

新 日 鉄 正 員 ○ 森 田 品 久
東 北 大 学 ヲ 佐 藤 敦 久
日 本 鋪 道 ヲ 泉 秀 俊

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。本研究は、水中の窒素化合物の中でも特に有害な $\text{NH}_4\text{-N}$ の除去を、選択的なイオン交換能を持つゼオライトにより行い、ゼオライトの再生によって生ずる再生排水の処理を、特殊な微生物による硝化・脱窒によって行ったものである。特に微生物による硝化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. 硝化菌について 本研究に使用した硝化菌は弘前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。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、粒径2~3 mmの砂利に付着して培養されている。なお、ガラスには付着しないことが確認されている。元来、海水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、かつ再生で溶出する濃度を参考にしている。したがって、培地は0.4 NのNaClをはじめ、 Na_2CO_3 、 MgCl_2 、 CaCl_2 などを含んでいる。逆に、培地中に0.1~0.5 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。実験結果によると、本研究に使用した硝化菌は好気性状態のもとで $\text{NH}_4\text{-N}$ を $\text{NO}_2\text{-N}$ にまで酸化するが、 $\text{NO}_3\text{-N}$ にまでは酸化できない。したがって、*Nitrosomonas*が優占種になっているともわかる。

3. 実験方法 まず、回分式実験を行った。これによって、pH、水温、負荷などの特性を求めて、その結果に基づいて、次に循環式実験を行った。それらの実験装置を図-2、3に示す。原水は、前述の培地に所定量の NH_4Cl を添加したものをを用いた。なお、分析はすべて上水試験方法に準じて行った。

回分式実験は、硝化槽として内容積1 Lの褐色びんを用いて、これに500 mlの原水と150 gの硝化菌付着石を入れ、エアレーションをやる。毎日定時に採水後、pHの測定および調整を行い、 $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_2\text{-N}$ の分析を行った。実験は6ケースある硝化槽のうちどれか1つの $\text{NH}_4\text{-N}$ がほぼなくなった時点を終了とした。最終日には液量を測定し、 $\text{NO}_3\text{-N}$ も分析した。また、 NH_3 カストラップ用の H_2SO_4 は NaOH によって滴定して、補集した NH_3 ガスを求めた。

循環式実験は、1400 gの硝化菌付着石を50 cmの厚さに充填した内径5 cmのカラムへ10 Lの原水を上向流で導き、その後、原水タンクへ戻す。原水タンクではエアレーションを行い、十分に好気性状態を保つ。毎日定時に採水および調整を行う。分析項目その他はすべて回分式実験に準ずる。

