

PART5 最強の炭はどれだ？

廃材から生まれる炭の可能性を探る。

磐田市立磐田第一中学校

3 年 宗田暖加

1 動機

私は、過去の自由研究において、3 回にわたり炭を研究材料として取り上げた。

1 回目は、「最強の消臭剤はどれだ？！臭いと消臭の関係を調べる。」という研究において、消臭効果があると言われている天然素材をピックアップし、どれが一番効果があるのかを調査した。調査の結果、炭の効果は他に比べて圧倒的であった。更に追加実験でより効果を出すため、固形の状態と粉末にした状態での消臭の違いを調査した。調査の結果、粉末にした状態の方が、空気に触れる表面積が多くなり、より効果が出ることが分かった。

2 回目は、「最強の水質浄化剤はどれだ？！水の中の汚れと成分の関係を調べる。」という研究において、1 回目の研究から、これを水の浄化にも応用できないかと考え、絵の具をとかした水と炭を含む水質浄化作用があると言われている素材を用意し、どれが一番水の汚れを取るのか調査した。調査の結果、消臭実験同様に一番水の汚れを取ったのは炭だった。追加実験は家庭排水で行い、炭は酸性だった汚水を中性にし、色々な汚れを含んでいることを示す COD 値を減らし、水をきれいにすることが分かった。

3 回目は、「日本の伝統的な染め物の力（効果）を調べる。」という研究において、消臭、抗菌に関する実験で、古来より使われている材料に着目した。天然の染料を集め、染めて研究材料を作り、抗菌と消臭効果を比較した。調査の結果、消臭効果があったのは 1 位が茜、2 位がミント、3 位が炭だった。そして、抗菌については最も効果があったのが炭で、その他の染料よりもはるかに大きな効果となった。

この 3 回の研究から、炭が持つ多孔性の性質により、表面の凹凸部分が汚れを吸着することが分かった。また、炭の持つアルカリ性の性質が物の腐食が進むと発生する酸を中和させることも分かった。今回、世の中には色々な炭があり、「どの炭が一番機能性に優れているのか。」「炭の原料が違っても効果は同じなのか。」、もしそうであれば、「廃材などの利用も可能なのではないか。」と考え、調べてみることにした。

2 研究目的

世間で一般的に知られている炭は木炭と竹炭である。しかし、今回は木炭、竹炭以外の炭にも着目し、廃材も含め、色々な素材の炭の効果を研究することで、それぞれの炭の持つ特性を理解し、生活において活用できるようになることを目標とし、実験を実施することにした。

3 実験 1 汚れ吸着効果の調査

竹炭、木炭の他に身近にある素材を用い、主にエコを意識して、捨てられてしまう廃材を利用した。兄から、「素材をアルミホイルで包み、酸素に触れない状態にして高音で熱すると炭になる。」と高等学校の授業で習ったと聞き、この方法を利用して炭を作ってみようと考えた。そして、これを汚れた

水の中に入れ、汚れの吸着効果の比較をしてみることにした。

(1) 準備する物

ア 炭を作るための材料（木、竹、鶏の骨、松ぼっくり、くん炭（粃殻の炭）、青みかん（熟れる前に落ちていたもの）※くん炭は市販のものを購入

イ 絵の具

ウ 水

エ 透明なコップ 6 個

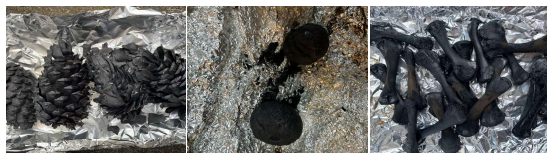
(2) 予想

今回、一番汚れを吸着するのは松ぼっくりだと思った。このように思った経緯は、1g の質量に対して松ぼっくりの体積が一番大きく、表面積が多ければ多いほど汚れを吸着する空間ができ、効率的に汚れが吸着するのではないかと思ったからだ。

