

### 3. マイクロバブルのサイズコントロールを目的とした発生装置の改良

材料技術科 高橋志郎、下野 功  
機械電子技術科 村田政隆、松村一弘  
函館酸素株式会社 伊藤雅章

#### 1. はじめに

近年、直径が1 $\mu$ m～数十 $\mu$ mの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、通常の気泡には無い洗浄効果や浄化作用などの特徴を有しているため、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。

マイクロバブルには、長時間気泡として液体中にとどまる、帯電して物体へ吸着しやすい等のいくつかの効果がうたわれているが、その発生方式や発生条件が異なる等の理由から、研究者によって評価が分かれている。即ち、マイクロバブルの効果は、バブルサイズの平均値や分布状況によって変化する物性に強く依存すると考えられる。したがって、バブルサイズの平均値や分布状況の制御は、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ことから、マイクロバブルのサイズコントロールを目的とした装置の試作および改良を行った。

#### 2. マイクロバブルの評価方法に関する検討

##### 2-1 マイクロバブル発生装置

マイクロバブルの発生方式にはいくつかのやり方があるが、本研究では、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キャビテーション方式、気液混合体を加圧することでより多くの気体を液体中に溶解させる加圧溶解方式、気液混合体を経路の一部が狭まったベンチュリー管を通して、その圧力差により微細気泡を発生するベンチュリー管方式、の3方式を複合して用いる発生装置を試作した。その模式図を図1に示す。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、加圧容器、後述の粒度分布測定用水槽に空気流量計(図1矢印A、矢印B、矢印C)、ポンプ吐出口に圧力計(図1矢印D)を設置した。

##### 2-2 マイクロバブルの評価

マイクロバブルの基礎的評価として、その発生量と粒度分布、平均粒径の測定を行った。発生量は、

$$\text{発生量} = (\text{気体吸入量：矢印A}) \cdot (\text{余剰気体排出量：矢印B}) \cdot (\text{大気解放量：矢印C})$$

として算出した。マイクロバブルの粒度分布測定は、マイクロトラック社製の粒度分布測定装置 HRA を用い、粒度分布測定用水槽を作製して連続的に計測を行った。なお、溶媒となる液体は水、マイクロバブルとなる気体は空気とした。気体吸入量の制御によるポンプ吐出圧力制御、余剰気体排出量の制御による加圧容器の加圧力制御を行い、バブルサイズの平均値や分布測定を行った。

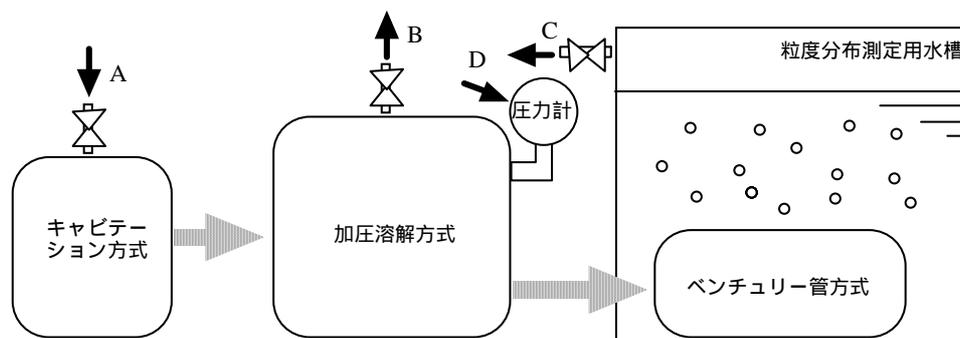


図1 試作したマイクロバブル発生装置の模式図

### 3. マイクロバブルのサイズコントロールに関する検討

本研究で試作したマイクロバブル発生装置は、ベンチュリー管のオリフィス前後の圧力差によって最終のマイクロバブルを得ている。そこで、オリフィスの径(3mm~6mm)および厚さ(1.8mm~8mm)を変化させ、さらに加圧溶解のための圧力(以下加圧力と表記する)を変化させたときのマイクロバブルのサイズと発生量を測定した。

