

松くい虫被害材の炭材製造と水処理への応用

有限会社クリエート
株式会社サニタリー
化学部

○宮原浩嘉
池本正二
新村孝善, 西元研了, 出雲茂人

1 はじめに

木炭は内部までマクロ孔及びミクロ孔の広がった多孔質体で、その用途は従来の燃料以外に多孔質体を積極的に利用した吸着剤・脱臭剤・浄化剤・土壌改良剤・床下調湿剤など多岐にわたっている¹⁾。この新たな用途を目的として、仮道管細胞の集合体である針葉樹炭が注目されつつある²⁾。

本研究では伐倒駆除した松くい虫被害材（クロマツ, *Pinus thunbergii*）の有効な利用方法の一つとして、まず仮道管細胞構造を維持したまま、比表面積ならびに吸着性能を増大させる最適炭化条件について検討を行った。さらに、得られたクロマツ炭を水処理に応用するため、浄化剤としての定量的データをモデル実験により検討したので報告する。

2 実験方法

2.1 炭化実験

炭化に用いた実験装置を図1に示す。石英製乾留管を円筒型ヒータで覆う構造で、電気炉温度制御装置M-P特型にて温度コントロールを行った。別途温度センサを乾留管中央部に設置し炉内温度を測定した。煙出口にはコンデンサを設け木酢液を分取した。サンプル量は風乾された被害材500gに統一し、窒素雰囲気下で炭化を行った。製造因子として炭化温度、炭化時間、昇温速度の影響を別々に検討し、同一因子には同一ロットの被害材を用いた。製造した木炭それぞれに対してよう素吸着性能(JIS K 1474)と比表面積(BET法, Micromeritics Accusorb 2100E, Shimadzu製)を測定した。一部のサンプルについて走査型電子顕微鏡(JSM-5300 JEOL製)による表面観察を行った。

木酢液の成分分析はGC(263-50Gas Chromatograph, HITACHI製)、及びGC/MS(HP5890, HEWLETTPACKARD製JMS-DX303, JEOL製)を使用し、分離カラムにDB-5(30m × 0.32mm, 0.25 μm)とCP-Sil88(50m × 0.25mm, 0.2 μm)の2種類を用いて行った。

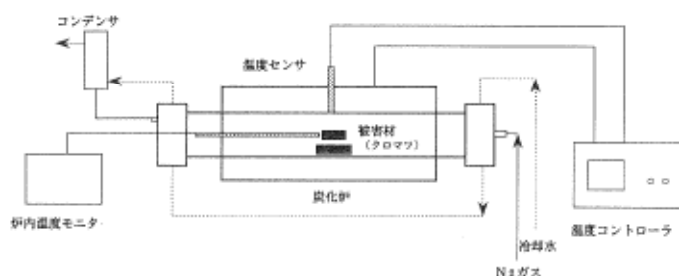


図1 炭化実験装置

2.2 通水カラム実験

製造したクロマツ炭の浄化性能レベルを把握するため、図2に示す装置を用い通水カラム実験を行った。試験水には沈砂させた永田川原水（2級河川）を1日5ℓの割合で各フラスコに供試した。内径46mmのカラムに約5mm角に破碎した担体を一定量充填し、試験水を500mℓ/minで連続循環した。クロマツ炭以外に雑木炭、ヤシガラ活性炭、セラミック濾材の合計4種類を用い、CODを中心とする種々の分析項目について経日変化を比較検討した。

実験後半ではクロマツ炭のみに絞り込み、クロマツ炭担体量、カラム内径、流水系（循環／ワンパス）及び流量を変化させ、カラム内滞留時間と COD 経時変化を測定し物質収支に基づく下の単純なモデル式を用いワンパス系での除去率 R を算出した。

$$-\frac{d[\text{COD}]}{dt} = \frac{Q \cdot R}{V} [\text{COD}]$$

（Q：循環流量，V：フラスコ容積）

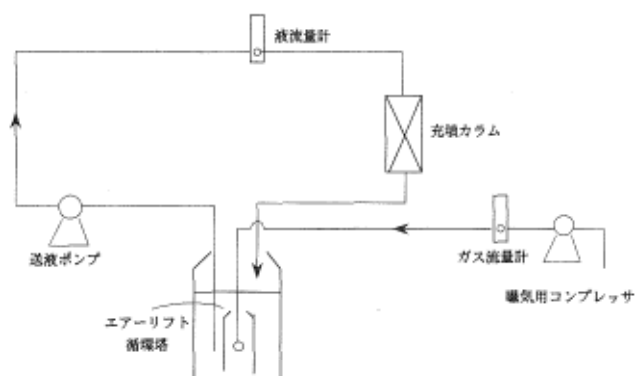


図2 通水カラム実験装置図

3 結果及び考察

3.1 炭化実験

炭化条件を検討した結果、炭化温度 650 °C、炭化時間 5 時間、昇温速度 2 °C /min 以下で、本来のクロマツの仮道管構造を維持したまま最大級の吸着性能を有する木炭を製造することができた。製造したクロマツ炭の物性を市販の木炭及び活性炭の分析結果も合わせて表 1 に示す。

炭化温度 650 °C を中心に、低温側、高温側の両方で吸着性能が減少する傾向にあり、炭化温度は木炭の吸着性能に顕著な影響を与えることがわかった。特に、高温側で低下する原因は木炭の熱収縮が起こるためと考えられた。

