

SCHOOL OF SCIENCE, THE UNIVERSITY OF TOKYO

The Rigakubu News

# 理学部ニュース

東京大学 07 月号 2021

理学のススメ  
実は日本にもある？  
「レアアース」

学生支援室よりみなさんへ  
学生支援室のご紹介  
～勇気を出して、動いてみよう～

理学エッセイ  
パラサイトDNAのロックダウン

1+1から∞の理学  
宇宙の錬金術

理学の本棚  
「複合アニオン化合物の科学」

学部生に伝える研究最前線  
雨粒の落下と地球の気候

トピックス  
理学部ガイダンス2021実施報告

# 07 理学部 ニュース 月号 2021

理化学研究所和光キャンパス内加  
速器施設脇に位置する、原子核科  
学研究センター実験準備棟。3階  
建て総面積1200平米から成る。



表紙・裏表紙 Photo Koji Okumura (Forward Stroke Inc)  
撮影協力：原子核科学研究センター

7月号の理学部ニュースをお届けします。理学部  
ニュースでは、最先端の研究成果や理学部の魅力  
を、専門外の方にも分かりやすくお伝えするこ  
とを目指しています。一口に理学部と言っても、10  
学科とその附属施設で多岐に渡る研究が行われて  
おり、自分の専門から遠く離れた分野のお話を聞  
く機会はなかなかありません。編集委員の私も、  
編集作業の中で初めて「理学部でこんな研究をさ  
れている方がいたのか」と知ることも多いです。  
一方で、分野は違えど大事な共通の基礎はあるの  
だな、と思わされることも多々あります。7月号  
では「学部生に伝える研究最前線 CASE1」、「理  
学のススメ」、「1+1から∞の理学」のいずれも、  
元素の違い・個性が鍵となるお話で、自然科学に  
おける周期表の重要性をあらためて実感しました。  
皆様にも今月号をご覧いただいて、思い思いの  
「気づき」があれば嬉しく思います。

桂 法称 (物理学専攻 准教授)

## 東京大学理学系研究科・理学部ニュース

第53巻2号 ISSN 2187-3070

発行日：2021年07月20日

発行：東京大学大学院理学系研究科・理学部

〒113-0033 東京都文京区本郷7-3-1

編集：理学系研究科広報委員会所属 広報誌編集委員会  
rigaku-news@adm.s.u-tokyo.ac.jp

安東 正樹 (物理学専攻)  
桂 法称 (物理学専攻)  
岡林 潤 (スペクトル化学研究センター)  
池田 昌之 (地球惑星科学専攻)  
稲垣 宗一 (生物科学専攻)  
吉村 太志 (総務チーム)  
武田加奈子 (広報室)  
印刷：三鈴印刷株式会社

理学部ニュース発刊の  
お知らせメール配信中。  
くわしくは理学部HPで  
ご確認ください。



## 目次

### 理学エッセイ 第53回

03 ・・・ パラサイト DNA のロックダウン  
越阪部 晃永

### 学部生に伝える研究最前線

04 ・・・ 星の温度の正確な測定を目指して  
谷口 大輔 / 松永 典之

雨粒の落下と地球の気候

三浦 裕亮 / 王家瑞 / 小池 真

「暮らし」によってかわる植物の気孔のつくり方  
ドル 有生 / 古賀 皓之 / 塚谷 裕一

### 理学のススメ 第2回

07 ・・・ 実は日本にもある？「レアアース」  
長澤 真

### 1+1 から∞の理学 第17回

08 ・・・ 宇宙の錬金術  
仏坂 健太

### 学生支援室よりみなさんへ 第2回

09 ・・・ 理学部学生支援室のご紹介～勇気を出して、動いてみよう～  
高橋 嘉夫

### トピックス

10 ・・・ 西澤篤志助教が2021年文部科学大臣表彰若手科学者賞受賞  
横山 順一

理学部ガイダンス2021 実施報告

川北 篤

佐藤薫教授が2021(令和3)年春の紫綬褒章を受章

日比谷 紀之

山形俊男名誉教授が第62回藤原賞を受賞

升本 順夫

### 理学の本棚 第46回

12 ・・・ 「複合アニオン化合物の科学」  
長谷川 哲也

### お知らせ

12 ・・・ 新任教員紹介  
女子中高生の未来2021 Online  
博士学位取得者一覧 / 人事異動報告

## Essay

## パラサイト DNA のロックダウン



越阪部 晃永  
(生物科学専攻 特任助教)

“Covid-19 is not just a flu” –2020年3月10日に受け取った前所属先のオーストリア・ウィーンのグレゴール・メンデル研究所 (Gregor Mendel Institute) のマグナス・ノルドボーグ (Magnus Nordborg) 所長からのメールに書かれていた文章である。メールが届いた当時は新型コロナ感染が急拡大している隣国イタリアとの国境の閉鎖が決まり、市内でも数人の感染者が報告された頃でもあった。このメールの翌日には、オーストリア政府がロックダウンを行う予定であることを発表し、所内が大混乱となった。ロックダウンという単語に対して当初あまりピンとこなかったのだが、政府からの発表の翌日には(おそらく発表の数時間後にはすでに) スーパーからパスタや生活必需品が完全に消失して、事態の重大さを目の当たりにした。研究所もロックダウンが始まった3月16日から立ち入りが原則禁止となり、ラボメンバー間のやりとりも全てリモートとなった。植物/動物のケアやサンプリングなどやむを得ない事情で研究所に入る場合、研究所から公式文書を発行してもらい、道で見張っている警察に聞かれた際に提示できる様に対応がなされた(不要不急の外出とみなされた場合、約25万円の罰金を支払う必要があったため)。ロックダウン発令1ヶ月後には感染者数の減少傾向が確認され、それに伴い外出禁止令の緩和が発表された。研究所への立ち入り規制も同様に緩和され、実験台当たり1人という制限があったものの、所内での週2回のPCR検査を行いながら研究活動を再開することができた。

そのような状況下で、ちょうど論文の作成を進めていた。生物のゲノムにはトランスポゾンと呼ばれる可動的なDNAが存在する。通常はDNAやヒストン(ゲノムを折りたたむタンパク質)の化学修飾を受けて、トランスポゾンがゲノム中を動き回らない様に鎮静化されていることが知

