

国際科学技術共同研究推進事業  
地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究領域「持続可能な社会を支える防災・減災に関する研究」

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」

採択年度：平成 30 年（2018年）度/研究期間：5年/

相手国名：エチオピア

令和元（2019）年度実施報告書

国際共同研究期間<sup>\*1</sup>

2019年4月1日から2024年3月31日まで

JST 側研究期間<sup>\*2</sup>

2018年6月1日から2024年3月31日まで

(正式契約移行日 2019年4月1日)

\*1 R/D に基づいた協力期間（JICA ナレッジサイト等参照）

\*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=JST との正式契約に定めた年度末

研究代表者：氏名 木村 亮

所属・役職 京都大学大学院工学研究科・教授

# I. 国際共同研究の内容 (公開)

## 1. 当初の研究計画に対する進捗状況

### (1) 研究の主なスケジュール

研究題目・活動	H30年度 (10ヵ月)	R元年度	R2年度	R3年度	R4年度	R5年度 (12ヵ月)
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 1-1 アジスアベバとジンカ近郊の特殊土の鉱物組成と物理・力学特性の把握 1-2 古紙を原料とするセルロース系土質改良材(セルドロン)の混合手法と、最適配合率の決定手法の検討 1-3 セルドロンによる特殊土改良効果の検証 1-4 在来植物由来のセルロース系土質改良材による特殊土改良効果の検証 1-5 セルロース系土質改良材の特殊土改良メカニズムの解明		特殊土特性把握 改良材混合手法と配合率決定手法の確立 改良土の特性把握		改良土の特性把握 改良メカニズムの解明		
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 2-1 有用在来植物資源の選定 2-2 選定資源の成分分析、土質改良材への加工原料を同定 2-3 在来植物資源の土質改良材への加工手法の開発	有用植物を選定 原材料となる植物の同定	粉体化工法の開発	粉体化手法の改良		エチオピア道路公社による認証	
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 3-1 南オモ県での道路災害発生状況と現行の対策把握 3-2 土質改良材による特殊土地盤上道路整備工の開発(実物大走行実験、試験施工の実施) 3-3 特殊土対策工の運用モデルと道路維持管理体制の構築	試験施工実施地域の選定		マニュアル・ガイドラインの完成 モデルを示すマニュアルや動画の完成			

\*エンセーテやコーヒー殻以外の植物についても検討するため、1年間延長することになった。

### (2) プロジェクト開始時の構想からの変更点

有用在来植物資源の選定について、エンセーテやコーヒー殻以外の植物についても検討するため、1年間延長することになった。

## 2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト (公開)

### (1) プロジェクト全体

暫定委託研究期間を経て、5年間の事業の初年度の活動を行った。初年度の研究活動として当初の予定どおりに進んでおり、成果目標の達成に向け順調な滑り出しと言える。日本側の研究者の中には初めてエチオピアでの活動を行うメンバーもいたが、全員が現地入りし、現地の環境や条件を踏まえて各々の専門分野で研究を進める体制を整えた。また、修士課程学生が2度にわたり約2ヵ月間アジスアベバに滞在し、アジスアベバ科学技術大学の実験室にて現地特殊土の基礎的な物性を調べ、古紙由来のセルロース系土質改良材を混合時の物性の変化を把握するための実験を行った。

相手国共同研究機関のアジスアベバ科学技術大学やジンカ大学にとっては初めての JICA の枠組みでの共同研究事業であり、相手国研究メンバーの研究活動への組織的な参画を得るまでにやや時間を要した。令和元年度の事業開始から約半年後に実施した2度目の JCC (Joint Coordination Committee) 会議にて、相手国共同研究機関の予算の執行や報告体制についての疑問点が明らかになり、その場で説明するとともに先方の事情に応じた対策を考案し、実質的な共同体制を確立した。アジスアベバ科学技術大学では、博士号を持つまたはその取得を目指す教員や修士課程学生の中から SATREPS 事業への参画希望者を募り、日本側若手研究者と共同で面接をし、各題目を担当するリーダーとメンバーが選定された。

初年度に日本側主導で具体的な研究成果を出し、それらを JCC で共有することで議論が深まり、今後5年間の共同での研究運営体制の基盤が構築された。

エチオピアでの業務調整かつ研究活動を行う研究員が京都大学から派遣され、資機材調達、在外研究員の受入れ、ワークショップの準備、アジスアベバ科学技術大学、ジンカ大学、エチオピア道路公社との連絡調整を円滑に進めた。アジスアベバ科学技術大学及びジンカ大学では、それぞれ無線インターネット環境が整えられたプロジェクト事務所が設置された。また、アジスアベバ及びジンカに事業用連絡車が配備され、研究者の移動や調査活動に役立てられた。

上記に加えて、エチオピア研究者を日本に招聘して短期研修を実施した。ジンカ大学の若手研究者3名を京都大学及び宮崎大学に招聘し、セミナーや実習を実施した。アジスアベバ科学技術大学からは、副学長、学科長、研究代表者の3名と、エチオピア道路公社の研究開発部門の副長1名を招聘し、今後の事業実施や研究活動について意見交換を行った。

また、令和2年度より開始する長期研修者(留学生)の受け入れについて、研修者の選定と研究活動計画の策定を開始した。

### (2) 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」

研究グループ A (リーダー: 福林良典)

