

## 別紙1 (博士論文の審査結果の要旨)

専攻名 システム創成科学 専攻

氏名 Bimala Pangeni

昨今、政治利用にも及ぶ資源確保の問題は重要である。国策としてのゼロエミッションに関連して廃棄物処理低減の観点から、本来廃棄されるべきバイオマス廃棄物の有効活用について研究を行ってきた。従来の市販回収剤と異なり、バイオマス系の回収剤は、安価、低環境負荷、大量入手可能、扱いが容易などの利点が挙げられる。このような観点から本研究では、植物に多く含まれ地上で最も豊富な資源であるセルロースに着目した。本研究では、金回収のためのセルロースやその誘導体の有効利用を目的とし、農産物由来の化学修飾を施したセルロースによる微量金の回収法について述べる。

本論文は全8章、2つのパートから構成されている。第1部では、市販セルロース類を架橋処理した新規吸着剤による金の吸着回収挙動について、第2部では実用化を目指し、実鉱石からの金の浸出と実テレビ廃材からの金と銀の吸着回収について述べた。

第1章では序論として、従来の金回収の技術に関する短所に加え、本研究が目指す新規の低コストで環境に優しい回収技術について系統的に述べ、最後に問題提起と本研究の目的について述べている。

第2章では、市販セルロース、デキストラン、アルギン酸、ペクチン酸のような市販多糖類に化学修飾を施した新規吸着剤による塩酸媒体からの金の選択的回収について述べている。まず、4つの多糖類を濃硫酸により架橋した吸着剤を用いて3価金イオンを吸着した後、還元剤を添加することなく連続的な還元作用により単体としての金の回収を目指した。架橋反応により、金酸イ

オンに低親和性しか示さない結晶性セルロースは高親和性を示す非晶性セルロースに転換された。3価の微量な金酸イオンは共存貴金属や卑金属から選択的に架橋セルロースに吸着された。さらに金属光沢を示す金の単体粒子が目視でも観察された。観察される粒子が金単体であることはX線回折スペクトルからも支持された。これらの吸着剤は共存する他の貴金属や卑金属から選択的に金を回収できることが明らかとなった。

第3章では、より安価な綿由来のセルロースを濃硫酸で架橋した吸着剤による金の選択的回収について述べた。得られた吸着剤も金に対して高い選択性と高い飽和吸着容量を示した。また、吸着速度や熱力学的パラメータについても考察されている。さらに、金吸着後の熱分析も行い、吸着した金単体が熱分解後に定量的に回収できることも明らかとなった。吸着と還元について、その反応機構を提案した。

第4章では、さらに安価な古紙由来のセルロースを濃硫酸で架橋した吸着剤による金の選択的回収について述べている。3章と同様に、この吸着剤も金に対して高い選択性と高い飽和吸着容量を示すことが明らかとなった。吸着速度や熱力学的パラメータを基に、本吸着機構が吸熱反応であることが明らかとなった。また、焼却による金を充填した吸着剤からの金の回収についても検討され、定量的に回収できることが明らかとなった。

第5章では、シアン系廃液からの金の回収に換わる系の探索として、モデル溶液としての次亜塩素酸ナトリウム溶液からの架橋セルロースによる微量1価金イオンの吸着回収について述べている。吸着データ、分光学的解析から、次亜塩素酸ナトリウムの酸化作用により、1価金イオンは3価に酸化され、その後架橋セルロースによって吸着され、さらに金単体へと還元されることが明らかとなった。

第6章では、実用的見地からモンゴル産の金鉱石からの酸性チオ尿素溶液による金の浸出について述べている。金の浸出挙動に及ぼす鉱石の粒子径、浸出液の種類や濃度、鉱石固体と浸出液の固液比、浸出時間が検討された。

第7章でも実用的見地に基づき、廃プラズマテレビからの金と銀の回収について述べている。この章でもまず、各種浸出液による金と銀の浸出が検討され、酸性チオ尿素溶液が有効であることを明らかとしている。また、浸出条件の最適化が試みられた。また、浸出溶液からの架橋綿由来吸着剤による金の吸着回収と亜鉛粉末による銀のセメンテーション回収について述べ、本研究で開発した吸着剤が金の回収に優れていることを明らかとした。

以上、本論文は各種セルロース系多糖類に濃硫酸による簡便な化学修飾を施して調製した吸着剤を微量の金酸溶液に適用し、共存金属から選択的に吸着し、さらに還元して金単体として得ることができることを明らかとした。

平成26年2月10日に実施した学位論文公聴会においても種々の質問がなされ、いずれも著者の説明により質問者の理解が得られた。以上の審査結果に基づき、本論文は博士（工学）の学位を授与するに値すると判断され、審査委員全員一致で合格と判定した。