

RIKEN NEWS

No. 476 2021 **2**



松本 紘 × 瀬川大秀

理化学研究所 理事長

総本山仁和寺 第五十一世門跡

02 特別対談

自然科学と宗教の対話

05 COVID-19への挑戦

10分で結果が出る 高精度ウイルス検査法を開発中

06 SPECIAL TOPIC

今知りたい、ウイルスと免疫の話

08 研究最前線

宇宙の物質進化を追う

12 FACE

共創型サイエンスで新分野を
切り拓く研究者

14 私の「科学道100冊」

推理小説の謎解きから

15 TOPICS

- ・井上信治 内閣府特命担当大臣が
けいはんな地区を視察
- ・新作動画
「新型コロナウイルスとの戦い」を
YouTubeで公開！
- ・新研究室主宰者の紹介

16 原酒

楽しくしてくれるポイント

科学道
Dreams to the Future

自然科学と宗教の対話

瀬川大秀 × 松本 紘

総本山仁和寺 第五十一世門跡

理化学研究所 理事長

■ より総合的な研究を進めるために

松本：今日は京都にある世界遺産、仁和寺を訪ね、寺の長すなわちご門跡の瀬川大秀さんと対談させていただきます。瀬川さんは、真言宗御室派の管長であるとともに、生け花の御室流家元、御詠歌の御室金剛講 総裁も務められています。

瀬川門跡とは以前、宗教と科学がテーマの勉強会でお会いしましたね。異物のような私の話を、お坊さんたちが目を輝かせ、熱心に聴いてくださっていたのを覚えています。私も大いに刺激を受けました。

今日は、理研がより総合的な研究を進めていくために、ご門跡からいろいろ学ばせていただくよう参りました。

人間や社会の在り方と科学技術との関係が緊密になっている昨今の状況の中で、科学技術基本法が改正され、4月から「科学技術・イノベーション基本法」へと変更されます。これを受けて、理研の研究対象は自然科学だけでなく人文社会科学にま

で拡大されます。より総合的な研究を行う研究機関へと発展することが求められているのです。

人文社会科学や芸術、哲学や宗教には、自然科学とはまた違った、それぞれに独自の思考があります。自然科学の研究者も、そうした考え方を理解し、取り入れていくことが必要な時代だと考えています。

宗教においては、人智を超えた大いなる存在への畏怖から、人の一生の平穏を、世の中の安寧を祈る、という行為がまずあります。しかしながら、人間の力ではどうすることもできないような大きな自然の力に対峙したときに、人はなぜ死ぬのか、どのように生きていけばよいのか、この世界はどのように成り立っているのか、そういった考察が生まれますね。生命の神秘、宇宙の真理を探究するという点では、アプローチは違えども、究極の問いは私たち自然科学と同じではないか、と思うのです。

瀬川：まったく同感です。宗教と自然科学の接点から、きっと新しい分野が発展すると思います。

松本：両者は長らく別々の道を歩んできたので、接点を見つけることは難しいと思われる方もいらっしゃるかもしれませんが。しかし考えてみると、もともとあらゆる学問分野は一緒に進められていました。仏教で学ばれる「五行」も学問領域全体を含んだものですね。先ほど仁和寺をご案内いただき、建築や工芸の技術にも感銘を受けました。

瀬川：そうですね。歴史ある仁和寺の建物を維持管理し、後世へ伝えることも、私たちの大切な仕事です。

松本：かつて神社仏閣の建築に携わった宮大工たちは、何百年、千年以上も持つような木造建築物を築く技術を有していました。仏像や仏具に施される精巧な工芸技術にも、今のようない動力や科学的な知識もないのに、どうやって……、と思わせる素晴らしいものがたくさん受け継がれています。宗教は近代の自然科学とは異なる形で、幅広い学問分野や芸術を包み込むように発展させてきたと思うのです。



瀬川大秀

(せがわ・たいしゅう)

1947年生まれ。高野山大学文学部卒業。真言宗御室派の愛媛宗務支所長、総本山仁和寺執行長・真言宗御室派宗務総長などを経て、2018年6月より現職。G20諸宗教フォーラム2019では会長を務めた。

その中で一緒に培われてきた学問はやがて独立したものとなり、細分化されていきました。今こそ改めて大本に戻り、何のためにそれぞれの分野に取り組んでいるのかを問い直し、分野間で情報や考え方をやりとりする意味があると考えます。

そもそも、17世紀ごろから急速に進展した自然科学は歴史がまだまだ浅いのです。一方、宗教や哲学は数千年以上の歴史があり、多くの人たちが研さんを積んできました。その蓄積を自然科学の研究者が学ぶことには意義があります。

■ 社会や心の問題と利他の精神

瀬川：自然科学者の方が足を運んでくださり、私たちの話に耳を傾けてくださることに、宗教界としても大いに勇気づけられます。

松本：自然科学は限られた領域では確かに発展しています。しかし心の研究などは難しいですね。自然科学の手法、つまり機械論的に分子や細胞、脳を調べても、心というものを解明することは難しい。宗教家や哲学者は自然科学とは異なるアプローチ、生命論的世界観によって、心の問題など、自然科学よりも進んだ理解をしておられる領域が多いと思います。理研にも、意思や感情といったものがどのように生まれるのか、心の問題に興味を持っている研究者がたくさんいます。

瀬川：確かに今、心の問題に多くの人たちが関心を寄せる世相になっていますね。

松本：現在、多くの自然科学の研究者が、新型コロナウイルス対策のためにウイルスの特徴を調べ、ワクチンや治療薬をつくるための研究に取り組んでいます。しかし、感染拡大が社会にもたらす現象は自然科学のこれまでの対象とは異なるものがあります。特に感染拡大が人々の心に与える影響です。社会現象を扱う人文社会科学の研究者や心の問題を扱う宗教家・哲学者と自然科学の研究者が一緒に取り組まなければ、解決できない問題が多いと思います。

瀬川：ここ仁和寺は、光孝天皇の発願により着工、その遺志を継がれた宇多天皇により、仁和4（888）年に完成しました。そして宇多天皇は10年間天皇の位に就かれた後、出家されて仁和寺にお住まいになりました。その宇多天皇が書かれた文章に、

「仏子として善を修し、利他を行ず」という言葉が出てきます。仏教の修行をして、人々の幸せのために祈りたい、という意味です。人類の幸福とは何か、どのように実現できるか、という問いへの解を求めて宗教と自然科学の接点をつくっていきたくいですね。

松本：利他の心は、研究者も持つべき精神です。自分の研究成果を人々の幸せにつなげるという、その究極の目標が、日々の研究時間の中で見えにくくなってしまふときもあると思うのです。初心に帰るという意味でも、研究者には心について考えたり、社会の問題を認識したりする機会を提供したいですね。研究はより細分化し、専門化していく方向にあり、自分の専門領域に深く入り込みがちなのもありますから。

おそらく宗教家の方でも、自分の宗派の教義に埋没してしまうことがあるのではないのでしょうか。真言宗を開いた弘法大師、空海は、それでは駄目だと、町へ出ていろいろな社会事業に取り組み、芸術や文学でも活躍された方ですね。

瀬川：オールマイティーで、社会のさまざまな問題に目を向けられたところが、素晴らしいですね。弘法大師は、考えるだけでなく行動することが大切だ、と説かれました。



松本 紘
(まつもと・ひろし)

1942年生まれ。京都大学工学部卒業。工学博士。京都大学教授、同大学総長などを経て、2015年4月より現職。専門は宇宙プラズマ物理学、宇宙電波科学、宇宙エネルギー工学。2007年紫綬褒章。



■ 共通の大命題——宇宙と生命

瀬川：私たちは大宇宙と小宇宙という言い方をします。この世の全ては何かの意思に基づいてつくられ、それぞれ、つまり植物や動物、生物だけでなく大地も全てが小宇宙として、大宇宙の一部としてある。絶妙とも言える美しいバランスで調和している大宇宙の、自然のエネルギーを呼び寄せて自分の内なる小宇宙と一体となる。そう感じるように拜むことで^{くどく}功德の力が生じます。

また、仏教では宇宙の果てしない大きさや時間について「無限」や「空」という言葉を使います。

松本：宇宙の誕生や進化について、天文学者や物理学者、化学者などさまざまな自然科学の研究者たちが議論しています。そもそも宇宙や生命、人間がなぜ存在するのかは大命題です。自然科学の手法で、それらの命題を本当に解明できるのかどうかは分かりませんが……。一部には、宇宙が存在するのは人間がいるからだ、という極論を唱える物理学者もいます。「人間原理」という考え方ですが、そこまでいくと科学というより思想に近いですね。

瀬川：真言宗で言えば、先ほども申しました、この世の全ての小宇宙を美しい調和を保ち内包する大宇宙、これを表現しているのが曼荼羅です。そして、宇宙のエネルギーの源であり、また宇宙の根本原理そのものが^{だい にち に よ ら い}大日如来という仏である、という捉え方をします。これが真言宗の考える「宇宙の真理」なのです。

松本：なるほど、天文学でいう「宇宙」とは少し違いますね。ただ、宇宙を意味するcosmosの語源、ギリシャ語のkosmosが「秩序」や「宇宙」を意味するように、時間や空間の中の全ての総体が宇宙であるという見方には通じるものを感じます。

