

「反応タンク更新工事に伴う処理機能の移行に関する事前調査」

調査研究報告書（令和6年度）

公益財団法人山梨県下水道公社

桂川清流センター

1 目的

当センターの反応タンクは No. 1-1 に機械・電気設備が設置され、No. 1-2 は躯体のみとなっているが、令和7年度に現場施工を予定している県発注工事において、No. 1-2 に機械・電気設備が設置され、No. 1-1 の設備は撤去されることとなっている。反応タンクの処理機能を No. 1-1 から No. 1-2 へ移し替える際に、二池の同時運転を行う期間が施工業者の試算では一ヶ月程度必要であるが、曝気風量計、MLSS計、MLDO計は既設を移設する計画となっており、同時運転時のモニタリングのほか、使用電力量の動向、污泥処理計画への影響などの課題があり、詳細な事前検討（手順書の作成）が必要である。

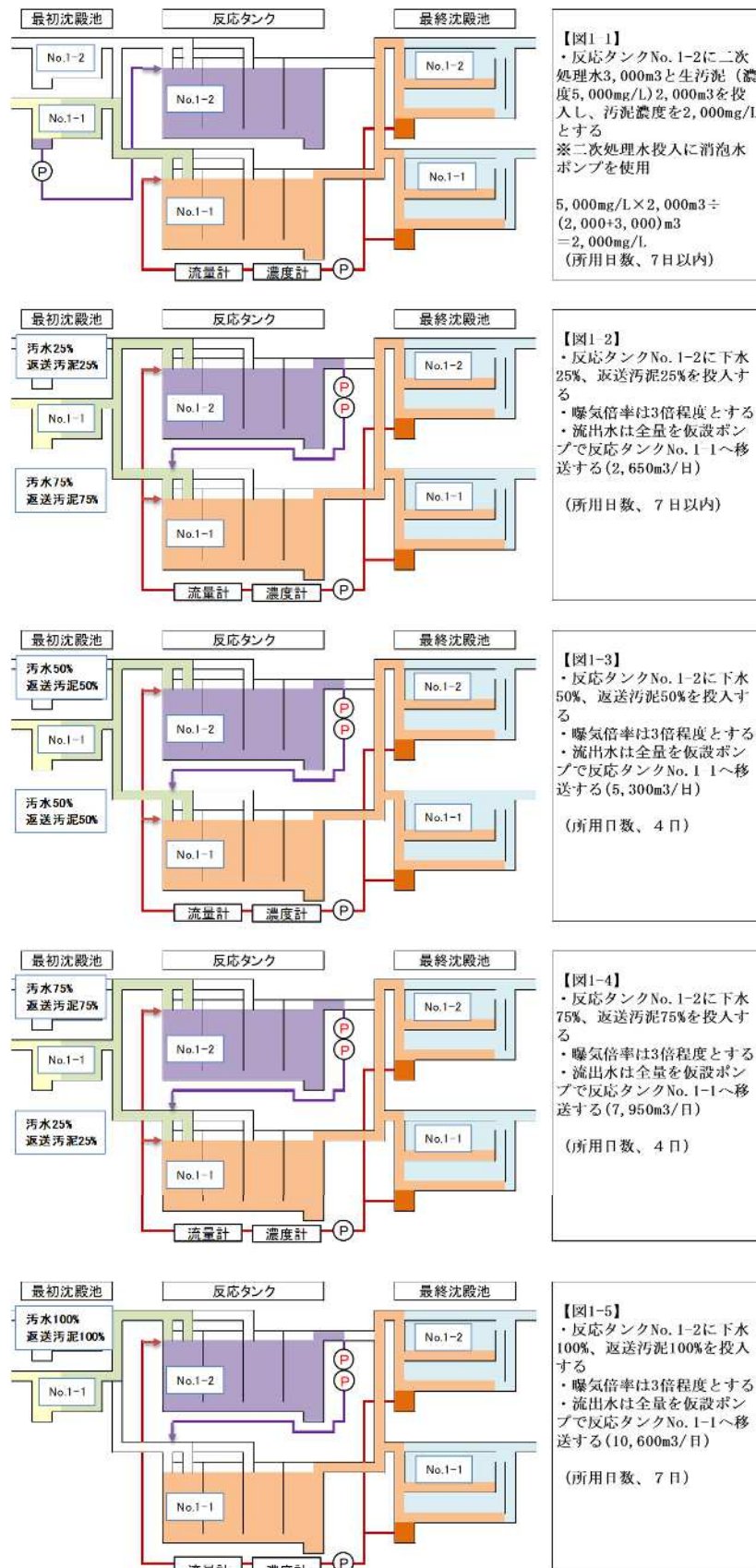
2 施工業者による処理機能移行（実負荷試運転）計画の提案

2.1 移行計画の内容

施工業者から提案のあった移行計画の内容を以下に記載する。

- (1) 反応タンク No. 1-2 に二次処理水 3,000m³ と想定濃度 5,000mg/L の生污泥（初沈の沈降污泥）2,000m³（300m³/日×6.6日）を投入し、污泥濃度を現状のMLSSと同等の2,000mg/L程度とする。
(7日以内に調整)
- (2) 反応タンク No. 1-2 に下水 25%、返送污泥 25%を投入し、曝気倍率を3倍程度として污泥の馴致（じゅんち）を開始する。反応タンク No. 1-2 の流出水は全量を仮設ポンプで反応タンク No. 1-1 へ移送する。
(7日以内に調整)
- (3) 反応タンク No. 1-2 に下水 50%、返送污泥 50%を投入し、曝気倍率を3倍程度として污泥の馴致を継続する。反応タンク No. 1-2 の流出水は全量を仮設ポンプで反応タンク No. 1-1 へ移送する。
(4日以内に調整)
- (4) 反応タンク No. 1-2 に下水 75%、返送污泥 75%を投入し、曝気倍率を3倍程度として污泥の馴致を継続する。反応タンク No. 1-2 の流出水は全量を仮設ポンプで反応タンク No. 1-1 へ移送する。
