JAALS 2021

PROCEEDING OF THE 2021 ANNUAL MEETING
THE JAPANESE ASSOCIATION FOR ARID LAND STUDIES

日本沙漠学会第32 回学術大会

講演要旨集

第32 集

JAALS
The Japanese Association
For Arid Land Studies

日　程：2021 年 5 月 29日
会　場：オンライン
主　催：日本沙漠学会

****
日本沙漠学会 2021 年　第 32 回学術大会
****

日本沙漠学会 2021 年 第 32 回学術大会 オンライン研究発表会
【開催日時】2021 年 5 月 29 日（土）
【発表】オンライン開催
　【口頭発表(10 分)】および【ポスター発表（ショートプレゼンテーション 5 分＋10 分)】

【プログラム】
5 月 29 日（土）10:00～11:30
＜ポスター・ショートプレゼンテーション＞　発表 5 分，質疑応答 10 分
座長：酒井裕司（工学院大）

5 月 29 日（土）12:00～　＜理事会＞

5 月 29 日（土）13:30～16:25
＜口頭発表＞　発表 10 分，質疑応答 10 分
座長　01-2：鈴木伸治（東京農大），　03-4：渡邊三津子（奈良女子大），
05-6：森尾貴広（筑波大），　07-8：小島紀徳（成蹊大）

5 月 29 日（土）16:40～18:00
＜研究懇談会＞
Zoom ブレークアウトルームによる懇談会を予定

【事務局】
第 32 回　日本沙漠学会学術大会実行委員会　事務局
E-mail：jaals2021a@gmail.com
大会委員長：小長谷有紀（企画担当理事）

5 月 29 日（土）10:00～11:30
＜ポスター・ショートプレゼンテーション＞　発表 5 分，質疑応答 10 分
座長：酒井裕司（工学院大）

No	時刻	タイトル
P1	10:00-10:15	パレスチナ刺繍の歴史とパレスチナ自治区における現状 〇山本真希[1,2]，川端良子[1] [1]東京農工大学,[2]パレスチナ刺繍プロジェクト
P2	10:15-10:30	北海道の草地における光学-SAR 衛星データ複合利用による地上バイオマスの推定 〇橋本裕紀，島田沢彦，関山絢子，山崎由理 東京農業大学大学院,
P3	10:30-10:45	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 〇佐藤拓己[1]，島田沢彦[2]，関山絢子[2] [1]株式会社シーエーシー，[2]東京農業大学大学院,
P4	10:45-11:00	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 〇鈴木綾太[1]，鈴木 伸治[2]，渡邉 文雄[2]，島田沢彦[2] [1]大成建設株式会社，[2]東京農業大学
P5	11:00-11:15	Spirulina の子牛代用乳原料としての活用方法の模索 石塚翔，高木才叶，〇黒澤亮 東京農業大学農学部動物科学科
P6	11:15-11:30	乾燥地・半乾燥地における「熱」の多面性ー衣・食・住・農の視点からー 後藤真実[1]，〇佐藤麻理絵[2]，實野雅太[3]，西川優花[4] 東京外国語大学[1]，京都大学[2]，東京農業大学[3]，日本貿易振興機構アジア経済研究所[4]

5 月 29 日（土）13:30～16:25

＜口頭発表＞　発表 10 分，質疑応答 10 分

座長　01-2：鈴木伸治（東京農大），　03-4：渡邊三津子（奈良女子大），

05-6：森尾貴広（筑波大），　07-8：小島紀徳（成蹊大）

No	発表者氏名	タイトル
O1	13:30-13:50	2017 年 7 月 23～24 日の間ノ岳－農鳥岳－広河内岳での強風雨の気象特性 〇真木太一 九州大学名誉教授・日本学術会議連携会員・北海道大学農学研究院
O2	13:50-14:10	人類と砂漠化―多系的変遷― 〇篠田雅人 名古屋大学環境学研究科
O3	14:10-14:30	気候変動と政策に左右される中央アジアのオアシス農業 瀬野佳月[1]，〇星野仏方[1] [1] 北海道大学大学院環境科学, [2] 酪農学園大学農食環境学群
O4	14:30-14:50	モンゴルにおける植生研究への古写真活用の可能性 〇鈴木康平[1]，小長谷有[2] [1] 筑波大学, [2] 国立民族学博物館
	休憩	
O5	15:05-15:25	エジプト西部砂漠オアシス社会における農家戦略 〇岩崎えり奈[1]，柏木健一[2] [1] 上智大学外国語学部, [2] 筑波大学大学院人文社会科学研究科
O6	15:25-15:45	日本におけるチュニジア産オリーブオイルの消費者選好評価 〇丸山優樹[1]・柏木健一[2]・相馬拓宜[2]・喜田川たまき[2]・Lamia Arfa[3]・Erraach Yamna[3]・Lokman Zaibet[3]・礒田博子[2] [1] 農林水産業農林水産政策研究所，[2] 筑波大学，[3] National Institute of Agronomy of Tunisia
O7	15:45-16:05	西アフリカ・サヘルにおけるシロアリのプラスチック製サンダルの摂食行動 〇大山修一 京都大学大学院アジア・アフリカ地域研究研究科
O8	16:05-16:25	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 〇田島淳・海老原和真・鈴木伸治・真田篤史・篠原卓・實野雅太・Ismael Tabarek M. 東京農業大学地域環境科学部

講演要旨集

（ポスター発表）

パレスチナ刺繍の歴史とパレスチナ自治区における現状

Palestinian Embroidery in the past and now in Palestinian Autonomous Region

山本真希[1，2]、川端良子[1]（[1]東京農工大学、[2]パレスチナ刺繍帯プロジェクト）
Maki Yamamoto[1，2], Yoshiko Kawabata[1]
（[1]Tokyo University of Agriculture and Technology、[2]Palestinian Embroidery OBI Project）

はじめに

パレスチナ地方では、農民や遊牧民の女性が着用する野良着の補強のために刺繍が行われるようになり、染料植物栽培やテキスタイル製造も含む染織産業へと発展した。しかし 1948 年のイスラエル建国とパレスチナ難民の大量発生により、多くの染織産業は廃れてしまった。現在のパレスチナ自治区内においては、ＮＧＯや国際機関の支援によりオリーブ農家や難民の女性らを中心に刺繍を受け継ぎ、販売することで経済的な自立にもつながっている。パレスチナ刺繍の歴史と現状を考察する。

パレスチナ刺繍とは

古代カナンとよばれたパレスチナ地方の染織の歴史は古く，華やかに装飾された衣装をまとったカナンの女性の壁画がエジプトのベニハッサンの墓に残されている[1)]。「パレスチナ刺繍」とはパレスチナ地方の女性が着用する衣服に施された刺繍で、オスマン帝国時代後期からイギリス委任統治時代にかけて花開いた。主にクロスステッチとカウチングステッチといった普遍的な技法を用いており、パレスチナ刺繍らしさはクロスステッチをベースに生み出されたユニークな文様や色合いである。元々は農民や遊牧民が野良着を補強するための刺繍から発祥し，身の回りの景色や日々の生活を表現するようになった。最も汎用されているクロスステッチは、アラビア語で「農民の」を意味する「*fellahi*」とよばれている。刺繍は農村部から都市部の女性にも広がり，都市部の裕福な女性は金糸や銀糸を用いて豪華な刺繍ドレスをつくった(図１、図２)。女性は誰もが幼いころから母親や祖母から刺繍を習い，自らの花嫁衣裳をつくるほどの腕前であった。刺繍はパレスチナ女性の日々の生活に密接に結びついた伝統工芸であり、刺繍を施したドレスは自分の出身の地方・村や家族、その社会的な立場も表すものであった。パレスチナ各地にはテキスタイルセンターがあり、パレスチナ内外で作られた織物や糸が豊富を商人が販売していた[2)]。農村の女性は、農作物と交換することで生地や刺繍糸を入手した。20 世紀初頭になり刺繍ドレスが近隣地域やヨーロッパにも知られ人気を博すと，とりわけ腕のよい女性は刺繍を仕事として請け負うようになった。

図１．20 世紀初頭ヘブロンのドレスの裾部分

図２．20 世紀初頭ベツレヘムのドレスの胸元部分

パレスチナ刺繍の現状

1948 年のイスラエル建国にともない多くのパレスチナ人が難民となってから状況は一転し，女性たちは刺繍をする余裕がなくなった。しかし時がたつにつれ、刺繍はパレスチナ人の文化的アイデンティティを表すものとして復興しはじめる。現在パレスチナ刺繍はパレスチナ自治区に住むパレスチナ女性がお金を得るための貴重な手段であり、NGO や組合が技術指導・制作・販売を支援している。Rachel Dedman によると 2016 年時、パレスチナ自治区内で活動している団体は 36 ある[3)]。これら団体の支援で刺繍により収入を得ている女性は農村部と難民キャンプに多い。支援、内容は大きく 3 つあるといえる。①消費者ニーズにあっ

た商品開発と販路の開拓　②若者への技術トレーニング　③パレスチナ刺繍を継承するための啓もう活動。紛争に加え、現代化の影響により伝統刺繍は「古い」ものとされ、以前のように家庭で自然に継承されるものではなくなってきた。そこで、ヨルダン川西岸地区ラマラ県の農村部と難民の刺繍制作活動を詳しく調べた。

1965 年にラマラ県アル・ビーレに設立された The Society of Inash al Usra は、西岸最大規模の女性の自立支援 NGO で、刺繍縫製・調理・美容・IT などの職業訓練や博物館や幼稚園を運営しており、100 名を超える職員を雇用している。現在 5000 人以上の女性が刺繍職人として登録しており、受注に応じて刺繍製品を生産している。この団体に登録しているのは農村部に住むオリーブ農家の女性が多い（図３、図４）。彼女たちは幼いころから刺繍をする伝統を受け継いでいるため優れた刺繍の腕前をもつ。女性たちは農閑期に刺繍をし、オリーブ収穫時期は農業に専念する。団体は、刺繍がたっぷり施された伝統的なドレスや、ストール・インテリアを登録農村女性に制作依頼し、完成品を顧客であるパレスチナ内外に住む富裕層のパレスチナ人に販売している。

図３．ラマラ郊外マザリ・アル・ヌバーニ村のオリーブ畑

図４．ラマラ郊外アロウラ村の自宅で刺繍する農民女性たち

難民の団体として、1993 年に国連とドイツ政府の支援で設立された生産者組合である Amari Women's Program Center があげられる（図５）。この団体は、ラマラ中心部すぐ近くに位置するアマリ難民キャンプにあり、現在、約 30 名の難民女性が刺繍部門の組合員として所属している（図６）。彼女たちは、ストールやクッションカバーといったファッション雑貨やインテリア製品を、NGO や販売店からの注文で制作している。主なエンドユーザーは裕福な外国人である。50 代以上の女性は、幼いころに母親から刺繍を習ったものが多く、若い世代はセンターの技術指導により習得したものもいる。

図５．アマリ難民キャンプ大通り

図６．センターで刺繍する難民女性たち

これらの調査から、ラマラの刺繍生産団体では農村部と難民では生産体系が違うことが明らかとなった。農村女性は、登録した自立支援 NGO から依頼され刺繍製品を制作し NGO に収めて収入を得ていた。一方、難民は自ら生産組合を作り、刺繍製品を生産していることが明らかとなった。

参考文献

1. Edward Brovarski, et al(1982): Egypt's Golden Age: The Art of Living in the New Kingdom
2. Shelagh Weir(2009): Palestinian Costume
3. Rachel Dedman(2016): At The Seams: A Political History of Palestinian Embroidery

北海道の草地における光学-SAR 衛星データ複合利用による地上バイオマスの推定

Estimation of Aboveground Biomass in Grassland in Hokkaido
Using in Combination with Optical and SAR Satellite Imagery Data

橋本裕紀，島田沢彦，関山絢子，山崎由理
Hiroki Hashimoto, Sawahiko Shimada, Ayako Sekiyama, Yuri Yamazaki
東京農業大学

1. はじめに

草地は，地球の陸域生態系の主要な構成要素であり，陸域面積の 30%以上を占めている（Shoko et al., 2016）．また，飼料を提供する草地は，半乾燥地において家畜生産の重要な場である．そのため草地の劣化は，牧養力に影響を及ぼし，半乾燥地における生産持続可能性を低下させる．草地の状態を把握するための情報として地上バイオマス（AGB: Aboveground Biomass）がある．AGB は草地の成長と状態を特徴づける重要な情報であり，草地の飼料量や放牧率を推定するのに用いられる．しかし，広域な草地において AGB をフィールドベースの手法で計測するのは時間や労力がかかる．そのため，広域に草地をモニタリングするにはリモートセンシング技術が有効である．

従来から光学衛星画像を用いた手法が開発されてきた（川村・秋山, 2012）．一方で近年 SAR（Synthetic Aperture Radar）と呼ばれるマイクロ波を用いた能動型センサによる観測を行う衛星の運用が拡大している．SAR 画像では光学画像で問題となっていた雲の影響を受けずに観測を行える長所がある．SAR 画像を利用した AGB 推定の事例では畑作物や樹木を対象とした研究が多く存在するが，草地を対象とした事例は少ない．また，近年 ESA（European Space Agency）より C-Band-SAR が搭載された Sentinel-1 の画像が無料で公開されている．Sentinel-1 は二偏波観測であるが，商用衛星を利用する場合と比較して，費用対効果が高くなることが期待される．さらに ESA の Sentinel 衛星には光学衛星 Sentinel-2 も存在し，これら光学・マイクロ波リモートセンシングの併用により AGB 推定の精度向上が期待できる．

本研究の目的は北海道の草地を対象に Sentinel-1 画像を用いて機械学習による AGB 推定モデルの開発を行うこと， また, Sentinel-1 (SAR)と Sentinel-2 (光学画像)の複合利用による AGB 推定モデルの開発と精度評価を行う．

2. 対象地

北海道様似郡様似町における駒場牧場（42°12'55.9"N 143°00'34.4"E）の採草地（Site 1, 2, 4, 5）および，北海道帯広市八千代町における 八千代公共育成牧場（42°12'55.9"N 143°00'34.4"E）の採草地を対象とした．どちらの草地もチモシー（*Phleum pratense*）とシロツメクサ（*Trifolium repens*）の混播草地である．調査日は 2019/8/24 (9 samples in Samani), 2019/8/25 (3 samples in Yachiyo), 2020/9/2 (6 samples in Samani), 2020/10/15 (25 samples in Samani)に行った．各採草地で 1 m² のコドラートを設置し地上部の草をすべて刈り取り（坪刈り），その乾燥重量を AGB とした．様似では 1 番草（6 月下旬収穫)と 2 番草（9 月上旬収穫)の 2 回に分けて収穫を行う．

Fig. 1　Study target site

3. 使用データと機械学習モデル

機械学習モデルのトレーニングデータには現地調査の坪刈りから求めた AGB の実測値を用いた (N=40). また, 精度評価では様似の 2017 年～2020 年のサイレージの個数のデータ (Site 1, Site 2, Site 4, Site 5)をサイレージの容積から乾燥重量へ換算する手法 (宗谷普及員ロールベール調査班試案, 1994)により個数を乾燥重量に変換したデータを使用した (1 番草：N=15, 2 番草：N=16). Sentinel-1 (SAR 画像)からは後方散乱係数と偏波コヒーレンス, エントロピーH, α 角を求めた. Sentinel-2 (光学画像)からは植生指数 (NDVI, LSWI)と反射率 (Band 2, 3, 4, 5, 8A, 11, 12)を求めた. Sentinel-1 と Sentinel-2 から求めた変数を AGB 推定モデルで使用した.

