公開資料

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２（２０２０）年度実施報告書

国際共同研究期間[*1]
２０１９年4月１日から２０２４年3月３１日まで
JST 側研究期間[*2]
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

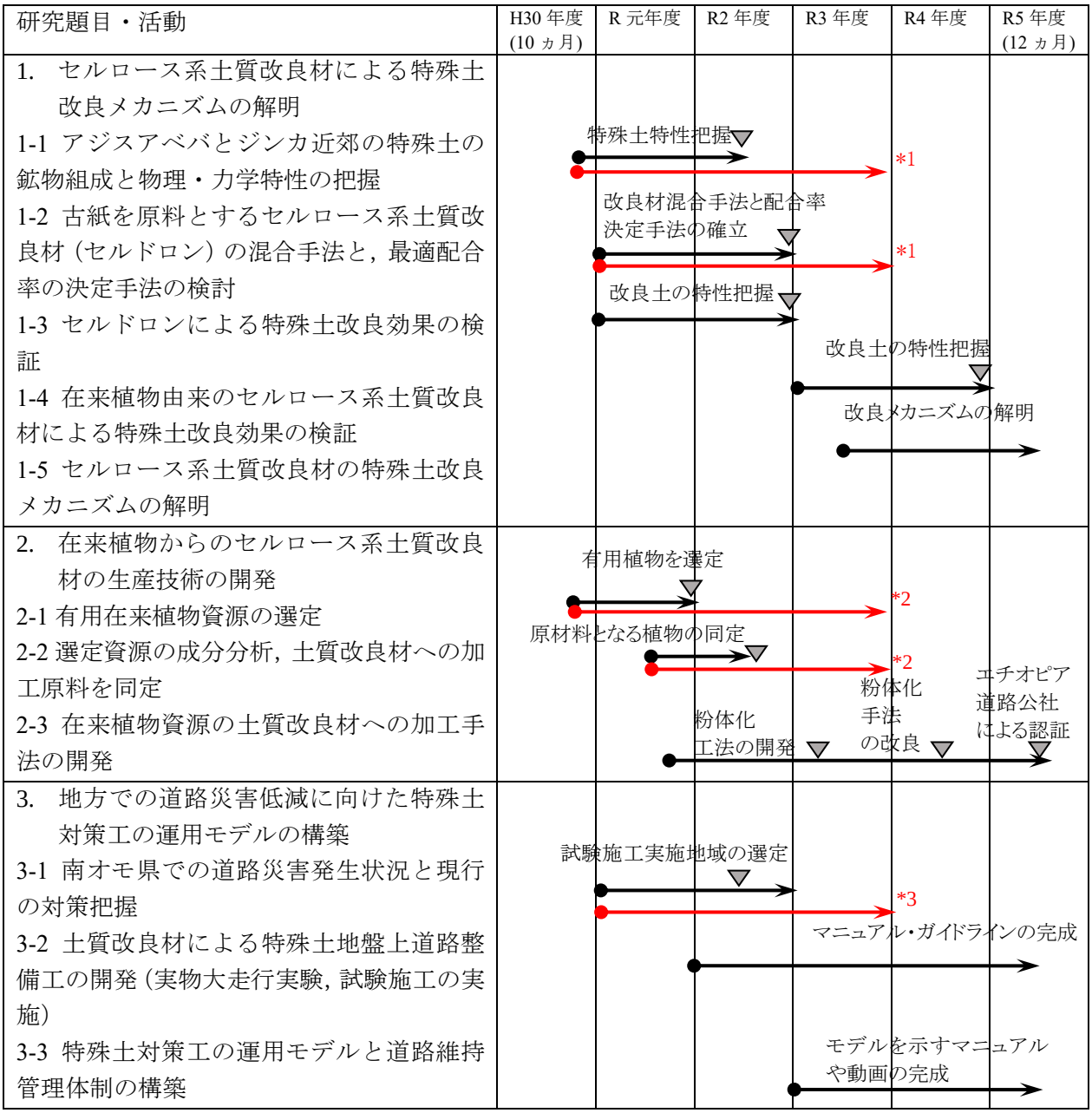
研究代表者： 木村　亮

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



*1 コロナ禍で日本人研究者が渡航できずに進捗が遅れたため，1 年間延長することとなった．

*2 コロナ禍で日本人研究者が渡航できずに進捗が遅れたため，さらに 1 年間延長することになった．

*3 コロナ禍でエチオピアでの調査研究が中断し，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(該当する場合)

新型コロナ感染症拡大の影響で現地での研究活動を実施することができず，一部の活動を 1～2 年間延長することになった．エチオピア人博士課程留学生による日本国内での研究と連携し現地での研究を後押しし，研究の遅れを取り戻すこととした．

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

初年度の研究活動は当初の計画通りに進捗したが，2020 年度は新型コロナウイルス感染症の感染拡大の影響を受けて，日本・エチオピア双方にて活動に制限がかかることが多く，一つひとつの計画の実施に時間を要した．計画していた日本人研究者のエチオピア渡航は全面的に制限され，業務調整役の研究者が現地渡航を再開できたのは，2021 年 3 月になってからであった．とくにエチオピアにおいては，2020 年 3 月 13 日に新型コロナウイルスの初の陽性者が確認されたあと，エチオピア政府が 9 月 8 日まで非常事態宣言を発出した影響で，エチオピア全土の大学が半年間閉鎖された．このため，エチオピア人研究者も一部の研究者を除いて所属する大学に立ち入りができなくなってしまったため，実験活動を実施することが困難であった．各者文献調査等を進め，実験活動の準備をした．

2020 年度に実施できなかった活動として，エチオピア人研究者の短期研修計画も見送りとなった．こちらは日本側の受け入れ体制等調整の必要があるが，プロジェクトの進捗に合わせて延期としている．

一方，コロナ禍でも実施可能な活動については，着々と計画を実施した．エチオピア人博士課程留学生（長期研修者）について，計画していた 4 名のうちの 2 名は予定どおりに就学を開始した．実際には，コロナ禍の渡航規制により就学開始後に来日できない期間が二か月ほどあったが，その期間もオンラインにてセミナーや研究指導を実施し，留学生は来日後にスムーズに研究活動を開始することができた．また，2021 年 4 月に博士課程に入学予定のエチオピア人留学生の受け入れの準備等を進めた．

