

(Ⅶ-6) 炭素繊維の活性汚泥付着能について

木更津工業高等専門学校 ○永島清貴 高橋克夫 上村繁樹
高石斌夫 川島浩司 小出寛子

1. はじめに

水中に浸漬した炭素繊維には微生物を大量に付着させる性質がある。この炭素繊維の特性を活用した水質浄化技術が実用化されている¹⁾。

炭素繊維を活性汚泥混合液中に浸漬すると、活性汚泥が大量に付着して“汚泥ボール”を形成することが知られている。しかしながら、この炭素繊維の大きな汚泥付着能のメカニズムについては明確にされていない。我々は炭素繊維が静電気を持つ性質から、付着量に関連する要因として炭素繊維の導電性に着目した。

本研究では活性汚泥混合液中に浸漬した炭素繊維の活性汚泥付着量について調べた。また、炭素繊維を陰極に接続し、電解水素を発生させた場合の NO_3^- -Nの変化についても調べた。

2. 実験方法

実験に使用した炭素繊維（新日鉄ピッチ系）は1束42cm（0.42g、フィラメント数6000本、繊維径 $10\mu\text{m}$ ）のものを長さを調節し、各実験ごとに新しい炭素繊維を使用した。

2-1 活性汚泥付着量測定試験

食品排水の処理に用いられていた活性汚泥を種汚泥として、グルコースを主成分とする人工下水（平均TOC約 318mg/L 程度、 NH_4^+ -N 40mg/L ）によりあらかじめ培養した活性汚泥混合液を実験に用いた。実験は、水槽（ $200\text{mm}\times 241\text{mm}\times 400\text{mm}$ ）に活性汚泥混合液を9.65L入れ、さらに長さ21.0cm、質量0.207gの炭素繊維を浸漬させたのち曝気量を 3L/min と設定して実験を開始した。なお、炭素繊維は水中に17.0cm浸漬させた。1日1回活性汚泥を沈降させて、上澄みを4.8L引き抜き、同量の人工下水を添加した。実験装置は、活性汚泥混合液中に炭素繊維を浸漬させたもの（装置1）、炭素繊維にアースを付けたもの（装置2）、および乾電池（単3形）の陰極側に炭素繊維を接続し、電圧を1.5Vおよび3V印加したものをそれぞれ装置3、装置4とした。電池のもう一方の極には炭素棒（人造黒煙、長さ305mm、 $\phi 5\text{mm}$ ）を用いた。実験は4回行い、開始時のMLSSを変化させ、それぞれの条件における活性汚泥の付着量を調べた。ただし、4回目の測定に関しては、電池の陽極（1.5V）に炭素繊維を接続したもの（装置5）を加えた。炭素繊維の浸漬期間は1回目は4日間、その他は6日間とした。

付着量の測定は、まず活性汚泥を沈降させた後、上澄みを引き抜き、炭素繊維を取り出した。そして、付着した活性汚泥をガラス棒と蒸留水を用いてビーカーに剥ぎ落とし、体積とMLSSを測定し、両者の積から付着量を求め、水中に浸漬している炭素繊維1gあたりの付着量を算定した。

2-2 炭素繊維による窒素変化

電池により電圧を印加し、炭素繊維に付着した活性汚泥の硝化・脱窒能力を比較する実験を行った。上記の装置1、2、3、5を用い、MLSSを平均 3000mg/L 、水温を 25°C の条件で無機性窒素の挙動を調べた。人工下水添加直後と1日後の添加前にサンプルを採取する2点測定法で分析を行った。各サンプルの上澄み液を $0.45\mu\text{m}$ メンブレンフィルターでろ過したろ液を用いて NH_4^+ -N、 NO_2^- -N、 NO_3^- -NおよびTOCの測定を行った。測定は炭素繊維をセットした時点から行った。また、実験開始から14日後に、一時的に人工下水の炭素源の成分を除き、硝酸ナトリウムを主成分とする人工下水（ NO_3^- -N 40mg/L ）を添加し、 NO_3^- -Nの変化を測定した。

2-3 電解水素供給による窒素変化

汚泥が付着した炭素繊維に水素を発生させて NO_3^- -Nの変化を調べた。2点測定法の実験開始から21日後、ひきつづき装置1、2を用いて実験を行った。装置1に20mAを通電し、水素を発生させた。今回、陽極の炭素棒は角柱タイプ（ $10\text{mm}\times 20\text{mm}\times 100\text{mm}$ ）を2本使用した。装置2は測

