

高専下水を用いたバチルス属細菌優占化回転円盤の窒素除去特性

群馬工業高等専門学校 環境都市工学科 ○島田優里奈, 新井亮, 青井透, 宮里直樹

1. はじめに

現在、省エネルギーである嫌気性下水処理が注目されている。しかし、嫌気条件下では硫化水素の発生、悪臭、コンクリート製下水管の硫酸劣化などの課題がある。その一方で、バチルス属細菌が増殖した活性汚泥では、硫化水素臭が少ないということが報告されており、バチルス属細菌を用いた処理が注目されている¹⁾。バチルス属細菌とは、自然界に広く分布しており、好気性環境で活発化して、過酷な条件下では芽胞を形成することにより、強い抵抗性を持つことが知られている。

さらに、バチルス属細菌が優占化した回転円盤回分試験では、槽内の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の低下に比べて $\text{NO}_x\text{-N}$ 濃度の増加量が少なく、無機態窒素量が減少している（槽内で硝化と脱窒が同時に行われている）ことが報告されている^{2) 3)}。

これまで、バチルス属細菌が含まれている3つの処理場の汚泥を用いて回転円盤試験機を運転し、バチルス属細菌による窒素除去の影響がどのように行われているのかを検討した。その結果、すべての系の種汚泥でバチルス属細菌が増殖しており、また、回分試験の結果から2つの系で硝化および脱窒反応が良好であることを報告した。

そこで、種汚泥をよりバチルス属細菌が存在しているものを使用した場合の回転円盤連続運転と回分試験を同様に実施し、バチルス属細菌による窒素除去の影響を検討した。

2. 実験装置及び実験方法

2.1 回転円盤試験機概要

実験に用いた高専に設置してある回転円盤とその構造を図-1に示した。回転円盤は高専の浄化槽上に設置されており、高専内の下水を流入させて運転されている。吾妻郡のD処理場(D系)の汚泥を種汚泥、牛乳を基質とし、円盤にバチルス属細菌を増殖させ、以後高専下水を用いて馴養させた。

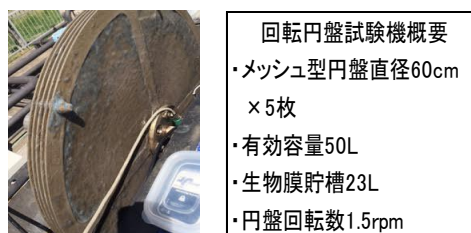


図-1 用いた回転円盤とその概要

2.2 連続運転

回転円盤立ち上げ後、2日おきに槽内の pH、水温、ORP、DO を測定し、流入下水と処理水を採取後、各態窒素と各態リンをオートアナライザーを用いて分析した。

2.3 回分試験

円盤に付着した生物膜の処理能を検討するため、連続運転の流入下水を停止させ、30分おきに槽内の試料を7回採水する回分試験を実施した。また、その後 $\text{NH}_4\text{-N}$ 源として塩化アンモニウムを添加して同様に回分試験を実施し、採取した試料は各態窒素、リンの分析を行った。

2.4 バチルス属細菌コロニー培養

並行して、回転円盤に付着した生物膜を採取し、ニュートリエントブロスをもとした寒天培地にてバチルス属細菌を培養後、コロニー数を計測した。

3. 実験結果と考察

3.1 連続運転による水質分析結果

図-2に回転円盤連続運転中の水温、pH、DOの測定結果を示す。連続運転中の ORP は-33~-226mVであった。

11月~12月は冬場のため水温が20℃に達しない日が多かった。常にDOが低くORPもマイナスで嫌気の状態であったといえる。中間発表までの硝化と脱窒反応が良好であった際、水温が約25℃~30℃であったため、バチルス属細菌による窒素除去には水温が大きく影響していると考えられる。11月9日に種汚泥を添加したが、その後約1か月間において、円盤に付着した生物膜は薄い状態が続いており、12月7日付近から生物膜が厚くなった。

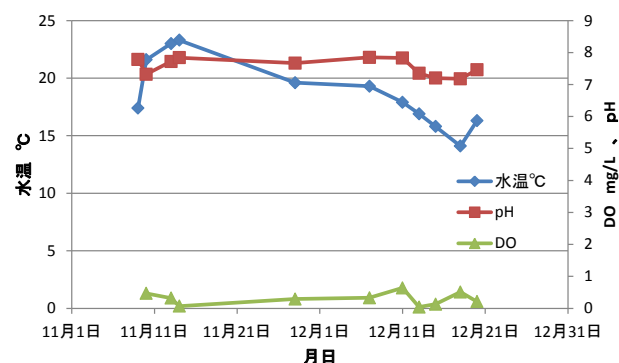


図-2 回転円盤連続運転中の水温、pH、DO

キーワード バチルス属細菌, 回転円盤, 窒素除去

連絡先 〒371-0845 群馬県前橋市鳥羽町 580 群馬工業高等専門学校

TEL : 027-254-9000 E-mail : nmiyazato@cvt.gunma-ct.ac.jp

図-3 に回転円盤連続運転の流入下水と処理水の採取をし、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_x\text{-N}$ を測定した結果を、連続運転中の窒素消滅（ NH_4 除去）率および無機態窒素除去率として示す。日により大きく誤差が出たが、窒素消滅（ NH_4 除去）率は高く保たれるという結果となった。

