

垂水処理場本場1系2段ステップ無酸素槽における微曝気運転の水質動向調査

1. 背景・目的

本場1系は、2段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、従来間欠曝気を行っていたが、メンブレン式散気装置の場合、長期的には閉塞のおそれがある。このため、微量ながらも曝気を連続的に行う運転（以下、連続微曝気）をすることで閉塞のリスクを低減できると考えられる。

このことから、連続微曝気の実施に向けて、令和4年度に、短期間（約1週間）ではあるが、連続微曝気による処理水質の調査を行い、連続微曝気による運転が可能であることを確認した。

本調査では、長期間の連続微曝気による処理水質の状況について調査を実施する。

2. 調査方法

本場1系1-2、2-1、3-1について、生物反応槽の運転条件を下記の通りとし、各池について調査を実施した。

【各池の生物反応槽の運転条件（令和5年6月27日より継続実施）】

[1-2]ステップ式硝化脱窒モード（No.10～12区画 間欠曝気）

[2-1]循環式硝化脱窒モード（No.10～12区画 連続曝気）

[3-1]ステップ式硝化脱窒モード（No.10～12区画 連続微曝気）

※第1ステップと第2ステップの流量比は、ほぼ同程度に調整



※1 第1ステップはNo.1区画、第2ステップはNo.10区画から最初沈殿池流出水が流入する。なお、2池については第2ステップの流入なし。

※2 Aは嫌気槽もしくは無酸素槽、Oは好気槽を示す。

※3 ーは定置式散気板、Vはディフューザー、□はメンブレンパイプを示す。

(1) 水質調査

- ・サンプリング区画：No.9区画、No.12区画、No.18区画
- ・測定項目：[分析]MLSS、T-N、NO₃-N、NO₂-N、NH₄-N、T-P
[計器]DO、ORP、MLSS

(2) 連続微曝気の攪拌状況調査

- ・微曝気をしている3-1の12区画について、流下方向に3箇所、ポータブル計器のMLSS計を用いて、水深1m,2m,3m,4mのMLSSを測定（生物反応槽の深さ：約5m）

3. 結果及び考察

(1) 水質調査

表1に調査結果を示す。3-1において、第1ステップ末端（9区画）のNO_x-Nが12区画で低下しており、脱窒が認められた。一方で、脱窒作用による除去率については、1-2より低かった。これは、空気量が少ないものの連続的に曝気をしていることから、局所的に好気状況となるゾーンがあり、その分だけ脱窒が抑制されるとともに、アンモニア性窒素の硝化が起きているためと考えられる。なお、18区画のT-Nにおいて、3-1は、2-1より低く、1-2と同程度の濃度となっていた。

表1 水質調査の結果

【調査日】9月7日		単位	1-2			2-1			3-1		
			ステップ式硝化脱窒モード			循環式硝化脱窒モード			ステップ式硝化脱窒モード		
			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（水深2.5m）	mg/L	0.3	0.2	1.2	0.4	0.6	1.4	0.3	0.2	1.4
	ORP（水深2.5m）	mV	254	49	314	241	259	340	242	53	343
分析項目	アンモニア性窒素（NH ₄ -N）	mg/L	3.7	6.8	0.8	6.6	3.4	0.6	1.7	4.1	0.4
	亜硝酸性窒素（NO ₂ -N）	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.3
	硝酸性窒素（NO ₃ -N）	mg/L	0.8	0.2	4.3	1.0	3.4	6.2	2.0	0.7	1.7
	全窒素（T-N）	mg/L	5.3	8.0	7.7	8.9	8.2	10	6.3	8.0	6.9
	全リン（T-P）	mg/L	4.3	5.3	2.9	5.5	3.6	2.9	4.3	6.3	4.0
	活性汚泥浮遊物質（MLSS）	mg/L	2700	2050		2300	2330	2170	2960	2350	2420
10～12区画の曝気条件			間欠曝気			連続曝気			連続微曝気		
流入割合（第1ステップ：第2ステップ）			54%：46%			—			65%：35%		
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※			54%			—			46%		

