

農業集落排水処理施設の維持管理基礎講座 (第12回 回分式活性汚泥方式の維持管理)

(一社) 地域環境資源センター 集落排水部 上席研究員 Shibata 柴田 Hirohiko 浩彦

1 はじめに

JARUS 型の浮遊生物法には代表的な処理方式が2種類あります。回分式活性汚泥方式(以下、「回分方式」という。)と連続流入間欠ばっ気方式(以下、「連間方式」という。)がそれにあたりますが、どちらも標準活性汚泥方式の変法になる長時間ばっ気方式になります。

今回は、回分方式を中心にその特徴や維持管理の留意点等についてお話しします。

2 JARUS 型回分方式

(1) 処理方式の種類

JARUS 型回分方式には、BOD 除去型のXI型と窒素除去型のXIIシリーズ(XII型、XII_G型、XII_H型)があります。大きな違いは、表-1に示した回分槽の滞留時間とばっ気方法です。

表-1 JARUS 型回分方式の特徴

JARUS 型	XI型	XII型シリーズ
処理タイプ	BOD 除去型	窒素除去型
水理学的滞留時間(時間)	22	27
ばっ気方法	連続ばっ気	間欠ばっ気
BOD-SS 負荷(kg-BOD/(kg-SS・日))	0.073 ~ 0.109	0.059 ~ 0.089
BOD 容積負荷(kg-BOD/(m ³ ・日))	0.22	0.21

流入 BOD : 200mg/L

流入汚水量 : 270L/(人・日)

MLSS の範囲 : 2,000 ~ 3,000mg/L

なお、BOD-SS 負荷と容積負荷は、沈殿・排出工程も加味した計算である。

(2) 回分方式の特徴

JARUS-XII型(回分方式)と沈殿槽を有するJARUS-XIV型を(連間方式)比較すると、以下のようになります。

表-2 XII型とXIV型の特長

JARUS 型	XII型(回分方式)	XIV型(連間方式)
処理タイプ	窒素除去型	窒素除去型
流入方法	間欠流入(流入工程)	連続流入
ばっ気方法	間欠ばっ気	間欠ばっ気
処理水槽	回分槽	ばっ気槽(沈殿槽)
水理学的滞留時間(HRT)(時間)	27(回分槽)	27(ばっ気槽)
大型機器	ばっ気攪拌装置 上澄水排出装置	汚泥掻き寄せ機 返送汚泥ポンプ
MLSS の調整	余剰汚泥引抜量	返送汚泥量 余剰汚泥引抜量

(3) 運転工程

回分方式は、汚水の流入と生物処理、固液分離(沈殿)、上澄水(処理水)の排出を同一槽で行うという大きな特長があります。そのため、回分槽の状態は刻一刻と変化しており、時間的な制約があるため、維持管理では処理の状況に合わせた運転管理が求められ、注意が必要です。

JARUS 型の回分槽は、1日4回一連の処理工程(サイクル)を繰り返す運転が標準です。従って回分槽が2槽の場合、1日8サイクルの処理を行います。1サイクルは6時間で、前半の3時間は流入工程と処理工程、後半の3時間は沈殿工程と排出工程、さらに余剰汚泥の引抜きを行います。

JARUS 型の運転工程を、図-1と2に示します。図-1は流入BODが200mg/L、流入汚水量が計画汚水量の設計負荷(100%負荷)時の運転工程、図-2は流入負荷が設計負荷の60~70%程度(例えば、流入BOD160mg/L、流入汚水量が計画汚水量の80%程度)の運転工程例です。

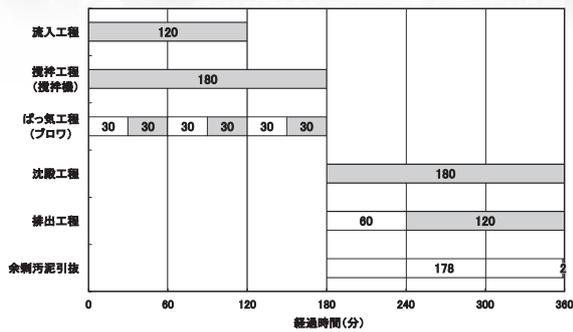


図-1 JARUS 型回分方式の運転工程
(流入負荷が100%の時)

