

領域略称名：核マントル共進化
領域番号：2706

平成29年度科学研究費補助金「新学術領域研究
(研究領域提案型)」に係る中間評価報告書

「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～」

(領域設定期間)

平成27年度～平成31年度

平成29年6月

領域代表者(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)

目 次

研究領域全体に係る事項

1. 研究領域の目的及び概要	5
2. 研究の進展状況	7
3. 審査結果の所見において指摘を受けた事項への対応状況	10
4. 主な研究成果（発明及び特許を含む）	12
5. 研究成果の公表の状況（主な論文等一覧、ホームページ、公開発表等）	15
6. 研究組織（公募研究を含む）と各研究項目の連携状況	20
7. 若手研究者の育成に関する取組状況	22
8. 研究費の使用状況（設備の有効活用、研究費の効果的使用を含む）	23
9. 総括班評価者による評価	24
10. 今後の研究領域の推進方策	26

研究組織 (総括：総括班，支援：国際活動支援班，計画：総括班及び国際活動支援班以外の計画研究，公募：公募研究)

研究項目	課題番号 研究課題名	研究期間	代表者氏名	所属機関 部局 職	構成員数
X00 総	15H05826 「核マントルの相互作用と共進化」の推進と支援	平成27年度～平成31年度	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	9
Y00 支	15K21712 「核マントルの相互作用と共進化」の国際活動支援	平成27年度～平成31年度	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	9
A01-1 計	15H05827 核マントル物質の動的挙動	平成27年度～平成31年度	芳野 極	岡山大学・惑星物質研究所・准教授	6
A01-2 計	15H05828 核マントル物質の構造と物性	平成27年度～平成31年度	鈴木 昭夫	東北大学・理学研究科・准教授	6
A01-3 計	15H05829 核マントル物質の精密高压実験技術の開発	平成27年度～平成31年度	入船 徹男	愛媛大学・地球深部ダイナミクス研究センター・教授	6
A02-1 計	15H05830 同位体から制約する核マントルの共進化	平成27年度～平成31年度	鈴木 勝彦	海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター・研究開発センター長代理	7
A02-2 計	15H05831 元素分配から制約する核マントルの相互作用	平成27年度～平成31年度	M. Satish-Kumar	新潟大学・自然科学系・教授	5
A03-1 計	15H05832 核マントルの地震・電磁気観測	平成27年度～平成31年度	田中 聡	海洋研究開発機構・地球深部ダイナミクス研究分野・分野長代理	10
A03-2 計	15H05833 ニュートリノ観測から制約する核マントルの化学組成	平成27年度～平成31年度	田中 宏幸	東京大学・地震研究所・教授	10
A04-1 計	15H05834 核マントル物質とダイナミクスの理論モデリング	平成27年度～平成31年度	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	7
総括・支援・計画研究 計 10 件					

A01 公	16H01119 ハイパワーレーザー衝撃圧縮を用いた溶融鉄合金の輸送特性解明	平成28年度～ 平成29年度	尾崎 典雅	大阪大学・工学研究科・准教授	1
A01 公	16H01122 下部マントル条件下におけるブリッジマナイトの結晶方位定向配列に関する実験的研究	平成28年度～ 平成29年度	大内 智博	愛媛大学・地球深部ダイナミクス研究センター・講師	2
A02 公	16H01113 超高感度レーザー希ガス局所分析から制約する核-マントル共進化	平成28年度～ 平成29年度	角野 浩史	東京大学・総合文化研究科・准教授	1
A02 公	16H01115 従来手法を統合した下部マントルにおける融解現象の理解	平成28年度～ 平成29年度	新名 良介	東京工業大学・地球生命研究所・特任助教	1
A02 公	16H01123 マントル35億年の熱・化学進化解明	平成28年度～ 平成29年度	木村 純一	海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野・分野長代理	1
A03 公	16H01116 地磁気データで明らかにする核-マントル結合の時空間変動	平成28年度～ 平成29年度	松島 政貴	東京工業大学・理工学研究科・助教	1
A03 公	16H01121 地球自由振動の解析による核-マントル境界領域と内核の構造に関する研究	平成28年度～ 平成29年度	須田 直樹	広島大学・理学系・教授	1
A03 公	16H01124 CMBにおける局所超低速度異常領域のグローバルマッピング	平成28年度～ 平成29年度	大林 政行	海洋研究開発機構・地球深部ダイナミクス研究分野・主任研究員	1
A04 公	16H01117 核マントル境界直下の安定成層の形成および破壊に関する流体力学的研究	平成28年度～ 平成29年度	竹広 真一	京都大学・数理解析研究所・准教授	1
B01 公	16H01112 地球内核の組成と異方性の解明	平成28年度～ 平成29年度	坂巻 竜也	東北大学・理学研究科・助教	1

B01 公	16H01114 ニュートリノ振動を用いた地球深部の化学組成構造の測定	平成28年度～ 平成29年度	武多 昭道	東京大学・地震研究所・助教	2
B01 公	16H01118 二次イオン質量分析法とイオン注入法の融合による元素定量分析法の開発	平成28年度～ 平成29年度	伊藤 正一	京都大学・理学研究科・准教授	3
公募研究 計 12 件					

研究領域全体に係る事項

1. 研究領域の目的及び概要（2 ページ以内）

研究領域の研究目的及び全体構想について、応募時に記述した内容を簡潔に記述してください。どのような点が「我が国の学術水準の向上・強化につながる研究領域」であるか、研究の学術的背景（応募領域の着想に至った経緯、応募時までの研究成果を進展させる場合にはその内容等）を中心に記述してください。

岩石からなるマントルと金属鉄を主体とする核で構成される地球内部構造は、地球型惑星が普遍的に持つ最も顕著な成層構造である。地球全体の体積の 8 割を占めるマントルの化学組成と、残りの 2 割に相当する核中の軽元素の特定は、地球の起源と進化に関わる中心的問題で 60 年余りに渡り未解決のままである。核とマントルの境界層領域は、地震学により活発なマントルの対流運動が示唆されているのに対し、地球化学からは地球形成当初の痕跡を 46 億年ものあいだ保持し続ける安定領域（リザーバー）であることが示唆されており、両者は相容れない。マントル対流を駆動する熱源は核からマントルに伝導する熱と、マントル内にある放射性元素の崩壊熱である。地球物理観測からマントルの熱流量が推定されているが、熱源となっている放射性元素の種類と量は分かっておらず、これまでの熱進化の理解と将来の予測は今なお不十分である。

このような地球内部科学における未解決の重要問題は、核とマントルを結合系としてとらえ、その相互作用を明らかにすることにより初めて解明が可能である。現在では地球最深部に至る温度圧力条件での実験が可能になり、一方で高精度な地球物理学観測、地球化学精密分析、第一原理計算、連続体シミュレーション技術が大きく発展してきている。更に地球ニュートリノ観測による地球深部における放射性元素分布の観測も、実用性が高まってきた。これら独自に発展してきた実験、分析、観測、理論分野を有機的に統合させることにより、核-マントル相互作用と共進化の解明に至る道筋が整ったといえよう。

本領域を構成する研究者は、核とマントル領域における実験的研究において、国内外の追随を許さぬ研究活動を推進している。例えば本領域の分担者は、世界で初めて地球の中心に至る温度圧力を実現し、内核中の鉄の結晶構造を明らかにした (Tateno et al., Science 2010)。また、21 世紀の地球科学最大の発見の 1 つと評される ポストペロブスカイト相の発見 (Murakami et al., Science 2004)、さらに地球深部の水輸送に重要な役割を果たす新しい 超高密度含水相 Phase Hの発見 (Nishi et al., Nature Geo. 2014) など、従来の常識を覆す画期的な研究成果を相次いで発表している。一方で、高度な超高压技術を応用して 世界最硬ナノ多結晶ダイヤモンド (ヒメダイヤモンド) の開発に成功し (Irifune et al., Nature 2003)、その次世代超高压実験への応用に向けた独創的取り組みもおこなわれている。

高温高压下の第一原理計算分野も、国際的にトップレベルの研究成果をあげている。領域代表者らの第一原理計算グループは、国内でほぼ唯一かつ最大の研究組織を形成し、特に下部マントルから内核領域、さらには巨大惑星深部における結晶構造や物性の 高精度の理論予測 (Tsuchiya et al., PRL 2006; Tsuchiya and Tsuchiya, PNAS 2011; Dekura et al., PRL 2013 など) において、世界を先導する成果をあげている。実験および理論両面において、高压地球科学の研究者が我が国の地球科学の中で卓抜した成果をあげていることは、地球惑星科学分野でグローバル COE 拠点に選出された 2 つの拠点の代表者、及び地球科学分野で唯一の世界トップレベル研究拠点 (WPI) の代表者が、いずれも高压地球科学分野の研究者であることにも表れている。一方、本領域の 地震学・地球電磁気学と数値モデリングの分担者も、我が国の稠密な観測網と、数値計算技術・コンピューター資源に基づく最先端の研究を進めており (Kawakatsu et al., Science 2010; Takahashi et al., Science 2005 など)、国際的に卓越した評価が得られている。地球化学分野に関しても、本領域の分担者らは高度な 同位体分析と微量・微小分析技術に基づき、特に白金族・軽元素同位体地球化学の分野では世界をリードする研究活動を展開している (Sato, Suzuki et al., Nature Comm. 2013; Sano et al., Nature Comm. 2014 など)。また、ニュートリノなど

素粒子観測技術の地球科学への応用の試みも分担者らが先導して行っており、国際的に大きな注目を集めている (Tanaka and Watanabe, Sci. Rep. 2014 など)。

本研究領域は、地球惑星科学の各分野 (固体地球惑星物理学、岩石鉱物鉱床学、地球宇宙化学) に属するトップレベルの研究者が連携・協働し、新しい地球深部科学の創成を目指すものである。「核-マントルの相互作用と共進化」は、複雑な物理・化学プロセスである。このため、観測、実験、分析、理論といった異なる手法を用い、緊密に連携して共同研究をおこなうことにより、初めてその解明が可能になる。本領域では、(1) 先進的な高圧実験と第一原理計算の最近の発展を踏まえ、(2) 最新の化学分析手段により得られる地球深部の元素の挙動や同位体組成に基づく時間軸の情報や、(3) 高度な地球物理データ解析・数値シミュレーション技術を駆使し、(4) 従来個別の研究対象であった地球の核とマントルを結合系としてとらえ、その相互作用の解明を通じて地球深部のダイナミクスと核-マントルの共進化を明らかにする。これにより、従来の静的・個別的地球深部科学の研究から動的・統合的地球深部科学という革新的な研究領域の創成へと質的転換を図る。

我が国の地球深部研究分野では、主に高圧実験分野と地震学を始めとした地球物理学分野との連携により、地球深部の構造と物質に関して世界を先導する成果をあげてきた。また、第一原理計算に基づく独自の数値計算技術は、実験では到達不可能な超高压領域での地球物質の結晶構造や物性の定量的予測を可能にした。一方、地球化学分野では、高度な微小領域分析技術を発展させることにより、核とマントルの相互作用に係わる分析データが蓄積されている。更に最近では、放射光を組み合わせた高圧下でのレオロジー等、物性精密測定実験技術が大きく発展し、また第一原理計算により高温高圧下での熱伝導度・拡散係数の定量的予測が可能になるなど、地球深部物質の動的挙動に関する実験・数値計算技術が急速に進歩している。

海外に目を転じると、地球深部科学の組織的推進は、米国では高圧物質科学コンソーシアム (COMPRES) が形成され、放射光実験施設・中性子実験施設におけるビームラインの高度化や実験技術の共有などにより、グループ全体の研究活動の底上げを行いつつ進められてきた。ヨーロッパでは EU Access to Research Infrastructures Programme などのプログラムにより、大型施設の共同利用研究が精力的に行われている。しかし、これらの連携組織は必ずしも明確な研究ターゲットを持つものでなく、また分野の垣根を超えた統合的な領域形成を目指すものでもない。一方で本領域では、高圧地球科学分野のみならず、多様な分野の研究者が参画することで、国際的に例のない幅広い学際的研究組織により、核とマントルの相互作用と共進化に的を絞った研究を推進し、新たな統合的学術領域を創成することを目指している。

本領域は従来の地球科学研究の枠を超えた広がりを持ち、地球科学の新たな潮流を創成する点で、我が国の特徴ある学術研究の更なる発展・強化に大きく貢献する。地震・火山といった地球のダイナミックな挙動や、地球の生成・進化過程を明らかにするためには、固体地球の大部分を占めるマントルと核の相互作用と共進化の理解が不可欠である。我が国が世界を先導する実験・数値高圧地球科学と観測地球物理学分野に加え、高度な分析技術を持つ地球化学や、急速に発展しつつあるニュートリノ地球物理学分野の研究者との連携・協働による本領域の推進により、これらの解明が可能になるとともに、地球深部のみならず表層物質の動的挙動の理解、ひいては地球全体の現在の姿の解明と長期的未来予測においても、重要な基礎的研究が大きく進展すると考えられる。

2. 研究の進展状況〔設定目的に照らし、研究項目又は計画研究ごとに整理する〕（3ページ以内）

研究期間内に何をどこまで明らかにしようとし、現在までにどこまで研究が進展しているのか記述してください。また、応募時に研究領域として設定した研究の対象に照らして、どのように発展したかについて研究項目又は計画研究ごとに記述してください。

