

オーストラリアでカーボンマイナスコンクリート 「ジオポリマーコンクリート」研究開発への挑戦

群馬大学大学院 修士1年 高橋一彩

留学の概要

訪問先は、オーストラリア・ビクトリア州の公立大学のDeakin大学工学部で、ジーロング・ワーポンド・キャンパスにある。ジーロングは、メルボルンから電車で約1時間の歴史ある港町である。群馬大学とDeakin大学は大学間交流の協定を結んでおり、毎年、学部1年時に1カ月間の短期研修プログラムを実施している。さら

に、2023年6月、博士ダブルディグリープログラムに係る協定を締結し、研究留学プログラムが創設された。

今回、本留学プログラムの一期生として現地の研究室に所属し、ジオポリマーコンクリートに関する研究を実施した。留学期間は、2023年6月2日から8月27日の3ヶ月間である。



1. Deakin大学の所在地



2. Deakin大学ワーポンドキャンパスの様子



3. ジーロングの港町の様子と私

留学・研究テーマについて

▶留学の動機

留学の目的は、オーストラリア・ディーキン大学工学部（Dr. Mahbube Subhaniラボ）に製造プロセスを学ぶことである。3カ月間留学して、セメントを使用しないジオポリマーコンクリートについて、その化学的構造と耐火性能を学ぶことである。

世界で最も広く使われる建築材料の「セメント」コンクリートは、年間40億トン以上生産され、世界の二酸化炭素排出量の約8%を占める。中国をはじめとする東アジア諸国では、建設ブームにけん引され、セメントの需要増が続いている。本留学では、セメントに比べて、製造時の二酸化炭素排出量を大幅に削減できる、セメントを使用しないコンクリート（ジオポリマー）の製法を、オーストラリアにおいて実践的に学んだ。



4. 留学先の担当教官 Dr. Mahbube Subhani

▶ジオポリマーコンクリート

留学先のオーストラリアでは、ジオポリマーに関する組織的な研究が先行しており、空港の滑走路での施工実績や、放射線物質の固定化能力など、多岐にわたる活用方法が研究・開発されている。カーボンニュートラルな社会の実現を目指して、二酸化炭素低排出で、かつ循環型資材としてのグリーンなジオポリマーコンクリートの開発を探るため、最先端のオーストラリアへの留学を決意した。

【ジオポリマーコンクリートの利点】

- ・環境負荷が少ない
- ・耐酸性に優れる
- ・アルカリシリカ反応の抑制
- ・耐火性に優れる

加熱性状についての報告はあるが、高温環境下で発生する**爆裂現象**（過熱時の熱膨張による応力や水蒸気圧の増大によりコンクリートの剥離や飛散を生じる現象）**についての事例は少ない**

ディーキン大学でジオポリマーコンクリートの供試体を作製して、加熱試験を実施。
→ジオポリマーコンクリートの爆裂メカニズムを検討

現地での実験の様子

▶ジオポリマーコンクリートの打設

使用しないジオポリマーコンクリート供試体を現地の材料を用いて作製した。作製した供試体の特徴は以下の通りである。

- ✓ 拘束状態での爆裂特性を評価するために、リング拘束供試体を使用
- ✓ 締固めのいらない自己充填コンクリート
- ✓ ガラスリサイクルの一貫で生じる廃ガラスを使用
- ✓ 強度を高めるために玄武岩短繊維を使用



5. 廃ガラス



6. 玄武岩短繊維



7. ジオポリマーコンクリート
(リング拘束供試体)



8. 打設の様子



9. 協力してくれた研究者1



10. 協力してくれた研究者2



11. 協力してくれた研究者3

現地では多くの研究者に手伝っていただきました。ありがとうございました。

ジオポリマーコンクリートの加熱試験

▶加熱試験の概要

作製したジオポリマーコンクリート供試体の加熱試験を実施した。加熱試験は小型電気炉を用いて実施した。加熱箇所は、リングの下面開口部一面加熱とした。加熱温度は、1050°Cに昇温した後、1050°Cで30分保持した。試験後は自然冷却とした。



12. 強度試験の様子 (加熱前)



13. 加熱試験の様子
(小型電気炉の上にリングの供試体を設置)



14. 加熱試験の様子



15. 加熱試験の様子
(1050°Cを確認)

▶加熱試験結果

ジオポリマーコンクリート加熱試験後の加熱面の様子を示す。写真16に示すように、加熱面の変色やひび割れが発生する程度で、コンクリートの剥離は見られなかった。写真17は同条件で加熱した高炉スラグ系耐熱性断面補修材の試験結果¹⁾である。加熱面の爆裂や剥離、ポップアウトが確認された。これより、本実験のジオポリマーコンクリートは爆裂しない結果が得られた。今後、コンクリート内部の拘束応力や水蒸気圧を検討し、ジオポリマーコンクリートの爆裂メカニズムの検討を実施したい。

