

アナモックス処理のための連続亜硝酸化

鹿島建設(株) 正会員 ○多田羅昌浩 石川秀 上野嘉之

1. はじめに

廃水中の窒素除去では、硝化脱窒を基本原理とする技術が広く適用されている。しかし、エネルギー消費、薬剤添加量、余剰汚泥の生成などに課題があり、代替の技術が望まれている。アナモックスは、1990年代に、新たに発見された窒素除去反応¹⁾であり、好氣的条件下で廃水中のアンモニアの一部を亜硝酸に酸化し、生成した亜硝酸と残りのアンモニアで、嫌気条件下で独立栄養的に脱窒を行う。そのため、酸素供給に伴うエネルギー消費、メタノールなどの薬剤の削減、余剰汚泥発生量の低減などの利点を有している。

筆者らは、これまで、独自のアナモックス菌を集積し、窒素除去特性、最適なリアクタ形式について検討を行ってきた。しかし、アナモックス反応は、上述のように、亜硝酸化技術とアナモックス技術を組み合わせることでシステムとして成立するため、亜硝酸化技術の確立は必須となる。本報告では、亜硝酸化条件の検討を行い、連続亜硝酸化による亜硝酸化の安定性について実験した結果を報告する。

2. 実験方法

2.1 原料および種汚泥

原料は、表-1に示す、硫酸アンモニウムを窒素源とする人工廃水を使用した。種汚泥には、生ごみのメタン発酵廃液を処理している廃水処理設備より採取した活性汚泥を使用した。

2.2 バッチ実験

バッチ実験装置の概略図を図-1に示す。実験には、容量1Lのガラス製容器を使用した。pH、DO、電極を設置し、pHおよび、DOが亜硝酸化に及ぼす影響について検討した。

2.3 連続亜硝酸化実験

連続実験装置の概略図を図-2に示す。実験には、有効容積5.5Lのジャーファーマンタを使用した。リアクタには、固定床として、ポリエステル製の不織布を充填し、亜硝酸化菌を高密度に保持できる構造とした。pH、DO電極を設置し、pHは自動で、DOは吹込みエア量を調節することで制御した。

表-1 人工廃水組成

Substrates	Concentration [mg/L]
(NH ₄) ₂ SO ₄	1,750
KHCO ₃	1,000
KH ₂ PO ₄	27
MgSO ₄ ・7H ₂ O	300
CaCl ₂ ・2H ₂ O	180
Trace Element S1	1 (mL/L)
Trace Element S2	1 (mL/L)

Trace Element S1

Substrates	Concentration [g/L]
EDTA	5
FeSO ₄	5

Trace Element S2

Substrates	Concentration [g/L]
EDTA	15
ZnSO ₄ ・7H ₂ O	0.43
CoCl ₂ ・6H ₂ O	0.24
MnCl ₂ ・4H ₂ O	0.99
CuSO ₄ ・5H ₂ O	0.25
NaMoO ₄ ・2H ₂ O	0.22
NiCl ₂ ・6H ₂ O	0.19
NaSeO ₄ ・10H ₂ O	0.21
H ₃ BO ₄	0.014

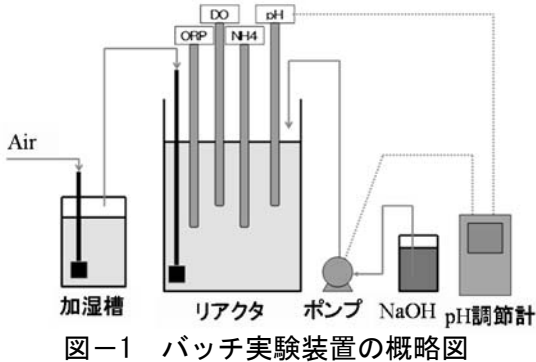


図-1 バッチ実験装置の概略図

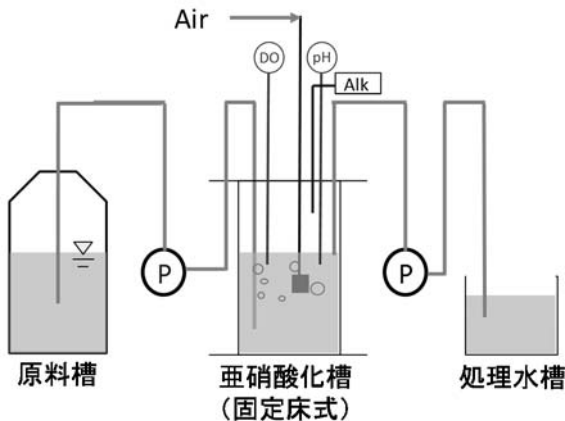


図-2 連続実験装置の概略図

キーワード：アナモックス、窒素、廃水処理

連絡先：〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-6339

3. 実験結果および考察

3.1 バッチ実験による亜硝酸化条件の検討

DO 制御による亜硝酸化実験の結果を図-3 に示す。今回実験を行ったすべての条件で、硝酸の生成が優勢となった。本実験では、pH を制御していないため、実験開始後徐々に pH が低下し、48 時間後にはすべての条件で、pH が 5~6.5 まで低下した。これにより、亜硝酸酸化細菌 (NOB) の活性を抑制することができず、アンモニアが硝酸まで酸化されたと考えられる。このことから、DO 制御のみで亜硝酸化を制御することは難しいと考えられる。

pH 制御による亜硝酸化実験結果を図-4 に示す。pH7.5 以下では、硝酸の生成をお抑制することが難しいことが確認された。pH を 8.0, 8.3 に制御した場合、亜硝酸生成率はそれぞれ約 65%, 約 70% に対し、硝酸生成率はそれぞれ約 15%, 約 2.5% であった。これらのことから、pH を 8.3 とすることで、NOB の活性を抑制し、亜硝酸の蓄積が可能であることが明らかとなった。

