

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 大月 孝之

生物学的排水処理は、自然の持つ排水の浄化能力を生かしたプロセスとして広く用いられている。その適用範囲は下水をはじめとした生活排水から、様々な工場排水にまで及んでおり、また規模としても数百万人の排水を処理する規模から、小さな工場の排水の処理までさまざまである。この生物学的排水処理の大きな弱点はその制御にある。他分野では様々な高度な制御によってプロセスの信頼性を高め、また無駄が最小化されているのに対し、生物学的排水処理においては、経験的な設計と運転が行われている。その理由としては、微生物の機能がプロセスの中心になっていること、流入する排水が変動を伴っていることなどが挙げられている。本論文は、そのような状況の中で、数学的なモデル、現場運転者の経験則、簡易な物質収支の考え方を組み込んだ制御システムを提案し、その実用化を行った成果をまとめたものである。

本論文は「生物学的排水処理におけるモデル参照型制御システムの実用化研究」と題し、全7章からなる。

第1章「研究の目的」では、本研究の背景、目的、意義を述べている。とりわけ、生物学的排水処理がプロセス制御の観点からどのような特徴を持っており、またどのような困難性があるかを示した上で、本研究の目的を明確化している。

第2章「既往の研究」では、代表的生物学的排水処理である活性汚泥法の理論モデルについて、国際学会で共同で作成されたモデルを中心に示し、一方で運転者の経験を生かしたエキスパートシステムによるモデリングについて既存の研究をレビューしている。さらに、本研究において特に重要な、モデル参照型制御システムについてのこれまでの研究例を考察している。

第3章は「モデル参照型制御システムの開発」である。本章においては、本論文で構築するモデル参照型制御システムの構成について、その詳細と特徴について述べている。本研究では、理論的な数学モデル、経験的に抽出された数学モデル、運転員の経験をエキスパートシステムとして組み込む言語モデル、あいまいな判断要素を加味するファジイモデルを構成要素としている。そして、特性の異なるこれら複数のモデルを、ブラックボードシステムを用いて同時に活用するシステムを開発しており、ここに本研究で提示する制御システムの最大の特徴がある。理論と経験、さらにはあいまいさという、従来は異なった判断基準と考えられてきたものを常に持ち合わせ、状況に応じて最大限に生かす点に本システムの本質がある。本研究では、この制御システムを実際の排水処理システムに実装させている点に特徴があり、実装に当たっての問題点、あるいは考慮点も明らかにしている。

第4章は「し尿処理を対象としたモデル参照型制御システムの構築事例」である。この章では、前章で示した制御システムを実際の高負荷型のし尿処理プロセスの運転に適用した際の事例を述べている。ここでは、99%の除去率を達成するためにきめ細かな制御が要求される脱窒プロセスの管理への適用と、実際の日々の運転管理に必要な負荷制御について扱っている。それぞれの制御対象に対し、どのような制御手法が用いられているかを詳細に示しながらその制御の実際を示している。本章では、制御システムを適用した最終結果を単に示すのではなく、さまざまな制御のパーツをブラックボードを介して動員する本制御システムの内容を明らかにしており、研究として重要な内容である。

第5章は「産業排水処理制御システム構築への理論モデルの活用」である。排水の成分が急激に変化する特徴を持った産業排水に対する本制御システムの有効性を示すのが本章の目的である。この場合には、排水自身のもつ阻害性、難分解性を評価する事がまず重要になる。本研究では、呼吸速度の測定によって、比較的簡易にこれらの排水の分解特性を調べ、その結果を理論的な排水処理モデルに組み込む制御方式を示している。ここで得られている結果は、制御システムの構築事例として重要であるのみならず、排水処理の数学モデルの内容についても示唆を与えるものである。

第4章と第5章で示された事例から、本制御システムは、状況に応じて論理モデル的な要素と経験的な要素を有効に活用していることが示された。本研究のような、より実践的な制御に関する成果は、理論的には必ずしも斬新的なものではないが、これを実プロセスに適用して、そのパフォーマンスを調べた成果は実用化に当たって非常に重要である。

第6章は「開発システムの評価と今後の課題」であり、今回開発したシステムがどのような構成要素からなるかをあらためて評価し、今後本制御システムを発展していく際の課題を明らかにしている。

第7章は「結論」で、研究成果を総括している。

本研究は、経験的にしか運転されてこなかった生物学的排水処理プロセスに対して、理論的な要素と経験的な要素を組み込んだ制御システムを開発し、実用化の見地から評価したものであり、その独創性、有用性、得られた成果には大きなものがある。本論文は環境工学の発展に大きく寄与するものであり、博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。