新学術 核ーマントル共進化ニュースレター
No. 4
平成29年8月31日発行

平成27-31年度　文部科学省 科学研究費助成事業
新学術領域研究

核ーマントルの相互作用と共進化
～統合的地球深部科学の創成～

CoreMantle Evolution

02-11　各研究班の研究トピック
02-03　高温高圧実験から探る高圧含水相
～地球内部への水の輸送様式とダイヤモンドの起源～
04-05　地球深部での固体の流動変形を探る part 2
～回転式ダイヤモンドアンビル装置～
06-07　実験室で再現した「超深部」ダイヤモンド
～地球深部からの手紙を読み解くために～
08-09　タイ王国における広帯域地震観測計画
～観測網の展開～
10-11　核ーマントル結合熱化学進化モデルの開発
～核ーマントル相互作用の統合的理解に向けて～
12-14　新人紹介・受賞
15　イベント報告
16　イベント報告・国際交流・編集後記

福山　鴻
（修士課程2年）
東京大学大学院
理学系研究科地球惑星科学専攻
地殻化学実験施設

高温高圧実験から探る高圧含水相

地球表層には水が豊富に存在し、状態変化をしながら地球表層を大規模に循環しています。しかし、このような水の循環は地球表層の大気水圏に限ったことではありません。実は、地球内部、すなわちマントルから核に至る全地球規模での水（水素）の循環の可能性も永年議論されているのです。特に、今回紹介する研究に密接に関わっているマントル遷移層には、現在の地表に存在する海洋の数倍の水が貯蔵される可能性があることが指摘されています。したがって、地球全体の水循環を考えるうえで、地球内部の水は決して無視することができません。さらには、この地球内部の水は、岩石のレオロジー、融点、電気伝導度、地震波伝搬速度などの地球内部物質の物性に大きな影響力をもつため、地球内部を解明する上でも重要な研究テーマとなっています。この地球内部の水は、沈み込む海洋プレートによって供給されていると考えられています。沈み込むプレート内の含水鉱物は、地球深部に運ばれるにつれ、脱水分解によって水を放出する一方で、様々な高圧含水相に相転移しながら引き続き地球内部へ水を運びます（図 1）。

地球内部へ水を運ぶ高圧含水相の 1 つとして有名な Egg 相（$AlSiO_3OH$）は、オーストラリアの Eggleton によって初めて合成されました（Egg 相とは彼の名を冠して名付けられました）。この Egg 相は、幅広い温度圧力領域で安定であることから、地球内部へ水を運ぶ最も重要な高圧含水相として、これまで多くの研究がなされています。Egg 相のほかにも、高温高圧実験から多くの高圧含水相が報告されていますが、Egg 相は超深部起源のダイヤモンドの包有物として発見されており、実際に地球内部に存在することが確認されている数少ない高圧含水相です。以上のことから、Egg 相の安定な温度圧力領域を正確に知ることは、水を地球内部のどの深さまで運びうるかだけでなく、Egg 相を包有物として含んだダイヤモンドの起源を議論できることから、地球科学的に極めて重要です。

しかし、これまで行われた 2 件の先行研究では、Egg 相の安定な温度圧力領域が大きく異なっています（図 2）。一方の研究では Egg 相の安定領域が、マントル遷移層（24 GPa：(1 GPa＝1 万気圧）、深さ約 660 km）までであるのに対し、もう一方の研究では、さらに約 4 万気圧 (4 GPa) 高圧側に広がって、深さ約 700km の下部マントル最上部まで及ぶことが報告されています。すなわち、Egg 相が下部マントルの温度圧力条件で分解するか、あるいは安定に存在するかという、高圧含水相による地球内部への水の輸送に対する解釈の違いが生じることになりました。さらにこれら結果は、Egg 相を包有物として含んだダイヤモンドの起源が下部マントルまで及ぶか否かの議論についても影響を与えています。

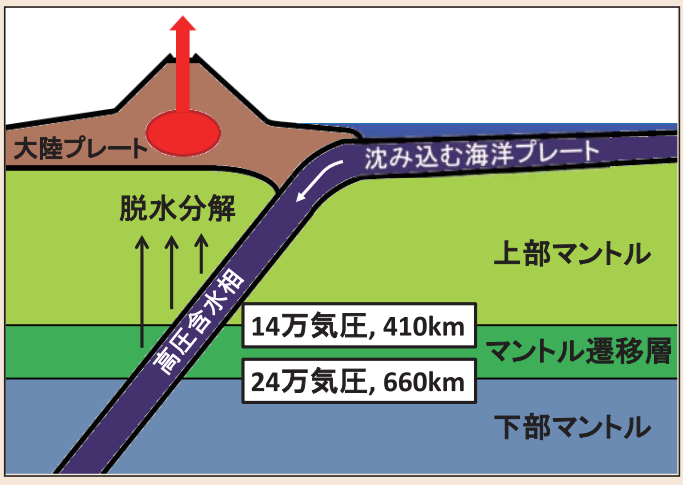


図 1．沈み込む海洋プレートによる水の輸送。

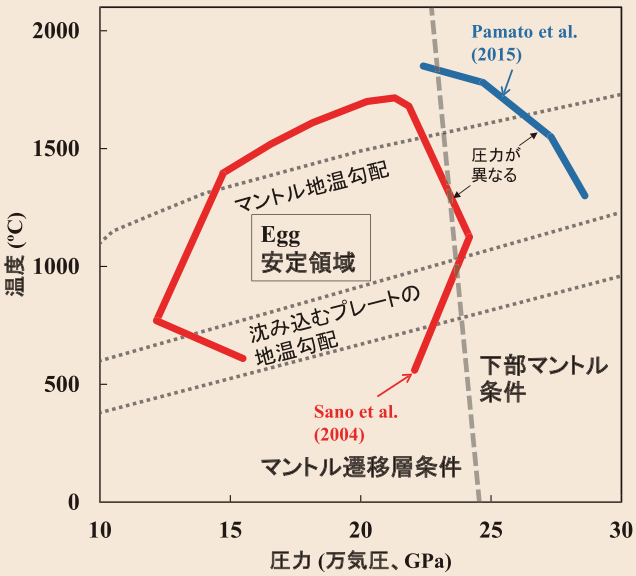
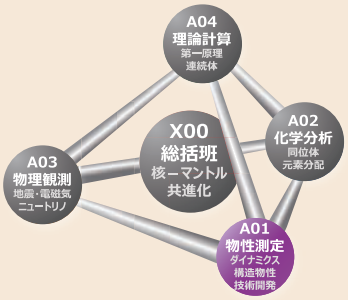


図 2．先行研究による Egg 相の温度圧力安定領域の違い。

研究項目トピック



研究項目A01：物性測定

核とマントルの構造と運動を支配する鉱物学的・物質科学的実験データを、地球深部に相当する高温高圧条件のもとで実験的に収集します

～地球内部への水の輸送様式とダイヤモンドの起源～

我々は、両者の Egg 相における安定な温度圧力領域の違いは、圧力の見積もり方の違いによるものと予想しました。一方は、高温高圧下の X 線回折実験を使って、試料中に混合した金の圧縮具合から試料にかかった圧力を直接的に見積もっているのに対し、もう一方は、高温高圧条件からの急冷回収実験を行い、荷重と圧力を対応させた曲線（圧力校正曲線）を使って、間接的に試料にかかった圧力を見積もっています。しかしながら、この圧力校正曲線は低い圧力側のデータを外挿して作られたものであるため、高い圧力の実験では誤差が大きくなっていた可能性がありました。我々は、Egg 相の安定な温度圧力領域の再検討のため、マルチアンビル型高圧発生装置を使用した実験を行い、試料を急冷回収しました。先行研究の出発試料は水を過剰に加えたものを用いていましたが、本研究では Egg 相の理想の組成となる、$Al(OH)_3$, Al_2O_3, SiO_2 の混合粉末を出発試料に用い、フォルステライト[1]を傍に配置しました。フォルステライトは、マントル遷移層条件でリングウッダイト[2]に相転移しますが、下部マントル条件になるとブリッジマナイト[3]とペリクレース[4]に分解することが分かっているので、フォルステライトの相を観察することで、試料にかかる圧力を直接的に見積もることができます。高温高圧実験から急冷回収した試料の相の同定と組成分析には、放射光 X 線回折測定、Raman 分光測定、エネルギー分散形 X 線分析装置付き走査型電子顕微鏡 (SEM-EDS) を使用しました。

本研究から、Egg 相は下部マントル温度圧力条件では分解してしまうことが分かりました。具体的には、マントル遷移層の温度圧力条件において、Egg 相は Aluminous-phase D ($Al_2SiO_4(OH)_2$), スティショバイト (SiO_2), 液相の 3 相が共存する領域と、δ-AlOOH とスティショバイトの 2 相が共存する領域があることがわかりました (図 3, 4)。このことから、Egg 相は沈み込むスラブを経由してマントル遷移層まで水を運ぶことができますが、下部マントルには、Egg 相の分解によってできた aluminous-phase D やδ-AlOOH が水を運んでいることが分かりました。さらに、Egg 相を包有物として含んだダイヤモンドの起源は、下部マントルではなくマントル遷移層であることが示唆されます。

