

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究課題別中間評価報告書

1. 研究課題名

特殊土地盤上道路災害低減に向けた植物由来の土質改良材の開発と運用モデル

(2019年4月～2024年3月)

2. 研究代表者

2. 1. 日本側研究代表者：木村 亮（京都大学 大学院工学研究科 教授）
2. 2. 相手国側研究代表者：Mesay Daniel Tulu（アジスアベバ科学技術大学 准教授）

3. 研究概要

本プロジェクトでは、在来植物由来のセルロース系土質改良材を開発し、地産地消型の特殊土対策運用モデルを構築することを目指す。

まず、既存の古紙（紙粉やシュレッター層）を原料とするセルロース系土質改良材による特殊土の改良メカニズムの解明を行い、その結果に基づき、実用化を目指した現地由来植物を利用した土質改良材の生産技術の開発を行なった上で、特殊土対策工の運用モデルを構築することを計画している。

具体的には、既に日本国内で実用化されている古紙を原料とする土質改良材のメカニズムを応用し、現地特殊土の特性を解析しながら、在来植物由来のセルロース系土質改良材を作成する手法を開発する。そして在来植物由来の土質改良材を用いた道路整備手法を開発し、地方行政・コミュニティとの協働による運用モデルの構築を行う。

プロジェクトは下記の3つの研究題目で構成されている。

研究題目1：セルロース系土質改良材による特殊土改良メカニズムの解明

研究題目2：在来植物からのセルロース系土質改良材の生産技術の開発

研究題目3：地方での道路災害低減に向けた特殊土対策工の運用モデルの構築

4. 評価結果

総合評価：A（所期の計画と同等の取組みが行われ、成果が期待できる）

エチオピアにおいて、膨張性粘性土と言われる特殊土（ブラックコットンソイル）が広がる地域の道路環境は著しく劣っており、この現状を改善しようとする本プロジェクトの成果に期待するところであるが、中間評価段階では基礎的調査・実験に留まっており、かつ、当初計画に対して進捗にやや遅れが見られ、最終目標の成果への見通しが得られる段階にまでは到達していない。

一方で、コロナ禍やエチオピア国内の政情不安の影響で現地への渡航が制限されるという状況下にあり、研究チームの努力のみで解決できるわけではないことを勘案すれば、総合評価として

はAが妥当であろうと判断する。

本プロジェクトは、道路の施工や維持管理上問題となっているブラックコットンソイル地盤上の道路の力学的特性を、セルロースを大量に含む現地に自生する植物の廃材を用いて向上させることを目的としている。科学技術面では、セルロースの利用は様々な分野で注目されており、植物廃材の利用は、二酸化炭素排出削減などにも貢献することから、重要な技術開発となり得る。

ところが、植物材料では、セルロース含有量の面で古紙を微細加工して商品化されている土質改良材を超える材料を見出すことは難しく、未だに十分な力学的特性を備えた材料の開発に至っていない。

一方で、エチオピア道路公社は、過去に幾多の土質改良材の利用を検討した経緯を有しており、必ずしも格段の性能を有しない場合でも、相対的な評価の優位性が証明されれば採用される可能性もあり、道路の断面構造の工夫をも合わせて検討することで社会実装の実現性は高まるものと考えられる。

研究体制面では、工学的な研究グループと社会科学的な研究グループにより協働で運営されており、文理融合の体制が整えられている。また、技術開発の目的や方向性が明確なこともあって、相手国側の研究に対する関心や技術レベルは当初と比較すると格段に向上している。

4-1. 国際共同研究の進捗状況について

本プロジェクトでは、ブラックコットンソイルの改質メカニズムを把握するとともに、在来植物由来のセルロース系土質改良材を開発することが中心になっている。セルロースの利用は様々な分野で注目されている技術であり、また、廃棄される植物の利用もコスト面や二酸化炭素排出削減への効果を考えると評価されるものである。ところが、現段階においては、植物由来の土質改良材で十分な強度を発揮できるという確証は得られていない。

