

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H00557

研究課題名（和文）アフリカの熱帯高山における氷河消滅が自然・生態系や地域社会に及ぼす影響の解明

研究課題名（英文）The impact of glacier extinction on natural and ecological systems and local communities in the tropical high mountains of Africa

研究代表者

水野 一晴（Mizuno, Kazuharu）

京都大学・文学研究科・名誉教授

研究者番号：10293929

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 34,400,000円

研究成果の概要（和文）：ケニア山でのセスナ空撮解析から2019～2022年にルイス氷河は年間約2mの表面低下があった。ケニア山の標高約3000m～4700mの地温データより、永久凍土の消失が推測された。標高約4200m地点のジャイアント・セネシオ3個体の枯葉中、<sup>13</sup>Cは-22‰～-29‰で推移し、樹頂点からの距離が近くなるほど減少した。高山帯では過去～現在にかけて乾燥ストレスの低下、土壌水分の増加が示唆された。ケニア山麓は2021年からの旱魃で農業はダメージを受け、2022年3月～5月の大雨季に雨がほとんど降らなかったため、主食のトウモロコシが全く収穫できず、農民は店でついでに買い方や日雇い労働の収入で食糧を購入した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、ケニア山の氷河が温暖化の影響で急速に縮小していることや生態系の変化、永久凍土の消滅が明らかになった。また、2030年代には氷河が消失する可能性が示唆された。高山帯では降雪量の減少と降雨量の増加による土壌水分の増加が予想されたが、山麓の湧水や河川水には高標高の氷河帯の融氷水が大きく寄与していることが解明され、近年の干ばつにより山麓住民の農業や生活に大きな影響が生じていることが判明した。本研究の成果は、現実生じている温暖化の影響を定量的に明らかにした点で学術的に意義があり、また水環境を通して、その影響が地域社会に及んでいる点を提示し、社会的にも意義があると考えられる。

研究成果の概要（英文）：Based on Cessna aerial photography analysis at Mt. Kenya, Lewis Glacier had a surface lowering of about 2 m per year from 2019 to 2022. Permafrost loss was inferred from ground temperature data at approximately 3000 m to 4700 m elevation on Mt. Kenya. The <sup>13</sup>C in dead leaves of three Giant Senecio individuals at about 4200 m elevation ranged from -22‰ to -29‰, decreasing with distance from the tree top. In the alpine zone, a decrease in drought stress and an increase in soil moisture were suggested from the past to the present. Agriculture in the foothills of Mt. Kenya was damaged by the drought that began in 2021 and continued through the heavy rainfall season of March-May 2022, which brought almost no rain, so the staple maize crop could not be harvested at all, and farmers had to buy food from store by charge and from the income from day labor.

研究分野：自然地理学

キーワード：温暖化 氷河縮小 水環境 植生遷移 農業 地域社会

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

近年、温暖化が急速に進み、その影響で世界各地の氷河が縮小していることが報告されている。熱帯高山でも同様であり、特にアフリカではキリマンジャロ、ケニア山、ルウェンゾリ山地にのみ氷河が分布し、それらの氷河は2030年代には消滅することが予想されている。氷河が消滅すれば自然や生態系、地域社会に大きな影響が及ぶ恐れがあり、それらの関係を解明することは意義があると考えられる。

### 2. 研究の目的

本研究課題では、主にケニア山において、近年の氷河の縮小過程やその融氷水の山麓湧水への影響、水環境の変化や温暖化による生態系の変化、それらが地域社会や住民の生業に与える影響について解明することを目的としている。また、過去から現在までの環境変化を復元し、近年の環境の動態を検討する。

### 3. 研究の方法

(1) 気候：ケニア山の標高帯に依存した降水量分布と降水特性、および近年におけるケニア山とその周辺域の気候特性を明らかにするために、観測調査として西麓斜面に簡易雨量計を設置すると共に、衛星赤外画像による高解像度の降水量データであるCHIRPS(空間解像度約5km)と客観解析データによる解析を行った。標高2400から4400mの間に簡易雨量計を5箇所設置し、降水イベントを観測した。客観解析データ(NCEP Reanalysis 1)からケニア山近傍のグリッド( $N0^{\circ}$ ,  $E37.5^{\circ}$ )を抽出し、1948年以降の気温を含む大気鉛直構造の変化を明らかにした。

(2) 地形・土壌：ケニア山における周氷河環境について検討するために、標高別に地温プロファイルを測定するとともに、標高の異なる3地点において地温の通年観測を行った。また、周氷河作用に関わる地形の観察を行った。