計画研究 A01-1 核-マントル物質の動的挙動

本計画研究では、①核-マントル境界(CMB)を横切る熱輸送の決定、②固体の内核と下部マントルのレオロジー、③CMBにおける化学的相互作用の3本柱からなる。最初の2つのトピックについては、本研究計画に関連した研究から、今後の研究の進展において鍵となる2本の論文がNature誌に掲載された。Ohta et al. (2016)は、外核に相当する温度圧力条件で六方最密充填構造の純鉄の電気抵抗率の測定に世界に先駆けて成功した。得られた抵抗率から外核の熱伝導度を推定した結果、内核の形成年代は従来考えられていたより若い7億年以内となることが分かった。Tsunino et al. (2016)は、下部マントル条件下で下部マントルの主要鉱物であるブリッジマナイトの変形実験に成功した。下部マントルの主要鉱物であるブリッジマナイトの転移クリープによる選択配向を実験的に初めて決定し、沈み込み帯で観測されている下部マントルの地震波速度異方性から、沈み込んだスラブの流動パターンの推定を可能にした。③については、CMBでの化学的相互作用がどの程度マントルの化学組成へ影響するのかを、親鉄元素の下部マントル物質中への拡散実験、鉄合金のマントル物質中への浸透実験によって実験的に検証を行った。現状の結果では、コアと珪酸塩マントル間で化学的な混合は顕著に起きないことを示唆する結果が得られている。下部マントル圧力条件での安定した変形実験を可能にするD111型ガイドブロックを高エネルギー研究所PF-AR, NE7Aビームラインに平成28年度末までに導入した。

計画研究 A01-2 核-マントル物質の構造と物性

本計画研究では、①地球深部で発生するマグマ、②地球深部に軽元素（揮発性元素）を運ぶ物質、③外核に存在する金属メルトのそれぞれについて、構造と物性を高温高圧力下で研究することを計画している。現在までにレーザー加熱装置、物性測定用電気炉、分光器など、本研究の実験に必要な設備品の立ち上げを計画通りに完了した。これらの装置などを用いて、いくつかの研究成果が出始めている。まず、地球深部で発生するマグマの化学組成が、深さに応じて変化していくことを明らかにした。また、地球深部に水を運ぶ新しい含水相を発見し、さらに水素、炭素、窒素、硫黄といった軽元素（揮発性元素）を含む地球深部物質の安定領域や密度などの物性を決定した。加えて、マントル物質や核の金属の弾性波速度、およびこれらの元素分配を測定することに成功し、地震波速度構造との対比も行われている。一方、他の計画研究との連携によって核-マントル物質の構造と物性を研究するための技術開発成功し、また地球深部における軽元素（揮発性元素）の挙動に関する研究を進めることができた。今後はこれまでに導入した装置などを用いて核-マントル物質の構造と物性に関する研究をさらに推進し、地球内部分化や元素循環プロセスの解明を目指す。

計画研究 A01-3 核-マントル物質の精密高圧実験技術の開発

本計画研究では独自に合成した大型ナノ多結晶ダイヤモンド（NPD）を用い、マルチアンビル装置およびダイヤモンドアンビル装置への応用を行う。これにより核に対応するマルチメガバール領域の超高压をカバーする、精密高温高圧実験技術の確立を目指す。また、焼結ダイヤモンド（SD）及び新たな超硬合金（WC）を用いたマルチアンビル実験の高度化を行い、マントル最下部領域の圧力発生を可能にするとともに、現在及び地球形成時のマントルに対応する高温の同時発生技術開発を進めることを主要な目的としている。現在までにNPDを用いたマルチアンビル装置で90万気圧の圧力発生を可能にするとともに、2段加圧方式のダイヤモンドアンビル装置で500万気圧領域の発生を達成している。また、NPDを利用した回転ダイヤモンドアンビル装置の開発など、当初の予定になかった成

果もあがっている。一方、SD を用いたマルチアンビル実験では、従来の限界を打破する 120 万気圧を超える圧力発生に成功するとともに、60 万気圧領域での 2300K 程度の高温安定発生技術を確立した。これらの先進的技術の開発に基づき計画研究内での独自研究、また他の計画研究との連携により、核-マンツルの相互作用と共進化に関する様々な成果が得られつつある。

計画研究 A02-1 同位体から制約する核-マンツルの共進化

本計画研究では、核-マンツルでの同位体分別を基にその相互作用を明らかにすると共に、地球の初期進化を解明するために、計画前半では、極微小領域における各種元素を精密に分析する手法や、超高精度の同位体分析手法、より地球内部条件に近い条件下での高温高压実験、元素分配実験技術の開発の重点を置いて研究開発を行ってきた。主な進捗状況は以下の通り。(1) SIMS にイメージングプレートを導入し、高压実験生成物の同位体組成のマッピングを可能とした。そこで、地球深部条件に相当する高温高压下でオリビンとワズレアイトが共存する試料を合成し、各鉱物の水素同位体比の測定のマッピングを実施した。(2) 超高精度 W、Os、Pb 同位体比分析手法を構築し、地球深部起源火山岩の W 同位体比を分析した。その結果、地球誕生間もない頃に起きた核-マンツル相互作用による W 同位体分別らしき痕跡を見出した。(3) 超高压高温下の同位体の挙動を実験的に明らかにするために、ダイヤモンドアンビルセルにおいて均質加熱が可能な外部抵抗加熱に LaCrO_3 ヒーター、内部抵抗加熱法に計画研究 A02-2 と共同開発したボロンドープダイヤモンドヒーターを導入し、温度勾配の無い高温加熱手法を開発した。また、計画研究 A01-3 と合同で製作・開発した超高压変形装置である回転式ダイヤモンドアンビルセルを用いて、歪の高压その場測定法を確立した (Nomura et al., 2017)。これらの技術を利用し、核-マンツル境界へ沈み込むスラブが引き起こしうるかんらん岩-海嶺玄武岩界面の反応融解現象や、マンツル最下部に存在する熱境界層内の大きな温度勾配が引き起こしうる元素・同位体分別といった、マンツル最下部で潜在的に起こりうる化学現象に関するデータを得た。

計画研究 A02-2 元素分配から制約する核-マンツルの相互作用

本計画研究では、マンツル最下部圧力条件までの岩石の融解実験を行い、元素分配係数や軽元素同位体分別係数を定量化し、初期から現在までの地球化学的進化の理解につなげる。核-マンツル境界における温度・圧力条件において沈み込むスラブ物質を用いた実験を行った結果、鉄の強い分別により溶け残り物質の方がメルトよりも密度が低くなり、下部マンツルの低速度層の存在が示唆された。さらに軽元素と金属メルトの分配実験を高温高压下で行った結果、(1) 鉄系に硫黄が存在することでケイ素が核物質中へ入りにくいことが分かった (Mori et al., 2017)。(2) 下部マンツル温度圧力条件における $\text{MgCO}_3\text{-SiO}_2$ 系の相図を検討し、沈み込むスラブ由来の炭素の挙動を明らかにした (Maeda et al., 2017)。現在の核とマンツル中に存在するケイ素や酸素フガシティを再現するためのケイ素と硫黄の必要濃度を見積もることに成功した。またこれら元素分配実験をより精密な温度制御下で行うために、ボロンドープダイヤモンドを発熱体として用いた内部抵抗加熱式ダイヤモンドアンビルセルを A02-1 と共同開発し、元素分配の実験において現在までに 3700K までの高温発生を可能にしている。高温高压下実験生成物の同位体分別を明らかにするために、最新型の高精度安定同位体比質量分析計を新潟大学に新規購入し、微小領域における水素・炭素・酸素・硫黄の同位体比の高精度測定を可能とした。

計画研究 A03-1 核-マンツルの地震・電磁気観測

本計画研究では、当該研究領域で掲げている到達目標のうち、特に核-マンツル境界領域や内核の不均質構造に注目し、新規観測データを用いて観測精度の向上と未解明の観測パラメータを推定することを目的としている。新規観測データの取得に関しては、現在までに、(1) インドとオーストラリアの非公開データ収集のために各国の研究機関と協議を進めてデータ入手の目処をつけ、(2) 観測空白

域のタイに広帯域地震観測網を新たに設置して観測を開始した。未解明の観測パラメータの推定に関しては、既存のデータを用いた解析を進めている。現在までに、(1) マントル遷移層における水の欠乏、(2) 下部マントルにおいて長期間安定して存在する可能性のある領域の提唱、(3) 新しい手法による外核最下部における低速度層の検出、(4) 内核表面で反射してくる地震波の周波数依存性から、東アジア直下の内核表面の凸凹が 1-2km であることの発見、(5) 地球磁場の滞留性成分と移動性成分が 400 年前から存在し、移動性成分の移動速度が低緯度で速いことの発見、(6) 地震波形インバージョンによって、北西太平洋直下のマントル最下部に沈み込んだプレートの残骸を発見し、新たなマントル上昇流が発生している様子を見出す、などの知見を得て、それぞれ論文として発表した。さらに、外核最上部における地震波低速度層のモデルの精密化、マントル最下部の地震波速度異方性と電気伝導率異常に関する予備的結果を得ている。

計画研究 A03-2 ニュートリノ観測から制約する核-マントルの化学組成

本計画研究ではこれまで KamLAND 近傍の地球ニュートリノ流量のモデリングに用いられてきた世界の平均的な地殻構造と放射性元素濃度に代わり、実測およびデータ整理による地殻の岩石化学組成、地下温度構造データベースを構築し、組成をモデル化するための確率密度分布を用いることで、マントルに含まれる放射性元素濃度の高精度測定を世界に先駆けて行うことを目的としている。さらに、地球ニュートリノの 3 次元マッピングを将来可能とする地球ニュートリノの到来方向を検知できる検出器の基礎開発を行い、KamLAND への実装に必要な技術的要件を明らかにすることも目的としている。平成 28 年度までに(1) 岩石化学組成、地下温度構造データベースの構築、(2) 組成をモデル化するための確率密度分布の比較検討、(3) 深部岩相や岩石組成などすべてを確率分布関数として表現して流量を計算するための全構成要素の開発、統合を行い、初めて確率モデルに基づく客観的ニュートリノ流量を導出した。また、KamLAND データ解析においては、感度向上開発を行い、初めて 20% を下回る 17% の不定性で地殻ニュートリノ流量を測定した。今後上記モデリングと最新解析結果を統合することで、マントル由来のニュートリノフラックスを決定する。一方、方向検知型検出器開発においては、デモンストレーション用の小型テスト器を製作し、中性子線源を用いた擬似的な反ニュートリノ信号の後発信号の 2 次元的な撮像に成功した。

計画研究 A04-1 核-マントル物質とダイナミクスの理論モデリング

本計画研究では、第一原理計算と連続体シミュレーションの 2 つの手法を柱として、実験グループに対し理論的予察や検証を提供するとともに観測グループが取得する観測データの解釈や核-マントル境界、内核-外核境界など地球深部の主要な境界層領域の形成・進化プロセスのモデル化を行う。現在までに、マントル深部温度圧力条件における主要地球深部物質の熱弾性特性、熱伝導率、原子拡散係数、元素分配や同位体分別の計算に必要な計算コード群（熱弾性特性の計算には第一原理分子動力学法及び格子動力学法、格子熱伝導率の計算には第一原理非調和格子動力学法、鉄固溶効果については内部無撞着 LDA+U 法を活用、元素分配については第一原理熱力学積分子動力学法）の開発を完了させ、下部マントル主要鉄固溶鉱物の熱弾性特性や熱伝導率、超高温超高压下でのカリウムや希ガスなど微量元素の親鉄性の計算を進めた。これまでに下部マントルの平均組成モデルの構築 (Wang and Tsuchiya, 2015) や、下部マントルで安定な新たな高压含水鉱物の発見 (Nishi et al., 印刷中) に成功し Nature 誌等において公表するなど、研究は順調に進展している。主要地球深部物質の状態方程式や熱膨張率・熱伝導率の圧力依存性などの高精度物性を反映させたマントル対流シミュレーションやダイナモシミュレーションにも計画通りに着手しており、下部マントルの化学不均質の進化機構や始原物質リザーバーの力学的安定性、また核とマントルの熱化学的相互作用による核の不均質構造の形成機構などに関し様々な知見が得られつつある。

3. 審査結果の所見において指摘を受けた事項への対応状況（2 ページ以内）

審査結果の所見において指摘を受けた事項があった場合には、当該コメント及びそれへの対応策等を記述してください。

< 審査結果の所見において指摘を受けた事項 >

本研究領域は、我が国が世界をリードする超高压高温実験、精密レオロジー実験、同位体分析、第一原理計算などの分野を結集して、核とマントルを結合系として捉えることで惑星地球の進化の過程を明らかにしようとする提案である。核とマントルの共進化は地球の起源と進化に関わる中心的な未解決問題のひとつであり、観測・実験・分析・理論を統合した地球深部科学を創成することの意義は大きい。

研究組織は、惑星地球のマントルとコアの物性、組成、時間変化、システム挙動の解析、第一原理計算、超高压高温実験、精密レオロジー実験、同位体分析のいずれにおいても世界を牽引する成果をあげている研究者が参画する体制になっている。加えて、実験、観測、データ解析、理論構築と検証がうまく計画研究の中に組み込まれており、有機的な連携から領域全体の推進が期待できる。⁽¹⁾領域代表者には、核とマントルの相互作用と共進化という軸で領域全体をまとめ、学際的な研究を進めるための工夫が求められる。

< 留意事項 >

(2)計画研究「ニュートリノ観測から制約する核-マントルの化学組成」の KamLAND を用いたニュートリノフラックスの測定に関しては一定の成果が期待されるが、次世代の方向感度を持つ検出器の開発研究については、装置の構想も研究計画調書に記載されておらず、研究期間内にどこまで開発が進められるのかの目標も明確でない。研究計画を精査し、見直しを行った上で交付申請されたい。

(3)本領域の最終的な目標である地球システムの進化の解明のためには、各計画研究の成果をシステム科学的な観点で統合・融合することが必須である。しかしながら、融合的な進化モデルの構築については、地球システムをモデル化する研究者の数が少なく、その実現の見通しと具体性に欠けるのではないかと懸念されるため、地球システム進化モデルの構築に向けて、領域体制の強化を検討することが必要である。

