

[21]

氏名	鈴木 悠史
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	理工博第 47 号
学位授与の日付	平成 29 年 3 月 31 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
学位論文題目	促進酸化法を用いた水中有害有機物の高度分解処理装置の開発および分解挙動の解明に関する研究
論文審査委員	主査 教授 山本 秀樹 副査 教授 三宅 孝典 副査 教授 池永 直樹

論文内容の要旨

促進酸化法(Advanced oxidation Process :AOPs)とは O_3 、UV、 H_2O_2 、光触媒あるいは Fenton 試薬などを併用することで OH ラジカルを生成し、その強力な酸化作用により水中の難分解性有害有機物を完全分解処理する水処理技術であることが述べられ、さらに AOPs は理論上ほぼ全ての有機物を水と二酸化炭素などの無機物にまで分解することが可能であり、様々な微量難分解性有機物を効率よく完全除去する有効な手段として注目されていることが述べられている。

本論文において、これまで促進酸化処理を用いた水処理装置の実用化の際に問題点であった高い運転コストを改善するために、 O_3 、UV および TiO_2 を併用し、装置内で O_3 の生成から有機物の分解処理まで行うことができる新しい省エネルギー自己循環型分解処理装置を提案した。また、AOPs を用いた装置の処理効率を比較するために Electrical energy per order (E_{EO}) という指標が使用されている。提案した分解処理装置の E_{EO} を算出したところ、報告されている AOPs 反応モデルの E_{EO} よりも 70.3-91.6%低いことを明らかにしている。

さらに、 O_3 -UV- TiO_2 併用条件に zeolite を組合せることにより、分解性能を大幅に向上させる新しい技術であることを実証している。

本研究結果の化学的応用として、AOPs を用いた水処理装置の設計を行う上で有機物を効率的に分解処理するために必要となる最適な分解反応を的確に把握するために、AOPs を用いて種々の水中有害有機物の分解挙動について、分解機構、分解速度定数を明らかにした。また、近年問題視されている医療排水に含まれる医薬品成分の分解除去についても試みており、医薬品成分であるカフェイン単体およびイミプラミン塩酸塩、カフェイン、サリチル酸、ジクロフェナクナトリウム、ナジリクス酸の 5 種類の医薬品成分を混合した模擬医療廃液とともに医薬品成分を完全分解することが可能であることを確認した。実験結果から、本自己循環型分解装置は、病院などの医療排水のように医薬品類が複数含まれる環境下でも分解処理が可能であることを明らかにした。

本研究は、実用化に向けた促進酸化法を用いた自己循環型分解処理装置の提案およびその装置性能の評価を行う研究です。提案した自己循環型 AOPs 分解処理装置が省エネルギーかつ実用的なシステムであり、化学工業だけでなく、病院・医療施設で広く利用可能な装置であることを実証した論文である。

論文審査結果の要旨

論文全体は5章からなり、第1章は、促進酸化法（AOPs）の概要について述べられている。促進酸化法の装置内での O_3 の概要や生成法ならびに OH ラジカルの概要や生成法についての従来法を述べている。さらに、現在報告されている促進酸化法に関わる研究について、促進酸化法の種類や促進酸化法を利用した水処理の実証例を紹介し、分解効率、エネルギーコストなどの問題点を明らかにしている。

第2章では、提案する促進酸化処理における、 O_3 、UV および TiO_2 の発生およびそれらの併用使用を可能にする新しい自己循環型促進酸化分解処理装置を提案し、実験装置として装置化している。提案する促進酸化処理装置の基本性能について述べている。また、 O_3 、UV および TiO_2 による水中有機物の単独処理と各種組み合わせ処理（併用処理）による分解処理の比較を行っている。具体的な実験では、処理対象モデル物質にフェノールを用いて、提案する自己循環型促進酸化装置を適用して、装置性能を評価し、本装置が特に省エネルギーで実用的なシステムであることを明らかにしている。また、COD 除去率における各 AOPs 条件の反応速度定数から O_3 、UV および TiO_2 を併用することにより相乗効果が得られることを明らかにしている。

第3章では、提案する促進酸化処理装置を用いた水中の有害有機物の分解挙動について述べている。提案する装置分解性能について、対象とする水中有機物が芳香族化合物の場合と鎖式化合物の場合とでは、分解挙動に及ぼす AOPs の影響は大きく異なっており、芳香族化合物では O_3 -UV- TiO_2 併用条件が最も効果的な分解処理法であることを、一方、鎖式化合物においては UV- TiO_2 併用条件が最も効果的な分解処理法であることを明らかにしている。さらには、有機物の分解特性に及ぼす炭素数、官能基の種類およびベンゼン環の有無の影響についても明らかにしている。これらの結果から、分子グループ寄与法の考え方を、水中有害有機物の分解速度定数の予測に応用することを目的に、実験に使用した有機物の分子構造と測定された分解速度定数から、各有機物の TOC 除去速度定数の推算を行い、実測値を概ね再現できる新しい知見を得ている。この結果は、提案する手法を、種々の難分解性の有機物に適用することで、排水処理中の有機物の処理速度の把握および処理コストの低減につながる有用な研究成果であると認められる。

第4章では、試作した自己循環型促進酸化処理装置による、病院排水に含まれる医薬品成分を想定した、有機物の分解除去試験を実施した。さらに、本装置内に zeolite 併用、循環させることで、対象有機物の反応器内滞留時間を上げることによる装置分解性能の向上化について検討している。その結果、医薬品として5種類のモデル有機物に対して、本装置の装置性能試験が行われている。本装置は、医療排水などの医薬品類が複数含まれる環

境下でも十分に適応可能であることが認められる。さらに O_3 -UV-TiO₂ 併用条件に zeolite を加えることにより、分解性能を大幅に向上させることが可能であり、 O_3 -UV-TiO₂-zeolite 併用条件は高い実用性を示すプロセスであることを見出している。

第 5 章は、本論文の総括と期待される将来性について述べている。

本論文は、排水中に含まれる難分解性有害有機物の分解処理に対して、新しい機構を有する自己循環型促進酸化処理装置を提案し、一般排水および病院排水などに含まれる有害有機物の分解挙動を明らかにしている。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認められる。