

Origins

2024.9.15
ELSI通信
vol.

東京工業大学
地球生命研究所



12

特集：Understanding Origins of Life



いろいろな手法を駆使し、生命の起源に迫る

この地球には確認されているだけでも約190万種の生物がいるといわれていますが、正確な数は誰にもわかりません。地球は生命にあふれていて、「生命の宝庫」と呼ぶにふさわしい状況です。

しかし、宇宙に目を転じてみるとどうでしょう。これまでのところ、地球以外で生命の存在が確認された天体はありません。なぜ、地球だけがこれほどたくさんの生命の存在する惑星になったのでしょうか。そもそも、生命とは何なのでしょう。

発足から10年以上、この問いに向き合っているのが、地球生命研究所（ELSI）の研究者たちです。「生命とは何か」という問いは、「生物がいつ、どのように誕生したのか」という生命の起源への問いにつながります。

現存する生物は、遺伝情報を記録するデオキシリボ核酸（DNA）、リボ核酸（RNA）といった核酸、化学反応を媒介す

るタンパク質、内側と外側を区切る膜分子などの有機化合物によって構成されています。しかし、これらの部品を組み合わせても生命ができるわけではありません。

生命ではない有機化合物から、どのように生命が誕生したのでしょうか。この問いの答えを出すためには、生物学だけでなく、化学、物理学、天文学、地球惑星科学など、様々な学問の知識を結集させる必要があります。ELSIには、この問題を解き明かそうと、たくさんの研究者が集まっています。

ある研究者は原始的な生物がたくさんの深海底の環境を研究し、他の研究者は人工的につくった核酸やタンパク質を使って生命の進化を再現するなど、その研究手法も様々です。個性的な研究者が学問分野の垣根を越え、いろいろな方法を活用することのできる研究体制がELSIの強みであり、生命の起源という難題に迫るための大きな武器なのです。

ウイルス進化を再現し 生命との関係を探る

寺坂 尚紘

特任准教授（合成生物学）

地球では細胞を持つ生物だけでなく、細胞を持たないウイルスも進化してきました。生物とウイルスは協同的に進化してきたという仮説もあります。ウイルスの進化の過程を詳しく知ることは、生物の進化の過程を知ることにもつながるのです。

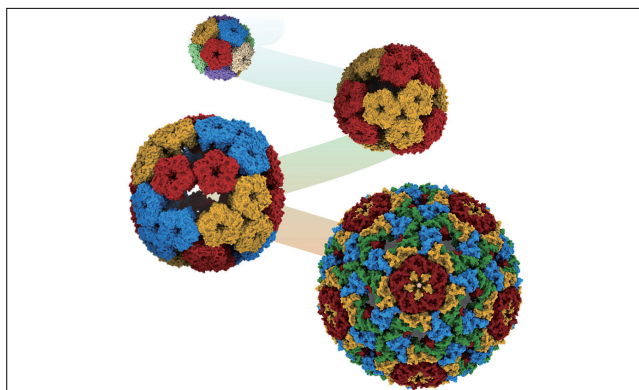
私の専門は化学生命工学といい、化学的な視点で生物をとらえていく分野です。学部生のころは、古細菌のRNAを修飾する酵素の解析をする生化学分野の研究をしていました。しかし、天然の分子を使うよりも、自分で分子をつくり、生命システムのメカニズムを解き明かしていきたいと思うようになり、修士から現在の分野に移りました。

もともと生命の起源に興味があったことと、若手研究者の裁量が大きく、主体的に研究できる環境に魅力を感じて2022年6月からELSIに着任し、研究室を立ち上げました。私の研究室では、RNAとタンパク質を使って、ウイルスを実験室内で進化させる研究をしています。

ウイルスは遺伝情報を記録しているDNAやRNAといった核酸をタンパク質で包みこんでいます。幾何学的な構造で、自分自身だけでは複製をつくることはできませんが、宿主となる細胞に感染することで、その細胞の複製システムを使って増殖し、細胞の外に出ていきます。

生物にはRNAやDNAを分解する酵素があります。天然のウイルスはそのような酵素から遺伝情報を守るためにタンパク質の殻をつくっています。長い進化の過程を経てタンパク質の殻を獲得し、現在では様々な種類のウイルスが存在しています。

ウイルスがどのような進化をしてきたかについては、いろいろな仮説が示されていましたが、時間を巻き戻してその現場を見ることはできません。そこで、人工的にウイルスの進化を再現する実験をおこないました。



