

水処理用放電プラズマリアクタにおける 旋回液体流の効果

大分大 工, ○松成祥平, 赤川慎一, 赤峰修一, 市來龍大, 金澤誠司
大分市旦野原 700 番地

Effect of Swirling Liquid Flow on Plasma-based Water Treatment

○Shohei MATSUNARI, Shinichi AKAGAWA, Shuichi AKAMINE,
Ryuta ICHIKI, Seiji KANAZAWA
Department of Electrical and Electronic Engineering, Oita University

Three-dimensional (3D) printing technology is now essential in making things, and we have introduced this technology into the design and fabrication of non-thermal plasma reactors. In this study, water injection part of the plasma reactor was prepared by a 3D printer. To produce swirling liquid flow in the running water along an inner wall of a cylindrical tube, a specific design was added into the injector. Three types of the injectors were prepared by the 3D printer and those performances were evaluated by the comparison of the decolorization rate of indigo carmine solution. As a result, the swirling liquid jet type injection was most effective method under our experiments for water treatment.

1. はじめに

近年、水の汚染が問題となり、それに伴い様々な水の浄化処理が行われている。しかし、現状の処理方法では、染料などの複雑な分子構造をもつ有機物の分解などが困難なことや処理後の残留物などの問題がある。そこで、本研究ではプラズマを利用することにより、これらの問題を解決できるような水処理方法の研究に取り組んでいる。

最近、3D プリンターは様々な分野に活用され、注目を集めている。そこで、3D プリンターをいち早くプラズマの分野に取り入れ、多様な形状のリアクタを作製することにより高い効率のリアクタの構造について研究している。これまでのところ我々は、3D プリンターを用いて気液界面放電リアクタを作製し、従来にない特徴を示してきた[1, 2]。今回の実験では、リアクタの一部分である水の導入部を 3D プリンターで作製し、処理溶液の流れ方を変化させてそれぞれのリアクタの性能を評価した。実験を行うリアクタは 3 種類用意し、染料溶液(インジゴカルミン)の脱色率の時間経過を測定することによりそれぞれのリアクタの性能を評価した。

2. 実験装置および実験方法

今回の研究で用いた 3D プリンターの作製方式は熱溶解積層法(FDM)で、使用材料は、

ABS(Acrylonitrile butadiene styrene)樹脂を使用した。設計ソフトウェアは 3D CAD(Robert McNeel & Associates, Rhinoceros Ver.5)、加工データ(CAM)作製には Slic3r(Alessandro Ranellucci)を用いた。Fig. 1 に今回作製するリアクタ及び実験の装置の概略図を示す。リアクタの一部分である水の導入部分を 3D プリンターで作製し、放電部分は処理溶液の流れ方が確認できるように石英ガラス管(外径 17.5 mm, 内径 14.5 mm, 長さ 120 mm)を用いて作製した。石英ガラス管内部のネジ棒電極(M4, 長さ 160 mm, ステンレス製)を高圧側とし、石英ガラス管外部にあるメッシュ電極(30 メッシュ, 長さ 60 mm, ステンレス製)を接地した。電極間にパルス高電圧(21 kV, 100 pps)を印加し、石英ガラス管内部にバリア放電を生じさせ、放電部に染料溶液を流すことにより処理を行った。3D プリンターで作製した部分を Fig. 2 のように 3 種類用意し、溶液の流れ方が異なる 3 つのリアクタにおいて、脱色率の変化を測定した。3 種類のリアクタのうち、基本形(Fig. 2 (a))以外は、石英ガラス管の内壁に処理溶液が旋回して流れるように水導入部を設計した(Fig. 2 (b), (c))。積層厚さはすべて 0.2 mm で作製した。

処理溶液にはインジゴカルミン水溶液(10 mg/L)を使用し、処理流量は 800 mL/min、処理溶液量は 200 mL とした。この溶液の脱色率(610 nm の光の透過率

