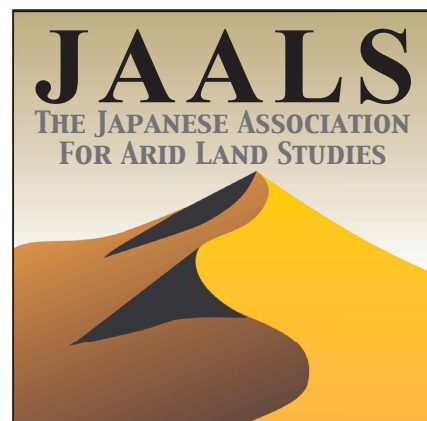


PROCEEDING OF THE 2020 ANNUAL MEETING
THE JAPANESE ASSOCIATION FOR ARID LAND STUDIES

日本沙漠学会第31回学術大会

講演要旨集

第31集



日 程：2020年5月30日(土)～31日(日)
会 場：岡山大学（農学部，創立50周年記念館）
主 催：日本沙漠学会

日本沙漠学会 2020 年 第 31 回学術大会について

昨年の第 30 回の日本沙漠学会記念大会に続き、2020 年 5 月に開催を予定しておりました第 31 回学術大会は、本学会の次のステージへの新たなスタートと考えて準備を進めてまいりました。しかし、今般の新型コロナウイルス感染拡大の状況に鑑み、中止せざるを得なくなりました。何卒ご理解いただけますようお願いいたします。

第 31 回大会に対しまして、口頭発表 10 件、ポスター発表 10 件の合計 20 件の申込みをいただきました。社会のあらゆる動きが不確実な状況にも関わらず、ご理解とご協力をいただき、様々な分野からお申込みいただきましたことに心より感謝申し上げます。発表内容の詳細につきましては、本要旨集の学術大会プログラムならびに要旨でご確認いただき、会員相互での活発な情報および意見交換にご活用ください。なお、本要旨集に掲載の発表は、その配布をもって学術大会で発表されたものとして、本学会での業績として取り扱うことといたします。

また、今大会では公開シンポジウムとして「乾燥地における植物の生理生態と緑化」と題して基調講演 1 件と講演 4 件を予定しておりました。世界各地の乾燥地における緑化植物の生理生態的な特性と合理的な緑化のあり方を議論することを目的に企画したものです。残念ながら今大会での開催は中止といたしますが、新型コロナウイルス禍が収まった後に、本学会のシンポジウムとして別途開催することを検討しております。開催の目途がたちましたら HP やメール等でアナウンスさせていただく予定です。

岡山でも山々の緑が日に日に濃くなってまいりました。教育・研究活動が制限されて大変辛い日常が続きますが、ペスト禍がかのニュートンに与えた「驚異の 1 年半」の響みに倣って、今般のテレワークが皆様の奇貨となりますことを願っております。

日本沙漠学会 会長 吉川 賢
大会実行委員長 三木 直子

日本沙漠学会 2020年 第31回学術大会プログラム

場所：岡山大学 津島キャンパス

〒700-8530 岡山県岡山市北区津島中1-1-1

アクセス http://www.okayama-u.ac.jp/tp/access/access_4.html

大会概要

開催日：2020年5月30日（土）～5月31日（日）
 場所：岡山大学（農学部，創立50周年記念館）
 研究発表会（1日目）：農学部 I 号館 第4講義室
 研究発表会（2日目）：創立50周年記念館 大会議室
 ポスター発表会場：創立50周年記念館 交流サロン
 総会・公開シンポジウム：創立50周年記念館 大会議室
 理事会：創立50周年記念館 中会議室

プログラム概況

5 月 30 日（土）	5 月 31 日（日）
14:00～14:30 受付	09:00～9:45 研究発表会・セッション3
14:30～14:45 開会式	9:45～10:00 休憩
14:45～15:45 研究発表会・セッション1	10:00～11:00 ポスター発表・コアタイム
15:45～16:00 休憩	11:00～12:15 昼休み
16:00～16:45 研究発表会・セッション2	12:15～13:15 総会
17:30～19:00 懇親会	13:15～13:30 休憩
	13:30～16:30 公開シンポジウム
	16:30～16:40 閉会式

参加費

大会参加費：日本沙漠学会会員 :4,000円
 学生会員 :2,000円
 会員以外 :6,000円
 （事前登録者については予稿集1冊含む）
 予稿集：1冊 2,000円
 公開シンポジウム：無 料

日本沙漠学会 第31回学術大会実行委員会

実行委員長：三木直子（岡山大学）
 連絡先：〒700-8530 岡山県岡山市北区津島中1-1-1
 岡山大学農学部
 TEL:086-251-8377
 E-mail: jaals2020@okayama-u.ac.jp
 懇親会会場：J Terrace Cafe <http://jtcafe.jp/>（津島キャンパス内）
 懇親会会費：一般:6,000円，学生会員3,000円

【1日目】口頭発表:2020年5月30日(土)午後

セッション1 (14:45～15:45)		
NO	時刻	題 目 (○は発表者)
O-01	14:45～15:00	日系企業のアフリカ進出経時的動向：TICAD6のインパクトとTICAD7以降の展望 ○森尾貴広 筑波大学
O-02	15:00～15:15	中国内モンゴルにおける馬乳酒製造法の比較：1930-40年代および現状 ○尾崎孝宏 鹿児島大学法文学系
O-03	15:15～15:30	セネガル国・ニヤイ地区における野菜栽培の現状と土壌理化学性 ○石川祐一 ¹ , 深井善雄 ² , 若宮 理 ¹ , 細川奈々枝 ¹ , 早川 敦 ¹ , 高橋 正 ¹ ¹ 秋田県立大学, ² (株)アースアンドヒューマンコーポレーション
O-04	15:30～15:45	ストーンマルチ局所攪拌耕うんによる栽培実験 ○實野雅太 ¹ , 實野孝久 ² , 浜部 薫 ³ ¹ 東京農業大学教職課程, ² 大阪大学, ³ 太陽エネルギー利用推進研究会
休憩：15:45～16:00		

【1日目】口頭発表:2020年5月30日(土)午後

セッション2 (16:00～16:45)		
NO	時刻	題 目 (○は発表者)
O-05	16:00～16:15	ジブチ共和国、ディキル地域における水資源調査報告 ○鈴木綾太 ¹ , 齋藤修平 ² , Dayah Aden ³ , 鈴木伸治 ⁴ , 渡邊文雄 ⁴ ¹ 東京農業大学大学院農学研究科, ² 東京農業大学博士研究員, ³ ジブチ共和国農業・水産業・牧畜・海洋資源省, ⁴ 東京農業大学地域環境科学部
O-06	16:15～16:30	スピルリナを用いた土壌の保水性改善に関する予備的研究 ○鈴木伸治 ¹ , 山本美帆 ¹ , 鈴木淳一郎 ¹ , 渡辺 智 ² , 渡邊文雄 ¹ ¹ 東京農業大学地域環境科学部, ² 東京農業大学生命科学部
O-07	16:30～16:45	粘土混合砂に対するファインバブル水の透水特性 ○矢沢勇樹 ¹ , 今城研吾 ¹ , 江口俊彦 ² ¹ 千葉工業大学, ² (株)オーラテック

【1日目】懇親会:2020年5月30日(土)午後

懇親会:17:30～ J Terrace Cafe

【2日目】口頭発表:2020年5月31日(日)午前

セッション3 (9:00～9:45)		
NO	時刻	題 目 (○は発表者)
O-08	9:00～9:15	中央アルプス森林限界越え山岳での低温乾燥・風向激変突風の推測 ○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
O-09	9:15～9:30	北岳付近の山岳気象（暴風・低湿等）の推測－2017年8月24～25日－ ○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
O-10	9:30～9:45	センサ群を用いた樹木の蒸散と樹体水分消費の定量的分析 ○齊藤忠臣 ¹ , 前田美佳 ¹ , 猪迫耕二 ¹ , 依田清胤 ² , 藤巻晴行 ³ ¹ 鳥取大学農学部, ² 石巻専修大学理工学部, ³ 鳥取大学乾燥地研究センター
休憩: 9:45～10:00		

【2日目】ポスター発表:2020年5月31日(日) 終日

ポスター発表・コアタイム: 10:00～11:00
昼休み: 11:00～12:15

【2日目】総会:2020年5月31日(日)午後

総会: 12:15～13:15
休憩: 13:15～13:30

【2日目】公開シンポジウム「乾燥地における植物の生理生態と緑化」:2020年5月31日(日) 午後

時刻	題 目
13:30～13:35	司会挨拶 三木直子 (岡山大学)
13:35～14:05	基調講演: 乾燥地における持続可能な緑化に向けて 山中典和 (鳥取大学乾燥地研究センター)
14:05～14:35	講演1: スーダンにおける侵略的外来樹種メスキートの生理と生態 依田清胤 (石巻専修大学)
14:35～15:05	講演2: ジブチ共和国の北部山岳地帯に自生する薬用植物の種子発芽と初期生育特性 橋 隆一 (東京農業大学)
15:05～15:15	休憩
15:15～15:45	講演3: 中国北西部の砂丘周辺に植栽される樹木の成長特性 岩永史子 (鳥取大学)

15:45－16:15	講演 4：中国北部の乾燥・流砂環境下における匍匐性常緑針葉樹の生理生態と緑化 三木直子（岡山大学）
16:15－16:30	質疑応答・総括 吉崎真司（東京都市大学）

【2日目】ポスター発表:2020 年 5 月 31 日(日)終日(コアタイム:10:00~11:00)

NO	題 目 (○は発表者)
P-01	アフガニスタン農村の半世紀の変容—大野盛雄ピアルウケール村の分析から ○遠藤 仁¹, 渡邊三津子², 古澤 文³, 原 隆一⁴ ¹人間文化研究機構／秋田大学, ²奈良女子大学, ³片倉もとこ記念沙漠文化財団, ⁴大東文化大学
P-02	サウディ・アラビア、ワーディ・ファートイマ地域の景観変遷復元を目的とした半世紀前の調査写真の利用について—片倉もとこ調査写真の追跡調査（2019 年 9 月）から— ○渡邊三津子^{1,2}, 遠藤 仁^{3,4}, 石山 俊⁵, Anas Mohammed Melih¹, 古澤 文^{1,2}, 藤本悠子¹, 縄田浩志⁴ ¹片倉もとこ記念沙漠文化財団, ²奈良女子大学, ³人間文化研究機構, ⁴秋田大学, ⁵国立民族学博物館
P-03	ワーディ・ファートイマオアシスにおける最近 50 年の生業の変化、サウジアラビア ○石山 俊¹, 渡邊三津子², 遠藤 仁³, 縄田浩志⁴ ¹国立民族学博物館, ²片倉もとこ記念沙漠文化財団・奈良女子大学, ³人間文化研究機構・秋田大学, ⁴秋田大学
P-04	“熱”からみる自然資源利用の知と実践—試論と考察— 後藤真実¹, ○佐藤麻理絵², 實野雅太³, 西川優花⁴, 松井佳世² ¹東京外国語大学, ²京都大学, ³東京農業大学, ⁴大阪大学
P-05	世界遺産イシュケウルにおける底泥巻き上げ特性に関する検討 ○小手川洋俊¹, 入江光輝² ¹宮崎大学大学院, ²宮崎大学
P-06	UAV と人工知能を用いた水路堆積土砂の粒径判別 ○武智仁志, 入江光輝, 中尾 翔 宮崎大学
P-07	ウガンダにおける点滴灌漑を用いたトマトへの計画灌漑水量と CROPWAT を用いた灌漑水量との比較 ○エマニエル・エノウ¹, 渡邊文雄², 鈴木伸治², 小林維円^{1,3} ¹東京農業大学大学院, ²東京農業大学, ³NTC インターナショナル (株)
P-08	ウガンダ東部の地上降雨の特徴 ○小林維円¹, 渡邊文雄², 鈴木伸治², Okiria EMMANUEL¹, Tom KANYIKE³ ¹東京農業大学大学院, ²東京農業大学, ³ウガンダ国水環境省
P-09	中国半乾燥地域の匍匐性針葉樹 <i>Juniperus sabina</i> L. のポット苗木における乾燥後の水輸送機能の回復 ○平松勅悦¹, 三木直子², 佐藤佳奈子², 小笠真由美³, 矢崎健一⁴ ¹岡山大学農学部, ²岡山大学大学院環境生命科学研究科, ³森林総合研究所関西支所, ⁴森林総合研究所
P-10	中国の半乾燥地域における匍匐性灌木 <i>Juniperus sabina</i> L. の在来種の発芽に対するアレロパシーの影響 ○秦 龍¹, 三木直子¹, 張 国盛², 藤井義晴³ ¹岡山大学大学院環境生命科学研究科, ²中国内モンゴル農業大学林学院, ³東京農工大学大学院農学研究科

講演要旨集

(口頭発表)

日系企業のアフリカ進出経時的動向：TICAD6 のインパクトと TICAD7 以降の展望

Trends in Extension of Japanese Enterprises in Africa: Impact of TICAD 6 and Perspective of post-TICAD 7

森尾貴広（筑波大学）

Takahiro Morio (University of Tsukuba)

近年、アフリカ諸国は人口増加や著しい経済成長による市場拡大への期待から日本を含む各国企業の投資や進出が盛んに行われている。また、世界人口の動態予測から、今世紀後半には世界の就労人口の 30-40% がアフリカ出身者で占められることが予測されており、アフリカ大陸がビジネスの場および人材輩出地としてもプレゼンスが高まることが期待される。

日本政府もまた、アフリカを援助の対象から双方の経済成長のためのパートナーとして位置づけている。1993 年より日本政府主導で開催されているアフリカ開発会議（TICAD）において、2008 年開催の TICAD IV 以降、アフリカの経済・社会の成長が大きなテーマのひとつとしてクローズアップされている。2013 年開催の TICAD V においては、日本とアフリカの架け橋となる産業人材育成（ABE イニシアティブ）を目玉に、より踏み込んだ具体的施策を進めると共に、日本企業のアフリカ大陸進出促進をねらって日本政府が企業関係者を伴った経済ミッションを派遣した。さらに、アフリカ大陸初の開催となった TICAD VI（2016 年、ケニア）では、“Quality and Empowerment”をキーワードに、質の高いインフラ投資、高専などの日本式教育による人材育成、KAIZEN 運動による生産性の向上に加え、日本企業のアフリカ投資促進のためのビジネス環境の整備と経済重点地域を中心とした総合広域開発が施策として打ち出された（図 1）。併せて日本貿易振興機構（JETRO）の主催により、日本企業・関連団体 100 社余りが参加するビジネスフェアが開催された。

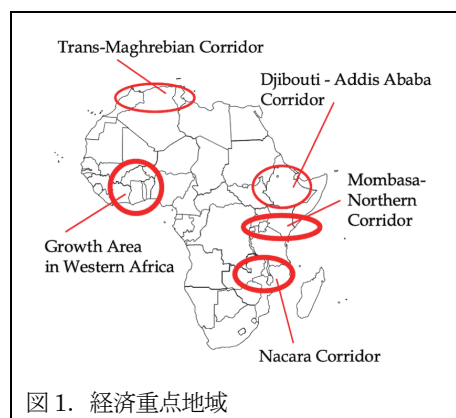


図 1. 経済重点地域

本研究はアフリカにおける日本企業のビジネス展開の動向を分析し、今後の展望と戦略への示唆を与えることを目的とする。このための基礎データとして、アフリカ開発銀行およびアフリカビジネスパートナーズが調査、公表している「アフリカビジネスに関わる日本企業リスト」各年度版を基に、日本企業の進出データを比較し、国別・業種別の進出状況とその変化を調べ経時的動向を分析してきた。本発表では、特に 2017 年度および 2019 年度のデータの比較から、TICAD で発出された施策のインパクトを評価する。

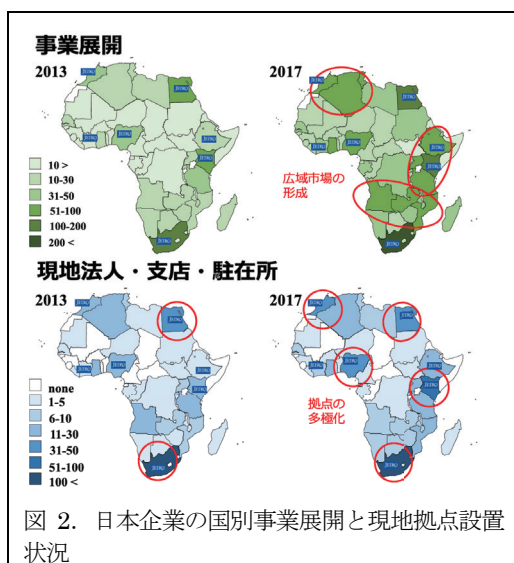


図 2. 日本企業の国別事業展開と現地拠点設置状況

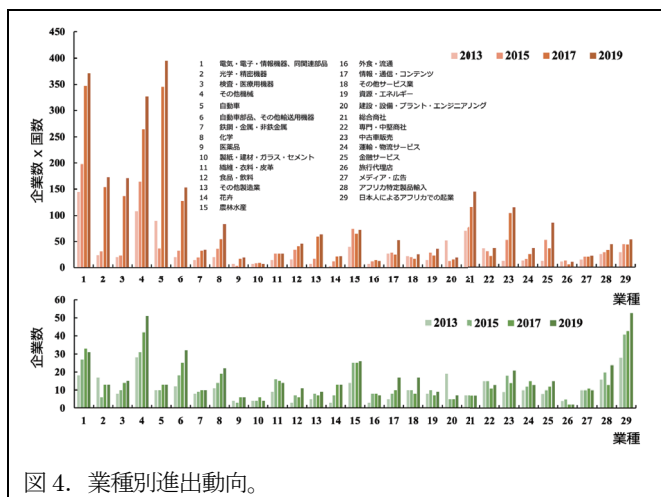
これまで報告したように、各国における日本企業の活動については、南アフリカおよびエジプトが現地拠点の中心的集積国であり企業活動も両国に集中していたが、ケニア、ナイジェリア、モロッコでの現地拠点が目立って増加すると共に、ケニア、エチオピア、タンザニア、ウガンダを中心とする東部、アンゴラ、ザンビア、モザンビーク、南アフリカを中心とする南部、チュニジア、アルジェリア、モロッコの北部アフリカでの事業展開の拡大が見られ、ビジネス活動の多極化・広域化の傾向が見られていた（図 2）。2017 年度と 2019 年度を比較すると、ナイジェリア、ガーナを中心とする西部アフリカへの顕著な新規進出が見られた。また、モロッコへの進出と拠点設置が目立ち、2019 年度の新規進出、拠点設置件数ではエジプトを上回り、北アフリカ・マグレブ地域におけるビジネスハブの地位の確立が進みつつある（図 3）。モロッコは 2010 年前後から工場の誘致など海外からの投資促進政策を進めており、日本企業も自動車部品工場を設立するなど進出が行われている。東部アフリカにおいてはケニアへの進出、拠点設置の集中がさらに加速し、同地域にお

けるビジネス拠点として収斂する傾向が見られた。他方、ウガンダ、ICT産業の振興を進めているルワンダ、アジアからインド洋経由ルートでのアフリカへの玄関口のひとつであるセーシェルへの新規進出が新たな傾向として見られた。

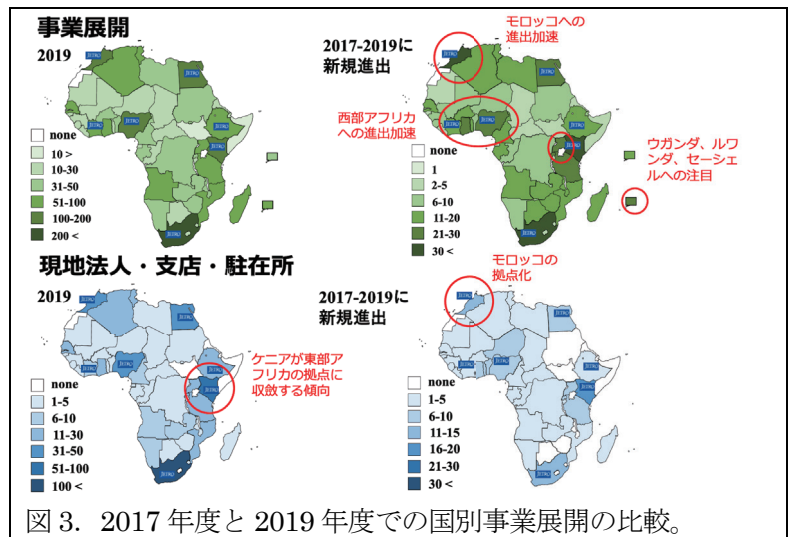
モザンビークから内陸部に通じる重点地域であるナカラ回廊（Nacara Corridor）においては、上記地域に比べ進出の伸びが緩やかながら、モザンビークを中心に増加し、2019年度には内陸のジンバブエ、ザンビアへの拡大が見えた。

業種別の動向では機械・機器系の製造業が企業活動、現地拠点数とも伸びを見

せる中で、光学・精密機器、検査・医療用機器、自動車およびその部品分野のビジネス展開が2017年度に急増した。この他、製造業以外では総合商社、中古車販売が著しい成長を見せている。2019年度には、金融サービス業および情報・通信・コンテンツ産業の進出が顕著であり、特に情報・通信・コンテンツ産業ではベンチャー企業を含む新規参入が目立った増加も見られた（図4）。



ションを生み出してきた。また、農業、水産業分野でも、小規模従事者を対象としたデジタル化ビジネスが急速に伸びており、いわゆる BOP 市場の拡大を見せている。こうした背景下で日本企業の進出動向がどのように変化するのが今後の課題である。



2019年に横浜で開催されたTICAD7で発表された横浜宣言では“Advancing Africa’s Development through People, Technology and Innovation”をスローガンに、経済、社会、平和と安定の三本柱の施策が示された。このうち経済ではイノベーションと民間セクターの関与を通じた経済構造転換の促進及びビジネス環境の改善が謳われ、“イノベーション”というキーワードが新たに現れた。加えて、農業の構造転換、海洋資源の経済的潜在力の最大化のためのブルーエコノミー推進という新たな施策が示された。

