

重力濃縮引抜ポンプの稼働状況の実態について

(財) 愛知水と緑の公社 ○ 藁科 亮
佐藤政貴
丸山 司

1. はじめに

下水処理場においては、設備の実運転の値が設計値と乖離すると、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。本報告では、汚泥脱水工程において重要となる供給汚泥濃度の管理に着目し、その制約条件の1つとなる重力濃縮汚泥引抜ポンプについて考える。

愛知県の流域下水道のある浄化センターの重力濃縮汚泥の引抜において、高濃度（2.5～3.0%程度）汚泥の引抜時に流量が大きく低下し、運転管理上大きな制約条件になっている。引抜ポンプは想定する汚泥濃度に応じた摩擦損失を計算し、余裕をもった揚程が設定されている。本報告では引抜ポンプの稼働状況の実態を整理し、今後の増設、更新時の設計に反映できる資料とすることを目的とする。

2. 課題の整理

(1) 運転管理におけるポイント

当該浄化センターの汚泥処理の流れは図-1の通りである。

汚泥処理、特に汚泥脱水工程の安定かつ効率的な運転管理を行うためには、生汚泥由来の重力濃縮汚泥と、余剰汚泥由来の常圧浮上濃縮汚泥の混合比を経時的にみて、なるべく一定にし、汚泥濃度についても常に高く安定させることである。余剰汚泥の引抜については常に一定で引き抜くこと

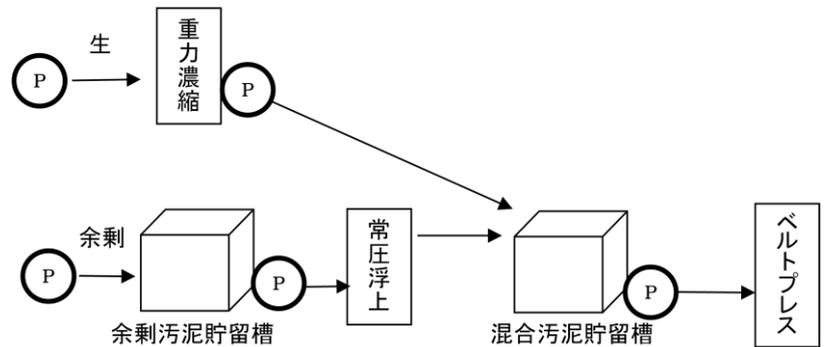


図-1 汚泥処理の流れ

で、その後の常圧浮上濃縮においても管理が容易になる。しかし、生汚泥については一日を通してみると、固形物の入り方が一様でなく、重力濃縮槽の後にこの時間変動を吸収するためのバッファータンクを設けられていないことから、重力濃縮の引抜方法が運転管理上のポイントとなる。当該浄化センターでは、重力濃縮槽をバッファータンクに見立て、なるべく時間変動がなくなるように一様に引き抜くように心掛けている。

(2) 運転管理の状況

図-2に重力濃縮引抜汚泥の濃度と流量のトレンドグラフのイメージ図を示す。引抜ポンプの設計値は汚泥濃度3.0%のところ、流量は48m³/hである。しかし、実態は汚泥濃度が2.5%程度以上になると引抜流量が大きく低下している。この高濃度汚泥の流量低下は日常的に起こるため、通常の運用では汚泥があまり高濃度にならないような設定にせざるを得ない状況である。そのためこのような流量低下を考慮して管理を行うと、本来重力濃縮槽でもっと高濃度に濃縮できる能力があるものの、引抜がボトルネックとなり、脱水機への供

給汚泥濃度を設計通りにできないでいる。また経時的にみると混合濃縮汚泥の比率が変動することに繋がってしまっている。

図-3は実運転時のトレンドグラフから汚泥濃度とその時の流量をプロットとしたものである。低濃度の汚泥を引かないようにするために、汚泥濃度が2.2%以下になるとポンプが停止するような設定にしている。そのため、ここには2.2%未満のデータは含まれていない。また上記の通り、実運転中はあまり高濃度になりすぎないようにしているため、3.0%を超えるデータもない。