2020 年 9 月 8 日以降，エチオピア側の緊急事態宣言が明け，エチオピア側の大学の立ち入りが認められるようになってから，オンラインセミナーや実験指導，実験打合せを Zoom 等のツールを用いて遠隔で実施した．エチオピア側のインターネット事情が日本に比べて不安定のときもあったが，オンライン打合せ等を継続して実施してきた．

JICA の渡航規制緩和ガイドラインに則り，年度末の 2021 年 3 月に業務調整役を担う研究員が京都大学からエチオピアに派遣された．現地で調達された資機材の設置や，実験活動の実施支援等，遠隔でのコミュニケーションのみでは難しい活動をフォローアップすることができた．

(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 2 年 1 月に計画した，令和 2 年度の活動内容は以下であった．

a) セルドロンの混合によりブラックコットンソイルの乾燥収縮時のクラックの発生が抑制されることによる，透水性への影響を検証する実験を継続し，その効果を定量的に評価する．

b) ブラックコットンソイルに対するセルドロンの混合効果と最適な配合をまとめる．

c) ブラックコットンソイル地盤上で，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．セルドロン混合層を含む路盤構造を複数提案し，動的コーン貫入試験や CBR 試験など貫入抵抗試験等を行い，どの程度の耐荷力が得られるかを検証する．

d) セルドロンの，地中における長期安定性を確認する実験を継続する．

e) ジンカ近郊で採取された特殊土であるブラックコットンソイルの物理・力学特性を把握する．

f)　アジスアベバ科学技術大学の x 線回折装置を活用し，採取されたブラックコットンソイルの鉱物組成を把握する．

その後新型コロナ感染症の拡大のため，日本人研究者の渡航が実現せずに大幅な計画変更を余儀なくされた．a) と b) についてエチオピア研究者が実施し，その進捗や成果を日本人研究者がオンライン会議を通して把握し議論をしながら進めることを試みた．また，10 月からアジスアベバ科学技術大学の教員が宮崎大学の博士課程に留学したことを受け，国内でブラックコットンソイルの疑似粘性土を調達しセルロース系土質改良材の改良効果を検証することとした．この過程をエチオピア研究者とオンラインで共有し，現地のブラックコットンソイルに対するセルロース系土質改良材の改良効果の解明につなげる．c)～e）については進捗が得られず，令和 3 年度に継続して行う．f) は，題目 2 で報告する．よって，ここではア）エチオピア側とイ）日本国内での研究進捗について報告する．

ア) エチオピアでの研究活動

昨年度までに，セルドロンの混合により，ブラックコットンソイルの乾燥収縮時のクラックの発生が抑制されることが確認された．そこで，セルドロンの混合が透水性への影響を検証する実験を継続し，その効果を定量的に評価すること，そして，ブラックコットンソイルに対するセルドロンの混合効果と最適な配合をまとめることを目指した．

アジスアベバ科学技術大学（AASTU）で，題目 1 を担当するメンバーを 4 名特定した．チームリーダーは修士号を持つ教員とし，本研究課題への高い関心を示した修士課程の学生 3 名からなる．まずは，セルロース系土質改良材の混合効果の検証実験のために一貫して利用する，被改良土のブラックコットンソイルの物理物性を把握することとした．その進捗確認や結果の分析と今後の予定について，AASTU 側メンバーと日本人メンバーで月例のオンライン会議を持ち，議論をすることとした．当初，4 月末に打合せ予定であったが，新型コロナ感染症拡大の影響で AASTU も封鎖となり実施できず，現地のネット接続環境も悪いためにその後の連絡も疎遠となった．その後，AASTU 実験室の改修工事もあり利用できない期間があった．10 月より，AASTU の題目 1 担当メンバーが大学に戻り，実験を再開した（写真 1-1）．

1.試料採取状況

2.室内試験の様子

3.団粒化した土粒子のときほぐし

写真 1-1　エチオピア緊急事態宣言解除後の AASTU 研究メンバーによる実験状況

その後もメンバーの交代などがあり進捗が遅れている．令和 3 年度に入り毎月オンライン会議を実施することができるようになり， 6 月にまとまった研究成果の報告を受ける予定である．

イ) 日本国内での研究進捗

AASTU の教員が宮崎大学の博士課程に進学したことを受け, 国内でブラックコットンソイルの疑似粘性土を調達し，セルロース系土質改良材の改良効果を検証することとした．採取地は異なるが文献に示されているブラックコットンソイルの化学組成や鉱物組成を参考に，日本で調達可能なベントナイトとカオリンを混合し作成することを試みた．

エチオピアのある地域で採取されたブラックコットンソイルの鉱物組成は，Fekerte (2012)によると，膨潤性を示すモンモリロナイトが主要な鉱物であり，イライト，カオリナイト，そして石英，長石，ゲータイトを含むことが示されている．そこで，日本国内で調達可能なモンモリロナイトを主要鉱物とする粘土であるベントナイト（(株）ホージュン社，スーパークレイ）と，カオリンを主要鉱物とするカオリン粘土（東新化成㈱，ASP-200）を混合し，その混合割合を変化させブラックコットンソイルと類似の物理特性と膨張性を示すかを検証した. 膨張性は Indian Standard に規定の Free Swelling Test から得られる，Free Swelling Ratio (FSR)で評価した（写真 1-2）．この指標は，エチオピアでも採用されている．表 1-1 に結果を示す．ブラックコットンソイルの値は，昨年度にアジスアベバ科学技術大学構内で採取した試料の試験結果である．

表 1-1　混合土とブラックコットンソイルの物性の比較

粘土と混合時の重量割合（%）		液性限界(%)	塑性限界(%)	塑性指数	FSR (%)
ベントナイト	カオリン粘土				
100	0	529	39	490	4.2
0	100	66	32	33	0.63
10	90	110	28	82	1.11
15	85	122	28	92	-
20	80	140	28.5	110	-
25	75	165	29	139	-
30	70	193	30	163	-
ブラックコットンソイル		84	35	49	1.94

