

令和元年6月3日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2014～2018

課題番号：26304045

研究課題名(和文)人口増加は砂漠化を引き起こすのか？ - 人口に応じた砂漠化対処技術の開発と普及 -

研究課題名(英文) Does population growth induce desertification? - Development and dissemination of technology combatting desertification with consideration of population

研究代表者

真常 仁志 (Shinjo, Hitoshi)

京都大学・地球環境学堂・准教授

研究者番号：70359826

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,000,000円

研究成果の概要(和文)：ナミビア北部において圃場試験を実施し、トウジンビエの収量は耕作2年目から有意に減少し、施肥はその影響を緩和できないことがわかった。住民による樹木利用の実態調査から、樹木利用の促進は、砂漠化防止と生計向上の両方を達成しようと考えられた。モンゴルの国立公園内の住民による環境利用に関する調査から、今後の砂漠化防止には、国立公園の管理主体である当局と住民間の信頼関係の醸成が不可欠であることが指摘できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ナミビアでの結果から、住民の粗放な土地利用が砂漠化を進行させる実態が明らかとなった。モンゴルでは逆に、これまで粗放に管理されてきた湖周辺の放牧地が、観光資源として脚光を浴び、急激に土地利用圧が高まり、住民は生業の変更を迫られていた。住民がその土地の生態系や資源を守る意義をどのように見出すのかということが、砂漠化防止には決定的に重要であるということであろう。そのためには、砂漠化防止が結果として住民のよりよい生につながるということを、住民の価値観に基づいて具体的に丁寧に提示することが求められ、ナミビアでは樹木利用を、モンゴルでは、ICT活用を例示することができた。

研究成果の概要(英文)：Field trials were conducted in northern Namibia, and it was found that the yield of pearl millet significantly decreased from the second year of cultivation, and that fertilization can not mitigate its effects. From the field survey of tree use by local people, it was thought that promotion of tree use could achieve both desertification prevention and livelihood improvement. From the research on the environment use by the local people in Khuvsgol Lake National Park of Mongolia, it can be pointed out that fostering a trusting relationship between the authorities who are the main management body of the national park and the local people is essential for preventing the desertification in the future.

研究分野：環境農学

キーワード：砂漠化 ナミビア モンゴル

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

1970年代から激化したアフリカ・サヘル地域での飢饉を契機として、世界各地特にアフリカの乾燥地における土地荒廃 (= 砂漠化) が地球環境問題として取り上げられるようになった。1996年に発効した砂漠化対処条約を受け、様々な砂漠化評価図が公表された。これら評価の多くは、砂漠化進行のメカニズムとして、人口増加に伴う貧困や飢餓が、土地の収奪的利用を推し進めた結果、砂漠化が進行し、さらにそれが貧困や飢餓を加速させるという悪循環を指摘し、広く受け入れられている。

しかし、本当だろうか？人口増加により砂漠化が進行するという言説が受け入れられやすいのは、我々がマルサス流の人口論に洗脳されているからではないだろうか。「人口は等比級数的に増加するが、作物生産は等差級数的にしか増加しない」ので、いずれ食料危機が訪れるに違いないと信じている。そのため、増えた人口による土地利用圧の高まりが、資源の枯渇を招くという論は非常に理解しやすい。ところが、この言説に反駁する代表的な論者であるポーズラップ (1991) は、人口の増加自体が農業発展を促す主要な決定要因であると論じた。サブサハラアフリカにおいても、ケニアでは人口が増えたために、住民主導で土壌侵食防止のためのテラス化が進んだり (Tiffen et al. 1994)、人口増加のために休閑地がないナイジェリア北部では、複数の作物の栽培、家畜飼養を組み合わせた農業をしており、23年間で土壌養分量の減少は観察されていない (Mortimore and Harris 2005)。

このように、人口と砂漠化の因果関係については、いまだはっきりしない点が多い。実際、これまで申請代表者が重点的に取り組んできたサヘル地域における砂漠化研究では、人口増加が耕地の拡大を招き、風食など土地の荒廃が進む実態が認められた (Ikazaki ら 2011)。しかし一方で、より人口が密集した地域において、砂漠化対処につながる集約的な土地管理を見聞したのも事実である。両者の因果関係をどのように捉えればよいのか、いまだ解明されないままである。そのようなあいまいさが、砂漠化対処がいつこうに進まない一因であると考えられた。