られている。この鎮静化に重要な遺伝子として、シロイヌナズナを用いたスクリーニングによってDecrease in DNA Methylation 1 (DDM1) が同定されたが、DDM1がどのようにしてトランスポゾンに鎮静化するのか、その分子機構は永らく不明であった。今回の論文で我々は、DDM1によるヒストンの特異的な亜種(バリエーション)のクロマチンへの積込みを介してトランスポゾンに鎮静化するという新規の機構を見出すことができた(A. Osakabe *et al.*, *Nat. Cell Biol.* **23**, 391 (2021))。

本論文の原稿をジャーナルに投稿したのちに東大への異動が決まり、2回目のロックダウンが開始される数日前に帰国した。リバイス原稿を送り晴れてアクセプトになったのは、3度目のロックダウン発令中の3月だった。どのイベントにもロックダウンが付いて回っていた。プレスリリースの原稿作成を留学先のフレデリック・バーガー(Frederic Berger) 博士と進めた際、そのような背景から、タイトルを“Lockdown for genome parasites” とすることにした(<https://www.oeaw.ac.at/gmi/detail/news/lockdown-for-genome-parasites>)。ロックダウンは、分子から人(集団)まで共通して行われる潜在的な手法なのかもしれない。



世界遺産として登録されているウィーン市内のシェーンブルン宮殿の様子(2020年6月撮影)。普段は観光客で賑わう観光名所の一つだが、1回目のロックダウン解除後の当時は観光客が全くいなく、数人の地元の人たちが散歩で立ち寄り程度だった。

理学部ニュースではエッセイの原稿を募集しています。自薦他薦を問わず、ふるってご投稿ください。特に、学部生・大学院生の投稿を歓迎します。ただし、掲載の可否につきましては、広報誌編集委員会に一任させていただきます。ご投稿は [rigaku\\_news@adm.s.u-tokyo.ac.jp](mailto:rigaku_news@adm.s.u-tokyo.ac.jp) まで

CASE 1

## 星の温度の正確な測定を目指して

青、白、橙、赤……。夜空に輝く星々は多様な色を持つ。星の色はその表面温度と関係していると知られているが、どのようにして温度を測定すればよいのだろうか？宇宙船で星まで赴いて温度計を挿そうにも、もっとも近い星に到達するのに光の速さで4年間もかかってしまう。そのかわりに天文学者は望遠鏡を用いた天体観測で、地球にいながら温度の測定を試みてきた。われわれはいくつかの理由で正確な温度の測定が難しい。赤色超巨星という大きく膨張した赤い星に着目し、その表面温度を分光観測で正確に測定するための新たな手法を開発した。

星空は季節ごとにさまざまな表情を見せる。中でも冬の星空の一角を占めるオリオン座は、対照的な色をもつ二つの一等星があって、強い存在感を放つ。左足に輝くリゲルが青白い超巨星であるのに対し、右肩に輝くベテルギウスは赤色超巨星と呼ばれる種類の赤い星である。これらの色は星の表面温度に関係していると高校理科で学ぶが、その温度はどのように測定されるのだろうか？

もっとも基本的な温度測定法は干渉計を用いた視直径測定にもとづくものだろう。星の見かけの明るさはその視直径と表面温度によって変わるので、見かけの明るさと視直径が観測で得られれば残る温度を計算できる。この方法はリゲルのような青い星や、赤色巨星（赤色超巨星と似た色だが少し小さく暗い星）には有効だが、ベテルギウスのような赤色超巨星に対してはそううまくいかない。ベテルギウスの

視直径は過去100年以上にわたって測定されてきたが、今では観測波長によって大きさが異なることが知られている。これではどの波長で測定した視直径をもとに温度を計算すればよいかわからない。

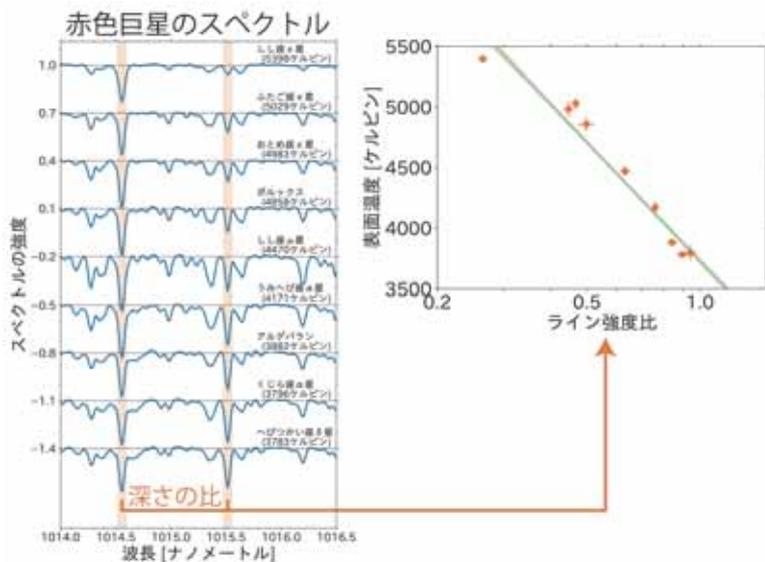
赤色超巨星の分光スペクトルに見られる分子吸収線（主にTiO分子；低温で吸収が強くなる）の強度を、恒星大気モデルを介した理論計算と比較する手法も試みられてきた。しかし、この手法の正確さにも疑問が残る。赤色超巨星の表面にある明暗のまだら模様や、恒星大気外縁部に大きく広がる分子光球という領域を正確にモデル化することは現在でも難しい。

以上の問題を鑑みると、恒星大気モデルに依存せず分子吸収線を使わない温度測定法が望ましい。そこで、われわれは近赤外線のうち0.97~1.32 μmの恒星スペクトルに現れる鉄原子吸収線の深さを用いる経験的手法を用いた。2本の吸収線をうまく選べば、その深さの比（ライン強度比）と星の温度との間にきれいな相関関係が見つかる。この関係を温度が既知の赤色巨星の観測によって較正すれば、赤色超巨星に適用してその温度を正確に測れるはずだと考えたのである。

