

東北大学理学部の研究力

東北大学理学部の研究力

CONTENTS

はじめに	3
【数学専攻】	
素数の組み合わせ論の高次元化 数体の素元に隠れた「星座」	4
水が描くかたち、数学で紐解く ー ミクロから生命や都市まで ー	4
【物理学専攻】	
スーパーカミオカンデが超新星背景ニュートリノの兆候を捉える ー 宇宙の歴史に刻まれた「かすかなささやき」の手がかり ー	4
原子核を形作る力の理解に新展開 ー ハイパー三重水素原子核を世界最高精度測定 ー	5
量子ダイナミクスの非線形性を解析できる新手法を開発 ー 新たな材料設計や量子デバイス開発などへの貢献に期待 ー	6
【天文学専攻】	
遠方銀河の二層円盤構造の同定に初めて成功 幅広い宇宙年代にわたって円盤銀河の発達過程が明らかに	6
新たな原子系「多価ミュオンイオン」の観測に成功 ー 宇宙観測検出器が捉えるエキゾチック原子の世界 ー	7
【地球物理学専攻】	
能登地震、地下の「古マグマ」の破壊が引き金に 3年間継続した群発地震が大地震につながった要因を解明	8
金星大気下層に漂う微粒子の起源は流れ星 ー 金星大気観測「50年の謎」に新説 ー	9
【化学専攻】	
五角形のケイ素 π 電子系化合物の合成に成功 ー 全ケイ素置換シクロペンタジエニドの登場 ー	9
水完全分解光触媒におけるオールインワン助触媒の初めての実現 ー サステイナブルな水素社会の実現に向けて ー	10
【地学専攻】	
小惑星ベヌーの砂に生命を構成する「糖」が存在 ー アミノ酸、核酸塩基に並ぶ主要な生命材料分子を検出 ー	11
東アジア・北西太平洋域で初 白亜紀末の小惑星衝突を示す「K/Pg境界層」の一部を北海道で発見	12
【生物学科／生命科学研究科】	
マウス神経細胞において抗うつ薬3種が異なる遺伝子発現を誘導することを発見	12
北米原産「頭が反り返った」ミジンコを日本初確認 ー プランクトンでも外来生物の広がりを示唆 ー	13

はじめに



東北大学理学部長・理学研究科長
都築 暢夫

皆さんは、自然現象や数理現象に不思議や面白さを感じ、その根本的な原理を知りたいと思うことはありませんか？どのような自然現象や数理現象に興味を持っていますか？

理学は、私たちが持っている純粋な好奇心や探究心に発する「自然の理(ことわり)」の解明と、その体系化を通して、人類共通の知的財産を未来へと継承していく学問分野です。理学研究では、先人達が明らかにしてきた自然の理を理解し、その上に新たな解明を加えていきます。

理学研究の道のりは決して平坦ではありません。自由な発想のもとに研究を進める過程は楽しくもありますが、

思い描いた通りに進まずに悶々とした日々を過ごすことも少なくありません。知力はもちろんのこと、気概をも求められる険しい道でもあります。だからこそ、自然の理の一端を解き明かしたときの達成感と喜びは格別です。そして、次なる自然界の不思議が私たちによる解明を待ち受けています。

東北大学理学研究科では、素粒子、原子核、原子、分子等のミクロな世界、生命、地球、宇宙等のマクロな世界、数学および数理現象など、理学の幅広い分野を対象にして、自然の理の探究を行っています。本冊子は、プレスリリース等を行った理学研究科の研究の中から、皆さんに向けてピックアップ

したものです。詳しく知りたい方や他の研究を知りたい方は、理学研究科のWeb ページをご覧ください。

東北大学理学部では、学部4年（学科によっては3年後期）になると研究室に配属され、大学院に進学すると一段と本格的な研究を行います。皆さんの先輩達がそうであったように、社会のさまざまな分野で活躍するための基盤となる科学的思考力と実践力が理学研究を通して身につきます。

緑あふれる青葉山のキャンパスで、若き皆さんとともに新たな「自然の理」の解明に向け、挑戦する日を楽しみにしています。

素数の組み合わせ論の高次元化

数体の素元に隠れた「星座」

数学専攻 助教 甲斐 亘

素数が無限に存在することは、Euclid の著作『原論』（紀元前 300 年ごろ）に既に証明が載っています。 $p, p+2$ がともに素数であるような p が無限個存在するという双子素数予想は、Goldbach や Euler (18 世紀) は既に真剣に考察していたようですが、今日でも予想のままです。Green-Tao の定理 (2004 年) は、素数からなるいくらでも長い等差数列が見つけられると述べています。これは例えば、 $p, p+d, \dots, p+100d$ がす

べて素数となるような $p, d>0$ が存在するということです。ただしこの性質を満たす具体的な $p, d>0$ はまだ見つかっていません。2024 年までに見つかっている素数の等差数列の最長記録は 27 項のようです。

ともあれ、双子素数予想と比べて、動かせる変数 p, d が 2 つであることにより、現代の人類にも手が届く問題となっています。

以上のような、「素数の組み合わせ論」と呼ばれる研究を、「数体の素元」

という高次元の設定で再構築する取り組みをしています。

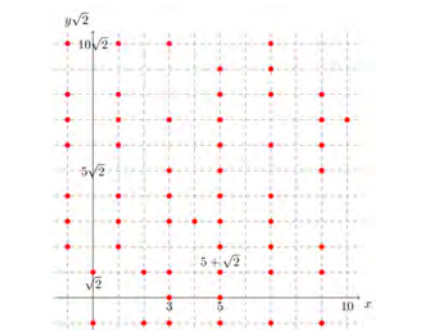


図 集合 $\{x+y\sqrt{2} \mid x, y \text{ は整数}\}$ 中の素元

水が描くかたち、数学で紐解く

ー ミクロから生命や都市まで ー

数学専攻 教授 正宗 淳

水が流れると、そこに不思議な「かたち」が生まれます。たとえば濡れた窓ガラスにできる水の筋、地面にしみ込む雨、そして土の中にできる細い「水脈」。これらは、水が自分で道をつくりながら流れてい

く現象です。また、水と空気の間には「表面張力」と呼ばれる力が働き、水が丸くなった、細い管を伝って上にのぼったりします。このように、水はただ流れるだけでなく、まるで自ら「かたち」を選

んでいるかのように振る舞います。私たちの研究は、こうした自然の振る舞いを数学の目で読み解くことを目指しています。

スーパーカミオカンデが超新星背景ニュートリノの兆候を捉える

ー 宇宙の歴史に刻まれた「かすかなささやき」の手がかり ー

物理学専攻 助教 芦田 洋輔

スーパーカミオカンデ (Super-Kamiokande) 国際共同研究グループ^(注1) は、純水運転期間 (2008 年～2020 年のうち 3349 日) とガドリニウム^(注2) 導入期間 (2020 年～現在のうち 1653 日) を合わせた約 5000 日分の観測データの詳細解析により、超新星背景ニュートリノ (Diffuse Supernova Neutrino Background, DSNB)^(注3) の兆候 (2.6 σ 、99.5% 信頼水準) を世界で初めて捉えました。超新星背景ニュートリノ

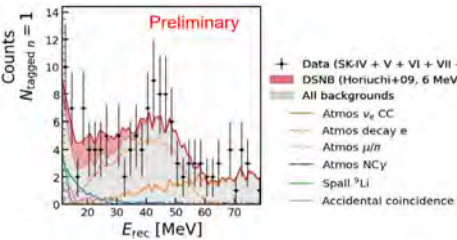


図 超新星背景ニュートリノイベントの候補となるチェレンコフ角度が 4 2 度に近い中性子数が 1 のイベントのエネルギー分布。赤い領域が観測された超新星背景ニュートリノの成分を示す。

