

令和 3 年 6 月 23 日現在

機関番号：11201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K14636

研究課題名(和文) 海水と接触する大容量放電プラズマの生成とバラスト水中バクテリアの殺菌

研究課題名(英文) Generation of large-capacity discharge plasma with seawater, and sterilization of bacteria in ballast water

研究代表者

秋山 雅裕 (Masahiro, Akiyama)

岩手大学・理工学部・准教授

研究者番号：50611430

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：1ショットが0.5 jのパルスパワー発生装置を用いて水中放電を行い、500ショット/秒の時、電子温度は7841.8 K、電子密度は 6.0×10^{17} であった。電圧最大値は約25 kV、電流最大値は約20 A、パルス幅は約3 μm であった。H₂O₂の計測結果は0.732 mg/Lの生成量となった。誘電体バリア放電を用いて大腸菌を処理した結果、国際海事機関の示す基準をクリアした。水中放電も基準値に近い値となった。腸球菌とVibrio sp.でも同様に、ショット数を増やすことでコロニー数を減らせる結果を得た。プランクトンの実験では、水中放電では50匹を0匹まで除去した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

水が関与する放電プラズマ現象は、水中放電、沿面放電、泡の中での放電等多くの研究がなされ、水処理への応用もなされている。しかしながら、海水等、高い導電率を持つ水が関与する放電プラズマの研究は、バラスト水処理、温泉水処理等多くの応用があるにもかかわらず、その難しさからほとんど行われていない。本研究によって、放電プラズマによりIMOが定めるバラスト水排出基準の5種類中4種類に関して新たな処理の可能性を見出した。

研究成果の概要(英文)：Underwater discharge was performed using a pulse power generator with a shot of 0.5 j. At 500 shots / sec, the electron temperature was 7841.8 K and the electron density was 6.0×10^{17} . The maximum voltage was about 25 kV, the maximum current was about 20 A, and the pulse width was about 3 μm . The measurement result of H₂O₂ was 0.732 mg / L at 45,000 μS / cm at 150,000 shots.

As a result of treating E. coli using a dielectric barrier discharge, the standard set by the IMO was cleared. And, the underwater discharge was also close to the standard value. Similarly, for Enterococci and Vibrio sp., number of colonies could be reduced by increasing the number of shots. In the plankton experiment, underwater discharge was able to remove up to 0 animals.

研究分野：パルスパワー

キーワード：パルスパワー バラスト水 海水 高電圧

1. 研究開始当初の背景

水が関与する放電プラズマ現象は、水中放電、沿面放電、泡の中での放電等多くの研究がなされ、水処理への応用もなされている。しかしながら、海水等、高い導電率を持つ水が関与する放電プラズマの研究は、バラスト水処理、温泉水処理等多くの応用があるにもかかわらず、その難しさからほとんど行われていない。

2. 研究の目的

バラスト水処理を目指して、海水が関与する大容量放電プラズマを生成し、高い導電率を持つ海水が関与する放電プラズマの基礎研究および、バラスト水処理への応用研究を研究目的とした。基礎研究では、プラズマ電子密度や水中放電時の電極消耗、過酸化水素の生成量、導電率の変化による実験を実施し、バラスト水処理への応用では、国際海事機関が定める排出基準の菌とプランクトンの処理を目的とした。

3. 研究の方法

H、H、Hの強度比から電子温度を、Hのシュタルク広がりからプラズマ密度を求める。又、プラズマ生成当初の窒素分子の振動温度と回転温度を、Specair softwareを用いた計算結果と実験結果の比較から求める。海水中のH₂O₂の計測は、チタン硫酸との反応で生成されるチタン錯体を分光光度計で測定することにより絶対値を求める。電極消耗ではsem顕微鏡を用いた。誘電体バリア放電(図1、2)および水中放電(図3)で放電プラズマを作り、容器内大腸菌、腸球菌、Vibrio sp.の殺菌、プランクトンであるアルテミアの除去をおこなう。

