

Origins

2023.11.1
ELSI通信
vol.

東京工業大学
地球生命研究所

ELSI
EARTH-LIFE SCIENCE INSTITUTE
TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

11

特集：様々な手法を駆使し、惑星と生命の関係を探る



岩石や地震波の分析から見えてくる地球や生命の進化

この宇宙はとても広く、近年は太陽系以外にもたくさんの惑星（系外惑星）が発見されています。しかし、表面に海を持ち、たくさんの生命が存在する惑星は、まだ地球以外、知られていません。

約40億年前には地球には既に生命が存在していたと考えられていますが、詳しい状況はよくわかっていません。この頃に生きていた生物は現在の地球上には存在しませんが、その痕跡は岩石などに残されています。

東京工業大学の研究者は、世界中に点在している古い時代の岩石が残されている場所まで調査に行き、様々な年代の岩石を持ち帰っています。それらの岩石は研究用の試料として大切に保管されています。地球生命研究所（ELSI）でも、それらの試料を詳しく分析し、生命の痕跡を読み解いています。

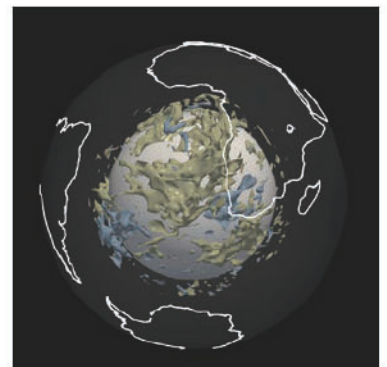
その結果、40億年前の地球では、大気中の一酸化炭素（CO）が生命誕生の大きな鍵を握っていたのではないかとということがわかってきました。この仮説は「CO world 仮説」と名づけられ、その実態の解明が進められています。

また、地球は表層部分だけでなく、内部もダイナミックな変化を続けています。特にマントルは地球や生命の進化を考える

うえでも重要な存在です。しかし、地球内部にあるマントルは直接、目で見たり、手で触ったりできるものではありません。

そこで、地震波を解析することで、マントル内での温度や物質の分布を推定する地震波トモグラフィーという手法を使い、マントルの詳しい状況を調べています。ELSIでは、スーパーコンピュータを活用し、マントル内で化学組成が不均一な場所があることを突きとめました。この研究結果を従来のマントル循環モデルなどと比較することで、地球や惑星の進化について、さらに深く理解できることでしょう。

このように、ELSIでは様々な分野の研究者が、それぞれの視点から独自の研究を進めることで、惑星や生命の進化の謎を解き明かそうとしているのです。



地震波の伝播速度の違いを利用し、マントル内の様子を可視化する。

岩石に残された痕跡から 生命の進化を探る

上野 雄一郎
教授 (生物地球化学)

広い宇宙の中で唯一、生命の存在が確認されている天体、地球。約40億年前には生命が誕生していたと考えられています。その当時つくられた岩石や鉱物は地球上にほんの少ししかありません。それらの岩石や鉱物を詳しく分析することで、どのようなことがわかってくるのでしょうか。

スティーヴン・ホーキング博士の著書『ホーキング、宇宙を語る』を読み、研究者を目指すようになりました。自分の専門分野はなかなか決められなかったのですが、大学で学んでいるうちに、丸山茂徳先生やその周りに集まる先輩方に惹かれ、過去の地球や生命の進化について研究する道を選びました。

私たちは約40億年前の地球について研究しています。2億3000万年前に登場した恐竜や4億年前に登場したアンモナイトなどは、骨や殻などが化石として現在まで保存されているため、形態などを比較し、研究することができます。しかし、それより前、今から5億年よりも前の先カンブリア時代に遡ると、形態の残っている化石はほとんど産出せず、炭のような炭素が残っているだけです。DNAを読み取ることはもちろんできませんし、有機化合物としての情報も失っているため、生物であったかどうかを証明することができません。

そこで、開発したのが安定同位体の量を比較する分析手法です。宇宙では、現在、118種類の元素があることが確認されています。でも、同じ元素でも中性子の数が異なる同位体というものがあります。同位体がいふつあるのかは元素によって違いますが、原子核が壊れずにずっと存在し続ける同位体を安定同位体、時間が経つと原子が壊れてしまい、別の元素になってしまうものを放射性同位体といいます。

