

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(2018年)度/研究期間:5年

相手国名:ジブチ共和国

令和元(2019)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6月1日から2024年3月31日まで

(正式契約移行日2019年4月1日)

*1 R/D に基づいた協力期間(JICA ナレッジサイト等参照)

*2 開始日=暫定契約開始日, 終了日=JST との正式契約に定めた年度末

研究代表者: 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

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(6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見直し →					
1-2 水循環シミュレータモデルシステム構築	← Ambouli, 南 Hanle の流域解析 →				← 全シブチ流域解析 →		← 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					← インターポレーター解析 →		
2. 緑化・農地化ポテンシャル評価							
2-1 植生環境分布把握		← →	← →	← →			
2-2 牧養力及び緑化ポテンシャルを図化		← →	← →	← →	← →	← →	← →
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			← →	← →	← →	← →	← →
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				← →	← →	← →	← →
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				← →	← →	← →	← →
4. 荒廃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 荒廃地緑化による遊牧民への影響把握			← →	← →	← →	← →	← →
4-3 荒廃地緑化手法の採算性把握				← →	← →	← →	← →
5. モデル普及・広報							
5-1 ワークショップ・研修の開催				← →	← →	← →	← →
5-2 学術論文の投稿				← →	← →	← →	← →
5-3 博士号授与者の輩出				← →	← →	← →	← →

* COVID-19 の影響により現地渡航が出来ず、現地調査やワークショップの開催が遅れることになった。

(2) プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)

COVID-19 感染対策により、現地調査体制は一旦解除し、現地調整員および常駐博士研究員を 2020 年 4 月に帰国させる。それに伴い、2020 年 3 月からの活動は全て停止し、現地の商用航空便再開および、日本外務省の渡航規制レベルの緩和を待っての再開準備を進めている。

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

2019年3月10日のRDおよびCRAの締結を受けて、2019年7月から現地調整係および博士研究員(PD)の派遣が実施され、プロジェクトの本格的な始動となった。2019年9月4日に第1回JCC を高等教育省内会議室で開

催し、高等教育大臣、在ジブチ日本国大使、MAEPE-RF 秘書官の参加を得た。そこでは、ジブチ大学学長からプロジェクトが気候変動や農業分野、人材育成に貢献することへの期待が述べられた。また、東京農業大学のジブチにおける30年以上の実績の重要性と日本への感謝表明がなされた。この様子はジブチ唯一の新聞「La Nation」の一面に取り上げられ(図1, 図2), SATREPSプロジェクトへの期待が伺えた。9月5日にはジブチ大学において、ワークショップを開催し、プロジェクトの内容についての紹介発表が行われたと同時に、在ジブチの国際機関(FAO, WFP)からのジブチでの活動内容の紹介発表、および意見交換がなされた。本プロジェクトの目的、各グループ研究の内容・実装イメージを紹介した報文は沙漠研究の小特集として掲載した(島田ら 2019「ジブチの沙漠に緑を—SATREPS プロジェクトによる持続可能なアグロパストラル・システムの実装—」沙漠研究(29)2:61-67)。

カウンターパート(CP)からの研究者選出は、コミュニケーション不足もあり、進められていなかったが、2019年9月にジブチ大学センター長としてDr. Hassan Ali Barked氏が就任して以降、彼を窓口とした密なコミュニケーションにより共同研究体制が確立されつつある。昨年度、SATREPSプロジェクト用に提供いただいていたジブチ大学バルバラキャンパス・研究センター内の部屋では、実験を行える施設として不十分であったため、同じくバルバラのメインキャンパスの近くに位置する工学部キャンパスの工学部棟内に、新たに実験設備の設置が可能なラボを提供いただくことになった。

現地の協力機関であるCERDの協力体制を得るために、駐日ジブチ大使・在ジブチ日本大使・高等教育大臣の仲介を経て、CERD所長との面談の場をセッティングいただき、今後の協力体制について模索協議中である。

その他、2019年8月末よりHeron 地区(JICAジブチ支所や在ジブチ日本大使館も位置)のダカール通(Rue de Dakar)に宿舎の借り上げを開始し、現地駐在スタッフ(現地業務調整係やPD)や調査団員(院生・学生)の宿泊及び資機材等の一時保管に活用している。



図1 ジブチ国内新聞「La Nation(2019年9月5日付)」に掲載された第1回 JCC(その1)



図2 ジブチ国内新聞「La Nation(2019年9月5日付)」に掲載された第1回 JCC(その2)

(2) 研究題目 1. 水循環シミュレーションモデル整備

2-1) ジブチ全土水資源ポイントデータの収集

FAO(2017)が整理した、ジブチ全土の水資源ポイント2089 地点のデータベース「Base de donnees des points d'eau en Republique de Djibouti」を入手した。このデータは、今後の実地水位・水質調査や、水循環シミュレーション結果の検証に大いに活用可能なものである。

2-2) 水位計設置とAmbouliワジ横断測量

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, FAO2017_ID: AR53, 11.482727°N, 42.841385°E, 61 m 深) に水位計を埋設しデータ伝送システムを設置した (2019/12/28 17:20 計測開始:GWL=-1.15 m) (図 3)。これにより井戸水位が 10 分インターバルで計測, 毎時間サーバーにデータ転送がなされ, 日本からもデータが確認できるリアルタイム地下水位モニタリングシステムが確立された。Ali-Faren における地下水位の日変動量は 30 cm 程度で, 日中の揚水に従って地下水位は低下し夜間回復する傾向が認められる (図 4 上)。対応する貯水タンク水位変動 (図 4 下) から使用水量は 30 t day⁻¹ 程度であると推定できる。地下水位低下は一定のトレンドを示し, その量は約 6.4 mm day⁻¹であった (図 4 上)。

また, 地下水位観測のための井戸 2 か所 (Moulud 及び PK51) に水位計 (Onset 社製 HOBO) を埋設し継続観測中である。更に, ジブチからアルタ (PK30 辺り) までの間で 2 井戸への水位計埋設を ONEAD (水道局) に許可申請中である。Ambouli ワジの流量観測用水位計設置地点 3 か所を選定し水位計埋設するも, 2019 年 11 月の豪雨洪水により埋設水位計を紛失した。

ワジに設置する水位計により流水時の水位を確認することにより流量を概算する計画で, 水位計設置地点の河川断面を知るための地形測量を委託した。当初は横断測量を 5 側線行う計画であったが, 委託業者の業務経歴を勘案しドローンによる写真測量を行った (現地委託業者: Hydroterra 社)。



図 3 A 圃場 (Ali-Faren) の井戸 (左) と設置観測転送機器 (右)

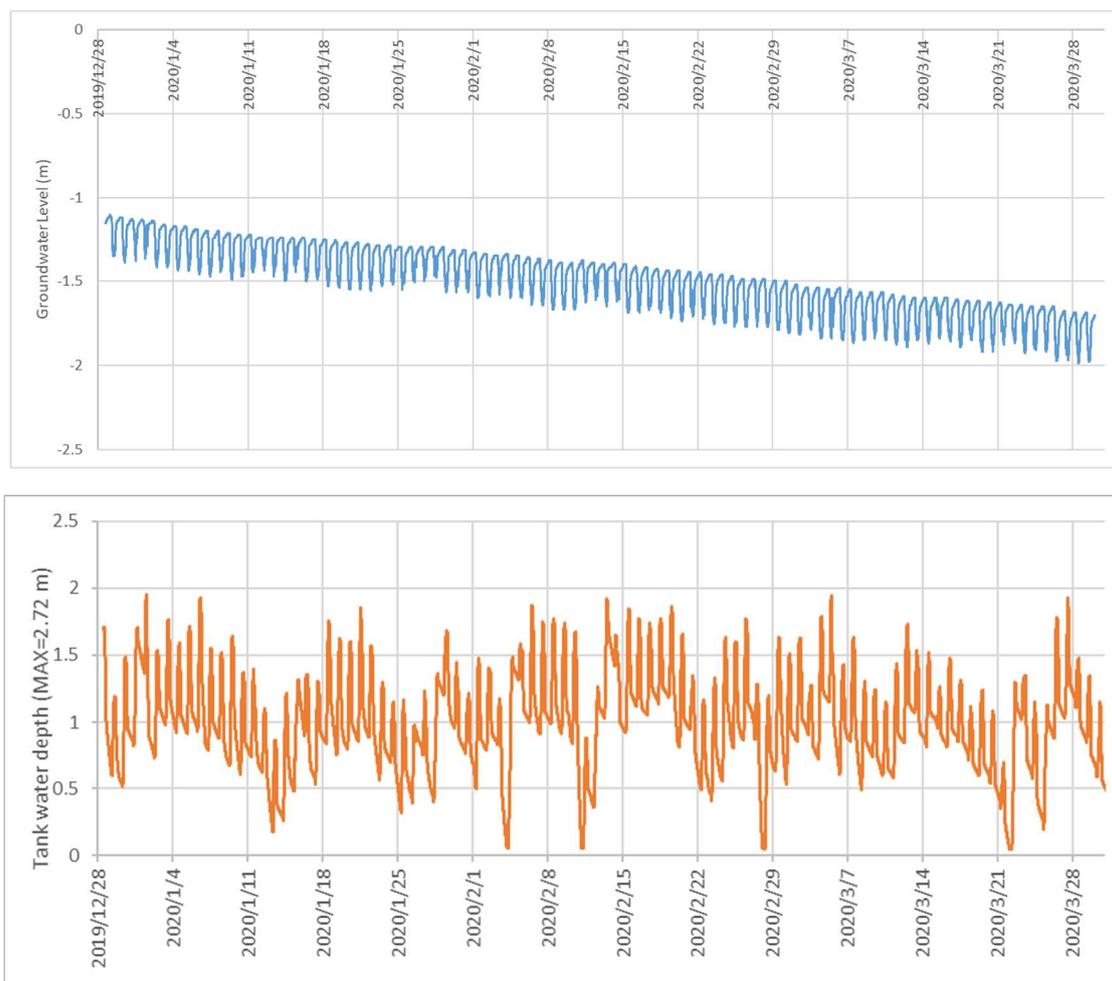


図4 A 圃場における井戸の地下水位変動(上)と圃場用水タンク水深変動(下)

