

## 9. 惑星物質研究所

(1) 惑星物質研究所の研究目的と特徴	9-2
(2) 「研究の水準」の分析	9-3
分析項目Ⅰ 研究活動の状況	9-3
分析項目Ⅱ 研究成果の状況	9-7
【参考】データ分析集 指標一覧	9-9

## (1) 惑星物質研究所の研究目的と特徴

### 1. 設置目的・理念

本研究所は、岡山大学温泉研究所(1951年度～1984年度)、地球内部研究センター(1985年度～1994年度)、固体地球研究センター(1995年度～2004年度)、地球物質科学研究センター(2005年度～2015年度)を経て2016年度に設置した。本研究所は、分析化学及び実験科学アプローチを通じて、地球を含む惑星の形成・進化や生命の起源に関する最先端研究を推進すると同時に、本研究所の先進的実験・分析研究基盤を、幅広く国内外の研究者に提供し、積極的に共同研究教育を展開することをミッションとしている。

### 2. 研究の特徴

本研究所は、伝統的に強みである高度な実験・分析に基づく物質科学的手法を駆使し、物質科学的な視点から地球・惑星の誕生・進化・ダイナミクス、さらに生命の起源に関する先端研究を展開している。本研究所が有する低圧から超高压まで、マイクロからマクロまでシームレスな実験・分析が可能な総合実験分析システムを發展させ世界でもユニークな質の高い研究を実施している。特に高压実験分野では、1970年代からマルチアンビル装置を用いた先駆的な高压実験に基づいた地球内部構造・ダイナミクスに関する業績を重ね続け、指導的な立場から、欧米の大学に高压装置、技術と指導者を輸出し、海外における当該分野の発展に大きな役割を果たしている。近年では、高压高温発生技術の開発のほか、物性(電気伝導度、熱伝導度等)測定法の開発や、核磁気共鳴分光法、ラマン分光法、中性子散乱法をはじめとする多様な先端構造解析手法及び第一原理計算の駆使により、多くの地球惑星構成物質の構造物性に関する研究を行っている。また、分析化学分野では、1970年代から水素、酸素、硫黄等の安定同位体測定で世界を先導し、その後も、継続的に高精度分析技術開発を続け、他に類を見ない信頼度の高い総合的元素分析、同位体組成、年代測定のできる「地球惑星物質総合解析システム」を構築している。これらは、小惑星探査機「はやぶさ」からの貴重な回収試料の解析に応用され、現在は小惑星探査機「はやぶさ2」が2020年に「リュウグウ」から持ち帰る予定の回収試料の総合解析に向けて分析プロトコルの制定を進めている。さらに、本研究所発足時に新たに設置した生命・流体物質研究分野においては、実験と分析の両面から、地球惑星における鉱物—有機物—流体の相互作用を探索し、生命起源物質の深化や太陽系における原始生命に関わる痕跡を探索している。米国 NASA が実施している小惑星ベンヌのオシリス・レックスサンプルリターンミッションにもチームメンバーとして参画し、隕石等の構成鉱物の分光測定と比較研究を展開している。

### 3. 共同利用・共同研究拠点

本研究所は、地球内部研究センター時代(1985年度)から、「全国共同利用施設」として、伝統的に強みである実験と分析の両面から地球惑星物質科学研究を先導し、国内外の数多くの研究者に共同研究の機会を提供してきた。2020年度より共同利用・共同研究拠点「地球・惑星物質科学研究拠点」として文部科学大臣から認定されている。国内外の研究者・学生に対し、研究所の所有する実験・分析設備の利用とこれに伴う技術を提供し、地球惑星物質の化学分析、年代測定、構造解析及び高温高压再現実験等の手法を駆使し物質科学研究を推進し、2016年度から2019年度の4年間で合計203件(年平均51)件の共同研究を実施している。そのうち約30%(61件)が国際共同研究であり、1人1回当たりの平均滞在日数は国内共同研究で5.9日、国際共同研究で44.1日と長期滞在型の国際共同研究施設として機能している。

