

氏 名	やすながのぞむ 安 永 望
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	論 工 博 第 3644 号
学位授与の日付	平 成 14 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	オゾン多点注入方式による過酸化水素添加オゾン処理法の高効率化に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教授 宗 宮 功 教授 松 井 三 郎 教授 津 野 洋

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、汚水ないし自然水中に存在する複雑多岐にわたる難分解性有機物群を、効率的に低減する化学酸化処理法の確立を目指し、オゾンと過酸化水素とを併用した促進酸化法において、多点オゾン注入方式による反応装置を考案し、反応メカニズムを数理モデルで解析して装置特性と効率の処理特性を明確にし、施設設計条件ならびに制御法を提示し、実地に適用できる過酸化水素添加オゾン反応装置を開発したもので、成果は第1章序論以下6章にまとめられている。

第1章は序論であり、水資源の水質の安全性に関する関心が高まるにつれ、内分泌攪乱物質様有機化合物やダイオキシン類など難分解性有機物の自然水中での存在が顕在化し、これを分解できる手法の一つとして、促進酸化法(AOP)が着目されている。AOPの中でも、過酸化水素添加オゾン処理法は中心的手法として検討されている。本方式の適用状況、処理法としてのメカニズム解析の現況、問題点を整理し、効率化のためのエジェクタ方式について技術総括をしている。さらに、本研究の目的を表記している。

第2章は3節からなり、過酸化水素添加オゾン処理法で中心となるラジカル反応について計算機シミュレーションを実施している。第1節の概論でラジカル濃度、過酸化水素濃度、オゾン濃度などの物質がラジカル連鎖反応に介在し、より複雑な反応となることから、オゾン消費量の変化に着目できるモデルを作成している。モデルではInitiation反応、propagation反応ならびにtermination反応に関わるラジカル反応を対象とし、ラジカル反応解析シミュレーションモデルを作成した。有機物存在下、無存在下の実験を実施し、ラジカル反応の反応速度定数を算出し、反応に関わる有機物(TOC)の影響を再現し、モデル計算を可能とした。

第3章は、過酸化水素添加オゾン処理法に関する計算機シミュレーションモデルを用いて、オゾンを分割注入することによる改善効果を検討し、反応オゾン量やOHラジカルが関与する反応速度などに関する詳細な実験を実施し、その改善効果について検討している。注入オゾン量を同じにした1点注入方式と2点注入方式でTOC減少を比較し、消費オゾン量や溶存オゾン濃度を低く保てばオゾン無効消費を押さえ、TOCの高効率分解が出来ることを導出し、多点注入が有効であることを検証した。ラジカルスカベンジャーである炭酸根が共存する場合でも、2点注入法が優れていることを示し、同じオゾン注入率であれば2点注入法の方がより高いTOC除去を達成できることを示した。

第4章はオゾンの多点注入が可能なエジェクタ反応器の開発を目的とし、新エジェクタを備えたオゾン反応器の処理特性を検討している。通常のエジェクタ型の反応器を用いた場合、オゾン溶解が反応律速とならないが、瞬時に大量のオゾンを溶解するため連鎖反応系で無効消費されるオゾン量が増加し、処理効率が低下する。この欠点を複数注入点の設置で解決するため、多点注入型エジェクタの内部構造、絞り径について詳細な検討をし、多点注入した場合のオゾン吸収特性を吟味し、効率的なエジェクタを開発した。さらにモデル排水を例に理論的処理特性を検討し、処理対象水の質・量に関する諸条件あるいは過酸化水素注入率に応じて必要オゾン注入率を計算し、処理系列を定め、それに応じてエジェクタの絞り径や内部構造、流体輸送ポンプを選定する設計手順をフローチャートとして示した。

第5章は開発したエジェクタ型反応器をモデル排水および実際の地下水の処理に適用し、過酸化水素添加オゾン処理法の

高効率を実証している。まず、モデル物質に酢酸ナトリウムを選定し、従来の1点注入方式と2点注入方式とを比較し、効率改善効果を検討している。この結果、過酸化水素対オゾン比が同じ場合、TOC減少率は17ないし25%改善され、反応時間も1/10秒オーダーで済むことを示した。またトリクロロエチレン（TCE）を含む地下水に関する実験では、回分実験で過酸化水素注入率やオゾン注入率による処理特性を検討し、環境基準値未満まで分解するに必要なオゾン注入率を実験的に1点注入方式と2点注入方式で比較して、オゾン注入率を13%程度減少でき、短時間に完了できることを示した。さらにTCE汚染地下水の連続処理では、変動のある流入水に対し十分追従した処理が可能であることを示し、短時間に高率の処理が継続的にできることを示した。

第6章は結論で論文の成果を纏め、今後の問題に言及している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、難分解性有機物を促進酸化法で効率的に処理するために、オゾンを複数点から注入できる反応器を開発し、新たな過酸化水素添加オゾン処理装置を開発したもので、主な成果は以下の4点でまとめられる。

- 1) 過酸化水素添加オゾン処理法の中核であるラジカル反応の主要関連反応をモデル化し、計算機シミュレーションによって実験結果を再現することを試み、測定が比較的困難なラジカルや各種酸化剤の挙動、反応特性を把握することを可能とした。
- 2) 自己分解やスカベンジャとの反応で消滅する可能性の高いオゾンを効果的に溶解し、溶解オゾンを効率的にラジカル反応に連携させるため、溶解装置として多点注入用のエジェクタを開発した。これにより、オゾン利用効率を高めうることを実証した。
- 3) 多点注入可能なエジェクタをオゾン反応装置へ取り付け、過酸化水素添加量、オゾン注入量、あるいはエジェクタへの送水量などの諸ファクタの反応性に及ぼす影響を実験的に解析し、エジェクタ付き反応装置の設計手順を示した。
- 4) 過酸化水素添加2点オゾン注入反応装置の処理特性を、酢酸ナトリウムをモデル有機物として検証したうえ、トリクロロエチレンを含有する地下水の処理に適用し、1/10秒程度の短時間で効率的な処理が継続して可能であることを実証した。

以上要するに、本論文は、水中に存在する複雑な環境ホルモンなど難分解性有機物質を効果的に分解する装置として、過酸化水素とオゾンとを併用する過酸化水素添加2点オゾン注入型処理装置を開発し、高い処理機能と短時間処理を可能としたもので、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成14年1月22日、論文内容とそれに関連した試問を行った結果、合格と認めた。