

## 2 槽式間欠曝気活性汚泥法における情報系の構築

津村 和志\*、山本 康次\*\*

\* 京都大学工学部環境地球工学教室 京都市左京区吉田本町

\*\* 大阪府公衆衛生研究所 大阪市東成区中道 1-3

### 概要

活性汚泥法の運転管理では、計測制御系をどのように組むかと同時に、情報系をどのように組むかも重要である。2槽式間欠曝気活性汚泥法は、連続計測機器にもとづく計測制御を前提にするシステムであるが、情報系の構築も有効なように、いくつかの設計上の工夫が成されている。本稿では、装置設計と情報系構築との関係について論じ、また情報系を通じて得られた運転管理上の成果について述べる。

### キーワード

2槽式間欠曝気、活性汚泥法、生物学的栄養塩除去、情報化

## 1 はじめに

近年計測機器や計算機の進歩により、活性汚泥プロセスにおける連続計測が容易になってきた。また通信技術の進歩によって、これら計測結果を遠隔地で見ることが可能になってきている。しかし、連続計測のデータ量は膨大である。ここから有効な情報を抽出する技術の開発が、現在強く求められている。もし、情報の抽出とその運転管理へのフィードバックがないと、多くの場合、計測機器の管理が悪くなり、より情報の抽出が困難になるという悪循環を生じる。

2槽式間欠曝気方式は、活性汚泥に嫌気条件と好気条件を交互に与え、窒素とりんの生物学的な同時除去を行うとする、活性汚泥法の一変法である。プロセスの概念図を図1に示す。前段の槽では生物学的りん除去が行えるような制御を第1の目標とし、余剰の時間で硝化・脱窒を行う。後段槽では、硝化の完了を制御の第1目標とし、それが可能な範囲内で可能な限りの脱窒を行うように制御がなされる。下水は連続で第1槽に供給される。図2に示したように、前段槽では硝化と脱窒とりんの放出が順次起こる。後段槽では硝化と脱窒が起こる。また図1に示したように、初沈はおかず、調整槽をおく。調整槽は機械搅拌とする。

2槽式間欠曝気方式の構造にしたからといって、処理がうまくゆくというわけではない。この方式は、センサーベースの運転制御及び管理を前提としており、求められる制御性能によって異なるものの、センサーが必須である。逆にいうとセンサーからプラントの情報を抽出しやすいうように、プラントの設計がなされている。

## 2 装置設計と情報系の関係

2槽式間欠曝気方式の設計では、計測制御系はできる限り操作が容易に、情報系はできる限り多くの情報が得られるように考えられた。ここでは、情報系と装置設計の関係について述べる。

**非定常操作** 回分式活性汚泥方法を除いて、多くの活性汚泥法では定常運転が前提である。このようなプロセスでは、定常点からのずれは外乱によって引き起こされる。すなわち、反応槽の中に設置されたセンサーは、基本的に外乱を計っていることになり、プロセスの内部状態について計っているわけではない。これに対して間欠曝気方式では、空気量をオン・オフし、活性汚泥のおかれた環境を大きく揺らすため、センサーが内部状態を反映する。具体的には、ORPとDO計によって反応槽内の状態が捉えられる。図1に、ばっ気風量を一定とする運転の場合の、両センサーの典型的な変化の様子を示す。

