

特集「地球外有機物」

特集「地球外有機物」の企画にあたって

村江 達士¹・小林 憲生²

宇宙創造に関するシナリオで、現在よく引用されるものにビッグバン説がある。この説によれば、この世に最初に誕生した元素は水素である。最近の星の形成と核融合の理論では、水素の後に合成される安定な元素は、ヘリウムであり、そのヘリウムの核融合によって炭素が合成され、次いで酸素が合成されると考えらる。それ以後の星の一生やそれに伴う様々な元素の合成と、その結果としての我が太陽系の形成には、幾つかのシナリオが提唱されている。

ところで、有機化合物を狭い（古典的な）意味で定義する本質的な最低限の要素は、炭素と水素が結合することによって分子が形成されていることである。とすれば、宇宙創造の極初期から有機化合物を形成する材料は与えられていたことになる。もし、炭素と水素に結合を形成するだけのエネルギーが与えられ、結合を形成できるだけの距離に相互に接近し、さらに結合形成後には結合を破壊する様なエネルギーが与えられなかった場合には、有機化合物はそこに存在することになる。従って、有機化合物は地球外の様々な所に存在する可能性がある。

地球型の生命体（現時点で知られている宇宙で唯一の生命の形態）は、非生命的に合成された有機化合物を出発材料として誕生したことは間違い無いであろう。生命の誕生には、ある程度複雑な構造をした有機化合物が必要であり、それらの化合物には炭素や水素の他に酸素や窒素が必須である。前記の核合成の理論では、炭素の合成と酸素

の合成は、ほぼ時を同じくして起こり得る。従って、適当な反応の場所さえ与えられれば、一酸化炭素の様な無機的な分子や炭化水素のように生命の誕生に関りが少ないと考えられる有機分子のみでなく、ホルムアルデヒドやその誘導体のように生命が誕生するのにより有効と考えられる有機分子が形成される。窒素がこれらの反応系に持ち込まれると、分子構造的にさらに複雑で地球型の生命の誕生により有効な有機化合物も形成される可能性が出てくる。

上記の有機化合物の形成の反応条件は場所によって様々に変化し、結果として得られる化合物も異なる。無機鉱物の形成は、熱力学的法則に基づいた平衡反応で議論されることが多いが、有機化合物の場合は非平衡な反応で議論されることが多い。この反応様式の差は、炭素がエネルギー的に安定な共有結合によって分子を形成することに起因するものである。無機鉱物の平衡論的議論と有機化合物の分子論的議論を混同すると本質的な誤りを犯すことがあるので注意を要する。化学反応を引き起こすような環境の変化が生じた場合、無機鉱物では最終の条件が鉱物組成に記録され、有機化合物では途中の経過も含めたものが分子構造の変化として記録される場合が多い。

非生物的な有機化合物の合成と生物的な有機化合物の合成とでは本質的な差が存在する。即ち、非生物的な合成では、出発原料と反応条件が与えられると、原理的に生成可能な化合物の全てが分子としてのエネルギーレベルに従った分布で非選

¹九州大学理学部地球惑星科学教室²横浜国立大学工学部物質工学教室

択的に得られる一方で、生物的合成では、原理的に生成可能で分子としてのエネルギーレベルも同じ化合物の間でも選択的な合成が行われるのである。アミノ酸のd,l-体の選択が典型的な例であろう。しかし、生物は、選択された結果の分子を利用して自分自身を形成し、また新たな分子を選択的に合成しているのである。では、何時どのような仕組みでこの選択的反応の輪が回転し始めたのであろうか？恐らく選択的かつ非生命的な反応が生命の誕生に先立ってあったと推定され、それを立証する試みも行われているが、完全な成功例は無い。

現在のところ、これまでに地球外地球外で発見された有機化合物は全て非生物起源であるとする意見がほとんどであるが（地球外に微生物がたくさん存在しているとする報告もある）、そうであるとする、ある有機化合物の存在が地球外で確認された場合、原理的にその化合物と同じ条件で生成可能な化合物は全て同時に形成されているはずである。しかし、地球外有機物に関する現在までの研究では、可能性のある化合物の全てが必ずしも見つかってはいないし、その分布の定量的議論も殆どなされていない。もし有機化合物の形成時や一旦できた有機化合物が変化する際に生成物を選択する新しい反応機構が地球外環境に見出されれば、生命誕生の謎を解く大きな糸口となるであろう。

また、地球固有の存在と考えられている地球型生命体は、地球外ではどのような環境でどの程度存在可能であり、もし生存可能な場合は、その生産する有機化合物はどのようなものであろうか？地球外有機物には、地球外生命の存在も含めて、様々な謎が秘められている。今、我々はその謎にどの程度まで迫ることが可能なのであろうか？地

球外有機物に関する本特集が、それを知る手掛かりとなれば幸いである。