



Title	スラッジブランケットゾーンを利用した連続流入間欠曝気の処理性能
Author(s)	北川, 政美; 緒方, 誠治
Description	第1回衛生工学シンポジウム (平成5年11月17日 (水) -18日 (木) 北海道大学学術交流会館) . 6 水処理 . 6-9
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 1, 231-235
Issue Date	1993-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7456
Type	departmental bulletin paper
File Information	1-6-9_p231-235.pdf



6 - 9

スラッジブランケットゾーンを利用した連続流入間欠曝気の処理性能

北川政美 (榑荏原総合研究所)、緒方誠治 (荏原イワフル(株))

1. はじめに

大中都市での下水道処理施設が行き渡った現在、市町村レベルを対象とした小規模な污水処理施設の拡充が望まれている。しかし、小規模な施設では運転、維持管理者を常勤させることはコストおよび人材の点からも困難である。一方、小規模とは言え比較的環境の良好な地域、あるいは河川の上流地域に位置することが多いため、BOD、SSの除去のみならず窒素、リンなどの高度処理機能も要求される。これらの要求に合う処理方式として、サビティエーション・ディッチや回分式活性汚泥法などが多く使われている。しかし、前者は広い敷地面積を必要とすること、後者は運転操作が複雑であるなどの難点もあるため、更に改良された処理方式が求められている。筆者等は連続流入間欠曝気方式に着目し、これに清澄な処理水を得ることを目的に沈殿部にスラッジブランケットゾーンを設けた新しい処理装置を開発した。以下、その特徴、性能について報告する。

2. 連続流入間欠曝気の処理性能

連続流入間欠曝気とは、一つの反応槽に污水を連続的に受け入れながら間欠的に曝気を行い、固液分離して処理する方式である。この考えは1969年にPasveer博士がサビティエーション・ディッチを回分式に運転した結果、汚泥の沈降性改善と高効率な窒素除去性能が得られたこと¹⁾から端を発し、オーストラリアで発展された処理方式である。曝気停止時にも污水が連続的に流入することから処理性能が低いのではないかと危惧されたため、従来余り顧みられなかった。しかし、運転管理の容易性と高い窒素除去率の観点から着目され、日本においても採用され始めている。

表1に、筆者らが曝気槽と沈殿池を一体化したラボスケール装置および実施設で検討した本方式の処理性能を示す。曝気槽滞留時間3～6時間、曝気15分～30分、曝気停止30分～45分の間欠曝気条件において、比較対照とした連続曝気に較べても水質上特に問題のないことが示された。むしろ、窒素、リンの除去性能は優れていた。筆者等は污水を上部から流入させた場合、攪拌を停止させると短絡流により処理水が悪化する知見を得ている。そこで、污水を曝気槽底部に流し、曝気停止時に沈降する活性汚泥とカウンターカントに接触させることで短絡流の防止を図った。この結果、污水中に含まれる懸濁物質は沈降濃縮してきた活性汚泥によるろ過作用で効率良く補足された。一方、溶解性有機物(TOC)は脱窒作用による分解、あるいは脱窒終了時にはリンの吐き出しに伴う有機物取り込みなどの効果もあったためか曝気停止時においても連続曝気と同等の除去効果が認められた(図1、図2参照)。また、下水にグルコースを添加した実験ではバルキン

表1 連続流入間欠曝気の処理結果 (ラボ、実施設での比較実験例)

実験内容	ラボ実験(下水)L-1		ラボ実験(下水)L-2		実施設(下水)A-1		実施設(下水)A-2					
	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続	間欠	連続				
曝気方法												
曝気/停止(分)	30/30	—	15/45	—	30/30	—	30/30	—				
滞留時間(h)	6	6	4	4	6	6	3	3				
水温(°C)	22	22	27	27	22	22	16	16				
MLSS(mg/l)	3100	2300	5600	1300	2350	2600	3100	3000				
SVI(ml/g)	180	130	100	80	100	60	230	150				
水質	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水				
pH	7.4	7.4	7.1	7.1	7.5	7.1	6.8	6.6	6.5	6.7	6.5	6.5
SS(mg/l)	48	3	7	47	5	17	41	2.0	2.4	53	3.6	4.1
BOD(mg/l)	99	6	4	75	4	18	33	2.6	2.2	84	5.4	3.7
T-N(mg/l)	18	4.6	15	15	3.3	14	7.6	1.7	7.2	13	4.9	9.9
T-P(mg/l)	1.7	0.8	1.6	1.4	1.0	1.7	1.2	0.4	0.6	1.9	0.9	0.9

