

DO制御系の導入とその周辺技術

島田敬三^{*}、西川俊光^{**}、高羽巨^{*}、平岡正勝^{***}

* 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5-1-1

** 大阪府東部流域下水道事務所施設課
大阪府門真市新橋町14-14

*** 京都大学工学部衛生工学教室
京都府京都市左京区吉田本町

概要

近年計算機の低廉化によって下水処理場に計算機が導入されつつあるが、現状では事務用やデータロガーとしては利用されているものの、制御用として計算機が実用化されている例は少ない。計算機制御の実用化の障壁は制御方法にあるのではなく、制御と制御の導入される環境がうまく協調されていないことによる場合が多い。

制御の入口である計測値の処理については、すべて画一的に処理するのではなく、システムにおいて計測値の持つ意味を十分理解し、各々個別に処理方法を準備すべきである。また、下水処理場は各プロセスが互いに影響を及ぼしあっており、制御対象プロセス以外の制約が生じる場合がある。このため、制御系は対象プロセスだけでなく、下水処理場全体を監視できるように構成する必要がある。さらに計算機制御とオペレーターとの関係は重要である。計算機制御がオペレーターの意に沿わないものであれば、導入は失敗といえる。

本報告では、下水処理場でDO制御を導入するにあたっての基本的な考え方と環境と協調するための実例について紹介する。

キーワード

下水処理場 計算機制御 DO制御 フィードバック制御 インターフェイス

1. 基本方針

DO制御系を導入するにあたっての基本的な考え方は、導入先のシステムをよく理解し調和を図るということである。制御系は下水処理場というシステムの一部にすぎず、制御の都合がシステムに優先されてはならない。また、制御を実行する上で周辺のシステムからのさまざまな制約が生じる場合がある。これらの解決方法はシステムの特性を配慮したものでなければならない。さらに、制御の導入以前にはオペレーターは手動ではあるが、処理場のさまざまな情報をもとに運転方策、操作手順等を判断しており、制御が導入されたことによって運転が困難になったり、操作が煩雑になることは避けなければならない。また、制御がブラックボックスの中で実行されるのではなく、オペレーターにとって実行の状況が容易に理解でき、オペレーターの要求を受け入れる柔軟性が必要である。

2. 制御系の構成

本処理場は処理能力171000m³/日の合流式下水処理場である。曝気槽は3系列6池より構成され、各池の出口にはDO計が設置されている。空気関係の設備では、ターボブロワ6台、風量調節弁12台(2台/池)が設置されている。処理場内の主な計測器の信号は、計測用計算機によって収集され、ローカルエリアネットワーク(LAN)を介して他の制御用計算機等に提供されている。¹⁾

図-1にDO一定制御およびブロワ制御の構成を示す。

DO一定制御では、DO計測値と設定風量から目標DOに収束させるためのPI計算が実施される。設定風量は5分おきに出力され、調節計によって風量のコントロールが行なわれる。設定風量には下限値を設け、曝気槽内での旋回流を確保した。

ブロワの制御では、風量調節弁の風量の合計からブロワ所要風量を算出する総風量制御方式と、吐出圧を制御する圧力制御方式が考えられるが、DO一定制御とロジック的に分離するために圧力制御方式を採用した。ブロワに要求される風量は集合管圧力、各ブロワ風量の合計からPI計算によって算出される。そして個々のブロワに風量を割当て、吸込弁の制御を実施する。また必要に応じて台数の変更を行う。

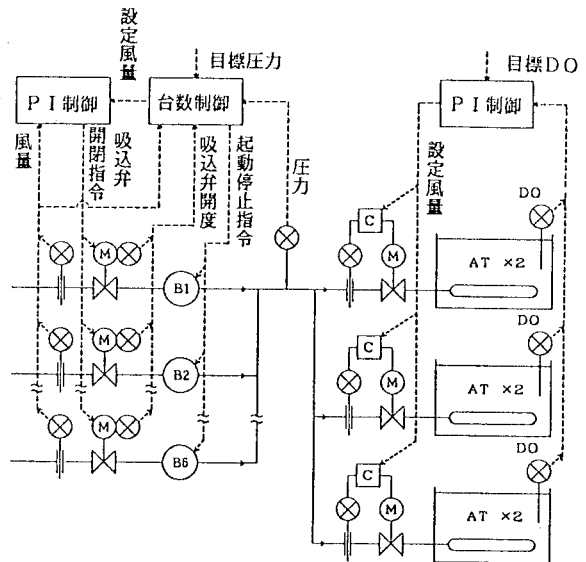


図-1 制御系の構成図

3. 周辺技術

3.1 計測値の処理

データロガーのように単に計測だけを実施している場合と制御に用いられる場合とでは、計測値の処理方法は異なる。無効データの判定は上下限チェックだけでなく、計測値の持つ意味を反映したものでなくてはならない。