#### ① 研究題目1の当初の計画(全体計画)に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

令和元年度は、当初計画に従い、(a)アジスアベバ科学技術大学の構内で採取された特殊土、ブラックコットンソイルの物理特性の把握、(b)このブラックコットンソイルに、古紙を原料とするセルロース系土質改良材(セルドロン)を混合した際の物理・力学特性の把握、(c)セルドロンによる特殊土改良効果(地中における改良効果の持続性)の検証に関する活動を行った。次年度も継続して

【令和元年度実施報告書】【200529】

活動を行うが、今年度に得られた成果を以下にまとめる。

(a) アジスアベバ科学技術大学の構内で採取された特殊土、ブラックコットンソイルの物理特性の把握

共同研究機関のアジスアベバ科学技術大学の構内には、特殊土であるブラックコットンソイルが広がる。この土を採取し物理特性を調べたところ、塑性指数が 50 近くで Free swelling ratio の値が約 2.0 を示し、膨張性が高いことが明らかになった。力学特性は、現段階では室内ベーンせん断試験装置を用いて、セルロース系土質改良材との混合時のせん断強度の変化を把握するために調べている。

今後はジンカで採取されるブラックコットンソイルなど、他の特殊土の物性を調べる予定である。

(b) 古紙を原料とするセルロース系土質改良材（セルドロン）を混合時のブラックコットンソイルの物理・力学特性の把握

日本で製品化されている、古紙を原料とするセルロース系土質改良材（以下、セルドロン）を上記のブラックコットンソイルに混合したときの、物理・力学特性の変化の様子を把握した。セルドロンの添加率は、土粒子の質量に対して、重量比でセルドロンを 0%, 5%, 10%, 20%, 30%とした。混合の様子を写真 1-1 に示す。



1. 液性限界の含水比に調整されたブラックコットンソイル



2. セルドロンを添加・攪拌



3. セルドロン 10%添加時



4. セルドロン 30%添加時

写真 1-1 ブラックコットンソイルにセルドロンを混合時の様子

セルドロンの混合により、ブラックコットンソイルの流動性が低下し、30%添加時には団粒化する様子が確認された。各添加率の混合土について、物理・力学特性を調べた結果を以下にまとめる。

- ・ セルドロン添加率の増加に伴い、液性限界と塑性限界の値が大きくなった。
- ・ 塑性指数は、セルドロンの添加率 10%までは増加し、さらに添加率を増加させると減少した。
- ・ セルドロン混合による、ブラックコットンソイルの膨潤性や乾燥時の収縮を抑制する効果は見られない。
- ・ ブラックコットンソイルにセルドロンを混合すると、ベーンせん断強度は大きくなる。ブラックコットンソイルの初期含水比が低いほど、セルドラ混合によるせん断強度増加分が大きい。
- ・ セルドロン混合によるブラックコットンソイルのせん断強度増加効果は認められるものの、単体では交通荷重を支持しうる強度を得ることはできない。

(c) セルドロンによる特殊土改良効果の検証（地中における改良効果の持続性の検証を含む）

セルドロンを 10%混合することで、自然乾燥時における収縮を抑制する効果は見られないが、ひび割れを抑制する効果があることが確認された（写真 1-2）。各写真において、左側の試料がブラックコットンソイル単体、右側がセルドロンを 10%添加した試料である。



写真 1-2 セルドロン混合によるひび割れ発生抑制効果

この実験結果より、セルドロンの繊維質が補強材として働きブラックコットンソイルの引張強度が増加することが見込まれる。次年度以降、この特性を道路整備に活かす具体的な手法を検討する。

また、地盤中におけるセルドロンの長期安定性を調べる実験を行った。ジンカ大学構内にフェンス囲い付きの実験場を設け、セルドロンを不織布に入れ供試体を地中に埋設し、その約 3 ヶ月後に取り出した（写真 1-3）。埋設前、掘起し後、燃焼後のそれぞれの質量からセルロース分解率を求めた。これにより、ジンカ近郊のブラックコットンソイル地盤における分解指標を獲得した。今後も気象条件や土壌水分量も観測しながら、長期安定性試験は継続して行う。



耕うん作業



整備された実験場



埋設状況



3ヵ月後に掘り起こした供試体

写真 1-3 セルドロンの地盤中における長期安定性の検証実験

#### ②研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

地盤材料の物理・力学特性把握のための試験方法について、日本側若手研究者の現地滞在時にアジスアベバ科学技術大学の研究者に対して技術移転を行った（写真 1-4）。



写真 1-4 日本の若手研究者による土質試験方法についての技術移転

#### ③研究題目 1 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

特になし。

#### ④研究題目 1 の研究のねらい（参考）

古紙を原料とするセルロース系土質改良材（セルドロン）による、ブラックコットンソイルの改良メカニズムを解明する。改良効果を把握し、それを活かした低交通量道路の路盤としてセルドロン混合層を含む断面を提案する。本研究事業の題目 2 で開発が進む、在来植物由来のセルロース