は、宇宙の歴史上すべての重力崩壊型超新星爆発^(注4) に由来するニュートリノの総和であり、その直接検出はスーパーカミオカンデ計画開始時からの長年の目標でした。本成果は、宇宙の星形成の歴史や元素合成の理解を深める

重要な手がかりをつかんだと言えます。本研究成果は、2026 年 6 月 25 日にアメリカ・カリフォルニア大学アーバイン校で開催された NEUTRINO 国際会議 2026 において発表されました。

用語解説

(注 1) スーパーカミオカンデ

スーパーカミオカンデは、1996 年 4 月に観測を開始した世界最大の地下ニュートリノ観測装置です。岐阜県飛騨市神岡町の地下 1000m に設置されており、ニュートリノの観測研究や陽子崩壊現象の探索などを行っています。スーパーカミオカンデ国際共同研究グループは、東京大学宇宙線研究所を実施責任機関とし、日本、アメリカ、韓国、中国、ポーランド、スペイン、カナダ、イギリス、イタリア、フランス、ベトナムの約 60 の大学や研究機関から約 250 名が参加する国際共同研究です。

(注 2) ガドリニウム

ガドリニウム (Gd) は原子番号 64 の元素であり、希土類元素 (レアアース) の一種です。ガドリニウムは、

全元素のなかで中性子を捕獲する能力が非常に高い元素です。そのため、スーパーカミオカンデの水に加えると、超新星爆発ニュートリノのうち、反電子ニュートリノが水と反応した時に生じる中性子をガドリニウムが捕獲して新たな信号が出るため、他のノイズ事象と区別できるようになります。2020 年と 2022 年にスーパーカミオカンデの水にガドリニウムを加え、データ取得を続けていました。ガドリニウムを加えることにより、反電子ニュートリノからの信号を区別して検出できるようになります。

(注 3) 超新星背景ニュートリノ (Diffuse Supernova Neutrino Background, DSNB)

宇宙全体では、毎秒数回の頻度で超新星爆発が起きており、宇宙が生まれてから現在まで、超新星爆発から

放出されたニュートリノは宇宙に拡散され、蓄積されることになります。そのニュートリノを「超新星背景ニュートリノ」と呼びます。

(注 4) 重力崩壊型超新星爆発

太陽の約 8 倍以上の重い星が寿命の終わりに起こす大爆発です。核融合が止まると重力が中心が急激に潰れ、超高密度の中性子星やブラックホールが生まれます。その反動で外側の層が吹き飛び、宇宙に大量の物質とエネルギーを放出します。これにより重い元素も作られ、宇宙の進化に重要な役割を果たします。

原子核を形作る力の理解に新展開

ー ハイパー三重水素原子核を世界最高精度測定 ー

物理学専攻 委嘱教授 中村 哲

東 京大学大学院理学系研究科の永尾翔助教 (理研客員研究員兼務)、中村哲教授 (東北大学委嘱教授、理研客員研究員兼務)、理化学研究所仁科加速器科学センターの木野量子基礎科学特別研究員 (研究当時：東北大学大学院生)、ヨハネス・グーテンベルク大学マインツの Josef Pochodzalla 教授、Patrick Achenbach 教授らによる国際共同研究グループは、マインツ・マイクロロン^(注1) において、ラムダハイパー原子核 (以下、ハイパー核^(注2)) の崩壊パイ中間子分光を行い、ハイパー三重水素原子核 (以下、ハイパー三重水素) のラムダ束縛エネルギー^(注3) を世界最高精度で測定しました。

ハイパー核は、陽子や中性子に加えてハイペロン^(注4) を含む短寿命の原子核であり、原子核を形作る強い力の性質や成り立ちを探るために重要な手がかりです。とりわけ、最も軽いハイパー核であるハイパー三重水素は、少数多体系の理論計算を検証する基準として重要です。今回、ハイパー四重水素原子核 (以下、ハイパー四重水素) の崩壊パイ中間子を基準として同時測定することで、高精度なエネルギー較正を実現し、ハイパー三重水素が従来考えられていたより強く束縛されていることを示唆する結果を得ました。本

成果は、ハイペロン・核子相互作用、軽いハイパー核の構造、さらには高密度天体である中性子星内部の物質理解の前進に貢献することが期待されます。

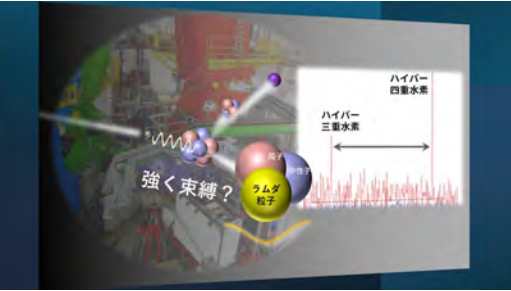


図 崩壊パイ中間子分光法により今回新たに測定されたハイパー三重水素原子核。

用語解説

(注 1) マインツ・マイクロロン

ドイツ・マインツ大学に設置された世界最大のマイクロロン型電子加速器であり、高品質・高強度の電子ビームを用いた精密な原子核・素粒子実験に利用されています。マインツ・マイクロロンは、軽いハイパー核の精密分光研究において世界をリードする成果を生み出してきた施設の一つです。

(注 2) ハイパー核

通常の原子核を構成する陽子や中性子に加えて、陽子・中性子と同じバリオンの仲間であるハイペロン^(注4) を一つ以上含む原子核です。ハイパー核は、含まれるハイペロンの種類に応じて、ラムダハイパー核、シグマハイパー核、グザイハイパー核などに分類されます。本研究で対象としたのは、ハイペロンの一種であるラムダ粒子を含むラムダハイパー核です。通常の原子核の表記にハイペロンを表す記号を添えて表します。たとえばハイパー三重水素原子核は ${}^3_{\Lambda}\text{H}$ 、ハイパー四重水素原子核は ${}^4_{\Lambda}\text{H}$ と書きます。

(注 3) ラムダ束縛エネルギー

ハイパー核の中で、ラムダ粒子がどれだけ強く束縛されているかを表す量です。値が大きいほど、ラムダ粒子が原子核の中により強く結び付いていることを意味

します。ラムダ束縛エネルギーは、ハイペロンと核子の間に働く相互作用の強さを知るための重要な観測量です。そのため、この値を高精度で測定することは、ハイパー核の構造を理解するうえで極めて重要です。また、理論計算との比較を通じて、強い力の理解を深めるための重要な手がかりにもなります。今回の研究では、このラムダ束縛エネルギーを世界最高精度で測定しました。

(注 4) ハイペロン

陽子や中性子と同じクォーク (素粒子) 三つからできた粒子の仲間で、ストレンジクォークを 1 個以上含む粒子の総称です。代表的なハイペロンとして、ラムダ粒子 (Λ)、シグマ粒子 (Σ)、グザイ粒子 (Ξ) などがあります。ハイペロンを含む量子系を調べることで、通常の原子核では調べにくいハイペロンと核子の間の相互作用を研究できます。こうした相互作用の理解は、原子核を形作る強い力をより一般的に理解するうえで重要です。非常に高密度な天体である中性子星の内部では、陽子や中性子だけでなく、ハイペロンが現れる可能性があると考えられています。そのため、ハイペロンの性質やハイペロンと核子の間の相互作用を理解することは、中性子星内部の物質状態を考えるうえでも重要です。

