

垂水処理場本場1系2段ステップの運用方法の検討

西水環境センター施設課

1. 背景・目的

令和3年度の本場1系散気装置更新では、メンブレン式散気装置が採用された。本場1系は、2段ステップ硝化脱窒法が可能な施設である。第2ステップの脱窒部（No.10~12区画）は、従来散気装置による間欠曝気を行っていたが、メンブレン式での間欠曝気の実績がなく長期的には閉塞のおそれがあることから、間欠曝気弁による攪拌だけでなくライザー管を分割し、部分的な微曝気攪拌も可能とした。また、将来的には、平常期の2段ステップ硝化脱窒法と栄養塩期の硝化抑制運転を両立できるよう、4区画~9区画のライザー管も2分割して微曝気による嫌気状態の確保を可能とした。

本調査では、図1の「ステップ式硝化脱窒モード」で間欠曝気ではなく、微曝気による無酸素状態を確保できるか調査した。また、「ステップ式硝化脱窒モード」と「循環式硝化脱窒モード」を比較して、2段ステップによる窒素低減効果についても合わせて調査した。

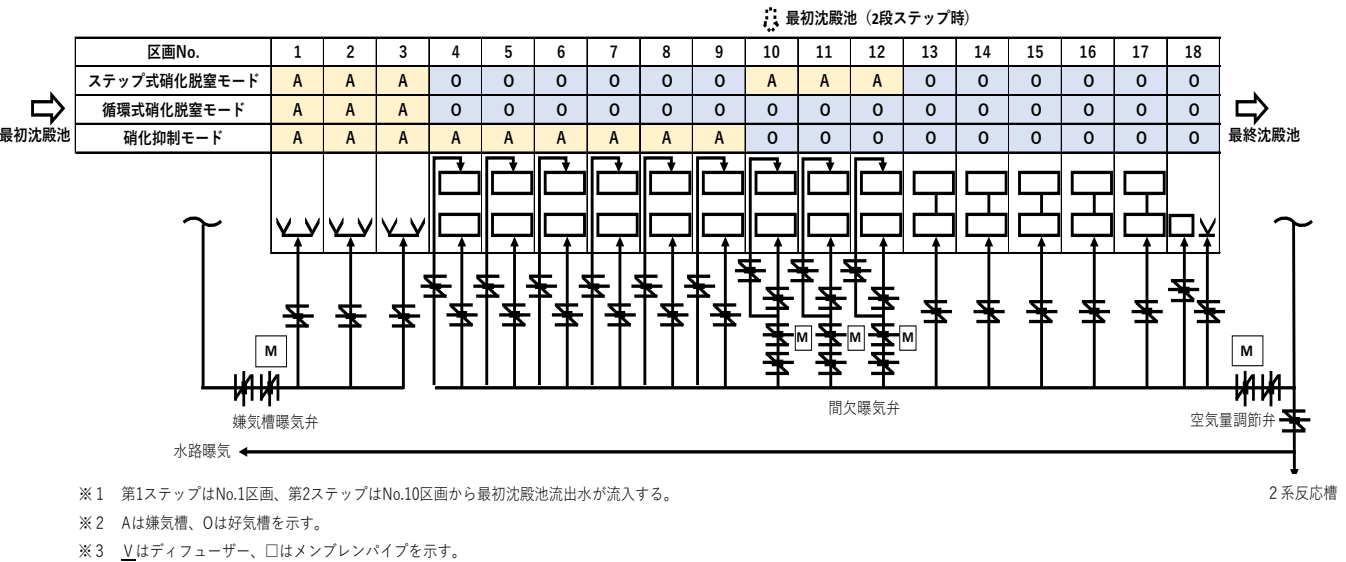


図1 本場1系各運転モードと散気装置配置図

2. 調査方法

本場1系3池を使用して、表1の条件①~③について調査を実施した。また、本場1系の水処理条件を表2に示す。

表1 本場1系3池調査時の各種条件

		条件①	条件②	条件③
3-1	ステップ比	6：4	6：4	6：4
	曝気方法	間欠	微曝気（連続）	間欠
3-2	ステップ比	6：4	6：4	10：0
	曝気方法	間欠	微曝気（連続）	連続曝気

表2 本場1系水処理条件

	R4.8月※
HRT	12.2 h
BOD-SS負荷	0.08 kg/SS-日
汚泥返送率	89%
空気倍率	4.6 倍

※ 業務実績管理シート

[採水地点及び測定項目]

- ・サンプリング区画：No.9区画、No.12区画、No.18区画
 - ・測定項目：DO*、ORP*、MLSS（9、12、18区画）、T-N、NO₃-N、NO₂-N、NH₄-N、T-P
- *：ポータブル計器

