

## 南極は地球外起源の生命関連分子の宝庫

～南極の氷床で発見された隕石から生命を構成する核酸塩基全 5 種を検出～

### ポイント

- ・南極氷床で発見された炭素質隕石から地球生命を構成する核酸塩基全 5 種を初めて検出。
- ・南極に落下して氷床に埋もれた隕石は、地球外起源の初生的な核酸塩基を含有。
- ・数十万年に及ぶ氷床の中での滞在期間中、一部の分子は低温環境での化学反応で変化。

### 概要

北海道大学低温科学研究所の大場康弘准教授、東北大学の古川善博教授、海洋研究開発機構の高野淑識上席研究員らの研究グループは、南極の氷床で発見された炭素質隕石から、地球生命の遺伝子を構成する全 5 種の核酸塩基を検出することに成功しました。

雪と氷に覆われた南極大陸では、これまでに国内外の南極観測隊によって 4 万個以上の隕石が発見されています。日本は世界中でも南極産隕石を豊富に保有する国の一つで、1 万 7 千個以上保有しています。これまでの研究で、南極産炭素質隕石から地球生命の遺伝子を構成する核酸塩基 5 種のうち、アデニン (A) とグアニン (G) の 2 種が検出された例はありましたが、それ以外の 3 種を検出した例はありませんでした。

今回、研究代表者らが小惑星リターンサンプル分析で培った分析技術を駆使して、国立極地研究所から配分された 6 種の南極産炭素質隕石から、隕石固有の核酸塩基検出を試みました。その結果、すでに検出されていた 2 種に加えて、シトシン (C)、ウラシル (U)、チミン (T) の 3 種も同時に検出し、非南極産のマーチソン隕石や小惑星リュウグウ、ベヌー試料と同様に、地球生命に用いられる全 5 種の核酸塩基すべてを検出することに成功しました。さらに、隕石発見場所近傍の南極氷床コアサンプルから核酸塩基検出を同じ分析方法で試みましたが、それらの分子は検出されませんでした。このことは、隕石が南極に落下してから経過した期間内（およそ 10 万年程度）に、隕石が地球上で生命由来の核酸塩基に汚染されなかったことを意味します。一方、検出された核酸塩基の一つ、シトシンが、南極という低温環境下でありながら、地球落下後の二次的な化学反応で別の核酸塩基、ウラシルに変化していたことが示唆されました。こうした南極隕石にみられる普遍的な核酸塩基の分布は、これまでの予想以上に地球外核酸塩基が生命誕生前の地球へと供給されていたことを示唆し、これらの分子が生命誕生前の化学進化に強く寄与していたことが期待されます。

なお、本研究成果は、2026 年 7 月 6 日（月）公開の *Geochimica et Cosmochimica Acta* 誌にオンライン掲載されました。



地球生命の核酸塩基全 5 種を含む  
南極産炭素質隕石の概念図

## 【背景】

研究グループでは、地球外物質に含まれる核酸塩基（地球生命の遺伝子 DNA、RNA の構成成分の一つ）の検出やその分布、生成メカニズムに関する研究を進めてきました。その中で、小惑星リュウグウ（はやぶさ 2 プロジェクト）や小惑星ベヌー（OSIRIS-REx プロジェクト）から持ち帰られた試料から、地球生命に必須の核酸塩基全 5 種（シトシン、ウラシル、チミン、アデニン、グアニン、図 1）の検出に成功しました（Glavin et al. 2025; Koga et al. 2026; Oba et al. 2026）。二つの小惑星から帰還した試料は地球上のクリーンルームで厳密に管理されて分析されたため、検出された核酸塩基は地球生命起源ではなく、小惑星試料に固有であると結論されました。それに対し、地球上に落下した炭素質隕石（炭素質小惑星の破片）に含まれる核酸塩基に関する研究は 1960 年代から行なわれてきましたが、これまでに地球生命の核酸塩基全 5 種が検出された例は極めて限られていました（Oba et al. 2022; Koga et al. 2024, 2026）。その理由として、先行研究では隕石中微量核酸塩基を分析する技術に改善の余地があったこと、そして隕石落下後の地球上での有機物汚染の影響が危惧されたことなどが挙げられます。そこで本研究では、二つの小惑星試料分析で培った分析技術を駆使し、地球物質由来の有機物汚染の可能性が最も低いと考えられる地域の一つ、南極で発見された炭素質隕石から核酸塩基の検出を試みました。

## 【研究手法】

国立極地研究所から配分された、南極で発見された炭素質隕石 6 種（Yamato (Y)-791198、Y-793321、Y-002540、Asuka (A)-881828、A-12236、Belgica (B)-7904、図 2）を粉末化し、それぞれ 50～100 ミリグラム程度を 20%濃塩酸とともに 110°C で 12 時間加熱しました。加熱後、抽出液を試料から分離して、各抽出液に含まれる金属イオンを除去したのち、溶存する核酸塩基類を液体クロマトグラフィー超高分解能質量分析計で分析しました。また、環境ブランク試料として、南極・あすか基地に近いセールロンダーネ山地の裸氷域（表面に積雪のない氷床）から 1989 年に採取（論文共著者・奈良岡浩 九州大名誉教授が第 29 次南極観測越冬隊：JARE29 として参加）され、現在まで北海道大学低温科学研究所で保管されてきた氷床コア試料 224 グラム（図 2）を溶解、濃縮し、同様の操作で核酸塩基の存在を検証しました。

