



Title	反応タンクの改造によるステップ流入式硝化脱窒法について
Author(s)	折原, 智明; 竹沢, 哲; 正藤, 勝豊 他
Description	第7回衛生工学シンポジウム (平成11年11月11日 (木) -12日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 6 水処理 1 . 6-4
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 7, 210-214
Issue Date	1999-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7294
Type	departmental bulletin paper
File Information	7-6-4_p210-214.pdf



6-4 反応タンクの改造によるステップ流入式 硝化脱窒法について

札幌市下水道局 ○折原智明 竹沢 哲 正藤勝豊 中村 修

1. はじめに

拓北処理場は昭和59年9月に運転開始した分流式、標準活性汚泥法の処理場である。NOD対策として硝化促進運転を基本としてきたが、水量の日間変動比(2.2程度)が大きく、窒素負荷が高いことから、最終沈殿池での脱窒汚泥浮上、アルカリ度不足によるpHの低下に悩まされてきた。また反応タンク形状が札幌市の他の処理場(水路長/水路幅の比が大きい迂回流方式)とは異なり、水路長/水路幅の比が小さい単水路方式であり、阻流壁が設けられているものの十分に機能せず、短絡流による不完全処理も問題となっていた。

それらの対策として、二系統ある水処理系の内、2系列目について、反応タンクの前部の送風量を絞り疑似無酸素状態とし、返送率を100%程度に高めて運転する疑似AO法(以下循環変法という)を試み、pHの低下の防止、最終沈殿池での汚泥浮上の抑制に一応の成果がみられたが、疑似無酸素部分の脱窒作用が十分に起こらず、期待している効果は得られなかった。

そこでこれらの問題を解決するとともに、現有施設の改造による処理の高度化運転の確立を目指し、1系列目を標準活性汚泥法からステップ流入式二段硝化脱窒法に改造し、平成10年6月から運転を行っている。

本報告では改造の内容と平成10年6月～平成11年1月までの運転状況を報告する。

2. 施設の概要

拓北処理場の施設概要(設計値)を表-1に、反応タンクフローを図-1に示す。

反応タンクは全二系列で、処理方式はもともと標準活性汚泥法であったが、今回1系列目をステップ流入式二段硝化脱窒法に改造した。この改造に当たっては日本下水道事業団「標準活性汚泥法 設計指針(案)(平成7年1月)」(以下、設計指針(案)という)、日本下水道協会「高度処理施設設計マニュアル(案)(平成6年)」等を参考にし、反応タンクを阻流壁により1:1.5:1.5:2.25に分割し、1区画目、3区画目を無酸素槽とした。

無酸素槽については既存の散気板を撤去し、攪拌装置として経済性を考慮し、プロペラ型の水中ミキサーを1区画目には2台(3kW)、3区画目には1台(3kW)設

表-1 施設概要

晴天日最大処理能力	16,000 m ³ /日
日平均処理量(H9年度)	6,310 m ³ /日
反応タンク 系列	全2系列
形状	11.2 ^W ×42 ^L ×6.0 ^H
HRT	8.2 hr
最終沈殿池	全2池(4水路)
形状	5.4 ^W ×36 ^L ×3.0 ^H
水面積負荷	21m ³ /m ² /日

