

令和 4 年 5 月 27 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K22918

研究課題名(和文) 高効率なレアメタルの生物学的回収を可能にする光応答性担体の創製

研究課題名(英文) Preparation of photoresponsive scaffolds that enable highly efficient biological recovery of rare metals

研究代表者

上高原 理暢 (Kamitakahara, Masanobu)

東北大学・環境科学研究科・教授

研究者番号：80362854

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 5,000,000円

研究成果の概要(和文)：微生物の付着や脱着を制御できる担体の創製を目指して、種々の酸化処理により純チタン表面に酸化チタン層を形成させた試料を作製した。純チタン板を陽極酸化することで、高い親水性と表面の粗い酸化チタン層を形成させることができた。この陽極酸化した試料は、酸化処理していない試料よりも酵母に対して高い付着性を有していた。表面酸化したチタン板に付着した酵母に紫外線を照射すると、酵母の代謝活性が低下し、酸化チタンの光触媒活性が発現した可能性が示された。一方で、セラミックス多孔体に担持したモリブデン結合タンパク質を発現させた酵母も、モリブデンを回収できることが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

レアメタルの安定確保の観点から、レアメタルを微生物を利用して生物学的回収する技術が注目されている。そのため、高効率な生物学的回収には、微生物を安定に高密度で培養でき、レアメタル回収後に微生物を回収できる担体が必要不可欠である。本研究では、陽極酸化した純チタン板では、酸化処理していない純チタン板よりも多くの酵母が付着していた。また、陽極酸化した純チタン板に紫外線を照射すると光触媒活性を示していた。これらの成果は、微生物を安定に高密度で培養でき、レアメタル回収後に微生物を回収できる担体の開発につながることを期待できる。

研究成果の概要(英文)：We prepared the titanium plates with titanium oxide layer on their surface by various oxidation treatments for the creation of the scaffolds that can control the attachment and detachment of microorganisms. By anodizing the titanium plate, it was possible to form a highly hydrophilic and rough titanium oxide layer. This anodized sample had higher adhesion to yeast than the unoxidized sample. When the yeast attached to the surface-oxidized titanium plate was irradiated with UV, the metabolic activity of the yeast decreased and the photocatalytic activity of titanium oxide was expressed. On the other hand, it was found that the yeast expressing the molybdenum-binding protein loaded on the porous ceramic could also recover molybdenum.

研究分野：材料科学

キーワード：担体 光触媒 酸化チタン 微生物 レアメタル

1. 研究開始当初の背景

レアメタルの安定確保は、我が国の産業において必須である。近年、産業廃水に含まれるレアメタルを微生物により回収するという、レアメタルの生物学的回収が注目されている。生物学的な回収においては、廃水中に低濃度しか含まれないレアメタルを回収できる可能性があり、期待されている。高効率な生物学的回収には、レアメタルを回収できる微生物を安定に高密度で培養でき、レアメタル回収後に微生物を回収できる担体が必要不可欠である。しかし、未だそのような担体はなく、レアメタルの生物学的回収は達成されていない。

2. 研究の目的

本研究では、レアメタルを吸着できる微生物を積極的に接着させ高密度で培養でき、さらに反応後にレアメタルを吸着した微生物を脱着できる担体として、化学的耐久性が高く光応答性のある酸化チタンを表面に形成させた金属チタンを提案する。微生物の接着を促進する機能と微生物を脱着させるという相反する機能を持つ革新的な担体の創製のために、紫外光照射だけで特性を変化させられる酸化チタンに注目した。酸化チタンは紫外光照射後に超親水性を示し微生物の接着を促進し、紫外光照射下では表面に発生するラジカルが接着に寄与する有機物質を分解することで微生物の脱着を促進すると期待できる。酸化チタンの脆性と難成形性を克服するために、金属チタン表面に酸化チタン層を形成させる。表面に酸化チタン層を有する金属チタン基板を作製し、光照射による微生物の接着・脱着を光により制御できる担体への応用の可能性を明らかにする。さらに担体として、実際にレアメタルを回収できることを明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 試料の作製と材料科学的評価