アフリカ諸国は実インフラの整備の遅れを情報通信技術で補う施策を採り、アフリカ型のイノベ

中国内モンゴルにおける馬乳酒製造法の比較：1930-40 年代および現状

Comparison of methods to produce fermented mare's milk in Inner Mongolia, China: 1930s-40s and today

尾崎孝宏（鹿児島大学法文学系）

OZAKI Takahiro (Kagoshima University, Faculty of law, economics and humanities)

馬乳酒とはウマの生乳を発酵させたアルコール度の低い醸造酒である。その製造に際してはウマの頭数に加えて労働力の集中的な投下も必要なため、馬乳酒を製造できるのは地域社会内でも中程度以上の経済力を持つ世帯に限られる

現在のモンゴル国における馬乳酒製造法の地域差の少なさは、内モンゴルと比較すれば明らかとなる。発表者は 2015 年に内モンゴルのシリンゴル盟で現地調査を行ったが、そこでの搾乳方法や製造容器などは、モンゴル国のそれとは異なり、別個の地方的伝統として保持されていることが推測された。

現在、内モンゴルで馬乳酒を製造しているのはシリンゴル盟の一部（シリンホト市およびアバガ旗）のみであるが、地域的偏りは 1930-40 年代にも存在した。このような馬乳酒非生産地域が存在は、歴史的に見れば現在のモンゴル国の領域内でも存在した蓋然性は高いが、モンゴル国では 1921 年の人民革命以降 1990 年前後に至る約 70 年間、地方的な文化について詳述した民族誌的データが極めて乏しい点に加え、馬乳酒製造は社会主義的計画経済の対象外であり統計が取られなかったため、歴史的復元は困難である。

一方、内モンゴル東部から中部にかけては、1930 年代から 1940 年代半ばまで、日本人の現地調査者による資料が断片的ながら存在しているため、当時から現在に至る歴史的変遷は復元の可能性がある。

それゆえ発表者は、こうした内モンゴルの地方的伝統がどの程度過去に遡及しうるかを、1930 年代から 1940 年代前半にかけて日本人調査者が現地調査を通じて記録した馬乳酒生産技法に関する報告書類と、報告者が 2015 年以降に収集した調査データとの比較を通じて検討した。

文献調査に関しては、主として旧アバハナル左翼旗および旧アバガ左翼旗を訪問し、調査記録を残したことが明らかな研究者（例：西北研究所関係者）および彼らに言及される関係者の残した文献を中心に分析を行ったほか、日本民族学会（現：文化人類学会）の学会誌である『民族学研究』、善隣協会発行の『善隣協会調査月報』、満州国発行の『蒙古研究』および満鉄関連出版物の記事タイトルから文献を絞り込んだ。

フィールド調査は 2015 年夏季および 2018 年夏季に、シリンホト市およびアバガ旗中心部に滞在して日中に牧民世帯を訪問する形式でインタビュー調査を行った。2 回の調査を通じて馬乳酒製造世帯は極めて限られていることが明らかとなったため、伝統的な製法に詳しいと思われる中高年以上の生産者や両親ないし祖父母から製法を伝授された経験のある若年層の生産者を主たる調査対象としつつも、近年生産を開始した生産者も含めて聞き取りを実施した。

内モンゴルにおける馬乳酒は、1930-40 年代にはすでに現在のような製造地域の偏在が顕著であり、現在の製造地域の分布と基本的に一致する。また製造の担い手としては、王侯や寺院といった大規模家畜所有者を中心に、法会や儀礼といった公的な機会を契機として製造していた傾向が強い。一方でこうした地域的な偏差は部族や氏族レベルでの民俗文化の違いの表現型として理解しうる側面もあると思われる。

ただしアバガ・アバハナル地域が馬乳酒生産地となった原因として、民俗（生産の論理）と社会的条件（需要の論理）のいずれが卓越しているかは現状では判断根拠に欠けるため、さらなる研究が必要である。その際、発表者の研究によって明らかとなった、アバガ・アバハナル地域内部での生産世帯の分布にも地域差が存在する点が一つの手がかりとなるものと推測される。

アバガ・アバハナル地域の馬乳酒製造方法をハルハ地域（モンゴル国）と比較した場合、製造容器、スターター、搾乳方法に差異、すなわち独自性が見いだせる。製造容器に関しては、1940 年代に使われていた木桶はハルハ地域と共通するものの、1950 年代以降に主流となる陶器に関しては、社会主義的集団化に

伴う季節移動の短距離化を背景に、チャハル地域には 1940 年代より存在した小型の壺を大型化する形で急速に普及し、ハルハ地域がプラスチック容器に切り替わっていったのとは異なる技術的变化を生じたものと思われる。一方スターターに関しては粟や牛乳を原料とするスターターを活用する点で、また搾乳技術に関しては母仔を分離することで安全性と迅速性の向上を図る点で、ハルハ地域で広く普及する技術とは相違することが明らかになった。

ただし現状では、モンゴル国から雇用する牧畜労働者を通じてハルハ式の搾乳方法が実践され、スターターでもモンゴル国から馬乳酒を購入する事例が出現するなど、効率性や味の良さといった基準とは異なる理由からアバガ・アバハナル式の馬乳酒製造方法は消滅の可能性を有している。こうした現象の背景には、近年になって一度中断していた馬乳酒製造が、商品化の進行に伴って急速に復活してきた事情があり、同様の理由によって、商品価値の高い混血種の黒ウマが在来種を駆逐する現象も発生しつつある。また、サプリメント製造などを目的に北京など外部の資本が大規模に投下されつつある状況も、馬乳をいかに商品として出荷するかという文脈においては少なからぬ影響を及ぼしている。

だが一方で、現状で馬乳酒製造に携わっている人々は、自身や近しい親族が馬乳酒製造の技術を有しているか、あるいは少なくともその記憶を有している人々に限定されている。その意味において、現在の内モンゴルにおける馬乳酒製造は、彼ら自身の考える歴史性、つまり過去の馬乳酒生産の記憶と関連を有する事象であり続けていると言えるだろう。



地図：発表者の調査地点など

セネガル国・ニャイ地区における野菜栽培の現状と土壌理化学性

Present situation of vegetable cultivation and soil properties in Nianyes, Senegal

○石川祐一(秋田県大)・深井善雄((株)アースアンドヒューマンコーポレーション)・若宮理(秋田県大)
・細川奈々枝(秋田県大)・早川敦(秋田県大)・高橋正(秋田県大)

Yuichi ISHIKAWA (Akita Prefectural University, APU), Yoshio FUKAI (Earth & Human Corporation),
Satoshi WAKAMIYA (APU), Nanae HOSOKAWA (APU), Atushi HAYAKAWA (APU),
and Tadashi TAKAHASHI (APU)

1. はじめに

アフリカの最西端に位置するセネガル共和国(以下セネガル国)は南東部の 500m 級の丘陵を除き、平均海拔は 200m 以下、とくに北のサン・ルイからガンビアに至る大西洋側の海岸沿いは平均海拔 15m と極めて低い。主要河川流域の沖積層地帯を除き、国土の大部分はフェルロと呼ばれる乾燥が進んだサバンナ地帯である。首都から北西部沿岸地域に位置するニャイ地区は海岸砂丘の後背地に当たり地下水の取得が容易であるため国内の野菜の生産基地となっている。この地域では、化学物質の使用、耕作技術の知識不足、貯蔵管理の経験不足のために、農産物を消費する際に安全上の問題が散見される。今回、現地を訪問し、ニャイ地区の野菜栽培を視察する機会を得たので、野菜栽培の現状と圃場の土壌理化学性を調査した結果を報告する。

2. ニャイ地区生産者組合と SHEP プロジェクト

SHEP プロジェクトとは市場指向型農業プロジェクト(Smallholder Horticulture Empowerment & Promotion (SHEP))アプローチである。野菜や果物を生産する農家に対し、「作って売る」から「売するために作る」への意識変革を起こし、営農スキルや栽培スキル向上によって農家の園芸所得向上を目指すものである。ケニアでは、このアプローチを実践により、わずか2年間で2,500もの小規模農家の収入を倍増させている(<https://www.jica.go.jp/activities/issues/agricul/approach/shep/index.html>)。ニャイ地区生産者組合でも SHEP プロジェクトの実践を進めている。生産者組合長へのインタビューの結果、SHEP プロジェクトの実践により意識改革が進み、海外の市場も視野に入れながら生産を進めている。一方で、土壌条件は環境省の調査が行われているが現状は非常に貧弱で土壌改良の必要があること、農業用水は全体の約70%で鉄分や塩の問題があると考えているが詳細な検査はされていない。

3. 現地調査と土壌理化学性

2019年9月21,22日にニャイ地区内4集落A~Dを廻り、栽培状況と表層土壌試料を採取した(図1)。土壌については日本への携行輸入後に定法により一般的な理化学性を分析した(表1)。

3.1 集落 A (Mboro Total 村)

地下水位 17m。地下水をポンプでくみ上げ斜面上部の圃場へと灌水している。農地面積は 4.5ha/農民。他の視察圃場と比較してオクラやナスの成育は良好であるが、虫害がひどい圃場も観察された。播種前圃場(A-1)とオクラ栽培地(A-2)は数百 m ほどの距離であるが、A-2 では有機物の集積が非常に多く土色も黒かった。そのため陽イオン交換容量(CEC)も調査地点内で最大となった。

3.2 集落 B (Diogo 村)

地下水位 12m。ポンプでのくみ上げは集落 A と同様であった。キャッサバ栽培地(B-1)ではマイクロキャッチメントによる集水が行われていた。木炭・草炭を施用しているためか、土壌の酸性化が進むとともに塩類の集積が見られた。キャベツ栽培地(B-2)では収穫後の刈り株を用いて放牧が行われており、有機物の供給源とされていた。

3.3 集落 C (Beer 村)

傾斜地で最下部は冠水するためヨシの群生地。その上部にライム+ミント(C-2)、中腹にライム+トマト(C-1)、さらに上部でトマトやジャガイモ、葉物を栽培というように数アール規模の圃場で果樹と野菜を組

み合わせた多品目の栽培を行っていた。農薬・肥料ともあまり使用しておらず、土壌中の塩基類も少ない状況であった。

3.4 集落 D (Ndieguene 村)

他の土壌が砂質であるのと比較して、粘土が多い土壌であった。そのため土壌の保肥性・土壌塩基も比較的高く維持されていた。調査時はオクラを栽培していたが、以前はその保水性を利用してコメの栽培を行っていた。農薬はほとんど使用されておらず雑草の繁茂が著しい。

4. まとめ

SHEP プロジェクトの浸透により、生産性が向上し肥料・農薬を安定して使用できる農家が見られた反面、十分な病害虫の防除ができていない圃場も確認できた。農薬使用について量と質の両面からの改善が課題であり、そのためにも広範な現状把握が必要であると考えられた。土壌理化学性は空間変動の大きさに加えて、土壌管理が理化学性の違いに大きな影響を与えていることが示唆された。土壌管理の啓蒙による土壌改良効果は大きいことが期待される。



図 1. セネガル国およびニヤイ地区・調査地点の位置(図中▲)

表 1. 調査圃場の一般的土壌理化学性

採取地点	作付作物	pH(H ₂ O)	pH(KCl)	EC	P ₂ O ₅	CEC	交換性Ca	交換性K	交換性Mg	交換性Na
				mS・s ⁻¹	mg・100g ⁻¹	cmolc・kg ⁻¹	cmolc・kg ⁻¹	cmolc・kg ⁻¹	cmolc・kg ⁻¹	cmolc・kg ⁻¹
A-1	播種前	7.05	6.41	3.62	4.05	3.23	14.4	1.33	1.52	5.02
A-2	オクラ	4.93	4.11	33.5	6.55	50.0	6.79	1.36	1.24	3.55
B-1	キャッサバ収穫後	3.78	3.54	231	0.632	43.8	25.1	1.78	5.64	8.62
B-2	キャベツ	6.72	6.34	5.48	13.5	3.79	16.3	1.05	1.31	3.21
C-1	トマト	7.32	6.70	4.30	7.03	5.22	22.0	3.60	5.55	11.8
C-2	ミント	7.14	6.14	5.24	7.87	10.7	17.1	0.300	1.14	N.D.
D	オクラ	7.97	7.48	303	18.9	30.7	25.3	2.11	6.22	5.02

表中の EC は土壌電気伝導度(1:5 水抽出)、CEC は陽イオン交換容量(Cation Exchange Capacity)

ストーンマルチ局所攪拌耕うんによる栽培実験

Cultivation experiments with stone multi and local stirring tillage

實野雅太（東京農業大学教職課程）、實野孝久（大阪大学）、浜辺薫（太陽エネルギー利用推進研究会）

Masataka Jitsuno (Tokyo Univ. of Agriculture), Takahisa Jitsuno (Osaka Univ.),

Kaoru Hamabe (Solar Desalination Agriculture)

1. 研究背景

乾燥・半乾燥地域では農業に利用できる真水は少なく、これまでウォーターハーベスト¹⁾やストーンマルチ²⁾など水を有効に利用する方法が提案されてきた。しかし、水を効率的に集めても農業において全面耕うんにより土壌をむき出しにすることは乾燥・半乾燥地域では有効とは言えない。2011年に著者は保水性や蒸発抑制に効果のあるストーンマルチと、定植部のみを耕うんする局所耕うん栽培法を組み合わせる方法を提案した³⁾。昨年度、局所耕うん栽培法を応用した局所攪拌耕うんに変更し栽培実験を行った。今回はその栽培実験の概要と結果を報告する。

2. 局所攪拌耕うん

局所耕うん栽培法は1996年に田島ら⁴⁾によって農地の雑草を刈り込むことでリビングマルチとして利用し、生態系を維持しながら栽培を行う方法として提案されている。この方法は植え付け部のみを耕すので耕うん所要動力を低減することが可能である。この局所耕うん栽培法では植え付け部の真下に縦穴を作ることによって作物の根を誘引し、雑草とは水分の競合を避けることができると考えられている。局所耕うん栽培法は点で耕すため、ストーンマルチを敷いた状態でも次の作付けが可能である。局所耕うん栽培法では葉物野菜の栽培実験を行ってきたが、日射の強い乾燥・半乾燥地域での栽培を考えた際に他の作物で行った方が良いのではないかと考えた。その際にタマネギなどを栽培するため、これまでの土耕のように根を伸長させる空間を確保するために植え付け部の土壌を攪拌する方式に変更した。それが局所攪拌耕うんである。今回はストーンマルチの石の代用として入手が容易なレンガを用い、雑草を防止するために防根シートを敷いた。

3. 栽培実験

ストーンマルチと局所攪拌耕うんの組み合わせを検証するために栽培実験を行った。概要を以下に示す。

(1) 概要

場所：東京農業大学世田谷キャンパス教職課程所有圃場

期間：2018年11月27日～2019年6月2日

栽培作物：タマネギ

降雨強度 2.3mm で液体肥料ハイポネックス 500 倍希釈を週 2 回散布

(2) 実験方法

- ①2018年11月27日にストーンマルチ局所攪拌耕うんを行った区画と、対象区として耕うん機により耕深 20cm まで全面耕うんを行った区画を用意した。
- ②ストーンマルチ局所攪拌耕うん区では耕うん時にオーガで土を取り出し、土壌改良のために一般販売されている野菜培養土を 1 : 1 で混ぜて埋め戻した。対象区にも粒状化学肥料を散布した。防根シートに定植部の切込みを入れ、レンガを敷いた後にタマネギの苗を定植した。定植の間隔はストーンマルチ局所攪拌耕うん区、対象区ともに 20cm とした。結果、定植数はストーンマルチ局所攪拌耕うん区で 84 株、対象区で 24 株となった。定植後の様子を図 1 に示す。
- ③定植から 5 月の収穫まで両区画で雑草の管理は行わず、ストーンマルチ局所攪拌耕うんによる栽培管理上の効果の検討も行った。
- ④6月2日に収穫後、緑色に色づいた葉の部分と根の部分を切り落とし、生鮮重量の測定を行った。その結果を Tukey の一元配置分散分析にて統計処理を行った。



図 1. 定植後の様子(左：ストーンマルチ局所攪拌耕うん区、右：全面耕うんによる対象区)

(3) 結果および考察

タマネギの栽培実験を行った結果、ストーンマルチ局所攪拌耕うん区は対象区に対して 1%水準で有意な結果を示した。平均値では、ストーンマルチ局所攪拌耕うん区は 126.4g、対象区は 52.7g であった。収穫物の差異を図 2 に示す。

このように差が出た要因として、ストーンマルチにより水分が蒸発しにくく、効果的に利用されたと考えられる。対象区では土壌表面が乾燥していることも確認できた。しかし、今回の栽培実験は節水農業を目指ものとしては降雨強度が強いものであったため、より灌水量を減らしても同様の結果となるかは不明であり、今後も検証が必要である。そのためにマイコンによる精密な灌水を行うことなどが考えられる。

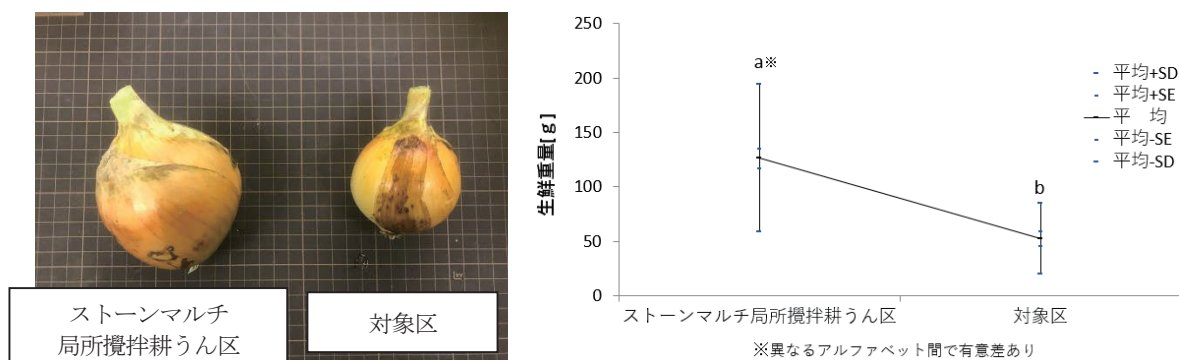


図 2. 収穫物の大きさの差異(左)と統計処理の結果(右)

4. まとめ

今回の栽培実験からストーンマルチ局所攪拌耕うんが全面耕うんに対して有意な差を示したが、作業工程に手間がかかる部分もあるので、より簡素化して栽培を行えるように改良が必要である。

引用文献

- 1) 北中真人, 堀田朋樹, 中村謙仁, 鈴木伸治, 西牧隆壯, 高橋悟(2010): ウォーター・ハーベスティングの集水特性についてのエチオピアでの実証的検討: ネリカ普及にむけた半乾燥地における"連結ため池灌漑システム"の適用可能性, 日本沙漠学会誌 20(3), 151-158
- 2) 高橋 悟, 鈴木 伸治, 渡邊 文雄, 豊田 裕道, 西牧 隆壯, 北中 真人, 堀田 朋樹(2010): 沙漠緑化の新展開を考える, 水利科学 54(6), 1-29
- 3) Masataka JITSUNO, Kiyoshi TAJIMA, Masayoshi KATO, Nariaki TOYODA, Noe Velazquez LOPEZ, Eiichiro SAKAGUCHI, Jyunya TATSUNO (2012): The Possibility of Adapt the Shaft Tillage Cultivation Method to Arid Land Farming, 日本沙漠学会誌 22(1), 341-344
- 4) Tajima, K, Tamaki, K, Tatsuno, J., Kato, M., Inagaki, T. (1996): A study on the shaft tillage cultivation system for an agricultural robot, AgEng'96 MADRID; paper 96A-101.

ジブチ共和国、ディキル地域における水資源調査報告

Water Resources Survey in Dikhil Region, Djibouti.

鈴木綾太¹、齋藤修平²、Dayah Aden³、鈴木伸治⁴、渡邊文雄⁴(1東京農業大学大学院 農学研究科 農業工学専攻、²東京農業大学 博士研究員³ジブチ共和国農業・水産業・牧畜・海洋資源省、⁴東京農業大学 地域環境科学部 生産環境工学科)Ryota Suzuki¹, Syuhei Saito², Dayah Aden³, Shinji Suzuki⁴, Fumio Watanabe⁴(¹Department of Agricultural Engineering, Graduate School of Tokyo University of Agriculture.²Postdoctoral Researcher of Tokyo University of Agriculture.³Ministry of Agriculture, Fisheries, Livestock and Marine Resources, Republic of Djibouti⁴Department of Bioproduction and Environment Engineering,
Faculty of Regional Environment Science, Tokyo University of Agriculture.)