炭素の場合、安定同位体は中性子が6つの炭素12と、中性子が7つの炭素13があり、地球上ではすべての炭素のうち、炭素13の割合は1%ほどです。生物は軽い炭素12を取りこみ



INTERVIEW 01

やすい性質をもっていつため、生物の中でつくられた有機化合物は炭素13の割合が1%よりも小さくなります。その小さな違いを精密に測定することで、昔の生物の痕跡を探します。すると、その生物が生きていたときの地球環境についてもわかってきます。

現在、地球の大気は窒素が約78%、酸素が約21%の割合となっています。でも、このような割合になったのは、酸素を生産する光合成物が登場した約20億年ほど前からで、それ以前の大気は二酸化炭素が主成分だったと考えられています。

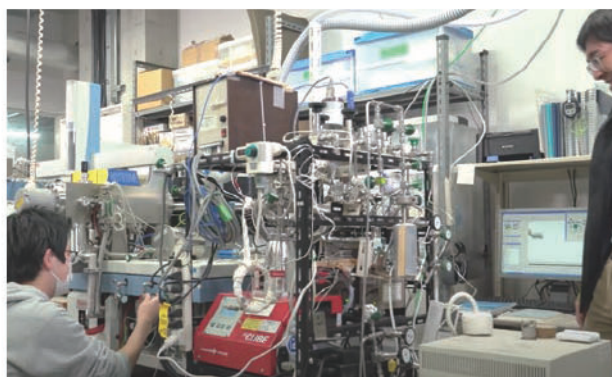
そこで大気中で生じる特殊な硫黄の同位体異常を調べると、二酸化炭素だけでは再現できませんでした。ところが、大気中に一酸化炭素があったと仮定するとうまくいきます。そこで、私たちは大気中の一酸化炭素が地球生命の進化に大きく関わっていると考え「CO world仮説」を提案しました。

大気中に一酸化炭素(CO)が豊富にあると、有機酸、アルコール、アルデヒド、アミノ酸など、生命に必要な有機物がいくつもあります。40億年前の地球は大気が一酸化炭素があることで、ダイナミックに有機物ができ、生命の出現へとつながっていったのかもしれない。

まずは理論研究をしっかりとおこない、CO worldでどのような化学反応があったのかを明らかにして、CO worldの状態となっている系外惑星の発見に貢献したいです。そして、生命の起源と進化についてさらに理解していきたいです。



西オーストラリアには今から27億年前につくられた岩石や地層が現在まで残っている。



様々な分析装置を使い、太古の生命活動の痕跡を探る。

地球に大きな影響を与える マントルから 地球や生命の進化を考える

Christine Houser
特任助教 (固体地球物理学)

地球上に住む私たちは、地球のことをよくわかっていると思ってしまいがちです。しかし、私たちがいつも目にしているのは、地球の表面にある大気や地殻の部分だけです。地殻の内部にあるマントルについて調べることで、地球や生命の進化について、より深く理解できるのです。

子どもの頃、科学雑誌の世界地図を見て、プレートテクトニクスについて知り、地球を研究する科学者になりたいと思いました。地球のような惑星が、どうやって大陸を移動させ、生命を生み出すことができたのか知りたかったからです。

地球は外側から、大気、地殻、マントル、核の4つの層に分かれています。地殻は生命にとって非常に重要な場所ですが、惑星全体のスケールで見ると、その体積はとても小さなものです。それに対して、マントルは体積と質量が一番大きいために地球全体に大きな影響を与えています。

誕生した直後の地球は、表面の岩石まで溶けて、マグマの海となっていたと考えられています。それが時間の経過とともに地球自体が冷えていき、地殻、マントル、核が形成されてきました。

地殻をつくる玄武岩や花崗岩はマントルを構成する鉱物の一部が溶けることで、つくられます。これらの鉱物はマントルの鉱物よりも密度が小さいので、地殻はマントルの上に浮いている状態になります。

3000kmほどの厚みを持つマントルは、すべてが一樣ではありません。プレートの沈み込み帯では、地殻の岩石が粉碎され、マントルの中に取りこまれたり、その一部がマグマとして地上に噴き出したりと、大きく変化しています。また、最下部では核からの熱を受けることで、化学組成の変化も見られます。マントルは、大気の発達、地殻の形成、核からの熱損失など、地球で発生するほとんどのプロセスを支配していて、とても重要