グ抑止効果も認められた（図3参照）。バルキング防止に嫌気好気法が効果的であることはよく知られている。本方式では曝気停止時に汚泥は沈降濃縮し、汚泥中に含まれる NO_x は速やかに脱窒される。この結果嫌気好気法で必要とされる、より嫌気度の高い条件を作ることができるためバルキング抑止効果が認められたとも考えられる。

以上の結果から連続流入間欠曝気法は連続曝気法と同等もしくはそれ以上の機能を持つこと、維持管理や操作性が容易であることなどから小規模污水处理装置として効果的であると考えた。しかし、水質・水量変動に対する安定性や硝化機能を低水温期まで確保しようとするとなれば滞り時間の滞留時間が必要となり、敷地面積が大きくなる。そこで筆者らは曝気槽と沈殿池を一体化させ、合わせて返送汚泥ポンプやかき寄せレーキなどに要する動力の削減も狙ったコンパクトな処理装置を作成することを試みた。また先の間欠曝気の実験で汚水が汚泥ゾーンを上向流で通過することで清澄な処理水が得られることから、沈殿池においてもスラッジブランケットゾーンを形成させ、更に効率的なSS捕捉と清澄な処理水を得ることも合わせて検討した。

3・装置構造とスラッジブランケットゾーンの安定性

曝気槽と沈殿池を一体化させる場合、曝気部の激しい攪拌の影響を沈殿部に与えない構造をとる必要がある。また、水量変動に対し安定したスラッジブランケットゾーンを形成させるためには沈殿部を上向流とし、上部に向かうほど水面積負荷を小さくする必要がある。これらの条件を満足

