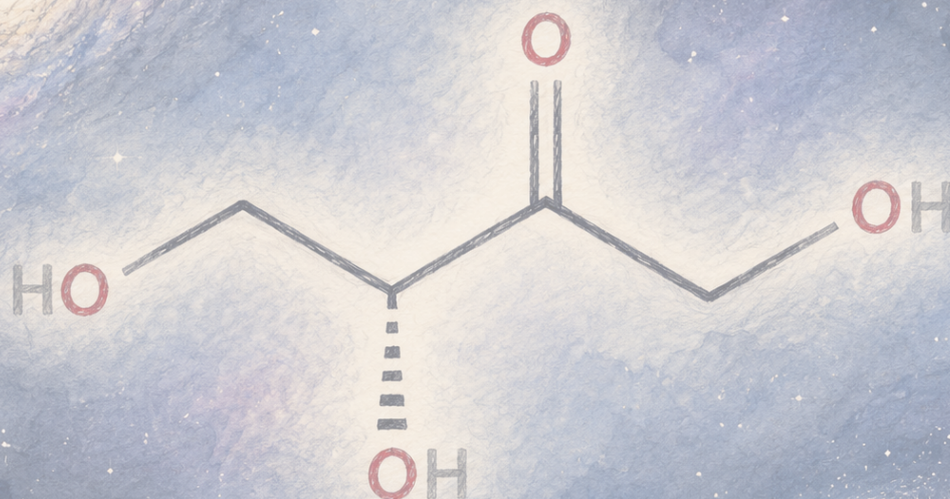




The CLEAN PAPER

WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

星のあいだで見つかった最初の糖は、化学であって生命ではない

天文学者は、星間物質のなかで本物の糖の分子を初めて検出したと報告している。すなわち、キラルな炭素4個のケトースであるエリスルロースを、銀河中心の雲 G+0.693–0.027 の電波スペクトルのなかに見たのだ。検出は技術的に強力だ——複数のスペクトル線、存在量のフィット、そしてより小さい分子からの氷の粒の上でのもっともらしい形成経路。それが重要なのは、生命前駆的な化学の一種を地球から宇宙へと移すからだ。だがそれはリボースでもなく、RNA でもなく、生命でもなく、初期の地球が生物を始めるのに十分な糖の種をまかれたという証拠でもない。

Written by Laura Nesso · Cross-checked by Vera Rubin · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: *Detection of a four-carbon sugar in interstellar space*, Izaskun Jimenez-Serra, Juan Garcia de la Concepcion, Herma M. Cuppen, Marta Rey-Montejo, Miguel Sanz-Novo and colleagues, *Nature Astronomy* (2026) · DOI: 10.1038/s41550-026-02905-7

電波スペクトルのなかの糖

この物語には、ほとんどひとりで書きあがってしまう筋書きがある。科学者が宇宙で糖を見つけた、だから生命の材料はどこにでもある、というものだ。それは魅力的で、そして性急すぎる。

実際の結果は、もっと明快で、もっと興味深い。新しい『ネイチャー・アストロノミー』誌の論文で、イサスクン・ヒメネス＝セラ、フアン・ガルシア・デ・ラ・コンセプション、ヘルマ・カップペンらは、星間物質のなかに**エリスルロース**を検出したと報告している。エリスルロースは炭素4個のケトースだ。すなわち、本物の糖であり、キラルであり、生命前駆的な化学経路に化学的な意味をもち、その回転スペクトルを通じて探索できるほど小さい。

信号は、銀河中心の近く、約 8.2 キロパーセクの距離にある分子雲 G+0.693−0.027 から来ている。チームはイエベス 40 メートル望遠鏡と IRAM 30 メートル望遠鏡による、広帯域できわめて高感度の電波サーベイを用いた。これは 7 mm、3 mm、2 mm の大気の窓にわたって 91 GHz を超える範囲をカバーする。彼らは観測された一連の電波輝線を、エリスルロースの実験室での回転データと突き合わせ、放射をフィットし、それから、星間の氷の化学がそれを十分な量つくれるかどうかを問うた。

G+0.693−0.027 とは何か

G+0.693−0.027 は銀河中心そのものではなく、ブラックホールのいて座 A* でもない。それは中心分子帯 (セントラル・モレキュラー・ゾーン)、すなわち天の川の中心を取り巻く乱流に満ちたガスの豊富な環境にある分子雲で、地球からおよそ 2 万 7000 光年の距離にある。その名前は座標だ。G は銀河座標を示し、+0.693 と −0.027 はその経度と緯度である。この雲はいて座 B2 の環境のなかにあって化学的に豊かだが、天文学者はそれを主として、回転する分子から出る電波・ミリ波のスペクトル線を通じて研究するのであって、ふつうの可視光画像を通じてではない。



