

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 4 月 1 日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21560181

研究課題名（和文） マイクロバブルとバブルジェット式エアリフトポンプを使った低動力水質浄化システム

研究課題名（英文） Power saving water purification system using micro-bubble and bubble-jet-type air-lift-pump

研究代表者

佐田富 道雄（SADATOMI MICHIO）

熊本大学・大学院自然科学研究科・教授

研究者番号：50109667

研究成果の概要（和文）：

太陽電池で動かせ低動力な水質浄化システムを目指して、①効率的にマイクロバブル（MB）を発生できる装置、②マイクロバブルと水質浄化用ブロックの相乗効果を利用する水質浄化装置、③湖沼や内海の水産養殖場等に堆積した汚泥等を除去可能なバブルジェット式エアリフトポンプ、の三つの装置の研究を行った。ほぼ計画通りに研究を行うことができ、国際学術誌論文2件、国内学術誌論文1件、国際会議論文3件等で成果を公表した。

研究成果の概要（英文）：

In order to construct a lower-energy-consumption-type water purification system driven with solar cell, (1) an efficient micro-bubble generator, (2) a high performance water purification system utilizing the synergism of micro-bubbles and bio-block, (3) a bubble-jet-type air-lift-pump for dredging sediments deposited on lake bed and inland-sea bed where fisheries exist, have been studied almost according to plan. The research results have been published by two international journal papers, one domestic journal paper, and three international conference papers, etc.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
2011年度	400,000	120,000	520,000
総計	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・流体工学

キーワード：混相流、水質浄化

1. 研究開始当初の背景

海水や淡水の水質悪化により、世界中で様々な問題が多発している。申請者が居住する熊本地域は比較的綺麗な水に恵まれているが、それでも緑川ダムなどではアオコが発生し、天草周辺の養殖漁場では今年も

赤潮が発生して、多量の魚類が死滅している。そして、これらの死骸は底に堆積して水質をさらに悪くするという負の連鎖を引き起こす。このような問題を解決すべく、本研究はダム湖や内海の水産養殖場における低動力な水質浄化技術の確立を目的として

いる。具体的には、現場が電源を引き難い山間や島周辺であることを考慮して、比較的規模の小さい太陽電池で動かせる低動力な水質浄化システムを目指している。

2. 研究の目的

本システムではマイクロバブル（以下 MB と略記）、水質浄化用ブロック、バブルジェット式エアリフトポンプ（以下 BJ ポンプ）を併用する。これらのうち、MB と水質浄化用ブロックは、水中の DO（溶存酸素濃度）を上げて好気性バクテリアを活性化させ、水質浄化を加速させるために使う。いっぽう、BJ ポンプは湖底や海底付近の水質を悪化させている堆積物の除去に用いる。

上述のシステムは、規模の小さい太陽電池で駆動できるように、MB 発生装置と BJ ポンプは電力消費が少なく効率的である必要がある。そこで、本研究では、①効率的な MB 発生装置の開発、②MB と水質浄化用ブロックを併用した効率的な水質浄化システムの確立、③低動力な BJ ポンプの設計法の構築、の三つを実験と理論の両面から研究することを目的としている。

3. 研究の方法

① MB をより効率的に作れる新装置の開発：

H21 年度においては、多孔質管の通気・通水孔寸法・長さ・幅、ならびにオリフィスの絞り径を変えた数種類の MB 発生装置を試作し、装置の形状・寸法の最適化を図る。具体的には直径 0.5 m の水槽の水深 H を 1, 2, 4 m と変え、その都度各 MB 発生装置への給水量を変えて、研究業績⑨に示した方法と同様な手法で空気の吸引流量（MB 発生量）、MB 発生装置入口の水と空気の圧力、所要水動力などの流体力学的性能を調べる。さらに、水中の酸素溶存（DO）特性に大きな影響を与える MB の寸法分布を調べて、旧型 MB 発生装置よりも MB 寸法が小さく、多量に発生できる新型 MB 発生装置を見出す。加えて、新型 MB 発生装置の流体力学性能を予測するモデルを開発し検証する。さらに、成果は国内学会で発表する。

