

高度処理における嫌気槽、無酸素槽の 間欠攪拌について

横浜市 ○ 坂本 俊彦
飯野 登志夫

1 はじめに

横浜市神奈川水再生センターでは、りん・窒素の生物学的同時除去法である嫌気・無酸素・好気法（A₂O法）の高度処理施設 62 系が平成 10 年度末に稼働を開始し、現在、61、42、41 系を加えた高度処理施設が稼働している。

高度処理施設（4 系列、6 系列）の反応タンク数は全 12 池あり、嫌気槽、無酸素槽および無酸素槽にも好気槽にも転用可能な兼用槽に設置されている水中攪拌機、機械攪拌式散気装置の台数はかなりの数になる。

このため、高度処理施設運転の大きな課題である省エネルギーに関し、機械攪拌装置の間欠運転の維持管理を実施したので報告する。

2 高度処理施設概要

2-1 反応タンク概要

図-1に41、42系（4系列）反応タンク概略図を示す。

高度処理施設は各系共反応タンク 3 池、最終沈殿池 3 池より構成され、反応タンクは容量 3,120m³（水深 5.5m）、2水路 11 セル分画構造で、隔壁底部片側側面に 0.5×1.0mの開口部が交互に設けてある。41、42 系および 61 系の好気専用槽には全面曝気方式の散気板が設備されている。

2-2 機械攪拌装置

41、42 系では第 1、2 セルの嫌気槽、第 3～5 セルの無酸素槽に水中攪拌機、第 6～8 セルの兼用槽に機械攪拌式散気装置が設備されている。61 系では第 1、2 セルの嫌気槽、第 3、4 セルの無酸素槽に水中攪拌機、第 5 セルの兼用槽には機械攪拌式散気装置が設備され、62 系は全セルに機械攪拌式散気装置が設備されている。

表-1に反応タンクに設置されている機械攪拌装置の種類、定格出力、台数を示す。

攪拌装置は水中攪拌機が 42 台（4 系列 30 台、6 系列 12 台）、機械攪拌式散気装置が 54 台（4 系列 18 台、6 系列 36 台）、合計 96 台が設置され、全台が連続運転している場合の総使用電力量は年間 213 万 kWh である。

2-3 反応タンク等運転概要

表-2に平成 15 年度の運転概要を示す。晴天時の処理水量は 3～7.5 m³/min.池（冬季：3～8.3 m³/min.池）で変動し、降雨時では最大 10 m³/min.池の処理を行った。反応タンク水温が低下し、流入負荷が高くなる冬季においても処理水量 9,000 m³/日.池（HRT：8.3hr）を確保し、反応タンクでは MLSS：2,500～3,000 mg/l、SVI：200～250、返送率：70%、循環率：150%の管理であった。また、当水再生センターは排除方式が合流式であり、反応タンク流入水質は BOD で 80mg/l 程度と流入基質が低くなっている。

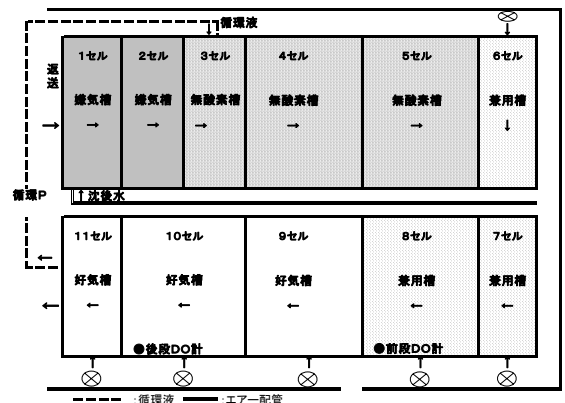


図-1 41、42 系（4 系列）反応タンク概略図

表-1 反応タンク設置の機械攪拌装置の種類、定格出力、台数

池数	種類	水中攪拌機		機械攪拌式散気装置	
		定格出力	1.5kw	2.5kw	2.2kw
6	台数	18	12	12	6
池数	種類	水中攪拌機		機械攪拌式散気装置	
		定格出力	1.5kw	2.5kw	3.7kw
3	台数	9	3	3	
池数	種類	機械攪拌式散気装置			
		定格出力	2.2kw		3.7kw
3	台数	18		15	

