

## 微生物の組み合わせによる排水中の水溶性セレンの除去

### 背景

セレン (Se) は産業上有用な物質であり、人体に対して必須元素である一方、過剰な摂取は生物に対して高い毒性を示すため、その排水は水質汚濁防止法により厳しく規制されている。産業排水中において、セレンは6価のセレン酸 ( $\text{SeO}_4^{2-}$ ) と4価の亜セレン酸 ( $\text{SeO}_3^{2-}$ ) の形態で存在している。その処理に関して、化学的処理法では多量の薬品を必要とし汚泥の発生量も多いなど課題があるため、経済的かつ効率的なセレン除去法の開発が望まれている。現在、生物学的手法により、水溶性セレンを不溶性の元素状セレンまで還元できるが、その際には微生物活性を発揮させるためのエネルギー源として高価な薬品を必要とする。そのため、実際の排水処理プロセスを考える上では、アルコール等の安価なエネルギー源を用いた水溶性セレンの処理が必要となるが、これまでにそのような微生物に関する報告は無い。

### 目的

エネルギー源として安価なアルコールを利用して排水中の水溶性セレンを還元する微生物を取得し、その特性を明らかにして、特性の異なる複数の微生物を組み合わせることで水溶性セレンの不溶化による新たな除去法を提示する。

### 主な成果

#### 1. エタノールを利用して水溶性セレンを還元する微生物の単離

汚泥や排水などから微生物の探索を行った結果、水溶性セレンを還元可能な4C-C株を新規に単離した。形態学的及び生理学的な特性と塩基配列から、*Pseudomonas* sp.であると判断された。本菌株はエタノールを利用して、セレン酸を亜セレン酸を経て元素状セレンまで還元可能であった。しかし、亜セレン酸から元素状セレンまでの還元能力は低かった (表1)。

#### 2. 微生物の組み合わせによる水溶性セレンの還元

亜セレン酸を元素状セレンまで還元する過程を補うため、亜セレン酸を還元可能な微生物を探したところ、既存の*Paracoccus denitrificans* JCM-6892株が、エタノールを利用して亜セレン酸を不溶性の元素状セレンまで還元可能なことを新たに見いだした (表1)。そこで、*Pseudomonas* sp. 4C-C株と*Paracoccus denitrificans* JCM-6892株を組み合わせ、懸濁状態においてエタノールを利用して人工排水中の水溶性セレンの還元を検討した。その結果、一時的に亜セレン酸の蓄積が見られたものの全てのセレン酸を不溶性の元素状セレンまで還元できることが明らかになった (図1)。

#### 3. 固定化微生物の利用による元素状セレンの集積

前述の2種類の微生物を高分子ゲル内に固定化した不織布を用いて、人工排水中の水溶性セレンの還元を検討した。その結果、固定化状態においても、エタノールを利用してセレン酸を元素状セレンまで還元できることが明らかになった。また、固定化した場合には不溶性の元素状セレンは全て不織布上に集積し、人工排水中には沈殿が生じなかったため、元素状セレンの回収プロセスを簡易化できる可能性が示された (図2)。

### 今後の展開

低濃度での有効性を検討すると共に、組み合わせた微生物を安定して維持しその能力を十分に発揮できる条件を見いだす。

主担当者 環境科学研究所 バイオテクノロジー領域 主任研究員 森田 仁彦

関連報告書 「環境対策技術への適用を目指した複合微生物の利用 (その1)」電力中央研究所報告：V06017 (2007年5月)

関連特許 特願2006-187501、特願2006-188672

表1 取得した微生物の水溶性セレンの還元

菌株の種類	エネルギー源	$\text{SeO}_4^{2-} \rightarrow \text{SeO}_3^{2-}$	$\text{SeO}_3^{2-} \rightarrow \text{Se}$
<i>Pseudomonas</i> sp. 4C-C株 (新規取得株)	酵母抽出物	+++	+
	エタノール	+++	+
<i>Paracoccus denitrificans</i> JCM-6892株 (既存株)	酵母抽出物	-	+++
	エタノール	-	+++

