

# 重力濃縮引抜ポンプの稼働状況の実態について（その2）

（財）愛知水と緑の公社 ○藁科 亮  
丸山 司  
飯田春夫  
愛知県尾張建設事務所 有我清隆

## 1. はじめに

下水処理場において、設備の実運転の値が設計値と乖離することは、安定かつ効率的な処理を実行する上での大きな制約条件となる。汚泥脱水工程を考えた場合、脱水機への汚泥供給濃度の管理が重要となる。前回の報告<sup>1)</sup>では、重力濃縮汚泥引抜ポンプの実運転時に、引抜汚泥濃度が2.5%程度を超えると引抜流量が急激に低下して、汚泥供給濃度の高濃度化への制約条件となっている実態を報告したところである。

本報告は、重力濃縮汚泥引抜ポンプの実運転と設計値との乖離の原因について、実機による稼働状況を調査し、考察を行ったものである。

## 2. 調査対象施設の概要

調査した当該浄化センターは分流式の浄化センターである。汚泥処理は分離濃縮（生汚泥は重力濃縮、余剰汚泥は常圧浮上濃縮）を行っており、図-1に示す処理フローとなっている。図-2には重力濃縮槽から混合汚泥貯留槽までの縦断構造を示す。重力濃縮汚泥引抜ポンプは無閉塞形汚泥ポンプ（渦巻きポンプ）である。引抜汚泥濃度は3.0%、引抜流量は48m<sup>3</sup>/hに設定されている。

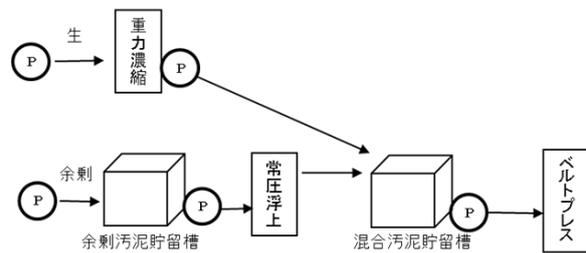


図-1 当該浄化センターの汚泥処理フロー

## 3. 設計値との乖離について想定される原因

汚泥引抜ポンプの稼働状況が設計値と乖離している原因として以下の4点が考えられる。

- ①設置されているポンプの能力（揚程）に余裕がない。
- ②キャビテーションにより、ポンプの吸込み性能が低下している。
- ③配管の閉塞により配管断面が縮小し、損失水頭が想定より高い。
- ④汚泥濃度が高くなった場合の粘性が想定より大きい。そのため、損失水頭が想定より高い。

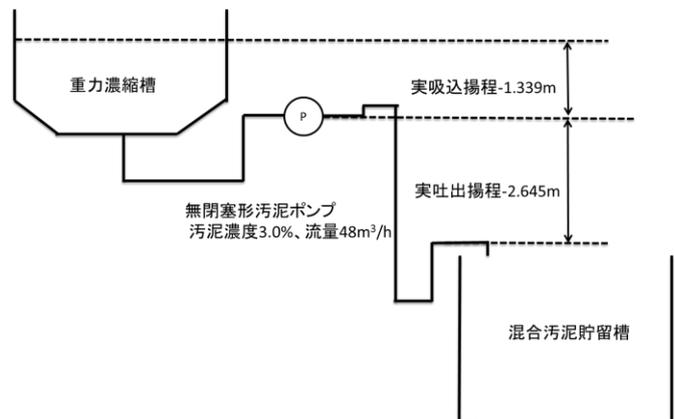


図-2 重力濃縮槽から混合汚泥貯留槽までの縦断構造

これら想定された原因について、実機による稼動状況の調査を行い、その結果により考察を行う。

#### 4. 調査結果と考察

##### (1) 全揚程の再確認

完成図書（スケルトン図）、現場確認により、水位関係、配管の種類、管長、口径等を改めて確認し、全揚程を求めた（表-1）。

全揚程は 2.990m であり、ポンプ全揚程（能力）の 5m と比較して十分に低かった。つまり、能力に十分余裕があるポンプを選定し、施工されていたことが改めて確認できた。

表-1 揚程のデータ

	吸込側	吐出側	合計
実揚程[m]	-1.339	-2.645	-3.984
損失水頭[m]	0.451	6.523	6.974
全揚程[m]	-0.888	3.878	2.990

##### (2) NPSH の検討

吸込側において、キャビテーションによる性能低下が起きているかどうかを確認するために、正味吸込ヘッド（NPSH：Net Positive Suction Head）の検討を行った。完成図書（スケルトン図）、現場確認により得られたデータ（表-1）から有効吸込ヘッド（NPSH<sub>av</sub>）を算出したところ、10m であった。また、必要吸込ヘッド（NPSH<sub>req</sub>）はポンプメーカーに確認したところ、2.5m であった。比較すると、NPSH<sub>av</sub> > NPSH<sub>req</sub> が成立するため、キャビテーションの発生は防がれており、吸込み性能は低下しないことが改めて確認できた。

(1)の調査結果と合わせ、3. で想定した①と②という原因ではないことが確認できた。つまり、この現象は当該施設だけに特異的に起こっているわけではなく、同様の設計で、同じような性質の汚泥（生汚泥由来）を対象とした重力濃縮汚泥引抜ポンプでは同様の現象が起っていると思われる。

##### (3) 処理水通水による配管閉塞の影響の確認

配管の閉塞により損失水頭が高くなっているかどうか確認するために、重力濃縮槽を処理水で満たし続けて、ポンプを稼動させ、吐出量と吐出圧力を測定した。調査時に汚泥濃度が最も低くなったのが 0.3% であるが、その時の吐出量は 58.9m<sup>3</sup>/h、吐出圧力の水頭は 6.0m であった。その際的设计値から推測される吐出圧力の水頭は 5.3m であり、この結果から、配管の閉塞は発生していないものと想定される。

