

令和元年6月25日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H05642

研究課題名(和文) 天山山脈北部地域における短命氷河湖の環境条件の解明と減災対策の構築

研究課題名(英文) Geomorphological conditions of short-lived glacial lake in the northern part of the Tien Shan.

研究代表者

奈良間 千之(Narama, Chiyuki)

新潟大学・自然科学系・准教授

研究者番号：50462205

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,900,000円

研究成果の概要(和文)：天山山脈北部地域には、わずか1年～数ヶ月のうちに出現・出水する「短命氷河湖」による洪水被害が多発している。本研究では、短命氷河湖の出現する環境条件を現地調査と衛星画像解析から明らかにした。その環境条件とは、氷河前面に埋没氷を含むデブリ地形が存在し、デブリ地形上に水流とつながる湖盆地形が存在し、アイストネルの存在を示す湖盆地形から下流に表面水流がないことである。この地域の氷河前面のデブリ地形は永久凍土地帯であり、デブリ地形内に発達するアイストネルの閉鎖は凍結と崩落によって生じている。また、短命氷河湖を早期に発見し情報を提供する早期情報伝達ネットワークをキルギス緊急対策省と3年間運用した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

中央アジアの天山山脈北部地域の短命氷河湖は、1950年代より発達した巨大な氷河湖を有する東ヒマラヤ地域(ブータンと東ネパール)の氷河湖とは、発達過程も出水過程も大きく異なる新規の氷河湖タイプである。本研究を国際学術雑誌で公表したことで、短命氷河湖が世界的にも知れることになった。

また、現地での氷河湖ワークショップや氷河災害セミナーの開催、早期情報伝達ネットワークの運用、キルギスの若手研究者の博士号取得など、現地住民への情報提供や人材育成に関して現地関係者から大きな評価を得ている。2019年6月には、キルギス国立大学の研究者が新潟大学に3ヶ月間滞在するなど、人材育成活動を継続している。

研究成果の概要(英文)：In the northern Tien Shan in Kyrgyz Republic, there are many small glacial lakes at glacier fronts. Despite their small sizes, the large drainage from these small glacial lakes causes serious damage. These large drainages are caused by the “short-lived type” of glacial lakes that drastically grow and drain within a few months (Narama et al., 2010). We clarified that the geomorphological conditions which short-lived glacial lakes appear are (i) a debris landform containing ice at glacier front, (ii) a depression with water supply on a debris landform as a potential lake basin, and (iii) no visible surface outflow channel from the depression, indicating the existence of an ice tunnel (Narama et al., 2018).

We also operated “Early Information Network” system which informs the Ministry of Emergency Situations (MES) of Kyrgyzstan and local people when the new glacial lakes appear. We monitored new lakes for three years using Landsat8/OLI and Sentinel-2 satellite data.

研究分野：自然地理学

キーワード：氷河湖 土石流 氷河災害 ドローン 地中レーダー GIS リモートセンシング 天山山脈

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

### 1. 研究開始当初の背景

本研究の調査地域である中央アジアの天山山脈北部地域には、小規模な氷河湖が多数分布する。近年、これら小規模な氷河湖からの出水で生じた洪水により、下流域で甚大な被害が報告されている。キルギス共和国南部のアライ山脈では、1998年7月に氷河湖出水が生じ、シャヒマルダン村(ウズベキスタン領)で120人ほどの犠牲者がでている(UNEP, 2007)。タジキスタンのパミールでは、2002年8月に氷河湖出水が生じ、ダシュト村で24人の犠牲者がでている(Mergili et al., 2013)。キルギス共和国東部のテスケイ山脈では、2008年7月にわずか2ヵ月半で氷河湖が出現・出水し、3人の犠牲者がでている(Narama et al., 2010)。2013年8月と2014年7月には、同山脈のジェル・ウイ氷河湖とカラ・クンゴイ氷河湖が出水し、河川周辺の家屋や橋に被害がでている(奈良間ほか, 2015)。