(3) 氷河：ケニア山において、2017年9月21日、2018年8月19日、2019年8月25~26日、2022年9月1日にTropic Air社のセスナ機(Cessna 208B Grand Caravan)からSony 7iiと7Riiの一眼レフカメラを用いて、1秒間隔で氷河と周辺地形を含めた画像を取得した。撮影は、早朝7時にナニユキ飛行場を離陸して、1時間のフライトで実施された。セスナ空撮画像とSfM-MVS(Structure from Motion - Multi-View Stereo)ソフトのPix4Dmapperを用いて、氷河周辺のオルソ画像と数値表層モデル(DSM: Digital Surface Model)を作成した。これらデータの作成には、2016年2月17日に取得されたPleiades衛星のオルソ画像とDSMから取得した地上基準点(GCP)を用いた。GCPは氷河周辺の長期間で不動箇所を選定した。

(4) 氷河の後退と植生遷移：ケニア山のティンダル氷河の末端からティンダルターン(池)の北端までの距離を継続調査して、氷河の後退速度を求めた。また、氷河末端周辺に生育する先駆的植物種の分布の上限の位置の変化を追跡した。ジャイアントセネシオ(*Senecio keniodendron*)の2個体から各3カ所の枯葉を採取し、それらの放射性炭素の年代測定から、2個体の成長速度を求めた。

(5) 大型半木本性植物の生態：2018年8月及び2019年8月に、ケニア山Tyndall氷河前面の約100年前に形成されたモレーンリッジよりも氷河側の地形面上を踏査し、そこに出現した背丈3cm以上の*Senecio keniodendron* (SK)と*Labelia telekii* (LT)の位置と背丈を記録した。また、2016年8月に実施した現地調査結果との比較から、各個体群の消長及び生育状況を記載するとともに、新規個体も合わせて記録した。

(6) ジャイアントセネシオの枯葉分析と水分環境の変化：2019年8月にケニア山の標高約4,000~4500mにおいて年代測定用の*Senecio keniodendron*の枯葉のサンプリングを実施し、約4,500m地点の2個体からそれぞれ3サンプル採取した。また2022年9月に枯葉の年代測定および $^{13}C$ の測定のため、約4,200m地点の3個体に対し樹頂点から根元までの10cm毎の枯葉を計100サンプル採取した。枯葉の年代測定(放射性炭素年代測定法)および $^{13}C$ の分析は株地球科学研究所に委託した。

(7) 地域社会：地域住民にとって重要な現金収入源であるケニア山の登山観光が環境の変化によってどのような影響を受けたかについて調査を行った。具体的には、登山客が利用する山頂氷河に近い山小屋に滞在し、登山ガイド、登山客の荷物を運ぶポーター、外国人登山客、そしてロジの管理人を対象に聞き取り調査を行った。2021年から続いた早魃によるケニア山山麓の農業への影響について、山麓集落の農民と登山ガイドやポーターを対象に聞き取り調査を行った。

