

「ユーザーオープン 水質制御システムの開発」

Open system for wastewater treatment process control

辻本清*, 山村優**, 高嶋英和***, 倉田まゆみ****

*大阪府東部流域下水道事務所	大阪府東大阪市堤本通西2-3-1
**寝屋川南部広域下水道組合川俣処理場	大阪府東大阪市川俣2-1-1
***（株）東芝 関西支社	大阪府大阪市中央区本町4-2-12
****（株）東芝 重電技術研究所	東京都府中市東芝町1

概要

開発対象の川俣処理場のユーザーは、自ら制御システムを構築した実績があり、処理場の制御システムに要求される特有の構造、機能についての構想を得ている。ユーザーの構想とメーカーのシステムの技術の融合を図り、情報処理や制御においてユーザーが必要な箇所に自在に介入できるようなソフトウェア環境と、また安心して介入できる危険分散型のハードウェア環境を持つユーザーオープンな水質制御システムを開発した。実際にユーザーが作成したプログラムも実行され、良好な運用結果を得ている。

キーワード

DO制御, MLSS制御, ユーザーオープン, リアルタイムUNIX, C言語, シミュレーション

1. システム開発の背景（まえがき）

システム開発対象の川俣処理場では、既設の処理系統において、大阪府下水道技術改善対策研究会の協力を得て、処理場職員がパソコンを用いて制御システムを構築し、DO、およびMLSS制御を1987年から順調に稼働させている。その結果、処理場の制御システムに要求される特有の構造、機能についての構想を得ている¹⁾。今回は、新たに構造の異なる処理槽を持つ処理系統が増設されたため、増設分の監視、制御を行うシステムが導入された。そこで、ユーザーの持つ構想とメーカーのシステム技術の融合を図り、ユーザーの運転施策が実現できるシステムの構築を目指した。構築されたシステムはユーザーによって良好に運用され、水質制御も順調に稼働している。開発したシステムの概要と運用結果について報告する。

2. オープン化の目的

水質制御は、制御を構成する機器、センサー、また制御システムのヒューマンインタフェース、制御アルゴリズム等のすべての要素が十分に整備されている必要がある。しかし、処理場では制御の構成要素をすべて良好な状態におくことは困難である。例えば、制御対象の汚水は流入の制限を設けることができないので、制御特性が大きく変化する。また、年々処理水の水質向上の要求も高まっており、新たな機器の追加や、運転方法の変更も要求されるであろう。さらに、制御だけではなく、情報処理に関しても処理場へのニーズや計算機技術の進歩に応じることが要求される。このような複雑な現象やニーズの変化をシステ

表1 ユーザーからのシステムへの要求²⁾

	分類	内容
ソフト	データの取り扱い	OSコマンドやユーザープログラム、他システムから、必要時にはいつでもアクセス可能
	制御	ユーザーが汎用の高級言語で制御プログラムを作成できるツールの用意
		ユーザーによるメーカーの制御プログラムの理解と更新が可能
		計算機を停止せずに制御プログラムの更新可能 自動、手動の簡単な切り替え可能
ハード	システム構成	制御系は、水平、垂直にハード的に分散され、自動、手動の切り替えがハード的にも可能 一部停電、施設停止時に制御は停止しても、連続計測可能

ム納入時に予測することは難しい。そこで、ユーザー自身で必要に応じたシステムの変更が行え、常に処理場へのニーズを満たすような制御システムとするため、システムのオープン化を図った。

しかし、必要以上のオープン化はユーザーの負担となる。運転管理に係わる部分へ安心して介入できるようにすることが望ましい。表1にユーザーから要求されるオープンな機能や構造を記す。今回はこの要求を生かし、ユーザーが情報処理や制御を自在に操れるようなソフトウェア環境と、介入に伴う危険がプラントに及ばないようなハードウェア環境を整えた。

3. 対象機場

川俣処理場の概要は表2のとおりである。1991年4月に4,5系列が増設され処理能力が増した。しかし、既設の1,2,3系列とは異なる構造の曝気槽、沈澱池をもつため、新システムの制御対象の4,5系列プロセスは、既設1,2,3系列プロセスと制御特性が異なる。今回は曝気風量、返送汚泥量、余剰汚泥を制御プログラムを用いて制御する。

