

既存活性汚泥処理施設改良化による窒素・りんの除去実験結果について

志村 真理 井上 互 佐々木 徹
川原 浩

1 はじめに

現在、窒素、りんの除去技術について、各種の方法が開発されている。しかしながら、既存処理施設へのこれらの技術を導入しようとした場合、施設の改造、付加、敷地の確保等経済的負担が大きくなってくる。

そこで、既存処理施設では、窒素、りんを除去することを考え、新たな施設の設置、大幅な改造を行なわないで又、薬品等の使用をしない方法を考え、生物学的

脱窒法脱りん法に着目した。

今回の実験は、次の諸点について、検討を行なった。
ア、ばっ気をしぼることでの窒素、りんの除去効果
イ、BOD除去におよぼす影響とBOD除去の改善
ウ、弱ばっ気槽（嫌気槽）での汚泥の堆積、腐敗、悪臭等の発生の有無とその防止方法
エ、維持管理技術
オ、汚泥性状の変化と汚泥発生量

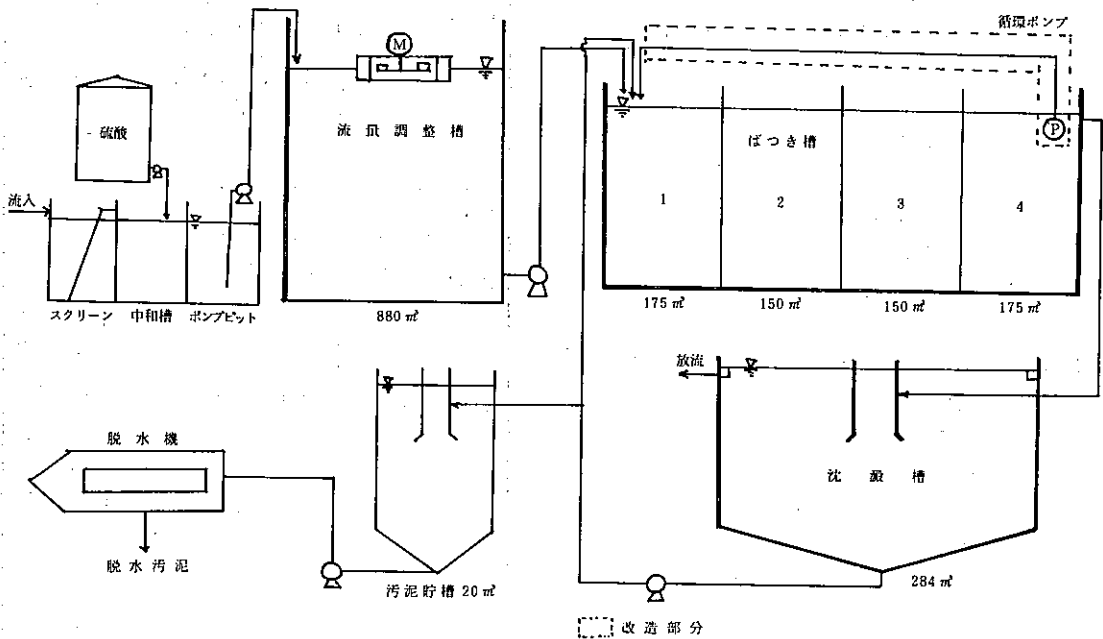


図1 排水処理施設フローシート

2 実験概要

生物学的脱窒、脱りん法は生物の代謝作用を利用した処理方法であり、その有効性については多くの報告がある。この処理方法は、ばっ気槽の一部を嫌気状態にする。このため通常ばっ気槽を密閉し、攪拌機又は嫌気用ブローをを設置するが、本実験では、既設ばっ気槽の一部ばっ気をしばり、嫌気槽とし、窒素、りんの除去実験を工場の実装置で長期間行なった。

