

# 世界トップレベル研究拠点プログラム (WPI)

## 平成28年度拠点構想進捗状況報告書 (中間評価後)

ホスト機関名	東京工業大学	ホスト機関長名	三島 良直
拠 点 名	地球生命研究所	拠 点 長 名	廣瀬 敬

全様式共通の注意事項：

※特に指定のない限り、平成29年3月31日現在の内容で作成すること。

※本年度のフォローアップは中間評価後に見直した拠点構想に基づいて行うため、本報告書は見直した拠点構想の観点から記述すること。

※文中で金額を記載する際は円表記とすること。この際、外貨を円に換算する必要がある場合は、使用したレートを併記すること。

### 拠点構想進捗状況の概要 (2ページ以内に収めること)

#### 1. 世界最高水準の研究

2016年度も、地球の起源と初期進化、太陽系外惑星研究への拡張に関わる最重要テーマの研究論文を著名な雑誌に発表し続けた。これに加え、ELSI は地表付近の地球化学と分子生物学の分野における独自の強みを発揮し、地球と生命の長期的な共進化を関連づける成果を挙げた。諸課題を統合的に整理し、その探求に宇宙探査や野外調査から実験室での検証、モデリング、基礎理論的研究に至る様々なアプローチを用いて取り組んでいる。

2016年度の研究ハイライトの概要を以下に記す。

地球の起源：

- Ohta らは地球コアの主要構成物質である鉄の電気抵抗率（電気伝導率の逆数）を、レーザー加熱式ダイヤモンドアンビルセルを用いて再現した地球コアに相当する高温（最大 4500K）・高圧力（メガバール域）条件下で測定した。測定された鉄の電気抵抗率の低さはコアが高い熱伝導性を持つことを示唆し、**コアの急速冷却**、ならびに**内核の推定年齢が7億年以下**であることを明らかにした。
- Hirose らは液体鉄への二酸化ケイ素の溶解度が惑星形成中にコアに取り込まれるケイ素と酸素の量を定めることを見出した。惑星が誕生後、何十億年という時間をかけて冷却する間に起こる二酸化ケイ素の結晶化が、**惑星が長期間にわたり磁場を維持するメカニズム**の説明となることを示唆する。

地球生命システムの起源と進化：

- Ballmer らは「**BEAMS**」仮説を発表し、下部マントルは上部マントルよりも二酸化ケイ素の含有量が相対的に高く、二酸化ケイ素に富んだ古い岩石のまとまった高粘度の領域が現在のマントル対流を制御していると提唱した。この見解は、地震学や地球化学の分野の観察結果の解明に繋がるものである。例えば、多くの研究者にとって、対流マントルに太古の岩石が残存していることは長年の謎であったが、二酸化ケイ素に富んだ強固な岩石と、二酸化ケイ素が枯渇した、より壊れやすい岩石とがあまり混ざり合わなかった結果だとして説明することができる。
- Endo らは還元的な条件下で始生代の地質記録における硫黄同位体の非質量依存分別 (S-MIF) の再現に成功した。さらに、S-MIF を起こす反応の信頼性の高いモデルを提示する。これは初期地球の大気の再現への応用が期待されるものである。
- Lin らは現存する多くの細菌の祖先磁気走性を持っていたことを明らかにした。磁性細菌は磁気を帯びた結晶で出来た微小な鎖をつくるための遺伝的情報を持ち、地磁気に反応するため、まるで小さいコンパスのように泳ぐ。細菌の磁気走性が現在まで残った事実を鑑みると、過去 30 億年の間地球が長期間磁場を失うことはなかったと考えられる。
- Shimizu らは新規硫化物応答性転写抑制因子「SqrR」を発見し、SqrR が硫化物に応答するメカニズムを解明した。深海熱水噴出孔では硫化水素やメタンガスをエネルギー源とする微生物が進化しており、深海熱水噴出孔は光合成誕生の場として近年、注目されている。本研究成果は光合成の初期進化と制御の過程について新たな見地を提示するものである。

宇宙における生命惑星：

- 火星の衛星の起源に関する有力な仮説が二つある。一つは「捕獲説」、もう一つは「巨大天体衝突説」である。Rosenblatt らは、後者の仮説を検証し、**巨大天体衝突説の理論的枠組みから火星衛星の形**

**成過程を明らかにすることに初めて成功した。**

- 2015年、NASAの探査機ニュー・ホライズンズは冥王星を接近通過し、赤道域に褐色の領域を観測した。加熱実験や巨大天体衝突のシミュレーションを行った結果、Sekineらはこの領域は**冥王星の衛星カロンを形成した巨大天体衝突の痕跡**であることを解明した。
- **エントロピー生成最大化の原理**（MEPP）は、惑星の全大気圏から最初の生命を宿したとされるより小規模の地球化学システムに至る様々なスケールにおいて、非平衡な秩序状態を予測する法則として支持、あるいは不支持されてきた。Bartlettらは対流流体におけるパターン形成を取り上げ、そのパラメーターを変化させた。その結果、境界における流れや力には対応できるがシステムの構成パラメーターは反映されないことから、エントロピー生成最大化の原理は一般原理と成りえないことを示した。

## 2. 融合研究の推進

様々な研究分野の融合を促進するため、ELSIの研究者はコミュニケーションを緊密に取り合い、お互いの研究テーマや興味関心を知り、多岐多様な学術領域の研究に携わるELSIの一員として、統合的科学研究コミュニティを形成することを心がけている。コミュニケーションを図る場としてELSI Youchien、ELSI Assembly、ELSI Seminar、そしてディスカッション・グループ/文献抄読グループなど、様々な機会を設けている。これら定期的な活動を強化するものとしてELSIの研究者全員が集まる特別ミーティングを開催し、学際性がさらに高いテーマを議論した。学際的な共同研究を支援する内部資金システム「所長ファンド」を整備・活用し、生命の起源に関する新しい研究を促した。

ELSIの研究者は新しい研究領域となる概念を構想した。今後5年の間にELSIはこの「比較創発」の概念をさらに具体化することを目指している。

## 3. 国際化

外国人主任研究者5名が拠点に常時滞在するなど、外国人研究者は約3割を占めている。サテライト機関に加えEONプロジェクトの海外協力研究機関にも研究者を派遣し、研究交流を深めた。また国際ワークショップやシンポジウムを開催し、第一線の研究者や学生を招へいした。国際会議のブース出展や共催・後援イベントを通じて海外での認知度を高め、優秀な若手研究者を惹きつけている。彼らが常勤職、賞や競争的資金を獲得する事例も増えてきた。

## 4. システム改革

東京工業大学は、研究改革、教育改革、ガバナンス改革を進めており、研究改革では、ELSIを学長が特に認める研究拠点組織（研究特区）として学長直属の組織として位置づけ、ELSIなどの研究拠点組織や研究所・センター等の研究組織を集約した科学技術創成研究院を新設し、その中に世界トップクラスの研究者の異分野交流を促進し世界の研究ハブを目指す組織として「Tokyo Tech World Research Hub Initiative (WRHI)」を構築した。

これは、ELSIをモデルケースとして、ELSIのノウハウを活かし、推し進められたもので、今後、異分野融合システムや世界最先端の研究を推進するため、東京工業大学全体の改革に反映していくこととしている。

## 5. 拠点の中長期的な発展を確保するための取組

東京工業大学は、2030年を目途に世界のトップ10に入るリサーチユニバーシティに位置することを大目標に掲げている。ELSIを国立大学法人東京工業大学組織運営規則で規定し、中期目標・中期計画にも明記しており、研究改革、システム改革の先導役と位置付け、補助金終了後もELSIが「世界トップレベル研究拠点」であり続けるため、テニュアポジション等の人的支援、学長裁量経費等による財政支援、スペース支援及び外国人研究者支援等の措置を継続して行っている。

また、多様な研究資金を獲得するため、海外に法人格を有する拠点の設置を進めている。

※以下の各観点について、拠点構想の進捗を簡潔かつ明解に記述すること。

・1～6の各観点については、以下の各事項について対応する内容に重点を置くこと。

(i) 世界トップレベルの研究が実施されているか(異分野融合による研究が進捗しているかを含む)

(ii) 真の「世界トップレベル拠点」に向けた積極的な取組がなされているか

(iii) 拠点の中長期的な発展を確保するための取組が着実に実施されているか

・本報告書(添付様式を除く)は10ページ～20ページ(拠点構想進捗状況の概要(2ページ以内)も含む)の範囲で作成すること。

## 1. 世界最高水準の研究

※「世界的レベルを評価する際の指標等」について、これまでの評価指標・手法による結果のアップデートや評価指標・手法そのものの改善があったものについて記載すること。

2016年度、ELSIは研究成果の広範な発信そして研究資金の獲得に成功した(添付資料1と添付資料3-1参照)。また積極的に学術イベントを催し、トップ・レベルの科学者を誘致した(3. 国際化で詳述)。その結果、ELSIとELSI研究者の活動は高い評価を得ている(3. 国際化と添付資料1を参照)。

学際的な研究の促進ならびに新しい研究領域の創出に向けた取り組みについては2. 融合研究の推進で述べる。

このように、ELSIの2016年度の活動は世界のトップ・レベルに位置し、研究機関としてのELSIの国際的な認知度は確固たるものとなった。以下では、改訂版拠点構想にある4つの主要研究目的(A「地球の起源」からD「宇宙における生命惑星」まで)に沿って2016年度の活動の代表例を紹介する。

### (A) 地球の起源

ELSIの序盤5年間の研究の進捗と議論は「マグマ・オーシャン」に収束点を見出し、「改訂版拠点構想」では新たな研究テーマA2「生命を育む惑星の形成にマグマ・オーシャンはどのような役割を果たしたのか?」を提起した。ELSIの主任研究者らは高名な参加者と共に2016年ゴールドシュミット学会のオフサイト・ワークショップとして「Magma Oceanology(マグマ・オーシャン学)」を開催した。地球の起源に関する他のワークショップとしては「Jupiter's oscillations with JOVIAL: From observations to theoretical applications(木星の振動とJOVIAL—観察から理論的应用まで)」や「Before the Moon(月の誕生以前)」などがあった。

#### [地球コアの進化に関する研究ハイライト]

主任研究者の廣瀬、Hernlund、Helfrichらはコアの対流メカニズムを研究しており、本年度は『Nature』誌にその研究成果が2報掲載された。

地球コアの主要構成物質は鉄であり、その電気・熱伝導性が地球の熱進化とダイナミクスを規定している。地球コアの輸送特性を理解するために、廣瀬主任研究者らは鉄の電気抵抗率(電気伝導率の逆数)をコア条件下で検証した(Ohta他、2016)。その結果、高温における抵抗率の飽和効果により、鉄の抵抗率は著しく抑えられることが分かった。鉄の電気抵抗率の低さはコアの熱伝導性の高さを示しており、地球コアの急冷と、内核(固体金属)が比較的最近、約7億年前に形成されたことが示唆される。

地球コアは鉄以外に軽い元素を含有することが示唆されており、様々な合金から構成されていると推測される。各構成成分の割合は明らかではないが、高温・高圧条件下でのマグマ・オーシャンのモデリングによれば、外核(液体コア)微量成分としてはケイ素と酸素も含むはずである。従来の高圧実験では、鉄・ケイ素や鉄・酸素の二元合金系のみが精緻な検討の対象であった。この研究では、ELSIの主任研究者・研究者グループが鉄・ケイ素・酸素の三元合金の高温・高圧条件下での溶解実験を行い、鉄・ケイ素・酸素の合金を含む初期コアが冷却するにつれ、二酸化ケイ素が結晶化することが判明した(Hirose他、2017)。計算によれば、結晶化した二酸化ケイ素の分離によりコアの対流が発生し、地球の磁場の形成に至った可能性がある。

- Ohta, Kuwayama, Hirose, Shimizu, and Ohishi. 2016. Experimental determination of the electrical resistivity of iron at Earth's core conditions. Nature 534:95-98.
- Hirose, Morard, Sinmyo, Umemoto, Hernlund, Helfrich, and Labrosse. 2017. Crystallization of silicon dioxide and compositional evolution of the Earth's core. Nature 543:99-102.

#### [惑星形成研究におけるハイライト]

惑星形成研究において古典的な形成モデルとされてきたのが大きさ1～10キロの「微惑星」の降着であるが、「ペブル」と呼ばれる大きさ1～100センチの天体の降着が新しいモデルとして提唱された。これらペブルは原始惑星系円盤の外層において形成され、ガスの空気力学的な抗力によって円盤の内側に移動していく。井田主任研究者らは、ペブルの降着は円盤全体で起こり、ガスの抗力に制御されているため、ペブル降着によって形成された惑星系の構成は円盤の詳細な構造に左右されることを示した(Ida他、2016)。

ペブル降着は原始惑星のサイズが1000キロを超える場合には有効なモデルである。井田主任研究者

らは、一般的には原始惑星は形成されにくく、原始惑星系円盤において氷が昇華するスノー・ライン（凍結線）でのみ原始惑星形成の可能性があることを発見した (Ida と Guillot, 2016)。

- Ida, Guillot, and Morbidelli. 2016. The radial dependence of pebble accretion rates: A source of diversity in planetary systems. I. Analytical formulation. *Astronomy & Astrophysics* 591:A72.
- Ida and Guillot. 2016. Formation of dust-rich planetesimals from sublimated pebbles inside of the snow line. *Astronomy & Astrophysics* 596:L3.

## (B) 地球生命システムの起源

改訂版拠点構想に記されている通り、ELSI の新メンバーによって様々な分野の見地が統合され、地球生命システムを研究するための学術的枠組みや研究計画が拡充された。今や最初の生命が誕生した地質学的環境を探求するための、地球化学的な実験や理論的シミュレーションによって裏付けされた、複数の実証可能な仮説が揃っている。最初の遺伝システムに関する研究上の課題も検討済みだ。

黒川、丸山両主任研究者は、「冥王代生命学の創成」プロジェクト（文部科学省科学研究費補助金新学術領域研究）を通じて冥王代地球の大気圏、水圏、そして岩石圏の前生物化学の研究を進めている。2016年11月から2017年1月にかけて、「Hadean Bioscience Forum（冥王代生命学フォーラム）」と題するワークショップシリーズを ELSI において開催した。冥王代生命学プロジェクトのメンバーは ELSI でも重要と見なされている研究領域に関する発表を行い、ELSI の研究者と闊達に意見交換を行った。

この分野での研究の進展は ELSI が得意とする、安定同位体を用いた地球化学ならびに生物学の新分析手法の開発と応用に多くを負っている。最新の研究成果を発表する場として「New stable isotope techniques and applications to early Earth and life studies（新しい安定同位体分析技術と地球・生命研究への応用）」と題された 2016 年ゴールドシュミット学会のオフサイト・ワークショップが吉田、上野両主任研究者や Foriel, Gilbert、中川研究員によって企画・開催された。生命の起源に関わる最新の研究成果を発表し、研究アプローチを議論する場として、ELSI はさらに 5 つの国際ワークショップを開催した。さらに ELSI では、分析の専門分野を拡充するべく、主任研究者を含む研究員の新規採用を行っている。これらの専門分野には、たとえば陽子・電子移動の電気化学的脱共役や分光手法を用いた反応メカニズムの解明、目下個別の反応経路を対象に行っている分析を、大規模な反応ネットワークにあてがうための計算手法の開発などが含まれる。

### [研究ハイライト 1 : 初期地球の大気]

硫黄の光化学的特質により、大気圏では硫黄同位体の非質量依存分別 (S-MIF) が起こる。しかし硫黄同位体分別のメカニズムは殆ど解明されていない。上野主任研究者が率いるチームは、実験条件の再考を経て、始生代の硫黄同位体の非質量依存分別を再現することに成功した (Endo 他, 2016)。従来の実験では二酸化硫黄の分圧を非常に高く設定し、上野らが先行研究で提唱した還元的な始生代大気モデルと著しく異なっていた。この研究では、より妥当な二酸化硫黄レベルを用いてより合理的な古代硫黄同位体の非質量依存分別のモデルを提示し、初期地球の大気の再現に努めている。

- Endo, Ueno, Aoyama, and Danielache. 2016. Sulfur isotope fractionation by broadband UV radiation to optically thin SO<sub>2</sub> under reducing atmosphere. *Earth and Planetary Science Letters* 453:9-22.

### [研究ハイライト 2 : 地球・生命共進化における微生物における電子移動の役割]

この総説では、Giovannelli 研究員 (EON・プリンストンサテライト) らが微生物の電子移動酵素と生物圏・地球圏の共進化をタンパク質構造から地質記録に及ぶ様々なスケールで概説している (Jelen 他, 2016)。この総説は拠点構想の研究テーマ B と C にわたる統合的な見地を提示するものであり、ELSI 研究者の興味関心と得意分野を示すものである。現行の関連研究のテーマとしては、生体エネルギーシステムとその環境との相互作用、タンパク質の祖先型の復元、環境の酸素還元状態の変化とその生命への影響などが挙げられる。

- Jelen, Giovannelli, and Falkowski. 2016. The Role of Microbial Electron Transfer in the Coevolution of the Biosphere and Geosphere. *Annual Review of Microbiology* 70:45-62.

## (C) 地球生命システムの進化

地球の環境は生命の誕生と進化に重要な影響を及ぼし、翻って地球上の生命は地球環境の進化に影響を与えた。ELSI の研究はこの地球と生命の相互作用の理解を目標としており、長期的な進化に関係する次の 3 つの側面に焦点を当てている。(1) 生体エネルギーシステム上の大きな変化。(2) 分子比較解析と合成生物学から中核遺伝子・酵素の祖先状態や進化について何が解明できるか。(3) 地球の長期的な熱進化が生命にとっての地表環境にどう作用するか。各テーマの研究ハイライトを後述する。最初期の

分子進化は ELSI において急速に成長している分野であり、これはポストドクの雇用や新規のプロジェクトの立ち上げ、研究費申請の状況からも窺える。これらのプロジェクトはまだ立ち上がったばかりであるが、ELSI では主要生化学・生体エネルギーシステムにおける分子進化について、特に最初期の経緯や進化メカニズムの研究に積極的に取り組んでいる。この詳細については (D) も参照されたい。

### [研究ハイライト 1 : 生体エネルギーシステムの変化の遺伝的メカニズム]

ELSI の協力研究者である増田真二准教授が率いるチームは紅色細菌 *Rhodobacter capsulatus* から新規硫化物応答性転写抑制因子「SqrR」を発見して、SqrR が硫化物に反応するメカニズムを解明した。光合成のために水を電子供与体として用いる微細藻類と植物の多くとは異なり、この細菌はエネルギー源を変えることができ（光あるいは地熱放射を利用）、環境に応じて異なる電子供与体を用いる。そのためには環境に見合うよう細菌が上手く電子伝達タンパク質の合成を制御する必要がある。外界の硫化物が増えると、SqrR は硫化物分子に結合して光合成の電子伝達を抑制する。このようにして、この細菌が硫化物ストレスを回避していることが判明した。つまり、SqrR は変化が多い環境における硫化物の恒常性の維持に機能する。深海熱水噴出孔では硫化水素やメタンガスをエネルギー源とする微生物が進化しており、深海熱水噴出孔は光合成誕生の場として、近年注目されている。本研究成果は光合成の初期進化と制御の過程について新たな見地を提示するものである。

- Shimizu et al. 2017. Sulfide-responsive transcriptional repressor SqrR functions as a master regulator of sulfide-dependent photosynthesis. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 114:2355-2360.

### [研究ハイライト 2 : 生体内鉱質形成の起源へのメタゲノム的アプローチ、そして細菌磁気走性から得られる地球環境についての手がかり]

地球の磁場は太陽風を遮り、大気を保持し、海の蒸発を防いでいる。しかし、この地球ダイナモがいつ成立したかは実際には分かっておらず、地球誕生後の最初の 20 億年間の地球ダイナモの強さや持続時間は不明である。Kirschvink 主任研究者らは、現存する多くの細菌の祖先は磁気走性を持っていたことを明らかにした (Lin 他、2017)。磁性細菌は磁気を帯びた結晶で出来た微小な鎖をつくるための遺伝的情報を有し、地磁気に反応するため、まるで小さいコンパスのように泳ぐ。高度な遺伝子解析によって、この遺伝的経路は現存するほとんどのバクテリアの共通祖先において一度のみの進化により 30 億年以上前に出現したことがわかった。このような細菌が生き延びるために、6  $\mu$ T (現在の 10%以下) 以上の磁場が必要である。この程度の磁場は海底で縞状に見つかる磁気をおびた構造から得られるものとして妥当な大きさである。もし地球コアによって作られた磁場が何億年かの間失われてしまったなら、このような海底の特異構造は沈み込み、磁性細菌は絶滅したであろう。細菌の磁気走性が現在まで残った事実を鑑みると、過去 30 億年間の地球が長期間磁場を失うことはなかったと考えられる。

- Lin et al. 2017. Origin of microbial biomineralization and magnetotaxis during the Archean. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 114:2171-2176.

### [研究ハイライト 3 : 地球の長期的な進化]

地球の下部マントルの組成は詳しく検証されていない。特に既存のモデルはマグネシウム/ケイ素比率が粘性や下部マントルの岩石の混合効率にどう作用するかを検証してこなかった。二次元の数値計算とマントル内の粘性や密度コントラストの系統的な検討により、ELSI の主任研究者らは、二酸化ケイ素に富んだ高強度のブロックが 46 億年に亘ってマントル対流パターンを維持しうることを発見した (Ballmer 他、2017)。この BEAMS (bridgmanite-enriched ancient mantle structures) 仮説は下部マントルは上部マントルよりも二酸化ケイ素の含有量が相対的に高く、二酸化ケイ素に富んだ古い岩石のまとまった高粘度の領域が現在のマントル対流を制御していると提唱する。この見解は、地震学や地球化学の分野の観察結果の解明に繋がるものである。多くの研究者にとって、対流マントルに太古の岩石が残存していることは長年の謎であったが、二酸化ケイ素に富んだ強固な岩石と、二酸化ケイ素が枯渇した、より壊れやすい岩石とがあまり混ざり合わなかった結果だと考えれば、この謎を説明付けることができるだろう。

大陸の成長はマントルの熱化学的進化に影響を与える。例えば、大陸-海洋型の収束型プレート境界ではプレートの沈み込みに伴い、マントル深部に密度の低い大陸中の花崗岩を沈み込ませ、地表の大陸体積を減少させると同時に大量の放射性元素をマントルに供給している。現在、西太平洋領域には、始生代に多くあったとされる未成熟な海洋性島弧を宿す、600 km 程度の規模の海底マイクロプレートがいくつも存在する。これらの海洋性島弧内の花崗岩のマントルへの沈み込み率を推計するために、愛媛サテライトの WPI 研究員である市川研究員らが島弧沈み込みの数値シミュレーションを有限要素法を用いて実施し、島弧の大きさ・形そしてスラブ温度の影響を検証した (Ichikawa et al., 2016)。その結果、島弧が小さければ小さいほど、あるいはスラブ温度が低ければ低いほど、浮力と粘性抗力の拮抗により沈み込み率は高くなることが判明した。

- Ballmer, Houser, Hernlund, Wentzcovitch, and Hirose. 2017. Persistence of strong silica-enriched domains in the Earth's lower mantle. *Nature Geoscience* 10:236–240.
- Ichikawa, Yamamoto, Kawai, and Kameyama. 2016. Estimate of subduction rate of island arcs to the deep mantle. *Journal of Geophysical Research* 121:5447-5460.

