

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)	氏名	松下 修司																								
学位授与の要件	学位規則第4条第1・2項該当																										
<p>論 文 題 目</p> <p>マンガン酸化細菌の生理生態に基づく開放系での高濃度集積 (Enrichment of high concentrated manganese oxidizing bacteria based on physiology and ecology in open system)</p>																											
<p>論文審査担当者</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">主 査</td> <td style="width: 15%;">教 授</td> <td style="width: 55%;">大橋 晶良</td> <td style="width: 15%; text-align: right;">印</td> </tr> <tr> <td>審査委員</td> <td>教 授</td> <td>河原 能久</td> <td style="text-align: right;">印</td> </tr> <tr> <td>審査委員</td> <td>准教授</td> <td>尾崎 則篤</td> <td style="text-align: right;">印</td> </tr> <tr> <td>審査委員</td> <td>助 教</td> <td>金田一智規</td> <td style="text-align: right;">印</td> </tr> <tr> <td>審査委員</td> <td>准教授</td> <td>青井 議輝</td> <td style="text-align: right;">印</td> </tr> <tr> <td>審査委員</td> <td>海洋研究開発機構</td> <td>主任研究員 井町 寛之</td> <td style="text-align: right;">印</td> </tr> </table>				主 査	教 授	大橋 晶良	印	審査委員	教 授	河原 能久	印	審査委員	准教授	尾崎 則篤	印	審査委員	助 教	金田一智規	印	審査委員	准教授	青井 議輝	印	審査委員	海洋研究開発機構	主任研究員 井町 寛之	印
主 査	教 授	大橋 晶良	印																								
審査委員	教 授	河原 能久	印																								
審査委員	准教授	尾崎 則篤	印																								
審査委員	助 教	金田一智規	印																								
審査委員	准教授	青井 議輝	印																								
審査委員	海洋研究開発機構	主任研究員 井町 寛之	印																								
<p>[論文審査の要旨]</p> <p>本論文(本研究)は、マンガン酸化細菌(MnOB)を用いて排水から希少金属を回収する技術の開発を目的として、MnOBの生理生態を調査し、生成するMn酸化物(Bio-MnO_x)の意義と役割を検討することで、MnOBを開放系において高濃度に集積する方法を提案し、排水の処理・金属回収の実証実験を実施しており、これらの研究成果をまとめている。</p> <p>第1章の序論では、本研究の背景となる希少金属をとりまく情勢や、金属イオンを含む排水の生物学的処理法の技術動向について整理し、本研究の意義を述べている。</p> <p>第2章では、MnOB、Mn(II)酸化のメカニズム(Mn(II)酸化の様式、遺伝子、酵素、形成過程)および形成されたBio-MnO_xの特徴について、既往の研究をレビューし、研究の方法を述べている。</p> <p>第3章では、メタン酸化細菌との共生によるMn(II)酸化細菌の集積培養を考案し、開放系のDHS(Down-flow Hanging Sponge)リアクターにメタンを供給することでMnOBを培養した実験結果をまとめている。最大0.5 kg m⁻³ d⁻¹のMn(II)除去速度を達成することができ、メタン酸化細菌の中間代謝物のUAP(utilization-associated product)やBAP(biomass-associated product)を基質として利用し、<i>Hyphomicrobiacea</i>属を中心としたMnOBが集積されることを明らかにしている。また、人工排水に希少金属のCoとNiを添加し、Co/MnおよびNi/Mnに対し、それぞれ53および19%の割合で同時除去される結果を得ている。</p>																											

第4章では、 MnO_2 が様々な微生物の活性を阻害する機能を利用して、あらかじめ DHS リアクター内に化学合成 MnO_2 を投入しておくことで、MnOB を短期間に優占化させることができ、リアクターの処理性能が早期に立ち上がることを発見している。Mn(II)除去速度は $0.35 \text{ kg m}^{-3} \text{ d}^{-1}$ に達し、*Pseudomonas putida* グループと分離培養から新たに同定された *Comamonadaceae* 科の MnOB が主要な役割を果たしていることを明らかにしている。

第5章では、Mn と Fe を多く含む池の沈殿物から新規 MnOB の分離培養に成功し、難分解性のアゾ色素を分解できることを明らかにし、その分解特性を評価している。また、MnOB は嫌気環境下でも生成した Bio- MnO_x を還元して増殖できることを発見している。これにより、環境中で MnOB と非 MnOB が Mn 酸化還元サイクル通じて生存競争している可能性を示唆している。

第6章では、本研究で分離した MnOB のうち、Mn (II) 酸化能力が高かった *P. resinovorans* MO-1 株のゲノム解析結果をまとめている。高い Mn (II)酸化能力は Mn 酸化関連遺伝子を数多く持っていることによるものであることを明らかにし、また MO-1 株を DHS リアクターに植種し、人工排水の連続供給による集積培養と Bio- MnO_x の生成に成功している。

第7章では、突然変異源 EMS を用いて *P. resinovorans* から高濃度 Mn(II)耐性の突然変異株の作出に成功している。ゲノム解析により高濃度 Mn(II)耐性に関わる遺伝子を推定している。さらに、変異株は高濃度 Mn(II)環境下でも集積培養できるが、Mn(II)除去速度を高めることはできなかった結果を得ている。

第8章では、本研究において明らかになった MnOB の生理生態と、これを基に実施した開放系での高濃度集積実験の成果を総括し、排水処理への実用化に向けた今後の展望を述べている。

このように本論文では、排水からの希少金属の回収に関する技術を提供しており、社会的に大いに寄与するものであり、得られた基礎的な知見や新たな発見は工学上および学術上貢献するところが大きい。

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。