H22 年度においては、試験結果と性能予測モデルの検証結果を国際学会で発表すると共に学術雑誌に投稿する。

② MB と水質浄化用ブロックを併用した効率的な水質浄化システムの確立：

貧酸素状態にある池・沼・湖などに MB を導いて酸素を補給し、水質浄化用ブロックとの相乗作用により水質浄化を促進することを目的としている。

H21 年度においては、第一次試験として、

上記の水槽に清水（水道水あるいは海水）を入れて上記の試験で高性能であった新型 MB 発生装置を使って MB を発生させ、溶存酸素濃度 DO の時間変化から物質移動容量係数 $K_L a$ と酸素溶存効率 E_A を評価し、最適な発泡条件を見出す。すなわち、どのような条件が（MB 発生流量／ポンプが与える水動力）の比が高く、 $K_L a$ や E_A が高いかである。

H22 年度においては、第二次試験として上記の最適な発泡条件のもとで、水質浄化ブロックの効果を調べる。水槽には清水の代わりに汚水を入れ、水質浄化ブロックの数を変えて、その都度生物化学的酸素消費量 BOD5 や濁度の時間変化を調べる。これにより、汚水の量と水質浄化ブロックの最適数の関係、汚水の処理時間とその処理に必要なポンプへの供給電力が把握可能となる。これらの成果は、年度末にまず国内学会で発表する。

H23 年度においては、研究成果を国際学会で発表すると共に学術雑誌に投稿する。

③ 低動力な BJ ポンプの設計法の構築：

BJ ポンプでは、MB 発生装置を応用した BJ 発生装置を用いて MB を含む水噴流を堆積物に衝突・浮遊させ、エアリフト作用により揚固できる。

H21 年度においては、直径 50 mm の中規模装置を実験室内に作り、揚水・揚固流量と装置の駆動に必要な動力との関係を調べて、効率的な駆動条件を見出す。その際、浸水率と揚固物（セラミック粒子、川砂）を変え、それらが揚水・揚固性能に及ぼす影響を明らかにする。

H22 年度においては、上記の実験値を用いて現有小規模装置（直径 25 mm）の試験から導いた性能予測モデルの検証と改良を行い、低動力な大規模 BJ ポンプ（直径 200 mm 程度を想定）の設計法を確立し、年度末に国内学会で発表する。

H23 年度においては、研究成果を国際学会で発表すると共に学術雑誌に投稿する。

4. 研究成果

概ね計画の通りに研究を遂行でき、雑誌論文 6 件（うち学術誌論文 3 件、国際学会論文 3 件）と国内学会発表 12 件によって、研究成果を公表した。ただし、最終年度に予定していた緑川ダム等でフィールド試験は多忙のため実施できなかった。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 6 件）

- ① M. Sadatomi, A. Kawahara, T. Nishiyama, Bubble-jet-type air-lift pump for pumping water and sediments deposited on lake and sea beads, Proceedings of Japan-U.S. seminar on Two-Phase flow Dynamics 2012, Tokyo, Japan, 査読有, 2012, 掲載決定
- ② M. Sadatomi, A. Kawahara, H. Matsuura, S. Shikatani, Micro-bubble generation rate and bubble dissolution rate into water by a simple multi-fluid mixer with orifice and porous tube, Experimental Thermal and Fluid Science, 査読有, 2012, 掲載決定
- ③ M. Sadatomi, A. Kawahara, H. Matsuura, S. Shikatani, Micro-bubble generation and bubble dissolution in water by a multi-fluids mixer with orifice and porous tube, Proceedings of 22th International Symposium on Transport Phenomena, Delft, Nederland, 査読有, 2011, Memory stick
- ④ M. Sadatomi, A. Kawahara, T. Goto, Experiment and performance prediction of a bubble-jet-type air-lift-pump for dredging sediments, Proc. of the 7th Int. Conf. on Heat Transfer, Fluid Mechanics & Thermodynamics, Antalya, Turkey, 査読有, 2010, CD-ROM, pp. 2269-2274
- ⑤ 佐田富道雄, 川原顕磨呂, 後藤達憲, バブルジェット式エアリフトポンプによる堆積土砂の浚渫, 混相流, 査読有, 23 巻, 2010, pp. 627-634
- ⑥ A. Kawahara, M. Sadatomi, F. Matsuyama, H. Matsuura, M. Tominaga, M. Noguchi, Prediction of Micro-Bubble Dissolution Characteristics in Water and Seawater, Experimental Thermal and Fluid Science, 査読有, 33 巻, 2009, pp. 883-894