実際に、図に示すようなきれいな関係が多数見つかり、太陽近傍にある10個の赤色超巨星の表面温度を測定することに成功した（ベテルギウスは3611 K）。今後、大小マゼラン雲などの近傍銀河に属する赤色超巨星の観測を進めれば、さまざまな環境下の赤色超巨星の温度を正確かつ簡単に測定できるようになると考えている。それらの温度を恒星進化理論と詳しく比較することで、赤色超巨星になる星がどのような進化を経て超新星爆発による死を迎えるのか、という恒星物理学と銀河天文学の両分野にまたがる重要な課題にアプローチできると期待している。

本研究成果はD. Taniguchi *et al.*, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 502, 4210 (2021) に掲載された。

(2021年3月1日プレスリリース)



図：ライン強度比と温度の関係の例。干渉計などを用いた観測ですでに温度がよく知られている赤色巨星でのものを示した。ここで得られた関係を適用することでベテルギウスなどの赤色超巨星の温度を測定した。左図：赤色巨星のスペクトルの例（温度が高い順）。左側の鉄原子吸収線は温度が異なる星でも深さが変わらないが、右側の鉄原子吸収線は低温の星ほど深くなっている。右図：この2本の鉄原子吸収線の深さの比（ライン強度比）と温度の関係。

## CASE 2

# 雨粒の落下と地球の気候

「物体を空気中で落下させるとする。速さに比例する空気抵抗を受けるとき、十分時間が経過するとどのくらいの速さになりますか。」

高校生のときに、このような問題を解いた憶えがあるだろう。

この物体が雨粒の場合には、抵抗のかかり方の変化が無視できないくらい変形する。

また、雨粒内の水と周囲の空気の両方に流れが生じ、その境界ではさざ波が起こる。

このとき、雨粒はどのくらいの速さで落ちるだろうか。

この問題が、直径0.5 mm以下の雨粒の落下について、基礎方程式にもとづいた数値計算で解けるようになった。

雨粒の落下は、地球の気候に影響する。少し言い過ぎだろうか。実際、雨粒一つひとつを考慮しなくても、天気予報は実用上十分な(?)確度で当たる。天気予報は、大気モデル(流体力学・熱力学・光学などの方程式を離散化したもの)の数値計算にもとづき作成されるが、ペタフロップス級スーパーコンピュータを用いても、個々の雨粒どころか、乱流(例えば雲のもこもこした形)さえ十分に表現できない。天気は、雨粒よりマクロなスケールの、大気の運動でだいたい決まっているようだ。しかし、天気よりマクロなスケールの、地球の気候はどうだろうか。

よく知られているように、温室効果ガスのおかげで、地球の気候は人間生活に適した温度に保たれている。気候に最も影響する温室効果ガスは、大気中に長く滞在する二酸化炭素だろう。一方で水蒸気は、大気中の滞在時間は短いものの大きな温室効果をもち、二酸化炭素以上に地表を温めている。水蒸気は、海や湖から蒸発し、降水により大気から除去される。天気にとっては雨がいつどこで降るかが問題だが、気候にとっては水蒸気が平均的にどのように分布しているかが、温室効果を決定する上で問題になる。

気候のスケールの水蒸気分布は、地球のエネルギー収支が合うように、さまざまな過程の結果として定まる。例えば、雲内では水蒸気・水・氷が

相変化する。雲内と雲外の空気が混合する。降水し終わった雲は、蒸発して消滅する。個々の雲が存在するだけでなく、時として台風のような構造を発現する。その中で雨粒は、乾いた空気中を落下する際に蒸発して大気を湿らせ、その際に熱を吸収して大気を冷やす。雨粒は、(地味ながら)気候のスケールの水蒸気分布に寄与する。

さて、大気モデルは雨粒一つひとつを表現できないのだった。そのため、(雨粒より)マクロな雨粒の落下速度を、実験データに当てはめた経験式で与えている。しかし、現時点で世界最速のスーパーコンピュータ「富岳」で計算しても、雨の落下速度の設定が、地球温暖化の予測結果をも変えてしまう。われわれは、この困難を克服する第一歩として、変形しながら落下する雨粒について、雨粒内部と大気の流れを同時に、基礎方程式にもとづいて数値計算する手法を開発した(図)。非回転の構造を保存する離散デルタ関数によって雨粒の表面を確率的に表現し、従来手法で問題となっていた偽の流れを取り除くなど、埋め込み境界法をさまざまに改良した。広く使われている経験式を、数値計算を参照値として検証したところ、気圧・気温が実験データの取得環境から外れた場合に大きな誤差を持つことが分かった。そこで、より汎用な雨粒の落下速度の経験式を提案した。

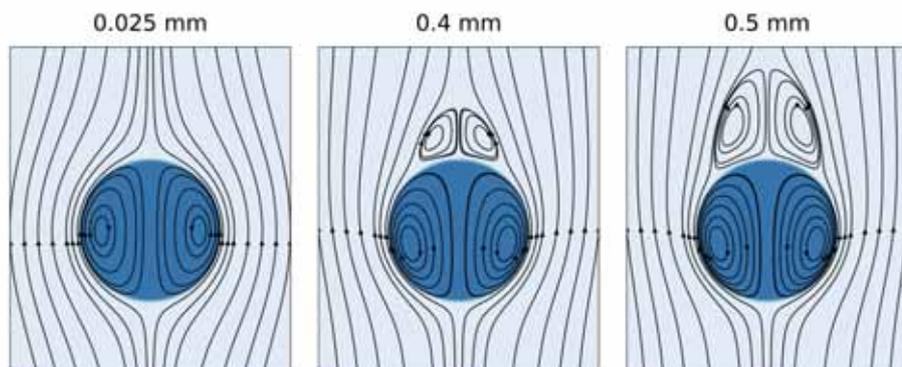
近い将来に気候予測への応用が期待される全球雲解像モデルでは、水物質の(雨粒より)マクロな振舞いを記述する雲微物理過程が、気候のスケールの水蒸気分布に影響する。カオスの運動が生じる大きい雨粒や、衝突・併合する

