

5億5千万年前の生物進化に関わる 世界最古の巣穴化石を発見！

名古屋大学博物館・大学院環境学研究科の大路 樹生 教授、同研究科の矢田 圭吾元大学院生らは、ウィスコンシン大学の Stephen Q. Dornbos 准教授、高知大学の長谷川 精 講師、モンゴル科学技術大学の Sersmaa Gonchigdorj 講師、岩手県立博物館の望月 貴文 学芸員、東北大学の井龍 康文 教授、高柳 英子 助教らとの共同研究において、モンゴル西部のエディアカラ紀^{注1}後期（約 5.5 億年前）の地層から、海底下に潜入する生物の巣穴化石を発見しました。

この巣穴化石は泥質石灰岩の地層の中に多数発見され、地層面（すなわち当時の海底面）からは丸いパイプ状の穴として見られますが、中では U 字状に曲がってつながっています（図 3～5 参照）。そして、この構造が当時の海底面の下に、少なくとも 4cm 潜って生活していた動物の巣穴であることが分かりました。

この発見により、従来カンブリア紀（5.4 億年前以降）に起きたと考えられていた「カンブリア紀^{注2}の農耕革命」、すなわち、動物による活発な巣穴形成と海底のかく乱が、モンゴル西部では、より早くエディアカラ紀に始まっていたことが初めて明らかになりました。このような巣穴を形成する動物は、前後に伸び、一方で摂食を行い、他方で排泄を行う運動性を持った動物であることが推察され、左右相称動物^{注3}がエディアカラ紀に存在したことを強く示唆しています。カンブリア紀の動物の爆発的出現と多様化は、ダーウィン以来の生物学上の謎として知られていますが、今回の発見は、この進化の大事件の実態解明において重要な知見となると考えられます。この研究成果は、平成 30 年 2 月 28 日付（日本時間 9 時 01 分）英国科学雑誌 Royal Society Open Science 誌電子版に掲載されました。

【ポイント】

- ・モンゴルの約 5.5 億年前の地層から、初めて「海底下に潜って生活する動物の巣穴」が多数発見されたこと
- ・その産出時代が、カンブリア紀以前のエディアカラ紀であること
- ・従来、このような巣穴化石はカンブリア紀以降にしか知られていなかったこと
- ・この発見により、よく知られた概念である「カンブリア紀の農耕革命」が、それ以前のエディアカラ紀に始まっていたこと
- ・巣穴を形成したと考えられる左右相称動物が、エディアカラ紀に存在した強い証拠が得られたこと

【研究背景と内容】

カンブリア紀（約 5.4 億～5 億年前）は、多種の海洋動物が爆発的に進化した時代として知られ、この急速な動物進化は「カンブリア爆発」と呼ばれています。今までカナダや中国等から様々な化石が発見され、報告されてきました。しかし、その前の時代であるエディアカラ紀からは多細胞動物の化石はほとんど産出せず、この時代に動物進化がどのように行われたのかについては多くの謎が残されています。我々はモンゴル西部を調査地を選び、カンブリア紀初期の地層とエディアカラ紀の地層を調査し、多細胞動物の進化を明らかにする目的で研究を行ってきました。

今回報告するのは、モンゴル西部のゴビ・アルタイ県バヤンゴル渓谷に分布する地層から発見された動物の巣穴化石です。この地層は細かい泥粒子が多く含まれる石灰岩でできています。（図 1）



図 1. バヤンゴル渓谷のエディアカラ紀（約 5.5 億年前）の地層（板状の石灰岩）
この石灰岩と周辺の石灰岩から、動物の巣穴化石が多数見つかった

下の地層の表面を見ると、数 mm から 1cm 程度の丸い穴が多数空いているのが分かります。(図2) この地層の表面は、かつて海底の表面であったところです。すなわち、これらの丸い穴は、当時の海底の表面に開いていたことになります。

