

# 修正Bardenpho法による 汚泥由来の高濃度窒素・りん処理について

横浜市 ○本橋 孝行  
坂本 和彦  
大竹 勝利

## 1. はじめに

横浜市南下水道センターでは、6つの水再生センターから発生する汚泥を集約して処理している。その汚泥処理工程で発生する遠心濃縮分離液と脱水分離液の混合水には、高濃度の窒素、りんが含まれており、これまでは循環脱窒法（以下、旧施設という）による窒素除去を行い、水再生センターの水処理系で再度流入水と合わせて処理してきた。しかし、窒素、りん共に低減が十分とはいえず、水再生センター側の放流水質に影響がでていたことが大きな課題となっていた。

今回、南下水道センター内に新たな分離液専用の処理施設（以下、新施設という）を建設し、平成22年7月より運転を開始した。その半年間の運転経過及び処理実績、今後の課題について報告する。

## 2. 施設概要

施設概要を表-1、処理フローを図-1に示す。処理能力は15,600m<sup>3</sup>/日、最初沈殿池、最終沈殿池は二階層式、反応タンクは深層式水深10mで散気装置はメンブレンを採用している。反応タンクは6区画に分割され、嫌気、無酸素、好気、無酸素、好気の構成比率は嫌気槽を1とするとおおよそ1:2:5:3:0.5となる。従来のA<sub>2</sub>O法の後段に無酸素槽を有し、より高い窒素除去が可能な構造となっている。ステップ投入には、濃縮分離液だけを利用することも可能なよう反応タンク直前で脱水分離液を投入できる設計となっている。処理水は金沢水再生センターに送られ、発生した余剰汚泥は遠心脱水機により直接脱水し、南下水道センター内を循環するりんの低減を図っている。

表-1 施設概要

	最初沈殿池	反応タンク	最終沈殿池	遠心脱水機
系列数	4系列(8池)	4系列	4系列(8池)	3基
容積・能力	5,872m <sup>3</sup>	40,642m <sup>3</sup>	10,096m <sup>3</sup>	40m <sup>3</sup> /h・基
滞留時間	9hr	62hr	16hr	—



図-1 処理フロー

## 3. 計画水量及び計画水質

表-2に計画水量及び計画水質を示す。濃縮分離液は脱水分離液に比べ、水量は約2倍、BODは約20倍と高く、アンモニア性窒素は約1/7倍と低い。このため、BODの高い濃縮分離液をステップ投入することを想定した設計となっている。①濃縮分離液は最初沈殿池に投入され、通過後の分配槽前段でステップ投入として利用（②濃縮分離液）し、その後分配槽後段で③脱水分離液と混合、④反応タンク流入水（AT流入水）として反応タンクに投入される。

表-2 計画水量及び計画水質

	水量 (m <sup>3</sup> /日)	T-N (mg/l)	NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	T-P (mg/l)	BOD (mg/l)	SS (mg/l)
①濃縮分離液	8,700	275	80	60	2,100	1,200
↓ 最初沈殿池通過後 ↓						
②濃縮分離液	8,700	158	80	36	1,200	480
↓ 分配槽で混合 ↓						
③脱水分離液	4,800	651	568	37	90	271
↓						
④AT流入水	13,500	333	253	36	805	406

#### 4. 運転経過

稼働からの運転の変更点をRun1から4と分類し表-3に示す。新施設は2系列を稼働し、旧施設は2→1系列として新旧並列運転で運用を開始した。(水量比は新施設2:旧施設1)。

表-3 運転経過

		Run1	Run2	Run3	Run4
期間		H22.7.5~	9.16~	11.2~12.6~	H23.1.6~
使用数	最初沈殿池	2系列			3系列
	反応タンク	2系列			3系列
	最終沈殿池	2系列			3系列
平均水量	濃縮分離液量	4,000	6,000	7,600	8,200
	脱水分離液量	3,300	2,800	4,400	4,400
	流入水量	7,300	8,800	12,000	12,600

○Run1: ステップ投入を想定し、初沈入口から濃縮分離液、分配槽から脱水分離液を投入した

が、分配槽での二つの均一化がうまくいかず、系列間で流入水質に差ができ、処理水質にも大きな差が出てしまった。また調査後半、硝化が後退し空気量を能力上限としても硝化量は回復せず。Run2に移行。

○Run2: 分離液貯留槽で分離液を混合、新施設2:旧施設1で振分けを実施した。新施設への負担軽減と系列毎の均一な負荷の投入効果により硝化量は回復し、10月上旬から窒素30mg/l以下、りん10mg/l以下の目標水質を一時達成した。しかし、10月下旬頃から新施設側の水量が徐々に増加(旧施設側は減少)し、処理水のりんが上昇した。流量振分けが手動バルブによる微調整だったため量調整が容易なRun3に移行。

