

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「環境・エネルギー（地球規模の環境課題）」

研究課題名「ジブチにおける広域緑化ポテンシャル評価に基づいた発展
的・持続可能水資源管理技術確立に関する研究」

採択年度：平成30年度（2018年）度/研究期間：5年/

相手国名：ジブチ共和国

令和3（2021）年度実施報告書

国際共同研究期間^{*1}

2019年7月1日から2024年6月30日まで

JST 側研究期間^{*2}

2018年4月1日から2024年3月31日まで

（正式契約移行日2018年6月8日）

*1 R/D に基づいた協力期間（JICA ナレッジサイト等参照）

*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=JST との正式契約に定めた年度末

研究代表者： 島田沢彦

東京農業大学・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

世界的なコロナウイルスの蔓延により、2020年3月から2021年11月の渡航困難期間において現地調査を進めることが出来ず、全ての研究課題についてのデータ解析の開始が遅れることになった。

研究題目・活動	2018年度 (12ヶ月)	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度 (2ヶ月)
1. 水循環シミュレーションモデル整備								
1-1 地下水年代・水質推定のためのパラメータ把握						データの収集および フィードバックによるモデル改善		
1-2 水循環シミュレータモデルシステム構築						全ジワラ流域解析	水循環モデルの完成	
1-3 水資源ポテンシャルマップの改善と更新技術移転						アンボウリ ワシ流域解析	インターポーター解析	技術移転
2. 緑化・農地化ポテンシャル評価								
2-1 植生環境分布把握						UAV空撮調査／画像解析		
2-2 牧養力及び緑化ポテンシャルを図化						牧養力現地調査・解析	緑化評価の達成	
2-3 既存農場調査と農地化ポテンシャル図化								
2-4 緑化・農地化ポテンシャル図作成手法の開発と共有							技術移転	
3. 持続可能パイロットファーム営農								
3-1 節水かんがいシステムの開発						既存農園における試験・実装		
3-2 有用植物・飼料の選定および高付加価値営農方法の開発						有用植物・養殖飼料・家畜の 試験栽培・飼育	モデル節水型 農牧システムの提案	
4. 荒地緑化の経済的評価								
4-1 遊牧民の定住化による経済的把握								
4-2 荒地緑化による遊牧民への影響把握								
4-3 荒地緑化手法の採算性把握							荒地緑化法の確立 と緑化の影響評価	
5. モデル普及・広報								
5-1 ワークショップ・研修の開催						ワークショップ（年1回）、研修（年1回）		
5-2 学術論文の投稿								
5-3 博士号授与者の輩出						博士課程への受入	授与者の輩出	

(2) プロジェクト開始時の構想からの変更点（該当する場合）

社会科学系の聞き取りを伴う研究調査の実行は、このプロジェクト期間内の再開可能性が見いだせないことから、当初の経済的評価は断念し新たに衛星画像を用いた調査や、地域創生を見据えたバイオ炭の有効活用に関する研究を進めている（2022年2月22日開催JCCにおいて承認）。現地調査の1年半の遅延に鑑み、研究題目「3」「4」「5」については、1年から1年半程度の実施後ろ倒しを検討している。

2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト (公開)

(1) プロジェクト全体

日本から輸送した物品(サーバー・AI解析用PC機器、化学分析ジブチラボ用機器)が、2021年5月にジブチ大学に到着し、研究者(島田・檜谷)渡航時の2022年1月・2月にPC解析室および化学分析実験室をそれぞれ、ジブチ大学バルバラキャンパスの博士研究センター棟(École Doctorale)2階、工学部棟1階(Atelier GC)に設置を行った(図O-1, O-2)。これらの施設を用いた技術移転をワークショップやトレーニング・講習会の形で、適宜オンライン・オンサイトで進めて行く。また、これら施設の開所式を、ジブチ高等教育大臣および在ジブチ大使を招きジブチ大学・JICAジブチ事務所主催で2022年7月に開催する予定である。

2021年12月に気象局を訪問し、2020年3月に締結したMOUについて確認し、気象局で収集している47ステーションの気象データの共有と、本プロジェクトで収集される合計10地点の自動データ転送型地下水位・降雨データの共有を約束した。

2022年2月22日において、コロナ禍において開催できていなかった第2回JCCをジブチ大学オンサイトおよびオンラインのハイブリッドで開催した(図O-3)。今JCCにおいては、各研究グループのこれまでの成果および今後の計画について共有され、コロナ禍の影響で変更がなされた研究活動について確認がなされ承認された。また新たな加入メンバーについての紹介がなされ承認された。

日本側研究者を派遣しての現地調査は、2021年度12月まで実施できなかったため、ジブチ全土の解析用ベースデータの収集が主な活動となった。研究課題「3」「4」については、現地調査活動が出来ないため進めることが出来なかったが、研究課題「1」「2」に関しては、ジブチ全土の水循環シミュレーション・地表面・植生環境把握解析のためのベースデータの収集を行った。研究課題「1」のシミュレーション精度向上において重要となる、地質調査(微動アレイ探査)を2021年12月に行い、ワジ周辺沖積層に関する知見を得ることが出来た。前年度に収集したデータ・サンプルを解析して得られた知見・結果については、2021年9月7～10日に開催された沙漠国際会議(Desert Technology 14)において13タイトルの発表(口頭11件、ポスター・ショートプレゼンテーション2件)を行った。これらの発表研究は論文化しJournal of Arid Land Studiesのプロシーディングス論文として、査読中のタイトルがまだあるものの、掲載が決定したタイトルの発刊が決まっている(「VI. 成果発表等」参照)。



図 O-1 博士研究所 2 階に設置された PC 解析室 (AI 解析 PC5 台およびデータサーバ)



図 O-2 工学部棟 1 階に設置された化学実験室



図 O-3 2022 年 2 月にハイブリッドで開催された JCC

(2) 研究題目 1. 水循環シミュレーションモデル整備

2-1) 設置した水位計による地下水位のデータ収集（島田, 齋藤, Malow）

2019 年度に Ambouli の支流ワジ沿いに位置する Ali-Faren（A 農場）の井戸（2008 年 USAID 援助により掘削，61 m 深）に埋設された水位計から転送される水位データを今年度も準リアルタイムで収集した（図 1-1-1）。A 農場設置の 1 システムに加え，2021 年 12 月に，Ali Faren の Ambouli ワジ本流に建設されている取水ポンプ格納建屋内の取水井戸に 2 台目，Dikhil の篤農家の D 農園内取水井戸に 3 台目のシステムの設置を行った（図 1-1-2）。

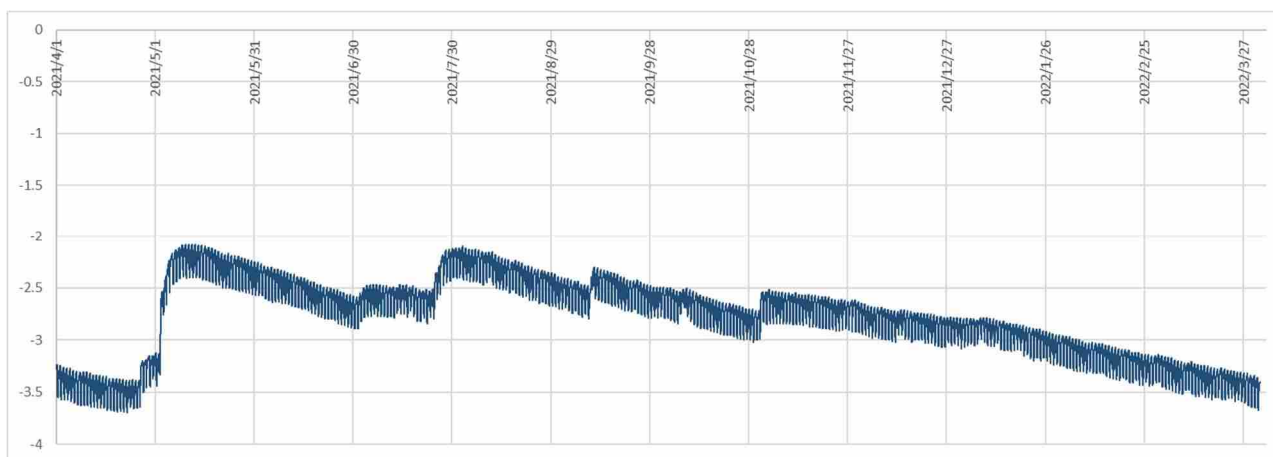


図 1-1-1 Ali-Faren（A 農場）の取水井戸の水位変動（2021/4～2022/3）

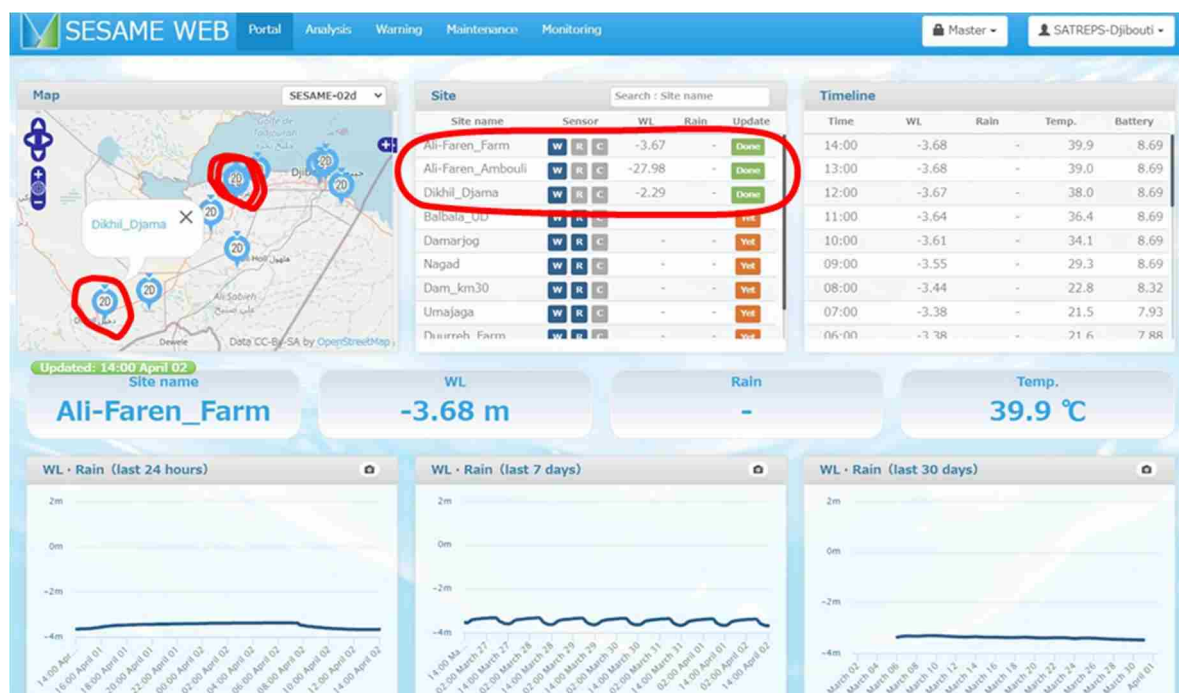


図 1-1-2 合計 10 地点予定の水位データ自動送信システムのうち設置完了した 3 地点の Web モニタリングページ

2-2) Ali-Faren小水域におけるシミュレーションの実施

ジブチ・シティを貫流し、タジュラ湾に流出する Ambouli ワジの流域内の小水域で、本プロジェクトのパイロットファームを設置した Ali-Faren 集水域 (46.1 km²) を対象として、GETFLOWS による水循環シミュレーションを施行した。ワジ河床の堆積層については、GoogleEarth 衛星画像からその範囲をトレースし地質図 (ISERT-ORSTOM/ BRGM) に修正を加えた (図 1-2-1)。定常状態の 3D 地質モデルを設定するため、初期状態を不飽和および飽和両パターンの地質モデルに対し、500 mm yr⁻¹ の後に 50 mm yr⁻¹ の地下浸透をそれぞれ平衡に達するまで与え続けた。飽和初期状態から実施したモデルでは平衡には至らず、不飽和初期状態から実施したモデルでは、約 10 年の経過時間で平衡に達し、A 圃場の井戸地点における地下水位は-4.62 m)と算出された。2021 年の実測地下水位と同程度の地下水位が定常状態であることが推定された (図 1-2-2, Tosaka et al. 2021 : DT14 発表済み, Journal of Arid Land Studies 投稿中)。



図 1-2-1 Ali-Faren 集水域の水循環シミュレーション用に作成した地質モデル



図 1-2-2 不飽和状態からへ平衡状態に達した定常時の分布地下水位シミュレーション結果

2-3) Dikhil 州アロウ集水域における流域水循環と水資源管理に関する研究（鈴木、鈴木綾）

＜既存データベースの整合性＞

ジブチにおいて生活用水や農業用水として地下水の利用には 3 種類に分類される。降水や地下水位上昇に伴う表流水，浅層帯水層を利用する浅井戸，深層帯水層を利用する深井戸である。ジブチ農業省と FAO が 2017 年にデータベース化したジブチ国内の水資源情報の整合性について，昨年度に引き続き精査を行った。その結果，データベースは 1990 年代以降更新されておらず，多くの地点に置いて水資源の位置情報や水質，また水位などの情報が記載されていないことが明らかになった（図 1-3-1）。そこで，国内最大の集水域であるディキル州ハンレ集水域の南部支流にあたるアロウ集水域（面積：18.9 km²）を対象として，2019 年 12 月に行った現地調査の結果を整理した。アロウ集水域は農家人口の多い町であるディキルを含む，17 か所の水資源と 13 の小規模農家について，位置情報や水の利用のされ方，また水位や水質を調査した。その結果，17 か所の水資源のうち，半数以上の 9 か所がデータベースに記載されていない水資源

であった（表 1-3-1，表 1-3-2）。データベースに記載されていた水資源は，そのすべての位置に対して誤差（3～123 m）があった。データベースに記載されていなかった水資源は，日本やサウジアラビア，またクウェートの援助により設けられたものであった。調査した水資源のほとんどは浅井戸や地表水であり，飲用と農業の両者，あるいはどちらかに利用されていた。外国資本により設置された井戸は多くの住民に利用され，とくに飲用水として利用されていた井戸は異物の混入を防ぐために取水箇所が閉じられており，水位の調査ができなかった。

