

3. マイクロバブル発生・評価技術に関する基礎検討

工業材料開発科 ○高橋志郎、下野 功
 機械電子技術科 村田政隆、松村一弘
 函館酸素(株) 伊藤雅章

1. はじめに

近年、マイクロバブルと呼ばれる微細な気泡に関する研究開発が盛んに行われている。これは、マイクロバブルが通常得られる気泡にない特徴を有しているためであり、食品産業や機械産業へ応用可能な基盤技術として有望であり、当地域にとっても重要な技術開発テーマと考えられる。

マイクロバブルは、その発生方式や発生条件等により、バブルサイズの平均値や分布が変化し、それにより物性も変わることが知られている。バブルサイズの平均値や分布を任意に変え、物性をコントロールすることは、マイクロバブルを応用する上で極めて重要な基礎技術と考えられるが、現状では確立された技術とは言い難く、今後の研究成果に拠るところが大きい。我々のグループでは、マイクロバブルの特徴や発生方法について調査し、地元企業と共同で発生装置の試作と改良を行い、この装置を用いてマイクロバブルを発生させ、そのバブルサイズの平均値や分布測定などの評価技術について検討を行っている。現在までの研究結果について報告する。

2. マイクロバブルに関する調査結果

2-1 マイクロバブルの特徴

マイクロバブルとは、その直径が1 μ m～数十 μ mという従来と比べて極めて小さな気泡のことであり、通常得られる気泡にはない特徴を有している。その特徴として、①液体中での浮上速度が極めて遅いこと、②比表面積が極めて大きいこと、③内部応力等の作用により自然に消滅（圧壊）すること、④マイクロバブル自体が帯電すること、⑤液体中に過飽和に溶解することなどが知られている。マイクロバブルのもつこれらの特徴を活かした応用がいくつか考えられており、その代表的なものを表1に示す。ここで我々は、洗浄・浄化効果に着目し研究開発を行うことにした。これは、①と②と④の特徴を活かした応用例であり、液体中の不純物除去や固体の汚れ除去に効果が認められている。マイクロバブルによる洗浄・浄化は、洗剤を全く使わない、あるいは大幅に減少させることができることから、特に食品産業への応用が有望と考えている。

表1 マイクロバブルの応用例

応用例	効果の説明
水の浄化・水質向上	バブリングで浮上させた固形物の除去や溶存酸素量を増加させるなどにより水質を改善する
洗浄	液体中あるいはマイクロバブルの流水で対象物に付着した塵、埃、油脂などの汚れなどを除去する
水産養殖	浄化や水質向上効果、洗浄効果と併せて溶存酸素量の増加により、致死率の低下や高品質な状態で出荷が可能
船舶関連	船舶航行の際に船首部分からマイクロバブルを発生させ、抵抗を軽減する

2-2 マイクロバブルの発生方法

現在、マイクロバブルの発生にはいくつかの方式があり、代表的なものを表2に示す。エアレーション方式は、気体を多数の気孔を有する発生源に送り込み、そこから気泡を生成するもっとも単純な方法であるが、マイクロバブルが得られるような微細な気孔の形成が困難である。これ以外の発生方法は、気液混合体を発生源に導入する

表2 マイクロバブルの発生方法

発生方式	発生方式の説明
エアレーション	微細な気孔から気泡を発生させる。エアストーンなど
ベンチュリー管	ベンチュリー管の圧力差によって気泡を発生
キャビテーション	ポンプ内に気液混合体を送り、キャビテーションを利用して気泡を発生
旋回流	経路内で気液混合体を旋回運動させ、剪断力によって気泡を発生
複合型	上記の組み合わせによって気泡を発生

方式となっている。ベンチュリー管方式は、気液混合体を経路の一部が狭まったベンチュリー管を用いて、その圧力差により微細気泡を発生する方法である。キャビテーション方式は、ポンプ内に気液混合体を送り、キャビテーションを利用して気泡を発生させる方式で、キャビテーションのダメージによりポンプ寿命の低減が考えられる。旋回流方式は、特殊な形状の配管を用いて経路内で気液混合体を旋回運動させ、剪断力によって気泡を微細化する方式である。

