

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「地球規模の環境課題の解決に資する研究」

研究課題名「砂漠化対処に向けた次世代型『持続可能な土地管理
(SLM)』フレームワークの開発」

採択年度：平成 28 年度/研究期間：5 年/相手国名：エチオピア

終 了 報 告 書

国際共同研究期間*1

平成 29 年 4 月 1 日から令和 5 年 4 月 1 日まで

JST 側研究期間*2

平成 28 年 6 月 1 日から令和 5 年 3 月 31 日まで
(正式契約移行日 平成 29 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該年度末

研究代表者： 恒川篤史
鳥取大学乾燥地研究センター・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(実績)

研究題目・活動	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度
1. 土壌侵食削減	研究サイト設置	研究サイトにおける土壌侵食量を65~70%削減する技術を開発				
1-1 土壌侵食観測システムの開発	降雨侵食力・土壌被侵食性観測	土壌侵食観測ネットワークシステムの開発				
1-2 土壌侵食防止手法の開発	土壌侵食防止手法の開発	土壌侵食量・土砂生産量のモデル化と検証				
1-3 土壌侵食モデルの開発	土壌侵食削減に関する人材育成					
2. 耕畜連携システム	研究サイト設置	研究サイトにおける土地生産力を100~150%向上する技術を開				
2-1 耕地土壌肥沃化・保全農法	耕地における土壌の肥沃化・保全耕起手法の開発					
2-2 牧草地管理・舎飼いシステム	飼料草地の改良・牧養力の評価		耕畜連携システムの開発養力の評価			
2-3 劣化地における土地修復	分析・実験手法に関する人材育成					
3. 経済的・社会的エンパワメント	対象村落の選定	対象村落における農家所得を50%向上する技術・仕組みを開発				
3-1 貧困・社会的格差要因の解明	貧困・社会的格差要因の解明	エンパワメント手法の開発				
3-2 バリューチェーンアプローチの開発	市場開拓可能性調査	バリューチェーンアプローチの開発				
3-3 エンパワメント手法の開発	社会経済調査・分析に関する人材育成					
4. 統合型小流域管理	SLM イノベーションプラットフォームの設置	次世代型 SLM 実施に向けた準備				
4-1 小流域将来シナリオの作製	ステークホルダー協議会の設置	将来シナリオの作成・提示・修正				
4-2 SLM アプローチの開発	SLM アプローチの開発			ガイドラインおよび普及マニュアルの作成		
4-3 次世代型 SLM フレームワーク						

*新型コロナウイルス感染症の世界的大流行の影響が生じたため、1年間延長

(2) 中間評価での指摘事項への対応

①次世代型 SLM の構築と普及のため、各機関の責任を明確にし、各成果の統合の方向性を関係者で共有し、社会実装への道筋(具体的な条件と対策を有する実効的な方策)を明らかにしてほしい。

次世代型 SLM の普及を促進するため、さまざまな活動を実施した。この活動に伴い、根拠に基づいた SLM の普及を強化するため、現地の研究開発パートナー、すなわちアムハラ地域における SLM の主要実装機関であるアムハラ州農業局(BoA)、BoA の研究部門アムハラ州農業研究所(ARARI)、バハルダール大学の間で合意("Mutual Agreement on Regional Research Based Sustainable Land Management (SLM) Partnership")が締結された。本合意では、各パートナーの役割と責任が明確に示された。また本合意には、エチオピア農業省、JICA、鳥取大学が立会人となった。こうして社会実装への道筋が作成され、遂行された。この道筋の概要は次のとおり。(1) 選択された技術とともに、それを実現する能力を、プロジ

エクトの期限内に普及するためのプロジェクトの取り組み、(2) 会議における他のステークホルダーの勧誘、プロジェクトによって構築され、運営されてきた現地と地域のイノベーションプラットフォームを通じたプロジェクトの研究サイトへの経験の共有、(3) 前述したアムハラ地域のパートナーシップ合意のもと、研究開発パートナーの勧誘を通じた、大規模な SLM 普及の促進、(4) 他の開発パートナーの勧誘。

詳細については III. 社会実装（研究成果の社会還元）を参照されたい。

②特に深刻な状況にあるガリー侵食については、そのメカニズム、要因、影響をさらに研究し、対策モデルを含む次世代型 SLM をより具体化し、併せて達成可能な土壌流出削減や土地生産力向上、農家生計向上などの目標値を明確にして研究を推進してほしい。

この指摘に答えて、ガリー侵食の程度、分布、傾向、速度、管理、モデリングについて追加の研究活動を実施した。これまでに、さまざまな時間的・空間的な規模でガリー侵食を論じた 6 件の論文を学術誌に投稿した。さらに、研究結果を国際ワークショップで発表した。地域密着型の SLM ガイドラインを実践するためのアプローチが作成され、関連する開発ステークホルダーへの配布が可能となっている。

ガリー侵食に取り組む著名な科学者を迎えて国際的なレベルでガリー侵食に関する研究を拡大するため、鳥取大学（日本）とリエージュ大学（ベルギー）の間で、土地管理向上のためのガリー侵食のモデリングを対象とする 2 年間（2021 年～2022 年）の JSPS 二国間交流プロジェクトを開始した。本業務の一環として、2022 年 2 月に 2 日間のワークショップが開催され、ベルギー、コンゴ、エチオピア、韓国、日本から約 28 名のガリー侵食研究者と博士課程の学生が参加した。この連携は、今後成長してさまざまな規模におけるガリー侵食の理解を深めることが期待される。2019 年に鳥取大学は、第 9 回ガリー侵食国際シンポジウム（ISGE）を 2023 年にエチオピアで開催することを提案した。このシンポジウムは、鳥取大学、ゲント大学（ベルギー）、メックエル大学（エチオピア）との緊密な協力のもと、バハルダール大学（エチオピア）が主催する予定である。本提案は国際審査員の評価も良好であるが、開催は二番目で、中国の成都大学の次となる。

達成可能な土壌流出削減、土地生産力向上、農家生計向上については、それぞれ 65～70%、100～150%、50%の目標値を設定して研究を推進した。

詳細については研究題目 1 の活動 1-2、1-3、及び研究題目 4 の活動 4-1 を参照されたい。

③本プロジェクトのエチオピア側のオーナーシップは極めて高い。一方、供与機材の運営維持管理など財務基盤は脆弱である。プロジェクト終了後を見据えて、自助努力とともに新たな支援確保を準備できるよう、両国の研究者が準備を早期に始めることが望ましい。例えば、既存の国家 SLMM プログラム について、社会実装のための連携を進めるだけでなく、先方プログラムの成果や資金を本プロジェクトの対象地域に活用されるよう、連携を相互に強化することで相乗効果が得られるであろう。

この指摘に従い、供与機材の運営維持管理を含めた SLM 技術のより広い普及のための手段が得られるよう、現地、国家、そして国際 SLM プログラムとの連携の強化に努めた。

詳細については III. 社会実装（研究成果の社会還元）を参照されたい。

④農民への経済的インセンティブ手段（乳牛・耕畜連携等）を広く普及するには相当な資金が必要である。経済的インセンティブなどの研究成果は、著名媒体での論文等として発信し、学術的価値からモデルを政策に反映することが出来れば、プロジェクト終了後の資金も確保しやすくなるであろう。特に、既存の SLM に組み込まれる無償労働が再考されるような研究成果が創出され、エチオピア政府に提言されることが期待される。

本プロジェクトでは、現地エチオピアとそれ以外での SLM への一層の参加と投資を促進

するため、プロジェクトの研究成果の普及拡大を目指してさまざまな戦略を用いた。このため、SLM ガイドラインとポリシーブリーフを作成し、公表した。本ガイドラインは、開発パートナーにより広く採用されるよう現地の公用語アムハラ語に翻訳される予定である。また、普及拡大のため、該当するステークホルダーとともに一連のステークホルダー会議と現地訪問を実施した。さらに本プロジェクトについて、現地と国内のマスコミやソーシャルメディアを通じて広報活動を実施してきた。本プロジェクトの結果を、World Overview of Conservation Approaches and Technologies (WOCAT) のような地球規模の SLM データベースに統合するために、協議を続けている。

詳細については III. 社会実装（研究成果の社会還元）を参照されたい。

⑤地域住民が持続的な生活を継続できるよう、環境に配慮した経済的活動の推進に理解を促すことも重要であろう。

本プロジェクトでは、導入された方法が炭素隔離や二酸化炭素排出の観点からどの程度重要であるかを評価するため、炭素蓄積と土壌呼吸に対する SLM の効果について研究を実施した（活動 2-3）。乳牛のメタン排出に関する飼料選択の重要性についても研究を行った（活動 2-2）。最後に、代替流域管理シナリオを評価するための基準のひとつとして、有機物に対する効果を採用した（活動 4-2）。作成された SLM ガイドラインは、今回の方法が環境に与える影響についての情報をもたらすことで、実装者の意思決定に役立つと考えている。

(3) プロジェクト開始時の構想からの変更点（該当する場合）

該当なし。

2. プロジェクト成果目標の達成状況とインパクト（公開）

(1) プロジェクト全体

本プロジェクトでは、13 件の最良 SLM 技術と 4 件のアプローチからなる次世代型 SLM フレームワークを作成した (Output 4)。現地のステークホルダーの意見を取り入れながら SLM ガイドラインとポリシーブリーフを作成し、実装に向けて中央・地方政府、国際開発パートナー、地域ステークホルダーに提案した。具体的には、統合型小流域管理技術・アプローチにより、本プロジェクトでは土壌侵食量の 66～96%削減 (Output 1)、土地生産力の 49～134% 向上 (Output 2) および貧困農家所得の約 35% 向上 (Output 3) を可能にする土地管理シナリオを作成した。

本プロジェクトの新規性・革新性は、以下の3点にあると考えている。第一に、次世代型 SLM フレームワークを開発し、SLM ガイドライン(英語版・アムハラ語版)として出版・公開した。その特長として、①土壌侵食の削減、土地生産力の向上、農民の社会的・経済的エンパワメントの三つを包括的に実現する、②個別要素技術・対策としての SLM 技術とそれを導入・普及する仕組み・制度としての SLM アプローチの両者を包括する、③農民が SLM を自主的・自発的に導入・普及する上で鍵となる参加型のアプローチ及び生計向上の仕組みを取り入れている、を有している。

第二に、次世代型 SLM に含まれる要素として、さまざまな技術・アプローチを開発・評価し、国際学術誌に 86 編の論文として発表した(すべて国際共著論文)。そのうち 21 編がトップ 10%論文である。エチオピアにおいては、多くの SLM プロジェクトが実施され、SLM に関するガイドラインがいくつか作成されてきたが、それらの多くは科学的根拠を欠いている。エビデンスに基づくガイドラインは初めてであり、科学的根拠を与えたことに大きな意義がある。代表的な研究成果としては、①ポリアクリルアミド(PAM)と他の改良材(石灰など)を統合した新しい土壌侵食削減技術の開発 (Kebede et al. (2022), International Soil and Water Conservation Research, 10 (3): 487-496, トップ 10%論文)、②侵食リスク評価を包括的に評価できる方法論的枠組みの開発 (Haregeweyn et al.

(2017), STOTEN, 574: 95-108, トップ 10%論文)、③流域管理シナリオの策定、評価、実施のための統合型アプローチの開発(Fenta et al.(2023), Land Use Policy, under review)などがある。

第三に、本プロジェクトでは、現地(エチオピア)が抱えるさまざまな問題(土地劣化、生産性の低い農業、貧困等)を、日本とエチオピアの研究者が、現地の農民、行政官等のステークホルダーとともに解決策を考え、研究を実施し、得られた科学的知見を現地に還元して改善しようとしてきた。その意味で、いわゆるアクションリサーチあるいは超学際研究の性格を有している。開発と研究という文脈においては、世界の SLM をレビューした結果、エビデンスに基づく SLM の普及・開発が不十分であることを示した(Haregeweyn et al. (2023), STOTEN, 858: 160027)。われわれは、開発と研究の間のギャップを解消するためには、従来の開発のための研究(research-for-development)から、研究と開発を双方向のフィードバックプロセスとする開発における研究(research-in-development)へのパラダイムシフトが必要だと提唱している。本プロジェクトで開発した研究エビデンスに基づく SLM フレームワークはその一助になると考えている。

[研究活動]

本プロジェクト開始前後の現地の治安情勢、さらに 2020 年と 2021 年のコロナ禍による渡航制限、2021 年のエチオピア北部での紛争といった多くの困難にもかかわらず、本プロジェクトの進捗は当初計画に照らして良好であった。ドゥバテの研究サイトにおける治安状況に大きな改善は見られず、このサイトは 2021 年以降本プロジェクトの研究サイトから除外された。2016 年(暫定期間)、本プロジェクトはエチオピアとの種々の合意と研究計画の詳細の最終化に注力した。2017 年には研究拠点を建設し、研究サイトを設置して対象村落を選定した。そして本格的な研究活動が開始された。2018 年に実施されたのは土壌侵食モニタリング、土壌流亡プロット実験、作物圃場試験、家畜の飼養実験と放牧実験、農家聞き取り調査、SLM イノベーションプラットフォームの設置である。2019 年以降は収入創出活動を行なった。研究成果は学術論文 86 編(うち 21 編がトップ 10%論文)、特集書籍 1 件、学会講演要旨集数件にて公開した。SLM ガイドラインとポリシーブリーフ文書を作成し、開発パートナーに提案した。本プロジェクトに対するエチオピア側の高い当事者意識、JICA プロジェクト業務調整員の長期不在中に鳥取大学とエチオピア側の相手先研究機関との間で研究契約を締結する柔軟な対応、また 1 年間の本プロジェクトの延長は、当初設定されたプロジェクト目標の達成に大いに役立った。

[研究交流]

毎年 7 月と 8 月には、日本側の研究者はパートナーとなる研究者とともに合同現地調査を実施した。グループ間の共同研究活動を促すため、合同セミナーが開催され、合同年次鳥取ワークショップではグループ間で研究計画の詳細が共有された。このワークショップには、日本側とエチオピア側双方の研究者だけでなく、JST、JICA、エチオピア側研究機関の職員の代表者が参加した。現地と地域のステークホルダーについては、運営会議と現地訪問を通じて研究・普及過程への参加を図った。合同調整委員会(JCC)では、研究の進捗について報告があり、目標達成に向けて本プロジェクトをどのように進めるかについて意見が交わされた。

[研究運営体制]

本プロジェクトは、プロジェクト管理のため、2 週間に 1 回の定期ミーティングや研究コンポーネント間の意見交換を通じて運営された。日本側とパートナー側の研究者は、必要に応じてオンライン会議により情報を共有した。

[人的支援]

本事業のエチオピア側共同実施機関に所属する計 17 名の研究者が、さまざまな奨学金制度のもと、鳥取大学で長期研修を受けた。このうち 5 名は JICA SATREPS の長期研修プログ

ラムにより、1名は文部科学省（MEXT）の SATREPS 枠により、博士後期課程に入学・修了した。その他 11名の学生は鳥取大学推薦による文科省奨学金制度を利用し、うち7名が博士後期課程、他4名が博士前期課程に入学・修了している。このほか、現地の博士課程の学生が7名、日本側とエチオピア側の研究者が参加する本プロジェクトのフレームワークのもと、博士課程を修了した。上記とは別途、延べ13名の短期研修生が日本での研修と研究会議に出席した。またエチオピアの相手先研究機関では、実験設備の面で十分な能力強化が行われた。

国際的な視野を持つ日本人の人材を育成するため、鳥取大学、島根大学（4名）、東京大学（2名）の学部学生と大学院生が本プロジェクトに参加した。

エチオピア側の人材開発と研究に対する本プロジェクトの貢献度を評価し、2021年9月、バハルダール大学の理事会は恒川篤史教授（研究代表者）に名誉博士号を授与した。授与式は、バハルダール大学の野外スタジアムにおいて数千の観衆の前で挙行され、現地のマスメディアやソーシャルメディアにより広く報道された。

(2) 研究題目1：「統合型小流域管理による土壌侵食の削減」

（リーダー：Nigussie Haregeweyn AYEHU）

① 研究題目1の当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

研究題目1は、土壌侵食観測システム、土壌侵食防止手法、及び土壌侵食モデルの三対象の開発を基とした活動で構成される。土壌侵食観測システムは、主な土地利用における土壌流亡速度を定量化することで、土地管理が侵食防止のために必要な土地を特定するために開発された。同観測システムは、異なる侵食防止策の試験にも使用された。加えて、土壌侵食制御策の試験を通じ、土壌侵食モデルの入力パラメータが決定された。このモデル用パラメータは、研究題目4における様々な土地利用および土地管理シナリオにおいて流域スケールの土壌侵食変化をモデル化する際に使用された。

1-1. 土壌侵食観測システムの開発

土壌侵食観測システムを構築するため、研究サイト内のさまざまな土地利用条件下、表面流出、土壌流亡、バイオマスのデータが収集できる実験圃場を整備した。このうち、(1) 81区の実験プロットは3か所のプロジェクト研究サイトの耕作地内にあり、土壌改良剤であるポリアクリルアミド（PAM）、石灰（L）、石膏（G）、バイオ炭（B）の効果を試験、(2) 21区の実験プロットは3か所の研究サイトの放牧地内にあり、柵単独および柵と厩肥、ネピアグラス、Desho、Desmodium、ブラキアリアグラス／現地のイネ科植物を併用した場合の効果の評価、(3) 24区の実験プロットは3か所の研究サイトの劣化地内にあり、柵単独および柵とセスバニア／リンゴ、Desmodium、ネピアグラス、Desho、ブラキアリアグラス、Desmodiumとアカシアを併用した場合の効果の評価した。流域レベルでは、3か所のプロジェクト研究サイト内の各所に約15か所の河川流出量モニタリングステーションを設置した。

土壌のリル侵食の重要3要因である降雨侵食性（R-factor）、被覆管理（C-factor）、保全対策（P-factor）に関する土壌侵食観測システムを開発した。ガリー谷頭の後退速度を解析し、地下水のガリー侵食に対する影響を評価するための観測システムも構築した。

本研究では、降雨運動エネルギーモデル（KE）も開発した。これまで当該地域の条件に適し同モデルがなかったため、年平均降雨量から近似推定していたが、以下のとおり本研究によって開発された同モデルは、同様の環境での侵食リスク評価を改善すると期待される。

各研究サイトにおける降雨の観測と特徴の把握、降雨運動エネルギーモデルの作成のため、光学式雨滴粒径分布測定装置が用いられた。降雨KEモデルは1分値雨量観測の記録をもとに作成した。アバガリマ（中間地）の農業生態系では、降雨強度（I）の範囲は0.82から46.27 mm/hであった。雨滴のメディアン径（D50）の範囲は1.14から4.33 mmで、Iと有意に相関していた（ $R^2 = 0.96$; $p < 0.01$ ）。降雨KEの指数は、時間（ KE_{time} ）とKE容量（ KE_{con} ）の関数として設定した。線形関数では KE_{time} とIの間に強く有意な適合性が認められた（ $KE_{time} = 49.21I - 157.34$, $R^2 = 0.96$, $p < 0.01$ ）。一方Iにともなう KE_{con} の変動は、

対数関数により十分に説明される ($KE_{con} = 6.8 \ln(I) + 5.96$ ($R^2 = 0.98$, $p < 0.01$))。中間地の農業生態系で測定された KE_{con} の範囲は 7.4 から 32.43 $J/m^2 \cdot mm$ であったが、 KE_{time} の範囲は、観測された I の範囲では 8.34 から 1992.64 $J/m^2 \cdot h$ であった。

C-factor と P-factor は、3 種類の農業生態系、グダル (高地)、アバガリマ (中間地)、ドゥバテ (低地) において、3 種類の土地利用 (耕作地[図 1]、草地、劣化灌木林[図 2]) および 4 種類の持続可能な土地管理 (SLM) 方法[図 2] (土堤区は、等高線に沿って溝を切り、盛土を有する実験プロット[掘った溝の土は下の区の盛土に使用]。草で強化した土堤区は、異なる草種[グダルでは Desho 草 (*Pennisetum pedicellatum*)、アバガリマではナピアグラス (*Pennisetum purpureum*)、ドゥバテではベチバー (*Vetiveria zizanioides*)]と組み合わせた盛土を有する実験プロット。ファニャジュは、段畑の一種、土堤区に似るが溝は盛土の下端[掘った溝の土は上の区の盛土に使用]。排水溝付きの禁牧区は、柵で囲い、動物を締め出して自然植生の再生を可能にした実験プロット、交互に配置された長方形の排水溝を有し、掘った土は下の区の盛土に使う) について調査した。1 日あたりの土壌流亡データは流出実験プロットから収集した。C-factor の範囲は、耕作地ではテフ区の 0.004 からトウガラシ区の 0.64、非耕作地では劣化灌木の 0.001 から草地の 0.49 であった。耕作地における P-factor の範囲は土堤区では 0.15 から 0.53、ファニャジュでは 0.18 から 0.5、草で強化した土堤区では 0.06 から 0.44、非耕作地の実験プロットでは排水溝付きの禁牧区で 0.03 から 0.42 であった。全体として、平均 P 値は耕作地の実験プロットでは中間地、高地、低地の順に、非耕作地の実験プロットでは高地、低地、中間地の順に減少した。

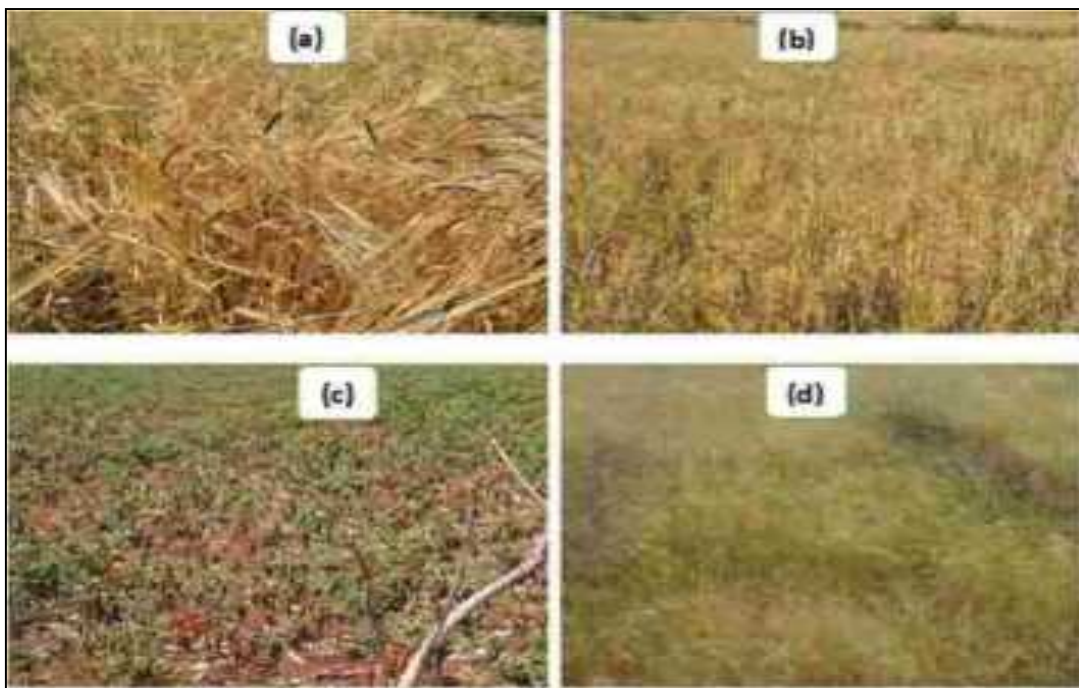


図 1.3 かの研究サイトにおける耕作地実験プロットの C-factor 推定のための被覆管理。(a)グダルのオオムギ、(b)アバガリマのシコクビエ、(c)ドゥバテのトウガラシ、(d)ドゥバテのテフ。浸透の向上、流出水量と侵食の削減のための保全耕起の一環として、全実験プロットで播種時に一度だけ、砕土を最小限とするよう鋤を使って耕した。出典: Kebede et al. (2021)



図 2. 実験の準備状況。CL1:緩傾斜耕作地、CL2:急傾斜耕作地、GL:草地、DBL:劣化灌木林。出典:Ebabu et al. (2019)

地下水のガリー侵食に対する影響を評価するため、高位点から低位点まで急斜面に沿って PVC ピエゾメーターを設置し、地下水位の測定を実施した。同時にガリー谷頭の後退とガリー断面積の測定を行なった。1957 年から 1982 年までの航空写真と 2000 年代および 2010 年代の衛星画像をもとにガリーの分布地図を作成し、3 か所の研究サイトにおけるガリー侵食の調査に使用した。その結果は、ガリー侵食がすべての研究サイトで進行していること、土地利用の変化が要因であることを示した。さらに、地球観測衛星データを用いて 1982 年から 2017 年にかけての土地被覆の変化を解析したところ、多年にわたる土地利用の変化は社会経済状況と農業生態系環境に密接に関連していることが明らかとなった。

1-2. 土壌侵食防止手法の開発

土壌侵食の程度を評価し、侵食防止手法を開発するため、青ナイル川上流域に選定された 3 か所の農業生態系のなかで、3 種類の土地利用（耕作地、草地、劣化灌木林）について野外実験を設定した。生物物理的方法、耕種的方法、被覆作物、さまざまな土壌改良剤について、それらによる土壌侵食削減の可能性を調査するための試験を行なった。

• 生物物理的土壌侵食管理方法

各 SLM 手法による流出・土壌侵食削減を評価するため、耕作地で 4 種類（対照区、土堤区、ファニャジュ、および草で強化した土堤区）、非耕作地で 3 種類（対照区、禁牧区、排水溝付きの禁牧区）の処理が調査された。流出と土壌流亡の速度は、農業生態系、土地利用の種類、SLM 手法によって大きく変動した（表 1）。最高速度は中間地農業生態系の無処理放牧地で観察されたが、これはおおむね過放牧と激しい降雨が発生したためである。流出水量と土壌流亡量は、いずれも対照プロットよりも SLM 実験プロットの方が有意に低かった ($p < 0.05$)。平均して、SLM 実験プロットでは季節的な流出水量は 11%から 68%、土壌流亡量は 38%から 94%削減された。耕作地では草で強化した土堤区、非耕作地内では排水溝付きの禁牧区が、流出水量と土壌流亡量を削減するための最も有効な SLM 手法と認められた。したがって、構造と植生による方法を統合することが、土壌侵食とその影響を管理するための最良

の方法であると判明した。

表 1.3 か所の研究サイトのさまざまな土地利用形態における、さまざまな生物物理的 SLM 手法による季節的流出水量と土壌流亡量の相対削減率。出典: Ebabu et al. (2019)

土地利用	SLM 手法	流出水量の相対削減率(%)		
		グダル	アバガリマ	ドゥバテ
CL1	土堤区	42	30	51
	ファニャジュ	32	35	55
	草で強化した土堤区	33	34	55
CL2	土堤区	27	20	35
	ファニャジュ	32	29	29
	草で強化した土堤区	29	22	43
GL	禁牧区	32	44	14
	排水溝付きの禁牧区	58	67	30
DBL	禁牧区	11	41	11
	排水溝付きの禁牧区	34	68	34

土壌流亡量の相対削減率(%)				
CL1	土堤区	78	61	86
	ファニャジュ	75	60	83
	草で強化した土堤区	80	65	87
CL2	土堤区	67	60	63
	ファニャジュ	72	61	68
	草で強化した土堤区	77	66	86
GL	禁牧区	71	57	38
	排水溝付きの禁牧区	86	78	77
DBL	禁牧区	39	72	55
	排水溝付きの禁牧区	84	94	86

青ナイル川上流域の対照的な 3 種類の農業生態系環境における、土地利用の種類（耕作地、放牧地、灌木林）および土地管理方法（耕作地は土堤区、非耕作地は禁牧区）の影響による土壌総窒素 (TN) と可給態リン (P_{av}) の流出の変動を調査するため、流出実験プロットからの水食 (Eo)、溶脱 (Lo)、生産物収穫 (Ho)、ガス状排出 (Go) による TN と P_{av} 流出水量の野外データを 2 年間 (2018 年～2019 年) にわたり収集した。TN と P_{av} の減少は農業生態系、土地利用の種類、管理方法の間で有意に変動した ($p < 0.05$)。TN 減少の範囲は 39.6 から 55.5 kg/ha・yr、 P_{av} については 4.1 から 5.9 kg/ha・yr であった。養分の減少は、おおむね低地 (ドゥバテ)、中間地 (アバガリマ)、高地 (グダル) の順に増加したが、高地と中間地の研究サイトの間には有意な差は認められなかった ($p > 0.05$)。耕作地では、他の土地利用の種類に比べて TN と P_{av} の減少が有意に高かったが、TN の減少については放牧と灌木林の間で有意な差は認められなかった。すべての研究サイトのすべての土地利用の種類について、養分減少の規模は Ho、Eo、Lo、Go の順であった。土地管理方法についての実験プロットでは、Eo、Lo、Go に関連した TN と P_{av} の減少は、それぞれ 44～76%、9～47%、1%～36%であった (表 2)。これらの生物物理的 SLM 手法は、Eo による養分減少の削減において最も効果的であった。

表 2. 3か所の研究サイトのさまざまな土地利用形態における、生物物理的 SLM 手法の実装による養分減少 (TN、P_{av}) の相対削減率。出典: Mulualem et al. (2021)

土地利用	SLM 手法	流出要因	TN 減少の相対削減率 (%) ^a			P _{av} 減少の相対削減率 (%) ^a		
			グダル	アバガリマ	ドウバテ	グダル	アバガリマ	ドウバテ
CL	土堤区	Eo	62	70	67	58	56	57
		Ho	-52	-41	-51	-19	-65	-32
		Lo	16	18	9	-	-	-
		Go	1	2	3	-	-	-
GL	禁牧区	Eo	62	76	54	39	64	67
		Ho	-3852	-2300	-795	-916	-496	-109
		Lo	38	34	47	-	-	-
		Go	25	36	33	-	-	-
DBL	禁牧区	Eo	44	53	52	57	70	50
		Ho	-	-	-	-	-	-
		Lo	21	20	34	-	-	-
		Go	11	22	13	-	-	-

• 最適土堤間隔の決定

土堤配置の環境的、経済的、社会的影響について、中間地の農業生態系において野外実験、費用便益感度分析、キー・インフォーマント・インタビューの実施により調査した。野外実験を実施するため、耕地内に流出実験プロットを設営し、0か所（対照区）から4か所の土堤（ソイルバンド）を設置した。最初の土堤はプロット下端から2.8mの位置に配置し、あとの土堤は最初の土堤からプロット上端までの区域に等間隔で配置した。次に各流出実験プロットで土壌流出量のパラメータと作物収量（テフ）を測定した。流出水量と土壌流出量は対照区（図3）が最高であったが、土壌水分と作物収量（kg/m²）は土堤を設置した各実験プロットが最高であった。土堤数が増え、有効な斜面が減少するに連れ、流出水量と土壌流出量は減少したが、可耕面積の減少と土堤の設置と維持のための費用が増加した。土堤配置の環境的、経済的、社会的影響について、さまざまな土堤間隔の採用にともなう現場要因による損失と利益を評価するため、正味現在価値を用いた費用便益分析を実施し、さらに調査した。いくつかのシナリオでは、対照区も含め、すべての土堤配置設計に正の正味現在価値が認められたが、その数値は設計ごとに異なった。環境的、経済的、社会的要因のすべてをあわせて考察した場合、30mの実験プロットに2本の土堤を12.7m間隔で配置することが研究用のプロットには最適であると考えられた。

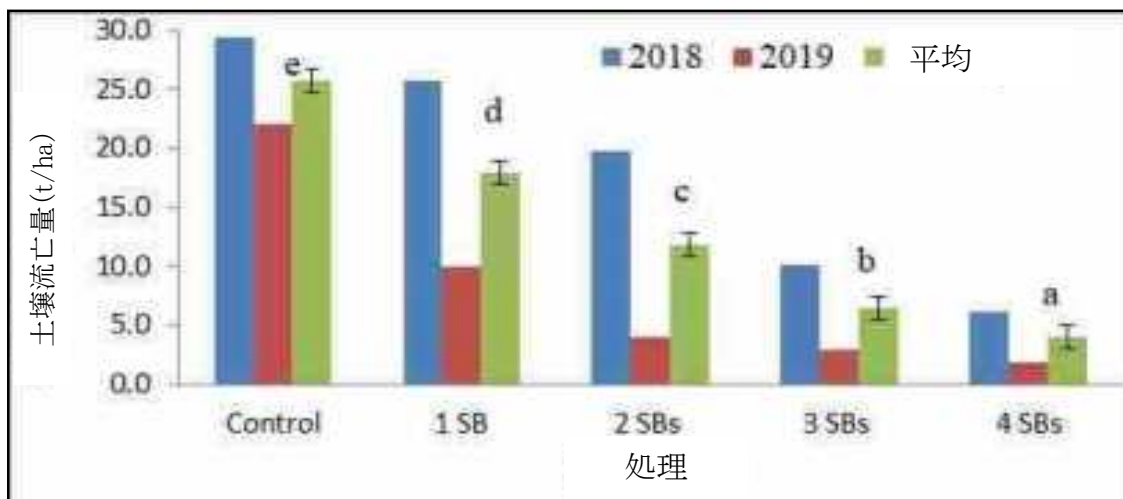


図 3. 土堤間隔の年間土壌流亡量に対する効果。対照プロットには土堤を設置しなかった。異なるアルファベットは有意差があることを示す ($p < 0.001$)。垂直の線は標準偏差。プロット数は 2018 年 37 区、2019 年 48 区。出典: Demissie et al. (2022)

• 耕種的土壌侵食管理方法

高度の侵食による土壌劣化が起きている中間地農業生態系（アバガリマ）において、2 種類の耕起方法（減耕起 [RT] と慣行耕起 [CT]）、2 種類の播種方法（条播 [RP] と散播 [BP]）、踏圧の有無（鎮圧あり [+T] となし [-T]）の土壌流亡量とテフ収量に対する影響を、スプリットプロット配列により調査した。今回の研究では、堆積物濃度の範囲は 0.01 から 5.37 g/L（平均、0.25 g/L）であった。したがって、季節的総土壌流亡量の範囲は 0.2 から 0.5 t/ha（平均、0.3 t/ha）と推定された。堆積物濃度と総土壌流亡量が耕起・播種手法と踏圧による有意な影響 ($p < 0.05$) を受けたのは、モニタリングの第 3 年のみであった（図 4）。RT は CT と比較して土壌流亡量を 19%削減したが、BP に対する RP の土壌流亡量の削減は 13%であった。+T 実験プロットと比較して、-T 実験プロットでは土壌流亡量の 15%の削減が認められた。

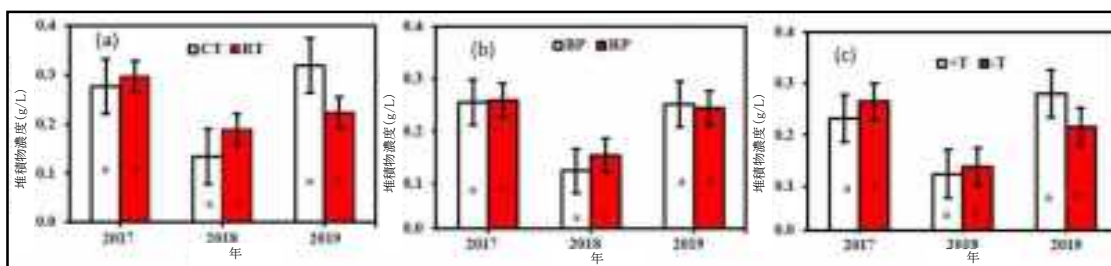


図 4. 3 回の観測期間中、耕起 (a)、播種方法 (b)、踏圧 (c) が単独で堆積物濃度に与えた効果。観察数 (n) は 2017 年 24、2018 年 19、2019 年 22。各観察期間について、同じアルファベットは有意差がないことを示す。出典: Mihretie et al. (2022)

• 土壌侵食管理法としての土壌改良剤

アニオン性ポリアクリルアミドには土壌改良によって土壌侵食を削減する可能性がある。本研究は 2 期に分けて実施され、第 1 期には鳥取大学乾燥地研究センターの降雨シミュレータを使用し、室内条件で流出水量と土壌流亡量を最も削減する有効な粒状 PAM の施用量を決定し、第 2 期には PAM を単独あるいは他の土壌改良剤と併用した場合の有効性をエチオピアの研究サイトにおいて野外条件で調査した。

室内条件の試験は以下の二段階で行われた。(i) PAM を乾燥物施用量 0 kg/ha (C)、20 kg/ha (P20)、40 kg/ha (P40)、60 kg/ha (P60) で土壌表面に施用し、70 mm/h、1 時間の豪雨を連続 6 回与えて有効な PAM 施用量を選定した。(ii) 石膏 G (4 t/ha) と石灰 L (2 t/ha) を、それぞれ単独または選定された施用量の PAM と混合して施用した。流出削減については、最初のうちは P20 が有効、3 回目の豪雨以降一連の豪雨の最終回までは P40 と P60 用がより有効であったが、P40 と P60 の間に統計学的な有意差はなかった。そこで、今回の試験土壌と降雨パターンには、P40 を最適施用量に選定した (表 3)。一方、P40 と G または L の混用は、土壌溶液の粘度を改善することで、最初 2 回の豪雨中の浸透率 (IR) を増加させた。PAM と L の混用は、土壌侵食をある程度削減するとともに、特にオキシソルのような酸性土において、土地の生産性を改善するための良好な選択肢となりうる。

表 3. 土壌改良剤の総流出水量と総土壌流亡量に対する効果、対照区と比較したパーセント削減率(%)と、6 回の豪雨による豪雨累積平均流出水量と土壌流亡量を示す。数値に添えたアルファベットが異なる場合、処理間で Kruskal-Wallis 検定 ($\alpha = 0.05$) による有意差があることを示す。出典:Kebede et al. (2020)

