

氏 名	李 錦 栄 リ キン エイ
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 1008 号
学位授与の日付	昭 和 52 年 9 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	MODELING AND OPTIMIZATION FOR WASTEWATER TREATMENT PROCESSES (廃水処理プロセスのモデリングと最適化)

論文調査委員	(主査) 教 授 高松武一郎	教 授 吉岡直哉	教 授 平岡正勝
--------	-------------------	----------	----------

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は水処理に用いられる代表的な単位操作のモデリングおよび最適設計、操作に関する研究をまとめたもので、諸単位操作に存在する最適政策を性能と経済的評価の観点からとらえている。研究の対象として取り上げた単位操作は、活性汚泥法とその操作の一変型としてのテーバードエアレーション、散布ろ床、活性炭吸着、沈殿池などであり、また複数の単位操作の組合せからなる水処理プロセスに対しても考察を行っており、9章からなっている。

第1章では、本研究の目的と必要性を明らかにし、諸プロセスの歴史的背景と運転操作の概要を述べている。

第2章では、活性汚泥法の最適化問題として流入廃水と返送汚泥の最適分配注入を取り上げている。従来から活性汚泥法の一変法として用いられているステップエアレーションを定式化し、理論的見地から最大原理を適用し、種々の条件下で最適操作条件を与えている。

第3章では、散布ろ床法における返送流について主として経済的観点から考察を加えている。活性汚泥法と異なり、散布ろ床法では一般に流入水よりも多くの流出水が返送されており、この操作を、二つの実験式即ち NRC (ナショナルリサーチカウンシル) の式とエッケンフェルダースの式とを用いて検討し、返送流による効果と限界を明らかにしている。また建設費の原価償却、運転費、維持費等を含む総合的経済評価の観点から、種々な条件下での最適設計を検討している。

第4章では、物理的処理法の一つとして3次処理によく用いられる活性炭吸着法と活性汚泥法との結合プロセスについて、各々の性能的限界を考慮した最適政策を検討している。次いで経済的観点から、除去率、吸着塔段数や流れパターン等が最適設計に及ぼす影響について考察している。

第5章では、活性汚泥操作の変型としてのテーバードエアレーションを定式化し、シミュレーションによって、テーバードエアレーションの際に起る不均一混合が処理効率に及ぼす影響を考慮している。また汚泥と下水を異相流体として槽内の混合の影響をも検討している。この際、槽内の流体流れの方向

の濃度分布に不連続点をもつことになり、多数の境界値問題を解かねばならなくなるが、その解法として、数値積分による終端値の多項式近似による多点境界値の簡便解法を提出している。

第6章では、活性汚泥法の一環である最終沈殿池の効率上昇を計りかつ短絡流や汚泥の沈降による密度流の影響を少なくする為、従来の沈降池を多段化することの特質を論じている。多段沈降操作のモデリングに対しては、浮遊粒子濃度に対する非線型的な沈降速度式、オーバーフロー係数などを導入するとともに、粒子の再浮上の特性をも考慮したモデルを導いている。このシステムモデルに基づいて、多段沈殿池の最適設計を検討し、混合度合、初期濃度、水深、オーバーフロー係数等のファクターが最適除去率および最適容積アロケーションに及ぼす影響を考察している。

第7章は、第6章のシミュレーションによる結果を実験的に検証する為の研究をまとめたもので、特に2段沈殿池について長さ約1メートルのモデルプラントにより実験を行なっている。流れのパターン容積配分等を種々にかえて、最適操作条件を実験結果の解析から直接求め第6章の結果の妥当性を示している。

第8章は、活性汚泥操作の最終沈殿池に沈下した汚泥の抜き取り現象をとらえたもので、汚泥が沈殿池の底に蓄積された活性汚泥槽にフィードバックされていくプロセスの重要性に着眼して両者の結合プロセスの除染効果のモデリングをまずおこない、これにより返送汚泥の最適リサイクル比の存在を指摘している。従来沈殿池の設計では表面負荷率がよく用いられかつ流出水質のみに着目して設計されていたが、活性汚泥プロセスでは、ばっ気槽と沈殿池が結合され、汚泥が沈殿池からばっ気槽に返送されている事実から汚泥の抜き取り速度がこのプロセス全体の浄化効率に影響を及ぼすことを汚泥の抜き取り量と濃度との関係をシステムモデルに導入、分析する事によって明らかにしている。またこれらの影響を考慮した結合プロセスの最適設計を、汚泥質の除去性能および経済的観点から考察を加えている。

第9章は、各章で得られた結果を総合的にまとめた結論である。

論文審査の結果の要旨

近年水質汚濁問題がクローズアップされてきて以来、活性汚泥槽や沈殿池を主体とするいわゆる水処理プロセスは、多方面で極めて多数計画、設計されてきているが、廃水や返送汚泥のばっ気槽への注入方法、多段操作の適用法、プロセスの操作変数の値の選定などについては経験的に定められてきているものが多く、それらの定量的、工学的解析と合成については工学的に未解明の点も多い。

本論文はこれらの点を明らかにするべく行なわれた理論的、実験的研究の結果をまとめたもので、おもな成果は次の如くである。

(1) 活性汚泥法におけるステップエアレーションや再ばっ気の効果活性汚泥の活性度を状態変数に入れた数式モデルにより考察し、返送汚泥の再ばっ気操作の有効性を理論的に明らかにした。

(2) 実際に用いられている散布ろ床法における流出水のリサイクル量は極めてまちまちであり、基質除去率に及ぼすリサイクルの効果が明らかでなかったが、米国において現在広く用いられている数式モデルを用いてその効果を定量的に考察し、流出水のリサイクルは必ずしも除去率を向上させる操作ではないことを指摘した。

(3) 活性汚泥法のテーパードエアレーションにおける水の流れ方向の不均一混合を考慮することにより、テーパードエアレーションが基質除去率向上に有効であることを明らかにした。また本問題を解くにあって多点境界値問題を解く簡便な新しい方法を提案している。

(4) 沈殿池内の粒子沈降速度の非線形性、水の混合と上澄水の取出し部分の効果を考えることにより多段沈殿池の有効性を理論的に提案するとともに、2段沈殿池により実験的にそれを確かめた。

(5) 活性汚泥槽と沈殿池を一つのプロセスシステムとしてみた場合、沈殿池よりの汚泥の抜き取り速度が活性汚泥槽への返送流の汚泥濃度に影響する事実に着目し、沈殿池から活性汚泥槽への最適リサイクル比、ならびに沈殿池の最経済的表面負荷率の存在することを明らかにした。

以上要するに、本論文は一般の廃水処理プロセスを構成する代表的単位操作である活性汚泥槽と沈殿池を中心に、従来あまり着目されていなかった現象のモデリングを附加することにより現状として最も妥当と考えられる数式モデルにより水処理操作の性能的、経済的評価の観点から最適設計、操作の特性をシミュレーションと実験により明らかにしたもので、学術上、工業上寄与するところが少なくない。

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。