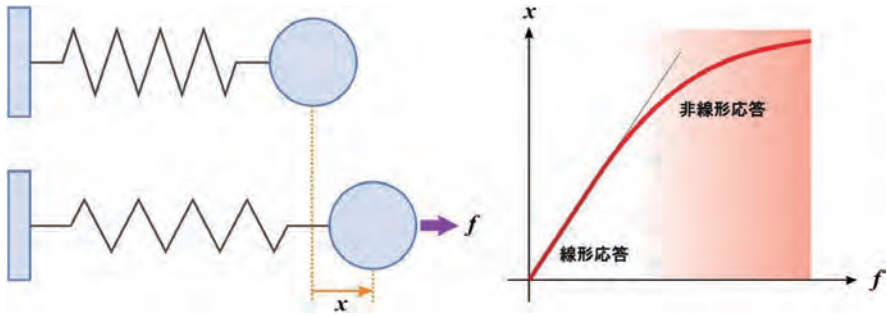
量子ダイナミクスの非線形性を解析できる新手法を開発

— 新たな材料設計や量子デバイス開発などへの貢献に期待 —

物理学専攻 助教 小野 淳

物質に強い刺激を与えると、入力（力や電磁場）と出力（物理量の変化）の比例関係が崩れる「非線形応答」が現れます。この非線形応答を詳しく解析することは、物質の動力学的・分光学的性質を深く理解するために欠かせません。しかし従来の手法では、複雑に入り混じった非線形応答から必要な成分だけを取り出すことは困難でした。

東北大学大学院理学研究科の小野淳助教は、物理量の時系列データから非線形応答関数^(注1)を抽出するための新たな理論的枠組みを構築しました。これは既存の任意の実時間シミュレーション手法に適用可能であり、従来難しかった強い電子間相互作用や多くの自由度、環境への散逸などを伴う複雑



図（左）バネに繋がれたおもりの模式図。力 f を加えると、変位 x が生じる。（右）力と変位の関係。通常、力の大きさ f とおもりの変位 x は比例するが、力が大きくなると比例関係からのずれ（非線形応答）が生じる。

用語解説

(注1) 非線形応答関数

外部から加えられる力に対して、物理量に生じる変化量との関係を結びつける量を一般に応答関数という。特に、力と変化量との間に比例関係が成り立たない場合に非線形応答関数と呼ばれる。

遠方銀河の二層円盤構造の同定に初めて成功

幅広い宇宙年代にわたって円盤銀河の発達過程が明らかに

天文学専攻 特任研究員 津久井 崇史

現在の宇宙にある多くの円盤銀河は、若い星からなる薄い円盤と年老いた星からなる厚い円盤の「二層構造」を持っています。しかし、これまでの二層構造の観測は近くの銀河に限られており、その形成過程は天文学上の大きな謎でした。

東北大学大学院理学研究科の津久井崇史研究員を中心とする研究チームは、ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡^(注1)の観測データを使い、最大100億年前にさかのぼる広範な宇宙年代にわたって存在した44個の銀河で二層構造を同定しました。銀河の過去の姿を直接捉えることで、銀河がまず厚い円盤を形成し、その後、内側に薄い円盤が形成することで二層構造となる進化の道筋が明らかになりました。さらに、薄い円盤の形成時期は、重い銀河ほど早く、星の年齢から推定された私たち

の住む天の川銀河^(注2)とおおよそ一致することが判明しました。本研究を通じて、円盤銀河がどのように形作られてきたか、そして天の川銀河が宇宙の歴史の中で普遍的な形成過程を辿ってきたのか、という問いへの答えに近づくことが期待されます。

本研究成果は、英国王立天文学会の学術誌 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society に、2025年6月26日（英国時間）に掲載されました。

用語解説

(注1) ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡 (James Webb Space Telescope : JWST)
米航空宇宙局 (NASA) がハッブル宇宙望遠鏡の後継機として2022年に運用を開始した宇宙望遠鏡。これまでの望遠鏡と比較し、およそ10倍の空間分解能、100倍の感度の観測が可能となりました。

(注2) 天の川銀河

渦巻き円盤銀河。地球が存在する銀河。1000億個以上の恒星が直径10万光年の円盤状に分布しています。

(注3) 赤方偏移

銀河までの距離を表す際に用いられる指標です。大きいほど、遠方、過去の銀河に相当します。よく用いられる宇宙膨張モデルを用いると（ハッブル定数 $H_0=70\text{km/s/Mpc}$, $\Omega_m=0.3$, $\Omega_\Lambda=0.7$ ）、光が地球に到達し検出されるまでに走った距離は、赤方偏移 z に対して以下ようになります。

$z=0.12$: 約13億光年 / $z=0.25$: 約29億光年 /
 $z=0.5$: 約50億光年 / $z=1$: 約77億光年 /
 $z=2$: 約102億光年 / $z=3$: 約114億光年

ただし、宇宙は光が発せられてから現在に至るまで膨張を続けているため、現在の地球とその銀河との実際の距離はさらに遠くなります。

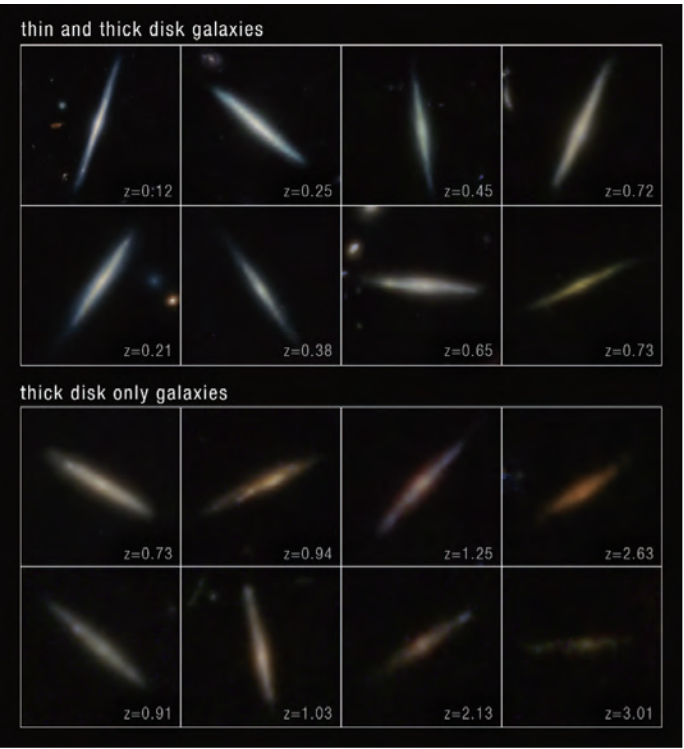


図 研究チームが発見した、二層円盤構造を持つ銀河 (thin and thick disk galaxies) と一層円盤構造の銀河 (thick disk only galaxies) の擬似カラー画像。宇宙初期には厚い一層円盤構造を持った銀河が多く、宇宙後期には二層円盤構造を持った銀河が多くなる。右下には銀河の赤方偏移 z (大きいほど遠方・過去の宇宙に相当する)^(注3)を示している。
Credit: NASA, ESA, CSA, T. Tsukui (Australian National University).