(3) 実験方法

ア 鶏の骨、松ぼっくり、青みかん等の材料を集める。

イ 集めた材料をそれぞれアルミホイルで包み、高音で熱する。



ウ イで作った炭を粒の大きさが均等になるよう砕く。

エ 水に赤い絵の具を少量入れる。

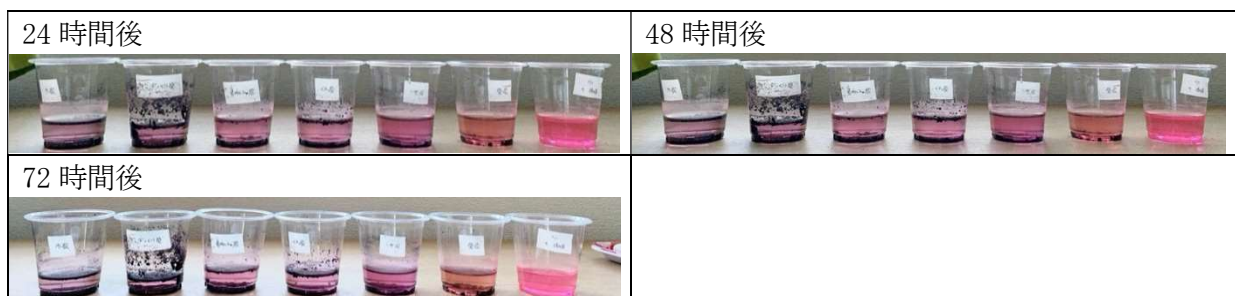
オ エで染めた水 50cc を入れたコップを 6 個用意し、それぞれに炭 0.3g を入れる。

カ 24 時間ごとに色素の吸着具合について、写真を撮って観察する。

(4) 実験結果

炭なしの絵の具水に比べて色素の吸着具合があった順は、「1 位 木炭、2 位 松ぼっくり炭、3 位 青みかん炭、4 位 くん炭、5 位 竹炭、6 位 骨炭、7 位 無し」で、ほぼ予想通りだったが唯一、青みかん炭が予想外に効果があった。青みかんは質量あたりの表面積が小さく、理由を調べてみても分からず困っていたところ、母から「レモンのアロマオイルは果皮を圧さくして精油を取るが、熟した実よりも緑色をした未熟な果実の方が精油が取れる。その中のリモネンという成分は強力な殺菌剤になる。」と聞いた。成熟前に落ちた青みかんの条件と似ていたためリモネンについて調べたところ、みかんにもリモネンが多く含まれていることが分かった。リモネンには、強い抗菌作用、油脂の分解作用があるため、絵の具の主成分である水溶性樹脂をリモネンが分解したのではないかと推測した。実験結果から「質量に対して、表面積のある炭ほど色素の吸着率が多い」ことが分かった。次にこれらの炭の中でどの炭が一番中和することができるのかを調べることにした。