瀬川：湯川秀樹先生も、弘法大師に注目されていました。やはり宗教と物理学には共通点があるのでしょうか。

松本：湯川先生は理研でも研究をされていました。理研の脳科学総合研究センターを率いられた利根川進先生も、「いろいろな研究をやっているけれど、最後は宇宙と生命だ」と言っておられました。私も同感です。

■ 広い視点で対話し、互いに発展して社会に貢献する

松本：自然科学の研究者と宗教家が、互いに尊敬し合って語り合えば得るところあると信じて、本日は仁和寺に伺いました。

瀬川：宗教と自然科学が対話をすることで、心をほっとさせてくれる新しい展開が生まれてくることを、多くの人たちが待ち望んでいると思います。

松本：そうですね。宇宙や生命、社会や心の問題、あるいは長いスパンで時代を見通した広い視点で対話する機会を設けることで、双方が刺激を受け、それぞれが発展し、人類にさらに貢献していくことができると期待しています。

本日は、ありがとうございました。

(構成：立山 晃／フォトクリエイト、撮影：奥野竹男)

私たちの暮らしを一変させた新型コロナウイルス感染症 (COVID-19)。世界的な困難を乗り越えるため、今こそ科学の力が試されようとしています。理研の叡智を結集して挑む研究の現場を紹介します。

10分で結果が出る 高精度ウイルス検査法を開発中

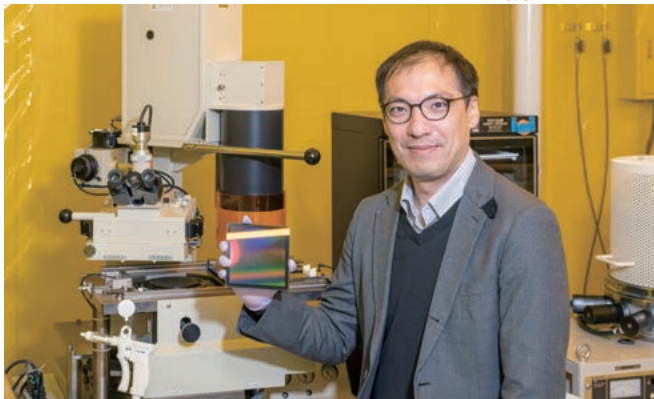
新型コロナウイルスの感染が疑われる場合、医療現場では、まず抗原検査が行われることが多い。これは鼻や喉から採取した粘液などの検体中に新型コロナウイルス特有のタンパク質 (抗原) があるかどうかを調べる方法だ。簡便ですぐに結果が出るが、精度が低く偽陰性となるケースがある。そのため抗原検査で陰性と出た場合でも、PCR 検査が行われる。しかし被検者に PCR 検査の結果が伝えられるのは多くが翌日以降だ。

なぜ PCR 検査には時間がかかるのか、その手順を見てみよう。まず検体からウイルスの RNA を抽出・精製する前処理を行う。次に、ウイルス RNA を DNA に逆転写し、新型コロナウイルスの特有領域だけに結合して増幅させる試薬 (プライマー) を用いて、専用装置で温度を上下させながら増幅反応を繰り返す。それにより、増幅が起きれば陽性、起きなければ陰性だと分かるのだ。検出精度を高めるには 1~2 時間かけて反応を繰り返し、増幅が起きるかどうかなを確認する必要がある。

「PCR 検査では精製と増幅に時間がかかるのです。また、PCR の反応溶液に不純物が少し混ざるだけで増幅効率が大きく落ちてしまいます。専門の技師が精製や増幅のステップをきちんと踏まないと、標的 RNA があっても増幅せず、偽陰性になる可能性があります。PCR 装置も高価です。そこで私たちは精製も増幅も行わず、ウイルスを短時間かつ高精度に検出できる簡便な技術の開発を目指しました」と渡邊力也 主任研究員。

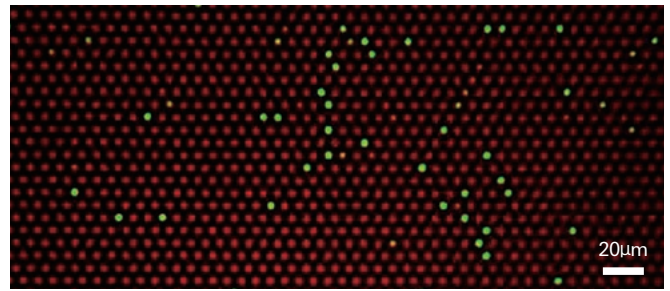
それはゲノム編集で使われる CRISPR-Cas13a という酵素を利用する技術だ。この酵素に付けたガイド RNA が、新型コロナウイルス RNA に特有で変異が起きにくい領域 (N 遺伝子) だ

撮影：STUDIO CAC



渡邊力也 (わたなべ・りきや)
開拓研究本部
渡邊分子生理学研究室
主任研究員

微小試験管の穴をチップに転写する装置の前で、原版となるフォトマスクを手に。転写には紫外線を用いるため、実験室内は半導体工場のように紫外線をカットした黄色の照明で統一されている。



ウイルス RNA を 1 分子計測する微小試験管の拡大図

1 個ずつの点がそれぞれ直径 3μm ほどの試験管。標的ウイルス RNA が検出された試験管が緑色に光っている。光っている試験管の数が、標的ウイルス RNA の個数に相当する。

けに結合。すると酵素が活性化して、周囲の RNA を無作為に切断する。切断されると蛍光分子が光るリポーター RNA を溶液に混ぜておくことで、新型コロナウイルス RNA が 1 分子でも存在すれば光る、存在しなければ光らないという、増幅不要な検出ができるのだ。CRISPR-Cas13a の中でも不純物があっても活性が落ちないタイプを使うため、精製も不要だ。「ただし、この反応を普通の大きさの試験管内で行うと、蛍光分子の濃度が低いため光の信号が弱過ぎて捉えられません。私たちは、この反応を微小な試験管を 100 万個ほど並べたチップで行い、蛍光分子の濃度を高めて光の信号が見えるようにしました。CRISPR-Cas と微小試験管を組み合わせた計測法は世界初。独自の技術により、そこで反応が確実に進むようにしました」

実は、渡邊主任研究員は機械工学科の出身だ。その知見をベースに、膜タンパク質などの生体分子を対象に 1 分子単位でその働きを計測して、機能メカニズムを解明する基礎研究を積み重ねてきた。「CRISPR-Cas の研究をしている東京大学の瀧木理教授や西増弘志教授と共に、数年前から微小試験管チップを用いた DNA や RNA の 1 分子計測法を開発して、2019 年に特許出願していました。この技術が新型コロナウイルスにも使えるはずだと実験を始めたのです」

現在、複数の研究機関と共同で、臨床検体に含まれる新型コロナウイルス RNA を検出できる精度が十分であることを確かめつつある。「標的にする N 遺伝子の塩基 1~2 個に変異が起きたとしても、検出できることも実験試料で確認しています。微小試験管内で反応を始めてから 2 分以内にウイルス RNA を検出できるので、検体の採取後 10 分で結果を出せるでしょう」

実用化には民間企業の力が必要だ。「この検査法は将来発生するかもしれない新たな感染症にも有効ですし、基礎研究にも変革をもたらすはずだ。この技術が普及すれば、これまで専門技術がないとできなかった 1 分子計測が多くの研究室で可能になり、さまざまな生体分子を網羅的に計測する時代が始まるでしょう」

(取材・執筆：立山 晃/フォトンクリエイト)

コロナ禍の今だからこそ読んでほしい、

そんな本もセレクトされている「科学道100冊2020」。その関連トークイベント

「今知りたい、ウイルスと免疫の話」が、2020年12月18日にオンラインで開催された。

理研・原山優子 理事のあいさつの後、ウイルス学者の東京理科大学・武村政春 教授と

免疫学者の理研・小安重夫 理事が、それぞれの立場からメッセージを発信し、視聴者からの質問に答えた。

今知りたい、ウイルスと免疫の話

「科学道100冊 2020」オンラインイベント開催報告

■『二重らせん』と『水木しげるの妖怪文庫』

——「科学道100冊」プロジェクトにちなんで、お二人が影響を受けた本をお持ちいただきました。

小安：科学の道に入る最初のきっかけとなったのは、トーマス・エジソンの伝記です。幼稚園のときに読んで、発明家に憧れました。大学では物理の研究をしたかったのですが、周りの優秀さに圧倒され自分には無理だと思ったときに出会った本が、J.D.ワトソン博士の『二重らせん』です。科学者たちの激しい競争が生々しく書かれているこの本を読んで生物学に興味を持ち、気付いたら免疫学者になっていました。

武村：一番影響を受けた本は、『水木しげるの妖怪文庫』です。こんなにも多様な妖怪がいるのかと衝撃を受け、繰り返し読みました。妖怪も、私が研究しているウイルスも、目に見えません。目に見えないものの多様性を突き詰める、その楽しさに目覚めるきっかけとなった本です。



