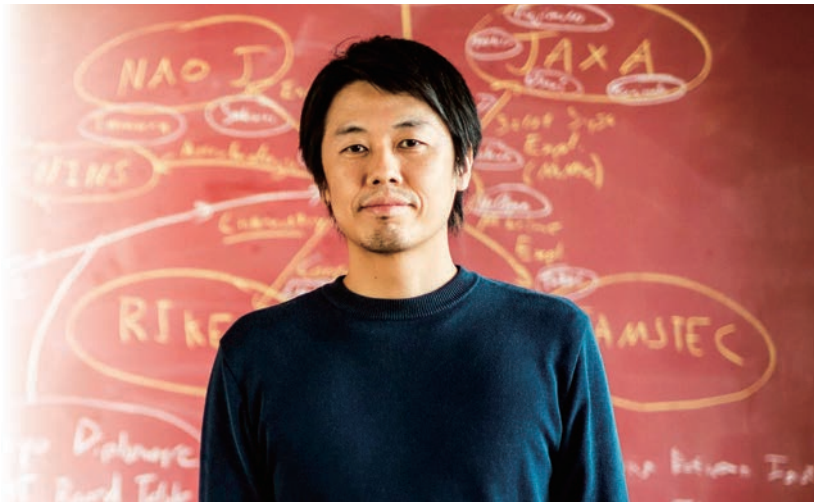


水惑星学の創成

Aqua planetology

[No. 1]





領域代表

関根 康人
kenji kamegaki

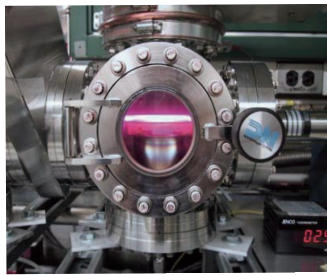
宇宙に生命はいるのだろうか？——この誰しもが考えるであろう疑問の答えが今世紀中に出されるかもしれない。このような疑問は10年前までは完全にSFの範疇であり、科学者が真剣に考える問いではなかった。実際、私自身も、この問いに答えを探す研究領域など、考えもしなかった。水、エネルギー、有機物が生命生存に必要な三大条件とされるが、このうち一つでも地球外に長時間にわたり存在することは難しく、存在していたとしても、その場にアクセスすることは不可能というのが常識であった。

ところが、現在この常識は大きく見直しを迫られている。約38億年前の火星では、液体の水が地表面に長期間存在し、そこには太陽光エネルギーも降り注いでいた。火星探査車は、かつて湖だった堆積物上に着陸し、地層中に有機物が含まれることも明らかにした。木星以遠の極寒の世界にも、惑星との潮汐加熱で内部が暖められ、内部海が現存している氷衛星が複数発見されている。近年では、内部から宇宙に海水が噴出している場に探査機が到達し、海水をサンプリングし、その中から地熱エネルギーの存在を示す鉱物やガス分子を発見している。これらは全て数年以内の発見であり、大きな興奮と共に広く一般にも報じられた。そして、ニュースの末尾は大抵以下の言葉で締めくくられる——地球外生命の発見もそう遠い未来ではないだろう。

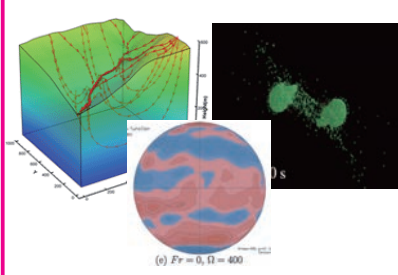
しかし、水、エネルギー、有機物が太陽系天体に発見された現在でさえ、我々はいかにして宇宙における生命の課題に迫ったらよいのか、その明確な方法論を持たない。かつてカール・セーガンは「極端な事象の証明には極端な証拠が必要となる」と言った。そのカール・セーガンが主導したのが、1970年代の火星生命探査バイキング計画である。バイキング着陸機は、火星に着陸し土壌に有機物を撒くという、今から考えれば稚拙とさえ思える方法で生命を探し、結果的にはこの博打的試みは失敗に終わった。その後、火星探査は1990年代後半まで行われず、学問分野自体が凍結状態となる。

我々は、同じ轍を踏んではいけない。生命発見への道のりは容易いものではなく、学問領域の創成とその長期的な発展なしに実現することはできない。本領域は、長期的には宇宙における生命の課題に迫る方法論の構築を目指すものであり、水、エネルギー、有機物の発見の次の段階となる今後5年間では、水・物質循環の理解がその中心となるべきと考える。水がどのような化学反応を起こし、天体スケールでどのような物質循環を促し、どのような非平衡状態を作りえたのか——この知見がなければ、どこに着陸し、どの深度まで掘削し、どんな物質を探すべきかということがわからず、本質的にバイキング探査を超えることはできないからである。

本領域を推進する方針は、宇宙における生命に関する研究を、単発ではない持続可能な学問にすることに尽きる。高く安定した山を作るには広い裾野が必要であり、分野にこだわらず新規参入を受け入れるだけでなく、計画研究に関わる若手ポストドクを異なる分野の研究に分野インターンさせるなど有機的な融合も強力に推進する。本領域は、将来的には極限環境生物学との融合による宇宙生物学や、天文学を含む系外惑星学といった分野横断も期待され、研究者が新しい学問を作っていける自由かつ魅力的な学問の土壌を作り、醸成させることを心掛けて領域推進を行っていきたいと考えている。



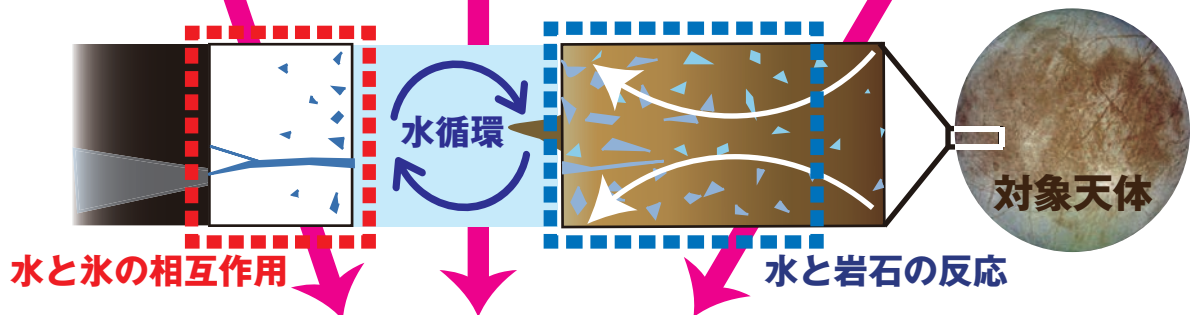
A02 水-氷班



A03 モデル班



A01 水-岩石班

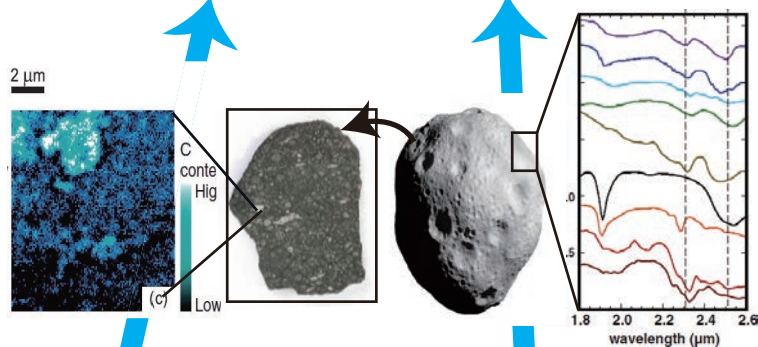


A. 太陽系天体の水・物質循環の理論

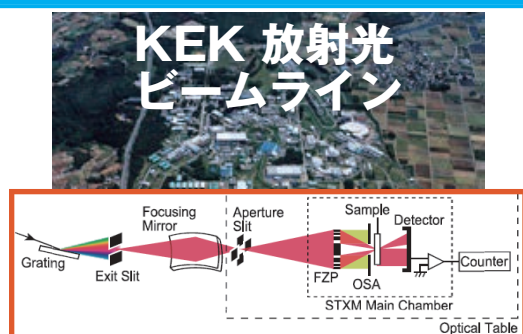
水惑星学の創成

地球の水量の決定要因
火星、氷衛星の生命圏モデル

B. 太陽系天体の水・物質循環の実証



B01 分析班



B02 探査班



A01 水-岩石反応班

役割「太陽系天体における水-岩石反応」

班代表 渋谷 岳造（海洋研究開発機構・研究員、2018年4月より主任研究員）

1977年の海底熱水噴出孔の発見以来、地球における海底熱水活動（水-岩石反応）とそれに支えられる原始的微生物生態系の研究が世界的な競争のもと行われてきました。その結果、海洋底探査技術のみならず、極限環境を再現する実験技術や生命活動の熱力学的予測方法論などが目覚ましい発展を遂げました。私たち計画研究A01班では、この40年間で築き上げられた「生命-水-岩石相互作用」に関する最先端の研究手法を、地球外天体、すなわちリュウグウ母天体、火星、氷衛星エンセラダス・エウロパに適用します。まず、水-岩石反応実験から天体海洋組成に影響を与える地質プロセスを実験的に再現することで海洋化学環境を推定することを第一目標とします。そして、海洋環境で代謝可能な化学反応とそれによって得られるエネルギー量を制約し、エネルギー生命圏モデルを構築します。最終的には、これまで「液体の水の存在」のみで議論されてきた生命生存可能性（ハビタビリティ）に「代謝エネルギー論」を加え、新たなハビタビリティの基準を提案することを目標とします。