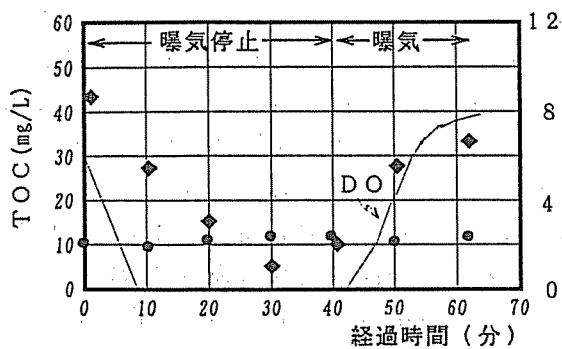


図1-1 間欠曝気におけるTOC、NOxの経過
曝気槽底部でサンプリング
曝気停止時汚泥濃度：7600-8300mg/L
曝気時汚泥濃度：2200mg/L

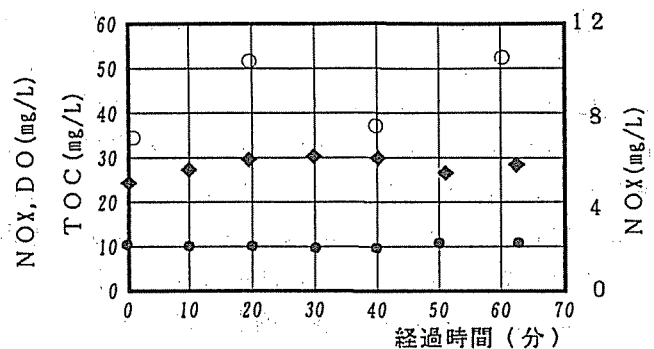


図1-2 連続曝気におけるTOC、NOxの経過
曝気槽汚泥濃度：1200mg/L、水温24℃
記号 ○：流入水TOC ●：曝気槽ろ液TOC
◆：曝気槽ろ液NOx

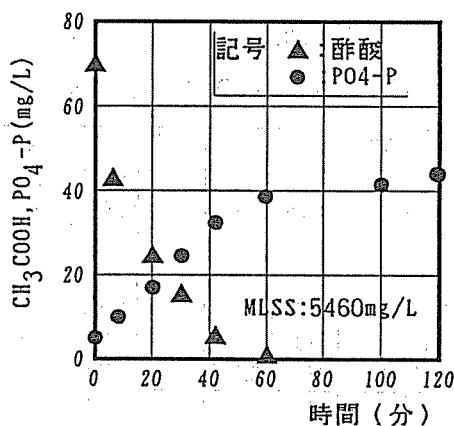


図2 嫌気条件下における酢酸、 $\text{PO}_4\text{-P}$ の変化
15分曝気、45分停止の間欠運転汚泥
に酢酸添加、水温15℃

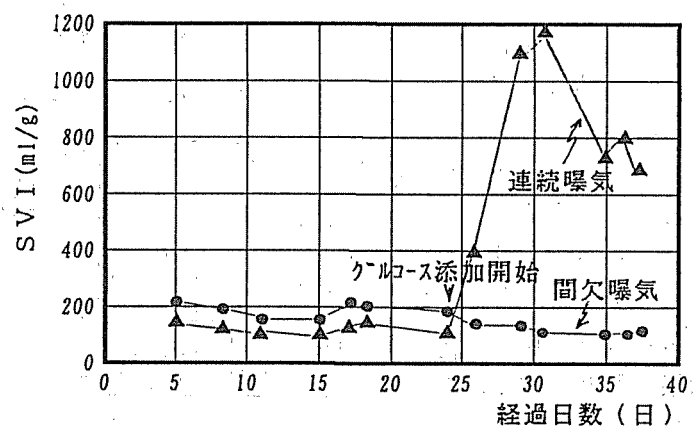


図3 下水にグルコース添加時のSVIの経過
間欠曝気：20分曝気40分停止 RT:4.4h
グルコース添加濃度：30mg/L、水温：15-17℃

する形状を各種検討した結果、図4に示す装置構造が最適であると考えた。そこでベンチスケール（容積360ℓ）およびパイロットプラント装置（容積：9m³）を作成し、流れ特性やスラッジブリケットの安定性、処理特性を調べた。特に、安定したブリケットができてもそこに汚泥が停滞するようでは汚泥が腐敗し、処理水が悪化する恐れがある。このため汚泥の更新性についても検討した。

(1) スラッジブリケットの汚泥濃度分布

ベンチスケール装置に濃度の異なる活性汚泥を投入し、スラッジブリケットの汚泥濃度分布を測定した。その結果、スラッジブリケットの濃度は傾斜部壁面付近で若干濃縮しているところもみられたが曝気部の汚泥濃度とほぼ同じ値であった。（表2）

(2) 沈殿部汚泥界面と汚泥沈降速度との関係

図4の構造をとることで曝気時に安定した汚泥界面を形成させることが可能であった。汚泥界面はその汚泥の沈降速度と上昇流がバランスしたところに形成されると考えられる。そこで界面での水面積負荷と汚泥との初期沈降速度の関係性を調べた結果、比例関係が認められたが沈降速度よりも低い値のところに界面が形成された（図5参照）。これは沈殿部下部には循環部の流れに伴って1cm/s前後の循環流が発生しており、この影響を受けたためと考えられる。

またこの流れによりブリケットの汚泥濃度が均一化されているものとする。

(3) 曝気停止時における汚泥界面の挙動と更新

ベンチスケール装置での汚泥界面の挙動を図6に示す。曝気を停止すると曝気部、循環部の汚泥は界面を形成して徐々に沈降する。この際、傾斜板の効果のためか循環部の方が常に速い速度で沈降した。一方沈殿部の汚泥界面は、安定していた。しかし、循環部の汚泥界面が沈殿部下部に達すると沈殿部汚泥は循環部上澄液と入れ替わり界面は急速に低下した。しかし次の曝気が始まるとすぐに界面は形成された。一方、沈降高さの高いパイロットプラ

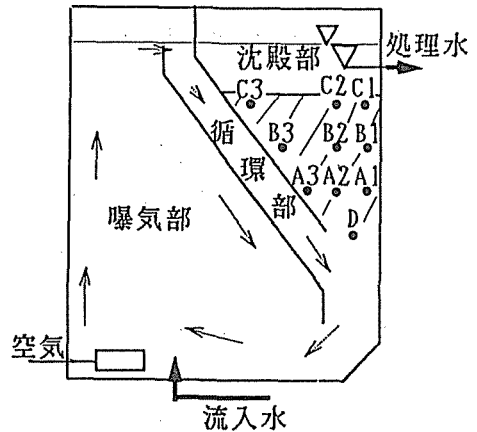


図4 実験装置の概要
ベンチスケール実験装置

表2 スラッジブリケットにおける汚泥濃度の分布(単位:mg/ℓ)

測定回数	D	A			B			C			曝気部
		A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3	C-1	C-2	C-3	
1	1960	1920	1960	-	1700	1880	1920	-	-	-	1890
2	1780	1950	1840	-	1810	1710	2180	2020	1880	1820	1800
3	3400	-	3290	-	-	3390	-	-	3320	5850	3320
4	3240	3380	3320	4060	3370	3350	3520	-	-	-	3380