### 4. 研究成果

#### (1) 気候

コロナ禍の影響により、現地観測は不十分なものとなったため、ここでは

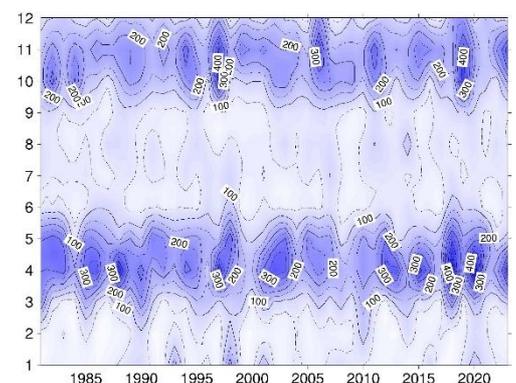


図1 平均降水量の年 - 月アイソプレス

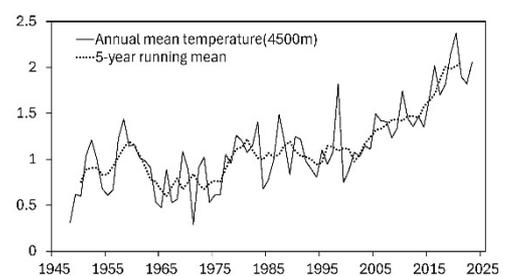


図2 標高4500mにおける年平均気温の経年変化

CHIRPS による降水量及び客観解析データの解析結果を示す。

1) ケニア山とその周辺域(0.5°N-0°N, E37°-E37.5°)の平均降水量の経年変化を解析した結果、1981年以降の降水量には年単位、月単位何れにおいても顕著な変化傾向は認められない(図1)。しかしながら、解析期間の前半(1981~2000年)と後半(2001~2022年)では、変動性(標準偏差)に変化が認められ、年降水量では前半から後半にかけての増大(259mm→302mm)を示す。月降水量の変動性の変化は月によって異なり、4月、5月、8月、11月、12月(何れも5mm以上となる月)で増大傾向を持ち、特に4月の増大量(98mmから125.7mm)が著しい。一方、10mmを上回る変動性の減少を示す月には、1月、3月、10月が挙げられる。長い雨季(3~5月)の2つの月において、変動性が増大していることは、近年頻発する干魃と洪水という両極的な現象を反映するものとして考えられる。

2) 客観解析データから得られた標高4500mにおける年平均気温の経年変化から、ケニア山山頂付近の高度では1990年代後半以降に温暖化傾向が著しくなったことが分かる(図2)。この変化と共に気温の鉛直構造にも変化が確認され、1990年代後半以降における3000~5000mの気温減率は増大傾向となっていることが確認された(図3)。気温減率の上昇は対流不安定性の増大を生じさせてきたとも考えられるが、個々の降水現象と共に検証する必要がある。

(2) 地形・土壌

標高3,060m、4,170m、4,340m、4,440m、4,770mにおいて、地表からの地温プロファイルを5cm間隔で測定した結果、各地点とも、地温は地表から20~30cmでほぼ一定となった。この部分の温度は、標高とともに低下し、標高4770mにおいて1.4°Cとなった。標高と温度の回帰直線を延長すると、標高約5,000mで0°Cになることが予想される(図4)。しかし、ケニア山において標高4,800以上の部分は、ほとんどが岩峰となっているため、ケニア山においては、現在、まとまった大きさの永久凍土は存在しない可能性が高い。

標高4,340m、4,440m、4,770mの地点において、2022年9月4日から2023年8月24日までの期間、地表から1cm、5cm、10cm、20cm、40cmの層準で地温観測を行った。ケニア山は、ほぼ赤道直下にあることから、地温の季節変化は、ほとんど見られない。標高4,770m地点においては、1cm深における地温の日変化が小さいことから積雪に覆われていたと思われる期間を除いて、1年を通して、ほぼ毎日表層で地温が0°Cを下回り、土壌凍結が生じていたことが確認された。しかし、10cm深の地温は0°Cを下回らないことから、その凍結深は、10cm以下である(図5)。地球温暖化による温度の上昇により、現在は永久凍土が消失してしまったものと推察される。