1. はじめに

東アフリカの紅海の出入り口に位置するジブチ共和国は、ヨーロッパとアジアを結ぶ地政学的に重要な国家である。自然環境は「世界で一番暑い国」と呼ばれ、年最高気温 50℃、年降水量 150 mm 以下と乾燥地帯に属している。

人口は約 100 万人であり、大半が家畜を飼育している遊牧民が占めている。同国の水資源の大部分は、井戸を利用した地下水に依存しており、生活用水や家畜の飲み水として利用されている。農業省と国際連合食糧農業機関 (FAO) の取り組みで、全国の水資源マップが作成されている。しかしながら、ほとんどの情報が 20 年以上更新されていないため、当時の位置情報精度や水利用の変化を踏まえて再度検討する必要がある。また今後の地下水賦存量の推定を資するためにも、水資源マップの更新が必要であると考えている。

本研究では Dikhil 地域を対象に水資源マップを更新し、現在の利用状況について調査した。

2. 方法

2-1. 調査対象地の選定

Dikhil 市を含む Hanle 集水域 (1,906 km²) はジブチの南西部にまたがっており、同国最大の集水域でもある。しかし、流域全域を調査することはアクセス上困難であるため、小集水域毎を対象とした。ASTER GDEM (30 m 分解能) を取得した後、GIS ソフト「ArcMap」の解析ツールを用いて、小集水域領域の抽出を行った (図 1 の塗り潰されている領域)。本研究では Dikhil 市を含んだ南東の小集水域 (Hanle 集水域の約 4 分の 1) を、水資源マップを参考に位置情報サービスを利用して小集水域の井戸、表流水を調査した。

2-2. 調査方法

調査に訪れたすべての地点の座標を eTrex 30 (GARMIN 社) 用いて世界測地系 (WGS1987) で座標と標高を記録した。調査地点において、水利用の状況を住民に聞き取り調査した。また、井戸の水位は安価でかつ容易に測定するために、浮きを付けた巻尺を用いて、地表面からの水位を記録した (図 2)。水質を測定するために、井戸、表流水を採水し、LAQUAtwin EC-33B, pH-22B (HORIBA 社) を用いて、調査した場所の全てにおける電気伝導率と pH を測定した。

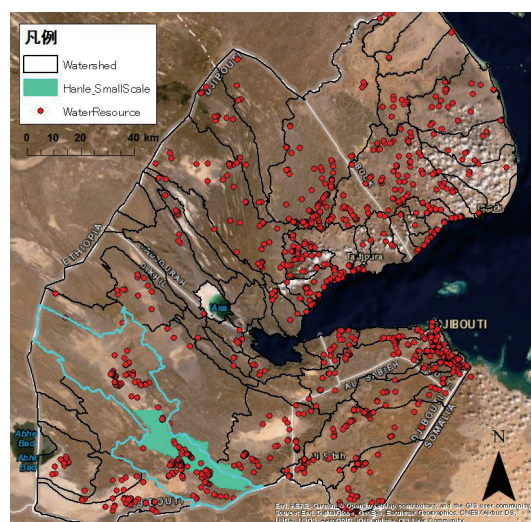


図 1 ジブチ共和国の集水域と水資源マップ

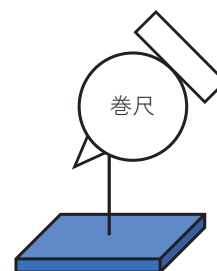


図 2 井戸水位測定の概要図

3. 結果

ワジの下流である北部から中部、南部と 3 つの地域で、18 ヶ所を調査した（表 1）。水資源マップに記載されている座標では、場所の特定が困難であったが、住民から話を聞くことによって辿り着くことが出来た。

ワジの中の手掘り（ID：4）を除く 17 ヶ所のうち、11 ヶ所に、ポンプが設置されておりタンクに貯水するためや灌漑に用いられていた。また 17 ヶ所のうち、8 ヶ所が水資源マップに記載されておらず、新たな情報として記録することが出来た。D193（ID：6）は、水資源マップに記載されていたものの、ペットボトルやビニル袋などのゴミが浮遊し、地域の住民は使用していないことが分かった。ここでの生活用水としての水は、ワジを直接掘ることで入手するか、あるいは別の井戸を利用している可能性がある。

採水したサンプルの水質を調べた結果、pH は 6.5～8.5 の基準内であることがわかり、生活用水として適正な値を示した（WHO, 2017）。EC は 0.53～3.20 mS/cm の範囲で推移していた。

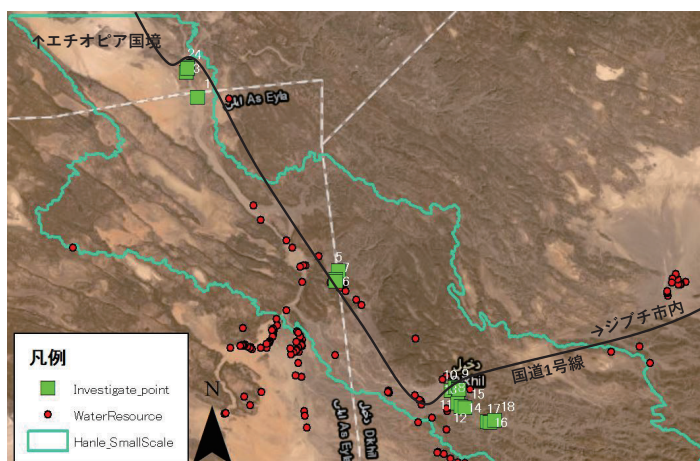


図 3 水資源マップと小集水域内の調査した場所

表 1 各調査地点における項目別結果

ID	名前	座標		標高 (m)	井戸水位 (m)	水質		ポンプの 有無	備考
		経度	緯度			pH	EC (mS/cm)		
1	—	42.22935	11.26959	—	—	7.1	1.09	有	2013年に日本が設置
2	—	42.22385	11.28630	292	—	6.8	1.37	有	2018年にサウジアラビアが設置
3	D18	42.22310	11.28338	295	—	6.5	1.57	有	
4	—	42.22392	11.28567	289	1.00	6.6	0.53		ワジの中の手掘り
5	—	42.30965	11.17300	396	—	7.1	0.89	有	2014年にクエートが新設
6	D193	42.30793	11.16829	372	1.50	7.1	2.70		使用されていない
7	—	42.30785	11.16723	371	0.50	6.6	1.80		ワジの中の表流水
8	D274	42.37337	11.10610	—	0.90	6.3	3.20	有	JICA設置
9	D172	42.37567	11.10825	478	0.85	6.7	1.45	有	点滴灌漑を行っている
10	D170	42.37750	11.10725	480	2.50	6.8	1.33		使用されていない
11	D169	42.37803	11.10683	476	1.00	6.6	1.14		
12	—	42.37733	11.09928	489	10.00	—	—		D273近くの井戸①
13	—	42.37733	11.09922	488	8.30	6.4	1.53	有	D273近くの井戸②
14	D272	42.37912	11.09755	485	20.00	—	—	有	目視水位
15	D162	42.38122	11.09682	488	4.10	6.8	1.36	有	
16	—	42.39423	11.08913	497	0.50	6.8	0.82		ワジの中の表流水
17	—	42.39557	11.08875	500	0.50	6.7	0.94	有	ワジの中の井戸
18	—	42.39803	11.08983	504	0.50	6.6	0.59	有	ワジの中の表流水

4. まとめ

水資源マップの更新のために合計 18 ヶ所の地点を調査した結果、約 2 分の 1 の地点で新たな情報を得ることが出来た。加えて表流水を除く大半の井戸には、ポンプが設置されているが、水資源マップに記載がなかったことから、農業省や FAO が把握していない情報が数多くあると考えられ、今後の同国の水資源の管理のためには、全方位的な継続的な現地調査を重ねる必要があると考える。

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。

参考文献

WHO (2017) : Guidelines for drinking-water quality, 4th edition, incorporating the 1st addendum.

スピルリナを用いた土壌の保水性改善に関する予備的研究

Preliminary study on improvement of soil water holding capacity by Spirulina

○鈴木伸治¹⁾, 山本美帆¹⁾³⁾, 鈴木淳一郎¹⁾⁴⁾, 渡辺智²⁾, 渡邊文雄¹⁾¹⁾東京農業大学地域環境科学部, ²⁾東京農業大学生命科学部,³⁾現:エイチフロンティア株式会社, ⁴⁾現:東京都中央区役所○Shinji SUZUKI¹⁾, Miho YAMAMOTO¹⁾³⁾, Junichiro SUZUKI¹⁾⁴⁾,Satoru WATANABE²⁾ and Fumio WATANABE¹⁾¹⁾Faculty of Regional Environment Science, Tokyo University of Agriculture, ²⁾Faculty of Life Sciences, Tokyo University of Agriculture, ³⁾Current: H Frontier Co., Ltd., ⁴⁾Current: Chuo City Office, Tokyo

はじめに

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 $200\mu\text{m}$ ~ $500\mu\text{m}$, 幅 $6\sim 10\mu\text{m}$ 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。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。またスピルリナをはじめとした微細藻類は、細胞外高分子物質 (EPS; Extracellular Polymeric Substances) を分泌する。EPS は、多糖類、蛋白質、核酸および脂質から構成される物質である。

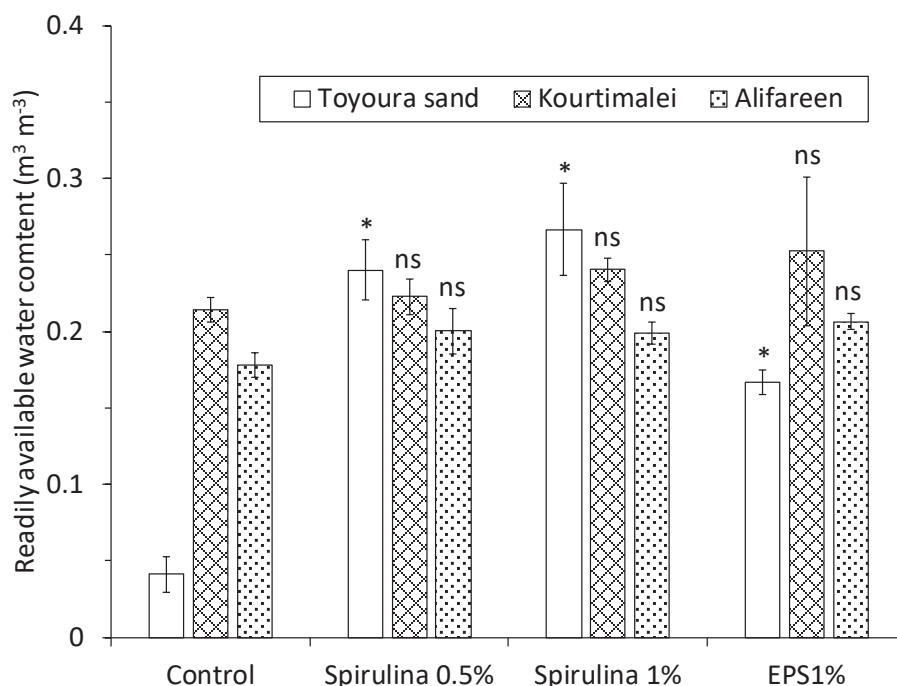
このようにスピルリナは熱帯乾燥地の環境で生息し、培養が可能である。また一方で乾燥地や半乾燥地では、緑化や沙漠化防止策として土壌の保水性の改善が求められていることから、本研究ではスピルリナおよびスピルリナ由来の EPS の用途を探索する一環として、これらが土壌の保水性の改善に及ぼす影響について検討した。

Table 1 Particle size distribution and bulk density of sample soils.

	Sand	Silt	Clay	Bulk density
		g kg^{-1}		Mg m^{-3}
Toyoura sand	941	17	42	1.67
Kourtimalei	258	620	122	1.50
Alifareen	828	120	52	1.58

試料および方法

供試土として、豊浦砂、ジブチ共和国南部の Kourtimalei および Alifareen から採取した土壌を用いた。これらの土壌の粒径分布を **Table 1** に示す。スピルリナは食品用として市販されているものを、また EPS は実験室内にてスピルリナを培養した際に抽出し、凍結乾燥させたものを用いた。どちらも粉末状である。スピルリナ、EPS とともに添加割合を供試土に対する質量比でそれぞれ 0 (対照区), 0.5%, 1% とて供試土に均一に混ぜ、

**Fig. 1** Changes in readily available water content with addition of Spirulina and EPS. *: $p < 0.05$, ns: not significant compared to the

吸引法および遠心法によって易有効水分量（マトリックポテンシャルが-63 cm と-1000 cm に相当する体積含水率の差）を測定した。その際、対照区の土壌に対して自然な状態での充填密度（乾燥密度、Table 1）が得られるように測定容器に試料を充填し、スピルリナや EPS を添加した試料については、対照区と同様の方法で、過度な荷重がかからないよう注意して測定容器に充填した。

さらに熱帯乾燥地での使用を念頭に、効果の持続性について調べるため、スピルリナと EPS の粉末を 60 ~70 °C で 24 時間加熱したものについて豊浦砂と Alifareen 土壌に添加し、別途易有効水分量を測定した。

結果および考察

豊浦砂では、対照区の易有効水分量が $0.04 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ であったのに対し、スピルリナを添加したところ易有効水分量が 6 倍に、また EPS を添加したところ易有効水分量が 4 倍に増加した。スピルリナを 0.5 % 添加した場合に比べ、1 % 添加した場合では、易有効水分量がわずかに増加した (Fig. 1)。Kourtimaliei 土壌と Alifareen 土壌では、対照区の易有効水分量がそれぞれ 0.21 および $0.18 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ と豊浦砂の易有効水分量よりも多く、スピルリナと EPS の添加によって易有効水分量が有意ではないものの微増した (Fig. 1)。スピルリナと EPS の添加による易有効水分量の増加は、添加前（現況）の土壌の易有効水分量の多さに依存していた (Fig. 2)。

加熱処理を施したスピルリナや EPS を添加した供試土の易有効水分量は、加熱しなかった場合よりわずかに減少したが、有意ではなかった (Fig. 3)。このことから、スピルリナや EPS を熱帯乾燥地の土壌に適用した際に、効果が持続的であることが示唆された。ただし、スピル

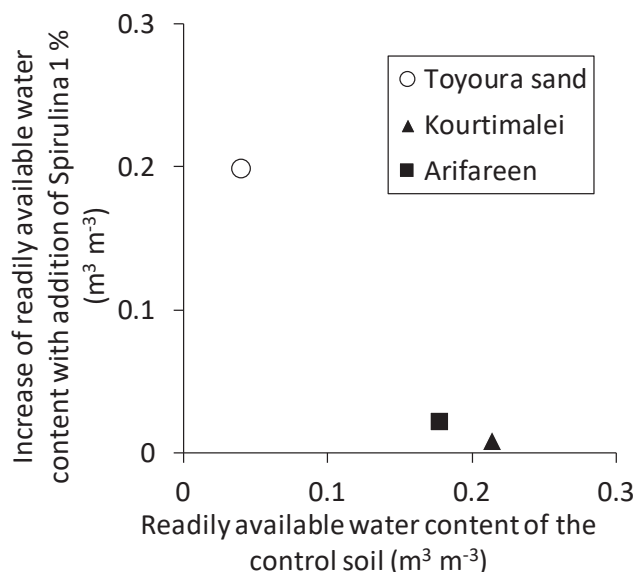


Fig. 2 Relationship between initial readily available water content and its increase.

リナに比べ、EPS の方が易有効水分量の減少が大きかったことから、スピルリナよりも EPS の方が熱によって分解されやすいことが示された (Fig. 3)。

まとめ

わずかな添加量で易有効水分量が増加することや、加熱による効果の減少がわずかであったことから、スピルリナやその生成物である EPS による土壌の保水性の改善、およびその効果の持続性が期待される。スピルリナや EPS が土壌の間隙径分布の変化に及ぼすメカニズムについて、今後詳しく調べる必要がある。

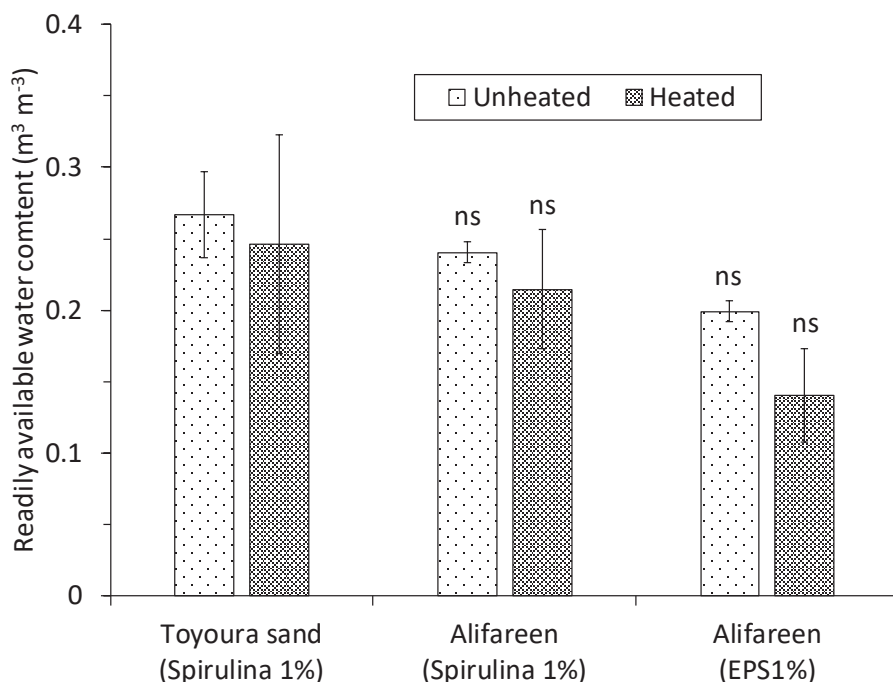


Fig. 3 The impact of heating treatment (60 to 70 °C for 24 hours) on readily available water content with Spirulina and EPS. ns: not significant compared to the control.

粘土混合砂に対するファインバブル水の透水特性

Water permeability of finebubble water into clay-mixed sand.

○矢沢勇樹(千葉工大), 今城研吾(千葉工大), 江口俊彦(株オーラテック)

○Yuuki YAZAWA (CIT), Kengo IMASHIRO (CIT), Toshihiko EGUCHI (Aura Tech Co.)

1. はじめに

乾燥・半乾燥地において排水性の乏しい粘土質土壌は塩類集積しやすい。表面に集積した塩を取り除くためには比較的塩濃度の低い灌漑水で洗い流す必要があるが、再び乾燥すると塩が表面集積する。本研究では、滞留時間が長く、表面負電位の高いファインバブルに着目した。先行研究において、粘土混合砂をもちいて模擬塩類集積土壌を作成し、ファインバブル (FB) 水と無気泡 (NonB) 水を定水位にて表層より流入させた。その結果、NonB 水と比べ FB 水の透水係数は約 3 倍、下部からの排水中の累積 NaCl 溶脱量は約 1.2 倍向上することから、FB 水の塩類集積土壌への可能性を見出した。

本発表では、低透水性の粘土混合砂に FB 水を流入し、透水性への影響を検討することを目的とした。

2. 実験装置および方法

2.1 湿潤土壌の作製

豊浦砂 (平均粒径 $261\ \mu\text{m}$, 以下 S), カオリン (平均粒径 $3.7\ \mu\text{m}$, 以下 C) の粘土混合砂 (質量基準で, S100C0, S98C2, S96C4, S94C6) をもちいた。

湿潤土壌作製装置を図 1 に示す。アクリル製土壌円筒 (内径 $30\ \text{mm}$, 長さ $50\ \text{mm}$) が 6 本連結したライシメーター各層に乾燥した粘土混合砂約 $55\ \text{g}$ をそれぞれ充填し、締固めをおこなった (乾燥土壌)。ライシメーター底部には、有孔板、金網、ろ紙 (5C) を設置してある。ライシメーター上部にはアクリル製ボックス (一辺 $300\ \text{mm}$) と接続し、レフ型白熱電球 (電力 $90\ \text{W}$, ビーム角 60° , 全光束 $1,200\ \text{lm}$) により土壌表面を加熱し、蒸気を側部ファンより換気した。ライシメーター下部より地下水を供給し、マリョット管にて地下水位を $-150\ \text{mm}$ に保った。乾燥開始からの地下水蒸発量は電子天秤にて連続計測し、 $12\ \text{h}$ 行った。 $12\ \text{h}$ 後にライシメーターの連結を解除し、各深さの土壌を $105\ ^\circ\text{C}$ で乾燥させ、そこから体積含水率、粒度分布を測定した。

2.2 透水性試験

2.1 で作製した湿潤土壌のライシメーターを図 2 のように定水位水槽と連結し、リーチングおよび透水性試験を行った。土壌表面から 70 および $170\ \text{mm}$ の位置にそれぞれ給排水ラインとし、オーラテック社製加圧溶解型微細気泡発生装置と連結し、流量 $1,200\ \text{ml/min}$ で微細気泡 NMB とともに循環供給した。比較として、同流量における微細気泡なしの条件でも行った。

水位差 $170\ \text{mm}$ の定水位にて土壌表面より NonB 水もしくは FB 水を流入し、底部より流出した透水量を電子天秤にて初期 $100\ \text{ml}$ まで連続計測した。その後、ライシメーターの連結を解除し、2.1 と同様に土壌分析を行った。透水量より $15\ ^\circ\text{C}$ における透水係数 k_{15} を、FB 水中の気泡径分布から Stokes の式に当てはめ浮上速度 v_{bubble} を求めた。

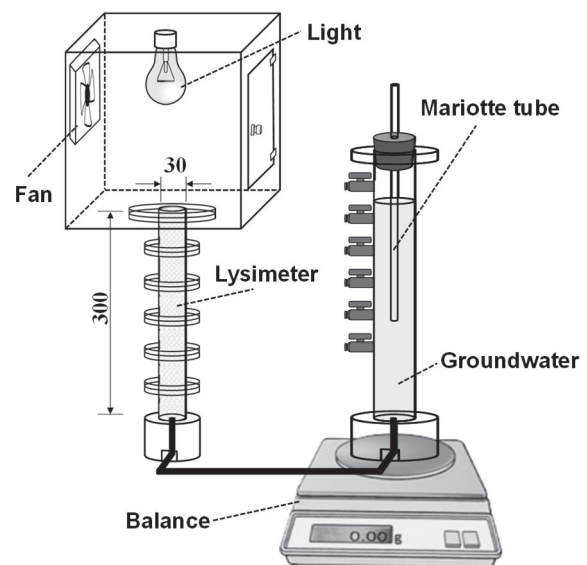


図 1 湿潤土壌作製装置図

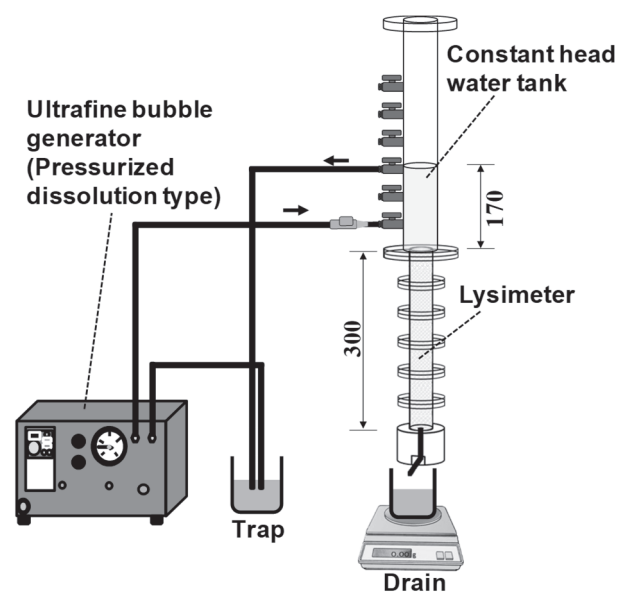


図 2 透水性試験装置図

3. 結果および考察

3.1 ファインバブルの有無による粘土混合砂の透水性に及ぼす影響

砂 - 粘土混合比を設定した湿潤土壌への FB 水および NonB 水の定水位供給にともなう k_{15} の経時変化を図 3 に示す。ここで透水初期にあたる湿潤土壌は地下水位から土壌表層に向けて乾燥状態にある。