表 1-1 からベントナイト 10%，カオリン粘土 90%の重量比で混合したときに物理特性はブラックコットンソイルに近くなるが，膨潤性を示していない．

そこで，日本での自然由来での膨潤性粘性土を採取することとした．国内では膨潤性粘性土が地すべりの要因となることが多く，地すべり地帯の地盤情報データベースや地質情報，地質調査会社を通していくつかのサンプルを取り寄せた. 現在, それらの物性を確認しているところであり，早期に確定し実験必要量の採取を行う予定である. その後, セルロース系土質改良材による改良効果の検証を進め，そのプロセスをエチオピア側とも共有することで，ブラックコットンソイルの改良手法を確立する．

写真 1-2　Free Swell Test 実施状況
（宮崎大学）

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，オンラインで日本人研究者が研修する体制を整えた．新たに供与した一軸圧縮試験の利用法についてオンラインで講習する準備を行ったが，現地で稼働可能な状態にすることに時間を要し，またインターネット接続がうまくいかず実現していない．

AASTU の教員が令和 2 年 10 月より留学しており，日本国内での研究活動を通して本研究課題の取り組みに必要となる能力を習得中である．日本とエチオピアとのオンライン会議にも同席し，互いの研究進捗を共有し技術移転を進めた．令和 3 年度以降，留学中においても現地での試験データ取得のために日本人研究者とともに現地入りし，AASTU への技術移転や普及を加速させる．

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

日本人研究者がエチオピアに渡航しての研究活動ができなくなったため，日本国内でブラックコットンソイルを疑似した膨張性粘性土を調達し実験を行うこととなった．

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，セルドロンの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 2 年度の当初計画は以下の 3 項目であった．(a) 第 1 候補のエンセーテ・コーヒー殻以外の在来植物について継続的に調査する．(b) エンセーテ・コーヒー殻の成分分析（Wise 法を用いたセルロース・ヘミセルロース含有量評価）をアジスアベバ科学技術大学で実施する．また上記(a)で候補となる他の在来植物についても成分分析を行う. (c) アジスアベバ市内で入手可能な穀物破砕機を調査し，入手する．その後，入手した破砕機の性能を確認し，土質改良材へ粉体化する手法を検討する．これらの当初計画について実施予定であったが，新型コロナの影響で計画通り研究を遂行することが困難であり計画変更を余儀なくされた. 各項目の具体的な実施内容について以下に説明する．

(a) エンセーテ・コーヒー殻以外の在来植物についての調査

昨年度の実施報告書には, 9 種類の候補植物を掲載している. それらは, エンセーテ, コーヒー殻, 綿花残滓，藁，ホテイアオイ，チャット，サトウキビのバガス，竹，トウモロコシ残滓である．今年度は，これらの植物のほかに，もみ殻，おがくず，ユーカリ，テフ藁を回収した．参考までに，もみ殻およびおがくずを粉砕機で粉砕し，粉体化した後ふるい（100 メッシュ：目開き 150μm）にかけた試料を写真 2-1 に示す.

回収時　粉砕後　ふるい分け後　回収時　粉砕後　ふるい分け後

写真 2-1　回収したもみ殻・おがくず

(b)　候補植物の成分分析

今年度は，候補植物に対して，Wise 法を用いたセルロース・ヘミセルロース含有量評価をアジスアベバ科学技術大学で実施する計画であったが，新型コロナの影響で実施できなかった．そこで，候補植物のうち日本で比較的簡単に入手可能な植物（もみ殻，おがくず，竹（幹および葉），サトウキビのバガス）について，Wise 法を用いたセルロース・ヘミセルロース含有量評価を宮崎大学で実施した．実験の様子を写真 2-2 に，得られた評価結果を表 2-1 に示す．なお，実験は 1 種類の植物に対して 2 回実施し，実験結果の再現性を確認した．また，参考としてセルドロンのセルロース・ヘミセルロース含有量評価結果も合わせて表に示す．表 2-1 より，実験の再現性が取れていることが確認できる．また，種類に寄らず，セルロース・ヘミセルロース含有量は概ね 30～40％程度で，ホロセルロース含有量も概ね 80％前後であることがわかった．参考として評価したセルドロンと候補植物の値を比較すると，セルドロンの方が，セルロース含有量が他の候補植物よりも高いことがわかる.

試料準備　脱リグニン反応中の試料　含水比測定後の乾燥試料

写真 2-2　Wise 法によるセルロース・ヘミセルロース含有量評価の様子

表 2-1　各植物のセルロース・ヘミセルロース含有量評価結果

名称	セルロース含有量（%）		ヘミセルロース含有量（%）		ホロセルロース（セルロース＋ヘミセルロース）含有量（%）	
	試料 1	試料 2	試料 1	試料 2	試料 1	試料 2
もみ殻	42.8	41.8	41.8	44.2	84.6	86.0
おがくず	48.5	48.8	33.3	34.0	81.8	82.8
竹（幹）	49.7	48.7	30.0	29.6	79.8	78.3
竹（葉）	36.2	36.1	42.5	43.0	78.8	79.1
サトウキビのバガス	41.3	40.4	40.3	40.9	81.5	81.3
セルドロン	70.8	-	15.1	-	86.0	-

つぎに，表 2-1 に示す候補植物およびセルドロンの自然含水比および吸水率を測定した結果を表 2-2 に示す．なお，自然含水比は，試料の全質量に対する自然に含まれている水分量の割合であり，吸水率は，試料 1g 当り何 g の水を吸水できるかという吸水性能を表している．また，表には参考として，各材料のセルロース含有量（試料 1，2 の平均値）も合わせて記載している．

表 2-2　各植物の自然含水比および吸水率の評価結果

名称	自然含水比（%）	吸水率（g/g）	セルロース含有量（%）
もみ殻	8.38	2.53	42.8
おがくず	6.28	3.97	48.5
竹（幹）	7.58	1.99	49.7
竹（葉）	8.11	2.19	36.2
サトウキビのバガス	8.62	4.22	41.3
セルドロン	6.66	5.90	70.8

