

網目構造回転翼による都市下水の脱窒に関する研究

宮崎大学工学部 （学）○甲斐崇記（学）柴田矩良（正）増田純雄
鹿児島高専 （正）山内正仁
清本鐵工（株） 赤木秀邦

1.はじめに

下水の高度処理が行われていない処理施設では、下水中に含まれる窒素は無処理のまま放流されているのが現状である。窒素は放流水域における富栄養化を引き起こす原因の一つとなっている。そこで窒素の除去（以下、脱窒）法として「生物学的脱窒」法が一般的に利用されている。本法では一般的に有機炭素源としてメタノールが用いられている。著者らは、脱窒装置として網目構造回転翼反応槽が効果的であること、さらに焼酎を生産する際に発生する「焼酎蒸留粕」の模擬凝縮液を有機炭素源として用いた脱窒が有効であると報告^{1),2)}している。

本研究では回転円板処理後の都市下水を網目構造回転翼反応層（以下、反応槽）の流入原水とし、有機炭素源として甘藷焼酎蒸留粕の模擬凝縮液（以下、模擬凝縮液）を用いた脱窒実験を行った結果について報告する。

2.実験装置と実験方法

脱窒に必要な有機炭素源として用いた模擬凝縮液はエタノールを主成分としたものであり、その成分を表-1に示す。実験装置の概略を図-1に示す。装置は内径22cm、高さ67.5cm、容量29.5Lの亚克力円筒槽で、回転翼は高さ52.5cm、幅9cm、網目の大きさ1cm×1cm、枚数8枚からなっている。反応槽への流入原水と模擬凝縮液は別々の定量ポンプを用いて供給する。

流入原水は宮崎市の木花処理場内に設置してあるパイロットプラント回転円板の処理水（流量150m³/day）と実装置回転円板の処理水（流量1000m³/L）を用いた。パイロットプラント回転円板の処理水質はNO₃-N、TOC、SS、DOの平均濃度はそれぞれ13.5、10.0、7.5、4.0mg/Lである。実装置回転円板の処理水質はNO₃-N、TOC、SS、DOの平均濃度はそれぞれ8.5、8.5、30.0、4.0mg/Lである。また本実験では著者らの研究より、実験条件をC/N比：2.5、回転速度：60rpmとして行った。水質測定項目はNO₃-N濃度（カドミウム還元法）、TOC（TOC-5000：島津製作所）、DO（ウインクラージャリウム還元法）、SS、水温である。

表-1 模擬凝縮液成分

成分	含有量(mg/L)
Methanol	170
Ethanol	20540
β-phenylethyl alcohol	56
Acetic acid	163

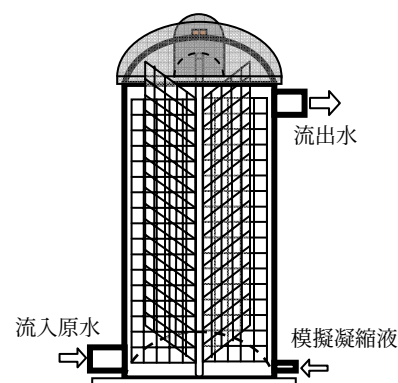


図-1 網目構造回転翼反応槽

3.実験結果と考察

パイロットプラント回転円板の処理水を用いた実験結果を図-2、3に示す。図-2は水学的滞留時間（以下、HRT）を40分（流入原水流量740mL/min）とした場合の実験結果であり、流入原水、流出水のNO₃-N濃度と脱窒率の経日変化を示す。実験は7月20日から8月3日の15日間行った。実験開始4日目で脱窒率は93%となり、以後90%前後の脱窒率で安定した。これより、安定時の流出水中ではNO₃-N濃度が平均1.1mg/Lとなった。反応槽内のDO濃度は3日目以降、0.7mg/L以下の低い値で推移したため脱窒が効率よく行われた。本実験ではC/N比が2.5であることから模擬凝縮液のTOC濃度が35mg/Lであり、それに流入原水のTOC濃度を考慮すると、流入原水中のTOC濃度は約45mg/Lとなった。脱窒率が安定した時の流出水中ではTOC濃度が10～14mg/Lとなり、模擬凝縮液による有機炭素の90%以上は脱窒反応に利用されていることが明らかとなった。

図-3にHRTを20分（流入原水流量1480mL/min）とした場合の実験結果を示す。実験は8月20日から9月2日の13日間行った。図-2と同様に実験開始4日目で脱窒率は90%となり、以後90%前後の脱窒率で安定した。安定時の流出水中のNO₃-N濃度は平均1.1mg/Lとなった。脱窒率が安定した時の流出水中ではTOC濃度が10～15mg/Lとなり、模擬凝縮液に含まれる有機炭素の85%以上は脱窒反応に利用されたことになる。

パイロットプラント処理水を流入原水とした実験では、HRT 変化による脱窒率の大きな違いは見られなかった。この原因として槽内の水温が30℃前後と高かったため微生物が活発となり、HRT の影響が顕著に表れなかったものと推察される。

