

直流コロナ放電を用いた水処理における放電極性の効果

Effect of polarity on water treatment using DC corona discharge

○瀬戸奏琉 見市知昭

大阪工業大学大学院 工学研究科 電気電子・機械工学専攻

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。これまで、負極性直流コロナ放電による水処理でオゾン、過酸化水素、および O_3^- が利用されている可能性を見出してきた。今回、正負両極性で難分解性有機化合物のモデル物質である酢酸の分解を行い、酢酸、オゾン、過酸化水素のそれぞれの濃度の時間変化を測定して放電極性での比較を行った。その結果、酢酸は負極性で速く分解すること、オゾンは負極性で、過酸化水素は正極性でそれぞれ高濃度となることを確認した。

キーワード：コロナ放電, 促進酸化処理

1. はじめに

水と放電プラズマの接触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、その応用として放電プラズマによる水処理技術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、直流コロナ放電による水処理法（以下「コロナ放電処理」とする）に関する研究を行ってきた。原理については既に報告した内容と同様であるためここでは省略する^[1]。これまで負極性のコロナ放電処理による難分解性有機化合物のモデル物質である酢酸分解の実験結果と液相化学反応についての計算結果の比較から、オゾン（以下「 O_3 」とする）と過酸化水素（以下「 H_2O_2 」とする）および O_3^- が水処理、すなわち OH 生成に利用されている可能性を見出してきた^[1]。ここで O_3^- は負極性直流コロナ放電の電流キャリアの一種とも見て取れることから、 O_3^- の影響は負極性に関連したものであり、コロナ放電処理では液相に到達する電流キャリアについても処理に影響を及ぼしていることが推察できる。

本研究では、正負両極性でそれぞれコロナ放電処理を行い、酢酸、 O_3 、 H_2O_2 の濃度の時間変化を測定して、極性、すなわち電流キャリアの影響について調査した。

2. 実験方法

コロナ放電処理は図 1 に示す装置を用いて行った。リアクタは上部に針状電極を 76 本配置し、下部にステンレス製の平板電極を配置した。コロナ放電処理中の電極間の印加電圧は正極性時 +5.65 kV、負極性時 -5.75 kV であり、放電電流はそれぞれ +0.835 mA、-0.825 mA であった。処理水には pH 7.5 の酢酸溶液および pH 3.0 の硫酸溶液の 2 種類を用いて、これらの処理水 45 mL をリアクタに入れて実験を行った。またコロナ放電による O_3 の生成量は正極性に比べて負極性で多いことが知られている^[2]。そのため正極性時にオゾンナイザを導入し

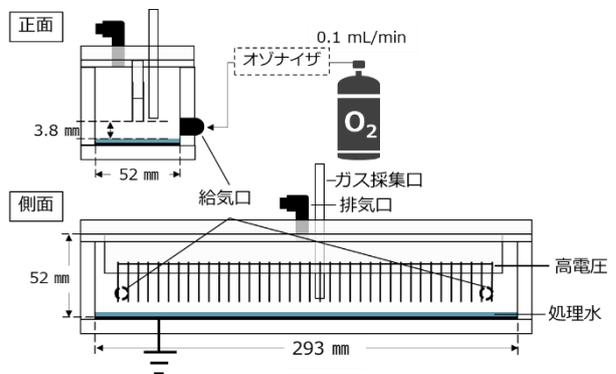


図 1 実験装置概略図

そのために正極性時にオゾンナイザを導入し

てリアクタ内の O_3 濃度の制御をした場合でも極性比較を行った。溶液中の酢酸イオン濃度の測定は株式会社日新ビジネスプロモートに委託した。溶液中の溶存 O_3 濃度は可搬型溶存物質検出器(CX-100 II 在原実業)を用いて測定した。溶液中の H_2O_2 濃度は硫酸チタン比色法を用いて処理水の 410 nmの吸光度を、紫外線可視分光光度計(UVmini-1240 島津製作所)を用いて測定して濃度に換算した。

