

高品位炭を利用した水質浄化に関する研究

市川 隆夫¹ 吉本国春²

¹非会員 (株)サイサン (〒331-0852 埼玉県さいたま市大宮区桜木町1-11-5)

²正会員 工博 東洋大学教授 工学部環境建設学科 (〒350-8585 埼玉県川越市鯨井2100)

E-mail:yoshi@eng.toyo.ac.jp

都市の廃木材などを原料として製造される高品位炭は、多孔質で内部表面積が大きく微生物もつきやすい性質を有していること、また市販の炭と比較してはるかに廉価であることから、水質浄化を目的とした研究を行った。実験の結果、原水のCOD=10 mg/ℓ 程度の水質が、見かけ上の滞留時間が1時間の場合、5～6 mg/ℓ の処理水質が得られ、おおむね50%から40%台の安定した削減率であった。滞留時間が0.5時間の場合、削減率は60%から20%程度であった。リンの削減効果もあり、原水水質と処理水質に比例した関係が認められた。

Key Words: high-grade charcoals, charcoals on the market, water quality purification, water pollution, phosphorus, adsorption

1. はじめに

河川・湖沼・海域などの公共用水域において、水質環境基準を達成している割合は、河川では60%、湖沼では38%、海域では76%にすぎない。とりわけ水の交換が少ない湖沼や閉鎖性海域では、CODの達成率も低く、また栄養塩の流入によって富栄養化状態となり、アオコや赤潮等がしばしば発生している水域が見られる。

こうした水質汚濁を引き起こす要因は様々だが、下水道普及率が67%に達したとはいえ、残りの人口の生活雑排水の多くは未処理のまま河川などに流入していること、また下水処理場で栄養塩類を削減する高度処理の普及も十分ではないことなどが大きな理由として挙げられる。

湖沼などに流入する小河川や水路などにおいて、炭を利用して比較的簡便に水質浄化を図ることを目的とした研究や調査が行われているが、目詰まりなどの問題点も多く、十分な成果が得られていないのが実状である¹⁾。

炭による水質浄化に際して、その特性を最大限に活用するためには、汚濁の著しい排水を対象とするのではなく、例えば湖沼水や雨樋で集水した比較的汚染の少ない雨水の浄化等への適用によって目的が達成できると考えられる。

一方、都市の廃木材などを原料として製造された「高品位炭」は、多孔質で内部表面積が大きく吸着性に富み、かつ微生物がつきやすい性質を有していること、また市販の炭と比較してはるかに廉価であることから、これを用いて湖沼の水質浄化を図るこ

とを目的として研究を行った。

実験の結果、高品位炭を利用して比較的簡便に水質浄化を図るためのいくつかの知見が得られたことから、ここに報告するものである。

2. 基礎実験とカラム実験

(1) 実験概要

a) 基礎実験

- ① 高品位炭によるCOD吸着能を把握するために、湖沼水を試料水として用い、24時間のCODの吸着効果を求めた。
- ② 試薬を用いてリン酸態リン（以下「リン」と呼ぶ）とアンモニア態窒素（以下「アンモニア」と呼ぶ）の濃度設定を行った蒸留水を試料水として、高品位炭を使用してリンとアンモニアの吸着効果を求めた。
- ③ 「高品位炭」からのリンとアンモニアの溶出の程度を実験によって把握した。

b) カラム実験

カラム実験は、カラム中に高品位炭を充填し、試料水を定量送液ポンプで送水し、カラムからの流出水を採水して、CODとリンの濃度を測定し、高品位炭によるCODとリンの削減効果を求めた。

(2) 実験資材

実験に供した高品位炭は、リサイクルチップを1000℃以上の高温で炭化したものである²⁾。この高品位炭を水質浄化の資材の対象とした理由は、吸

着機能や吸・脱着機能があり、触媒を担持させる機能があることによる。とくに微生物担体として浄水の高度処理、バイオリアクター、生物脱臭、土壌改良剤として一般的に利用されているものである。

高品位炭を従来の木炭製品、活性炭製品と比較して表-1 に示す³⁾。表-1 における製品分類として、高品位炭を「炭化炉内で 800℃以上の高い温度により炭化された製品」、低品位炭を「炭化炉内で 400～600℃程度の温度により炭化された製品」、高品位活性炭を「高品位炭製造プロセス中の活性炭製造工程（賦活ゾーン）において賦活化された製品」、市販の活性炭を「比表面積が 1000m²/g 以上で、粒度・純度が整えられており、市場で販売されている製品」である。

