

N-10 嫌気好気ろ床法による窒素・リンの除去について

宇都宮大学 工学部 応用化学科 柿井一男
同上 安藤正雄
前澤工業株式会社 環境事業本部 ○石川 進

1. はじめに

筆者らは、小規模の下水処理場に適用した窒素除去システムの開発を目的として、嫌気好気ろ床法による窒素除去の研究を行っている(参考文献 1) 2)。図 1 にパイロットプラントの処理フローを示す。本システムの特長は、嫌気性ろ床と好気性ろ床の間に浮上分離を組み込むことにより、効率的な硝化脱窒を行うと共に、汚泥の分離濃縮を可能にすることにある。

今回は、嫌気性ろ床および好気性ろ床

上部に比表面積の大きなプラスチック製担体を用い流動床とすることで、窒素除去能力の向上を図ったのでその結果について報告する。さらに、流量変動に対する安定性および PAC 添加による窒素・リンの同時除去についても言及する。

2. 実験装置概要

表 1 に装置概要を示す。原水は、昨年度と同様、主に家庭排水を処理している K 下水処理場の最初沈澱池流入水を用いた。

3. 流量一定時の処理状況

ここでは、低水温期(1月～2月)の処理性と、後で述べる流量変動実験および PAC 添加による窒素・リン同時除去実験の直前の期間(6月～8月)の処理性について示す。原水量は 25m³/日で一定としている。平均運転状況を表 2 に、各期間の平均処理水質を表 3、表 4 に示す。

表 3 から、低水温期においても、良好な窒素除去が可能であったことが分かる。また、表 4 から、6月～8月の期間では、降雨の影響もあり原水中の溶解性 BOD が低いことから脱窒反応がやや不安定であったが、比較的良好的な窒素除去が行われたことが分かる。

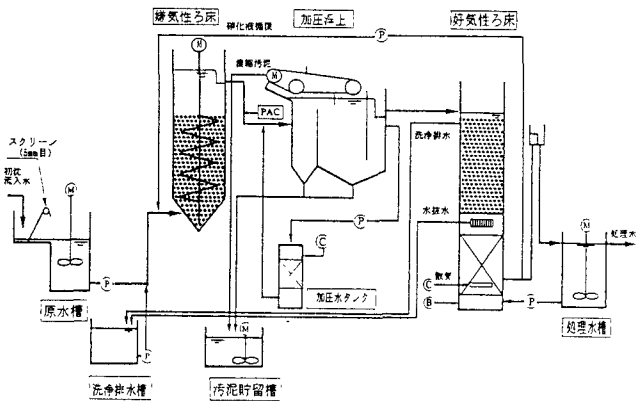


図1 パイロットプラント処理フロー

表1 装置概要

スクリーン	目開き5mmの自動バースクリーン
嫌気性ろ床	反応槽形状：1000mm×1000mm×有効4500mm 上向流式 充填材：中空円筒状プラスチック製接触材 サイズφ10mm×10mm、比表面積約800m ² /m ³ 、 充填高3000mm、攪拌機および上向流速による流動床 攪拌装置 スクリューリボン型、回転数10rpm
無菌注 加圧浮上	浮上槽形状：400mm×2000mm×有効600mm 加圧水タンク：φ150mm×2000mm 加圧水圧力：3.5～4.5kgf/cm ²
好気性ろ床	反応槽形状：1000mm×1000mm×有効3300mm 下向流式 接触酸化部：中空円筒状プラスチック製接触材 サイズφ10mm×10mm、比表面積約800m ² /m ³ 、 充填高2000mm、散気による流動床 ろ過部：アンシラサイト(φ3～5mm)、充填高1000mm 洗浄頻度：1回/日