複数の雨粒など、さらに現実的な数値計算を行うには困難な課題を克服せねばならないが、本研究は基礎方程式にもとづく数値計算で雲微物理過程のパラメータの推定を改善する、新たな流れの嚆矢として位置づけられる。

本研究成果は C. R. Ong *et al.*, *Journal of the Atmospheric Sciences* **78**, 1129 (2021) に掲載された。

(2021年3月2日プレスリリース)

図: 直径 0.025 mm, 0.4 mm, 0.5 mm の落下する雨粒 (濃い水色で表示) 内外の水と空気の流れの様子 (流線)。直径が小さいときには空気の流れは雨粒を回り込むだけであるが、直径が大きくなると流れが複雑になり雨粒の上側に渦を生じる。



ドル 有生  
(生物科学専攻 博士課程1年生\*)

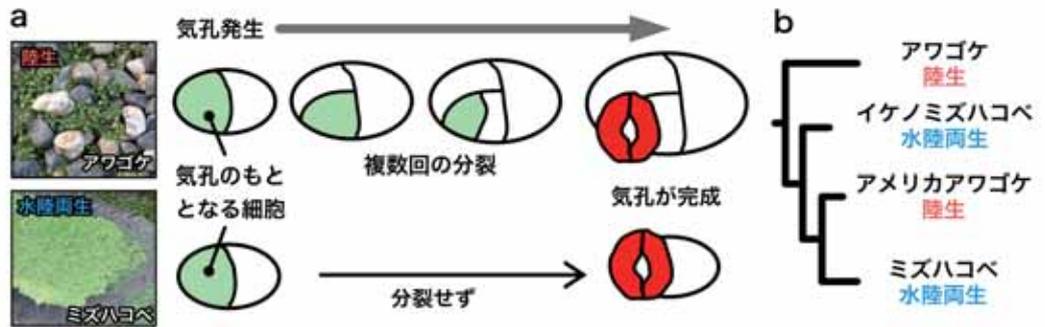
古賀 皓之  
(生物科学専攻 助教)

塚谷 裕一  
(生物科学専攻 教授)

## CASE 3

### 「暮らし」によってかわる 植物の気孔のつくり方

植物は葉の表面にある気孔を通して、  
光合成や呼吸に必要なガス交換を行なっている。  
気孔形成のパターンは植物の種類によってさまざまであることが古くから知られている。  
しかし、なぜ植物によって気孔のつくり方が違うのか、  
なにがその違いを生み出す原因なのか、といった、気孔形成のパターンに  
多様性がうまれる仕組みについてはよくわかっていなかった。  
われわれは、アワゴケ属という植物をつかった研究によって、  
その仕組みの一端を明らかにした。



図：(a) アワゴケ属の陸生種（上段）と水陸両生種（下段）の気孔発生過程。モデル植物のシロイヌナズナでは上段の気孔発生過程がみられる。(b) 研究に用いたアワゴケ属植物の系統関係。

\* 研究当時の学年

アワ「ゴケ」といってもコケの仲間ではなく、  
花を咲かせる被子植物である。このアワゴケ属には、  
いろいろな環境に適応した種が含まれる。アワゴケや  
アメリカアワゴケは畑や軒下などの地面に生える陸生種  
であるが、ミズハコベやイケノミズハコベは水辺に生息し、  
陸上でも水中でも生きることができる水陸両生種である。  
こうした異なる暮らしをするアワゴケ属の種間で気孔のつくり方を  
観察する中で、陸生種と水陸両生種では気孔ができるまでの  
プロセスの違いがあることを発見した。陸生種では、  
気孔のもととなる細胞が複数回分裂を繰り返したあとに、  
気孔を囲む孔辺細胞に分化する。これはモデル植物のシロイヌナズナでも  
みられる、よく知られた挙動である。しかし水陸両生種では、  
気孔のもととなる細胞の分裂がおこらず、直接孔辺細胞に  
分化することがわかった(図a)。じつは今回観察した種類は、  
陸生同士、水陸両生同士が近縁というわけではない(図b)。  
そのため、この異なる気孔形成過程は、進化的な類縁関係よりも、  
陸生か水陸両生か、というその植物の暮らし方と関係していると考えられる。

さらに、どうしてこのような多様性が生まれるのか、  
その分子的な仕組みについても研究を進めた。ここで注目したのが、  
*SPEECHLESS* (*SPCH*) と *MUTE* という2つの遺伝子である。  
シロイヌナズナの研究で、これらの遺伝子はどちらも気孔のもととなる細胞では  
たたくが、*SPCH* が先には

たたく細胞の分裂を促進する一方で、*MUTE* はその後で遅れてはたたく、  
*SPCH* の作用を抑えることで、孔辺細胞への分化を促すことがわかって  
いる。これらの遺伝子のはたたくタイミングを陸生種と水陸両生種で  
しらべたところ、陸生種では *SPCH* のあと *MUTE* がはたらくまでに  
間があったのに対し、水陸両生種では間髪入れずに *MUTE* がはたらく  
ことがわかった。つまり、水陸両生種では、*SPCH* の分裂を促進する  
機能が発揮される前に *MUTE* がはたらくため、分裂が起これら  
ないと考えられる。

このアワゴケ属は、発生研究の材料としては特にマイナーな植物で、  
本稿執筆時点では世界的に見てもわれわれしか扱っていない。さらに、  
この研究自体は当初まったく意図しておらず、論文著者の大学院生が別の  
目的で植物を観察していた際にたまたま発見したことを発端として展開  
した研究である。このように、世にあまり知られていない生物から、  
予期せず面白い現象がみつかるのは、基礎研究の醍醐味の一つであり、  
まさにそれを味わえた研究であった。アワゴケ属の植物はまだ多くの  
興味深い特徴をもっており、今後も予想外の発見が期待される。

本研究成果は Y. Doll *et al.*, *PNAS* 118 (14) e2026351118 (2021) に掲載された。

(2021年3月30日プレスリリース)

# 理学のススメ

## 実は日本にもある？ 「レアアース」



長澤 真

Makoto Nagasawa

(地球惑星科学専攻 博士課程1年生)

