

新規多機能材料検討のための素材がもつ重金属吸着特性に関する研究

香川大学 賛助会員 ○井上 紬, フェロー 吉田 秀典
学生会員 柴田 慶一郎, 正会員 松本 直通

1. 目的

工場跡地等での再開発が活発になるなかで土壌汚染や地下水汚染問題が顕在化してきている。汚染を引き起こす有害物質の多くは生態系に悪影響を及ぼすことから、除去が行われている。現在は除去手法の最終工程として、主に吸着材を用いた吸着処理が行われている。しかしながら、用いられている吸着材は製造に高額なコストがかかることから、低コストで吸着処理を行える吸着材を開発することが求められている。そこで本研究では、低コストで入手可能な産業廃棄物に注目し、それらの素材が持つ有害物質に対する吸着特性を把握することで、新規の吸着材として使用の可否を検討することを目的とする。

2. 吸着材概要

本研究では、吸着材として、**写真 1** に示す籾殻を使用した。籾殻は、クチクラという生物体の表面を保護するワックス成分が全体を覆っていて、その成分が水を弾くため分解されにくい性質をもっている。特徴としてはシリカを 20% 程度含んでいることが挙げられる。また、籾殻は、ガラスの原料であるケイ酸を包含するため大変硬く加工が難しい。さらに、籾殻は比重が 0.1 程度で、非常にかさばり、風にも飛散しやすく、田畑で焼却して廃棄するときは煙害を引き起こすこともある。籾殻の排出量は全国で毎年 200 万トンとされ、そのほとんどが使い道のない産業廃棄物として廃棄されている。廃棄物を減らす目的で、セメントの混和材や住宅用建材に籾殻を燃焼して作る籾殻灰を使用するなど、籾殻は様々な工業的利用方法が考案されているが¹⁾、その扱いの難しさと、運搬や加工にかかるコストが高額であることから、必ずしも実用化に至っていないのが現実である。



写真 1 籾殻

3. 吸着試験

本研究では、吸着材の吸着効果を確認するため、毒性をもつとされている重金属等 (Hg, Cd, As, Cr (+6), Zn, Cr (+3), Mn, Ni, Se) をそれぞれ添加した溶液内に籾殻を 7 日間浸漬させてその吸着効果を検証した。また、吸着材の単位質量あたりの吸着量を把握するために試料の添加量を 1mL と 5mL という 2 通りの試験を行った。図 1 に各添加金属の吸着率を示す。棒グラフ上部の数値は吸着材を取り出した後に測定した pH 値である。グラフより、Hg, Cd, Zn といった第 12 族元素の吸着率が高いことが分かる。

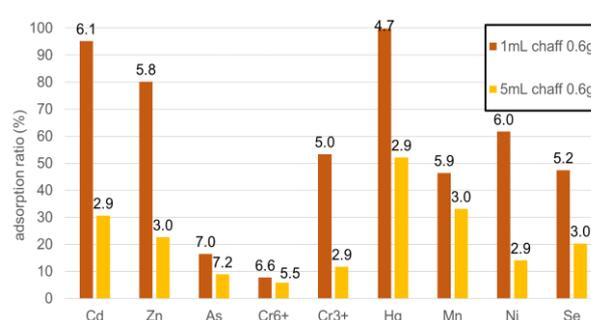


図 1 籾殻を用いた各試料の吸着率

一方で、As と Cr (6+) は吸着率が極端に低い。この結果から、籾殻は溶液中で二価の陽イオンとなる物質に対する吸着効果があるが、Cr (3+) にも吸着率効果を示すことから、吸着には価数だけではなく、例えばイオン半径や比重といった要素が関係している可能性もある。さらに、試料を 5mL 添加した場合に比べ、試料を 1mL 添加した場合の方が、すべての試料で吸着率が高くなった。このようになるのは、一定の籾殻に吸着可能な量は限られており、試料の添加量が増加したことで、その限界へと近づいたことで、結果として吸着率が下がったのではないかと考えられる。また、As と Cr (+6) を除くすべての試料は酸性溶液であるため、籾殻投入前に既に酸性を示すが、pH 値がアルカリ側に変化していることから籾殻には pH を変化させる性質があるものと思われる。