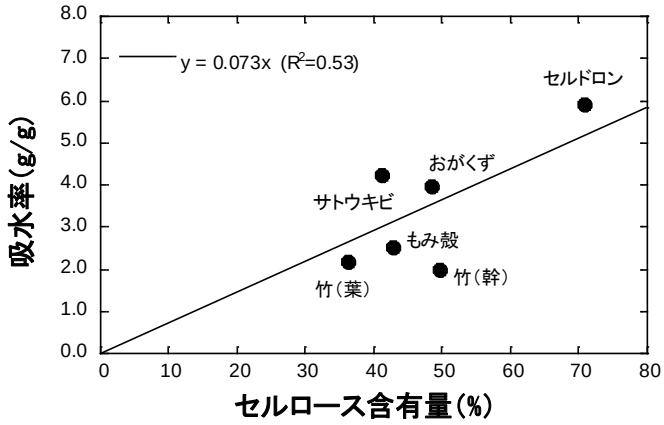


図 2-1　セルロース含有量と吸水率の関係

表 2-2 より，自然含水比は，材料によらず 6～8%程度であることがわかる．また，吸水率も 2～4g/g 程度で大差ないことがわかった．セルドロンの吸水性能が，他の候補植物よりも高いことが判明した．吸水率とセルロース含有量の関係を評価するために，図 2-1 にその関係図を示す．図より，吸水率とセルロース含有量には概ね正の相関があることがわかった．令和 3 年度も引き続き，他の候補植物の成分分析を実施する．

候補植物のセルロース含有量や吸水性能を評価した後，実際にブラックコットンソイルに粉体化した候補植物を混合し，その土質改良効果を検証する必要がある．従来の計画では，エチオピア側のみで効果検証を実施する予定であったが，新型コロナの影響がいつまで続くのか先が見通せない状況なので，日本側でも効果検証を実施することとなった．しかしながら，日本ではブラックコットンソイルが手に入らないため，ブラックコットンソイルの鉱物組成を X 線回折分析で定性・定量評価し，疑似ブラックコットンソイルを日本で作製することとなった．その前段階として，アジスアベバ大学で実施した X 線回折分析結果を用いて定性分析した結果を図 2-2 に示す．

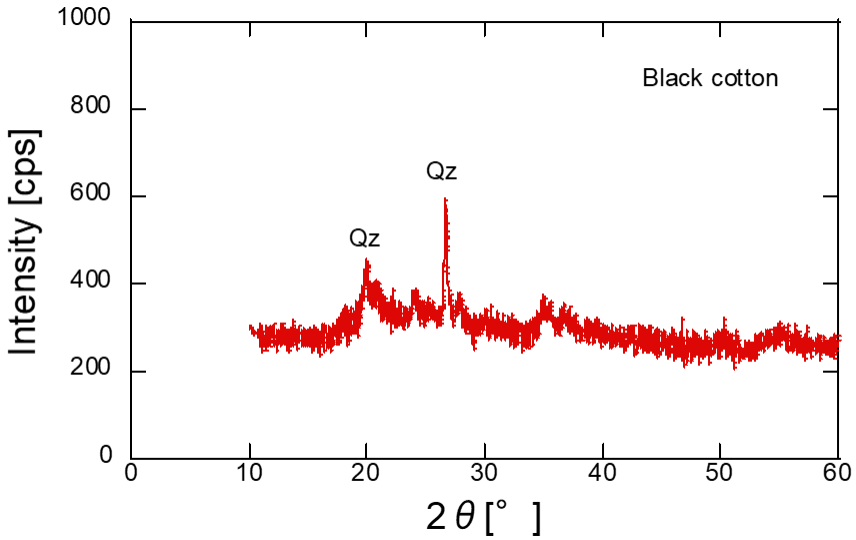


図 2-2　ブラックコットンソイルの X 線回折結果（Qz：石英のピーク）

図の回折結果を分析した結果，石英のピークは明瞭に判別できたが，それ以外の鉱物の同定は困難であった．モンモリロナイトなどの膨潤性粘土鉱物が含有していることが文献より明らかであるが，今回の分析結果では同定することができなかった．引き続き，X 線回折分析を実施し，鉱物同定した後，疑似ブラックコットンソイルを作製する予定である．

(c) 土質改良材への粉体化検討

アジスアベバ市内で入手可能な穀物破砕機を調査し注文したが，令和 2 年度には獲得できなかった．令和 3 年度に獲得次第，破砕機の性能を確認し，土質改良材へ粉体化する手法を検討する．

② 研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

候補材料のセルロースおよびヘミセルロース成分を分析できる Wise 法の具体的なマニュアル（英語版）を作成し，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試みた．新型コロナの影響で実験を実施することができなかったが，各自マニュアルを読み込み実施できる体制準備を行った．

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

新型コロナの影響で，エチオピアにおける研究がほぼストップしたため，日本側で代替研究を行う体制を整備することになった．具体的には，候補材料としてリストアップした，もみ殻，おがくず，竹，サトウキビのバガスに対して，Wise 法を用いたセルロース・ヘミセルロース含有量評価を実施した．アジスアベバ科学技術大学出身の留学生がこの実験方法を習得できたので，令和 3 年度は，アジスアベバ科学技術大学の研究者への技術移転（Wise 法習得）がより容易に実施されると想定される．

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などから，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と想定される在来植物資源を選定する．次にセルロース成分が卓越し吸水性能が高い原料を同定する．同定した植物原料を粉体化し，土質改良材へと資源化する．さらに，資源化した土質改良材のブラックコットンソイルへの混合方法を検討し，最適な土質改良技術を開発する．

⑤ 研究題目 2 の研究実施方法（参考）

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，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性能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（あるいは疑似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

題目 3 では，2020 年 4～6 月にかけて,日本国内やエチオピアにおける新型コロナ感染症の流行状況の確認や情報収集をしながら,日本人メンバーが中心になりオンラインによる勉強会やワークショップを実施した．それと同時に，令和 2 年度の研究の進め方について議論を重ね，題目 3 の課題にあわせてコロナ禍に対応した取り組み方法へと変更し，実施内容についても改変した．結果として令和 2 年度題目 3 の日本人研究者がエチオピアへ渡航することはできなかったため, 当初現地で実施予定であった研究活動には十分に取り組むことができなかった．その代わりに，オンラインによる仕組みを活用して研究活動を進めた．令和 2 年度は，次の 3 つの課題について，(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, 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

