

生分解性繊維浄化資材を用いた廃水処理

加藤和美^{*1}、齊藤秀夫^{*2}、佐藤嘉洋^{*2}

The Wastewater Treatment using Biodegradable Fiber

Kazuyoshi KATO, Hideo SAITO and Yoshihiro SATO

Mikawa Textile Research Center, AITEC^{*1*2}

ポリカプロラクトン、澱粉系の生分解性樹脂を用い、断面形状やシリカ粉末混練の有無の違いのある繊維を紡糸した後、接触材を試作し、廃水浄化性能について検討した。その結果、ポリカプロラクトンや澱粉系の生分解性繊維を用いたモール状接触材は、汚泥付着も良好で、硝酸性窒素を除去することが確認された。窒素除去性能は繊維断面形状や微量添加物であるシリカの影響は殆どないこともわかった。また、ポリカプロラクトンは分解とともに塊状に脱落、水中に分散し、TOC 値が上昇する現象が見られた。

1. はじめに

廃水中に含まれる硝酸性窒素、リンや有害有機化合物などの難分解性物質は環境汚染や富栄養化を引き起こし大きな問題となっている。そのため、これらの汚染物質を効率よく除去する技術が強く求められている。本研究では、多様な微生物が高濃度に共存できる接触材を開発し、生物処理（浸漬生物ろ床法）により、高度な廃水浄化を実現しようとするものである。そこで、微生物担持性能に優れている生分解性樹脂に着目し、樹脂の種類、微量成分、断面形状等の違う生分解性繊維を溶融紡糸し、微生物担持性能、生物処理による廃水浄化性能、特に富栄養化の原因とされる硝酸性窒素の除去性能、さらに生分解性について検討した。

2. 実験方法

2.1 生分解性樹脂

使用した生分解性樹脂は次の2種類である。

ポリカプロラクトン（以下 PCL と略す）

セルグリーン PH7 ダイセル化学㈱

澱粉系（以下 MB と略す）

マタービ ZF03u/A 日本合成化学工業㈱

2.2 溶融紡糸

溶融紡糸は、スクリュー径 35mm の溶融押出機（㈱中部化学機械製作所製 TM-35）を用い、円形または星形ノズルを取り付けて行った。PCL、MB 単独及び MB / PCL = 80 / 20 のブレンドで行った。また、吸着性能の付与と繊維表面を荒らして微生物付着性の向上をねらい、微細

添加物質としてシリカ粉末（平均粒子径 3.8 μm）を 1wt%混練したものについても紡糸した。

2.3 接触材の作成

溶融紡糸した生分解性繊維を用いてモール状接触材を試作した。また、比較用として従来から廃水浄化用として使用されてきたポリプロピレン（PP）繊維製接触材も製造した。

2.4 浄化(硝酸性窒素の除去)性能試験

蒲郡市下水浄化センターの活性汚泥（400ml）、10mM Na - リン酸緩衝液（1600 ml）、硝酸カリウムからなるモデル廃水とモール状接触材（10 g）を担体脱窒能力評価装置（2 l 試験槽 × 4、恒温水槽付）にいれ、攪拌しながら試験した。試験はバッチ試験と 24 時間で試験槽内の水が入れ替わるように流量を設定した連続試験で実施し、次の項目について評価した。

浄化性能評価：イオンクロマトグラフ、

TOC 測定装置

汚泥付着状況：目視

生分解性：電子顕微鏡観察

3. 実験結果及び考察

3.1 生分解性繊維の物性

表 1 に製造した生分解性繊維の物性を示す。また、星形断面繊維の電子顕微鏡写真を図 1 に示す。

すべての生分解性繊維で問題なくモール状接触材の製造が可能であった。モール状接触材の写真を図 2 に示す。

3.2 モデル廃水浄化(硝酸性窒素の除去)性能

試験開始 1 日後には全ての試料に汚泥が付着し、水の

表1 生分解性繊維の物性

| 素材 | PCL | | | | MB | | MB/PCL=80/20 | | | |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------|-----|-----|-----|
| | | | | | | | | | | |
| 断面形状 | | | | | | | | | | |
| シリカ粉末 | なし | 1% | なし | 1% | なし | なし | なし | 1% | なし | 1% |
| デニール | 430 | 400 | 520 | 520 | 680 | 740 | 700 | 730 | 730 | 710 |
| 引張り強さ (kgf) | 1.5 | 1.5 | 1.8 | 1.8 | 1.4 | 1.7 | 2.0 | 1.8 | 1.9 | 1.7 |
| " (g/d) | 3.5 | 3.8 | 3.5 | 3.5 | 2.1 | 2.3 | 2.9 | 2.5 | 2.6 | 2.4 |
| 伸び率 (%) | | 97 | 92 | 90 | 35 | 37 | 34 | 31 | 56 | 40 |

