

サーモカメラによる濃縮汚泥移送管閉塞の調査について

施設整備グループ 荒井 朋也

1. はじめに

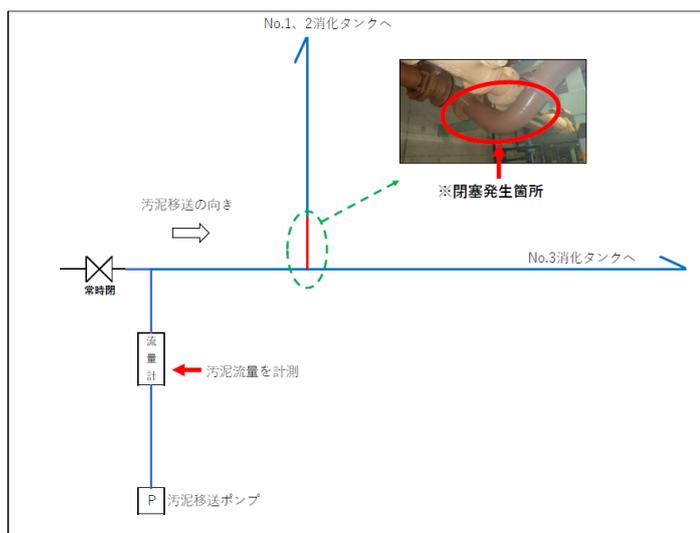
福井県下水道公社では昭和57年の設立以降、九頭竜川流域下水道施設の維持管理を行い、終末処理場である九頭竜川浄化センター（以下「当センター」という。）では年間約1,709万 m^3 の下水を処理し、汚泥処理によって生じる脱水汚泥を年間約5,456t リサイクル処分している（令和4年度実績）。

当センターでは水処理系統から引き抜いた初沈汚泥（生汚泥）と余剰汚泥を分離濃縮しており、初沈汚泥は重力タンクで濃縮され、汚泥移送ポンプにて消化タンクに移送・投入している。しかし、何年もの間、汚泥を移送する管内において汚泥の閉塞が発生しており、維持管理上の課題となっている。今回の調査は、サーモカメラにて配管表面温度を観測・分析することが管内の汚泥の蓄積状況を調べるために有効であるかを検証するものである。

2. 汚泥移送の流れ、汚泥閉塞箇所

【図1：汚泥移送フロー】

【図1：汚泥移送フロー】は、濃縮した汚泥を重力タンクから消化タンクに移送する際の流れである。図1中に記した『※閉塞発生箇所』で年1～2回のペースで閉塞が発生している。閉塞が発生すると、汚泥の移送が阻害されてしまうため、その度に閉塞発生箇所の配管清掃を実施している。



3. 現在の課題

現在、閉塞の発生は汚泥流量を測定している流量計の数値や、汚泥投入量・汚泥引抜量等のデータ、バルブの開閉による流量の変化等を総合的に判断して推測しており、管内の汚泥の蓄積がそれなりに進行してから清掃を行っているので、対応が後手になっている。サーモカメラによる観測が有効であれば閉塞の早期発見に繋がり、先手を打てることが期待できる。

4. 閉塞箇所の配管内部の様子

【写真1：汚泥閉塞状況】は、閉塞箇所の配管を外し、配管内部を清掃した際の清掃前後で撮影したものである。（配管口径： $\phi 150$ ）

配管清掃時には汚泥の蓄積が2～3cmほどの厚みとなっており、汚泥の通り道が狭まっていることがわかる。

【写真1：汚泥閉塞状況】

(←清掃前)

(清掃後→)



5. 観測にあたって

(1) サーモカメラについて

サーモカメラとは、物体から放射されている赤外線を検知して対象の表面温度を観測し、デジタル画像で可視化する機器である。

【使用したカメラ】

『FLIR Tools』（フリーーツールズ社） 【型式】 FLIR C2 （最小観測単位：0.1℃）

(2) 何故サーモカメラを使うのか

今回観測する配管は建物内の地下空間にあるので、配管自体の温度は一定である。配管内部は生汚泥が流れ、閉塞部の汚泥は配管材（鉄）より熱伝導率が悪いので、汚泥が閉塞すると、その箇所は低い温度を示す事が予想される。よって、配管内部をサーモカメラで撮影し、温度の様子を見れば汚泥が閉塞している様子を観測できるのではないかと推測した。