(4日以内に調整)
- (5) 反応タンク No. 1-2 に下水 100%、返送污泥 100%を投入し、曝気倍率を3倍程度として污泥の馴致を継続する。反応タンク No. 1-2 の流出水は全量を仮設ポンプで反応タンク No. 1-1 へ移送する。
(7日以内に調整)

これら移行計画の内容を図 1-1 から図 1-5 に示す。



2.2 移行計画の利点と課題

施工業者が示す処理機能移行（実負荷試運転）計画は、一時的に反応タンクを二池使用するものであるが以下のような利点と課題が想定される。

- ・余剰汚泥量の減少に伴う汚泥処分費の削減が期待できる。
- ・使用電力量が増加し、向こう一年間の電気基本料金も増加する。
- ・上記二点より、処理機能移行に伴う実負荷試運転の実施から一年間の維持管理費は、779 千円（税込）増加する。
- ・大雨シーズンに試運転工程が組まれており、一ヶ月程度の馴致期間中に流入水量が増加した場合は、反応タンクへの計画流入や仮設ポンプによる流出水の移送が困難になることが予想される。

3 当センターによる処理機能移行（実負荷試運転）計画の提案

3.1 移行計画の方針

施工業者が示す処理機能移行計画の課題を解決すべく、短期間に出来るだけコストの掛からない移行計画を提案するため、県内他流域で実績のある反応タンク年次点検時の切り替え（活性汚泥の移送）方法を検証することにした。

3.2 富士北麓浄化センターの反応タンク切り替え

3.2.1 切り替え手順

富士北麓浄化センターの切り替え手順を以下に記載する。

- (1) 週末までに切り替え使用する反応タンクを二次処理水で満水にしておく。
- (2) 週の始め朝 9 時から返送汚泥投入可動堰を全開(500mm)とし、返送汚泥を反応タンク容量（2,812m³）の三分の一程度を目安に投入する。
(250m³/時間×4 時間 1,000m³)
- (3) 最低曝気(400Nm³/時)として、機械式散気装置がある池は運転する。(活性汚泥の沈降を防止する)
- (4) 13 時から全量投入可動堰より下水を投入する。(200m³/時程度)
- (5) 16 時頃から通常使用とする。
- (6) 翌日以降に水質分析データを参考に返送汚泥量、流入水量を調節する。

