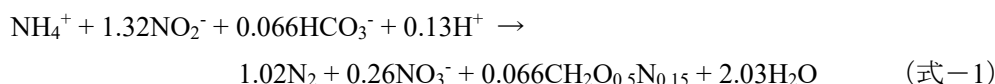


アナモックスと従属脱窒の組み合わせによる効率的窒素除去条件の検討

鹿島建設(株) 正会員 ○多田羅昌浩, 柴田晴佳, 上野嘉之

1. はじめに

廃水中の窒素除去では、硝化脱窒法を基本原理とする技術が広く適用されている。しかしながら、エネルギー消費が大きい、薬剤の添加が必要、余剰汚泥の生成量が多いなどの課題があり、代替技術が望まれている。アナモックス法は、これらの課題を解決する廃水からの窒素除去技術として注目されているが、反応上少量の硝酸が副成する(式-1)¹⁾。したがって、原水の窒素濃度が高い場合は、処理水のさらなる脱窒が必要になるため、アナモックス技術適用拡大の障壁の一つとなっている。



筆者らは、アナモックス槽の前段に BOD 酸化槽を設置し、処理水の一部を BOD 酸化槽に返送することで、従属脱窒反応によって、BOD と硝酸を同時除去できることを報告した²⁾。本報告では、運転条件を最適化するために、アナモックス槽から BOD 酸化槽への返送量、各槽の容量比と窒素除去率の関係を検討した結果を報告する。

2. 実験方法

実験装置は、BOD 酸化槽をアナモックス槽の前段に配置し、アナモックス槽から処理水の一部を BOD 酸化槽に返送する構成とした(図-1)。アナモックス槽と BOD 酸化槽は、ガラス製のフラスコを使用した。有効容積はアナモックス槽が 1L, BOD 酸化槽は 0.1, 0.2, 0.3, 0.5L (容量比:0.1~0.5) とした。両槽にはリング径 25mm のひも状担体を充填し、エアーを通気した。原水は、焼酎蒸留かすのメタン発酵処理液(T-BOD: 237mg/L, NH₄-N: 554mg/L)を使用し、1L/day で通水した。アナモックス槽から BOD 酸化槽への返送量(Q)は、1~4L/day (n=1~4) とした。

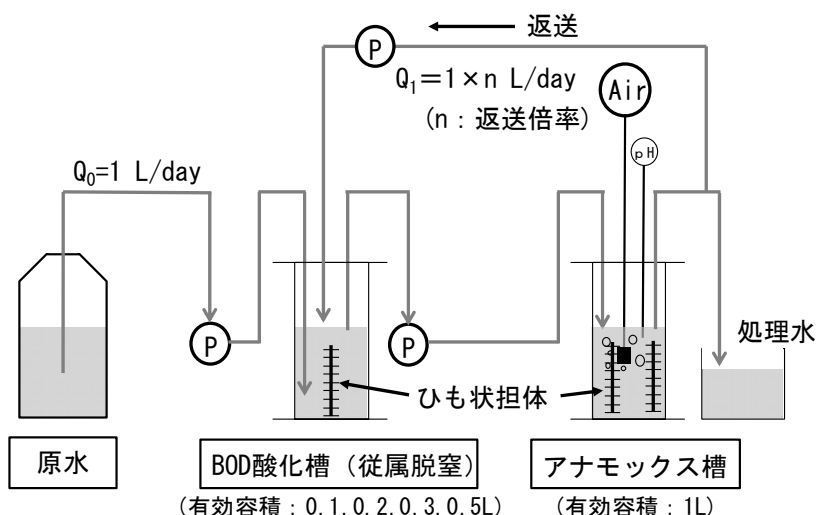


図-1 実験装置の概略フロー

3. 実験結果および考察

返送倍率 0~4 倍における窒素除去率を表-1 に示す。返送を行わない条件での窒素除去率は、77.1%であった²⁾のに対し、容量比:0.1~0.5 において、返送倍率が 3 倍までは、返送倍率が増加するに伴い、窒素除去率も上昇した。最大窒素除去率は、返送倍率 3 倍、BOD 酸化槽容量 0.5L の条件で、95.4%であった。しかし、返送倍率が 4 倍になると、全ての条件で窒素除去率は低下した。窒素除去率の低下は、BOD 酸化槽の容量が 0.1L と 0.2L の条件では 5%程度であったが、0.3L, 0.5L の条件では、1%に留まった。この時の BOD 酸化槽の水理