NonB 水の結果より、粘土混合率を高くすることで k_{15} は低下し、定常状態に移行する時間も長くなることがわかった。砂粒子間隙に粘土粒子が充填されることで間隙が狭まり、上部より流入される水と既存の空気との置換が滞ったためである。一方、FB 水の場合、粘土混合率間の差に変化が確認された。S100C0 では、NonB の k_{15} と比べ低くなるのに対し、粘土混合率が増加するに従い逆に FB 水の k_{15} の方が高くなることがわかった。特に FB 水による S94C6 の k_{15} は S96C4 との差が小さくなった。NonB 水より FB 水の方が低い k_{15} となった S100C0 では、土壌表層上面に発泡痕が確認され、FB 水中の気泡が透水とともに内部に浸透し、間隙に気泡だまりが発生することで合泡成長し、そこで透水経路が遮断されたと推測される。やがて土壌層内での保泡性に限界が生じ、発砲したと考えられる。

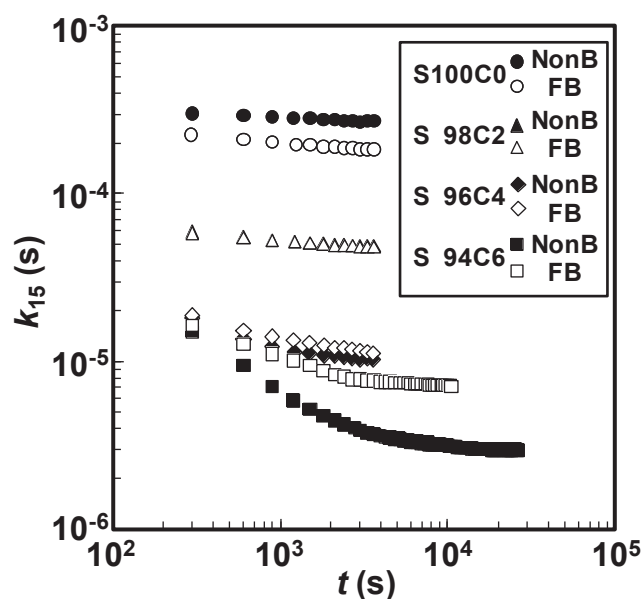


図 3 FB水および NonB水による粘土混合砂の透水係数

3.2 ファインバブルの特性と粘土混合砂の透水性との関係

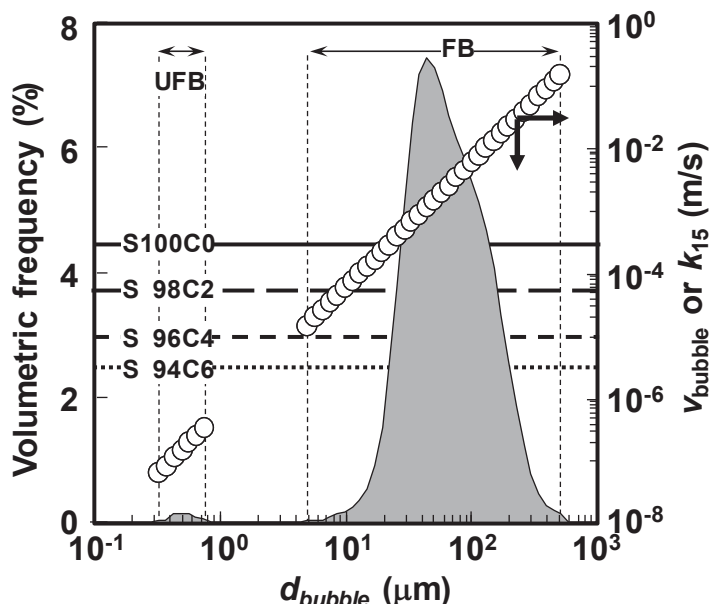


図 4 FBの体積気泡径分布とその浮上速度、ならびに粘土 NonB水の粘土混合砂の透水係数との比較

低 k_{15} の粘土混合砂が FB 水の場合に向上した理由に、水分子のクラスター破壊にともなう表面張力の低下が考えられる。実際、NonB 水は 67 N/m に対し、FB 水は 60 N/m まで低下することが確認されている。加えて気泡のもつ高い負の ζ 電位 (-24 mV) により間隙の粘土粒子を吸着・除去したと考えられる。

以上のことから、透水・排水性の悪い塩類集積土壌の改良に FB 水、特に UFB 水が有効であることが確認された。

本研究でもちいた FB 水中の体積気泡径分布と気泡径 d_{bubble} から求めた v_{bubble} を図 4 に示す。体積基準での分布の場合、ほとんど数 μm 以上のファインバブル (FB) であり、わずかにサブミクロンのウルトラファインバブル (UFB) が確認された。一方、個数基準では大部分が UFB で占めていることがわかる。確認される d_{bubble} から v_{bubble} を算出すると $10^{-8} \sim 10^{-1}$ m/s の広範囲である。

図 3 より NonB 水を透水した各粘土混合砂の k_{15} 定常値を求め、その値を図 4 に当てはめた。結果より、FB の v_{bubble} と同等、もしくはそれ以上の k_{15} である S100C0, S98C2 の混合砂は水の浸透とともに FB および UFB の浸透が起こるのに対し、FB の v_{bubble} 以下の k_{15} である S96C4, S94C6 は FB 水中の FB の浸透せず、 v_{bubble} が非常に低い UFB のみが浸透すると考えられる。このことから気泡径が大きい FB はむしろ透水を阻害すると考えられる。

中央アルプス森林限界越え山岳での低温乾燥・風向激変突風の推測

Estimation of gust, low temperature and dry air above forest limits in Central Alps

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

中国には高山沙漠があり、文字どおり高山の沙漠で、乾燥と低温で形成される。日本でも森林限界以上の高地・山岳は大雨が降る一方、岩石地では急激に乾燥し、沙漠の湿度よりも乾燥する現象が発生する。それは高層気象から判かるように、高標高地では湿度 1% 以下の極乾燥の発生が多いためである。従って、沙漠のような高山の乾燥気象を評価・解明する必要がある。2017 年 9 月 20 日に中央アルプス北端域の将基頭山(2730m)に、21 日に木曽駒ヶ岳(2956m)に登った(真木、2019a)。20 日千畳敷カール上部から尾根に達すると霧と強風が激しく西駒山荘まで荒天であった。20 日夜は長周期の風向激変による突風の強風が雨とともに吹き続き低温化した。21 日は晴天で氷が張り霜柱が立ち低温の強風が吹いた。ここでは低温・強風の特性を山の地形・標高などと関連させて解析し、風速・気温・湿度の推定を示す。

2. 解析方法

山地・高山の地形と気象との関連を解析・解明するために、地形図による標高や局地・微地形を評価して解析に利用した。寒冷高・低気圧の特性・移動状況を解析し、地上気象はアメダス気象を、高山気象は輪島・潮岬等の高層気象を利用して、風速・気温等を解析・推測した。

3. 解析結果と考察

(1) 風向・風速：20 日 9 時には北陸は寒冷低気圧の接近で大気が不安定で雷雨があり木曽駒ヶ岳付近では強風・雨の荒天となった。日本海の低気圧は 21 日 9 時には津軽海峡付近を通過し大陸から寒冷高気圧が移動し晴天となった。20・21 日の寒冷低気圧・高気圧は大陸で発達し、北・中央・南アルプスに影響を及ぼした。20 日夜は荒天で、複雑な尾根地形のため風向・風速変化が激しく、特に相当時間の長い長周期の突風が吹いた。風向・風速の極めて激しい変化に加えて霧・晴天で星が出たり雨が降ったりで変化が激しかった。突風が 1 分、10 分の間隔など、極めて不規則で風向は南西寄りであった。強風・突風・風向激変は複数の尾根・谷地域で地形が非常に複雑なためである。駒ヶ岳や将基頭山の大小地形や局地的複雑地形が風向・風速の激変を支配し、急峻斜面では強風時に逆風も吹く風特性であった。

○傾度法による風速：最大風速、2017 年 9 月 20 日 $y = 126.12x + 228.77$ 、 $R^2 = 0.7352$ 、 $r=0.857$

将基頭山相当の最大風速 2700m：19.59m/s、木曽駒ヶ岳相当の最大風速 3000m：21.97m/s

最大瞬間風速、2017 年 9 月 20 日 $y = 90.293x - 14.21$ 、 $R^2 = 0.7443$ 、 $r=0.863$

2700m：29.30m/s、3000m：33.38m/s

最大風速、2017 年 9 月 21 日 $y = 182.57x + 206.66$ 、 $R^2 = 0.3051$ 、 $r=0.552$

2700m：13.66m/s、3000m：15.30m/s

最大瞬間風速、2017 年 9 月 21 日 $y = 159.71x - 197.15$ 、 $R^2 = 0.393$ 、 $r=0.627$

2700m：18.14m/s、3000m：20.02m/s

20 日の 2700m 高では、1350m 高以下（説明がつく地点を除外）の関係式から最大風速は 19.74m/s、最大瞬間風速 29.61m/s は富士山等の高標高地のデータ全体の関係式から最大風速 19.59m/s、最大瞬間風速 29.30m/s となった。21 日では 1350m 以下の関係では相関が非常に低いために求められず、高層の富士山までの関係式を用いて、最大風速 13.66m/s、最大瞬間風速 18.14m/s と推定した。

○冪乗法による風速： $V_2/V_1 = (H_2/H_1)^{0.6}$ （吉野、1986；真木 2019b）

9 月 20 日の飯島 16.03、32.71m/s、伊那 18.62、33.34m/s、飯田 24.02、31.58m/s、3 平均 19.56、32.57m/s、3 平均で 19.56m/s、32.56m/s となった。21 日の 2700m では最大風速、最大瞬間風速は飯島 9.00、14.05m/s、

伊那 12.42、15.28m/s、飯田 21.05、22.94m/s で、3 平均 14.16m/s、17.42m/s となった。

○高層気象による風速：現地に近い輪島の 20 日の最大風速 19.03m/s、最大瞬間風速 28.55m/s だった。

以上、20 日の 2700m の最大風速、最大瞬間風速は傾度法で 19.59、29.30m/s、0.6 乗の冪乗法では 19.56、32.56m/s、輪島の 21 時の高層気象から 19.03、28.55m/s で、時間的に風速変動の激しい状況であったが、近似した風速で、3 平均では 19.39、30.14m/s、突風率 1.55 となった。

21 日では傾度法では 13.66、18.14m/s、冪乗法では 14.16、17.42m/s、高層気象では 11.72、17.58m/s であり、3 平均で 13.18m/s、17.71m/s で突風率 1.34 となった。

(2)気温：富士山では 20 日最低気温は-4.7℃、21 日最低気温は-3.1℃、20 日槍ヶ岳-3.0℃、南岳-2.3℃、21 日槍ヶ岳-2.1℃、南岳-1.9℃を加えたデータから関係式を求めた。20 日 $y = -152.72x + 2741.1$ 、 $R^2 = 0.9484$ 、 $r = -0.974$ 、21 日 $y = -173.82x + 2510.9$ 、 $R^2 = 0.9296$ 、 $r = -0.964$ 、2700m と 3000m 高の最低気温は 20 日の 2700m で 0.27℃、3000m で-1.70℃、21 日の 2700m で-1.09℃、3000m で-2.81℃となった。

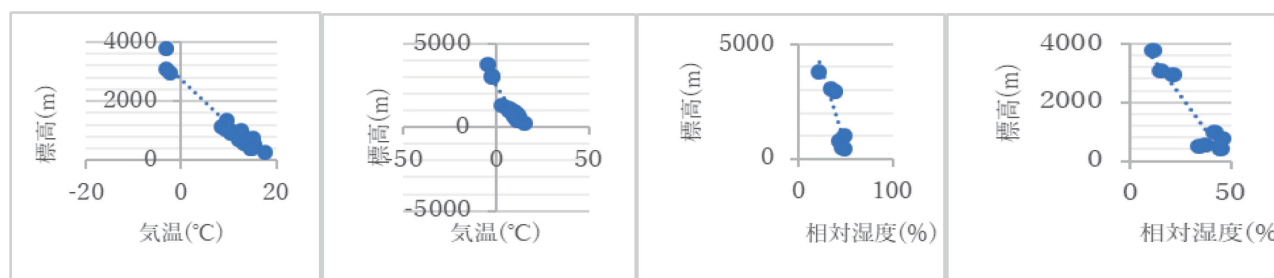


図 1. 9 月 20・21 日の最低気温分布

図 2. 9 月 20・21 日の相対湿度分布

(3)相対湿度：富士山では 20 日 6 時は 29%、8～14 時 91～100%(16、20 時 100%)、17 時 48%、24 時 22% と乾燥し、時間変化が激しかった。21 日は 1 日中 33%以下で乾燥しており、9～10 時に 19%、17～24 時で 11～15%、特に 24 時では 11%で非常に乾燥していた。槍ヶ岳では 2:30 に 35%の最小値、14～24 時は 93～95%であり、21 日は 0～14:30 は 90～95%、減少して 21:30 に 15%の最小値で乾燥していた。南岳では 20 日 2:30 に 39%、6:00 に 97%、13～24 時 97～99%で多湿であった。21 日は 0～10 時は 92～99%であり、乾燥して 20 時には 24%の最小湿度だった。この状況は駒ヶ岳付近の気象と一致していた。将基頭山では 21 日早朝は天気回復し、槍ヶ岳、南岳より標高が低く南方にあるため早くから晴天となった。

9 月 20 日飯田は 51～92%で夕方 51%もあったが、夜は 70～90%で高かった。21 日早朝は 80～92%で概して高かった。湿度データのある中で、現地に最も近い飯田では 20 日夜～21 日午前中は湿度が相当高く、20 日～21 日 3 時までは 20 日 6、19～21 時以外は曇天で、20 日 19～20 時には雨だったが、その直後の 21 時は晴天、22 時以降は曇天で、天候が急変・不安定で、将基頭山・西駒山荘の風向激変と突風の状況を良く表し、21 日 4 時以降は晴天となり低温化も一致し長野南部の天候を良く表していた。

相対湿度は 20 日 $y = -134.89x + 7222.5$ 、 $R^2 = 0.8054$ 、 $r = 0.897$ 、21 日 $y = -94.071x + 4586.3$ 、 $R^2 = 0.8791$ 、 $r = -0.938$ であり、20 日：2700m：33.5%、3000m：31.3%、21 日：2700m：20.1%、3000m：16.9%、21 日は相関が非常に高く高山では乾燥して 20%以下であった。20 日 4300m3%、21 日 6000m2%であった。

4. まとめ

2017 年 9 月 20～21 日の気象は木曽駒ヶ岳・将基頭山付近の 20 日午後～夜間は霧・雨（降水量 16mm）で強風・低温、21 日早朝では低温・乾燥・強風であった。20 日夜間 2700m 高の西風の日最大風速 19.4m/s、日最大瞬間風速 30.1m/s の非常に長周期で、かつ南西寄りの風向激変の突風が吹いた。21 日には晴天に激変して早朝 2700m 高の最大風速、最大瞬間風速は 13.2m/s、17.7m/s であり、最低気温-0.6℃で氷・霜が発生し、相対湿度は 20%程度であった。21 日早朝の登山中の体感温度は-15℃程度と推測された。

引用文献：

真木太一、2019a：『高齢・心臓身障者の日本百名山・百高山単独行』、海風社、大阪、pp. 165.

真木太一、2019b：日本海低気圧による中央アルプスにおける暴風雨の局地気象的推測、北海道の農業気象、71、19～26.

吉野正敏、1986：『新版 小気候』、地人書館、東京、pp. 308.

北岳付近の山岳気象（暴風・低湿等）の推測－2017 年 8 月 24～25 日－
 Estimation of alpine weather of sever wind, low humidity and so on around Mt.
 Kitadake in Japan's Southern Alps on August 24-25 in 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

日本（北・中央・南）アルプスの山岳では高標高のため、強風・高低温・豪雨・乾燥等の厳しい気象が頻繁に発生する。このような山岳では単なる数値予報では評価できない山地の複雑地形内で、強風や風向の激変、盆地での低温、大雨や沙漠のような乾燥が発生することがあり、天候の予測が難しいため、時に遭難の危険に遭遇することがある。この事例は、2017 年 8 月 23～25 日に北岳・小太郎山に登山し、猛烈な強風に遭遇した。23 日甲府－広河原－白根御池小屋－24 日小太郎山－北岳－北岳山荘－25 日に暴風のため登山を断念して広河原に下山した（真木、2019a）。ここでは 24 日夕刻～25 日早朝の風向と強風を推定することを主目的とし、その他に地形的な気温、相対湿度等の気象も評価することとした。

2. 解析方法

2017 年 8 月 23～25 日の地上・高層天気図（気象庁）と北岳付近の地上気象としての気象庁のアメダスデータおよび輪島・潮岬・館野の高層気象データを利用した。特に高山・山岳の地形と気象との関連を解析するために、富士山（風速はウインドプロファイラー）・槍ヶ岳・南岳の気象を利用・解析した。

3. 解析結果と考察

(1) 天気概況：2017 年 8 月 23 日 9 時には太平洋側からの高気圧に南から広く被われていたが、24 日 9 時には朝鮮半島の付け根付近の日本海に前線を伴った 1000hPa の低気圧が発生し、25 日 9 時には北海道の東北沖に中心を移す一方、日本海上を前線が南下してきて北陸・北日本は低気圧や前線の影響で曇雨天となり所々で大雨となった。また 25 日には広範囲に降雨をもたらした北アルプスでは大雨となった。

(2) 北岳付近の気象特性：24 日は晴天で、北岳の東側には霧（雲）が発生したが西側は強風で乾燥していたため、砂・埃の飛散があった。夕方、富士山が良く見え、羽雲が出ており、上空での強風が推測された。夜には天候が悪化し霧が濃くなり上空に雲も出て強風が加速した。25 日未明から早朝は強風だが霧・雲の隙間から朝焼け雲が見えたので、登山可能として北岳山荘を出て北側の尾根筋に達すると、尾根を越える猛烈な西寄りの暴風に遭遇し、吹き飛ばされる恐怖を実感して登山を断念して下山した。

(3) 北岳付近の風向・風速の特徴：強風時の主風向は西～西南西であり、24～25 日の強風時の方の最大風速： $y = 191.62x - 106.91$ 、 $R^2 = 0.7071$ 、 $r = 0.841$ 、最大瞬間風速： $y = 142.36x - 390.19$ 、 $R^2 = 0.7347$ 、 $r = 0.857$ で、3000m 高の風速は最大風速：16.21m/s、最大瞬間風速：23.81m/s となった（図 1）。地峡風で強い飯田を除いた最大風速： $y = 203.88x - 125.43$ 、 $R^2 = 0.7832$ 、 $r = 0.885$ 、最大瞬間風速： $y = 147.7x - 397.34$ 、 $R^2 = 0.7875$ 、 $r = 0.887$ であるが、これらの風速は例えば 3000m 高で 24 日夜～25 日早朝に吹いていた猛烈な強風とは一致しなく、2 倍ほどの差があった。そこで、飯田の実風速と上式の推定値には 2 倍以上の差があるため、最小の 2 倍を用いて最大風速 16.21m/s、最大瞬間風速 23.81m/s から推測すると 3000m 高では 32.42m/s、47.62m/s となり、ほぼビューフォート風力階級表と実感風速に合致した。

次に、北岳の西南西約 40km の飯田付近では局地的な地峡風が吹いており、地形として南アルプスの南端付近の大平峠を吹き越す強風域であるため、冪乗法を利用した（吉野、1986、真木、2019b）。最適と思われる 0.65 乗の $V_2/V_1 = (H_2/H_1)^{0.65}$ 式で求めると 32.32、45.19m/s となり、実感風速に近かった。

一方、高層気象では、3000m 高の最大風速の推測は 21.5m/s であり、最大瞬間風速は一般的な突風率の 1.2～1.8 の平均の 1.5 倍で算定すると、32.25m/s でかなり小さい。これは、山地・山岳では風速の吹き上げや収束があるため大きくなるが、高層気象では山岳の影響を考慮していないためである。そこ

で突風率 1.5 または地峡風の強風化に相当する 1.5（強風化率）を利用して算定する必要があり、24 日 21 時（夜間の強風時）の輪島の高層気象の最大風速 21.5m/s は突風率 1.5 で最大瞬間風速 32.25m/s である。さらに突風率・強風化率 1.5 で、最大風速：32.25m/s、最大瞬間風速：48.38m/s と推測された。

異なる 3 方法の最大風速は偶然にもほとんど同じ 32.42、32.32、32.25m/s となり、最大瞬間風速は 47.62、45.19、48.38m/s となった。それら 3 平均ではそれぞれ 32.33m/s、47.06m/s となり、実感風速と良く一致すると考えられる。北岳(3193m)の最大風速 34.4m/s、最大瞬間風速 50.1m/s と推定された。

(4) 北岳付近の気温・相対湿度の特徴：北岳付近の気温について、8 月 24～25 日の最低・最高気温の標高との関係は図 2 のとおりである。図のように、相関が非常に高い。高度 3000m の気温を推測すると、最低気温は 24 日 7.98℃、25 日 9.43℃であり、相当の低温であった。最高気温は 24 日 12.45℃、25 日 11.61℃で比較的類似しており、24 日は気温日較差が大きく、25 日は日較差が小さく 1℃以下であった。相対湿度の下層域は 24 日 35～60%、25 日 40～70%に増加して富士山では 24 日 32%、25 日 63%であった。

