

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 7 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350422

研究課題名(和文) 中央アジア及びヒマラヤの小規模氷河湖分布地域における氷河災害の軽減に関する研究

研究課題名(英文) Glacier hazard of small glacier lake region in the Central Asia and Himalayas

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) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、氷河災害の原因となっている短命氷河湖の出水について現地調査と衛星画像解析から、短命氷河湖が出現する地形的特徴、洪水流のタイプ、被害の特徴、氷河湖周辺の永久凍土環境などの新知見が得られた。研究成果を地域住民に還元するアウトリーチ活動では、氷河湖ワークショップを開催し、インド・ラダーク地方のストック村で20名、ギャ村で140名、キルギス共和国のジェルウイ村で80人の参加者があり、これまでの調査結果を含めたキルギス語と英語の氷河湖本をそれぞれの地域で80部配布した。キルギス緊急対策省とは、早期情報ネットワークの構築についての計画を進めている。

研究成果の概要(英文)：We investigated short-lived glacial lake that cause the glacier disaster in the northern Tien Shan, Central Asia and Ladakh Range of northwestern India based on field survey and satellite image analysis. Our study got a new knowledge about topographical features of short-lived glacial lake, flood type, characteristics of the damage, and mountain permafrost environment around glacial lakes. To reduce damage of the glacier disaster, we held a glacial lake workshop in the Stock (20 people; Sep 2014) and Gya (140 people; Jul 2015) villages, Ladakh, and the Jeruyi village (80 people; Aug 2015) of Kyrgyz Republic. 80 booklets in Kyrgyz language and English were also delivered for participants of workshop for two regions. We also have a plan to construct early information network with the Kyrgyz Emergency Ministry, to inform the existence of short-lived glacial lakes.

研究分野：自然災害

キーワード：氷河湖決壊洪水 永久凍土 ワークショップ アウトリーチ 天山山脈 ALOS

1. 研究開始当初の背景

近年の気温上昇により、中央アジアの天山山脈の一部を構成する5つの山岳地域の氷河面積は、1970～2000年にかけて19～8%の範囲で縮小した(Narama et al., 2010a). 特に氷河縮小の大きい天山山脈北部地域では、氷河の融け水が溜まってできた小規模な氷河湖が氷河前面に多数出現している(Narama et al., 2009). 近年、これら氷河湖の出水により生じる氷河湖決壊洪水(Glacier Lake Outburst Flood=GLOF)により下流域では甚大な被害が報告されている.

中央アジアのGLOFの履歴をみると、天山山脈北部地域では、GLOFが1950～1970年代に集中して起きている. 特に1963年のGLOFは、下流の人造湖も巻き込み、数百人の犠牲者がでた(Kubrushko and Staibskiy, 1977). 最近の1998年7月には、ギッサール・アライ地域のシャヒマルダン村上流部でGLOF(5万m³)が生じ、流出量は少なかったが、犠牲者は120人ほどに達した(UNEP, 2007). 2002年8月には、パミールで生じたGLOF(10万m³)が、扇状地上に位置するダシュト村を洪水堆積物で覆い、24人の犠牲者がでている(Mergili et al., 2011). 2008年7月には、天山山脈北部地域のズンダン川上流で、わずか2ヵ月半で出現した短命氷河湖の出水により、3人の犠牲者がでている(Narama et al., 2010b). 2009年6月と2012年7月には、天山山脈北部地域の首都ビシュケク上流でGLOFが生じ、ビシュケクを含む上流の村々の5000人を混乱させた. これら最近出水した氷河湖は、1年以内に出現・出水した短命氷河湖であることを現地調査と衛星画像解析から確認している.

巨大な氷河湖が分布する東ヒマラヤ地域では、犠牲者をともなうGLOFは1994年以降生じていない. 一方、小規模な氷河湖が多数分布する天山山脈北部地域では、調査した781の氷河湖のうち82%が1980年代以降に出現したものであり、1998年以降に犠牲者を伴うGLOFが3回生じている. さらに、わずか数か月間～1年間で出現・出水する短命氷河湖の存在、出水様式の違い、災害の特徴の違いなど、東ヒマラヤの氷河湖とは異なる点が多く確認され、その被害規模は東ヒマラヤと同等かそれ以上である. 小規模な氷河湖が分布するインド北西部のラダーク山脈も同様に、2010年、2011年、2012年と立て続けにGLOFが生じており、農地や橋が被害を受けている. このように最近の動向をみると、小規模な氷河湖の分布地域は注目されるべきであり、氷河災害軽減のために早急にこの地域の氷河湖の特徴を明らかにする必要がある.