[1]Forsterite 組成式 : Mg_2SiO_4 上部マントル (~410 km) における主要鉱物
[2] Ringwoodite 組成式 : Mg_2SiO_4 上部マントル (~410 km) における主要鉱物
[3]Bridgmanite 組成式 : $MgSiO_3$ 下部マントル (660~2950 km) における主要鉱物
[4]Periclase 組成式 : MgO 下部マントル (660~2950 km) における主要鉱物

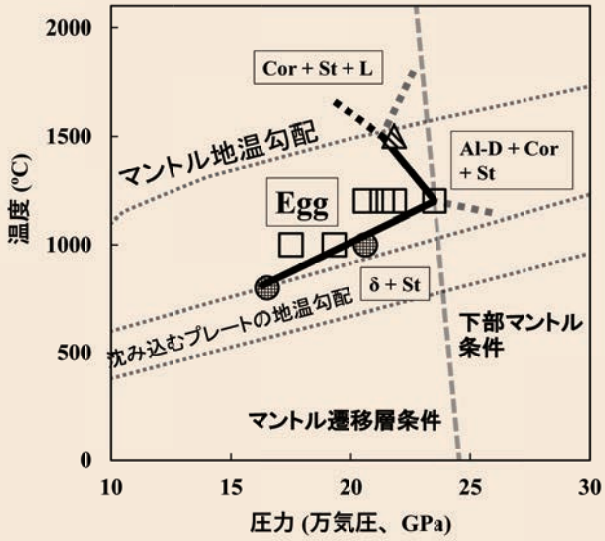


図 3.　本研究によって得られた Egg 相の安定な温度圧力領域。
Cor: コランダム (Al_2O_3), St: スティショバイト (SiO_2), δ : δ-AlOOH, Egg: Egg 相 ($AlSiO_3OH$), L: 液相 , Al-D: Aluminous-phase D ($Al_2SiO_4(OH)_2$)

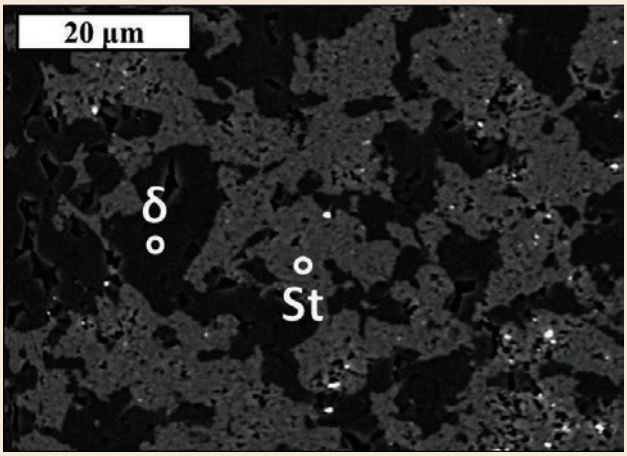
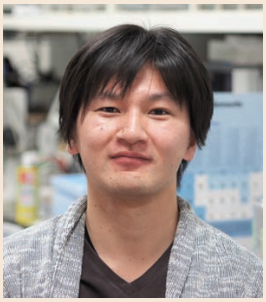


図 4.　急冷回収した試料の様子（20.6 GPa, 1000 C）。Egg 相が分解してスティショバイトとδ-AlOOH の 2 相が確認された。一方、試料の近くに配置したフォルステライトはリングウッダイトに相転移していたことから、この実験条件がマントル遷移層の温度圧力条件であったことを確認した。



野村　龍一

愛媛大学
地球深部ダイナミクス
研究センター

地球深部での固体の流動変形を探る part2

われわれが住む地球の地下深くはとてもダイナミックで、謎に満ちた世界です。マントルは地質学的な時間スケールでは流体としてふるまい、対流します。プレートは地表から地球深部へ沈み込みます。太平洋とアフリカ大陸の下では、マントルの底から数千キロメートル規模のプルーム (上昇流) が生じていると考えられています。このような地球内部の活動は、地球史を通じた地球表層環境の変動や深発地震など、さまざまな時間的・空間的スケールで人類の生活に影響を与え得ます。今までのニュースレターでも紹介された様々な観測 (地震波やニュートリノ、地質学的記録など) は我々に地球内部に関する情報を与えてくれます。これらの観測データから地球内部の様子を読み解くためには、実際の地球内部の高圧力・高温度環境を実験室に再現し、観測データと地球深部物質の物理的・化学的状態を結びつけることが必要になります。特に地球深部で起きている物質の流れと、それに伴う変形を知る上では、物質の流動特性を理解することがカギとなります。そこで登場するのが超高圧"変形"実験装置です。前号のニュースレターでは、新しい変形実験装置として D111 型装置が紹介されています (No. 3、2-3 頁「地球深部での固体の流動変形をさぐる ~D111 型ガイドブロックの導入~」、お持ちの方はぜひご一読ください)。今回は part 2 として、回転式ダイヤモンドアンビル装置を紹介したいと思います。

超高圧 "変形" 実験装置である D111 型装置と回転式ダイヤモンドアンビル装置の関係は、超高圧実験装置であるマルチアンビル装置とダイヤモンドアンビル装置の関係に似ています。マルチアンビル装置は発生可能な圧力・温度範囲が地球下部マントル中部までに限られていますが、圧力・温度の精確な制御が可能で、比較的大きな試料を取り扱うことができます。一方で、ダイヤモンドアンビル装置は地球全域の圧力・温度を発生可能ですが、圧力・温度の精確な制御が難しく、試料の大きさもマルチアンビル試料より 1 桁以上小さい (数十ミクロン) といったデメリットがあります。マルチアンビル装置の「精密実験」とダイヤモンドアンビル装置の「極限環境実験」、これら 2 つの装置が相補的な役割を果たしながら地球深部の理解に向けた実験的研究が日夜進められています。特にダイヤモンドアンビル装置については、これまでの新学術ニュースレターで詳しい説明や最先端研究の様子を紹介しています (No. 3、4-5 頁「超高圧発生装置 "ダイヤモンドアンビルセル" ～地球内部の全元素分配決定に向けて～」、No. 2、2-3 頁「地球の中心を超えて～ 2 段式ダイヤモンドアンビルセルの開発～)。一方の "変形" 実験装置では、新しい装置である D111 型装置や D-DIA 装置など、マルチアンビル装置をベースとした装置が主流で、その実験可能な圧力・温度領域は下部マントルの最上部相当環境までに限られています (図 1)。しかしながら地球のマントルや核の流動変形の理解のためには、やはりその圧力・温度での実験が欠かせません。そこで我々は、マントル最下部や核の圧力・温度での変形実験を目指し、ダイヤモンドアンビル装置をベースとした変形実験装置である "回転式ダイヤモンドアンビル装置" の開発を始めました。

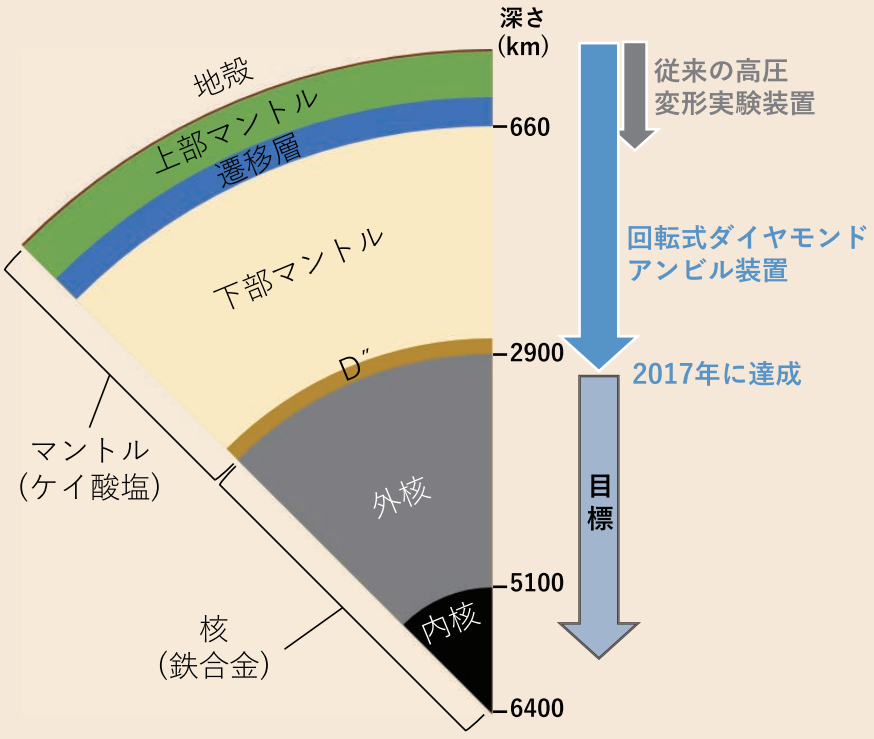
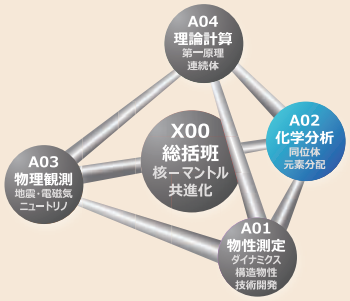


