

令和元年6月27日現在

機関番号：16102

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2014～2018

課題番号：26101002

研究課題名（和文）古代アメリカ文明の高精度編年体系の確立と環境史復元

研究課題名（英文）Chronology building and environmental reconstructions for the ancient American civilizations

研究代表者

米延 仁志（Yonenobu, Hitoshi）

鳴門教育大学・大学院学校教育研究科・教授

研究者番号：20274277

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 225,800,000円

研究成果の概要（和文）：中南米古代文明の高精度編年体系の確立、自然環境システムの変動を復元を目的とした。グアテマラ・セイバル遺跡の大規模で精密な層位的発掘調査、詳細な考古・自然遺物の分析及び豊富な試料の14C年代測定による精密な編年の結果、マヤ文明の初期の姿をより明らかとした。セイバル近くのペテシュバトゥン湖年縞堆積物を用いて、降水量変動を世界最高水準の時間分解能と年代決定精度で明らかとした。ペルー南部・ナスカ台地の遺跡出土材を用いてパラカス期後期からインカ期にわたる高精度14C編年が完成した。レーザー航空測量データから作成した赤色立体地図を用いて極めて効率性の高い新規遺跡の探査を可能とした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、グアテマラ・ペテシュバトゥン湖の年縞堆積物から、世界最高水準の年代決定精度を有する、過去の降水量記録が得られた。また、この熱帯域の気候変動が北半球レベルでの気温の変動にリンクして変動していることが判明した。低緯度地域での高精度な気候変動記録の成果は極めて少なく、地球環境の変動システムの解明に大きく貢献する成果である。同地域湖堆積物の考古植物分析からは、この地域の自然環境と人間活動との関わりを実証的に考察する貴重なデータが得られた。セイバル遺跡周辺の航空測量データから作成した赤色立体図は、広範囲の考古学遺跡の発見を極めて短時間で可能とするものであり、応用性の高いものである。

研究成果の概要（英文）：The objectives of this study was to build high-precision chronologies for the ancient civilizations in meso and south America and to reconstruct the past environmental changes using tree rings and annually laminated sediments. Annually laminated sediments recovered from Lake Petexbathun, south Maya Lowlands, Guatemala, were collected to build a high-resolution chronology of the past environmental changes. The high-resolution elemental analysis showed changes in hydrological changes for this region i.e., precipitation and the occurrence of floods. Air-borne Lidar data were analyzed to demonstrate that the red stereograms over the surrounding region of the Ceibal Archaeological Site were useful for exploring and discovering potential archaeological sites and structures.

研究分野：年輪年代学，古気候学

キーワード：古代アメリカ文明 年輪年代学 古環境学 高精度編年 環境復元 古環境 編年 古環境科学

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

これまで、地球上の様々な地域で極域氷床や海洋のボーリングコアなどを用いて古環境変動の実態と要因の解明に向けて精力的な努力がなされてきた。これらの古環境記録は、複雑な地球気候システムを理解し、今後の環境変動を予測するために重要な役割を果たしている。しかしながら、これらの試料は人類圏から遠く離れた地域に存在するか、あるいは時間分解能が非常に粗いため、環境の長期自然変動を研究するための試料としては適しているが、人類圏の環境と直接の関わりが少なく、また人間活動の痕跡が残りにくいという限界がある。本研究で用いる湖沼堆積物は人類が居住する陸域に遍在しており、上述の試料に比べて時間分解能が高く、過去の気候変動、人類居住域の立地環境や地震・津波、火山噴火等の自然史的イベントが検出できる。樹木年輪は、最も時間分解能が高い古環境試料である。年代決定の誤差が全く無いため、放射性炭素 ( $^{14}\text{C}$ ) 年代による編年の精度を格段に向上させることで極めて正確な年代軸が得られ、正確な環境史の復元が可能となるが、古環境記録の成果は北半球高緯度地域で多く、本領域が対象とする中米メソアメリカや南米アンデスが位置する低緯度域や南半球では極めて少ないため、今後のデータの蓄積が必要である。特に、 $^{14}\text{C}$  年代の較正曲線は低緯度域や南半球では未だ整備状況が遅れているため、年代のスレが 10 数年程度と依然として大きく、今後の課題となっている。