表-2 運転概要

処 理 水 量		
晴天時日平均	時間最大最小比	雨天時最大
8,800m ³ /d・池	2.5	10m ³ /min・池
HRT	A-HRT	送風倍率
8.5hr	3.8hr	2.8m ³ /処m ³
汚泥返送率	循環率	MLSS
60%	110%	2,300mg/l
SVI	SRT	A-SRT
210	20日	9.7日
反応タンク 流入水質		
BOD	T-N	T-P
79mg/l	21mg/l	2.3mg/l

3 調査内容

3-1 間欠攪拌について

機械攪拌装置の間欠運転は61系反応タンク62池の嫌気槽で調査を開始し、平成15年2月下旬より平成16年3月まで行った。2月下旬から4月までは、1回/日、1時間程度の間欠攪拌とし、現場盤を機側として手動で運転・停止を行った。5月以降は無酸素槽の間欠攪拌を追加するとともに、攪拌時間を短縮したタイマー設置の間欠攪拌に移行し、他の系列へも順次適用していった。

また、この期間、間欠攪拌セル表面に脱窒浮上した活性汚泥が徐々に厚密化する状況が見受けられたため、その防止・改善の対策を行った。12月からは嫌気槽、無酸素槽の全セルについて間欠攪拌を行った。

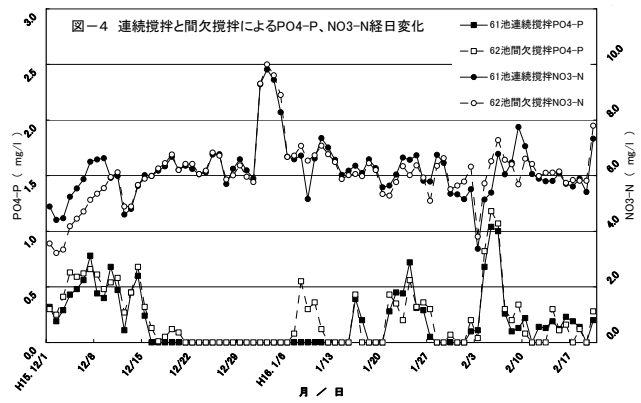
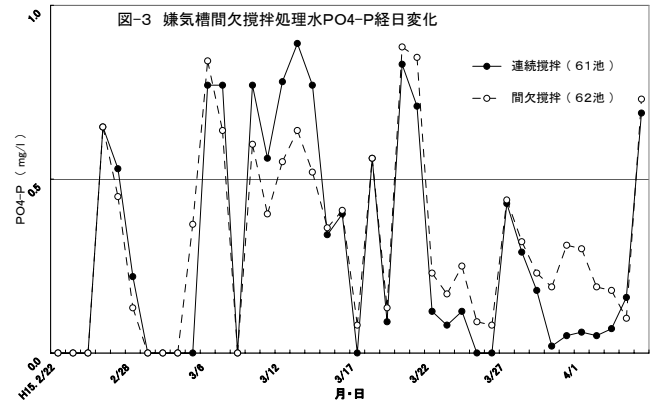
3-2 自動による間欠攪拌

自動攪拌は24時間タイマーを使用し、4a b接点付の補助リレーを介して最大で4台の攪拌機の自動運転・停止が可能な自動運転ハード回路を作製して行った。11月までは攪拌の回数、時間を種々変更し、12月以降1日の攪拌時間は1時間を目安とし、12月～2月では4回/日、15分の攪拌、3月は2回/日、30分の攪拌とした。

3-3 処理水質、セル内混合状況調査

連続攪拌、間欠攪拌を行っている反応タンクの処理水についてPO₄-P、NO₃-N、NH₄-N等を経日的に調査した。

また、攪拌停止後および攪拌開始後における嫌気槽、無酸素槽のセル内混合状況を経時的に調査した。



4 結果

4-1 処理水質

図-3に嫌気槽を間欠攪拌した場合の朝のスポット採水

処理水PO₄-P経日変化を示す。連続攪拌、間欠攪拌でPO₄-Pに差が生じている期間もあるが、このほぼ2か月間のPO₄-Pの平均は連続攪拌61池が0.30 mg/l、間欠攪拌62池が0.32 mg/lとほぼ同じであった。また、NO₃-Nの平均は連続攪拌61池が6.0 mg/l、間欠攪拌62池が5.7 mg/lであり、さらにコンポジット採水処理水のCOD、BODの低下も認められず、間欠攪拌による処理水への悪影響は見られなかった。

