

生物シリーズ

ゆっくり歩いて5億年

クマムシ“最強伝説”の起源

When did Tardigrada become “the strongest creature on the Earth”?

姫路科学館 学芸・普及担当 松本万尋

今から18年前の2007年、ある動物が宇宙空間に10日間さらされた後、元気に地球へ帰還し話題になりました。信じられないほど過酷な環境に耐える「地球最強生物」として知られる、クマムシの仲間（図1）です。この動物の驚異的な能力と愛嬌のある姿は古くから人々に注目され、生物が環境変化を生き抜くヒントや、医療などに応用できる特徴が見つかるかもしれないと研究されています。今回は、クマムシ類について詳しくご紹介します。



図1. クマムシ類の最古のスケッチ（1773年、ゲーゼ（Goeze））。*Kleiner Wasserbär*（「小さな水生クマ」の意）と名付けられた。

■地球最強生物クマムシ

「クマムシ」とは、緩歩動物門（Tardigrada）の動物の総称です。「緩歩」は4対8本の脚でゆっくり歩く様を表し、Tardigradaはラテン語の「tardus = 遅い」と「gradus = 歩み」に由来しています。ずんぐりした体つきがクマに似ているために日本語ではクマムシ、英語ではWater bearと呼ばれます。クマは大型の動物（例えばツキノワグマは体長110～130cm）^Iですが、クマムシ類は体長1mm未満の種が多い微小な動物です。地球上のあらゆる環境に適応し、市街地、高山、深海、熱帯、極地からも発見されています。水がないところでは活動できませんが、多くの種が乾燥した環境で生き延びる能力を持ち、周囲が乾燥してくると体が縮んで「樽（^{たる}tun）」と呼ばれるカプセル状の姿になります。これは「乾眠（^{かんみん}anhidrobiosis）」と呼ばれる無代謝休眠状態（^{クリプトビオシス}cryptobiosis）の一種で、体内の水が数%に減少し、生命活動が見られない状態です。クマムシ類の寿命はふつう数ヶ月程度ですが、乾眠状態では、再び周囲が湿った環境になるまで長期間（一説には100年以上）生き続けることができます。

クマムシ類が驚くべき環境耐性を発揮するのは乾眠状態の時で、-273～+100℃という幅広い温度、75,000気圧の超高压、真空、ヒトの致死量の1,000倍に相当する放射線などに耐えることが明らかになっています^{II}。彼らの生息環境はここまでの環境耐性を必要とするほど過酷ではなく、なぜこれらの耐性を獲得したのかはわかっていません。乾燥に耐えるために獲得した能力が、偶然別の過酷な状況乗り越えるのに役立ったのかもしれない、と考えられています。

■最強伝説のはじまりはいつ？

クマムシ類はいつ地球上に現れ、いつ「最強」の環境耐性を獲得したのでしょうか。この分類群は、節足動物や有爪動物（カギムシ）と近縁で、カンブリア紀（約5億4千万年前～4億9千万年前）に繁栄した葉足動物（ハルキゲニアなど）に起源を持つと考えられています。クマムシ類の化石記録は数点しかありませんが、カンブリア紀の地層から発見された化石^{III}や、分子年代測定によって、カンブリア紀には出現していたと考えられています。

希少なクマムシ類の化石のうち 2 つは、1940 年にカナダで発見された、後期白亜紀カンパニアン期（8360 万年前～7220 万年前）の琥珀から見つかったものです。このうち 1 つは 1964 年に *Beorn leggi* と命名されましたが、もう 1 つは当時の技術では細部の観察が難しく同定できませんでした。それから 60 年が経ち、2024 年の論文^{IV}で、2 つの標本の外部形態を共焦点蛍光顕微鏡で詳細に調べた結果、長らく未同定だった標本にも *Aerobius dactylus* という新しい学名がついたと発表されました。系統解析すると *B. leggi* と *A. dactylus* はどちらもヤマクマムシ上科に分類され、これを元に再構築したクマムシ類の系統樹から、各分類群の分岐時期が推定されました（図 2）。この研究では、このデータからクマムシ類の上陸時期や乾眠能力獲得時期の推測も示されました。現生陸生クマムシは真クマムシ綱と異クマムシ綱トゲクマムシ目に大きく分かれますが、それぞれの上陸時期は、真クマムシ綱では陸地に生息環境が整った石炭紀（ハナレヅメ目とヨリヅメ目の推定分岐時期ごろ）、異クマムシ綱ではトゲクマムシ目が分岐したペルム紀と考えられるということです。また、2 分類群は各分岐時期付近で、別々に乾眠能力を獲得したと推測しています。これは、2 分類群の乾眠のメカニズムが異なることから独立に乾眠能力を獲得したと考える、従来の説を支持するものです。論文著者は、分岐時期の推定データは信頼区間が長いものの、どちらも古生代末の大絶滅を含むことは注目に値し、乾眠能力は陸生クマムシ類が深刻な大絶滅を乗り越えた要因になったかもしれないと述べています。