4. システム構成

川俣処理場の増設分の監視制御システムの構成図を図1に示す。ユーザーが安心して制御に介入できるように、制御系の水平、垂直の分散化、計測系の信頼性の強化を図り、誤った入力があっても、機器の破損等のプラントへの悪影響が及ばないような危険回避策を施した。制御系の構成は水平には、プラントの監視や風量、汚泥量を手動で設定された量や率一定に保つ制御を行う中央監視操作作用計算機と、プログラムによって状況に応じ風量、汚泥量を変化させる水質制御を行う制御用計算機と、オフラインでデータ処理やプログラム作成を行う情報処理用計算機を分散させて、制御用LANに接続した。これにより、ユーザーが制御用、情報処理用の計算機に介入し支障が生じてても、プラントの運転は中央監視操作作用計算機にて続行可能となった。垂直には3層構成で、中位のコントローラは2重化し、計測の信頼性も高めるとともに、上位の制御系に支障があったり、制御上異常な目標値が入力された時も前回値を用いて自動運転を継続可能とした。このような危険回避策を施したため、ユーザーは、上位制御系の制御用、情報処理用の計算機を自由に活用している。上位計算機はすべてOSがリアルタイムUNIXの32ビット小型産業用計算機である。

表2 対象機場概要

項目	内容	
所在地	大阪府東大阪市	
処理人口	110万人	
汚水排除法	合流式(一部分流式)	
2次処理方法	活性汚泥法(スラッジイフレーション)	
	既設	増設(1991.4~)
系統名	1, 2, 3系	4, 5系
処理能力	17万m ³	10万m ³
曝気槽	標準(深さ5m)	深層(深さ10m)
ポスト曝気槽	なし	あり
最終沈澱池	1階式(深さ3m)	3階式(深さ9m)

