

# 古紙を用いた炭の吸着能力

山本千名都 前角古京 出口加奈子 谷亮太郎

指導者 光嶋央貴

## 要旨

昨今、ゴミの増加が環境問題となっている。そこで、優れた吸着効果で知られている活性炭を、我々は古紙から作成することにした。一般的なガス賦活ではなく、炭酸カリウムを用いた薬品賦活という方法で活性炭を作成した。使用した後の活性炭を加熱することによって、吸着能力が元の状態に回復することを踏まえ、電子レンジによる加熱で吸着能力の回復を行った。また、古紙に染み込ませる薬品の量を変え、吸着能力に変化は現れるのか調べた。その結果、古紙の質量に対して2.0倍の炭酸カリウムを染み込ませた時が一番良い結果となり、それ以外の場合は能力が下がると考えられた。次に、薬品賦活で使用する薬品を変えると能力に変化は現れるのかを調べることにしたところ、塩化ナトリウムから一番良い結果が得られた。

Recently, the increasing amount of trash is creating an environmental problem. For this reason, we decided to make activated carbon (activated charcoal) known for its superior abilities to absorb substances. We didn't choose the usual way to activate normal charcoal by using gas such as vapor, carbon dioxide, and combustible gas, but in a way that uses potassium carbonate. According to a literature that we read, its ability to absorb substances is restored by heating used active carbon. So, we restored it by heating using a microwave oven. Next, we researched if the ability to absorb substances would change when we changed the quantity of potassium carbonate soaked in used paper. As a result, active carbon made by using twice as much quantity of potassium carbonate soaked in used paper absorbed most substances. Finally, we also researched if the ability to absorb substances would change when we changed the chemicals. As a result, we found out that active carbon made by using sodium chloride absorbed most substances.

キーワード：活性炭、薬品賦活、古紙、炭酸カリウム

## 1. 序論

炭や活性炭は吸着能力があり、優れた脱臭効果や水質浄化効果があることが知られている。炭とは木材を炭化（中温（200℃～600℃）かつ無酸素状態で蒸焼き（乾留）にする）<sup>1)</sup> 処理を行ったもののことである。活性炭とは炭を賦活（活性化）処理したもののことで、木炭に比べて孔が小さく、表皮面積が大きいいため、吸着能力が高いことが特徴である。また、炭・活性炭の原料として、木材・竹等が使用さ

れることが一般的である。

しかし、現在ゴミの増加が環境問題となっている。そこで、我々は古紙から市販と同じ能力を持つ活性炭を作成することができれば、ゴミとして廃棄する紙の量を減らす事ができ、ゴミ問題を少しでも解決できるのではないかと考えた。よって我々は、自分たちが考えた方法で古紙から活性炭を作ることにした。

## 2. 研究内容

### 予備実験 古紙からの炭の作成

#### 〈導入〉

本実験では、後に作成する活性炭との能力を比較するために古紙から炭を作成する。

また、この実験では吸着能力を確認するために、メチレンブルーを吸着させる。

#### 〈薬品・器具〉

古紙、試験管、スタンド、ガスバーナー、ガラス管、ビーカー、ゴム栓、ゴム管、メチレンブルー  
(和光純薬工業株式会社)

