

# 汚泥調質への凝集センサの応用

菅原正孝<sup>\*</sup>、億田茂<sup>\*\*</sup>

\* 大阪産業大学工学部  
大東市中垣内3-1-1

\*\* (株)神戸製鋼所環境施設本部  
神戸市灘区岩屋町2-11

## 概要

下水道の普及率が高くなるにつれて下水汚泥の処理、処分問題がますます重要になってきている。したがって汚泥の濃縮-脱水工程の一層の高効率化、適正化が急務であるといえる。本研究は、ベルトプレス式脱水機にて下水汚泥を脱水する際に不可欠な汚泥調質に関して適正な薬注システムの確立を目的として行われた。

汚泥脱水機に供給される汚泥は、その濃度、有機分量、固形物の粒径等の性状が一般に変動する。これに伴って脱水ケーキの含水率、剝離性も変動する可能性が高く、それを回避するためにも汚泥性状の変動に合わせた最適な薬注を行う必要がある。

そこで本研究では、有機系高分子凝集剤による汚泥調質に振動式凝集センサを応用することを試みたが、このフロックセンサは凝集汚泥中に浸漬した微振動片の振幅が汚泥の凝集状態によって変化するという特性を利用したものである。ここでは、まずこのセンサの基本特性を明らかにし、つづいて小型ベルトプレス脱水試験機を用いてセンサ出力と汚泥脱水性との対応関係に言及し、本センサの有効性を示唆するとともに今後の課題についても述べている。

## キーワード

下水汚泥 ベルトプレス 脱水 汚泥調質 凝集センサ 有機系高分子凝集剤 振動式フロックセンサ

### 1. はじめに

下水汚泥の機械脱水工程における汚泥の調質は含水率、剝離性などの脱水ケーキ性状を決定づける重要な要素である。高分子凝集剤などで調整された汚泥が機械脱水に最適な状態になっているのかどうかを連続的にモニターし、つねに過剰でも過少でもない適正な幅でもって薬注が行われているように制御することはそれほど容易なことではない。

機械脱水機のみならず省エネルギー型として近年その需要が伸びているベルトプレス機の場合、その工程が前半の重力脱水部と後半の圧搾脱水部に大きく2分されていることから汚泥調質にも他の脱水機とは異なった視点が必要とされる。そうした点を踏まえて筆者らはすでに有機系高分子凝集剤を用いた1液2段調質法を開発し、その有効性について実証済みである。<sup>1)</sup> また汚泥厚みセンサを前重力脱水部に設置し、汚泥

濃度の変動に対しても安定した汙過速度が確保できる制御方法についても既に一部報告している。

本論文では、こうしたベルトプレス脱水機における自動制御システムの確立を図る研究開発の一環としての基礎研究を取り扱っている。すなわち振動式フロックセンサが汚泥の凝集状態に応じてその出力を変えるという点に着目し、出力特性の変動要因や出力と汚泥脱水性との関連その他に関して実験的研究を行った。その結果以下のような知見が得られた。

## 2. フロックセンサの構造と原理

フロックセンサは図-1に示すように凝集汚泥中に浸漬した微振動片の振幅が汚泥の凝集状態によって変化する特性を利用したものである。微振動片の振幅の変化は電気信号に変換されるが、その出力は一般にはある設定したフルスパンに対する比率(%)で表わされる。出力が高いほど振幅の減衰が大きいことを示す。微振動片は棒状であり、長さ11.0cm、断面形状は円形または楕円形である。

## 3. フロックセンサの基本特性

振動式フロックセンサの出力に関する諸因子の基礎的知見を得るために汚泥、水道水など2、3の液相を対象に、しかもそれらの液とセンサとの接触方法も変化させてセンサ出力を計測した。いずれも室内実験の規模でもって行った。

**液の性状の影響** 液性として粘度および浮遊物質濃度を取りあげ、それらがセンサ出力に及ぼす影響を調べた。実験はもっとも簡単な方法によった。すなわち容量500mlのガラス製ビーカーに対象液を500ml投入し、微振動片の先端5.5cmが液面下にあるようにセンサを設定した。

