

日立製作所 正 上野正雄
 京都大学工学部 正 泉宮 功
 京都大学工学部 正 河村清史

1. はじめに

水環境における窒素循環の一つの節点として、下水中の窒素の除去があり、多くのプロセスが研究されている。このうち、生物学的硝化・脱窒法は水処理における生物処理の経験が豊富なこと、最終生成物が大気構成成分の窒素ガスであることなどから、最も有望視されているもののひとつで、広く研究されている。本報告は、これらの研究をふまえて、既存の活性汚泥プロセスを一部改良するのみで、活性汚泥法の持つ潜在的な窒素除去機能などの程度を引き出せるかを実験的に検討したものである。

2. 実験装置ならびに実験方法

実験装置を図-1に示す。本装置は通称、標準法で運転されるパイロットプラントであるが、図に示すように、ばう気槽のほぼ半を占める頭の部分に、汚泥の沈降防止と換気に近い状態を保つために機械撹拌しているものである。撹拌は、長さ20cmの十字状撹拌子2つを水深(75cm)の中程の所

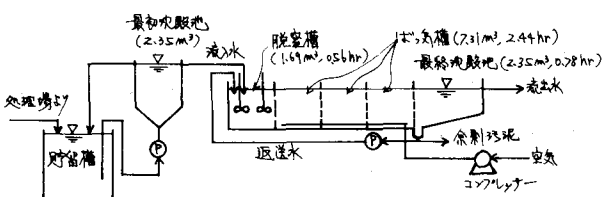


図-1 実験装置図

で20rpmの回転速度で回転することによって行なった。ばう気槽では、全面は、気に近い状態で散気した。本装置は京都大学工学部衛生工学科教員水質汚濁学シミュレーション設備内に設置され、隣接する0市終末処理場流入水を貯留槽に導いて処理している。活性の高い他栄養菌、硝化菌を維持するため、汚泥濃度を約4,000mg/lのMLSS濃度とし、かつ、ばう気槽DOを硝化を抑制しないといわれる2mg/l以上に保持し、流入水量1m³/hr、返送水量2m³/hrで長期間運転した。ほぼ100%の硝化は脱窒槽収支で約60%の脱窒を確かめた後、(流入水量:返送水量)を(1.0m³/hr:2.0m³/hr)、(1.5m³/hr:1.5m³/hr)、(2.0m³/hr:1.0m³/hr)の3段階に変えて運転し、少くとも1週間を経た後は、24時間の物質収支把握のための採水を行なった。採水は、流入水と返送水と同時に採水し、その後理論滞留時間分ずらしながら、脱窒槽水、ばう気槽水、流出水を採水し、下水試験方法に準拠して分析した。それらをRunI, RunII, RunIIIとする。

3. 実験結果

実験結果の1例として、RunIIの流入条件、環境因子を表-1に示す。pHは中性で、有機物除去と脱窒には適しているが、硝化(最適pHは8.0前後)には十分でない。水温は硝化、脱窒の最適水温である20℃前後よりかなり低い。DOはばう気槽で2.0mg/l以上あるが、脱窒槽では必ずしも0にはなっていない。これは、RunI, RunIIIでも同様である。

RunIIの水質データをまとめるに表-2のようになる。返送水の NO_3^--N に対する流入水の溶解は COD は、脱窒に必要な $\frac{\text{COD}}{\text{NO}_3^--\text{N}}=2.6$ よりも十分多く、脱窒槽水すなわちばう気槽流入水では、アモニア度が硝化に必要な $\frac{\text{アモニア度}}{\text{NH}_4^+-\text{N}}=2.14$ よりも十分多く、下水の硝化・脱窒を行なうための水質的には量に問題なかった。結果としては良好な COD やSSの除去、平均1.6mg/lの脱窒槽への流入 NO_3^--N に対する約94%の脱窒、3.43mg/lの平均流入 NH_4^+-N に対する100%以上の硝化がみられる。最終沈降地での脱窒も認められる。流入 NH_4^+-N の約半分の NO_3^--N が流出している。