次に、特に高い吸着効果が確認された Cd と Hg についてさらに 1mL から 10mL まで添加量を増加させて籾殻を 7 日間浸漬させた試験を追加し、籾殻の Cd と Hg に対する吸着限界量を調査することとした。吸着率を図 2 に示す。ここで試料を 1mL 添加した際の Cd と Hg に注目すると、籾殻投入前は酸性だった Hg と Cd 溶液の pH が、試験期間終了後に Hg は弱酸性、Cd は中性まで変化していることが分かる。図 2 で示したように同試料においては吸着率が高いほど pH は変化しやすい傾向があると考えられる。ただし、試料によって pH の変化のしやすさが異なる可能性があることが分かった。また、Cd については 1mL 添加した場合において吸着率は約 90% を示したが、その後、添加量を増加させると吸着率は 30% 程度で収束傾向を示した。また、Hg は試料を 1mL 添加した場合に吸着率はほぼ 100% であった。試料の添加量を 10mL まで増加させても吸着率は減少し続けていることから、どちらの試料についてもより添加量を増加させた上で、その吸着率の傾向を見ることで吸着限界量を明らかにすることが出来ると考えられる。

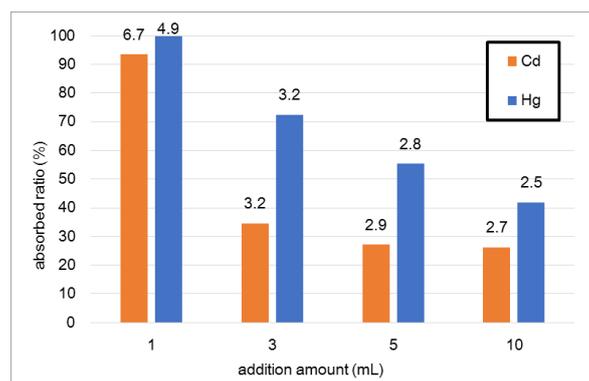


図 2 Cd, Hg の吸着率

4. 検証試験

籾殻の吸着原理が、化学吸着によるものなのか、物理吸着によるものなのか不明であるため Sr を試料とした吸着試験後の籾殻に対して攪拌試験を行い、吸着した Sr が溶出するか否かを確認することとした。比較試験を行うために Sr を添加したものと添加しなかった試験体を用意した。表 1 と表 2 に、籾殻を取り出した後の溶液と、試験後の籾殻を投入し攪拌した後の溶液の Sr 残留率を示す。表 1 に示すように、吸着試験後、籾殻を取り出した後の溶液内の Sr 濃度を分析したところ、Sr を添加したすべての試験体で Sr の残留率は 0% となった。なお、当然ではあるが Sr を添加せずに蒸留水に籾殻のみを投入した試験体の Sr の残留率もすべての試験体で 0% となった。この結果から、蒸留水に浸漬した籾殻から Sr が溶出するようなことは発生せず、試験時に添加した Sr はすべて籾殻によって吸着されたといえる。また、表 2 に示すように、攪拌試験後の溶液においても Sr は一切検出されなかった。つまり、吸着試験後の籾殻からは Sr 添加の有無に関わらず、Sr が溶出していないといえる。以上のことから、籾殻は物理吸着ではなくイオン交換反応等による化学吸着により物質を吸着している可能性が高いと考えられる。

5. まとめ

本研究の結果、籾殻には As, Cr (+6) を除く試料に対する吸着効果があることが確認された。特に、Hg, Cd, Zn といった第 12 族元素については高い吸着率を示した。また、籾殻はイオン交換反応等による化学吸着で物質を吸着している可能性が高いということが分かった。今後の課題として、籾殻を新規の吸着材として使用するためには、試験時の pH を調整するなどした試験を行うことで、吸着率が中程度の試料をさらに吸着できるか否か確認することに加えて、籾殻の吸着原理の詳細を明らかにする必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 籾殻研究センター：籾殻シリカについて

http://www.geocities.jp/rice_hulls_tak/Rice_Hulls_Research_Center/Rice_Hull_Silica.html

表 1 籾殻を取り出した溶液内の Sr 残留率

試験体番号	①	②	③
Sr 添加有	0.0	0.0	0.0
Sr 添加無	0.0	0.0	0.0

表 2 攪拌後の溶液内の Sr 残留率

試験体番号	①	②	③
Sr 添加有	0.0	0.0	0.0
Sr 添加無	0.0	0.0	0.0