粘度とセンサ出力との関係は、市販の粘度標準液を用いて求めた。結果を図-2に示す。粘度の増大とともにセンサ出力も大きくなることが認められる。ただし、粘度の範囲は $1.0 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{S}$ から $1.6 \times 10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{S}$ である。

浮遊物質濃度とセンサ出力との関係を知るために消化汚泥をいったん遠心分離機にて濃縮し、それを蒸留水でもって所定の濃度に希釈したもののセンサ出力を測定した。調整濃度範囲は1.85~3.09%である。結果を図-3に示す。この図より浮遊物濃度によってセンサ出力は変化し、濃度とともに出力が増大することがわかる。

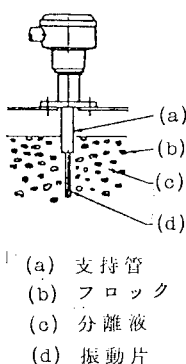


図-1 フロックセンサ

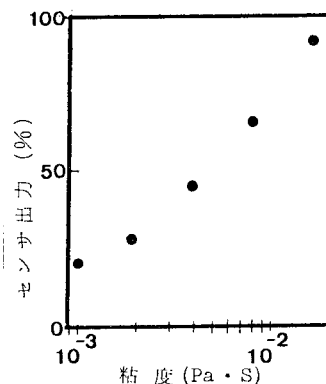


図-2 粘度とセンサ出力の関係

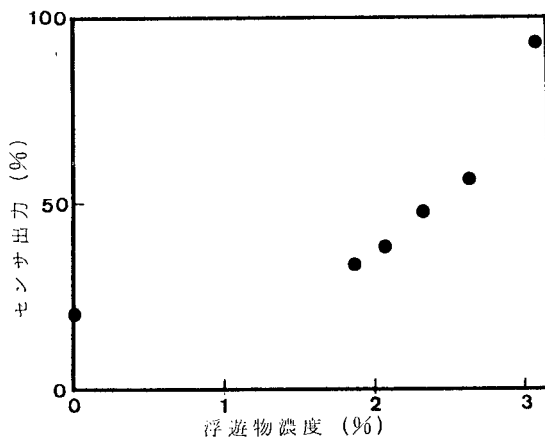


図-3 浮遊物濃度とセンサ出力の関係

表-1 微振動片の断面形状と出力特性

液種		水道水			消化汚泥	
流速(cm/sec)		0	3.7	8.0	0	8.6
センサ出力 (%)	円形	56	56	56	81	82
	楕円形	22	24	26	89	95

表-2 供試汚泥の性状

項目	汚泥	混合	消化汚泥	消化汚泥
		生汚泥	(a)	(b)
TS (%)	(%)	2.22	2.28	2.15
SS (%)	(%)	1.98	1.99	1.81
VTS (%)	(%)	64.2	54.7	51.5
pH		5.60	7.16	7.28
M-アルカ度(mg/l)		730	2280	3050
電気電導度 (ms/cm)		2.63	3.87	4.74

**液の流動の影響** 液体の流速とセンサ出力の関連を知るためにつぎに述べる実験装置でもって2種類の液に対してデータをとった。液は直径14.5 cm、高さ75 cmの円筒容器内の底部から上部へと流れる。フロクセンサは微振動片全体が液中に浸漬するように設置された。液の上昇流速を2段階に変化させてセンサ出力を計測した。結果を表-1に示す。流速は8.6 cm/sec程度までしか上げなかったが、水道水では流速の影響をまったく受けないこと、また消化汚泥(濃度1.1%)でもほんのわずかの出力変化しか認められないことなどが判明した。ただし楕円形センサの場合やや異なる。

**微振動片の断面形状と出力感度** 微振動片の断面形状として円形と楕円形の2種類を用意したことはすでに述べたが、これまで行ったセンサ出力特性に関する実験では多くは円形断面の微振動片を用いた。ここでは両者の出力感度の比較を目的に実験を行った。

同じレンジのもとで両者の出力を求めた結果を表-1に示す。全般的に楕円型センサの方が感度が高く、わずかの液性状変化、流動状態変化に対して出力の変動幅が大きくなっている。