(3) 基礎実験

a) COD 吸着実験

- ①湖沼から試料水を採取する。実験容器として 300 ml 容の三角フラスコを使用した。
- ②資材 2 g を三角フラスコ内に吊し蓋をした。
なお、マグネットチップによる破碎防止のために高品位炭を網目ネットの中に入れて、マグネットチップの当たらない位置に吊り下げた。
- ③25℃恒温室（暗室）に設置し、スターラで攪拌した。
- ④24 時間後、ガラス繊維フィルターにて濾過後、濾液を水質分析に供した。

b) リンとアンモニアの吸着実験⁴⁾

- ①蒸留水を窒素ガスにより曝気して溶存酸素濃度をゼロにした。
- ②蒸留水中のリンとアンモニア濃度を次の試薬により設定した。

リン：リン酸二水素カリウム試薬

アンモニア：リン酸二水素アンモニウム試薬

- ③これを試料水として、基本的には上記の「a) COD 吸着実験」と同じ方法にて実験を行った。

c) リンとアンモニアの溶出実験

- ①蒸留水を窒素ガスにより曝気して溶存酸素濃度をゼロにした。
- ②試料水を実験容器に満たし、資材 2 g を上記の実験操作と同じように実験容器内に吊して蓋をした。
- ③以降は、基本的には上記の「a) COD 削減実験」と同じ方法にて実験を行った。

(4) カラム実験

実験容器は、内径 5cm、高さ 50cm、容量 980 cc の透明なアクリル製の枝付きパイプである。底面から 5cm の位置に直径 0.3mm の複数の穴の空いた整流板を設置、整流板から 12.5cm の位置まで高品位炭を充填した。

なお、高品位炭は、実験当初は水よりも軽く浮上することから、浮上防止のための押え棒によって水中に浸せきした。また試料水の送水は定量送液ポンプを使用した。実験装置の概要を図-1 に示す。

表-1 高品位炭の特徴

木炭製品	
高品位炭	低品位炭
製品価格 (円/kg) 10～25	0～5
比表面積 (m ² /g) 200～400	1 桁台
無臭	無臭
残留揮発物 無し	タール分が残留
不純物 Ash を含む	Ash を含むシアン、DXN 等の未分解
活性炭製品	
高品位活性炭	市販の活性炭
製品価格 (円/kg) 70～100	400～600
比表面積 (m ² /g) 500～600	1,000 以上
無臭	無臭
残留揮発物 無し	無し
不純物 Ash を含む	無し

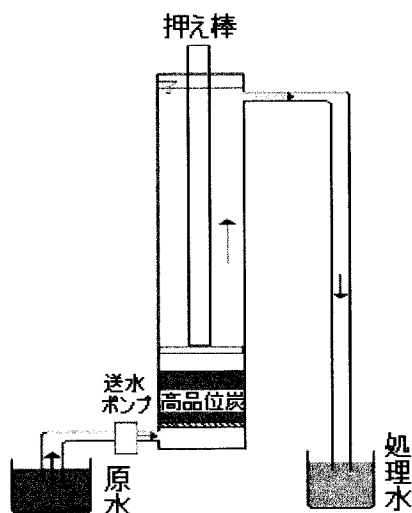


図-1 実験装置図

試料水として、埼玉県川越市郊外の伊佐沼で沼水をおおむね2日ごとに採水し、実験室内のタンクに貯留した。このタンクから実験装置のカラムに試料水を送水した。また試料水の腐敗防止のために若干の曝気を行った。

カラム流出水（処理水）は、おおむね2日間タンクに貯留した。この間、攪拌のみを行い、タンクから2日ごとに採水し、ガラス繊維フィルターにて濾過後、その濾液を水質分析に供した。

(5) 水質分析法

COD, リン, アンモニアの分析は、セントラル科学（株）製の簡易式全窒素・全リン・COD 測定装置（COD：吸光光度式 COD_{Mn} 測定），また pH はガラス電極法，溶存酸素濃度は隔膜電極法によってそれぞれ行った。

3. 基礎実験の結果

(1) COD 吸着実験

COD 吸着実験の結果を図-2に示す。図-2に示すように実験開始から8時間は吸着効果が認められるものの、その後の16時間はほとんど吸着しなかった。最終的には24時間のCODの吸着率は約70%であった。

