

氏名	河原長美 かわらおさみ
学位の種類	工学博士
学位記番号	工博第571号
学位授与の日付	昭和53年9月25日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
研究科・専攻	工学研究科衛生工学専攻
学位論文題目	汚水のオゾン処理に関する基礎的研究

論文調査委員 (主査) 教授 岩井重久 教授 井上頼輝 教授 平岡正勝

論文内容の要旨

この論文は、従来から飲料水の殺菌や脱色を主目的として用いられているオゾン処理に関し、その強力な酸化能力が各種水質レベルの汚水の処理に活用され得るかどうかを知るために、その処理機構と効果とについて実験的に検討・解析を加え、汚水処理システムの中でのオゾン処理法の役割を位置づけようとしたものであって、5章からなっている。

第1章の緒論は、わが国で研究上の展開がほとんどなされなかったオゾン処理法の汚水処理への適用についての現状と背景とを示し、本研究で取扱った研究の目的、方法および期待される成果に関して述べ、各章の役割とその相互関連とについてまとめている。

第2章では、オゾン処理における処理特性を文献的に考察するとともに、オゾンの酸化力による汚水中の有機物の質的变化を水質変換特性として把握するため、組成・性状の異なる4種の汚水、すなわち、都市下水、その2次処理水、し尿およびし尿処理脱離液を取りあげるとともに、汚水中に含まれると予想される各種の純物質について、反応オゾン濃度および反応時間をパラメーターとしてオゾン処理実験を行なっている。卓越する水質変化特性についてはゲルクロマトグラムによる分子分画法を活用し、その結果から処理に伴う有機物質のサイズ構成変化の一端を把握するとともに、COD_{Cr}、TOC、BOD₅、紫外部吸光度並びに炭水化物、粗脂肪、粗蛋白質などの水質指標値の変化を定量的に解明している。また、反応生成物の酸化レベルや生物分解性をCOD_{Cr}/TOC、BOD₅/COD_{Cr}などを指標として検討している。

第3章では、オゾン処理に係わる各種速度過程のうち、オゾンの水中での自己分解過程および有機物除去過程について定式化を試みている。自己分解反応については、容器壁面効果、pHおよび温度の影響、自己分解反応のオゾン量収支に及ぼす影響並びに吸収速度に及ぼす影響などを、基礎実験をもとに検討している。有機物除去過程については、第2章で得られた成果を基礎に、適用オゾン濃度を加味した有機物質の除去速度の定式化を、2次処理水、最初沈澱池流出水について試み、オゾン処理の際に生じる浮遊性物質並びに高分子側の物質の分解による低分子化と除去との過程、および同時に進行する低分子側物質の分解過程を示すモデルの諸式を呈示している。さらにゲルクロマトグラムを用いて汚水中の有機物質のサ

イズ構成を知ることにより、全体的な有機物質除去効果の定量化がどの程度可能であるかを、各分画毎の反応速度定数を求めた上で検討している。これらのモデルをもとに、オゾン処理におけるガス吸収速度、COD_{Cr} 除去速度、並びに自己分解速度の三者の関係について、向流式オゾン接触装置をモデルとして、COD_{Cr} 除去過程を試算し、COD_{Cr} 除去に関する処理時間や（オゾン化ガス量/液量）などの影響特性を検討している。

第4章では、オゾン処理法を污水処理プロセスの最終処理として、主として殺菌効果を活用する場合と、活性炭処理の前処理として用いた場合とについて実験検討を進めている。前者では、十分な殺菌と同時に処理後の污水の水質的な安定性・安全性が得られることを、塩素処理による場合と対比して示しており、後者では、高分子有機物質の低分子化に伴う効率的な有機物質の吸着除去を、活性炭を用いて試みている。さらに、オゾン処理の水処理プロセスにおける位置づけを含む今後の研究課題を総括している。

第5章では、各章で得られた成果を要約して結論としている。

論文審査の結果の要旨

従来の污水処理技術の多くは、汚濁物質の除去を中心として開発されてきたが、今後はより安定した安全な処理水が得られ、また最終処分を要する廃棄物の生成を極少とするようなものが望まれている。この意味から、水処理工程における水質調整操作の見直しが必要となっているが、オゾン処理もその一つに取上げられている。オゾン処理は従来、飲料水の殺菌・脱色工程に多用されているが、污水処理への適用技術の開発はほとんど進展していない。

業者はオゾンの持つ強力な酸化能力を活用し、污水中の有機物を分解し、より安全な処理水をうることを目的として基礎実験を展開し、速度過程の定式化を試み、処理特性を把握して、処理工程の中におけるオゾン処理の総合的な位置づけを試みている。

本研究で得られた主な成果をあげて評価すると、次のようになる。

(1) 最初沈澱池流出水のように、粒径が 0.45μ 以上の粗大成分が有機浮遊固形物質の大半を占めるときには、5分程度のオゾン処理でこの成分は消失し、粒径が 0.45μ 以下のものの成分比率が高いときには、その中の高分子物質（ゲルクロマトグラムにおける分子量約1500以上のもの）の低分子化が顕著に生じるが、こうして低分子化された有機物質は比較的オゾンで酸化されにくい。また、し尿やし尿脱離液のように、酢酸等の飽和脂肪酸の比率が高いときには、COD 除去率が低い。これらの成果から、水質組成のみならず、水質成分のサイズによって反応特性が異なることを明示しているが、この成果はオゾン処理法の適用域の判断資料として注目されなければならない。

(2) オゾン処理の酸化過程は、粗大成分の可溶化と高分子物質の低分子化との過程で代表され、各過程での有機物除去とともに、汚濁成分の生物分解性の改善、粗大成分や界面活性成分の浮上分離、分解、酸化生成物の放散および脱色・脱臭などの処理特性が顕著であることを明らかにした。これらの特性は、対象とする污水中の汚濁成分のサイズの分布状況を含む水質構成に大きく作用されることを見出し、総括的水質指標による慣用の単純な処理効果判定法によっては、オゾン処理の効果が十分に判定され得ないことを指摘している。

(3) オゾン酸化による汚水中の有機物質の分解過程を詳細に検討し、無機化が何段階もの分解によって生じることを認めた後、分解過程における有機物質のサイズ構成を考慮したモデル式の展開を試み、ゲルクロマトグラムの情報に基いて、処理の難易を定性的に判断する方式を樹立した。この方式によると、定量的な予測は必ずしも十分ではないが、たとえ定性的であっても処理特性の把握が可能となるという点が高く評価される。

(4) 化学酸化剤を用いた処理での殺菌効果を把握すると同時に、処理水の微生物に及ぼす影響を酢酸分解菌の活性を指標として実験的に検討し、オゾン処理水では酢酸菌に対する増殖阻害作用はみられないが、塩素処理水ではこれが認められることを見出した。また反応生成物の生物分解性については、オゾン処理では増加するが、塩素処理では減少することを見出した。

(5) オゾン処理を活性炭処理の前処理として利用した場合、活性炭による有機物質除去機能を補完向上させるには、オゾンによる短時間処理が有効であることを見出した。

以上を要約すると、本論文は污水処理工程でのオゾン処理法を位置づけるために、オゾンによる汚水中の有機物質の酸化反応過程を実験的に検討し、分解過程を式示して処理特性を把握し、当面の利用方法を講じる殺菌法としての意義と、活性炭処理の前処理としての意義とを検討したものであって、学術上、実際上寄与するところは少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。