

生物学的硝化特性に及ぼす高 pH 条件の影響

○ 日本大学大学院理工学研究科 学生会員 渡邊 幸平
 正会員 福田 康雄
 日本大学理工学部 正会員 松島 眸

1. 研究背景

廃棄物等の処分地から流出する浸出水や畜産廃水といった特殊な廃水には、高濃度のアンモニア性窒素が含有されるため、効果的な窒素成分除去処理技術の確立が急務となっている。その対策として生物学的脱窒プロセスにおいて、亜硝酸性窒素からの脱窒の可能性について検討した。亜硝酸性窒素からの脱窒に関しては、硝酸性窒素からの脱窒に比較し反応に要する炭素量が約 40% 少なく済むこと、過去の研究において、高 pH 条件下では硝酸性窒素から亜硝酸性窒素へ還元される反応経路を省略できるなどの可能性があるため硝化反応における効果的な亜硝酸生成プロセスの開発が重要な課題となる。

本研究では、亜硝酸脱窒処理法のための基礎的研究として、前段の生物学的硝化プロセスで亜硝酸生成濃度を高める可能性を回分式硝化実験によって検討した。既往の研究成果より、硝化プロセスにおいて比較的高い pH が亜硝酸生成に関与する因子であることを報告した。ここでは、高 pH 条件下での硝化反応に関して、pH レベルが亜硝酸生成に及ぼす影響を及ぼすかについて検討した。

2. 実験方法

実験は、円筒形の反応槽（内径 20cm、高さ 80cm、内容量 22.4L）を用いて回分式で行った。反応槽には、硝化菌の菌体供給源として手賀沼の堆積底泥（湿潤状態）1L を投入し、水道水で全量 20L になるまで満たした。その後、アンモニア性窒素の初期濃度が約 50mg/l になるように塩化アンモニウムを添加した。槽内は、好気条件を維持するために 3L/min で空気曝気をし、水温は恒温装置により 20 に維持した。pH レベルは pH コントローラにより管理し、経時的な pH 変化に応じて濃度 1 規定の NaOH 溶液をポンプで自動添加して調整維持した。

3. 結果及び考察

図-2 に設定 pH 別のアンモニア性窒素($\text{NH}_4^+ - \text{N}$)の変化傾向を示す。実験初期は、どの pH 条件においても約 40mg/l 前後の低い値で横ばい傾向を示した。これは、添加した塩化アンモニウムの一部が底泥の土粒子に吸着されたことなどが考えられる。3 日目になると、設定 pH8.5 に減少傾向がみられ、以降は pH8.0, 7.5, 8.7, 9.0 の順に残存濃度が減少した。この結果、アンモニア性窒素の減少傾向は、明らかに設定 pH により影響をうけることが推察された。

キ - ワ - ド：硝化反応 高 pH 条件 亜硝酸性窒素

日本大学理工学部 〒101 - 8308 千代田区神田駿河台 1 - 8 TEL 03 - 3259 - 0673 FAX 03 - 3259 - 0673

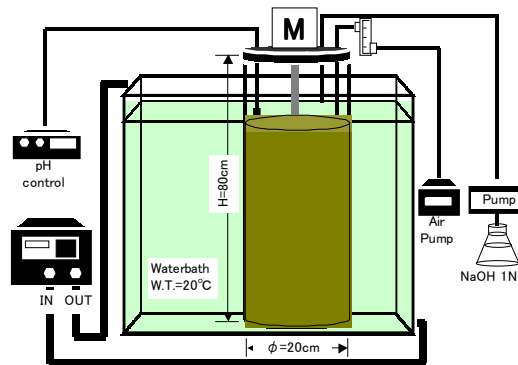


図-1 実験装置図

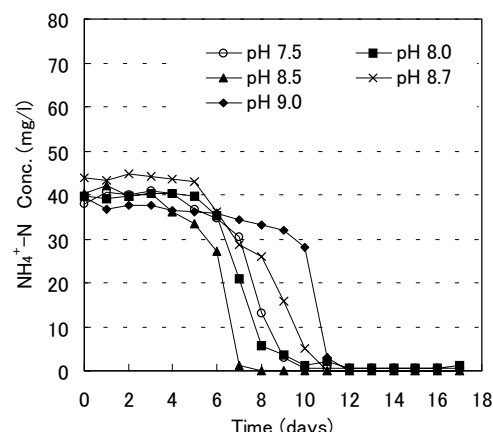


図-2 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ の変化傾向

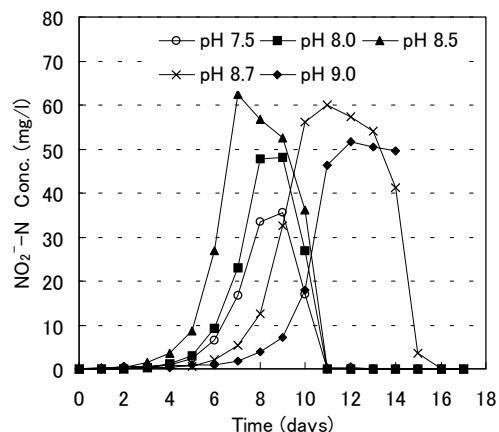


図-3 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ の変化傾向

図-3 に設定 pH 別の亜硝酸性窒素($\text{NO}_2^- - \text{N}$) の変化傾向を示す。アンモニア性窒素の減少に応じて、亜硝酸性窒素は pH8.5, 8.0, 7.5, 8.7, 9.0 の順に生成することが確認された。実験に使用した底泥の質、特に硝化細菌の存在数と活性の違いが亜硝酸生成に影響すると考えられるが、亜硝酸生成細菌の最適 pH が硝酸生成細菌に比較して高いとする報告もあることから、pH が亜硝酸生成に大きく関与したと考えられる。また、最大残存亜硝酸性窒素濃度については、pH8.5 では 62.5mg/l と最大になり、pH8.7, 9.0, 8.0, 7.5 の順に高い濃度を示した。

