

マイクロバブルの発生分布と電位特性

徳山高専 学生員 ○徳重 研介 勝間田 晋治
山口大医院 正員 大成 博音
徳山高専 正員 大成 博文

1. 緒言

近年、非常に広範囲の分野でマイクロバブル技術が注目され始めている。マイクロバブルとは、その発生時に 10～数十 μm の微細な気泡と定義され、さまざまな物理化学的特性を有することを特徴とし¹⁾、その多機能、高性能性によって、水質浄化、水産養殖、排水処理などの分野での実績も増加している。

しかし、マイクロバブルの物理化学的特性の詳細については不明な点が少なくなく、そこで、本研究ではマイクロバブルの発生頻度分布特性を明らかにし、さらに発生方式の違いによる電位特性などについて比較検討した。

2. マイクロバブルの発生と可視化

図 1 に、「超高速回転式マイクロバブル発生装置」を用いて、水道水中においてマイクロバブルを発生させた様子を示す。また、右側には発生装置の出口が写し出されている。これより、照明によって白く輝いて写っているのがマイクロバブルである。一見して、ほぼ均一のマイクロバブルが発生していることが明らかであり、それらは非常にゆっくりと上昇していた。写真下部の水槽底部近くが黒く写っている理由は、マイクロバブルが上昇し、その過程で消滅することで透明度を増すことにある。

そこで、マイクロバブルの発生頻度分布特性、電位特性の詳細を明らかにするために、図 2 に示されるような可視化装置を開発した。まず、水槽内で大量にマイクロバブルを発生させ、計測用のマイクロチャンネル内（幅 2cm×1mm）に導き、その静水流体中をゆるやかに上昇させる。撮影方向と反対の方向から冷熱光を照射させ、気泡のシルエットをマイクロスコープによって撮影した（キーエンス社製 VX-5000）。照明には、液晶プロジェクターを用い、計測水槽から 2.7 離れた地点から照射し、また、ビデオ信号と同期させた照明（SUGAWARA 社製ナノパ



図 3 超高速回転式マイクロバブル発生装置

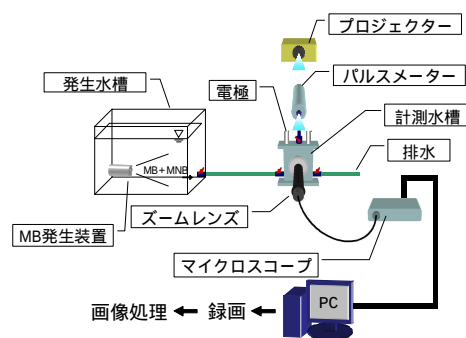


図 2 マイクロバブル電位計測装置システム

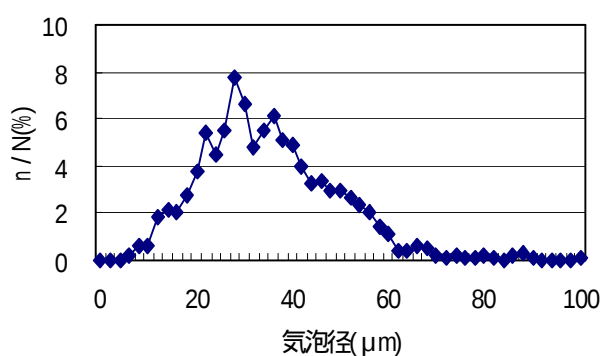


図 3 マイクロバブル発生頻度分布

ルスライト)も併用することで、照明による温度上昇に伴う対流の発生を防止するとともに、鮮明画像の撮影を可能にした。

また、マイクロバブルの電位計測を行う際は、計

キーワード マイクロバブル, 発生頻度分布, ゼータ電位, 負電位, 付着

連絡先 〒745-8585 山口県周南市学園台 徳山工業高等専門学校 TEL/FAX:0834-29-6323

測水槽の両サイドに広さ 20mm×200mm 厚さ 0.95mm , 間隔 46.2mm で銀電極を差し込み, 200V, 5mA の直流電流を約 0.5 秒間隔で流し, その電気泳動画像をマイクロ스코プに録画, 画像処理した. さらに泳動速度を求め, 単一気泡に対する気泡径ごとのゼータ電位を Smoluchowski 式より算出した.

