

汚泥遠心脱水装置のファジー制御

古里明瑠

○田原 肇

(株)西原環境衛生研究所

東京都港区芝浦3-6-18

概要

汚泥遠心脱水装置の最適な運転条件は凝集剤の注入量を適正に保ちながら、脱水ケーキの水分を最低に、かつ、分離液のSS回収率すなわち分離液濃度を最小に保つように、遠心脱水機装置内で沈降した汚泥の掻き出し速度を制御することによって達成される。

これらは、現状では熟練した運転員の経験と勘をベースに人手で対応しているが、汚泥濃度や性状の変化に対して当然即応できない上に、どうしても安全側に調整しがちで無駄が生じている。この度、ファジー方式の専用のコントローラにより本例のようなN:Nの制御に良い実績を得たのでその概要を報告する。

キーワード

汚泥遠心脱水機、ファジー制御

1. はじめに

下水処理場における汚泥の脱水には、いろいろなタイプの脱水機が使われている。中でも、特に遠心脱水装置は、管理しやすい脱水装置といわれ、起動時に一度設定することで、安定した運転ができることが特徴の一つである。そのため、その日の起動時に処理量、差速、薬品量を設定し、1日に何度か見回る程度の管理(一定条件の運転)で行われているのが一般的である。

一方、汚泥は処理施設の運転状態や、天候、流入の日変動などにより、濃度や、汚泥性状の変動が常に起こる。そのため、実際の遠心脱水機装置の運転管理は熟練した運転員の経験と勘により運転しているが、汚泥の濃度や性状の変化に対応するために、少し甘い設定の余裕を持った運転を行わざるを得ないのが現状である。その結果、脱水ケーキ水分の上昇や、薬品添加率の増加といったことが問題となっている。

また、近年、汚泥が難脱水化傾向になり、最適条件を探し出すことが難しい施設や、処理規模が小さく、専門の運転管理員のいない施設が多くなってきた。

これらの問題に対して、筆者らは遠心脱水装置にファジー制御装置を設置し最適な運転条件を見つけ、安定した運転が出来たのでここに報告する。

2. 汚泥遠心脱水装置の仕組み

汚泥遠心脱水装置の構造を図1に示す。汚泥遠心脱水装置はメインモータで回転体(外胴)を一定値(2000~2500G)で回転している。回転体内部にはスクリュウ羽を持った軸(内胴)が設置され外胴と僅かな回転差(スクリュウ差速)をもって回転している。内胴はギヤーボックスを介して差速モータで制御する。この差速モータを制御することによりスクリュウ差速を変化させることができる。

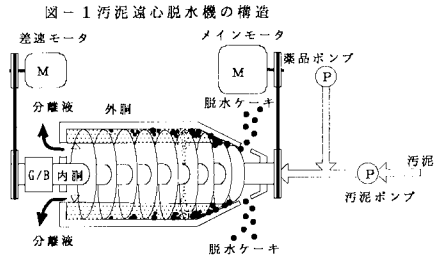
一方、脱水される汚泥は、汚泥ポンプで内胴内に供給され、さらに外胴へフィードされる。その時、汚泥に凝集剤を薬品ポンプを用いて添加する。

凝集剤を注入した汚泥はフロック化され、遠心力により沈降分離し、さらに、内胴スクリュウによりケーキ出口へ搬送されながら脱水し、ケーキ出口より排出される。また、分離された水は分離液として分離液排出口より排出される。

ここで、適正な汚泥量を供給した時に、最適な凝集剤を注入し、最適なスクリュウ差速で運転すると、良好な脱水ケーキと清澄な分離液が得られる。

この時、凝集剤の注入量（薬品量）が少なすぎると、ケーキ水分は高く、分離液のSS濃度は高くなり、SS回収率は悪くなる。また、多すぎても、同様にケーキ水分は高くなり、分離液も悪くなり、さらに、凝集剤の注入量（薬品量）も増えて経済的でない運転となる。

また、外胴と内胴の回転差であるスクリュウ差速はケーキの掻き出し速度であり、スクリュウ差速が大きすぎると、ケーキ水分は高く、小さすぎると、ケーキ水分は低くなるが、分離液が悪くなり、SS回収率が悪くなる。従って、遠心脱水装置は最適な薬品量と、最適なスクリュウ差速で運転することで最も効率的な運転が可能となる。しかしながら、この薬品量や差速値は、汚泥の濃度や性状の変化により、最適な値が時々刻々と変化するため、汚泥濃度や、性状の変化による運転状態の変化を検知して常にそれに合わせ込むよう、これらの値を調整し続ける必要がある。



3. 汚泥遠心脱水装置の特性

汚泥遠心脱水装置の運転状態を把握するために、ケーキ水分の指標として、差速モータの電流値を用いる。スクリュウ差速が大きい時、ケーキ水分は高く差速モータの電流値は低い。スクリュウ差速を小さくするとケーキ水分が低くなり差速モータの電流値は高い値となる。