2020 年 5 月 8 日より 2021 年 3 月まで，オンラインでのテレビ会議を主な手段にして，日本人研究者とカウンターパート機関であるジンカ大学の研究者が定期的に顔をあわせて、モデルサイトである南オモ県の（防災）地図の作成を念頭において，道路災害に関わる地理情報収集の方針を議論するためのオンラインミーティングを行なった．ジンカ大学の研究者が，新型コロナ感染症予防に留意しながら，対象となるモデルサイトにおいて地方役人に対して過去に起こった道路災害発生状

況の聞き取り調査や，住民による道路災害についての認識や在来の対策方法についての予備的な聞き取り調査（図 3-1, 3-2）を実施した．この成果の一部は，2021 年 2 月 7 日にこのプロジェクトが中心になって企画開催した国際ワークショップのポスターセッション（International workshop-Poster session: The role of on-site research for innovation & STEAM education）にて発表した．

図 3-1 対策の一例：雨季に道路が泥濘した際，近隣住民が木材をおいて道路状況を改善（2021 年 1 月，南オモ県南アリ郡）

図 3-2 住民への聞き取り調査の様子
過去に起こった道路災害について聞き取り（2021 年 1 月，南オモ県南アリ郡）

(b) 土質改良材による特殊土地盤上道路整備工の開発

2020 年 4～6 月にかけて題目 3 日本人メンバーが ILO 道路整備マニュアルやカウンターパート機関であるエチオピア道路公社（ERA）の研修マニュアルを検討し，本研究プロジェクトとの関連性を探った．2020 年 9 月 25 日には，ERA による地方の道路を対象にした整備プログラム（URRAP: Universal Rural Road Access Program）の担当者を交えて第 1 回ワークショップを開催し，マニュアル作成について具体的な意見交換を行なった(図 3-3)． 図 3-4 は，舗装道路直下における，雨季および乾季における膨張性土の含水比変動を模式的に表したものである． ERA は，図に示すような季節変動に伴うブラックコットンソイルの体積変化を問題視しており，この体積変化あるいは乾湿変化を抑制する観点から道路施工対策の考え方を題目 3 のメンバー間で共有した．2020 年 10 月 30 日に実施した第 2 回ワークショップでは，ERA が研究を進めるブラックコットンソイルに対する植物由来の土質改良材についてメンバー間で情報共有した．ERA からは，籾殻の灰を土質改良材とした事例が紹介され，CBR 値と湿潤膨張挙動の改善について報告があった． 2020 年 12 月 15 日には，今後の研究連携を念頭にして，情報共有と意見交換を目的とした第 3 回ワークショップを実施した．

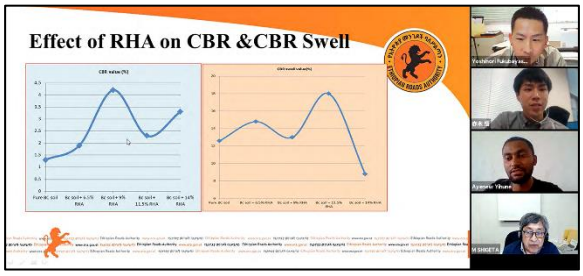


図 3-3 ERA とのオンラインワークショップ

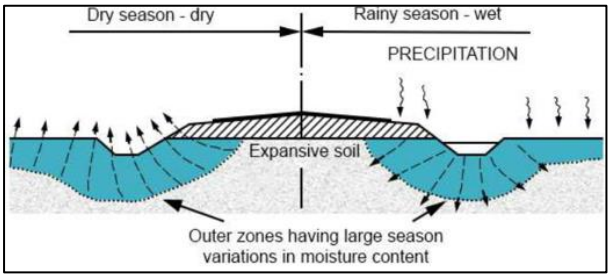


図 3-4 道路直下における膨張性土の含水比変動

(ERA, 2011.: Design Manual For Low Volume Roads, Part B より抜粋)

(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

カウンターパート機関であるジンカ大学内に簡易土質実験室の整備と準備を進めた．ジンカ大学内には工学系の研究者がいないため，題目 3 の日本人の工学研究者が，オンラインのテレビ会議システムを活用して，ジンカ大学の研究者に具体的な管理の仕方を提示しながら，簡易実験室の整備に取り組んだ（図 3-5）．現場で取り組む実験として，液塑性限界試験，含水比試験，湿潤膨張/乾燥収縮試験，粒度試験等が想定されており，そのための整備を進めている．寄贈された試験器具の整理が進められ，含水比試験のための乾燥炉および電子秤の配備が完了している．

令和元年度に，地方による道路アクセスを改善するため，住民による実現可能かつ持続可能な道直しの手法確立を目指し，住民参加型の生活道路補修デモンストレーションを実施した．その時の道路補修デモンストレーションに関わる全過程をプロセスドキュメンテーションの手法を活用して記録・分析したものを報告書（ZAIRAICHI-MNGD issue）として刊行した（図 3-6）．

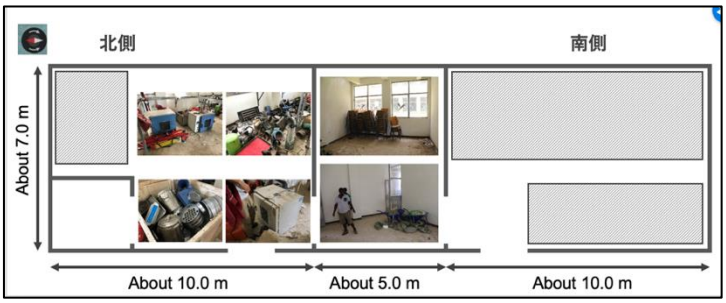


図 3-5 ジンカ大学構内に設置予定の簡易実験室の見取り図と現状　図 3-6 ZAIRAICHI-MNGD issue

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 2 年度は、ジンカ大学の研究者に対して，この研究プロジェクトにかかわる装置の使用や管理等について対面で継続的な指導を行うことはできなかったが，オンラインのテレビ会議（zoom）を活用して可能な範囲内で指導を行なっている．例えば，ジンカ大学に設置予定の簡易実験室の整備に関しては，zoom システムやオンラインでのファイルストレージシステム（dropbox）を活用して，日本人の工学系研究者が，ジンカ大学の研究者に対して，装置や機材の撮影とそれらのリスト化，簡易の土質実験室が整備予定の部屋の清掃と想定される実験を念頭においた機材の配置の仕方などを指導した．加えて，ジンカ大学人文社会科学系研究者が，日本人の人文社会科学系の研究者より指導を受けたコミュニティ調査の手法やデータ分析方法を活用して，モデルサイトである南オモ県内において予備的な調査に取り組んだ．Zoom システムを活用して，予備調査の結果を共有し，調査手法や分析方法について，さらなる指導をおこなった．

