

〔 8 〕 汚泥界面計の諸問題とその解決

(株)日立製作所 那珂工場 ○福永正雄
 " " 生産技術研究所 小田島建司
 " " 日立研究所 平山健

はじめに

下水処理場における汚泥管理の一手段として汚泥界面計が実用化され、沈澱槽内の汚泥の引き抜き制御や汚泥の沈澱状態の監視に効果を上げている。一方下水処理場の運転・制御の自動化が進むにつれて、そこで用いられる検出端にはより高い信頼性が要求されつつある。ここでは汚泥界面計をそのような制御用の検出端としてとらえた場合の問題点について考察し、その解決方法を提案するとともに、そのうちのいくつかについて確認した実験結果を報告する。

1. 汚泥界面計の原理

水と汚泥層との境界面では汚泥濃度が大きく変化する。その中間のある濃度を示す深度を汚泥界面と定義し、濃度検出器が汚泥界面を追従するようにサーボ系を構成すれば、系が平衡した状態では濃度検出器の深度が汚泥界面の深度を表わす。これが汚泥界面計の原理である。

これを用いれば汚泥界面の連続測定が可能になり、更に濃度信号と深度信号を独立に出力する構成にすれば濃度分布特性も得られ、その測定例が報告されている⁽¹⁾。汚泥濃度の測定法としては超音波式、電極式、光学式等各種の方式が発表されているが、汚泥界面計には超音波式が多用されている。

図1 にサーボ系の制御にマイクロプロセッサを、濃度測定に超音波方式を、それぞれ応用した汚泥界面計の基本構成を示す。

マイクロプロセッサを採用した目的はサーボ系の制御に自由度を持たせることによって泥泥界面測定や濃度分布測定に必要なシーケンス制御を行うだけでなく、後述するような自動校正や自動洗浄にも対応するためである。更に、その信号処理の特長を活かして外乱の影響の除去や、異常時の出力信号保持等の機能も併せて実現することをねらっている。

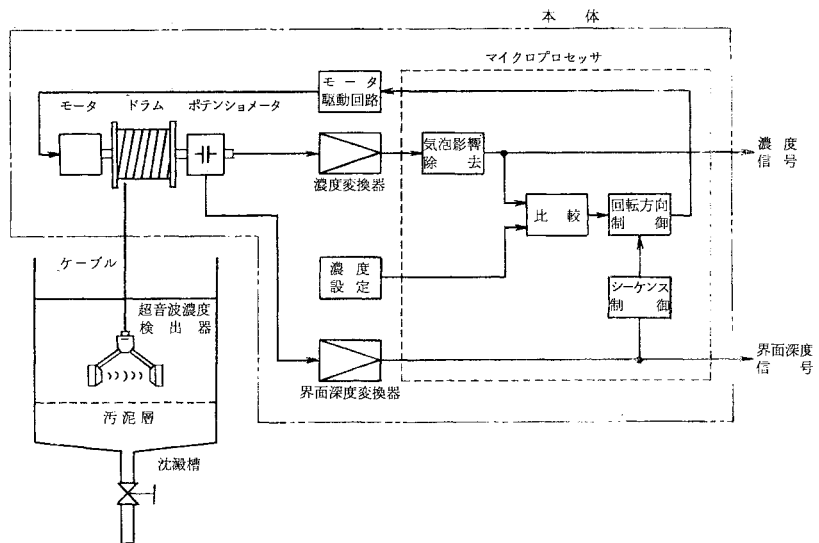


図1 マイクロプロセッサを用いた汚泥界面計の基本構成

2. 適用上の諸問題

汚泥界面計の実用化によって従来人手または経験的な判断で行われていた汚泥計測が自動化され、それによってより高度な汚泥管理が可能になった。しかし、それを制御系に適用する場合いくつかの制約条件があり、必ずしも十分な性能が得られない場合があった。以下ではそれらのいくつかの制約条件のうち、次の3点を解決することを考察の対象とする。