処理	総流出水量			総土壌流亡量		
	総流出水量 (mm)	総流出量の削減 (%)	流出量累積中央値 (mm)	総土壌流亡量 (g/m ²)	総土壌流亡量の削減 (%)	土壌流亡量累積中央値 (g/m ²)
C	336	-	6a ^a	2152	-	407 ^a
P20	292	13	52 ^b	1491	31	280 ^b
P40	265	21	45 ^b	919	57	159 ^c
P60	267	20	45 ^b	693	68	97 ^c

野外条件では (図 5)、PAM (P = 40 kg/ha) を単独あるいは石膏 (G = 5 t/ha)、石灰 (L = 4 t/ha)、バイオ炭 (B = 8 t/ha) といった他の土壌改良剤と併用した場合の流出水量と土壌流亡量に対する有効性を、中間地農業生態系 (アバガリマ) で調査した。土壌の物理化学的性質やテフの成長パラメータに見られた関連する変化についても調査を行なった。処理によって、季節的流出は 12~39%、土壌流亡量は 13~53%削減された。最大の削減は、流出水量については P + B 処理と PAM 処理で、土壌流亡量については P + L 処理と PAM 処理で観察された (図 6)。PAM を他の土壌改良剤と併用することで、土壌構造の安定性、水分含量、土壌 pH (P + L)、有機物含量 (P + B) を改善し、作物の生育 (バイオマス収量) と流出水量および土壌侵食の削減に良好な環境をもたらした。PAM と異なり、土壌改良剤のバイオ炭と石灰については、有効性を向上させるには施用後さらに時間を要する可能性がある。



図 5. さまざまな時期における研究サイト内の野外流出水量実験プロットの様相。(a) 用地の準備、耕起と土壌改良剤の施用、(b) 流出水量のデータ採取、(c) 登熟期のテフ。出典: Kebede et al. (2022)

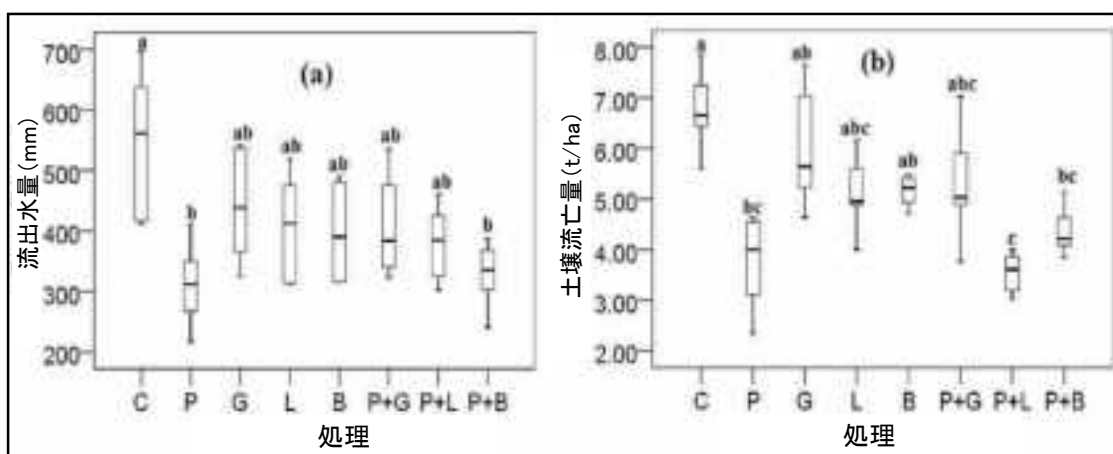


図 6. 季節的流出水量(a)と土壌流亡量(b)の箱ひげ図。Kruskal-Wallis ノンパラメトリック検定 ($\alpha = 0.05$)。異なるアルファベットは、2 季節の流出水量と土壌流亡量の平均値に処理間で有意差があることを示す (n = 79)。出典:Kebede et al. (2022)

窒素 (N) とリン (P) の収支を改善しながらテフ栽培における利用効率を最大化することが可能な土壌改良剤の最良の組み合わせを見出すため、エチオピアの中間地農業生態系において野外実験を実施した。実験処理は、PAM (40 kg/ha)、バイオ炭 (B = 8 t/ha)、石灰 (L = 4 t/ha)、石膏 (G = 5 t/ha)、PAM+B、PAM+L、PAM+G、対照であった。N と P の大気沈着、生物学的固定、施肥による流入と、水食、溶脱、ガス状排出、収穫生産物による流出については、養分モニタリングアプローチによりすべての実験プロットで観測を行なった。その結果から、施用したすべての土壌改良剤が、対照区と比較して養分収支を向上 (8~134%) させていたことが示された (表 4)。測定された流出のなかでは、N の損失に寄与する主要な要因は収穫生産物 (43~60%) と水食 (14~31%) であり、溶脱 (15~23%) とガス状排出 (11~13%) がこれらに次いだ。土壌改良剤のなかで PAM+L は、水食による P の損失 (61%削減) と、侵食、溶脱、ガス状排出による N の損失 (それぞれ 55、10、3%削減) をかなりの程度削減し、対照区と比較して N の利用効率を 31%向上させた (表 4)。このように、PAM+L の施用は、とりわけ酸性あるいは劣化した乾燥地域では、持続可能な農業のための有効な戦略になると思われる。

表 4. さまざまな土壌改良剤の施用による土壌窒素 (N) とリン (P) の収支 (kg/ha・yr) と年間 N・P 損失の程度 (階級、養分損失量 kg/ha・yr)。同一列内で同じアルファベットを添えた数値は、有意差がない ($p > 0.05$, Tukey 検定) ことを示す。出典:Mulualem et al. (2022)

処理	N 収支 (kg/ha・yr)		P 収支 (kg/ha・yr)	
	平均	損失速度	平均	損失速度
C	-14.6c	中	18.0a	損失なし
B	-4.2a	低	18.6a	
G	-13.5c	中	18.2a	
L	-12.0b	中	17.9a	
PAM	-5.5a	低	19.0a	
PAM+B	+5.0a	損失なし	19.3a	
PAM+G	-11.6b	中	19.2a	
PAM+L	-11.8b	中	18.3a	

- ガリー侵食管理方法としての禁牧
地下水位、土壌侵食、そして一日あたりの降雨と地下水位の関係に対する禁牧の効果を調

査するため、高地農業生態系（グダル、**図 7**）で野外実験を実施した。2017 年から 2020 までの期間、ピエゾメーターを用いて禁牧区の地下水位を測定した。流送土砂量、流出水量、表面水量は、禁牧と一時的に使用された対策によって大きく変動することが判明した。放牧地での禁牧は流出水量と流送土砂量を削減する上で最も有効な SLM 手法であった。地下水位の上昇はガリーの側壁や谷頭のスランピングを助長し、流送土砂量の増加をもたらす。土壌が飽和すると、地下水の上昇と高い降雨の組み合わせにより、側壁の崩壊と谷頭の後退が起きやすくなる。本研究は、地下水位を管理し、ガリー谷頭の後退とそれともなう土壌流出量を削減する上で禁牧が有効であることを示した。さらに、放牧地と禁牧区に設置したピエゾメーターは、樹木 (*Acacia decurrens*) による流出の封じ込めが地下水位の大きな差異に寄与している可能性を示した。2017 年、2018 年、2019 年、2020 年に測定した流送土砂量は、それぞれ 140.45、133.15、101.03、74.39 g/L·day であった。流送土砂量は 2017 年と 2018 年には増加したが、ガリー横断部付近の禁牧区設置と共同放牧により、2019 年と 2020 年には減少した (**図 8**)。本研究は、禁牧が侵食を、おそらくは保護植生による被覆の修復によって削減させることを示した。本研究により、研究期間中、人と家畜の介入を最小限に抑えたことで地下水位が増加し、土壌侵食が削減されたことが明らかとなった。

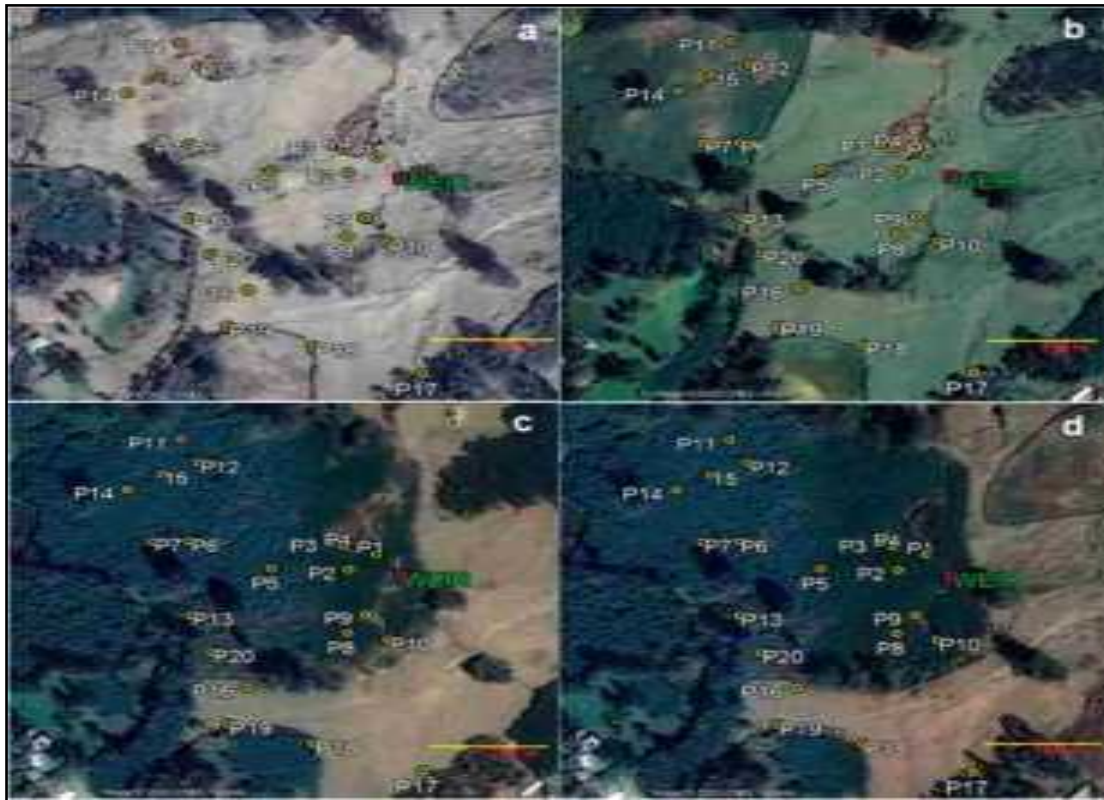


図 7. 研究地域内の共同放牧地と禁牧区におけるピエゾメーターの分布。(a) 2017/18 年、(b) 2018/19 年、(c) 2019/20 年、(d) 2020/21 年。出典: Yibeltal et al. (2022)

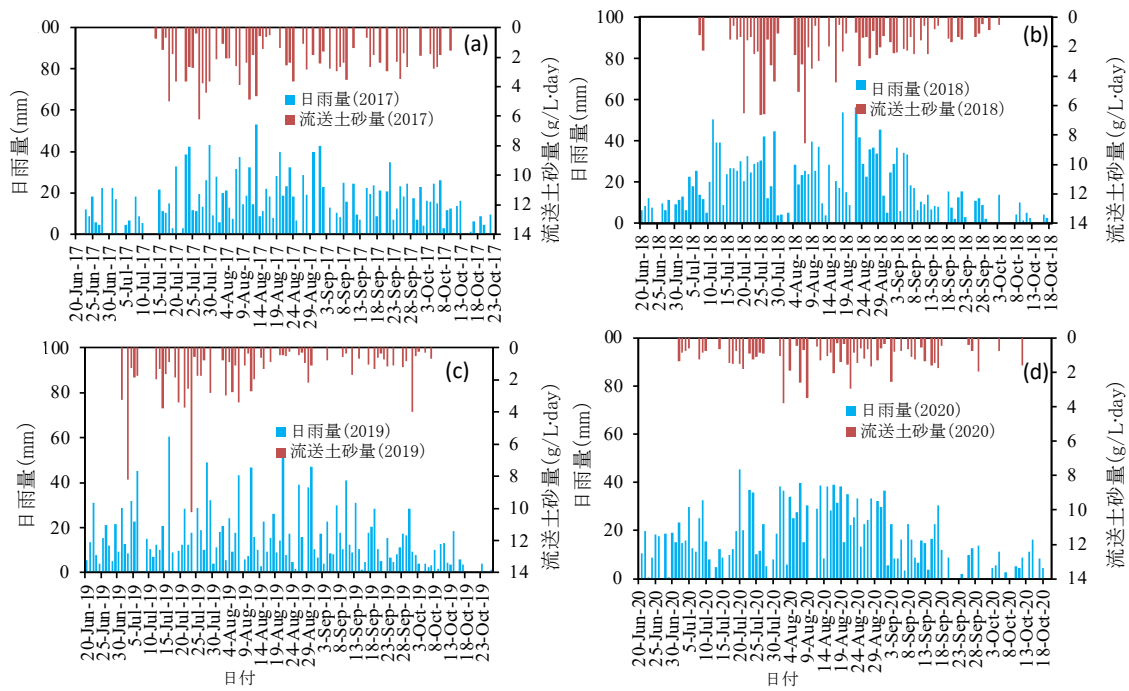


図 8. 堰位置における流送土砂量。(a)2017 年、(b)2018 年、(c)2019 年、(d)2020 年。出典: Yibeltal et al. (2022)

1-3. 土壌侵食モデルの開発

• 流出と土壌侵食のモデリング

SLM手法、土地利用・土地被覆 (LULC)、そして気候変動の、流出水量と流送土砂量 (SY) に対する個別および全体的な影響を調査するため、中間地農業生態系 (アバガリマ) において2通りのアプローチを試験した。(1) 対照流域法では、Kecha (処理) 流域と Laguna (無処理) 流域における流出水量と SY の量を比較した。(2) 単独流域法では、Kecha 流域における SLM 手法の実装前後のデータを比較した。処理流域と無処理流域について Soil and Water Assessment Tool (SWAT) モデルを採用し、双方のアプローチの流出水量と SY の応答の評価に使用した。

対照流域法の結果では、Kecha 流域と Laguna 流域の出口における、観察された季節的流量、シミュレーションによる流量、SY は大きく変動していた (図 9)。Kecha 流域では観察された季節的流量の範囲は 774 から 826 mm、シミュレーションによる流量の範囲は 722 から 889 mm、Laguna 流域ではそれぞれ 554 から 1210 mm と 682 から 1014 mm であった。両流域で観察された季節的 SY とシミュレーションによる SY は近似していたが、Laguna 流域の SY は Kecha 流域の 2 倍であった (図 9)。Kecha 流域では観察された季節的 SY の範囲は 24 から 39 t/ha、一方シミュレーションによる SY は 22 から 32 t/ha まで変動した。Laguna 流域では観察された季節的 SY は 59 から 74 t/ha まで、シミュレーションの結果は 58 から 91 t/ha まで変動した。対照流域法によれば、Laguna に比べて Kecha では、SLM 手法が地表面流出を約 28~36%、SY を約 51~68%削減した (図 13)。

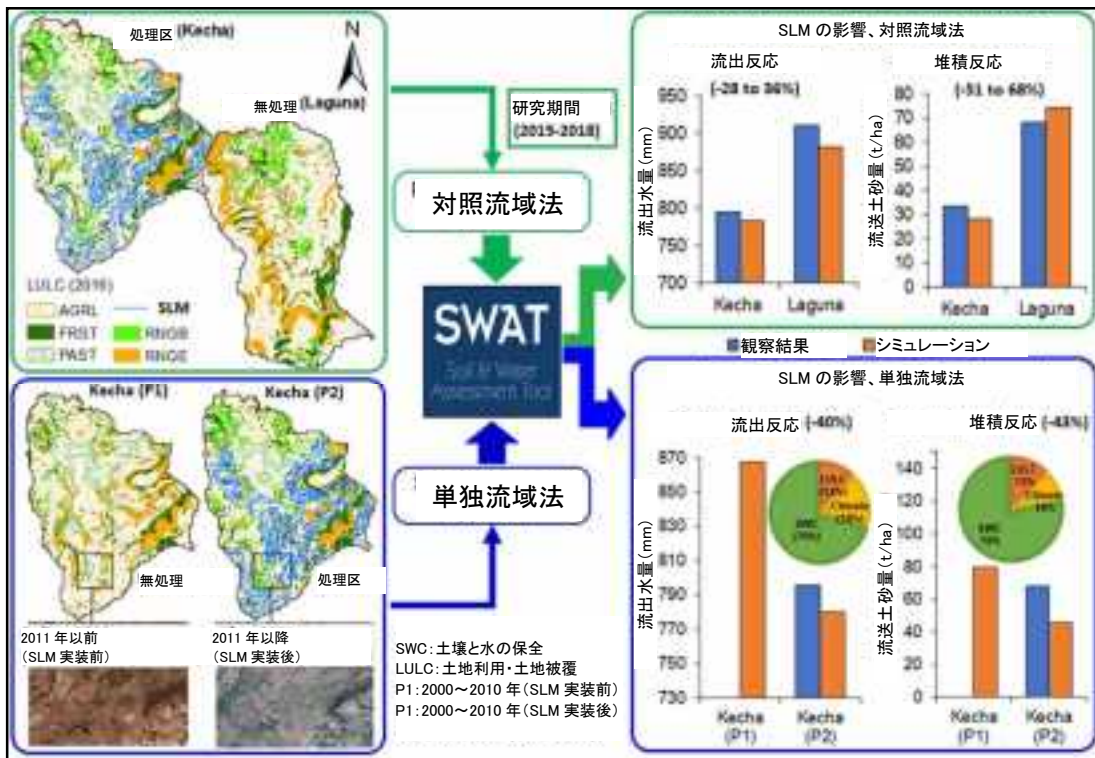


図 9. 対照流域法および単独流域法における土地利用・被覆の変更、気候の変動性、SLM 手法の単独および合併効果に対する季節的流出水量と堆積物反応の平均値の変化。出典: Berihun et al. (2020)

単独流域法では、SLM 手法の有効性を、処理区である Kecha 流域で処理実装前後の流量と SY の比較によって調査した。これを達成するため、Kecha 流域について無処理に相当する条件が得られるよう、無処理の Laguna 流域における流量と SY に関連したパラメータを、処

理区の Kecha 流域に応用した。SLM 手法、LULC の変更、Kecha 流域の気象の変動性について、個々の効果を区別するため、おおむね 3 段階の手順を踏んだ。本流域は、2011 年以來エチオピアの持続可能な土地管理プログラムの一部となっているため、まず、土壌と水の保全 (SWC) 方法の実装の前後に相当するものとして、2000 年から 2010 年まで (第 1 期) と 2011 年から 2018 年まで (第 2 期) にわけてシミュレーションを行なった。この結果、2 通りの LULC シナリオと、SWC を実装した場合としない場合の 2 気象期 (2000 年～2010 年と 2011 年～2018 年)、および 2016 年の LULC と SWC が実装された 2011 年から 2018 年までの期間に対応する 5 通りのモデルによるシミュレーションとなった。

- シナリオ 1 : 2005 年の LULC マップと SWC を実装しない第 1 期気象データ
- シナリオ 2 : 2016 年の LULC マップと SWC を実装しない第 1 期気象データ
- シナリオ 3 : 2005 年の LULC マップと SWC を実装しない第 2 期気象データ
- シナリオ 4 : 2016 年の LULC マップと SWC を実装しない第 2 期気象データ
- シナリオ 5 : 2016 年の LULC マップと SWC を実装した第 2 期気象データ

単独流域法の結果は、SLM 手法の実装が地表面流出と SY をそれぞれ約 40%と 43%削減する一方、総流量を約 21%増加させたことを明らかにした (図 9)。LULC の変更による総流量、地表面流出、SY の変化の絶対量は、SLM 手法や気象の変動性による変化に比べて低かった。SWC 方法と気象の変動性は、総流量を除くこれらの水分変数を減少させる傾向があったが、研究期間中の耕地の拡大に関連して、LULC は増加をもたらした。気象の変動性は、総流量、地表面流出、SY に対し、強い負の影響を示した。総流量、地表面流出、SY の総変化量に対する寄与は SLM 実装が最大であり (次点は気象の変動性)、これらのパラメータに見られた変化量の 65 から 78%を占めた。2 通りのアプローチの組み合わせが役立ち、SLM 手法による地表面流出と SY の削減について、それぞれ約 28 から 40%、約 43 から 68%と無理のない推定ができ、SLM 手法の SY に対する効果は、地表面流出に対する効果よりもかなり大きいことが示唆された (図 9)。

流量と堆積物に敏感なパラメータは、対象流域の日毎および月毎の時間ステップで較正および検証された。モデルのパフォーマンスは、流量シミュレーションと SY シミュレーションの両方で非常に優れていた。例えば、SY シミュレーションでは、Kecha 流域の日毎較正では $R^2 = 0.81$ 、 $NSE = 0.75$ 、 $PBIAS = 6.63\%$ 、日毎検証では $R^2 = 0.72$ 、 $NSE = 0.61$ 、 $PBIAS = 15.85\%$ であった (図 10a)。Laguna 流域の日毎 SY 較正では $R^2 = 0.84$ 、 $NSE = 0.77$ 、 $PBIAS = -10.95\%$ 、日毎検証では $R^2 = 0.78$ 、 $NSE = 0.70$ 、 $PBIAS = -9.43\%$ であった (図 10c)。毎月の SY シミュレーションでは、両方の流域で R^2 、 NSE 、および $PBIAS$ の値がより高くなり、モデルのパフォーマンスが向上した (図 10b、d)。

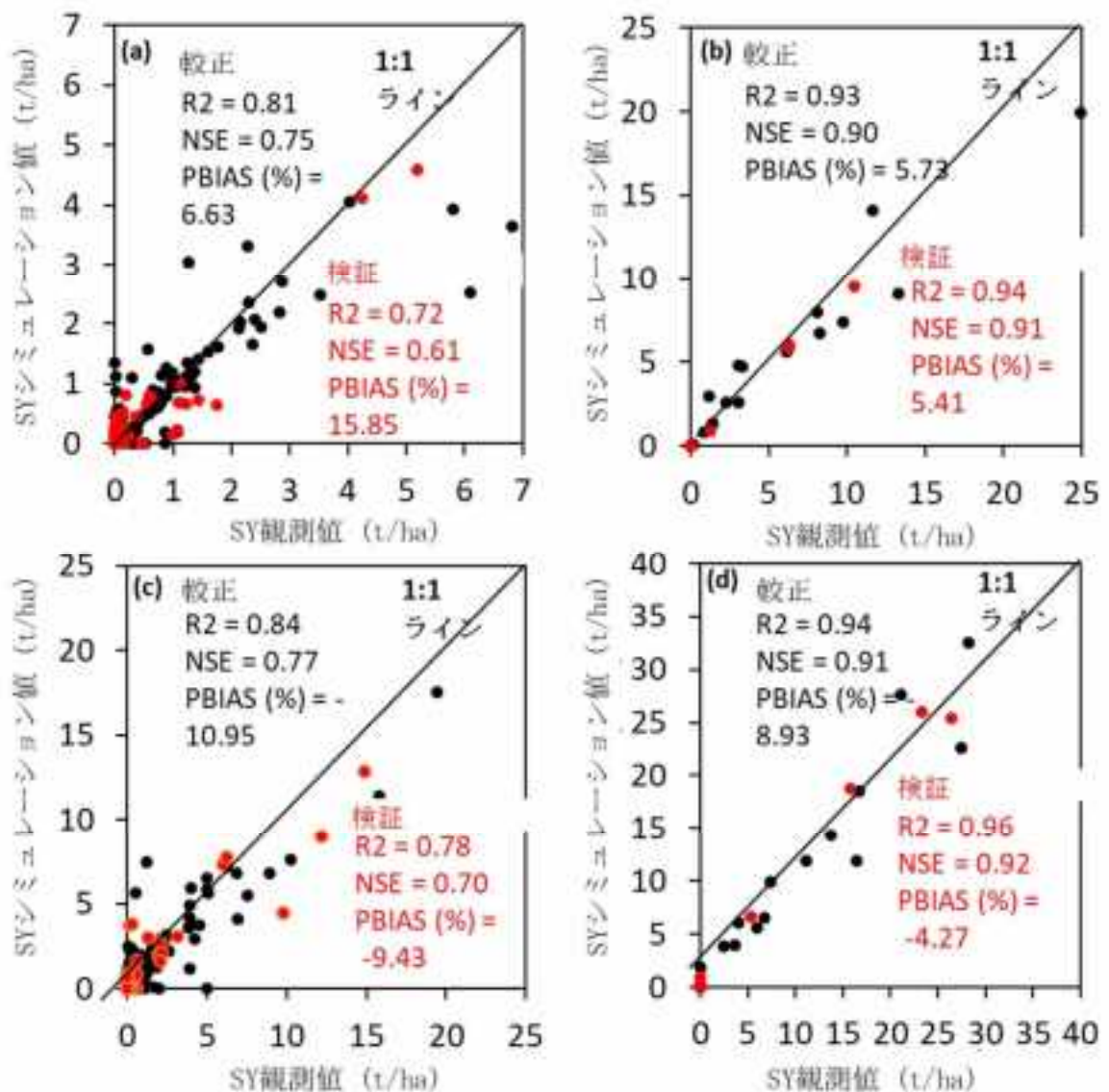


図 10. 校正期間（2015 年-2017 年）および検証期間（2018 年）における、シミュレーションおよび観察された日毎 (a, c) および月毎 (b, d) 流送土砂量の適合度。図 (a, b) は Kecha 流域、図 (c, d) は Laguna 流域。出展：Berihun et al. (2020)

実験プロット規模および流域規模の結果に基づいて、地域と国の規模で土壌侵食とその管理を解析した。東アフリカ地域における水食強度の空間パターンを調査するため、土壌流亡モデル (RUSLE) の空間分布版を採用した。その結果の示すところ、水食による平均年間総土壌損失は 4×10^9 t に達し、それにとまう平均土壌侵食速度は $6.3 \text{ t/ha}\cdot\text{yr}$ で、その約 50% はエチオピア起源であることが判明した (図 11a)。土地被覆については、水による土壌侵食の約 50% は、研究地域の総面積の約 15% を占める耕作地から発生している (平均土壌侵食速度、 $18.4 \text{ t/ha}\cdot\text{yr}$)。東アフリカの 10% 近くが中等度ないし高度の水食リスク ($>10 \text{ t/ha}\cdot\text{yr}$) に曝されており、優先的な管理による介入が求められている。水による土壌侵食推定量の規模の桁数は、実験プロット規模の測定データの範囲内であった。さらに、流送土砂量は流域内の土壌侵食と土砂堆積のさまざまな過程を集約するものであるが、流送土砂量と推定土壌侵食速度には強い相関が観察された。国家規模では、エチオピアにおける土壌侵食と、土地被覆および農業生態系に特化した SLM 手法による土壌流亡量削減の可能性に

ついて調査した。エチオピアにおける水食による平均土壌流亡速度は 16.5 t/ha・yr と推定され、それにとともなう年間総土壌損失は約 1.9×10^9 t、そのうち正味土壌損失は約 410×10^6 t (総土壌損失の 22%) と推定された。土壌流亡量は土壌被覆の種類、15 か所の農業生態地域、10 か所の河川流域にまたがって変動し、各解析における主要な寄与要因は耕作地 (エチオピア国土の約 23%、土壌流亡量の 50%、平均土壌流亡速度は 36.5 t/ha・yr)、Moist Weyna Dega (10%、20%、33.3 t/ha・yr)、アバイ (青ナイル川上流域、約 15%、30%、32.8 t/ha・yr) であった。事前事後分析により、これらの地域では、土地被覆および農業生態系に特化した SLM 手法 (水平堤、傾斜堤、排水溝、排水溝と土堤の両方またはいずれかを併用した禁牧) の実装が、平均土壌流亡速度を 16.5 t/ha・yr から 5.3 t/ha・yr まで削減させ得る (平均、削減割合は約 68%、範囲は 65~70%、**図 11b**) ことが明らかになった。とりわけ高度の侵食に悩まされているアバイ川とテケゼ川の流域やデガとウェイナ・デガの農業生態系では、SLM 手法が推定土壌流亡削減量のそれぞれ約 50%と 70%を占める。

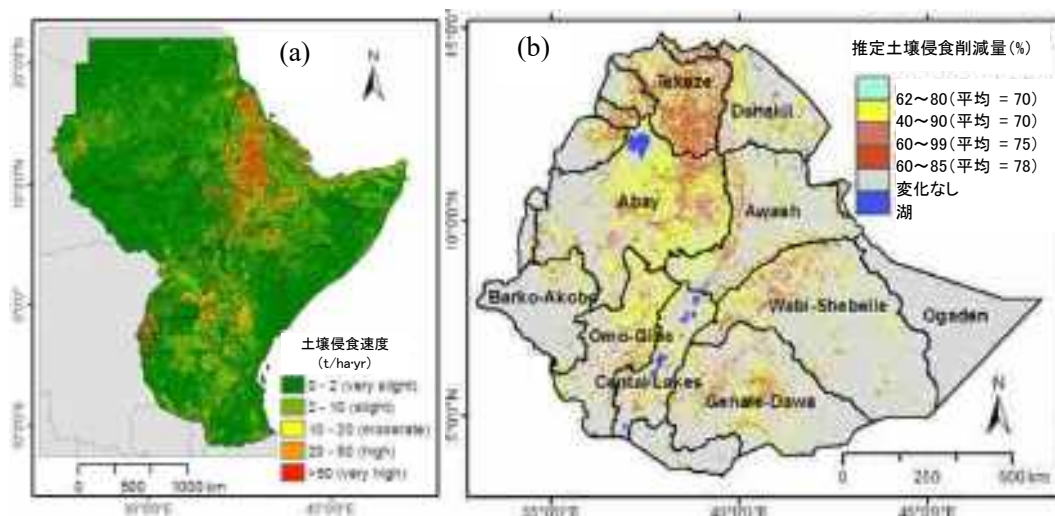


図 11. 東アフリカ地域における水食とそれにとともなう侵食の強度階級による土壌侵食速度の推定空間分布 (a)、および土壌流亡速度が中等度からきわめて強度 (>10 t/ha・yr) の地域における土地被覆および農業生態系に特化した SLM 手法の実装によるエチオピアの河川流域での土壌侵食の削減 (%) (b)。出典: Fenta et al. (2019, 2021)

• ガリー侵食のモデリング

3 か所の研究サイトにおいて、野外調査とともに航空写真 (1957 年、1982) と超高解像度衛星画像 (QuickBird、IKONOS、Worldview-2、SPOT-7、Pleiades) を用いて長期間のガリー動態を解析した。高地グダル (36.9 m/yr) と中間地アバガリマ (33.6 m/yr) における 1957 年から 2016 年または 2017 年にかけてのガリー長の増加速度は低地ドゥバテ (17.8 m/yr) の 2 倍近くに達し、同期間中ガリー密度は、グダル、アバガリマ、ドゥバテでそれぞれ 5.9、5.4、3.7 m/ha と、同様の増加を示した。これらすべての流域で、総ガリー長 (L_t) とガリー密度 (D_g) は時間とともに指数的に増加したが ($L_t = ae^{bt}$ 、 $D_g = ae^{bt}$ 、**表 5**)、回帰式の係数には流域間で差が見られ、明らかに流域間の生物物理的要因 (降雨、土地利用・被覆の分布と変化、斜面勾配) の違いを反映していた。グダルとアバガリマでの高い速度は、これらの研究サイトにおける耕作と人の定住の長い歴史を反映しているが、ドゥバテで農業活動が広まったのは、1980 年代に国の定住プログラムが実装されてからのことである。また、ガリー分布は土地利用と景観位置に結びついており、耕作地や斜面勾配のゆるやかな場所では高いガリー密度が認められた。さらに、6 か所すべての流域で、ガリー密度は経時的な増加傾向を示したが、土壌と水の保全対策が導入されていた 3 か所の流域では (各対照流域

のうちの 1 か所)、そのような対策が実装されていない流域に比べて増加速度が低かった。

表 5. 各流域の総ガリー長(a)とガリー密度(b)推定のための、時間に対する指数式の近似パラメータ。^aSLM を実装した流域。出典:Yibeltal et al. (2019a)

(a)	グダル		アバガリマ		ドゥバテ	
	Kasiry ^a	Akosity	Kecha ^a	Laguna	Sahi ^a	Bekafa
a	1.12	0.77	0.36	0.86	0.18	0.11
b	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.04
R ²	0.97	0.97	0.97	0.94	0.81	0.98
(b)	グダル		アバガリマ		ドゥバテ	
	Kasiry ^a	Akosity	Kecha ^a	Laguna	Sahi ^a	Bekafa
a	2.85	2.24	0.75	2.50	0.50	0.53
b	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.04
R ²	0.98	0.98	0.99	0.94	0.62	0.99

青ナイル川上流域の 3 か所の農業生態系におけるガリー谷頭の後退速度を推定するため、ガリーの形態的特徴とガリー形成の地形的閾値を調査した。ガリーの形態的特徴は野外での測定データによって解析したが、地形的閾値は勾配と頂部の集水面積を用いて推定した (図 12)。谷頭後退の平均年伸長速度 (R1) および体積増加速度 (Ve) を、GIS 環境における超高解像度 (0.5~1.5 m) 衛星画像 (QuickBird、IKONOS、SPOT-7、Pleiades) の視覚的解釈によって推定した。3 か所の研究サイトについて、ガリーの体積 (V) と長さ (L) の間に回帰された有意な指数関係は、 $V = 8.097 L^{1.032}$ ($R^2 = 0.902$, $n = 94$) であった。R1、Ve、土壌流亡速度の年間平均値は、グダルではそれぞれ 0.76 m/yr、6.77 m³/yr、8.73 t/ha・yr、アバガリマでは 2.09 m/yr、19.58 m³/yr、20.76 t/ha・yr、ドゥバテでは 3.42 m/yr、42.16 m³/yr、49.33 t/ha・yr と推定された。ドゥバテにおける高いガリー谷頭の後退速度は、主としてバーティソル (Vertisol) の高い侵食性に関連している。勾配 (S) と集水面積 (A) の関係 $S = aA - b$ の係数は、グダルでは $a = 0.219$ に $b = -0.139$ 、アバガリマでは $a = 0.133$ に $b = -0.234$ 、ドゥバテでは $a = 0.113$ に $b = -0.216$ となり、ガリー発生の地形的閾値が農業生態系の間で変動していたことを示した (図 15)。本研究の結果は、ガリー侵食速度の推定とガリー発生地域の特定における利用が可能であり、それによって適切なガリー管理対策の計画を支援するものである。

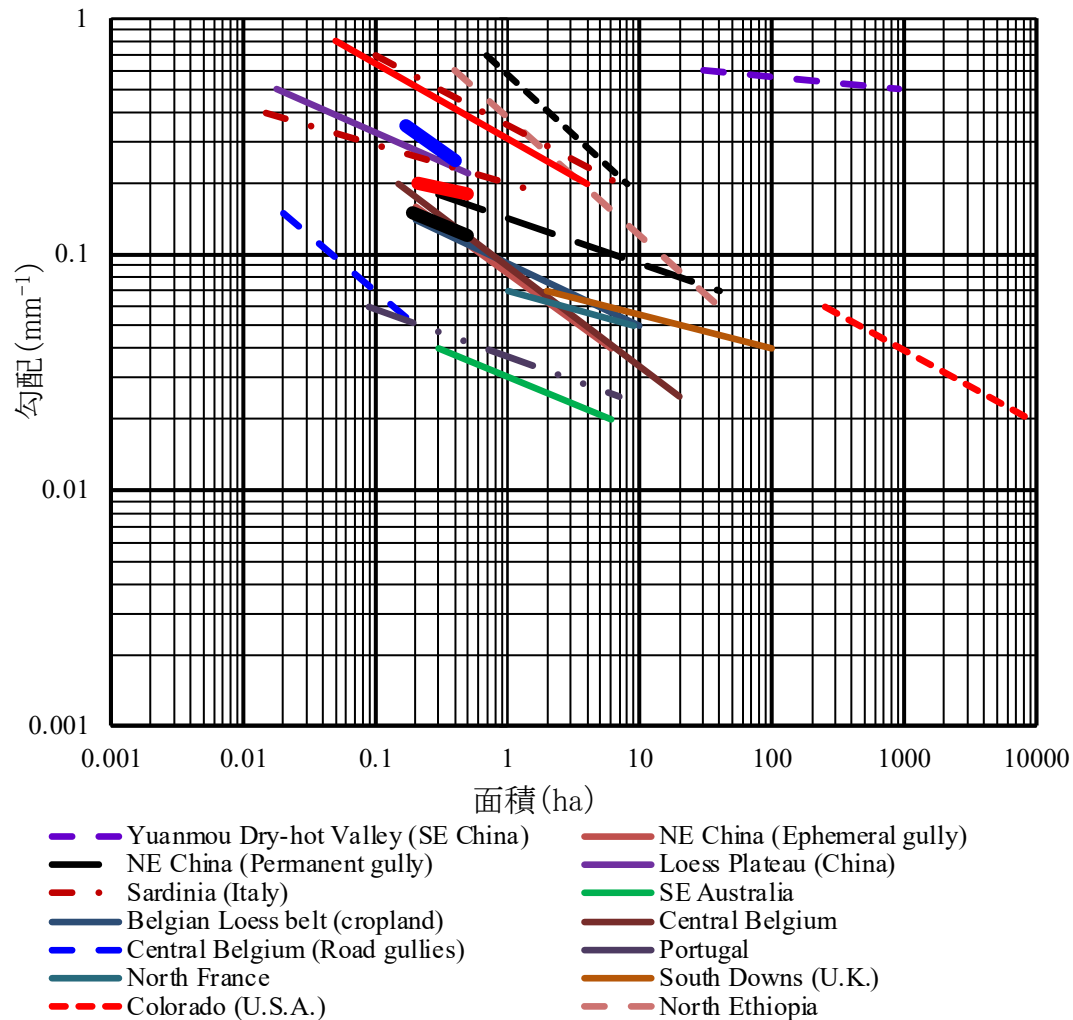


図 12. 世界の他の地域と比較した、エチオピア青ナイル川上流域(グダル、アバガリマ、ドゥバテは本研究の実施地域)におけるガリー形成開始の勾配集水面積閾値。出典: Yibeltal et al., 2019b