寺坂さんたちは実験を重ね、より大きな核酸を守る殻をつくるようにタンパク質が進化することを確かめた。



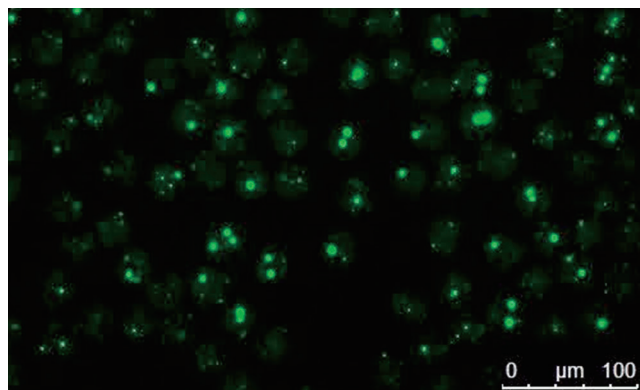
INTERVIEW 01

まず、ランダムな変異が発生するように処理をしたタンパク質を大腸菌の中で発現させます。そして、タンパク質の情報を持つメッセンジャー RNAを集めて取り出します。この作業を繰り返すことで、細胞内環境で、RNAを分解から守ることができるタンパク質を選択できます。

生き残ったタンパク質を調べてみると、RNAの周囲を取り囲んで遺伝情報を守るものが出現していました。最初はウイルスと関係ないタンパク質でも、変異と選択を繰り返すことで、ウイルスと同じような構造を持つようにタンパク質を進化させることができたのです。

進化の過程を詳しく解析することで、ウイルスは内包されるRNAなどの核酸と周りを取り囲むタンパク質が協同的に進化してきたこともわかってきました。核酸は内包されやすいように構造が変化しますし、タンパク質は中に内包する核酸が大きくなると、集合様式が変わり、穴のない大きな殻をつくるようになります。

遺伝情報を分析すると、生物とウイルスはお互いに影響しあって進化してきたことがわかります。ウイルスの進化を研究することは、生物の進化の過程を詳しく知ることもつながります。今後は、より短時間で効率的に実施できる実験手法なども開発しながら、細胞内でウイルスがつくられるしくみがどのように獲得されたのかも解き明かしていきたいです。生命の進化を解明するだけでなく、ワクチンの開発など、医療にも役立つ知識や技術が確立されると期待しています。



細胞を使わずにタンパク質をつくる「無細胞翻訳系」と呼ばれる実験手法も活用する。

地球初期の大気や海洋を再現し 生命誕生の謎に迫る

Anuradha Thakur

研究員（化学）

生命の起源を探るうえで、大きな謎となっているのが生命の材料となった有機化合物がやって来た経路です。地球初期の大気と海洋の相互作用を考えることで、必要な有機化合物がつけられた過程や、それらの材料から生命がつけられた過程がわかってくるかもしれません。



INTERVIEW 02

もともと化学が好きで、化学教師をしていました。生徒たちに教えているうちに、新たな知識を積み上げていく研究者を志すようになりました。

ELSIでは深海に注目して研究を進めています。最近の研究結果から、初期の地球大気には有機硫黄化合物が豊富に存在していた可能性が示されています。

大気中の有機硫黄化合物は、海洋の中にあるリン酸塩、アミノ酸などの分子と反応して、生命を形成するために欠かせない生体高分子の材料となった可能性があります。私たちは、この仮説を検証するために研究しています。

地球初期の大気や海水を模擬した環境を用意し、実験することで、大気中に含まれていた有機硫黄化合物が、海洋にまで到達する道のりや、海洋の中でどのような反応があったのかなど明らかにしたいと考えています。大気と海洋にまたがる化学進化へのアプローチによって、生命を構成する重要な物質の形成経路がわかれば、生命の起源に大きく迫ることができます。

この研究を進めるうえで特に重視しているのが、深海にある熱水噴出孔です。熱水噴出孔は文字通り、海底から熱水が噴出している場所です。栄養分の少ない深海底には、生き物がほとんど見られませんが、熱水噴出孔の周りには独自の生態系がつけられています。

熱水噴出孔からの噴出物には硫化水素、メタン、水素、二酸化炭素など、様々な化合物が含まれていて、それらの化合物を分解することでエネルギーを得る微生物がたくさん集まりま

す。その微生物の中には、地球生命の共通祖先に近い遺伝情報を持つものもあります。

熱水噴出孔やその付近の深海環境を詳しく研究することによって、地球上に生命が誕生する前の世界で、有機硫黄化合物がどのような役割を果たしたのかがわかってくるはずです。

硫黄は初期の地球大気ではほんの少ししか存在しない元素です。しかし、その動きをしっかりと追い、海中でどのような反応があったのかを詳しく知ることによって、地球生命誕生につながる化学進化の重要なプロセスを明らかにできるのではないかと考えています。

生命誕生の化学プロセスは、地球以外の天体でも起こる可能性があります。そのプロセスを知ることができれば、今後の地球外生命の探査にも有用な情報となるでしょう。

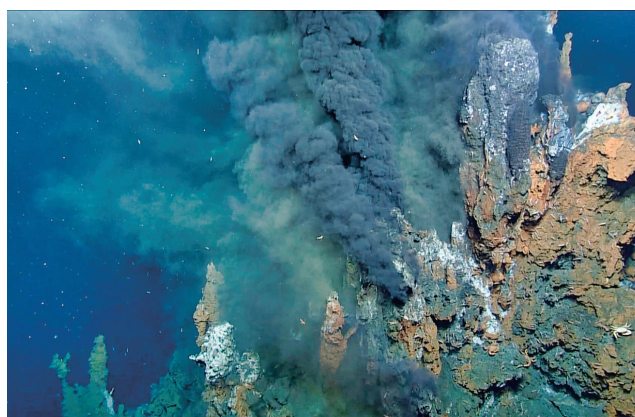
私が取り組む実験によって、地球生命の誕生に関わる重要なメカニズムを発見していきたいです。そして、専門外の人たちにも、生命の起源やそのプロセスに興味を持ってもらえるきっかけをつくることができたら、とても嬉しいです。