### 2. 研究の目的

本研究ではナミビアを事例として主に取り上げ、人口が砂漠化に与える影響を実証的に解明することを目的とした。ナミビアを取り上げたのは、潜在的な砂漠化リスクの高さと人口希薄な地域の存在ゆえである。ナミビアを含む南部アフリカにおいては、将来の温暖化進行に伴う深刻な乾燥化が予測されており (IPCC 2007)、潜在的な砂漠化のリスクの高まりが懸念される。またナミビアは、同様の生態環境を有する西アフリカ・サヘル地域に比べ、総じて人口密度が低く、農耕ができるにも関わらず人口が希薄な地域が現存するため、人口密度の異なる地域を研究対象とすれば、人口と砂漠化の関係を明瞭に描き出すことができる。さらに、ナミビアで得られた知見と冷温帯乾燥地域に属するモンゴルでの知見をあわせ、世界の砂漠化問題解決への糸口とすることも目的とした。

### 3. 研究の方法

#### A. 土地利用史の解明 (ナミビア)

住民の定着・移住の歴史や土地利用史を住民への聞き取りや航空写真・衛星画像などのリモートセンシングデータにより明らかにした。ナミビア北部のアンゴラとの国境近くのこの地域では、以前より農業牧畜を営む人々が定住していたが、近年になり、南方への土地開発の動きが目立つようになっている。ここは、季節的に湛水するエトーシャ湖の北側で、乾燥に強い樹木の林が広がり、放牧などによる一時的な利用以外にはほとんど人の手が入らなかった地域であり、近年の急速な土地利用の変化が土地資源の劣化を加速化させているのではないかと危惧された。そもそも、どのような土地開発の経緯であったかを客観的情報として得る必要があったことから、本研究では、現地での聞き取り情報に加えて、他年次に渡る衛星データ・航空写真の解析により、土地開発の実態解明を行った。

このほか、対象地域では、ギョウギシバが耕作地に侵入していることが報告されているが、その侵入実態等については十分に明らかになっていないため、ギョウギシバの耕作地内における分布を明らかにするとともに、農業への影響を圃場試験を実施して検討した。圃場試験ではギョウギシバが存在する場所と存在しない場所のそれぞれで耕起と不耕起、施肥と無施肥を組み合わせた4処理区を設置した。測定項目は降雨量、土壌含水率、土壌粒径分布、トウジンビエの草丈、収量、バイオマス、雑草のバイオマス、土壌の透水性、保水性である。

#### B. 砂漠化の生態学的評価 (ナミビア)

耕作年数の経過がトウジンビエの収量と土壌肥沃度に与える影響及びそれに対する施肥効果を解明することを目的とし、2012年から2016年までナミビア北部において栽培試験を実施した。休閑林を開墾した後、耕作を開始する処理を毎年繰り返すことで、耕作年数の異なる畑を同一年に比較したり、耕作年数の同じ畑を複数年で比較することを可能にした。

#### C. 冷温帯乾燥地域における砂漠化 (モンゴル)

モンゴル国フスグル湖国立公園を調査対象地域として、同国立公園内に居住する地域住民への聞き取り調査から、生物多様性、自然保護、保護区管理に対する地域住民の知識と意識、

さらにICTの利用状況を明らかにした。さらに、ICTによる情報のやりとりが地域住民の自然保護や保護区管理に関する知識の強化、管理当局との信頼醸成を推進する可能性について実証実験を実施した。

#### 4. 研究成果

##### A. 土地利用史の解明（ナミビア）

エトーシャ湖に南側の灌木林を通して接するオナカシノ村を主たる対象として解析を実施したところ、1980年前後から同村へ北部地域からの移住と土地開発が始まり、最近になって森林伐採を伴う開発が継続している状況が示された。開発の仕方は、最初に世帯による敷地境界を必要に応じてフェンスを作るなどして定め、敷地内の一部を開墾し、その後、他の場所を数段階に分けて開墾を進めるといった形態が一般的に見られた。その間に、敷地内で住居をかなりの頻度で移動すること、さらに、一度開いた土地での耕作を放棄する区画があることが見出された。また、最初に囲い込む敷地の面積は、元々居住していた北部における敷地面積と比べて20%程度大きいだけであり、必要以上に大きく囲い込むことはされていなかった。