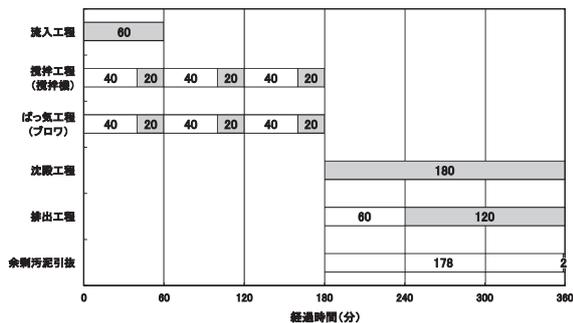


図-2 JARUS 型回分方式の運転工程
(設計負荷の60～70%程度)

1) 流入工程

1 サイクルで処理する汚水量の流入時間（流入工程）は2時間（図-1）を標準とするが、污水計量槽の戻りを止めると、図-2のように1時間程度で処理する汚水量を投入することができ、流量調整ポンプの稼働時間を短縮した省エネ運転になるだけでなく、処理の安定性の観点からも効果的です。

2) 処理工程（攪拌工程、ばっ気・攪拌工程）

XII型シリーズの処理工程は、ブロウをON/OFFする間欠ばっ気です。3時間の処理工程を3分割し、攪拌工程（非ばっ気工程）とばっ気・攪拌工程（ばっ気工程）を3回繰り返す間欠ばっ気が一般的です。ブロウの運転時間を調整することで、硝化反応と脱窒反応のバランスを保ち窒素除去を行います。硝化反応（ばっ気・攪拌工程時間）を優先し、残りを脱窒反応（攪拌工程）とすると、安定した処理性能が得られます。XI型は連続ばっ気方式ですが、流入負荷（流入汚水量×流入BOD）が低い等で間欠ばっ気が可能な施設は多くあり、その場合のブロウの運転時間は

XII型と同じ方法で設定することが可能です。

3) 沈殿工程、排出工程

沈殿工程は合計3時間（排出工程を含む）、排出工程は2時間が一般的ですが、活性汚泥の固液分離に問題がない場合は、それぞれ2時間と1時間でも十分に上澄水を排出することはできます。

4) 余剰汚泥の引抜き

回分方式のMLSSの調整は、回分槽から直接余剰汚泥を引抜くことで行います。余剰汚泥引抜時間を長くするとMLSSは下がり、短くするとMLSSは上昇します。通常、余剰汚泥の引抜きは、1～2分程度です。回分方式は回分槽のMLSSを大幅（500mg/L以上の変化）に変化させることは連間方式より容易ですが、変化量がダイレクトなので注意が必要です。特に、MLSSを低くする目的で引抜時間を長くするときは、1週間（回分方式の保守点検頻度は1回/週）ではなく、2～3日で確認しながら調整することが必要です。

3 維持管理上の留意点

(1) 汚泥界面

回分方式で最も避けなければならない状況は、排出工程時に活性汚泥（SS）が上澄水に混入する現象です。回分槽における有機物の酸化や窒素の除去がどんなに良好であっても、上澄水に活性汚泥が混入するとSSが高くなり放流基準を満足しない結果になります。活性汚泥の流出は、放流先への影響も考えられるので、回分方式では活性汚泥の沈降性を意識した運転管理が必要です。

浮遊生物法の維持管理時では、ばっ気時の活性汚泥を採取しSV₃₀（%、活性汚泥沈降率）を測定し沈降性を確認しますが、SV₃₀の数値から実際の回分槽の汚泥界面と上澄水排出時の水面の位置関係を把握することは難しいといえます。

図-3～5は、沈殿工程時に回分槽内の汚泥界面と水面の位置を10分毎に測定しそれぞれ沈降距離をグラフに示した図です。図中のクリアランスは、汚泥界面と水面の間隔を示した数値です。上澄水排出時のクリアランスは50cm以下になる