2-2-1) PK51 付近のワジ水位測定データ回収・解析

PK51 付近ワジ(図5)における出水時の水位を観測した。観測期間は2019年10月25日～11月28日で、記録に現れた水位は11月23日の豪雨時のもので約5日間水流が続いた(図6)。最高水位は当初考えていた流路断面を超えてオーバーフローしたことになるが、その時間はわずかであるため、台形断面(図7)とした場合の流量をマンニングの式により求めた。水位のデータは10分間隔で記録されているため10分間を同じ流量として、総流量を計算した。求められた総流量は8.56 MCM.で、ピーク流量は $228.8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ と見積もられた。



図5 PK51 付近ワジの流量観測地点
(Googlemap を使用)

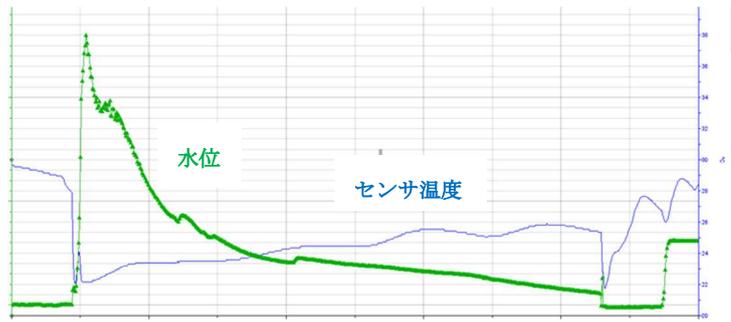


図6 水位変動曲線

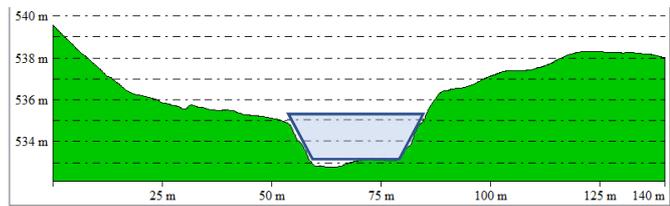


図7 台形断面

2-2-2) Moulude 井戸の水位データ回収・解析

Moulude の井戸は Gran Bara 流域の縁辺部, 国道 1 号線の Moulude と Dikhil のほぼ中間のワジに位置している(図 8). 水位観測期間は 2019 年 9 月 26 日~2020 年 2 月 15 日である. 観測開始から 10 月 10 日頃まで水位が急上昇し(約 2 cm day^{-1}), 10 月 25 日頃にピーク(-13 m)を迎え, その後ゆっくり直線的(0.16 mm day^{-1})に水位が降下している(図 9). ジブチに洪水をもたらした 2019 年 11 月 23 日前後の水位の状況を見ると水位降下の傾向に全く変化が見られないため, 本地域では水位観測以前の降雨が水位に影響を与えていると考えられる.



図8 Moulude 井戸の位置(左)および写真(右)
(Googlemap を使用)

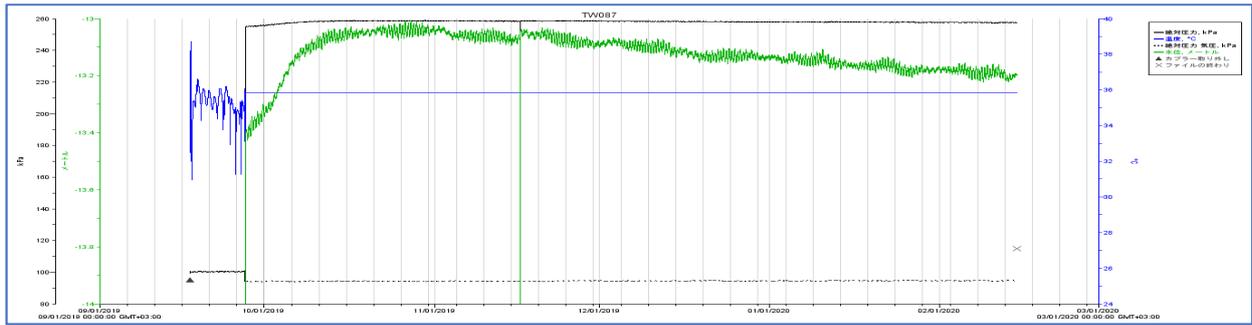


図 9 Moulude 井戸の水位変動 (2019/9/26～2020/2/15)

2-2-3) PK30 アンブリワジに建設されたダムへの漏水に関する協議

2019年11月23日前後の降雨によりダムには10 MCMの水が貯水された。ダムの水位の上昇によるダム決壊の危険を避けるためにコンジットを開け約4 MCMの放流も行われた。年間の蒸発量は2,000 mmと農業省は見積もっており、通年の水利用を考えていたが、写真の様にわずか2か月の間に0.8 MCMに貯水量が減少したため、水の原因及び方向を検討するため、ジブチ側はモニタリング井戸の建設を検討している。図10(右)のマーカはJICAの地方給水事業で建設した井戸PK30の位置を示しているが、最大湛水時にはダム湖内に水没していた。しかし、急激に水位が低下したため、再度アクセスが可能になり水位の観測を行った(図11)。破線は想定であるが、ダム水位上昇前後の水位がほぼ同じであるため、ダム湖の水が直接K30の帯水層と直接の繋がりはないことがわかる。湖の水の漏水は浅層の帯水層及びダム湖の側面の溶岩流の亀裂から漏水していると考えられる。流出方向については最終的には北の海側と考えられるが、現地の表層部には地下水が存在しないため、初期的には四方に広がりながら下方の不透水層に到達した後、傾斜に沿って移動すると考えられる。



図 10 PK30 新設ダムにおける水域変化(2019/12/12～2020/02/10)
(Googlemap を使用)

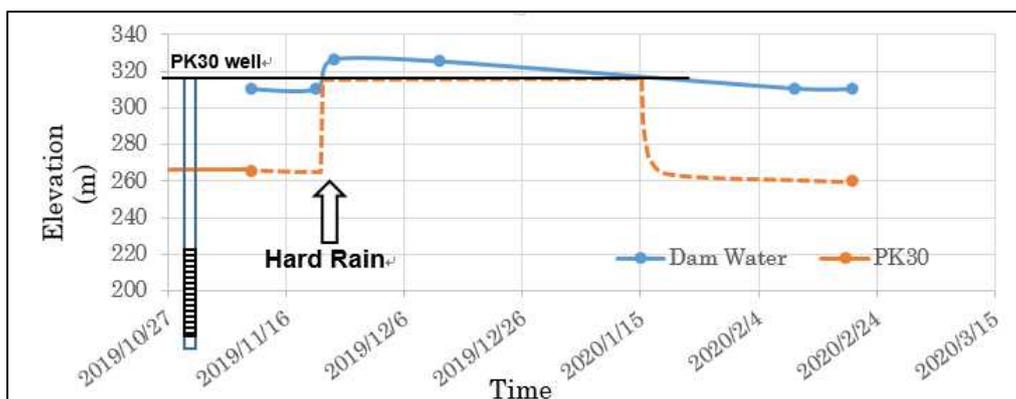


図 11 PK30 の水位変化

2-2-4) PK 18 付近 ONEAD 未使用井戸・PK30 JICA Well, PK46 水局井戸・Moulude 井戸への水位計及び EC メーター設置

4 井戸及び 2 ワジに水位計の設置を行った。設置位置を図12 及び表2に示した。

表 2

井戸(水位観測)			ワジ(流量観測)		
Name	Latitude	Longitude	Name	Latitude	Longitude
PK 18	11.54500N	43.01274E	PK51-1	11.41331N	42.75517E
PK30	11.52280N	42.91246E	PK51-2	11.41394N	42.75524E
PK46	11.43973N	42.80362E	Wear-1	11.50832N	42.87726E
Moulud	11.13958N	42.46606E	Wear-2	11.50909N	42.87778E

水位計設置位置リスト



図 12 水位計設置案 (Googlemap を使用)

2-3) A 圃場でのウェザーステーションと水位センサの設置

12月28日にA圃場(Ali-Faren)にウェザーステーションを設置した。またAli-Faren集落内にある水タンクに水位センサ(および水位算出のための大気圧センサ)を設置した(図13)。



図13 A圃場(Ali-Faren)に設置した観測機材

(左: ウェザーステーション, 中央: 水位センサ: 右: 大気圧センサ)

2-4) B, C 圃場でのウェザーステーション設置に係る現地視察

12月30日にB圃場(Douda)とC(Damerjog)圃場を視察した。ウェザーステーションの設置位置や管理方法について今後検討を行う。

2-5) ジブチ気象局との情報交換

12月29日にジブチ気象局を訪問し、Mohamed Ismail 所長, および Omar Allaleh 副所長と面談し、情報交換を行った。本プロジェクトとのMoU締結に向けて、今後検討を進めていくことについて合意が得られた。