(1) 領域代表者が領域全体をまとめ、学際的な研究を進めるための工夫

異なる分野から 70 名を超える研究者が参画する本領域では、領域全体の研究目的をメンバー全員が共有するなど領域内の一体感の醸成が、研究目的を達成するために極めて重要となる。そこで領域内のネットワークやコミュニケーションの緊密化を目的として、メールニュース配信、成果発表会での領域の方針の周知を行った。また学会での特別セッション開催、サマー・ウィンタースクール開催などを通じて、本領域の研究目的の周知徹底を行うとともに本領域が目指す分野間連携による学際研究を強く奨励した。これにより高圧地球科学と地震学分野の従来の連携に加え、高圧地球科学分野と地球化学分野、高圧地球科学分野とニュートリノ分野、地震学分野と地球化学分野の連携が続々開始されるようになった。融合研究論文数も順調に増加しており、新たな研究領域の開拓が着実に進んでいる。また年度末に行う領域全体の成果発表会だけでなく、各計画研究が行う班会議や複数の計画研究や公募研究が合同して行う合同班会議にも領域代表が出席し、領域全体の研究計画に対する各計画研究の進行状況の確認や計画研究間の調整を行った。これらを通じて、領域代表が個々の活動をできるだけ細部まで把握し領域全体の方向性を一つにまとめるよう心掛けた。

(2) ニュートリノ班の研究計画の見直し

計画研究 A03-2 ニュートリノ観測班の「到来方向検知型ニュートリノ検出器開発」の研究テーマにおいて、当初計画では平成 29 年度以降開発することになっていた中型検出器の開発を取りやめ、以下の研究に注力することで、装置の構想を明確化し計画規模を縮小した。

装置の構想: 小型検出器を KamLAND サイズにスケールアップするためには大きな技術的ギャップを乗り越える必要がある。そこをつなぐための技術的要件を提示する。

研究期間内にどこまで開発を進めるか: 異なる種類の液体シンチレータ (Gd、B、または水ベースの液体シンチレータ) 及び、大型イメージンテンシファイアや半導体検出器など大型化に適した撮像デバイスを用いて多角的に小型検出器をテストし、疑似ニュートリノ信号 (中性子線) の 3 次元撮像を実現することで将来の KamLAND 実装に向けたノウハウを蓄積する。

当初計画の目的は「将来の地球ニュートリノイメージングに向けて、ニュートリノの到来方向決定精度を中性子反応点の画像化を行うことで、実験的に決定する」ことにあり、中型検出器の開発を取りやめても、上記目的を達成することが可能である。

また、本計画研究では到来方向検知型検出器の開発だけではなく、地殻モデリングを通じたマントルニュートリノフラックスの解析も行っている。KamLAND のデータ蓄積量も増加し、その結果は領域全体の推進にも大きく貢献すると期待されるため、研究期間内で他の計画研究との融合がより可能であるそれらの研究により注力するよう研究計画を修正する。本変更は当初のメンバーで十分に対応可能であるため、組織変更等の大幅な計画変更は行わない。

(3) 地球システム進化モデルの構築に向けた体制強化

日本国内で地球内部のグローバルシステムをモデル化できる研究者は少なく、アメリカやヨーロッパに比べ遅れている面がある。この指摘への対応を通じて我が国においてこの研究分野を強化することも、本領域が果たすべき役割の一つと考えている。この指摘を受け、計画研究 A04-1 理論計算班において核-マントル結合系のダイナミクスを専門的に研究している研究者 1 名 (中川) を新たに研究分担者に加えるとともに、核ダイナミクスの研究を公募研究において 2 件採択 (松島・竹広) し、地球内部の熱進化とこれに付随する化学進化に関する研究体制の強化を行った。さらに、公募研究において、時間軸を強く意識した地球深部ダイナミクス研究課題を採択し (木村)、地球化学的側面からの進化モデル研究の強化を行った。また 国際活動支援班とも共同してマントル、核のダイナミクスを専門とする海外著名研究者である P. Tackley 教授 (スイス工科大) や B. Buffett 教授 (UC Berkeley) のグループとの連携を強化し、従来から行ってきた国際共同研究を拡充するとともに、研究、教育の両面から本領域の推進に協力を得ることとした。これらの対応策の他、キックオフシンポジウムや成果発表会を通じて、本領域の問題設定が地球深部の現在の姿を解明することだけにとどまらず、核とマントルの相互作用を介した不均質性の形成や進化の過程の解明にあることを領域メンバー全員に周知し、地球史を通じた時間スケールを意識した研究を行う方針を徹底した。後述の八木健彦アドバイザーからのコメント (26 ページ) からもみてとれるように、これらの対応により、審査結果の所見で指摘されたような領域の弱点は大幅に改善されたと考えている。

4. 主な研究成果（発明及び特許を含む）[研究項目ごとに計画研究・公募研究の順に整理する]

（3 ページ以内）

本研究課題（公募研究を含む）により得られた研究成果（発明及び特許を含む）について、新しいものから順に発表年次をさかのぼり、図表などを用いて研究項目ごとに計画研究・公募研究の順に整理し、具体的に記述してください。なお、領域内の共同研究等による研究成果についてはその旨を記述してください。記述に当たっては、本研究課題により得られたものに厳に限ることとします。

研究項目 A01 物性測定

A01-1（計画・芳野）

- ・純鉄の電気抵抗率測定から若い内核形成年代を提案：

外核に相当する温度圧力条件で六方最密充填構造の純鉄の電気抵抗率の測定に世界に先駆けて成功し、7億年より若い内核の形成年代を推定した(Ohta et al., Nature, 2016)。

- ・下部マントルにおける沈み込んだスラブの流動様式の説明：A01-3 計画・山崎との共同研究

下部マントル条件下で下部マントルの主要鉱物であるブリッジマナイトの変形実験に成功し、沈み込んだスラブの流動パターンを推定した(図 1)(Tsujino et al., Nature, 2016)。

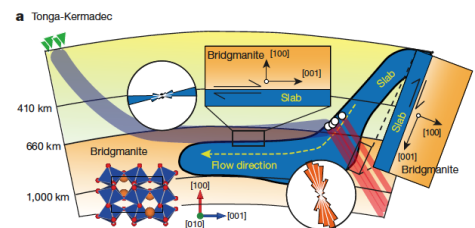


図 1 トンガ-ケルマディックスラブ近傍の地球マントルの内部構造

A01-2（計画・鈴木昭）

- ・高圧含水相鉱物がマントル遷移層起源であることを説明：

高温高圧実験の結果、Phase egg (AlSiO_3OH)がマントル遷移層の温度・圧力下で安定に存在できることが示され、水（水素）は沈み込むプレートによって少なくとも遷移層までは運び込まれることが明らかとなった(Fukuyama et al., JMPS, 2017)。

A01-3（計画・入船）

- ・核-マントル境界での変形実験装置の開発：A02-2 計画・野村との共同研究

NPD アンビルを用いた回転ダイヤモンドアンビル装置を開発し、核-マントル境界に対応する 130 万気圧領域での変形実験を可能にした。(Nomura et al., Rev. Sci. Instrum., 2017)。

- ・超高压下電気伝導度測定用の新しい装置開発：

ボロンドープダイヤモンドと NPD アンビルを組み合わせた新たな装置と技術の開発を行った(図 2)。この結果、超高压下での精密な電気抵抗の測定が可能となった(Matsumoto et al., Rev. Sci. Instrum., 2016)。

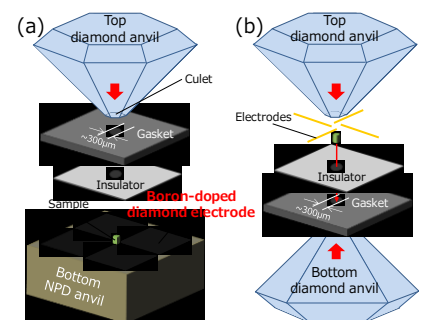


図 2 高压下電気伝導度測定用 NPD アンビルシステム

A01（公募・尾崎）

- ・250GPa までの熔融液体鉄合金状態の生成：

レーザーショック超高压実験を実施し、250GPa までの熔融液体鉄及び鉄合金の状態を生成することに成功した。

A01（公募・大内）

- ・D-DIA 型変形装置における高压発生：

D-DIA 型変形装置にて用いるアンビルの超硬部をジャケット材で補強するにより、アンビルの圧力発生効率を維持しつつ耐荷重性能を向上させ、24GPa の圧力発生に成功した。

研究項目 A02 化学分析

A02-1（計画・鈴木勝）

- ・43 億年前のカナダ Acasta 変成岩のオスミウム同位体比によるマントルの初期進化の制約

カナダ Acasta 変成岩に含まれる数 pg という極微量の Os に対し Re-Os 年代測定を試みたところ、約 43 億年という岩石として最古の年代を得た。高い Os 同位体比から、43 億年前の時点ではまだ隕石物質のマンテルへの添加の影響が出ていないことが示唆された。

A02-2 (計画・Satish)

・下部マンテルにおける炭素循環：A01-2 計画・鈴木昭との共同研究

マグネサイトと石英の高温高压実験により沈み込む冷たいスラブ由来の超深部ダイヤモンドの存在が明らかになった(Maeda et al., Sci. Rep., 2017)。

・核に含まれる軽元素：

現在の核とマンテル中に存在するケイ素及び酸素フガシティを再現するためには、ケイ素と硫黄はそれぞれ 2.1~7.4 wt%、6.1~2.3 wt%必要であることが分かった(Mori et al., EPSL, 2017)。

A02 (公募・角野)

・金属-ケイ酸塩メルト間のアルゴン分配：

金属-ケイ酸塩メルト間のアルゴン分配実験を行い (図 3)、金属相中のアルゴンは従来の報告より 3 桁も少ない可能性を、高空間分解能のレーザー希ガス分析で明らかにした。

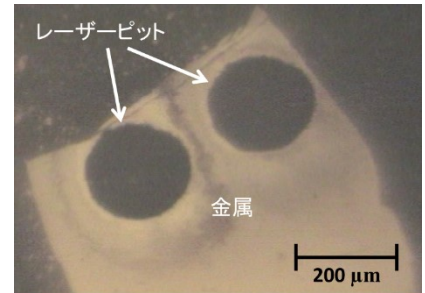


図 3 アルゴンを溶かした金属にレーザーで開けた穴

A02 (公募・新名)

・地球下部マンテルにおける融解現象：

高温発生に用いる高出力レーザー発振装置と温度決定に用いる分光測定系を統合制御するシステムを構築し、100 万気圧、7000K 程度までの領域で鉄とアルミニウムを含むブリッジマナイトの融解実験を行った。

A02 (公募・木村)

・35 億年間のマンテル化学分化：

岩石の化学組成と岩石学モデルを用い、海嶺と沈み込み帯火成作用とマンテル化学分化を検討し、35 億年間のマンテル冷却史、枯渇・富化マンテルの成因について包括的な描像を提唱した。

研究項目 A03 物理観測

A03-1 (計画・田中聡)

・下部マンテルにおけるリザーバーの提唱：A04-1 計画・ハーランドとの共同研究

組成の違いによる粘性率の違いを考慮したマンテル対流シミュレーションにより、大規模低速度領域と沈み込み帯の間に、リザーバーの可能性のある安定領域が存在することを見出した (図 4) (Ballmer et al., Nature Geo., 2017)。

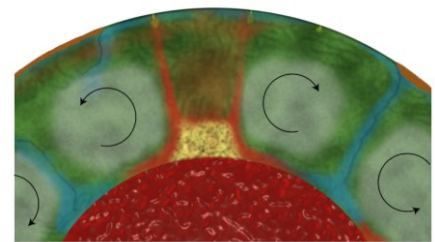


図 4 下部マンテルのリザーバーである可能性がある領域 (灰色)

・外核最下部の地震波速度勾配の解明：

外核最下部の新たな速度構造推定法を開発し日本の稠密地震観測網データに適用した結果、外核最下部で地震波勾配がわずかに小さくなることがわかった(Ohtaki and Kaneshima, JGR, 2015)。

A03-2 (計画・田中宏)

・客観的地球ニュートリノ流量の導出：

日本列島に存在する岩石種を網羅する岩石化学組成データベースを構築し、深部岩相や岩石組成などすべてを確率分布関数として表現することによって、客観的地球ニュートリノ流量を導出した。

・地球反ニュートリノ観測値の確度向上：

検出器が有する光電子増倍管の個体差の補正、データ取得効率の評価、原子炉ニュートリノスペク

トルの予想精度の向上により、世界で初めて不定性 20%を下回る地球反ニュートリノを観測した。

A03 (公募・松島)

・外核内の流れの推定方法を改良：

外核内の流れを推定するために整備された地磁気モデルを用いて外核内の流れを計算した。地磁気永年変化の相関から、流れの推定方法が改良されたことを確認した。

A03 (公募・須田)

・自由振動モード解析による核-マントル境界構造：

地球自由振動のモードごとに定まる核-マントル境界付近の構造に関するパラメータを求めるためのインバージョンを、モード間の干渉を扱いながら実行するソフトウェアを開発した。

A03 (公募・大林)

・可能な限りの広帯域地震波形データの収集及び大量データ処理：

核-マントル境界をアレイ解析の手法を使って解析するため、2009年～2015年のマグニチュード 6.0以上で震源が 100kmより深い地震のグローバル波形データの収集を完了させた。

研究項目 A04 理論計算

A04-1 (計画・土屋)

・含水鉱物の新しい高压相の発見：A01-3 計画・西との共同研究

下部マントル条件下で安定となる FeOOH の新しい高压相 (図 5) を超高压実験と第一原理計算に基づき報告し、下部マントルにおける水素の挙動を制約した (Nishi et al., Nature, 出版中)。

