

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 27 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A) (海外学術調査)

研究期間：2012～2015

課題番号：24251001

研究課題名(和文) 地球温暖化による熱帯高山の氷河縮小が生態系や地域住民に及ぼす影響の解明

研究課題名(英文) Impact of glacial recession caused by global warming on natural ecosystem and local community in tropical high mountains

## 研究代表者

水野 一晴 (Mizuno, Kazuharu)

京都大学・文学研究科・教授

研究者番号：10293929

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 36,300,000円

研究成果の概要(和文)： ボリビアのアンデス山系のチャルキニ峰の西氷河地域において、気候環境、地形発達、植生遷移、土壌発達、周氷河現象および地域住民の放牧活動について調査した。その成果は、水野一晴編『アンデス自然学』(古今書院, 2016年, 228頁)として出版された。ラパス近郊の気温は10年あたり約0.1℃の上昇が見られたが、乾季を中心とする5月から8月の月平均気温は低下傾向にあった。チャルキニ峰西カールには11のモレーンが確認され、各モレーンの植生調査から、植生分布には氷河から解放されてからの年数、堆積物の大きさ、標高が関わっていることが判明した。カール内の微地形によって土壌発達の状況、発達速度が異なっていた。

研究成果の概要(英文)： The climate condition, the development of topography, the succession of vegetation, the periglacial phenomena, and grazing activities of local people were studied in the area around the West Glacier of Mt. Charquini in the Bolivia Andes. The results of this study were published as part of a book entitled "Nature of Andes" (Kokon Shoin, Tokyo, 2016, pp. 228), edited by K. Mizuno. Although the air temperature near La Paz has increased about 0.1°C over the past ten years, the monthly mean temperature from May to August in dry season has a decreasing tendency in this period. Eleven moraines had been found in the West Glacier of Mt. Charquini. From the survey of vegetation in each moraine, it was made clear that the distribution of vegetation had been affected by the till (glacial sediment) age, the size of sediment, and the altitude. The situation and speed of soil development was different among each topography in the cirque.

研究分野：自然地理

キーワード：環境変動 植生遷移 氷河地形 土壌発達 放牧活動 アンデス

### 1. 研究開始当初の背景

現在アフリカの高山ではキリマンジャロ、ケニア山、ルウェゾリ山のみが氷河を有するが、その氷河が10-20年後にはすべて消滅すると推測されている。ケニア山の高度1890m地点の過去47年間の気温は約2℃の上昇が見られる。この近年の気温上昇が急速な氷河縮小をもたらしている。氷河縮小は斜面下の水文環境や植生分布に大きな影響を与えている。例えば、氷河の消失後、最初に生育する先駆的植物種キク科の *Senecio kenioophytum* は、1952年から2009年まで、氷河の後退とともに急速に生息範囲を斜面上方に広げている。これは、他の植物種においても同様な傾向が見られる(Mizuno, 1998; 2005)。

1992年より研究代表者によってケニア山で始められた氷河変動と植生遷移の研究は、例えば、生態学の教科書シリーズ "Biology of Habitats" シリーズ (Oxford University Press) の1冊、 "The Biology of Alpine Habitats" (Nagy and Grabherr, 2009) において、Mizuno(2005)から、氷河の後退過程と植物7種の遷移の関係図が引用され、「氷河の縮小と植生の動態をリアルタイムで明らかにしている研究は世界でほとんどないなかで貴重な研究」として紹介されている。これは従来の世界の氷河変動と植生動態に関するほとんどの研究が、リアルタイムで追跡されておらず、過去の年代のわかる地形や堆積物を利用してそれらの動態が解析されているためである。

### 2. 研究の目的

近年の温暖化によりケニア山などの熱帯高山の氷河が急速に縮小している。ボリビアのアンデス山系において、そのような氷河縮小が氷河斜面下の植生などの生態系にどのような影響を及ぼしているか、さらには温暖化や降水量変化が直接生態系に与える影響をも解明し、それらの環境・生態系の変化が地域住民に及ぼす影響について検討する。アンデス山系の気象・氷河・植生に関する長期変化のデータを分析し、それを基にそれらの環境の将来予測を行う。

