

嫌気硝化内生脱窒法による窒素・りん除去

横浜市 ○細野 勝美
室井 悌
内田 収

1. はじめに

本市では平成8年1月より、嫌気硝化内生脱窒法による高度処理の運転を開始し、施設設計のための基礎数値、維持管理のための運転条件等を得るためにデータの収集を行っている。

前報では、既設の最初沈殿池流出水进行处理した場合、窒素については当初の目標水質(10mg/l)をほぼ満足することができたが、りんの除去には問題があることを報告した。そのなかで、反応タンクへ最初沈殿池汚泥(以下生汚泥とする)を投入することによって、りん除去を改善できるだけでなく、窒素の除去も大幅に改善できる可能性のあることを示唆した。

当報文は、反応タンクへ生汚泥を全量投入した条件で処理水量を段階的に増やしていき、目標水質である窒素、りん濃度(10, 0.5mg/l以下)を満足する範囲内で、どの程度の水量負荷をかけることが可能であるのかを調査したので報告する。

2. RUN設定

最初沈殿池流出水のみを処理したRUN1~RUN2-3に引き続き、RUN3以降は生汚泥を全量投入した条件で水処理を行った。なお、RUN3において、窒素、及びりんの除去を大幅に改善することができたため、RUN4以降では運転法案(冬季10000m³/d, 夏季15000m³/d)から離れ、窒素、りんの目標水質(10, 0.5mg/l)を満足する範囲内で、段階的に処理水量を増やしていった。

RUN設定は処理水量、反応タンクの槽配分を基準に行い、表-1に示すとおり、RUN3~RUN11とした。各RUNにおける処理水量、反応タンクの槽配分等については、定期的を実施した反応タンクの通日試験の結果の他に、活性汚泥の硝化能、処理水中のNH₄-N濃度等を判断指標として適宜変更していった。RUN3~RUN11における水温と処理水量の関係を図-1に、反応タンクの槽配分パターンを図-2に示す。水温と処理水量との関係(図-1)から、当初運転法案に基づく処理水量(冬季10000m³/d, 夏季15000m³/d)を約70%上回る状態で運転を行ったことが分る。なお、RUN8の25000m³/dという水量は、この施設の標準活性汚泥法での日平均汚水量(24700m³/d, HRT=5.9hr)に相当する。

