微生物膜剥離再生における有機高分子ゲル機能性の効果

前橋工科大学　学生会員　○菅原　思織
前橋工科大学　　非会員　　杉本　　匠
前橋工科大学　　正会員　　田中　恒夫

１．目的

活性汚泥法は、最も主流な排水処理方法である。しかし、活性汚泥法は以前から以下の問題点が指摘されている。①余剰汚泥が大量に発生すること、②設備が大きいため広い土地の必要性、③栄養塩類の除去能が低いことである。現在、これらの問題点を改善するため、活性汚泥法の高機能化に向けて研究が積極的に行われている。

活性汚泥法の他に、汚水の生物的処理として生物膜法がある。生物膜法の利点は主に次の３つである。①浄化に関与する微生物が多様であること、②各段における水質に最も適応する種の微生物が集積すること、③余剰汚泥の発生量が少ないことである。一方問題点は、定期的な逆洗の必要性である。生物膜法の場合、担体に微生物が微生物膜を形成し、排水を分解・処理する。この微生物膜は成長し厚肥化すると、分解・処理機能が低下する。分解・処理機能を維持するためには定期的な逆洗が必要とされる。また、この逆洗時に剥がされた微生物膜がスカムとなるほか、生物保持が少なくなり処理性能が低下する。

本研究では、このような生物膜法の問題点を補う方法として放射線で加工したヒドロキシプロピルセルロース(以下 HPC と略)ゲル[1)2)]に着目し、その機能性について実験的に検討する。担体の機能性として求められることは、微生物へ基質（有機炭素）を安定的に供給し微生物の活性を保持すること、分解成分に応じた有用微生物を選択的に固定化すること、生物膜の剥離再生が促進されることであると考え、この３点に着目して研究する。

２．HPC ゲルについて

２．１　HPC とそのゲル化

HPC は、セルロースを水酸化ナトリウムで処理した後、プロピレンオキサイドなどのエーテル化剤と反応させて得られる水溶性のセルロース誘導体であり、微生物の代謝に不可欠な有機炭素を含んでいる。また、化学的に安定で、人に対しても微生物に対しても毒性がなく安全性が高い。

この HPC は、放射線で架橋することによって微小な三次元網目構造が構築されゲル化する。この構造を持つことによって、吸水性を示し強度が向上する。照射強度が大きいゲルほど硬いゲルが完成する。実験で使用した HPC ゲルの照射強度は、10kGy、20kGy、50kGy、100kGy の４種類とした。

２．２　HPC 担体としての利用

HPC ゲル担体は、その溶媒を水ではなく培地としても作製することができる。これによって、特定の微生物を選択的に固定化することが可能である。具体的には、硝化細菌を固定化する担体場合、硝化細菌の基質であるアンモニアを溶媒に加える。この担体には硝化細菌が優位的に固定される。

２．３　HPC ゲルの機能性

これまでの研究では、HPC ゲルは温度変化により、体積が可逆的に大きく変化(相転移)することがわかっている。体積変化は、温度が低くなると収縮し、高くなると膨張する。このような温度変化による体積変化は、担体表面の過剰な生物膜の生育を抑制し、汚染物質の処理機能を回復することが可能と考えられる。

３．実験とその方法

３．１　水温の影響

担体は縦：5 ㎝、横：5 ㎝の大きさにカッターナイフを用いて成型した。反応器として 2L ビーカーを用い、この中に同じ照射強度の担体を２つずつとイオン交換水 1.5L を入れた。反応器はウォーターバス(THOMAS 製、TRL-10IFE)内で水温の管理をした。ウォーターバスの温度を調節し、20℃から 50℃まで 10℃ずつ 24 時間ごとに上昇させ、次に 20℃、10℃と同様に 24 時間ごとに降下させた。pH7 付近、電場は存在しない環境で実験を行った。計測は温度変化させてから 24 時間後に反応器から担体を取り出し、4 辺と 4 角における厚さを測定し、体積変化を観察した。

３．２　電場の影響

担体は水温の影響の実験と同様に縦：5 ㎝、横：5 ㎝の大きさに成型した。反応器は１辺が 10 ㎝のガラス製の立方体を用いた。担体を極板にゆるく固定し、反応器越しにノギスで測定できるようこれを反応器の角にセットした。120 分間 10V の電圧を連続的にかけ、印を付けた箇所の極板の間のゲル厚と、極板と平行方向の長さであるゲル幅を測定した。このとき、水温 20℃付近、pH7 付近に保ち実験を行った。

キーワード　有機高分子ゲル　相転移　微生物担体　電場　生物膜再生
連絡先　〒371－0816　群馬県前橋市上佐鳥町 460 番地の１　前橋工科大学　TEL. 027(265)7363 E-mail：t-tanaka @maebashi-it.ac.jp

３．３　pH の影響

担体は水温の影響の実験と同様に縦：5 ㎝、横：5 ㎝の大きさに成型した。反応器として 500mL ビーカーを用い、その中に pH を調節した溶液 500 mL と担体を入れた。pH は pH3～11 の範囲で変化させた。この後に溶液を pH 13 に交換し 48 時間置いた。また、pH の許容範囲は±0.1 とした。このとき、水温は 20℃に一定に保たれるようにウォーターバスに反応器を設置した(電場なし)。体積の測定方法は、pH を変化させてから 24 時間後に水温の変化の実験の時と同様に行った。

