

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 20 日現在

機関番号：32503

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23403015

研究課題名(和文) ロナクレーター湖底堆積物を用いたインド亜大陸気候変動の解明と火星環境への応用

研究課題名(英文) Investigation on lake sediments of Lonar impact crater, India: applications for Asian climate change and Mars paleoenvironments

研究代表者

松井 孝典 (Matsui, Takafumi)

千葉工業大学・惑星探査研究センター・所長

研究者番号：80114643

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 15,000,000円、(間接経費) 4,500,000円

研究成果の概要(和文)：インド・ロナクレーターの調査結果、クレーターに注ぎ込む水を供給している地下の帯水層の存在を示唆する地質データを取得し、それを地形学的に解析することで、乾季と雨季での水の供給メカニズムを明らかにした。また、その知見を元に、火星上の湖底堆積物や水による浸食をうけたクレーターの、地形学的・地質学的解釈を行ない、太古の火星における水供給・循環プロセスを議論した。さらに、ロナクレーターに露出した岩石の年代測定を行い、クレーター形成後の浸食過程の速度や時間スケールを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Based on geological survey of Lonar crater, India, we revealed hydrological cycles surrounding the crater, especially responses to Asian monsoon. We also discussed formation processes of lake sediments on ancient Mars, based on the knowledge of formation and modification processes occurring on the Lonar crater. In addition, we investigated the surface ages from the cosmogenic species contained in the rocks surrounding the crater. We discussed the erosion rate and its timescales on the Earth and ancient Mars.

研究分野：数物系科学A

科研費の分科・細目：地質学

キーワード：惑星科学 惑星探査 古気候 アジアモンスーン 衝突クレーター 堆積学

1. 研究開始当初の背景

ロナクレーターとは、インド亜大陸デカン高原中央部に位置する、直径 1.8 km の天体衝突クレーターであり、内部に閉鎖的な湖(クレーター湖)が存在する。以下に詳細を述べるように、このクレーターには、惑星地質学的、および古気候学的に地球上で他に類を見ない特徴がある。そのため、両分野における世界的なトップサイエンスを展開することができる、極めて重要なフィールドとなるポテンシャルを秘めている。

ロナクレーターに関する第一の重要な特徴は、衝突クレーターとしては形成年代が非常に若く(5万2千年前もしくは66万年前)、地質学的時間スケールでは、まだ“形成途中”のクレーターといえる点である。イジェクタがまだ侵食されず、その形態を留めているのは、現在報告されている中ではロナクレーターのみであり、緩和過程にある、地球上で唯一のクレーターといえる。また、広がったイジェクタの形態が、火星上で見られる“ランパート”と呼ばれる、水を含んだ地殻への衝突で形成される独特な形をとっている。

しかし、クレーター内部に着目した研究はこれまで行われていない。実際、まだ緩和過程にあるロナクレーターでは、クレーターリム付近の随所から地下水が内部に流れ出し、内壁を侵食しながら湖を形成している。クレーター湖の形成は、湖底堆積物の存在などから、地球や火星において広く起きうると考えられている。

2. 研究の目的

本申請の目標は、ロナクレーター周辺堆積物の宇宙線照射年代から形成年代を推定し、クレーターの物理風化速度やメカニズムを明らかにすること、また、クレーター周辺の水循環過程を明らかにして太古の火星環境の制約を行うこと、さらにはクレーター内部の湖において、ドリルコア掘削により湖底堆積物を採取し、得られたサンプルを用いて、化学分析・有機物分析・鉱物分析による湖水中の古環境復元と、花粉分析・化学分析による周辺古気候の復元を行なうことである。また、総合的に周辺地質調査も行い、クレーター湖の形成地質過程と形成後から現在までの化学組成の変化過程を解明する。

3. 研究の方法

ロナクレーターの地質調査を行ない、クレーター内のデルタ地形の地質調査、湖水供給源の地質調査を実施する。さらには、放出物由来の石英に含まれる宇宙線生成核種から、クレーター形成年代と風化速度を推定する。クレーター中心部で、本格的な 100 300 m 程度のドリルコア掘削を行なう。得られた試料については、鉱物分析、化学分析、有機物分析、花粉分析を行なう。

これらの分析には、千葉工大、東大、総研大に設置されている分析装置を用いる。

4. 研究成果

インド国立地球物理研究所の研究者らと共にロナクレーターの調査結果の解析、および採取試料の分析を行なった。調査により、クレーターに注ぎ込む水を供給している地下の帯水層の存在を示唆する地質データを取得し、それを地形学的に解析することで、乾季と雨季での水の供給メカニズムを明らかにした。また、その知見を元に、火星上の湖底堆積物や水による浸食を受けたクレーターの、地形学的・地質学的解釈を行ない、太古の火星における水供給・循環プロセスを議論した。

また、表面に露出したイジェクタ層やクレーターリムから表面照射年代測定を行うことができる石英サンプルをもちかえり、分析を進めた。その結果、クレーターリムに比べて、イジェクタ層の方が古い表面照射年代を示した。このことは、イジェクタは非常に速く侵食されるという従来の説と相反する結果であり、物質的な証拠からクレーター形成後の侵食過程の時間スケールやそれらが起きる時期について新たな知見を得られた。

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10件)

(1) Ohno, S. et al., Gas recovery experiments to determine the degree of shock-induced devolatilization of calcite, Shock Compression of Condensed Matter, AIP Conf. Proc., 2014, in press.