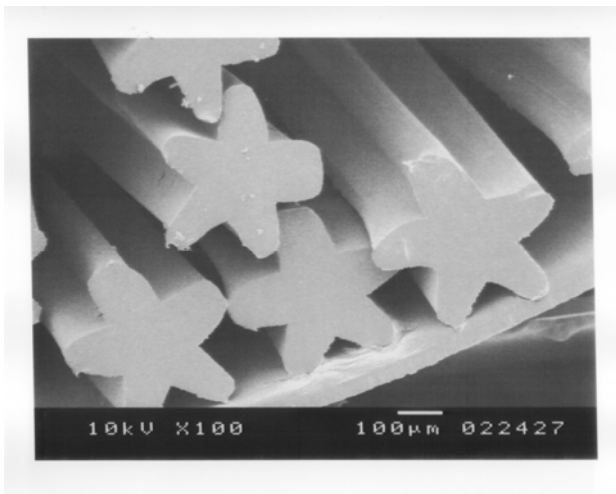


図1 星形断面繊維の電子顕微鏡写真



図2 モール状接触材

透視度は良好になった。素材による汚泥の付着状況に差は見られなかった。図3に、断面、シリカなしの20±2でのバッチ処理試験における硝酸イオンの濃度変化を示す。従来のPP繊維では、硝酸イオン濃度の減少は見られず、窒素は除去されなかったが、生分解性繊維

のPCL、MB、MB/PCLでは硝酸イオン濃度が低下し、硝酸性窒素が除去された。さらに試験を継続すると、生分解性繊維では試験液が白濁し、TOC値が上昇する現象が見られた。最も顕著に現象が現れたのがPCLであった(図4、図5)。白濁物をろ過し、DSC測定すると、58付近に吸熱ピークが観察され、この温度に融点をもつPCLの微細粉末による白濁と推定された。