## 【研究成果】

6 種の南極産炭素質隕石のうち、Y-791198、A-881828、A-12236 から 5 種の核酸塩基すべてを含む、最大で 43 種の窒素複素環化合物<sup>\*1</sup>（小惑星ベヌー試料で 38 種、小惑星リュウグウ試料で 14 種）が検出されました。本研究結果は、南極産隕石から核酸塩基を全種同定したのは今回が初めての報告です。一方で、南極氷床の氷試料からは核酸塩基などは検出されませんでした。このことは、南極に隕石が落下してから発見されるまでの期間（およそ 10 万年、Nishiizumi et al. 1998）、氷との接触では隕石中に地球起源の核酸塩基が混入しなかったことを示します。南極以外に落下した隕石では、落下地点の土壌から核酸塩基の検出例があったため、地球起源の核酸塩基が隕石へ混入した可能性が危惧されていましたが、今回検証した南極氷床から回収された隕石試料ではその懸念は払拭されました。

検出された 5 種の核酸塩基の中で、シトシンの存在量が他の分子に比べて著しく少ないことが分かりました。これは、小惑星リュウグウやベヌー試料中での核酸塩基の分布（シトシンも他の核酸塩基と同等に存在）と大きく異なります。その理由として、隕石が南極に落下してから現在に至るまでの二次的な化学反応（脱アミノ化）によって、ウラシルへと変化したことが挙げられます。これは、各隕石中でウラシルの存在度が卓越していることと調和的です。長期間の地球環境滞在中にその組成が変化してしまうことは、今後の隕石中核酸塩基分析結果の理解に大きく貢献できる結果といえます。

## 【今後への期待】

近年の炭素質小惑星探査プロジェクト（はやぶさ 2、OSIRIS-REx）がもたらした、地球外環境における化学進化の飛躍的な理解の発展は、研究者だけでなく一般的にも大きな興味を集めています。しかし、それら小惑星探査プロジェクトで得られる試料量には限りがあり、多様な分析を遂行するにはいまだ十分とは言えません。一方、南極ではこれまでに数万個の隕石が発見されており、その中に今回用いたような炭素質隕石も数パーセント含まれます。これら標本化された炭素質隕石、そして今後発見される可能性がある炭素質隕石に含まれる、地球外環境に固有の有機化合物を分析することによって、宇宙でどのような化学反応が進行していたのか、生命誕生前の地球上にはどのような有機化合物が供給されていたのか、そしてそれらは地球での生命誕生にどのように寄与したのかなど、科学における多くの謎に関する事実が明らかにされていくでしょう。

また本研究成果は、小惑星リュウグウやベヌー試料の分析結果とともに、今後の火星衛星フォボスからのサンプルリターン計画「MMX（Martian Moons eXploration）」<sup>\*2</sup>、月探査・アルテミス計画（Artemis）<sup>\*3</sup> などを通して、地球帰還が期待される地球外試料に含まれる核酸塩基群の化学指標性、氷（水）やレゴリスの初生的情報を解析する物質計測法として極めて重要です。

## 【謝辞】

南極隕石を提供していただいた、国立極地研究所の山口 亮博士、南極氷床試料を提供していただいた、北海道大学低温科学研究所の飯塚芳徳博士に深くお礼申し上げます。本研究は、JSPS 科研費 JP21H04501、JP23H03980、JP25H00677、JP25K17463、JP21KK0062、JP23H00148、北海道大学低温科学研究所共同プロジェクト 26G024 から研究助成を受けたものです。

## 論文情報

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 論文名   | Distribution of purine and pyrimidine bases in Antarctic carbonaceous meteorites（南極産炭素質隕石中プリン、ピリミジン塩基の分布）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 著者名   | 大場康弘 <sup>1</sup> 、都丸琢斗 <sup>1</sup> 、古賀俊貴 <sup>2</sup> 、古川善博 <sup>3</sup> 、角南沙己 <sup>3</sup> 、吉村寿紘 <sup>2</sup> 、平川祐太 <sup>2</sup> 、小川奈々子 <sup>2</sup> 、大河内直彦 <sup>2</sup> 、桑本恵子 <sup>4</sup> 、高野淑識 <sup>2,5</sup> 、奈良岡浩 <sup>6,7</sup> （ <sup>1</sup> 北海道大学低温科学研究所、 <sup>2</sup> 海洋研究開発機構、 <sup>3</sup> 東北大学、 <sup>4</sup> 株式会社堀場アドバンステクノ、 <sup>5</sup> 慶應義塾大学先端生命科学研究所、 <sup>6</sup> 九州大学大学院理学研究院、 <sup>7</sup> 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所） |
| 雑誌名   | Geochimica et Cosmochimica Acta（宇宙化学・地球化学の専門誌）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| D O I | 10.1016/j.gca.2026.06.040                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 公表日   | 2026 年 7 月 6 日（月）（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 准教授 大場康弘（おおばやすひろ）