ガリー谷頭密度を準大陸規模で迅速に評価するために報告者らが提案した方法論に基づいて、エチオピアの青ナイル川上流域における対照的な農業生態的環境(高地、中間地、低地)をとらえた高解像度衛星画像をもとに、機械学習に基づいたモデリングを用いて、ガリー侵食感受性とその制御要因を特定した。地理情報システムの環境下で、0.5 から 30 m までの異なる 8 段階の空間解像度によるデータセットから、20 の制御要因についてデータを抽出した。校正とバリデーションのため、各データセットからそれぞれ約 70% と 30% のデータをランダムに選択した。多重共線性問題のある変数を特定し、それらの他の変数との関係を説明するため、多重共線性と相関行列を解析した。ランダムフォレストを用いてガリー侵食感受性を予測し(図 13)、制御要因の相対的な重要性に順位を付けた。最高解像度のデータセットを使用した場合、このモデルは極めて良好に機能した(カッパ値 > 96%、感度 > 97%、特異度 > 99%、全般的正確性 > 98%)。農業生態条件に関係なく、6 か所の流域にまたがるガリーの分布を制御する最も重要な要因は、重要性の順番で標高、最寄りの集水地からの高さ、流出カーブナンバーII、河川からの距離、集水地密度、土壌型、土地利用・土地被覆であった。このように、ガリー侵食に対する感受性が最も高い土地は、標高の低い、流出発生能の高い、鋭敏な土壌からなる、集水網から水平・垂直方向に短距離内の放牧地または耕地であった(図 13)。このため、これらの地域では、大流域および小流域規模のガリー管

理が優先される。

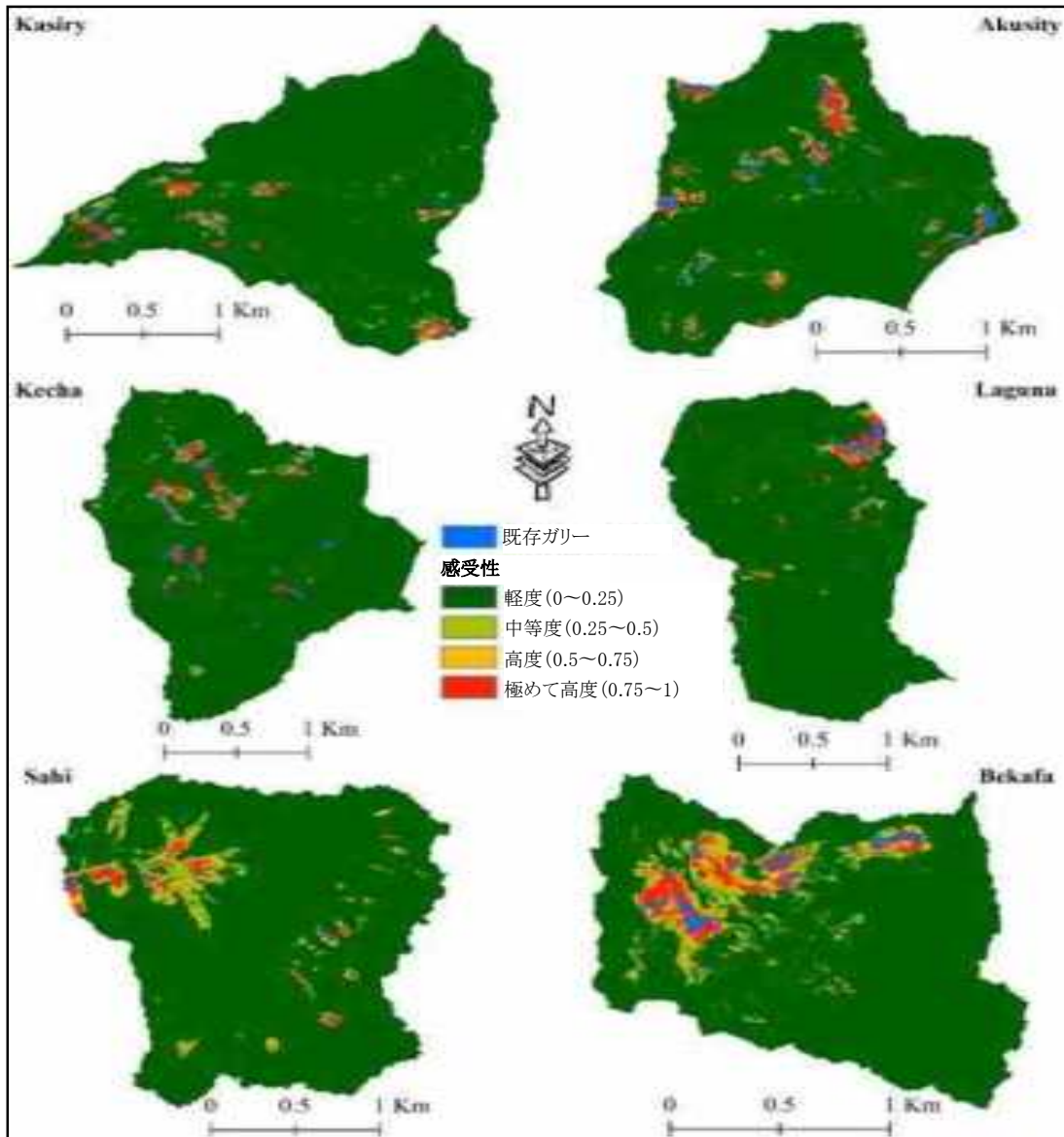


図 13. ガリー侵食感受性地図(Kasiry と Akusity は高地、Kecha と Laguna は中間地、Sahi と Bekafa は低地)。出典: Setargie et al. (2022)

② 研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

降雨、河川流量、堆積物運搬、地下水位の測定系を組み込んだ統合型土壌侵食観察システムが導入された。土壌侵食防止技術を開発するため、地表面流出、土壌流亡、バイオマス測定用の複数の実験プロットからなる圃場を準備した。SLM 手法 (生物物理的方法、耕種的方法、被覆作物、土壌改良剤) によって土壌侵食がどれくらい管理できるかを検証するための実験手法が作成された。土壌流亡実験用に、各小流域の土壌による実験を行うための降雨シミュレータがバハルダール大学に導入された。衛星画像解析と水文モデリングについて教授し、モデルシミュレーション検証のための堆積物と流出の観察が可能となるよう、水位計と河川流深度測定センサーが設置された。PAM など、最良の技術をいくつか選び、それがどのようにして土壌粒子同士をつなぎ止め、解離と土壌流亡を防止するかについて野外展示を実施した (図 14a)。さらに、共同放牧地における土壌と水の保全とガリー修復のための

最良の SLM 手法として、*Acacia decurrens* の植林による参加型のガリー再建について展示を行なった (図 14b)。



図 14. PAM がどのように土壌粒子同士をつなぎ止め、解離と土壌流亡を防止できるかを示す野外展示(a)、グダル流域における *Acacia decurrens* の植栽による参加型ガリー修復の効果を示す野外展示(b)。

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
特記事項なし。

④研究題目 1 の研究のねらい (参考)

各小流域において、以下の三つの活動により、安価で正確な土壌侵食観測システムの開発、侵食リスク評価のための空間モデルの開発とそれを用いた土壌侵食の将来予測、新たな土壌侵食防止技術の開発を行い、それらを統合的に適用することにより、これらの小流域において土壌侵食の削減を目指す。

⑤研究題目 1 の研究実施方法 (参考)

青ナイル川上流域において高地、中間地、低地のそれぞれ 1 カ所で研究対象とする小流域を設定する。それぞれ土地保全対策を施す小流域と施さない小流域をペアで設置・比較する対照流域法を用いる。

(3) 研究題目 2 : 「新たな耕畜連携システムによる土地生産力の向上」

(リーダー: 増永二之)

① 研究題目 2 の当初の計画 (全体計画) に対する成果目標の達成状況とインパクト

2-1. 耕作地の生産性向上

2-1-1. 倒伏抵抗性・耐性テフ品種の開発

茎の機械的特性と農業形態的形質についての変異保有量、さらに倒伏についての形質の関連性を調査し、エチオピアのテフの倒伏抵抗性栽培品種を開発する上で利用可能な選択基準を推定するため、2018年と2019年の栽培期間中、エチオピア北西部の2か所の研究サイト（アデット、ビチェナ）における320系統のテフを用いた野外実験によって、テフの稈の物理的特性と、関連する農業形態的形質について研究を行なった。その結果、物理的特性と農業形態的形質の両方に関するかなりの変異保有量が系統内に認められた（図15）。節間直径、押し倒し抵抗性、基部破壊モーメントなど倒伏抵抗性に寄与する形質は、互いに、また草高に対し、有意な正の相関を示した（図16）。同様に、これらの形質と倒伏指数の相関は、有意かつ正であった。対照的に、分げつ数は倒伏指数に対し有意な負の相関を示した。穂首から穂までの長さは、通常草高の59%を占めるが、半矮性育種の場合はこれを標的とすべきである。根系の発達、テフの場合長稈系統では1 m、矮性系統では57 cmであり、このことは、将来のテフに関する根部倒伏研究のための遺伝的変異保有量が存在することを意味するとともに、なぜテフがエチオピア内の旱魃頻発地域でも栽培成績が良好なのかを説明できる可能性がある。倒伏抵抗性のための育種プログラムの注力対象には、起立能力の良好な系統（高い基部破壊モーメント）や、半矮性形質に対する稈強度の浸透性交雑が考えられる。他の方法を採用するならば、大きな節間直径、より高い押し倒し抵抗性や基部破壊モーメント、より少ない分げつ数を旨とした選抜を考える必要がある。



図 15. 選択したテフ系統倒伏。(A) 系統 149(55114-4)、本系統は基部の起立能力は良好だが穂首が折れてしまった。(B) 系統 123(203010-4)、本系統の倒伏抵抗性は比較的良好だが、分げつが側方に成長する。(C) 系統 201(RIL-2)は湾曲型倒伏に弱い。(D) 系統 63(235368-1)の典型的な挫折型倒伏。出典: Bayable et al. (2020)

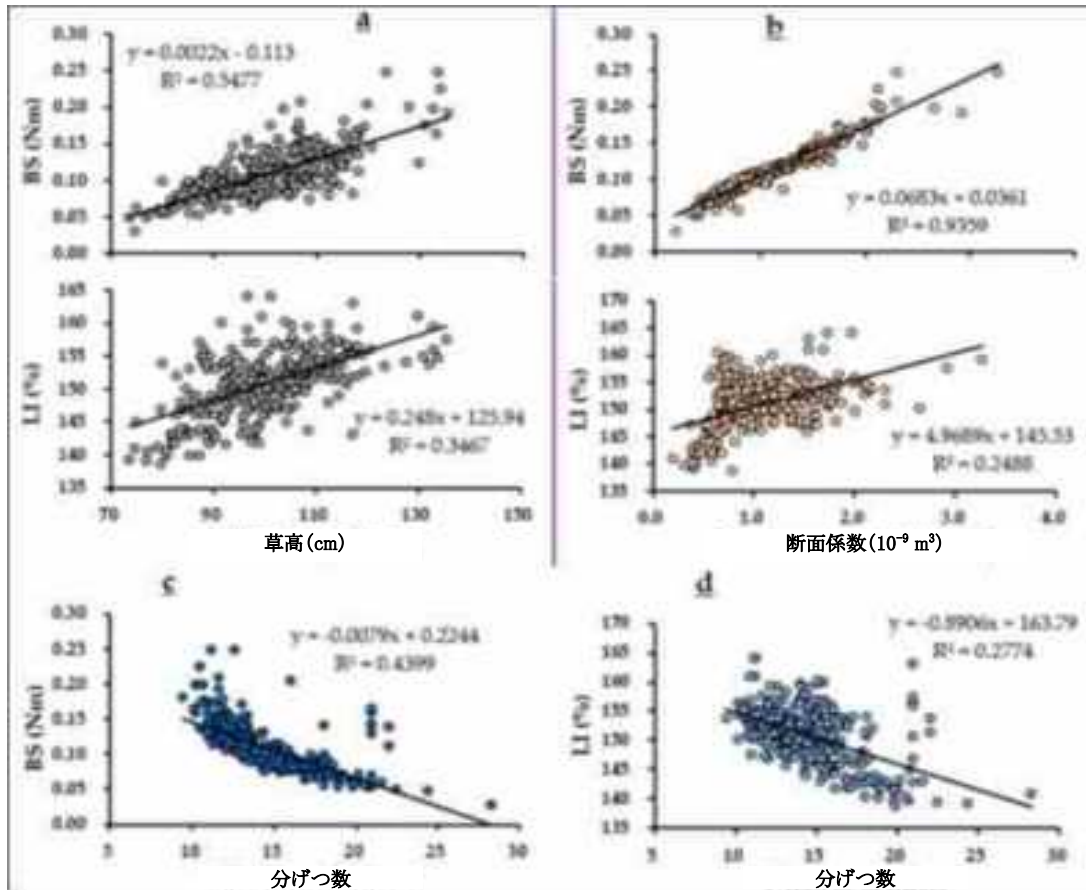


図 16. 形質の関係を示す二変量解析(320 の遺伝子型)。 (a) 草高と倒伏指数(LI)および基部破壊モーメント(BS)との関係、 (b) 断面係数と倒伏指数(LI)および基部破壊モーメント(BS)との関係、 (c) 分けっ数と基部破壊モーメントとの関係、 (d) 分けっ数対倒伏指数。 出典: Bayable et al. (2020)

テフの潜在収量を評価し、遺伝子型の変異保有量を決定するため、対照的な2地点(アデット、ピチェナ)で2作期(2018年、2019年)にわたり、集中管理によるポット実験と慣行管理による野外実験を実施した。すべての実験で同じ317系統の遺伝子型を対象とし、野外実験では改良栽培品種3件を追加した。その結果、両方の実験で、子実収量、バイオマス、収穫指数、季節性形質の遺伝子型に著しい差異のあることが示された。最良線形不偏予測量(BLUP)で調整した対象遺伝子型の子実収量成績は、集中管理では4.2から8.8 g/plantの範囲(表6)、慣行管理による野外栽培環境では1.8から4.3 g/plantの範囲(表7)であった。集中管理条件における観察では、子実収量(GY)はより高成績、収穫指数(HI)はより広範囲で、中程度から高度の遺伝率をともなったことから、形質組み換えによってテフをさらに改良できる遺伝的な可能性が示された。

表 6. 集約生育条件下での上位 10 件の高収量栽培品種と下位 3 件の低収量遺伝子型のテフの、最良線形不偏予測量 (BLUP) で調整した平均子実収量と収量関連形質。出典: Bayable et al. (2021)

遺伝子型	アクセッション番号	GY	BM	HI	DH	DM	GFP	PH	PL	PDL	PW
10件の高収量遺伝子型	242138-1	8.8	18.7	0.45	63	129	67	128.1	35.7	26.6	1.9
	236756-2	8.7	19.0	0.44	59	131	73	128.9	33.3	25.6	2.2
	242200-1	8.5	21.6	0.38	65	130	66	136.0	30.7	28.2	1.8
	235671-1	8.3	19.4	0.41	63	123	60	141.1	31.1	29.8	1.8
	227786-4	8.2	17.8	0.45	66	130	65	130.9	32.9	25.3	1.9
	229101-1	8.2	19.3	0.41	60	125	65	134.5	35.8	26.9	2.3
	Abishlemne	8.1	21.1	0.38	63	125	63	115.4	35.1	24.0	1.7
	229971-3	8.1	20.3	0.40	57	123	66	139.5	31.0	24.4	1.8
	244783-3	8.1	17.9	0.44	58	130	73	134.4	33.3	25.8	2.3
	234430-1	8.1	23.1	0.34	59	130	72	128.3	32.4	24.7	2.2
栽培品種	Etsub	6.7	22.4	0.30	60	130	71	138.5	36.8	25.6	2.1
	Quncho	6.4	17.8	0.36	60	123	63	128.5	32.7	27.9	1.8
	Abola	6.4	19.6	0.33	63	121	58	144.2	42.1	21.9	2.3
低収量遺伝子型	219850-1	4.3	16.7	0.27	62	108	46	102.9	34.5	25.6	1.7
	239373-2	4.3	18.0	0.25	63	111	48	100.7	28.0	28.4	1.4
	55069-3	4.2	16.1	0.28	60	109	49	115.3	21.6	25.2	1.6
総平均		6.2	18.4	0.34	60	121	60	126.9	32.2	26.4	1.8
LSD		0.9	4.0	0.1	6.7	11	12	15.0	6.1	6.0	0.4

GY = 子実収量 (g/plant)、BM = 地上部バイオマス (g/plant)、HI = 収穫指数、DH = 出穂までの日数、DM = 成熟までの日数、GFP = 登熟期、PH = 草高 (cm)、PL = 穂長 (cm)、PDL = 穂柄長 (cm)、PW = 穂重 (g)、LSD = 有意水準 5% の最小有意差

表 7. 慣行管理による野外生育条件下での上位 10 件の高収量栽培品種と下位 3 件の低収量遺伝子型のテフについて、BLUP で調整した平均子実収量と収量関連形質 (数年分、数か所のデータを集計したもの)。出典: Bayable et al. (2021)

遺伝子型	アクセッション番号	GY	BM	HI	DH	DM	GFP	PH	PL	PDL	PW
10件の高収量遺伝子型	229971-3	4.3	10.9	0.33	55	127	71	107.7	31.5	22.7	1.5
	236765-3	4.3	11.1	0.33	62	129	67	109.7	32.1	24.0	1.5
	234430-1	4.3	11.6	0.32	60	129	68	104.8	33.2	25.8	1.5
	236756-2	4.2	11.4	0.31	59	129	70	113.6	35.2	26.5	1.5
	DZ-01-3502	4.2	11.2	0.31	58	130	71	94.1	31.0	21.8	1.3
	RIL-260	4.1	12.6	0.30	61	131	69	128.6	42.2	25.1	1.8
	203010-4	4.1	13.5	0.27	61	131	69	125.0	38.7	26.2	1.5
	202978-2	4.1	11.0	0.32	62	129	67	108.7	33.8	24.5	1.3
	238223-2	4.0	11.9	0.29	58	128	69	104.1	30.1	25.1	1.0
	235659-3	4.0	12.1	0.30	59	127	67	110.1	32.3	25.9	1.2
栽培品種	Etsub	3.9	12.8	0.30	60	128	68	110.2	34.8	23.4	1.4
	Quncho	3.0	10.6	0.28	58	123	65	106.7	32.2	21.0	1.4
	Abola	3.4	12.8	0.27	64	130	66	113.4	37.4	23.3	1.5
低収量遺伝子型	229101-3	1.8	8.3	0.22	62	124	62	93.0	31.4	25.2	0.9
	234775-4	1.8	7.5	0.24	62	130	65	97.7	32.6	22.9	0.9
	219882-4	1.8		8.3	0.22	64	125	62	94.1	33.0	24.3
総平均		3.1		10.7	0.29	60	126	65	99.3	31.2	24.5
LSD		0.5		2.0	0.1	2.7	4.3	5.0	8.3	4.3	3.0

GY = 子実収量 (g/plant)、BM = 地上部バイオマス (g/plant)、HI = 収穫指数、DH = 出穂までの日数、DM = 成熟までの日数、GFP = 登熟期、PH = 草高 (cm)、PL = 穂長 (cm)、PDL = 穂柄長 (cm)、PW = 穂重 (g)、LSD = 有意水準 5%の最小有意差

2-1-2. 統合型土壌肥沃度管理・保全農法の開発

• 生物物理的 SLM 手法

土壌肥沃度と関連する土壌品質の指標に対する土地利用と管理方法の効果を評価するため、早魃の頻発する青ナイル川上流域の 3 種類の対照的な農業生態地域で、異なる形態の土地利用（耕作地、放牧地、灌木林）と持続可能な土地管理（SLM）方法（耕作地には草で強化した土堤区とファニャジュ、放牧と灌木林には排水溝の付いた、あるいは付いていない禁牧区）における、9 項目の土壌特性を分析した。この目的のために設置した、柵で囲った実験プロットから採取した表土（0~20 cm）について、9 項目の土壌特性（図 17）、すなわち土性（粘土、シルト、砂の比率）、かさ密度（BD）、pH、電気電動度（EC）、カチオン交換能（CEC）、総窒素量（TN）、土壌有機炭素量（SOC）、可給態リン（ P_{av} ）、可給態カリウム（ K_{av} ）を測定した。その結果からは、調査した 9 項目の土壌特性のうちの 7 項目には 3 種類の農業生態地域における 3 種類の土地利用のあいだで有意な差が見られ（ $p < 0.05$ から 0.001）、耕作地では pH、CEC、SOC、TN の値が他の土地利用形態よりもおおむね低かった。これらの結果は、作物生産が行われた土壌の品質は、数世紀にわたって実施された持続不可能な栽培体系によって、大きく劣化していることを示唆した。しかし、SLM 手法の実装から 3 年後、土壌パラメータのほとんどは植物生産をささえるための最適範囲におさまっていた。とりわけ、鋭敏な土壌特性（BD、SOC、TN、 P_{av} 、 K_{av} ）は、草で強化した土堤区（SBG）および禁牧区が実装された実験プロットにおける改善が顕著であった（図 17）。この改善は、第一に、実験プロットの柵と最小限におさえた耕起によって維持された良好な自然条件が原因となって、十分にしっかりした植生被覆が発達していたことと関連している。したがって、これらの結果は、植生の成長を高め、作業による土壌の攪乱を抑えることが、土壌劣化を抑制するための最良の手段であることを示している。土地利用を適切な SLM の手法と統合させることは、土質を維持・修復し、生態系の機能を持続させるための最も有効な手段であると結論する。

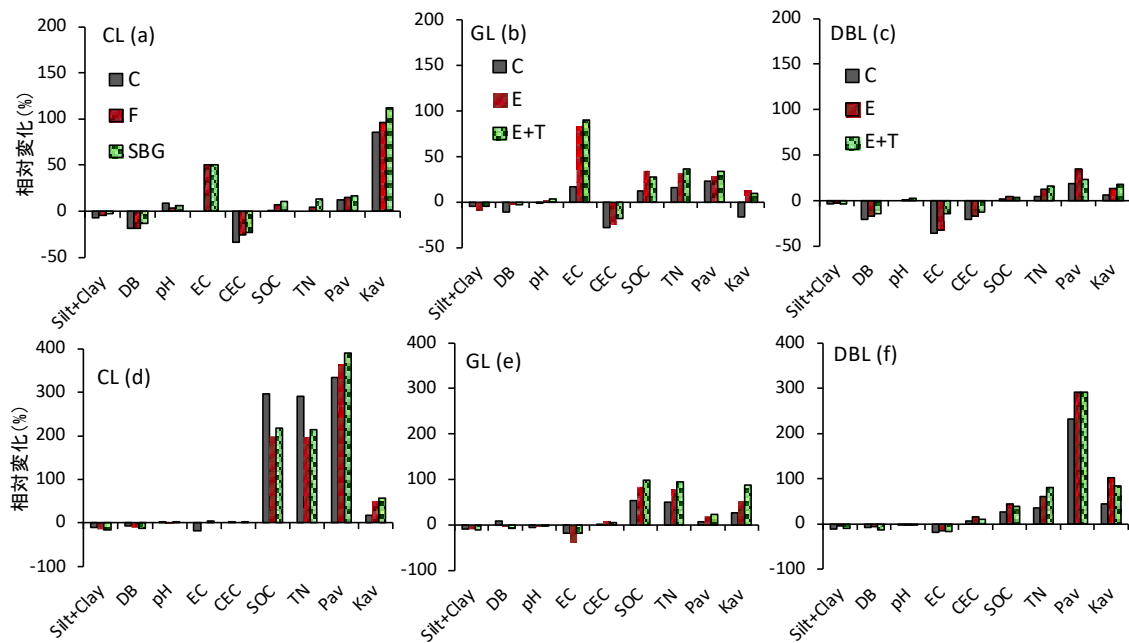


図 17. グダル(a-c)とアバガリマ(d-f)の研究サイトにおいて、さまざまな土地管理手法を異なる土地利用形態(CL:耕作地、GL:放牧地、DBL:灌木林)に実装した3年後の土壌品質特性の相対変化。各土壌特性の相対変化量(パーセント)は、各土壌パラメータについて、2数値の実際の差(2018年の測定値から2015年の値を引いたもの)の、2015年の測定値(基準値)に対する比から算出した。C:対照(慣行)、F:ファニャジュ、SBG:草で強化した土堤区、E:禁牧区、E+T、排水溝付きの禁牧区。出典:Ebabu et al. (2020)

• 土壌改良剤

さまざまな土壌改良剤の、土壌肥沃度とテフ収量に対する効果を調査した。エチオピア青ナイル川上流域で3種類の対照的な農業生態を示す研究サイト(グダル、アバガリマ、ドゥバテ)において、3反復の完全乱塊法により2年にわたる野外実験を実施した。施用する土壌改良剤はポリアクリルアミド(PAM、40 kg/ha)、バイオ炭(B、8 t/ha)、石灰(L、4 t/ha)、石膏(G、5 t/ha)、厩肥(FYM、5 t/ha)、PAM+B、PAM+L、PAM+Gとし、対照区を設けた(図18)。その結果からは、PAM+L、PAM+B、L処理は、アバガリマとグダルの土壌でpH、可給態リン(P_{av})、総窒素量(TN)、有機態炭素、水分浸透を顕著に改善したが、一方PAM+B、B、FYM処理は、ドゥバテの土壌で土壌水分含量、P_{av}、TNを目に見えて増加させた。同様にテフ収量は、対照区と比較してグダルでは25から37%、アバガリマでは25から32%、ドゥバテでは20から31%の有意な増加(p < 0.05)を示した(図18)。また実験結果からは、PAMを、中程度から強度の酸性土壌には石灰と、微酸性の土壌にはバイオ炭と、それぞれ合わせて施用することで相乗効果が得られ、土壌肥沃度の特性や作物収量を改善する可能性のあることが示唆された。

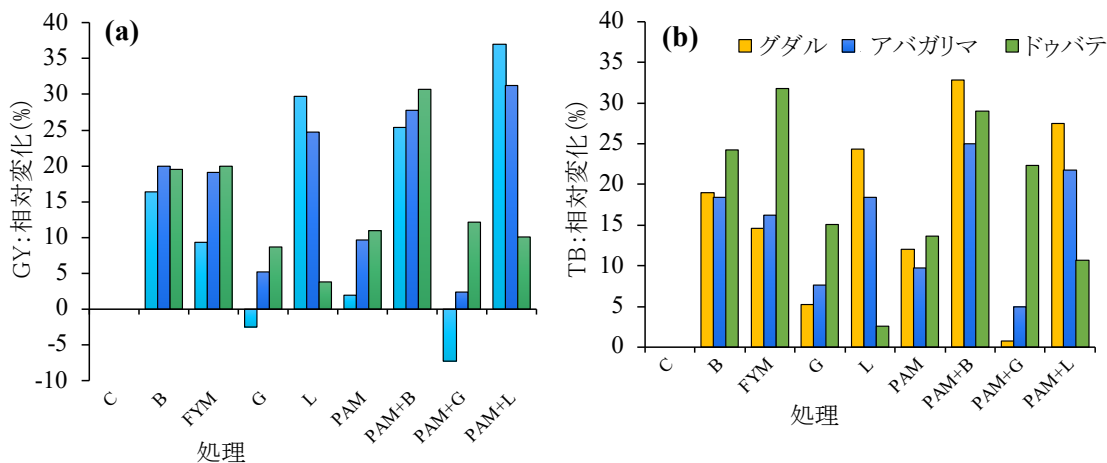


図 18. さまざまな土壌改良剤を2年間(2018年、2019年)施用して得た(a)テフ子実収量(GY)と(b)総乾燥バイオマス収量(TB)の対照に対する相対変化。パーセント表示した各処理の変化は、(処理区の2年間の平均 - 対照区の2年間の平均) ÷ (対照区の2年間の平均)として算出した。出典:Mulualet al. (2021)

• 作物管理方法

テフ栽培地間の子実収量の差を定量し、さまざまな作物管理方法と土壌肥沃度パラメータが収量の変動性に与える影響を特定するため、2019年の栽培期間中、3か所の研究サイトで、エチオピアにおけるテフ栽培の農業生態系を代表する82か所のテフ栽培地を調査した。この研究は室内実験、野外実験、栽培地での調査によって実施された。その結果は、テフ収量がさまざまな農業生態系の内部比較と外部比較の両方で大きく変動することを示した(図19)。収量に大きく影響した作物管理要因は、NとPの施用率と収穫までの日数であった。最も重要な土壌特性は、総窒素量、土性、微量元素であった。テフの低収量の原因は、

改良耕種法を実装しなかったこと、低い土壌肥沃度、非効率な栽培体系であった。栽培地間で観察された収量の変動は、テフの生産性にはさらにおおきな向上の見込みがあることを示した。高頻度の耕起、単一作物の栽培、作物残さの完全な除去が低い土壌肥沃度の主要原因となっていた。

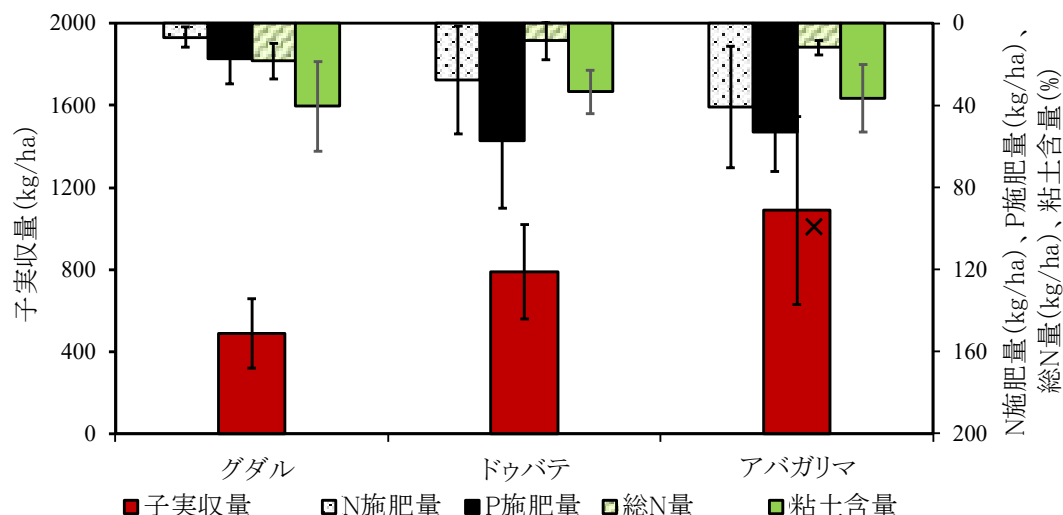


図 19. グダル、ドゥバテ、アバガリマにおけるテフ子実収量の、選択された作物管理(NとPの施用率)と土壌特性(総N、土性)との関係。エラーバーは標準偏差を表す。‘×’印を付けたアバガリマの農家圃場におけるテフ品種 Quncho の子実収量は、国内平均(2800 kg/ha)をはるかに下回っている。出典:Mihretie et al. (2022)

• 耕起と播種方法

さまざまな耕起、播種、土壌踏圧の方法がテフの生産性と経済特性に与える効果を調査するため、エチオピア青ナイル川上流域の高地農業生態地域において、2018年と2019年の栽培期間中、野外実験に基づく研究を実施した。2通りの耕起方法(減耕起、慣行)、2通りの播種方法(条播、散播)、踏圧についての2選択(鎮圧あり、なし)について、それらがテフ栽培の作物学的・経済的成績に及ぼす影響を調査した。その結果では、耕起方法はいずれの年も子実収量に大きく影響しなかったが、両年とも子実と藁の収量は条播を散播が上回った。鎮圧は、したほうがしない時よりも子実と藁の収量が高かった。しかしながら、減耕起、条播、鎮圧なしの場合、農家の慣行法である耕起、散播、鎮圧ありに比べて雑草密度が著しく高かった。部分予算分析によれば、慣行耕起(CT)を組み込んだ実験処理のほとんどでは、純利益は小さく、総可変費用は大きくなるため、おおむね不利益であった(表8)。したがって、収益性は減耕起・散播で鎮圧なし、減耕起・散播で鎮圧あり、減耕起・条播で鎮圧あり、減耕起・条播で鎮圧なしの場合に高く、純利益はそれぞれ5983、5367、4913、4361米ドル/haであった(表8)。条播を伴う実験処理でより高収量だった理由は、その土壌水分の保全に対する有益な効果である(図20)。したがって、本研究の結果からは、適切な雑草管理を併用するという前提で、鎮圧を行わない減耕起と条播の組み合わせが、最小限の出費でほどよいテフの収量を得るために有望であることがうかがわれる。

表 8. さまざまな耕起、播種方法、踏圧手法を数年間にわたって併用した際の部分予算分析。
出典:Mihretie et al. (2021)

実験処理	可変費用 (米ドル/ha)				TVC (米ドル /ha)	NB (米ドル /ha)	-	MRR (%)	Rank
	耕起 労力	種子 費用	播種 労力	除草労力					
RT + RS - T	117b	11b	138ab	638	904b	4361bc	-		
RT + RS + T	117b	11b	179a	653	961b	4913abc	973	3	
RT + BS + T	117b	29a	90d	743	974b	5367ab	3504	2	
RT + BS - T	117b	29a	18e	966	1131ab	5983a	393	1	
CT + BS - T	469a	29a	18e	623	1139a	5019abc	D	-	
CT + RS-T	469a	11b	138ab	559	1178a	3863c	D	-	
CT + BS + T	469a	29a	60cd	663	1220a	5716ab	297		
CT + RS + T	469a	11b	179a	604	1264a	5644ab	D	-	
F-値	10.1*	5.6*	21**	1.5ns	2.5*	10.2ns			

CT：慣行耕起、RT：減耕起、BS：散播、RS：条播、+T：鎮圧あり、-T：鎮圧なし。

TVC：総可変費用、NB：純利益、Dom (D)：優占する実験処理、MRR：限界収益率。

*, **: *p = 0.05 で有意、**p = 0.01 で有意、ns：有意性なし。



図 20. テフの散播(左)と条播(右)による成熟期の生育状況の違い。出典:Mihretie et al. (2021)

• 反射率に基づく土壌肥沃度・生産性のモデリング

特定の作物タイプに関連した土壌・土地生産性の空間的変動性評価の代用として、Sentinel-2 画像から得た植生指標とグラウンドトゥルースデータを用いて、アバガリマの研究サイトにおける Kecha 流域内で 2 種類の主要作物(テフ、シコクビエ)の子実収量(GY)と地上部バイオマス(AGB)を予測した。2020 年と 2021 年の栽培期間中、分けつ期に撮影した Sentinel-2 画像について教師あり分類を行なった。テフとシコクビエの GY と AGB の予測に用いた 8 種類の植生指標のうち、強化型植生指標(EVI)と正規化植生指標(NDVI)により最良の近似が得られた。子実と地上部バイオマスの収量は、テフについては流域の中央部と北部でより高く、シコクビエでは南部と北部で高いことが判明した(図 21)。こうした結果から、GY および AGB と衛星画像の EVI および NDVI の間には密接な関連が認められ、ばらつきの 70%以上を説明している。さらに今回の結果は、研究地域において、高収量とより持続可能な食糧生産を実現するためのテフとシコクビエの管理を、衛星観測が容易にする可能性をうかがわせた。しかしながら、このモデル群を研究地域とは異なる条件に外挿するには、現地でのバリデーションが必要である。

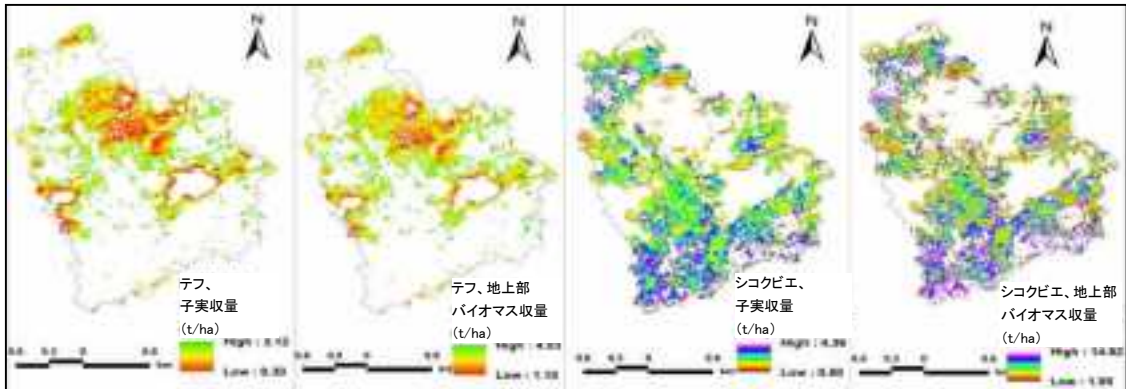


図 21. アバガリマ研究サイトの Kecha 流域におけるテフとシコクビエの予測収量の空間分布。
出典:Tiruneh et al. (2022)