「科学道100冊」は2017年に理研が編集工学研究所の協力のもと開始した、書籍を通じて科学者の生き方・考え方や科学の面白さ・素晴らしさを届けるプロジェクト。2019年と2020年の100冊は、時代を経ても古びない良書として選んだ「科学道クラシックス」50冊と、旬のトピックなど三つの軸で毎年選ぶ「テーマ本」50冊で構成されている。詳しくは「科学道100冊」特設ウェブサイト<https://kagakudo100.jp>へ。

■免疫学者とウイルス学者から見た新型コロナウイルス

——新型コロナウイルスをどのように見えていますか。

小安：「新型」と呼ばれるのは、これまでにいろいろな動物を介して人間社会に入り込んだコロナウイルスが6種類あり、今回は7種類目の新しいコロナウイルスだからです。2002年にSARS（重症急性呼吸器症候群）、2012年にMERS（中東呼吸器症候群）を引き起こしたコロナウイルスは、どちらも1年ほど消えました。ほかの4種類のコロナウイルスは、以前は病原性が高かったけれど時間をかけて人間社会に適応し、今ではただの風邪を引き起こすだけになっています。ウイルスは感染した宿主が死んでしまうと増えることができなくなるため、宿主と共生する方向に進化するのが普通です。新型コロナウイルスは今、一生懸命、人間社会に適応しようとしているのです。いずれ、ただの風邪のウイルスになると考えています。

武村：新型コロナウイルスは数あるウイルスの一つにすぎないと思っています。小安先生がおっしゃったように、人間が少し我慢して付き合っていけば弱毒化して、いずれ単なる風邪のウイルスになるのは明らかです。

■ウイルスは生物か？ 非生物か？

——ウイルスとは何ですか。細菌との違いを教えてください。

武村：一般的に細菌は生物で、ウイルスは生物ではないとされています。細菌は自分で細胞分裂をして増えることができますが、ウイルスは生物の細胞の中に入り込まなければ増えることができません。これが、一番の大きな違いです。ウイルスは細胞が持っている材料や仕組みを使って増えるので、自分では最低限の遺伝情報しか持っていません。また、電子顕微鏡でなければ見えないほど小さく、構造も単純な、いわばミニマリストです。

ウイルスの世界はとても多様であることが20世紀後半くらいから分かってきたのですが、21世紀になると細菌より大きな巨

小安重夫

(こやす・しげお)

理化学研究所 理事

専門は免疫・感染症。著書に『免疫学集中マスター』『免疫学最新イラストレイテッド』『免疫学はやっぱりおもしろい』(いずれも羊土社)などがある。



イベントの様子はYouTubeの理研公式チャンネル「RIKEN Channel」で公開している。

武村政春

(たけむら・まさはる)

東京理科大学 教授

専門は、巨大ウイルス学、生物教育学、分子生物学、細胞進化学。著書に『細胞とはなんだろう』『生物はウイルスが進化させた』『巨大ウイルスと第4のドメイン』(いずれも講談社ブルーバックス)、『ヒトがいまあるのはウイルスのおかげ!』(さくら舎)などがある。

大ウイルスが次々と発見されました。その中には、ミニマリストのスタイルを覆すような、細菌より複雑な構造を持つウイルスもあります。私は、日本の川や土壌などから巨大ウイルスを見つけ、その形態やゲノム、進化を研究しています。巨大ウイルスを見ていると、これが生物ではないというのはおかしい、と感じることがよくあります。生物とウイルスをきっちり分けるのではなく、柔軟に考えたらどうですか、と言いたいですね。

小安: この点は、ずっと議論されていますね。自分だけで増えることができないという意味では、ウイルスは生物だと言い切れないのですが、細胞の中で増殖するときは生物のような挙動をします。ウイルスは、生物と非生物の間にあるものではないでしょうか。

■ 免疫システムを応用したワクチンに期待

——免疫とは、どういうものですか。

小安: 私たちの体には外界から侵入してきたウイルスや細菌を攻撃して排除する仕組みがあり、それを免疫システムと呼びます。麻疹(はしか)も水疱瘡もウイルスによって引き起こされる病気ですが、麻疹にかかると二度と麻疹にかからず、水疱瘡にかかると二度と水疱瘡にかかりません。これは、免疫システムが感染したウイルスを覚えているからです。

免疫システムの主役は血液に含まれるリンパ球(白血球の一種)という細胞で、主に二つの方法でウイルスを攻撃します。一つ目は、リンパ球が抗体をつくり、その抗体がウイルスに結合して細胞に入らないようにする方法。二つ目は、ウイルスが入り込んでいる細胞を探して細胞ごと殺す方法です。私たちの体内には約1兆個のリンパ球があります。リンパ球は、異物を見分けたり攻撃したりする道具(受容体や抗体)を持っています。その道具はそれぞれ少しずつ異なる遺伝子からつくられるため、リンパ球ごとに攻撃できる異物が違ってきます。麻疹ウイルスに感染すると、麻疹ウイルスを攻撃するリンパ球が増え、麻疹ウイルスに対して抵抗性を獲得するため二度とかからないのです。

ワクチンは、この仕組みを応用しています。病原性を弱めたウイルスや遺伝情報の一部を接種することで、そのウイルスを攻撃するリンパ球が増えて抵抗性を獲得するのです。新型コロナ

ウイルスのワクチンの普及が進むと、感染を防いだり、感染しても重症化を防ぐことができると期待されています。

■ ウイルスと人間——その関係の行方

——武村教授の著書『生物はウイルスが進化させた』は、『科学道100冊2020』にも選出されています。新型コロナウイルスと人間の関係は、これからどうなっていくとお考えですか。

武村: 巨大ウイルスのゲノムを調べると、宿主生物からゲノムの一部を受け取って自分の構造などを複雑化させていることが分かります。逆に、私たちのゲノムにも、ウイルスのゲノムの一部がたくさん見つかっています。ウイルスと生物は互いに影響しながら共に進化してきたのです。私たちは今、新型コロナウイルスが人間と共進化する過程を見ていると言えます。

ウイルスは何のためにいるのですか、という質問をよく受けます。ウイルスにとって生物はどういう存在か、“ウイルス目線”で想像してみてください。すると、これまで見ていなかったウイルスの姿に気付き、質問の答えが分かるかもしれません。ウイルスという名前は、毒を意味するラテン語virusに由来します。いかにもウイルスは悪者だという人間の主観が込められています。そこから考え直す必要があるのではないのでしょうか。

小安: 私たちの腸内にたくさんの細菌がいることは、皆さんご存知ですよね。腸内細菌がいないと、食べたものを消化できません。これは、細菌と私たちが共に進化してきた証しで、ウイルスについても同じです。

また、皆さんは一人一人個性があり、同じ人間であっても遺伝子には多様性があります。もし全員の遺伝子が同じだとしたら、たった1種類のウイルスの流行によって人類が滅亡するかもしれません。遺伝子に多様性があれば、そのウイルスを攻撃できるリンパ球を持っている人がいて、人類は滅亡を免れることができる可能性があります。

新しいウイルス感染症の流行は、今後も必ず繰り返されます。ウイルスとの共生と、私たちが多様性を持つことが、人類が生き延びるためにとても大事なのです。

——このトークイベントが人間とウイルスの関係を捉え直すきっかけになればと思います。ありがとうございました。

(構成: 鈴木志乃/フォトンクリエイト)

理研内で「宇宙における物質進化——原子核・原子・分子・その先へ」

と題したプロジェクトが2019年度から5年計画で進行している。

開拓研究本部の坂井星・惑星形成研究室、玉川高エネルギー宇宙物理研究室、

長瀧天体ビッグバン研究室が核となり、理研内外の研究者が集結。

物理と化学が融合した新しい宇宙研究を実現し、原子核から原子、分子へと至る

物質進化をつなげて理解することを目指す。

宇宙の物質進化を追う

原子核から原子・分子へ

■ 理研だからこそできる宇宙研究を

「2015年に坂井星・惑星形成研究室を立ち上げたとき、宇宙の研究をするのになぜ理研なのか、とよく質問されました」と坂井南美 主任研究員。玉川 徹 主任研究員は「実は理研における宇宙研究は仁科芳雄博士から続く長い歴史があるんですよ」と言葉を継ぐ。

日本の原子物理学の父と呼ばれる仁科博士は、1931年に理研で研究室を立ち上げ、宇宙線の研究を行った。宇宙線とは、宇宙空間をほぼ光速で飛び回る高エネルギーの粒子である。1917年の理研創立当初から宇宙研究が行われているのだ。『理研ニュース』でも、1968年に創刊してすぐの第3号と第4号で宇宙線研究を続けて取り上げている。玉川主任研究員が2010年に立ち上げた玉川高

エネルギー宇宙物理研究室は、仁科研究室の流れをくむ研究室の一つである。

坂井主任研究員が理研を選んだ理由は、宇宙研究の歴史の長さだけではない。「私の専門は電波天文学です。星や惑星がどのように誕生するのか、そのときに分子がどのようにつくられて惑星へもたらされるのかを明らかにすることを目指しています。そのためには、分子を含む星間ガスの動きや天体の構造を扱う物理と、分子の反応を扱う化学の両面から、研究を進める必要があります。自然科学の総合研究所である理研ならば、物理と化学を融合させた新しい宇宙研究ができると考えたのです」