(2) Komatsu, G., et al., Drainage systems of Lonar crater, India: Contributions to Lonar lake hydrology and crater degradation. Planetary and Space Science, 2014, 95, 45-55

(3) 小松吾郎, 火星探査計画の動向：地球の類似地質・地形の重要性と地質学者の役割、地質学雑誌、2012、118、597-605

(4) 並木則行 他、ローバによる火星地質調査計画、地質学雑誌、2012、118、606-617

(5) 後藤和久 他、火星の海・湖・アウトフローチャンネルの比較惑星地質学、地質学雑誌、2012、118、618-631

(6) 石丸亮 他、火星のメタン、地質学雑誌、

2012、118、664-674

(7) 後藤和久 他、GIS を用いた火星画像・地形データの解析法、地質学雑誌、2012、118、683-688

(8) 関根康人、鉱物・化学組成から読み取る火星の環境変動史、地質学雑誌、2012、118、650-663

(9) 門屋辰太郎 他、地球惑星環境進化論、遊星人、2012、21、294-306

(10) Heldmann, J. et al., LCROSS (Lunar Crater Observation and Sensing Satellite) observation campaign: Strategies, implementation, and lessons learned. Space Science Review, 2012, 167, 93 - 140

〔学会発表〕(計10件)

(1) Ohno S. et al., An experimental study of shock-induced devolatilization of calcite, Lunar and Planetary Sci. Conf., 2014 Mar. 18th, USA

(2) Kurosawa, K. et al., Ultrafast imaging observations of the impact jetting during oblique impacts, 2014 Mar. 18th, Lunar and Planetary Sci. Conf., USA

(3) Chang Y. et al., Vertical profile of PDF orientations and grain size distribution of shocked quartz in the Yaxcopoil-1 core, Chixulub impact structure, Mexico: Constraints on the ejecta deposition processes, Lunar and Planetary Sci. Conf., 2014 Mar. 18th, USA

(4) Nakamura A. et al., Formation age and geomorphologic history of the Lobar impact crater deduced from in-situ cosmogenic ¹⁰Be and ²⁶Al, AGU Fall meeting, 2013 Dec. 10, USA

(5) 関根康人、惑星における地球科学、地球における惑星科学、日本地質学会、2013年9月15日、仙台

(6) Komatsu G. et al., The drainage systems developing on the hydrological active impact crater, Lobar, India, 44th Lunar and Planetary Science conference, 2013 Mar. 18, USA

(7) Sekine, Y., et al., Laboratory and theoretical simulations of hypervelocity impacts: implications for the origin and evolution of planets, 13rd Workshop on Impact on solar system

objects, 2013 Jan. 6, India

(8) Komatsu G. et al., The drainage systems developing on the hydrologically active impact crater, Lobar, India, 3rd Conference on terrestrial Mars analogues, 2012 Oct.25, Morocco

(9) Sekine Y. et al., Co-evolution of the atmosphere, oceans, interior, and life on Earth, 9th international school of planetary science, 2012 Jun. 28, Japan

(10) 中村淳路 他、ロナクレーター堆積物を用いたインドモンスーン復元、日本地球惑星科学連合、2012年5月23日、幕張

〔図書〕(計4件)

(1) 関根康人、土星の衛星タイタンに生命がいる 地球外生命を探る最新研究、小学館新書、2013、221 ページ

(2) 松井孝典、スリランカの赤い雨 生命は宇宙から飛来するか、角川学芸出版、2013、220 ページ

(3) 松井孝典、生命はどこからきたのか？ アストロバイオロジー入門、文春新書、2013、296 ページ

(4) 後藤和久、小松吾郎、Google Earth 出歩く火星旅行、岩波書店、2012、128 ページ

〔産業財産権〕

出願状況 (計0件)

取得状況 (計0件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松井 孝典 (MATSUI, Takafumi)

千葉工業大学・惑星探査研究センター・
所長

研究者番号：80114643

(2) 研究分担者

小松 吾郎 (KOMATSU, Goro)

千葉工業大学・惑星探査研究センター・
客員主任研究員

研究者番号：30600853

後藤 和久 (GOTO, Kazuhisa)

東北大学・災害科学国際研究所・准教授
研究者番号：10376543

関根 康人 (SEKINE, Yasuhiro)

東京大学・大学院新領域創成科学研究

科・講師

研究者番号： 60431897

那須 浩郎 (NASU, Hiroo)

総合研究大学院大学・先端化学研究科・

助教

研究者番号： 60390704