

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 ポヌ ジョジアヌ

本論文は、水中からの重金属除去および希土類元素（レアアース）回収のための、より効果的、安価な炭化物を用いたバイオソープションの研究であり、8章から構成されている。

第1章は序論として、バイオマスの中でパイナップルの葉、イチヨウの葉、バナナの皮、オレンジの皮、微細藻類についての世界の生産量、性質、炭化法の利点、重金属除去および希土類元素の回収の背景を述べた。

第2章は、実験方法として、炭化試料の作成法、吸着実験法、理論背景について述べた。

第3章は、水溶液中からのカドミウムイオンの吸着除去に、炭化したバナナの皮を吸着材として利用する研究である。バナナの皮は、セルロース、ヘミセルロース、リグニンを含み、塩化カリウムを含有し、350°Cから 800°Cで炭化したところ、550°Cの炭化で最大の比表面積を得た。カドミウムイオン ( $\text{Cd}^{2+}$ ) は 350°Cで炭化させた試料を用いて最大吸着量 120mg/g となることがラングミュア式から明らかとなった。5mg/L のカドミウムイオンは pH3 以上でほぼ 100%吸着除去できた。さらに、吸着したカドミウムイオンの炭化物からの脱着は 0.1mol/L の塩酸で 90%脱着した。吸着材の繰り返し利用が考えられる。

第4章は、水溶液からの6価クロムイオンの吸着除去に、炭化したパイナップルの葉を吸着材として利用する研究である。パイナップルの葉は、セルロース、リグノセルロースおよび非晶質ケイ酸塩からなり、450°Cで炭化するとフーリエ変換赤外分光計 (FTIR) よりフミン酸が生じていることが明らかとなった。アフリカの一部の飲料水には環境基準値以上の6価クロムイオンが含まれ、その除去が目的である。この炭化したパイナップルの葉を用いて、6価のクロム酸イオン（酸性付近では  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ , 中性付近では  $\text{CrO}_4^{2-}$ ）を吸着させたところ、pH2において 19mg/g の最大吸着量がえられ、5mg/L のクロム酸イオンは 90%以上吸着除去することができた。吸着にはカルボキシル基やカルボニル基が影響しているものと推定された。

第5章は、近年重要性が増している水溶液からの希土類元素のスキャンジウム

とジスプロシウムイオンの吸着回収に、炭化したオレンジの皮およびイチョウの葉を利用する研究である。みかんの皮はリモネン、セルロースなど、イチョウの葉はフラボノイドやセルロースなどを含み、乾燥したものと炭化したものを吸着材として吸着を試みた。450℃で炭化したイチョウの葉は5分でpH5において105mg/gのスカンジウムイオンの最大吸着量がラングミュア式から得られた。450℃で炭化したイチョウの葉およびみかんの皮の両方で、pH5にてスカンジウムイオンを90%以上吸着除去することができた。吸着したスカンジウムは吸着材を1mol/Lの酸（塩酸、硝酸、硫酸）中で攪拌したところ90%以上の脱着が可能であった。ジスプロシウムイオンでは、450℃で炭化したイチョウの葉は10分でpH3-5において26mg/gのジスプロシウムイオンの最大吸着量がラングミュア式から得られた。一方、450℃で炭化したみかんの皮でも若干吸着量は低いが同様に高い吸着量を示した。吸着したジスプロシウムは吸着材を1mol/Lの酸中で1時間、攪拌したところ特に、乾燥および450℃で炭化したみかんの皮において90%以上の脱着が可能であった。吸着材の繰り返し利用が考えられる。

第6章は、ベトナムの粘土鉱物浸出液からの希土類元素イオンの吸着回収に、炭化した微細藻類のパラクロレラを利用する研究である。パラクロレラは、セルロース、ヘミセルロース、リグニンの他、カリウム、リンなど各種の無機イオンを含み、大量培養して乾燥あるいは炭化したものを吸着材として、ベトナムの希土類元素を含む土を2wt%の硫酸アンモニウムで浸出した各種希土類元素イオンを含む水溶液にて吸着実験を行った。乾燥したものよりも250℃で炭化したパラクロレラはpH4-7で各種の希土類元素をより良好に吸着し、350℃の炭化では吸着量は低下した。5分で急速な吸着を示し、それぞれのレアアースイオンの最大吸着量がラングミュア式から得られた。吸着した希土類元素は吸着材を1mol/Lの酸中で1時間、攪拌したところ、重希土類元素のガトリニウム、ジスプロシウムは脱着せず、軽希土類元素のランタン、プラセオジウム、ネオジウムおよびイットリウムにおいて80%以上の脱着が可能であり、サマリウムは50%の脱着率であった。このようにパラクロレラを用いて選択的に重希土類元素と軽希土類元素を分離回収することができた。

第7章は、炭化したバイオ吸着材の特性を一般化するためにまとめたものである。吸着量は炭化により形成された細孔径と量に依存し、反応は主にカルボニル基が関与すると推定された。また、吸着量はイオン半径を原子量で割った値が小さいほど増加する傾向が明らかとなった。

第8章は結論および今後の展望であり、本研究のまとめである。以上のように、植物の廃棄物を炭化して吸着材として用い、重金属および希土類元素の新規吸着材を開発した研究として工学的に重要な成果を得た。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。