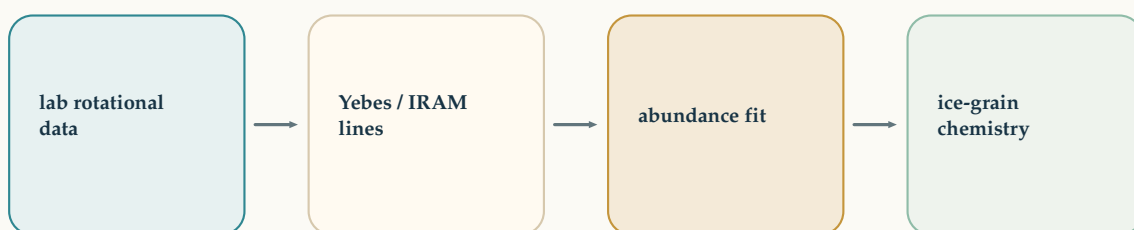
ウェブの MIRI による、いて座 B2 の眺め。銀河中心の近くにある巨大な分子雲複合体だ。この画像は

G+0.693–0.027 の周囲にある、塵に富み分子に富む環境を示す文脈であって、エリスルロースの検出を直接写した画像ではなく、糖の粒や生物の証拠でもない。

Image: NASA, ESA, CSA, STScI, Adam Ginsburg (University of Florida), Nazar Budaiev (University of Florida), Taehwa Yoo (University of Florida); Image Processing: Alyssa Pagan (STScI) fair-use

A radio fingerprint, not life

The evidence chain runs through spectra, fits and chemistry - not through biology.



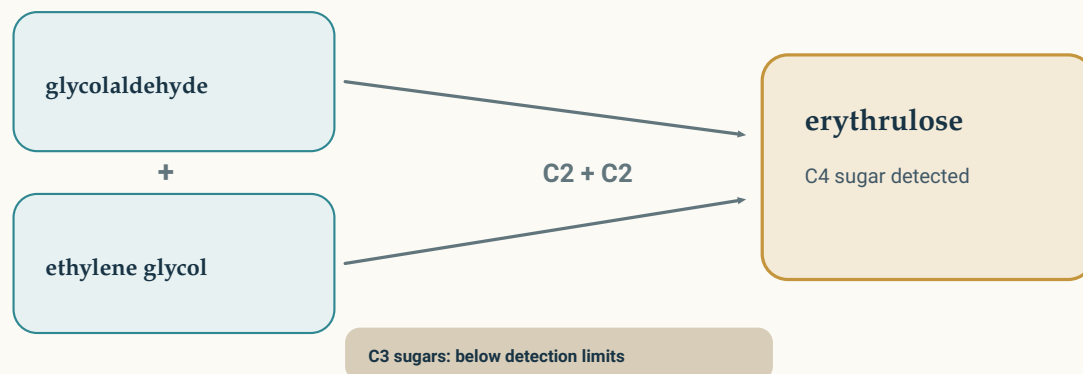
Boundary: a sugar molecule, not life; not ribose, RNA, DNA or biology.

電波の指紋から、エリスルロースの分子カードへ、そして境界線へ。これは糖の分子であって、生命ではない。この連鎖は分子を同定するのであって、生物を検出するのではない。

Original diagram —The Clean Paper CC BY 4.0

Small C2 pieces can build a C4 sugar

The model route is chemistry on icy dust grains, while the C3 sugars stay below detection.



Boundary: chemistry can grow complexity before planets form; it does not show life.

豊富な炭素 2 個の構成要素が二つ——グリコールアルデヒドとエチレングリコール——氷の粒の上で結びつき、炭素 4 個のエリスルロースをつくる。一方で炭素 3 個の糖は検出限界の下にとどまる。化学は惑星が形成される前に複雑さを増しうる。

Original diagram —The Clean Paper CC BY 4.0

これが重要な主張だ。本物の糖の分子が、冷たい星間環境のなかで、地球から検出できるほど十分に形成され、生き延びうるということ。主張は、天文学者が生命や RNA、あるいは星のあいだに漂うひとさじの砂糖を見つけた、ということではない。

