



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Cyanoremediation of heavy metals from aqueous solution by live and dead biomass : An eco-sustainable technology [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	HOSSAIN, Md Sabbir
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第16075号
Issue Date	2024-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/93458
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	HOSSAIN_Md_Sabbir_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士（環境科学）

氏 名 HOSSAIN Md Sabbir

審査委員 主査 教授 沖野 龍文
副査 教授 野呂 真一郎
副査 准教授 豊田 和弘
副査 元准教授 藏崎 正明
(本学地球環境科学研究院)

学 位 論 文 題 名

Cyanoremediation of heavy metals from aqueous solution by live and dead biomass:

An eco-sustainable technology

(生細胞と死細胞による水溶液からの重金属のシアノレメディエーション：
環境に優しい持続可能な技術)

重金属による水質汚染は、いまだに深刻な環境問題である。重金属の処理には沈殿法、凝集法、吸着法など様々あるが、生物機能を利用したバイオレメディエーションは低濃度広範囲の汚染処理として期待されている。申請者は、これまで比較的研究例の少ない藍藻に着目し、藍藻による環境修復であるシアノレメディエーション技術の開発を目指した。

本学位論文は、まず、シアノレメディエーションの現状を調べた。藍藻で特徴的なのは細胞外高分子物質による吸着が大きな役割を果たしていることである。また、細胞内においては代謝により毒性の高い化学種から毒性の低い化学種に変換したり、メタロチオネインのような金属結合タンパク質によって金属を蓄積したりする。特に*Nostoc*では、鉛、銅に95%以上の吸着率を示す報告例がある。ヒ素、クロム、カドミウム、亜鉛、ニッケル、さらにウランなどの高い吸着の報告もある。また、pHの調整が重要であることも議論した。詳細な文献調査の結果として、藍藻の金属耐性、培養の容易さ、吸着率の高さ、環境に優しいという点を活かして、より高効率な株の選抜、細胞外高分子物質の生合成機構の研究に基づく優良株の選抜などを通じた実用化への期待が示された。これまで藍藻を培養して重金属を吸着させるという研究が一般的であったのに対して、収穫した藍藻のバイオマスを活用することも考えられるとした。

シアノバクテリアから文献調査により可能性が示される分類群に注目しつつも、多様な分類群から選抜するという視点で、8種のシアノバクテリアを試験対象とした。スクリーニングの種数としては少ないが、各種金属の吸着実験を異なる濃度で、かつある程度の規模、時間で実施することを考えれば、現実的な数字と考えられる。その結果、金属吸着率が高く、実験的に定量がしやすい2種の藍藻*Anabaena variabilis*と*Synechocystis* sp.を詳細な研究対象に選んだ。

藍藻*Anabaena variabilis*と*Synechocystis* sp.を用いて、As (V)、Cd (II)、Cr (VI)、Pb (II)に対する効果を検討した。これらの吸着における最適のpHはそれぞれ8.0と7.5であった。特

に*Synechocystis* sp.は、異なる初期濃度で91%のCr (VI)を除去することに成功した。FT-IRの分析により、細胞外高分子としてタンパク質や多糖類が存在することが示された。また、走査型電子顕微鏡とエネルギー分散型X線分光法により、これらの藍藻の細胞表面に重金属が吸着されていることが示された。ゼータ電位の結果により表面負電荷の変化が示され、表面に存在する負電荷が金属カチオンを吸着することが示された。

さらに、*Synechocystis* sp.を収穫後乾燥させたバイオマスを使って水溶液中の高濃度のCd (II)の回収を試みた。これは死細胞であるので、重金属による毒性の影響を受ける心配がないというメリットがある。バイオマスの最適な量を求めた上で、さらに実験を進めた。20℃から40℃の比較的広い温度帯で高い吸着率を示した。さらに、開始30分以内にほとんど吸着するという速いプロセスであることが分かった。

以上のように、申請者は、藍藻の環境修復技術であるシアノレメディエーションを実用化させるための知見を得た。さらに培養藻体をそのまま使う方法と匹敵する効率を、ドライバイオマスでも得られることがわかり、重金属の濃度により使い分けるなどの可能性が示された。

審査委員一同は、これらの成果を高く評価し、また研究者として誠実かつ熱心であり、大学院博士課程における研鑽や修得単位などもあわせ、申請者が博士（環境科学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。