【令和元年度実施報告書】【200529】

系土質改良材についてもその改良メカニズムを解明し、ブラックコットンソイル地盤上の道路の通行性向上に向けた利用方法を確立する。

⑤研究題目 1 の研究実施方法（参考）

まず、古紙を原料とするセルロース系土質改良材（セルドロン）混合時の、ブラックコットンソイルの物理・力学特性の変化の様子を把握する。これまでに、その乾燥収縮時のクラックの発生を抑制する改良効果が確認されている。そこで透水性への影響を検証する実験を行う。ブラックコットンソイルに対するセルドロンによる改良効果と最適配合をまとめる。また、地中における、セルドロンによる改良効果の持続性の確認を行う。さらに、低交通量道路の路盤としてセルドロン混合層を含む断面を提案する。同様の内容を、題目 2 で開発が進む、在来植物由来のセルロース系土質改良材についても実施する。

(3) 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」

研究グループ B（リーダー：安原英明）

①研究題目 2 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

令和元年度の当初計画は以下の 4 項目である。(a) セルロース系土質改良材（セルドロン）の古紙粉体化技術を含めた加工方法の原理を把握する。(b) 環境に負荷をかけない在来資源でセルロース抽出に有利と考えられる有用植物の選定を行う。(c) セルロース含有量の把握に向けた組成分析のための予備実験を行う。(d) 採取した在来植物を破碎し微細粉体化する方法を検討する。これらの当初計画について概ねその内容をスケジュール通りに実施することができた。各項目の具体的な実施内容について以下に説明する。

(a) セルロース系土質改良材（セルドロン）の古紙粉体化技術を含めた加工方法の原理把握

セルドロン製造会社である（株）グロースパートナーズと提携している粉体加工工場（東京、福島、松山、香川）のうち、愛媛県松山市にある（株）カネシロ伊予松前リサイクルセンターと香川県三豊市にある（株）大矢根利器製作所を訪問し、古紙粉体化技術を確認した。工場におけるセルドロン製造の原料は、オフィスシュレッダー古紙（数 mm サイズ）であった。セルドロン製造工場の見学により粉体化技術の原理を把握することができた。

(b) 環境に負荷をかけない有用植物の選定

平成 30 年度に選定した有用植物として、エンセーテとコーヒー殻があげられる。令和元年度は、これらの 2 種類の植物のほかに、土質改良材として適用を考えられる植物の選定を行った。エチオピア側研究者と連携して 20 種類程度の植物を調査し、表 2-1 に示す計 9 種類の植物を選定した。これらの植物の選定理由は、セルロースを多く含む可能性があること、大量調達が可能であること、安価であること、廃棄物を再利用できること、地域の食糧生産を阻害しないこと、である。令和 2 年度は、これら選定した 9 種類の植物に対して、セルロース含有量の測定、破碎機を用いた粉体化、微細粉体の吸水性能について調査する。

表 2-1. 土質改良材として再利用を検討している在来植物

No	名称	想定価格	用途	採取場所	選定理由
1	エンセーテ	調査中	繊維製品	エチオピア南部	・セルロースを多く含む ・低価格
2	コーヒー殻	調査中	一部飲料用	エチオピア南部	・セルロースを多く含む ・低価格
3	綿花残渣	1000 円/100 kg	住居用資材や家庭用熱源	ほぼ全国	・セルロースを多く含む ・低価格
4	藁	330 円/100 kg	家畜用飼料	ほぼ全国	・大量調達可 ・安価
5	ホテイアオイ Emboch (water hyacinth)	無料	無	Bahir dar and Zeway	・大量調達可 ・湖に植生し有害 ・セルロースを多く含む可能性あり
6	チャット Catha edulis (Khat)	無料	嗜好品 コーヒー飲料時添加	ほぼ全国	・大量調達可 ・セルロースを多く含む可能性あり
7	サトウキビの 絞りカスの焼却灰	無料	No	ほぼ全国	・石灰に代わる土質改良材として用途あり
8	竹	調査中	建材	ほぼ全国	・セルロースを多く含む
9	トウモロコシ残渣	調査中	家庭用熱源	ほぼ全国	・セルロースを多く含む

### (c) セルロース含有量の把握に向けた組成分析

採取したエンセーテの繊維とコーヒー殻の成分調査を Wise 法を用いて実施した。その結果、エンセーテはセルロース含量が高く、ヘミセルロース（アルカリに可溶な多糖類）と合わせると全体重量の 90%以上が多糖類であることが確認された。コーヒー殻はセルロースとヘミセルロースを合わせても全体重量の 50%程度であった。また、水に可溶なペクチンの含有率も高いことが判明した。また、アジス・アベバ市内のマーケットで購入したエンセーテおよびコーヒー殻（写真 2-1）の自然含水比（自然状態の植物中に含まれる水分量を固体の重量で除して、対象物質に含まれる水分の割合を示したもの）は、それぞれ 610%、20%であった。

リグニン含量の測定は予備的に計画に入れていきたいと考えているが、「木材」以外のリグニンを正確に測れる方法は実は存在しない。酸加水分解物残差として検出されるクラークソンリグニンは、木材のようにタンパク質や灰分（ミネラル）、脂質が少ないバイオマスに対して有効であるが、それらを多く含む葉部や殻部に対して適用した場合の多くは、これら成分が酸不溶性部にとどまるため、理論的に理解しがたい量のリグニンとして定量されてしまう。宮崎大学で開発した迅速チオグリコール酸リグニン定量法が、ある程度幅広いバイオマスに適用可能である文献を発表し