被害の大きさ【Damage】は、氷河湖の大きさ【Hazard】と、防災力である社会的脆弱性【Social vulnerability】と災害を乗り越える力【Resilience】の関係で決まる. 外力であるHazardが防災力を上回っていれば災害

が発生する(林, 2016). 中央アジアやインド・ラダーク地域では、災害誘因である外力【Hazard】の氷河湖の大きさは小さいにもかかわらず大きな被害【Damage】が出ている. シャヒマルダン村の氷河湖の水量は、3人の犠牲者をだしたズンダン西氷河湖の9分の1だったにもかかわらず100人以上の犠牲者をだした. 氷河湖出水の規模は小さいが、シャヒマルダン村では多くの人々が川沿いの低地で暮らしていたため、外力が防災力を上回り、甚大な被害が生じたと考えられる.

また、ズンダン川下流部周辺では、1960～1970年代に生じた氷河湖決壊洪水を経験しているため、経験者は川沿いで暮らさず、川沿いで被災した人々は以前のGLOFを知らない新しい移住者であった. さらに東ヒマラヤでは氷河湖と居住地の距離は60～100kmあるが、研究対象地域は氷河湖と住民の居住地の距離が短い. しかも、多くの住民は氷河湖の存在を把握していない. このような事実は、災害を軽減するために、関係資料の配布や氷河湖ワークショップ開催などを通して自然災害の知識や土地利用など社会的脆弱性を改善する必要性、現地防災機関と協働する必要性を教えてくれる.

2. 研究の目的

本研究では、氷河災害の軽減を目的に、小規模な氷河湖が分布する中央アジアの天山山脈北部地域とインド北西部のラダーク山脈において、現地調査と衛星画像解析から氷河湖台帳を作成するとともに、氷河湖の過去の変動履歴や、短命氷河湖や氷河湖周辺の環境を明らかにすることを目的とする. また、地域住民を対象とする氷河湖ワークショップを実施する.

3. 研究方法

研究対象地域は、氷河湖の発達が顕著で、小規模な氷河湖が多く分布する天山山脈北部地域(キルギス、クンゴイ、テスケイ山脈)とインド北西部のラダーク山脈である.

(1) 氷河台帳の作成と過去の面積変化

中央アジアでは、キルギス山脈、テスケイ山脈、クンゴイ山脈を対象に、インド北西部ではラダーク山脈、ザンスカール山脈、ヌブラ地域を対象に、2013年と2014年のLandsat8/OLIの衛星データを用いて、ArcGISで氷河湖ポリゴンデータを作成した. 属性情報には、水系名、緯度経度、高度、面積、氷河湖タイプを加えた. これらのデータベースと地図をまとめて印刷し、キルギス緊急対策省やラダーク山岳自治政府洪水部門に配布する. また、1960年代以降のキルギス山脈の氷河湖面積の履歴を調査するため、過去の衛星データや空中写真を用いて氷河湖ポリゴンを取得し、時系列の変化を調べた.

(2) 現地調査

氷河湖周辺の山岳永久凍土環境を知るため、旧ソ連の空中写真の実体視判読、ALOS衛

星画像, SRTM DEM, GoogleEarth を用いて, 研究地域のキルギス山脈に分布するデブリ地形を抽出し, 表面の形態から岩石氷河を認定した. ALOS/PALSAR-1, ALOS/PALSAR-2 のマイクロ波の画像データを用いて差分干渉 SAR 解析により岩石氷河の地表面変動の有無から永久凍土を含む岩石氷河を抽出し, 山岳永久凍土の空間分布を調べた. また, 気温・地温計・雨量計を設置し, 気象条件からも永久凍土環境を考察した. 差分干渉 SAR 解析により地表面変動が確認できる場所で高精度 GPS (Trimble Geo-Explorer 6000) を用いて 1 年間の定点観測を実施した. また, UAV (無人航空機) を用いて岩石氷河上の空撮をおこなった.