と、上昇水流によって汚泥界面付近の活性汚泥が動き出し上澄水に活性汚泥が巻き込まれる現象が発生する危険性が高くなると言われています。

図-3のクリアランスは最小値が191cmあり、活性汚泥の沈降性が良好な例です。一方、図-4のクリアランスは最小値が51cmと小さくなっており、沈降性が良くない例といえます。このような状況では、活性汚泥を巻き込んだ上澄水が処理水として排出されてもおかしくないといえます。

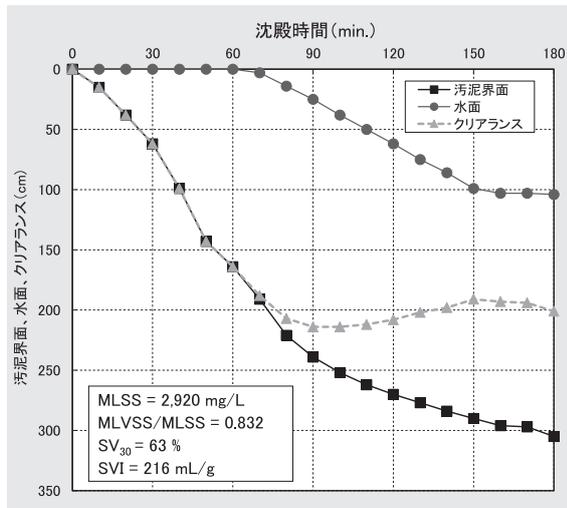


図-3 回分槽の汚泥界面と水位の関係 (沈降性が良好な例)

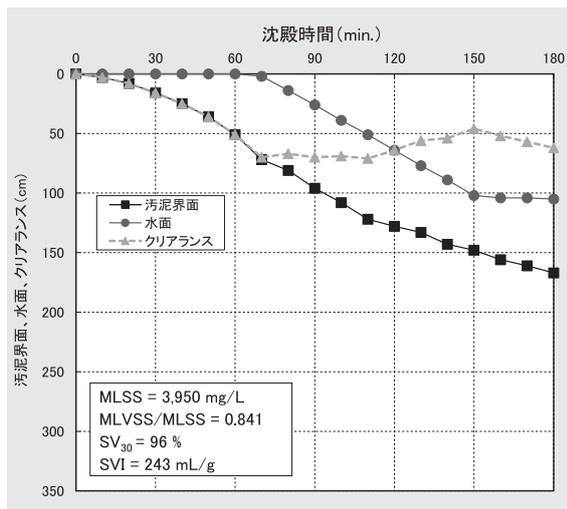


図-4 回分槽の汚泥界面と水位の関係 (沈降性が不良な例)

なお、保守点検時に SV_{30} を測定した活性汚泥の MLSS を分析すると SVI (mL/g、汚泥容量指標) が計算できます。SVI は SV_{30} をより一般化させた活性汚泥の沈降性の指標ですが、 SV_{30} と同様

に必ずしも実際の回分槽の汚泥界面とは一致しないので注意が必要です。

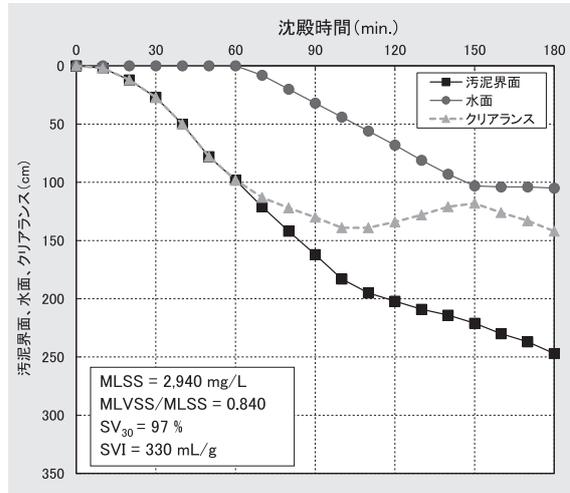


図-5 回分槽の汚泥界面と水位の関係 (SV_{30} と SVI は良くないが、沈降性が良好な例)