## (D) 宇宙における生命惑星

ELSI は生命誕生のシナリオを導く理論的な枠組みの構築を目指しており、その詳細は改訂版拠点構想中の新規研究テーマ D12 に記されている。これは、生命の誕生に必要な不可欠な抽象的事象の特定に焦点を置き、これを以って惑星系に生命が誕生するための必要条件の量的検証を目的として ELSI で進行中の理論研究に基づいている。

### [衛星の形成過程に関する研究ハイライト]

衛星の形成過程は純粋に科学的にみて非常に興味深い過程である。さらに、衛星とそのハビタビリティ（生命の存在可能性）は宇宙生物学分野においても、一層の注目を集めている。このテーマに関連した詳細な総説を臼井准教授らが発表したほか（Ehlmann 他、2016）、ELSI では衛星の形成過程やそれが衛星環境に及ぼす影響についての研究が進捗した。

火星の小さな衛星であるフォボスとデイモスは、火星によって捕獲された小惑星か、巨大天体衝突による破片が形成した円盤内で形成されたと考えられている。玄田准主任研究者らは火星への巨大天体衝突によって生み出されたと考えられる円盤の形成と進化の数値シミュレーションを行った。その結果、円盤から巨大衛星が短時間で形成され、その外側でフォボスとデイモスの集積が促された。その後、最初に形成された巨大衛星は火星重力によって引き戻され（潮汐進化）、火星と合体することで、現在観測されるフォボスとデイモスのみが残ることが明らかになった。玄田准主任研究者らは円盤中の破片の半分は衝突によってばら撒かれた火星物質で出来ているとも指摘し、フォボスとデイモスも火星物質を含んでいるはずだと推測する。この発見は火星衛星へのサンプル・リターン計画をさらに後押しするものである。宇宙航空研究開発機構（JAXA）が火星サンプル・リターン計画「MMX（火星衛星探査計画）」を検討しており、臼井准教授がプロジェクトに積極的に関与している。火星衛星から火星物質を地球に持って帰ることが可能であると期待されている。

玄田准主任研究者らは、NASA の探査機ニュー・ホライズンズが冥王星上に観測した「クトゥルフ領域」と呼ばれるクジラ模様をした褐色の領域は、巨大天体衝突の痕跡であると報告した（Sekine 他、2017）。単純な有機分子種を含む水溶液の加熱実験を行い、50℃以上で数カ月以上の加熱時間の場合、クトゥルフ領域と同様の褐色に溶液の色が変化することを明らかにした。玄田准主任研究者らは冥王星への巨大天体衝突の数値シミュレーションを行い、衛星カロンを生み出した衝突により、冥王星の赤道域が広範囲にわたって 50℃以上に加熱されたことを示唆する結果を得て、「クトゥルフ領域」はカロンを生み出した巨大衝突によって形成された結論づける。これはまた、太陽系全域にわたって原始惑星同士が従来の見解よりも頻りに衝突していたことを示唆する。この研究は ELSI の研究者と、ELSI の新サテライトを設置予定の東京大学の地球惑星科学専攻の研究者の共同研究が基盤となっている。新サテライトの設置により、今後さらに研究上の交流が促進されるだろう。

- Ehlmann et al. 2016. The sustainability of habitability on terrestrial planets: Insights, questions, and needed measurements from Mars for understanding the evolution of Earth-like worlds. *Journal of Geophysical Research* 121:1927-1961.
- Rosenblatt, Charnoz, Dunseath, Terao-Dunseath, Trinh, Hyodo, Genda, and Toupin. 2016. Accretion of Phobos and Deimos in an extended debris disc stirred by transient moons. *Nature Geoscience* 9:581-583.
- Sekine, Genda, Kamata, and Funatsu. 2017. The Charon-forming giant impact as a source of Pluto's dark equatorial regions. *Nature Astronomy* 1:0031

### [EON 研究者発、エントロピー生成最大化の原理についての研究ハイライト]

生命の起源に関して提唱されている仮説の一つひとつには限界があるが、一般法則が果たす役割を理解するために特定のシナリオを脱却することが難しい理由の一つとして、想定すべき未知のパラメータと可変的な環境の数があまりにも多いことが挙げられる。従って理論的研究は、特定の物理的・化学的システムのパラメータの値を全て精緻に網羅し、システム全体の秩序状態を規定する一般法則を導くことなど重要な役割を果たす。そのような一般法則で、最も研究されているものの一つが「エントロピー生成最大化の原理（MEPP）」である。1970・80年代、惑星の大気構造を説明する法則として注目を浴び、地球化学の分野でも動的組織化を記述する法則としてもはやされた。しかし、MEPP の援用には問題が多々存在し、一般法則というよりは特定の事象に適用可能な法則であることが推察されている。現

在 ELSI で取り組まれている理論的な試みの一つは Bartlett 研究員 (EON・ジェット推進研究所) が行っている観測に基づくモデリングであり、熱水噴出孔の熱勾配における流体の流れが物理・化学的秩序の共役へつながる可能性を検証するというものである (Bartlett と Virgo, 2016)。Bartlett 研究員がこれらのシミュレーションで用いる格子ボルツマン法と、独立した力、またはフラックスの境界条件に関する画期的な研究は秩序状態が MEPP によって説明できるかどうかを検証するための最適の手段となる。Bartlett、Virgo 両研究員が研究対象としている秩序化したレイリー・ベナール対流では、流動する液体の温度と熱フラックスを独立した制御パラメーターとして用いることができ、内部の液体の性質と境界条件を変えることにより比較分析が可能である。両研究員によれば、ヌセルト数 (熱伝導の総量をあらわす無次元量) は全ての境界条件において秩序化した対流によって最大となっているものの、エントロピーの生成は特別な状態にあるわけではなく、特定のパラメーター値に微調整しない限り最大とならない。安定したモデル群においてパラメーター変化を用いて MEPP のような理論を検証できることは境界条件や内部構造が不明あるいは環境によって変化する動的システムにおける秩序の形成を予測する上で重要となる。これらモデリングは噴出孔の流体力学的研究と地球化学的研究を関連づけ、前生物化学や熱水噴出孔を生息地とする微生物の生体エネルギー学をより深く理解する手立てとなるだろう。

- ▶ Bartlett and Virgo. 2016. Maximum Entropy Production Is Not a Steady State Attractor for 2D Fluid Convection. *Entropy* 18:431

## 2. 融合研究の推進

様々な研究分野の融合を促進するために、我々は (1) 融合可能な分野を検討し、(2) コミュニケーションの場や学際的な共同研究への支援を提供した。以下では上記の 2 点に関する ELSI の取り組みと (3) 学際的な共同研究の例を紹介する。また、「比較創発」が新研究領域として概念化されたことについても述べる (4)。

### (1) 融合可能な分野

ELSI の研究分野の幅と多様性は極めて大きい。これら多様な分野に戦略的に優先順位をつけるためのテーマに沿ったグループ・ミーティングを設け、共通の学術的興味や関心を議論した。これらのミーティングでの議論をもとに、2016 年 9 月に ELSI Assembly を開催し、様々な研究者と研究領域を一つにまとめ、ELSI がサイエンス・コミュニティ一般にインパクトを与え、且つその研究方向の舵取りを担えるような統合的テーマが議論された。**Comparative Planetology (比較惑星学)**、**Magma Ocean (マグマ・オーシャン)**、**Messy Chemistry (乱雑な化学)**、**Geometabolism (地球代謝)**、そして **Progenote (プロジェノト)** などの統合テーマが提唱され、改訂版拠点構想に盛り込まれた。2017 年 1 月には学際的交流と新規の共同研究の提案を促進するために ELSI の全研究員が参加して ELSI All-Hands Institutional Strategy Meeting を開催した。

### (2) コミュニケーションの場と学際的共同研究の支援

ELSI の研究者はコミュニケーションと学際的な研究活動が可能な「エコシステム (生態系)」を積極的に維持し、研究者がお互いの研究上の興味・関心を理解し、より団結力が強く創造的なサイエンス・コミュニティを形成するよう努めている。最も基礎的なレベルでは「ELSI Youchien (幼稚園をローマ字読みしたもの)」があり、ここでは地球と生命の起源にまつわる根本的なアイデアが紹介される。中間的なレベルでは「ELSI Assembly」があり、ここで研究者は同僚の研究のアップデートを毎年得ることが出来るほか、より専門的な内容の議論や質疑応答を行う場ともなる。研究員が先年行った研究の成果あるいは現在取り組んでいる研究の途中経過を発表することが出来る ELSI Assembly のスペシャル・シリーズも立ち上げられ、この場を通じて研究員は同じ学術的関心を共有し、お互いからフィードバックを得ることが出来る。最も専門的なレベルは「ディスカッション・グループ/文献抄読グループ」であり、ここでは最新の学術刊行物や研究動向・最新のアイデアが議論されたりするほか、各々の分野の基礎に関する系統だった教育が行われたり、ELSI の次の研究フェーズの方向性が模索されたりする。これらのグループはどれも研究者が自主的に始めたものであり、惑星内部、マグマ・オーシャン、鉱物が媒介するポリマー選択、生命の起源、そして分子システムの進化などのテーマを取り上げる。いくつかのグループは、(1) で言及した所内会議で顕在化したアイデアのフォローアップの場として最近立ち上げられた。「ELSI Seminar」は外部研究者を講演者に迎えての講演会・ディスカッションの場であり、ELSI-他研究機関間の共同研究の立ち上げを検討するのに最適の場となっている。

画期的な研究あるいは初期段階の研究アイデア支援のためのシード・ファンドと時宜にかなった支援を提供するための内部資金システムとして、所長ファンドを創設・活用している。本年度に採択された学際的な共同研究プロジェクトの例として、「前生物化学の探求のためのハイスループット・ロボットの導入」、「第一原理に基づく酸化鉱物上のグリシン重合化の研究 (概要を(3)で後述)」が挙げられる。所長

ファンドの一部を用い、前生物化学実験のための分析システムを刷新した。

### (3) 学際的共同研究の研究例

鉱物表面におけるアミノ酸の非生物的な重合は生命が誕生する上で重要な役割を果たした可能性があり、これは鉱物が媒介するポリマー選択の研究に焦点を当てた新しいディスカッション・グループ (2 (2) に詳述) の主要テーマの一つである。ELSI 研究者の北台研究員 (有機生物化学)、梅本研究員 (計算地球物理)、臼井特任准教授 (地球化学) らは、グリシンと9つの酸化鉱物を用いて異なるアミノ酸・鉱物の組み合わせにおける両者の結合を研究し、鉱物上のアミノ酸の重合反応メカニズムを考察した。グリシンの重合化の考察 (北台)、グリシン・鉱物間の表面相互作用の顕微鏡観察 (臼井) と鉱物中の金属についての分子レベルでの見識 (梅本) を合わせ、グリシン重合化を活性化させる鉱物表面の構造的・電気学的特質が考察された (Kitadai 他、2016)。生命誕生において、ペプチド結合の成立は重要な段階であったと考えられる。ペプチド結合の形成に最適なアミノ酸-鉱物の組み合わせの予測へとさらに発展させるべく、この研究にはその後、新名特任助教 (高圧地球科学) が加わった。ELSI は所長ファンドによりこのプロジェクトを支援している (上記(2)を参照)。

- Kitadai, Oonishi, Umemoto, Usui, Fukushi, and Nakashima. 2016. Glycine Polymerization on Oxide Minerals. Origin of Life and Evolution of Biospheres doi:10.1007/s11084-016-9516-z

### (4) 比較創発

地球と生命を関連づけるプロジェクトの多くに共通していることの一つに、構成因子で見られる特質とは異なる性質をもつ新しい階層性の創発がある。二つ目の共通点は惑星学から生物学にまでわたり用いられる、最新の比較分析手法である。そこで我々は新たな融合研究分野として、地球科学から生命科学に至るあらゆる自然科学分野に見出される新しい構造や機能の起源に比較分析をあてがい、新規の事象が創発する過程において多数の事例に共通する性質の理解に努めることを提案する。我々はこの研究を「比較創発」と名付けた。

比較創発研究の初期段階のプロジェクトでは、統合するのは比較的容易だが今日まで意外にも研究されていない分野、つまりコア生化学経路と生体エネルギーシステムの長期的進化をテーマとする。この領域における課題として以下の二点が挙げられる。1) 炭素固定経路・初期有機合成経路と硫酸塩や硝酸塩の還元を含めた生体エネルギーシステムとの間の歴史的関連性の地質学的時間次元での再構築、そしてそれらの相互依存性に関するシステム全体のレベルでのモデルを駆使して行う両者の関連づけ。2) 新たな炭素固定経路や生体エネルギー経路の創出を可能にした最も原始的な酵素形態の再構築。黎明期の分子進化と現代のそれとの間の根本的な差異の考察を含む。例えば、過去にはより少数の酵素、そして基質特異性が低い酵素が使われていたと考えられている。ELSI の研究者 (ハーバードサテライトの研究者や東京大学の研究協力者を含む) は、還元的 TCA 回路・カルビン回路、アセチル CoA 経路上の酵素やフェレドキシンやチオエステル基を用いる、あるいは硫黄・硫酸還元が主体となる生体エネルギーシステムにおける酵素の初期型の再構築プロジェクトを統合的に推進している。グループ間での緊密な研究協力により、バイオインフォマティクス (生命情報学)、古代配列の推定、生化学特性の解析、同位体研究、生体内酵素を置換する手法の統合を図る。

現在進行中の長期共同研究としては、ある生物のもつ全代謝系のモデル構築プロジェクトなどが挙げられる。これは計算化学的手法を用いて、酵素の動的同位体効果、同位体標識化合物を用いた実験手法や、生理条件下での原子核の崩壊における分岐率と地質記録を含む環境から検出される同位体指標の統合を可能とする安定同位体フィンガープリント法の開発を目的としている。

## 3. 国際化

※例えば、

- ・世界の第一線の研究者の在籍状況、ビジターの来訪状況、海外との交流の状況を踏まえた取組
- ・国際的認知度の向上のための積極的な取組
- ・世界の優秀な若手研究者を惹きつける拠点としての取組 (若手研究者の育成やキャリア形成に資する取組等) など、真に「国際的に目に見える」拠点として認知されている実績や、その実現に向けて拠点の進捗状況に応じた創意工夫ある積極的な取組を行ってれば、明記すること。

### 1) 世界の第一線の研究者の在籍状況、ビジターの来訪状況、海外との交流の状況を踏まえた取組

平成 29 年度は、主任研究者 15 名中 8 名が外国人、うち 5 名が拠点に常駐する予定である。複数の研究者がサテライト機関と密な研究交流を続けている (添付資料 4) のに加え、EON プロジェクトのポストドク 10 名が海外の協力研究機関と ELSI を行き来し共同研究を推進している。また、世界第一線の研究者から外国人学生まで海外からの訪問者を積極的に受入れている (添付資料 5)。国際研究集會も精力的に開催し、例えば“Magma Oceanology”, “Before the Moon”, “From Minerals to Enzymes: the EON

Workshop on Electrochemistry at the Origin of Life”, 英国開催の“EON Workshop Synthetic Approach for the Study of Origin of Life in Glasgow”で最先端の研究成果を発表した他、新しい融合分野開拓を狙った会合も開催した。ELSI 国際シンポジウムのプレイベントとして Young Researchers’ Day を主催し、若手研究者や学生 50 名以上が活発な議論を行った（添付資料 3-1）。

## 2) 国際的認知度の向上のための積極的な取組

Goldschmidt Conference in Yokohama に出席、共催したワークショップ“New Stable Isotope Techniques and Applications to Early Earth and Life Studies”では多数の外国人研究者が ELSI を来訪した。ELSI の研究者は多くの国際会議に参加し、基調・招待講演を行った（添付資料 1）。来年度も外国人副所長や広報部門を中心に、海外で開催されるサイエンスミーティングで拠点をアピールする予定である。また、海外の協定校や資金配分団体・外国大使館科学技術担当者に研究所の紹介を行い、拠点の知名度を向上させている。

## 3) 世界の優秀な若手研究者を惹きつける拠点としての取組（若手研究者の育成やキャリア形成に資する取組等）

先述のビジターや国際会議等を活用した広報により、今年度の若手研究者国際公募では約 6 割が外国人研究者からの応募であった。平成 28 年度末時点において、主任研究者をあわせ、ELSI での外国人研究者の割合は 3 割を占めている（添付資料 3-1）。今年度は若手研究者 5 名が研究機関での常勤ポストに内定し、1 名が文部科学大臣表彰若手科学者賞等を受賞するなど成果を挙げている（添付資料 1）。また、若手研究者とメンターが定期的に意見交換を行うこととした。

## 4) その他

国際的な研究ハブを目指す取り組みの一環として、自然科学研究機構（NINS）に置かれている NINS アストロバイオロジーセンターと連携して日本アストロバイオロジーコンソシアムを立ち上げ、NASA Astrobiology Institute とパートナーシップ協定を締結している。

外国人のための生活支援、日本語授業、研究支援を継続している。外国籍研究者による競争的資金の採択件数は増え、今年度は新規で科研費 6 件、その他研究費 2 件等を獲得した。

# 4. システム改革

※拠点の先導的取組などによるシステム改革が、ホスト機関他部局（あるいは他の研究機関）に果たした波及効果があれば、明記すること。

## (1) トップダウンによる意志決定システム

拠点長が、人事・予算執行等を含む拠点の管理・運営を決定する体制にしている。東京工業大学としても、従来の慣例や運営体制にとらわれない柔軟な研究システムの構築・確立・発展を全学規模で促すと共に、国際的な認知度を高めつつ、世界の研究者を惹きつける研究を実施する組織として ELSI を学長が特に認める研究拠点組織（研究特区）とし、研究改革のフロントランナーの役割を果たす学長直属の組織として位置付けている。

東京工業大学は、ELSI と同様の研究拠点組織を設置するなど、大学の研究力強化のため異分野融合システムの全学への波及や世界最先端の研究を推進するための改革を進めている。

## (2) 研究改革の実施 国際的な研究活動を展開するための「世界の研究ハブ」の実現

東京工業大学は、平成 28 年 4 月から研究改革を実施し、融合領域研究を加速し、人材の流動性を高めるために 4 附置研究所、センター等を集約した「科学技術創成研究院」を創設し、さらに、その一環として、研究院内に、世界トップクラスの研究者の異分野交流を促進し、革新的科学技術の創出等を担う世界の研究ハブを目指す組織として「Tokyo Tech World Research Hub Initiative (WRHI)」を構築した。WRHI は、海外から世界トップレベルの研究者を招聘し、本学研究者と共同して研究を行い、分野を超えた交流を実施するものである。

科学技術創成研究院、WRHI は、ELSI をモデルケースとして、ELSI のノウハウを活かし、推し進められた。さらに、今後、東京工業大学全体の改革に反映していくこととしている。

## (3) 国際的な研究活動のためのシステム改革

国際競争力のある研究を推進し、世界から優秀な人材を集めるため ELSI が導入している業績評価に基づく給与体系とインセンティブ付与、英語の公用語化、外国人研究者支援の強化等の改革は、東京工業大学の改革に強い影響を与えている。

・新しい人事システム

東京工業大学は、大学として初めて ELSI に適用したクロス・アポイントメント制度や年俸制等の新しい人事システムを積極的に取り入れている。

・英語による支援環境の整備

ELSI では、英語を公用語化し、事務部門での業務上のやり取りは、英語と日本語の両方で行っているが、大学においても学内文書やメール通知の英文化等の拡充のほか、平成 28 年度には人事に関する英語相談窓口を設置し、常駐の専門スタッフが電話、メール及び窓口で英語での問い合わせに対応できるような整備を行った。

また、外国人研究者の生活支援の面においても、平成 29 年 4 月に新たに英語対応のカウンセリングを新設し、創立八十年記念館に外国人研究者宿泊施設を整備するとともに女性の学生、研究者用の女子寮である東京工業大学洗足池ハウスを開寮することとした。

### 5. 拠点の中長期的な発展を確保するための取組

※中長期的な発展を確保するために必要な以下の各事項について記載すること。

- ・研究計画や研究組織・PI構成等の展望、次世代研究者育成・確保に係る展望
- ・定員・財源等の展望、ホスト機関内における位置付けなどに関する計画や実施事項
- ・補助期間終了後、当該拠点が「世界トップレベル研究拠点」であり続けるための措置（ホスト機関からの支援措置を含む）

#### 5-1. 研究計画や研究組織・PI 構成等の展望、次世代研究者育成・確保に係る展望

##### (1) 研究計画

ELSI 設立以後の ELSI 内外の研究動向や PI 構成の変化を反映するべく、研究計画を改訂した。ELSI Assembly において議論された研究の方向性や目標、そして戦略に基づき、Science Steering Committee が改訂作業を牽引した。図 1 に研究達成目標の改訂内容を端的に示す。ELSI の研究者は新研究領域の概念を構想し、「比較創発」と名付けた。

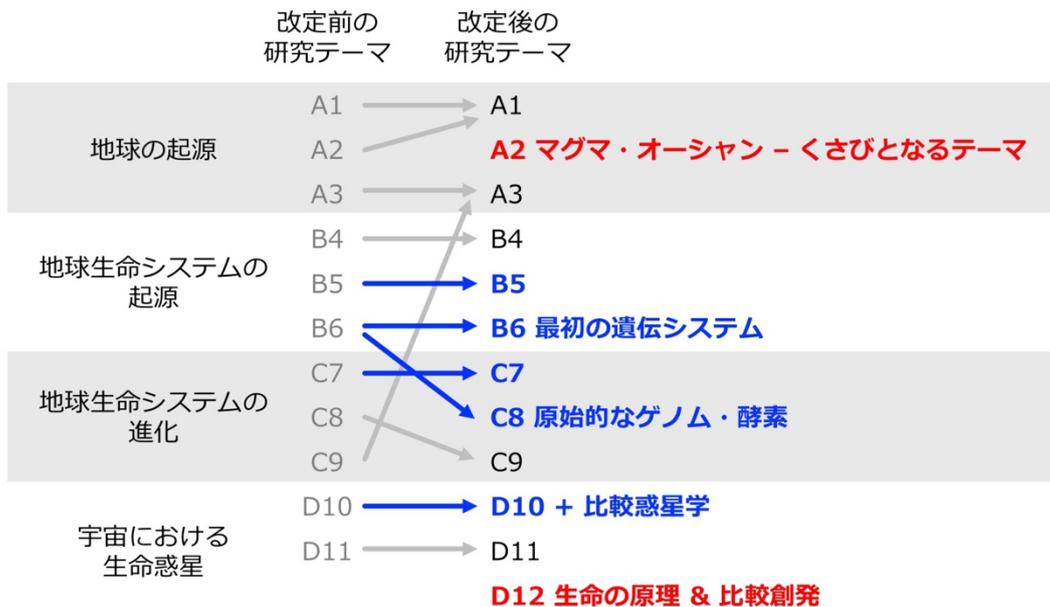


図 1. 研究達成目標の改訂内容の概略

改訂版拠点構想において新たに策定した研究テーマを赤字で示す。既存の研究テーマのうち、その枠組みの深化と拡充を図るべく見直し・改訂作業を行い、統合的見解と新規の取り組みを示したテーマを青字で示す。

##### (2) 研究組織

中間評価の結果に沿って、研究組織を見直した。ELSI の中長期的な発展を確保するために、組織構造や制度の一部を刷新した。

学術的なアウトプットの向上を図るために、新体制「ELSI 3.0」を 2016 年 10 月 1 日より導入した（添付資料 3-1）。新体制のもとでは、委員会や会議の役割と位置づけ、そして相互の関係性がより明確にされ、研究者がより研究に専念できるような配慮がなされている。

ELSI の研究活動を牽引する世界トップレベルの研究者を獲得するため、クロス・アポイントメント制度と ELSI フェロー制度を整備し、導入した。ELSI フェローは研究グループあるいは個別の研究者に研究上のガイダンスや助言を与える。また、世界トップレベルの研究機関での組織運営の経験が豊富な国内外の著名研究者を国際アドバイザリーボードのメンバーとして任命する制度を運用している。国際アドバイザリーボードは、多角的かつ客観的な見地から ELSI の研究・運営に関する助言を提供する。