・下部マントル平均化学組成の特定：

第一原理計算により下部マントル主要鉱物の高温高压熱弾性特性を計算し、パイロライト組成が下部マントルの地震学波速度をよく説明できることを見出した (Wang and Tsuchiya, Nature Geo, 2015)。

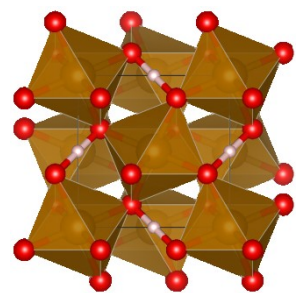


図 5 発見された FeOOH 新高压相の結晶構造 (赤：酸素、茶色：鉄、白：水素)

A04 (公募・竹広)

・外核上部安定成層の厚さ：

外核内の熱組成対流が発生可能な領域を定量的に判断する基準として、浮力による仕事率を提案し、1次元熱および組成収支モデルを用いて外核上部安定成層の厚さを見積もった。

研究項目 B01 統合解析

B01 (公募・坂巻)

・250 万気圧までの鉄の縦波速度：

X線非弾性散乱とダイヤモンドアンビル高压発生装置を組みわせることで 250 万気圧までの圧力条件下で鉄の縦波速度測定に成功し、密度と縦波速度の間の線形性を確認した。

B01 (公募・武多)

・ニュートリノ振動を用いた下部マントル中の水分量測定：

これまで用いてきた大気中で宇宙線により生成されるニュートリノに加えて、太陽から飛来するニュートリノを用いることで、測定感度を向上できることを確認した。

B01 (公募・伊藤)

・アパタイト結晶の水素拡散挙動：

水素拡散炉の開発を行い、アパタイトの C 軸に沿った水素拡散係数の決定に成功した (Higashi et al., 2017, Geochem. J.)。

5. 研究成果の公表の状況（主な論文等一覧、ホームページ、公開発表等）（5ページ以内）

本研究課題（公募研究を含む）により得られた研究成果の公表の状況（主な論文、書籍、ホームページ、主催シンポジウム等の状況）について具体的に記述してください。記述に当たっては、本研究課題により得られたものに厳に限ることとします。

- 論文の場合、新しいものから順に発表年次をさかのぼり、研究項目ごとに計画研究・公募研究の順に記載し、研究代表者には二重下線、研究分担者には一重下線、連携研究者には点線の下線を付し、corresponding author には左に*印を付してください。
- 別添の「(2) 発表論文」の融合研究論文として整理した論文については、冒頭に◎を付してください。
- 補助条件に定められたとおり、本研究課題に係り交付を受けて行った研究の成果であることを表示したもの（論文等の場合は謝辞に課題番号を含め記載したもの）について記載したもののについては、冒頭に▲を付してください（前項と重複する場合は、「◎▲・・・」と記載してください）。
- 一般向けのアウトリーチ活動を行った場合はその内容についても記述してください。

<発表論文>

研究項目 A01 物性測定

A01-1（計画・芳野） 計10件（査読有10件）

- ◎*Ohta K., Yagi T., Hirose K., Ohishi Y. (2017) Thermal conductivity of ferropicrinite in the Earth's lower mantle. **Earth Planet. Sci. Lett.**, 465, 29-37.
- ◎*Yamazaki D., Tsujino N., Yoneda A., Ito E., Yoshino T., Tange Y., Higo Y. (2017) Grain growth of epsilon-iron: Implications to grain size and its evolution in the Earth's inner core. **Earth Planet. Sci. Lett.**, 459, 238-243.
- ◎*Liu J., Lin J.F., Prakapenka V.B., Prescher C., Yoshino T. (2016) Phase relations of Fe₃C and Fe₇C₃ up to 185 GPa and 5200 K: Implication for the stability of iron carbide in the Earth's core. **Geophys. Res. Lett.**, 43, 12415-12422.
- ◎*Yoshino T., Yamazaki D., Tange Y., Higo Y. (2016) Short-period cyclic loading system for in situ X-ray observation of anelastic properties at high pressure. **Rev. Sci. Instrum.**, 87, 105106.
- ◎*Yoshino T., Kamada S., Zhao C., Ohtani E., Hirao N. (2016) Electrical conductivity model of Al-bearing bridgmanite with implications for the electrical structure of the Earth's lower mantle. **Earth Planet. Sci. Lett.**, 434, 208-219.
- ◎*Ohta K., Kuwayama Y., Hirose K., Shimizu K., Ohishi Y. (2016) Experimental determination of the electrical resistivity of iron at Earth's core conditions. **Nature**, 534, 95-98.
- ◎*Tagawa S., Ohta K., Hirose K., Kato C., Ohishi Y. (2016) Compression of Fe-Si-H alloys to core pressures. **Geophys. Res. Lett.**, 43, 3686-3692.
- ◎*Tsujino N., Nishihara Y., Yamazaki D., Seto Y., Higo Y., Takahashi E. (2016) Mantle dynamics inferred from the crystallographic preferred orientation of bridgmanite. **Nature**, 539, 81-84.
- *Nishihara Y., Matsukage K.N. (2016) Iron-titanium oxyhydroxides as water carriers in the Earth's deep mantle. **Am. Mineral.**, 101, 919-927.
- ◎*Ohta K., Ichimaru K., Einaga M., Kawaguchi S., Shimizu K., Matsuoka T., Hirao N., Ohishi Y. (2015) Phase boundary of hot dense fluid hydrogen. **Sci. Rep.**, 5, 16560.

A01-2（計画・鈴木昭） 計12件（査読有12件）

- ◎*Ohnishi S., Kuwayama Y., Inoue T. (2017) Melting relations in the MgO-MgSiO₃ system up to 70 GPa. **Phys. Chem. Minerals**, in press.
- ◎▲*Klotz S., Komatsu K., Kagi H., Kunc K., Sano-Furukawa A., Machida S., Hattori T. (2017) Bulk modulus and equation-of-state of ice VII and its extension to ice VIII. **Phys. Rev. B**, in press.
- ◎▲*Yamane R., Komatsu K., Kagi H. (2017) Development of a new Bridgman-type high pressure cell for accurate dielectric measurements. **Rev. Sci. Instrum.**, in press.
- ◎▲Maruyama K., *Kagi H., Komatsu K., Yoshino T., Nakano S. (2017) Pressure-induced phase transition of vaterite, a metastable phase of CaCO₃. **J. Raman Spectro.**, in press.
- ◎▲Watanabe M., Komatsu K., Noritake F., *Kagi H. (2017) Structural incorporation of MgCl₂ into ice VII at room temperature. **Jpn. J. Appl. Phys.**, in press.
- ◎▲*Suzuki A. (2017) Thermal equation of state of goethite (α-FeOOH). **High Press. Res.**, 37, 193-199.
- ◎▲*Fukuyama K., Ohtani E., Shibasaki Y., Kagi H., Suzuki A. (2017) Stability field of phase Egg, AlSiO₃OH, at high pressure and high temperature: a possible water reservoir in mantle transition zone. **J. Mineral. Petrol. Sci.**, 112, 31-35.
- ◎▲*Klotz S., Komatsu K., Pietrucci F., Kagi H., Ludl A.-A., Machida S., Hattori T., Sano-Furukawa A., Bove L.E. (2016) Ice VII from aqueous salt solutions: From a glass to a crystal with broken H-bonds. **Sci. Rep.**, 6, 32040.
- ◎▲*Komatsu K., Noritake F., Machida S., Sano-Furukawa A., Hattori T., Yamane R., Kagi H. (2016) Partially ordered state of ice XV. **Sci. Rep.**, 6, 28920.
- ◎*Shimoyama Y., Terasaki H., Urakawa S., Takubo Y., Kuwabara S., Kishimoto S., Watanuki T., Machida A., Katayama Y., Kondo T. (2016) Thermoelastic properties of liquid Fe-C revealed by sound velocity and density measurements at high pressure. **J. Geophys. Res.**, 121, 7984-7995.
- ◎*Nishida K., Suzuki A., Terasaki H., Shibasaki Y., Higo Y., Kuwabara S., Shimoyama Y., Sakurai M., Ushioda M., Takahashi E., Kikegawa T., Wakabayashi D., Funamori N. (2016) Towards a consensus on the pressure and composition dependence of sound velocity in the liquid Fe-S system. **Phys. Earth Planet. Inter.**, 257, 230-239.
- ◎▲*Suzuki A. (2016) Pressure-volume-temperature equation of state of ε-FeOOH to 11 GPa and 700 K. **J. Mineral. Petrol. Sci.**, 111, 420-424.

A01-3 (計画・入船) 計 11 件 (査読有 11 件)

1. ◎▲*Kimura T., Ohfuji H., Nishi M., Irifune T. (2017) Melting temperatures of MgO under high pressure by micro-texture analysis. **Nature Comm.**, 印刷中
2. ◎▲Nomura R., Azuma S., Uesugi K., Nakashima Y., Irifune T., 他 4 名 (2017) High-pressure rotational deformation apparatus to 135 GPa. **Rev. Sci. Instr.**, 88, 044501.
3. *Yamazaki D., Tsujino N., Yoneda A., Ito E., Yoshino T., Tange Y., Higo, Y. (2017) Grain growth of ϵ -iron: Implications to grain size and its evolution in the Earth's inner core. **Earth Planet. Sci. Lett.**, 459, 238-243.
4. *Liu Z., Irifune T., Nishi M., Tange Y., Arimoto T., Shinmei T. (2016) Phase relations in the system MgSiO₃-Al₂O₃ to 52 GPa and 2000K. **Phys. Earth Planet. Inter.**, 257, 18-27.
5. ◎*Ishimatsu N., Kawamura N., Mizumaki M., Maruyama H., Sumiya H., Irifune T. (2016) Applications of nano-polycrystalline diamond anvils to X-ray absorption spectroscopy under high pressure. **High Press. Res.**, 36, 381-390.
6. ◎▲*Irifune T., Kawakami K., Arimoto T., Ohfuji H., Kunimoto T., Shinmei T. (2016) Pressure-induced nano-crystallization of silicate garnets from glass. **Nature Comm.**, 7, 13753.
7. ◎*Dewaele A., Worth N., Pickard C.J., Needs R.J., Pascarelli S., Mathon O., Mezouar M., Irifune T. (2016) Xenon oxides under pressure. **Nature Chem.**, 8, 784-90.
8. ◎▲Kunimoto T., *Irifune T., Tange Y., Wada K. (2016) Pressure generation to 50 GPa in Kawai-type multianvil apparatus using newly developed tungsten carbide anvils. **High Press. Res.**, 36, 97-104.
9. ◎*Gasc J., Wang Y., Yu T., Benea I.C., Rosczyk B.R., Shinmei T., Irifune T. (2015) High-pressure, high-temperature plastic deformation of sintered diamonds. **Diam. Relat. Mater.**, 59, 95-103.
10. ◎*Iitaka T., Fukui H., Li Z., Hiraoka N., Irifune T. (2015) Pressure-induced dissociation of water molecules in ice VII. **Sci. Rep.**, 5, 12551.
11. *Bindi L., Nishi M., Irifune T. (2015) Partition of Al between phase D and phase H at high pressure: Results from a simultaneous structure refinement of the two phases coexisting in an unique grain. **Am. Mineral.**, 100, 1637-1640.

A01 (公募・尾崎) 計 5 件 (査読有 5 件)

1. *Grum-Grzhimailo A.N., Pikuz T., Faenov A., Matsuoka T., Ozaki N., 他 9 名 (2017) On the size of the secondary electron cloud in crystals irradiated by hard X-ray photons. **Eur. Phys. J. D**, 71, 1-6.
2. *Hartley N.J., Ozaki N., 他 22 名 (2017) Ultrafast lattice dynamics in laser-irradiated good foils. **Appl. Phys. Lett.**, 110, 071905.
3. ◎*Sekine T., Ozaki N., 他 10 名 (2016) Shock Compression Response of Forsterite above 250 GPa. **Sci. Adv.**, 2, e1600157.
4. *Denoed A., Ozaki N., 他 19 名 (2016) Dynamic X-ray diffraction observation of shocked solid iron up to 170 GPa. **PNAS**, 113, 7745-7749.
5. *Ozaki N., 他 11 名 (2016) Dynamic compression of dense oxide (Gd₃Ga₅O₁₂) from 0.4 to 2.6 TPa: Universal Hugoniot of fluid metals. **Sci. Rep.**, 6, 26000.

A01 (公募・大内) 計 1 件 (査読有 1 件)

1. Kawazoe T., Nishihara Y., Ohuchi T., 他 5 名 (2016) Creep strength of ringwoodite measured at pressure-temperature conditions of the lower part of the mantle transition zone using a deformation-DIA apparatus. **Earth Planet. Sci. Lett.**, 454, 10-19.