ているが、これがそのまま使えるかは不明である。すなわち、対象バイオマスに対してそのまま適応できると確信が持てる公定的手法がないため、実際の材料を入手したうえで検討する必要がある、基礎的なところから始めたいと考えている。

しかしながら、プロジェクト進捗上のプライオリティーは材料の吸水性にあり、セルロース含量で説明できない現象が確認された場合に、リグニンについて検討ができるように準備は進めようと考えている。



写真 2-1. アジスアベバ市内のマーケットで採取したエンセーテおよびコーヒー殻

#### (d) 採取した在来植物の微細粉体化手法の検討

アジスアベバ市内の機械工場を訪問し、穀物用の粉砕機を見学した。2か所の工場を見学し、唐辛子用の縦型粉砕機と、テフ用の横型粉砕機を確認した(写真 2-2)。縦型・横型のどちらも費用は日本円換算で40万円程度であった。次年度に、どちらの機械を購入するか精査し、年度内に購入する。その後、上記(b)の表 2-1 で示した9種類の植物を実際に粉体化し、破砕機の性能を評価する。



写真 2-2. アジスアベバ市内の機械工場で見学した穀物用破砕機

②研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

採取した植物の含水比測定方法および吸水性評価方法について指導を行った。

③研究題目 2 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

特になし。

④研究題目 2 の研究のねらい（参考）

エチオピア農村部の農業副産物や残渣から、セルロース系土質改良材を生産する技術を開発する。現地の生活環境に負荷を与えず、土質改良材化するのに有用な在来植物資源を選定する。次にセルロース成分が卓越しその抽出が可能である原料を同定する。この在来の植物原料から、セルロース成分を抽出し土質改良材へと粉体化する手法を開発する。

⑤研究題目 2 の研究実施方法（参考）

表 2-1 に示す候補植物に対して、Wise 法によるセルロース含有量を測定する。また、候補植物の炭水化物含有量についても測定する。つぎに、写真 2-2 に示す破砕機を用いて候補植物を粉体化する。その後、微細粉体の種類や加工方法が吸水量に与える影響を調査し、土質改良材として最適な材料を同定する。さらに、選定した粉体をブラックコットンソイルに混入し、土質改良材としての安定性を経時的に評価し、長期性能を把握する。

(4) 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」

研究グループ C（リーダー：金子守恵）

①研究題目 3 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

令和元年度は、当初計画 (a) 南オモ県での道路災害発生状況と現行の対策把握, (b)土質改良材による特殊土地盤上道路整備工の開発, (c) 特殊土対策工の運用モデルと道路維持管理体制の構築について以下のような成果を達成した。

(a) 南オモ県での道路災害発生状況と現行の対策把握

南オモ県での道路災害発生箇所や、特殊土（ブラックコットンソイル）が分布している地域の調査を開始した（写真 3-1）。また、コミュニティによる道路災害対応に向けた組織化や、対応による生活の変化の把握に向けた調査を開始した（写真 3-2）。



写真 3-1 特殊土分布地域の調査



写真 3-2 コミュニティによる道路災害への対応状況の調査

(b) 土質改良材による特殊土地盤上道路整備工の開発

ジンカ大学内にて、実物大走行実験を実施する場所を選定し、ジンカ大学の共同研究者とともに実験を実施するための準備や打ち合わせを実施した（写真 3-3）。試験施工の実施に向けて、南オモ県モデルサイト候補地（B 村）の村内にある小学校前の未舗装路 150 メートルを対象にして、小規模な道路補修をコミュニティが中心となり実施するデモを行った（写真 3-4）。



写真 3-3 ジンカ大学内での実験用地確保に向けた打合せ



写真 3-4 コミュニティが中心となり実施する道路整備のデモ

### (c) 特殊土対策工の運用モデルと道路維持管理体制の構築

エチオピア道路公社による現行の道路維持管理事業のガイドラインについて情報収集を開始した(写真3-5)。生活道路災害対応のためのマニュアルやガイドライン作成に向け、コミュニティ向けの道路補修のフロー図(第1版)を作成した(写真3-6)。

前述した成果を介して、カウンターパートであるジンカ大学の研究者や道路建設に関わる地方行政、またモデルサイト候補地であるコミュニティのリーダーたちが、この研究課題全体の目的と題目3についての研究目的を理解し、次年度に向けて共同で調査研究を進める体制が整えられたという点で大きなインパクトがあった。

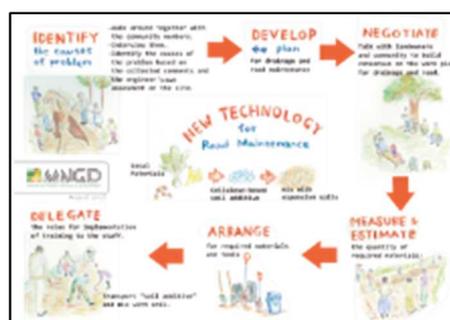


写真 3-5 エチオピア道路公社職員からの聞き取り 写真 3-6 コミュニティへの説明用の道路補修のフロー図

### ②研究題目3のカウンターパートへの技術移転の状況

令和元年度にジンカ大学研究者と共に共同調査を実施したことに加えて、2019年10月～12月にジンカ大学から3人の研究者(講師)を京都大学へ招聘した。ジンカ大学での研究打ち合わせや共同調査、京都大学でのワークショップ(写真3-7)などを介して、開催した気象観測装置をはじめ機材の使用や管理方法(写真3-8)、コミュニティ調査の手法やデータ分析方法などを指導した。



