

研究論文

総状レーヨン炭化繊維を設置した矩形エアリフト槽による 高度廃水処理に関する研究

山本周治^{*1}、小林孝行^{*1}、加藤和美^{*2}

Study on Advanced Treatment of Wastewater Using Rectangular Bubble Column with Carbonized Rayon Hanks

Shuji YAMAMOTO^{*1}, Takayuki KOBAYASHI^{*1} and Kazuyoshi KATO^{*2}Mikawa Textile Research Center, AITEC^{*1,*2}

矩形エアリフト槽に生物の固定化に有効であり、処理効率が向上する事がこれまでの研究で明らかとなった。床用材を用いた高度排水処理技術について検討した。本研究ではろ床用材に 350℃で焼成したレーヨンをを用い、その形状が及ぼす硝化性能、および、脱窒性能への影響を調べた。

この結果、硝化反応においては炭化したレーヨンフィラメント糸を浸漬生物ろ床用素材として用いた場合、硝化菌の育成が良好であった。また、脱窒反応に関しては炭化ろ床材を設置した場合としない場合とも硝酸イオンは減少し脱窒菌が育成していることがわかった。

1. はじめに

近年、池や湖のような閉鎖系水域における富栄養化が深刻な問題となっている。排水のさまざまな化合物の中で、窒素は富栄養化の主要な原因のひとつであり、高濃度の窒素を含む排水の高度処理を行うプロセスの開発が望まれている。現在、生物的方法、イオン交換法、逆浸透法や化学的方法によって窒素除去が行われているが、食品製造プロセスなどからの有機排水に対しては生物的除去が適していると言われている。生物的窒素除去は、アンモニア化、硝化、脱窒反応の3段階で行われる。前者2つの反応は好気条件下で進行するが、最後の脱窒反応は嫌気条件下で進む。生物的除去の3つの反応中では、硝化菌の増殖速度が比較的遅く、また装置から流出しやすいので、硝化反応が律速段階となる。そこで硝化菌を固定化することにより、窒素除去性能の向上を目的にレーヨンや綿などの繊維をさまざまな形状、また、温度条件下で炭化し、硝化菌を用いて、微生物の付着性および窒素除去性能を検討してきた。これまで、総状レーヨンを 350℃で焼成したものが、処理能力が高いことをピーカーテストで明らかにしてきた。本研究では総状レーヨン炭化ろ床材をより実機に近づけた小型矩形エアリフト槽、あるいは、大型矩形エアリフト槽を用いてその消化能力および脱窒能力を検討した。

2. 実験方法

2.1 小型エアリフト槽用ろ床材の作成

総状レーヨン炭化ろ床材は既報の方法で作成した²⁾。

2.2 小型エアリフト槽用ろ床材の設置方法

エアリフト槽による廃水処理の仕組みは槽内に仕切板があり、この仕切板の一方でポンプにより空気を送り込み廃水を上昇させる。上昇した廃水は仕切板の反対側に流れ下降する。このとき、空気の泡によって上昇する領域は好気状態になり、下降する領域は嫌気状態となる。このようにして好気、嫌気状態を繰り返して廃水処理を行うものである。その概略図を図1に示す。今回試

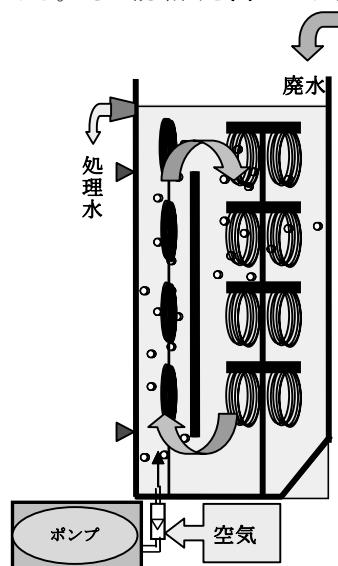


図1 矩形エアリフト槽概略図

験に用いた小型エアリフト槽の大きさは、高さ 1.0m、幅 0.07m、長さ 0.21m（容量 8.5l）で塩化ビニル樹脂製である。

この小型エアリフト槽の好気、嫌気両側にろ床材を液量 1l に 5g の割合で設置した。ろ床材は強度等を考慮してアラミド繊維でアルミニウム製のホルダーに結びつけ、ホルダーごと槽に設置した。

