



Title	ケナフによる水質浄化の可能性
Author(s)	青井, 透
Description	第5回衛生工学シンポジウム（平成9年11月6日（木）-7日（金） 北海道大学学術交流会館） . 4 水処理 1 . 4-8
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 5, 166-170
Issue Date	1997-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7726
Type	departmental bulletin paper
File Information	5-4-8_p166-170.pdf



ケナフによる水質浄化の可能性

群馬工業高等専門学校環境都市工学科 青井 透

1. はじめに

ケナフ(Kenaf: *Hibiscus cannabinus*) は、茎から採れる繊維が黄麻に類似するアオイ科の一年生の植物で、その靱皮に含まれる繊維が黄麻(ジュート)の代替として南京袋・麻布・ロープ等の用途に用いられてきた。原産地はインドあるいはアフリカといわれ、古くはエジプトのミイラを包んだ布に使用されている。短日性植物で、花はアオイに似ており、種子はとげがあり5室に分かれ各室に3-5個の種子がある。種子には20%程の油を含むといわれている¹⁾。

ケナフは、従来繊維回収の作物として栽培・利用されてきたが、最近の二

酸化炭素濃度の増加に伴う地球温暖化問題の顕在化とともに、木材に代わるパルプ資源として、森林保全と温暖化防止に最適な資源として登場してきた²⁾。最近ではケナフペーパーで名刺を作るのが、再生紙利用よりもトレンドとされており、普及しつつある。またケナフは、その靱皮に強度の高いセルロースがあるために、利用の可能性が高いが、木質部の有効利用についてはパルプ化を除いて良い利用方法が確立していないと云われている²⁾。

著者は、エコノミー&エコロジーな技術として、植物による排水の高度処理(窒素・リン・SSの除去)に着目し、新しい浮漂性植物としてウォーターレタス(*Pistia stratiotes*)による排水中の栄養塩除去について研究を行っている³⁾。このウォーターレタスは、成長が著しく速く単株で成長するために回収が容易であり、ホテイアオイのように過大になり過ぎ絡み合っって人力による回収が困難になるという問題を回避できる可能性を持っており、この植物の比増殖速度・栄養塩の除去速度・回収植物体の有効利用などについて検討している。

ウォーターレタスやホテイアオイのような熱帯性浮漂性植物は、日本の夏期においても比増殖速度が0.1(1/d:10日で体重が倍増する)にも達し、水中の栄養塩除去には大きく貢献できる(成長した植物体の窒素・リンは水中から除去されていることは明白である)にしても、生育した過剰な植物体の陸地への回収及び有効利用ができなければ、冬期において廃棄物となるだけであり、水質浄化に寄与することにならない問題点がある。

ケナフのような抽水性植物は余剰植物体の回収が比較的簡単である利点があり、最近ではヨシ

(*Phragmites communis*)による水質浄化が注目されている。ところがヨシのような温帯性植物の比増殖速度は、前記した熱帯性浮漂性植物のように高くないために、植物体の成長量にみあって栄養塩が除去されるとすれば、栄養塩除去能力は熱帯性浮漂性植物の除去能力に遠く及ばないと思われる。ヨシの浄化能力については、植物体への固定量のほかに広く拡がった根圏での微生物による相互作用が議論されるのはこのためであろう。

ケナフはヨシのような多年草ではないが、熱帯性植

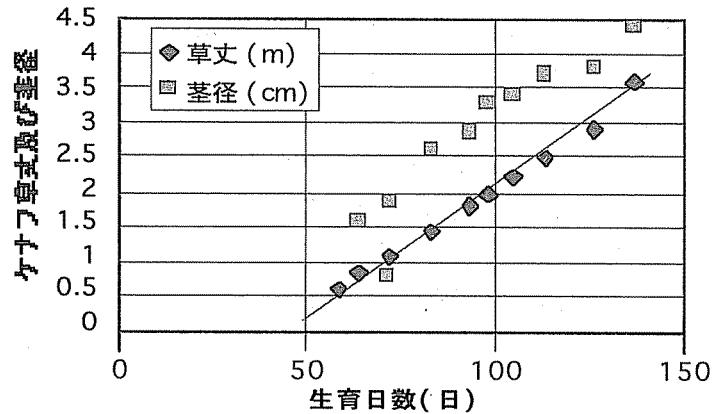


図1 土蒔きケナフ草丈及び茎径の経日変化

(宮城県柴田農林高等学校のデータによる)