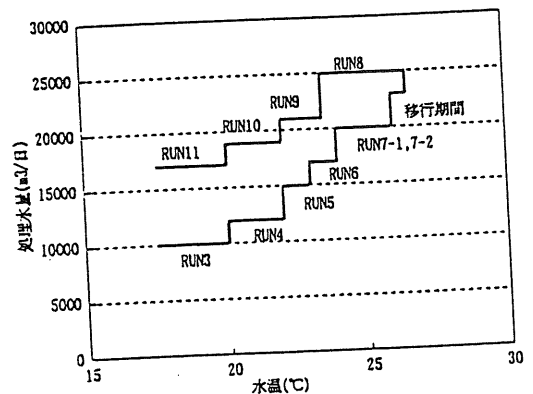


図-1 水温と処理水量の関係

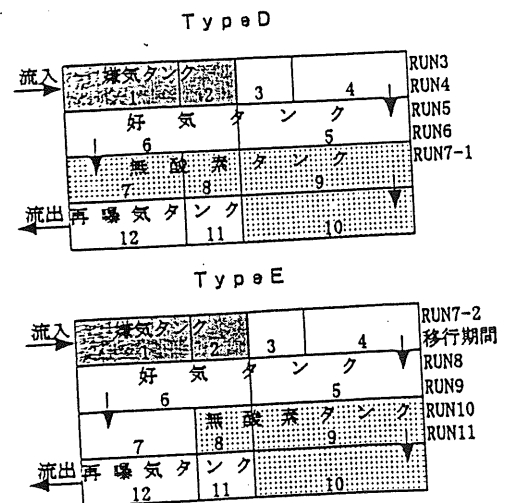


図-2 反応タンクの槽配分パターン

3. 処理実績

RUN3~RUN11における運転状況、ならびに流入下水、処理水の水質分析結果を表-1に示す。

反応タンクへ生汚泥を投入することによって、処理水の窒素、りん濃度は管理目標値を十分満足していることが各 RUNの結果から確認することができる。

窒素、りん以外の水質項目についても、全実験期間を通じて良好な結果を得ることができた。

なお、稼働当初懸念していた“汚泥の膨化、終沈における脱窒に起因した汚泥浮上”等のトラブルについても、実験期間中に問題となることはなかった。

表-1 運転状況、ならびに処理実績

RUN	RUN3	RUN4	RUN5	RUN6	RUN7-1	RUN7-2	稼行期間	RUN8	RUN9	RUN10	RUN11
運転期間	H8/12/2 H9/3/26	H9/3/27 ~4/30	H9/5/1 ~5/12	H9/5/13 ~6/9	H9/6/10 ~7/6	H9/7/7 ~8/13	H9/8/14 ~8/31	H9/9/1 ~10/16	H9/10/23 ~11/9	H9/11/10 ~12/8	H9/12/9 H10/1/7
施設別(Type)	TypeD	TypeD	TypeD	TypeD	TypeD	TypeE	TypeE	TypeE	TypeE	TypeE	TypeE
流入水量(m ³ /d)	10,000	12,000	15,000	17,000	20,000	20,000	23,000	24,600	21,000	19,000	17,000
返送率(%)	99	99	60	60	60	60	60	60	60	60	60
反応槽の停留時間(hr)	15.0	12	10	8.6	7.3	7.3	6.4	6.0	7.0	7.7	8.6
空気倍率(m ³ /m ³)	4.9	4.5	5.1	4.6	4.4	5.0	4.2	4.3	5.0	7.1	7.8
余剰汚泥発生率(%)	2.4	1.7	1.5	1.4	2.7	2.0	2.0	2.1	2.0	2.1	2.1
MLSS(mg/l)	3,200	2,700	2,800	2,800	2,900	2,800	2,900	2,800	3,000	2,900	2,900
SVI	190	220	200	180	170	170	180	160	200	210	210
A-SRT(day)	6.8	7.7	5.1	4.8	2.5	3.3	2.6	2.4	2.9	3.2	3.3
BOD負荷(kg/kg·d)	0.11	0.13	0.19	0.20	0.24	0.24	0.22	0.27	0.22	0.19	0.22
BOD負荷(嫌気除去)	0.12	0.15	0.22	0.22	0.27	0.27	0.25	0.31	0.25	0.21	0.25
T-N負荷(kg/kg·d)	0.018	0.025	0.026	0.034	0.042	0.043	0.042	0.050	0.034	0.034	0.034
流入水質											
T-N(mg/l)	34	33	30	32	37	36	32	35	30	32	35
NH ₄ -N(mg/l)	23	20	18	19	19	18	19	18	19	20	21
T-P(mg/l)	4.0	4.4	4.8	3.8	3.5	3.6	3.8	3.5	2.9	4.0	4.2
BOD(mg/l)	210	180	220	200	210	200	170	188	190	180	230
SS(mg/l)	140	150	140	150	130	120	160	130	140	150	100
処理水質											
T-N(mg/l)	4.0	7.4	4.8	3.8	9.8	4.4	6.7	7.9	5.3	5.9	7.3
NH ₄ -N(mg/l)	0.6	2.4	0.5	0.7	6.6	0.8	1.1	4.6	1.6	2.9	2.2
NO ₂ -N(mg/l)	0.10	ND	ND	ND	0.2	0.30	0.00	0.20	0.30	0.15	0.20
NO ₃ -N(mg/l)	2.6	3.7	2.5	3.0	1.0	1.8	4.3	1.1	1.5	1.6	3.4
T-P(mg/l)	0.4	0.3	0.29	0.19	0.23	0.17	0.13	0.34	0.47	0.22	0.30
BOD(mg/l)	5.7	6.5	5.0	4.5	11	4.0	5.0	9.8	12	9.0	11
SS(mg/l)	2.5	1.5	2.0	1.5	3	2.0	2.0	2.5	4	2.5	3
Tr a(%)	147	144	149	150	105	148	150	122	115	115	150