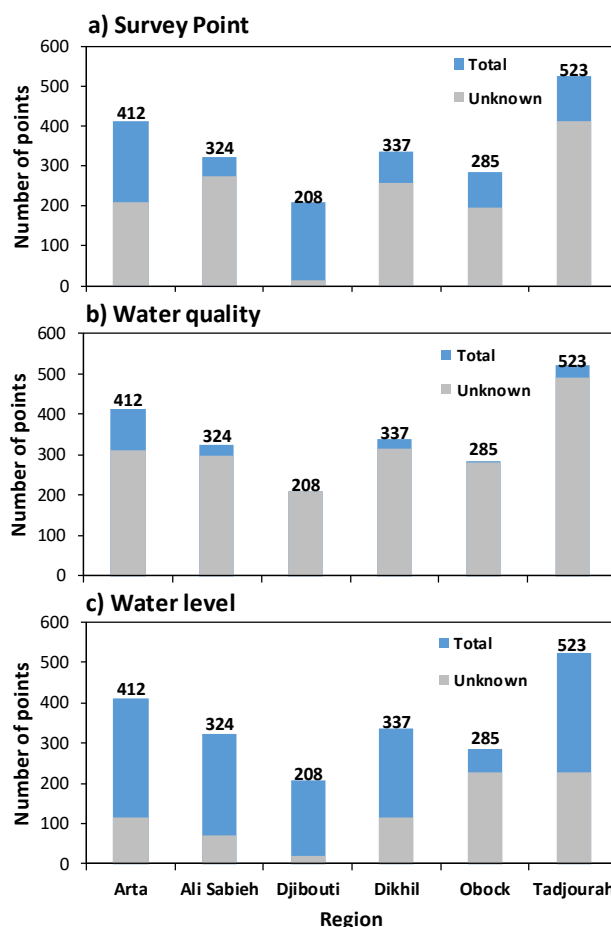


図 1-3-1 Number of unlisted items in the database

表 1-3-1 Points listed in the database

No	Name	Longitude	Latitude	Elevation (m)	Main Usage	Type of well	Coordinate Error(m)	Well Surface elevation(m)	pH	EC(mS/cm)	Renewal year
1	D89	42.22310	11.28338	297	Drinking	Shallow	2.8	—	6.5	1.57	1974
2	D193	42.30793	11.16829	372	Abandoned	Shallow	13.2	1.5	7.1	2.7	—
3	D274	42.37337	11.10610	480	Drinking	Shallow	51.6	0.9	6.3	3.2	—
4	D172	42.37567	11.10825	483	Drinking/Agriculture	Shallow	122.7	0.85	6.7	1.45	—
5	D171	42.37750	11.10725	483	Abandoned	Shallow	60.5	2.5	6.8	1.33	—
6	D169	42.37803	11.10683	484	Drinking	Shallow	21.1	1	6.6	1.14	—
7	D272	42.37912	11.09755	485	Agriculture	Shallow	7.5	20	—	—	—
8	D165	42.38122	11.09682	488	Agriculture	Shallow	6.0	4.1	6.8	1.36	—

【令和 3 年度実施報告書】【220531】

表 1-3-2 Points unlisted in the database

No	Name	Longitude	Latitude	Elevation (m)	Main Usage	Type of well	Well Surface elevation(m)	pH	EC(mS/cm)
1	Japan,2013	42.22935	11.26959	305	Drinking	Shallow	—	7.10	1.09
2	Saudi Arabia,2018	42.22385	11.28630	294	Drinking	Shallow	—	6.80	1.37
3	Kuwait,2014	42.30965	11.17300	394	Drinking/Agriculture	Deep	—	7.10	0.89
4	—	42.37719	11.09915	486	Abandoned	Shallow	8.30	6.40	1.53
5	—	42.37696	11.09929	486	Drinking	Shallow	10.00	—	—
6	—	42.39423	11.08913	506	Abandoned	Pond	0.50	6.80	0.82
7	—	42.39557	11.08875	506	Agriculture	Pond	0.50	6.70	0.94
8	—	42.39803	11.08983	511	Agriculture	Shallow	0.50	6.60	0.59
9	Djama Guedi Farm	42.40087	11.08917	516	Drinking/Agriculture	Shallow	5.00	—	—

<地下水解析の検討>

昨年度行った GETFLOWS を用いたアロウ集水域の地下水解析の結果について、再検討を行った（図 1-3-2）。その結果、水位の計算値は実際の水位より深く存在する傾向を示し、誤差範囲 9.4 m（RMSE）までの再現にとどまったが、計算結果は実測値と強い正の相関が認められた。入力標高データの分解能が 5 m であることを考慮すると、シミュレーションは地下水位を比較的良好に示していると考えられる。傾向として、水位が地表面に近くなるにつれて、計算値は深く見積もられることがわかった。

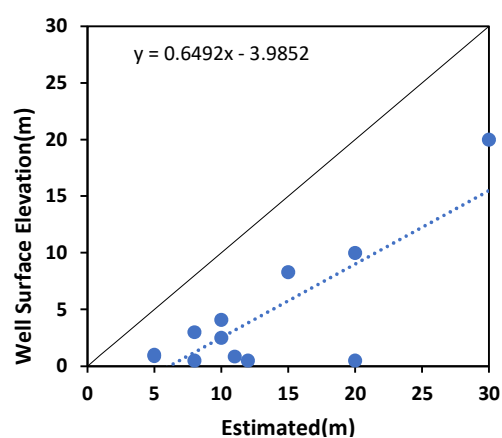


図 1-3-2 Comparison of groundwater levels between observation and simulation

2-4) 微動アレイ探査による堆積層(ワジ堆積物)の層厚検討（北・寄立・マイ・登坂）

浅層地下水の循環を検討するうえで重要な新規堆積物（ワジ堆積物）の層厚を見積もるために微動アレイ探査を図 1-4-1 に示す 7 地区で実施した（図 1-4-2 ～1-4-8）。微動アレイ探査は地表に設置された地震計で測定される微動から地中の S 波速（Vs）度分布を解析する調査方法で、解析された S 波速度値から、地質を想定することが出来る。地質と Vs の関係の一例を表 1-4-1 に示す。

実際は固結土と強風化が同じ程度の速度を示すなど、一対一で対比されるものではないため、地質状況がある程度想定されていて、地形などを考慮して想定されるものである。

表 1-4-1 地質と S 波速度(Vs)の関係

Classification of geological material	Shear wave velocity, Vs (m/s)
Very soft	84 – 107
Soft soil	107 – 137
Moderately soft soil	137 – 183
Hard soil	183 – 274
Very hard soil	274 – 366
Highly weathered rock	366 – 610
Slightly/Moderately weathered rock	610 – 2743

Bay, J.A, 2000, Site characterization using the spectral analysis of surface waves method, Seminar at University of Alabama at Birmingham.

