

# 浸漬生物ろ床用素材の開発

山本周治<sup>\*1</sup>、小林孝行<sup>\*1</sup>、加藤和美<sup>\*1</sup>

## Development of Immobilizing Carrier for Bioreactor Using Carbonized Fiber

Shuji YAMAMOTO<sup>\*1</sup>, Takayuki KOBAYASHI<sup>\*1</sup> and Kazuyoshi KATO<sup>\*1</sup>

Mikawa Textile Research Center, AITEC<sup>\*1</sup>

繊維状浄化資材を利用した浸漬生物ろ床用素材にアンモニアを硝酸に変える硝化菌、その硝酸を窒素に変える脱窒菌を選択的に固定化する方法及び浸漬生物ろ床用素材の最適な形状について検討した。また、小型矩形エアリフト槽を用いて槽内の廃水の流れや溶存酸素量による槽内環境を検討した。

この結果、硝化、脱窒反応ともレーヨンフィラメント糸を織物にしてブリーツ状、縷状、及びニット状に作成後、炭化した試料が良好であった。これらの形状は水中で揺らぐため、表面に活性汚泥が付着し易くなることと、さらに、炭化することによって表面積が大きくなったためと考えられる。また、小型矩形エアリフト槽内に活性汚泥水を入れ、ポンプ流量を変えて好気側、嫌気側の溶存酸素量を測定した結果、槽内を攪拌するポンプ流量により好気、嫌気領域に分ける事の出来る最良の吐出量濃度があることがわかった。

### 1. はじめに

我国の海域の水質規制は、CODを削減するため昭和55年以来4次にわたり実施してきたが、未だ不十分である。このため、東京湾、伊勢湾及び瀬戸内海など閉鎖性水域の水質浄化をさらに進めるため、平成16年から水質汚泥防止法の改正による第5次水質総量規制で、新たに窒素化合物・リンが総量規制の対象になった<sup>1)</sup>。このことから家庭や工場からの廃水に多く含まれる窒素化合物を効率的に除去することが緊急課題となっている。

そこで、生物処理として使用するろ床材料として繊維を炭化した素材を作成し、これに廃水中の窒素化合物からできるアンモニアを硝酸に変える硝化菌、その硝酸を窒素ガスに変える脱窒菌を選択的に固定化する方法を研究した。また、廃水の流れを考慮しながら、小型矩形エアリフト槽へ装置する予定の浸漬生物ろ床の最適な形状等について研究した。さらに、槽内を攪拌するエアの吐出量を変え、その溶存酸素量から好気、嫌気状態を測定し好気、嫌気状態を調べた。

### 2. 実験方法

#### 2.1 ろ床材の形状の検討

炭化した試験ろ床材の仕様を表1に示す。原糸はレーヨン糸を用いて作成した。平成18年度の研究成果<sup>2)</sup>およ

び柔軟性等の物性、経済性から焼成温度および時間は350、5分とした。ろ床材の形状を図1に示す。

表1 各ろ床材の形状及び仕様

形状	番手	目付
不織布	5d	250g/m <sup>2</sup>
織物 <sup>ブ</sup> リーツ	たて:75d よこ:20d	76g/m <sup>2</sup>
ニット	120d	38g/m <sup>2</sup>
縷	120d	-



図1 試験ろ床材の形状

\*1 三河繊維技術センター 開発技術室

## 2.2 各種形状炭化繊維の性能評価

### 2.2.1 標準活性汚泥水の作成

蒲都市下水道浄化センターから活性汚泥を採取し、活性汚泥と栄養源水の割合を1:2にし、エアレーションを行い、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。これを1週間繰り返し標準活性汚泥水とした。栄養源水の組成を表2に示す。

表2 栄養源水組成

構成	濃度(g/l)
Glucose	0.3
Pepton	0.3
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.3

### 2.2.2 各種炭化繊維への標準活性汚泥の付着

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<sup>3)</sup>、500ml抽出した。抽出した標準活性汚泥水にろ床材2.5gを浸漬し、エアレーションを行いながら25℃で24時間処理を行ない、活性汚泥を各ろ床材に付着させた。