Table 1　Created models and used variables

Opt. 1	NDVI, LSWI（植生指数）
Opt. 2	反射率 (Band 2, 3, 4, 5, 8A, 11, 12)
SAR	後方散乱係数, 偏波コヒーレンス, エントロピー, α角
Combi. 1	Opt. 1 + SAR（植生指数＋SAR）
Combi. 2	Opt. 2 + SAR（反射率＋SAR）

また, AGB 推定モデルには EBM (Explainable Boosting Machine)を使用した。EBM は従来の RF や SVM と比較して高い推定精度と解釈可能性を併せ持った一般化加法モデルがベースの機械学習モデルである.

4. 結果

本研究では相対予測誤差 15%以下を実際の農場で利用できる精度として採用した. Table 2 に各モデルの 1 番草と 2 番草の推定誤差 (RMSE)と相対予測誤差 (RPE)を示す. 今回作成したモデルはどれも 1 番草の RPE が大きかった. これは今回学習に利用したデータに 1 番草のデータが含まれていなかったことが考えられる. 一方で, 2 番草の RPE はどれも 15%以下で実際の農場でも利用できると考えられる. また, 使用する変数に関しては, 光学画像の植生指数と SAR 画像の変数を利用したモデル (Combi. 1)が最も高い精度を示した.

Table 2　Results of models for test

Model		Opt. 1	Opt. 2	SAR	Combi. 1	Combi. 2
使用変数		S2** (Vegetation Indices)	S2 (reflectance)	S1*	S1+S2 (Vegetation Indices)	S1+S2 (reflectance)
1番草 (N=15)	R^2	0.629	0.348	0.835	0.690	0.418
	RMSE† (kg)	5855.4	6558.5	8376.0	6385.0	6790.0
	RMSE (kg/ha)	1526.0	1709.3	2183.0	1664.0	1770.0
	RPE‡ (%)	12.9	14.4	18.4	14.0	14.9
2番草 (N=16)	R^2	0.782	0.389	0.841	0.782	0.492
	RMSE (kg)	2562.2	3831.7	3791.8	2335.4	3276.2
	RMSE (kg/ha)	667.8	998.6	988.2	608.7	853.8
	RPE (%)	8.1	12.1	12.0	7.3	10.3
全体 (N=31)	R^2	0.472	0.261	0.689	0.523	0.552
	RMSE (kg)	4469.7	5328.3	6431.8	4747.8	5277.1
	RMSE (kg/ha)	1164.9	1388.7	1676.3	1237.4	1375.3

5. まとめ

SAR 画像 (Sentinel-1)と光学画像 (Sentinel-2)を用いて EBM により AGB 推定モデルを作成した. その結果光学画像と SAR 画像を組み合わせたモデルが最も高い精度を示した (RMSE =608.7 kg/ha). 本研究で作成したモデルにさらに 1 番草のデータを学習に含めることで, 1 番草の推定精度改善が期待できる. また, SAR 観測は地表面のラフネスや水分状態などに影響を受けることから, 雨量や入射角などの情報を学習に含めることで更なる精度向上が期待できる.

6. 参考文献

Shoko et al. (2016), Progress in the remote sensing of C3 and C4 grass species aboveground biomass over time and space, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 120, October 2016, Pages 13-24

川村健介, 秋山 侃 (2012). 「精密な草地管理のためのリモートセンシング」, Journal of The Remote Sensing Society of Japan Vol. 32 No. 4 (2012) pp. 232-244

高木正季 (1994).【地域便り】「ロールベールの重さを体積から推定」, 月報「畜産の情報」, 1994 年 2 月 https://lin.alic.go.jp/alic/month/dome/1994/feb/tiiki02.htm, (参照 2021/1/15)

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

Farming area extraction using a deep learning model from satellite images in Djibouti

佐藤拓己（株式会社シーエーシー）・島田沢彦・関山絢子（東京農業大学）

Takumi Sato (CAC), Sawahiko Shimada, Ayako Sekiyama (Tokyo University of Agriculture)

1. はじめに

ジブチでは国民の約 25%がヤギやヒツジ・ラクダによる遊牧を営んでいるが，近年の気候変動による旱魃により牧草が不足し，遊牧生活は困難になっている．多くの遊牧民は湾岸労働による収入で生活しているがその労働機会・収入は不安定である．このような状況を改善するため同国政府は地方部の遊牧民が農業により生計手段を補強することを方針とし，一次産業開発計画 2010-2020 (PDDSP) を策定した．ジブチのような乾燥地域に新たな農園を設営するには，持続的な水資源利用と営農方法の策定が必要である．そのためにはジブチで現在持続的に運営されている農園における立地・水資源・営農環境のデータ解析が求められる．しかし，ジブチ地方部では慣習制度によって土地の利用が認められており，公的機関に対する農園取得手続きが行われないため，農園として利用されている場所を把握できていない現状にある．

リモートセンシングはマッピングための費用と時間のかかるフィールド調査の代替手段として適用されており，近年ではリモートセンシング分野では被覆分類，物体検知などのタスクに深層学習モデルが適用され高い精度を出している．しかし大半の論文においては，リモートセンシング用の深層学習アルゴリズムの開発に注力されており，実際の現地衛星画像データを用いた研究はあまり見られない．また機械学習・深層学習を用いた研究によると車・船などの定形を持った物体に対して有用であるが，ジブチの農園のような不定形かつバックグラウンドとの境界が不明瞭な土地被覆抽出の研究例はない．

本研究では，ジブチ全域において深層学習手法を用い，衛星画像内の農園の位置を特定する．また，深層学習による農園領域推定の可能性を探ることを目的とする．

2. 対象農園

Google Earth 画像（2018～2020 年撮影）を用い農園領域の抽出を行い（図 1），合計 670 の農園ポリゴンデータを作成した．670 ポリゴンの内 580 をモデルの学習用，90 ポリゴンを精度検証で用いるテスト用データとした．

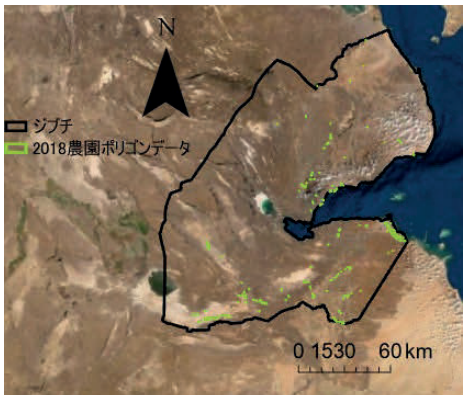


図 1　2018 年の農園ポリゴンデータ

3. 使用画像データ

Sentinel-2（光学衛星）の Band-2, Band-3, Band-4, Band-8, Band-12 を用いて以下の画像データを作成し，農園抽出に用いる．

3.1. RGB 画像

Band-2, Band-3, Band-4 を用い，RGB 画像を作成する．

3.2. NDVI，NGRDI，NDWI 合成画像

Band-3, Band-4, Band-8, Band-12 用い，植生指数である NDVI, NGRDI, NDWI を算出する．NDVI, NGRDI, NDWI を合成した，3 バンド画像を作成する．

4. 農園抽出のモデル

本研究では深層学習モデルである Mask-RCNN と機械学習土地被覆分類モデルの Support vector machine (SVM)を用いた農園領域抽出方法を比較検討した．

5. 精度検証

モデルの精度検証のために適合率と再現率を算出した．また，農園位置の推定を検討するために，的中率とヒット率も求めた（以下式）．

$$\text{的中率} = \frac{\text{予測データの中で教師データを予測した数}}{\text{予測データ数}}$$

$$\text{ヒット率} = \frac{\text{予測データの中で教師データを予測した数}}{\text{教師データ数}}$$

6. 結果

6.1 出力結果

学習済みの Mask-RCNN・SVM モデルを用い，RGB 画像および NDVI・NGRDI・NDWI 合成画像から農園検出を行い，適合率・再現率・ 的中率・ ヒット率を算出した（表 1）．

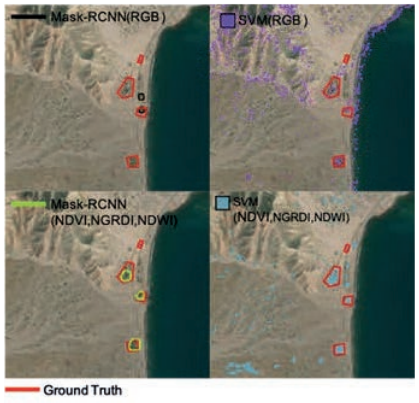


表 1　各モデルの適合率・再現率・適合率・ヒット率

	Mask-RCNN (RGB)	Mask-RCNN (NDVI, NGRDI, NDWI)	SVM (RGB)	SVM (NDVI, NGRDI, NDWI)
適合率	0.234	0.311	0.003	0.006
再現率	0.031	0.065	0.774	0.642
的中率	0.259	0.277	-	-
ヒット率	0.118	0.211	-	-

適合率は NDVI・ NGRDI・ NDWI 合成画像を使用した Mask-RCNN が最も高い精度となった．再現率は SVM のモデル精度が高い数値を出しているが，出力数が多いため，適合率は低くなっている（表 1）．Mask-RCNN の出力結果の特徴として以下のことが挙げられる．再現率とヒット率の違いにも表れているように，深層学習モデルでは農園領域内の一部分を予測農園として検出していることが多かった．ジブチ東部，南西部に存在する農園密集地域の農園については，モデルにより検出することができず，全て未検出であった． 誤検出に注目すると，ジブチ地区のワジや道路沿いの植物群を農園として検出してしまうことが多い傾向があった．

6.2 出力結果(農園密集地域除外)

検出精度が低くなった要因である農園密集地域の農園をテスト用の農園ポリゴンデータを除いて，再現率とヒット率の再計算を行なった（表 2）．その結果植生指数画像を用いた Mask R-CNN モデルでの再現率，ヒット率はそれぞれ，19.6%，34.8%となった．

表 2　各モデルの適合率・再現率・適合率・ヒット率

	Mask-RCNN (RGB)	Mask-RCNN (NDVI, NGRDI, NDWI)
再現率	0.059	0.124
ヒット率	0.196	0.348

7.　結論

農園位置の推定精度として的中率が 27.7%，ヒット率が 21.1%の値が得られた．個別農園の境界が重複し形状が複雑になる農園密集地域の農園を除外した場合，ヒット率は 34.8%の値に精度が向上した．また農園位置に加え面積の推定も試み，その精度として，適合率 31.1%，再現率 6.5%の値が得られた．農園密集地域の農園を除外した場合，再現率 12.4%の値が得られた．

参考文献

国際協力機構（JICA）／NTC インターナショナル株式会社（2014）：ジブチ国南部ジブチ持続的灌漑農業 南部ジブチ持続的灌漑農業開発計画プロジェク 開発計画プロジェクト(ファイナルレポート)

島田沢彦，中西康博，木村李花子，渡邉文雄，渡辺智，山本裕基,伊藤豊，大山修一，ファドモ A マロウ（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

ジブチにおける水資源データベースの検証と流域水循環に関する研究

Verification of water resources database and Study on water cycle in Djibouti.

鈴木 綾太※、鈴木 伸治※※、渡邉 文雄※※、島田沢彦※※
（※大成建設株式会社、※※東京農業大学 地域環境科学部 生産環境工学科）
Ryota Suzuki※、Shinji Suzuki※※, Fumio Watanabe※※, Sawahiko Shimada※※
（※Taisei Corporation、※※Tokyo University of Agriculture）

1・ はじめに

ジブチは年間降水量約 150 mm 程度，最高気温約 50 ℃を 超え，乾燥地域に属した過酷な自然環境である．今後，ジブチにおいて気候変動や人口増加，都市化が進むと，水資源の要求量は 2000 年に比べて 2025 年には 3 倍増加するという報告がある（Malow *et al*, 2017）．

ジブチ政府は 2017 年に国策として「Vision Djibuti 2035」を掲げ，政策の一部に地下水を利用できる施設の増加，また水資源を利用した農業の強化による食料自給率のベースアップを狙っている．これらを受け，東京農業大学では 2019 年度から緑化プロジェクトが始まり，本研究もプロジェクト目標である水資源ポテンシャルの把握に準拠した.水資源ポテンシャルの評価において，様々な解析を行う際，行政機関や国連機関からデータを入手する必要がある．しかし，入手したデータの品質が保証されているわけではないため，整理および整合性の検証を行う必要がある．

そこで本研究では，既存の水資源情報の整合性を検証するとともに，水資源ポテンシャル評価の一環として，井戸情報を基準とした地下水解析を行うことを目的とした．

2・ 既存データベースの整合性

ジブチにおいて生活や農業用水として使用する水は，表流水,浅井戸,深井戸の三種類の利用が主である．これらの水資源の情報を，農業省と FAO が 2017 年にデータベース化した．しかしながら，データベースには調査年の不明や項目の未記載が見受けられ，整合性検証のため現地調査を行った．その結果，19 ヶ所の調査地点のうち，半数以上が新規に追加され，またデータベースに記載されていた場合でも最大約 100 m の座標誤差があることがわかった．2017 年にデータベースが整理されたものの，不完全な部分があり，今後の研究および開発を行う際，再度調査を行う必要があると考えられる．