## (2) 「研究の水準」の分析

## 分析項目 I 研究活動の状況

## ＜必須記載項目 1 研究の実施体制及び支援・推進体制＞

## 【基本的な記載事項】

- ・ 教員・研究員等の人数が確認できる資料（別添資料 6409-i1-1）
- ・ 共同利用・共同研究の実施状況が確認できる資料  
（別添資料 6409-i1-2）
- ・ 本務教員の年齢構成が確認できる資料（別添資料 6409-i1-3）
- ・ 指標番号 11（データ分析集）

## 【第 3 期中期目標期間に係る特記事項】

- 2019 年 5 月 1 日現在，専任教員 14 名（教授 7 名，准教授 5 名，助教 2 名）が惑星物質基礎科学部門，惑星システム科学部門，生命・流体物質科学部門に所属している。研究所への改組を契機に地球を含む惑星全体を対象とする統一的惑星物質科学を強力に推進することとし，部門間連携を密にし，分野の壁にとらわれない統一的惑星物質科学研究を展開している。また，若手人材育成の観点から，共同利用・共同研究拠点プロジェクト経費により，4 名の若手研究者を特別契約職員助教として雇用している。さらに，解析・実験を高レベルで実施するためスーパーテクニシャン（博士号取得の高度な研究スキルを保持した研究者）を 5 名配置し，研究所構成員及び共同研究者の活動を技術的にサポートするとともに，技術・経験という研究活動の基盤継承と発展を図っている。[1.1]
- 研究所改組時，新たにアストロバイオロジー分野の研究を掲げたところである。これまでに新たに教授 1 名を配置するとともに海外トップ研究機関から，当該分野をリードする研究者 3 名をクロスアポイントメント制で雇用している。クロスアポイントメント教員が研究所の教員・スタッフおよび海外の研究者と連携し，本研究所におけるアストロバイオロジー先端研究プログラムの展開に寄与し，また国際共同研究・連携においてインターフェースの役割を果たしている。[1.1]
- 共同利用・共同研究拠点活動の一環として，若手研究者を特別契約助教（ポストドク研究員）として雇用し，地球・惑星物質科学分野の次世代を担う研究者の発掘・育成・活用から研究力の強化と人材育成を図っている。  
また，2005 年度より継続して毎年，世界各国から学部学生・修士課程学生 10 数名程度を対象に「三朝国際学生インターンプログラム」を約 6 週間にわたって実施している。このプログラムは，共同研究の一環として，本研究所教員の研究プロジェクトを基に，教員・研究グループの指導を受けながら学生が主体的に実施するものである。これらの研究プロジェクトから最終的に 17 本の論文が国際誌に公表された。本プログラムでは，先進的な研究を経験できることが特色であるが，高度な実験・分析技術の実体験にとどまらず，研究者としての思考プロセス習得やプレゼンテーション能力の向上，研究への情熱の涵養が期待されており，プログラム実施から約 150 名以上の修了者を輩出し，そのうち 9 人は，本研究所が主管する自然科学研究科地球惑星物質科学専攻（5 年一貫制博士課程）へ入学した。

自然科学研究科地球惑星物質科学専攻（5 年一貫制博士課程）においては，国際的な環境下での英語による授業・研究指導及び海外教授を加えた学位審査体制

## 岡山大学惑星物質研究所 活動の状況

を特徴としている。

これら、若手研究者支援の事業により本研究所で育成した人材の多くは各国の主要研究機関（マイアミ大学、アリゾナ大学、アメリカ航空宇宙局ジョンソン宇宙センター、バイロイト大学、クレルモンオーベルニュ大学、中国地質大学、中国科学技術大学など）で研究者として活躍し、本研究所とのインターフェースの役割として次の国際共同研究の発展に寄与している。[1.1]

