

平成 22 年 6 月 10 日現在

研究種目：基盤研究（A）  
 研究期間：2006～2009  
 課題番号：18251002  
 研究課題名（和文）南米パタゴニア氷原における氷河変動のメカニズムの解明と完新世古環境の復元  
 研究課題名（英文）Mechanism of Glacier Variations and Elucidation of the Holocene Environment in Patagonia Icefield, South America.  
 研究代表者  
 安仁屋 政武（ANIYA MASAMU）  
 筑波大学・名誉教授  
 研究者番号：10111361

研究成果の概要（和文）：(1) 南パタゴニア氷原のペリート・モレーノ氷河において、氷河表面高度・流動速度・カービング速度の測定、上流部の長期気象観測などを行った。熱水ドリルによって 510m の氷河掘削を行った。小氷期には 15C、17C、19C の 3 回の前進があった。(2) 北パタゴニア氷原東側の湖の周囲に発達する段丘を調査した。北パタゴニア氷原の 21 の溢流氷河の 2004/5～2008/9 の 4 年間の変動は約 8.5km<sup>2</sup> の面積減少であった。(3) JAMSTEC の研究船「みらい」でパタゴニア氷原沖の海底堆積物を採集した。

研究成果の概要（英文）：(1) At Perito Moreno Glacier of the Southern Patagonia Icefield, we measured the glacier surface heights, glacier flow velocity, and calving speed, and long-term temperature at the upper reach. We drilled 510 m boreholes with a hotwater drill. Three LIA advances in 15C, 17C and 19C were recognized. (2) The fan deltas distributed on the eastern side of the Northern Patagonia Icefield were investigated. Variations of 21 outlet glaciers of the NPI between 2004/5 and 2008/9 resulted in a total area loss of 5.8 km<sup>2</sup>. (3) With the JAMSTEC's research ship [Mirai] we cored sea floor sediments at the offshore of the NPI.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	8,000,000	2,400,000	10,400,000
2007年度	7,800,000	2,340,000	10,140,000
2008年度	8,000,000	2,400,000	10,400,000
2009年度	8,400,000	2,520,000	10,920,000
年度			
総計	32,200,000	9,660,000	41,860,000

研究分野：雪氷地理学

科研費の分科・細目：地理学

キーワード：パタゴニア、氷河変動、ペリート・モレーノ氷河、完新世、古環境、北パタゴニア氷原、

## 1. 研究開始当初の背景

今回の研究は 1983 年から続けてきたパタゴニア氷原の氷河とその周辺の氷河地

形研究の結果、未知のものとして残っていた重要課題、すなわち氷原での涵養量の実測、後退するパタゴニア氷原にあって停滞して

いるペリート・モレーノ氷河の変動メカニズムの解明、ならびに北氷原周辺の最終氷期以降、特に完新世の環境変動の解明に焦点を当てた。

## 2. 研究の目的

当初の研究目的は大きく以下の4つであった。(1) 北パタゴニア氷原で湖底・デルタ堆積物等の簡易ボーリングを行い、環境変動を明らかにする。(2) 南パタゴニア氷原のペリート・モレーノ氷河で氷河の動態観測を継続して行い、その変動メカニズムを明らかにする。(3) 北パタゴニア氷原のシュテフェン氷河流域で流動・氷厚測定、気象観測、消耗量観測等を行い、質量収支を推定する。(4) 北パタゴニア氷原の溢流氷河の変動をモニターする。

しかし、実際に調査を始めると、(1)の場合、堆積物は礫が多く薄いので、ボーリングによる試料採集から完新世の環境変動を解明するのが困難であることが判明した。それによって(1)-Aとして氷原東側の湖岸段丘調査による完新世の環境変動の解明に目的を変更した。また(3)はロジスティクスの問題があり(ヘリコプターが使えない)、断念を余儀なくされた。一方、目的(5)として、分担者安間了による観測船「みらい」によるチリ・パタゴニア氷原沖での海底試料の採取が承認されたので、パタゴニア氷床の消長による河川流出堆積物のフラックス変化と第四紀環境変動の研究、を加えた。