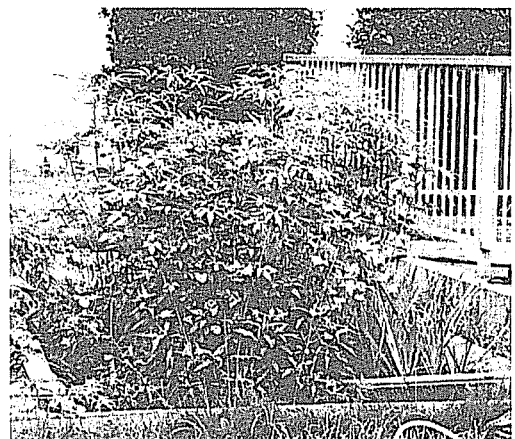


図2 水耕栽培でのケナフの成長(7月末)

物で成長速度が高いため、植物体への栄養塩の固定速度ではヨシよりも高いことが期待される。また、アヤメやショウブのような抽水性植物は根圏が嫌気化した環境では生育が困難であるが、ケナフ

はヨシと同様に嫌気化した土壌でも生育が可能（酸素移送能力が高い）と思われる。また最新の高負荷し尿処理施設処理水のように、高度に栄養塩除去が行われているが塩濃度が高い処理水に対しても、生育ができる可能性がある。

以上概説したような水生植物の特性を考慮して、当高専の合併浄化槽処理水を用いた、屋外でのケナフの水耕栽培による生育実験を行い、関東地方における生育特性についての基本的な検討を行った⁴⁾。またその水質浄化の能力については、初年度のために十分なデータが得られなかったが、収穫した木質部から各条件で活性炭を製造し、排水中色度の主成分であるフミン酸の吸着除去能力について、水処理用に用いられる代表的な石炭系活性炭との比較を行ったので、その結果を報告する。

すなわちケナフをまず生活排水処理水の栄養塩除去に活用し、次に水質浄化により成長した植物体から活性炭を製造して、さらに生活排水処理水の色度成分の除去に利用しようとする試みである。

表1 生活排水処理水で生育したケナフの成分組成

試料名	窒素	りん(P ₂ O ₅)	カリウム(K ₂ O)	低位発熱量	高位発熱量
ケナフ芯	0.33%	0.08%	0.63%	4140	4449
ケナフ皮	0.53%	0.23%	0.94%	3898	4727
ウォーターレタス	3.07%	1.06%	5.46%	3536	4177
ホテイアオイ	2.26%	2.79%	2.71%	3124	4150

注記：発熱量の単位はCal/gである。各成分濃度は乾燥重量当たりを示す。

試験方法は、窒素・リン・カリについては肥料分析法、発熱量は下水試験方法による

2. ケナフに関する最近の研究

ケナフに関する国内の研究発表はごくわずかであるが、最近になって環境教育の側面でケナフの栽培・紙すきが各地でおこなわれるようになり、今年8月に非木材紙普及協会の主催で「第1回ケナフ栽培・紙すき研究発表会が開催され、11編の論文が発表された。このなかには、日本各地でのケナフ栽培における成長量の経日変化が示されているものがあり、情報が不足している国内におけるケナフの露地での生育状況が、いくらか明らかとなってきた。例えば大野⁵⁾は、宮城県柴田農高でのケナフ生育状況を、代表する5本の株の草丈、葉数、茎径を経日的に測定することにより明らかにしている。土（うね幅60cm、株間50cm、2本植え5/27播種）での草丈・茎径の経日変化を図1に引用して示したが、ケナフは熱帯性のために高い発芽温度を必要とするので春季の立ち上がりは遅いが、10月になるまで茎径・草丈ともほとんど直線的に成長し、10月には茎径4.4cm、草丈3.6mに達している。このことから、ケナフの重量は秋に向けて増加が加速され三次曲線的に増加することがわかる。

3. 実験方法

3-1 生活排水処理水での水耕栽培と、ケナフの成分組成

非木材紙普及協会より購入したケナフの種（キューバケナフ）を、室内で湿潤状態のみずごけ及びロックウールブロックに種まきし、発芽させた。発芽後は屋



図3 秋季のケナフの成長（11月）

外の当高専生活排水処理施設

(1200人槽) 処理水を用いた水耕栽培ベットまたはプランター内で成長させた。栽培実験は、ケナフが結実し葉が枯れる12月まで露地で継続した。また収穫したケナフを靱皮と木質部に分離し、それぞれの熱量・灰分・窒素・リンの組成を分析した。同時に当研究室でほぼ同様な基質で栽培した熱帯性浮漂性植物であるウォーターレタス及びホテイアオイの各成分と比較した。

3-2 ケナフ活性炭の賦活方法

12月に収穫したケナフの木質部を105℃で乾燥後、各温度(400, 600, 800, 1000℃)、各雰囲気(H₂O&CO₂)下の活性炭製造炉(管状炉)で製造した。

