



Before the Dinosaurs
The First Animals on Earth

恐竜以前

地球最初の動物を求めて

ハトリシア・ヴォッカーズ・リッチ

宇宙と地球の起源

どのように宇宙が生まれたのか、については諸説がありますが、最も受け入れられている説は「ビッグバン」説です。この説は、全てのものが一つの大爆発—あらゆる場所で同時期に起こり、最初から全ての場所を占め、全ての物質粒子が互いに急速に離れようとする爆発—によって生じたとするものです。最初の三分間にたくさん出来事が起こっています。最初、温度は非常に高く、1000億（10の11乗）度もありました。このような高温状態では、物質は、私たちが知るような状態では存在しませんでした。その後、温度が低下するにつれて、陽子と中性子が形成され始め、やがて集まって原子核をつくりました。最初に一つの陽子と一つの中性子からなる重水素が、次に一つの陽子と二つの中性子からなる三重水素が、ついには、二つの陽子と一つか二つの中性子からなるヘリウムの同位体が形成されました。

宇宙はビッグバンの「記憶」をとどめています。ベンジマスとウィルソンという二人の天文学者により最初に発見された宇宙マイクロ波背景放射（マイクロ波放射）がそれです。では、未来には、私たちの宇宙には何が起こるのでしょうか？一つの可能性は、宇宙は永遠に膨張を続けるというもの（「開いた宇宙」）です。あるいは、もし重力が十分に強いのであれば、膨張は止まり、収縮をはじめ、宇宙の崩壊—ビッグクランチ（ビッグバンの逆に相当するもの）—が起こると考えられています。この場合は、「閉じた宇宙」—引き伸ばされたゴムバンドのように、縮み、おそらくまた引き伸ばされる—と呼ばれます。この問題については、天文学者の間で今でも議論が続いています。何人かの天文学者は宇宙がいったいどんな形をしているのかを復元しようと試みており、その一つの成果は次のホームページ（http://www.keypress.com/catalog/products/supplementals/Procl_ShapeOfSpace.html）などで見ることができます。

宇宙の形成から私たちの太陽の形成までにはしばらく時間がかかっています。原子が形成され、それが集まって物質の「雲」を作り、さらに集まるにつれて、物質間の引力が強まっていきます。ある場所の重力が宇宙の「膨張の力」を上回るようになると、銀河が形成されます。これらの初期の銀河において、重力が非常に強い

ところに星が輝き始めました。

そのような星の一つが私たちの太陽です。太陽は古い星ではなく、おそらく46億年よりも若いと考えられます。地球が属している銀河一天の川一の星々も140億年よりも若いようです。これらの星のいくつか、あるいは他の銀河の星の中には、膨張して、巨星となり、最終的には原子という燃料を使い果たして、内部へと崩壊していくものがありました。崩壊した核へと落ちていった物質はやがて反発して、星の爆発と、銀、錫、金、鉛、ウランなどといった元素の生成をもたらします。

私たちの太陽が回転するガスとちりの「雲」から形成された後で、その周りに9か10の惑星が固まっていきました（冥王星の「衛星」であるカロンを惑星と考えれば10個になる）。地球は太陽から三番目に離れた惑星で、太陽から約150,000,000kmの距離にあります。

四つある内惑星のうちでも地球はかなり特殊な星です。地球は、40億年以上にもわたって、そして現在も「活動」し続けています。地球は太陽からちょうどよい距離にあるため、液体の水が存在できます。つまり、ちょうどよい量の太陽エネルギーが地球表面に到達するため、水が完全に凍りつくことも、蒸発してしまうこともないのです。また地球は、原子の放射壊変によって生み出される内部の熱源を維持できるサイズを持っています。そのような熱が地球内部での物質の層構造（例えば、鉄中心の、固体である内核）の形成をもたらしています。内部の熱は、物質の下から上—マントルから地殻—への移動も引き起こします。その結果、地球の最も外側のかたい部分はいくつかの大きなプレートに分かれているのです。これらのプレートは、これまでも、そして今も、相対的に動いており、物質の循環や造山運動、大陸移動、地震や火山活動をもたらしています。このことが、時とともに形と分布を変化させる、大陸と海洋底を形作ってきました。地球は、生命の誕生と発展に必要なとなる全ての条件を備えていました。しかし、最初の動物である「エディアカラ生物群」の出現までにはしばらくの時間を要しました。

エディアカラ生物群（地球最初の動物）

エディアカラ生物群はとても不思議な生き物で、20世紀初頭から知られています。最初の発見は、一見荒涼とした場所であるナミビアで、地元民とそこに駐在するドイツの兵士たちによってなされました。しかし、レグ・スプリッグという若い地質学者が、南オーストラリアのフリントスレンジにおいて鉱物資源を探索中に、彼が「クラゲ」と考えたものを発見したのみならず、エディアカラ生物群の特性と時代の古さを理解し、それを他人に納得させようと努力した最初の人物と言えます。彼の発見がアデレード大学のマーティン・グレスナーとマリー・ウェイドによって最初に広く世界で紹介されることにより、これらの不思議な生き物が注目されるようになりました。

「エディアカラ生物群」が一体何者なのか、研究者の間でも議論が続いています。それらは動物なのでしょう？もし動物であるとするなら、カンブリア紀以降の（5億4200万年前よりも若い）地層中に見つかる化石と同じく、現在の生物と近縁なものが多いのでしょうか？それとも、カンブリア紀以降には子孫を残していない、「進化の袋小路」に入ってしまった生物なのでしょう？この疑問は両方とも正しいようです。例えば、キンベレラ（*Kimberella*）は軟体動物（貝の仲間）の遠い祖先と考えられますが、ランゲア（*Rangia*）は子孫を残していないようです。