写真 3-7 京都大学でのワークショップ 写真 3-8 気象観測装置の設置、データ取得方法の説明

### ③研究題目3の当初計画では想定されていなかった新たな展開

①に記載した成果の「試験施工の実施に向けて、小規模な道路補修をコミュニティが中心となり実施するデモを実施」は、当初計画では想定されていなかった。しかし、ジンカ大学研究者や地方行政、またモデルサイト候補地であるコミュニティのリーダーたちと、この研究目的について情報

【令和元年度実施報告書】【200529】

共有を重ねるうちに（写真 3-9），試験施工に向けてのデモを実施するアイデアが出てきた。これにより，ジンカ大学関係者，地方行政，さらにはコミュニティが，この研究の目指すものや，そのために取り組むべき今後の研究課題などをしっかりと理解し，今後の研究活動をより展開しやすくなった。ジンカにおける道路補修デモを通じて，住民が道路補修の技術を学ぶための，新たな教育プログラムの企画が必要との発想に至った。これを見据え，ジンカ大学における土質実験室の整備が新たに進められている。令和元年度は，土質実験室の施設を選定し，ジンカ大学に寄付された土質試験器具の確認を行った（写真 3-10）。これは当初想定していなかった新たな展開と考えている。



写真 3-9 コミュニティリーダーへの研究内容の説明と試験施工対象地の調査



写真 3-10 ジンカ大学が寄付を受けた道路工事用の測量器械や品質管理用の試験装置

#### ④研究題目 3 の研究のねらい（参考）

研究題目 3 では，ジンカ大学での実物大走行実験，南オモ県にあるモデルサイトでの試験施工など実証的な研究成果と，人文社会科学的な調査アプローチによって得られた成果も含めて，学際的な視点から特殊土対策工の運用モデルを構築することを目指している。この題目の共同研究活動に従事することを介して，カウンターパートであるジンカ大学研究者や地方行政官，さらにはコミュニティのリーダーが，道路災害などの問題が発生した際に連携しながら，被害を最小限におさえて，早期に生活インフラを復旧できるような体制や情報共有ネットワークを形成することを研究のねらいにもしている。

#### ⑤研究題目 3 の研究実施方法（参考）

ジンカ大学での実物大走行実験，南オモ県にあるモデルサイトでの試験施工，さらにはモデルサイトに選定した地域に暮らす人びとの生活実態調査を，関係者と共に連携・協力して実施する。

## II. 今後のプロジェクトの進め方、および成果達成の見通し（公開）

令和元年度の活動については、全体として概ねほぼ順調に計画を推進し、目標とした成果を達成することができた。実験内容や研究活動の方針については、大きな軌道修正は必要ない。

しかしながら、令和2年度は新型コロナウイルス感染拡大の影響により、日本人研究者による現地渡航とエチオピア研究者の現地での活動に制限がかかる。そこで当初現地で実施する予定としていた実験指導や研究指導を、インターネットを通じて遠隔で実施する手法を取り入れていく必要がある。またエチオピア現地の条件を日本国内で模擬的に再現し実験を行うなど、日本国内でも実験活動を拡充することを検討する。その成果を、エチオピア側とオンラインを通じて共有し、共通理解を深める。情勢が落ち着きエチオピア側研究者による現地での活動が再開されたときには、この成果を踏まえて研究を進める。

### 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」

エチオピア道路公社（ERA）では多くの土質改良材を試しており、その経験から新改良材導入のためのガイドラインを定めている。これまでのどのような改良材を試してその評価がどうなっているか、ERA とオンラインで連絡を取り、情報収集し整理する。また、膨潤性粘性土で構成される地盤上での道路施工法や地盤改良法に関する既往の研究も整理する。

1-1 で現地特殊土の特性を把握したので、それを疑似した膨張性粘性土を日本国内で用意し、セルドロンによる改良効果を道路整備に活かす手法の検討を行う。検討事項は以下を計画している。

- ・浸透抑制効果の検証実験
- ・セルドロン混合層の支持力確認実験
- ・改良土の特性把握
- ・最適配合率の決定手法の検討

国内での実験内容は動画に取り AASTU と共有し、現地研究者による実験の実施や打合せに活かす。

### 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」

表2-1 に示す9つの候補植物に対して、日本国内で以下の項目の実施を計画している。

- ・候補植物の内、日本国内で獲得可能な植物の同定
- ・アジスアベバ市内で獲得予定の穀物用破砕機と同程度の破砕機を日本国内で獲得し、最適な粉体加工手法を検討
- ・Wise 法によるセルロース含有量の測定
- ・微細粉体の吸水性能の測定

