

標準法の改築にあたり柔軟な運転方法に対応した反応槽設計事例

株式会社 日建技術コンサルタント
水処理施設部 筒井 大紀

標準活性汚泥法の改築にあたり、全槽好気運転（「0000 運転」）、嫌気好気運転（「A000 運転」）、ステップ流入 2 段運転（「A0A0 運転」）など複数の運転方法を想定した槽割りの設計に対し、既設反応槽隔壁を利用した性能の検証を行った。

Key Words : 標準活性汚泥法、再構築実施設計、反応タンク

1. はじめに

本浄化センターは一部合流区域を含んでおり、昭和 44 年 4 月に処理方式を標準活性汚泥法として一部供用開始し、約 48 年が経過している。

本業務は、長寿命化計画で位置付けられた反応タンク設備の再構築実施設計を行うものである。

本稿では、反応タンク設備の改築にあたり、既設槽割りの課題に対し、反応タンク槽割りの性能の検討を行った。

2. 反応タンクの運転状況

対象の系列は、処理能力の 60%の流入水量で全池運転し、運転方法は前半部の空気量を制限した擬似嫌気好気法及び、空気量を増加させ硝化促進運転を行っている。

現状運転では BOD、SS に関して良好な処理水質を維持している。またアンモニア性窒素に関しても概ね 20mg/L 程度の流入に対し 0.3mg/L 程度の放流で処理性能は良好である。

3. 設計条件

- 1) 処理方式：標準活性汚泥法
- 2) 本浄化センターの水温は夏季 27.2℃から冬季 17.3℃のため、夏季の硝化促進及び、冬季のバルキング対策も考慮した運転方式とする。

4. 既設反応槽槽割りの課題

日本下水道事業団の「標準活性汚泥法設計指針（案）」（平成 7 年）では、標準活性汚泥法の反応タンクについて、隔壁による 4 分割を基本とした、全槽好気運転（「0000 運転」）、嫌気好気運転（「A000 運転」）、ステップ流入 2 段運転（「A0A0 運転」）など複数の運転方法を想定し、第 1 槽～第 4 槽の容量比を「1：1.5：1.5：2.25（本稿では、これを「JS 標準型」

槽分割と呼ぶ)」と設定しているが、本浄化センターの反応タンク槽割りは 1 : 1 : 1 : 1 : 1 の 5 分割となっている。(図-1 参照)

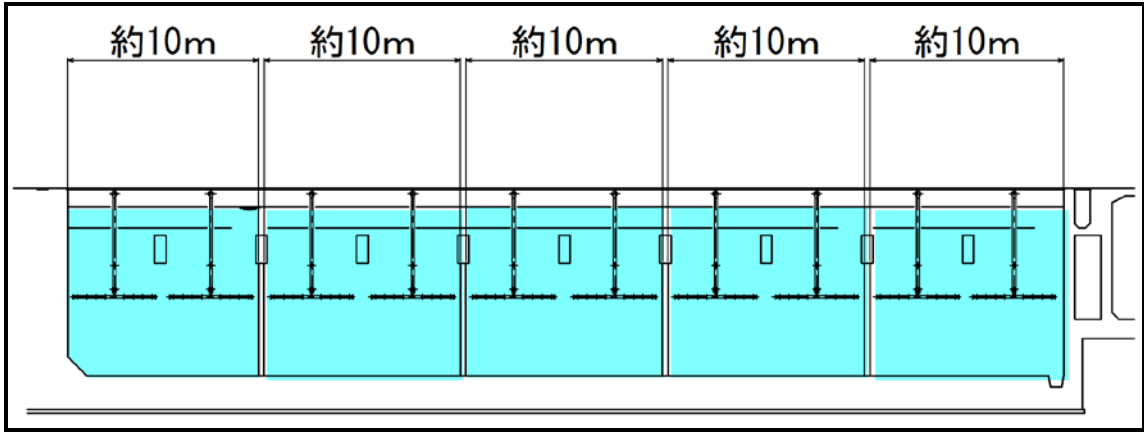


図-1 既設反応タンク断面図

本浄化センターで、現状運転として擬似的な A000 運転でも硝化促進運転を可能にしているのは、流入水量が処理能力の約 60%程度であり S R Tを長くできているためと考えられる。