上記の結果は、処理水を通水させたことによる管内の清掃効果により起因したとも考えられる。しかし、調査後高濃度汚泥を引抜く際には、以前と同様に引抜流量の低下が継続しているため、配管の閉塞が引抜流量の低下に影響しているものではないと推測している。

##### (4) 汚泥濃度の変動による吐出量、吐出圧力の挙動

上記(1)～(3)による結果から、高濃度汚泥の吐出量が設計値と実測値で乖離する原因は、汚泥濃度が高濃度になった場合の粘性の過小評価にあるものと考えられる。そのため、実機において、改めて重力濃縮汚泥の濃度と吐出量と吐出圧力を測定し、汚泥濃度が高くなった場合の粘性による損失水頭について考察を行う。

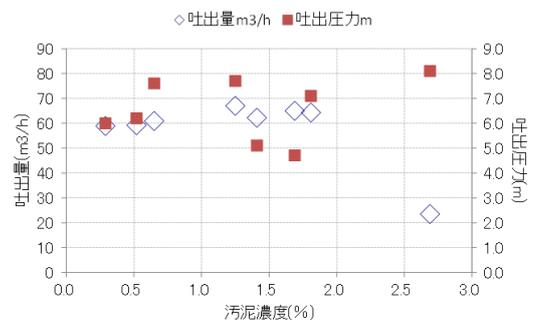


図-3 汚泥濃度と吐出量、吐出圧力の関係

図-3 は、汚泥濃度と吐出量、吐出圧力の測定結果を示したものである。汚泥濃度が 2% 以下においては、吐

出量は、50m<sup>3</sup>/h以上を確保することができている。しかし、今回の測定においても、汚泥濃度が2.7%に上昇した場合、吐出量は23.5m<sup>3</sup>/hと、定格能力の半分以下となった。その際の、吐出圧力の水頭は8.1mであり、設計値から推測される吐出圧力の水頭1.5mに対して5.4倍となっていることが確認された。

実測された吐出圧力と設計値から推測される吐出圧力との乖離の度合いを、配管断面の縮小として換算すると、計算上は断面積が約44%閉塞したこととなる。しかし、(3)で示したように、配管が実際に閉塞している訳ではないため、高濃度汚泥の引抜時は、想定より高い粘性抵抗により、配管抵抗が著しく大きくなり、流量が低下しているものと考えられる。

そのため、実測値と計算値の乖離の度合いを、汚泥濃度による粘性抵抗の摩擦損失を補正する汚泥濃度補正係数 $\alpha$ 値の乖離に起因すると仮定する。汚泥濃度と実測値から逆算した $\alpha$ 値の関係を示したものを図-4に示す。汚泥濃度が2%以下においては、設計段階で採用している $\alpha$ 値と実測値からの逆算値は、ほぼ一致している。しかし、汚泥濃度が2.7%においては、大きく乖離しており、想定との5倍程度の摩擦損失が発生している結果となった。

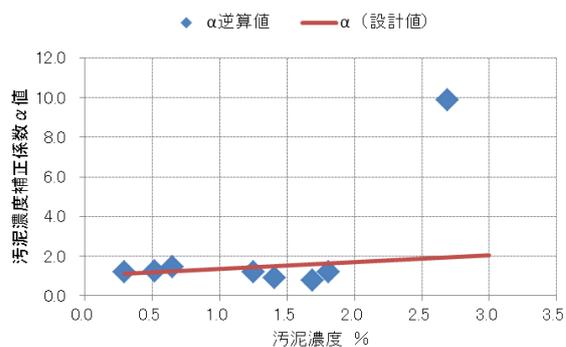


図-4 汚泥濃度と汚泥濃度補正係数 $\alpha$ 値の関係

## 5. まとめと今後の課題

### (1) 今回の調査のまとめ

前回の報告<sup>1)</sup>において、汚泥濃度が2%後半からの引抜流量が大幅に低下する状況を示した。今回は、引抜流量の乖離について想定される原因について、それぞれ調査を行い、その結果から、汚泥濃度が高くなった場合の粘性抵抗の過小評価に原因があると推測している。

今回の調査結果は、現在標準的に行われている重力濃縮槽及び汚泥引抜ポンプの設計(引抜汚泥濃度、ポンプの容量計算等)に対して、課題を示唆するものである。現在の設計指針(2009年版)においては、一般的に引抜汚泥の含水率は96~98%と示されており、仮にその中間値である97%(汚泥濃度として3%)に設定して、汚泥引抜ポンプの容量計算をした場合、必要揚程を過小に設計する可能性がある。

### (2) 今後の課題

今回報告した事象については、現場の運転管理において、汚泥引抜濃度を低め(2.0%程度以下)に保てば、顕在化しにくいものである。しかし、汚泥引抜濃度を2.0%以下にした運転管理をすると、脱水工程が非効率になり、また将来的にはポンプ能力が不足する場合もあり得る。そのため、設計段階からこれらの事象を踏まえた検討をしていかなければならない。今後の課題としては、高濃度汚泥の粘性抵抗による摩擦損失の適正評価と適切なポンプ容量・方式の選定が挙げられる。ポンプの選定においては、電動機の容量増強や容積形ポンプの採用などが考えられるが、どのような対応が最も望ましいか今後検討が必要である。

<参考文献> 1) 藁科亮, 他 第48回下水道研究発表会講演集, p848-850 (2011)