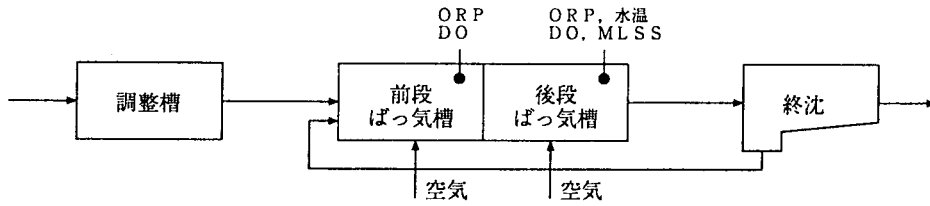


図 1: 2 槽式間欠曝気活性汚泥法のフロー

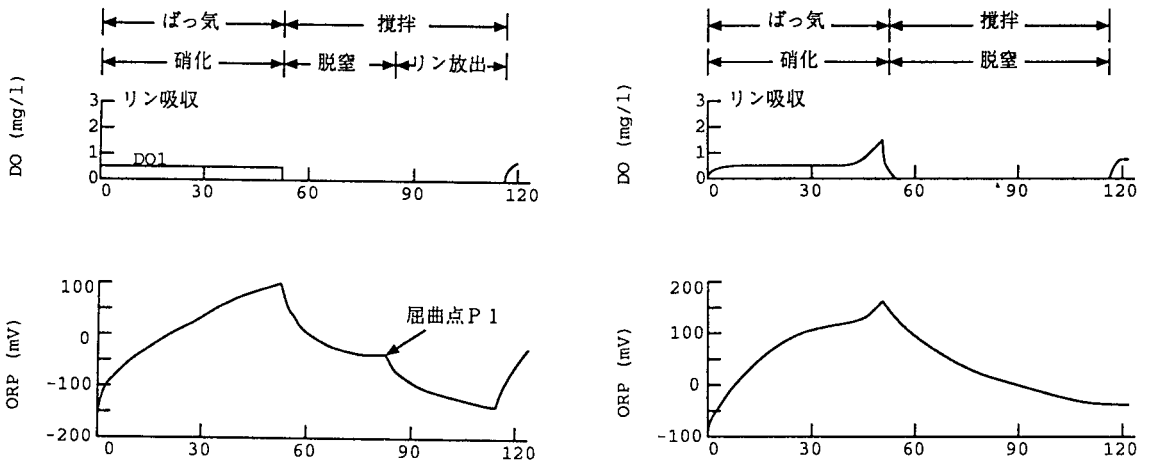


図 2: 2 槽式間欠曝気活性汚泥法時系列変化

前段槽では、ばっ気工程において硝化が進行するが、DO 値はほぼ一定の値の回りを上下する。硝化が終了すると DO が上昇しますが、通常前段部で硝化の終了することはない。ORP は、はじめ急速に上昇するが、次第に上昇速度はゆるやかになる。嫌気工程に入ると ORP は減少をはじめ、脱窒が終了すると図のように低下の速度が速くなり、屈曲点ができる。このあとリンの放出が始まる。ORP と DO の変化をみることで、硝化・脱窒・リン放出に使われた時間が分かる。後段槽も同様であるが、硝化が終了し DO が上昇をはじめるように管理のなされることが多い。センサーからは他にも情報が得られる<sup>1</sup>。

**2 槽化** センサーから情報を抽出するとき、計算機による連続した一貫性のある制御がなされていることが、情報抽出では重要である。制御がなされていないと、センサー情報の解釈が困難になり、運転管理が難しくなる。逆に、制御がなされていると、センサーの変化の解釈が容易になり、より良い制御が実行でき、よりセンサー情報の解釈が容易になるという正の循環が起こる。2 槽式間欠曝気では、槽を 2 つに区分し、各槽の役割を明確にすることによって制御をやすくした。制御方策は、槽容量によって異なる。本論文では、曝気・攪拌をタイマーで切り替える方式と、前段槽の ORP があるレベル以下になると曝気をはじめ、後段槽の DO があるレベルまで上がると曝気を停止する制御方策をとっている。さらに進んだ方策が、佐々木<sup>2</sup>によって報告されている。

**完全混合** 標準活性汚泥法のように流れ方向に分布を持つプロセスでは、DO などの分布を知ることが重要である。しかし、流れ方向の分布を知ることが、現時点ではまず困難である。そのため、窒素・リンの除去というような高度な制御を要求される場合、流れ方向に分布を持つ系統のプロセスは、制御が困難になる。2 槽式間欠曝気方式では前段槽・後段槽とも完全混合になるように設計される。これにより各槽の役割分担を明瞭にでき、センサーもその槽を代表できることから、情報抽出が容易になる。

**調整槽** このシステムではリンに対する有機物の比を大きく保つため、初沈をおかない。また調整槽を設置する。有機物の除去においては、活性汚泥は有機物をまず取り込み、後で利用するという緩衝能を持っている。しかし、栄養塩の除去においては、このような緩衝能力はない。このシステムでは、空間的ではなく、時間的に嫌気好気時間の調整をすることによって柔軟性を持たしているが、流入変動の大きいときや装置容量が小さい時には、調整槽が必要である。Poduskaによると、負荷変動があるとき硝化に必要な槽容量は、アンモニア態窒素の平均負荷に対する最大負荷時の比で大きくすべきであることを示していた。調整槽は通常、流量を均等化するように制御される。しかし、平岡<sup>3</sup>が示すように、このときの負荷均等化の効果は大きくなく、ある程度の流量変動を許容すれば、同一の調整槽容量でより大きな負荷の変動の均等化を図ることができる。ある程度大きなシステムでは、調整槽のより進んだ制御も考慮されるべきである。

以上のような設計思想で、既設の長時間曝気活性汚泥法の3施設が、2槽式間欠曝気活性汚泥法に改修された。ただし、1施設については1槽式の間欠曝気とし2槽式との比較を行った。また、AとC施設は前段部ORPと後段部DOによる制御であるが、B施設では15分刻みのタイマーによる制御であった。