## 3. 研究の方法

目的：(1)-A. 湖岸段丘(ファン・デルタ)の調査は堆積物、層序、年代測定資料の採集などにより、地形発達の編年を試みた。目的(2)：ペリート・モレーノ氷河では1990年から日本が断続的に気象観測、氷河流動観測、カービング観測などを行ってきた。これらの観測を継続して行うのに加え、今回は熱水ボーリングによる氷河底までの掘削を行い氷河底の水圧を計測して、GPSによる細かい流動観測との対応を見た。また、ペリート・モレーノ氷河の小氷期の氷河前進年代を推定するために、氷河前進により枯死した木からサンプルを採集して年代測定を行った。目的(4)：北パタゴニア氷原の溢流氷河の変動モニターは、基本的に年一回の空撮によって行った。(5)は観測船「みらい」に乗船して、パタゴニア沖から海底堆積物を採取し年代を測定して堆積速度を推定した。

## 4. 研究成果

### (1) ペリート・モレーノ氷河

#### ① リコ湖の水位変化

2008年7月に、冬期としては初めての観測となるアイス・ダム崩壊が発生した。このBrazo Rico湖は118km<sup>2</sup>ほどの面積を持つが、湖の水位が7m以上低下した(最大3.5m/day)。冬期であることも話題になったが、氷河周辺の気温年較差は小さく、冬期でも融解が起きていることを考えると、夏からの水位の上昇の結果としてこのタイミングで起きたのかもしれない。2008年11月以降は水位上昇が始まった。(上昇速度2cm/day)

#### ② 氷河表面高度測量

消耗域中流部において1990年以来継続されている氷河表面の測量を実施した。その結果、この領域の氷厚は2003年以後1~1.5 m a<sup>-1</sup>のほぼ一定の速さで減少し続けていたが、一部増加に転じた。ALOS衛星による詳細な氷河表面の観察から観測地域の代表性、力学場にかかわる表面状態を検討している。

#### ③ 表面流速の測定

高い時間空間分解能のGPS連続観測が行なわれたが、日周期が観測されている。より長期の季節変化としては顕著ではないが、5~10%の季節変化(速度1mで5~10cm/day)が見られた。

#### ④ 末端部の測量(カービング速度)

カービング・フロントである末端氷崖の三角測量を繰り返した。また、新たな観測手法の試みとしてインターバル写真測量による連続観測も氷河末端付近及び中流域で行なわれた。

#### ⑤ 上流部気象長期記録

氷河上流部右岸側のセルバンテス山中腹における通年気温観測は年間の気温、湿度のデータを取得できた。パタゴニアの氷河は上流域での大量で連続した涵養が特徴と考えられているが、年間を通じて消耗が起きている末端部(比高600m)との年平均気温の差は5℃程度であり、この差の中に涵養と消耗が生じている。融解量と湖の水位上昇、せき止め湖決壊、さらに流動速度と気温が重要な情報となる。末端のカービングについては日変動があるものの短期気象変化との関連は明らかでない。

#### ⑥ 氷河脇の湖の発生消失

氷河上流部右岸側のセルバンテス山中腹より氷河を見下ろす形でインターバルカメラを取り付けた。氷河脇には長径200m(最大水深5~10m)ほどの湖が短期間に発生し消失する様子が記録されていた。その頻度、蓄積・放出される水の量など涵養と消耗、流動の激しいパタゴニアの氷河の特徴を考える上で重要である。

#### ⑦ 熱水ドリルによる氷河掘削

ペリート・モレーノ氷河は湖に末端があるカービング氷河で、末端から5km上流の氷河中央においては、岩盤高度が水面下約350mと推定されている。この氷河で2008年12月