表2 平均運転状況

		平成10年 1月～2月	平成10年 6月～8月
通水速度	嫌気性ろ床	m/日	25
	(原水ベース)	m/日	25
滞留時間	嫌気性ろ床(充填部空塔)	h	2.9
	(原水ベース)	min	28.0
循環率	好気性ろ床(充填部空塔)	h	2.9
		%	200
散気倍率	好気性ろ床	倍	4.7
	(原水ベース)	%	25.0
BOD容積負荷	嫌気性ろ床	kg/m ³ /日	1.38
	好気性ろ床	kg/m ³ /日	0.65
NO _x -N容積負荷	嫌気性ろ床	kg/m ³ /日	0.14
	好気性ろ床	kg/m ³ /日	0.12
NH ₄ -N容積負荷	嫌気性ろ床	kg/m ³ /日	0.18
	好気性ろ床	kg/m ³ /日	0.12
水温	原水	℃	15.4
	好気性ろ床	℃	13.9
pH	原水	—	7.3
	嫌気性ろ床	—	6.8
DO	好気性ろ床	—	6.6
	好気性ろ床(接触部)	mg/l	4.1
ORP	嫌気性ろ床(接触部)	mV	-234
			-217

表3 平均水質 (1998年1月～2月)
(原水通水速度25m/日、循環率200%、好気性ろ床内平均水温13.9℃)

	原水	嫌気槽 処理水	浮上槽 処理水	好気槽 処理水	除去率 %
透明度	度	5.0		73.1	
SS	mg/l	252	79.6	15.0	98.1
T-BOD	mg/l	166	73.6	25.9	95.3
D-BOD	mg/l	50.8	14.9	2.2	95.6
T-N	mg/l	34.8	13.8	10.9	74.5
NH ₄ -N	mg/l	18.8	7.2	0.4	98.0
NO ₃ -N	mg/l		0.3	8.2	
T-P	mg/l	5.5	5.6	3.1	43.6
D-Orth-P	mg/l	2.1	2.1	2.0	2.4

表4 平均水質 (1998年6月～8月)
(原水通水速度25m/日、循環率200%、好気性ろ床内平均水温22.4℃)

	原水	嫌気槽 処理水	浮上槽 処理水	好気槽 処理水	除去率 %
透明度	度	5.0		96.3	
SS	mg/l	283	96.4	12.2	99.0
T-BOD	mg/l	172	61.1	16.7	97.6
D-BOD	mg/l	26.4	8.6	2.1	91.9
T-N	mg/l	32.0	12.9	8.1	74.8
NH ₄ -N	mg/l	14.9	5.7	0.2	98.7
NO ₃ -N	mg/l		1.3	7.5	
T-P	mg/l	7.1	3.3	1.9	73.3
D-Orth-P	mg/l	2.5	1.9	1.8	29.6

4. 流量変動実験

実際の下水処理場に適応する場合、日間の流量変動に対する検討が不可欠である。そこで、通常水処理施設の計画に用いられる日最大汚水量に対して、嫌気性ろ床および好気性ろ床の通水速度を 25m/日とし、18.8m/日 (日最大汚水量の 75%、日平均汚水量に相当) に相当するポンプ 3 台で、日間の流量変動に対応すると仮定して、以下の流量変動実験を行った。

4.1 流量変動予備実験

自動運転に先駆けて、図 2 に示すとおり、原水量を 18.8m/日に相当するポンプが、1 台→2 台→3 台と増加した場合、さらに、3 台→2 台→1 台と減少した場合の処理性について検討した。なお、硝化液循環量は一定とした。

BOD、SS について図 3 に示す。原水の濃度変化が大きいために、流量変動による影響が見え難くなっているが、処理水では、ともに 2～7mg/l の範囲にあり、大きな水質の悪化は認められない。このことは、嫌気性ろ床を流動床としていることにより、嫌気性ろ床内にはこの程度の流量変動で流出するような懸濁成分が少ないこと、および浮上槽での分離効果が大きいことによると考えられる。

窒素について図 4 に示す。原水の T-N 濃度は 20～43mg/l と大きく変化しているが、NH₄-N 濃度は 12～18mg/l の範囲である。SS の変化が非常に大きいことと合わせて考えると、溶解性の窒素成分の変化は比較的少ないと考えられる。処理水の T-N 濃度は 5～9mg/l の範囲であり、比較的安定している。なお、処理水の NH₄-N 濃度がすべて 0.5mg/l 以下であること、および、嫌気性ろ床処理水の NO₃-N 濃度が、原水量が少なく且つ濃度の薄い時間帯で 2～3mg/l 残留しているものの他の時間帯では 0.3mg/l 以下であることから、処理水 T-N 濃度の変化は、主に、原水量の変動に伴う循環率の変動によると考えられる。なお、この実験では、洗浄排水を含めた循環率が 100～300% の範囲で変動して

