

論文内容要旨 (和文)

平成 20 年度入学 博士後期課程

専攻名 システム情報工学専攻

氏 名 須貝 太一



論 文 題 目 気中放電プラズマ水処理装置におけるリアクタの最適な放電空間と印加電圧の検討

近年、水不足や水質汚染などの水問題が深刻になっている。この問題を技術的に解決するための手段の一つとして、高度水処理技術がある。本論文では新たな高度水処理技術として盛んに研究されているストリーマ放電を用いた水処理技術の高効率化の研究について述べる。この処理法は処理水に直接ストリーマ放電を当てて処理するものであり、放電で生成される OH ラジカル、オゾンなどの酸化力の強い活性種が水中有機物を分解する。本水処理の高効率化のために、放電リアクタの構造、放電電極に印加する電圧を変えて実験を行い、その結果から処理に最適な方法について、放電空間、印加する電圧に焦点を当て検討した。

放電リアクタの構造に関して、これまでの多くの研究から、気中の放電空間に水滴を噴霧する方法が最も処理効率が高くなる結果が得られている。それよりも高い処理効率を実現するために、水中の電極間をバブリングする方法、気中の放電電極間に誘電体を設置し、そこに水滴を噴霧する方法を検討した。

水中の電極間をバブリングする方法においては、注入する空気の流量を変えること、水位の上昇分を考慮して放電電極の位置を変更するなど、条件を変えて処理を行った。その結果、放電電極間の水に対する空気の割合が多い場合が最も高い処理効率となった。しかし、気中の放電空間に水滴を噴霧する方法より処理効率は低かった。

放電電極間に誘電体球、絶縁格子を設置することによって、放電電極間における水の滞留時間を長くし、処理時間を増やすことで処理効率の向上を図った。この結果においても放電電極間の空気の割合が大きく処理に影響した。誘電体球の場合は電極間の空気の割合が小さいため、誘電体を設置しないリアクタに比べ、処理効率が下がってしまった。一方、絶縁格子を設置した場合は、設置していない従来のリアクタよりも処理効率がわずかに向上した。これは絶縁格子を設置しても、電極間の空気の割合が設置前とほぼ変わらずに、水滴が絶縁格子を伝って落ちることで、放電空間における水滴の滞留時間が増え、放電に曝露される回数が増えたためであると考えられる。

また、どのリアクタにおいても放電電極間の空気の割合が減少すると、電極間の電圧電流波形から、放電の発生量が減少してしまうことが確認された。これは電極間の空気の割合が小さい場合、放電空間があまり確保されなくなるためであると考えられる。このことから、ストリーマ放電における水処理で高い処理効率を実現するためには、放電電極間の空気の割合を大きくして、放電空間を多く確保することが重要であることを明らかにした。

放電電極の印加電圧を変えた実験では、パルス電圧の立ち上がり時間、波高値、パルス幅を変えて処理を行い、処理速度、処理におけるエネルギー効率の違いから最適なパルス電圧を検討した。その結果、立ち上がり時間においては、立ち上がり時間を短くすることで、処理の速度および処理におけるエネルギー効率が向上する結果が得られた。これは立ち上がり時間を短く、すなわち立ち上がりを速くすることで、ストリーマの発生量が増えるためであると考えられる。

波高値においては、波高値を高くすると放電電極に投入されるエネルギーが大きくなるため、処理速度が高くなったが、エネルギー効率は下がってしまった。これはストリーマ放電後に発生するグロー様放電による熱損失が原因であり、波高値が大きくなると、グロー様放電エネルギーにおける熱損失の割合も大きくなりエネルギー効率が下がってしまったと考えられる。

パルス幅においてはパルス幅を短くすることで、処理の速度は遅くなってしまいが、高いエネルギー効率となる結果が得られた。これはパルス幅を短くすることで、グロー様放電の時間が短くなるので熱損失が少なくなったためであると考えられる。

よって、高いエネルギー効率の処理を実現するには印加するパルス電圧の立ち上がりを速くし、パルス幅を電極間にストリーマが進展し終わる段階、すなわちグロー様放電が発生する前に放電が止まるように短くする必要がある。これによりストリーマ放電の発生量が増え、無駄な熱損失を少なくできるためである。ただし、パルス幅を短くすることでエネルギー効率は上がるが、投入されるエネルギーが少ないので、処理の速度は遅くなってしまうため、パルス印加の繰り返し速度を速くして処理速度を保つ必要がある。

波高値に関しては、パルス幅を短くしてグロー様放電が起きなくすることで、波高値が大きくてもエネルギー効率は下がらない可能性が考えられるので、今後調べていく必要がある。

以上より、ストリーマ放電による水処理に関して高い処理効率を実現するためには、放電電極間の空気の割合を増やし放電空間を多く確保できるようにすること、印加電圧の立ち上がり時間を速くし、パルス幅はストリーマの進展の段階で放電が止まるように短くすることが重要であることを明らかにした。

論文内容要旨 (英文)

平成 20 年度入学 博士後期課程

専攻名 システム情報工学

氏 名 須貝 太一



論文題目 Investigation of Optimum Discharge Space and Applied Voltage for Reactor for Water Treatment by Plasma in Air

Recently, water shortage and water pollution are serious problems. As technical solution for those problems, there is an advanced water treatment technology. This paper states a study for realization of high treatment efficiency of the water treatment technology using streamer discharge, which is studied by many researchers as the new advanced water treatment technology. Treatment water is exposed to the streamer discharge and organic compounds in water are decomposed by active species which is generated by the discharge. Experiments were carried out for different reactors and different applied voltages, and the optimum treatment method was shown from the aspect of the discharge space and the applied voltage.

From the aspect of the discharge space, the treatment water in the electrode was bubbled by air. In this experiment, the flow rate of air and the length of the electrode on water were changed. The treatment efficiency increased as the air ratio in the electrode increased.

In addition, insulation balls and insulation grids were put in between the electrodes in the air and water droplets were sprayed into between the electrodes. The time that the droplets reside in the electrode increases by this method. The treatment efficiency depended on the ratio of air in the electrode. The reactor with the insulation balls had worse treatment efficiency than the reactor without that because of small ratio of air. On the other hand, the reactor with the insulation grids obtained higher efficiency than the reactor without that, because the ratio of air is same with the reactor without the insulation grids and the residence time of the droplets is increased by putting the insulation grids. These results show that the large discharge space brings high treatment efficiency.

In the experiment of changing the applied voltage, rise time and the width of the pulsed voltage were changed to analyze the optimum pulse from the difference of treatment velocity and energy efficiency. Since more streamers were generated by applying faster rise time, faster treatment rate and higher energy efficiency were obtained. And, longer discharging time by a longer pulse width has made ineffectual energy by thermal loss. This means that the shorter pulse brings higher energy efficiency.

This paper concludes that the existence of the larger discharge space and applying the pulsed voltage of the faster rise time and the short pulse width is important for the treatment of high treatment efficiency.