【汚れの薄まり具合】



4 実験2 酸性の水の中和度の調査

炭は、アルカリ性の性質を持つため、生活の中で酸性雨などで酸性になった土を中和できるのではないかと思った。また、どのくらいの時間で中和できるのか比較した。

(1) 予想

水質浄化で竹炭がよく用いられるため、竹炭が酸を中和するのが一番早いと予想した。

(2) 準備するもの

ア お酢

イ 実験1で作った炭（木炭、竹炭、骨炭、松ぼっくり炭、くん炭、青みかん炭）

ウ pHメーター

エ 水

オ カップ

(3) 研究の方法

ア お酢を少量、水に加え pH 値 4.2 の酢水を作る。

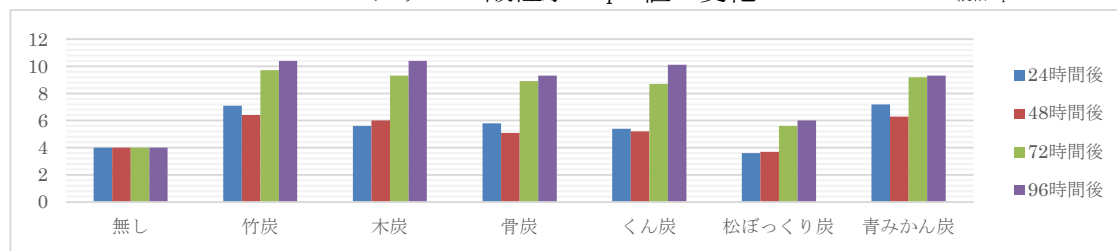
イ 作った酢水（100g）と炭（3g）をそれぞれコップの中に入れる。

エ 水が蒸発するのを防ぐためにラップをし、24時間ごとに pH 値を調べ観察する。

(4) 結果

「竹炭、青みかん炭、骨炭、木炭、くん炭」は、48時間から78時間の中で中和し、更に放置するとアルカリ性に变化した。「松ぼっくり炭」は少し变化したが、時間をおいても中性にならなかった。「無し」は何も変わらなかった。私の予想通り、水の浄化によく使われる竹炭が最も早く中和することができることが分かった。竹炭とほぼ同様の变化があった青みかん炭は、みかんがアルカリ性食品であり、炭にしても他の炭（骨炭、木炭、くん炭、松ぼっくり炭）よりアルカリ性が強かったのではないかと考えた。

グラフ：酸性水の pH 値の変化



5 実験3 調湿効果と植物の成長の着実験（実験1の追加実験）

色素の吸着を比較した実験において、色素をより吸着していた木炭と松ぼっくり炭の絵の具水の水位が他の炭より大きく減っていた。炭には、調湿作用があるため色素と同様に、水も多く取り込んで、大気中に放出されたのではないかと考えた。そこで、土の中に炭を混ぜた場合と、何も混ぜない土で水分がどう影響するのか調べてみたくなった。切ったネギの根を水につけておくと、芽が出ていたのを見たことがあったため、ネギを全て同じ長さに切り、炭を混ぜた土、何も混ぜない土（土は栄養や混ざり物を含まないもの）に植え、同一量の水を定期的にあげて観察してみた。

(1) 予想

質量に対して体積が大きいものほど、炭の孔に水を取り込み、蓄えた水をネギに供給でき、ネギが伸びると予想した。「1位 松ぼっくり炭、2位 木炭、3位 くん炭、4位 竹炭、5位 青みかん炭、6位 骨炭、7位 無し」

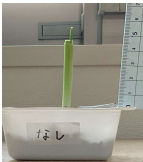
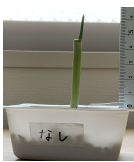
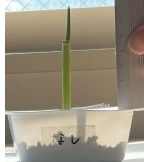
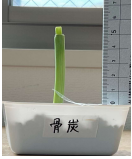
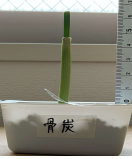
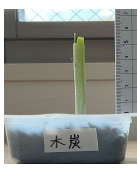
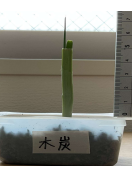
(2) 準備するもの

ア 土 60g (栄養のないもの) に対して、炭 1g を準備する。

イ ネギを 8 cm (根は含まない) に切って土に埋める。高さが均一になるようにする。

(3) 結果

今回の実験では、「1位 松ぼっくり炭、2位 骨炭、3位 竹炭、4位 無し、5位 木炭、6位 青みかん炭、7位 くん炭」という結果になった。松ぼっくり炭は予想ができたが、骨炭が2位になるのは意外だった。「無し」は長さは4位だったが、他のネギに比べて弱々しかった。

	24 時間後	48 時間後	72 時間後	96 時間後	120 時間後
炭無し					
青みかん炭					
松ぼっくり炭					
くん炭					
骨炭					
木炭					
竹炭					

6 実験4 抗菌効果の実験（実験2の追加実験）

実験2の結果、松ぼっくり炭以外の炭は酸性の水をアルカリ性に変えた。このことを昨年の天然染料の抗菌効果の実験結果を関連付けて考えてみることにした。天然染料で染めた布でパンを包み、カビの発生する様子を観察したが、墨汁で染めた布が最もカビが生えず、カビの発生を防いだ。物は腐食するにつれて酸性になるが、炭のアルカリ成分が酸を中和し、雑菌の体の構造を分解し、生きられなくする働きを持つため、防腐作用が働くことが分かった。そこで、カビが発生しやすい環境下で、炭を混ぜると、どのようなことが起きるのか、また、炭によって違いはあるのか調べてみようと思った。