将来、流入水量が増加し処理能力に近づくと、硝化が不完全となり処理水質の悪化を招くことも懸念される。そのため、全槽好気運転(「0000 運転」)、嫌気好気運転(「A000 運転」)、ステップ流入 2 段運転(「AOAO 運転」)など、運転方法を柔軟に選択できるよう設計することが望ましい。槽割りを JS 標準型に準拠し隔壁を作り直すことは、工期も工事費を大きくするため、既設槽割りでの反応槽性能を確認し、処理効果の評価を行うこととした。

「JS 標準型」と「既設等分割型」の反応タンク概要を表-1 に示す。

表-1 反応タンク槽割概要

	JS 標準型	既設等分割型
運 転 方 法	① 0000 ② A000 ③ AOAO	① 00000 ② 疑似 A0000
各槽容量比	1 : 1.5 : 1.5 : 2.25	1 : 1 : 1 : 1 : 1
備 考	夏：硝化促進 冬：バルキング対策	風量を上げての硝化促進

5. JS 標準型の概要

標準活性汚泥法の課題は、「夏場は水温が高くなり硝化を抑制できず中途半端な硝化により N-BOD 由来により放流水質が悪化する」、「最終沈殿池で脱窒により汚泥が浮上する」等が挙げられる。

「AOAO 運転」は、高水温期などで硝化反応が不可避免的に進行することを前提とした運転方法である。硝化が進行すると、その過程でのアルカリ度消費により活性汚泥混合液の pH が低下して処理機能が悪化したり、最終沈殿池内の汚泥中で（硝化により生成した硝酸性窒素を利用した）脱窒が進行して汚泥が浮上するなどの問題が生じることがある。これらを抑制するために、標準活性汚泥法においても脱窒工程を組込むことを想定している。

そのため、硝化液を循環させることなく、ステップ流入により AOAO 運転することが有効と考えている。（第 3 槽目にステップ流入させることで、脱窒に必要な無酸素状態と水素供与体である有機物が供給できる環境をつくる）

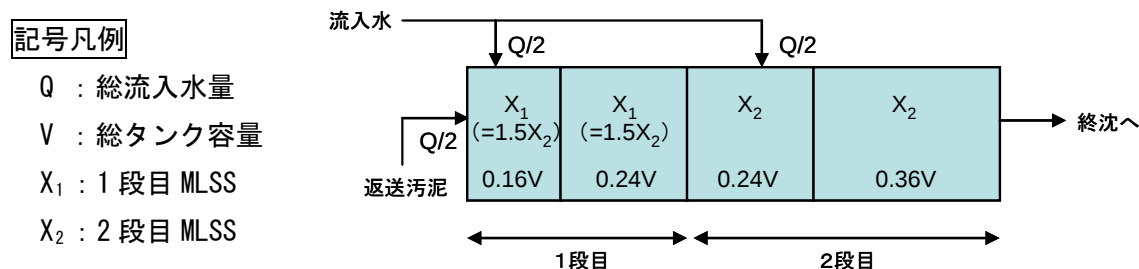


図-2 JS 標準型槽分割概要図

6. 槽分割の検討方針

反応槽の処理効果を確認するために比較検討項目の設定を行う。

①ステップ流入による効果 ⇒ **MLSS の高濃度化**

2 段のステップ流入を行なう場合、1 段目の MLSS 濃度を 2 段目よりも高くする必要がある。すなわち、ステップ流入を行なうことで、最終沈殿池へ流入する MLSS 濃度を変えずに、反応タンク全体の MLSS 保持量（あるいは平均 MLSS 濃度）を高めることができるため JS 標準型ではステップ流入を前提としている。

ここでは、総 MLSS 量の試算により、JS 標準型同様の効果を有しているかを確認する。

②1 段目と 2 段目の容量比（1 : 1.5）による効果 ⇒ **負荷の均一化**

JS 標準型槽分割の最大のポイントは、ステップ流入により生じる前段と後段の MLSS 濃度の違いに対して、各段に保持される MLSS「量」が等しくなるよう、容量比を設定することにある。

