

コロナ放電処理における溶液循環の影響

Effect of solution circulation on water treatment using DC corona discharge

○見市知昭

大阪工業大学工学部電気電子システム工学科

論文要旨

直流コロナ放電を液面に照射することで水中に含まれる難分解性有機化合物を分解することができる。しかしながら、液中の化学種の反応過程は複雑であり、その詳細は未解明である。本論文では、溶液循環を行う液体ポンプの流量を変化させて放電処理を行い、その効果について調査した。その結果、低流量の方がより多くの処理対象物を分解できることが明らかとなった。

This study investigates the effect of solution circulation on water treatment using a negative DC corona discharge over water. Discharge treatment was performed at two types of solution circulation flow rates, and the amount of acetic acid decomposition was measured. As a result, it was found that more acetic acid can be decomposed at a slower circulation rate.

キーワード：コロナ放電, 溶液循環, 促進酸化処理

1. はじめに

水中の気泡内または水面上での放電プラズマの発生によって活性酸素種であるヒドロキシルラジカル（以下「OH」とする）を容易に生成できることから、その応用として水中の難分解性有機化合物の分解に関する研究が行われている。筆者らの研究グループでは、液相での OH 生成に着目して、負極性直流コロナ放電による水処理法に関する研究を行ってきた。直流コロナ放電は水面から 4, 5 mm 離れた針電極先端で発生しており、この放電によってイオン風が液面に向かって発生する。コロナ放電によって気相で生成する活性酸素種には、 $O_x(x=1\sim3)$ 、 $H_xO_y(x=1\sim2, y=1\sim2)$ 、 O^- 、 O_2^- 、 O_3^- などがあげられ、これらの中で長寿命のものはイオン風によって液相まで輸送される。この活性酸素種の中でオゾン（以下「 O_3 」とする）と過酸化水素（以下「 H_2O_2 」とする）が液相での OH 生成に寄与していると推察できるが、これら以外の種による OH 生成も考えられ、本方式の液相化学反応については未解明である。

本研究では、溶液循環を行う液体ポンプの流量を変化させて放電処理を行い、その効果について調査した。測定した化学種は、処理対象である酢酸と長寿命活性酸素種の O_3 、 H_2O_2 である。

2. 実験方法

図 1 にリアクタの概略図を示す。放電リアクタはアクリル製で上部に高電圧側（負極性）の電極、下部には接地側の電極を設けた。高電圧側の電極には志賀昆虫普及社、No.230 有頭シガ昆虫針 3 号（以下、針状電極）、接地側の電極はステンレス製板を使用した。針状電極の本数は 152 本（1 列 38 本、4 列）である。処理対象には濃度約 26 mg/L の酢酸水溶液 210 mL を用いた。リアクタに溶液を入れた後、2 種類の液体ポンプ（GPU-1, GPU-2: アズワン）を用いて循環を行った。循環の流量はそれぞれ 130, 730 mL/min であった。流量が異なると針状電極と液面の距離がわずかに変動する。このため印加電圧と電流値はそれぞれの流量で異なる値を示した。130 mL/min の場合、印加電圧は -5.25 kV、電流は -1.19 mA となり、730 mL/min の場合 -5.25 kV、-1.25 mA となった。