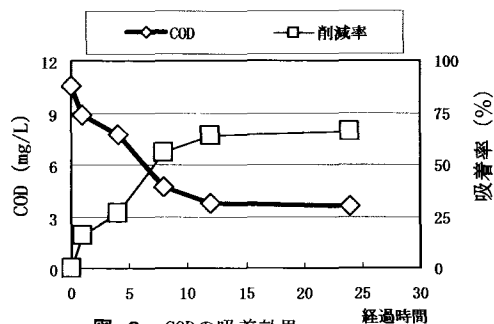


図-2 CODの吸着効果

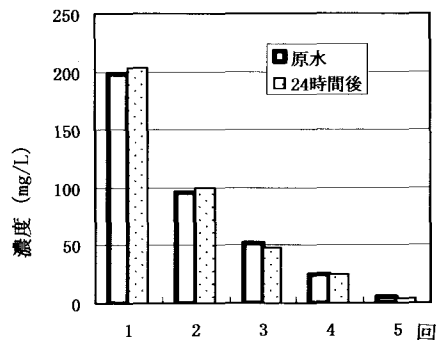


図-3 リンの吸着効果

(2) リンとアンモニアの吸着実験

リンについては5種類（5, 25, 50, 100, 200mg/ℓ）の濃度設定を行い、24時間のリンの吸着実験の結果を図-3に示す。図-3から分かるように、各ケースともリンの吸着効果はほとんど認められなかった。なお、pHについては、リンの設定濃度が低いほど24時間経過後の値が高くなっていた。

アンモニアについてもリンと同様に濃度設定（5, 25, 50, 100, 200mg/ℓ）を行い、24時間のアンモニアの吸着実験の実験結果を図-4に示す。図-4から分かるように各ケースともアンモニアの吸着効果はほとんど認められなかった。なお、24時間後のpHは実験前より高い値を示した。

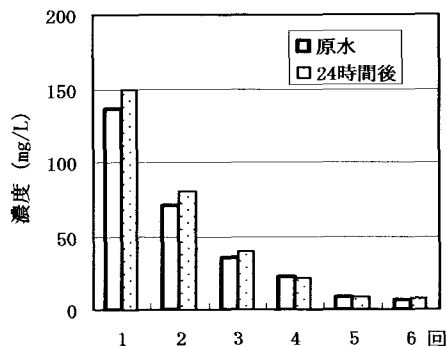


図-4 アンモニアの吸着効果

しかし、リンについては吸着以外の効果も考えられることから、リンを対象としたカラム実験は行うこととしたが、アンモニアを対象としたカラム実験は行わないことにした。

(3) リンとアンモニアの溶出実験

リンとアンモニアの溶出実験の結果を図-5に示す。図-5からわかるように高品位炭からのリンの溶出が認められるが、溶出濃度にはバラツキがある。アンモニアについては資材からの溶出はほとんど認められなかった。

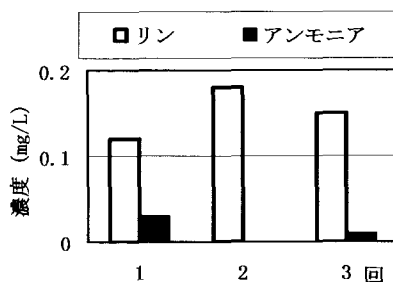


図-5 リンとアンモニアの溶出

4. カラム実験の結果

(1) COD

カラムへの試料水（以下「原水」と呼ぶ）の送水速度は150、250、500ml /時の3ケースで実験を行った。実験結果を図-6、図-7、図-8にそれぞれ示す。

図-6に示す送水量 150ml /時のケース1では、実験開始9日、24日、42日、54日の削減率が低下している。この理由は原水の水質が良好なためである。それ以外は、おおむね 50%を超える安定した削減率を維持している。実験開始から 54 日目までの処理水質は5～6 mg/l である。実験開始 45 日を過ぎると原水濃度が高くなっていることから、削減率は60%から 75%近くにまで上昇していた。

図-7に示す送水量 250ml /時のケース2では、実験開始9日、24日に削減率が低下しているが、それ以外は 40%から 50%台の安定した削減率を示している。処理水質は5～6 mg/l 程度である。

図-8に示す送水量 500ml /時のケース3では、処理水質は 10mg/l 程度を示している。この時の削減率は 20%から 60%である。ケース3をケース2と比較すると、送水量が2倍になっているにもかかわらず削減率が高い理由は、ケース3の原水の水質がケース2より高いことが挙げられる。