一方、分離液の状態を表す指標として、BC値(Bubble Color)とLC値(Liquid Color)を用いる。BC値は分離液の泡の白、黒の度合いを表し、LC値は分離液の澄濁の度合いを表す指標である。薬品が多いと、分離液には白い泡が多く、濁っており、BC値、LC値とも高い値を示す。薬品量が適切な時は良好で透明感のある分離液であり、BC値、LC値とも低く、薬品量が少ないと分離液が悪くSSが多くなり、BC値はさらに低く、LC値は高い値となる。

図3-1 差速とケーキ水分・電流値

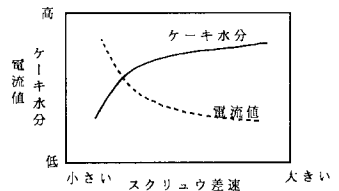


図3-2 薬品量と分離液SS・BC値

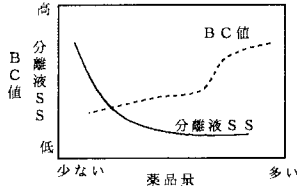


図3-2 薬品量と分離液SS・LC値

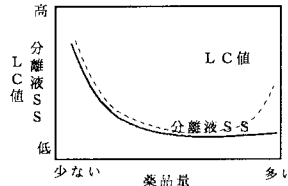
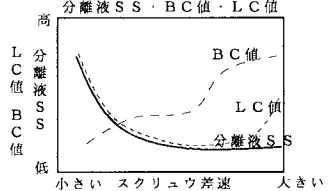


図3-3 スクリュー差速と分離液SS・BC値・LC値



また、分離液はスクリュウ差速の状態にも影響される。例えば、薬品量が適切な時に、スクリュウ差速が小さすぎると、分離液にSSが多くなり、BC値は低く、LC値は高くなる。反対に、スクリュウ差速が大きい時は分離液に白い泡が多くなり、BC値、LC値ともに高い値を示す。

従って、汚泥遠心脱水装置は適切な薬品量と適切なスクリュウ差速の時、最も良い運転となる。

4. ファジー制御装置の概要

本制御装置は現在の運転状態の指標としてメインモータの回転数、差速モータの回転数及び、供給汚泥の量、凝集剤の薬品量を入力値として取り込んでいる。ここでメインモータの回転数及び、差速モータの回転数より差速値を、汚泥量と薬品量より薬品流量比を演算し、現在の運転状態として認識している。

また、運転結果の指標としては、脱水ケーキ水分の指標として、差速モータの電流値を、分離液の状態を認識する指標としてBC値、LC値を入力値として取り込んでいる。

ファジー制御装置はこれらの値を取り込んだ後、汚泥量、薬品量、差速値についてそれぞれファジー演算を行い、最適な値を調節計部へ設定値として渡す。調節計部では設定値と入力値を比較しPID制御を行い、操作量として、各機器へ出力する。

本ファジー制御装置は入力した各種データをトレンドグラフとして表示液晶画面へ表示し、また、通信制御ユニットへ外部にあるパソコンにデータをリアルタイムに表示することができる。

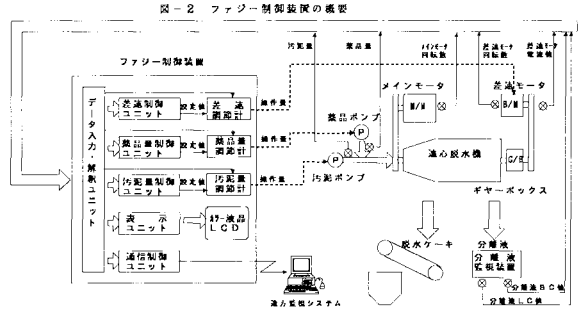
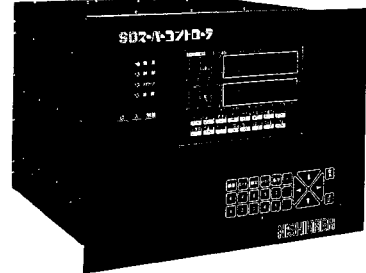


写真 1



4. 基本的なファジー制御

ファジー制御装置はBC値を用いてBC値が高い時は、分離液の状態を「泡が白い」、「泡が多い」と判断し、BC値が低い時は「泡が黒い」、「泡が少ない」と判断する。次にLC値を用いてLC値が高い時は分離液の状態を「濁っている」、LC値が低い時は「澄んでいる」と判断する。また、差速モータの電流値よりケーキ水分の状態を判断する。例えば、「BCが高い」かつ「LCが高い」時は分離液に泡が多く液が濁っている状態として認識し「薬品量を減らす」。この時に電流値が低ければ「差速を下げる」と制御する。

同様にBC値が高く、LC値が低い時は「少し薬品量を減らす」。BC値が低く、LC値が高い時は分離液が悪化していると状態として認識し「薬品量を増やす」「差速を上げる」。BC値が低く、LC値も低い時は分離液が良好な状態にあり電流値に余裕があれば「差速を少し下げる」と制御する。