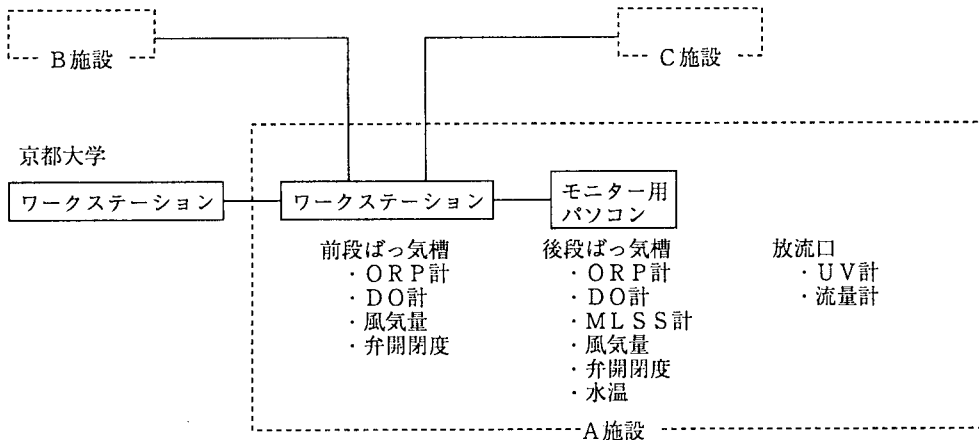


図3: 遠隔データ収集システム

### 3 データ収集システム

間欠曝気方式を採用している3施設について、1分間隔のオンラインデータを遠隔で収集し、管理するための図3のようなシステムを構築した。

1分間隔データは1日分が圧縮され、1日1回夜間にNTT回線を通じて、パソコンによって自動的に転送がなされた。転送は9600bpsのモデムによってなされた。通信のプロトコルは、パソコンを含め多くの機種でサポートされているUUCPを使った。さらに転送されてきたデータを監視するためのツールの開発も行った。

2槽式間欠曝気活性汚泥法では、プロセスの制御は現場のシーケンサが担当するので、常時の遠方監視は必要ない。なにが起きているのかの把握を、1日に1度行えば十分である。今回の管理では、タイマー制御については好気時間と嫌気時間の設定、およびORPとDOにもとづく制御では、好気と嫌気の切り替えの設定値を決め、空気量の設定は現場の自由裁量を許容することにした。その結果得られた処理水質の平均値を表1に示す。

全施設とも、窒素はよくとれている。リンについては、2槽式間欠曝気ですセンサーにもとづく自動制御のなされているA施設では、よくとれている。B施設でリンの除去性能が悪いのは、調整槽が曝気攪拌されており、易分解性の有機物が消費されたためだと考えられる<sup>4</sup>。C施設は1槽式であり、除去にばらつきが生じるのは仕方がないと思われる。

表 1: 間欠曝気方式への改修前と改修後

	A 施設		B 施設		C 施設	
処理人槽	2500 人		1000 人		800 人	
処理方式	2 槽式間欠曝気		2 槽式間欠曝気		1 槽式間欠曝気	
制御方法	自動制御		タイマー制御		自動制御	
処理結果	導入前	導入後	導入前	導入後	導入前	導入後
BOD(mg/l)	4.9	1.4	7.1	4.4	11	4.1
COD(mg/l)	8.7	7.6	8.5	8.4	16.2	8.9
SS(mg/l)	3	2	4	2	13	3
T-N(mg/l)	14.7	1.58	9.15	2.90	23.7	1.62
T-P(mg/l)	1.74	0.66	1.75	1.26	2.03	1.16

#### 4 まとめ

近年、計算機や通信手段の進歩によってオンラインデータの収集・解析が行えるようになってきた。しかし、オンラインデータの量は膨大であり、システム設計の初期の段階で、どのように利用するか、そして利用のためにどのようにシステムを組むべきかを考えておくべきであろう。

本論文は、センサーベースで運転管理のなされる 2 槽式間欠曝気活性汚泥方式において、オンラインデータから活性汚泥の内部状態が推測できるような設計上の工夫を行った。すなわち、非定常操作の導入、2 槽化による機能の明確化、槽内の完全混合状態の確保、そして調整槽の導入である。

そのようなプロセス設計段階での配慮によって、複数の施設をあまり負担なく管理することが可能となった。2 槽式間欠曝気活性汚泥法は、透過性がよく経験と勘をほとんど必要としないシステムである。今後は、ネットワークを通じた、運転管理技術の共有化を実現してゆきたい。

#### 参考文献

- [1] 富士真史. 「オンラインデータのコード化によるプロセス状態判定に関する研究」第 5 回環境システム自動計測制御国内ワークショップ論文集 (1994)
- [2] 佐々木康成ほか. 「DO 及び ORP 屈曲点制御による 2 槽式間欠曝気法の窒素・リン同時除去」第 4 回環境システム自動計測制御国内ワークショップ論文集 pp.194-197. (1992)
- [3] Masakatsu Hiraoka, Osamu Yamamoto, Kazushi Tsumura and Koki Shimizu. "Analysis of Dynamic Response of the Sewage Treatment Plant." Progress in Water Technology. Vol.9. No.5-6. pp.409-413. (1977)
- [4] 橋敏明ほか. 「流量調整槽流出水の性状とその生物学的リン放出に関する基礎的検討」水環境学会誌, Vol.17. No.3. pp.178-186. (1994)