(1) 気泡・固形物による外乱

設置条件の制約上、処理水の流入部付近に設置せざるを得ない場合、汚泥かき寄せ機の作動時、そして汚泥引き抜き動作の後などではそれによって槽内に気泡や浮遊固形物が発生することがある。その結果、濃度測定値が変動し、汚泥界面計の動作が不安定になる。

(2) 検出器への付着物によるドリフト

汚泥界面の検出はその点の濃度を測定することによって行う。濃度検出器の表面に汚泥が付着すると濃度測定に誤差を生じ、検出しようとする汚泥界面の濃度が変化する結果、界面の測定値にもドリフトを生ずる。

(3) 可動接触部の信頼性

汚泥界面計の設置場所では直射日光による高い環境温度、処理水の気化による高い湿度、塩素等の腐蝕性ガスによる腐蝕等、測定器の信頼性を低下させる要因が多い。このような環境では可動接触部が測定器全体の信頼性を低下させることが経験的に知られており、その改善が必要である。

3. 問題の解決についての考察と検討

3.1 気泡・固形物による外乱の除去

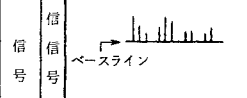
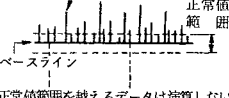
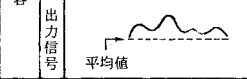
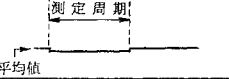
超音波減衰式の濃度測定法は他の方式に比べて多くの利点がある反面、気泡による影響が大きい欠点を有する。しかしマイクロプロセッサを用いた信号処理を行うことにより間欠的に混入する気泡であれば除去できる。表1に従来の方式と対比させてその原理を示す。

気泡が超音波の伝搬路を通過する際には減衰率が急変するので、濃度変換部からの信号には表1のようなパルス状の信号が含まれる。それを一定間隔でサンプリングし、ベースライン値と比較して正常なデータであるか否かを判定する。サンプリングデータ数が規定の数に達するまでの時間を一測定周期とし、その中で得られた正常データのみ

の平均値を濃度出力とする。この処理を行うと、一測定周期の間に気泡の影響を含まない正常なデータがいくつかあれば、その影響を除くことができる。図2はその実験結果である。

気泡はエアポンプで $30\text{ml}/\text{min}$ のエアを供給し、内径 8mm のパイプから吐出させて超音波の伝搬路を通過させた。測定周期は 2.5sec 、サンプリング周期は 0.1sec とし、サンプリングデータの正常・異常の判定限界は $\pm 2\% \text{FS}$ である。

表1 気泡影響の改善方法

方式	アナログ時定数回路	マイクロプロセッサのデータ処理
信号処理	 <p>ベースライン</p>	 <p>気泡によるピーク 正常値範囲 正常値範囲を超えるデータは換算しない</p>
演算内容	同上	正常値のみ演算
出力信号	 <p>平均値</p>	 <p>測定周期 平均値</p>
気泡の影響	基本的には避けられないが、時定数間欠的な混入であれば殆んど影響を数値を大きくすれば多少改善できる受けにくい。	

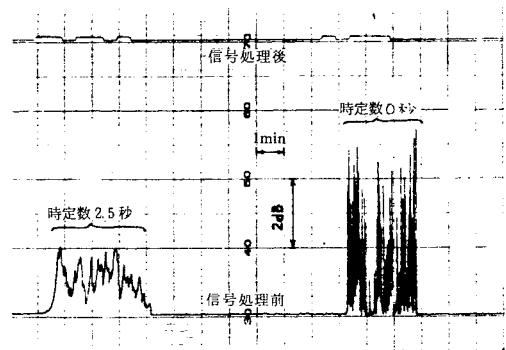


図2 エアポンプの気泡による影響

信号処理前の信号は大きく変動し、従来のアナログ時定数回路（時定数 2.5 sec）を通した場合でも全体に指示が持ち上がり、あまり改善されない。これに対して本方式で信号処理を行った後の出力は殆んど影響を受けず、本方式が有効ことがわかる。なお測定周期を 1/10, 1/100 に選んだ場合についても同様の実験を行ったが、上記の場合に比べて効果は低下した。その原因は気泡の通過時間がサンプリング間隔に比べて大きくなり、ベースラインに対するデータの異常値の判定が困難になるためである。また測定周期の上限は応答性によって決まる。

