

# 横浜市北部下水道センター新分離液処理施設の 立ち上げと初期稼働について

横浜市 ○阿部 光裕  
長谷川 孝

## 1 はじめに

横浜市北部下水道センター（以下、「北部」という。）では、5カ所の水再生センターから発生する汚泥を集約処理している。汚泥処理の過程から生じる遠心濃縮分離液や消化汚泥の脱水分離液は高い有機物濃度を有するだけでなく、高濃度の窒素及びりんを含んでいるため、これら分離液の暫定的な処理施設として平成12年から嫌気・無酸素・好気法（A<sub>2</sub>O）の施設で処理にあたってきた。しかし、分離液の窒素及びりんの濃度が年々高くなる傾向にあり、近年は十分な削減結果が得られていない状況が続いていた。そこで本市では平成22年7月に南部下水道センター（以下、「南部」という。）、続いて平成23年8月に北部に新しい分離液処理施設を稼働させ、分離液の窒素及びりんの削減に一層取り組んでいる。今回は、北部の新分離液処理施設の立ち上げと初期稼働から得られた結果について報告する。

## 2 分離液処理施設概要

汚泥処理及び分離液の処理フローを図1に示した。分離液処理施設は、最初沈殿池、反応タンク及び最終沈殿池から構成され、平成24年度に汚泥脱水設備が稼働予定である。反応タンクは深槽式（10m）で処理方式は修正バーデンフォ法と呼ばれ、A<sub>2</sub>O法の後段に第二無酸素槽と第二好気槽を付加した構造になっており、より窒素処理の促進を図った処理方式となっている。反応タンク1系列は14区画に分かれており、機能的には大きく6槽に分かれている。表1に反応タンクの施設概要を示した。新分離液処理施設が稼働するまでの旧施設では反応タンク滞留時間が28時間であるのに対して、新分離液処理施設では58時間と2倍程度となり、嫌気・無酸素の滞留時間が長くなっているのが特徴である。

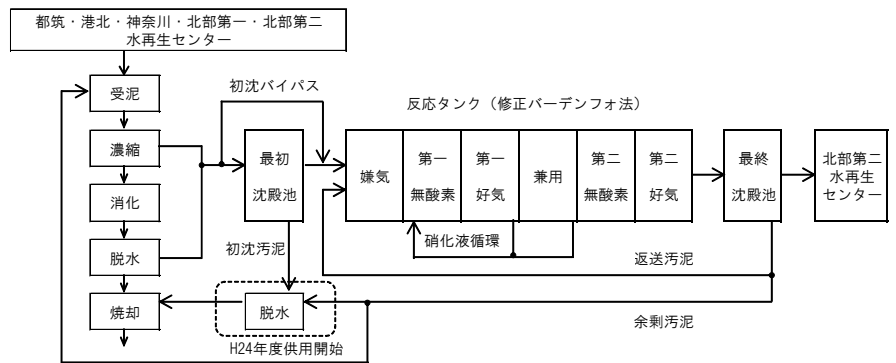


図1 汚泥処理及び分離液処理のフロー

表1 反応タンク施設概要

タンク名	嫌気	第一無酸素	第一好気		兼用	第二無酸素	第二好気	計	
	①②	③④⑤	⑥	⑦⑧	⑨⑩	⑪⑫⑬	⑭		
攪拌・散気装置	槽外駆動式×2	槽外駆動式×3	機械式散気装置×3	メンブレン	機械式散気装置×3	槽外駆動式×3	メンブレン		
容量(m <sup>3</sup> )	1系列あたり	940	2,420	1,060	2,120	1,480	2,510	420	10,950
	全体(3系列)	2,820	7,260	3,180	6,360	4,440	7,530	1,260	32,850
滞留時間(hr)	5.0	12.9	5.7	11.3	7.9	13.4	2.2	58.4	
			17.0						