(1) 実験施設の概要

ア、実験施設

既存A社乳製品製造工場排水処理施設

当該事業場は、市乳、加工乳の他、発酵乳、ヨーグルト、プリン、ゼリー等の製造を行なっている。

イ、処理方法

活性汚泥方法

ウ、処理フロー

排水処理施設の処理フローを図1に示す。

エ、設計条件

処理目標水質 BOD 20ppm SS 70ppm

流入水質 BOD 500ppm SS 300ppm

中和槽 8 m³

流量調整槽(機械式ばっ気装置付) 880 m³

ばっ気槽(散気式) 650 m³

(175 m³, 150 m³, 150 m³, 175 m³ の4槽を直列に設置)

沈澱池(円形, 水面積 100 m²) 280 m³

脱水機(遠心分離式) 20 m³

(2) 実験方法

ばっ気槽4槽のうち、前段2段のばっ気を弱め、溶存酸素濃度を0.2mg/l以下に減少させ、弱ばっ気(嫌気槽)とし、余剰空気は、第3槽、4槽に逃し、強ばっ気とした。施設の改造は、循環脱窒を行なうため、ばっ気槽の第4槽に水中ポンプを設置し、第1槽へ硝化循環液を循環させる配管を行なった。実験の条件は次の通りである。

ア、BOD容積負荷 0.23 kg/m³/日

イ、MLSS濃度 1,500mg/l~3,000mg/l

ウ、滞留時間

エ、ばっ気槽内容酸素(以下D.O)濃度

弱ばっ気槽(嫌気槽) 0~0.2 mg/l

強ばっ気槽(好気槽) 2~8 mg/l

オ、汚泥返送率 100~150%

カ、硝化循環液循環率 150%

実験開始頭初の水量、水質を次に示す。

BOD 170~560 mg/l

全窒素 29~65 mg/l

全りん 14~23 mg/l

処理水量 500~600 m³/日

水使用の合理化を行なったため設計水量より減少している。

(3) 実験期間

昭和57年2月25日より1年間

(4) 分析方法

分析方法を表1に示す。

表1 分析方法

項目	分析方法
BOD	JIS K0102 16による。
COD	" " 100°Cにおける過マンガン酸カリウムによる酸素消費量
SS	あらかじめ450°Cで2時間焼いたGF/C濾紙で試水の適量を濾過し、濾紙と共に70°Cで乾燥放冷後秤量
TOC	POCとDOCの和として算出
POC	SSに用いた試料について元素分析計で測定
DOC	GF/C濾紙で濾過した試水(以下濾過試水という)をMenzel法(120°Cで2時間過硫酸カリ湿式酸化したのち、CO ₂ を非分散赤外線吸収計で測定)で測定。
T-N	PON, DON, NH ₄ -N, NO ₂ -N, NO ₃ -Nの総和として算出
NH ₄ -N	濾過試水についてインドフェノール法により測定
NO ₂ -N	濾過試水についてGriess法により測定
NO ₃ -N	ヒドラジン法
TON	PONとDONの和として算出
PON	SSに用いた試料について元素分析計で測定
DON	濾過試水をケルダール分解しNH ₄ -Nとしてインドフェノール法により測定した値からNH ₄ -Nの差として算出
T-R	R-P, POP, DOPの総和として算出
R-P	濾過試水につきモリブデン青法で測定
TOP	POP, DOPの和として算出
POP	SSに用いた試料を過硫酸カリで酸化分解したのち、R-Pとしてモリブデン青法で測定
DOP	濾過試水を過硫酸カリ分解した後、R-Pとして測定し、分解を行わない場合のR-Pとの差から算出

3 実験結果と考察

表 1 に実験開始前後の水量、水質の総括を示した。表 2 は実験中の窒素、りん、BOD、CODの流入水、処理水の変化を示した。この結果から見ると、実験を開始後約4ヶ月で、BOD、CODが安定し、処理水BOD 10mg/l が確保できるようになってきている。この傾向はそのままつづいており、12月に多少高くなっているが、10mg/l を多少超えている程度である。