この散布図からも明らかのように、汚泥濃度が高くなると流量が大きく低下しているのが分かる。特に2.5%程度以上になるとそれが顕著になっていることが分かる。

(3) 将来予想される課題について

当該引抜ポンプについては、対象の重力濃縮槽は将来4槽になる計画であるが、現在は1槽のみであるため、引抜時間に余裕がある。そのため、現在は引抜流量低下の問題が大きく顕在化していない。しかし、重力濃縮槽が増えると、引抜時間の余裕がなくなることが予想される。また時間内に汚泥を引き抜こうとすると、流量があまり低下しない薄い汚泥になってしまい、後工程の脱水に悪影響を与えてしまう恐れがある。そのため、重力濃縮槽の増設時には必ずこの乖離を解消しなければならない。

3. 考察

(1) 原因について

汚泥濃度が2.5%前後を境にして流量が急激に低下する原因については、まず設計で想定した摩擦損失以上の抵抗が実際には発生していることが考えられる。しかし、流量の低下度合いがあまりに急激であることから、ポンプの特性（重力濃縮汚泥の引抜に求められる揚程と流量に対しての渦巻きポンプの比速度等）のミスマッチも起因していることなども考えられる。

(2) 実運転データからの汚泥濃度の補正係数の推定

ここでは、設計で想定した摩擦損失との乖離を表すアプローチのひとつを示す。

まず、当該ポンプの仕様を決める摩擦損失はダルシー・ワイズバッハの式を用いられていた。 $h_e = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$

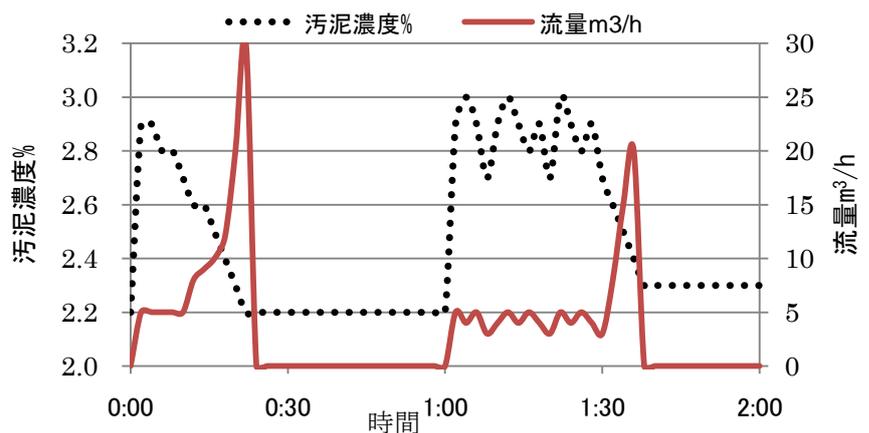


図-2 トレンドグラフのイメージ図

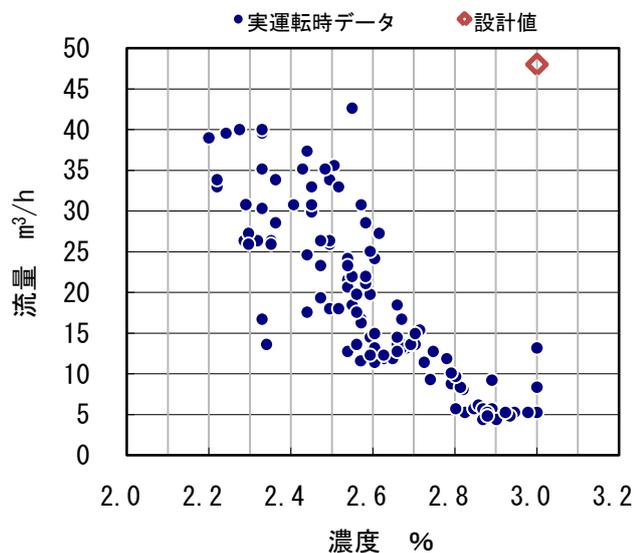


図-3 汚泥濃度と流量の関係

h_e : 摩擦損失水頭 (m) f : 摩擦係数
 D : 管径 (m) L : 管長 (m) g : 重力加速度 9.8 (m/s²)
 V : 流速 (m/s) 汚泥配管における摩擦損失は、清水に対する摩擦損失に汚泥含水率による補正係数を考慮している。