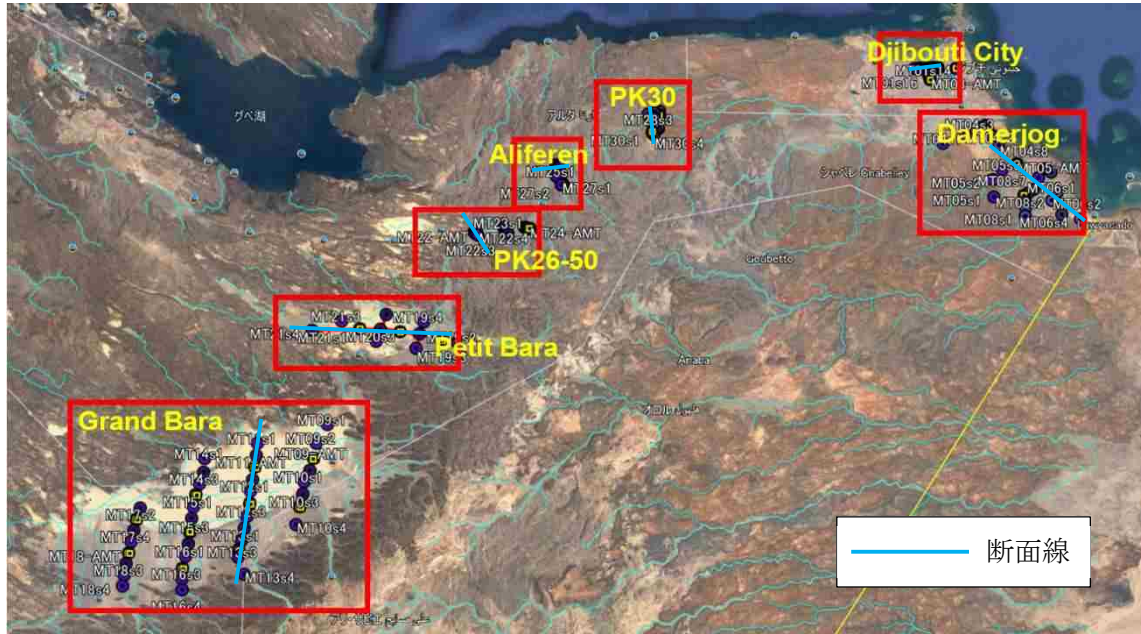


図 1-4-1 微動アレイ探査測定地点位置図

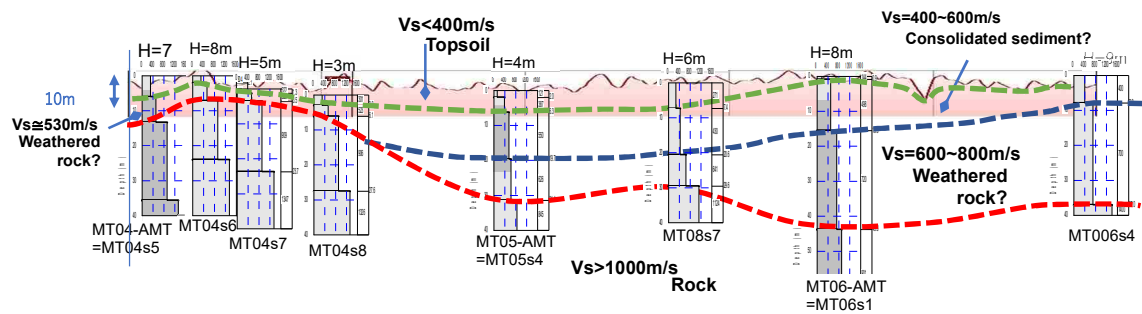


図 1-4-2 Damerjog ワジ河口付近の推定地質横断面図

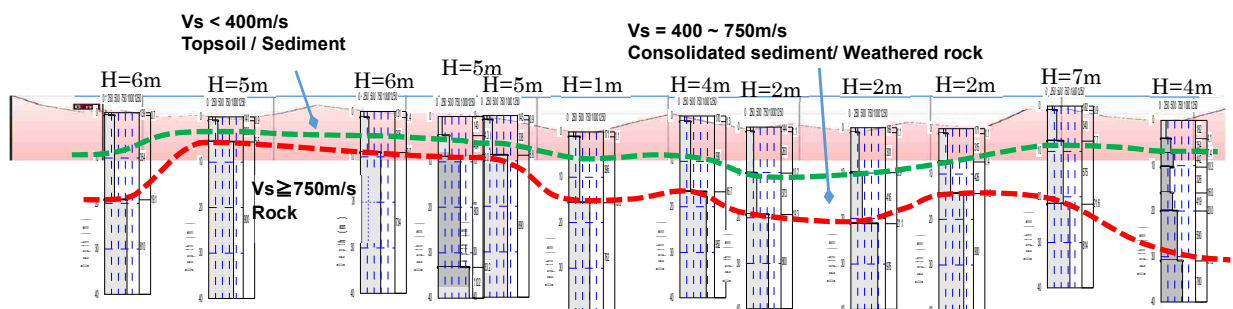


図 1-4-3 Djibouti City アンブリワジ河口部の推定地質横断面図

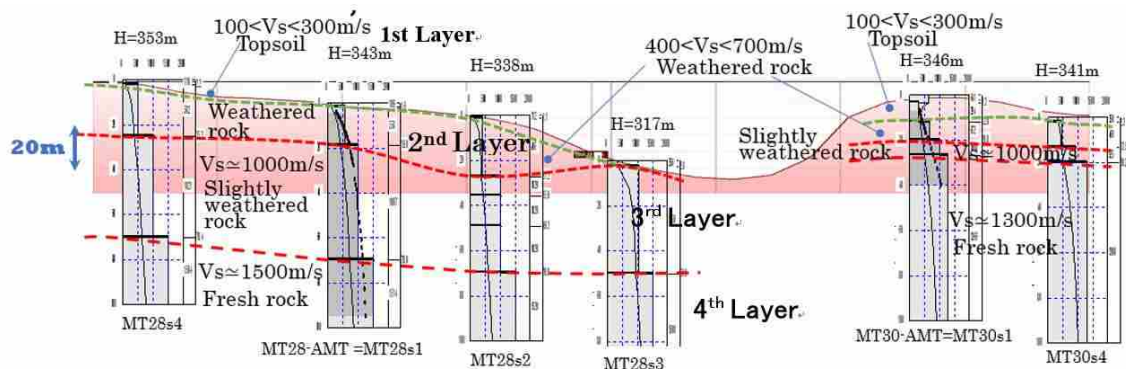


図 1-4-4 PK 30 ダム湖の推定地質横断面図

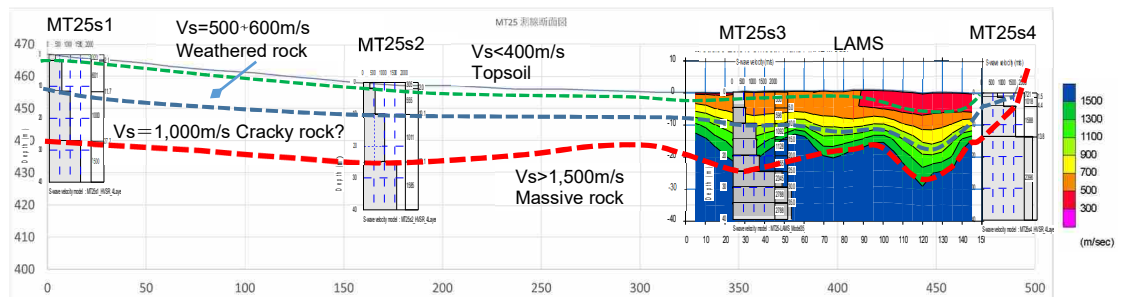


図 1-4-5 Ali Faren ワジ河口部の推定地質横断面図

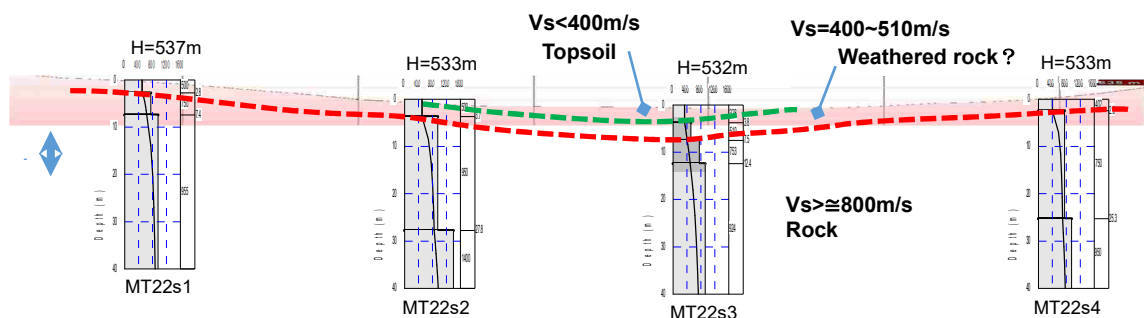


図 1-4-6 PK50 付近 Ambouli ワジの推定地質横断面図

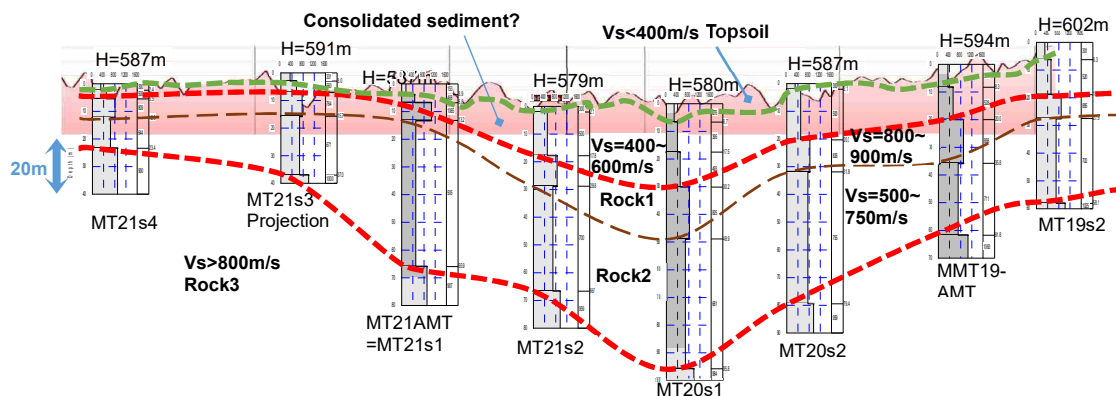


図 1-4-7 Petit Bara の東西推定地質横断面図

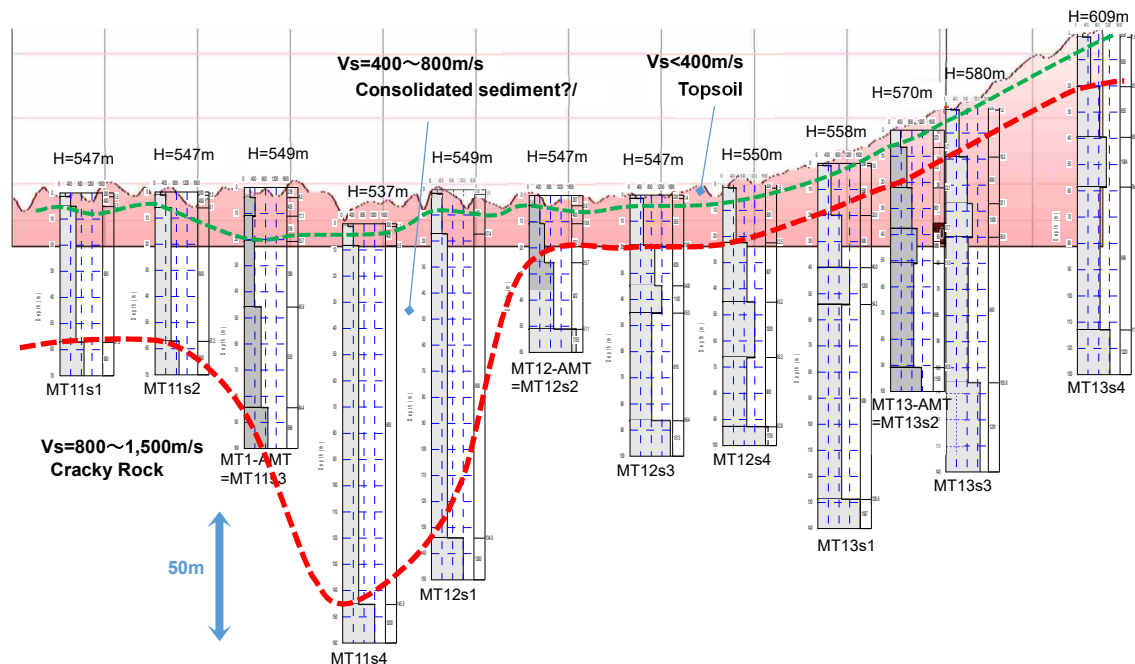


図 1-4-8 Grand Bara の南北推定地質横断図

本調査の目的は浅層地下水の帯水層であるワジ堆積物の層厚を判定することにより、谷部を埋める土砂と基盤の玄武岩で明瞭な境界が速度の違いから判定できることを想定していたが、未固結の新規堆積物($V_s=200$ m/s 程度までを想定)の厚さはかなり薄く(5m 以下)、すぐに $V_s=500$ m/s 前後の速度を示す地層が分布する状況が確認された。

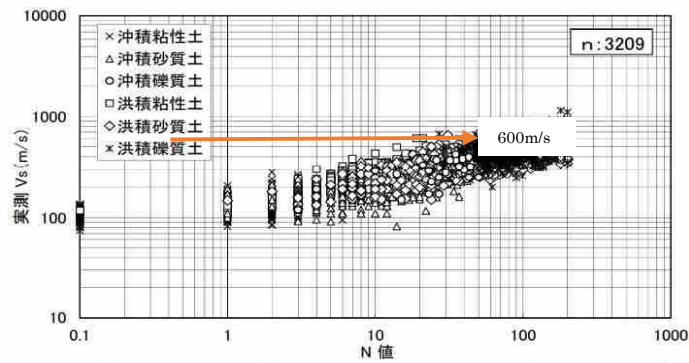
ジブチはアフリカ大地溝帯の北縁部に位置し、地殻の開口に伴って噴出した玄武岩質溶岩が広く分布している。本調査対象地域も基盤岩は玄武岩であると考えられ、地質図から判断すると Dalha (Petit Bara 東部、Grand Bara 南部、PK50、Alifaren), Stradoide (Petit Bara 西部、Grand Bara 北部), Golf (PK30、ジブチ市、Damerjog) の 3 つの層準の玄武岩に分類される。調査結果から、Dalha 玄武岩が分布する地点では $V_s=1,500\sim2,500$ m/s と速い V_s 速度の玄武岩が確認され、Stradoide と Golf 玄武岩分布地域では $1,000\sim1,500$ m/s が新鮮部と考えられる。

基盤岩の上部は風化の影響で岩体に隙間を生じたり、初成的に内在する節理が緩むなどで V_s 速度が低下するため、 $V_s=1,000$ m/s 以下を示す地層は、基盤岩(玄武岩)の風化部と判定される。そこで問題となるのが、基盤岩とワジ堆積物の境界の判定である。

基盤岩の風化部の速度の指標となる調査データが PK30 である。PK30 の両翼は溶岩台地の表面にあたり、ワジ堆積物が全くない地点である。表層を多く風化土の直下はすぐに玄武岩溶岩の風化部に移行しており、 $V_s=500\sim700$ m/s を示す風化層が 10 m 程度の厚さで分布しており、 $V_s=500$ m/s 以上を示す層が玄武岩である可能性があると言える。

一方ワジ堆積物の構成物は礫を主体としており、ある程度の深さになるとしまりの良い砂礫層の様相を呈すると考えられ、 $V_s=600$ m/s 以上を示すケースも十分考えられる (図 1-4-9 参照)。





出展) N による S 波速度の推定に関する一考察: 日本建築学会技術報告集 第 25 巻第 59 号 (2019.2) 内田明彦 他

図 1-4-9 N 値と S 波速度の関係

従って $V_s = 400 \sim 800 \text{ m/s}$ のゾーンは風化玄武岩の可能性とワジ堆積物の両方の可能性が考えられ、地形状況を考慮して判断することになる。各調査エリアの地質区分を表 1-4-2 にまとめた。

表 1-4-2 調査地域の推定地質構成

	S 波伝搬速度: V_s (m/s)	Damerjog	Djibouti	P K30	Alifan	P K50	Petit Bara	Grand Bara
	400 以下	表層土	表層土	表層土	表層土	表層土	表層土	表層土
	400~600	堆積土砂	W. Basalt	W. Basalt	W. Basalt	W. Basalt	堆積土砂	堆積土砂
	600~800	W. Basalt	W. Basalt	W. Basalt	W. Basalt	W. Basalt	W. Basalt	堆積土砂
	800~1,000	W. Basalt	W. Basalt	W. Basalt	W. Basalt	W. Basalt	W. Basalt	W. Basalt
	1,000~1,500	Basalt	—	Basalt	Basalt	Basalt	—	Basalt
	1,500 以上	—	—	Basalt	Basalt	—	—	Basalt

* W. Basalt : Weathered Basalt,

Damerjog, Petit Bara, Grand Bara は広い平坦面を有する体積の場であり、厚い堆積物が覆っていると考えるのが妥当であり、地下水位が低い状況で深部では圧密が進行して固化していることが想定され、 V_s も高い値を示しているものと考えられる。本結果をもとに次年度は GETFLOWS の解析モデルを修正し解析を行う。

2-5) ジブチにおける深層地下水の科学的特徴 (中西・浅倉)

2020 年 2 月に 16 の深井戸 (深さ 100-200 m) から採取した地下水試料について、イオン濃度 (Li^+ , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , F^- , Cl^- , NO_2^- , Br^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , PO_4^{3-} , HCO_3^-) をイオンクロマトグラフで測定し、得られた測定値からパイパーダイアグラムを作成し、分類した。

地下水のイオン組成

イオンクロマトグラフ (島津製作所; HIC-SP) を用い、6 種類の陽イオン (Li^+ , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) と 7 種類の陰イオン (F^- , Cl^- , NO_2^- , Br^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , PO_4^{3-}) の濃度を測定し、 HCO_3^- 濃度は pH4.8 で、アルカリ度滴定法により測定した。以上の測定値 (当量濃度) を用い、パイパーダイアグラムを作成し、対象とした地下水を分類した。また各試料採取地点において、地下水試料の水温、pH、電気伝導度 (EC)、酸化還元電位 (ORP)、溶存酸素 (DO) を、携帯型計測器を用いて測定した。

パイパーダイアグラム (図 1-5) によると、本調査の地下水は大きく 2 つのタイプに分類された。

ジブチシティ地域とアリサビエ地域の地下水はすべて Na-Cl 型に分類され、ディキル地域の大半とアルタ地域の 3 地点は、Na-HCO₃ 型に分類された。しかし、ディキル地域の 地点 1 は Na-Cl 型に分類された。

Na-Cl 型に分類される地下水は一般に沿岸部に分布するものの、地下に閉じ込められた化石海水との混合により形成される可能性があることが報告されている。ここではパイパーダイアグラムにより、供試地下水を次の 4 つのタイプに分類した。(I) Ca-SO₄ 型：日本では浅層地下水でよくみられる。(II) Ca-HCO₃ 型：深層地下水や非常に古い地下水でよくみられる。(III) Na-HCO₃ 型：熱水や化石海水でよくみられる。(IV) Na-Cl 型：海水や温泉水の影響を強く受けた地域などでよくみられる。したがって本調査において Na-HCO₃ 型に分類された地下水は化石海水や地熱水と混合している可能性があり、Na-Cl 型に分類される地点の地下水は海水や温泉水と混合している可能性が考えられた。また Na⁺ と Cl⁻ の当量濃度比の関係から、ほとんどの調査地点の地下水は、火山岩からのナトリウム溶出や化石海水の影響を受けている可能性が考えられた。

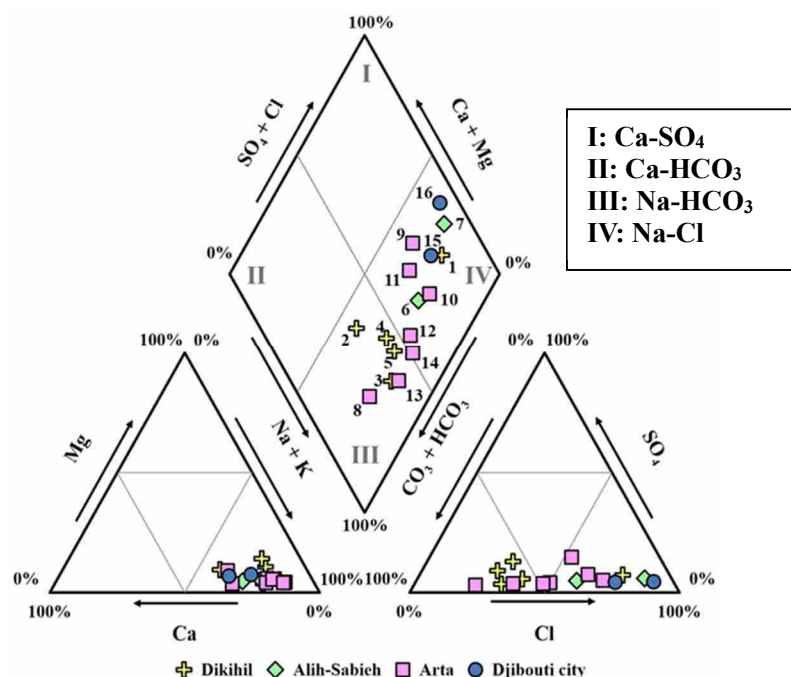


図 1-5 A piper diagram of groundwater samples collected in Djibouti.