図 1．地球の断面図と変形実験の達成深度。

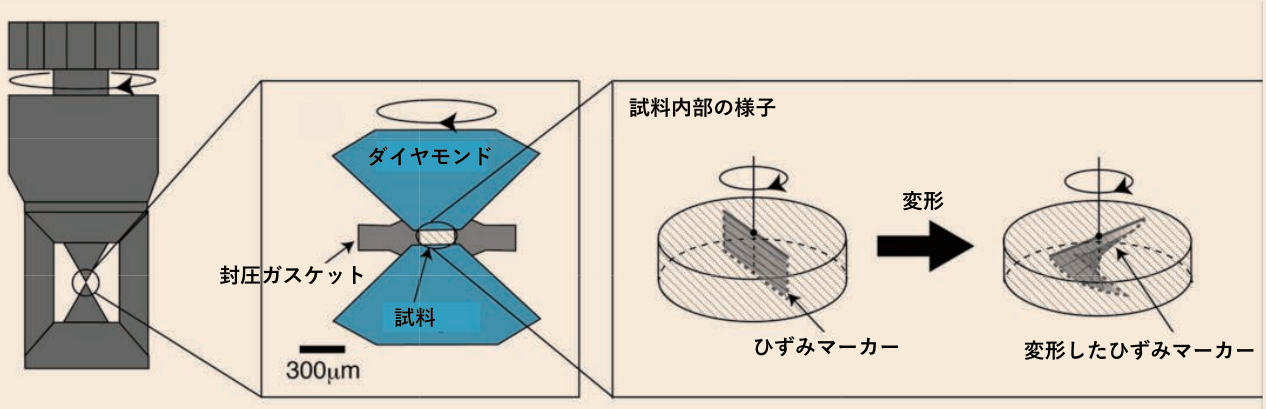
研究項目トピック



研究項目A02：化学分析

マントル由来物質や高圧合成試料の微小領域分析により、核ーマントル間の元素分配や同位体分別を制約します

～回転式ダイヤモンドアンビル装置～



回転式ダイヤモンドアンビル装置の機構を紹介します（図2）。ダイヤモンドアンビル装置では、向かい合う一組の単結晶ダイヤモンドの先端に試料を挟み、圧力を封じ込めるための部品（“封圧ガスケット”）と共に押し込むことで高圧力を発生させます。“回転式”ダイヤモンドアンビル装置ではその後、上側のダイヤモンドを“回す”ことでひねりを加え、試料を変形させます。単結晶ダイヤモンドは方向によって硬さが違うため、マントル最下部圧力ではダイヤモンドがひねりに耐えきれず、今まで高圧力での実験が困難でした。そこで我々は愛媛大学・地球深部ダイナミクス研究センターで開発されたナノ多結晶ダイヤモンド「ヒメダイヤ」（図3）を用いることで、最下部マントル圧力を超える圧力での変形実験に成功しています。

変形実験では試料の変形の量を計測するためにひずみマーカーを試料内部に埋め込むことが必要になります。ダイヤモンドアンビル装置の試料サイズは数十ミクロンであることを考えると、ひずみマーカーの厚みは数百ナノメートルになることが要請されてきます。このような極微小部品の精確な配置は人間の手では不可能ですが、近年のナノテクノロジーの発達のおかげで、例えば集束イオンビームといった微小試料加工装置を用いることで可能になってきました。また、変形量の計測においても高空間分解能のイメージング技術が必要になります。そこで我々は材料科学分野で用いられている X 線ラミノグラフィーというイメージング技術を用いることでこの問題を解決しました。これは X 線 CT スキャン（医療分野で有名ですね）をより一般化した技術で、我々は 2016 年に高圧力環境にある試料の 3 次元画像取得に世界で初めて成功しました。今では 100 ナノメートル以下の高空間分解能で高圧試料の 3 次元イメージングが可能になっています。

回転式ダイヤモンドアンビル装置はまだまだ開発段階にあり、高温の発生など、地球科学的研究を行うにはまだまだ超えるべき問題が山積みです。しかしながら近年の科学技術の発達スピードはすさまじく、十年前には発想もできなかったようなアイデアを実現することが可能になってきています。今後、技術課題をひとつひとつ解決していくことで、地球深部のダイナミックな描像を実験から明らかにできることが期待できます。

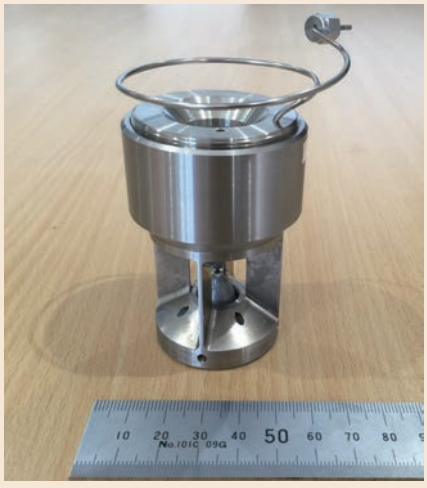


図2．回転式ダイヤモンドアンビル装置。

図3．ナノ多結晶ダイヤモンド「ヒメダイヤ」。

前田　郁也
（博士課程後期2年）
東北大学大学院
理学研究科

鎌田　誠司
東北大学
学際科学
フロンティア研究所

実験室で再現した「超深部」ダイヤモンド

地球深部は、宇宙と同じかそれ以上に、人類にとっての未知のフロンティアです。地球の内部は、表面から地殻（深さ約 30 km まで）、マントル（深さ 2890 km まで）、核（約 2890 km 以深）と構成されていることが、19 世紀末から 20 世紀にかけてわかってきました。しかし人類はいまだに、マントルまで穴を掘り、試料を直接入手することはできていないため、地表で得られる岩石や宇宙から飛来する隕石、地震学的な情報を頼りに内部を推定するにとどまっています。地表で得られる岩石のうち、マントル由来の試料としては、火成活動においてマントル物質が捕獲され地表まで運ばれたマントル捕獲岩や、地球内部（マントル領域）からマグマが上昇している地域であるホットスポットの火成岩等が有力で、これらを詳細に調べることで、地球内部を理解できます。宝石として有名なダイヤモンドも火成岩中に見つかり、地球深部の記録をもつ重要な天然試料です。ダイヤモンド中に包有された鉱物は、丈夫なダイヤモンドに保護されているので、その包有物ができた環境、つまりマントルの、より新鮮な情報を保持しています。

近年では、ダイヤモンドの中でもとくに、「超深部」に起源をもつものが注目を集めています。地上で発見されたダイヤモンドの大半は、上部マントル内の深さ約 150–250 km 程度の領域で形成され、地表へもたらされました。一方、「超深部」起源のダイヤモンドは、深さ 410–600 km のマントル遷移層や 660 km 以深の下部マントルに由来すると考えられています。これらのダイヤモンドの生成深度は包有鉱物の組み合わせよりわかります。現在までに、下部マントル条件において安定な珪酸塩鉱物や酸化物（例えば、$CaSiO_3$ や $MgSiO_3$、(Mg,Fe)O）を含むダイヤモンドが発見されています。2014 年には、ダイヤモンド中に約 1.4 重量 % の水を含むマントル遷移層の主要鉱物リングウッダイトが報告されました。これは、マントル遷移層中の局所的な水の存在を示唆します。このような「超深部」ダイヤモンド包有物は、上部マントル以深について得られる、ほぼ唯一の直接的情報です。

一方で、マントル中のダイヤモンドができる環境は、沈み込む海洋プレート中といった一部の環境に限られます。つまり包有物がもたらす情報は平均的な地球マントルを表しておらず、「超深部」ダイヤモンドの成因については未解明な点が多いのが現状です。

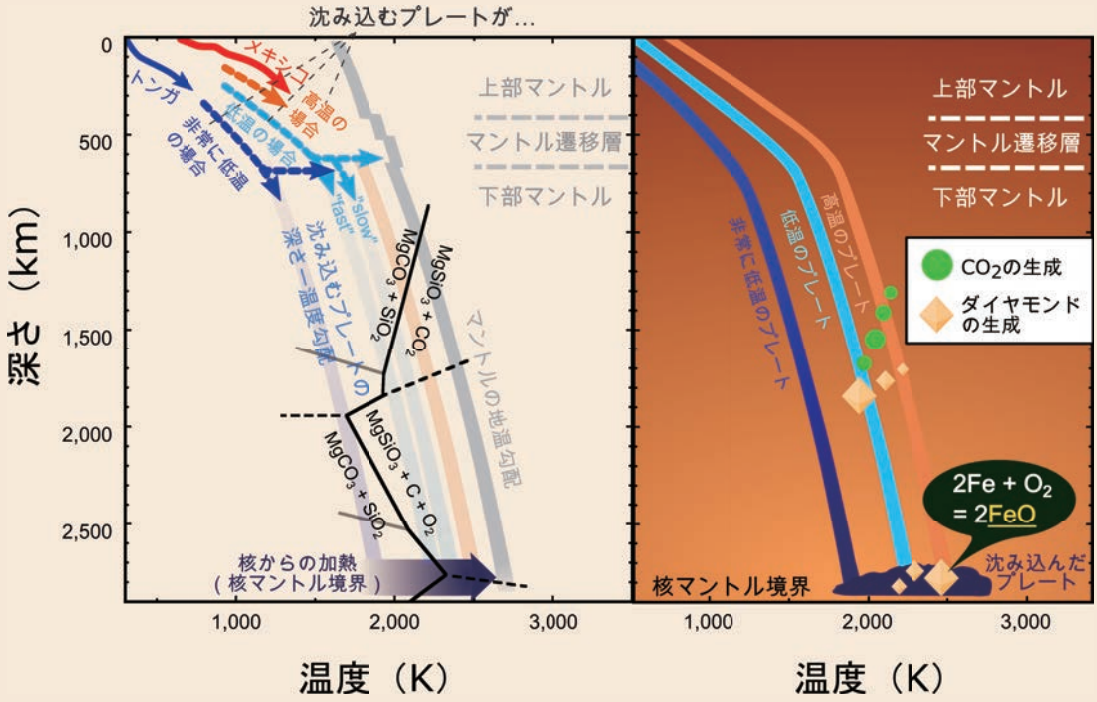
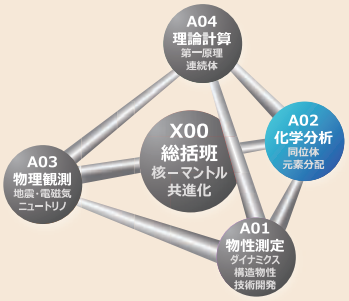