「坂井さんと話す中で、自分の研究と関連はあるけれども積極的には踏み込んでいなかった化学、特に分子を意識す

るようになった」と語るのは、長瀧重博主任研究員である。2013年にスタートした長瀧天体ビッグバン研究室では、超新星爆発やガンマ線バーストといった宇宙における爆発現象とそれに伴う元素合成に関する理論的研究を行っている。

玉川主任研究員が続ける。「私の研究室では、人工衛星を用いて天体からのX線やガンマ線を観測して、宇宙のどこに、どの元素が、どれだけあるかを理解しようとしています。理研の宇宙研究は、物理を中心に展開してきました。また、長瀧さんも私も見ているのは元素、つまり原子核や原子です。坂井さんが加わったことで、理研の宇宙研究の新しい方向性が見えてきました」

それに対して坂井主任研究員は、「私からすれば、長瀧さんや玉川さんが培ってきた物理を中心とする宇宙研究と組まないのはもったいない、と思いました」と言う。「そこで、三つの研究室が連携することで理研だからこそできる宇宙研究をやりましょう、と話し合いを重ねました。そして2019年に始まったのが、新領域開拓課題『宇宙における物質進化——原子核・原子・分子・その先へ』（RIKEN Pioneering Project: Evolution of Matter in the Universe、略称r-EMU）です」。新領域開拓課題は、理研内の独創的研究提案制度の一つで、新たな研究領域となるような分野を超えた先導的

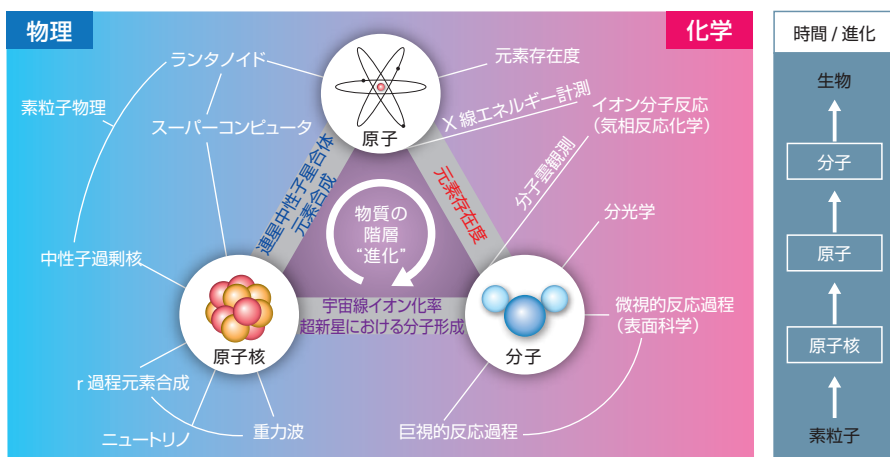


図1 新領域開拓課題「宇宙における物質進化」の概念図



坂井南美 (さかい・なみ)

開拓研究本部
坂井星・惑星形成研究室
主任研究員

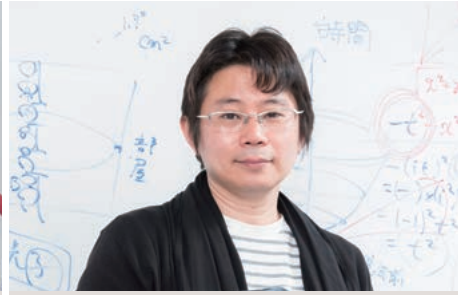
1980年、高知県生まれ。東京大学大学院理学系研究科物理学専攻博士課程修了。博士(理学)。東京大学理学部助教を経て、2015年より理研准主任研究員。2017年より現職。



玉川 徹 (たまがわ・とひろ)

開拓研究本部
玉川高エネルギー宇宙物理研究室
主任研究員

1970年、兵庫県生まれ。東京大学大学院理学系研究科物理学専攻博士課程修了。博士(理学)。2000年、理研宇宙放射線研究室協力研究員、牧島宇宙放射線研究室専任研究員などを経て、2010年より理研准主任研究員。2017年より現職。



長瀧重博 (ながたき・しげひろ)

開拓研究本部
長瀧天体ビッグバン研究室
主任研究員

1970年、東京都生まれ。東京大学大学院理学系研究科物理学専攻博士課程修了。博士(理学)。東京大学ビッグバン宇宙国際センター助手、京都大学基礎物理学研究所准教授などを経て、2013年より理研准主任研究員。2017年より現職。

な課題を3~5年かけて研究するものである。r-EMUの期間は5年で、坂井主任研究員が研究代表者を務める。

■ 階層的な物質進化を一つのストーリーとして理解

物質は、原子や、いくつかの原子が結合した分子でできている。原子は原子核とその周りを回る電子から成り、原子核は陽子や中性子からできている。物質は階層構造になっているのだ。r-EMUでは、宇宙を舞台としてどのように原子核がつくれ、原子となり、分子ができるのか、物質の階層的進化を理解することを目指している(図1)。

「これまでの宇宙研究では、星や銀河や惑星がどのように形づくられてきたのかに焦点が当てられてきました。宇宙研究の焦点を構造形成から物質に移しましょう、というのがr-EMUのコンセプトです」と坂井主任研究員は説明する。

物質進化の理解を掲げたプロジェクトは、これまで世界中でいくつも行われてきた。r-EMUは、それらとどう違うのだろうか。坂井主任研究員は、こう答える。「これまでの物質進化研究の多くは、単純な分子から複雑な分子ができていく分子進化だけ、元素合成だけ、というように一部の階層に焦点を当てていました。私たちは、原子核がつくれ原子となり分子ができるまでの階層をつなげて一つのストーリーとして宇宙における物

質進化を理解しようとしています。このような取り組みは世界でも例がなく、理研だからこそできるものです」

r-EMUに対する周囲の反応は当初、驚きの声の方が大きかったという。「宇宙研究とひと言で言っても、分子と原子では観測する電磁波のエネルギーも装置も違い、研究者の交流は限られています。また、分子と原子核はまったく別の分野として研究が進められてきました。そのため宇宙コミュニティでは、よく原子核と原子と分子の研究をくっつけようと思いましたがね、と言われます」と坂井主任研究員。それでもr-EMUの考え方には自信があった。「原子核、そして原子の先に、分子があるのですから、全ての階層とそのつながりを相手にしなければ物質進化を正しく理解できません」

r-EMUは、物質の階層に対応した、原子核、原子、分子の3チームで構成されている。原子核チームは長瀧主任研究員、原子チームは玉川主任研究員、分子チームは坂井主任研究員が、それぞれリーダーを務める。r-EMUのスタートから約2年。各チームでは、どのような進捗があったのだろうか。

■ 超新星爆発を1,000年後までシミュレーション

「超新星爆発の始まりから1,000年後までの3次元大規模数値シミュレーションに成功しました。爆発を忠実に、しかも1,000年にわたってシミュレーションした例は、ほかにありません」と、長瀧主任研究員は原子核チームの成果を紹介する(図2)。超新星爆発とは、大質量星が

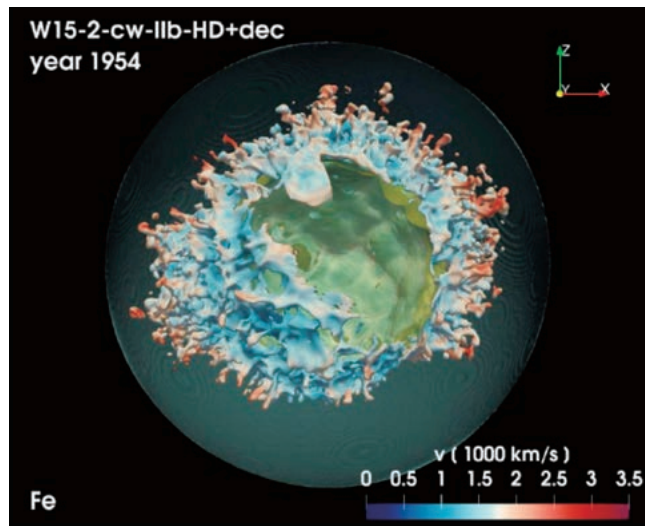


図2 超新星爆発から超新星残骸に至るシミュレーション

天の川銀河には超新星爆発から100年以上経過した超新星残骸が存在する。形状を含め詳細な観測が可能だが、超新星爆発の痕跡をどこまで保存し、星間空間との相互作用によってどれだけ情報を失っているのかわかっていない。シミュレーションによって超新星爆発から超新星残骸までの時間進化を計算し、超新星残骸の詳細な観測と比較することは、超新星を理解する上で極めて重要である。図は長瀧主任研究員が共著者である論文より。(Orlando et al., Astronomy & Astrophysics 645, A66 (2021))