から算出)の時間経過を測定することによりそれぞれのリアクタとしての性能を評価した。

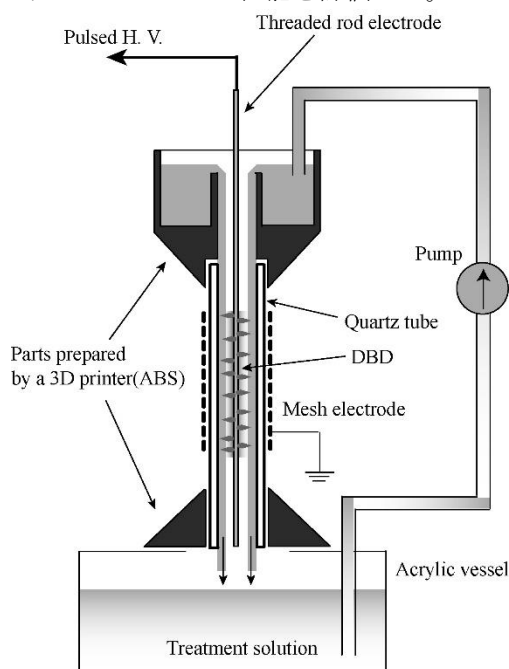
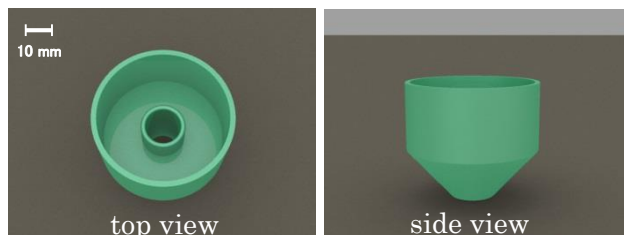


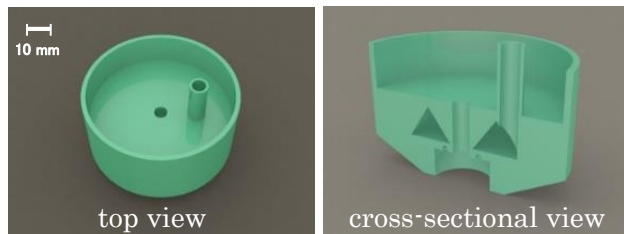
Fig. 1. Schematic of experimental setup (DBD plasma reactor with running water film).



(a) Type1



(b) Type2



(c) Type3

Fig. 2. Water injection parts (images of 3D CAD design).

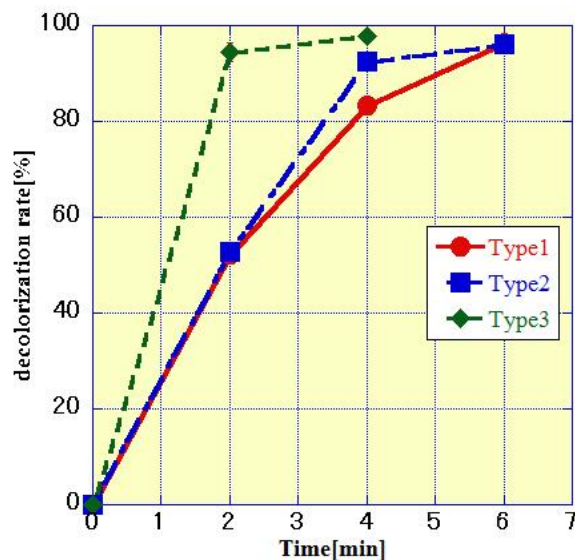


Fig. 3. Decolorization rate of indigo carmine solution for three type reactors.

3. 実験結果

Fig. 3に実験結果を示す。Type2はType1に比べ処理開始後4分でわずかに脱色率の向上が見られた。また、Type3は処理開始後2分でType1とType2に比べ、大幅に脱色率の向上が見られた。Type2、Type3のリアクタの石英ガラス管内の処理溶液は共に旋回していたが、Type3において溶液の旋回がより鮮明に表れていたことから、Type2よりType3の方がより旋回していることが確認できた。このように処理溶液を単に壁面に水膜として供給するよりも旋回させることで、溶液とプラズマが効果的に接触することができるため、短い時間で脱色させる方法として有効な手段であると考えられる。

4. まとめ

本研究では、3Dプリンターにより、3タイプの水導入部を作製し、処理溶液の流れ方を変化させて脱色率の時間経過を観察した。その結果、ただ単に流水膜を形成するリアクタ (Type1) よりも、Type2、Type3のような処理溶液が旋回する水導入部を持つリアクタの方が短い時間で脱色ができることがわかった。

参考文献

- [1] S. Kanazawa, S. Akamine, R. Ichiki: ISEHD 2014, Book of Abstract, p. 75 (2014)
- [2] 衛藤啓, 藤沢和哉, 赤峰修一, 市来龍大, 金澤誠司: 3Dプリンターによる放電プラズマリアクタの試作とその評価, 静電気学会春季講演会論文集, p. 67 (2015)