例えば、ブロワは過度の吸込弁の絞り運転を防止するため通常は100Nm³/min以上の風量で運転されている。50Nm³/minという値は起動停止時の過渡期には生じるが、運転中には起こり得ない。このように過渡期には正常であるが、定常運転時には無効として取り扱う場合がある。

また、ブロワの吸込弁開度がゼロで風量が発生しているようなことは、現実には起こり得ない。このような場合はどちらかが故障または校正中であって、処理としては無効データとして扱うべきものである。一つの計測項目を見るかぎりは正常であっても、複数の項目を総合すると無効として処理する場合である。計測のみを行う場合よりもより厳しい条件が科せられる。

反対に条件が緩和され、無効データであっても制御が継続できる例を紹介する。本処理場では曝気槽の同系列の2池のDO計は動作が類似しており、センサーの洗浄等の短期間の無効データの場合は、他方の池のDO計の値を参考に制御しても支障はきたさない。このような特性から、一方が無効の場合は他方のDO計で制御し、両方が無効の時は現状維持としている。もちろん計算機の画面には計測異常の状況が表示され、オペレーターに注意を促す。オペレーターは制御の継続が危ぶまれる時には、風量倍率や定風量のような他の運転方策を講じることになる。

計測値はシステムの状態を表現するものである。以上のように、計測値をすべて画一的に処理するのではなく、システムの立場から計測値は処理されるべきであり、きめ細かく計測値の吟味さらに無効時の対処方法について準備すべきであろう。そのためにも計測制御する対象をより深く理解することが重要である。

3.2 システムの監視

実際に稼働している処理場では、制御しようとする対象プロセス以外にもさまざまなプロセスが稼働しており、互いに影響を及ぼしあっている。制御系は対象プロセスを制御することはもちろんであるが、自分がシステムの一部であることを念頭におく必要がある。システムの状態によって制御系に対して制限が加わる場合にはこれに従わなければならない。このため、制御系は対象プロセスだけでなく処理場全体を監視できるように構成する必要がある。

例として契約電力によるブロワの台数制限について紹介する。ブロワ制御は基本的には曝気槽が要求する風量を複数台のブロワに割当て、個々のブロワ風量を制御し、必要に応じて台数を変更するものである。しかし、ブロワは要求風量に応じて無制限に台数を増加できるわけではない。契約電力は通常最大需要電力をもとに設定されているが、一時的な負荷の競合等運転状況によっては超過する危険もある。すなわちブロワ制御は使用電力量をチェックして台数変更の可否を決定する必要がある。

また、本処理場は合流式であるので、初期降雨時には管内の掃流作用によって多量の汚濁負荷が曝気槽に流入する場合がある。本処理場のDO計は曝気槽の出口に設置されているので、DOのフィードバック制御ではこのような負荷の急変には対応が遅れが生じる。しかし、流入負荷を監視することによってフィードフォワード的に対応することが可能となる。以上のように、制御対象ループだけでなく処理場全体を監視できるように構成すれば、より高度な制御性を得ることが可能となり、制御系の柔軟性が広がる。

3.3 オペレーターとの協調

さらに重要なことは、制御系とオペレーターの関係である。下水処理場の目的は水質の浄化であってDO制御ではない。制御は水質浄化の手段にすぎない。オペレーターは水質浄化を目的にさまざまな運転方策を講じ、その一つの手段としてDO制御を用いるのである。前述のように制御系は周辺環境によってさまざまな制約を受けており、高度な判断を要求される場合がある。すなわち制御系はオペレーターを廃するのではなく、オペレーターの運転を支援する手足として位置付けられる。このような関係から制御系はオペレーターに最大限の情報を提供すると同時に、オペレーターの要求を容易に受け入れる柔軟性が必要である。

オペレーターに提供する情報としては、計測値、設定値はもちろん制御の計算過程等も表示することによって、制御ロジックを理解している者であれば容易にその妥当性を判断できるようにしなければならない。画面表示の例を図-2に示す。個々のブロワの現在の運転状況以外にも、目標圧力を維持するために計算された風量、電力使用状況、外乱となる流入水量の経過が表示されている。また、制御結果等はファイルに保存され、制御性の検討や異常時の問題解決の資料に用いることができる。²⁾

