

宇都宮大学 工学部 応用化学科 栗山光央

同上 橋内浩二

前澤工業株式会社 中央研究所 ○ 石川 進

1. はじめに

筆者らは、小規模の下水処理場に適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きた文献1)、2)。

今回は、嫌気性ろ床と好気性ろ床の間に無薬注加圧浮上分離を組み込んだパイロット実験プラント(処理水量約20 m³/日)を用いて、実下水による実験を行い、若干の知見が得られたので報告する。

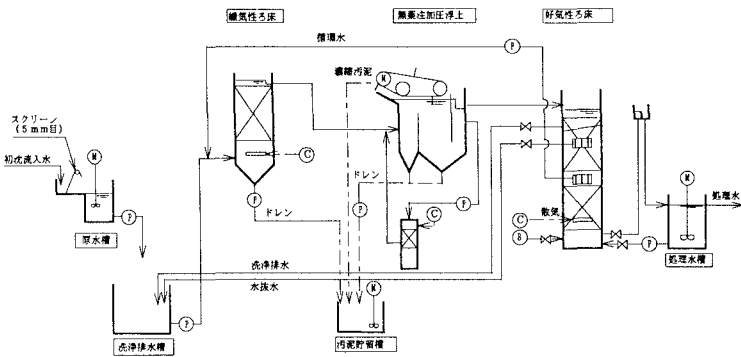


図1 パイロット実験プラント処理フロー

2. 実験装置概要

処理フローを図1に示す。装置概要を表1に示す。

実験プラントは、主に家庭排水を処理しているK下水処理場内に設置し、最初沈殿池流入水を原水として、実験を行なった。本実験プラントには、下記の特長がある。

- ① 嫌気性ろ床において弱い散気を行う。
これにより、嫌気槽内の攪拌混合を良くするとともに、嫌気度合をやわらげる。
- ② 固液分離に無薬注加圧浮上を用いる。
嫌気性ろ床と好気性ろ床の間で無薬注加圧浮上を行う。これにより、汚泥の濃縮、嫌気性ろ床から好気性ろ床にリークする生物膜等のSS性の負荷を削減する。
- ③ 好気性ろ床に2層式(上部に接触材、下部にろ材)を用い、硝化液の循環をろ床中間部から行う。
これにより、好気性ろ床の効率化を図るとともに、ろ過抵抗の削減を図っている。

表1 実験プラント 装置概要

機器名	仕様
スクリーン	目開き5mmの自動バースクリーン
原水槽	500mm×800mm×有効300mm 有効容量 0.12m ³
洗浄排水槽	2500mm×2500mm×有効1500mm 有効容量 9.4m ³
嫌気性ろ床	反応槽 1000mm×1000mm×有効4500mm 上向流式、上部に接触材、下部に沈殿ゾーン 有効容量: 4.5m ³ 充填材・リング状プラスチック製接触材 充填高 3000mm
無薬注加圧浮上	浮上槽: 400mm×2000mm×有効600mm 有効容量: 0.48m ³ 加圧水タンク・φ150mm × 2000mm 加圧水圧力: 3.5~4.5kgf/cm ²
好気性ろ床 (HBF)	反応槽: 1000mm×1000mm×有効3300mm 下向流式、上部に接触材、下部にろ材を充填 有効容量 3.3m ³ 接触酸化部: リング状プラスチック製接触材 充填高 2000mm ろ過部: アンスラサイト (φ3~5mm) 充填高 1000mm 支持層 砂利 (φ5~20mm) 充填高 300mm
処理水タンク	1000mm×2000mm×有効3000mm 有効容量 6m ³

3. 処理水質について

本実験は、平成8年5月から馴致運転を開始した。ここでは、運転条件の異なる2つの期間の処理水質について報告する。これらの期間の運転状況を表2に示す。

原水量は、ともに $20 \text{ m}^3/\text{日}$ で同じであるが、循環水比 (RUN1では300%、RUN2では200%)、散気量 (散気倍率として、RUN1では嫌気1倍、好気4倍、RUN2では嫌気0.5倍、好気3倍)、加圧水比 (原水量に対して、RUN1では40%、RUN2では20%) の条件を変えている。条件変更の理由は、RUN1の処理結果から、より経済的な運転条件としたものである。なお、この期間の流入下水の温度は、 $20\sim 24^\circ\text{C}$ であり、RUN1、RUN2において大きな違いはない。