### 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」

新型コロナウイルス禍において、以下2つの進め方にそって研究活動を実施する。1) zoom を活用してカウンターパートと意見交換・情報共有して研究連携をすすめる、2) 日本国内においてエチオピアで実施予定の実験を念頭においた準備に取り組む。題目3における具体的な取り組み方は、以下の通りである。

- ・ジンカ大学スタッフと連携して、モデルサイトの調査に関わる研究者同士が円滑に情報共

有を進められるような（防災）地図の作成準備を進める。

- ERA から URAP マニュアルやトレーニングなどに関わる情報を提供してもらおうと同時に、本プロジェクトで取り組もうとしている（生活）道路整備方法に関わる情報を共有して仮マニュアルの作成準備を進める。
- ERA に対して、プロジェクトが計画している実物大走行試験実験計画について共有し、実験を実施するために不可欠な具体的な項目（例えば道路断面構造）についての情報を得て、エチオピアで実施予定の実験準備を進める。
- zoom を活用して、ジンカ大学スタッフと意見交換しながら、大学内に設置予定の簡易土質実験室の稼働に向けた準備を進める。
- 2019 年度実施したモデルサイトでの道路整備のデモンストレーションについて、関係者から今後に向けての改善点について聞き取りを行なう。また、デモンストレーション準備から作業終了までの経過を記録に起こして、それを報告書として刊行する（ZAIRAICHI\_MNGD No.2）。

上記の対応や手法を検討し、研究活動を継続することで、計画していた成果を達成することは十分に可能である。上位目標である社会実装については、現地のカウンターパート機関のひとつであるエチオピア道路公社と業務調整研究員が中心となり連絡を取り、新型コロナウイルス感染拡大が収まれば速やかに活動が再開できるよう準備を進める。

### Ⅲ. 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など（公開）

#### (1) プロジェクト全体

- プロジェクト全体の進捗はほぼ当初計画どおりで問題ない。
- 事業 1 年目の前半での現地での研究活動により、アジスアベバ科学技術大学やジンカ大学側が、SATREPS 事業という枠組みでの共同研究の実施体制についての理解が不十分であることが判明した。研究計画を立て各々の役割を明確にし、その活動実施のための必要な予算を SATREPS 事業より支出して研究を行うが、あるまとまった研究費が各大学に入るという誤解があった。日本側主導の形で、2019 年 7 月より具体的な実験活動をアジスアベバ科学技術大学の実験室で実施する中で、アジスアベバ科学技術大学側からの組織的な協力が十分に得られない状況であった。しかし、2019 年 10 月の JCC 会議では現地側と日本側の研究代表者らが集まり、具体的な実験の実施体制について議論を深めることができた。SATREPS 事業での共同研究の実施方法が明確になり、現実を踏まえた解決策が共同で議論された。業務調整役をエチオピア側でも配置することや、その予算手当の方法が決定された。
- 広範囲の調査地での現地調査を円滑に行うために、移動式実験室（原位置分析や実験装置を搭載したワゴンタイプの車両）の調達が計画された。エチオピア側研究機関にとって、現地調査のための研究者の移動手段の確保が懸案であった。土質試料や在来植物の採取の際に、採取した場所で迅速にある程度の物性を把握することが有効である。そのための移動式実験室を調達することで、現地研究者の移動の障害も解決される。研究プロジェクトの効率性を高め、また現地研究機関により大切に運用されることから研究活動の持続性にもつながる。

【令和元年度実施報告書】【200529】

- ・ 現地研究機関で SATREPS 事業のために支出できる予算は、かなり限定的であることが明らかになった。SATREPS 事業とは別枠組みでの研究費を調達できれば、相手国研究機関の研究員の活動がより活性化される。研究代表者の尽力により、予備的な研究費を調達した。
- ・ アジスアベバ科学技術大学に実験器具を複数調達する計画である。現地での実験器具販売代理店の特定に時間を要した。またイタリアからの輸入となるため、運搬に時間を要す。そのため令和元年度終了時点では、一部の実験機材が現地に未着である。さらに新型コロナウイルスの感染拡大の影響で、実験器具を生産している工場の停止や運搬経路の遮断で遅れが生じている。すでに購入手続きは済んでおり、事態が収拾すれば注文通りの実験器具が調達される見込みである。その他の実験器具については、すでに現地の実験室に搬入を完了しており、使用を開始した。

(2) 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」

研究グループ A（リーダー：福林良典）

- ・ 令和元年度に修士課程学生が約 3 ヶ月程度現地に滞在し、アジスアベバ科学技術大学の試験室にてブラックコットンソイルの物性の把握やセルドロン混合時の効果の検証に関する実験を行った。試験室の鍵の管理や共同で一緒に実験を行うアジスアベバ科学技術大学側の人員が固定されず、現地での実験の進捗に支障をきたした。業務調整兼研究員が、アジスアベバ科学技術大学の研究代表者や学科長と交渉し、徐々に日本側学生や研究者を受け入れる体制が整備された。試験室の鍵やアジスアベバ科学技術大学内に設置されたプロジェクト事務所の鍵は、業務調整兼研究員が管理することが認められた。

