



Title	オゾン適用による下廃水処理の高度化に関する研究
Author(s)	神谷, 俊行
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/44567">https://hdl.handle.net/11094/44567</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名 <sup>かみ</sup>神 <sup>や</sup>谷 <sup>とし</sup>俊 <sup>ゆき</sup>行

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 18237 号

学 位 授 与 年 月 日 平成 16 年 1 月 23 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第 4 条第 2 項該当

学 位 論 文 名 オゾン適用による下廃水処理の高度化に関する研究

論 文 審 査 委 員 (主査)

教 授 藤田 正憲

(副査)

教 授 山口 克人 教 授 西嶋 茂宏 助教授 池 道彦

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、活性汚泥法の原理、限界に起因する新たな下廃水処理プロセスの問題として、余剰汚泥量の大量発生、及び内分泌攪乱物質の不完全な処理を取り上げ、これらをオゾン処理の適用によって解決することを目的として行った研究成果をまとめたものであり、序論、5章からなる本論、および総括並びに結論の計7章から構成されている。

第1章は序論であり、上記問題に対する課題として、余剰汚泥量の低減、内分泌攪乱物質の効率的除去の重要性を示し、本研究の目的を述べている。

第2章では、オゾンと活性汚泥の反応機構について検討し、余剰汚泥低減へのオゾン適用においてはオゾンが溶解有機物との反応で無効に消費されやすいことを見出し、効率的に余剰汚泥低減を行うためには、溶存オゾン濃度を高め、固形成分との反応を確保することが有効との仮説を得ている。また、この仮説を実験により検証し、同じオゾン消費量でも溶存オゾン濃度を高く保つほど汚泥の生分解性が向上することを確認している。

第3章では、オゾン処理による余剰汚泥低減の高効率化を図りながら、処理水質の悪化をも抑制する方式として、高濃度オゾンを用いた間欠的なオゾン処理を提案し、実廃水を用いた実験から、本方式が余剰汚泥低減、処理水質維持の両面で優れていることを実証している。また、反応装置として、エジェクター型反応器がオゾン量削減を図る上で有効であることを明らかにしている。

第4章では、高濃度間欠オゾン処理を用いた余剰汚泥低減システムの反応モデルについて検討し、溶存オゾン濃度と処理汚泥の生分解性の関係を示す実験式を導入することで、汚泥低減量、処理水質を高い精度で推定することが可能なモデルを構築している。また、本モデルを用いてオゾン適用による余剰汚泥低減の最適運転条件を明らかにしている。

第5章では、ノニルフェノール (NP)、ビスフェノール A (BPA)、17 $\beta$ -エストラジオール (E2) を対象として、オゾンと内分泌攪乱物質の反応機構について検討し、共存有機物、反応生成物によるオゾンの無効消費を考慮する必要性を明らかにしている。また、各物質に対して、オゾン処理による分解速度定数を求め ( $10^4 \sim 10^5$  L/mol $\cdot$ sec)、それぞれが効率的に分解されることを実証している。

第6章では、内分泌攪乱物質をオゾン処理する際の安全性を評価し、内分泌攪乱活性、急性毒性が確実に低下することから、オゾン処理はリスク低減に貢献し得ることを示している。また、実際の下水二次処理水を想定し、内分泌攪乱活性をほぼ完全に除去するオゾン処理条件として、オゾン注入量を約 1.0 mg-O<sub>3</sub>/L に保つことが必要であることを示唆し、これが十分に実用的なレベルにあると述べている。

第7章は結論であり、本研究の成果を総括したうえで、オゾン適用によって、活性汚泥法の抱えている2つの重要な問題の解決、すなわち余剰汚泥量の低減と内分泌攪乱物質の完全除去が達成され得るものと結論するとともに、今後の課題・展望について述べている。

## 論文審査の結果の要旨

活性汚泥法は下廃水処理の主力技術として古くから世界中で採用されている確立された技術ではあるが、生物学的処理法の原理、限界に関わる幾つかの問題点を抱えているのも事実である。本論文は、このような生物処理の原理、限界に起因する問題のうち、余剰汚泥の大量発生、および内分泌攪乱物質の不完全処理という2つの問題を取り上げ、両問題を解決するためのオゾン適用技術に関して行った一連の研究成果をまとめたものであり、その成果を要約すると以下ようになる。

- (1) オゾンと活性汚泥の反応機構についての検討から、余剰汚泥低減へのオゾン適用においてはオゾンが溶解有機物との反応で無効に消費されやすいことを見出し、これを避けるためには、溶存オゾン濃度を高め固形成分（汚泥）との反応を確保することが有効であることを提案し、実験的に証明している。
- (2) オゾン処理による余剰汚泥低減の高効率化を図りながら、処理水質の悪化をも抑制する方式として、間欠的な高濃度オゾンの注入による処理を提案し、実廃水を用いたパイロット実験により、その有効性を検証している。
- (3) 高濃度間欠オゾン処理を用いた余剰汚泥低減システムの実用的な反応モデルを構築し、実験データとモデル計算の比較から、汚泥低減量、処理水質を高い精度で推定することが可能であることを検証している。また、本モデルがオゾン適用による余剰汚泥低減の最適運転条件の検索や施設設計に有効であることを明らかにしている。
- (4) オゾンと各種内分泌攪乱物質（NP、BPA、E2）の反応機構について検討し、これらの物質がオゾンによって効率的に分解されることを明らかにしている。また、この分解処理においては共存有機物、反応生成物によるオゾンの無効消費の影響を考慮することが重要であることを示唆している。
- (5) 内分泌攪乱物質をオゾン処理する際の安全性を評価し、内分泌攪乱活性および急性毒性が確実に低下することを明らかにしている。また、モデル計算から実際の下水二次処理水中で内分泌攪乱活性をほぼ完全に除去するオゾン処理条件として、オゾン注入量を約  $1.0 \text{ mg-O}_3/\text{L}$  に保つことが必要であると推算し、その実用性を確認している。

以上のように、本論文は、オゾン適用により、活性汚泥法を中心とした現在の下廃水処理プロセスの抱える問題のうち、特に余剰汚泥の大量発生と内分泌攪乱物質の不完全な処理の解決が可能であることを明らかにしており、環境工学、特に下廃水処理技術の発展に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。