以上より，本研究においてはデータベースのみの利用ではなく，現地調査で得られた情報を用いて地下水解析の検討を行った．

3・ 井戸情報を基準とした地下水解析の検討

3-1・ 解析対象地域

本研究では同国最大の集水域である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 km^2）を対象とした．同集水域は，現地調査した地点（11 ヶ所）を含みかつ，13 ヶ所の小規模農園を含んだ地域である．同集水域の地形は，ワジが東から西へ横切っており，標高差は 300 m 程あり，ワジ沿いは水食による急な傾斜を形成している．土地被覆は，ほとんどを岩と礫・砂に覆われており，点在する植生は小規模農園である．季節的に気温が低くなるタイミングで多年生植物が生長するが，一年のうちほとんどが裸地である．地質は，ORSTOM（1986）のジブチ全土の地質図を参考にした．集水域の大部分をダーハ玄武岩（9.0M-3.8M 年前）に覆われ，ワジと下流部の起伏がなだらかな新期堆積物（1.2M 年前-現在）が広がっている．

3-2・　解析方法

限られた情報（水資源や地質情報）で地下水解析を三次元で行うために，ジブチでの水循環解析の実績のある統合型水循環シミュレーションシステム GETFLOWS を採用した．

GETFLOWS の空気・水二相流体の支配方程式は，空気・水の質量保存式と一般化ダルシーの法則を組み合わせた次式で表される(式 1)．

$$\nabla\left(\frac{Kk_{rp}}{\mu_p B_p}\nabla\Psi_p\right) - q_{ps} = \frac{\partial}{\partial t}\left(\emptyset\frac{S_p}{B_p}\right) \qquad (1)$$

$$p = water, air, NAPL$$

ここに，Kは絶対浸透率(m²)，k_{rp}は相対浸透率　(-)，μ_pは粘性係数(Pa·s)，B_pは容積係数(m³/m³)，Φは間隙率(-)，S_pは飽和率(-)，q_pは標準圧力における単位体積，単位時間あたりの生産圧力速度(m³/m³/s)である（登坂ら,1996）．解析地域は，約 30×30 m の直行格子によって二次元で空間的に離散化した．標高や地質，土地被覆は平面格子のコーナーポイント座標に割り当てを行った．次に，平面格子を深度方向に拡大し，鉛直方向に沿って再度離散化し，三次元の立体格子を作成した．記録された格子総数は 291,450 セルである．

4・　結果および考察

調査によって得られた 11 地点の水位標高と地下水解析によって得られた推定水位標高の比較したところ,推定水位は実際の水位よりかなり深く存在する結果となり，誤差範囲 9.4308 m（RMSE）までの再現にとどまった．入力標高データが 5 m 分解能であることを考慮して，おおよそ±5 m は見込まれるが，再現の傾向として地表面に近くなるにつれて，推定値は深く見積もられることがわかった．

このような誤差として考えられる要因は，地盤物性における地質情報が再現できていなかったと考えられる．本解析では浅層地下水を対象としていため，ワジ（堆積物）の層厚が重要であり，通常は文献や微動アレイ調査等で求められるが，情報を入手することはできなった．このことから，今後の浅層地下水を対象とした解析において，ワジの層厚を調査する必要があると考えられる．

5・　まとめ

農業省と FAO がまとめた水資源データベースを基に，調査項目や利用状況を更新するために現地調査を行ったところ，座標の誤差や記載があるもののすでに使用されていない地点が存在した．またマップに記載されていない井戸が多数存在した．また，調査結果をもとに地下水解析を行ったところ，調査時の水位標高より深く水位がある計算となり，誤差は 9.42308 m（RMSE）までの再現となった．これはワジの層を本研究で最適化出来なかったことが考えられ，今後の研究の課題となることが示唆された．

本研究は、令和元年度　SATREPS プロジェクト「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：東京農業大学 島田沢彦）」によって行われた。

6・　参考文献

① Fadoumo,A.M., Shimada,S., and Hazart,A. (2017):Event-based Rainfall-runoff Simulations using GETFLOWS for Kourtimalei Catchment in Djibouti,International Journal of Environmental and Rural Development.8-1,169-175.

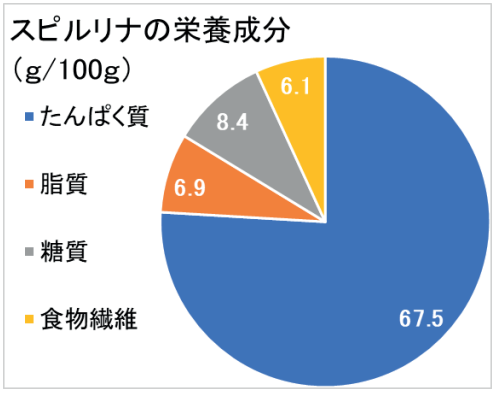
② 登坂博行，小島圭二，三木章生，千野剛司（1996）：地表流と地下水流を結合した 3 次元陸水シミュレーション手法の開発，地下水学会誌，第 38 巻第 4 号，253-267.

子牛代用乳原料としてのスピルリナ活用の検討

Examination of utilization of spirulina as a milk replacer for calves

石塚翔　高木才叶　黒澤亮　（東京農業大学農学部）
Kakeru Ishitsuka, Sakyo Takagi, Akira Kurosawa
(Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture)

Arthrosphila platensis（通称、スピルリナ）は，シアノバクテリアに属する浮遊性単細胞微細藻類である。全長 200μm～500μm，幅 6～10μm と微細藻類の中でも大型で，熱帯および亜熱帯地域の強アルカリの水域に棲息する。スピルリナは古来よりアフリカのチャド湖周辺で食糧となっているほか, 14～16 世紀の古代メキシコアステカ文明において食用とされていた記録もある。このようにスピルリナは熱帯乾燥地の環境で生息し，培養が可能である。近年では大量培養が進められ，栄養補助食品，食品着色料，さらに飼料添加物への利用が広がっている。



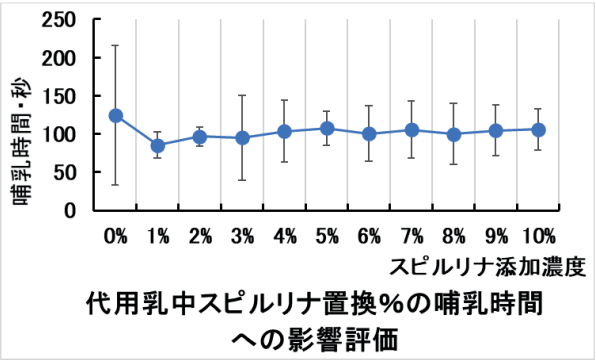
またタンパク質を豊富に含むことから、昆虫食と並ぶ未来のタンパク質源としても期待されている。高タンパク質な飼料原料として期待される一方で、既存の配合飼料原料として用いる上では、栄養成分と形状が類似する原料と置き換えて評価する必要がある。そこで、栄養豊富であることが期待される子牛代用乳に着目した。子牛の哺乳期における消化器への刺激は、その後の栄養吸収に重要な役割を果たす。スピルリナには、水溶性難消化多糖類が含まれることが報告されており、消化管を刺激できると推察される。また、スピルリナは、ブロイラーやラットに給餌することで、給餌後血糖値の上昇が緩やかになることが報告されている。血糖値は、摂食調節に関与しており、その上昇抑制は動物の飼料摂取を促進すると考えられる。

	CP%
SP	65.8
代用乳	23.7
SP+代用乳	26

そこで本試験では、スピルリナを代用乳として活用することを目的とした基礎研究として、**①代用乳に嗜好性を損なわずに添加できる量、②摂取後の血糖値推移への効果、③摂乾物摂取への効果、④育成以降の体重増加への影響**について検討した。

①代用乳に嗜好性を損なわずに添加できる量

離乳 1 か月前の和牛 2 頭を対象に代用乳原末重量比で 1%～10%までスピルリナに置換えてたミルクを哺乳し、飲み終わりまでの時間を秒単位で計測した。代用乳は、市販の代用乳 250g を 38℃の水 2L で溶解して与えた。なお、哺乳瓶底に不溶解物が残らないように留意した。計測結果から、無添加時の吸引速度と比べて 10%置換時まで遅くなることは認められなかった。以上の結果は、スピルリナ不溶解物が吸口をふさぐことや、嗜好性を損なわないことを示すと考えられた。



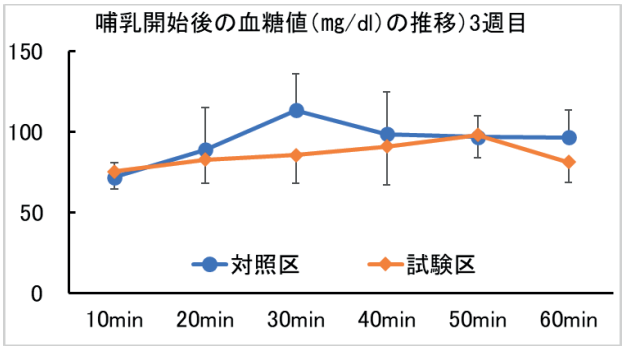
代用乳中スピルリナ置換%の哺乳時間への影響評価

一方で、9%以上の置換え時に子牛の糞便が緩くなることが確認されたため、健康的に給与できる濃度を 8%と決定し、以後の実験を実施した。

②摂取後の血糖値推移への効果

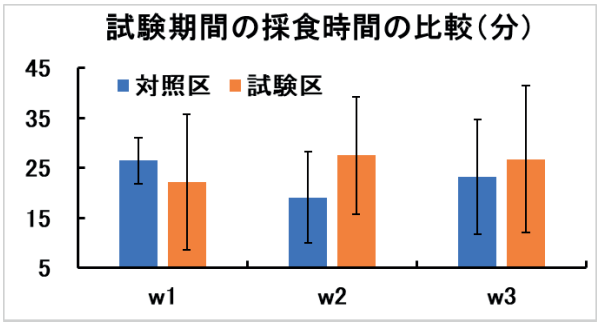
離乳 1 か月前の和牛子牛 10 頭を、対照代用乳を哺乳する区と 8%スピルリナに置換えた代用乳を哺乳する区にそれぞれ 5 頭配置し、1 週間の管理者の馴致期間を設け、その後 3 週間の給与試験を実施した。血糖値の測定は、哺乳完了 10 分後から 10 分間隔で 60 分まで実施し、簡易血糖値測定器『グルテスト』を用

いて測定した。3 週目の成績を右図に示した。血糖値は、食事後の糖質吸収に伴い上昇し、その後漸減する傾向を示す。開始前の結果は、それぞれの供試牛のベースラインとして測定し、試験最終週の結果から効果を検証した。3 週目の結果において対照区は、30 分後に最大値に達したのに対して、試験区では 50 分後の値が最大値となり、その値も対照区に対して低い値を示した。この結果は、スピルリナ摂取により、血糖値の上昇が緩やかとなり、最大値も抑制されることを示唆した。



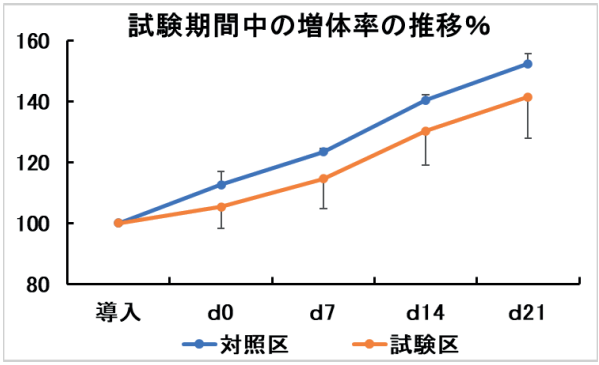
③摂乾物摂取への効果

哺乳期の子牛には、哺乳後に固形飼料も給与する。これは、固形摂取量が 1kg を超えたことを離乳の目安とする慣習からで、この乾物摂取量が多いことが消化器の発育の指標とされる。本試験では、子牛を群飼したため正確な摂取量を計測できないため、個体ごとに採食時間を秒単位で計測した。結果は、週ごとに集計し試験区間の比較を右図に示した。いずれもバラツキが大きく、決定的な結果とはなり得ないものの、試験区の採食時間は、少なくとも対照区に対して短くなることはないと推察される。



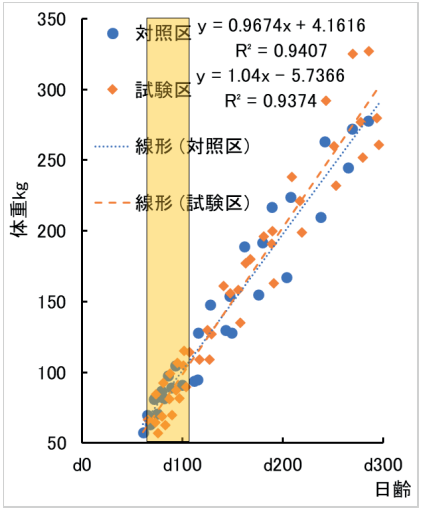
④育成以降の体重増加への影響

右図は、試験導入時の体重を 100 とした時の指数で示した増体率の推移を示したもので、試験区の体重が低く推移しているが、子牛は体調を崩しやすいことがあり、下痢を発症すると、体重は減少し固形飼料の採食もしなくなる。以上の状況から子牛の体重推移は、不安定となる。また、スピルリナは、摂取増加により下痢発症が確認されているため、特に未発達の消化器に対しては、負荷をかけることが推察される。



一方で、牛の発育には、代償性成長という育成初期の成長抑制が後に、大きな増体効果を発揮させる育成方法があり、発現のために消化器に適度な負荷をかける方法が用いられている。本試験においても、試験期間中の体重増加に抑制傾向がみられることから、育成終了時までの体重推移を確認した結果を下図に示す。

離乳後の体重も含めた、グラフにおいて試験区が 10%弱の増体速度の向上が見られた。この結果から、少なくとも、離乳後の発育に対して悪影響を残すことはなく、育成時の発育を加速させる可能性を含ませるものと考えられる。



まとめ

スピルリナを代用乳原料として用いる際には、下痢誘発性を含むことを加味して、摂取量を緩やかに増加させることに流する必要があるが、発育に内する悪影響はないものと推察される。また、スピルリナに類似する藻類も水に溶ける原料を引用させることで幼動物に栄養摂取させる方法を模索することで、畜産飼料の新しい可能性が見出せると考えられた。