2-6) Hanle 集水域における井戸, 地表水の調査

ジブチの南西部, Dikhil 市が含まれる Hanle 集水域について調査を行った。FAO から提供された水資源マップ(水資源ポイントデータ)に記載がある9ヶ所の井戸の位置情報の精度を高めるとともに、同じ小集水域内で、水資源マップに記載されていない8ヶ所の井戸と、手掘りの採水場1箇所の正確な位置を明らかにした。これらの井戸については地表面からの水位も測定した。今回の調査で得られた情報は、水循環シミュレーションモデルの構築に資する予定である。

2-7) マングローブ水質調査

ムシャ島に自生するマングローブが利用する淡水の由来を同定するための調査を、*Rhizophora mucronata* の群落内で開始した。今回の調査(2019年夏季調査)では主に、同群落内に流れるクリーク水のECを経時的に測定するとともに、試料水を採取した。また、ジブチ国内で自生するマングローブ樹種が吸収する淡水の起源を明らかにするため、*Avicennia marina* ヒルギダマシの枝試料を、2020年3月にジブチ市の沿岸で採取した。

2-8) 地下水試料の採取

ジブチ内陸部の比較的深い位置(深さ50~150m程度)に涵養される地下水の年代を測定することを最終目的とするための試料採取を、表3に示す17地点において2020年2月28日~3月7日に行った。取得時に、標高、地下水位(伝聞データは表4中赤字で示した)、水温、pH、EC、DO、ORPを現場測定し、その結果を表4に示した。この調査地点のNo.2と3は、フランスの援助により建設されたフレンドシップダムと称するロッキル式ダムのダム湖内の、干上がった場所に位置する2つのケーシング井戸(2010年掘削)である。こここのところの異常な降水により、このダムに一時1千万トンほどが貯水されたというが、現在は日に約30cmもの速さで減水しており、その原因究明が求められている。なお2020年2月27日の調査(2-2-3)項参照)によると、距離が10m程度しか離れていないこれら2つの井戸の地下水位は、ともに約59mで大差はなかった。つまり両井戸は同一の地下水層に掘られた可能性が高いと想定された。しかしDO(溶存酸素濃度)はNo.2井戸で6.16 mg L⁻¹であったのに対し、No.3井戸では2.61 mg L⁻¹と大差が示され、ECも同様に148 mS m⁻¹(1.48 dS m⁻¹)と116 mS m⁻¹と、違いが認められた。なお、同時に測定したORP(酸化還元電位)、水温およびpHについては、それぞれ174 mVと186 mV、30.6°Cと31.1°C、および7.99と7.86と大差が認められなかった。また湖水を採取し、同様の簡易測定を行なった結果、DO8.63 mg L⁻¹、EC22 mS m⁻¹、ORPは154 mV、水温27.9°C、pH9.22であった。

このように、まずダム湖の水位がこれら2つの井戸の地下水位よりも少なくとも40m高いこと、並びにECは湖水より井戸水で圧倒的に高い一方、pHは逆の関係にあることなどを考えると、ダム湖水の「逃亡」先が、これら2つの井戸であることは疑わしい。したがって、ダム湖水の漏水は、水平や斜め方向ではなく、直下方向であることが示唆される。つまり、湖底に存在する断層の亀裂を通り道として生じていることが想定される。また近接する2つの井戸水の水質において、DOとECに比較的大きな差が示されことは、これらの井戸水は、水平方向に連絡された、あるいは一定の厚さをもつ地下水層に双方ともに涵養されたものではなく、局所的に生じた断層の亀裂に貯水された、独立性の高い地下水である可能性も考えられる。これらの仮説の正否を判断するには、採取した地下水試料の化学的な分析結果を待つ必要がある。この簡易的調査で明らかになったことは、ジブチの地下水循環を理解するには、断層とそれにより生じる亀裂の分布と規模に関する情報を無視できないであろうことである。また表面流去水が発生するほどの降雨があると、水はまず地形に沿って谷底(ワジ)に収束しつつ、下流に移動する。そしてその移動中に一部は沖積層中を浸透してゆくが、その経路に断層亀裂(とくに垂直方向の)が存在する場合、浸透水の一部はさらにその亀裂に沿って下方移動し、これが比較的深い地下水層を立体的に形成するものと考えられる。

表3 地下水調査地点

No	Point name	Coordinates	Date	Remarks
1	PK46	N11°26'23.6" E42°48'12.6"	28-Feb-20	COLASという道路建設会社が開発して現在は農業省管理。道路沿いに農業用パイプハウスの残骸あり
2	Alifaren	N11°29'16.4" E42°50'19.0"	28-Feb-20	Omar Bouhというジブチ人が経営する結構管理された農園の井戸
3	PK30-1	N11°31'22.1" E42°54'45.0"	28-Feb-20	フランスの援助により建設されたフレンドシップダムの湖底わき
4	Dam water	N11°31'21.7" E42°54'46.1"	28-Feb-20	フレンドシップダム湖水
5	PK30-2	N11°31'22.1" E42°54'45.0"	28-Feb-20	No.3のすぐ下流側
6	PK23	N11°33'9.95" E42°57'47.24"	29-Feb-20	警察学校の管理下井戸
7	PK50-1	N11°26'15.79" E42°47'1.11"	29-Feb-20	ワジ沿い井戸。農業省管理
8	PK50-2	N11°26'14.86" E42°46'57.16"	29-Feb-20	ワジ沿い井戸。農業省管理。井戸の口は閉鎖
9	PK51	N11°25'24.24" E42°45'37.59"	29-Feb-20	ワジ沿い井戸。農業省管理。井戸の口は閉鎖
10	Hambocta	N11°12'42.6" E42° 40'19.0"	4-Mar-20	ONEAD井戸
11	Midgarra	N11°09'40.2" E42°57'49.6"	4-Mar-20	JICA井戸
12	Mindil	N11°12'23.8" E42°25'54.6"	4-Mar-20	JICA井戸、玄武岩原、遊牧民
13	Afka arraba	N11°05'10.6" E42°24'25.9"	4-Mar-20	JICA井戸
14	Sek sabir	N11°16'09.1" E42°13'45.5"	5-Mar-20	
15	Zina male	N11°06'04.68" E42°10'49.43"	5-Mar-20	
16	Sabbalou	N11°00'13.32" E42°12'27.35"	5-Mar-20	
17	PK20	N11°32'42.35" E42°43'00.72"	7-Mar-20	

表4 地下水資料に関する現場測定結果

No	Point name	DO (mgL ⁻¹)	EC Sm ⁻¹	ORP (mV)	WT (°C)	pH	Alt. (m; asl)	GWL (m)
1	PK46	6.50	91	143	38.1	7.84	505	
2	Alifaren	6.85	0.215	124	34.7	7.39	440	
3	PK30-1	6.16	148	174	30.6	7.99	320	59
4	Dam water	8.63	22	154	27.9	9.22	311	
5	PK30-2	2.61	116	186	31.1	7.86	320	59
6	PK23	3.71	193	199	52.5	7.45	131	145
7	PK50-1	5.32	128	188	39.1	7.64	443	75
8	PK50-2	6.07	108	142	37.5	8.14	447	
9	PK51	6.08	129	132	36.4	8.30	467	
10	Hambocta	6.90	126	98	32.3	8.35	817	
11	Midgarra	5.90	0.442	165	32.2	7.34	634	
12	Mindil	6.08	0.278	160	31.7	7.87	785	
13	Afka arraba	5.68	84.3	173	37	7.98	796	
14	Sek sabir	6.40	91.6	140	32.8	8.28		
15	Zina male	5.47	120.1	162	36.1	8.12		
16	Sabbalou	6.43	100.8	169	32.4	8.52		
17	PK20	5.87	0.283	168	48.9	7.77	100	

(3) 研究題目 2. 緑化・農地化ポテンシャル評価

3-1) 牧草の採取・同定調査(さく葉標本製作)

Tadjoura, Arta, Dikhil, Ali Sabiehにおける各放牧地を視察し、データ収集候補地、計9ヶ所を選定した(図14)。アルタ及びアリサビエでは比較的冷涼な高地(標高842 m)、ディキルでは乾燥の強い砂漠地やワジも含まれている。グループ会議及びCPらとの会議を経て、設置予定のプロテクトケージの警備には、各地域の家畜用水飲み場の警備に雇われている牧畜民に依頼する方向で調整する予定である。家畜の食草の同定には、基本的に「さく葉標本」を作製し、判定困難なものについてはCERDあるいはエチオピア大学に同定を依頼する方法がCPから提案された。さく葉標本用植物についてはCPのDayah Aden氏と、ソマリ系遊牧民への聞き取りから家畜の採食植物であると判断した23種を採取した。標本の製作は、ジブチ大学の旧キャンパスの実験室を使用し、Saida博士が依頼した地質学専門教員の協力を得て全て各2点作成し、ジブチ大(Saida博士の研究室)とSATREPS事務所に保管した(図15)。同定については、数人の植物学者に依頼する予定である。

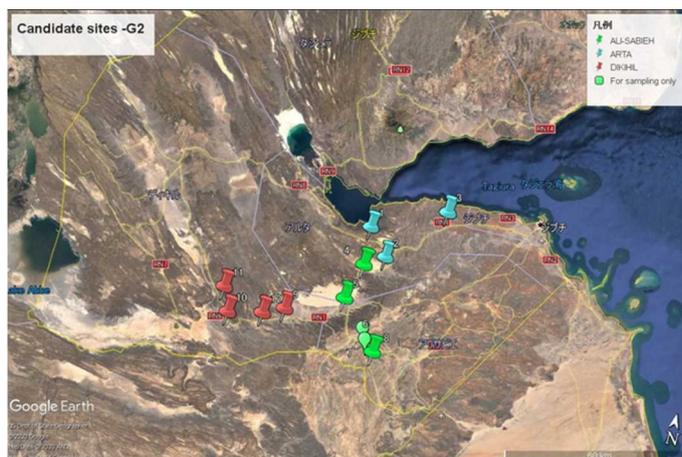


図14 データ収集候補地



図15 さく葉標本用飼料植物の収集、保管、標本サンプル

年間の牧養力のポテンシャル及び放牧効果を把握するため、データ収集候補地9カ所にプロケージの設置を予定している。これに先立ち、今回4m立法で鉄骨製のプロトタイプを Damerjog 農場で作製し(図16)、耐久性等を確認した後解体した。2020年度内には少なくともアリサビエで設置の実施を予定している。