○Run3: 全量処理開始。反応タンク水量の日間変動がより緩和。以後年内いっぱい目標水質を達成した。

○Run4: 基本性能確認のため、同一の運転条件から各系列の流量比を調整(水量比率一定制御4:5:6)、流量負荷による最適な処理量の検証を行った。

表-4 運転実績

#### 5. 運転実績及び処理実績

表-4に運転実績を示す。循環率は350%、返送率は50%とし、空気量はDO制御による硝化促進の運転を基本とした。

SVIは期間中大きな変動はなく、150前後で安定していた。空気倍率は、空気量が不足したRun1で倍率は高くなったが、その後は2.5倍程度で安定した。SRTは、Run1で余剰汚泥が発生しない時期があり計算上高くなってしまったが、その後は20日程度で安定した。

	計画値	Run1	Run2	Run3	Run4
MLSS (mg/l)	3,000	3,200 (300~4,600)	3,200 (2,300~3,800)	3,300 (2,600~3,800)	3,300 (2,800~3,500)
循環率(%)	350	270 (53~350)	340 (280~350)	340 (300~350)	340 (330~350)
返送率(%)	50	53 (20~100)	50 (50~50)	50 (50~50)	50 (50~50)
SVI	-	120 (100~140)	170 (120~200)	150 (110~190)	160 (150~160)
空気倍率(倍)	-	29 (6~54)	24 (18~45)	24 (20~31)	24 (20~26)
SRT(日)	-	150 (27~710)	24 (14~46)	20 (10~44)	17 (15~21)
BOD-SS負荷 (kg/SSkg・日)	-	0.06 (0.04~0.09)	0.08 (0.05~0.13)	0.10 (0.08~0.14)	0.12 (0.10~0.17)
余剰汚泥量 (m <sup>3</sup> /日)	-	200 (0~650)	390 (100~1,000)	820 (250~1,200)	720 (400~900)

表-5に期間中の処理実績を示す。反応タンク流入水のBOD、SS、T-Pの平均値はほぼ計画通りで、窒素は計画値の6~8割程度と低めであった。

表-5 処理実績

○Run1: 流入の均一化がとれず、窒素が84mg/l、りん17mg/lと高く残存した。

○Run2: 窒素の変動幅は小さくなり、窒素30mg/l以下と目標水質を一時達成することもあった。りんもRun1に比べて低下する傾向にあった。

○Run3: 11月中旬から窒素、りんの除去率が上昇し、5mg/l以下とステップ投入なしで目標水質を大きく上回る状況が3週間ほど続いた。その後やや上昇したが12月末まで目標水質以下を維持できた。

○Run4: 年明けから窒素50mg/l、りん20mg/l程度と処理が大きく後退した。流量負荷の差による改善を期待したが窒素、りんの除去率に大きな差は見られず、窒素は40mg/l、りんは20mg/l程度で推移した。

	AT流入水質	Run1	Run2	Run3	Run4	目標水質
BOD (mg/l)	880 (450~1600)	21 (15~32)	16 (4~40)	5 (4~7)	21 (10~31)	10
SS (mg/l)	430 (80~1500)	5 (3~9)	7 (3~15)	5 (3~9)	10 (4~18)	10
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	160 (130~250)	36 (13~110)	14 (0~57)	0.3 (0~3)	6 (1~12)	-
T-N (mg/l)	240 (190~290)	84 (40~143)	32 (12~65)	15 (3~31)	44 (35~54)	30
T-P (mg/l)	34 (20~44)	17 (8~22)	14 (8~21)	7 (1~16)	19 (15~23)	10

