

二国間交流事業 共同研究報告書

令和5年4月12日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

[日本側代表者所属機関・部局]
北海道大学・大学院工学研究院
[職・氏名]
准教授・中島 一紀
[課題番号]
JPJSBP 120207701

1. 事業名 相手国: インド (振興会対応機関: DST) との共同研究
2. 研究課題名
(和文) バイオポリマーを組み合わせたバイオセメンテーションによるインドの軟弱地盤の改善
(英文) Biocementation for the improvement of sloppy regions in India using biopolymers
3. 共同研究実施期間 2020年7月1日～2023年3月31日(2年9ヶ月)
【延長前】 2020年7月1日～2022年4月30日(1年10ヶ月)
4. 相手国側代表者(所属機関名・職名・氏名【全て英文】)
Central Leather Research Institute・Senior Principal Scientist & Head・Numbi Ramudu Kamini

5. 委託費総額(返還額を除く)

本事業により執行した委託費総額		1920,000 円
内訳	1年度目執行経費	950,000 円
	2年度目執行経費	950,000 円
	3年度目執行経費	20,000 円

6. 共同研究実施期間を通じた参加者数(代表者を含む)

日本側参加者等	5 名
相手国側参加者等	4 名

* 参加者リスト(様式 B1(1))に表示される合計数を転記してください(途中で不参加となった方も含め、全ての期間で参加した通算の参加者数となります)。

7. 派遣・受入実績

	派遣		受入
	相手国	第三国	
1年度目			()
2年度目			()

3 年度目	2		2 (2)
-------	---	--	-------

* 派遣・受入実績(様式 B1(3))に表示される合計数を転記してください。

派遣:委託費を使用した日本側参加者等の相手国及び相手国以外への渡航実績(延べ人数)。

受入:相手国側参加者等の来日実績(延べ人数)。カッコ内は委託費で滞在費等を負担した内数。

8. 研究交流の概要・成果等

(1)研究交流概要(全期間を通じた研究交流の目的・実施状況)

Enzymatically-induced carbonate precipitation(EICP)は、植物や微生物が生産するウレアーゼ(酵素)を用いたバイオセメント技術であり、環境負荷の小さいグリーンな次世代型地盤改良技術として期待されている。これまでに我々はナタメ由来ウレアーゼや海洋性バクテリア *Pararhodobacter* sp.の細胞抽出液を用いた EICP において高いバイオセメント効率が得られることを明らかにした。本研究のインド側共同研究者である Kamini 氏は、細胞外ウレアーゼ生産性が非常に高い *Arthrobacter creatinolyticus* 株を単離しており、この菌株の産業利用についてこれまで数多くの検討を行っている。

本研究において、日本側研究者(中島)は微生物細胞が生産した酵素のみを用いる EICP に主に注力して研究を進める。一方、インド側研究者(Kamini)は有用株と思われる *A. creatinolyticus* の微生物細胞をそのまま用いる Microbially-induced carbonate precipitation(MEICP)にフォーカスした研究を行う。さらに、皮革産業における廃棄物バイオポリマーの EICP および MICP への影響を両国で検討する。

2020 年度に日本-インド両国の研究者の研究施設を見学し、両者の技術交流を行った上で研究を推進する予定であったが、新型コロナ感染症の拡大による渡航禁止により実施することができなかった。そこで、2021 年度に後ろ倒しにするかたちで上記の交流と研究を実施する予定であったが、新型コロナウイルス変異株の出現によりさらに渡航禁止が続き、実施することができなかった。

本プロジェクトの共同研究を行う上で、実験施設の見学、試料サンプルの確認、および対面での学術交流は不可欠でありオンライン会議では代替できないため、2023 年 3 月までの委託期間の延長を申請した。相手国研究代表者と調整の結果、2022 年 11 月に日本側研究者の渡航、2022 年 12 月に相手国研究者の来日を行うこととした。

2021 年度は両国それぞれにおいて研究を行った。日本側研究者(中島)はセルロースやキチンなどの天然高分子と天然高分子と機能性タンパク質を複合化したバイオセメント形成に関する研究を行った。一方、インド側研究者(Kamini)は皮革製造プロセスで排出されるカルシウム分とタンパク質を含む廃液を用いた環境低負荷型のバイオセメント製造プロセスを検討した。なお、電子メールや Web 会議システム等で共同研究内容や渡航計画・交流についてディスカッションしながら進めてため研究交流計画の遂行に支障はなかった。