平均処理水質を表3、表4に示す。

1) 透視度、SS、BODについて、

処理水の透視度は、馴致期間を除き、常に100度以上であった。したがって、見た目には、わずかに黄色の着色は認められるものの非常に良好な処理水質であった。

SSについては、RUN1で、原水 133 mg/l 、処理水 1.5 mg/l 、RUN2で、原水 141 mg/l 、処理水 4.6 mg/l であり、良好であった。

BODについては、RUN1で、原水 113 mg/l 、処理水 2.8 mg/l 、RUN2で、原水 143 mg/l 、処理水 5.0 mg/l であり、良好であった。

2) 窒素の除去性について

RUN1においては、原水の T-N 20.2 mg/l に対して、処理水の T-N は 5.4 mg/l となっており、その除去率は73.3%であった。循環率が300%であるから、理論脱窒率75%に近い除去率が得られている。

RUN2においては、原水の T-N 22.6 mg/l に対して、処理水の T-N は 7.7 mg/l となっており、その除去率は65.9%であった。循環率が200%であるから、理論脱窒率66.7%に近い除去率が得られている。

なお、RUN1、RUN2とも、理論脱窒率と比較して、わずかではあるが低い窒素除去率となっている。この主な原因は、循環水中に、 $\text{NH}_4\text{-N}$ が約 2 mg/l 残留しているためと考えられる。この点については、現在、検討中である。

3) リンの除去性について

RUN1、RUN2とも、約50%の T-P 除去率が得られている。しかし、 O r t-P についてみると、ほとんど除去されていないことから、凝集剤を添加しない場合には、主に、懸濁性のリンが除去

表2 運転状況

			RUN1 1996/7	RUN2 1996/9
通水速度 (原水ベース)	嫌気性ろ床	m/day	20	20
	好気性ろ床	m/day	20	20
滞留時間 (原水ベース)	嫌気性ろ床	H	3.6	3.6
	(充填部空塔)			
	浮上槽	min	35	35
	好気性ろ床 (充填部空塔)	H	3.6	3.6
循環率		%	300	200
散気倍率	嫌気性ろ床	倍	1	0.5
	好気性ろ床	倍	4	3
加圧水比 (原水ベース)		%	40	20
ろ床の洗浄	嫌気性ろ床		特になし	
	好気性ろ床		3回/週、空洗および水洗	
汚泥排出	嫌気性ろ床		1回/日、下部引き抜き	
	浮上槽		1回/2H、浮上汚泥掻取り	
BOD	嫌気性ろ床	kg/day	0.67	0.97
容積負荷	好気性ろ床	kg/day	0.26	0.43
NOx-N	嫌気性ろ床	kg/day	0.07	0.07
容積負荷				
$\text{NH}_4\text{-N}$	好気性ろ床	kg/day	0.15	0.12
容積負荷				
水温	原水	$^\circ\text{C}$	21.8	22.1
	嫌気性ろ床	$^\circ\text{C}$	24.7	23.7
	好気性ろ床	$^\circ\text{C}$	25.0	23.8
pH	原水	—	7.37	7.14
	嫌気性ろ床	接触部	—	7.07
	好気性ろ床	接触部	—	7.14
	処理水	—	6.86	6.63
DO	嫌気性ろ床	mg/l	1.10	0.34
	好気性ろ床	mg/l	5.76	4.91
	処理水	mg/l	0.63	1.37
ORP	嫌気性ろ床	mV	-26.2	-123.2
	好気性ろ床	mV	47.8	42.2
	処理水	mV	77.5	101.8

表3 平均水質 RUN1 (1996/7)

	原水	嫌気槽 処理水	浮上槽 処理水	好気槽 循環水	処理水
透視度	度	7.6			100以上
SS	mg/l	132.6	18.6	5.3	4.7
T-BOD	mg/l	113.1	22.2	9.6	8.9
D-BOD	mg/l	23.6	6.4		4.8
T-N	mg/l	20.2	8.8	7.5	7.1
$\text{NH}_4\text{-N}$	mg/l	9.5	5.4		2.7
$\text{NO}_3\text{-N}$	mg/l		0.3		2.1
$\text{NO}_2\text{-N}$	mg/l		0.3		1.1
T-P	mg/l	3.1	2.4	2.1	2.0
O r t-P	mg/l	1.1	1.5		1.4

表4 平均水質 RUN2 (1996/9)

	原水	嫌気槽 処理水	浮上槽 処理水	好気槽 循環水	処理水
透視度	度	5.60			100以上
SS	mg/l	141.0	40.9	12.6	12.0
T-BOD	mg/l	143.3	34.7	20.6	10.4
D-BOD	mg/l	43.0	12.6		5.5
T-N	mg/l	22.6	12.3	9.7	9.3
$\text{NH}_4\text{-N}$	mg/l	10.6	5.7		2.0
$\text{NO}_3\text{-N}$	mg/l		0.4		4.4
$\text{NO}_2\text{-N}$	mg/l		0.3		0.7
T-P	mg/l	3.6	2.3	1.9	1.9
O r t-P	mg/l	1.4	1.6		1.5