3. 結果及び考察

表3に調査結果を示す。条件②の10～12区画を微曝気とした場合、第1ステップ末端(9区画)の硝酸性窒素4.3、4.7mg/Lが12区画でそれぞれ1.2、1.4mg/Lに減少し、脱窒が認められた。第2ステップ無酸素槽での脱窒による硝酸性窒素の除去率は、条件②で約43%となり、条件①の除去率約82%より低かった。これは、条件②では空気量は少ないが連続的に曝気しているため、10～12区画内では局所的な好気ゾーンでアンモニア性窒素が硝化され、局所的な無酸素ゾーンで脱窒が生じた可能性が考えられる。結果として、生物反応槽末端(18区画)の全窒素及び硝酸性窒素濃度は、条件①と②でほぼ同じ濃度であった。

また、第1ステップと第2ステップの流入量をほぼ同程度とすることで、好気槽末端9、18区画のそれぞれでアンモニア性窒素が残留することなく良好な処理となっていた。さらに、条件③から2段ステップによる窒素低減効果も確認することができた。

表3 条件①～③の調査結果

		条件①						条件②						条件③					
調査実施日		8月29日						9月7日						9月2日					
系列		3-1			3-2			3-1			3-2			3-1			3-2		
試料名		9区画	12区画	18区画	9区画	12区画	18区画	9区画	12区画	18区画	9区画	12区画	18区画	9区画	12区画	18区画	9区画	12区画	18区画
ポータブル計器	DO	0.7	0.1	1.2	0.2	0.1	2.2	0.8	0.2	1.7	0.4	0.2	3.6	0.7	0.1	1.5	0.3	1.0	3.1
	ORP[mV]	30	34	106	44	16	119	12	20	113	34	32	125	65	47	107	76	82	118
分析項目	アンモニア性窒素(NH ₄ -N)	<0.1	5.5	<0.1	<0.1	5.6	<0.1	<0.1	3.7	<0.1	<0.1	3.9	<0.1	<0.1	5.7	<0.1	3.7	<0.1	<0.1
	亜硝酸性窒素(NO ₂ -N)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	硝酸性窒素(NO ₃ -N)	4.9	0.4	5.6	3.8	0.5	5.0	4.3	1.2	5.5	4.7	1.4	5.6	3.4	0.7	3.5	3.7	6.2	5.7
	全窒素(T-N)	6.5	6.9	6.1	5.7	6.7	6.2	4.7	5.6	5.8	5.1	5.8	6.0	5.2	7.4	5.6	7.8	7.3	7.1
	全りん(T-P)	2.7	4.0	2.6	2.8	4.1	2.7	2.4	2.5	2.1	2.5	2.4	2.1	1.7	2.3	1.7	1.7	1.4	1.5
	活性汚泥浮遊物質 (MLSS)	2680	—	2080	2640	—	2050	2730	2100	2020	2620	2030	1940	2420	—	1970	1730	1680	1880
10～12区画の曝気条件		間欠曝気						連続微曝気						間欠曝気			連続曝気		
第1,2ステップ流入割合		57% : 43%			58% : 42%			51% : 49%			51% : 49%			65% : 35%			100% : 0%		
第2ステップ無酸素槽での脱窒作用によるNO _x -N除去率※		86%			77%			45%			41%			68%			—		

※ステップ流入水量比で割り戻した除去率

[単位] : mg/L

4. まとめ

本場1系の第2ステップ(10～12区画)は、以下の運用が望ましいと考えられる。

- 通常期 : 第1ステップと第2ステップの流入量を同程度とし、10～12区画を微曝気、または間欠曝気による無酸素槽として運用して脱窒による窒素の低減化を図る。
- 栄養塩管理運転期 : 流入を第1ステップのみとし、10～12区画を好気槽として運用して硝化を促進させ返送汚泥率を下げた脱窒抑制運転により窒素増量を図る。

本調査にて10～12区画の曝気方法を検討した結果、第2ステップ無酸素槽での硝酸性窒素の除去率は異なるものの、生物反応槽末端での全窒素濃度は間欠曝気と微曝気で大差はなく、連続微曝気による運用が可能であることが確認できた。また、連続微曝気とすることでメンブレンパイプの目詰まりや空気量の変動を抑えることができると考えられる。ただし、微曝気では攪拌力が低下するため定期的に空気量を増加させる必要がある。

今後、連続微曝気で問題なく運用できることが確認できれば、1系1池の散気装置更新では10～12区画の間欠曝気弁が不要となる。

今回の散気装置更新によって、酸素溶解効率の改善による送風量の削減のみならず、10～12区画を無酸素槽と好気槽に切り替えられるようになり、季節に応じて効果的な窒素処理を行えるようになった。