富士北麓浄化センターの反応タンク切り替え前後の水処理池構成を図 2 に示す。

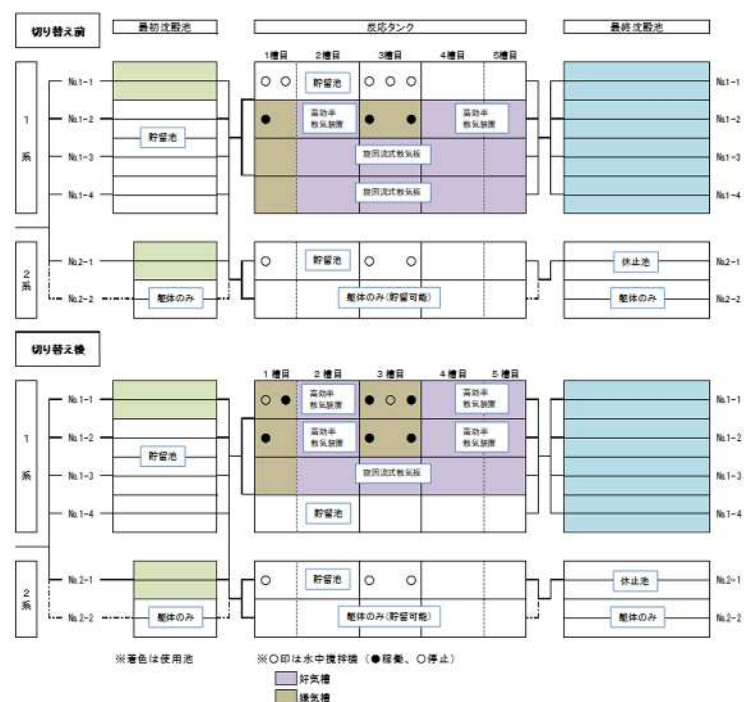


図 2 反応タンク切り替え前後の水処理池構成
(富士北麓浄化センター)

3.2.2 切り替え経過

令和6年12月2日（月）から3日（火）に掛けて富士北麓浄化センターの協力により行われた反応タンク年次点検時の池切り替え経過を以下に記載する。

- (1) 9時から反応タンク No. 1-1 へ返送汚泥投入開始
- (2) 13時に反応タンク 3 槽目まで活性汚泥の移動を確認し、下水の投入を開始
- (3) 翌3日の9時半時点では反応タンク 1 槽から 5 槽のMLSSは通常のバランスであることを確認
- (4) 反応タンクの滞留時間を考慮した調査期間の二次処理水の浮遊物質濃度（SS）、化学的酸素要求量（COD）の異常は認められない