#### 4. センサ出力変動と汚泥脱水性

**実験装置および方法** 下水汚泥をカチオン性の有機系高分子凝集剤(ポリマー)にて調整後、小型ベルトプレス脱水試験機を用いて脱水し、ポリマー添加率と脱水ケーキ含水率との関係を調べた。

下水汚泥としては、下水処理場で採取した混合生汚泥と消化汚泥を用いた。汚泥性状を表-2に示す。

カチオン性ポリマーとしては、サンポリK-302を0.2%溶液にしたものを使用した。これはメタクリル酸エステル重合体であり、強カチオン(イオン性4.4 meq/g, at pH4)である。

汚泥の調質はビーカーに汚泥を500 ml採取し、そこに所定量のポリマー溶液を添加した後縦速攪拌する方法に従った。

調質汚泥はまずCSTとセンサ出力の測定に供された。CSTはトリトン社製のCSTメーターを用いて計測したが、スラッジリザーバーとしては10 mmφのものを用いた。またセンサ出力の計測は、円形型センサを用いてビーカーを用いる方法に依った。ビーカー内の汚泥はとくに流動させることはせず静置状態に保ったが、沈降性のよいフロクが形成された時には固液分離が速やかに進行するのでセンサ出力の計測は可及的速やかに行なった。

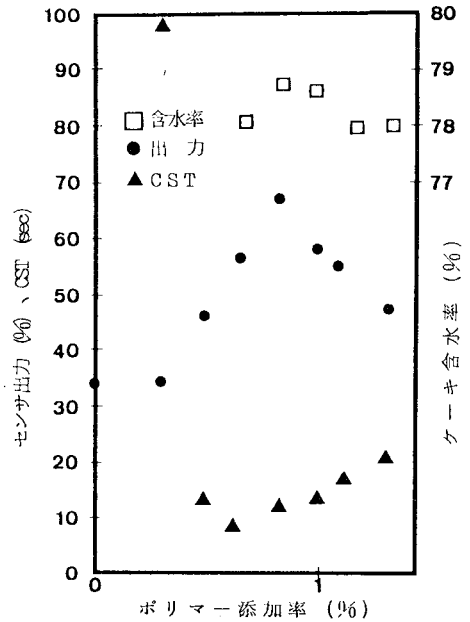


図-4 ポリマー添加率と汚泥、ケーキ特性 (混合生汚泥)

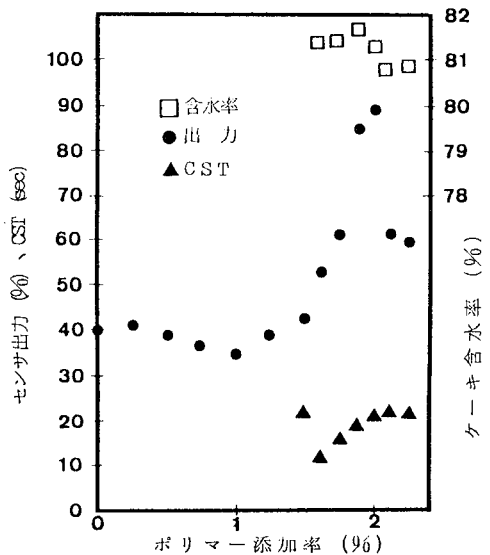


図-5 ポリマー添加率と汚泥、ケーキ特性 (消化汚泥-a)

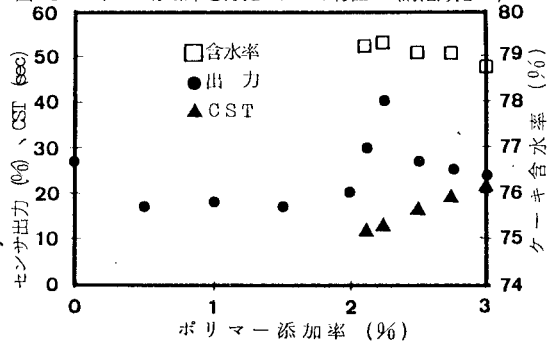


図-6 ポリマー添加率と汚泥、ケーキ特性 (消化汚泥-b)

