



星間分子雲における核酸塩基生成に世界で初めて成功

～宇宙の極限環境で核酸の構成成分が光化学反応により生成～

ポイント

- ・宇宙空間に存在する極低温氷微粒子の光化学反応で6種の核酸塩基が生成。
- ・生命の遺伝物質、核酸の構成成分が地球外環境で生成可能であることを実証。
- ・地球上における生命誕生の理解促進につながることを期待。

概要

北海道大学低温科学研究所の大場康弘助教、海洋研究開発機構の高野淑識主任研究員、九州大学大学院理学研究院の奈良岡浩教授らの研究グループは、実験室内で極低温・超高真空の宇宙空間を再現し、水と一酸化炭素、メタノール、アンモニアで構成される氷薄膜内の光化学反応によって、遺伝物質である核酸の構成成分の一つ、核酸塩基が生成可能であることを世界で初めて確認しました。

星が誕生する前の宇宙空間には、水素を主成分とする多様なガスと、^{せいかんじん}星間塵と呼ばれる氷微粒子で構成される領域（星間分子雲）があります。星間分子雲は -263°C という極低温にもかかわらず、活発な化学反応の場であることが知られています。これまでの研究においては、紫外線や宇宙線という宇宙における普遍的なエネルギー源を用いた化学反応が検証され、たんぱく質の主成分であるアミノ酸など、生体関連分子が生成可能であることがわかっていました。近年の実験・分析技術の発展により、生命の遺伝情報を担う核酸（DNA・RNA）の構成成分2種（糖・リン酸）の生成も確認されるようになりましたが、残る一つの成分、核酸塩基についてはそうした宇宙の極限環境で生成可能かどうかは実証されていませんでした。そこで本研究では、星間分子雲における氷微粒子の光化学反応を再現し、超高分解能質量分析計を駆使した分析を行いました。その結果、得られた生成物から初めて核酸塩基を検出することに成功し、核酸の構成成分すべてが生成可能であることを実証しました。本結果は、太陽系形成時にどのような有機化合物が存在したのか、それらは地球上での生命誕生にどのように寄与したのかなど、人類にとっての根源的な疑問を紐解くカギとなることが期待されます。

なお、本研究成果は、日本時間2019年9月27日（金）午後6時（英国夏時間2019年9月27日午前10時）公開のNature Communications誌に掲載されました。

【背景】

現在、はやぶさ2が小惑星リュウグウでの2回のサンプリングに成功し、小惑星サンプルの地球への帰還が心待ちにされています。こうした地球外物質のサンプルリターンが実現する前に地球で分析可能な地球外試料といえば、隕石が代表的でした。隕石の中でも炭素成分に特に富む炭素質隕石は、種々の隕石固有の有機化合物を含み、その中にヌクレオチド（図1）の構成成分の一つ、核酸塩基が含まれることがわかっていました。ヌクレオチドは生命の遺伝情報を担うDNA、RNAの最小単位であり、隕石中での核酸塩基の発見は、地球上での生命誕生以前にすでに生命の遺伝情報をつかさどる分子が宇宙空間で合成されていた可能性を示唆します。こうした背景のもと、世界中の研究者が地球外環境でどのような生体関連分子がどれほど、どのように生成可能か、競って研究を進めてきました。特に星誕生の場でもある星間分子雲での分子生成に関する研究が多く、 -263°C という極低温条件でも、様々な分子が生成されることが、実験的に確かめられました。さらに最近の研究で、星間分子雲環境でヌクレオチドの構成成分である糖とリン酸が生成可能であるという報告がなされ、大きな注目を浴びました。その一方で、ヌクレオチドの構成成分の残りの一つ、核酸塩基の生成に関する研究例はありませんでした。

【研究手法】

超高真空・極低温の星間分子雲環境を実験装置内で再現し、氷微粒子の主成分（水・メタノール・一酸化炭素・アンモニア）への紫外線照射実験を行いました。反応生成物を装置から取り出し、適切な前処理を施したのちに、高速液体クロマトグラフィー/超高分解能質量分析法を用いて、核酸塩基の検出を試みました。