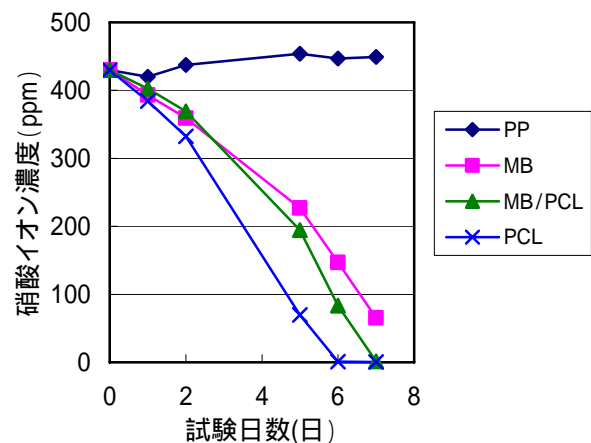


図3 20 バッチ処理での窒素除去性能

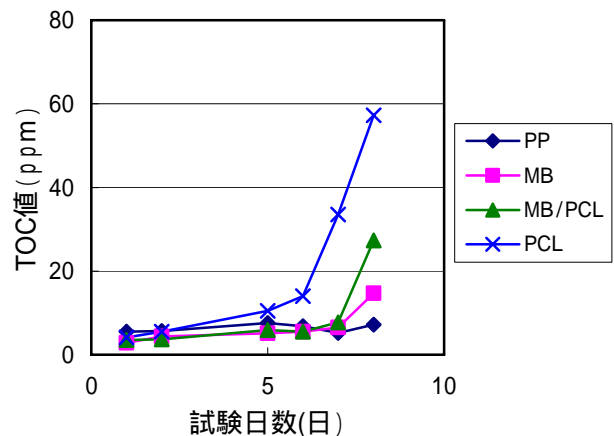


図4 20 バッチ処理でのTOC値

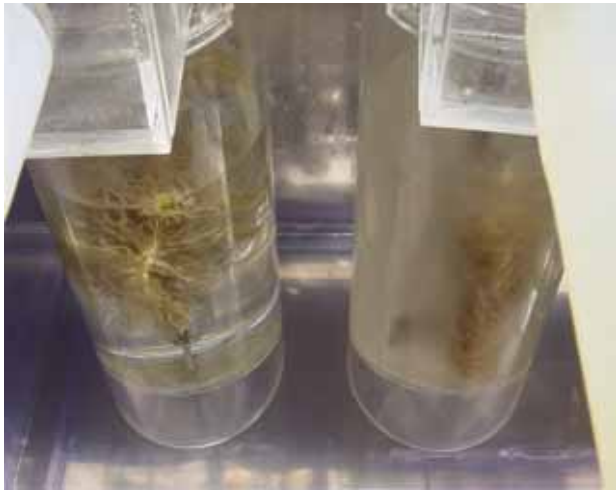


図5 モデル廃水浄化性能試験
(左：MB、右：PCL)

断面形状のと、シリカ混練の有無による差を調べた。試験開始1日後には全ての試料に汚泥が付着し、水の透視度は良好になった。と、シリカの有無による汚泥の付着状況に差は見られなかった。窒素除去性能についても、同一素材では大きな差はみられなかった。PCL 繊維の断面形状とシリカの有無による窒素除去性能を図6に示す。

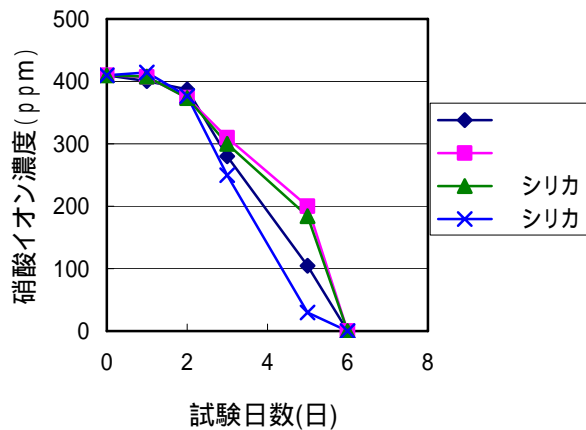


図6 PCL 繊維の断面形状、シリカ有無と窒素除去性能

次にモデル廃水中の硝酸イオン濃度を約100ppmに減少し、24時間で試験槽内の水が入れ替わるように流量を設定した連続試験の結果を図7に示す。従来繊維のPPは、硝酸イオン濃度の減少はほとんど見られず、窒素は除去されなかった。生分解性繊維では、MB、MB/PCLでは硝酸イオンが約半減し、硝酸イオンの分解過程でできる亜硝酸イオンが少量確認された。PCLでは原因不明であるが、硝酸イオンの減少が見られなかった。バッチ処理のときと活性汚泥が変わったことや、他の条件変化

により、微生物の活性が変化したことが原因と考えられる。バッチ試験で窒素除去されていることから、再度試験をおこなえば連続処理でも窒素除去されるものと考えられる。

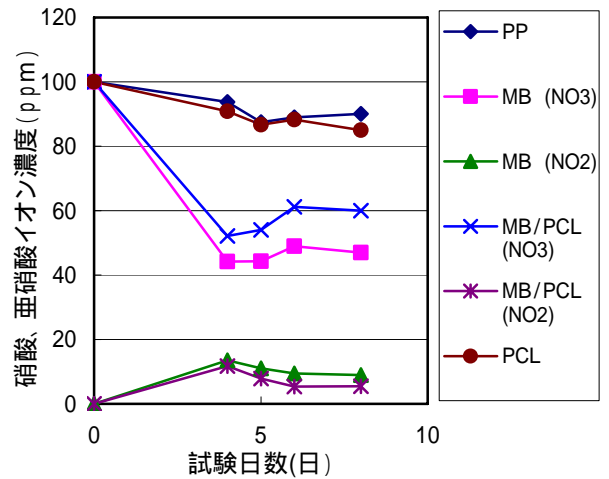


図7 20 連続処理での窒素除去性能

試験水温を変化させると処理結果に大きな違いが見られ、冬期の10以下の場合には生分解性繊維でも硝酸イオン濃度の低下はなかった。水温を高くすると硝酸イオン濃度が早く低下した。