(3) 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」

研究グループ（リーダー：安原英明）

- ・ エチオピア側（AASTU）と、Zoom 等を用いて打合せを実施しているが、エチオピアのインターネット環境が脆弱であるため、毎回苦労している。Zoom によるオンライン打合せだけでなく、Eメールや SNS を利用して補完的に情報交換している。新型コロナ感染拡大の影響で、エチオピアを訪問するのが現状困難であるため、引き続き Eメールや SNS を積極的活用して情報共有する予定である。
- ・ 令和元年度にエチオピア側（AASTU）に技術移転する予定であった Wise 法によるセルロース含有量の測定法指導が新型コロナの影響で不可能となった。令和 2 年度についてもエチオピア訪問可否および時期が不確定であるため、インターネットを介した遠隔講習を実施し技術指導を試みる。

(4) 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」

研究グループ C（リーダー：金子守恵）

- ・ 令和元年度は、2019 年 8～10 月にかけてカウンターパートであるジンカ大学研究者と共同調査を実施しその前後に何度も打ち合わせを行い、情報共有に努めながら共同研究を進めること

【令和元年度実施報告書】【200529】

ができた。2019年10～12月にかけてジンカ大学研究者3人を日本に招聘したことで、今後の共同研究の進め方について、情報共有とともに意見交換もできた。当初想定していたよりも順調に共同研究が進んでいると考えている。2020年1月から3月の間、新型コロナウイルスの影響により、研究題目3に関わる日本人研究者は一名かつ短期間の渡航に留まった。これに加えて、今後、長期間において日本、エチオピア間の実地における研究連携が困難になることが予想される。さらに、エチオピア側では、特にインターネット基盤が脆弱であることがこれまでの渡航で判明している。そのため、エチオピア研究者に現地の通信環境が整った施設を提供することを視野に入れて、綿密なコミュニケーションを図る環境を整える。

#### IV. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

##### (1) 成果展開事例

プロジェクトの初年度で精査した研究計画や活動計画、社会実装のためのマニュアルの草案などについて、以下2点の発行物で公開した。

- ・ African Study Monograph No.59 “Reconsidering Local Knowledge and Beyond”, The Center for African Area Studies, Kyoto, 2020年3月
- ・ ZAIRAICHI - MNGD special issue 01, The Center for African Area Studies, Kyoto, 2020年3月30日

研究背景や研究目的等のプロジェクトの基礎的な情報から、初年度にプロジェクトサイトの一部で実施した社会調査を通して明らかになった現地の道路状況や道路政策についてまとめた。

②の ZAIRAICHI については、令和元年度より本プロジェクトの特集号の発刊を開始したものである。本プロジェクトの実施中に得られた成果や活動についてまとめて発表する場として利用し、今後も成果をまとめて発刊を継続する予定である。

上記2点は日本で発行されたものであるが、英語版でありインターネットでも閲覧可能となっている。現地の研究者も含めたアフリカの人びとをはじめ、世界中から閲覧可能となっている。この媒体を通して、現地カウンターパートや社会実装の際に関わる可能性のある関係者に、成果発表及び活動報告を継続的に情報共有し、今後の社会実装を円滑に実施する計画である。

##### (2) 社会実装に向けた取り組み

- ・ プロジェクトサイトであるジンカにて、特殊土対策工の運用モデルの開発を目指して、住民参加型の道直し施工のデモンストレーションを実施した。南部諸民族州道路公社や南オモ県道路担当の役人と連絡・協調し、社会実装を円滑に進める準備を行った。
- ・ 本研究プロジェクトの活動内容について、インターネット（URL：[mngd.africa.kyoto-u.ac.jp](http://mngd.africa.kyoto-u.ac.jp)）で公開し、一般に情報提供している。Facebook や twitter などのソーシャルメディアも活用し、幅広く情報発信を進めている。

#### V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

- ・ 2019年4月：プロジェクトのキックオフ会議をエチオピアで実施した。現地広報誌（エチオピア）  
【令和元年度実施報告書】【200529】

ア・ヘラルド誌 2019 年 4 月 26 日付) でも紹介された。

- 2019 年 9 月 : アジスアベバ科学技術大学にて公開講座を実施した。工学研究科の研究科長や副学長も出席し、その他のべ 50 名のエチオピア人研究者が聴講した。
  - 第一回 : 2019 年 9 月 17 日 岩井助教 (名工大)・宮崎助教 (京大)
  - 第二回 : 2019 年 9 月 25 日 安原教授 (愛媛大)・澤村准教授 (京大)
  - 第三回 : 2019 年 10 月 4 日 木村教授 (京大)・福林准教授 (宮大) (現地祭日のため延期)
  - 第四回 : 2019 年 2 月 28 日 岩井助教 (名工大) による実験実習
- 2019 年 12 月 : ミャンマーのネピドーで行われた国際学会にて共同研究者である安原英明教授が招待講演を行い、プロジェクトの紹介を行った。
- エチオピア道路公社の副長を日本に招聘し、日本国内の工事現場視察や、大学における意見交換を通じて、今後プロジェクトの社会実装を行う上で重要な関係構築を行った。

## VI. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

## VII. 投入実績【研究開始～現在の全期間】(非公開)

## VIII. その他 (非公開)

以上

VI. 成果発表等

(1) 論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 原著論文(相手国側研究チームとの共著)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)

論文数 0 件  
 うち国内誌 0 件  
 うち国際誌 0 件  
 公開すべきでない論文 0 件

② 原著論文(上記①以外)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)