A02 水-氷相互作用班

役割「太陽系天体における水-氷相互作用」

班代表 関根 康人（東京大学・准教授、2018年6月より東京工業大学・教授）

固体天体表面では太陽光に駆動された活発な化学反応が起き、水素が宇宙に散逸することで不可逆的な表面酸化が生じます。火星はこのような酸化を経験し、酸化鉄に覆われた赤い星となったといわれています。また氷衛星では、これら反応生成物は氷地殻の物性を変化させ、内部海に供給されることで貴重な酸化剤として生命利用可能なエネルギー源にもなります。私たち計画研究A02班では、このような天体表面でおきる物理化学過程の相互作用を、室内実験により定量化することを目的とします。特に“火星はなぜ赤いのか”と“氷天体テクトニクスはなぜ多様性か”という問いに答えることを目指します。前者では室内実験結果と探査機が明らかにする地質記録を比較し、初期火星の酸化過程や酸素濃度を復元します。後者では氷表面の化学反応や変形流動実験から、氷テクトニクスをモデル化します。上の実験データは氷微惑星/火星/氷衛星の水・物質循環モデルや、生命圏モデルにも組み込まれ領域を支える基盤になります。



A03 モデル班

役割「太陽系天体における水・物質循環のモデリング」

班代表 玄田 英典（東京工業大学・特任准教授、2018年4月より准教授）

私たち計画研究A03班では、太陽系における水・物質循環に関する実証可能な物理モデルを構築し、多様な水環境を有する太陽系天体が、いかにして作られたのかを明らかにします。実験班（A01, A02班）により定量化された化学過程を、各天体の物理モデルに組み込み、探査・分析データ（B01, B02班）を実証として、太陽系天体の水・物質循環の歴史を紐解くことを目指します。具体的には、小惑星母天体誕生時の原始惑星系円盤の温度環境の復元、惑星の材料物質となった微惑星の含水量の決定を行います。これらの結果をもとに、惑星形成理論を再構築し、地球型惑星への水供給量の決定機構を明らかにすることで、なぜ地球には極めて少量かつ絶妙な量の海が存在するのかを解明します。さらに、地球とは大きさの異なる火星、水量が全く異なる氷衛星についても、化学過程を組み込んだ物質循環の物理モデルを構築し、生命が誕生した地球の普遍性・特殊性を明らかにします。



B01 分析班

役割「水惑星創成に向けた分子地球化学」

班代表 福士圭介（金沢大学・准教授）



私たち計画研究B01班では、太陽系探査がもたらす惑星物質に残された化学反応の痕跡から、各天体の過去から現在に至る環境変遷を読み出すことを目的としています。そのためには、環境進化の情報を的確に反映する分子地球化学プロキシを開発するとともに、惑星物質から必要な化学情報を引き出して環境推定ができる分析体制を確立することが鍵となります。特に元素の化学状態解析に必須な先端分析法であるX線顕微鏡（STXM）を高度化することで、30 nm という高い空間分解能で、炭素などの軽元素の官能基分布や、ケイ素・鉄などの化学状態を明らかにし、惑星物質が持つ分子地球化学情報をフルに抽出します。同時に、元素の性質に立脚したその挙動予測に基づく分子地球化学プロキシを確立し、地球上の様々な環境での実証テストを経て、惑星の水や大気の物理化学情報（pH、酸化還元状態、CO₂ 分圧など）を元素の濃度・化学種・同位体から推定する手法の開発も目指します。最終的には、はやぶさ2 の帰還試料が入手され次第、分子地球化学プロキシを駆使して、C 型小惑星母天体の実証的な環境復元を世界で初めて行います。

B02 探査班

役割「水惑星創成に向けた太陽系探査」

班代表 臼井 寛裕（東京工業大学・特任准教授、2018年7月よりJAXA宇宙科学研究所・教授）



海をたたえる地球、地下水圏や海を失った火星、氷の下に内部海を宿す木星や土星の衛星など、太陽系天体は様々な表層水環境を保持してきました。私たち計画研究B02班では、汎惑星表層進化の理解のため、小惑星探査機はやぶさ2 による微惑星復元を足がかりに、火星・氷衛星の水環境システムを、探査データ・帰還試料を通じて実証的に総合していくことを目的とします。はやぶさ2は、微惑星の破片が集まってできたC 型小惑星リュウグウを探査します。リュウグウ表面には母天体（氷微惑星）の内部構造の露出が予想されるため、その探査データの解析を通じ、母天体の水・物質分布と水-岩石反応を明らかにすることを目的とします。これにより、地球や火星の水の起源となった可能性がある氷微惑星の含水量が推定されるだけでなく、地球へ持ち帰る試料の地質学的産状の復元が可能となります。火星に関しては、水-岩石反応の結果として生じる反応生成物の層序を復元し、表層および地下水圏を通じた水・物質循環過程の時代変遷の解明を目指します。氷衛星に関しては、内部海から噴出する塩水プルームや表面氷の組成を決定し、水-氷-岩石反応過程に制約を与えることを目的とします。

X01 総括班

役割「水惑星学の創成」

班代表 関根 康人

分担者 渋谷 岳造、玄田 英典、福士圭介、臼井 寛裕

連携研究者（2018年4月より協力研究者） 高橋 嘉夫（東京大学・教授）、倉本 圭（北海道大学・教授）、
渡邊 誠一郎（名古屋大学・教授）、鍵 裕之（東京大学・教授）

Y01 国際活動支援班

役割「水惑星学の国際展開」

総括班の役割は、5つの計画研究の融合の推進、次世代研究者の育成、得られた天体ごとの知見を総合的な視野のもと一般化・体系化することです。そして、「水惑星の形成論」と「水惑星の進化論」という新しい概念を生み出し「水惑星学」を創成し、研究期間終了後も長期にわたり持続可能な形にすることです。国際活動支援班の役割は、火星周回機 Mars Reconnaissance Orbiter のデータの共同利用を目的としたトレーニング、小惑星探査はやぶさ2とOSIRIS-REx の国際連携、放射光分析の国際拠点作り、氷衛星探査 Cassini やJUICEにおける共同研究を促進することなどです。また、国際スクール・国際シンポジウムの開催や若手海外派遣を通じて、次世代の育成も積極的に行います。

A01 水-岩石反応班

(代表)	渋谷 岳造	海洋研究開発機構・研究員(2018.4より主任研究員)
(分担)	廣瀬 丈洋	海洋研究開発機構・グループリーダー代理
	中村 謙太郎	東京大学・准教授
	西澤 学	海洋研究開発機構・研究員
	柏原 輝彦	海洋研究開発機構・研究員
	高谷 雄太郎	早稲田大学・助教(2018.4より講師)
(連携)	斎藤 誠史	海洋研究開発機構・特任研究員(2017まで)
(研究員)	菊池 早希子	海洋研究開発機構・ポスドクトラル研究員(2018.1まで連携研究者)

A02 水-氷相互作用班

(代表)	関根 康人	東京大学・准教授(2018.6より東京工業大学・教授)
(分担)	谷 篤史	神戸大学・准教授
	荒川 雅	九州大学・助教
	野口 直樹	徳島大学・助教
(連携)	鍵 裕之	東京大学・教授
	片山 郁夫	広島大学・教授
	久保 友明	九州大学・准教授(2018.4より教授)
	薮下 彰啓	九州大学・准教授
(協力)	寺寄 亨	九州大学・教授(2018.4より)
(研究員)	工藤 久志	神戸大学・研究員(2018.6より)