制御情報		ブロワの制御		1989年 5月 2日 9時58分		
優先順位	ブロワ号機	運転モード	計測風量	バルブ開度	設定風量	
1	5	調節風量	121.61	86.45	122.91	
2	2	最大風量	153.66	317.09	220.00	
3	4	最大風量	159.80	402.58	220.00	
4	3	停止	0.00	0.61	0.00	
0	1	停止	0.00	0.24	0.00	
0	6	停止	0.00	0.00	0.00	
ブロワ諸情報		今回の設定値	5分前の 平均値	10分前の 平均値	15分前の 平均値	20分前の 平均値
送風管圧力		5.60	5.44	5.45	5.52	5.45
総送風量		443.42	438.17	431.63	423.92	425.55
調節ブロワの送風量		122.91	117.66	112.36	110.46	107.27
固定ブロワの送風量		320.51	320.51	319.27	313.46	318.28
送風量の補正量		5.25	7.46	0.08	4.28	3.71
使用電力量		-	2756.09	2713.89	2748.69	2772.17
流入水量		-	116.53	115.90	115.57	115.70
現在の送風管圧力		5.522				

図-2 ブロワ制御表示画面

オペレーターの制御系への介入方法について以下に述べる。まずハードウェア上では緊急のオペレーターの操作を確保するために、自動、手動モードを選択するスイッチを設ける。このスイッチは一括して選択するものと、個々のループごとに選択するものとに階層化させている。これによってオペレーターは、計算機異常のように全ループに関する異常はメインの選択スイッチで、DO計の故障

のような一部のループのみの異常の時は該当するループの選択スイッチを用いて、手動モードに変更することができる。

第二のオペレーターの操作方法としては、制御用計算機に対して諸条件等を変更することである。オペレーターは制御方法、制御目標値等を画面と対話式に変更することができる。例えば複数台数のブロワの運転する優先順位、最大使用台数等はオペレーターが設定変更を実施する。さらに制御ロジックを把握しているオペレーターは、制御のPI定数等を変更して制御性の改善を実施することもできる。

その他、オペレーターが常時計算機に注意をはらう労力を軽減するために、タイマ回路によって計算機の作動状態を監視し、計算機異常の時は自動的に操作端の状態を現状維持とする機能を持たせた。またブロワの起動停止を予告する時や、設定値と計測値の偏差が増大した時のような特にオペレーターの注意を喚起する必要がある場合には、画面と同時にパネル上にもランプ表示、ブザー鳴動などの処置をとった。

以上のような細やかな配慮を施すことによって、オペレーターにとっては制御系を意図する運転方策を実現する手足として使用することが可能となった。

4. 実験結果

図-3はDO制御系の導入前後のデータである。手動運転時は1986年度、自動制御時は1988年度である。手動運転時のDOは激しく変動しているのに対し、自動制御時のそれはほぼ目標値に制御されていることがわかる。自動制御時のDOにピークが生じているのは、降雨による簡易処理のため流入負荷が急変する場合である。以上のように制御性の改善の余地は残されているが、制御導入先のシステムと協調を図ることによって、長期間安定した制御が可能となった。

5. まとめ

下水処理場の基本的な運転指標であるDOの一定制御とブロワの自動制御の導入を実施した。導入に際しては、制御系も下水処理場システムの一部であるという立場から、オペレーターも含めた周辺の環境と制御系との協調性について配慮した。

自動制御の導入によって操作頻度の変化等、機器に及ぼす影響については検討中であるが、長期にわたるDO・ブロワ制御が可能であることが実証された。

本研究を実施するにあたり、実験中色々とお指導を頂いた京都大学の津村氏はじめ大阪府下水道技術改善対策研究会の下水汚泥の処理処分対策研究専門部会の関係諸氏に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 金谷利憲、東野朝男(1988)「パソコンを利用した下水処理場の計装システム」
第25回下水道研究発表会講演集 P581~P583
- 2) 山村優、島田敬三、二階堂朝夫(1989)「既設下水処理場における計算機システムの活用」
第26回下水道研究発表会講演集 P705~P707

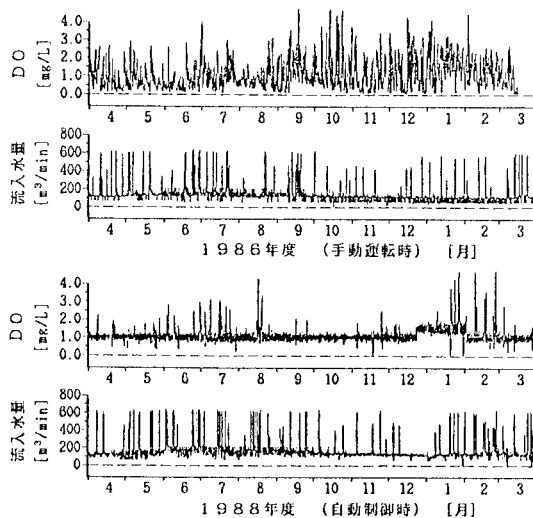


図-3 時系列データ