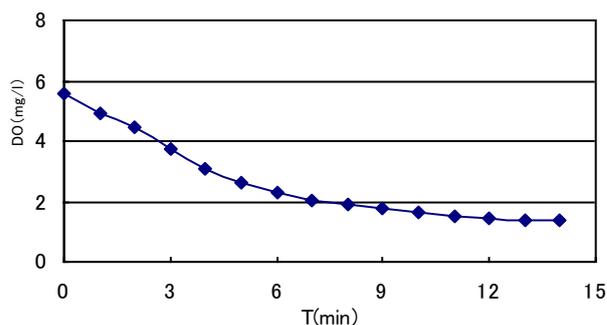


図-5 窒素マイクロバブルによる溶存酸素濃度変化

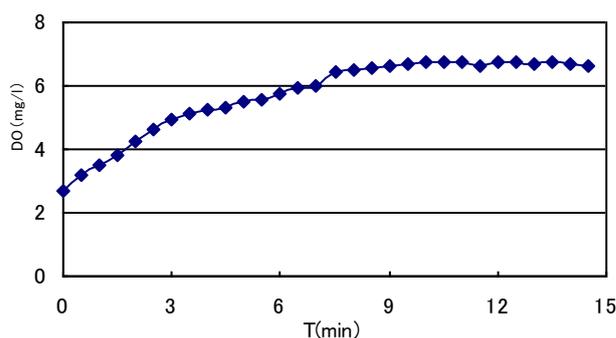


図-6 酸素マイクロバブルによる溶存酸素濃度変化

4. おわりに

3種類の気体を使用して、それらのマイクロバブルの収縮過程と溶解特性を明らかにした。その結果、窒素マイクロバブルは、空気マイクロバブルよりもやや収縮・消失しやすいことが明らかとなった。また、両マイクロバブルにおいては、いずれも気泡径が $10\mu\text{m}$ を前後して急激に時間的な収縮割合が大きいたことが判明した。

今後は、マイクロバブルの収縮要因をより詳しく物理化学的に解明する必要がある。

(参考文献)

- 1) 大成博文: マイクロバブルのすべて, 日本実業出版社, 2006.
- 2) 大成博文: マイクロバブル技術による海洋生物・環境蘇生, 日本マリンエンジニア学会誌, 第43巻, 第1号, 2008.