



INTERVIEW 04

フィールドは地球と微生物の関係を読み解く窓

Li Hau, Fatima

大学院生（理学院・地球惑星科学コース）

フィールドワークは、地球や生物のことを理解するための重要な研究手法です。研究者や学生は、フィールドに出ると、どのようなことを考えるのでしょうか。

私は大学で環境微生物学を学んでいましたが、微生物の動きに興味をもち、地球などの惑星と微生物の関係をより詳しく研究する宇宙生命科学を学ぶために、ELSIにきました。そこで注目しているのが温泉です。特に、鉄を豊富に含む温泉は、先カンブリア時代の地球と似たような環境にあり、過去の地球が見える窓のような存在です。その窓を通して、過去の地球と微生物の関係性を理解したいと思っています。

昨年、私は伊豆諸島の1つである式根島に行きました。式根島の地熱温泉は、私が最初に訪れた露天の温泉で、その美しさに驚きました。鉄を多く含むためにお湯も真っ赤に染まっていました。その温泉は海とつながっていて、海に近づくにつれて、色が緑、青へと徐々に変わっていきます。その様子を見て、地球ではない他の惑星にいるようでした。これは研究室にこもっ

ているだけではわからないことです。

フィールドワークに行くといつも、そこにあるものはすべて持ち帰りたくなってしまいます。でも、それは無理なので、「持ち帰る価値のあるものか」、「しっかりと分析できるのか」といったことを考えながら、慎重に採取しています。

フィールドワークから戻ると、次は採取したサンプルを分析するために、研究室にこもります。サンプルの中に微生物を発見したら、それらを研究室で育てます。自然の中で長い時間をかけて育まれたものを研究室で育てられるように、最適な条件を探すのはたいへんですが、楽しくもあります。

似た環境の場所でも、そこに暮らす微生物の生態系は大きく違います。ELSIで新しい領域に踏み出し、たくさんのことを学んでいることに日々、ワクワクしています。



【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: information@elsi.jp

ELSI website: <http://www.elsi.jp/>

Follow ELSI on Twitter: @ELSI_origins

Facebook: @ELSIorigins

取材・文／荒船良孝 撮影／竹本宗一郎 デザイン／ライトラボ



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



Twitter



Facebook



Origins

特集 フィールドワーク

2020.12.01

ELSI通信

vol.

8

東京工業大学
地球生命研究所



多様な古細菌ウイルスから生命進化の謎を解く

望月 智弘

特任助教、ラボマネージャー（地球ウイルス学）

この地球上には、たくさんの生き物とともに、それらの生き物を宿主にするウイルスがいます。最近、生命の起源に大きなヒントを与えてくれるウイルスも発見されています。

地球に現れた最初の生命は熱水の中で生まれたと考えられていて、私は大学に入る前から熱水に生きる生命の研究をしたいと考えていました。その中で出会ったのが、古細菌（アーキア）ウイルスです。古細菌とは地球生命の大きな系統の1つで、私たち真核生物の起源になった生物といわれています。

ウイルスは、DNA（デオキシリボ核酸）やRNA（リボ核酸）などの遺伝情報をたんぱく質で包んだとても簡単なもので、増殖するためには他の生物の細胞に寄生しなければいけません。そのため、ウイルスは生物でないと考えられることが多いのですが、実際に培養してみると限りなく生物っぽく感じます。

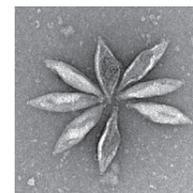
ウイルス学という、病気の原因として医学部で研究する学問というイメージが強いかと思います。私の場合は地球全体、さらには40億年の生命史全体をターゲットに研究しており、人を病気にするようなウイルスには興味がありません。

細菌（バクテリア）、真核生物に寄生するウイルスは、球形や正多面体などの幾何学的な形をしているものが多く、形だけを比べると多様性があまり見られません。しかし、古細菌ウイルスは、レモンやワインボトルの形をしたものなど、おもしろい形をしたものが多く、とても愛くるしく感じられます。

古細菌は、高温、高塩濃度、強酸、強アルカリなど、過酷な極限環境に生きています。当然、古細菌ウイルスもそのような極限環境に対応しています。私が対象にしている高熱の環境では、80℃以上になると、細菌は極端に減り、ほとんどが古細菌となります。私は、それらの超好熱古細菌を宿主とする古細菌ウイルスを探しています。

