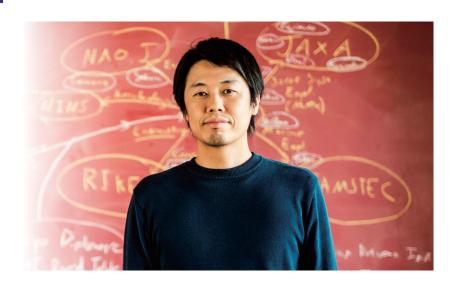
水惑星学の創成

Aqua planetology

 $\begin{bmatrix} No.3 \end{bmatrix}$





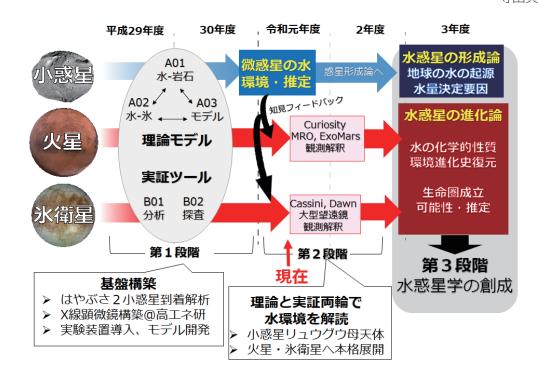
領域代表

関根 康人

本領域も3年目を終えました。探査機「はやぶさ2」は小惑星リュウグウを旅立ち、2020年末に地球にサ ンプルを届けてくれる予定です。リュウグウへの人エクレーター形成実験や驚くほどスカスカの岩々など、今 年も小惑星の概念を変える多くの発見がありました。また、惑星の極限環境を再現する実験装置群も構築され ています。5000気圧での水-岩石反応装置やクラスレート生成装置など、今まで未知だった領域の実験が行 われています。これらは本号で特集をしていますので、ご覧ください。昨年度の中間評価でも、軟X線顕微鏡 「STXM」を含めたこれら研究基盤の順調な構築、また「惑星環境学」と呼ぶべき新分野の誕生などが高く評 価されました。これらは皆さんのご尽力の賜物です。

さて、現在、新型コロナウィルスの感染拡大が、人々の健康問題に留まらず、物流や経済活動の縮小を通じ て多方面に影響を及ぼし、未曾有の社会問題となっています。我々の研究教育も、この影響から無縁ではあり ません。特に、実験や調査を主とする研究活動は、その継続自体が不可能となり、学生・若手を含めて極めて 厳しい時を迎えています。皆さんやご家族の健康、事態終息を願うとともに、深刻な不自由に直面しつつも、 粘着性の高い通常生活の諸事から切り離された今を、新しい発想を生み出すための糧としたいものです。曰く、

「詩人をいじめると詩が生まれるように、科学者をいじめると、いろいろな発明や発見が生まれるのである」 寺田寅彦・渋柿



AO1 水一岩石反応班

班代表 渋谷 岳造 (海洋研究開発機構·主任研究員)

私たちの班では、太陽系の水を保持する天体の海底熱水活動や風化作用といった様々な水-岩石反応プ ロセスを実験や熱力学モデリングによって再現し、発生する水の化学組成を調べています。これまでは、 5000気圧まで発生させることができる装置など、地球外天体の水-岩石反応を再現できる実験装置群の 開発を行ってきました。また、既存の実験装置や熱力学モデリングによって、火星、氷衛星、微惑星の 水-岩石反応実験を再現し、発生する水の化学組成に制約を与えてきました。今後は、地球外の水環境に おいて生命がエネルギー代謝に利用することができる酸化還元物質に着目して研究を進めていきます。



AO2 水一氷相互作用班

班代表 関根 康人 (東京工業大学・教授)

私たちの班では、天体表面の太陽光などに駆動された化学反応や、氷天体の氷物性を実験的に調べて います。水惑星表面では、化学反応で生成する酸化物が表層環境を変化させ、氷物性に影響を与え、海 や湖に供給されることで生命のエネルギー源にもなります。構築した実験装置群を使い、過去の火星、 エウロパなどの氷衛星に存在する酸化剤を予測・復元するとともに、すばる望遠鏡などでそれを観測す る研究を開始しています。また、氷天体のテクトニクスの多様性について、不純物の供給先に着目し、 分類タイプ分けする新しい試みを進めています。



A03 モデル班

班代表 玄田 英典 (東京T業大学·准教授)

私たちの班では、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、いかにしてつくられたのかを明らかにする研究を行っています。これまでに、 隕石の母天体である微惑星の熱史・衝突過程における水の振る舞い、他班と連携した小惑星リュウグウ のスペクトル再現とその解釈、火星大気大循環モデルの精密化、地球と火星の水量進化モデルの構築、 氷天体の形成と内部海維持のモデル提案などを行ってきました。今後は、これらの知見を総動員して、 太陽系における普遍的な水惑星の形成理論の構築を目指します。



B01 分析班

班代表 福士 圭介 (金沢大学・准教授)

私たちの班では、先端分析法を駆使することで惑星物質から地球化学的・鉱物学的情報をフルに引き 出し、そこに記録された水環境の物理化学的条件(水惑星の水質)を定量的に復元する研究を行ってい ます。昨年度は地球環境化学分野で提案された手法を火星探査データに適用することで、初期火星に存 在した液体の水の水質成分表を作成することに成功しました(特集「惑星環境学」5ページ)。今後は、 本班で開発した軟X線顕微鏡など先端分析法から得られた「はやぶさ2」帰還試料をはじめとする惑星 物質の分析結果に、本水質復元手法を適用することで、ユニークな知見を得ていきます。



B02 探查班

班代表 臼井 寛裕 (宇宙航空研究開発機構・教授)

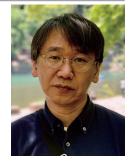
私たちの班では、小惑星探査機「はやぶさ2」による氷微惑星復元を足がかりに、火星・氷衛星の水 環境システムを、探査データ・帰還試料を通じて実証的に解明していくことを目指しています。2019 年度は、「はやぶさ2」の 対象天体リュウグウへの人工衝突実験や熱慣性観測に基づき、小惑星の進化の 理解に不可欠な空隙率等の物性データの取得に成功しました(特集「はやぶさ2続報」4ページ)。また、 2020年12月のリュウグウ試料の地球帰還に向け、隕石を小惑星模擬試料として用いた宇宙風化実験 を精力的に行ってきました。一方、火星水環境へのアプローチとして、レーダーサウンダーを用いた地 下氷探索技術の開発が終了しています。



明らかになってきた小惑星リュウグウの姿

荒川 政彦(B02班 分担研究者、神戸大学・教授)

小惑星探査機「はやぶさ2」は、2019年11月に1年半の滞在を終えて、2箇所から採取した試料を 抱いて地球への帰路についた。順調に行けば、2020年の末頃には地球にこの貴重な試料が送り届けら れるはずである。この新領域に参加する研究者を始めとして、世界中の研究者が、この試料の帰還を待 ち焦がれていることと思う。「はやぶさ2」は、試料採取を軸に様々な観測を行ってきた。その初期成果



は、リュウグウが印象的な表紙を飾った1年前のサイエンス誌に掲載されており、リュウグウの形状、表面地形、水の有無など に関する報告があった[1.2.3]。その後も各ミッション機器チームから、続々と成果が発表されている。その中で、B02班の班員が 中心になってまとめた中間赤外線カメラ(TIR)と小型搭載型衝突装置(SCI)及び分離カメラ(DCAM3)による初期成果を 中心にリュウグウの表面物性に関して明らかになってきたことを紹介したい。