論文数 0 件  
 うち国内誌 0 件  
 うち国際誌 0 件  
 公開すべきでない論文 0 件

③その他の著作物(相手国側研究チームとの共著)(総説、書籍など)

年度	著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年	出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項

著作物数 0 件  
公開すべきでない著作物 0 件

④その他の著作物(上記③以外)(総説、書籍など)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ-おわりのページ	出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項

著作物数 0 件  
公開すべきでない著作物 0 件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

年度	研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項

VI. 成果発表等

(2) 学会発表【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 学会発表(相手国側研究チームと連名)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別

招待講演 0 件  
口頭発表 0 件  
ポスター発表 0 件

② 学会発表(上記①以外)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2019	国際学会	安原英明(愛媛大学)、Development and Operation Model of Plant-derived Soil Additives for Road Disaster Reduction on Problematic Soil: Introduction of MNGD in Ethiopia, The 2nd ASEAN-JAPAN Meeting Point of Collaboration by Stakeholders and Researchers for Reducing Environmental Problems in ASEAN Countries、ミャンマー・ネビドー、2019年12月11日	招待講演

招待講演 1 件  
口頭発表 0 件  
ポスター発表 0 件

VI. 成果発表等

(3) 特許出願【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 国内出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する外国出願※
No.1													
No.2													
No.3													

国内特許出願数 0 件  
 公開すべきでない特許出願数 0 件

② 外国出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する国内出願※
No.1													
No.2													
No.3													

外国特許出願数 0 件  
 公開すべきでない特許出願数 0 件

VI. 成果発表等

(4) 受賞等【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 受賞

年度	受賞日	賞の名称	業績名等 (「〇〇の開発」など)	受賞者	主催団体	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項

0 件

② マスコミ(新聞・TV等)報道

年度	掲載日	掲載媒体名	タイトル/見出し等	掲載面	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項

0 件

VI. 成果発表等

(5) ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動【研究開始～現在の全期間】(公開)

① ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年度	開催日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	公開/ 非公開の別	概要
2019	4月25日	キックオフワークショップ	エチオピア	27人(15人)	公開	プロジェクト開始に際してプロジェクトのPRおよび計画の共有
2019	9月17日	特別講義(於 アジスアベバ科学技術大学)	エチオピア	20人	公開	岩井助教(名工大)、宮崎助教(京大)によるアジスアベバ科学技術大学での地盤工学に関する特別講義
2019	9月25日	特別講義(於 アジスアベバ科学技術大学)	エチオピア	30人	公開	安原教授(愛媛大)、澤村准教(京大)によるアジスアベバ科学技術大学での地盤工学に関する特別講義
2019	11月28日	特別セミナー(於 京都大学)	日本	20人	非公開	短期招聘で来日したアジスアベバ科学技術大学の研究者と日本側の研究者がプロジェクトの実施体制および計画について協議
2019	12月11日	2nd TRPNP セミナー(アウトリーチ活動)	ミャンマー	272人	公開	ミャンマーにおけるASEAN諸国のシンポジウムに於いて、本プロジェクトの活動紹介を実施
2019	2月28日	特別セミナー(於 アジスアベバ科学技術大学)	エチオピア	30人	非公開	本プロジェクトに関わるアジスアベバ科学技術大学の学生の研究活動紹介および、プロジェクトの活動計画を議論。日本-エチオピアをビデオ会議で繋ぎ、セミナーを実施

6件

② 合同調整委員会(JCC)開催記録(開催日、議題、出席人数、協議概要等)

年度	開催日	議題	出席人数	概要
2019	10月5日	進捗状況、予算配分、予定の確認・協議	35人	プロジェクト開始後6か月の段階で、実施体制や予算管理について日本-エチオピア双方から問題提起があった。

1件

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	H30採択 (平成30年6月1日～令和6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／アジスアベバ科学技術大学／ジンカ大学／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

## 成果の波及効果

日本政府、社会、産業への貢献	・日本ベンチャー企業特許技術の国際化と技術開発促進
科学技術の発展	・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(提言書、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

## 上位目標

サブサハラアフリカの地方・村落部が全天候型未舗装道路で接続され、農村の持続的な生計向上および貧困削減が進む。

エチオピア全国の膨張性粘性土を含む特殊土が広がる地方部で、現地材料を用いた労働集約型工法の運用による未舗装道路整備体制の実現

## プロジェクト目標

植物由来土質改良材による特殊土地盤上の道路整備法の開発・標準化と地方道路災害低減に向けた特殊土地盤上道路の通行性改善モデルの確立

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

特殊土対策工の運用モデルと維持管理体制の構築

在来植物由来のセルロース系土質改良材の、特殊土改良効果の検証

在来植物資源の土質改良材への加工手法の開発

セルロース系土質改良材による、特殊土地盤上道路整備工のマニュアル・ガイドラインの完成

古紙を原料とするセルロース系土質改良材(セルドロン)の、特殊土改良効果の検証

選定資源の成分分析、土質改良材への加工原料を同定

地方での道路災害発生状況と現行の対策把握

膨張性粘性土・特殊土の鉱物(化学)組成と物理・力学特性の把握

有用在来植物資源の選定

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

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

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