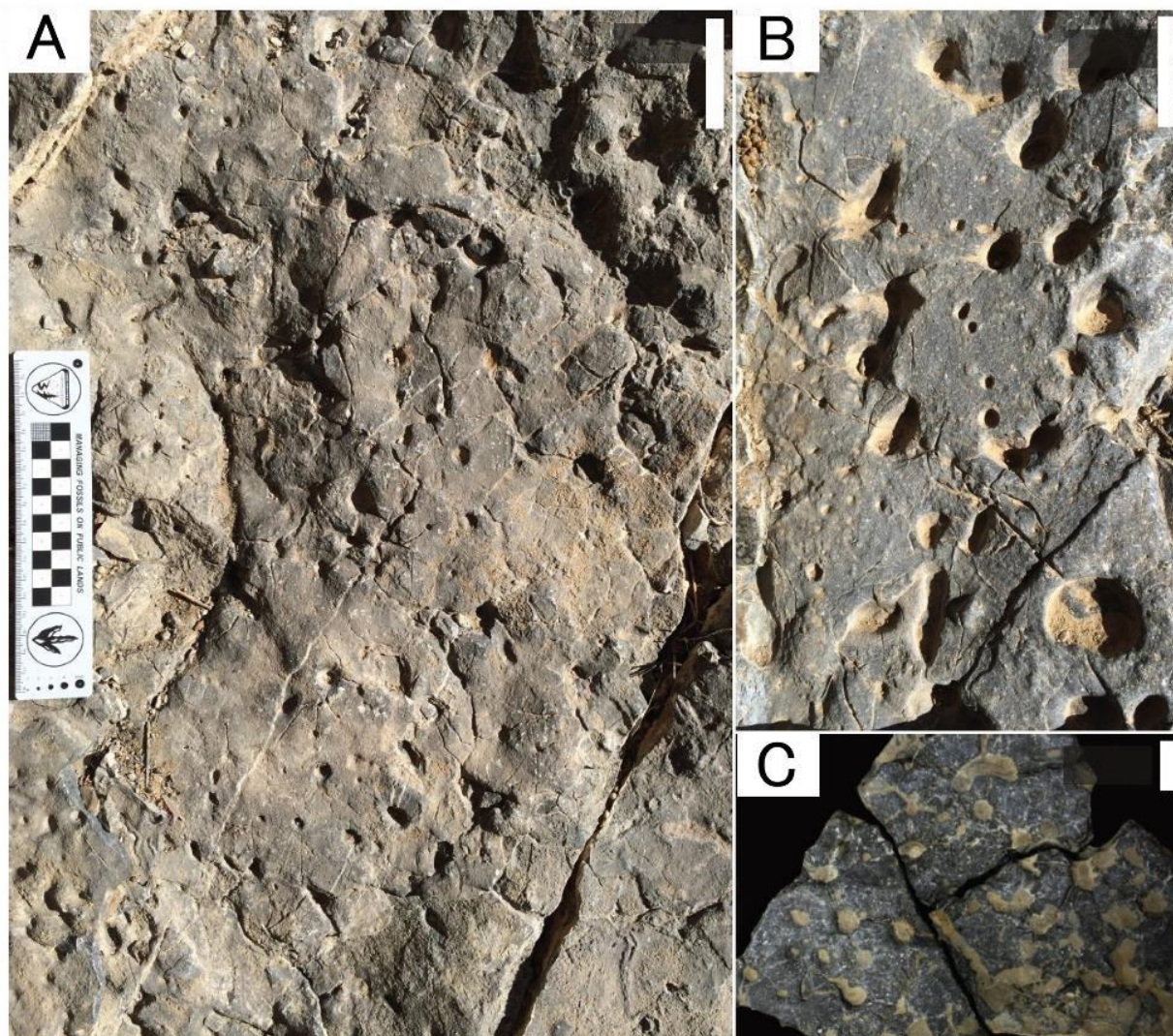


図2. バヤンゴル溪谷のエディアカラ紀の地層の表面（地層面、当時の海底面）に見られる多数の丸い穴。これらは当時海底に潜って生息していた動物の巣穴と考えられる。

これらの丸い穴が地層の中でどのような形をしているのかを知るため、地層の断面の構造を調べたところ、2つの穴が中につながり、「U字」状の構造を持っていることが分かりました。(図3) さらに、巣穴を含んだ石灰岩を連続的に切断し、中の巣穴の構造を調べたところ、やはり、これらも「U字」状の形態を持っていることが分かりました。(図4) これらの形態を持っている巣穴は、*Arenicolites* という名前が付いた生痕化石^{注4}であることが知られています。



図3. 巣穴を含む石灰岩の断面（垂直方向）の様子。上方の地層面（当時の海底面）から下に伸びた巣穴が中でつながり、全体として「U字」状の形態をしていることが分かる。

