

揮発性有機化合物処理に用いるパルスグロー放電発生装置のオーバーホールと動作確認 －主電極の気密性と放電特性－

201012003 新井翔幸、201012030 神保亮太

工場から排出されるホルムアルデヒド等の揮発性有機化合物は環境汚染の原因になる。ホルムアルデヒドの処理方法として薬品での処理があるが、廃液処分にコストが掛かる。一方、大気圧パルスグロー放電による処理では廃液がなく低コストの処理が期待できる。

また、大電流で大体積の放電である特長により、大量のホルムアルデヒドの一括処理も期待できる。大気圧パルスグロー放電による処理では、放電の電子をホルムアルデヒド分子に衝突させ、分子結合を破壊し無害な物質に分解する。本研究に供する実験装置は、瞬間に極めて大電力の放電を行う必要がある。

本研究では、放電実験装置の損傷箇所の特定、オーバーホール及び再組み立て後の放電動作確認を行った。損傷箇所の特定では、主放電電極の表面に放電による多くの傷が認められた。また、気密を維持する0リング類にも亀裂等が認められた。更に、雌ネジ部の摩耗や欠けもあった。そこで、耐熱性、耐久性の観点からステンレス(SUS304)製の主電極を製作し交換した。また、0リングの交換及び雌ネジ穴へのヘリサートの打ち込みを施した。装置の動作確認を行ったところ、ロータリーポンプによる真空排気開始後30分で真空度は25 Paに達し、また、150 kPaの乾燥空気を充てん後30分間での圧力低下は測定されず、放電ガス密閉チャンバの気密性が確認された。この気密性は、オーバーホール前にくらべ向上している。さらに、乾燥空気 20 kPa の放電媒質において放電試験を行ったところ、放電開始電圧 16.3 kV、ピーク電流 29.2 kA、ピーク電力 102.2 MW、放電発光幅 10 mm (FWHM) の高気圧パルスグロー放電が確認された。この放電は、オーバーホール前と同等である。

電子ビーム照射によるホルムアルデヒド水溶液の濃度低減 －濃度低減に対する電子衝突の作用の検討－

201012052 中村春樹、201012063 明道亮平

工場廃液には主有害物質の他に多種の微量有害物質が含まれている。例えば、薬剤による有害物質の場合、主有害物質以外に様々な微量有害物質に対応できる効用的な処理法としてパルス大強度相対論的電子ビーム(Pulsed, Intense Relativistic Electron Beam; PIREB)照射による方法を提案している。電子と物質の物理的な衝突により処理が行われるため処理対象を選ばず、また、数百 ns の短時間中に集中して多量の電子が照射されるため微量な有害物質にも対応できる。

本研究では、濃度 5000 ppm のホルムアルデヒド水溶液にピークエネルギー 2、4 及び 6 MeV の PIREB を照射し、その濃度の低下を確認した。PIREB のピーク電流は ~1 kA、パルス幅は ~70 ns (FWHM) である。処理に係るエネルギー効率は、2、4 及び 6 MeVにおいて、それぞれ、47、40 及び 40 g/kWh であった。溶液中の電子の侵入をシミュレーションにより解析したところ、4 及び 6 MeV では、多くの電子が溶液を突き抜けており、処理に有効に作用しないことがわかった。

さて、PIREB 発生側(真空側)と水溶液を注入する処理容器(大気側)の仕切りとして設置されているチタン管に PIREB が照射されると制動放射により X 線が発生する。この線量は PIREB のカイネティックエネルギーに比例し増大する。線量の増加に伴い光子とホルムア

ルデヒド分子との衝突も増えたため、処理に係るエネルギー効率も上昇するが、実験からはエネルギー効率は認められなかった。また、電子衝突の処理への作用を検討するため、各電子の積算衝突回数計算モードを作成した。モデルによれば、1つの電子が、200 回以上、ホルムアルデヒド分子に衝突すると想定すると、実験結果を説明できる。一方、上の電子の溶液中への侵入のシミュレーション等によれば、1つの電子は、最大、約 1 万回ホルムアルデヒド分子と衝突する可能性がある。以上をまとめると、処理要因の大半は電子衝突で説明できると言える。

パルス大電力を利用した水中微生物処理 ～幼生と卵の同時不活化及び不活化特性の最適化～～泡発留時間の PFN 段数依存性～ ～衝撃波の観察システムの構築～

201012041 田原優穂、201012044 倭井倉隆、201012059 松澤 亮

船舶の安全な航行に際してパラスト水が必要となるが、取り込み時は異なる海域でパラスト水が排出され、そこには含まれる魚介類、微生物やその卵、さらに、菌類などによる生態系破壊とそれに伴う漁業被害が地域規模の環境問題となっている。2004 年に IMO(国際海事機関)にてパラスト水管規約が採択され、パラスト水処理装置の船舶への搭載が義務化されつつある。

本研究では、パルス大電力を水中に注入することで発生させた微細泡の作用により水中微生物(アルテミア)の幼生と卵、それぞれ単独での不活化に成功している。さて、実際のパラスト水中には幼生と卵の両者が混在している。そこで、本研究では、塩分濃度 3.5% の試験水に幼生 250 匹及び卵 250 個を入れ同時に不活化を試みた。パルス大電力(1.25 kV, 0.29 kA, 3.6 μs)を注入しない場合、不活化率は幼生が 1.5%、卵が 6.5% であった。一方、200 回のパルス大電力注入で、幼生の 46.7%、卵の 97.7% を同時に不活化することに成功した。さらにパルス大電力の注入回数を重ねていくと、2000 回の注入で幼生及び卵とともに 100 % の不活化率に達した。くわえて、パルス大電力電源を構成する PFN (Pulse Forming Network) の段数と不活化率の関係についても検討している。PFN 段数 5、6、7 および 8 段における幼生の不活化率は、それぞれ、12.8、27.1、36.9 および 35.1 % であり、PFN の段数は 7 段が最適であることがわかった。

さて、幼生や卵が不活化される要因として、①泡が破裂する際の衝撃波、②放電、③放電による衝撃波の 3 つが考えられるが、各々の寄与は不明である。要因別の不活化特性を明らかにすれば、処理効率の向上が期待できる。そこで、放電による衝撃波の観察システムの構築および泡の発留時間と不活化特性の関係の解明についても行っている。放電による衝撃波を可視化観測するため、シャドウグラフ法による観察装置を構築した。緑色レーザー光をコリメートレンズ系で平行光線にし放電媒質を照らし、放電に伴う媒質の屈折率変化による平行光線の偏向を明暗像として高速度カメラ(露光時間 1 μs)で記録した。なお、カメラのシャッターは放電光を検知する光センサに連動してトリガされ、任意のディレイ時間を設定できる。システムの動作確認として、空気中での放電によって空気密度擾乱を観測したところ、擾乱の発生及びその進展を良好に可視化することができた。

PFN 段数と泡の残留時間の関係を検証した結果、PFN 段数を多くするにしたがい泡の残留時間が長くなり、それに伴い、卵の不活化率の向上することがわかった。PFN が 7 段の時、泡の残留時間は 4.7 s で、そのときの不活化率は 36.9% であった。