研究項目 A02 化学分析**A02-1 (計画・鈴木勝)** 計 10 件 (査読有 10 件)

1. *鈴木勝彦, 賞雅朝子, 渡慶次聡 (2017) 地球の初期進化と核-マントル相互作用. **地球化学**, 51, 29-44.
2. *Senda R., Shimizu K., Suzuki K. (2016) Ancient depleted mantle as a source of boninites in the Izu-Bonin-Mariana arc: Evidence from Os isotopes in Cr-spinel and magnetite. **Chem. Geol.**, 439, 110-119.
3. ▲*Pinti D.L., Ishida A., Takahata N., Sano Y., Bureau H., Cartigny P. (2016) Micron-scale $\delta^{13}\text{C}$ determination by NanoSIMS in a Juina diamond with a carbonate inclusion. **Geochem. J.**, 50, e7-e12.
4. ▲Ooki M., Kagoshima T., Takahata N., Ishibashi J., Lan T., Guo Z., *Sano Y. (2016) Volatile element isotopes of submarine hydrothermal mineral deposits in the Western Pacific. **Geochem. Geophys. Geosys.**, 17, GC006360.
5. *Kato C., Hirose K., Nomura R., Ballmer M.D., Miyake A., Ohishi Y. (2016) Melting in the FeO-SiO₂ system to deep lower-mantle pressures: Implications for subducted Banded Iron Formations. **Earth Planet. Sci. Lett.**, 440, 56-61.
6. *Nomura R., Uesugi K. (2016) High-pressure in situ X-ray laminography using diamond anvil cell. **Rev. Sci Instr.**, 87, 046105.
7. ◎▲*Sekine Y., Shibuya T., Postberg F., Hsu H.-W., Suzuki K., 他 7 名 (2015) High-temperature water-rock interactions and hydrothermal environments in the chondrite-like core of Enceladus. **Nature Comm.**, 6, 1-8.
8. ◎*Shibuya T., Yoshizaki M., Sato M., Shimizu K., Nakamura K., Omori S., Suzuki K., 他 3 名 (2015) Hydrogen-rich hydrothermal environments in the Hadean ocean inferred from serpentinization of komatiites at 300 °C and 500 bar. **Prog. Earth Planet. Sci.**, 2, 46.
9. *Tejada M.L.G., Shimizu K., Suzuki K., Hanyu T., Sano T., Nakanishi M., Nakai S., Ishikawa A., 他 5 名 (2015) Isotopic evidence for a link between the Lyra Basin and Ontong Java Plateau. **The Origin Evolution, and Environmental Impact of Oceanic Large Igneous Provinces. Geol. Soc. America Special Papers**, 511, 251-269.
10. *Sugitani K., Mimura K., Takeuchi M., Yamaguchi K., Suzuki K., 他 4 名 (2015) A Paleoproterozoic coastal hydrothermal field inhabited by diverse microbial communities: the Strelley Pool Formation, Pilbara Craton, Western Australia. **Geobiol.**, 13, 522-545.

A02-2 (計画・Satish) 計 9 件 (査読有 9 件)

1. ©*Maeda F., Ohtani E., Kamada S., Sakamaki T., Hirao N., Ohishi Y. (2017) Diamond formation in the deep lower mantle: a high-pressure reaction of MgCO₃ and SiO₂. **Sci. Rep.**, 7, 40602.
2. ©*Nakamura Y., Yoshino T., Satish-Kumar M. (2017) An experimental kinetic study on the structural evolution of natural carbonaceous material to graphite. **Am. Mineral.**, 102, 135–148.
3. Mori Y., Ozawa H., *Hirose K., Sinmyo R., Tateno S., Morard G., Ohishi Y. (2017) Melting experiments on Fe-Fe₃S system to 254 GPa. **Earth Planet. Sci. Lett.**, 464, 135-141.
4. ©*Fukui H., Yoneda A., Nakatsuka A., Tsujino N., Kamada S., Ohtani E., Shatskiy A., Hirao N., Tsutsui S., Uchiyama H., Baron A.Q.R. (2016) Effect of cation substitution on bridgmanite elasticity: A key to interpret seismic anomalies in the lower mantle. **Sci. Rep.**, 6, 33337.
5. ©*Sakamaki T., Ohtani E., Fukui H., Kamada S., Takahashi S., Sakairi T., Takahata A., Sakai T., Tsutsui S., Ishikawa D., Shiraishi R., Seto Y., Tsuchiya T., Baron A.Q.R. (2016) Constraints on Earth's inner core composition inferred from measurements of the sound velocity of hcp-iron in extreme conditions. **Sci. Adv.**, 2, e1500802.
6. ©*Yoshino T., Kamada S., Zhao C., Ohtani E., Hirao N. (2016) Electrical conductivity model of Al-bearing bridgmanite with implications for the electrical structure of the Earth's lower mantle. **Earth Planet. Sci. Lett.**, 434, 208-219.
7. ©*Nakajima Y., Imada S., Hirose K., Komabayashi T., Ozawa H., Tateno S., Tsutsui S., Kuwayama Y., Baron A.Q.R. (2015) Carbon-depleted outer core revealed by sound velocity measurements of liquid iron-carbon alloy. **Nature Comm.**, 6, 8942.
8. ©*Tateno S., Kuwayama Y., Hirose K., Ohishi Y. (2015) The structure of Fe-Si alloy in Earth's inner core. **Earth Planet. Sci. Lett.**, 418, 11-19.
9. ©*Ohtani E., Mibe K., Sakamaki T., Kamada S., Takahashi S., Fukui H., Tsutsui S., Baron A.Q.R. (2015) Sound velocity measurement by inelastic X-ray scattering at high pressure and temperature by resistive heating diamond anvil cell, **Russian Geol. Geophys.**, 56, 190-195.

A02 (公募・新名) 計 3 件 (査読有 3 件)

1. *Sinmyo R., McCammon C., Dubrovinsky L. (2017) The spin state of Fe³⁺ in lower mantle bridgmanite. **Am. Mineral.**, 印刷中.
2. *Sinmyo R., Keppler H. (2017) Electrical conductivity of NaCl-bearing aqueous fluids to 600 °C and 1 GPa. **Contrib. Mineral. Petrol.**, 172, 4.
3. *Sinmyo R., 他 6 名 (2016) Discovery of Fe₇O₉: a new iron oxide with a complex monoclinic structure. **Sci. Rep.**, 6, 32852.

A02 (公募・木村) 計 3 件 (査読有 3 件)

1. *Kimura J.-I., Ohki K., Chang Q. (2017) Homogenised beam 266-nm femtosecond laser ablation for isotopic and elemental microanalyses using inductively coupled plasma mass. **J. Anal. Atom. Spect.**, 2017, 印刷中.
2. ©▲*Kimura J.-I., Gill J.B., van Keken P.E., Kawabata H., Skora S. (2017) Origin of geochemical mantle components: Roles of ocean ridges and thermal evolution of mantle. **Geochem. Geophys. Geosys.**, 18, 697-734.
3. ©*Kimura J.-I., Gill J.B., Skora S., van Keken P.E., Kawabata H. (2016) Origin of geochemical mantle components: Roles of subduction filter. **Geochem. Geophys. Geosys.**, 17, 3289-3325.

研究項目 A03 物理観測

A03-1 (計画・田中聡) 計 12 件 (査読有 12 件)

1. ©Hirose K., Morard G., Sinmyo R., Umemoto K., Hernlund J., *Helffrich G., Labrosse S. (2017) Crystallization of silicon dioxide and compositional evolution of the Earth's core. **Nature**, 543, 99-102.
2. ©▲*Ballmer M.D., Houser C., Hernlund J.W., Wentzcovitch R.M., Hirose K. (2016) Persistence of strong silica-enriched domains in the Earth's lower mantle. **Nature Geo.**, 10, 236-241.
3. ▲*Takeuchi N. (2016) Differential Monte Carlo method for computing seismogram envelopes and their partial derivatives. **J. Geophys. Res., Solid Earth**, 121, 3428–3444.
4. *Houser C. (2016) Global seismic data reveal little water in the mantle transition zone. **Earth Planet. Sci. Lett.**, 448, 94-101.
5. Borgeaud A.F.E., Konishi K., *Kawai K., Geller R.J. (2016) Finite frequency effects on apparent S-wave splitting in the D'' layer: Comparison between ray theory and full-wave synthetics. **Geophys. J. Int.**, 207, 12-28.
6. ▲Suzuki Y., *Kawai K., Konishi K., Borgeaud A.F.E., Geller R.J. (2016) Waveform inversion for 3-D S-velocity structure of D'' beneath the Northern Pacific: possible evidence for a remnant slab and a passive plume. **Earth, Planets, Space**, 68, 198.
7. *Kawakatsu H. (2016a) A new fifth parameter for transverse isotropy. **Geophys. J. Int.**, 204, 682-685.
8. *Kawakatsu H. (2016b) A new fifth parameter for transverse isotropy II: partial derivatives. **Geophys. J. Int.**, 206, 360-367.
9. ▲Yukutake T., *Shimizu H. (2016) On the latitude dependence of drift velocity of the geomagnetic main field and its secular variation. **Phys. Earth Planet. Int.**, 257, 28-39.
10. Yukutake T., *Shimizu H. (2015) Drifting and standing fields in the geomagnetic field for the past 400 years. **Phys. Earth Planet. Inter.**, 248, 63-72.
11. ▲*Tanaka S., Tkalcic H. (2015) Complex inner core boundary from frequency characteristics of the reflection coefficients of PKiKP waves observed by Hi-net. **Progress Earth Planet. Sci.**, 2, 34.
12. ▲*Ohtaki T., Kaneshima S. (2015) Independent estimate of velocity structure of Earth's lowermost outer core beneath the northeast Pacific from PKiKP-PKPbc differential traveltime and dispersion in PKPbc. **J. Geophys. Res. Solid Earth**, 120, 7572-7586.

A03-2 (計画・田中宏) 計 8 件 (査読有 8 件)

1. ▲*Iizuka T., Yamaguchi T., Itano K., Hibiya Y., Suzuki K. (2017) What Hf isotope isotopes in zircon tell us about crust-mantle evolution. **Lithos**, 274-275, 304-327.
2. ◎▲田中宏幸 (2016) ニュートリノを用いた地球内部のイメージング. **地学雑誌**, 125, 647-659.
3. ▲*Iwamori H., 他 6 名 (2016) Classification of geochemical data based on multivariate statistical analyses: Complementary roles of cluster, principal component, and independent component analyses. **Geochem. Geophys. Geosyst.**, 18, 994-1012.
4. *Ueki K., Iwamori H. (2016) Density and seismic velocity of hydrous melts at crustal and upper mantle conditions. **Geochem. Geophys. Geosyst.**, 17, 1799-1814.
5. *Gando A., Ikeda H. (6 番目), Inoue K. (7 番目), Koga M. (11 番目), Shimizu I. (19 番目), Watanabe H. (26 番目), Enomoto S. (43 番目), 他 37 名 (2016) Search for double-beta decay of ^{136}Xe to excited states of ^{136}Ba with the KamLAND-Zen experiment. **Nucl. Phys. A**, 946, 171-181.
6. Ikeda H. (6 番目), Inoue K. (7 番目), Koga M. (10 番目), *Shimizu I. (17 番目), Watanabe H. (25 番目), Enomoto S. (40 番目), 他 35 名 (2016) Search for Majorana neutrino near the inverted mass hierarchy region with KamLAND-Zen. **Phys. Rev. Lett.**, 117, 082503.
7. Ikeda H. (6 番目), Inoue K. (7 番目), Koga M. (11 番目), *Shimizu I. (20 番目), Watanabe H. (27 番目), Enomoto S. (53 番目), 他 48 名 (2015) Search for the proton decay mode $p \rightarrow \nu K^+$ with KamLAND. **Phys. Rev. D**, 92, 052006.
8. ◎*Shimizu I. (2015) Past and present experiments of Geoneutrinos. **Phys. Procedia**, 61, 355-358.

A03 (公募・大林) 計 1 件 (査読有 1 件)

1. *Obayashi M., 他 7 名 (2016) Mantle plumes beneath the South Pacific superswell revealed by finite frequency P tomography using regional seafloor and island data. **Geophys. Res. Lett.**, 43, 11628-11634.

研究項目 A04 理論計算

A04-1 (計画・土屋) 計 11 件 (査読有 11 件)

1. ◎▲Nishi M., Kuwayama Y., Tsuchiya J., Tsuchiya T. (2017) The pyrite-type high-pressure form of FeOOH. **Nature**, 印刷中
2. ◎▲*Dekura H., Tsuchiya T. (2017) Ab initio lattice thermal conductivity of MgO using a full solution to the linearized Boltzmann transport equation. **Phys. Rev. B**, 95, 184303.
3. *Miyagoshi T., Kameyama M., Ogawa M. (2017) Extremely long transition phase of thermal convection in the mantle of massive super-Earths. **Earth, Planets, Space**, 69, 49.
4. ◎*Townsend J.P., Tsuchiya J., Bina C.R., Jacobsen S.D. (2016) Water partitioning between bridgmanite and postperovskite in the lowermost mantle. **Earth Planet. Sci. Lett.**, 454, 20-27.
5. ◎▲*Ichikawa H., Tsuchiya T. (2015) Atomic transport property of Fe-O liquid alloys in the Earth's outer core P,T condition. **Phys. Earth Planet. Int.**, 247, 27-35.
6. ◎*Sakai T., Dekura H., Hirao N. (2015) Experimental and theoretical thermal equations of state of MgSiO₃ post-perovskite at multimegabar pressures. **Sci. Rep.**, 6, 22652.
7. *Ballmer M.D., Schmerr N.C., Nakagawa T., Ritsema J. (2015) Compositional mantle layering revealed by slab stagnation at ~1000 km depth. **Sci. Adv.**, 1, e1500815.
8. *Nakagawa T., Tackley P.J. (2015) Influence of plate tectonic mode on the coupled thermochemical evolution of Earth's mantle and core. **Geochem. Geophys. Geosyst.**, 16, 3400-3413.
9. *Nakagawa T. (2015) An implication for the origin of stratification below the core-mantle boundary region in numerical dynamo simulations in a rotating spherical shell. **Phys. Earth Planet. Int.**, 247, 94-104.
10. ▲*Tsuchiya J., Mookherjee M. (2015) Crystal structure, equation of state, and elasticity of phase H (MgSiO₄H₂) at Earth's lower mantle pressures. **Sci. Rep.**, 5, 15534.
11. ◎*Wang X., *Tsuchiya T., Hase A. (2015) Computational support for a pyrolytic lower mantle containing ferric iron. **Nature Geo.**, 8, 556-559.