-2009年1月に、氷河上に設置したGPSにより氷河流動観測した結果、流動速度が氷河末端での気温と良い相関を示した。つまり、気温が高く氷河の融解が進んだ時に速く、気温が低い時は遅くなることが示された。このことは、融解水の流入による底面水圧の上昇が底面滑りを促進していることを示すと共に、氷河の底面水圧が湖水によって常に高く保たれているため、水圧のわずかな変化が大きな流動変化をもたらしていることを示唆する。この仮説を実証するために、2009年にペリート・モレーノ氷河で熱水ドリルによるボーリングを行い、氷河底面の水圧測定とGPSによる氷河流動観測を行った。

概要は以下の通りである。ボーリング地点は氷河末端から約5km上流の地点(S50°29'24.4" W73°02'37.9")で、岩盤まで深さ510m、直径約15cmの掘削孔を2本設け、水圧センサーを設置した。水圧は10分間隔で計測しデータロガーに記録した。側壁に近いところからボーリング地点まで3カ所にGPSを設置し、その変位を一時間周期で計測・記録し流動速度を求めた。その結果、①底面水圧が氷の上載荷重に非常に近く(90%以上)保たれていること、および②水圧のわずかな変動(約2%)が顕著な流動速度変化(約20%以上)を引き起こしていることが明らかになった。この結果は、「温暖化による融解量増加が氷河の加速につながる」ことを示すと共に、「融解と流動の増加に起因する氷厚減少によって底面水圧が上載荷重に近づき、さらなる流動速度上昇をもたらす正のフィードバック機構」の存在を示唆する。

#### ⑧ ペリート・モレーノ氷河の小氷期の前進

現在の氷河下流の両岸には縁より50m程度高いところに顕著な植生線が分布している。また、リコ湖には湖岸沿いに普段の湖面より約30m高いところに顕著な植生線が存在している。この植生線は水平であることから、ダムアップにより水面下の土壌が完全に洗い流されていて岩盤が露出して形成されたことが推測できる。

これらの植生線の形成時期は、一般論としては小氷期と考えられるが、その年代を明らかにするために、2007年12月に4点、2008年12月に7点、そして2010年2月に6点、合計20点のサンプルを収集して年代を測定した。得られた補正年代は、異常な年代が出た1つを除き、AD1450(2つ)、1470、1650(5つ)、1660、1680(2つ)、1710で、未補正は102BP(大体AD1848)、109BP(AD1841)、110BP(AD1840)、127BP(AD1823)であった。

このうちAD1450年の一つは氷河底からスラストによって氷河表面に運ばれラテ

ラル・モレーノに堆積したものの、もう一つはAD1650年の年代が得られた4点のサンプルと同じ場所にある枯死した木から得られた。後者の場合なぜこの木1本だけが異なった年代を示しか不明である。また前者もサンプルが1点だけなので氷河に取り込まれた状況が不明である。しかし、AD1470年のデータはラテラル・モレーノによって枯死した木から得られた。従って、AD1450年-1470年の解釈は難しいが、ここでは氷河の前進を示していると判断した。

以上の年代測定と議論から、ペリート・モレーノ氷河ではAD1450-70年頃、AD1600-1710年頃(水没してから枯死するまでの年をおおざっぱに勘案する)、そしてAD1830-50年頃の3回の小氷期の前進があった可能性が高い。特に、AD1600-1650年頃の前進は長い間停滞してリコ湖の高水位を保ち、現在に見られる顕著な植生線が湖岸に形成された。AD1450-70年頃の氷河前進を示すと解釈できる顕著な植生線がないので、おそらくこの後のAD1600-1710年頃の前進と同じ程度であった可能性が高い。AD1450-70年頃の氷河前進はパタゴニアの氷河ではまだ報告されていないので更なる調査が必要であるが、後者2時期に近い前進はいくつかの氷河で報告されている。