3-3 等温吸着実験

除去対象物質として色度の主成分であるフミン酸(Aldrich製市販試薬, 20mg/l)を使用し、活性炭濃度を50, 100, 500, 1000, 2000, 5000mg/lの各濃度で、水温25℃, 20時間の往復振とう機による攪拌を行い、吸着後の試料をろ過した後、E250(250nmでの紫外線の吸光度)の紫外外部吸光度で残留フミン酸の濃度を測定した。平衡吸着濃度と活性炭当たりの吸着量をプロットして各賦活条件での等温吸着線を求めた。活性炭の粉碎にはコーヒーマルを使用して微粒化した。フミン酸を用いた理由は、活性炭の使用目的が主に生活排水処理水の色度除去にあるからである。

4. 結果及び考察

4-1 ケナフの水耕栽培での成長

ケナフを室内で発芽させ、移植後屋外で当高専生活排水処理施設の処理水で灌養して生育させた。処理水中のN・P濃度は概ね30mg/l及び3mg/lであった。ケナフは熱帯性のために20℃以下では発芽が困難であるので注意を要する。室内で発芽させるのはあまり問題がなかったが、4月中旬に露地で種まき場合には、ほとんど発芽しないことがあった。発芽後は12月まで順調に生育し、高さ3-4m, 茎の直径2cm程度に成長した。

秋季の成長が図1のデータに比べて低いと思われるが、この理由の一つとして、水耕栽培で使用したロックウール(ニチアスのロックウールポット)の側面被覆ビニールを外さないで栽培したために、根圏が十分に生育しなかったことが考えられる。図2には7月末、図3には11月の生育状態を示した。

4-2 回収されたケナフの成分組成

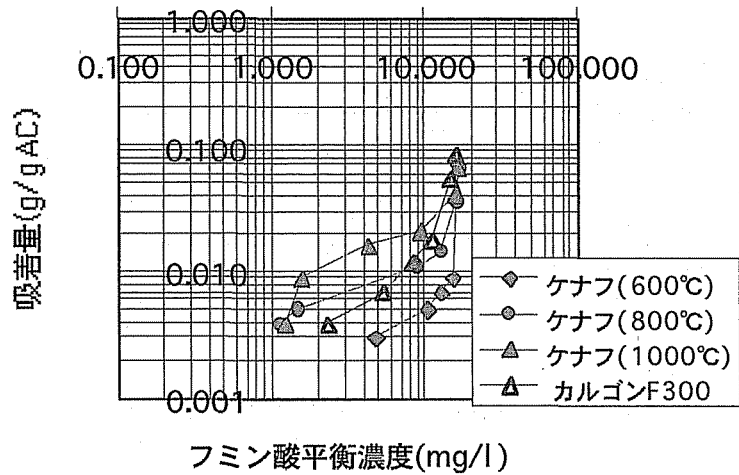


図4 水蒸気賦活ケナフ炭の吸着性能に及ぼす賦活温度の影響

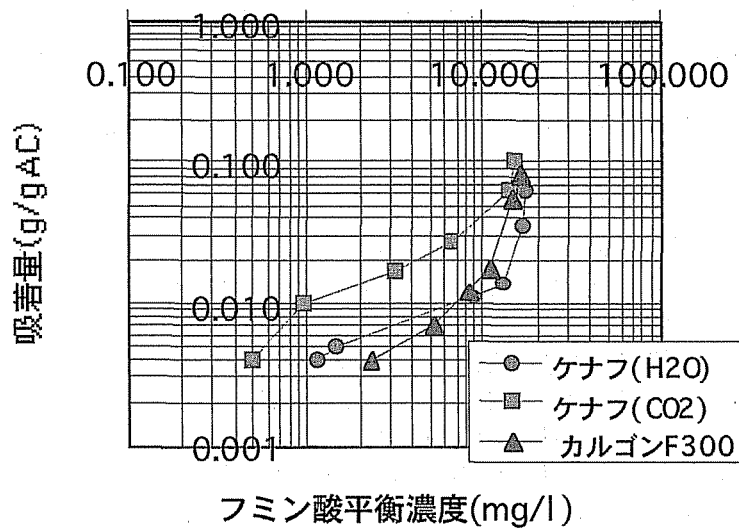


図5 800 ° 賦活時の吸着性能に及ぼす賦活条件の影響

刈り取り後のケナフ幹部分の表皮と木質部それぞれの成分を表1に示した。表1には、比較のためにウォーターレタスとホテイアオイの成分組成も示した。ケナフ幹の栄養塩含有率は、上記の浮漂性植物の葉に比べて窒素・リンともに低く、セルロースが主成分であることがわかる。木質部の外観は密度の軽い木材の外観と類似していた。