### 3. 研究の方法

(1) 近年のボリビア・アンデス山岳域では、年平均気温の上昇の中で、乾季において寒波による気象災害事例が生じている。そこで、特に乾季において生じている寒冷事象に着目し、当山岳域の気候変化を明らかにするとともに、それらの原因となっている総観場の特徴を明らかにした。使用したデータは、GSOD (Global Summary of the Day) のラパス近郊のエルアルトにおける日平均気温、日最低気温、日最高気温および日平均露点温度データであり、解析期間は欠測10%未満の1976年~2014年の39年間である。これらの季節的経年変化を明らかにすると共に、寒冷事例における総観場の特徴を NCEP/NCAR 再解

析データの500hPa面等圧面高度及び気温、絶対湿度から明らかにした。

(2) ラパスにおける20世紀の気候変化を明らかにするために、NOAA図書館のウェブサイト

([http://docs.lib.noaa.gov/rescue/data\\_rescue\\_home\\_old.html](http://docs.lib.noaa.gov/rescue/data_rescue_home_old.html)) から、ラパス市街での気象観測記録を入手した。ラパスでの気象観測は、1890年、現在も中心市街地に位置しているイエズス会のColegio San Calixtoの構内(16°29'43"S, 68°07'57"W、海拔3658m)において、Ricardo Manzanedo 牧師によって始められた(Udias, 2003)。その後、観測所はイエズス会によって、非営利民間団体Observatorio San Calixtoとして運営された。NOAAのウェブサイトでは、このObservatorio San Calixtoにおいて行われた気象観測の記録 "Resúmenes generales anuales de las observaciones meteorológicas" の一部が公開されている。この記録には、1918-1948年、1962-1979年(1973年は欠損)における、気温・気圧・湿度・水蒸気張力の最高・最低・平均値と総降水量などの月統計値が掲載されている。また、月降水量については、1891年1月-1930年12月と1898年6月-1948年3月の一覧表とグラフが付随しており、より過去にさかのぼったデータが得られる。以上の気象観測記録に記載された数値データをすべてデジタル化した。次に、デジタル化した20世紀のラパスの気象統計データのうち、比較的信頼性が高いと判断した気温と降水量について、経年変化を考察した。

(3) 南米ボリビアアンデスのレアル山脈に位置するチャルキニ峰(5392m)の西カールにおいて、11のモレーンのうち、Rabetel(2008)で年代が示されているモレーン2: 1700±14, モレーン3: 1739±17, モレーン6: 1791±18, モレーン9: 1873±25と、Rabetel(2008)に出て来ない、さらに新しいモレーン11の計5カ所に10m×10mのプロットを設け、そのなかの2m×2mの方形区ごとに、植生分布と地表面構成物質の礫経分布を調査した。各プロットは2m×2mの25方形区に区分され、それが5プロットあるため、計125方形区になるが、統計分析を行うためにサンプル方形区を各プロットあたり13方形区取り、5プロットで計65方形区について分析を行った。また、氷河末端付近の植生分布も調査した。

(4) チャルキニ峰(5329m)西カールの氷河後退域における植生発達を明らかにするために、標高4800mから5000mで成立年代の異なるモレーン上に計130カ所の調査プロット(2×2m)を設け、植生調査を行った。調査プロットの設置は恣意的にならないように規則的に行い、ターミナル・モレーンでは40mの調査ラインに沿って2m間隔で10カ所を設

置し、ラテラル・モレーンでは標高 10m ごとに調査プロットを設置した(ラテラル・モレーンでは、地形が不明瞭になる標高を上限とした)。調査プロットでは、植被率、出現種、裸地の比率、最大礫のサイズなどを記載し、植物の同定は Herbario Nacional de Bolivia の Meneses 教授に依頼した。

(5) チャルキニ峰周辺において、構造土の分布や発達状況、霜柱の形成などの周氷河現象の観察および土壌含水量の測定を行うとともに、数カ所(標高 4800~4900m 付近)に気温と地温の観測点を設け、1 時間ごとに各温度の測定と自動記録をおよそ 2 年間(2012 年 8 月~2014 年 8 月)にわたって行った。また、チャルキニ峰西カール内の季節変化、とくに積雪状況を把握するため、インターバルカメラを設置して、通年(2013 年 9 月~2014 年 8 月)にわたりカール内の状況を撮影した。