耐水研磨紙で研磨した純チタン板(10×10×1 mm)を用意した。これらの純チタン板を大気中で600℃で加熱して表面酸化した試料を作製した。また、0.1 M 硫酸中で200 Vで陽極酸化した試料を作製した。得られた試料について、表面に形成された酸化チタンの結晶相をX線回折(XRD)により、表面形状を走査型電子顕微鏡(SEM)により調べた。さらに、表面粗さおよび水の接触角を調べた。また、これらの試料に紫外線照射を行った後の水の接触角も測定し、紫外線照射が試料の水の接触角に与える影響を調べた。

(2) 微生物の付着試験

研磨したのみの試料(研磨)、大気中で酸化した試料(大気酸化)および陽極酸化した試料(陽極酸化)、陽極酸化後に紫外線照射した試料について、酵母の懸濁液に入れ2時間浸漬し、緩衝液で洗った後、グルタルアルデヒドで固定し、メチレンブルーで染色した。染色した試料をデジタルマイクロスコープにより観察した。

(3) 担体に担持した酵母によるモリブデン吸着実験

レアメタル吸着能力を酵母が、担体に担持してもレアメタルを回収できるかを調べるために、以下の実験を行った。細胞表面にモリブデン結合タンパク質を発現させた酵母を、気孔径の異なる孔を持つアルミナ多孔体に担持させた。この酵母を担持したアルミナ多孔体をモリブデンを含む水溶液に浸漬し、水溶液中のモリブデン濃度減少量を調べることで、モリブデンを回収できるかを調べた。

4. 研究成果

XRDの結果より、研磨した純チタン板を大気中で加熱酸化した試料の表面にはルチル相の酸化チタン層が形成していた。また、陽極酸化した試料では主にアナターゼ相の酸化チタン層が形成されていた。酸化方法により、異なる結晶相を有する酸化チタン層を純チタン表面に形成させることができた。図1に研磨のみ、大気酸化した試料および陽極酸化した試料の表面のSEM写真を示す。大気酸化した試料では、研磨による凹凸が残る形で加熱前と大きな表面形状の変化は見られなかった。一方で、陽極酸化した試料では、陽極酸化特有の微細な穴の開いたような凹凸が見られた。陽極酸化した試料では、酸化処理していない試料および大気酸化した試料よりも表面粗さが大きくなっていった。

図2に各試料の水の接触角を示す。大気酸化および陽極酸化することで、水の接触角は小さくなり親水性を示すようになった。さらに、いずれの試料も紫外線を照射すると、水に対する接触角が小さくなり親水性がさらに向上した。紫外線を照射した陽極酸化試料では、ほぼ接触角がゼロとなり、超親水性を示した。