(3) 氷河

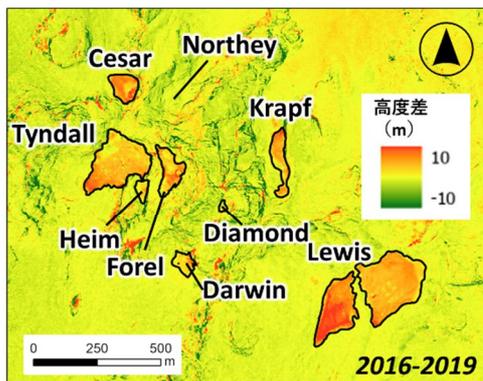


図6 2016年~2019年の氷河の表面低下

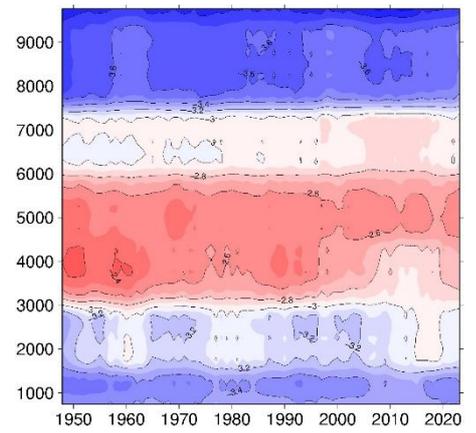


図3 500mごとの気温減率の年 標高アイソプレス

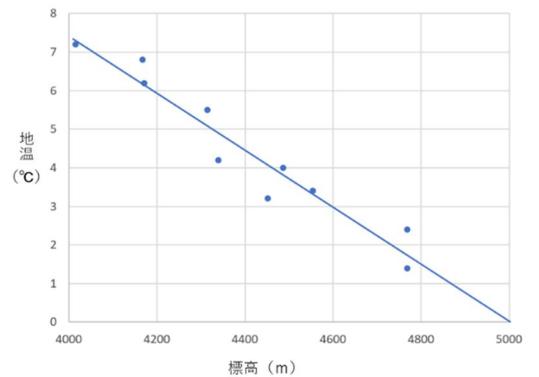


図4 標高と地温が安定する温度(30~40cm深)の関係

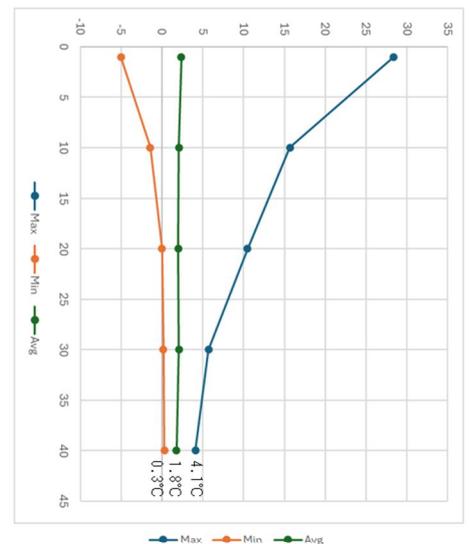


図5 標高470地点の地温プロファイル

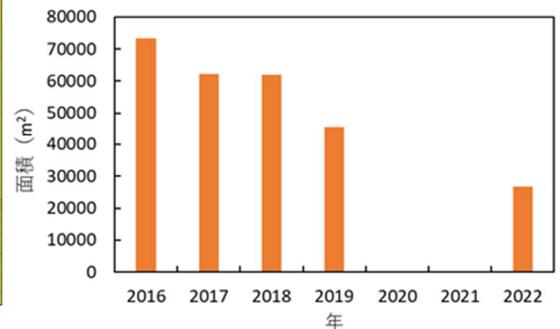


図7 ルイス氷河の面積変化

2016年2月～2019年8月の氷河の平均質量収支は負であった(図6)。Lewis氷河では、2015年に氷体が二つに分離し、2022年に下流部の氷体はほぼ消滅した。そのため、氷河面積は2016年から大きく縮小した(図7)。Lewis氷河の氷体の質量収支は、2019年～2022年で-1.88 m w.e./aであった。Hastenrath (2005)やPrinz et al. (2011; 2018)らによって観測された質量の減少-0.99 m w.e./a (1974-1983)、-0.70 m w.e./a (1983-1993)、-2.22 m w.e./a (1993-2004)、-0.63 m w.e./a (2004-2010)、-1.47 m w.e./a (2010-2016)と比較すると、2000年代で最近の質量は大きく減少している。本研究で、2016年以降の氷河の高度変化を調べた結果、各氷河の全高度帯で質量の減少が確認された。このことから、本研究の観測期間の平衡線高度は各氷河の分布高度よりも高い位置であったことが考えられる。この地域の氷河は、赤道付近で暖められた大気が上昇し、それを補うために南北から空気が流れ込むことで大気が収束するITCZ(熱帯収束帯)の降水域が季節によって南北に移動する際に積雪として涵養される。Tyndall氷河末端に設置したタイムラプスカメラの記録から、2回の雨季にあたる2017年9～11月と2018年2～3月に確認された降雪量はわずかであった。降雪量の少ないケニア山では、雪崩や吹き溜まりなどの地形効果による涵養が期待できないため、今後降雪量が継続的に減少すれば氷河の消滅は避けられないだろう。



図8 ティンダル氷河の変遷

#### (4) 氷河の後退と植生遷移

ケニア山(5,199m)のティンダル氷河の後退速度は、1958-1996年には約3m/年であったが、1997-2002年は約10m/年、2002-2006年は約15m/年、2006-2011年は約8m/年、2011-2017年は約9m/年、2017-2022年は約6m/年であった(図8)。このまま縮小していけば、10年以内には氷河は消滅すると推測される。

氷河の後退を追うように、先駆的植物種4種は、それぞれの植物分布の最前線を斜面上方に拡大させている。とくに、氷河が溶けた場所に最初に生育できる第一の先駆種セネキオ・ケニオフィトゥム *Senecio keniophytum* は、氷河の後退速度と類似する速度で前進している。長年、第一の先駆的植物種はセネキオ・ケニオフィトゥムであったが、2016年と2017年は氷河末端に一番近い場所に生育していたのは地衣類のチズゴゲだった(図9)。