#### 〈実験方法〉

1. 4.0g の古紙を試験管に詰める。
2. ガスバーナーで9分間加熱する。

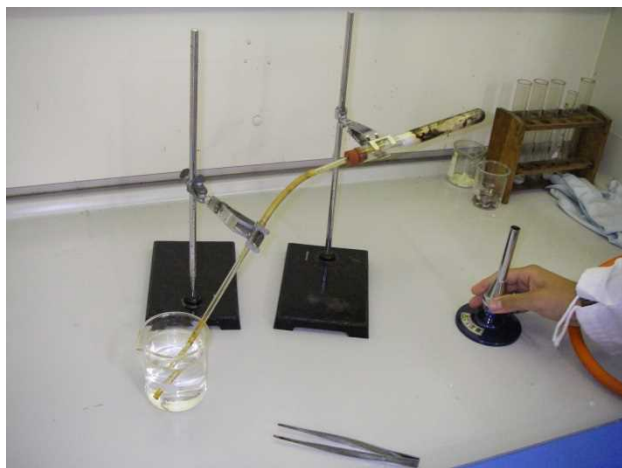


図1 炭を作っているところ

#### 〈結果〉

メチレンブルーを吸着したため、炭を作成することができた。

### 実験1. 活性炭の作成

#### 〈導入〉

炭化は無酸素状態で行うことが条件である。<sup>2)</sup> 薬品賦活においてもその状態が必要である。そのため、我々は安価で耐熱性のあるアルミホイルで空気を遮断することにした。

なお、 $2.0 \times 10^{-4}$  mol/L よりも高い濃度のメチレンブルーを吸着させたところ、吸光度計で測定不能であった。そこで、本研究では $2.0 \times 10^{-4}$  mol/L メチレンブルー溶液を使用し、吸着能力を

測定する。

#### 〈目的〉

炭酸カリウムを用いての薬品賦活で活性炭を作成する。そしてメチレンブルーにより吸光度を確認し、活性炭が作成できたか評価する。

#### 〈仮説〉

導入で述べたように、薬品に浸した後、アルミホイルで空気を遮断し、加熱することによって、活性炭が出来る。

また、作成した活性炭は賦活により孔が増え、古紙の炭よりも高い能力が期待される。

#### 〈薬品・器具〉

古紙2枚、炭酸カリウム(米山薬品工業株式会社)、メチレンブルー(和光純薬工業株式会社)、精製水、マッフル炉(FP310:ヤマト科学株式会社)、アルミホイル、ビーカー、ガラス棒、薬さじ、薬包紙、電子天秤、ろうと、ろうと台、ろ紙、ドライヤー、メスシリンダー、ピンセット、吸光度計

#### 〈実験方法〉

1. 0.10 mol/L の炭酸カリウム水溶液を作成する。
2. 1で作成した水溶液に古紙を浸す。
3. 2をドライヤーで乾かす。
4. 3と薬品に浸していない古紙を丸め、それぞれアルミホイルで2重に包む。
5. マッフル炉にて400°Cで15分加熱する。
6. 5を3回精製水で濯ぎ、ドライヤーで乾かす。
7. 6を乳鉢で碎き、0.10[g]計り取り、10mLのメチレンブルー溶液が入った遠沈管に入れ一定時間静置する。
8. 3000rpmで10分遠心分離し、上清を回収する。
9. 吸光度を計測し、吸着能力を測定する。