リュウグウの平均密度はこれまでの「はやぶさ2」による観測から、約1.2g/cm³であることがわかっているが^[1]、リュウグ ウを構成するボルダーの密度やその物性についての知見が、中間赤外カメラ(TIR)の観測やMASCOTの熱放射計(MARA) の観測によって得られた。MARAは、MASCOTが着陸した近辺のボルダー温度の観測を行っており、その時間変化から熱慣性 を282 Jm⁻²K⁻¹s^{-1/2}(以後、熱慣性の単位はtiuと書く) と求めている^[4]。この値は炭素質コンドライト(CM2)の600-700 tiuよりもかなり低い。この熱慣性の値から、幾つかの仮定と理論的考察を加えて、ボルダーの熱伝導率が0.06-0.16Wm $^{-1}$ K $^{-1}$ という低い値であることが分かっており、さらに議論を進めて、熱伝導率及び空隙率と物質強度の相関関係を利用してリュウグ ウのボルダー強度を200-280kPaと求めている。なお、ボルダーの空隙率は、モデルにもよるが30-50%と見積もられており、 広角カメラ(CAM)ではボルダーの表面にコンドリュールやCAIらしき組織も発見している^[5]。中間赤外カメラでは、個々のボ ルダーに加えて、リュウグウ全球を連続1自転分観測してその温度分布を求めている^[6]。その結果、温度が地域や地形に関係な くほぼ一定であり、その日変化も小さいことが分かった。これは、大きなボルダーも周辺のレゴリスも同じような熱慣性を持つ ことを示す。このことから、リュウグウのボルダーは高い空隙率を持ち、周辺のレゴリス構成粒子も高空隙率でそのサイズは 10cm程と考えられる。

リュウグウ表面には多くのクレーター地形が発見されており、クレーター年代学から表面年代が推定されている^[2]。しかしな がら、その推定値は用いるクレータースケール則により1桁以上変化する。すなわち、リュウグウ表面での衝突クレーターの成

長を律速するのが、重力なのか、それともボルダー同士の結合力なのかを知ることが、 正しいスケール則を用いるための鍵となる。SCIによる人工クレーター形成実験は、 その形成過程がDCAM3により観測され、事後の人工クレーターは航法カメラ (ONC-T) により詳細に観測された[7]。その結果、SCIクレーターの形状は、半円形 であり、直径は14.5m(リム直径は17.6m)、衝突前の地平面を基準とした深さは 2.3m、リムの高さは40cmとなることが分かった(図1)。SCIクレーターでは地 下1m程度のものまで掘削されており、これまでの解析からTD2の領域にもその物 質は堆積していると推定されている。SCIの地上実験で砂上に作られたクレーター の直径は約2mであったので、約7倍にまでクレーターが成長したことになる。また、 DCAM3によるクレーター成長過程の観測から、放出物が作るエジェクタカーテン が常に地表面と接するという特徴を示し、約200秒間はクレーターが成長し続け、 その後、放出物の堆積が始まったことが確認された(図2)。これらの事実から、 SCIクレーターの成長は重力により律速されたことが明らかになった。SCIクレー ターの大きさを説明するには、表面の結合強度は1Paより小さい必要があり、これ はリュウグウの表面が非常に流動的であり、サラサラした砂で模擬できることを表 している。一方、SCIクレーターの半円形の形状やエジェクタカーテンの非等方性 と非均質性は、大きなボルダーがクレーターの成長を阻害し、数10cmクラスのボ ルダーがエジェクタカーテンの発達に大きな影響を与えることを示している。

以上の様にリュウグウの表面を覆っているボルダーは、そのサイズに 関係なく高い空隙率を持ち、~200kPaという比較的弱い強度であるこ とが推測されている。そのボルダー同士の結合力は非常に弱く、天体衝 突時にはそれらのボルダーはサラサラした砂のように流動的に振る舞い、 重力によりそのクレーターの成長が止まる。現在、リュウグウの表面に ついて、このような新しい見方が出来るようになった。

- [1] Watanabe, S. et al. (2019) Science 364, 268-272.
- [2] Sugita, S. et al. (2019) Science 364, 252.
- [3] Kitazato, K. et al. (2019) Science 364, 272-275.
- [4] Grott, M. et al. (2019) Nature Astronomy 3, 971-976.
- [5] Jaumann, R. et al. (2019) Science 365, 817-820.
- [6] Okada, T. et al. (2020) Nature 579, 518-522.
- [7] Arakawa, M. et al. (2020) Science 368, 67-71.

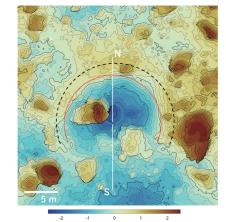


図1 SCIクレーターのDEM。黒破線はクレーター リム、赤点線は衝突前の地平面の高さに相当するク レーター内壁を表す。クレジット:JAXA、神戸大学、 千葉工業大学、高知大学、産業医科大学、東京大学、 立教大学、名古屋大学、明治大学、会津大学、産業 技術総合研究所



図2 DCAM3によって撮影されたエジェクタカーテン。この 画像は、衝突から192秒後の様子である。右の画像は、左の画 像を拡大したもの。右側のスケールバーは25m。クレジット: Arakawa et al. (2020)

惑星環境学の創成:惑星科学と環境化学の融合

福十 丰介 (B01班)·高橋 嘉夫 (B01班)·佐久間 博 (B01班)·関根 康人 (A02班)

生命にとって水は必須といわれる。生命の存在に水が必要な大きな理由の一つは、水に溶けた有用成分を生命活動に利用する ためである。天然水に有用成分が不足していたり、存在しても過剰だったりする場合、健康被害が生じることになる。反対に、 水に有害な物質が溶けていると、有害な物質は有用な物質と一緒に生命に取り込まれ、生体に蓄積した量に依存してやはり健康 被害を引き起こす。水に溶けた物質の種類と量(濃度)を表す指標は「水質」であり、水質は生命に影響を与える重要な因子で あるといえる。天然水や人為的な汚染水の水質形成に及ぼす化学反応を理解し、水質を定量的に予測する研究分野は「天然水を 対象とした環境化学」といえる。環境化学はB01分析班の福士や高橋がこれまで軸足を置いてきた研究分野である。

本研究領域が提案する「水惑星学」とは、これまで物理的な水の存否のみが議論されてきた地球外の水研究に化学を導入し、 生命にまでつながる学問体系を創成しようとするものである。環境化学的観点では、生命にとっての水の重要性はその水質にあ る。したがって地球外に存在する水の詳細な水質の理解が新学術領域創成に向けた一つのブレークスルーとなるかもしれない。 当然ながら地球外に存在する水は空間的にはもちろん、場合によっては時間的にも手の届かないところにあるので、この試みは 明らかに困難なチャレンジであろう。しかし、手が届かないところの水質の予測もまた環境化学分野の研究テーマの一つである。 たとえば環境化学がカバーする研究対象に放射性廃棄物の地層処分分野がある。地層処分が計画されている放射性核種には10 万年にもおよぶ長半減期のものが含まれる。接触する地下水の水質は放射性核種の拡散に支配的な役割を果たすため、長期安全 性の評価には10万年先の水質を予測する必要がある。我々の手の届かない地球外の水質を予測するために、環境化学分野で培 われた手法が利用できるのではないかと考えた。