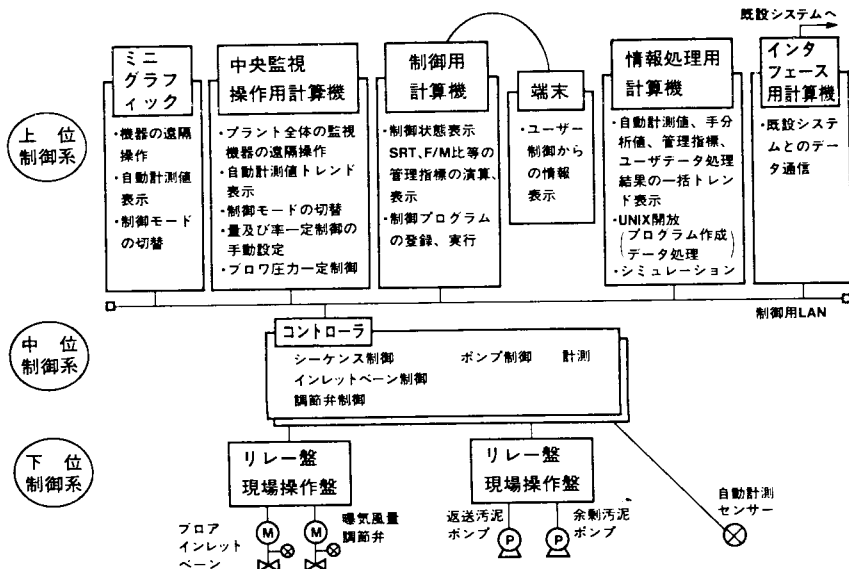


図1 システム構成

5. システムの機能と運用結果

5.1 情報処理環境のオープン化

処理場への要求は、排水の排除から処理水質の向上へと年々高度に変化している。また、計算機技術の進歩も早い。そのため、ユーザー自身で自由にデータが取り扱え、状況の応じた情報処理が行えることが重要である。システムが取り扱うデータには、自動計測値、制御結果、SRTやF/M比等の管理指標、手分析値、機器の故障や制御モード等のDI信号がある。今回のシステムの情報処理用計算機では、OSのリアルタイムUNIXを開放し、OSコマンドや高級言語であるC言語のプログラムで、ユーザーが自由にシステム内のすべてのデータへアクセス可能となっている。また、データ処理の基本的関数はC言語でメーカーが作成し、ソースプログラムでユーザーに提供された。さらに、ユーザーがデータ処理した結果を容易に視覚的に確認できるように、ユーザーが作成した時系列データも、簡単な操作でメーカー提供のトレンドグラフ表示画面に、前記のデータと一緒に表示可能としている。これらデータへのアクセス方法が標準的で自由に行え、データ処理結果も簡単に確認できるため、情報処理方法をユーザー自身で現状にあうように一部改良している。

また、新システムが導入されても、ユーザーノウハウが詰まったソフトウェア財産が継承できることも重要である。そこで、インターフェース用計算機で、既設システムから自由に新システムのデータにアクセスが可能になっている。ユーザーはデータを既設システムに取り込み、ユーザー自身が長年にわたって作成したBASICプログラムをそのままの形で用いデータ解析を行っている。

5.2 ユーザーによる制御プログラムの作成、実行

処理場の水質制御は、処理場特有の制御特性変化や運転形態に適合する必要がある。流入流量の経年的な増加、および季節や降雨による制御特性の変化や、ポンプ、センサーの点検、修理といった維持管理作業を考慮した制御でなければならない。従って、処理場の運転ノウハウが豊富なユーザーの意志ができるだけ直接的に制御システムに伝わることを望ましい。そこで、今回のシステムでは、ユーザーがC言語で制御プログラムを作成し実行できる環境を整えた。実際に二人のユーザーによって2本の余剰汚泥制御プログラムが作成され、良好な運転を継続している。ユーザーによる制御プログラム作成経過を簡単に記す。始めに、情報処理用計算機で、メーカーが提供したサンプルプログラムから余剰汚泥量目標値の演算部分だけを変更し、制御プログラムを完成させた。オンライン

で実行する前に、シミュレーション機能で過去のデータを用いて制御応答を確認した。制御用計算機での実行には、実際にプラントへの出力を行う"実行状態"と、演算結果をCRTに表示するだけの"アイドル状態"の2種類が設けられている。ユーザーは、まず"アイドル状態"で最終的な動作の確認を行い、その後、"実行状態"に移し実際のプラントの自動制御運転を開始した。

制御用計算機には、曝気風量、返送汚泥量、余剰汚泥量の制御プログラムがそれぞれ6本ずつ登録可能で、ユーザーは登録されているプログラムを適宜選択し実行することができる。登録制御の一覧を表3に示す。

表3 登録制御一覧

対象	名称	作成	概要
曝気風量	DO一定	メ-カ	降雨初期等のDO低下時には割り込みで補正量を加算するPIFB制御
返送汚泥	汚泥性状適応 返送率	メ-カ	返送率 $> \frac{1}{10^6 \cdot \text{MLSS} \times \text{SVI} - 1}$ を基本式とし、流入流量の急変化には、返送量を緩やかに変化させる制御
余剰汚泥	MLSS一定(1)	ユーザ -	流入負荷からNサイクル後に目標に達するようなFF制御+数時間毎に実測値でFB補正 ³⁾
	MLSS一定(1)	ユーザ -	曝気槽の汚泥収支に基づいたFF制御+数時間毎に実測値でFB補正 ³⁾
	TS一定(1)	メ-カ	流入負荷からモデルを用いてTSを計算し、MLSS目標値から変換されたTS目標値によるPIFB制御

5. 3 制御結果

図2に制御結果を示す。エアタン流入流量は不定期に頻繁に変化し、流入SSは降雨で大きく変化した。DO、MLSSともにユーザーの目標の範囲に維持できた。曝気風量はメーカー作成のDO一定制御プログラムで制御している。DOが雨天後期に上昇してしまうのは、散気板の目詰まり防止のため、一定値以下の風量は出力しない運転を行ったためである。その期間を除き、目標値から±0.5mg/l以内で制御でき、目標値の変更も速やかに行われた。一方、汚泥量は、返送汚泥量はメーカー作成の汚泥性状適応返送率制御が、余剰汚泥量はユーザー作成のMLSS制御(1)が実施された。返送汚泥制御で、流入負荷が増加すると返送汚泥量を増加させ、沈澱池の汚泥の堆積や流出を防止し、余剰汚泥量の制御でMLSSをF/M比を考慮して設定された目標に保持している。MLSSは、流入負荷変動や目標値の変更があっても、目標値から±300mg/l以内で制御された。