3.3 生分解性

図8～図10にモデル廃水バッチ処理試験後のPCL繊維、MB繊維表面の電子顕微鏡写真を示す。PCLは大きくぼみがたくさん出来ていた。分解とともに塊状に脱落し、水中に分散しているものと推測される。その結果、白濁が起き、TOC値の上昇が見られたものと考えられる。MB、MB/PCLはそのような現象はなく、表面に多少荒れが見られる程度であった。

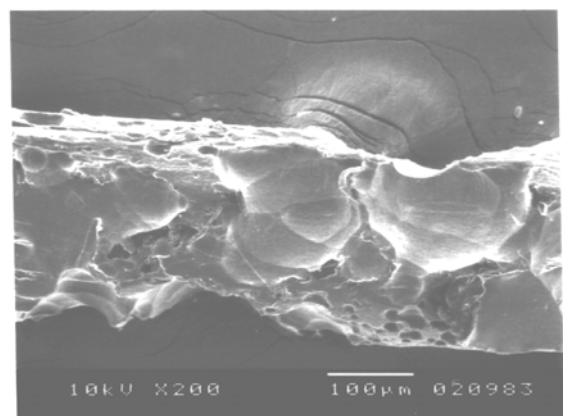


図8 廃水処理試験後の型断面PCL繊維の電子顕微鏡写真

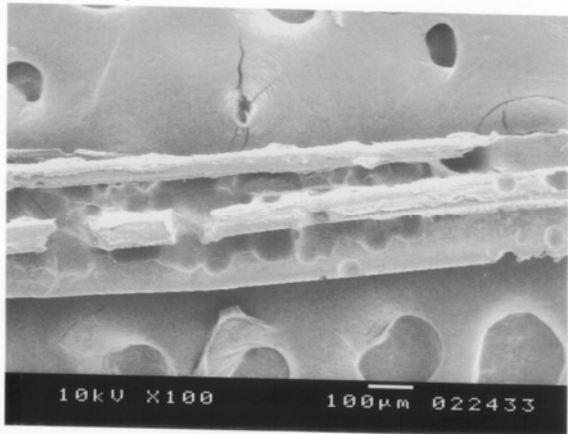


図9 廃水処理試験後の型断面 PCL 繊維の電子顕微鏡写真

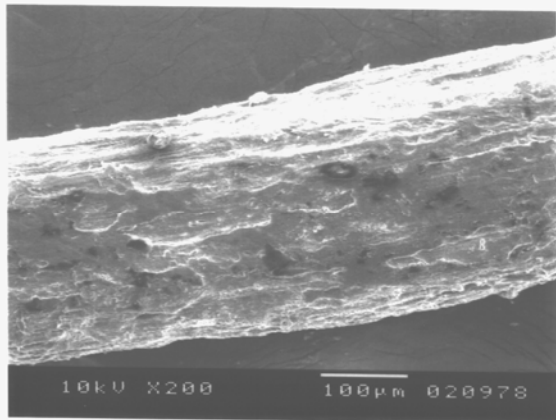


図10 廃水処理試験後後の MB 繊維の電子顕微鏡写真

4. 結び

ポリプロラクトンや澱粉系の生分解性繊維を用いたモール状接触材は、目視による汚泥付着性が良好であり、嫌気性状態で硝酸性窒素を除去することが確認された。窒素除去性能は型、型等の繊維断面形状や微量添加物であるシリカには殆ど影響されないこともわかった。しかし、PCL 繊維は分解とともに塊状に脱落、水中に分散し、TOC 値が上昇する現象が見られた。このため、分解による繊維形状の保持が短期間でできなくなる可能性が推定される。また、MB 繊維の窒素除去性能は PCL 繊維よりもやや低かったが、白濁や TOC についての問題は少なかった。

生分解性繊維の廃水処理への使用におけるメリット、デメリットが明らかになったことにより、今後さらに実用化に向けての応用展開が期待される。

謝辞

本研究の遂行にあたり、モール状接触材の作成にご協力いただきましたテイピーアール株式会社に厚くお礼申し上げます。