4-3 ケナフ活性炭の賦活方法と収率

各条件で賦活したケナフ活性炭の、焼成前と焼成後の重量比（収率%）を表2に示した。温度を上昇すると共に収率は減少し、600℃では約30%、1000℃では約20%となった。図4に水蒸気賦活ケナフ炭の、吸着性能に及ぼす賦活温度の影響を示した。賦活温度の上昇と共に収率は低減したが、低平衡濃度でのフミン酸吸着量が増加しており、賦活温度は高いほど活性炭の吸着能力が向上することがわかった。図5には800℃賦活時の各賦活条件による等温吸着線の違いを示す。

同一温度条件ではCO₂賦活炭のほうが低濃度での吸着性能が良好であった。CO₂賦活活性炭は1000℃の条件では焼成炉で灰化してしまい、吸着実験は不可能であった。

4-4 ケナフ活性炭とカルゴン炭の性能比較

図4, 図5には、同時に測定したカルゴン炭（F300）の等温吸着線も示した。賦活温度800℃のCO₂賦活ケナフ炭は、F300よりも良好な吸着性能を示した。H₂O賦活ケナフ炭は800℃ではF300とほぼ同等、1000℃ではF300よりも良好な吸着性能を示した。

このことから、ケナフを原料とした活性炭は、色度除去能力においては、石炭系の活性炭よりも吸着性能が優れていると思われる。

4-5 電子顕微鏡で見たケナフ活性炭の特徴

各条件で製造したケナフ活性炭の構造を、日立S-2050走査型電子顕微鏡で調べた。図6にその写真（1000℃, H₂O賦活）を示した。ケナフ炭には直径10-30μm程度の穴（細胞壁と思われる）が無数に開いており、カルゴン炭とは全く異なる形状を示している。

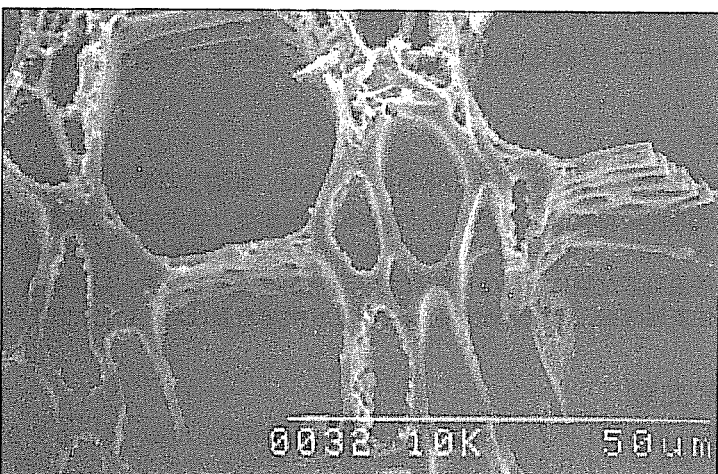
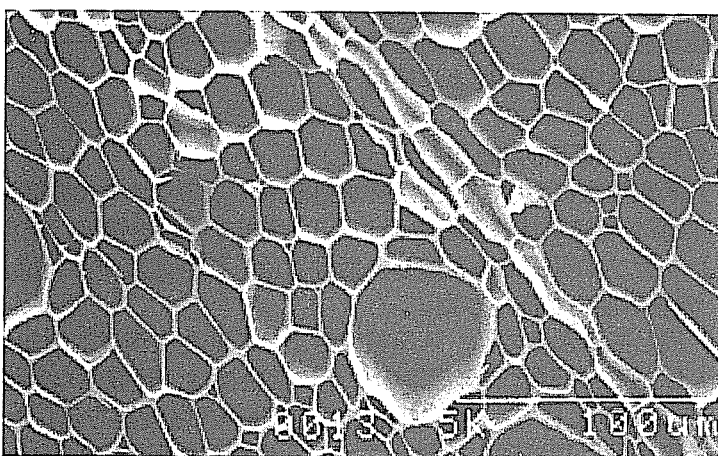
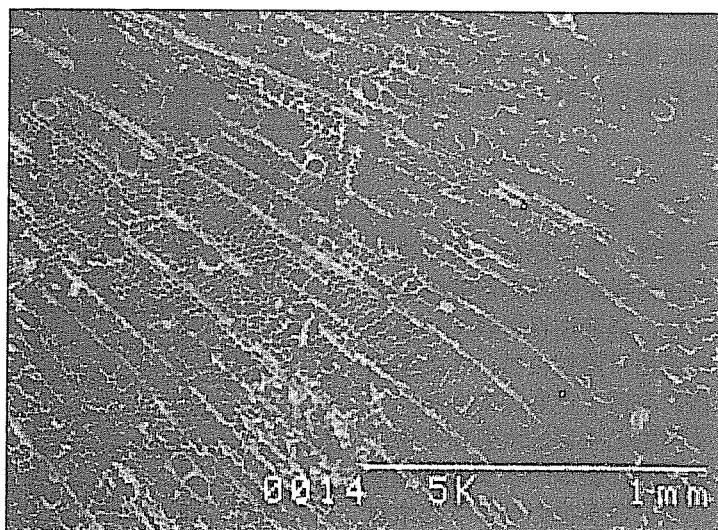