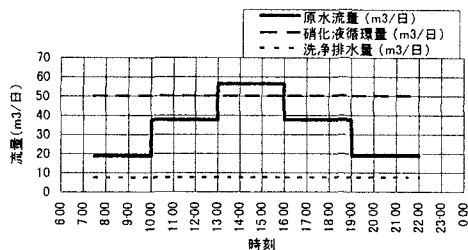


図2 流量変動予備実験時の流量変化パターン(1998/8/17～8/18に実施)

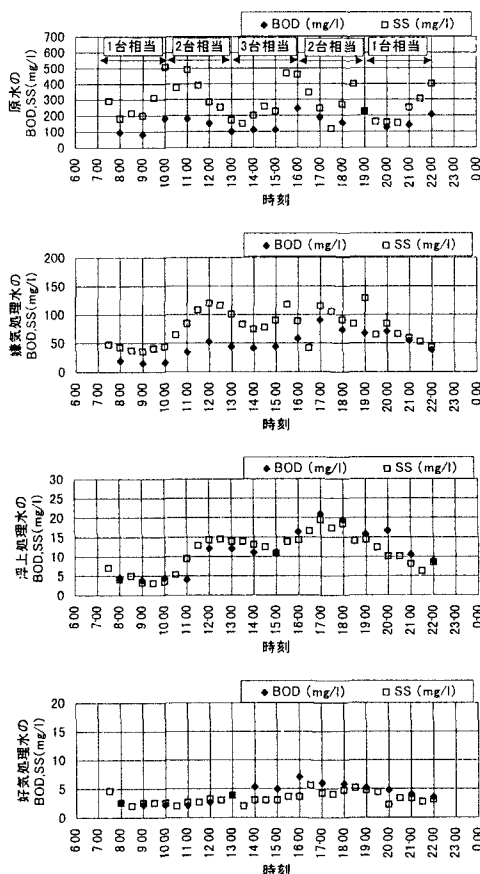


図3 原水流量を変化させた場合の各処理水質の変化 (予備実験、1998/8/17～8/18に実施)

いる。

4.2 流量変動（自動制御）実験

一般的な小規模下水処理場の流入変動を想定して、図5に示す流量変動パターンで自動運転を行った。水質測定の結果を表5に示す。この値は、1時間毎に24時間採水分析したものの平均値であり、自動運転を開始してから約1週間後のものである。良好な窒素除去が行われている。

5. PAC 添加による窒素・リン同時除去実験

窒素の除去に加えてリンの除去が求められる場合も少なくないと考えられる。これまで、本システムにおいては、無薬注加圧浮上（凝集剤を添加しない加圧浮上）においても高い固液分離効果が得られることから、凝集剤の添加は行っていない。無薬注でのリンの除去については、表3および表4に示したとおりであり、固形性のリンの大部分は除去されるが、溶解性のリンは殆ど除去できない。そこで、嫌気性ろ床の流出管に、PACを原水量に対して、3mg-Al/lの濃度となるように添加した実験を行った。その結果を表6に示す。降雨の影響により、脱窒反応が十分ではないが、T-N除去率69.6%（処理水 T-N 6.8mg/l）、T-P除去率96.2%（処理水 T-P 0.2mg/l）と良好な処理が可能であった。

6. まとめ

嫌気性ろ床および好気性ろ床上部に比表面積の大きいプラスチック製担体を用いて流動床とすることにより、窒素除去能力が大幅に向上することを確認した。また、流量変動に対する安定性およびPAC添加による窒素・リンの同時除去について検討し、良好な結果を得た。今後更に長期的な検討を行う予定である。

表5 流量変動自動運転時の平均水質
(1998/8/24～8/25実施、好気性ろ床内平均水温25℃)