これらの経過をまとめたものを図3に示す。

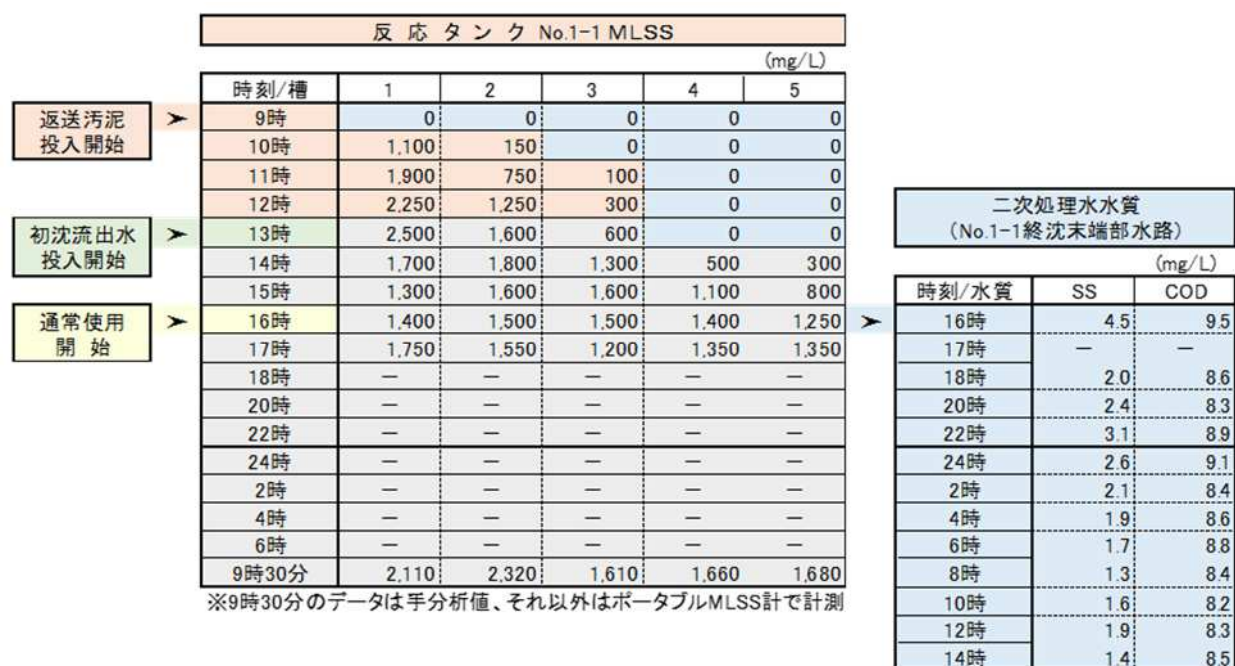


図3 反応タンク No. 1-1 への切り替え経過（富士北麓浄化センター）

3.2.3 最終沈殿池（終沈）の動向

「下水道施設計画・設計指針と解説（2019年版）」では終沈の管理指標として、計画1日最大汚水量に対して、終沈の単位面積当たりに流入させる反応タンク流出水の量として20～30m³/（m²・日）を提示しており、これを終沈の水面積負荷と呼んでいる。富士北麓浄化センターにおいて令和6年12月2日（月）9時から3日（火）の時間最大汚水量は2日の23時に計測した1,460m³であり、使用した終沈2池分の水面積負荷は25.9m³/（m²・日）と算出され、適正なものであった。

3.3 当センターで提案する移行手順

富士北麓浄化センターの反応タンク池切り替えの実証結果を参考に、桂川清流センターの処理機能移行手順を以下に記載する。

(1) 事前準備 (図 4-1 参照)

- ・ 反応タンク No. 1-2 を二次処理水で満水にする (消泡水ポンプ 1 台を使用)
想定日数 $5,049\text{m}^3$ (槽容量) $\div 100\text{m}^3/\text{時}$ (送水量) $\div 24 = 2.10$ 日 (3 日程度)
- ・ 反応タンク No. 1-1 のMLSSを $2,400\text{mg/L}$ 程度に高めておく
この時点の処理方式はA O A O法 (嫌気硝化内生脱窒法) とする

(2) 移行手順 1 (図 4-2 参照)

- ・ 初沈を 2 水路 (1 池) 使用とする (反応タンクへの流入負荷を低減する)
- ・ 余剰汚泥の引き抜きを停止する
- ・ 反応タンクの処理方式はA O法 (嫌気好気法) とする (No. 1 流入可動堰を使用)
- ・ 反応タンク No. 1-1 の活性汚泥を反応タンク流出水路に移送する
(池排水ポンプ 1 台を使用 想定流量 $200\text{m}^3/\text{時}$ 仕切弁で流量調節する)
- ・ 返送汚泥を反応タンク No. 1-2 に移送する
(返送汚泥ポンプ 1 台を使用 返送流量は返送汚泥濃度を見ながら調節する)
- ・ 放流流量は $600\text{m}^3/\text{時}$ を超えないようにする (紫外線消毒設備の破損を防ぐ)
- ・ 水質浄化モデル事業の凝集剤添加設備を停止する

(3) 移行手順 2 (図 4-3 参照)

- ・ 反応タンク No. 1-2 の 2 槽目のMLSSが $1,600\text{mg/L}$ 程度となったら下水の投入を開始する
(返送汚泥量 $2,000\text{m}^3$ 投入を目安 返送汚泥量 $200\text{m}^3/\text{時}$ で約 10 時間)
- ・ 反応タンク No. 1-1 のMLSSが $1,400\text{mg/L}$ 程度を下限に下水の投入を停止する
- ・ 水中攪拌はデマンド管理目標を超えない範囲で運用する
- ・ 反応タンク No. 1-1、No. 1-2 の曝気はMLDO 1.5mg/L 以内を目安に行う

(4) 移行手順 3 (図 4-4 参照)

- ・ 反応タンク No. 1-2 の末端部 (4 槽目) のMLSSが $1,800\text{mg/L}$ 程度となるまでA O法 (嫌気好気法) を継続する (返送汚泥量 $5,000\text{m}^3$ 投入を目安 返送汚泥量 $200\text{m}^3/\text{時}$ で約 25 時間)
- ・ 放流流量が $600\text{m}^3/\text{時}$ を超えない範囲で反応タンク No. 1-1 の排水を継続する