(3) 研究題目 2. 緑化・農地化ポテンシャル評価

3-1) Ali-Sabie 州放牧地における牧養力の評価 (木村, 齋藤, サイダ, ダヤ, 関山)

遊牧民を対象とした聞き取り調査及び文献調査から、Ali-Sabieh 州放牧地における主要な牧草を同定しソマリ語名、アファール語名との照合を行った(表 2-1-1)。2021 年に数回の予備調査を経て、2022 年 3 月に Ali-Sabieh 州内の移牧系及び定住系世帯 3 ヶ所の放牧地にプロテクト・ケージ(4 m 立方)を設置した(図 2-1-1)。UAV(ドローン)搭載マルチスペクトルカメラを用いた放牧地の撮影は、1 年間 6 回を予定しており、画像解析による同ケージ内外の自生牧草の年間のバイオマス推計と季節変動のモニタリングを継続する。対象世帯が移牧した場合も、プロテクトケージを設置した元の場所

【令和 3 年度実施報告書】【220531】

でデータ収集を行う。

表 2-1-1 Identified with reference to “RAPPORT NATIONAL SUR L’ÉTAT DES RESSOURCES PHYTOGÉNÉTIQUES POUR L’ALIMENTATION ET L’AGRICULTURE” by Ministère de l’Agriculture, de l’Elevage et de la Mer Chargé des Ressources Hydraulique. 2007

MAIN FORAGE PLANTS IN SOUTHERN DJIBOUTI						
	SCIENTIFIC NAME	FAMILY	SOMALI	AFAR	ANIMAL	TYPE
1	<i>Acacia tortilis(Vachellia tortilis)</i>	mimosaceae	QUDAC	equbto	ALL	TREE
2-1	<i>Cymbopogon commutatus</i>	poaceae-andropogonaceae	(C)AUSDAMER	dambahu	ALL (DONKEY)	GRASS
2-2	<i>Cymbopogon schoenanthus</i>	poaceae-andropogonaceae	(C)AUSDAMER	dambahu-qayso	ALL (DONKEY)	GRASS
3	<i>Indigofera colutea</i>	Fabaceae	ADAAR(D)	qad-dubayto	ALL	TREE
4-1	<i>Chrysopogon aucheri</i>	poaceae-andropogonaceae	DAREEMO	durfu	SHEEP (& GOAT)	GRASS
4-2	<i>Chrysopogon plumulosus</i>	poaceae-andropogonaceae	DAREEMO	durfu	SHEEP (& GOAT)	GRASS
5	<i>Acacia etbaica</i>	mimosaceae	SOGSOG	sasakto	ALL	TREE
6	<i>Acacia melifera</i>	mimosaceae	BIL(C)IN	makqarto	ALL	TREE
7	<i>Cassia holosericea</i>	caesalpiniaceae	JALEELO	sanoyta	CAMEL	GRASS
8	<i>Pulicaria somalensis</i>	asteraceae	AWR-DAWAAD	booruk-xaaxa	ALL	TREE
9	<i>Salvadora persica</i>	salvadoraceae	(C)ADEY	qadayto	CAMEL	TREE
10	<i>Balanites racimosa</i>	balanitaceae	QALAN	alayto	CAMEL	TREE
11	<i>Balanites aegyptiaca</i>	balanitaceae	QUUD	udayto	ALL	TREE
12	<i>Aerva javanica</i>	amaranthaceae	WANCAD	oleyto	ALL	GRASS



図 2-1-1 Left: Three protect-cages locations installed in Ali-Sabieh. Right: Protect-cage in Obrey, AS.

3-2) UAV 画像を用いた放牧地における土地被覆分類と優占種の同定（関山，May，佐藤，田中，木村）

Arta 県の Ali-Faren において，UAV（DJI Mavic Pro）および，Sequoia マルチスペクトルカメラを搭載した Parrot Disco Pro（Ag）を用い，土地被覆の高精度での分類手法の開発を行った．マルチ

【令和 3 年度実施報告書】【220531】

スペクトルカメラ（Green, Red, Red-Edge, Near-Infrared 情報）空撮画像からは、ワジ沿いに比較的樹冠の大きい低木が散在していることなどが判読できた（図 2-2-1）。UAV 空撮画像のオルソモザイク画像作成時に SfM により、3D クラウドポイント（点群）データの作成が可能である。マルチスペクトルカメラ情報が無い、RGB（UAV 標準搭載）カメラでの空撮情報のみの使用を想定し、深層学習モデルを用いたこのクラウドポイントデータを用いての土地被覆の分類の可能性について検証を行った

（図 2-2-2）。Ali-Faren 圃場の空撮画像の学習モデルにより非植生土地被覆を高精度で分類できることを確認した（Cuevas et al. 2021 : DT14 発表済み, Journal of Arid Land Studies 投稿中）。

また、ジブチ南部の農牧地における自生牧草の優占種と予想される種（*Vachellia tortilis*, *Salvadla persica*, *Cymbopogon commutatus*, *C.schoenanthus*）を対象に、ディープラーニング手法を用いた衛星画像解析による分布状況のマッピングを検討している。

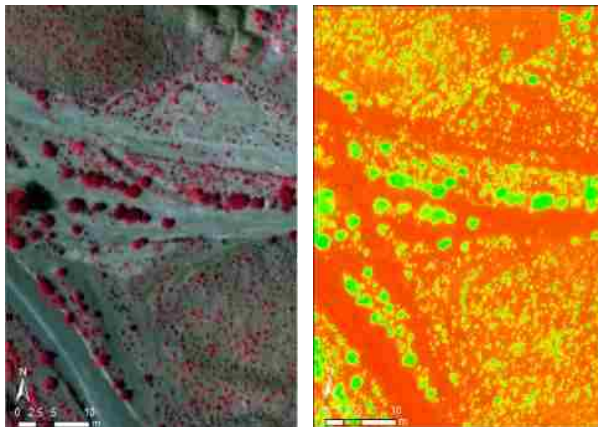


図 2-2-1 アリサビエにおける UAV 空撮画像(左:フォルスカラー; 右:正規化差植生数 NDVI)

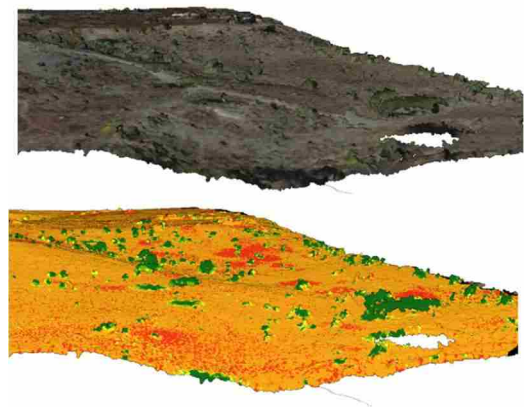


図 2-2-2 Ali-Faren における UAV 空撮ポイントクラウド(上:RGB, 下 NDVI)

3-3) ジブチに自生する植物（*Aloe djiboutiensis*）の有用成分の解析（檜谷，橘）

本プロジェクトが開始する前から東京農業大学 森林総合科学科 治山緑化工学研究室が保有していたアロエジブチエンシス(*Aloe djiboutiensis*)の有用性成分について液体クロマトグラフィー質量分析計（LC-MS）を用いて解析した結果、*A. djiboutiensis* から一部のアロエにしか含まれない希少な薬効成分が検出された（図 2-3-1 および表 2-3-1）。

LC-MS 分析による *A. djiboutiensis* のトータルイオンクロマトグラム（TIC）を 図 2-3-1 に示した。また、暫定的に同定された化合物を表 2-3-1 に示した。ピーク 1 は 8-C-glucosyl- (R) -aloesol, ピーク 3 および 4 は Aloin B および Aloin A, ピーク 5 は Isoaloesin D とそれぞれ同定された。中でも Aloin はアントラキノンのグリコシド誘導体で、主に *A. barbadensis* や *A. Arborescens* など、薬用アロエ種に特徴的に含有される薬効成分として広く知られており、緩下剤として機能する。その他にも、抗菌・抗ウイルス作用や抗炎症作用が報告されている有用成分であることから、高い有用性が期待できると考えられる。*A. djiboutiensis* 抽出物の抗酸化活性について、21 種のアロエ種（13 種の薬用アロエを含む）と比較した結果、*A. djiboutiensis* 抽出物の抗酸化活性は供試アロエ種の中で最も低かった（図 2-3-2）。

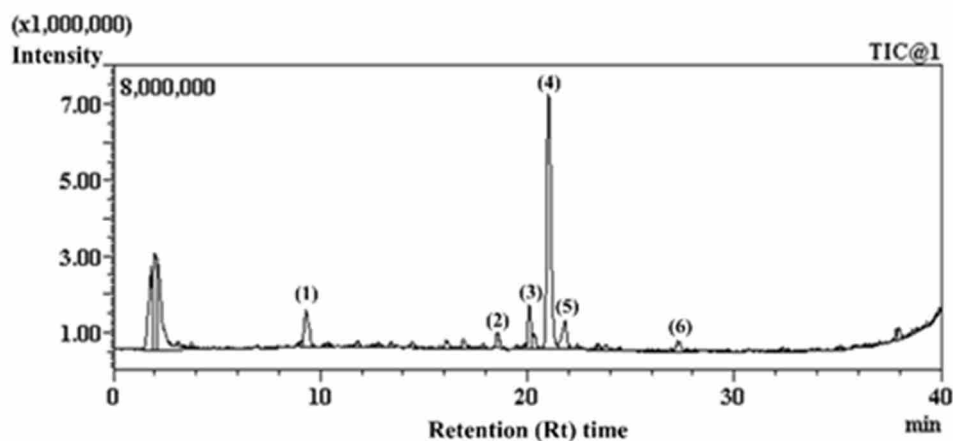


図 2-3-1 *Aloe djiboutiensis* 抽出物の LC-MS 分析結果—抽出物から検出された化合物ピーク
図中の番号は表 2-3-1 に対応。(Hinokidani et al. 2022, *Journal of Arid Land Studies*, In press)

表 2-3-1 *Aloe djiboutiensis* 抽出物から検出された化合物一覧

Peak No.	Rt time (min)	Molecular formula	Mass (m/z) [M-H]-	UV λ (nm)	Proposed compound
1	9.32	C ₁₉ H ₂₄ O ₉	395.1	230, 252, 299	8-C-glucosyl-(R)-aloesol
2	18.55	-	505.2	264, 302	Unk
3	20.10	C ₂₁ H ₂₂ O ₉	417.1	269, 297, 355	Aloin B
4	21.03	C ₂₁ H ₂₂ O ₉	417.0	252, 270, 298	Aloin A
5	21.82	C ₂₉ H ₃₂ O ₁₁	555.2	245, 252, 297	Isoaloesin D
6	27.23	-	615.2	244, 252, 300	Unk

図中の番号は図 2-3-1 に対応。Unk は未同定を表す。
(Hinokidani et al. 2022, *Journal of Arid Land Studies*, In press)

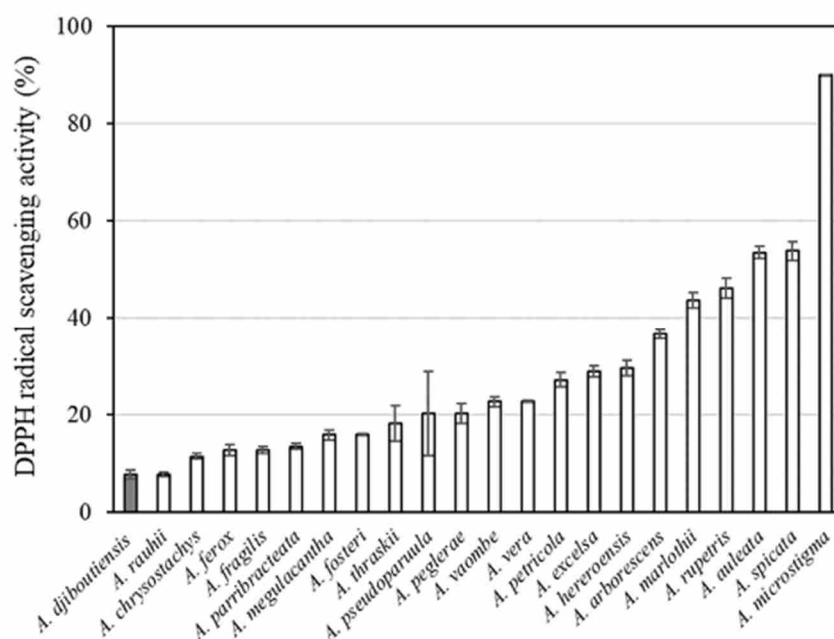


図 2-3-2 DPPH 法による *Aloe djiboutiensis* の抗酸化活性の評価—21 種のアロエ種との比較。
図中のグレーバーがアロエジブチエンシス (Hinokidani et al. 2022, *Journal of Arid Land Studies*, In press)

3-4) ジブチに自生する植物 (*Cissus rotundifolia*) の農業資材としての利用の検討(檜谷, 橘)

本プロジェクトが開始する前から東京農業大学森林総合科学科治山緑化工学研究室が保有していたシッサスロツンデフォリア(*Cissus rotundifolia*)の葉抽出液は強い酸性を示し、酸性起因物質のスクリーニングを GC-MS および HPLC を用いて行った結果、有機酸成分に富み、とくにリンゴ酸が多く含まれることが明らかになった。

酸性成分を多く含む同植物の粉末葉をジブチ共和国の Ambouli で採取したアルカリ性土壌 (pH 8.4) へ混合したところ、粉末葉 2.5%混合で pH 7.1, 10%混合では pH 6.5 まで値が低下し、同植物葉の土壌への施与によって土壌 pH が大幅に低下することが示された。この結果から、*C. rotundifolia* の植物体が、アルカリ性土壌を中和する土壌改良資材として利用できる可能性が示された。今回の実験で使用した *C. Rotundifolia* は温室栽培されたものである。同植物を利用した土壌改良資材を現地で実用化するためには、実際に自生している植物体を用い再度その有効性を検証する必要があると考えられる。さらには、自生地のバイオマス量についても調査し、現地の農場で施用するのに十分な量が得られるかなど、今後検討を行う必要がある。

同植物の酸性物質について、アレロパシー(他感作用)活性の程度を、検定植物としてレタスとトマトを用いてサンドイッチ法にて評価した。比較対照には、強いアレロパシー活性が報告されているハリエンジュの乾燥葉を用いた。培養条件は 20°C 恒温の暗条件下とし、レタス種子は播種後 3 日間、トマト種子は播種後 6 日間培養した。培養後に、各検定植物の根長と下胚軸長を測定し、対照区の伸長率と比較することでアレロパシー活性を判定した。その結果、レタス処理区では、幼根伸長率が対照区比で 78%、トマトでは 51%であり、その程度はハリエンジュのものと比較して弱かった。一方で胚軸の伸長はレタス、トマトともに促進された。今後さらなる調査を行う予定である。

3-5) 牧養力評価に伴う遊牧民飼育家畜の体躯測定、生長率及びヤギの栄養状態の把握 (黒澤, 齋藤, ダヤ, 木村)

Ali-Sabieh 州の放牧地における牧養力を評価するために、プロテクトケージ設置場所世帯が飼育する家畜の体重(体躯・体重測定)、成長率(個体数聞取り)及びヤギの栄養状態(グルコース、BHBA 測定)のデータ収集を開始した。同データ収集は 1 年間 6 回の実施を予定している。また、市街地酪農家が飼育するヤギとの栄養状態を比較するため、7-8 ケ月齢の雌ヤギを対象にデータを収集した結果、遊牧民のヤギは年齢の割に体躯が小さく体重も軽かった(表 2-5)。しかし、体重に対する胴回りの比率は高く、ルーメンは体格の割に発達しているものと推察された。また、血糖値の値については、遊牧民と酪農家間であまり差はなく、遊牧民の山羊の栄養状態は悪くないものと推察された。さらに BHBA については遊牧民の山羊の値が高い値を示しており、ルーメン内で生成される有機酸が効率的にエネルギーを供給しているものと推察された(図 2-5)。以上の点から遊牧民が飼育する山羊は、酪農家が飼育する山羊と比べて、生産量は少ないものの栄養状態は悪くないものと考えられた。

表 2-5 Comparison of body size of farm and nomadic animals during the lactating and kid periods

No.	Lactating		Kids	
	Farm	Nomadic	Farm	Nomadic
Length (cm)	63.2 ± 3.6A	55.0 ± 2.6B	49.8 ± 5.0a	41.6 ± 3.6b
Chest (cm)	68.2 ± 3.6A	61.8 ± 2.5B	57.2 ± 4.2a	45.6 ± 2.6b
Height (cm)	62.4 ± 1.9A	54.1 ± 2.8B	54.4 ± 3.5a	43.2 ± 3.0b
Bodyweight (kg)	23.9 ± 3.8A	19.8 ± 2.1B	15.7 ± 3.7a	8.5 ± 1.4b

Mean ± S.D.; Farm: dairy farm goats; Nomadic: nomadic goats, Lactating: female goats for breeding and lactation; Kids: goats less than 1 year old. There was a significant difference ($P < 0.05$) between A and B or between a and b.