A03 モデル班

(代表)	玄田 英典	東京工業大学・特任准教授(2018.4より准教授)
(分担)	倉本 圭	北海道大学・教授
	鎌田 俊一	北海道大学・特任助教
	高橋 芳幸	神戸大学・准教授
	市川 浩樹	東京工業大学・研究員
(連携)	濱野 景子	東京工業大学・特別研究員
	東 真太郎	九州大学・特別研究員
	黒川 宏之	東京工業大学・特別研究員(2018.4より研究員、分担者)
(研究員)	脇田 茂	東京工業大学・研究員(2018.4より)
	伊藤 祐一	北海道大学・研究員(2018.4より)

B01 分析班

(代表)	福士 圭介	金沢大学・准教授
(分担)	高橋 嘉夫	東京大学・教授
	木村 正雄	高エネルギー加速器研究機構・教授
	武市 泰男	高エネルギー加速器研究機構・助教
	光延 聖	愛媛大学・准教授(2018.4より協力研究者)
	中田 亮一	国立研究開発法人海洋研究開発機構・技術研究員
	癸生川 陽子	横浜国立大学・准教授(2018.4より)
(連携)	小野 寛太	高エネルギー加速器研究機構・准教授
	足立 伸一	高エネルギー加速器研究機構・教授
	柏原 輝彦	海洋研究開発機構・研究員
	田中 雅人	東京大学・研究員(2018.3まで)
	笠間 丈史	デンマーク工科大学・上席研究員
	板井 啓明	東京大学・准教授
(研究員)	菅 大暉	東京大学・研究員(2018.4より)

B02 探査班

(代表)	臼井 寛裕	東京工業大学・特任准教授(2018.7より宇宙航空研究開発機構・教授)
(分担)	渡邊 誠一郎	名古屋大学・教授
	荒川 政彦	神戸大学・教授
	岡田 達明	宇宙航空研究開発機構・准教授
	竝木 則之	国立天文台・教授
	諸田 智克	名古屋大学・講師
	中村 智樹	東北大学・教授
(連携)	宮本 英昭	東京大学・准教授
	新原 隆史	東京大学・特任助教(2018.4より助教)
(研究員)	鳶生 有理	宇宙航空研究開発機構・研究員(2017.11より)
	坂谷 尚哉	宇宙航空研究開発機構・研究員(2018.4より)
	野口 里奈	宇宙航空研究開発機構・研究員(2018.4より)
	松岡 萌	宇宙航空研究開発機構・研究員(2018.4より)

40億年前の火星は厚い大気に覆われていた

黒川 宏之 (A03班 分担研究者、東京工業大学) (写真)
臼井 寛裕 (B02班 研究代表者、JAXA)



欧米を中心に行われてきた惑星探査の成果から、火星はかつて温暖で液体の水(海)が存在した時期があった可能性が指摘されてきた。火星をこれほど温暖に保つためには厚い大気の温室効果が必要であるが、現在の火星は約0.006気圧の薄

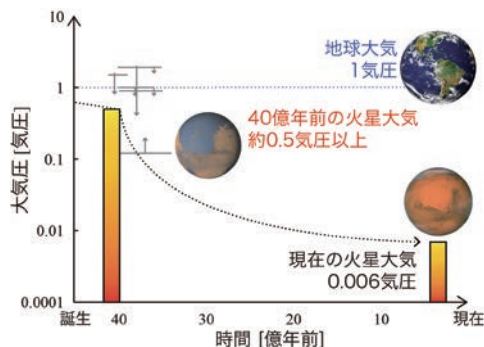


図 横軸：火星誕生からの時間、縦軸：大気圧、棒グラフ：現在の大気圧及び本研究で明らかとなった40億年前の大気圧、点線：大気圧の時間変化(予想)。矢印：過去の研究の推定値。

い大気しか持っていない。

Kurokawa et al. (2018) では、大気散逸過程においては軽い元素同位体が選択的に失われるため、火星表層への重い同位体の濃集として記録されることに着目した。40億年前の火星隕石に記録されていた火星大気の窒素とアルゴンの元素同位体組成と、理論計算を比較することで、当時の大気圧を推定した。その結果、40億年前の火星が約0.5気圧以上の厚い大気に覆われていたことを突き止めた。

新学術領域研究「水惑星学の創成」では、水を持つ天体上で生じる化学反応と物質循環の統一的理解を目指している。過去の火星大気圧の制約は、火星上での物質循環を理解する上で必要な成果である。

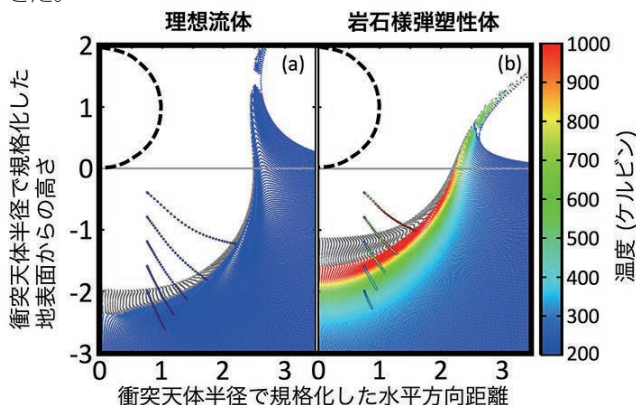
論文情報 題名：A Lower Limit of Atmospheric Pressure on Early Mars Inferred from Nitrogen and Argon Isotopic Compositions. 著者：黒川宏之、黒澤耕介、臼井寛裕。出版日：2018年1月1日。論文誌：Icarus, Volume 299, 443-459.

隕石の記憶は容易に消去される

玄田 英典 (A03班 研究代表者、東京工業大学)



隕石に記録されたアルゴン年代はその隕石の母天体が1,000Kの高温にさらされた時刻を示す。多くの隕石は初期の太陽系で母天体が冷え固まった時刻、すなわちおよそ45～46億年前の年代を示すが、一部の隕石は若い年代を示している。母天体を1,000Kまで加熱する過程は天体衝突以外難しいため、年代頻度の時間変化は太陽系の衝突史とみることができ、初期太陽系の軌道進化史の制約条件として利用されてきた。



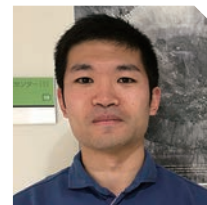
アルゴン年代から衝突史の情報を引き出すためには、アルゴン年代を消去する天体衝突速度がわかっている必要がある。過去の理論的研究では岩石物質を理想的な流体であると仮定し、天体衝突が高速で(6～8km/s)で起こる必要があると推定されてきた。この速度は現在の小惑星帯における典型的な衝突速度(約5km/s)よりも高速である。黒澤耕介研究員(千工大)と玄田英典准教授(東工大)は数値衝突計算を行い、現実の岩石の弾塑性体挙動を計算に取り入れた場合の加熱度を調べた。その結果、衝撃波の伝播で圧縮・破碎された岩石が膨張して減圧する際に内部摩擦や塑性変形によって追加発熱が起こり、2km/sという低速度衝突の場合でも衝突天体質量の10%が1,000Kまで加熱されることを見出した。この新発見は初期太陽系の衝突環境は従来推定よりも穏やかであったことを示唆している。

論文情報 題名：Effects of friction and plastic deformation in shock-comminuted damaged rocks on impact heating. 著者：黒澤耕介、玄田英典。出版日：2018年1月8日。論文誌：Geophysical Research Letters, Volume 45, 620-626.

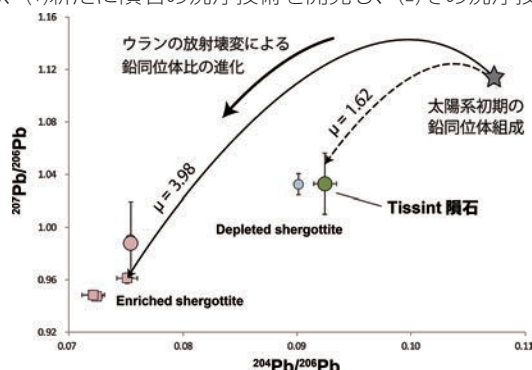
火星マントルは原始惑星の初期情報を記録

森脇 涼太（東京工業大学）（写真）

臼井 寛裕（BO1班 研究代表者、東京工業大学）



火星由来の玄武岩であるシャーゴットイト隕石の地球化学的特徴は、その親マグマを生成した火星マントルの化学組成を反映する。そのため、火星マントルの地球化学的研究は、主にシャーゴットイト隕石の化学分析に基づいて行われてきた。地球型惑星のマントルの化学進化を理解するうえで、惑星初期分化時の元素分別を強く反映する鉛（Pb）同位体組成の分析は非常に有効である。しかし、隕石試料の鉛同位体組成は地球上での汚染の影響を非常に受け易く、これまで火星隕石の分析から火星マントルの鉛同位体組成を推定することは困難であった。そこで、本研究（Moriwaki et al., 2017）では、(1)新たに隕石の洗浄技術を開発し、(2)その洗浄技術を用