#### 〈結果〉

吸光度を測定した結果から、薬品賦活を行い作成した活性炭の方が、予備実験で作成した炭と比べて吸着能力が高いことが分かった(図2)。

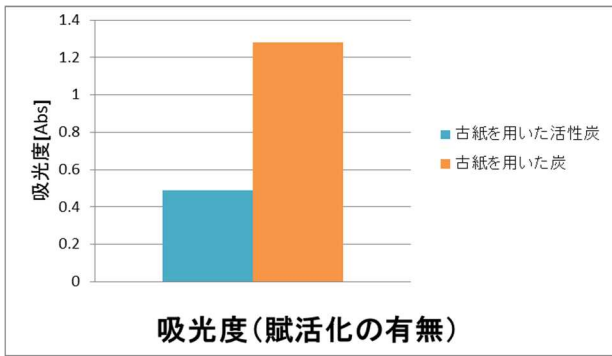


図2 賦活化の有無による吸光度の違い

〈考察〉

結果から、薬品賦活により炭の吸着能力を向上させることができた。それは、仮説で述べた通り古紙が賦活され、孔が増えたからだと考えられる。

また、このことより、アルミホイルでも空気の遮断ができ、本実験の賦活に使用できると考えられる。

## 実験2. 電子レンジを用いた吸着能力の回復

〈導入〉

使用した後の活性炭を加熱することによって、吸着能力が元の状態に回復するが、直接火で加熱すると、火が活性炭に移る可能性が考えられた。

そこで、我々が日常生活でよく使用する、電子レンジで加熱すればいいのではないかと考え、実験を行うこととした。

〈目的〉

電子レンジで加熱することによって、吸着能力が回復するかどうかを確かめる。

〈仮説〉

物質を吸着させた炭・活性炭を電子レンジで加熱することによって、吸着能力が回復する。

〈薬品・器具〉

物質を吸着させた炭・活性炭、電子レンジ、メチレンブルー（和光純薬工業株式会社）、精製水、薬さじ、薬包紙、電子天秤、ピンセット

〈実験方法〉

1. メチレンブルーを吸着させた活性炭を2サンプル用意する。
2. 一方の活性炭を電子レンジで3分間加熱する。
3. 加熱した活性炭、加熱を行っていない活性炭

をそれぞれ0.10g遠沈管に入れ、一定時間静置する。

4. 3000rpmで3分間遠心分離させる。

5. 吸光度を計測する。

〈結果〉

測定の結果、一度メチレンブルーを吸着させた活性炭を電子レンジで加熱することによって、加熱しないものに比べて、吸着能力が回復していた(図3)。

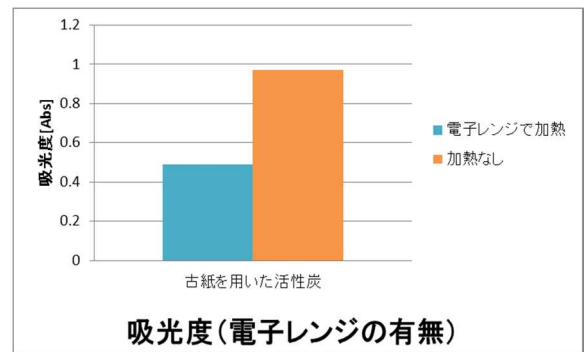


図3 電子レンジでの加熱による吸光度

〈考察〉

結果から、電子レンジを用いての加熱でも、吸着能力が回復する、ということが言える。これは、吸着は吸熱反応であるため、加熱することによって平衡が左に移動し、脱着が行われたと考えられる。また、メチレンブルーの分解温度190℃であり、電子レンジによる加熱で古紙に吸着したメチレンブルーが190℃に至り、熱分解されたものと考えられる。

このことより、火による直接加熱でなくても、電子レンジを代用した加熱により、吸着能力の回復が行えると示唆される。

## 実験3. 炭酸カリウムの量による吸着能力の違い

〈導入〉

紙に染み込ませる炭酸カリウムの量を変えたとき、吸着能力に違いがあるのか、ということが疑問に上がった。

文献によると、アルカリ賦活の場合、原料に対して重量比で2~10倍のアルカリを加えて熱にかけると、3000 m<sup>2</sup>/gの非常に大きな表面積を持つ活性炭に成る<sup>3)</sup>とある。このことから、次に薬

品の量の違いによって吸着能力が変化するかどうかを調べた。

#### 〈目的〉

賦活過程における薬品の量の違いによって、吸着能力が変化するかどうかを確かめる。

#### 〈仮説〉

文献3より、炭酸カリウムの量が古紙の質量に対して2～10倍のとき吸着能力が向上する。

#### 〈薬品・器具〉

古紙4枚、炭酸カリウム(米山薬品工業株式会社)メチレンブルー(和光純薬工業株式会社)、精製水、マッフル炉(FP310:ヤマト科学株式会社)、アルミホイル、ピーカー、ガラス棒、薬さじ、薬包紙、電子天秤、ろうと、ろうと台、ろ紙、ドライヤー、メスシリンダー、ピンセット

#### 〈実験方法〉

1. 古紙の質量に対し1.5倍の炭酸カリウムを溶かした水溶液を作成する。
2. 1で作成した水溶液に古紙を浸す。
3. 2をドライヤーで乾かす。
4. 3を丸め、アルミホイルで2重に包む
5. マッフル炉を用いて400℃で15分加熱する。
6. 5を3回精製水で濯ぎ、ドライヤーで乾かす。
7. 6を乳鉢で碎き、0.10g計り取り、10mLメチレンブルー溶液が入った遠沈管に入れ、一定時間静置する。
8. 3000rpmで10分遠心分離し、上清を回収する。
9. 波長680nmで吸光度を計測し、吸着能力を測定する。
10. 1～9を2.0倍、3.0倍、4.0倍の場合においても行う。