2.3 小型エアリフト槽による処理性能評価

2.3.1 標準活性汚泥水の作成

下水処理場から採取した活性汚泥と栄養源水の 1:2 割合に混合してエアレーションして培養した。1 日 1 回エアレーションを止めて静止させ、活性汚泥が沈殿後、上澄み液を 1/3 取り除き、そこに新しい栄養源水を与えた。栄養源水はグルコース、ペプトン、 KH_2PO_4 をそれぞれ 0.3g/l で水に溶かしたものを用いた。これを 1 週間繰り返し標準活性汚泥水とした。

2.3.2 炭化繊維への標準活性汚泥の付着処理

標準活性汚泥をろ床材に担持させるために上記で馴養した標準活性汚泥水の平均浮遊物濃度（MLSS）を 1,500~2,000mg/l の範囲にして³⁾、総状炭化ろ床材を設置した小型エアリフト槽に投入した。エアレーションを 1 日 1 回止めて 30 分静止した後、上澄み液約 1.5l を取除き同量の栄養源水を入れ再びエアレーションを行った。このときの槽の温度は冷却水循環装置により 25℃に保った。これを一週間繰り返し、標準活性汚泥をろ床材に付着させた。

2.3.3 ろ床材設置小型矩形エアリフト槽の槽環境の測定

矩形エアリフト槽は一つの槽内で好気、嫌気状態を作り出している。この槽内に標準活性汚泥水を入れ、一週間栄養源水を投入し、ろ床材に活性汚泥を付着させた。この小型エアリフト槽内の嫌気側が保たれているかを調べるために標準活性汚泥を付着させろ床材を装着した小型矩形エアリフト槽の槽内ポンプ流量を 100、200ml/min の 2 段階で槽内を循環させ、嫌気領域の下部から 10、30、50、70、80cm の位置で、栄養源投入後に DO メーター（セントラル科学製）を用いて溶存酸素量の測定を行なった。栄養源水を添加してから溶存酸素量を測定した理由は栄養源を添加すると微生物がグルコースを分解し、このとき多くの酸素が消費され溶存酸素量が減少する。このように微生物は栄養がない場合は酸素を必要としなくなるためである。

2.3.4 硝化菌の培養

小型エアリフト槽に設置したろ床材に標準活性汚泥を担持させた後に硝化菌を培養するために塩化アンモニウム等の入ったモデル廃水をローラポンプで内部の溶液が 3 日間で入れ代わるように注入した⁴⁾。槽内は 25℃に保

ち、エアレーションを行い 1 週間塩化アンモニウムの入った硝化菌培養モデル廃水を注入し、ろ床材への硝化菌培養増殖を行った。モデル廃水の組成を表 2 に示す。

表 2 硝化菌用モデル廃水組成

| 構成 | 濃度(mg/l) |
|--|----------|
| NH_4Cl | 20 |
| NaHCO_3 | 70 |
| $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ | 7 |
| NaCl | 3 |
| KCl | 1 |
| CaCl_2 | 1 |
| $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | 5 |

2.3.5 硝化性能の評価

硝化菌を培養した一週間後小型エアリフト槽の処理水と好気側の上部から 50cm からのところの廃水を 1 回/日液を抜取り試料とした。その試料をイオンクロマトグラフ分析に供し、アンモニアの酸化によって生じる硝酸イオン濃度で硝化菌の活性をろ床材なしの場合と比較した。

2.3.6 脱窒菌の培養

硝化菌の培養とほぼ同様な手順で、脱窒菌培養のモデル廃水を小型エアリフト槽に注入し脱窒菌の培養を行った。脱窒菌培養のモデル廃水を表 3 に示す。

表 3 脱窒菌用モデル廃水組成

| 構成 | 濃度(mg/l) |
|--|----------|
| NaNO_3 | 200 |
| $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ | 400 |
| NaHCO_3 | 760 |
| $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ | 24 |
| NaCl | 8 |
| KCl | 4 |
| CaCl_2 | 4 |
| $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | 16 |
| Fe-EDTA | 0.24 |
| CH_3COONa | 160 |
| Yeast Extract | 8 |

2.3.7 脱窒性能の評価

脱窒菌を培養した一週間後小型エアリフト槽の嫌気側の上部から 50cm からのところと廃水処理水を 2、4、6 時間ごとに液を抽出し試料とした。その試料をイオンクロマトグラフ分析に供し、硝酸イオン濃度の減少を測定した。