3. 実験結果および考察

図2にリアクタ内の気相 O_3 濃度の時間変化を示す。いずれの条件でも時間とともに増加してその後飽和した。 O_3 添加によって、飽和後の濃度の極性差が小さくなり、濃度の近い条件で極性の比較ができるようになった。図3に pH 7.5 の酢酸溶液におけるコロナ放電処理時の酢酸イオン濃度の時間変化を示す。いずれの条件でも時間とともに減少し、 O_3 添加時の正極性および負極性では 1800 s で測定限界まで到達する結果となった。1200 s での結果を参考にする、 O_3 の添加に関係なく負極性で最も速く酢酸が分解されることを確認した。図4、図5に硫酸溶液におけるコロナ放電処理時の溶存 O_3 濃度と H_2O_2 濃度の時間変化をそれぞれ示す。溶存 O_3 はいずれの条件でも時間とともに増加してその後飽和した。 H_2O_2 は放電極性によって異なる傾向を示し、正極性では時間とともに増加して、負極性では 600 s まで時間とともに増加してその後増加の割合は小さくなった。

今回、正負両極性でコロナ放電処理を行った結果、酢酸の分解速度は負極性に比べて正極性で遅く、溶存 O_3 濃度は気相 O_3 濃度に関係なく正極性で低くなり、 H_2O_2 濃度は正極性で高くなった。これらの結果から、正極性では正のキャリアによって溶存 O_3 が分解されており、水処理利用のための O_3 が液相に十分供給されていないこと、さらに分解された O_3 を起点に液相で H_2O_2 が生成し、過剰に生成された H_2O_2 が OH を捕捉している可能性が考えられる。

4. まとめ

本研究では正負両極性でコロナ放電処理を行い電流キャリアの影響について調査した。以下に得られた主要な知見および見解を示す。

- I. コロナ放電処理における酢酸の分解速度は負極性が最も速いことが確認され、負極性に優位性あることが示唆された。
- II. 正極性では正の電流キャリアによる溶存 O_3 の分解が原因となって酢酸の分解を抑制している可能性がある。

[1]川端唯斗ほか, 電学論 A, Vol.141, No.4, pp.213-219, 2021

[2]高倉一千ほか, 静電気学会誌, Vol.25, No.2, pp.101-104, 2001

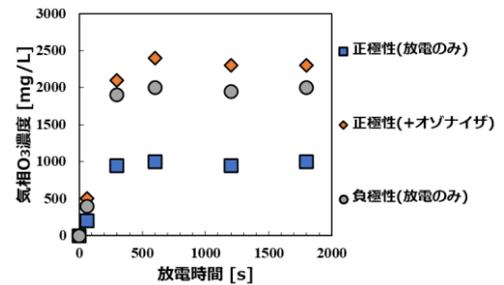


図2 気相 O_3 濃度の時間変化

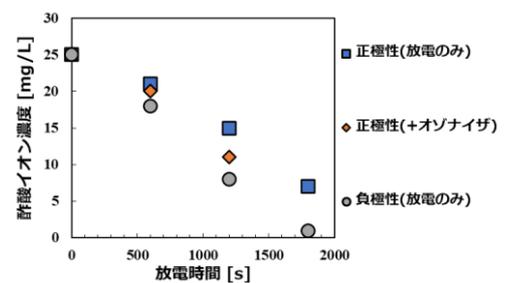


図3 酢酸イオン濃度の時間変化

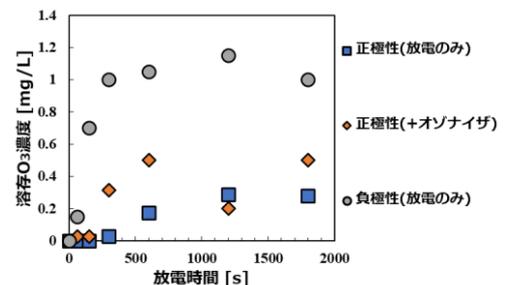


図4 溶存 O_3 濃度の時間変化

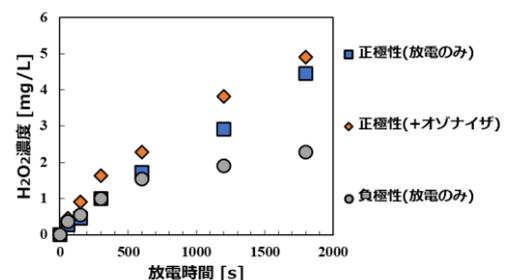


図5 H_2O_2 濃度の時間変化