

学 位 論 文 の 要 旨

専攻名	環境工学	ふりがな氏名	たかだ ときお 高 田 尅 男	
学位論文題目	セレン含有排水の生物学的処理に関する研究			
1. 本研究の背景 セレンは、1994年2月、一律排水基準に、全セレン 0.1mg. l^{-1} として施行された。しかし、一律排水基準を満たすことが困難な業種には期限を定めた暫定排水基準が適用され、2006年2月に4回目の改正が行われ、現在も継続中である。暫定排水基準再度見直の理由は、セレン化合物製造業での効果的で安定的な排水処理等の技術がいまだ開発・実用化の途上にあり、現時点においてなお、直ちに一律排水基準を達成することが困難な状況にある。としている。 排水処理で問題となるのは毒性の強い溶解性セレンで、主に4価の亜セレン酸 Se(IV) と、6価のセレン酸 Se(VI) の形態で存在している。これら毒性の強い溶解性セレンを、毒性の弱い単体セレンである金属セレンに還元することが排水処理の基本である。 排水中の溶解セレンの除去は、物理化学的処理と生物学的処理の二つの方法で行われている。物理化学的処理法のうち、①凝集沈殿法は、Fe(II) や Fe(III) などの鉄塩を使用する方法が一般的であるが、Fe(III) は Se(VI) の還元がほとんど行えない。また、Fe(II) は、Se(IV) 及び Se(VI) とともに還元が可能であるが、鉄塩使用量が膨大で、発生する凝集汚泥も多量となる欠点がある。②吸着法は、Se(VI) に対しては効果がなく、再生排液中に濃縮される高濃度セレンの処理に課題がある。③膜分離法は、再生排液処理の問題やランニングコストが非常に高い等がある。一方、生物学的処理においても、①特定の菌体によるセレン酸塩還元の事例が多く、②セレン酸塩還元汚泥を使用したセレン酸塩還元の研究事例も実装置化にはほど遠い。 2. 本研究の意義・目的 背景で述べたように、特定の菌体による排水処理は、現場において非常に困難であり、また、セレン酸塩還元汚泥を使用する方法においても、セレン酸塩還元汚泥の馴養方法や実装置設計条件などが確立されていない。このため、日常現場で取り扱っている活性汚泥や脱窒汚泥、特に、セレン酸塩還元反応が脱窒反応と類似なことから脱窒汚泥に注目した。脱窒汚泥を種汚泥として Se(IV) と Se(VI) によりセレン酸塩還元汚泥を馴養し、得られた2種類のセレン酸塩還元汚泥により、次の研究を行った。この結果から、これまで研究事例が少なく、また実装置設置の事例も全くなかった生物学的セレン含有排水処理装置を、馴養汚泥のセレン酸塩還元挙動と連続ラが実験から設計条件を確立し、提供することを本研究の意義・目的とした。 ①脱窒汚泥を種汚泥としてセレン酸塩還元汚泥の馴養が可能であることを明らかにする。 ②馴養汚泥によるセレン酸塩還元の基礎的挙動として、濃度の影響、温度依存性、pH 依存性を明らかにし、馴養した2種類のセレン酸塩還元汚泥の違いを検証する。 ③セレン酸塩還元汚泥から菌体を単離する。単離した菌体がセレン酸塩還元菌であることを明らかにし、セレン酸塩還元挙動から、セレン酸塩還元汚泥の馴養と同時にセレン酸塩還元菌				

も培養できることを実証する。また、単離した菌体の帰属分類群を明らかにする。

④連続ラボ実験により、セレン含有排水処理装置の設計条件を確立する。

⑤連続ラボ実験から得られた設計条件により、実装置を設計し、納入装置の検証と設計条件の正当性を明らかにする。

3. 本研究で得られた成果

①セレン酸塩還元の基礎的挙動から、セレン酸還元汚泥が馴養されたことが確認された。

②基礎的挙動から、馴養した2種類の汚泥を構成する微生物相の違いが示唆されたため、2種類の汚泥から菌体を単離した。単離した6種類の菌体は、走査電子顕微鏡観察、セレン反応速度、形及び大きさ等から全て異なる菌体と判断した。特に、セレン酸塩還元の主菌と判断した2種類の菌体によるセレン酸塩還元実験は、本研究が初めてと思われた。

③連続ラボ実験から、実装置設計に必要な不可欠なセレン容積負荷を、反応速度との関係から求めた。セレン容積負荷は、脱窒負荷の1/10程度であった。初めての結果である。

④得られた容積負荷に基づき実装置の設計を行った。試運転結果は、仕様書記載の要求事項を満足し、連続ラボ実験の結果が正当であることが実証された。

4. まとめ

セレンは特異物質であり、排出源が限られていることもあり、研究に携わる研究者の数は少ない。その数少ない中から、優れた研究成果が発表されている。しかし、その優れた研究成果が、公害対策として実を結んだ事例は少ない。今回納入したガラス工場向け実装置が最初で最後の可能性が大きい。本研究の意義・目的は達成されたと確信している。

以下余白

学位論文審査結果の要旨

専攻	環境工学専攻	氏名	高田 尅男
論文題目	セレン含有排水の生物学的処理に関する研究		
主査	平田 誠		
審査委員	宇田 泰三		
審査委員	石川 雄一		
審査委員	一二三 恵美		
審査委員	羽野 忠		
審査結果の要旨（1000 字以内）			
セレンは、その毒性のために 1994 年 2 月に排水基準が設定されたが、有効な処理法が無いため未だ暫定排水基準が適用されている。本論文は、セレン含有排水の生物学的処理に関し、4 価と 6 価両方のセレンを取り扱い、セレン還元汚泥を脱窒汚泥をもとに馴養により得るとともに、セレン還元菌の単離に成功し、これらの特性を明らかにしている。また、実際の処理装置を設計し、処理結果についても述べたものである。 まず、法令、基準や動向の他、既往研究などの背景について整理し、本研究の必要性や意義が示された。 次に、4 価と 6 価のセレン還元汚泥について、これまでに報告のない脱窒菌からの馴養について述べるとともに馴養により得られた汚泥の動力学的特性について示された。 また、上記の汚泥よりセレン還元菌を単離し、2 種の菌体について純菌でセレン還元が起こることが明らかにされ、これらの菌を遺伝子学的に同定するとともに、生物学的反応特性について示された。 続いて、セレンの生物法による連続処理に関し、セレン負荷とセレン反応速度の関係から排水処理装置設計に必要なセレン容積負荷が求められた。 最後に、前述の結果に基づき、ガラス製造排水を処理するための装置を設計するとともに、実際に運転を行い、処理性能調査結果について述べられた。 以上、本研究では、決め手となる処理法のないセレンについて、生物学的処理において処理反応の類似した脱窒菌に着目し、これを種として利用するというオリジナリティの高い手法を生み出しており、新規性は極めて高いものと認められる。また、セレンを単独で還元する菌の単離に成功し、基本特性を明らかにしており、排水処理という実用面だけでなく、学術的にも有用な研究であるといえる。最終的に、実処理装置の設計、運転まで行っており、研究の信頼性や完成度は充分であると考えられる。 予備審査において指摘された諸点は提出論文ですべて加筆修正が施され、学位論文としての要件を満たしていることが認められた。また、公聴会では審査委員から単離した菌による処理や窒素（硝酸）が含まれる排水における競争的処理について質問が出されたのに対し、学位申請者による適切な説明がなされた。 以上の結果に基づき、審査委員全員一致で、学位論文として合格と判定した。			