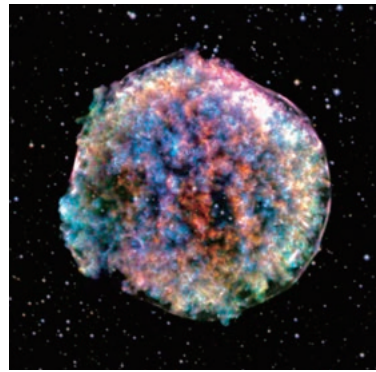
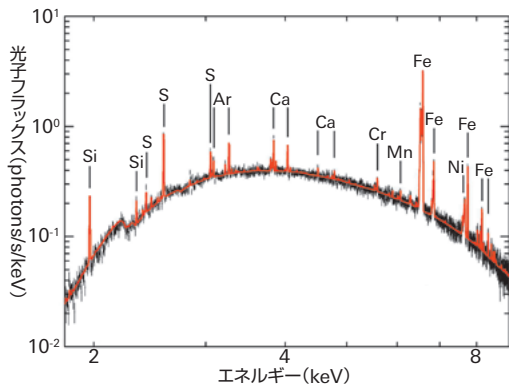


図3 X線による元素の観測例

左図は、「ひとみ」衛星で観測したベルセウス座銀河団に含まれるガスのエネルギースペクトル。高分解能のX線マイクロカロリメーターによって、存在比の少ない元素まで詳細に観測できるようになった。

右図は、米国のチャンドラX線天文衛星によるカシオペア座方向にあるティコの超新星残骸のX線画像。色の違いは星の爆発で生成された元素の違いを示す。(X-ray: NASA/CXC/RIKEN & GSFC/T. Sato et al., Optical: DSS)

一生の最後に起こす大爆発である。星の内部では核融合反応によって炭素や酸素など鉄までの元素の原子核が次々とつくり、超新星爆発のときには鉄より重いさまざまな元素の原子核もつくり。

今回のシミュレーションから、爆発時に大きな対流が発生し、爆発の中心部でつくられた原子核が対流に乗って表面に運ばれることが明らかになった。それ自体が新しい知見であるが、さらに、その現象がカシオペア座Aという超新星残骸で実際に起きていることが玉川高エネルギー宇宙物理研究室との共同研究で観測的に確かめられた。

超新星爆発のときその中心にできる中性子星も、原子核チームの研究ターゲットである。「中性子星の主な成分である中性子は原子核の構成要素です。中性子星がどのようにできるのか、どのような構造で、どのような性質なのかを明らかにすることは、原子核の理解に重要です。また近年、中性子星同士の合体によって発生した重力波が観測されて話題になっていますが、そのとき陽子より中性子の数が特に多い原子核がつけられます。理研 仁科加速器科学研究センターで行われている加速器実験とも連携して、中性子星の合体による元素合成を明らかにしようとしています」

さらに長瀧主任研究員は、「爆発から1,000年後までのシミュレーションでは、分子がつくられる様子が見えてきました」と興奮気味に話す。「超新星爆発における分子進化を研究している人はいますが、爆発の過程は簡略化されています。爆発を忠実に再現したシミュレーション

で分子がつくられる様子を見たのは、私たちが初めてです。現在、より精緻なシミュレーションを行っており、間もなく大きな発表ができると思います」

■ 元素の分布を詳細に捉える

「原子の階層では、宇宙における元素の分布をより詳細に捉えることが重要」と玉川主任研究員。2016年に打ち上げられた日本のX線天文衛星「ひとみ」に搭載されたX線マイクロカロリメーターによって、X線のエネルギーをこれまでより高分解能で観測できるようになった(図3)。玉川高エネルギー宇宙物理研究室も開発に参加したこの装置を使えば今まで観測できなかった微量な元素の分布も見えるようになる、という期待を抱いたが、「ひとみ」は本格的な観測が始まる前に異常が発生し、運用が停止されてしまった。「2022年度に打ち上げが予定されている『ひとみ』の代替機 フリズムによって、元素分布の詳細観測を目指します」

「超新星爆発によってできた原子核は、電子を捉えて原子となり、しばらくすると勝手に分子ができて、さらに複雑な分子がつくれ、やがて生命の誕生につながっていくと、漠然と思っていました。坂井さんと話すようになって、原子ができてからそれらが結合して分子になるまでにはさまざまな条件や反応が必要だということを知ったのです。原子と原子が衝突して分子がつくられる過程に興味を持ち、かねてから地上で極低温電型イオン蓄積リング(RICE)を用いて宇宙における分子の起源やその進化

を研究している開拓研究本部の東原子分子物理研究室(東 俊行 主任研究員)と共同で実験を始めています」と玉川主任研究員。この実験でもX線マイクロカロリメーターを使用している。

■ 分子進化はどこでも同じか?

分子チームについて坂井主任研究員は、こう語る。「これまで単純な分子から複雑な分子ができるところに注目していました。しかし、そこにある原子の種類や量が異なれば、どの分子がどれだけできるかも変わってきます。r-EMUでは、原子の種類や量など初期条件の違いによって分子進化がどう変わるか注目しています。玉川さんたちの元素分布の観測に大いに期待するとともに、自分たちでも原子や分子の種類や量の違いを捉える方法を探索してきました」

坂井主任研究員らは、天体によって、あるいは同じ天体でも場所によって存在する硫黄の量に差がある可能性に気付いた。硫黄の量を指標にして分子進化の違いを分類できないか、研究を進めている。また酸素原子と水素原子が結合したOH分子を観測すると、原子が集まった原子雲の中で分子ができて分子雲になっていく過程を追跡できることを、共同研究者らと発見した。「これまで私が扱ってこなかった原子から分子への進化に迫ることができると期待しています」

宇宙で分子ができる反応は大きく二つある。ガスの中で起きる反応と、塵の表面で起きる反応だ。前者については、原子チームが東原子分子物理研究室と共同研究を行っている。分子チームでは、

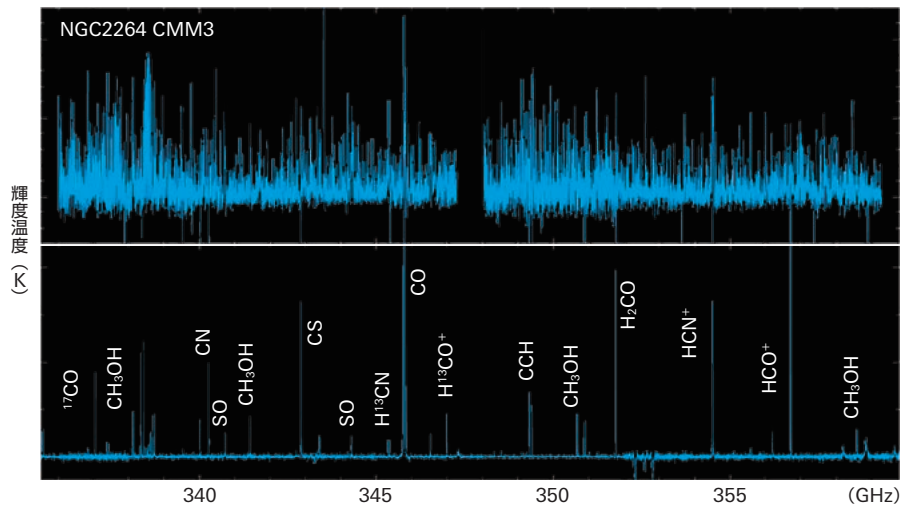
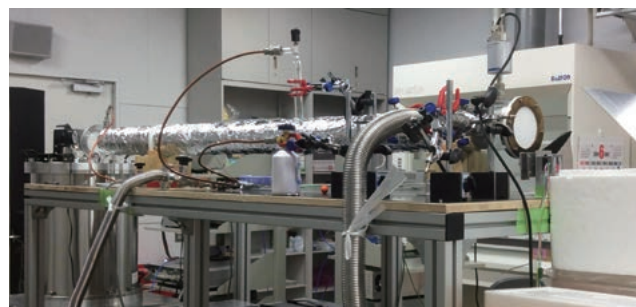


図4 原始星周辺のガスが出している電波スペクトル
 上図の上段はALMAで、下段はそれ以前に、NGC2264 CMM3という同じ領域を観測した結果。ALMAでは感度も分解能も大きく向上し多種多様な分子のスペクトル線が検出されるが、その多くが未知である。SUMIRE（下写真）で、未知のスペクトル線の同定に挑んでいる。



塵の表面で起きる反応について、開拓研究本部のKim表面界面科学研究所（金 有洙 主任研究員）と共同研究を展開している。

分子分光実験装置SUMIREも動きだした（図4下）。分子は、それぞれ特定の周波数の電波（スペクトル線）を出している（図4上）。そのため、天体が出している電波を捉え、周波数を調べることで、そこにどの分子があるかが分かる。しかし実際は、観測されるスペクトル線の多くが、どの分子のものか特定できない。そこで坂井主任研究員は、さまざまな分子が出すスペクトル線の周波数を実験室で精度よく測定しておくことで観測結果を正しく理解できるようにしよう、と考えた。そのために開発したのが、SUMIREだ。「南米チリにあるアタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計（ALMA）は分子進化の研究に威力を発揮してきましたが、新型コロナウイルスの影響で2020年3月から運用を停止しています。再開して観測ができたらずぐ役立てられるように、SUMIREによる実験を進めています」

■ r-EMUからプロジェクトが誕生

r-EMUのメンバーは理研内だけでなく、七つの研究機関、約30人まで広がっている。「r-EMUから宇宙線に関する国際プロジェクトも誕生しました」と長瀧主任研究員。宇宙には非常にエネルギーの高い宇宙線が飛び交っているが、その起源はよく分かっていない。「宇宙線の正体は原子核です。私は、宇宙線を理解するには、原子核にほかの粒子が衝突することによって起こる原子核反応

