

環境・生命工学専攻	学籍番号	9 7 9 4 0 1
申請者氏名	武 田 秀 男	

指導教官氏名	北 尾 高 嶺
--------	---------

論 文 要 旨 (博士)

論文題目	生物反応槽制御のための信号解析に関する研究
------	-----------------------

単一槽硝化脱窒処理法は、高い窒素除去率を発揮する優れた処理法である。この単一槽硝化脱窒反応槽（間欠ばっ気方式）での処理は、プロワの間欠運転により、槽内に好気状態と嫌気状態を形成することで、窒素除去が行われる。単一槽で処理を行うため、槽内の好気状態と嫌気状態の時間配分が適切に行なわれないと、時間の干渉による影響を受けやすい。一般に、硝化脱窒反応など生物反応は非線形的であり、無駄時間が多く、時空間局所性や履歴依存性が大きい等の特徴があるため、モデル化やフィードバック制御が困難という欠点がある。さらに、原水の負荷変動に伴い、処理工程時間を変化させるような運転時間の設定が必要となり、柔軟性と安定性が要求される。 $\text{NO}_x\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ などの直接指標によるリアルタイム制御ができれば、適切な制御が容易となるが、まだ実用化されていないため、一般的な単一硝化脱窒反応槽の制御指標としては、DO, ORP, pH等の間接指標が用いられる。したがって、間接指標による、高度な制御の確立が要求される。DO, ORPの信号変曲点（屈曲点）は、微生物による硝化・脱窒反応の転換点を知ることができ、これを演算で検出できれば、より高度な自動化が期待される。

本研究では、間接指標を用いて単一硝化脱窒反応槽のより高度な自動制御を確立することを目的として、実使用中の農業集落排水処理施設（XIVp型）からDO, ORP, pHの信号を採取し、解析用データを得た。得られた解析用データは正規化し、さらにデータ合成処理を行なった。また、現状の単一槽の運転制御手法に関して、熟練オペレータに対するの聴き取り調査を実施した。彼らは、間接指標を基とし、さらに、経験による判断を含めて、総合的な制御に関する判断を行っている。この実態をふまえ、演算によって屈曲点を求めるため、解析用データ（マスター信号）を間接指標より作成した。このマスター信号は槽内の生物反応全ての情報を含んでいると考えられるため、時間一周波数二次元解析法を用い解析した。従来の信号は時間－振幅（エネルギーの大きさ）の形であらわされ、時間一周波数二次元解析法（Wigner分布解析）は周波数帯別の時系列データで形であらわされるため、従来得られなかった特性が得られると考えて、解析を進めた。

Wigner分布解析の結果、DOやORPの特定屈曲点（プロワ制御を掛ける屈曲点）の位置と特定の周波数帯（ $0.900 \times 10^{-3}\text{Hz}$ ）における波形の周期との一致が認められた。さらに、この解析法が有用であることを検証するため、同じマスター信号を基に3種類（各10分間、30分間、60分間の実計測データを採用し、残りは仮想データとする）のシミュレーション解析を行った。また、季節の異なるデータについて同様の解析を行った。両者の解析結果は、ともにWigner分布解析が様々な制御環境の下においても適用できることを示すとともに、Wigner分布解析は特定屈曲点とリアルタイムに追従することより、予測性があることを明らかにした。

Wigner分布解析による反応槽内の信号解析は、単一硝化脱窒反応槽のみならず他の生物反応槽の自動制御の発展につながるものと思われる。