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

令和 2 年度は題目 3 の日本人研究者がモデルサイトを訪問することができなかったため，オンラインのテレビ会議システムを最大限に活用して，カウンターパート機関の研究者に現場で研究活動に取り組んでもらった．これにより， 指導したことや共有したことを，カウンターパートが現場で主体的に取り組む機会が増えた．現時点では取り組み内容について新たな展開を見出すことはできないが，カウンターパートが積極的に研究活動に取り組むことは，これまでには見られなかった研究実施体制でもあり，今後の研究においてあらたな展開につながる可能性があるととらえている．

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.

④ 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）

本研究課題では，現地の課題を日本の研究者とともに現地の研究者が解決し，彼らが持続的に研究成果を社会実装し，この事業を通して育成された人材がエチオピアや東アフリカにおける科学技術の発展の担い手となることを目指す．よって，現地での研究活動を原則としている．コロナ禍で日本人研究者の現地活動は制限を受けているが，この原則は維持する．

令和 2 年度はコロナ禍で日本人研究者による現地渡航はかなわなかったが，エチオピアの各題目担当者に対して，それをオンラインで日本人研究者が確認し助言するなどして，現地での研究活動を推進することを試みた．エチオピアでは約 6 カ月間にわたり緊急事態宣言が出るなど混乱もあり，また現地でのインターネット接続状況が悪く試行錯誤中である．接続が良好な時にできるだけ連絡調整ができるように，SNS やオンラインのファイル共有システムを活用している．業務調整研究員が令和 3 年 3 月から渡航した際には，現地情勢の把握が進みまた研究活動の進展が見られた．よって，現状でもオンラインを通して現地との連絡調整を続け，日本人研究者が現地活動時にはプロジェクトの進展を最大化できるようにする．

令和 2 年度にコロナ禍ではあったが，エチオピア人博士課程留学生（長期研修者）2 名が来日し研究活動を開始した．エチオピアと日本で自然や社会の環境は異なるが，研究推進手法の基礎を身に着け，本研究課題へと適用することは可能である．できるだけ本研究課題に類似した課題に日本で取り組むようにすることで，その進捗を先行事例としてエチオピア側の研究者にオンラインにより共有し，エチオピアでの研究活動を促進する．また，今後往来が自由になった時には，留学生がその研究の一環としてエチオピア国内でも一時活動することで，研究の遅れを取り戻すことを検討する．

上記の対応や手法を検討し，研究活動を継続することで，計画していた成果の達成を目指す．令和 3 年度のコロナ禍の情勢で，成果達成の見通しも左右される．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

- 2020 年度については，新型コロナウイルス感染症の感染拡大の影響を受けて，全体的に計画に遅れが出ている．
- とくにエチオピア側では半年間大学が閉鎖された影響で，実験室での活動を進めることができなかった．2020 年 9 月以降，エチオピア現地の大学への立ち入り規制が解除されてから，オンラインツールを活用した実験指導や打合せを実施してきたが，エチオピア側のインターネット事情が安定しないために，遠隔でのコミュニケーションが円滑に進まないことがあった．とくに現地研究者のリーダーと連絡がつかないといった事態が発生したときには，現地の活動全体の進捗管理が困難となった場面があったため，現地研究者の役割分担について，各題目のリーダーに加えて，サブリーダーを設置することで，今後のコミュニケーションの円滑化を図って

いる．

- 日本人研究者の現地渡航が制限されたなかで，現地の実験活動や社会実装のための社会調査を進めることは容易ではなかった．実験活動については，現地研究者と定例会議を継続して実施することで，日本側とエチオピア側の情報格差を減らし，必要なタイミングで必要なコミュニケーションがとれるよう体制を構築している．実施体制や情報伝達体制については，今後も調整が必要と考えている．

(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 2 年度はエチオピア側（アジスアベバ科学技術大学，AASTU）でのリーダーと研究担当者を固定し，オンラインでの連絡を取りながら研究を進めることを想定した．現地の緊急事態宣言などもあり，その連絡体制が機能しなくなった．AASTU が再開後は，月 1 回の頻度で Zoom を用いて打合せを実施するようにした．現地での題目 1 メンバー間の連絡調整も円滑に進められていないこともあり，実験そのものは実施されているようだが，結果が即時に共有されないという問題がある．リーダー多忙時の補佐をする副リーダーの任命や，実験データをウェブ上のファイル共有システムに保存するようにするなど，対策を検討している．
- コロナ禍で渡航できないため，日本人研究者が現地の特殊土に対するセルロース系土質改良材の改良効果を検証する実験を，実施することができない．日本での自然由来の膨潤性粘性土に対して，セルロース系土質改良材の改良効果を検証する実験を行う．また改良効果を踏まえて，道路路盤構造にどう改良土を適用するかは独自の模型実験を実施する必要があり，その研究を日本側で先行させる．エチオピアでは AASTU の題目 1 担当メンバーが，ブラックコットンソイルに対して同様の研究を行う．両者の成果を共有しつつ，エチオピアでの研究活動を推進する．
- 日本に留学した AASTU の教員が上記研究活動を実施することにより，エチオピア側との意志疎通を円滑に行う．またその留学生が博士課程の研究の一環でエチオピアでもデータ取得活動を行うことで，技術移転と現地での研究を促進する．

