

回転円盤排水処理装置におけるケイ酸の処理水質へ及ぼす影響

群馬工業高等専門学校 学生会員 ○高木杏美

群馬工業高等専門学校 正会員 宮里直樹

1. はじめに

1.1 本研究の背景及び目的

Bacillus 属細菌が優占化した槽や回転円盤を有する処理場では、処理水質の向上が期待できるとの報告があり¹⁾、運転方法として海外で普及しつつある。この *Bacillus* 属細菌は芽胞形成時に Si を取り込むことが報告されている²⁾。しかし、Si が生物膜やその排水処理に与える影響は明確となっていない。

そこで本研究では、運転開始時(生物膜形成時)に Si の溶存態であるケイ酸 ($\text{Si}(\text{OH})_4$) を回転円盤装置に通常よりも高い濃度で添加し、排水処理における影響を検討した。

1.2 硝化・脱窒反応と窒素除去の関連

これまでの本研究室における報告で、回転円盤処理槽内にて硝化と脱窒が同時に行われていることを確認している^{3,4)}。硝化・脱窒反応のメカニズムを図-1 に示す。好気性の硝化細菌と嫌気性の脱窒細菌によってそれぞれ行われる反応であり、硝化反応が活発に行われると $\text{NH}_4\text{-N}$ の除去能が良くなり、また、脱窒反応が活発に行われると $\text{NO}_3\text{-N}$ の除去能が良くなる。

2. 実験装置及び実験方法

2.1 回転円盤排水処理の概要

高専の水道水は地下水であり、群馬県の地質は火山灰土壌であるためか、Si がやや高い濃度である。本研究では、回転円盤接触法を用いた実験装置を使用し、さらに Si を高濃度になるように添加した条件で実験を行った。実験に用いた回転円盤処理装置とその概要を図-2 に示す。

2.2 連続運転と水質分析

11月18日に種汚泥として、前橋市 R 処理場の活性汚泥($\text{MLSS}=2820 \text{ mg/L}$)を 2L 投入し、11月20日から12月4日まで運転を行い、これを control とした。12月16日に回転円盤処理装置を洗浄し、本校の浄化槽流入水の一部を流入させた。また、オルトケイ酸ナトリウムを初期濃度 100 mg/L ($\text{pH} 7.0$)となるように調整したものを添加し、control と同様に運転を行った。土日祝を除いて毎日(1回/日)、槽内の水温、

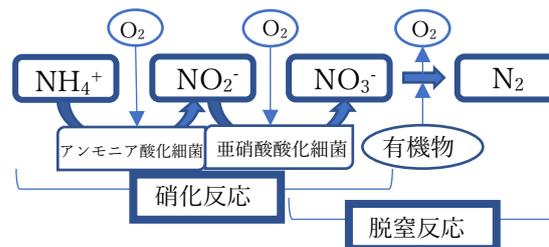


図-1 硝化・脱窒反応

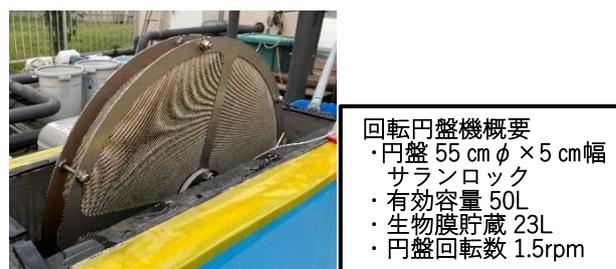


図-2 実験に用いた回転円盤処理装置とその概要

水素イオン濃度(pH)、溶存酸素濃度(DO)、酸化還元電位(ORP)を測定し、流入下水と処理水の採取を行った。試料はオートアナライザー(BL-TEC 社, Quattro-2HR)を用いて $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{SiO}_2\text{-Si}$ を分析した。また、全有機炭素(TOC)を島津製作所の TOC-V にて分析を行った。

2.3 回分試験

回転円盤に付着した生物膜による $\text{NH}_4\text{-N}$ の除去能を検討するために回分試験を行った。目視による生物膜の状態および TOC の分析結果より、生物膜が円盤の表面全体に十分付着した状態を確認した。連続運転の流入下水を停止させ、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 源として塩化アンモニウムを初期濃度 30 mg/L となるように調整、添加を行った。その後、槽内から試料を30分毎に採取し、連続試験と同様に分析を行った。

3. 実験結果と考察

3.1 連続運転

先行研究により、硝化・脱窒反応が良好に行われるときの条件として、①水温が 20°C 以上、②回転円盤処理装置立ち上げ後、生物膜が短時間で十分に付着する、③ ORP がプラス(好機の状態)であることが報

告されている⁴⁾。水温は概ね 20°C以上であったが、ORP はマイナス(還元状態)に近い値が測定された。

全有機炭素(TOC)の分析結果を図-3 に示す。流入下水(入)の測定値が 30~50 mg/L であり、槽内処理水(出)の測定値が 10~20 mg/L であった。平均して 45% 程度減少しており、有機物の処理が行われていることが確認できた。