80℃以上の環境に生息する古細菌ウイルスを発見できるのは、地上では高温の温泉の源泉くらいです。そのため、私は世界各地の温泉を巡り、熱水サンプルを採取しています。

日本には、週末にさっと行ける距離に



INTERVIEW 01

温泉がたくさんあります。日本の温泉には公共機関による水質分析データが公表されているという利点があります。私はそれらのデータから、主に水温80℃以上で、pHがほぼ中性の温泉を選び、サンプル採取に出かけています。

温泉の源泉から熱水を採取しているときは、何ともいえないアドレナリンが出ます。私が採取する温泉のお湯は、ほぼ無色透明なので、見た目からは目的の古細菌ウイルスがいるかどうかは、わかりません。しかし、研究室に持ち帰ったサンプルの中から古細菌ウイルスの姿を確認したときは、テンションがとも上がります。

古細菌ウイルスは初めて発見されてから三十数年しか経っていませんが、未分類のものを含めると現在までに23科にわたる仲間が発見されています。100年以上の歴史をもつ細菌のウイルスが12科であることを考えると、古細菌ウイルスがいかに大きな多様性を有しているかがわかります。現在解析中のものを含めると、私は10科にわたる超好熱古細菌ウイルスを発見しています。

古細菌ウイルスの中には、細菌ウイルスと共通するものはいくつかあります。それらの祖先となるウイルスは、最終共通祖先(LUCA*)の時代に既に存在していたと考えられています。

これから、より多くの古細菌ウイルスが発見されることで、LUCAのいた時代に存在したウイルスを特定し、LUCAの正体に迫ることができるでしょう。ウイルスハンターとして、進化の謎を解き明かせるウイルスをたくさん発見していきたいです。

*Last Universal Common Ancestor



現在の微生物の活動から 過去の生命のシグナルを探る

中川 麻悠子

特任助教、ラボマネージャー（生物地球化学）

DNA 情報が残らない大昔の地球に、どのような生物がいたのかを知るために、現代の生物や生態系の化学分析を通して、過去の生物の活動を探っています。



INTERVIEW 02

私は生物や自然が好きで、生物がどういうしくみで生きているのか、とても気になっていました。そして、湖のフィールド調査へ行き、水の中の生物の観察や化学分析をするようになると、肉眼では見えないたくさんの微生物が、自然や他の生物と大きく影響し合っていることを実感しました。あらゆる所に生息する微生物の働きはとても興味深く、自分でもっと理解したいと思い、研究者になりました。

地球上の生物は主に生元素と呼ばれる炭素、窒素、酸素、水素、硫黄の5つの元素で構成されていて、それぞれの元素にはわずかに重さの違う同位体が存在します。自然界の中ではそれらの元素で安定して存在する同位体の比率がだいたい決まっています。

炭素を例にすると、大気中の二酸化炭素では質量数が12の炭素12が98.89%、質量数13の炭素13が1.10%の割合となります。しかし、生物は軽い元素を取りこみやすいので、炭素13の割合が減って、1.092~1.093%くらいになります。他の元素でも同じように、重い同位体元素の割合が、自然環境中よりも、生体内の方がわずかに減ります。



生物は、環境中の物質を取りこむだけでなく、代謝によって作り出した物質を周りの環境に放出します。現代の生物が環境中にあるどの物質を利用してどのような代謝をしているかといった情報は、DNA解析などによって詳細にわかります。

しかし、数千万年、数億年前にいた生物のDNAは分解されてしまいます。そこで、安定同位体の情報を調べ、当時の生物の代謝を理解することで、当時の生態系への理解につなげていきます。生物が代謝した成分の一部は、岩石の中に残されます。その成分がどのような代謝によってつくられたのかがわかれば、当時生息していた生物の様子もわかってきます。



例えば、約39.5億年前につくられた岩石の中から発見された有機物に含まれる炭素では、重い同位体元素の割合が減少していると報告されました。それにより、この時代に生物がいたと考えられています。

地球史のほとんどの時代は、大気酸素濃度が低い環境でした。私は、そのような環境で、どのような生態系が構築されていたのかを理解するため、太古代や原生代初期の環境に近い現代の成層湖、温泉、海底熱水系などの生物や生態系を研究し、安定同位体による指標作りをしています。

フィールド調査は試料採取だけでなく、現場で分析することもあります。また1人で行動すると危険なので、仲間を募り2~6人ほどの共同研究者と調査します。そして、水や堆積物を採取し、実験室に持ち帰ります。実験室では、採取した水のDNA解析と化学分析をおこないます。DNA解析からは、そこでどのような微生物がいて、どのような代謝がおこなわれているのかが推測できます。