汚染程度の最も低い火星隕石に適用することで、火星マントルが保持する原始的な同位体情報を抽出することに成功した。

本研究では複数の試薬を用いて地球汚染成分を取り除く段階的酸処理法を開発し、Tissint隕石に適用した。Tissint隕石は地球への落下直後に回収されたため、地球上での汚染の影響をほとんど受けていない。この分析から、Tissint隕石がシャーゴットイト隕石の中で最も放射性起源の鉛に枯渇した同位体組成を保持していることが明らかとなった。この鉛同位体組成から推定されるTissint隕石のソースリザーバーの μ 値（ $^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$ 比）は1.62となり、地球マントルの μ 値の範囲（ $\sim 8\text{--}10$ ）と比較して非常に低い。これは、約45億年前の火星初期分化以降、火星内部では組成の均質化が起きておらず、火星マントルは不適合元素に枯渇した組成を保持したまま現在まで進化してきたことを示唆する。

論文情報 題名: Coupled Pb isotopic and trace element systematics of the Tissint meteorite: Geochemical signatures of the depleted shergottite source mantle. 著者: 森脇涼太, 臼井寛裕, J. I. Simon, J. H. Jones, 横山哲也, 飛田南斗. 出版日: 2017年9月15日. 論文誌: Earth and Planetary Science Letters, Volume 474, 180-189.

タイタン大気のエアロゾル成長過程

関根 康人（AO2班 研究代表者、東京工業大学）



土星の氷衛星タイタンは、天体全体がオレンジ色エアロゾルで覆われている（図）。これらエアロゾルは、タイタンの大気成分である、窒素やメタンの光化学反応で生成した高分子有機物の微粒子であり、原始地球や系外惑星のような還元的大気を持つ天体にも同様に生成していたと考えられている。このようなエアロゾルの生成・成長過程の理解は、生命前駆物質の合成のみならず、惑星気候を理解するうえでも重要となる。

タイタン大気中でのエアロゾルの生成・成長過程の理解は、NASAのカッシーニ探査によって飛躍的に進んだ。特に、大気上層でのエアロゾルの“種”ができる光化学反応、大気下

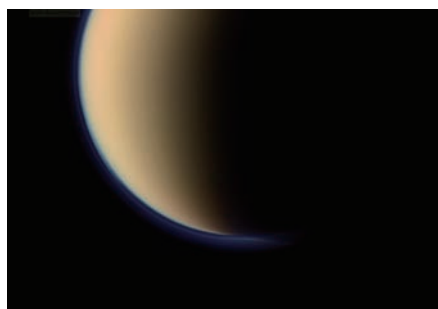


図 タイタンと大気中のエアロゾル(©NASA)

層でのエアロゾル粒子同士の合体過程については、直接観測により多くの知見が得られた。その一方、探査機が直接観測しにくい大気中層で、エアロゾルがどのように“成長する”のかは分かっておらず、未解明のブラックボックスであった。

洪鵬研究員（千葉工大）、関根康人准教授（当時東大）らは、タイタンや原始地球の大気中層での光化学反応の模擬実験を行い、エリブソメトリ、赤外分光、質量分析を駆使してエアロゾルの成長過程と成長率を調べた。その結果、大気中層では、メタンが光分解したメチルラジカルが、効果的にエアロゾル表面に直接付着することにより、エアロゾルが沈降しながら雪だるまのように成長することがわかった。これらの知見は、タイタンだけでなく、原始地球や系外惑星など還元的大気を持つ天体での有機合成や化学進化にも応用できることが期待される。

論文情報 題名: Experimental study of heterogeneous organic chemistry induced by far ultraviolet light: Implications for growth of organic aerosols by CH_3 addition in the atmospheres of Titan and early Earth. 著者: 洪鵬, 関根康人, 笹森務仁, 杉田精司. 出版日: 2018年2月15日（電子版）. 論文誌: Icarus, vol. 307, 25-39.

実験室で海洋への天体衝突現象を再現する

西澤 学 (A01班 分担研究者、海洋研究開発機構) (写真)
 渋谷 岳造 (A01班 研究代表者、海洋研究開発機構)



太陽系形成初期に頻繁に起きたとされる地球や火星の海への天体衝突は、有機物の供給や合成、水の散逸、クレーター形成によって引き起こされる海底熱水活動において重要な役割を果たしたと考えられている。西澤たちの研究グループでは、宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 宇宙科学研究所 (ISAS) の超高速衝突実験共同利用施設において2015年から運用が始まった垂直式二段式軽ガス銃を利用して、海洋への天体衝突を再現する実験法を構築した。この装置は、約5mの高さから精密に加工された直径数mmの弾丸を秒速5-6kmで下に打ち出し、標的に衝突した時にどのような物理化学的現象が起きるのかを調べることを目的に設置されたが、真空チャンバー内の汚染や性能低下を懸念して液体の標的には対応していなかった。西澤たちは特殊な水槽を製作し、100%水が回収できる実験系を開発し、2017年度には精密に加工した天然の隕石を高い確率で水に衝突させ、破壊過程の観察に成功した。新しく開発された実験法をベースに地球や初期火星に飛来した天体の破壊過程、クレーター形成、水の運動、宇宙起源有

機物や海洋底の変質について、理解が進むことが期待される。



図 JAXA/ISASに設置された垂直式二段式軽ガス銃。直径数mmの弾丸を最高秒速7kmで標的に打ち込むことができる。地球初期の天体衝突速度は20-30km/sであったと推測されている。

アルカリ塩湖の水質は準安定な含水炭酸塩鉱物により支配される

福士 圭介 (B01班 研究代表者、金沢大学) (写真)
 高橋 嘉夫 (B01班 研究分担者、東京大学)



大陸内部の乾燥地域には、高塩分・高pH・高炭酸イオン濃度の水質をもつアルカリ塩湖が広範に分布する。アルカリ塩湖では含水カルシウム炭酸塩であるモノハイドロカルサイト (MHC) の生成が頻繁に認められるが、MHCの生成条件、塩湖の水質に及ぼす影響、さらに塩湖における炭素循環に果たす役割はよくわかっていなかった。

Fukushi et al. (2017)では、MHCの合成実験、合成試料の放射光分析およびMgを含有するMHCの第一原理計算を行い、MHCの生成にはMgを必要とすること、MHC中のMgは主に別相としてMHCに付随する非晶質炭酸マグネシウム (AMC)であることを示した。Fukushi and Matsumiya (2018)では、塩湖環境を模擬した溶液中におけるMHCおよびAMCの溶解度測定を行い、自然界のアルカリ塩湖の水質はMHCおよびAMCの生成過程によって制御されていることを突き止めた (図)。

本研究は従来見過ごされていた準安定相が普遍的にアルカリ塩湖の水質を支配することを示した。準安定相であるMHCやAMCは時間とともに安定な炭酸塩鉱物へと自発的に変質する。MHCおよびAMCとの平衡により水質が支配されるアルカリ塩湖は、これら準安定相の変質過程を介して二酸化炭素を自発的・不可逆的に堆積物に固定する機能を持つことが予想される。地球上で普遍的に認められるアルカリ性天然水の

水質制御機構は、地球外の水惑星でも同様に働くと考えられる。本研究成果は水惑星における水質の復元や炭素循環の理解にも寄与する。

論文情報 (1)題名: Speciation of Magnesium in monohydrocalcite: XANES, *ab initio* and geochemical modeling. 著者: 福士圭介, 鈴木雄真, 大野剛, 小川雅裕, 家路豊成, 高橋嘉夫. 2017年7月6日. 論文誌: Geochimica et Cosmochimica Acta, Volume 213, 457-474. (2)題名: Control of water chemistry in alkaline lakes: Solubility of monohydrocalcite and amorphous magnesium carbonate in $\text{CaCl}_2\text{-MgCl}_2\text{-Na}_2\text{CO}_3$ solutions. 著者: 福士圭介, 松宮春奈. 出版日: 2018年6月21日. 論文誌: ACS Earth and Space Chemistry, DOI: 10.1021/acsearthspacechem.8b00046

