



## Outreach アウトリーチ報告

2016年1月10日 日本科学未来館で一般講演会「起源への問い」を開催(東京大学Kavli IPMUと合同開催)

お台場の日本科学未来館で、ELSIとKavli IPMUの合同一般講演会を開催しました。本講演会は、WPI拠点で主催する一般向けイベントで、ELSIの廣瀬敬所長の提案により開催が決定しました。イベントはまずKavli IPMUの村山齊機構長とUTCPの梶谷真司センター長、ELSIの廣瀬所長の3人がそれぞれのテーマで講演し、その後、3人は「起源を問うとはどういうことか」という哲学的なテーマについて語り合いました。

講演の詳細はELSI公式ウェブサイトのイベントレポートからもご覧いただけます。

2015年 10月10日・11日 工大祭(大学祭)で研究所紹介

10月17日 日本惑星科学会一般向けアウトリーチイベント「ブラフェス 2015 in ELSI」

10月22日 大田区立清水窪小学校がELSIを訪問

10月28日 長野県立白馬高等学校で出張授業

11月3日 第3回 ELSIトークライブ「生物進化の起源にせまる！」

11月26日 長野県立大町高等学校で出張授業

12月4日 宮城県立仙台第三高等学校がELSIを訪問

12月26日 第5回 WPI合同シンポジウム「実感するサイエンス」

2016年 1月12日 第4回 ELSI国際シンポジウム一般向け講演会「宇宙に生命を探して - Does water define a planet's habitability? -」



起源を説明するということは、われわれが宇宙の中でどれだけ特殊か、あるいは普遍性があるのかを知る唯一の手段であると語った廣瀬所長



講師を囲むティータイムにて、来場者からの質問に答える廣瀬所長



## Information インフォメーション

研究所訪問や出張授業のご希望はpr@elsi.jpにご連絡ください。特に夏休みは人気があるため、お早目にお申し込みください。

学年に合わせた内容で研究の魅力にふれることができます。



## Highlight 研究ハイライト

- 10月
  - ロシアの巨大隕石クレーターより天然版ナノ多結晶ダイヤモンドを発見
  - 上部マントルの流動メカニズムを実験的に解明
  - 氷の体積同位体効果の本質を解明—統一的な理論構築と実験による実証に成功—
  - マントル深部における新しい含水鉱物H相の理論計算
  - 地球初期の大気環境復元に手がかり—二酸化硫黄の紫外吸収スペクトルを全同位体で決定—
- 11月
  - 葉緑体が植物の成長を制御する新たな仕組みを発見—細胞内共生した細菌の宿主細胞制御戦略—
  - 地球の液体外核の炭素量に制約—超高压高温下で液体鉄炭素合金の音波速度を測定—
- 1月
  - 藤井友香研究員が「第32回井上研究奨励賞」を受賞



## Webサイトもチェック!

ELSIの公式ウェブサイトでは人気のコーナー「Researcher's Eye」では、研究者たちがどのような視点で研究に取り組んでいるのかを紹介しています。

ELSI Researcher's Eye 検索

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 FAX: 03-5734-3416 E-mail: info@elsi.jp



# Origins

## ELSI通信

2016.3.07  
vol. 2  
東京工業大学  
地球生命研究所  
ELSI  
EARTH-LIFE SCIENCE INSTITUTE  
TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

## Interview

入船徹男  
愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター  
センター長

## 世界の一步先を実現する サテライトのネットワーク

サテライト機関は、地球生命研究所(以下ELSI)と連携して地球と生命の起源と進化を探る外部機関です。その1つである愛媛大学の地球深部ダイナミクス研究センターの入船徹男センター長に、サテライトの研究とその可能性について聞きました。

### 互いに補い合うELSIとサテライト

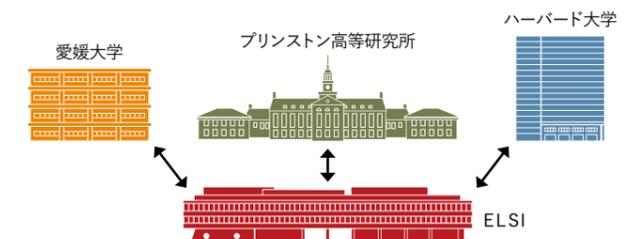
私たち地球深部ダイナミクス研究センター(以下GRC)は、2001年に愛媛大学で地球深部や超高压を研究していた人を集め、立ち上がりました。地球科学の研究という野外調査や観測が多いのですが、GRCは実験と数値シミュレーションを柱としているのが特徴です。現在は教員・研究員・スタッフが約30人、学生が約40人。計70人ほどですが、ここ15年間でかなり成果を出してきたと思います。2008~2013年は、国際的な研究拠点となるべく文科省のグローバルCOEプログラムに採択され、また2014年からは同省から共同利用・共同研究拠点に認定されるなど、国内外の人材交流と連携にも力を入れています。