研究項目 B01 統合解析

B01 (公募・坂巻) 計 4 件 (査読有 4 件)

1. ◎*坂巻竜也 (2017) 高圧下でのマグマ物性：地球深部でのマグマの挙動解明. **岩石鉱物科学**, 46, 30-34.
2. Sakairi T., *Ohtani E., Kamada S., Sakai T., Sakamaki T., Hirao N. (2017) Melting relations in the Fe-S-Si system at high pressure and temperature: Implications for the planetary core. **Prog. Earth Planet. Sci.**, 4, 10.
3. ◎Hamada M., *Kamada S., Ohtani E., Mitsui T., Masuda R., Sakamaki T., Suzuki N., Maeda F., Akasaka M. (2016) Magnetic and spin transitions in wüstite: A synchrotron Mössbauer spectroscopic study. **Phys. Rev. B**, 93, 155165.
4. *Shibasaki Y., Nishida K., Higo Y., Igarashi M., Tahara M., Sakamaki T., Terasaki H., Shimoyama Y., Kuwabara S., Takubo Y., Ohtani E. (2016) Compressional and shear wave velocities for polycrystalline bcc-Fe up to 6.3 GPa and 800 K. **Am. Mineral.**, 101, 1150-1160.

B01 (公募・伊藤) 計 4 件 (査読有 4 件)

1. *Kawasaki N., Itoh S., Sakamoto N., Yurimoto H. (2017) Chronological study of oxygen isotope composition for the solar protoplanetary disk recorded in a fluffy Type A CAI from Vigarano. **Geochim. Cosmochim. Acta.**, 201, 83-102.
2. *Greenwood J.P., Sakamoto N., Itoh S., Warren H.P., Singer J.A., Yanai K., Yurimoto H. (2017) The lunar magma ocean volatile signature recorded in chlorine-rich glasses in KREEP basalts 15382 and 15386. **Geochem. J.**, 51, 105-114.
3. *Singer J.A., Greenwood J.P., Itoh S., Sakamoto N., Yurimoto H. (2017) Evidence for the solar wind in lunar magmas: A study of slowly cooled samples of the Apollo 12 olivine basalt suite. **Geochem. J.**, 51, 95-104.
4. *Higashi Y., Itoh S., Hashiguchi M., Watanabe K., Sakata S., Hirata T., Sakaguchi I. (2017) Hydrogen diffusion in the apatite-water system: fluorapatite parallel to the c-axis. **Geochem. J.**, 51, 115-122.

<書籍>

1. ©*Tsuchiya T. (2017) Van der Waals Force. In *Encyclopedia of Geochemistry* (ed. White W.M., Springer, 2017).
2. *Watanabe H. (2017) KamLAND geo-neutrino results. In *Geo-neutrinos* (ed. Ludhova L., Open Academic Press).
3. *Helffrich G. (2016) Ground Truth: Seismological properties of the core. In *Deep Earth: Physics and Chemistry of the Lower Mantle and Core* (eds. Terasaki H., Fischer R., AGU Monographs) pp. 113-120.
4. ©▲*Tsuchiya T., Kawai K., Wang X., Ichikawa H., Dekura H. (2016) Temperature of the lower mantle and core based on ab initio mineral physics data. In *Deep Earth: Physics and Chemistry of the Lower Mantle and Core* (eds. Terasaki H., Fischer R., AGU Monograph) pp. 13-30.
5. ©*Hernlund J.W., McNamara A.K. (2015) The core-mantle boundary region. In *Treatise on Geophysics (Second Edition)* vol. 7 (ed. Schubert G., Elsevier) pp. 461-519.
6. ©*Irifune T., Tsuchiya T. (2015) Phase transitions and mineralogy of the lower mantle. In *Treatise on Geophysics (Second Edition)* vol. 2 (ed. Schubert G., Elsevier) pp. 33-60.
7. ©*Kawai K., Tsuchiya T. (2015) Elasticity of continental crust around the mantle transition zone. In *The Earth's Heterogeneous Mantle* (eds. Khan A. and Deschamps F., Springer) pp. 259-274.

<ホームページ・新聞等>

1. 土屋卓久、入船徹男「地球惑星科学連合愛媛大2氏 入船氏にフェロー称号 土屋教授には西田賞」愛媛新聞(総合)(2017年4月11日)
2. 飯塚理子「鉄に水素が溶解 様子観察に成功 地球形成の謎に手がかり 東大の飯塚助教(元愛媛大)ら」愛媛新聞(総合)(2017年1月14日)
3. 入船徹男「透明ナノ多結晶ガーネット 世界初 愛媛大チームが合成」科学新聞(2016年12月16日)
4. 入船徹男「硬く透明なガーネット合成 光学機器へ応用も、愛媛大」読売新聞(地域)(2016年12月8日)
5. 西原遊「地球内部に最も多いブリッジマナイトの結晶選択配向の決定、沈み込んでいくプレートの流れる方向を解明〜火山や地震に影響を与えるマントルダイナミクスの解明に前進〜」神戸新聞(2016年10月18日)
6. 太田健二「地球の中心部・内核の形成開始年代は約7億年前 東工大などの研究チームが超高压高温実験で決定」愛媛新聞(総合)(2016年6月10日)
7. 土屋卓久「地球深部の実体に迫る マントル岩石比率導く 土屋卓久教授 高度な理論計算成功」愛媛新聞(2016年1月1日)
8. 入船徹男「欧州の国際賞「ブンゼン・メダル」愛大入船教授に 「ヒメダイヤ」高く評価」毎日新聞(愛媛)(2015年11月19日)
9. 土屋旬「地球深部に水を運ぶ鉱物 愛媛大 H 相の性質明らかに 水の循環経路決定の可能性も」科学新聞(2015年11月13日)
10. 土屋卓久「知の拠点セミナー 地球深部の理解はどこまで進んでいるのか」読売新聞ホームページ(2015年11月12日)
11. 土屋旬「地球深部の含水鉱物 結晶構造など解明 愛媛大准教授ら国際チーム 水の循環調査へ手掛かり」愛媛新聞(総合)(2015年11月2日)
12. 領域ホームページ、<http://core-mantle.jp/>

<主催シンポジウムの状況>

1. キックオフシンポジウム(2015年8月7~8月8日)愛媛大(参加者75名)
2. 国際シンポジウム「The Earth's Mantle and Core: Structure, Composition, Evolution」(2015年11月4日~11月7日)松山市道後温泉(参加者80名)
3. 平成27年度成果発表会(2016年3月28日~3月29日)東京大(参加者70名)
4. サマースクール「Using Particle Physics to Understand and Image the Earth」(2016年7月11~7月21日)Gran Sasso Science Institute, L'Aquila, Italy(参加者44名)
5. 国際シンポジウム「The 2016 International Conference on the Earth's Deep Interior」(2016年11月4日~11月6日)武漢、中国(参加者120名)
6. ウィンタースクール「Origin and Evolution of Deep Primordial Reservoirs」(2017年1月9日~1月12日)群馬県草津温泉(参加者48名)
7. 平成29年度成果発表会(2017年3月26日~3月28日)JAMSTEC 横浜研究所(参加者91名)

<アウトリーチ活動>

(一般公演)

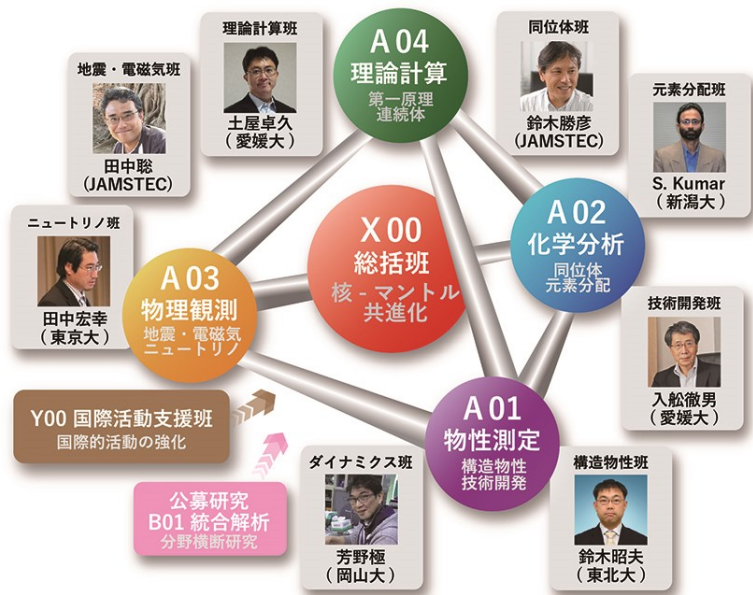
1. 土屋卓久「地球中心にはどのような物質があるのか?」第55回玉城嘉十郎教授記念公開学術講演会 一明らかにされる太陽系と地球深部の固体物質一(2016年12月6日)京都大
2. 土屋卓久「地球深部の理解はどこまで進んでいるのか」愛媛大 GRC・東大地震研協定記念講演会(2016年4月29日)愛媛大
3. 土屋卓久「地球深部の理解はどこまで進んでいるのか」知の拠点セミナー(2015年11月12日)京都大東京オフィス(サイエンスカフェ)
1. 芳野極「地球内部に水は存在するのか?」(2016年10月25日)岡山大学(模擬実験授業)
4. 入船徹男「ヒメダイヤ VS 単結晶対決」JpGU-AGU Joint Meeting(2017年5月20日、21日)幕張メッセ(解説記事)
5. ©*土屋卓久(2017) 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~, *JGL*, 13, 12-14.
6. ©*土屋卓久(2016) 鉱物物性シミュレーションから探る地球深部ダイナミクス, *化学と工業*, 69, 452-454.

6. 研究組織（公募研究を含む）と各研究項目の連携状況（2 ページ以内）

領域内の計画研究及び公募研究を含んだ研究組織と領域において設定している各研究項目との関係を記述し、研究組織間の連携状況について組織図や図表などを用いて具体的かつ明確に記述してください。

1) 領域内の研究組織

本領域は、物性測定（A01）、化学分析（A02）、物理観測（A03）、理論計算（A04）に分野横断型公募研究からなる統合解析（B01）を加えた5つの研究項目からなる。研究項目A01では、核とマントルの構造と動的挙動を支配する実験データを収集する。研究項目A02では、マントル由来物質の分析により核-マントル間の元素分配や同位体分別を制約するとともに、A01及びA03で得られた試料の微小領域分析も受け持つ。研究項目A03では、核とマントルにおける動的挙動に関する実証的なデータの取得を目指す。一方、研究項目A04を戦略概念図に示す四面体の頂上に置き、A01、A02、A03で得られたデータを第一原理計算や連続体シミュレーションにより解釈・モデル化するとともに、物性値・元素の挙動・深部構造に関する実験や観測に指針を与える。研究項目B01は、A01からA04を横断する研究をこれらと連携して実施する。総括班（X00）と国際活動支援班（Y00）は領域全体の統括と国際連携を共同して推進する。最終的には、これらが連携し核-マントル間の相互作用ならびに共進化過程の解明を通じ、動的・統合的地球深部科学の創成を目指す。



これらの研究項目は複数の計画研究により構成されており、A01にはダイナミクス班（A01-1）、構造物性班（A01-2）、技術開発班（A01-3）、A02には同位体班（A02-1）、元素分配班（A02-2）、A03には地震・電磁気班（A03-1）及びニュートリノ班（A03-2）、A04には理論計算班（A04-1）、の計8つの計画研究が設定されている。これらに加えA01からA04の研究項目に属し計画研究を補完する9件と、複数分野にまたがって研究を行う研究項目B01統合解析に属する3件の計12の公募研究が採択された。本領域は、平成29年5月末時点において研究代表者、分担者及び連携研究者の総数はのべ77名を擁する、地球深部科学におけるオールジャパン体制の研究プロジェクトである。

これら5つの研究項目は複数の計画研究により構成されており、A01にはダイナミクス班（A01-1）、構造物性班（A01-2）、技術開発班（A01-3）、A02には同位体班（A02-1）、元素分配班（A02-2）、A03には地震・電磁気班（A03-1）及びニュートリノ班（A03-2）、A04には理論計算班（A04-1）、の計8つの計画研究が設定されている。これらに加えA01からA04の研究項目に属し計画研究を補完する9件と、複数分野にまたがって研究を行う研究項目B01統合解析に属する3件の計12の公募研究が採択された。本領域は、平成29年5月末時点において研究代表者、分担者及び連携研究者の総数はのべ77名を擁する、地球深部科学におけるオールジャパン体制の研究プロジェクトである。

2) 研究組織間の連携状況

地球深部科学の発展において高圧実験、地球物理学的観測及び連続体シミュレーションが重要な役割を担ってきたが、この枠組みのみでは本領域が掲げる研究目標である核-マントルの相互作用と共進化を解くことは困難である。国際的に極めてインパクトの高いブレークスルーをもたらすには、新たな研究基軸を従来の研究手法と融合させ、統合的な学術領域を創成することが必要である。そこで本領域では、従来の上記3つの手法に①精密測定から地球内部の微量元素挙動に制約を与える地球化学と②地球中心部まで見通すことができる新たなニュートリノ観測を加え、③これら極端条件下での物性研究を第一原理計算に基づく高精度理論計算が牽引するという従来の地球深部科学にはなかった新たな研究体制を構築した。

地球科学の異なる複数の分野を結集した新たな連携は本領域開始とともに速やかに開始され、現在期待以上の展開を見せつつある。例えば、日本地球惑星科学連合の年会において本領域が開催を始めた特別セッションでは、領域開始後1回目の平成28年の際には45件の発表件数だったものが、2回目の平成29年には88件と倍増し、学会内で最大規模のセッションとなった。このことは領域が掲げ