(5) 地形と風向・風速との関係の特徴：北岳山荘付近の尾根筋は北東－南西向きであり、強風の風向は西～西南西で、尾根を吹き越す風が極度に強かった。伊那と飯島は中央アルプスの山陰のため弱風であるが、飯田(516.4m)は中央アルプス最高峰の木曾駒ヶ岳(2956m)－空木岳(2864m)－摺古木山(2169m)から恵那山(2191m)（中央アルプス最南端の高山）間の鞍部の大平峠(1350m)付近を通る大平街道付近を吹き越す西風の局地風が吹くため、飯田では地峡風の風下で相対的に強風になる。そのため、山地・山岳の強風の影響を受ける飯田と山岳の北岳との関連性が密接であり、北岳から飯田付近の数十 km 程度の小地域で、顕著な局地風が吹いたことが推測された。

(6) 北岳の天候の特徴：北岳 3000m 高付近の天候経過を示す。風向・風速・天気は 8 月 24 日午前・午後：晴天、乾燥・強風（西寄り風、平均風速 20m/s、瞬間風速 30m/s 以上）、24 日夜：濃霧・強風（西寄り風、西向きの尾根筋は平均風速 30m/s、瞬間風速 40m/s 以上）であり、25 日早朝：濃霧・暴風（西南西風、西向きの尾根筋は平均風速 30m/s、瞬間風速 40m/s 以上）から晴天・強風となった。気温は 24 日午前～25 日午前中：8～15℃、相対湿度は 24 日日中：30～40%、25 日午前：40～80%、降水量は 24 日朝～25 日午前中：霧で降雨なし、25 日午後：降水量 50mm 程度と推測された。

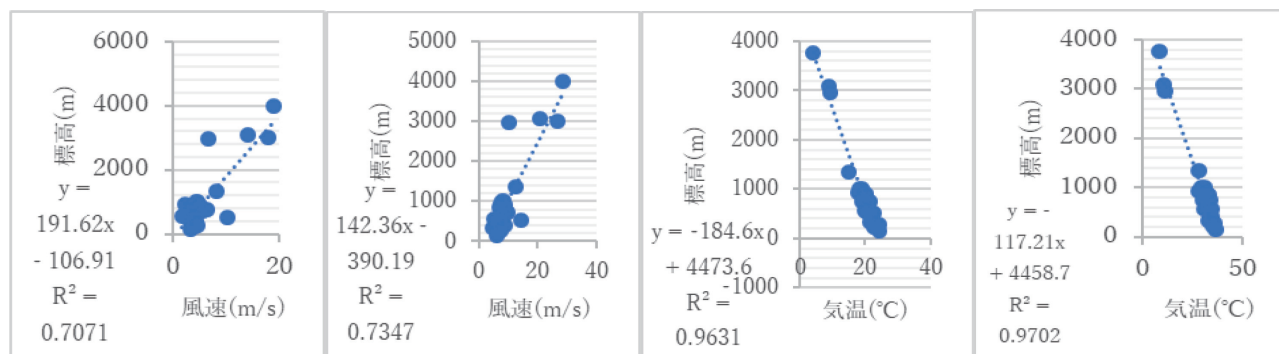


図 1. 24～25 日の強風時最大・最大瞬間風速と標高との関係 図 2. 24 日の最低・最高の標高との関係

4. まとめ

8 月 23 日に甲府－広河原から 24 日に小太郎山(2725m)・北岳(3193m)に登った。夕方の富士山上空の羽雲により上空の強風が推測された。25 日早朝に尾根筋で暴風に遭遇し登山を断念した。山岳の風速を傾度（相関）法、冪乗（指数）法、輪島の高層気象推定法から 3000m 高の風速を算定すると、最大風速 32.3m/s、最大瞬間風速 47.1m/s、突風率 1.46 となり、ビューフォート風力階級表や体感風速ともほぼ一致した。なお、飯田では地形的に西～西南西の風が中央アルプスの北東－南西尾根の尾根・鞍部を吹き越す時に強風化し、北岳では山岳の山越え気流の強風化があり、北岳・飯田地域限定の局地的強風地域であることが解った。輪島の強風と潮岬の低湿が北岳付近の暴風・乾燥に関連していた。

引用文献： 真木太一、2019a：『高齢・心臓身障者の日本百名山・百高山単独行』、海風社、大阪、pp. 165. 真木太一、2019b：日本海低気圧による中央アルプスにおける暴風雨の局地気象的推測、北海道の農業気象、71、19～26. 吉野正敏、1986：『新版 小気候』、地人書館、東京、pp. 308.

センサ群を用いた樹木の蒸散と樹体水分消費の定量的分析

Quantitative analysis of transpiration and consumption of stem water of a tree using sensors

齊藤忠臣（鳥取大学農学部）・前田美佳（鳥取大学農学部）・猪迫耕二（鳥取大学農学部）・依田清胤（石巻専修大学理工学部）・藤巻晴行（鳥取大学乾燥地研究センター）

Tadaomi SAITO (Tottori Univ., Faculty of Agriculture), Mika MAEDA (Tottori Univ., Faculty of Agriculture), Koji INOSAKO (Tottori Univ., Faculty of Agriculture), Kiyotsugu YODA (Ishinomaki Senshu Univ., Faculty of Science and Engineering), Haruyuki FUJIMAKI (Tottori Univ., ALRC)

1. はじめに

樹木の水利用特性の解明は、森林水文、生態系保全、高品質果樹の生産等の多分野において重要な課題である。これまでの多くの研究により水利用特性の解明が進み、例えば樹体内の水分貯留について、蒸散時における樹体水分の利用や降雨水の樹皮からの吸収といった現象が明らかとなってきた。しかし、樹体においてこれらの絶対量を把握することは通常困難であり、定量的な評価はされていない。そこで本研究では、ポット内で育成した樹木にセンサ群を設置して樹液流速、樹体水分量を測定すると同時に、土壌面蒸発を抑制条件下で灌水量を制御することにより、蒸散量や樹体水分の変動の定量的分析を行った。

2. 対象樹木と使用センサ

対象樹木として樹高 2.18m のシラカシを用いた。シラカシは常緑樹の放射孔材であり、2017 年に 5 号館横のポットへの植え付けが完了している。樹体水分・土壌水分の測定には体積含水率を出力値とする GS3 と 5TE 水分センサを使用し、樹液流速の測定にはヒートパルス速度を出力値とする SFM-1 を、土壌の水ポテンシャル測定には TEROS を用いた。GS3 は先行研究により 2017 年に設置された根元部分（以下下部）に加え、2019 年 10 月末に 70cm 高さ（以下上部）に新たに設置し、計 2 か所で観測を行った。各センサの設置位置を Fig.1 に示す。また、気象観測には Vintage Vue を対象木横に設置し、気温、相対湿度から蒸散のしやすさの指標となる飽差（VPD）を求めた。降水量は湖山観測所のデータを用いた。

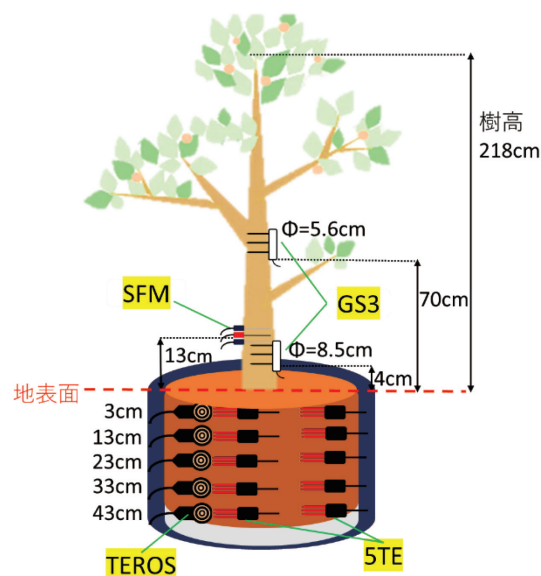


Fig.1 各センサの設置位置

2.1 土壌面防水処理および灌水と排水

土壌表面をアルミシートや加工したスタイロフォームで完全被覆し、土壌面蒸発を抑制した。また、降雨時の土壌の雨水の侵入を防止する加工も行った。これによりポット内の土壌水分は灌水によってのみ増加し、樹体からの蒸散とポット下端からの排水のみで減少することとなる。灌水は夏季は週 2 回、冬期は約 2~3 週間に 1 回の頻度で与え、灌水量は毎回いくらか排水が発生する量である 20~30L とした。灌水イベント毎の灌水量と排水量の差から、土壌に残留した実灌水量 $I(\text{cm}^3)$ を求めた。

2.2 樹体水量・土壌水量、日蒸散量の決定

樹体に貯留されている全水量 $T(\text{cm}^3)$ を算出するため、まず樹体の体積を推定した。樹体体積は主幹と枝で分けて推定し、主幹においては 4 高度で直径を計測し、円錐台として体積を求めた。また、枝では主要な枝を実測し、派生した細い枝は目視で直径、長さ毎にサイズ分けをしたのち、上端直径を下端直径の 3 分の 1 と仮定した円錐台として体積を求めた。続いて、主幹の体積、枝の体積に、それぞれ下部と上部の GS3 センサによる樹体の体積含水率を乗じることにより、樹体の全水量 T を求めた。ポット内に残留す

る全土壌水量 S (cm^3) については、5 深度に設置した 5TM センサの体積含水率の平均に土層の体積を乗じて算出した。1 回の灌水イベント間における総蒸散量 E_t (cm^3) は、灌水前の添字を s 、イベント終了時の添字を e とすると、式 (1) で表すことができる。

$$E_t = I + (T_s - T_e) + (S_s - S_e) \quad (1)$$

日蒸散量は総蒸散量 E_t をイベント日数で除することで計算されるが、一般に蒸散量は樹液流速と比例して変動することから、 E_t をイベント期間中のヒートパルス速度の日平均値を元に傾斜配分することで、日蒸散量を算出した。

3. 結果と考察

3.1 夏季における基本的な変動

Fig.2 に蒸散活動が活発な夏季のイベントとして 7/26~7/29 における樹液流速（ヒートパルス速度）、樹体水分、VPD の変動を示す。樹液流速は VPD の上昇とともに加速し、一方樹体水分は樹液流速の上昇とともに減少した。そして日中の樹液流速のピーク後、2 時間ほど遅れて樹体水分は回復を始めた。このことから、日中の蒸散時に樹体水分が消費され、蒸散のピークを過ぎた後に、明朝まで樹体水分を回復させていることが明らかとなった。

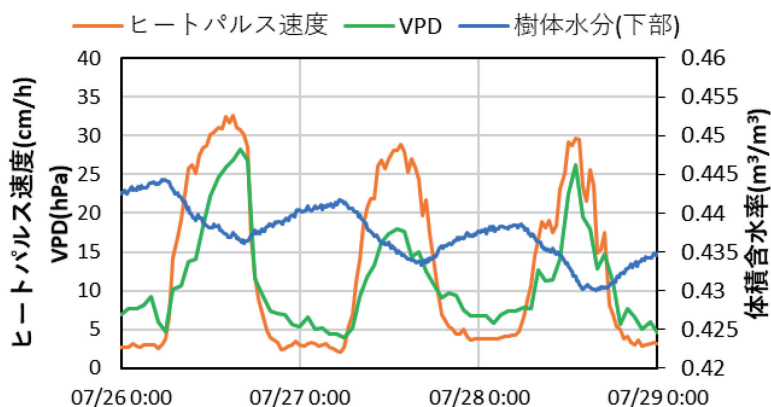


Fig.2 7/25~7/28 における樹液流速、樹体水分、VPD の変動

3.2 冬期における樹体水分の変動と蒸散への寄与率

Fig.3 に冬期である 2020/1/2 の樹体水分、VPD、日蒸散量の変動を示す。**Fig.3** より、樹液流速がピークを迎える前の早朝の時間帯に樹体水分が急激に減少し、その減少量は特に樹体上部において顕著であることが分かる。このことから、樹液流による根からの水分供給が不十分な朝に、特に樹体上部で樹体水分が積極的に利用されていることが分かる。計算された日蒸散量・樹体水量の変化によると、この日における日蒸散量は 1654 cm^3 であり、午前中の樹体水量の減少量は 83.5 cm^3 、そのうち上部の樹体水量の減少量は 73.4 cm^3 であった。この樹体水の減少量は、実際には樹液流による水分供給で回復を受けながらの減少量であり、蒸散により消費された樹体水量の真の減少量よりも小さいものと推察されるが、少なくとも蒸散で 1 日に消費される水の 5 %程度は樹体水から消費されていることが分かった。

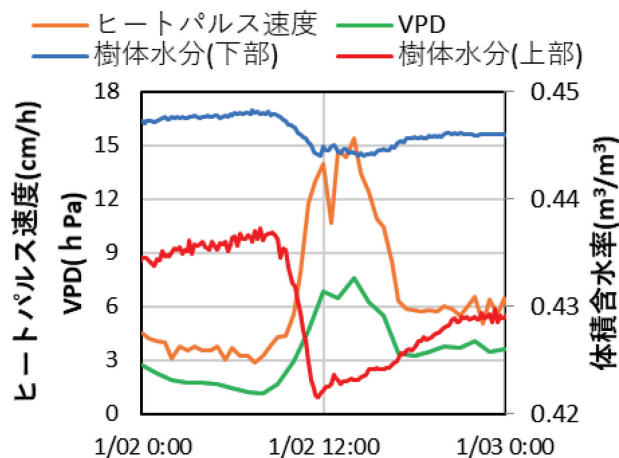


Fig.3 1/2 における樹液流速、上下の樹体分、VPD の変動

4. 結論

ポット内での樹木育成・土壌面蒸発の抑制を行い、実灌水量とセンサ群の値を用いることにより、樹木の水利用特性を定量的に分析することは可能であった。実験結果から、シラカシでは蒸散時に樹体水分が明確に利用されており、土壌からの吸水が不十分な早朝の蒸散には樹冠部に近い樹体水を優先して利用することが分かった。また、その量については、冬季の場合で最低でも 1 日に消費される蒸散量の 5 %程度に当たることがわかった。今後は、降雨時の樹体水分の回復の定量的分析や、GS3 センサで測定される樹体の電気伝導度の解析を進める。

講演要旨集

(ポスター発表)

アフガニスタン農村の半世紀の変容—大野盛雄ピアルウケール村の分析から

Half-century transformation of rural village in Afghanistan: On the analysis of the ONO Morio collections

遠藤仁⁽¹⁾・渡邊三津子⁽²⁾・古澤文⁽³⁾・原隆一⁽⁴⁾

(1)人間文化研究機構／秋田大学, (2)奈良女子大学, (3)片倉もところ記念沙漠文化財団, (4)大東文化大学
ENDO Hitoshi¹⁾, WATANABE Mitsuko²⁾, FURUSAWA Fumi³⁾, HARA Ryuichi⁴⁾

1) National Institutes for the Humanities/Akita Univ., 2) Nara Women's Univ., 3) Motoko Katakura Foundation for Desert Culture, 4) Daito Bunka Univ.

1. はじめに

本研究は、人文地理学者の大野盛雄（1925～2001 年）が残した研究調査資料の分析を通して、アフガニスタン農村の半世紀の変容を明らかにしようとするものである。本報告では、大野が 1970 年 6～11 月の間に行ったアフガニスタン東部、首都カーブルの南約 70km に位置するピアルウケール村の調査記録（記載及び地形模型（図 1）、地形測量図（図 2））を対象とする。同資料と複数時期の衛星画像の分析から、農地や水資源の利用状況の半世紀の変化を探る。

2. 研究の方法

半世紀前に大野が調査したピアルウケール村の調査を行うことは、現在のアフガニスタンの治安の問題上困難である（外務省の海外安全情報 [2020 年 3 月 25 日現在] によると、アフガニスタン全土が危険度 4 [退避勧告]）。しかし、過去の調査記録を精査することにより、現在入手可能な衛星画像と比較し、分析することが可能となる。そこで本研究では、大野の調査記録のうち、地形模型と地形測量図、村の様子



図 1 ピアルウケール村の地形模型（東京大学総合研究博物館蔵）



図 2 ピアルウケール村の地形測量図（東京大学総合研究博物館蔵の原図をトレース）

の記載（大野 1971）を元に、土地利用状況や灌漑用水の利用状況等を、現在の衛星画像から判読可能な情報と比較し、同村の半世紀の変容を読み解く。もちろん、現地での追跡調査を行っていないため、大野の調査時と同質の情報を衛星画像から読み解くことは不可能であるが、灌漑水路や農地の増減等は把握できる。

3. 分析結果

1965 年 5 月の衛星画像（Corona）（図 3：左）と、その 5 年後の 1970 年の大野の調査記録には大きな差異は認められない。これらと、半世紀後の 2019 年 5 月の衛星画像（Sentinel-2）（図 3：右）を比較すると、村内の構造物は増加しているが、農地は減少していることが確認できた。灌漑水路の使用状況は、取得可能な衛星画像の解像度の問題で詳細な判読が困難である。特に同地域で特徴的な地下式灌漑施設カーレーズが維持されているかの確認は、現地調査が必要であろう。また、構造物の増加状況から、村の人口や世帯の増加が推測できるが、農地が減少していることから、大野の調査時の食糧を自給していた状況が維持できているかも、現地調査を行わなければ不詳である。

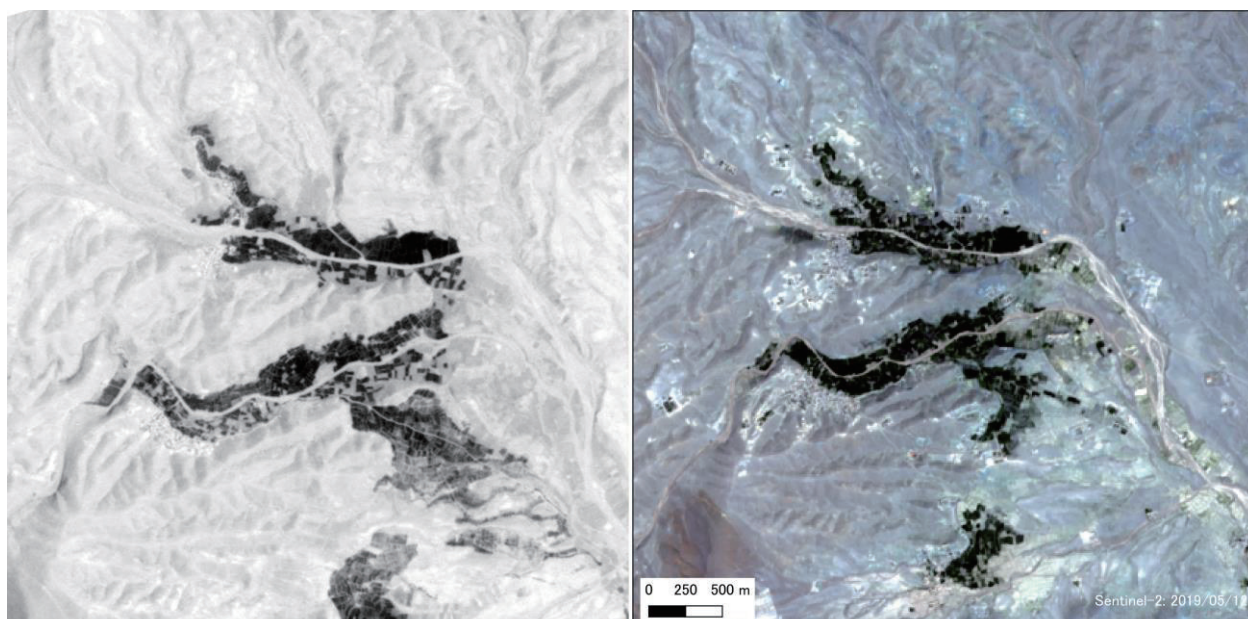


図 3 ピアルウケール村の衛星画像（左：1965 年 5 月撮影 Corona，右：2019 年 5 月撮影 Sentinel-2）
(Satellite data are available from USGS)

4. おわりに

研究の先達諸氏が精緻な調査を行ったものの、現在、政治情勢等により調査困難な地域は世界各地に存在する。そのような地域では、人口・農業センサスなど詳細な社会調査も実施されていないことが多く、統計データも入手できないことが多い。本研究では、そのような状況で、現地調査を伴わない衛星画像から確認可能な情報で、追跡調査が可能かを検証した。土地利用状況の変化などは検証可能であるが、それ以上の情報やその要因に関しては、やはり現地調査なしでは明らかにできないものが多い。しかし、貴重な調査地の継承や、その地の定点観測という意味では有効であろう。

参考文献

- 大野盛雄 (1971) 『アフガニスタンの農村から—比較文化の視点と方法—』 岩波書店。
- 鈴木均 (2004) 「その後のアフガン農村—憲法草案発表のなかで—」 『現代の中東』 36: 82-89.
- 原隆一・南里浩子 編 (2017) 『大野盛雄フィールドワークの軌跡 1—50 年の研究成果と背景—』 大東文化大学東洋研究所。
- 原隆一・南里浩子 編 (2018) 『大野盛雄フィールドワークの軌跡 2—1960 年代・1970 年代のイランとアフガニスタン農村調査から—』 大東文化大学東洋研究所。

サウディ・アラビア，ワーディ・ファーティマ地域の景観変遷復元を目的とした
半世紀前の調査写真の利用について
—片倉もとこ調査写真の追跡調査（2019年9月）から—

On the use of old field photographs for analysis of half-century landscape changes in Wādī Fāṭima, Saudi Arabia: From follow-up survey of Katakura's field photographs in September 2019

渡邊三津子¹⁾²⁾，遠藤 仁³⁾⁴⁾，石山 俊⁵⁾，Anas Mohammed Melih¹⁾，古澤 文¹⁾²⁾，藤本悠子¹⁾，縄田浩志⁴⁾
1)片倉もとこ記念沙漠文化財団，2)奈良女子大学，3)人間文化研究機構，4)秋田大学，5)国立民族学博物館
Mitsuko WATANABE¹⁾²⁾，Hitoshi ENDO³⁾⁴⁾，Shun ISHIYAMA⁵⁾，Anas Mohammed Melih¹⁾，Fumi FURUSAWA¹⁾²⁾，
Yuko FUJIMOTO¹⁾ and Hiroshi NAWATA⁴⁾

1) The Motoko Katakura Foundation for Desert Culture, 2) Nara Women's University, 3) National Institutes for the Humanities, 4) Akita University, 5) National Museum of Ethnology