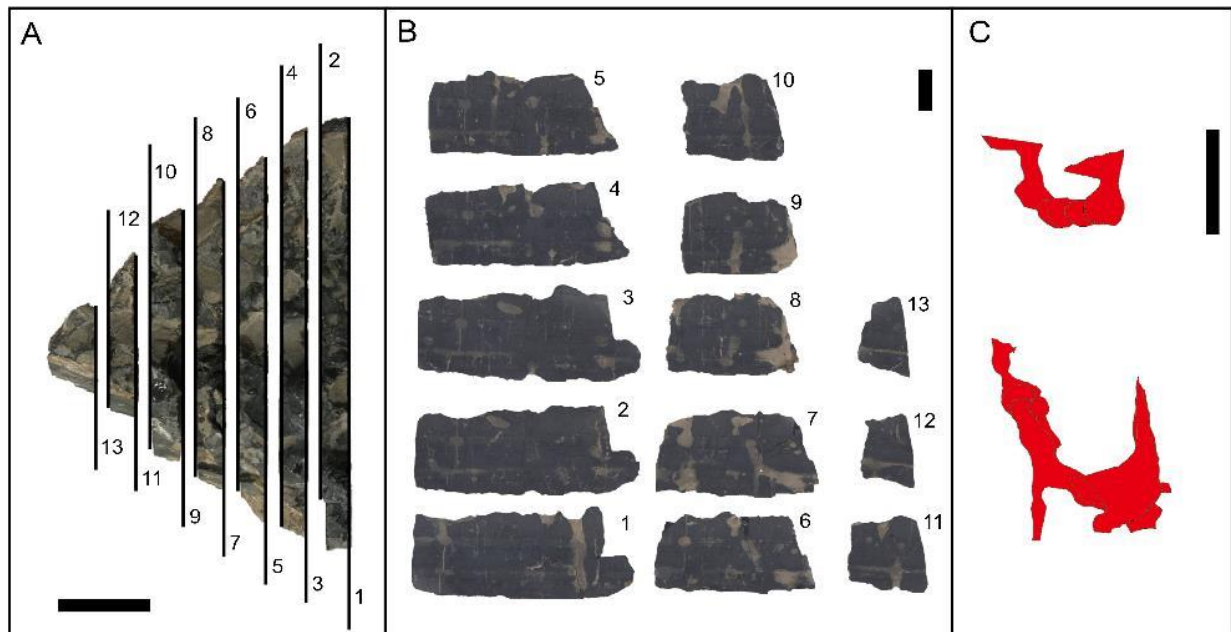


図4. 巣穴を含む石灰岩の連続切片（垂直方向の断面）と、それをトレースした図（C）。計13面の断面（B）を重ね合わせることで、中の巣穴が全体として「U字」状の形態をとっていたことが分かる。

これらのU字状の巣穴を作った動物は、おそらく前後に伸びた形を持ち、一方は摂食のための口が開き、もう一方は排泄のための肛門を持っていたと推測されます。また、海底から下に、少なくとも4cm掘り込むような活動性を持っていたと考えられます。このことから、この巣穴 (*Arenicolites*) を形成した動物は、左右相称動物と呼ばれる、筋肉組織の発達した進化した段階の多細胞動物であったことが推察されます (図5)。