図 1. マントルや沈み込むプレートの地温勾配と $MgCO_3$ と SiO_2 の反応関係（左）．ダイヤモンドの生成領域（右）。

研究項目トピック



研究項目A02：化学分析

マントル由来物質や高圧合成試料の微小領域分析により、核ーマントル間の元素分配や同位体分別を制約します

～地球深部からの手紙を読み解くために～

ダイヤモンドを生み出す要因のひとつが、炭酸塩鉱物と珪酸塩鉱物による化学反応です。炭酸塩鉱物は、貝殻やサンゴの骨格の主成分で、その死骸は海洋底に降り積もります。また海水中に炭酸が富むことから、沈み込む海洋プレート中に炭酸塩鉱物が豊富に存在しているため、地球深部の炭素源となります。とくに、$MgCO_3$ マグネサイトは地球マントル条件下で最も安定な炭酸塩鉱物です。SiO_2 もまた沈み込むプレート中に豊富に存在し、マントル条件下で様々な高圧相転移を起こします。

両者の下部マントル内での反応については、2008 年に約 80 万気圧（深さ約 1900 km）程度までの条件で報告されました。これにより、下部マントル条件下でダイヤモンド生成反応が起こることが示されました。また、より低温のプレート内部では核マントル境界（CMB）まで $MgCO_3$ と SiO_2 による反応が起こらないとされましたが、マントル最深部 136 万気圧（深さ約 2900 km）までの反応については、明らかにされていませんでした。

一方、マグネサイトについても高圧下での研究が進み、約 80 万気圧の圧力条件下において構造変化が報告されました。そこで私たちは、約 1900 km（圧力 80 万気圧）以深に沈み込んだ $MgCO_3$ と SiO_2 との反応について注目し、$MgCO_3$ 高圧相転移に注意しつつ、CMB 条件（136 万気圧）までの反応を明らかにしました。

最下部マントル環境を再現するのに、レーザー加熱装置とダイヤモンドアンビルセル（DAC）を併用しました。DAC は、先端に小さな面をカットした一対のダイヤモンドで試料を挟み押すことで、高圧を発生する実験装置です。高圧下にある微細試料を観察するために用いたのが、大型放射光施設（SPring-8、実験施設 BL10XU）での高温高圧その場放射光 X 線回折法です。

上記の放射光高温高圧実験により、$MgCO_3$ と SiO_2 との反応を圧力 152 万気圧、温度 3100 K の条件まで解明しました。注目すべき 80 万気圧以上の圧力範囲においては、出発物質にない $MgSiO_3$ ブリッジマナイト / ポストペロブスカイト相およびダイヤモンドが反応後に現れました。さらに、80 万気圧の $MgCO_3$ の相転移境界を境に、高圧側と低圧側で反応の条件が大きく異なりました（図 1 参照）。

私たちが解明した反応から、沈み込む海洋プレート中におけるダイヤモンド生成反応が明らかになりました。もしプレートの温度が周囲のマントル温度に近いかやや低温であった場合、深さ 1900 km 程度までにダイヤモンドが生じます。一方、より低温のプレート内部では、ダイヤモンドを生成せずに $MgCO_3$ と SiO_2 は深部へと沈み込みます。この場合、マグネサイトが構造変化することで安定性が高まるため、CMB まで SiO_2 と反応しません。CMB では、高温の核と沈み込んだプレートが接し、$MgCO_3$ と SiO_2 が加熱されることで反応を起こし、最下部マントルでダイヤモンドが生成される可能性があります（図 2）。

本研究で解明した反応では、ダイヤモンドとともに酸素が放出されます。CMB 直上の最下部マントルで反応が起きた場合、放出された酸素が核由来の金属鉄を酸化し、FeO を生成します。「超深部」ダイヤモンド中に見つかっている鉄に富む (Fe,Mg)O 包有物は、この FeO 生成反応によって説明できます。

今回の研究では、超深部ダイヤモンドの生成反応を単純化した系で検証しました。一方で、実際のマントルはもっと複雑な組成をもち、マグマの存在や酸素量の変化といった様々なパラメータがダイヤモンド生成に寄与しています。深部からの手紙ともいうべき不思議なダイヤモンドを読み解くために、今後もっと多様な系での実験やさらなる技術開発に取り組みたいと思います。

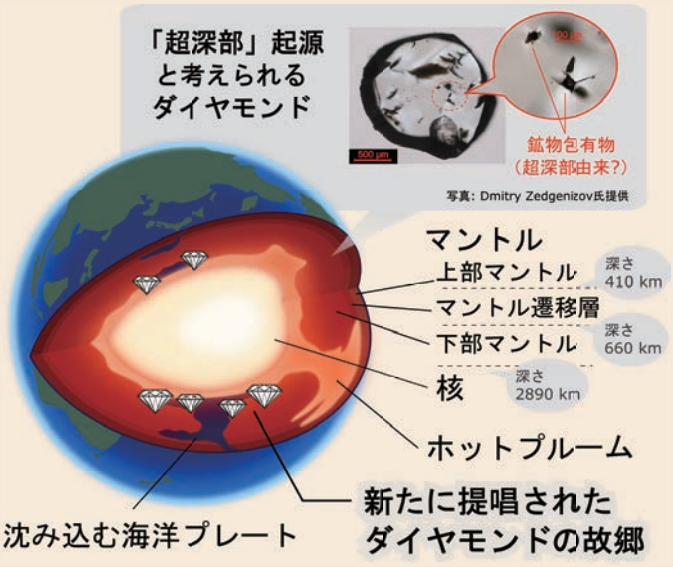
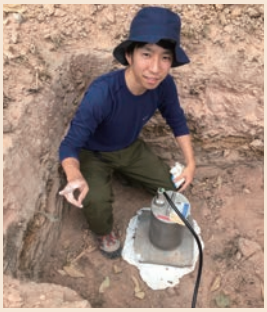


図 2.　地球「超深部」由来のダイヤモンドの故郷。



鈴木　裕輝
（博士課程1年）
東京大学大学院
理学系研究科

河合　研志

東京大学大学院
理学系研究科

タイ王国における広帯域地震観測計画

2015 年 11 月～2016 年 1 月に行ったタイでの地震観測に向けた予備調査（ニュースレター No.2 参照）と 2 箇所のパイロット観測点の設置を踏まえて、2016 年 11 月～2017 年 2 月にわたって 38 か所に地震計を設置し、本観測をスタートさせました。日本の約 1.4 倍の面積を有するタイ全土にわたって観測点を設営するため、計 4 回タイへ赴き、タイの研究者及び協力者と共同で地震計を設置しました。日本からの参加者は、著者の私たち、JAMSTEC の田中聡さんと金泰運さんです。1 回の滞在は約 14 日間で、実際に作業を行えるのは 10 日間程度ですので、1 日に観測点 1 つを設営する段取りです。4 回のうち、鈴木が 2016 年 12 月、河合が 2017 年 1 月の設置作業に参加しました。

実は出発前にはいくつかのアクシデントが起きていました。一つは、出発直前の 2016 年 10 月にタイの国王がお亡くなりになられたことです。そのような状況で、タイの人々が私たち日本人の地震観測を快く受け入れてもらえるのか、という不安がありました。結果的には大きな問題にはならず、タイの人々は私たちを温かく受け入れてくださいました。実際にタイへ行ってみると、様々な場所に国王の肖像が掲げられていて、人々にとって国王はとても大きな存在であることを実感しました。また、タイ南部を襲った洪水被害のために、この地域に地震計を設置することを断念せざるを得なくなりました。この地域に設置予定であった地震計を他の地域に設置して、パイロット観測点も含めて計 40 の観測点を全て設置することができました（図 1）。