- 本研究所では、共同利用・共同研究拠点活動の一環として、国内研究者との共同研究はもちろんのこと、国際的共同研究も積極的に展開している。また、本研究所が整備した世界でも類の少ない総合分析・実験装置を生かして、先端研究が実施できるように、積極的に長期滞在型共同研究を受け入れてきた。そのための宿泊施設も完備している。また、共同利用研究をより強力に推進するため、2019年度から国内外研究者を対象に、5つの研究種目（国際共同研究、一般共同研究、設備共同利用、ワークショップ、インターンシップ型共同研究）を設定し、募集回数や方法についても見直した。その結果、2016年度から2019年度までは、共同研究件数は203件、年平均51件、うち、約30%に当たる61件は国際共同研究であり、平均滞在日数は44.1日である。[1.1]
- 2016年10月に発生した鳥取県中部地震により、分析・実験装置が甚大な被害を受けた。速やかに大学として「惑星物質研究所 災害復旧計画」を策定し、2017年度補正予算（施設整備費補助金）及び全学経費からの支援並びに本研究所予算による財源確保により大型設備の復旧と先端研究を推進するための設備の整備が完了した。これにより共同利用・共同研究体制の充実と生命の起源の探求を目的とする新しいアストロバイオロジー研究の推進など、新たな学術研究を進展させている。[1.1]

### <必須記載項目2 研究活動に関する施策／研究活動の質の向上>

#### 【基本的な記載事項】

- ・ 構成員への法令遵守や研究者倫理等に関する施策の状況が確認できる資料  
(別添資料 6409-i2-1~22)
- ・ 研究活動を検証する組織、検証の方法が確認できる資料  
(別添資料 6409-i2-23~25)
- ・ 博士の学位授与数（課程博士のみ）（入力データ集）

#### 【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 本研究所では、世界の地球惑星物質科学分野の動向を見据え、共同利用・共同研究拠点として先端学術研究を推進するため、世界トップレベルの研究実績を持ち、研究者コミュニティを代表する学外の研究者が過半数で構成されている運営委員会を設置している。当委員会は毎年開催され、拠点の将来を見据え、その研究活動を含め議論・提言し、それらの提言は研究所の運営に反映される。所内では、教員の研究アクティビティを支援するため、所長裁量経費を設けて、戦略的に先端研究設備の維持・修理、分野横断研究や新研究領域の開拓につながる研究プロジェクト等への支援を実施している。[2.1]
- 本研究所では、国内で先駆けて5年一貫制博士課程である地球惑星物質科学専攻を自然科学研究科の中に設置し、英語による授業・研究指導及び海外教授を加えた学位審査体制を特徴とした国際的に高い水準の大学院教育を実施している。共同利用・共同研究拠点の特徴を生かして、国内外からの共同利用研究者との活

発な学术交流や、研究所主催の国際シンポジウムへの参加等を通して、学生らが国際感覚を養う。また、2019年度から、学生学会発表補助プログラムを創設し、学生の学会発表を積極的に推奨することにより、一層国際的に活躍できる自立した研究者の育成に努めている。[2.2]

### <必須記載項目3 論文・著書・特許・学会発表など>

#### 【基本的な記載事項】

- ・ 研究活動状況に関する資料（理学系）  
（別添資料 6409-i3-1）
- ・ 指標番号 41～42（データ分析集）

#### 【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 学術論文の公表状況は2015年（21本）に比べ、順調に増加（2倍超）し、2019年は49本となっている。本研究所の特徴として、国際共著率の高さがあげられるが、これに関しても、2016年以降50%～60%となっており、国際共同研究施設としての機能を十分果たしている。また、Q1ジャーナルへの投稿比率について、2015年まで30%程度であったが2016年以降順調に推移し、50%程度に上昇している。[3.0]

### <必須記載項目4 研究資金>

#### 【基本的な記載事項】

- ・ 指標番号 25～40, 43～46（データ分析集）

#### 【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 2016年度から2019年度において、科学研究費助成事業（新学術領域研究、基盤研究A、基盤研究B、基盤研究C、挑戦的萌芽研究等）、企業・個人等からの寄付金、民間企業との共同研究、鳥取県環境学術研究等振興事業補助金等の年平均受入額は、平均約9,850万円（うち科研費が8,400万円）であった。教員1人当たりの研究費は年平均700万円であった。[4.0]

