



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Exploration and utilization of airborne bacteria for soil improvement using microbial induced carbonate precipitation [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Chen, Meiqi
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第16356号
Issue Date	2025-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/95126
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	CHEN_MEIQI_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 CHEN MEIQI

審査担当者 主 査 教 授 川崎 了
 副 査 教 授 佐藤 努
 副 査 教 授 中島 一紀
 副 査 准教授 押木 守

学位論文題名

Exploration and utilization of airborne bacteria for soil improvement using microbial induced carbonate precipitation
(MICP による地盤改良のための空中浮遊菌の探索と利用)

エネルギーや環境に対する世界的な危機意識が高まる中、その解決策の 1 つとして新しい技術が幅広い研究分野で注目されている。地盤工学の分野では、カルシウムイオン存在下で尿素分解菌のウレアーゼを利用して炭酸カルシウムを析出させ、土粒子間を接着する Microbial Induced Carbonate Precipitation(MICP) が過去 20 年間で急速に発展してきた。目覚ましい発展にもかかわらず、この技術には高度化を阻むいくつかの課題が残されている。例えば、実際の現場施工では種々の地盤や周辺環境に対応するため、使用する尿素分解菌の適切な選択に加え、適応性や生存能力を向上させる必要がある。環境に配慮した技術としての MICP を高度化するため、本論文では地盤材料のバイオセメンテーションで使用する尿素分解菌の分離源に注目している。

本論文の目的は、MICP による地盤改良のための空気浮遊菌の探索と利用について調査することである。すなわち、i) 異なる地点で採取した大気中の尿素分解菌の存在状況を調べ、スクリーニング後に選択した分離菌株の特徴を明らかにすること、ii) 大気分離菌株から選択した複数の菌株を使用して、バイオセメンテーションの効果をさらに向上させること、である。

第 1 章では、本論文の背景、目的、新規性、重要性について簡潔に紹介している。

第 2 章では、MICP が直面している現在の課題とバイオエアロゾルの研究動向について包括的なレビューを行っている。そして最後に、本研究の重要な動機として、MICP で利用する尿素分解菌の新しい候補である空中浮遊菌の利用の可能性について議論している。

第 3 章では、エアーサンプラーを用いた空中浮遊菌の採取を、札幌、つくば、沖縄の気候的特徴の異なる 3 地点で行っている。その結果、植生密度が高い場所ほど、浮遊菌の個体数が多い傾向が見られた。検査したコロニーのうち、2 種類の培地を用いて 10~20% の尿素分解菌が同定された。3 回のスクリーニングの結果、炭酸カルシウムの析出に優れた 30 菌株が約 1,500 菌株の中から分離され、遺伝子解析で菌種が同定された。ほとんどの分離株は、*Micrococcales* と *Bacillales* の 2 つの目に属していた。これらは、ほとんどの培養可能な細菌を含む 3 つの主要な門のうちの 2 つに属し、多くが一般細菌であった。

第 4 章では、細菌の増殖とウレアーゼ活性の温度依存性 (15~35 °C)、pH 依存性 (pH4~9)、様々な培地に対する耐性に関して、選択した菌株を用いた一連の特性試験を実施している。その結果、これらの菌株の多くがユニークで耐性があることが多方面で明らかになった。例えば、ある菌株は

耐寒性を示し、別の菌株は酸性条件下で比較的高いウレアーゼ活性を示した。特徴的な菌株のうち、優れた特性を持つ 2 菌株を砂のカラム固化試験で評価した結果、既存の多くの研究と比較して 2 週間の処理期間で高い炭酸カルシウム析出率が得られた。

第 5 章では、複雑な条件に対する固化効果をさらに向上させるため、2 菌株の混合による析出試験を実施している。選択した菌株を異なる比率で混合した後に、種々のセメンテーション溶液に適用した。その結果、混合菌株は単菌株に比べて、セメンテーションに不利な条件でも柔軟に対応でき、様々な状況下で安定した高い炭酸カルシウム析出率となった。すなわち、複雑な性質を持つ地盤の改良において、混合菌株が単菌株よりも有利となる可能性が示唆された。

第 6 章では、フミン酸 (HA) が尿素分解菌とセメンテーション過程に及ぼす影響に関する知見に基づき、バイオセメンテーション効果を向上させるための改良剤として HA を提案している。細菌の刺激剤として、培地に少量の HA を添加するだけで短期間に菌数を著しく増加させることができ、同時にウレアーゼ活性を増加させた。顕著な陽イオン交換容量を持つため、炭酸カルシウム析出の核形成サイトとして機能することができる。また、その緩衝能により、処理過程におけるアンモニアガスの発生を大幅に抑制する可能性を示した。

第 7 章では、MICP による地盤改良のための空中浮遊菌の探索と利用に関して、本研究で得られた主な知見をまとめ、その結果に基づく適用指針について示している。

これを要するに、著者は、地盤材料のバイオセメンテーションで使用する尿素分解菌の分離源として空中浮遊菌に着目し、適切な菌株の選択と利用の方法に加え、少量の HA 添加によるセメンテーション効果の改善に関する新知見を得たものであり、環境地盤工学および資源生物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。