オープン・フラットな研究体制の補完ならびに研究者のキャリア開発の支援の目的を以って、メンター制度を最近導入した。オープン・フラットな研究体制のもとで、リサーチ・サイエンティストと呼ばれる ELSI の若手研究者は、特定のグループにゆるやかに所属しながらも、非常に自由に研究を行うことが出来る。ELSI の実験室や研究・実験設備はすべて共用で、ラボマネージャーが施設の安全を管理し、所属研究員ならびにビジターの実験をサポートする。今年度から導入したメンター制度では、相互の合意のもとに、各研究者がメンターをもち、メンターは一年を通して担当研究者と交流することになっている。長期的な交流を通じて、研究者とメンターの間に互いへの信頼が生まれ、相互にとって建設的なフィードバックをもたらすだろう。この制度は研究者の ELSI そしてその後のキャリア形成に好影響をもたらすだろう。

評価の客観性と独立性を確保するため、研究者の年次評価制度を改訂した。改訂後の制度では、評価は複数の段階からなる。まず、研究者は自己の研究活動を振り返り、学術論文での論文発表や研究の科学的意義、ELSI の活動への貢献度合い、そして外部競争的資金の獲得状況などについての報告書を提出する。次にメンターがその報告書にコメントを加え、シニア主任研究者と所長室会議がそれを受理する。優れた研究業績や貢献を挙げた研究者に関しては、インセンティブとして優遇的な研究環境（スペース、資金補助など）や待遇（昇給や契約更新）が ELSI により与えられる。

### (3) PI 構成

2016 年 4 月に Shawn McGlynn が主任研究員として ELSI に加わり、准主任研究者の上野雄一郎が主任研究者に昇進した（添付資料 2 別添）。McGlynn 主任研究者は微生物学や生体エネルギー学関連のプロジェクトを牽引する。さらに、国際的な共同研究の推進に貢献することも期待している。ELSI の多様な研究分野とテーマを統合し、明確なビジョンと戦略を提示する上で、上野主任研究者の地球化学と宇宙生物学に関する専門的な見地と研究実績は不可欠である。

中間評価の結果に応じて、主任研究者の役割がより明確に定められ、ELSI の研究目標を達成すべく、新体制においては主任研究者が一層のリーダーシップを発揮することが期待されている。ELSI の活動や管理職務に十分に従事できるよう、2017 年 4 月以降主任研究者は一定期間 ELSI に在勤することが義務となる。この規則に沿い、現行の主任研究者の何名かは 2017 年 4 月より ELSI フェローとして参画する。彼らは引き続き ELSI と連携し、第一線の研究者として研究に関する助言やフィードバックを ELSI に提供する役目を負う。

多様なバックグラウンドを持つ 15 人の優れた研究者を揃えた 2017 年 4 月以降の主任研究者陣は広汎な研究領域・テーマを網羅し、ELSI における学際的な研究を牽引するだろう。

### (4) 次世代研究者の育成と確保

ELSI は国際公募によって、リサーチ・サイエンティスト（上記(2)を参照）を採用している。ELSI のオープン・フラットな研究体制の下で、彼らの学術的独自性は保証されており、研究者各々が ELSI 内外の研究者と協働しながら研究を進める。上述のメンターが研究者のキャリア形成について助言やガイダンスを与えるほか、所長等が定期的にリサーチ・サイエンティストと意見交換を行い、今後の研究の展望について議論する。

スタートアップ経費として、WPI 補助金雇用の若手研究者には年間 50 万円を支給している。これは ELSI に着任した若手研究者が円滑に研究を開始できるように、外部資金獲得までのサポートを目的としている。WPI プログラムの趣旨も踏まえ、なるべく早く外部資金などを活用した研究への移行を促す目的で、毎年少なくとも 1 件は科研費を含む外部資金プログラムへ応募することが、スタートアップ経費を受ける条件となっている（採否を問うものではない）。

ELSI は大学院教育にも力を注いでいる。外国人主任研究者や准教授の何名かは指導教員・副指導教員として東工大の学院にも担当を持ち始めている。我々はより多くの大学院生を受け入れることに意欲的であり、すでに研究所内で大学院生の指導を行っている。ELSI 研究者は授業も受け持ち、国際教育プログラムの創設に向けた準備を進める予定である。これらの教育活動を通じて、ELSI の大学院生・指導教員は ELSI に加え東工大の学院でも学際的な研究を推進する。

## 5-2. 定員・財源等の展望、ホスト機関内における位置付けなどに関する計画や実施事項

東京工業大学は、ELSI を、学長が特に認める研究拠点組織（研究特区）として、国立大学法人東京工

業大学組織運営規則で規定し、中期目標・中期計画の中で、「戦略性が高く、意欲的な目標・計画」として位置づけ、「世界トップレベル研究拠点「地球生命研究所」において、初期地球にフォーカスし、地球と生命の起源と進化を互いに関連づけて明らかにすることを旨とする研究を学長裁量資源の提供等により推進する。」と明記しており、研究改革、システム改革の先導役と位置付けている。

また、人的支援、物的支援や財政的支援等に止まらず、研究資金を積極的に獲得するため、米国に法人格を有する拠点の設置を進めている。また、他大学等における資金獲得方策や事例を参考に、更に多様なファンドレイジングの可能性を探る。

### 5-3. 補助期間終了後、当該拠点が「世界トップレベル研究拠点」であり続けるための措置（ホスト機関からの支援措置を含む）

2030年を目途に世界のトップ10に入るリサーチユニバーシティに位置することを大目標に掲げる本学は、ELSIを研究改革、システム改革の先導役と位置づけ、補助金終了後もELSIが「世界トップレベル研究拠点」であり続けるため、以下の措置を行う。

- ・テニユア教員6名を含むフルタイム主任研究者10名相当及び必要な実務スタッフを措置し、研究所の運営に必要な学長裁量経費及び学長裁量スペース等の支援を継続して行う。
- ・引き続き、充実した研究環境、研究に専念できる環境、大学院学生教育を始め若手研究者の育成、世界トップレベルの研究者との交流、異分野融合研究の推進等、研究者自らの探究の場を提供する。
- ・ライフアドバイザーの配置、宿舍の拡充等、外国人研究者が安心して研究に専念できる環境を整備し、きめ細かな外国人支援体制を推進する。
- ・研究推進部や広報・アウトリーチ担当、他のWPI拠点と協働し、本事業で得られた「世界トップレベル研究拠点」を存続させる各種ノウハウを維持・拡充させる。
- ・学長、理事・副学長（研究担当）及び理事・副学長（総務・財務担当）と拠点長との意見交換会を毎月1回開催し、ELSIが「世界トップレベル研究拠点」であり続けるための必要な措置について検討している。

## 6. その他

※1～5以外に拠点構想の進捗について特筆すべき事項がある場合のみ記述すること。

### 第5回 ELSI 国際シンポジウム（2017年1月11-13日）：

ELSIの国際シンポジウムは毎年恒例のイベントであり、国内外から講演者を招きELSIの研究に関連する最重要課題を議論する場となっている。第5回目のシンポジウムは「Expanding views on the emergence of the biosphere（生物圏の誕生についての拡大中の認識）」というテーマのもとで開催された。ハーバード大学、ジョージア工科大学、ケンブリッジ大学、NASAのエイムズ研究センターなど世界のトップ研究機関から招聘講演者が来日し、総勢167人が参加した。3日間のシンポジウムの前日には、「Young Researchers' Day for Earth Life Science」という地球生命科学に関心をもつ若手研究者向けのイベントを催した。また、シンポジウム後には4つの「Aftershop」ミーティングを開催し、最新のテーマについてシンポジウムよりも掘り下げた議論を行う機会を提供し、共同研究のための新しい研究アイデアを探求した。

### WPI他拠点との連携－ELSI/Kavli IPMU 合同一般講演会「起源への問い」（2017年1月22日）：

ELSIは同じくWPI拠点であるカブリ数物連携宇宙研究機構（カブリIPMU）との共催となる一般向けのイベントを東京大学の伊藤ホールを会場に開催した。廣瀬敬主任研究者（ELSI）、大栗博司氏（カブリIPMU）、納富信留氏（東京大学教授・哲学）が講演を行い、その後の鼎談では「起源の探求」というテーマのもと、人間の知的活動についてそれぞれ独自の視点からの意見が交わされた。これはELSIとカブリIPMUが共同で行った第2回目の一般向けイベントとなる。応募者数は前回の2倍近くあり、メディア12社が参加し、ELSIとカブリIPMUそれぞれの研究分野そしてELSIとカブリIPMUとの交流に対する世間の関心のほどを窺わせる。このイベントは両機関ならびにWPIプログラム全体のPRとアウトリーチという意味でも大きな成果を挙げた。

## 7. 現地視察報告書への対応

※Actions required and recommendationsにある個々の指摘事項を転記し、続いてその対応を記述すること。ただし、既に記載済みの場合は〇〇ページ参照、などと記載箇所を明示することに代えて良い。

- (1) Response to the comment “Dr. Hirose reported that he will be cross-appointed with the University of Tokyo from the next fiscal year under the plan for an effort ratio of 85% for Tokyo Tech and 15% for U. Tokyo. This may be a good opportunity to incorporate activities of geo science at U. Tokyo into ELSI”

*as a satellite. We sincerely hope that he will make every effort to keep focused on the activities of ELSI over the next 5 years."*

2017年の4月に ELSI は東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻内に新しいサテライトを立ち上げる予定である。同専攻の地球化学や熱進化モデル研究の第一人者と共同で、ELSI 所長である廣瀬主任研究者は地球の誕生と初期形成に関する自身の研究を推進し、ELSI ・同専攻間の共同研究を牽引する。このサテライトの立ち上げを円滑に進めるため、廣瀬所長は2017年4月より東京大学にクロス・アポイントされ、勤務時間の20%を同専攻で過ごすこととなる。東京大学の地球惑星科学専攻は宇宙生物学、惑星科学、太陽系探査、初期地球地質学・地球化学そして生命の進化の研究に携わる優れた研究グループを有する。これらのグループの研究は ELSI の研究と相互補完的な関係にあり、ELSI における今後5年間の基幹研究の一つである、初期地球の惑星環境を規定した「マグマ・オーシャン」の研究に多大な貢献をもたらすだろう。ELSI と東京大学の地球惑星科学専攻は既に太陽系内外の惑星の形成と進化、ハビタビリティ（生命の存在可能性）、そして地質学、地球化学や初期地球における生命に関する共同研究を開始することに合意した。廣瀬所長のリーダーシップのもとに、両大学で研究する研究員の雇用、ピジターの共同招聘、国際ワークショップの共同開催などを通じて積極的に共同研究を推進する予定である。

ELSI は、以前東工大と東京大学が共同で立ち上げたグローバル COE プログラム (G-COE) のプロジェクトが基盤となっていることを注記しておく。この G-COE プログラムは「地球から地球たちへ」と題され、ELSI 副所長である井田茂主任研究者が2009年度から2013年度にわたりリーダーを務めた。このプロジェクトでは、地球の環境の変化と生命の進化の関連性に焦点が当てられ、ELSI の基幹コンセプトである初期地球と生命の起源の関連性の探求へと研究テーマを広げるきっかけとなった。このプロジェクト以外にも、ELSI と東京大学地球惑星科学専攻はすでに数多くの共同研究を行っており、両機関は新たな共同プロジェクトを立ち上げる機は熟している。廣瀬所長は新サテライトの研究活動を軌道に乗せるためにあらゆる努力を払う。

- (2) Response to the comment *"A "flat" presentation in which every work is explained in only a brief time for each work is not so good for conveying the essential progress being made. A more structured presentation with a clear focus is desirable at the next site visit."*

ELSI のオープン・フラットな研究体制に示されている通り、発表は「研究者はみな研究の場においては平等である」という我々の強い信念に基づいている。地球と生命の起源と進化の解明という壮大な目標の達成に向けて、ELSI の研究者は様々なアプローチを以って研究しており、現地視察ではそれら研究を網羅的に紹介したいという真摯な努力が、結果として各々の発表の短縮につながり、全体像がぼやけ、フラットな印象を与えたかもしれない。現地視察における時間的制約を考慮して、今後は研究活動の全体像が分かりやすく伝わる発表を心がけたい。

- (3) Response to the comment *"We understand that it is important to conduct various approaches to tackle ELSI's big science goals in the ramp-up phase, but at the same time, we think that the project should have more definitive strategies for the next 5 years. This effort should be undertaken in a sufficiently quick manner so as to allow its effective implementation. The plan could and probably should include continuing currently successful and promising lines of investigation, but in addition, serious consideration should be given to initiating new research programs."*

ELSI の研究は基幹研究を明確にする第2期へと移行しつつある。これは大局的に見れば、初期地球と原始生命に関係した諸科学の連結につながる統合的研究テーマの画定である。小局的に見ると、過去2年間にわたる研究所の発展へ向けた努力により、新たな研究分野における高度な専門的知識を持つ人材の獲得に成功し、一部の研究分野において、ELSI は世界的なリーダーとなった。これら大局的・小局的な進捗の概要を以下に示す。

2016年度の現地視察は ELSI の最初の5年間の研究活動を抜本的に見直す良い機会となった。研究者各々が、地球と生命の起源・進化に関連するそれぞれの専門分野における最も重要な命題を明確にし、ELSI が重点的に取り組むべき研究領域を選定した。ELSI の研究者の一人ひとりが研究戦略についての意見を述べるができるように、これら議論の内容は ELSI Assembly や他のミーティングの場で研究者間で共有された。次の5年間そしてそれ以降の ELSI の戦略的な成長に向けて、十分な情報に基づく研究目標を策定するべく、ELSI 研究者から可能な限り幅広くフィードバックが集められた。これらの提言は Science Steering Committee によってまとめられ、内部資金の割り振りや戦略的研究員雇用の参考資料として所長に提出された。

2016年末と2017年初頭実施した研究戦略ミーティングは、高度な戦略的研究目標の画定に繋がった。これら目標の内容は当報告書ならびに2016年度プログラム委員会における廣瀬所長の発表

で提示された。すなわち、「マグマ・オーシャン」、「プロジェノート」、「乱雑な化学」の研究である。他の基幹テーマとしては、地球科学と太陽系外惑星研究を統合する惑星学の確立を目指す比較的アプローチ、そして我々が「geometabolism (地球代謝)」と呼ぶ融合研究が挙げられる。Geometabolism 研究は、初期生化学・生体エネルギー学の研究と地質学的研究を融合するものである。ここで扱う地質学的環境とは、現在の生命が生息する場、ならびに前生物的環境に類似すると考えられる、現在の地球上に存在する初期地球アナログ環境を意味する。これらの基幹研究分野は ELSI にすでに存在している強み、そして JAMSTEC や JAXA/ISAS、理研などの研究機関との緊密な共同研究を基盤としている。惑星形成のボトルネックとなる段階（「マグマ・オーシャン」）の研究は ELSI 独自の研究融合であることが際立つ分野である。乱雑な化学や比較惑星学では、局所的なプロセスの研究に用いられる分析理論を拡充し、叙事的な研究に終始しがちだった事象の多様性や複雑さについてシステム・レベルでの検討を可能にすることにより、現行研究のギャップを埋めるという独自性が強調される。現行のプロジェクトの詳細は「中間評価後の改訂版拠点構想」にある。さらに新規の共同プロジェクトが ELSI 内の Study Group により目下検討中である。また、我々が新たに提案する統合的研究領域の詳細については本報告書の「2 (4) 比較創発」を参照されたい。この研究提案の基礎を成すのは、構成要素がシステムへと統合される過程に共通する、新たな力学的秩序の形成というテーマである。

ELSI が、生命の起源と初期進化の研究領域において世界レベルあるいは世界をリードする研究機関となるという目標の達成の進捗を報告する上で、特筆すべき研究領域がさらに 2 つある。1 つ目は原始的な酵素 (paleoenzyme) と祖先型の再構築に関わるものであり、研究員の戦略的雇用、共同研究を推進しているハーバード・サテライトから東工大・ELSI へのトップ・レベルの大学院生ビジター・ポスドク研究員の獲得、国際的な科学研究費の獲得などにより実現した。これにより、ELSI では 3 つの主要炭素固定回路 (還元系 TCA, アセチル CoA, カルビン・ベンソン)、そして主要な硫黄ベースの生体エネルギーシステムの祖先型の再構築を目指すプロジェクトが進行している。原始的な酵素、そして祖先型の再構築は初期生命の初期進化と主要な変遷の研究において最も注目を浴びている最先端の研究テーマの一つであり、原始的代謝に関する主要研究の全ては現在、ELSI で行なわれている。2 つ目は、プロトン共役電子移動と分光測定法分野で、これに関連し、ELSI は中村主任研究者の任用を予定しており、さらに国内外でポスドク研究員を新規募集している。この研究は ELSI が独自に、そして JAMSTEC と共同で手がけた電気化学の先行研究から発展したもので、プロトン共役電子移動と分光測定法における世界トップ・レベルの研究体制が整いつつある。反応メカニズムを解析する上での専門的な見識や技術は、2015 年にママジャノフ主任研究者を戦略的に雇用したことで得られた分析化学における専門性を補完するだろう。化学・生命科学分野の上記 2 領域において深い専門性を持つ研究者集団を集め、独創的なプロジェクトを立ち上げることは、ELSI の代表的な研究として広く認知されている廣瀬研究室の地球深部ダイナミクス研究や、吉田主任研究員と上野主任研究員による地表付近の地球化学研究と肩を並べるものとなるだろう。

- (4) Response to the comment *“Graduate students are still not a part of ELSI activities, though some of the center's researchers mentor students in the university's graduate school. Both Director Hirose and President Mishima mentioned that incorporating ELSI into the graduate program is being planned. This should be quickly implemented, particularly so that non-Japanese PI's have chances to get involved in graduate education.”*

ELSI の長期的展望において、我々は次世代研究者の育成の重要性を認識している。次世代 ELSI 研究者には地球と生命の起源に対する見識をさらに深め、ELSI の研究機関としての画期的な事業や運営上の慣行をさらに進化させ、そしてその成果を東工大内外に発信していくことが期待されている。ELSI は大学院教育にも力を注いでおり、東工大は ELSI 独自の国際教育プログラムの創設を支援することを約束している。外国人主任研究者や准教授は指導教員・副指導教員として東工大の学院にも担当を持ち始めている。我々はより多くの大学院生を受け入れることに意欲的であり、すでに研究所内で大学院生の指導を行っている。ELSI 研究者は授業も受け持ち、国際教育プログラムの創設に向けた準備を進める予定である。これらの教育活動を通じて、ELSI の大学院生・指導教員は ELSI に加え東工大の学院でも学際的な研究を推進する。

- (5) Response to the comment *“We heard again some young researchers expressing a demand for the upgrading of experimental facilities and employment of excellent technicians. We consider some aspects of their requests to be reasonable. We want to ask the ELSI center members to engage in more effective communication.”*

実験系研究者の様々なニーズに応えるべく、ELSI では研究者が自ら積極的に実験室管理、そして安全管理・コンプライアンスに取り組んでいる。これを率いるのが実験室管理委員会であり、主任研究者、ラボマネージャー、そして技術・事務職員からなる。WPI プログラム雇用の技術支援職員を増

員し、2017年の4月からは各実験系ユニットに技術支援職員を配置し、実験室管理を支援する体制を整える。

所長・副所長や主任研究者はティータイムを利用して、若手研究者との日常的なコミュニケーションを取るよう心がけている。各委員会（実験室管理、コンピューター・ネットワークなど）の委員長は、特定の事柄に対する研究者のニーズを所長・副所長が把握するための重要な情報収集源でもある。事務スタッフも ELSI 内部のコミュニケーションの強化に貢献している。新任の事務部門長により研究者と事務スタッフを対象とした個別面接が実施されたほか、研究者と事務部門の間をつなぐリサーチ・アドミニストレーターを増員した。最近導入したメンター制度は、研究者の意見や懸念を掘り上げるのに役立っている。このように様々な施策を尽くすことにより、我々は研究者との連携やコミュニケーションの向上を図っている。

- (6) Response to the comment *"In this interim evaluation, progress at the Ehime satellite was little presented although some poster presentations were made. The challenge and role of the Ehime satellite over next 5 years should be clarified and re-discussed. Effort to promote interaction between the Ehime people and ELSI Tokyo Tech people should be considered seriously."*

愛媛サテライトにおける研究の進捗は、廣瀬、Hernlund 両主任研究者の口頭発表ならびにポスター発表数点を通じて報告した。今後の現地視察でも愛媛サテライトの研究活動を引き続き報告する。

愛媛サテライトの今後5年の研究課題と役割を明確にするため、愛媛サテライトの入船徹男主任研究者は ELSI の所長・副所長・主任研究者とのミーティングを重ね、意見を直接交換した。愛媛サテライトの WPI 研究員も ELSI の研究戦略を話し合うミーティングに参加し、将来の展望についての議論に加わった。ELSI・愛媛サテライト間の研究交流を推進する努力を今後も続け、愛媛サテライトの研究員がより長期間 ELSI に滞在できるよう取り計らう。

ELSI と愛媛サテライトの建設的な協力関係は、大型研究費「核一マンツルの相互作用と共進化～統合的地球深部科学の創成（文部科学省 科学研究費助成事業 新学術領域研究）」の獲得によってさらに強化された。愛媛サテライトの協力研究者である土屋卓久教授が研究代表を務めており、研究目標は ELSI の研究ゴールとよく合致する。このプロジェクトには、ELSI と 2017 年 4 月に設置予定の東大サテライトの研究者数名がメンバーとして参加しており、ELSI・ELSI サテライト・他研究機関に所属する研究者間の共同研究の拡大につながることを期待される。

# 世界トップレベル研究拠点プログラム (WPI)

## 添付資料 1 平成28年度研究業績等一覧

### 1. 2016年査読つき論文

・発行年が2016年と記載されている論文についてのみ業績一覧を作成する。

注) 業績一覧は、年度(Fiscal year)ではなくCalendar yearとする。

#### (1) WPI論文

所属にWPI事業によるとわかる記載(拠点名の明記等)があるもの(謝辞への記載のみのものは含めない)

掲載順序

- 1) Original articles
- 2) Review articles
- 3) Proceedings
- 4) Others
- 5) 英語以外の論文

#### (2) 論文の記載方法(紙媒体)

- ・査読付き論文のみを対象とし、論文の種別(Original articles、Review articles、Proceedings、その他)に分けて記載すること。
- ・それぞれの論文は箇条書きとし、著者名・発行年・雑誌名・巻号・掲載ページ・タイトル(記載順番は様式中で統一してあればこの限りではない)を記載する。(なお、拠点の研究者に下線を記す必要はない)
- ・著者が多数(20名以上)の場合は、全著者名を記載する必要はない。
- ・発表言語が英語以外の論文は、論文種別ごとに分けて記載する。
- ・論文には、次項の電子媒体と共通する、全体を通した通し番号を付す。

#### (3) 電子媒体の提出

- ・上記の記載に加えて、Document IDを含む論文データのCSVファイルを提出する。
- ※Document IDとは、論文データベース等が各論文に固有に付与したIDを指す。
- ・論文種別ごとにファイルを分ける必要はない。

#### (4) 評価

- ・論文リストは、2016年度の進捗状況確認のために使用する。
- ・論文リストについては、拠点全体の研究の動向や現状分析のために用いるものであり、個人評価を行う資料ではない。
- ・評価にあたっては研究領域の特殊性に配慮する。

#### (5) 追加資料

- ・業績一覧を含む進捗状況提出後に、追加資料提出を依頼することがあり得る。

### WPI論文

#### 1) Original articles

1. Aoki, Y., Y. Okamura, H. Ohta, K. Kinoshita, and T. Obayashi. 2016. "ALCOdb: Gene Coexpression Database for Microalgae." *Plant and Cell Physiology* 57 (1):9. doi: 10.1093/pcp/pcv190.
2. Baba, J., K. Morokuma-Matsui, Y. Miyamoto, F. Egusa, and N. Kuno. 2016. "Gas velocity patterns in simulated galaxies: observational diagnostics of spiral structure theories." *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 460 (3):2472-2481. doi: 10.1093/mnras/stw987.
3. Bada, J. L., J. H. Chalmers, and H. J. Cleaves. 2016. "Is formamide a geochemically plausible prebiotic solvent?" *Physical Chemistry Chemical Physics* 18 (30):20085-20090. doi: 10.1039/c6cp03290g.
4. Ballmer, M. D., L. Schumacher, V. Lekic, C. Thomas, and G. Ito. 2016. "Compositional layering within the large low shear-wave velocity provinces in the lower mantle." *Geochemistry Geophysics Geosystems* 17 (12):5056-5077. doi: 10.1002/2016gc006605.
5. Bartlett, S., and N. Virgo. 2016. "Maximum Entropy Production Is Not a Steady State Attractor for 2D Fluid Convection." *Entropy* 18 (12):9. doi: 10.3390/e18120431.
6. Bindi, L., E. A. Sirotkina, A. V. Bobrov, F. Nestola, and T. Irifune. 2016. "Chromium solubility in anhydrous Phase B." *Physics and Chemistry of Minerals* 43 (2):103-110. doi: 10.1007/s00269-015-0777-2.
7. Bindi, L., A. Tamarova, A. V. Bobrov, E. A. Sirotkina, O. Tschauner, M. J. Walter, and T.