4. 研究成果

1ショットが0.5 jのパルスパワー発生装置を用いて水中放電を行い、500ショット/秒の時、電子温度は7841.8 K、電子密度は 6.0×10^{17} であった。電圧最大値は約25 kV、電流最大値は約20 A、パルス幅は約3 μmであった。H₂O₂の計測結果は、導電率を上げていくと過酸化水素水濃度[mg/L]の生成量がおちていき(図4)、15万ショット時の45000 μS/cm(海水同様の導電率)では0.732 mg/Lの生成量となった。電極消耗実験の結果は、銅電極よりタンゲステンが有効であった(図5)。誘電体バリア放電を用いて大腸菌を処理した結果、10万ショットでCFU/ml値は0となり、国際海事機関の示す基準をクリアした。水中放電も60 CFU/mlとなり、基準に近い値となった。腸球菌とVibrio sp.でも同様に、ショット数を増やすことでコロニー数を減らせる結果を得た。プランクトンの実験では、誘電体バリア放電では完全な除去ができなかったが、水中放電では50匹を0匹にすることが可能であった。

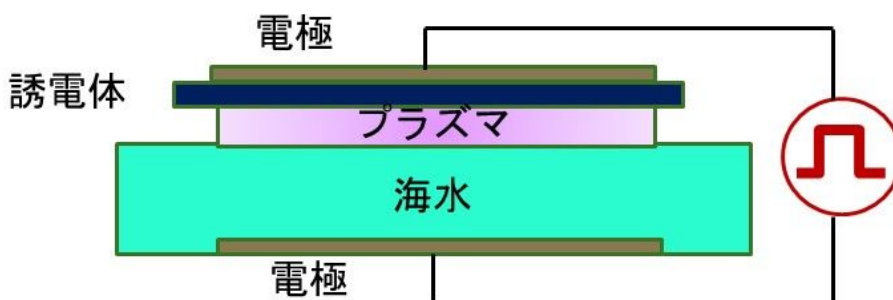


図1 誘電体バリア放電の構成

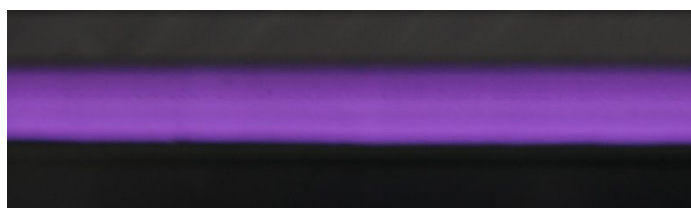


図2 誘電体バリア放電プラズマの様子

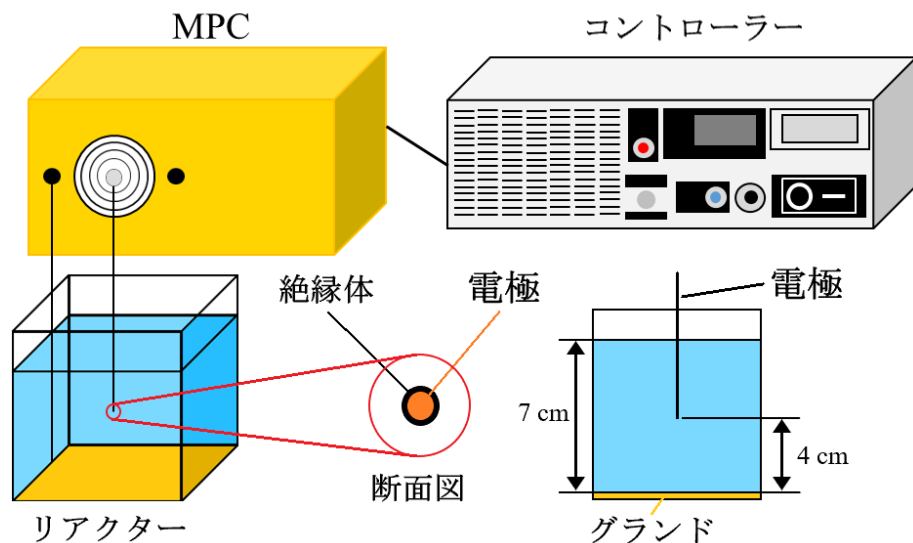


図3 水中放電の実験環境

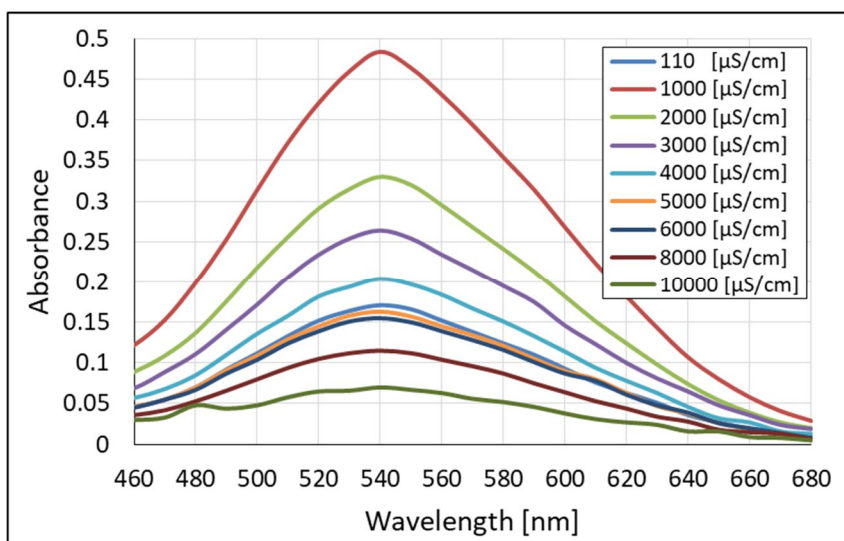


図4 過酸化水素の導電率による吸光度の変化

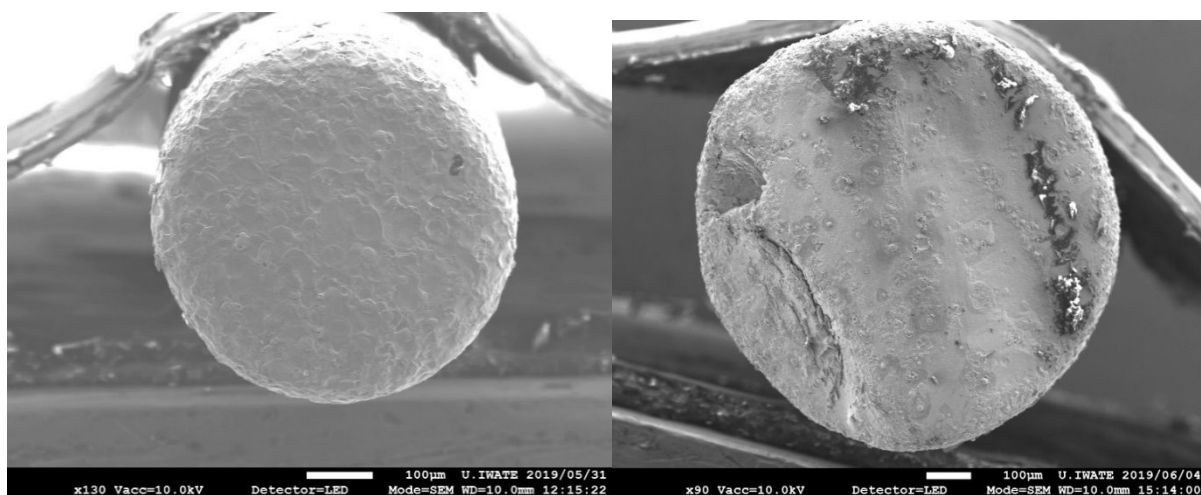


図5 sem顕微鏡を用いた電極消耗の写真 左：銅 右：タングステン

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 H. Sone, M. Akiyama et. al.	4. 巻 1
2. 論文標題 Sterilization of E. coli in Seawater using Discharge in Water and Dielectric Barrier Discharge	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE	6. 最初と最後の頁 1
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/PPPS34859.2019.9009711	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Daiki Sugawara and Masahiro Akiyama, et. al	4. 巻 1
2. 論文標題 Study of Conductivity on Hydrogen Peroxide Concentration by High Repetitive Underwater Discharge	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE	6. 最初と最後の頁 1
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/PPPS34859.2019.9009723	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Masahiro Hosono, Kazuki Kimura, Masatoshi Fue, Takuma Oikawa and Masahiro Akiyama	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Characteristics of discharge plasma in liquid using less than 3 kV	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of 2017 IEEE 21st International Conference on Pulsed Power	6. 最初と最後の頁 1 - 4