#### (2) 北パタゴニア氷原東側の地形

北パタゴニア氷原の東側に位置するGeneral Carrera / Buenos Aires湖およびCochrane / Pueyrredon湖周辺にみられるファンデルタの発達と湖水面変動との関係を検討した。General Carrera / Buenos Aires湖では、湖に流入する河川河口部に現成のファンデルタを含めて3段の高度連続性の良いファンデルタを確認した。堆積物の特徴は、Gilbertタイプのファンデルタに類似していた。また、離水した2段のファンデルタの末端の高度は、現在の湖水面(標高約200m)に比べて、それぞれ200m(ファンデルタ1)、100m(ファンデルタ2)ほど高いところに位置しており、100m規模の湖水面低下が少なくとも2度生じたことを示唆する。離水したファンデルタの末端が急崖となっていること、また、河川に沿った河成段丘が不明瞭なことから、湖水面低下は急速だったと推定される。2度の湖水面低下の時期は、ファンデルタ1から得られた放射性炭素年代値およびモレーノや湖成堆積物から得られている既存の年代値にもとづくと、16-8.4kaおよび6.2ka直後と考えられる。

Cochrane / Pueyrredon湖においても、現成面を含め、数段のファンデルタが確認されたものの、それらの標高はGeneral Carrera / Buenos Aires湖と異なっている。したがって、二つの湖の湖水位変動は同期しておらず、最終氷期最盛期以降、水位が高かった時期にお

いて、二つの湖は結合することはなかったと推定される。この原因として、北パタゴニア氷原から東側に流れ下る溢流水河がBaker川を閉塞し、湖を分けていたことが考えられる。今後、氷河の挙動と湖水面変動との関係をさらに調査する必要があるだろう。

### (3) 北パタゴニア氷原の溢流水河の 2004/05 - 2008/09 の変動

今回の科研では2007年3月、2008年3月、そして2009年1月の3回北パタゴニア氷原の21の溢流水河の空撮を行い、それぞれの年の末端位置を5万分の1の地形図に図化した。次に、2007年3月(2006/07とする)の図を前回の科研で作成した2004年12月(2004/05)の末端位置図と比較して2年間の氷河変動、並びに2006/07-2007/08、2007/08-2008/09の1年ごと、そして2004/5-2008/09の4年間の変動を抽出した。

一般的な傾向としては2-3の氷河を除くと変動は少なかった。変動(後退)が大きかった氷河はサン・キンティン氷河、シュテフェン氷河、コロニア氷河などであった。一方、変動が実質的にはほとんどなかったのはサン・ラファエル氷河、レイチェル氷河、レオン氷河、カチュット(カシエット)氷河、アルコ氷河などであった。サン・ラファエル氷河は2004/05から2008/09までほとんど変化がなく、フィヨルドの幅が広がる手前で停滞していた。従って最近の4年間は、氷の供給とカービングのバランスが取れていて安定していた。これと対照的であったのがサン・キンティン氷河とシュテフェン氷河で激しい末端崩壊を続けていて、かなり後退した。前者は4年間で4.14km<sup>2</sup>、後者は1.44km<sup>2</sup>の面積減少である。コロニア氷河は多数の平らな氷山を生産するようになり、この4年間で0.79km<sup>2</sup>後退した。

北氷原全体では4年間で8.56km<sup>2</sup>の面積減少であった。年平均では2.14km<sup>2</sup>で、統計的には若干融解が加速されたように見えるが、これは多分にサン・キンティン氷河の後退による影響が強い。

### (4) 海洋研究開発機構・海洋地球研究船「みらい」による観測とその結果

研究の目的の一つである「パタゴニア氷床の消長による河川流出堆積物のフラックス変化と第四紀環境変動の研究」が、独立行政法人「海洋研究開発機構」の「平成20年度海洋地球研究船「みらい」を利用する研究課題」に採択され、平成21年2月4日～3月14日の期間に実施されたMR08-06 Leg 1b航海、平成21年3月14日～4月8日の期間に実施されたMR08-06 Leg 2 & 3