科学技術は地球における生物としての人類を他の種とは根本的に異なる存在にたらしめ、時空間の超越(いつでもどこでも)さえも可能にしつつある。その発展を担ってきたのは、あらゆる社会基盤の構築に必要な天然資源であると言っても過言ではない。それゆえ、これまで数々の資源問題(寡占や枯渇)が生じており、さらに今日では、地球温暖化に代表される環境問題がより一層深刻になっている。幼い頃から自然が好きだった私は、これらの問題に対して危機感を感じ、現在地球惑星科学専攻で希土類元素(レアアース, REE)<sup>(注)</sup>の資源について研究している。

REEは「産業のビタミン」とも呼ばれ、ハイテク産業などの発展を支える重要な元素である。たとえば、今や私達の生活に欠かせないスマホやパソコン、今後さらなる需要が見込まれる風力発電や電気自動車、これらの製造に必要なモーター用磁石にはネオジ

ム・ジスプロシウムなどのREEが用いられる。REE資源の一つに岩石の風化に

よって生じる「イオン吸着型鉱床(イオン鉱)」があり、(i) 経済的に価値の高い重REEに富む、(ii) 希薄電解質溶液によりREEを容易に抽出可能、(iii) その過程で放射性元素は溶出しないなどの理由から、経済的・環境的に注目されている。しかし、現在イオン鉱は中国南部のみで開発されており、2010年には尖閣諸島問題を発端とした対日REE禁輸措置が講じられるなど、その偏在性は政治的な側面をも帯びている。ここで、イオン鉱の生成を支配する主な要因は源となる岩石(REE含有量の高い花崗岩など)およびその風化の程度(平均気温・降水量に依存)であることから、私の研究では中国南部と類似した気候帯に属し花崗岩が多くみられる日本においてイオン鉱の存在を予想している。

このような背景から、私は日本国内におけるイオン鉱の探査を見据え、イオン鉱中のREE濃集メカニズムやその宿主鉱物を原子・分子レベルから解明しようと試みている。資源探査というマクロスケールな活動と、ミクロスケールな構造の探求には一見ギャップがありそうだが、実際は密接に関連している。たとえば、REEを吸着している宿主鉱物が分

かれば、その鉱物の存在条件を基に探査候補地を絞ることができる。さらに、REEが宿主鉱物中のどこにどのような状態で吸着しているかが分かれば、それを基にREEの抽出条件(溶液の種類や濃度など)を最適化することで製錬手法の改良にまでつながると考えている。

フィールドワークやサンプリング(図)で外に出ること、採取試料を原子・分子レベルまで「解剖」することは純粋に楽しいし、面白い。一方、そこで得られた情報はさまざまな応用可能性があり、社会の役に立つ。産学連携、学際研究など分野横断的な動きの目立つ21世紀の社会において、無限の可能性を秘める理学のボトムアップ的な考え方はますます重要性を増していると感じる。この記事が理学と社会のつながりを考えるきっかけとなれば幸いである。

注: スカンジウム・イットリウム・ランタノイド15元素(ランタン〜ルテチウム)から成る17元素の総称。ランタン〜ユーロピウムを軽REE、スカンジウム・イットリウム・ガドリニウム〜ルテチウムを重REEと呼ぶ。



ボーリングコア試料採取風景。人力で8m掘削した。

### Profile

出身地	神奈川県
出身高校	神奈川県立湘南高等学校
出身大学	早稲田大学創造理工学部 環境資源工学科



仏坂 健太

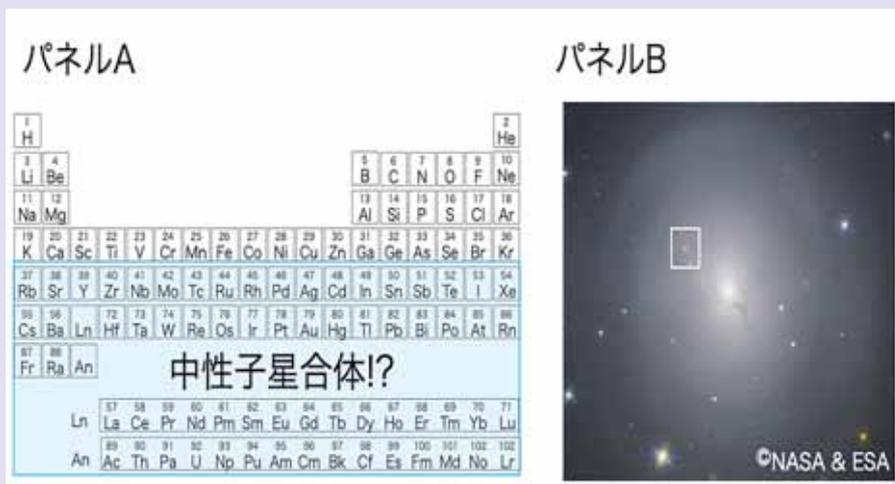
(ビッグバン宇宙国際研究センター 准教授)

## 第17回

# 宇宙の錬金術

錬金術などと聞くと、怪しい物語が始まるのかと思われるかもしれない。侮ってはいけない、錬金術は過去にはニュートンを始めとする名だたる科学者を虜にしてきたし、今まさに宇宙物理学者たちは星の錬金術に夢中になっている。地上に存在する100種ほどの元素の中でも特に、金、プラチナなどの起源、いわば宇宙の錬金術師はどこにいるのか？という科学者が追いつけてきた謎が今まさに解かれようとしているのである。

宇宙が始まって数分後、宇宙のどこを見ても、水素が75%とヘリウムが25%といった具合であったことを我々は知っている。ここから金が生成されるまでの道のりは長い。重い元素を作るためには、電気的な反発を感じない中性子を原子核にくっつけて徐々に太らせるという作業が必要になる。例えば、金は原子番号が79であり、水素に中性子をおよそ200個も吸着させる必要がある(図パネルA)。しかし、中性子は平均15分で陽子に崩壊することを考えれば、15分よりも短い時間で一気に重元素を生成することが求められる。では宇宙の一体どこでそんな核反応が起こったのか？半世紀前に、ビッグバン宇宙の提唱者G. ガモフ(George Gamow)はビッグバンで金が作られたと訴えたし、彼の最大のライバルだったF. ホイル(Fred Hoyle)は超新星爆発だと主張した。前者は早い段階で理論的に困難であることが判明した。後者も完全に否定されていないとはいえ、専門家の間では否定的な見解が受け入れられている。つまり、中性子星のような中性子が豊富にある星の破片を飛ばすという特殊な状況が求められる。そこで登場するのが、中性子星合体なのである。