4. 窒素、りん除去について

1) 窒素除去について

生汚泥投入の有無を除いてほぼ同一条件にあるRUN1（既報）とRUN3を比較すると、生汚泥投入前（RUN1）の処理水の窒素濃度が9.7mg/l(除去率70%)であるのに対し、投入後のRUN3は4.0mg/l(除去率88%)となっており、処理水中の窒素濃度を大幅に改善することができた。

図-3に示すようにBOD-SS負荷(kg/kg·d)が高くなると無酸素槽での脱窒速度も高くなる傾向があることから、生汚泥投入により窒素の除去が向上する理由としては、無酸素槽への有機物の持ち込み量が増え、脱窒速度が高くなったことが一因であると考えている。

また、余剰汚泥として系外へ除去される窒素量の割合は、生汚泥の投入前（RUN1）では17%であったが、生汚泥投入後（RUN3）では36%まで増加しており、生汚泥の投入によって流入窒素負荷が増えても硝化の対象となるNH₄-N 負荷はそれほど増加しなかったと判断される。

一方、生汚泥を投入することによって A-SRTは短くなるが、表-1に示した処理実績、ならびに実験期間中に定例的に測定してきた硝化速度の測定結果（平均=2.5mg/MLS Slg·1hr）から判断しても、生物学的にはなんら問題はなかったと言える。なお、本調査における水温とA-SRTとの関係を硝化率と関連づけて図-4に整理したところ、高度処理施設設計マニュアル（案）に示されている硝化に必要なA-

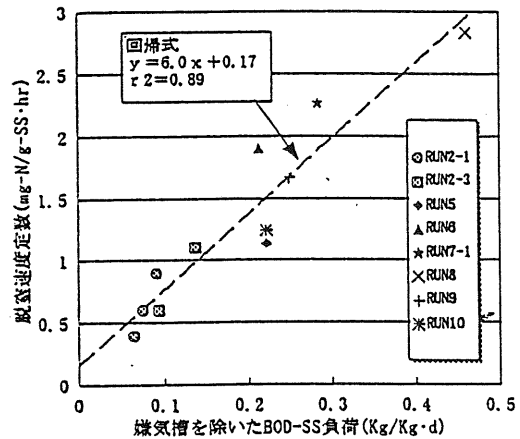


図-3 BOD-SS負荷と脱窒速度定数の関係 (20~25℃)

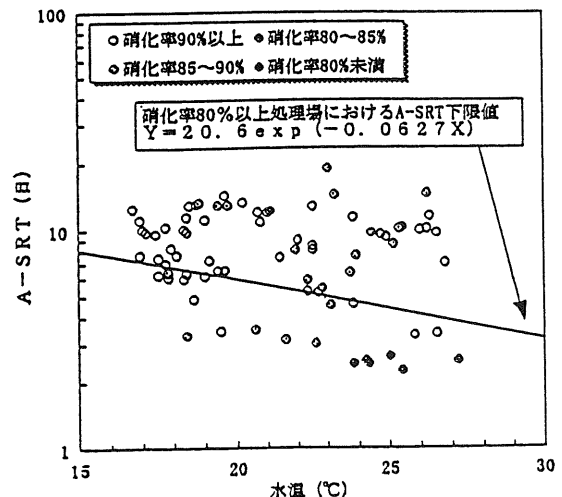


図-4 水温とA-SRTとの関係

SRTよりも短いA-SRTで運転しても硝化率80%以上を概ね保つことができていた。

2) りん除去について

表-1から、生汚泥の全量投入を開始したRUN3以降においては、各RUN 共に目標水質-(0.5mg/l)を十分満足していることがわかる。水量負荷が運転法案を大きく上回る状況でも、処理水の平均りん濃度を0.27mg/l(除去率93%)にまで改善することができた。