航海に参加した。調査海域は南東太平洋チリ共和国沖合とチリ共和国の経済水域および領海のフィヨルドを含む海域である。

調査参加者は以下の通りである。

MR08-06 Leg 1b航海：安間 了・川村 喜一郎・安仁屋 政武

MR08-06 Leg 2 & 3航海：安間 了・川村 喜一郎・本山 功・山田 安美

航海中は水質・大気・海底地形・重力・地磁気などの連続観測を行った。また、試料採取地点付近では反射波による物理探査を行って地層の堆積状況を把握し、斜面上に岩盤が露出するところでドレッジを、堆積層が厚く積もる場所ではピストンコア試料の採取を行った。

パタゴニア氷床の西側のD01地点にてドレッジされた堆積物試料からジルコンを取りだし年代測定を行ったところ、およそ430万年前を示した。また、同地点で採取された火山砕屑岩の年代測定を行ったところ、500年から510万年前の年代を示した。これによって、斜面に露出する岩盤は、チリ海嶺がおよそ600万年前に南米大陸地殻に衝突した時期から堆積したものであることが解った。

ピストンコア試料に含まれる深海棲の二枚貝殻などを用いて、<sup>14</sup>C年代測定を行った。この結果、パタゴニア氷床近くで採取したPC05試料は、5,400年の間におよそ2m堆積したこと、PC06は7,600年の、また、より南側のドレーク海峡入り口で採取されたPC07はおよそ9,500年以上の古環境記録を保存していることがわかった。さらに、南米大陸南端のホーン岬沖合海域で採取されたPC09では、いくつかの層準で氷山からのドロップストーンが観察されたが、およそ5万年にわたる古環境の記録が保存されていることがわかった。今後より精密な解析を行っていく予定である。

### 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12件)

- (1) Konya, K. and Matsumoto, T. (2010) Influence of weather conditions and spatial variability on glacier surface melt in Chilean Patagonia. *Theoretical and Applied Climatology*, (査読有) DOI 10.1007/s00704-009-0248-0.
- (2) Barcaza, G, Aniya, M., Matsumoto, T. and Aoki, T. (2009) Satellite-derived equilibrium lines in Northern Patagonia Icefield, Chile, and their implications to glacier variations. *Arctic, Antarctic and Alpine Research*, **41** (2):174-182. (査読有)
- (3) Anma, R., Armstrong, R., Orihashi, Y., Ike, S.,