これは、実験開始以前、SVI が高く、沈澱池で大量の汚泥の浮上がたびたび起っていたため、極力MLSS を低くおさえた運転を行なわざるをえなかった。実験開始後図-6 に示すようにSVI の低下が見られ、それまでSVI が500を越えていたものが、100~200程度まで改善された。

このため、MLSS 濃度を上げることができるようになり、3000mg/l のMLSS を保つことができるようになった。

実験前の流入BODの負荷量は145kg/日でBOD-SS 負荷0.12kg, BOD/kgSS/日で運転されていた。

これがMLSSを上昇させることができる様になり、実験開始後流入BOD負荷が185kg/日と増加したにもかかわらず、BOD-SS 負荷は0.095kg/BOD/kgSS/日と逆に減少した。この結果がBOD除去の安定化につながったものと考えられる。又管理者がこの方法になれば、適切な維持管理を行なうことができるようになったこと。生物相が安定したことも併せBOD安定の原因とも考えられる。

表 2 実験中の全りん、全窒素の除去結果
総括表 (S57年~58年6月)

	流入	排出	T-P	流入	排出	T-N
	T-P	T-P	除去率	T-N	T-N	除去率
平均値	6.66	4.33	35.4	46.3	13.4	68.9
標準偏差	2.99	2.99	23	10.2	6.72	19
最大値	19.2	16.8	93.6	63.8	28.7	90.4
最小値	3.68	0.62	9.7	23.3	4.56	22.3

(n=24)

表 3 実験開始前後の水留総括表

		水量	流入	排出	流入	排出	BOD	流入	排出	COD
			P	P	BOD	BOD	除去率	COD	COD	除去率
実験前 S 56.4~ 57.1 n =	平均値	508.3m ³	7.72	7.11	286.4	19.4	93.6	152.9	20.3	86.7
	標準偏差	86.1	0.42	0.17	72.6	12.7	4.2	16.5	6.5	3.9
	最大値	746	8.0	7.4	390	46	97.9	180	34	92.5
	最小値	395	7.4	6.7	150	7.3	83.5	129	12	80.0
実験後 S 57.2~ 58.2 n = 38	平均値	513.9	7.57	7.63	365.8	10.9	96.8	142.4	17.4	86.3
	標準偏差	103.5	0.49	0.20	93.8	8.8	2.5	21.3	12.3	8.2
	最大値	870	9.2	8.0	510	44	99.6	190	82	92.6
	最小値	347	6.7	7.1	140	1.5	88.6	100	9.0	66.4

(1) 窒素について

窒素については、流入水質23.3~63.8mg/l であり、処理水4.56~28.7mg/l で2年間通じての平均除去率は68.9%、最高93%、最低22.3%であった。この様に窒素の除去率が大きく変動している原因は、種々考えられるが、1つには流入水質変動であろう。この工

場の場合1日の排水を貯留可能な流量調整槽を持っているにもかかわらず、流入水質変動が大きく、ばっ気槽に入る所で、窒素で3倍以上、BODでは2.5倍の変動が見られた。

もう1つの窒素除去の変動の理由はBODの悪化であったと考えられる。牛乳工場の生産は天候、温度に

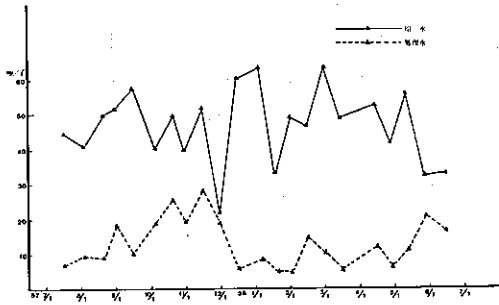


図2 原水・処理水の全窒素 (実験開始後)