### 2. 研究の目的

本計画研究では、古代アメリカ文明の高精度編年を確立し、環境史を復元する。そのため、以下の 3 項目を目標とする。(1) 年輪年代法と放射性炭素年代法により古環境試料と遺跡出土遺物の高精度編年を実施する。(2) 湖沼堆積物・樹木年輪試料を用いて高い時間分解で環境史を復元する。堆積物と考古植物試料の分析では、地球化学分析、花粉分析、大型植物遺体等の分析から、古代文明が成立した立地環境や古気候、人間による環境改変の履歴等を明らかにする。さらに、樹木年輪試料を用いて 1 年単位での環境復元も試みる。計画研究 A02, A04 と連携し、古代アメリカの文明史と自然史データを多変量的に扱うことで文明の盛衰や脆弱性を分析する。(3) 計画研究 A02, A03 の航空測量に協力し、セイバル遺跡(メソアメリカ)・ナスカ(アンデス)の高精度の 3 次元地形モデル作成により、新たな遺構の痕跡や地上絵を探索する。本計画研究は、自然科学、考古学・人類学の融合的・実証的なデータに基づいて環境と人類社会の変動との関わりを探索する点で特色がある。

### 3. 研究の方法

本研究では、南米アンデスと中米メソアメリカで調査研究を行う。調査では、樹木年輪、湖沼堆積物、考古植物試料を収集する。ペルーではナスカ台地において遺構を探索し、長期の考古編年を構築する。木材試料等を収集し、 $^{14}\text{C}$  年代を測定する。その際、年輪年代法による相対編年を援用することで、これまでに無い高い精度でナスカ考古学の編年を行う。また、ペルー北部、チリ等で湖沼を探索し、ボーリング調査を実施する。メソアメリカではセイバル遺跡周辺の湖沼から年縞堆積物を採取する。両地域とも、堆積物試料では地球化学分析、花粉分析、自然災害による攪乱層の分析を行い、古気候、古代アメリカ諸文明の立地環境、人間による自然環境の履歴を復元する。考古遺跡から出土する植物遺体を収集し、過去の植物資源利用の実態を明らかにする。計画研究 A02, A03 が実施する航空測量のデータから、高精度の 3 次元地形モデルと赤色立体図を作成する。成果を計画研究 A02, A03 の考古学的発掘にフィードバックして、新たな遺構・地上絵の発見や、過去に遺構周辺で発生した洪水等の自然災害の履歴を復元することで古代アメリカ文明の考古学のみならず、観光資源開発や世界遺産遺跡の保存・修復に関する有用な情報も提供する。

### 4. 研究成果

本研究では、樹木年輪と湖沼堆積物を用いて、中米メソアメリカと南米アンデスの古代文明の高精度編年体系と、自然環境システムの変動を復元し、当時の人類社会・文明との関係を目的とした。主要なワークパッケージ(WP)は以下のとおり。(1) 中米・グアテマラ・マヤ低地南部 - (a) 湖沼堆積物調査・試料分析, (b) 航空測量データ解析と新規遺構の探索, (2) 南米・ペルー・ナスカ台地 - (a) 樹木年輪調査・試料分析, (b) 高精度 3D マッピングによるナスカ大地の立地環境の解析。WP(1)-(a) ペテシュバトゥン湖(GPB) 調査では約 9 メートルに渡る極めて良好な堆積物試料(GPB-pst)と表層堆積物(GPB-lim)の採取に成功した。GPB-pst について  $\mu\text{XRF}$  コアスキャナーを用いた高時間分解の元素分析を利用して年縞計数を実施した。公募研究(大森)の協力を得て、年縞中の葉試料の  $^{14}\text{C}$  年代を測定、堆積物の深度-年代モデルを作成した。さらに年縞画像から堆積速度を計測し、年輪年代法により年縞の年代を決定した。年代-深度モデルによる年代の推定誤差は約 4 年であり、世界最高水準の精度を有するものである。元素分析の結果から降水量変動の情報が、さらに過去の洪水記録を示唆する結果が得られた。一方で、この堆積物試料がカバーする年代は約 600 年間と短く、マヤ文明史(約 3000 年前~16 世紀)を完全にカバーできない。そのため、近隣のラスボサス湖(GLP)を用いて過去 3000 年間について、花粉分析、植物遺体の分析を進め、セイバル遺跡周辺の植生変化と人間活動との関わりを明らかにした。WP(1)-(b) 計画研究 A02 が実施したセイバル遺跡周辺 400km<sup>2</sup> のレーザー航空測量データから赤色立体地図を作成した。赤色立体図では人工的な構造物が多数発見され、現地確認により、赤色立体図が広域の遺跡探査に非常に有効な手法であることが確認された。考古遺跡候補をピックアップした詳細なカタログが作成され計画研究 A02 に提供した。WP(2)-(a) ペルー南部・ナスカ台地の遺跡から出土する主要な木材試料(ワランゴ, エスピーノ)について、現生木の植生・立

