

ピーナッツの殻を用いた 空気清浄機フィルターの作製

東京都立多摩科学技術高校
川上琥太郎 佐藤秀哉



1. 背景

今回の研究の背景として、次の三点を挙げる。

1 ピーナッツの殻の大量廃棄

日本のピーナッツ生産量は年間約2万tになり^[1]、食用として加工される過程で殻は取られる。殻の一部は家畜の飼料や生分解性を活かして畑の肥料として消費されているものの、その大半は産業廃棄物として処理され、総量は国内で年間約1,800tとなる。地球全体で考えると年間約450万tが廃棄されており、日本のピーナッツ生産量の約225倍もの殻が捨てられていることになる。これを解決するにはピーナッツの殻の新たな利用価値を見つけることが必要であると考えた。

2 ピーナッツの殻の機能

ピーナッツの殻は多孔質であり、吸着性や吸湿性、消臭効果などの優れた性質を持っている^[2]。また、ピーナッツの殻と同じく多孔質の活性炭は空気清浄機の脱臭フィルターとして利用されている^[3]。

3 活性炭の問題点

活性炭とは木材や竹などの炭素物質を炭化させたのちに化学的または物理的な処理を行うこと^[4]で物質の吸着率を高めた多孔質物質で、水や空気の浄化などの使用用途がある。また、炭化によって有機物質が除去されるため微生物による生分解性が起こりにくく、長期期間にわたって形を維持できることも分かっている。この様に環境に利益をもたらす一方で、活性炭の原材料である木材の伐採はその地域の生態系に重大な影響を及ぼす可能性がある。さらに活性炭を作る際の加熱の段階で二酸化炭素が発生するため、地球環境に負担をかけているという問題点がある。

2. 目的

廃棄されているピーナッツの殻を再利用し、化学物質への吸着性、吸湿性等の生活環境下で使用できるような機能を備えながらも、環境に配慮した脱臭フィルターの作製を目指す。

3. 脱臭フィルターについて

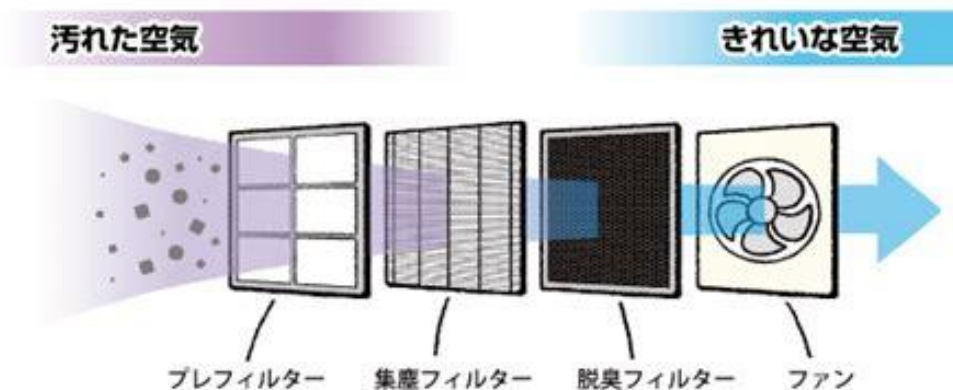


図1 空気清浄機の構造

脱臭フィルターとは空気清浄機に搭載されているフィルターの一つで、第一段階のプレフィルターで抜け毛やほこりなどの大きな塵を除去し、第二段階の集塵フィルターで花粉やPM2.5、ダニなどの微小な汚れを捕獲した後、活性炭の微細な穴で臭いの元となる粒子を吸着し、たばこやペット、生ごみなどの臭いを抑える役割がある^[3]。本研究では臭いを抑える働き脱臭フィルターで使用されている活性炭の代わりとしてピーナッツの殻を用いて作製する。