2-2. 放牧地における改良牧草地の技術開発

• 現地の乳牛のための飼料の質と給餌法

泌乳期にあるエチオピアのフォゲラ乳牛を用いて、自然草地乾牧草、2種類の改良乾牧草（ネピアグラスとブラキアリアグラスの交配牧草）、処理ずみテフ藁サイレージ給餌が、基本飼料として養分消化性、乳量、窒素利用効率、腸内メタン排出量に及ぼす効果を評価した。その結果から、改良乾牧草と処理ずみテフ藁サイレージ飼料の給餌が、自然草地乾牧草に比べて、乳量、養分消化性、窒素利用効率を大幅に増加させることが明らかとなった（表 9）。さらに、改良乾牧草と処理ずみテフ藁を給餌された乳牛では、窒素排泄経路が尿から糞へと変化し、一日乳量あたりのメタン生成量が減少していた。したがって、今回の結果が生み出した、栄養面で改良された飼料を基本飼料として給餌する新規給餌法は、熱帯地域における持続可能な酪農生産のために、乳量と養分利用効率を向上させ、メタン排出を削減することができる。

表 9. 自然草地乾牧草、処理ずみテフ藁、ネピアグラス乾牧草、交配ブラキアリアグラス乾牧草を与えた乳牛の泌乳の乳量、構成比、尿素含量。出典:Mekuriaw et al. (2020)

変数	飼料処理				SEM	P
	NPH	TTS	NGH	BhH		
収量						
乳量 (kg/d)	1.77c	2.34b	2.71b	3.34a	0.27	0.01
FPCM (kg/d)	2.06c	2.69b	2.91b	3.40a	0.38	0.02
構成比 (%)						
脂肪	5.49	6.38	5.68	5.40	0.13	0.16
タンパク質	2.76	2.76	2.88	2.78	0.16	0.06
乳糖	4.19c	4.81a	4.59ab	4.21b	0.23	0.04
MUN (μmol/L)	858.6b	975.6a	837.2b	879.5b	37.8	0.04
有効性	0.28b	0.29 b	0.35a	0.34a	0.02	0.03

NPH：自然草地乾牧草、TTS：処理ずみテフ藁、NGH：ネピアグラス乾牧草、BhH：ブラキアリアグラス交配牧草、SEM：平均値の標準誤差、FPCM：脂肪およびタンパク質補正乳、MUN：乳中尿素窒素、a-c 列内で異なる上付き文字を添えた平均値は有意に異なる（ $p < 0.05$ ）。

• メタン排出の削減

エチオピアのアンダッサ家畜研究センターにて、現地在来乳牛（フォゲラ系統）を放牧した場合と舎飼い給餌した場合のメタン（CH₄）ガス排出量、栄養摂取量、消化性、乳量、体重増加を評価した。12頭の泌乳中期（実験開始時の泌乳日数、107±27）の経産乳牛（経産

回数は2ないし3、平均体重は227.4 ± 23.1 kg) を、放牧群 (GG、n = 4、対照区) と自然草地乾牧草 (CG1、n = 4) またはネピアグラス (*Pennisetum purpureum*) 乾牧草 (CG2、n = 4) を与えた舎飼い給餌2群のいずれかに割り付けた。その結果では、給餌群間でパラメータに明らかな差が認められた (表 10)。摂取した飼料の中性デタージェント繊維 (NDFom) 濃度は、CG2 が CG1 や GG を下回った。同様に、粗タンパク質摂取量についても、3 群中 CG2 が最高であった (表 4)。推定総エネルギー摂取量 (calculated GEI) は、GG、CG1、CG2 でそれぞれ 21.1、18.5、22.0 Mcal/d であった。摂取乾物量 (DM intake) は GG と CG2 (p = 0.13)、GG と CG1 (p = 0.09) の間ではほぼ同等であったが、CG2 に比べ、CG1 では有意に低かった (p < 0.01、表 10)。NDFom 摂取は CG1 では GG を下回ったが (p < 0.01)、総 DM 摂取量に対する濃厚飼料摂取量の比率は GG に比べて CG1 の方が高く (p = 0.01)、CG2 は低かった (p = 0.05)。DM の消化性は CG1 では GG を下回ったが (p < 0.01)、NDFom の消化性は GG に比べて CG1 は高く CG2 は低かった (両者とも p < 0.01)。体重増加は CG1 に比べて CG2 の方が高く (p = 0.03)、CG1 では体重は減少していた。シミュレーションによる CH₄ 排出量 (g/kg0.75 BW/d) については3群間に差はなかった (表 10)。また乳量あたりの CH₄ 排出量についても、3群間に差はなかった (p = 0.95)。しかしながら、DM 摂取量あたりの CH₄ 排出量と、推定 GEI に対する CH₄ 排出量の比率は、CG1 では他群に比べて有意に高かった (両者とも p < 0.05)。結論として、CG1 の乳牛は、他群に比べて飼料摂取あたりの CH₄ 排出量が多く、乳量や体重増加に有意な増加はないので、自然草地乾牧草は舎飼い給餌の乳牛には推奨できないことが示唆された。

表 10. さまざまな飼料 (飼料型) によるフォゲラ乳牛の飼料と栄養摂取、消化性、乳量、メタン排出量、体重増加。出典: Kobayashi et al. (2021)

項目	GG ¹⁾	CG1 ¹⁾	CG2 ¹⁾	SEM	p-値
飼料と栄養摂取					
DM (kg/d)	4.59ab	4.20b	4.93a	0.226	0.004
粗タンパク質量 (kg/d)	0.33c	0.38b	0.55a	0.024	< 0.0005
NDFom 濃度 (%)	65.5a	60.4b	59.3c	0.409	< 0.0005
総 DM に対する濃厚飼料の摂取量比率 (%)	28.1b	30.7a	26.2c	0.992	< 0.0005
消化性					
DM (%)	58.6a	46.4b	50.8ab	3.990	0.006
NDFom (%)	72.8a	54.8b	61.3b	4.292	0.0007
乳量 (L/d)	1.33	1.56	1.64	0.478	0.70
乳量 (L/kg-DM 摂取量/d)	0.29	0.37	0.33	0.103	0.61
メタン排出量					
g/d	65.9	69.5	66.1	2.927	0.17
g/kg0.75 BW/d	1.12	1.20	1.12	0.092	0.44
メタンエネルギー / GEI (%)	4.14b	5.00a	3.99b	0.205	< 0.0005
体重増加 (kg/d)	0.25ab	-0.07b	0.55a	0.273	0.03

SEM: 平均値の標準誤差、DM: 乾物量、NDFom: 無灰天然デタージェント繊維、BW: 体重、GEI: 総エネルギー摂取量。

1) 実験飼料は GG: 放牧群 (対照区)、CG1: 草地舎飼い給餌、CG2: ネピアグラス舎飼い給餌。a-c 列内で異なる上付き文字を添えた平均値は有意に異なる (p ≤ 0.05)。

• 改良飼料種の組み入れ

厩肥 (FYM) と *Desmodium intortum* との間作がネピアグラスと desho 草の形態的特徴、乾物収量、粗タンパク質収量に及ぼす効果について評価した。本実験は、それぞれ中間地と高地の農業生態系を代表するアバガリマとグダルの流域に要因を配置した完全乱塊法により、3 反復で実施した。実験処理は、ネピアグラスまたは desho 草単独栽培 [対照区]、ネピアグラスまたは desho に *Desmodium* を間作、ネピアグラスまたは desho に FYM を施肥、ネピアグラスまたは desho に *Desmodium* 間作と FYM 施肥を併用、である (図 22)。その結果から、

施肥が双方の流域で牧草の形態と収量の特徴に良好な影響を与えることが明らかになった。乾物収量と粗タンパク質収量は、FYM 単独あるいは FYM と Desmodium を併用した場合、アバガリマ (9.1 から 9.6 t/ha、866.7 から 792.4 kg/ha) でもグダル (7.0 から 7.1 t/ha、795.3 から 510.5 kg/ha) でも他の処理よりも有意に高かった ($p < 0.001$)。これらの知見は、FYM の施用と FYM と Desmodium の併用が、エチオピア青ナイル川上流域の乾燥地域において、飼料用牧草の生育と収量や家畜の生産性を改善する可能性があることを示唆した。



図 22. アバガリマ(右)とグダル(左)の研究サイトにおけるさまざまな飼料草種に関する実験の状況。出典:Walie et al. (2022)

2-3. 劣化地における土地修復

• 地形的位置に基づく土地の劣化の評価

景観内で進行中の生態学的プロセスを評価し、土地利用と地形的位置の効果を明らかにするため、エチオピア青ナイル川上流域のドウバテ (低地)、アバガリマ (中間地)、グダル (高地) の異なる農業生態系を代表する 3 か所の研究サイトに見られる 4 種類の主要な土地利用形態 (灌木林、耕作地、放牧地、プランテーション) と 3 種類の地形的位置 (上部、中部、下部) において、最表層土壌 (0~50 cm) から 3 段階の深さで 352 点の混合土壌試料を採取し、土壌有機炭素量 (SOC) と総窒素量 (TN) を分析した (図 23)。SOC と TN の現存量は、ともに土地利用、地形的位置、農業生態系にまたがって大きく変化した (図 23)。SOC と TN の現存量は、グダルでは灌木林 (166.22 Mg/ha) と放牧地 (13.11 Mg/ha) にとりわけ高い値が認められた。SOC と TN の現存量の最低値はアバガリマの耕作地に認められ (それぞれ 25.97、2.14 Mg/ha)、その原因は高頻度かつ無管理の耕起とバイオマスの大規模な除去であると考えられた。グダルでは、アカシアのプランテーションは、貧弱な下生えと炭や薪を生産するための過剰採取により、SOC と TN の現存量が他の土地利用形態に比べて低いことが示された。同様に、アバガリマの耕作地では、長期にわたる耕作と持続不可能な人為活動のため SOC と TN の現存量が低く (図 23)、とりわけ耕作地を対象とした土地管理による介入が急務であることを明らかにした。全体を通じて、農業生態系の内部比較と外部比較の両方で、土地利用は TN の現存量に影響を与える重要な要因であることが示されたが、地形的位置の効果は、農業生態系内部よりも生態系間の比較においてより顕著であった。これらの結果は、青ナイル川上流域のような不均質な環境では、適切な土壌管理と土地修復の方法を設計するために、土地利用や地形的位置とそれらの SOC と TN の現存量に対する効果との相互作用の正しい理解が必要であることを示唆した。

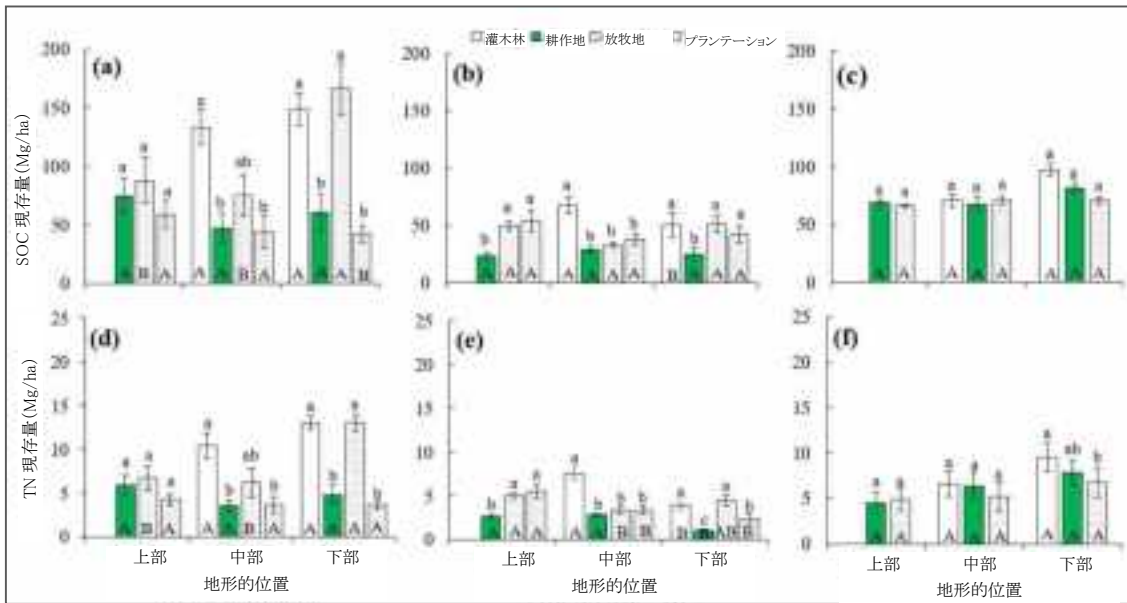


図 23. グダル (a, d)、アバガリマ(b, e)、ドゥバテ(c, f)の研究サイトにおけるさまざまな土地利用形態と地形的位置のもとでの有機炭素量(SOC)と総窒素(TN)の土壤中現存量。棒グラフの上の小文字アルファベットが異なる場合、同じ地形的位置で、異なる土地利用形態の間にSOCとTNの有意差があることを示す($P < 0.05$)。大文字アルファベットが異なる場合は同じ土地利用形態で、異なる地形的位置の間にSOCとTNの有意差があることを示す($p < 0.05$)。エラーバーは標準誤差を表す($\alpha = 0.05$)。出典:Abebe et al. (2020a)

• 教会の森 (保全地) 土壌のイノキュラムポテンシャル

教会の森の土壌を劣化地の修復に利用するためのアプローチでは、(i) 良く保存された教会の森および隣接する劣化地から土壌サンプルを採取、(ii) 教会の森の土壌中の有用微生物(細菌、菌類)の現存量と多様性を実験室で特定、(iii) 実験室/温室および野外条件で、これらの微生物が苗木の生育に与える影響を検証—のステップが踏まれた(図 24)。さらに大規模利用につながる今後の研究課題として、(i) 微生物(細菌、菌類)の有益な形質の分離、(ii) 水耕培地上での苗木の生長促進のための有益微生物の大量接種、(iii) 発育した苗木の劣化地への移植と定着のための保護と管理—が明らかになった。

エチオピア北東高地の教会の森から得た土壌のイノキュラムポテンシャルと、選定した 2 種の在来樹種 (*Olea europaea*, *Albizia gummifera*) の温室 (GH) 環境における苗木生育に対するその効果を評価した。種子発芽チャンパー内で発芽させた苗木を、教会の森の優占樹種、*Albizia gummifera* (AG)、*Croton macrostachyus* (CM)、*Juniperus procera* (JP) の樹冠下、および隣接する劣化地 (DL) から採取した、滅菌あるいは非滅菌土壌を充填したポット (計 128 個) に移植した (図 24)。その結果によれば、教会の森から採取した非滅菌土壌では、苗の草高、地際直径、茎葉部および全体の質量が滅菌土壌に比べて大幅に上回っていた。さらに、Acidobacteria, Actinobacteria, Nitrospirae 各門の細菌の相対的存在量は、AG, CM, JP の樹冠下非滅菌土壌で有意に高かった ($r^2 = 0.6-0.8$, $p < 0.001$)。AG, CM, JP 土壌で生育させた苗は、DL 土壌で生育させたものに比べて、土壌微生物の豊富さと多様性のため、植物としての性能も生存率も優っていた。とりわけ本研究が示すのは、さらに土壌微生物が、CM 由来の土壌で生育させた *Olea* 苗木の成績に顕著な効果をもたらすことである。このことから、野外条件でも立証されたように、残存する教会の森の、特に CM 樹冠下から得た土壌は、劣化地における在来樹種の苗の生育と生存を促進しうる、良好な原土となる可能性があるものと思われる (図 24)。

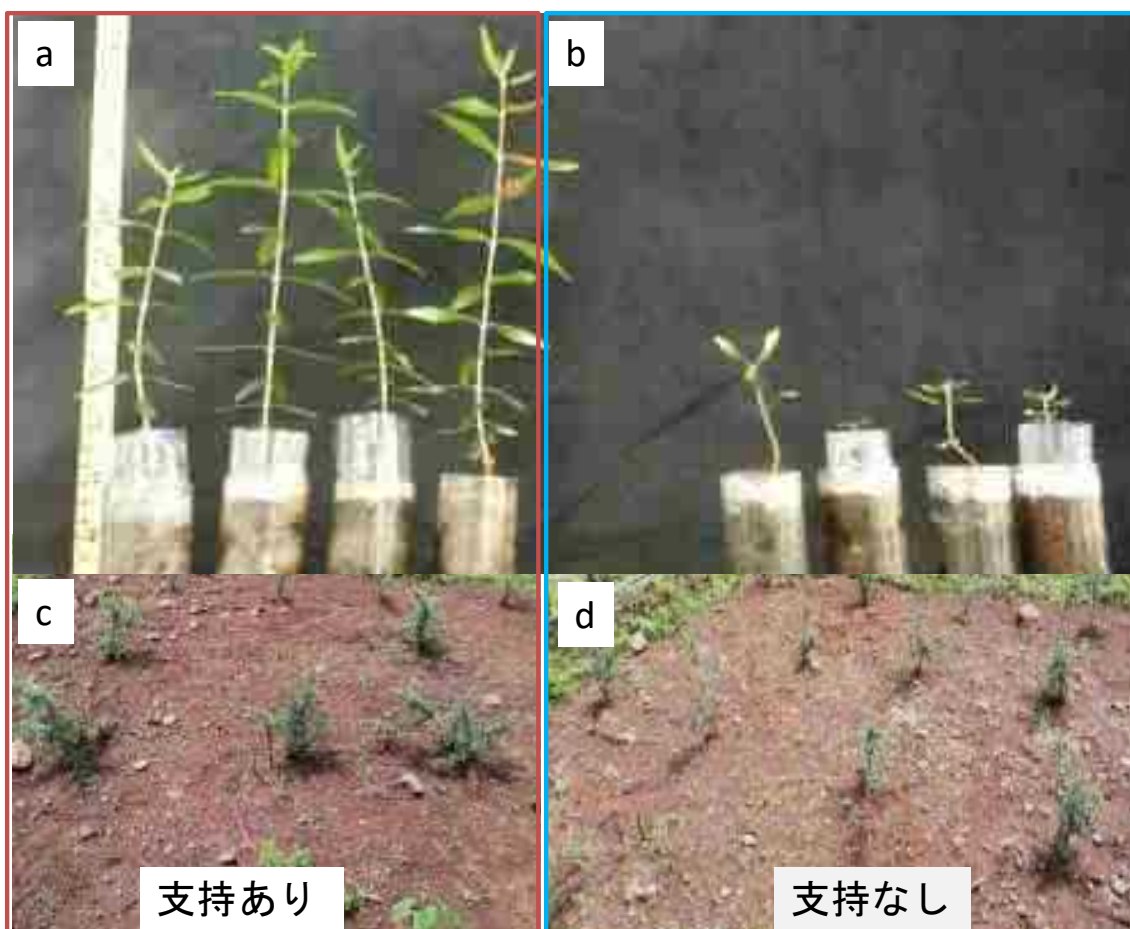


図 24. 教会の森の微生物による補助がある場合(左)とない場合(右)の *Olea europaea* 苗の状況。写真 a と b は温室条件での生育結果の違いを、c と d は劣化圃場条件での生育結果の違いを示す。出典:Abebe et al. (2020b)

エチオピア青ナイル川上流域の中間地 (Kecha) と高地 (Kasiry) の農業生態系を代表する 2 か所の流域において、さまざまな土地利用における土壌呼吸の空間的・時間的な変動性 (土壌炭素蓄積量の変化測定の代用) とその制御要因を調査した。計 36 か所の固定した実験プロットを、3 種類の土地利用、すなわち耕作地、放牧地、プランテーション (カートまたは *Acacia decurrens*) が行われている 2 か所の流域に設置した。土壌呼吸の測定は、2020 年 9 月から 2021 年 8 月まで、Li-cor 8100A を用いて 1 か月ごとに実施した。土壌呼吸の測定とともに、土壌温度と土壌湿度も記録した。その結果から、両研究サイトにおいて、さまざまな土地利用における土壌呼吸の空間的・時間的な変動性が明らかとなった (図 25)。平均土壌呼吸値は、Kecha 流域ではテフ栽培地とカートのプランテーションが放牧地を有意に上回ったが ($p < 0.05$, 図 25b)、Kasiry 流域では放牧地が *Acacia decurrens* とテフの栽培地を有意に上回った ($p < 0.05$, 図 25a)。すべての土地利用において、土壌呼吸データの最低値は収穫を行う乾季 (3 月、4 月) に記録された。一方、土壌呼吸の最高値は雨季の前 (5 月) と後 (9 月、10 月、11 月) に記録された。両方の研究サイトにおいて、土壌 pH、土壌有機炭素量 (SOC)、土壌総窒素量 (TN)、粘土含量と、さらに土壌湿度が土壌呼吸の変動の要因であった。根部呼吸の寄与率は、Kecha 流域では平均してカートプランテーションで 10%、テフ栽培地で 25%、放牧地で 31%、Kasiry 流域では *Acacia decurrens* 栽培地で 25%、テフ栽培地で 39%、放牧地で 62%であった。全体を通じて、これらの結果はさまざまな土地

利用における炭素の動態を傍証し、異なる土地管理方法の実装が必要であることを示唆した。

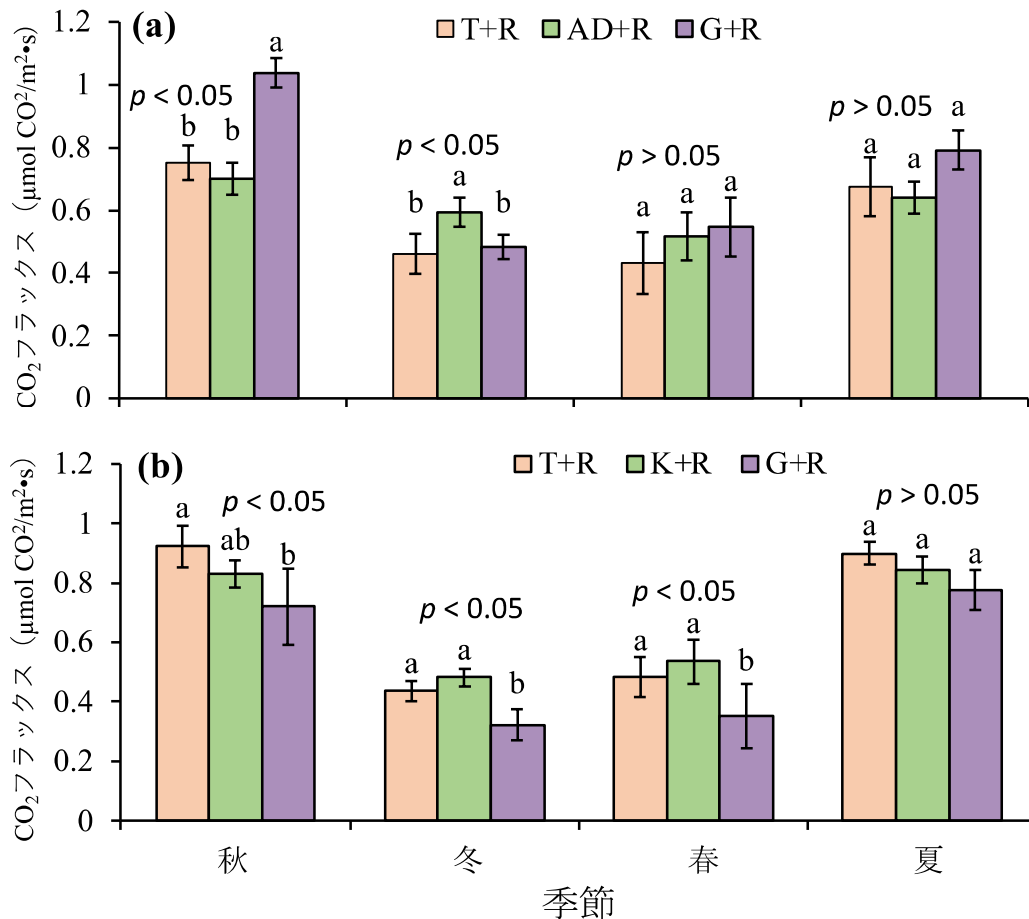


図 25. (a) Kasiry と (b) Kecha 流域における土壌呼吸 (対数変換データ) の土地利用形態間での季節変動。バーは標準誤差を示す。同じアルファベットを付けた実験プロットは $p < 0.05$ で有意差なし (LSD 検定、土地利用と季節の各水準について $n = 9$)。T+R: テフ耕作地+根部、G+R: 放牧地+根部、K+R: カートプランテーション+根部、AD+R: *A. decurrens* +根部。出典: Fekadu et al. (2022)

②研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

カウンターパートに対し、植物の遺伝型決定、作物の表現型解析、作物の生理学と形態学、家畜栄養学、畜産、畜産農場からのメタン排出、土壌特性、土壌微生物に関連する実験手法について教授した。また、作物や家畜の生産性向上技術と劣化地の修復技術について、展示を行なった。

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

- 家畜による飼料摂取を推定するため、牧草地ではワイヤレス咀嚼数計測器 (顎の動きを測定する装置) を使用しなければならなかった。
- 緑色飼料の栄養価は、タンニン含量の高いマメ科植物の葉にはポリエチレングリコールを添加した上で、反芻消化系における効果を査定することにより評価した。

- 反芻動物（現地在来乳牛）からのメタン（CH₄）ガス排出の推定には、携帯型レーザーメタン検出器（LMDs）を使用した。
- 土地管理方法が土性と肥沃度パラメータに与える効果の推定には、土壤反射スペクトル法を使用した。
- 改良型作物収量観測手法の設計には、葉面反射率に基づくモデリングを使用した。

④研究題目2の研究のねらい（参考）

家畜を放牧地で飼育する伝統的な自由放牧は、過放牧による土地の劣化や土壤侵食の要因となっている。そこで家畜を畜舎で飼育する舎飼いを基本とする新しい耕作－畜産連携システムを実現するための技術を開発し、小流域レベルの土壤侵食の抑制と土地生産力の向上を目指す。

⑤研究題目2の研究実施方法（参考）

対象小流域において実験プロットを設置し、耕起手法（最小耕起、保全耕起）、作付け体系（単作、間作、輪作）および作物残渣管理が土壤侵食削減、土壤肥沃度維持、作物収量・バイオマスに及ぼす効果を評価し、最適な農法（保全農法）を特定する。

(4) 研究題目3：「経済的・社会的エンパワメントによる農家生計の向上」

（リーダー：Asres Elias BAYSA）

①研究題目3の当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

3-1. 貧困・社会的格差要因の解明

貧困世帯間の格差を見積もるため、エチオピア青ナイル川上流域で、異なる3通りの、旱魃の頻発する農業生態条件における多次元貧困を調査した。重要指標を選択するため、研究サイトにて予備的な参加型研修を実施し、その後計画的にランダムに選定した390世帯について、体系的調査を施行した。多次元貧困の分析には Alkire-Foster 法を使用し、Correlation Sensitive Poverty Index (CSPI) によって検証した。その結果から、多次元貧困発生率、調整貧困率、格差には研究サイト間で有意差が認められ ($p < 0.001$)、アバガリマ、グダル、ドゥバテの研究サイトにおける貧困の発生率はそれぞれ88%、82%、80%と高く、強度は52%、55%、56%、格差は53%、60%、63%であった。多次元貧困指標 (MPI) には、生活水準と土地や家畜の所有規模が最も大きく寄与していた (図26)。この事例研究は、土地と家畜の指標を国家の MPI に含めることの重要性を示し、研究者や政策立案者が貧困に対する介入の研究と設計を行う際、小規模コンテキスト化指標と所在地の差異を考慮する必要があることを示唆した。

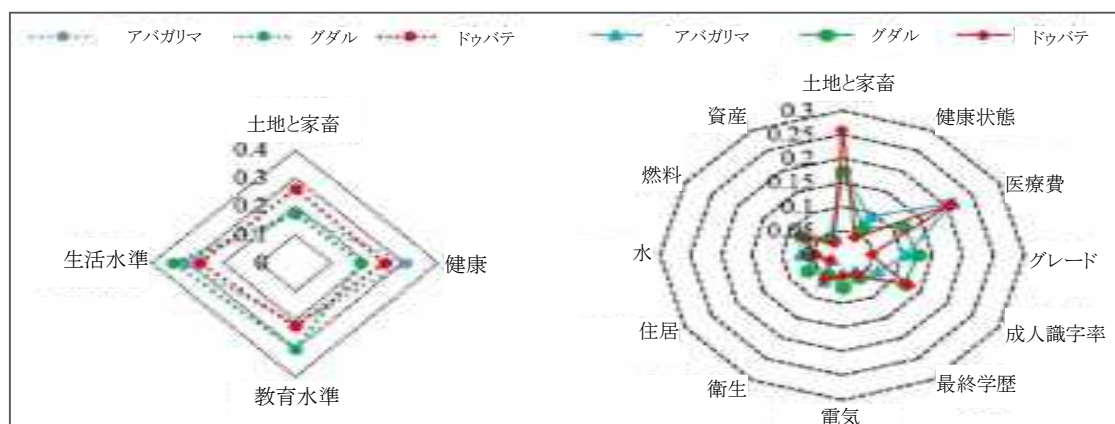


図 26. アバガリマ、グダル、ドゥバテの研究サイトにおける MPI に対する次元(左)と指標(右)の寄与。出典:Abeje et al. (2020)

小規模農家による SLM 技術の採用を左右する潜在要因について、青ナイル川上流域の 3 か所の研究サイト（グダル、アバガリマ、ドゥバテ）で検討をおこなった。300 世帯と農地 1010 か所について、詳細な調査を実施した。その結果から、相互に関連した SLM 技術を農家が採用するかどうかは、いくつかの社会経済的および農地に関連する要因と、対象技術それ自体の特徴との組み合わせによって決まることが示された。例えば、農地の規模、労力の供給状況、さらに世帯主の性別は、特定のタイプの世帯にどの SLM 技術が採用されるかに影響していた。SLM 技術の採用を支配する農家の経済的な適応能力には、小さな地域内でも大きな幅が認められた。このように、今回の結果は、SLM に関する政策や計画は、特定地域内の特定対象ごとに個別に設計する必要があること、ひいては開発エージェントや政策立案者が、SLM の分野ではきわめてありがちな「十把ひとからげ」で「全員一律」の戦略から脱却すべきことを示唆している。

どのような理由により、そしてどの要因により、小規模農家はその土地で短伐期植林地の育成を判断するのかを理解するため、グダルの研究サイトでランダムに選定した 200 世帯の調査から収集したデータを分析した。Tobit 回帰モデルを用いて、*Acacia decurrens* (J. C. Wendl.) Willd の植林に土地を割り当てることについての農家の意思決定に対する予測変数を検出した。*A. decurrens* の植林に対する最も重要な動機付けは、収入、土壌肥沃度の管理、土壌と水の保全であった（表 11）。他の要因のうち、男性世帯主、市場までの遠距離、耕作限界地という農地の立地条件は、*A. decurrens* の植林地に割り当てる土地を増加させた。年齢は植林地への土地の割り当てに負の効果を示したが、農地規模は意思決定とは逆 U 字型の関係にあった。これらの結果は、普及指導の強化、融資の利用機会の増加、道路整備を通じて小規模農家による市場や金融機関の利用を促すことで、*A. decurrens* を用いたプランテーションシステムのさらなる拡大が可能であることを示唆している。

表 11. 農家に対する *A. decurrens* 植林の動機付け (n = 162)。出典: Nigussie et al. (2017)

得点 順位	動機付け	理由の一位に挙げた農 家の割合 (%)	平均 点数 ^a	SD
1	木炭からの追加現金収入の創出	84.6	6.82	0.48
2	耕作地の土壌肥沃度の改善	75.3	6.01	0.59
3	土壌と水の保全	52.5	4.16	1.36
4	薪の調達	38.3	3.56	1.37
5	建設資材の調達	23.5	3.36	1.02
6	動物飼料の調達	16.7	2.41	1.12
7	農地境界として機能	9.3	1.80	1.22

^a 順位項目の期待平均得点は 4.00 と算出された。平均得点が 4.00 以上の項目はすべて *A. decurrens* 植林の主要な動機付けとみなし、4.00 未満のものは副次的とみなした。

農村の生計の多様化を形作る共変量と、それらが SLM 手法採用の意欲に及ぼす効果について調査した。3 か所の研究サイト（グダル、アバガリマ、ドゥバテ）内の 270 世帯からデータを採取した。多変量プロビットモデルを使用して同期的生計戦略を選択する確率を推定し、また順序プロビットモデルを用いて生計の多様化が SLM 手法の採用に及ぼす効果を推定した。その結果から、世帯レベルでの生計の多様化は、従属人口指数、市場への距離、融資の利用機会、普及指導活動、地域社会の団体への加入、収入のレベル、家畜の所有と大きく関連していることが明らかになった（表 12）。生計多様化の規模が大きいほど、多数の SLM 手法の採用を強くおさえたが、SLM 採用の度合いが低い場合には好ましい影響を与えた。全体を通じて、生計の多様化が大きいほど、世帯に対し、SLM 手法のそれ以上の採用をためらわせている形跡が認められた。したがって、ショックからの回復力の強化、金融支援制度の利用のしやすさ、家畜生産の改善、質の高い普及指導活動の提供を中心に増強をはかるとともに、農業生態系の多様化にも考慮をほらう生計イニシアティブが求められる。さらに、

開発の計画者は、SLMの政策とプログラムの実装を試みる際には、農村世帯の生計ポートフォリオ（生業の組み合わせ）を考慮に入れるべきである。

表 12. 研究サイトごとの社会経済的特徴に関する記述統計 (n = 270)。出典:Abeje et al. (2019a)

説明変数	全サンプル	アバガリマ	グダル	ドゥバテ	検定結果
性別	0.811(0.41)	79 (11)	60 (30)	79 (11)	b***
年齢	49 (12.9)	47 (11.5)	51 (12.3)	50 (14.3)	a*
グレード	1.3 (2.9)	0.53 (1.56)	1.6 (3.20)	1.76 (3.47)	a**
世帯規模	5.38 (2.34)	4.65 (2.61)	5.55 (2.08)	5.92 (2.11)	a***
従属人口指数	71.19 (12.79)	72.67 (11.87)	70.42(13.33)	70.46 (13.11)	
市場への距離	9.5 (6.7)	14.33 (5)	6.84 (4.40)	7.37 (7.35)	a***
土地規模	1.03 (0.76)	1.25 (0.70)	0.91(0.58)	0.93 (0.92)	a***
保有権	0.77 (0.42)	76 (14)	78 (12)	55 (35)	b***
食料確保用地	0.59 (0.49)	69 (21)	67 (23)	68 (22)	b***
融資の利用可能性	0.56 (0.50)	55 (35)	53 (37)	42 (28)	
普及指導活動の利用機会	0.70 (0.46)	76 (14)	48 (42)	64 (26)	b***
地域社会団体への加入	0.51 (0.50)	54 (36)	63 (27)	20 (70)	b***
世帯所得	10,758(13,021)	9109 (8502)	12,425 (18,649)	10,742 (9321)	a**
資産価値	1919 (4191)	2771 (4224)	1598 (3638)	1389.58(457)	a***
総ストレス・ショック	0.52 (0.20)	0.60 (0.14)	0.45 (0.23)	0.51 (0.18)	a***
家畜規模	3.97 (0.49)	3.84 (2.20)	3.52 (2.38)	4.52 (2.67)	a**
強化	0.42 (0.50)	0.69 (0.47)	0.21 (0.41)	0.37 (0.41)	b***

* 危険率 10%で有意、** 危険率 5%で有意、*** 危険率 1%で有意、カッコ内は標準偏差、^a ウィルコクソンの順位和検定によるノンパラメトリック 2 標本検定、^b カイ 2 乗検定。

農村社会の適応能力の不均衡を評価するため、青ナイル川上流域の気候の変化や変動性に対する小規模農家の生計の脆弱性について、その程度と発生原因を分析した。3 か所のさまざまな農業生態的共同体（アバガリマ、グダル、ドゥバテ）にまたがる世帯調査 (n = 391) を実施し、形成的複合生計脆弱性指数 (LVI) を設定した。Mann-Kendall 検定と標準化降水指数 (SPI) を用いて 1982 年から 2016 年までの期間の降雨、気温、旱魃蔓延率の傾向を解析した。その結果は、各流域一帯の共同体では総合 LVI に相対的な差があることを示した (図 27)。アバガリマ (中間地) はより脆弱であることが判明し、スコアは 0.37、一方グダル (高地) では比較的 LVI が低く、スコアは 0.34 であった。気候の変動性と旱魃事例に対する暴露にあまり差がないことから、共同体の生計の脆弱性は、主としてそれらの低い適応能力と高い感度指標に原因があると考えられた。適応能力をさまたげている大きな原因は、地域密着型団体への不参加と収入多様性の不足であった。本研究で得た知見は、不均質な農業生態地域における、持続可能な生計の開発と気候変動適応プログラムのための政策立案に対し、実践的な意味合いを持つ。

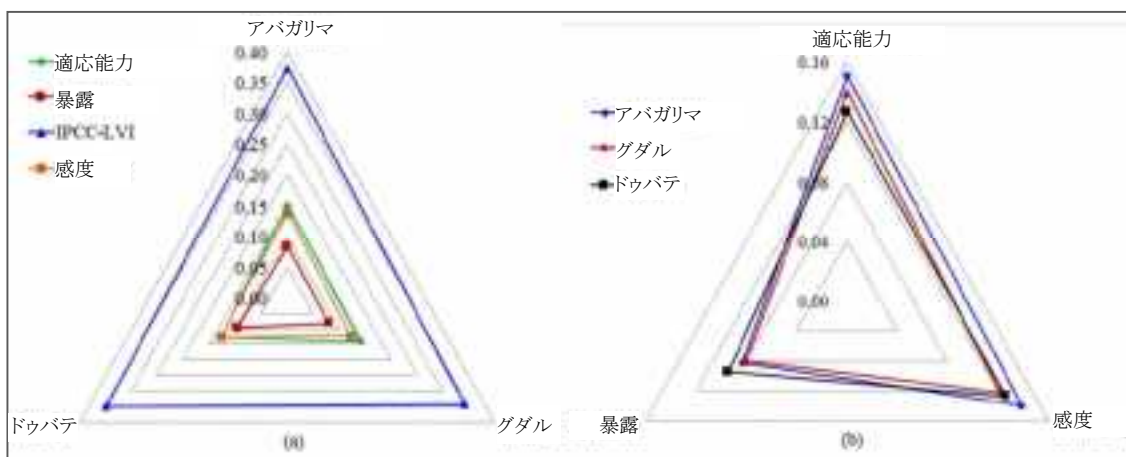


図 27. 3か所の研究サイト(アバガリマ、グダル、ドウバテ)についての気候変動に関する政府間パネル(IPCC)に基づく生計脆弱性指数(IPCC-LVI) (a)とその次元(b)。出典:Abeje et al. (2019b)