我々の調査結果から、これら洪水はすべて「短命氷河湖」と呼ばれる、わずか1年～数ヵ月のうちに出現・出水するタイプの氷河湖であることがわかった。「短命氷河湖」は、その出現から出水までの期間が非常に短く、その出現を衛星画像のモニタリングで把握することは極めて難しい(Narama et al., 2010)。これは、1950年代より発達した巨大な氷河湖を有する東ヒマラヤ地域(ブータンと東ネパール)の氷河湖とは、発達過程も出水過程も大きく異なる新規の氷河湖タイプである。さらに、調査地域の氷河湖は小規模であるが、東ヒマラヤ地域の氷河湖と比べて、洪水頻度ははるかに高く、土地利用が河川沿いに集中することからその被害規模は同レベルかそれ以上である。

本研究の調査地域である天山山脈北部地域のイシク・クル湖流域では、2006年～2014年にかけて5回の「短命氷河湖」による大規模出水が生じている。2013年8月と2014年7月に2年連続で氷河湖出水を生じた氷河湖については、キルギス緊急対策省のハザードレベルそれぞれ「低レベル」と「未認定」となっており(MES, 2013)、ハザードレベルが正しく評価されておらず、「短命氷河湖」についての理解が十分とは言い難い。「短命氷河湖」がどのような地形に、どのくらいの規模のものが出現するのかについての環境条件、どのような貯水・出水機構であるかについての詳細を明らかにし、ハザードレベルの新基準を提案する必要がある。また、現地の氷河災害に対する防災対策や住民の知識は十分でない。我々はソフト防災の取りかかりとして、2015年8月に氷河湖出水の被害があったジェル・ウイ村で住民を対象とした氷河湖ワークショップを開催している。このような状況を鑑み、本研究では、「短命氷河湖」の環境条件の解明とその災害軽減を目的に、現地観測と衛星データ解析の手法で、短命氷河湖の環境条件の解明とソフト防災対策の構築に取り組んだ。

### 2. 研究の目的

中央アジアの天山山脈北部地域のイシク・クル湖流域では、2006年以降に5回の短命氷河湖からの出水が生じ、3人の犠牲者や下流の家屋、道路、農地で被害が出ている。本研究では、「短命氷河湖」の環境条件の解明とその災害軽減を目的に、現地観測と衛星データ解析の手法で、1) 現地観測による「短命氷河湖」の環境条件の解明、2) 人工衛星データを用いたキルギス緊急対策省との協働による早期情報伝達ネットワークの構築、3) ハザードレベルの新評価基準の提案、4) 氷河災害の理解向上のため、キルギス国立大学の学生向けの氷河災害セミナーを開催し、留学生の受け入れなどの人材育成に努めた。

### 3. 研究の方法

本研究では、小規模な氷河湖が多数分布し、人口が集中する天山山脈北部地域のイシク・クル湖流域を対象に実施した。「短命氷河湖」の出現場所と出水機構を把握するために、ALOS-2/PALSAR-2の差分干渉SAR解析により、短命氷河湖が出現する埋没氷を有するデブリ地形の分布を調べた。さらに短命氷河湖の出現時の最大体積を調べるためのALOS/PRISM DEMによる凹地地形解析、永久凍土環境下かどうかを調べるための地温計による観測、アイストンネルの位置と大きさを調べるための地中レーダー探査装置による構造調査、地形変化を調べるためのドローン空撮と3D地形モデルの作成と時系列比較、短命氷河湖の出水時のハイドログラフを調べるための水位観測を実施した。

ソフト防災対策の構築として、人工衛星データを用いた「短命氷河湖」の監視とその存在を地域住民に知らせる早期情報伝達ネットワークを構築した。また、キルギス国立大学自然地理学教室で氷河災害セミナーを開催した。

### 4. 研究成果

#### (1) 「短命氷河湖」の環境条件の解明:

「短命氷河湖」の出現のメカニズムは、氷河前面の埋没氷を含むデブリ地形内部に発達したアイストンネルが冬季の凍結やトンネル内部の崩落で閉鎖され、春から夏にかけての融雪氷水が排水されず、氷河前面の湖盆地形に水が溜まり氷河湖が出現するというものである。排水のメカニズムは、夏季の気温上昇に伴い閉鎖部が融解・開放されることで出水が起こる。本研究で明らかにした「短命氷河湖」が出現する環境条件として、1) 氷河前面に埋没氷を含むデブリ地形が存在すること、2) デブリ地形に湖盆地形が存在すること、3) アイストンネルの発達を示唆する湖盆地形から下流に表面水流がないことである(Narama et al., 2018)。