4. 実験手順

本研究では以下の手順で実験を行う。

- i. 予備実験 構造の観察
ピーナッツの殻と活性炭の表面構造を、電子顕微鏡(SEM)を使って拡大し観察する。これ以降の実験では、千葉県産のナカテユタカという品種を使用する。
- ii. 実験① 吸湿効果の比較
空気に触れる表面積を揃えるため、粉末状に砕いたピーナッツの殻と活性炭を用いて吸湿性能を比較する。
- iii. 実験② 吸着効果の比較
臭いを発する物質の一つであり、シックハウス症候群の原因物質でもあるホルムアルデヒドの吸着性能を比較する。容器内のホルムアルデヒドの濃度を調べるため、測定可能な範囲の異なる2種のホルムアルデヒド用の気体検知管を使用する。(ホルムアルデヒド91L：0.1～45.0ppm、ホルムアルデヒド91：2～100ppm)
- iv. 脱臭フィルターの作製・検証
既製品と同じ形状の脱臭フィルターを作成し、フィルター性能を検証する。

5. 予備実験 構造の観察

<目的>

ピーナッツの殻と活性炭の表面構造を、電子顕微鏡(SEM)を使って拡大し観察する。

<観察結果>

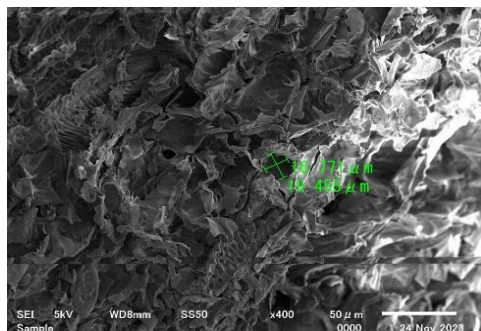


図2 ピーナッツの観察結果

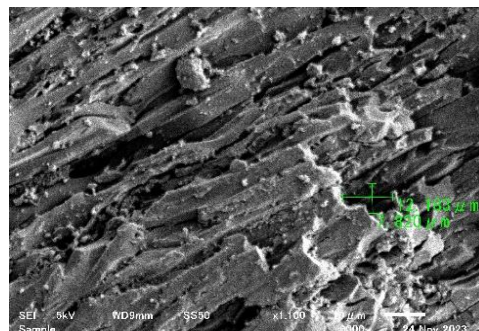


図3 活性炭の観察結果

どちらの物質にも表面に多くの微細な穴が見られたため、多孔質の性質を持っている事を確認できた。またピーナッツの殻は繊維によるヒダ状の形状が見られ、凹凸が多い構造であった。一方、活性炭は棒が重なったような構造であることが分かった。

6. 実験① 吸湿効果の比較

<目的>

ピーナッツの殻と活性炭の吸湿性能を比較しピーナッツの殻が吸湿に有効か検証する。

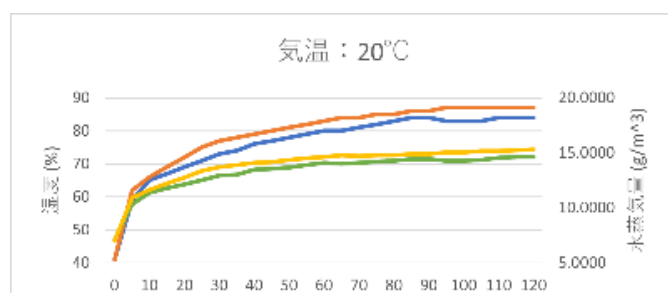
<方法>

初めに殻と活性炭をすり鉢やミキサーで粉末状に碎き、シャーレにそれぞれ入れ乾燥機で乾燥させた。次に湿度計を取り付けた水槽2つに水を入れ、シャーレが水に触れないように空ビーカーの上に置いた。最後に水槽をラップとアクリル板で密閉して、5分ごとに湿度を記録した。記録は2時間行い、時間経過による湿度と水蒸気量の変化を計測した。水蒸気量 $a \left[\frac{g}{m^3} \right]$ は下記の式(1)を用いて近似した^[5]。ここで、 $a_{(T)}$ は飽和水蒸気量 $[g/m^3]$ 、 $e_{(T)}$ は飽和水蒸気圧 $[hPa]$ 、 T は絶対温度 $[K]$ 、 RH は湿度 $[\%]$ である。



図4 実験装置

<結果>



ピーナッツの殻の入った水槽は活性炭の入った水槽よりも終始湿度がわずかに低く、湿度上昇の速度が遅いことがわかった。また、ピーナッツの入った水槽は活性炭の入った水槽よりも水蒸気量が少なかったことから、ピーナッツの殻によって吸湿効果が高まることわかった。