3-2. バリューチェーンアプローチの開発

• *Acacia decurrens* を用いたタウンヤシステムの経済的・財政的持続可能性

タウンヤとして知られる間作営農体系に農家が出資する際の財政的実行可能性を検討するため、*A. decurrens* (J.C. Wendl.) Willd. にテフ (*Eragrostis tef*) の間作、*A. decurrens* 単作、テフ単作のようなさまざまな営農体系や、産出物(木炭、テフ) 価格と割引率の変化を取り入れた数種のシナリオを検討した。さらに、購入者と販売者、分益小作者と土地所有者の間での利益配分の観点から、売却の時期を評価した。その結果は、間作の実施(初年は *A. decurrens* にテフ)には他の体系よりも収益性が高い傾向があることを示した(表 13)。しかしながら、樹園を早期に売却しなければならない経済的な制約下にある農家は、利益をあきらめ、見送っていた。5年間の評価期間中遅い時期の樹園売却による収益は、販売者と購入者の間でより平等に分けられていた。分益小作による収益は、算出された収益の中では最も順位の低いもののひとつであった。感度分析が明らかにしたところでは、急激な価格変動は収益性に影響して農家を単年栽培体系に逆戻りさせる可能性があったが、価格変動よりも割引率の増加の方が、アカシアを用いたタウンヤシステムの収益性に対する悪影響が大きい傾向があった。その高い収益性にもかかわらず、樹木を用いた体系は、農家に対し、5年の投資期間にわたって流動性のボトルネックによるリスクを負わせるため、土地に恵まれた者や資金の多い裕福な者は、5年間の必要な投資から利益を得ることができるが、土地や必要な財源のない者には、これがより困難となることを意味する。貧しく土地のない農家に調達可能な融資を提供することで、農家によるタウンヤシステムの利用を増加させ、農村住民の間でより公平な利益の分配を可能にすることができるはずである。

表 13.3 項目の投資選択肢について、割引率を変えた場合の 5 年間のキャッシュフローと NPV。数値はすべてヘクタールあたりのエチオピアブル (ETB) 建て金額。出典: Nigussie et al. (2020)

生産システム	割引率(%)	NPV	ネットキャッシュフロー (割引前)	年平均ネット キャッシュフロー (割引前)	SD ネット キャッシュフロー (割引前)
アカシアとテフ	10	79,285	188,154	37,631	69,647
テフ単独		57,005	67,917	13,583	-
アカシア単独		68,089	174,896	34,979	69,499
アカシアとテフ	11	72,926	188,154	37,631	69,647
テフ単独		56,022	67,917	13,583	-
アカシア単独		61,917	174,896	34,979	69,499

・SLM 関連の果樹・作物バリューチェーン

エチオピア青ナイル川上流域における、小規模農家の果樹（リンゴ、マンゴー）バリューチェーンへの参加の意思と意欲の決定因子を調査した。調査に参加する 384 軒の栽培農家を、多段抽出法によりランダムに選定した。世帯構造調査により採取したデータを、記述統計学の手法とダブルハードルモデルにより解析した。その結果から、ある世帯がリンゴのバリューチェーンに参加している確率は、世帯主の教育レベル、経験、普及指導活動との接触、現地の農業協同組合への加入とともに増加し、世帯規模、病害虫の発生とともに低下することが明らかとなった。バリューチェーンへの不参加により、リンゴとマンゴーの生産量の約 19%から 45%が失われた（図 28）。さらに調査結果は、マンゴー果樹園の規模と現地の農業協同組合への加入が、マンゴーのバリューチェーンへの参加を決定する確率を増加させることを示した。加えて、リンゴのバリューチェーンに対する各世帯の参加の意欲は、教育レベルと普及指導活動との接触とともに増加し、年齢の二乗値と最寄りの市場への距離は、マンゴーのバリューチェーンへの参加の意欲を低下させた。これらの知見は、農村のインフラ（道路、市場）、価格情報システム、ヒューマンキャピタルの改善を目指す政策、農業協同組合の振興、さらに病虫害防除手段の利用が、農家の果樹バリューチェーンへの参加を向上させる可能性を示した。

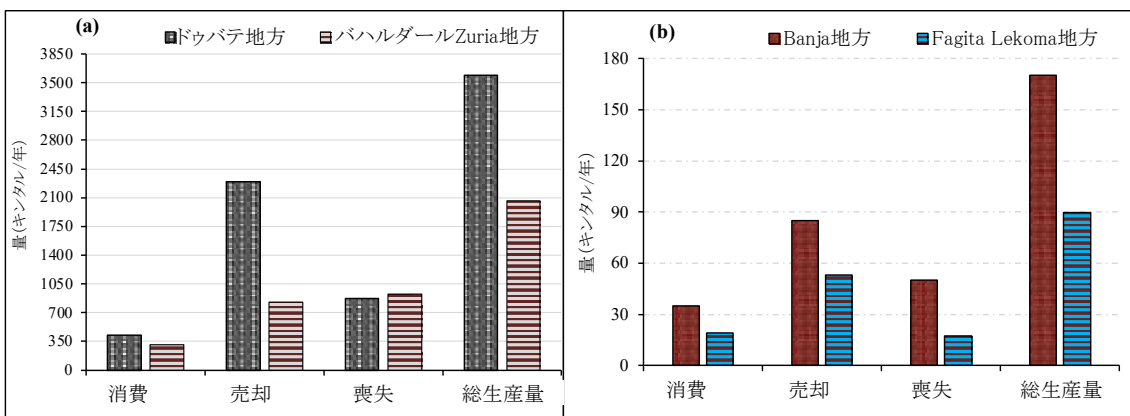


図 28. マンゴー(a)とリンゴ(b)の栽培に関する回答の分布。出典: Mossie et al. (2020)

果樹バリューチェーンへの参加が小規模農家に及ぼす効果について、消費支出アプローチにより調査した。一次データを収集した 384 世帯のランダム標本のうち、211 戸は果樹バリューチェーン参加世帯、のこりは不参加世帯であった。内因性スイッチング回帰モデルを

用いて選択バイアスと観察されない異質性を調整した結果、リンゴとマンゴーのバリューチェーンへの参加数が多いほど、農家の消費支出が増えることが示された。平均して、リンゴあるいはマンゴーのバリューチェーンへの参加は、世帯あたりの消費支出をそれぞれ約17%から18.5%増加させた。全体を通じて、今回の結果は小規模農家の参加には好ましい経済福祉的効果があることを示している。したがって、小規模農家の支援は急務であり、エチオピア農村部でこうした人々の経済的福祉を改善するための妥当な政策的アプローチである。

3-3. エンパワメント手法の開発

農家の生計を改善するメカニズムには、困窮世帯群のエンパワメント、農家によるSLM技術とアプローチの採用促進が含まれる。包括的な生計向上システムを開発するために実施されるフェーズ/ステップには、次のものが含まれる。すなわち(i)対象集団の地域生計システムの理解、(ii)効果的なターゲティングの実施、(iii)現況と変化の見込みの評価、(iv)活動の支援とモニタリング、(v)持続可能性戦略の評価と設計である。(図29)。これらステップの詳細は、このプロジェクトによって開発されたSLMガイドラインに記載されている(ISBN付の書籍として出版)。

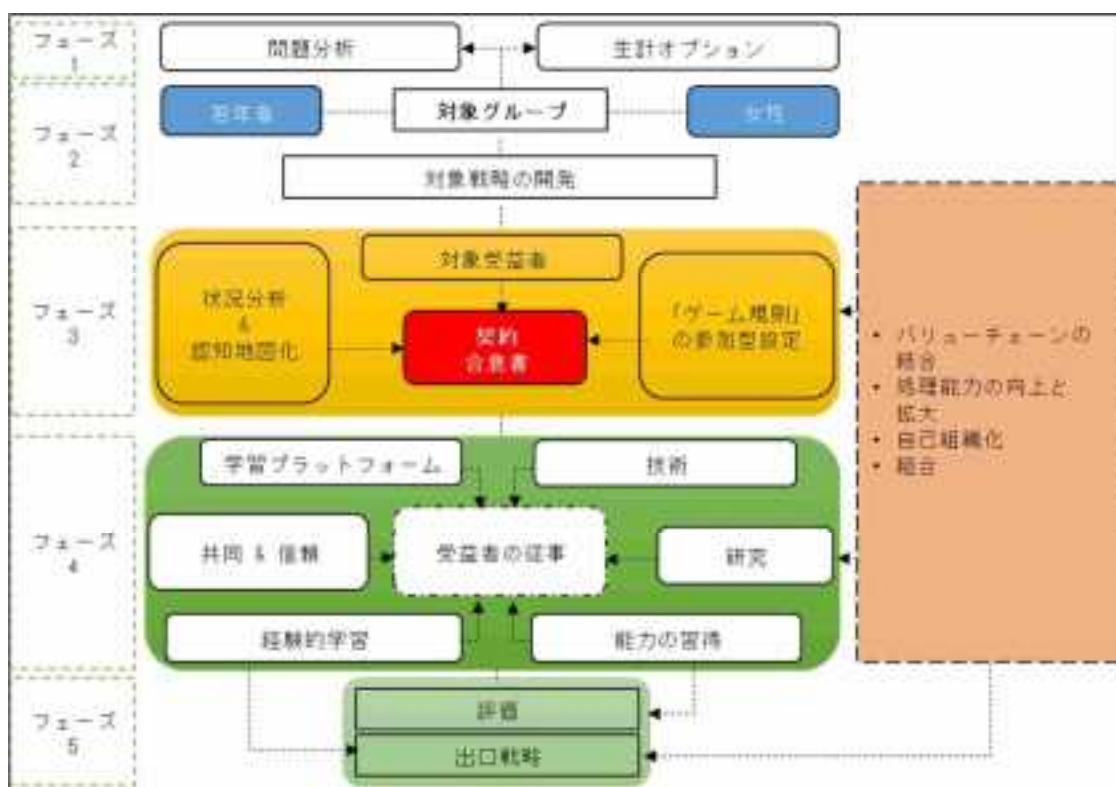


図 29. SLM に基づいた生計向上システム開発の実践フローチャート

図 30 は、SLM に基づく酪農に関わる構成要素、すなわちさまざまな方法/活動の統合(例: 改良飼料の導入、改良動物品種の導入、土地管理の改良、飼料処理、給餌桶の改良、堆肥の用意、および交雑種牛サービス)を示す。



図 30. 収入創出(IG)活動のための主要構成要素を取り入れて開発された、SLM 活用型の酪農形態

・困窮世帯群のエンパワメント

農村社会における困窮世帯群の社会経済的エンパワメントは、現在得られている成果を向上させ、進行中の流域開発プログラムに将来の好ましい結果を確保するためには不可欠の前提条件である。この目標のため、中間地農業生態系の研究サイト（アバガリマ）において選出された 18 名の女性または若者による酪農、高地農業生態系の研究サイト（グダル）において選出された 12 名の女性または若者による養鶏、という 2 通りの収入創出活動(IGA)を開発し、運営状況を観察した。年収の推定変化量は図 31 に明らかで、酪農を実施した受益者（女性、若者）の収入はベースラインから 39.6%の改善（図 31）、養鶏を実施した女性と若者の収入は 37.6%の改善を示した。これらの結果は、社会の困窮階層（土地非所有者、女性、若者など）を参加させ、支援することが好ましい結果をもたらし、進行中の統合型流域開発の取り組みを支える可能性をうかがわせる。

・農家による SLM の技術とアプローチの採用促進

農家が SLM の技術とアプローチを独力で（現地水準の専門家[DA]の技術支援をほとんど受けず、また政府あるいは非政府機関からの資金援助を期待することもなく）実装するための支援として、本プロジェクトでは「次世代 SLM 練習ツール」（図 32）と呼ばれる簡便な練習用ツールを開発し、試験した。このツールの目的には、(1) 現地の農家に、SLM の採用が長期的な利益をもたらし、生計を改善させることを理解する能力を持たせること、(2) 各農家の土地条件に適した SLM 技術の選定に役立てること、(3) 費用効率のよい実行計画を立てること、が含まれる。

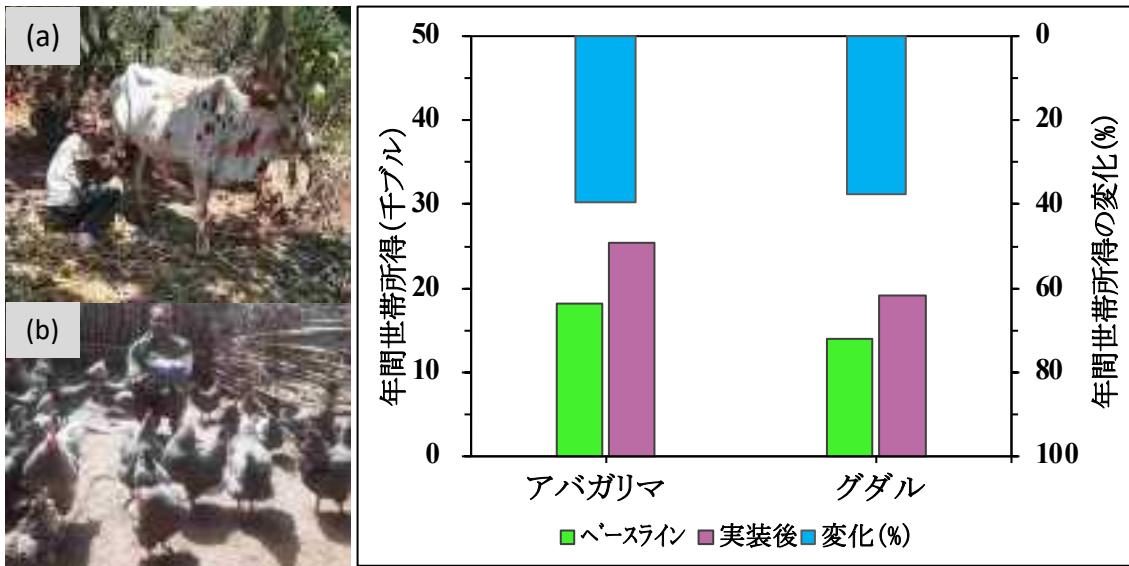


図 31. 収入創出活動実装後の世帯収入の変化、アバガリマでの酪農(a)とグダルでの養鶏(b)。

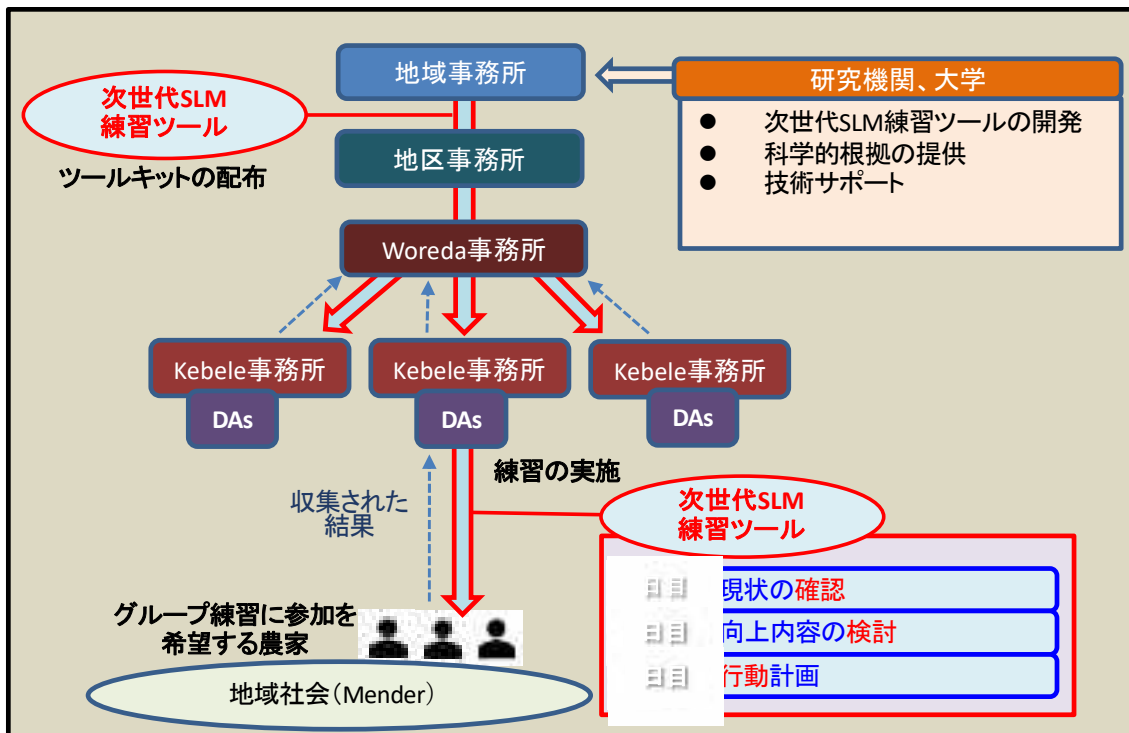


図 32. SLM の手法とアプローチの実装に向けた簡便型「SLM 練習ツール」を用いた農家の勧誘と促進のための垂直方向の情報の流れ。DA:開発エージェント。

②研究題目 3 のカウンターパートへの技術移転の状況

農村社会の困窮階層（土地非所有者、女性、若者など）のエンパワメントと農家のバリューチェーン活動への参加を増加させるため、カウンターパートに社会経済的調査と聞き取り調査の方法について教授した。

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

- ・ 収入創出活動を開発し、規模拡大のための展示を行なった。
- ・ さまざまな農業生態条件における標本農村において、健康関連の生活の質（HRQOL）と、関連する社会経済的特質の関係を評価した。

④研究題目3の研究のねらい（参考）

エチオピア農村では女性および若者がもっとも社会的に脆弱であり、経済的にも貧困である。そこで女性と若者の能力を開発し、新たな収入源の導入と市場へのアクセスおよびバリューチェーン（価値連鎖）の構築により経済的・社会的エンパワメントを図る。

⑤研究題目3の研究実施方法（参考）

対象小流域において調査対象となる農家を選定し、ベースライン調査を行う。さらにこの農家を対象に貧困・社会的格差の要因を解明し、生計向上の手段を検討する。

(5) 研究題目4：「統合型小流域管理技術・アプローチの総合化」

（リーダー：恒川篤史）

①研究題目4の当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

4-1. 小流域将来シナリオの作成

適切なステークホルダーを特定してさまざまな段階（モニタリング、評価、検証、文書化）で参加させることは、SLM技術の大規模な拡大実装に向けた意思決定の支援に決定的な重要性を持つ。さらに、多数のステークホルダーと連携することは、将来の代替土地利用・土地管理シナリオの開発と実装を成功させるための前提と考えられる。このため、2017年3月のキックオフワークショップにおいてSLMイノベーションプラットフォーム（IP）を紹介し、このプラットフォームに参加を予定していた各ステークホルダーと協議を行った。このため、グダル、アバガリマ、ドゥバテの農家啓発ワークショップは、2017年11月に一度しか開催されなかった。次に、各選定流域で、現地のSLMイノベーションプラットフォームを設置し、最初の会議を開いた（図33）。さらに、各研究地域において、SLMイノベーションプラットフォームの地域会員を特定して本プロジェクトのための地域イノベーションプラットフォームを設置した。対象となるステークホルダーは、土地利用者・農家、現地の地域社会の代表者、政策の立案者と決定者、経歴の異なる研究者（天然資源管理[NRM]、作物、家畜、社会科学）、開発と普及指導の専門家から構成されている。ステークホルダーの経歴と関心の対象は、土地の利用と管理に関する決定の多様な側面が確実に反映されるよう、可能な限り多様なものとなった。例えば、地域の農業事務所と研究機関の意思決定者は、SLM原則と活動の決定と承認にあたって中心的な役割を果たし、地方レベルの専門家（開発エージェント、普及指導担当者）は、SLMの技術とアプローチを農家（直接の土地利用者）が実装するための鍵を握る。ステークホルダーのワークショップを開催することは、SATREPSエチオピアプロジェクト（SLMの技術、アプローチ、ツール）の研究知見をより広いスケールで適切に評価し、普及するために必要不可欠である。さらに、多数のステークホルダーが参加する会議は、将来の代替土地利用・土地管理シナリオ、またマニュアルおよびガイドラインの策定についてステークホルダーから意見や感想を得る上で極めて重要であった。



図 33. 現地イノベーションプラットフォーム会議、(a)アバガリマ、(b)グダル、(c)ドウバテ。

代替土地利用・土地管理シナリオの作成は、さまざまな土地利用と管理の方法について、流域から地域的規模で実装した際の影響を調査することによって、可能な選択肢を評価する有効なアプローチである。その手順には、土地能力分類（つまり土地単位を、持続可能な使用にとっての内在的な限界に基づいた分類群にまとめ、地図で表示すること。主として土壌特性、地勢、排水、気候と関連づけられている）に基づく土地の利用と管理の選択肢と、選択され、野外の圃場実験によって検証された技術の効率を統合する作業が含まれる。こうしたアプローチは、将来の土地利用と管理のための実現可能な選択肢をもたらし、それらに予測される自然環境への影響とその経済的な利益を結びつける。このアプローチは、ステークホルダーが適切な土地の利用と管理の方法の実装を選択し、拡大する際の意思決定を容易にする。

代替土地利用・土地管理シナリオが土壌侵食の削減と土地生産性の改善に及ぼす影響を分析するため、全般的かつ概念的な統合フレームワークが作成された（図 34）。このフレームワークは、補完関係にある次の 6 段階から成る。(i) 土地利用問題の特定と目標設定、(ii) 最良の土地利用に基づく解決策の特定、(iii) 代替将来シナリオの策定と重要指標のモデリング、(iv) 費用便益分析、(v) ステークホルダーのワークショップによる、階層分析法 (AHP) を用いた代替将来シナリオの評価（図 35）、(vi) 実装に対する組織的な資金援助のための、代替将来シナリオの該当するステークホルダーへの伝達。エチオピア青ナイル川上流域のアバガリマ流域（面積 322 ha）とグダル流域（面積 398 ha）について、このアプローチを展示した。本研究は、5 通りの代替将来シナリオについて、流出水量、土壌流亡量、土壌有機炭素量 (SOC) 現存量、土地生産性の、ベースラインと比較した変化を解析するための、慣行および改良土地管理方法のもとでの、広範囲の実験プロット規模および流域規模の観察に基づくものである。

土地生産性は、面積当たりの農産物の価値を示す。金額換算で表す場合には、土地への還元としばしば呼ばれる。調査対象流域では作物と家畜の複合型農業が行われているため、作物生産と家畜生産の両方の生産について流域規模の土地生産性（エチオピア・ブル [ETB] $\text{ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$ ）を推定した。流域規模での作物収量と家畜飼料として利用可能なバイオマスについても考慮した。テフはエチオピアにおける主食であり、広い地域で栽培されているため、分析対象として選んだ。飼料資源の金額価値は、利用可能な飼料資源によって飼育可能な乳牛数（現地フォゲラ種）と、実験により決定された、異なる給餌条件下での乳牛の生産性に基づいて推定した (Mekuriaw et al., 2020)。金額ベースでの土地生産性は、直接的な利益を表す。したがって、代替策の相対的な財政効率を費用便益分析により比較した。図 36 は、将来の土地利用および土地管理の代替シナリオの影響評価のために用いられる生態学的・経済的利益を示す、より詳細なフレームワークである。

土地管理方法を策定するため、以下の最良 SLM 手法を選定した。草による強化と組み合わせた土堤、石灰と組み合わせた PAM の施用、さらに改良型耕種的方法として、耕作地のための減耕起と条播、草地のための禁牧、灌木林のための排水溝と組み合わせた禁牧、改良型飼料のためのネピアグラスと *Desmodium uncinatum* である。Laguna と Kasiry 流域のために、以下に定義する 5 通りの将来の代替土地利用・土地管理シナリオを策定した。

- ・ ベースライン - 現行の土地利用と既存の慣行農法
- ・ シナリオ I - 現行の土地利用で SLM の実施
- ・ シナリオ II - 急傾斜地 (>30%) における作物栽培の停止と SLM の実施
- ・ シナリオ III - 適地におけるカートまたはアカシアのプランテーションと SLM の実施
- ・ シナリオ IV - 適地における飼料生産と SLM の実施
- ・ シナリオ V - 劣化灌木林と丘陵農地における森林再生と SLM の実施

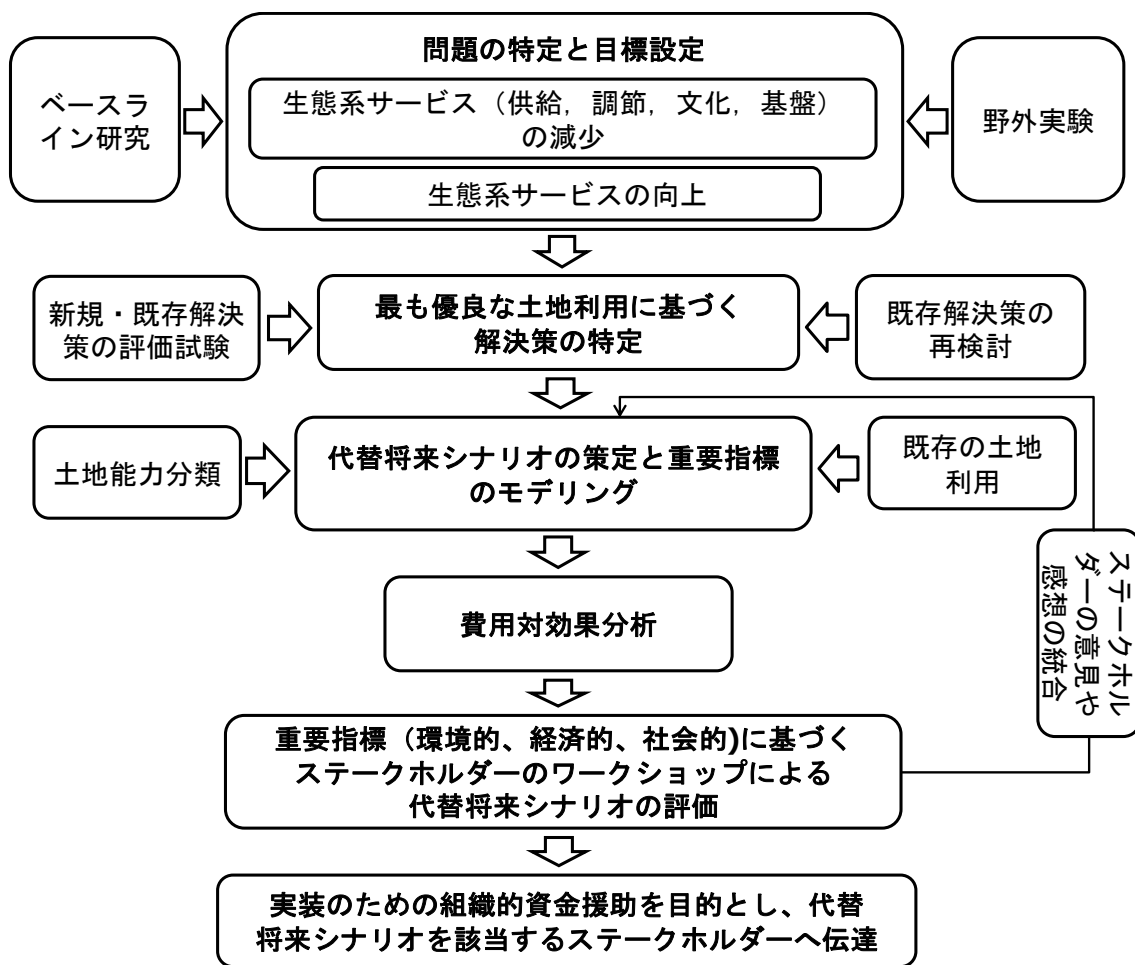


図 34. 将来の代替土地利用・土地管理シナリオの影響を評価するための統合フレームワーク



図 35. 将来の土地利用・土地管理シナリオ代案を評価するために多数のステークホルダーが参加したワークショップ

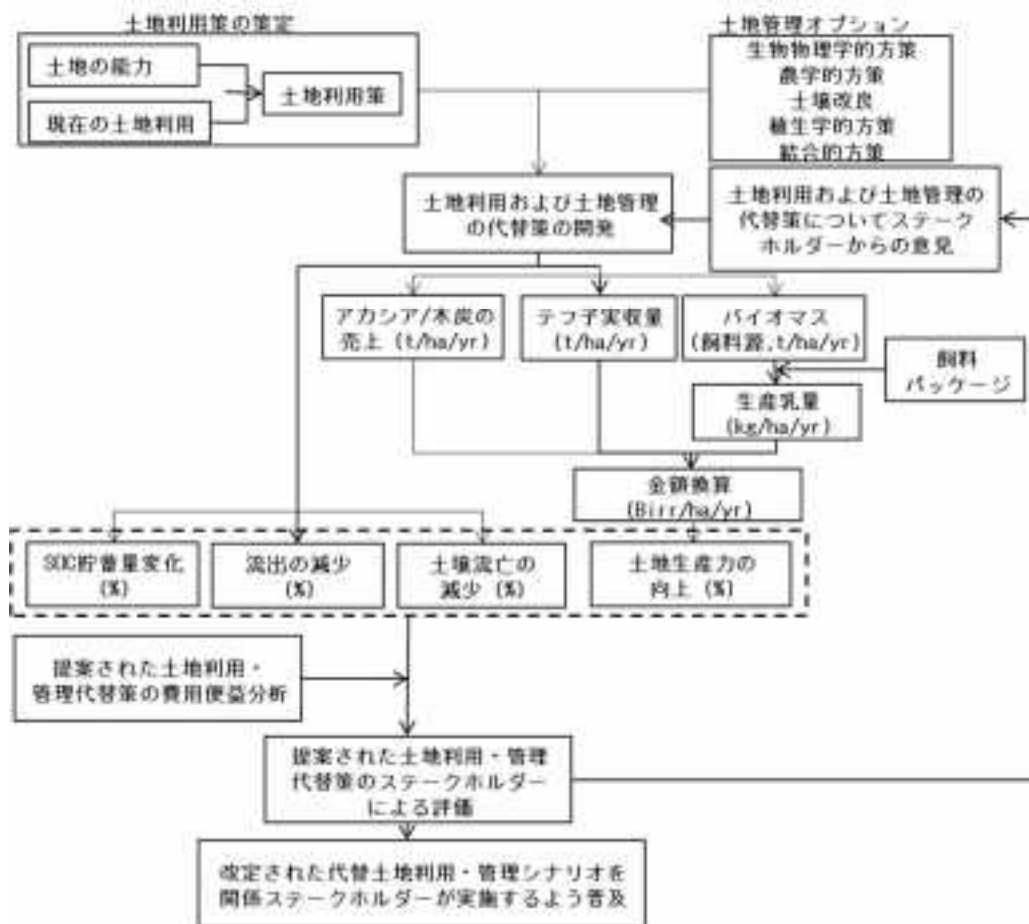


図 36. 将来の土地利用および管理の代替シナリオの影響評価のために用いられる生態学的および経済的利益を表す統合フレームワーク

アバガリマ流域についての結果は、代替将来シナリオにより、ベースラインと比較して、流出と土壌流亡のそれぞれ 11 から 71%と 66 から 95%の削減が可能、また SOC 現存量と流域規模の粗土地生産性のそれぞれ 36 から 104%と 48 から 134%の向上が可能であることを示した。耕作地と劣化灌木林では、適地での改良型飼料生産と選択した SLM 手法の実装が流出水量削減 (71%) と土壌流亡量削減 (95%) についての最良シナリオであったが、粗土地生産性の向上についてはカート栽培が最良の成績を示し (134%)、改良型飼料生産がこれに次いだ (91%)。グダル流域では、代替将来シナリオにより、ベースラインと比較して、流出水量と土壌流亡量のそれぞれ 71 から 95%と 75 から 96%の削減が可能、また SOC 現存量と流域規模の粗土地生産性のそれぞれ 2 から 51%と 49 から 83%の向上が可能であった。代替シナリオのなかでは、流出水量と土壌流亡量の削減 (約 95%) と粗土地生産性の改善 (83%) についてはシナリオ-IV (改良型飼料生産) が最良シナリオであった。両流域とも、劣化灌木林と丘陵農地における森林再生と耕作地における土地管理方法の実装により、SOC 現存量が増加し、最大となった。費用便益分析の結果は、将来の土地利用・土地管理シナリオ代案が、ベースラインと比較して経済的により有益であることを示した。代替土地利用・土地管理シナリオについて、ステークホルダーの評価は分かれたようである (表 14)。現行の土地利用での土地管理方法の実装 (シナリオ-I) とアカシアプランテーション (シナリオ-III) に続く改良型飼料生産 (シナリオ-IV) は、それぞれアバガリマとグダルにおける土地利用の第一と第二の優先事項となった。カート生産 (シナリオ-III) は、経済上、環境保護上のメリットが大きいにもかかわらず、専門家と土地利用者が優先する選択肢とはならなかった。この主な理由は、カート栽培が次の理由により持続可能ではなかったことにある。(i) 多量の水を必要とすることから、隣接農家間の紛争を招くこと、(ii) 所用労力の多さ、(iii) 必要投入量の多さ (カートの病害の化学防除)、(iv) 不安定なカートの市場価格、政府の政策はカート生産を優遇していない。さらに、丘陵斜面での耕作地放棄は、家族の食糧需要を支えるための耕作地が不足しているため、土地利用者にはよい代替手段とは考えられていないが、土地利用者は、流域内ではよく知られた問題である家畜飼料不足と取り組むため、改良型飼料の生産なら進んで採用する。

表 14. さまざまなステークホルダーによる、AHP に基づく将来の代替土地利用・土地管理シナリオに対する評価結果

アバガリマ	土地利用者	政策立案者	研究者			
			社会	NRM	作物	家畜
シナリオ-I	0.34	0.12	0.22	0.11	0.11	0.06
シナリオ-II	0.07	0.15	0.15	0.13	0.13	0.17
シナリオ-III	0.09	0.05	0.09	0.12	0.21	0.06
シナリオ-IV	0.31	0.32	0.32	0.30	0.34	0.40
シナリオ-V	0.18	0.37	0.21	0.34	0.21	0.30
グダル						
シナリオ-I	0.20	0.17	0.22	0.14	0.19	0.17
シナリオ-II	0.10	0.29	0.15	0.16	0.18	0.16
シナリオ-III	0.33	0.12	0.24	0.21	0.17	0.18
シナリオ-IV	0.22	0.19	0.18	0.16	0.24	0.34
シナリオ-V	0.15	0.23	0.21	0.33	0.22	0.15

SLM 手法を実装し、拡大するには、組織的な、また資金面での支援を得るため、該当するステークホルダーと研究知見について意思の疎通をはかる必要がある。例えば、SATREPS エ

チオピアプロジェクトにおいて作成された土地利用・土地管理のための最良代替シナリオ（例えば図 37）の実装は、主として連邦の農業省レベルあるいはアムハラ地域の農業局レベルの指導を受けている。将来の代替土地利用・土地管理シナリオの評価における標的ステークホルダーとして参加している農業省と農業局は、本プロジェクトの研究知見について、地域と省の各部署との円滑な意思疎通をもたらしている。本プロジェクトの知見の普及を促進し、流域あるいはそれ以上の規模での SLM の可能な実装を強化するため、さまざまな活動を実施した。この活動に伴い、現地の研究開発パートナー、すなわちアムハラ地域における SLM の主要実装機関であるアムハラ州農業局 (BoA)、BoA の研究部門アムハラ州農業研究所 (ARARI)、バハルダール大学の間で合意が締結された。SLM 拡大のため、4 項目の一般原則からなる道筋の概要が示された。(1) 選択された技術とともに、それを実現する能力を、プロジェクトの期限内に普及するためのプロジェクトの取り組み、(2) 会議における他のステークホルダーの勧誘、プロジェクトによって構築され、運営されてきた現地と地域のイノベーションプラットフォームを通じたプロジェクトの研究サイトへの経験の共有、(3) アムハラ地域のパートナーシップ合意のもと、研究開発パートナーの勧誘を通じた、大規模かつより広範囲な SLM 普及の促進、(4) 他の開発パートナーの勧誘。