著者たちが行ったこと

- ・ イエベス 40 メートル望遠鏡と IRAM 30 メートル望遠鏡による、銀河中心の分子雲 G+0.693–0.027 の広帯域電波スペクトルを用いた。
- ・ 最近の実験室での回転分光を手がかりにエリスルロースを探索した。それがなければ天文学的な輝線は確実に同定できなかった。
- ・ スペクトルを MADCUBA-SLIM で局所熱力学平衡のもとにモデル化し、同じ輝線に富む雲のなかですでに同定されている 180 を超える分子種を考慮に入れた。
- ・ フィットを、最も明るく、他の輝線と最も混じり合っていないエリスルロースの特徴に集中させた。
- ・ エリスルロースを、関連する分子——グリコールアルデヒド、エチレングリコール、グリセルアルデヒド、ジヒドロキシアセトン、グリセロール——と比較した。
- ・ エリスルロースが星間の氷の塵粒の上でどのように形成されうるかについて、量子化学的モデルと動力学的モンテカルロモデルを構築した。

著者たちが見出したこと

- **複数輝線による検出。**論文はエリスルロースの輝線 12 組を同定し、これは 17 本の個別遷移に相当する。そのうち 6 組は、9 本の個別遷移に対応し、残留する混入が 25% 以下という、ほぼ混じり合っていないものに分類される。
- **冷たく、かすかな分子。**LTE フィットは、中心速度 69 km/s、線幅 22 km/s を用いて、励起温度 11.3 ± 1.8 K、柱密度 $(8.7 \pm 0.8) \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ を与える。
- **小さいが測定可能な存在量。**導かれたエリスルロースの存在量は、 H_2 に対して $(6.4 \pm 0.6) \times 10^{-10}$ である。
- **より短い糖は見当たらない。**類似する炭素 3 個の糖、グリセルアルデヒドとジヒドロキシアセトン検出されず、それらの上限はそれぞれ $\leq 4 \times 10^{-11}$ と $\leq 7 \times 10^{-11}$ である。したがってこの天体では、エリスルロースはこれら C3 糖より少なくとも 8~17 倍多く存在するように見える。
- **偶然の一致という論点は明示されている。**最も混じり合っていない 6 本の特徴について、著者たちは輝線が偶然に並ぶ確率を 0.2% と見積もる。混じり合っていない輝線をわずか 3 本ないし 4 本しか用いなかったとしても、彼らは 95.2% と 98.3% の信頼水準を報告している。
- **化学にはもっともらしい経路がある。**モデルは、雲のなかですでに豊富な、より小さい二つの C2 種——グリコールアルデヒドとエチレングリコール——から、アモルファスの水の氷の上でエリスルロースを形成する。最も近いシミュレーションは、メタノール、グリコールアルデヒド、エチレングリコール、エリスルロースを 5 倍以内で再現するが、検出されていない C3 糖はおおよそ 25~70 倍過剰につくってしまう。

なぜこれが単なる「宇宙の糖」ではないのか

これまでの天文学の見出しは、グリコールアルデヒドを「最も単純な糖」と呼ぶことがあった。それは化学的には糖と近縁で、生命前駆的な化学にとって重要だが、論文はその区別に慎重だ。グリコールアルデヒドはヒドロキシアルデヒドであって、本物の糖類ではない。エリスルロースは違う。それは単糖であり、ケトースであり、著者たちはそれを星間物質のなかで報告された最初の糖だと述べている。

これが重要なのは、生命の起源の化学が、しばしば糖を出発物質として前提にしなければならないからだ。リボースとグルコースは隕石のなかや小惑星ベヌスの試料のなかで見つかっており、これは糖の一部の蓄えが地球外起源をもちうることを示唆する。だが、糖に関連する分子を隕石のなかで見るのと、星のあいだのガスと塵のなかで糖を検出することとは、同じではない。この論文は、その連鎖のなかで一步さらに手前へと踏み込む。母天体の前、隕石の前、惑星の前へと。

この結果はまた、有用な意味で化学的に奇妙でもある。ふつう、星間の化学的な仲間たちが炭素原子を増やして大きくなると、大きなものほどはるかに少なくなる。ここでは、炭素 4 個の糖が検出される一方、類似する炭素 3 個の糖は検出されない。著者たちは、氷の粒の上での破壊と形成の経路が、この環境ではエリスルロースを比較的に有利にしているのかもしれないと論じている。