新たな原子系「多価ミュオンイオン」の観測に成功

— 宇宙観測検出器が捉えるエキゾチック原子の世界 —

化学専攻 教授 木野 康志、天文学専攻 准教授 野田 博文

京都立大学大学院理学研究科化学専攻の奥村拓馬准教授、理化学研究所開拓研究所の東俊行主任研究員（高エネルギー加速器研究機構量子場計測システム国際拠点特任教授）、同開拓研究所の橋本直理 ECL 研究チームリーダー（仁科加速器科学研究センター理研 ECL 研究チームリーダー）、高エネルギー加速器研究機構量子場計測システム国際拠点の早川亮大研究員、同物質構造科学研究所の下村浩一郎特別教授、自然科学研究機構核融合科学研究所研究部プラズマ量子プロセスユニットの加藤太治教授、東北大学大学院理学研究科化学専攻の木野康志教授、同研究科天文学専攻の野田博文准教授、立教大学理学部物理学科の山田真也准教授、中部大学の岡田信二教授、外山裕一特任助教、東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構の高橋忠幸特任教授、筑波大学計算科学研究センターの Tong Xiao-Min 准教授らによる研究グループは、最先端の X 線検出器

である「超伝導転移端センサーマイクログロリメータ (Transition-Edge Sensor: TES)」^(注1)を駆使し、新たなエキゾチック原子^(注2)系「多価ミュオンイオン」の観測に成功しました。多価ミュオンイオンは、1つの原子核が少数の電子と負電荷を帯びた素粒子「負ミュオン」^(注3)を同時に束縛した原子系です。これまで理論的には存在が予測されていましたが、実験的に直接観測されたのは今回が初めてです。多価ミュオンイオンは、正電荷をもつ

原子核が異種の負電荷をもつ粒子を同時に束縛するという、他に類のないユニークな系であり、新たな量子少数多体系^(注4)としての関心に加え、負ミュオンと原子・分子の相互作用を探る新たなプローブとしての可能性も秘めています。

本研究は、科学雑誌『Physical Review Letters』の Editors' Suggestion に選ばれ、オンライン版（2025年6月16日付）に掲載されました。

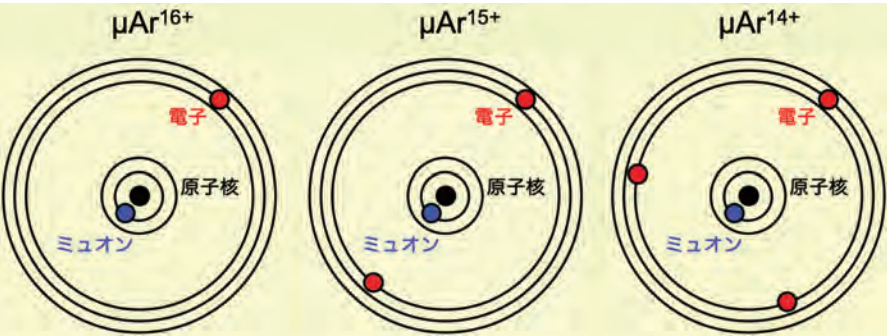


図 本研究で観測した多価ミュオンイオン (μAr^{16+} , μAr^{15+} , μAr^{14+}) の模式図。 μAr^{16+} , μAr^{15+} , μAr^{14+} は、負ミュオンに加えて電子をそれぞれ1, 2または3個束縛している。

用語解説

(注 1) 超伝導転移端センサーマイクロカロリメータ TES
マイクロカロリメータとは、X 線のエネルギーを吸収による温度上昇として測定する装置であり、吸収体と温度センサーから構成される。TES (Transition Edge Sensor) 検出器は、この温度センサーに超伝導体を用いたマイクロカロリメータである。超伝導体は、超伝導転移温度付近において、電気抵抗がゼロから有限値へ急激に変化するという性質を持つ。このため、超伝導体を転移温度よりもわずかに低い温度で維持し吸収体と熱的に接触させることで、X 線吸収に伴わずかな温度上昇を大きな電気抵抗変化として捉えることが可能である。TES 検出器は、この超伝導体の鋭敏な温度応答性を活用することで、極めて高いエネルギー分解能を実現している。

(注 2) エキゾチック原子
通常の原子は、陽子と中性子から成る原子核と、その周囲を取り巻く電子から構成されている。これに対し、原子を構成する粒子の一部を他の粒子で置き換えた原子系は、「エキゾチック原子」と呼ばれている。たとえば、電子を負ミュオンで置き換えた原子はエキゾチック原子の一種であり、「ミュオン原子」と称される。本研究で観測に成功した「多価ミュオンイオン」は、ミュオン原子から複数の電子が失われた高電荷状態のミュオン原子である。

(注 3) 負ミュオン
ミュオンは第二世代のレプトンに分類される素粒子であり、正の電荷を帯びた正ミュオンと負の電荷を帯びた負ミュオンが存在する。特に負ミュオンは電子と

非常によく似た性質を持つが、電子との主な違いは質量にあり、その質量は電子の 207 倍である。また、その寿命は $2.2 \mu\text{s}$ (マイクロ秒、100 万分の 1 秒) であり、電子とニュートリノに崩壊する。

(注 4) 量子少数多体系
量子力学において複数の粒子から構成される系を量子少数多体系と呼ぶ。複数の粒子が互いに力を及ぼし合いながら強く作用し合い、理論的な取り扱いが極めて難解となるため、量子力学における重要なトピックの一つとされている。多価ミュオンイオンは、原子核と負ミュオンに加え、さらに複数の電子が束縛された系であり、通常の原子や分子には存在しない、負ミュオンと電子の特徴的な相関を示す量子少数多体系である。

能登地震、地下の「古マグマ」の破壊が引き金に

3 年間継続した群発地震が大地震につながった要因を解明

地球物理学専攻 准教授 高木 涼太

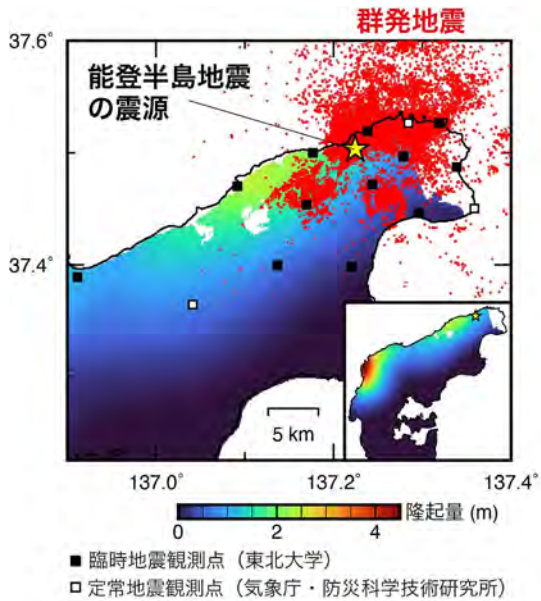


図 震源・観測点マップと臨時地震計設置時の様子。能登半島地震（黄色星）と群発地震（赤点）の震源は Yoshida et al. (2024) による。背景のカラーは能登半島地震による隆起量 (Ma et al. 2024)。四角は臨時地震観測点（黒）と定常地震観測点（白）。

能登半島では、2020 年 12 月頃から活発な群発地震^(注 1)が続いていましたが、2024 年元日にマグニチュード 7.6 の能登半島地震が発生しました。なぜこのような複雑な地震活動が起きたのか、なぜ群発地震が大地震につながったのか、その要因はこれまで不明でした。東北大学大学院理学研究科の高木涼太准教授らの研究チームは、高密度な臨時地震観測に基づく高解像度の地下構造探査により、能登半島地震の震源域の地下に、周囲に比べて地震波速度が異常に速い領域（高速度体^(注 2)）が存在することを発見しました。3 年前

から継続していた群発地震はこの高速度体を避けるように発生したのに対し、能登半島地震の主要な断層破壊は其中で発生しました。この高速度体は、固化した古マグマである可能性が高く、過去の火山活動によって地下に形成された構造とそれによる透水性の不均質が、現在の群発地震の発展や大地震の発生過程を支配した要因であることを示唆しています。本研究成果は科学誌 Science Advances に 2025 年 10 月 15 日午前 2 時（米国東部時間。日本時間 10 月 16 日午前 3 時）付で掲載されました。

用語解説

(注 1) 群発地震
本震の後に余震が発生するという通常の地震活動とは異なり、明確な本震を持たずに地震が特定の地域に集中的に多数発生する現象です。地下深部の流体の関与が指摘されています。