図-5に、処理水のリン酸態りん濃度と降雨量、生汚泥投入との関係を示す。

生汚泥を投入することができなかったケース(汚泥循環等の事情による)を除き、降雨時であってもりん除去が大幅に低下するような現象が認められなかった点が、RUN3以前(既報)とは大きく異なる。

さらに、再曝気タンクの攪拌を十分確保することで、100mm/d以上(通常流入水量の約2倍量)の降雨においても目標水質を満足することができる可能性もあり、りん除去の安定性については今後更なる検討が必要と考えている。

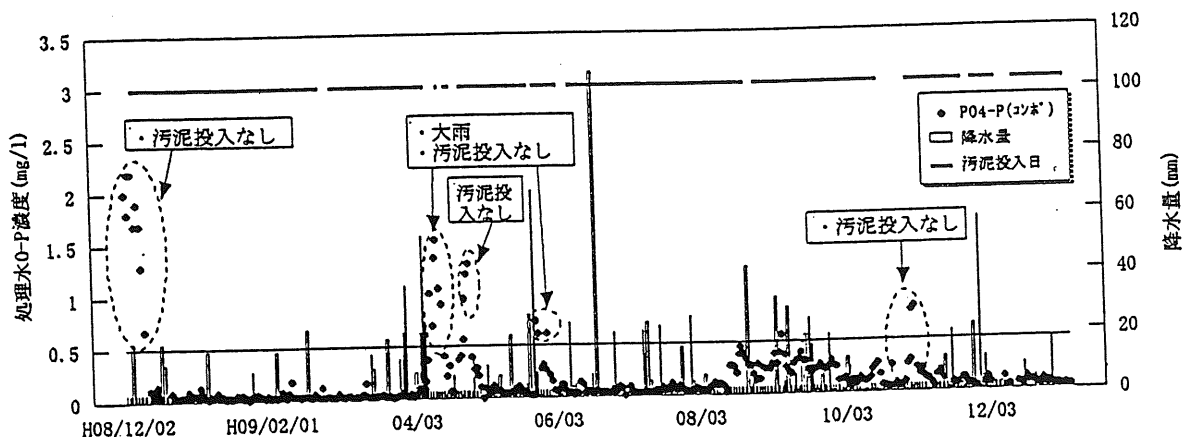


図-5 処理水P04-P濃度の経日変化と降水量

なお、生汚泥を投入する前と、後での余剰汚泥中のりん含有率に大きな変化は認められず、共に平均3.0%であった。りんの除去効率を高めるためには、資化可能な一定濃度以上の有機物の存在、ならびにりんの収支に見合う余剰汚泥量が発生する必要がある。この見地から、りんの含有率が平均で0.69%と低く、T-BODは高いがその大部分が非溶解性のBODである生汚泥の投入は、窒素、りん除去にとって、身近に存在する有効な手段であると言える。

5. おわりに

りんの除去が課題となっていた嫌気硝化内生脱窒法であるが、反応タンクへ生汚泥を投入する条件では、HRTが夏期5.9時間、冬期8.6時間で、処理水の目標水質(T-N=10mg/l, T-P=0.5mg/l以下)を十分達成することができた。このように良好な処理ができた要因は、リン除去に必要な余剰汚泥量を確保できたこと、及び有機物投入量増加によって脱窒速度が高くなったこと等が挙げられる。

本報では、十分な解析ができたとはいえないが、高度処理に要する滞留時間の短縮、しいては高度処理施設建設が標準法とほぼ同程度の施設容量でできる可能性を示したものとする。

今後の課題は生汚泥の投入方法の検討であり、RUN11以降の調査の中で窒素、りんを安定的に除去するのに必要な最少投入量について検討する予定である。

問い合わせ先：〒224-0054 横浜市都筑区佐江戸町25番地 横浜市下水道局 管理部 都筑下水処理場
電話 045-932-2321 細野 勝美