これまでの欧米による周回衛星や探査車の調査から、火星表面には河川跡などの流水地形や、水の作用で生成する鉱物が存在 することが確認されており、約40~35億年前の太古の火星には液体の水があったことが確実視されている。しかし、生命の存 否にとって重要となる、当時の水の塩分やpHなどの水質はわかっていなかった。そこで本研究[1]では、火星探査車キュリオシティ が探査を行っているゲール・クレータ内部に存在した巨大湖に着目し、その湖底にたまった堆積物の探査データに、環境化学分 野で開発された手法を利用することで解析した。その結果,かつて火星に存在した水の水質が、地球海水の1/3程度の塩分で、 pHは中性であり、ミネラルやエネルギーも豊富に含むことが分かり、生命の生存に適したものであることを明らかにした(表 1)。 また、そのような塩分を達成するためには、100万年程度の期間、塩分やミネラルが河川を通じて湖に運ばれ、濃縮されること が必要であるということも分かった。このような溶存物質の濃縮が起きる場は、生命の誕生にとっても必須と考えられている。 本研究はかつて液体の水が存在したゲール・クレータが、化学進化や生命の誕生にとっても適した場である可能性があることを 示唆している。

惑星科学と環境化学が融合して実現したこの 新しい研究分野を惑星環境学と呼ぶことにしよ う。本研究領域では氷衛星エンセラダスの内部 海の化学推定^[2,3]や準惑星セレスの水質制約^[4]な ど、世界に先駆けて惑星環境学研究を展開して いる。惑星環境学は、環境化学的手法を適用で きるほどに惑星探査がもたらす情報が高度化し たことで生まれたともいえる。火星探査車や周 回衛星からもたらされる火星探査データは質・ 量ともに増加しており、特に米国では多くの環 境化学者が火星研究に乗り出している。なお環 境化学の真の醍醐味は元素の個性の理解にある。

表1 ゲ	ゲール・クレータ湖沼堆積物間隙水の水質の結果			(Fukushi et al. 2019)	
	項目	単位	琵琶湖	海水	ゲール
рН	ピーエイチ	(-)	7.0 ± 0.2	8.1±0.4	6.9-7.3
Na^{+}	ナトリウム	(mmol/kg)	0.32	490	94-120
K^{+}	カリウム	(mmol/kg)	0.04	11	1.4-4.4
${\rm Mg}^{\rm 2+}$	マグネシウム	(mmol/kg)	0.09	55	35-60
Ca ²⁺	カルシウム	(mmol/kg)	0.30	11	24-45
CI ⁻	塩化物イオン	(mmol/kg)	0.25	570	110-250
SO ₄ ²⁻	硫酸イオン	(mmol/kg)	0.080	29	44-72
HCO ₃	重炭酸イオン	(mmol/kg)	0.71	2.4	2.3-16

物質に含まれる元素はそれぞれ固有な化学的性質をもつ。環境化学的手法を用いると、土壌や堆積物に残された様々な元素の濃 度と化学形態からかつて存在した水の素性を鮮明に描き出すことができる。例えばAO2班とBO1班の融合研究では、ゲール・ クレータ堆積物の微量元素組成データを環境化学的手法で解析することで、初期火星には酸化的な水環境があったことを示して いる『この後、惑星探査から微量元素情報が詳らかになる時代、惑星環境学の重要性はより大きくなると思われる。

参考文献

- [11 Fukushi, K. et al. (2019) Nat. Commun. 10, 4896.
- [2] Hsu et al. (2015) Nature, 519, doi: 10.1032/nature14262.
- [3] Sekine Y. et al. (2015) Nat. Commun. 6, 8604.
- [4] De Sanctis et al. (2020) Space Sci, Rev. in press
- [5] Noda, N. et al. (2019) JGR. Planets 124, 1282-1295.

Ocean Worlds Simulators:太陽系氷天体の内部を再現する

関根 康人 (AO2班)、渋谷 岳造 (AO1班)、谷 篤史 (AO2班)

太陽系氷天体とは、氷と岩石を主成分とする外側太陽系の天体たちのことである。宇宙からこれらの天体を見ると、まるで凍 てついた巨大な雪玉のように見える。火星以遠では太陽光エネルギーは乏しく、極寒の氷の世界が延々と広がっている。このよ うな世界では、生命はおろか液体の水の存在も期待できないと思われるかもしれない。ところが、極寒の世界であるはずの外側 太陽系を調べてみると、これら氷天体の地下に大量の液体の水――地下海が存在することがわかってきた。木星や土星を周る氷 でできた衛星(氷衛星)のなかにも、エウロパ、エンセラダス、タイタン、ガニメデ、カリストなど片手に余る数の天体が地下 海を有しているらしい。また、セレスや冥王星といった原始惑星の生き残りである氷準惑星にも、地下海が存在している(して いた) らしいこともわかってきた。

これら氷天体は、どうして液体の海を持つのだろうか。それは、岩石に含まれる放射性元素の崩壊熱、そしてそれに加えガス 惑星との潮汐作用による変形で内部が暖められることによる。氷と岩石が太陽系においてありふれた物質であることを考えると、 内部の熱を逃がしにくい、ある程度以上の大きさの氷天体であれば、地下海を持つことは普遍的な現象といえよう。直接探査さ れていない太陽系外縁の氷準惑星も含めて、外側太陽系は地下海をもつ天体で満ちあふれているといっていい。このような外側 太陽系の数多の海は "Ocean Worlds" と呼ばれ、生命の可能性も含めて各国の宇宙機関の重要な探査対象となっている。

ところが、これらOcean Worldsの中身がどれほどわかっているかと いえば、その多くが未知であると答えざるを得ない。地下海、氷地殻、 高圧氷、岩石マントルなど内部の大まかな構造は、その温度・圧力条件 が分かれば、あとはH。Oの相図と比較することで推定できると思うかも しれない。ところが、現実的には、H。O以外にも他の揮発性分子や岩石 との相互作用による塩分などの不純物が存在する。揮発性分子は氷地殻 にクラスレートハイドレートを形成し、その物性を変化させることでそ の天体の進化を変えてしまう[1]。また、岩石から供給される塩分による 凝固点降下や、放射性元素の海への溶脱が起きることで、水-岩石反応は 天体の熱進化に影響を及ぼし、またそのような熱進化は水-岩石反応の駆 条件と、本領域の装置群で達成可能な領域。([3]を改変) 動力となるという物理と化学が絡み合った相互作用システムを形成している。

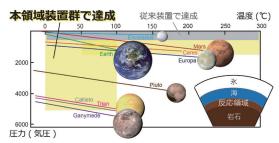


図1 太陽系天体の持つ海における水-岩石反応の推定温度・圧力

本領域では、このような氷天体地下海の進化を決定する、様々な物理化学過程を実験室で再 現する極限環境実験装置群一"Ocean Worlds Simulators"を構築している(図1)。全て の装置を紹介できないが、ここでは超高圧での水-岩石相互作用と、地下海と氷地殻の境界で のクラスレートハイドレート形成に着目した装置を紹介したい。