[学会発表] (計 12 件)

- ① 加藤成宏, 黒川幸助, 佐田富道雄, 川原顕磨呂, マイクロバブル発生装置の水質浄化への応用, 日本機械学会九州支部第 65 期総会・講演会, 2012 年 3 月 16 日, 佐賀大学 (佐賀県)
- ② 米田智亮, 栗原大器, 佐田富道雄, 川原顕磨呂, 非球形粒子の浚渫を目的としたバブルジェット式エアリフトポンプの性能評価, 2012 年 3 月 16 日, 佐賀大学 (佐賀県)
- ③ 加藤成宏, 鹿谷梓二, 佐田富道雄, 川原顕磨呂, 多流体混合器の微細気泡生成性能と気体溶存特性に関する研究, 日本混

相流学会年会講演会 2011, 2011 年 8 月 8 日, 京都工芸繊維大学 (京都府)

- ④ 佐田富道雄, 川原顕磨呂, 柴田茂樹, 鹿谷梓二, マイクロバブルと好気性バクテリアを用いた太陽電池駆動水質浄化システムの開発, 2011 年 8 月 8 日, 京都工芸繊維大学 (京都府)
- ⑤ 加藤成宏, 鹿谷梓二, 佐田富道雄, 川原顕磨呂, 多流体混合器によるマイクロバブル発生性能と気体溶存特性に関する研究, 日本機械学会九州学生会第 42 回学生員卒業研究発表会, 2011 年 3 月 11 日, 大分工業高等専門学校 (大分県)
- ⑥ 佐田富道雄, 川原顕磨呂, マイクロバブルも作れる多流体混合装置とその応用研究, 日本混相流学会第 2 回マイクロバブル・ナノバブル技術講習会, 2010 年 11 月 12 日, 大阪科学技術センター (大阪府)・・・招待講演
- ⑦ 川原顕磨呂, 佐田富道雄, 多流体混合器による微細気泡と環境浄化資材を併用した水質浄化に関する研究, (社)日本工学教育協会平成 22 年度工学・工業教育研究講演会, 2010 年 8 月 22 日, 東北大学川内北キャンパス (宮城県)
- ⑧ 西山 拓未, 佐田富道雄, 川原顕磨呂, 山元俊一, バブルジェット式エアリフトポンプの性能試験, 日本機械学会九州支部第 63 期総会・講演会, 2010 年 3 月 15 日, 熊本大学 (熊本県)
- ⑨ 鹿谷 梓二, 野口将典, 佐田富道雄, 川原顕磨呂, マイクロバブルによる気体の溶解とその応用技術, 日本機械学会九州支部第 63 期総会・講演会, 2010 年 3 月 15 日, 熊本大学 (熊本県)
- ⑩ 柴田茂樹, 白倉翔太, 佐田富道雄, 川原顕磨呂, マイクロバブル発生装置と水質浄化資材を用いた水質浄化に関する研究, 2010 年 3 月 15 日, 熊本大学 (熊本県)
- ⑪ 川原顕磨呂, 佐田富道雄, 松浦秀俊, 柴田茂樹, 岩下智明, 濱田直子, 河上智徳, 微細気泡と水質浄化資材を利用した水質浄化, 日本混相流学会年会講演会 2009, 2009 年 8 月 7-9 日, 熊本大学 (熊本県)
- ⑫ 佐田富道雄, 川原顕磨呂, 後藤達憲, バブルジェット式エアリフトポンプによる堆積土砂の浚渫 (改良型装置の実験と性能予測), 日本混相流学会年会講演会 2009, 2009 年 8 月 7-9 日, 熊本大学 (熊本県)

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称: 水質浄化方法及び水質浄化装置
発明者: 佐田富道雄, 川原顕磨呂, 坂本恵子, 岩下智明

権利者：国立大学法人熊本大学，株式会社ビッグバイオ
種類：特許
番号：特許出願 2010-56386
出願年月日：2010年3月12日
国内外の別：国内

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.mech.kumamoto-u.ac.jp/Info/lab/fluid/index.htm>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐田富 道雄 (SADATOMI MICHIO)
熊本大学・大学院自然科学研究科・教授
研究者番号：50109667

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

川原 顕磨呂 (KAWAHARA AKIMARO)
熊本大学・大学院自然科学研究科・准教授
研究者番号：20224818