(注 2) 高速度体
地震波が周囲より速く伝わる地下の領域。通常は、岩石が固く密度が高い部分に相当します。



詳細はこちら

金星大気下層に漂う微粒子の起源は流れ星

— 金星大気観測「50 年の謎」に新説 —

地球物理学専攻 大学院生 狩生 宏喜

金星の高度約 47km 以下には「下層ヘイズ^(注 1)」と呼ばれる微粒子の層が存在することが、1970 年代の探査機による観測で分かっていました。しかし、この微粒子がどこから来て、何でできているのかという問いは、50 年来の未解決問題として残されてきました。東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻の狩生宏喜 大学院生（現：東京科学大学 研究員）、黒田剛史 助教、寺田直樹 教授らの研究グループは、ベルギー王立宇宙航空研究所等との国際共同研究により、独自に開発した雲微物理モデルを用いて下層ヘイズ生成のシミュレーションを行いました。その結果、金星大気へ絶えず降り注ぐ宇宙塵が、観測された下層ヘイズの性質を説明できることを突き止めました。

本研究は、宇宙から降り注ぐ微小な塵が、金星の雲の構造や気候を支配する重要な役割を担っていること

を明らかにしました。

本成果は、日本時間 2026 年 4 月 13 日 18 時に、国際学術誌 Nature Astronomy に掲載されました。

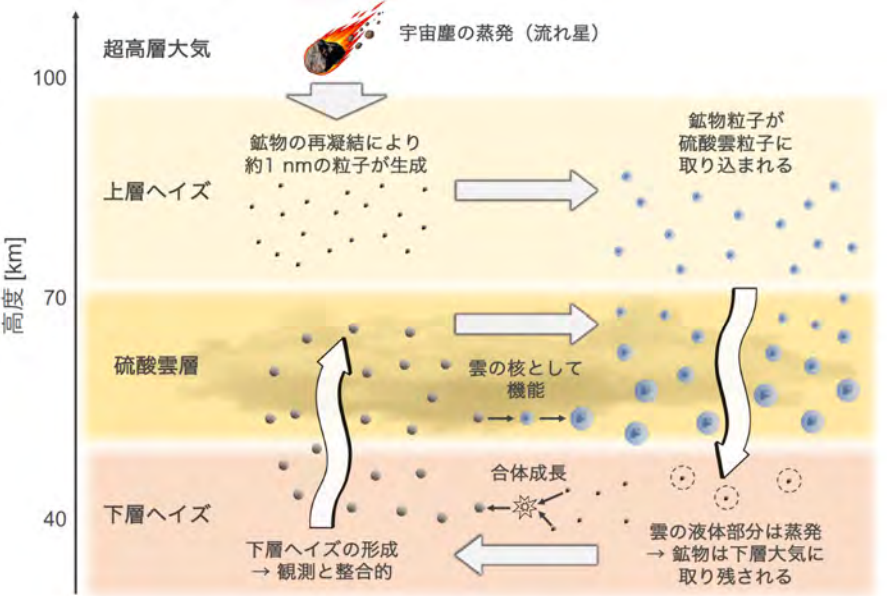


図 本研究が明らかにした下層ヘイズの形成メカニズム。上空から降り注いだ宇宙塵が硫酸の雲に取り込まれ、雲底で硫酸が蒸発した後には大気に取り残され合体成長し、下層ヘイズが作られる。

五角形のケイ素 π 電子系化合物の合成に成功

— 全ケイ素置換シクロペンタジエニドの登場 —

化学専攻 教授 岩本 武明

ケイ素^(注 1) は元素周期表で炭素の一つ下にあり、半導体、炭化ケイ素繊維、シリコンなどの身近な高機能性材料を与える元素です。しかし、ケイ素の場合、機能性炭素（有機）材料によく見られる π 電子系化合物^(注 2)（ベンゼンやフラーレンなど）は通常は安定ではありません。 π 電子系化合物を構成する π 結合がケイ素の場合は強くなく安定ではないからです。そのため、ケイ素の数が増えるほど、その π 電子系化合物の合成は難しくなり、5 つ以上の連続するケイ素原子上に π 電子を非局在化させた分子の合成は挑戦的な課題でした。

東北大学大学院理学研究科の岩本武明教授、石川朋樹大学院生、石田真太郎准教授の研究グループは、五角形のケイ素骨格をもつ π 電子系化合物、ペンタシラシクロペンタジエニド^(注 3) の合成に成功し、その分子構造を解明しました。この化合物は非平面の五角形の骨格が特徴であり、非平面でありながらも、平面五角形の炭素骨格を持つシクロペンタジエニドと同様に非局在化した π 電子と芳香族性^(注 4) を持ちます。そして、ケイ素骨格上での π 電子の非局在化と、ケイ素上に導入された保護基がこの化合物を安定化していることを

明らかにしました。

本成果により合成された化合物は、様々な触媒や機能分子に使われているシクロペンタジエニドのケイ素版化合物であり、ケイ素を基盤とした新たな π 電子系化合物として触媒および材料両分野への幅広い展開が期待されます。本研究成果は、日本時間 2026 年 2 月 6 日午前 4 時に科学雑誌 Science のオンライン版に掲載されました。



詳細はこちら

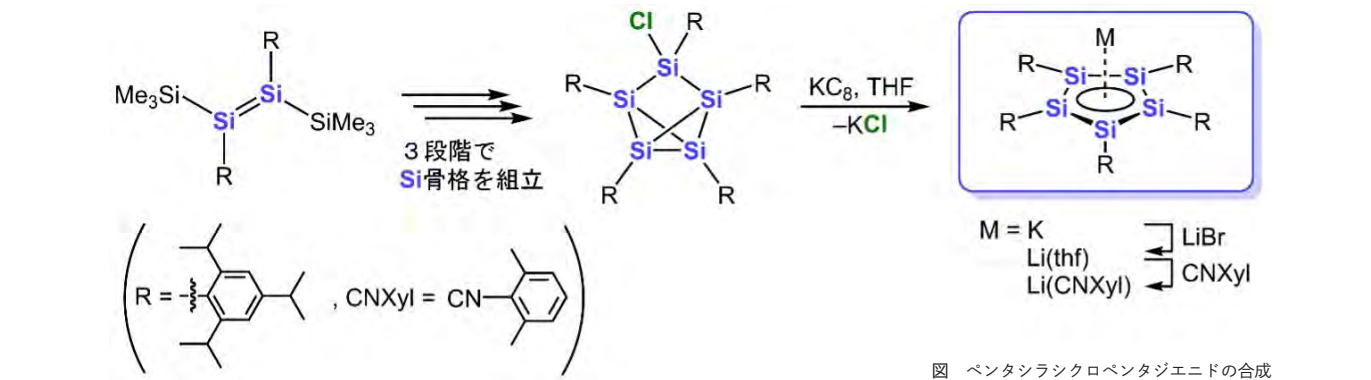


図 ペンタシラシクロペンタジエニドの合成

用語解説

(注1) ケイ素

元素周期表で炭素の一つ下に位置する14族元素。地殻にある元素の中で、酸素に次いで豊富な元素。半導体、炭化ケイ素繊維（東北大学で開発された超高温耐熱材料）、シリコン等の私たちの身の回りで活躍する機能材料の核となる元素で、炭素との結合をもつ有機ケイ素化合物は合成化学でも広く活用されています。

(注2) π 電子系化合物

π 結合をもつ化合物の総称。 π 結合は二重結合や三重結合を構成する結合で、分子の電子状態や機能を司る。

(注3) シクロペンタジエニド

五角形の炭素骨格を持つ電荷-1の有機化合物。環骨格炭素原子上に非局在化した6つの π 電子を持つ代表的な芳香族化合物の一つで様々な金属触媒の配位子として利用されている。世界で初めて合成された有機金属化合物フェロセンにも使われている。この化合物の前に「ペンタシラ」がつくと、「5つの炭素をケイ素に置き換えた」、という意味になる。