### <選択記載項目A 地域連携による研究活動>

#### 【基本的な記載事項】

（特になし）

#### 【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 鳥取県環境学術研究等振興事業補助金「総合惑星物質解析システムによる温泉の起源と医学的効能の証明」により以下を実施した。
  - ・ 温泉水の分析手法を実用化
  - ・ 三朝温泉の59の源泉の物質化指標と元素・同位体分析を実施し、酸化作用による水酸化鉄の形成による元素の濃度変動の実態を明らかにした。
  - ・ 三朝温泉の高精度ウラン・ラジウム分析とウラン系放射改変モデルに基づき

## 岡山大学惑星物質研究所 活動の状況

ラドンの起源として地殻内ウラン胚胎層の存在と形成過程を明らかにした。  
[A. 0]

### <選択記載項目 B 国際的な連携による研究活動>

#### 【基本的な記載事項】

(特になし)

#### 【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 国際的な大型宇宙探査サンプルリターンプロジェクトに主体的に関与している。具体的には、JAXA 宇宙科学研究所と包括連携協定を締結し、小惑星「はやぶさ2」のフェーズ2キュレーション施設として回収試料総合解析に向け分析プロトコルの制定を進めている。また、米国 NASA が実施している小惑星ベヌスのサンプルリターンミッションであるオシリス・レックスミッションの一員として参加し、隕石等の構成鉱物の分光測定と比較研究を展開している。活動はNHK BSプレミアム番組で紹介された。[B. 1]
- 韓国浦項及び日本西播磨のX線自由電子レーザー施設の相補的利用によるレーザー衝撃圧縮実験の国際展開を実施している。[B. 1]
- フランス SOLEIL 放射光施設の大容量プレスを用いて落球法による珪酸塩メルトの粘性率その場測定を実施し、成功を遂げ、フランス高压地球科学分野の研究者に大きなインパクトを与えた。[B. 1]

### <選択記載項目 C 研究成果の発信／研究資料等の共同利用>

#### 【基本的な記載事項】

(特になし)

#### 【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- ホームページにより、研究成果の発信、セミナー・研究集会及び共同利用・共同研究拠点の活動などの情報発信を行っている。[C. 1]
- 地球惑星物質科学研究機関向けに本研究所の活動内容をまとめたニュースレター(年2回発行)により研究教育活動の情報発信を行っている。[C. 1]
- 地球物質サンプルデポジトリ (Depository for the Reference Earth and Analytical Materials) システムにより実証的物質科学によって蓄積された膨大な人類の「知」としてのデータ・成果を体系化している。科学的データを物質試料とともに保管し、永続的に研究者に公開と普及を行っている。[C. 1]

### <選択記載項目 D 学術コミュニティへの貢献>

#### 【基本的な記載事項】

(特になし)

#### 【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 2016年度以降国際シンポジウムを2件実施し、国内外の地球惑星物質科学研究者による研究発表及び討論により、地球・惑星の誕生・進化・ダイナミクス及び生命の起源に関する学術的アプローチによる統合的な理解及び将来の研究発展につながる協力体制を構築した。[D. 1]

## 分析項目Ⅱ 研究成果の状況

### ＜必須記載項目1 研究業績＞

#### 【基本的な記載事項】

- ・ 研究業績説明書

(当該学部・研究科等の目的に沿った研究業績の選定の判断基準)