3.2 連続亜硝酸化実験

バッチ実験の結果に基づき、pH を 8.3 に制御し、連続亜硝酸化リアクタの立ち上げを行った (図-5)。実験開始初期から硝酸の生成は抑制され、亜硝酸の蓄積が確認された。実験開始 20 日目以降から、アンモニア態窒素:亜硝酸態窒素が 1:1 となるように原料供給量を調整し、水理学的滞留時間 (HRT) を制御した。その結果、今回実験に使用した人工廃水での最適 HRT は 8 時間であった。その後、徐々に制御 pH を低下させながら運転を継続したところ、pH7.6 でも安定した亜硝酸化が可能であった。本リアクタは、200 日以上安定した亜硝酸化能を示した。

4. まとめ

人工廃水を用いたバッチ実験、および連続実験により、立ち上げ時の pH を 8.3 付近に制御することで、硝酸の生成を抑え、亜硝酸化リアクタを立ち上げ可能であることが確認できた。また、亜硝酸化が安定した後は、制御 pH を低下させても安定した亜硝酸化が可能であり、長期にわたり安定した運転が可能であることも明らかとなった。

今後は、本実験で得られた知見を実廃水処理に適用し、アナモックス技術の実用化を目指す。

参考文献

- 1) A. A. Graaf, P. Bruijn, L. A. Robertson, M. S. M. Jetten, J. G. Kuenen ; Autotrophic growth of anaerobic ammonium-oxidizing micro-organisms in a fluidized bed reactor, Microbiology, Vol.142, (1996), pp. 2187-2196.

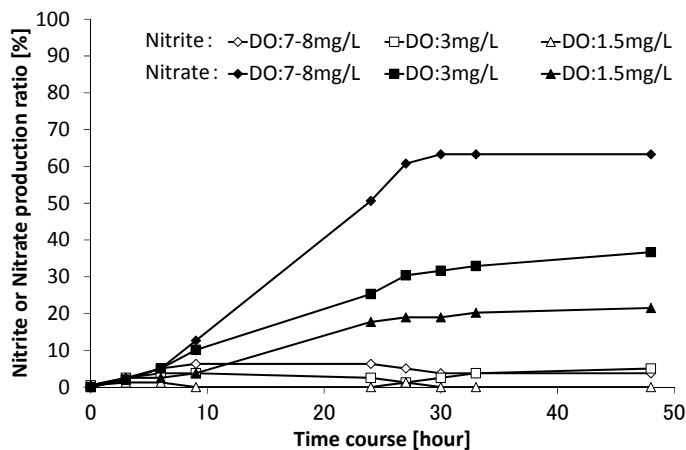


図-3 各 DO における亜硝酸、硝酸生成率の経時変化

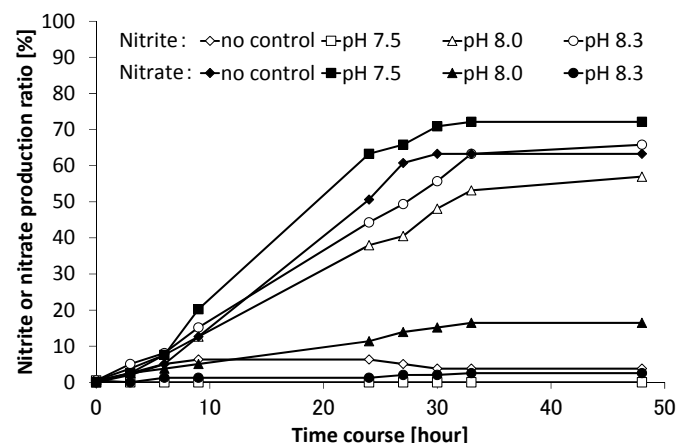


図-4 各 pH における亜硝酸、硝酸生成率の経時変化

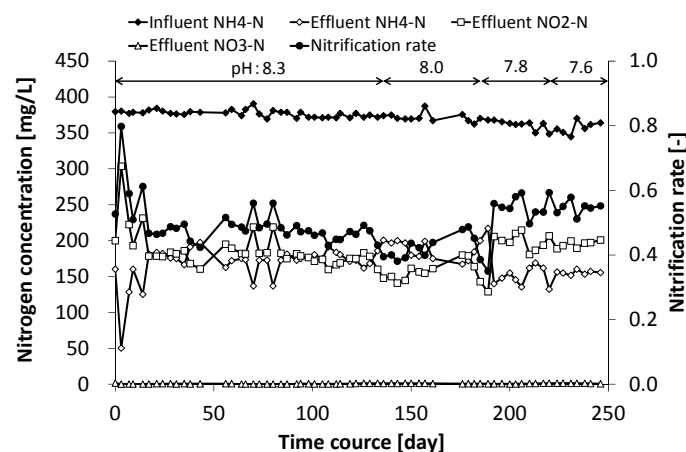


図-5 連続亜硝酸化の経日変化