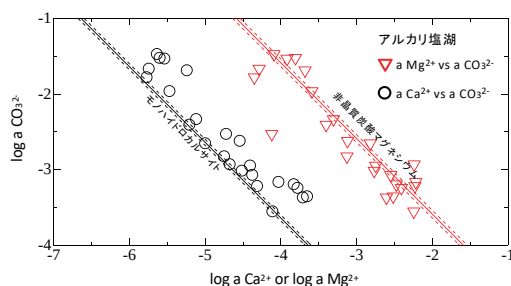


図 自然界のアルカリ塩 (pH>9) の Ca^{2+} および Mg^{2+} 活量と CO_3^{2-} 活量の関係。実線は本研究により測定されたモノハイドロカルサイト (黒線) と非晶質炭酸マグネシウム (赤線) の溶解度。

2017年8月7日 **小研究会**

場所：東京工業大学・地球生命研究所

「リュウグウ母天体の水循環・化学反応モデルの構築に向けて」

水 惑星学の構築の第一歩として、2018年夏に近傍観測を迎える小惑星探査機「はやぶさ2」の探査天体であるC型小惑星リュウグウの母天体のモデリングを行うことを目的とした小研究会を行いました。ブレインストーミング的に、多様な角度から検討を進め、戦略を練りました。



2017年8月27日 **連携会議**

場所：金沢大学

「プロキシ開発に向けたA01-A02-B01計画研究連携会議」

太 陽系天体における水の水質復元、化学反応プロセス復元を行う指標となる、「プロキシ」を開発することを目的とした会議を開催しました。火星、氷衛星、小惑星ではどのような化学反応過程が重要だと考えられるか、実試料の分子化学分析はどう進んでいくのかを、室内実験・分析・野外調査などを組み合わせ、分野横断的に進める議論を行いました。



2017年8月27日～28日 **全体キックオフミーティング**

場所：金沢大学

「水惑星学の創成」

水 惑星学の創成を目指した全体キックオフミーティングを開催しました。領域の全体目標、研究計画、ロードマップを確認し、各班長や「はやぶさ2」、「軟X線顕微鏡」の主任研究者による発表・議論を行いました。そのときに撮った集合写真は、まさに、「新学術・関根内閣発足」を思わせるものとなりました。



2017年8月28日

連携会議

場所：金沢大学

「水惑星理論の構築に向けたA01-A02-A03班連携会議」

太 陽系天体で起きる化学反応を伴う水・物質循環を記述する理論構築を目指した連携会議です。室内実験（A01, A02）と数値モデル（A03）が連携しつつ、モデル化の策定や探査対象の情報共有を行いました。



2017年12月2日～3日

国際マルチスケールWS

場所：JAXA・相模原キャンパス

太 陽系に存在する様々なサイズの水惑星たちで生じる水・物質循環を俯瞰的な視点でとらえ、探査機はやぶさ2やOSIRIS-RExが訪れる小惑星リュウグウ、ベンヌを、いかにしてこのアンカーポイントとできるかを、探査と理論の両面から議論しました。



2018年2月28日～3月1日

惑星圏研究会

場所：東北大学

惑 星圏研究会は、国内外で進められている惑星・衛星等に関わる研究について、最新成果の報告・レビューと議論、および、研究課題や展開についての議論を行い、将来に繋がる新しい研究・分野・計画の創成・展開の機会としてゆくことを目的に、毎年、東北大で開催される研究会です。今年は、本新学術との共催で開かれ、多くの班員が、「水惑星学」に関する研究発表を行い、様々な分野の研究者と議論および意見交換を行いました。

2018年3月25日

総括班会議

場所：名古屋大学

各 班長から、それぞれの計画班の活動報告が行われました。本新学術において重要な班間連携研究、特にリュウグウ母天体の水・物質循環モデル構築に向けた研究発表がなされました。また、2018年度の予定についても話し合いがなされました。年度末の出張ということで、秘書の方々には大変迷惑をかけてしまいました。



国際学術誌（すべて査読あり）

A01 水-岩石反応班

- Agangi, A., Reddy, S. M., Plavsa, D., Vieru, C., Selvaraja, V., LaFlamme, C., Jeon, H., Martin, L., Nozaki, T., Takaya, Y., Suzuki, K. (2018) Subsurface deposition of Cu-rich massive sulphide underneath a Palaeoproterozoic seafloor hydrothermal system—the Red Bore prospect, Western Australia. *Mineralium Deposita* 53, 1–18. DOI:10.1007/s00126-017-0790-0
- Hamada, Y., Kitamura, M., Yamada, Y., Sanada, Y., Sugihara, T., Saito, S., Moe, K., Hirose, T. (2018) Continuous depth profile of the rock strength in the Nankai accretionary prism based on drilling performance parameters. *Scientific Reports* 8, 262. DOI:10.1038/s41598-018-20870-8
- Haraguchi, S., Kimura, J. I., Senda, R., Fujinaga, K., Nakamura, K., Takaya, Y., Ishii, T. (2017) Origin of felsic volcanism in the Izu arc intra-arc rift. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 172, 25. DOI:10.1007/s00410-017-1345-1
- Isaji, Y., Kawahata, H., Kuroda, J., Yoshimura, T., Ogawa, N. O., Suzuki, A., Shibuya, T., Jimenez-Espejo, F. J., Lugli, S., Santulli, A., Manzi, V., Roveri, M., Ohkouchi, N. (2017) Biological and physical modification of carbonate system parameters along the salinity gradient in shallow hypersaline solar salterns in Trapani, Italy. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 208, 354–367. DOI:10.1016/j.gca.2017.04.013
- Kato, S., Miyazaki, M., Kikuchi, S., Kashiwabara, T., Saito, Y., Tasumi, E., Suzuki, K., Takai, K., Cao, L. T., Ohashi, A., Imachi, H. (2017) Biotic manganese oxidation coupled with methane oxidation using a continuous-flow bioreactor system under marine conditions. *Water Science and Technology* 76, 1781–1795. DOI:10.2166/wst.2017.365
- Kato, S., Sakai, S., Hirai, M., Tasumi, E., Nishizawa, M., Suzuki, K. and Takai, K. (2018) Long-Term Cultivation and Metagenomics Reveal Ecophysiology of Previously Uncultivated Thermophiles Involved in Biogeochemical Nitrogen Cycle. *Microbes and Environments* 33, 107–110. DOI:10.1264/jsme2.ME17165
- Kato, S., Shibuya, T., Takaki, Y., Hirai, M., Nunoura, T., Suzuki, K. (2018) Genome-enabled metabolic reconstruction of dominant chemosynthetic colonizers in deep-sea massive sulfide deposits. *Environmental Microbiology* 20, 862–877. DOI:10.1111/1462-2920.14032
- Kitajima, H., Saffer, D., Sone, H., Tobin, H., Hirose, T. (2017) In Situ Stress and Pore Pressure in the Deep Interior of the Nankai Accretionary Prism, Integrated Ocean Drilling Program Site C0002. *Geophysical Research Letters* 44, 9644–9652. DOI:10.1002/2017GL075127
- Lee, S. K., Han, R., Kim, E. J., Jeong, G. Y., Khim, H., Hirose, T. (2017) Quasi-equilibrium melting of quartzite upon extreme friction. *Nature Geoscience* 10, 436–441. DOI:10.1038/ngeo2951
- Miyazaki, J., Kawagucci, S., Makabe, A., Takahashi, A., Kitada, K., Torimoto, J., Matsui, Y., Tasumi, E., Shibuya, T., Nakamura, K., Horai, S., Sato, S., Ishibashi, J., Kanzaki, H., Nakagawa, S., Hirai, M., Takaki, Y., Okino, K., Watanabe, H. K., Kumagai, H., Chen, C. (2017) Deepest and hottest hydrothermal activity in the Okinawa Trough: the Yokosuka site at Yaeyama Knoll. *Royal Society Open Science* 4, 171570. DOI:10.1098/rsos.171570
- Nakada, R., Shibuya, T., Suzuki, K., Takahashi, Y. (2017) Europium anomaly variation under low-temperature water-rock interaction: A new thermometer. *Geochemistry International* 55, 822–832. DOI:10.1134/S001670291709004X
- Nishizawa, M., Saitoh, M., Matsui, Y., Usui, Y. and Shibuya, T. (2017) Removal of organic contaminants from iron sulfides as a pretreatment for mineral-mediated chemical synthesis under prebiotic hydrothermal conditions. *Geochemical Journal* 51, 495–505. DOI:10.2343/geochemj.2.0481
- Nozaki, T., Takaya, Y., Toyofuku, T., Tokumaru, A., Goto, K. T., Chang, Q., Kimura, J., Kato, Y., Suzuki, K., Augustin, A. H., Kitazato, H. (2017) Depositional Age of a Fossil Whale Bone from Sao Paulo Ridge, South Atlantic Ocean, Based on Os Isotope Stratigraphy of a Ferromanganese Crust. *Resource Geology* 67, 442–450. DOI:10.1111/rge.12138
- Sawai, M., Niemeijer, A. R., Hirose, T., Spiers, C. J. (2017) Frictional properties of JFAST core samples and implications for slow earthquakes at the Tohoku subduction zone. *Geophysical Research Letters* 44, 8822–8831. DOI:10.1002/2017GL073460
- Shibuya, T., Komiya, T., Takai, K., Maruyama, S., Russell, M. J. (2017) Weak hydrothermal carbonation of the Ongeluk volcanics: evidence for low CO₂ concentrations in seawater and atmosphere during the Paleoproterozoic global glaciation. *Progress in Earth and Planetary Science* 4, 31. DOI:10.1186/s40645-017-0145-6
- Suga, H., Kikuchi, S., Takeichi, Y., Miyamoto, C., Miyahara, M., Mitsunobu, S., Ohigashi, T., Mase K., Ono K., Takahashi, Y. (2017) Spatially Resolved Distribution of Fe Species around Microbes at the Submicron Scale in Natural Bacteriogenic Iron Oxides. *Microbes and environments* 32, 283–287. DOI:10.1264/jsme2.ME17009
- Takaya, Y., Nakamura, K., Kato, Y. (2018) Long-Term Reaction Characteristics of CO₂-Water-Rock Interaction: Insight into the Potential Groundwater Contamination Risk from Underground CO₂ Storage. *Resource Geology* 68, 93–100. DOI:10.1111/rge.12147
- Usui, Y., Yamazaki, T., Saitoh, M. (2017) Changing Abundance of Magnetofossil Morphologies in Pelagic Red Clay Around Minamitorishima, Western North Pacific. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 18, 4558–4572. DOI:10.1002/2017GC007127
- Watanabe, Y., Kashiwabara, T., Ishibashi, J., Sekizawa, O., Nitta, K., Uruga, T., Takahashi, Y. (2017) Different partitioning behaviors of molybdenum and tungsten in a sediment-water system under various redox conditions. *Chemical Geology* 471, 38–51. DOI:10.1016/j.chemgeo.2017.09.009
- Yasukawa, K., Nakamura, K., Fujinaga, K., Ikehara, M., Kato, Y. (2017) Earth system feedback statistically extracted from the Indian Ocean deep-sea sediments recording Eocene hyperthermals. *Scientific Reports* 7, 11304. DOI:10.1038/s41598-017-11470-z