地球の海の深さは平均3800mであり、その圧力は380気圧である。したがって、海底熱水 活動域の海底下で起きている水-岩石反応を再現するにはおよそ500気圧という圧力が必要で ある。これまでA01水-岩石班では、この圧力を発生可能な既存の実験装置を用いて、原始地球、 原始火星、エンセラダスの海底下水-岩石反応を再現し、生じる含水鉱物や流体の組成を明ら かにしてきた^[2]。しかし、エウロパなどの比較的大きな氷天体では、膨大な量の水により海底 の圧力が1000気圧を超える(図1)。A01水-岩石班では、世界に無い100℃、5000気圧以 上を発生させることができる新たな実験装置の概念・詳細設計を2年間かけて行ってきた。 2019年度に製作・導入完了し、現在試験運転を行っている(図2)。今後は、圧力依存性の高 い鉱物や有機化合物の安定性を調べるとともに、エウロパのみならず、氷準惑星、カリストと いったOcean Worlds海底下の水-岩石反応を実験的に再現し、分布する鉱物や発生する流体 の化学組成を推定していく。



図2 100℃、5000気圧での水-岩 石反応を再現する超高圧熱水反応装

また、氷天体の地殻は低温かつ高圧力という条件となる。そこにメタンや一酸化炭素といった揮発性分子が存在すると、水分 子のカゴに揮発性分子が包まれる構造をもつクラスレートハイドレートが生成する。AO2水-氷班では、このような氷天体内の 氷地殻と地下海との境界で形成が予想されるクラスレートハイドレートの生成・凝集過程を観察するための装置と、生成に伴う

同位体分別を調べる装置を開発している(図3)。氷天体における内部海と氷地殻の境界 付近を実験室内で再現し、クラスレートハイドレートの合成・観察・分析を進めている。

地球の内部やテクトニクス、表層環境に、不純物である水が大きな役割を果たしている ように、氷天体内部の進化においても揮発性分子や塩など不純物の果たす役割は本質的で ある。氷天体のみならず地球型惑星も含めて、不純物の供給過程、供給場所、その役割を 統一的に理解することで、惑星内部の物理化学は、今後新しい段階に進むに違いない。

参考文献

- [1] Kamata, S. et al. (2019) Nat. Geosci. 12, 407.
- [2] Takahagi, W. et al. (2019) ACS Earth Space Chem. 3, 2559.
- [3] Vance, S. et al. (2016) Geophys. Res. Lett. 43, 4871.



図3 氷天体でのクラスレートハイドレート 生成を再現するラマン分光法その場観察可能 な低温・高圧セル。

ポストドクトラル研究員

AO1 水一岩石反応班

(代表) 渋谷 岳造 海洋研究開発機構·主任研究員 高谷 雄太郎 早稲田大学·主任研究員/研究院准教授

海洋研究開発機構·研究員

グループリーダー 深海 雄介 学習院大学・助教 (2019.4より)

中村 謙太郎 東京大学·准教授 (研究員) 菊池 早希子 海洋研究開発機構・

柏原 輝彦 海洋研究開発機構・研究員 上田 修裕 海洋研究開発機構・ポストドクトラル研究員

A02 水一氷相互作用班

西澤 学

(代表) 関根 康人 東京工業大学·教授 張 乃忠 東京工業大学·研究員

神戸大学·准教授 谷 篤史 (協力) (分担) 鍵 裕之 東京大学·教授 荒川 雅 九州大学·助教 広島大学·教授 片山 郁夫 徳島大学・助教 久保 友明 野口 直樹 九州大学·教授 (研究員) 工藤 久志 神戸大学・研究員 薮下 彰啓 九州大学·准教授

A03 モデル班

(代表) 玄田 英典 東京工業大学·准教授 杉浦 圭祐 東京工業大学·研究員

 (分担)
 倉本 圭
 北海道大学・教授
 (2020.4より学振PD)

 (第四位)
 (2020.4より学振PD)

鎌田 俊一 北海道大学・准教授 齊藤 大晶 北海道大学・研究員(2019.11より) 高橋 芳幸 神戸大学・准教授 (協力) 濱野 景子 東京工業大学・研究員

黒川 宏之 東京工業大学・研究員 東 真太郎 東京工業大学・助教

(研究員) 伊藤 祐一 北海道大学・研究員(2019.7よりユニバーシティカレッジロンドン・研究員)

B01 分析班

(代表) 福士 圭介 金沢大学・准教授(2020.4より教授) 山下 翔平 高エネルギー加速器研究機構・助教

(分担) 高橋 嘉夫 東京大学・教授 (2020.4より)

木村 正雄 高エネルギー加速器研究機構・教授 (研究員) 菅 大暉 東京大学・研究員 (2020.5より高輝度光科

武市 泰男 高エネルギー加速器研究機構・助教 学研究センター・研究員) 中田 売ー 海洋研究開発機構・技術研究員 (協力) 小野 寛太 高エネルギー加速器研究機構・准教授

亮一 海洋研究開発機構・技術研究員 (協力) 小野 寛太 高エネルギー加速器研究機構・准教 (2020.4より研究員) 足立 伸一 高エネルギー加速器研究機構・教授

癸生川 陽子 横浜国立大学·准教授 光延 聖 愛媛大学·准教授

佐久間 博 物質・材料研究機構・主幹研究員 柏原 輝彦 海洋研究開発機構・研究員 若林 大佑 高エネルギー加速器研究機構・助教 板井 啓明 東京大学・准教授

B02 探査班

(代表) 臼井 寛裕 宇宙航空研究開発機構・教授 庄司 大悟 宇宙航空研究開発機構・研究員 (分担) 渡邊 誠一郎 名古屋大学・教授 (2020.4より)

並木 則行 国立天文台·教授 (協力) 宮本 英昭 東京大学·教授諸田 智克 東京大学·准教授 新原 隆史 東京大学·助教

中村智樹 東北大学・教授 葛原 昌幸 アストロバイオロジーセンター・

(研究員) 坂谷 尚哉 宇宙航空研究開発機構·研究員 特任助教

(2020.4より立教大学・助教) 佐川 英夫 京都産業大学・准教授

金丸 仁明 宇宙航空研究開発機構・研究員

(2020.4より)

公募研究班

「公募研究班(前期:2018年度~2019年度)」(当時の所属を記載)

(AO1) 北台 紀夫 東京工業大学・研究員 中川 貴司 海洋研究開発機構・主任研究員

末松 久幸 長岡技術科学大学・教授 (2018.10より香港大学へ移転) (801) 城野 信一 名古屋大学・准教授

 奥地 拓生
 岡山大学・准教授
 (BO1)
 城野 信一
 名古屋大学・准教授

 須田 好
 産業技術総合研究所・研究員
 薮田 ひかる
 広島大学・教授

 第二次
 海洋田の開発機構
 海洋田の開発機構

鹿島 裕之 海洋研究開発機構・ 伊藤 元雄 海洋研究開発機構・ ポストドクトラル研究員 グループリーター代理

(AO2) 数下 彰啓 九州大学·准教授 (BO2) 中川 広務 東北大学・助教

黒澤 耕介 千葉工業大学·上席研究員 藤谷 渉 茨城大学·助教(AO3) 横山 哲也 東京工業大学·教授

「公募研究班(後期:2020年度~2021年度)」

(AO1)Li Yamei東京工業大学・研究員吉田 二美千葉工業大学・研究員牧田 寛子東京海洋大学・准教授(2020.7より産業医科大学・助教)

末松 久幸長岡技術科学大学・教授(B01)薮田 ひかる 広島大学・教授鈴木 志野海洋研究開発機構・研究員(B02)中川 広務 東北大学・助教(2020.4より副主任研究員)長 勇一郎 東京大学・助教