オリフィスの径を4mmとしたときのマイクロバブルのサイズ(粒度分布および平均粒径)測定結果を図2に示す。図2(a)は、加圧力  $P=0.3\text{MPa}$ 、オリフィス厚さ1.8mm、図2(b)は、加圧力  $P=0.3\text{MPa}$ 、オリフィス厚さ4mm、図2(c)は、加圧力  $P=0.5\text{MPa}$ 、オリフィス厚さ8mmのときの粒度分布測定結果である。粒度分布の幅は、(c)では狭く比較的均一で、(a)では広い分布を示している。(b)ではあまり均一な粒度のマイクロバブルが得られなかった。平均粒径( $d_{50}$ )は(a)のとき約 $21\mu\text{m}$ 、(b)のとき約 $39\mu\text{m}$ 、(c)のとき約 $5.3\mu\text{m}$ であった。次に、(a)~(c)を含む各条件での粒度分布測定から得られたマイクロバブルの平均粒径( $d_{50}$ )を図2(d)に示す。本装置では、加圧力が低い( $P=0.3\text{MPa}$ )場合、マイクロバブルの平均粒径の制御が困難で、オリフィスの厚さが8mmのときにマイクロバブルは発生しなかった。一方、加圧力が高い( $P=0.4\text{MPa}$ 、 $0.5\text{MPa}$ )場合には、オリフィスが厚いほど微細なマイクロバブルが得られる傾向を示した。

ここに図は示していないが、オリフィスの径を変化させた場合、オリフィスの径が小さいほど微細なマイクロバブルが得られる傾向にある。

また、マイクロバブルの発生量は、 $200\sim 500\text{ml/L/min}$ であり、酸素溶解度(約 $20\text{ml/L}$ :水)の約10~20倍であった。

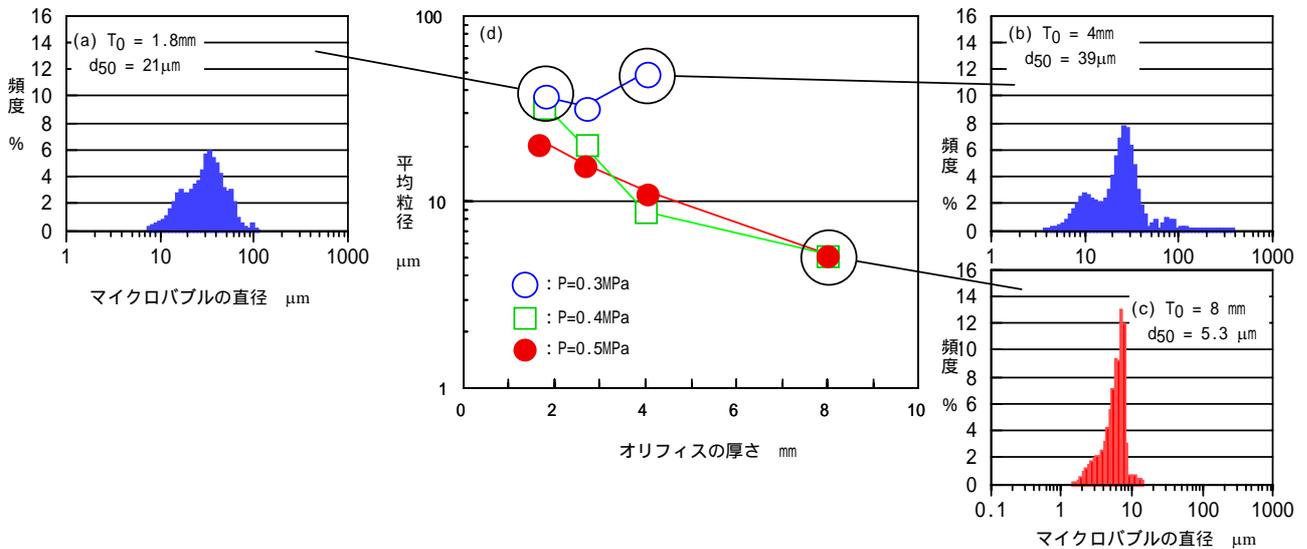


図2 オリフィスの径を4mmとしたときの粒度分布測定結果および平均粒径

### 4. まとめ

マイクロバブル発生装置の試作と改良を行い、気体吸気量や加圧力の制御およびベンチュリー管のオリフィスサイズを変化させることで、発生するマイクロバブルのサイズ制御がある程度可能なことがわかった。現在、マイクロバブルの持つ特徴を活かした応用をいくつか考えているが、マイクロバブルによる洗浄・浄化は、洗剤を全く必要としない、あるいは使用量を大幅に減少できる等の利点が認められるため、今後は、食品分野を主とした産業応用技術の研究開発へと発展させていく予定である。