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Seiya Komatsudaira, Ryoma Ogata, Katsuyuki Takahashi, Masahiro Akiyama and Koichi Takaki	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Development of high performance pulsed power generator using FPGA and Arduino	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of 2017 IEEE 21st International Conference on Pulsed Power	6. 最初と最後の頁 1 - 4
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kazuki Kimura, Takuma Oikawa, Daiki Sugawara, Masahiro Akiyama and Hidenori Akiyama	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Comparison of bubbles due to frequency change and electrode direction in high repetitive plasma in water	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of 2017 IEEE 21st International Conference on Pulsed Power	6. 最初と最後の頁 1 - 4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 Masahiro Akiyama
2. 発表標題 FLEXIBLE CONTROL OF PULSED POWER GENERATOR FOR RESEARCH APPLICATIONS WITH SENSORS
3. 学会等名 IEEE PPS2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiro Akiyama
2. 発表標題 Sterilization of E.coli in Ballast water using Pulsed Power
3. 学会等名 IEEE 2019PSPPA (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shunsei Kawamura, Seiya Komatsudaira, Masahiro Akiyama
2. 発表標題 Development of Pulsed Power Generator's Controller system
3. 学会等名 ISHPMNB 2018 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Daiki Sugawara, Kazuki Kimura, Shunsei Kawamura, Masahiro Akiyama
2. 発表標題 Influence of change in Conductivity on High Repetitive Discharges in water