る研究テーマが領域内のみならず領域外にも広く認知され、多くの研究者から注目されていることを端的に示す例であるといえるが、特に第1回と第2回の特別セッションにおける発表の種類を比較すると、特に本領域において新たに設定された研究組織を活用した分野横断型の共同研究による成果発表が増加しており、本領域の研究方針に従い分野間連携が大きく活性化していることが明確に見て取れる。共同研究件数に関しても同様の傾向がみられ、平成27年度は計189件だった共同研究数が、平成28年度には208件に増加している。これらの結果は融合研究論文数の変化にも顕著に表れている。領域が発足した平成27年度にはのべ11件だったが、平成28年度にはのべ68件と大幅に増加しており、共同研究が活発化し新たな研究領域の開拓が大きく進展している。

研究面での連携状況の具体例としては、以下のようなものがある。研究計画A01-3技術開発班では、焼結ダイヤモンドアンビルを用いた実験技術の開発を計画研究A01-1ダイナミクス班のメンバーと連携して行った。また合成したナノ多結晶ダイヤモンドを計画研究A02-2構造物性班のメンバーに提供し、回転ダイヤモンドアンビル装置による核-マントル境界領域での変形実験を可能にした(入船・野村)。またこのナノ多結晶ダイヤモンドは計画研究A02-1同位体班においては炭素同位体分析のスタンダードとして利用されている(入船・Satish)。さらにこの技術開発班と同位体班は経費を分担して博士研究員1名も雇用しており、研究項目をまたぐ共同研究を活発に進めている。

我が国の大型量子ビーム実験施設における支援や共同研究も活発に行われている。例えば、構造物性班が中心となって運営している高エネルギー研ビームラインの装置に、ダイナミクス班が新たな変形実験装置(D111)を導入した。国際活動支援班の支援のもとユニバーシティ・カレッジ・ロンドンの研究者らの協力も得て、この装置を用い従来は不可能であった下部マントル条件下における変形実験に成功した(西原・山崎ら)。同様に構造物性班及び同位体班メンバーが運営するJ-PARCビームラインにおいて、他の計画研究や公募研究が行う実験のサポートが行われており、例えば高压合成したマントル鉱物中の水の構造特性の測定がJ-PARCの佐野らにより、同位体分配の測定が公募研究の伊藤らにより共同して行われている。SPRING-8においてもダイナミクス班、構造物性班、技術開発班、公募研究が連携した研究が多数推進されている。

また、研究計画A04-1理論計算班では、高精度数値計算に基づき実験研究に対しては予察や検証の提供、また観測研究に対しては観測結果の解釈を行っており、他班との連携が定常的に行われている。例えば技術開発班との連携による下部マントル領域における鉄系含水鉱物の新たな相転移の発見(土屋・西ら)や、地震・電磁気班との連携による始原物質リザーバーを説明する新たなマントル流動モデルの提案(ハーホルンド・ハウザーら)など、本領域が全体としてすすめる研究において中核をなす重要な成果がすでに複数得られている。これらはNature誌やNature Geo.誌にて公表済み或いは掲載決定となっており、本領域における分野間連携の成果がすでに地球深部科学において世界的に高いインパクトを与えていることを示している。他の計画研究や公募研究においても新たな組織間連携の芽が続々と生まれており、本領域が掲げる統合的地球深部科学の創成という目的に向け、稠密な連携ネットワークを活用した活発な共同研究が着実に進展している。

本領域では、教育面においても分野間或いは組織間連携を深めて特色ある人材の育成にも注力している。例えば各研究分野から世界を代表する研究者を講師に招き、分野の異なる学生や若手研究者に対し高度先端教育を提供するスクールをこれまで複数回開催した。いずれも参加した受講生から高い評価が得られ、その結果自然発生的に領域内に若手の会が発足する運びとなった。また領域全体の成果発表会以外にも必要に応じて合同班会議を開催し、研究計画間の情報交換を活発に行っている。その他、平成28年度採択の新学術領域「スロー地震学」とともに一般普及講演会を開催するなど、関連する他の領域との領域間連携にも取り組んでいる。

7. 若手研究者の育成に係る取組状況（1 ページ以内）

領域内の若手研究者の育成に係る取組状況について記述してください。

本領域は、高圧地球科学や地震学、地球電磁気学を中心とした従来の地球深部科学の研究者に加え、地球化学や素粒子物理学、計算物理学といった複数分野の研究者が新たに連携する異分野融合型の組織である。複数分野を横断する研究プロジェクトから新しい統合的地球科学の創成を目指す本領域の方針を長期的に発展させるには、従来の地球深部科学分野の枠に縛られず、新たな分野を切り拓くことに積極的な若手研究者の育成が重要であると考えている。このような観点のもと本領域においては様々な教育プログラムを準備し、国際的・学際的な研究推進との相乗効果により、幅広い視野を持つ次世代を担う人材育成の取り組みを行っている。

具体的には海外著名研究者を招いた国際レクチャー及び国際セミナー、夏の学校、冬の学校の開催、各分野の拠点施設における先端技術インターンシップの実施、主要学会における領域セッションや年度末に行う領域成果発表会での成果発表機会の提供、若手の会の組織化などがある。国際レクチャーはこれまで計 3 回、国際セミナーは計 10 回行っており、特に国際レクチャーでは領域全体に対し分野の異なる若手研究者の積極的な参加を広く呼び掛け、基礎から最先端の応用まで数日間をかけて集中講義形式で講義を開催して先端教育を行った。さらにこれらとは別に平成 28 年 7 月には、素粒子物理学と地球化学、高圧地球科学が連携したサマースクールをヨーロッパのコミュニティーと共同してイタリア・ラクイラにおいて開催、また平成 29 年 1 月には、領域が主催して高圧地球科学、地震学、地球化学、地球力学の世界的権威を海外から招き、地球深部の不均質と始原物質をテーマとしたウィンタースクールを群馬県草津温泉において約一週間にわたり開催した。国際活動支援班とも協力し、サマースクールでは領域代表を含む 2 名の講師、および 3 名の受講生を領域から派遣した一方、ウィンタースクールでは国内外から受講者を募り選抜を行った結果、国内から 29 名、アメリカから 6 名、ヨーロッパから 5 名、合計 40 名を受け入れ、領域内のみならず領域外の若手研究者に対しても先端教育の機会を提供した。特に異なる分野をそれぞれ代表する第一級の研究者の講義を一度に聴講できる世界的にも貴重な機会となった冬の学校は、国内外の様々な大学から受講者が集まったため、講義を受講するだけでなく分野や国籍を超えて若手研究者が交流する大変有意義な場にもなった。さらに夏、冬それぞれの学校において、受講者が自らの研究を発表するポスターセッションも開催し、互いに活発に議論を行った他、関連分野の講師陣による個別指導（メンターワークショップ）を行った。世界的権威による直接指導は、若手研究者にとって単なる助言の枠を超えて今後の励みとなるものとなった。その他、領域内には東京大地震研究所、岡山大惑星物質研究所、愛媛大地球深部ダイナミクス研究センターなど、文科省が認定する共同利用・共同研究拠点などを中心に、若手研究者が異なる分野の研究手法を学ぶ先端技術インターンシップも共同研究等を通じて数多く開催した。

このような領域の高度先端教育の取り組みは着実に成果をあげており、平成 29 年度には若手を中心とした組織「若手の会」を発足させ、主体的に分野の枠を超えた活動を開始することとなった。また計画研究 A01-3 技術開発班と A02-1 同位体班が共同して博士研究員 1 名を雇用することとなった。この博士研究員は、それぞれの分野の知識や技術を身に着けるとともに、両計画研究が行う共同研究を中心的に推進する予定である。このように本領域では複数分野の連携により、従来の分野の枠を超えた研究教育を推進している。多様な分野の交流は、領域内の若手研究者の視野を広げることに資する一方で、分野を超えてポジションを獲得する可能性も広がり、領域全体の底上げにも大きく寄与すると考えられる。領域に関与した 12 名の若手がこれまで研究職（内 8 名が常勤）に就職しており、若手研究者育成の取り組みも着実に実を結んでいるものと考えられる。

8. 研究費の使用状況（設備の有効活用、研究費の効果的使用を含む）（1 ページ以内）

領域研究を行う上で設備等（研究領域内で共有する設備・装置の購入・開発・運用・実験資料・資材の提供など）の活用状況や研究費の効果的使用について総括班研究課題の活動状況と併せて記述してください。

総括班の活動状況

本領域推進に必要なとなる設備備品は各計画研究において導入するため、総括班では大型備品の購入は行わない。本領域における総括班の役割は、領域の統括、領域において行われる研究のソフト面からの支援、および教育支援である。本研究領域では、計画研究の研究費と総括班の研究費を明瞭に区分し、領域全体のイベントや研究活動、広報活動のための共通経費を総括班から支出する。本研究領域で進められる研究は、各分担者の所属機関内で行われる研究と、領域に関連した大型実験施設や共同利用・共同研究施設を活用しながら進める研究からなるが、本領域においては大型備品の多くは後者に措置し、領域内での共同利用を推奨することで効果的な研究費の使用を行っている。

設備等の活用状況や研究費の効果的使用

ダイナミクス班では、特殊変形試験用 D111 型ガイドブロックを高エネルギー加速器研究機構の放射光施設 PF のビームラインに導入した。この装置の立ち上げのため、国際活動支援班の支援のもとメンバーをイギリスに長期派遣し、ユニバーシティ・カレッジ・ロンドンのドブソン教授から技術指導を受けた。その後、この設備を主体として下部マントル条件における放射光その場観察超高压変形実験が開始された。構造物性班においては、実験試料を合成するため超高温真空雰囲気加熱装置を総合科学研究機構に、またブリルアン散乱とラマン散乱の同時測定のため分光器を東北大に、ダイヤモンドアンビルセル用のファイバーレーザー加熱システムを東京大に、外核金属メルトの密度・音速測定用として高温真空炉を大阪大にそれぞれ設置、また高压実験用部品作成のため総合科学研究機構に精密加工機を導入した。これらの装置は同位体班や構造物性班をはじめとする他班メンバーとの共同研究にも利用されている他、これまで構造物性班が SPring-8、KEK、J-PARC などの共用量子ビーム施設に導入してきた設備を他の班の多くの研究者が活用しており、導入設備を有効に活用して実験に取り組んでいる。技術開発班においては小型切削加工機を岡山大に、低温高压発生装置を東京大に、デジタルマイクロスコープを愛媛大にそれぞれ設置した。同位体班及び元素分配班では、高压実験試料の水素・炭素・酸素・硫黄の同位体比を微小領域において高精度で測定することを目的として、高精度安定同位体比質量分析システムを新潟大に設置した。この装置は他班の研究者にも開放しており、領域の基盤設備として常時稼働している。また博士研究員と大学院生のトレーニングも兼ねてこの装置の初期設定と標準ガスの分析を実施したり、この装置を用いて領域内の他の研究機関の大学院生向けに先端技術インターンシップを企画したりするなど、教育面でも有効に活用している。地震・電磁気観測班では、タイにおける広帯域地震観測網設置のために地震計を新規購入した他、機材運送やバッテリーなど消耗品の購入に研究費を使用した。その他、海底地震観測を補完するための差圧型水圧計の導入も完了し、平成 29 年度からの観測網拡充に向けての準備が整った。理論計算班では、クラスター型並列計算機システムを愛媛大に導入した。この設備は班メンバーが計算コード開発及び大規模シミュレーションを行う上で中核的な基盤設備となる他、他班の若手研究者や留学生などに対する第一原理計算のインターンシップなど高度先端教育のためのリソースとしても活用されている。

本領域における多くの研究において、各計画研究が導入した基盤設備を異なる計画研究の研究者が利用して効率的に共同研究を推進しており、そのために必要となる高压実験試料準備用消耗品、および既存設備周辺の測定機器等にも多くの研究費を使用している。また特任助教、研究支援員等の採用による研究の円滑な推進のための人的リソースの確保、領域内インターンシップなどの高度先端教育プログラムの実施などへも経費を使用している。

9. 総括班評価者による評価（2ページ以内）

総括班評価者による評価体制や研究領域に対する評価コメントを記述してください。

評価体制

本領域は高圧地球科学・地球化学・地震学など、研究手法などが大きく異なる複数の分野から構成されている。そのためそれぞれの分野の世界的権威4名からなるアドバイザーボードを組織化し、各研究領域及び総括班の活動に関して外部評価を実施している。以下に評価者からの評価コメントを記載する。

兼岡一郎（東京大学名誉教授）

「総括班、国際活動支援班」について：平成27年度、28年度を通じて、国内及び中国において国際シンポジウムを開催し、横浜で開催された Goldschmidt2016 では関連する複数のセッション企画を行うなど積極的に国際的交流を促進し、また海外などからも著名な研究者らを招聘して、セミナーやレクチャー、ウィンタースクールなどの講師として、若手研究者・学生たちを育成する努力をしていることなどは、非常に高く評価できる。さらに多くの海外研究者を受け入れるばかりでなく、若手研究者や大学院生などを海外派遣していることも、人材交流として大きな意義をもっている。国内的にもインターンシップの開催や関連学会におけるセッションの企画などを通じて積極的に活動していることが明らかで、各班毎の研究集会の開催やニュースレターの発行、2年間を通じて6回の総括班会議などを通じて、全体の運営はこれまで非常にスムーズに行われてきていると評価できる。

「計画研究・公募研究」について：計画研究を担当する各研究班は、これまで既にその手法をある程度まで確立してきていてさらにその発展を目指している物性測定などのグループから、全く新しいニュートリノなどを用いて地球深部の観測を目指すニュートリノ班など、その内容に関する進捗としてはそれぞれに差があるが、いずれのグループも当初の計画に基づいて着実に研究を進めていると評価できる。以前から開発してきた手法に基づいた分野においては既に多くの成果を挙げてきていることが、一流の国際誌に発表された多くの論文などからも見てとれる。また研究者たちの活発な活動とその対外的評価は、各種の顕彰制度における受賞者が輩出していることなどからも明らかである。また採択された公募研究は、いずれも計画研究だけではカバーできない課題について補填する役割を果たしており、その成果が期待できる。