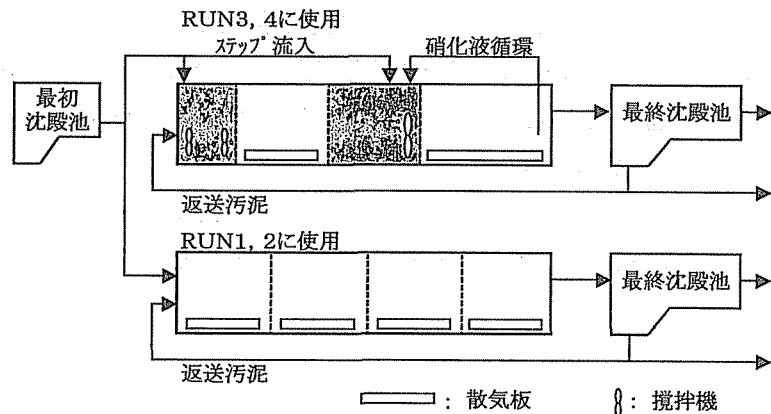


図-1 処理フロー

置した。好気槽については既存の散気板をそのまま使用した。

硝化液は4区画目の好気槽末に水中ポンプ(3.7kW、1m³/分)2台を設置し、3区画目の無酸素槽に循環させることが出来る。

ステップ水路は新設し、流入水量の分配については水路末端に三角堰を設け、堰高さで調整(手動)している。

以上の改造によってステップ式二段硝化脱窒運転が行えるようになったが、散気板一部撤去による散気量減の問題、AOAO固定運転での冬期の硝化運転に不安を残すこととなった。

使用系列は計画水量に比較し、流入水量が少ないこともあり、一系列運転を基本としている。

3. 運転条件

基本的に一系列運転であり、対照系列が無いことから、比較するため改造前のデータも併せて表-2に示す。RUN1、RUN2は改造前、RUN3、RUN4は改造後のデータである。融雪期は二系列運転となり、HRT等大きく異なるため、右表からは除いてある。

RUN1は標準法による運転で、当処理場の一般的な値である。

RUN2では1区画目の送風量を通常の1/3程度に絞り疑似無酸素状態とし、返送率を80%定率の循環変法による運転を行った。しかし散気装置の制約および旋回流を確保するため、最低限の風量は必要となり、水量の少ない時間帯には、無酸素状態を確保するのが難しい場合もあった。またA-SRTは硝化に必要な値よりかなり高い値となった。これについては、反応タンクの阻流壁は4等分割するよう設置されたが十分ではなく、混合特性試験結果がN=2.1の槽列モデル(図-2)となり、短絡流の影響を減らすため高めに設定した。

RUN3、RUN4においてはステップ流入式二段硝化脱窒運転を行った。また窒素の除去率を少しでも上げることを目的に、硝化液の循環(20%程)を行った。RUN3は高窒素除去を目的とし返送率80%の運転を、RUN4では事業団の設計指針(案)をもとにした反応タンクの槽割りを生かすために、返送率を50%で運転した。よって脱窒での窒素最大理論除去率は20%の内部循環を考慮すると、それぞれ75%、71%となる。また、阻流壁改造後に混合特性試験を実施したところN=3.9となり、

表-2 運転条件

	RUN1	RUN2	RUN3	RUN4
処理方式	標準法	循環変法	ステップ二段硝化脱窒法	
調査期間	H9, 8, 21 ~9, 21	H9, 11, 13 ~H10, 2, 28	H10, 6, 26 ~10, 1	H10, 10, 6 ~H11, 1, 31
ステップ流入	—	—	1:1	1:1
無酸素:好気	—	(1:3)	2:3	2:3
反応タンク HRT	11.8	11.0	10.1	10.3
水面積負荷	14	15	17	14
返送率(%)	40	79	80	50
循環率(%)	—	—	22	22
空気倍率	8.5	7.1	5.3	5.2
水温(°C)	22.3	14.9	21.8	16.8
SRT/A-SRT	22/22	(22/17)	16/9	20/12
MLSS	2,380	3,280	2,900	2,800
RSSS	7,370	6,560	6,440	7,100
MLDO(mg/L)	5.2	5.6	0.9	2.1
S V I	106	190	203	256