タイでは 11~2 月の比較的涼しい（？）時期でも、日中は 35℃以上と日本の真夏に相当するような暑さです。一緒に設置作業を行ったタイの共同研究者が「タイの気候は 3 種類ある。Hot, hotter, hottest だ。」と言って笑っていました。そこで地震計の設置作業はできるだけ午前中の早いうちに行い、日中の気温が高くなる時間を次の設置場所までの移動の時間にあてました。観測点間の距離は約 100 km ですので、移動には自動車で 2～4 時間かかります。移動の途中で休憩のためカフェに立ち寄ることが多かったですが、大きな都市でなくともオシャレなカフェがあり、タイ全土にわたってカフェ文化が浸透していることに驚きました。カフェの中には、メニューに「Shibuya toast」なるものが存在するカフェもありました。聞くところによると、日本風のカフェはタイの人たちにも人気のようです。また比較的大きな街中では、様々な日本由来と思われるものを見かける機会がありました。例えば「Syabu suki（しゃぶしゃぶ？すきやき？）」、「Takoyaki」、「Sushi（寿司）」等の看板を目撃しました。今回はそれらを味わう機会がありませんでしたが、次回タイに行く機会があれば「Syabu suki」、「Takoyaki」等に挑戦してみたいと思っています。タイでの食事は主に、いわゆるタイ料理でした（辛さは日本の一般的なタイ料理店よりも辛いです）。タイへ渡航する以前は、辛い食べ物やパクチー等の香草は得意ではなく、少し不安がありましたが、本場のタイ料理はその不安を忘れさせてくれました。全ての食事がおいしく、また地域による違いを楽しむことができるので、飽きることはありませんでした。旅の中盤には同行していたタイの研究者の実家にお邪魔させていただき、彼のお母さんがおいしい手料理をご馳走してくださいました。やはり、その土地に赴き、その土地のものを食べると、格別の美味しさがあるのだろうと思います。

さて、実際の地震計の設置作業について説明します（写真 A を参照）。地震計はできるだけ盗難を避け、ノイズが小さいところを求めて、幹線道路から離れた小学校の敷地の一角に場所をお借りして設置しました。設置場所が決定したら地震計を埋設するための約 1 m 四方、深さ約 1 m の穴を掘る必要があります。ノイズ低減のためにできるだけ地盤がしっかりした場所に地震計を設置することが望ましいので、穴を掘る作業もその分大変です。今回は、多くの観測点においてタイの協力者の方が事前に穴を掘ってくださっていたので、幸い（？）穴掘りをする機会は少なかったです。写真 A の 1 は数少ない穴を掘っている様子を写しています。事前に掘っていただいた穴を覗くと、サソリやヘビと遭遇し、追い出すのに一苦労でした。

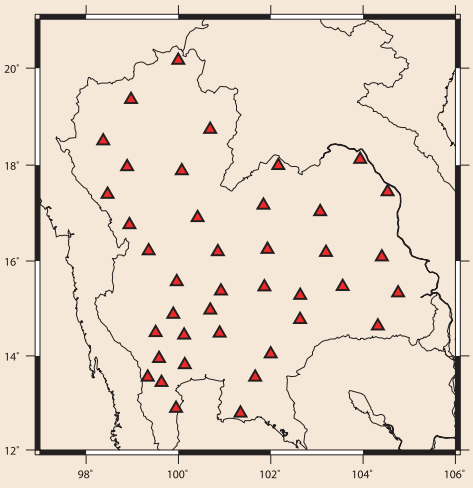
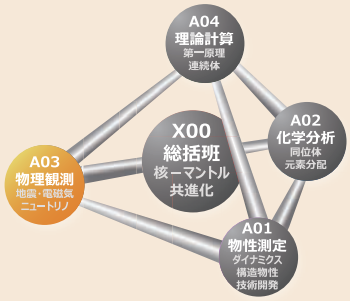


図 1．タイ広帯域地震観測網（赤三角）。

研究項目トピック



研究項目A03：物理観測

地震・電磁気・地球ニュートリノの観測技術を駆使し、核とマントルにおける物質の移動と変形などに関する実証データを取得します

～観測網の展開～

地震計の水平を保つために、掘った穴に石膏を流し込み、ホームセンター等で売っているコンクリートのプレートを水平に置いて石膏が固まるのを待ちます。その間に地震計にケーブルを接続したり、電源となる太陽光パネルのセッティングを行ったりと、作業を分担し協力して設置作業を行います。設置作業を始めた当初は、特に地震計本体とコントローラをつなぐケーブルを接続する作業にはてこずりました。石膏が固まると、向き（方角）に注意して地震計をコンクリート・プレートの上に置き、水準器を使って地震計本体が水平になるように調節します。地震計の中には 3 つのセンサーが内蔵されていて、3つ合わせて水平方向（2成分）と鉛直方向（1 成分）の地面の振動を記録できる仕組みになっています。そこで基準となる向きが必要ですので、水平方向の基準として地震計の持ち手が南北方向と一致するように、鉛直方向の基準として地震計本体が水平となるように地震計を設置しました。地震計は非常に繊細（そしてとても高価！）ですので、取扱いの際は自ずと慎重になってしまいます。地震計、コントローラ、蓄電池、データロガー、GPS 受信機、太陽光パネルをケーブルでつなぎ、正常に作動するかチェックを行います。地震計とデータロガーの動作チェックは、iPad の wifi 機能を使ってやや離れた場所でも行うことができるので、小休止を兼ねて近くの日陰で行っていました。正常に作動することが確認できたらカバーをして、土をかぶせる作業です。設置した地震計にはカバーをかぶせ、断熱材を入れてフタをします。そして水が入らないように念入りにフタの周りをテープで留めていきます。ケーブルを通すための穴の周りにもテープを貼って隙間をうめたうえで、油を塗り水ができるだけ浸入しないようにします。最後に土をかぶせて、人の背丈ほどのフェンスで周囲を囲んで設置完了です。

日同じ作業を行うので、作業に慣れて連携もスムーズになり、作業の効率は次第に良くなっていきます。初日におよそ 2 時間 30 分かけて行った設置作業が、10 日目にはおよそ 1 時間でできるまでになりました。地震計の設置場所を提供してくださった小学校の先生方や子供たちは親切で、作業が終わると水やコーヒー、お菓子を出してくださいました。作業で疲れた私たちにとって、とてもありがたかったです。

現現在は、1 回目のデータの回収（最大半年間の観測データを回収）が終わりデータの解析に取り掛かっているところです。今回の設置旅行中にも、南太平洋のフィジー諸島付近で地震が発生し、私たちが設置した地震計でも地震の波が観測されていました。この観測によって得られた地震波形の分析から、核 - マントル境界、外核 - 内核境界付近の構造推定が行われ、核とマントルの熱・化学進化の理解が進むと期待しています。解析の結果については、次の機会に詳しくご紹介したいと思います。

写真 A. 地震計設置の様子。1. 穴掘り作業。地盤が固いので、大人 5 人がかりで 1 時間以上掘り続けました。2. 地震計を置く水平な土台を石膏とコンクリート・プレートで作ります。プラスチックケースに蓄電池やデータロガーを収納します。3. 石膏が固まったら地震計を置き、水平になるように調整します。4., 5. 動作チェックの結果問題がなければ、地震計にカバーをして土を被せていきます。6. フェンスを立てて完成です。小学校の校長先生（左）、一緒に設置作業を行ったタイの共同研究者（真中）と設置作業を手伝ってくださった協力者（右）。

中川　貴司

海洋研究開発機構
数理科学・先端技術研究分野

核ーマントル結合熱化学進化モデルの開発

本新学術領域では、地球深部の岩石マントルと金属核がどのような相互作用を引き起こしているかについて、多角的な研究活動を行っています。例えば、高温・高圧下での金属核や岩石マントルの組成を模して、その挙動から相互作用の形態を調べる実験や、世界中で発生する地震や北極や南極などでみられるオーロラを引き起こす電磁気現象などを用いて、地球の深い部分がどのような姿をして、金属核と岩石マントルの相互作用の実像を浮き彫りにする解析したりしています。

これらの実験や解析により、地球や惑星の深部で何が起きているかを推測はできるのですが、それだけでは、その背景にある物理・化学的な背景を正確に理解することは難しいというのが現状です。その困難さをある程度でもやわらげて、より確度の高い推測を行える助けをするのが、スーパーコンピュータなどを用いた数値シミュレーションの役割です。実験や観測データ解析などで得られた金属核と岩石マントルとの相互作用の推定像を再現するために、金属核ー岩石マントルが熱的に、また化学的に相互作用できるようなシミュレーションモデルを組み立て、その振る舞いを調べることで、実験室で起こっていることや地球物理観測から得られる描像のなりたちについて、確度の高い情報提供を行うことができます。

しかし、シミュレーションモデル自体もまだ完全に地球深部で起きているすべての事象を包括的に理解できるとは限りません。例えば、岩石マントルの挙動と液体の金属核の挙動は全然違うことはご理解いただけるかと思われます。理想を言うと、これらの挙動を十分に取り入れたシミュレーションモデルを組み立てたいのですが、「そうは問屋が卸さない」のが現実です。40 億年以上におよぶ地球進化の歴史を記述するためには、オーロラ変動などで知られている地球の電磁気現象に特有の時間スケール（数分から数年）に基づく液体の金属核の物理的な挙動まで含めて再現しようとすると、スーパーコンピュータをもってしても途方もないシミュレーション時間がかかります（図１左）。そのため、昨今の忙しい世の中の影響もあり、劇的な時間の節約を行わないといけません。