(5) 移行完了 (図 4-5 参照)

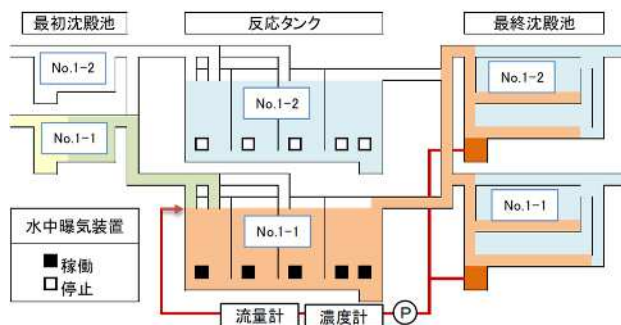
- ・ 初沈を 1 水路 (0.5 池) 使用に戻す
- ・ 余剰汚泥の引き抜きを再開する
- ・ 反応タンクの処理方法はA O A O法 (嫌気硝化内生脱窒法) とする
- ・ 水質浄化モデル事業の凝集剤添加設備を再稼働する

※反応タンク No. 1-1 の送水、排水に必要な想定日数

$$5,049\text{m}^3 (\text{槽容量}) \div 200\text{m}^3/\text{時} (\text{送水量}) \div 24 \text{ 時間/日} \times 2 \text{ 回} = 2.10 \text{ 日 (3 日以内)}$$

※終沈の水面積負荷

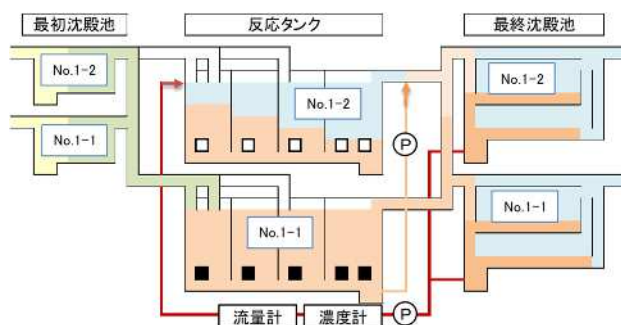
$$600\text{m}^3/\text{時} \times 24 \text{ 時間/日} \div (4.1\text{m} \times (50.3+64.0) \text{m} \times 2 \text{ 水路}) = 15.4 < 20 \sim 30\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{日})$$



【図4-1】（事前準備）
・反応タンクNo. 1-2は消泡水ポンプ一台を使って二次処理水を満水まで張る

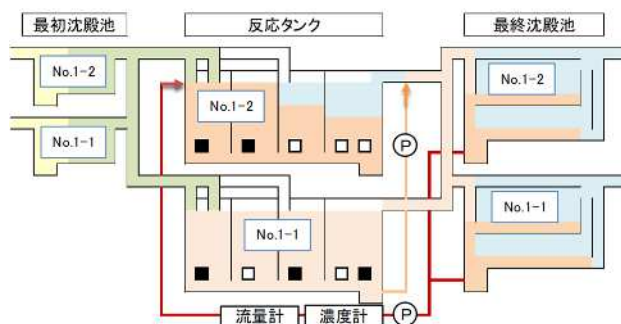
想定満水日数
 $5,049\text{m}^3 \div 100\text{m}^3/\text{時} \div 24$
 $= 2.10\text{日}$ （3日程度）

・反応タンクNo. 1-1のMLSSは2,400mg/L程度に高めておく
 ・処理方法はAOA法（嫌気硝化内生脱窒法）とする

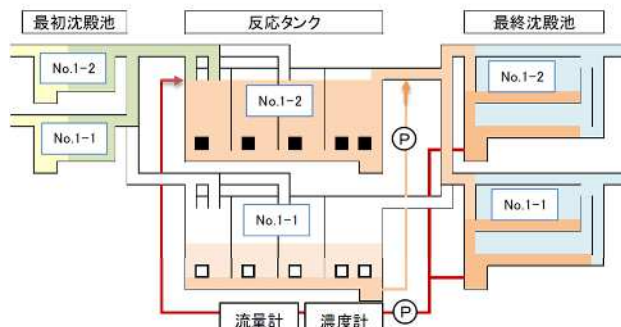


【図4-2】（移行1）
・初沈は2水路使用とする
・反応タンクの処理方法はAO法（嫌気好気法）とする
・反応タンクNo. 1-1の活性汚泥を池排水ポンプ一台を使って反応タンク流出水路に移送する
（約200m³/時）