2.4 大型矩形エアリフト槽による硝化性能の評価

実際の廃水処理試験として大型矩形エアリフト槽を用いて実機による硝化性能の廃水処理試験を行った。用いた矩形エアリフト槽の大きさは、高さ 2.00m、幅 0.32m、奥行き 0.08m の透明塩化ビニル樹脂製である。これを実際の廃水処理施設と同じ条件の屋外に設置し、内部の廃水が三日間で入代わるようにモデル廃水をローラポンプ注入した。この時の硝酸イオン濃度を測定し硝化性能を評価した。このポンプによる空気の挿入量は、10l/min でこのときの嫌気領域での溶存酸素量を測定した。

3. 結果及び考察

3.1 ろ床材設置小型矩形エアリフト槽の槽内環境の測定

活性汚泥を付着させた小型エアリフト槽内をポンプで液を循環させるろ床材を設置した状態でエア流量、測定位置を変えて槽内の嫌気領域の溶存酸素量の変化と栄養源添加後 30、60 分経過したときの溶存酸素量を測定した。その結果を表 4 に示す。流量 100ml/min の場合は嫌気領域の下部から 10~30cm のところで嫌気状態になっていることが確認できた。

3.2 硝化性能の評価

小型エアリフト槽に、ろ床材を設置し標準活性汚泥をろ床材に担持させた場合とろ床材を設置せずに活性汚泥のみを槽内に浮遊させた場合とで硝化性能を比較した。実験方法は表 4 の結果からポンプ流量を 100ml とし、塩化アンモニウムを含むモデル廃水をこの槽に注入し、一週間後、好気側の中央部からと処理水を採取し、硝化菌による硝酸イオンの濃度を測定した。この結果を図 2 および図 3 に示す。ろ床材を設置した方は硝酸イオンの増加が顕著であったが、ろ床材が無い場合は硝酸イオンの検出量は低かった。このことからこのレーヨン炭化したろ床材は硝化菌の担持体としての有効性が確認できた。

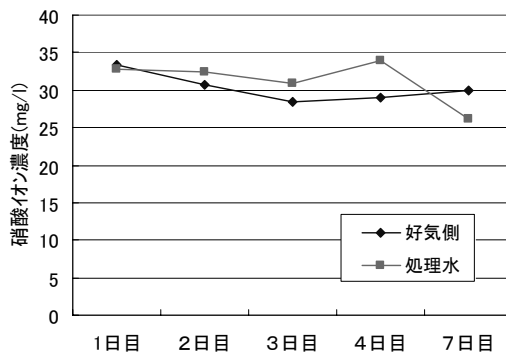


図 2 ろ床材を設置した場合の硝化性能の評価

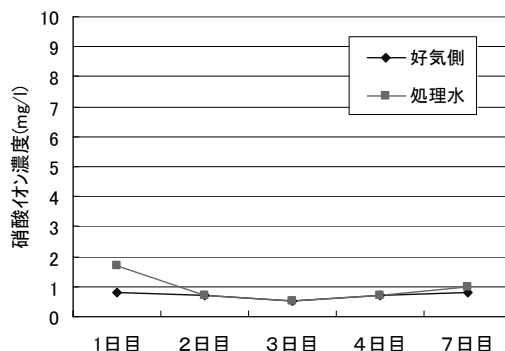


図 3 ろ床材を設置しない場合の硝化性能の評価

3.3 脱窒性能の評価

脱窒菌の作用を評価するために硝酸ナトリウム等 11 種類の薬剤の入ったモデル廃水を用いて、脱窒性能を調べた。実験方法は硝化性能を調べるのと同じ手順で脱窒性能を評価した。ろ床材を設置した場合とろ床材なしの場合の小型エアリフト槽にモデル廃水をモデル廃水を添加し、脱窒菌の作用による硝酸イオンの濃度を測定した。この結果を図 4 および図 5 に示す。ろ床材を設置有、無しの場合に関らず、硝酸イオンの検出量は低く、脱窒菌の育成はどちらでも行われていることが確認できた。

