

炭化繊維を用いた廃水処理用浄化資材の開発

山本周治*¹、小林孝行*¹、加藤和美*¹

Development of Material for Wastewater Treatment made of the Carbonized Fiber

Shuji YAMAMOTO*¹, Takayuki KOBAYASHI*¹ and Kazuyoshi KATO*¹

Mikawa Textile Research Center, AITEC*¹

炭素が生物親和性を持つことから、炭素素材は微生物の付着が多く、廃水浄化用素材としての有用性が知られている。なかでも、炭素繊維は、廃水処理に有効であることが研究報告されている¹⁾。しかし、炭素繊維は引張り応力に強いが曲げ応力には弱く、簡単に曲げ破断してしまい、取扱いに問題があるなど、浸漬生物ろ床用材（接触材）用素材として実際には利用されていない。そこで、各種繊維を低温で焼成して柔軟で取扱いの容易な炭化繊維を製造し、接触材としての使用可能性について検討した。

この結果、1000 で焼成後賦活処理を行ったレーヨン不織布に活性汚泥を付着させたものは、有機物の分解能及び硝酸イオン濃度の増加が速いことがわかった。しかし、350 低温焼成でも賦活処理したものより性能的に若干落ちるもののがかなり良好な結果が得られた。このことから物性面、コスト等について考えると 350 で焼成する方法が実用的であると思われる。

1. はじめに

浸漬生物ろ床用材（接触材）は、汚水に生息している微生物を付着させて微生物の膜を形成し、これに汚水を接触させることによって、汚れの成分を微生物で分解する浄化資材であり、各種の繊維が使用されている。中でも炭素繊維は、炭素が生物親和性を持つことから微生物の付着が多く、廃水処理に有効であることを言われている。しかし、炭素繊維は引張り応力に強いが曲げ応力には弱く、簡単に曲げ破断してしまい、取り扱いに問題があるため、接触材として実際には利用されておらず、これに代わる素材の開発が望まれている。そこで、各種繊維を低温で焼成して柔軟で取り扱いの容易な炭化繊維を製造する技術を開発し、接触材として活性汚泥の担持性能の可能性について検討した。

2. 実験方法

2.1 素材の選定と焼成条件の検討

池上らが検討した炭化繊維の製造技術を基に、炭化可能な繊維として綿、レーヨンを選定し比較としてウールを選び、**図1**に例示するような炭化不織布を作成した²⁾。また、レーヨンは炭化すると疎水性となり、廃水と馴染まないため、水酸基を付与し、親水化すると同時に、表面積を大きくすることにより、菌の付着を増加するのではないかと考えて、不織布を焼成後、

賦活処理を行った。焼成・賦活処理は、活性炭製造装置（（有）マツキ科学 GT 型）を使用した。

素材：綿、レーヨン、ウール（比較用炭化無）

形状：不織布（綿、ウール、спанレーヨン）

焼成条件：レーヨン不織布、焼成温度 350、500、1000

綿不織布、焼成温度 500、1000

目的温度まで1時間で昇温、5分間焼成

賦活処理：1000 で焼成したレーヨン不織布は20分間水蒸気 6mL/分で賦活処理を行った。

賦活処理温度は 800、815、850、900

である。



図1 レーヨン原布と炭化布

*1 三河繊維技術センター 開発技術室

2.2 炭化繊維の性能評価方法

2.2.1 活性汚泥の担持性能

(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 1 : 栄養源水 2 の割合で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、活性汚泥が沈殿した後、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。栄養源水の組成は、表 1 のとおりである。

(2) 活性汚泥付着率による評価

炭化した不織布を 5cm に切り取り、前記の標準活性汚泥水 300mL に 24 時間エアレーションを行いながら浸漬(図 2)した後、活性汚泥の付着した不織布を引上げ、乾燥機により 105℃ で絶乾し、乾燥後の重量を測定した。



図 2 活性汚泥の付着状況

2.2.2 活性汚泥を担持させた炭化繊維の性能(グルコース濃度変化)

(1) グルコース溶液の作成

グルコース(有機物)の濃度変化(減少率)を調べるため、表 2 のように 2 種類のグルコース溶液を調整した。

(2) 有機物分解能による評価

表 1 栄養源水組成

構成	濃度(g/L)
Glucose	0.3
Pepton	0.3
KH ₂ PO ₄	0.3

表 3 モデル廃水組成

構成	濃度(g/L)
Glucose	0.05
Pepton	1.0
KH ₂ PO ₄	0.015
NH ₄ Cl	0.2
NaHCO ₃	0.3

2.2.3 活性汚泥を担持させた炭化繊維の性能(硝酸濃度変化)

(1) モデル廃水の作成

硝酸濃度の変化で性能を評価するため、すなわち酸菌による硝化の様子を見るために塩化アンモニウムを添加して、モデル廃水を作成した³⁾。モデル廃水の組成は表 3 のとおりである。

(2) 硝酸濃度変化による硝化菌の活性評価

実験方法は、活性汚泥を付着させた炭化不織布をモデル廃水に浸漬し、この中に含まれるアンモニアの酸化によって生じる、亜硝酸イオン、硝酸イオン濃度を測定して硝化菌の活性を評価した。