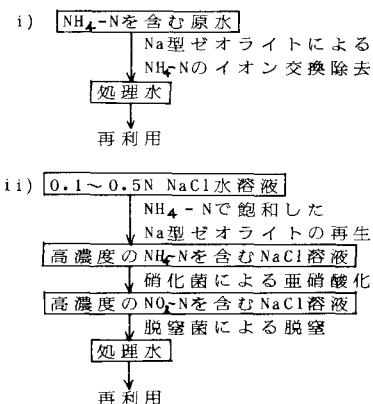


図-1 $\text{NH}_4\text{-N}$ 処理SystemのFlow Chart

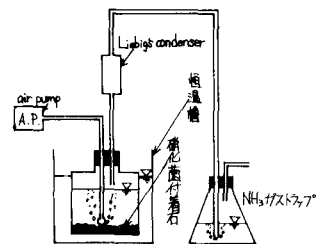


図-2 回分式実験装置

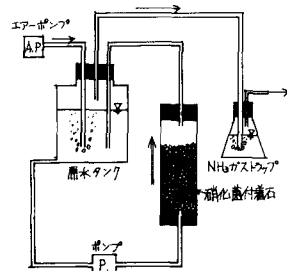


図-3 循環式実験装置

表-1 回分式Run3のN収支

	初日	最終日	最終日 初日
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

4. 実験結果および考察

回分式実験について検討する。表-1

にRun 3の初日および最終日のN収支を示す。No.1と2がややロスが大きい。比較のN収支はとっていると考えられる。図-4にRun 3のpH、水温、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ の変化を示す。図中のNo.1がpH=6.0、No.2が6.5、以下、No.6が8.5と対応する。 $\text{NH}_4\text{-N}$ が徐々に減少するにつれて、 $\text{NO}_2\text{-N}$ が増加する。初日の $\text{NH}_4\text{-N}$ と最終日の $\text{NO}_2\text{-N}$ の差がほぼトラップされた NH_3 ガス量にあたる。表-2は回分式実験の条件および結果をまとめたものである。Run 1、2のようにpH調整を行わないと、pH=5.8付近に収束してしまて、硝化は進まない。これは $\text{NH}_4\text{-N}$ が $\text{NO}_2\text{-N}$ に酸化される際に、 H^+ を放出することから理解できる。そこで、Run 3ではpH調整を行うと図-4のように7日間で硝化が終了した。なお、pH=8.0付近が最適とみられる。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 負荷については、Run 3~5、7と比較すると通常すなわち $\text{NH}_4\text{-N}$ として385 mg/l 以上は無理のようである。Run 7については付着石が2倍となり、負荷が通常であるから、Run 5と同様の結果が得られるものと予想したが、7日間もかかった。これは付着石の量が少なかったために、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、Run 3、8~12と比較すると、水温が上昇するにつれて硝化の完了に要する日数は短くなるが、それほど著しい違いはない。しかし、水温が15℃以下では動かない。

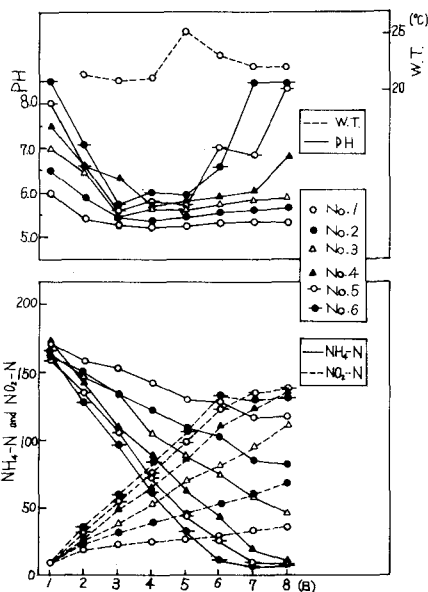


図-4. 硝化菌 Run 3.

表-2

回分式実験一覧表

Run	pH	pH調整	W.T.	負荷	結果	備考
1	5.0~10.0 (1.0を基準)	前日調整	20℃	通常	×	pH 9.00 as $\text{NH}_4\text{-N}$ 量が大
2	6.0~8.5 (0.5を基準)	"	"	"	×	pH 5.8 に収束
3	"	毎日調整	"	"	○	pH 7.5 8.0 7日間を終了
4	"	"	"	2倍	×	"
5	"	"	"	1/2	○	pH 7.5 8.0 4日間を終了
6	"	"	30℃	"	○	"
7	"	"	20℃	通常	○	pH 7.5 7日間を終了
8	"	"	40℃	"	○	pH 8.0 5日間を終了
9	"	"	30℃	"	○	pH 8.0 6日間を終了
10	"	"	3℃	"	×	"
11	"	"	10℃	"	×	"
12	"	"	15℃	"	○	pH 8.5 8日間を終了
13	"	"	30℃	"	—	"

③ 付着石は Run 7で300g、Run 13で0g。他はすべて150g。
負荷が通常とは1.471g/l as $\text{NH}_4\text{-N}$ = 384.9 mg/l as $\text{NH}_4\text{-N}$

次に循環式実験について検討する。表-3は循環式実験の条件および結果をまとめたものである。Run 1~4は流速の影響を、Run 5~7は負荷の影響をみたものである。Run 1は流速がかなり大きいので水温が10℃と低い。硝化は進むのではないかと予想したが、硝化は完了しなかった。Run 2~4では水温が一定に制御できなかった。ので、何とも言えないが、カラム内の硝化菌が好気性に保たれる限り、流速の違いによる影響は少ないとみられる。Run 5~7をみると、回分式実験の結果と同様に負荷としては通常以上は無理のようである。

5. おわりに 硝化を進めるためには、pH調整が必要であり、pH=8.0付近が最も硝化が進む。また負荷としては $\text{NH}_4\text{-N}$ として385 mg/l 程度まで処理できるが、水温は15℃以上に保つ必要がある。また、カラム方式で硝化を行う場合、前述の条件のもとで好気性状態が保たれる限り、流速の影響は少ない。

表-3

循環式実験一覧表

Run	pH	W.T.	流速(m^3/hr)	負荷	結果	備考
1	毎日定時に8.0に調整	10℃	2000	通常	×	12日間でも終了せず
2	"	22℃	1500	"	○	5日間を終了
3	"	17℃	1000	"	○	8日間を終了
4	"	20℃	500	"	○	6日間を終了
5	"	"	750	100 mg/l	○	3日間を終了
6	"	"	"	200 mg/l	○	7日間を終了
7	"	"	"	500 mg/l	×	4日間でも終了せず

③ 負荷が通常とは1.471g/l as $\text{NH}_4\text{-N}$ = 384.9 mg/l as $\text{NH}_4\text{-N}$