図6 ケナフ活性炭の電子顕微鏡写真（水蒸気賦活・1000℃）

この形状は、活性炭の吸着能力とは別に微生物の住み家としての活用可能性があることを示唆している。

5. まとめ

本研究は、エコロジー&エコノミーな生活排水処理の可能性を探るために、最近注目されているケナフの適用可能性についての基礎的な検討を行ったものである。

まず実際の生活排水処理水中の栄養塩を水耕栽培のケナフで除去させ、次に成長後のケナフの木質部から活性炭を製造して、色度成分の吸着性能をフミン酸を対象物質として等温吸着試験により検討した。

その結果、以下のことがわかった。

- (1) 関東地方において、生活排水処理水によるケナフの水耕栽培は容易であり、抽水性植物としては著しく速い成長速度を示し、11月まで成長を持続し結実した。
 - (2) ケナフ木質部から製造した活性炭は、賦活温度が高いほど(max1000℃)、等温吸着試験の吸着能力が高かった。
 - (3) 同じ賦活温度では、水蒸気賦活より二酸化炭素賦活のほうが吸着能力が高かった。
 - (4) 800℃、二酸化炭素賦活のケナフ活性炭は、代表的な水処理用活性炭であるカルゴン炭 F300よりも、フミン酸に対して高い吸着性能を示した。
 - (5) 電子顕微鏡観察の結果、ケナフ活性炭には直径10-30μm程度の穴が蜂の巣状に無数にあり、バクテリア等の微生物の住み家としても有効であると想定される。
- 今年にはケナフ栽培の2年目になるので、ケナフの有効利用について引き続き検討を進めている。

謝辞

本研究の電子顕微鏡写真の撮影については、物質工学科小島昭教授及び星井進介技官の協力を頂いた。また活性炭等温吸着実験は、現豊橋技術科学大学学生(当時群馬工業高等専門学校5年生)平野景子君が行ったものである。ケナフの利用については、東芝プラント建設(株)の小林洋一殿よりいろいろとご指導を頂いた。また活性炭の等温吸着試験については岐阜大学流域環境研究センター湯浅教授にご指導を頂いた。対象に用いたカルゴン炭は住友重機械工業(株)環境技術研究所より供給を受けた。ここに記して謝意を示します。

参考文献

- 1) 西村五郎(1973)ケナフ、世界大百科事典, No. 9, p297
- 2) 小林良生(1991)環境保全に役立つ紙資源-ケナフ、ユニ出版
- 3) 青井透、臼田寛、大月伸浩(1997)ウォーターレタスによる栄養塩除去と大規模生育実験、第4回「環境用水の汚濁とその浄化シンポジウム」、pp39-42
- 4) 平野景子、青井透、小島昭(1997)ケナフから製造した活性炭によるフミン酸の除去、第4回「環境用水の汚濁とその浄化シンポジウム」、pp144-147
- 5) 大野晋太郎(1997)宮城県におけるケナフ栽培の流れとケナフの普及活動、第1回ケナフ栽培・紙すき研究発表会要旨集、pp60-62

表2 各条件で賦活したケナフ活性炭の収率

温度(℃)	賦活条件	焼成前(g)	焼生後(g)	収率(%)
400	なし	8.0	2.8	35.0
600	"	3.6	1.2	33.3
800	"	2.7	0.8	29.6
1000	"	3.0	0.8	26.7
600	H2O	2.2	0.6	27.3
"	"	2.9	0.8	27.6
			平均値	27.4
1000	"	1.5	0.3	20.0
"	"	1.9	0.4	21.1
"	"	2.2	0.4	18.2
			平均値	19.7
600	CO2	2.4	0.7	29.2
"	"	1.7	0.5	29.4
"	"	0.9	0.3	33.3
			平均値	30.6