センサ出力、CSTおよびケーキ含水率 混合生汚泥と消化汚泥に対しセンサ出力、CSTおよび圧搾脱水ケーキ含水率を測定した。実験結果を図-4、5および6に示す。

混合生汚泥に対する結果(図-4)によるとポリマー添加率0.7%(対TS)以上の領域にのみケーキ含水率の値がプロットされていて、それ以下の添加率範囲にはデータ値が無いが、これは実質上この範囲では重力脱水自体が十分に進行せず、圧搾脱水工程にまで到らなかったことを表わしている。ケーキ含水率はポリマー添加率0.6~1.3%で78~79%程度得られている。これに対応するセンサ出力を見るとセンサ出力は原汚泥で34%だったものがポリマー添加率0.3%を越える辺から増大し、最大値67%に達した後ふたたび減少するというピークを描いていることがわかる。他方、CSTの変化については、最小値9秒前後を有するパターンである。したがってどちらの場合にも大幅な変化が見られるが、両者が同じ変化特性を有しているとは言えず、若干のずれ(とくにピーク位置)が認められる。

消化汚泥(a)に対する結果(図-5)から1.6%以上のポリマー添加率でないと脱水が出来ないことがわかる。やはり消化汚泥は混合生汚泥に比べてはるかに脱水性が悪いということがわかる。センサ出力は原汚泥の40%から35%(ポリマー添加率1.0%の時)にやや減少し、その後増大して89%(ポリマー添加率2.0%の時)に達する。この値をピークに添加率とともにセンサ出力は低下する。混合生汚泥の場合と同様な大きな変化が見られる。またCSTもポリマー添加率1.5~2.3%の間で最小値を有する形で変化している。図-4で見られたようにこの場合にもピーク位置はセンサ出力値の方がCST値に比べてやや高いポリマー添加位置に現われる点が特徴的である。また、もう一つの消化汚泥(b)に対しても消化汚泥(a)と同様な結果が得られたが、この場合ポリマー添加率をさらに高めて2.1%以上にしないと圧搾脱水工程に入れないことが図-6からわかる。

以上のように、脱水ケーキ含水率が明確に最小になるような関係図は得られなかったのでセンサ出力の最大値との対応関係も不十分なままで終わっている。しかし、最適薬注率が出力ピーク位置の近傍、とりわけセンサ出力ピークが生ずる薬注率よりやや高めめの薬注率の点に存在する可能性が高いことを示唆していると思われることができる。

## 5. 問題点と今後の課題

① 振動式フロックセンサの出力変化特性は凝集フロックの形成状況にだいたいにおいて追随することが確認された。したがって基本的には本センサを用いて汚泥調質を行う制御方式は適正薬注量を保持するうえできわめて有効であると思われる。しかし実用化に際しては今後解決しなければならない課題や問題点もいくつかある。以下に2点だけ簡単に触れる。

センサ設置点 凝集混和槽と脱水機間に設置することになるが、凝集混和槽または給泥管の内のいわゆる汚泥が流れている場所に設けるのが一つであり、他にこのラインからいったん汚泥をバイパスで取り出す方式が考えられる。凝集混和槽から脱水機までの間にフロック状態がどのように変化するのかまたはしないのか、といったことも含めて安定したセンサ出力が得られ、それによってフロック状態を適確に判断できる設置点を見出すことが肝要である。

微振動片と汚泥の接触方式 今回の実験範囲ではセンサ出力の汚泥の流速による影響はあまり認められなかったが、微振動片に対する汚泥流水の方向性、流速範囲によって出力変化特性そのものがまったく異なる場合も考えられる。たとえば、微振動片が凝集汚泥中のフロックによる衝撃力と分離水の粘度のいずれの影響を強く受けるかということで、センサ出力特性パターンをまったく異にする可能性がある。ところが、これは微振動片と汚泥の接触方式に支配されるところが大きいと思われる。こうした点も勘案してフロックセンサ適用の具体的方法を検討する必要がある。

## 参 考 文 献

- 1) 菅原正孝、内田邦夫、嘉藤 治、石丸賢二(1986). ベルトプレス脱水機における高分子1液2段薬注法の効果、京都大学環境衛生工学研究会第8回シンポジウム講演論文集、371-374.