

N-3

浮上分離とハイブリッド型ろ床による下水高度処理

前澤工業株式会社 中央研究所 ○石川 進, 山西義人

宇都宮大学 工学部 応用化学科 中村泰子, 手塚利恵, 柿井一男

1. はじめに

筆者らは、小規模の下水処理場に適した窒素・リン除去システムの開発を目的として、浮上分離→2 床式好気性ろ床→脱窒・再曝気一体型ろ床の組合せシステム、及び、浮上分離→硝化・脱窒・ろ過一体型ろ床→脱窒・再曝気一体型ろ床の組合せシステムについて、実下水を用いたパイロットスケールの実験を行っている。

本論では、浮上分離→硝化・脱窒・ろ過一体型ろ床→脱窒・再曝気一体型ろ床の組合せシステムでの処理性と、浮上分離汚泥を酸発酵により可溶化することで脱窒炭素源としての有効利用を試みた実験結果について報告する。

2. 実験方法

実験プラント全体の処理フローを図-1 に示した。実験プラントは主に家庭排水からなる下水を標準活性汚泥法で処理しているA下水処理場内に設置し、沈砂池流入水を原水として用いた。硝化・脱窒・ろ過一体型ろ床の構造を図-2、脱窒・再曝気一体型ろ床の構造を図-3 に示した。また、これらのろ床に充填した接触材の外観および表面の電子顕微鏡写真を図-4 に示した。充填場所により比重は異なるが、形状、大きさは同じである。浮上汚泥の酸発酵実験装置を図-5 に示した。反応槽の廻りに温水を循環する方式とし、反応槽内の温度を約 35℃に維持した。A下水処理場の消化汚泥（中温発酵）を種汚泥として馴養した。HRTは約 8 日間とした（原則として、日曜日を除く毎日、5Lの発酵汚泥を引抜いた後、5Lの浮上汚泥を投入した）。

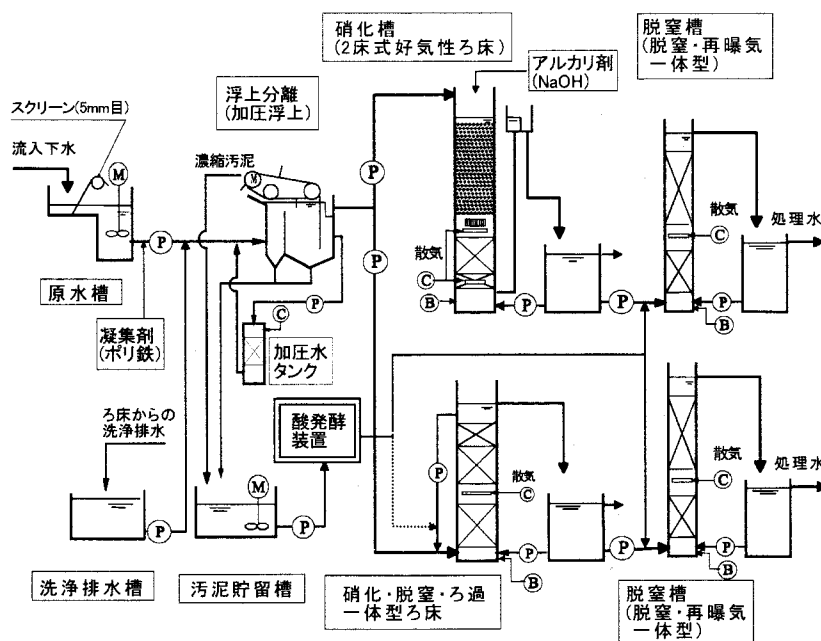


図-1 実験プラント処理フロー(全体)