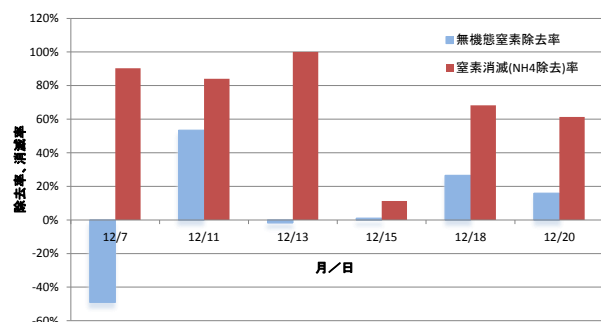


図-3 回転円盤連続運転による窒素消滅率、除去率

3.2 バチルス属細菌コロニー培養結果

D系汚泥を用いた運転開始から5日後、回転円盤の生物膜を用いてバチルス属細菌を培養したが、バチルス属細菌のコロニーは確認できなかった。開始から34日後、同様に培養してバチルス属細菌のコロニー数を計測した結果、 5.71×10^5 個/gのバチルス属細菌が存在していた。中間発表までの培養結果（ 3.0×10^9 個/g）と比較すると、この系ではバチルス属細菌の数は少ないという結果であった。しかし、運転開始5日後には確認できなかったバチルス属細菌が34日後には多く存在していたため、34日後（12月13日）にはバチルス属細菌は優占状態になったといえる。

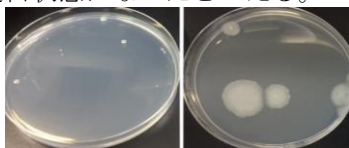


図-4 5日後、34日後のバチルス属細菌コロニー

3.3 回分試験結果

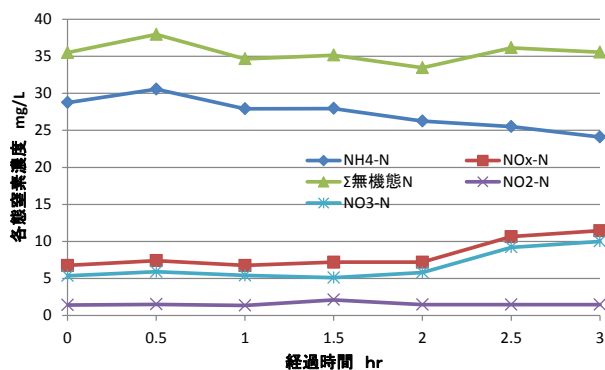


図-5 流入停止後回分試験の各態窒素濃度変化

D系(12/22 9:40~12:40)

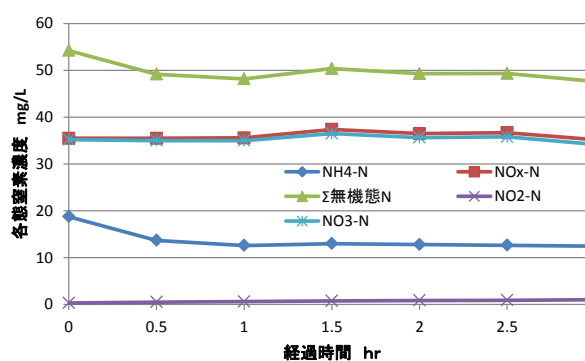


図-6 NH_4Cl 添加回分試験の各態窒素濃度変化

D系(12/25 9:50~12:50)

図-5、6にD系の回分試験の各態窒素結果を示す。どちらの回分試験でも $\text{NH}_4\text{-N}$ が減少しており、硝化反応が良好であると考えられる。また、酸化態窒素は上昇しており、槽内の無機態窒素量の変化がほぼないことから、脱窒が活発には行われていないといえる。

4. まとめと今後の課題

今回の実験より、D系における回転円盤回分試験では、硝化反応は良好だが、脱窒反応は良好でないという結果が得られた。バチルス属細菌は脱窒に関わる微生物に何らかの影響を与えることが考えられている。そのため、バチルス属細菌が十分に増殖していなかった、またはバチルス属細菌が活発に働く環境下でなかったといえる。

中間発表までの連続運転、回分試験、バチルス属細菌培養結果のすべてにおいて比較すると以下のことがいえる。硝化および脱窒反応が良好に行われていたときは、①水温が20℃以上、②回転円盤立ち上げ後、生物膜が短期間で十分に付着する、③ORPがプラス（好气的状態）、であった。そのため、今後、冬場においてはヒーターなどを用いて水温をある程度高くする必要があるとわかった。

また、バチルス属細菌の増殖した活性汚泥では、嫌気条件にしても悪臭がないことから、バチルス属細菌と悪臭物質を生成する微生物（硫酸塩還元細菌）の間には相互作用があることが考えられる。今後は、バチルス属細菌のコロニー数と硫酸塩還元細菌数の変化なども分析して検討していきたい。

5. 参考文献

- 1) 金澤推 (2013)「活性汚泥中における有用枯草菌の増殖因子および硫酸塩還元細菌との相互関係」
- 2) 青井透 他 (2017)「枯草菌優占化メッシュ型回転円盤による低CN比環境の優れた窒素除去性能」
- 3) 三浦亜由美 (2017)「中国下水で好評なバチルス属細菌優占化回転円盤の窒素除去特性」