本研究所は、強みである高度な実験・分析に基づく物質科学的手法を駆使し、地球・惑星の誕生・進化・ダイナミクス、さらに生命の起源に関する先端研究を展開している。また、共同利用・共同研究拠点として、本研究所が有する世界でも類の少ない総合実験・分析研究基盤をベースに、国内外の研究機関・研究者と連携し、幅広い分野との異分野融合・新学術領域創出研究を推進している。特に(1)総合化学分析・鉱物学的研究による太陽系の起源と惑星・小惑星などの天体の進化、(2)分析および実験的研究による太陽系における鉱物-水-有機物の進化および生命の起源、(3)高温高压実験による地球および太陽系惑星の深部物質の構造物性、といった分野において、国際的に先導する成果を挙げている。そのうち、特に学術的に重要、掲載学術誌のインパクトファクターの高さ、研究者コミュニティからの評価などにより、代表的な成果を選出した。

#### 【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 惑星物質研究所は、2016年度より本学が推進している「研究・社会実装における異分野融合科学の拠点形成戦略」の枠組みの中で、教育研究組織の再編により創設された。従来の無機地球物質を主な対象とする、分析地球化学部門及び実験地球物理学部門の2部門体制から、新たに生命の起源を包含した、地球を含む惑星全体を対象とする統一的惑星物質科学を強力に推進するための研究体制として、惑星物質基礎科学部門、惑星システム科学部門、生命・流体物質科学部門と再編した。また、部門間連携を密にすることで、分野の壁にとらわれない統一的惑星物質科学研究を展開することとした。また、本研究所は、「はやぶさ2」回収試料のフェーズ2キュレーション施設として JAXA との連携を構築していることに加え、米国 NASA の小惑星ベンヌのオシリス・レックス探査ミッションにも参加するなど、地球外物質科学研究に関する新たな学問分野の構築を進めている。

新設した生命・流体物質科学部門において、部門横断で、海外からのクロスアポイントメント教員や国際共同研究者と協力し、新しいアストロバイオロジー研究プログラムに取り組んできた。研究設備的には、2016年10月21日の鳥取中部地震により、本研究所は、分析機器を中心に多大な被害を受けたが、国及び全学的支援により、震災からダメージを受けた研究基盤の復旧だけでなく、アストロバイオロジーとサンプルリターンミッションの回収試料の無機・有機物分析に必要な研究基盤の整備を実現し、質の高い研究成果を出しつつある。そのうち、原始生命活動を検出するためのトレーサーの開発と応用や、初期地球における生命の起源に関連する成果として、複数の論文が *Astrobiology* 誌に掲載された。また、米国 NASA の小惑星ベンヌのオシリス・レックス探査ミッションチームメンバーとして、生命の原材料と思われる水と有機物に富む小惑星ベンヌに関する新しい発見に関する複数の論文は *Nature*, *Nature Communications* をはじめとする国際誌に掲載された。

惑星システム科学部門は、生命・流体物質科学部門教員とも連携し、他に類を見ない高精度分析技術をあらゆる元素に拡張する努力により、高い信頼度で複雑

## 岡山大学惑星物質研究所 成果の状況

系である無機・有機地球惑星物質の本質的な解明に必要な不可欠な総合的元素分析、同位体組成、年代測定を全て一箇所で実現している。それらを生かして、2020年はやぶさ2サンプルリターンミッションで持ち帰る予定の小惑星「リュウグウ」からの貴重な地球外回収試料の無機・有機物の総合分析に備えて、分析プロトコルの確立に取り組んでいる。また、この総合分析システムを応用し、太陽系初期の進化を解明するための隕石に関する研究(Nature Astronomy等)、10億年前の中央海嶺で海水と反応したマントル物質を示唆する論文(Scientific Reports)、西南日本、アジア、アフリカにおける火成岩に関する研究(Nature Communication等)など、多岐にわたる地球惑星物質に関する研究テーマで成果を挙げている。また、地域創生の観点から、鳥取県広域に分布する温泉(熱水流体)の成分分析とラドン温泉の成因に関する研究を実施し、学生1名はそれにより博士学位を取得した。