2022年は、氷河末端から、先駆的植物種7種の最前線の個体までの距離が、2019年とほぼ同じであった。7種がほぼ同じ速度で前進していることになる。

大型の半木本性ロゼット植物であるセネキオ・ケニオデンドロン *Senecio keniodendron* の2個体からそれぞれ3カ所の枯葉を採取し、それらの放射性炭素年代測定の結果、セネキオ・ケニオデンドロンの2個体の成長速度は、それぞれ3cm/年と4.5cm/年であった。高さ5mのセネキオ・ケニオデンドロンの樹齢は100年以上と考えられる。

#### (5) 大型半木本性植物の生態

調査対象地であるモレーンリッジ内部の氷河後退域には、2018・19年時点で *Senecio keniodendron* (SK)が171個体、*Lobelia telekii* (LT)が217個体出現した。これらの結果を2016年と比較すると、SKでは14個体が枯死し、15個体が新たに出現した。またLTでは31個体が枯死し、34個体が新たに出現していた。2018年時点で出現したSKの背丈の平均は21.0cm、最大の個体は112cmであり、LTの背丈は平均が17.7cm、最大の個体が199cmだった。多くの個体が2年間で背丈を増加させてい

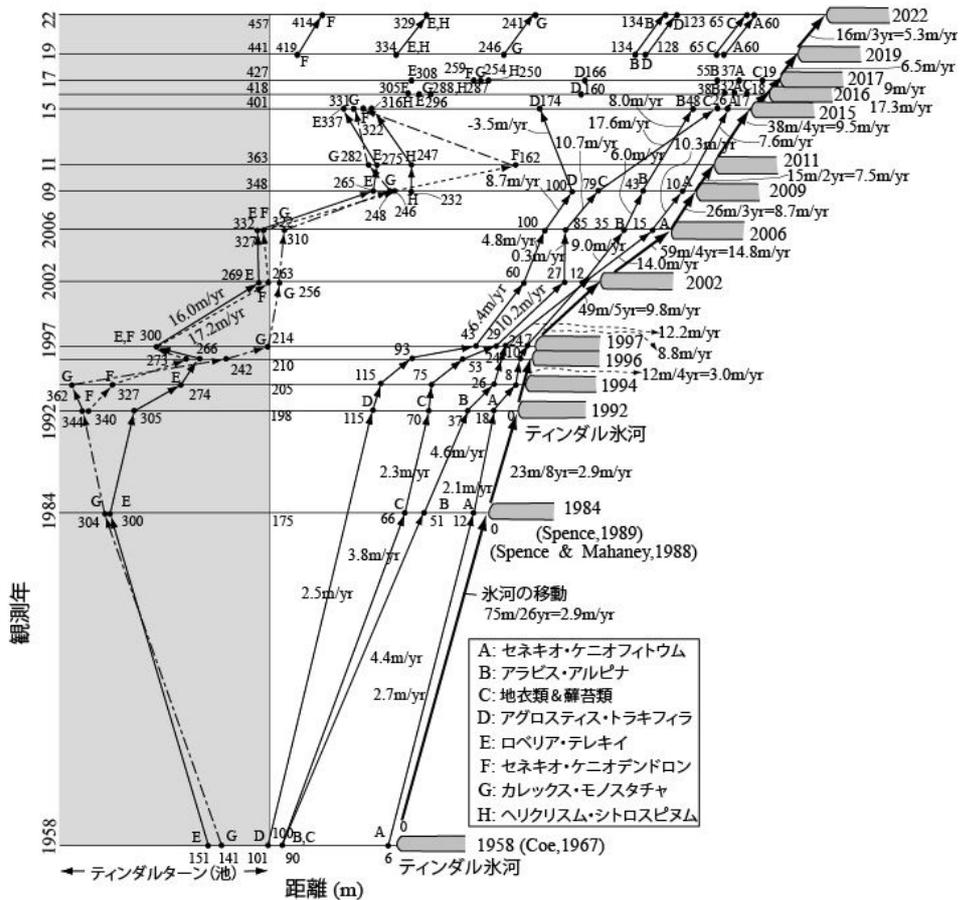


図9 ケニア山ティンダル氷河の後退と高山植物の遷移

横軸：ティンダル氷河末端から各植物種の生育前線までの距離(m)  
 縦軸：年代(縦軸の長さは年数を示す)  
 矢印：ティンダル氷河末端および各植物種の生育前線の位置の移動

たが、特にLTでは2年間で100cm以上増加する個体がみられ、生育型の違いが生長量と関わっていることが示唆された。2018年と2019年を比較すると生長量は限定的であり、年による生長量の違いにも今後は着目する必要がある。