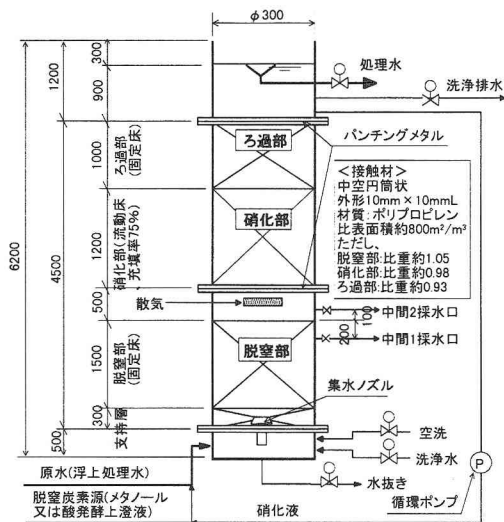


図-2 硝化・脱窒・ろ過一体型ろ床の構造

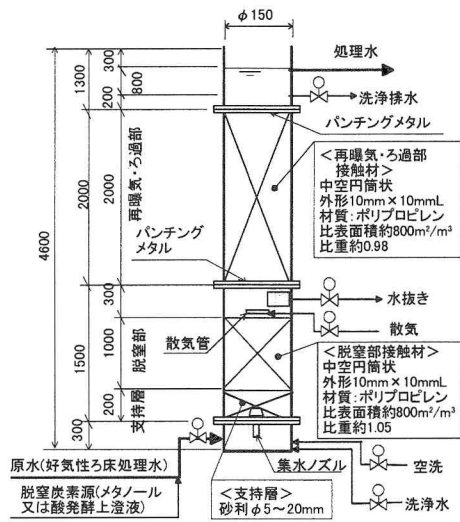
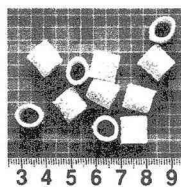
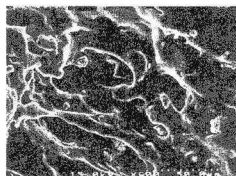


図-3 脱窒・再曝気一体型ろ床の構造



<接触材外観>



<接触材表面の電子顕微鏡写真>

図-4 実験に用いた接触材

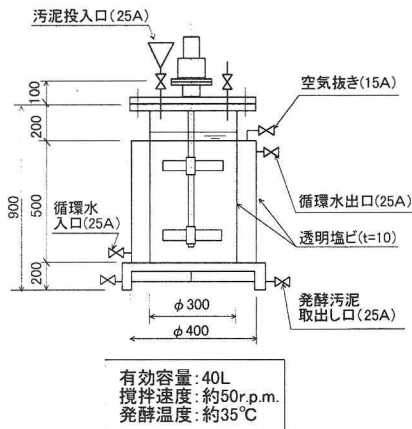


図-5 酸発酵実験装置

2. 浮上分離→硝化・脱窒・ろ過一体型ろ床→脱窒・再曝気一体型ろ床の組合せシステムの処理性

運転状況を表-1に示す。便宜上、1～3のRun No.を付した。Run1は、浮上槽でのポリ鉄の添加は行わず、窒素除去を目的とした期間である。また、硝化・脱窒一体型ろ床ではメタノールの添加は行わず、流入下水中の有機物を水素供与体として利用した。後段の脱窒・再曝気一体型ろ床ではメタノールを原水量に対して70mg/l添加して、脱窒を行った。Run2及びRun3では、浮上槽流入部にポリ鉄を添加して、窒素・リンの同時除去を目的とした。なお、A下水処理場が一部合流式であることから、7月～10月にかけて雨による影響が大きく、硝化・脱窒一体型ろ床での脱窒率の低下が目立ったため、メタノールを添加した。Run2およびRun3の期間では必ずしもメタノールの添加は必要ないと考えられたが、十分な脱窒率を得るためにメタノールの添加を継続した。脱窒・再曝気一体型ろ床については、Run2ではメタノールを添加し、Run3では、メタノールに代えて酸発酵汚泥上澄液をBODに換算して7.3mg/lに相当する量を添加した。実験結果を表-2に、添加した酸発酵汚泥上澄液の性状を表-3に示した。

表-1 運転状況

Run No.		Run 1	Run 2	Run 3
実験期間		02/6/4 -6/20	02/11/20 -12/23	03/1/4 -1/20
加圧浮上分離	処理水量(m ³ /日)	25	25	25
	加圧水量(m ³ /日)	6	6	6
	ポリ鉄添加量(mg-Fe/l)	0	10	10
硝化・脱窒・ろ過一体型ろ床	通水速度(m/日)	25	25	25
	循環率(%)	200	200	200
	散気速度(m/日)	200	200	200
	メタノール添加量(mg/l)	0	70	70
	NH ₄ -N容積負荷(kg-N/m ³ /日)	0.22	0.23	0.24
	NO _x -N容積負荷(kg-N/m ³ /日)	0.59	0.19	0.14
	処理水温度(°C)	26.9	14.4	11.4
	処理水pH	6.79	6.22	7.06
脱窒・再曝気一体型ろ床	通水速度(m/日)	50	50	50
	散気速度(m/日)	200	200	200
	メタノール添加量(mg/l)	70	70	0
	酸発酵上澄液添加量(mg-BOD/l)	0	0	7.3
	NO _x -N容積負荷(kg-N/m ³ /日)	0.69	0.19	0.15
	処理水温度(°C)	27.2	12.0	10.0
	処理水pH	7.50	6.41	7.39

表-2 実験結果(平均処理水質)