(注4) 芳香族性

ベンゼンなどの芳香族化合物の高い安定性を説明する概念。現在では分子の磁気的性質の指標としても用いられる。

水完全分解光触媒におけるオールインワン助触媒の初めての実現

ーサステナブルな水素社会の実現に向けてー

化学専攻 教授 坂本 良太

光触媒^(注1)による水完全分解（OWS）^(注2)は、持続可能な水素生産に大きな可能性を秘めています。OWSでは、光触媒表面での水素発生反応（HER）と酸素発生反応（OER）の双方の促進が極めて重要であり、おのおのの反応に、個別に高い活性を示すHERおよびOER助触媒を、光触媒上の狙いの位置に選択的に修飾することが高活性化の鍵になります。しかし、煩雑な多段階光析出プロセスと逆反応を阻害するための酸素遮断層の必要性、逆反応を完全に抑制することの難しさ、遮断層の耐久性に関する懸念など、依然として大きな課題が残っています。

東北大学大学院理学研究科の坂本良太教授らの研究グループは、導電性二次元金属有機構造体（2D-MOF）^(注3)の一種であるCo-HHTPがオールインワンの助触媒として機能することを発見しました。Co-HHTPをOWS光触媒であるSrTiO₃:Al上にワンステップ自己組織化法で担持させることで、

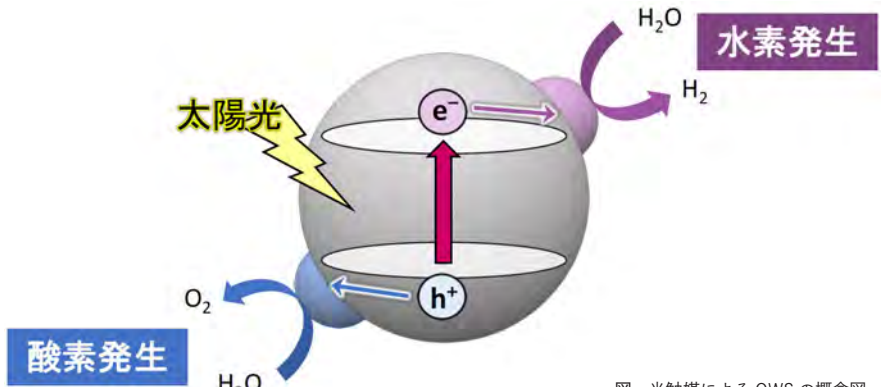


図 光触媒によるOWSの概念図。

酸素遮断層なしで酸素還元逆反応^(注4)を起こさず、350nm（ナノメートル、ナノは10億分の1）における見かけの量子効率（AQE）31.5%という安定したOWSを実現しました。2D-MOFが提供するオールインワン助触媒の概念は、効率的かつ実用的なOWSシステムの設計に新たなパラダイムを提供します。

本研究成果は、2026年4月23日18時（日本時間）で科学誌Nature Chemistry誌にオンライン掲載されました。



詳細はこちら

用語解説

(注1) 光触媒

光を照射することにより自身は変化しないが、触媒作用を示す物質。

(注2) 水完全分解（OWS）

水を分解し、酸素と水素を取り出す現象。光触媒の場合、そのバンドギャップ以上のエネルギーを持つ光が照射されると励起電子と正孔が生じる。これらがそれぞれ水の還元、酸化反応を行うことで水分解反応が進行する。

(注3) 二次元金属有機構造体（2D-MOF）

金属有機構造体（MOF）は金属イオンと有機配位子が規則的に結合した、ナノレベルの微細な穴を持つ多孔性結晶材料で、北川進特別教授（京都大学）らの2025年ノーベル化学賞の受賞対象となった物質群である。2D-MOFはMOFのうち、二次元シート構造を特徴とするものを指す。

(注4) 酸素還元逆反応

光触媒上で生成した酸素が再び電子を受け取って還元される反応や、生成した水素と酸素が助触媒上で反応して再び水に戻る反応を指す。これらの反応が起こると、水素生成の効率が低下する。

小惑星ベヌーの砂に生命を構成する「糖」が存在

ーアミノ酸、核酸塩基に並ぶ主要な生命材料分子を検出ー

地学専攻 准教授 古川 善博

小惑星のカケラである隕石からは、生命の材料分子であるアミノ酸、核酸塩基、糖が検出されています。このことから、隕石によって宇宙から地球にもたらされた分子が、生命の材料として使われたという仮説が提案されています。日米の小惑星サンプルリターン計画「はやぶさ2」と「OSIRIS-REx^(注1)」では、地球物質の混入がない小惑星試料から、核酸（DNAとRNA）の構成分子である核酸塩基とリン酸、タンパク質の構

成分子であるアミノ酸の存在を明らかにし、隕石による生命材料分子の供給を裏付けました。しかし、核酸の材料となる分子群のうち糖だけは見つかっていませんでした。東北大学大学院理学研究科の古川善博准教授らの研究グループは、炭素質小惑星ベヌー^(注2)（図1）から持ち帰った小惑星の砂（図2）から、核酸のうちのRNAを構成するリボース^(注3)と、生命代謝の主要なエネルギー源であるグルコースを含む6種類の糖を検出



図1 OSIRIS-RExがサンプルを採取した小惑星ベヌー
Credit: NASA/Goddard/University of Arizona

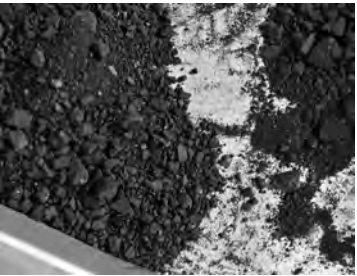


図2 糖が検出されたベヌーの試料
Credit: NASA

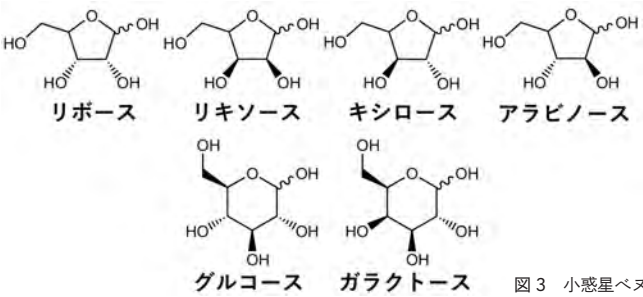


図3 小惑星ベヌーから検出された糖

用語解説

(注1) OSIRIS-REx (Origins, Spectral Interpretation, Resource Identification, Security, Regolith Explorer) (オサイリスレックス)
アメリカ航空宇宙局（NASA）が主導する小惑星サンプルリターン計画。ベヌー（Bennu）から121.6gの岩石や砂を持ち帰ることに成功した。

(注2) 小惑星ベヌー（Bennu）（図1）
OSIRIS-REx探査機がサンプルを採取し地球に帰還した直径約500メートルの小惑星。

(注3) リボース
核酸のうちRNAを構成する分子の一つであり、糖の一種。宇宙物質からは少数の隕石で見つまっている。

東アジア・北西太平洋域で初 白亜紀末の小惑星衝突を示す「K/Pg 境界層」の一部を北海道で発見

地学専攻 教授 高嶋 礼詩

約 6600 万年前の白亜紀末、メキシコ・ユカタン半島近傍に小惑星が衝突し、巨大津波、広域におよぶ森林火災、急激な寒冷化が発生し、多くの生物が絶滅しました。この時代の境界は「白亜紀／古第三紀境界（K/Pg 境界）」と呼ばれています。東アジア・北西太平洋域は、衝突地点から最も遠い地域の一つであり、地球規模で起こった環境変動の影響を検証するうえで極めて重要な地域です。

