

## 「我々はどこから来たか」

岡山大学自然科学研究科 奈良岡浩

### 1. はじめに

約 46 億年という地球の歴史の中で、我々生命は比較的早く出現したと考えられています。生物進化により地球上に誕生した様々な生物活動は大気中に酸素を放出するなど地球表層環境を大きく変え、逆に隕石衝突時などの地球環境の激変時には生物種の絶滅も経験してきました。つまり、我々生命と地球は共に密接に関わり合って進化してきたと言えます。また、近年では人間活動による地球環境への影響が大きな問題として取り上げられています。

21 世紀を迎えて、宇宙・地球環境における生命の過去・現在・未来を包括的に捉えるアストロバイオロジーという研究分野が欧米を中心に盛んになり、天文学・惑星科学・地球科学・生命科学の壁を越えて、「我々はどこから来たか、我々とは何か、我々はどこに行くのか」について研究しています。今回の講演では「我々はどこから来たか」に主に焦点をおき、最近の研究も紹介しながら、お話ししたいと思います。

### 2. 生命とは？化学進化仮説とは？

まず、我々生命とはどんなものなのでしょう。この問題に簡単に答えることはできませんが、私は生物の持つ機能・要素として、1)代謝、2)遺伝、3)細胞の3つを挙げたいと思います。また、これらの役割を担っているものはそれぞれ、1)酵素、2)遺伝子、3)細胞

膜であり、物質という観点からみると、1)タンパク質、2)核酸、3)脂質ということになります。また、これらの物質はそれぞれ、1)アミノ酸、2)核酸塩基・糖、3)脂肪酸などの生体有機化合物からなっています。

地球上における生命の起源の問題に早くから取り組んだロシアのオパーリン博士は化学進化という仮説を立てました（図1）。それは原始地球上に存在した簡単なガスから自然

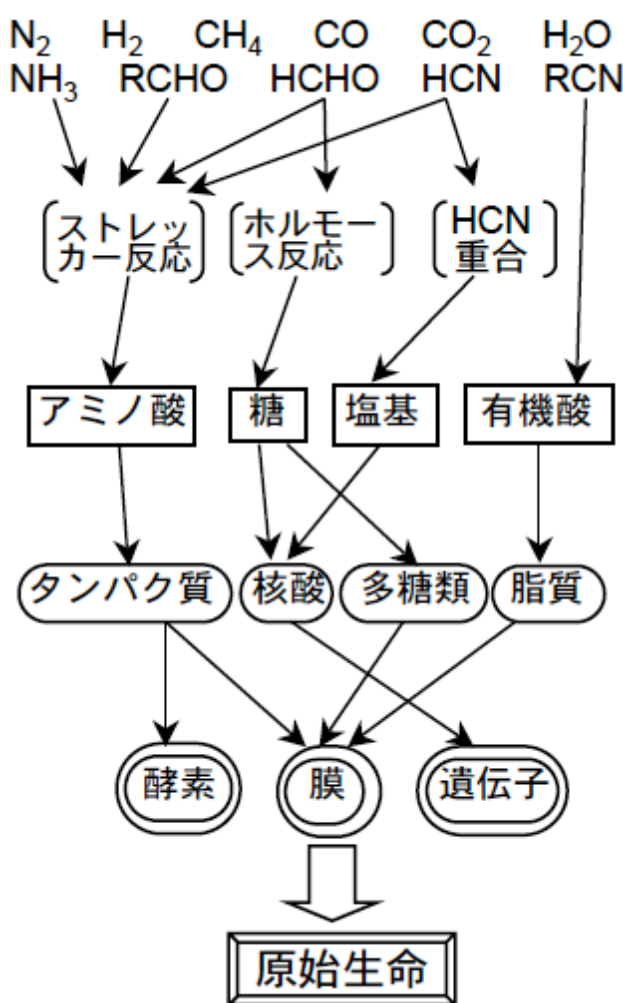


図1 化学進化仮説の諸段階

条件下での化学反応で上記のような生体有機化合物が形成され、原始生命に至るという考え方です。この化学進化仮説は証明されたものではありませんが、この考え方に基づいて 1953 年にアメリカのミラー博士はメタン( $\text{CH}_4$ )、アンモニア( $\text{NH}_3$ )、水素( $\text{H}_2$ )、水( $\text{H}_2\text{O}$ )の混合ガスに放電反応を行い、簡単にアミノ酸の合成に成功しました。

### 3. 生物を作った有機物はどこから？

一見、地球上の生命の起源における化学進化仮説は簡単に証明されるのでは思われましたが、太陽系の形成理論および地球型惑星である金星・火星との比較惑星学的研究の進歩により、ミラー博士の考えた地球の原始大気( $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ )は違うらしいということがわかってきました。現在では、地球は岩石が溶けてマグマの海を形成するような、とても熱い状態から始まり、その大気は二酸化炭素( $\text{CO}_2$ )、窒素( $\text{N}_2$ )ガスから成っていたと考えられています。残念なことに、これらの  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  ガスに放電やその他のエネルギーを与えても、わずかな有機化合物しか生成しません。

