

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/研究期間：5年/相手国名：ジブチ共和国

## 平成30年度実施報告書

国際共同研究期間\*1（予定）

令和元年7月1日 から 令和6年6月30日 まで

JST側研究期間\*2

平成31年4月1日 から 令和6年3月31日 まで

（正式契約移行日 令和元年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

所属 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	H30年度 (12ヶ月)	H31年度 令和元年	令和 2年度	令和 3年度	令和 4年度	令和 5年度
<b>1. 水循環シミュレーションモデル整備</b>						
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 ワジ流域解析 →					
1-3 水資源ポテンシャルマップの改善と更新技術移転			← 全ジブチ流域解析 →	← インターポラター解析 →		← 水循環モデル の完成 →
<b>2. 緑化・農地化ポテンシャル評価</b>						
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			← 牧羊力現地調査 →			
2-3 既存農場調査と農地化ポテンシャル図化						← 緑化評価 の達成 →
2-4 緑化・農地化ポテンシャル図作成手法の開発と共有						
<b>3. 持続可能パイロットファーム営農</b>						
3-1 節水かんがいシステムの開発		← 既存農園における実装 →				
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		← 全土での有用植物・藻類の実態調査 →				
						← 有用植物・藻類飼料の試験栽培 →
<b>4. 荒地緑化の経済的評価</b>						
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						← 荒地緑化法 の確立 →
4-3 荒地緑化手法の採算性把握						← 緑化の影響評価 →
<b>5. モデル普及・広報</b>						
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)

プロジェクト案件名をジブチ大学との協議により、以下のとおり変更した。

(変更前) Project for Advanced and Sustainable Water Utilization Associated with Greening Potential Evaluation in Djibouti

(変更後) Project for Advanced and Sustainable Methods on Water Utilization Associated with Greening Potential Evaluation in Djibouti

## 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

2018年度はジブチ国との研究体制の確立に向けての調整を中心に活動を行った。また同時に、現地において予備調査を行い、ベースライン調査の項目決定と、試験農園の候補地の選定を行った。さらに、2018年3月までジブチ大学から東京農大に留学し博士論文として書き上げた「アンブリ・ワジ流域およ

びクルチマレ集水域における水循環モデル」の評価を行った。このモデルを今後、全国土に適用するにあたって非常に重要な成果が得られた。

研究体制は、ジブチ大学を中心に本事業の協力枠組みに係る協議を行い、取りまとめた結果を M/M (ミニッツ) として 2018 年 10 月 17 日に署名し (図 1)、2019 年 3 月 10 日の国際協力機構 (JICA) -ジブチ共和国政府間の討議議事録 (Record of Discussions: R/D) 署名へとつなげた (署名者: JICA ジブチ支所長, ジブチ大学長及び外務省二国間関係局長)。カウンターパート人員の配置等の調整は、ジブチ大学が主体となりジブチ調査研究センター (CERD)、農業水産物畜海洋資源省及び高等教育科学技術省等を通じて、行うこととなった。また同時に、ジブチ大学-東京農業大学間でも、共同研究に関わる合意文書 (COLLABORATIVE RESEARCH AGREEMENT: CRA) に署名し (署名者: ジブチ大学長, 東京農業大学長)、2019 年 4 月 10 日に東京農業大学において調印セレモニーを行った (図 2)。



図 1 ジブチ国内新聞「La Nation (2018 年 10 月 19 日付)」に掲載された M/M 調印式



図 2 ジブチ国内新聞「La Nation (2019 年 4 月 15 日付)」に掲載された CRA 調印セレモニー

(2) 研究題目 1 : 「水循環シミュレーションモデル整備」

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

ジブチ国内のアンブリ・ワジ (Wadi Ambouli) 流域 (643 km<sup>2</sup>) およびクルティマレ (Kourtimalei) 集水域 (40.6 km<sup>2</sup>) (図 3) を対象に、気象データ・GIS データを駆使し地質の水文地質パラメータをトライアル・アンド・エラーにより決定し、不十分なデータ条件下にある乾燥地水資源管理に資する情報となりうる 3D 水循環モデルを構築し、このモデルの高精度での水循環の再現性検証を行った。水循環シミュレータには、表流水流れにマンニングの平均流速公式、地下多孔質媒体中の空気・水 2 相流れに一般化ダルシー則を用いた統合型水循環シミュレータ (GETFLOWS) を採用した。標高図 (Aster-GDEM, ALOS-World3D-5m)、地質図 (ORSTOM 1985)、井戸・ボーリングデータ (Ministry of Agriculture, Fishery and Livestock in Charge of Marine Resources, Djibouti) をベースモデル (図 4) とし降雨・気温 (Meteorology Agency Djibouti および実測データ) 用いて、初期化・最適化・再現シミュレーションを行った。結果検証は、Wadi Ambouli 流域ケースにおいては、算出される定常時の地下水位値 (m) と現地井戸・ボーリング孔での実測データとの比較、Kourtimalei 集水域ケースにおいては、2013 年 8 月～12 月の雨量計による実測雨量イベントに対する農業用ため池の面積のシミュレーションと時系列衛星画像 (Landsat-8) との比較により行った。