- Shin, K-C., Kon, Y., Komiya, T., Ota, T., Kagashima, S., Shibuya, T., Yamamoto, S., Veloso, E. E., Fannin, M. and Herve, F. (2009) Are the Taitao granites formed due to subduction of the Chile ridge? *Lithos*, **113**: 246-258. (査読有)
- (4) Schulte, R. F., Schilling, M., Anma, R., Farquhar, J., Horan, M., Komiya, T., Piccoli, P. M., Pitcher, L. and Walker, R. (2009) Chemical and chronologic complexity in the convecting upper mantle: Evidence from the Taitao ophiolite, southern Chile. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **73**: 5793-5819. (査読有)
- (5) Veloso, E. E., Anma, R., Yamaji, A., (2009) Ophiolite emplacement and the effects of the subduction of the Chile Ridge System: Heterogeneous paleostress regimes recorded in the Taitao Ophiolite (Southern Chile). *Andean Geology*, **36**: 3-16. (査読有)
- (6) Aniya, M., Barcaza, G. and Iwasaki, S. (2007) Recent glacier advances at Glaciar Exploradores, Hielo Patagonico Norte, Chile. *Bulletin of Glaciological Research*, **24**: 49-57. (査読有)
- (7) Aniya, M. (2007) Glacier variations of Hielo Patagonico Norte, Chile, for 1944/45 - 2004/2005. *Bulletin of Glaciological Research*, **24**: 59-70. (査読有)
- (8) 安仁屋政武 (2007) 南米チリ・北パタゴニア氷原の溢流氷河の1944/45-2004/05年の変動とその要因。ヒマラヤ学誌、**8**: 99-112. (査読有)
- (9) Veloso, E. E., Anma, R., Ota, T., Komiya, T., Kagashima, S. and Yamazaki, T. (2007) Paleocurrent patterns of the sedimentary sequence of the Taitao ophiolite constrained by anisotropy of magnetic susceptibility and paleomagnetic analyses. *Sedimentary Geol.*, **201**: 446-460. (査読有)
- (10) Shibuya, T., Komiya, T., Anma, R., Ota, T., Omori, S., Kon, Y., Yamamoto, S. & Maruyama, S. (2007) Progressive metamorphism of the Taitao ophiolite; Evidence for axial and off-axis hydrothermal alterations. *Lithos*, **98**, p. 233-260. (査読有)
- (11) Anma, R., Armstrong, R., Danhara, T., Orihashi, Y. & Iwano, H. (2006) Zircon sensitive high mass-resolution ion microprobe U-Pb and fission-track ages for gabbros and sheeted dykes of the Taitao ophiolite, Southern Chile, and their tectonic implications. *Island Arc*, **15**: 130-142. (査読有)
- (12) Motoki, A., Orihashi, Y., Naranjo, J. A., Hirata, D., Skvarca, P. & Anma, R. (2006) Geologic reconnaissance of Lautaro volcano, Chilean Patagonia. *Revista Geologica de Chile*, **33**: 177-187. (査読有)
- [学会発表] (計 14 件)
- (1) Skvarca, P., Marinsek, S. and Aniya, M. (2010): Documenting 23 years of area loss of Hielo Patagónico Sur, recent climate data and potential impact on Río Santa Cruz water discharge. International Glaciological Conference-Ice and Climate Change: A view from the South. Valdivia, Chile, 1-3 February 2010.
- (2) Matsumoto, T. (2010): Features of water and sediment discharges from the Glaciar Exploradores drainage basin, Chilean Patagonia. International Glaciological Conference-Ice and Climate Change: A view from the South, Valdivia, Chile, 1-3 February 2010.
- (3) Aoki, T. and Hori K. (2009): Lake-level change and fan delta evolution of glacial lakes in Northern Patagonia. Eos Transaction AGU, **90**(52), Fall Meeting. Suppl., Abstract EP41A-0588.17 December, 2009 San Francisco, USA
- (4) 安仁屋政武 (2009) : 南米パタゴニア氷原・ペリート・モレーノ氷河の小氷期の前進。日本地理学会発表要旨集、No. 76. 2009年日本地理学会秋期学術大会10月24~27日、琉球大学。P. 68
- (5) 榎本浩之・内藤望・杉山慎・津滝俊・福田明・安仁屋政武・磯野滋・Pedro Skvarca (2009) : 南パタゴニア氷原ペリート・モレーノ氷河動態観測- 2008/2009年観測報告。雪氷研究大会 (2009・札幌) 講演要旨集, p. 141 (P2-46)、2009.9.29-10.3。
- (6) 杉山慎・津滝俊・内藤望・榎本浩之・Pedro Skvarca (2009) : パタゴニア・ペリート・モレーノ氷河における日周期流動速度変化。雪氷研究大会 (2009・札幌) 講演要旨集, p. 189 (K2-08)、2009.9.29-10.3。
- (7) 安仁屋政武 (2009) : 南米パタゴニア氷原で発生した氷河湖決壊洪水。雪氷研究大会 (2009・札幌) 講演要旨集, p. 191 (K2-10)、2009.9.29-10.3。
- (8) 青木賢人・堀和明 (2009) : 北パタゴニア氷原周辺の氷河湖にみられるファンデルタ。日本地理学会発表要旨集, **75**, 201. (帝京大学) 2009.3.28-29
- (9) Aniya, M., Barcaza, G., Kamusoko, C. and Iribarren, P. (2008): Detection of glacier surface conditions and recent glacier variations in Patagonia using ALOS data. *Proceedings of ALOS PI 2008*