オナカシノ村を含む地域の解析の結果では、こうした土地開発は現在も進行中であり、オナカシノ村から南西方の人口がより希薄な地域への進展、および、オナカシノ村からは北東方に位置するが、道路沿いに離散的に開発していた狭間を埋めるような進展があることが判明した。これらの近辺では、車の利用も増えて道路の整備も進められているが、新たに開発された土地の位置は、必ずしも道路直近ではなく、他の立地要因が影響しているものと考えられた。

対象地域の生業は、農業と牧畜が混合し、2014/15年には干ばつの影響で多数の家畜が死亡する事態も発生していたが、事前に北部へ家畜を移動させたことにより被害を抑制させたケースや一部の樹木を飼養に用いたケース等もあった。干ばつが当該地域の生業に与える影響についてさらに検討するため、ウシ放牧の長期間の位置情報をもとに、2014/15年の干ばつによって、放牧場所がどのように変化したかを検討した。その結果、ウシ放牧では、耕作地に作物が植えられている雨季は一日の移動距離が増大する一方で、耕作地で放牧することが多い乾季は移動距離が短いという傾向が定量的に明らかになった。乾季の平常年と干ばつ年の差を検討すると、放牧距離は干ばつ年に増大する傾向がみられた。これらの結果から、干ばつ年には村内の私有地における農作物の残渣や雑草といった採食資源が早期に枯渇し、それにもなると放牧場所が共有放牧地に移ると考えられた。放牧場所が早期に私有地から共有地に移動することは、その後の共有放牧地における採食資源量の減少につながるばかりでなく、耕作地への糞尿の投入量の大幅な減少につながり、耕作地の栄養状態を悪化させる。したがって、干ばつは、家畜の頭数や糞尿の散布場所の変化を通じて、農業生産へ長期的な悪影響も有することが示唆された。

ギョウギシバはトウジンビエ耕作地の中に分布しており、ギョウギシバが耕作地を減少させ、農業に影響を与えていることが明らかとなった。特に、トウジンビエの耕作地として適した土壌環境にギョウギシバが広い面積で侵入しており、地域の農作物生産に悪影響を及ぼしている可能性が示唆された。ギョウギシバと土壌タイプの関係について、ギョウギシバは“ローム質土壌”の耕作地の90%以上で分布している一方で、“砂質土壌”にはわずか4%しか分布していなかった。“ローム質土壌”は、粘土含量平均が4.0%と“砂質土壌”の2.4%と比較して高く、透水性も低かった。つまり、粘土含量の高い“ローム質土壌”では、土壌の保水性が高く、ギョウギシバが定着しやすい水分条件になると考えられた。圃場試験の実施年は降水量が165mmと少雨であり、トウジンビエの生育はおしなべて悪かった。圃場試験の結果、ギョウギシバが存在する耕作地での収量7.35 kg/haは、存在しない耕作地の68.2 kg/haと比較してわずか10分の1程度とかなり低くなった。この理由として、土壌水分の測定結果から、表層土壌(0-20 cm)でギョウギシバとトウジンビエの間で水分の競合が起こり、トウジンビエの生育が阻害されたと考えられた。ギョウギシバが存在する耕作地でのトウジンビエの収量は、耕起と施肥により若干増加したものの(図2)、ギョウギシバによる影響を和らげるものとはならなかった。したがって、当地域においてギョウギシバの作物への害は、現行の耕種法による軽減が難しいと言わざるを得ない。住民が低コスト・省力的な農業を行っていることを考慮すると、緩衝帯をつくりギョウギシバの拡大を抑制するのが有効であろう。

現地では、土地開発により飼料資源が減少したこともあるが、以前よりも家畜密度が高くなっている。この地域で持続的な農牧を実践するためには、まずは現行の土地利用形態の資源に対する影響を評価する必要がある。その後、農業生産性を維持する土地管理技術、乾燥に強い飼料資源の管理技術、ソーシャルメディア等を利用した家畜の適切な移動等を支援する技術等を総合する施策の開発が必要と考えられた。

