

## 放射線加工高分子ゲルへの微生物の固定化

前橋工科大学 学生会員 ○柳澤 敬義  
前橋工科大学 正会員 田中 恒夫

## 1. はじめに

生活系排水や畜産排水などは一般に、その安定性や簡便性などから生物学的プロセスにより処理され環境衛生上無害化されている。しかしながら、微生物を利用する処理方式においては、余剰汚泥が大量に発生すること、またランニングコストが高いことなどの問題が以前より指摘されている。余剰汚泥の低減化や栄養塩類の除去能の改善に対しては、反応槽において有用微生物の増殖を促し、かつ、そのウォッシュ・アウトを抑制することが有効とされている。このため、生物膜法の優位性が広く認められるようになり、現在、その高機能化に向けて、担体の開発など種々検討が行われている。担体の材質としては、プラスチック、塩ビ、炭素材、ポリエチレンなどが一般に知られているが、本研究では放射線で加工した HPC(ヒドロキシプロピルセルローズ)ゲルを微生物担体として用いることを提案し<sup>1)</sup>、その可能性について実験的に検討した。電子電顕による HPC ゲルの構造(ポアサイズなど)の解析やゲル分率・膨潤率の測定などを行うとともに、調製した HPC ゲルを微生物担体として用いて硝化・脱窒実験を行った。

## 2. ヒドロキシプロピルセルローズ

ヒドロキシプロピルセルローズ(HPC)とは、天然に存在するセルローズを水酸化ナトリウムで処理した後、エーテル化剤と反応して得られるセルローズエーテル(非イオン性)である。今日では、食品や医薬品などの添加物に使用されている。また、HPC は水やエタノールなどに溶解し、人体や微生物に対して毒性がなく、使用基準の量的制限や用途制限もない安全な物質である。本研究では、このような特性を有する HPC を原料として、放射線加工技術を利用してゲルを調製した。

## 3. 実験方法

### 3.1 HPC ゲルの調製

濃度 30%の HPC ペーストに、20kGy の強度で電子線を照射してゲルを調製した。照射後、24~48 時間純水に浸漬し洗浄・膨張させ、その後純水から取り出して凍結乾燥した。調製したゲルについて、網目構造の大きさ、ゲル分率(GF)および膨潤率(SW)などを測定し、その特性について詳細に検討した。また、微生物培地を溶媒として調製したゲルも用意した。実験に用いた微生物培地は、普通培地、硫黄細菌用培地、硝化細菌用培地、脱窒細菌用培地である。

### 3.2 硝化実験

硝化細菌用培地を溶媒とした HPC 培地ゲルを用いて硝化実験を行った。培地ゲルは、縦:0.5cm、横:0.5cm、長さ:10cm の大きさに整形した後、直径約 1cm のメッシュ状筒に挿入してから反応器内に設置した。反応器の容量は約 1L で、その中に比表面積が約 70m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>となるように担体ユニットを 36 セット充填した。また、曝気用の球形ディヒューザーも設置した。培地ゲルへの硝化細菌の固定化は、反応器を約 500mL の下水二次処理水で満たし、25°Cに制御した水槽において連続曝気・回分方式の条件で行った。固定化の期間は 26 日間とした。

細菌の固定化・馴致の後、反応器の溶液を下水二次処理水からアンモニア溶液へ交換し、同様に連続曝気・回分方式の条件で硝化実験を行った。実験は、25°Cの条件下で行った。

キーワード:放射線加工 HPC ゲル、選択的微生物固定化、硝化細菌、脱窒細菌

連絡先:〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町 460-1 Tel:027-265-7363、Fax:027-265-3837

### 3.3 脱窒実験

脱窒細菌用培地を溶媒とした HPC 培地ゲルを用いて、硝化実験と同様の条件で脱窒実験を行った。ただし、脱窒細菌の固定化は、曝気用の球形ディヒューザーは設置せず、反応器の上面をパラフィルムとビニールテープでしっかりと密封し、再曝気による酸素溶解を抑制した。細菌の固定化・馴致の後、反応器内の基質を下水二次処理水から硝酸カリウム水溶液 (50mg-N/L) に交換し、25°C の条件で回分方式の脱窒実験を行った。

## 4. 実験結果

### 4.1 HPC ゲルの特性

HPC ゲルの SEM 写真を図 1 に示す。整った三次元網目構造が形成されていることやポアがゲル内部にまで繋がっていることがわかる。また、純水で溶解した HPC ペーストに電子線を照射することで網目状の構造ができることは確認されているが、微生物培地を練り込んだ場合でも網目状構造ができることが確認できた。ただし、硫黄培地を用いた場合において網目構造は細かくなった。