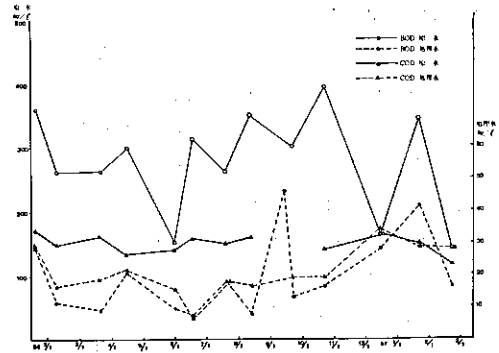


図4 実験前の原水・処理水のBOD・COD

大きく左右される。一步天候，気温の読みを誤ると返乳の増加につながり，生産の変動に加えて水処理施設にさらに追いつけをかける結果となる。又，生産工程で使用される薬剤（苛性ソーダ，塩素）等が流入し処理に少なからぬ影響を与えられたこともあった。これら過剰な負荷，薬剤の流入があると，BOD除去に直接影響があらわれ，透視度，UV吸収が急激に悪化する。この様な状態は一たん発生すると，回復に1週間から10日を要することが多かった。BODの悪化が有機態窒素，アンモニア性窒素の酸化を阻害したため窒素除去率が低下したと思われる。

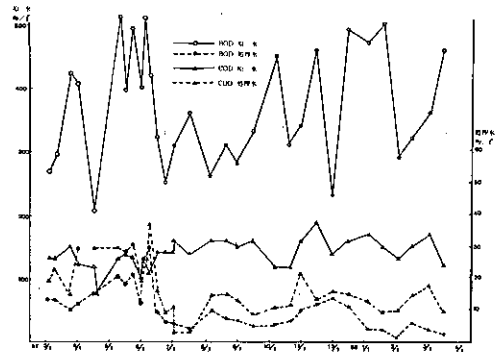


図5 実験開始後の原水・処理水のBOD・COD

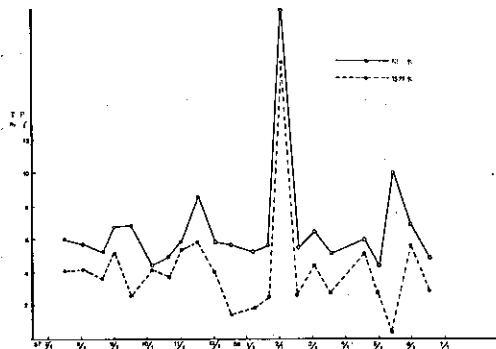
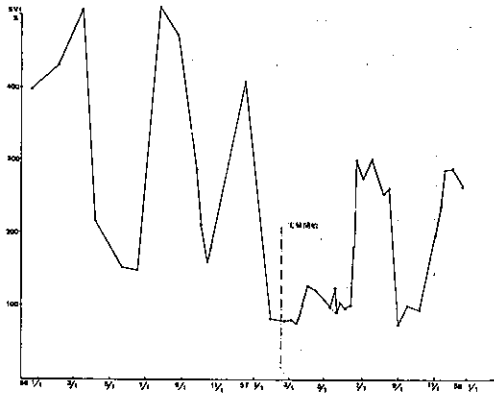


図3 原水・処理水の全りん (実験開始後)



図一 6 実験前後のSVI

これからみて窒素除去率を向上させるためには、BOD除去を向上させ、窒素を完全に酸化させることが

不可欠である。

窒素の処理過程を検討するため、流入水、第1～第4ばっ気槽の混合水、処理水、返送汚泥を分析した。その結果を表4に示す。アンモニア性窒素が各槽を通過するにしたがい、徐々に酸化されていくことが判る。調査時流入した40.7mg/lの窒素が3.01mg/lと約93%の窒素が除去されている。また窒素の除去率とBODについて図2のように示す。BOD除去と窒素除去の間に大きな関係があることが判る。図8に処理水の有機成分としてTOCと硝酸性窒素の関係を示す。ここでもTOCが10mg/lを切ると窒素の酸化が急激になり硝酸性窒素が増えていることが判る。

これから、BOD、TOC等の酸化と、窒素の酸化に順位がありBOD成分の酸化が優先している。

一般的に、窒素の除去は、脱窒槽で嫌気状態の確保、好気槽での硝化、適切な硝化循環液の循環量の確保であるといわれている。

本実験では、平均的に7割近くの窒素が除去されて

表4 水質調査結果 (57年11月17日)