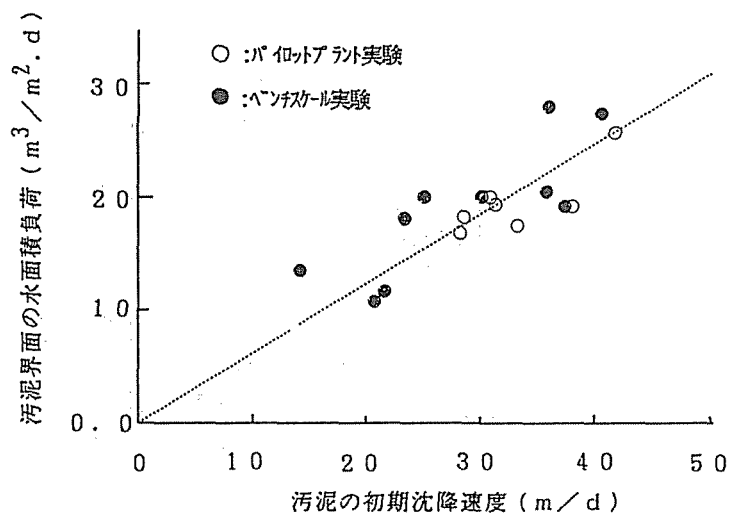


図5 汚泥界面の水面積負荷と汚泥の初期沈降速度の関係
沈降速度は径7cm、高さ1mの攪拌レキ付きかみで測定

ント装置では循環部の汚泥が沈殿部下部に達するためには1時間程度の曝気停止時間を必要とした。しかし、曝気停止時間が短くても次の曝気が開始された瞬間、循環部の汚泥が曝気部に吸い込まれ、同時に循環部、曝気部の上澄液が沈殿部下部に達することからこのとき密度差により沈殿部汚泥が曝気部に落ち込む現象が認められた。従って間欠曝気の操作により沈殿部汚泥の更新も絶え間なく行われるため長期処理運転を行っても何等问题はなかった。

4. 実施における処理性能

バルキングや処理性能低下で施設の更新が必要とされていた某小規模下水処理施設の改造に本装置を適用した。図7に装置概要を、表3に施設概要を示す。当初、30分毎の間欠曝気で運転を開始したが、バルキングが著しく、その抑止効果が不十分であった。そこで曝気停止時間を長く取り、嫌気条件を十分与えるようにしたところ汚泥の沈降性は改善され、以後安定した運転が可能となった(図8参照)。

スラッジブランケットゾーンの形成も安定しており、期待どおりの清澄な処理水が得られると共に冬期低水温期にお

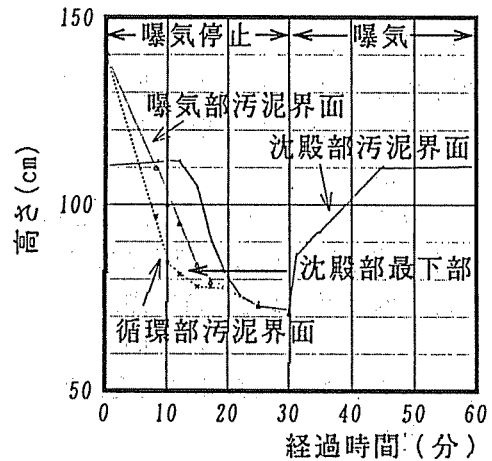


図6 間欠曝気時の汚泥界面の挙動
ベンチスケール実験装置による

表3 設計基準と設備仕様

設計基準	計画汚水量 : 476 m ³ /日 (日最大)		
	流入水質	処理水質	
	BOD	200 mg/l	20 mg/l
	SS	200 mg/l	30 mg/l
設備仕様	沈砂池	1.0m(W) × 1.0m(L) × 0.3m(H) × 2池	
	調整槽	4.0m(W) × 10m(L) × 2m(H) 1池	
	反応槽	8.6m(W) × 10m(L) × 3.5m(H) 1池	
		エアレーション槽部容積 : 200 m ³	
		沈殿部面積 : 46 m ²	
	汚泥濃縮槽	2.0m(W) × 2.0m(L) × 2.75m(H)	
	汚泥貯留槽	2.0m(W) × 2.0m(L) × 3.0m(H)	