古紙を原料とする既存の土質改良材が亀裂防止効果を有することが早い段階で確認されたことから、在来植物を利用する上でもこの原理の利用を中心に技術開発が進められている。しかし、植物材料では、古紙を原料とする既存の土質改良材ほどのセルロース含有量を期待することは難しい。亀裂防止効果が吸水性によるものなのか、それとも繊維による張力の増加によるものなのか解明されておらず、土質改良材を用いた道路の断面構造をどのようにするかなどの検討が十分進んでいるとは言えず、このことが本プロジェクトを進める上での不安材料となっている。現在の方向で開発を進める場合、可能な限り早い段階で、この見通しを得ることが重要である。

また、現地に分布するブラックコットンソイルを対象にしているにもかかわらず、コロナ禍やエチオピア国内の政情不安のために、日本側研究者が現地へ赴いて現地の土や植物を用いた実験ができない状況が続いている。日本国内でブラックコットンソイル類似の土や他の植物を利用した実験が行われているものの、研究の進展に支障が生じていることは否めない。

さらに、地方での道路の維持管理に現地住民の参加を促すことを計画していることは、持続可能性を担保する上で極めて重要な視点と考えるが、これもコロナ禍による遅れが生じており、参

加の方法等、未知な部分も多い。他方、相手国側研究者の関心度や技術習得の高まりなどにおいて、かなりの効果も上がっている。

4-2. 国際共同研究の実施体制について

国際経験が豊かな研究代表者の優れたリーダーシップにより、研究体制がしっかりと構築されており、それぞれのチームリーダーが課題に対し適切かつ効果的にプロジェクトを推進していることから、プロジェクトチーム全体の研究活動が円滑に進んでいると判断できる。

また、研究代表者が相手国側の研究者も的確に統率していることもあって、相手国側機関の研究に対する関心度や技術の習得などにおいて目覚ましい進展が見られる。

さらに、地域研究や人類学を専門とする人文系の研究者とともに文理融合チームとして研究を推進している点や、5人の留学生の来日、若干名の日本人の派遣など、若手育成の体制をとっている点も評価できる。

コロナ禍やエチオピア国内の政情不安などにより日本人研究者が現地に渡航できないことに加え、現地のブラックコットンソイルや植物を日本国内に持ち込むことも困難な状況にあるが、日本国内の類似の土や他の植物を使った実験を行うとともに、日本への留学生を積極的に活用するなどの工夫を行いつつプロジェクトを推進するなど、着実に成果を上げている。

4-3. 科学技術の発展と今後の研究について

本プロジェクトはセルロースを利用した土質改良材を開発し、ブラックコットンソイル対策のために利用することを狙った科学技術的にも高いレベルの内容となっているが、当初エチオピア側からの要望は基本的技術の移転といった、必ずしも研究に基づくものではなかった。

しかし、日本国内で実用化されている古紙を原料とした土質改良材がすでに存在しており、相手国側研究者が現地においてそれを用いた実験を目の当たりにしたことなどから、本研究に興味を持つようになり、現時点では相手国側の研究レベルが上がってきている。

コロナ禍においても、日本国内において基本技術の開発を進めてきており、こうした日本国内での取り組みを通じて、セルロースの含有量を増やすことによって、土の強度が増加するという当初の仮説を支持する結果が得られつつある。また、現地の生態系に対する負荷を考慮して、現地に大量に存在する植物や廃棄される植物を対象としている点も評価できる。ただし、わが国で製品化されている古紙を原料とした土質改良材に匹敵するレベルのセルロース含有量をもつ材料が見つかるかどうかという点については不安が残る。

4-4. 持続的研究活動等への貢献の見込みについて

本プロジェクトにおいては、日本人の修士課程の学生が現地に滞在するなど積極的に参画して

おり、日本人若手人材の育成には大いに貢献していると言える。また、すでに相手国から5人の博士後期課程学生を留学生として受け入れており、これらの人材が、将来において本プロジェクトの技術継承・実装に力を注ぐことが期待できる。