ここでは、1 段目と 2 段目の容量比による、負荷均一化の効果を確認する。

③1～4 槽の容量比（1：1.5：1.5：2.25）による効果 ⇒ **ASRT の確保**

標準活性汚泥法では、有機物除去や硝化などの主要な処理機能が ASRT（好氣的固形物滞留時間）に依存し、一般に ASRT を長く確保できる方が高い処理機能を期待できる。

ここでは、無酸素槽と好気槽の容量比により、JS 標準型と同等の効果を有しているかの確認を行う。

上記 3 項目について、以下の 3 ケースでの処理効果を比較する。

- 【ケース A】 既設隔壁利用（ステップ流入無し）
- 【ケース B】 既設隔壁利用（2 段ステップ流入）
- 【ケース C】 JS 標準型（2 段ステップ流入）

表 2 は、(A)既設利用型（ステップ流入無し）、(B) 既設利用型（2 段ステップ流入）、(C)JS 標準型（2 段ステップ流入）の各ケースについて、各種試算結果を示したものである。

表 2 流入方式・槽分割方式の比較

ケース	【ケース A】 既設利用 (ステップ流入無し)	【ケース B】 既設利用型 (2 段ステップ流入)	【ケース C】 JS 標準型 (2 段ステップ流入)
反応タンクフロー	※記号凡例 Q：総流入水量 V：総タンク容量 X_1：1 段目 MLSS 濃度 X_2：末端 MLSS 濃度		
ステップ流入比（1 段目：2 段目）	無し	1：1	1：1
汚泥返送比（対総流入水量）	0.5	0.5	0.5
槽容量比（括弧内は、全体容量を 1 とした場合の各槽容量の比率）	1：1：1：2 (0.20：0.20：0.20：0.40)	1：1：1：2 (0.20：0.20：0.20：0.40)	1：1.5：1.5：2.25 (0.16：0.24：0.24：0.36)
MLSS 濃度比（1 段目：2 段目）	—	1.5：1	1.5：1
総 MLSS 量（対ケース A）	1.00	1.20	1.20
好気槽 MLSS 量（対ケース A） ※全ケースについて AOA0 運転を想定。	1.00	1.17	1.20
MLSS 当り流入負荷量 (対ケース A)	1 段目	0.83	0.83
	2 段目	0.83	0.83

7. 検証内容

①ステップ流入による効果 ⇒ **MLSS の高濃度化**

2 段のステップ流入を行なうと、1 段目の MLSS 濃度が 2 段目の 1.5 倍となり（2 段目の

MLSS 濃度を 2,000 mg/L とすると、1 段目の MLSS 濃度は 3,000 mg/L となる)、JS 標準型の槽分割 (ケース C) では、ステップ流入を行わない場合 (ケース A) と比べて、反応タンク全体の保持汚泥量が 20%増加する計算になる。このことは、当該反応タンクの生物処理能力が 20%増加することを意味する。

(ケース B) も (ケース C) と同様、1 段目と 2 段目の容量比が、結果的に 0.4 : 0.6 (1 : 1.5) となっているため、同様の効果が見込まれる。

②1 段目と 2 段目の容量比 (1 : 1.5) による効果 ⇒ 負荷の均一化

各段に保持される MLSS 量が等しくなるような、1 段目と 2 段目の槽容量比は、MLSS 濃度比の逆数比となり、MLSS 濃度比「1.5 : 1」に対応する容量比は「1 : 1.5」となる。

<例>

$$1 \text{ 段目 } 1.0V \times 3,000 \text{ mg/L} = 2 \text{ 段目 } 1.5V \times 2,000 \text{ mg/L}$$

これは、「各段に等量ずつステップ流入される下水に対して、各段にて等量の MLSS (汚泥) により処理を行なう」という考え方で、各段の MLSS 量あたりの流入負荷量を均一化していることになる。これにより、各段の反応タンク容量を過不足なく使用することが可能となる。

表 2 において、JS 標準型槽分割 (ケース C) では、ケース A と比較して各段の負荷量が 83%へと低減されているが、これは直接的に処理能力の余裕と見なすことができる (その分、処理水量を増やすか、MLSS 濃度を低下させることができる)。