超高压実験はELSIも得意としますが、私たちの手法は少し違います。ELSIの実験は、数百万気圧の超高压を実現しますが、扱える試料は数十ミクロンくらいで、髪の毛の太さより小さいサイズです。地球深部で物質に何が起きるのかを定性的に探るには適していますが、精密な実験や、弾性や電気特性の測定にはある程度のサイズが

必要です。一方、私たちの超高压実験は大型の装置を使います。最大圧力は100万気圧に届かない程度。ELSIの得意とする手法の数分の一程度ですが大きな試料を扱えるため、いろんなものを作り出し、精度の高いデータを集めることができます。

また、ELSIの手法でも届かない超高压高温の世界には数値シミュレーションを使います。「第一原理計算」といって、量子力学の基本的な原理から仮定を置かず理論だけでさまざまな性質を明らかにする計算手法です。物理や化学ではよく使われますが、地球科学に活用している研究は少なく、国内ではGRCのグループが一番進んでいると思います。最近実験結果と大差ない予想ができるようになってきました。

このように得意分野で互いを補い合うような形で、GRCの研究者約10名がELSIのサテライトメンバーとして研究しています。ディスカッションや実験の相互協力、人材の交流もとても活発です。松山には日本最古の温泉と言われている道後温泉があるので、気分転換にも貢献しているかもしれませんね(笑)



ELSIのサテライト機関として現在、愛媛大学の「GRC」のほか、プリンストン高等研究所の「学際研究プログラム」、ハーバード大学の「生命起源イニシアチブ」の3機関が連携している。またそのほかに多数の機関と意見交換や人材交流を積極的に行い、地球と生命の起源と進化解明における世界の中心拠点と機能することを目指している。

GRCの入船センター長(左)とELSIの廣瀬所長(右)。

1954年生まれ。京都大学理学部卒業、理学博士。放射光を使った実験や、大型の超高压装置を使った実験で地球深部における物質の性質やふるまいを研究している。愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター教授・センター長。専門分野は超高压地球科学。2015年紫綬褒章受章。



## 多彩なアプローチで地球と生命の起源に迫る

ELSIのサテライトとして取り組んでいる研究をいくつか紹介します。まず「弾性波」という地震波など地球内部を伝わる波の速度を実験室で測定することで、マントル深部の化学組成を探っています。特に下部マントルは、地球の体積の半分以上を占める物質です。その化学組成をきちんと求めることは地球全体がどのような物質でできているかを知ることに繋がります。

地球内部の水の挙動というテーマもあります。生命の起源とも密接に関係する水は地球深部では鉱物の中に取り込まれていますが、私たちはその水がどの深さまで存在し、どう循環するのかを調べています。昨年は新たな成果もありました。水を含む鉱物はこれまで、深さ1000km程度までしか存在できないと考えられてきたのですが、さらに深い環境でも分解しない、新しい含水鉱物の合成に成功し「H相」という名前をつけました。水を含んだH相はマントルと核の境界近くまで水を運んで沈み込みます。水は岩石の融ける温度を引き下げため、沈み込んだ先でマグマを発生させる可能性があります。地球内部での水の存在量と循環を知ることは、地球の起源の特定や内部の状態を知る上でとても大切です。

ほかに、実験による測定が難しい超高压下での熱伝導などの物性を数値シミュレーションで見積もる研究があります。これは地球の冷え方などに関係し、地球の進化のシナリオを考える上でも重要です。私自身は、マントルの鉱物の結晶構造が高压下でどう変化するかを調べています。ELSIでマントル全域の単純な鉱物は調べていますから、私たちは大型装置の特徴を活かしたもっと複雑な成分の現実的な鉱物の変化をメインにやっています。また最近では超高压を利用した新しい物質を作ることに力を入れています。2003年に発表したナノ多結晶ダイヤモンド(ヒメダイヤ)は、通常のダイヤモンドよりも硬く、材料科学や物性科学の分野からも注目されています。現在、ヒメダイヤを使った新しい超高压実験が世界中で行われており、1000万