単位: mg/l

分析項目	採水位置	流入水	ば っ き 槽				放 流 水	返 送 汚 泥
			I 槽	II 槽	III 槽	IV 槽		
B O D		322	-	-	-	-	16.5	-
C O D		(23.1) 131.7	(10.1)	(9.98)	(9.16)	(9.20)	(8.2) 13.7	(10.1)
S	S	310	3,060	3,150	2,980	2,990	13	6,080
T O C		629	1,430	1,320	1,380	1,380	30.6	27.00
溶 存 酸 素		1.4	0	0.4	6.2	6.8	1.7	0
全 り ん		6.63	39.8	45.3	41.2	42.8	2.80	80.2
R - P		0.44	4.46	3.91	3.20	4.51	2.34	5.80
	T O P	6.19	35.3	41.4	38.5	38.2	0.46	74.4
全 窒 素		40.7	272	262	270	265	3.01	519
NH ₄ -N		6.26	4.27	2.45	2.31	1.94	0.11	2.71
	NO ₂ -N	0.02	0.56	0.68	0.89	0.82	0.04	4.47
	NO ₃ -N	0.08	7.77	10.3	18.5	12.5	1.32	4.80
	T O N	34.3	259	249	253	250	1.54	507

COD () 内は濾液

いた。本来、嫌気槽については、密封し、攪拌機を用いての攪拌、又は嫌気槽専用送風機を用いるわけであるが、本実験では、ばっ気槽の密封も、攪拌機もつけず、ばっ気を弱めるだけで充分その機能を発揮した。

窒素除去については、BOD、COD等と異なり、

処理状態が目で見えて判断しにくい。しかしながら前に述べたように、BODの処理が良好が行なわれることが前提であり、BODが良好に処理され、硝化循環液の循環、脱窒槽での嫌気が保たれていれば、良好な除去がえられることから維持管理は、今までのBOD処

理と変わらないことが判った。

(2) りんについて

流入水の全りん濃度は2.99~19.2mg/l,処理水0.64~16.8mg/lで,年間通じて平均除去率は35.4%であった。最も少ない時で9.7%,最も良好な時で93.6%である。りんについて各槽での推移を見ると,嫌気槽,好気槽の間で大きな濃度の差が見られず,嫌気-好気法でいわれる嫌気槽でのりんのはき出し作用,好気槽での過剰吸収現象が全く起っていないことが判った。これは循環脱窒素法を採用しているため,第1槽の溶存酸素は0mg/lと嫌気状態になっているにもかかわらず,槽内の硝酸性窒素濃度が7.77mg/lあり,DOは0であるが分子状酸素が有り脱りん菌が作用しなかったためと思われる。しかしながら生物体生成のため利用されるりんは,流入量の58%が使われたことにより排水より除去されている。

表-5 脱水汚泥の発生量 (単位kg)

年月	実験開始前	年月	実験開始後
56年3月	26,565	57年3月	8,480
4月	27,230	4月	12,300
5月	25,400	5月	9,897
6月	26,220	6月	10,750
7月	26,800	7月	10,130
8月	29,310	8月	8,815
9月	27,520	9月	15,910
10月	21,220	10月	18,545
11月	21,520	11月	9,140
12月	19,340	12月	16,820
57年1月	20,355	58年1月	25,670
2月	13,925	2月	12,970
合計	285,405	合計	159,427
月平均	23,783.8	月平均	13,285.6

(3) 水温について

冬季の低温による硝化率の低下を心配したが,この工場では15℃以下に下ることはなく,温度の影響はなかった。

(4) PH 汚泥について

実験開始後流入水のPHコントロールを8から9に変更したが,これによる処理水のPHは,7.5と実験開始前の7.7とほとんど変わっていない。この結果中和用硫酸の節約が可能となった。

表-5 に実験前後の発生汚泥量(脱水後含水率90%)を示す。この表から発生汚泥量は,実験前に比べ44%減少している。この原因は汚泥当りのBOD負荷が減少したこと,好気槽で汚泥が充分な酸素の吹き込みにより好気消化したものと思われる。