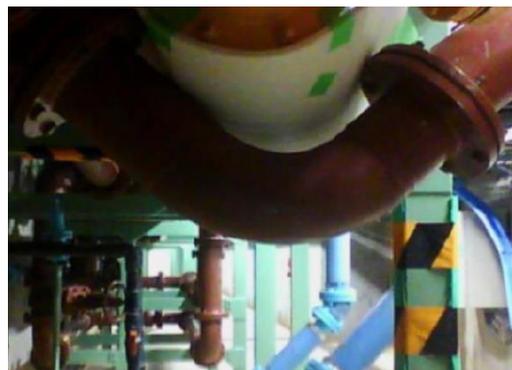
(3) 観測箇所の選定理由

選定した箇所は曲管部分であるため、汚泥が堆積しやすい箇所である。また、配管の形状がフランジ型（ボルト止め）であり、配管を外して清掃作業をすることが可能な箇所なので、度々清掃を実施している箇所となっている。以上のことから、汚泥が堆積する様子をサーモカメラで撮影し、実際の内部状態を確認することに最も適した箇所と判断した。

(4) 観測方針

流量計手前にある汚泥移送ポンプは、30分毎のタイマー運転（48回/日）で、1回あたり約2分稼働する。配管清掃直後をスタートとし、1週間に1回のペースでポンプ稼働終了から数分後に撮影し、約1年間内部の様子を観測する。撮影は【写真2：撮影位置】のように、側面から行う。

【写真2：撮影位置】



6. 観測結果

配管清掃を令和5年4月7日に実施。清掃の翌週から観測を開始。

①[令和5年4月11日]

測定ポイント1 (Sp1) : 19.7℃

測定ポイント2 (Sp2) : 20.0℃

配管清掃を行ってから間もない頃。
配管内部の温度はほぼ一定であり、
閉塞している様子は見受けられない。

【写真3：令和5年4月11日】



②[令和5年12月7日]