乾燥地・半乾燥地における「熱」の多面性

―衣・食・住・農の視点から―

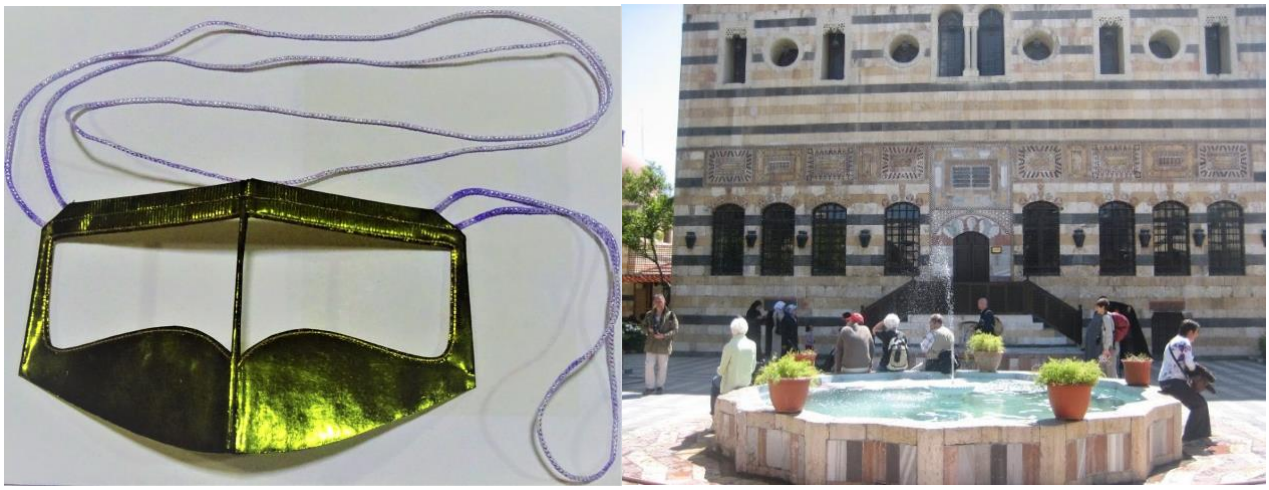
Responding to Heat in Arid and Semi-Arid Areas: Perspectives from Dress, Food, House, and Agriculture

後藤真実（東京外国語大学）、佐藤麻理絵（京都大学）、實野雅太（東京農業大学）、西川優花（日本貿易振興機構アジア経済研究所）

Marie Sato (Kyoto University), Manami Goto (Tokyo University of Foreign Studies), Masataka Jitsuno (Tokyo University of Agriculture),Yuka Nishikawa(Institute of Developing Economies, JETRO)

本報告の目的は、乾燥地・半乾燥地における「熱」に着目し、同地域の文化や生業における「熱」利用や実践の多面性を描き出すことにある。具体的には、イラン、湾岸アラブ諸国、ヨルダンを中心とした中東地域を対象に同地域に暮らす人びとの「熱」利用やその実践について、衣・食・住・農を事例に考察していく。

乾燥地における「熱」は、多くの場合日射によりもたらされ、気温の日較差によって急速に失われもする。湾岸アラブ諸国では、4 月から 9 月の夏季の気温は 50 度を超えることもあるため、日中は屋外を歩く人もまばらとなる。また、高地や山岳地を有するレバノンやイランでは、地域によっては冬季には降雪も見られ、気温は零下を下回ることもある。中東地域を一括りにすることは出来ないものの、概ね乾燥地域・半乾燥地域に属している中東地域は、日射量が豊富で降水量は少なく、気温の日較差が著しいという環境下にあるという点においては広い範囲で共通しているといえるだろう。こうした環境下において、日射による「熱」は、同地域に生きる人々の衣服や住居、農業や牧畜などの生業や食事、儀礼など、生活様式のあらゆる側面を規定する要素の一つとなってきた。例えば、湾岸アラブ諸国の女性たちが伝統的に着用してきた仮面は、男女の交わりを制限する社会において、女性の美の象徴である「顔を隠す」という文化的側面がある一方、「日差しから目や皮膚を守る」という実用性も兼ね備えたものである（写真１）。また、中東地域における伝統的な中庭住居は、開放的な中庭空間が室内温度を調整する役割を果たしてきた。中庭には噴水が設けられ、植物が豊富に配置されるなど、視覚的にも体感的にも涼を取り入れる工夫がなされてきたのである（写真２）。



（写真１：左）アラブ首長国連邦のインディゴ染色の仮面（*burquʿ*）（2018 年 3 月後藤撮影）
（写真２：右）ダマスカス旧市街の邸宅（*Qasr al-ʿAẓum*）の中庭（2010 年 4 月佐藤撮影）

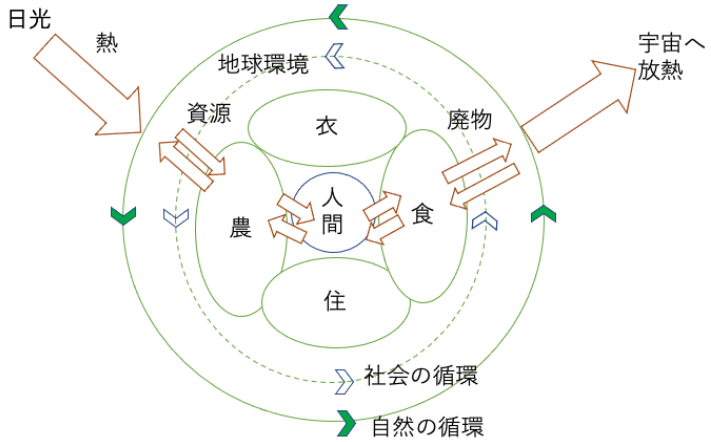
こうした「熱」に対応する知や実践は、衣服や住居の形状に留まらない。乾燥地での生存を可能としつつ、生活を豊かにする工夫として、文化や生業のあらゆる側面で蓄積されてきたと考えるべきだろう。これらは各地で独自の発展を遂げながら、現在まで受け継がれている。尤も、「熱」はありすぎても無さすぎても困るものであり、我々は常に「熱」の作用を調整しながら最適解を探してきた。乾燥地・半乾燥地

において、「熱」の調整は生存にも関わる程に重大な要素であり、夏の暑い時期には容赦なく降り注ぐ「熱」を遮ったり逃したり、日較差が大きく急激に寒くなる砂漠下の夜間には蓄熱や保温の工夫を衣服や住居に施したりしてきたのである。伝統的に育まれてきた「熱」との上手な付き合い方に、現代では新しく生み出された科学技術が加わり、伝統知を補完しつつさらなる革新がもたらされていると考えられる。

さて、熱力学の分野では、「熱」はそれ自体では意味をなさず、分子や原子が集まった「系（system）」として理解される。また、系として成立したときに発生するのが温度であり、高温や低温として示され、私達はこれを「熱」の作用として捉える。つまり、一般に「熱」は「系の温度を上げ下げするなど、系の自状態を変えるために外からする操作または作業に関するエネルギー量」と定義される（松下 2009: iv）。同時に、エネルギー量はジュール（J）という単位で数値化され、数字として可視化されるものである。

しかしながら、こうした科学分野における「熱」の定義では本報告が扱う中東地域の文化や生業に通底する「熱」を表すには不十分である。そのため、本報告では「熱」を「系の温度を上げ下げするなど、系の自然状態を変えるために外からする操作、または作業に関する知と実践」と定義する。この場合に温度は、体温、血圧、カロリー量、外気温、皮膚温、全熱抵抗値、冷感受性、微気候状態、快・不快指数などを指す。つまり「熱」は温度の上下を司るものとして、体温やカロリー量などを通して数値化されるものもあれば、快適さ、心地よさなどの感覚として獲得され、数値化されないものも含む。本来、熱力学などの科学の分野において「熱」は数値として示されることを前提に扱われるが、本報告では「熱」に関わる知や実践を総合的に系として捉えることで、その多面的な側面を示すことが出来ると考える。

本報告が目指す、乾燥地・半乾燥地における「熱」の捉え方については、以下の図のとおりである。地球環境に取り込まれた「熱」は、自然の循環に従って一部は資源として取り込まれ、この循環に従い廃物として宇宙へと還されていくのが基本である。図は、「熱」は同時に自然環境の内部にある人間社会においても取り込まれ、衣・食・住・農における知的営為と実践の中で調整され、最適解が導き出されながら循環していることを示している。ここでは人間生活にとっての三大要素である衣・食・住と、これに深く関わる農業を取り上げている。



（図）衣・食・住・農領域における人間と地球環境にまたがる「熱」循環のフロー
出典：（槌田 1992: 161）を参照し筆者作成

世界規模の温暖化が進む中で、乾燥地・半乾燥地における「熱」の最適解を求めることは一層困難になることが予想される。資源の枯渇化を顧みず、生産性向上や技術革新へ邁進する現代社会にあって、「熱」との関係がかつてより深い中東地域の知や実践を改めて考察することは、持続可能な生活様式へのヒントを与えてくれるものであろう。

参考文献：松下貢. 2009.『熱力学』裳華房.
槌田敦.1992.『熱学概論―生命・環境を含む開放系の熱理論』朝倉書店.

講演要旨集

（口頭発表）

2017 年 7 月 23～24 日の間ノ岳－農鳥岳－広河内岳での強風雨の気象特性

Meteorological characteristics of stormy weather at Mts. Ainodake, Notoridate and Hirogouchidake on July 23-24, 2017

真木 太一（九州大学名誉教授・日本学術会議連携会員・北海道大学農学研究院）
Taichi MAKI (Prof. Emeritus of Kyushu University, Member of Science Council of Japan and Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University)

１．はじめに

高山は大雨の一方、強風で乾燥しやすく、気象格差が大きく沙漠気象に類似することも多い。2017 年 7 月 22 日甲府－広河原－北岳山荘、23 日北岳山荘－（強風雨）中白根山(3055m)－間ノ岳(3190m)－農鳥小屋、24 日農鳥小屋－（強風雨）西農鳥岳(3051m)－農鳥岳(3026m)－広河内岳(2895m)－大門沢小屋、25 日大門沢小屋－奈良田－甲府であった（真木、2019)。7 月 23～24 日の荒天気象を解析した。

２．解析方法

高山の地形と気象の関連解明のため、天気図、地形図、標高等を評価した。地上気象はアメダスデータ、輪島・潮岬・館野の高層気象データを利用し、風速・気温等を解析した。高山では気象データが得られず、低平地の気象からは気象予測・推定は難しいが、高山の気象を加えて 7 月 23～24 日の山岳（3000m 高）の悪天候への変化過程および山岳における風向・風速・気温・相対湿度の推定を行った。

３．解析結果と考察

(1)天気概況：7 月 22 日 9 時は西日本から東日本は高気圧に覆われる一方、秋田県では活発な寒冷前線の通過によって大雨となっており、日本海の停滞前線は日本海中部まで南下している。23 日 9 時は停滞前線沿いの北海道と東北に 1006 と 1004hPa の低気圧が発生すると共に、秋田県では大雨になった。日本海の梅雨（停滞）前線は一層南下して能登半島に達しているため、広範囲で曇りや雨となり、現地の間ノ岳付近では 9 時頃より強風雨濃霧の荒天となった。24 日 9 時には梅雨前線は能登半島から新潟－仙台付近に達し東西に延びており、梅雨前線付近の北陸～東北南部では大雨となり、現地・間ノ岳付近では強風と雨の荒天が継続した。台風 5 号は 7 月 20 日に南鳥島付近で発生し、21～25 日には日本の遙か東の太平洋を迷走し、31 日に 935hPa に発達して北西進、8 月 7 日に 970hPa で和歌山県に上陸し日本海上で 8 日温帯低気圧になる 19 日間の一位タイの長寿台風となった。

(2)最大平均風速・最大瞬間風速と標高との関係：

最大平均風速と最大瞬間風速の標高との関係を求めるにあたり、富士山、槍ヶ岳、南岳の高山の風速を取り入れた関係式を求めた。図 1 に示すように、2017 年 7 月 23～24 日（2 日間に及ぶため大きい方の風速を利用）の最大平均風速（富士山、槍ヶ岳込み）である。富士山は河口湖上空 3000m 高でのウインドプロファイラーの推定風速であり、南岳の風速計は北斜面にあり南寄り風向時には減風され補正が必要である。また 3 地点の瞬間最大風速は観測されていないため、最大平均風速に山地の突風率 1.5 を掛けて利用した。$y = 239.75x - 13.474$、$R^2 = 0.8839$、$r=0.940$ で相関は高くなった。

南岳の最大平均風速は観測風速に補正率 1.5 を利用、最大瞬間風速は富士山、槍ヶ岳、南岳の突風率 1.5 による推定瞬間風速を利用した。最大風速と標高の関係は $y = 252.58x - 55.546$、$R^2 = 0.9036$、$r=0.9506$、最大瞬間風速と標高との関係：$y = 180.92x - 363.72$、$R^2 = 0.8723$、$r=0.9340$ と相関は高くなった。その結果、3000m 高では最大平均風速は 12.10m/s、最大瞬間風速は 18.59m/s と推測された。

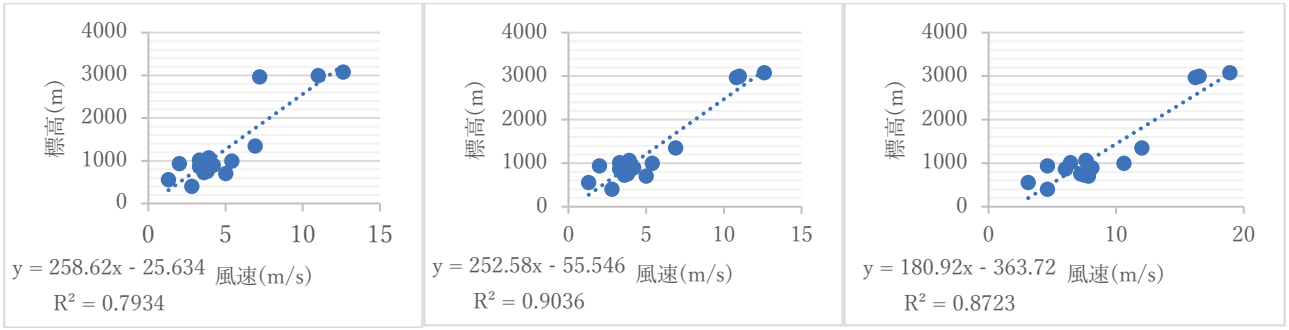


図 1. 2017 年 7 月 23～24 日（大きい値）の(左)最大風速（補正後）・(中央)最大風速・(右)最大瞬間風速（富士山、槍ヶ岳、南岳込み）と標高の関係、南岳は風速計が北斜面のため 1.5 倍した補正値を利用

幂乗法による風速推定：幂乗法（吉野、1986）の $V_2/V_1=(H_2/H_1)^n$ で算定する。標高 500m 以上の地点に n=0.6 乗を適用し、長野県の野辺山から古関の 7 平均をとると、15.42、25.58m/s となった。