GLOF の調査では, 2013 年のジェル・ウイ氷河湖と 2014 年に出水したカラ・クンゴイ氷河湖で現地調査をおこなった. 洪水堆積物と被害状況を確認した.

氷河湖の調査では, 氷河湖周辺で水位計, 気温計, 地温計, 雨量計, インターバルカメラを設置した. UAV (無人航空機) を用いて氷河湖の空撮をおこない, Photoscan を用いてオルソ画像と数値標高モデル (DEM) を作成した.

(3) 氷河湖ワークショップの開催

地域住民の自然災害に関する知識向上を目的にラダーク山脈のストック村とギャ村, キルギス共和国のジェル・ウイ村で氷河湖ワークショップを開催した. その際に 80 部の氷河湖災害資料 (英語, キルギス語) を配布した.

4. 研究成果

(1) 氷河湖周辺の永久凍土環境

2013 年と 2014 年度版の天山山脈北部地域とラダーク地方の氷河湖台帳を作成したところ, 2014 年に現存する氷河湖数は, 天山山脈北部地域では, キルギス山脈で 198 コ, クンゴイ山脈で 38 コ, テスケイ山脈で 160 コであった. 一方, ラダーク地方では, ラダーク山脈で 266, スブラ地域で 138 コ, ストック山脈で 14 コ, ザンスカール山脈で 119 コであった. 天山山脈北部地域の一部を構成するキルギス山脈において, 1960 年代以降の氷河湖の面積変動を調べた. 分布する氷河湖は氷河接触湖, 氷河非接触湖, 氷河堰止湖に分類できる. 1960 年代~2014 年の氷河湖面積の長期変動を調べたところ, 繰り返し変動している氷河湖が 3 割を占め, その中には GLOF を生じた氷河湖も含まれていた. 2010 年~2014 年の短期変動をみても 4 年間で出現する氷河湖と消滅する氷河湖が確認され, その面積変動はかなり大きいことがわかった. 同山脈で最近生じた 3 つの GLOF の現地調査をおこなったところ, 氷河湖はわずか数ヵ月~1 年で出現して出水した短命氷河湖であり, 氷河湖は湖を堰き止めるデブリ地形内部に発達したアイストンネルを通じて出現と出水が生じていたことがわかった. ALOS/PRISM

DEM による地形解析から短命氷河湖の分布とその大きさを調べたところ, 氷河前面からデブリ地形の範囲には 34 コの湖盆地形が存在し, その多くで水がたまる環境であった. また, 過去の GLOF は, 今回抽出した湖盆地形が生じていたことが明らかになった.

キルギス山脈の氷河湖周辺の環境を調べるため, 岩石氷河の空間分布・形態分類・地表面変動から, 山岳永久凍土の空間分布を調べた. 氷河周辺に分布するデブリ地形を表面形態から岩石氷河とその他の地形に分類し, ALOS-1/PALSAR-1 と ALOS-2/PALSAR-2 を用いた差分干渉 SAR 解析により, 地表面変動の有無から永久凍土を含む岩石氷河を抽出した. その結果, 凍土を有する現成型・停滞型の岩石氷河は 450 コほどあり, 山脈の北側で 320 コ, 南側で 128 コと山脈の南北で大きな分布の偏りを確認した. さらに岩屑供給源の分類をおこなったところ, 氷河の縮小過程で発達した氷河起源タイプは 6 割, 崖錐基部より発達した崖錐起源タイプが 4 割であった. 2013 年~2015 年の現地調査では, 差分干渉 SAR 解析で流動が確認された氷河起源タイプの岩石氷河 (3500m asl) 上で GNSS 測量を実施したところ 5 地点で平均 40cm/yr (最大 68 cm/yr) の流動が確認された. これら現成型・停滞型の岩石氷河の分布から推定された山岳不連続永久凍土帯は北側で 2800m, 南側で 3200m 以上であった. 南北の岩石氷河の数と標高の違いは, 年降水量の多い北側に多くの氷河が発達・分布するため, 多くの氷河起源型岩石氷河が氷河の分布と同様に氷河末端部の高度帯に依存しているためである. この地域の氷河末端部は不連続山岳永久凍土帯の下限高度を超えて下がることなく, さらに岩石氷河上 (3500m) で観測した MAAT-4.62 と MAGST-1.47, 50 cm 満たない積雪量の寒冷環境において, 長い期間をかけて氷河末端部の埋没氷を含むデブリ地形の永久凍土化が生じたとみられる.