図 16 プロテクトゲージのプロトタイプ

3-2) 有用植物の植生調査

Randa および Ali-Faren(A 圃場)周辺において、有用植物の植生調査を行った。Randa では主にナス科植物の生育状況の確認を行った。Ali-Faren 周辺においては、キョウチクトウ科の *Calotropis procera* の着果状況ならびに種子生産状況を確認した。直径 10 cm 強の緑色の果実をつける同植物は、有毒でもあるが薬用植物でもある。ジブチ国内においてはよく道路脇に自生している様子を見かけるが、実際の種子発芽率といった基礎的な情報はほとんど見当たらない。しかし、その生態からも先駆的植物を位置付けられることから、薬用植物としてだけでなく、初期段階から導入できる緑化植物としての可能性を秘めている。今後、種子採取とともに発芽率や初期生育特性などを実験によって明らかにしていく。なお、2019 年 9 月の渡航時に Day の森林地帯においても調査する予定であったが、道路状況が悪く車両走行が困難という状況であったため断念した。

3-3) 出現高頻度の維管束植物の把握

同国において出現頻度が高い維管束植物種に関する基礎的なデータを得るため、地球規模の生物多様性に関するデータベースを用いて、維管束植物の種類及び頻度を検索した。その結果、登録されている種数は 559 種であった。登録されている頻度が多い分類群は、科レベルではマメ科、種レベルでは *Vachellia*(旧 *Acacia*) *tortilis* であることを確認した。同種はジブチの全種類の家畜が採食する植物である。

3-4) 放牧環境把握のための UAV 空撮

アルタ、ディキル、アリサビエのデータ収集候補地において UAV 空撮を行った。衛星画像と UAV 空撮画像の紐づけを行うためには RTK-GNSS 測量による位置情報も必要であることから、各候補地において基準点としての木杭の埋設も行った(図 17)。マルチスペクトルカメラ (Green, Red, Red-Edge, Near-Infrared; Parrot 社 Sequoia) 搭載 UAV 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 18)。



図 17 RTK 測量用ベンチマーク

アリサビエでの UAV 飛行と植生調査について、これまで許可申請が行われていなかったため、町長と町の農業担当者に調査内容の説明を行い、快諾を得た。ただし、次回の調査では正式な調査許可書類を持参するよう依頼された。

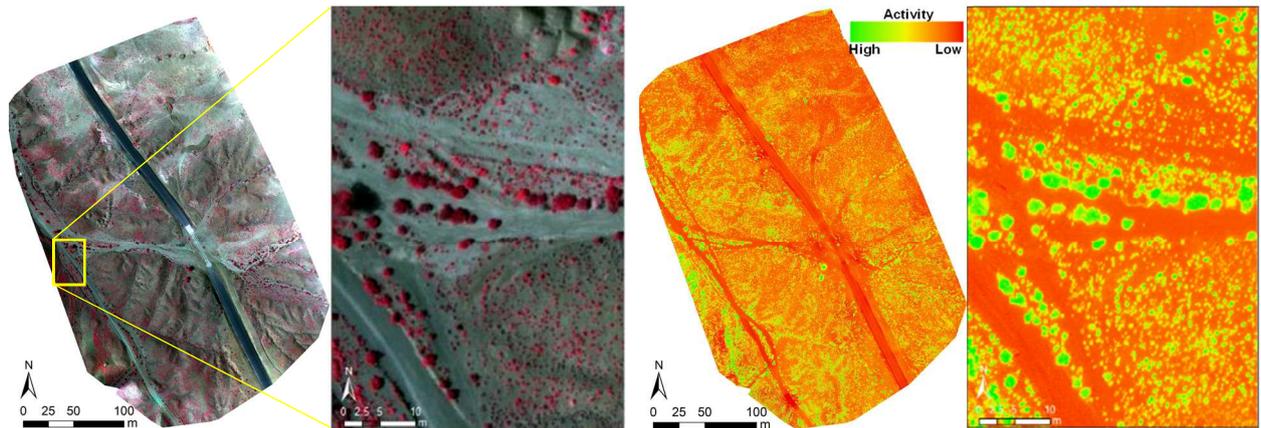


図 18 アリサビエにおける UAV 空撮画像 (左：フォルスカラー；右：正規化差植生数 NDVI)

(4) 研究題目 3. 持続可能パイロットファーム営農

4-1) 各農場の進捗状況

4-1-1) A 圃場 Arta 州 Ali Faren 集落農家(Ambouli ワジ流域内;市内から 40 km)

・個人所有の 1.3 ha の圃場内の 0.5 ha の未使用部分をプロジェクトのパイロットファームとして利用許可を受けた(0.3 ha は開発済みでトウモロコシ, マンゴー, タマネギ, シトラス, アラビアガムなどを栽培). オーナーは圃場中央部のタンク(ca. 20 t)に灌漑水を定期的に(2 日に 1 度 10t 程度)購入している. USAID 支援による掘削井戸とサウジアラビア支援によるソーラーポンプ(Grundfos 社製)およびタンク(ca. 100 t)が存在するが, 井戸周辺の 20 戸程度の定住集落や遊牧民の生活用水および家畜への給水で多くが午前中に消費されてしまい, 午後の農業用水供給には十分確保できない状況にある.

・上記状況の改善の可能性を診断するため, 井戸へ水位計を設置しモニタリングすることを, 住民代表説明を州役人立ち合いのもと, 2019 年 12 月 5 日に実施し合意を得た. これを受け, 2019 年 12 月 28 日に設置委託業者 Hydroterra 社とともに, 水位計データ伝送システム SESAMEII-02d(みどり工学研究所社製)を設置し, 17:20(GWL=1.15 m)から毎 10 分の水位データのサーバー蓄積を開始した(サーバー伝送は毎時間). さらに, 揚水量を推定するために貯水タンク内にも地下水位計(Onset 社製 HOBO)を設置した.

・圃場内に 2019 年 12 月 28 日に気象ステーション(Onset 社製 HOBO)を設置し, 雨量, 気温, 相対湿度, 日射量, 風向, 風速の 10 分インターバルでの計測を開始した.

・圃場の微地形を把握するため, 2019 年 9 月に UAV 空撮を行い空間分解能 10 cm の DEM(デジタル標高モデル)を作成した. この相対標高値は, 現地におけるローテーティングレーザーを用いた測量地点データとの回帰式($r^2=0.92$)による補正により標高精度(RMSE)0.41 m の DEM として変換することに成功した(図 19, 藤田 2020「ジブチ共和国における圃場表流水資源把握のための UAV 空撮画像を用いた地形測量」東京農業大学 2019 年度卒業論文).

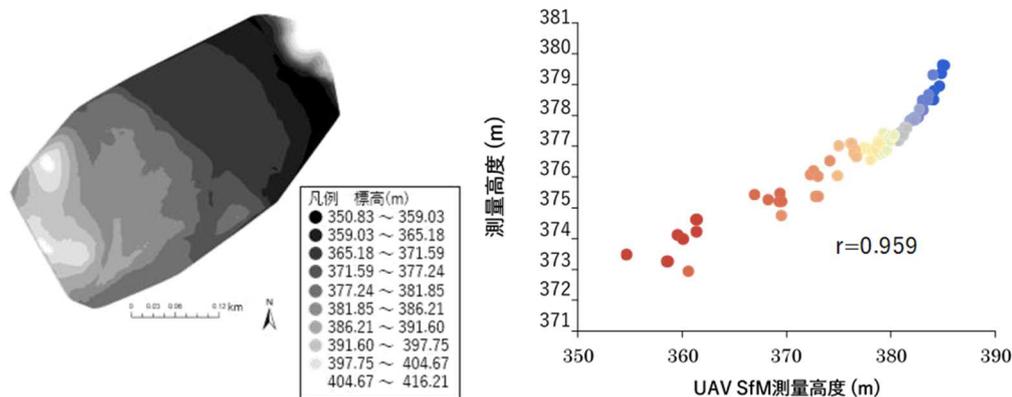


図 19 ドローン空撮画像から作成された DEM(左)とその精度(右)

・2020年2月20日および21日に、Ali-faren 農場(N 11° 28.948' E, 42°50.404', 標高 448 m)ドローン撮影高度 20m にて、空撮後 3D 画像を作成した。

・Ali-Faren の植物調査の結果、井戸端にアカシア・トルティリス(*Acacia tortilis*, 枝張り 11~14 m 樹高 5-6 m)が確認され、井戸近接の農園には畑果樹 Gob tree (*Jujube*) *Ziziphus* ナツメ(クロウメモドキ科)、ザクロ、バナナ、マンゴーなどが栽培され、対象圃場(農園囲み石垣高さ約 1m)内の菜園区画(1.2 m × 3 m)では、ニンジン、トマト、ネギ、ナス等の栽培が確認された。

4-1-2) B 農場 Arta 州 Douda 農場(農業省管理:ジブチ大学バルバラキャンパスから 8 km)