を詳細に理解することが非常に重要であると気付きました。その話を原子核の研究者にしたところ、面白い、原子核の詳細実験が宇宙線の理解につながるとは考えていなかった、と興味を持ってくれて、国際プロジェクトPANDORAに発展したのです」

坂井主任研究員も、このプロジェクトに大きな関心を寄せている。「宇宙線は、原子や分子と衝突して、それらをイオン化します。そのイオン化率が星の誕生、そして分子進化に大きく影響していることが知られています。宇宙線を介して原子核と分子をつなげて理解できるようにすると期待しています」

■ 素粒子・原子核・原子・分子、そして生命へ

「実は、r-EMUでは扱っていない物質進化があります」と長瀧主任研究員。宇宙は138億年前に誕生した。そのとき原子核は存在していない。誕生直後、超高温・超高密度の火の玉ビッグバンとなり、素粒子が作られた。その素粒子が集まって原子核となったのだ。「r-EMUでは、素粒子が作られるまでと、分子から生命が誕生するまでの物質進化は、

扱っていません。r-EMUの成果を足掛かりに、将来的にはぜひそこにも手を伸ばしたいと思っています」

玉川主任研究員も、生命に至る分子進化に強い関心を持つ。「私は10年ほど前、超新星残骸にマンガン原子があることを発見しました。実は、マンガンは光合成に不可欠な元素なのです。マンガンは、宇宙では存在量が少ないレアな元素です。生命はなぜ、そしてどのようにしてマンガンを使って光合成を行うようになったのかを知りたい。理研には生命科学の研究者がたくさんいるので連携して、生命までつなげたいと思います」

「私たちが観測して化学進化の指標としている分子は、最も複雑なものでもメタノールくらいまでです。もっと複雑な分子、アミノ酸くらいまで捉えて生命につながる基礎にしたい」と、坂井主任研究員も意欲を見せる。ただし、「簡単ではない」と表情を引き締め、こう語った。「r-EMUは誰もやらなかった挑戦的な研究です。5年間でしっかり成果を出して、まずは新しい研究領域として確立させることを目指します」

（取材・執筆：鈴木志乃／フotonクリエイト）

共創型サイエンスで新分野を切り拓く研究者

クラウドファンディングの支援で始めた研究により、雷から反粒子が生成される、という大発見を成し遂げた研究者がいる。榎戸輝揚 理研白眉研究チームリーダー（白眉TL）だ。2020年1月に立ち上げた榎戸極限自然現象理研白眉研究チームでは、「Collective Power of Science（共創型サイエンス）」の理念を掲げ、新しい分野を開拓しようとしている。榎戸白眉TLの素顔とは。

撮影：STUDIO CAC



榎戸輝揚

えのと・てるあき

開拓研究本部
榎戸極限自然現象理研白眉研究チーム
理研白眉研究チームリーダー

1983年、北海道生まれ。東京大学大学院理学系研究科博士課程修了。博士（理学）。米国スタンフォード大学、NASA（米国航空宇宙局）ゴダード宇宙飛行センター、京都大学白眉センターなどを経て、2020年より現職。

雷雲からガンマ線を観測

札幌市で生まれ育った榎戸白眉TL。「米国の天文学者、カール・セーガン博士が司会を務めていたテレビ番組『コスモス』のビデオを家で見たことが、宇宙や物理学に興味を持つきっかけの一つだったかもしれません。横山光輝^{よこやまみつてる}さんの漫画『三国志』やNHKの大河ドラマなどの歴史ものも好きでしたね」

東京大学へ進学し、X線天文学が専門の牧島一夫 教授の研究室へ。「基礎物理によって宇宙のさまざまな現象のメカニズムを解明できる、という牧島先生の話に惹かれたのです。私は超高密度天体である中性子星の研究を進めていましたが、地球の大気中で起きる謎の現象にも興味を持ちました」

冬の日本海沿岸では雷雲が頻繁に発生し、高エネルギーの放射線が観測されている。「その放射線の種類やエネルギーは不明で、本当に雷雲で放射線が発生しているのかもはっきりしていませんでした。2006年、私たちはX線天文学の技術を応用した測定器をつくり、この現象の正体を突き止めようとなりました」。そして2007年1月、雷雲の方向から40秒間、10 MeVに達するガンマ線（放射線の一種）を観測した。「これをロングバーストと呼んでいます。雷雲の中で光速近くに加速

された電子が、大気中の原子に軌道を曲げられるときに発生するガンマ線を観測したのです。雷雲に“電子加速器”があることが分かったこのときの興奮は今でも忘れられません」

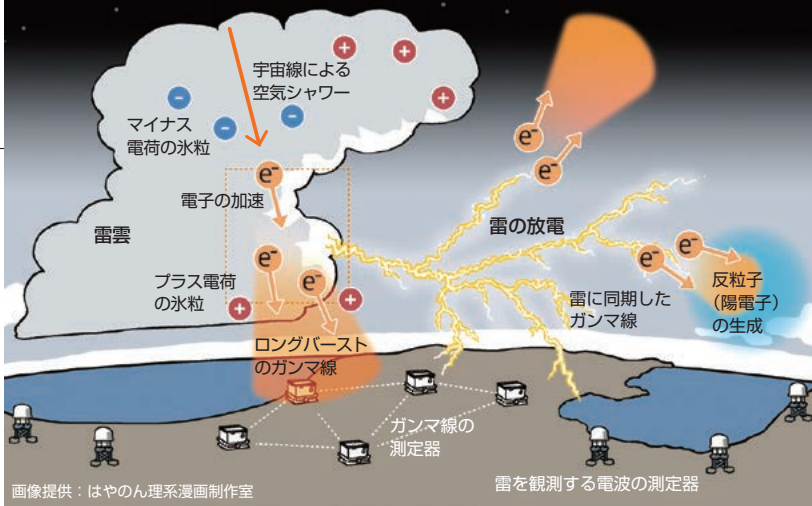
2010年に学位取得後、米国・NASAゴダード宇宙飛行センターなどを経て、2015年に京都大学へ。雷雲で起きる不思議な現象を解明する研究計画を立て、科学研究費補助金（科研費）に応募したが不採択。設立間もない日本初の学術系クラウドファンディングサイト academist で研究費を募ったところ、153人から160万円が集まり、観測を始めることができた。

ガンマ線は大気中ではすぐに減衰するため、せいぜい数百m程度しか飛ばない。ガンマ線を観測して雷雲の全体像を解明するには、多数の測定器を広範囲に配置しておく必要がある。榎戸白眉TLらは、日本海沿岸の大学や高校、企業に測定器を設置させてもらい観測を始めた。そして2017年、雷放電に伴い原子核反応が起き、反粒子（陽電子）が生成されることを発見した。「雷放電で発生するガンマ線とともに、原子核反応で生まれる中性子由来のガンマ線や、陽電子と電子が対消滅するときに出る0.511 MeVのガンマ線を捉えたのです。その研究論文は国際的な学術雑誌『nature』に掲載され、クラウドファンディングで始めた研究から重要な科学成果が生まれた、と話題になりました。さらに英国の物理学会誌により、中性子星合体による重力波の初観測などと並び、2017年の物理学十大ニュースの一つに選ばれました」

理研白眉でCollective Power of Scienceを掲げて

「2020年1月、牧島先生も在籍していた理研に榎戸極限自然現象理研白眉研究チームを立ち上げ、『Collective Power of Science（共創型サイエンス）』という理念を掲げました。そこには二つの意味を込めています。これまでは、多額の子算と人員を投入した大型装置で研究を進めることができました。今後はそのような大型研究の推進は、財政的にも難しくなるのかもしれませんが、でも、最新の技術を駆使すれば、小型でも高性能の装置をつくることができます。たくさんの小型装置の力を集めて新しいサイエンスを行うという意味を込めています。もう一つは、研究者以外の人たち、市民の力も集めた新しい枠組みでサイエンスを行うという意味です。私も多く

図1 雷雲で起きる高エネルギー現象の模式図



画像提供：はやのん理系漫画制作室

雷を観測する電波の測定器

画像提供：カシカガク



図2 超小型X線観測衛星「NinjaSat」の概念図



図3 月面の水資源探査用に開発している中性子測定器

の人たちに支援してもらい、観測装置を設置しました。一般の人たちと楽しみながら研究を進めることが大切です」

雷雲の高エネルギー大気物理学

研究チームでは、三つの研究の柱を定めている。一つは、雷雲で起きる現象の解明を進めることだ。「より多くの装置を配置するため、コンセントにつなぎスイッチを入れると自動で測定を始め、データをインターネット経由で送信する超小型装置を開発しました(左ページ写真の黄色い箱)。それを日本海沿岸の各地で活動するボランティアの人たちに郵送して、観測してもらい取り組みを始めています」