(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（リーダー：安原英明）

- 令和 2 年度も，エチオピア側（アジスアベバ科学技術大学）と，月 1 回の頻度で Zoom 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．
- エチオピア側（アジスアベバ科学技術大学）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（対面）が新型コロナの影響で令和 2 年度も不可能となった．代替案として日本に留学に来ているアジスアベバ科学技術大学の留学生を指導し，Wise 法を習得してもらった．令和 3 年度はその留学生を介してアジスアベバ科学技術大学の研究者を指導し技術移転する予定である．

・ ブラックコットンソイルに粉体化した候補植物を混合し，その土質改良効果を検証する必要があるが，新型コロナの影響でアジスアベバ科学技術大学側で研究が進捗しなかった．今後も先行き見通せないため，日本側で疑似ブラックコットンソイルを作製し，土質改良効果についても検証することとなった．その前段階として，エチオピアで実施した X 線回折分析結果を分析し，鉱物同定を試みた．令和 3 年度も分析を継続し，ブラックコットンソイルの鉱物組成を同定する予定である．

(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 2 年度は，新型コロナウイルス感染症のため，実地における研究連携や招聘活動が中断され，想定していたように研究が進展しなかった．
・ エチオピアのモデルサイト（南オモ県）は，エチオピア国内でも地方に位置しているため，インターネット基盤が脆弱である．そのため，ジンカ大学による支援を受けて，大学内のネットワークを活用して，カウンターパートとの連携・情報共有をはかった．しかし，雨季の間（4 月～9 月）は，電力供給量の不足なども生じ，大学のネットワークを活用しても，繋がりにくい状態が断続的に続いた．この点については，エチオピア国内のインターネット環境の整備とも関連するため，このプロジェクトやカウンターパート機関のみの努力では解決できないことを認識している．

Ⅳ．社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

・ 2019 年度に実施したコミュニティ参加型の小規模道路整備のデモンストレーションについて，以下の発行物を出版し，ウェブサイト上でも公開した．
  - ✓ ZAIRAICHI 3, MNGD special issue 02, The Center for African Area Studies, Kyoto, 2021 年 3 月 30 日
  - ✓ 2019 年 11 月末から 12 月にかけて，地方に於ける道路アクセスを改善するため，住民による実現可能かつ持続可能な道直しの手法確立を目指して，住民参加型の生活道路補修のデモンストレーションを実施した．現地のコミュニティに道路整備活動の実践を働きかけた際の住民の対応や施工内容について検証し，上記の ZAIRAICHI にまとめた．
  - ✓ 2019 年度に発行した MNGD special issue 01 に続き，こちらも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．

(2) 社会実装に向けた取り組み

・ エチオピア道路公社の道路施工についての方針やマニュアルについて日本側研究者で勉強会を実施し，社会実装（道路施工マニュアルの改訂案作成）に向けて準備を進めた．
・ エチオピア道路公社道路研究所（Ethiopian Road Authority, Road Research Center）の所長や職員とプロジェクトメンバーとで，国際ワークショップを 3 回実施し，道路改修のためのマニュアル

について知見を共有し，社会実装に向けて準備を進めた．

- 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）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．
- 博士課程留学生（長期研修者）について，プロジェクト経費で 4 名，文科省奨学金（SATREPS 枠）で 1 名の受け入れを決定した．工学系の留学生 2 人が 2020 年 11 月に来日し，宮崎大学と愛媛大学にて研究活動を開始しており実験を進めている．ほか 3 人が 2021 年度より留学を開始するため，オンラインセミナー等を通して日本の教授陣と意見交換をし，各者研究の準備を進めた．博士号取得後，現地に戻り知見をプロジェクトの研究活動にも還元し貢献してもらうとともに，現地研究者の教育にも積極的に携わってもらう計画である．

V．日本のプレゼンスの向上（公開）

- 国内外の学会及び研究会でプロジェクトメンバー複数人が発表を行い，プロジェクトの実験及び調査の成果を報告し，専門家と意見交換を行った．
  - ✓ 2020 年 4 月 19 日，日本ナイル・エチオピア学会第 29 回学術大会，重田ほか，「エチオピアにおける道路災害低減に向けた国際共同研究プロジェクト：植物由来の土壌改質剤の開発と運用モデルの構築」
  - ✓ 2020 年 7 月 21 日，第 55 回地盤工学研究発表会，新城ほか「古紙を原料とする微細粉体による膨潤性粘土の物理的・力学的性質の変化」
  - ✓ 2021 年 2 月 7 日，International Workshop on Medical-Zairaichi, a Medical-Local Knowledge Research Network
    - 松隈ほか，Research Design of the Project of Development and Operation Model of Plant-derived Soil Additives for Road Disaster Reduction on Problematic Soil
    - Alemshet Bekele, Study on the Usage of diatomite as reinforcing Calcined bauxite effect in stabilizing bentonite and its long-term durability analysis under cyclic and static loading
    - Kassahun Yemane, Smallholder Farmers Vulnerability to Climate Change and variability and Adaptation Practices in South Ari Wereda, South Omo Zone
    - Frehaileab Admassu, Sustainable soil stabilization techniques for problematic soils: The case of MNGD project in Ethiopia
    - Argachew Bochena, Studies on the rural community road access and its effect to the staple crop production: Assessment of sustainability of ensete production system in South Omo, Ethiopia
- プロジェクト初年度から公開しているウェブサイトについて，エチオピアの公用語であるアムハラ語でも公開を開始し，エチオピアからのアクセスを増やしている．

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

（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
2020	国際学会	Gidebo, Frehaileab Admasu and Hideaki Yasuhara, Sustainable soil stabilization techniques for problematic soils: The case of MNGD project in Ethiopia, Poster session on “The role of on-site research for innovation & STEAM education”, International Workshop on Medical-Zairaichi, a Medical-Local Knowledge Research Network, 7th February 2021, Online-meeting.	ポスター発表

