

植物質素材による水中の重金属イオンの捕集除去

Collecting and Removing Heavy Metal Ions in Water with Vegetable Matters

高井 ゆり 小澤 二子 (指導教員 松浦 紀之)

The aim of this study is to assess the capacity of the use of coffee grounds in collecting and removing heavy metal ions. The treatment of coffee grounds with formalin makes water-soluble polyphenols in coffee grounds insoluble so that all the ions adsorbed by not only insoluble polyphenols but also water-soluble ones could be removed from water.

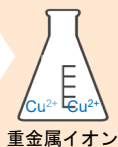


植物質素材を用いた重金属の吸着

世界中で飲用されているコーヒーに注目

先行研究¹⁻⁴⁾ 茶葉(緑茶・紅茶)、抹茶、樹皮、藁、タマネギの皮、木の実 など

茶葉に含まれるタンニンは、重金属イオンや植物性アルカロイド類と結合して、不溶性で生理不活性な化合物を形成するため、茶葉を煎じて飲むと解毒効果があるとして知られていた⁵⁾。



コーヒー殻に重金属イオンを吸着 (Cr, Mn, Hg, Pb, Cu...)
ろ過して水中から除去

☕ コーヒー殻に含まれる食物繊維であるマンナンやアラビノガラクトンなどのヘミセルロース(焙煎豆の乾燥重量の25~39%)は、様々な化学物質を吸着する力が大きいことが知られている⁶⁾。さらにコーヒーに含まれるポリフェノールは、重金属イオンと結合する性質がある^{7,8)}。注1)。そこで、コーヒー殻を用いると、食物繊維とポリフェノールによる重金属イオンの吸着・結合が同時に起こるので、効果的な重金属イオン捕集剤となるのではないかと。セルロース クロロゲン酸

Cu²⁺の捕集除去実験

コーヒー殻が重金属イオンをどの程度、捕集するのか調べる。

予備実験: 緑茶, グアバの葉, 柿渋で実施

8.0 × 10⁻² mol/L 硫酸銅(II)水溶液 5.0 mL

- ← 純水 45 mL
- ← コーヒー殻 1.0 g
- 30分攪拌
- ろ過
- コーヒー殻
- ろ液 → **ヨウ素滴定(残ったCu²⁺定量)**

<分析の手法>

コーヒー殻をろ過した後のろ液について、ヨウ素滴定法により水中に残っているCu²⁺の物質量を求めた。はじめのCu²⁺の物質量と比較することで、コーヒー殻による**除去効率[%]**を求めた。

$$\text{除去効率}[\%] = (N_1 / N_2) \times 100$$

N₁: 除去されたCu²⁺の物質量[μmol]
N₂: 水溶液中のはじめのCu²⁺の物質量[μmol]

比較として、食物繊維でもCu²⁺吸着実験を行った。

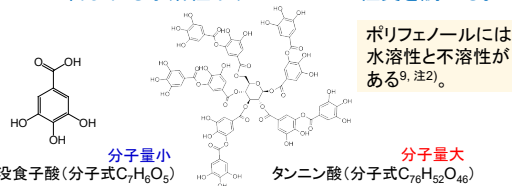
<結果>

コーヒー殻のCu²⁺除去効率は52.8%だった。(5回の平均)

コーヒー殻に含まれる何が、重金属イオンの除去に役立っているのだろうか？

検証: ポリフェノールとCu²⁺の反応

コーヒーに含まれる水溶性ポリフェノールの性質を調べる。



Cu²⁺を含む水溶液に没食子酸やタンニン酸を加えて、変化の様子を観察した。

種類	操作	Cu ²⁺ 溶液中の沈殿物	ヨウ素滴定結果
没食子酸		無	31.4%のCu ²⁺ が減少
タンニン酸		黄白色沈殿	28.7%のCu ²⁺ が減少

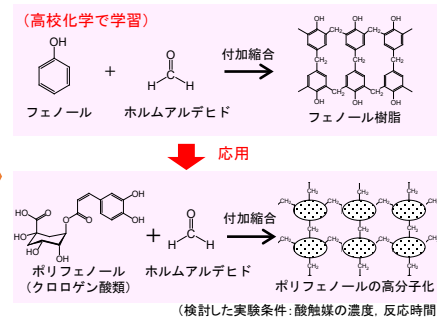
分子量の小さい没食子酸は、沈殿が生成していないにもかかわらずCu²⁺の物質量は減少していた。これは、Cu²⁺と没食子酸が結合して錯イオンを形成し、水中で安定化しているため、ヨウ素滴定でCu²⁺が還元されなかったと考えた。つまり、没食子酸では「見かけの除去効果」が現れている。