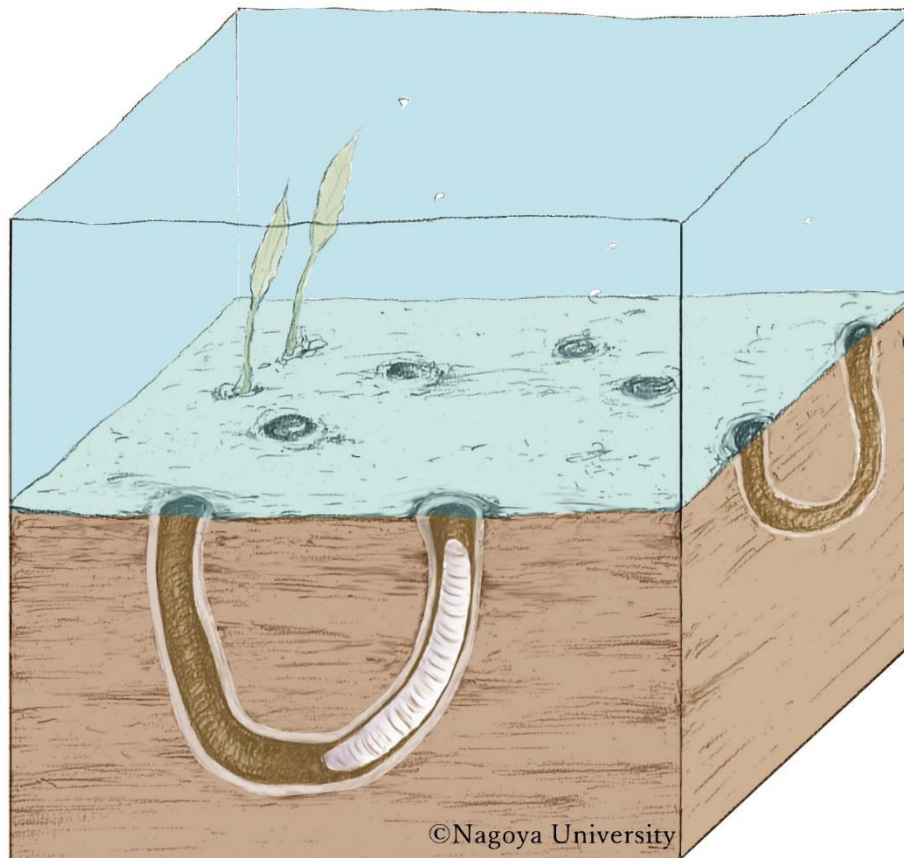


図5. モンゴル西部バヤンゴル溪谷のエディアカラ紀（約5.5億年前）の海底とU字状の巣穴を形成した動物の復元図

【成果の意義】

モンゴル西部のバヤンゴル溪谷に分布する約5.5億年前の地層から見つかった巣穴化石は、今まで考えられていた「カンブリア紀の農耕革命」が、より早く始まっていたことを初めて明確に示す証拠であるばかりでなく、当時、左右相称動物が生息していたことを化石記録から示すものであるといえます。今後、モンゴルからのさらなる化石発見と、この時代の生物進化についての新たなデータが追加されることが期待されます。

【用語説明】

- 注1) エディアカラ紀：約6.2億～5.4億年前の時代で、先カンブリア時代の最後の時代にあたる。この時期の生物化石は非常に少なく、また動物進化の証拠も多くが謎に包まれている。
- 注2) カンブリア紀：約5.4億～5億年前の時代で、古生代の最初の時代にあたる。多くの海洋動物が急速に進化し出現したことが知られており、この現象は「カンブリア爆発」と呼ばれている。
- 注3) 左右相称動物：多細胞動物のうち、カイメン動物や刺胞動物を除く、多くの後生動物からなる分類群。通常筋肉組織が発達し、活発に動くことができる。

注4) 生痕化石：太古の動物が作った巣穴、這い回った痕跡等、動物の行動の痕跡が地層に残されたもの。

【論文情報】

掲載雑誌：The Royal Society Open Science

論文名：Penetrative trace fossils from the late Ediacaran of Mongolia: Early onset of the agronomic revolution

著者：Tatsuo Oji, Stephen Q. Dornbos, Keigo Yada, Hitoshi Hasegawa, Sersmaa Gonchigdorj, Takafumi Mochizuki, Hideko Takayanagi and Takafumi Iryu

大路 樹生 (名古屋大学博物館)、ドーンボス・スティーブン (ウィスコンシン大学)、矢田 圭吾 (元名古屋大学環境学研究科大学院生)、長谷川 精 (高知大学)、ゴンチグドルジュ・セルスマ (モンゴル科学技術大学)、望月 貴文 (岩手県立博物館)、高柳 英子 (東北大学)、井龍 康文 (東北大学)

DOI : [10.1098/rsos.172250](https://doi.org/10.1098/rsos.172250) (2月28日午前9時01分以降公開)

※本論文はオープンアクセスです

【謝辞】

この研究は、平成27年度～29年度文部科学省科学研究費補助金（海外学術調査、基盤研究B）「全球凍結からカンブリア爆発へ：地球環境変動と生態系進化のリンク解明に向けて」（代表：大路 樹生）および大幸財団自然科学系研究助成金の資金援助を得て行われました。