この研究からは言えないこと

- これは宇宙の生命を示していない。糖の分子は生命前駆的な化学であって、生物ではない。
- これはリボースや RNA、DNA を示していない。エリスルロースは水溶液の条件下で関連するアルドースへ異性化するし、生命前駆的な経路に加わりうるが、それは RNA の糖の骨格ではない。
- これは生物学的な利き手を示していない。エリスルロースはキラルだが、この電波検出は分子を同定するのであって、鏡像異性体過剰を測定するわけでも、一方の分子の「手」が優勢であることを示すわけでもない。
- これはこの分子が初期の地球に到達したことを証明していない。論文は小天体を通じた輸送の可能性を論じているが、それは存在量、隕石の化学、太陽系の歴史からの外挿である。
- これは「生命の起源」という問題が解けたことを意味していない。一つの分子の種類を供給することは、代謝、複製、あるいは細胞を組み上げることと同じではない。
- これは検出という問題の不確かさを取り除いていない。証拠は強いが、天体は輝線に富んでおり、論文は輝線の混じり合いに実際の労力を割いている。誤同定が起こりうるのはまさにそこだからだ。
- これは輸送の見積もりを測定に変えるわけではない。論文は、後期重爆撃期のあいだに、およそ $(0.5 \sim 50) \times 10^9 \text{ kg}$ のエリスルロースが初期の地球に届けられたかもしれない見積もるが、その数はいくつもの仮定に依存しており、著者たちは、その爆撃のシナリオそのものが疑問視されてきたと注記している。

証拠をどう評価するか

この検出は、物語をくっつけただけの単一の輝線ではない。それは実験室の分光、広い電波サーベイ、正しい周波数と速度における複数の遷移、定量的な輝線モデル、そして混じり合いの明示的な解析に立脚している。ほぼ混じり合っていない6本の特徴が論拠の核であり、その他の輝線と全体のフィットが整合性を加える。複雑な分子雲としては、これは真剣な検出戦略だ。

より弱い部分は同定そのものではなく、生命の起源というより大きな解釈のほうにある。化学モデルは、エリスルロースがより小さい分子から氷の粒の上でもっともらしく形成されうることを示し、観測された存在量も広く見て正しい範囲にある。だがモデルは、検出されていない一部の C3 糖を依然として過剰につくり、星間の氷から初期の地球の反応ネットワークへの完全な道筋をたどってはいない。「この分子は宇宙に存在する」から「これが生命の始まりを助けた」への橋は、もっともらしいのであって、証明されてはいない。

したがって、位置づけを端的に言えばこうなる。強力な宇宙化学的検出、もっともらしい形成化学、そして推測的な生物学的意義。

なぜ重要か

生命前駆的な化学には供給の問題がある。生命の起源のシナリオで使われる分子のいくつかは、単純な初期地球の条件下では有用な量をつくるのが容易でない。その問題をやわらげる一つの方法が、外来性の輸送だ。彗星、小惑星、隕石が、より冷たくより奇妙な環境で、より早い時期に形成された分子を運んでくる。

この論文は、その考えに、より上流側の鋭い供給源を与える。それは、少なくとも一つの本物の糖が、物質が小天体のなかに閉じ込められる前に、星間物質そのもののなかでつくられうると告げる。それは生命を不可避にするわけではない。だがそれは、化学的な出発時の蓄えを、より地球ローカルなものでなくする。関連する化学の一部は、惑星が存在するより前に始まっているのかもしれないのだ。

この物語の最良の形は「生命の材料はどこにでもある」ではない。もっと狭い。銀河中心の近くの冷たい分子雲が、検出可能なキラルの糖を含んでおり、それをつくる化学が氷の塵粒の上で働いているかもしれない、というものだ。それだけですでに十分である。

要点

天文学者は、星間物質のなかで本物の糖の分子を初めて検出したと報告している。すなわち、キラルな炭素4個のケトースであるエリスルロースを、銀河中心の雲 G+0.693−0.027 のなかに、である。証拠は、イエベス 40 メートル望遠鏡と IRAM 30 メートル望遠鏡で観測された複数の電波遷移から来ており、それらは実験室のスペクトルデータに対してフィットされ、氷の塵粒の上での形成モデルによって裏づけられている。この結果が重要なのは、生命前駆的な糖の化学の一種が、惑星や隕石が形成される前に起こりうることを示すからだ。それは生命ではなく、リボースでもなく、RNA でもなく、そうした分子が地球の生物の種をまいたという証拠でもない。それは、慎重で限定された含意をもつ、強力な宇宙化学的検出だ。宇宙は、私たちがかつて知っていたよりも多くの生命前駆的な蓄えをつくれるのである。

出典

Jimenez-Serra et al., Detection of a four-carbon sugar in interstellar space, *Nature Astronomy* (2026)
<https://doi.org/10.1038/s41550-026-02905-7>

Observed spectra and LTE fits for the erythrulose study, Zenodo (2026)
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20081358>