表 4 エアリフト槽嫌気側の溶存酸素量(ml/l)

| 処理槽下部からの位置(cm) | | 10 | 30 | 50 | 70 | 80 |
|-------------------|-------------|-----|------|------|------|------|
| 流量 (100ml/min) | 栄養源添加 30 分後 | 0 | 0 | 0.2 | 0.7 | 0.65 |
| | 栄養源添加 60 分後 | 0 | 0 | 0.2 | 1.0 | 0.75 |
| 流量 (200ml/min) | 栄養源添加 30 分前 | 1.2 | 1.35 | 1.85 | 1.55 | 2.65 |
| | 栄養源添加 60 分後 | 1.1 | 1.1 | 1.35 | 0.7 | 1.85 |

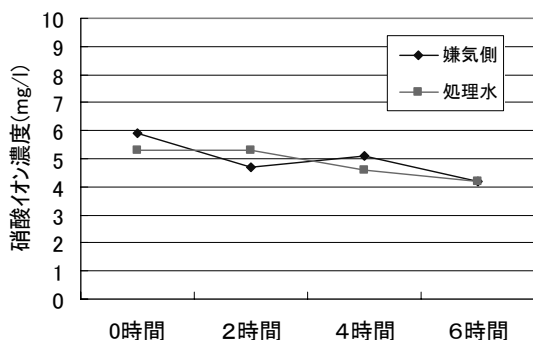


図4 ろ床材を設置した場合の脱窒性能の評価

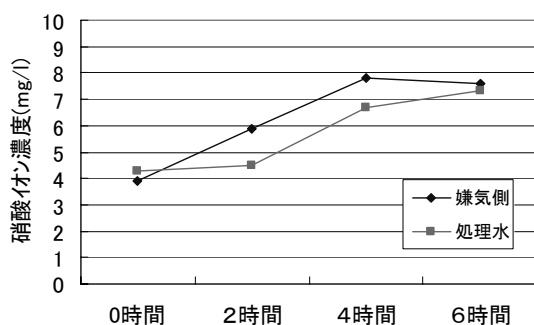


図5 ろ床材を設置しない場合の脱窒性能の評価

3.4 大型矩形エアリフト槽による硝化性能の評価

実機の廃水処理試験として大型矩形エアリフト槽を実際の廃水処理施設と同じ条件の屋外に設置して5日間の廃水処理試験を行った。最初に槽内をDOメーターで測定し、嫌気領域になっていることを確認した。これを表5に示す。また、小型エアリフト槽で実験を行ったのと同様に硝化性能の測定を行った。その結果を図6に示す。この実験結果から硝酸イオンの増加は見られず硝化菌が育成されていないことがわかった。これは、装置を工場内に設置したため温度が平均温度13.3℃であり、硝化菌が活動する温度20～40℃よりもかなり低かったためと考えられる。温度が上昇すれば硝化反応は良好になると考えられる。

表5 大型矩形エアリフト槽嫌気領域の溶存酸素量

| 測定位置(下部より cm) | 30 | 50 | 100 | 150 |
|---------------|----|----|-----|-----|
| 溶存酸素量(ml/l) | 0 | 0 | 0.8 | 1.1 |

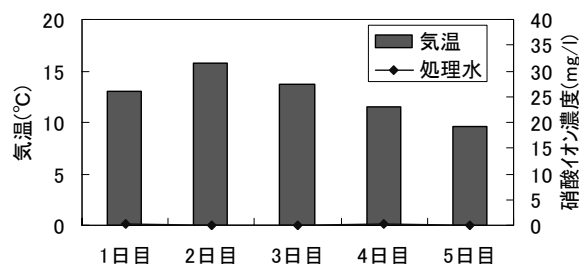


図6 実機による硝化性能の評価

4. 結び

小型矩形エアリフト槽を用いて研究をおこない、以下のことがわかった。

- (1) ろ床材を装着した場合もポンプ流量を制御することにより好気、嫌気相ができることが確認できた。
- (2) 硝化能向上のために綫状レーヨン炭化繊維をろ床材に用いる事は小型矩形エアリフト槽において有効である。

謝辞

本研究は、地域連携融合研究事業の水循環研究グループの一部として名古屋大学安田研究室と共同で研究を行ったものである。研究を遂行するに当たってご協力いただいた皆様に深く感謝します。

文献

- 1) 山本ほか：愛知県産業技術研究所報告書，6，176(2007)
- 2) 山本ほか：愛知県産業技術研究所報告書，7，128(2008)
- 3) 橋本奨，須藤隆一：新しい活性汚泥法，(1986)，産業用水調査会
- 4) 吉松崇：名古屋大学平成19年度修士論文