招待講演	0	件
口頭発表	0	件
ポスター発表	1	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・ネピドー、2019年12月11日	招待講演
2020	国内学会	重田眞義, 木村亮, 福林良典, 安原英明, 金子守恵, 亀井一郎, 澤村康生, 岩井裕正, 宮崎祐輔, 松隈俊佑, 池田あいの「エチオピアにおける道路災害低減に向けた国際共同研究プロジェクト：植物由来の土壌改質剤の開発と運用モデルの構築」日本ナイル・エチオピア学会第29回学術大会、オンライン, 2020年4月19日	口頭発表
2020	国内学会	新城政昂, 澤村康生, 宮崎祐輔, 岩井裕正, 福林良典, 松隈俊祐, 木村亮, 古紙を原料とする微細粉体による膨潤性粘土の物理的・力学的性質の変化, 第55回地盤工学研究発表会, オンライン, 2020年7月21日	口頭発表
2020	国際学会	Shunsuke MATSUKUMA , Makoto KIMURA , Masaysoshi SHIGETA , Hideaki YASUHARA, Ichiro KAMEI 3 , Yoshinori Fukubayashi, Morie KANEKO, Yasuo SAWAMURA, Hiromasa IWAI, Yusuke MIYAZAKI, Fumitaka WAKAMATSU, Aino IKEDA and Takuya HAGIWARA, Research Design of the Project of Development and Operation Model of Plant-derived Soil Additives for Road Disaster Reduction on Problematic Soil, Poster session on “The role of on-site research for innovation & STEAM education”, International Workshop on Medical-Zairaichi, a Medical-Local Knowledge Research Network, 7th February 2021, Online-meeting.	ポスター発表
2020	国際学会	Alemshet Bekele Tadesse, Study on the Usage of diatomite as reinforcing Calcined bauxite effect in stabilizing bentonite and its long-term durability analysis under cyclic and static loading, Poster session on “The role of on-site research for innovation & STEAM education”, International Workshop on Medical-Zairaichi, a Medical-Local Knowledge Research Network, 7th February 2021, Online-meeting.	ポスター発表
2020	国際学会	Kassahun Yemane, Smallholder Farmers Vulnerability to Climate Change and variability and Adaptation Practices in South Ari Wereda, South Omo Zone, Poster session on “The role of on-site research for innovation & STEAM education”, International Workshop on Medical-Zairaichi, a Medical-Local Knowledge Research Network, 7th February 2021, Online-meeting.	ポスター発表
2020	国際学会	Argachew Bochena, Studies on the rural community road access and its effect to the staple crop production: Assessment of sustainability of enset production system in South Omo, Ethiopia, Poster session on “The role of on-site research for innovation & STEAM education”, International Workshop on Medical-Zairaichi, a Medical-Local Knowledge Research Network, 7th February 2021, Online-meeting.	ポスター発表

招待講演	1	件
口頭発表	2	件
ポスター発表	4	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. 強靭（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

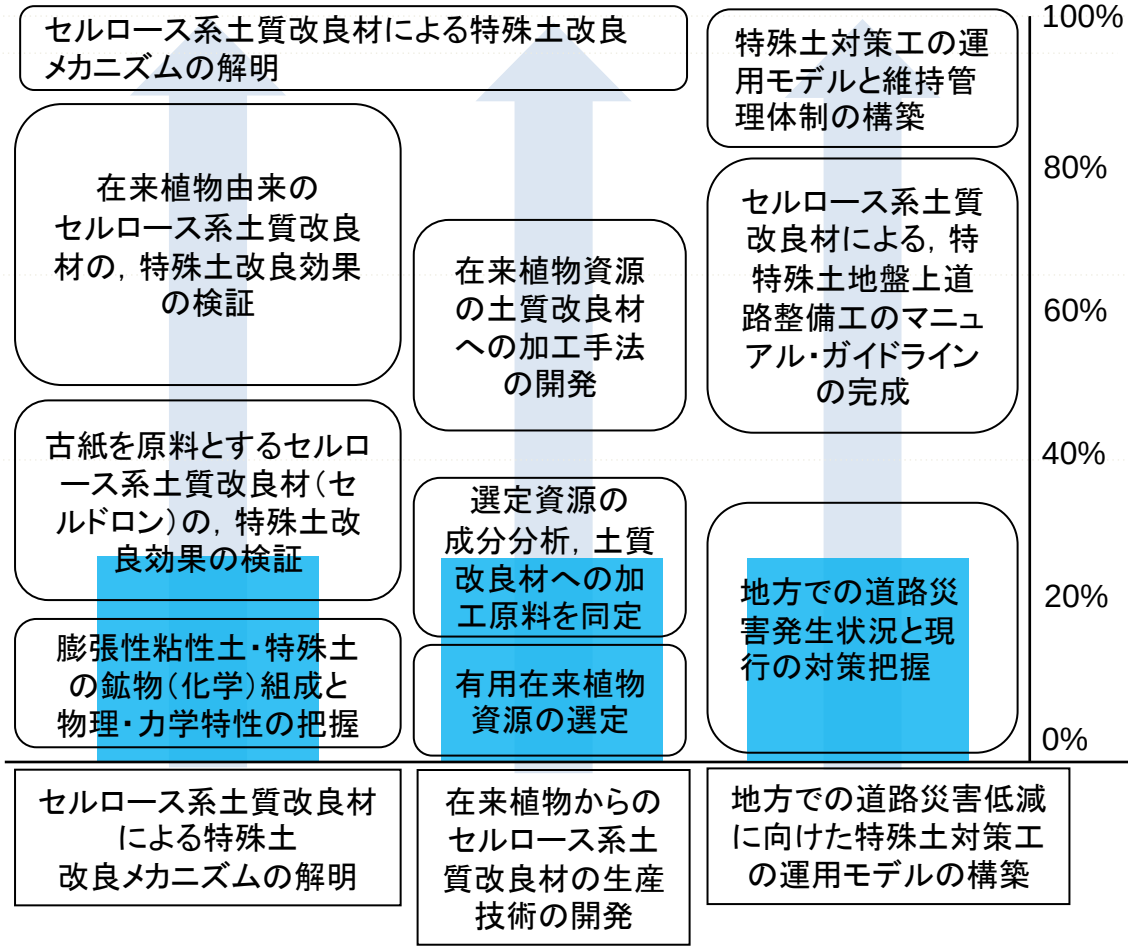
成果の波及効果

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