なお、カラム実験における原水の水温は、実験開始時の 19.9℃から次第に低下して、実験終了時には 10.5℃にまで低下していた。

以上の結果から、送水量 150ml /時のケース1と送水量 250ml /時のケース2では、5～6 mg/l の処理水質が得られることが分かった。

なお、実験容器における高品位炭の占める容積は 250 cc であることから、見かけ上の滞留時間は、

送水速度が 150ml /時：滞留時間 1.7 時間

250ml /時：滞留時間 1.0 時間

500ml /時：滞留時間 0.5 時間である。

(2) リン

実験結果を図-9、図-10、図-11に示す。図-9に示す送水量 150 ml /時のケース1では、実験開始当初に処理水のリン濃度が原水よりも高い現象が認められた。その後は、リンの削減効果が見られ、原水のリン濃度の上昇と下降に比例した処理水が得られた。

図-10に示す送水量 250 ml /時のケース2でも、ケース1と同様に実験開始当初に処理水のリン濃度が原水よりも高い現象が認められた。その後は、ケース1とほぼ同様の傾向が認められた。

図-11に示す送水量 500 ml /時のケース3では、ケース1とケース2で見られた実験開始当初の処理水のリン濃度が原水よりも高い現象は表れなかった。原水と処理水の水質にははっきりした比例関係が認められる。

なお、ケース1とケース2で見られた実験開始当初の処理水のリン濃度が原水よりも高い理由は、高

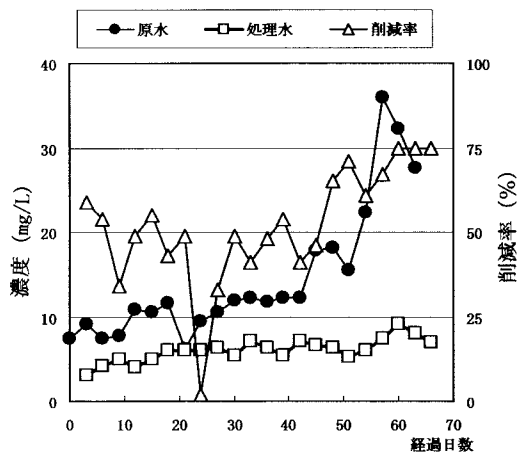


図-6 ケース1（滞留時間：1.7時間）

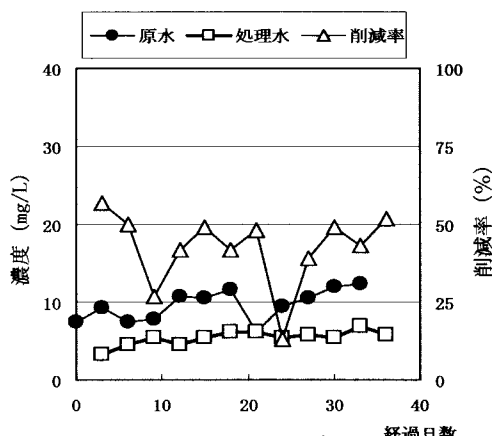


図-7 ケース2（滞留時間：1時間）

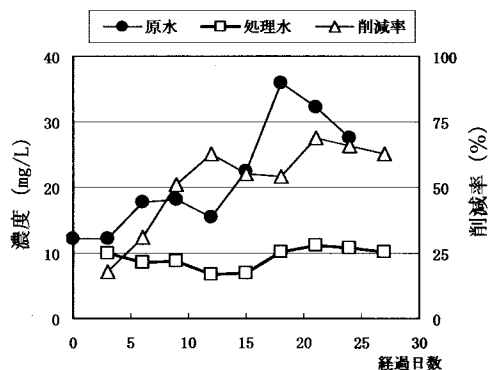


図-8 ケース3（滞留時間：0.5時間）

品位炭からのリンの溶出によるものである。

5. 結論と今後の課題

(1) COD

カラム実験において、各ケースとも実験終了時点で 50%以上の COD の削減率を示し、高品位炭による COD の削減効果が認められた。送水量 150ml /時のケース 1 (1.7 時間の滞留時間) と送水量 250ml /時のケース 2 (1 時間の滞留時間) では、処理水質が 5～6 mg/ℓ であり、十分な削減効果が期待できる。しかし送水量 500ml /時のケース 3 (0.5 時間の滞留時間) になると、処理水質は 10mg/ℓ 程度であった。

(2) リン

基礎実験の結果では、高品位炭によるリンの吸着効果はほとんど認められないことと、リンが高品位炭から溶出していることが認められた。しかし、カラム実験ではリンの削減効果が認められたが、これは高品位炭に付着した微生物の取り込みによる削減効果と考えられる。また原水の水質と処理水質との間に比例関係が認められる。