2013年～2016年の6月～10月に取得された128枚の衛星画像(Landsat8/OLI)を用いて、

339 コの氷河湖 (>0.0005 km<sup>2</sup>) の各年の面積の季節変動から、停滞、拡大、縮小、出現、消滅、短命の 6 タイプに分類した。イシク・クル湖流域のテスケイ山脈とクンゴイ山脈では、多くの出現、消滅、短命の 3 つのタイプの湖が確認された。短命タイプの中でも毎年くり返し出現するタイプも確認された。これら 6 タイプのうち停滞を除く 5 タイプの出現数は毎年大きく異なっており、同年のクンゴイ山脈とテスケイ山脈でも大きく異なることがわかった。この地域の氷河湖変動は、気候変動と氷河縮小に大きく影響されるという報告があるが (Wang et al., 2012; Kapitsa et al., 2017)、チョルボン・アタと天山の測候所の 2013~2016 年の夏季の気温偏差の 11 年周期変動と、月降水量を比較したところ、2015 年の夏季の気温は平年より高く、2016 年の気温は低かったが、クンゴイ山脈の氷河湖出現タイプは 2 年間の変動は同じであった。テスケイ山脈では 2015 年に 5 つのタイプが等しく出現していた。これら結果は、夏季気温と降水量が強く氷河湖変動に影響しておらず、地域的な特徴ある環境が影響していることを示唆する (Daiyrov et al., 2018)。

次に、これら不規則な氷河湖の面積変動を地形環境から検討した。この地域では、2006 年~2014 年に出水した 4 つの大規模出水を生じた氷河湖周辺では、氷を含むデブリ地形、湖水を溜める湖盆地形、アイストンネルが確認されている (Narama et al., 2018)。イシク・クル流域における同様の地形環境の発達を知るため、氷河前面に発達する 1110 のデブリ地形を衛星画像解析から抽出した。このうち内部に氷を持つデブリ地形の分布を調べるため、ALOS-2/PALSAR-2 を用いた差分干渉 SAR (DInSAR) 解析により、地表面変動が検出されたデブリ地形から、8 割におよぶ埋没氷を含むデブリ地形を認定した。

氷を保持するデブリ地形の永久凍土環境を調べるため、地温と気温の観測をおこなったところ、年平均気温は -4 °C であり、年平均地温は -1.3 ~ -3.3 °C であった。氷河湖・湖盆と氷を含むデブリ地形を高度別に出現数を並べた図に 3200m の地温データを重ねたところ、この地域のほとんどの氷河湖・湖盆とデブリ地形が山岳永久凍土環境下にあることがわかった (Daiyrov et al., 2018)。

アイストンネルの閉鎖のタイプを氷河湖の出現時期から凍結タイプと崩落タイプに分類した。崩落タイプは、夏季にアイストンネル内部の崩落やトンネル入り口付近の斜面変化によって閉鎖が起こるタイプで、融解時期に出現する。実際に、7 月後半の貯水と 8 月上旬の出水のハイドログラフのデータをコルムドゥ氷河湖での水位計の観測から得ることができ、短命氷河湖の出現・出水過程の排水の様子が初めて明らかになった。凍結タイプは、冬期にトンネル内部の水が凍結して閉鎖するタイプで、春の融雪時に氷河湖が出現する。イシク・クル流域では、3 年間で 61 の短命タイプを抽出したが、同時期に大規模出水を生じた氷河湖は 2 つだけだった。これは、トンネルを通して排水される最大流量 (m<sup>3</sup>/s) は、トンネルの幅などの大きさに依存しており、トンネルの幅が狭ければ最大流量は小さく出水時間も長くなるため大規模洪水には発展しないことが明らかになった。

天山山脈北部地域の短命氷河湖の出水機構やその地形環境を調べるため、2017 年 7 月~8 月の 1 ヶ月間の現地調査を実施した。デブリ地形内部の空洞の位置やサイズを知るため、南イニルチェック氷河において地中レーダー探査装置 (GPR) を用いて氷河内部の空洞の反射特性を調べた。その結果、空洞の形状や大きさで反射特性が異なることがわかった。テスケイ山脈では、短命氷河湖が出水した氷河前面で地中レーダー探査を実施し、大規模出水した氷河湖前面のアイストンネルの規模はそうでないものに比べて大きいことがわかった。