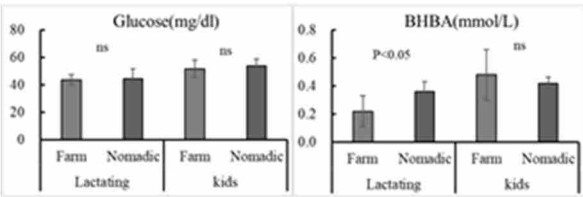


図 2-5 Comparison of glucose and BHBA levels in the blood of farm and nomadic animals during the lactating and kid periods. Mean±SD, Farm: dairy farm goats; Nomadic: nomadic goats; Lactation: female goats for breeding and lactation; Kids: goats less than 1 year old; ns: Non-significant.

(4) 研究題目 3. 持続可能パイロットファーム営農

4-1) パイロットファーム (Ali-Faren : A 農場) における灌漑用水の確保について (渡邊文, 田島, 鈴木, 實野)

A 圃場の設置予定地である Ali-Faren 集落の水源は, Ambouli ワジの支流で, 20 年前に設置されたソーラーポンピングで賄われている. システムの仕様について農業省に問い合わせをしているが不明のままである. 灌漑用水をこのシステムから供給してもらうことが可能か否かについて検討を行った. 全天日射と貯水タンクの水深の変化から, ソーラーポンプの揚水量を予測し揚水量の増加の可能性について, シミュレーションにより検討を行った. 検討を行った発電量の増加の手段としては, ①太陽電池モジュールの増設 (現状の 12 枚を 14 枚に) あるいは②小型風力発電機 (600 W) の導入の 2 案である. なお, 水中ポンプの仕様が分からないことから, ポンプへ供給される最大電力が現状を上回らない条件でシミュレーションを行った. 図 3-1-1 に全天日射量とタンクの水深を基に算出した揚水量の予測式を示した. この予測式の横軸を太陽電池出力に変換し, 上記①と②をシミュレーションした結果の例が図 3-1-2 である. この図では日射が良好であった日, および風が強かった日の例を併せて示した. 風力発電の導入では, 夜間の風が思いの外弱く, ポンプの稼働率向上には寄与しないことが分かった. 以上の結果を用いて 2020 年 3 月から 2021 年の 2 月の 1 年間の気象データを基に揚水量の増加分を推定した結果, モジュールの増設で 7.6%, 小型風力発電機の追加で 5.9%となることが分かった. 1 日当たりの増水量は平均で, それぞれ 5.75 m³, 4.46 m³であった.

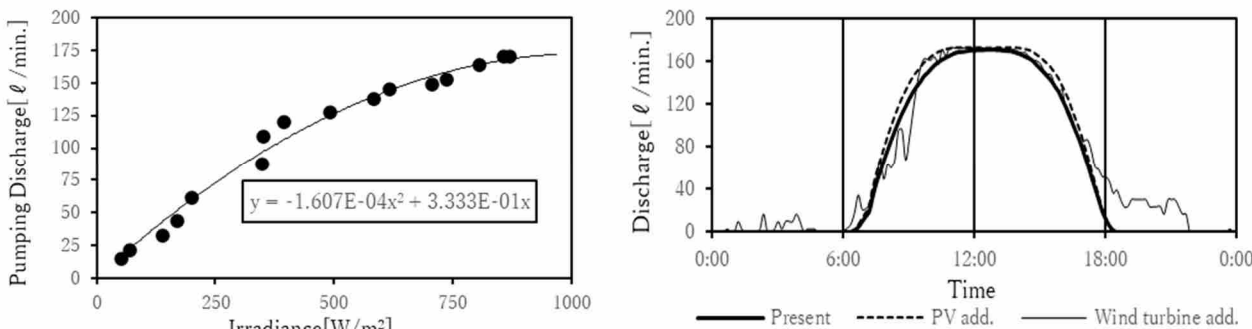


図 3-1-1 Relationship between Global Solar Irradiance and Pumping Discharge

図 3-1-2 Estimated Pumping Discharge adding PV module or Wind Turbine

4-2) Partial Root-Zone Drying Irrigation（以下、PRD 灌漑）のトマトの生育への影響評価の予備的研究 （渡邊文，真田，鈴木，篠原）

PRD 灌漑は，作物が栽培された畝の縦断方向の片側にのみ灌漑し，その反対側には一定期間，あえて乾燥ストレスを与えて乾燥耐性を誘導させることにより，灌漑水の節水効果が期待できるとされる灌漑法である．今回の予備実験では PRD 灌漑と簡易点滴灌漑が，トマトの生育や収量にどのような影響を及ぼすかを検討することを目的に行った．実験は，東京農業大学世田谷キャンパス生産環境工学科実験圃場網室内の雨よけビニールハウス内で実施し，トマトはミニトマトのフルティカを用いた．トマトへの灌水方法は長さ 1.6 m の塩化ビニールパイプ（内径 15 mm）に 0.25 m 間隔で 7 個の小孔を設け，そこから点滴状にトマトに灌水した．給水時の各小孔からの平均流量は $0.425 \text{ cm}^3/\text{s}$ であった．試験区は，3 つの畝（畝長 3.2 m、畝幅 0.4 m、畝高 0.2 m）を準備し，栽培期間は 2021 年 7 月 21 日から 10 月 4 日までとした．灌水は移植後からトマトの苗が活着するまでの期間，畝が十分湿る程度の灌水を毎日実施し，その後 7 月 21 日から灌水量を 2, 3, 4 mm/day の条件で行った．調査項目は，トマトの草丈と根域を測定した．さらに，収量と水生産性の評価指標は，栽培期間のトマトの収量を各灌水条件で給水した全灌漑水量で除して求めた．根域調査は，PRD 灌漑区と簡易点滴灌漑区によって根の生育状況を評価するため，予め畝に埋設したアクリル円筒に CI-600 Root Imager を挿入して地中画像を一定間隔で撮影し，その根の画像を Root-Snap を用いて根長を計測した．

(1)草丈と灌水量の影響

草丈は灌水条件を与えた直後は PRD 灌漑と簡易点滴灌漑で相違はなかったが，2021 年 8 月 9 日から生長の差が確認された．特に，9 月 20 日にそれぞれの PRD 灌漑区が簡易点滴灌漑区より草丈が大きくなっていることが確認された．草丈の大きさに対して 3 mm/day において，簡易点滴灌漑より PRD 灌漑が草丈に有意な差が認められた ($p<0.05$)．なお，灌水量による草丈への影響は PRD 灌漑区の 4, 3, 2 mm/day の順で大きくなった．このことにより，トマトの草丈は PRD 灌漑区と簡易点滴灌漑区の比較では灌水量による影響は認められなかった．

(2)根長の経過日数ごとの変化と収量への影響

根域の地中画像が確認できた 2021 年 8 月 9 日から 10 月 4 日の根長の経日変化を確認した．PRD 灌漑区の 4 mm/day では簡易点滴灌漑区より根長が大きくなった．PRD 灌漑区の 2 mm/day では，簡易点滴灌漑区の根長が小さくなったことが確認された．

また，灌水量の違いによる影響について，灌水量は多いほど根長は大きくなった．特に，2021 年 8 月 9 日から 8 月 23 日は灌水量 4 mm/day で草丈が大きく成長していたことも確認され，根長と草丈の生長には相関があることも示唆された．また，今回の実験では，トマトの収量について PRD 区と簡易点滴区の灌漑方法や、灌水量の違いによって有意な差はみられなかった．さらに，灌水方法による水生産性の比較では，2 mm/day の PRD 灌漑区が簡易点滴灌漑区より水生産性の値が高かった．4 mm/day の PRD 灌漑区及び簡易点滴灌漑区では水生産性の指標値に差はなかった．この予備の実験からわかった課題は，移植後の灌水条件設定までの期間を短縮すること，また PRD 灌漑区において，灌水の切替の頻度がトマトの生育にどのように影響するかを評価することが必要となることがわか

った。今後は、PRD 灌漑法の節水効果について、引き続き実証試験を通じて明らかにしたい。

4-3) UAV 画像を用いた農園の 3D モデルの構築及び風向分析(入江, 齋藤, Sergio Azael May, 鈴木、渡邊、島田、Hassan A. Barkad)

Ali-Faren(A 農場)及び Damerdjog(C 農場)において, UAV 画像を用いた農園の 3D モデルの構築及び風向分析を行った。その成果を Journal of Arid Land Studies にて発表した。

Ali-Faren(A 農場)では, 6 月から 8 月までの卓越風は西風であり, 10 月から 3 月までは南南東風, 平均年間風速 2.0 m/s 最大風速 5.9 m/s (1 月観測) であった (図 3-4-1)。その現地気象調査に基づき, 数値流体力学 (CFD) 分析を使用して, Ali-Faren(A 農場)での生け垣計画 (3 つのシナリオ) の防風効果を評価した。生垣計画シナリオ 3 において現在の風速に対してフィールド 2, 3, 4 で 20~30%減少していた。研究成果では, 観測された気象データからシミュレートされた風況解析に基づいて, Ali-Faren (A 農場)での生垣計画の防風効果を評価した (図 3-4-2, 3-4-3)。

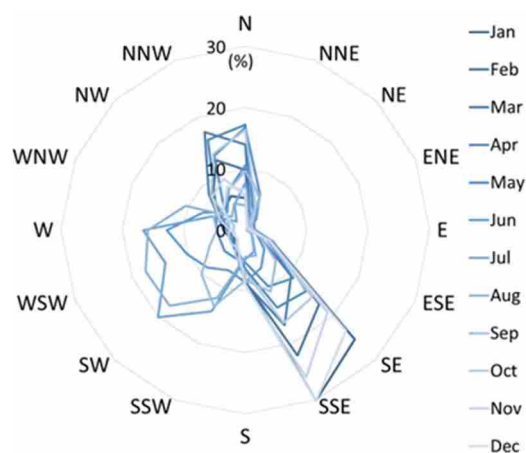


図 3-4-1 Wind rose of Ali Faren farm



図 3-4-2 Ali-Faren farm

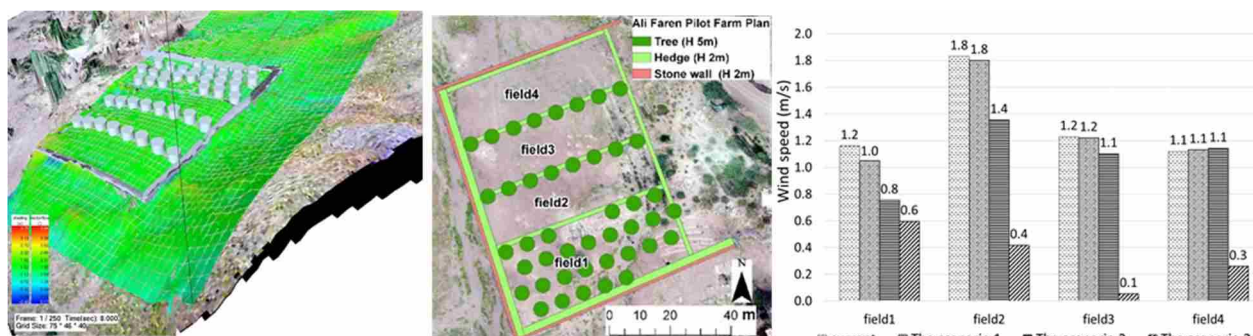


図 3-4-3 Average wind speed in each divided field according to hedgerow scenario Evaluation of windbreak effect of the hedgerows plan

4-4) ジブチにおける農業地土壌の化学性及び物理性分析(大島, 渡辺智, 渡邊文, 鈴木, 真田, 篠原)

2020 年 1 月にサンプリングした土壌の化学性及び物理性の分析を行った。試験圃場の土壌サンプル (圃場 A-C, ディキル篤農家農地) について, 無機成分の分析を実施した結果, 調査圃場の土壌は pH (H₂O) が 8.1~9.0, Ca 飽和度は全圃場で 300%以上と非常に高い, 石灰質土壌であった。Mg と

Kは土壌により肥沃度が大きく異なったため、圃場毎に施肥設計を行う必要があると考えられた。土壌の高 pH 条件で欠乏が懸念される B, Mn, Zn, Cu, Fe を DTPA 抽出により分析した結果、Mn は十分含まれていたが Fe, Zn, Cu は全圃場で低いため、補給が必要であることがわかった。B の肥沃度も圃場により大きく異なった。高 pH で有機物分解が早い可能性もあるため、休耕期間を設けることが可能ならば、緑肥を栽培して鋤き込むことで有機物の補給、肥料成分のリサイクル、さらには作物生産性の判断が可能と考えられる。土壌の化学分析結果は、パイロットファーム設営時の灌漑計画、営農計画を立てる上での重要な知見となった。

さらに 2021 年 10 月に採取し持ち帰った土壌の分析を実施した。圃場 A と圃場 B について採取し、圃場 A については畑として使用している農園の土壌と、施肥を行っていない未耕地の土壌の分析を行った。無機成分含量の傾向は 2020 年の土壌試料と同様であり、pH は 9 以上の石灰土壌であった。圃場 A において、未耕地と畑から採取した土壌試料を比較した場合、未耕地に比べ畑の方が炭素含有量は増えているにもかかわらず、リン酸肥沃度は明らかに低下していた。これは、日本の土壌調査とまったく逆の結果である。この結果は、作物を栽培することでリン酸の吸収量が施肥量を大きく上回ることを示しており、このままの施肥ではリン酸肥沃度がどんどん下がり、収量が下がる可能性が考えられる。畑の土壌試料から塩類の含有量が増加していることも示されており、畑地化により蒸散量が増えることにより、塩類が増加していると考えられる。今後も継続的に土壌を採取、分析し現地の土壌改善に必要なデータを収集する予定である。

4-5) スピルリナを用いた土壌の保水性改善に関する予備的研究（鈴木，渡辺智）

昨年度までに検討した、スピルリナが砂質土壌の保水性の改善に及ぼす効果の検討とそのメカニズムについての考察をさらに発展させるため、前年度とは異なる種類の土壌や、スピルリナと同様に土壌の保水性を改善するとされている粘土鉱物であるベントナイトを用いて検討した。

