

氏名	たなかとしひろ 田中俊博
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	工博第1608号
学位授与の日付	平成9年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4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	生物学的リン除去法の設計・操作因子に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 宗宮 功 教授 寺島 泰 教授 松井三郎

### 論文内容の要旨

湖沼や内湾等の閉鎖性水域の富栄養化が進行し、下廃水中からのリン除去が要求されるようになっていく。現在下水処理法で最も一般に用いられている活性汚泥法は、有機性汚濁物の除去性能は優れているもののリン除去性能は十分でなく、リン除去技術の開発が緊急の課題となっている。本論文は、従来の活性汚泥法の改良により下廃水中からの効率的なリン除去を行うことを目的として、嫌気好気活性汚泥法を、嫌気槽における有機物摂取およびリン蓄積細菌と一般の通性嫌気性細菌の競合関係に焦点を当てて研究するとともに、種々の実廃水に適用する場合の設計・操作条件を探究したものであり、7章よりなっている。

第1章は緒論であり、本論文の研究の背景、目的および取り上げる課題について述べている。

第2章においては、文献に基づき嫌気好気活性汚泥法に関する研究現況やリン蓄積細菌の特性について考察を行っている。下水等の有機物を含む廃水の処理においては、リンをポリリン酸として蓄積するリン蓄積細菌が増殖して生物学的なリン除去が生じ、この細菌は通常の活性汚泥法の中で増殖でき、嫌気性条件下ではリンを放出しながら有機物を摂取する細菌である。この細菌によるリン除去機能を発揮する条件については、以下のような多くの検討課題が残されていることが明らかにされた。すなわち、この細菌の普遍性、リン蓄積機能を発揮する水温範囲と塩類濃度の範囲、活性汚泥のリン含有率と流入水のP/BOD比および嫌気槽の負荷条件、下水以外の有機性廃水への適用性などである。

第3章では、第2章で提示された問題点を明確にするためにベンチスケールおよびパイロットプラント規模の実験を行い、嫌気槽での有機物摂取に焦点をあてて嫌気好気活性汚泥法の基礎的検討を行っている。この結果、嫌気的な有機物摂取は汚泥のリン含有率に比例しており、高いリン含有率の汚泥を生成するには、嫌気槽での残留有機物濃度を下げるような操作条件が必要であることを明らかにした。すなわち、嫌気槽を通過する汚泥のフラックス量に対する有機物負荷を、リン含有率から決定される有機物の最大摂取能力以下に設定することが基本的に重要であり、この操作により、活性汚泥中でリン蓄積細菌が優先的に増殖しリン除去効果が高くなることを示した。また水温、塩類濃度、流入水のP/BOD比、流入水中の酸

化態窒素の濃度の限界などを明らかとし、そして嫌気好気活性汚泥法は下水や食品産業廃水に対してリン除去やバルキング抑制技術として実用できることも明らかとした。

第4章では、嫌気好気活性汚泥法を下水処理および食品工場廃水処理の実施設に適用し、処理性能を評価し、安定したリン除去効率を得るための問題点を抽出し対応策を提示している。その結果、リン除去効果が高く、またバルキング抑制効果が高い処理法として実証および確立した。

第5章では、活性汚泥の構成微生物としてリン蓄積細菌と一般通性嫌気性細菌の競合の概念を導入した数理モデルを提示している。このモデルに含まれる諸係数値は、種々の条件下での回分式実験により得られ、また、このモデルは実下水を対象とした長期にわたる実施設での処理における汚泥濃度、リン含有率、生物反応系内での溶解性BODと溶解性リンの挙動などのデータとの比較により適用性が実証された。そして、この数理モデルを用いて、処理効果に及ぼす流入水のP/BOD比および汚泥返送率の影響について検討し、以下の結果を提示した。リン除去にP/BOD比が大きく影響し、下水の場合はその比が0.05以下であることが必要であり、また流入水のリン濃度が30mg/Lと高い廃水では汚泥返送率25%の条件下ではその比が0.035~0.047の範囲でなければならないことを示した。また、P/BOD比が0.02の場合であっても汚泥返送率を150%以上にとると良好なリン除去がなされることも明らかにし、リンの濃度が高濃度である廃水であっても、汚泥返送率を操作することで、リン蓄積細菌の優先的な増殖が可能な範囲が広がり、良好なリン除去を行いうるP/BOD比の範囲が拡大することを示した。

第6章においては、嫌気好気活性汚泥法のリン除去が不安定になる最も大きな要因である汚泥処理系からのリン返流負荷の軽減対策を検討し、この結果を基に実施設に適用する場合の対策の評価を行った。その結果、汚泥処理工程での、余剰汚泥と最初沈殿池汚泥との分離処理、ストラバイト等の形でリンの化学的固定化法などを提案した。

第7章は結論であり、前章までに得られた結果を要約し、結論を述べている。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、下廃水中からの効率的にリン除去を行うことを目的とし、嫌気好気活性汚泥法を、嫌気槽での有機物摂取およびリン蓄積細菌と一般の通性嫌気性細菌の競合関係に焦点を当てて研究するとともに、種々の実廃水に適用する場合の設計・操作条件を探究したものをとりまとめたもので、得られた成果は以下の通りである。

1. 高率のリン除去を得るためには、嫌気槽での残留有機物濃度を下げるといったような操作条件が必要となり、このためには嫌気槽を通過する汚泥のフラックス量に対する有機物負荷を、リン含有率から決定される有機物の最大摂取能力以下に設定することが基本的に重要であることが示された。
2. 嫌気好気活性汚泥法は下水や食品産業廃水に対してリン除去やバルキング抑制技術として有効であることが明かにされた。
3. 活性汚泥の構成微生物としてリン蓄積細菌と一般通性嫌気性細菌の競合の概念を導入した数理モデルが提示され、実下水処理データとの比較により適用性が検証された。
4. 数理モデルによる操作因子の操作幅の検討がなされ、下水の場合はP/BOD比が0.05以下である

ことが必要であり、また流入水のリン濃度が高い廃水では最適な P/BOD 比は狭い範囲となるが、汚泥返送率を大きくする操作により、リン蓄積細菌の優先的な増殖が可能な範囲が広がり、良好なリン除去を行う P/BOD 比の範囲が拡大することが示された。

5. 嫌気好気活性汚泥法によるリン除去では汚泥処理系からのリン返流負荷の削減対策が重要であることが示され、その対策として汚泥処理系でのリンの化学的固定化法などが提案されている。

以上要するに、本論文は生物学的リン除去法である嫌気好気活性汚泥法の機能と操作設計因子について、ベンチスケールから実規模施設での実験および数理モデルにより研究を行ったものであり、学術上、実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9年1月28日に論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。