【調査日】9月12日		単位	1-2			2-1			3-1		
			ステップ式硝化脱窒モード			循環式硝化脱窒モード			ステップ式硝化脱窒モード		
			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（水深2.5m）	mg/L	0.6	0.2	4.1	0.7	1.1	3.0	0.3	0.1	2.1
	ORP（水深2.5m）	mV	232	28	295	230	269	296	228	34	294
分析項目	アンモニア性窒素（NH ₄ -N）	mg/L	2.3	5.1	0.6	4.0	1.2	0.6	0.5	3.2	0.6
	亜硝酸性窒素（NO ₂ -N）	mg/L	<0.1	0.4	0.7	1.3	<0.1	<0.1	0.6	0.2	0.2
	硝酸性窒素（NO ₃ -N）	mg/L	3.1	<0.1	3.1	1.3	4.8	5.4	0.1	0.1	1.9
	全窒素（T-N）	mg/L	8.4	6.3	6.3	7.9	7.8	8	5.9	4.3	5.4
	全リン（T-P）	mg/L	4.2	4.2	2.9	4.3	3.4	3.0	4.1	5.3	3.9
	活性汚泥浮遊物質（MLSS）	mg/L	2620	2080		2350	2400	2340	3060	2240	2340
10～12区画の曝気条件			間欠曝気			連続曝気			連続微曝気		
流入割合（第1ステップ：第2ステップ）			61%：39%			—			55%：45%		
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※			79%			—			23%		

【調査日】9月20日		単位	1-2			2-1			3-1		
			ステップ式硝化脱窒モード			循環式硝化脱窒モード			ステップ式硝化脱窒モード		
			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（水深2.5m）	mg/L	0.3	0.2	0.3	0.2	0.4	1.7	0.3	0.1	1.2
	ORP（水深2.5m）	mV	171	36	210	175	183	254	175	32	251
分析項目	アンモニア性窒素（NH ₄ -N）	mg/L	3.6	8.6	0.6	5.5	2.5	0.5	1.6	4.6	0.6
	亜硝酸性窒素（NO ₂ -N）	mg/L	<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）	mg/L	1.1	<0.1	3.3	0.7	2.6	5.3	1.1	0.2	2.7
	全窒素（T-N）	mg/L	5.6	8.8	4.1	6.6	5.9	6	3.5	5.9	3.7
	全リン（T-P）	mg/L	3.9	5.2	2.1	5.4	3.1	1.4	3.6	6.4	2.6
	活性汚泥浮遊物質（MLSS）	mg/L	2620	2000		2700	2590	2260	3260	2320	2460
10～12区画の曝気条件			間欠曝気			連続曝気			連続微曝気		
流入割合（第1ステップ：第2ステップ）			55%：45%			—			53%：47%		
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※			100%			—			66%		

※ステップ流入水量比で割り戻した除去率

(2) 連続微曝気の攪拌状況調査

水質調査のサンプリングを行った 9/7、9/12、9/20 に実施した。3-1 の 12 区画の 3 箇所における水深 1m～4m において、各箇所及び各水深でポータブル計器の MLSS は測定中に 1500mg/L～3900mg/L の範囲で変動する結果となった。

これは、連続微曝気をしているため、連続曝気に比べると攪拌力が弱く、生物反応槽内における MLSS が一様になっていないためと考えられる。しかしながら、令和 5 年 6 月 27 日から連続微曝気を継続している中で、各箇所及び各水深で同様の MLSS の変動であったことから、目詰まり等によるメンブレン式散気装置の送気の偏りはなく、一定の攪拌が継続していると考えられる。

(3) まとめ

調査の結果、間欠曝気の 1-2 と連続微曝気の 3-1 について、第 2 ステップ (10～12 区画) での NO_x-N の除去率は異なるものの 18 区画での全窒素濃度は同程度であった。また、3-1 の 12 区画において各箇所及び各水深で同様の MLSS の変動であり、連続微曝気においてもメンブレン式散気装置で送気の偏り等が見られなかった。

これらのことから通常期における本場 1 系の第 2 ステップ (10～12 区画) は、脱窒による窒素の低減化を図る必要がある場合に、第 1 ステップと第 2 ステップの流入量を同程度とし、散気装置は以下の運用が望ましいと考えられる。

・ 1 池

メンブレン式散気装置ではない (1-1 が粗大気泡散気装置、1-2 が定置式散気板) ことから、間欠曝気による無酸素槽として運用

・ 2 池、3 池

メンブレン式散気装置であることから微曝気による無酸素槽として運用