



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Exploring the Solidification of Sand Using Biocement Technology with Kitchen Waste [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Yan, Zhen
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第16353号
Issue Date	2025-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/95067
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	YAN_ZHEN_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 YAN ZHEN

審査担当者 主 査 教 授 川崎 了
副 査 教 授 石井 一英
副 査 教 授 佐藤 努
副 査 教 授 中島 一紀

学位論文題名

Exploring the Solidification of Sand Using Biocement Technology with Kitchen Waste

(生ごみを利用したバイオセメント技術による砂の固化に関する研究)

本論文は、食品廃棄物でカルシウムを含む生ごみを有効利用して地盤材料の砂を固化させる新しいバイオセメントに関する実験的研究について紹介するものであり、従来のセメントベースの地盤安定化工法に代わる費用対効果が高く環境に配慮した新工法を提供することを目的としている。バイオセメントの経済的・環境的利点を中心に研究を構成することで、材料コストの低減とバイオセメント工法の持続可能な適用性を向上させるための有用な選択肢を提供する。持続可能な地盤安定化工法の必要性は、建設業界が二酸化炭素の排出量を削減し、より環境に優しい実務への移行を目指す中で、ますます重要になっている。バイオセメント工法は、その有効性と可能性が十分に認識されているにもかかわらず、従来の方法にはアンモニアの排出や高価な試薬の使用など、高いコストと環境上の課題が残されている。これらの問題に対処するため、本論文ではバイオセメントに使用する材料の中にカルシウムを含む生ゴミを有効利用するための検討を行い、バイオセメント化を達成するためのユニークで低コストとなる手法について紹介する。

第1章では、持続可能な建設工事と地盤改良の観点から、本論文の構成と新たな貢献について詳述する。

第2章では、バイオセメントの製造コストを低下させるための現在の対策について概説し、Microbial Induced Carbonate Precipitation(MICP)の代替培地、Enzyme Induced Carbonate Precipitation(EICP)の植物由来供給源、様々な尿素およびカルシウムの供給源について論じる。この章では、費用対効果の高いバイオセメント戦略における最近の進歩を包括的に概観する。

第3章では、炭酸カルシウムの析出パターンを変えることでバイオセメントによる砂の強度を向上させる新しい方法を紹介する。卵殻廃棄物と大豆由来酵素を使用し、卵殻粒子の核生成サイトが炭酸カルシウムの析出をコーティングモードからブリッジングモードに移行させ、同じ処理期間で砂の強度を大幅に向上させる方法を示している。

第4章では、炭酸カルシウムの析出パターンの変更によって、バイオセメント処理した砂の浸透性を低下させる技術を紹介する。貝殻廃棄物および大豆由来酵素を使用して核生成部位を提供することにより、炭酸カルシウムの析出物が間隙を効果的に充填し、同じ処理期間内で浸透性を低下させることができる。

第5章では、魚骨廃棄物由来のリン酸カルシウム析出物の結晶相を変化させることで、バイオセメント処理による砂の強度がどのように向上するのか検討している。このアプローチにより、リン

酸カルシウム化合物の結晶相を調整することで析出物の量を増やすことなく砂の強度が向上することが示され、耐久性のあるバイオセメントの持続可能な方法として期待される。

第6章では、地球上以外でのバイオセメンテーションに関する未来型研究として、微小重力環境下でのバイオセメントに大豆由来酵素の誘発によるリン酸カルシウム析出を初めて適用したことを示している。この先駆的な研究は、将来の宇宙開発における基地建設などに応用する際に貴重な知見を提供するものである。

第7章では、得られた研究成果と今後の研究の方向性についてまとめ、結論を述べている。

これを要するに、著者は、食品廃棄物でカルシウムを含む生ごみを有効利用したバイオセメントによる砂の強度向上と透水性低下に関するユニークな実験的検討を行い、カルシウムを含む生ごみの新たな利用方法を提案すると同時に、バイオセメントの処理技術と低コスト化に関する新知見を得ており、資源循環工学および環境地盤工学に対して貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。