パネルA：周期表。中性子星合体で生成されたと考えられる元素を枠内に示している

パネルB：最初の中性子星合体に付随したキロノバの可視光画像(画像提供：NASA, ESA)

アインシュタインの相対性理論によれば、中性子星連星は重力波を放射することでその軌道を縮めていき、合体直前に莫大な軌道エネルギーを重力波として解放する。この重力波を検出してやろうというのが、アメリカのLIGO(ライゴ)、ヨーロッパのVirgo(ヴァーゴ)、日本のKAGRA(カグラ)といった大型重力波干渉計である。さらに面白いことに、中性子星合体が解放するのは重力波だけではない。中性子をふんだんに含む物質が大量に放出され、その中で重元素が生成されるはずである(図パネルA)。

中性子星合体からの重力波が初めて捉えられたのは、2017年8月17日であった。ここからリレー観測が始まる。まずバトンはガンマ線衛星に渡され、合体の約2秒後にガンマ線が発見された。そこから可視光望遠鏡、近赤外望遠鏡、X線衛星、電波干渉計へと次々にバントが渡され、観測可能なほぼすべての波長で、電磁波対応天体が発見されるという大成功が収められた。図パネルBに合体のおよそ半日後に発見された突発現象の可視光による画像を載せている。この現象はキロノバと呼ばれ、合体によって作られた重元素が輝く現象として予言されていた(筆者はこの予言に関わった研究者の一人である)。観測されたキロノバは、半日をピークに一週間ほどで暗くなり、青色から赤色へと急速に色が変わった。この光の性質から、大雑把には、ストロンチウムあたりより重いすべての元素がこの中性子星合体で生成されたと考えられる(図パネルA)。したがって、地上に存在する金などの重元素は中性子星合体の破片からできたものなのかもしれない。いずれにせよ、今後、より多くの中性子星合体が発見されていく中で、より詳細が明らかになる日は近いだろう。ビッグバン宇宙国際研究センターでは、このような重力波宇宙物理学に関する研究を幅広く行っている。

第2回

## 理学部学生支援室のご紹介 ～勇気を出して、動いてみよう～



学生支援室長／地球惑星科学専攻 教授

高橋 嘉夫

**前** 回5月号に引き続き、理学部学生支援室のご紹介をします。今回は、教員の立場からということで、学生支援室長（本務は地球惑星科学専攻／地球惑星環境学科・地球惑星物理学科の教員）の高橋から書かせていただきます。

理学部・理学系研究科には、いろいろな履歴を持った学生さんがいらっしゃいます。そして、皆さんさまざまな悩みを抱えていると思います。そんな時、私は46億年の地球の歴史を考えたりします。46億年を1年に例えると、人類が誕生したのは大晦日の16時です。つまりわれわれは、364日間に起きた地球のさまざまな出来事の果てに誕生し、生きています。46億年を1年に例えると、われわれの人生の長さは約1秒です。そんな短い人生だからこそ、小さなことにくよくよせず、前向きにキラッと光る人生を送ろうと思えます。理学の良さは、そんな風に異なった視点や次元で自分の人生を見直せることにあると思います。

でも、そんな学理的発想だけでは解決が難しい問題、たとえば学業・研究、教員・家族・友達との関係、心身の不調、金銭的な問題などに直面したら、ぜひ勇気を出して学生支援室にコンタクトしてください。そこでは臨床心理士の資格を持つ相談員が、理学とはまた別の視点でいろいろなヒントを与えてくれます。そしてしばしば、このような自分だけでは考えがおよばないところに解決の糸口があります。それぞれの問題に応じて大学が準備しているたくさんの仕組みから、相談員が問題にあったものを紹介してくれる場合もあります。

特に研究室に入ると教員との関係に悩むことが多いと思います。教員は東大理学部・理学系研究科という日本や世界の先端科学をリードする立場にいて、どの先生もお忙しく、それぞれのやり方で、いかに良い研究室を作り、優れた研究を成し遂げ発信するかに腐心されています。それは楽しくも苦しい闘いですが、そのような中で学生さんの想いとズレが生じることもあります。しかし、何より大事なものは、学生さん個々の人生であることは明らかです。もし教員や研究室のやり方と自分の考えや生活にギャップが生じてしまったら、

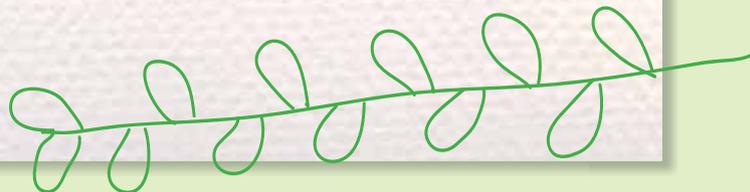
### 学生支援室よりみなさんへ



2021年4月開設の理学部2号館101号室にある学生支援室

学生支援室を利用してください。これまでのたくさんの経験も基にして、相談員が学生さんの立場に立って、個々の問題への対処法を一緒に考えてくれます。秘密保持はもちろんですし、対面だけでなくZoomによるオンライン相談も可能です。また対面の場合、2021年4月からは理学部1号館132号室に加えて、2号館101号室にも学生支援室を開設し、より利用しやすくなりました。

人生はsin関数です。プラスになったりマイナスになったりしますが、悪いことのアトには必ず良いことが待っています。だから人生において大事なことは、悪いことが起きた時にどう対処するかです。それを乗り越えれば、必ず微分係数は上向きです。場合によっては、積分値はプラスにもなります。その対処のために、ぜひ勇気を出して、学生支援室に相談をしてみてください。もし学生支援室に行くのに不安があれば、各専攻・学科には学生支援室の運営委員の先生（学生支援室のホームページ内「相談員」参照）に話しをされるのもよいです。それから就職・キャリア関係の悩みであれば、学生支援室以外に、キャリア支援室も使えます（「理工キャリア支援室」で検索：高橋はこちらの室長も兼務）。ぜひとも、一人で悩むことなく、これらの仕組みをフル活用して、一瞬の人生を精一杯楽しんで欲しいと思います。