##### B. 砂漠化の生態学的評価（ナミビア）

栽培期間中の総降雨量は77-235 mmの範囲であり、年次変動が大きいことが分かった。また12/13年と13/14年の日降雨量の総降雨量は同程度であったが、12/13年は播種後0-21日目に総降雨量の約70%の雨が降ったのに対して、13/14年は播種後35-63日目に総降雨量の61%の雨が集中的に降り、降雨分布にも変動があった。土壌水分量が-1.5 MPa(永久萎凋点)以下になった期間は、12/13年が播種後28-52日目、13/14年が播種後7-23日目となった。この両年よりも総降雨量が少なかった14/15年と15/16年の土壌水分量はほとんどの時期を通じて-1.5MPa

以下であった。

この降雨分布を反映して、無施肥区 1 年目の収量は、13/14 年が総降雨量の少ない 14/15 年と 15/16 年と比較して約 2-3 倍となった。また 13/14 年の収量は、総降雨量がほとんど同じ 12/13 年と比較して高かった。上記で述べた降雨分布や土壌水分量の推移の違いが影響して、13/14 年は根が発達した生育中期に雨が降り、作物が十分に水分を吸収できたためと考えられる。各年の施肥効果は、追肥を 2 倍多く施肥した 12/13 年で見られたが、同じ量を施肥した 13/14 年、14/15 年と 15/16 年では見られなかった。耕作年数の影響は、15/16 年の耕作 1-4 年目のプロットにおいて、耕作 1 年目の収量が 2-4 年目に比べて高かった。以上より、総降雨量や降雨分布の変動を反映した土壌水分条件と耕作年数がトウジンビエの収量に影響することが示された。

収量、株数は耕作 2 年目から有意に減少し、施肥はその影響を緩和できなかった。> 2 mm 画分の炭素 (COM-C) が土壌全体に含まれる量の 21 % であり、2 mm 以下の SOM 量が少ない当地域のような砂質土壌の肥沃度に大きく寄与していることが示唆された。この COM-C が耕作 4 年目までに有意に減少していた。収量、株数と COM-C 量の減少の時期は異なるが、両者の間には正の相関関係が見られた。施肥による増収が認められなかったことから、COM 量の減少が収量に影響を与えたメカニズムとしては、土壌の養分状態ではなく、水分保持などの物理的特性の変化の可能性も考えられた。

### C . 冷温帯乾燥地域における砂漠化 (モンゴル)

地域住民は、彼らの周囲の環境に対する十分な意識を持っており、環境保護の重要性についても認識していること、管理当局に対する不信感があること、地域外資本によるキャンプ事業などがこれまでの暮らしを損なっていると感じていること、携帯電話など ICT を利用して情報のやりとりをしていることを明らかにした。実証実験では、SMS (ショートメッセージサービス) と IVR (Interactive Voice Response : 相互音声応答) を用いて、自然保護や保護区管理に関する情報を対象住民へ定期的に 6 ヶ月にわたって送信し、さらに IVR では住民から自然保護に関する情報を受信した。実験終了後の対象住民への聞き取りから、SMS による情報発信について積極的に評価する意見が認められ、知識の強化も確認できた。ただし、地域住民による IVR を用いた情報の送信は低調であり、情報をやり取りする主体間の信頼醸成が ICT 利用の前提条件であることが明らかとなった。また、地域住民のなかでも女性や高学歴を有する住民がこれら ICT の利用に積極的であり、男性や学歴の低い住民をどのように取り込むのが課題であった。

### まとめ

ナミビアでの結果から、住民の粗放な土地利用形態が明らかとなった。その粗放さは、現在も未開墾な土地が広く分布していたということに帰するところが大きい。しかし、今後人口が増加し、土地の利用圧が増加すると予想されるかといえば、否であろう。というのも、ナミビアには鉱産・観光など他にも活発に営まれるセクターがあり、農村からの移住に対する都市の引力は並々ならぬものがあるからである。実際、ギョウギシバの繁茂は、農村における労働力不足がそもそもの要因であろうと本研究は示唆している。他にも本研究で明らかとなった耕作年数に伴う土地生産性の顕著な低下は、粗放な農業管理ではいかんともしがたい状況である。したがって、ナミビアでは、人口密度が疎で、粗放な土地利用しかなし得ないがゆえの砂漠化が進行しているのである。

一方、モンゴルでは逆に、これまで粗放に管理されてきた湖周辺の放牧地が、観光資源として脚光を浴び、急激に土地利用圧が高まり、住民は生業の変更を迫られている。住民は、外部から参入した観光業者およびそれと結託していると住民が信じている公園の管理当局との間に心理的軋轢を抱えており、湖周辺の生態系は、住民および観光業者双方によって、蹂躪されつつあるといつてよい。