1. はじめに

本研究では，片倉もとこ（1937～2013年）が遺した61,306シーンのフィールド調査写真の中から，サウディ・アラビア，マッカ州にあるワーディ・ファーティマ地域およびその周辺で撮影された写真を用いて，当該地域の半世紀の景観変化の検証を試みている．本報告では，続報として，2019年9月に実施した現地調査で新たに撮影地点が同定されたアルジュムーム市街地の写真と，複数時期の衛星画像を用いてアルジュムームの景観変化を検証する．

2. 写真と衛星画像からみたワーディ・ファーティマ地域の景観変化

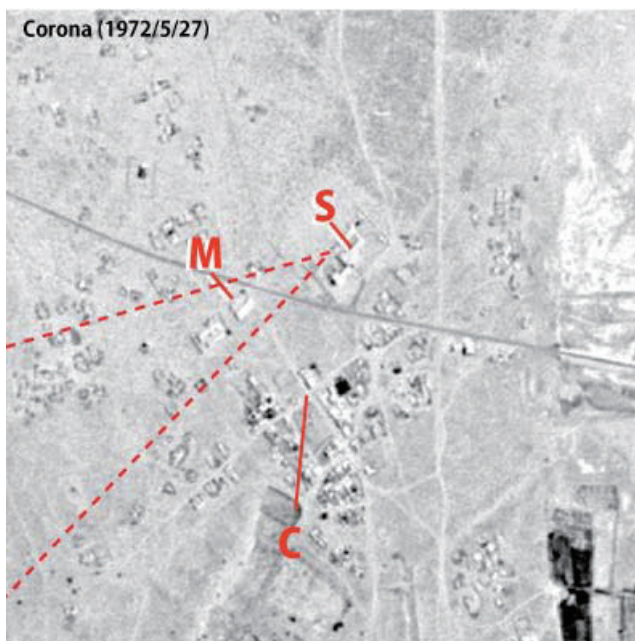
アルジュムーム（図1）は，片倉もとこの調査地であったワーディ・ファーティマ地域の中心的な都市であり，紅海沿岸の大都市ジッダから60kmほど内陸に位置する．イスラームの聖地マッカとマディーナを結ぶ街道の途上に位置し，古くから名の知られた町であった．市庁舎，ワーディ・ファーティマ社会開発センター（以下，社会開発センター）などがおかれ，片倉が調査を行った1960年代後半ごろから市街地の発展拡大が続いている．

図2は，アルジュムーム市街地の中心部の複数時期（1972年と2019年）の衛星画像を比較したものである．図中にSで示されているのは社会開発センターであり，Mは同センターから道路を挟んで南西に位置するモスクである．1972年のCorona衛星画像（図2a）を見ると，植生に覆われていない沙漠が画像の示す範囲（およそ1km四方）の大半を占め，社会開発センター（S）やモスク（M），学校などを除けば，小規模な建物が疎に建ち並んでいるだけであった．一方，2019年のSentinel-2衛星画像（図2b）では，1972年時点では裸地であった部分にも居住地が拡大し，隙間なく建物が建ち並ぶようになっていることが分かる．道路網に関しては，1972年と2019年で変化がない図中Cの交差点などのように，基本的な道路網に関しては1972年当時の道路を踏襲する形で整備・舗装が進んだようである．

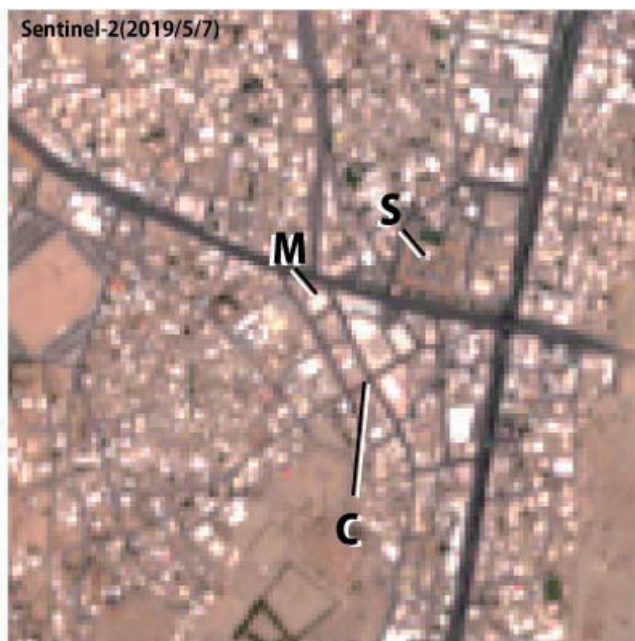
2019年9月の調査において，社会開発センターの屋上に立ち入る許可を得ることができた．現在の社会開発センターの建物は建て直されたものであり，建物の形状や高さは厳密には異なるものの，1968～70年の調査期間内に片倉が撮影したとみられる何枚かの写真の撮影方向を確認することができた．図3aは，社会開発センターの屋上から南西方のモスクを撮影した写真である．建物の位置関係から推定される撮影アングルを図2aに示した．当時，社会開発センター（S）とモスク（M）の間には，屏に囲まれた日干しレンガ製の平屋の建物が見えるほかは，社会開発センターとモスクの間には建物がなかったことが分かる．一方，2019年9月現在（図3b）は，モスク（M）の手前に商店が建ち，モスクと山の間に複層階の建物がいくつも建ち並び，背後の山体が見えにくくなっていることが分かる．



図1 アルジュムーム中心部（Sentinel-2 image available from USGS）



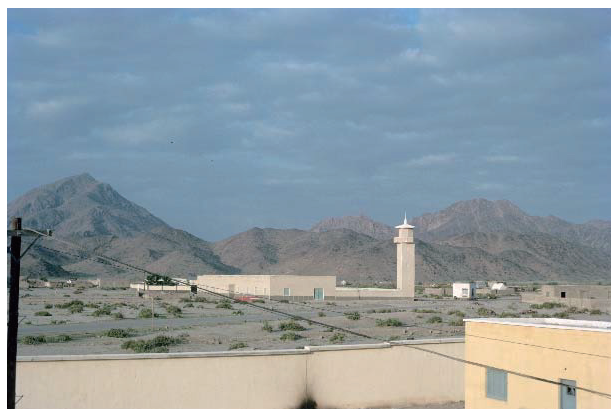
(a) 1972 年のアルジュムーム中心部



(b) 2019 年のアルジュムーム中心部

図2 衛星画像からみたジュムーム市中心部の変化（1972 年と 2019 年の比較）

S : ワーディ・ファータィマ社会開発センター, M : モスク, C : 交差点, 左図の破線は図 3a の推定撮影アングルを示す (Corona and Sentinel-2 images available from USGS)



(a) 1968~70 年頃のアルジュムームの街並み

©国立民族学博物館, 撮影：片倉もところ, 1968-70 年



(b) 2019 年 9 月のアルジュムームの街並み

撮影：渡邊三津子, 2019 年 9 月

図3 ワーディ・ファータィマ社会開発センター屋上からみたアルジュムーム市中心部の街並みの変化

アルジュムームは、ワーディ・ファータィマ地域の中でも半世紀の間に最も大きな変化を遂げた場所の一つである。片倉は、社会開発センター屋上から撮影した数枚の写真以外にも、図 3a と同じ撮影地点から期間を開けて撮影したとみられるビデオ映像や、モスク周辺で撮影した写真を遺している。これまで本学会で報告してきたダフ・ザイニー、ブシュールなどと同様に、写真や衛星画像の比較をまじえてワーディ・ファータィマ地域の半世紀の実態的な変化記録としてまとめていきたい。

本研究は JSPS 科研費 16H05658「半世紀に及ぶアラビア半島とサハラ沙漠オアシスの社会的紐帯の変化に関する実証的研究」（研究代表者：縄田浩志）、国立民族学博物館「地域研究画像デジタルライブラリ事業（DiPLAS）」および大学共同利用機関法人人間文化研究機構「現代中東地域研究」秋田大学拠点の研究成果の一部である。また、アラムコ・アジア・ジャパン株式会社と片倉もところ記念沙漠文化財団との間で締結された「アラムコ・片倉沙漠文化協賛金」事業の一環として行われた。

ワーディ・ファートィマ・オアシスにおける最近 50 年の生業の変化、サウジアラビア Changes of livelihoods during recent 50 years at Fadi Fatima Oasis in Saudi Arabia

石山俊(国立民族学博物館)、渡邊三津子(片倉もところ記念沙漠文化財団／奈良女子大学)、
遠藤仁(人間文化研究機構／秋田大学)、縄田浩志(秋田大学)

Shun ISHIYAMA (National Museum of Ethnology), Mitsuko WATANABE (Motoko Katakura Foundation for Desert Culture/ Nara Women's Univ.), Hitoshi ENDO ((National Institutes for the Humanities/Akita Univ.), Hiroshi NAWATA (Akita Univ.)

1. はじめに

本発表の目的は、サウジアラビア西部、ワーディ・ファートィマ・オアシスにおける、農業の変容、土地利用の変化をふまえたうえで考察することにある。本研究に用いられた主な手法は、片倉もところが残した画像研究資源と、2018-2019 年度にかけておこなわれた現地調査との結果の比較・考察である。

石山、縄田が 2009 年以来おこなってきた、サハラ・オアシスの研究において、この 50 年でオアシスの社会・文化が大きな変化を迎えていることがあきらかになった。本発表の調査対象であるサウジアラビアのワーディ・ファートィマ・オアシスを含めて、オアシス文化・社会の比較研究を今後の目標としたい。

2. 調査概要

調査地：サウジアラビア王国マッカ州ジウムム市および周辺地域、ワーディ・ファートィマとはジウムム市中心域が立地する谷の伝統的呼称(図 1)

調査時期：2018 年 4-5 月、2019 年 9 月

調査方法：衛星画像の比較による土地利用変化の把握。フィールド調査での聞き取りと観察、国立民族学博物館地域研究画像データベース(DiPLAS)に登録された片倉もところ氏撮影写真資料、文献資料、現地調査結果の比較

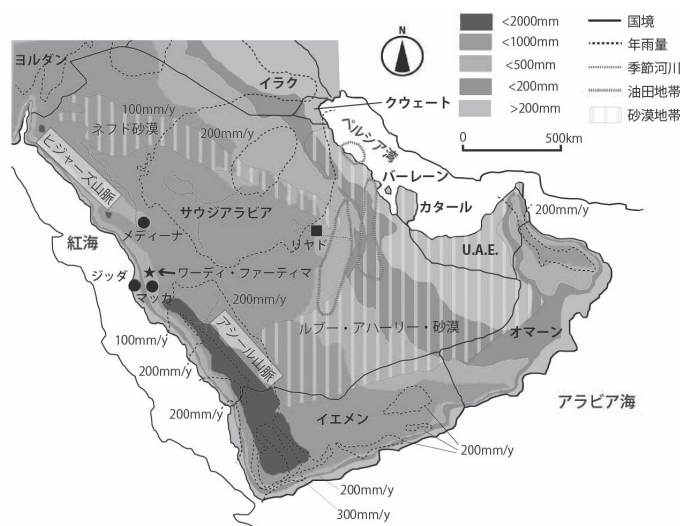


図 1 サウジアラビア国土と調査地

3. 調査結果

3.1. 土地利用の変化

1965 年と 2016 年の衛星画像比較から読み取れる土地利用の変化は、主に 3 点ある。第 1 は農地の減少、第 2 は道路の舗装化、第 3 は住居の増加である(図 2、図 3)。

これらの 3 点から最近 50 年間に於いて、以下の社会・生業変化が理解・推測可能である。(1)歴史時代から続いてきた、牧畜、農業といった生計手段への依存度が低下したこと、(2)道路の舗装化にともなって

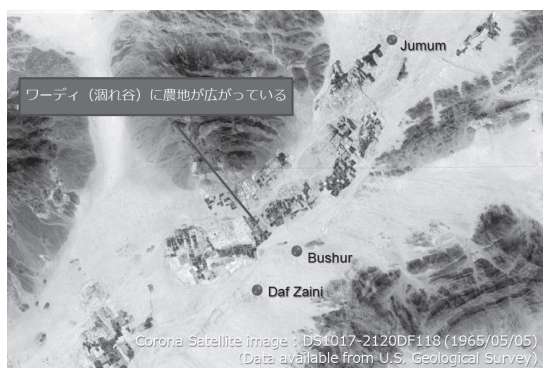


図 2 1965 年の土地利用(渡邊三津子作成)



図 3 2016 年の土地利用(渡邊三津子作成)

サウジアラビア随一の港湾都市ジッダ(西に 50km)への通勤が可能となったこと。これに関連して以下のことが起こったと考えられる。1) 農業・牧畜から雇用労働等への転換が起こった結果、世帯の経済状況が好転し、近代的家屋が増加したこと。2) ジッダを含む近隣地域との物流が増大したことによって、商業活動も活発化したこと。3) ジッダ等の近隣地域からの転入する住民が少なからずみとめられること。

3.2. 1960 年代後半から 70 年代前半にかけての生業・農業の変化

1960 年代後半から 70 年代初頭の現地調査に基づいた、片倉の民族誌的記録からわかる、当時の社会・生業変容の中でもっとも特徴的であったことは、移動牧畜から定住・半定住農耕への転換であった。それは、国営アイン水利公社による、ワーディ・ファーティマの水利権(湧水・揚水)の買い取りが始まった時期であった。ワーディ・ファーティマから湧出する水の半量が、大都市ジッダへと送られ始めたのである。

これによって、季節河川や湧水を主に利用していた、灌漑農業は衰退の危機に面した。しかし、都市の資本家が、ワーディ・ファーティマの農地に井戸を掘削し、定住・半定住化した住民から土地を借り、農業経営に乗り出しはじめた。片倉のいう「水主」の登場である。それまで、自立的に農業をおこなっていた自作農の中には、自らの土地の農業労働者となった者もいた(図 4)(片倉 1979、Katakura 1977)。

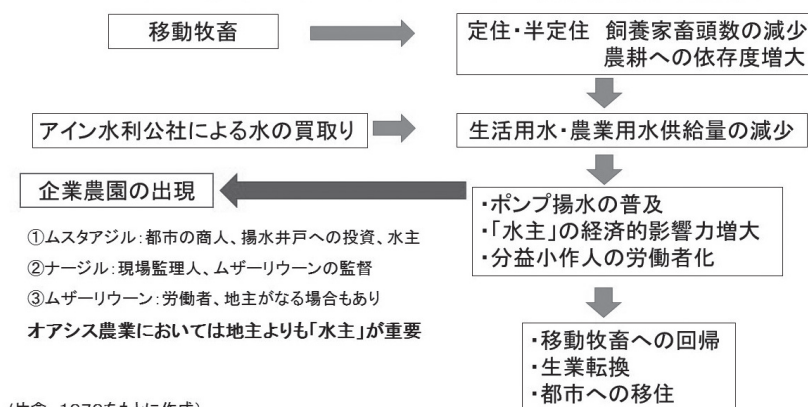


図 4 1960 年代後半から 70 年代前半までの生業・農業・水資源の変化

3.3. 現代ワーディ・ファーティマの農業

ワーディ・ファーティマにおける農業・牧畜は全体として衰退傾向にあるが、出稼ぎ労働者を雇用して農園経営に携わる人も少数ながらいる。

M 氏と A 氏は、ワーディ・ファーティマの中心地であるジュームから、西に 10km に位置するアル・ハメーマ集落で農場を共同経営する(写真 1)。M 氏と A 氏の関係は甥、叔父にあたる。

この 2 氏の立場は、片倉が位置づけたムスタアジルとナジールの役割を兼ね備えた農場主、つまり水源を所有し、農業労働者に監理を行うことにある。

両氏が経営する農地面積はナツメヤシ植栽地を含めた 12ha である。揚水深井戸水源も所有する。2019 年の時点で 7 人のバングラデシュ人労働者を雇用して耕作をおこなっている。収穫物は近隣の市場で販売する他、自家消費にも供される。利益は経営側 2 氏と労働者 7 名で折半する。M 氏は、「生活費は、年金で賄うことができる。農業が好きだからやっている。農場経営の収支が赤字にならないでよい」と農業に携わる動機を説明する。さらに、この農場では 300 頭のヒツジと 200 頭のヤギも飼育されている。ヒツジは M 氏の息子の結婚式の料理に供するためであり、ヤギもミルクの自家消費ために飼っている。

4. まとめ

ワーディ・ファーティマの生業と生活の大変容の背後にあるものは、サウジアラビアの石油経済である。しかし、乾燥地の条件に即した牧畜と灌漑農業は、石油経済によって完全に駆逐されることはなく、少数の人々によってではあるが、現在まで受け継がれてきた。そこには、石油産業依存という現代的経済状況の下でも保たれ続けてきた、沙漠の文化的基層としての牧畜・農業の重要性が表れていると考えられる。

引用文献

片倉もとこ (1979) 『アラビヤノート』日本放送協会

Motoko KATAKURA (1977) *Bedouin Village : a Study of a Arabian People in Transition*. Tokyo University Press.

※本研究は、JSPS 科研費(16H05658 および 17H01639)成果の一部である。

“熱”からみる自然資源利用の知と実践—試論と考察—

Knowledge and Practice on “Heat” in the Process of Natural Resource Management: An Attempt and Discussion

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（大阪大学）、
松井佳世（京都大学）

Manami Goto (Tokyo University of Foreign Studies), Marie Sato (Kyoto University), Masataka Jitsuno (Tokyo University of Agriculture), Yuka Nishikawa (University of Osaka), Kayo Matsui (Kyoto University)

本文（10.5 ポイント）

本報告は、令和元年度人間文化研究機構基幹研究プロジェクト現代中東地域研究次世代共同研究に採択された共同研究課題について、試論と考察を展開するものである。本研究の目的は、乾燥・半乾燥地域における「自然資源」をめぐる理解について、多角的に捉え直すことにある。具体的には、“熱”を切り口にして、現地の人々が乾燥地の生態系や気候との関係性をどのように築いているのかを紐解きながら、多様な「自然資源」のあり方と理解を解明したいと考えている。研究対象地域である乾燥地は、多照で日射量が豊富であり、降水量は少なく、また気温の日較差が著しいという生態環境にあり、“熱”から逃れたり、利用するための在地の知が蓄積されていることが予想される。農業や牧畜、生活様式や文化のあらゆる側面において、乾燥地の人々は“熱”をどのように捉え、理解し、制御もしくは利用しているのだろうか。イラン、湾岸地域、カザフスタン、ヨルダンをフィールドにして、“熱”を切り口に、これをめぐる様々な「自然資源」の理解と捉え方を明らかにするとともに、最終的には彼らの知を体系化することを目指す。同時に、本共同研究は乾燥地を対象に異なるディシプリンを持つ研究者が共同で研究するものであり、文理融合を実現すると同時に、“熱”という共通テーマから乾燥地を多角的に分析する新たな試みである。

本研究は乾燥・半乾燥地域を“熱”の切り口から紐解くため、まず“熱”の定義について明示しておきたい。一般に、“熱”という概念でエネルギーを量的に捉える議論は、物理学の中の熱力学の分野において取り組まれている。熱力学とは「私たちが身の回りで日常的に経験している熱的な現象を定量的に議論する科学の一分野」（松下 2009: p.iii）であり、科学的に数値で示せるものである。また、熱や温度などの概念については、「非常に多くの原子・分子が集まった系でしか意味を成さず、力学にはこれらに相当する概念はない」（*ibid* p.iii）とされる。「系」とは、「シリンダーの中の空気やビーカーの中の水、鉄の塊そのもののよう、日常的に出会う巨視的な物体を、質点のように抽象化せずにそのまま「系」と見なす」（*ibid* p.iii）とあるように、系全体としての平均的状態や変化を定量的に示すのが熱力学であると理解できる。以上から、熱とは、「系の温度を上げ下げするなど、系の状態を変えるために外からする操作、または作業に関わるエネルギー量」（*ibid* p.iv）と定義される。科学の分野における“熱”は原子や分子が集まった系を前提とし、数値化出来るものとして扱われるのである。

しかしながら、われわれが「暑い」「寒い」「熱い」「冷たい」と認識する日常的な経験は、その全てが数値化可能なわけではない。本研究で取り組むものの一例を挙げると、イランでは食べ物が「熱い」と「冷たい」として区別され、気候や体調に合わせて食べ合わせたり、食材を変えたりすることが日常的に行われている。「最近頭痛がひどいので「冷たい」料理を食べて静養した方がよい」「寒い日々が続いているので「熱い」料理を食べましょう」といった具合である。ある特定の食べ物を「熱い」「冷たい」と表現する習慣は、イランの気候や地域の特性、ユナニ医学やイスラームにおける医学の伝統、また中国を起源にする医食同源的な考え方が融合して根付いたものと考えられる。さらに言えば、「熱い」料理と「冷たい」料理を食べ合わせるという行為は、体調管理、食材に対する認識、気候や風土に対する理解という、ある種イランの文脈における「系」の中で実践されているのである。本報告では、科学において数値化される“熱”を、様々な場面で私達が経験する文化的・社会的な“熱”と合わせて複合的に考察することを試みる。われわれが生きる地球も、内部の熱エネルギーを地殻変動や地震活動、火山活動などを通じて表層現象へと変換する巨大な熱機関であることから、地球に生きる私達の人間活動そのものも“熱”と密接に関係しており、その重要性は強調してもしすぎることはないだろう。

本研究では、乾燥・半乾燥地域における自然資源利用について、大きく衣・食・住に関連する知と実践に着目し、“熱”を切り口に議論を進める。衣については、ペルシャ湾岸地域の砂漠気候下における人びとの衣服に着目する。地域性に富んだ衣服の機能性や、デザインや色の役割、歴史的変遷についてエスノグラフィの手法を用いて、文化人類学的観点から明らかにするものである。仮面の着用やインディゴ染めの布で身体の一部や全身を覆う衣服など、日射量の多い湾岸地域における人びとの“熱”との付き合い方の本質に迫る。食については、先述した通り、イランを事例にして熱い食べ物/料理、冷たい食べ物/料理と認識されるものの分類や、その食べ合わせ方の習慣を紐解くことで、“熱”によって生じる食の温度変化に伴う人びとの実践に着目する。また乾燥地域では、“熱”と水は表裏一体である。植生を見る際にも、人間活動を見る際にも、水が存在するか否かは密接に関係している。乾燥地域にあたる中東および北アフリカ地域では、飲料水の十分な確保は大きな課題の一つとして横たわり続けている。海水の淡水化など、様々な技術が進展しつつも、環境負荷の少ない飲料水の供給には、さらなる技術革新と開発が急務であるといえよう。本研究では、太陽熱淡水化装置による水の確保と、その水を効率的に利用するためのストーンマルチを用いた節水農法について、フィールドの水利用や農業の実践知を踏まえながら追求していく。住については、カザフスタンのアラル地域の水辺に群生する葦（現地語でカムス）に着目し、その生活における利用実態を明らかにする。ある時には断熱材として、また暖房用の木材として、様々な目的での利用がみられるもので、“熱”を有効活用するために重要な役割を果たしていることが推察される。ヨルダンにおいても、シリアからの避難民の住居を対象に、避難生活における居住の知を収集し、断熱や防寒の工夫を探る。

以上のように、本報告では、衣・食・住に関連する5つの異なる対象を通じた“熱”へのアプローチから、乾燥・半乾燥地域の“熱”の総合的な理解と、独自の解釈を生み出す過程を示すものである。

引用文献：

松下貢. 2009. 『熱力学』 裳華房.