## 西澤篤志助教が2021年文部科学大臣表彰 若手科学者賞受賞

横山 順一(ビッグバン宇宙国際研究センター 教授)

**ビ**ッグバン宇宙国際研究センターの西澤篤志助教が、「重力波観測による重力理論検証のための研究」により、本年度科学技術分野の文部科学大臣表彰若手科学者賞を受賞いたしました。アインシュタインの一般相対性理論は、現在までに観測されているあらゆる重力現象を総合的に説明するみごとに理論ですが、総合的な量子論を展開できない、ダークエネルギーとして観測される宇宙項問題を解決できない、などの未解決問題を含んでおり、最終理論であるとは考えられていません。そこで、アインシュタインを超える重力理論を探ることが理論的にも観測的にも大きな課題になっています。

2016年に実現した重力波観測は、これに対して大きな手がかりを与えることが期待され、既に重力波の生成、伝播、偏極の性質を通して新たな知見が得られつつあるところです。西澤助教はこれまで、重力波に関して、さまざまな重力理論の検証可能性からレーザー干渉計による観測に対する環境ノイズの影響に至るまで広汎な研究を行ってきました。とくに、2017年に彼が導入した重力波による重力理論検証のための一般的なパラメータは、広汎な理論を一挙にサーチすることを可能にするものであり、高く評価されています。今後KAGRAによってわが国がこの分野に実験的にも大きく貢献する時代にあつて、彼が理論解析に果たす役割はひじょうに大きなものがあり、今回の受賞に至ったものです。おめでとうございます。



西澤篤志 助教

## 理学部ガイダンス2021実施報告

川北 篤 (教務委員長/生物科学専攻 教授)

**2**021年4月23日(金)に教養学部2年生向けに理学部全体ガイダンスを開催した。昨年度に引き続きオンラインでの開催となった。

最初に、星野真弘理学部長から挨拶があり、理学の楽しさや社会への貢献について熱く語っていただいた。続けて、理学部における教育の特色や国際化の取り組みについて筆者が説明した。次に、高橋嘉夫キャリア支援室長より、理学部・理学系研究科では充実したキャリア支援があり、博士課程修了者も含めて就職率がほぼ100%であることから、ぜひ安心して進学していただきたい旨の説明があった。続けて、理学部10学科の学科長の先生方に5分間ずつ学科紹介をしていただいた。各分野に対する先生方の思いが込められた、魅力的なプレゼンテーションだった。

昨年度は初めてオンラインで開催し、700名ほどの学生のアクセスがあったが、今年度の参加人数は約300名であった。参加者数は昨年度より少なかったが、駒場キャンパスで開催していた一昨年度までは約250名の参加者数だったので、オンライン開催により学生が参加しやすくなったものと思われる。ガイダンス後も一定期間録画を公開したため、さらに多くの学生に理学部の魅力を伝えることができた。

4月26日(月)から5月6日(木)にかけては、学科個別ガイダンスが行われ、こちらも例年通りの盛況であった。

今年度もぜひ多くの優秀な学生に理学部進学を希望してもらえることを願っている。



星野真弘 理学部長による挨拶

## 佐藤薫教授が2021(令和3)年春の紫綬褒章を受章

日比谷 紀之 (地球惑星科学専攻 教授)

**本** 研究科地球惑星科学専攻の佐藤薫教授が、2021年4月29日の褒章発令において、学術・芸術・スポーツ分野で業績の著しい方を対象とする紫綬褒章を受章されました。

佐藤教授は、永年にわたり大気物理学の研究を精力的に進めてこられました。代表的な内容としては、高分解能な観測と数値モデルを併用した全球的な重力波の描像とその大規模現象における役割の解明、対流圏から中間圏までの重力波やロスビー波の発生・伝播機構の解明、南極での観測プロジェクトの推進などが挙げられます。

レーダーやラジオゾンデによる高分解能観測データを用いた研究では、各緯度帯に固有な重力波の発生源や力学特性を解明したほか、中高緯度の気候にも影響する赤道準2年振動の主要な駆動源が重力波であることを突き止めました。また、高解像大循環

モデルを初めて重力波研究に導入し、赤道以外の緯度における下部成層圏での近慣性重力波の卓越と、オゾンホールを維持する極夜ジェットの重力波水平伝播による減速強化を指摘しました。さらに、世界初の革新的な南極昭和基地大型大気レーダーPANSY(Program of ANtarctic SYowa MST/IS Radar)の建設を実現させ、従来困難だった中間圏連続観測を極域白夜期に達成することで、気候予測の高精度化に不可欠な中間圏重力波による運動量輸送特性を解明しました。これらの業績には、日本気象学会山本・正野論文賞、日本気象学会賞、文部科学大臣表彰科学技術賞(開発部門)、海洋立国推進功労者表彰(内閣総理大臣賞)、日本気象学会藤原賞が授与されています。

このたびのご受章を心よりお祝い申し上げますとともに、今後益々のご活躍を祈念いたします。



佐藤薫 教授

## 山形俊男名誉教授が第62回藤原賞を受賞

升本 順夫 (地球惑星科学専攻 教授)

**山** 形俊男名誉教授が、公益財団法人藤原科学財団の第62回藤原賞を受賞されました。

藤原賞は、日本の製紙王といわれた藤原銀次郎氏の寄附を基金として創設された藤原科学財団が、日本の科学技術の発展に卓越した貢献をした科学者に対して授与するものです。第1回の1960年以来、ノーベル賞、フィールズ賞受賞者などを含む卓抜した成果を出された研究者が受賞されています。山形名誉教授は、大気海洋システムに内在する気候変動現象の発生・維持メカ