槽列モデルによる理論流過曲線

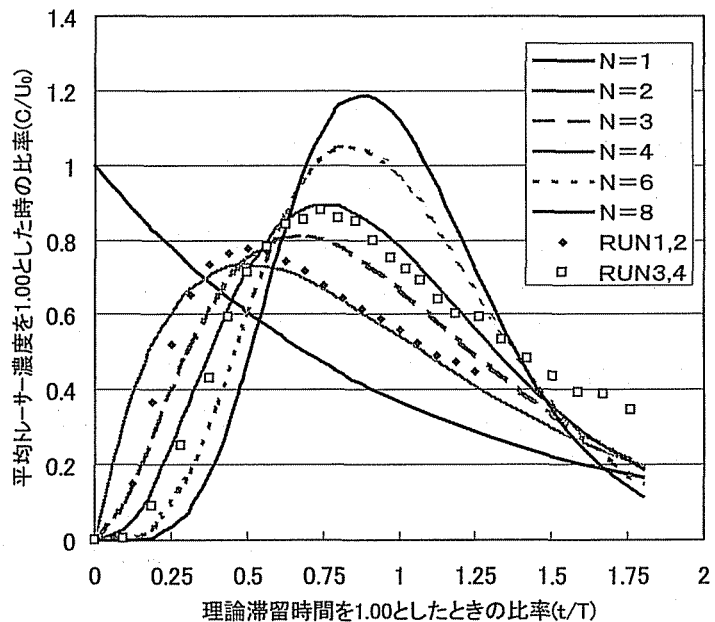


図-2 反応タンク混合特性

4区画の反応タンクとしては良好であると判断された。ステップ流入量は24時間試験の結果より、時間ごとの変動はあるものの、ほぼ1:1であると推定された。

4. 運転結果

運転結果を表-3に示す。運転結果の検討は対照系列がないことから運転時期等の異なるデータの比較となった。なお、水質データは24時間の混合試料によるものである。

(1) 処理状況

二次処理の状況を見るとBODについては各実験とも良好であった。SSはRUN1では脱窒による汚泥浮上で悪化した。RUN2以降は脱窒行程を組込んだため、最終沈殿池における浮上が見られなくなり、良好な結果となった。また標準法のRUN1では硝化の進行に伴い、pHが5.8まで低下することが度々あったが、RUN2以降は脱窒でのアルカリ度補給により、pHの低下を抑制することができた。

(2) 窒素除去

硝化は各実験ともほぼ完全硝化が達成された。当初、改造反応タンクでは好気槽容量が標準法の3/5に減少することから硝化中途が懸念されたが、A-SRTを十分に確保したため硝化は進んだ。処理水のT-N(除去率)は、標準法であるRUN1で25mg/L(24%)であったが、循環変法に変更したRUN2では17mg/L(39%)に向上した。さらにステップ流入式二段硝化脱窒法に変更したRUN3では、7.4mg/L(75%)へ、RUN4では返送率を減らしたが、それでも9.2mg/L(67%)とRUN3、RUN4では余剰汚泥量等を考慮しなければ、ほぼ理論値に近い結果となった。図-3に反応タンクの窒素形態変化を示す。図より1脱窒槽、3脱窒槽ともNO₃-Nが無く、脱窒槽の容量は好気槽の2/3としたが、脱窒能力に問題は無いことがわかる。逆に好気槽については散気装置の制約による風量不足から、上図の様に夏期の日中で負荷の高い時間帯にNH₄-Nが残る場合があり、散気板の増設工事を平成11年2月に実施した。この工事で、ステップ方式へ改造する前と同じ風量を送風出来る様にした。

(3) りん除去

本運転は、りん除去を目的とした運転ではないが、参考までに水質結果を示した。RUN4では0.3mg/Lと低い値を示したが、調査期間中は負荷も低く、今後も動向を見ていく考えである。

(4) 汚泥沈降性

当処理場の標準法でのSVIは、これまでRUN1と同様に年間平均100前後であった。しかし脱窒

表-3 運転結果

	標準法 RUN1 平均	循環変法 RUN2 平均	脱窒法 I RUN3 平均	脱窒法 II RUN4 平均
反応タンク流入水質				
BOD	97	90	100	94
SS	44	44	59	50
T-N	33	29	30	28
NH ₄ -N	19	18	20	19
T-P	4.0	3.2	2.8	2.7
アルカリ度	148	145	150	152
処理水質				
BOD	7.7	3.9	7.3	3.7
SS	13	5	8	7
T-N	25	17	7.4	9.2
除去率	24	39	75	67
NH ₄ -N	0.2	0.0	0.4	0.0
NO ₃ -N	21	16	5.4	7.6
T-P	0.8	0.5	0.5	0.3
除去率	79	85	82	90
pH	6.3	6.9	6.9	7.0
アルカリ度	8	26	60	57