最終年度の 2022 年 10 月に海外渡航の制限が緩和されたことから、日本側研究者ら(中島, Anju)が 11 月に相手国側研究機関であるインド・チェンナイの Central Leather Research Institute(CLRI)を訪問した。皮革製造プロセスで排出される廃棄物をバイオセメント原料に利用する実験施設を見学し、研究発表やディスカッションにより分子生物学や生化学を専門とする研究者たちと学術交流を深めた。一方、インド側研究者ら(Kamini, Anju)も 2022 年 12 月に来日し、我々の研究室でバイオセメント関係の実験設備を見学し、ディスカッションを行った。

さらに、皮革製造プロセスの廃棄物を使ったバイオセメント技術をまとめた共著論文についても、環境化学分野のハイレベルジャーナルである *Chemosphere* 誌に掲載された(*Chemosphere* 308 (2022) 136533, DOI: 10.1016/j.chemosphere.2022.136533)。

(2)学術的価値(本研究交流により得られた新たな知見や概念の展開等、学術的成果)

上述の通り、最終年度に相手国インドへ渡航することができ、先方の研究所 CLRI および実験施設を見学した。

CLRI は皮革製造プロセスに関する研究所であり、その製造プロセスで Lime liquor と呼ばれるカルシウム分を多く含む廃液やタンパク質性の廃棄物が生じる。インド側研究者の Kamini らはその廃棄物を使ったバイオセメント製造方法を開発している。我々の研究グループにおいてもより安価な材料、望ましくは廃棄物を用いたバイオセメント技術の開発を検討していたため、非常に有益な別観点からのアプローチを学ぶことができた。一方、インド側研究者は我々が有する技術であるバイオセメント用バクテリアのスクリーニング方法について学び、インドにおいてもその手法を用いた有望株の単離を検討した。

両国の研究者は酵素工学・微生物工学という共通のバックグラウンドを持ちながら、日本(中島)では化学的な観点からバイオセメントの機能化を検討し、インド(Kamini)では廃棄物のバイオセメントへの利用を検討したことで、新たな研究アプローチの熟成ができたのではないかと思われる。

(3)相手国との交流(両国の研究者が協力して学術交流することによって得られた成果)

新型コロナの影響で、実際にお互いの研究機関を訪問したのは最終年度である2022年後半であった。もし、渡航禁止などの制限がなく、より早い段階で相互の交流ができていれば、より効果的な共同研究体制が築けたのではないかと思う。しかし、

また、CLRI はもともと皮革製造プロセスの研究所であるが、最近ではバイオテクノロジー全般の研究を行っている。そのため、研究所内には分子生物学、生化学、応用微生物学を専門とする研究者が多数在籍し、彼らと様々なバイオ分野のディスカッションができたことは有意義であった。

(4)社会的貢献(社会の基盤となる文化の継承と発展、社会生活の質の改善、現代的諸問題の克服と解決に資する等の社会的貢献はどのようにあったか)

日本側代表者(中島)は、今回初めてのインド訪問であったが、インドでは急速な産業の発展と人口増加により、建設に利用できる土地の面積が日々減少しており、軟弱で危険な土地の利用が余儀なくされている。実際にインドの農村地や郊外の居住地区を訪れて、未整備で軟弱な地盤の上に住居や建造物が建てられている状況を目の当たりにした。本研究で提唱しているバイオセメントに限らず、将来的にも持続可能で環境負荷の小さいグリーンな地盤改良技術の開発が必須であると感じた。

(5)若手研究者養成への貢献(若手研究者養成への取組、成果)

本研究には日本側研究者(中島)の研究室に所属するインド、スリランカ、およびバングラディッシュ出身の留学生(いずれも博士後期課程)が参画した。彼らの母国は相手国であるインドと同じ南アジアの国々であり、同様に軟弱地盤の問題を抱えており、本研究課題が母国での問題解決につながるよう育成した。また、当研究室では日本人学生と留学生が密に連携しながら研究をサポートし合う研究体制を取っており、日本人学生もアジア各国あるいは世界中で問題となっている地盤環境問題にバイオの観点から取り組み、日本の科学技術が世界の社会問題をどのように解決できるかを考えてもらう機会を設けた。そのような経験は、我が国の若手研究者がアカデミックあるいは企業で世界各国と協同しながら問題解決する際には非常に活かされ则认为る。

(6)将来発展可能性(本事業を実施したことにより、今後どのような発展の可能性が認められるか)

最終年度に CLRI を訪問した際に、研究所の若手研究員と触れ合う機会があった。本プロジェクトのメインテーマであるバイオセメント、あるいはそれ以外についても協力体制を期待できることから、プロジェクト終了後も引き続き連絡を取り合い、今後の研究テーマについて議論していくこととなった。

(7)その他(上記(2)～(6)以外に得られた成果があれば記載してください)

例:大学間協定の締結、他事業への展開、受賞など

特になし。