

論 文 要 旨

2022 年 1 月 12 日

※報告番号	第 号	氏 名	大塚 治
<p>主論文題名</p> <p>希少金属セレンの浄化・再資源化を目指した新規バイオプロセス開発</p> <p>Development of New Bioprocesses for Purification and Recycling of Selenium</p>			
<p>内容の要旨</p> <p>セレンという元素は、資源小国の日本が持つ貴重なレアメタル資源である。セレンは高い有毒性を持つため排水基準が定められている。排水基準を満たすために処理が行われているが処理後は再利用されずに廃棄されている。本研究では、廃水・廃棄物からのセレンの浄化と回収資源化を目的として <i>Pseudomonas stutzeri</i> NT-I 株のセレノオキシアニオン還元特徴を明らかにし、バイオプロセスによるセレン回収の技術開発をまとめたものである。本論文は以下のような全 9 章で構成されている。</p> <p>第 1 章ではレアメタルであるセレンについて、第 2 章では現在のセレン処理工程及び現在までに報告されているセレン酸還元生物による処理工程について外観し、以下の知見を得た。NT-I 株は水溶液中のセレンを固体の元素態セレンまで還元する能力を持っている。さらに NT-I 株は元素態セレンから揮発性のジメチルジセレニド (DMDS_e) まで還元し、水溶液中からセレンを気化する。これまで NT-I 株のセレン還元特徴が調べられ、廃水への浄化適用が示唆されている。しかし、回収再資源化まで踏み込んだ報告は調べた限り見当たらず、その可能性を示すにとどまっている。廃水からのセレン回収再資源化を目指して、NT-I 株の詳細なセレン還元特徴が明らかになっていないという問題点を解決することを挙げた。</p> <p>第 3 章ではセレン酸、亜セレン酸還元に影響する培養条件因子の検討をおこなった。5L ジャーファーマンターを使い培養条件を制御した還元試験をおこない、セレノオキシアニオン最適培養条件を 38℃、pH9.0、250rpm、1L・min⁻¹ と定義した。最適培養条件でのセレノオキシアニオン還元に必要な時間は既存の報告と比較して、16 時間短縮できることを明らかにした。</p> <p>第 4 章では廃水中のセレンから DMDS_e を合成させ、気化物を回収すべく NT-I 株の気化セレン合成特徴付けをおこなった。ジャーファーマンターを使用した試験によって、DMDS_e 合成は 38℃、pH9.0、250rpm、1 L・min⁻¹ で最大速度 8.8×10⁻¹⁷ mol・h⁻¹・cell⁻¹ と算出できた。さらに嫌気条件では DMDS_e は合成阻害されることを明らかにした。この知見は廃水中のセレンを回収する際に重要であり、嫌気条件下で効率的に固化セレンを回収、好気条件下で効率的に DMDS_e を気化セレンとして回収できることが示唆された。</p> <p>第 5 章では廃水からのセレン回収・再資源化プロセスを考案し、実証するための検討をおこなった。模擬廃水を用いた試験において 22 時間で初期セレン濃度の 87.8%、実廃水からは 22</p>			

時間で 78.8%を固体として回収することに成功した。さらに固化回収物を酸化焙焼で精製再資源化を検討し、純度 99%以上の元素態セレンを精製することに成功した。本プロセスは世界で初めて廃水から固化セレンを回収再資源化した開発例である。

第 6 章では気化セレン回収プロセスを考案し、実証した。模擬廃水を用いた試験において 120 時間で初期濃度の 71.2%、実廃水からは 120 時間で 38.9%を気化して回収することに成功した。この回収物を酸化還元することで、純度 99%以上の元素態セレンに精製した。本プロセスは世界で初めて廃水からセレンを気化させ回収再資源化した開発例である。

第 7 章では都市鉱山となり得る太陽光パネル製品からセレンおよび、その他のレアメタルを含む有価金属の分離回収を試みた。まず CIGS 系の製品を破砕し、酸消化した。酸消化後に pH9 に中和調整することで上清に Ga と Se、沈殿に Cu と In を分離した。次いで Ga と Se を含む上清を NT-I 株で処理することで上清に Ga、沈殿もしくは気相にセレン Se が分離した。これら分離した Cu、In、Ga は既に分離後の精製方法が確立しており、Se に関しては本報告文による酸化焙焼によって再資源化が可能であることを示した。本実施例は世界で初めて多元素含有実廃棄物（実製品）からセレンを含む主要元素を分離回収した開発例である。

Se は土壌にも含まれており、環境中の残存濃度基準が定められている。第 8 章では NT-I 株を土壌浄化に活用すべく、模擬汚染土壌を用いた試験をおこなった。浄化に適した条件を設定することにより、NT-I 株は水溶液中のセレン回収再資源化のみならず、土壌浄化プロセスにも応用できることを明らかにした。

第 9 章では第 1 章から第 8 章で得た成果をまとめ全体を総括した。

微生物を用いた廃水廃棄物からのセレン浄化回収資源化プロセス開発に成功したという知見は産業におけるセレンを含有する廃水・廃棄物・土壌の処理の既存の方法を変革するに大きく寄与するとともに、社会におけるセレン以外のレアメタル資源の循環利用の促進、さらに土壌資源の循環利用につながるものと大いに期待される。

(1996 字/2000 字)