通常のダイヤモンドよりも硬い「ヒメダイヤ」。GRCが世界に先駆けて超高压下で合成に成功した、ナノサイズのダイヤモンド結晶が集まった多結晶で、企業から製品化されるとともに超高压実験など様々な応用が開始されている。

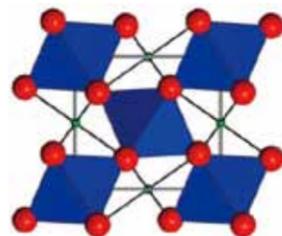
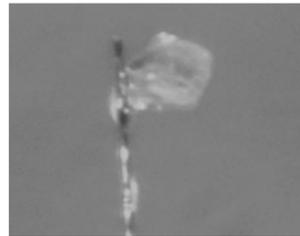
気圧を狙った実験技術の開発も進んでいます。

また、成果が期待される未開拓の分野として、隕石を超高压下で融かして調べる研究があります。地球は隕石が集まってできたと考えられていますので、隕石に高压高温をかけ、融けるときの温度や元素のやりとり、圧力への依存性はどうか。そういったことを調べ、地球の起源と進化を制約し、シナリオを絞り込めるデータが出せるのではないかと期待しています。

## ELSIと共に日本を牽引する存在に

GRCのこれまでの研究は、どちらかというと現在の地球にフォーカスしたものが中心でした。ELSIとの協力は、地球形成から現在までの「起源と進化」をキーワードに研究するきっかけになりました。

今年度、科学研究費のうちで最も大型の「新学術領域研究」で、GRCグループの土屋教授が領域代表を務める核とマントルの相互作用と起源・進化に関する研究課題が、地球科学分野で唯一採択されました。その中心メンバーにはGRCとELSIの人が大勢いますが、全国から多くの研究者も参加しています。私たちとELSIの研究は、自分たちだけで閉じるものではなく、日本のこの分野の研究者全体を組織して盛り上げていく、そういった役割も今後果たしていきけるのではないかと考えています。



GRCの実験グループと数値シミュレーショングループの共同研究により発見された、下部マントルの新しい含水高压鉱物「H相」の単結晶(左)とその結晶構造(右)。これらの成果はNature geoscience誌やScientific Reports誌などに発表され、国際的に注目を集めている。



GRCの世界最大の超高压合成装置BOTCHAN-6000。6000トンの力を加えることができ、大容量の試料に最高25万気圧で約3000°Cの高压高温環境を実現できる。その名は、新物質合成を目指そうという英文の略称であるほか、夏目漱石『坊っちゃん』の舞台が愛媛大学のある松山であることにも由来する。



GRCにおけるELSIのサテライト研究員。

を当てた研究が増えたほか、ELSIからも4月よりGRCのヒメダイヤの応用に取り組む研究者がいるなど、互いの連携はますます緊密なものになってきている。



GRCの入船徹男センター長をELSI主任研究者として招き、GRCから約10名がサテライトメンバーとして参加している。GRCはグローバルCOE拠点として国際的な連携を進めてきた実績があり、現在も9つの研究所と学術交流協定を締結。また、世界の30を超える研究グループと共同研究を進めている。世界トップレベル研究拠点プログラム(WPI)としてELSIが国際的な研究拠点を目指す上でも、非常に強力なパートナーといえる。

サテライトの活動によって、近年のGRC内では地球の進化に焦点



1972年生まれ。大阪大学理学部物理学科卒業、理学博士。理論とスーパーコンピュータを活用したシミュレーションにより地球惑星深部の構造、熱化学状態及びダイナミクスの解明を行う。愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター教授。

土屋卓久

愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター教授

## これまでの地球内部モデルの理解を改める新しい統合的なモデル作成に挑戦

### 今できる最先端のモデル作成を

私たち愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センターは、ELSIと協力して、惑星、特に地球の内部を研究しています。地球内部は直接観測できないため、研究にもいろいろな方法があります。高压実験で地球内部の環境を再現するアプローチの他、地球の磁場や地震を観測したり、岩石を化学分析したり、あるいは地球の長い歴史をコンピューターの中で再現したり。私たちの研究センターの特徴は、さまざまな手法の研究者たちが全国から集まっていることです。