本プロジェクトの開発目標が明確であることから、十分な性能を持つ土質改良材が開発されれば社会実装は現実味を帯びてくることになろう。一方で、成果を社会に還元するレベルまで技術を整備し標準化することは、元来ハードルの高い研究課題であるため、うまくいくこと、いかないことを将来への知見として、残していくことも期待したい。現地住民の土壌改良のモチベーションを持続させ、結果として生業の継続ができるような社会経済を作り上げていくことも、社会実装の観点から考えておくことが必要と思われる。

5. 今後の課題・今後の研究者に対する要望事項

- (1) 本プロジェクトの成否は、植物由来の土質改良材を用いるとともに、道路断面構造を工夫することなどにより、交通荷重に耐えうる十分な強度を発揮できるか否かにかかっている。植物由来のセルロースの利用で目標を達成することが可能な場合には、現状の方向で研究を進めていくことで問題はないが、別の要素を導入する必要がある場合には、可能な限り早い段階で方向性を見直しが必要である。また、道路の断面構造の研究も、現在利用可能な土質改良材を用いてでも早急に進める必要がある。
- (2) これまでの調査研究において土質改良材候補とされたエチオピア在来植物の性能評価の結果を見ると、ブラックコットンソイルへの土質改良材の活用のみでは十分な効果が得られるという確証に欠けるのではないかと考えられる。そうであれば、他の伝統的な改善手法（石材、土嚢など）も組み合わせるなどのいわば総合的な対策案も検討されてもいいものとする。
- (3) 実際の災害の規模、災害の履歴と面積、道路災害が与える農業・林業などへのインパクトなどについては、ヒアリングなどを通してデータを取り纏めて、そのうえで、防災・減災に向けた指標を立てておくことが望まれる。
- (4) リモートセンシング技術の導入を考えていくことも望まれる。リモートセンシングによる土地利用変化分析のみならず、生物相、土壌層、蒸発散、気象などの因子を総合的に分析し、詳細な道路状況の変化などとの関係性を探るといった視点を取り入れると新規軸が見えてくるものとする。
- (5) 本プロジェクトのような地産地消型開発の場合は品質管理への格段の配慮が必要になる。つまり、現地ブラックコットンソイルの物性のバラツキ、植物由来の改良材のバラツキ、現地住民による混合・施工・養生などの施工のバラツキなど、これらに起因する品質の不確実性をいかに最小化するかがポイントとなる。具体的には、不透水層の厚さの安全率、材料の不良品を排除する基準（給水試験のマニュアル化）、混合攪拌時の一回の混合攪拌量、混合攪拌時間の設定など、品質基準の具体的な設定に努めることが重要と考える。

以上

研究課題名	特殊土地盤上道路災害低減に向けた植物由来の土質改良材の開発と運用モデル
研究代表者名 (所属機関)	木村 亮 (京都大学大学院)
研究期間	F30採択 (平成30年6月1日～平成36年3月31日)
相手国名/主要相手国研究機関	エチオピア連邦民主共和国/アシスアベバ科学技術大学/シノカ大学/エチオピア道路公社
関連するSDGs	目標 9 強靱(レジリエント)なインフラ構築、包摂的かつ持続可能な産業化の促進及びイノベーションの推進を図る 目標 8 包摂的かつ持続可能な経済成長及びすべての人々の完全かつ生産的な雇用と働きがいのある人間らしい雇用(ディーセント・ワーク)を促進する 目標 17 持続可能な開発のための実施手段を強化し、グローバル・パートナーシップを活性化する