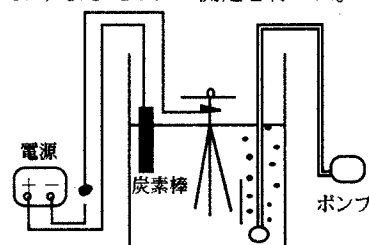


図1 実験装置概要図

キーワード：炭素繊維、汚泥付着、活性汚泥

連絡先：〒292-0041 千葉県木更津市清見台東2-11-1 TEL：0438-30-4153 FAX：0438-30-4153

定の3日前からアースをはずし、炭素繊維のみのものを対照とした。

なお、この実験では人工下水の炭素源の成分を除いた人工下水を添加し、硝酸濃度の時間変化を測定した。図1に実験装置の概略図を示す。

3. 実験結果と考察

3-1 付着量測定

図2に各MLSSにおける活性汚泥付着量を示す。4回の測定の結果、装置1と装置2について比較すると、3回目の測定を除き、炭素繊維にアースを接続した方が1gあたりの付着量が8~50g程度低くなる傾向が見られた。アースによる電位の減少が原因であると推測される。次に、電圧を印加した装置3、4に着目した。MLSSの高い1、2回目は電圧を印加したほうが、印加しないものに比べて付着量が大きい傾向を示したが、MLSSの低い3、4回目では、付着量が大きくなる傾向は見られなかった。

3-2 無機性窒素の変化

図3の上段に実験開始時の2点測定法の結果、下段に9日後の結果を示す。実験開始1日後にはどの実験系もすでに汚泥ボールが形成され、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ が98%以上酸化された。全無機性窒素は、装置1で54.7mg-N/Lから23.4mg-N/Lと減少していた。4つの装置の除去率の範囲は43~57%であり、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ の形態で多く残存していた。しかし、9日後においては装置1に関して全無機性窒素が96%除去されていた。他の装置も83%程度除去されていた。図4に2点測定法の結果を示す。上段が装置1、下段が装置3である。実験開始2日後には両実験系もすでに90%程度、全無機性窒素が除去された。これは、付着汚泥内部の無酸素環境による脱窒現象が原因であると推測できる。装置1の方が僅かではあるが、全無機性窒素の濃度が低かった。また、どの測定においてもTOCは人工下水添加翌日には98%程度除去されていた。なお、装置2、5の結果もほぼ同様の結果を示した。

図5に人工下水に炭素源を除いたときの2点測定法の結果を示す。装置1は50.7mg-N/Lから30.9mg-N/Lに低下し、装置2は44.0mg-N/Lから24.6mg-N/Lに低下し、それぞれ39%、44%が脱窒により全無機性窒素が除去された。一方、装置3、4は脱窒が見られなかった。このことは、電圧を長期間印加すると、微生物の活性が低下することを示唆している。

3-3 電解水素供給による窒素変化

図6に約20mAを通電した結果を示す。30時間経過後からは、通電した方が僅かながら $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 濃度が低かった。これは、通電により発生した電解水素を微生物が利用した結果であると考えられる。しかし、電流を約60mAと大きくすると付着汚泥全体が黒ずんでくる現象が見られた。

4. まとめ

- 1) 炭素繊維のみの場合とアースを接続した場合においては、アースを接続した方が付着量が低下する傾向が見られた。
- 2) 炭素繊維を活性汚泥混合液中に浸漬することにより、短時間に大量の付着汚泥が形成され、硝化・脱窒の複合プロセスが実現することが示唆された。
- 3) 炭素繊維を通電し、電解水素を供給した場合による脱窒効果は少なかった。

5. 参考文献

- 1) 小島 昭 (1998) 材料科学, Vol. 35 No. 6 25-32

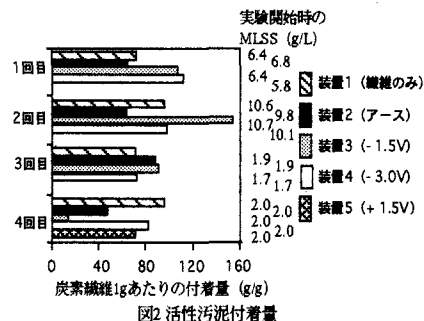


図2 活性汚泥付着量

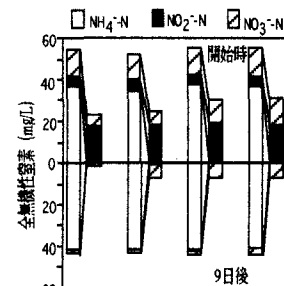


図3 実験開始時と終了時の比較

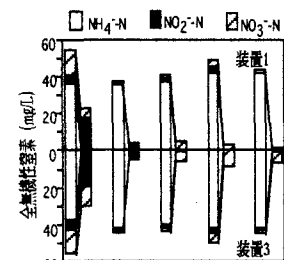


図4 装置1における2点測定法経時変化

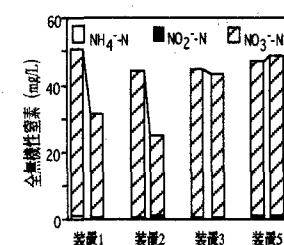


図5 炭素源不添加時における全無機性窒素の変化

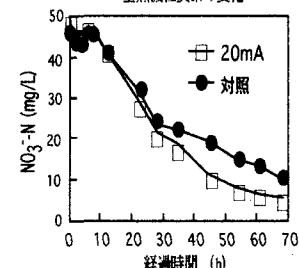


図6 電解水素供給時の $\text{NO}_3^-\text{-N}$ の変化