<考察>

予備実験や実験①の結果をふまえ、ピーナッツの殻は繊維による凹凸や表面の微細な穴によって活性炭よりも表面積が大きく、活性炭と同程度かそれ以上に空気中の水分を吸着したのだと考えた。

7. 実験② 吸着効果の比較

<目的>

シックハウス症候群の原因物質の一つであるホルムアルデヒドの吸着効果を比較することで、脱臭フィルターとしての吸着性能を評価する。

<方法>

マグネチックスターラーの上にポリカデシケーターを置き、その中に乾燥させた粉末状のピーナッツをシャーレに入れたものと加熱した銅板、プロペラ付きの攪拌子を入れた。そして、ホルムアルデヒド液35%をマイクロピペットで加熱した銅板に少量垂らし、素早く蓋を閉めた。ホルムアルデヒドは空気よりも比重が重いため、プロペラが付いた攪拌子を回転スターラーで動かし、デシケーター内の空気を循環させた。

一定時間ごとにデシケーターのコックから気体検知管を入れ、デシケーター内のホルムアルデヒドの濃度を気温による補正係数(表2)を考慮した式(4)を用いて測定した。

$$X = kx \quad (4)$$

ここで、 X は測定値[ppm]、 k は補正係数、 x は気体検知管の目盛りの読み値[ppm]である。また、粉末状にした同質量の活性炭を使用して同様の実験を行い、その結果を比較した。計測時間は放課後に実験を開始した時間を0hとし、そこから0.5h、翌日の登校直後の15h、昼休みの21h、放課後の24hとしピーナッツの殻、活性炭ともに2日間計測した。



<結果>

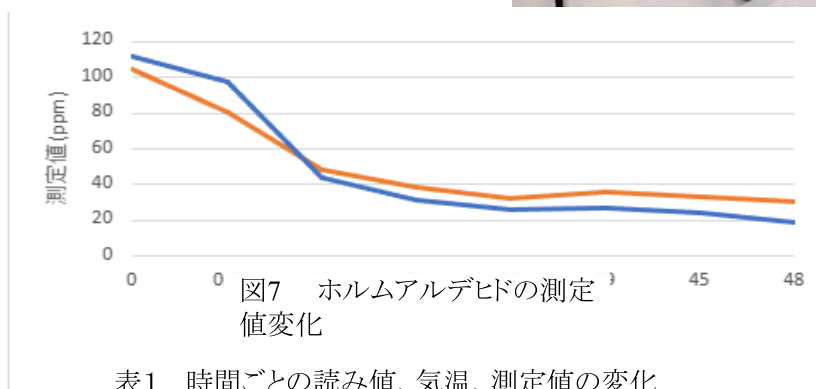


表1 時間ごとの読み値、気温、測定値の変化

ピーナッツの殻	時間 [h]		24	39	45	48

	読み値 [ppm]	92	71	36	33	28	26	25	23
	気温 [°C]	13	13	4	12	12	2	5	5
	測定値 [ppm]	104.88	80.94	48.6	38.28	32.48	36.4	33.125	30.475
活性炭	時間 [h]	0	0.5	15	21	24	39	45	48
	読み値 [ppm]	95	84	33	26	22	20	19	15
	気温 [°C]	11	12	5	10	11	4	7	7
	測定値 [ppm]	112.1	97.44	43.725	31.2	25.96	27	24.225	19.125

表2 気温による
補正係数

気温 [°C]	0	1	2	3	4	5	6	7
補正係数	1.45	1.425	1.4	1.375	1.35	1.325	1.3	1.275
気温 [°C]	8	9	10	11	12	13	14	15
補正係数	1.25	1.225	1.2	1.18	1.16	1.14	1.12	1.1

グラフよりピーナッツの殻、活性炭共に0.5～15hの間で吸湿速度に大きな変化があり、39hの測定値は24hと比べて少しの上昇が見られたが、その後は穏やかな減少傾向となった。実験開始から終了までの測定値の差はピーナッツの殻が74.41ppm、活性炭が92.98ppmであり、殻と活性炭の吸着量の差は18.57ppmであった。この結果から吸着性能は活性炭の方が優れているもの、ピーナッツの殻にもホルムアルデヒドの吸着効果がある事を確認することができた。