3. 実験結果

図-3に, マイクロバブルの発生頻度分布の計測結果を示す. サンプル数は約500個であり, マイクロバブル発生直後の直径を読み取った結果である. このとき, 気体は空気, 液体は水道水, 発生方式は「超高速巡回式 (株) ナノプラネット研究所製M2-LM型)」であり, 気泡径の読み取りは上昇方向と直角方向のものを読み取った. これより, 気泡の最大径は100 μ m, 最小径は6 μ m, 最頻度気泡径は26 μ mであった. また, 10 μ m ~ 60 μ mの区間に約95%が分布しており, 非常に均一性に優れていることが明らかである.

次に, 超高速巡回式と加圧溶解式のそれぞれで発生したマイクロバブルの比較を行った.

図-4に, 水槽内で加圧溶解式によって発生したマイクロバブルの様子を示す. これより, 図-1と比較して「白濁化」がより進んでいることが明らかである. これは, 一見「泡らしい」印象を観察者に与えてしまいが, その白濁の原因は, 直径数十 μ mの気泡がかなり多いことにあり, より微細な気泡が多数存在するからではないという観察判断をすでに得ている.

そこで, 超高速巡回式と加圧溶解式にそれぞれにおいてマイクロバブルを発生させ, その電位計測を行った. このときの気体は空気, 液体は水道水を用いた. 図-5に, それぞれの計測結果の一例を示すが, この曲線は, それぞれの値の平均値を示している.

これより, 超高速巡回式においては, マイクロバブルの直径で約70 μ m ~ 10 μ mまで, 加圧溶解式においては約50 μ m ~ 20 μ mまでの気泡径の計測が可能となっている. まず, 全体的には, 加圧溶解式よりも超高速巡回式の方で負電位が高いことが明らかである. また, 両方式とも, 気泡径が小さくなるほど高電位となるが, そのピークは, 超高速巡回式で10 ~ 25 μ m, 加圧溶解式で約30 μ mにあり, そのピーク特性も異なっている. とくに, 気泡径が小さくなると, 両者の差が顕著であることも注目される.

図-6に, マイクロバブルがヒトの指に付着してい



図 4 加圧溶解式で発生したマイクロバブル

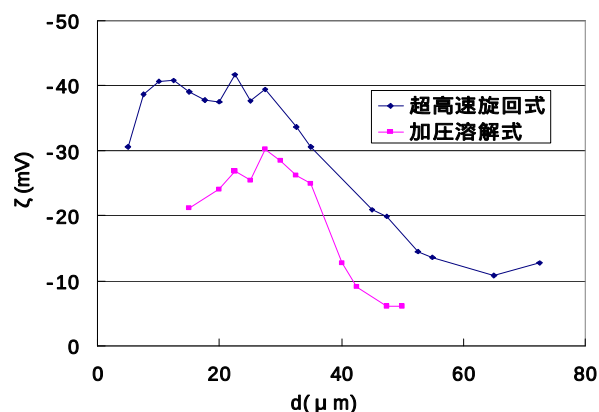


図 5 マイクロバブルの電位比較



図 6 皮膚表面に付着したマイクロバブル

る様子を示す. これは, マイクロバブルが負電位であるのに対し, 皮膚表面が正電位を有して電氣的に付着現象が起きた結果ある. これより, マイクロバブル同士は付着せず, 独立して皮膚に付着しており, その知覚神経刺激作用による生理学的効果が注目されている.

参考文献

- 1) 大成博文他, マイクロバブルの収縮パターンと電位特性, 水工学論文集, 第 51 巻, pp1397 -1402, 2007.