図 3 はエアレーションタンクでの測定例であり、信号処理前の濃度信号はエアレーションの過程で生じた気泡の影響が著しいが、信号処理後は安定な指示が得られている。

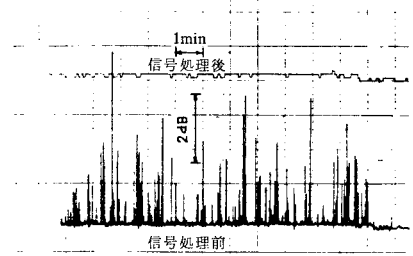


図 3 エアレーションタンクでの濃度測定例

4. 2 検出器への付着物によるドリフト

濃度検出器を長期間水中に浸漬しておくで検出器に汚泥が付着し、濃度測定値の零点がドリフトする。図 4 はその実測例である。

実際には濃度測定部のドリフトがそのまま界面深度のドリフトとはならず、界面の濃度勾配にも依存するが、長期間の運転ではそれを無視することができない。濃度測定値のドリフト量と検出器表面へのスライム付着量との間に相関があることは経験的に知られている

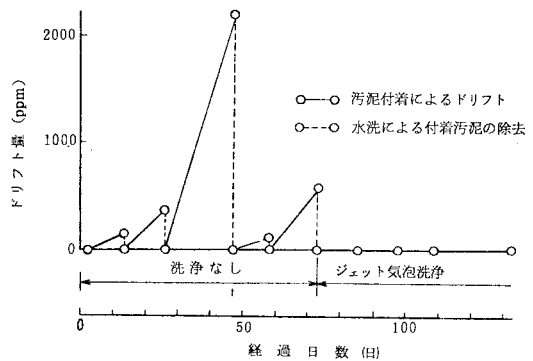


図 4 汚泥付着による濃度測定値のドリフト

が、擬似スライム（デンプン 90wt%，カオリン 10wt% の混合物）を用いて行った実験でも、両者は約 110 ppm/mg の関係でほぼ比例することを確認した。これはスライムの除去率を上げればそれに比例したドリフト量の改善が期待できることを意味する。更に次のことも実験的に確認した。

- (1) 濃度検出器の浸漬場所が汚泥部でも上澄部でもスライム付着速度は大差ない。
- (2) 濃度測定のための超音波送受信の有・無はスライム付着速度に影響しない。
- (3) 検出器に付着したスライムは簡単な水洗によって除くことができるが、時間と共にスライム付着速度が上昇する。その場合、検出器表面を十分に洗浄するとスライム付着速度は最初の低い値に戻る。

スライム生成のプロセスは最初固体表面に付着した微生物が粘着性物質を生成し、それがバインダーとして作用する結果懸濁物質の付着が進むとされているが、(3) の実験結果から簡単な水洗程度では粘着性物質まで除くことはできないものと推定される。

このようなスライムの付着による測定値のドリフトの問題を解決する方法には次の 2 つの考え方があ

- (1) 検出器に付着したスライムを積極的に除去する方法
- (2) スライムは除去せずに、電氣的にドリフト量を補正する方法

まず (1) の具体的な方法として、表 2 に示す 4 つの方法を比較・検討した。表 2 からわかるとおり、スライム除去率はジェット気泡洗浄法が最も高く、また自動化も比較的容易にできることから最も実用性が高い。これを用いて粘着性の強いスライムが付着する前（沈澱槽浸漬時間 3600 時間以内）に洗浄すればスライムの除去は可能で、洗浄後のスライム量は実用上問題のない 0.1 mg/cm^2 以下にできる。図 4 はその確認結果であり、ドリフトの防止に有効であることがわかる。