地環境の現地調査を行った。これらの樹種は極めて複雑で不斉な組織構造を持つ樹種であり、年輪の認定方法の確立に苦慮したが、高解像度の画像計測システムを新規に開発し、ターミナル柔細胞とよばれる矮小な細胞要素で年輪の境界が判定に有効であることが明らかとなった。また、現地での植生・立地調査の結果、これらの樹種は伏流水の地下水面の上昇によって形成されていることが明らかとなった。これらの成果に基づき、計画研究 A03 から提供されたナスカ地域の古材の高精度  $^{14}\text{C}$  年代測定を実施し、パラカス期後期からインカ期にわたる  $^{14}\text{C}$  編年が完成した。その他、研究項目 A02 の研究分担者（福原、嘉幡）に協力して、メキシコチョルーラ遺跡のドローン空撮と近隣湖沼の堆積物採取を実施した。その結果、同遺跡の植生被覆を除去した、高精度の 3D マッピングが完成した。この成果によって、レーザー航空測量と比べはるかに安価でかつ同程度の調査が可能となった。本研究では、WP(1)-(a)における GPB 調査で当初計画通りの成果が得られなかったものの、GLP でその欠点をカバーした。その他の研究についても当初計画で期待した成果が得られた。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 36 件)

1. Jon C. Lohs, W. Derek Hamilton, Mark Brenner, Jason Curtis, Takeshi Inomata, Molly Morgan, Karla Cardona, Kazuo Aoyama, and Hitoshi Yonenobu Late Holocene volcanic activity and environmental change in Highland Guatemala. *Quaternary Science Reviews* 191:378-392, 2018, 査読有.
2. Takeshi Inomata, Daniela Triadan, Flory Pinzon, Melissa Burham, Jose Luis Ranchos, Kazuo Aoyama and Tsuyoshi Haraguchi Archaeological application of airborne LiDAR to examine social changes in the Ceibal region of the Maya lowlands. *PLOS ONE* 13(2): e0191619, 2018, 査読有.
3. Wataru Sakashita, Yusuke Yokoyama, Hiroko Miyahara, Takahiro Aze, Stephen P. Obrochta, Motonari Ohyama, Hitoshi Yonenobu, Assessment of Northeastern Japan Tree-Ring Oxygen Isotopes for Reconstructing Early Summer Hydroclimate and Spring Arctic Oscillation, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 19(9):3520-3528, 2018.
4. Inagaki Tetsuya, Yonenobu Hitoshi, Asanuma Yuuki, Tsuchikawa Satoru, Determination of physical and chemical properties and degradation of archeological Japanese cypress wood from the Tohyamago area using near-infrared spectroscopy, *Journal of Wood Science*, 64(4) 347-355 2018.
5. Yamashita Taiji, Miyamoto Kenji, Yonenobu Hitoshi\*, Short-time pretreatment of wood with low-concentration and room-temperature ionic liquid for SEM observation, *Microscopy*, 67(5), 259-265, 2018.