各研究班における研究集会は着実に行われているようだが、本新学術の利点を活かして異なった分野、研究班同士の交流を深めていくことによりさらに大きな成果を期待できよう。核—マントルの相互作用に関する研究は、今後も現在の状態を着実に実行していくことで成果が期待できるが、核—マントルの共進化に関する点についてはより具体的な研究の進め方を検討しておくことが必要かもしれない。

深尾良夫（東京大学名誉教授、JAMSTEC 特任上席研究員）

本「新学術領域研究」では「総合的地球深部科学の創成」を目指して、4項目・8班からなる研究計画が進展中である。何れの項目も順調に成果を上げつつあり発表論文数（2015年8月以降）も70件を超えている（2017年4月現在）。これらの中には、既に総合的地球深部科学の創成の”種“となる重要な成果が含まれており、これらを”種“として抽出し各項目・各班連携で大きな”果実“に育て上げることがメンバーに課された1つの使命であろう。その一方で各項目・各班とも当初計画に従って従来の限界を超えた測定条件、分析精度、計算能力の実現に向けた技術開発・装置組み立てを着々と進めている。中には「方向検知型地球ニュートリノ検出器の開発」のように、従来の地球科学の手法の枠を広げる意欲的な試みも含まれる。これらの一部は既に初期結果を得る段階にまで来ている。現時点でスケジュール的に遅れている項目・班はなく、計画は順調に進展していると判断される。特に4つの項目に共通して評価すべきは、高い技術目標を掲げそれに向かって準備を進めつつ、一方で成果も得つつあることで、ここに本「新学術領域研究」の大きな特徴があると考えられる。

本アドバイザーは地震学が専門であり、以下、その立場から多少具体的なコメントを述べさせて頂く。

(1) 各計画研究とも内核の構造・組成・物性を1つの大きな研究対象としている。内核は組成的に外核よりも更に純鉄に近いとされ各班ともそれを前提として研究を展開されているが、内核のポアソン比は0.44を超え、下部マントル最下部の0.30と比べて異様に大きい。この異常なポアソン比は1次元地球モデルの基本的な特徴であるが、内核相当の温度圧力下における純鉄としてこれが説明できるのか？成果報告会のときにもお尋ねしたが、できれば本「新学術領域研究」で何らかの答えを出して頂きたい課題である。

(2) 地球の3次元構造モデルでは、従来から最下部マントルにおいてS-velocity anomalyとBulk sound velocity anomalyとの間に負の相関が見られ、最下部マントルの組成異常の証拠と見做されてきた。しかし、最近のモデルによればこの負の相関は下部マントルのもっと浅い所から続くもので、下部マントルの組成異常が最下部だけにあるのではなく、下部マントルを通じて組成異常が深さと共に増加していることを示唆する。この問題は地震学と地球物質科学・地球史・ジオダイナミクスとが交差する所に位置し、本「新学術領域研究」で是非とも取り組んで頂きたい課題である。

八木健彦（東京大学名誉教授）

2017年3月26日～28日にJAMSTEC横浜研究所で開催された平成28年度成果報告会をつぶさに聴かせてもらったが、全体としては当初期待された以上の成果が挙がりつつあるという印象を受けた。領域発足時に計画を聞いた時は、正直のところこれだけ広い、かつ大きく異なる分野を結び付けた研究計画がうまく進むのだろうかという懸念もあったが、報告会では超高压実験から地震学、素粒子地球科学、計算物理など多様な分野、手法を用いて、人類が決して直接到達することはできない地球の核-マントル境界付近の実態と地球生成初期からの進化に関するさまざまな研究が進展し、多くの新しい知見が得られつつあることを実感した。私自身が専門とする超高压実験の分野では、超短パルスレーザーや放射光X線の特徴を生かした新たな測定技術の開発で、従来は全く不可能だった核-マントル境界に対応する超高压高温下でのさまざまな物性測定が可能になりつつあることが印象的であった。また多くの研究者はそれらの物性を測定するだけでなく、地球の「核-マントル境界」の実態がどう進化してきたかという視点に立っての議論に結び付けるという目的意識も強く持っていることは評価される。

核-マントル境界部は地球内部におけるもっとも変化の大きな不連続面であるが、その実態はまだまだ謎に包まれている。問題は大きく、観測量は限られているだけに、狭い分野における研究だけに基づいてその実態を議論することには自ずと限界がある。本新学術領域はその点、非常に幅広い研究手法を組み合わせることで研究を進めており、個々の研究者による成果だけでなく、それらの知見を統合して現時点における統合的なモデルを作製することも充分可能になるのではないかと思われる。研究期間後半においてはこのような目標をより明確に掲げ、最終的に新たな地球深部構造モデルを提唱できれば、新学術領域研究としてまさにふさわしいものになるのではないかと期待される。

唐戸俊一郎（イェール大学教授）

全体の印象として、技術的開発において世界をリードしている分野が目立ち、今後の発展が期待された。ただし、これは分野ごとによりかなり違うように見られた。特に素晴らしい分野は高压実験の分野で、これは完全に世界の最先端と言っていいと思う。その次にはニュートリノ関係の研究も技術開発において世界をリードしていると思う（たとえば方向に敏感な検知器の開発など）。ただし、地球化学関係では、技術面でも科学面でも世界をリードしているかは私にはわからなかった。

技術面での進展では素晴らしいものが多かったが、科学面になると少し不満が残る。特に物質科学と地球のダイナミクスとの関連面の研究が手薄に思える。この分野では、焦点を絞った突っ込んだ学際的研究が必要だが、あまり学際的な研究成果は上がっていないようである。特にこのプロジェクトが「進化」という問題を中心テーマにしているのであるから時間的な情報を持っている地球化学との連関が重要であるがこの分野では大きな成果は見られなかった。今後のもっと密接な学際的な研究が望まれる。

10. 今後の研究領域の推進方策（2ページ以内）

今後どのように領域研究を推進していく予定であるか、研究領域の推進方策について記述してください。また、領域研究を推進する上での問題点がある場合は、その問題点と今後の対応策についても記述してください。また、目標達成に向け、不足していると考えているスキルを有する研究者の公募研究での重点的な補充や国内外の研究者との連携による組織の強化についても記述してください。

本領域において開始され現在形になりつつある、高圧地球科学分野と地球化学分野、ニュートリノ地球科学分野などの新たな分野間連携（21～22 ページ）を領域全体として強力に推進し、従来の枠を超えた新たな地球深部科学を切り拓く。総括班では各年度毎に総括班会議を年3回開催し、国内外での研究動向を探りつつ研究計画の進行状況を把握しながら、研究代表者の強力なリーダーシップのもとで領域全体の運営を行う。主に、領域全体の研究方針の舵取り、大型加速器施設の高圧実験装置や同位体分析装置の高度化ならびに維持管理、国際レクチャーシリーズや先端技術インターンシップ、サマー・ウィンタースクールなどの若手育成プログラムの実施、アウトリーチ活動などを行う。また地球惑星科学関連学会約50が参画する日本地球惑星科学連合（JpGU）年会において毎年総括班が主導するシンポジウムを開催するとともに、年度末には領域全体の成果発表会を行い研究成果を取りまとめ、次年度の領域推進方針を示す。

総括班は、領域代表者を代表者とし、各計画研究の代表者を分担者とする。大型研究の運営に豊富な経験がある、鍵裕之東大教授にも分担者として参加していただく。また、アドバイザーボードとして深尾良夫東京大名誉教授、兼岡一郎東京大名誉教授、八木健彦東京大名誉教授、唐戸俊一郎イェール大学教授の4名をそのメンバーとして委嘱し、領域全体の活動に対して引き続き高所大所からのコメントをいただく。また、協力者として領域の中核である愛媛大学の教育研究高度化支援室の山田朗リサーチアドミニストレーターに広報や知財に関連する支援をいただくとともに、同支援室の新名亨ラボマネージャーに超高圧実験や各種分析の指導や装置の維持管理に協力いただく。

研究成果の発信は領域が発行するニュースレターの研究機関への送付や、様々なイベントにおける配布、また領域独自のホームページや領域の中核である GRC のホームページを通じたリアルタイムの情報発信を行う。また、JpGU 年会において毎年度展示ブースを出展し、研究成果を研究者のみならず高校生や教員など一般向けにも発信する。一方で、重要な研究成果が得られた際にはプレスリリースや記者会見を積極的に行い、その成果を国民に向けて発信する。効果的なアウトリーチを狙った工夫として、関連する他の新学術領域との連携イベントにも取り組む。

これらに加え、総括班と国際活動支援班が連携して、地球深部科学の国際共同研究をさらに加速させるとともに、我が国と海外拠点との連携強化を行う。領域の中核である GRC が中心になってこれまで構築してきたアジアにおける地球深部物質学の連携拠点（TANDEM）や、アメリカを中核としたコンソーシアム（COMPRES）、またヨーロッパにおける中核研究拠点（BGI）等との連携をさらに進めるほか、新たな国際連携ネットワークの構築についても注力する。例えば地震・電磁気観測班では、本領域を通じて東南アジア、特にタイに新たな地震観測網の設置を行った。これまでタイではグローバル地震学などの研究分野はあまり発達しておらず、本領域における地震・電磁気観測班の活動はタイにおける地震学分野の創成に大きく貢献することとなった。これによりこの分野における我が国とタイとの連携が急速に進むこととなった。そこで本領域の成果が形となる最終年度に、地震観測の研究者を中心として、アジア地域（現時点ではタイを想定）で国際ワークショップを国際活動支援班の支援のもと開催することとした。その他、ダイナミクス班におけるユニバーシティ・カレッジ・ロンドンとの共同研究による下部マントル条件での変形実験の実現、理論計算班におけるスイス工科大との共同研究によるマントル化学不均質と始原物質との関連に関する大規模数値計算など、各計画研究が個別に実施し顕著な成果が見えてきた国際共同研究の芽に対し重点的な支援を実施する。またマン

トル、核のダイナミクスを専門とする海外著名研究者との連携を一層強化し、本領域の補強を行う。
各年度毎の計画は概ね以下の通りである。

平成 29 年度

日本地球惑星科学連合とアメリカ地球物理連合の初の共催大会において、総括班が主催する英語によるシンポジウムを開催するとともに、展示ブースにおける研究成果の情報発信を行う。また神戸で行われる国際会議（IAG-IASPEI）の前に、愛媛県の大三島で計画研究 A04-1 理論計算班を中心とした国際ワークショップを WPI プログラム（地球生命研究所）と共催する。年度末には総括班が主導する全体の成果発表会を拡大し、海外から関連研究者を招いて国際シンポジウムを松山にて開催する。アウトリーチに関しては、ニュースレター・ホームページによる情報発信とともに、研究成果に応じたプレスリリースを行い積極的な情報発信に取り組む（5 月末時点で 2 件のプレスリリース・記者会見を予定）。これらに加え、関連する他の新学術領域との連携イベントとして「スロー地震学」との共催一般講演会を松山において開催する。領域全体の主要な教育イベントとして国際レクチャーや先端技術インターンシップを定期的に行うとともに、若手の会を組織し第一回の研究集会を開催する。

これらに加え、平成 29 年度には第 2 回目の公募研究（平成 30～31 年度分）の募集を行う。合計で 12 件を採択し、平成 28～29 年度に採択された第 1 回公募研究の年間予算と比較してほぼ同額レベルの経費を配分する予定である。第 1 回の公募研究と同様、学際的な研究を中心に全国から国際的に活躍する研究者を集め、本領域の研究ミッションを推し進めるための組織強化を図る。第 1 回の公募研究で成果があがっている研究の再応募を推奨するとともに、特に、核とマントルの相互作用を介した不均質性の形成や進化の過程を解明する研究や、地球内部のグローバルシステムをモデル化するような本領域の中核研究に貢献できる研究を優先的に採択し、本領域の研究を強化する。また第 1 回の公募研究と同様、量子ビーム大型実験施設での研究を行う場合は、共通性の高い備品や消耗品については領域全体で経費を負担する。これにより、公募研究に採択された研究者は、配分された予算を効率的に使用することができるよう配慮する。

平成 30 年度

前年度同様に JpGU でのシンポジウムの主催と展示ブースにおける研究成果の情報発信を行う。また、ニュースレター・ホームページ・プレスリリースを中心とした情報発信を行うとともに、年度末に全体の成果報告会を行う。また主要な教育イベントとして国際レクチャーや先端技術インターンシップを定期的に行うとともに、計画研究 A03-2 ニュートリノ班を中心として岐阜県神岡町付近で地球深部の熱特性及び熱輸送機構に関する国際サマースクールを開催する。

平成 31 年度

上記の活動に加え、最終年度には国際シンポジウムを開催し、本領域で得られた核-マントルの相互作用と共進化に関する研究成果を世界の研究者と共有するとともに、領域活動終了後の研究展開について議論する。計画研究 A03-1 地震・電磁気観測班を中心とした国際ワークショップをタイで開催し、本領域で実施した地震波観測に関する国際連携の総括と継続方針を討議する。また、最終の研究発表会を行い、領域全体の研究教育活動の総括を行う。研究活動の総括の一環として、本領域の活動により得られた新たな知見を取り纏めた論文特集号や、より一般に向けた書籍や教科書の執筆について検討する。

他の会議との重複など、諸般の事情により国際シンポジウム等が独自に開催できない場合には、状況に応じて共催あるいは他の会議等で総括班メンバーが中心的役割を果たすことで、無駄なく効率的な目標達成を目指す。