

## 論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 （ 工 学 ）	氏 名	牧野 貴彦
学位授与の要件	学位規則第4条第1・2項該当		
論 文 題 目 メタルバイオ技術を用いた超硬合金スクラップからのタングステン回収と再資源化 ( Tungsten Recycling from Cemented Carbide Scraps by Metal - biotechnology )			
論文審査担当者			
主 査	准教授	荻 崇	印
審査委員	教 授	西嶋 涉	印
審査委員	教 授	福井 国博	印
審査委員	教 授	中井 智司	印
〔論文審査の要旨〕			
<p>本論文では超硬工具(合金)の主原料であり、希少性、偏在性が高いレアメタルであるタングステンの再生技術、再資源化に関する研究がまとめられた。</p> <p>第1章では、タングステンの用途、需要、リサイクルの必要性と課題について述べられた。それを踏まえ、昨今注目されているメタルバイオ技術の特徴を紹介し、上記問題への対策として、メタルバイオ技術を用いたタングステンの再資源化技術を構築する目的が説明された。</p> <p>第2章では、<i>E.coli</i> を用いたバイオソープションにより、試薬によるモデル廃液およびスクラップから抽出した実廃液におけるタングステン回収について説明があった。操作条件である pH、濃度、温度がタングステンの回収挙動に及ぼす影響が述べられた。また、タングステン-モリブデン-バナジウムの三成分系における分離回収においては、単成分系では存在しなかったタングステン-バナジウムのヘテロポリ酸が発生したが、タングステンポリ酸の吸着優位性が高いことを利用して、バナジウムの分離にも成功した。さらに回収後の細胞を焼成することで酸化タングステンを得ることができ、還元・炭化・焼成することで超硬合金へ再資源化が可能であることが示された。</p> <p>第3章では、吸着能力向上を目的として、<i>E.coli</i> を加熱する効果について説明された。その結果、タングステンの吸着量が大幅に増加し、その要因は、加熱により <i>E.coli</i> 細胞表面にホスホセリンやリジンなどのアミノ酸が増加するためであることが LC-MS 分析にて確認された。中でもリジンが操作面、コスト面について高い可能性があることから、4章以降では、リジンに着目した。</p> <p>第4章では、前章で導いたアミノ酸の1つであるリジンを用い、モデル廃液からの効率的なタングステンの回収方法が検証された。リジンをモデル廃液に添加し、pH を調整することで1分以内に白色沈殿が沈殿し、効率よく回収出来ることが明らかにされた。この沈殿生成機構は ESI-MS にて解明され、タングステン酸イオンが静電相互作用で脱水縮合しタングステンポリオキソメタレートを形成していくことで沈殿が生成していることを立証</p>			

した。また、タングステン-リジン沈殿物を焼成することで純度 99.6%と高純度で酸化タングステンを得ることに成功した。

第 5 章では、4 章の結果を踏まえ、リジンを用いた実廃液からの回収が検討された。前章同様の操作にて、効率良くタングステンを回収することができ、得られたリジン-タングステン沈殿物を水洗浄し焼成することで、純度 99.95%の酸化タングステンの再資源化が可能となった。さらに、得られた酸化タングステンを還元・炭化することで炭化タングステンを合成し、超合金への再資源化できることも確認された。最後にパイロットプラントを用い、既存のイオン交換法とプロセスを比較した結果、廃液量を約 60%抑制出来ることが確認された。以上より、本研究の目的である環境負荷を抑えた新規タングステンのリサイクルプロセスを構築できることが示された。

第 6 章では、本研究で得られた成果が総括された。

以上、審査の結果、本論文の著者は博士（工学）の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。

備考：審査の要旨は、1,500 字以内とする。