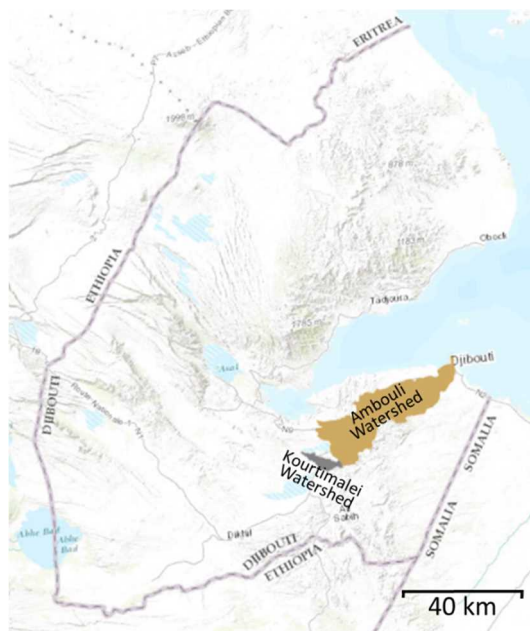


図 3 ジブチ国内の水循環シミュレーションモデル対象地域の Ambouli ワジ流域と Kourtimalei 集水域



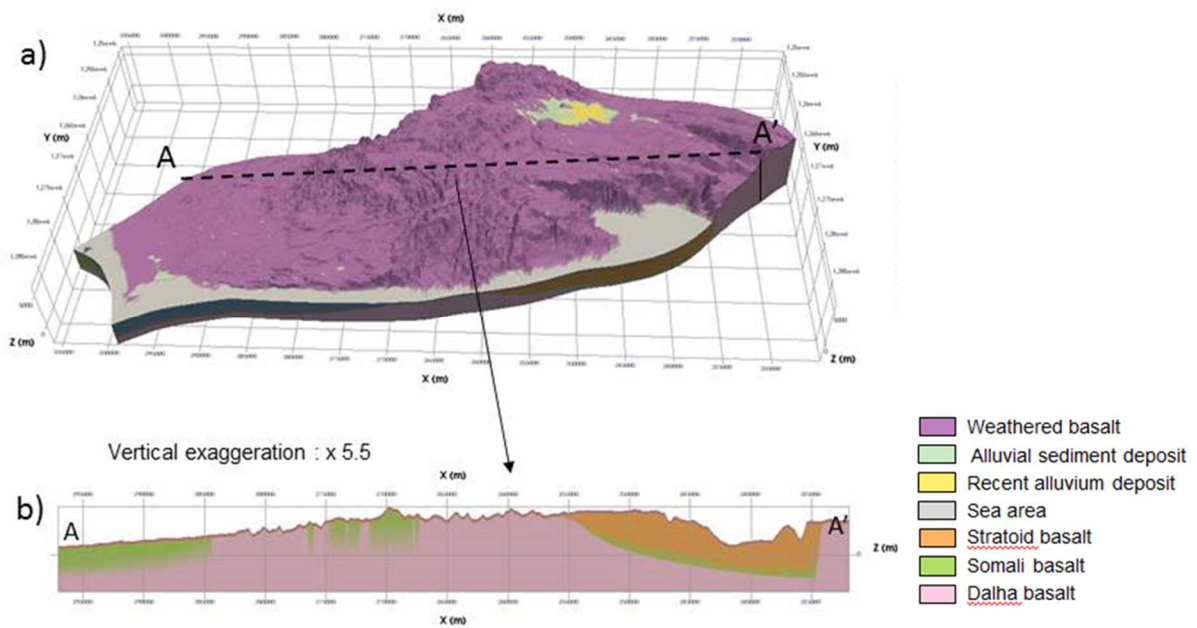


図4 Ambouli ワジ流域における地質図およびボーリングデータにより内挿された 3D ベースモデル

トライアル・アンド・エラーの最適化により、沖積砂質土 (Alluvial Fan) および玄武岩石被覆地 (Basalt Rock) におけるマンニングの粗度係数 ( $n$ ) はそれぞれ、0.040, 0.02 と導かれ、沖積層 (Alluvium Deposit) および玄武岩層 (Gulf, Stratoid, Dalha, Somali Basalts) の絶対浸透率 ( $K$ ) はそれぞれ、 $1.37 \times 10^{-10} \text{ m}^2$  (初期値同値),  $0.9 \sim 3.5 \times 10^{-6} \text{ m}^2$  と決定された。数値解析の結果、定常状態における地下水動態を推定可能 (地下水位 RMSE : 11.37 m) であること (図 5), 降雨イベントベースの流出動態を高精度で推定可能 (ため池水位 RMSE : 0.40 m,  $\kappa > 0.8$ ) であることを示した (図 6)。さらにジブチ・シティ周辺の取水地点における 1960 年代からの地下水揚水量 ( $245 \text{ m}^3 \text{ day}^{-1}$ ) を加味し、地点における ca. 1.5 m/40 yr の地下水低下現象を高精度 (RMSE : 0.15 m) で推定 (図 7) できた。これにより、Ambouli 流域の各玄武岩帯水層内に蓄積されている地下水賦存量の推定分布図を示すことが可能となった。

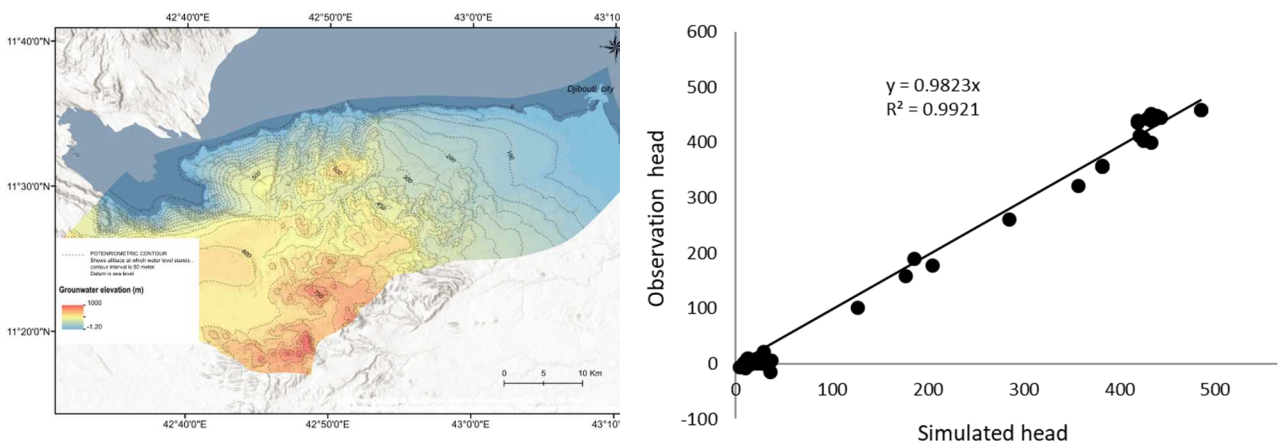


図5 (左) Ambouli ワジ流域における定常状態での推定地下水面標高図, (右) シミュレーション結果と観測地下水面標高の比較. 高精度 (RMSE = 11.37 m) での水循環把握が可能であることが示された。