惑星物質基礎科学部門では、新学術領域課題を始め、大型科学研究費の高い獲得率を誇り、常に世界で高温高压技術開発をリードし、地球惑星深部に関する多くのインパクトの高い研究成果を輩出し、国際的に大きな存在感を示している。大容量マルチアンビル装置による圧力発生では最近世界最高の120万気圧を実現し、高温発生ではボロンをドーピングした半導体ダイヤモンドヒーターを用いて4000Kに成功するなど、地球惑星深部再現実験をめぐる他の追随を許していない実験技術の開発を遂げた。また、高压高温発生技術と組み合わせて、高压高温下での単結晶合成技術や物性(電気伝導度、熱伝導度等)測定法の開発や、核磁気共鳴分光法、ラマン分光法、中性子散乱法をはじめとする多様な先端構造解析手法及び第一原理計算の駆使により、NatureやScientific Reports論文などの多くの地球惑星構成物質の構造物性に関する国際的に評価の高い研究成果を発表している。また、国内外の研究者と共同で、高強度レーザー施設を用いて、天王星などの巨大氷惑星の内部の“金属の水”の性質に関する成果(Scientific Reports)も挙げている。関連研究が評価されて、本研究所研究者が、2017年度日本高圧力学会奨励賞(辻野典秀)、2018年度日本鉱物科学会賞(山崎大輔)を受賞した。

【参考】データ分析集 指標一覧

区分	指標 番号	データ・指標	指標の計算式
5. 競争的外部 資金データ	25	本務教員あたりの科研費申請件数 (新規)	申請件数(新規) / 本務教員数
	26	本務教員あたりの科研費採択内定件数	内定件数(新規) / 本務教員数 内定件数(新規・継続) / 本務教員数
	27	科研費採択内定率(新規)	内定件数(新規) / 申請件数(新規)
	28	本務教員あたりの科研費内定金額	内定金額 / 本務教員数 内定金額(間接経費含む) / 本務教員数
	29	本務教員あたりの競争的資金採択件数	競争的資金採択件数 / 本務教員数
	30	本務教員あたりの競争的資金受入金額	競争的資金受入金額 / 本務教員数
6. その他外部 資金・特許 データ	31	本務教員あたりの共同研究受入件数	共同研究受入件数 / 本務教員数
	32	本務教員あたりの共同研究受入件数 (国内・外国企業からのみ)	共同研究受入件数(国内・外国企業からのみ) / 本務教員数
	33	本務教員あたりの共同研究受入金額	共同研究受入金額 / 本務教員数
	34	本務教員あたりの共同研究受入金額 (国内・外国企業からのみ)	共同研究受入金額(国内・外国企業からのみ) / 本務教員数
	35	本務教員あたりの受託研究受入件数	受託研究受入件数 / 本務教員数
	36	本務教員あたりの受託研究受入件数 (国内・外国企業からのみ)	受託研究受入件数(国内・外国企業からのみ) / 本務教員数
	37	本務教員あたりの受託研究受入金額	受託研究受入金額 / 本務教員数
	38	本務教員あたりの受託研究受入金額 (国内・外国企業からのみ)	受託研究受入金額(国内・外国企業からのみ) / 本務教員数
	39	本務教員あたりの寄附金受入件数	寄附金受入件数 / 本務教員数
	40	本務教員あたりの寄附金受入金額	寄附金受入金額 / 本務教員数
	41	本務教員あたりの特許出願数	特許出願数 / 本務教員数
	42	本務教員あたりの特許取得数	特許取得数 / 本務教員数
	43	本務教員あたりのライセンス契約数	ライセンス契約数 / 本務教員数
	44	本務教員あたりのライセンス収入額	ライセンス収入額 / 本務教員数
	45	本務教員あたりの外部研究資金の金額	(科研費の内定金額(間接経費含む) + 共同研 究受入金額 + 受託研究受入金額 + 寄附金受入 金額)の合計 / 本務教員数
	46	本務教員あたりの民間研究資金の金額	(共同研究受入金額(国内・外国企業からのみ) + 受託研究受入金額(国内・外国企業からのみ) + 寄附金受入金額)の合計 / 本務教員数