(ケース B) も (ケース C) と同様、1 段目と 2 段目の容量比が、結果的に 1 : 1.5 となっているため、同様の効果が見込まれる。

③1~4 槽の容量比 (1 : 1.5 : 1.5 : 2.25) による効果 ⇒ ASRT の確保

ASRT は好気槽内の保持汚泥量と余剰汚泥固形物量から算出されるため、表 2 の 3 ケースにおいて余剰汚泥固形物量に大きな違いが無いと仮定すれば、好気槽 MLSS 量を ASRT の代替指標として使用することができる。

表 2 に示したとおり、JS 標準型の槽分割 (ケース C) では、ケース A と比較して好気槽 MLSS 量が 1.20 倍まで増加する計算となる。これは、ステップ流入の効果に加えて、無酸素 / 好気容量比を 1 : 1.5 と設定したことによる。(ケース B) では MLSS 濃度が高い 1 段目の好気槽容量が (ケース C) に比べ小さいため、1.17 倍とわずかに (ケース C) を下回るが、流入水量および反応タンク容量に対して長い ASRT を確保できるため、有機物除去および硝

化に関して、相対的に高い処理機能を期待することが可能である。

(ケース B) も (ケース C) と同様、反応タンク容量に対して長い ASRT を確保できるため、同様の効果が見込まれる。

8. 検証結果

検証の結果、既設隔壁利用の 5 槽均等割 (ケース B) は、①「MLSS の高濃度化」、②「負荷の均一化」、③「ASRT の確保」のいずれも項目においても、「JS 標準型」(ケース C) と性能面で同等の効果があることが確認できた。よって既設隔壁を流用する (ケース B) を採用するものとした。

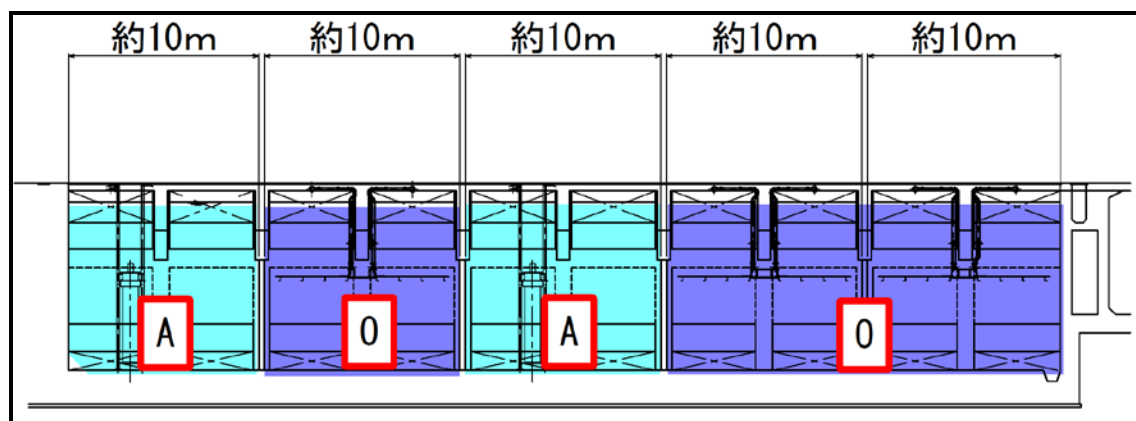


図-3 更新反応タンク槽割図

9. おわりに

既設隔壁利用による槽割りにおいても、様々な運転方法に対応でき、また標準活性汚泥法の容量比「1:1.5:1.5:2.25」とほぼ同等の性能があることが確認できた。このように、反応槽改築においては、既設の槽分割が様々な場合があるが、安易に隔壁の打ち直しではなく、処理の効果を確認し、既存施設をどう生かせるかを検討することが重要である。これにより他業務における同様のケースでも、工事費の削減・工期の短縮等のメリットにつながるものと考えている。

参考文献

- 1) 日本下水道事業団 「標準活性汚泥法設計指針 (案)」