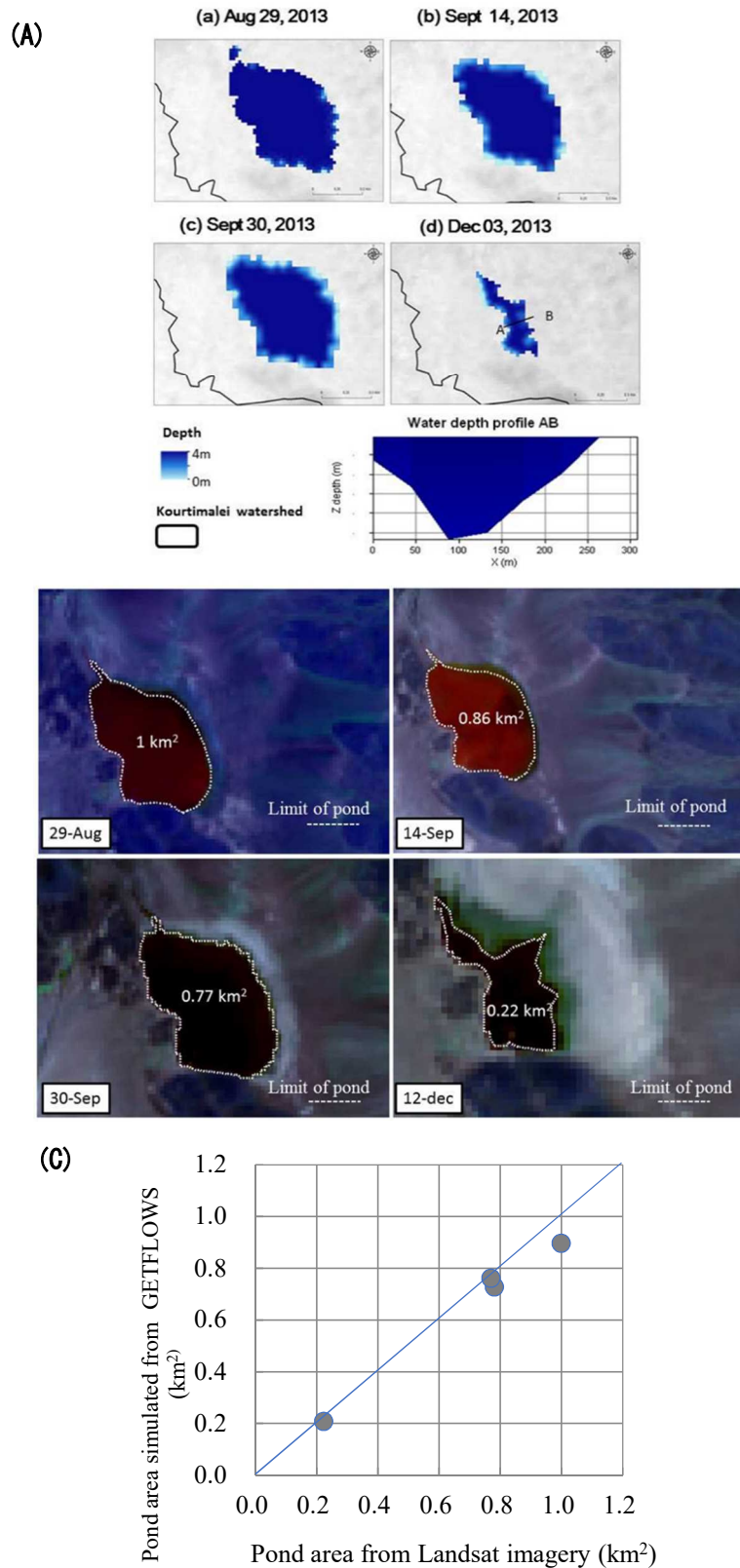


図 6 Kourtimalei 集水域における降雨表面流出によるため池形状 (A)シミュレーション結果, (B)Landsat-8 画像からの計測, (C)二者の比較により高精度での推定が可能であることが示された。