(3)気温・相対湿度の特徴：7 月 23 日は最低 17～24℃、最高 21～28℃程度で、曇雨天が多いため気温格差が小さいが、24 日は最低 19～25℃、最高 26～34℃程度で曇晴天となり気温較差が大きく、特に甲府では 24 日に南西～南南西風で曇天ではあるが 14 時頃より風速が 6.2m/s のかなりの強風のフェーン風となり昇温して最高気温が 34.5℃になった。富士山は 4.2～8.2℃、6.8～13.0℃で気温は低いが気温較差は 24 日が大きかった。7 月 23～24 日の最低・最高気温と標高との関係は図 2 の通りである。23・24 日の最低気温分布は類似しているが、24 日には最高気温の昇温は大きい。相対湿度は槍ヶ岳・南岳ともに 7 月 23～24 日は 100%、間ノ岳・農鳥岳付近では両日の荒天時には湿度 100%と推測された。

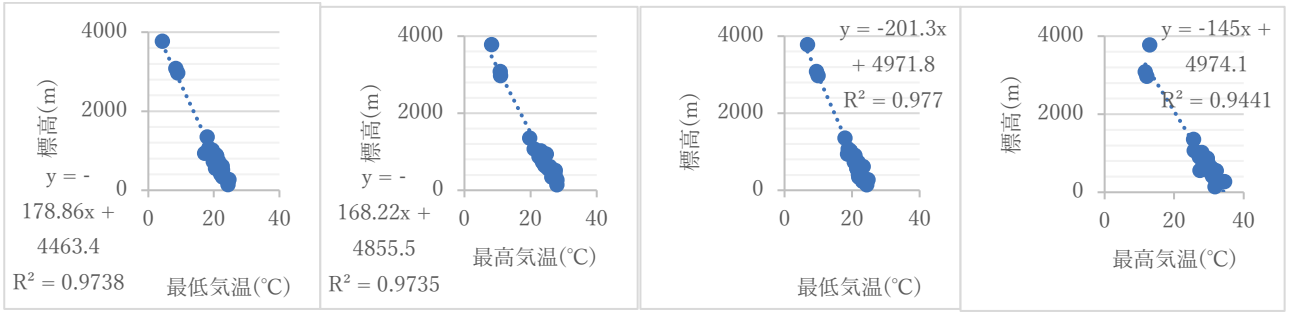


図 2. 間ノ岳と農鳥岳付近の 2017 年 7 月 23 日の最低気温・最高気温（左図の左・右）、7 月 24 日の最低気温・最高気温（右図の左・右）の標高との関係

(4)高層気象：輪島の 3000m 高では、23 日 9 時：風向西北西、風速 12.6m/s、気温 11.5℃、湿度 87%、23 日 21 時：西、9.4m/s、11.8℃、97%、24 日 9 時：西北西、15.7m/s、12.1℃、87%であった。

現地の間ノ岳・農鳥岳付近との関連では、風向は輪島では西北西～西であり、現地では南西～南南西でやや異なるが、風速は輪島と関連が深く風速は 9.4～15.7m/s と変化した中の、24 日 9 時の最大値 15.7m/s を利用した。ここで最大平均・最大瞬間風速をそれぞれまとめると、傾度法で求めた 12.10、18.59m/s、幂乗法の 15.42、25.58m/s、高層気象からの 15.7、23.55m/s の 3 平均で 14.41、22.57m/s、突風率 1.57 となった。最大風速 14.4m/s は 3000m 高の輪島の 15.7m/s と槍ヶ岳の 12.6m/s の平均風速 14.2m/s に近く、南アルプスの複雑地形である山岳・高山を吹き越す風として妥当であろう。

4．おわりに

23 日輪島の 3000m 高での風向は西北西～西、槍ヶ岳の風向は南西、現地の間ノ岳・農鳥岳では南西～南南西、最大平均・最大瞬間風速 14.4、22.6m/s、突風率 1.57、23・24 日の現地の 3000m 高の最低気温は 8.2、9.8℃、最高気温は 11.0、13.6℃と推定された。23～24 日の高山の降水量は約 50mm と推測された。アメダス・高層気象データ等より高山の気象がおおむね推定できることが分かった。

真木太一. 2019：75 歳・心臓身障者の日本百名山・百高山単独行, 海風社, pp.165.　吉野正敏. 1986：新編 小気候, 地人書館, pp.308.

人類と砂漠化―多系的変遷―

Human and desertification: Multiple transitions

篠田 雅人（名古屋大学）
Masato SHINODA (Nagoya University)

1. はじめに

砂漠化は各乾燥地特有の人為および気候の作用による複合現象であることから、本論は、その発生、強化、拡散の過程を農業史および気候史の中でとらえることを目的とした。世界の気候植生地域には、その自然資源に適合した農法（農業様式）が発生、変化したが、農業の自然改変力が再生能力を上回る場合は、その地域特有の砂漠化を引き起こした。このような農法の変化と砂漠化の過程は、森林、疎林、草原・砂漠の 3 時系列に類型化されることを示した。

2. 気候植生地域と農法・砂漠化

気候植生地域という概念は、世界の気候と植生が密接に関係しながら地域を形成しているという見方であり（矢澤，1989）、年降水量によって農法や砂漠化の特徴をその地域別に類型化した。自然植生をみると、年平均気温 20℃以上の緯度帯（およそ 30 度より低緯度）では、概ね、年降水量 1000 ㎜は森林と非森林、500 ㎜は非森林の中でも疎林と草原、250 ㎜は草原と砂漠の境界となっている（マッケンジーほか，2001；図 1 左）。

世界の食用作物の分布をみると、森林地域は根菜類、非森林地域は穀類に対応し（中尾，1966）、農法はそれぞれ除草、保水の機能を内包している（飯沼，1967）（図 1 左）。概ね、年降水量 500 ㎜が農耕と非農耕（放牧）の境界となる（図 1 中）。農耕地域でも、1000 ㎜を境に伝統的な長期休閑農法による根菜類と穀類の栽培地域の境界とする。前者では、耕地に火入れを施し、1～2 年の耕作後、長期間（数十年）の休閑をとり（ボズラップ，1975）、後者では、数年（5 年程度）の耕作の後、長期間（20 年程度）の休閑をとる（伊ヶ崎，2015）。

世界の主要な河川流域の水収支は、年降水量 1000 ㎜以上の低緯度の湿潤地や中高緯度では、年降水量＞年蒸発散量であり、その差は流出量となる（篠田，2009；図 1 右）。一方、低緯度の 500 ㎜以下の地域では、降水量≒蒸発散量である。ここでは、土壌は乾燥しやすく、風食が主要な砂漠化プロセスであるのに対して、年降水量が 500 ㎜を大きく超えると、水食が主要なプロセスとなる（Cooke et al., 1993）。さらに、1000 ㎜を超えると、河川水によるかんがいが可能となるが、主要なプロセスはやはり水食である。一方、大河川が湿潤地から乾燥地へ気候帯をまたぐ、越境河川により、かんがい農業が行われる地域（たとえば、古代 4 大文明地域）では、土壌塩類化が問題となる。

3. 農法・砂漠化の伝播

本論では、気候植生地域という概念によって、農法変化と砂漠化を同じく区分された地域を特徴づけるペアの現象としてとらえた。したがって、農法が他地域へ伝播する場合、それに対応した砂漠化がその後を追う場合がある。たとえば、西アジア（疎林）における農業発明初期の農法は、植生劣化から水食を発生させたが（図 1 中）、その農法を発展させた古代ギリシャ・ローマ（森林）の二圃式農法、中世ヨーロッパ（森林）の三圃式農法も、同様の砂漠化現象を生んだ。また、かんがい農業にともなう土壌塩類化、機械化（トラクター）大規模農法にともなう風食、熱帯のプランテーションにともなう水食については、それぞれ、砂漠、草原、森林といった気候植生地域で生まれ、伝播（または、同時発生）した農法が世界各地でひき起こした砂漠化の様態である。

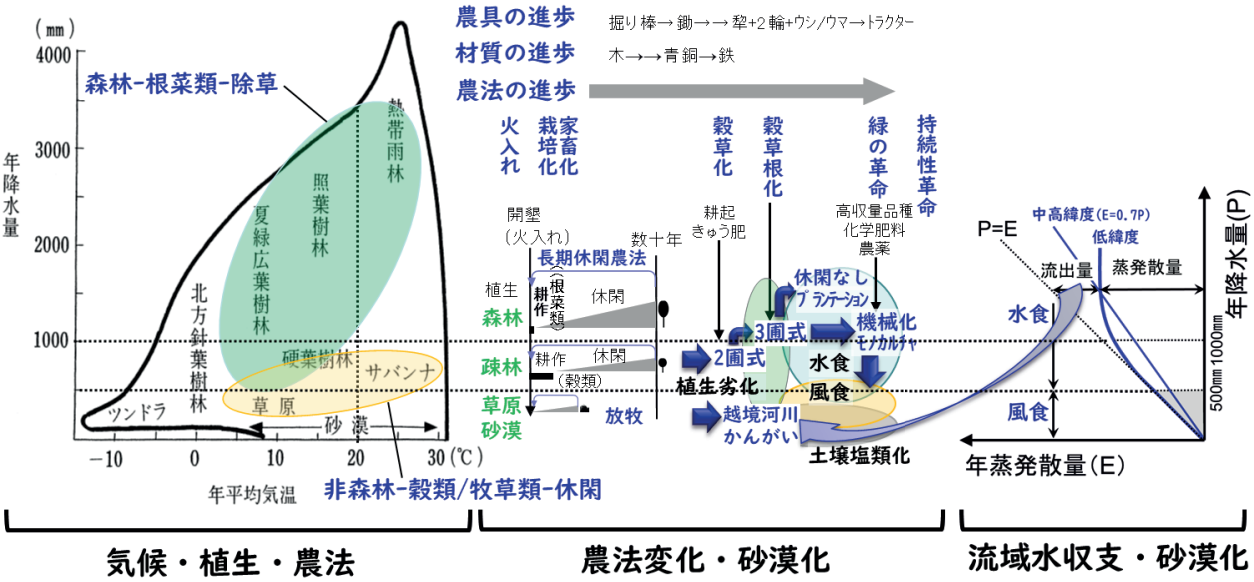
4. 気候変化による農法変化

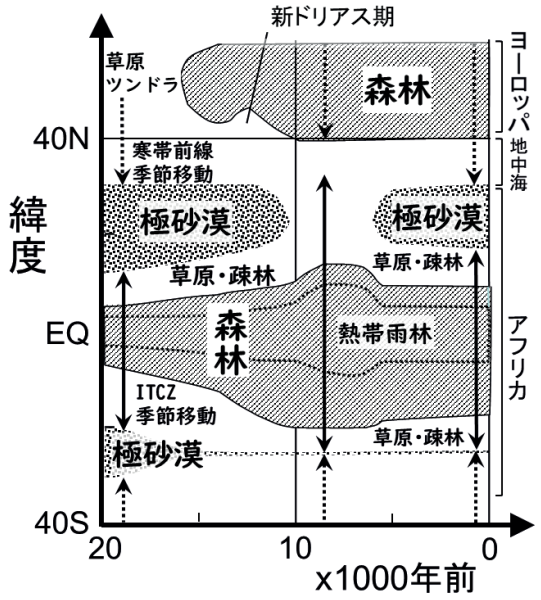
およそ 2 万年前（最終氷期最寒冷期）以降の環境変化をみると（図 2）、完新世中ごろにかけて、気候は温暖化・湿潤化、地形については河川下流域で沖積低地の発達が進み、その後、寒冷化・乾燥化した。よく知

られた広域的な環境変化は、完新世中ごろ（10000～6000 年前）の「緑のサハラ」、すなわち、狩人やウシ飼い人が闊歩するサバンナやステップの出現であった。そのとき、世界の熱帯では、気候植生地域の境界において、「砂漠→草原」、「草原→疎林」、「疎林→森林」というように、より湿潤な植生に置き換わった（図 2）。一方、完新世後半（6000 年前以降）では、その逆方向の変化が起きた。

最終氷期以降の気候変化の中で、野生動植物の栽培化・家畜化という発明が、西アジアの肥沃な三日月地帯でなされた。その後の農耕の継続は、当地における「草原→疎林」の系列変化をともなっていたと考えられる。そこには、利用可能な在来動植物があり、温暖化・湿潤化によって、長期休閑を含む天水農法が可能となった。

一方、ヨーロッパの中緯度では、最終氷期から完新世にかけて、「草原・ツンドラ→森林」の変化がみられた（図 2）。西アジア（疎林）における農業発明初期の農法は、そこと類似した地中海式気候の古代ギリシャ・ローマ（森林）では二圃式農法へ、中世ヨーロッパ（森林）では三圃式農法へと発展した（チポラ，1972；図 1 中、農法変化）。冬雨がある地中海式気候に適合するよう発明された二圃式農法は、夏雨があるヨーロッパの気候に合うよう、夏作を含む三圃式農法へと改良された（飯沼，1967）。一方，冬雨に適した西アジアの農法は，夏雨のインダス川流域で伝播したが，定着するには時間を要した（ベルウッド，2008）。





↑

図 1　気候植生地域に応じた農法変化・砂漠化の系列（マッケンジーほか（2001）、篠田（2009）などにより作成）

←

図 2　東経 20 度に沿った南北断面における 2 万年前（最終氷期最寒冷期）以降の気候植生地域の変化（Adams(1997)、Binney *et al.*(2017)、篠田（2016）より作成）。データの制約により、気候植生地域の分類は、極砂漠、草原・疎林（中緯度の場合は、草原・ツンドラ）、森林の 3 分類とした。熱帯の森林は常緑林（熱帯雨林）と半常緑林を含む。矢印は、植生より推定される熱帯収束帯（ITCZ）、寒帯前線の季節移動の範囲。

Research on Center Asian Oases Farm Driven by Climate Change and National Policy
気候変動と政策に左右される中央アジアのオアシス農業研究

瀬野佳月　（北海道大学大学院環境科学院）・星野仏方（酪農学園大学農食環境学群）
Kazuki Seno (Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, Sapporo, 060-0810, Japan); Buho Hoshino (College of Agriculture, Food and Environment Sciences, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, 069-8501, Japan)

1. Introduction Central Asia is an arid region highly vulnerable to water scarcity. The region's oasis agriculture is one of the most vulnerable landscapes to climate change and human activities. Previous research of land and water use in the region has focused on improving water-use efficiency, soil management and identify. This has a significant impact on the availability of oasis farm production. These include improving water use efficiency and changing the cropping patterns that have a high potential to decrease the exposure and sensitivity of rural communities to the risk of the disappearance of oases farmland. In addition, changes in land use, such as the afforestation of degraded croplands, and the introduction of resource-smart cultivation practices, such as conservation agriculture, may strengthen the capacity of farmers and institutions to respond to land degradation and soil salinization challenges. However, despite the rapid expansion of the outlook for oasis farmland and the imminent risk of the disappearance of oases farms, vulnerabilities to farmland abandonment related to China's One Belt One Road (OBOR or Belt and Road Initiative, BRI) project are rarely considered. The study area of the Zharkent (Panfilov) Region, located on the border between Kazakhstan and China, is a semi-arid area and that has cultivated corn by irrigation from the Ili River and the Usek River for many years. Therefore, there are many abandoned agricultural lands as a result of salinization. However, this area is the start point of the railway and highway network of China's OBOR project to Europe, and corn production and exports are expected to flourish. In this study, we focus on the vulnerability of oasis agriculture and extract changes in agricultural land for about 30 years from 1989 to the present using Landsat series and Sentinel series combined with RGB color combined visualization. The results show that agricultural land has disappeared or desertified at the Ili river basin and at the foot of the Zhongar-Alatau Mountain and that there are several years of fallow even in areas where agriculture is active and show that even areas of currently active agriculture have experienced periods of fallow in the past three decades. This study using the Zharkent region in the irrigated alluvial fan of Zhongar-Alatau Mountain of eastern Kazakhstan as an example, we classify the farm field changing based on Landsat TM and Sentilel-2 satellite imagery and identify the vulnerability of oases farmland.