供試土として、千葉県富津市と福井県坂井市から採取した土壌を用いた。これらの土壌の粒径分布を表 3-5 に示す。

表 3-5 Particle size distribution and bulk density of sample soils

	Sand	Silt	Clay	Texture	Bulk density
	g kg ⁻¹				Mg m ⁻³
Futtsu sand	885	35	80	Sand	1.45
Sakai sand	946	7	47	Sand	1.62

スピルリナは食品用として、またベントナイトは実験用として市販されている粉末を用いた。スピルリナ、ベントナイトともに添加割合を供試土に対する質量比でそれぞれ 0（対照区）、1%、3%、5%とて供試土に均一に混ぜ、水頭法および加圧板法によって易有効水分量（マトリックポテンシャルが -63 cm と -1000 cm に相当する体積含水率の差）を測定した。その際、対照区の土壌に対して自然な状態での充填密度（乾燥密度、表 3-5）が得られるように測定容器に試料を充填し、スピルリナやベントナイトを添加した試料については、対照区と同様の方法で、過度な荷重がかからないよう注意して測定容器に充填した。測定の結果、富津砂質土では、対照区の易有効水分量が $0.06\text{ m}^3\text{ m}^{-3}$ であったのに対し、スピルリナを添加したところ 1%と 3%の添加割合では易有効水分量の有意な増加は認められなかったが、5%の天下割合では有意な易有効水分量の増加が認められた。坂井砂質土では、スピルリナ添加したすべての配合割合に対して有意な易有効水分量が認められた

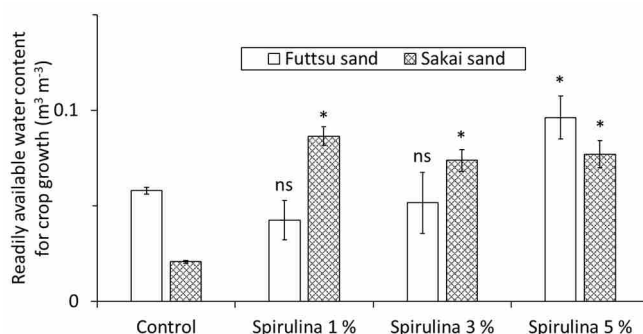


図 3-5-1 Changes in readily available water content with addition of Spirulina. *: $P < 0.05$, ns: not significant compared to the control.

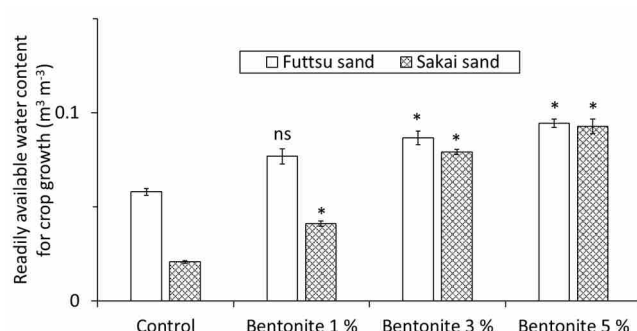


図 3-5-2 Changes in readily available water content with addition of Bentonite. *: $P < 0.05$, ns: not significant compared to the control.

(図 3-5-1). ベントナイトをこれらの砂質土に添加した場合では、スピルリナを添加した場合と同様の易有効水分量の増加が認められた。とくに福井砂質土では、いずれの配合割合でも易有効水分量が有意に増加した(図 3-5-2)。また低いマトリックポテンシャルの範囲において ($< -0.1\text{ MPa}$)、スピルリナとベントナイトの水分保持特性を求めたところ、スピルリナとベントナイトはともに、低いマトリックポテンシャルの領域においても多くの水を保持することができることが明らかになった。

ベントナイトの添加が砂質土の易有効水分量を増加させる仕組みは、ベントナイトが低いマトリックポテンシャルで水分を多量に保持する性質があるため、ベントナイトが粘着力を発揮して土粒子を結び付け、易有効水分量が保持できる大きさ（直径 $3\sim 50\text{ }\mu\text{m}$ ）の間隙を増やすためと説明づけられる。そのため、スピルリナもベントナイトと同様の説明で砂質土の易有効水分量を増加させたのだと考えられる。なお、スピルリナ以外の微細藻類としてクロレラを用いた土壌の保水性改善効果の検討についても予備的な試験を試みた。

4-6) 最適有用植物選定・飼料開発（黒澤，渡辺智）

熱帯乾燥地帯で棲息するスピルリナの飼料原料としての活用とその効果について検討した。本試験では、飼料原料としての評価を配合飼料原料として広く用いられる魚粉の代替原料としての利用可能性を評価した。また、スピルリナは、高い抗酸化力とともに造血効果が期待されており、これら双方を評価する目的で、ウズラの餌付け飼料を調製した。用いる飼料原料は、保管状況の差を検討する目的で常温明所保存（tSPL）と冷凍保存の（ntSPL）を用いた。

(1)魚粉の代替原料としての評価

飼料の嗜好性については、飼料摂取量に差がないことから嗜好性を損なうことはないものと推察された。体重増加については、統計的な差はないものの SPL 区は対照に対して低い値を示した (図 3-6-1)。

(2)造血効果の検証

送血効果の検証として孵化時と孵化 1

週間後の HCT を比較した。統計的な差はみとめられないものの ntSPL が対照に対して高い値となったが、tSPL は低めの値となり、試験期間を延ばした再検討が必要と考えられた (図 3-6-2)。

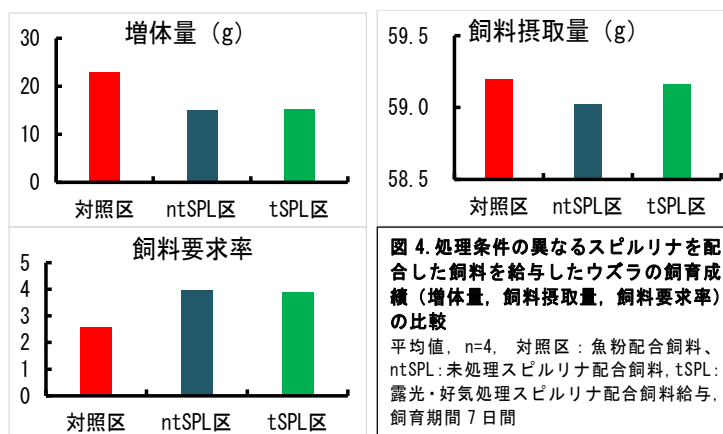


図 3-6-1 処理条件の異なるスピルリナを配合した飼料を給与したウズラの飼育成績

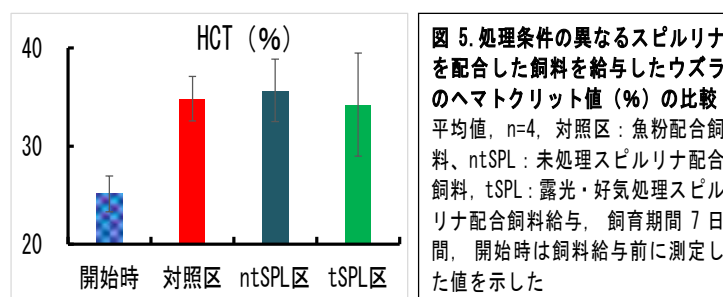


図 3-6-2 処理条件の異なるスピルリナを配合した飼料を給与したウズラのヘマトリック値の比較

4-7) 藍藻の環境応答メカニズムに関する研究 (渡辺智)

植物と同様の酸素発生型光合成を行う藍藻は、様々な環境に生息し太古の昔から地球環境を支えてきた。光合成により二酸化炭素を固定しながら増殖するため、近年では、ゼロエミッション型物質生産システムのホストとして期待されている。藍藻は環境ストレスに適応するために、様々な細胞応答メカニズムを有している。これまでに淡水性藍藻 (*Synechocystis* sp. PCC 6803, *Synechococcus elongatus* PCC 7942), 海洋性藍藻 (*Acaryochloris marina*), 糸状性藍藻 (*Anabaena* sp. PCC 7120)を対象として温度や光環境、栄養環境に対する応答を解析し、環境適応に関わる遺伝子発現、及びその制御機構を明らかにした。

4-8) 食用藍藻スピルリナが生産する細胞外高分子物質 EPS 生産に関する研究 (渡辺智)

藍藻の中には食用の種も見出されており、中央アフリカ (チャド) で食されてきたスピルリナは未来のタンパク質源として需要が高まっている。我々は、スピルリナが強光、高アルカリのストレス環境下において、細胞外高分子物質 (Extracellular polymeric substances: EPS) を生産することを見出した。

EPS 形成メカニズムをより詳細に解析するために、培養方法と EPS 誘導条件を検討した。これまで 5 L スケールで培養を行っていたが 300 mL, 50 mL とスケールダウンした試験管レベルでも 1 週間の強光ストレス処理を行うことで培地のアルカリ化が起こり、スピルリナが EPS を形成することを確認した。小スケールでの培養系において、いくつかのスピルリナ種で強光応答を比較すると、スピルリナ *Arthrospira platensis* NIES39 と同様の EPS 形成が *Arthrospira platensis* NIES46, *Arthrospira platensis* NIES2308 でも確認された。この結果より、スピルリナ強光処理による EPS 形成はスピルリナに共通した現象であることが示された。強光ストレス時の EPS 形成について、さらに研究を進めた結果、凝集したスピルリナ EPS にはアルカリ性環境に生息する *Bacillus* 属細菌（アルカリバチルス）が発生していることが示された（駒形、「スピルリナ培養時に確認されたアルカリバチルス出現メカニズムの解析」、令和 3 年度東京農業大学卒業論文）。スピルリナの遺伝子発現プロファイルを取得し分析すると、強光ストレス処理後、光合成遺伝子や代謝遺伝子と共に抗菌ペプチドをコードする遺伝子クラスターが顕著に発現低下することが示された。このような遺伝子の発現量の低下がアルカリバチルス発生に関与していると考えて、さらに研究を進めている。

(5) 研究題目 4. 荒地緑化の経済的評価

G4 は現地でのフィールドワークを伴う研究であるため、2020 年度に引き続き渡航ができなかった 2021 年度においても研究を推進するには厳しい状況であった。

5-1) ジブチの統計資料収集及び整理（齋藤）

各国際機関から取得できるジブチの統計資料の収集及び整理を行った。

5-2) Douda (B 農場) 設置の実証農場維持（大山）

2020 年 2 月、廃ペットボトルを利用した灌水方法によるナツメヤシの試行栽培試験を行った。その後は、適宜、遠隔で指示を出し、ジブチ農業省職員及び現地農民により、設立した実証農場の維持管理を行った。

5-3) 降水の変化と遊牧民の行動変容の関連性の把握（山本、伊藤、Bouh O. Ali）

気候の変化に応じて遊牧民がどのように行動を変えているのかについて、DMSP 衛星から観測された夜間光と降水量データを用いて分析を実施した浅層地下水へのアクセスが容易であるワジ近接 5 km の範囲の領域付近において、降水量の増加に応じて夜間の照明が増加し、ワジまでの距離が増すにしたがい照明量の減少が認められた。降水の影響は都市部から離れた遠隔地において顕著であった。この成果についてまとめた論文を投稿し、SSRM にも登録した（（「VI. 成果発表等」参照）。これは、取水の可能性のある地域に人々が集まって生活していることを表している。今後は、降水量の変化に応じてどのように人々が移動するのかについてさらに分析を行う。

(6) 研究題目 5. モデル普及・広報

キャパシティ・ディベロップメントを推進するための機関は、ジブチ大学リサーチセンター（École Doctorale）であり、Director であり本プロジェクトマネージャーである Hassan Ali Barked 博士とシンボジウムや研修およびワークショップのオンライン・オフラインでの適宜開催を始めている。

ジブチ大学工学部キャンパス内の SATREPS 解析 PC 室・化学実験室がそれぞれ 2022 年 1 月・2 月に整備された。PC 室の高性能コンピュータ 5 台に Q-GIS をインストールし、3 台に水循環シミュレーシ

ンソフト GETFLOWS（地圏環境テクノロジー）およびドローン画像処理ソフト Metashape（Agisoft）のインストールを行った。2022 年 3 月 15 日にドローンによる空撮調査トレーニングを行い（講師：現地調整係・齋藤氏）、Meatashape によるドローン撮影画像のオルソモザイク化，標高データの抽出方法のオンライントレーニング（講師：May 博士研究員）を 6 月に開催することを予定している。GETFLOWS のトレーニングを，元ジブチ大学講師で現 World Bank の Fadoumo Ali Malow 博士を講師として始め，ジブチ大理学部地学科のスタッフへの完全技術移転を目指し，招聘による日本での講習会開催を予定している。その際は，地圏環境テクノロジーの登坂氏，Aurelien Hazart 氏（フランス出身）等を講師とする予定である。

II. 今後のプロジェクトの進め方、および成果達成の見通し（公開）

研究題目 1. 水循環シミュレーションモデル整備

現在進行中の課題および今後の計画について箇条書き的に示す。

- 1) 2022 年 2 月に採取したムシャ島に生育するマングローブの体内水および環境水の水素・酸素安定同位体比分析を実施することにより、ムシャ島地下部における淡水の存在が示唆されれば、ムシャ島周辺海域における海底湧水調査を実施し、同淡水の由来や分布ならびに淡水資源としての利用可能性を調査する。
- 2) 2022 年 5 月にアリファレンにおいて採取した浅層・深層地下水試料について、水素・酸素安定同位体比分析と年代測定（トリチウム分析）を実施し、浅層地下水と深層地下水の間に大差が認められれば、深層地下水の涵養源が国外（例えばエチオピア高地）に求められる可能性を追求する一連調査を実施する。
- 3) 水循環シミュレーションモデルの整備に資することを目的に、雨水の土壌内への浸透特性の調査と土壌面からの蒸発量の定量化に関する検討を行う。
- 4) GIS、衛星画像等で抽出した断層のうち、基盤岩への地下水供給に貢献する可能性の高いものの現地確認を実施し、GETFLOWS の解析モデルに必要な応じて組み込む。
- 5) GETFLOWS で広域モデルを作成し、マクロ的な解析を行う事で基盤岩の透水性や流動状況を検討する。
- 6) ジブチ大学側の水理地質研究者及び学生に GETFLOWS のトレーニングを実施し、今後の共同研究を加速させる。