(6) チャルキニ峰の西氷河前面に発達する複数列のモレーン群を完新世初頭モレーン(OM)、小氷期のモレーン(M1~M10)および、1980 年代初頭に形成されたモレーン(M11)に区分した。さらにモレーン間の平坦部分を、地表面の形態と構成物から、さらに氷河底テイル堆積面、氷河上テイル堆積面、氷河底流路、氷河前面アウトウォッシュに区分し、各微地形単位毎にピットを作成して断面を観察した。また、採取した土壌試料について、粒度分析、炭素・窒素含量分析、粘土鉱物分析などを行って特徴を記載した。こうして、微地形や表層堆積物の特徴と土壌発達状況を比較することによって、氷河前面における土壌生成と物質移動との関係を検討した。

#### 4. 研究成果

(1) 解析期間内におけるラパス近郊のエルアルトの年平均気温は、年々変動を伴いながら 10 年あたり約 0.1 の上昇傾向にあるが、乾季を中心とする 5 月から 8 月の月平均気温は低下傾向にある。これらの月における気温変化の特徴として、月平均日最高気温の上昇と月平均日最低気温の低下が挙げられ、日最低気温の低下量が大きいため月平均気温も低下傾向を示すことがわかった。こうした特徴は、露点温度の低下を伴って生じており、乾燥化による日較差の拡大が生じていると考えられた。

季節内の気温変化を考慮して乾季における気温低下事例を抽出し、これらの経年的発現頻度を比較した結果、全 155 事例中の 80% 以上が 1990 年代後半以降に集中しており、寒冷事例が近年増加傾向にあることが明らかとなった。1990 年代後半以降の 500hPa 面の平均温度場とそれ以前を比較すると、アンデス山脈に沿って低温領域が南方から伸張しており、南方からの寒気流入が熱帯アンデス山岳域における低温化の原因となっている可能性があることがわかった。

(2) ラパスの 20 世紀の気温変化を分析した結果、年平均気温、日最高気温と日最低気温の年平均値は、データ前半(1918 - 1948 年)の時系列には顕著な変化が見られない。一方、後半(1962 - 1979 年)は平均気温がやや上昇傾向となっているのに対して、日最高気温が下降傾向に転じている。また、全データ期間における変化の割合は、日平均気温は 0.29 /10 年、日最高気温は -0.23 /10 年、日最低気温は 0.05 /10 年となる。また、年降水量の長期的な変化傾向は見られないが、周期的な変動を繰り返している。1920 年代中頃と 1930 年代後半、1960 年代後半から 1970 年代にかけて、総降水量と降水日数ともに少ない時期があった。

ラパスの季節変化のパターンを 20 世紀の前半と後半でハイサーグラフにより比較すると(図 1)、両者は大きく変位している。乾季(5、6、7、8 月)については、明瞭な上方への変化とやや左方向への変位が認められる。これは、顕著な気温上昇と降水量のわずかな減少を表している。乾季の乾燥化については、1976-2013 年のエルアルトの気象データにもとづく解析結果でも指摘されており、この地域では長期的に乾燥化の傾向が長期間継続していると考えられる。一方で、雨季(1、2、3、12 月)には、右上方向への変位があるので、気温の上昇と降水量の増加傾向があるといえる。降水量の日データがないので、推測の域を出ないが、特に雨季の終盤にあたる 3 月の降水量の増加傾向が顕著であることから、雨季の期間が長期的に変化している可能性も考えられる。

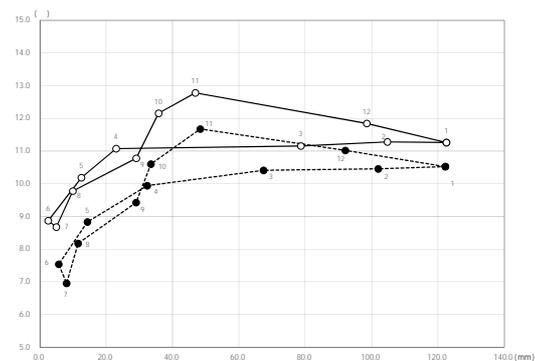


図 1 ラパスのハイサーグラフ。(点線+黒丸: 1918-1948 年, 実線+白丸: 1962-1979 年の平均値。1-12 の数字は月をあらわす。)