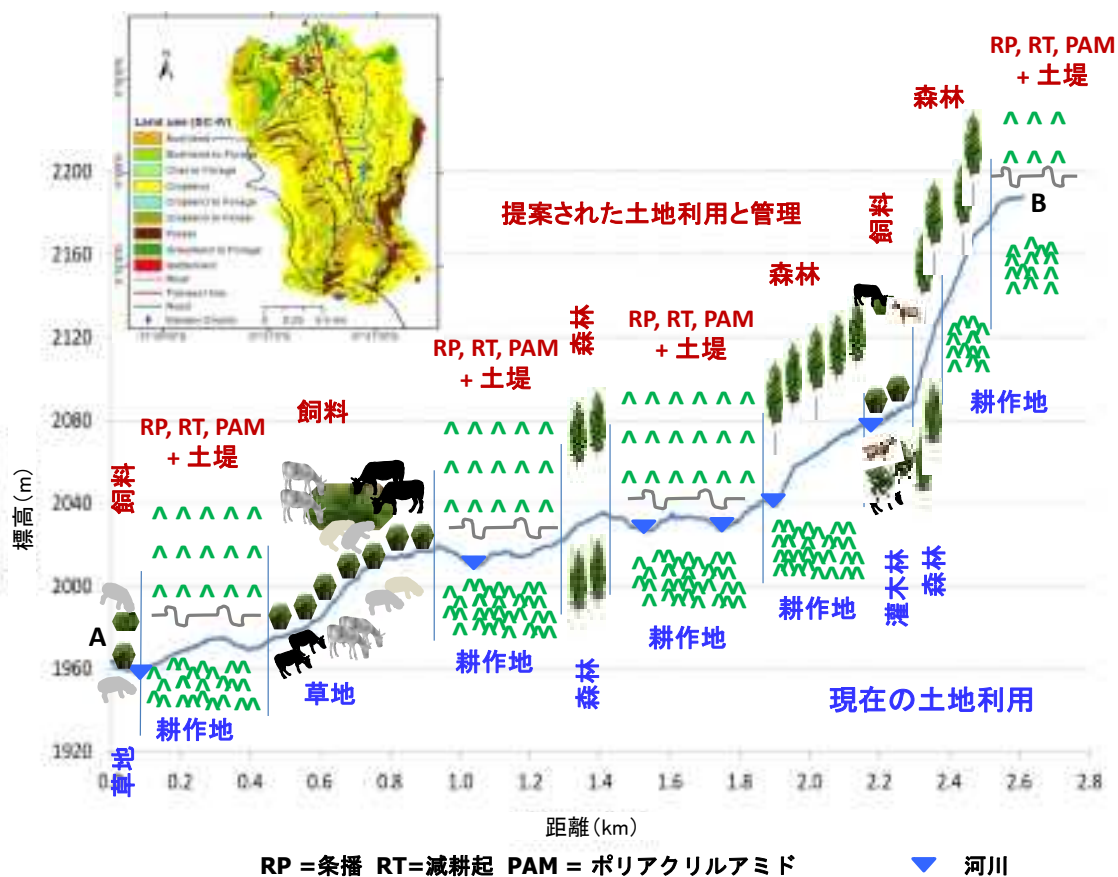


図 37. 最良シナリオ (適地での飼料生産と SLM 手法) のための土地利用と管理方法のアバガリマにおける A-B 断面図に沿った分布

4-2. 次世代型 SLM フレームワークの開発

ここでの次世代型 SLM フレームワークとは、高い生態学的・経済的利益があり、実装の可能性を社会が受容しうる技術とアプローチを指す。

土壌侵食の削減および土地生産性と社会経済的便益の向上を目標とした合計 43 件の技術

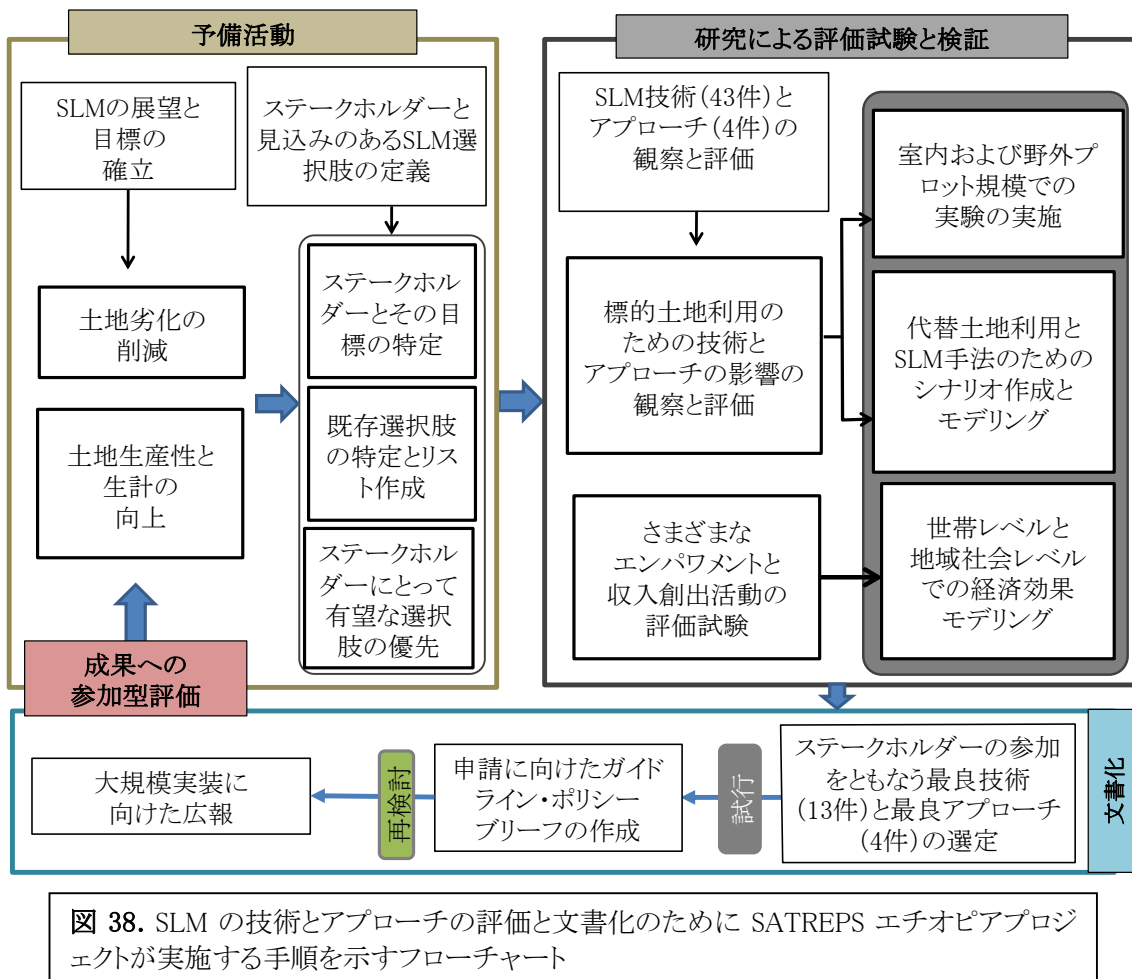
が、3か所のプロジェクト研究サイトで試験され、13件の最良技術が選出された(表 15)。また本プロジェクトでは、流域レベルの SLM 実装のための 4 アプローチについて、試験ないし開発を行なった。これらには、(1) 地域に立脚した、参加型のガリー管理と修復、(2) 貧困者を対象とした、SLM に基づいた収入創出活動、(3) 統合型流域管理に向けた代替土地利用および土地管理シナリオの開発、(4) 農家による SLM の技術とアプローチの採用促進が含まれる。

いかにしてこれらの SLM の技術とアプローチを実装するかについては、SLM ガイドラインに詳述した。ガイドライン作成手順、すなわちプロジェクト活動のさまざまな段階における、該当するステークホルダーが参加する、選定した SLM 技術・アプローチの評価と文書化の概要を図 38 に示す。ガイドラインの原案は、さまざまな部門(作物、家畜、天然資源管理、社会経済的学)から関連する専門家が参加する一連のステークホルダー会議によって評価された。

表 15. 選択された SLM 技術、土地利用タイプによる重要性、専門家の評価に基づく重要指標への影響

番号	SLM 技術のタイプ	適切な土地利用タイプ		重要な指標への影響											
		最も適切	あまり適切でない	土壌水分の保全			土壌の保全			土地生産性の改善			生計の改善		
				CL	GL	DH	CL	GL	DH	CL	GL	DH	CL	GL	DH
1	土堤 + 草	CL	GL	++	++	na	+++	+++	na	++	++	na	++	++	na
2	PAM + 石灰	CL		++	na	na	+++	na	na	++	na	na	++	na	na
3	減耕起	CL		++	na	na	++	na	na	++	na	na	++	na	na
4	条播	CL		++	na	na	na	na	na	++	na	na	++	++	++
5	テフ生産のための灌水	CL		na	na	na	+++	na	na	+++	na	na	+++	na	na
6	テフ倒伏の制御	CL		na	na	na	na	na	na	+++	na	na	+++	na	na
7	被覆作物	CL		++	na	na	+++	na	na	++	na	na	++	na	na
8	禁牧区	GL, DH	CL	na	++	++	na	+++	+++	na	+++	+++	na	-/+	-/+
9	改良飼料 (N+D)	CL, GL	DH	+++	+++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++
10	排水溝付きの禁牧区	DH, GL	CL	na	+++	+++	na	+++	+++	na	+++	+++	na	-/+	-/+
11	舎飼い給餌	CL, GL	BH	++	+++	++	++	+++	++	++	+++	++	na	++	++
12	植生定着補助	DH	GL	na	na	na	na	+++	+++	na	+++	+++	na	na	na
13	アカシアプランテーション	CL, GL, DH		-/+	-/+	-/+	++	++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++

CL: 耕作地; GL: 草地; N+D: ネピアグラス + *Desmodium*; DH: 劣化丘陵地斜面; アカシア: *Acacia decurrens*; -: 負の効果; +: 弱い正の効果; ++: 正の効果; +++: 強い正の効果; -/+ : 中立; na: 適用不可。



4-3. 流域規模の次世代型 SLM シナリオの策定フレームワーク

本プロジェクトの5コンポーネントからなる、あらたな SLM フレームワークが作成された(図 39)。とりわけ耕作地、草地、灌木林における土地利用上の主要問題として、高い土壤侵食強度と貧弱な土地生産性が特定された。このため、コンポーネント1と2の目標は、3種類の標的土地利用形態のための土壤侵食の削減と土地生産性の向上、とされた(図 39)。この目標に向けて、SLM 手法(生物物理的方法、耕種的方法、被覆作物、土壤改良剤、改良飼料の導入)の、土壤侵食の削減と土地生産性の向上における潜在能力を評価するため、実験プロット規模および流域規模の野外実験が設定された。土壤侵食の削減、作物収量の向上、飼料生産の向上、流出水量の削減、SOC 現存量の変化を含む検証可能な指標(金額換算、非金額換算)に基づいて、最良 SLM 手法を選出した(コンポーネント1~3、図 39)。土地利用の選択肢を選出された SLM 手法と統合することにより、将来の代替土地利用・土地管理選択肢が策定された(コンポーネント4、図 39)。正味現在価値の意思決定基準を利用して、将来の代替土地利用・土地管理シナリオの経済的収益性を比較した(コンポーネント3、図 39)。ステークホルダー(土地利用者、現地の地域社会の代表者、政策立案者、研究者、開発の専門家)の参加は、将来の代替土地利用・土地管理シナリオのモデルに基づく評価を補完し、SLM の実装を促進するために必要不可欠である。この目標のため、代替案を環境的、経済的、文化・社会的利益に関連する多数の目標にしたがって評価するにあたり、多数のステークホルダーによるワークショップが実施された(コンポーネント4、図 39)。最後に、SLM 実装

に対する組織面および資金面での支援を求めて、将来の代替土地利用・土地管理選択肢について、該当するステークホルダーとの意思疎通を図る（コンポーネント5、図39）。これを支援するため、13件の最良SLM技術と4件のアプローチからなる、根拠に基づいたSLMガイドラインとポリシーブリーフ文書が準備された。これらの文書は、現地のステークホルダーの意見を取り入れながら準備され、中央・地方政府、国際開発パートナー、地域のステークホルダーに対し、その実装が提案された。このプロジェクトで開発された統合型フレームワークは、SLM手法を特定・評価・提案するため、また土地劣化が発生している流域でのこれらの実装についての意思決定を容易にするための貴重なツールとして機能する。さらに、この統合型フレームワークは類似の地域環境および社会経済状況に適応可能である。

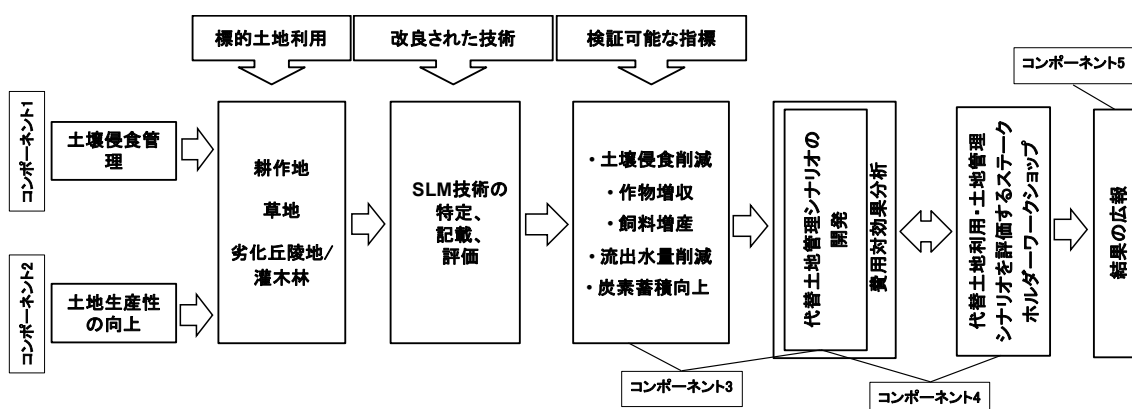


図 39. 流域規模の次世代型 SLM シナリオの策定フレームワーク

- ②研究題目4のカウンターパートへの技術移転の状況

新たな統合型 SLM フレームワークが作成され、該当するステークホルダーに紹介された。このフレームワークは、コンポーネント4の1-1と1-3に記載した、SLM 実装のための、補完関係にある6段階から成る。さらに、各研究サイトについて、土壌侵食削減と土地生産性向上を促す可能性のある、将来の代替土地利用・土地管理シナリオを5通り作成し、該当するステークホルダーに対し、プレゼンテーションを行なった。
- ③研究題目4の当初計画では想定されていなかった新たな展開

特記事項なし。
- ④研究題目4の研究のねらい（参考）

本研究題目は、研究題目1～3を調整・統括し、1～3で得られた成果を総合化することにより、次世代型 SLM フレームワーク（エチオピアモデル）を開発・提案する。
- ⑤研究題目4の研究実施方法（参考）

三つの小流域ごとに、小流域の課題を農民・行政機関もまじえて考える「小流域ステークホルダー協議会」、および次世代型 SLM の課題や普及手法を関連省庁、ドナー等と協議する「SLM イノベーションプラットフォーム」を設置する。

II. 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

世情不安につながる治安状態のあとの渡航制限は、本プロジェクト開始時の懸念事項であった。同様の事態が、コロナ禍による渡航制限（2020年～2021年）やエチオピア北部での紛争とともに発生し、後者は2021年11月の非常事態宣言を惹起して本プロジェクトのプロジェクト業務調整員を含む JICA エチオピアの職員に2022年2月初旬までの退去を余儀なくさせた。各制限はやがて解除となった。しかしながら、2018年に見られた治安問題が2020年にはさらに悪化し、今日まで続いていると言う事実を考え、ドゥバテ流域におけるすべての活動を停止して2021年度以降は中止となった。各種制限の結果、機材の調達と発送の遅延も生じた。

これらの制限期間中、日本の研究機関に所属するエチオピア人の職員と学生は、エチオピア側の研究機関から参加した研究者とともに観察や調査を行い、研究の進捗を可能にした。コロナ禍による渡航制限の開始後、BDU と TU の間の契約合意は、プロジェクトの活動と資金を効果的に管理するためのすぐれた代替案を提供した。その上、本プロジェクトがさらに1年間延長したことにより（2022年4月～2023年3月）、2023年度に本プロジェクトが終了するまでに当初設定された本プロジェクトの目標を達成するにあたり、見通しが明るくなった。治安上の理由によるドゥバテ流域での打ち切りと本プロジェクトの期間延長は、2021年8月31日に更新された政府間技術協力プロジェクト合意文書（RD）において合意されている。

要約すると、コロナ禍およびエチオピア北部の内戦に起因する渡航制限に関係した困難にもかかわらず、本プロジェクトの野外実験や他の活動を継続できた。これは主に以下の理由による。

(i) エチオピアと日本の中心メンバーが参加する隔週の定例会議を実施した。これはプロジェクトを円滑に運営するための重要なプラットフォームとして機能した。

(ii) 鳥取大学とエチオピアの協力機関との間の長年の研究教育交流に由来して、現地研究者が本プロジェクトに持つ強い当事者意識が醸成された。

(iii) バハルダール大学（BDU）と鳥取大学（TU）との委託契約により、現地の共同研究者による財務管理とプロジェクト研究の調整を可能にした。

(iv) プロジェクトが1年間延長された。

(2) 研究題目1：「統合型小流域管理による土壌侵食の削減」

（リーダー：Nigussie Haregeweyn AYEHU）

2020年の5月から8月までの期間中、計48枚のジオメンブレン（アバガリマで17枚、ドゥバテで31枚）シートが夜間の盗難に遭ったが、グダルの研究サイトでは盗難の報告はなかった。コロナ感染の不安による農村地域への人口の帰還移動をもたらした農村における失業増加と、都市部における雇用機会の低さは、こうした犯罪の増加をもたらす最大の危険因子と考えられる。本プロジェクトではシートを補充し、警備員とその詰所を増やすなど、必要な対策を講じた。また、現地の社会と行政も窃盗行為を非難し、本プロジェクトの円滑な遂行に協力した。渡航制限の結果、最も影響を受けたのは活動1.1（観察）と活動1.3（野外実験）である。しかしながら、前述の通り打ち切りとなったドゥバテの研究サイトを除けば、エチオピア側の研究機関から参加した研究者とプロジェクト補助者は日常的に研究サイトを訪れ、観察用の機器や実験圃場を管理した。本プロジェクトの研究サイトのある現地管理者は、現地の住民と連携してプロジェクトの資材の手入れをし、水位と河川由来堆積物、さらに流出プロットからの流出水量と土壌流出量について、手作業による観察と測定を引き受けた。本プロジェクトの延長は、より多くのデータを収集して研究成果の質を高めるために役立った。遅延していたガリー管理も2021年5月には順調に実装され、プロジェクトの延長は、報告者らがガリー管理の影響を観察する上で役立った。こうした管理がガリー再建に直接及ぼす影響を目の当たりにして、村内や他村の地域社会でも身近で同様の地域密着型ガリー管理を実装することへの関心を深めた。

雨滴観測のために日本からエチオピアに送った LPM センサー付きの雨滴粒径分布測定装

置とデータロガーには、機械的な課題があった。2022年5月にクリマテック社が技術サポートを行い、研究者たちはついに問題を解決して2022年度の雨季から作業を開始した。

(3) 研究題目2：「新たな耕畜連携システムによる土地生産力の向上」

(リーダー：増永二之)

渡航制限後に直面した問題と、研究サイトにおけるデータ収集とモニタリングに関して採られた解決策は、研究題目1の場合と同様である。しかし当該研究題目には特有の課題があり、それらに対処するための解決策が採られた。研究用の各サイトを入手可能とするためのアムハラ州農業研究センターとの連携と、作物テフの遺伝子型判定のためにDNA試料を日本へ持ち出した際のエチオピア生物多様性研究所との連携は、活動2.1の円滑な実施に役立った。

さらに特記すべきは、コロナ禍による活動制限の結果、調達の遅れによって遅延していた交雑雌牛の飼養実験(活動2.2)である。本活動は、2021年から2022年初頭にかけて順調に実施されてきた。BDUとTUの間で調印されたもう一件の特定契約合意により、雌牛調達に必要な研究予算が獲得しやすくなった。

(4) 研究題目3：「経済的・社会的エンパワメントによる農家生計の向上」

(リーダー：Asres Elias BAYSA)

・アバガリマの研究サイトにおける乳牛による収入創出活動

渡航制限によって対象農家に対する乳牛の供給が不可能となったため、アバガリマの研究サイトにおける収入創出活動のための乳牛の供給が遅延した。これまでに、総計18頭の雌牛を、期限内に雌牛のための十分な飼料を生産し、畜舎を作成するという要件を満たした対象農家に供給した。ここでの重要な教訓は、いかにして農家にこれらの活動を自分たちのものとさせるか、である。このため、農家や地域社会、実施状況のより良好な地域への体験訪問と、さらに日常的な研究サイトへの訪問と研究者による研修を続けることは、認識を高めて現地住民との信頼関係を築く上で役立った(活動3.3)。現地システムを改良することの重要性に気がつくると、現地システムの遺伝的潜在能力を向上させるため、交雑種の雄牛が1頭導入された。交雑種の雌牛には、現地システムと比較して50%の乳量増加が期待されている。

・グダルの研究サイトにおける家禽による収入創出活動

グダルでの収入創出活動に向けた第一の提案は、*Acacia decurrens*を用いた練炭の生産に関するものであった。しかしながらこの提案は、規模の問題からJICAに承諾されなかった。この決定を受けて、他の可能な収入創出活動は何かを決めるため、さらに迅速な評価を行なった。この対応により、流域内の若者と女性の経済的エンパワメントのための重要な選択肢として、家禽を特定することができた。

・ドゥバテの研究サイトにおけるピーナッツ脱殻による収入創出活動

前述の理由により、ドゥバテの研究サイトにおける収入創出活動は停止された。しかしながら本プロジェクトでは、若者と女性の組織化とピーナッツ脱殻機の取扱業者の選定について、地区の小規模企業の開発事務所との会合を行いながら、ピーナッツの脱殻と供給体制に対し迅速評価を行なった。報告者らは、この調査が、地域社会、または本プロジェクトに興味をもつ開発パートナーによる将来の開発参加への根拠になると確信する。

(5) 研究題目4：「統合型小流域管理技術・アプローチの総合化」

(リーダー：恒川篤史)

エチオピアにおける対面会議とJICAの専門家の派遣が制限されたため、2020年9月と10月に開催が予定されていた現地と地域のステークホルダーの会合に遅延が生じた(活動4.2)。オンライン会議は、ステークホルダーの大多数にアクセスできないことから、好ましい選択肢ではないことが判明した。本プロジェクトの期間延長により、2021年11月と2022

年5月に対面会議の開催を成功させ、その両方に JICA の専門家が参加することで、中止となっていた該当するステークホルダーとの会合を補うことができた。これらの会議では、小流域管理に関する代替シナリオ(活動4.1)と SLM 次世代型 SLM フレームワーク(活動4.3)についてプレゼンテーションを行い、ステークホルダー達と協議した。これらの重要な会議は、本プロジェクトの期間延長に、研究地域内での移動制限の緩和が加わったおかげで、開催可能となったのである。

同様に、2020年度と2021年度の JCC 会議は、JICA の専門家の渡航制限と、オンライン会議を開催するためのインターネット接続が不安定、あるいはインターネットアクセスが不十分であることから延期された。一方、2020年度と2021年度の鳥取研究ワークショップは、本プロジェクトに参加したエチオピア側の研究者のインターネットアクセスが比較的良好であったため、オンラインにより無事開催された。

• 横断的課題、*Acacia decurrens* の樹木病害の急拡大

Acacia decurrens は、最近分類が見直されて *Acacia mearnsii* となったが、本種は1980年代、土地劣化緩和のため、すでに研究地域に導入されていた。本種はグダルの研究サイトにおいて広く実装され、社会経済的ならびに環境的重要性について研究されていた。現地の地域社会では、その生計を、木炭生産と劣化地開拓のための重要な樹木資源としてのプランテーションに大きく依存している。過去数年来、病害の急拡大後、農家は本種の栽培を止めている。病害の真の原因は不明である。農民達は、持続可能な解決策を見出すため、本プロジェクトによる支援を強く望んだ。SATREPS プロジェクトでは、ARARI および農業省森林保護研究プロセス部と連携しながら、代替樹種の導入を含め、本病害問題の解決策をいかにして見出すかについて、議論を重ねている。ATREPS プロジェクト活動の一環として、鳥取大学は ARARI に対し、本件に関する研究主導の代行を依頼した。この取り組みの一環として、オーストラリアと南アフリカの植物防疫業者や種子供給業者との協議を設けた。本プロジェクトでは、その完了の前に実施可能な解決策が見出されることを願っている。

Ⅲ. 社会実装(研究成果の社会還元)(公開)

(1) 成果展開事例

SLM 技術の社会実装を支援するため、本プロジェクトでは次の4アプローチについて試験または開発を行った。すなわち(1) 貧困者を対象とした SLM 関連の収入創出活動、(2) 地域ベースの参加型ガリー管理、(3) 統合型流域管理の計画と実装のためのアプローチの開発、(4) 農家による SLM 技術とアプローチの採用促進、である。いかにしてこれらのアプローチを実装するかについては、本プロジェクトで作成した SLM ガイドラインに詳述した。

本プロジェクトの成果に基づく展開の例として、収入創出活動による生計の向上について、以下に述べる。

本プロジェクトでは、以下2通りの収入創出活動(IGA)を実装し、費用分担契約を通じて運営状況を観察した。(1) 中間地農業生態系の研究サイト(アバガリマ)において選出された18名の女性または若者による酪農、(2) 高地農業生態系の研究サイト(グダル)において選出された12名の女性または若者による養鶏。酪農を実施した農家の収入は、ベースラインと比較して39.6%の向上を示した。同様に、養鶏は女性と若者の生計を37.6%向上させた。これらの結果から、地域社会の困窮階層(土地非所有者、女性、若者など)を参加させ、支援することは好ましい結果をもたらす、進行中の統合型流域開発プログラムを支えるものと思われる。家禽による手法は、対象以外の農家によっても、本プロジェクトから支援を受けることなく再現されている。

また、地域社会と現地開発パートナーが収入創出(IG)活動の規模を拡大するとの見通しは明るい。例えば、プロジェクトによる IGA 受益者18名は、受益者ではない他の農家とともに、地元バハルダール市の近隣市場に牛乳を出荷する、計55名の農家からなる自分たちの協同組合を設立した。こうした、「非売品」の生乳が目的だった伝統的な飼育からこの段

階への移行は、元来容易なものではなかっただけに、大きな進歩として評価される。研究者による研修と緊密な監督は、飼料と牛乳の生産、飼料の処理と廃棄物管理、健康管理、そして協同組合の設立と運営への見込みとやりがいについての、農家同士や農家と専門家の間での普及指導を可能にしたことにより、乳業協同組合に対する農家の認識に大きな影響を与えた。その結果、流域内の農家から飼料供給を求める需要は大きく伸びた。協同組合の全会員と他の非会員が、飼料として、活動-2 の推奨するネピアグラスと Desmodium の間作を行なった。また今作期は、バハルダール大学がネピアグラスの挿し芽を大勢の農家に無料で提供した。ここに至って、報告者らの IGA 活動の成果のために、報告者らは、「促す者」から、流域の地域社会に「促される者」へと変貌した。

このような取り組みのより広い規模拡大を支援するため、SLM に基づく生計向上体制の構築に関わる各段階を説明する実践的なフローチャートを提案し、SLM ガイドラインに収載して、普及に向けた提供が可能となっている。自分たちの取り組みの規模拡大を必要とする農家にとって、融資と研修を得られるようにすることの重要性は変わらない。この取り組みを支援するため、エチオピアのアムハラ地域と他の地域において、乳牛生産に関連した収入創出(IG) 活動に広く取り組んでいる SNV インターナショナルとの協議が続けられている。

(2) 社会実装に向けた取り組み

本研究で開発した次世代型 SLM 手法をエチオピアで実装することは、本プロジェクトの主要目標であった。エチオピアでは、農業省が連邦レベルで、また農業局がアムハラ地域レベルで、SLM プロジェクト実装を主導している。農業省や農業局は、アムハラ州農業研究所 (ARARI) を通じて本研究に参加しており、ARARI は農業省との円滑な意思疎通を実現させた。さらに日本側の研究指導者は、本プロジェクトの活動と結果について協議するため、エチオピア側の研究指導者とともに、農業省と農業局を定期的に訪問した。こうした会合のひとつが役立ち、天然資源の管理を担当する閣外大臣と、その省において親密な協議をすることができた。農業省の専門家は、ガイドラインとポリシーブリーフについてそのドラフト段階から中身を精査し、意見を提供した。さらに本プロジェクトの年次ワークショップに参加し、有意義な意見や感想を述べた。閣外大臣は、それまでエチオピアの開発努力では実施されたことのなかった、根拠に基づいた SLM という、本プロジェクトの他に例のない成果の価値を認め、2021 年 11 月に日本側とエチオピア側のチームから自室への訪問を受けた際には、本プロジェクトの実装を促すとの省の意向を表明した。5 年ごとに更新される国家の SLM プログラムにこれらの文書を採用する取り組みは、プログラムの最新版が最近になって作成され (2020 年)、報告者らのプロジェクトの成果がまとめられて配布の準備が整ったのがその後となったため、間に合わせることはできなかったが、エチオピアにおける SLM 担当者は、本プロジェクトの成果の重要性を認識し、アムハラ州農業局は、エチオピア国内で二番目に大きな地域である当該地域で、本ガイドラインを積極的に作業文書の 1 つにしたいとの意向を表明した。この意向は、現地における本プロジェクトに対する 2 つの協力研究機関である、アムハラ州農業研究所とバハルダール大学とのパートナーシップ合意の締結という形となって現れた。

SLM 技術・アプローチの普及は、今日、グローバルな課題となっている。本プロジェクトの研究成果は国際学術誌で発表されており、得られた SLM 技術・アプローチに関する知見は、世界に共有されている。さらに世界の同様の環境条件における将来的な実装のため、選ばれた SLM 技術とアプローチを WOCAT (World Overview of Conservation Approaches and Technologies) などのグローバル SLM データベースにアップロードし、研究成果を世界中で共有することを検討している。

a) 社会実装におけるプロジェクトの取り組み

本プロジェクトでは、耕作地における土壌改良剤 PAM と石灰の併用、放牧地における飼料生産、劣化丘陵地における植林、SLM 関連の収入創出活動のような生計活動など、選出され

た SLM 手法の活動の試行に、志願農家が従事してきた。

- 耕作地における土壌改良活動

活動 1-3 の成果をもとに、アバガリマとグダルの研究サイトから参加した約 60 名の先取的な志願農家が、2021 年と 2022 年に彼らの耕作地で PAM と石灰を併用する活動（図 40）を実施したが、これはまた 2021 年 11 月に催され、可能なら 2022 年 11 月にも催される野外公開日の期間中、近隣農家やステークホルダーへの展示として役立った。



図 40. グダルの研究サイトでの PAM+石灰試行研究活動、テフの株立ちに明らかな差が見られる。

- 飼料開発

活動 2-2 の成果をもとに、アバガリマで約 55 名、グダルでさらに 30 名の農家が、それぞれの私有地で、アバガリマではネピアグラスと Desmodium（図 37 左）、グダルではネピアグラスとベッチ（図 37 右）を組み合わせた飼料生産を実装した。



図 41. アバガリマの研究サイトにおけるネピアグラスと Desmodium の組み合わせ(左)、グダルの研究サイトにおけるネピアグラスとベッチの組み合わせ(右)。

- 劣化丘陵地における植林活動

活動 2-3 の成果をもとに、教会の森を採取地とするイノキュラムを用いた劣化丘陵地の修復が、修復の対象となる劣化丘陵地とイノキュラムの採取源として用いる教会の森土壌が得られることを理由に、3 か所のプロジェクト研究サイトからは外部となる Tara Gedam 地域で実施された。この開発プロジェクトは、鳥取大学 (Daikin プロジェクト) から支援を受けている。対象は、約 3 ha の劣化した共有地と、7 か所の小中学校の構内である。年間 50 万本の育苗能力を持つ養苗場が設置された (図 42)。2022 年夏、この養苗場で 72% の現地在来樹種を含む計 11 万 6 千本の苗木を育て、丘陵地と学校敷地に移植した。各校では、劣化丘陵地の再建に対する意識を高め、参加を図るため、環境クラブが結成された。本活動は、2022 年度と 2023 年度も継続される予定である。



図 42. Tara Gedam の教会敷地に設置した養苗場、移植を待つ苗木が育っている(2022 年 5 月)。

- テフの倒伏防止活動

活動 2-1 の成果をもとに、活動 1-3 で選抜したテフ品種に対する機械的支持を用いた作物テフの倒伏防止 (図 43) を、各農家の一画で実施し、展示を行なった。



図 43. 条播し、機械的な支持をほどこしたテフは倒れることなく緑色を保っているが、下の写真の散播し、機械的な支持をしなかったテフは倒伏し、早くも乾燥しかけている。

- 収入創出活動としての養鶏の試行

活動 1-1 と 1-3 の成果をもとに、本プロジェクトの各研究サイトについて、見込みのある収入創出活動を特定した。特定された活動は、アバガリマでは乳牛、グダルの研究サイトでは家禽である。ドゥバテでの収入創出活動は、治安上の理由により実現しなかった。詳細については 3-3 と III を参照されたい。

- 参加型ガリー管理の試行

活動 1-3、3-3、4-2 の成果をもとに、現地の地域社会、行政担当者、研究者が参加する参加型ガリー管理が、アバガリマ流域で実施された。対策を講じてから 4 ヶ月後の変化は顕著であり (図 44)、他の地域への規模拡大について明るい見通しが示されたことから、研究者と意思決定者の両方にとって励みとなっている。

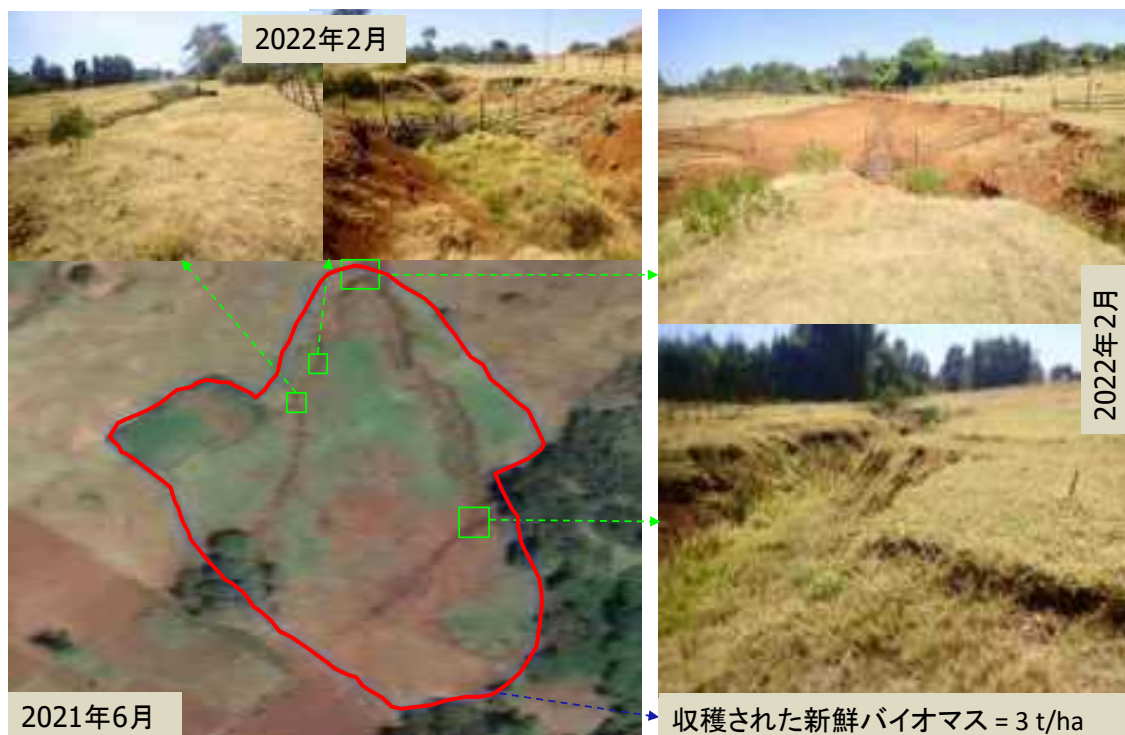


図 44. アバガリマ流域における参加型ガリー修復試行実験の状況。

b) ARARI に対する代行依頼の一環となる、ARARI との連携による試行および検証活動

SATREPS プロジェクトの連携研究機関である ARARI は、より広い環境条件における各技術の再現性を確認するため、SATREPS プロジェクトの研究サイトからは外部となるそれぞれの対象サイトにおいて、選定した SLM 技術の試行に取り組んできた。対象技術には、PAM と石灰の併用、現地系統乳牛品種のための給餌パッケージの開発、*Acacia decurrens* をめぐる病害耐性品種の導入とその現地化などがある。本研究機関は、拡大実装についてアムハラ州農業局に承認を与える立場の組織である。その組織が試行活動に従事していることから、SATREPS のプロジェクト期間を終了した後も、本地域における SLM に関する将来の新たな研究開発の促進が期待される。

c) パートナーシップ合意の一環となる BoA、ARARI、BDU の間での SLM の普及

アムハラ州農業局 (BoA)、バハルダール大学 (BDU)、アムハラ州農業研究所 (ARARI) の間で 1 件のパートナーシップ合意の締結が進んでいる。この合意の目的は、それがアムハラ州農業局が組織する農業学習プラットフォームの一部をなすとの認識に立って、科学的根拠に基づいた持続可能な土地管理のより広い実装と、アムハラ地域における社会的、経済的開発の 2 つを促進することである。本合意では、JICA エチオピア事務所、鳥取大学、農業省が立会人となる予定である。本パートナーシップ合意には、以下 5 項目の主な役割についての概要が記載されている。(1) 実験によりテストされた SLM 技術の検証、(2) 有用な SLM 方法論の普及、(3) 資源の配分と活用、(4) 各分野の現在の課題に対応する研究業務の設定、(5) 科学に基づいた活動のモデル流域における実装。

d) 他の取り組み

他にも、以下に述べるような数多くの取り組みがなされた。

- MoA は、情報交換と SLM の普及向上のため、国土環境技術作業部会において気候変動に強いグリーン経済フォーラムを主催、多数の国際的ドナーが参加し、本プロジェクトを紹介した。
- 国家の SLM プログラムに対する主要ドナーである世界銀行のアディスアベバ事務所と、4 度にわたり協議会を開催した。本事務所は、本プロジェクトが創出したエビデンスに多大の興味を示している。報告者らは、本銀行が、その開発パートナーを通じて根拠に基づいた SLM の普及を支援すると期待している。
- オランダ開発機構 (SNV) と、本機関がエチオピアにおいて長期間取り組んでいる、酪農による収入創出活動にどのように協力するかについて、協議を行ってきた。本プロジェクトの初期段階 (2016 年) から、アディスアベバにある本機関の本部とバハルダールにある本プロジェクトの支部で一連の会議が開かれた。報告者らの狙いは、こうした酪農家にとって、市場の参入や、それ以外の関連する支援の享受が容易となるよう、SNV プロジェクトが立ち上げた協同組合への参加を可能とすることである。
- 2022 年 5 月、国際ケア機構事務局との協議がアディスアベバで開催された。本機関は、飼料開発への協力について、興味を表明していた。本プロジェクトのガイドラインとポリシーブリーフの原案を、本機関と共有した。
- プロジェクト期間中に供与された機材・備品は、鳥取大学の技術指導を得て最大限活用された。例えば、降雨シミュレータは、同機種の大規模版を運用してきた鳥取大学の経験知を得て BDU で適正に活用され、他機関のサンプル分析も実施するなど効果的に運用された。温室ガスであるメタンガスの検出器も、プロジェクトサイトだけでなく、首都の国際研究機関まで活用が拡大した。その他、植物、土壌、水流など多様な測定器や分析機械が、プロジェクト中に取り扱い方を学んだ研究者により継続活用されてきた。プロジェクト後の供与機材の運用と維持に関し、鳥取大学は国際乾燥地研究教育機構 (IPDRE) を通じて、BDU、ARARI 側の必要な責務を度々確認している。
- 本プロジェクトに関する情報は、乾燥地研究センターのウェブサイト (<http://slm.alrc.tottori-u.ac.jp/>) や、「サヘル・アフリカの角 砂漠化対処を通じた気候変動に対するレジリエンス強化イニシアティブ」 (AI-CD、<http://aicd-africa.org/archives/3080>) その他多数のサイトでオンライン公開されている。
- 本プロジェクトでは、プロジェクトの各研究サイト (グダル、アバガリマ、ドゥバテ) にて現地のイノベーションプラットフォームを、州レベルでは地域イノベーションプラットフォームを設立した。ガイドラインを印刷物として数百部、地方、地区、地域、国家の農業開発部局に配布する計画である。
- 問題、研究活動、ガイドラインの普及についての認識を喚起するため、現地と地域のイノベーションプラットフォーム会議、ワークショップ、合同調整会議を約 19 回開催した。
- マスメディアによる報道内容は以下の通り。(1) アムハラのマスメディアによるグダルとアバガリマにおける収入創出 (IG) 活動についてのドキュメンタリー、(2) エチオピアの通信社 (Herald) とのインタビュー、(3) 日本の首相官邸のフェイスブックとツイッターによるニュース配信、(4) バハルダール大学とアムハラのマスメディアによるニュース配信、鳥取大学、JICA、JST のウェブサイトでのニュース配信。
- 2021 年 9 月 18 日、エチオピアその他の発展途上国における乾燥地に関する科学研究、教育、人材開発の成果が評価されて恒川篤史教授 (プロジェクトの研究代表者) に名誉博士号が授与された際、本プロジェクトの知名度が広がった。授与式は、アムハラ地域の国営テレビ、フェイスブックのページその他で生放送された。SATREPS プロジェクトの貢献は広く周知されている。
- 本プロジェクトの終了時に、プロジェクトの参加者により、本プロジェクトのすべての知見をまとめて本として出版する取り組みが続けられている。候補となる出版社との協議が開始された。
- SLM の技術とアプローチの、グローバルリポジトリ (例えば WOCAT) での公開については、すでに鳥取大学と JICA の協議が始まっている。この努力の一環として、WOCAT から提供されたテンプレートにあわせて、各種技術とアプローチについての準備が行われた。本プロジェクトの終了までには公開内容が作成される見込みである。