研究題目 2. 緑化・農地化ポテンシャル評価

今後は、残りの牧養力モニタリングサイト 2 地域 6 カ所において遊牧民世帯の基礎調査を行った上で、プロテクトケージを設置する予定である。主要牧草のバイオマス推定を目的としたマルチスペクトルカメラによる UAV 撮影域をより絞り込むために、GPS 首輪を取り付けた放牧家畜動物のバイオロギングデータが必須であるが、遊牧民が家畜に GPS デバイスを装着することに抵抗感が強く、根気強く交渉を継続させる必要がある。全ての家畜種に装着が無理な場合は、抵抗感の強い女性が管理を行うロバは対象から除外し、ヤギ（ヒツジ）とラクダのみ行うよう計画を修正する可能性がある。

また、牧養力の算出のために糞の採取を伴う消化率試験を予定していたが、予想以上に遊牧家畜から 1 日分の糞を正確に採取することが困難であることが判明したため、牧養力の算出方法を変更し、放牧家畜の年間の体重変化と放牧頭数、家畜の成長率から算出する予定である。同時に主要な自生牧草のカロリー量を計測するためのサンプリングを行い、牧養力の評価に結びつけたい。また、優占種の生長率の評価をプロテクト・ケージサイトあるいは農場にて着手する予定である。

優占種の生長率データを内包した植生分布図や研究活動 1 の成果である水資源ポテンシャル図、更にはその他の GIS データ（デジタル標高モデル DEM から作成される地形図や CERD 所有の地質図）との関係性解析から、緑化・農地化ポテンシャルの定量評価を目指す。

また、ジブチ全土における有用植物の現地採取調査を継続し、同定および有用性分析を行う。有用性分析に関しては、ジブチ調査研究センター（CERD）・薬用植物研究室との共同研究を働きかけるが、一

方、ジブチ大学に設置した SATREPS 実験室の積極的な利用も進めていきたい。

研究題目 3. 持続可能パイロットファーム営農

・A 農場については、揚水量、降雨による涵養量、地下水位変動をモニタリングし、現井戸の灌漑水源としての可能性をシミュレーションにより検討する。データの精度を上げるために 2021 年度は A 農場近隣の農場の井戸にも水位計を設置する予定である。その結果、揚水量増加が可能であることが判明した場合、風車（DIGIMAX 社製 Air-Dragon 600 W：日本において発電性能試験実施済み）とソーラーのハイブリッド化によるポンピングシステムの実装を行う。

・B 農場については、灌漑水の水源である下水処理場の処理水の水質調査および、既に土壤改良材として利用されている汚泥や圃場土壌の分析を行い、農業用水・資材としての利用妥当性について検証する。

・C 農場については、試験圃場、藻類培養試験池の設計と設置を進め、飼育家畜の購入・畜舎の設計を検討する。C 農場を将来的に農家や普及員の教育の場としたいとの農業省食糧安全保障局局長の要望に沿い、ボカシ肥ワークショップを皮切りに実務者向けワークショップを開催する。

・ジブチ大学において土壌分析ができるよう資機材の設置及び講習会を開催する。

・日本において、安価な気象観測装置、井戸水位計、自動灌水装置を起業と共同開発を行い、ジブチに設置する。また、農家へ普及できる簡易的な自動灌水装置も開発する。

・スピルリナの応用利用については、家畜への飼料としての給与試験は東京農業大学富士農場において、土壤改良剤としての試験施用は東京農業大学世田谷キャンパス内農場において引続き行う

研究題目 4. 荒廃地緑化の経済的評価

Douda 農場(B 農場)においては、現在メロン栽培が普及し、熱心に営農に取り組むソマリの人々が増えたが、高収益を見込むことができる営農が重要であるため、土地廃棄物を使用する組合員が実践可能な低投入型のデモンストレーション・ファームを設立する。近くに存在するゴミ廃棄場で入手できる衣服・毛布、紙おむつ、ペットボトルなどの廃棄物の物性を積極的に生かした乾燥地農業の節水技術を開発する。これに加えて、外来樹種（メスキート）の木炭を活用した土壤改良および炭素蓄積に関する研究を計画している。

研究題目 5. モデル普及・広報

ジブチ大学に設置した施設（PC 解析室、化学分析実験室）の開所式を、ジブチ高等教育大臣および在ジブチ大使を招きジブチ大学・JICA ジブチ事務所主催で 2022 年 7 月に開催する予定である。Meatashape によるドローン撮影画像のオルソモザイク化、標高データの抽出方法のオンライントレーニング（講師：マイ博士研究員）を 6 月に開催することを予定している。GETFLOWS のトレーニングを、元ジブチ大学講師で現 World Bank の Fadoumo Ali Malow 博士を講師として始め、ジブチ大理学部地学科のスタッフへの完全技術移転を目指し、招聘による日本での講習会開催を予定している。その際は、地圏環境テクノロジーの登坂氏、Aurelien Hazart 氏（フランス出身）等を講師とする予定である。

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

メインカウンターパートであるジブチ大学（UD）は 2006 年の開学から 13 年目を迎え、2013 年に

MOU が締結された東京農大（TUA）と UD との関係において、大きな実績と言えるものは、UD 講師 1 名の国費留学制度による博士号取得（2018 年 3 月）に留まるものであった。このように、UD の研究能力は未だに不十分との認識から、本プロジェクトは TUA と UD とのパイプラインを基軸とするものの、プロジェクトのゴールを達成するため、協力機関として日本側・ジブチ側の既申請参画機関等からのあらゆる人的・技術的資源を投入して実施することを確認し、月 1 回の Web 会議による定例ディスカッションにより UD と情報共有し、承認を受けながら進めていくこととなった。現地調査・ジブチ大学内のイベントの情報は、WhatsApp を用いアナウンスを行い、イベントで撮影した写真や見逃し録画動画のリンクを Facebook で共有するなど、多岐にわたる活動内容を全メンバーが把握できるよう情報共有に SNS を活用している。

IV. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

特になし

(2) 社会実装に向けた取り組み

実装のためのモデル地区として選定した、既存パイロットファーム（A, B, C 圃場および篤農家所有 D 圃場）において、現地農家や農業省に協力いただき、研究実験活動の許諾を既に得、ドローン空撮画像による微地形把握を進めつつある。B 圃場においては、ドイツの栽培試験を開始し現地農家とのノウハウの共有を行いながら進めている。

V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

特になし

VI. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

VII. 投入実績【研究開始～現在の全期間】（非公開）

VIII. その他（非公開）

以上

VI. 成果発表等

(1) 論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①原著論文(相手国側研究チームとの共著)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2022	Bouh Omar Ali, Yutaka Ito, Shuichi Oyama, Sawahiko Shimada, Yuki Yamamoto, "Response of nomadic people in Djibouti to precipitation", 2022.04, --, pp. ---	https://ssrn.com/abstract=4070100	国際誌	発表済	
2022	Yasuhiro Asakura, Bouh Houssein Ofleh, Yasuhiro Nakanishi, "Values of δ D and δ 18O and concentrations of 3H and 14C of deep groundwater in Djibouti", Journal of Arid Land Studies, --, pp. -	-	国際誌	accepted	
2022	Teruaki Irie, Shuhei Saito, Sergio Azael May Cuevas, Shinji Suzuki, Fumio Watanabe, Sawahiko Shimada, Hassan A. Barkad, "Meteorological characteristic and evaluation of hedgerow windbreak effect in agricultural lands in Djibouti based on wind dynamics simulation", Journal of Arid Land Studies, 2022.06, --, pp. ---	-	国際誌	accepted	
2022	Ko Hinokidani, Saida Chideh, Ryuichi Tachibana, "Profiling of the bioactive compounds from Aloe djiboutiensis in Djibouti", Journal of Arid Land Studies, 2022.06, --, pp. ---	-	国際誌	accepted	

論文数 4 件
うち国内誌 0 件
うち国際誌 4 件
公開すべきでない論文 0 件

②原著論文(上記①以外)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2022	Takumi SATO, Ayako Sekiyama, Syuhei SAITO and Sawahiko SHIMADA, "Applicability of Farmlands Detection in Djibouti from Satellite Imagery using Deep Learning", Journal of Arid Land Studies, 2022.06, --, pp. ---	-	国際誌	accepted	

論文数 1 件
うち国内誌 0 件
うち国際誌 1 件
公開すべきでない論文 0 件

③その他の著作物(相手国側研究チームとの共著)(総説、書籍など)

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

著作物数 0 件
公開すべきでない著作物 0 件

④その他の著作物(上記③以外)(総説、書籍など)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ		出版物の 種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
2021	佐藤愛琉, “ジブチ共和国ワジ農場用ソーラーポンピングシステムにおける風力発電機の導入効果 —シミュレーションによる揚水量増加の予測—”, 令和3年度東京農業大学卒業論文, 2022.03		卒業論文	発表済	東京農業大学生産環境工学科長賞受賞
2021	後藤永遠, “ジブチにおける農園立地環境の農業ポテンシャル評価”, 令和3年度東京農業大学卒業論文, 2022.03		卒業論文	発表済	
2021	竹内洸太, “スピルリナの配合による土壌の保水性改善の検証”, 令和3年度東京農業大学卒業論文, 2022.03		卒業論文	発表済	
2021	曾根唯斗, “PRD灌漑がトマトの生育に及ぼす影響について”, 令和3年度東京農業大学卒業論文, 2022.03		卒業論文	発表済	
2021	駒形遥, “スピルリナ培養時に確認されたアルカリバチルス出現メカニズムの解析”, 令和3年度東京農業大学卒業論文, 2022.03		卒業論文	発表済	
2021	中村公香, “異なる保管条件のスピルリナのウズラを用いた栄養評価”, 令和3年度東京農業大学卒業論文, 2022.04		卒業論文	発表済	
2021	村尾香里, “ <i>Cissus rotundifolia</i> の成分と土壌改良資材としての有用性” 令和3年度東京農業大学卒業論文, 2022.03		卒業論文	発表済	

著作物数 5 件
公開すべきでない著作物 0 件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

年度	研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項
2021	大山・落合(監修)「みんなが知らないジブチのこと」JICA, 2021	学校教材	グループ4の大山が監修し, SATREPSの活動についても, 大山および島田の写真を掲載しながらの紹介がなされている(P.14-15: https://www.jica.go.jp/africahiroba/ticad/publication.html)。

VI. 成果発表等

(2) 学会発表【研究開始～現在の全期間】(公開)

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

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2021	国内学会	田島淳・海老原和真・鈴木伸治・真田篤史・篠原卓・實野雅太(東京農大)・Ismael Tabarek M(ジブチ農業省), ソーラーポンピングシステムにおける砂鉄の侵入と対策, 日本沙漠学会第32回学術大会オンライン研究発表会, 2021年5月29日	口頭発表
2021	国際学会	Fumio Watanabe, Shinji Suzuki (TUA), Tabarek I. Mohamed (MAEPE-RH), Masataka Jitsuno, Hiroyuki Ohshima, Atsushi Sanada, and Takashi Shinohara (TUA), Estimating Irrigation Water Amounts for Tomato Cultivation Using Observed Meteorological Data in Djibouti, DTXIV International Conference of Arid Land Studies, Tokyo Online, September 7th – 10th 2021	口頭発表
2021	国際学会	Ryota Suzuki, Syuhei Saito (TUA), Dayah Aden (MAEPE-RH), Shinji Suzuki, Water resources survey and model analysis in Dikhill area, Djibouti, DTXIV International Conference of Arid Land Studies, Tokyo Online, September 7th – 10th 2021	口頭発表
2021	国際学会	Teruaki Irie, Shuhei Saito, Shinji Suzuki, Fumio Watanabe, Sawahiko Shimada (TUA), Hassan A. Barkad (UD), Meteorological characteristics with the windbreak effect evaluation of hedgerows in agricultural lands of Djibouti on the basis of wind dynamics simulation, DTXIV International Conference of Arid Land Studies, Tokyo Online, September 7th – 10th 2021	口頭発表
2021	国際学会	Akira Kurosawa, Shuhei Saito (TUA), Dayah Aden (MAEPE-RH), Rikako Kimura, Comparison of nutritional status of domestic and nomadic goats in the suburbs of Djibouti City, DTXIV International Conference of Arid Land Studies, Tokyo Online, September 7th – 10th 2021	ポスター発表
2021	国際学会	Shuhei Saito (TUA), Bouh OMAR ALI, and Saida Chideh Soliman (UD), Structure of agriculture sector in the southern part of Djibouti, DTXIV International Conference of Arid Land Studies, Tokyo Online, September 7th – 10th 2021	ポスター発表
2021	国際学会	Hiroyuki TOSAKA, Aurelian Hazart (GET), Toru YORITATE (OCG), Sergio Azael May Cuevas, Sawahiko SHIMADA, Yasuhiro NAKANISHI (TUA) and Fadoumo A. Malow (WB), Water Resources Modeling of Ali Faren Catchment in Ambouli Watershed, Djibouti, DTXIV International Conference of Arid Land Studies, Tokyo Online, September 7th – 10th 2021	口頭発表
			招待講演 0 件
			口頭発表 5 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)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2021	国内学会	鈴木綾太(大成建設)・鈴木伸治・渡邊文雄・島田沢彦(東京農大), ジブチ・アロウ集水域における流域水循環解析と水資源管理に関する研究, 日本沙漠学会第32回学術大会オンライン研究発表会, 2021年5月29日	ポスター発表
2021	国内学会	佐藤拓己(シーエーシー)・島田沢彦・関山絢子(東京農大), ジブチにおける衛星画像を用いた深層学習による農園領域抽出, 日本沙漠学会第32回学術大会オンライン研究発表会, 2021年5月29日	ポスター発表
2021	国内学会	石塚翔・高木才叶・黒澤亮(東京農大), Spirulina の子牛代用乳原料としての活用方法の模索, 日本沙漠学会第32回学術大会オンライン研究発表会, 2021年5月29日	ポスター発表
2021	国際学会	TANAKA Satoru, TAKAHASHI Simpei, KIMURA Rikako, SHIMADA Sawahiko (TUA), The tendency of plant species identified in the Djibouti Republic of East Africa registered in the global biodiversity database, DTXIV International Conference of Arid Land Studies, Tokyo Online, September 7th – 10th 2021	口頭発表
2021	国際学会	Ko Hinokidani, Ryuichi Tachibana (TUA), Profiling of the phenolic compounds from Aloe djiboutiensis in Djibouti, DTXIV International Conference of Arid Land Studies, Tokyo Online, September 7th – 10th 2021	口頭発表
2021	国際学会	Shinji SUZUKI, Satoru WATANABE, Fumio WATANABE and Sawahiko SHIMADA (TUA), Preliminary study on improvement of soil water retention characteristics by Spirulina, DTXIV International Conference of Arid Land Studies, Tokyo Online, September 7th – 10th 2021	口頭発表
2021	国際学会	Yasuhiro Asakura, Yasuhiro Nakanishi (TUA), Values of δD and $\delta^{18}O$ and concentrations of 3H and ^{14}C of deep groundwater in Djibouti, DTXIV International Conference of Arid Land Studies, Tokyo Online, September 7th – 10th 2021	口頭発表
2021	国際学会	Denis Pastory RUBANG, Sergio AM Cuevas (TUA), Yessy Arvelyna (RESTEC) and Sawahiko SHIMADA, Detection of Geographic Faults using Deep Learning Model from DEM and Remote Sensing Data in Djibouti, DTXIV International Conference of Arid Land Studies, Tokyo Online, September 7th – 10th 2021	口頭発表
2021	国際学会	Sergio Azael May Cuevas, Denis P Rubanga, Shuhei Saito, Ayako Sekiyama and Sawahiko Shimada (TUA), Land Surface Identification and Land Cover Classification of Arid Land in Djibouti Using UAV Imagery, DTXIV International Conference of Arid Land Studies, Tokyo Online, September 7th – 10th 2021	口頭発表
2021	国際学会	Ayako SEKIYAMA, Takumi SATO, Syuhei SAITO and Sawahiko SHIMADA (TUA), Extraction of Farmlands in Djibouti from Satellite Imagery using Deep Learning, DTXIV International Conference of Arid Land Studies, Tokyo Online, September 7th – 10th 2021	口頭発表
2021	国際学会	Masataka Jitsuno (TUA), Takahisa Jitsuno, Kaoru Hamabe, Kei Tokumura (Osaka U.), Research on solar desalination system and water-saving farming methods for small-scale farmers, DTXIV International Conference of Arid Land Studies, Tokyo Online, September 7th – 10th 2021	口頭発表
2021	国内学会	橘隆一(東京農大), ジブチ共和国の北部山岳地帯に自生する薬用植物の種子発芽と初期生育特性, 日本緑化工学会乾燥地緑化研究部会, オンラインシンポジウム, 2021年11月30日	招待講演
			招待講演 1 件
			口頭発表 8 件
			ポスター発表 3 件