図-4と5の SV_{30} は96%と97%とほぼ同じですが、汚泥界面の動きは異なり、SVIが330mL/g(図-4は243mL/g)と大きな図-5の方が明らかに良好です。

また、同じSVIで比較すると、濃度が高い方が汚泥界面の位置は高くなります。例えば、SVIが200mL/gの活性汚泥で比較すると、MLSSが4,000mg/Lの SV_{30} は80%、3,000mg/Lの SV_{30} は60%と濃度が高い活性汚泥の方が1.5倍高い汚泥界面となります。

図-4と5の比較やSVIの比較では、MLSS濃度が汚泥の沈降性に最も影響していることを示しています。汚泥界面が高いとき、余剰汚泥引抜時間を長くしMLSS濃度を低くする対応は、汚泥界面を低くすることには効果的であると言えます。しかし、活性汚泥の沈降性が悪化するとMLSS濃度を低くしただけでは、汚泥界面は十分に低くならないこともあるので注意が必要です。

汚泥界面は活性汚泥の沈降性の問題であり、維持管理では必要以上にばっ気時間を長くしないことがMLSS濃度管理とともにとっても重要なことです。

SV_{30} や SVI は活性汚泥の沈降性の良否を判断する目安ですが、定期的な実際の汚泥界面位置を測定し SV_{30} や SVI との関係を確認することは有

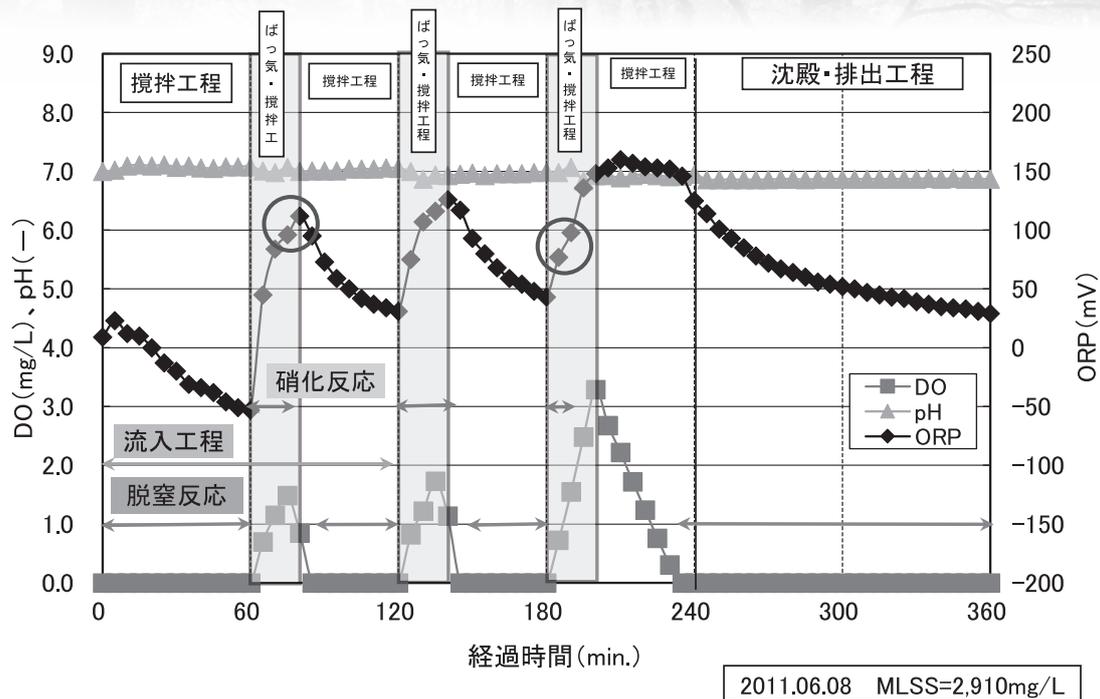


図-6 測定項目（ポータブルセンサー）の推移

益な事といえます。

なお、図-3～5は同じ処理施設の回分槽で測定したものです。

(2) 水質測定

保守点検時に回分槽の処理状況を確認するために行う維持管理項目としては、ポータブルセンサーを用いたDOとpHそしてORPの測定とSVシリンダーを用いた活性汚泥の沈降性を確認するSV₃₀が一般的です。