## (2) 衛星データを用いた早期情報伝達ネットワークの構築：

2016 年から 3 年間、7 月~8 月に出現する短命氷河湖を Landsat8/OLI と Sentinel-2 の衛星データを用いて監視した。監視した結果は、すぐに中央アジア応用地球科学研究所とキルギス緊急対策省のモニタリング部門に提供することで、その対策を練る早期情報伝達ネットワークを運用することができた。また、現地調査の結果についても、キルギス緊急対策省のモニタリング部門に報告し、高い評価を得た。

## (3) キルギス緊急対策省のハザードレベルの新基準

本研究活動を通じて、短命氷河湖の理解が進み、これら新規の知見をキルギス緊急対策省のモニタリング部門することで、これらデータを基にした監視が実施されている。本研究では、短命氷河湖が出現すると予想される空の湖盆地形にも着目し、モニタリングの対象を広げる新基準を提案した。実際に、キルギス緊急対策省は短命氷河湖のモニタリングに重点を置いている。

## (4) キルギス国立大学の学生向けの氷河災害セミナーの開催や人材育成：

2016 年 8 月にキルギス国立大学の地理学教室に置いて、氷河災害セミナーを教員と学生対象に実施した。また、現地調査では現地学生をサポーターとして雇い、現地での調査と現象の説明などをおこない、人材育成に務めた。さらに、キルギス共和国からの国費留学生として、ミルラン・ダイウロフ君を新潟大学大学院博士後期課程の学生として研究室に迎え、理学の博士号を取得した。本研究を通じて若手の氷河災害研究者の人材育成にも尽力した。

〔雑誌論文〕(計 5 件)

Narama, C., Daiyrov, M., Duishonakunov, M., Tadono, T., Sato, H., Kääb, A., Ukita, J. Large drainages from short-lived glacial lakes in the Teskey Range, Tien Shan Mountains, Central Asia. *Natural Hazard Earth System Sciences*, 18, 983-995, 2018. 10.5194/nhess-18-983-2018

Daiyrov, M., Narama, C., Yamanokuchi, T., Tadono, T., Kääb, A., Ukita, J. Regional Geomorphological conditions related to recent changes of glacial lakes in the Issyk-Kul Basin, northern Tien Shan. *Geosciences*, 8(3), 2018. 10.3390/geosciences8030099

Nagai, H., Ukita, J., Narama, C., Fujita, K., Sakai, A., Tadono, T., Yamanokuchi, T., Tomiyama, N. Evaluating the Scale and Potential of GLOF in the Bhutan Himalayas Using a Satellite-Based Integral Glacier-Glacial Lake Inventory. *Geosciences*, 7(3), 2017. 10.3390/geosciences7030077

Narama, C., Daiyrov, M., Tadono, T., Yamamoto, M., Kääb, A., Morita, R., Ukita, J. Seasonal drainage of supraglacial lakes on debris-covered glaciers in the Tien Shan Mountains, Central Asia. *Geomorphology*, 286, 133-142, 2017. 10.1016/j.geomorph.2017.03.002

Ikeda, N., Narama, C., Gyalson, S. Knowledge Sharing for Disaster Risk Reduction: Insights from a Glacier Lake Workshop in the Ladakh Region, Indian Himalayas. *Mountain Research and Development*, 36, 41-40, 2016. 10.1659/MRD-JOURNAL-D-15-00035.1

〔学会発表〕(計 34 件)

奈良間千之, 氷河・氷河湖研究の社会連携への展開, 日本地理学会春季学術大会, 2019, 専修大学

渡部帆南, 奈良間千之, 河島克久, ネパール, ランタン・リルン峰における懸垂氷河の崩落の特徴, 日本地理学会春季学術大会, 2019, 専修大学

Narama, C. Large drainage from glacial lakes in Asian mountains using ALOS-2 PALSAR-2 data. Joint PI Meeting of Global Environment Observation Mission FY2018 TKP Tokyo Station Nihonbashi Conference Centre, Tokyo. 21 January 2019.