(3) 合繊不織布との比較による硝酸イオン濃度変化による硝化菌の活性評価

上記と同様な方法で実験し、合繊(PLA、PP)不織布と炭化不織布について硝化菌の活性を比較評価した。

2.2.4 炭化繊維の物性評価

不織布では密度、厚さ、重量等にばらつきがあるためレーヨンフィラメント系(太さ 1145d、マルチフィラメント)を焼成し物性評価を行った。焼成温度と時間は 300℃ で 5 分と 60 分、350℃ 及び 1000℃ で 5 分である。物性試験の実験方法は JIS L 1013 化学繊維フィラメント系試験方法に準じて 8.5 引張強さ及び伸び率の試験を行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 炭化繊維の性能評価

標準活性汚泥に各不織布の試料を浸漬し、それを 1g 当たりの付着量に換算して比較した。その結果を図 3 に示す。活性汚泥の付着量は、焼成していない生ウール、生綿が良好であったが、脆化が大きかった。これは自身が栄養源となり微生物が多く付着し、それが本体を分解しているためと考えられる。焼成した試料では綿の方がレーヨンと比較してやや良好であった。また、綿、レーヨンとも焼成温度が上がるにつれて付着量は減少した。比較に炭素繊維織物も比較したが、良好ではなかった。ただし、不織布に付着した活性汚泥を引上げる時に汚泥が脱落するので厳密な付着量測定は難しい。

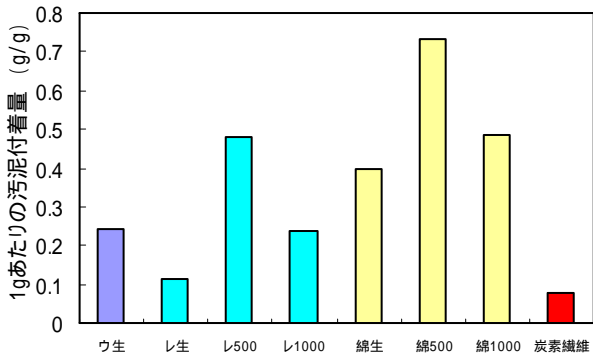


図3 活性汚泥付着量比較

3.2 活性汚泥担持炭素繊維の性能評価

活性汚泥の付着量だけでは、廃水処理に対して有効な活性汚泥が付着しているのか不明瞭なため、付着した活性汚泥の能力を把握する指標の一つとしてグルコース(有機物)の残存割合を評価した。はじめにグルコース0.3g/L溶液で実験したが1日で分解してしまった。そこでグルコース量を4.5g/Lに増やし8日間の時間経過を追って測定した(図4)。その結果、レーヨンの不織布を1000で焼成後、850で賦活処理したものの分解能が最高であったが350焼成不織布の分解能も良好であった。

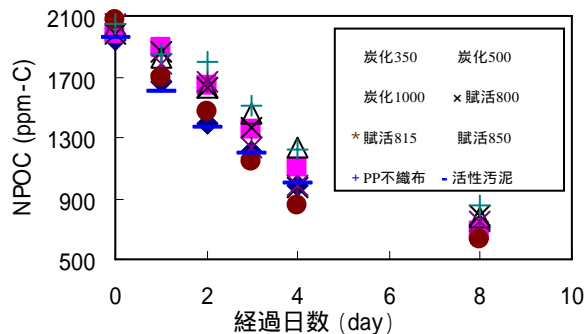


図4 グルコース残存割合

3.3 硝酸イオン濃度変化による廃水浄化性能評価

活性汚泥を付着させた各処理不織布をモデル廃水に浸漬し活性汚泥がアンモニアを酸化させて生じた硝酸イオン濃度を48、72時間で測定した(図5)。その結果、硝化速度は1000焼成後800賦活処理したものが最も速かったが、72時間後では、1000焼成したもの、1000焼成後850賦活処理したものの硝化速度は速かった。そして、350の低温焼成したものもほぼ同じ硝酸イオン濃度に達した。このことから、物性面や柔軟性、コスト等を考えると350で焼成する方法が実用的であると思われる。

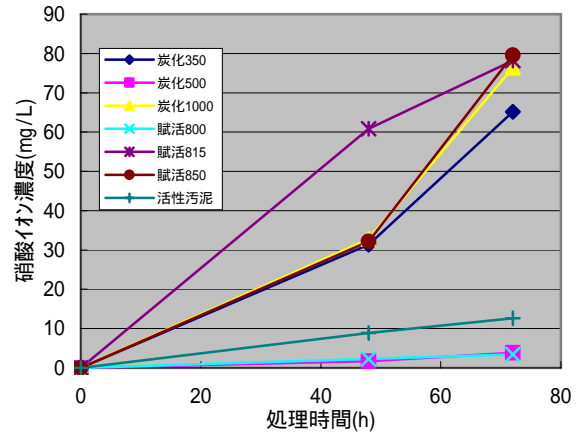


図5 焼成温度による硝酸イオン濃度変化

3.4 合織不織布との比較による硝酸イオン濃度変化による廃水浄化性能評価

さらに合織布と炭化布との性能比較を行うために前記と同じ要領で硝酸イオン濃度を測定した(図6)。その結果、48時間後の硝酸イオン濃度からポリ乳酸繊維(PLA)及びポリプロピレン繊維(PP)の不織布よりも炭化処理した不織布が硝酸イオンに酸化する速度が速いことがわかった。