図-4に第1～5セル（嫌気槽、無酸素槽全セル）を間欠攪拌した場合の朝のスポット採水処理水PO₄-P、NO₃-Nの経日変化を示す。この期間は4回/日、15分の間欠攪拌を行っており、PO₄-P、NO₃-N、NH₄-Nの平均はそれぞれ連続攪拌61池が0.22、6.1、0.47 mg/l、間欠攪拌62池が0.18、6.1、0.58 mg/lであり、間欠攪拌による影響は見られなかった。3月以降は2回/日、30分の間欠攪拌を行ったが、処理水への影響は見られなかった。

表-3に平成15年度、4系列、6系列処理水のT-P、T-N、NH₄-Nの年間平均を示す。

T-Pは0.33～0.48mg/lと管理目標値0.5 mg/lを満足することができた。T-Nも5.5～6.2 mg/lとT-P同様、良好で、除去率70%であった。NH₄-Nも0.5 mg/l以下で、冬季においても完全硝化が達成された結果が得られた。

4-2 セル内混合状況

図-5に攪拌停止15時間経過後に攪拌を開始した場合の第5セル無酸素槽（400m³）表層のMLSS、PO₄-Pの時間変化を示す。攪拌停止15時間経過後においても表層MLSSは2,800 mg/l（SVI:230）と高い状態であり、攪拌開

表-3 高度処理水T-P、T-N、NH₄-Nの年間平均

	T-P					T-N					NH ₄ -N				
	沈後水	41系	42系	61系	62系	沈後水	41系	42系	61系	62系	沈後水	41系	42系	61系	62系
平成15年度	2.30	0.48	0.33	0.37	0.42	20.6	6.1	5.5	6.2	6.2	14.4	0.17	0.33	0.27	0.43

始後 15 分以降は 2,850 mg/l と一定となった。PO₄-P は攪拌開始後、漸増し、30 分後、ほぼ一定となった。

この結果から、攪拌せずとも、セル内の混合状態は長時間にわたり、良好に保たれ、攪拌開始後の攪拌時間も 15～30 分程度で良いと推察される。

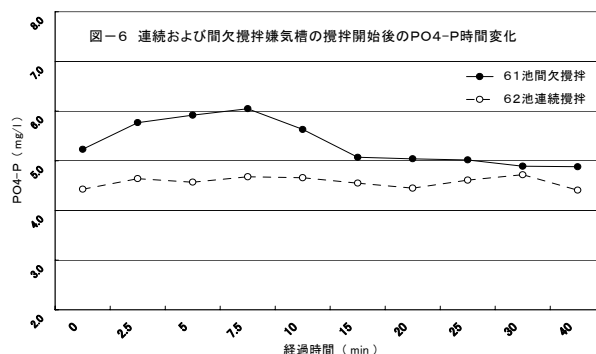
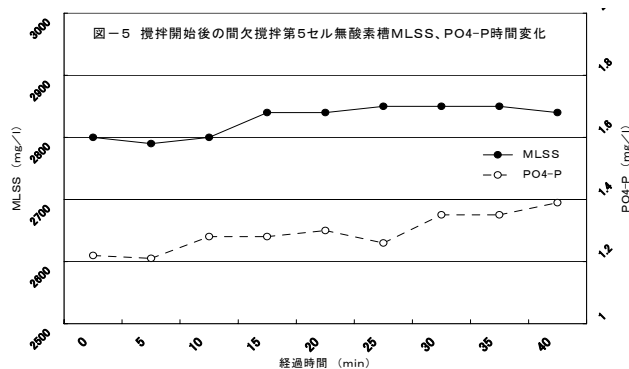
図-6 に攪拌停止 5 時間経過後に攪拌を開始した場合の第 2 セル嫌気槽 (200m³) 表層の PO₄-P の時間変化を示す。連続攪拌では PO₄-P の変化はなかったが、間欠攪拌では PO₄-P が上昇後、低下し、15 分以降は一定となった。