- ・EU プロジェクト支援を受けて下水処理水を、灌漑水に利用した大規模な施設栽培圃場である。
- ・下水処理場からの処理水を加圧ポンピングシステムで送水しているが、この電気料金は受益者である 40 家族で負担している。
- ・ゴミ廃棄場の近くであることから都市ゴミによる荒廃地緑化地試験地とし、「(5)研究題目 4」に詳細を記載。

4-1-3) C 圃場 Arta 州 Damerdjog 農場(農業省食糧安全保障局管理:ジブチ大学から 13 km)

- ・農業省の試験農場として使用(14 名のワーカーで運営)されており、農業研修施設として 159 人/年の研修受入れ実績を持つ。
- ・点滴灌漑、液肥をファーターゲーションできる設備がある(現在稼働なし)。
- ・寒冷紗(遮熱カーテン)で覆ったネットハウスが数棟あり、トマト、ナス、オクラを栽培、カンキツの苗生産が行われている。

・2019年12月30日に、農業省食糧安全保障局(SDSA: Food Security Division)局長(Idil Nour 氏)との打合せにより、Damerdjog 試験農業において SATREPS プロジェクトによる、1 ha の圃場利用、藻類培養ため池の設置、家畜の飼育の許可を得た。

・2020年1月に Damerjog 圃場において、農園内の施設・樹木の立地環境について調査を行った。ナツメヤシ圃場において、ナツメヤシの樹高約 6-7 m , 植栽間隔横 ca.7.1 m, 縦 ca. 8.3 m であった。

2020年1月26日、Damerjog 農場にてドローン高度 100 m にて、空撮後 3D 画像を作成した。今後は防風林(ギンネム 2 列樹高約 5m 樹間 4-5m)へ気象観測装置の設置し風況環境調査の予定である。

4-1-4) D その他農場

・篤農家(Djama Guedi 氏)が所有する Dikhil に位置する農園において、ソーラーポンピングシステムによる農業用水の効率に関する調査を 2019 年 1 月および 9 月に行った。調査の結果、ソーラーポンピングの効率は単結晶・多結晶型ソーラーパネル発電機の場合、パネル温度の上昇による効率低下を抑えることで、より効果的に揚水可能であることを示唆した。特に 1 月期においてはパネルオンダストがソーラーポンピングの効率を上昇させていることを明らかにした(篠崎 2020「ジブチ国のワジ農園におけるソーラーポンピングシステムの効率評価に関する研究」東京農業大学 2019 年度修士論文)。

・Dikhil の Djama Guedi 氏農園に既に設置されており、観測を一時停止していた気象ステーション(Onset 社製 HOBO, 2013~2015 年に稼働)を 2012 年 12 月から再稼働させ、雨量、気温、相対湿度、日射量、風向、風速の 10 分インターバルでの計測を再開した。

・Dikhil 農園(N 11° 05.301' E 42°24.088' 標高 521 m)ドローン撮影高度 20m にて、空撮後 3D 画像を作成した。また、過去のデータ(2012~2014 年)から風環境特徴を図 20 のとおり特徴をまとめた。

○ 11 月~4 月, 最多風向 ENE~E, 風速 2.5-2.8m/s 風が強まる

○ 6 月~9 月, 最多風向 SSE~SWS, 風速 1.1-1.5m/s 風が弱まる

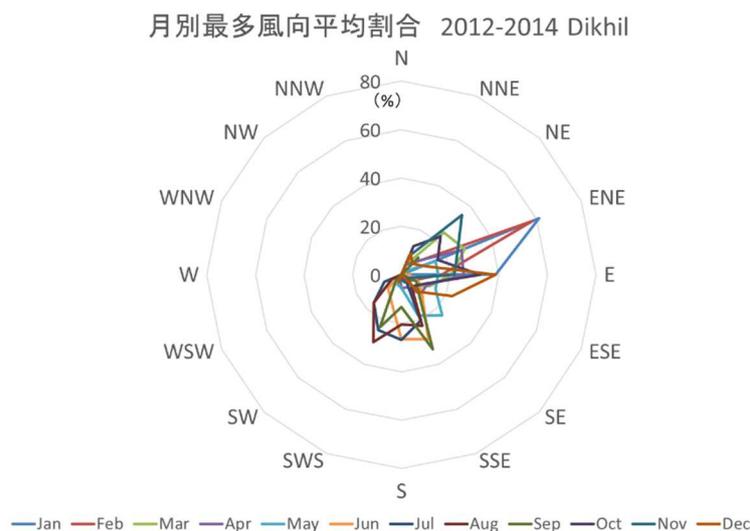


図 20 Dikhil 圃場における月別最多風向平均割合

・Arwo に位置し、篤農家(Djama Guedi 氏)が所有するもう一つの農園のソーラーポンプ(Grundfos 社製 SQF5A-6, 2008 年設置)の破損状況について調査した。モーター部分の不具合(4 年使用で破損)は、砂の混入によるローター軸受け部の摩滅が原因と見られる。ローターが永久磁石タイプのブラシレスモーターであるため、鉄分の多いジブチの砂がローターに吸着されたものであることが分かった。井戸の上部が開放状態の浅井戸では地表水の流入による砂の混入について注意を払う必要があることが示唆された。

4-2) 藻類を利用した土壌の理化学性改善の基礎調査

実験室内にて、土壌に藻類を添加した場合の保水性の変化について予備的な調査を行った。用いた藻類は、粉末状にしたスピルリナである。保水性の元来低い土壌について、スピルリナを添加した際の保水性の増加は顕著であった。一方で、当初より保水性が良好な土壌に対しては、スピルリナの混入した際、保水性は増加したものの、微増であった。すなわち、スピルリナの添加による保水性の増加は頭打ちとなる傾向が示唆された。また、効果の持続性についても検討した。

4-2-1) 実験設備設置・藻類培養

現地での藻類調査に必要な機器を日本から持ち込み、プロジェクトハウスに設置した。持ち込んだ機器、消耗品は下記(表 5, 図 21)の通りである。

表 5 2019 年 12 月に設置した機器・消耗品の一覧

実験機器	消耗品
wi-fiカメラ内蔵実体顕微鏡	メスピペット
真空ポンプ	フィルター
インテリミキサー	テストチューブラック
LEDランプ	マイクロチューブ
小型微量高速遠心機	200ul チップ
マクロピペットコントローラー	1000ul FGチップ
無線温湿度計	細胞培養フラスコ
スマホ顕微鏡	スピルリナパウダー
ガスバーナー	
ボルテックスミキサー	
ピペットマン	
フィルターホルダー	



図 21 プロジェクトハウスに設置した機器

4-2-2) 藻類の調査

飼料となる藻類調査のため、C 圃場のため池および、Assal 湖周辺の温泉、Dikhil 自然ため池より、藻類飼料を採取し、簡易的な顕微鏡観察を実施した。事前にカウンターパートである Abdillahi Houssein 氏, Abdillahi Ismail Omar 氏(ジブチ大学)と打ち合わせを行い、プロジェクトの概要と目的を共有した。藻類のサンプリングには Omar 氏に同行いただき、スマホ顕微鏡による簡易的な顕微鏡観察法を教授した。事前の調査の通り、すべてのポイントにおいて、藻類が繁茂する様子を確認できた。また、顕微鏡観察から、藻類の形態を観察できた(図 22~27)。



図 22 ジブチ大学におけるグループ



図 23 C 圃場に繁茂する藻類



図 24 藻類採取の様子（C 圃場）



図 25 Assal 湖周辺の温泉に繁茂する藻類



図 26 Dikhil の自然ため池

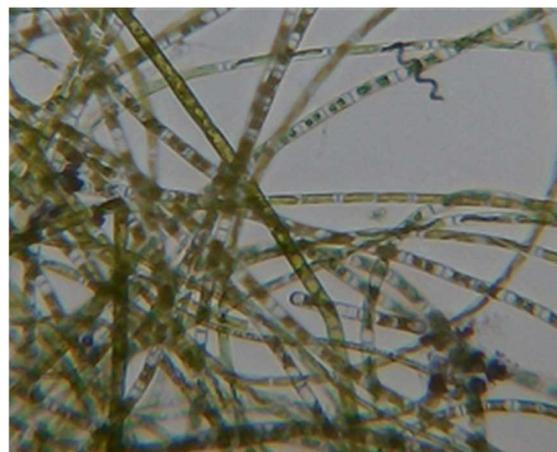


図 27 Dikhil 自然ため池の藻類
(スマホ顕微鏡 μHandy にて撮影)

ジブチでは乾季に至るところで多様な藻類が発生することが明らかとなった。これら藻類は石灰質の土壌成分と限られた水を利用して、繁茂していると考えられる。スピルリナやユーグレナ、ヘマトコッカスなど一部の藻類は、タンパク質や抗酸化作用を持つ成分を多く含むなど、その有用性が示されている。今後、これらジブチの藻類の成分や利用方法を調べることで、飼料や土壌改良材、医薬品原料としてのポテンシャルを明らかにしたい。

4-2-3) 藻類大量培養の圃場視察

藻類、特にタンパク質源として利用価値の高いスピルリナの培養を視野に入れて、大量培養設備の設置を検討している。12月の渡航では、候補となるC圃場について、視察を行った。比較的、気温の低い12月であっても、藻類にとっては強い日差しであるため、日よけネットの下に設置すべきであると考えられる。当初はレースウェイ方式の開放培養池を想定していたが、コンタミネーションや安定な培養を考えると、最近開発されたビニールパック式の閉鎖型屋外培養が適していると考えられた。

4-2-4) パイロットファーム土壌調査

パイロットファームの土壌無機成分を調査するため、各圃場の土壌を採取した(図 28, 29). 採取した土壌は成田空港にて検疫を受けて、オートクレーブにより殺菌された後、国内に持ち込まれた. 今後、土壌の成分分析により各圃場の性質を明らかにすることで、それぞれに合った適切な土壌改良方法を検討できる.