レグ・スプリッグがフリントスレンジから発見した化石はかつて「多細胞動物」として分類されていました。例えば、円盤状の化石はクラゲの仲間だと考えられていたのです。1957年に、ロジャー・メイソンはイギリス・イングランドのレスターシャー州から「植物の葉のような形」が「円盤」にくっついている化石を発見し、これを藻類だと考えました。1959年に、グレスナーはこの化石をウミエラの仲間と再分類しました。しばらく後に、ハンス・ブフルークは、プテリディニウム（*Pteridinium*）やエルニエッタ（*Ernietta*）などのナミビア産化石の研究を通じて、エディアカラ生物群は海綿やサンゴのような動物ではないこと、複雑ではあるが単系統の、群体性の多細胞動物の一グループ（ベタロナマ類：Petalonamae）とし

てまとめられ、現在の生物とは全く異なる分類群と考えられることを示唆しました。ミハイル・フェドンキンはこの考えをさらに進めて、エディアカラ生物群は先カンブリア時代における多細胞動物の多様化を反映しているとし、幾つかの新たな分類群を提唱しました。これは、体の成長時の対称性に基づいて類縁関係を整理したもので、プロアーティキュラータ類 (Proarticulata)、トリロボゾア類 (Trilobozoa)、サイクロゾア類 (Cyclozoa)、そして、ベンディオモルファ類 (Vendiomorpha) を定義しました。1983年に、アドルフ・ザイラッハーは、ほとんど全てのエディアカラ紀 (ベンド紀) の生物は、現在の動物とは異なる「生物界」、ベンドビオンタ界 (Vendibionta) に属するという考えを示しました。彼は後にこの考えを修正し、エディアカラ生物群の中には顕生累代 (カンブリア紀から現在までを指す) に近縁な仲間がいるものもいる、としています。

2004年に、ガイ・ナルボンヌは、エディアカラ生物群の中には、「ランゲオモルフ」と呼ばれる、共通する独特の「体制 (体のつくり)」を持つものがあり、ランゲオモルフの体制は先カンブリア時代末より後の時代には見られないと指摘しています。しかし、彼は、エディアカラ生物群の中にはこの体制を持たず、現在の生物群につながっていった生物が含まれる、とも考えています。ランゲオモルフ類は、先カンブリア時代後期には優勢だったが、カンブリア紀の始まり (5億4200万年前) 以降には消えてしまった、「忘れ去られた様式」を持っていた生物と言えます。研究者の中には、ナルボンヌなどの見解に同意せず、エディアカラ生物群の中には菌類、あるいは地衣類すら含まれるとする者もいます。「エディアカラ生物群が一体何者であるか」という問いは議論の真っ直中にあり、エディアカラ生物群の正式な生物学的分類を行うことは時期尚早と言えるでしょう。

先カンブリア時代—カンブリア紀境界とカンブリア爆発

5億4200万年前頃に、多くの新しい動物のグループが化石記録に現れはじめます。これらの多くは、エディアカラ生物群とは異なり、硬い「から」（殻や骨格）を持っています。これらの、新しい体制や「から」の出現と同時に、先カンブリア時代には見られなかった行動、海底面を深く掘る動物も現れました。これは急激に起こったのではなく、一連の緩やかに進んだ出来事と考えられます。このような、2000万年以上もかかった、ゆっくりとした爆発（放散）をもたらした、きっかけは何だったのでしょうか？この問題についても、多くの説があり、科学雑誌上で活発な議論がなされています。ただ一つ確実に言えることは、カンブリア紀には、ほとんど全てのエディアカラ生物群がいなくなっているということです。

何がきっかけとなって、動物が硬い「から」（殻や骨格）を持つようになったのでしょうか。有機炭素の隔離、あるいは、もしかすると海水中の塩分濃度の低下によって、海水中での酸素濃度の上昇がもたらされたのでしょうか？海洋の深層水の上昇が起こり、酸素に乏しく、リン酸塩に富んだ水が表層にまで到達したためなのでしょうか？それとも、大陸から大量の堆積物が、カンブリア紀の海進により形成された広大な大陸棚に流れ込んで、粘土鉱物と栄養塩で満たし、この時代まで存在しなかった、動物の生息により適した環境、そして新たな「生態的な空間」を築いたためなのでしょうか？おそらく、プレートの急速な運動が埋没した炭素とメタンに富む堆積物を赤道域に運び、その放出が何回かの温暖化をもたらしたことでしょう。それとも「カンブリア爆発」は、能力の高い捕食者の出現が、被捕食者が生き残る手段として、防御するための骨格や堆積物中に深く潜る能力の発達をもたらしたためなのでしょうか？多くの疑問があり、わずかの答えしか得られていません。おそらく、多くの要因が関連していることでしょう。

これらの疑問への回答は将来の課題として残されており、^{がくさいてき}学際的研究、更なる野外調査、エディアカラ生物群の謎の化石を解説する新しい方法論などによって、解明が進むことが期待されます。この分野の研究は、国際的な協力体制の元に現在活発に進められているところです。(詳細については、フェドンキン、ヴィッカーズ・リッチ、ゲーリング、グレイ、ナルボンヌにより、ジョンズ・ホプキンス大学出版会から出版予定の「動物の始まり (The Beginning of Animalia)」をご覧ください。)

パトリシア・ヴィッカーズ・リッチ

オーストラリア国立モナシュ大学 地球科学教室 教授
ロシア科学アカデミー 古生物学研究所 先カンブリア時代生物研究室 名誉研究員



この別冊は、福井県立恐竜博物館特別展「恐竜以前—エディアカラの不思議な生きものたち—」図録 (p.71-74) に収録されている、特別寄稿「Before the Dinosaurs: The First Animals on Earth」を翻訳したものです。