- Irifune. 2016. "Incorporation of high amounts of Na in ringwoodite: Possible implications for transport of alkali into lower mantle." *American Mineralogist* 101 (1-2):483-486. doi: 10.2138/am-2016-5570.
8. Brassier, R., S. Matsumura, S. Ida, S. J. Mojzsis, and S. C. Werner. 2016. "ANALYSIS OF TERRESTRIAL PLANET FORMATION BY THE GRAND TACK MODEL: SYSTEM ARCHITECTURE AND TACK LOCATION." *Astrophysical Journal* 821 (2):18. doi: 10.3847/0004-637x/821/2/75.
  9. Brassier, R., S. J. Mojzsis, S. C. Werner, S. Matsumura, and S. Ida. 2016. "Late veneer and late accretion to the terrestrial planets." *Earth and Planetary Science Letters* 455:85-93. doi: 10.1016/j.epsl.2016.09.013.
  10. Butch, C. J., J. Wang, J. D. Gu, R. Vindas, J. Crowe, P. Pollet, L. Gelbaum, J. Leszczynski, R. Krishnamurthy, and C. L. Liotta. 2016. "pH-controlled reaction divergence of decarboxylation versus fragmentation in reactions of dihydroxyfumarate with glyoxylate and formaldehyde: parallels to biological pathways." *Journal of Physical Organic Chemistry* 29 (7):352-360. doi: 10.1002/poc.3542.
  11. Chandru, K., A. Gilbert, C. Butch, M. Aono, and H. J. Cleaves. 2016. "The Abiotic Chemistry of Thiolated Acetate Derivatives and the Origin of Life." *Scientific Reports* 6:11. doi: 10.1038/srep29883.
  12. Cheng, C. Y., T. Cheng, H. Xiao, M. D. Krzyaniak, Y. P. Wang, P. R. McGonigal, M. Frasconi, J. C. Barnes, A. C. Fahrenbach, M. R. Wasielewski, W. A. Goddard, and J. F. Stoddart. 2016. "Influence of Constitution and Charge on Radical Pairing Interactions in Tris-radical Tricationic Complexes." *Journal of the American Chemical Society* 138 (26):8288-8300. doi: 10.1021/jacs.6b04343.
  13. Cuthill, J. F. H., K. B. Sewell, L. R. G. Cannon, M. A. Charleston, S. Lawler, D. T. J. Littlewood, P. D. Olson, and D. Blair. 2016. "Australian spiny mountain crayfish and their temnocephalan ectosymbionts: an ancient association on the edge of coextinction?" *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 283 (1831):10. doi: 10.1098/rspb.2016.0585.
  14. Dewaele, A., R. Andre, F. Occelli, O. Mathon, S. Pascarelli, T. Irifune, and P. Loubeyre. 2016. "The phase transformation in zirconium followed with ms-scale time-resolved X-ray absorption spectroscopy." *High Pressure Research* 36 (3):237-249. doi: 10.1080/08957959.2016.1199692.
  15. Dewaele, A., N. Worth, C. J. Pickard, R. J. Needs, S. Pascarelli, O. Mathon, M. Mezouar, and T. Irifune. 2016. "Synthesis and stability of xenon oxides Xe2O5 and Xe3O2 under pressure." *Nature Chemistry* 8 (8):784-790. doi: 10.1038/nchem.2528.
  16. Domagal-Goldman, S. D., K. E. Wright, K. Adamala, L. A. de la Rubia, J. Bond, L. R. Dartnell, A. D. Goldman, K. Lynch, M. E. Naud, I. G. Paulino-Lima, K. Singer, M. Walter-Antonio, X. C. Abrevaya, R. Anderson, G. Arney, D. Atri, A. Azua-Bustos, J. S. Bowman, W. J. Brazelton, G. A. Brennecka, R. Carns, A. Chopra, J. Colangelo-Lillis, C. J. Crockett, J. DeMarines, E. A. Frank, C. Frantz, E. de la Fuente, D. Galante, J. Glass, D. Gleeson, C. R. Glein, C. Goldblatt, R. Horak, L. Horodyskyj, B. Kacar, A. Kereszturi, E. Knowles, P. Mayeur, S. McGlynn, Y. Miguel, M. Montgomery, C. Neish, L. Noack, S. Rugheimer, E. E. Stuken, P. Tamez-Hidalgo, S. I. Walker, and T. Wong. 2016. "The Astrobiology Primer v2.0." *Astrobiology* 16 (8):561-653. doi: 10.1089/ast.2015.1460.
  17. Du, W., S. M. Clark, and D. Walker. 2016. "Excess mixing volume, microstrain, and stability of pyrope-grossular garnets." *American Mineralogist* 101 (1-2):193-204. doi: 10.2138/am-2016-5128.
  18. Endo, Y., Y. Ueno, S. Aoyama, and S. O. Danielache. 2016. "Sulfur isotope fractionation by broadband UV radiation to optically thin SO2 under reducing atmosphere." *Earth and Planetary Science Letters* 453:9-22. doi: 10.1016/j.epsl.2016.07.057.
  19. Fairen, A. G., J. M. Dohm, J. A. P. Rodriguez, E. R. Uceda, J. Kargel, R. Soare, H. J. Cleaves, D. Oehler, D. Schulze-Makuch, E. Essefi, M. E. Banks, G. Komatsu, W. Fink, S. Robbins, J. G. Yan, H. Miyamoto, S. Maruyama, and V. R. Baker. 2016. "The Argyre Region as a Prime Target for in situ Astrobiological Exploration of Mars." *Astrobiology* 16 (2):143-158. doi: 10.1089/ast.2015.1396.
  20. Fujii, Y., D. S. Spiegel, T. Mroczkowski, J. Nordhaus, N. T. Zimmerman, A. R. Parsons, M.

- Mirbabayi, and N. Madhusudhan. 2016. "RADIO EMISSION FROM RED-GIANT HOT JUPITERS." *Astrophysical Journal* 820 (2):15. doi: 10.3847/0004-637x/820/2/122.
21. Fujisaki, W., Y. Sawaki, S. Yamamoto, T. Sato, M. Nishizawa, B. F. Windley, and S. Maruyama. 2016. "Tracking the redox history and nitrogen cycle in the pelagic Panthalassic deep ocean in the Middle Triassic to Early Jurassic: Insights from redox-sensitive elements and nitrogen isotopes." *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 449:397-420. doi: 10.1016/j.palaeo.2016.01.039.
  22. Genda, H. 2016. "Origin of Earth's oceans: An assessment of the total amount, history and supply of water." *Geochemical Journal* 50 (1):27-42. doi: 10.2343/geochemj.2.0398.
  23. Ghosh, P., M. V. Vasiliev, S. Sarkar, S. Ghosh, K. Yamada, Y. Ueno, N. Yoshida, and C. J. Poulsen. 2016. "Tracking the migration of the Indian continent using the carbonate clumped isotope technique on Phanerozoic soil carbonates." *Scientific Reports* 6:7. doi: 10.1038/srep22187.
  24. Gilbert, A., K. Yamada, and N. Yoshida. 2016. "Evaluation of on-line pyrolysis coupled to isotope ratio mass spectrometry for the determination of position-specific C-13 isotope composition of short chain n-alkanes (C-6-C-12)." *Talanta* 153:158-162. doi: 10.1016/j.talanta.2016.03.014.
  25. Giovannelli, D., G. d'Errico, F. Fiorentino, D. Fattorini, F. Regoli, L. Angeletti, T. Bakran-Petricoli, C. Vetriani, M. Yucel, M. Taviani, and E. Manini. 2016. "Diversity and Distribution of Prokaryotes within a Shallow-Water Pockmark Field." *Frontiers in Microbiology* 7:21. doi: 10.3389/fmicb.2016.00941.
  26. Gomi, H., K. Hirose, H. Akai, and Y. W. Fei. 2016. "Electrical resistivity of substitutionally disordered hcp Fe-Si and Fe-Ni alloys: Chemically-induced resistivity saturation in the Earth's core." *Earth and Planetary Science Letters* 451:51-61. doi: 10.1016/j.epsl.2016.07.011.
  27. Greaux, S., Y. Kono, Y. B. Wang, A. Yamada, C. Y. Zhou, Z. C. Jing, T. Inoue, Y. Higo, T. Irifune, N. Sakamoto, and H. Yurimoto. 2016. "Sound velocities of aluminum-bearing stishovite in the mantle transition zone." *Geophysical Research Letters* 43 (9):4239-4246. doi: 10.1002/2016gl068377.
  28. Hattori, S., J. Savarino, K. Kamezaki, S. Ishino, J. Dyckmans, T. Fujinawa, N. Caillon, A. Barbero, A. Mukotaka, S. Toyoda, R. Well, and N. Yoshida. 2016. "Automated system measuring triple oxygen and nitrogen isotope ratios in nitrate using the bacterial method and N<sub>2</sub>O decomposition by microwave discharge." *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 30 (24):2635-2644. doi: 10.1002/rcm.7747.
  29. Higashi, K., T. Tobe, A. Kanai, E. Uyar, S. Ishikawa, Y. Suzuki, N. Ogasawara, K. Kurokawa, and T. Oshima. 2016. "H-NS Facilitates Sequence Diversification of Horizontally Transferred DNAs during Their Integration in Host Chromosomes." *Plos Genetics* 12 (1):31. doi: 10.1371/journal.pgen.1005796.
  30. Higuchi, A., and S. Ida. 2016. "TEMPORARY CAPTURE OF ASTEROIDS BY A PLANET: DEPENDENCE OF PROGRADE/RETROGRADE CAPTURE ON ASTEROIDS' SEMIMAJOR AXES." *Astronomical Journal* 151 (1):9. doi: 10.3847/0004-6256/151/1/16.
  31. Homann, H., T. Guillot, J. Bec, C. W. Ormel, S. Ida, and P. Tanga. 2016. "Effect of turbulence on collisions of dust particles with planetesimals in protoplanetary disks." *Astronomy & Astrophysics* 589:15. doi: 10.1051/0004-6361/201527344.
  32. Hori, K., T. Nobusawa, T. Watanabe, Y. Madoka, H. Suzuki, D. Shibata, M. Shimojima, and H. Ohta. 2016. "Tangled evolutionary processes with commonality and diversity in plastidial glycolipid synthesis in photosynthetic organisms." *Biochimica Et Biophysica Acta-Molecular and Cell Biology of Lipids* 1861 (9):1294-1308. doi: 10.1016/j.bbailip.2016.04.015.
  33. Hosono, N., T. R. Saitoh, and J. Makino. 2016. "A COMPARISON OF SPH ARTIFICIAL VISCOSITIES AND THEIR IMPACT ON THE KEPLERIAN DISK." *Astrophysical Journal Supplement Series* 224 (2):19. doi: 10.3847/0067-0049/224/2/32.
  34. Hosono, N., T. R. Saitoh, J. Makino, H. Genda, and S. Ida. 2016. "The giant impact simulations with density independent smoothed particle hydrodynamics." *Icarus* 271:131-157. doi: 10.1016/j.icarus.2016.01.036.
  35. Houser, C. 2016. "Global seismic data reveal little water in the mantle transition zone."

- Earth and Planetary Science Letters 448:94-101. doi: 10.1016/j.epsl.2016.04.018.
36. Hyodo, R., S. Charnoz, H. Genda, and K. Ohtsuki. 2016. "FORMATION OF CENTAURS' RINGS THROUGH THEIR PARTIAL TIDAL DISRUPTION DURING PLANETARY ENCOUNTERS." *Astrophysical Journal Letters* 828 (1):6. doi: 10.3847/2041-8205/828/1/18.
  37. Ichikawa, H., S. Yamamoto, K. Kawai, and M. Kameyama. 2016. "Estimate of subduction rate of island arcs to the deep mantle." *Journal of Geophysical Research-Solid Earth* 121 (7):5447-5460. doi: 10.1002/2016jb013119.
  38. Ida, S., and T. Guillot. 2016. "Formation of dust-rich planetesimals from sublimated pebbles inside of the snow line." *Astronomy & Astrophysics* 596:5. doi: 10.1051/0004-6361/201629680.
  39. Ida, S., T. Guillot, and A. Morbidelli. 2016. "The radial dependence of pebble accretion rates: A source of diversity in planetary systems I. Analytical formulation." *Astronomy & Astrophysics* 591:12. doi: 10.1051/0004-6361/201628099.
  40. Irifune, T., K. Kawakami, T. Arimoto, H. Ohfuji, T. Kunimoto, and T. Shinmei. 2016. "Pressure-induced nano-crystallization of silicate garnets from glass." *Nature Communications* 7:7. doi: 10.1038/ncomms13753.
  41. Itano, K., T. Iizuka, Q. Chang, J. I. Kimura, and S. Maruyama. 2016. "U-Pb chronology and geochemistry of detrital monazites from major African rivers: Constraints on the timing and nature of the Pan-African Orogeny." *Precambrian Research* 282:139-156. doi: 10.1016/j.precamres.2016.07.008.
  42. Itie, J. P., A. Polian, F. Baudelet, C. Mocuta, D. Thiaudiere, E. Fonda, and T. Irifune. 2016. "Combined X-ray absorption and X-ray diffraction under high pressure." *High Pressure Research* 36 (3):479-492. doi: 10.1080/08957959.2016.1206540.
  43. Ito, M., H. Sugiura, S. Ayukawa, D. Kiga, and M. Takinoue. 2016. "A Bacterial Continuous Culture System Based on a Microfluidic Droplet Open Reactor." *Analytical Sciences* 32 (1):61-66.
  44. Iwasawa, M., A. Tanikawa, N. Hosono, K. Nitadori, T. Muranushi, and J. Makino. 2016. "Implementation and performance of FDPS: a framework for developing parallel particle simulation codes." *Publications of the Astronomical Society of Japan* 68 (4):22. doi: 10.1093/pasj/psw053.
  45. Iwayama, K., L. P. Zhu, Y. Hirata, M. Aono, M. Hara, and K. Aihara. 2016. "Decision-making ability of *Physarum polycephalum* enhanced by its coordinated spatiotemporal oscillatory dynamics." *Bioinspiration & Biomimetics* 11 (3):9. doi: 10.1088/1748-3190/11/3/036001.
  46. Jia, T. Z., A. C. Fahrenbach, N. P. Kamat, K. P. Adamala, and J. W. Szostak. 2016. "Oligoarginine peptides slow strand annealing and assist non-enzymatic RNA replication." *Nature Chemistry* 8 (10):915-921. doi: 10.1038/nchem.2551.
  47. Kamata, S., J. Kimura, K. Matsumoto, F. Nimmo, K. Kuramoto, and N. Namiki. 2016. "Tidal deformation of Ganymede: Sensitivity of Love numbers on the interior structure." *Journal of Geophysical Research-Planets* 121 (7):1362-1375. doi: 10.1002/2016je005071.
  48. Kamezaki, K., S. Hattori, T. Ogawa, S. Toyoda, H. Kato, Y. Katayama, and N. Yoshida. 2016. "Sulfur Isotopic Fractionation of Carbonyl Sulfide during Degradation by Soil Bacteria." *Environmental Science & Technology* 50 (7):3537-3544. doi: 10.1021/acs.est.5b05325.
  49. Kasuno, M., H. Kimura, H. Yasutomo, M. Torimura, D. Murakami, Y. Tsukatani, S. Hanada, T. Matsushita, and H. Tao. 2016. "An Evaluation of Sensor Performance for Harmful Compounds by Using Photo-Induced Electron Transfer from Photosynthetic Membranes to Electrodes." *Sensors* 16 (4):10. doi: 10.3390/s16040438.
  50. Kato, C., K. Hirose, R. Nomura, M. D. Ballmer, A. Miyake, and Y. Ohishi. 2016. "Melting in the FeO-SiO<sub>2</sub> system to deep lower-mantle pressures: Implications for subducted Banded Iron Formations." *Earth and Planetary Science Letters* 440:56-61. doi: 10.1016/j.epsl.2016.02.011.
  51. Kawazoe, T., Y. Nishihara, T. Ohuchi, N. Miyajima, G. Maruyama, Y. Higo, K. Funakoshi, and T. Irifune. 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 and Planetary Science Letters* 454:10-19. doi:

- 10.1016/j.epsl.2016.08.011.
52. Kim, S. J., M. Naruse, M. Aono, H. Hori, and T. Akimoto. 2016. "Random walk with chaotically driven bias." *Scientific Reports* 6:9. doi: 10.1038/srep38634.
  53. Kimura, T., R. P. Kraft, R. F. Elsner, G. Branduardi-Raymont, G. R. Gladstone, C. Tao, K. Yoshioka, G. Murakami, A. Yamazaki, F. Tsuchiya, M. F. Vogt, A. Masters, H. Hasegawa, S. V. Badman, E. Roediger, Y. Ezoe, W. R. Dunn, I. Yoshikawa, M. Fujimoto, and S. S. Murray. 2016. "Jupiter's X-ray and EUV auroras monitored by Chandra, XMM-Newton, and Hisaki satellite." *Journal of Geophysical Research-Space Physics* 121 (3):2308-2320. doi: 10.1002/2015ja021893.
  54. Kita, H., T. Kimura, C. Tao, F. Tsuchiya, H. Misawa, T. Sakanoi, Y. Kasaba, G. Murakami, K. Yoshioka, A. Yamazaki, I. Yoshikawa, and M. Fujimoto. 2016. "Characteristics of solar wind control on Jovian UV auroral activity deciphered by long-term Hisaki EXCEED observations: Evidence of preconditioning of the magnetosphere?" *Geophysical Research Letters* 43 (13):6790-6798. doi: 10.1002/2016gl069481.
  55. Kitadai, N. 2016. "Predicting Thermodynamic Behaviors of Non-Protein Amino Acids as a Function of Temperature and pH." *Origins of Life and Evolution of Biospheres* 46 (1):3-18. doi: 10.1007/s11084-015-9457-y.
  56. Kobayashi, A., H. N. Golash, and J. L. Kirschvink. 2016. "A first test of the hypothesis of biogenic magnetite-based heterogeneous ice-crystal nucleation in cryopreservation." *Cryobiology* 72 (3):216-224. doi: 10.1016/j.cryobiol.2016.04.003.
  57. Kobayashi, Y., M. Takusagawa, N. Harada, Y. Fukao, S. Yamaoka, T. Kohchi, K. Hori, H. Ohta, T. Shikanai, and Y. Nishimura. 2016. "Eukaryotic Components Remodeled Chloroplast Nucleoid Organization during the Green Plant Evolution." *Genome Biology and Evolution* 8 (1):1-16. doi: 10.1093/gbe/evv233.
  58. Kominami, J. D., H. Daisaka, J. Makino, and M. Fujimoto. 2016. "GLOBAL HIGH-RESOLUTION N-BODY SIMULATION OF PLANET FORMATION. I. PLANETESIMAL-DRIVEN MIGRATION." *Astrophysical Journal* 819 (1):8. doi: 10.3847/0004-637x/819/1/30.
  59. Kondo, S., K. Hori, Y. Sasaki-Sekimoto, A. Kobayashi, T. Kato, N. Yuno-Ohta, T. Nobusawa, K. Ohtaka, M. Shimojima, and H. Ohta. 2016. "Primitive Extracellular Lipid Components on the Surface of the Charophytic Alga *Klebsormidium flaccidum* and Their Possible Biosynthetic Pathways as Deduced from the Genome Sequence." *Frontiers in Plant Science* 7:15. doi: 10.3389/fpls.2016.00952.
  60. Kunimoto, T., T. Irifune, Y. Tange, and K. Wada. 2016. "Pressure generation to 50 GPa in Kawai-type multianvil apparatus using newly developed tungsten carbide anvils." *High Pressure Research* 36 (2):97-104. doi: 10.1080/08957959.2016.1148149.
  61. Kurokawa, H., T. Usui, and M. Sato. 2016. "Interactive evolution of multiple water-ice reservoirs on Mars: Insights from hydrogen isotope compositions." *Geochemical Journal* 50 (1):67-79. doi: 10.2343/geochemj.2.0407.
  62. Ledesma-Mateos, I., and H. J. Cleaves. 2016. "Alfonso Luis Herrera and the Beginnings of Evolutionism and Studies in the Origin of Life in Mexico." *Journal of Molecular Evolution* 83 (5-6):193-203. doi: 10.1007/s00239-016-9771-7.
  63. Lustrino, M., D. Prelevic, S. Agostini, M. Gaeta, T. Di Rocco, V. Stagno, and L. S. Capizzi. 2016. "Ca-rich carbonates associated with ultrabasic-ultramafic melts: Carbonatite or limestone xenoliths? A case study from the late Miocene Morron de Villamayor volcano (Calatrava Volcanic Field, central Spain)." *Geochimica Et Cosmochimica Acta* 185:477-497. doi: 10.1016/j.gca.2016.02.026.
  64. Ma, S. Z., S. D. Mao, S. Ida, W. Zhu, and D. N. C. Lin. 2016. "Free-floating planets from core accretion theory: microlensing predictions." *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 461 (1):L107-L111. doi: 10.1093/mnras/slw110.
  65. Maeda, K., S. Toyoda, M. Yano, S. Hattori, M. Fukasawa, K. Nakajima, and N. Yoshida. 2016. "Isotopically enriched ammonium shows high nitrogen transformation in the pile top zone of dairy manure compost." *Biogeosciences* 13 (4):1341-1349. doi: 10.5194/bg-13-1341-2016.
  66. Masters, A., A. H. Sulaiman, N. Sergis, L. Stawarz, M. Fujimoto, A. J. Coates, and M. K. Dougherty. 2016. "SUPRATHERMAL ELECTRONS AT SATURN'S BOW SHOCK."