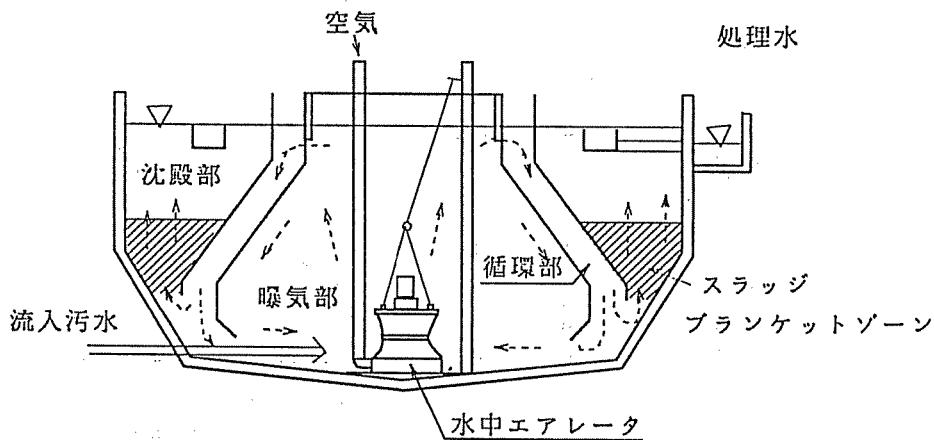


図7 小規模下水処理施設の装置概要

いても良好なBODやSSの処理水質が得られている(表4参照)。また、水温が15℃以上となり、硝化が進行すると共に窒素除去率も高い値が得られた。一方、リン除去は不安定であったが、平均的には60%の除去効果が得られており、従来の活性汚泥法よりは良好と考えられる。沈殿部に取り付けた汚泥界面計の挙動から、曝気開始時に汚泥が入れ替わっていることが確認され、汚泥の更新にも問題がないことが示された。余剰汚泥は濃縮、貯留後バキューム車(2t車)により毎日系外に排出されている。

当施設は現在、巡回監視による無人運転がなされているが大きなトラブルもなく順調な運転が継続されている。

以上の結果より、本装置は運転管理が容易で、高度処理機能も備えたコンパクトな装置であることを実証したと言える。

参考文献

- 1) A. Passver: A case of filamentous activated sludge, J.WPCF, 41, p1340 (1969)

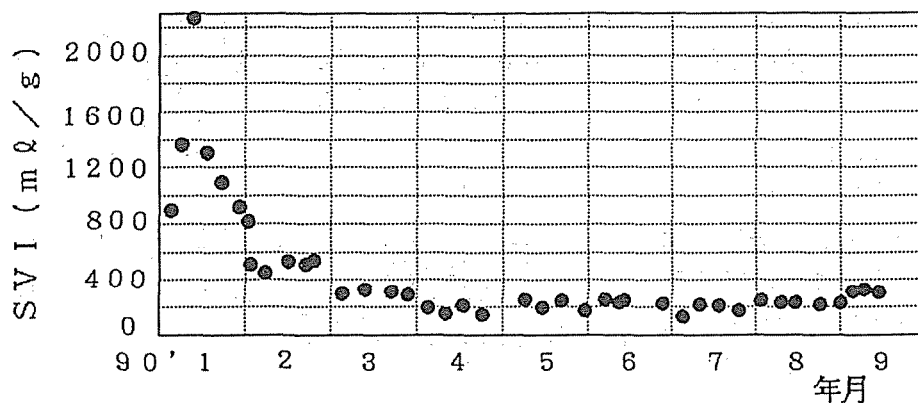


図8 実施設でのSVIの経過

表4 某小規模下水処理施設での処理成績(精密分析例)

水質	90年4月25日		90年6月19日		90年9月06日		91年12月17日		92年7月17日							
	流入水	処理水除去率	流入水	処理水除去率	流入水	処理水除去率	流入水	処理水除去率	流入水	処理水除去率						
pH (-)	7.1	6.1	6.6	6.2	6.8	6.6	7.1	6.7	6.55	6.41						
SS (mg/l)	103	7.4	92.8	36	9.0	75.0	71.3	13.6	80.9	172	5.8	96.6	30	2	93.3	
BOD (mg/l)	128	7.2	94.4	80	2.6	96.8	71	3.8	94.6	201	13.7	93.2	36	1.6	95.6	
T-N (mg/l)	38.1	9.0	76.4	13.6	4.8	64.7	41.9	3.7	91.1	34	5.5	83.8	8.9	1.3	85.4	
NH4-N (mg/l)	25.8	0.7	97.3	10.2	1.3	87.3	35.3	0.8	97.6	22.6	3.1	86.3	5.1	0.1	98.0	
NOX-N (mg/l)	1.3	7.1	0.4	2.5	0.5	2.4	0.4	1.4	0.6	1.04						
T-P (mg/l)	4.0	1.4	65.0	2.6	1.4	46.2	3.0	0.2	92.2	5.2	0.6	88.5	1.36	0.65	52.2	
O-P (mg/l)	2.6	1.2	53.8	1.6	1.0	37.5	1.9	0.1	96.2	2.5	0.2	92.0	0.47	0.36	23.4	
MLSS (mg/l)	2830		2760		2532		2256									