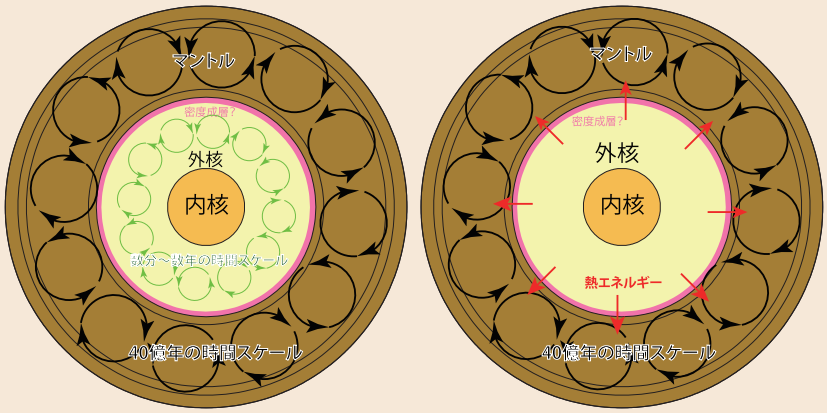


図 1. 核―マントル結合進化モデルの考え方。（左）愚直に核とマントルの運動をコンピューターシミュレーションに取り込もうとした場合。両者の時間スケールが違いすぎるため、計算が終わらない。（右）本研究における核―マントル結合の取り扱い方の概念図。

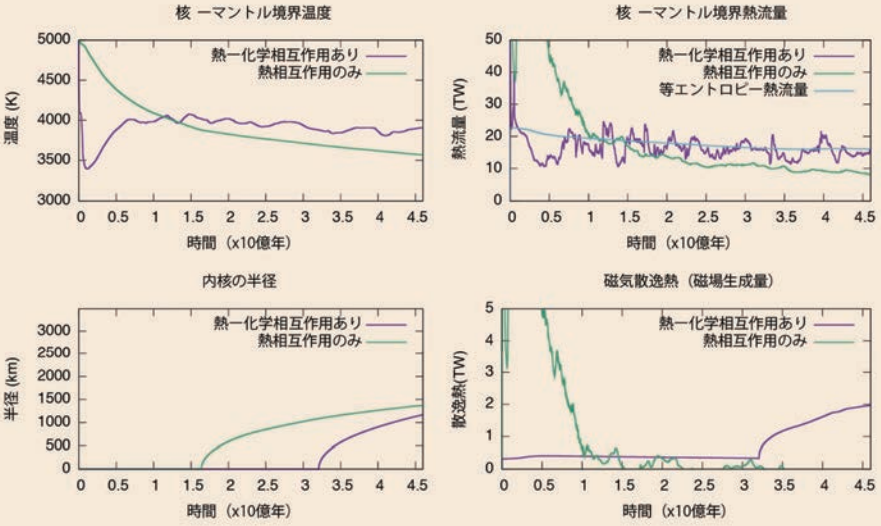
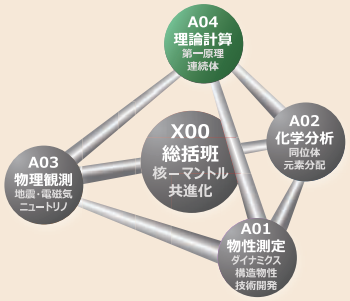


図 2. 地球核内の熱―化学進化のようす。左上：核―マントル境界の温度；右上：マントル対流によって運ばれる核―マントル境界における熱流量と核対流自身によって運ばれる熱流量；左下：地球内核サイズ；右下：核対流によって作られる磁気の強さを熱として換算。熱―化学相互作用＝密度成層形成を取り入れた場合；熱相互作用のみ＝密度成層形成過程を考えない場合。

研究項目トピック



研究項目A04：理論計算

第一原理計算や連続体シミュレーションにより解釈・モデル化し、実験や観測をサポートします

～核ーマントル相互作用の統合的理解に向けて～

どのような節約をするかというと、特徴的な時間スケールが数億年から数10 億年に及ぶと考えられている岩石マントルの物理的な挙動（つまり、マントル対流現象やその現象が原動力となっているプレートテクトニクス現象）を基準にしたモデルを組み立てます。つまり、マントルの動きに比べて桁違いに速い運動をする液体金属核においては、その対流運動について熱力学を駆使することで簡単化することができ、マントル対流現象を駆動するエネルギー源として表現します（図 1 右）。このアプローチを用いると、途方もないシミュレーション時間からわずか（？）数日のシミュレーション時間に短縮することができます。このようにして、金属核ー岩石マントルの熱化学相互作用を取り入れたモデルを組み立てることができます。特に地震波などの地球物理観測によって推測されている核とマントル境界直下のある厚さにわたって発見された地震波の伝わりやすさの違い（研究者たちは、この違いについて、密度成層として解釈しています。）を作り出す過程をパラメータ化された核対流モデルに取り入れ、密度成層の起源ならびに地球進化過程に与える影響を調べています。このモデルから、地球の内部変動が原因となる地球史 40 億年にわたる、岩石マントル進化と核内の熱ー化学ー電磁気進化史の再現を行うことができます（図 2、3、4）。核内の進化史においては、熱相互作用だけを取り入れた場合と熱ー化学相互作用を取り入れた場合を比べると進化の様子（特に熱流量と核対流によって作られる磁気の強さを熱として換算した量）が異なっていることが見てとれます（図 2 左下と右下）。つまり、熱相互作用だけを考慮した場合は内核の成長が地球誕生の約 16 億年後から始まり、磁場生成量が内核誕生以降小さくなってしまうのに対し、熱ー化学相互作用がある場合は、内核の成長が地球誕生の約 32 億年後から始まり、それとほぼ同時に磁場生成量が増加を始めます。また、それらの場合における岩石マントルの組成構造は核内の進化史にかかわらず、図 3 のような核ーマントル境界（円環の内側付近）において、大規模な玄武岩物質が堆積している様子が見られます。この様子は、高温高圧下における物質科学実験のデータに手を入れることなくシミュレーションモデルに取り入れることで実現されます。もし、核とマントルの境界において、前述の密度成層の影響があると考えると、核が持っている熱伝導率や温度の大きさで核の進化史の新しいシナリオが描ける可能性をほのめかす何かがあるかもしれません（図 4）。特に内核の成長が始まると密度成層の厚さが薄くなっていく様子が見て取れます。このシミュレーションモデルを用いることが、表層から地球最深部まで地球や惑星の内部の進化過程について、統一的に理解する手助けになればと考えております。

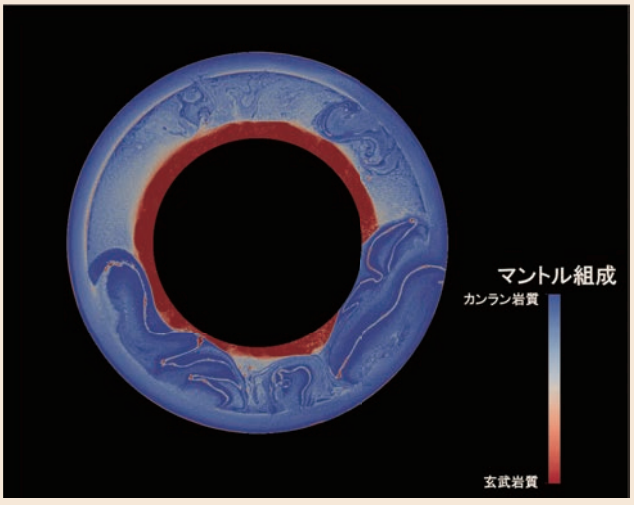


図 3. 岩石マントルの組成構造。マントル岩石組成は、カンラン岩質と玄武岩質の 2 つの物質の混合物として近似。

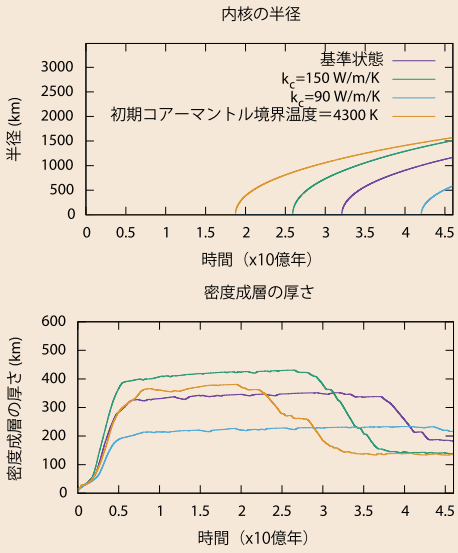
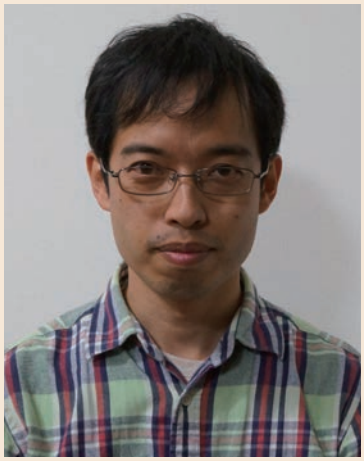


図 4. 密度成層形成を取り入れた場合における地球内核サイズと核ーマントル境界直下における密度成層の厚さの時間変化。核物質の熱伝導率や地球形成初期における核ーマントル境界温度によって、時間変化の様子が異なっている。内核の成長に伴って、核内の対流活動が活発になることによって、密度成層の厚さが薄くなっていく様子が見て取れる。基準状態＝初期核ーマントル境界温度が 5000K かつ中心における熱伝導率が 120W/m/K の場合。