ELSIは、国際協力とイノベーションを促進するダイナミックで協力的な研究環境を提供してくれます。様々な分野の研究者が集い、多様な視点と専門知識を共有することで、生命の起源という難題に立ち向かうための新たな発想が得られます。

この環境はとても刺激的で、研究所の一員であることを誇らしく思います。ELSIでの研究を積み重ね、研究者としてもさらに成長していきたいです。



生命の材料がどのように生まれたのかを探るため、日々、実験をする。



深海底にある熱水噴出孔の周辺は、地球初期の環境とよく似ていると考えられている。（画像提供：Pacific Coastal and Marine Science Center）

生物と宇宙の両方に関わる アストロバイオロジーを研究

Maxwell Craddock

博士後期課程 1 年

ふだん、あまり語られることのない大学院生たちの生活。
ELSI の学生がどのような生活を送り、研究に取り組んで
いるのか、語ってもらいました。



私はアメリカ・ワシントンD.C.の近郊で生まれ育ちました。
幼い頃はペットをたくさん飼っていて、動物好きでした。また、
両親がスミソニアン航空宇宙博物館に勤務していたこともあり、
宇宙にも興味を持っていました。

大学では生化学を学んでいましたが、生物学と宇宙の両方の
分野に携わる道がないかと探したときに、アストロバイオロ
ジーという分野があること、この分野の研究をしているELSI
が日本にあることを知りました。

ゴジラやウルトラマンのファンだった私は、ELSIに行きたい
と考えるようになりました。指導教員の助言を受け、研究室
では南極で光合成をおこなう藻類などの研究をしました。さら
に、NASA（アメリカ航空宇宙局）ゴダード宇宙飛行センター
でのインターンシップに参加し、火星探査車キュリオシティの
ミッションメンバーと共に、火星の土壌におけるバイオシグネ
チャー（生命存在指標）の特性評価をおこないました。

そして、念願が叶って、ELSIの一員として修士過程で研究



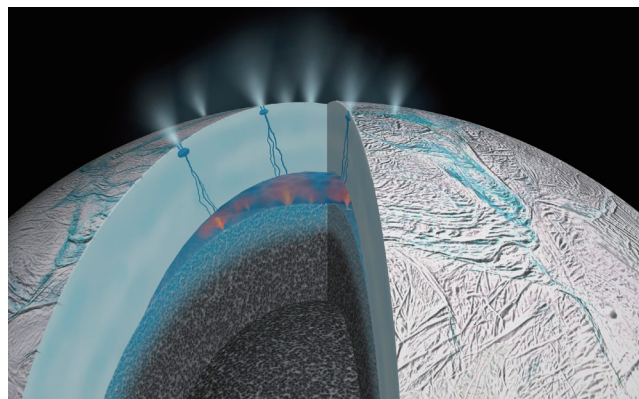
研究所内でガーデニングクラブを主催し植物を育てている。

をすることになったのです。修士課程では、土星の衛星である
エンセラダスを対象に、ドイツの研究者と共同で研究していま
す。エンセラダスに生命がいた場合に、観測できるバイオシグ
ネチャーを予測し、将来のエンセラダス探査に備えています。

最近、修士課程を修了し、博士課程の研究テーマに取り組み
始めました。私のELSIでの典型的な一日は、午前中に分析や
実験をおこない、午後に研究分野の文献を読んで、自分の論文
を書き、指導教員に送ります。そして、週に1回、日本語のク
ラスを受け、日本語に磨きをかけています。

放課後は、大学の文化祭で開催される筋肉コンテストに向け
てジムでトレーニングにいそしみ、週末は趣味の散歩やお菓子
作り、ガーデニングを楽しんでいます。

また、新入生や留学生の生活をサポートする学生グループの
リーダーとしても活動しています。将来は次世代の学生を指導
し、分野を超えた国際研究を行えるようになることを、目指し
ています。



土星の衛星エンセラダス内部には地球外生命がいる可能性がある。
(画像提供：NASA/JPL-Caltech)

東京工業大学と東京医科歯科大学が統合し、2024年10月1日に東京科学大学が誕生します。

〔発行〕東京工業大学 地球生命研究所（ELSI: Earth-Life Science Institute）

〒152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1-IE-1

TEL: 03-5734-3414 E-mail: pr@elsi.jp

ELSI website: www.elsi.jp

Follow ELSI on X, formerly Twitter: @ELSI_origins

Facebook: @ELSIorigins

取材・文／荒船良孝

公式ウェブサイトやSNSで、より詳しい情報をお届けします。

ELSI website



X (旧 Twitter)



Facebook