- ・加熱面が茶色に変色
- ・ひび割れの進展
- ・**爆裂は発生せず**

左右共にコンクリートが剥離・はく落している
→爆裂が発生



16. 本実験における加熱後の加熱面の様子



17. 高炉スラグ系耐熱性断面補修材における加熱後の加熱面の様子

1) 兼原祐他：高温加熱を受ける耐熱性断面補修材の若材齢における爆裂性状、コンクリート構造物の補修、補強、アップグレード論文報告集、第21巻、1053

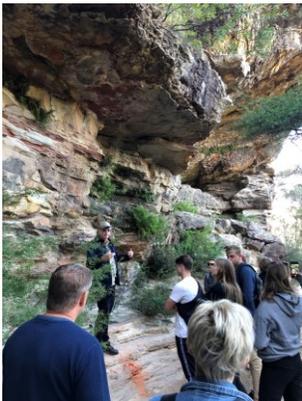
現地での活動を通じて

▶ 学生生活において

(1) ワークライフバランス重視

現地の研究者や技術者は研究活動の時間とプライベートの両方を重視しながら勤務していた。子供との時間を生み出すためにリモートワークを取り入れる、信仰する宗教を第一に考える、長期休暇で故郷に戻るなど日本よりもプライベートの時間を重要視していた。

私も担当教官から、「国内旅行をした方がいい」と勧められ、休日は積極的に観光をした。平日は集中して研究に取り組み、土日にリフレッシュすることで、効率的に課題に取り組むことができた。日本に帰国後も、メリハリをもって研究活動に励み、多くの気づきを得たい。



21. 観光ツアーの様子
(地層について学んだ)



22. カフェでの様子
(休憩を挟みながら学習)

(2) 多国籍文化の理解

留学先のオーストラリアは多国籍な国であることで知られている。大学内でも、オーストラリア出身の人は少なく、アジア圏やヨーロッパ圏出身の学生が多かった。母国の文化を教え合う機会があり、非常に興味深かった。また、第一言語が英語以外の学生が多く、英語習得中の私に対して易しい英語で対応してくれた。留学中に受けた恩を忘れず、今後も研究活動を続けていきたい。

多国籍文化を一番身近に感じた場面は、食である。メルボルン近郊では、世界各国の料理店が並んでおり、迷うほどであった。さらに、全てのお店にベジタリアンや宗教上の理由で制限がある人向けのメニューがあり、配慮の重要性を感じた。食文化を通じて、多文化の理解を進めて寄り添うことが必要であると実感した。



23. イギリス料理
フィッシュ&チップス



24. メキシコ料理
タコス

現地での活動を通じて

▶研究スタイルについて

(1) プレゼンテーション重視

ディーキン大学では、学部生の授業から博士課程の学生の成果報告会まで、プレゼンテーションの場が多かった。自分の思いを伝えて、相手に理解してもらうことやフィードバックをもらって改善することが大切であると感じた。私の留学中も、多いときは週3回プレゼンテーションを行うなど、積極的に自分の研究を広めることを意識した。今後も学会発表に積極的に参加して研究成果を報告し、様々な研究者から助言をもらいたい。そして、研究の幅を広げて海外でも活躍する土木技術者になりたい。

カップケーキやお菓子を食べながら、
様々な研究者と情報共有してみた



18. 大学で開催された
プレゼン大会の様子1



19. 大学で開催された
プレゼン大会の様子2

(2) 研究室がない！

ディーキン大学では、「研究室」の定義がない。留学時に私が所属していた研究科では、大学の先生方が同じ部屋で研究を進めており、分野を横断した幅広い活動ができると感じた。また、学生たちは、グループ毎の研究を行い、多くの人と議論しながら進めていた。

私は留学中に「研究室独自の評価手法を広めたい」思いから、現地で打設実験を計画した。本実験の手法は私のみ知る状況で、実験の意義や進め方が伝わっていなかった。そこで、それぞれの担当者をまわり、自作の資料を用いながら実験の趣旨を説明することで、理解と協力を得た。その結果、当日は全員が協力して下さり、最後に「That's Perfect!」と言われて感動した。今後も、変化する課題を見つけて個別に解決し、1つ1つのプロジェクトを完遂していきたい。



20. ディーキン大学図書館の様子
(研究室がないため、図書館で勉強した)