(3) チャルキニ峰西カールのモレーン上の植物分布を調べた結果、キク科の仲間(Asteraceae sp.) やペレジア・マルティフロラ(*Perezia multiflora*)、ウエルネリア・コニザ(*Werneria conyza*)のようによく低標高の古いモレーンに多く見られるものや、ペロアの仲間(*Belloa* sp.)のようによく中標高の 200~300 年前のモレーンによく見られるもの、セネキオ・ルフエセス(*Senecio*

*rufescens*) やディエルシオクロアの仲間 (*Dielsiochloa* sp.) のように高標高の新しいモレーンにとくに出現する種、ディエウクシア・ニティドゥラ (*Deyeuxia nitidula*) のように低標高の古いモレーンから、高標高の新しいモレーンまで広く分布する種と、モレーンの年代や標高によって出現種が異なっていた。氷河末端付近に生育していたのは、ペレジアの仲間、ディエウクシア・クリサンサ (*Deyeuxia chrysantha*)、セネキオ・ルフエセスであった。ケニア山の氷河末端付近に生育できる第一の先駆種も、同じキク科キオン属のセネキオ・ケニオフィトゥム (*Senecio keniophytum*) であった。

モレーン間における長径 50cm 以上の礫の占有率や最大礫のサイズの比較、長径 5cm 未満の礫占有率を検討した結果、モレーンの年代が新しくなるにつれて、分布する堆積物の礫径が大きくなり、古いモレーンは堆積物の礫が小さい傾向にあることがわかった。モレーン間における維管束植物の被覆率の比較や種数の比較を見ると、維管束植物の出現種数や植被率はモレーンの年代が新しくなるにつれて低下していった (図 2)。このことから、モレーンの年代が古くなると堆積物は細かくなり、出現種数や植被率が増加していく傾向があることが判明した。

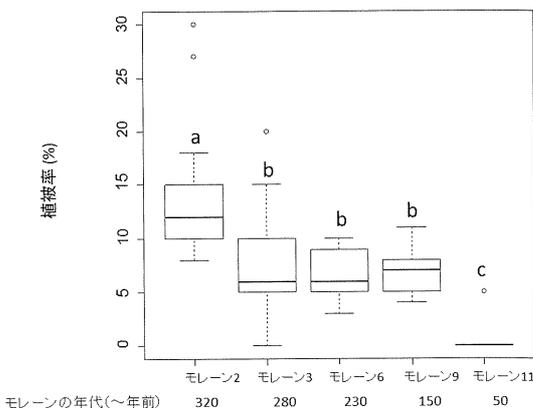


図 2 モレーン間における維管束植物植被率の比較。異なるアルファベット間には有意差 (Steel-Dwass test,  $p < 0.05$ ) が認められた。

(4) チャルキニ峰西カール氷河後退域のモレーン上には、主にイネ科とキク科からなる 35 種が出現した。イネ科の *Deyeuxia nitidula* が優占しており、最も新しい時代に形成されたモレーン上にも出現することから、この氷河後退域における一次遷移の先駆種であると考えられた。その他には、木本種の *Senecio rufescens*、*Baccharis alpina* や草本種の *Belloa conoidea*、*Perezia multiflora* が高い頻度で出現した。

プロット全体の植被率はモレーン年代が古いほど増加する一方で、出現種数はモレーン年代との対応関係は弱く、むしろ標高にしたがい変化した (図 3)。実際に、一般化線形モデル (GLM) では植被率はモレーン年代により説明され、時間経過による植生発達を示

唆したのに対し、種数を目的変数としたものではモレーン年代との対応は不明瞭であった一方で、標高傾度と良い対応関係が認められ、成立年代が同じでも標高が高いほど種多様性が低くなっていた。