Run No.	分析項目(mg/l)	原水	浮上処理水	硝化・脱窒一体型ろ床		脱窒・再曝気一体型ろ床	硝化・脱窒一体型ろ床の除去率(%)	全体での除去率(%)
				中間1水	処理水			
Run 1	SS	196.1	72.3	6.8	4.1	2.4	94.3	96.7
	T-BOD	143.3	91.2	—	10.5	2.9	88.5	96.8
	T-N	44.9	31.4	—	16.0	2.6	49.0	91.6
	NH ₄ -N	19.4	20.0	8.7	0.8	0.0	96.2	99.8
	NO ₃ -N	0.1	0.0	5.4	13.8	3.2	—	—
	T-P	4.7	3.0	2.9	2.7	2.4	42.4	48.4
	Ort-P	2.0	1.9	1.8	1.8	1.7	11.4	15.0
Run 2	SS	235.4	74.4	16.5	11.5	3.4	84.6	95.5
	T-BOD	141.8	66.4	—	15.7	9.3	76.4	86.0
	T-N	38.8	33.9	—	12.4	3.8	63.3	88.8
	NH ₄ -N	20.0	20.0	8.9	4.8	1.4	76.1	93.2
	NO ₃ -N	0.2	0.2	0.7	4.2	0.2	—	—
	T-P	14.8	5.3	—	2.4	1.0	83.8	93.5
	Ort-P	2.6	0.5	0.5	0.3	0.1	88.3	95.9
Run 3	SS	211.6	73.9	19.0	9.0	4.5	87.9	93.9
	T-BOD	136.0	85.2	—	19.7	9.7	76.9	88.6
	T-N	30.2	25.1	—	9.0	2.8	64.1	89.0
	NH ₄ -N	21.3	21.3	8.5	5.1	1.9	76.1	90.9
	NO ₃ -N	0.2	0.2	0.2	3.1	0.3	—	—
	T-P	8.8	3.3	—	2.0	2.1	77.3	76.1
	Ort-P	3.7	0.7	0.7	0.5	1.3	86.3	65.1

何れのRunにおいても、概ね良好な窒素、リン除去が達成された。Run3の脱窒・再曝気一体型ろ床での脱窒も良好に行われ、浮上汚泥を酸発酵し、その上澄液を水素供与体として利用できることが確認できた。但し、リン濃度は僅かながら増加しており、過剰添加にならない様に注意する必要がある。

3. 酸発酵上澄液とメタノールの水素供与体としての比較実験

表-4に、メタノールと酸発酵上澄液の比較実験結果を示す。

ほぼ同等の脱窒性能を示したことから、酸発酵上澄液は良好な脱窒水素供与体であることが確認できた。なお、BOD成分の内の大部分がプロピオン酸、酢酸等の有機酸であった。

4. まとめ

小規模下水処理場に適した窒素・リン除去システムの開発を目的として、浮上分離→硝化・脱窒・ろ過一体型ろ床→脱窒・再曝気一体型ろ床について検討した。また、浮上汚泥を酸発酵で可溶化し、その上澄液を脱窒炭素源として利用することを検討し、比較的良好な結果が得られた。今後は、施設への適用が可能な維持管理性の良い酸発酵装置の開発を目指したい。

<参考文献>

- 石川 進, 沼澤聡明, 遠藤裕香, 壽々木孝慎, 柿井一男: 硝化・脱窒・ろ過一体型ろ床による下水高度処理, 第36回日本水環境学会年会講演集, p. 489 (2002)
- 石川 進, 鈴木由佳子, 米澤健人, 沼澤聡明, 柿井一男: 浮上分離と硝化・脱窒・ろ過一体型ろ床による下水高度処理, 第39回環境工学研究フォーラム講演集, pp. 1-3 (2002)

表-3 酸発酵汚泥上澄液の性状

	投入汚泥(浮上汚泥)	酸発酵汚泥	酸発酵汚泥上澄液※
pH	—	6.42	4.9
COD _{Cr} mg/l	—	53860	45590
BOD mg/l	—	—	7392
T-N mg/l	—	—	525
NH ₄ -N mg/l	—	—	390
T-P mg/l	—	—	270
Ort-P mg/l	—	—	65

※: 遠心分離(5000r.p.m., 10min)後の上澄液

表-4 水素供与体の比較実験結果

	原水(2床式好気性ろ床処理水)	小型脱窒槽※1	
		No.1 メタノール	No.2 酸発酵上澄液※2
水素供与体種類	—	—	—
水素供与体添加量(mg/l)	—	47.5	42※3
NH ₄ -N(mg/l)	0.7	0.1	1.2
NO ₃ -N(mg/l)	21.9	4.6	3.7
NO ₂ -N(mg/l)	0.3	1.5	2.1
NO _x -N(mg/l)	22.2	6.1	5.8
脱窒率(%)	—	72.6	74.0
脱窒速度(kg-N/m ³ /日)	—	1.16	1.18

※1: No.1およびNo.2ともに同一形状の反応槽であり、有効容量は8L、パイロットプラント脱窒部と同じ接触材を1L投入し、攪拌機を用いて充分に攪拌した。また、反応槽内の温度は20°Cに維持した。

※2: 遠心分離(5000r.p.m., 30min)後の上澄液。

※3: 酸発酵液の添加量はBODに換算した値。