2. The study area The study area was the Zharkent region in the Panfilov district of the Republic of Kazakhstan (shows in Fig. 1). The Panfilov District is an administrative district located in the southeastern part of Kazakhstan with an area of 1,058,252 ha and a population of about 130,000. The region shares a border with China and is the starting point of OBOR leading to Europe.

3. Results Analysis of NDVI time series Landsat imagery provides an overview of agricultural change from 1989 to 2019. The area of agricultural land was largest in 1989 (during the era of the Soviet Union), with nearly 34% of agricultural land abandoned by 1994 (Fig. 1, 2 and 3 and Table 1). After the collapse of the Soviet Union, the area of agricultural land has continued to decrease and began expanding with the OBOR in China. In addition, there was a difference between the change in the agricultural land area within the Panfilov district and the change in the extracted analysis range. According to local government statistics, the area of agricultural land, which had been decreasing since 1990, increased sharply from 2001 and peaking in 2005 across the entire Panfilov district. Investment in the agricultural sector from China was increasing even before the OBOR project

officially started However, such a tendency was not seen in the study area (i.e. the Zharkent region) during this time based on satellite imagery analyzed.

Table 1 Estimation of agriculture farmland area based on Landsat satellite time series data

Year	1989	1994	1999	2006	2011	2015	2019
Area (ha)	21663.4	14324.5	14308.7	12984.8	14259.5	15931.3	15385.9

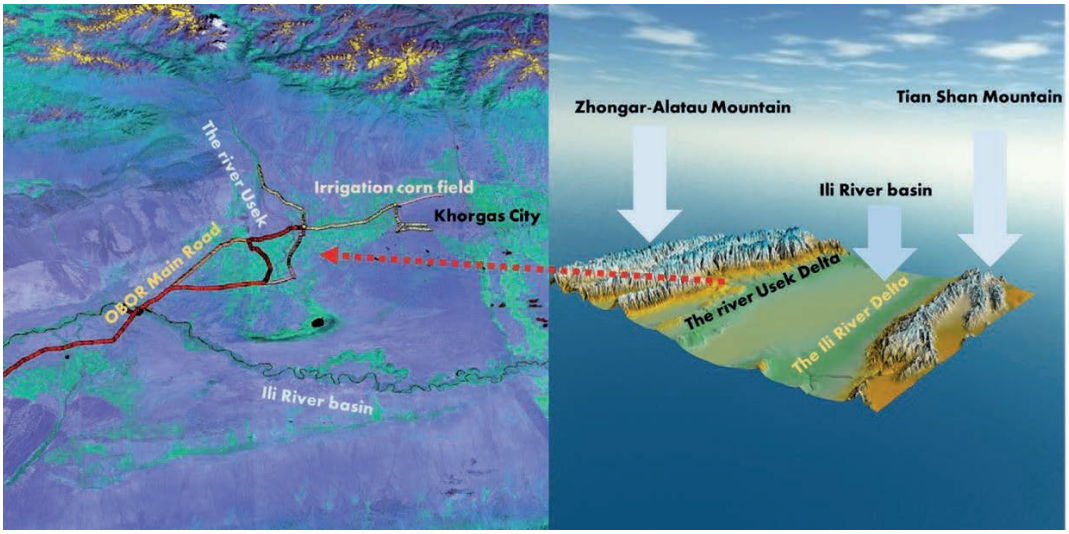


Figure 1 The study area (where, the study area located in in Usek River delta in the southeastern part of Kazakhstan)

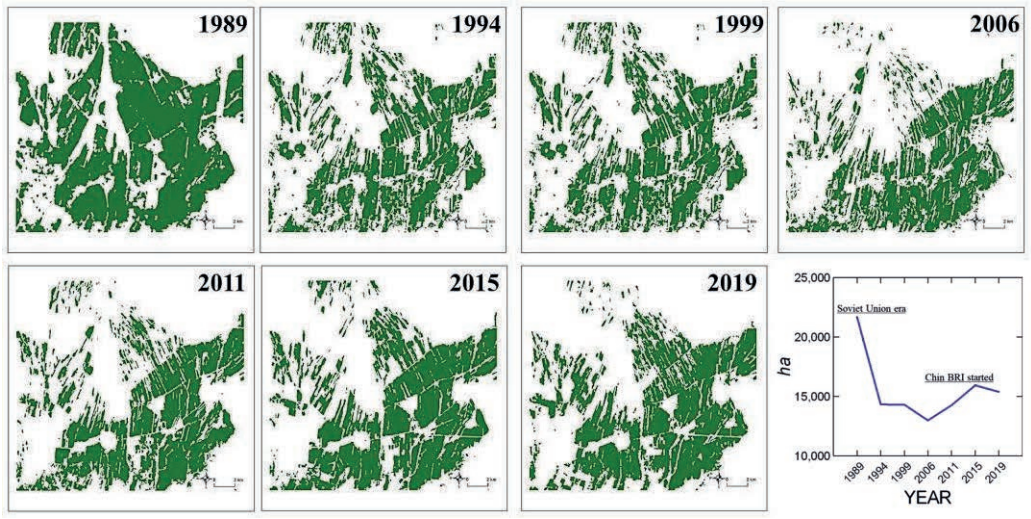


Figure 2 Extraction of farm land area (green colors) based on Landsat time series data

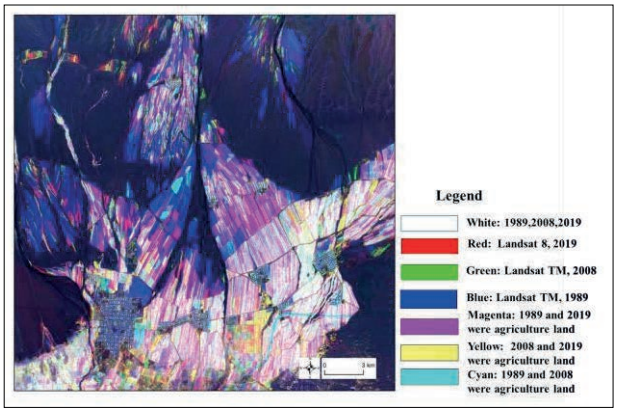


Figure 3 Change detection of oases farmland using RGB color combination method (Magenta color is noticeable in the northern area, which indicates farmland that was abandoned around 2008)

4. References

Kazuki Seno, Christopher McCarthy, Maira Kussainova, Sabir Nurtazin, Buho Hoshino*, James Banfill (2021). Environmental risk assessment of China's OBOR (BRI) project in Kazakhstan – An evaluation of the appearance and disappearance of oasis farmland. GeoENV 2020 (in press, Springer)

モンゴルにおける植生研究への古写真活用の可能性

Utilization possibility of old photos for Mongolian vegetation studies

鈴木康平（筑波大学）・小長谷有紀（国立民族学博物館）
Kohei Suzuki (University of Tsukuba), Yuki Konagaya (National Museum of Ethnology)

モンゴルにおける植生研究において、森林植生や草原植生の長期的な変化を把握することは重要な課題の一つである。そして長期的な変化を把握するためには比較の基準となる情報が必要不可欠である。本発表ではこの長期的な植生の変化を把握するための基準として、古写真を活用することができないかについて検討する。具体的には古写真を紹介しながら今後の展望を述べるとともに、古写真を用いた予備研究の結果を示す。

本発表では Chuluun and Medvedeva（2017）に収録されている古写真を分析対象とした。Chuluun and Medvedeva（2017）には、G. I. Borovka によって撮影された写真が多数収録されている。これらの写真は 1924 年から 1926 年に行われた考古学調査の間に撮影されたものであり、発掘に関する写真だけでなく風景写真も撮影されている。Chuluun and Medvedeva（2017）では、G. I. Borovka による考古学調査の調査ルートが示されており、写真が撮影された大まかな位置を把握することが可能である。なお G. I. Borovka による考古学調査はトーラ川周辺で行われた。

Chuluun and Medvedeva（2017）には、石人やヘリクスール、シカ石が撮影された写真が多数収録されている。そしてこれらの写真の背景には植生が写りこんでいる。写真を見ると、*Stipa krylovii* や *Achnatherum splendens* など、特定の植物種については種を特定することが可能である。なお写真だけでは特定できない種についても、同一地点を訪れることで特定できる可能性がある。撮影された遺跡は専門家の力を借りることで位置を特定できる可能性がある。多点で位置を特定し、古写真が撮影された地点と同一の地点において撮影を行うことにより、100 年間の植生変化の把握が期待できる。

G. I. Borovka の調査地にはホスタイ国立公園周辺の草原が含まれている。そこで同一地点ではないものの発表者がホスタイ国立公園周辺で撮影した写真との比較を行った。なおホスタイ国立公園は 1960 年代後半に野生絶滅した野生馬モウコノウマ（*Equus przewalskii*）の再導入地として選定された地区である．1990 年にモウコノウマの再導入プロジェクトが開始され, 政府によって 1993 年に自然保護区（Natural reserve）に指定され，1997 年には国立公園に格上げされた（鈴木ほか 2013）．現在の公園外で撮影した写真と G. I. Borovka が調査を行った当時の写真を比較すると、そこまで大きな変化は見られない。市場経済化以降に草原が著しく退行したというイメージを一般的に持ちがちだが、多点での比較を行うと大きく植生の変化が見られない地点も多数ある可能性がある。

引用文献

Chuluun S. and M. V. Medvedeva (eds.) 2017 Mongol Oron ba Mongolchuud, vol. 3, Ulaanbaatar: Admon. (in Mongolian and Russian)
鈴木康平, 上條隆志, Jamsran U, 田村憲司 2013 モンゴル・フスタイ国立公園内外のステップ植生の比較による保護区設置効果の評価. 植生学会誌, 30: 85-93

エジプト西部砂漠オアシス社会における農家戦略

Farmers' strategy in the oasis societies of Western Desert in Egypt

岩崎えり奈（上智大学）・柏木健一（筑波大学）
Erina IWASAKI (Sophia University), Kenichi KASHIWAGI (University of Tsukuba)

【はじめに】「ナイルの賜物」として知られるエジプトは、水をナイル川に全面的に依存してきた。20 世紀後半にはアスワンハイダムが建設され水量を大幅に増やしたが、人口増加にともない、ナイル川の河川水だけでは水需要が追い付かなくなっている。加えて近年、ナイル川上流のエチオピアやスーダンの河川開発により、ますますナイル川河川の水資源は逼迫している。そこで水資源を補うため、エジプト政府は西部砂漠（リビア砂漠）において、地下水・沙漠開発を 20 世紀後半から進めてきた。21 世紀に入り、さらに地下水開発・開墾が急速に進んでいる。

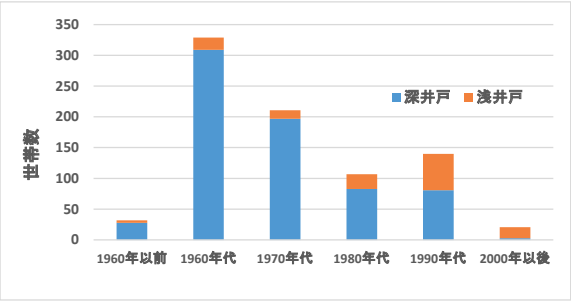
本研究は、エジプト西部砂漠における地下水・沙漠開発の実態の一端を農家戦略の観点から明らかにすることを目的とする。地下水・沙漠開発というと、トシュカ・プロジェクトのような大規模な開発が注目を集めるが、小規模・中規模な開発も重要な比重を占める。実際、ダハラオアシスで衛星画像を用いた分析結果によれば、沙漠開発はオアシスの外縁部だけでなく既存耕地のあいだにある砂漠を埋めるように展開している（Kimura et al.2020, Iwasaki et al. 2020）。また、主な取水源は 1990 年代から急速に増えていった浅井戸であった。浅井戸の多くは、1990 年代半ばからの経済自由化のなかで掘削を許可されるようになった「地表泉」（ain sathi）であり、深さ 120～150m、灌漑面積は 10 フェッダーン（1feddan=4200m²）と決められている。

【データと調査地】依拠するデータは、2005 年から 2006 年にかけてエジプト 19 村において一橋大学がエジプト中央統計局との共同プロジェクトのなかで実施した農村世帯調査である（詳細は Kato & Iwasaki 2016）。15 年前のデータであるが、農村社会の基本構造は変わっておらず、本研究に用いることに支障はないと考える。本発表の研究対象地は、農村世帯調査の対象となったエジプト西部砂漠に位置する 5 つのオアシス村である（表 1、地図 1 参照）。オアシスと村によって差はあるが、浅井戸の多くは 1990 年代に掘削され、ムニーラ村やバラート村では 2 割の農家が取水している（図 1）。

表 1　調査サンプル(2005/2006 年)

		深井戸	浅井戸	計	サンプル世帯数
Kharga	Munira	75.0	25.0	100.0	156
	Bulaq	83.5	16.5	100.0	109
Dakhla	Rashda	91.0	9.0	100.0	222
	Balat	77.9	22.1	100.0	267
Farafra	LSbih	96.5	3.5	100.0	86
	Total	83.5	16.6	100.0	840

図 1　深井戸と浅井戸の掘削年(2005/2006 年)