【研究成果】

生命のDNA・RNAに用いられている核酸塩基7種のうち、グアニンを除く6種（シトシン・ウラシル・チミン・アデニン・ヒポキサンチン・キサンチン）（図2）が生成物から検出されました。また、水素と窒素の安定同位体（それぞれ ^2H 、 ^{15}N ）を用いた標識実験^{*1}でも核酸塩基生成が確認され、それらの分子が実験操作中の汚染ではなく、確かに極低温の光化学反応で生成したことが実証されました。生成物の中には核酸塩基だけでなく、たんぱく質の材料となるアミノ酸も検出されており、炭素質隕石中で検出されている核酸塩基とアミノ酸量比とよく一致したことから、星間分子雲で生成される核酸塩基やアミノ酸が、炭素質隕石中のそれらの起源となった可能性が示唆されました。

【今後への期待】

地球上での生命の起源に関する仮説の一つとして、炭素質隕石が原始地球上に相当量の有機化合物を供給し、それらが最初の生命の材料となったという説があります。そのため、炭素質隕石中の有機化合物の起源を解明することは、地球上における生命の起源を理解するうえで非常に重要です。今後さらに研究が進展することで、地球外で生成した分子がどれほど地球上での生命の起源に寄与したのか、もしその寄与が大きいとすれば、具体的には隕石中有機物の供給がどのようなきっかけで生命誕生につながったのか、という人類にとっての根源的な疑問への解答につながることが期待されます。

論文情報

論文名 Nucleobase synthesis in interstellar ices (星間氷中での核酸塩基生成)
著者名 大場康弘¹, 高野淑識², 奈良岡浩³, 渡部直樹¹, 香内 晃¹
(¹北海道大学低温科学研究所, ²海洋研究開発機構, ³九州大学大学院理学研究院)
雑誌名 Nature Communications (Nature Publishing Group)
DOI 10.1038/s41467-019-12404-1
公表日 日本時間 2019 年 9 月 27 日 (金) 午後 6 時 (英国夏時間 2019 年 9 月 27 日 (金) 午前 10 時) (オンライン公開)

お問い合わせ先

北海道大学低温科学研究所 助教 大場康弘 (おおばやすひろ)

T E L 011-706-5475 F A X 011-706-7142 メール oba@lowtem.hokudai.ac.jp

U R L <http://www.lowtem.hokudai.ac.jp/astro/>

配信元

北海道大学総務企画部広報課 (〒060-0808 札幌市北区北 8 条西 5 丁目)

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール kouhou@jimuhokudai.ac.jp

【参考図】

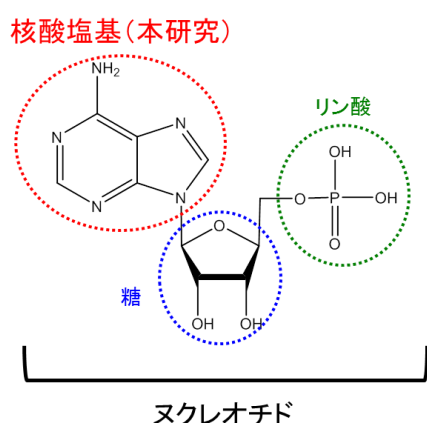


図 1. 核酸の最小単位, ヌクレオチドの構造例。

図中の分子はアデノシンーリン酸。

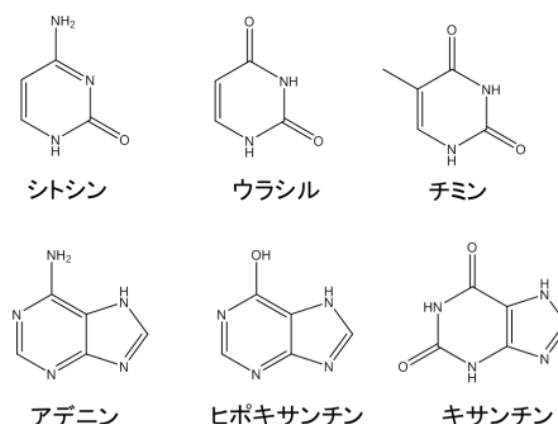


図 2. 本研究で検出された核酸塩基

【用語解説】

* 1 安定同位体を用いた標識実験 … 自然界での存在度が低い安定同位体 (本研究の場合, ²H, ¹⁵N) を選択的に含む分子を材料として行う実験のこと。もし, 生成物中に安定同位体のみを含む分子が検出されれば, その分子は当該実験で生成したことを示す強い証拠となる。