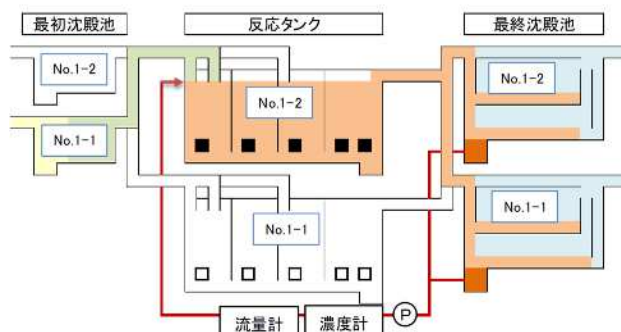
・返送汚泥を返送汚泥ポンプ一台を使って反応タンクNo. 1-2に移送する（設定流量は濃度による）
 終沈滞留時間（想定平均）
 $= 3,279\text{m}^3 \div (340+200)\text{m}^3$
 $= 6.1\text{時間}$
 ・放流流量が600m³/時を超えないようにする
 ・凝集剤添加設備は停止する



【図4-3】（移行2）
・反応タンクNo. 1-2の2槽目のMLSSが1,600mg/L程度になったら下水の投入を開始する
 ・反応タンクNo. 1-1のMLSSが1,400mg/L程度を下限に下水の投入を停止する
 ・水中攪拌をデマンド管理目標を超えない範囲で運用する
 ・両反応タンクの曝気バランスに留意する
 （MLD01.5mg/L以内を目安）



【図4-4】（移行3）
・反応タンクNo. 1-2の末端部（4槽目）のMLSSが1,800mg/L程度となるまでAO法（嫌気好気法）で処理する
 ・放流流量が600m³/時を超えない範囲で反応タンクNo. 1-1の排水を継続する



【図4-5】（移行完了）
・初沈は1水路使用に戻す
・反応タンクの処理方法はAOA法（嫌気硝化内生脱窒法）とする

想定切替日数
 $= 5,049\text{m}^3 \div 200\text{m}^3/\text{時} \div 24 \times 2$
 $= 2.10\text{日}$ （3日程度）

