

大学院教育支援機構（DoGS）海外渡航助成金 報告書

Outcome report

| | |
|---|--------------------------------|
| 計画名 Plan | 東南アジアにおける社会基盤整備や廃棄物の有効利用に関する研究 |
| 氏名 Name | 富永 伊織 |
| 研究科・専攻・学年 Graduate school/Division/Year level | 地球環境学舎 環境マネジメント専攻 修士1回 |
| 渡航国 Country | ベトナム |
| 渡航日程 Travel schedule | 2024年 9月 21日 ~ 2024年 12月 25日 |

- ページ数に制限はありません。No limits on the number of pages
- 写真や図なども組み込んでいただいて結構です。You can include pictures or illustrations.
- 各項目について具体的に記述してください。Please fill in each item specifically.
- 日本語または英語で記載ください。Please use Japanese or English.

渡航計画の概要 Outline of the travel plan

ハノイ交通運輸大学において、Nguyễn Châu Lân 准教授の指導の下、廃棄物の土質改良材としての効果を比較する為の実験を行った。具体的には現地の焼却飛灰 (Fly Ash)、鉄鋼スラグ、石灰、セメントを2種類の発生土とそれぞれ混合し、密閉状態で7日から28日間養生した後の一軸圧縮強さ（円柱状に成形した土を鉛直方向に圧縮したときの最大応力。）を測定する事で、固化材の種類による強度発現の違いを評価した。発生土には、ベトナム北東部の港湾から排出された海底浚渫土と、ハノイ地下鉄3号線のトンネル工事区間から掘削された建設汚泥とを用いた。一部の土-固化材混合物は強度測定後に乾燥させ、ハノイ国家大学自然科学大学の協力の下、XRD と SEM による化学分析を実施した。また実験の他にも、国際的なワークショップや2つの学会に参加し、東南アジアが抱える社会基盤上の課題について知見を深めた。ベトナムの教育訓練省が主催する科学国体（ベトナム国内の学生が分野を越えて研究成果を競い合う全国大会。）を傍聴する機会も頂いた。

成果 Outcome

1. 渡航先での実験について

固化材の添加率は基本的に30%に設定したが、焼却飛灰とセメントを15%ずつ混合させた供試体（ケースA）も用意し、各固化材の強度発現の違いを評価した。供試体は、土-固化材混合物を直径5cm、高さ10cmの金属製円筒に3層に亘って詰めて作成した。これをプラスチックラップで包んでコンテナ内で7日、14日或いは28日間養生させ、強度を測定した。

強度試験の結果を表1に示す。×印で示しているのは、強度が現地で使用した一軸圧縮試験機の測定下限値を下回り、確かな一軸圧縮強さを得る事ができなかったものである。焼却飛灰のみを加えた場合は全てのケースで強度が測定可能な領域に達せず、これは混合割合を乾燥重量比で50%に増やし、或いは7週間以上養生させたときも同様であった。一方、ケースAは強度が養生期間と共に着実に増加し、150~300kPaの一軸圧縮強さを示した。pHによる更なる検討が欠かせないものの、焼却飛灰がその改質効果を発揮するには一定程度以上の高いアルカリ環境が必要である可能性が示唆された（結論①）。S95という製鋼スラグを30%添加した場合は、石灰（Lime）を30%加えた場合やケースAよりも高い強度を示し、この傾向は土質や養生期間に概ね関係なく確認された。しかし既往の研究との関係から、スラグや土の違いによる影響を無視できない事が示唆された（結論②）。化学分析の結果からは、土-固化材混合物の中で水和反応が起こり、構造が緻密化したことが示唆されたが、特定の化学反応や生成物を確認する事はできず、例えばポズラン反応は生じていないと考えられた（結論③）。

表 1 土－固化材混合物の一軸圧縮強さ (kPa)

| Soil | Stabilizer | Ratio of Stabilizer | Curing days | | |
|---|------------|---------------------|---------------|-----------------|----------------|
| | | | 7 | 14 | 28 |
| Dredged marine soil $w = 34.6\%$ | Slag | 30% | 205, 198 | 441, 391, 337 | 1285, 904, 898 |
| | Fly Ash | 30% | × | × | × |
| | Cement | 30% | 65, 60 | 508, 497 | 297, 292, 178 |
| | Lime | 30% | × | × | × |
| | FA+C | 15%+15% | 162, 158, 143 | 212, 178 | 278, 263, 229 |
| Excavated surplus soil $w = 17.8\sim 20.8\%$ | Slag | 30% | 204, 133 | 483, 218, 189 | 792, 775, 721 |
| | Fly Ash | 30% | × | × | × |
| | Cement | 30% | 225, 223, 219 | 1517, 1445, 910 | 349, 343, 333 |
| | Lime | 30% | 75, 65 | 256, 235, 219 | 255, 194, 162 |
| | FA+C | 15%+15% | 211, 188, 172 | 318, 289, 246 | — |

2. その他の活動について

現地実験以外にも様々な事に積極的に取り組んだので、主なものを以下に列挙する。

- 1) 研修先の大学で 10 月 23 日から 25 日にかけて実施された国際学会（The 5th International Conference on Sustainability in Civil Engineering, 2024）に参加し、ベトナム国内における交通や斜面崩壊の問題について知見を深めた。日本の研究者による基調講演も拝聴し、社会基盤技術を途上国に移転する難しさを認識した。最終日には複合世界遺産の Tràng An 景観地域を探索し、小川を見下ろす石灰岩の岸壁の美しさを実感すると共に、自然環境の保全に対する現地の取組みを視察した。
- 2) 研修先の研究室の学生が科学国体（ベトナム国内の学生が分野を越えて研究成果を競い合う全国大会。）の決勝に進出したため、11 月 6 日から 9 日にかけて Hồ Chí Minh 市まで同行し、審査や式典の様子を傍聴した。一生懸命に研究に取り組む現地の学生と交流する中で、彼らが実務での有用性に特に重心を置いて研究をしている印象を受けた。
- 3) 11 月 13 日には、ハノイ土木工学大学で開かれたワークショップへ参加して、国連防災機関（UNDRR）の方の話を拝聴すると共に、オーストラリアから来た学生らと地震についてデスクッションをした。しかし、オーストラリアには地震が少ないためか、自分との知識や感覚の違いを感じた。
- 4) 12 月 7 日にはハノイ国家大学薬科大学で開催された学会（The International Conference on Innovative Earth Technology and GeoAI, 2024）に参加し、日本人やマレーシア人の研究発表を聴講した。マレーシアでは地球温暖化に伴い斜面災害が増えており、降雨情報を基にした警報システムを構築したとの報告を伺った。
- 5) ベトナム人の特性について、分別の概念が無いなど美意識が日本人と大きく異なる事、効率に対する志向性が高くない事を発見した。特にベトナムの焼却主灰（Bottom Ash）にはガラス片や金属片、鶏の骨の燃え殻などの不純物が多く含まれており、土質改良材として有効利用できる状態にないと理解した。

今後の展望 Prospects for the future

私は、東南アジアにおける持続可能な社会基盤整備について土木工学の観点から知見を深め、将来、国際社会に貢献するための経験を獲得したいと考え、本研修に取り組んだ。日常生活を通じてその実情を体感すると共に、気候変動への対応や技術移転の難しさを学んだ。渡航期間に獲得したこうした気づきを基に、修士論文の執筆やその先の社会貢献を質の高いものにする。