解きたい謎は何か。「そもそも空気という電気をほとんど通さない絶縁体の中で、なぜ雷放電が起きるのが大きな謎です」。強い上昇気流により雲の中の氷粒がこすれ合い、マイナス電荷を帯びた大きな氷粒が雲の下側に、プラス電荷の小さな氷粒が雲の上側に分布して電場が形成され、雷が発生すると考えられている。「しかし、雷雲にできる電場は放電が起きるほど強くなく、何らかの別のきっかけが必要なはずだ。地球に降り注ぐ宇宙線が大气と衝突して電子が発生し(空気シャワー)、それらの電子が雷雲中の電場に飛び込んで加速されつつ数を増やして、私たちがロングバーストと呼ぶガンマ線を発生させます。この加速された電子が雷発生のかげになっているのでは、と疑っています(図1)。レーダーで雷雲中の氷粒のサイズを観測している気象学者との共同研究や、理論家の数値シミュレーションにより、雷雲で起きる電子の加速やガンマ線の発生、雷放電が起きるメカニズムの解明を目指していきます。これを、私たちは高エネルギー大気物理学と名付けました。新しい分野として拓いていきたいと思っています」

超小型X線観測衛星と月面の水資源探査

二つ目の研究の柱は、2022年度の打ち上げを目指す超小型X線観測衛星「NinjaSat」計画だ(図2)。「私はX線天文学者として、2017年に国際宇宙ステーションに搭載されたNASAのX線望遠鏡NICERの開発や観測に携わってきました。現

在もNICERを用いたマグネター研究のリーダーを務めています。この経験を応用して超小型衛星による観測に挑戦します」

マグネターとは中性子星の一種で、宇宙で最も強い磁場を持つ天体だ。これまでに中性子星は2,800個ほど見つかったが、そのうちマグネターだと判明しているのはわずか20個ほど。榎戸白眉TLらは2020年、この年の3月に発見された天体がマグネターであることを、NICERによる観測で突き止めた。「中性子星の質量は太陽の1.4倍もあるのに、半径はたったの12 km。スプーン1杯分の空間に富士山の質量が押し込められたような超高密度天体です。その内部はどのような状態になっているのか、マグネターではなぜ強い磁場が発生するのかなど、中性子星は謎の多い魅力的な天体です」

榎戸白眉TLらは、理研の玉川高エネルギー宇宙物理研究室と共同で、サイズ数十cmほどの衛星 NinjaSat を製作している。この衛星の大きな目標の一つは、高速の自転に伴い定常的に重力波を出していると考えられる中性子星「さそり座X-1」の観測である。NinjaSatでその自転周期を測定できれば、どのような波形の重力波が出ているのかを推定でき、重力波観測の重要な情報となる。そして定常的な重力波が観測できれば中性子星の謎を解明するための新しい有力な情報となる。「NinjaSatは、高校生や学部学生が利用できる時間も確保して教育にも活用する計画です。将来は、多数の小型衛星で一つの天体を多角的に計測するといった新しい観測体制の構築を目指したいですね」

三つ目の柱は月面の水資源探査だ。「月面には宇宙線が降り注ぎ月面下で中性子が発生します。これが地表から染み出す際に、水の有無が中性子の信号に影響します。私たちは小型で軽量な中性子の測定器(図3)を開発していて、それを月面探査車に搭載すれば、非接触で水資源の探査ができます」

野心的な研究に挑戦する若手に独立して研究する機会を与える理研白眉制度の印象は? 「面白いと思えばどんな分野の研究もできる、日本ではまれな研究環境だと思います。優秀な研究員をチームに集めて、分野が異なる三つの新しい研究に挑んでいます」

(取材・執筆：立山 晃/フォトンクリエイト)

理研では、書籍を通じて、
科学者の生き方・考え方や科学の面白さ・素晴らしさを届ける
「科学道100冊」プロジェクトを進めています。
理研の研究者たちは、どのような本に出会い、影響を受け、
科学者としての生き方や考え方へつなげてきたのでしょうか。

推理小説の謎解きから

田中克典 たなか・かつのり

開拓研究本部
田中生体機能合成化学研究室
主任研究員

「この取材依頼が来たとき、本はあまり好きではないでしょう、と迷いました。ところが親に聞くと、“文字が読めないころから魚や昆虫の図鑑を食い入るように見ていたよ”と言われ、あらためて思い返すと、小学生のときに江戸川乱歩の『怪人二十面相』を読んで推理小説に夢中になり、それ以降もたくさんの本を読んできたことに気がきました」

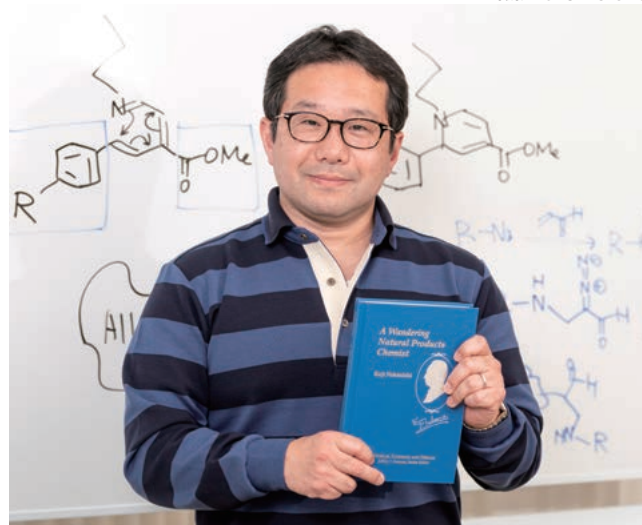
コナン・ドイルのシャーロック・ホームズのシリーズを読破。エドガー・アラン・ポー、アガサ・クリスティ、エラリー・クイーン作品も次々に読んだ。「たくさん読みたいので、独自の読書法を考え出しました。長編は5分の1まで読んだら、最後の5分の1を読み、それから真ん中を読む。犯人が分かっているので、真ん中はサクサク読めます。事件の謎をどのように解明していくか、その方法と手順に興味がありました。この読み方だと、早く読めるだけでなく、作者がどのように文章を展開していくかに集中できます。私は読む人が楽しくなるような論文を書くのが得意なのですが、それには推理小説で学んだ文章展開が役立っていると思います。また、謎を解き明かしていく過程は科学と共通するところがあり、今思えば、推理小説が科学者になったきっかけかもしれません」

中学生になると、辞書を引きながら外国の推理小説を原書で読むようになったが、読書以外にも興味が広がっていった。「小学5年生のとき、担任の先生が音楽の授業でドラムを演奏してくれた姿に憧れ、習い始めたんです。しかしドラムを自宅に置くのは難しいので、エレキギターに変更。夢中になって練習ばかりしていたので、本を読む時間はありませんでした」

関西学院大学理学部化学科に進んでからも、生活の中心はバンドだった。「指さばきでも音色の美しさでも周りの誰にも負けない自信があり、プロでもやっていけると思っていました。音楽事務所からのオファーを母が勝手に断っていたことを知ったのは、有機化学の研究に真剣に取り組もうと決めた後でした」。なぜ有機化学を選んだのか。「有機化学の最初の授業で、有機化合物の複雑な構造や反応にもルールがあることを知りました。それならば、全てを暗記しなくても順にたどっていけば私にも理解できると思えたのです」

再び本を読むようになったのは、博士研究員として米国コロンビア大学の中西香爾教授のもとで研究をしていたときだ。「研究室には、いろいろな国の人がいました。相手の国のこと

撮影：STUDIO CAC



を知らないと、会話がうまく進みません。そこで、各国の歴史や政治に関する本を読んだのです。ニコラス・スパークスの『The Notebook』（邦題『きみに読む物語』）など恋愛小説にも手を伸ばし、映画や舞台を見たり、美術館に通うようになったのも、文化を知りたかったから。互いの国の歴史や政治、文化を知ることは、国際的な研究ではとても大切です」

化学者の伝記シリーズ『Profiles, Pathways, and Dreams』も読んだ。「自分がその時代にいたとしても同じことはできなかったらと先人たちの偉大さを再認識し、先人の功績があったからこそ今の自分の研究があることを忘れてはいけないと思いました」。このシリーズには、恩師である中西教授の『A Wandering Natural Products Chemist』も入っている。

帰国後、大阪大学助教を経て、2012年に理研へ。「体内で有機化合物をつくることを目指しています。例えば、がん細胞を攻撃する有機化合物を病巣部で合成できれば、その場で治療が可能です。それを、化学反応式を1行見ただけで“田中の仕事だ”と分かるようなオリジナリティーの高い反応で実現したいのです。ギターの演奏でも、最近はAI（人工知能）を搭載したアンプが登場し、誰でも同じようにきれいな音が出せるようになりましたが、昔はその人にしか出せない音があったと思います。そういう自分にしかできない研究を目指しています」

小学生の娘が、生物や人体の本をよく開いているのを見て、思うことがある。「最近、子どもにも分かりやすく、楽しく学べる本がたくさんあります。しかし、例えば生物であれば、実物を見たり触ったり、体験を通して学ぶことも大切です。科学に興味がある子どもたちには、本から知識を得るだけでなく、実体験も大切にしてほしいですね」

(取材・執筆：鈴木志乃/フotonクリエイト)