される程度と考えられる。

4. 浮上分離について

浮上処理におけるBODおよびSSの除去効果は大きい。嫌気性ろ床処理水に対する除去率として、RUN 1（原水に対する加圧水比 40%）で、SS除去率 71.5%、BOD除去率 55.8%であり、RUN 2（原水に対する加圧水比 20%）で、SS除去率 69.2%、BOD除去率 40.6%であった。

筆者らのこれまでの研究から、無薬注加圧浮上では、およそ $50\text{ }\mu\text{m}$ 以上の比較的粗大なSS成分が除去対象となることがわかっている。嫌気性ろ床処理水のSS粒径分布を図2に示す。この図より、およそ $50\text{ }\mu\text{m}$ 以上のSS成分が約 70%を占めていることがわかる。したがって、前述のように、約 70%のSS除去率が得られたことを裏付けるものと考えられる。なお、嫌気性ろ床から流出するSS成分は、その大部分が、生物膜の剥離物である。本システムにおいては、嫌気性ろ床において弱い散気を行っているため、ろ床内は、微好気状態に保たれている。生物膜を顕微鏡で観察すると、カルケシウム、ボルチセラ等の固着性の繊毛虫類や糸状性細菌が多く認められる。

図3に、加圧水比および滞留時間と浮上処理性の関係を示す。ここでは、循環水量を含めた実質的に浮上槽に流入する水量で示している。この図から、実質的な滞留時間約 7 min、加圧水比約 7%においても良好な処理性を示していることがわかる。この数値を循環率 200%における原水ペースで示すと、滞留時間約 20 min、加圧水比約 20%となる。

以上のことから、嫌気性ろ床と好気性ろ床の間に無薬注加圧浮上を設置することは、効果的であり、設置スペース、動力費等も比較的少なくてすむと考えられる。

5. まとめ

短期間の実験結果ではあるが、本システムの有効性が確認されてきていると考えている。今後、低水温期の処理性、硫酸バンド等の添加によるリンの除去性等を検討していく予定である。

<参考文献>

- 1) 石川、鈴木 「嫌気好気ろ床法による下水処理について」 第32回環境工学研究フォーラム講演集 pp.1-3 (1995)
- 2) 山中、石川、鈴木 「嫌気好気ろ床法による窒素除去に関する研究」 第33回下水道研究発表会講演集 pp.534-536 (1996)

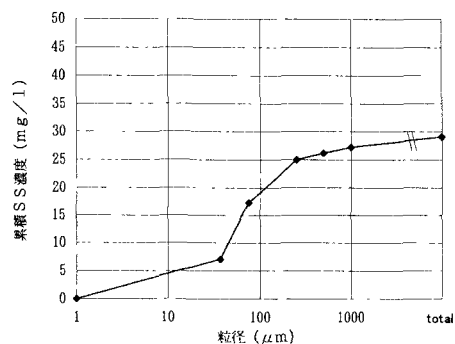


図2 嫌気性ろ床処理水のSS粒径分布

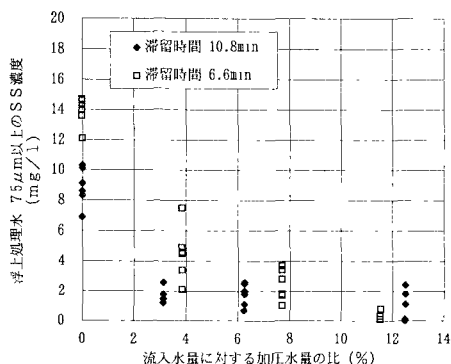
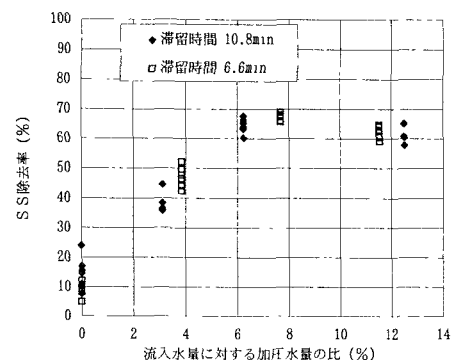


図3 嫌気性ろ床処理水に対する無薬注加圧浮上の処理特性
加圧水圧力 3.5~4.5 kgf/cm²
流入水量 原水+循環水