(3) 今後の課題

今後の課題としては、今回確認できなかった高品位炭の目詰まりが起こるまでの期間の把握が挙げられる。

また、高品位炭からのリンの溶出が基礎実験とカラム実験で認められたことから、今後は詳細な実験の実施と、高品位炭に付着した微生物の剥離が始まるまでの期間の確認等が必要である。

なお、カラム実験において、実験開始からしばらくの間、処理水に微粉末状の高品位炭が混入し黒色を呈していたが、しだいに消滅して清澄水となっていった。使用前の高品位炭の洗浄、または処理水の出口に不織布などの設置などによって、この問題は解消出来るものと考えられる。

最後に、本研究は文部科学省・私立大学学術研究高度化推進事業「東洋大学地域産業共生研究センター」(平成 16 年度～平成 20 年度)の一部として行われたものである。

参考文献

- ①例えば新船智子, 石井保治, 荻原弘治, 小倉紀雄: 木炭による水質浄化実験とその評価, p. 3～p. 11, 用水と廃水, Vol. 33, No. 12, (1991.)
- ②塩津浩一: 第 11 章ごみ固形燃料 (RDF) 炭化技術と炭化物利用技術, 脱焼却最前線-廃棄物の炭化処理と有効利用～都市ごみ, 汚泥, 生ごみ, 廃木材等の炭化と用途開発, p. 281～p. 296, (株) エス・ティー・エス, (2001.)
- ③エックス都市研究所: 高品位炭による児島湖浄化事業可能性, 平成 17 年 3 月
- ④大澤真吾, 中澤邦顕, 吉本国春, 石川邦男, 撞井静雄: 建設廃材による湖沼底泥からのリンの溶出抑制上の問題点に関する研究, 第 32 回環境システム研究論文発表会講演集, 土木学会, p. 189～p. 193, (2004.)

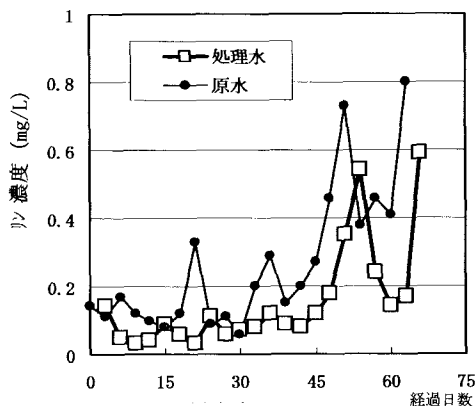


図-9 ケース 1 (滞留時間: 1.7 時間)

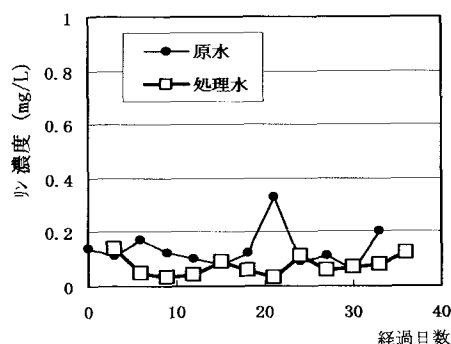


図-10 ケース 2 (滞留時間: 1 時間)

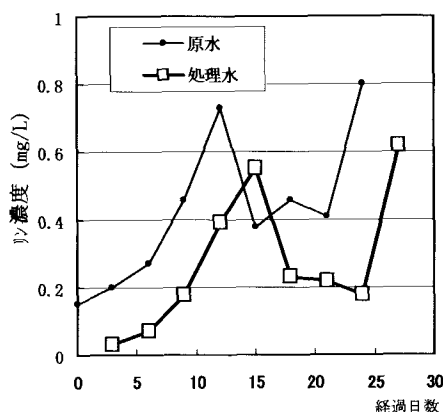


図-11 ケース 3 (滞留時間: 0.5 時間)

RESEARCH ON WATER PURIFICATION BY USING HIGH-GRADE CHARCOAL

Takao ICHIKAWA and Kuniharu YOSHIMOTO

High-grade charcoals manufactured from raw materials such as woods generated through the process of destruction of house in a city have a large internal surface area and the characteristic to attach the microorganism easily in the porous quality. Their price is much lower than that of charcoal sold in a market. Therefore, the research to aim at the water quality purification by using high-grade charcoal was conducted. As a result of the experiment, when COD concentration of the influent was approximately 10mg/l, the effluent from the experimental apparatus was 5~6mg/l for the retention time of one hour, and the removal ratio of COD was roughly a level from 40 to 50%. The removal ratio of COD was from 20 to 60% for the retention time of 0.5 hour. The removal of phosphorus was similarly admitted and the quality of effluent was proportional to that of influent.