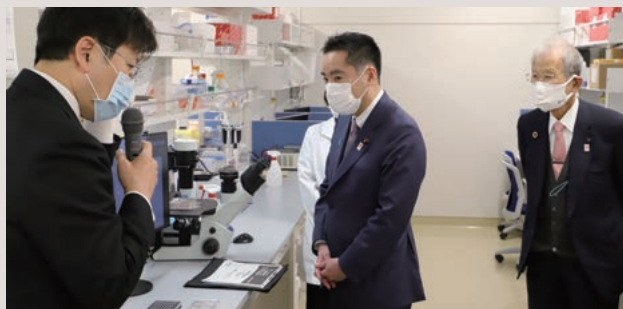
井上信治 内閣府特命担当大臣がけいはんな地区を視察

井上信治 内閣府特命担当大臣（科学技術政策）が2020年12月11日、京都府精華町にある理研けいはんな地区のバイオリソース研究センター（BRC）iPS創薬基盤開発チームおよび科技ハブ産連本部 バトンゾーン研究推進プログラム ロボティクスプロジェクトを視察されました。

冒頭、BRCが活動する文化学術研究交流施設であるけいはんなプラザのスーパーラボ棟において、松本 紘 理事長によるあいさつの後、iPS創薬基盤開発チームの井上治久チームリーダーが研究紹介を行いました。

その後、理研と連携・協力する国際電気通信基礎技術研究所（ATR）の建物に移り、松本理事長による概要説明に続いて、美濃導彦 理事・ロボティクスプロジェクト プロジェクトリーダーが同プロジェクトの紹介を行いました。

井上大臣はそれぞれの施設を興味深くご覧になり、説明も熱心にお聴きになりました。

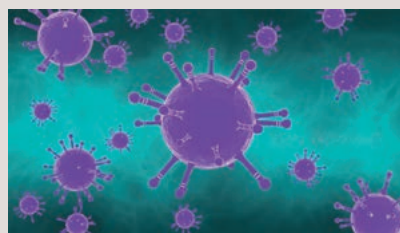


けいはんなプラザにて井上治久チームリーダー（左）から説明を受ける井上信治大臣（中央）、右は松本紘理事長。

新作動画「新型コロナウイルスとの戦い」をYouTubeで公開！

理研が進めている新型コロナウイルスに関する研究開発は、ワクチン開発から、感染防止に関するシミュレーションまで多岐にわたります。今回、このプロジェクトを紹介する動画「新型コロナウイルスとの戦い」Vol. 1・2を制作し、YouTubeの「RIKEN Channel」で公開し

ています。Vol. 1では小安重夫 理事がプロジェクトの全貌を、Vol. 2ではバトンゾーン研究推進プログラム 人工ワクチン研究チームの増田健一チームリーダーらが独自のアプローチで開発を進めている化学合成ワクチンを紹介しています。ぜひご覧ください。



新研究室主宰者の紹介

新しく就任した研究室主宰者を紹介します。

- ①生まれ年、②出生地、③最終学歴、④主な職歴、
⑤活動内容・研究テーマ、⑥信条、⑦趣味

開拓研究本部



川上浮揚電子量子情報理研白眉研究チーム
理研白眉研究チームリーダー

川上恵里加 かわかみ・えりか

①1986年 ②大阪府 ③オランダ デルフト工科大学
博士課程 ④沖縄科学技術大学院大学 博士研究員
⑤ヘリウム表面上の電子を用いた量子コンピュータ、
量子シミュレーション ⑥われわれは人生に何かを期
待する存在ではなく、人生がわれわれに何かを期待し
ているのだ ⑦サクソフォン演奏

科技ハブ産連本部 バトンゾーン研究推進プログラム

ロボティクスプロジェクト
動作学習研究チーム
チームリーダー

中村 泰 なかむら・ゆたか

①1975年 ②大阪府 ③奈良先端科学技術大学院大
学情報科学研究科博士後期課程 ④大阪大学大学院
工学研究科助教、同大学院基礎工学研究科特任准教授
⑤知能ロボティクス ⑥好き嫌いはあるけれど、信条
はいまだない ⑦散策、写真、ドライブ



ロボティクスプロジェクト
知識獲得・対話研究チーム
チームリーダー

吉野幸一郎 よしの・こういちろう

①1985年 ②大阪府 ③京都大学大学院情報研究
科博士後期課程修了 ④日本学術振興会特別研究員
(PD)、奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科
助教 ⑤音声言語処理、自然言語処理、特に言語理解
の数理モデル化と音声対話における情報授受プロセス
の解明 ⑥明日から頑張る（問題があるときは寝てか
ら考える） ⑦スキー、ワイン、料理、音楽、野球観戦



楽しくしてくれるポイント

三輪佳宏 みわ・よしひろ

バイオリソース研究センター
遺伝子材料開発室 室長

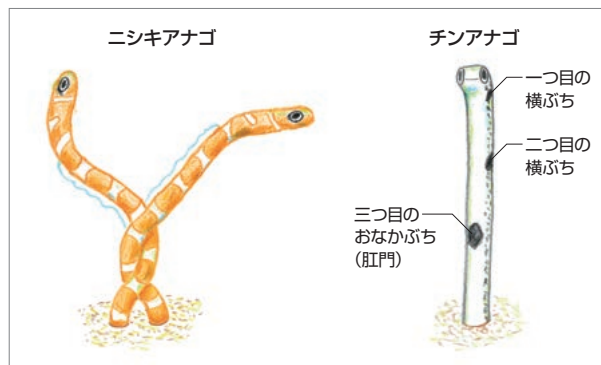
昨年の4月にバイオリソース研究センターに着任し、広報室に『原酒』は面白いですね」と話していたら、早速執筆のチャンスが(笑)。専門のバイオイメージングで使う蛍光や発光ツールには下村 脩^{おしも}先生がクラゲから発見したGFP(緑色蛍光タンパク質)をはじめ、海の生き物からの借り物が多いので、考えたお題は水族館です。結構全国の水族館を回っていますが、残念ながら家族にはすこぶる評判が悪い。というのも、家族は1時間くらいで見終わるのに私は丸1日かかるので、とても付き合い切れない、といつも別行動になってしまうのです(泣)。

今、全国的に水族館のリニューアルが進行していて、見せ方が工夫されたものが続々と増加中です。手書きポップが可愛い札幌のサンピアザ水族館、体験コーナーも充実した仙台うみの杜水族館、東京都内であれば空飛ぶペンギンのサンシャイン水族館、大分マリンパレス水族館「うみたまご」は野生のサルで有名な高崎山自然動物園のお隣で……、と全部書こうと思ったら「原酒」の連載をお願いしなくては(泣)。ここではバツサリと、最近ほとんどの水族館で見掛ける人気者、ニシキアナゴとチンアナゴの話題に絞ります(写真)。

この2種類の魚、色は違うけど、どちらもヒョロヒョロしていて、まあ似たようなもの、と思っている方が多いのでは？ところが、一見似ているようで、まさにまったく違うんですよ、性格が。オレンジが鮮やかなニシキアナゴは社交的、2~3匹が絡み合っている場面をよく見掛ける共同研究型(図)。ところがチンアナゴは縄張り意識が強い孤高の存在で、ほかと絡んだりしない独自路線型。見えているのは頭から5cmぐらいのほんの一部で、残り数十cmは深〜く砂の中に埋まっていますが、砂を半透明の樹脂で展示している大阪の「生きているミュージアム NIFREL」ではこの下も全部見えちゃいます(見たいかどうかは細長〜いニョロニョロが平気かどうかによります)。え〜、じゃあフンは穴の中？いえいえそれでは汚れ



写真・左から筆者、ニシキアナゴ、チンアナゴ。



図・筆者直筆による2匹で絡み合うニシキアナゴと、チンアナゴの肛門大図解。

ちゃうので、ちゃ〜んと外で済ませます。チンアナゴだと見つけやすい肛門は図を参照。さらに圧巻は京都水族館の餌やりタイム、飼育員が現れると、そちらに向けて一斉に穴から出てきて10~15cmぐらいに体を伸ばします(イルカショーの裏番組のときはお客さんが少ないのもイイ)。そう、なんと彼らはヒト個人を識別する能力が!なんて賢い!そしてシャイで臆病な彼らは驚くとビビって一斉に穴の中へと引っ込みますが、1cmぐらい頭を出したところで止まって、ナンダ?ナンダ?と辺りの様子をうかがいます。これが絶妙にかわいい。これを知ってしまったら、もうニシキアナゴ・チンアナゴ水槽を10秒で通り過ぎるなんて無理。ついつい見入ってしまううちに10分以上経過しているでしょう。たった一つのポイントを知るだけで、同じものでも見え方が変わって楽しみ10倍返しです。そのポイントが積み重なれば、水族館は丸1日楽しめるパラダイス。研究と同じで、知れば知るほど楽しさが増して時間がたつのも忘れてしまう、まさに至福の時です。

いろいろな方が意外なお楽しみポイントを紹介するこの「原酒」に、また一つ、多くの方にとって意外であろうポイントを添えてみましたが、どうです?水族館に行きたくなりましたか?



理研の活動をご支援ください。

理研の研究の充実、さらなる発展は、法人や個人の皆さまからのご寄附で支えられています。

●問合せ先

理研 外部資金室 寄附金担当
Email: kifu-info@riken.jp



<https://www.riken.jp/support/>