3. 試作機によるマイクロバブルの発生と評価

本研究で試作したマイクロバブル発生装置は、キャビテーション方式を採用した。この方式では、取り込んだ空気をポンプ内のキャビテーションを利用して微細化し、単一オリフィスによる圧力変化によってマイクロバブルを得ている。なお、溶媒は水、マイクロバブルとなる気体は空気とし、空気の供給は、ポンプの吸い込み差圧による自給方式とした。吸気口に空気流量計、ポンプ吐出口に圧力計を設置し、吸気量の制御によるポンプ吐出圧力制御を行い、バブルサイズの平均値や分布測定を行った。

バブルサイズの平均値や分布測定は、光学顕微鏡と粒度分布測定装置を用いて行った。光学顕微鏡による測定は、観察用の治具を作製し、マイクロバブルを含んだ液体を採取、観察し、得られた写真を画像解析し粒度分布を求めた。粒度分布測定は、マイクロトラック社製の粒度分布測定装置HRAを用いて行った。

図1に、ポンプ吐出圧力(a)P=0.3MPa および(b)P=0.4MPa のときの光学顕微鏡写真および粒度分布測定結果を示す。

光学顕微鏡観察および粒度分布測定の結果より、平均粒径 (d_{50}) はP=0.3MPa のとき約21 μm 、P=0.4MPa のとき約37 μm であった。P=0.3MPa のマイクロバブルは、光学顕微鏡写真からもわかるとおり、50 μm 以下の微細な気泡と100 μm 以上の粗大な気泡が混在していた。一方、P=0.4MPa のマイクロバブルは、比較的サイズのばらつきが少なかった。

尚、洗浄効果については、当日報告する。

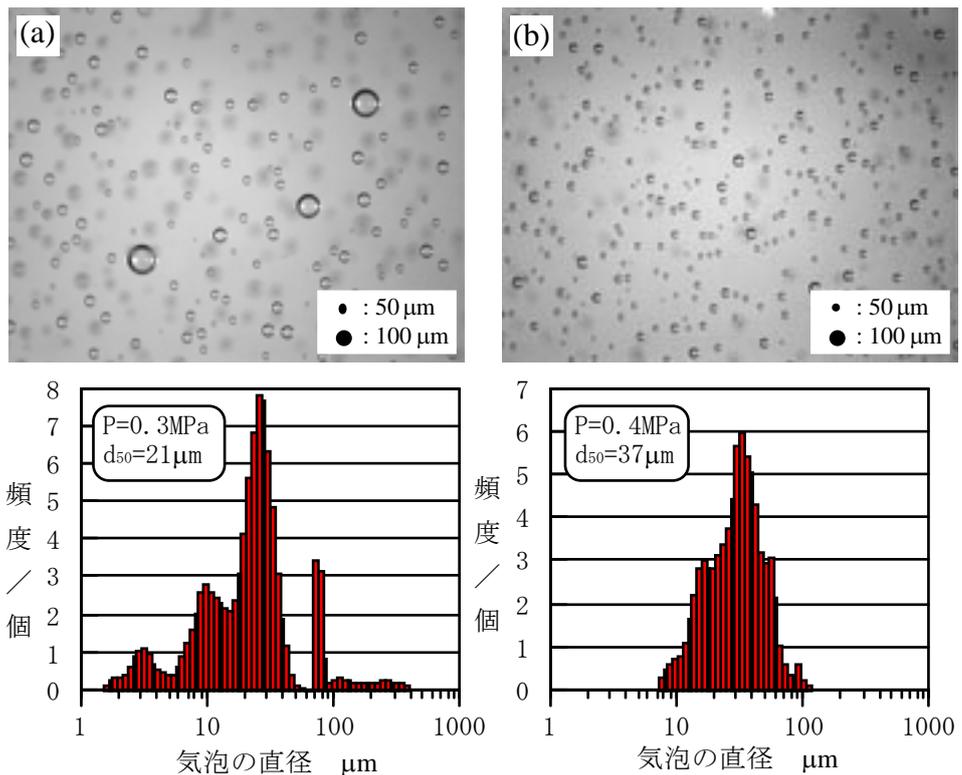


図1 マイクロバブルの顕微鏡写真および粒度分布測定結果

4. まとめ

試作器によるマイクロバブルの発生が可能となった。吸気量を制御することで発生するマイクロバブルの制御もある程度可能なことがわかった。また、サイズに関する測定も可能となったが、粒度分布測定中のマイクロバブルの濃度や消泡などの問題、顕微鏡観察データとの照合が必要であり測定に時間がかかるなど問題点も多い。今後の評価技術の確立が急務の課題であるといえる。