+++：還元能力を有する +：還元能をわずかに有する -：還元能力を有さない

*Pseudomonas* sp. 4C-C株は、エタノールを利用して亜セレン酸を経てセレン酸を元素状セレンまで還元可能であるが、亜セレン酸から元素状セレンまでの還元能力は低かった。その補完として、*Paracoccus denitrificans* JCM-6892株が、エタノールを利用して亜セレン酸を不溶性の元素状セレンまで還元可能なことを新たに見いだした。

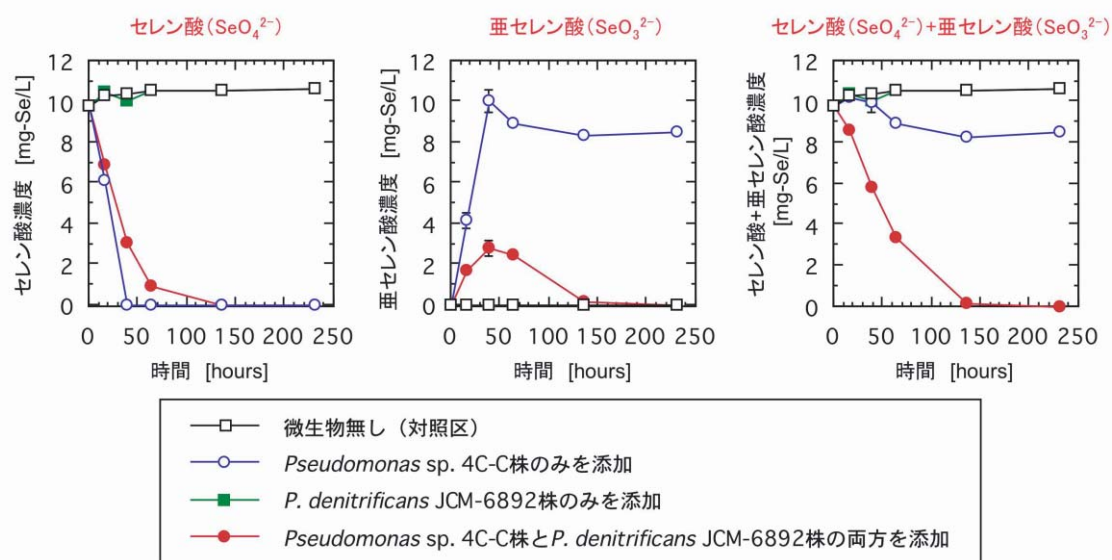


図1 微生物の組み合わせによる水溶性セレンの還元

2種類の微生物を組み合わせ、懸濁状態においてエタノールを利用して人工排水中の水溶性セレンの還元を検討したところ、一時的に亜セレン酸の蓄積が見られたものの全てのセレン酸を不溶性の元素状セレンまで還元できることが明らかになった。

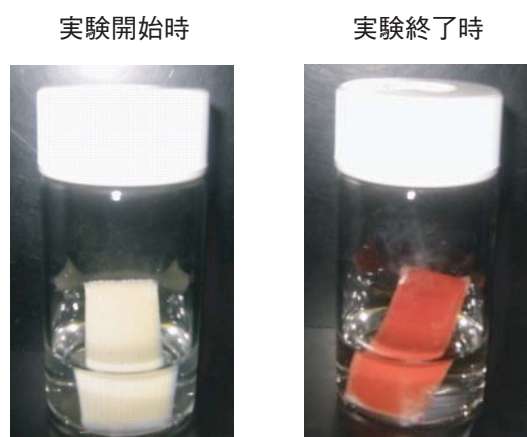


図2 不織布上に集積した元素状セレン

2種類の微生物を高分子ゲル内に固定化した不織布を用いて、エタノールを利用して人工排水中の水溶性セレンの還元を検討した。固定化した場合、不溶性の元素状セレンは全て不織布上に集積したため、不織布は実験開始時の乳白色から赤く変化した。その際、人工排水中には沈殿が生じず、元素状セレンの回収プロセスを簡易化できる可能性が示された。