6. Danielle McLean, Paul G. Albert, Takeshi Nakagawa, Takehiko Suzuki, Richard A. Staff, Keitaro Yamada, Ikuko Kitaba, Tsuyoshi Haraguchi, Junko Kitagawa, SG14 Project Members, Victoria Smith, Integrating the Holocene tephrostratigraphy for East Asia using a high-resolution cryptotephra study from, Lake Suigetsu (SG14 core), central Japan, *Quaternary Science Reviews*, 183, 36-58, 2018.
7. 大山幹成. 年輪年代学の最近の進展. *考古学と自然科学*, 76: 15-35, 2018.
8. Mitsuru Okuno, Toshio Nakamura, Minoru Sakamoto, Shinya Yatsuzuka, Teruki Oikawa, Nobuo Geshi, Yasuharu Hoshino, Toshihiko Takahashi, Eruption age of the Haruna Futatsudake Pumice (Hr-FP), central Japan, by radiocarbon wiggle matching with special reference to a  $^{14}\text{C}$  dataset developed from a Japanese tree, *Quaternary International*, 2018, DOI: 10.1016/j.quaint.2018.12.023 (in press).
9. Hiroo Nasu, Prehistoric transitions to sedentarization and agriculture in temperate and tropical regions, *Senri Ethnological Studies* 95 19-34 2017.
10. Takeshi Inomata, Flory Pinzon, Jose Luis Ranchos, Tsuyoshi Haraguchi, Hiroo Nasu, Juan Carlos Fernandez-Diaz, Kazuo Aoyama and Hitoshi Yonenobu Archaeological Application of Airborne LiDAR with Object-Based Vegetation, Classification and Visualization Techniques at the Lowland Maya Site of Ceibal, Guatemala. *Remote Sensing* 9(6):1-27, 2017, 査読有.
11. Takeshi Inomata, Daniela Triadan, Jessica MacLellan, Melissa Burham, Kazuo Aoyama, Juan Manuel Palomo, Hitoshi Yonenobu, Flory Pinzón and Hiroo Nasu High-precision radiocarbon dating of political collapse and dynastic origins at the Maya site of Ceibal, Guatemala. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(6):1293-1298, 2017, 査読有.
12. Shunsuke Tei, Atsuko Sugimoto, Maochang Liang, Hitoshi Yonenobu, Yojiro Matsuura, Akira Osawa, Hisashi Sato, Junichi Fujinuma, Trofim Maximov, Radial Growth and Physiological Response of Coniferous Trees to Arctic Amplification, *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences* 122(11) 2786-2803 2017.
13. Sakashita Wataru, Miyahara Hiroko, Yokoyama Yusuke, Aze Takahiro, Nakatsuka Takeshi, Hoshino Yasuharu, Ohyama Motonari, Yonenobu Hitoshi, Takemura Keiji, Hydroclimate reconstruction in central Japan over the past four centuries from tree-ring