IV. 日本のプレゼンスの向上 (公開)

2020年6月17日、この日が「砂漠化および干ばつと闘う世界デー」であることをきっかけに、SATREPS エチオピアプロジェクト(恒川が研究代表者)が日本国政府のSNSで紹介された。

クラリベイト・アナリティクスによって、本プロジェクトが支援した研究論文3件(Ebabu et al., 2019, Fenta et al., 2020; Berihun et al., 2019)が「被引用数が上位1%に入る」と紹介された。

このほか2件の論文(Abebe et al., 2020 and Kebede et al., 2020)が、2020年12月5日の「世界土壌デー」の際、Sustainability誌上で「注目すべき論文」として紹介された。

6月17日は「砂漠化および干ばつと闘う世界デー」であり、2017年6月16日、日本の国際連合広報センターは、そのウェブサイト「砂漠化について考える。日常を非日常にしないために。」(http://www.unic.or.jp/news_press/features_backgrounders/24696/)と題した寄稿記事を掲載した。この研究記事は、日本の鳥取大学乾燥地研究センターとエチオピアのバハルダール大学による合同研究の成果を報告するものであった。本研究活動のさまざまな場面における成果は、下記の国際学会や集会で発表された。

- Tsunekawa A. 13 SEP 2018. Sustainable Land Management (SLM) to reduce soil erosion in the Upper Blue Nile basin, Ethiopia. Global Soil Erosion Research Forum 2018 (GSERF 2018), Yangling, China, 12-16 September 2018.
- Tsunekawa A. 20 SEP 2018. Sustainable Land Management (SLM) to combat desertification: A case study of the Upper Blue Nile basin, Ethiopia. Forum on Innovation and Development of Desertification Control and Ecological Restoration, Dunhuang, China, 20 September 2018.
- Tsunekawa A. 22 OCT 2018. Sustainable land management in Ethiopia. International Workshop of Global Dryland Ecosystem Programme, Beijing, China, 22-23 October 2018.
- Tsunekawa A. 13 FEB 2019. Sustainable Land Management to convert areas from grey into green. 13th International Conference on Development of Drylands (ICDD), Jodhpur, India, 11-14 February 2019.

2022年8月4日、日本政府はバハルダール大学学長フレウ・テゲニェ氏に令和4年度外務大臣表彰することを公表した。フレウ学長は日本とエチオピア間の学術交流に大きく貢献し、特に、2008年鳥取大学とバハルダール大学間の学術交流協定締結に尽力した。フレウ氏が学長を務めるバハルダール大学からは25名以上の教授が訪日している。これは2010年広島大学、2014年～2015年鳥取大学で研究を行ったフレウ学長が日本との学術交流の意義を理解し、バハルダール大学の教授に積極的に働きかけたことによるものである。また、同学長は創価大学との湖資源利用に係る各種共同研究にプロジェクト責任者として関与する他、バハルダール大学と鳥取大学、島根大学および東京大学間の土地利用分野での学術交流活動の一翼を担っている、とされている。

V. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】 (公開)

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) Original Paper (joint authorship w/the counterpart)

年度 FY	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 author, title, journal, year published, volumeno., issue no., pages	DOIコード DOI code	国内誌/ 国際誌の別 domestic/ international	発表済(published) /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。)
2017	Nigussie, Z., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Adgo, E., Nohmi, M., Tsubo, M., Aklog, D., Meshesha, D.T. and Abele, S., Factors affecting small-scale farmers' land allocation and tree density decisions in an acacia decurrens-based taungya system in Fagita Lekoma District, North-Western Ethiopia, Small-scale Forestry, 2017, vol. 16, pp. 219-233.	10.1007/s11842-016-9352-z	国際誌	発表済	Top10
2017	Fenta, A.A., Yasuda, H., Shimizu, K. and Haregeweyn, N., Response of streamflow to climate variability and changes in human activities in the semiarid highlands of northern Ethiopia, Regional Environmental Change, 2017, vol. 17(4), pp. 1229-1240.	10.1007/s10113-017-1103-y	国際誌	発表済	
2017	Fenta, A.A., Yasuda, H., Shimizu, K., Haregeweyn, N. and Woldearegay, K., Quantitative analysis and implications of drainage morphometry of the Agula watershed in the semi-arid northern Ethiopia, Applied Water Science, 2017, vol. 7(7), pp. 3825-3840.	10.1007/s13201-017-0534-4	国際誌	発表済	
2017	Fenta, A.A., Yasuda, H., Shimizu, K., Haregeweyn, N., Kawai, T., Sultan, D., Ebabu, K. and Belay, A.S., Spatial distribution and temporal trends of rainfall and erosivity in the Eastern Africa region, Hydrological Processes, 2017, vol. 31(25), pp. 4555-4567.	10.1002/hyop.11378	国際誌	発表済	Top10
2017	Nigussie, Z., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Adgo, E., Nohmi, M., Tsubo, M., Aklog, D., Meshesha, D.T. and Abele, S., Factors influencing small-scale farmers' adoption of sustainable land management technologies in north-western Ethiopia, Land Use Policy, 2017, vol. 67, pp. 57-64.	10.1016/j.landusepol.2017.05.024	国際誌	発表済	Top10
2017	Sultan, D., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Adgo, E., Tsubo, M., Meshesha, D.T., Masunaga, T., Aklog, D. and Ebabu, K., Analyzing the runoff response to soil and water conservation measures in a tropical humid Ethiopian highland, Physical Geography, 2017, vol. 38, pp. 423-447.	10.1080/02723646.2017.1302869	国際誌	発表済	
2017	Fenta, A.A., Yasuda, H., Haregeweyn, N., Belay, A.S., Hadush, Z., Gebremedhin, M.A. and Mekonnen, G., The dynamics of urban expansion and land use/land cover changes using remote sensing and spatial metrics: the case of Mekelle City of northern Ethiopia, International Journal of Remote Sensing, 2017, vol. 38 (14), pp. 4107-4129.	10.1080/01431161.2017.1317936	国際誌	発表済	
2017	Taye, G., Vanmaercke, M., Poesen, J., Van Wesemael, B., Tesfaye, S., Teka, D., Nyssen, J., Deckers, J. and Haregeweyn, N., Determining RUSLE P- and C-factors for stone bunds and trenches in rangeland and cropland, North Ethiopia, Land Degradation and Development, 2018, vol. 29(3), pp. 812-824.	10.1002/ldr.2814	国際誌	発表済	
2017	Nigussie, Z., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Adgo, E., Cochrane, L., Floquet, A. and Abele, S., Applying Ostrom's institutional analysis and development framework to soil and water conservation activities in north-western Ethiopia, Land Use Policy, 2018, vol. 71, pp. 1-10.	10.1016/j.landusepol.2017.11.039	国際誌	発表済	Top10

2017	Mekuriaw, S., Tegegne, F., Tsunekawa, A. and Ichinohe, T., Effects of substituting concentrate mix with water hyacinth (<i>Eichhornia crassipes</i>) leaves on feed intake, digestibility and growth performance of Washera sheep fed rice straw-based diet, <i>Tropical Animal Health and Production</i> , 2018, 50, pp. 965–972.	10.1007/s11250-018-1519-5	国際誌	発表済	
2017	Ebabu, K., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Adgo, E., Meshesha, D.T., Aklog, D., Masunaga, T., Tsubo, M., Sultan, D., Fenta, A.A. and Yibeltal, M., Analyzing the variability of sediment yield: A case study from paired watersheds in the Upper Blue Nile basin, Ethiopia, <i>Geomorphology</i> , 2018, vol. 303, pp. 446–455.	10.1016/j.geomorph.2017.12.020	国際誌	発表済	Top10
2017	Nigussie, Z., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Adgo, E., Nohmi, M., Tsubo, M., Aklog, D., Meshesha, D.T. and Abele, S., Farmers' perception about soil erosion in Ethiopia, <i>Land degradation and development</i> , 2017, vol. 28(2), pp. 401–411.	10.1002/ldr.2647	国際誌	発表済	Top10
2017	Haregeweyn, N., Tsunekawa, A., Poesen, J., Tsubo, M., Meshesha, D.T., Fenta, A.A., Nyssen, J. and Adgo, E., Comprehensive assessment of soil erosion risk for better land use planning in river basins: Case study of the Upper Blue Nile River. <i>Science of the Total Environment</i> , 2017, vol. 574, pp. 95–108.	10.1016/j.scitotenv.2016.09.019	国際誌	発表済	Top10
2018	Tilahun, A.K., Haregeweyn, N. and Pingale, S.M., Landscape changes and its consequences on soil erosion in Baro river basin, Ethiopia. <i>Modeling Earth Systems and Environment</i> , 2018, Vol. 4(2), pp. 793–803.	10.1007/s40808-018-0466-5	国際誌	発表済	
2018	Fenta, A.A., Yasuda, H., Shimizu, K., Ibaraki, Y., Haregeweyn, N., Kawai, T., Belay, A.S., Sultan, D. and Ebabu, K., Evaluation of satellite rainfall estimates over the Lake Tana basin at the source region of the Blue Nile River, <i>Atmospheric Research</i> , 2018, vol. 212, pp. 43–53.	10.1016/j.atmosres.2018.05.009	国際誌	発表済	
2018	Ebabu, K., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Adgo, E., Meshesha, D.T., Aklog, D., Masunaga, T., Tsubo, M., Sultan, D., Fenta, A.A. and Yibeltal, M., Effects of land use and sustainable land management practices on runoff and soil loss in the Upper Blue Nile basin, Ethiopia, <i>Science of the Total Environment</i> , 2019, vol. 648, 1462–1475.	10.1016/j.scitotenv.2018.08.273	国際誌	発表済	Top10
2018	Meshesha, D.T., Tsunekawa, A. and Haregeweyn, N., Application of an optical disdrometer to characterize simulated rainfall and measure drop-size distribution, <i>Hydrological Sciences Journal</i> , 2018, Vol. 63 (10), 1574–1587.	10.1080/02626667.2018.1521522	国際誌	発表済	
2018	Sultan, D., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Adgo, E., Tsubo, M., Meshesha, D.T., Masunaga, T., Aklog, D., Fenta, A.A. and Ebabu, K., Impact of soil and water conservation interventions on watershed runoff response in a tropical humid highland of Ethiopia. <i>Environmental Management</i> , 2018, vol. 65(5), pp. 860–874.	10.1007/s00267-018-1005-x	国際誌	発表済	
2018	Sultan, D., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Adgo, E., Tsubo, M., Meshesha, D.T., Masunaga, T., Aklog, D., Fenta, A.A. and Ebabu, K., Efficiency of soil and water conservation practices in different agro-ecological environments in the Upper Blue Nile Basin of Ethiopia. <i>Journal of Arid Land</i> , 2018, vol. 10(2), pp. 249–263.	10.1007/s40333-018-0097-8	国際誌	発表済	
2019	Meshesha, D.T., Tsunekawa, A. and Haregeweyn, N., Influence of raindrop size on rainfall intensity, kinetic energy, and erosivity in a sub-humid tropical area: a case study in the northern highlands of Ethiopia, <i>Theoretical and Applied Climatology</i> , 2019, Vol. 136 (3–4), pp. 1221–1231.	10.1007/s00704-018-2551-0	国際誌	発表済	

2019	Yibeltal, M., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Adgo, E., Meshesha, D.T., Aklog, D., Masunaga, T., Tsubo, M., Billi, P., Vanmaercke, M. and Ebabu, K., Analysis of long-term gully dynamics in different agro-ecology settings, <i>Catena</i> , 2019, Vol. 179,160–174	10.1016/j.catena.2019.04.013	国際誌	発表済	Top10
2019	Yibeltal, M., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Adgo, E., Meshesha, D.T., Masunaga, T., Tsubo, M., Billi, P., Ebabu, K., Fenta, A.A. and Berihun, M.L., Morphological characteristics and topographic thresholds of gullies in different agro-ecological environments, <i>Geomorphology</i> , 2019, Vol. 341, 15–27.	10.1016/j.geomorph.2019.05.012	国際誌	発表済	Top10
2019	Teshager Abeje, M., Tsunekawa, A., Adgo, E., Haregeweyn, N., Nigussie, Z., Ayalew, Z., Elias, A., Molla, D. and Berihun, D., Exploring drivers of livelihood diversification and its effect on adoption of sustainable land management practices in the Upper Blue Nile Basin, Ethiopia, <i>Sustainability</i> , 2019, vol. 1110, pp. 1–23.	10.3390/su11102991	国際誌	発表済	
2019	Berihun, M.L., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Meshesha, D.T., Adgo, E., Tsubo, M., Masunaga, T., Fenta, A.A., Sultan, D. and Yibeltal, M., Exploring land use/land cover changes, drivers and their implications in contrasting agro-ecological environments of Ethiopia, <i>Land Use Policy</i> , 2019, vol. 87, pp. 1–15.	10.1016/j.landusepol.2019.104052	国際誌	発表済	Top10
2019	Berihun, M.L., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Meshesha, D.T., Adgo, E., Tsubo, M., Masunaga, T., Fenta, A.A., Sultan, D., Yibeltal, M. and Ebabu, K., Hydrological responses to land use/land cover change and climate variability in contrasting agro-ecological environments of the Upper Blue Nile basin, Ethiopia, <i>Science of the Total Environment</i> , 2019, vol. 689, pp. 347–365	10.1016/j.scitotenv.2019.06.338	国際誌	発表済	Top10
2019	Abeje, M.T., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Nigussie, Z., Adgo, E., Ayalew, Z., Tsubo, M., Elias, A., Berihun, D., Quandt, A. and Berihun, M.L., Communities' livelihood vulnerability to climate variability in Ethiopia, <i>Sustainability</i> , 2019, vol. 1122, pp. 1–22	10.3390/su11226302	国際誌	発表済	
2019	Mekuriaw, S., Tsunekawa, A., Ichinohe, T., Tegegne, F., Haregeweyn, N., Nobuyuki, K., Tassew, A., Mekuriaw, Y., Walie, M., Tsubo, M. and Okuro, T., Mitigating the anti-nutritional effect of polyphenols on in vitro digestibility and fermentation characteristics of browse species in north western Ethiopia, <i>Tropical Animal Health and Production</i> , 2019, vol. 52(3), pp. 1287–1298.	10.1007/s11250-019-02126-3	国際誌	発表済	
2019	Nigussie, Z., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Adgo, E., Tsubo, M., Ayalew, Z. and Abele, S., Economic and financial sustainability of an <i>Acacia decurrens</i> -based Taungya system for farmers in the Upper Blue Nile Basin, Ethiopia, <i>Land Use Policy</i> , 2020, vol. 90 pp. 1–10.	10.1016/j.landusepol.2019.104331	国際誌	発表済	
2019	Fenta, A.A., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Poesen, J., Tsubo, M., Borrelli, P., Panagos, P., Vanmaercke, M., Broeckx, J., Yasuda, H. and Kawai, T., Land susceptibility to water and wind erosion risks in the East Africa region, <i>Science of The Total Environment</i> , 2020, vol. 703, pp. 1–20	10.1016/j.scitotenv.2019.135016	国際誌	発表済	Top10
2019	Kebede, B., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Mamedov, A.I., Tsubo, M., Fenta, A.A., Meshesha, D.T., Masunaga, T., Adgo, E., Abebe, G. and Berihun, M.L., Effectiveness of polyacrylamide in reducing runoff and soil loss under consecutive rainfall storms, <i>Sustainability</i> , 2020, vol. 12(4), pp. 1–18.	10.3390/su12041597	国際誌	発表済	

2019	Majbauddin, A., Otani, S., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Abeje, M.T., Nigussie, Z., Alam, I., Qing, Q., Masumoto, T. and Kurozawa, Y., The Influence of Income and Livelihood Diversification on Health-Related Quality of Life in Rural Ethiopia, <i>International Journal of Environmental Research and Public Health</i> , 2020, vol. 17(8), pp. 1-12.	10.3390/ijerph17082709	国際誌	発表済	
2020	Ebabu, K., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Adgo, E., Meshesha, D.T., Aklog, D., Masunaga, T., Tsubo, M., Sultan, D., Fenta, A.A. and Yibeltal, M., Exploring the variability of soil properties as influenced by land use and management practices: A case study in the Upper Blue Nile basin, Ethiopia, <i>Soil and Tillage Research</i> , 2020, vol. 200, pp. 1-13.	10.1016/j.still.2020.104614	国際誌	発表済	Top10
2020	Kebede, B., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Adgo, E., Ebabu, K., Derege, T.M., Tsubo, M., Masunaga, T., and Fenta, A.A., Determining C- and P-factors of RUSLE for different land management practices across land uses and agro-ecologies: Case studies from the Upper Blue Nile basin, Ethiopia, <i>Physical Geography</i> , 2020, vol. 42(2), pp. 160-182.	10.1080/02723646.2020.1762831	国際誌	発表済	
2020	Abeje, M.T., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Ayalew, Z., Nigussie, Z., Berihun, D., Adgo, E. and Elias, A., Multidimensional poverty and inequality: insights from the Upper Blue Nile Basin, Ethiopia, <i>Social Indicators Research</i> , 2020, 149(2), pp. 585-611.	10.1007/s11205-019-02257-y	国際誌	発表済	
2020	Abebe, G., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Taniguchi, T., Wondie, M., Adgo, E., Masunaga, T., Tsubo, M., Ebabu, K., Mamedov, A. and Meshesha, D.T., Effect of Soil Microbiome from Church Forest in the Northwest Ethiopian Highlands on the Growth of <i>Olea europaea</i> and <i>Albizia gummifera</i> Seedlings under Glasshouse Conditions, <i>Sustainability</i> , 12(12), pp. 1-18.	10.3390/su12124976	国際誌	発表済	
2020	Mekuriaw, M., Tsunekawa, A., Ichinohe, T., Tegegne, F., Haregeweyn, N., Kobayashi, N., Tassew, A., Mekuriaw, Y., Walie, M., Tsubo, M., Okuro, T., Meshesha, D.T., Meseret, M., Sam, L., and Fievez, V., Effect of Feeding Improved Grass Hays and <i>Eragrostis tef</i> Straw Silage on Milk Yield, Nitrogen Utilization, and Methane Emission of Lactating Fogera Dairy Cows in Ethiopia, 2020, <i>Animals</i> , vol. 10(6), pp. 1-17.	10.3390/animals10061021	国際誌	発表済	
2020	Abebe, G., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Takeshi, T., Wondie, M., Adgo, E., Masunaga, T., Tsubo, M., Ebabu, K., Berihun, M.L. and Tassew, A., Effects of land use and topographic position on soil organic carbon and total nitrogen stocks in different agro-ecosystems of the Upper Blue Nile Basin, <i>Sustainability</i> , 12(6), pp. 1-18.	10.3390/su12062425	国際誌	発表済	
2020	Alemu, G.T., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Nigussie, Z., Tsubo, M., Eliase, A., Ayalew, Z., Berihun, D., Adgo, E., Meshesha, D.T., Molla, D., Zemedu, L., and Okoyo, E.N., Smallholder farmers' willingness to pay for sustainable land management practices in the Upper Blue Nile basin, Ethiopia, <i>Environment, Development and Sustainability</i> , 2020, vol. 23(4), pp. 5640-5665.	10.1007/s10668-020-00835-6	国際誌	発表済	
2020	Bayable, M., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Ishii, T., Alemayehu, G., Tsubo, M., Adgo, E., Tassew, A., Tsuji, W., Asaregew, F., and Masunaga, T., Biomechanical Properties and Agro-Morphological Traits for Improved Lodging Resistance in Ethiopian Teff (<i>Eragrostis tef</i> (Zucc.) Trotter) Accessions, <i>Agronomy</i> , 2020, vol. 10, pp. 1-20.	10.3390/agronomy10071012	国際誌	発表済	

2020	Vanmaercke, M., Chen, Y., Haregeweyn, N., De Geeter, S., Campforts, B., Heyndrickx, W., Tsunekawa, A. and Poesen, J., Predicting gully densities at sub-continental scales: a case study for the Horn of Africa, <i>Earth Surface Processes and Landforms</i> , vol. 45(15), pp. 3763–3779.	10.1002/es.p.4999	国際誌	発表済	
2020	Fenta, A.A., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Tsubo, M., Yasuda, H., Shimizu, K., Kawai, T., Ebabu, K., Berihun, M.L., Sultan, D., Belay, A.S., Sun, J., Cropland expansion outweighs the monetary effect of declining natural vegetation on ecosystem services in sub-Saharan Africa. <i>Ecosystem Services</i> , 2020, vol. 45, pp. 1–17.	10.1016/j.ecoser.2020.101154	国際誌	発表済	Top10
2020	Berihun, M.L., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Dile, Y.T., Tsubo, M., Fenta, A.A., Meshesha, D.T., Ebabu, K., Adgo, E., and Srinivasan, R., Evaluating runoff and sediment responses to soil and water conservation practices by employing alternative modeling approaches, <i>Science of the Total Environment</i> , 2020, vol. 747, pp. 1–19.	10.1016/j.scitotenv.2020.141118	国際誌	発表済	
2020	Nigussie, Z., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Tsubo, M., Adgo, E., Ayalew, Z., and Abele, S., The impacts of <i>Acacia decurrens</i> plantations on livelihoods in rural Ethiopia, <i>Land Use Policy</i> , 2020, 100, pp. 1–12.	10.1016/j.landusepol.2020.104928	国際誌	発表済	Top10
2020	Bayable, M., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Alemayehu, G., Tsuji, W., Tsubo, M., Adgo, E., Tassew, A., Ishii, T., Asaregew, F. and Masunaga, T., Yield Potential and Variability of Teff (<i>Eragrostis tef</i> (Zucc.) Trotter) Germplasms under Intensive and Conventional Management Conditions, <i>Agronomy</i> , 11(2), pp. 1–12.	10.3390/agronomy11020220	国際誌	発表済	
2020	Mukai, S., Billi, P., Haregeweyn, N. and Hordofa, T., Long-term effectiveness of indigenous and introduced soil and water conservation measures in soil loss and slope gradient reductions in the semi-arid Ethiopian lowlands, <i>Geoderma</i> , 2021, vol. 382, pp. 1–13.	10.1016/j.geoderma.2020.114757	国際誌	発表済	
2020	Mamedov, A.I., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Tsubo, M., Fujimaki, H., Kawai, T., Kebede, B., Mulualem, T., Abebe, G., Wubet, A. and Levy, G.J., Soil structure stability under different land uses in association with polyacrylamide effects. <i>Sustainability</i> , 2021, vol. 13(3), pp. 1–17.	10.3390/su13031407	国際誌	発表済	
2020	Lefèvre, C., Cruse, R.M., dos Anjos, L.H.C., Calzolari, C. and Haregeweyn, N., Guest editorial—soil erosion assessment, tools and data: A special issue from the Global Symposium on soil Erosion 2019, <i>International Soil and Water Conservation Research</i> , 2020, vol. 8(4), pp. 333–336.	10.1016/j.iswcr.2020.11.004	国際誌	発表済	
2020	Meshesha, D.T., Ahmed, M.M., Abdi, D.Y. and Haregeweyn, N., Prediction of grass biomass from satellite imagery in Somali regional state, eastern Ethiopia, <i>Heliyon</i> , 2020, vol. 6(10), pp. 1–9.	10.1016/j.heliyon.2020.e05272	国際誌	発表済	
2020	Mekuriaw, S., Tsunekawa, A., Ichinohe, T., Tegegne, F., Haregeweyn, N., Kobayashi, N., Tassew, A., Mekuriaw, Y., Walie, M., Tsubo, M. and Okuro, T., Effect of feeding improved grass hays and <i>Eragrostis tef</i> straw silage on milk yield, nitrogen utilization, and methane emission of lactating fogera dairy cows in Ethiopia. <i>Animals</i> , 2020, vol. 10(6), pp. 1–17.	10.3390/ani10061021	国際誌	発表済	

2020	Kebede, B., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Adgo, E., Ebabu, K., Meshesha, D.T., Tsubo, M., Masunaga, T. and Fenta, A.A., Determining C-and P-factors of RUSLE for different land uses and management practices across agro-ecologies: case studies from the Upper Blue Nile basin, Ethiopia. <i>Physical Geography</i> , 2021, vol. 42(2), pp. 160–182.	10.1080/02723646.2020.1762831	国際誌	発表済	
2021	Mihertie, F., Atsushi T., Nigussie H., Enyew A., Mitsuru T., Kindiye E., Tsugiyuki M., Birhanu K., Derege T., Wataru T., Muluken B., and Mulatu L. Impacts of tillage and crop management practices on soil loss and crop yields in Northwestern Ethiopia. <i>International Soil and Water Conservation Research</i> , vol. 10(1), pp. 75–85.	10.1016/j.iswcr.2021.04.006	国際誌	発表済	
2021	Mihertie, F., Atsushi T., Nigussie H., Enyew A., Mitsuru T., Kindiye E., Tsugiyuki M., Derege T., and Wataru T. Tillage and sowing options for enhancing productivity and profitability of teff in a sub-tropical highland environment, <i>Field Crops Research</i> , 2021, vol. 263, pp. 1–9.	10.1016/j.fcr.2020.108050	国際誌	発表済	
2021	Mekuriaw, S., Tsunekawa, A., Ichinohe, T., Tegegne, F., Haregeweyn, N., Nobuyuki, K., Tassew, A., Mekuriaw, Y., Walie, M., Tsubo, M. and Okuro, T., Mitigating the anti-nutritional effect of polyphenols on in vitro digestibility and fermentation characteristics of browse species in north western Ethiopia. <i>Tropical Animal Health and Production</i> , 2021, vol. 52(3), pp. 1287–1298.	10.1007/s11250-019-02126-3	国際誌	発表済	
2021	Setargie, T.A., Tilahun, S.A., Schmitter, P., Moges, M.A., Gurmessa, S.K., Tsunekawa, A., Tsubo, M., Berihun, M.L., Fenta, A.A. and Haregeweyn, N., 2021. Characterizing shallow groundwater in hillslope aquifers using isotopic signatures: A case study in the Upper Blue Nile basin, Ethiopia, <i>Journal of Hydrology: Regional Studies</i> , 2021, vol. 37, pp. 1–15.	10.1016/j.ejrh.2021.100901	国際誌	発表済	
2021	Mulualem, T., Adgo, E., Meshesha, D.T., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Tsubo, M., Ebabu, K., Kebede, B., Berihun, M.L., Walie, M. and Mekuriaw, S., Exploring the variability of soil nutrient outflows as influenced by land use and management practices in contrasting agro-ecological environments. <i>Science of the Total Environment</i> , 2021, vol. 786, pp. 1–13.	10.1016/j.scitotenv.2021.147450	国際誌	発表済	
2021	Nigussie, Z., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Tsubo, M., Adgo, E., Ayalew, Z. and Abele, S., Small-Scale Woodlot Growers' Interest in Participating in Bioenergy Market In Rural Ethiopia, <i>Environmental management</i> , 2021, vol. 68(4), pp. 553–565.	10.1007/s00267-021-01524-4	国際誌	発表済	
2021	Borrelli, P., Alewell, C., Alvarez, P., Anache, J.A.A., Baartman, J., Ballabio, C., Bezak, N., Biddoccu, M., Cerda, A., Chalise, D., Chen, S.C., Chen, W., De Girolamo, A.M., Gessesse, G.D., Deumlich, D., Diodato, N., Efthimiou, N., Erpul, G., Fiener, P., Freppaz, M., Gentile, F., Gericke, A., Haregeweyn, N., Hu, B.F., Jeanneau, A., Kaffas, K., Kiani-Harchegani, M., Villuendas, I.L., Li, C.J., Lombardo, L., Lopez-Vicente, M., Lucas-Borja, M.E., Marker, M., Matthews, F., Miao, C.Y., Mikos, M., Modugno, S., Moller, M., Naipal, V., Nearing, M., Owusu, S., Panday, D., Patault, E., Patriche, C.V., Poggio, L., Portes, R., Quijano, L., Rahdari, M.R., Renima, M., Ricci, G.F., Rodrigo-Comino, J., Saia, S., Samani, AN; Schillaci, C., Syrris, V., Kim, H.S., Spinola, D.N., Oliveira, P.T., Teng, H.F., Thapa, R., Vantas, K., Vieira, D., Yang, J.E., Yin, S.Q., Zema, DA; Zhao, G.J. and Panagos, P., Soil erosion modelling: A global review and statistical analysis, <i>Science of the Total Environment</i> , 2021, vol. 780, pp. 1–18.	10.1016/j.scitotenv.2021.146494	国際誌	発表済	

2021	Berihun, M.L., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Tsubo, M. and Fenta, A.A., Changes in ecosystem service values strongly influenced by human activities in contrasting agro-ecological environments, <i>Ecological Processes</i> , 2021, vol. 10(1), pp. 1–18.	10.1186/s13717-021-00325-1	国際誌	発表済	
2021	Vanmaercke, M., Panagos, P., Vanwalleghem, T., Hayas, A., Foerster, S., Borrelli, P., Rossi, M., Torri, D., Casali, J., Borselli, L., Vigiak, O., Maerker, M., Haregeweyn, N., De Geeter, S., Zglobicki, W., Bielders, C., Cerda, A., Conoscenti, C., de Figueiredo, T., Evans, B., Golosov, V., Ionita, I., Karydas, C., Kertesz, A., Krasa, J., Le Bouteiller, C., Radoane, M., Ristic, R., Rousseva, S., Stankoviansky, M., Stolte, J., Stolz, C., Bartley, R., Wilkinson, S., Jarihani, B. and Poesen, J., Measuring, modelling and managing gully erosion at large scales: A state of the art. <i>Earth–Science Reviews</i> , 2021, vol. 218, pp. 1–34.	10.1016/j.earscirev.2021.103637	国際誌	発表済	
2021	Tiruneh, G.A., Alemayehu, T.Y., Meshesha, D.T., Vogelmann, E.S., Reichert, J.M. and Haregeweyn, N., Spatial variability of soil chemical properties under different land–uses in Northwest Ethiopia. <i>Plos one</i> , 2021, vol. 16(6), pp. 1–18.	10.1371/journal.pone.0253156	国際誌	発表済	
2021	Bezak, N., Mikos, M., Borrelli, P., Alewell, C., Alvarez, P., Anache, J.A.A., Baartman, J., Ballabio, C., Biddoccu, M., Cerda, A., Chalise, D., Chen, S.C., Chen, W., De Girolamo, A.M., Gessesse, G.D., Deumlich, D., Diodato, N., Efthimiou, N., Erpul, G., Fiener, P., Freppaz, M., Gentile, F., Gericke, A., Haregeweyn, N., Hu, B.F., Jeanneau, A., Kaffas, K., Kiani–Harchegani, M., Villuendas, I.L., Li, C.J., Lombardo, L., Lopez–Vicente, M., Lucas–Borja, M.E., Maerker, M., Miao, C.Y., Modugno, S., Moller, M., Naipal, V., Nearing, M., Owusu, S., Panday, D., Patault, E., Patriche, C.V., Poggio, L., Portes, R., Quijano, L., Rahdari, M.R., Renima, M., Ricci, G.F., Rodrigo–Comino, J., Saia, S., Samani, A.N., Schillaci, C., Syrris, V., Kim, H.S., Spinola, D.N., Oliveira, P.T., Teng, H.F., Thapa, R., Vantas, K., Vieira, D., Yang, J.E., Yin, S.Q., Zema, D.A., Zhao, G.J. and Panagos, P., Soil erosion modelling: A bibliometric analysis. <i>Environmental research</i> , 2021, vol. 197, pp. 1–16.	10.1016/j.envres.2021.111087	国際誌	発表済	
2021	Mulualem, T., Adgo, E., Meshesha, D.T., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Tsubo, M., Kebede, B., Mamedov, A.I., Masunaga, T. and Berihun, M.L., Examining the Impact of Polyacrylamide and Other Soil Amendments on Soil Fertility and Crop Yield in Contrasting Agroecological Environments, <i>Journal of Soil Science and Plant Nutrition</i> , 2021, vol. 21(3), pp. 1817–1830.	10.1007/s42729-021-00482-4	国際誌	発表済	
2021	Alemu, G.T., Nigussie, Z., Haregeweyn, N., Berhanie, Z., Wondimagegnehu, B.A., Ayalew, Z., Molla, D., Okoyo, E.N. and Baributsa, D., Cost–benefit analysis of on–farm grain storage hermetic bags among small–scale maize growers in northwestern Ethiopia, <i>Crop Protection</i> , 2021, vol. 143, pp. 1–10.	10.1016/j.cropro.2020.105478	国際誌	発表済	
2021	Fenta, A.A., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Tsubo, M., Yasuda, H., Kawai, T., Ebabu, K., Berihun, M.L., Belay, A.S. and Sultan, D., Agroecology–based soil erosion assessment for better conservation planning in Ethiopian river basins, <i>Environmental Research</i> , 2021, vol. 195, pp. 1–12.	10.1016/j.envres.2021.110786	国際誌	発表済	Top10
2021	Mihretie, F.A., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Adgo, E., Tsubo, M., Masunaga, T., Meshesha, D.T., Ebabu, K. and Bayable, M., Agro–Economic Evaluation of Alternative Crop Management Options for Teff Production in Midland Agro–Ecology, Ethiopia, <i>Agriculture</i> , 2021, vol. 11(4), pp. 1–20.	10.3390/agriculture11040298	国際誌	発表済	