・凝集剤添加設備を再稼働する

3.4 処理機能移行（実負荷試運転）時の計測

3.4.1 移行時の計装設備

図5に処理機能移行時に設置が想定される計装設備を示す。

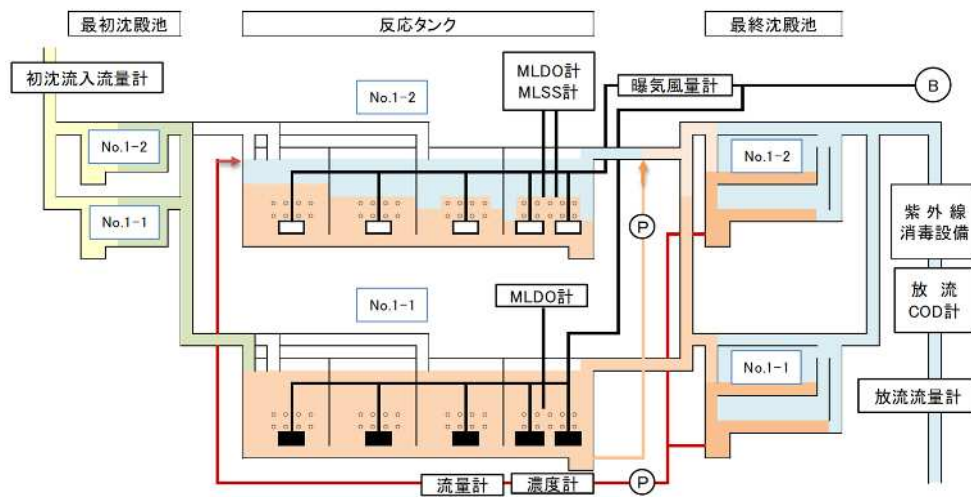


図5 処理機能移行時の計装設備

3.4.2 移行時の計測方法

処理機能移行時の各種計測方法を以下に記載する。

・池排水ポンプ流量

反応タンク No. 1-1 の排水に用いる池排水ポンプの流量は、以下によりおおよそ確認する。

放流流量－初沈流入流量 （中央監視）

・MLDO（活性汚泥の溶存酸素濃度）

MLDOは現場設置計で中央監視するが、MLSSの移動状況に応じてポータブル機器により現場測定する。

・MLSS（活性汚泥の浮遊物質質量）

各槽のMLSSはポータブル機器（写真1）により現場測定する。

・放流水質（COD（化学的酸素要求量））

現場設置COD計により中央監視する。



写真1 ポータブルMLSS計

4 まとめ

これまでの調査結果を以下に記載する。

- (1) 施工業者が示す処理機能移行（実負荷試運転）計画は、一ヶ月程度を掛けて新設された反応タンクに汚泥を馴致して、一時的に反応タンクを二池使用するものであるが、維持管理費の増加が見込まれ、また、大雨シーズンの工程で流入水量が増加した場合は、計画している操作が困難になることが予想される。
- (2) 当センターが示す処理機能移行（実負荷試運転）計画は、他流域の処理場での実証に基づき、仮設設備を用いずに活性汚泥を3日以内に新設された反応タンクへ移送するものであり、流量、濃度などの各種数値の確認は既設機器やポータブル機器を活用し、また、計画的に電力負荷をコントロールすることで維持管理費の電気料金に関わる増加は回避できるものと考え、この計画を土台に処理機能の移行を行うこととしたい。

5 課題

本調査研究内容の課題を以下に記載する。

- (1) 今回、実施を予定する処理機能の移行（反応タンクの排水）は、当センターにおいて初めての作業であり、また、夜間の現場計測なども想定されることから、関係者と綿密な打合せを行う。
- (2) 今回、実施を予定する処理機能移行の時期は大雨シーズンに計画されており、天気予報から情報を得て、施工業者と相談しながら週の始めの実施日を決定する。

○専門用語解説（五十音順・アルファベット順）

用 語	解 説
かつせいおでい 活性汚泥	下水に空気を吹き込み、混ぜ合わせることで種々の微生物が繁殖し汚泥の塊を形成するが、この汚泥のことをいう。有機物（よごれ）の吸着や酸化能力に優れ、沈降性も高く、下水の生物処理に用いられる。
さいしゅちんでんち 最初沈殿池	有機物を主体とする比較的比重の大きな浮遊物質を重力沈降するための沈殿池。
さいしゅうちんでんち 最終沈殿池	反応タンクから流出する活性汚泥と二次処理水を重力沈降によって分離するための沈殿池。
にじしよりすい 二次処理水	沈殿処理（一次処理）した下水を、さらに反応タンクで微生物処理した水。
ばっきふうりょうけい 曝気風量計	反応タンク内において、送風機によって供給された空気の量を測る測定器。
はんのう 反応タンク	下水中の有機物（よごれ）を微生物によって分解する下水処理における主要な池。
AO ^{ほう} 法	嫌気好気法（Anaerobic-Oxic process） 反応タンクの構成を流入側から嫌気槽、好気槽とし、生物学的に水中の磷の除去を向上させることを目的とした水処理方法。
AOAO ^{ほう} 法	嫌気硝化内生脱窒法（Anaerobic-Oxic-Anoxic-Oxic process） 反応タンクの構成を流入側から嫌気槽、好気槽、無酸素槽、再曝気槽とし、生物学的に水中の磷及び窒素の除去を向上させることを目的とした水処理方法。
COD	化学的酸素要求量（Chemical Oxygen Demand） 水中の有機物を、酸化剤で酸化するのに必要な酸素の量。数値が大きいほど有機物が多いと判断される。
COD ^{けい} 計	放流水CODの状態監視のための連続自動計測機器。
MLDO	活性汚泥溶存酸素濃度（Mixed Liquor Dissolved Oxygen） 反応タンク内の水中に溶け込んでいる酸素を濃度で示したもの。
MLDO ^{けい} 計	MLDOの状態監視のための連続自動計測機器。
MLSS	活性汚泥浮遊物質（Mixed Liquor Suspended Solids） 反応タンク内の活性汚泥（処理を行う微生物）の濃度を示す指標。
MLSS ^{けい} 計	MLSSの状態監視のための連続自動計測機器。