次に(2)はいわゆる自動零点校正である。自動零点校正を行うためには汚泥濃度が零(清水状態)となる安定な基準状態が必要になる。沈澱槽に設置した状態で理想的な清水状態を得ることは困難であるが、外乱のない沈澱槽上澄部の水面付近はほぼこれに近いことが経験的に知られており、それを裏づける濃度分布測定例も報告されている⁽¹⁾。

具体的には一定期間毎に測定を中断して濃度検出器を水面付近の上澄層まで移動させ、その時の濃度出力が零になるように電気的な補正を加えればよい。

その間界面深度の出力はホールドしておく。図6はその動作フローチャートである。このような自動零点校正の機能もマイクロプロセッサを用いて演算制御すれば比較的簡単に実現できる。

4.3 可動部の信頼性の向上

界面深度を電気信号に変換する手段として、従来すべり抵抗式のポテンシオメータが利用されていたが、非接触式の静電式ポテンシオメータが工業計器にも実用化されたので、それを採用した⁽⁴⁾。また濃度検出器と本体との間の電気的な接続は、接続ケーブルの構造を工夫して直接接続する構造にし及可動接触部をなくした。

5. まとめ

汚泥界面計を制御用検出端として使用する場合の3つの問題点について考察し、その解決法を検討した。それらを要約すれば次の通りである。

- (1) マイクロプロセッサを用いて間欠的に混入する気泡・固形物の影響を除去する信号処理法を提示し、その有効性を実験的に確認した。
- (2) 濃度測定値の零点ドリフトの原因が検出器表面に付着するスライムであることを明らかにし、その解決手段としてジェット気泡洗浄が最も有効であることを実験的に確認した。また電気的な自動零点校正の可能性を提示し、マイクロプロセッサを用いた信号処理法を明らかにした。

これらの内容が下水処理場における汚泥管理の自動化推進の一助となれば幸いである。

表2 各種汚泥洗浄方式の比較

洗浄方式	スライム量(mg/cm ²)		スライム除去率(%)	試験条件
	洗浄前	洗浄後		
水洗法		0.52	77	洗浄時間 2分 注射水量 噴射速度 5~6m/s 水と汚泥
超音波洗浄法	2.3	0.72	69	洗浄時間 2分 超音波出力 41KHz 35W
電解洗浄法		0.26	89	洗浄時間 2分 陽極印加電圧 20V
ジェット気泡洗浄法		0.09	96	洗浄時間 1分 高圧ポンプ使用 圧力 2kg/cm ² 、ノズル径 3mm φ

スライム付着条件

浸漬場所：沈澱槽 上澄層部

浸漬日数：47日間

テストピース材質：SUS 316

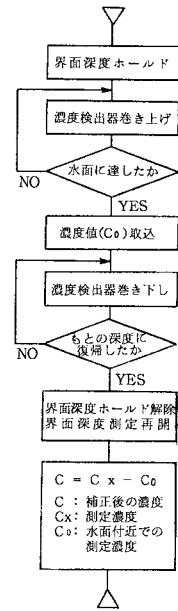


図5 自動零点校正のフローチャート

参考文献

- (1) 湯川 他1名： 超音波汚泥濃度計による汚泥界面の自動測定：第15回下水道研究発表会講演集
- (2) 福永 他2名： 汚泥濃度測定における気泡影響の除去：第17回下水道研究発表会講演集
- (3) 清水 他1名： 微生物障害に対する新しい処理技術：スライム除去技術講習会テキスト(昭53-7)
- (4) 佐瀬 他： 静電容量式変位変換器：第16回計測自動制御学会学術講演会予稿集, 233/234 (1977)