世界遺産イシュケウルにおける底泥巻き曲げ特性に関する検討

Study on the resuspension characteristics of sediment in
Ichkeul Lake, world heritage in Tunisia

小手川洋俊（宮崎大学・大学院），入江光輝（宮崎大学・教授）

Kotegawa Hirotoshi (Miyazaki Univ.), Irie Mitsuteru (Miyazaki Univ.)

1. はじめに

イシュケウル湖はアフリカ大陸チュニジア国北部に位置する面積約 88 km²，最大水深 2 m 程度の非常に浅い湖である．本湖周辺地域の特徴として夏季は低降水量となるため，湖水位が海水位より低くなり，海と接続している細い水路を通じて海水が流入する．逆に，冬季は高降水量となるため，湖水位が海水位より高くなり，湖水が流出することで繊細な塩分バランスが保たれ，汽水湖を形成している．1980 年にはその汽水環境に基づいた豊かな生態系が評価され，ユネスコ世界自然遺産に登録された．

しかし，1980 年代にイシュケウル湖の流入河川において農業用水の確保などを目的に貯水池が建設されたことによって，塩分濃度が上昇し，豊かな生態系が崩壊する結果となった．一般的な原因としては貯水池建設による淡水流入の減少が湖水位の低下を引き起こし，海水流入が増加したことだと考えられている．それに加えて，畠・入江ら¹⁾は貯水池建設によって土砂流入が減少したことも塩分バランスの変化に影響を与えていると指摘している．本湖では従来から特に冬季の強風により生じた水の乱れが底泥に到達し，再懸濁を引き起こし，その巻き上げられた底泥が水の流れに乗り海へ流出している．貯水池建設前は均衡していた土砂収支が，貯水池建設後には貯水池に土砂が堆積することで土砂流入が減少する．一方で，再懸濁した土砂の流出は続くため，湖底高の低下が引き起こされた．それに伴い湖水位も低下するため，海水流入が増加したと考えられている．

これらの問題を解決するため，本研究では後者の土砂流入が減少していることに着目し，将来的にはイシュケウル湖の土砂収支を推定することを視野に入れ，その第一段階として実験室での風擾乱と底泥再懸濁の関係を把握することを目的とした．

2. 実験方法

現地では流速と濁度の連続観測を行い，乱れ強度と濁度の関係性を評価している．本研究ではその測器設置方法を模倣し，図-1 のように鉛直方向のみ条件を再現している．回転数が設定可能な攪拌機を縦横 25cm，高さ 1m の水槽の上面に設置し，現地の風擾乱による底泥再懸濁の再現を試みた．水槽に敷いている底泥としてはイシュケウル湖より直接採取した底泥を用いた．現地で行われている観測条件と同様にその底泥より 50 cm 上部の位置に流速計，濁度計を設置し，流速及び濁度の連続観測を行い，水の乱れ強度と濁度の関係性を検討した．

水の乱れ強度の式としてはレイノルズ数を指標としており，以下の式で表される．

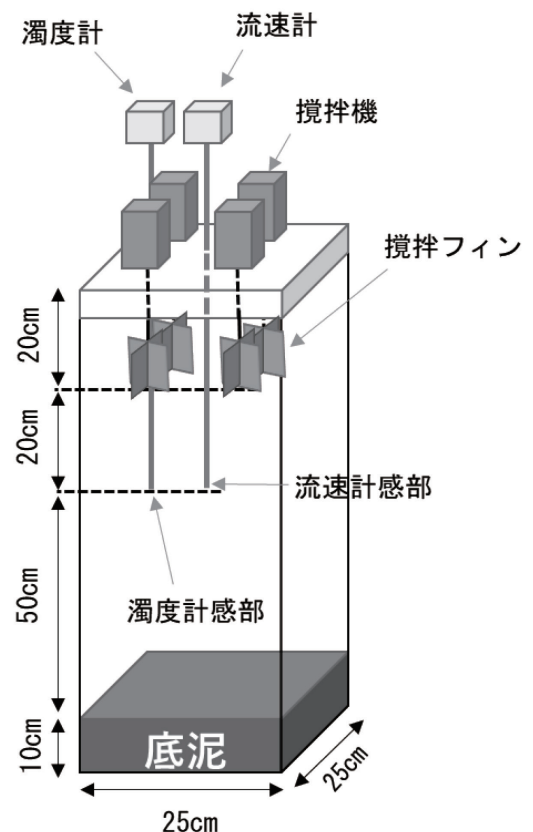


図-1 実験装置

$$R_{ew} = \frac{U_{bw}^2 T}{\nu} \dots (1)$$

ここで R_{ew} はレイノルズ数を表している。 U_{bw} (cm/s) は二乗平均平方根、 T (s) は卓越周期を表しており、それぞれ流速から求められる。 ν (cm²/s) は水の動粘性係数であり水温により決定する。 また、濁度と SS (mg/L) の関係はあらかじめキャリブレーションを行った。

3. 実験結果

実験は水温の異なる夏と冬に行い、夏の水温は 28℃前後、冬の水温は 10℃前後であった。 図-2 は本研究の実験結果を示しており、縦軸は SS mg/L、横軸はレイノルズ数である。 図-2 から乱れ強度と濁度の間には正の線形相関が見られ、水の乱れ強度が上昇するにつれ、濁度も上昇する関係であることが分かった。 また、実験を行っていく中で卓越周期に関して水槽のサイズに依存する固有周期が影響し、一定の値が得られる可能性が示唆された。 そのため、今回は縦横 40cm、高さ 1m の大きさの違う水槽を用いて同様の実験を行った。 図-2 にはその結果も含めて示されている。 結果として相関係数が 0.9515 と非常に高い値を得られたことから、乱れ強度と濁度の関係は水槽の大きさや水温の影響は小さく、一定の関係となることが分かった。 また、図-2

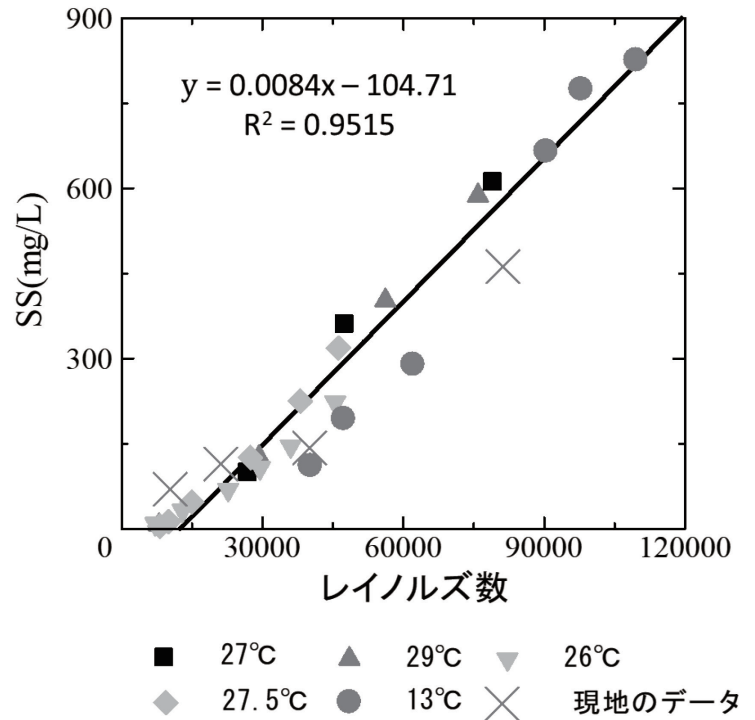


図-2 乱れ強度と濁度の関係

には現地で行われた観測の解析結果(図-2 中×印)も示している。 今回の実験結果と現地観測結果がよく一致していることから、今回の実験装置によって現地の乱れ強度と濁度の関係を再現できていると考えられた。

4. まとめ

本研究はチュニジア国北部に位置するユネスコ世界自然遺産イシュケウル湖における土砂収支を得ることを視野に入れ、その第一段階として、実験室での乱れ強度と濁度の関係を評価した。 本研究では攪拌機を用いて現地の風擾乱による再懸濁の再現を試み、現地観測の結果と一致する結果を得ることができた。 今後は現地の風速のデータと乱れ強度の関係を定式化し、乱れ強度を媒介にして風と濁度の関係を得ることを目指す。

参考文献

- 1) 畠俊郎, 入江光輝: チュニジア国 Joumine 貯水池底泥を活用したイシュケウル湖の湖底環境復元技術の適用性評価, 土木学会論文集 G(環境), Vol. 71, No. 4 pp.125-133, 2015
- 2) Hajer Ouni : Development of water turbidity index (WTI) and seasonal characteristics of total suspended matter (TSM) spatial distribution in Ichkeul Lake, a shallow brackish wetland, Northern-East Tunisia, Environmental Earth Sciences, 78:228, 2019

UAV と人工知能を用いた水路堆積土砂の粒径判別

Identification of particle size of channel bed
by using UAV and Artificial Intelligence

武智 仁志 (宮崎大学), 入江 光輝, 中尾 翔

Hitoshi Takechi (University of Miyazaki), Mitsuteru Irie, Kakeru Nakao

1. はじめに

ワジや浅い水路に堆積する土砂の粒径はその流れ場の流速を反映し、水路設計や管理における非常に重要な情報となる。最も一般的な河床材料調査法として、面積格子法・線格子法・容積法等のフィールド法がある²⁾。フィールド法は、現地で直接試料を採取し、実測やふるい分けを行い、多大な労力・時間・費用を必要とし、実施地点数が限られる結果、空間代表性が問題となる。そこで近年、画像解析による河床材料調査が注目されつつあり、画像解析ソフトや無人航空機 (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) などを使用した様々な研究が行われている。しかしながら、既存の画像解析手法では個々の粒子を認識して厳密な測長を行うため、解像度以下の細粒分が解析できないといった問題が残る。

そこで、私たちは UAV を用いた空撮と人工知能 (Artificial Intelligence, AI) による画像判別手法を提案する。画像処理に AI を使用することで細粒分か粗粒分かに関係なしに大量の画像を扱うことができる。よって、中央粒径別に分類された学習データに基づいて畳み込みニューラルネットワーク (Convolutional Neural Network, CNN) を構築し、その CNN を用いて空撮した大量の河床画像を一括処理し、画像判別精度の検証を試みた。

2. 研究対象サイト

研究対象としたのは宮崎県北部に位置する耳川で、本川には 6 つのダムが設置されている。これらのダムのうち大内原・西郷ダムでは 2017 年から通砂運用が実施されており、それによって河床の状態が短期間で大きく変化することが予想される。本手法の開発と通砂の影響評価をするため、今回は西郷ダム下流の 2 サイトの陸地になっている部分について調査を行った。

3. 研究フロー

UAV による空撮は対地高度 5m で午前・午後の時間帯に分けて 39 地点実施した。空撮後、画像中央部 0.5m×0.5m の範囲の土砂を深さ 10~20cm 採掘し、現地でふるい分けを行った。その後、画像中の 1m×1m の範囲をトリミングし、ふるい分けの結果に基づいて粒径別に分類した³⁾ (表-1)。画像判別モデルには GoogleNet を使用し、転移学習を適用することで CNN を構築した。今回は学習データとして 90 枚 (各クラス 30 枚) を使用することとした。学習データを用いて構築した CNN に未分類の画像データ (テストデータ) を入力し、その画像判別精度を検証した。

4. 結果・考察

各クラス 30 枚ずつ計 90 枚の学習データによって CNN を構築し、テストデータの画像判別を行った。その結果が表-2 である。総合正答率 (Overall Accuracy) は 83.4%。粒径別に作成者精度 (Producer's Accuracy) を確認すると、粒径が大きいクラスほど正答率が高いことが分かる。この理由の一つとして、

影による影響があると考えた。午前中に撮影された画像のうち、粒径の大きな礫が写りこんでいる画像には礫の横に礫自身の影が大きく生じていた。そこで、学習データに使用する画像を午前撮影分のみにして CNN を構築し、画像判別を行った。その結果が表-3 である。撮影時間帯が学習データとテストデータで一致していた場合(表-3 の左表)の総合正答率は 86.8%, 不一致の場合(表-3 の右表)は 75.6%。この結果より、CNN を用いた画像判別を行う際には学習データとテストデータの撮影時間帯を一致させることで判別精度が向上することが確認された。本手法を調査サイト全体に適用した結果、高い精度で粒度の空間分布を取得することができた。

表-1 本研究での分類基準

分類	粒径範囲(mm)	本研究での分類名	トレーニングデータ
中礫	64~16	Class1	30
小礫	16~4	Class2	30
細礫	4~2	Class3	30
極粗砂	2~1		
粗砂	1~0.5		

表-2 判別結果と Producer's Accuracy の比較

		画像判別結果			
基準に基づく分類		class1	class2	class3	
	class1	88	5	0	94.6%
	class2	18	96	7	79.3%
	class3	0	17	52	77.6%

表-3 時間帯を考慮した画像判別 (左: 午前撮影分テストデータ, 右: 午後撮影分テストデータ)

		画像判別結果			
基準に基づく分類		class1	class2	class3	
	class1	93	2	0	$\frac{178}{205} \times 100 = 86.8\%$
	class2	15	51	7	
	class3	0	3	34	

		画像判別結果			
基準に基づく分類		class1	class2	class3	
	class1	2	0	0	$\frac{59}{78} \times 100 = 75.6\%$
	class2	3	43	3	
	class3	0	13	14	

5. まとめ

UAV と AI を用いた自動分類により、簡易的に粒度の平面的な空間分布を評価できることが確認された。また、本手法を使用する場合、学習データとテストデータの撮影時間帯を一致させると画像判別精度が向上することが分かった。今後の課題として、本手法の水中への適用に関する検討を行うことが必要となる。

参考文献

- 1). 池田駿介, 戸田祐嗣, 佐野貴之: 現地観測に基づく瀬の水理と生物一次生産に関する研究, 土木学会論文集 No.593, II -43, 93-103, 1998
- 2). 菅野秀則, 山本英巳: 面積格子法による河床材料調査, 北開水工コンサルタント技術研究報告集, 2010
- 3). 国土交通省: 河川砂防技術基準 調査編, 第 4 章 第 2 節-11, https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/gijutsu/gijutsukijunn/chousa/ (閲覧日 2020.3.24)

ウガンダにおける点滴灌漑を用いたトマトへの計画灌漑水量と CROPWAT を用いた 灌漑水量との比較

Comparison of Scheduled Irrigation Water Amount with Calculated Amount from CROPWAT in Low-Pressure Drip Irrigation System for Tomato Cultivation in Uganda

○エマニエル・エノウ（東京農大・大学院）・渡邊文雄（東京農大）・鈴木伸治（東京農大）・
小林維円（東京農大・大学院、NTC インターナショナル（株））

○Emmanuel Enou (Tokyo Nodai, Graduate School), Fumio Watanabe (Tokyo Nodai), Shinji Suzuki (Tokyo Nodai)
and Yukimitsu Kobayashi (Tokyo Nodai, Graduate School and NTCi)

Introduction

According to the Water and Environment Sector Performance Report (GoU, 2019), over 41.124 billion liters of water have been cumulatively harnessed using valley tanks and earth dams, but little success has been achieved in utilizing that water for irrigation purpose as of July 2019. Due to complaints from stakeholders on the under-utilization of many of the water for production facilities, these irrigation projects targeted utilizing water for irrigation purposes (Schwenen et al, 2017). Upon this background, the government of Uganda pioneered the development of small scale irrigation systems (SSIS) targeting the installation of drip irrigation or sprinkler irrigation systems covering areas of 5-20 hectares (Policy, 2017). A drip irrigation system was installed at Kawo village where a valley tank of 15,000m³ was constructed (Fig. 1). Being a pioneer project in the country, so many things started from scratch, thus a lot of learning was involved. According to Jägermeyr et al. 2015, opting for a drip irrigation system from a surface irrigation system can save up to 76% of irrigation water and improve water productivity by 15%. This is paramount in this generation when water competition is high with irrigated agriculture consuming over 85% of water withdrawals (Perry and Steduto, 2017) especially in Africa where irrigation potential is still very high (Domènech, 2015). Considering that a fully-fledged drip irrigation system is very expensive, the conventional drip irrigation system was the preferred option for the ssis project because it was more economically feasible. Therefore, the Kawo SSIS site applied the conventional drip irrigation system, despite the shortfalls in it. This paper aims to compare the water being applied during irrigation schedule with the estimated amount based on the actual data collected using the installed weather station (Fig. 2).

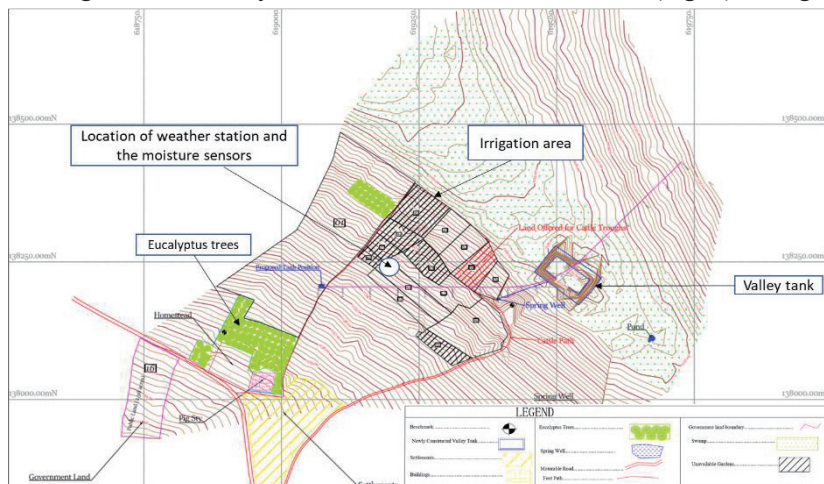


Fig. 1: Topographical Map of Kawo Drip Irrigation System in Bukedea District



Fig. 2: Weather Station on Site

Research Site and Methodology

The research site is located in Kawo village, Bukedea district, Eastern Uganda. Bukedea district lies on 1125m above sea level, characterized by a tropical climate with temperatures averaging 23.0°C. The annual precipitation is about 1230 mm per year. The driest month is January with only about 26 mm of precipitation. This requires irrigation to sustain production. A weather station was installed at the site to measure the input data required (Air temp., relative humidity, wind speed, sunshine hour and rainfall) for the CROPWAT model provided by FAO. Five soil moisture sensors were installed at depths of 10cm, 15cm and 20cm (in 2 rows) to measure the volumetric water content of soil

during the growth period. The emitter discharge was measured to estimate the amount of water applied. The wetted diameter of the drippers was measured to enable the depth of water applied to be estimated. Soil physical properties were analyzed in the laboratory to determine bulk density, EC, pH and saturated hydraulic conductivity. Soil water retentivity test was conducted to determine the readily available moisture content.

Results and Discussions

Fig.3 shows the variation of Tomato Evapotranspiration (ET_c) during the growth period of the crop. Based on the guidelines by the consultant, each plot is to be irrigated twice a week for 1 hour except on days when rain has been received. Based on this information, the water applied was computed after estimating the emitter discharge to be 0.74cm³/s. The wetted diameter was 34cm. This translates into

a wetted area, $A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{22}{7} * \frac{34^2}{4} = 908.29\text{cm}^2$.

So, Emitter discharge = 0.74*60*60 = 2664cm³/hour, Irrigation Depth, $d = Q/A = 2664/908.29 = 2.93\text{cm}$. When this amount is applied twice in a week, it becomes 58.6mm i.e. about 8mm/day. However, looking at the ET_c graph (Fig. 3), the peak requirement is about 4mm/day. This shows that more water is applied than required during peak irrigation

and much more during the initial growth stages of the tomato where less water is required for plant growth. The Soil Water Characteristic Curve for the soil samples that were imported from Uganda showed that the range 0.22-0.42m³/m³ represents the *Readily Available Water* which occurs at the pF values 1.8 - 3.0. Based on the data recorded from the soil moisture sensors, the average soil moisture content during the growth period of the tomatoes was more than 0.3m³/m³ as shown in Fig.4.

Conclusion

The irrigation water amount being applied at the site is constant during each irrigation schedule, yet the rainfall amounts vary each day. This practice does not consider the variation of crop water demand based on the growth stage. This means that there is a possibility that in most days, water is lost to deep percolation or evaporation and not utilized by the plants for evapotranspiration purposes. It is better to adjust the irrigation schedules to serve the plants with the appropriate amount of water that enables plant growth and optimizes water productivity.

References

- C. Schwenen, R. Azuba, F. Muhereza and V. Mansour. (2017): Final Evaluation of the Global Climate Change Alliance Uganda Agricultural Adaptation to Climate Change Project.
- Domènech, Laia,(2015); Improving Irrigation Access to Combat Food Insecurity and Undernutrition: A Review.” *Global Food Security* 6: 24–33. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2015.09.001>.
- GoU (2019);Government of Uganda, Ministry of Water and Environment, Water and Environment Sector Performance Report.
- Jägermeyr, J., D. Gerten, J. Heinke, S. Schaphoff, M. Kummu, and W. Lucht. (2015):Water Savings Potentials of Irrigation Systems, *Global Simulation of Processes and Linkages.” Hydrology and Earth System Sciences* 19 (7): 3073–91.
- Perry, Chris and Pasquale Steduto(2017):*Does Improved Irrigation Technology Save Water?* <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35540.81280>.
- Policy, Government of Uganda: National Irrigation Policy.