A02 水-氷相互作用班

- Arakawa, M., Omoda, T., Terasaki, A. (2017) Adsorption and subsequent reaction of a water molecule on silicate and silica cluster anions. *The Journal of Physical Chemistry C* 121, 10790–10795. DOI:10.1021/acs.jpcc.6b11689
- Chang, Y., Goto, K., Sekine, Y., Tajika, E. Depositional processes of impactites from the YAX-1 drill core in the Chicxulub impact structure inferred from vertical profiles of PDF orientations and grain size distributions of shocked quartz. *Meteoritics and Planetary Science*, in press. DOI:10.1111/maps.13082
- Hatakeyama, K., Katayama, I., Hirauchi, K., Michibayashi, K. (2017) Mantle hydration along outer-rise faults inferred from serpentinite permeability. *Scientific Reports* 7, 13870. DOI:10.1038/s41598-017-14309-9
- Hayakawa, T., Arakawa, M., Sarugaku, S., Ando, K., Tobita, K., Kiyomura, Y., Kawano, T., Terasaki, A. (2018) Characterization of Cerium and Oxygen Atoms in Free Clusters of Cerium Oxide by X-ray Absorption Spectroscopy. *Topics in Catalysis* 61, 119–125. DOI:10.1007/s11244-017-0869-y
- Hong, P. K., Sekine, Y., Sasamori, T., Sugita, S. (2018) Experimental study of heterogeneous organic chemistry induced by far ultraviolet light: Implications for growth of organic aerosols by CH₃ addition in the atmospheres of Titan and early Earth. *Icarus* 307, 25–39. DOI:10.1016/j.icarus.2018.02.019
- Matsuda, S., Yamazaki, M., Harata, A., Yabushita, A. (2018) CO₂ formation yields from different states of CO adsorbed on

amorphous solid water under 157 nm photoirradiation. *Chemistry Letters* 47, 468–471. DOI:10.1246/cl.171121

Sekine, Y., Kodama, K., Kobayashi, T., Obata, S., Chang, Y., Ogawa, N. O., Takano, Y., Ohkouchi, N., Saiki, K., Sekine, T. (2018) An experimental study on impact-induced alterations of planetary organic simulants. *Meteoritics and Planetary Science* 53, 1267–1282. DOI:10.1111/maps.13075

Yamamoto, S., Matsunaga, T., Nakamura, R., Sekine, Y., Hirata, N., Yamaguchi, Y. (2017) An Automated Method for Crater Counting Using Rotational Pixel Swapping Method. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 55, 4384–4397. DOI:10.1109/TGRS.2017.2691758

A03 モデル班

Azuma, S., Nomura, R., Uesugi, K., Nakashima, Y., Kojima, Y., Doi, S., Kakizawa, S. (2017) Anvil design for slip-free high pressure deformation experiments in a rotational diamond anvil cell. *High Pressure Research* 38, 23–31. DOI:10.1080/08957959.2017.1396327

Genda, H., Brasser, R., Mojzsis, S. J. (2017) The terrestrial late veneer from core disruption of a lunar-sized impactor. *Earth and Planetary Science Letters* 480, 25–32. DOI:10.1016/j.epsl.2017.09.041

Genda, H., Fujita, T., Kobayashi, H., Tanaka, H., Suetsugu, R., Abe, Y. (2017) Impact erosion model for gravity-dominated planetesimals. *Icarus* 294, 234–246. DOI:10.1016/j.icarus.2017.03.009

Genda, H., Iizuka, T., Sasaki, T., Ueno, Y., Ikoma, M. (2017) Ejection of iron-bearing giant-impact fragments and the dynamical and geochemical influence of the fragment re-accretion. *Earth and Planetary Science Letters* 470, 87–95. DOI: 10.1016/j.epsl.2017.04.035

Hyodo, R., Genda, H., Charnoz, S., Rosenblatt, P. (2017) On the impact origin of Phobos and Deimos. I. Thermodynamic and physical aspects. *The Astrophysical Journal* 845, 125 (8pp) . DOI:10.3847/1538-4357/aa81c4

Hyodo, R., Rosenblatt, P., Genda, H., Charnoz, S. (2017) On the impact origin of Phobos and Deimos. II. True polar wander and disk evolution. *The Astrophysical Journal* 851, 122 (9pp) . DOI:10.3847/1538-4357/aa9984

Ishiguro, M., Kuroda, D., Watanabe, M., Bach, Y. P., Kim, J., Lee, M., Sekiguchi, T., Naito, H., Ohtsuka, K., Hanayama, H., Hasegawa, S., Usui, F., Urakawa, S., Imai, M., Sato, M., Kuramoto, K. (2017) Polarimetric study of near-Earth asteroid (1566) Icarus. *The Astronomical Journal* 154, 180 (10pp) . DOI:10.3847/1538-3881/aa8b1a

Kamata, S. (2018) One-dimensional convective thermal evolution calculation using a modified mixing length theory: Application to Saturnian icy satellites. *Journal of Geophysical Research: Planets* 123, 93–112. DOI:10.1002/2017JE005404

Kodama, T., Nitta, A., Genda, H., Takao, Y., Oishi, R., Abe-Ouchi, A., Abe, Y. (2018) Dependence of the onset of the runaway greenhouse effect on the latitudinal surface water distribution of Earth-like planets. *Journal of Geophysical Research: Planets* 123, 559–574. DOI:10.1002/2017JE005383

Kuroda, D., Ishiguro, M., Watanabe, M., Hasegawa, S., Sekiguchi, T., Naito, H., Usui, F., Imai, M., Sato, M., Kuramoto, K. (2018) Significantly high polarization degree of the very low-albedo asteroid (152679) 1998 KU2. *Astronomy & Astrophysics* 611, A31. DOI:10.1051/0004-6361/201732086

Kurokawa, H., Kurosawa, K., Usui, T. (2018) A Lower Limit of Atmospheric Pressure on Early Mars Inferred from Nitrogen and Argon Isotopic Compositions. *Icarus* 299, 443–459. DOI:10.1016/j.icarus.2017.08.020

Kurosawa, K., Genda, H. (2018) Effects of friction and plastic deformation in shock-comminuted damaged rocks on impact heating. *Geophysical Research Letters* 45, 620–626. DOI:10.1002/2017GL076285