東北大学・東京大学らの研究グループは、従来 K/Pg 境界層^(注1)とされてきた北海道浦幌町茂川流布（もかわるつぶ）川セクションの露頭は K/Pg 境界層ではなく、北東約 4km に位置する川流布（かわるつぶ）川支流上流の泥岩層における地層が、K/Pg 境界層の一部であることをオスミウム同位体^(注2)比分析、微化石分析、火山灰の放射年代測定、古地磁気分析の結果から示しました。本地層により 100 年単位という高い解像度で堆積当時の環境変動を解析できる可能性があり、本成果は北西太平洋や東アジア地域における白亜紀末の環境や生態系の変化を解明するための重要な基盤となることが期待されます。

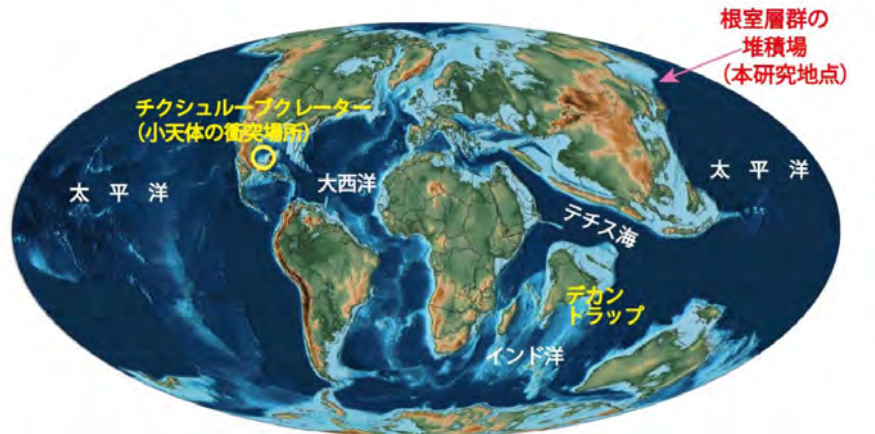


図 白亜紀末期の古地理図と小惑星の衝突地点および本研究地点。Scotese (2014) の古地理図に加筆。

本成果は 2026 年 5 月 19 日 18 時（日本時間）、科学誌 Communications Earth & Environmentに掲載されました。

用語解説

(注 1) K/Pg 境界層

恐竜の繁栄していた白亜紀と、恐竜絶滅後の古第三紀の境界時に堆積した地層で、イリジウムなどの地球外惑星由来物質を豊富に含むことで特徴づけられます。

(注 2) 同位体

同位体とは、同一の元素（同じ原子番号）でありながら中性子数が異なる核種のことを指します。特定の元素においては、放射性同位体が時間経過とともに別の娘核種に壊変します（放射壊変）。このようにして生じた放射性起源の核種が、安定した核種に対してどの

程度の割合で含まれているかを調べることで、その物質の起源や年代を知ることができます。オスミウム (Os) には天然で 7 つの同位体が存在します。このうち 187Os は、レニウム 187Re の放射壊変によってできる娘核種です。放射性起源同位体の 187Os と、安定同位体 188Os との存在量の比（同位体比）を使って、オスミウムを含む物質の起源を推定することができます。

マウス神経細胞において抗うつ薬 3 種が異なる遺伝子発現を誘導することを発見

大学院生命科学研究科（理学部生物学科） 教授 安部 健太郎

うつ病は世界的に深刻な精神疾患であり、その治療には選択的セロトニン再取り込み阻害薬（SSRI）がよく使用されます。しかし、ある抗うつ薬で十分な効果を得られなかった患者に対し、異なる抗うつ薬を投与すると治療効果が生じる場合があるなど、その機序には不明な点があります。東北大学大学院生命科学研究科の山

本創大学院生（研究当時）、安部健太郎教授らは、SSRI に属する 3 種の抗うつ薬をそれぞれ投与した培養マウス神経細胞を用いて、遺伝子発現解析を実施しました。その結果、これら抗うつ薬は同じ作用原理で機能すると考えられているにも関わらず、異なる遺伝子発現変化を誘導することが明らかにされました。本研究は、抗うつ薬が多様な作用メ

カニズムを有することを示唆するものであり、より効果的な治療戦略の確立や新規薬剤の開発につながるものが期待されます。本研究成果は 2025 年 11 月 1 日付で科学誌 iScience（電子版）に著者校正版がオンライン掲載されました。



詳細はこちら

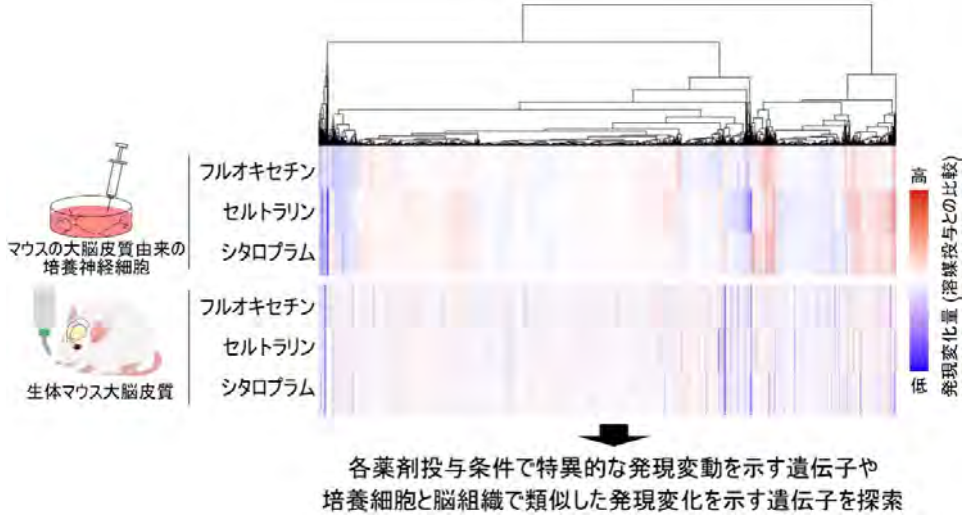


図 本研究のイメージ
本研究では代表的な SSRI 型の抗うつ薬 3 種を培養したマウス神経細胞およびマウス生体に投与し、それが引き起こす遺伝子発現の変化を調べました。

北米原産「頭が反り返った」ミジンコを日本初確認

ープランクトンでも外来生物の広がりを示唆ー

大学院生命科学研究科（理学部生物学科） 助教 牧野 渡

湖 やダム湖にすむミジンコ類^(注1)は、植物プランクトンを食べ、魚類などに食べられることで、淡水生態系の食物網を支える重要な動物プランクトン^(注2)です。近年は人間活動に伴って水域間のつながりが強まり、動物プランクトンが本来の分布域を越えて移動する事例が世界各地で報告されています。

東北大学大学院生命科学研究科の牧野渡助教、占部城太郎名誉教授らは、2025 年に国土交通省が実施した「河川水辺の国勢調査（ダム湖版）」での動物プランクトン試料を解析したところ、愛知県豊根村に位置し、国が管理する（直轄）新豊根ダム（みどり湖）に、日本にはみられないユニークな形態を持つ北米原産の Daphnia retrocurva（図）が生息していることを確認しました。本種はこれまで北米大陸北部からのみ知られており、北米以外からの初記録となります。

また、新豊根ダム湖から得られた個体群を対象に、ミトコンドリア DNA^(注3)の塩基配列を解析したところ、北米産個体群とほとんど違いがなく、日本の個体群は、比較的最近何らかの人間活動に伴って北米から持ち込まれた外来個体群である可能性が高いと考えられます。