 (AO2)
 鈴木 昭夫
 東北大学・准教授
 横山 哲也
 東京工業大学・教授

 藪下 彰啓
 九州大学・准教授
 平田 直之
 神戸大学・助教

(AO3) 小河 正基 東京大学・准教授 牛久保 孝行 海洋研究開発機構・技術研究員 小林 浩 名古屋大学・助教



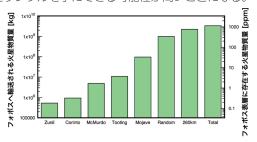
火星衛星の試料から全火星史が解読できるかもしれない

玄田 英典(AO3班研究代表者、東京工業大学)(写真) 臼井 寛裕 (BO2班 研究代表者、JAXA)、黒澤 耕介 (公募研究班AO2)

JAXAは、「はやぶさ2」に続く次世代サンプルリターン計 画として、火星衛星探査計画 (Martian Moons eXploration: MMX)を進めている。MMX計画では、2024年の探査機打 ち上げ、そして2029年の火星衛星サンプルの地球帰還を目 指している。火星の近くを回っている衛星フォボスの表土に は、火星本体の表層物質が混入している可能性がすでに指摘 されている。それは、火星本体に小天体が衝突することによっ て、火星表層物質が吹き飛ばされ、その一部がフォボスまで 到達し、降り積もるためである。MMX計画ではフォボスの表 土を採取するが、同時に、フォボスに混入した火星表層物質 も採取できる可能性がある。

我々は、高解像度の衝突計算と破片の詳細な軌道計算を用 いて、5億年前から現在までの間に火星上に発生した小天体 衝突による、火星からフォボスへの衝突破片の輸送過程を定 量的に評価した(右図)。その結果、従来考えられていたより も10倍以上の量の火星表層物質がフォボスへ運ばれたことを 示した。さらに、火星のあらゆる場所で起こった小天体の衝 突によって、火星の全球の表層物質がフォボスへ運ばれ、フォ ボスの表面に均質に混入することがわかった。我々の見積も

りでは、フォボスからサンプルを10g 採取した場合、その中に少なくとも30粒以上の火星粒子が含 まれることになる。それに対して、火星上で現在知られてい る地質年代区分は7つ。したがって火星物質粒子が30粒以上 あれば、火星上のすべての年代区分、つまり全時代の情報を 含んだサンプルを手にできる可能性が高いことになる。



論文情報 題名: Transport of impact ejecta from Mars to its moons as a means to reveal Martian history

著者:兵頭龍樹、黒澤耕介、玄田英典、臼井寛裕、藤田和央

出版日:2019年12月27日(電子版) 論文誌: Scientific Reports 9, 19833.

隕石中の揮発性物質存在量から母天体のふるさとを探る

藤谷 渉(公募研究班(BO2) 茨城大学)

ほとんどの隕石の母天体は小惑星であり、現在の太陽系に は火星と木星の公転軌道の間に小惑星帯と呼ばれる領域が存 在する。小惑星の構成物質や軌道要素、衝突履歴には太陽系 の歴史が刻まれている。反射スペクトルD型に分類される小 惑星は、小惑星帯の外縁や木星トロヤ群領域に多く存在する が、もともとは太陽系の外縁で形成され、巨大惑星の軌道が 変化した際に散乱された可能性が指摘されていた。

本研究では、D型小惑星起源とされるタギシュレイク隕石 に含まれる炭酸塩鉱物の炭素同位体比(13C/12C)を測定した。 その結果、この隕石の炭酸塩鉱物は標準試料と比較して一様 に (約7%) ¹³Cに富んでいることがわかった。このことから、 ¹³Cに富む炭素リザーバが隕石母天体に多量に存在していたと 結論した。そのようなリザーバの候補は原始惑星系円盤に存 在した二酸化炭素氷である。したがって、タギシュレイク隕 石母天体は木星以遠の外惑星領域において、二酸化炭素の凝 縮温度(約80ケルビン)以下で形成した可能性が高い。実際、 炭酸塩鉱物の存在量から見積もった二酸化炭素氷の量は彗星 のそれに近い(右図)。

最後に、本研究の問題点を指摘して今後の研究の方針を示 したい。それは、二酸化炭素氷の量を見積もる際に閉鎖系(つ まり、母天体に集積した二酸化炭素氷が すべて炭酸塩鉱物に固定)を仮定してい

ることである。この強 い仮定は母天体中の流 体の移動を無視するこ とを意味するが、実際 には天体内部を水が循 環していたのかもしれ ない。この新学術領域 においても小天体中の 水循環は重要な研究 テーマである。今後、 小天体の揮発性物質の

■ CMコンドライト■ 彗星 0.05 0.1 0.15 0.2 0.25 0.3 0.35

存在量についてより地 図 CMコンドライト、タギシュレイク隕石 に足のついた議論が展 母天体および彗星のCO₂/H₂O比の頻度分布。 開されることを期待している。

論文情報 題名: Migration of D-type asteroids from the outer Solar System inferred from carbonate in meteorites 著 者:藤谷渉、Hoppe,P.、牛久保孝行、福田航平、Lindgren,P.、 Lee, M. R.、小池みずほ、白井厚太朗、佐野有司 論文誌: Nature Astronomy 3, 910-915 (2019)

生命誕生のカギの一つは深海底のメタルが握っている

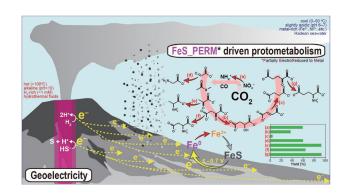
北台 紀夫 (公募研究班 (AO1) 海洋研究開発機) (写真) 吉田 尚弘 (東京工業大学)

深海熱水噴出孔環境は、地球生命が誕生した可能性が最も 高い場所として注目されています。しかし、このような環境 で生命の原材料である有機化合物が作り出されるメカニズム はまだよく分かっていません。今回、研究グループは、初期 海洋底の熱水噴出孔環境で生じていたと推測される電気化学 反応場を室内実験で再現し、噴出孔の代表的な構成鉱物であ る硫化金属(鉄・銅・鉛・銀の硫化物)が電気還元によって メタルに変化することを実証しました。さらに途上で生じる 硫化鉄と金属鉄の複合体が還元剤及び触媒となって、生命発 生に不可欠な複数の有機化学反応を促進することも発見しま した。

深海熱水噴出孔環境では電流の発生(熱水発電)が普遍的 に生じています。一方、最近の観測によって、土星や木星の 衛星(エンケラドスやエウロパ)や、形成初期の火星におけ る活発な熱水活動の証拠が見つかるなど、深海熱水噴出孔は 太陽系に遍在しています。

今回の研究では、熱水発電によって生命の原材料となる有 機化合物が生じるという、熱水のエネルギーを駆動力とした 新たなメカニズムを突き止めました。今後、このメカニズム に対する金属の種類や電位条件の影響についての系統的な研 究から、生命を生み出しうる環境条件の一端が明らかになり、

宇宙における生命の普遍性や類似性を理 解するための科学的基盤の構築につながると期待されます。



論文情報

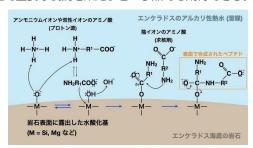
題名: Metals likely promoted protometabolism in early ocean alkaline hydrothermal systems 著者: Norio Kitadai, Ryuhei Nakamura, Masahiro Yamamoto, Ken Takai, Naohiro Yoshida and Yoshi Oono 論文誌: Science Advances 19 Jun 2019: Vol. 5, no. 6, eaav7848