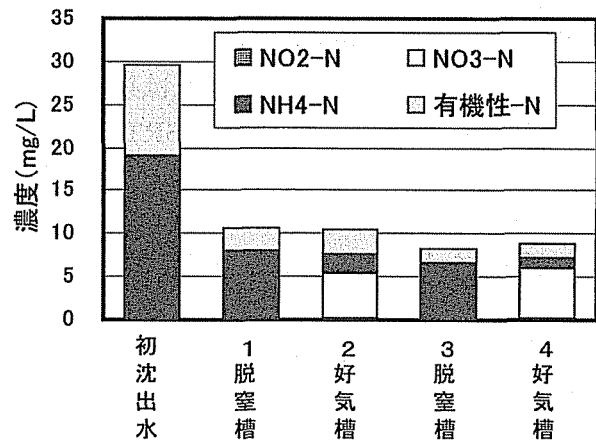


図-3 窒素形態変化 (RUN3)

を組み込むと、RUN2では190、RUN3では203、RUN4では256と大幅に上昇した。このため現状のMLSSは、SVIと最終沈殿池の水面積負荷より計算される汚泥流出限界時の値を上回ることとなり、流入水温が低下すると汚泥が流出する危険性もでてきた。その対策として、高分子凝集剤の注入(図-4)や、使用最終沈殿池使用数増を行い、またA-SRTを完全混合型反応タンクの式($29.7 \cdot e^{-0.102T}$)を参考に、MLSSの最適値を求める方向で検討をしている。

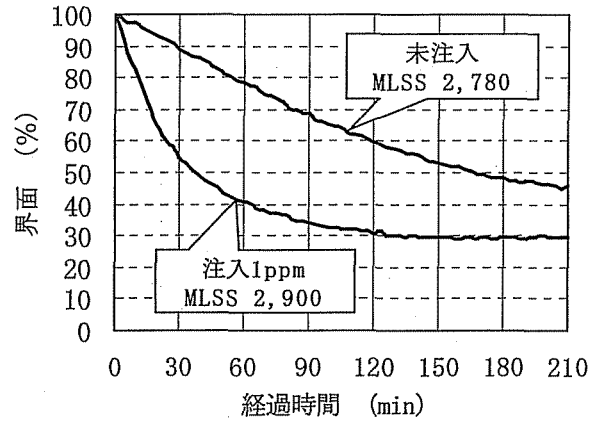


図-4 汚泥沈降曲線

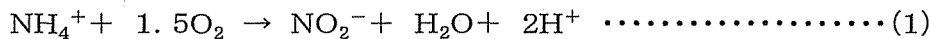
(5) 処理水測定結果比較

BOD、SVI、SS、窒素除去率について、各処理方式における処理水の変化を図-5～図-8に示す。運転状況は表-2のとおりである。(AO法はH11,2,1～3,7までの運転で、参考値である)

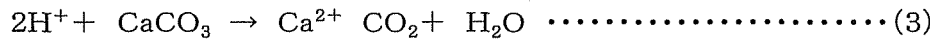
5. 反応式

硝化脱窒運転時の反応式を参考までに以下に示す。

(1) 好気槽の硝化反応

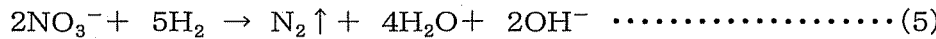
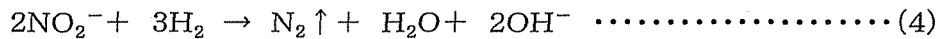


よって NH_4^+-N 1mgを酸化するのに必要な O_2 は4.6mgとなる。この反応で生ずる水素イオンがアルカリ度を消費するので



結局、式(1)、(2)、(3)より1モルの NH_4^+-N を酸化する時に1モルの CaCO_3 を消費する。つまり1mgの NH_4^+-N は、 $\text{CaCO}_3/\text{N}=7.14\text{mg}$ のアルカリ度を消費することになる。