*Symposium, Island of Rhodes, Greece, 3—7 November 2008 (ESA SP-664, January 2009) CD-ROM, 6p.*

- (10) 内藤望, 榎本浩之, 縫村崇行, 福田明, 安仁屋政武, 上杉孝弘, 松本將, Pedro Skvarca (2008): 南パタゴニア氷原ペリート・モレノ氷河動態観測—2007, 2008年観測報告—。雪氷研究大会 (2008・東京), 東京都文京区, 2008/9/24.
- (11) Matsumoto, S., Hashimoto, T., Fukuda, A., Aniya, M., Naito, N. and Skvarca, P. (2008): High-precision observation of Perito Moreno Glacier at two observation points by stereo camera system. Inter-Academia 2008, Pécs, Hungary, 2008/9/15.
- (12) 青木賢人 (2008): 地球温暖化による南米パタゴニアにおける氷河の融解とその影響をめぐる最近の話題。日本地理学会発表要旨集, 73, 19. (獨協大学)2008.3.29-31
- (13) Aniya, M., Barcaza, G. and Kamusoko, C. (2007): Recent variations of some outlet glaciers of the Southern Patagonia Icefield, South America, using ALOS and Landsat data. *Proceedings of the First Joint PI Symposium of ALOS Data Nodes for ALOS Science Program in Kyoto*, November 19-23, 2007, Kyoto, CD-ROM, 4p.
- (14) Anma, R., Komiya, T., Ota, T., Shibuya, T., Kon, Y., Veloso-Espinosa, E. A., Armstrong, R., Kobayashi, C. (2007) Tectonic and magmatic evolution of the Taitao ophiolite and related granites, Southern Chile. 2007 Geological Society of America Annual Meeting, Denver, Colorado, p.131. October 28-31, 2007

[図書] (計2件)

- (1) 安仁屋政武 (2010) パタゴニアにおける氷河の消長。遠藤邦彦・山川修治・藁谷哲也編著『極圏・雪氷圏と地球環境』、二宮書店、東京、106-127。(分担執筆)
- (2) 青木賢人 (2009): 南米パタゴニアにみる氷河の融解・縮小—地球温暖化による自然災害と社会への影響—。『温暖化と自然災害—世界の六つの現場から』、日本地理学会災害対応委員会／平井幸弘・青木賢人編、古今書院、155ページ、85-108。(分担執筆)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

安仁屋 政武 (ANIYA MASAMU)  
筑波大学・名誉教授  
研究者番号: 10111361

### (2) 研究分担者

榎本 浩之 (ENOMOTO HIROYUKI)

北見工業大学・工学部・教授

研究者番号: 00213562

青木 賢人 (AOKI TATSUTO)

金沢大学・人間科学系・准教授

研究者番号: 30345649

堀 和明 (HORI KAZUAKI)

名城大学・理工学部・准教授

研究者番号: 70373074

安間 了 (ANMA RYO)

筑波大学・大学院生命環境科学研究科・講師

師

研究者番号: 70381595

丸岡 照幸 (MARUOKA TERUYUKI)

筑波大学・大学院生命環境科学研究科・准

教授

研究者番号: 80400646

### (3) 連携研究者

内藤 望 (NAITO NOZOMU)

広島工業大学・環境学部・准教授

研究者番号: 90368762

藤田 耕二 (FUJITA KOJI)

名古屋大学・大学院環境学研究科・准教授

研究者番号: 80303593

松元 高峰 (MATSUMOTO TAKANE)

北海道大学・大学院理学院自然史科学

部門・博士研究員(現チリ CIEP)

研究者番号: 20374209

杉山 慎 (SUGIYAMA SHINN)

北海道大学・低温科学研究所・講師

研究者番号: 20421951