表-1 流入条件・環境因子

試料	pH		DO	
	範囲	平均	範囲	平均
流水	6.98~7.60	7.20	1.1~2.6	1.7
返送水	6.94~7.16	7.01	0.9~5.0	2.1
脱窒槽水	6.95~7.16	7.05	0.5~0.8	0.6
ばう気槽水	6.98~7.19	7.07	4.0~5.7	5.0
流出水	7.04~7.20	7.15	3.8~5.0	4.3

流入水量: 1.50~1.60 m³/hr (平均 1.51 m³/hr)
 返送水量: 1.30~1.70 m³/hr (平均 1.46 m³/hr)
 ばう気槽水温: 17.0~17.8 °C (平均 17.5 °C)

4. 物質収支からみた処理効率

脱窒槽、ばっ気槽、最終沈殿池におけるいくつ

かの水質項目の変化量を表-3のよとせよ。水質データを示したRun IIに加えて、Run I と Run IIの結果も示している。

脱窒槽では、吸着によると思われる20%程度の NH_4^+-N の減少と67.5~84.9%の脱窒が生じている。すなわちのべたように、必ずしも十分な環境条件ではなかったが、かなり良好な脱窒率であることが

わき。溶解性CODの40%程度の除去がみとせられる。ばっ気槽では、 NH_4^+-N の88.6~96.7%が減少している。それに対して、生成した NO_3^--N と NO_2^--N の合計量は減少 NH_4^+-N 量を上回わ、つまり、有機性窒素からの硝化が起る。生成した NO_3^--N と NO_2^--N に対して消費されたアルカリ度は549、775、725でRun Iを除いてほぼ理論値との関係であった。Run Iについては、生成 $\text{NO}_3^--\text{N}+\text{NO}_2^--\text{N}$ 減少 $\text{NH}_4^+-\text{N}=1.33$ から、有機性窒素の脱窒工程でのアルカリ度生成のため、みかけのアルカリ度消費が小さいと思われる。また、溶解性有機性窒素の生成が無視しえない。

最終沈殿池では、量的には大きくないが、 NH_4^+-N 、溶解性COD、アルカリ度の生成と $\text{NO}_3^--\text{N}+\text{NO}_2^--\text{N}$ の減少がみとせられる。好気性反応と嫌気性反応の両方が起る、というと思われる。

子。これらの結果として、装置全体での変化は表-4のようになる。各Runとも、十分なCODとSSの除去と NH_4^+-N の硝化が生じていることがわかる。しかしながら、本プロセスの限界として、かなりの量の $\text{NO}_3^--\text{N}+\text{NO}_2^--\text{N}$ が流出する。また、詳しい検討は行なっていないが、溶解性有機性窒素の生成がある。これらの現象の結果、系全体での窒素除去は極端に上昇するとはなかったが、返送率を上昇させることにより、50~60%程度の総窒素除去率を期待しうる。

詳しい報告は別の機会にゆが、既に発表した硝化反応を中心とする有機物除去、硝化・脱窒モデルをつくり、本装置の流動特性を考慮して、Run IIの条件のもとで総流入水量を保持し返送比を変えてシミュレーションした結果、図-2を得た。Run I~Run IIの実測値ともよくあうことにも、返送比が小さくなると除去率は低下するが、総窒素除去量が増加する関係がわかる。

5. おわりに

既設プラント改良による活性汚泥法の硝化・脱窒機能についてのべた条件は必ずしも十分ではなかったが、十分な硝化と良好な脱窒により、十分なCODとSSの除去に加えて、60%程度の総窒素除去の可能なことがわかった。最後に、実験協力をしていただいた京都大学衛生工学科学生・両方聡君に感謝します。〈参考文献〉1)上野、宗富、河村、第31回年報(1976)、2)上野、宗富、河村、第32回年報(1977)