図 28 B 圃場, 土壌採取の様子



図 29 C 圃場, 土壌採取の様子

4-2-5) 複数コピーの染色体をもつシアノバクテリアの DNA 複製

植物と同様の酸素発生型光合成を行うシアノバクテリアは、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。二酸化炭素固定に優れていることから、近年では、バイオ燃料などの有用物質生産ホストとしても期待されている。大腸菌や枯草菌などのモデル微生物は細胞あたり単一の染色体を保持する一方で、淡水シアノバクテリアは細胞ごとに複数の染色体コピーを有している。シアノバクテリア *Synechococcus elongatus* PCC 7942 および *Synechocystis* sp. PCC 6803 において複数コピーの染色体の DNA 複製メカニズムの共通性、そして多様性が明らかとなった。 *S. elongatus* 7942, *S. sp.* 6803 共に DNA 複製は光合成に依存して開始し、染色体コピー数は成長段階と環境要因に応じて調節される。また、複数コピー染色体の複製は、細胞間だけでなく染色体間でも非同期であることも示された。このレビューには、シアノバクテリアの倍数性と DNA 複製メカニズムに関する知見が要約されている。これらの知見はシアノバクテリアの細胞増殖だけでなく、葉緑体の進化を考察する上でも有益な情報である。

4-2-6) 食用藍藻スピルリナが生産する細胞外高分子物質 EPS の機能評価

シアノバクテリア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 substansis: EPS)を生産することを見出した。EPS は環境中では微生物の細胞を保護する役割を持つが、粘性、保水性を示すことから素材業界においても注目されている。特にスピルリナは EPS の一種であるスピルランを生産する。スピルランは免疫調節作用などヒトに対して健康機能性を有することが示されており、その安全性も含め関心を集めているが、スピルラン生産の分子機構に関しては不明な点が多い。アフリカ・ジブチでのスピルリナの応用を目指して、スピルリナ EPS の機能評価を進めている。

遺伝子発現, および代謝産物の網羅解析を実施した結果, スピルリナはストレス時に光合成, タンパク質合成などの代謝を停止させて EPS を合成していることが示された. EPS はアミノ酸が多く含まれており, 今後, スピルリナの幅広い応用が期待できる.

4-2-7) 今後の予定

プロジェクトハウスに設置した研究機器は, ジブチ大学バルバラキャンパス内のラボの完成次第移管作業を行う. その際に, 機器の使い方や藻類の培養の方法を現地の研究者と共有する予定である. 各地で確認された藻類は, MTA の締結が行われた後, ジブチ国内だけでなく日本に持ち帰って培養試験および, ゲノム解析を実施する. 藻類調査は引き続き継続し, ジブチ原産の有用藻類(スピルリナなど)の探索を行う. 特にエチオピアに近い Abbe 湖では, スピルリナを餌とするフラミンゴが多く生息することから, ジブチ西部 Abbe 湖での調査を検討している. 屋外培養施設に関しては, 引き続き閉鎖型培養装置の情報を収集する. レースウェイ方式の開放培養とのメリット・デメリット, 現地での使いやすさを比較検討して決定したい. また, 土壌成分が明らかに出来次第, 各圃場に足りない成分を補った肥料の作成を検討したい.

(5) 研究題目 4. 荒廃地緑化の経済的評価

5-1) 井戸周辺の定住遊牧民の栄養状態調査

2019 年 9 月の調査により, Ali Sabieh・Area51 等の井戸掘削により水源が提供された地域では, 水源周辺に 20~200 の遊牧民世帯がコミュニティを作り, まとまって定住することが分かった. 彼らは水源を利用した農業生産を行うこと可能となったため, 定住化前と比較して生活が改善していることが想定される. Ali Sabieh・Area51 においては, 水源周辺に小学校が設立され, 多くの子どもが就学するようになっていることも分かった. 今回の調査では, 井戸周辺に定住化している遊牧民の子ども達の身長および体重を測定した.

5-2) 農作物の需要調査

本プロジェクトの目的でもある, 農作物生産が遊牧民所得改善へ及ぼす影響について把握するため, ジブチ産農作物の需要推定を行う. 今回は, ローカルマーケット「Riyad Market」およびスーパーマーケット「Casino」において販売されている農作物の種類, 価格, 生産地の調査を実施した. 9 月(夏季)には, ジブチ産の農作物はあまり販売されておらず, エチオピア, エジプト, EU 諸国などの農作物が主に販売されていた. 特に Riyad Market では, エチオピアから毎週日曜日夜に野菜や果物が輸送され, 月曜日にこれらが販売に並び, 週の中でも月曜日が最も市場が混雑する日であることが分かった. 2 月~3 月頃にはジブチ産の農作物の種類が増えるため, 輸入品と競合する作物については価格が下がることが明らかになった. 中間販売者からは, 現在のところ, ジブチ産の作物は外国産と比較して質が劣っているため, エチオピア産作物への需要が大きいという意見を得た. また, ジブチ産の作物はマーケットに安定して供給されるほどの生産量を達成できておらず, 生産量も課題として挙げられた. したがって, ジブチ産の作物の需要を促進するためには, 質と量の両方を改善する必要性があることが示唆された.

5-3) Ali-Faren (A 圃場) の住民を対象とした栄養調査

砂漠など乾燥地域での緑地化は該当地域の居住住民に食糧確保だけでなく, 農産物などの生産も可能となる. そのため, 乾燥地域での緑地化は地域住民の栄養状態及び経済状況にあたる影響は大きい. しか

【令和元年度実施報告書】【200529】

し、乾燥地域に居住する住民を対象として詳細な栄養状態を評価した報告はほとんど見られない。したがって、本研究では、Ali-Faren の住民を対象として栄養状態の評価を目的として栄養調査を行った。

本研究では、Ali-Faren の井戸周辺に定住化している住民達を対象として栄養状態の評価を行った(図 30, 31)。栄養状態の評価の一つである身体計測として、身長、体重、上腕周囲長、上腕三頭筋皮下脂肪厚を測定した。ストレス状態の指標として唾液中の cortisol 濃度、 α -アミラーゼ濃度、sIgA 濃度、sIgG 濃度を測定するため唾液を swab にて採取した。一日の食事の回数や食事内容などに関する簡易的な食事摂取状況についてのアンケート調査は通訳を介して行った。



図 30 Ali-Faren における身体計測調査



図 31 Ali-Faren における栄養状態評価調査

対象者は 39 名(男性 29 名、女性 10 名)で、10 歳未満は男児 13 名、女児 5 名で、10 歳以上 20 歳未満は男性 13 名、女性 3 名で、20 歳以上は女性 3 名であった。身体計測値について、身長は、10 歳未満では、男児 114.3 ± 13.6 cm、女児 91.4 ± 17.2 cm、10 歳以上 20 歳未満の男性 146 ± 11 cm、女性 133 ± 70 cm、20 歳以上は女性 156 ± 5 cm であった。体重は、10 歳未満では、男児 19.5 ± 4.9 kg、女児 14.6 ± 2.1 kg、10 歳以上 20 歳未満の男性 32.3 ± 7.1 kg、女性 28 ± 7.5 kg、20 歳以上は女性 50.3 ± 4.0 kg であった。上腕周囲長は 10 歳未満の男児 16.5 ± 1.3 cm、女児 16.0 ± 1.3 cm、10 歳以上 20 歳未満の男性 19.2 ± 2.4 cm、女性 18.0 ± 1.6 cm、20 歳以上は女性 28.0 ± 11.3 cm であった。上腕三頭筋皮下脂肪厚は 10 歳未満の男児 16.5 ± 1.3 mm、女児 16.0 ± 1.3 mm、10 歳以上 20 歳未満の男性 19.2 ± 2.4 mm、女性 18.0 ± 1.6 mm、20 歳以上は女性 28.0 ± 11.3 mm であった。唾液中 sIgA、sIgG、コルチゾール、 α -アミラーゼ濃度と身体計測値との間には有意な関連性は認められなかった。1 日の食事回数は、全ての対象者が 3 食喫食しており、炭水化物源として穀類を、タンパク質源としては卵や乳製品を主体とした食事内容であった。

本調査の結果では、10 歳未満ではやせの状態の対象者は男女ともに少なかったが、10 歳以上 20 歳未満では男性のほとんどがやせであり女性 3 名中 1 名がやせであった。対象者の栄養状態と唾液中の sIgA、sIgG、コルチゾール、 α -アミラーゼ濃度との間において有意な関連性は認められなかった。本研究の結果は対象者が少数であったこと、調査内容も簡易的な内容に限られていたことから、今後もさらに対象者を増やすなど調査を継続する必要があると考えられる。

5-4) Douda (B 圃場) の柵設置/説明会の実施

10 月 19 日に Douda 農業組合の組合員にフェンス設置の了解を得て、2019 年 10 月 23 日～27 日に渡って Douda おける実験圃場のフェンス建設を行った。2018 年 10 月訪問時よりも営農者が増加し圃場プロット数も増