- Astrophysical Journal 826 (1):7. doi: 10.3847/0004-637x/826/1/48.
67. Matsu'ura, F., M. Sunamura, Y. Ueno, and T. Urabe. 2016. "Influence of cell's growth phase on the sulfur isotopic fractionation during in vitro microbial sulfate reduction." *Chemical Geology* 431:1-9. doi: 10.1016/j.chemgeo.2016.03.017.
  68. Matsuki, T., K. Yahagi, H. Mori, H. Matsumoto, T. Hara, S. Tajima, E. Ogawa, H. Kodama, K. Yamamoto, T. Yamada, S. Matsumoto, and K. Kurokawa. 2016. "A key genetic factor for fucosyllactose utilization affects infant gut microbiota development." *Nature Communications* 7:12. doi: 10.1038/ncomms11939.
  69. Matsumura, S., R. Brasser, and S. Ida. 2016. "EFFECTS OF DYNAMICAL EVOLUTION OF GIANT PLANETS ON THE DELIVERY OF ATMOPHILE ELEMENTS DURING TERRESTRIAL PLANET FORMATION." *Astrophysical Journal* 818 (1):18. doi: 10.3847/0004-637x/818/1/15.
  70. Matsushita, M., R. Inugai, M. Yamasaki, T. Shinmei, Y. Kawamura, T. Irifune, N. Fujita, and E. Abe. 2016. "A long-period superlattice phase in Mg<sub>97</sub>Zn<sub>1</sub>Yb<sub>2</sub> alloys synthesized under high-pressure." *Scripta Materialia* 121:45-49. doi: 10.1016/j.scriptamat.2016.04.022.
  71. Merino, N., Y. Qu, R. A. Deeb, E. L. Hawley, M. R. Hoffmann, and S. Mahendra. 2016. "Degradation and Removal Methods for Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances in Water." *Environmental Engineering Science* 33 (9):615-649. doi: 10.1089/ees.2016.0233.
  72. Miguel, Y., and S. Ida. 2016. "A semi-analytical model for exploring Galilean satellites formation from a massive disk." *Icarus* 266:1-14. doi: 10.1016/j.icarus.2015.10.030.
  73. Mohn, J., W. Gutjahr, S. Toyoda, E. Harris, E. Ibraim, H. Geilmann, P. Schleppe, T. Kuhn, M. F. Lehmann, C. Decock, R. A. Werner, N. Yoshida, and W. A. Brand. 2016. "Reassessment of the NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> thermal decomposition technique for calibration of the N<sub>2</sub>O isotopic composition." *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 30 (23):2487-2496. doi: 10.1002/rcm.7736.
  74. Mookherjee, M., J. Tsuchiya, and A. Hariharan. 2016. "Crystal structure, equation of state, and elasticity of hydrous aluminosilicate phase, topaz-OH (Al<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>(OH)<sub>2</sub>) at high pressures." *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 251:24-35. doi: 10.1016/j.pepi.2015.11.006.
  75. Murakami, G., K. Yoshioka, A. Yamazaki, Y. Nishimura, I. Yoshikawa, and M. Fujimoto. 2016. "The plasmopause formation seen from meridian perspective by KAGUYA." *Journal of Geophysical Research-Space Physics* 121 (12):11973-11984. doi: 10.1002/2016ja023377.
  76. Murakami, G., K. Yoshioka, A. Yamazaki, F. Tsuchiya, T. Kimura, C. Tao, H. Kita, M. Kagitani, T. Sakanoi, K. Uemizu, Y. Kasaba, I. Yoshikawa, and M. Fujimoto. 2016. "Response of Jupiter's inner magnetosphere to the solar wind derived from extreme ultraviolet monitoring of the Io plasma torus." *Geophysical Research Letters* 43 (24):12308-12316. doi: 10.1002/2016gl071675.
  77. Nakada, R., Y. Takahashi, and M. Tanimizu. 2016. "Cerium stable isotope ratios in ferromanganese deposits and their potential as a paleo-redox proxy." *Geochimica Et Cosmochimica Acta* 181:89-100. doi: 10.1016/j.gca.2016.02.025.
  78. Nakada, R., A. Waseda, F. Okumura, and Y. Takahashi. 2016. "Impact of the decarboxylation reaction on rare earth elements binding to organic matter: From humic substances to crude oil." *Chemical Geology* 420:231-239. doi: 10.1016/j.chemgeo.2015.11.021.
  79. Nakamura, Y., N. Yamamoto, Y. Kino, S. Kamei, H. Mori, K. Kurokawa, and N. Nakashima. 2016. "Establishment of a multi-species biofilm model and metatranscriptomic analysis of biofilm and planktonic cell communities." *Applied Microbiology and Biotechnology* 100 (16):7263-7279. doi: 10.1007/s00253-016-7532-6.
  80. Nimura, T., T. Ebisuzaki, and S. Maruyama. 2016. "End-cretaceous cooling and mass extinction driven by a dark cloud encounter." *Gondwana Research* 37:301-307. doi: 10.1016/j.gr.2015.12.004.
  81. Nishihara, Y., G. Maruyama, and M. Nishi. 2016. "Growth kinetics of forsterite reaction rims at high-pressure." *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 257:220-229. doi: 10.1016/j.pepi.2016.06.008.
  82. Nomaki, H., T. Mochizuki, T. Kitahashi, T. Nunoura, K. Arai, T. Toyofuku, G. Tanaka, S.

- Shigeno, E. Tasumi, K. Fujikura, and S. Watanabe. 2016. "Effects of mass sedimentation events after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake on benthic prokaryotes and meiofauna inhabiting the upper bathyal sediments." *Journal of Oceanography* 72 (1):113-128. doi: 10.1007/s10872-015-0293-5.
83. Nomura, H., T. Tsukagoshi, R. Kawabe, D. Ishimoto, S. Okuzumi, T. Muto, K. D. Kanagawa, S. Ida, C. Walsh, T. J. Millar, and X. N. Bai. 2016. "ALMA OBSERVATIONS OF A GAP AND A RING IN THE PROTOPLANETARY DISK AROUND TW HYA." *Astrophysical Journal Letters* 819 (1):7. doi: 10.3847/2041-8205/819/1/7.
84. Nomura, R., and K. Uesugi. 2016. "Note: High-pressure in situ x-ray laminography using diamond anvil cell." *Review of Scientific Instruments* 87 (4):3. doi: 10.1063/1.4948315.
85. Ohta, K., Y. Kuwayama, K. Hirose, K. Shimizu, and Y. Ohishi. 2016. "Experimental determination of the electrical resistivity of iron at Earth's core conditions." *Nature* 534 (7605):95-+. doi: 10.1038/nature17957.
86. Okai, S., F. Usui, S. Yokota, Y. Hori-i, M. Hasegawa, T. Nakamura, M. Kurosawa, S. Okada, K. Yamamoto, E. Nishiyama, H. Mori, T. Yamada, K. Kurokawa, S. Matsumoto, M. Nanno, T. Naito, Y. Watanabe, T. Kato, E. Miyauchi, H. Ohno, and R. Shinkura. 2016. "High-affinity monoclonal IgA regulates gut microbiota and prevents colitis in mice." *Nature Microbiology* 1 (9):11. doi: 10.1038/nmicrobiol.2016.103.
87. Ozawa, H., K. Hirose, K. Yonemitsu, and Y. Ohishi. 2016. "High-pressure melting experiments on Fe-Si alloys and implications for silicon as a light element in the core." *Earth and Planetary Science Letters* 456:47-54. doi: 10.1016/j.epsl.2016.08.042.
88. Parker, E. T., H. J. Cleaves, J. L. Bada, and F. M. Fernandez. 2016. "Quantitation of alpha-hydroxy acids in complex prebiotic mixtures via liquid chromatography/tandem mass spectrometry." *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 30 (18):2043-2051. doi: 10.1002/rcm.7684.
89. Paulino-Lima, I. G., K. Fujishima, J. U. Navarrete, D. Galante, F. Rodrigues, A. Azua-Bustos, and L. J. Rothschild. 2016. "Extremely high UV-C radiation resistant microorganisms from desert environments with different manganese concentrations." *Journal of Photochemistry and Photobiology B-Biology* 163:327-336. doi: 10.1016/j.jphotobiol.2016.08.017.
90. Properzi, L., M. Santoro, M. Minicucci, F. Iesari, M. Ciambezi, L. Nataf, Y. Le Godec, T. Irifune, F. Baudalet, and A. Di Cicco. 2016. "Structural evolution mechanisms of amorphous and liquid As<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> at high pressures." *Physical Review B* 93 (21):8. doi: 10.1103/PhysRevB.93.214205.
91. Rensen, E. I., T. Mochizuki, E. Queminn, S. Schouten, M. Krupovic, and D. Prangishvili. 2016. "A virus of hyperthermophilic archaea with a unique architecture among DNA viruses." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113 (9):2478-2483. doi: 10.1073/pnas.1518929113.
92. Rosenblatt, P., S. Charnoz, K. M. Dunseath, M. Terao-Dunseath, A. Trinh, R. Hyodo, H. Genda, and S. Toupin. 2016. "Accretion of Phobos and Deimos in an extended debris disc stirred by transient moons." *Nature Geoscience* 9 (8):581-+. doi: 10.1038/ngeo2742.
93. Safonova, I., G. Biske, R. L. Romer, R. Seltmann, V. Simonov, and S. Maruyama. 2016. "Middle Paleozoic mafic magmatism and ocean plate stratigraphy of the South Tianshan, Kyrgyzstan." *Gondwana Research* 30:236-256. doi: 10.1016/j.gr.2015.03.006.
94. Safonova, I., S. Maruyama, S. Kojima, T. Komiya, S. Krivonogov, and K. Koshida. 2016. "Recognizing OIB and MORB in accretionary complexes: A new approach based on ocean plate stratigraphy, petrology and geochemistry." *Gondwana Research* 33:92-114. doi: 10.1016/j.gr.2015.06.013.
95. Saito, T., T. Shibuya, T. Komiya, K. Kitajima, S. Yamamoto, M. Nishizawa, Y. Ueno, M. Kurosawa, and S. Maruyama. 2016. "PIXE and microthermometric analyses of fluid inclusions in hydrothermal quartz from the 2.2 Ga Ongeluk Formation, South Africa: Implications for ancient seawater salinity." *Precambrian Research* 286:337-351. doi: 10.1016/j.precamres.2016.10.003.
96. Saitoh, T. R., and J. Makino. 2016. "SANTA BARBARA CLUSTER COMPARISON TEST WITH DISPH." *Astrophysical Journal* 823 (2):23. doi: 10.3847/0004-637x/823/2/144.
97. Sato, B., L. Wang, Y. J. Liu, G. Zhao, M. Omiya, H. Harakawa, M. Nagasawa, R. A.

- Wittenmyer, P. Butler, N. Song, W. He, F. Zhao, E. Kambe, K. Noguchi, H. Ando, H. Izumiura, N. Okada, M. Yoshida, Y. Takeda, Y. Itoh, E. Kokubo, and S. Ida. 2016. "A PAIR OF GIANT PLANETS AROUND THE EVOLVED INTERMEDIATE-MASS STAR HD 47366: MULTIPLE CIRCULAR ORBITS OR A MUTUALLY RETROGRADE CONFIGURATION." *Astrophysical Journal* 819 (1):11. doi: 10.3847/0004-637x/819/1/59.
98. Sawada, H., S. Maruyama, S. Sakata, and T. Hirata. 2016. "Detrital zircon geochronology by LA-ICP-MS of the Neoproterozoic Manjeri Formation in the Archean Zimbabwe craton- the disappearance of Eoarchean crust by 2.7 Ga?" *Journal of African Earth Sciences* 113:1-11. doi: 10.1016/j.jafrearsci.2015.10.009.
  99. Shibaike, Y., T. Sasaki, and S. Ida. 2016. "Excavation and melting of the Hadean continental crust by Late Heavy Bombardment." *Icarus* 266:189-203. doi: 10.1016/j.icarus.2015.10.023.
  100. Siegler, M. A., R. S. Miller, J. T. Keane, M. Laneuville, D. A. Paige, I. Matsuyama, D. J. Lawrence, A. Crotts, and M. J. Poston. 2016. "Lunar true polar wander inferred from polar hydrogen." *Nature* 531 (7595):480-+. doi: 10.1038/nature17166.
  101. Tagawa, S., K. Ohta, K. Hirose, C. Kato, and Y. Ohishi. 2016. "Compression of Fe-Si-H alloys to core pressures." *Geophysical Research Letters* 43 (8):3686-3692. doi: 10.1002/2016gl068848.
  102. Taki, T., M. Fujimoto, and S. Ida. 2016. "Dust and gas density evolution at a radial pressure bump in protoplanetary disks." *Astronomy & Astrophysics* 591:8. doi: 10.1051/0004-6361/201527732.
  103. Taylor, T., M. Bedau, A. Channon, D. Ackley, W. Banzhaf, G. Beslon, E. Dolson, T. Froese, S. Hickinbotham, T. Ikegami, B. McMullin, N. Packard, S. Rasmussen, N. Virgo, E. Agmon, E. Clark, S. McGregor, C. Ofria, G. Ropella, L. Spector, K. O. Stanley, A. Stanton, C. Timperley, A. Vostinar, and M. Wiser. 2016. "Open-Ended Evolution: Perspectives from the OEE Workshop in York." *Artificial Life* 22 (3):408-423. doi: 10.1162/ARTL\_a\_00210.
  104. Toyoda, S., and N. Yoshida. 2016. "Development of automated preparation system for isotopocule analysis of N<sub>2</sub>O in various air samples." *Atmospheric Measurement Techniques* 9 (5):2093-2101. doi: 10.5194/amt-9-2093-2016.
  105. Tsuchimoto, Y., T. Yano, T. Hayashi, and M. Hara. 2016. "Fano resonant all-dielectric core/shell nanoparticles with ultrahigh scattering directionality in the visible region." *Optics Express* 24 (13):14451-14462. doi: 10.1364/oe.24.014451.
  106. Tsukagoshi, T., H. Nomura, T. Muto, R. Kawabe, D. Ishimoto, K. D. Kanagawa, S. Okuzumi, S. Ida, C. Walsh, and T. J. Millar. 2016. "A GAP WITH A DEFICIT OF LARGE GRAINS IN THE PROTOPLANETARY DISK AROUND TW Hya." *Astrophysical Journal Letters* 829 (2):6. doi: 10.3847/2041-8205/829/2/l35.
  107. Tsukatani, Y., T. Mizoguchi, J. Thweatt, M. Tank, D. A. Bryant, and H. Tamiaki. 2016. "Glycolipid analyses of light-harvesting chlorosomes from envelope protein mutants of *Chlorobaculum tepidum*." *Photosynthesis Research* 128 (3):235-241. doi: 10.1007/s11120-016-0228-z.
  108. Tumendelger, A., S. Toyoda, N. Yoshida, H. Shiomi, and R. Kouno. 2016. "Isotopocule characterization of N<sub>2</sub>O dynamics during simulated wastewater treatment under oxic and anoxic conditions." *Geochemical Journal* 50 (2):105-121. doi: 10.2343/geochemj.2.0390.
  109. Umemoto, K., K. Kawamura, K. Hirose, and R. M. Wentzcovitch. 2016. "Post-stishovite transition in hydrous aluminous SiO<sub>2</sub>." *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 255:18-26. doi: 10.1016/j.pepi.2016.03.008.
  110. Weigand, M. A., J. Fariel, B. Barnett, S. Oleynik, and D. M. Sigman. 2016. "Updates to instrumentation and protocols for isotopic analysis of nitrate by the denitrifier method." *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 30 (12):1365-1383. doi: 10.1002/rcm.7570.
  111. Weiss, B. P., A. C. Maloof, T. M. Harrison, N. L. Swanson-Hysell, R. R. Fu, J. L. Kirschvink, E. B. Watson, R. S. Coe, S. M. Tikoo, and J. Ramezani. 2016. "Reply to Comment on "Pervasive remagnetization of detrital zircon host rocks in the Jack Hills, Western Australia and implications for records of the early dynamo"." *Earth and Planetary Science Letters* 450:409-412. doi: 10.1016/j.epsl.2016.07.001.
  112. Wenk, C. B., C. H. Frame, K. Koba, K. L. Casciotti, M. Veronesi, H. Niemann, C. J. Schubert, N. Yoshida, S. Toyoda, A. Makabe, J. Zopfi, and M. F. Lehmann. 2016. "Differential N<sub>2</sub>O

- dynamics in two oxygen-deficient lake basins revealed by stable isotope and isotopomer distributions." *Limnology and Oceanography* 61 (5):1735-1749. doi: 10.1002/lno.10329.
113. Witkowski, O., and T. Ikegami. 2016. "Emergence of Swarming Behavior: Foraging Agents Evolve Collective Motion Based on Signaling." *Plos One* 11 (4):26. doi: 10.1371/journal.pone.0152756.
  114. Yamada, K., K. Ohishi, A. Gilbert, M. Akasaka, N. Yoshida, and R. Yoshimura. 2016. "Measurement of natural carbon isotopic composition of acetone in human urine." *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 408 (6):1597-1607. doi: 10.1007/s00216-015-9268-z.
  115. Yano, T., Y. Tsuchimoto, M. Mochizuki, T. Hayashi, and M. Hara. 2016. "Laser Scanning-Assisted Tip-Enhanced Optical Microscopy for Robust Optical Nanospectroscopy." *Applied Spectroscopy* 70 (7):1239-1243. doi: 10.1177/0003702816652369.
  116. Yoshikawa, C., H. Abe, M. N. Aita, F. Breider, K. Kuzunuki, S. Toyoda, N. O. Ogawa, H. Suga, N. Ohkouchi, S. O. Danielache, M. Wakita, M. C. Honda, and N. Yoshida. 2016. "Insight into nitrous oxide production processes in the western North Pacific based on a marine ecosystem isotopomer model." *Journal of Oceanography* 72 (3):491-508. doi: 10.1007/s10872-015-0308-2.
  117. Yoshiyama, T., C. Motohashi, N. Ichihashi, T. Ichii, and T. Yomo. 2016. "Maintenance of a translation-coupled RNA replication in dynamic micro-sized compartments under continuous stirring and flow." *Chemical Engineering Journal* 283:896-902. doi: 10.1016/j.cej.2015.08.024.
  118. Youn, H., L. Sutton, E. Smith, C. Moore, J. F. Wilkins, I. Maddieson, W. Croft, and T. Bhattacharya. 2016. "On the universal structure of human lexical semantics." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113 (7):1766-1771. doi: 10.1073/pnas.1520752113.

## 2) Review articles

119. Ehlmann, B. L., F. S. Anderson, J. Andrews-Hanna, D. C. Catling, P. R. Christensen, B. A. Cohen, C. D. Dressing, C. S. Edwards, L. T. Elkins-Tanton, K. A. Farley, C. I. Fassett, W. W. Fischer, A. A. Fraeman, M. P. Golombek, V. E. Hamilton, A. G. Hayes, C. D. K. Herd, B. Horgan, R. Hu, B. M. Jakosky, J. R. Johnson, J. F. Kasting, L. Kerber, K. M. Kinch, E. S. Kite, H. A. Knutson, J. I. Lunine, P. R. Mahaffy, N. Mangold, F. M. McCubbin, J. F. Mustard, P. B. Nilcs, C. Quantin-Nataf, M. S. Rice, K. M. Stack, D. J. Stevenson, S. T. Stewart, M. J. Toplis, T. Usui, B. P. Weiss, S. C. Werner, R. D. Wordsworth, J. J. Wray, R. A. Yingst, Y. L. Yung, and K. J. Zahnle. 2016. "The sustainability of habitability on terrestrial planets: Insights, questions, and needed measurements from Mars for understanding the evolution of Earth-like worlds." *Journal of Geophysical Research-Planets* 121 (10):1927-1961. doi: 10.1002/2016je005134.
120. Jelen, B. I., D. Giovannelli, and P. G. Falkowski. 2016. "The Role of Microbial Electron Transfer in the Coevolution of the Biosphere and Geosphere." In *Annual Review of Microbiology*, Vol 70, edited by S. Gottesman, 45-+. Palo Alto: Annual Reviews.
121. Massol, H., K. Hamano, F. Tian, M. Ikoma, Y. Abe, E. Chassefiere, A. Davaille, H. Genda, M. Gudel, Y. Hori, F. Leblanc, E. Marcq, P. Sarda, V. Shematovich, A. Stokl, and H. Lammer. 2016. "Formation and Evolution of Protoatmospheres." *Space Science Reviews* 205 (1-4):153-211. doi: 10.1007/s11214-016-0280-1.
122. Tamiaki, H., M. Teramura, and Y. Tsukatani. 2016. "Reduction Processes in Biosynthesis of Chlorophyll Molecules: Chemical Implication of Enzymatically Regio- and Stereoselective Hydrogenations in the Late Stages of Their Biosynthetic Pathway." *Bulletin of the Chemical Society of Japan* 89 (2):161-173. doi: 10.1246/bcsj.20150307.

## 3) Proceedings

123. Andersen, J. L., C. Flamm, D. Merkle, and P. F. Stadler. 2016. "A Software Package for Chemically Inspired Graph Transformation." In *Graph Transformation*, edited by R. Echahed and M. Minas, 73-88. Cham: Springer Int Publishing Ag.

124. Hirai, Y., Y. Ishimaru, T. R. Saitoh, M. S. Fujii, J. Hidaka, and T. Kajino. 2016. "Astrophysical site(s) of r-process elements in galactic chemo-dynamical evolution model." In 13th International Symposium on Origin of Matter and Evolution of Galaxies, edited by W. P. Liu, Z. H. Li, Y. B. Wang, B. Guo and Y. P. Shen. Cedex A: E D P Sciences.
125. Virgo, N., T. Ikegami, and S. McGregor. 2016. "Complex Autocatalysis in Simple Chemistries." *Artificial Life* 22 (2):138-152. doi: 10.1162/ARTL\_a\_00195.

#### 4) Others

126. Blaxter, M., A. Danchin, B. Savakis, K. Fukami-Kobayashi, K. Kurokawa, S. Sugano, R. J. Roberts, S. L. Salzberg, and C. I. Wu. 2016. "Reminder to deposit DNA sequences." *Science* 352 (6287):780-780. doi: 10.1126/science.aaf7672.
127. Damiano, L., Y. Kuruma, and P. Stano. 2016. "What can synthetic biology offer to artificial intelligence (and vice versa)?" *Biosystems* 148:1-3. doi: 10.1016/j.biosystems.2016.09.005.
128. Nakada, R., T. Usui, M. Ushioda, and Y. Takahashi. 2016. "Micro-XANES Determination on the Oxidation States of V and Fe in Olivine-Hosted Glass Inclusion and Groundmass Glass of Yamato 980459." *Meteoritics & Planetary Science* 51:A480-A480.
129. Okai, S., F. Usui, M. Hasegawa, T. Nakamura, K. Yamamoto, E. Nishiyama, H. Mori, T. Yamada, K. Kurokawa, S. Matsumoto, M. Nanno, T. Naito, T. Kato, E. Miyauchi, H. Ohno, and R. Shinkura. 2016. "High-affinity, poly-reactive IgA is required for gut homeostatic maintenance to prevent colitis in mice." *European Journal of Immunology* 46:278-278.
130. Scharf, C., N. Virgo, and H. J. Cleaves. 2016. "Come together to study life's origins." *Nature* 529 (7584):25-25.
131. Usui, F., S. Okai, M. Hasegawa, K. Yamamoto, E. Nishiyama, H. Mori, T. Yamada, K. Kurokawa, and R. Shinkura. 2016. "Monoclonal intestinal IgAs are poly-reactive but recognize a specific amino acid sequence of protein expressed by multiple bacteria." *European Journal of Immunology* 46:557-557.
132. Yada, T., M. Abe, T. Okada, H. Yurimoto, M. Uesugi, Y. Karouji, A. Nakato, M. Hashiguchi, T. Matsumoto, M. Nishimura, K. Kumagai, S. Matsui, M. Yoshitake, K. Sakamoto, Y. Nakano, N. Kawasaki, and M. Fujimoto. 2016. "CURATORIAL WORKS FOR THE HAYABUSA-RETURNED SAMPLES AND PREPARATION FOR HAYABUSA2 SAMPLE CURATION." *Meteoritics & Planetary Science* 51:A677-A677.