地図 1　エジプト西部砂漠のオアシス

【深井戸農家と浅井戸農家の基本的特徴】エジプトのオアシス農村の基本的な作物は小麦（と禁止されていなければ水稲米）、クローバー（birsim）とソルガム、ナツメヤシと果樹類である（対照的なチュニジアのオアシス農村については Iwasaki & Kashiwagi 2020）。そこに牛飼育が加わり、牛飼育とそのための飼料栽培＋小麦＋ナツメヤシが基本的なエジプトのオアシス農業のかたちであり、それは深井戸農家と浅井戸農家に共通する(Iwasaki & Kashiwagi 2021)。

【分析方法とデータ】本研究では、Banker, Charnes and Cooper（1984）による包絡分析法（Data Envelopment Analysis）を用いて、農家を単位として技術効率性を推計する。推計した技術効率性を浅井戸農家ダミーで回帰する。また、その他に、農業生産額、労働生産性（農業生産額／総労働日数）、土地生産性（農業生産額／農地面積）、水生産性（water productivity：農業生産額／灌漑日数）をアウトカムとして、浅井戸導入が及ぼす影響を分析する。推計方法にはOLSまたはTobitモデルを用いる。記述統計は表2のとおりである。包絡分析の産出は農業生産額、投入は総労働日数、農業投入財支出額、農地面積、灌漑日数とした。

表2　記述統計（浅井戸農家と深井戸農家の比較）

	浅井戸農家（n=128）		深井戸農家（n=645）	
変数名	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
農業生産額（千LE）	10.05	5.69	10.90	5.93
総労働日数	816.4	368.7	808.1	391.9
農業投入財支出額（千LE）	2.90	1.70	2.99	1.77
農地面積（フェッダーン）	3.02	2.10	3.00	1.99
灌漑日数	25.5	18.7	24.7	16.8
労働生産性	0.014	0.014	0.015	0.011
土地生産性	4.059	3.007	4.572	4.941
水生産性	0.470	0.281	0.554	0.560
農業就業日数比率	57.9	32.8	68.1	31.9
（世帯主）年齢	28.8	12.9	34.6	15.6
（世帯主）教育年数	8.03	6.12	5.89	5.48
家畜頭数	1.758	1.241	1.753	1.263
Munira村ダミー	0.281	0.451	0.161	0.368
Bulaq村ダミー	0.125	0.332	0.129	0.335
Rashda村ダミー	0.148	0.357	0.276	0.447
Lsbih村ダミー	0.023	0.152	0.124	0.330

（注）LEはエジプト・ポンドを示す。

【推計結果】包絡分析法により、浅井戸農家の技術効率性（CRS）の平均値は34.0%、深井戸農家のそれは37.6%であった。また、技術効率性（VRS）では、前者の平均値は41.2%、後者は44.0%であった。浅井戸農家ダミー変数の係数は、農業生産性、水生産性、技術効率性の推計にて負で有意であった。説明変数間の多重共線性は確認されなかった。これらの結果は、浅井戸を導入することで、農業生産額が917LE、水生産性が83.8LE、技術効率性が2.7-2.9パーセンテージポイント低下することを示している。ただし、浅井戸導入は農家の自己選択によるものなので、内生性の問題は残ることに留意したい。

表3 推計結果

従属変数	農業生産額		労働生産性		土地生産性		水生産性		技術効率性（CRS）		技術効率性（VRS）	
定数項	3.341	***	6.615	***	0.000141		0.459	***	0.396	***	0.538	***
	(0.821)		(0.952)		(0.00167)		(0.104)		(0.0347)		(0.0344)	
浅井戸農家ダミー	-0.917	**	-0.549		0.000718		-0.0838	*	-0.0291	*	-0.0279	*
	(0.397)		(0.461)		(0.000951)		(0.0504)		(0.0168)		(0.0166)	
コントロール変数	有		有		有		有		有		有	
村ダミー変数	有		有		有		有		有		有	
決定係数	0.566		0.069		0.306		0.114					
対数尤度									290.8		300.9	
サンプル数	773		773		773		773		773		773	

（注）括弧内は標準誤差を示す。***、**、*はそれぞれ、1%、5%、10%水準で統計的に有意であることを示す。

【結論】本研究では地下水・沙漠開発の主体である浅井戸農家の特性を労働、土地、水生産性の観点から技術効率性の指標でもって明らかにすることを試みた。浅井戸農家の生産性が深井戸農家よりも低い原因として考えられるのは家族労働力の不足である。つまり、浅井戸農家は労働力を農外労働に振り向けており、農業に必要な十分な人手がないことが考えられる。詳細な分析は今後の課題だが、浅井戸開発は農外所得中心の家計における所得補填的な行動として捉えられるように思われる。

【参考文献】

Banker RD, A Charnes & WW Cooper (1984) “Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis”, *Management Science*, 30(9), pp.1078-1092.

Kato H & Iwasaki E (2016) *Rashda: The Birth and Growth of an Egyptian Oasis Village*, Brill.

Iwasaki E et al (2020) “Wells and land use changes in Dakhla Oasis (Egypt) using geospatial analysis. A case study of Rashda village” *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, 61, pp.1-14.

Iwasaki E & Kashiwagi K (2020) “Farming Patterns in Date Palm Cultivation in Nefzaoua, Southern Tunisia” *Date Palm: Composition, Cultivation and Uses*. Nova Science Publisher.

Kimura R, Iwasaki E & Matsuoka N (2020) “Analysis of the recent agricultural situation of Dakhla Oasis, Egypt, using meteorological and satellite data”, *Remote Sensing*, 8, pp.1-18.

Iwasaki E & Kashiwagi K (2021) “Crop diversification and its efficiency in Rashda village, Dakhla Oasis”, in Iwasaki E., Negm A & Elbeih S (eds) *Sustainable Water Solutions in the Western Desert, Egypt: Dakhla Oasis*. Springer.

日本におけるチュニジア産オリーブオイルの消費者選好評価

Consumer preference for Tunisian olive oil in Japan

○丸山優樹（農林水産政策研究所)、柏木健一（筑波大学)、相馬拓宜（筑波大学)、喜田川たまき（筑波大学)、Lamia Arfa (INAT, Tunisia)、Erraach Yamna (INAT, Tunisia)、Lokman Zaibet (INAT, Tunisia)、礒田博子（筑波大学)

○Yuki Maruyama (Policy Research Institute,Ministry of Agriculture,Forestry and Fisheries), Kenichi Kashiwagi (University of Tsukuba), Hiroki Soma (University of Tsukuba), Tamaki Kitagawa (University of Tsukuba), Lamia Arfa (INAT, Tunisia), Erraach Yamna (INAT, Tunisia), Lokman Zaibet (INAT, Tunisia), Hiroko Isoda (University of Tsukuba)

1. 背景と目的

地中海沿岸に位置するチュニジアではオリーブの生産が盛んである。そのため、オリーブオイルの輸出量は、世界第 4 位(2019 年)となっている。その一方で、総輸出量の約 75%が欧米諸国に運ばれた後、欧米諸国で生産されたオリーブオイルと共に瓶詰めされ、その国を原産国として表示し、世界中で販売されている[1]。そのため、チュニジア産オリーブオイルの知名度は低く、資源輸出国に甘んじている状況にある。

しかし、チュニジア産オリーブオイルには、宗教的価値[2]や疾病予防に係る機能性[3]が報告されており、これらの情報を適切に付与することで、知名度ならびに消費量を高められる可能性がある。特に機能性の観点では、他国産に比べ、リノール酸やポリフェノール化合物の含有量が多く[3]、肥満予防や心血管疾患の予防など幅広い効果が期待される[4]。

そこで本研究では、オリーブオイルの消費量が増えている日本を対象にオリーブオイルの消費者選好調査を実施し、原産国や機能性に対する評価を把握すると共に、チュニジア産オリーブオイルの消費拡大の可能性について考察を試みた。

2. 調査方法とデータ

本選好調査には選択実験を適用し、表 1 に示した属性と水準をもとに 4 種類の属性情報をもった仮想的なオリーブオイルのプロファイルを 4 つ提示し、その中から消費者が最も好むオリーブオイルを 1 つ選択してもらう形式となっている(註 1)。特に、機能性に関する属性は、効果を付加していない市販のオリーブオイルを「標準」と定義し、糖尿病や動脈硬化などの予防に効果があるオリーブオイルと整腸作用や肥満予防、老化予防などの効果があるオリーブオイルを各々、「疾患予防効果」「健康維持効果」と設定した。

プロファイルは、直行計画によってデザインされ、設問数は 18 問となっている。また、仮想バイアスを低減させるため、cheap talk スクリプトを選択実験前に回答者へ提供し、熟読を依頼した[5]。

また、オリーブオイルの機能性に関する情報を提供する前後での消費者選好の変化を比較するために、①情報提供前(18 問)と②情報提供後(18 問)の 2 つのセッションで同一の消費者から回答を得た。

本調査は、2019 年 3 月にオンライン調査で実施し、20 代から 60 代までの男女 419 人から回答を得た。

3. 分析手法

本選択実験によって得られた選択データを次のような離散選択モデルにより分析した。個人 n が 3 つの

表 1: 選択実験に用いた属性と水準

属性	水準
原産国	チュニジア、スペイン、イタリア
食味	渋めな味、ピリッとした(スパイシーな)味、フルーティーな味
機能性	疾患予防効果、健康維持効果、標準
価格 [円/500ml]	300円、500円、700円、900円、110円、1300円

出所) 筆者作成

選択肢 i からそれぞれ(1)式で表される効用 U_{in} を得ると仮定する。

$$U_{in} = V_{in} + e_{in} \quad (1)$$

ただし、V_{in} はオリーブオイルの属性と回答者の個人特性によって決定される確定効用。e_{in} は誤差項を示す。本研究では、選択実験の分析に最も活用されている条件付きロジットモデルを用いた。このとき選択肢 i を回答者 n が選ぶ確率 P_{in} は(2)式で表せる。

$$\frac{\exp(V_{in})}{\sum_j \exp(V_{in})} = P_{in} \quad (2)$$

表 2: 推定結果

属性	水準	情報提供前 係数	情報提供**後** 係数
	ASC	0.213 ***	0.199 ***
原産国	チュニジア	-0.321 ***	-0.253 ***
	スペイン	-0.081 **	-0.031
食味	渋めな味	-0.160 ***	-0.107 **
	フルーティーな味	0.549 ***	0.503 ***
機能性	疾患予防効果	0.290 ***	0.389 ***
	健康維持効果	0.216 ***	0.328 ***
	価格	-0.002 ***	-0.002 ***

註1) “***”, “**”, “*”はそれぞれ有意水準1%, 5%, 10%であることを示す。

出所) 推定結果をもとに筆者作成

4. 結果

本分析では、機能性に関する情報提供前と情報提供後の 2 つに分けて推定し、表 2 に示した。また、原産国属性ではイタリア産、食味属性ではピリッとした(スパイシーな)味、機能性属性では、標準を基準とした相対的な評価となっている。なお、ASC は、選択肢固有定数を示す。

まず、情報提供前においては、イタリア産のオリーブオイルが最も好まれ、次いでスペイン産となっており、チュニジア産オリーブオイルの知名度が低い状況が示され、既往研究[5]とも整合的であった。食味に関してはフルーティーな味が強く好まれていた。また、機能性に関しては、疾患予防効果や健康維持効果が評価されており、消費者の健康に意識した購買行動がうかがえた。

次に、情報提供後の推定結果を情報提供前と比較する。機能性属性に関しては、疾患予防効果や健康維持効果に対する評価が高まっており、情報提供による効果が把握された。また、原産国属性では、チュニジア産を軽視する傾向が弱まっている。本結果は、消費者の機能性に対する注目度が高まったことにより、原産国に対する重要度が相対的に低くなったものであると考える。食味に関しても同様の結果を反映したものであると考える。

以上の結果より、機能性に関する情報提供は、機能性に対する評価を高めるだけでなく、原産国におけるチュニジア産や食味属性に関わる渋めな味への評価も高める効果が把握された。既往研究で報告されているように、チュニジア産オリーブオイルには、機能性に係る成分が多く含まれている[3]。そのため、機能性に関するラベル表示や首掛け POP(註 2)を用いることで、チュニジア産オリーブオイルの消費量を増加させられる可能性が考えられる。

(註 1) 4 つの選択肢には、「何も購入しない」が含まれている。
(註 2) 首掛け POP とは、ペットボトル商品などの上部に取り付けられてるチラシやクーポンを指す。

参考文献

[1] 日本貿易振興機構 パリ事務所 海外調査部中東アフリカ課 (2014)「チュニジアの経済・貿易・投資」https://www.jetro.go.jp/ext_images/jfile/report/07001729/07001729-01a.pdf (2021 年 5 月 1 日閲覧)

[2] Kitagawa, T., Kashiwagi, K., & Isoda, H. (2020). Effect of Religious and Cultural Information of Olive Oil on Consumer Behavior: Evidence from Japan. Sustainability, 12(3), 810.

[3] Krichene, D., Taamalli, W., Daoud, D., Salvador, M. D., Fregapane, G., & Zarrouk, M. (2007). Phenolic compounds, tocopherols and other minor components in virgin olive oils of some Tunisian varieties. Journal of food biochemistry, 31(2), 179-194.

[4] Hashim, Y. Z., Eng, M., Gill, C. I., McGlynn, H., & Rowland, I. R. (2005). Components of olive oil and chemoprevention of colorectal cancer. Nutrition reviews, 63(11), 374-386.

[5] Mtimet, N., Ujiie, K., Kashiwagi, K., Zaibet, L., & Nagaki, M. (2011). The effects of information and country of origin on Japanese olive oil consumer selection (No. 726-2016-49954, pp. 1-12).

