

氏 名	野 北 舜 介 の ぎ た し ゅん す け
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 1262 号
学位授与の日付	昭 和 55 年 1 月 23 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	活性汚泥プロセスの数式モデルと自動制御に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 平岡正勝 教授 宗宮 功 教授 明石 一 教授 高松武一郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、活性汚泥プロセスを対象とする自動制御システムの開発経過をまとめたもので、プロセス解析、数式モデル開発、実機プラントでの制御実験ならびに小規模実験装置による制御指標の探索などの諸結果を述べ、制御システムの設計方法と操作方法を提示している。

第1章は序論で、本研究の社会的背景を述べ、活性汚泥プロセスの制御上の特徴を分析し、本研究の実施方針を述べている。

第2章では活性汚泥プロセスの性能に影響を与える要因及び主要な操作量を整理し、つぎに、自動制御研究に関する内外の動向を整理している。

第3章では大規模処理施設での2年8ヶ月にわたる制御実験の結果をまとめている。すなわち、(i)溶存酸素濃度／風量・アナログ・フィードバック制御により溶存酸素濃度を安定化させたこと、(ii)溶存酸素濃度／風量・デジタル制御システムを導入し弁動作ひん度を低減させたこと、(iii)制御により風量を低減させたこと、(iv)エアレーションタンク汚泥濃度／返送汚泥流量制御実験では、設備上の制約から、汚泥濃度の安定化を達成できなかったこと、などが主要な結果である。

第4章は大規模処理施設のプロセス解析に関するもので、溶存酸素濃度／風量制御システムの動特性を線形な伝達関数で近似し、システムの安定性と制御性を論じている。また、沈殿池回りの汚泥流量について解析し、返送汚泥流量の可変範囲が比較的小さいことを述べている。

第5章では大規模処理施設から採取した時系列データに最小二乗推定法を適用し、エアレーションタンク溶存酸素濃度、汚泥濃度及び返送汚泥濃度に関する分布遅延モデルを導いている。また、沈殿池での汚泥濃縮過程を解析し、返送汚泥濃度変動に影響を与える3個の主要因を摘出し関係式を推定している。

第6章ではエアレーションタンクと最終沈殿池の動特性を数式表示し、流入水量の変動に対する汚泥濃度の応答を求めることにより、汚泥濃度を安定化させるに必要な濃縮汚泥・理論貯留容積を算出している。

第7章では現行のステップ・フィード・プロセスを基本とし、エアレーションタンク頭部の第1槽を汚泥貯留槽と兼用させる、いわゆる、動的汚泥貯留方式を提案し、この方式を採用した汚泥濃度制御システ

ムのフィールドテスト結果をまとめている。

第8章では流通式活性汚泥水処理装置により、炭酸ガス発生速度と有機物負荷の関係を実験的に解明し、エアレーションタンク排ガス中の炭酸ガス濃度が制御指標となりうることを示している。

第9章では回分式装置を用いて活性汚泥の呼吸速度の経時変化を測定し、有機物負荷と活性汚泥の呼吸速度の関係を表わすモデルを提示している。また、呼吸速度を指標とする有機物負荷制御システムを提案している。

最後の章では既往の報告及び本研究結果を総合し、溶存酸素濃度制御、汚泥濃度制御および有機物負荷制御の効果について検討し、さらに、活性汚泥プロセスの自動制御に関する今後の研究課題をまとめている。

論文審査の結果の要旨

下水処理場における活性汚泥プロセスの自動制御は一部実用の域に達しつつある。この論文は活性汚泥プロセスの自動制御技術の開発に関連して、小規模装置による基礎実験、大規模水処理プラントによる制御実験及びプロセス解析にもとづいて、活性汚泥プロセスの数式モデルを開発し、実用に供しうる制御システムの設計と操作の方法を明らかにしたものである。

著者の得た主な成果を要約すると以下の通りである。

(1)溶存酸素濃度による風量のアナログ・フィードバック制御により溶存酸素濃度を目標値 $\pm 0.3\text{mg}/\text{m}^3$ の範囲に安定化しえた。

(2)溶存酸素濃度による風量のデジタル制御について、弁開度対風量の非線形特性補償回路および入力フィルタリング回路の導入により制御精度を向上させ弁動作ひん度を低減させた。

(3)溶存酸素濃度による風量制御によって18%の風量減少が可能であることを明らかにした。

(4)動特性解析により、現実の溶存酸素濃度による風量のフィードバック制御システムの制御精度は不感帯、リミッタ及び制御弁などの非線形要素の特性に左右されることを示した。

(5)サイホン式沈殿池の汚泥引抜き流量の下限値は円滑なサイホン機能を維持する条件から定められる。この下限値と返送汚泥ポンプの最大容量から定められる上限値との差、すなわち、返送汚泥流量の可変範囲は比較的小さく、したがって、現状のプロセスでの汚泥濃度制御は困難であることを明らかにし、制御可能なプロセス改善の方向を示唆した。

(6)大規模処理施設から採取した時系列データに最小二乗推定法を適用し、つぎの3種の分布遅延モデルを導いた。

(i)風量と混合液汚泥流量から溶存酸素濃度を求めるもの

(ii)流入水量からエアレーションタンク汚泥濃度を求めるもの

(iii)沈殿池への流入汚泥流量と引抜き汚泥流量から返送汚泥濃度の変化速度を求めるもの

(7)沈殿池での汚泥濃縮過程を解析し、返送汚泥濃度に関する分布遅延モデルから、流入汚泥量と引抜き汚泥流量の増減の影響、汚泥層高さの影響および汚泥粒子の平均滞留時間に相当する伝達遅れの3個の主要因が満すべき関係式を導いた。

(8)エアレーションタンク汚泥濃度を安定化させるために必要な、濃縮汚泥の理論貯留容積の計算方法を提示した。

(9)エアレーションタンク頭部の第1槽を汚泥貯留槽と兼用させる、いわゆる、動的汚泥貯留方式を提案し、この方式について中規模処理施設で制御実験を行い、エアレーションタンク汚泥濃度の安定化に成功した。

(10)エアレーションタンク排ガスに同伴される炭酸ガス量と有機物負荷の関係を実験的に解明し、炭酸ガス発生速度と有機物負荷の間に線形な関係を見いだした。

(11)活性汚泥の呼吸速度を測定し、活性汚泥の呼吸機構に関するモデルを提示した。また、エアレーションタンク排ガス中の炭酸ガス濃度は制御指標として適していることを示した。

上述のように、この論文は活性汚泥プロセスについてその動特性を解明し、著者の提案した自動制御システムの実用化に当たっての問題点とその解決法を明らかにしたものである。これらの成果は学術上、実用上、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。