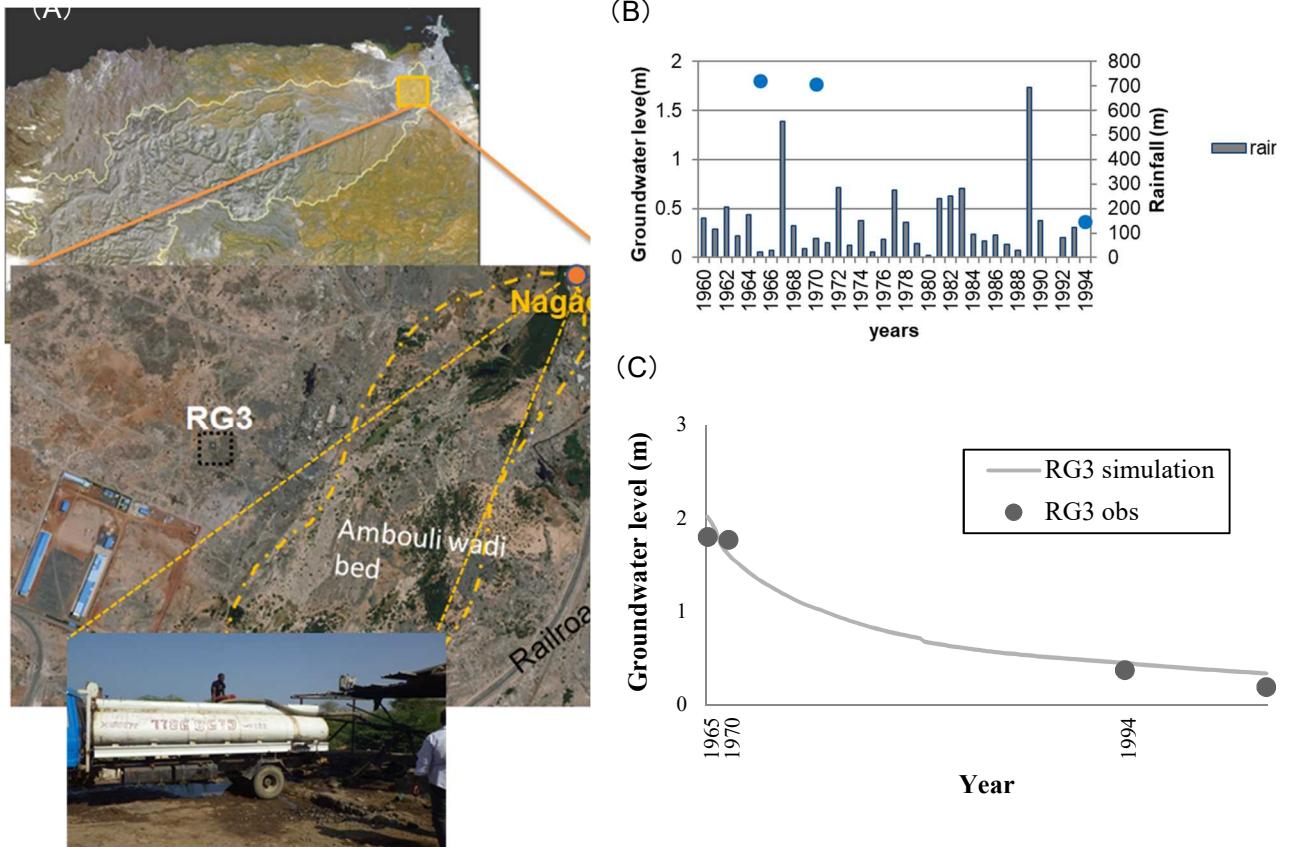


図7 (A) Ambouli ワジ流域内ジブチ・シティ近郊における地下水位観測地点 (RG3) および隣接取水地点 (Nagad) の位置, (B) RG3 地点における地下水位観測データおよび対応する年間降水量 (ジブチ), (C) RG3 地点における地下水揚水量 ( $245 \text{ m}^3 \text{ day}^{-1}$ ) を組み込んだシミュレーション結果と観測値との比較. 1965 年 ~ 2010 年に渡る ca. 1.5 m 地下水低下傾向の高精度 (RMSE = 0.15 m) での推定可能性が示された.

### (3) 研究題目 2: 「緑化・農地化ポテンシャル評価」

#### 研究題目 3: 「持続可能パイロットファーム営農」

夏季の最高気温が  $40^\circ\text{C}$  を超え、年降水量も極めて少ないが、標高差の大きな国土を形成しているため「アフリカの角」地域における多様な植生が凝縮してみられる。ジブチ国内に自生している薬用植物を中心とした有用植物の探索を進めるとともに、それらの発芽特性および初期生育特性について植物生育実験を通じて把握を行った。特に、現地に広がる高アルカリ土壌の矯正資材になり得る酸性物質を探索してきた結果、ブドウ科のつる性植物である *Cissus Rotundifolia* の果肉と葉が弱酸性を示すことを明らかにし、ジブチ国内の主要な地方都市周辺において、本種の分布範囲についても調査を行った。今後のプロジェクト研究においては、果実や葉などの植物体の成長速度や生産量を把握することを目的として、*Cissus Rotundifolia* を中心に前年度 2017 年 2~3 月にかけて採取した様々な植物種子を用いて、日本国内において生育実験を継続して行う。また、スピルリナと呼ばれる藻類の試験培養に着手する。栄養価の高いスピルリナは日本においても健康食品として生産販売されている。土壌に石灰岩が多く含まれるジブチ周辺の水はアルカリ性であり、農業に適さない。スピルリナはアフリカ原産であり、アルカリ性の水質を好む性質を持つことから、ジブチでの生産の可能性と砂漠緑化への新たな可能性を検討する。

2017 年 4 月下旬~5 月上旬に採取した、ジブチ国内における自生植物の種子 (図 8) についての予備



試験を行った。採取した種子は、*Buxus hildebrandtii* Baill (*Buxaceae* ツゲ科), *Cissus rotundifolia* (Forssk.) Vahl (*Vitaceae* ブドウ科), *Cordia sinensis* Lam. (*Boraginaceae* ムラサキ科), *Ficus sycomorus* L. (*Moraceae* クワ科), *Lawsonia inermis* L. (*Lythraceae* ミソハギ科), *Livistona carinensis* (Chiov.) Dransf. & Uhl (*Arecaceae* ヤシ科), *Phoenix reclinata* Jacq. (*Arecaceae* ヤシ科), *Solanum incanum* L (*Solanaceae* ナス科), *Solanum somalense* Franch. (*Solanaceae* ナス科), *Terminalia brownii* Fresen (*Combretaceae* シクンシ科), *Ziziphus mauritiana* Lam. (*Rhamnaceae* クロウメドキ科) の9科11種である。いずれも採取後、速やかに果肉部を除去して乾燥させ、それらの種子を用いて発芽率ならびに生育実験を行った。前年度採取分の植物種子については、シャーレ試験による発芽率測定とポット試験による生育実験を実施した(図9)。試験は温室において行い、発芽・生育条件は、人工気象器 25°C恒温(明20h-暗4h)とした。



図8 ジブチ共和国での植物種子の採取風景



図9 (左)シャーレによる発芽試験, (右)ポットによる生育実験

*Cissus Rotundifolia*は、まだあまり熟していない緑色の種子と、ある程度熟して茶色になった種子の2種類を2つの地域でそれぞれ採取した。播種後60日経過後の発芽率は、未熟な種子の場合ではいずれの地域でも6.7%だった。一方、成熟した種子の場合では31.7%, 46.7%とおおよそ5~7倍も高い値となった(表1)。ただ、未熟種子の場合、発芽はしても生き残ることはなかった。成熟種子では播種後約100日で平均莖長が3cm程度になった。これらのことから種子採取の際は、できるだけ熟した種子を選択するよう注意する必要があるといえる。なお、これまでの度重なる現地調査から推察すると、種子が成熟期を迎えると考えられる5~6月が最も適切な採種時期ということになる。*Lawsonia inermis*や*Moringa oleifera*は、発芽率が高く、それぞれ約90%, 100%だった。前者については、複数の地域で採取しなおかつ、未熟な種子と成熟している種子とで分けて採取し実験に供したが、最終発芽率に大きな差は認められずいずれも高い発芽率を示した。*Moringa oleifera*や*Acacia nilotica*は、他の樹種よりも初期生長速度が速く、播種後約100日で平均樹高がそれぞれ約14cm, 約16cmとなった(図10)。

(本プロジェクト開始以前に行われた種子採取についても、相手国カウンターパートとのMemorandum of Understanding (MOU)に基づいて実施)



表 1 採種した植物(W.P. 180-210 : 2-3 月採取, 215-235 : 4-5 月採取)の発芽率(%)