INTERVIEW 02

な役割を担っているのです。

地球は表面に液体の水を湛え、海を形成しています。火星もかつては表面に海があったと考えられていますが、誕生から10億年ほどで消失したとみられています。海は岩石と水が接する場所で、生命の誕生には不可欠な場所です。

私は地震波など使い、地球内部のマントルの様子を調べています。地震波の伝播速度の違いを測定することで、マントルの温度、化学特性、鉱物構造などを調べ、マッピングしていきます。地球内部を詳しく調べることで、惑星が表面に海を維持できる条件を明らかにし、海を持つ系外惑星について理解を深めたいです。その答えはまだ出ていませんが、研究は確実に進んでいます。

ELSIは地球と生命のつながりについて焦点を当てているユニークな研究所です。研究成果はもちろんですが、私たちの体、空気、土、海、太陽の光など、この地球上のすべてのものがお互いに支え合って存在していることを社会の人たちに広く伝えていくことで、たくさんの人たちと自然環境に感謝する気持ちを分かち合っていきたいです。

大きなブレイクスルーを起こすためには、これまでのやり方に囚われず、新しい方法にチャレンジする必要があります。そのため、世界中から優秀な人材が集まり、多様な研究を進めています。多様な研究があるからこそ、複雑な問題に取り組みますし、ELSIが最先端を走り続けることができるのです。



マントルを形成する主要岩石のかんらん岩。画像提供：入船徹男（愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター）



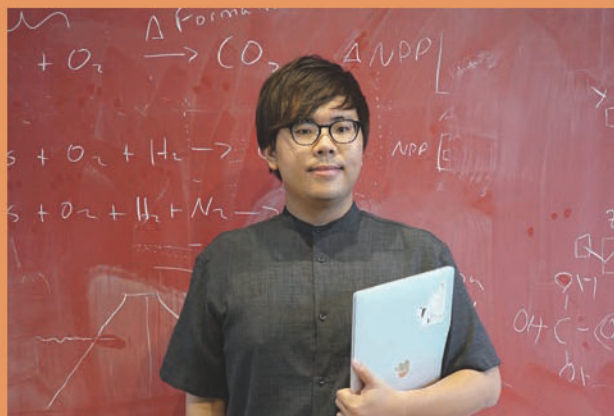
シンガポールの南洋理工大学の学生たちに自身の研究について語った。

分野を越えた交流を通し 生命と地球の関係を研究

Jun Su

博士後期課程 3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。



台湾の大学で地球物理学を専攻し、地球内部の構造を研究した後、以前から関心を持っていた生命形成における地球の役割を勉強するため来日しました。私が所属する研究グループは、数値計算や地震観測などの手法を使い、地球全体の熱進化や化学進化を分析し、生命が産まれた初期の表層環境を推定します。

この問題に取り込むためには、さまざまな側面からのアプローチが必要なため、専門外の研究者との交流がとても大事だと考えます。ELSIの研究者は分野を越えた対話に慣れていて、学部時代に生物の授業を受けてない私でもわかるように、最先端の研究を説明してくれました。また、所属する研究室に関係なく学生たちの輪読会も積極的に行われています。最近読んでいるのはアストロバイオロジーの教科書です。生物学、分子化学、惑星科学などの分野に関わっている話題で、ほぼ全研究室から学生が参加しています。

博士課程に入り、受けなければいけない授業が少なくなって

いて、データ解析やそのためのプログラミングにたくさんの時間をかけています。また、様々な議論に参加することで、たくさんのアイデアが得られ、研究を進める原動力になっています。毎週開催される指導教員との個別ミーティング、研究グループ内の議論に加え、輪読会、ELSIに滞在している外部の研究者たちの講演などに参加し、様々な知識を身につけるようにしています。

住まいは大学から少し離れていますが、研究の時間や場所は比較的自由に、通学中は論文や本を読む時間として活用しています。休日は手の込んだ料理に挑戦したり、友人と飲み会に行ったりしてワークライフバランスを保つようにしています。

現在、博士論文を執筆している真っ只中ですが、博士号取得後も研究を続けていくために、来年度以降の所属先を探す活動もしています。バランスよく活動をするは、なかなか大変なのですが、独立した研究者になる夢に向かってがんばっています。



[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: 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 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



X(旧 Twitter)



Facebook

