

氏名(本籍)	寺門秀一(茨城県)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博甲第2898号
学位授与年月日	平成14年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	工学研究科
学位論文題目	マイクロ気泡の界面流動特性と生成方法に関する研究
主査	筑波大学併任教授 工学博士 矢部 彰 (産業技術総合研究所)
副査	筑波大学教授 工学博士 成合 英樹
副査	筑波大学教授 工学博士 村上 正秀
副査	筑波大学教授 工学博士 松井 剛一
副査	筑波大学助教授 博士(工学) 阿部 豊

論文の内容の要旨

気泡群は各種排水処理、湖沼浄化、水耕栽培など環境保護や環境保全を主とした用途での展開が進められてきており、気泡の機能を向上させるためには、より半径の小さい気泡より単位体積当たりより多く生成し、表面積を多く取ることが重要となるため、微小気泡群の生成メカニズム及び挙動等を解明することが強く求められている。また、理論純水に近い純水中の気泡はFluid Sphereとして振舞うことが期待されるが、微小気泡群に相当する気泡レイノルズ数が100以下の領域では実証されていないため、どのような条件においてFluid Sphereが実現するのかを明らかにすることは、機能発現に関係する界面動特性を考える上で重要である。さらに、半径数百 μm の気泡では界面張力による気泡内外の圧力差が気泡崩壊時に強い圧力波として生じるため汚れの剥離・洗浄および化学反応の触媒として期待され、また半径数 nm の気泡では気液界面で極性が揃う可能性もあり、界面の静電効果によって洗浄等の新たな機能の発現が期待されることから、ナノスケールのオーダーの直径を持つナノ気泡の存在等を確認することは極めて重要である。

本研究では、以上の必要性を踏まえ、マイクロ気泡における気液界面の流動特性、マイクロ気泡の生成、ナノ気泡の存在について基礎的に検討を行った。

マイクロ気泡における気液界面の流動特性については、まずレイノルズ数が100以下の気泡について水中の不純物を極力減らすことでFluid Sphereの実現を図った。超純水中の単一空気気泡の気泡径と上昇速度を測定し、気泡のレイノルズ数と抵抗係数によって評価した。その結果、全有機炭素量(TOC) 7ppb、微粒子数11個/ccの水中でFluid Sphereを実現することに成功した。さらにTOCと微粒子数を変化させて実験を行い、気泡の界面流動特性に及ぼす影響を定量的に評価した。その結果、Fluid Sphere条件はTOCと微粒子数が共に少ない場合に実現すること、および気泡の界面流動特性に及ぼす影響が大きいのは微粒子数の変化よりも、TOCの変化であることを明らかにした。一方、気泡レイノルズ数が50以下の気泡では水の不純物を減らした同様の条件でもFluid Sphereに到達しないことが明らかになったため、その原因を気泡内ガスの不純物であると考え、ガスの種類および純度を変化させて実験を行い、気泡の界面流動特性に及ぼす影響を検討した。その結果、低レイノルズ数領域でも超純水中の精製窒素気泡でFluid Sphereを実現した。

マイクロ気泡の生成については、加圧溶解減圧発出法で得られるマイクロ気泡群の発生メカニズムについて実験的に検討を行い、溶解時の溶存ガス濃度および加圧時と減圧時の圧力差が気泡半径および数密度に影響すること、および減圧時にキャビテーションが起こると大量の気泡が発出することを明らかにした。

さらに、ナノ気泡の存在については、水の電気分解で電極上に生じる気泡を超音波で剥離し、光散乱方式の検出器で測定する実験を行った。その結果、超音波の付与でナノオーダーの気泡が生成することを明らかにし、ナノ気泡の存在を世界で初めて実証した。

審 査 の 結 果 の 要 旨

気泡の界面に滑りが生じる流動特性が、蒸留、イオン交換さらには紫外線照射、フィルター除去の手段により、水中に含まれる不純物である微粒子及び全有機炭素量を極めて少なくすることで初めて実現できることを明らかにした。また微粒子が少ない条件で、ナノスケールの直径を持つナノバブルを超音波により生成できることを世界で初めて見出した点は高く評価できる。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。