学名	科名(和)	W.P.	処理/色	シャーレ	ポット
<i>Acacia nilotica</i> (L.) Willal. Ex DEL	マメ科	197		24.8	51.0
<i>Aloe djiboutiensis</i> T. McCoy	ススキノキ科	196		12.8	3.0
<i>Argemone mexicana</i> L.	ケシ科	207		0.0	14.0
<i>Buxus hildebrandtii</i> Baill	ツゲ科	192	果実	0.0	0.0
			果実取り出し	0.0	0.0
		202-206	果実	0.0	0.0
			果実取り出し	0.0	0.0
		227	果実取り出し	5.0	8.0
<i>Cissus rotundifolia</i> (Forssk.) Vahl	ブドウ科	183-185	緑色	6.7	0.0
			茶色	31.7	17.5
		200-201	緑色	6.7	—
				46.7	—
<i>Conocarpus lancifolius</i> Engl.et Diels	シクンシ科	181		1.2	0.0
<i>Cordia sinensis</i> Lam.	ムラサキ科	235		—	70.0
<i>Dodonaea angustifolia</i> L. f.	ムクロジ科	195		24.5	22.0
<i>Ficus platyphylla</i> Del.	クワ科	199		13.0	20.0
<i>Ficus sycomorus</i> L.	クワ科	191		14.0	6.0
		222		0.0	8.0
<i>Indigofera colutea</i> (Burm.f.) Merr.	マメ科	210		5.5	51.0
<i>Lawsonia inermis</i> L.	ミソハギ科	180		32.8	6.0
		221		89.5	18.0
		223	old	90	76.0
			young	94	59.0
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	ネムノキ科	209		0.5	58.0
<i>Livistona carinensis</i> (Chiov.) Dransf. & Uhl	ヤシ科	220	果皮無	0.0	0.0
			果皮有	0.0	0.0
<i>Moringa oleifera</i> Lam.	ワサビノキ科	209		100.0	96.0
<i>Phoenix reclinata</i> Jacq.	ヤシ科	219		0.0	0.0
<i>Solanum incanum</i> L	ナス科	194		1.2	69.0
		228		0.0	42.0
<i>Solanum somalense</i> Franch.	ナス科	184		0.4	15.0
		186		0.0	1.0
		187		0.0	7.0
		225		0.4	2.0
<i>Terminalia brownii</i> Fresen	シクンシ科	190		0.0	2.0
		215	果実	—	1.0
			果実取り出し	10.0	26.0
<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.	クロウメモドキ科	208a-d	果実	24.0	32.0
			果実取り出し	63.2	49.0
		226	果実取り出し	73.0	70.0

採取日: 2017 年 2-3 月, 4-5 月, 採取場所: ジブチ国内

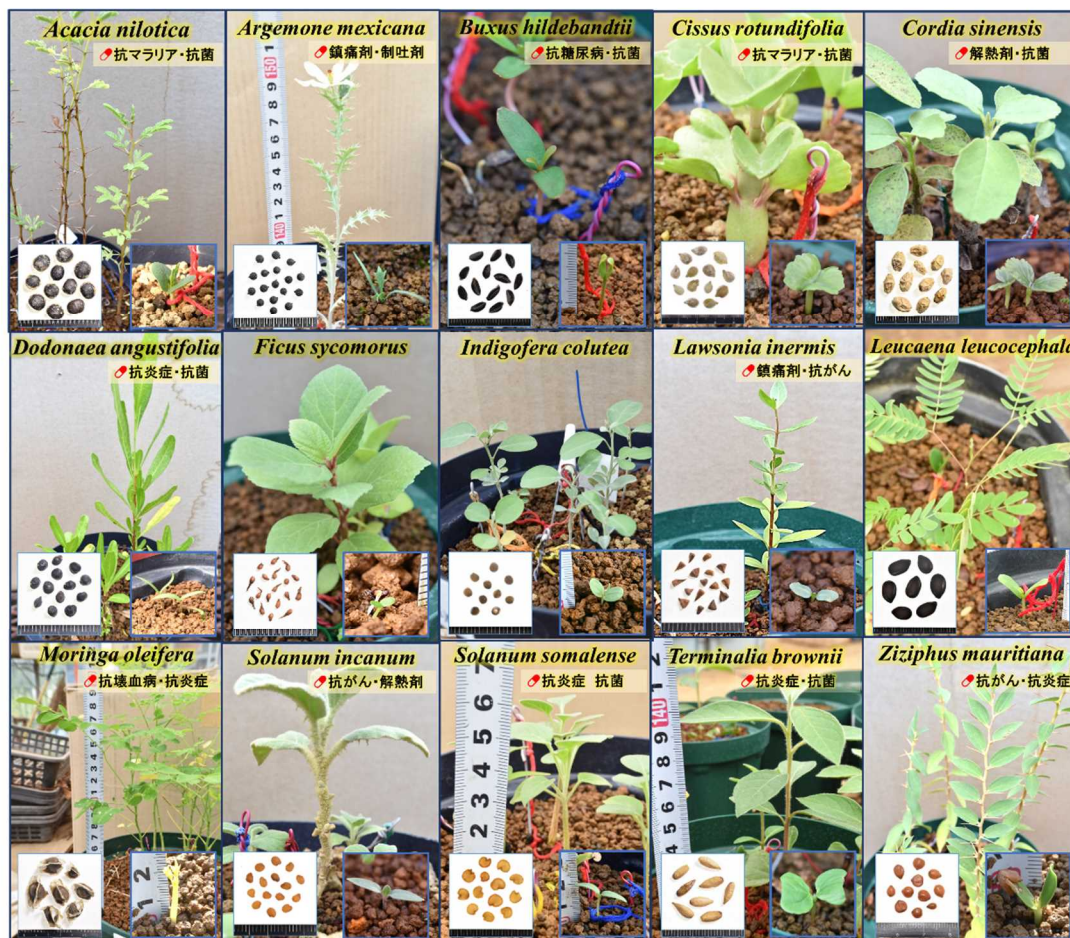


図 10 ジブチ共和国で採種し生育させた植物体(1 年目)と種子の様子

また、ジブチ国内から採取した未利用水を用いてスピルリナの培養試験を実施した。Ambouli, Hambokto, Assamo の地下水に加え、塩湖である Assal 湖より水試料を採取し EC と pH を測定した。それぞれの水試料をフィルターで濾過滅菌処理した後、スピルリナを植菌して増殖ポテンシャルについて試験した。培養は実験植物用のインキュベーター内 (30°C, 50 μEn) で行った。ジブチ国内で採取した水試料の EC および pH は下記の通りであった。地下水 Ambouli (EC: 9.4, pH: 8.01), Hambokto (EC: 2.38, pH: 8.63), Assamo (EC: 1.13, pH: 8.44), 湖水 Assal (EC: >200 mS/cm, pH: 7.05) スピルリナの培養試験では標準培地である SOT 培地には及ばないものの Ambouli, Hambokto の地下水でスピルリナの増殖が確認された。一方で Assamo 地下水, Assal の塩湖水では全く増殖しなかった (図 11)。