【令和元年度実施報告書】【200529】

えていた。各世帯の畑ではメロンの栽培がもっとも多く、そのほかにナスやオクラ、グアバ、ザクロなどが栽培されている。肥料の一部には下水汚泥が使用されており、沈殿槽で乾燥した汚泥を袋に詰めて、農家は畑まで運搬し施肥している。23～25 日にかけて、1 日あたり 35 人程度の Douda 村の住民を中心とする男性を雇用し、フェンス設置作業を行なった。80 m x 100 m (面積 80.66 a) の試験圃場領域をフェンスで囲んだ。この土地には *Prosopis juliflora* (ソマリ語 Garawa) が多く (対象圃場内には 233 本) 生育していたため、除去作業を行った。本活動の課題は当初、都市の有機性ゴミと家畜糞の利用による荒廃地緑化の手法の開発であった (ニジュールにおいて 20 年継続実績のある放牧地造成手法、大山 2015「西アフリカ・サヘルの砂漠化に挑む: ゴミ活用による緑化と飢餓克服、紛争予防」昭和堂)。成功例ケースのあるニジュールでは、6～9 月の雨季に 450 mm の降雨がある一方、ジブチでは年間 150 mm 程度の降雨で、明確な雨季がない上、蒸発散量もきわめて多いことが予想されるため、作物の栽培には灌漑を前提とする必要がある。Douda 農場では農薬の多投入、作物食害のおそれから、家畜飼養は行われていない。

10 月 25 日に、農業省のタバレク氏立ち会いのもと、農業組合の組合長イディル氏、事務局長のオマル氏、会計のウバハ氏の 3 人に対して、圃場においてデモンストレーション・ファームを作る計画を説明し、灌漑ホースの延長や水槽の建設について農業組合の協力について了承を得た。

5-4) Douda (B 圃場)

大山とイブラヒムは業務調整員の荒井さん、齋藤さん、事務局清水さん、カウンターパートのユスフ氏、ジブチ大のブー博士の助力、アドバイスのもて、Douda における圃場の整備と建設作業 (作業①～②)、育苗用スペースの建設、育苗ポットへの種まき (作業③)、廃ペットボトルを使用した節水型灌漑による土壌水分の計測 (作業④)、そして、ジブチ市の都市廃棄物の物性を活用したナツメヤシの栽培実験 (作業⑤) を進めた。

作業①雑木 (プロソピス) の伐採・除去、散乱するゴミの片付け・清掃活動

除去したプロソピス 84 本 (実生をのぞく)

作業②下水処理水を誘引する水パイプの敷設作業

埋設したパイプの長さ 120m

作業③育苗用スペースの建設と育苗ポットへの種まき

育苗用スペース (6 x 8m) : トタン屋根の設置

育苗ポットへの種まき: パパイア (100 ポット) とマンゴー (5 ポット)、アボカド (100 ポット)

作業④都市ゴミ (2 リットル・ペットボトル) を利用した節水型灌漑の土壌水分計測

擬似的な植栽穴 (直径 1m, 深さ 50cm) 3 穴を掘り、植栽穴の中心に植え付けた株があることを想定し、想定した株から 20cm の距離にペットボトルを埋設した。ジブチで市販されているミネラルウォーターのペットボトルの高さは 33cm であるが、底からおおよそ 3cm のところをはさみで切り、ペットボトルは地上から高さ 5cm が出るように埋めた。つまり、地表面より深さ 25cm の地点でペットボトルから水が出るように設計した。

プロット 1 無灌水区 (対象区)

プロット 2 地上からの灌水区 (朝と夕方 40 リットル)

プロット 3 2 リットル・ペットボトルを使った灌漑区 (朝と夕方 40 リットル)

観察・計測項目: TDR 土壌水分計による土壌深 50cm の体積含水率の計測、地温 (深さ 30, 50cm) 土壌硬度、土色、地表面の土性 (2020 年 2 月 13 日～18 日まで)

作業⑤ナツメヤシ栽培の実験圃場の建設

都市ゴミ(古着, 紙おむつ, ペットボトル)および農業用高分子吸水ポリマーを利用した節水型灌漑によるナツメヤシ栽培方法を検討するために, 圃場を造成した. 各プロットにつき, 直径 2m, 深さ 50cm の植栽穴を 3 穴ずつ, 合計 15 穴を掘り, 各植栽穴に 1 株ずつのナツメヤシを植栽した.

ナツメヤシは各プロットにつき 3 株を植栽したが, うち 1 株は CERD が育苗した胚培養による品種であり, 2 株は現地農家より取り寄せたローカル品種 (*harisa*) である.

プロット 1 ローカル灌漑区(地表灌漑,株を中心として半径 50cm の高さ 10cm の水留め)

プロット 2 ペットボトル灌漑 (13 から 19 本のペットボトル)

プロット 3 ペットボトル灌漑+古着(バケツ 30 杯 40kg)

プロット 4 ペットボトル灌漑+古着+浸潤させた紙おむつ(新品 約 20kg)

プロット 5 ペットボトル灌漑+古着+浸潤させた農業用吸水ポリマー(約 30kg)

朝と夕方に灌水し, 定期的にナツメヤシ株の株高と地上際の直径を計測することで, 活着の可否, および今後の生長量などを計測する予定にしている.



図 32 プロット 4 の植栽穴: 直径 2m, 深さ 50cm の植栽穴の底と側面に古着(約 55kg)を敷き, そのうえに浸潤させた紙おむつ(約 20kg)を敷き詰めた. 農業省のタバレック氏とユスフ氏からのアドバイスにより, ジブチ市内で購入した新品の紙おむつを使用した



図 33 実験圃場におけるナツメヤシの植栽: 高さ 33cm のペットボトルの底を切り, 飲み口の周囲に目打ちで 25 個の穴を開けた. 穴がふさがらないよう, 飲み口を古着で包んだうえで, 飲み口を下にして, 5~10cm が地面のうえに出るよう埋設した. ペットボトルとナツメヤシの株の距離はおよそ 30cm である.

(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) とし, Director であり本プロジェクトマネージャーである Hassan Ali Barked 博士とシンポジウムや研修およびワークショップの企画を進めている. 9 月に南伊豆で開催の国際沙漠学会へ CP 研究者を発表招聘し, 水循環シミュレーター-GETFLOWS の東京での技術研修会を開催する予定であったが, 新型コロナ蔓延のパンデミックにより次年度に開催延期となった. また, 9 月の後半には, 現地既設パイロットファーム (Ali Faren 農場, Dudah 農場, Damerdjog 試験農場) 等において, 農場内外の農家を対象にボカシ肥作りの実習ワークショップを開催予定であったが, これも延期を余儀なくされた.

ジブチ大学工学部キャンパス内の SATREPS 実験室・研究室が整備され次第、高性能コンピュータ+GETFLOWS アカデミックライセンスの複数台を用い、ジブチ大学講師の Fadoumo Ali Malow 博士および地圏環境テクノロジーの Aurelien Hazart 氏(フランス出身)等を講師に水循環シミュレーションおよび、ディープラーニングによる画像解析の研修を開催し、多くのジブチにおける研究・教育機関の水文学者およびデータサイエンス科学者への技術移転を図る。

II. 今後のプロジェクトの進め方、および成果達成の見通し(公開)

本プロジェクトのゴールである、持続的アグロパストラルモデルの提案、水資源ポテンシャル・緑化ポテンシャル作成技術開発に向けてジブチ側カウンターパートであるジブチ大学(UD)との強く持ちながら進めていく体制を取れつつある。UDからはバルバラ工学部キャンパスの工学部棟の1階に50m²の実験室およびPC演習室のための教室1室を提供いただき、機器の設置、使用方法のトレーニングを行い、分析・解析事項を増やしていく。

今後は、コロナ禍において調査や打ち合わせのための渡航や招へいは当分延期となったが、可能な限りオンラインでの打ち合わせ、トレーニングを進め、以下5課題について関連・フィードバックを繰り返しながら個々の成果を統合し、水資源の高効率利用による持続可能なアグロパストラル・システムの広域実装を目指す。

課題1:水循環シミュレーションモデルシステムの整備

課題2:緑化ポテンシャル評価手法や農地化ポテンシャル評価手法の開発

課題3:パイロットファームにおける持続可能な営農方法についての実証

課題4:遊牧民の定住による影響を考慮した、経済性が認められる荒廃地緑化手法の開発

課題5:成果1から成果4に基づいた持続的農業・緑化モデルの普及・広報

<課題1:水循環シミュレーション>

課題1の目標は、ジブチにおける水資源の広域的かつ立体的な分布と循環経路を明らかにすることである。本課題の現状は、地形データが豊富な Ambouli ワジ流域でのシミュレーション精度を上げるためのチューニングを行うとともに、Dikhil の篤農家の D 圃場を含む集水域である Hanlenan 南部集水域でのシミュレーションを走らせるためのデータ収集、地形・地質モデルの構築中である。さらに、各地の井戸における地下水の由来を特定することにより、シミュレーション結果を検証することを目的としたサンプリング採水データの同位体分析を行う。

<課題2:緑化・農地化ポテンシャル評価>

課題2においては、植生環境(草本・木本)・農地環境を現地レベル、UAV・衛星画像データ全てから得られる情報により把握し、植生の分布状況とその傾向を把握するとともに、その立地環境との関係性から緑化ポテンシャルを解明する。土地の環境ポテンシャルおよび牧養力・放牧圧を評価するため、作成したケージの配置を進める。UAV 空撮による4バンド(緑、赤、レッドエッジ、近赤外波長域)マルチスペクトル画像データの収集を各プロットにおいて進め、同時にスケールアップを図るための ALOS-PRISM による4バンド(青、緑、赤、近赤外波長域+パングロマティック)衛星モザイク画像データ(地上分解能 2.5 m)を入手し、RESTEC への業務委託によりジブチ全土の地形・土地被覆分類図を作成する。