その結果と化学分析から得られる化学物質の濃度と安定同位体対比を照らし合わせることで、生態系や代謝の組み合わせと、化学成分や安定同位体比の対応関係が明確になります。

また、新たな安定同位体比の分析法を開発し、これまで判別できなかった環境変化や生物活動を明らかにしようとしています。ELSIには、世界の研究機関と協力しやすい環境があるので、多くの分析法開発に携わることができます。

これらの調査や開発研究を積み重ねていくことで、堆積してから数千万年、数億年を経過した岩石の成分から、当時の地球環境や生物の情報を復元する手法を開発できないかと考えています。微生物が地球環境の中で何をやっているのかが、より詳しくわかってきたらとても嬉しいです。

フィールドワークと実験から 生命の誕生を解き明かす

McGlynn, Shawn

准教授（微生物生化学）

日本人にとって当たり前の存在である温泉は、実は過去の地球環境を再現する貴重な場所です。McGlynnは、温泉でのフィールドワークと実験を組み合わせ、生命の謎に挑みます。



INTERVIEW 03

私はもともと実験室で生化学の研究をしていましたが、ELSIに来て、微生物の生態系や生命の起源にも興味が広がりました。研究を進める上で、大きなヒントを与えてくれるのが温泉です。

私が特に興味をもっているのは、二価鉄を豊富に含む温泉です。地球では今から27億年ほど前にシアノバクテリアが誕生して、たくさんの酸素をつくり出しましたが、それまでは酸素がほとんどない状態でした。二価鉄が豊富にある温泉は、酸素濃度がとても低いので、そこからサンプルを採取し、分析することで、酸素がほとんどない初期の地球の海の状態や、当時の生態系などを理解できるのではないかと考えています。

二価鉄を含む温泉は酸素がほとんどないので、酸素を使用しない嫌気性の微生物の活動を知ることができると期待していました。しかし、実際に調査してみると、その前提が間違っていたことがわかったのです。

サンプルに含まれている微生物のDNAを分析すると、そこに生息する生物の中には、温泉の中にわずかに存在する酸素を利用するものがいたのです。この調査をする前は、私たちは温泉のお湯の中には酸素は存在しないと考えていたのですが、わずかに酸素が存在し、その酸素を使う生物がいたという予想外の結果となりました。これにはとても驚きました。

さらに、温泉の中で暮らす微生物の中には、光とメタンの両方からエネルギーを得ている珍しいものも発見されました。サンプルに含まれるDNAの分析から、このような特殊な代謝をもつ微生物がいることがわかったのです。

なぜ、このような微生物が誕生したのかは、まだよくわかっていませんが、DNAの分析から様々な微生物の存在が明らかになることによって、生命の根源に迫ることができるのではないかと考えています。



生物の進化や古代の生物についての情報を得る方法は2つあります。1つは、DNAの分析です。そしてもう1つが、地質分析です。具体的には、安定同位体の比率を調べることで、生命の痕跡を知ることができます。

2つの情報源があるのに、現在の科学の枠組みでは、この2つの間をつなぐものがありません。現在、私たちが理解していることは、古代の地球に生物がいたことと、それらの生物は進化の過程を経て、現在の生物になったということです。古代の生物の痕跡を伝える地質の安定同位体情報とDNA分析から得られる進化の情報を組み合わせることで、古代に生まれた微生物について、新たな情報が得られればと思います。

さらに、私は生物が誕生する過程にも興味をもっています。生物は、自分の体の中で活動するためのエネルギーを生み出しています。化学的な視点で見ると、エネルギーは物質間の電子のやり取りで生み出されます。エネルギーはどのようにして物質の間を移動し、生命へと発展していくのかを研究室で実験しています。

実験とフィールドワークは、まるで違うもののように見えますが、どちらも生命を理解するうえで必要なアプローチです。フィールドワークでは、私たちは自然環境の中から微生物などを分離して、自然を構成する要素を理解していきます。

一方、研究室では、自然の一部を再現しながら、それぞれの要素がどのように働いているのかを探ります。そして、実験で得た知識をフィールドワークで検証していくというように、交互に理解を深めていきます。どちらも生命を理解するうえで、欠かせないものです。様々な手法を駆使し、組み合わせることで、生命はどこから来て、どのように作用し合うのかを解き明かしていきたいと考えています。