〈考察〉

活性炭は、木材などを炭化した後、塩化カルシウムなどの化学薬品を用いて化学的に処理し、より細かい穴を作ることで製造される。この処理により、活性炭は高い吸着能力を持つ。一方、ピーナッツの殻を構成するセルロース、ヘミセルロース、リグニンなどの天然成分は、化学的な処理を経ていない。この処理の有無によって吸着性能に差が出たと考えられるが、炭化処理や化学的処理を施すコスト、自然に対する負荷を考慮すると、ピーナッツの殻から得られる天然成分による吸着材は化学的処理を施された活性炭の代替として十分な吸着性能を発揮したと考えられる。また、24hから39hの間に、ピーナッツの殻と活性炭の吸着量がわずかに上昇したのは、補正係数（表2）は気温が低いほど高くなるためと考えられる。39hでの気温が共に低かったため、24hからの吸着量に大きな変化はなかったが、その結果測定値が上昇したと推測される。

8. 脱臭フィルターの作製

〈方法〉

2次元作図ソフトのCorelDRAWを用いてフィルターの枠となる設計図を描き、それに沿ってレーザー加工機で厚さ5mmのアクリル板を2枚切断して穴を開けた。このアクリル板2枚は、飛沫感染防止で使われていたパーティションを再利用し、貼り合わせて市販のフィルターと同じ厚さにした。次に、アクリル板の穴に細かく砕いたピーナッツの殻を均等に入れ、中の粉末状が出て来ないように換気扇フィルターとナイロンメッシュで両面の穴を塞いだ。最後にアクリル板の端にマスキングテープを貼り、換気扇フィルターとナイロンメッシュを固定した。



図9 市販のフィルター



図10 作製したフィルター

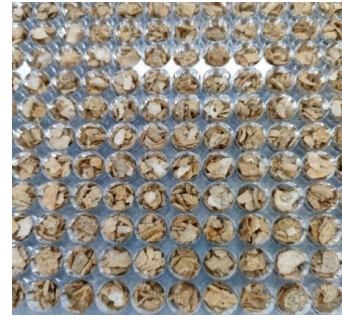


図11 穴に殻を入れた様子

9. 結論

実験①、②の結果からピーナッツの殻は吸湿効果、吸着効果共に活性炭と同じレベルの性能を有しており脱臭フィルターに使われている活性炭の代用として十分に機能することがいえる。また、活性炭を作る際のコストや地球への負担を考えると、捨てられてしまうピーナッツの殻を使うことにより低コストで脱臭フィルターを作製することができ、持続可能な社会へ貢献することができる。

10. 今後の展望

実験結果を受けて脱臭フィルターを作製することができた。早急に性能を検証する実験を行っていく。具体的には、密閉空間にフィルターを取り付けた空気清浄機を置き、湿度と化学物質の吸着量の両方の変化はどうなるかを調べていく。また、吸着効果、吸湿効果の検証実験についても、今回だけでなく複数回実験を行うことでより正確なデータを収集していく。そして、①ピーナッツの品種や産地によってフィルターの吸着性能に違いはあるのか、②空気清浄以外で水の浄化などにも効果があるのかについて検証していく。

11. 参考文献

- [1] 西川 康博, 長瀬 尚樹, 福島 清 「落花生殻のプラスチック充填材としての活用」
『日本機械学会論文集(A論)』(73巻 731号 2007年、30~35ページ)
- [2] 本間 文徳, 牧 恒雄 「水蒸気爆砕を用いた落花生殻の有効利用に関する研究」2010年
廃棄物資源循環学会研究発表会講演集
- [3] パナソニック ホールディングス株式会社 「3つのフィルター」
<https://panasonic.jp/airrich/function/filter.html> 最終閲覧日 2024/01/31
- [4] 安部 郁夫(大阪市立工業研究所 有機化学課) 「活性炭の基礎知識」 1993年
https://www.jstage.jst.go.jp/article/seikatsueisei1957/37/4/37_4_163/_pdf
最終閲覧日 2024/01/31
- [5] 公益社団法人 日本化学会 「化学便覧 基礎編」 改訂6版 発行日：2021年1月