図-4 に設定 pH 別の硝酸性窒素($\text{NO}_3^- - \text{N}$) の変化傾向を示す。pH7.5 と 8.0 の条件では、亜硝酸生成とほぼ同時に硝酸生成が進行する傾向となった。それに対して、pH8.5 と 8.7 のいずれの条件でも、亜硝酸生成が終了した後に硝酸生成が進行する傾向となった。このため、実験条件下において硝酸生成細菌の働きは pH が 7.0 に近い場合には活性化されるが、高い領域では鈍くなる傾向が観察された。また、pH9.0 では硝酸生成は進行しなかった。これは、硝酸生成細菌の働きが高 pH によって阻害されたことが考えられるが、既往の研究で生成した結果もあるので、今後さらに検討する必要がある。

亜硝酸性窒素と硝酸性窒素の増加傾向は、対数増加の傾向を示しているため、反応時間と検出濃度の関係から傾きを最小二乗法により求め、この値を見かけ上の生成速度定数とした。その結果を図-5 に示した。見かけ上の亜硝酸生成速度定数は、pH8.5 で最大値 0.99(1/day)を示し、最も迅速な亜硝酸生成が進行した。硝酸生成速度定数は、pH7.5~8.5 までは、pH が高いほど生成速度も高く、pH8.5 と 8.7 では共に同じ値を示した。この結果、pH9.0 以下では 7.5 に近いほど緩やかに亜硝酸生成と硝酸生成が同時進行することがわかった。また、pH8.5~8.7 では、まず亜硝酸生成が進行して、その後に急速な硝酸生成が始まる。そのため、硝酸生成速度定数は高い値になることが確認できた。

亜硝酸性窒素濃度最大時での全窒素に対する形態別窒素成分の割合を図-6 に示す。亜硝酸性窒素の割合は、pH7.5~8.5 までは pH に応じて割合が高くなる傾向を示した。硝酸性窒素の割合は、pH が 7.5 に近い条件下では、亜硝酸性能が低い代わりに硝酸性能の割合が高くなっていた。このことから、亜硝酸生成濃度を高めるには、pH8.5 の条件で硝化反応を進行させることが重要な条件であると推察された。

4. 結論

亜硝酸・硝酸生成傾向は、pH が 7.5~9.0 では 7.5 に近いほど両成分の生成反応が同時に進行し、pH が 8.5~8.7 になると亜硝酸生成が硝酸生成よりも優先されることが確認できた。また、亜硝酸生成速度定数が最大でかつ亜硝酸生成の割合を高く維持できる効果的な条件は、pH8.5 であることが確認できた。

参考文献

- 1) 武藤健夫・松島眸・中村玄正、“湖沼底泥の脱窒特性に関する基礎的研究”、土木学会年次学術講演会 第 54 大会(1999)
- 2) 福田康雄・松島眸、“亜硝酸脱窒を考慮した高 pH 条件下における硝化特性の基礎的研究”、土木学会年次学術講演会 第 56 大会(2001)

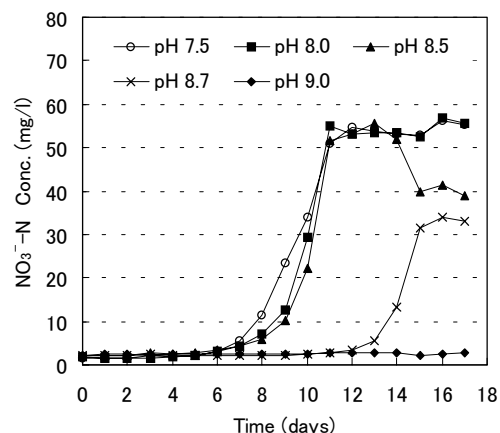


図-4 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ の変化傾向

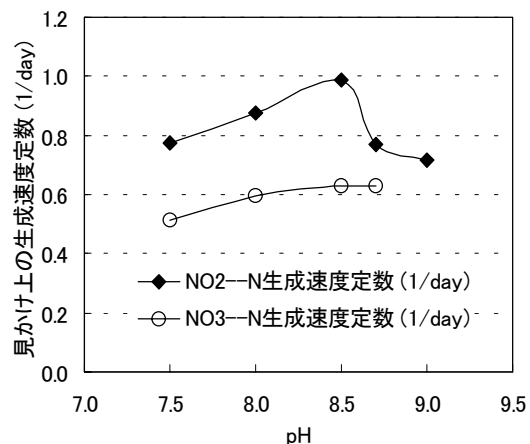


図-5 見かけ上の反応速度定数と pH の関係

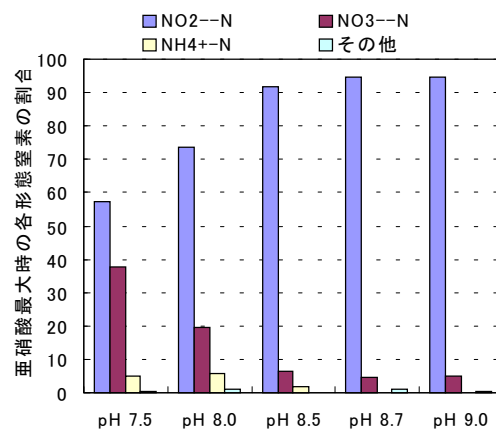


図-6 亜硝酸最大濃度での形態別窒素成分の割合