

ヨシを材料とした活性炭の水質浄化に関する実験的検討

佐賀大学理工学部 学 〇市坪佑希 正 山西博幸

1. はじめに 有明海湾奥部に位置する河川の河岸部には、ヨシを主体とする植生が繁茂し、洪水時の流下阻害となっている¹⁾。また、これら河岸部のヨシは洪水時に有明海に流出し、浮遊ゴミとして河口沿岸部のノリ養殖を中心とする水産業にも影響を与えている²⁾。一方、ヨシは河川生態系の一部とみなされ、とくに水質浄化をはじめ、河川環境を保全する機能を有する側面もある。

本研究は、治水上、排除されるべきヨシに対して、その付加価値を見出し、河道内の植生管理の効率化につなげようとするものである。具体的には、ヨシを材料に活性炭を製造し、機能性を有する吸着材として、現地水の直接浄化を目指すこととした。

2. 研究方法

2.1 ヨシを材料とした活性炭の製造方法 ここでは、ヨシの付加価値強化の一環として、ヨシ活性炭の製造に取り組んだ。用いた試料は、2022年9月22日に六角川水系牛津川左岸4kmで採取したものである。ヨシを採取したのち、葉の部分はあらかじめ取り除き、茎の部分を10cmに裁断し、乾燥機に入れて110°Cで3時間乾燥させた。その後、蓋付アルミ製容器に入れ、電気マッフル炉を用いて、350°Cで1時間かけて賦活化させた。

2.2 ヨシ活性炭による水質浄化実験 製造したヨシ活性炭の水質浄化担体としての機能を調べるため、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ を対象とする水質浄化実験を行った。実験装置の概略図を図1に示す。実験材料には、2.1で製造したヨシ活性炭を10mm程度に裁断し、これを市販のティーバッグに10g詰めたものを使用した。なお、ティーバッグから粉末状のヨシ活性炭流出を避けるため、あらかじめ、2mmのふるいにかけたのち、水洗いと乾燥をさせている。これらヨシ活性炭を水温25°C、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 初期濃度を10、15および30mg/Lの3通りに設定した水溶液に浸漬させた。実験条件を表1に示す。なお、Exp.4はExp.2で用いたヨシ活性炭を再利用して実験を行ったものである。実験開始後、ヨシ活性炭を浸漬させていない空白データとともに、ビーカー内の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度を所定の時間毎に測定した。 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度の測定には、電量式アンモニア計（セントラル科学社製、AT-2000）を用いた。

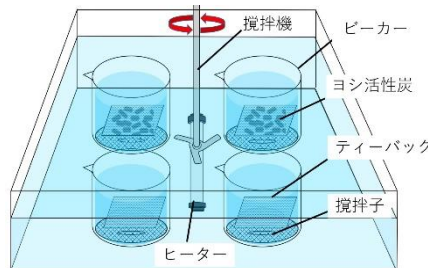


図1 実験装置概略図

表1 実験条件

実験No	$\text{NH}_4^+\text{-N}$ 初期濃度 (mg/L)
Exp.1	10
Exp.2	15
Exp.3	30
Exp.4	15

3. 実験結果および考察

3.1 ヨシ活性炭の製造について 表2は、ヨシ活性炭を製造する各過程での質量変化をまとめたものである。表には、採取ヨシに対する乾燥ヨシの収率と乾燥ヨシに対するヨシ活性炭の収率を示している。これらより、採取ヨシに対するヨシ活性炭の収率として13.4%が得られた。この値は、木質を材料とする活性化処理の収率としては一般的といえる³⁾。また、このことは、必要なヨシ活性炭の量に対して、どれだけヨシを採取すればよいかの目安となる。ただし、採取時のヨシの状態や炭化時の加熱時間、温度等の条件に依存するため、製造される活性炭の賦活化特性も変化すると予想される。

表2 ヨシ活性炭製造過程における質量変化と収率

乾燥過程		賦活過程	
①採取ヨシ (g)	348.9	③乾燥ヨシ (g)	81.2
②乾燥ヨシ (g)	122.3	④ヨシ活性炭 (g)	31.0
⑤乾燥ヨシの収率 (%) (=②/①×100)	35.1	⑥乾燥ヨシに対するヨシ活性炭の収率 (%) (=④/③×100)	38.2
⑦採取ヨシに対するヨシ活性炭の収率 (%) (=⑤×⑥/100)		13.4	

3.2 ヨシ活性炭による $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 除去効果 図2は、各 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 初期濃度に対するビーカー内濃度の経時変化を

示したものである。また、図3はヨシ活性炭1g当たりのNH₄⁺-N除去量の経時変化を示したものである。図2より、Exp.3を除けば、吸着平衡に至る時間はおよそ48時間以内と認められる。また、図3よりExp.3を含めて96時間後のNH₄⁺-N除去量は、NH₄⁺-Nの初期濃度の増加とともに大きくなった。さらに、Exp.2とExp.4の結果より、両者の除去量に大きな差はみられないことから、ヨシ活性炭の再利用は可能であるといえるが、繰り返し利用の限度については、引き続き実験を行う必要がある。