### 2.2.3 硝化菌の培養

活性汚泥を担持させたろ床材を静かに取り出し、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に浸漬した。容器は25℃に保ち、エアレーションを行った。これに1日1回1/3モデル廃水入れ換え、1週間繰返し、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3に示す。

表3 硝化菌用モデル廃水組成

構成	濃度(mg/l)
NH <sub>4</sub> Cl	20
NaHCO <sub>3</sub>	70
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> ・12H <sub>2</sub> O	7
NaCl	3
KCl	1
CaCl <sub>2</sub>	1
MgSO <sub>4</sub> ・7H <sub>2</sub> O	5

### 2.2.4 硝化性能の評価

硝化菌を培養したろ床材をゆっくりと引き上げ25℃に保った硝化菌用モデル廃水中に浸漬した。このモデル廃水から1回/日液を採取し、アンモニアの酸化によって生じる、硝酸イオン濃度をイオンクロマトグラフ(日立製)で測定し、硝化菌の活性を評価した。

### 2.2.5 脱窒菌の培養

硝化性能の培養とほぼ同様な手順で、嫌気性を保つため、エアレーション無しで行った。脱窒菌培養のモデル廃水を表4に示す。

表4 脱窒菌用モデル廃水組成

構成	濃度(mg/l)
NaNO <sub>3</sub>	200
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	400
NaHCO <sub>3</sub>	760
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> ・12H <sub>2</sub> O	24
NaCl	8
KCl	4
CaCl <sub>2</sub>	4
MgSO <sub>4</sub> ・7H <sub>2</sub> O	16
Fe-EDTA	0.24
CH <sub>3</sub> COONa	160
Yeast Extract	8

### 2.2.6 脱窒性能の評価

硝化菌を培養した試料をゆっくりと引き上げ25℃に保った脱窒菌用モデル廃水中に浸漬し、1、2、3、4、6、8時間ごとに液を採取し、脱窒菌の作用による硝酸イオン濃度の減少をイオンクロマトグラフを用いて脱窒菌の活性を評価した。

### 2.2.6 活性汚泥付着量の測定

硝化、脱窒性能と活性汚泥の付着量との関係を調べるために、各ろ床材を実験前の絶乾質量と実験後の活性汚泥が付着したろ床材の質量の差を求め、相関関係を調べた。

## 2.3 小型矩形エアリフト槽による槽内環境の測定

小型矩形エアリフト槽に標準活性水を入れ、槽内温度を25℃に保ち、ポンプ流量を100、200、6500ml/minの三段階で槽内を循環させた。溶存酸素量の測定は、好気領域では下から30、50、70cmの位置で、また、嫌気領域は10、30、50、70、80cmの位置で、栄養源投入前後にDOメーター(セントラル科学製)を用いて行なった。

## 3. 結果及び考察

### 3.1 硝化性能の評価

実験用試料は4つの炭化ろ床材の他に比較対照試料として、市販PP(ポリプロピレン)製バイオコード型ろ床材、ポリエステル不織布及び活性汚泥のみを用いた。この結果を図2に示す。

硝化性能は、ニット>総>ブリーツ>不織布>活性汚泥のみ>PP製バイオコード>ポリエステルの順に硝酸イオン濃度が高くなり、レーヨンフィラメント系の形状を変えたものが硝化性能には良好な結果となった。これは炭化により表面積が大きくなったことと柔軟性があるため水中で揺らぎ活性汚泥を担持し易いためと考えられる。

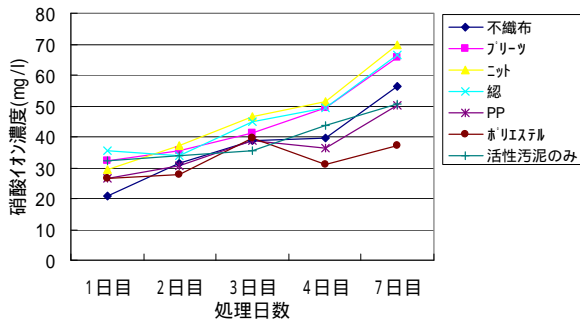


図2 硝化反応による硝酸イオン濃度

### 3.2 脱窒性能の評価

各床材による脱窒性能の結果を図3に示す。脱窒性能は総>フリース>ニット>ポリエステル>P.P製バイオコード>不織布>活性汚泥のみの順となった。この結果から脱窒性能が良好なる床材は、硝化性能と同様に上位に総、フリース、ニットと糸を加工し炭化を行った物であった。