(2) GLOF の特徴

2013 年 8 月 15 日に出水したジェル・ウイ氷河湖と, 2014 年 7 月 17 日に出水したカラ・テケ氷河湖は隣り合う谷に位置するが, 土砂を含んだ洪水流の挙動や堆積物, さらに被害の大きさは異なっていた. ジェル・ウイ氷河湖の GLOF 堆積物は, 扇状地上に堆積した厚みのある堆積物で, 小さい粒径の岩屑を多く含み, 細粒物質で礫が支えられているマトリックスサポートの堆積構造であった. 聞き取り調査から, 高密度な堆積構造を持つジェル・ウイ氷河湖の GLOF は非常に遅い速度であったことが確認されている. 一方, カラ・テケ氷河湖の GLOF 堆積物は, 河谷地形の谷底に堆積し, マトリックスのない巨礫からなるクラストサポートの堆積構造であった. どちらも無淘汰・無層理構造であった. これら洪水流のタイプの違いは, 河道の侵食量が大きく影響していることが現地調査から明らか

になった。また、両者の下流域の地形の違いにより被害の程度に違いがみられた。ジェル・ウイ氷河湖の GLOF の場合、谷出口が扇状地であったため首振り運動による河道変化が発生し、扇状地上の農地、道路、灌漑用水路、橋などが広範囲で被害がでた。一方、カラ・テケ氷河湖の GLOF の場合、谷出口は河谷地形であったため、GLOF は河道沿いに流れ、被害は川沿いの 2 つの橋にとどまった。被害の程度の違いについては扇状地で被害が大きく、河谷地形で被害が河川沿いに限定されることが確認された。

(3) 氷河湖の出現場所とモニタリング

ゴルトール氷河湖に水位計をセットしたところ、氷河湖の大きな水位変化が確認された。2010 年に水深測定した際には 16m の最大水深を確認したが、2014 年に再び訪れた際には氷河湖は空っぽになっていた。Landsat の衛星データ解析から、数年ごとに大きな出水と涵養が繰り返されていることがわかった。

氷河湖の出現場所を調べるため、ALOS/PRISM DEM を使用して地形解析を実施したところ、氷河前面には多くの小規模な湖盆地形があり、過去の短命氷河湖もこの湖盆地形に出現したことが確認できた。現在水のない空っぽの湖盆地形は、短命氷河湖が出現する可能性がある。今後、短命氷河湖が出現する可能性の高い湖盆地形分布地図を整備し、新たな氷河湖モニタリングの対象となるようなハザードレベルの新基準の提案をキルギス緊急対策省におこなっていく。さらに、2015 年 8 月に、1 年～数ヵ月で発達する短命氷河湖ではなく、わずか 1 か月で拡大・出水した超短命氷河湖を二つ確認した。これは、短命氷河湖が氷河湖を堰き止めるアイストンネルの冬季の凍結閉鎖だけでなく、トンネル内の崩落による閉鎖の可能性を示唆するものであり、新知見を得ることができた。

(4) ソフト防災による災害軽減に向けた活動

本プロジェクトのもう一つの柱であるアウトリーチ活動では、住民の氷河災害の知識向上のため、ラダーク地方では、LEDeG（環境 NGO）とラダーク自治政府のレー地区防災部の協力を得て、ストック村（2014 年 9 月；20 名参加）とギャ村（2015 年 7 月 12 日；140 名参加）で、キルギス共和国では、キルギス緊急対策省と中央アジア応用地球科学研究所の協力を得て、ジェル・ウイ村（2015 年 8 月 14 日；80 名）で氷河湖ワークショップを開催した。これまでは 2012 年 5 月にインド・ラダーク地方のドムカル村で 120 人の村人を集めて開催しているが、本活動で実施した 3 つのワークショップでも、政府関係者と住民など多くの参加者があった。ワークショップの内容は、最初に氷河湖災害の現状を説明し、次のグループディスカッションで村人が対策を話し合い、最後に話し合った結果を参加者の前でプレゼンする形式をとった。ワーク