水溶性ポリフェノールと結合したCu²⁺は、安定な錯イオンとなり、水に溶けたままの状態であるので、ろ過によって水中から除去できない。

ポリフェノールの不溶性化

水溶性ポリフェノールを不溶性化する。

高校化学で学習するフェノール樹脂の合成を応用し、コーヒー殻中のポリフェノールとホルマリンを反応させて高分子化した^{10,11)}。



コーヒー殻(10 g) ※殻はデシケーターで乾燥

- ← 1.0 mol/L H₂SO₄ 200 mL
- ← ホルマリン(37% HCHO) 50 mL
- 2時間攪拌 (60°C水浴)
- ろ過・洗浄(遠心分離5回以上) 繰り返す

ホルマリン処理コーヒー殻

→ **Cu²⁺の捕集実験**

コーヒー殻、ホルマリン、希硫酸(触媒)を反応させることで、ホルマリン処理コーヒー殻を合成した。得られたホルマリン処理後のコーヒー殻は未処理と比べ、色は濃くなっていた。これを用いて、Cu²⁺の吸着実験を行った。

ホルマリン処理後のコーヒー殻を用いると、溶液中からのCu²⁺の「見かけの除去効果」を防ぐことができる。

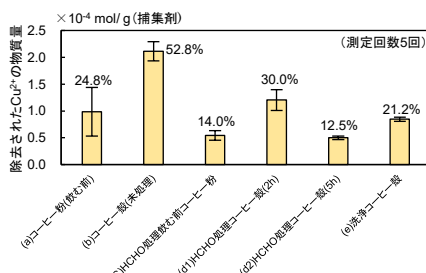
重金属やホルマリンを含む廃液は、奈良女子大学安全管理センター規定に従って処理した。

ホルマリン処理コーヒー殻の吸着能力

(環境水中に近い、中性溶液で実験)

ホルマリン処理したコーヒー殻のCu²⁺の除去効率(30.0%)は、一見するとホルマリン未処理(52.8%)に比べ小さい(右図d1とb)。

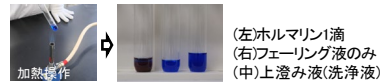
- ◇ホルマリン未処理のコーヒー殻中のポリフェノール(その多くは水溶性)とCu²⁺との結合によって安定な錯イオンを形成(「見かけの除去効果」)。
- ◇ホルマリン処理後のコーヒー殻では、Cu²⁺は不溶性ポリフェノールに結合し、水中から除去。



<ホルマリン処理後のコーヒー殻の特徴>

- ・6ヶ月経っても、カビが生えない(HCHOの防腐効果)
- ・ホルマリン処理後のコーヒー殻は再利用可能。
- ・水中にホルマリンが流出しない。
- ・酸性条件下で、Cu²⁺を遊離・回収できる。

◇フェーリング液の還元反応によるホルマリンの検出実験



ホルマリン処理後のコーヒー殻からのホルマリン流出は認められなかった。

まとめ、今後の展望

- ・コーヒー殻に含まれるポリフェノールと食物繊維の両方に、水中の重金属イオンの捕集除去能力がある。
- ・コーヒー殻中に含まれる水溶性ポリフェノールを高分子化することで不溶性にした。これにより、水中からCu²⁺を効率よく除去することができた。
- ・他の植物質素材を用いた重金属イオン除去剤について、その重金属除去能力を比較したい。また、植物質素材の違いによる、重金属イオンの選択的除去の評価をしたい。

私たちの願い

☕ 世界中で飲用されているコーヒーを利用して、新しい水の浄化方法の実現！
世界中の人たちに安全な水を！