図 2 にゲル分率と膨潤率の測定結果を示す。純水ゲルのゲル分率が最も高かったが、硝化ゲルと硫黄ゲルも 90% を超える値となった。硝化細菌用培地と硫黄酸化細菌用培地を用いた場合にゲル分率は高くなることがわかった。また、膨潤率については、硫黄培地を用いた場合に 14.5 倍と最も高い結果となった。一方、最も低かったのは純水を用いて調製した HPC ゲルであった。普通培地、硝化細菌用培地、脱窒細菌用培地、硫黄酸化細菌用培地を用いて担体を作製することにより膨潤率は高くなることがわかった。

### 4.2 硝化実験

硝化実験の結果を図 3 に示す。反応器内の  $\text{NO}_3^-$  濃度は時間の経過とともに上昇した。 $\text{NO}_3^-$  生成速度は高く、担体に選択的に硝化細菌が固定化された結果と考えられる。しかし、反応器内の  $\text{NH}_4^+$  濃度も時間の経過とともに上昇し、これは硝化細菌用培地の成分である  $\text{NH}_4^+$  が担体より溶出した結果と考えられた。

### 4.3 脱窒実験

脱窒実験において、実験開始から 7 日まで  $\text{NO}_3^-$  濃度は減少した。これは、脱窒反応により  $\text{NO}_3^-$  が  $\text{N}_2$  まで還元された結果と考えられる。7 日以降、 $\text{NO}_3^-$  濃度の減少は確認されなかった。実験開始時と実験終了時では約 15% の  $\text{NO}_3^-$  が減少した。DO 濃度が増加する前までは  $\text{NO}_3^-$  濃度の減少が確認できたことから、DO 濃度の増加が脱窒反応の進行を妨げた要因と考えられる。また、実験開始後 3~7 日にかけて  $\text{NO}_2^-$  濃度の上昇が確認されたことから、反応器内では硝酸塩還元反応が進行していたと考えられる。

## 参考文献

1) Yanagisawa, S., Kojima, T., Nagasawa, N., Taguchi, M. and Tanaka, T. (2012): Immobilization of Nitrifying Bacteria to the HPC Gel Medium Synthesized by Electron Beam Irradiation, 高崎量子応用研究所研究年報 2011.

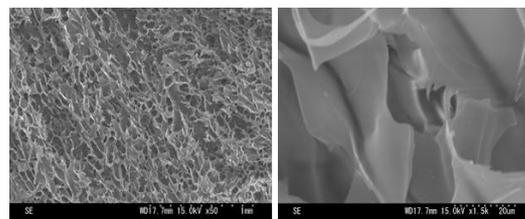


図 1 表面形状(×50) 内部構造(×1500)

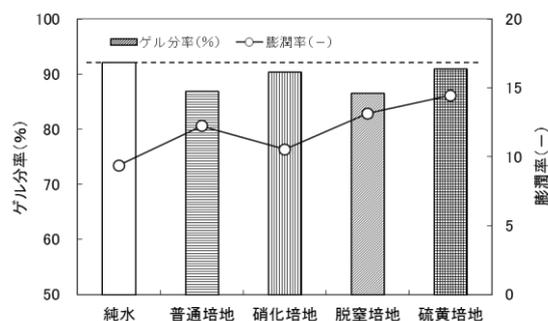


図 2 ゲル分率と膨潤率

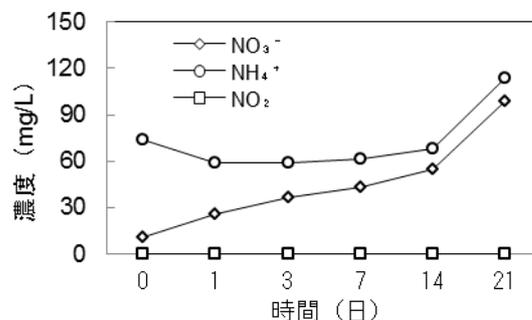


図 3 硝化実験における窒素濃度の変化

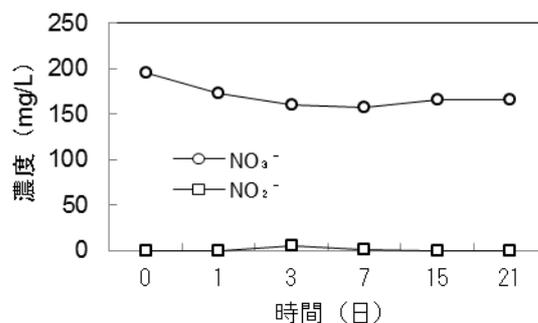


図 4 脱窒実験における窒素濃度の変化