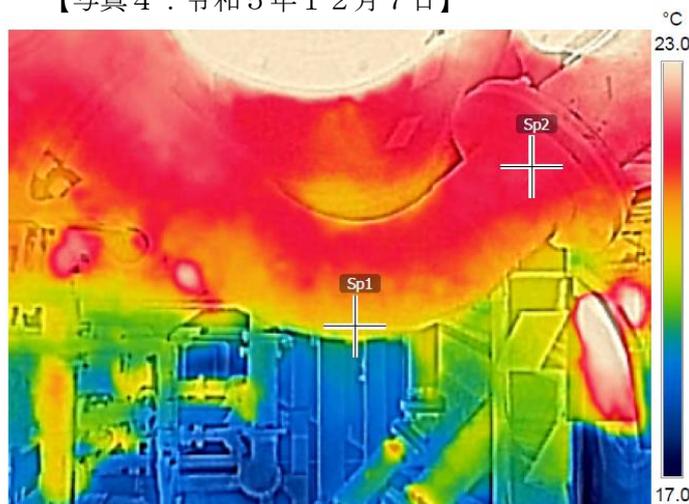
測定ポイント1 (Sp1) : 21.1℃

測定ポイント2 (Sp2) : 22.0℃

管底に低温部分が広がっている。
管理運営の方でも、汚泥の流量が悪
くなっており、清掃が必要なタイミ
ングと判断された。

翌日の令和5年12月8日に管内
清掃を実施。

【写真4：令和5年12月7日】



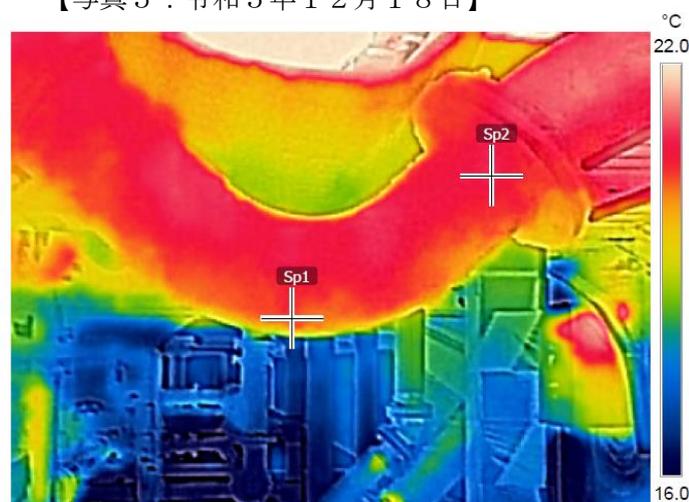
③[令和5年12月18日]

測定ポイント1 (Sp1) : 20.1℃

測定ポイント2 (Sp2) : 20.3℃

管底に観測されていた低温部分は
消滅。管内の温度もほぼ一定に戻っ
た。管内に溜まっていた汚泥が、低
温部分としてサーモカメラで観測さ
れていたことがわかる。

【写真5：令和5年12月18日】



①～③の結果より、初めに予想していたとおり、サーモカメラで撮影・分析することにより、閉塞汚泥が低温部分として観測され、汚泥の閉塞状況を視認できることがわかった。今回の検証により、低温部分が管底に広がり、その温度差が0.9℃ほど低くなると、配管清掃が必要な目安になるということが確認できた。

7. 考察

今回の検証により、配管の汚泥閉塞の調査にサーモカメラが有効であることがわかった。しかしながら、サーモカメラの特性上、以下の点に注意する必要があると思われる。

①露出配管のみ観測可（埋設管や保温材等が巻かれている管は観測不可）

②温度を観測するのは表面上なので、フランジ部分のように厚みがある部分では正しい結果が得られづらい

よって、サーモカメラによる観測が可能である条件は、露出配管であり、直管や曲管の部分のみであると思われる。以上を踏まえたうえで、活用例及び今後の方針を考察・提案する。

（1）現状運営と即して

汚泥閉塞状況を推測するデータに、サーモカメラの観測結果を利用することは有効である。そこで、1ヶ月に1回以上観測を実施して、閉塞している様子を捉え、閉塞状況の判断に撮影結果も参照して運用することを提案したい。（今回は、配管清掃から8ヶ月後に再度清掃となった。）

（2）他の閉塞箇所の発見

今回の検証は閉塞が起きることが前から分かっていた箇所であったが、今回の結果により、サーモカメラにて観測できる箇所であれば、他の箇所の配管も閉塞状況が調査可能ということになる。よって、観測可能な範囲で施設内の閉塞箇所を調査・把握することが可能となるので、汚泥配管の調査対象を広げ、観測可能な範囲で配管全体の汚泥閉塞状況を調査していくことを提案したい。

（3）流量計等の機器の保守

流量計や濃度計の計器内部に汚泥が堆積すると計測が阻害され、異常値を示す。現在は流量計に異常値が発生したり、他の計測データから流量計に異常が発生していることを推測したりして計器内部の清掃を実施しているが、配管内部の閉塞状況を観測すれば、異常値が発生する前に清掃実施が可能であり、計器の保守・延命に繋げられる。

（4）他の配管への応用

今回の検証では生汚泥の配管が対象であったが、機器の冷却水用配管に発生するスケールなどのように、閉塞が発生しやすい管ならば同様に観測することができるのではないかと推測する。

8. まとめ

本調査研究では、配管汚泥閉塞という問題を簡易に発見するための方法としてサーモカメラが有効であることを確認することが出来た。活用例に挙げたことがどこまで有効であるか、他にも活用方法はないか、今後も引き続き考察・検討し、実践していきたい。