肥後祐司　研究員

計画研究A01-2　構造物性班



2017 年度より構造物性班（計画研究A01-2、班長：鈴木昭夫）の研究分担者として、この新学術領域に参加することになりました。私は 2007 年 7 月に公益財団法人・高輝度光科学研究センター（JASRI）に着任し、大型放射光施設 SPring-8 の高温高圧実験ステーション（BL04B1）のビームライン担当として、川井型大型プレスを使った放射光X線実験におけるユーザー支援および技術開発を行っています。特に、超音波法を使った弾性波速度測定法の技術開発を手掛け、マントル遷移層から下部マントル条件下までのマントル構成鉱物についての弾性波速度測定から、これまで得られなかった精度の高い弾性率の決定に成功しました。地震で観測される地震波速度を解釈する上で、高圧鉱物の弾性率は非常に重要となります。本プロジェクトでは、下部マントル構成鉱物についての弾性率の精密測定と地震波速度プロファイルの比較から、下部マントルの化学組成や不均質構造の解明に貢献したいと考えています。

桑原秀治　特定研究員

計画研究A01-3　技術開発班，計画研究A02-1　同位体班

2017 年 4 月より愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センターに特定研究員として着任致しました。昨年 6 月に学位を取得しました東京大学では、隕石衝突に関する理論的研究や核ーマントル間のハロゲン元素分配に関する実験的研究を通じて、地球型惑星の大気の起源およびその初生化学組成に関する研究を行ってきました。

愛媛大学では現在、水素や炭素などの軽元素の核ーマントル間分配や地震波超低速度層から示唆されるマントル底部での融解現象について理解すべく、マルチアンビル高圧発生装置や二次イオン質量分析装置を用いた実験に取り組んでおります。上述の研究を通じて地球の金属核内の軽元素量やマントル中の揮発性元素量の相対存在度が始原天体と異なる要因、マントル底部の不均質構造の起源について理解していければと考えております。

Sunil K. Roy　特任研究員

計画研究A03-1　地震・電磁気観測班

こんにちは！インドからきたスニル・K・ロイです。5 月 15 日に東京大学地震研究所の特任研究員に着任しました。このような機会を与えてくれた新学術領域に本当に感謝しています。私はインドのガウハッティ大学の応用数学科で理学修士、テズプル大学で計算地震学の工学修士、ハイデラバードのオスマニア大学で地球物理学の PhD（博士）の学位を取得しました。博士課程では、インド楯状地に設置された地震観測点で測定された S 波スプリッティングを用いて上部・下部マントルの地震波異方性に関するを推定する研究を行いました。そこで得られた地震波速度の速い方向の多くは、インド・プレートの絶対運動の方向と一致していました。さらに、SKS 波と SKKS 波のスプリッティングの違いに着目し、東南アジア直下の下部マントルに地震波速度異方性が存在することを見出しました。私は地球深部の構造と活動や状態に興味を持っています。ここで研究している間、一歩でもその目的に近づけるようにしたいと思います。現在は、稠密地震観測データを用いて深部マントルや核―マントル境界の構造を推定しようとしています。

新メンバー

青山慎之介　特任助教

計画研究A02-2　元素分配班

2017年6月1日から新潟大学理学部・地質科学プログラムの特任助教に着任しました。それまでは東京工業大学で博士号取得後、ポスドクとして2ヶ月間、同大学に在籍していました。
私は生命の起源や地球の成り立ちに興味があります。東工大では、上野雄一郎准教授の指導の元、現世の熱水場の堆積物や太古代の玄武岩、花崗岩など様々な地質試料の硫黄安定同位体比を分析し、地球史を通した地球表層の微生物活動と硫黄循環を評価する研究を行ってきました。本プロジェクトが対象とする深部科学とは毛色が異なりますが、安定同位体を扱ってきた経験を活かし、M. Satish-Kumar 研に新しく導入された同位体比質量分析計と硫黄用前処理装置の立ち上げを行う予定です。その後、硫黄をはじめとする軽元素の安定同位体を高温高圧実験と組み合わせ、核−マントルの相互作用と地球の成り立ちについて解明出来ればと考えています。

Sebastian Ritterbex　特定研究員

計画研究A04-1　理論計算班

私は2017年4月より理論計算班の特定研究員として着任し、愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センターで研究を行っています。出身地であるオランダのユトレヒト大学で物理学と地球物理学を学んだ後に、2016年にフランス・リール大学で博士号を取得しました。私は理論的手法を応用して地球を構成する鉱物の力学的特性や流動特性を原子スケールから解明しようとしています。特に興味があるのは、マクロな地球ダイナミクスとミクロな原子スケールの過程の間のギャップをつなぐために理論的手法を用いることです。現在は地球内核のダイナミクスの解明のため、鉄の原子拡散について第一原理電子状態計算法を用いて調べています。

Core Mantle coevolution　Award

受賞

Beno Gutenberg Medal

川勝　均［東京大学地震研究所，A03-1　地震・電磁気観測班］

東京大学地震研究所教授の川勝均さん（A03-1 地震・電磁気観測班）が、欧州地球科学連合（European Geoscience Union、EGU）2017年総会で、Beno Gutenberg Medal を授与されました。このメダルは、ドイツからアメリカに渡って活躍した地震学者 Beno Gutenberg（1889-1960）の業績を記念して、地震学の分野から選出される賞です。Gutenberg は、地球核の大きさを初めて正確に決定したり、地震の発生頻度と地震の強さ（マグニチュード）の関係を表す Gutenberg-Richter 則を発見したことなどで有名です。
川勝さんの受賞は、深発地震の発生機構の解明、下部マントル内部の深さ920km 不連続面の発見、火山における超低周波地震の発生機構の解明、海洋地域における明確なリソスフェア・アセノスフェア境界（グーテンベルク不連続面：最近は核とマントルの境界という意味では使われません）の検出に基づくアセノスフェアのミルフィーユ構造仮説の提唱、日本の高感度地震観測網を用いた日本直下に沈み込む太平洋プレートの詳細な画像化、中華人民共和国東北部における大規模地震観測網の展開とその観測結果に基づく中国直下に滞留する太平洋プレートの形状の解明、などの一連の業績が評価されたものです。

Core Mantle coevolution Award 受賞

地球惑星科学振興西田賞

土屋　卓久［愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター，領域代表］

愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センターの土屋卓久教授（領域代表）が、本年度の日本地球惑星科学連合（JpGU）の地球惑星科学振興西田賞を受賞し、JpGU-AGU 合同大会期間中の 5 月 23 日に授賞式が行われました。

地球惑星科学振興西田賞は、「地球惑星科学の分野において国際的に高い評価を得ている優れた中堅研究者を表彰する」（JpGU 西田賞規則）もので、45 歳未満の研究者が対象となっています。土屋教授の授賞理由は「第一原理計算による地球深部ダイナミクスの研究」であり、「従来の高圧地球科学、グローバル地震学、地球化学などの固体地球科学における広範な分野に多大な影響を与えて」（JpGU ホームページ）いることが評価されたものです。

日本地球惑星科学連合フェロー

入舩　徹男［愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター，A01-3　技術開発班］

同フェロー制度は JpGU によって 2014 年度から始まり、「地球惑星科学の学術において顕著な功績を挙げ、あるいは日本の地球惑星科学の発展に卓越した貢献をはかった者に対し、名誉あるフェローとして処遇する」（JpGU フェロー制度規則）ものです。愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センターの入舩徹男教授（A01-3 技術開発班）が今年度選出の 15 名のうちの一人となりました。入舩教授の選出理由は「高圧地球科学、特に超高圧実験を駆使したマントル物質とスラブ関連物質の挙動解明における顕著な業績により」（JpGU ホームページ）であり、スラブの停滞・660km 不連続面の成因・マントル遷移層や下部マントルの化学組成などの地球深部科学の研究成果に加え、ナノ多結晶ダイヤモンドの合成に代表される材料科学分野への発展も高く評価されたものです。なお，入舩教授は今年度の JpGU-AGU 合同大会で、AGU 側のプログラム委員長を務めました。

日本質量分析学会奨励賞

角野　浩史［東京大学大学院総合文化研究科，公募研究A02代表］

東京大学大学院総合文化研究科の角野浩史准教授（公募研究 A02 代表）が、2017 年度日本質量分析学会奨励賞を受賞され、2017 年 5 月 18 日に、つくば国際会議場にて行われた日本質量分析学会第 65 回質量分析総合討論会において授賞式が行われました。

日本質量分析学会奨励賞は、質量分析学の進歩に寄与する優れた研究をなし、なお将来の発展を期待しうる若手研究者に対して贈られるものです。角野准教授が受賞された研究題目は「極微量希ガス質量分析法による地球内部揮発性物質循環の研究」です。極微量希ガス同位体の高精度分析手法を独自に開発し、揮発性元素の同位体分析に基づいた地球内部の物質循環過程の解明に大きく貢献したことが評価され、今回の受賞となりました。

ほかの受賞

JpGU-AGU Joint Meeting 2017 学生優秀発表賞

大平格さん（東北大学博士課程 3 年）“Single crystal synthesis of δ-(Al,Fe)OOH using multi-anvil apparatus”