ポータブルセンサーによる測定のタイミングは、連続ばっ気を行っているXI型はばっ気・攪拌工程終了時に行い、間欠ばっ気を行うXII型(XI型で間欠ばっ気を行っている場合も同様)は各攪拌工程とばっ気・攪拌工程の終了時(合計6回/サイクル)に測定します(最低でも、最終ばっ気・攪拌工程終了時)。また、SV₃₀用の活性汚泥やMLSS分析用試料は最終ばっ気・攪拌工程終了時に採取した活性汚泥で行います(XI型に同様)。上記のタイミング以外に測定あるいは採取した試料の分析結果は処理状況を把握するという意味では活用できないデータになるので、注意が必要です。

図-6は回分方式(6時間/サイクル、初期攪

拌工程60分、ばっ気・攪拌工程18分、攪拌工程42分、排出工程1時間)のDO、pH、ORPを5分間隔で測定し各項目の動きをトレンドグラフに示した図です。図中のハッチ部分は、ばっ気・攪拌工程です。また、ORPとDOのトレンドから判断した硝化反応と脱窒反応をそれぞれ矢印で示しています。なお、○印は変曲点で、各ばっ気・攪拌工程で硝化反応が終了したと思われる部分を示しています。

DOとORPの動きは、ばっ気・攪拌工程は上昇し、攪拌工程では下降します。酸化処理が順調であれば、DOやORPのピークは徐々に高くなります。なお、DOは途中まで0.0mg/Lでも、最終ばっ気・攪拌工程で0.5mg/L以上になれば問題ありません。

4 ばっ気時間の考え方

回分方式のばっ気時間は、最終ばっ気・攪拌工程においてDOが0.5mg/L以上になった時間を参考に決めることができます。この時点で酸素を消費する反応(有機物の酸化反応、アンモニア性窒素の硝化反応)が終了した可能性があるため、これ以上ブロワを稼働する必要はないと判断し、残

りのばっ気・攪拌次工程を攪拌工程にすることを検討します。

例えば、図-6の最終ばっ気・攪拌工程終了時のDOは、3.29mg/Lまで上昇しています。DOのトレンドから最終ばっ気・攪拌工程開始5分後にはDOは0.5mg/L以上になっていますが、ORPのトレンド（○印の変曲点）から硝化反応は開始約5～10分で終了しています。ばっ気・攪拌工程は合計54分（18分×3回）ですが、トレンドからは10分程度短縮できるので、図-6ではばっ気・攪拌工程を18分から15分にすることが可能です。

連続ばっ気の場合も同様に、DOが0.5mg/L以上になった以降の時間帯はブロワを停止しても問題ありません。つまり、間欠ばっ気に変更することも可能です。

一方、最終ばっ気・攪拌工程終了にDOが0.5mg/L以下の場合は、逆にばっ気・攪拌工程を

長くする必要があると判断します。

なお、DOのトレンドから、ばっ気・攪拌工程終了してからDOが0.5mg/L以下になるまで約35分経過しています。これは、脱窒反応が始まるまで約35分の待機時間（DO残余時間）があったことになり、硝化・脱窒反応の空白時間帯といえます。この時間帯を短くすることで、より省エネで効率的な硝化・脱窒反応を目指すことができます。

5 おわりに

今回は、JARUS型回分方式（JARUS-XI型とXII型）の維持管理についてお話ししました。

次回は、JARUS型浮遊生物法で最も処理施設数が多い連続流入間欠ばっ気方式（JARUS-XIV型シリーズ）の維持管理について、お話しします。