次に、吸着量を定式化するため、実験的な経験則に基づくフロイントリッヒ型の吸着等温式と実験データとのあてはめを試みた。図4は、NH₄⁺-Nの平衡濃度とヨシ活性炭1g当たりの吸着量を両対数紙上にプロットしたものである。図より回帰式を求めたところ、次式が得られた。

$$\frac{q}{M} = 0.094C_e^{0.99} \quad (1)$$

ここで、 q はNH₄⁺-Nの除去量(mg)、 M はヨシ活性炭の量(g)、 C_e はNH₄⁺-Nの平衡濃度(mg/L)である。なお、 q と C_e は96時間後の値とした。式(1)より、 C_e のべき数を1とみなせば、係数0.094((mg/g)/(mg/L))は吸着等温線の勾配となり、これは一般に吸着分配定数とよばれ、吸着材の吸着能を示す指標となる。フロイントリッヒ型の吸着等温式では、吸着量の頭打ちを表現できない欠点があるものの、対象物質の実験範囲内での利用には有効といえる。一方で、現地の水質浄化の予測式として用いる場合、平衡濃度 C_e を用いるよりも、初期濃度 C_0 に対する吸着量 q/M との関係を求めておく方が都合がよい。図5は、NH₄⁺-Nの初期濃度 C_0 (mg/L)とヨシ活性炭1g当たりのNH₄⁺-Nの吸着量 q/M (mg/g)の関係を両対数紙上にプロットしたものである。この関係から以下の式が得られた。

$$\frac{q}{M} = 0.11C_0^{0.69} \quad (2)$$

式(2)により、NH₄⁺-Nの初期濃度 C_0 に対する吸着除去量 q/M が求められるため、現場に設置すべき必要なヨシ活性炭の量を見積もる際に有用といえる。

4. おわりに 本研究では、有明海沿岸部の河川に多く繁茂するヨシの有効利用として、ヨシを材料とする活性炭の製造とヨシ活性炭の水質浄化の機能評価を行った。その結果、炭化ヨシの賦活化を確認するとともに、富栄養化物質のNH₄⁺-Nに着目した吸着除去実験からNH₄⁺-Nの平衡濃度とヨシ活性炭1g当たりの吸着量との関係をフロイントリッヒ型の式で定式化した。また、NH₄⁺-Nの初期濃度とヨシ活性炭1g当たりの吸着量との関係から、より実用的な関係を導いた。ヨシ活性炭の再利用については、引き続き実験を行う必要がある。

[参考文献]1) 国土交通省九州地方整備局武雄河川事務所 HP (<https://www.qsr.mlit.go.jp/takeo/>) (2023/1/4)
2) 有明海沿岸に大量の漂着ごみ 豪雨の影響で、朝日新聞デジタル, 2020-7-10, (<https://www.asahi.com/article/s/ASN796QZ5N79TTHB005.html>) (2023/1/4) 3) 安部郁夫, 活性炭の製造方法, 炭素, No.225, 373-381, 2006(https://www.jstage.jst.go.jp/article/tanso1949/2006/225/2006_225_373/_article/-char/ja/) (2023/1/4)

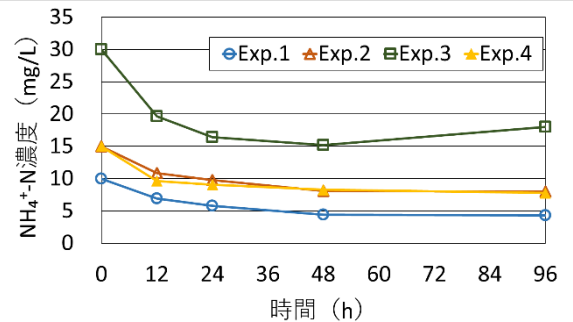


図2 各NH₄⁺-N初期濃度に対するビーカ一内濃度の経時変化

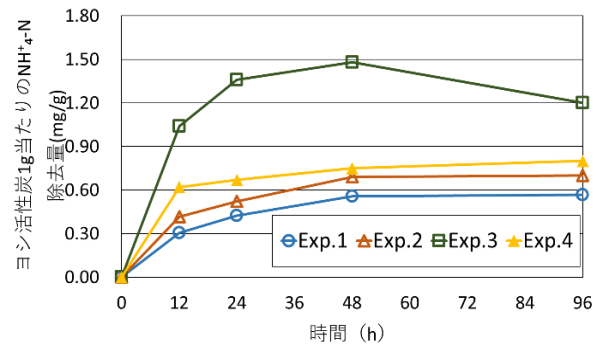


図3 ヨシ活性炭1g当たりのNH₄⁺-N除去量の経時変化

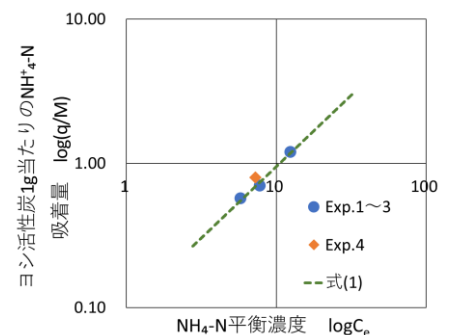


図4 NH₄⁺-N平衡濃度とヨシ活性炭1g当たりのNH₄⁺-N除去量の関係

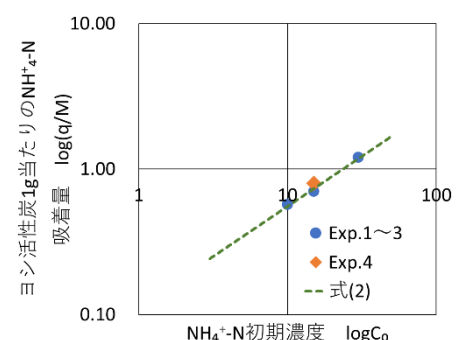


図5 NH₄⁺-N初期濃度とヨシ活性炭1g当たりのNH₄⁺-N除去量の関係