出現種の生活型組成は、ラウンケアの区分のうち地表植物 (Ch) と半地表植物 (H) で主に構成されていたが、高標高域では地表植物 (Ch) やイネ科を除いた半地表植物 (H) の出現頻度が減少した。また、生育形についてみると、低木型や叢生型の種群の出現頻度は標高が上昇してもほとんど変わらなかったが、クッション型やロゼット型の種群の出現頻度は、4800-4850m では両者ともほぼ全てのプロットで出現したのに対し、4900m 以上ではそれぞれ 26% と 40% と、標高の上昇とともに急激に低下した。

このことは、山岳氷河の後退に伴う一次遷移において、新たな種の侵入や定着には、標高傾度に沿った環境条件の差異が影響しており、その結果として種多様性と標高との対応関係が表れたと考えられた。

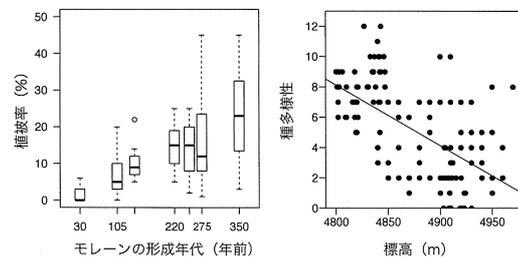


図 3 チャルキニ峰西カールの氷河後退域におけるモレーン年代と植被率との関係 (左) および標高と種多様性との関係 (右)

(5) 構造土の分布と発達状況を調査した結果、全般的に花崗岩類で覆われたチャルキニ峰西カール内では、発達が極めて貧弱であった。また、霜柱の痕跡はシルト質の細粒物質が集積した場所を中心に頻繁に観察されたが、多くの場合、土壌表層部は乾燥していて、新鮮さを欠いていた。一方、チャルキニ峰南カール周辺や隣接のワイナポトシ峰南斜面の堆積岩類 (砂岩、泥岩など) 分布地では、条線土の発達が顕著であった。このような構造土の分布状況から、地質条件が構造土発達の制限要因として働いている可能性が大きい。また、南向き斜面で構造土の発達が顕著なことから、南半球では日陰斜面となりやすい南向き斜面において、構造土形成に有利な湿潤状態が維持されているとみられる。

気温観測の結果、気温日較差は気温年較差の 2 ~ 3 倍に及び、低緯度高山帯の特徴がよく示された。また、年間の凍結融解日数は、いずれの地点においても 300 日を超え、チャルキニ峰南カール内 (標高 4859m) では 351 日に及んだ。

西カール内 (標高 4800m) における地温観測結果によると、土壌凍結は 4 月 ~ 10 月の期間ほぼ毎日生じているが、その凍結深は 10cm

程度である。これに伴い、同期間中、表層部での日周期的凍結融解が頻出しており、標高4800mの観測点では、その回数が161回(図1)標高4822m観測点では244回に及んだ。

周氷河環境を考えた場合、年平均気温および凍結指数、融解指数からみる限り、チャルキニ峰周辺は周氷河地域に属するが、永久凍土が存在する可能性は小さい。表層付近での凍結融解頻度は、4月~10月(秋季~春季)にかけて非常に高いが、この期間は乾季に相当し(図4)表層部の含水量が低い。一方、湿潤な雨季には凍結融解頻度が極めて低い。さらに凍結深度が浅いことから、ジェリフラクションやソリフラクションなど、周氷河作用が効果的に働かない。

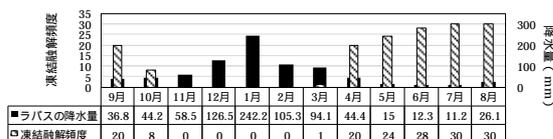


図4 チャルキニ峰西カール内(標高4800m)における表層(2cm深)の月別凍結融解頻度とラパスにおける月別降水量

(6) チャルキニ峰西カール内の各微地形単位の上で観察される土壌には、発達状況や発達速度に違いが認められた(図5)。氷河前面アウトウォッシュを除くと、B層の発達認められず、岩屑土に分類される。A層とC層の粒度組成は明瞭に異なり、A層は2mm以下の粒子の占める割合が80%を超える。したがって、A層は、風成粒子が植生によってトラップされて堆積したものと考えられる。氷河前面アウトウォッシュでは、相対的に厚い土壌層が発達する。氷河前面アウトウォッシュでは、水流に運ばれた粒子が凹地に堆積したものと考えられる。同じ時代の地形単位上に位置する土壌断面を比較すると、凸状の部分に比べて、凹状の部分で土壌の発達が良い。その要因として、凸状地においては物質移動がより活発で、侵食が生じていることが予想される。現地観察の結果、侵食作用としては、霜柱の影響が大きいようである。しかし、植生に覆われている部分においては、霜柱の形成がほとんど見られなかった。したがって、霜柱による侵食が開始するきっかけとして、植生の一部が破壊される必要があるようである。これには、リヤマおよびアルパカの放牧が影響しているものと考えられる。