VI. 成果発表等

(3) 特許出願【研究開始～現在の全期間】(公開)

①国内出願

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

国内特許出願数 0 件
公開すべきでない特許出願数 0 件

②外国出願

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

外国特許出願数 0 件
公開すべきでない特許出願数 0 件

VI. 成果発表等

(4) 受賞等【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 受賞

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

0 件

② マスコミ(新聞・TV等)報道

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

0 件

VI. 成果発表等

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

① ワークショップ

年度	開催日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	公開/ 非公開の別	概要
2021	2021/4/21	アフリカ開発教育用教材「みんなが知らないジブチのこと」	Youtube	540回再生(2022年3月時点)	公開	JICA作成の学校教材の動画への監修(大山), プロジェクトの紹介を行った。 https://www.youtube.com/watch?v=sSKQ34EQA3I
2021	2021/12/21	12月ジブチ地質調査現地野外講義	ジブチ・アルタ州 PK30ダムサイト	23(20名)	非公開	微動アレーを用いた地質調査に, ジブチ大学理学部地学コース学生(学部3年生)とスタッフ3名が同行し, 調査の実地野外講義を行った. オーシャンエンジニアリング北氏を講師に, オリコングローバル寄立専門家, 島田研究代表が主催した.
2021	2021/12/28	12月ジブチ地質調査報告会	ジブチ大学理学部教室および Zoom Meetingの ハイブリッド開催	28(17名)	非公開	微動アレーを用いた地質調査の解析結果を報告した. ジブチ大学理学部地学コース学生(学部3年生)14名とスタッフ2名, 農業省のメンバー1名が参加し, 活発なディスカッションが行われた. オーシャンエンジニアリング北氏およびオリコングローバル寄立専門家が発表を行った.
2021	2022/2/10	東京農業大学130周年記念事業シンポジウム「アフリカにおける食・農・環境に関する研究・教育の拠点として東京農大の展開」	東京農業大学 (オンライン)	110	公開	アフリカン SDGs に関するパネル発表 1「Panel Presentation 1: Implementation of the Water Utilization Methods for Sustainable Agro-Pastoral System in Djibouti, Horn of Africa」と題して島田研究代表がジブチでのSATREPSプロジェクト内容を紹介した。 https://www.nodai.ac.jp/news/article/2022013101/
2021	2022/3/15	UAV飛行イメージング訓練	ジブチ・アルタ州 ダマルジョグ(C 園場)	5(4名)	非公開	DJI Mavic Proを用いた圃場モニタリングのための空撮手法の技術移転トレーニングが行われた. 齋藤現地調整員が講師となり, UDからスタッフ3名, 農業省から1名が参加した.

5 件

② 合同調整委

年度	開催日	議題	出席人数	概要
2021	2021/4/9	TUAグループ1研究打合せ (Zoom Meeting)	8	GP1のこれまでの研究進捗状況を共有し, 今後のGETFLOWSでのシミュレーションに必要なデータ作成作業計画について検討を行った.
2021	2021/4/12	UD-TUAリーダーズ会議 (Zoom Meeting)	9	コロナ禍における今後の共同研究の進め方について検討を行った. また, GWIに実施予定であった微動アレー地質調査計画について情報共有を行った.
2021	2021/5/24	UD-TUAリーダーズ会議 (Zoom Meeting)	10	GWIに予定されていた微動アレー地質調査が延期になり, 次の渡航計画についての情報共有, UDIにおいて設置する分析室・解析室に関する見通しについての情報共有を行った. 延期になっていた第2回JCCやMTA締結に関しての検討を行った.
2021	2021/6/17	UD-TUAグループ3研究打合せ (Zoom Meeting)	8	9月に開催される国際会議DT14においてGP3として発表する研究トピックについて検討を行った. 齋藤調整員の現地農園調査に関する報告が行われた.
2021	2021/6/21	UD-TUAリーダーズ会議 (Zoom Meeting)	12	水循環シミュレーションモデル構築に必要な流動把握のための, 井戸水サンプルの同位体分析(^{14}C , $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$, δD)の分析結果(地球科学研究所委託)の共有がなされた. また, DT14への発表タイトル調整が行われた.

2021	2021/7/14	グループ4調査内容打合せ (Zoom Meeting)	3	コロナ禍において、対面インタビュー調査が困難であることに鑑み、炭素貯留技術・土壌改良・外来木本植物の有効資源化を目指したメスキートを用いたバイオ炭の生産について検討を行い、C/Pへ提案することとした。
2021	2021/7/19	UD-TUAリーダーズ会議 (Zoom Meeting)	14	DT14のアブストラクト・発表申込みに関する情報共有、化学実験室の設置場所に関する検討、FadoumoのWB異動に伴う新たなGP1カウンターパートリーダーの選出に関する検討、Douda(B)農場へのTime-lapseカメラ設置報告を含めた、各グループからの進捗報告がなされた。
2021	2021/7/26	JICA/JST今後の方針に関する打合せ (Teams Meeting)	8	ジブチSTREPSプロジェクトの抱える問題点、特に第2回JCCが未開催であること、MTAが未締結であること、コロナ禍による調査遅延に対して今後の解決に向けたプロジェクトの進め方について議論した。
2021	2021/8/23	UD-TUAリーダーズ会議 (Zoom Meeting)	10	Ali Sabiehにおける、家畜・農地調査の報告、Doudaにおける観察用建屋の改修の報告、投稿されたDT14の要旨の確認、各グループからの進捗報告、今後の方針についての検討がなされた。
2021	2021/9/16	TUAグループ1研究打合せ (Zoom Meeting)	9	10月に予定されていた微動アレー地質調査に必要な物品の検討、調査地点に関しての検討を行った。
2021	2021/10/14	TUAグループ2研究打合せ (農大-Zoomハイブリット)	7	中間報告書の内容について確認を行い、今後の調査内容、必要物品についての検討を行った。
2021	2021/10/15	齋藤調整員帰国報告会 (Zoom Meeting)	16	Ali Sabiehを中心に行われた農園調査、農家へのインタビュー調査についての報告会を開催した。土壌サンプル(オートクレープ処理済)が届き土壌性分析を化学科に委託することが確認された。
2021	2021/11/22	UD-TUAリーダーズ会議 (Zoom Meeting)	15	DT14において発表された13タイトルについての紹介、今後プロシーディングス投稿についての確認がなされた。10月に渡航中止となったことによる微動アレー地質調査を12月に行うことの情報共有がなされた。
2021	2021/12/6	UD-JPグループ4調査内容打合せ (Zoom Meeting)	10	7/14にGP4日本メンバーで検討したメスキートのバイオ炭活用に関する活動をCPへ提案し、議論を経てGP4の研究内容とすることとした。
2021	2021/12/23	気象水文データ共有に関する打合せ (Meteorological Agency)	6	気象局(MOU締結済)の保有降雨データ(47地点)と、当プロジェクトで設置するデータ自動転送データ(降雨・地下水位)10観測地点を共有し、全国観測網を整備することを約束した。
2021	2021/12/26	UD-TUAグループ2調査内容打合せ (ジブチ大学理学部棟)	7	遊牧家畜の採食草本植物に関するリストを確認しながら、Ali Sabiehにおける繁茂状況、出現可能性について確認した。木村GP1リーダーおよびSaidaカウンターパートリーダー間で今後の共同研究体制について検討した。学長の要望である理学部における大学院設置への農大の協力の可能性について議論した。
2021	2021/1/8	遊牧民調査報告およびPC解析室設置報告会 (Zoom Meeting)	19	木村GP2リーダーが行ったAli Sabiehにおける聴き取り調査内容について報告、マイ博士研究員・島田研究代表で設置PC解析室のPC・サーバーのスペックや使用方法の説明、デニス博士研究員が行っている断層のAIによる抽出に関する研究内容の発表がなされた。
2021	2021/1/14	TUAグループ3次年次研究計画打合せ (Zoom Meeting)	11	GP3の2022年度研究計画についてディスカッションを行った。ソーラーシェアリングについて新たに実装試験を行うことを確認した。圃場A-C、Dのサンプル解析結果からMnは十分含まれていたがFe、Zn、Cuは全圃場で低いこと、Bの肥沃度も圃場により大きく異なり、高pHのため有機物分解が早い可能性が示された。
2021	2021/1/24	UD-TUAグループ1調査内容打合せ (Zoom Meeting)	9	GP1の2022年度研究計画についてディスカッションを行った。Ali FarenのGETFLOWシミュレーションにおける出口部分境界条件の改善が必要であることが指摘された。
2021	2021/1/31	UD-TUAグループ2調査内容打合せ (Zoom Meeting)	7	GP2の2022年度研究計画についてディスカッションを行った。プロテクトケージの設置、GPS首輪の試験通信について検討がなされた。
2021	2022/2/17	微動アレー報告書概要説明会 (Zoom Meeting)	7	2021年12月の地質調査報告書が提出されたことを受け、GP1のメンバーに対する、オーシャンエンジニアリング北氏から概要の説明がなされた。

2021	2022/2/17	UD-TUA JCC事前打合せ (Zoom Meeting)	11	第2回JCCの内容・進行について確認を行った。
2021	2022/2/22	第2回JCC (ジブチ大学・オンラインZoom Meeting/ハイブリッド開催)	22	ジブチ大学Djama学長(PD)からのオープニングアドレスに始まり、各グループの進捗報告・2022年度の研究計画の発表がなされ、ディスカッションがなされた。GP4のバイオ炭に関する活動がPDMIに加味される事、Idil博士がGP1のCP新リーダーとして参画すること、その他の新規参画研究者の紹介がなされた。
2021	2022/2/29	化学分析室設置報告会 (Zoom Meeting)	11	2022年2月にジブチ大学バルバラキャンパスに設置完了した化学実験室の機器内容や稼働状況について、帰国した檜谷専門家から報告がなされた。
2021	2022/3/2	GETFLOWS解析方針打合せ (Zoom Meeting)	6	地質調査結果を受け、GETFLOWSシミュレーションのパラメータの設定や追懐解析対象流域について検討を行った。
2021	2022/3/25	齋藤調整員帰国報告会 (Zoom Meeting)	17	一時帰国した齋藤氏から、GP2活動のためのAli Sabiehにおけるプロテクトケース3台の設置地点および家畜動物調査の報告、GP3活動のためのDamarjog農場(C圃場)の整備状況についての方向がなされた。
2021	2022/3/28	UD-TUA PMミーティング (Zoom Meeting)	4	MTA締結に向けての進捗状況、JICAモニタリングシートの確認状況について島田PL、Hassan PM、Tabarek博士、工藤JICAジブチ支所SATREPS担当との間で情報共有された。
2021	2022/3/29	齋藤調整員年次報告 (Zoom Meeting)	5	齋藤現地調整員の今年度の業務報告があり、今後の業務改善についてGLsとともに確認を行った。

27 件

成果目標シート

研究課題名	ジブチにおける広域緑化ポテンシャル評価に基づいた発展的・持続可能水資源管理技術確立に関する研究
研究代表者名 (所属機関)	島田 沢彦 (東京農業大学 地域環境科学部 教授)
研究期間	H30採択(平成31年4月1日～令和6年3月31日)
相手国名／主要相手国研究機関	ジブチ共和国 ／ジブチ大学, ジブチ農業水産牧畜海洋資源省, ジブチ調査研究センター
関連するSDGs	目標2. 持続可能な農牧畜業の推進、強靱な農業の実践 目標 6. 乾燥地農業における統合水資源管理の実施、 目標 15. 砂漠化への対処、ならびに土地の劣化の阻止、ならびに生物多様性損失の阻止

成果の波及効果

日本政府、社会、産業への貢献	・砂漠化対処条約(UNCCD)への提言 ・乾燥アフリカにおける日本技術のプレゼンス向上 ・日本ベンダーによる水循環シミュレーションソフトのプレゼンス向上
科学技術の発展	・乾燥地における水循環把握モデルの確立 ・衛星画像データによる乾燥地環境解析の高度化 ・沙漠化防止技術の広域展開手法の確立
知財の獲得、国際標準化の推進、遺伝資源へのアクセス等	・乾燥地農業の効率化の提言 ・乾燥地緑化の高付加価値 ・GETFLOWSの水循環シミュレーションソフトとしてのスタンダード化
世界で活躍できる日本人人材の育成	・若手研究者の現地活動を通してのグローバル人材育成
技術及び人的ネットワークの構築	・ジブチ大学の人材との学術的交流 ・キャパシティ・ディベロップメントによるGIS・水循環シミュレーション技術および緑化技術の移転
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	・ジブチ国内の電子地図データの完全アーカイブ化 ・乾燥地にける汎用的水循環シミュレーションモデル ・水資源ポテンシャルマップ, 緑化ポテンシャルマップ ・高効率乾燥地緑化法マニュアル

上位目標

- ・「アフリカの角」地域の干ばつレジリエンス強化と食料安全保障の確保
- ・乾燥アフリカの持続可能な水資源管理技術と農業生産力の向上

- ・ジブチの緑化可能地域へ持続的農業・緑化モデルを提案
- ・ジブチ以外のアフリカの角地域への適用・展開を提案

プロジェクト目標

- ・広域水資源ポテンシャル・緑化ポテンシャルマップの作成技術を開発・共有