3.2 回分試験による実験結果

図-4 にケイ酸添加前、図-5 にケイ酸添加後の各窒素態濃度分析結果を示す。硝化反応により NH₄-N が減少して NO₂-N および NO₃ が増加していることが確認できる。また、NH₄-N の減り方に比べ、NO₂-N および NO₃ が緩やかに増加していることから脱窒が行われたことが考えられる。両者とも NH₄-N は 11.5 mg/L 程減少しているのに対して、NO₃+NO₂-N は 1.0 mg/L 程増加していた。窒素消滅率は、ケイ酸添加前が 7.8%、ケイ酸添加後が 10.5%であり、ケイ酸を添加した方が僅かであるが窒素除去の性能が良いと分かる。また、NO₂-N が緩やかに増加しているのは、NO₂-N から NO₃ へ酸化を行う硝酸菌(亜硝酸酸化細菌)の活動が活発ではなかったことが原因だと考えられる。

3.3 ケイ酸濃度の変化

図-6 にケイ酸濃度の経日変化を示す。ケイ酸添加直後は、測定値が 52 mg/L と高くなっているが、その後、値は 30 mg/L へと収束していた。ケイ酸濃度を高く添加しても、目視による添加前後の生物膜の状態および付き方や、SiO₂-Si の測定値からは通常運転との大きな変化が認められず、ケイ酸は化学的に直接、窒素除去に関わっているわけではないと考えられる。

4. まとめ・今後の課題

今回、生物膜の形成時にケイ酸の濃度が高くなるように添加した際の回転円盤処理装置による窒素除去能を検討した。生物膜の状態や処理能にやや差は認められたが、それ程大きくはなかった。そこで、通常時よりも Si 濃度を高く維持しての添加も検討することが必要だと考えられる。また、*Bacillus* 属細菌にも硝化や脱窒に関わっているとの報告もあるため⁵⁾、今後は、通常時およびケイ酸を多く添加したときの円盤に付着した生物膜における *Bacillus* 属細菌の培養を行い、どれほどの増殖効果が見られるのか検討する予定である。



図-3 TOC 分析結果

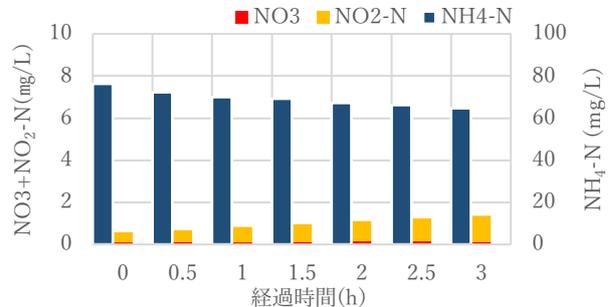


図-4 回分試験(12/4)の各窒素態濃度の経時変化

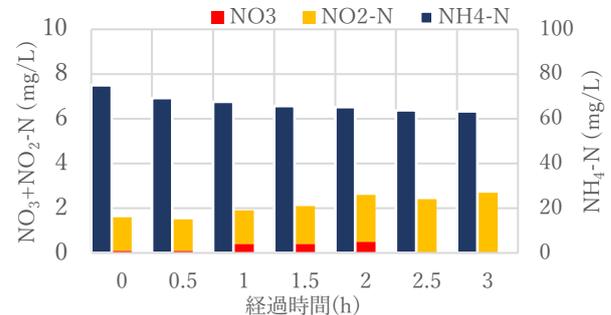


図-5 回分試験(12/24)の各窒素態濃度の経時変化

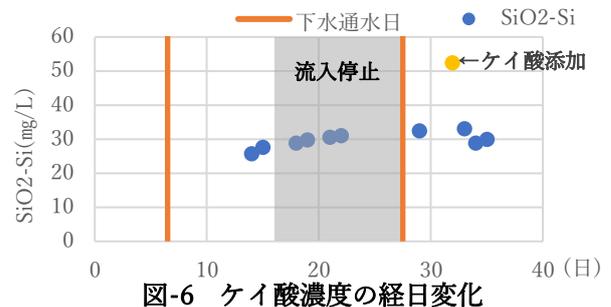


図-6 ケイ酸濃度の経日変化

参考文献

- 1)青井透 他:枯草菌優先化メッシュ型回転円盤における低 CN 比環境の優れた窒素除去性能,下水道研究発表会講演集,54th,pp13,2017
- 2) Ryuichi Hirota et al: Silicon Layer Supports Acid Resistance of *Bacillus cereus* Spores, *Journal of Bacteriology*, Jan. 2010, pp. 111-116, 2010
- 3) 三浦亜由美: 中国下水で好評なバチルス属細菌優先化回転円盤の窒素除去特性, 平成 28 年度環境都市工学科第 16 期生卒業研究発表会予稿集, pp. 11-12, 2017
- 4) 島田優里奈: 高専下水を用いたバチルス属細菌優先化回転円盤による窒素処理特性, 平成 29 年度環境都市工学科第 17 期生卒業研究発表会予稿集, pp. 1-2, 2018.
- 5) Tsukasa Ito et al: Diversity and abundance of denitrifying bacteria in a simultaneously nitrifying and denitrifying rotating biological contactor treating real wastewater at low temperatures, *H₂Open Journal* Vol2 No1, 2019