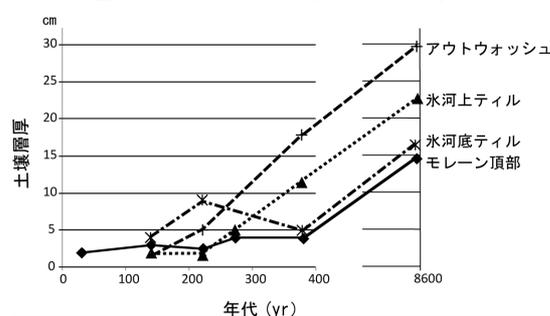


図5 各地形単位上の土壌層厚変化

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1件)

Mizuno, K. & Fujita, T., Vegetation Succession on Mt. Kenya in Relation to Glacial Fluctuation and Global Warming, *Journal of Vegetation Science*, 査読有、25、2014、559-570. Doi: 10.1111/jvs.12081

〔学会発表〕(計 25件)

財城真寿美、水野一晴、塚原東吾、ボリビア・ラパスにおける20世紀の気候変化、日本地理学会2016年春季学術大会、2016年3月21日、早稲田大学(東京)

吉澤浩樹、森島 濟、ボリビア・アンデス山岳域における乾期の気温低下と総観場との関係、日本地理学会秋季学術大会、2015年9月18~19日、愛媛大学(松山)

水野一晴、小坂康之、ボリビア・アンデスのチャルキニ峰周辺のリヤマ、アルパカの放牧活動と自然や社会、日本地理学会春季学術大会、2015年3月28日、日本大学(東京)

高橋伸幸、水野一晴、ボリビアアンデス、チャルキニ峰西カール内の周氷河環境、日本地理学会春季学術大会、2015年3月28日、日本大学(東京)

吉澤浩樹、森島 濟、水野一晴、ボリビア・アンデス山岳域における乾期の気温低下と気圧場の関係、日本地理学会春季学術大会、2015年3月28~29日、日本大学(東京)

山縣耕太郎、長谷川裕彦、ボリビアアンデスチャルキニ峰西氷河前面における土壌発達過程と地表面環境、日本地理学会、2015年3月28日、日本大学(東京)

Mizuno, K. and Fujita, T., Duration from glacial disappearance, altitude, and land surface sediments in relation to vegetation distribution in the Bolivia Andes. International Geographical Union 2014 Regional Conference, August 19, 2014, Kraków (Poland)

水野一晴、小坂康之、ボリビア・アンデスのチャルキニ峰周辺における高山植生とリヤマ、アルパカの放牧活動、日本地理学会春季学術大会、2014年3月27日、国土館大学(東京)

高橋伸幸、水野一晴、ボリビアアンデス、チャルキニ峰周辺における周氷河環境、日本地理学会春季学術大会、2014年3月27日、国土館大学(東京)

吉田圭一郎、廣田充、水野一晴、山岳氷河の後退域における種多様性パターン、日本地理学会春季学術大会、2014年3月28日、国土館大学(東京)

森島 濟、吉澤浩樹、水野一晴、ボリビア低緯度高山における気候環境、日本地理学会春季学術大会、2014年3月27日、国土館

大学(東京)

山縣耕太郎、長谷川裕彦、ポリビアアンデス、チャルキニ峰西氷河前面における土壤発達過程と地表面環境、日本地理学会、2014年3月27日、国土館大学(東京)

廣田充、水野一晴、熱帯高山帯における氷河後退域をとりまく自然の現状と展望：地理学と生態学のコラボレーションから、日本生態学会第61回全国大会、2014年3月16日、広島国際会議場(広島)