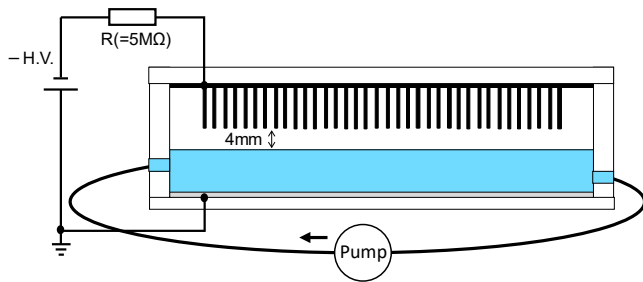


図1 リアクタ概略図

3. 実験結果

図2に酢酸分解の時間変化を示す。pHの調整にはリン酸緩衝液を用いており、初期pHは7.76であった。結果よりポンプ流量が低い方がより多くの酢酸を分解できていることがわかる。次に各流量におけるリアクタ内の気相のオゾン濃度の時間変化を図3に示す。バラつきはあるものポンプ流量による違いは見られなかった。このことから、各ポンプ流量での処理において、同量のオゾンが気相から液相に供給されていると考えられる。図4、5に液中の O_3 、 H_2O_2 濃度の時間変化を示す。それぞれリン酸緩衝液で調整した酢酸水溶液中で測定を行っている。中性付近では O_3 と H_2O_2 が反応して OH が生成することが知られている。したがって、図4、5の結果は、反応後の濃度を見ていることになる。 O_3 の濃度に差が出ており、低流量の条件において全体的に濃度が低いことから、この条件の方が液中に到達した O_3 をより多く消費したと考えることができる。すなわち酢酸の分解結果の差をこれらの活性酸素種の濃度の違いから考察することが可能となる。しかしながら、水の流れの速さ（ポンプ流量）が液中活性酸素種の濃度差にどのような影響を及ぼしているかは不明で、今後の課題と言える。

4. まとめ

本研究では、液体ポンプを用いてリアクタ内の溶液の循環した上で、コロナ放電処理を行い、ポンプ流量による処理効果の違いについて調査を行った。その結果、ポンプ流量が低い方がより酢酸分解が進むということが明らかとなった。また液中の活性酸素種濃度に差があることがわかった。ポンプ循環によってリアクタ内の水の流れに違いが生まれ、このことが OH 生成反応に影響を及ぼしている可能性がある。

謝辞

本研究はJSPS 科研費JP21K04035の助成を受けたものです。

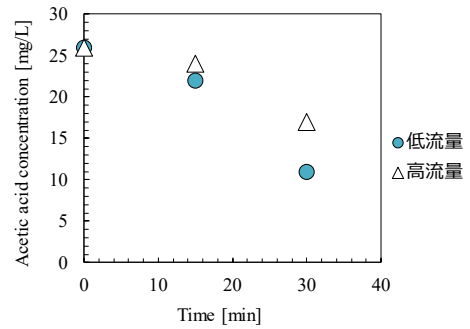


図2 酢酸濃度の時間変化

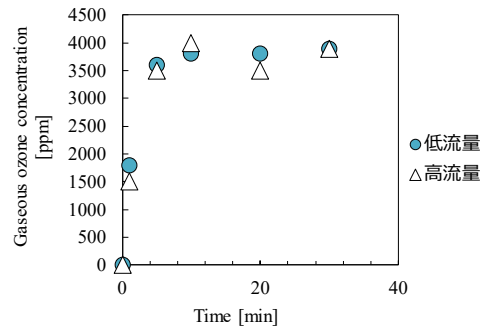


図3 気相オゾン濃度の時間変化

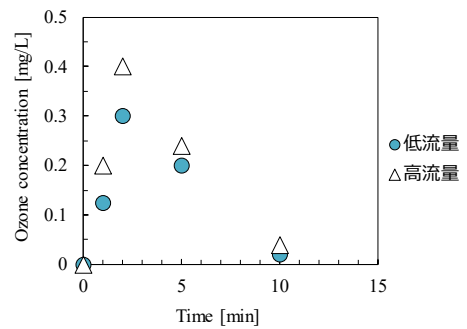


図4 溶存オゾン濃度の時間変化

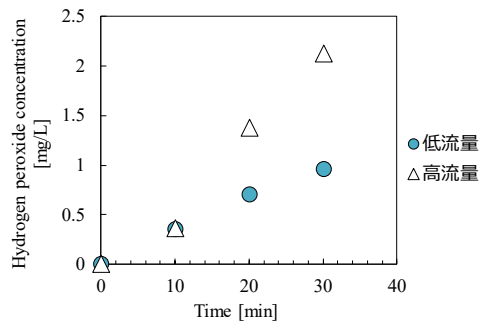


図5 過酸化水素濃度の時間変化