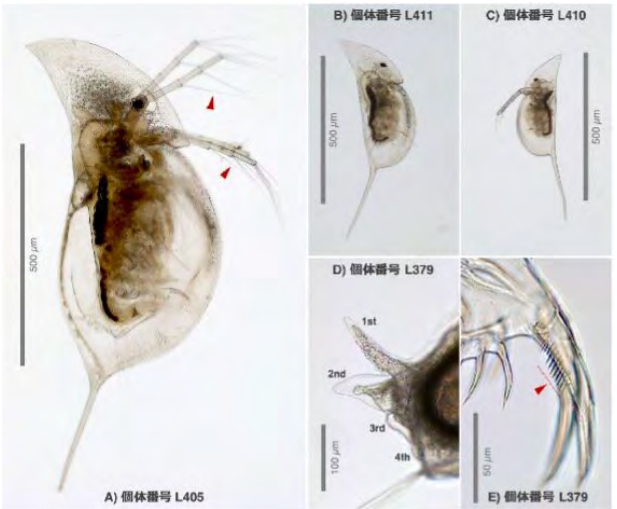


図 愛知県新豊根ダムで発見された Daphnia retrocurva。A) 成熟個体、B, C) 幼若個体、D) 後腹部突起、E) 尾爪にある櫛列（赤矢印）。第二触覚の遊泳剛毛（写真 A の赤矢印）や、後腹部突起、尾爪の櫛列などの形態は、Daphnia 属の種判別に重要な形質であり、いずれも Daphnia retrocurva の特徴を示している。

本成果は、河川・ダム湖などで継続的に行われている水辺の生物調査が、目に見えにくい微小な外来生物の発見や、淡水生態系の変化を迅速に把握する監視機能として役立つことを示しています。

本研究成果は、2026 年 4 月 28 日に国際誌 Check List に掲載されました。

用語解説

(注 1) ミジンコ属 Daphnia

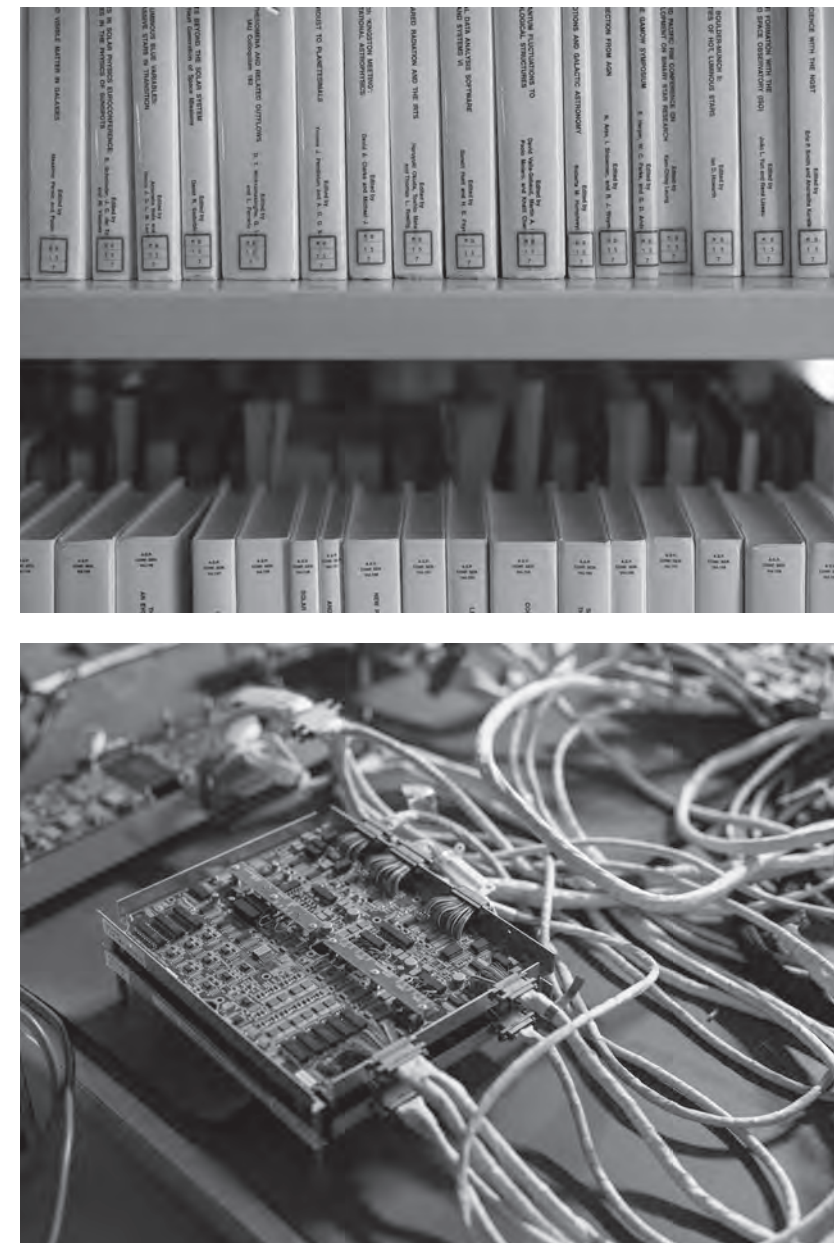
湖沼や池、ダム湖などにすむ小型の甲殻類です。植物プランクトンを食べ、魚類などの餌にもなるため、淡水生態系の食物網で重要な役割を果たします。

(注 2) 動物プランクトン

水中を漂って生活する小型動物の総称です。ミジンコ類、カイアシ類、ワムシ類などが含まれます。湖沼では、植物プランクトンと魚類などをつなぐ重要な存在です。

(注 3) ミトコンドリア DNA

細胞内の小器官であるミトコンドリアに含まれる DNA です。種の識別や個体群の由来推定に広く用いられます。本研究では COI、12S rDNA、ND2 という 3 つの領域を解析しました。



東北大学理学部の研究力

編集・発行

東北大学理学部・理学研究科

〒980-8578 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-3

TEL: 022-795-6708

E-mail: sci-pr@mail.sci.tohoku.ac.jp

Web: <https://www.sci.tohoku.ac.jp/>

2026 年 8 月発行

冊子内の職階・所属表記は研究成果発信時のものになります。

東北大学
理学部 Web



Fi 141 * %

$\epsilon_1 = \log P$

for cases

$1) \leq n \leq 16$

11) ~~$n \leq 16$~~ with 2

$H^1(\Omega)$

$\exists y$

$f \in L^1_{loc}(\Omega)$

$\forall \phi \in C_0^\infty(\Omega)$

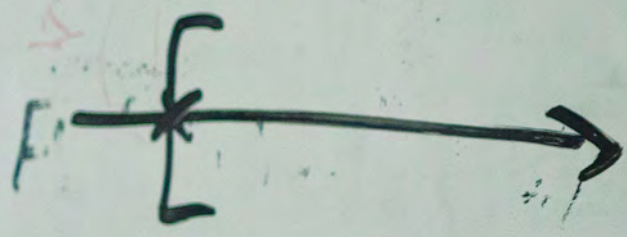
and $\log. \phi \in L^2$
in Ω similar

$\int_{\Omega} f \partial_{x_i} \phi dx$

$CY^{-\alpha} = \pi$

$\gamma = (\frac{c}{2\pi})^{\frac{1}{2}} > \gamma_0$

$= - \int_{\Omega} g \phi dx$



$= \partial_{x_i} f$

$0 \leq C \cdot \mu_0 \leq -\mu_0 \leq e$

$\Phi(r)$

$F_c(\mu) - F_c(\mu) \leq 1 - F_A(\mu) - F_A(\mu) \leq$

0 (?) 0

On the other