西アフリカ・サヘルのシロアリによるプラスチック製サンダルの「摂食」活動

"Eating" plastic sandals of termite in Sahel, West Africa

大山修一（京都大学大学院アジア・アフリカ地域研究研究科）

Shuichi Oyama (Graduate School of Asian and African Area Studies, Kyoto University)

発表者はニジェールにおいて、2003 年より都市の有機性ゴミを使った緑化実験を繰り返し、荒廃地の緑化活動を進めている。2020 年 3 月までの時点で、34 地点、10.03 ヘクタール、2500 トンのゴミを投入してきた。2012 年に造成したサイト（50m 四方）では、都市から 252 トンのゴミを運んで荒廃地に投入し、10cm の厚さにならしてゴミを積み上げた。ゴミから生育する植物は 1 年目にはトウジンビエやソルガム、カボチャ、ヒョウタン、アマランサスなどの作物であり、2 年目以降には樹木や草本が多く生育する。住民の意向にそって、フルベの牧畜民が家畜を放牧できる牧草地を造成することを目的として、毎年、不用な樹木を間引きし、その樹木は家畜の餌としてきた。樹高 1.5m 以上の樹木に限っても 6 種 32 本が生育し、その樹木は木陰をつくり、フルベの牧夫がウシやヤギ、ヒツジを放牧する良好な牧草地となった。

都市の有機性ゴミを使った緑化では、プラスチックが混入する。トラクター1 台が運ぶゴミの重量を 2018 年 2 月に計測すると、2,826kg であった。ゴミのなかで目立つのはビニール袋 189kg(6.7%)であり、そのうち、飲料水が入っていたピュア・ウォーターの袋が 38kg であった。ピュア・ウォーターの 290 袋の重さが 1.65kg であったことから、38kg の重さは 6,742 袋に相当する。そのほか、砂(2,609kg: 92%)、石（17.4kg: 0.02%）、ペットボトル(1.29kg: 0.05%)、缶(0.24kg: 0.009kg)、ダンボール(0.11kg: 0.003%)などが含まれる。このゴミのなかにかならず含まれるのが、使い古されたプラスチック製サンダルである。上記の計測時には、片側だけ 29 足分のサンダルが混在し、その重さは 2.36kg(0.08%)であった。

１．ニジェールにおける廃棄されたサンダルの観察

ニジェールの都市・農村では、老若男女を問わず、ほぼすべての人々がサンダルを履いている。そのサンダルの多くは隣国のナイジェリア産であり、価格は 1,000～1,500CFA フラン(200～300 円)である。このサンダルは購入者によって履きつぶされたのち、いずれ捨てられる。耕作地の所有者は土壌改善のためにゴミを投入するため、耕作地や荒廃地などで廃棄されたサンダルをみかける。シロアリは砂土の粒子を唾液でつなぎあわせてシェルターをつくり、その内部に蟻道が作られる。サンダルがシェルターで覆われていることがある。サンダルをめくってみると、サンダル下の地表面には、蟻道が認められる。シロアリはサンダルを貫通するかたちで蟻道をつくり、サンダル上で蟻道をふさぐのではなく、意図して通気口を設けている。長期にわたり放置されたサンダルにはシロアリの食痕がついていることが多い（**写真１**）。

ニジェールで販売されているサンダルの断面には、接足面から接地面にむけて 4 層が認められる。接足面から A 層、B 層、C 層、D 層と名づけた。A 層は足と面する滑らかな部分であり、硬くなっている。C 層は気泡を含んでおり、歩行者にとってはクッションとなり、やわらかい。B 層は A 層と C 層の接着面であり、C 層ほどではないが、小さな気泡を含んでいる。D 層は地面と接する部分であり、硬く摩耗しにくい構造となっている。シロアリが食痕を残しているのは、主に C 層であった（**写真２**）。

２．シロアリの食痕が多いサンダルの素材

シロアリの食痕が残るサンダル片側のみ 2 足分を日本へ持ち帰り、分析用のサンプルとし、IR 分析 ATR 法（PerkinElmer 社 Frontier FT-IR、測定領域 4000～650cm^{-1}）で分析した。素材はエチレン（C_2H_4）と酢酸ビニル（$C_4H_6O_2$）の共重合体であり、どちらも石油由来のナフサを原料としている。素材として柔軟性と可塑性があり、日本産のサンダルでもよく使われる軟質樹脂材料である。どちらの素材についても、主要な元素は炭素と水素であり、酢酸ビニルについては、それに酸素が加わる。A 層と B 層、D 層では酢酸ビニルの割合が 16%、15%、16%と高く、C 層では 5%と低かった。エチレンの割合は A 層と D 層が 84%、B 層が 85%、C 層が 95%である。エチレンの含有率が高く、気泡の多い C 層にシロアリの食痕が多かった（**写真３**）。シロアリは CN 比の高い木質バイオマスを餌としており、空中の窒素を固定する窒素固定菌と共生関係をもち、セルロースを分解し、窒素を確保している（工藤 2001 など）。シロアリがサンダルを摂食し、消化しているかについては慎重に検討する必要があるが、シロアリがプラスチック製サンダルの酢酸ビニルとエチレンを識別し、エチレンの部分に食痕が多いことには注目に価する。

３．サンダルのもつマルチング効果

京都大の実験室において、ホームセンターで購入した真砂土を 2mm の篩にかけ、2mm 以上の礫を取り除いた。そのサンプル資材を 105℃、72 時間かけて乾燥機（AS ONE ONW-450；庫内寸法 450×450×450mm）で絶乾し、室温にまで冷ましたあと、1250mL（1695.7g）を計測し、八ツ切大のホーローバット（295×235

×35mm）に入れた。土壌の厚さは 25mm となった。そこにニジェールから持ち帰った緑色のサンダルを置き、おんどとり（TR-72wb-S）3 台を設置し、1 本目のセンサーはサンダルの B 層と D 層にはさみこみ、サンダルの下部になるよう設置した（**写真４**）。 2 本目のセンサーはサンダルの外で土壌表面に露出するよう設置し、３本目のセンサーは乾燥機の排気口からぶらさげ、ホーローバットの地表面から 25cm の高さに吊り下げた。ホーローバットに脱塩水 100mL を入れて、土壌中の容積含水率 7.4%（重量含水率 6.1%）とした。乾燥機の排気口は開けたままにし、庫内を 30℃に設定し、自然対流に任せた。実験を終了した 210 時間後には、土壌中の容積含水率は 0.9%（重量含水率 0.7%）となった。

水の注入直後、サンダル下部の相対湿度は 100%となり、56 時間にわたり相対湿度 100%の状態が保たれた（**図 1**）。その後、相対湿度は急速に低下し、210 時間後に 36.5%となった。サンダル外では 10 時間後に相対湿度が 86.8%と最高値を示したのち低下し、210 時間後に 39.9%となった。サンダルがあることで、95 時間後まで相対湿度は高く保たれた。サンダルはマルチングと同様の効果をもち、湿潤な環境を好むシロアリに良好な住み処を提供していることが明らかになった。

【謝辞】IR 分析には(株)カネカテクノリサーチ大阪分析センターにお世話になりました。感謝いたします。

【参考文献】工藤俊章 2001. タイでのシロアリ：微生物共生系研究と環境保全. 土と微生物 55(2): 99-104.

写真１　サンプルに供したサンダルの現場での様子

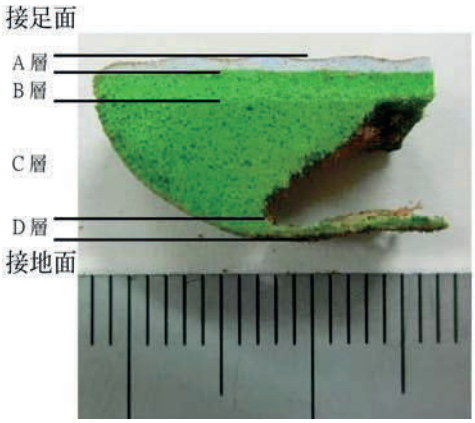


写真２　サンダルの断面とシロアリの食痕

写真３　B 層に食痕が残るサンダル

写真４　ほうろうバットの温度・湿度の計測

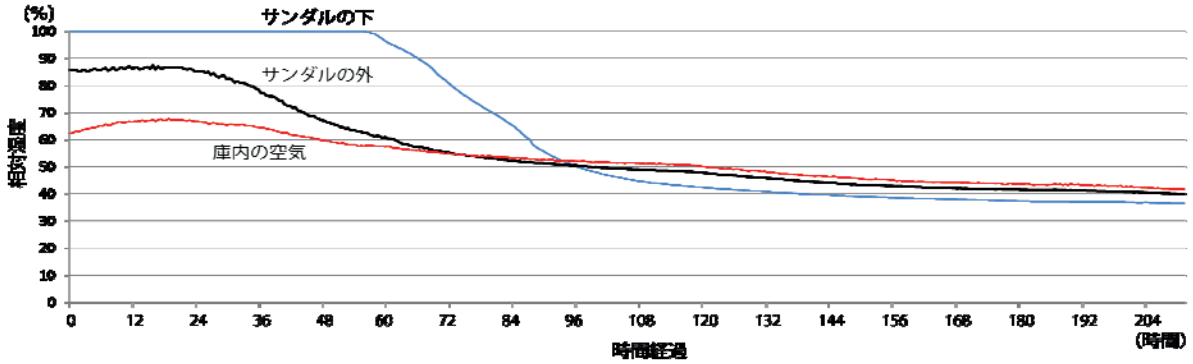


図１　30℃設定の乾燥機の内部におけるサンダルの下部と外側、庫内の空気中における相対湿度の推移

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
Iron Sand Invasion and Prevention Measure in Solar Pumping System

田島淳[1]・海老原和真[1]・鈴木伸治[1]・真田篤史[1]・篠原卓[1]・實野雅太[1]・イスマエル タバレック[2]
(1；東京農業大学，2；ジブチ共和国農水省)

Kiyoshi TAJIMA[1], Kazuma EBIHARA[1], Shinji SUZUKI[1], Atsushi SANADA[1], Takashi SHINOHARA[1], Masataka JITSUNO[1] and Tabarek M. ISMAEL[2]
(1 ; Tokyo University of Agriculture，2 ; Ministry of Agriculture, Livestock and Fisheries in Djibouti)

１．はじめに　著者らは 2008 年にジブチ共和国の南西部（42°33'E, 11°7'N, 679m EL）でワジ農業を営む農家圃場(1.5 ha)に清水・ボアホール用ソーラーポンピングシステム（当初は 480 kW）を、15 m の揚程の浅井戸に導入（図 1）し、その有効性を調査してきた[1),2)]。日射量と揚水量の関係から、適正な太陽電池の容量を予測した結果、1 日当たりの必要水量は最大で 60.2 m^3、太陽電池容量は 1.1 kW 程度で十分であることが分かり[2)]、その有効性が確認された。しかし、4 年間使用したところでポンプが停止した。ポンプを引き上げ、モータを分解したところ、ブラシレスモータのローター（強力な永久磁石）への砂鉄の吸着が認められた（図 2)。浅井戸は開放式であるため、洪水時に地表水の流入による砂の混入が原因であると推察された。以上のことから、ジブチで採取してきた表土に含まれる鉄分を調査し、さらにモータのローターへの鉄分の付着を回避するために、簡易な砂鉄除去装置を試作し、室内実験に供試した。

図 1　2008 年 3 月に設置した灌漑用ソーラーポンピングシステム
（左から、開放式の浅井戸、Grundfos SQFlex 5A-6、太陽電池 480 W、貯水槽 75 m^3）

図 2　モータのローターに付着した砂鉄と摩滅した軸
（左から、モータのボス側軸受け、ローター、ローターの軸）

２．材料および方法　(1) モータの構造および摩滅状態の調査：現地からポンプのモータを回収・分解し、損傷が認められた部品について新しい部品を入手し、劣化具合から原因を推定した。(2) 現地の表土に含まれる鉄分の調査：現地圃場でサンプリングした地表付近の攪乱土を風乾させ、200 g 中に含まれる砂鉄を磁石により吸着・分離し、質量含有率、および砂鉄の粒度を調べた。(3) 砂鉄除去装置の試作および実験：穴を開けたプラスチック容器内に、ステンレスで被覆した異方性フェライト磁石 (TRUSCO 社製 MG-15-M6) 直径 25mm、長さ 150mm、表面磁束密度 0.3 T の永久磁石を取付けた装置を試作し、70 ℓのバケツ 2 つを用意し、70 ℓの水に対し 125 g の砂鉄を投入しポンプ (Grundfos SP5-A3) を 3 分間運転し、吸水口付近で砂鉄の吸着を行った。

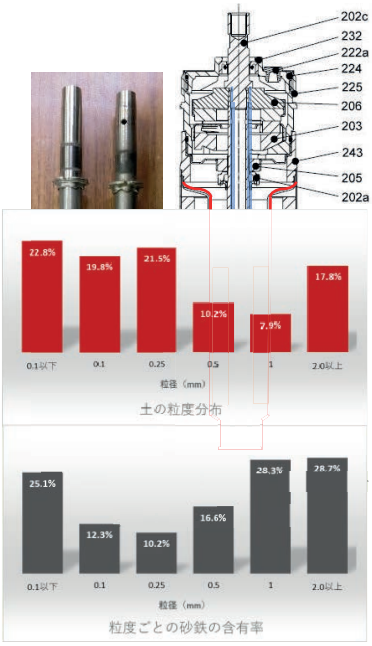


図 4　粒度分布

３．結果及び考察　(1) ブラシレスモータの断面図（上部のみ）とローター（右：旧、左：新）を示した。図中赤線の上側は浸水領域で、設置時は清水が封入され、ローターは水中で回転する構造である。分解調査時は、図中 232 のシールの摩滅が認められ、微細な土粒子が侵入していた。202 番のローターの軸の軸受けと接する部分には炭化珪素による被覆が施されていた（外径 12.45 mm）が、摩滅していることがわかった。上側の軸受け部の炭化珪素は下半分が剥離し、剥離した部分の外径は 12.20 mm へ、下側の軸受け部は、炭化珪素は完全になくなり、さらにステンレス製（SUS304）の軸が摩滅し外径は 11.75 mm になっていた。動作不良の原因は、上部のシールの摩滅により侵入した土砂が軸受けの摩滅を引き起こし、ローターが偏心してケーシングに接触したためと考えられた。また、ローターの軸は中空になっておりローター下端の軸受け部に土砂が滞留するのを妨ぐ構造となっているが、比重が大きい砂鉄が沈降したのが原因であると考えられる。(2) ジブチの表土は火山性の玄武岩由来の土壌[4]で、鉄分の含有率が高い。今回のサンプルにおける砂鉄の含有率は 19.3%であった。粒度ごとに砂鉄分の割合を求めた。0.1 mm 以下と 1 mm 以上の割合が若干高かったが、いずれも 1～2 割であった。(3) およそ 40%の砂鉄の除去ができた。今後は現地で実験を行う予定である。

図 5　吊り下げ型砂鉄吸着装置

1) Grundfos SQ フレックスシリーズ製品カタログ（2017），第 7 版 No. 97613025.20,p.21
2) Tajima,K.;Sanada,A.;Tachibana,R.;Watanabe,F.(2014),Effectiveness of Solar Pumping System in the Wadi Agriculture in Northern East Africa.沙漠研究,23(4),pp.179～183.
3) Tajima,K.;Suzuki,S.;Shinohara,T.;Sanada,A.;Watanabe,F.(2012):Application Example of a Small Solar Pumping System in the Djiboutian Wadi Agriculture. 沙漠研究,22(2),pp.337～340.
4) 南部ジブチ持続的灌漑農業南部ジブチ持続的灌漑農業開発計画プロジェクトファイナルレポート（2014），JICA,NTC インターナショナル(株)，p.3-4.