#### 5) 英語以外の論文

なし

## 2. 国際会議・国際研究集会での招待講演・基調講演等

・2016年度の主要な講演等10件以内について、最新のものから順に、講演者名、発表タイトル、国際会議等名、開催日を記載すること。

- 1) Joseph L. Kirschvink  
"Constraints on the Archean and Early Proterozoic Paleoenvironment: A Paleomagnetic and Biomagnetic Perspective"  
Precambrian World 2017, Fukuoka, 3-10 March, 2017
- 2) 臼井寛裕  
"The Evolution of Water in the Martian Atmosphere, Hydrosphere, and Cryosphere: Insights from Hydrogen Isotopes"  
AGU Fall Meeting, San Francisco, 12-16 December, 2016
- 3) Alexis Gilbert  
"Recent insights into intramolecular <sup>13</sup>C isotope composition of biomolecules"  
AGU Fall meeting 2016, San Francisco, 12-16 December, 2016
- 4) Albert Fahrenbach  
"Radiolytic Synthesis of RNA Precursors"  
XIIth Rencontres du Vietnam - Search for life: From Early Earth to Exoplanets -, Quy Nhon, Vietnam, 11-16 December, 2016
- 5) Ruiqin Yi・青野真士  
"Production of water-alternative solvents and informational polymers by radioactive minerals on the Hadean Earth"  
Proto-computation and Proto-life workshop, Harvard University, Boston, 10-11 December, 2016
- 6) 井田茂  
"Planet Formation and Volatile Delivery to Terrestrial Planets"  
KVA-JSPS seminar, Lund Univ., Stockholm Univ., and Uppsala Univ., 12, 17, 18 October, 2016
- 7) 上野雄一郎  
"Prebiotic compounds supplied from early atmospheres of Earth and Mars"  
Geochemical Society of Japan Annual Meeting, Osaka, 14-16 September, 2016
- 8) 丸山茂徳  
"Initiation of plate tectonics on the Hadean Earth"  
Workshop on the origin and evolution of plate tectonics, Monte Verita, Switzerland, 17-22 July, 2016
- 9) 廣瀬敬  
"Mantle Melting in Earth and Planetary Interiors"  
Goldschmidt 2016, Yokohama, 26 June - 1 July, 2016
- 10) 入船徹男  
"Deep mantle mineralogy and novel materials synthesis using multianvil high-pressure Technology" European Geosciences Union General Assembly 2016, Austria Center Vienna, 20 April, 2016

## 3. 主要な賞の受賞

・2016年度に受賞したもののうち、主要な授賞10件以内について、最新のものから順に、受賞者名、賞の名前、受賞年を記すこと。なお、共同受賞の場合には、拠点関係者に下線を記すこと。

- 1) Shawn McGlynn, 光科学技術研究振興財団研究表彰, 2016
- 2) 藤島皓介, WIRED Audi INNOVATION AWARD, 2016
- 3) Kuhan Chandru, Best Poster of American Chemical Society (ACS) Symposium, 2016
- 4) 藤島皓介, iGEM 2016 Best Measurement project (NASAエイムズ研究センターのLynn)

Rothschild研究室が主催したスタンフォード大学・ブラウン大学チームのアドバイザーとして参加), 2016

- 5) Stuart Bartlett, Best paper award at the Fifteenth International Conference on the Synthesis and Simulation of Living Systems, 2016
- 6) 車兪澈, 新学術領域「ゆらぎと構造」第1回領域賞, 2016
- 7) 廣瀬敬, 第57回藤原賞, 2016
- 8) 青野真士, 科学技術分野の文部科学大臣表彰「若手科学者賞」, Japan, 2016
- 9) 入船徹男, Robert Wilhelm Bunsen Medal, 2016

**世界トップレベル研究拠点プログラム (WPI)**  
**添付資料 2 平成28年度主任研究者一覧**

作成上の注意：

- ・「氏名」欄で、海外の機関に所属する研究者には下線を付すこと。
- ・昨年度拠点構想進捗状況報告書に名前のなかった研究者が参加した場合には、新規主任研究者個人票(添付資料 2 - 別添)を添付すること。

【平成28年度実績】		主任研究者 計 19名							
氏名(年齢)	所属機関・部局・職	学位 専門	作業時間 (全仕事時間:100%)				拠点構想 参加時期	拠点構想への参画状況 (具体的に記入)	海外の機関に所属する研究者の拠点構想への貢献
			拠点関連		拠点以外				
			研究	研究以外	研究	研究以外			
拠点長 廣瀬 敬 (49)	東京工業大学 地球生命研究所 所長	理学博士 高圧地球科学	50%	40%	0%	10%	2012年12月	常時拠点本部に滞在して参画	
丸山 茂徳 (67)	東京工業大学 地球生命研究所 教授	理学博士 地質学 テクトニクス 地球生命史	70%	10%	0%	20%	2012年12月	常時拠点本部に滞在して参画	
井田 茂 (56)	東京工業大学 地球生命研究所 教授	理学博士 惑星科学 惑星物理学	70%	10%	0%	20%	2012年12月	常時拠点本部に滞在して参画	
<u>Piet HUT</u> (64)	Institute for Advanced Study, Princeton Program of Interdisciplinary Studies 教授  東京工業大学 地球生命研究所 教授	Ph.D. 理論天文学 学際研究	40%	10%	40%	10%	2012年12月	約5ヶ月拠点に滞在して参画 プリンストンサテライトにて参画	・若手ELSI研究者のサテライトへの受入(5ヶ月, 7ヶ月) ・融合研究促進 ・ワークショップ開催 ・若手研究者のリクルート
牧野 淳一郎 (54)	理化学研究所 計算科学研究機構 粒子系シミュレーター研究チーム チームリーダー	学術博士 計算天文学	35%	5%	40%	20%	2012年12月	月1回程度拠点に滞在	
吉田 尚弘 (62)	東京工業大学 物質理工学院 教授	理学博士 環境化学 地球環境変動	70%	10%	0%	20%	2012年12月	週3回程度拠点に滞在	
黒川 顕 (48)	国立遺伝学研究所 教授	薬学博士 メタゲノム科学 生物情報科学	15%	5%	60%	20%	2012年12月	月1回程度拠点に滞在	
入舩 徹男 (62)	愛媛大学 地球深部ダイナミクス研究センター 教授	理学博士 高圧地球科学 物質科学	56%	10%	14%	20%	2012年12月	愛媛大学サテライトにおいて参画	
<u>Joseph Lynn</u> <u>KIRSCHVINK</u> (63)	California Institute of Technology Division of Geological and Planetary Sciences 教授  東京工業大学 地球生命研究所 教授	Ph.D. 地球生物学 古地磁気学 生物物理学 神経生物学	40%	10%	40%	10%	2012年12月	約5ヶ月間拠点に滞在する他、定期的にEメールなどで連絡を取り合っている	・研究テーマにかかるフィールドワークと拠点における実験研究の準備
John HERNLUND (44)	東京工業大学 地球生命研究所 教授	Ph.D. 地球物理学モデリング 流体力学 固体力学	90%	10%	0%	0%	2013年8月	2013年8月から常時拠点本部に滞在して参画	
藤本 正樹 (48)	宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 教授	理学博士 太陽系プラズマ物理学	25%	5%	25%	45%	2012年12月	週1回程度拠点に滞在	

高井 研 (47)	海洋研究開発機構 極限環境生物圏領域 プログラムディレクター	農学博士 地球生物学 宇宙生物学	45%	5%	45%	5%	2012年12月	月数回拠点に滞在する他、定期的にEメールなどで連絡を取り合っている
國中 均 (53)	宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 教授	工学博士 航空宇宙工学 電気推進工学	25%	5%	25%	45%	2012年12月	月数回拠点に滞在する他、定期的にEメールなどで連絡を取り合っている
Jack William SZOSTAK	Harvard University Harvard Medical School 教授	Ph.D. 分子生物学 合成生物学	50%	10%	10%	30%	2012年12月	ハーバードサテライトにおいて参画
George HELFFRICH (64)	東京工業大学 地球生命研究所 教授	Ph.D. 地質学	75%	10%	10%	5%	2014年7月	2014年7月から常時拠点本部に滞在して参画
Eric SMITH (51)	東京工業大学 地球生命研究所 教授	Ph.D. 高エネルギー粒子物理学 複雑系科学	75%	10%	10%	5%	2015年2月	2015年2月から常時拠点本部に滞在して参画
Irena MAMAJANOV (41)	東京工業大学 地球生命研究所 教授	Ph.D. 物理化学	85%	15%	0%	0%	2016年1月	2016年1月から常時拠点本部に滞在して参画
上野 雄一郎 (42)	東京工業大学 理学院 准教授	理学博士 地球化学	40%	20%	10%	30%	2016年4月	2016年4月から常時拠点本部に滞在して参画
Shawn McGLYNN (33)	東京工業大学 地球生命研究所 准教授	Ph.D. 進化生物学 微生物学	70%	10%	10%	10%	2016年4月	2016年4月から常時拠点本部に滞在して参画

東京工業大学 - 1

地球生命研究所

例1) 常時拠点本部に滞在して参画  
 例2) 拠点本部 (月1回) 及び△△サテライト (週3回) 及び  
 ××サテライト (年1回) において参画  
 例3) 所属機関からTV会議 (週2回) 等により参画

例) 若手研究者の派遣・受入  
 (人数・期間)

**世界トップレベル研究拠点プログラム (WPI)**  
**添付資料2 – 別添 平成28年度新規主任研究者個人票**

氏名 (年齢)	Shawn McGlynn (33)
現在の所属機関・部局・職	東京工業大学・地球生命研究所・准教授
学位、現在の専門	Ph.D., 生化学, 微生物の生態と進化

**[研究・教育歴]**

## 研究

- 2016年4月-  
主任研究者 (准教授), 東京工業大学 地球生命研究所
- 2014年10月-2016年3月31日  
准教授 (生物学), 首都大学東京 生命科学専攻
- 2016年3月-  
Visitor in Geobiology, Geological and Planetary Sciences, カリフォルニア工科大学 (米国)
- 2015年2月-  
客員研究員, 理化学研究所 環境資源科学研究センター 生体機能触媒研究チーム
- 2014年6月  
Research Scientist, Blue Marble Space Institute of Science (米国)
- 2013年10月-2014年10月 (Senior Postdoctoral Scholar in Geobiology)  
2010年10月-2013年10月 (Postdoctoral Scholar in Geobiology)  
2011年6月-2012年6月 (Agouron Postdoctoral Scholar in Geobiology)  
Division of Geological and Planetary Sciences, カリフォルニア工科大学 (米国)  
指導教員: Victoria J. Orphan博士
- 2008年夏  
NASA Planetary Biology Internship, Planetary Science Division, ジェット推進研究所 (米国)  
指導教員: Michael Russel博士  
レポート題目: Isolation and Analysis of In Vitro Iron Sulfide Chimneys in Off-axis Submarine Hydrothermal Vent Simulations
- 2005年夏  
DAAD Undergraduate Scholar, Institute of Chemical Technology, シュトゥットガルト大学 (独)  
指導教員: Constanze Fritsch, Jens Weitkamp教授  
レポート題目: Gas expanded liquid oxidation of 1-pentanol

## 教育

- 2006-2010年 モンタナ州立大学 (米国)  
Ph.D., 生化学 (2010年)  
NSF-IGERT Fellow in Geobiological Systems  
論文指導教員: John W. Peters博士  
論文題目: Investigations on [FeFe]-hydrogenase active site biosynthesis
- 2001-2005年 モンタナ州立大学 (米国)  
B.S., Chemistry with High Honors (2005年)  
2004-2005年, Undergraduate Study at Montana State University – Bozeman  
2003-2004年, Undergraduate Study at the University of Canterbury, Christchurch, New Zealand  
2001-2002年, Undergraduate Study at Montana State University – Billings

**[これまでの研究成果、アピールすべき点]** (※ 世界トップレベルと考えられる研究者については、その理由を明記)

McGlynn 氏は嫌気的条件下における生化学と微生物生態学を専攻。研究テーマの中心は酸化還元反応であり、(1)同位体分別、(2)微生物間相互作用、(3)生命の起源との関係を扱う。

(1)に関連して、McGlynn 氏はカリフォルニア工科大学で NASA Early Career Fellow に任命された。現在も関連する研究を遂行しており、硫黄同位体比と酵素触媒反応の関係を扱う。(2)に関連し、McGlynn 氏は Caltech 在任中、直接的な電子移動反応に基づく古細菌－細菌間の新奇相互作用の発見に大きく貢献した (McGlynn et al. Nature 2015; Scheller, Yu, Chadwick, McGlynn, and Orphan 2016 Science)。これらの研究は新たな異種微生物間相互作用を見出しただけでなく、個体レベルでの理解を基盤とする微生物生態学理論の構築への道を切り開くものである。これは一細胞レベルでの分析が可能になる以前の集団レベルでの理論とは一線を画すものである。(3)に関連して、McGlynn 氏はジェット推進研究所在任中に始めた研究を継続している。ジェット推進研究所では、冥王代の海でも存在していたと考えられている熱水噴出孔を模した液流分析システムを開発した (McGlynn et al. 2013 Proc. Roy. Soc. A)。

**主な受賞や栄誉**

- 2014年, NASA Early Career Fellowship Award.
- 2011年, Agouron Institute Post-Doctoral Scholar in Geobiology, カリフォルニア工科大学 (米国)
- 2011年, University of Hawaii Winter Astrobiology School Attendee.
- 2010年, AbGradCon Travel Award for Research Presentation.
- 2009年, NASA Astrobiology Institute Santander Summer School Scholar.
- 2008年, Planetary Biology Internship – ジェット推進研究所 (米国) にて研究実施
- 2008年, European Astrobiology Network Travel Award.
- 2008年, International Society for Astrobiology Travel Award.
- 2006–2010年, NSF-IGERT Fellow in Geobiological Systems.
- Dean’s List, All years of University.
- 2005年, DAAD (German academic exchange service) RISE Scholar.
- 2005年, Minerva “Tommy” Morgan Scholarship.
- 2005年, Montana State University Fry Scholarship.
- 2005年, Award for Academic Excellence.
- 2003年, National Society of Collegiate Scholars Member.
- 2003年, Golden Key Award, モンタナ州立大学 (米国)
- 2003年, W.E. Mares Scholarship, モンタナ州立大学 (米国)
- 2002年, University Bonhomme Scholarship, モンタナ州立大学 (米国)
- 2001年, Haynes Foundation Chancellor’s Scholarship; President’s Award for Educational Excellence.
- 2001年, Outstanding Academic Performance Award on ACT.

**[研究活動実績]****(1) 国際的影響力**

a) 分野を代表する国際学会での招待講演・座長・理事・名誉会員、b) 有名レクチャーシップへの招待講演、c) 主要国アカデミー会員、d) 国際賞の受賞、e) 有力雑誌の編者の経験 等

**招待講演、国際会議での座長など**

- 2017年, 招待講演, Solar Fuels Workshop, ソウル大学校 (韓国)
- 2016年, 招待講演, Solar Fuels Workshop, ソウル大学校 (韓国)
- 2016年, 招待講演, 日本微生物生態学会第31回横須賀大会
- 2016年, 招待講演, EON Workshop on Electrochemistry and the origin of life (From Minerals to Enzymes), 東京工業大学 地球生命研究所
- 2015年, 招待参加者, Microenergy-Workshop (デンマーク)
- 2015年, 招待セミナー講演, 東北大学大学院理学系研究科地学専攻
- 2015年, 招待セミナー講演, 東京工業大学 地球生命研究所
- 2015年, 招待セミナー講演, 理化学研究所 環境資源科学研究センター 生体機能触媒研究チーム
- 2015年, 招待講演, 2015 American Society of Microbiologists in New Orleans (米国)
- 2015年, 招待セミナー講演, Department of Marine Sciences, ノースカロライナ大学チャペルヒル校 (米国)
- 2014年, 会議セッション座長, American Geophysical Union (米国)
- 2014年, 招待参加者, NSF Center for Dark Energy Biosphere investigations (C-DEBI) “Limits to life” workshop, Redondo Beach, California (米国)
- 2011年, 招待参加者, NSF Center for Dark Energy Biosphere investigations (C-DEBI) “Limits to life” workshop, Redondo Beach, California (米国)

**有力雑誌の編者など**

- 編集委員: *Frontiers in Microbiology*; *Microbial Physiology and Metabolism*.
- 査読経験: *Environmental Microbiology Reports*; *Astrobiology*; *Origins of Life and Evolution of Biospheres*; *Nature Geosciences*; *Frontiers in Microbiology*; *FEMS Microbiology Ecology*.
- 2011–2014年, Student Councilor. *International Society of the Study of the Origin of Life and Astrobiology Society (ISSOL)*.

**(2) 大型の競争的資金の獲得 (過去5年の大型の競争的資金の獲得実績)**

1. 光科学技術研究振興財団研究助成 (代表者), 400万円 (直接経費), 2017-2018年度  
「1細胞イメージングで明らかにする、直接的な電子移動反応に基づく効率的かつ持続的な異種微生物間相互作用」
2. 学術研究助成基金助成金・挑戦的萌芽研究 (代表者), 290万円 (直接経費), 2015-2016年度  
「Species interaction by direct electron transfer in syntrophic communities.」
3. NASA Exobiology (Science PI), US \$ 193,062 (直接経費), 2014-2017年  
「Assay of dissimilatory sulfate reduction enzymes in- vitro and analysis of sulfur isotope fractionation」

**(3) 論文被引用 (主要な発表論文名、被引用の程度等)**

	<u>被引用数*</u>
Rebecca C. Driesener, Martin R. Challand, <b>Shawn E. McGlynn</b> , Eric M. Shepard, Eric S. Boyd, Joan B. Broderick, John W. Peters and Peter L. Roach. [FeFe]-Hydrogenase Cyanide Ligands Derived From S-Adenosylmethionine Dependent Cleavage of Tyrosine. <i>Angewandte Chemie</i> . 2010, Feb 9:1687-1690	<b>117</b>
<b>Shawn E. McGlynn</b> , Eric M. Shepard, Mark A. Winslow, Anatoli V. Naumov, Kaitlin S. Duschene, Matthew C. Posewitz, William E. Broderick, Joan B. Broderick, and John W. Peters. HydF as a scaffold protein in [FeFe] hydrogenase maturation. <i>FEBS Lett</i> . 2008 Jun 25;582(15):2183-7	<b>105</b>
Eric M. Shepard, <b>Shawn E. McGlynn</b> , Alexandra L. Bueling, Celestine S. Grady-Smith, Simon J. George, Mark A. Winslow, Stephen P. Cramer, John W. Peters, and Joan B. Broderick. Synthesis of the 2Fe-subcluster of the [FeFe]-hydrogenase H- cluster on the HydF scaffold. <i>PNAS</i> , 2010 Jun 8;107(23):10448-53.	<b>98</b>
Eric M. Shepard, Benjamin R. Duffus, Simon J. George, <b>Shawn E. McGlynn</b> , Martin R. Challand, Kevin D Swanson, Peter L. Roach, Stephen P. Cramer, John W. Peters, and Joan B. Broderick. [FeFe]-Hydrogenase Maturation: HydG-Catalyzed Synthesis of Carbon Monoxide. <i>JACS</i> , 2010 Jul 14;132(27):9247-9.	<b>94</b>

他の特筆すべき論文

<b>Shawn E. McGlynn</b> , Grayson L. Chadwick, Christopher P. Kempes, and Victoria J. Orphan. Single cell activity reveals direct electron transfer in methanotrophic consortia. <i>Nature</i> , 2015 526, 531–535.	<b>59</b>
Elizabeth Trembath-Reichert, Jonathan P Wilson, <b>Shawn E McGlynn</b> , Woodward W Fischer. Four hundred million years of silica biomineralization in land plants. <i>PNAS</i> . 2015 112, 5449-5454	<b>20</b>
Silvan Scheller, Hang Yu, Grayson L. Chadwick, <b>Shawn E. McGlynn</b> , Victoria J. Orphan. Artificial electron acceptors decouple archaeal methane oxidation from sulfate reduction. <i>Science</i> 2016, 351 (6274). pp. 703-707.	<b>26</b>

発表論文の総数\*: 26

被引用数の合計\*: 1053

論文あたりの被引用数の平均\*: 40.5

h-index\*: 17

\* 被引用数などの情報はGoogle Scholarによる。

**(4) その他 (当該研究者が世界トップレベルと判断するに足る実績 等)**

## 世界トップレベル研究拠点プログラム (WPI)

### 添付資料2 – 別添 平成28年度新規主任研究者個人票

氏名 (年齢)	上野 雄一郎 (42)
現在の所属機関・部局・職	東京工業大学・理学院・准教授
学位、現在の専門	理学博士、地球化学

#### [研究・教育歴]

##### 研究

2002-2004年 日本学術振興会特別研究員、東京大学 総合文化研究科  
 2003-2005年 客員研究員、カーネギー研究所 Geophysical Laboratory (米国)  
 2004-2007年 21世紀COE助手、東京工業大学 総合理工学研究科 環境理工学創造専攻  
 2007-2010年 助教、東京工業大学 グローバルエッジ研究院  
 2008年- 招聘主任研究員、海洋研究開発機構 深海・地殻内生物圏研究分野

##### 教育

2010-2017年 准教授、東京工業大学大学院 地球惑星科学専攻  
 2012-2016年 准主任研究者、東京工業大学 地球生命研究所  
 2016年- 主任研究者、東京工業大学 地球生命研究所

#### [これまでの研究の成果、アピールすべき点] (※ 世界トップレベルと考えられる研究者については、その理由を明記)

上野氏は主に 25 億年前以上前 (太古代) の地球生物圏の初期進化と大気海洋進化の関係を研究している。初期地球の生物地球化学の理解を深めるため安定同位体 (炭素と硫黄) を用いた地球化学、微生物学と野外地質学を含む様々な独立したアプローチの統合を目指す。

同氏はオーストラリア西部のピルバラ地塊の地質学的、地球化学的研究を行った結果、約 35 億年前から海底熱水系に微生物が生息していたことを初めて明らかにした (Ueno et al., 2001a)。過去の微生物の活動を探るため、古代の岩石における炭素、窒素、硫黄同位体の新しい分析法を開発した。イオンマイクロプローブを用いた炭素同位体解析では太古代の熱水系に保存された有機物が  $^{13}\text{C}$  に枯渇することを初めて発見した。これは太古代の海底熱水場において、主な有機物基礎生産が還元的アセチル CoA 経路による炭素固定であったことを示唆する (Ueno et al., 2001b IGR; 2004 GCA)。更に熱水系の堆積物に含まれるメタンの抽出、およびその炭素同位体比を測定することに成功した。その結果、メタン生成を行う古細菌が太古代の海底熱水微生物群集の形成に関与していたことを解明した (Ueno et al., 2006 Nature)。これは地球上で古細菌が生息していた最古の証拠である。更に同氏が開発した新しい四極硫黄同位体分析と窒素同位体分析を用いて同様の堆積物を検証した結果、同時代で硫酸還元を行う原核生物と窒素固定を行う生物も活動していたことが明らかになった (Nishizawa et al., 2007 EPSL; Ueno et al., 2008 GCA)。これら革新的研究によって確立された手法は地球初期微生物の研究において幅広く応用され、宇宙生物学でも重要な手法となっている。

#### [研究活動実績]

##### (1) 国際的影響力

a) 分野を代表する国際学会での招待講演・座長・理事・名誉会員、b) 有名レクチャーシップへの招待講演、c) 主要国アカデミー会員、d) 国際賞の受賞、e) 有力雑誌の編者の経験 等

Ueno Y (2008) Spectroscopic and Stable Isotopic Fingerprints of Prokaryotic Fossils, World Summit on Ancient Microscopic Fossils, UCLA, USA (日本代表)

Ueno Y (2010) Stable isotopic fingerprints of greenhouse gasses before the rise of oxygen. Goldschmidt Conference, Knoxville, USA (基調講演)

Ueno Y (2014) Archean Geology. Gordon Research Conference (Origins of Life), Galveston, USA (招待講演)

Ueno Y (2015), Biogeochemistry of life-inhabited planets: Lessons from Early Earth, JPGU Geoscience Ahead, Makuhari, Japan (基調講演)