吉田圭一郎、廣田充、熱帯アンデスの氷河後退域での植生発達、日本生態学会第61回全国大会、2014年3月16日、広島国際会議場(広島)

高橋伸幸、水野一晴、熱帯アンデスにおける周氷河環境、日本生態学会第61回全国大会、2014年3月16日、広島国際会議場(広島)

三村琢磨、廣田充、吉田圭一郎、長谷川裕彦、水野一晴、南米アンデス山系の氷河後退域におけるモレーン地形に着目した植生の発達、日本生態学会第61回全国大会、2014年3月16日、広島国際会議場(広島)

山縣耕太郎、熱帯アンデスの氷河後退域における土壤発達、日本生態学会第61回全国大会、2014年3月16日、広島国際会議場(広島)

水野一晴、熱帯高山を学際的に研究する意義 - ポリビア・アンデスの研究事例から -、日本生態学会第61回全国大会、2014年3月16日、広島国際会議場(広島)

Mizuno, K. (2013), Vegetation succession on Mt. Kenya in relation to glacial fluctuation and global warming, International Geographical Union 2013 Kyoto Regional Conference, August 8, 2013, Kyoto (Japan)

水野一晴、ポリビアアンデスにおける植物分布に関わる氷河後退と高度、日本地理学会春季学術大会、2013年3月29日、立正大学(熊谷)

① 吉田圭一郎、廣田充、水野一晴、山岳氷河の後退域における標高に影響を受けた植生発達、日本地理学会春季学術大会、2013年3月30日、立正大学(熊谷)

② 高橋伸幸、長谷川裕彦、山縣耕太郎、水野一晴、ポリビア、低緯度高山帯における周氷河環境、日本地理学会春季学術大会、2013年3月29日、立正大学(熊谷)

③ 長谷川裕彦、高橋伸幸、山縣耕太郎、水野一晴、ポリビアアンデス、チャルキニ峰西カールの地形、日本地理学会春季学術大会、2013年3月29-30日、立正大学(熊谷)

④ 山縣耕太郎、ポリビアアンデス、チャルキニ峰西氷河前面における土壤発達過程、日本地理学会春季大会、2013年3月29日、立正大学(熊谷)

⑤ 廣田充、吉田圭一郎、長谷川裕彦、水野一晴、南米アンデス山系の氷河後退域における標高傾度に着目した植生の変化、第60

回日本生態学会大会、2013年3月7日、静岡県コンベンションアーツセンター(静岡)

〔図書〕(計5件)

水野一晴編、古今書院、アンデス自然学、2016、228

水野一晴、ベレ出版、人間の営みがわかる地理学入門、2016、293

水野一晴、ベレ出版、自然のしくみがわかる地理学入門、2015、256

森島 済、赤坂郁美、羽田麻美、両角政彦訳、丸善出版、マッシュューズ&ハーバート・地理学のすすめ、2015、180

森島 済、海青社、自然と人間の環境史、2014、319-333

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

水野 一晴 (MIZUNO, Kazuharu)

京都大学・大学院文学研究科・教授

研究者番号：10293929

### (2) 研究分担者

山縣 耕太郎 (YAMAGATA, Kotaro)

上越教育大学・大学院学校教育研究科・教授

研究者番号：80239855

高橋 伸幸 (TAKAHASHI, Nobuyuki)

北海学園大学・工学部・教授

研究者番号：20202153

吉田 圭一郎 (YOSHIDA, keiichiro)

横浜国立大学・教育人間科学部・教授

研究者番号：60377083

森島 済 (MORISHIMA, Wataru)

日本大学・文理学部・教授

研究者番号：10239650

財城 真寿美 (ZAIKI, Masumi)

成蹊大学・経済学部・准教授

研究者番号：50534054

孫 曉剛 (SUN, Xiaogang)

京都大学・大学院アジア・アフリカ地域研究研究科・特任准教授

研究者番号：20402753

廣田 充 (HIROTA, Mitsuru)

筑波大学・生命環境系・准教授

研究者番号：90391151

荒木 美奈子 (ARAKI, Minako)

お茶の水大学・大学院基幹研究院・准教授

研究者番号：60303880