（1）準備するもの

- ア 水 500g
- イ 寒天 5g
- ウ 片栗粉 25g
- エ 透明のケース 7個
- オ 実験1で作った炭（木炭、竹炭、骨炭、松ぼっくり炭、くん炭、青みかん炭）各 0.5g

（2）研究の方法

- ア 準備した材料を合わせて煮て、培養液を作る。
- イ 培養液 30g に炭 0.5g ずつ混ぜてケースに流し入れる。
- ウ 蓋をして窓際に置き、カビの発生具合を1日おきに観察する。

（3）予想

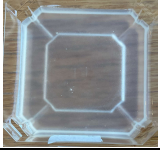
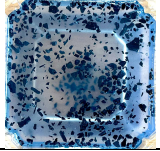
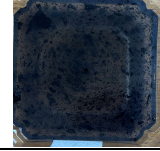
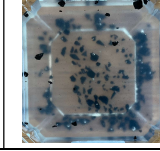
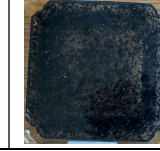
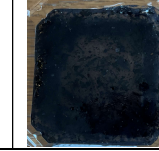
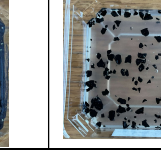
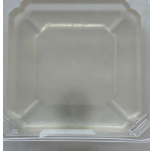
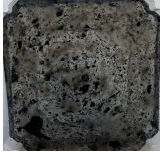
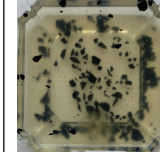
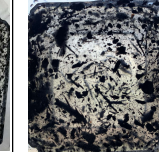
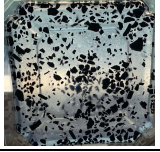
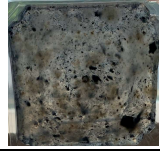
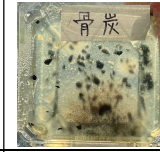
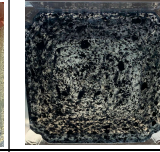
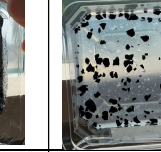
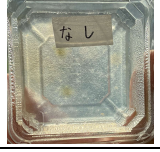
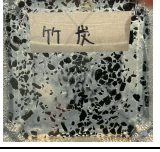
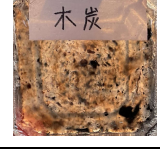
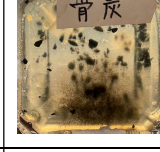
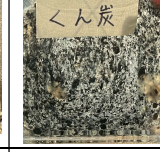
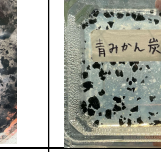
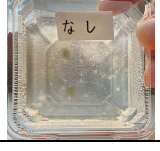
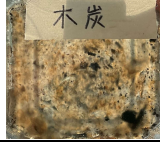
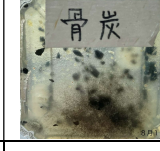
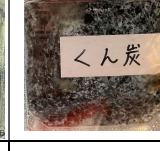
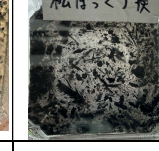
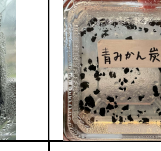
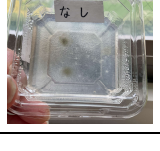
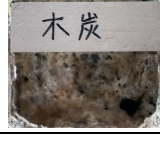
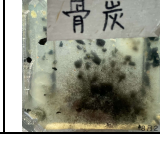
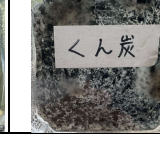
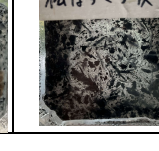
竹炭・木炭は水の浄化剤として多く使われているため、抗菌作用も強いのではないかと思った。骨炭は元が骨なので、カビが発生するのではないのか、また松ぼっくり炭は先ほどの実験結果からアルカリ性を示さなかったため、カビの発生を抑えられないのではないかと思った。