Ueno Y, Kawade W and Zang X (2016) Prebiotic compounds supplied from early atmospheres of Earth and Mars, Geochemical Society of Japan, Osaka (基調講演)

## (2) 大型の競争的資金の獲得 (過去5年の大型の競争的資金の獲得実績)

日本学術振興会・先端研究助成基金助成金

最先端・次世代研究開発支援プログラム (2010-2013年度、143,000,000円)

## (3) 論文被引用 (主要な発表論文名、被引用の程度等)

	<u>被引用数*</u>
1. Ueno Y, Yamada K, Yoshida N, Maruyama S, Isozaki Y (2006) "Evidence from fluid inclusions for microbial methanogenesis in the early Archean era" <b><i>Nature</i></b> 440: 516-519	<b><u>157</u></b>
2. Ueno Y, Isozaki Y, Yurimoto H, Maruyama S (2001) "Carbon isotopic signatures of individual Archean microfossils (?) from Western Australia" <b><i>International Geology Review</i></b> 43: 196-212	<b><u>105</u></b>
3. Ueno Y, Yoshioka H, Maruyama S, Isozaki Y (2004) "Carbon isotopes and petrography of kerogens in ~3.5-Ga hydrothermal silica dikes in the North Pole area, Western Australia" <b><i>Geochimica et Cosmochimica Acta</i></b> 68: 573-589.	<b><u>93</u></b>
4. Ueno Y, Ono S, Rumble D, Maruyama S (2008) "Quadruple sulfur isotope analysis of ca. 3.5 Ga Dresser Formation: new evidence for microbial sulfate reduction in the Early Archean" <b><i>Geochimica et Cosmochimica Acta</i></b> 72: 5675-5691	<b><u>82</u></b>
5. Ueno Y, Johnson MS, Danielache SO, Eskebjerg C, Pandey A, Yoshida N (2009) "Geological sulfur isotopes indicate elevated OCS in the Archean atmosphere, solving faint young sun paradox" <b><i>Proceedings of the National Academy of Sciences of USA</i></b> 106: 14784-14789	<b><u>63</u></b>

2001-2016年の発表論文の総数: 66

被引用数の合計: 1427

論文あたりの被引用数の平均: 21.62

*h*-index: 21

\* 被引用数などの情報はWeb of Knowledgeデータベースによる。

## (4) その他 (当該研究者が世界トップレベルと判断するに足る実績 等)

日仏先端科学(JFFoS)シンポジウム、プランニング・グループ・メンバー (2007-2008年)

# 世界トップレベル研究拠点プログラム (WPI)

## 添付資料 3-1 平成28年度拠点活動の実績

### 1. 拠点の研究体制

#### 1-1. 「ホスト機関内に構築される中核」の研究者数

- 以下の各欄の人数を記載し、研究者については下段に<外国人研究者数,%> [女性研究者数,%]としてそれぞれの内数を記載すること。また、事務スタッフについては、下段に(英語を使用可能なものの人数,% )として内訳を記載すること。
- 「最終目標」欄には現在の予定を記入し、その達成時期の目安を「〇年〇月頃」として表中に記入すること。

	中間評価後の拠点構想 見直し時に設定した目標	平成28年度末時点	最終目標 (平成31年10月頃)
研究者	70 <35, 50%> [16, 23%]	63 <29, 46%> [11, 17%]	70 <35, 50%> [16, 23%]
主任研究者	16 <9, 56%> [1, 6%]	19 <8, 42%> [1, 5%]	16 <9, 56%> [1, 6%]
その他研究者	54 <27, 50%> [15, 28%]	44 <21, 48%> [10, 23%]	54 <27, 50%> [15, 28%]
研究支援員	29	29	29
事務スタッフ	25 (24, 96%)	25 (24, 96%)	25 (24, 96%)
合計	124	117	124

#### その他特記事項

- 最終目標に向けた具体的な計画や既に決定している主な研究者採用予定(特に主任研究者の場合)など、特記すべきことがあれば記載すること。
- 世界的な頭脳循環を背景として、当該拠点が研究者としてのキャリアパスに組み込まれている好例(世界トップの研究機関からの異動またはそうした機関への異動・抜擢等)があれば、異動元又は異動先及び拠点での研究期間を含めて記載すること。

#### 1-2. サテライト機関等

- 以下の表にサテライト機関・連携機関の一覧を整理すること。
- 新たに設置・廃止する機関については、「備考」欄にその旨を記載すること。
- 海外にサテライト機関を設置している場合は、それぞれの機関別の共著論文数と研究者交流の実績を添付様式4に記載すること。

#### <サテライト機関>

機関名	所属PI (該当する場合)	備考
愛媛大学	入船 徹男	
プリンストン高等研究所	Piet Hut	
ハーバード大学	Jack W. Szostak	

#### <連携機関>

機関名	所属PI (該当する場合)	備考
宇宙科学研究所 (ISAS) / 宇宙航空研究開発機構 (JAXA)	藤本 正樹、國中 均	

アストロバイオロジーセンター (自然科学研究機構)		
海洋研究開発機構 (JAMSTEC)	高井 研	
カリフォルニア工科大学	Joseph L. Kirschvink	
NASA Astrobiology Institute		
ミネソタ大学		

## 2. 競争的資金等の獲得状況

平成28年度中に獲得した競争的資金等の研究費

総額：626,333,119円

・特筆すべき外部資金については、その名称と総額を含めつつ、以下で説明すること。

科学研究費補助金特別推進研究 71,600,000円

研究助成金（ジョン・テンプレートン財団）159,714,248円

## 3. 国際研究集会の開催実績

・以下の表を用いて、平成28年度に開催した国際会議等の件数及び代表例（3件以内）を整理すること。

平成28年度：16件	
代表例（会議名称・開催地）	参加人数
New Stable Isotope Techniques and Applications to Early Earth and Life Studies, Pre-Goldschmidt workshop 東京工業大学 2016年6月25日 <a href="http://www.elsi.jp/en/research/activities/workshops/2016/06/20160625.html">http://www.elsi.jp/en/research/activities/workshops/2016/06/20160625.html</a>	日本国内の研究機関から：27名 海外の研究機関から：27名 合計54名
Symposium on the Origin of Consciousness 東京工業大学 2016年7月25～26日 <a href="http://originofconsciousness.jimdo.com/">http://originofconsciousness.jimdo.com/</a>	日本国内の研究機関から：85名 海外の研究機関から：24名 合計109名
5 <sup>th</sup> ELSI International Symposium: Expanding Views on the Emergence of the Biosphere 東京工業大学 2017年1月11～13日 <a href="http://elsi5sympo.com/">http://elsi5sympo.com/</a>	日本国内の研究機関から：78名 海外の研究機関から：89名 合計167名

#### 4. 拠点の運営体制

- ・以下に拠点の運営体制をわかりやすく示した図を掲載すること。
- ・中間評価後に見直した拠点構想から変更がある場合、その点を説明すること。特に、事務部門長、ホスト機関の長、ホスト機関の担当役員（研究担当理事等）の変更があった場合は、その旨を記載すること。

##### ○事務部門長の交代

前事務部門長（星 元紀）が一身上の都合により当該職務を遂行することが困難となったため、やむなく交代することとなり、拠点長を補佐し、研究者としての視点・経験を有し、組織運営についての経験及び国際的知識・経験の豊富な櫻井隆教授（国立天文台副台長）が平成28年4月13日付けで新たに事務部門長として就任した。

##### ○「研究支援委員会」を新設

競争的研究費申請の支援、個人業績評価の実施と評価方法の検討、所長ファンドの審査員の選定、インセンティブアワードの候補者を所長に答申及び研究環境の改善に関する事項の審議等を行う研究支援委員会を設置した。

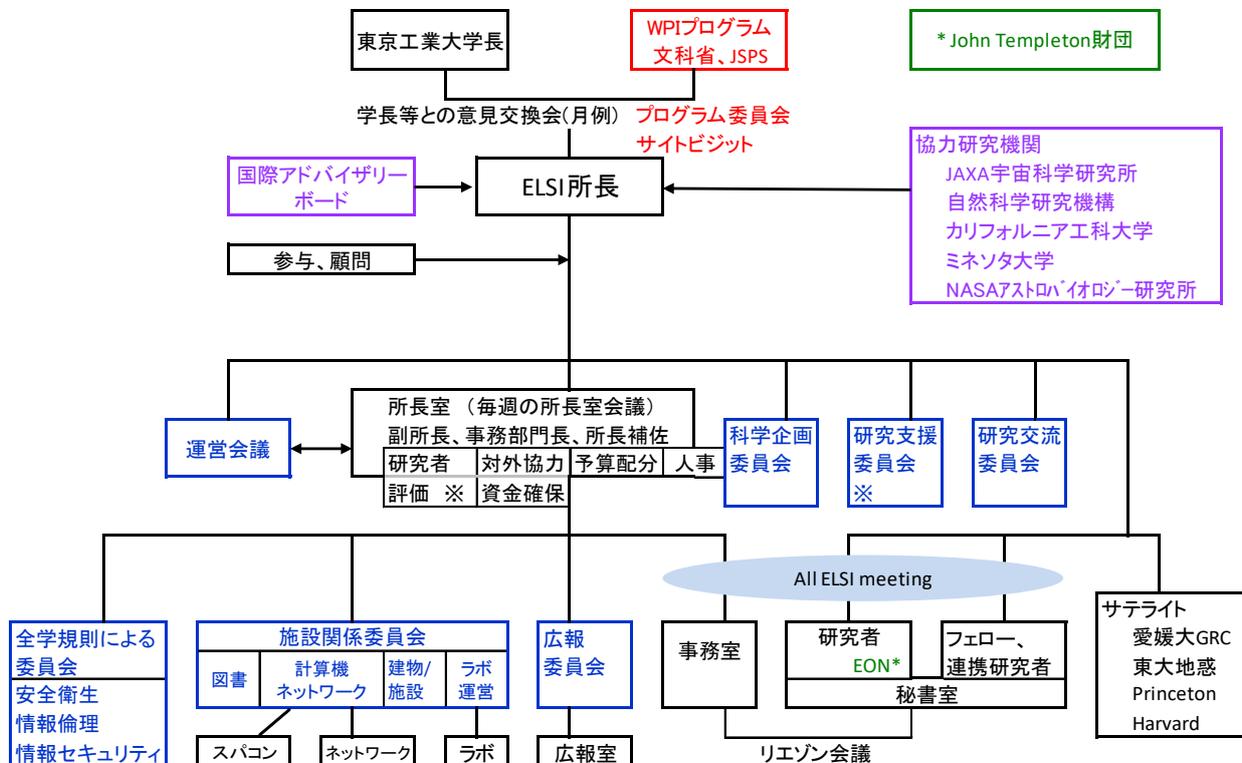
##### ○新たなサテライト機関

太陽系内外の惑星・衛星の形成・進化・生命居住性に関する研究及び初期地球の地質学・地球化学・生命に関する共同研究の推進するため、平成29年4月、東京大学大学院理学系研究科を本研究所のサテライトとする協定を締結することとした。

##### ○新たな協力研究機関（連携機関）

自然科学研究機構（NINS）に置かれているNINSアストロバイオロジーセンターと連携して日本アストロバイオロジーコンソーシアム（JABC）を立ち上げた。、生命の起源及びアストロバイオロジー研究の世界的ネットワーク構築の一環として、平成27年8月、JABCはNASA Astrobiology Instituteと連携協定を締結した。

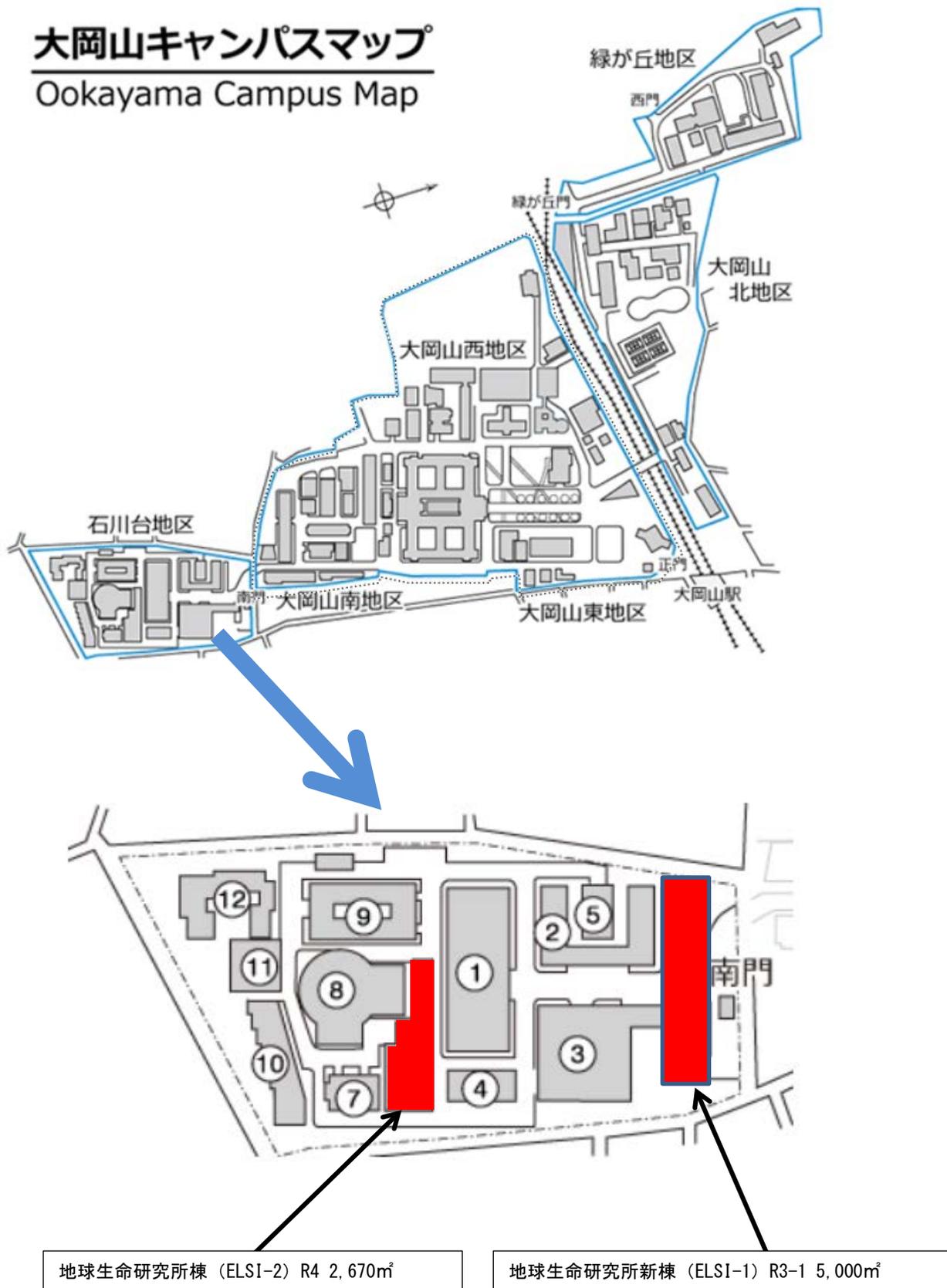
##### ○運営体制図



### 5. キャンパス配置図

・以下に拠点のキャンパス及びPI等の配置をわかりやすく示した図を掲載すること。

## 大岡山キャンパスマップ Ookayama Campus Map



## 世界トップレベル研究拠点プログラム (WPI)

## 添付資料3-2 6. 事業費

## 1) 拠点活動全体

(単位：百万円)

(単位：百万円)

経費区分	内訳	事業費額		
人件費	・ 拠点長、事務部門長	20	平成28年度W P I 補助金額	585
	・ 主任研究者 8人	74	平成28年度施設整備額	0
	・ その他研究者 36人	222		
	・ 研究支援員 15人	40		
	・ 事務職員 17人	76		
	計	432		
事業推進費	・ 招へい主任研究者等謝金 23人	1	平成28年度設備備品調達額	41
	・ 人材派遣等経費 0人	0		
	・ スタートアップ経費 27人	12		
	・ サテライト運営経費 1ヶ所	40		
	・ 国際シンポジウム経費 1回	1		
	・ 施設等使用料	155		
	・ 消耗品費	10		
	・ 光熱水料	0		
	・ その他	61		
	計	280		
旅費	・ 国内旅費	1		
	・ 外国旅費	8		
	・ 招へい旅費 国内11人、外国116人	31		
	・ 赴任旅費 国内0人、外国0人	0		
	計	40		
設備備品等費	・ 建物等に係る減価償却費	10		
	・ 設備備品に係る減価償却費	140		
	計	150		
研究プロジェクト費	・ 運営費交付金等による事業	97		
	・ 受託研究等による事業	111		
	・ 科学研究費補助金等による事業	264		
	・ 共同研究による事業	13		
	計	485		
合 計		1387		

## 2) サテライト等関連分

(単位：百万円)

経費区分	内訳	事業費額
人件費	・主任研究者 1人	/
	・その他研究者 5人	
	・研究支援員 1人	
	・事務職員 1人	
	計	30
事業推進費		6
旅費		2
設備備品等費		1
研究プロジェクト費		0
	合 計	39

東京工業大学 - 2

地球生命研究所

# 世界トップレベル研究拠点プログラム (WPI)

## 添付資料4 平成28年度海外サテライト機関との連携状況

### 1. 共著論文

- ・平成28年度中に発表した査読付き論文のうち、国内機関に所属する研究者と海外サテライト機関に所属する研究者の共著分について、機関別の詳細を以下に記すこと。
- ・論文の情報は添付様式1と同様の形式で転記した上で、海外サテライト機関に所属する研究者の著者名を網掛けとすること。
- ・番号の後に括弧書きで添付様式1での番号を記載すること。なお、添付様式1に記載の無い平成29年1～3月分の論文については、空欄で良い。

#### 海外サテライト機関1：プリンストン高等研究所 計7編

- 1) [3] Bada, J. L., J. H. Chalmers, and *H. J. Cleaves*. 2016. "Is formamide a geochemically plausible prebiotic solvent?" *Physical Chemistry Chemical Physics* 18 (30):20085-20090. doi: 10.1039/c6cp03290g.
- 2) [11] Chandru, K., A. Gilbert, C. Butch, M. Aono, and *H. J. Cleaves*. 2016. "The Abiotic Chemistry of Thiolated Acetate Derivatives and the Origin of Life." *Scientific Reports* 6:11. doi: 10.1038/srep29883.
- 3) [19] Fairen, A. G., J. M. Dohm, J. A. P. Rodriguez, E. R. Uceda, J. Kargel, R. Soare, *H. J. Cleaves*, D. Oehler, D. Schulze-Makuch, E. Essefi, M. E. Banks, G. Komatsu, W. Fink, S. Robbins, J. G. Yan, H. Miyamoto, S. Maruyama, and V. R. Baker. 2016. "The Argyre Region as a Prime Target for in situ Astrobiological Exploration of Mars." *Astrobiology* 16 (2):143-158. doi: 10.1089/ast.2015.1396.
- 4) [25] *Giovannelli, D.*, G. d'Errico, F. Fiorentino, D. Fattorini, F. Regoli, L. Angeletti, T. Bakran-Petricoli, C. Vetriani, M. Yucel, M. Taviani, and E. Manini. 2016. "Diversity and Distribution of Prokaryotes within a Shallow-Water Pockmark Field." *Frontiers in Microbiology* 7:21. doi: 10.3389/fmicb.2016.00941.
- 5) [62] Ledesma-Mateos, I., and *H. J. Cleaves*. 2016. "Alfonso Luis Herrera and the Beginnings of Evolutionism and Studies in the Origin of Life in Mexico." *Journal of Molecular Evolution* 83 (5-6):193-203. doi: 10.1007/s00239-016-9771-7.
- 6) [88] Parker, E. T., *H. J. Cleaves*, J. L. Bada, and F. M. Fernandez. 2016. "Quantitation of alpha-hydroxy acids in complex prebiotic mixtures via liquid chromatography/tandem mass spectrometry." *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 30 (18):2043-2051. doi: 10.1002/rcm.7684.
- 7) [120] Jelen, B. I., *D. Giovannelli*, and P. G. Falkowski. 2016. "The Role of Microbial Electron Transfer in the Coevolution of the Biosphere and Geosphere." In *Annual Review of Microbiology*, Vol 70, edited by S. Gottesman, 45-+. Palo Alto: Annual Reviews.

#### 海外サテライト機関2：ハーバード大学 計2編

- 1) [16] Domagal-Goldman, S. D., K. E. Wright, K. Adamala, L. A. de la Rubia, J. Bond, L. R. Dartnell, A. D. Goldman, K. Lynch, M. E. Naud, I. G. Paulino-Lima, K. Singer, M. Walter-Antonio, X. C. Abrevaya, R. Anderson, G. Arney, D. Atri, A. Azua-Bustos, J. S. Bowman, W. J. Brazelton, G. A. Brennecka, R. Carns, A. Chopra, J. Colangelo-Lillis, C. J. Crockett, J. DeMarines, E. A. Frank, C. Frantz, E. de la Fuente, D. Galante, J. Glass, D. Gleeson, C. R. Glein, C. Goldblatt, R. Horak, L. Horodyskyj, *B. Kacar*, A. Kereszturi, E. Knowles, P. Mayeur, S. McGlynn, Y. Miguel, M. Montgomery, C. Neish, L. Noack, S. Rugheimer, E. E. Stuken, P. Tamez-Hidalgo, S. I. Walker, and T. Wong. 2016. "The Astrobiology Primer v2.0." *Astrobiology* 16 (8):561-653. doi: 10.1089/ast.2015.1460.
- 2) [46] *Jia, T. Z.*, A. C. Fahrenbach, N. P. Kamat, K. P. Adamala, and *J. W. Szostak*. 2016. "Oligoarginine peptides slow strand annealing and assist non-enzymatic RNA replication." *Nature Chemistry* 8 (10):915-921. doi: 10.1038/nchem.2551.