Kurosawa, K., Okamoto, T., Genda, H. (2018) Hydrocode modeling of the spallation process during hypervelocity impacts: Implications for the ejection of Martian meteorites. *Icarus* 301, 219–234. DOI:10.1016/j.icarus.2017.09.015

Nomura, R., Azuma, S., Uesugi, K., Nakashima, Y., Irifune, T., Shinmei, T., Kakizawa, S., Kojima, Y., Kobayashi, H. (2017) High-pressure rotational deformation apparatus to 135 GPa. *Review of Scientific Instrument* 88, 44501. DOI:10.1063/1.4979562

Pignatelli, F. C., Charnoz, S., Rosenblatt, P., Hyodo, R., Nakamura, T., Genda, H. (2018) On the impact origin of Phobos and Deimos. III. Resulting composition from different impactors. *The Astrophysical Journal* 853, 118 (12pp) . DOI:10.3847/1538-4357/aaa23e

Saito, H., Kuramoto, K. (2018) Formation of a hybrid-type proto-atmosphere on Mars accreting in the solar nebula. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 475, 1274–1287. DOI:10.1093/mnras/stx3176

Vance, S. D., Panning, M. P., Stähler, S., Cammarano, F., Bills, B. G., Tobie, G., Kamata, S., Kedar, S., Sotin, C., Pike, W. T., Lorenz, R., Huang, H.-H., Jackson, J. M., Banerdt, B. (2018) Geophysical investigations of habitability in ice-covered ocean worlds. *Journal of Geophysical Research: Planets* 123, 180–205. DOI:10.1002/2017JE005341

B01 分析班

Botoman, L., Shukla, E., Johan, E., Mitsunobu, S., Matsue, N. (2017) Sorbent-embedded sheets for safe drinking water in developing countries: a case study of lead (II) removal by a zeolite-embedded sheet: A case study of lead (II) removal by a zeolite-embedded sheet. *Journal of Water & Health* 16, 159–163. DOI:10.2166/wh.2017.160

Chan, Q. H. S., Zolensky, M. E., Kebukawa, Y., Fries, M., Ito, M., Steele, A., Rahman, Z., Nakato, A., Kilcoyne, A. L. D., Suga, H., Takahashi, Y., Takeichi, Y., Mase, K. (2017) Organic matter in extraterrestrial water-bearing salt crystals. *Science Advances* 4, eaao3521. DOI:10.1126/sciadv.aao3521

Fukushi, K., Suzuki, Y., Kawano, N., Ohno, T., Ogawa, M., Yaji, T., Takahashi, Y. (2017) Speciation of magnesium in monohydrocalcite: XANES, *ab initio* and geochemical modeling. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 213, 457–474. DOI:10.1016/j.gca.2017.06.040

Kashiwabara, T., Kubo, S., Tanaka, M., Senda, R., Iizuka, T., Tanimizu, M., Takahashi, Y. (2017) Stable isotope fractionation of tungsten during adsorption on Fe and Mn (oxyhydr) oxides. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 204, 52–67. DOI:10.1016/j.gca.2017.01.031

Kitadai, N., Oonishi, H., Umemoto, K., Usui, T., Fukushi, K., Nakashima, S. (2017) Glycine Polymerization on Oxide Minerals. *Origins of Life and Evolution of Biospheres* 47, 123–143. DOI:10.1007/s11084-016-9516-z

Nakada, R., Shibuya, T., Suzuki, K., Takahashi, Y. (2017) Europium anomaly variation under low-temperature water-rock interaction: A new thermometer. *Geochemistry International* 55, 822–832. DOI:10.1134/S001670291709004X

Nakada, R., Tanaka, M., Tanimizu, M., Takahashi, Y. (2017) Aqueous speciation is likely to control the stable isotopic fractionation of cerium at varying pH. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 218, 273–290. DOI:10.1016/j.gca.2017.09.019

Suga, H., Kikuchi, S., Takeichi, T., Miyamoto, C., Miyahara, M., Mitsunobu, S., Ohigashi, T., Mase, K., Ono, K., Takahashi, Y. (2017) Spatially Resolved Distribution of Iron Species around Microbe at Submicron Scale in the Natural Bacteriogenic Iron Oxides. *Microbes and Environment* 32, 283–287. DOI:10.1264/jsme2.ME17009

Watanabe, Y., Kashiwabara, T., Ishibashi, J., Takahashi, Y. (2017) Different partitioning behaviors of molybdenum and tungsten in a sediment-water system under various redox conditions. *Chemical Geology* 471, 38–51. DOI:10.1016/j.chemgeo.2017.09.009

