



地球外環境で生成する複雑有機分子と地球上での生命の起源との関係

地球惑星科学
およびその関連分野

研究者所属・職名 : 低温科学研究所・准教授

ふりがな おおば やすひろ

氏名 : 大場 康弘

主な採択課題 :

- [若手研究\(A\) 「星間分子から隕石有機物へ：重水素存在度を指標とした分子進化プロセス解明」\(2017-2020\)](#)
- [基盤研究\(A\) 「原始地球上での核酸合成に関する新展開：地球外からの材料供給の可能性に迫る」\(2021-2024\)](#)

分野 : 宇宙惑星科学、地球生命科学

キーワード : 星間分子雲、光化学反応、化学進化、隕石中有機物、生命の起源、重水素濃集

課題

●なぜこの研究をおこなったのか？(研究の背景・目的)

地球に存在する多様な生命の起源に関して、彗星や小惑星(隕石)など地球外物質によって原始地球上にもたらされた有機物(図1)が最初の生命の材料となった、という仮説が提唱されている。しかし、どのような種類の地球外有機物がそうした材料になったのか、またそれら地球外有機物はどのようにして生成したのか、その多くが謎に包まれている。本研究では、地球外環境を再現した分子進化模擬実験、および地球外物質に含まれる微量有機物分析により、科学における根源的な謎の解明に迫る。

●研究するにあたっての苦労や工夫(研究の手法)

地球外環境を模擬した化学反応による生成物、ならびに地球外物質(おもに炭素質隕石)に含まれる有機物は存在量が極めて低いため(サンプル1グラム当たり、対象分子の存在量 = 10^{-9} ~ 10^{-11} グラム)、高い検出感度による分析操作が必要とされる。さらに、対象とする分子の構成元素数が増加するほど、構造異性体の数が増加するため、サンプルに含まれる対象分子の同定には細心の注意を必要とする。そこで、サンプルに含まれる対象分子以外の夾雑物を取り除いてその検出効率を上げ、さらに対象分子ごとに最適な分析条件を見出して適用することで、これらの問題の解決を試みた。

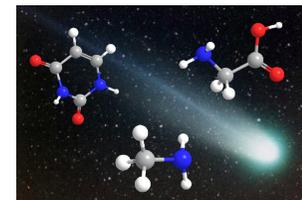


図1 有機物を含む地球外物質(彗星)のイメージ図



地球外環境で生成する複雑有機分子と地球上での生命の起源との関係

地球惑星科学
およびその関連分野

研究成果

●どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

模擬星間塵氷の光化学反応による核酸塩基生成

太陽系形成前の星間分子雲と呼ばれる極低温・超高真空環境（マイナス263℃、10兆分の1気圧）を実験室内で再現し、水、一酸化炭素、アンモニア、メタノールを含む混合氷への真空紫外光照射によって、DNA/RNAの構成成分の一つ、核酸塩基（ウラシル、アデニンなど）が生成可能であることを世界で初めて実証した（図2）。同環境で生成した核酸塩基が、小惑星（隕石）や彗星など地球外物質の構成成分となり、生命誕生前の原始地球上に供給されていたと推測される。

炭素質隕石中ヘキサメチレンテトラミンの検出

マーチソン隕石など、代表的な3種の炭素質隕石から、ヘキサメチレンテトラミン（HMT、図2）という有機化合物を世界で初めて検出することに成功した。HMTは星間分子雲での紫外線による光化学反応の主生成物であるだけでなく、アミノ酸や糖類など種々の隕石中有機化合物の前駆体となるため、地球外環境での存在が強く期待されてきた。しかし、これまでの天文観測や地球外物質分析では検出された例がなく、その存在は謎に包まれていた。本研究で初めて隕石中HMTが検出されたことで、HMTを中心とする星間分子雲から太陽系形成に至るまでの分子生成プロセスが確立され、生命誕生前の分子進化に関する理解が飛躍的に発展した。

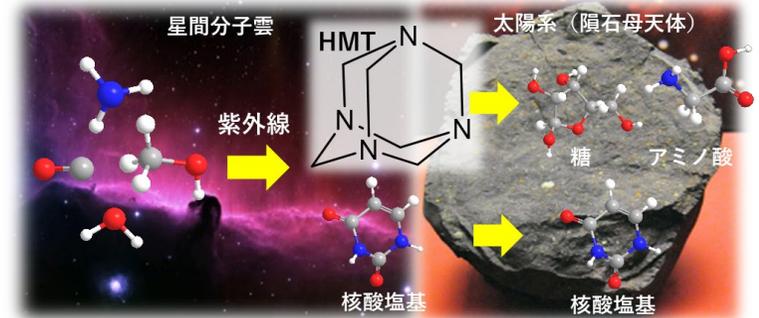


図2 星間分子雲から太陽系形成までの分子進化プロセスのイメージ図

今後の展望

●今後の展望・期待される効果

地球外物質に含まれる有機化合物は、地球上での最初の生命誕生にどのように寄与したのだろうか（図3）。90年代に提唱されたこの仮説について、2021年度に採択された基盤研究（A）では、地球外物質に含まれる有機化合物を材料とした原始地球上での核酸合成の可能性を検証する。炭素質隕石だけでなく、探査機「はやぶさ2」によって採取された小惑星リュウグウの破片からも核酸の材料となる分子の検出が期待される。

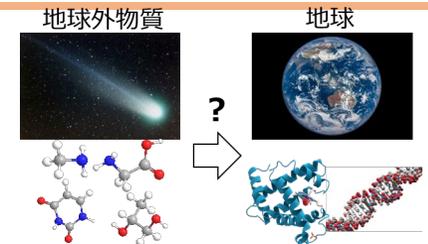


図3 地球外物質による有機物の地球への供給と生命の起源に関するイメージ図