エンセラダスの内部海で起こる化学進化

高萩 航 (東京大学·海洋研究開発機構研究生) (写真) 瀬尾 海渡 (慶應大学・海洋研究開発機構研究生) 渋谷 岳造(A01班研究代表者、海洋研究開発機構)

土星の第二衛星エンセラダスには、継続的な海底熱水活動 が存在していると考えられている。さらに、これまでの観測 や探査によって、エンセラダス南極から噴出するプルーム中 に小さな有機物が含まれている可能性が指摘されている。し たがって、エンセラダスには生命の誕生に必要な3つの要素 「有機物」「液体の水」「熱などのエネルギー」が揃っていると 考えられるが、これらの要素から有機物の重合などの化学進 化が起こるかどうかは明らかでなかった。そこで、本研究では、 生命を構成する最も基本的な物質の1つであるアミノ酸を出 発物質とする化学反応に着目し、エンセラダス海底熱水環境 を模擬した高温高圧化学反応実験を約150日間にわたって 行った。その結果、エンセラダスの海底を構成する変質コン ドライトを触媒としてアミノ酸からペプチドへの有機物進化 が起こりうることがわかった。エンセラダス海底熱水系の岩 石表面にアミノ酸が化学吸着し、岩石表面上で重合が促進さ れることでペプチド化するという反応経路が考えられる(右 図)。このような反応は、エンセラダス内部海がアルカリ性で あることから、熱水変質を受けた岩石の表面に露出した水酸 化基が解離してアミノ酸を化学吸着することにより実現され る反応経路であると示唆される。得られ

た実験結果から、原始地球で生命誕生前に起こったとされる 化学進化プロセスの一つが、エンセラダスでも起こっている 可能性を示した。本研究はエンセラダスを対象とした将来の 生命探査においてどのような物質が発見されれば生命の痕跡 と言えるかといった観点から、調査する有機物の対象を絞り 込む上で重要な役割を果たすという点でも期待できる。



論文情報 題名: Peptide Synthesis under the Alkaline Hydrothermal Conditions on Enceladus 著者:高萩航,瀬尾海渡, 渋谷岳造, 高野淑識, 藤島皓介, 斎藤誠史, 島村繁, 松井洋平, 冨田勝, 高 井研 出版日:2019年10月11日(電子版)

40億年前の火星炭酸塩から有機窒素化合物を発見

小池 みずほ (宇宙航空研究開発機構, 現: 広島大学) (写真) 臼井 寛裕 (BO2班 研究代表者, 宇宙航空研究開発機構) 中田 亮一(B01班分担研究者,海洋開発研究機構)



火星における有機物の存在と、ハビタビリティとの関連性 は、現代惑星科学の最大の関心事の1つと言える。1984年 に南極で発見された火星隕石Allan Hills (ALH) 84001は、 40億年前の火星の流体(表層水または地下水)から沈殿した 炭酸塩鉱物をわずかに含んでいた。この炭酸塩は、火星古環 境を反映する"現状で唯一の実試料"である。窒素(N)は、 地球生命の主構成要素であり、惑星表層環境の指標として重 要な元素である。本研究では、JAXA、東工大、SPring-8、 JAMSTECの最先端機器と技術を活かし、微小試料の低汚染 かつ局所非破壊分析法を開発することで、これまで実現され



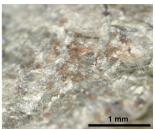


図 ALH 84001の全体像(左)および、その岩石表面に観察された炭 酸塩(褐色~橙色の粒)(右)。Koike et al. (2020) より。

てこなかった火星炭酸塩の窒素の局所化学種分析を達成した。 分析の結果、ALH 84001の炭酸塩からは有機窒素化合物 に特徴的なX線吸収スペクトルが得られた。詳細な汚染評価 から、これは地球の混入物ではなく、火星由来と推定される。 有機窒素化合物は、40億年前の火星に隕石などとして供給さ れたか、ローカルなアンモニア-有機化学反応で生成された後、 炭酸塩に取り込まれ、地下で長期間保存されたと考えられる。 一方、硝酸塩などの酸化的な無機窒素は検出されず、40億年 前の火星環境が現在に比べ還元的であったと示唆された。本 研究成果は、かつての火星が"初期地球のような"水や有機 物に富む環境を有しており、その痕跡が現在まで火星地下の 鉱物に残されている可能性を提示する。

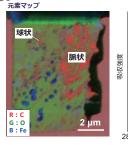
論文情報 題目: In-situ preservation of nitrogen-bearing organics in Noachian Martian carbonates 著者: 小池みずほ、中田 亮一, 梶谷伊織, 臼井寛裕, 為則雄祐, 菅原春菜, 小林厚子. 出版 日:2020年4月24日 (電子版) 論文誌:Nature Communications, volume 11, No. 1988.

隕石に捕獲された始原物質からD型/P型小惑星の物質化学的特徴を探る

癸牛川 陽子 (BO1班 分担研究者、横浜国立大学) (写真) 伊藤 元雄, 菅 大暉, 武市 泰男, 高橋 嘉夫

最も始原的な小惑星と考えられているD型/P型小惑星は、 初期太陽系の物質やその進化過程の理解に重要である。しか し、これらの小惑星は地球から遠く離れた軌道上に分布して いるものが多く、揮発性成分に富んでいて物理的にもろいこ ともあり隕石などとして手に入る試料が限られているため, 物質的な情報はあまりわかっていない。このような始原物質 を直接分析する手段の1つとして、より頑丈な隕石に捕獲さ れて守られてきた岩片(クラスト)を調べる方法がある。我々 は、走査型透過X線顕微鏡(STXM)などを用い、Zag隕石 に捕獲された始原的クラストの詳細な有機物分析を行った。 その結果、クラストから脈状の有機物を発見し、そのX線吸 収端近傍構造 (XANES) スペクトルの特徴は、水質変成を 受けた炭素質コンドライト隕石に含まれる有機物と類似して いることが分かった。このクラストは鉱物学的特徴から水質 変成を受けたことが知られており、この結果と整合的である。 また、クラストの同位体分析の結果、炭素質コンドライトと 比較して, 重水素, ¹⁵N, ¹³Cの値が高く, 炭素含有量やN/C 元素比が高い傾向がみられた。これらの値は、D型小惑星起 源と考えられているほぼ唯一の隕石であるTagish Lake隕石 と類似しており、Zag隕石に捕獲されたクラストもD型(ま

たはP型)小惑星由来である可能性が高 い。本研究で明らかになったZag隕石のクラストのユニー な特徴は、D型/P型小惑星といった極めて始原的な小惑星で も普遍的に水質変成を経験している可能性を示している。ま た, 有機物の分子構造や元素・同位体組成をプロキシとして, 太陽系始原天体の起源や物質進化過程の理解が進むことが期 . 待される。 元素マップ



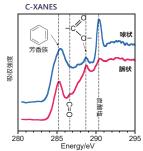


図 STXMによるZag隕石のクラストの分析

論文情報 著者:癸生川陽子, M. E. Zolensky, 伊藤元雄, 小川奈 々子, 高野淑識, 大河内直彦, 中藤亜衣子, 菅大暉, 武市泰男, 高橋嘉 夫, 小林憲正. 題目: Primordial organic matter in the xenolithic clast in the Zag H chondrite: Possible relation to D/P asteroids. Geochimica et Cosmochimica Acta. 271.61-77 (2020)