- Arai, T., Nakamura, T., Tanaka, S., Demura, H., Ogawa, Y., Sakatani, N., Horikawa, Y., Senshu, H., Fukuhara, T., Okada, T. (2017) Thermal Imaging Performance of TIR Onboard the Hayabusa2 Spacecraft. *Space Science Reviews* 208, 239–254. DOI:10.1007/s11214-017-0353-9
- Fukami, Y., Tobita, M., Yokoyama, T., Usui, T., Moriwaki, R. (2017) Precise isotope analysis of sub-nanogram lead by total evaporation thermal ionization mass spectrometry (TE-TIMS) coupled with a ^{204}Pb – ^{207}Pb double spike method. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* 32, 848–857. DOI:10.1039/C6JA00455E
- Hemmi, R., Miyamoto, H. (2017) Distribution, morphology, and morphometry of circular mounds in the elongated basin of northern Terra Sirenum, Mars. *Earth, Planets and Space* 4, 26. DOI:10.1186/s40645-017-0141-x
- Iwata, T., Kitazato, K., Abe, M., ... Watanabe, S. (23) , *et al.* (2017) NIRS3: The Near Infrared Spectrometer on Hayabusa2. *Space Science Reviews* 208, 317–337. DOI:10.1007/s11214-017-0341-0
- Jaumann, R., Schmitz, N., Koncz, A., ... Watanabe, S. (26) , *et al.* (2017) The Camera of the MASCOT Asteroid Lander on Board Hayabusa 2. *Space Science Reviews* 208, 375–400. DOI:10.1007/s11214-016-0263-2
- Jogo, K., Ito, M., Nakamura, T., Kobayashi, S., Lee, J.I. (2018) Redistribution of Sr and rare earth elements in the matrices of CV3 carbonaceous chondrites during aqueous alteration in their parent body. *Earth, Planets and Space* 70, 37. DOI:10.1186/s40623-018-0809-5
- Kato, S., Morota, T., Yamaguchi, Y., Watanabe, S., Otake, H., Ohtake, M. (2017) Magma source transition of lunar mare volcanism at 2.3 Ga. *Meteoritics & Planetary Science* 52, 1899–1915. DOI:10.1111/maps.12896
- Kitadai, N., Oonishi, H., Umemoto, K., Usui, T., Fukushi, K., Nakashima, S. (2017) Glycine Polymerization on Oxide Minerals. *Origins of Life and Evolution of Biospheres* 47, 123–143. DOI:10.1007/s11084-016-9516-z
- Kurokawa, H., Kurosawa, K., Usui, T. (2018) A lower limit of atmospheric pressure on early Mars inferred from nitrogen and argon isotopic compositions. *Icarus* 299, 443–459. DOI:10.1016/j.icarus.2017.08.020
- Matsuoka, M., Nakamura, T., Osawa, T., Iwata, T., Kitazato, K., Abe, M., Nakauchi, Y., Arai, T., Komatsu, M., Hiroi, T., Imae, N., Yamaguchi, A., Kojima, H. (2017) An evaluation method of reflectance spectra to be obtained by Hayabusa2 Near-Infrared Spectrometer (NIRS3) based on laboratory measurements of carbonaceous chondrites. *Earth, Planets and Space* 69, 120. DOI:10.1186/s40623-017-0705-4
- Moriwaki, R., Usui, T., Simon, J. I., Jones, J. H., Yokoyama, T., Tobita, M. (2017) Coupled Pb isotopic and trace element systematics of the Tissint meteorite: Geochemical signatures of the depleted shergottite source mantle. *Earth and Planetary Science Letters* 474, 180–189. DOI:10.1016/j.epsl.2017.06.044
- Nakanishi, N., Yokoyama, T., Okabayashi, S., Usui, T., Iwamori, H. (2018) Re–Os isotope systematics and fractionation of siderophile elements in metal phases from CBa chondrites. *Meteoritics & Planetary Science* 53, 1051–1065. DOI:10.1111/maps.13050
- Noguchi, T., Yabuta, H., Itoh, S., Sakamoto, N., Mitsunari, T., Okubo, A., Okazaki, R., Nakamura, T., Tachibana, S., Terada, K., Ebihara, M., Imae, N., Kimura, M., Nagahara, H. (2017) Variation of mineralogy and organic material during the early stages of aqueous activity recorded in Antarctic micrometeorites. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 208, 119–144. DOI:10.1016/j.gca.2017.03.034
- Pignatelli, F. C., Charnoz, S., Rosenblatt, P., Hyodo, R., Nakamura, T., Genda, H. (2018) On the impact origin of Phobos and Deimos. III. Resulting composition from different impactors. *The Astrophysical Journal* 853, 118(12pp). DOI:10.3847/1538-4357/aaa23e
- Rui, T., Komatsu, G., Dohm, J. M., Miyamoto, H., Salese, F. (2017) Generic identification and classification of morphostructures in the Noachis-Sabaea region, southern highlands of Mars. *Journal of Maps* 13, 755–766. DOI:10.1080/17445647.2017.1379913
- Sakatani, N., Ogawa, K., Arakawa, M., Tanaka, S. (2018) Thermal conductivity of lunar regolith simulant JSC-1A under vacuum. *Icarus* 309, 13–24. DOI:10.1016/j.icarus.2018.02.027
- Sakatani, N., Ogawa, K., Iijima, Y., Arakawa, M., Honda, R., Tanaka, S. (2017) Thermal conductivity model for powdered materials under vacuum based on experimental studies. *AIP Advances* 7, 015310. DOI:10.1063/1.4975153
- Suzuki, H., Yamada, M., Kouyama, T., Tatsumi, E., Kameda, S., Honda, R., Sawada, H., Ogawa, N., Morota, T., Honda, C., Sakatani, N., Hayakawa, M., Yokota, Y., Yamamoto, Y., Sugita, S. (2018) Initial inflight calibration for Hayabusa2 optical navigation camera (ONC) for science observations of asteroid Ryugu. *Icarus* 300, 341–359. DOI:10.1016/j.icarus.2017.09.011
- Taguchi, M., Morota, T., Kato, S. (2017) Lateral heterogeneity of lunar volcanic activity according to volumes of mare basalts in the farside basins. *Journal of Geophysical Research* 122, 1505–1521. DOI:10.1002/2016JE005246
- Tobita, M., Usui, T., Yokoyama, T. (2017) New constraints on shergottite petrogenesis from analysis of Pb isotopic compositional space: Implications for mantle heterogeneity and crustal assimilation on Mars. *Geochemical Journal* 51, 81–94. DOI:10.2343/geochemj.2.0446
- Usui, T. (2017) Martian water stored underground. *Nature* 552, 339–340. DOI:10.1038/d41586-017-08670-y
- Watanabe, S., Tsuda, Y., Yoshikawa, M., Tanaka, S., Saiki, T., Nakazawa, S. (2017) Hayabusa2 Mission Overview. *Space Science Reviews* 208, 3–16. DOI:10.1007/s11214-017-0377-1
- Xu, L., Hirata, N., Miyamoto, H. (2017) Ray craters on Ganymede: Implications for cratering apex-antapex asymmetry and surface modification processes. *Icarus* 295, 140–148. DOI:10.1016/j.icarus.2017.06.003
- Yabuta, H., Noguchi, T., Itoh, S., Nakamura, T., Miyake, A., Tsujimoto, S., Ohashi, N., Sakamoto, N., Hashiguchi, M., Abe, K., Okubo, A., Kilcoyne, A.L.D., Tachibana, S., Okazaki, R., Terada, K., Ebihara, M., Nagahara, H. (2017) Formation of an ultracarbonaceous Antarctic micrometeorite through minimal aqueous alteration in a small porous icy body. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 214, 172–190. DOI:10.1016/j.gca.2017.06.047
- Yamagishi, A., Sato, T., Miyakawa, A., Yoshimura, Y., Sasaki, S., Kobayashi, K., Kebukawa, Y., Yabuta, H., Mita, H., Imai, E., Naganuma, T., Fujita, K., Usui, T. (2018) LDM (Life Detection Microscope) : In Situ Imaging of Living Cells on Surface of Mars. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan* 16, 299–305. DOI:10.2322/tastj.16.299
- Yamamoto, S., Watanabe, S., Matsunaga, T. (2018) Space - Weathered Anorthosite as Spectral D - Type Material on the Martian Satellites. *Geophysical Research Letters* 45, 1305–1312. DOI:10.1002/2017GL076612
- Yamanobe, M., Nakamura, T., Nakashima, D. (2018) Oxygen isotope reservoirs in the outer asteroid belt inferred from oxygen isotope systematics of chondrule olivines and isolated forsterite and olivine grains in Tagish Lake-type carbonaceous chondrites, WIS 91600 and MET 00432. *Polar Science* 15, 29–38. DOI:10.1016/j.polar.2017.12.002

受賞

本領域A03班代表の玄田英典准教授が、日本地球化学会の“Geochemical Journal賞”を受賞しました。この賞は、前年（2016年）にGeochemical Journalで出版された論文の中で、オリジナリティ、クオリティ、科学、特に地球化学の発展への貢献がもっとも高く評価された論文に授与されます。2017年8月にパリで開催されたGoldschmidt 2017会議にて受賞講演ならびに受賞式に参加してきました。

論文情報 題名：Origin of Earth's oceans: An assessment of the total amount, history and supply of water 著者：Hidenori Genda 論文詳細：Geochemical Journal, Vol 50, pp. 27-42 (2016)



硬く握手する日本地球化学会会長の坂本尚義教授（左）と受賞者（右）

今後の活動

第2回水惑星学全体会議 開催日：2018年12月22日～23日 場所：神戸大学、百年記念館六甲ホール

概要：各班の進捗状況の報告、班員（公募研究も含む）の研究トピックの紹介などを行い、本新学術の目的と今後の研究計画の確認およびブラッシュアップを行います。また、この会議を通じ、班員間の共同研究、分野横断型の研究テーマの創造などの促進も図ります。

第1回水惑星学国際スクール 開催日：2019年2月28日～3月3日 場所：未定

概要：地球や火星といった表層水を保持する天体の内部・表層共進化過程の理解を目的とし、関連する理論・観測・物質分析研究を広く網羅した講義を行います。大学院生から若手研究者を対象とします。講師として、Robin Wordsworth (Harvard Univ.), Bethany Ehlmann (Caltech), Jeffrey Catalano (Washington Univ.), Vinciane Debaillie (Univ. Libre de Bruxelles), Naoki Terada (Tohoku Univ.) の5名を予定しています。奮ってご参加ください。

第1回水惑星学国際ワークショップ 開催日：2019年3月4日～6日 場所：東京工業大学・地球生命研究所、ELSIホール

概要：本ワークショップでは、太陽系内外の“水惑星たち”の形成や進化の包括的理解を目指します。水惑星たちを特徴づける要素として「形成」「大気・気候」「表層環境・水環境」「内部」「生命圏・化学進化」に着目し、それぞれの過程やそれらの相互作用を、比較惑星学的視点で議論します。これによって、水惑星の多様系や普遍性を理解したいと考えています。また、世界をリードする国内外の各分野の研究者を招待し、将来の異分野共同研究や国際共同研究の契機となることも期待しています。招待講演者として、上記国際スクールの講師陣の方にも参加していただく予定です。

予定している公募の情報

ポストドクトラル研究員の募集（A01班）

業務内容：太陽系内の液体の水を保持する天体における水-岩石反応を実験的に再現し、本領域の他の計画研究班との協力のもと、各天体の海水組成進化に制約を与えます。

応募条件：関連分野の博士号取得者（採用日までに取得見込みの者を含む）。博士号を取得した年度の末日から採用までが5年以内である事。※日本語または英語でコミュニケーションがとれる方。水-岩石反応に関する研究について研究経験を持つ方が望ましい。※国籍・性別を問いません。※公募開始と同時にJAMSTECホームページに詳細が掲載されます。詳細は研究の進捗、予算状況、その他に応じて今後変更する場合があります。

募集開始時期：2018年夏から秋ごろを予定 雇用開始時期：2019年4月～を予定

問い合わせ：takazos@jamstec.go.jp（渋谷）

ポストドクトラル研究員の募集（A02班）

業務内容：太陽系内外の水を持つ惑星・衛星の表層環境進化を実験的・理論的に研究する。本領域の「水-氷相互作用 A02班」や他の計画班との協力・連携を推進する。勤務場所は東京工業大学地球生命研究所の予定。

応募条件：関連分野の博士号取得者（取得見込みを含む）。日本語または英語でのコミュニケーションが取れる方。

募集開始時期：2018年秋ごろを予定 雇用開始時期：2019年4月を予定

問い合わせ：sekine@elsi.jp（関根）



<http://www.aquaplanetology.jp/>