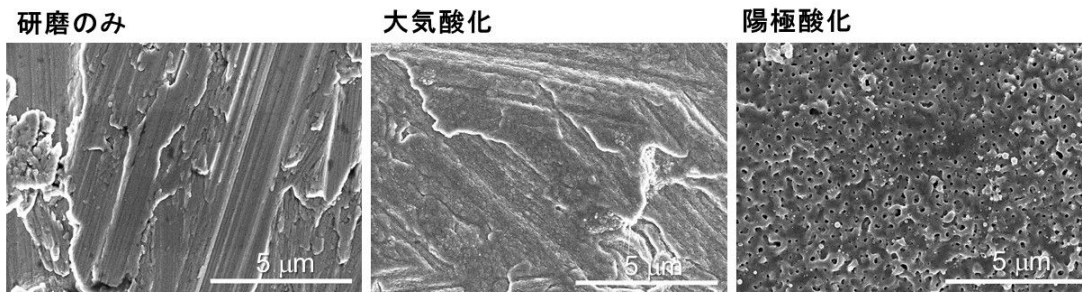


図1 試料表面のSEM写真。

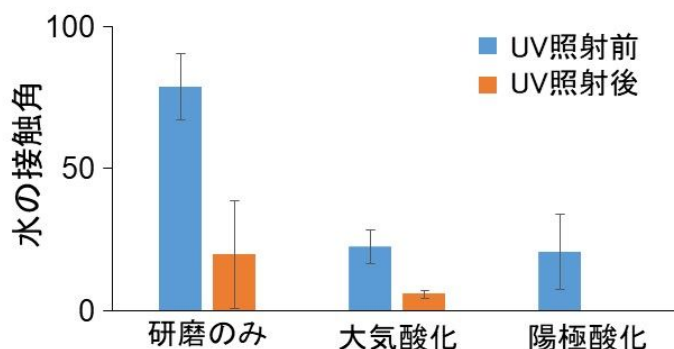


図2 各試料の水の接触角。
(陽極酸化については、ほぼ0であり棒グラフとして示していない。)

図3に酵母の付着した各試料表面のデジタルマイクロスコップ写真を示す。陽極酸化した試料では、酸化処理していない試料および大気酸化した試料よりも多くの酵母が付着していた。しかしながら、試料を紫外線照射するといずれの試料でも親水性が大きく向上したが、酵母の付着に関して紫外線照射による効果は有意差のある形では見られなかった。親水性の表面の方が微生物が接着しやすいとの報告もあるが、今回の実験では、親水性の効果よりも試料表面の粗さが微生物の付着に大きな影響を与えたことが示唆された。

一方で、表面酸化したチタン金属表面に付着した酵母に紫外線を照射すると、酵母の代謝活性が見られなくなり微生物が死んだと思われたので、酸化チタンの光触媒活性が発現した可能性は示唆された。ただし、酵母を紫外線照射により生きたまま剥離させるためにはさらなる検討が必要であることが分かった。

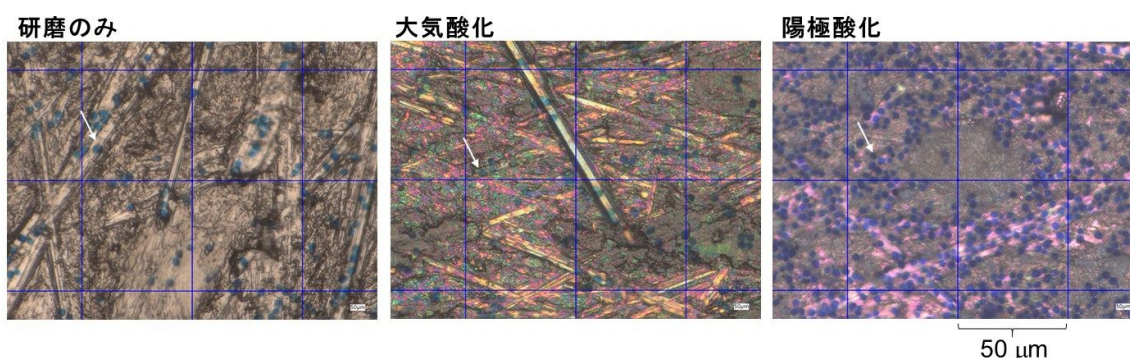


図3 酵母の付着した各試料表面のデジタルマイクロスコップ写真。
(白の矢印を付けた青い点がメチレンブルーで染色された酵母)

アルミナ多孔体に担持したモリブデン結合タンパク質を発現させた酵母も、モリブデンを回収できることが分かった。多孔質は酵母の固定または固定後の増殖に有利な形状で、気孔径の大きさや深さを最適化することにより、酵母の固定量を向上させられることがわかった。モリブデン回収実験の結果と合わせ、担体の形状や表面制御についても検討が必要であることが分かった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 堰合亮太、梅津将喜、上高原理暢
2. 発表標題 純チタンの表面酸化と紫外線照射が酵母付着性に与える影響の評価
3. 学会等名 日本セラミックス協会2022年年会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	簡 梅芳 (Chien Mei-Fang) (20533186)	東北大学・環境科学研究科・助教 (11301)	
研究分担者	梅津 将喜 (Umetsu Masaki) (30891387)	東北大学・環境科学研究科・助教 (11301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------