

宇宙における生命の起源と進化、そして、その探索

長沼 毅

広島大学 生物圏科学研究科

【起源】

われわれはどこから来て、どこへ行くのか。この宇宙はどこから来て、どこへ行くのか。この宇宙の「なりたち」と「はたらき」を究めるのが物理学であるが、その宇宙の本質は、物理世界（フィジックス）の背後（メタ）にある問題なので、形而上学（メタフィジックス）の範疇である。では、生命の本質を考えることは命而上学（メタバイオロジー）の範疇である。

メタバイオロジーはまだ学問としての伝統も基盤も確立されていない。メタバイオロジーでは、生命の本質の考究材料として現実の地球生物を例示することもあるが、生物をかたちづくる物質（分子、原子）や、地球史における生息環境、宇宙史における地球環境という観点からの記述が中心になる。

この宇宙に存在する生命の例、すなわち地球生命について、その起源には内因説と外因説（パンスペルミア説）がある。パンスペルミア（panspermia; pan 汎, spermia 胚種）とは「宇宙を飛び交う孢子」であり、それが地球など適当な惑星に降下してその惑星生命の起源となるという胚種広布説が古くから提唱されている。深海・地底・南極など地球上の辺境環境あるいは極限環境における生物研究の進展にともない、太陽系内の辺境天体、特に隕石や彗星における生命（パンスペルミア）の可能性への期待が急速に高まりつつある。

パンスペルミア説は「生命の起源」の問題を地球内から地球外に移しただけで、本質的には何も明らかにしないから面白くないという意見がある。しかし、これは誤解である。もし、地球生命はどこか他所から地球に到達したのだと科学的に証明できたら、それは大変なニュースになるだろう。パンスペルミア仮説にはいくつかの種類があり、そこには優劣の差がある。前生物的な有機物主体のパンスペルミアは、生命誕生にいたる化学進化においてスターターのような役割を果たしただろう。この考えはすでに広く受け容れられている。

【進化】

超新星の中心部は超高温・超高圧の下で原子核が重合して「より重い元素」が作りだされる。「重い元素をサッサとつくる工房」。その中でも、鉄（ ^{56}Fe ）の原子核が最も安定らしいが。まず、宇宙の年齢は 137 ± 2 億年である。宇宙初期（第一世代）の超

新星爆発ではせいぜい第二周期元素（周期表の二列目；Be, B, C, N, O, F, Ne）くらいしか作られなかっただろう。超新星になるような大きな恒星（太陽質量の 8~10 倍以上）の寿命はどれくらいか？恒星の寿命は質量の 2 乗~3 乗に反比例するので、太陽の寿命を 100 億年とすると、超新星になるような恒星の寿命はせいぜい 2 億年以下ということになる。

第一世代の超新星の残骸からさらに第二世代の超新星爆発を経て、第三周期元素（Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, Ar）が宇宙に蓄積した感じだろう。そして、第三世代の超新星で遷移元素を含む第四周期元素（K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Br, Kr）ができ、これで大体、われわれの知っている生物に必要な元素が出揃ったことになる。単に出揃うだけでなく、量的にも蓄積しなければならない。ここまで宇宙開闢から何億年くらいかかったのだろうか。このように元素周期表に時間軸を加えたものを宇宙化学カレンダーと呼ぼう。

重い元素の蓄積に宇宙開闢から 100 億年かかったとする。今から 37 ± 2 億年前。これは、宇宙の膨張が再加速された時期、宇宙開闢から 100 億年（今から 37 ± 2 億年前）に「宇宙が第 2 のインフレーション」を始めた時期と重なる。このタイミングは重要で、もし、もっと早い時期に再加速されていたら、宇宙はもっと希薄な状態で恒星をつくらねばならず、超新星爆発も少なく、重い元素も蓄積しなかっただろう。故に、このタイミングで地球に生命が生まれたのか？

これを「偶然性問題」(coincidence problem) という。この問題の本質は人間原理 (anthropic principle) によってしか扱われないという説がある。人間原理とは「それぞれ異なる物理定数（真空のエネルギー密度、あるいはアインシュタインの宇宙定数）を持った無限個の宇宙の中で、知的生命体の登場に好適な宇宙だけが、その知的生命体により認識（研究）される」ので、すべての物理条件が生命誕生（あるいは人類誕生）に好適なように見えるという考え方である。もしかしたら、地球だけでなく、宇宙のあちこちで生命が発芽したかもしれない。「Origin of Life」というテーマに対し、『Origins of Life』という本もあるくらいだ。

【探査】

火星での生命探査は、生物というより「生命の痕跡」あるいは「水と有機物」の探査に主眼が置かれてきている。生物や生命活動をより直接的に発見できる可能性が高いのは、火星ではなく、木星や土星など巨大ガス惑星の衛星であると考えられている。木星の衛星では、エウロパやガニメデなどの氷衛星に潮汐加熱により氷底部が融解して液体になった「内部海」があると考えられ、もし海底火山いわゆる熱水噴出孔があれば、其処に生命が誕生し存続できる可能性がある。問題は熱水活動の規模と持続時間、そして、酸化力たとえば分子状酸素 O₂ の供給フラックスである。それでも、エウロパは潮汐加熱に由来する生命の探査に有望だろう。土星の衛星では、地球に匹敵する大気層を

有する天体として以前からタイタンが注目されている。タイタンには気体および液体のメタン CH_4 があるが、メタンは長期間安定して存在できないはずなので、火山活動あるいは生命活動によるメタンの供給が想定される。また、タイタンにもアンモニアを主成分とした「内部海」があると考えられている。しかし、タイタンの主熱源は潮汐加熱ではなく、その実像の解明が待たれている。

氷衛星であるエンセラダスも内部海（アンモニアではなく水）を持つと考えられているが、その熱源もまた実態が不明である。これらの天体について、比較惑星学ならぬ比較衛星学的な見地から、生命存在の可能性を比較して論じる。

土佐尚子 京都大学学術メディア情報センター

Cultural Computing 「文化・無意識・ソフトウェアの創造力」

要旨：IT 社会が成熟し、コンピュータの課題はシステムという箱から表現内容に移行してきている。いままで定量化できなかった個人の主観・感性・情緒・文化・民族性をコンピューティングできる時代の準備が整ってきた。本書は、こうした「カルチュラル・コンピューティング」の概念を提示し、未来のコンピュータのコミュニケーション能力に欠かせない、人間の感情・意識・記憶の違いを反映させるコンピューティングの方法を説明する。