2021	Yibeltal, M., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Adgo, E., Meshesha, D.T., Masunaga, T., Tsubo, M., Billi, P., Ebabu, K. and Liyew Berihun, M., Effect of subsurface water level on gully headcut retreat in tropical highlands of Ethiopia, <i>Earth Surface Processes and Landforms</i> , vol. 46(6), pp. 1209–1222.	10.1002/es.p.5095	国際誌	発表済	
2021	Mukai, S., Billi, P., Haregeweyn, N. and Hordofa, T., Long-term effectiveness of indigenous and introduced soil and water conservation measures in soil loss and slope gradient reductions in the semi-arid Ethiopian lowlands, <i>Geoderma</i> , 2021, vol. 382, pp. 1–13.	10.1016/j.geoderma.2020.114757	国際誌	発表済	
2021	Kobayashi, N., Hou, F., Tsunekawa, A., Yan, T., Tegegne, F., Tassew, A., Mekuriaw, Y., Mekuriaw, S., Hunegnaw, B., Mekonnen, W., Ichinohe, T., Laser methane detector-based quantification of methane emissions from indoor-fed Fogera dairy cows, <i>Animal Bioscience</i> , 2021, vol. 34(8), pp. 1415–1424.	10.5713/ab.20.0739	国際誌	発表済	
2022	Sultan, D., Tsunekawa, A., Tsubo, M., Haregeweyn, N., Adgo, E., Meshesha, D.T., Fenta, A.A., Ebabu, K., Berihun, M.L. and Setargie, T.A., Evaluation of lag time and time of concentration estimation methods in small tropical watersheds in Ethiopia, <i>Journal of Hydrology: Regional Studies</i> , 2022, vol. 40, pp. 1–13.	10.1016/j.ejrh.2022.101025	国際誌	発表済	
2022	Berihun, M.L., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Tsubo, M., Fenta, A.A., Ebabu, K., Sultan, D. and Dile, Y.T., Reduced runoff and sediment loss under alternative land capability-based land use and management options in a sub-humid watershed of Ethiopia, <i>Journal of Hydrology: Regional Studies</i> , 2022, vol. 40, pp. 1–16.	10.1016/j.ejrh.2022.100998	国際誌	発表済	
2022	Minrete, F.A., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Adgo, E., Tsubo, M., Masunaga, T., Meshesha, D.T., Ebabu, K., Nigussie, Z., Sato, S. and Berihun, M.L., Exploring teff yield variability related with farm management and soil property in contrasting agro-ecologies in Ethiopia: <i>Agricultural Systems</i> , 2022, vol. 196, pp. 102229.	10.1016/j.agsy.2021.103338	国際誌	発表済	
2022	Ebabu, K., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Tsubo, M., Adgo, E., Fenta, A.A., Meshesha, D.T., Berihun, M.L., Sultan, D., Vanmaercke, M. and Panagos, P., Global analysis of cover management and support practice factors that control soil erosion and conservation: <i>International Soil and Water Conservation Research</i> , 2022 vol. 10(2), pp.161–176.	10.1016/j.iswcr.2021.12.002	国際誌	発表済	
2022	Mulualem, T., Adgo, E., Meshesha, D.T., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Tsubo, M., Kebede, B., Ebabu, K., Berihun, M.L., Wubet, A. and Fekadu, G., Dual benefits of polyacrylamide and other soil amendments: Mitigation of soil nutrient depletion and improvement of use-efficiency in midland agro-ecology, Ethiopia: <i>Land Degradation & Development</i> , 2022, pp. 1–12.	10.1002/ldr.4367	国際誌	発表済	
2022	Tiruneh, G.A., Meshesha, D.T., Adgo, E., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Fenta, A.A. and Reichert, J.M., Exploring Crop Yield Variability under Different Land Management Practices with Spectral Vegetation Indices in the Ethiopian Blue Nile Basin: <i>Geocarto International</i> , 2022, pp. 1–18.	10.1080/10106049.2022.2102239	国際誌	in press	
2022	Yibeltal, M., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Meshesha, D.T., Billi, P., Bedaso, Z., Wubet, A., Kang, M.W. and Lee, S.S., Effect of enclosure on subsurface water level and sediment yield in the tropical highlands of Ethiopia: <i>Journal of Environmental Management</i> , 2022, vol. 317, p.115414.	10.1016/j.jenvman.2022.115414	国際誌	発表済	

2022	Kebede, B., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Tsubo, M., Mulualem, T., Mamedov, A.I., Meshesha, D.T., Adgo, E., Fenta, A.A., Ebabu, K. and Masunaga, T., Effect of Polyacrylamide integrated with other soil amendments on runoff and soil loss: Case study from northwest Ethiopia: International Soil and Water Conservation Research, 2022, vol. 10, pp. 487–496.	10.1016/j.iswcr.2021.12.001	国際誌	発表済	Top10
2022	Walie, M., Tegegne, F., Mekuriaw, Y., Tsunekawa, A., Kobayashi, N., Ichinohe, T., Haregeweyn, N., Tassew, A., Mekuriaw, S., Masunaga, T. and Okuro, T., Effects of farmyard manure and Desmodium intercropping on forage grass growth, yield, and soil properties in different agro-ecologies of Upper Blue Nile basin, Ethiopia: Cogent Food & Agriculture, 2022, vol. 8(1), p.2082041.	10.1080/23311932.2022.2082041	国際誌	発表済	
2022	Tiruneh, G.A., Meshesha, D.T., Adgo, E., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Fenta, A.A., Belay, A.W., Tadesse, N., Fekadu, G. and Reichert, J.M., Use of soil spectral reflectance to estimate texture and fertility affected by land management practices in Ethiopian tropical highland: PLoS ONE, 2022, vol. 17(7), p.e0270629.	10.1371/journal.pone.0270629	国際誌	発表済	
2022	Tiruneh, G.A., Meshesha, D.T., Adgo, E., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Fenta, A.A. and Reichert, J.M., A leaf reflectance-based crop yield modeling in Northwest Ethiopia: PLoS ONE, 2022, vol. 17(6), p.e0269791.	10.1371/journal.pone.0269791	国際誌	発表済	
2022	Walie, M., Tegegne, F., Mekuriaw, Y., Tsunekawa, A., Kobayashi, N., Ichinohe, T., Haregeweyn, N., Tassew, A., Mekuriaw, S., Masunaga, T. and Tsubo, M., Nutritional Value and In Vitro Volatile Fatty Acid Production of Forage Grasses Cultivated Using Farmyard Manure and Desmodium intortum Intercropping in the Upper Blue Nile Basin, Ethiopia: Advances in Agriculture, 2022.	10.1155/2022/6593230	国際誌	発表済	
2022	Demissie, S., Meshesha, D.T., Adgo, E., Haregeweyn, N., Tsunekawa, A., Ayana, M., Mulualem, T. and Wubet, A., Effects of soil bund spacing on runoff, soil loss, and soil water content in the Lake Tana Basin of Ethiopia: Agricultural Water Management, 2022, vol. 274, p.107926.	10.1016/j.agwat.2022.107926	国際誌	発表済	
2023	Fekadu, G., Adgo, E., Meshesha, D.T., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Peng, F., Tsubo, M., Masunaga, T., Tassew, A., Mulualem, T. and Demissie, S., Seasonal and diurnal soil respiration dynamics under different land management practices in the sub-tropical highland agroecology of Ethiopia: Environmental Monitoring and Assessment, 2023, vol. 195(1), p.65.	10.1007/s10661-022-10705-5	国際誌	発表済	
2023	Ebabu, K., Taye, G., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Adgo, E., Tsubo, M., Fenta, A.A., Meshesha, D.T., Sultan, D., Aklog, D. and Admasu, T., Land use, management and climate effects on runoff and soil loss responses in the highlands of Ethiopia: Journal of Environmental Management, 2023, vol. 326, p.116707.	10.1016/j.jenvman.2022.116707	国際誌	発表済	
2023	Tiruneh, G.A., Meshesha, D.T., Adgo, E., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Fenta, A.A., Alemayehu, T.Y., Ayana, G., Reichert, J.M. and Tilahun, K., Geospatial modeling and mapping of soil organic carbon and texture from spectroradiometric data in Nile basin: Remote Sensing Applications: Society and Environment, 2023, vol. 29, p.100879.	10.1016/j.rsase.2022.100879	国際誌	発表済	
2023	Haregeweyn, N., Tsunekawa, A., Tsubo, M., Fenta, A.A., Ebabu, K., Vanmaercke, M., Borrelli, P., Panagos, P., Berihun, M.L., Langendoen, E.J. and Nigussie, Z., Progress and challenges in sustainable land management initiatives: A global review: Science of the Total Environment, 2022, vol. 858, p.160027.	10.1016/j.scitotenv.2022.160027	国際誌	発表済	

2023	Tiruneh, G.A., Meshesha, D.T., Adgo, E., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Fenta, A.A., Reichert, J.M., Mulualem T.A., and Tilahun, K., Monitoring impacts of soil bund on spatial variation of teff and finger millet yield with Sentinel-2 and spectroradiometric data in Ethiopia	10.1016/j.heliyon.2023.e14012	国際誌	発表済	
------	---	-------------------------------	-----	-----	--

論文数 86 件
うち国内誌 0 件
うち国際誌 86 件
公開すべきでない論文 件

18

②原著論文(上記①以外) Original Paper (other than ①)

年度 FY	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 author, title, journal, year published, volumeno., issue no., pages	DOIコード DOI code	国内誌/ 国際誌の別 domestic/int ernational	発表済(published) /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 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) Other Production (joint authorship w/the counterpart)(review/summary/book etc)

年度 FY	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 author, title, journal, year published, volumeno., issue no., pages	DOIコード DOI code	国内誌/ 国際誌の別 domestic/int ernational	発表済(published) /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。)
2018	Mekuriaw, S., Mengistu, A. and Tegegne, F., Livestock technologies and grazing land management options for climate change adaptation and utilization as a contribution for feed security in Ethiopia: a brief overview, In Castro, P., Azul, A.M., Leal Filho, W. and Azeiteiro, U.M. (Eds.), Climate Change-Resilient Agriculture and Agroforestry, Springer, Cham (Switzerland), 2019, pp. 383-396.		書籍	発表済	
2020	Abera, W., Haregeweyn, N., Dile, Y., Fenta, A.A., Berihun, M.L., Demissie, B., Mulatu, C.A., Nigussie, T.A., Billi, P., Meaza, H. and Woldearegay, K., Scientific misconduct and partisan research on the stability of the Grand Ethiopian Renaissance Dam: A critical review of a contribution to Environmental Remote Sensing in Egypt, In Melesse, A.M., Abtew, W., Semu, M.A. (Eds.), Nile and Grand Ethiopian Renaissance Dam. Springer International Publishing (Switzerland), 2020, pp. 273-293.		書籍	発表済	
2021	Tsunekawa, A., Haregeweyn, N. (Eds.). Soil Erosion and Sustainable Land Management (SLM). Basel: MDPI. 250p. . (ISBN 978-3-0365-0786-6 (Hbk); ISBN 978-3-0365-0787-3 (PDF); https://doi.org/10.3390/books978-3-0365-0787-3 (registering DOI))		Flyer	発表済	

著作物数 3 件
公開すべきでない著作物 件

④その他の著作物(上記③以外)(総説、書籍など) Other Production (other than ③)(review/summary/book etc)

年度 FY	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 author, title, journal, year published, volumeno., issue no., pages	DOIコード DOI code	国内誌/ 国際誌の別 domestic/int ernational	発表済(published) /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。)
2017	Atsushi Tsunekawa, Nigussie Haregeweyn, "Combatting desertification", Science Impact Ltd, vol. 7, pp. 26-28		Article and brochure	発表済	
2022	恒川篤史、土壌侵食に対処する土地管理技術、アグリバイオ 6(3):38-45		総説	発表済	

著作物数 2 件
公開すべきでない著作物 件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等 Training Course / manuals invented etc

年度 FY	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 Outline of the course(purpose, target, qualification etc), the no. of implementation, the no. of completion person	開発したテキスト・マニュアル類 text/manual invented	特記事項
2022	Sustainable Land Management (SLM): Guidelines and Policy Brief Based on Five-Years Research Results of the SATREPS (Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development)-Ethiopia Project: "Development of Next-generation Sustainable Land Management (SLM) Framework to Combat Desertification"	Policy Brief	
2022	Guideline for Implementation of Sustainable Land Management (SLM) Based on Evidences for Selected Technologies and Approaches	Guideline	

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)

Conference presentation w/the research team of the counterpart (international/domestic conference presentation)

年度 FY	国内/ 国際の別 domestic/ international	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等 Presenter, title, conference name, place, date, etc.	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別 invitation/oral/poster
2018	国際学会	Nigussie Haregeweyn, Atsushi Tsunekawa, Mesenbet Yibeltal, Mulatu Liyew, Kindiye Ebabu, Mitsuru Tsubo, Derege Tsegaye Meshesha. The dynamics and counter measures of land degradation: a comparative study of three paired watersheds in northwest Ethiopia. The International Soil Erosion Research Forum, Yangling, China, 10-18 September 2018.	口頭発表
2018	国際学会	Shigdaf Mekuriaw, Atsushi Tsunekawa, Toshiyoshi Ichinohe, Nigussie Haregeweyn, Firew Tegegne, Kobayashi Nobuyuki, Yamasaki Yuji, Asaminew Tassew, Yeshambel Mekuriaw, and Misganaw Wale. Concentration of major and trace minerals of natural pasture from grazing lands in relation to requirements of Dairy animals in the Upper Blue Nile basin, Ethiopia. The 4th International Grassland Agro-ecosystem Conference, Lanzhou, China, 24-27 September 2018.	口頭発表
2018	国内学会	Fekremariam Asargew, Tsunekawa Atsushi, Wataru Tsuji, Mitsuru Tsubo, Nigussie Haregeweyn, Muluken Bayable, Enyew Adgo. Variations in dry matter allocation, growth and physiology of teff (Eragrostis tef) accessions. The 247th Japan Crop Science Conference, Tsukuba, Japan, 28-29 March 2019.	ポスター発表
2018	国内学会	Haregeweyn, N., Tsunekawa, A., Yibeltal, M., Liyew, M., Ebabu, K., Tsubo, M., Tsegaye, D. and Meshesha, D.T.: The dynamics and counter measures of land degradation: a comparative study of three paired watersheds in northwest Ethiopia. Paper presented at the International Soil Erosion Research Forum, Yangling, China, September 10-18, 2018.	口頭発表
2019	国際学会	Fenta Alimaw Fenta, Atsushi Tsunekawa, Nigussie Haregeweyn, Mitsuru Tsubo, Jean Poesen, Pasquale Borrelli, Panos Panagos, Matthias Vanmaercke Broeckx Jente. Assessment of water and wind erosion risk over the Eastern Africa region. A paper presented at the Global Symposium of Soil Erosion, FAO, Rome Italy, 15-17 May 2019.	口頭発表
2019	国内学会	Haregeweyn, N., Yibeltal, M., Liyew, M., Tsunekawa, A., Mitsuru, T., Fenta, A.A., Meshesha, D.T., and Vanmaercke, M. Comprehensive gully erosion characterization, monitoring and modelling: case studies from three contrasting sites in the Upper Blue Nile basin. Paper presented at the 8th International Symposium on Gully Erosion, Townsville, Australia, July 21-27, 2019.	口頭発表

2019	国内学会	Yibeltal, M., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Adgo, E., Meshesha, D.T., Masunaga, T., Tsubo, M., Gelaw, K.E., Fenta, A.A., and Berihun, M.L. Analyzing long-term effect of gully erosion on land degradation in Upper Blue Nile basin, Ethiopia. Paper presented at the AGU Fall Meeting, San Francisco, USA, December 9–13, 2019.	口頭発表
2019	国内学会	Haregeweyn, N., Tsunekawa, A., Tsubo, M., Fenta, A.A., Gelaw, K.E., Kebede, B., Berihun, M.L., and Yibeltal, M. Overview of global SLM: A review on its distribution, successes and failures and its implications towards achieving a LDN world. Paper presented at the AGU Fall Meeting, San Francisco, USA, December 9–13, 2019.	口頭発表
2019	国内学会	Ebabu, K., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Adgo, E., Meshesha, D.T., Aklog, D., Masunaga, T., Tsubo, M., Sultan, D., Fenta, A.A., and Yibeltal, M. Runoff, soil loss, and soil properties as influenced by land use and management practices: Case study from the Upper Blue Nile basin, Ethiopia. Paper presented at the AGU Fall Meeting, San Francisco, USA, December 9–13, 2019.	口頭発表
2019	国内学会	Berihun, M.L., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Meshesha, D.T., Adgo, E., Tsubo, M., Masunaga, T., Fenta, A.A., Sultan, D., Yibeltal, M., and Gelaw, K.E. Hydrological responses to changes in land use/land cover and climate in contrasting agro-ecological settings of the Upper Blue Nile basin, Ethiopia. Paper presented at the AGU Fall Meeting, San Francisco, USA, December 9–13, 2019.	口頭発表
2019	国内学会	Haruyuki Fujimaki, Tilahun Tadesse, Mitsugu Funaba, Kkeisuke Arai, Kiyoshi Shiratori, Derege Meshesha. Rain-fed Rice Cultivation using a Geo-Membrane on a Hill site in Blue Nile Basin. A paper presented at the Japanese Association for Arid Land Studies (JAALS), Tokyo, Japan, May 25 & 26 2019.	口頭発表
2020	国内学会	Yibeltal, M., Billi, P., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N. Gully and waterway erosion in Ethiopian highlands. In: Spalevic V. (ed.) GEA International (Geo Eco-Eco Agro) Conference – Book of Abstracts, University of Montenegro, Podgorica, pp 29. (May 2020)	口頭発表
2020	国内学会	Abera, W., Haregeweyn, N., Dile, Y., Fenta, A.A., Berihun, M.L., Demissie, B., Mulatu, C.A., Nigussie, T.A., Billi, P., Meaza, H. and Woldearegay, K. Scientific misconduct and partisan research on the stability of the Grand Ethiopian Renaissance Dam: A critical review of a contribution to Environmental Remote Sensing in Egypt (Springer, 2020). Paper presented at the International Conference on the Nile and Grand Ethiopian Renaissance Dam: Science, Conflict Resolution and Cooperation, Florida International University, Miami, USA, August 20–21, 2020.	口頭発表
2021	国際学会	Kobayashi, N., Hou, F., Tsunekawa, A., Yan, T., Tegegne, F., Tassew, A., Mekuriaw, Y., Mekuriaw, S., Hunegnaw, B., Mekonnen, W., Ichinohe, T., Quantification of methane emissions from indoor-fed Fogera dairy cows using laser methane detector, The Joint Twenty-fourth International Grassland and the Ninth International Rangeland Virtual Congress, 25–29 October 2021.	ポスター発表

2022	国際学会	Tiruneh, G.A., Meshesha, D.T., Adgo, E., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Fenta, A.A., Wubet, A., Reichert, M.J. Characterization of soils for integrated water management using remote sensing approach in Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. Paper presented at Sub-saharan Africa conference: Current and future challenges of Water Resources Management in Africa. Organized by Technische Universität Braunschweig, Germany and University for Development Studies, Burkina Faso, October 28–29, 2021.	口頭発表
2022	国際学会	Berihun, M.L., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., and Fenta, A.A. Exploring factors controlling gully distribution at contrasting climatic and hydro-ecological environments: a case of Chemoga watershed. Paper presented at JSPS–FNRS bilateral project workshop on “Developing a gully erosion model for better land management” organized by Tottori University (Japan), University of Liège (Belgium) and KU Leuven (Belgium), Tottori University, Japan, February 24–25, 2022.	口頭発表
2022	国際学会	Tiruneh, G.A., Meshesha, D.T., Adgo, E., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Fenta, A.A., Reichert, M.J. Predicting soil properties from reflectance in Ethiopia. Paper presented at the 2nd African Graduate Students International Conference, organized by Bahir Dar University, Ethiopia, May 27–28, 2022.	口頭発表
2022	国際学会	Tiruneh, G.A., Meshesha, D.T., Adgo, E., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Fenta, A.A., Reichert, M.J. Modelling soil fertility using spectral reflectance in Upper Blue Nile Basin. Paper presented at International Conference on Water, Energy and Food Security organized by Florida International University (FIU) and Ethiopian Space Science and Technology Institute (ESSTI), Addis Ababa, Ethiopia, July 4–5, 2022.	口頭発表
2022	国際学会	Tiruneh, G.A., Meshesha, D.T., Adgo, E., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Fenta, A.A., Reichert, M.J. Use of soil spectral reflectance as a criterion for water resource management in Ethiopia. Paper presented at International Conference on Water, Energy and Food Security organized by Florida International University (FIU) and Ethiopian Space Science and Technology Institute (ESSTI), Addis Ababa, Ethiopia, July 4–5, 2022.	口頭発表
2022	国内学会	Haregeweyn, N., Tsunekawa, A., Tsubo, M., Berihun, M.L., Ebabu, K., Fenta, A.A., Vanmaercke, M., Minichil, T.M., Setargie, T.A., Poesen, J. Gully erosion susceptibility across contrasting landscape and climatic regions. Paper presented at the AGU Fall Meeting, Chicago, USA, December 12–16, 2022.	口頭発表
2022	国内学会	Haregeweyn, N., Tsunekawa, A., Tsubo, M., Fenta, A.A., Ebabu, K., Langendoen, E.J., Betemariam, E., and Poesen, J. A Transdisciplinary Approach to Bridging the Science–Policy–Development Gaps in Sustainable Land Management. Paper presented at the AGU Fall Meeting, Chicago, USA, December 12–16, 2022.	口頭発表

2022	国内学会	Fenta, A.A., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Yasuda, H., Tsubo, M., Kawai, T., Berihun, M.L., Ebabu, K., Sultan, D., Belay, A.S., Setargie, T.A., Borrelli, P., and Panagos, P. Towards Integrating IMERG-based Global Rainfall Erosivity Estimates with Gauge Data. Paper presented at the AGU Fall Meeting, Chicago, USA, December 12-16, 2022.	口頭発表
2022	国内学会	Fenta, A.A., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Tsubo, M., Yasuda, H., Kawai, T., Berihun, M.L., Ebabu, K., Sultan, D., and Mekuriaw, S. Developing a Framework for Evaluating Land Use and Management Alternatives Impact on Ecosystem Services Paper presented at the AGU Fall Meeting, Chicago, USA, December 12-16, 2022.	口頭発表
2022	国内学会	Meshesha, T.M., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Tsubo, M., Fenta, A.A., Berihun, M.L., Setargie, T.A., Kassa, S.B., Wossene, M.L., Hailu, Y.B., Bizuneh, B.B., and Gelaw, E.M. Exploring past and future land use land cover changes in contrasting agroecological environments of Ethiopia: Application of Remote Sensing and Spatial Metrics. Paper presented at the AGU Fall Meeting, Chicago, USA, December 12-16, 2022.	口頭発表
2022	国内学会	Setargie, T.A., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Tsubo, M. Assessing the effect of DEM resolution on soil erosion estimation and gully erosion susceptibility prediction. Paper presented at the AGU Fall Meeting, Chicago, USA, December 12-16, 2022.	口頭発表

招待講演	0 件
口頭発表	23 件
ポスター発表	2 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)
 Conference other than ① (international/domestic conference presentation)

年度 FY	国内/ 国際の別 domestic/inte rnational	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等 Presenter, title, conference name, place, date, etc.	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別 invitation/oral/poster
2017	国際学会	Atsushi Tsunekawa (Tottori University), Sustainable Land Management to achieve land degradation neutrality. The Sixth Kubuqi International Desert Forum, Kubuqi, China, 29-30 July 2017	招待講演
2017	国際学会	Nigussie Haregeweyn, Atsushi Tsunekawa. Development of Sustainable Land Management (SLM) framework to Combat Desertification: the case of SATREPS-Ethiopia project. Asia-EC JRC Joint Conference, Seoul, Korea, December 4-7, 2017	口頭発表
2017	国際学会	Nigussie Haregeweyn, Mesenbet Yibeltal, Atsushi Tsunekawa (Tottori University). Analysis of gully erosion features under three contrasting environments of the Upper Blue Nile basin. Gully erosion inventory and proposal for a modelling activity workshop, Ispara, Italy, March 19-20, 2018	口頭発表
2017	国際学会	Atsushi Tsunekawa (Tottori University), Sustainable Land Management as a holistic approach to achieve long-term productive ecosystems. International Conference on Environmental Science and Technology 2017, Ulaanbaatar, Mongolia, 27 Oct 2017	招待講演
2018	国内学会	大黒俊哉(東京大学)、砂漠化地域における植生修復と持続可能な土地管理、日本学術会議公開シンポジウム:植物保護科学のSDGsへの貢献、東京、2018年12月1日	招待講演
2018	国内学会	橋本友太, 佐藤邦明, 増永二之, Fekremariam Mihertie Asargew, Nigussie Haregeweyn, 恒川篤志: エチオピアのテフ栽培地土壌の特性評価. 2018年度(第114回)日本土壌肥料学会関西支部講演会、松江テルサ、松江、2018年12月6日	口頭発表
2018	国際学会	Toshiya Okuro (The Universit of Tokyo), Desertification control and restoration of ecosystem services in drylands, Japan-Iran Environmental Workshop on Dust and Sand Storm, 2019年2月17日	招待講演
2018	国際学会	Tsunekawa, A. 2018. Sustainable Land Management (SLM) to reduce soil erosion in the Upper Blue Nile basin, Ethiopia. Invited Speech at the at the International Soil Erosion Research Forum, Yangling, China, 10-18 September 2018.	招待講演
2018	国内学会	恒川篤史(鳥取大学)、砂漠化対処に向けた次世代型「持続可能な土地管理(SLM)」フレームワークの開発(エチオピア)、日本砂丘学会、つくば、2018年8月22日	招待講演
2018	国際学会	Atsushi Tsunekawa (Tottori University), Sustainable Land Management (SLM) to combat desertification: a case study of the Upper Blue Nile basin, Ethiopia. Forum on Innovation and Development of Desertification Control and Ecological Restoration, Dunhuang, China, 20 September 2018.	招待講演

2018	国際学会	Shigdaf Mekuriaw, Atsushi Tsunekawa, Toshiyoshi Ichinohe, Nigussie Haregeweyin, Firew Tegegne, Nobuyuki Kobayashi, Yuji Yamasaki, Toshiya Okuro, Asaminew Tassew, Yeshambel Mekuriaw and Misganaw Wale. Concentration of major and trace minerals of natural pasture grazing lands in relation to requirements of Dairy animals in upper Blue Nile basin, Ethiopia. The 4th International Grassland Agriculture Conference, Lanzhou University, China. 25-27 September 2018.	口頭発表
2018	国際学会	Atsushi Tsunekawa (Tottori University), Sustainable Grassland Management: trade-offs and synergies between ecosystem services. 4th International Grassland Agro-ecosystems Conference (4th IGAC), Lanzhou, China, 25-27 September 2018	招待講演
2018	国際学会	Atsushi Tsunekawa (Tottori University), Sustainable land management in Ethiopia. International Workshop of Global Dryland Ecosystem Programme, Beijing, China, 22-23 October 2018	招待講演
2018	国内学会	橋本友太, 佐藤邦明, 増永二之, Fekremariam Mihertie Asargew, Nigussie Haregeweyn, 恒川篤志: エチオピアのテフ栽培地土壌の特性評価. 2018年度(第114回)日本土壌肥料学会関西支部講演会、松江テルサ、松江、2018年12月	口頭発表
2018	国際学会	Atsushi Tsunekawa (Tottori University), Sustainable Land Management to convert areas from grey into green, 13th International Conference on Development of Drylands (ICDD), Jodhpur, India, 11-14 February 2019	招待講演
2019	国内学会	川端綾香, 増永二之, 橋本友太, 澤田遼, Fekremariam Mihertie Asargew, Nigussie Haregeweyn, 恒川篤志: エチオピア高地におけるアカシア植林と炭焼きが土壌肥沃度に及ぼす影響評価. 2019年度(第115回)日本土壌肥料学会関西支部講演会、鳥取市、2019年12月	口頭発表
2021	国際学会	Toshiya OKURO (The University of Tokyo), Network of comprehensive researches and education for restoration and sustainable land management of degraded Landscapes in Asia and Africa, The 34th International Geographical Congress (IGC): Online, 2021年8月	ポスター発表
2021	国内学会	大黒俊哉(東京大学), 持続可能な土地管理にむけた草原生態系の保全・再生, 北海道芝草研究会講演会: オンライン, 2022年1月	招待講演

招待講演	11 件
口頭発表	6 件
ポスター発表	1 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 件
 公開すべきでない特許出願数 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 件
 公開すべきでない特許出願数 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 Awards

年度 FY	受賞日 the date awarded	賞の名称 the name of the award	業績名等 (「〇〇の開発」など) Achievement	受賞者 recipient	主催団体 host	プロジェクトとの関係 (選択) the relation w/the project	特記事項
2017	2018/2/28	鳥取大学科学研究業績表彰	河川流域におけるより良い土地利用計画のための土壌侵食の総合的評価:青ナイル川上流域における事例研究	Nigussie Haregeweyn Ayehu	鳥取大学	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2020	2021/1/4	鳥取大学長表彰	エチオピアにおける持続可能な土地管理(Sustainable Land Management:SLM)フレームワークに関する研究が国際的に高い評価	恒川 篤史	鳥取大学	2.主要部分が当課題研究の成果である	
2021	2021/1/21	Top-ten Excellent Articles Award	Efficiency of soil and water conservation practices in different agro-ecological environments in the Upper Blue Nile Basin of Ethiopia	Dagnenet SULTAN	Springer	2.主要部分が当課題研究の成果である	
2021	2021/9/18	Honorary Doctorate Degree (Honoris Causa)	Distinguished contributions to Ethiopia and other developing countries aiming at transforming the nation through scientific research and technological innovations	Atsushi Tsunekawa	Bahir Dar University	3.一部当課題研究の成果が含まれる	

4 件

②マスコミ(新聞・TV等)報道 Press release

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
2019		Amhara Mass Media	IG activities in Guder and Aba Gerima		1.当課題研究の成果である	
2019	2019/11/1	Herald (Ethiopian Press Agency)	The Interview of Prof. Nigussie		1.当課題研究の成果である	
2020	2020/6/17	首相官邸SNS「JAPAN GOV」	「砂漠化および干ばつと闘う世界デー」	Twitter/Facebook	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2021	2021/10/1	SATREPS・JICA広報	バハルダール大学による恒川教授への名誉博士号授与	Twitter/Facebook/LinkedIn	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2021	2021/11/22	Bahir Dar University Mass Media	SATREPS Project Stakeholders meeting		1.当課題研究の成果である	
2022	2022/11/15	Amhara Mass Media; Ethiopian News Agency	Partnership Agreement was reached among Amhara Bureau of Agriculture, Amhara Agricultural Research Institute, and Bahir Dar University to implement the SATREPS-Ethiopia project's research-proven 13 technologies.	TV/ Facebook	Project result	
2022	2022/11/15	Amhara Mass Media	Income generating activity at Aba Gerima	TV	Project result	
2022	2022/11/16	multiple massmedia	Dr Firew Tegegne Amogne, President of Bahir Dar University, received Japanese Foreign Minister's Commendations for 2022	TV/ facebook/ /websites	Partially contains	

8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 Workshop/seminar/symposium/outreach etc

年度 FY	開催日 Date	名称 Title	場所 (開催国) City (Country)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	公開/ 非公開の別 Opened/closed	概要
2016	2017年3/6～ 3/7	キックオフワークショップ	アディスアベバ (エチオピア)	44人(参加者総数)	非公開	本SATREPSプロジェクトの開始にあたり、これまでの関連研究の成果共有、日本・エチオピア側研究者の協議、詳細研究計画の策定を目的として実施した。
2017	2017/7/7	SATREPSプロジェクト合同セミナー	Dangila(エチオピア)	21人(参加者総数)	非公開	本SATREPS プロジェクトの概要、各グループの研究計画、博士課程学生の研究計画および進捗状況について情報共有を行った。
2017	2017/8/12	SATREPSプロジェクト合同セミナー	Dangila(エチオピア)	18人(参加者総数)	非公開	砂漠化対処に向けた次世代型SLMフレームワークの開発について議論した。
2017	2018/1/5	JSTミーティング	東京(日本)	不明	非公開	本SATREPS プロジェクトの年次計画および進捗状況について報告した。
2017	2018/2/19～ 20	第1回年次鳥取ワークショップ(マッチメイキングワークショップ)	東京(日本)	20人(参加者総数)	非公開	日本・エチオピア側研究者の共同研究の強化、全期間および平成30年度の研究計画の検討・承認を目的として実施した。
2018	2018/8/8	SATREPSプロジェクトワークショップ	BahirDar(エチオピア)	21人(参加者総数)	非公開	日本・エチオピア側研究者間の研究交流および各グループの進捗状況について情報共有を行った。
2018	2019/3/4-5	第2回年次鳥取ワークショップ(マッチメイキングワークショップ)	鳥取(日本)	37人(参加者総数)	非公開	日本・エチオピア側研究者の共同研究の強化、全期間および平成31年度の研究計画の検討・承認を目的として実施した。
2019	2019/10/4	SATREPS/JST中間評価ミーティング	東京(日本)	6人	非公開	Consultative meeting on the upcoming SATREPS Project midterm review
2020	2020/1/30- 2/1	SATREPSエチオピアのJST中間評価会に出席・発表	東京(日本)	15人(参加者総数)	非公開	Mid-term review and evaluation
2020	2020/3/27	3rd SATREPS Tottori workshop	鳥取(日本)	35人(参加者総数)	非公開	Reviewing the FY 2019 project progress and develop detailed research plan for the FY 2020

2021	2021/3/27	4th SATREPS Tottori workshop (Zoom Meeting)	開催者(ホスト)として 鳥取(日本)	約60名の予定	非公開	Reviewing the FY 2020 project progress and develop detailed research plan for the FY 2021. Discussing about the extension to FY2022
2021	2021/10/12-24	Regional IP workshop	BahirDar,Ethiopia	65人(参加者総数)	非公開	Reviewing project progress and evaluation of alternative future land use and management scenarios
2022	2022/3/26	5th SATREPS Tottori workshop (Zoom Meeting)	開催者(ホスト)として 鳥取(日本)	約60名の予定	非公開	Reviewing the FY 2021 project progress and develop detailed research plan for the FY 2022
2022	2022/8/15	Regional Research Based Sustainable Land Management (SLM) Partnership	BahirDar(エチオピア)	20	非公開	Sharing, verifying and implementing the effective SLM technologies and approaches in coordination between the policy and science sides
2023	2023/1/6	The first Regional Research Based Sustainable Land Management (SLM) Partnership	BahirDar(エチオピア)	20	非公開	Discuss prospects challenges future activity plans of the Partnership

15 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) JCC

年度 FY	開催日 date	議題 agenda/topics	出席人数	概要
2017	2017/11/14	プロジェクト・デザイン・マトリックス (PDM)と活動計画(PO)	25人	開会の挨拶、プロジェクトメンバーの紹介、研究の背景および進捗状況、プロジェクト・デザイン・マトリックス(PDM)と活動計画(PO)の説明・質疑応答・議論・承認、年次計画の説明・質疑応答・議論、供与機材の授与セレモニー、閉会の挨拶
2018	2018/11/5	プロジェクト・デザイン・マトリックス (PDM)と活動計画(PO)	35人	開会の挨拶、プロジェクトメンバーの紹介、第1回JCCの報告、研究の背景、プロジェクト・デザイン・マトリックス(PDM)と活動計画(PO)の説明・質疑応答・議論・承認、研究の進捗状況・質疑応答、供与機材の授与セレモニー、閉会の挨拶
2019	2019/11/19	プロジェクト・デザイン・マトリックス (PDM)と活動計画(PO)	38人	開会の挨拶、プロジェクトメンバーの紹介、第2回JCCの報告、研究の背景、プロジェクト・デザイン・マトリックス(PDM)と活動計画(PO)の説明・質疑応答・議論・承認、研究の進捗状況・質疑応答、供与機材の授与セレモニー、閉会の挨拶

3 件

成果目標シート

研究課題名	砂漠化対処に向けた次世代型「持続可能な土地管理(SLM)」フレームワークの開発
研究代表者名 (所属機関)	恒川 篤史 (鳥取大学 乾燥地研究センター)
研究期間	H28採択(平成28年6月1日～令和5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／バハルダール大学、アムハラ州農業研究所、水・土地資源研究センター、農業省

付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> 世界の砂漠化対処への貢献 国際援助機関による開発プロジェクトの改善・効率化
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> 砂漠化防止技術の開発(土壌侵食防止技術、現代的耕畜連携システム、社会経済的エンパワメント手法) 次世代型持続可能な土地管理(SLM)手法の開発
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	<ul style="list-style-type: none"> 次世代型SLM(持続的、自律的、総合的) 空間情報技術を活用した土壌侵食観測システム 地下水探査によるガリー侵食防止技術 耕畜連携システムの現代化、舎飼いシステムの導入 SLMへの参加を通じたエンパワメント
世界で活躍できる日本人人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> 国際機関等で活躍できる日本人若手研究者の育成 高度な研究能力と優れたリーダーシップ 問題解決能力、管理能力、合意形成能力の形成
技術及び人的ネットワークの構築	該当なし
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	<ul style="list-style-type: none"> 次世代型SLMプロジェクト実施ガイドライン 次世代型SLMプロジェクト実施マニュアル 土壌侵食観測システム・防止技術 保全農法と舎飼いシステム バリューチェーンアプローチ

上位目標

青ナイル川上流域において次世代型SLMが導入され、土壌侵食量が削減される。

「2030年までに土地劣化の中立性の実現」(SDGs15.3)に貢献する。

青ナイル川上流域における次世代型SLMの実施・普及。

エチオピアモデルが国際的に取り入れられ、普及・展開。

プロジェクト目標

①土壌侵食の削減、②土地生産力の向上、③農家生計の向上に資する次世代型SLMフレームワークの開発と、中央・地方政府、国際援助機関、地域ステークホルダーへの提案。