## 3 計画水量と目標処理水質

分離液原水及び反応タンク流入水の水質を表2に示した。分離液原水の水量は9,500m<sup>3</sup>/日、濃縮分離液と脱水分離液の水量は約3:1で、その水質はT-Nが460mg/l、NH<sub>4</sub>-Nが310mg/l、T-Pが110mg/lと、窒素やりんの負荷は一般的な流入下水の10倍以上となっている。しかし、窒素やりんと比較するとBODの比率が低く、反応タンク流入水のBOD/T-Nは2.7、BOD/T-Pは12で、特に生物学的りん除去に関しては困難な流入水質となっているのが特徴である。

このことは、1年先行して稼働した南部の分離液水質との比較でも、北部はCOD、T-N、NH<sub>4</sub>-N及びT-P

が高く、BOD及びSSは低い傾向にあり、最適な運転条件についても南北で異なる可能性が考えられている。また、高濃度のりん処理を行うことを前提にしているため、北部ではPACの注入設備が当初から設置されている。

分離液処理施設の処理水は、一般下水（合流）と混合されて北部第二水再生センターで再度活性汚泥処理（標準活性汚泥法・A<sub>2</sub>O法）をされて東京湾に放流される。そのため、分離液処理施設の目標処理水質は、東京湾へ放流する北部第二水再生センターの処理能力を考慮して設定している。

#### 4 運転状況及び水処理状況

旧施設から種汚泥を移送し、8/25から3系列のうち2系列に流入水を入れて処理を開始した。その後、旧施設と並行処理を続け、9/25に残りの1系列を立ち上げて10/3から新施設3系列での分離液全量処理を開始した。全量処理開始後の運転については、処理状況を確認しながら概ね1ヵ月ごとに設定等を調整し、表3に示したRUN1~5の条件で処理状況を検証した。硝化液の循環率は設計値の350%に固定し、返送率は50%を基本とした。空気量は空気倍率50倍程度の空気量一定運転で制御を行った。また、兼用槽については、RUN1及び2は無酸素、RUN3,4及び5は主に好気として運用した。

表3 運転条件

RUN	期間	特徴	目標MLSS mg/l	空気倍率* Sm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	槽配分*			初沈 バイパス*
					嫌気(%)	無酸素(%)	好気(%)	
調整運転	8/25~10/2	分離液の全量処理を目標に調整 MLSS高め 硝化促進	4,000~5,000	50~60	9	33~45	58~46	なし
RUN1	10/3~11/3	夏季標準運転 硝化促進 窒素除去優先	4,000	55		45	46	
RUN2	11/4~12/1	空気量抑制 硝化抑制 余剰汚泥量増 A-SRT短め りん除去優先	3,000	30~55		33	58	
RUN3	12/2~1/3	冬季標準運転 好気槽滞留時間増 A-SRT長め 硝化促進		50		33~45	58~46	
RUN4	1/4~2/6	pH低下対応運転 硝化量調整 脱窒促進	3,500	45~55		33~45	58~46	
RUN5	2/7~2/29	初沈バイパス運転(BOD/T-P比増) りん除去優先 (3系列のみで検討)						

\* 各系列ごとに異なる

RUN1~5の運転実績及び処理水質を表4及び5に示した。反応タンク流入水量は計画水量（日最大）13,500m<sup>3</sup>に対して全期間で10,000m<sup>3</sup>程度で安定していた。RUN1ではMLSSが3,800mg/lと高かったため返送率も高めに設定し、空気倍率も全RUN中最大の53倍であった。そのため、硝化が促進されて処理水NH<sub>4</sub>-Nが低く、また脱窒も良く進みT-Nは目標処理水質である55mg/lを達成した。RUN2では、系列によって空気倍率を全RUN中最低の30倍に下げ、返送率も50%に設定した。また、MLSSを設計値の3,000mg/lに下げたため余剰汚泥量を増やした結果、A-SRTは3.1日と短くなるなど、りん除去優先の運転条件とした。しかし、T-Pの処理状況はRUN1と変わらず、一方では硝化が停滞してNH<sub>4</sub>-Nが残り、BODやT-Nの処理状況が悪化した。RUN3では、RUN2で停滞した硝化を進めるため兼用槽を無酸素から好気に変更し、好気槽滞留時間を増やして冬季型の硝化促進運転を検証した。その結果、硝化は改善されたが、一方でりん除去が悪化し、さらに処理水のNO<sub>3</sub>濃度が高くなった影響でpHが5まで低下した。本施設にはアルカリ添加装置がなく、pHの低下は水処理全般