両種の分布は、標高が低い(氷河から離れている)ほど個体数が多い傾向を示した。また、地形情報から算出した日射量との関係を見ると、日射量が多い場所ほど両種ともに個体数が多くなっていった(図10)。また、背丈が高い個体も日射量が多い場所に分布していた。さらに、枯死個体と新規出現個体は、それぞれの分布が特徴的に異なっていた。枯死個体は、高標高・急傾斜・低日射量の場所に

多くみられた一方で、新規出現個体は低標高・緩傾斜・高日射量の場所に数多くが出現していた。今後は、複数年の実生の動態を追跡することで生育環境についてさらに検討するとともに、すでに大型化し

ている個体に着目し、大型半木本性植物の立地環境を明らかにすることを通じて高山景観の成り立ちを解明する必要がある。

(6) ジャイアントセネシオの枯葉分析と水分環境の変化  
枯葉の年代測定の結果を表1に示す。樹頂点からの距離が160cmの枯葉が1959年、221cmが1960年、280cmが1947年、290cmが1938年、400cmが1889年と推定された。成長率が一定と仮定すると、セネシオの成長速度は2.67~3.75cm/年と推測された。また3個体のセネシオの樹頂点から根元までの10cm毎の枯葉サンプルの<sup>13</sup>Cは、-22‰から-29‰の間で推移し、樹頂点からの距離が近くなる(最近のものになる)ほど、減少するトレンドが見られた。この結果から、近年の温暖化に伴いセネシオの生息域の土壌水分が増加し、乾燥ストレスが低下している可能性が示唆された。

#### (7) 地域社会

年齢が50代以上で長くガイドやポーターを務めた人ほど環境の変化をつよく認識し、自らの知識と登山経験を生かして登山客に山の自然を説明し、地球温暖化による影響を積極的にアピールしている。それに対して、年齢が30代と40代のガイドやポーターの多くは、副業の一つとして登山観光に関わっていて、山の環境の変化について情報として知っている程度であった。しかし、彼らのなかではインターネットやSNSなどを通じて地球温暖化にともなう異常気象の情報を知り、それがケニア山の環境変化や山麓の水不足問題と関係していると考える人もいる。また、山麓地域の初等教育の普及や都市化にともなって、若者が進学や出稼ぎのために都市部へ出ていくようになり、登山観光に関わる地域住民が減少していることも確認された。経験をもつ登山ガイドの高齢化にともなって、ケニア山の環境変化を正確に伝える人が少なくなることが懸念され、彼らのライフストーリー調査を通して、その経験知を記録し公表する必要性をつよく感じる。

2022年3月~5月の大雨季に雨がほとんど降らなかったため作付した主食のトウモロコシが立ち枯れて全く収穫できなかったことが明らかになった。農民の多くは町の店でつけ買いをしたり、日雇い労働で得た現金で食糧を購入したりして生活を維持していた。ケニア山から流れてくる河川も枯れたため、生活用水も大きな問題となった。さらに、ケニアの農村がグローバルな社会状況の変化に影響されていることも確認された。その一つはコロナ禍による影響で観光客が激減し、登山ガイドやポーターで副次的に収入を得ていたケニア山麓の農民たちの家計経済はダメージを受けた。もう一つはロシアによるウクライナの侵攻によって穀物価格が高騰し、ケニア人の主食であるトウモロコシの値段は2.5倍に上がり、旱魃によって自給用の食糧が収穫できなかった農民たちにさらなるダメージを与えた。