	原水			好気槽処理水			平均除去率 (%)
	平均	最大	最小	平均	最大	最小	
BOD (mg/l)	160.5	255.0	88.6	2.9	3.8	2.1	98.2
SS (mg/l)	221.1	382.0	118.0	1.8	2.5	1.2	99.2
T-N (mg/l)	29.4	38.6	20.1	6.0	9.6	4.7	79.7
NH ₄ -N (mg/l)	15.2	21.0	11.0	0.1	0.4	0.0	99.5
NO ₃ -N (mg/l)				5.5	7.8	4.1	
NO ₂ -N (mg/l)				0.02	0.09	0.01	

<参考文献>

- 1) 栗山、橘内、石川「浮上分離を組み込んだ嫌気好気ろ床法による窒素除去について」第34回環境工学研究フォーラム講演集pp. 1-3(1997)
- 2) 石川、栗山「浮上分離を組み込んだ嫌気好気ろ床法による窒素除去」第35回下水道研究発表会講演集pp. 582-584(1998)

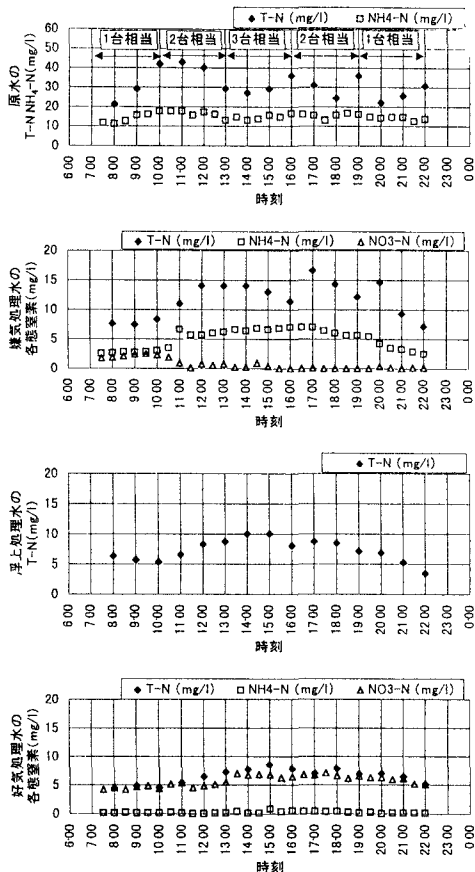


図4 原水流量を変化させた場合の各処理水質の変化
(予備実験、1998/8/17～8/18に実施)

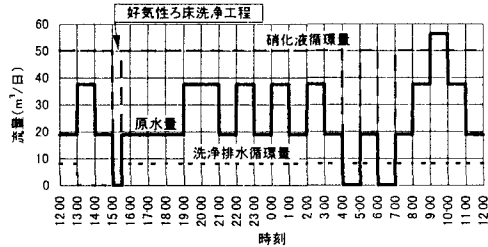


図5 流量変動パターン(自動制御)

- 1) 原水量を時刻により変動、なお、1日間で25m³。
- 2) 硝化液の循環量は、50m³/日一定。但し、原水停止時には停止する。
- 3) 好気性ろ床の洗浄は、1日に1回、15:00に行う。この間原水の供給を停止(約30分間)。
- 4) 好気性ろ床の洗浄排水は、一旦洗浄排水槽に受け、再び嫌気性ろ床に戻して処理。

表6 PAC添加時の処理水(24時間の平均水質、1998/9/8～9/9実施)
(PAC添加量3mg-Al/l、原水通水速度25m³/日、循環率200%、水温24℃)

	原水	嫌気槽 処理水	浮上槽 処理水	好気槽 処理水	除去率 (%)
BOD (mg/l)	82.9	49.0	0.9	0.7	99.2
SS (mg/l)	166.2	47.1	9.5	1.0	99.4
T-N (mg/l)	22.4	8.4	6.5	6.8	69.6
NH ₄ -N (mg/l)	10.8	2.6		0.1	99.4
T-P (mg/l)	4.1	1.1	0.3	0.2	96.2
D-Ort-P (mg/l)	1.7	0.8		0.2	90.7

※PACの添加位置は、嫌気性ろ床の流出管（浮上槽流入管）。

※降雨の影響があり、通常時より原水濃度が低くなっている。