表4 運転実績

	単位	RUN1	RUN2	RUN3	RUN4	RUN5	平均
		8/25~10/2	10/3~11/3	11/4~12/1	12/2~1/3	1/4~2/6	2/7~2/29
反応タンク流入水量	m <sup>3</sup> /日	10,200	10,100	10,000	9,800	10,000	10,000
HRT	hr	77	78	79	81	82	79
MLSS	mg/l	3,800	2,900	2,900	3,400	3,500	3,300
SVI		76	73	93	130	110	97
循環率	%	350	350	350	350	350	350
返送率	%	92	50	50	50	51	59
空気倍率	Sm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	53	47	50	49	50	50
SRT	日	13.9	9.4	17.3	17.6	17.4	15.1
A-SRT	日	5.4	3.1	8.0	6.8	6.7	5.9
余剰汚泥量	m <sup>3</sup> /日	1,460	1,430	630	600	580	940
BOD-SS負荷	kg/SSkg・日	0.069	0.085	0.059	0.065	0.082	0.072
TN-SS負荷	kg/SSkg・日	0.025	0.040	0.039	0.033	0.035	0.034
TP-SS負荷	kg/SSkg・日	0.0061	0.0085	0.0072	0.0063	0.0063	0.0068
PAC注入率	ppm	420	430	370	440	430	420

表5 処理水質

	単位	RUN1	RUN2	RUN3	RUN4	RUN5	平均	目標 処理水質
		RUN1	RUN2	RUN3	RUN4	RUN5	平均	目標 処理水質
pH	—	6.3	6.9	5.9	4.9	4.6	5.7	—
BOD	mg/l	19	34	21	11	15	19	200
COD	mg/l	33	45	54	46	43	44	90
SS	mg/l	9	11	12	11	12	11	200
T-N	mg/l	48	97	91	120	132	97	55
NH <sub>4</sub> -N	mg/l	26	69	46	50	55	49	—
NO <sub>2</sub> -N	mg/l	0.6	1.9	4.7	0.2	0.3	1.6	—
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	14	3.7	28	54	60	30	—
T-P	mg/l	38	41	47	54	44	45	15*

\* 凝集砂ろ過等を含む目標値

表2 分離液原水及び反応タンク流入水の水質 (H22年度実績)

	単位	分離液原水			反応タンク	目標
		濃縮	脱水	混合	流入水	処理水質
水量	(m <sup>3</sup> /日)	7,200	2,300	9,500	—	—
BOD	(mg/l)	1,800	21	1,400	1,100	200
COD	(mg/l)	880	130	700	460	90
SS	(mg/l)	860	170	690	340	200
T-N	(mg/l)	260	1,100	460	410	55
NH <sub>4</sub> -N	(mg/l)	90	1,000	310	310	—
T-P	(mg/l)	110	100	110	94	15*

\* 凝集砂ろ過等を含む目標値

に影響を及ぼすと懸念されたため、RUN4 では、空気量を調整して硝化量を制御するとともに無酸素槽を増やして脱窒量を増やした。RUN5 では、反応タンクへの有機物濃度を高める目的で、最初沈殿池流入水(分離液原水)を反応タンク入口へ直接流入させるバイパス管を用いて、3 系列のうち 1 系列のみバイパス水量を 30%に設定し、りん除去の改善を図った。反応タンク流入水の BOD/T-P は 12 から 17 程度まで上昇したが、嫌気槽におけるりんの放出は十分ではなく、りん除去は改善されなかった。

全量処理開始後の 5 ヶ月間の運転を通じて、BOD、COD 及び SS はそれぞれの目標処理水質を達成し良好であった。T-N は RUN1 で目標処理水質を達成したが、T-P は全期間で未達成であった。