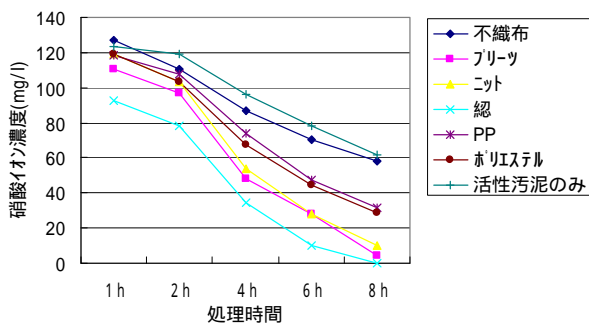


図3 脱窒反応による硝酸イオン濃度

### 3.3 活性汚泥の付着量の評価

硝化、脱窒性能の実験後、活性汚泥が付着した各床材を乾燥して重量を測定し、活性汚泥付着量と硝化、脱窒性能を比較した。その結果を図4、5に示す。

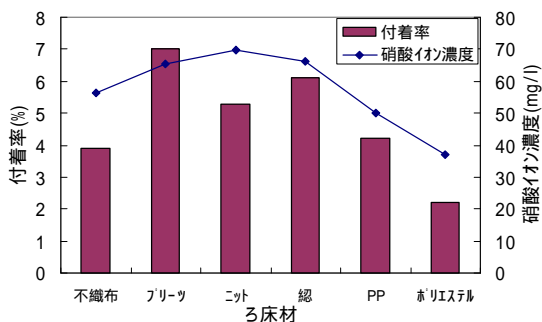


図4 硝化による硝酸イオン濃度と活性汚泥付着量の関係

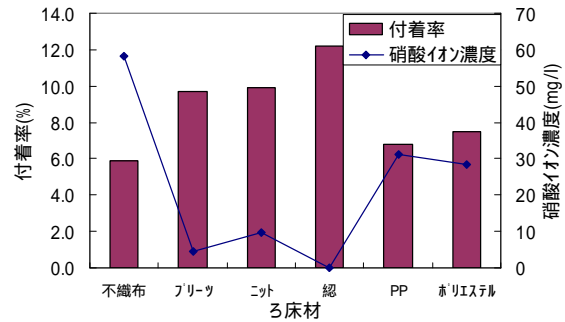
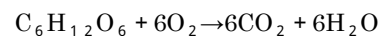


図5 脱窒による硝酸イオン濃度と活性汚泥付着量の関係

その結果、活性汚泥の付着量に比例して硝化、脱窒性能とも良好であることがわかった。これは活性汚泥の付着し易い床材の方が菌の付着量が多いためと考えられる。

### 3.4 小型矩形エアリフト槽による槽内環境の測定

矩形エアリフト槽の模式図を図6に示す。この廃水処理槽は槽内の中央部を板で仕切り、片方でエアレーションにより廃水を上部に持ち上げ、反対側に移動し、落下させる。これを繰り返す事により廃水処理を行う装置である。すなわち一つの槽内で好気、嫌気状態を作り出している。この処理槽に標準活性汚泥水を入れ、エア流量、測定位置を変えて槽内の溶存酸素量の変化と栄養源添加の前後での溶存酸素量も測定した。その結果を表5に示す。流量が大きいと酸素が嫌気領域にも流れ、溶存酸素量が増すことがわかった。また、栄養源を添加すると微生物がグルコースを分解し、多くの酸素が消費されるため、酸素量が少ないと嫌気領域の溶存酸素量が減少する。