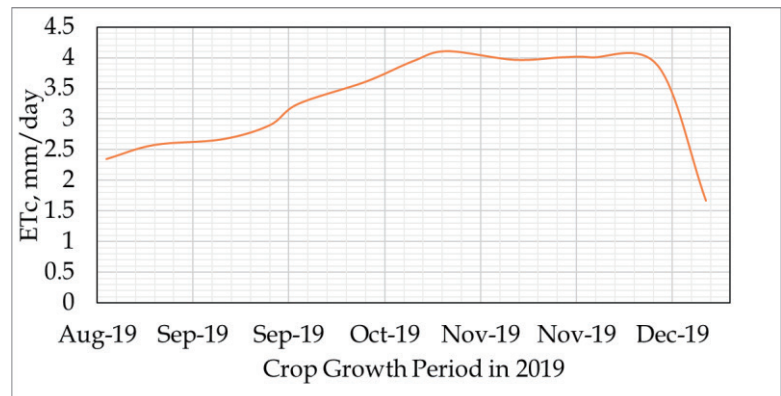


Fig. 3: Variation of ET_c During the Tomato Growth Period

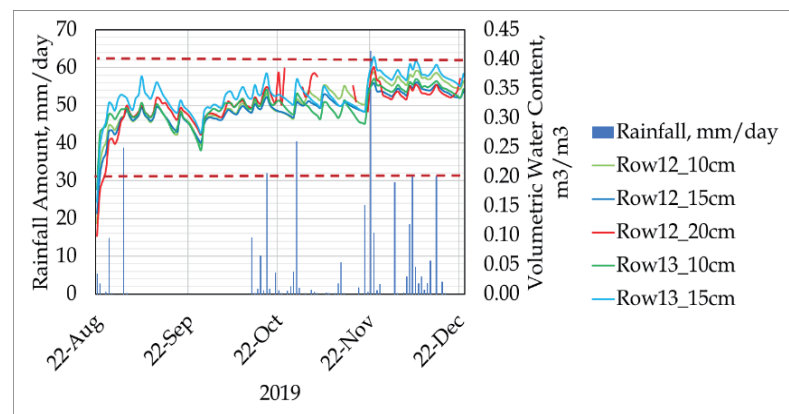


Fig. 4: Soil Moisture Condition in the Site During Growth Period

ウガンダ東部の地上降雨の特徴

Characteristics of Ground Rainfall in Eastern Uganda

小林 維円（東京農業大学大学院）、渡邊 文雄、鈴木 伸治（東京農業大学）、

Okiria EMMANUEL（東京農業大学大学院）、Tom KANYIKE（ウガンダ国水環境省）

Yukimitsu KOBAYASHI(Graduate School of Agriculture, TUA), Fumio WATANABE, Shinji SUZUKI (TUA), Okiria EMMANUEL(Graduate School of Agriculture, TUA), Tom KANYIKE(Directorate of Water Resource Management, Ministry of Water and Environment)

1. 背景及び目的

気象情報はその地域の環境条件を把握する上で重要であり、中でも降雨データは灌漑計画を立案する上で、その総量の多寡によらず正確な情報を把握することが対象面積、施設規模等の事業内容や規模を検討する上で必要不可欠な情報である。しかし開発途上国の多くは、財政的な問題や観測機材の維持管理不足のため、気象データを継続的に観測することが困難であり、データの欠損や観測自体が中断される場合も往々にして起きている。また観測が人力で行われているために、データの信頼性や時間分解能に限界がある。そのため多くの途上国では、灌漑開発計画の策定に求められる十分な品質と量の降雨などの気象データが利用できないのが現状である。一方、熱帯降雨観測衛星 TRMM の打上げから JAXA は人工衛星による降雨観測を開始し、2014 年の GPM 主衛星打上げにより、より詳細な雨雲の状態を観測することが可能になった。この GPM 主衛星の観測データと国内外の副衛星群に搭載されたマイクロ波放射計により得られた雨雲の情報を統合し、JAXA 独自のアルゴリズムで解析した降雨量データは、「全球降雨マップ (GSMaP)」として無償で提供されている。GSMaP の精度検証に関する既往の研究では、日本国内やアジア地域を中心に行われてきた一方で、サブサハラアフリカ地域での精度検証はまだ十分に行われていない。著者らは本研究の対象地域であるウガンダ東部において GSMaP と地上降雨データの比較に基づく精度検証を行って来た結果、GSMaP の解像度よりも狭い範囲で発生する短時間に降る強烈な雨が推定精度に影響を与えている可能性が示唆された。そこで本報告では、観測を継続している雨量計で得られた地上降雨データに加え、その近郊に新たに設置した雨量計で観測されたデータを用い、地上観測降雨の特性・空間的な分布の特徴を明らかにする事を目的とした。

この GPM 主衛星の観測データと国内外の副衛星群に搭載されたマイクロ波放射計により得られた雨雲の情報を統合し、JAXA 独自のアルゴリズムで解析した降雨量データは、「全球降雨マップ (GSMaP)」として無償で提供されている。GSMaP の精度検証に関する既往の研究では、日本国内やアジア地域を中心に行われてきた一方で、サブサハラアフリカ地域での精度検証はまだ十分に行われていない。著者らは本研究の対象地域であるウガンダ東部において GSMaP と地上降雨データの比較に基づく精度検証を行って来た結果、GSMaP の解像度よりも狭い範囲で発生する短時間に降る強烈な雨が推定精度に影響を与えている可能性が示唆された。そこで本報告では、観測を継続している雨量計で得られた地上降雨データに加え、その近郊に新たに設置した雨量計で観測されたデータを用い、地上観測降雨の特性・空間的な分布の特徴を明らかにする事を目的とした。

2. 研究方法

本研究の解析に用いた地上観測降雨量は、2019 年 8 月から同年 11 月中旬にかけてウガンダ東部の 8 地点の気象観測装置により自動観測されたデータである。図 1 に示すように、各グループの観測点は約 5km 圏内に雨量計が 2 カ所配置され、これを 1 つのグループとして計 4 グループ設けて、各グループの雨量データをそれぞれ比較した。観測に用いたデータロガーは 10 分間隔で降雨量を記録しており、この得られた観測データから降雨強度（1 時間降雨量）及び日雨量を求め解析に用いた。なお、観測期間は当地において年に二度ある雨季の小雨季に該当する。

3. 結果及び考察

図 2 には観測期間中の総雨量について各時刻における降雨量の割合を示した。各グループ内での傾向は概ね同様であったため、グループ内の平均値を用いた。図より全てのグループに共通して、4 時から 11 時まで

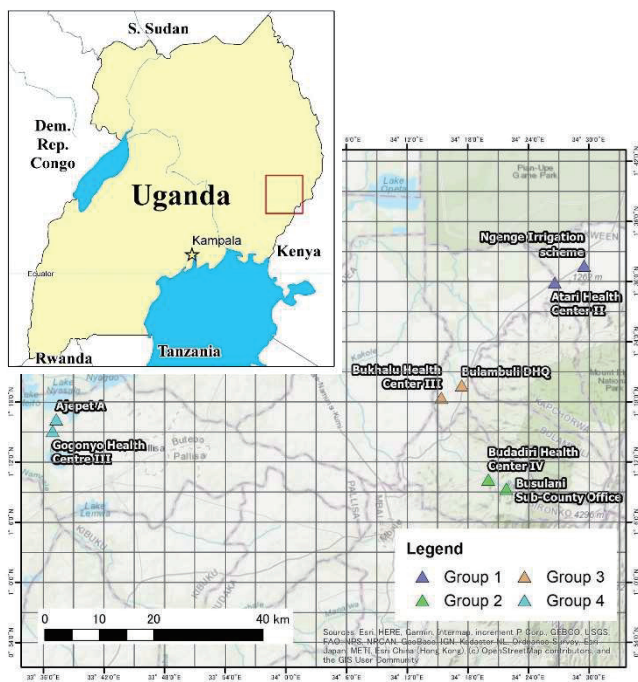


図 1 調査対象地及び地上雨量観測地点

の時刻では殆ど降雨が発生していない事が分かった。降雨の発生時刻の傾向には各グループにおいて特徴があり、グループ1及びグループ4については、日没前後から日の出までの期間に複数回のピークが出現した。グループ2及びグループ3では、日中に一回大きなピークが現れ、グループ2では12～15時台に総雨量の75%もの降雨が集中していた。グループ3でも12～14時台に最大のピーク（総雨量の34%）が現れ、さらに17時前後、22時前後、および1時前後に小さなピーク（それぞれ総雨量の約10%）も出現した。

表1に各地点における日最大降雨強度の発生回数を示す。区間の設定には気象庁の資料を参考にした。1時間降雨量（＝降雨強度）では、30～50mm以下の「激しい雨」に分類される降雨強度は期間中に平均1回程度発生し、50mm～80mm以下の「非常に激しい雨」に分類される降雨は発生していないことが分かった。しかし、観測された最小の時間解像度である10分間の降雨量を用いて、1時間降雨量と同等の強度に換算し区間を設定し、その発生回数を求めた結果、8.3mm～13.3mm以下（降雨強度50mm～80mm以下）に分類される降雨強度の発生回数が各地点の平均で4回程度あり、さらにそれ以上の強度の降雨が発生していることが明らかになった。このことから、調査地域において1時間よりも短い降雨時間に非常に激しい雨が発生していることが分かった。

グループ内の2地点において1時間降雨と日雨量について降雨をA:同時刻・同日に雨量あり、B:どちらかの地点で雨量あり、C:どちらの地点でも雨量なしの3パターンに分類し、その割合を求めた(図3)。

4. まとめ

1時間降雨では同時に降雨が発生する割合が約10%未満であるが、日単位になると50%程度まで増加することが明らかになった。そのため対象地域では、降雨が同時に広範囲で降ることよりも、より狭い範囲でずれて発生している可能性が示唆された。今後、各観測点の標高や地形特性などの降雨特性への影響についても引き続き検討したい。

参考文献：気象庁（2017）：『雨と風（雨と風の階級表）』

謝辞：本研究は、東京農業大学総合研究所 平成30年度及び平成31年度 大学院博士後期課程研究支援制度の助成を受けた。

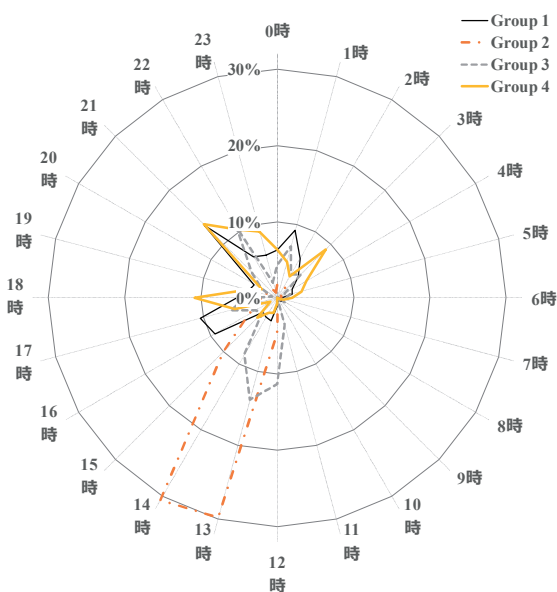
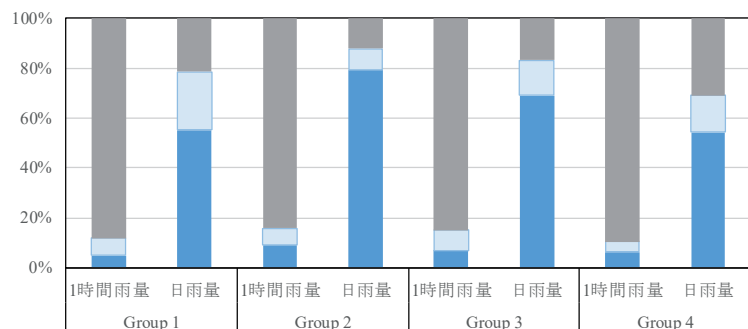


図2 各グループの時刻ごとの雨量割合

表1 観測期間中の各地点における日最大降雨強度の発生回数

区間	Group 1		Group 2		Group 3		Group 4	
	Atari	Ngenge	Budadiri	Busulani	Bulambuli DHQ	Bukhalu	Gogonyo HC3	Ajepet
0 mm	34	37	19	16	26	25	31	36
～10 mm 以下	61	61	76	74	69	74	49	42
～20 mm 以下	10	7	8	11	9	7	7	10
～30 mm 以下	1	1	1	4	2	1	5	5
～50 mm 以下	1	1	2	1	2	1	1	0
～80 mm 以下	0	0	0	0	0	0	0	0
～100 mm 以下	0	0	0	0	0	0	0	0
～120 mm 以下	0	0	0	0	0	0	0	0
0 mm	34	37	19	16	26	25	31	36
～1.7 mm 以下	43	42	49	50	43	50	29	32
～3.3 mm 以下	9	10	13	16	18	13	11	3
～5 mm 以下	3	6	11	11	8	7	6	3
～8.3 mm 以下	14	8	9	8	5	11	10	12
～13.3 mm 以下	3	4	5	4	6	2	2	6
～16.7 mm 以下	1	0	0	1	0	0	3	0
～20 mm 以下	0	0	0	0	2	0	1	1



■ A:同時刻・同日に雨量あり ■ B:どちらかの地点で雨量あり ■ C:どちらの地点でも雨量なし

図3 各 Group の1時間雨量及び日雨量の同時降雨発生頻度

中国半乾燥地域の匍匐性針葉樹 *Juniperus sabina* L. の

ポット苗木における乾燥後の水輸送機能の回復

Recovery of water transport after soil drought on potted plants of prostrate conifer *Juniperus sabina* L. in semiarid areas of China

平松勲悦¹⁾・三木直子²⁾・佐藤佳奈子²⁾・小笠真由美³⁾・矢崎健一⁴⁾

¹⁾岡山大学農学部、²⁾岡山大学大学院環境生命科学研究科、³⁾森林総合研究所関西支所、⁴⁾森林総合研究所
Tokiyoshi Hiramatsu¹⁾, Naoko H. Miki²⁾, Kanako Sato²⁾, Mayumi Y. Ogasa³⁾, Kenichi Yazaki⁴⁾

¹⁾ Faculty of Agriculture, Okayama University,

²⁾ Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University,

³⁾ Kansai Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute,

⁴⁾ Forestry and Forest Products Research Institute

砂漠化による生態系の劣化は自然環境並びに社会経済に著しい影響を与える。そのため、在来種の保全や在来種を用いた緑化による砂漠化の防止や生態系の修復が重要である。*Juniperus sabina* L. は、中国の半乾燥地域に自生するヒノキ科の匍匐性常緑針葉樹であり広く緑化に用いられている種の一つである。植物の水輸送機能の低下は個体の生存や分布に深刻な影響を与えるため、水輸送機能の維持は半乾燥地域のような水資源が著しく制限される環境下で生育するうえで非常に重要である。根から吸収された水は、針葉樹においては壁孔を通じて木部仮道管間を移動しながら葉まで輸送される。これまで針葉樹では、乾燥による水輸送機能の低下は仮道管の空洞化により生じ、回復はしないと考えられてきた。しかし、壁孔内にある壁孔壁の位置が移動することで壁孔の水の通りやすさが変化し、仮道管が水で満たされていても水輸送機能が低下しうる可能性が指摘されていることを踏まえると、針葉樹の水輸送機能の低下も乾燥解除により回復する可能性がある。特に水資源の乏しい乾燥地では、壁孔の水の通りやすさの低下により仮道管に水を保持したまま水輸送機能が低下し水分損失を抑えることで、降雨後の速やかな生産活動の再開に著しく寄与する可能性が高い。そこで本研究では乾燥により水輸送機能が低下した状態で再灌水を行うことで水輸送機能の回復が実際に起こるか確認し、再灌水後の回復における壁孔壁の移動に伴う壁孔の水の通りやすさの変化の関連性について考察を行う。

材料には *J. sabina* のポット苗木 5 個体を用いた。5 個体とも十分な灌水の後に灌水を停止し、異なる乾燥強度下で再灌水を行った。樹液流速は測定期間を通じて樹液流測定装置を用いて自動測定した。湿潤時、乾燥時、再灌水後において、葉の含水率を測定し含水率と葉の水ポテンシャルの関係式から葉の水ポテンシャル (Ψ_{leaf}) を算出した。また携帯型光合成蒸散測定装置を用いてガス交換速度を測定した。木部仮道管の水分布割合は再灌水後に採取した幹木部の凍結試料から作成した cryo-SEM 画像を用いて求めた。

乾燥時の Ψ_{leaf} が $-0.59 \sim -1.47$ MPa と乾燥程度の小さい 2 個体では、再灌水後の Ψ_{leaf} は湿潤時と同程度の値を示した。一方、乾燥時の Ψ_{leaf} が $-2.52 \sim -7.01$ MPa であり乾燥程度の大きい 3 個体では、再灌水後の Ψ_{leaf} は湿潤時より低い値を示した。乾燥に伴い全個体で樹液流速がほぼ停止し、ガス交換速度も極めて低い値を示した。しかし再灌水を行うと、乾燥程度の小さい 2 個体では樹液流速、ガス交換速度ともに回復した。一方、乾燥程度の大きい 3 個体ではいずれも回復しなかった。回復した 2 個体については木部仮道管の約 20% は水で満たされていたが、回復しなかった 3 個体ではほとんどの仮道管が空洞化していた。以上より、乾燥程度の大きい段階では空洞化により水輸送機能を損失したため再灌水により回復しなかったと考えられた。一方、乾燥程度の小さい段階では、水で満たされた木部仮道管がある程度残っていたことから再灌水後にこれらの仮道管での水輸送が再開され水輸送機能が回復した可能性が考えられた。したがって、*J. sabina* は乾燥が極端に進行すると回復不能な仮道管の空洞化が生じ、新しい仮道管の形成が間に合わなければ枯死する可能性があるが、葉の膨圧が維持される程度の乾燥では壁孔の水の通りやすさが低下し水輸送機能が低下することで、葉からの水分損失を抑えるとともに空洞化による水輸送機能の損失を回避している可能性がある。

中国の半乾燥地域における匍匐性灌木 *Juniperus sabina* L.の

在来種の発芽に対するアレロパシーの影響

Allelopathic effects of a prostrate shrub, *Juniperus sabina* L., on the germination of native species
in semiarid areas of China

秦 龍¹⁾・三木 直子¹⁾・張 国盛²⁾・藤井 義晴³⁾

¹⁾ 岡山大学大学院環境生命科学研究科、²⁾ 中国内蒙古農業大学林学院、³⁾ 東京農工大学大学院農学研究院

Long Qin¹⁾, Naoko H. Miki¹⁾, Guosheng Zhang²⁾, Yoshiharu Fujii³⁾

¹⁾ Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University,

²⁾ Forestry College, Inner Mongolia Agricultural University,

³⁾ Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

砂漠化による生態系の劣化は自然環境ならびに社会経済に著しい影響を与えることから、在来種の保全と在来種を用いた緑化による砂漠化土地の拡大の防止や生態系の修復が重要である。種多様性は砂漠化に対する生態系の抵抗力に影響し、また、種多様性は種間作用によって構築されるところが大きいことが報告されている。種間作用とは、ある種の存在が他の種の成長や生存に与える直接的、間接的な作用のことであり、促進作用と阻害作用がある。間接的な作用には、その種によって環境条件が変わることや、その種との資源をめぐる競争を介した作用があり、直接的な作用にはアレロパシーがある。アレロパシーとは、ある植物個体が生産する化学物質による、他の植物個体への阻害あるいは促進作用のことである。これまでさまざまな生態系を構成する種においてアレロパシーによる直接作用についての研究が行われ、アレロパシーが植物群落構造に影響する可能性が指摘されている。

Juniperus sabina L.は中国の半乾燥地域に広く自生する匍匐性の常緑灌木で、この地域における代表的な緑化樹種である。本種は土壌深層に分布する主根と土壌表層に分布する不定根を持ち、匍匐性でシュート密度の高い樹冠を持つため、土壌深層から表層への水の再分配や養分集積、防風や砂の固定効果等の高い環境緩和効果を持つ。また、資源をめぐる競争効果を介した高い阻害作用を持つ可能性が指摘されているが、アレロパシーについては明らかになっていない。そこで本研究では、本種の種間作用のうち未解明なアレロパシーについて、中国半乾燥地域の在来種の発芽に与える影響の評価、および現地の主要な木本種の中での本種の位置づけを行うことを目的とした。

まず、本種 *J. sabina* のアレロパシーが中国の半乾燥地域の在来種に与える影響を検証するために、揮発性物質によるアレロパシー活性を検定する Dish pack 法を用いて、在来種 4 種の発芽に対する影響の評価を行い、あわせて本種の揮発性化合物の同定を行った。次に、本種のアレロパシーについて、中国の半乾燥地域に生育する主要な木本種の中での位置づけを行うために、本種を含む木本種 8 種を用いて Dish pack 法により在来種 3 種の発芽に与える影響を比較した。

その結果、本種の主な揮発性化合物は Sabinene、 α -Pinene、 β -Myrcene といったモノテルペン化合物であった。また、本種の全部位は在来種のうち *Artemisia ordosica* の発芽を強く阻害し、枝は *Setaria viridis* の発芽を有意に阻害したが、*Bassia dasyphylla* と *Cynanchum mongolicum* の発芽には全く影響しなかった。本種のアレロパシーによる阻害作用は他の 7 種の木本種と比較して特に高い傾向は認められなかったが、*A. ordosica* に対して著しい阻害作用を示した。そのため、本種の被覆下において *A. ordosica* の分布が阻害される可能性がある。*A. ordosica* は本種と並んで中国の半乾燥地域に優占する半灌木であることから、本種の被覆下で *A. ordosica* の分布が阻害されることは、被覆下での資源の競争効果を緩和し、他の非優占種の分布を促進する可能性がある。本種のアレロパシー活性は、環境条件の緩和効果とも相まって、被覆内外における多様な植物群落の形成に貢献している可能性が考えられた。