（4）結果

カビの繁殖を抑えた順は、「1位 青みかん炭、2位 竹炭、3位 松ぼっくり炭、4位 くん炭、5位 木炭、6位 骨炭、7位 無し」という結果になった。青みかん炭が1位になるのは意外だった。炭と接していない部分が多いので、すぐに接触していない部分からカビが発生するかと思ったが、発生しなかった。実験1でリモネンに抗菌作用があると分かったので、このリモネンが培養液に拡がりカビの発生を抑えたのではないかと思った。竹炭は予想通り、カビが発生しづらいという結果になり、木炭は予想外に黒カビではなく茶色のカビの様なものが発生した。黒カビとは、性質が違ような感じがしたので調べてみると、木炭は池や川に入られると炭素繊維の間に菌類が集まり集まってきた菌たちが透明で粘着質の膜となり微生物膜ができることが分かった（参照：浦幌木炭）。水中の砂、泥、汚濁物の粒子が微生物膜に着き、微生物によって分解される。茶色に変色した部分はカビではなく、培養液の雑菌が木炭の微生物膜によって分解されている状態なのではないかと推測した。「松ぼっくり炭は、アルカリ性を示さなかったため、カビの発生を抑えられないのではないか。」と予想したが、予想に反して3位という結果になった。松について調べたところ、松の脂に抗菌作用があることが分かった。

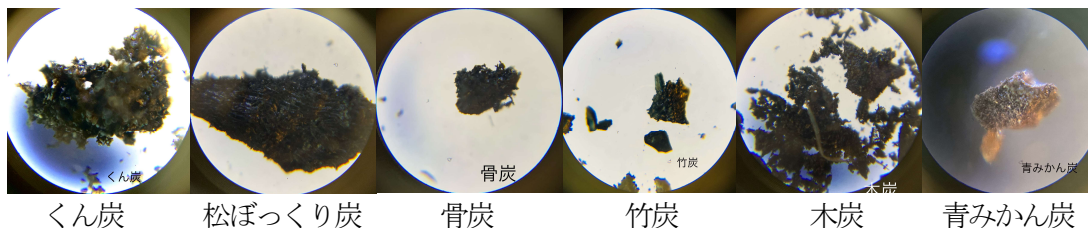
- ・・・黒カビが生えた
○・・・黒カビ以外のカビが生えた
—・・・変化なし

※室内で実験：室内温度 27 度

	無し	竹炭	木炭	骨炭	くん炭	松ぼっくり炭	青みかん炭
1 日 目	— 	— 	— 	— 	— 	— 	— 
・	3日目までは、どの培養液にも変化が見られなかった。4日目から変化が現れてきた炭があったので、						
・	経過についての写真は4日目分から添付した。						
4 日 目	● 	— 	○ 	○ 	— 	— 	— 
5 日 目	● 	— 	○ 	○ 	— 	— 	— 
6 日 目	● 	○ 	○ 	○ 	○ 	○ 	— 
7 日 目	● 	○ 	○ 	○ 	●● 	○ 	— 
8 日 目	● 	○ 	○ 	○ 	●● 	○ 	— 

7 研究結果によって分かったこと

顕微鏡で炭の孔の大きさを確認しようとしたが、家庭用の顕微鏡では限度があった。



※それぞれ 300 倍で撮影

(1) 汚れの吸着効果

今回研究してきた中で、色素の吸着具合が高かった順は、「1位 木炭、2位 松ぼっくり炭、3位 青みかん炭、4位 くん炭、5位 竹炭、6位 骨炭 7位 無し」という結果になった。

1位 木炭

木炭を川や池の中に入れると、炭素繊維の間に菌類が集まる。菌たちは集合体となり、透明で粘着質の膜となり、「微生物膜」となる。水中の泥や砂、汚濁物の粒子が、無生物膜にくっつき、微生物たちによって分解される。この様なことから水分中の汚れは微生物や炭の繊維によって吸着又は分解されたのではないかと考えられる。