## 5 考察

### (1) 硝化及び脱窒速度

硝化及び脱窒速度を図 2 及び 3 に示した。第一好気槽での硝化速度は RUN2 の期間を除くと 2.1~2.3mg-N/gSS・hr であった。RUN2 では 3.2mg-N/gSS・hr と比較的高い数値が得られ、硝化が良好だったことに加えて、好気槽滞留時間を短くして MLSS を低くした影響も表れているものと考えられる。

脱窒速度については第一無酸素槽では RUN3 が良好であったが、これは RUN2 で A-SRT が短かった影響を受けて、RUN3 では NO<sub>3</sub> への硝化が停滞し、NO<sub>2</sub> からの脱窒量が多くなったためと考えられる。標準法や A<sub>2</sub>O 法の施設では亜硝酸型の処理状況は、T-N 以外は悪化する傾向が見られることが多いが、修正バーデンフォ法では第一好気槽で NO<sub>2</sub> が残っていても第二無酸素槽で脱窒が行われるため、処理水や返送汚泥には NO<sub>2</sub> の影響があまり表れず、第二無酸素槽を有する本施設にとって、T-N 除去率を上げる手法として一定の効果があるものと思われる。

### (2) 余剰汚泥のりん

余剰汚泥のりんの結果を図 4 に示した。T-P の含有率は単位 SS あたり 5.1~5.8% と高い状態を保っていたが、これは PAC を連続的に注入している効果によるものと考えられた。りんの収支を考慮すると、余剰汚泥発生量を増やすことがりん除去を促進することにつながるため、反応タンク流入水の BOD 負荷を上げて BOD/T-P を高めることが生物学的りん除去を促すだけでなく、汚泥収支からも重要と考えられた。

## 6 まとめ

- (1) BOD、COD 及び SS は、目標処理水質を達成し良好であった。
- (2) T-N については、夏季型運転とした RUN1 では目標処理水質の 55mg/l を達成したが、硝化優先のために無酸素槽を減らした冬季型の運転では、目標処理水質を達成できない状況であった。しかし、冬季でも第一無酸素槽における脱窒速度は比較的大きく、また、修正バーデンフォ法では亜硝酸脱窒の効果も得られることが確認された。ただし NO<sub>2</sub> の蓄積は N<sub>2</sub>O 発生との因果関係が疑われているため、留意する必要がある。
- (3) T-P については、目標処理水質は全期間で未達成であったが、余剰汚泥中のりん含有率は高く、余剰汚泥発生量を増やすことがりん除去に有効であるため、反応タンク流入水の BOD 負荷を高める検討が必要と考えられる。また、今後は分離液汚泥脱水設備の稼働により、系内の T-P の削減が図られることとなるため、処理の改善が期待されている。

問合せ先：横浜市環境創造局 阿部光裕 電話 045-503-0894 Eメール mi01-abe@city.yokohama.jp

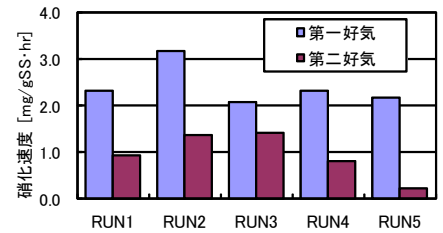


図2 硝化速度

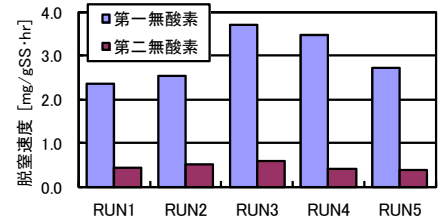


図3 脱窒速度

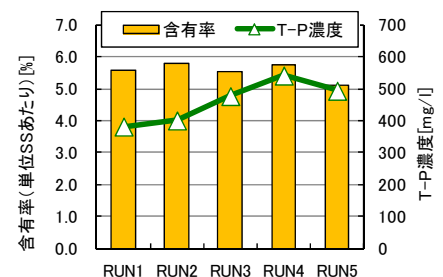


図4 余剰汚泥のりん