ショップでは、これまでの現地調査をまとめたキルギス語の氷河湖本を 80 部印刷して配布し、ラダークのワークショップでは、英語で書かれた資料を配布した。住民たちの感想として、氷河災害の知識が増え、危険な地形場を理解できたという声が多く、自分たちでも氷河湖を観察に行くべきだなどの意見も得られた。さらに、キルギス緊急対策省とラダーク山岳自治政府からは今後も調査とワークショップを継続してほしいという要望を得た。反省点としては、キルギスとラダークでは、氷河災害に対する認識が異なっており、キルギスではよりハード面の対策が強く求められており、ソフト防災の重要性をしっかりと定着させるまでにはいかなかった。一方、ラダークでは非常に好意的な意見を多く得ることができた。反省点としては、ワークショップのやり方を同じにせず、各国の地域性を考慮して取り組むべきであった。これらワークショップの様子は、全域で電気の通らないラダークでは国営ラジオ放送 2 回（多くの人々がラジオを聴いている）、キルギスではテレビのニュースで放送され、現地で反響を得た。2016 年 7 月には、今後の若手研究者の育成を目的に、キルギス国立大学自然地理学部の学生を相手に氷河災害セミナーを開催予定である。

キルギス緊急対策省のハザードレベル評価の基準について、2015 年 8 月にキルギス緊急対策省と 2 度のミーティングを持ち、これまでの調査結果のデータで解説し、新基準への見直しについて理解を得られた。ラダーク山岳自治政府とは 2 度ミーティングをひらき、今後の継続調査のサポートを約束していただいた。早期情報ネットワークの構築については、キルギス緊急対策省と JAXA の協力を得て、すでに構築した氷河湖抽出メソッドを使い、今年度から短命氷河湖のモニタリングを実施する。短命氷河湖が出現した場合、即座に緊急対策省に連絡して、現地の村政府に連絡がいくシステムである。キルギス緊急対策省と中央アジア地球科学研究所とは今年の夏に MOU を再締結し、氷河災害の減災に向けた活動を継続していく。また、ラダーク山脈と天山山脈北部の氷河湖インベントリの 2014 年版を英語で作成し、関係機関に配布し、氷河湖インベントリをどのように利用するかについての課題・改善点を話し合った。

本プロジェクトの成果の一部は、国際学術雑誌である Mountain Research and Development に論文を公表し、そのほか国際学術雑誌に 1 本論文を投稿した。引き続き数本の論文を投稿予定である。研究成果は、日本地理学会、日本地球惑星連合科学大会、日本雪氷研究大会で発表した。本プロジェクトに関わった新潟大学大学院修士課程の学生が、2015 年の雪氷研究大会において、キルギス山脈の山岳永久凍土の空間分布というテーマでポスター発表部門の優秀発表賞を受賞した。MOU を締結した中央アジア応用地球

科学研究所の Mirlan Daiyrov 氏が、キルギスからの国費留学生として 2015 年 4 月に新潟大学大学院博士課程に入学し、3 年間の研究活動を開始している。彼自身も氷河災害研究をテーマに取り組んでおり、キルギス共和国で氷河災害研究を進める体制が強化された。

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 4 件)

- (1) Ikeda, N., Narama, C., Gyalson, S., 2016. Knowledge sharing for disaster risk reduction: Insights from a glacier lake workshop in the Ladakh Region, Indian Himalayas. Mountain Research and Development, 36, 31-40. 査読有
DOI:http://dx.doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-15-00035.1
- (2) Duishonakunov, M., Imbery, S., Narama, C., Mohanty, A., KingRecent, L., 2014. Glacier changes and their impact on water resources in Chon and Kichi Naryn Catchments, Kyrgyz Republic, Water Science & Technology Water Supply, 14(3), 444-452. 査読有
DOI: 10.2166/ws.2013.217
- (3) Takeuchi, N., Fujita, K., Aizen, V., Narama, C., Yokoyama, Y., Okamoto, S., Naoki, K., Kutabo, J. 2014. The disappearance of glaciers in the Tien Shan Mountains in Central Asia at the end of Pleistocene. Quaternary Science Reviews, 103, 26-33. 査読有
doi:10.1016/j.quascirev.2014.09.006
- (4) Narama, C. 2013. Vegetation damage in the vicinity of Leh from ALOS satellite data. In Research report on the August 2010 flood disaster in Ladakh. Research Institute for Humanity and Nature, 39-42. 査読無