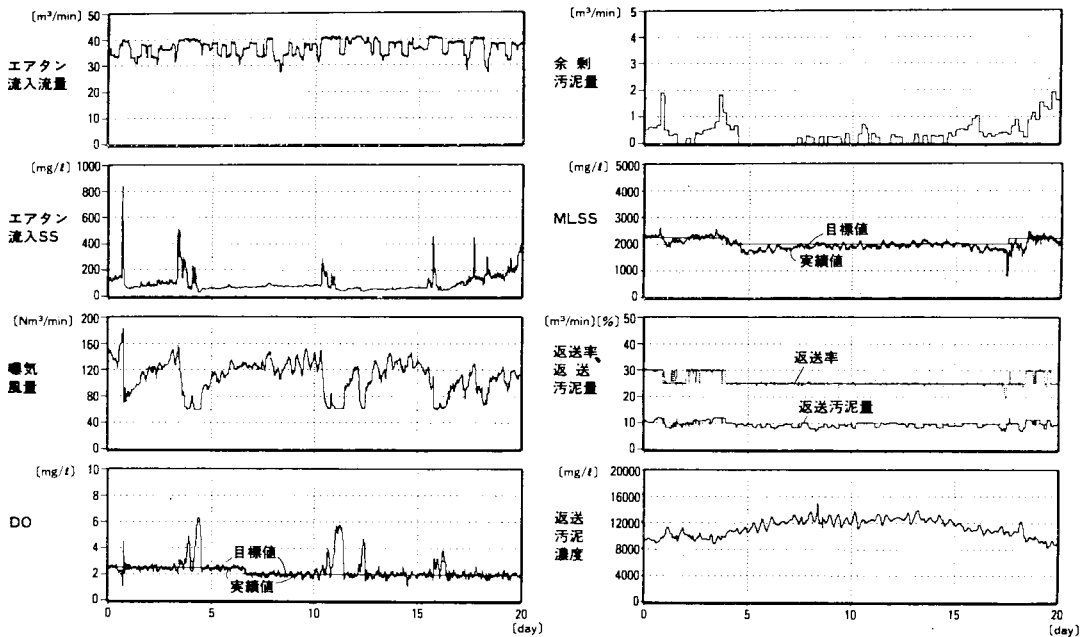


図2 制御結果

6. あとがき

近年、放流水の水質向上が求められ、そのため水質制御の安定運用を図るべく、制御用計算機を事務机にあるパソコンと同じように、思い通りに使いこなしたいというユーザーからの要望がある⁴⁾⁵⁾。今回のシステムの開発は、上記のニーズへの回答の一步と考える。構造の異なる増設の処理プロセスに、既設とは異なる計算機や構成の制御システムを構築したが、ユーザーの思い通りの運転が行えるようなユーザーオープンなシステムが実現できたため、良好な運転が継続されている。

ユーザー、メーカーの良好な協力関係が本システムの開発を助けた。今後も良好な関係を保ち、現場において使いやすく、そしてさらに高機能なシステムの開発に励みたい。

7. 参考文献

- 1) 山村(1991)自律分散機能を取り入れた下水処理場の運転管理システム, 計装, Vol. 34, No. 5, pp. 44-49
- 2) 下水道技術改善対策研究会提出資料(1989)
- 3) 山村ら(1988)大規模下水処理場における余剰汚泥引抜き量を操作変数としたMLSS制御, 第25回下水道研究発表会講演集, pp. 602-604
- 4) 内田(1991)下水道の計装とその評価論, 水道公論, Vol. 23, No. 3, pp. 92-100
- 5) 増田(1991)システムとしての監視制御のあり方, 月刊下水道, Vol. 14, No. 8, pp. 29-32