平成28年度成果発表会

3 月 26 日から 28 日にかけて、科研費新学術領域「核 - マントルの相互作用と共進化～統合的地球深部科学の創成～」の平成 28 年度成果発表会が開催されました。本発表会には当初参加メンバーだけでなく、広く関心を持つ方々も含め総勢 91 名が一堂に会して、口頭発表ならびにポスター発表がなされ、活発な議論が行われました。

最初に領域代表者である愛媛大学地球ダイナミクス研究センター・土屋卓久教授から総括班と国際活動支援班の活動についての報告がありました。次に特別講演において、本学術領域のアドバイザーである JAMSTEC・深尾良夫上席研究員は、現在最も広く参照されている「予備的」標準地球モデル (PREM) の構築から 35 年経った今日、当時は何の面白みもないと考えられていた下部マントルの構造と活動の理解についてどれほどの進展が見られたか、熱く語られました。

その後、集合写真撮影を経て、各計画研究班長が各班の進捗状況を報告し、各計画研究班と関連する公募研究による成果が口頭・ポスターによって発表されました。次年度以降の展望と合わせて、活発な議論が交わされました。高温高圧実験、地球化学、地震・電磁気・ニュートリノ観測、理論計算の順に研究分野ごとに発表がなされ、地球核の構造・物質・ダイナミクスやマントルの流動・変形など分野をまたぐ課題については、特に議論が集中しました。

三日間にわたる報告会の最後に、アドバイザーと学術調査官からの講評をいただき、関係者一同、新たな気持ちで研究に取り組むことを心に誓って閉会となりました。

日本地球惑星科学連合ーアメリカ地球物理学連合　合同大会

5 月 20 日から 25 日の 5 日間にわたって、千葉市の幕張メッセ国際会議場で日本地球惑星科学連合—アメリカ地球物理学連合共同大会 (JpGU-AGU Joint Meeting 2017) が開催され、本学術領域の関係者が二つの科学セッションを開き、展示ブースを出展しました。

一つ目のセッションは、土屋卓久（本学術領域代表）が代表呼びかけ人となった「Interaction and Coevolution of Core and Mantle (核—マントルの相互作用と共進化)」です。5 月 19 日、20 日、22 日に開催された口頭セッションにおいて 42 件の発表がなされ（写真 1）、5 月 21 日にポスター 46 件が発表されました。二つ目は中川貴司 (A04-1 理論計算班) が代表呼びかけ人となった「Structure and Dynamics of Earth and Planetary Mantles（地球・惑星マントルの構造とダイナミクス）」です。5 月 21 日、22 日に 24 件の口頭発表と 15 件のポスター発表がありました。

展示ブースでは、これまでに発行したニュースレターやパンフレットを用意し、研究風景などをまとめたスライドショーなどを投影しながら、訪れていただいた方々に本学術領域の説明をさせていただきました（写真 2）。

1

2

国際レクチャー

7 月 3 日から 5 日にかけて、東北大学においてインド工科大学の Sujoy K Ghoshs 先生による国際レクチャーが行われました。東京大学や新潟大学の学生を含め 15 名が出席し、地球深部物質の鉱物学についての講義や実習に取り組みました。

講義では理解が追いつかない場面もありましたが、スジョーイ先生が理解度の確認をしながら進めてくださり、なんとかついて行くことができました。鉱物学については基礎的知識の持ち合わせしかありませんでしたので、分野を体系的に学ぶことの出来る絶好の機会となりました。

また、施設見学をはじめ、東北大学の方々にはとてもよくして頂き、有意義な時を過ごしました。このような場を設けてくださった関係者の方々に感謝致します。

（新潟大学大学院自然科学研究科　環境科学専攻　地球科学コース　1 年久保田海帆）

Core Mantle coevolution Events

イベント

インターンシップ

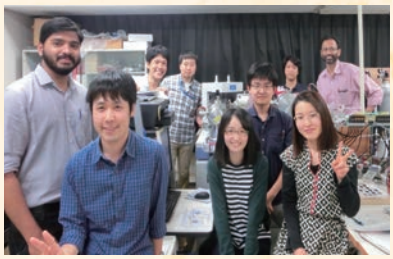
2017 年 6 月 19~25 日にかけて、『Stable isotope micro-analytical techniques』と称した、新学術領域研究 A02-2・元素分配班のインターンシップを新潟大学で開催しました。京都大、岡山大、東北大から 5 人の参加者をお迎えし、同位体の基礎から応用、分析技術に関する座学と、実践的な分析技術を学びました。

初日は 13 時に新潟大学に集合し、まず M. Satish-Kumar 教授により、同位体比概論の講義が行われ、続いて青山慎之介特任助教により、近年特に目覚ましい発展を遂げる硫黄同位体の研究とその応用についての講義が行われました。これらの講義では参加者から積極的に意見が飛び交い、大変有意義な時間となりました。

2 日目は講義と実験を行いました。講義は主に 2 つの内容について行われ、1 つ目は Satish-Kumar 教授から、質量分析計による同位体比分析の解説、そして 2 つ目は同研究室博士学生である阿部都さんから、硫黄をガスにして質量分析計に導入するための前処理装置について詳細な解説が行われました。実験では、天然・合成を問わず試料中の硫黄を抽出するための化学実験、ガラス反応容器を形成するガラス細工実験が行われました。今まで見たこともない実験を、実際に手を動かして経験することに、参加者は興奮を抑えられない様子でした。

3・4・5 日目は同位体比質量分析計を用いて、炭素同位体比の分析を行いました。5 日目の夜には懇親会が行われました。5 日間苦楽を共にした事もあり、大いに盛り上がり、互いの夢や将来の希望を語り明かしました。

6 日目は、取得した同位体データから



同位体比算出方法、そして同位体の国際標準値への変換方法などの解説が行われました。その後、インターンシップの修了式及び修了証の授与が Satish-Kumar 教授によって執り行われ、12 時頃に解散となりました。6 日間にも及ぶ、同位体とその分析技術に関する基礎から応用までの幅広い知識を得ることができたこのインターンシップによって、核–マントルの相互作用と共進化を解き明かす研究が加速度的に進むことが期待されます。(写真は Satish 研・久保田海帆氏による)

Core Mantle coevolution International Activities

国際交流

国際セミナー

"Dynamics of the fault motion and the origin of contrasting tectonic style between Earth and Venus"
唐戸俊一郎教授（イェール大学）、3/21、愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター（以下 GRC）

"Experimental reproduction of mantle earthquakes analogues by antigorite dehydration & comparison with natural pseudotachylytes"
Thomas Ferrand 研究員（ENS パリ）、5/9、GRC

"Lateral temperature variation through ICB to CMB in geodynamo simulations"
松井宏晃研究員（カリフォルニア大学）、5/15、GRC

"Reactions between metal and silicate in the early differentiating Earth"
Andrew Campbell 准教授（シカゴ大学）、5/17、GRC

"Structural controls on fluid escape from the subduction interface"
Bruno Reynard 研究機関長（ENS リヨン）、5/29、GRC

"Laboratory-based framework for the interpretation of seismological models"
Ian Jackson 教授（オーストラリア国立大学）、5/29、GRC

"Laboratory measurements of transport properties of planetary materials at deep planetary interior conditions"
Stewart McWilliams 講師（エジンバラ大学）、6/21、GRC

"Stably stratified layer formed by superionic NH_3 in Uranus and Neptune"
木村友亮研究員（東北大学）、6/21、GRC

海外研究者受け入れ

唐戸俊一郎（イェール大、教授）、3/19-3/24、愛媛大
松井宏晃（カリフォルニア大、研究員）、5/6-5/19、愛媛大
Thomas Ferrand（ENS パリ、研究員）、5/7-5/27、愛媛大・広島大・九州大・東京大
Andrew Campbell（シカゴ大、准教授）、5/16-5/18、愛媛大
Ian Jackson（オーストラリア国立大、教授）、5/27-5/31、愛媛大
Bruno Reynard（ENS リヨン、研究機関長）、5/28-5/30、愛媛大
張暁晨（International Space University、M1）、6/1-8/18、東北大
Sujoy Ghosh（インド工科大、助教）、6/20-7/10、東北大

海外派遣

土屋旬（愛媛大）
Continuity of DCO databases, instrumentation, research consortia, and resources beyond 2020、フィレンツェ大、4/17-4/21；European Geosciences Union General Assembly 2017、ウィーン、4/22-4/29

Core Mantle coevolution Editor's note

編集後記

新学術領域研究「核―マントルの相互作用と共進化」も早三年目を迎え、ご紹介できる研究成果がだんだん増えてまいりました。とは申しましても、まだまだ地球深部の統合的理解という目的までに至る道半ばでございます。研究内容も多岐にわたっているので、編集している側にとっても新鮮な驚きの連続です。読者の皆さまにも新しい知の発見があることを願ってやみません。

（編集：田中聡、西原遊、舟越賢一、西真之、野村龍一、小木曽哲、渡辺寛子、土屋旬、山田朗）

平成27-31年度 文部科学省 科学研究費助成事業 新学術領域研究
核ーマントルの相互作用と共進化～統合的地球深部科学の創成～
事務局 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター 〒790-8577 愛媛県松山市文京町2-5
Tel: 089-927-8165 E-mail: contact@core-mantle.jp Home Page: http://core-mantle.jp/