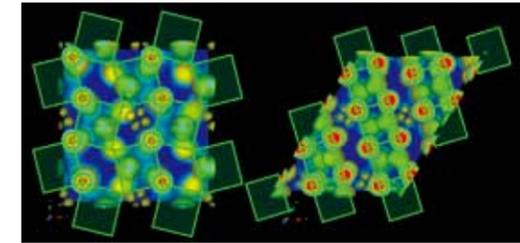
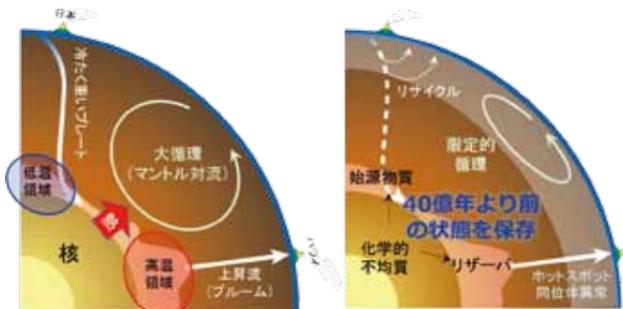
現在、地球内部については概観的にわかっていますが、細かい部分では、立場によって互いに相容れない解釈が存在しています。例えば、地球内部の中心には「核」があり、そのまわりを覆う「マントル」という岩石があります。このマントルの運動について、地震学などの観点からは「マントル全体が大きく循環している」と考えられています。一方、ハワイの火山で得られる岩石を分析すると、地球の浅い部分の環境では説明できない、何十億年前の状態を残したものが見つかります。攪拌されては古い状態を保持できませんから、「マントルは上部と下部の2層で別々に循環している」という考えもあります。

細かく見ると同様の課題が多くあるため、ここで研究者たちが結集して議論を重ね、新しく矛盾のない「統合的な地球モデル」を作ろうというわけです。

### 進歩し続けている地球内部の研究

こういった研究の背景には、現代のさまざまな技術的進歩があります。核とマントルの境界、核の中心といった環境を実験的に作り出すのは難しいことですが、最近ではそれができるようになりました。非常に高精度な化学分析の技術、地震計のデータ処理も進歩しました。ニュートリノを使った新しい実験で、これまでに無かった地球内部の熱量に関する情報が今後手に入る可能性もあります。10年前にはできなかった研究が今ならできるよう、みんなで協力してやればプレイクスルーが生み出せるのではないかと状況になりました。

私自身は、その中で実験でも観測でもなく、スーパーコンピュー



地球深部物質のシミュレーションでは、量子力学などの物理学の基礎原理に基づいて物質の性質を高精度で再現する。

ターを使って理論的なシミュレーションから地球内部の物質の挙動を調べる研究をしています。ここ数年取り組んでいるのが、マントルや核について。そもそも上部マントルと下部マントルは同じ物質なのか。もし上部マントルと下部マントルが別々に運動していたら、両者はおそらく違う物質になっているはず。逆に一緒に対流していたらその差は小さくなります。このどちらなのか、ようやく最近、化学組成も全部組み込み、理論的に地震の性質も再現できるプログラムをつくって複雑な状況を再現し、精度の高い結果が出せるようになってきました。その解析によれば、どうも上部マントルと下部マントルは同じ物質らしいのです。だから一緒に大きな対流をしていながら、大昔のものを保持できる側面もあることになりました。まだ辻褄は合いませんが、そこにどんなメカニズムがあるのか、今後明らかにしたいと思っています。

### 多様な活躍ができる学問

地学は扱う対象が地球や惑星というだけで、その手法は問わない学問です。物理的、化学的な手法、地質学的な手法、あるいは化石など古生物的な手法もあります。他分野で専門的なことを勉強して応用することもできます。ニュートリノもずっと地球科学に縁がなかったのに、ここ10年で新しい期待が寄せられています。地球科学はいろんな専門技術や自分の得意分野を磨いていると、活躍できる状況が出てくる、そういう面白さがあります。今の高校生にはぜひ、受験科目に限らずいろいろなことに興味を持ってもらえるといいなと思います。

もちろん最初から地球科学が勉強したい、研究したいという人もそれでいいわけです。最近の学生では、結晶や宝石に興味があって、それが地球内部でできることから興味を持つ人もいますし、東日本大震災のような大きな地震がなぜ起こるのかといった関心を入り口にする人もいて、いろんなパターンがあります。地球科学はとても多面的で、多様性が大きい学問。ぜひ多くの方に関心を持っていただきたいと思っています。

現在の地球内部のモデルは、研究者の立場により2つの解釈が成立している。地震学や高压地球科学の研究では、地球内部のマントルは大きな循環をしていると考えられ、マントル内の物質は比較的均質に混ざった状態になっている。しかし、岩石の分析などからはマントルは浅部と深部で明らかに異なっており、深部には全体の循環から独立している領域があると考えられている。