櫻井尚輝, 奈良間千之, 井上公, エセナマン・モハメド, 南イニルチェック氷河における氷河上湖の日変動特性, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, 2018 年, 幕張メッセ

早乙女真穂, 奈良間千之, 田殿武雄, 2017 年 8 月 4 日に発生したラダック山脈, アチナータン村上流の氷河湖決壊洪水, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, 2018 年, 幕張メッセ

渡部 帆南, 奈良間千之, 河島 克久, ネパール・ヒマラヤ, ランタン・リルン峰の懸垂氷河の崩落, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, 2018 年, 幕張メッセ

森義孝, 奈良間千之, ダイウロフ・ミルラン, 高玉秀之, 地中レーダー (GPR) を用いた氷河前面のデブリ地形内部に発達する空洞検出, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, 2018 年, 幕張メッセ

奈良間千之, ダイウロフ・ミルラン, 山之口勤, 田殿武雄, 天山山脈北部地域における氷河湖の面積変動と地形環境, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, 2018 年, 幕張メッセ

杵淵千香子, 奈良間千之, 山之口勤, 田殿武雄, ヒマラヤ東部地域における氷河上湖の季節変動, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, 2018 年, 幕張メッセ

櫻井尚輝, 奈良間千之, エセナマン モハメド, ウセコヴ ザルベク, 南イニルチェック氷河における氷河上湖の日変動特性, 日本山の科学会 2018 年秋季学術大会, 2018, 信州大学

奈良間千之, ミルラン・ダイウロフ, 天山山脈とヒマラヤ東部の氷河湖決壊洪水の違い, 日本山の科学会 2018 年秋季学術大会, 2018, 信州大学

Narama, C. Glacial lake studies in the Asian Mountains using ALOS-2 PALSAR-2 data. Joint PI Meeting of Global Environment Observation Mission FY. TKP Garden City Takebashi, Tokyo, 2017. 17 January 2018.

渡部帆南, 奈良間千之, ネパール, ゴルカ地震によるヒマラヤ雪氷域の斜面崩壊, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会, 2017 年, 幕張メッセ