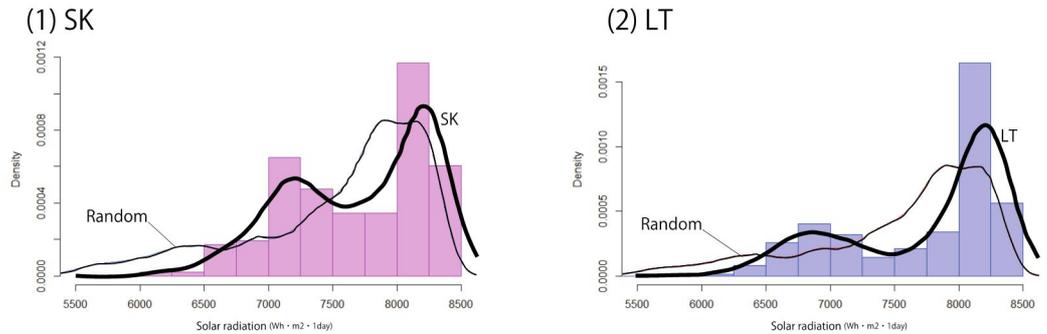


図10 ケニア山Tyndall氷河前面におけるSK(左)とLT(右)の分布と日射量の関係

表1 ジャイアントセネシオの樹頂点からの距離別の枯葉の年代測定結果

サンプル採取年	標高	サンプルNo.	樹頂点からの距離 (cm)	推定年代 (AD)	成長速度 (cm)
2019	約4,500m	A-1	40	1998	2.67
		A-2	90	1980	
		A-3	160	1959	
		B-1	41	2001	3.75
		B-2	121	1986	
		B-3	221	1960	
2022	約4,200m	A-2	56	1994	3.73
		A-4	168	1968	
		A-6	280	1947	
		B-2	60	1986	3.43
		B-4	180	1946	
		B-6	290	1938	
		C-2	80	1977	3.01
		C-4	240	1925	
		C-6	400	1889	

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 10件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Mizuno, K	4. 巻 17
2. 論文標題 Retreating Glaciers and Plant Succession on Mount Kenya due to Climate Change	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Springer (International Perspectives in Geography: AJG Library)	6. 最初と最後の頁 89-106
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Mizuno, K. & Otani, Y.	4. 巻 17
2. 論文標題 Toward a Multidisciplinary Understanding of Tropical High Mountains in Africa	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Springer (International Perspectives in Geography: AJG Library)	6. 最初と最後の頁 159-166
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Yamagata, K.	4. 巻 17
2. 論文標題 Glacial Topography and Soil Development Processes in the Foreland of Tyndall Glacier on Mount Kenya	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Springer (International Perspectives in Geography: AJG Library)	6. 最初と最後の頁 69-87
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Morishima, W.	4. 巻 17
2. 論文標題 Seasonal Changes of Rainfall around Mount Kenya and its Relation to Atmospheric Circulation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Springer (International Perspectives in Geography: AJG Library)	6. 最初と最後の頁 15-29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Araki, M.	4. 巻 17
2. 論文標題 Sustainability and Local Participation in Community-based Water Resources Utilization: A Case Study of the Matengo Highlands, Tanzania	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Springer (International Perspectives in Geography: AJG Library)	6. 最初と最後の頁 139-157
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Narama, C. & Arie, K.	4. 巻 17
2. 論文標題 Mass Balance of Very Small Glaciers on Mount Kenya during 2016-2018	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Springer (International Perspectives in Geography: AJG Library)	6. 最初と最後の頁 1-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Sun, X.	4. 巻 17
2. 論文標題 Local Perceptions and their Responses to Changes in Water Environment and Land Use in the Mount Kenya Region	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Springer (International Perspectives in Geography: AJG Library)	6. 最初と最後の頁 121-138
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Teshirogi, K.	4. 巻 17
2. 論文標題 Growth Dynamics and Distribution of Giant Rosette Plants on Recently Deglaciated Terrain below the Tyndall Glacier on Mount Kenya	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Springer (International Perspectives in Geography: AJG Library)	6. 最初と最後の頁 107-119
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Otani, Y.	4. 巻 17
2. 論文標題 Impact of Glacier Shrinkage on the Water Cycle of Mount Kenya	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Springer (International Perspectives in Geography: AJG Library)	6. 最初と最後の頁 31-44
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Mwaura, F. & Njoki, M. N.	4. 巻 17
2. 論文標題 Hydrology and Society of Regions Surrounding Mount Kenya	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Springer (International Perspectives in Geography: AJG Library)	6. 最初と最後の頁 45-67
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 水野一晴	4. 巻 38
2. 論文標題 アフリカの気候と植生	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 地図情報	6. 最初と最後の頁 9-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Daiyrov Mirlan, Narama Chiyuki, Kaab Andreas, Tadono Takeo	4. 巻 10
2. 論文標題 Formation and Outburst of the Toguz-Bulak Glacial Lake in the Northern Teskey Range, Tien Shan, Kyrgyzstan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geosciences	6. 最初と最後の頁 468 ~ 468
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/geosciences10110468	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 手代木功基	4. 巻 28
2. 論文標題 四国山地西部におけるトチノミ食の変遷：高知県の町本川地域の事例	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 摂大人文学	6. 最初と最後の頁 29-38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 森島済・前田拓志・村上徹雄	4. 巻 103
2. 論文標題 フィリピン・ヌエバエシハ州における近年の乾期作農業の変化	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 桜文叢書	6. 最初と最後の頁 39-52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計14件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Mizuno, K.
2. 発表標題 Retreating Glaciers, Plant Succession on Mount Kenya Due to Climate Change
3. 学会等名 The Centennial Congress of the International Geographical Union, Paris, Sorbonne University (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 水野一晴
2. 発表標題 ケニア山とキリマンジャロの氷河と植生の30年間の変化
3. 学会等名 日本アフリカ学会第59回学術大会, オンライン (長崎大学)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大谷侑也・水野一晴
2. 発表標題 東アフリカ熱帯高山帯の大型木本性口ゼット型植物の樹齡推定と枯葉中 13Cを用いた土壤水分の復元に関する検討
3. 学会等名 日本山の科学会2022年秋季研究大会, 新潟(新潟大学)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Otani, Y.
2. 発表標題 Update on Kilimanjaro glacier: Recent shrinkage and the possibility of the contribution of meltwater to hillside river water.
3. 学会等名 The Centennial Congress of the International Geographical Union, Paris, Sorbonne University(国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大谷侑也
2. 発表標題 気候変動下のアフリカにおける地域環境研究の回顧と展望
3. 学会等名 日本アフリカ学会第59回学術大会, オンライン(長崎大学)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大谷侑也
2. 発表標題 近年のアフリカ熱帯高山の氷河の縮小 -周辺の水環境や地域住民生活への影響に着目して-
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2022年大会, 千葉(幕張メッセ)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 水野一晴
2. 発表標題 アフリカを歩く：山・砂漠の自然と人と
3. 学会等名 京都大学アフリカ地域研究資料センター・公開講座「アフリカから学ぶこと」（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 水野一晴
2. 発表標題 地理学の総合性の具体的な実践事例（自然地理研究会の活動）
3. 学会等名 日本地理学会2020年秋期学術大会シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 奈良間千之・水野一晴
2. 発表標題 近年のケニア山における氷河変動
3. 学会等名 日本アフリカ学会第56回学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 C.Narama, T.Yamanokuchi, S.Sugiyama
2. 発表標題 Position of grounding line at outlet glacier based on DDInSAR analysis
3. 学会等名 The Joint PI Meeting of JAXA Earth Observation Missions
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 奈良間 千之・山之口 勤・杉山 慎
2. 発表標題 溢流水河の接地線の同定
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 手代木功基
2. 発表標題 トチノキ巨木林の成立にみる環境 人間関係: 滋賀県 朽木地域を事例に
3. 学会等名 日本地理学会2020年秋期学術大会シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山縣耕太郎
2. 発表標題 近年の自然災害と学校防災・危機管理 - 9 - 災害の科学的な理解と災害の地域性および歴史性を考慮した防災教育 -
3. 学会等名 日本教育大学協会研究集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森康平・山縣耕太郎
2. 発表標題 近年の自然災害と学校防災・危機管理 - 10 - 児童の知覚環境を促す防災教育の検討 -
3. 学会等名 日本教育大学協会研究集会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Mizuno, K. & Otani, Y. eds.	4. 発行年 2022年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 196
3. 書名 Glaciers, Nature, Water, and Local Community in Mount Kenya	