3. 学会等名 ISHPMNB 2018 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Energy Characteristics of Discharge in water using Capacitor Discharge in 3 kV or less
2. 発表標題 Mikimasa Sugawara, Masahiro Hosono, Masahiro Akiyama
3. 学会等名 ISHPMNB 2018 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hisanori Sone, Shunsei Kawamura, Masahiro Akiyama, Katsuyuki Takahashi, Koichi Takaki
2. 発表標題 Sterilization using Discharge in Water with Changing Conductivity
3. 学会等名 ISHPMNB 2018 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 曾根久徳, 川村俊成, 菅原大樹, 木村和貴, 秋山雅裕
2. 発表標題 Sterilization of Yeast and E.coli using Discharge in water
3. 学会等名 平成30年度電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菅原大樹, 木村和貴, 川村俊成, 秋山雅裕
2. 発表標題 Measurement Concentration of Hydrogen Peroxide produced by High Repetitive Underwater Discharges
3. 学会等名 平成30年度電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川村俊成, 小松平晟矢, 秋山雅裕
2. 発表標題 ArduinoとFPGAを用いたパルスパワー発生装置のコントローラ開発
3. 学会等名 平成30年度電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菅原幹雅, 細野雅広, 川村俊成, 秋山雅裕
2. 発表標題 3 kV以下でのコンデンサ放電を用いた水中放電のエネルギー特性
3. 学会等名 平成30年度電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiro Akiyama, Ryoma Ogata, Seiya Komatsudaira and Hidenori Akiyama
2. 発表標題 Energy Control of Pulsed Power using Embedded System and Magnetic Pulsed Compression Circuits
3. 学会等名 2017 IEEE 21st International Conference on Pulsed Power (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 及川拓磨, 木村和貴, 秋山雅裕
2. 発表標題 高繰り返し水中放電時の放電形態変化の要因に関して
3. 学会等名 平成29 年度電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 笛 雅俊, 秋山 雅裕, 高木 浩一, 高橋 克幸
2. 発表標題 微細気泡がもたらす水中放電への影響
3. 学会等名 平成29 年度電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関