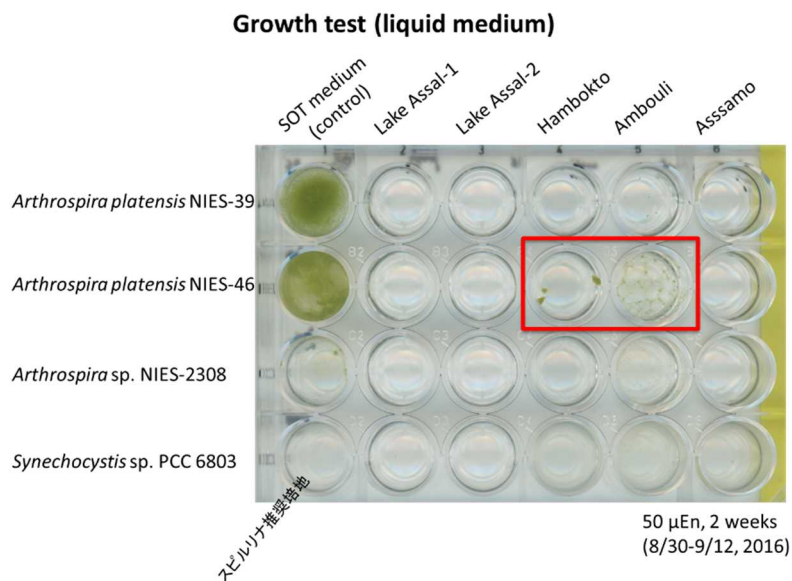


図 11 ジブチ国内採取水によるスピルリナ培養試験結果。

(4) 研究題目 4: 「荒廃地緑化の経済的評価」

研究題目 5: 「モデル普及・広報」

2018 年 9 月および 10 月の予備調査により、ベースライン調査項目と都市ゴミを利用した荒廃地緑化地区の候補地を決定した。

荒廃地緑化による遊牧民の定住化、そして経済的あるいは教育や生活環境の向上を実現・実装するには、荒廃地緑化による効果と遊牧民のニーズが一致する必要がある。ジブチにおける荒廃地緑化により、遊牧民にどのような便益がもたらされるのか、またそれらを踏まえて遊牧民が「定住」を選択する意思決定をおこなうには、どのような条件が必要となるのかを把握することを目的とする。経済学的アプローチとして具体的には、① 遊牧民の現在の経済・生活環境における課題を抽出し、構造的な把握を試みる；② 遊牧民の意思決定における人や組織による影響の構造的な把握を試みる；③ 上記①の課題に対する needs と wants を抽出・評価し、荒廃地緑化による効果との関係を明らかにする；そして④ 上記①②③を踏まえ、遊牧民が定住化する条件をシミュレーションにより分析し明示することとした。また、2018 年 10 月の予備調査により荒廃地緑化の試験サイトを Douda 農業試験場に決定した。Douda 農場は、ジブチ市内中心部の 10 km 南に位置し、EU の援助による下水処理施設があり、約 50 万人のジブチ市住民が出す尿尿や下水はこの施設で処理されている (処理能力: 3,700 m<sup>3</sup>/day)。この処理された

水をかんがい水として農業利用し 40 世帯を定住させるファーム・プロジェクトが現在 Douda において、農牧業組合先導で行われている。ジブチ市の廃棄物最終処理場も Douda に存在することから、有機性廃棄物を選別し、これを利用した荒地緑化テストサイトを Douda 農場内に設立することを予定している（図 12 参照）。



図 12 パイロットファーム選定の 3 農場（A 農場: Alifarren, B 農場: Douda, C 農場: Damerjog）  
(Source: GoogleMaps)

## 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への共通認識をジブチ側カウンターパートであるジブチ大学（UD）と強く持つことができた。UD が現在拡張建設中であるバルバラ新キャンパスの博士研究棟の 1 室を提供いただき、この部屋を分析・PC 解析ルーム、機材庫として活用し活動拠点とすることとなった。

今後は、計画どおりに以下 5 課題についてそれぞれの課題について関連・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。今回は、他ドナーとの活動重複調査も実施され、ジブチにおける水資源に関するデータ整備・マッピングのプロジェクト申請を行っている FAO プロジェクトにおいて蓄積・整理されるデータの提供いただくことにより、本プロジェクト研究（課題 1）でアウトプットされる水循環シミュレーション結果の精度向上を図ることが期待できる。データ共有方法、共同研究の詳細については、今後詰める必要がある。

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。本課題の第一段階では、地形データが豊富な Ambouli ワジ流域を取り上げ、雨季における河川流量および土砂輸送、乾季における地下水の流動と枯渇の進行、地表の乾燥を再現して、流域の現況への理解を深める。次に、これをベースに、土砂流亡の防止、流域の緑化・農地化、水資源の合理的利用などの可能性を、相手国の関係機関とともに検討するとともに、ジブチ全流域にシミュレーションを發展させジブチ国全土における水資源ポテンシャル図を作成する。さらに、同位体分析により各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とともに、国境を越えた水循環系を明らかにする。乾燥地域の河川の挙動を再現し、対応策の効果検討が可能なシミュレーションの事例とすることができれば、同様な乾燥地域の各国に、水循環シミュレーションをベースにした、国土保全、防災、農業計画、水資源管理などを提案することに繋がると期待できる。

### <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。水循環シミュレーションモデルで解析対象とした地域を対象として、衛星画像データと現地での UAV 画像データにより、幅数 m～数 km で、地表面の植生を把握する。まず、UAV 取得画像データにより、優占している植物の種類を特定する。次に、衛星画像データにより、優占している植物を面的に把握する。優占している植物の情報と、地形データ情報との重ね合わせ、および水循環シミュレーションモデル開発グループとの連携により、土壤水分ポテンシャルマップを描画し、緑化ポテンシャルマップ描画の基盤とする。また、家畜動物へのバイオリギングにより、遊牧等による移動距離や行動データから、放牧圧や採食量等の放牧による負荷量を把握する。

### <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。設置したパイロット農園では、灌漑農業を通じた作物・樹木・牧草、有用植物などについて、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。また、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) の利用を検討する。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、地力や生産性の向上に最も現実的かつ効果的循環農業を可能にするアグロパストラル・システムの確立のため、農園内ため池に家畜の良質飼料としてスピルリナの栽培・飼料化を実現する。