- cellulose  $^{18}\text{O}$ , *Quaternary International* 455 1-7 2017.
14. Shunsuke Tei, Atsuko Sugimoto, Hitoshi Yonenobu, Yojiro Matsuura, Akira Osawa, Hisashi Sato, Junichi Fujinuma, Trofim Maximov, Tree-ring analysis and modeling approaches yield contrary response of circumboreal forest productivity to climate change, *Global Change Biology* 23(12) 5179-5188 2017.
  15. Ikuko Kitaba, Takeshi Nakagawa (2017) Black ceramic spheres as marker grains for microfossil analyses, with improved chemical, physical, and optical properties, *Quaternary International*, 455, 166-169, 2017.
  16. Ikuko Tanaka, Masayuki Hyodo, Yuusuke Ueno, Ikuko Kitaba, Hiroshi Sato, High-resolution diatom record of paleoceanographic variations across the Early-Middle Pleistocene boundary in the Chiba Section, central Japan, *Quaternary International*, 455, 141-148, 2017.
  17. Masayuki Hyodo, Balázs Bradák, Makoto Okada, Shigehiro Katoh, Ikuko Kitaba, David L. Dettman, Hiroki, Hayashi, Koyo Kumazawa, Kotaro Hirose, Osamu Kazaoka, Kizuku Shikoku, Akihisa Kitamura, Millennial-scale northern Hemisphere Atlantic-Pacific climate teleconnections in the earliest Middle Pleistocene, *Scientific Reports*, 7, 10036, 2017.
  18. Müller Stefanie, Schmidt Mareike, Kossler Annette, Leipe Christian, Irino Tomohisa, Yamamoto Masanobu, Yonenobu Hitoshi, Goslar Tomasz, Kato Hirofumi, Wagner Mayke, Palaeobotanical records from Rebun Island and their potential for improving the chronological control and understanding human-environment interactions in the Hokkaido Region, Japan, *The Holocene* 26(10) 1646-1660 2016.
  19. Junko Kitagawa, Yoshimune Morita, Mirosław Makohonienko, Katsuya Gotanda, Kazuyoshi Yamada, Hitoshi Yonenobu, Ikuko Kitaba, Yoshinori Yasuda, Understanding the human impact on Akita-sugi cedar (*Cryptomeria japonica*) forest in the late Holocene through pollen analysis of annually laminated sediments from Ichi-no-Megata, Akita, Japan, *Vegetation History and Archaeobotany* 25(6) 525-540 2016.
  20. Kenta Maegakiuchi, Masayuki Hyodo, Ikuko Kitaba, Kotaro Hirose, Shigehiro Katoh, Hiroshi Sato, Brief sea-level fall event and centennial to millennial sea-level variations during Marine Isotope Stage 19 in Osaka Bay, Japan, *Journal of Quaternary Science*, 31, 809–822, 2016.
  21. Shimoda Ichita, Haraguchi Tsuyoshi, Chiba Tatsuro, Shimoda Mariko. The Advanced Hydraulic City Structure of the Royal City of Angkor Thom and Vicinity Revealed through a High-Resolution Read Relief Image Map, *Archaeological Discovery*, 4, 22-36, 2016.
  22. Takashi Chiba, Kunihiko Endob, Toshihiko Sugai, Tsuyoshi Haraguchi, Reisuke Kondo, Jumpei Kubota. Reconstruction of Lake Balkhash levels and precipitation/evaporation changes during the last 2000 years from fossil diatom assemblages, *Quaternary International*, 397, 330–341, 2016.
  23. Inomata, Takeshi, Jessica MacLellan, Daniela Triadan, Jessica Munson, Melissa Burham, Kazuo Aoyama, Hiroo Nasu, Flory Pinzón, Hitoshi Yonenobu Development of Sedentary Communities in the Maya Lowlands: Coexisting Mobile Groups and Public Ceremonies at Ceibal, Guatemala. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(14):4268-4273, 2015, 査読有.
  24. 山下泰史, 宮本賢治, 尾崎士郎, 米延仁志, プラクトンの走査型電子顕微鏡観察のためのイオン液体を用いた前処理方法, *医学生物学電子顕微鏡技術学会誌* 29(1) 20-24 2015.
  25. Akira Hayashida, Ryoma Nakano, Aya Nagashima, Koji Seto, Kazuyoshi Yamada, Hitoshi Yonenobu, Magnetic properties of surficial sediments in Lake Ogawara on the Pacific coast of northeastern Japan: spatial variability and correlation with brackish water stratification, *Earth, Planets and Space* 67(1) 171 2015.
  26. Hiroto Takamiya, Mark J. Hudson, Hitoshi Yonenobu, Taiji Kurozumi, Takeji Toizumi, An extraordinary case in human history: Prehistoric hunter-gatherer adaptation to the islands of the Central Ryukyus (Amami and Okinawa archipelagos), Japan, *The Holocene* 26(3) 408-422 2015.
  27. Tei Shunsuke, Yonenobu Hitoshi, Sugimoto Atsuko, Ohta Takeshi, Maximov Trofim C, Reconstructed summer Palmer Drought Severity Index since 1850 AD based on  $^{13}\text{C}$  of larch tree rings in eastern Siberia, *Journal of Hydrology* 529 442-448 2015.
  28. Tei Shunsuke, Yonenobu Hitoshi, Suzuki Shinya, Ohyama Motonari, Gotanda Katsuya, Nakagawa Takeshi, Sugimoto Atsuko, Reconstructed July temperatures since AD 1800, based on a tree-ring chronology network in the Northwest Pacific region, and implied large-scale atmospheric-oceanic interaction, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 435 203-209 2015.
  29. Masayuki Hyodo, Ikuko Kitaba, Timing of the Matuyama–Brunhes geomagnetic