【令和元年度実施報告書】【200529】

<課題3:持続可能パイロットファーム営農>

課題3では、課題1および課題2において評価された水資源・緑化ポテンシャルに基づき、パイロットファームをレベルに応じて設立し、水資源ポテンシャルおよび緑化ポテンシャルを検証するとともに、それぞれのパイロットファームの持続可能性に資する農地化手法について実験・実証を行い、持続可能なパイロット農地を設立することを目標とする。既存の選定設置パイロット農園(A, B, C 圃場)および篤農家所有農場(D 圃場および Arwo)において、最適な灌漑手法、栽培方法、および灌漑農業を通じた作物・樹木・牧草、有用植物などについて試験を行ない解明につなげる。また、降雨後の表流水の集水、浅層地下水からの取水・貯水・送水から灌漑までを視野に入れた高効率水利用システム技術を開発する。さらに、節水効果の高い灌漑技術として、PRD (partial root drying irrigation) および OPSIS (optimum subsurface irrigation system) の実証試験を C 圃場において開始する。ここでは、PRD および OPSIS を複合した灌漑による植物への耐乾性付与効果をアブシジン酸の生成などの植物生理を明らかにし、節水効果・収量効率を検証する。さらに、C 圃場内のため池および畜舎において、スピルリナの栽培・飼料化試験を開始する。

<課題4: 荒廃地緑化の経済的評価>

課題4では、都市廃棄物および家畜を利用した荒廃地緑化手法のジブチにおける有用性と適用可能性を圃場試験により検証するとともに、この遊牧民を受益者とした荒廃地緑化が、住民の所得・教育・健康などの状況がどのように改善されるのかを解明することを目標とする。既に B 圃場において開始した、ペットボトルや廃棄衣類を用いたゲーツ生育試験を進め、都市廃棄物の農業への有効利用のモデルとして実証する。また、郊外村落において、開始した住民・遊牧民の経済・教育・栄養調査をさらに広い範囲に展開する。

<課題5: モデル普及・広報>

課題5では、課題1から課題4に基づいてアウトプットされた成果やプロセスについて、マニュアルを作成し、ジブチ大学において開催するトレーニングにおいて、ジブチ調査研究センターの研究者、ジブチ農業水産牧畜海洋資源省及びジブチ高等教育科学技術省の職員等の関係者に共有することを課題としている。2020年度はコロナ禍による影響のため、オンラインミーティングによる打合せおよび JCC のみを企画しているが、UD 工学部棟 1F に提供を受けている、実験・演習室の整備が進めば、この部屋において UD スタッフに対し、様々なトレーニングがオンラインで出来るような設備を備える方向である。さらに圃場におけるワークショップについても、遠隔で開催できるようネットワーク機器も整備していき、コロナ禍においても農家・遊牧民への営農・緑化技術の移転を図れるよう整備を進める。

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

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、とくに予算の執行についてUDと情報共有し、承認を受けながら進めることの重要性を認識に至った。今後現地発展に資する有用な成果を1つ1つ報告し、オンライン開催となるが、報告会へJCCなどで公表しながら研究活動を進めていくこととしている。

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)

4月11日に東京農業大学において開催した CRA 合意文書の調印セレモニーの様子が、ジブチの La Nation 紙 (2019.4.15) に取り上げられた。また、8月27~30日にパシフィコ横浜で開催された第7回アフリカ開発会議 (TICAD7) において、「ジブチ沙漠における高効率水資源管理による持続可能農牧業実装プロジェクト」と題したブースを開設し研究に関する展示発表を行い、発表の様子はジブチの La Nation 紙 (2019.9.2) に取り上げられた。上記「2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト」項で示したとおり、2019年9月4日に開催された第1回 JCC が La Nation 紙 (2019.9.5-6) の第一面に取り上げられ、その翌日に開催されたワークショップには在ジブチ日本大使にも参加いただき、国際機関 (FAO, WFP) に本プロジェクトの活動内容の紹介発表した。

VI. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】 (公開)

VII. 投入実績【研究開始～現在の全期間】 (非公開)

VIII. その他 (非公開)

以上

VI. 成果発表等

(1) 論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①原著論文(相手国側研究チームとの共著)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2019	島田 沢彦・中西康博・木村李花子・渡邊文雄・渡辺智・山本裕基・伊藤豊・大山修一・フアドモAマロウ, "ジブチの沙漠に緑を—SATREPS プロジェクトによる持続可能なアグロバスターナル・システムの実装—", 沙漠研究, 2019.09.292, pp.61-67	https://doi.org/10.14976/jals.29.2.61	国内誌	発表済	SATREPSプロジェクトの研究構想について平成30年度申請書および2019年度年次計画書を抜粋・修正して紹介した報文である

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

②原著論文(上記①以外)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2019	Ohbayashi R, Nakamachi A, Hatakeyama TS, Watanabe S, Kanesaki Y, Chibazakura T, Yoshikawa H, Miyagishima SY., "Coordination of Polyploid Chromosome Replication with Cell Size and Growth in a Cyanobacterium", mBio., 2019.04.102, pp.e00510-19	https://doi.org/10.1128/mBio.00510-19	国際誌	発表済	
2019	Gärtner K, Klähn S, Watanabe S, Mikkat S, Scholz I, Hess WR, Hagemann M., "Cytosine N4-Methylation via M.Ssp6803II Is Involved in the Regulation of Transcription, Fine-Tuning of DNA Replication and DNA Repair in the Cyanobacterium Synechocystis sp. PCC 6803", Front Microbiol, 2020.06.510, p.1233--	https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01233	国際誌	発表済	
2019	揚原晋輔・真田篤史, "根箱とImageJを用いた迅速かつ安価な根および地上部の生育評価手法の確立", 根の研究, 2020.定), 291, in press		国内誌	in press	
2019	Watanabe S., "Cyanobacterial multi-copy chromosome and their replication", Biosci. Biotechnol. Biochem., 2020.11, in press	https://doi.org/10.1080/09168451.2020.1736983	国際誌	in press	

論文数 4 件
うち国内誌 1 件
うち国際誌 3 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
2019	藤田菜生, "ジブチ共和国における圃場表流水資源把握のためのUAV空撮画像を用いた地形測量", 令和元年度東京農業大学卒業論文, 2020.03	卒業論文	発表済	
2019	杉岡拓, "ジブチ共和国ワジ農業におけるソーラー・風力ハイブリッド揚水システムの有効性", 令和元年度東京農業大学卒業論文, 2020.03	卒業論文	発表済	
2019	山本美帆, "スピルリナを用いた乾燥地域における土壌の保水性の改善について", 令和元年度東京農業大学卒業論文, 2020.03	卒業論文	発表済	
2019	篠崎誠, "ジブチ国のワジ農業におけるソーラーポンピングシステムの効率評価に関する研究", 令和元年度東京農業大学修士論文, 2020.03	卒業論文	発表済	

著作物数 4 件
公開すべきでない著作物 0 件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

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

VI. 成果発表等

(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
2019	2019/5/25	ベストポスター賞	研究発表「ジブチ共和国で採種したナス科植物2種の発芽に及ぼす温度条件の影響」が優秀であることの評価	脇田 怜奈	日本沙漠学会	3.一部当課題研究の成果が含まれる	

1 件

②マスコミ(新聞・TV等)報道

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

0 件

VI. 成果発表等

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

① ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年度	開催日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	公開/ 非公開の別	概要
2019	2019/4/13	Signing Ceremony for CRA between TUA and UD	東京農業大学 (日本)	18人 (0人)	非公開	東京農大大学長、駐日ジブチ大使、文部科学省科学技術・学術戦略官、JST参事役らに出席いただき、CRAの調印セレモニーを開催した。
2019	2019/5/26	日本沙漠学会創立30周年記念事業・特別検討会「新たな沙漠研究を展望する」	東京農業大学 (日本)	74人 (0人)	公開	日本沙漠学会特別検討会において、研究代表者・島田と研究分担者・田島がSATREPSプロジェクトに関する話題提供を行った。
2019	2019/8/27～ 30	第7回アフリカ開発会議(TICAD7)	パシフィコ横浜 アネックスホール 75番ブース (日本)	6人 (2人)	公開	TICAD7に参加し「ジブチ沙漠における高効率水資源管理による持続可能農業実装プロジェクト」と題したブースを開設し研究に関する展示発表を行った。
2019	2019/9/5	SATREPS Kick-off Workshop	ジブチ大学 (ジブチ)	56人	公開	国際機関(FAO、WFP)、ジブチ大学学生、女性グループ等を招待し、SATREPSプロジェクト研究内容の紹介を行い、FAO・WFPからはジブチでの活動内容について話題提供いただき、ディスカッションを行った。

1 件

② 合同調整委員会(JCC)開催記録(開催日、議題、出席人数、協議概要等)

年度	開催日	議題	出席人数	概要
2019	2019/9/4	第1回JCC	32	学長はじめジブチ大学およびMAEPE-RHが参加した(CERDの参加はなし)、日本・ジブチのプロジェクトメンバーの確認、ジブチ大学 C/P と MAEPE-RH のグループの割振り紹介、研究計画の確認を行った。JCC冒頭においては、ジブチ高等教育大臣および在ジブチ日本大使、JICAジブチ支所長にご発声いただいた。
2019	2019/9/4	グループ別ディスカッション	25	第1回JCCに引き続き同日、日本側ジブチ側メンバーがグループ別に研究打合せを行った。
2019	2019/12/27	ステアリング委員会	6	JCCに参加いただけなかったCERD側とミーティングを行った。本プロジェクトの概要を改めて説明した後、コメントを受け、今後の共同体制について確認した。

3 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30年6月1日～令和6年3月31日)
相手国名／主要相手国研究機関	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 ・砂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 ・乾燥地にお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