#### <課題4：荒廃地緑化の経済的評価>

課題4では、西アフリカ・サヘル帯のニジェールにおいて15年以上にわたって圃場実験を行い有用性が明らかとなっている、都市有機ゴミ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について検証するとともに、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。また、収入の増加に伴う教育参加率や子供の健康状態の改善などに、緑化事業が、緑化レベルに応じてどの程度寄与するのかについて、過去の水資源ポテンシャルに対応させつつ定量的に明らかにする。

#### <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。また、年に1度開催するワークショップなどより農家・遊牧民への営農・緑化技術の移転を図る。

### 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）

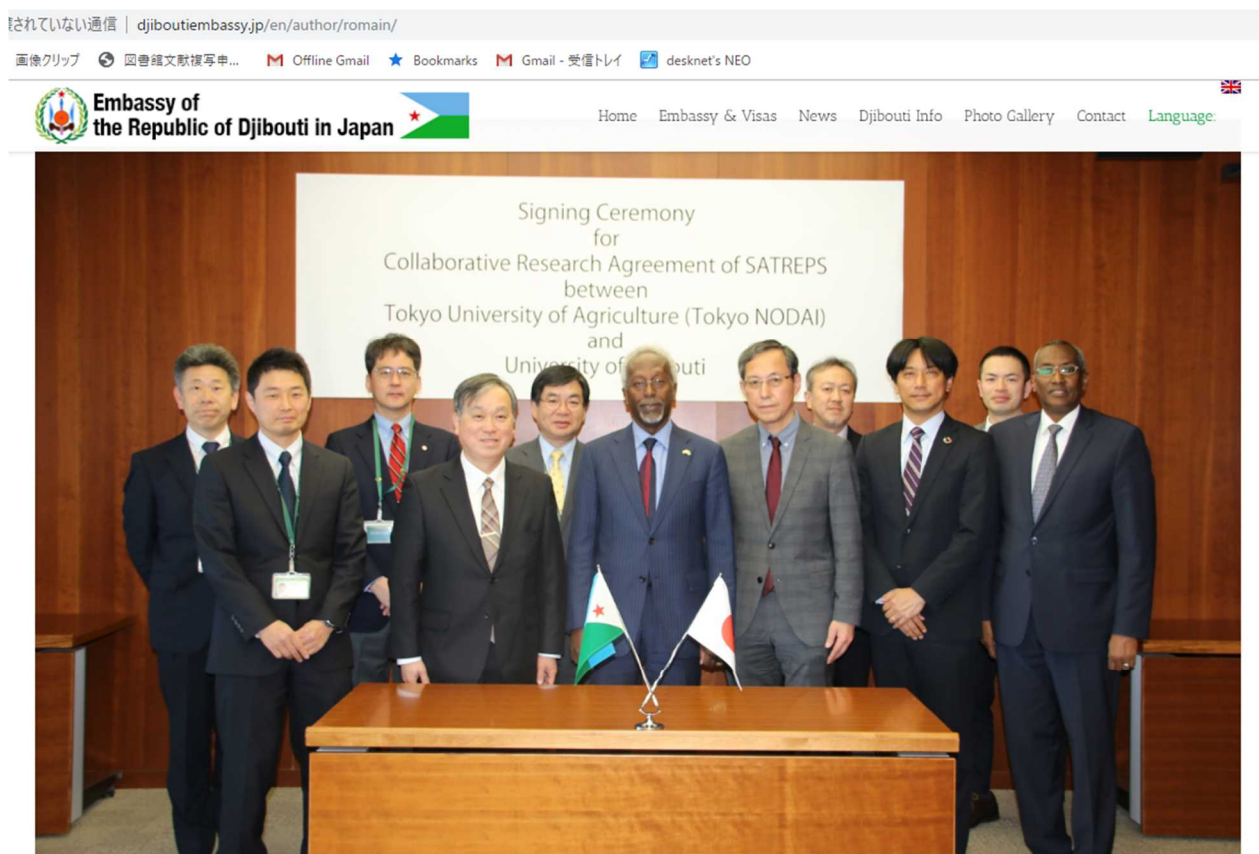
メインカウンターパートであるジブチ大学（UD）は2006年の開学から若干12年目を迎え、2013年にMOUが締結された東京農大（TUA）とUDとの関係において、大きな実績と言えるものは、UD講師1名の国費留学制度による博士号取得（2018年3月）に留まるものであった。このように、UDの研究能力は未だに不十分との認識から、本プロジェクトはTUAとUDとのパイプラインを基軸とするものの、プロジェクトのゴールを達成するため、協力機関として日本側・ジブチ側の既申請参画機関等からのあらゆる人的・技術的資源を投入して実施することをUD学長（Dr. Djama Mohamed Hassan）とでM/Mの場において確認できた。共同研究カウンターパートとしての参画機関は農業省・農林局と高等教育省・ジブチ調査研究所（CERD）であるが、で行っているFAOも訪問し、有用な情報および研究協力を享受できることになった。また、本プロジェクト活動にご関心いただいた在ジブチ日本大使、農業大臣、高等教育大臣にご支援・広報いただくこととなった。今後現地発展に資する有用な成果を1つ1つご報告し、ワークショップ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）

今年度は暫定期間であったため、主な人的及び財務的リソースは、RD締結のための打合せや調整に費やされた。ただし、現地においての事前調査も滞在中に行い、実装のためのモデル地区として、既存パイロットファームを選定することができた。荒廃地緑化地区は廃棄物処分場近くのDouda農場（GP3およびGP4対象農場）とし、ここでの研究実験活動の許諾の目途をつけることができた。また、発展的アグロパストラル・パイロットファームとしてAlifarren農場（Farm-A）、上記と同農場のDouda農場（Farm-B）、およびDamerjog農場（Farm-C）を設定した（GP3対象農場）（図12参照）。このうちDamerjog農場はDouda農場と同様、農業省との折衝から研究実験活動の許諾の目処はついていない。Alifarren農場については、個人の農園である事から、水利用権、土地利用権などについて、農業省のアドバイスを受けながらクリアして行く予定である。今後、上記3農場をパイロットファームとして、用水ポンピングシステムを実装し、有用作物の栽培、飼料藻類の培養、節水灌がい・節水栽培、有機肥料コンポストイング等の試験を行っていく。

## V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

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，現地新聞「La Nation」に M/M（ミニッツ）調印式（図 1）および CRA 調印セレモニー（図 2）が取り上げられた．M/M 調印式については，地元テレビのニュース番組として取り上げられた（RTD: Journal Anglais du 19/10/2018; <https://www.youtube.com/watch?v=0IqmEeDyEys>, 09:00）．また，CRA 調印セレモニーについては駐日ジブチ大使館の Web サイトに掲載された（図 13）．このように現地での本プロジェクトに対する期待の高さがうかがえた．



Ceremony at Tokyo University of Agriculture

S.E.M. Ahmed Aaraita Ali and the President of Tokyo University of agriculture, Dr. Katsumi TAKANO, with the execution teams of the SATREPS project in Djibouti. As part of the Science and Technologie Research Partnership for Sustainable development (SATREPS) between Djibouti and Japan, a ceremony was held on Thursday 11th April 2019 at Tokyo University of [...]