以上の事例からいえることは、住民がその土地の生態系や資源を守る意義をどのように見出すのかということが、砂漠化防止には決定的に重要であるということであろう。そのためには、砂漠化防止が結果として住民のよりよい生につながるということを、住民の価値観に基づいて具体的に丁寧に表示することが求められ、ナミビアでは樹木利用を、モンゴルでは、ICT 活用を例示することができた。

### 5 . 主な発表論文等

[雑誌論文](計 8 件)

手代木 功基、「ケータイ」が農村にもたらした変化—ナミビアにおける携帯電話の急速な普及とその活用—、グローバルネット、査読無、8 巻、2016、10-11

TESHIROGI, Koki, YAMASHINA, Chisato and FUJIOKA, Yuichiro, Variations in Mopane Vegetation and its Use by Local People: Comparison of Four Sites in Northern Namibia, African Study Monographs, 査読有、38 巻、2017、5-25 DOI : 10.14989/218898

手代木 功基、地域の人々といかに関わるか—アフリカ乾燥地・砂漠化問題の現場における経験から、地理、査読無、740 巻、2017、46-51

Shaibu Abdul-Ganiyu, Hirohiko Ishikawa, Thomas Apusiga Adongo, Gordana

Kranjac-Berisavljevic, Integrated Application of Co-compost and Inorganic Fertilizer on Growth and Yield Response of Maize (Zea mays L.) at Different Planting Distances in the Northern Region of Ghana, African Journal of Food and Integrated Agriculture, 査読有、1 巻、2017、30-38

Shaibu Abdul-Ganiyu, Ishikawa Hirohiko, Thomas Apusiga Adongo, Gordana Kranjac-Berisavljevic, Evaluating Borehole Performance in Tolon and Wa West Districts of Northern Ghana, African Journal of Applied Research, 査読有、3 巻、2017、73-84

手代木 功基, 乾燥地域の放牧システムにおける樹木の役割、アグリバイオ、査読無、1 巻、2017、606-608

McCarthy Christopher, Shinjo Hitoshi, Hoshino Buho, Enkhjargal Erdenebuyan, Assessing Local Indigenous Knowledge and Information Sources on Biodiversity, Conservation and Protected Area Management at Khuvsgol Lake National Park, Mongolia, Land, 査読有、7 巻、2018 年、117

手代木 功基, ナミビアにおける昆虫食文化と生態環境、沙漠研究、査読無、29 巻、2019、45-51

〔学会発表〕(計 28 件)

〔図書〕(計 6 件)

手代木 功基, 昭和堂、アフリカ学事典、2014、420-423

真常 仁志, 朝倉書店、日本土壌肥料学会「土のひみつ」編集グループ編『土のひみつ』、2015、144-147

手代木 功基, 明石書店、水野一晴・永原陽子編『ナミビアを知るための 53 章』、2015、81-85・188-190・239-243・292-296・331-334

藤岡 悠一郎、手代木 功基, 明石書店、水野一晴・永原陽子編『ナミビアを知るための 53 章』、2015、182-187

真常 仁志, 培風館、江原宏・樋口浩和編『熱帯農学概論』、2019 年、16-25

手代木 功基, 総合地球環境学研究所、田中樹・宮寄英寿・石本雄大編『フィールドで出会う風と人と土 2』、2018、84-89

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名：内田 諭

ローマ字氏名：UCHIDA SATOSHI

所属研究機関名：独立行政法人国際農林水産業研究センター

部局名：企画連携部

職名：再雇用職員

研究者番号 (8 桁)：60425535

研究分担者氏名：佐々木 タ子

ローマ字氏名：SASAKI YUKO

所属研究機関名：総合地球環境学研究所

部局名：研究部

職名：プロジェクト研究員

研究者番号 (8 桁)：30635074

研究分担者氏名：手代木 功基

ローマ字氏名：TESHIROGI KOKI

所属研究機関名：摂南大学

部局名：外国語学部

職名：講師

研究者番号(8桁): 10635080

研究分担者氏名：石川 裕彦

ローマ字氏名：ISHIKAWA HIROHIKO

所属研究機関名：京都大学

部局名：防災研究所

職名：教授

研究者番号(8桁): 60263159

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。