#### 〈結果〉

測定の結果、古紙の質量に対して2.0倍の炭酸カリウムを溶かしたとき一番吸着能力が優れているということがわかった。次いで、3.0倍、1.5倍、4.0倍溶かしたものが優れていた(図4)。

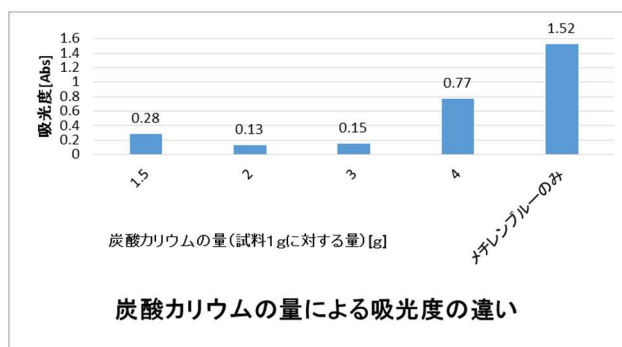


図4 炭酸カリウムの量による吸光度の違い

#### 〈考察〉

結果の通り、古紙の質量に対して2.0倍の炭酸カリウムを溶かして作成した活性炭から一番良い結果を得られた。古紙に炭酸カリウム水溶液を染み込ませる際に、古紙の質量に対して3.0倍、4.0倍の炭酸カリウムを溶かしたものは、すべて染み込まず、試料表面に析出していた。すると、これらのときも2倍の時とほぼ同じの結果になるはずである。

しかし、そうではないことを考えると、我々の仮説通りではなく、一定の重量比以上になると、吸着能力が下がると考えられる。

これらのことから、本実験において一番適した炭酸カリウムの量は、古紙の質量に対して2.0倍であると思われる。

#### 実験4. 薬品の種類による吸着能力の違い

##### 〈導入〉

炭酸カリウムは食品添加剤として使用されるなど、身近な薬品であるが、薬品賦活においても一般的に使用される薬品である。そこで、炭酸カリウム以外にも、身近な薬品を用いた薬品賦活において、より良い結果が得られる薬品があるのではないだろうかと考えた。

##### 〈目的〉

賦活するときに用いる薬品の種類による吸着能力の違いを確認する。

##### 〈仮説〉

工業的使用率が高く、薬品賦活においても一般的に使用される炭酸カリウムの吸着能力が最も高い。

## 〈薬品・器具〉

古紙9枚, 塩化ナトリウム (富田製薬株式会社), 炭酸カリウム (米山薬品工業株式会社), 塩化カリウム (米山薬品工業株式会社), 炭酸ナトリウム (米山薬品工業株式会社), 炭酸水素ナトリウム (米山薬品工業株式会社), 硫酸カリウム (和光純薬工業株式会社), 硝酸カリウム (米山薬品工業株式会社), 硫酸 (米山薬品工業株式会社), メチレンブルー (和光純薬工業株式会社), 精製水, マップル炉 (FP310: ヤマト科学株式会社), アルミホイル, ビーカー, ガラス棒, 薬さじ, 薬包紙, 電子天秤, ろうと, ろうと台, ろ紙, ドライヤー, メスシリンダー, ピンセット

## 〈実験方法〉

1. 0.10 mol/Lの炭酸カリウム水溶液を作成する。
2. 1で作成した水溶液に古紙を浸す。
3. 2をドライヤーで乾かす。
4. 3を丸め, アルミホイルで2重に包む
5. マップル炉を用いて 400°Cで 15分加熱する。
6. 5を3回精製水で濯ぎ, ドライヤーで乾かす。
7. 6を乳鉢で碎き, 0.10 g 計り取り, 10 mL メチレンブルー溶液が入った遠沈管に入れ, 一定時間静置する。
8. 3000rpm で 10分遠心分離し, 上清を回収する。
9. 波長 680nm で吸光度を計測し, 吸着能力を測定する。
10. 1~9を塩化ナトリウム, 塩化カリウム, 炭酸ナトリウム, 炭酸水素ナトリウム, 硫酸カリウム, 硝酸カリウム, 硫酸, メチレンブルーの場合においても行う。