図 13 駐日ジブチ大使館 Web サイトに掲載された CRA 調印セレモニーでの集合写真



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。)
2017	Malow FA, Shimada S, Hazart A, "Event-based Rainfall-runoff Simulations using GETFLOWS for Kourtimalei Catchment in Djibouti", International Journal of Environmental and Rural Development, 2017.06.81, pp.169-175	https://doi.org/10.32115/ijerd.8.1.169	国際誌	発表済	
2018	Fadoumo A. MALOW, Sawahiko SHIMADA, Ayako SEKIYAMA, "Examining day forest dynamic change with times series LANDSAT images (Djibouti)", Journal of Arid Land Studies, 2018.12.28S, pp.81-84	https://doi.org/10.14976/jals.28.S.81	国内誌	発表済	

論文数 2 件  
 うち国内誌 1 件  
 うち国際誌 1 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。)
2018	Yukimitsu KOBAYASHI, Fumio WATANABE, Shinji SUZUKI, Okiria EMMANUEL, Tom KANYIKE, "Verification of availability of GSMaP rainfall data based on the comparison of observed rainfall data in Africa", Journal of Arid Land Studies, 2018.12.28S, pp.85-88	https://doi.org/10.14976/jals.28.S.85	国内誌	発表済	
2018	Shinji SUZUKI, Yukimitsu KOBAYASHI, Fumio WATANABE, Daichi NAKAGAWA, Taisuke IZUMIKAWA, "Comparison of root distribution pattern between Gramineae and Legume species under various soil and climate condition", Journal of Arid Land Studies, 2018.12.28S, pp.189-192	https://doi.org/10.14976/jals.28.S.189	国内誌	発表済	

論文数 2 件  
 うち国内誌 2 件  
 うち国際誌 0 件  
 公開すべきでない論文 0 件

③その他の著作物(相手国側研究チームとの共著)(総説、書籍など)

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

著作物数 0 件  
 公開すべきでない著作物 0 件

④その他の著作物(上記③以外)(総説、書籍など)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	出版物の 種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
2018	Malow, Fadoumo Ali, "Development of a 3D Water Flow Modelling Based on Scarce Data for Arid Land Water Resources Management: Case study of Ambouli and Kourtimalei Watersheds in Djibouti", 平成29年度東京農業大学博士学位論文, 2018.03, --pp.--	博士論文	発表済	

著作物数 1 件  
 公開すべきでない著作物 0 件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

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

VI. 成果発表等

(2) 学会発表【研究開始～現在の全期間】(公開)

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

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2018	国際学会	Malow FA, Shimada S and Sekiyama A (東京農大), Times series Landsat images to examine Day forest dynamic change (Djibouti). Desert Technology XIII – International Conf. on Arid Land III (Mar. 12 – Mar. 16, 2018, Pondicherry, India).	口頭発表
2018	国際学会	Shimada S, Malow FA, Sekiyama A and Tachibana R (東京農大), Monitoring of Day Forest in Djibouti using Landsat and Sentinel-1 SAR imagery. Desert Technology XIII – International Conf. on Arid Land III (Mar. 12 – Mar. 16, 2018, Pondicherry, India).	口頭発表
2018	国内学会	橘隆一・南部さつき・福永健司(東京農大)・Ali MERITO・FatoumaMohamedABDOUL-LATIF(CERD)・TabareckMohamed ISMAEL(MAEPE-RH), ジブチ共和国で採種した薬用植物の発芽および初期生育特性, 日本沙漠学会2018年第29回学術大会(2018年5月26日～27日, 石巻専修大学).	ポスター発表
2018	国際学会	Malow FA (ジブチ大学), Shimada S (東京農大), Yoritata T. and Tosaka H., Rainfall-runoff water flow analysis of Kourtimalei Catchment in Djibouti Using GETFLOWS. ESRI Users Conference (July 9 – July 13, 2018, San Diego, US), Map Gallery, Map ID: 595.	ポスター発表

招待講演 0 件  
口頭発表 2 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
2018	国内学会	竇野雅太(東京農大)・竇野孝久・佐藤賢二・浜部薫, 節水農業に向けたCPC型太陽熱淡水化装置の開発, 日本沙漠学会2018年第29回学術大会(2018年5月26日～27日, 石巻専修大学).	口頭発表

招待講演 0 件  
口頭発表 1 件  
ポスター発表 0 件



VI. 成果発表等

(3) 特許出願【研究開始～現在の全期間】(公開)

①国内出願

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

外国特許出願数 0 件  
公開すべきでない特許出願数 0 件

VI. 成果発表等

(4) 受賞等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①受賞

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

0 件

②マスコミ(新聞・TV等)報道

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

0 件

VI. 成果発表等

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

① ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年度	開催日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	公開/ 非公開の別	概要
2018	6月29日	東京農業大学「沙漠に緑を育てる会」 平成30年度報告会	東京農業大学	30	非公開	SATREPSの条件付採択を経て、プロジェクトの研究計画発表、現地での活動報告を研究代表者・島田が行った。
2018	2月26日	日本沙漠緑化研究部会・グローバル 情報研究部会シンポジウム「沙漠× ソーラー:太陽・水・土の共生」	東京農業大学	90	公開	SDGsに向かって環境に配慮した循環型社会と農業のために沙漠緑化とソーラシェアリングの展望についてのシンポジウムにおいて招待発表を研究代表者・島田がSATREPS課題について紹介することで行った ( <a href="https://www.nodai.ac.jp/news/article/226/">https://www.nodai.ac.jp/news/article/226/</a> )

2 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

0 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4月1日～平成36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