４．結果と考察

４．１　水温の影響

水温の影響による担体の体積変化についての実験結果を図 1 に示す。図 1 は、20℃のときの体積を 100%としたときの各水温における体積変化率を表している。照射強度の異なる全ての担体に共通していることは、最高水温である 50℃のとき最も体積は収縮し、最低水温である 0℃のときに最も体積が膨張した。また、水温を上昇させ一度収縮した体積は、再び 20℃に低下させたとき、体積変化率約 92～101%とほぼ初期の体積に戻った。加えて、照射強度が小さい担体ほど体積変化が大きく、照射強度が大きい担体ほど体積変化は小さかった。

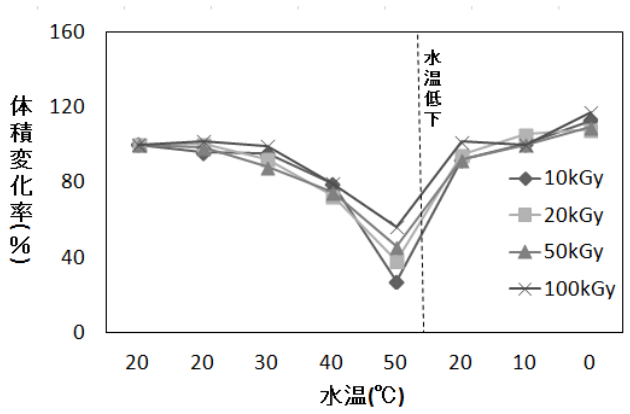

図 1　水温による体積変化

４．２電場の影響

電場の影響による担体の体積変化を図 2 に示す。図 2 は、電圧をかけていない段階の担体の体積を 100%としたときの担体の体積変化率である。94～105%の範囲の極小さい体積変化であった。このことから、この実験条件ではゲル体積はあまり変化しないことがわかった。

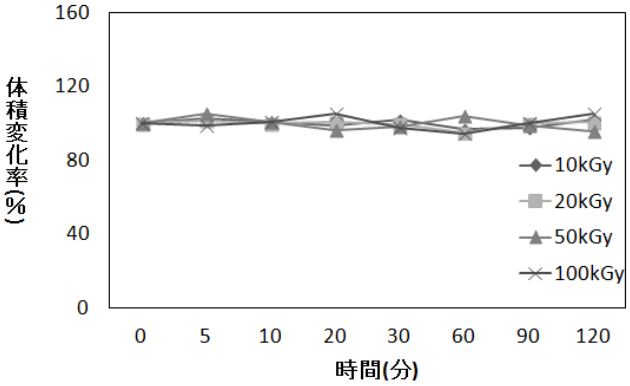

図 2　電場による体積変化

４．３　pH の影響

pH の影響による担体の体積変化を図 3 に示す。図 3 は、実験を開始する前の pH7 のときの体積を 100%としたときの各 pH における体積変化率を表している。pH11 のとき、照射強度 100kGy のゲルについてはあまり変化がみられなかったが、それ以外の担体は 6～9%の体積の増加がみられた。よりアルカリ性の強い pH13 のとき全てのゲル担体の体積は増加した。特に照射強度の小さいゲル担体の体積の増加が大きく、10kGy ゲルは約 47%、20kGy ゲルについては約 29%体積が増加した。この実験では、HPC ゲル担体は pH11 から体積の膨張をはじめ、pH13 で体積は最大となった。

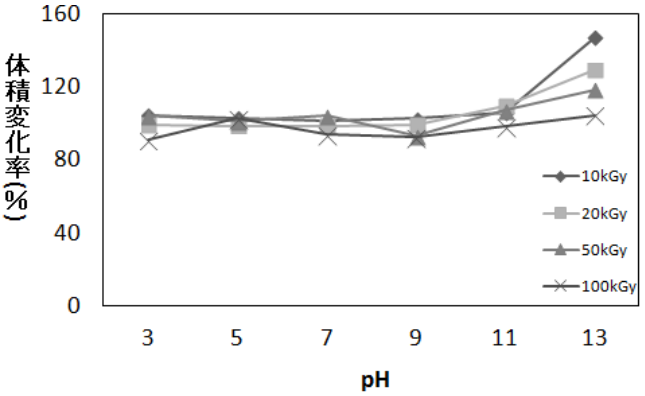

図 3　pH による体積変化

５．まとめ

電子線で加工した HPC ゲル機能性に着目し、微生物担体としての利用可能性について実験的に検討した。本研究での実験条件では、HPC ゲル担体の体積は水温と pH に影響されるが、電場の影響は受けないということがわかった。

水温の変化による HPC 担体の膨張・収縮の可逆的変化や pH のアルカリ性域における膨張は、排水処理に用いられる生物膜法において微生物膜の剥離再生に役立つと考えられる。微生物膜の剥離再生を促すことによって、分解・処理機能の低下を防ぎ、逆洗の回数を減らすことができると考えられる。

参考文献

1)　田中恒夫、柳澤敬義：有機高分子ゲルの脱窒反応における電子供与体としての利用可能性、土木学会論文集 G(環境)、Vol.70、No. 3、pp. 53－58、2014.

2) 田中恒夫、鎌田彩花、小嶋達則：ヒドロキシプロピルセルロースのゲル化とその微生物担体としての利用可能性、前橋工科大学研究紀要、第 17 号、pp. 1－6、2014.