実装置回転円板の処理水を用いた実験結果を図-4、5に示す。図-4にHRTを30分(流入原水流量980mL/min)とした場合の実験結果を示す。実験は10月21日から11月11日の20日間行った。実験開始4日目で脱窒率は88%となったが、その後脱窒率は60~90%の間で変動し、不安定となった。DO濃度は3日目以降、0.8mg/L以下の低い値で推移し、水温の変化はほとんど見られなかった。したがって脱窒率が不安定となった原因として、脱窒率が低下する前日の6日、12日、15日目の流水中のSS濃度が80~110mg/Lと高い値を示したことから、生物膜の一部が剥離することで脱窒率が低下したと考えられる。本実験では模擬凝縮液のTOC濃度が25mg/Lであり、それに流入原水のTOC濃度を考慮すると、流水中のTOC濃度は約35mg/Lとなった。4日目以降、流出水中のTOC濃度は10~18mg/Lであり、模擬凝縮液中の有機炭素は60%以上が脱窒反応に利用された。

図-5にHRTを40分(流入原水流量740mL/min)とした場合の実験結果を示す。実験は11月15日から12月8日の23日間行った。図-4の実験終了後、HRTを40分として実験を行ったため実験開始1日目から脱窒率は75%となった。6日目に生物膜の剥離による脱窒率の低下が見られたが、その後80%前後の脱窒率で安定し、流出水のNO₃-N濃度は平均2mg/Lとなった。1日目以降、流出水中のTOC濃度は10~20mg/Lであり、模擬凝縮液中の有機炭素は55%以上が脱窒反応に利用されたことになる。

実装置処理水での脱窒実験は生物膜が剥離することで流出水中のSS濃度が高くなり、その後脱窒率の低下が見られた。しかし、パイロットプラント処理水では生物膜の剥離による脱窒率の変化は見られなかった。この原因として流入原水である実装置処理水はSS濃度がパイロットプラント処理水に比べ4倍程高く、流入原水中のSSが生物膜表面に付着することで剥離しやすくなったためである。

4.おわりに

焼酎蒸留粕の模擬凝縮液を有機炭素源とした網目構造回転翼反応槽による都市下水の脱窒実験を行った結果、以下のような知見が得られた。

1)パイロットプラント処理水での脱窒実験ではHRT20、40分共に90%以上の高い脱窒率で安定した。2)実装置処理水での脱窒実験ではHRT30分の場合、脱窒率は60~90%の間で不安定となったが、HRT40分にすることで脱窒率は80%付近で安定した。3)SSを多く含む流入原水は、生物反応を阻害する原因となることが分かった。4)焼酎蒸留粕の模擬凝縮液は都市下水の脱窒に有効な有機炭素源であることが明らかとなった。今後、焼酎蒸留粕の固液分離後の液分を有機炭素源とする脱窒の研究を行う必要がある。

<参考文献>

- 1)甲斐 傑 他：網目構造回転翼による硝酸性窒素除去に関する研究、土木学会西部支部研究発表会講演概要集、pp406-407(2003)
- 2)天賀 友美 他：焼酎蒸留粕の模擬凝縮液を有機炭素源とした生物学的脱窒、土木学会西部支部研究発表講演概要集、pp987-988(2005)

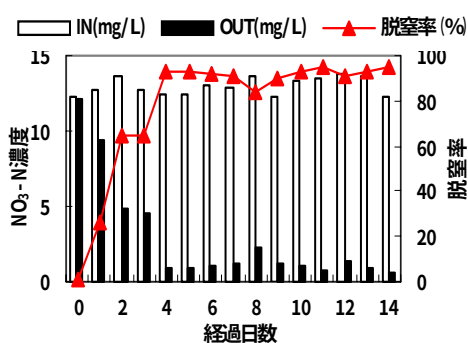


図-2 NO₃-N 濃度と除去率の経日変化

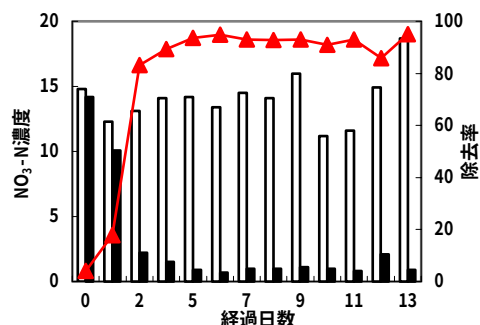


図-3 NO₃-N 濃度と除去率の経日変化

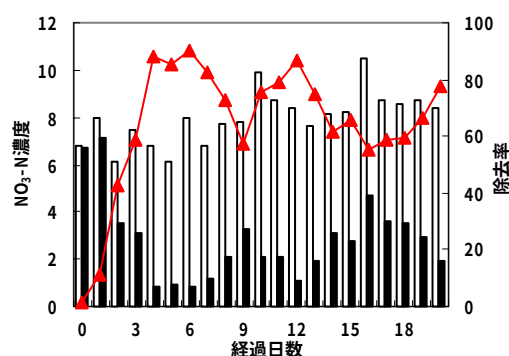


図-4 NO₃-N 濃度と除去率の経日変化

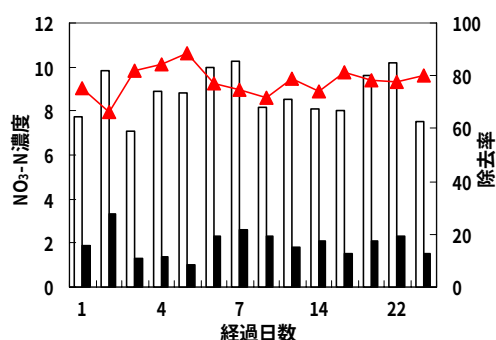


図-5 NO₃-N 濃度と除去率の経日変化