そこで、地球上の有機化合物は地球外から隕石などによってもたらされたかもしれないと考えられました。地球が誕生して数億年間は今よりも数千倍の隕石が地表に降り注いでいたからです。隕石にはいろいろな種類がありますが、炭素質コンドライトと呼ばれる有機物を数%含む隕石があります。また、隕石の母天体のひとつと考えられている彗星などはもっと有機物に富んでいると考えられます。地球外有機物の研究は 1969 年にオーストラリアに落下した炭素質隕石であるマーチソン隕石で主に行われています。マーチソン隕石には様々なアミノ酸や糖の前駆体などの有機化合物が発見されました。

残念ながら、炭素質隕石は脆いせいか、非常に数が限られた種類の隕石です。また、隕石有機物の研究には常に地球に落下後の汚染の問題がつきまといます。私は汚染の少ない新しい隕炭素質隕石を求めて、南極氷床上での隕石探査に参加しました。南極に 1 年あまり滞在し、全部で約 2200 個の隕石を採集し(図 2)、その中に数個の炭素質隕石が有機物研究に適していることがわかり、日本に帰ってから分析を行いました。



図 2 南極氷床上の隕石

### 4. 宇宙における有機分子と光学活性

炭素質隕石には様々な有機化合物が含まれていますが、アミノ酸はその代表的なものです。我々生命はバクテリアから人間に至るまで、同じ 20 種類のアミノ酸を用いています。隕石中に多く見出されるグリシン、アラニンなどはその 20 種類に入っているアミノ酸です。また、隕石中に存在が確認された 1 種類の有機化合物として最も多いのは酢酸で 0.05%にも及びます。酢酸は生物のエネルギー代謝の源になっていますし、脂質をつくる出発化合物でもあります。生命の遺伝を担う核酸塩基は不安定なせいか、隕石中での確かな存在はまだ確認されていませんが、宇宙空間に存在する星間分子のうち比較的多く存在するシアン化水素( $\text{HCN}$ )から簡単に合成され

ることが示されています。（核酸塩基のひとつであるアデニン  $\text{H}_5\text{C}_5\text{N}_5$  は  $\text{HCN}$  が5つ重合したものです。）このような発見は地球上の生命は自然界にありふれた物質をその材料として使ったことを示しているのかもしれませんが。

生命を構成するアミノ酸に関する最も大きな謎は、生物が利用するアミノ酸はすべて L 体であることです。アミノ酸には右手(D 体)と左手(L 体)に相当する光学異性体が存在します(図3)。D 体と L 体は分子の大きさ、融点などほとんど全ての性質が同じです。唯一異なる点は円偏光と呼ばれる右巻きと左巻きに偏った光に対する吸収度が異なることです。当初、隕石アミノ酸は D 体と L 体が約 1:1 で存在することが報告されましたが、地球上には存在しない（汚染を受けない）アミノ酸の詳細な分析により、ほんの少し L 体が多いと報告されました。さらにその起源として、星が誕生する星間分子の豊富な領域に片方の円偏光が存在するということが明らかになったのです。もし、宇宙空間において、これが普遍的に起こっているとすると生命を構成している L-アミノ酸は宇宙由来ということになります。

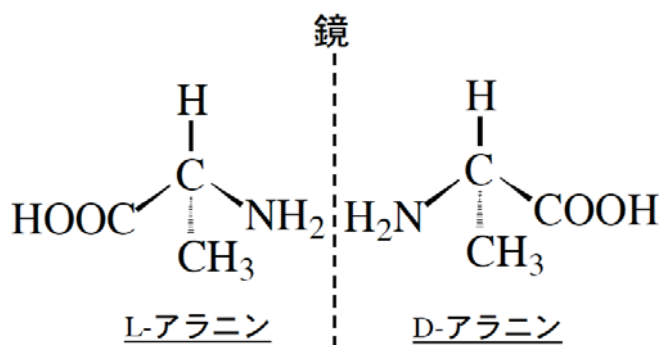


図3 アミノ酸のD,L体

## 5. 多くの問題点

多くの謎もまた残されています。隕石中にはアミノ酸が 70 種類以上も検出されているのに、生命は 20 種類のアミノ酸しか用いていません。また、アミノ酸、核酸塩基、糖、脂肪酸などの低分子有機化合物がどのようにしてタンパク質、核酸、脂質などの大きな分子になるのか、など良くわかっていません。

また、隕石有機物は地球衝突時に蒸発してしまって、化学進化に大きな役割を果たしていないと言う人もいます。生命につながった生体有機物は地殻深部のエネルギーによって、地球の深いところで合成されたと言う人もいます。その場合には生体 L-アミノ酸がどのように確立したか示す必要があります。また、そもそも原始地球上では有機化合物の生成は無理で、地球外から生命の種が意図的に打ち込まれたと言う人もいます。

## 6. これから

地球上にどのように生命が誕生したか、この問いに正確に答えるためにはまだまだ時間がかかりそうです。しかし、我々生命の未来を考える上でもこの問いに答える努力を惜しんではならないと思います。世界各国においてアストロバイオロジー研究所がこの数年間に設立され、日本においても小惑星試料回収を目指して「はやぶさ」が打ち上げられたり、国際統合深海掘削計画 (IODP) の一環として、深海掘削船「ちきゅう」が建造され、宇宙や地球深層における有機物や生命活動などが研究のターゲットのうちのひとつになっています。

「我々はどこから来たか、我々とは何か、我々はどこに行くのか」（ゴーギャン, 1897）