森義孝, 奈良間千之, 高玉秀之, 地下レーダー (GPR) を用いた雪氷体の地下構造, 日本地

- 球惑星科学連合 2017 年大会, 2017 年, 幕張メッセ
- 高玉秀之, 奈良間千之, 山之口勤, 田殿武雄, 差分干渉 SAR 解析を用いた中央アジア・天山山脈北部地域における山岳永久凍土の空間分布, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会, 2017 年, 幕張メッセ
- 杵淵千香子, 奈良間千之, 山之口勤, 田殿武雄, ヒマラヤ東部地域におけるデブリ氷河の氷河上湖の季節変動, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会, 2017 年, 幕張メッセ
- 渡部帆南, 奈良間千之, 河島克久, ネパール・ヒマラヤ, ランタン・リルン峰の懸垂氷河の崩落, 日本雪氷大会, 2017 年, 十日町
- 杵淵千香子, 奈良間千之, 山之口勤, 田殿武雄, ヒマラヤ東部地域におけるデブリ氷河の氷河上湖の季節変動, 日本雪氷大会, 2017 年, 十日町
- ミルラン・ダイウロフ, 奈良間千之, 山之口勤, 田殿武雄, 天山山脈北部地域イシクル湖流域における短命氷河湖の地形環境, 日本雪氷大会, 2017 年, 十日町
- 森義孝, 奈良間千之, 高玉秀之, ミルラン・ダイウロフ, 地下レーダー (GPR) を用いた氷河内部の空洞検出, 日本雪氷大会, 2017 年, 十日町
- 21 高玉秀之, 奈良間千之, 山之口勤, 田殿武雄, 天山山脈北部地域における山岳永久凍土の空間分布と地形特徴, 日本雪氷大会, 2017 年, 十日町
  - 22 Watanabe, H., Narama, C., Kawashima, K., Breaking-off of hanging glaciers at Mt. Langtang Lirung, Nepal Himalaya. The 4th Slope Tectonics Conference, 2017.
  - 23 奈良間千之, ミルラン・ダイウロフ, 山之口勤, 田殿武雄, イシク・クル湖流域における氷河湖の面積変動と地形環境, 日本地理学会春季大会, 2018 年, 東京学芸大学
  - 24 高玉秀之, 奈良間千之, 山之口勤, 田殿武雄, 中央アジア・天山山脈北部域における氷河起源型岩石氷河の地表面変動, 日本地理学会春季大会, 2018 年, 東京学芸大学
  - 25 森義孝, 奈良間千之, 高玉秀之, ミルラン・ダイウロフ, 地中レーダーを用いた氷河前面のデブリ地形内部に発達する空洞検出, 日本地理学会春季大会, 2018 年, 東京学芸大学
  - 26 櫻井尚輝, 奈良間千之, 井上 公, エセナマン・モハメド, 南イニルチェック氷河における氷河上湖の日変動特性, 日本地理学会春季大会, 2018 年, 東京学芸大学
  - 27 早乙女真穂, 奈良間千之, 田殿武雄, 2017 年 8 月 4 日に発生したラダック山脈, アチナータン村上流の氷河湖出水, 日本地理学会春季大会, 2018 年, 東京学芸大学
  - 28 ダイウロフ・ミルラン, 奈良間千之, 森義孝, 山之口勤, 田殿武雄, 天山山脈北部地域における最近の氷河湖の変動, 日本リモートセンシング学会秋季大会, 2017 年, 新潟テルサ
  - 29 高玉秀之, 奈良間千之, 森義孝, 山村祥子, 富山信弘, 山之口勤, 田殿武雄, 天山山脈北部地域における山岳永久凍土の分布と発達過程, 日本リモートセンシング学会秋季大会, 2017 年, 新潟テルサ
  - 30 森 義孝, 奈良間千之, 地下レーダー (GPR) を用いた雪氷体の地下構造, 日本地理学会春季学術大会, 2017 年, 筑波大学
  - 31 杵淵千香子, 奈良間千之, ヒマラヤ東部地域におけるデブリ氷河の氷河上湖の季節変動, 日本地理学会春季学術大会, 2017 年, 筑波大学
  - 32 高玉秀之, 奈良間千之, 中央アジア・天山山脈北部域における差分干渉 SAR 解析を用いた山岳永久凍土の空間分布, 日本地理学会春季学術大会, 2017 年, 筑波大学
  - 33 山村祥子, 奈良間千之, 富山信弘, 田殿武雄, 山之口勤, 中央アジア・天山山脈北部地域における山岳永久凍土の空間分布, 日本地球惑星科学連合大会, 2016 年, 幕張メッセ,
  - 34 奈良間千之, 池田菜穂, 田殿武雄, アジア高山域での氷河災害のアウトリーチ, 日本地球惑星科学連合大会, 2016 年, 幕張メッセ

〔図書〕(計 4 件)

- 1) **Narama, C.**, Arie, K. Chapter 5 Mass balance of very small glaciers on Mt. Kenya during 2016–2018. Edited by Mizuno, K. “Nature and People of Mt. Kenya”. Springer. (in press)
- 2) **奈良間千之**, 渡邊三津子「中央ユーラシアの環境史:地球研イリ= プロジェクトによる統合研究の進め方」, 岩田修二編『実践 統合自然地理学 あたらしい地域自然のとらえ方』古今書院, 2018 年
- 3) 池田菜穂, **奈良間千之**「ラダークヒマラヤ, ドムカル谷での氷河湖決壊洪水の被害軽減にむけた住民参加型ワークショップ」, 岩田修二編『実践 統合自然地理学 あたらしい地域自然のとらえ方』古今書院, 2018 年
- 4) **奈良間千之**, 「リセッショナルモレーン, 再生氷河など」, 日本地形学連合・鈴木隆介・砂村継夫・松倉公憲編『地形の辞典』朝倉書店, 2017 年

## 6 . 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名：浮田 甚郎

ローマ字氏名：Jinro Ukita

所属研究機関名：新潟大学

部局名：自然科学系

職名：教授

研究者番号 ( 8 桁 ): 80272459

### (2)研究協力者

研究協力者氏名：田殿 武雄

ローマ字氏名：Takeo Tadono

研究協力者氏名：山之口 勤

ローマ字氏名：Tsutomu Yamanokuchi

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。