齊藤 大晶 (さいとう ひろあき)

計画研究班: A03班

出身:千葉 **血液型**:A型

これまでの研究:集積中の火星がどのような大気構造・組成 で進化したのか数値計算的手法を用いて検討してきました。 火星隕石の年代測定が示唆する急速な惑星集積過程に着目 し、上層に原始太陽系星雲ガス、下層に微惑星衝突脱ガス成 分から成る非混合層をもつ原始大気が形成すると予想しまし た。集積完了直後の火星はマグマオーシャンで覆われた高温 高圧な表層環境であった可能性を示しました。



本領域での役割:これまでの研究を拡張し、火星質量以上の 惑星では、星雲ガスと脱ガス成分が対流により互いに混合す る可能性があることがわかってきました。本領域では、岩石 学的証拠が示す地球内部の希ガス同位体比異常に対し、起源 が異なる希ガス成分の混合の可能性等、大気形成論的視点か ら理論的な解釈を与えることを目指します。

本領域への提案:去年の11月から「水惑星学の創成」のメ ンバーに加入致しました。様々な分野の方々と一度に交流が 持てるチャンスはなかなかなかったのでとても刺激的です。 自分も熱い研究に取り組んでいきたいです。

金丸 仁明 (かなまる まさのり)

計画研究班: B02班

出身:大分 **血液型**:A型

これまでの研究: 大学院時代は、はやぶさ初号機をはじめと した探査機のデータを用いて、小惑星の重力場と地質につい て研究していました。微惑星の衝突破片が再集積してできた ラブルパイル天体の形成過程を制約するため、小惑星内部の 密度分布を推定する手法を開発しました。表面に見えている 情報から、天体の内部構造やその天体が経験してきた歴史を 炙り出したいというのが根源的なモチベーションです。

本領域での役割:はやぶさ2のデータ解析を通じて、小惑星 Rvuguの力学進化史を構築したいと考えています。小惑星 の軌道進化は太陽系内の物質輸送を担っており、微惑星に含 まれていた水がどのように運ばれ、またその過程でどの程度 保持されるかという問題と関わっています。Ryuguが経験 した軌道進化・自転状態の進化・天体衝突をもとに、水惑星 たちの中での位置づけを明らかにしていきたいと思います。 本領域への提案):"Julia"っていう数値計算に秀でた香ば しいプログラミング言語があるんですが、皆さんも一緒にど

うですか? (`・ ω ・´)

庄司 大悟 (しょうじだいご)

計画研究班: B02班 出身:神奈川

血液型:B型

これまでの研究: エンセラダスにおける潮汐加熱と内部海の

維持、機械学習による火山灰の形状分類等。

本研究への役割:今後、探査で得られるであろう微粒子や地 形画像を、効率よく分類検出する手法を提案したいと思いま

本研究への提案: 人間と自然の汽水域(境目) に興味があり ます。



2019年5月27日 日本地球惑星科学連合2019年大会 場所:東京ベイ幕張ホールA02

|水惑星学セッション|

球を始めとする惑星や衛星の形成・進化に対して、液体の水が果たした役割を統一的に理解する「水惑 星学」に関する研究発表(18件の口頭発表と18件のポスター発表)が行われました。特に、微惑星で の水-鉱物化学反応、原始太陽系での水分布と地球型惑星の水の起源、地球における水循環やその化学的性質 の理解、火星の水環境復元、氷衛星における水の挙動と生命生存可能性、水を含む太陽系天体の探査、ハビタ ブル水惑星の形成・進化など、地球を基礎として太陽系外まで視野に入れた議論がなされました。

2019年11月5日~7日

(場所:アリゾナ大学)

Asteroid Science in the age of HAYABUSA2 and OSIRIS-REx workshop

惑星サンプルリターン計画である「はやぶさ2」(JAXA)と「OSIRIS-REx」(NASA)の初期探査結 果の報告検討会がアリゾナで行われました。本領域からも「はやぶさ2」に関わるB02(探査班)の班 員を含む多くのメンバーが参加し、研究発表を行ってきました。探査の対象天体であるリュウグウとベンヌは ともに始原的な小天体であり、水-鉱物化学反応が起きた天然の実験室として本領域の研究を進めていく上で 極めて重要な天体であることを再確認しました。

2019年11月12日~14日

場所:高知県 オーテピア

第3回水惑星学全体会議

惑星学の創成」を目指した全体会議を今年も開催しました。参加者は80名近くにのぼり、各班の代表 研究者よりロードマップを用いた進捗状況の報告がありました。また、班員より融合研究を含めた研究 成果の発表がなされました。今年も、すべての公募研究の代表者(もしくは代理人)から、初期成果を含めた 研究の現状を説明していただきました。また、特別セッションとして、「X線顕微鏡STXM:その開発、サイエ ンス、今後の役割と課題」として活発な議論を行いました。



2019年12月9日

場所:アメリカ、サンフランシスコ

American Geophysical Union (AGU) Fall meeting

界から2万人を超える研究者が参加するAGU meetingにて、「Aquaplanetology: Aqueous Environments and Habitability in the Solar System」セッションを開催しました。本セッション では、8件の口頭発表と12件のポスター発表が行われました。「水惑星学(Aguaplanetology)」に関して、様々 な分野の研究者と議論と意見交換を行ってきました。

2020年1月25日

[´] 場所:東工大レクチャーシアタ

-般講演「中高生のための東工大Gateway to Science ~宇宙で生命を探す~|

白い科学・技術を見聞きすることで、若者たち が大きな夢を持ち科学者や技術者を目指すきっ かけになってくれれば!そのような思いを込めて未来 を担う中高生を対象とした一般講演「第3回 Gateway to Science~宇宙で生命を探す~」を関 根(領域長·AO2班代表者)、臼井(BO2班代表者)、 玄田(AO3班代表者)の3名で、行ってきました。午 前と午後にそれぞれ講演&フリートークを行い、 400名近い小中高牛が参加しました。



2020年2月27日~3月1日

場所:熊本県阿蘇市、阿蘇プラザホテル

第2回水惑星学国際スクール

2回となる本国際スクールでは、地球型惑星や 氷天体における比較惑星地質学の理解を目的と し、河川作用、火成活動、テクトニクス、衝突クレー タ、内部との共進化といった、水を持つ天体に共通の 表層プロセスに関する包括的な講義を行いました。大 学院生から若手研究者を主な対象とし、広く多分野か らの参加者を募りました。講師として、Michael Manga (UC Berkeley), Nicolas Mangold (Nantes Univ.), Samuel Howell (NASA JPL) を迎えて行いました。



2020年3月3日

場所:東京工業大学・地球生命研究所、三島ホール

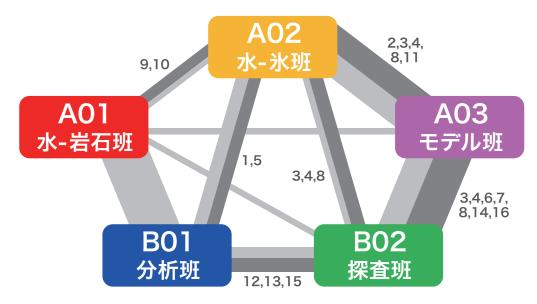
第2回水惑星学国際シンポジウム

2回となる本国際シンポジウムでは、太陽系内外の地球型惑星や氷天体における内部と表層の相互作用につい ての包括的理解を目指し、特に、これらを明らかにする探査計画やそこで得られる知見についても、広く議論 する予定でしたが、新型コロナウイルスの影響で急遽中止になりました。残念。