## 〈結果〉

測定の結果, 塩化ナトリウムを用いた賦活の時, 一番良い吸着能力を示していた (図5)。

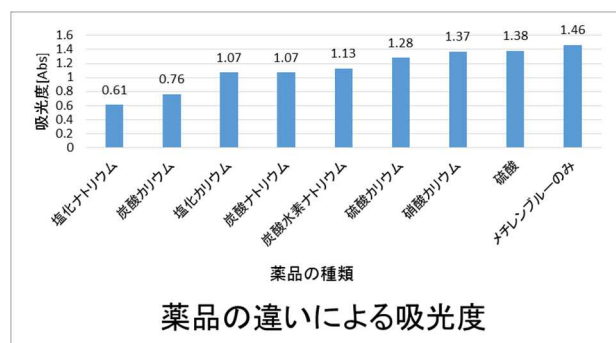


図5 薬品の違いによる吸光度の違い

## 〈考察〉

木炭表面に大きな影響を及ぼす元素は塩素などの非金属元素, ナトリウムなどアルカリ金属およびアルカリ土類金属元素の組み合わせである<sup>4)</sup>ことが知られている。そのため, 炭酸カリウムよりも塩化ナトリウムで薬品賦活した方が, 吸着能力が高くなったと考えられる。

実験3において, 古紙の質量に対して2.0倍の炭酸カリウムを溶かした場合が実験3の薬品賦活において一番適していると分かった。これに従って, 実験4においても各薬品の量を決定したが, 炭酸カリウム以外の薬品においても古紙に対して2.0倍の薬品を溶かし, 作成した活性炭が一番良い能力を期待できるとは断言できない。

そのため, 塩化ナトリウム, 塩化カリウム, 炭酸ナトリウム, 炭酸水素ナトリウム, 硫酸カリウム, 硝酸カリウム, 硫酸で薬品賦活を行う場合, 古紙に対してどのくらいの量溶かした時, 一番吸着能力の高い活性炭ができるのか各薬品で調べる必要がある。

## 3. 結論

実験1では, 古紙を炭酸カリウムに浸したものをアルミホイルで包み, マップル炉で加熱したことにより, 元の炭より吸着能力の高い活性炭が得られた。

実験2では, メチレンブルーを吸着させた活性炭を電子レンジで加熱することにより, 吸着能力が回復し, 再利用できることが分かった。

実験3では, 古紙の質量に対して2.0倍の炭酸カリウムを溶かした場合が実験3の薬品賦活において最も適していると分かった。しかし, 実験4では薬

品賦活に炭酸カリウム以外の薬品も使用しており、他の薬品においても古紙の質量に対して2.0倍溶かして作成した炭が一番良い値が出るかどうかは断言できない。

そのため、塩化ナトリウム、塩化カリウム、炭酸ナトリウム、炭酸水素ナトリウム、硫酸カリウム、硝酸カリウム、硫酸で薬品賦活を行う場合、古紙に対してどのくらいの量を溶かしたとき、一番吸着能力の良い活性炭ができるのか調べる必要がある。

現時点では塩化ナトリウムを古紙の質量に対して何倍溶かした時に良い活性炭が作成できるのかを調べ、その量で賦活した炭が理論上一番能力の高い炭といえる。よって今後は、理論上一番能力の高い炭を作り、市販の活性炭にどれだけ能力を近づけられるか確かめることが課題である。

#### 【文献】

- 1) <http://jcra.or.jp/kasseitan.html> 活性炭ってなに？ - 日本炭化研究協会 (2013)
- 2) 立本英機, 安倍郁夫: 活性炭の応用技術. 株式会社テクノシステム p.5
- 3) 立本英機, 安倍郁夫: 活性炭の応用技術. 株式会社テクノシステム p.7
- 4) 立本英機, 安倍郁夫: 活性炭の応用技術. 株式会社テクノシステム p.165