(2) 無酸素槽での脱窒反応



脱窒反応で消費される H_2 (有機物)はBODに換算すると、1モルの H_2 は1/2モルの O_2 に相当するから、式(4)の反応では NO_2^--N 1mgが脱窒されると $(3 \cdot 1/2 \cdot \text{O}_2) / (2 \cdot \text{N})$ で1.71mgのBODが消費される。同様に式(5)の反応では、 NO_3^--N 1mgが脱窒されると $(5 \cdot 1/2 \cdot \text{O}_2) / (2 \cdot \text{N})$ で2.86mgのBODが消費される。また式(4)、(5)では OH^- としてアルカリ度が生成するため、pH低下抑制に効果がある。

6. まとめ

改造費支出抑制のため、改造後はAOAO固定運転の反応タンクとなったが、これまでのところ脱窒汚泥浮上防止、pH低下防止に効果を発揮し、処理水質は向上し、窒素除去率もほぼ理論値通りに得られた。また厳冬期についても安定して硝化脱窒運転が行え、問題ないこともわかった。この様に安価、軽量の水中ミキサーの使用でも十分に結果が得られた。しかし汚泥の沈降性の改善、スラム発生(糸状菌)など今後検討解決しなければならない課題もあり、引き続き調査、運転を進めている。

問合わせ先：札幌市下水道局 施設部 拓北処理場 管理係 TEL 011-771-9793
〒002-8074 札幌市北区あいの里4条10丁目1-1 FAX 011-778-9404