T E L 011-706-5500 F A X 011-706-7142 メール oba@lowtem.hokudai.ac.jp

U R L <https://www2.lowtem.hokudai.ac.jp/astro/oba/index1.html>

## 配信元

北海道大学社会共創部広報課（〒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 jp-press@general.hokudai.ac.jp

【参考図】

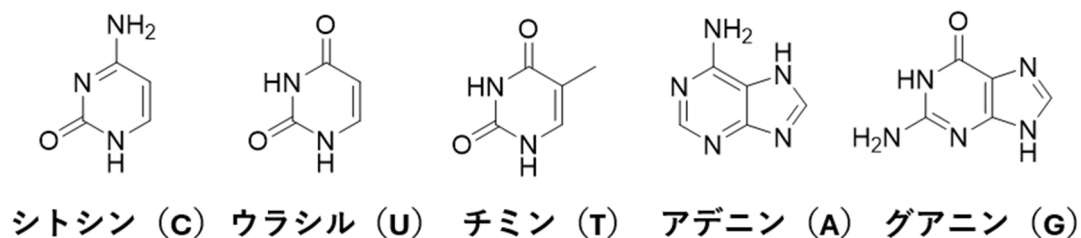


図 1. 南極産炭素質隕石から検出された、地球生命の遺伝子、RNA と DNA に使われる核酸塩基 5 種

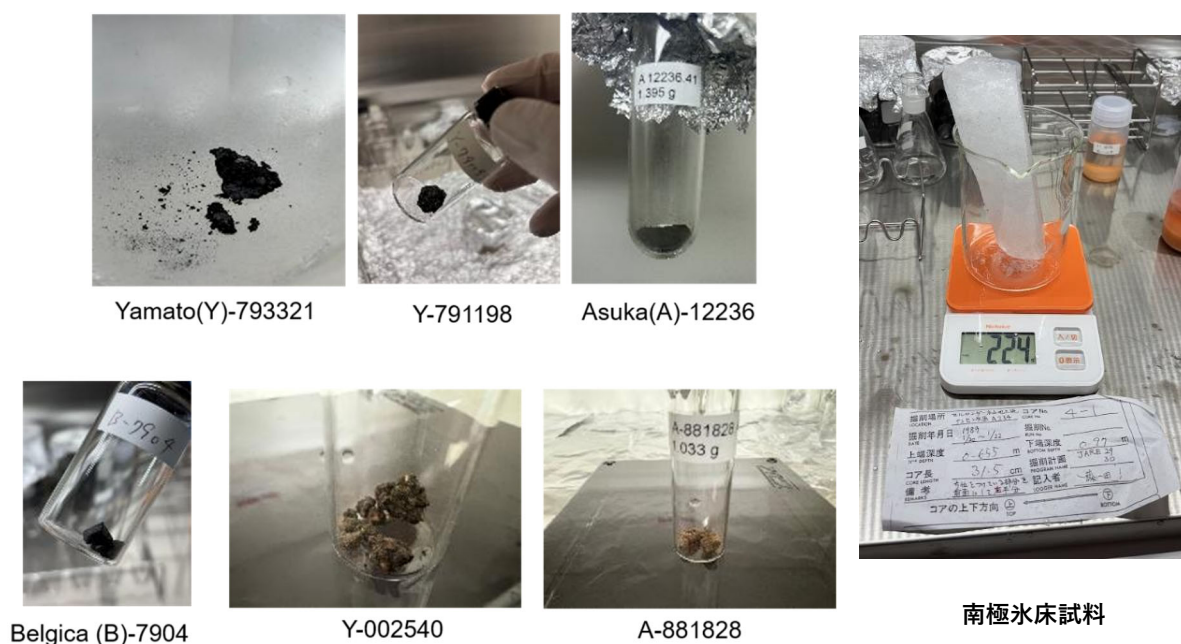


図 2. 今回用いた南極産炭素質隕石 6 種と南極氷床試料から採取した氷試料の写真

【用語解説】

- \* 1 窒素複素環化合物 … 核酸塩基のように窒素原子が環状化合物の基本骨格の一部を構成する有機化合物。
- \* 2 火星衛星探査計画 MMX (Martian Moon eXploration) … JAXA が中心となって実施する国際協力ミッションであり、火星の衛星フォボスへの着陸・試料採取・地球帰還を目指す探査計画。
- \* 3 アルテミス計画 (Artemis) … 米国 NASA が国際パートナーとともに推進する月探査計画。月面の極域などに存在する氷や、月面を覆うレゴリスの資源・環境特性を調査し、将来の資源利用や居住環境の構築、様々な探査活動に必要な科学・技術基盤の確立を目指している。