ニズムの解明、その理解のもとでの気候変動現象の予測可能性と予測精度向上の研究、さらに予測結果の社会経済活動への応用利用に関する研究と、多岐に渡る視座から気候変動研究に取り組んで来られました。基礎研究を土台として長期に渡り総合的に展開されてきた研究活動と成果が評価され、この度第62回藤原賞を受賞されることとなりました。

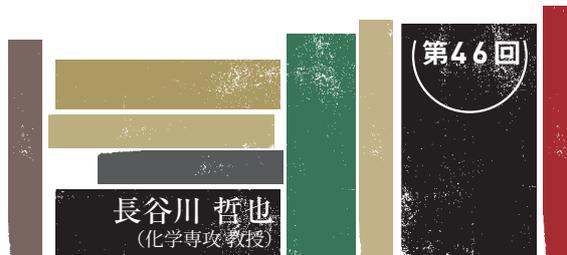
ここに山形名誉教授の受賞を心よりお祝いいたします。



山形俊男 名誉教授

# 理学の本棚

## 「複合アニオン化合物の科学」



セラミックスをはじめとして無機機能性材料を目にする機会は多いであろう。その構成元素を見てみると、陽イオン（カチオン）は複数の元素からなるが、陰イオン（アニオン）は一種類（酸化物イオン  $O^{2-}$ 、窒化物イオン  $N^{3-}$  など）という場合がほとんどである。これに対し、複数のアニオンを含む物質を複合アニオン化合物と呼ぶ。同化合物は、合成法が十分に確立していないこともあり、まだ発展途上の分野と言えるが、そのユニークな機能に注目が集まっている。例えば、 $O^{2-}$ 、 $N^{3-}$  の両方を含む酸窒化物は、可視光を吸収して水を分解する能力を持ち、 $O^{2-}$  と  $H^-$ （ヒドリド）を含む化合物では、 $H^-$  が高速に移動することから、電池への応用が期待されている。

アニオン化合物の現状を基礎から応用までまとめたのが本書「複合アニオン化合物の科学」である。ただし、本書は決して最新の研究成果の寄せ集めではなく、複合アニオンの研究に携わろうとする者が一から学べる教科書の形を

とっている。内容を紹介すると、まず第1章で、複合アニオン化合物の化学的な特徴が述べられている。その後を、合成技術、構造の評価技術、機能と応用、理論計算法に関する章が続くが、上述の化学的な特徴が繰り返し引用され、複合アニオンは他の物質とどこが違うのか、読者が常に意識するよう工夫されている。本書により、複合アニオン化合物の認知度が上がり、さらなる展開へとつながることを期待したい。



陰山洋・荻野拓・長谷川哲也 編  
「複合アニオン化合物の科学」  
丸善出版（2021年）  
ISBN 978-4-621-30610-9

## 新任教員紹介 |

新しく理学系研究科教授会構成員となった教員を紹介します。

### 小西 邦昭 Konishi, Kuniaki

役職 准教授  
所属 フォトンサイエンス研究機構  
着任日 2021年5月16日  
前任地 フォトンサイエンス研究機構  
キーワード  
光物性, メタマテリアル, レーザー加工

#### Message

光の波長よりも小さな人工構造によって生じる新しい光応答の探索と、そのような構造の作製にむけたレーザー加工などの新技術の学理の探求を進め、光の可能性を拡げていきます。どうぞよろしくお願いたします。



# 女子中高生の未来2021 Online

男女共同参画委員会・広報委員会

**理**学部ってどんなところ？理系？文系？理系の大学を卒業した後の進路はどうなるの？  
将来を不安に感じる女子生徒の皆さん、保護者の皆様、ぜひご参加ください。  
活躍する理系女子の先輩たちが、理学の魅力や進路決定に役立つ情報をお伝えします。  
詳しくは、理学部ホームページをご覧ください。



女子中高生の未来2021ポスター

- 開催日程：2021年7月31日（土）
- 開催時間：13：30～17：00 ※ライブ配信します。13：00から入場可能です。
- 参加無料・先着順にて受付いたします。※事前申し込みが必要です。
- HP：https://www.su-tokyo.ac.jp/ja/event/7398

## 博士学位取得者一覧

(※) は原題が英語 (和訳した題名を掲載)

種別	専攻	取得者名	論文題名
2021年5月31日付 (2名)			
課程	物理	万 琨	Belle II 初期データを使った $B^0 \rightarrow K_S^0 K_S^0 K_S^0$ 崩壊の時間に依存する荷電・パリティ非保存の研究 (※)
課程	物理	堀米 俊一	拡張されたモデルによる矮小楕円体銀河における暗黒物質分布の精密推定 (※)
2021年6月7日付 (2名)			
課程	物理	小島 大樹	情報理論的アプローチによるヒトの二者間相互作用の解析 (※)
課程	生科	隈本 宗一郎	ラギング鎖合成の分子メカニズム (※)

## 人事異動報告

異動年月日	所属	職名	氏名	異動事項	備考
2021.4.16	地惑	特任助教	森 樹大	採用	同専攻・特任研究員から
2021.4.30	地惑	准教授	横山 央明	退職	京都大学・教授へ
2021.5.1	生科	准教授	井原 泰雄	昇任	同専攻・講師から
2021.5.1	生科	特任助教	中 伊津美	採用	同専攻・特任研究員から
2021.5.1	生科	特任助教	一色 真理子	採用	同専攻・特任研究員から
2021.5.1	学生支援室	特任助教	武村 真理	採用	
2021.5.16	フォトン	准教授	小西 邦昭	昇任	同機構・助教から
2021.4.15	生科	助教	佐藤 薫	退職	
2021.5.1	物理	助教	大森 寛太郎	採用	
2021.5.1	生科	助教	米倉 崇晃	採用	
2021.5.15	原子核	特任助教	堂園 昌伯	退職	
2021.5.16	生科	助教	山崎 啓也	採用	同専攻・特任研究員から
2021.6.1	フォトン	特任教授	仙場 浩一	採用	
2021.6.1	植物園	助教	樋口 裕美子	採用	



理化学研究所加速器施設内に複数の大型基盤設備を有し国際共同研究を推進している。また、CERN/LHCのALICE実験に参画し、原子核からクォークに至るハドロン多体系の物理の研究をしている。