

東北大学工学部 学生員 ○ 泉 秀俊

正 員 佐藤敦久

学生員 森田晶久

1. はじめに 近年、わが国の水域の汚染が進行して、深刻な富栄養化問題が起こっている。一般に富栄養化の制限要因は窒素とリンである。そこで、本研究は窒素の除去を目的として、水中の窒素化合物の中にも特に有害な $\text{NH}_4\text{-N}$ の除去と、選択的なイオン交換能をもつゼオライトと特殊な微生物による硝化・脱窒によって行なったものである。特に微生物による硝化・脱窒機構に検討を加えて、若干の知見を得たので報告する。その処理システムの概略を図1に示す。

2. 硝化菌および脱窒菌 本研究に使用した硝化菌および脱窒菌はともに仙台市近郊の海岸に自生していたものを採集してきて、実験室内で培養しているものである。ともに付着性の微生物で培地中には浮遊しないようである。現在、硝化菌は粒径 $2\sim3\mu\text{m}$ の矽粒に、脱窒菌は表面積 103.8cm^2 の塩化ビニール製のパイプに付着して培養されている。尚、ガラスには付着しないことが確認されている。元来、海塩性のものであるから、培地の塩類濃度は海水の水質に近づけてあり、重金属等についてはゼオライトに濃縮され、かつ再生で排出する濃度を参考にしている。したがって、培地中に $0.1\sim0.5\text{N}$ 程度の NaCl が存在しないと活性が衰えて、ついには死滅してしまう。硝化菌は好気性状態のもとで $\text{NH}_4\text{-N}$ を $\text{NO}_3\text{-N}$ に、脱窒菌は嫌気性状態のもとで $\text{NO}_3\text{-N}$ を N_2 に変化させる。

3. 実験方法 硝化菌、脱窒菌ともに回分式実験を行なった。これによって、PH、水温、負荷などの特性を求めて、今後の連続式実験の基礎とする。それぞれの実験装置を図2.3に示す。尚、分析はすべて上水試験法に準じて行なった。

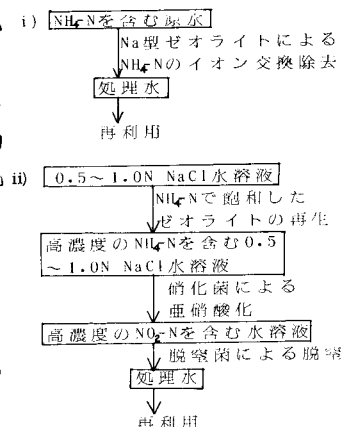


図1. $\text{NH}_4\text{-N}$ 処理 System の Flow Chart

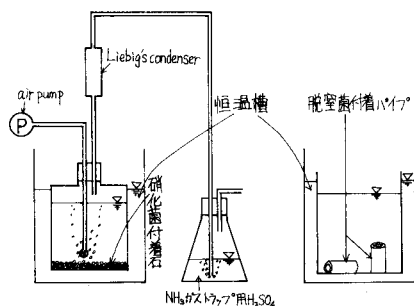


図2. 硝化菌回分式実験装置

図3. 脱窒菌回分式実験装置

Run	PH	PH調整	WT	負荷	結果	他
1	5.0~10.0 (0.5g/l)	液相調整	20℃	通常	×	PH=5.8に収束
2	6.0~8.5 (0.5g/l)	"	"	"	×	"
3	"	毎日調整	"	"	○	PH=7.5より7日間を終了
4	"	"	"	2倍	×	"
5	"	"	"	1/2	○	PH=7.5より4日間を終了
6	"	"	30℃	1/2	○	"
7	"	"	20℃	通常	○	PH=7.5より7日間を終了
8	"	"	40℃	"	○	PH=8.0より6日間を終了
9	"	"	30℃	"	○	"
10	"	"	3℃	"	×	"
11	"	"	10℃	"	×	"
12	"	"	15℃	"	○	PH=8.5より8日間を終了
13	"	"	30℃	"	—	"

③ 付着石は 7g 300g, 13g O_2 他はすべて 150g
負荷は通常とは 1.4718g/l as $\text{NH}_4\text{-N}$ $= 384.9\text{mg/l}$ as $\text{NH}_4\text{-N}$

表1. 硝化菌回分式実験

Run	PH	PH調整	WT	負荷	注	結果	他
1	4.0~9.0 (0.3g/l)	初期調整	20℃	通常	6.42	○	PH=9.0に収束して6日間を終了
2	4.5~7.0 (0.5g/l)	"	"	"	"	○	" 3日間 "
3	"	毎日調整	15℃	"	4.82	○	PH=6.5より6日間を終了
4	7.5~10.0 (0.5g/l)	"	"	"	"	×	"
5	5.5~8.0 (")	"	40℃	"	"	○	すべて2日間を終了
6	"	"	"	2倍	"	×	"
7	"	"	30℃	通常	"	○	PH=6.0より2日間を終了
8	"	"	3℃	"	"	×	"
9	"	"	10℃	"	"	×	"
10	6.5 (CH_3OH 酸化)	"	30℃	"	"	○	CH_3OH 9.12mlより2日間を終了
11	6.5 (")	"	"	"	"	○	CH_3OH 15mlより3日間を終了
12	6.5 (CH_3OH 酸化)	"	"	"	"	○	イキズ=1.0gより4日間を終了
13	6.0, 6.5	"	"	NaNO_3	"	×	"
14	6.0, 6.5	"	"	Blank	"	—	"

③ 注: ① 表面積負荷 (mg/cm^2)