キーワード アナモックス, 窒素除去, 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

表－1 各処理条件における pH、窒素、BOD 濃度と除去率

返送倍率 倍	BOD酸化 槽容量 L	流入水		BOD酸化槽					アナモックス槽					除去率	
		T-N mg/L	BOD mg/L	pH	NH ₄ -N mg/L	NO ₂ -N mg/L	NO ₃ -N mg/L	BOD mg/L	pH	NH ₄ -N mg/L	NO ₂ -N mg/L	NO ₃ -N mg/L	BOD mg/L	T-N %	BOD %
0	0.5	538	308	8.4	535	0.0	0.0	60.5	7.2	26.0	19.0	78.0	58.0	77.1	81.2
1	0.1	540	154	8.2	277	3.7	0.9	66.5	7.2	35.7	16.6	37.5	15.5	83.4	89.9
1	0.2	604	287	8.2	292	1.1	0.3	19.5	7.2	21.1	0.2	52.4	6.4	87.8	97.8
1	0.3	481	287	8.1	187	73.0	2.5	13.2	7.3	3.8	16.1	39.5	4.0	87.6	98.6
1	0.5	548	237	8.2	260	2.4	0.2	10.6	7.2	10.4	0.0	59.4	3.4	87.3	98.6
2	0.1	536	266	8.2	150	11.2	2.2	69.8	7.2	13.8	36.8	14.4	25.8	87.9	90.3
2	0.2	620	258	8.3	201	7.8	0.9	24.8	7.2	6.4	0.1	49.9	2.9	90.9	98.9
2	0.3	616	251	8.2	213	1.7	0.6	11.9	7.2	3.6	0.7	51.0	1.1	91.0	99.6
2	0.5	583	197	8.2	183	11.7	1.3	3.5	7.2	1.8	0.1	40.0	19.9	92.8	89.9
3	0.1	537	229	8.3	141	11.9	1.6	35.2	7.2	20.6	29.0	17.4	5.2	87.5	97.7
3	0.2	548	237	8.2	134	11.6	31.2	21.7	7.2	1.1	0.0	52.0	4.1	90.3	98.3
3	0.3	618	302	8.2	179	1.3	0.9	11.6	7.2	15.9	9.2	27.1	3.8	91.6	98.7
3	0.5	600	190	8.1	150	7.1	1.0	5.7	7.2	1.6	0.1	26.1	0.0	95.4	100.0
4	0.1	577	229	8.2	132	31.3	13.5	75.0	7.2	17.5	33.8	38.8	10.2	84.4	95.5
4	0.2	610	317	8.2	124	11.5	15.2	19.7	7.2	13.5	30.0	45.1	3.3	85.5	99.0
4	0.3	620	258	8.2	147	8.0	2.0	10.7	7.2	12.8	0.9	45.2	4.1	90.5	98.4
4	0.5	593	284	8.2	139	0.9	1.3	12.5	7.3	8.2	1.8	33.0	3.6	92.7	98.7

*：赤色のセルは、T-N除去率が90%以上を示す

学的滞留時間（HRT）は、容量が 0.1L、0.2L の条件でそれぞれ 0.6 時間、1.2 時間と短いこと、BOD 酸化槽内に硝酸、亜硝酸が残留していたことから、返送倍率の増加は、脱窒反応時間の不足につながる可能性もある。また、BOD 除去率は、BOD 酸化槽容量が 0.1L の条件以外は、全て 97%以上であり、BOD 酸化槽出口の BOD 濃度は 20mg/L 以下まで低下した。このことから、BOD 酸化槽でアナモックス反応に阻害となる有機物を効率的に除去できた。

窒素除去率の結果と合わせ、BOD 酸化槽容量をアナモックス槽容量の 1/5 以上とすることで、窒素に加え、BOD も効率的に除去可能であることが示された。

本実験では、BOD 酸化槽、アナモックス槽ともに、通気を行っている。しかし、BOD 酸化槽とアナモックス槽では、それぞれの槽内で、従属脱窒（嫌気）と酸素による BOD 酸化（好気）、アンモニアの部分亜硝酸化（好気）とアナモックス（嫌気）の好気反応と嫌気反応を両立している。これは、両槽に充填したバイオフィルムを形成するひも状担体により、バイオフィルムの外周が好気、内部が嫌気状態になっているためであると推察する。また、最も窒素除去率の高かった条件では、BOD 酸化槽、アナモックス槽の HRT はそれぞれ 3 時間、6 時間と短いにもかかわらず、それぞれの機能を維持していた。これも、担体へ微生物を固定化している効果であると考えられる。

4. まとめ

アナモックス反応で副生する硝酸は、前段の BOD 酸化槽に処理水の一部を返送することで、原水中の有機物を使って効率的に除去でき、返送倍率 3 倍、BOD 酸化槽容量 0.5L の条件で、最大窒素除去率 95.4%が得られた。本実験の知見を活用することで、原水の窒素濃度、放流先の窒素規制に応じて、コスト、性能の両面から BOD 酸化槽の容量を決定、適用先に応じた設計ができる。今後、低窒素濃度廃水などでも検討を行う。

参考文献

- 1) Strous M. et.al. ; The sequencing batch reactor as a powerful tool for the study of slowly growing anaerobic ammonium-oxidizing microorganisms, Aool. Microbiol. Biotechnol., Vol.50, (1998), pp589-596.
- 2) 多田羅昌浩他；アナモックスと従属脱窒の組み合わせによる高効率的窒素除去，令和元年度土木学会全国大会第 74 回年次学術講演会，VII-14，(2019)。