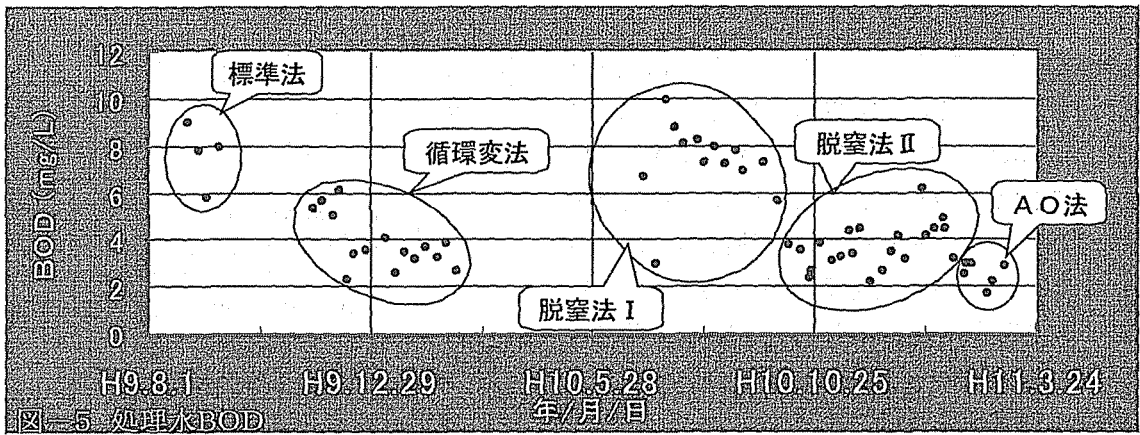


圖 5 處理水 BOD

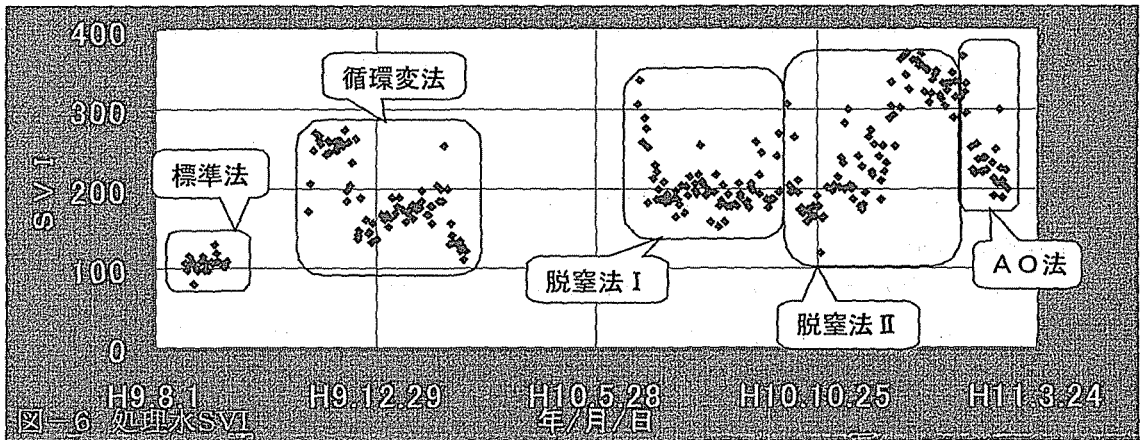


圖 6 處理水 SVI

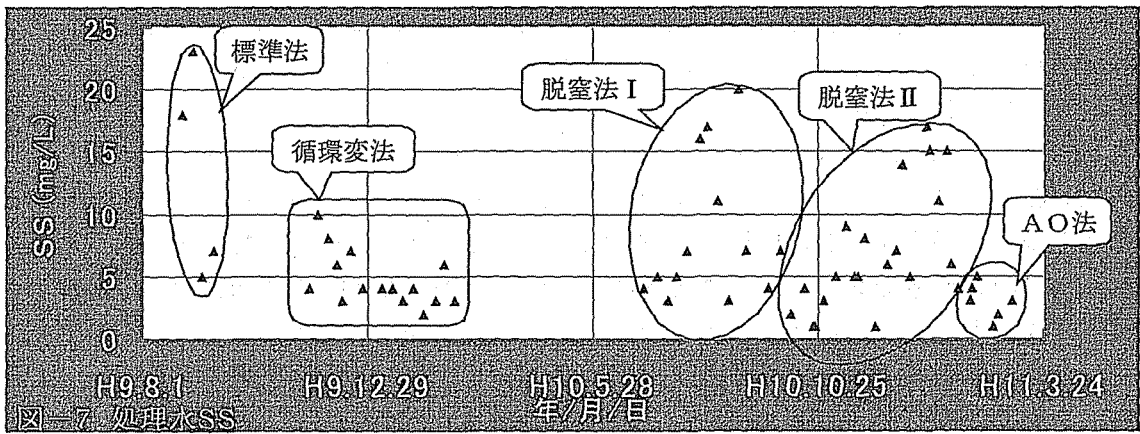


圖 7 處理水 SS

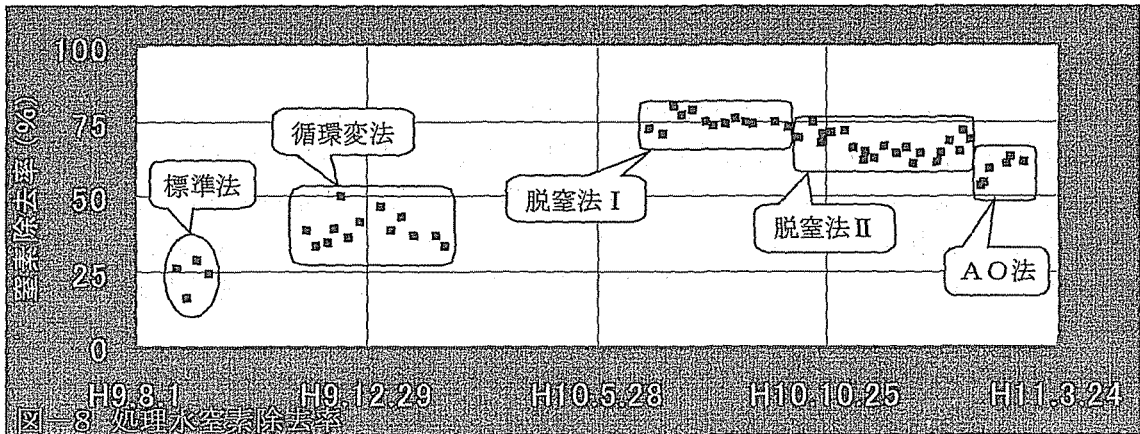


圖 8 處理水 窒素除去率