Run1はスポットデータ平均値、Run2以降はコンポジット分析値

#### 6. 考察

反応タンク内の挙動として処理良好時(Run3)、処理後退時(Run4)の一例を図-2、図-3に示す。

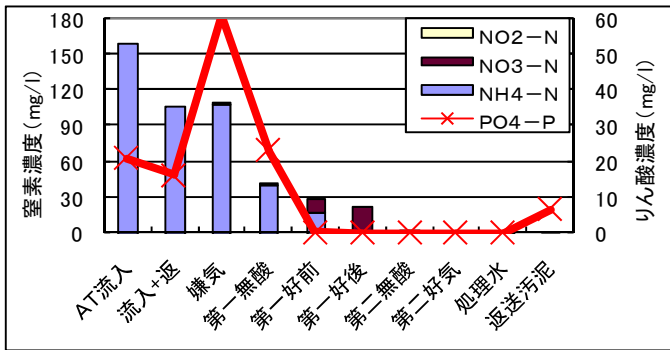


図-2 処理良好時 (Run3) の一例

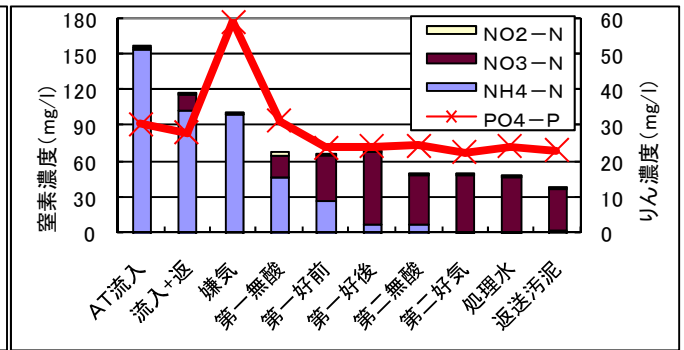


図-3 処理後退時 (Run4) の一例

- 流入窒素量に差はないが、図-3では返送に硝酸性窒素が多く残存し、嫌気槽への持込みがある。
- 第一無酸素素において図-2では完全脱窒され、図-3では硝酸性窒素が多く残ってしまっている。
- 第一好気後段において図-2では窒素量は30mg/l以下、図-3では窒素量は70mg/l程度で、第一無酸素槽で残った硝酸性窒素が後の槽に上乘せされているような状況であった。
- りんは流入において図-3の方が5割ほど高めだが、吐出し濃度は両者とも60mg/l程度で変わらなかった。
- りんの摂取量は、図-2はほぼ完全に再摂取され、図-3では好気槽以降摂取量は減少し横ばいであった。

表-6 脱窒速度および硝化速度

	硝化速度		脱窒速度	
	Run3	Run4	Run3	Run4
第一無酸素素	—	—	2.5 (1.8~3.2)	2.7 (1.7~3.2)
第一好気	2.1 (1.2~3.3)	2.1 (1.7~2.4)	—	—
第二無酸素素	—	—	0.6 (0.5~0.7)	0.5 (0.5~0.5)
第二好気	0.7 (0.1~1.3)	1.4 (0.9~1.6)	—	—

単位 (mg-N/gMLSS・hr)

表-6にこの期間の脱窒速度、硝化速度を示す。図-2、3の差の要因としては水温、有機物量、流入窒素の差が考えられるが、水温で約2度の差はあったものの両者の脱窒、硝化速度に差がないことから水温による影響とは考えにくい。有機物量については、Run3で初沈の3系列目が調整中のため稼働できず、2系列のまま運転した。結果反応タンク流入SS、CODが高めで推移し、3系列目が稼働するまでの間、非常に高い除去率が得られていた。図-4に反応タンク流入水質の性状を示すが、有機物指標をCOD、流入窒素指標をアンモニア性窒素とすると、Run3は比較的上下に広がっているのに対し、Run4は横に広がっている傾向がある。左上方向は有機物の割合が多いことを示し、右下方向は窒素の割合が多いことを示す。ここに処理良好な期間の流入データをプロットし直すと左上よりに固まっている傾向がみられる。有機物の割合と高い窒素除去率とに関係がありそうなことから、今後もデータを収集し検証していきたい。またRun3からRun4の移行期間にかけては、休庁期間のため十分なデータを収集していなかった。処理後退の要因を特定するためにも今後はこの期間の汚泥性状を調査し、処理改善策の検討を進めていきたい。

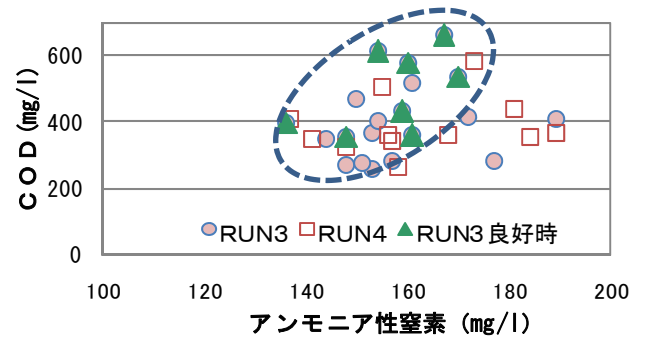


図-4 反応タンク流入水質の性状

## 7. まとめと今後の課題

- 濃縮分離液と脱水分離液を均一化して投入することで処理の安定化が図られた。
  - 第二無酸素槽にステップ投入による有機物添加を行わなくても目標水質を満足する結果が得られた。
  - 年明けから処理水質が大きく後退し、水量の負荷を変化させても処理の回復には至らなかった。
- 今後はステップ投入による効果の検証と、冬季の流入性状の把握、処理改善策の検討を進め、安定した水質を確保していきたい。