## 2. 研究者の交流状況

- ・以下の表を用いて、平成28年度におけるホスト機関に所属する研究者及び海外サテライトに所属する研究者の交流状況（訪問回数）を、機関別・年度別・期間別に整理すること
- ・各欄の上段には主任研究者の訪問回数を、下段にはそれ以外の研究者の訪問回数を記入すること

### 海外サテライト機関1：プリンストン高等研究所

<拠点から海外サテライトを訪問した者>

	1週間未満	1週間以上 1ヶ月未満	1ヶ月以上 3ヶ月未満	3ヶ月以上	計
平成28年度	0	0	0	0	0
	2	1	2	1	6

<海外サテライトから拠点を訪問した者>

	1週間未満	1週間以上 1ヶ月未満	1ヶ月以上 3ヶ月未満	3ヶ月以上	計
平成28年度	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0

### 海外サテライト機関2：ハーバード大学

<拠点から海外サテライトを訪問した者>

	1週間未満	1週間以上 1ヶ月未満	1ヶ月以上 3ヶ月未満	3ヶ月以上	計
平成28年度	0	0	0	0	0
	2	5	0	0	7

<海外サテライトから拠点を訪問した者>

	1週間未満	1週間以上 1ヶ月未満	1ヶ月以上 3ヶ月未満	3ヶ月以上	計
平成28年度	0	0	0	0	0
	3	4	0	0	7

**世界トップレベル研究拠点プログラム (WPI)**  
**添付資料 5 平成 28 年度第一線級外国人研究者国内滞在実績一覧**

研究者 計 50名

	氏名	年齢	現在の所属 (機関、部局、専攻等)	現在の 専門、学位	研究活動実績 (受賞歴等)	時期及び期間	拠点における活動の概要 (主任研究者としての参加、共同研究者としての短期滞在、シンポジウムへの参加等)
1	Joseph Moran		Director, Laboratory of Chemical Catalysis, Institut de Science et d'Ingé- nierie Supramoléculaires, University of Strasbourg	Ph.D. Catalysis, Organic Chemistry		2016-04-11 to 2016- 04-22	共同研究者としてセミナーに参加, 共同研究者として研究打ち合わせ及び情報収集
2	Christophe Sotin		Chief Scientist, Solar System Exploration Directorate, JPL/Caltech	Ph.D. Planetary Science	Asteroid 54963 named Sotin (February 2012) NASA Group Achievement Awards: 2009 – Cassini Titan Orbiter Science Team (TOST) 2009 – Visual and Infrared Mapping Spectrometer (VIMS) Team 2004 – Aerial Regional-scale Environmental Survey of Mars (ARES) Mission Concept Development Team Medal 'Runcorn-Florensky' of the European Union of Geosciences (2008)	2016-05-30 to 2016- 06-03	共同研究者として研究打ち合わせ及び情報収集
3	Brian Kennett		Professor, Research School of Earth Sciences, Australian National University	Ph.D. Seismology	Chair of Access Committee, ANSIR National Research Facility (Director 2002-2014) Past President, International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior (IASPEI)	2016-05-31 to 2016- 05-31	共同研究者として研究打ち合わせ及び情報収集
4	Mary Voytek		NASA Senior Scientist for Astrobiology, NASA's Astrobiology Program, NASA	Ph.D. Astrobiology	Board member of the American Geophysical Union	○2016-06-13 to 2016-07-01 ○2016-11-08 to 2016-11-18 ○2017-01-05 to 2017-01-18	○共同研究者としてサイトビジットに参加, 共同研究者として研究打ち合わせ及び情報収集 ○共同研究者としてワークショップに参加, 共同研究者として研究打ち合わせ及び情報収集 ○共同研究者としてシンポジウムに参加, 共同研究者として研究打ち合わせ及び情報収集
5	Douglas Lin		Professor, PBSci-Astronomy & Astrophysics Dept., University of California Santa Cruz	Ph.D. Astronomy and Astrophysics	Guggenheim Fellow, Otto Schmidt Medal, von Humboldt Fellow Sackler Fellow, Member of American Academy of Arts and Sciences Director, Kavli Institute for Astronomy and Astrophysics	○2016-06-14 to 2016-06-25 ○2016-11-20 to 2016-11-24	○国際アドバイザーボード会議に出席, 共同研究者として研究打ち合わせ及び情報収集 ○共同研究者として研究打ち合わせ及び情報収集
6	Caleb Sharf		Director of Astrobiology, Columbia Astrophysics Laboratory, Columbia University	Ph.D. Astrobiology	2011 Chambliss Medal/Award for Astronomical Writing, American Astronomical Society	2016-06-15 to 2016- 06-28	共同研究者として研究打ち合わせ及び情報収集
7	Mark Thiemens		Distinguished Professor of Chemistry and Biochemistry, Dean, Division of Physical Sciences, University of California, San Diego	Ph.D. Atmospheric chemistry: physical chemistry of isotope effects; solar system formation	2011 Cozarelli Prize, 2010 Selected one of 100 distinguished alumni in 100 years. Florida State University, 2009 Goldschmidt Medal The Geochemical Society, 2007 Asteroid (7004) Markthiemens named in his honor, International Astronomical Union, 2006 Elected, National Academy of Sciences	2016-06-23 to 2016- 07-08	共同研究者としてセミナーに参加, 共同研究者として研究打ち合わせ及び情報収集

8	Michael Russell	Supervisor, Planetary Chemistry and Astrobiology Group, NASA JPL, Caltech	Ph.D. Mineral Deposit Geochemistry	William Smith Medal, 2009, Geological Society of London Nature 2009, feature in 459, 316-319 (Whitfield; Nascence Man)	○2016-06-28 to 2016-07-28 ○2016-11-08 to 2016-11-11	○共同研究者としてワークショップに参加, 共同研究者として研究打ち合わせ及び情報収集 ○共同研究者としてワークショップに参加
9	Stéphane Labrosse	Professor, ENS de Lyon	Ph.D. Geophysics	2000: Doistau-Blutet prize from the french academy of science. 2002: Doornbos memorial prize from the SEDI.	2016-07-08 to 2016- 07-13	共同研究者として研究打ち合わせ及び情報収集
10	Thomas Henning	Director, Max Planck Institute for Astronomy Heidelberg Origins of Life Initiative	Ph.D. Physics, Astronomy	Fellow of the German Academy of Sciences Leopoldina. Honorary Professor at Heidelberg University. The asteroid 30882 has been named "Tomhenning" in his honour.	2016-08-24 to 2016- 08-26	共同研究者として研究打ち合わせ及び情報収集
11	Terrence Deacon	Professor, Biological Anthropology, University of California, Berkeley	Ph.D. Human evolutionary biology and neuroscience	Merit Scholar / Lehman Fellow, Harvard University Psychiatric Neuroscience Fellow, Harvard Medical School Centenary Alumni Award, Western Washington University 69th James Arthur Lecturer, American Museum of Natural History J. I. Staley Prize 2005, School of American Research	2016-08-24 to 2016- 08-26	共同研究者としてワークショップに参加
12	Michel Morange	Professor in Biology, University Paris 6, Ecole normale supérieure	Ph.D. Biochemistry and molecular biology		2016-08-24 to 2016- 08-26	共同研究者としてワークショップに参加
13	Athelstan Cornish- Bowden	Directeur de Recherche (Émé rite), Centre National de la Recherche Scientifique	Doctor of Science, Properties of multienzyme systems	Hermann Niemyer Professor, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1992 (first holder of the Chair) and 1993. 2003. Elected corresponding member of the Academia Chilena de Ciencias. 2005. Elected Honorary Professor, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago, Chile	2016-08-24 to 2016- 08-26	共同研究者としてワークショップに参加
14	Antonio Lazcano	Professor, School of Sciences, National Autonomous University of Mexico	Ph.D. Evolutionary biology	Past president of the International Society for the Study of the Origin of Life, "ISSOL"	2016-08-24 to 2016- 08-26	共同研究者としてワークショップに参加
15	Michael Lachmann	Professor, Santa Fe Institute	Ph.D. Theoretical biology		2016-08-24 to 2016- 09-04	共同研究者としてワークショップに参加, 共同研究者として研究打ち合わせ及び情報収集
16	Patrick Forterre	Professor, Department of Microbiology, Pasteur Institute	Ph.D. Evolutionary Biology, Microbiology, Virology		2016-09-08 to 2016- 09-09	共同研究者としてワークショップに参加
17	Eugene Koonin	Senior Investigator, National Center for Biotechnology Information (NCBI), National Library of Medicine (NLM), National Institutes of Health	Ph.D. Evolutionary and computational biology	Elected to the National Academy of Sciences (2016)	2016-09-08 to 2016- 09-09	共同研究者としてワークショップに参加
18	David Prangishvili	Group leader, Pasteur Institute	Ph.D. Virology	Prize of Council of Ministers of the USSR for Excellence in Science and Technology in 1989	2016-09-08 to 2016- 09-09	共同研究者としてワークショップに参加
19	Hubert Klahr	Group head, Planet and Star Formation Dept., Max Planck Institute for Astronomy	Ph.D. Computational physics		2016-09-22 to 2016- 09-24	共同研究者として研究打ち合わせ及び情報収集
20	Jan Amend	Professor of Earth Sciences and Biological Sciences, University of Southern California	Ph.D. Geochemistry		2016-10-04 to 2016- 10-07	共同研究者としてワークショップに参加

21	James Badro		CNRS Research Director, Institut de Physique du Globe de Paris	Ph.D. Cosmochemistry, Astrophysics and Geophysical Experimentation	Fellow of the American Geophysical Union Fellow of the Mineralogical Society of America Grand Prix "Louis Gentil - Emile Bourcart", French Academy of Sciences, 2009 Macelwane Medal, American Geophysical Union, 2008	2016-10-28 to 2016-10-28	共同研究者としてセミナーに参加
22	Trevor Ireland		Professor, Research School of Earth Sciences, Australian National University	Ph.D. Isotope Geochemistry, Planetary Sciences	Hayabusa II Joint Science Committee (2014 - ) Vice President, The Meteoritical Society (2015-16)	2016-11-06 to 2016-11-10	共同研究者としてワークショップに参加
23	Steve Mojzsis		Professor, Department of Geological Sciences, University of Colorado	Ph.D. Earth Sciences	ASSETT Award of Excellence in Technology in Teaching, University of Colorado, 2014 Distinguished Visiting Professor, Hungarian Academy of Sciences (Hungary), 2013-present Fulbright Faculty Scholar (France), 2007-2008	2016-11-06 to 2016-11-10	共同研究者としてワークショップに参加
24	Richard W. Carlson		Director, Department of Terrestrial Magnetism, Carnegie Institution for Science	Ph.D. Earth Sciences	Distinguished Lecturer, Mineralogical Society of America, 2015-16 Arthur L. Day Medal, Geological Society of America, 2013 Member, National Academy of Sciences, 2012	2016-11-06 to 2016-11-10	共同研究者としてワークショップに参加
25	Qing-Zhu Yin		Professor, Earth and Planetary Sciences Department, University of California, Davis	Ph.D. Geochemistry		2016-11-06 to 2016-11-10	共同研究者としてワークショップに参加
26	Marc Chaussidon		CNRS Research Director, Institut de Physique du Globe de Paris	Ph.D. Cosmochemistry, Astrophysics and Geophysical Experimentation	Fellow of Geochemical Society et de l'European Association for Geochemistry (2007) and Meteoritical Society (2010) Asteroid 7048 named after Chaussidon (International Astronomical Union, 2002)	2016-11-06 to 2016-11-10	共同研究者としてワークショップに参加
27	Kevin McKeegan		Professor, Department of Earth, Planetary, and Space Sciences, University of California, Los Angeles	Ph.D. Geochemistry and Cosmochemistry	Science team leader for isotope measurements of the returned microscopic samples of comet P/Wild-2 Asteroid 5663 has been named McKeegan by the International Astronomical Union	2016-11-06 to 2016-11-10	共同研究者としてワークショップに参加
28	Hisayoshi Yurimoto		Professor, Faculty of Science, Department of Natural History Sciences, Earth and Planetary System Science, Hokkaido University	Ph.D. Geochemistry and Cosmochemistry		2016-11-06 to 2016-11-10	共同研究者としてワークショップに参加
29	Gary Huss		Director of W. M. Keck Cosmochemistry Laboratory, University of Hawaii	Ph.D. Cosmochemistry		2016-11-06 to 2016-11-10	共同研究者としてワークショップに参加
30	Alycia Weinberger		Staff Scientist, Department of Terrestrial Magnetism, Carnegie Institution of Washington	Ph.D. Physics	Distinguished Visitor, Haverford College, 2013 Beatrice Tinsley Visiting Fellow at University of Texas Austin (2011)	2016-11-14 to 2016-11-18	共同研究者としてワークショップに参加
31	Renata Wentzcovitch		Professor, University of Minnesota	Ph.D. Physics	Fellow of the American Physical Society Fellow of the American Geophysical Union Fellow of the Mineralogical Society of America Fellow of the American Association for Advancement of Science Fellow of the American Academy of Arts and Sciences 2008 Alexander von Humboldt Award for Senior US Scientists 2008 Japan Society for Promotion of Science Fellowship	2016-12-17 to 2016-12-23	共同研究者として研究打ち合わせ及び情報収集

32	Peter F. Stadler		Professor, University of Leipzig	Ph.D. Chemistry	Novartis Preis für Chemie 2002. Co-head (2005-2006), then Senior Scientific Advisor (since 2007) of the RNomics Group at the Fraunhofer Institute for Cell Therapy and Immunology. External Scientific Member of the Max Planck Society, affiliated with the MPI Mathematics in the Sciences" in Leipzig since March 2009. Corresponding Member Abroad of the Austrian Academy of Sciences since 2010.	2017-01-06 to 2017- 01-15	共同研究者としてシンポジウムに参加, 共同研究者として研究打ち合わせ及び情報収集
33	Christoph Flamm		Professor, Institute for Theoretical Chemistry, University of Vienna	Ph.D. Biochemistry, Mathematical Chemistry, Theoretical Chemistry		2017-01-06 to 2017- 01-19	共同研究者としてシンポジウムに参加, 共同研究者として研究打ち合わせ及び情報収集
34	Reidar G. Trønnes		Professor, Natural History Museum, University of Oslo	Ph.D. Geology, Experimental Petrology		2017-01-08 to 2017- 01-15	共同研究者としてシンポジウムに参加, 共同研究者として研究打ち合わせ及び情報収集
35	Mark Jellinek		Professor, Department of Earth, Ocean and Atmospheric Sciences, University of British Columbia	Ph.D Geophysical Fluid Dynamics	2003 Elected Scholar, Canadian Institute for Advanced Research	2017-01-08 to 2017- 01-15	共同研究者としてシンポジウムに参加, 共同研究者として研究打ち合わせ及び情報収集
36	Emmanuelle J. Javaux		Associate Lecturer, Department of Geology, University of Liege	Ph.D. Geology		2017-01-08 to 2017- 01-15	共同研究者としてシンポジウムに参加, 共同研究者として研究打ち合わせ及び情報収集
37	Carmen Gaina		Professor, Department of Geosciences, University of Oslo	Ph.D. Earth evolution and dynamics		2017-01-08 to 2017- 01-16	共同研究者としてシンポジウムに参加, 共同研究者として研究打ち合わせ及び情報収集
38	Joseph Nuth		Senior Scientist, NASA, Goddard Space Flight Center	Ph.D. Chemistry	NASA Group Achievement Award-Astrobiology Roadmap Team (2009) Elected a Fellow of the Meteoritical Society (2004)	2017-01-09 to 2017- 01-15	共同研究者としてシンポジウムに参加, 共同研究者として研究打ち合わせ及び情報収集
39	Costantino Vetriani		Professor, Institute of Marine and Coastal Sciences, Rutgers University	Ph.D. Molecular Biology		2017-01-09 to 2017- 01-15	共同研究者としてシンポジウムに参加, 共同研究者として研究打ち合わせ及び情報収集
40	Marc Hirschmann		George and Orpha Gibson Chair of Earth and Planetary Sciences, Professor, Department of Earth Sciences, University of Minnesota	Ph.D. Experimental Petrology	Fellow, Mineralogical Society of America 2003 McKnight-Land Grant Professorship 1999-2001	2017-01-09 to 2017- 01-16	共同研究者としてシンポジウムに参加, 共同研究者として研究打ち合わせ及び情報収集
41	Andrew Knoll		Fisher Professor of Natural History and Professor of Earth and Planetary Sciences, Harvard University	Ph.D. Geology	Walcott Medal, Mary Clark Thompson Medal of the National Academy of Sciences, Phi Beta Kappa Book Award in Science, Moore Medal of the Society for Sedimentary Geology, Paleontological Society Medal, and Wollaston Medal of the Geological Society of London	2017-01-09 to 2017- 01-20	共同研究者としてシンポジウムに参加, 共同研究者として研究打ち合わせ及び情報収集
42	Martha Grover		Professor of Chemical & Biomolecular Engineering, Georgia Institute of Technology	Ph.D. Chemical evolution, polymer organic electronics		2017-01-10 to 2017- 01-14	共同研究者としてシンポジウムに参加

43	Nicholas Hud		Professor, School of Chemistry and Biochemistry, Georgia Institute of Technology	Ph.D. Biology, Biotechnology, Biochemistry	Fellow of the International Society for the Study of the Origin of Life in 2014. Sigma Xi Distinguished Lecturer.	2017-01-10 to 2017-01-15	共同研究者としてシンポジウムに参加
44	Simon Conway Morris		Professor, Department of Earth Sciences, University of Cambridge	Ph.D. Palaeobiology and Palaeoecology	The Walcott Medal 1987 PS Charles Schuchert Award 1989 GSL Charles Lyell Medal 1998 Trotter Prize 2007	2017-01-10 to 2017-01-16	共同研究者としてシンポジウムに参加, 共同研究者として研究打ち合わせ及び情報収集
45	Lynn Rothschild		Senior Scientist, NASA Ames Research Center	Ph.D. Evolutionary Biology, Microbiology	2013 NIAC Fellow, NASA 2013 Lecture, Royal Swedish Academy of Sciences-Molecular Frontiers, May 2012 CEO Award, Gen9 G-Prize	2017-01-10 to 2017-01-17	共同研究者としてシンポジウムに参加, 共同研究者として研究打ち合わせ及び情報収集
46	Loren Williams		Professor, School of Chemistry and Biochemistry, Georgia Institute of Technology	Ph.D. Physical Chemistry	Director of the NASA Astrobiology Institute from 2008 to 2015	2017-01-10 to 2017-01-19	共同研究者としてシンポジウムに参加, 共同研究者として研究打ち合わせ及び情報収集
47	Sijbren Otto		Professor of Systems Chemistry University of Groningen	Ph.D. Systems Chemistry	2013 Elected Fellow of the Royal Society of Chemistry	2017-01-11 to 2017-01-14	共同研究者としてシンポジウムに参加
48	Marcelo Gleiser		Professor of Physics and Astronomy, Appleton Professorship of Natural Philosophy, Dartmouth College	Ph.D. Cosmology	Fellow and General Councilor of the American Physical Society. Recipient of the Presidential Faculty Fellows Award from the White House and NSF.	2017-01-11 to 2017-01-14	共同研究者としてシンポジウムに参加
49	David Yuen		Professor, Department of Earth Sciences, University of Minnesota	Ph.D. Geophysics and Geology	2010, Senior Visiting Professor, Graduate University of Chinese Academy of Sciences 2005, Fellow, American Geophysics Union	2017-02-13 to 2017-02-17	共同研究者として研究打ち合わせ及び情報収集
50	Razvan Caracas		Senior Researcher, CNRS Laboratoire de Géologie de Lyon	Ph.D. Material Physics	Ad-Astra Award for excellence in Research, Earth and Space Sciences, 2016 ERC Consolidator Grant "IMPACT: The Giant Impact and the Earth and Moon Formation", 2015 Research Excellence Medal of the European Mineralogical Union, 2013 Prix Henri Buttgenbach, 2012, Academie Royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique, Bruxelles, Belgium	2017-02-17 to 2017-03-05	共同研究者として研究打ち合わせ及び情報収集

## 世界トップレベル研究拠点プログラム (WPI) 添付資料 6 平成28年度アウトリーチ活動の状況

- ・以下の表を用いて、平成28年度のアウトリーチに関する活動実績（件数、回数）を整理すること。
- ・その他、特色のある活動実績や記載すべき事項があれば「特記事項」に記載すること。
- ・プレスリリース・取材などの結果、平成28年度中に報道された記事等については添付様式7に整理すること。

種別	H28年度実績(件数、回数)
広報誌・パンフレット	2
一般向け講演会・セミナー	25
小・中・高向けの授業・実験・実習	11
サイエンスカフェ	1
一般公開	1
イベント参加・出展	3
プレスリリース	17

### <特記事項>

#### ■小・中・高校生向けの講義アウトリーチ活動

- ・高校生を対象とした英語原著論文読解演習の実施

福島県立磐城高等学校SSH（スーパーサイエンスハイスクール）の生徒10名に対する見学プログラムを実施（2017年2月22日）。その中で本研究所初の試みとして、望月智弘研究員の発表した英語原著論文を、プログラムに参加した高校生に読解してもらうという演習を行った。望月研究員には、読解に先立って研究の背景を解説する講義を行い、読解中には1パラグラフごとに要点を解説してもらった。演習の前後に高校生に当該論文のアブストラクトを読んでもらい理解度を自己申告させたところ、演習後の方が大幅に向上していた。高校の担当教員の方から後日「生徒たちもウイルスの講義を楽しみ、英語の論文読みの経験も新たな気づきもあったようでとても良い経験をさせていただきました」との評価を受けた。

#### ■一般講演会の開催

- ・蔵前科学技術セミナー（蔵前工業会との共同開催）

「地球と生命の謎～生命の起源はどこまでわかったのか？宇宙における生命の存在確率は？～」

(2016年10月22日)

- ・第5回ELSI国際シンポジウム一般講演会

「私たちは私たちの“はじまり”を知らない～生命の起源に迫る宇宙生物学の可能性～」

(2017年1月11日)

- ・第2回Kavli IPMU / ELSI 合同一般講演会「起源への問い」

(2017年1月22日)

#### ■ソーシャルメディアを利用した情報発信活動

- ・Facebookページ 東京工業大学地球生命研究所 広報室の広報 <https://www.facebook.com/ELSIPRPR/>  
(2017年10月より継続)

#### ■研究者による一般向け科学書籍の出版

- ・「NHKカルチャーラジオ 科学と人間「太陽系外の惑星をさがす」」井田茂著  
(NHK出版、2016年7月発行)
- ・「系外惑星と太陽系」井田茂著（岩波新書、2017年2月発行）
- ・「科学者18人にお尋ねします。宇宙には、だれかいますか？」井田茂・丸山茂徳 他共著  
(河出書房新書、2017年2月発行)

**世界トップレベル研究拠点プログラム (WPI)**  
**添付資料 7 平成 28 年度主な研究成果等に係るメディア報道一覧**

	日時	媒体名 (新聞、雑誌、テレビ等)	内容概略
1	2016/4/21	テレビ	NHK BS プレミアム : コズミックフロント☆NEXT「宇宙の古代都市 球状星団のミステリー」にてシミュレーション動画の紹介
2	2016/5/12	雑誌	子供の科学6月号 : いつ実現する?人類の新たなる挑戦の最前線 火星移住VS深海都市
3	2016/5/28	新聞	読売新聞 : 第57回藤原賞「地球深部の物質とダイナミクスの解明」
4	2016/6/27	新聞	日本経済新聞 : 火星を知りたい④ 大量にあった水 どこへ?
5	2016/7/2	ラジオ	TBSラジオ : 「久米宏ラジオなんですけど」 スポットライト ゲスト
6	2016/7/3	テレビ	サイエンスZERO : シミュレーション映像が「セタ! 天の川銀河の姿に迫る」のオープニング映像で使用
7	2016/7/5	新聞	毎日新聞 : 「天体衝突で誕生」東工大など発表
8	2016/7/7	ウェブ記事	Nature Planetary Science: 「火星の月」に関する研究成果の紹介記事が「今月のResearch Highlights」に掲載
9	2016/9/11	テレビ	NHK Eテレ「サイエンスZERO」:「 No. 555「太陽フレア: 生命への脅威か? 母なる恵みか?」
10	2016/9/27	テレビ	日本テレビ・ZIP : 木星衛星エウロパに関するNASAの重大発表へのコメント
11	2016/11/13	テレビ	TBSテレビ : 「未来の起源」
12	2016/11/17	テレビ	NHK BS プレミアム : コズミックフロント☆NEXT「金星 ビーナスの素顔に迫れ!」
13	2016/11/28	新聞	毎日新聞 東京朝刊 : 基礎研究に危機
14	2016/12/7	新聞	WIRED : WIRED Audi Innovation Award 2016受賞イノヴェイターたちがすごい
15	2017/2/2	ウェブ記事	Nature : 玄田英典特任准教授らがNature Astronomyで発表した冥王星に関する研究成果の紹介記事が「Research highlights」に掲載
16	2017/2/2	新聞	朝日新聞 : 冥王星の「クジラ模様」は衝突の跡
17	2017/2/3	ウェブ記事	Nature Astronomy : ELSIで開催された太陽系外惑星に関するワークショップについての紹介記事が掲載
18	2017/2/3	ウェブ記事	The Huffington Post : Eugene Koonin: “The New Evolutionary Biology”
19	2017/2/9	新聞	毎日新聞 2/9朝刊 : 月の誕生諸説 決め手なし—巨大衝突説に矛盾→複数衝突説
20	2017/2/23	新聞(電子版)	日経電子版 : 地球の磁場は誕生直後から 東工大、成分変化で鉄が対流