表-4 に攪拌装置停止後経過時間によるセル内 MLSS 等濃度を示す。NH₄-N は経過時間とともに低下しているがこれは連続処理の中での調査のため、反応タンク流入水の NH₄-N の変動の影響と考えられる。その他については水深による濃度変化は少なく、このことから、セル内の混合状態は良好に保たれていると考えられる。

4-3 水中攪拌機設置位置の変更

攪拌時間を短縮した自動間欠攪拌のなかで、間欠攪拌セル表面に浮上した活性汚泥が厚密化する状況が見られた。これは、脱窒にともない発生した微小な気泡が活性汚泥表面に付着、浮上したものがごみや小さなオイルボールに付着し、さらに攪拌強度の不足のため、攪拌によっても解消されず、徐々に表面全体に広がり厚密化していったものと考えられた。

この対応として、水深中程に設置されている水中攪拌機 (攪拌方向は水平) の位置を水面下 0.5m に変更した。これにより、攪拌時の表層部の流速が短時間で、十分確保でき、反応タンク表面での活性汚泥の厚密化を解消することができた。一方、反応タンク底部に設置されている機械攪拌式散気装置 (攪拌方向は下) はかなりの重量があり、水中攪拌機と同様の対応ができないため、攪拌の回数 (4～6 回) を多くし、時間 (1～2 時間) を長くすることにより対応した。



5 まとめ

- (1) 嫌気槽、無酸素槽攪拌装置の 2 回/日、30 分の間欠運転で、冬季においても PO₄-P、NO₃-N、NH₄-N 等処理水質への影響は見られなかった。
- (2) 長時間、攪拌せずとも、セル内の混合状態は良好に保たれ、攪拌時間も 15～30 分程度で良いと推察された。
- (3) 水中攪拌機はできるだけ表面近くに設置することが必要である。

6 あとがき

攪拌装置は運転時間が 2～3 万時間 (3～4 年) 経過すると、メカニカルシール等の部品が劣化するため、オーバーホールが必要で、現在の設置台数でも単純計算で毎年 24 台について修繕等の対応が必要になると考えられる。

さらに、それらの連続運転は高度処理における処理単価を押し上げている一因ともなっており、攪拌装置の間欠運転により省エネルギー、且つまた機器の延命化が図れるものと考えられる。平成 15 年度の間欠運転による電力削減量は 50 万 kWh であったが、年間を通して嫌気槽、無酸素槽全セルの間欠攪拌を行うことにより、大幅な削減効果が期待できると考えられる。現在は仮設タイマーによる間欠運転を行っているが、今後、中央操作室から間欠運転する攪拌機・時間等の設定が出来るようにしていくことが望まれる。

表-4 攪拌装置停止後の水深ごとの MLSS 等濃度

攪拌停止後経過時間 (hr)		0	1	2	3	4	
MLSS	第2セル	上層	2840	2870	3030	3110	
		中層	2960	3120	3140	3090	3160
		下層		3240	3220	3260	3240
	第5セル	上層	3150	3110	2980	3300	
		中層	3180	3220	3010	3070	3220
		下層		3260	3090	3660	3340
NH ₄ -N	第2セル	上層	19.7	19.8	18.3	16.0	14.6
		中層		19.9	18.3	17.0	14.8
		下層		19.1	17.3	16.9	15.1
	第5セル	上層	12.2	12.0	11.7	10.2	9.56
		中層		12.0	10.8	10.2	9.46
		下層		10.9	11.9	11.1	9.77
PO ₄ -P	第2セル	上層	12.2	11.9	12.0	11.6	12.1
		中層		12.2	12.3	13.9	12.3
		下層		13.2	12.1	12.3	13.7
	第5セル	上層	7.50	5.93	5.14	4.98	4.46
		中層		5.97	5.09	4.83	4.30
		下層		6.24	5.23	5.55	6.40

上層:水深0～2m、中層:水深2～4m、下層:水深4～5.5m