$h_e' = \alpha \cdot h_e$ h_e' : 汚泥に対する摩擦損失水頭 (m) h_e : 清水に対する摩擦損失水頭 (m)
 α : 汚泥含水率による補正係数

ここで、実運転時のデータを用いて汚泥濃度補正係数を推定するために以下の通りに式を展開する。

高濃度汚泥の損失水頭を $h_e' = \alpha \cdot f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V_s^2}{2g}$ とし、清水と高濃度汚泥の損失水頭が同値とすると、

$$f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} = \alpha \cdot f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V_s^2}{2g} \quad \rightarrow \quad V^2 = \alpha \cdot V_s^2 \quad \rightarrow \quad \left(\frac{V}{V_s}\right)^2 = \alpha \quad \rightarrow \quad \left(\frac{Q}{Q_s}\right)^2 = \alpha$$

ここから、図-3の散布図のデータを用いて、濃度と補正係数 α （含水率を濃度に置き換えている）の関係をプロットしたものが、図-4である。参考に当該ポンプの仕様を決めたときに用いられた汚泥濃度補正係数も合わせてプロットして比較してみると、実運転時データから推定された補正係数は設計時に想定された補正係数とは大きく乖離しているように見える。

4. 増設、更新時に設計に反映させるための課題

上記の通り実運転時の流量が設計値と乖離していることが明らかとなった。同様の現象は他の浄化センターでも起きており、また最初沈殿池の引き抜きにおいても起こっているため、当該引抜ポンプの特有の問題ではないと思われる。今後これらの乖離を実際に設計に反映するとき、適切な（過小、過大になり過ぎない）ポンプを選定するためには以下のことが課題として考えられる。

- ・他の浄化センターのデータも含めて、データを追加し乖離具合を示す値の精度を向上させ、評価方法を確立する必要がある。
- ・各時間の汚泥濃度の変化をみると、図-2のように引抜開始時は高く経時的に低下している。そのため、仮に引抜濃度を平均 3.0% で設定すると、3.0% よりある程度濃い汚泥もある程度の流量で引き抜ける必要があることを考慮すべきと思われる。
- ・対応方法として、既設の渦巻き式のポンプの電動機の出力を大きくするのか、または一軸ネジ式のポンプ等への変更するのも検討する必要がある。

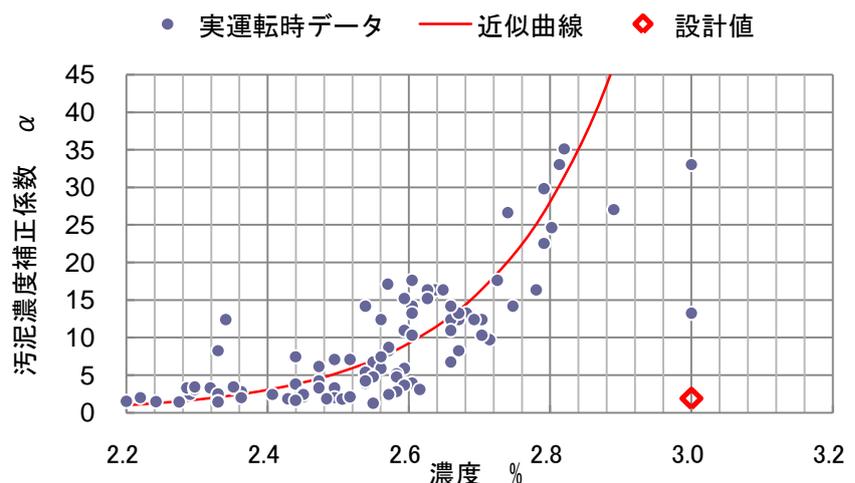


図-4 汚泥濃度補正係数の推定