最後に薬品量と差速について、それぞれに、今現在の薬品量と差速の値を参考にして最終的な操作量を決める。

表4-1 BC値とLC値の分離液の状況

		BC値	
		低い	高い
LC値	高い	泡が少なくSSが多い	泡が多く濁っている
	低い	泡が少なくきれい	泡が多く澄んでいる

表4-2 BC値とLC値による薬品量の制御

		BC値	
		低い	高い
LC値	高い	増やす	減らす
	低い	少し減らす	少し減らす

表4-3 BC値とLC値による差速の制御

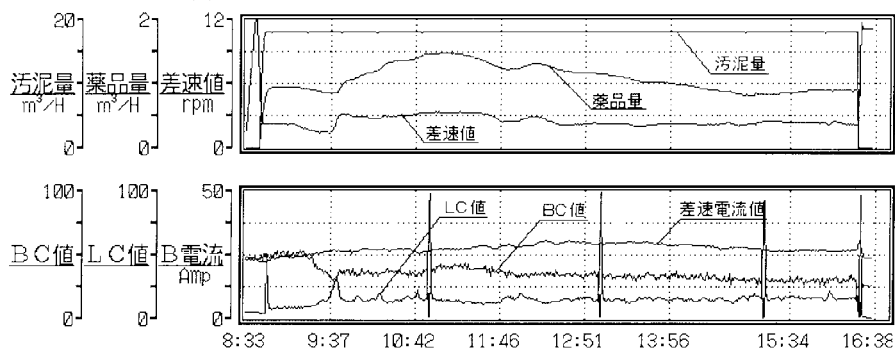
差速モータの電流値が小さい時	BC値		
	低い	高い	
LC値	高い	増やす	減らす
	低い	少し減らす	少し減らす

5. 制御例

某市ではファジー制御装置を用いて約2年半に渡り汚泥遠心脱水装置を運転した。図5-1はファジー制

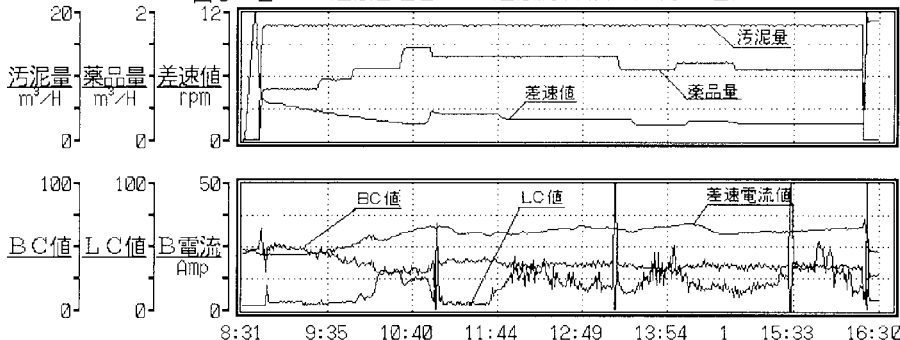
御装置による運転例であり、図5-2は同じ時刻に同じ仕様の別の汚泥遠心脱水装置を運転管理者が運転した例である。某市では汚泥濃度の日変動が大きい為、運転管理者は分離液の状態を見ながら定期的に薬品量や差速を調整しており、LC値、BC値の変動が大きいことがわかる。これに対し、ファジー制御装置は薬品量や差速値をなめらかに調整しながらBC値、LC値をほぼ一定に保った運転を行っていることが分かる。ケーキ水分は運転管理者が行なうのに比べ若干高い値であったが、平均5%程度薬品量を節約し、安定したきれいな分離液を出す運転をした。

図5-1 ファジー制御装置による制御例(平成8年6月14日)



時刻	時:分	10:00	11:30	13:30	15:00	平均
汚泥濃度	%	1.88	-	1.43	-	1.65
薬品量	m³/h	1.18	1.38	1.02	0.81	1.09
薬品添加率	%	0.69	0.85	0.79	0.63	0.73
差速	rpm	200	3.21	2.26	2.17	2.41
ケーキ含水率	%	77.4	78.2	76.8	77.9	77.6
分離液SS	mg/l	870	525	1130	905	850

図5-2 運転管理者による運転例(平成8年7月14日)



時刻	時:分	10:00	11:30	13:30	15:00	平均
汚泥濃度	%	1.88	-	1.43	-	1.65
薬品量	m³/h	1.11	1.29	1.10	1.08	1.15
薬品添加率	%	0.68	0.78	0.85	0.83	0.78
差速	rpm	2.67	2.48	1.58	1.59	2.08
ケーキ含水率	%	77.2	76.9	75.8	76.2	76.5
分離液SS	mg/l	1410	610	1250	1120	1097

6. まとめ

汚泥遠心脱水装置をファジー制御装置で運転することにより、運転管理者の手を一切わずらわすことなく運転管理者が行なう運転に近い運転ができた。このことは汚泥遠心脱水装置を運転管理するに当たり、経験の無い者であっても、ファジー制御装置を用いることで経験者が行なう運転に近い運転ができていくことがわかる。

今後、ケーキ水分についても経験者と同等の性能が維持できるようファジールールの改善改良を重ねたい。