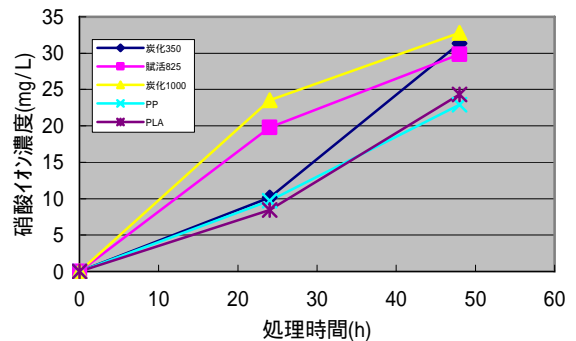


図6 合織との比較による硝酸イオン濃度変化

3.5 炭化繊維の物性評価

レーヨンフィラメント系を各温度、時間で焼成し、その物性を評価した。表4にそれぞれの炭化後の減量率を示す。これより、焼成温度を上げるあるいは焼成時間の増加する事によって減量率が大きくなる事がわかる。1000でまで上げて5分間焼成すると減量率は97.4%となった。

図7に強伸度を示す。強度に関しては1000で焼成すると重量減少が激しく、糸も細くなり強度はほとんど無くなってしまった。350までの焼成なら3.2Nの強度が残っておりこれは、焼成していない100dのレーヨンフィラメント系の強度が1.73Nあることから焼成後もこの糸に換算すると200d相当の強度を有していることに

なる。これにより織物を種々の形状に加工しても強度は十分に保てると考えられる。

伸度については 300、5 分焼成で減少率が 72.3%であったが、300、60 分、350、5 分焼成 51.4、55.9%と増加したがこの原因は不明である。

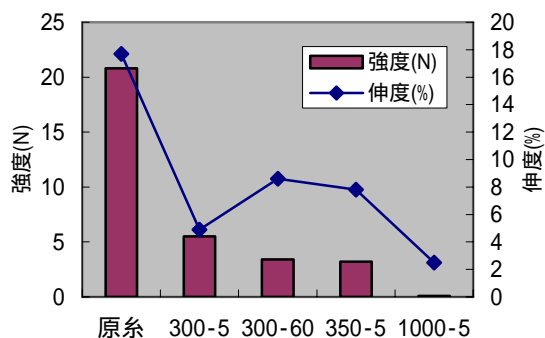


図7 焼成温度による強伸度変化

表4 炭化後の減量率

焼成温度及び時間	300-5	300-60	350-5	1000-5
減量率 (%)	45.1	66.6	77.6	97.4

4. 結び

本研究の結果をまとめると以下のとおりとなる。

(1) 炭化繊維の微生物付着性及び廃水浄化性能評価

微生物付着量は活性汚泥の付着量で測定したが、綿、レーヨンを 500 で焼成したものが良好であった。ただし、付着量だけでは廃水処理において有効な微生物が担持しているかは厳密な測定が難しい。そのため廃水浄化性能においては有機物分解能、硝化速度を測定しその分解能の比較を行った。これより、いずれの場合も 1000 焼成後賦活処理した不織布が良好な実験結果を示したが 350 の低温焼成処理したのも硝化には有効であることがわかった。

(2) 廃水処理用炭化繊維の原料繊維の選定と焼成条件の検討

綿及びレーヨンで実験を行ったがそれぞれ焼成していない生地への付着量が多い。これは、生の綿あるいはレーヨン自体が栄養源となるためと考えられる。また、綿とレーヨンを比較すると活性汚泥の付着量は、綿の方がやや良好であったが、目的形状に合わせてスパン糸もフィラメント糸も調達できるレーヨンの方が望ましい。焼成条件は 1000 焼成後賦活処理したものが有機物分解能、硝化速度が良好であることがわかった。しかし、硝化速度が若干劣るが柔軟性、強度やコスト等を考えると 350 低温焼成の利用が有効であると思われる。

(3) 廃水処理用炭化繊維浄化資材の試作と物性評価

資材の形状として不織布で行ったが、廃水との接触を増やすためにも織物で種々の形に加工したものも試作する必要がある。これを踏まえ不織布では形状にばらつきがあるためレーヨンフィラメント糸を炭化して重量減少率及び強伸度を測定したが 1000 で焼成すると強度低下が大きかったが 350 までは十分な強度を維持した。

以上のことから有機物の分解能及び硝酸イオン濃度の変化、物性及びコストの面を考慮するとレーヨン繊維を 350 で焼成する方法が良いと考えられる。

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。研究を遂行するの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) 小島昭：バイオフィルム・細胞付着研究会 (2006)
- 2) 池上ほか：炭化繊維の製造技術 (本誌発表)
- 3) 吉松ほか：名古屋大学卒業研究報告 (2006)