1. 著者名 荒木美奈子、黒崎龍悟、伊谷樹一	4. 発行年 2021年
2. 出版社 昭和堂	5. 総ページ数 288
3. 書名 地域水力を考える	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	森島 済  (Morishima Wataru)  (10239650)	日本大学・文理学部・教授    (32665)	
研究分担者	手代木 功基  (Teshi rogi Koki)  (10635080)	摂南大学・外国語学部・講師    (34428)	
研究分担者	孫 曉剛  (Sun Xiaogang)  (20402753)	静岡県立大学・国際関係学部・准教授    (23803)	

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	奈良間 千之 (Narama Chiyuki) (50462205)	新潟大学・自然科学系・教授  (13101)	
研究分担者	荒木 美奈子 (Araki Minako) (60303880)	お茶の水女子大学・基幹研究院・准教授  (12611)	
研究分担者	中辻 享 (Nakatsuji Toru) (60431649)	甲南大学・文学部・教授  (34506)	
研究分担者	山縣 耕太郎 (Yamagata Kotaro) (80239855)	上越教育大学・大学院学校教育研究科・教授  (13103)	
研究分担者	大谷 侑也 (Otani Yuya) (10964231)	東京大学・大学院農学生命科学研究科（農学部）・特任助教  (12601)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	ムワウラ フランシス (Mwaura Francis)		
研究協力者	リヘパニヤマ デオグラティラス (Lihepanyama Deogratias)		

## 7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
ケニア	ナイロビ大学			
タンザニア	Mwenge Catholic大学			