表-2 水質データ

試料	NH_4^+-N	NO_3^--N	NO_2^--N	全有機性N	溶解性有機性N	全N	全COD	溶解性COD	SS	濁度
流入水	最大値	9.81	0.41	0.59	8.3	18.4	141.3	51.2	119	149.5
	最小値	5.59	0.02	0.04	5.1	11.4	89.9	19.9	29	58.6
	平均値	7.63	0.14	0.17	7.2	15.1	131.4	33.3	97	89.8
返送水	最大値	0.42	0.05	4.51	737.5	4.1	294.2	109.00	15.5	10780
	最小値	0.02	0.02	1.82	518.8	2.4	521.6	752.0	10.8	7210
	平均値	0.20	0.03	3.03	603.1	2.1	666.9	89.26	12.4	8779
脱窒槽水	最大値	4.36	0.04	0.80	244.9	1.7	238.1	454.0	16.7	4310
	最小値	2.12	0.01	0.08	267.5	0.7	271.8	413.0	9.2	3730
	平均値	3.43	0.02	0.25	283.4	1.1	287.1	434.1	12.7	4160
ばっ気槽水	最大値	0.14	0.01	4.64	304.8	4.5	308.9	440.0	11.4	4100
	最小値	0.08	0.0	3.40	281.1	1.9	255.6	401.0	9.6	3890
	平均値	0.11	0.0	3.93	276.7	2.5	272.7	411.5	9.6	3999
流出水	最大値	0.24	0.01	4.43	4.6	3.8	9.9	22.9	10.6	12
	最小値	0.06	0	3.29	1.2	0.7	9.8	16.7	9.2	10
	平均値	0.10	0.01	3.32	3.9	2.7	7.6	17.4	9.6	11

表-3 各単位プロセスでの物質変化

実験番号	NH_4^+-N	$\text{NO}_3^--\text{N}+\text{NO}_2^--\text{N}$	溶解性有機性N	溶解性COD	アルカリ度
脱窒槽	Run I	56.78	144.28	48.09	646.39
		17.2%	67.5%	67.7%	35.9%
	Run II	38.8	101.0	144.5	745.0
ばっ気槽	Run I	19.9	83.8	66.0	45.3
	Run II	128.0	60.1	-1.7	1250.0
最終沈殿池	Run I	18.4	84.9	-1.2	40.9
	Run II	255.4	-39.1	-31.5	254.2
脱窒槽	Run I	93.4	-139.0	-139.0	22.0
	Run II	236.7	-261.9	-128.5	214.5
ばっ気槽	Run I	96.7	-240.2	-240.2	23.8
	Run II	470.4	-508.0	-164.4	719.0
最終沈殿池	Run I	88.6	-110.0	-38.7	3682.4
	Run II	-20.2	45.0	6.0	-194.3
脱窒槽	Run I	-139.0	13.5	13.5	-21.4
	Run II	-3.0	23.2	52.6	-103.0
ばっ気槽	Run I	-41.1	9.4	22.4	-12.3
	Run II	-14.9	135.7	-19.9	-90.2
最終沈殿池	Run I	-35.2	28.5	-11.1	-3.9
	Run II				

上段:変化量(g)
下段:流入負荷量に対する変化量の割合(%)

表-4 全プロセスでの物質変化

実験番号	NH_4^+-N	溶解性有機性N	遊離性有機性N	全N	溶解性COD	遊離性COD	全COD	SS
Run I	287.9	23.1	9.9	266.9	74.9	225.7	300.6	188.8
	98.3%	77.3%	81.6%	59.4%	72.8%	71.5%	89.6%	79.6%
Run II	272.8	12.8	108.3	266.1	86.0	328.2	414.2	311.9
	98.6	11.8	71.1	48.5	71.2	92.1	86.7	88.7
Run III	574.1	-188.5	223.0	302.9	190.6	437.5	62.81	406.0
	93.5	-24.1	83.6	31.4	73.6	95.9	87.8	91.8

上段:変化量(g)
下段:流入水負荷量に対する変化量の割合(%)

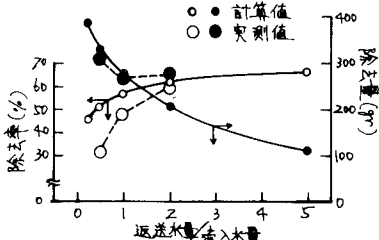


図-2 返送比と総窒素除去