付随的成果

日本政府、社会、産業界への貢献	・日本ベンチャー企業特許技術の国際化と技術開発促進
科学技術の発表	・エチオピア在来植物からのセルロース系土質改良材の生産技術の開発
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	・東アフリカでのセルロース系土質改良材の生産に有利な植物資源の同定と加工方法 ・特殊土地盤上道路整備に向けた地盤改良手法の性能評価
世界で活躍できる日本人人材の育成	・国際的に活躍可能な日本側の若手研究者の育成(新工法の開発から普及までの調整力、レビュー付雑誌への論文掲載)
技術及び人的ネットワークの構築	・エチオピアの科学技術大学、道路管理者、地方大学、地方行政官、コミュニティとのネットワーク構築
成果物(報告書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	・特殊土地盤上での植物資源を活用した路盤構築手法開発に関する論文・新工法のマニュアル ・地方行政・大学・コミュニティの連携した、インフラ整備技術の利用事例(画像等)とマニュアル

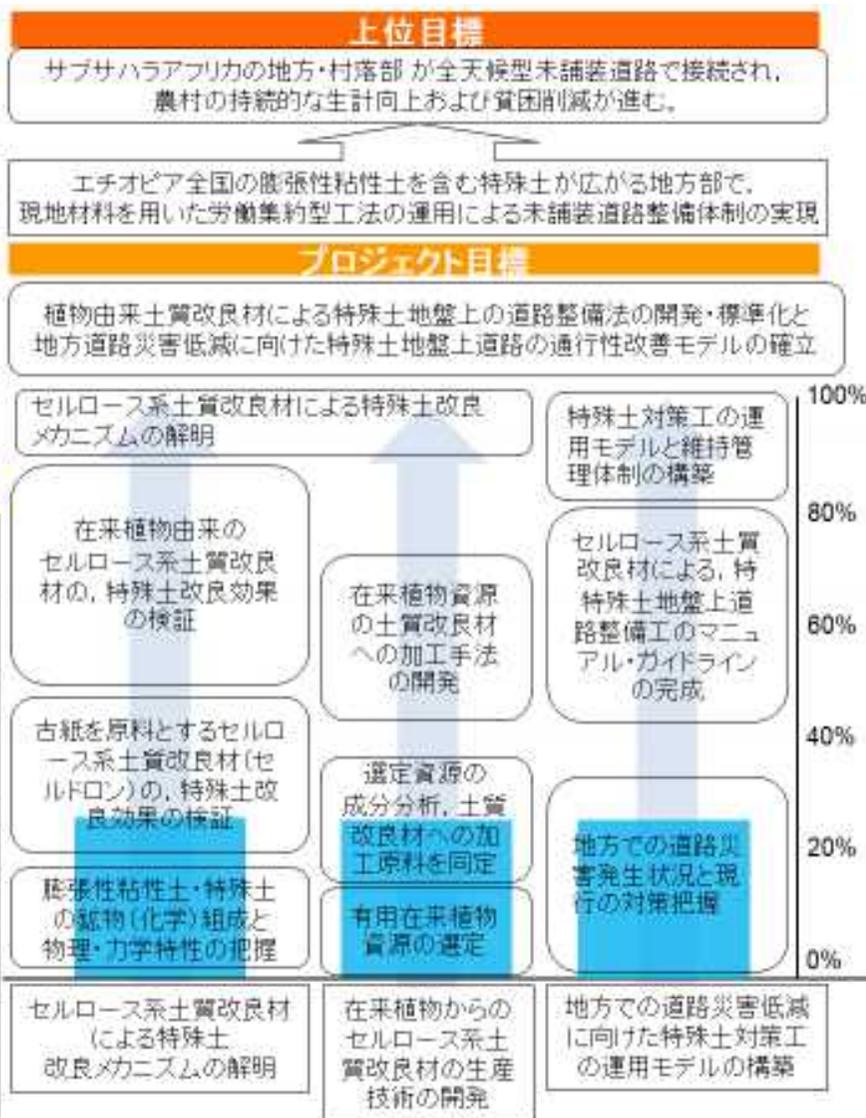


図1. 成果目標シートと達成状況 (2021年10月時点)