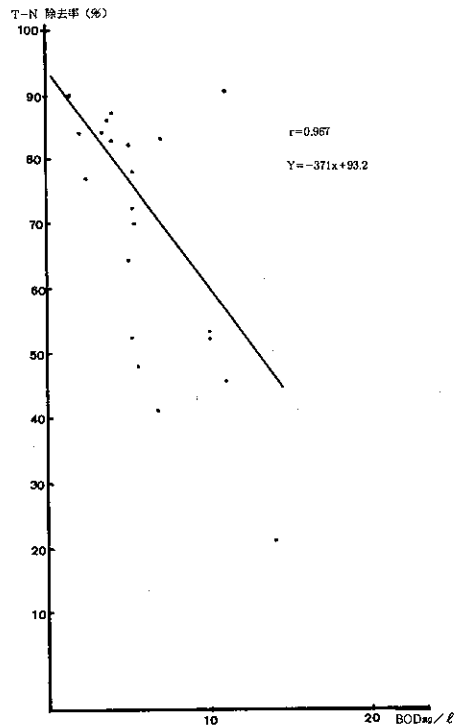


図7 全窒素除去率と処理水のBOD

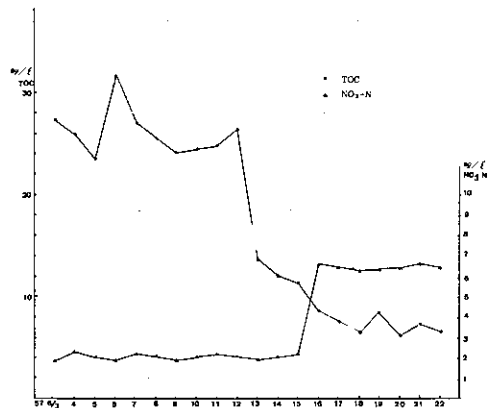


図8 処理水のTOCとNO₃-N

(5) 維持管理について

維持管理については、前段の空気量をしばり、嫌気状態をつくりだすわけであるが、嫌気状態によって、悪臭の発生、汚泥の堆積、等は見られなかった。維持管理の変更の最も大きな点はこの嫌気であるが、一時的な処理水の悪化（微細なフロックの発生）曝気槽へのクリーム状の泡の発生が見られたが、その他特に今までと変化はない。汚泥の色も黒変することもない。微細なフロックも1ヶ月程度で消え、あとは通常の活性汚泥の管理と同様であった。

嫌気槽の管理はDOメーターで行なったが常に0を示しており、嫌気状態を知るためにはORPの方が有効であると思われる。（現在実験中）

4 ま と め

実装置で1年間実験をつづけてきた、今回の実験の結果をまとめると次の通りである。

(1) 既存乳業排水処理施設に水中ポンプ等の付加と維持管理の変更で、窒素の除去を平均59%まで上げることができた。

(2) それまでの好気法を、嫌気-好気法にプロセスを変更したが、これによる有機物除去に悪影響は見られず、逆に、汚泥の性状(SVI)が改善され、SVI200%程度となり汚泥の沈降性が良好になり、ばっ気槽内のMLSSのコントロールがたやすくできるようになった。

(3) 沈澱池での汚泥の浮上が防止できた。

(4) 弱ばっ気槽での汚泥の堆積による腐敗、臭気の発生は全く起らなかった。

(5) 維持管理について特別な技術が必要となるわけではなく、今までの活性汚泥の管理と同様であった。

以上のことから、今後多方面に応用されていくであろうと考えられる。終りに、実験に協力いただいた関係各位に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 東京都環境保全局, 東京湾富栄養化対策指針(1982)
- 2) 東京都環境保全局, 東京湾富栄養化対策技術手引(1982)
- 3) 松葉, ほか:汚性汚泥による窒素・りん除去(II)「水」vol 125-6 No 341 (1983)