流量 100、200、6,500ml/min で処理した場合の溶存酸素量を栄養源添加前後の好気、嫌気領域の各部位で測定した。その結果を表5に示す。流量から栄養源添加後、好気、嫌気に明確に分れる。流量 100ml/min の時に、好気、嫌気が明確に分かれるため、流量が槽内環境に大きく影響する事がわかった。

表5 エアリフト槽内の溶存酸素量(ml/l)

槽内状態		好気側			嫌気側				
測定位置(cm)		30	50	70	10	30	50	70	80
流量(100ml/l)	栄養源添加前	9.9	9.8	9.5	4.7	4.9	5.1	5.5	6.2
	栄養源添加後	9.7	8.9	8.4	0.6	0.8	0.8	0.9	1.0
流量(200ml/l)	栄養源添加前	10.4	9.8	9.5	6.2	5.6	6.2	7.4	7.3
	栄養源添加後	9.7	9.4	9.0	4.5	4.3	4.5	5.5	5.6
流量(6500ml/l)	栄養源添加前	10.0	9.9	9.8	8.3	8.4	9.0	9.1	9.4
	栄養源添加後	9.5	9.4	9.4	7.8	7.8	8.4	8.6	8.8

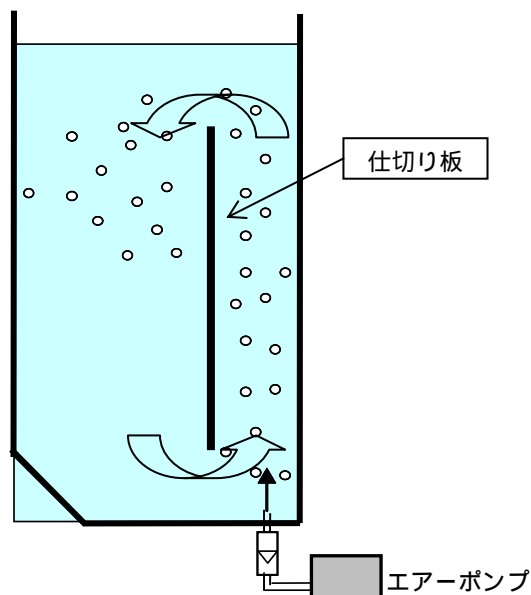


図6 矩形エアリフト槽の模式図

#### 4. 結び

本研究の結果から次のことがわかった。

##### (1) 硝化性能の評価

ニット> 総> プリーツ> 炭化不織布> 活性汚泥のみ> PP ろ床材> ポリエステル不織布の順で硝化速度が速い。これは不織布のような形より柔軟性のある糸でろ床材を作成した方が、活性汚泥の付着がし易いため菌の増殖に適しているからであると考えられる。

##### (2) 脱窒性能の評価

硝酸イオンの減少は、総> プリーツ> ニット> ポリエステル不織布> PP 製バイオコード> 炭化不織布> 活性汚泥のみの順になり、特にフィラメント糸を加工したろ床材を用いた場合の硝酸イオンの減少が大きかった。これも硝化と同様なためと考えられる。

##### (3) 活性汚泥の付着量の評価

各ろ床材に付着した活性汚泥量を計り、その付着量と硝化性能、脱窒性能の関係調べた。その結果、活性汚泥の付着量が多いほど硝化、脱窒性能とも良好であることがわかった。

##### (4) 小型矩形エアリフト槽による槽内環境の測定

小型のエアリフト槽を用いてエア流量 100、200、6500ml/min に変えて好気、嫌気側で溶存酸素量を測定した。その結果、エア流量 100ml/min の時に好気、嫌気に槽内環境が分かれることがわかった。

以上のことから硝化菌、脱窒菌を担持させるのに最適な形状のろ床材を見つけ出すことができた。また、小型矩形エアリフト槽を用いて実験を行った結果、エア流量によって、好気、嫌気に分ける最適な槽内環境を設定できることがわかった。

#### 謝辞

本研究は、エコトピア科学研究所共同研究として名古屋大学坂東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) 環境省ホームページ
- 2) 山本、小林、加藤：愛知県産業技術研究所報告書，6，176 (2007)
- 3) 橋本奨：新しい活性汚泥法
- 4) 吉松崇：名古屋大学平成 19 年度修士論文