2位 松ぼっくり炭

松ぼっくり炭は1gに対して他の炭よりも体積が多いという特徴があった。この様なことから、表面積が大きいほど効率よく汚れを吸着することができたのではないかと考えた。

(2) 酸性水の中和作用

この実験をしてきた中で、中和作用の早かった炭は、「1位 竹炭と青みかん炭、3位 骨炭、4位 木炭、5位 くん炭、6位 松ぼっくり炭、7位 無し」という結果になった。ただし1～4位は2日目には高いアルカリ性となった。

1位 竹炭

竹炭には、吸着した微量の有機物成分を表面の微生物膜で分解し、水分だけを分離する特徴がある。径の大きい孔には糸状菌、小さい孔には放線菌、もっと小さい細胞の隙間にはバクテリアが住み分けるように養生する。その中でも、特に放線菌が有機物の分解を得意とすることを知った。そして、竹炭はこの放線菌が繁殖しやすい環境にある。そのため、酸をいち早く分解できたのではないかと考えた。※ECO DEPA. JP ホームページ竹炭の特徴 より

1位 青みかん炭

青みかん自体にアルカリの成分があり、他の炭よりもアルカリ性が強く、酸性の水に影響したのではないかと考えた。

(3) 植物への水分供給作用

今回の実験では、「1位 松ぼっくり炭、2位 骨炭、3位 竹炭、4位 無し、5位 木炭、6位 青みかん炭、7位 くん炭」という結果になった。ねぎへの水分供給の具合を調べる実験だったが、炭の持つ成分が栄養として影響した結果となった。

1位 松ぼっくり炭

表面積が質量と比べて大きいので、通気性がよく、水はけがよくなるとともに保水性を高め土壌改良に有効であることが分かった。※日本漢方研究所より

そして、炭の中のミネラルが溶け出すことにより肥料の代わりになると分かった。

2位 骨炭

骨炭に関しては、リン酸カルシウムを主成分として80%ほど含み、アルカリ度も高く、炭独特の多孔質の性状により、土壌微生物の棲息地として土壌作りには抜群の効果を発揮する。そのため、骨炭は土壌改良材として使われている。※ボーンエース/児玉ヘルス商業株式会社 より

(4) 雑菌の繁殖を抑える作用

この実験を行っている中で、「1位 青みかん炭、2位 竹炭、3位 松ぼっくり炭、4位 くん炭、5位 木炭、6位 骨炭、7位 無し」という結果になった。

1位 青みかん炭

この実験の中で、最も雑菌が増殖しなかったのは青みかん炭だった。リモネンの抗菌作用が強く影響しているのではないかと推測した。

2位 竹炭

酸性水の中和作用と同様に、竹炭には有機物の分解を得意とする放線菌が繁殖しやすい環境のため、その作用によって有機物が分解されてカビや腐食の進行を妨げているのではないかと考えた。

8 感想

数年の研究にわたり炭について扱ってきたが、炭となる材料によっても結果が大きく異なり、更に興味が湧いた。今回の炭の材料としては、廃材に注目した。みかんの発育不良で落ちた青いみかんや、食事でする肉の骨などである。何かを伐採したりすることなく、捨てられる物の中から炭として有効活用できないかと考えた。（他にも、とうもろこしの皮等も考えたが、炭にできなかったため断念した。）今回の研究で、青みかんの炭が雑菌の繁殖を抑えるのに強い力を発揮することが分かったことは、大きな収穫である。また、分からないことも出てきた。「炭は抗菌効果があるのに、微生物とは共存するのか。」また、「炭の構造は炭にする材料によって違うことは何となく想像できるが、炭にした後の成分にどんな違いがあるか。」などです。また、ネギの成長の結果から、疑問に思う点も出てきたため、今度は成長に栄養を必要とする植物で実験しているが、時間が足りず、今回の研究には間に合わなかった。しかし、この実験についてはこの後も、継続して観察を続ける。



また、まだまだ炭として活用できる素材が自然や生活の中に存在すると思う。これからも、炭の可能性について探究していきたいと思う。

参照：※Wakayama.co

※ボーンエース/児玉ヘルス商業株式会社

※日本漢方研究所

※ECO DEPA. JP ホームページ 竹墨の特徴について

※浦幌木炭