reversal: Decoupled thermal maximum and sea-level highstand during Marine Isotope Stage 19, *Quaternary International*, 383, 136-144, 2015.

30. 青山和夫, 米延仁志, 坂井正人, 鈴木紀「『古代アメリカの比較文明論』プロジェクトの目標と展望」『古代アメリカ』17: 119-127, 2014, 査読有.

〔学会発表〕(計 92 件)

1. Ikuko Kitaba, Masayuki Hyodo, Takeshi Nakagawa, Shigehiro Katoh, David L. Dettman, Hiroshi Sato, Cosmic rays' impact on climate is likely caused by cloud formation mechanisms, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, Makuhari, Japan, May 20-25, 2017.
2. Ikuko Kitaba, Footprints of the Sun Left in a Tropical Lake, Japanese-American Frontiers of Science (JAFoS) Symposium 2016, Irvine, USA, December 2-4, 2016.
3. Ikuko Kitaba, Masayuki Hyodo, Takeshi Nakagawa, Shigehiro Katoh, David L. Dettman, Hiroshi Sato, Selective cooling on land supports cloud formation by cosmic ray during geomagnetic reversals, 2017 AGU Fall Meeting, New Orleans, USA, December 11-15, 2017.
4. Hakozaki, M., Nakamura, T., Ohyama, M., Kimura, J., Sano, M., Kimura, K., Nakatsuka T. : Verification for the absolute age of an oxygen isotopic tree-ring chronology in the northern Japan based on 774-775 carbon-14 spike. The Eighth World Archaeological Congress (WAC-8), Kyoto, 29th August 2016
5. Ikuko Kitaba, Richard A. Staff, Yoshitsugu Shinozuka, Kazuyoshi Yamada, Katsuya Gotanda, Junko Kitagawa, Tsuyoshi Haraguchi, Takeshi Nakagawa, Hitoshi Yonenobu, Spatio-temporal structure of deglacial climate change: climate changes reconstructed from varved sediments of Lake Ichi-no-megata, Northern Japan, and its correlation with global references, XIX INQUA Congress 2015, Nagoya, Japan, July 26 - Aug. 02, 2015. (Oral)
6. Sakashita, W., Miyahara, H., Yokoyama, Y., Nakatsuka, T., Aze, T., Hoshino, Y., Ohyama, M., Yonenobu, H., Takemura, K.: A humid climate in central Japan at the end of the Little Ice Age, 第 138 回 地球電磁気・地球惑星圏学会 (2015 年 秋学会), 東京大学 (東京), 2015. 11.3.

〔図書〕(計 2 件)

1. 青山和夫, 米延仁志, 坂井正人, 鈴木紀 (編著)『古代アメリカの比較文明論: メソアメリカとアンデスの過去から現代まで』京都大学学術出版会、印刷中、2019 年 8 月刊行予定.
2. 五反田克也(井上幸孝、佐藤暢編、『人間と自然環境の世界誌』)分担執筆、専修大学出版局、277pp、2017、査読なし

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年:

国内外の別:

取得状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

<http://dendro.naruto-u.ac.jp/csasc/>

<https://www.facebook.com/csaacx00/?ref=bookmarks>

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名: 大山幹成

ローマ字氏名: OHYAMA, Motonari

所属研究機関名: 東北大学

部局名：学術資源研究公開センター  
職名：助教  
研究者番号（8桁）：00361064  
研究分担者氏名：北場育子  
ローマ字氏名：KITABA, Ikuko  
所属研究機関名：立命館大学  
部局名：総合科学技術研究機構古気候学研究センター  
職名：准教授  
研究者番号（8桁）：60631710  
研究分担者氏名：五反田克也  
ローマ字氏名：GOTAND, Katsuya  
所属研究機関名：千葉商科大学  
部局名：国際教養学部  
職名：教授  
研究者番号（8桁）：40453469  
研究分担者氏名：那須浩郎  
ローマ字氏名：NASU, Hiroo  
所属研究機関名：岡山理科大学  
部局名：生物地球学部  
職名：准教授  
研究者番号（8桁）：60390704  
研究分担者氏名：原口強  
ローマ字氏名：HARAGUCHI, Tsuyoshi  
所属研究機関名：大阪市立大学  
部局名：大学院理学研究科  
職名：准教授  
研究者番号（8桁）：70372852

## (2)研究協力者

研究協力者氏名：星野安治  
ローマ字氏名：HOSHINO, Yasuharu  
研究協力者氏名：千葉達郎  
ローマ字氏名：CHIBA, Tatsuro  
研究協力者氏名：小田寛貴  
ローマ字氏名：ODA, Hirotaka  
研究協力者氏名：鈴木伸哉  
ローマ字氏名：SUZUKI, Shinya  
研究協力者氏名：鄭俊介  
ローマ字氏名：TEI, Shunsuke  
研究協力者氏名：  
ローマ字氏名：Dieter Eckstein  
研究協力者氏名：  
ローマ字氏名：Flory Pinzon  
研究協力者氏名：  
ローマ字氏名：Ricardo Giron Rodas  
研究協力者氏名：  
ローマ字氏名：Leticia Miguel Ros

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。