〔学会発表〕(計 12 件)

- (1) 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, 日本地球惑星連合科学大会幕張メッセ, 千葉県千葉市 2016 年 05 月 25 日
- (2) 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 日本地球惑星連合科学大会幕張メッセ, 千葉県千葉市 2016 年 5 月 22 日
- (3) 山村祥子, 奈良間千之: 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, 日本地理学会春季学術大会, 早稲田大学, 東京都新宿区 2016 年 3 月 21 日

- (4) 奈良間千之: ネパール山間部で発生した雪崩災害緊急公開シンポジウム「ネパール地震と雪氷災害ー現状把握と復興に向けて」日本雪氷学会(招待講演)法政大学, 東京都千代田区 2015 年 07 月 18 日
- (5) 山本遼平, 奈良間千之, 田殿武雄: 空撮より得たデジタル画像を用いた氷河変動解析, 日本地球惑星連合科学大会 2015 年 05 月 25 日幕張メッセ, 千葉県千葉市
- (6) 山村祥子, 奈良間千之, 富山信弘, 田殿武雄: 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, 日本地球惑星連合科学大会幕張メッセ, 千葉県千葉市 2015 年 05 月 25 日
- (7) 奈良間千之, 佐藤隼人, 山本美菜子: 天山山脈北部・テスケイ山脈における 2006 ~ 2014 年の氷河湖決壊洪水の特徴, 日本地理学会春季学術大会, 日本大学, 東京都世田谷区 2015 年 3 月 29 日
- (8) 風晴彩雅, 奈良間千之: キルギス・アラトー山脈における大規模出水する氷河湖の地形的特徴, 日本地理学会春季学術大会, 日本大学, 東京都世田谷区 2015 年 3 月 29 日
- (9) 奈良間千之, 風晴彩雅, 山本美菜子, 浮田甚郎, 池田菜穂, 田殿武雄: 天山山脈とラダーク山脈の氷河湖と氷河湖決壊洪水, 日本地球惑星連合科学大会パシフィコ横浜, 神奈川県横浜市 2014 年 04 月 29 日
- (10) 奈良間千之, 森田玲良: 中央アジア, 天山山脈における岩屑被覆氷河の出水現象, 日本地理学会春季学術大会, 国土館大学, 東京都世田谷区 2014 年 3 月 27 日
- (11) 奈良間千之, 風晴彩雅, 山本美菜子, 浮田甚郎, 池田菜穂, 田殿武雄: 天山山脈とラダーク山脈の氷河湖と氷河湖決壊洪水, 日本地理学会春季学術大会, 国土館大学, 東京都世田谷区 2014 年 3 月 27 日
- (12) 山村祥子, 奈良間千之: キルギス・アラトー山脈における永久凍土環境考察, 日本地理学会春季学術大会, 国土館大学, 東京都世田谷区 2014 年 3 月 27 日

〔図書〕(計 2 件)

- (1) 奈良間千之・渡邊三津子, 2015: 「中央ユーラシアの自然環境とその変遷」, 白石典之編『チンギスカンとその時代』勉性出版, 136-156.
- (2) 奈良間千之・渡邊三津子, 2015: 「自然環境と人々のかかわり 地形、気候と氷河の役割」, 宇山智彦, 藤本透子編『カザフスタンを知るための 60 章』明石書店, 18-23.

6. 研究組織

- (1) 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

(2)研究分担者 池田 菜穂 (IKEDA, Naho)
東北大学・災害科学国際研究所・助教
研究者番号：10450264

(3)連携研究者 浮田 甚郎 (Ukita, Jinro)
新潟大学・自然科学系・教授
研究者番号：80272459