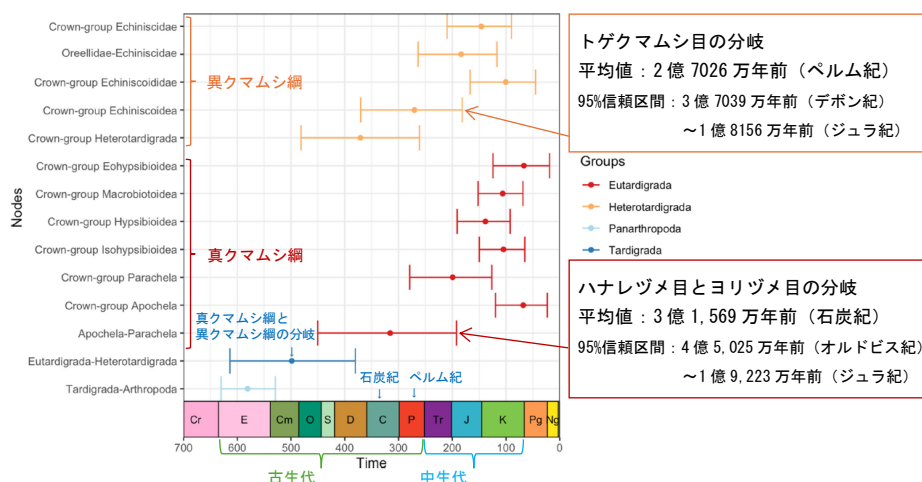


図 2. クマムシ類の主要な分類群の推定分岐時期 (Mapalo et al., 2024 に加筆)

■挑戦！クマムシさがし

卓越した環境耐性で有名になったクマムシ類ですが、身近な場所で採集できる動物としても知られています。筆者も今回、科学館の周りでクマムシ採集にチャレンジしました。

多くの種が乾眠能力をもつ陸生クマムシ類は、主にコケ（藓苔類）の隙間に生息しています。肉眼で見つけることは難しいため、まずはクマムシ類が潜んでいそうなコケを採集し、顕微鏡を使って探します。クマムシ類が見つかりやすいと言われているのは、乾燥しやすい場所によく生えるギンゴケですが、科学館周辺にはあまり見当たらず、路上やコンクリート壁などに生えた色々なコケをピンセットでつついて回りました。採集したコケを容器に広げて少量の水をかけて時間を置き、スポイトで水をシャーレへ移して実体顕微鏡で観察すると、元気に歩くクマムシ（写真 1）を発見できました。

クマムシ類は家庭向けのハンディ顕微鏡などでも充分観察できる動物です。何億年もの間、コケの森をゆっくり歩き続けてきた小さな「クマ」を、みなさんもぜひ探してみてください。



写真 1. 科学館周辺で採集したクマムシ類(体長約 0.4mm)。水生生物でありながら泳げないために短い脚でのそのそ歩く姿や、時々小さな目が見える丸い顔にどことなく愛嬌がある。

※カラー版を姫路科学館ホームページ(→)に掲載しています。



^I 兵庫県森林動物研究センターホームページ「ツキノワグマ」(資料「兵庫県のツキノワグマ」2010 版) <https://www.wmi-hyogo.jp/index.php/bear> (2025. 10. 15 閲覧)

^{II} 堀川大樹. 特集 特異状態微生物学の捉え方とその提唱 クマムシの乾眠と極限環境耐性. 生物工学会誌. 2015 年, 93 巻, 4 号, p. 193-195.

^{III} Müller, K. J., Walossek, D., Zakharov, A. (1995) 'Orsten' type phosphatized soft-integument preservation and a new record from the Middle Cambrian Kuonamka Formation in Siberia. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie - Abhandlungen, 197(1), 101-118.

^{IV} Mapalo, M. A., Wolfe, J. M. & Ortega-Hernández, J. (2024) Cretaceous amber inclusions illuminate the evolutionary origin of tardigrades. Communications Biology 7, 953. <https://doi.org/10.1038/s42003-024-06643-2>