負荷は通常とは 1.725g/l as $\text{NaNO}_3 = 350\text{mg/l}$ as $\text{NO}_3\text{-N}$

Run 13 の負荷は 2.125g/l as $\text{NaNO}_3 = 350\text{mg/l}$ as $\text{NO}_3\text{-N}$

表2. 脱窒菌回分式実験

硝化菌回分式実験は、硝化槽として内容積1ℓのガラスびんを用いて、これに500mlの原水と150gの硝化菌付着石を入れ、エアレーションする。毎日定時に排水後、PHの測定および調整を行ない、 $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_2\text{-N}$ の分析を行なった。実験は6ケースある硝化槽のうちのどれか1つの $\text{NH}_4\text{-N}$ がほぼなくなった時点を終了とした。最終日には流量を測定し、 $\text{NO}_3\text{-N}$ も分析した。また、 NH_3 ガストラップ用の H_2SO_4 は NaOH によって滴定して、捕集された NH_3 ガス量を求めた。

脱窒菌回分式実験は、脱窒槽として1ℓビーカーを用いて、これに1ℓの原水と脱窒菌が付着した表面積103.8 cm^2 の塩ビパイプを2個入れ、メタノールを15ml、酵母エキスを1gずつ添加した。毎日定時に排水後、PHの測定および調整を行ない、 $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_2\text{-N}$ の分析を行なった。実験は6ケースある脱窒槽のうちのどれか1つの $\text{NO}_2\text{-N}$ がほぼなくなった時点を終了とした。最終日には流量を測定し、 $\text{NO}_3\text{-N}$ も分析した。尚、原水は0.44Nの NaCl をはじめ各種の塩類が添加しており、これに所定量の $\text{NH}_4\text{-N}$ または $\text{NO}_2\text{-N}$ を加える。

4. 実験結果および考察 硝化菌回分式実験について検討する。

Run3の初日および最終日のN収支を表3に示す。No.1と2がややロスが大きいが、比較的N収支はとれていると考えられる。表1は回分式実験の条件とまとめたものである。Run1,2のようにPH調整を行なわないと、PH=5.8付近に収束してしまつて、硝化は進まない。そこで、Run3ではPH調整を行なってみると図4のように7日間終了した。尚、PH=8.0付近が最適と思われる。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 負荷については、Run3~5,7と比較すると、「通常」すなわち384.9 mg/l as $\text{NH}_4\text{-N}$ 以上は無理のようである。Run7については付着石が2倍となっているから、Run5と同様の結果が得られると予想したが、7日間もかかった。これは付着石の量が多すぎたため、硝化槽の硝化菌が十分に働けなかったものと考えられる。水温については、Run3,8~12と比較すると、水温が上昇するにつれて硝化に要する日数は短くなるが、著しい違いはない。逆に水温が10℃以下では硝化菌は働かない。

次に、表2より脱窒菌について検討する。Run1,2はPH調整を行なわなかったが、脱窒は進んだ。しかし、今後、連続式実験へ向けて、PHを一定に保った場合の検討が必要と考えられるので、以降のRunでは、PH調整を行なった。その結果、Run3,4,7よりPH=6.0, 6.5付近が最適と思われる。その例として、図5にRun7を示す。 $\text{NO}_2\text{-N}$ 負荷については、Run5,6より、「通常」すなわち350 mg/l as $\text{NO}_2\text{-N}$ 以上は無理のようである。水温については、Run3,5,7,8をみれば明らかなように、非常に大きな違いがある。硝化菌と同様に水温が10℃以下では働かない。Run10~12は添加するメタノールおよび酵母エキスの最適量を求めようとしたものであるが、メタノールは10 mg/l 、酵母エキスを1.0 g/l 程度がよいと思われる。尚、Run13は、脱窒菌が $\text{NO}_3\text{-N}$ を脱窒できるかどうかみたものであるが、結果はできなかった。

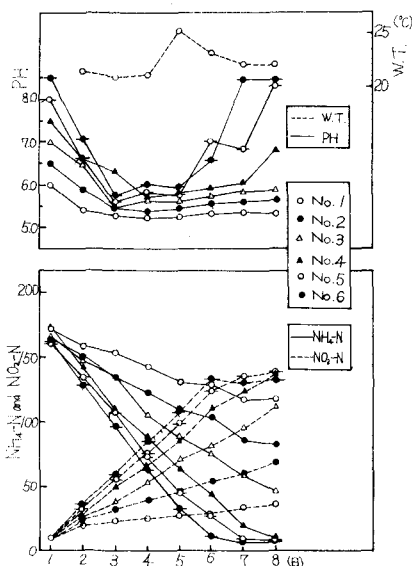


図4 硝化菌Run3

	初日	最終日	最終日 初日 (x100)
No.1	181.0	159.0	87.8
No.2	173.7	158.9	91.5
No.3	175.0	172.6	98.6
No.4	182.6	181.6	99.5
No.5	172.8	179.0	103.6
No.6	176.0	181.3	103.0

表3 硝化菌Run3のN収支

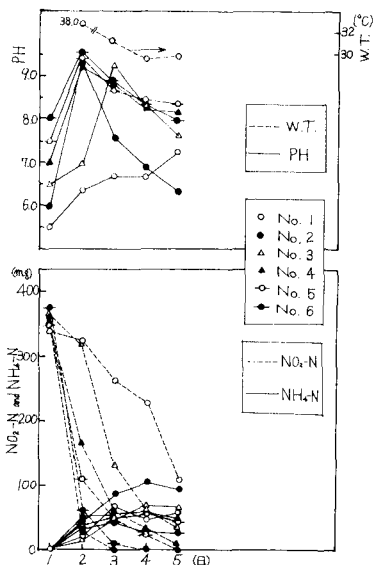


図5 脱窒菌Run7