また、製造した木炭は、昇温速度 2 °C /min 以下の低速昇温では仮道管構造が整然としているのに対し、中速昇温になると仮道管が歪み、15 °C /min の高速昇温に至ると仮道管細胞壁が薄くなり、断面に空洞も観察され、形状がもろく収量の低下を生じた。このことから、昇温速度は木炭の強度と収量に影響を与え、それは木炭のマクロ構造に依存するものと推察された。

クロマツ木酢液の主要成分は、Methanol (1.3 %)、Acetic acid (6.1 %)、Acetol (1.9 %) の 3 種類で、次いで準主要成分として Furfural, Guaiacol, 2-Methoxy-4-cresol が 0.3 % 程度含まれていた。また、全体的にリグニンの分解成分であるフェノール性成分が多く検出された。木酢液には植物に対する生長促進作用と阻害作用という相反する 2 面性が知られている。今回検出された成分を過去の報告例^{3) 4)}と比較すると、クロマツから得られた木酢液は、雑草防除、殺虫、抗カビ・抗菌に効果があると推定される。

表 1 クロマツ炭の物性比較

種類	備考 (炭化条件, 由来等)	よう素吸着性能 (mg/g)	比表面積 (m ² /g)
クロマツ炭	650 °C, 5 時間, 2 °C /min	500	530
雑木炭	黒炭 (市販品)	130	120
備長炭	白炭 (市販品)	100	90
カシ炭	黒炭 (市販品)	60	80
ヤシガラ活性炭	脱臭用活性炭 (市販品)	1150	1270 *

* : よう素法で算出

3.2 通水カラム実験

4 種類の担体で通水カラム実験を行った結果、製造したクロマツ炭の定常状態における浄化性能レベルはヤシガラ活性炭とセラミック担体の中間に位置し、通常の生物担体以上の効果が観察でき

た。雑木炭の浄化性能はセラミック担体と大差がなく、よう素吸着性能 130mg/g 程度では吸着活性のない通常の生物担体と同等な処理能力しか持たないと判断される。なお、クロマツ炭の効果は少なくとも約半年の間持続し、別途測定した沈砂水 COD に対する吸着等温線や生物除去量から予想されるクロマツ炭の吸着寿命よりも明らかに長くなっている。この現象は生物活性炭処理（BAC 処理）で見られる生物再生効果に類似している。

表 2 の通水条件で得られた実験データを解析した結果、COD 除去率 R はカラム内を滞留する時間と最も高い相関を示した。得られた結果を図 3 に示す。今回の実験では河川水浄化を念頭において実験を行ってきたが、例えば環境基準類型を 1 ランク上げるのに相当すると考えられる 20 % 以上の COD 除去を期待するには、少なくとも滞留時間を 6 分以上に設定する必要がある、この結果を用いて河川流量が決まればクロマツ炭投入量を予想できる。

表 2 通水条件

記号	充填容積 (ml)	カラム内径 (mm)	実験系
□	100	46	循環
◆	100	29	循環
□	100	46	ワンパス
◇	200	46	循環
■	200	46	ワンパス

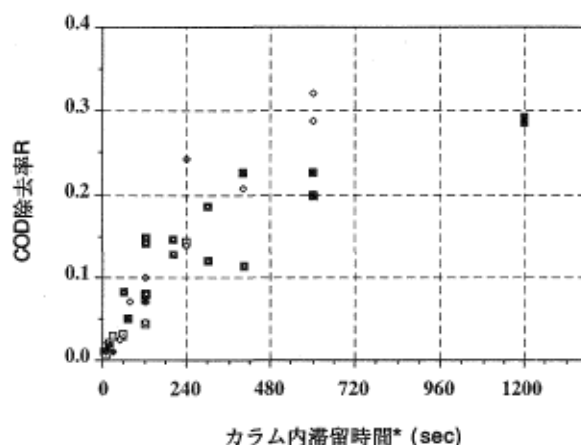


図 3 カラム内滞留時間*と COD 除去率の関係

※：充填容積 ÷ 液流量

4 おわりに

本研究で明らかになった結論を以下に要約する。

- 1) 炭化温度 650 °C、炭化時間 5 時間、昇温速度 2 °C /min の条件で、クロマツ被害材から本来の仮道管マクロ構造を維持したまま吸着性能に富む木炭を製造することができた。その木炭の吸着特性はよう素吸着性能 500mg/g、比表面積 530 m² /g 以上にも達し、木炭として最大級のマイクロ孔を発達させることができた。
- 2) クロマツから得られた木酢液の主要成分は Acetic acid, Methanol, Acetol の 3 種で、準主要成分として Furfural, Guaiacol, 2-Methoxy-4-cresol が検出された。過去の報告例と比較すると、クロマツから得られた木酢液は、雑草防除、殺虫、抗カビ・抗菌に効果があると推定された。
- 3) 水処理に応用した際のクロマツ炭の浄化性能レベルは活性炭とセラミック担体の中間に位置し、通常の生物担体以上の効果が確認できた。また、河川水浄化などのワンパス系で用いる場合、20 % 以上の COD を除去するには 6 分以上の滞留時間が必要であることがわかった。

今後、BAC 処理ならぬ "生物木炭処理" として浄化特性を継続して調べるとともに、生物再生メカニズムについても検討を行っていきたい。

参考文献

- 1) 社団法人全国林業改良普及協会編：木炭と木酢液の新用途開発研究成果集
- 2) 岡田良仁：いんだすと， 6， 73～77(1991)
- 3) 谷田貝光克ら：木材学会誌， 35， 564～571(1989)
- 4) 谷田貝光克ら：木材学会誌， 35， 1021～1028(1989)