融合研究

本新学術領域がスタートして以来、班をまたぐ多くの融合研究が開始され、学術論文として成果が出てきました。ニュースレ ターNo.2で取り上げた24編の論文に加え、以下の16編の論文が発表されました。

ここでは、複数の班のメンバー(代表者、分担者、協力研究者、ポスドク研究員、公募代表者)が著者として出版された学術論 文(すべて査読あり)のみを対象としています。リスト中の著者の色は、図中の所属班の色に対応しています。図中の番号は、 論文リストの番号に対応しています。薄い灰色はニュースレターNo.2で取り上げた融合研究に相当します。



- Fukushi, K., Y. Sekine, H. Sakuma, K. Morida, R. Wordsworth (2019) Semiarid climate and hyposaline lake on early Mars inferred from reconstructed water chemistry at Gale. Nature Communications 10, 4896.
- Katayama, I., Y. Matsuoka, S. Azuma (2019) Sensitivity of elastic thickness to water in the Martian lithosphere. Progress in Earth and Planetary 2. Science 6, 51.
- Kurosawa, K., H. Genda, R. Hyodo, A. Yamagishi, T. Mikouchi, T. Niihara, S. Matsuyama, K. Fujita (2019) Assessment of the probability of 3. microbial contamination for sample return from Martian moons II: The fate of microbes on Martian moons. Life Sciences in Space Research 23, 85-
- Fujita, K., K. Kurosawa, H. Genda, R. Hyodo, S. Matsuyama, A. Yamagishi, T. Mikouchi, T. Niihara (2019) Assessment of the probability of microbial contamination for sample return from Martian moons I: Departure of microbes from Martian surface. Life Sciences in Space Research 23,
- Kurosawa, K., R. Moriwaki, G. Komatsu, T. Okamoto, H. Sakuma, H. Yabuta, T. Matsui (2019) Shock Vaporization/Devolatilization of Evaporitic Minerals, Halite and Gypsum, in an Open System Investigated by a Two - Stage Light Gas Gun. Geophysical Research Letters 46, 7258-7267.
- Asaah, A.N.E., T. Yokoyama, F.T. Aka, H. Iwamori, T. Kuritani, T. Usui, M. Gountie Dedzo, J. Tamen, T. Hasegawa, E.M. Fozing, M.J. Wirmvem, A.L. Nche (2019) Major/trace elements and Sr-Nd-Pb isotope systematics of lavas from lakes Barombi Mbo and Barombi Koto in the Kumba graben, Cameroon volcanic line: Constraints on petrogenesis. Journal of African Earth Sciences 161, 103675.
- Kagami, S., M. K. Haba, T. Yokoyama, T. Usui, R. C. Greenwood (2019) Geochemistry and Sm Nd chronology of a Stannern group eucrite, Northwest Africa 7188. Meteoritics & Planetary Science 54, 2710-2728.
- 8. Hyodo, R., K. Kurosawa, H. Genda, T. Usui, K. Fujita (2019) Transport of impact ejecta from Mars to its moons as a means to reveal Martian history. Scientific Reports 9, 19833.
- 9. Taubner, R.-S., K. Olsson-Francis, S. Vance, N. K. Ramkissoon, F. Postberg, J.-P. de Vera, A. Antunes, E. C. Casas, Y. Sekine, L. Noack, L. Barge, J. Goodman, M. Jebbar, B. Journaux, Ö. Karatekin, F. Klenner, E. Rabbow, P. Rettberg, T. Rückriemen-Bez, J. Saur, T. Shibuya, K. Soderlund (2020) Experimental and simulation efforts in the astrobiological exploration of exooceans. Space Science Reviews 216, 9.
- Noguchi, N., T. Okuchi (2020) Rheological property of H2O ice VI inferred from its self-diffusion: Implications for the mantle dynamics of large icy bodies. Icarus 335, 113401.
- 11. Okamoto, T., K. Kurosawa, H. Genda, T. Matsui (2020) Impact Ejecta Near the Impact Point Observed Using Ultra high Speed Imaging and SPH Simulations and a Comparison of the Two Methods. Journal of Geophysical Research: Planets 125, e2019JE005943.
- 12. Koike, M., R. Nakada, I. Kajitani, T. Usui, Y. Tamenori, H. Sugahara, A. Kobayashi (2020) In-situ preservation of nitrogen-bearing organics in Noachian Martian carbonates. Nature Communications 11, 1988.
- 13. Nakada, R., T. Usui, M. Ushioda, Y. Takahashi (2020) Vanadium micro-XANES determination of oxygen fugacity in olivine-hosted glass inclusion and groundmass glasses of martian primitive shergottite Yamato 980459. American Mineralogist, accepted
- 14. Moriwaki, R., T. Usui, M. Tobita, T. Yokoyama (2020) Geochemically heterogeneous Martian mantle inferred from Pb isotope systematics of depleted shergottites. Geochimica et Cosmochimica Acta 274, 157-171.
- 15. Ito, M., T. Okada, Y. Kebukawa, J. Aoki, Y. Kawai, J. Matsumoto, T. Chujo, R. Nakamura, H. Yano, S. Yokota, M. Toyoda, H. Yurimoto, M. Watanabe, R. Ikeda, Y. Kubo, N. Grand, H. Cottin, A. Buch, C. Szopa, O. Mori (2020) In-situ Measurements of Light Isotopes and Organic Molecules with High Resolution Mass Spectrometer MULTUM on the OKEANOS Mission. Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space
- 16. Usui, T., K. Bajo, W. Fujiya, Y. Furukawa, M. Koike, Y. N. Miura, H. Sugahara, S. Tachibana, Y. Takano, K. Kuramoto (2020) The importance of Phobos sample return for understanding the Mars-Moon system. Space Science Reviews 216, 49.

受賞

日本惑星科学会 2018年度最優秀研究者賞

黒川宏之氏(A03班分担研究者)が日本惑星科学会の2018年度最優秀研究者賞を受賞しまし た。この賞は優れた研究業績を挙げている若手研究者に与えられます。黒川氏は系外惑星の形成 と進化、地球型惑星の大気と水の進化、そして月・惑星探査への積極的な参加、と非常に幅広い 視野をもち、これらの多岐にわたる研究成果をそれぞれ専門誌に査読付き論文として発表してい ます。研究範囲が多岐に及んでいるとは言え、観測的な実証データを的確に把握し適切なレビュー を踏まえて、必要な数値モデルを対象に当てはめて諸問題を解決するに至るスタイルが確立され ています。また、その惑星科学に対するインパクトも重要かつ将来の実証可能性を示唆する魅力 的なものであります。



日本海洋学会奨励論文賞(2019年度)

工藤久志氏(AO2班研究員)が日本海洋学会奨励論文賞を受賞しました。

受賞論文: Kudo, K., K. Yamada, S. Toyoda, N. Yoshida, D. Sasano, N. Kosugi, M. Ishii, H. Yoshikawa, A. Murata, H. Uchida, and S. Nishino (2018): Spatial distribution of dissolved methane and its source in the western Arctic Ocean, Journal of Oceanography, 74(3), 305-317.

概要:北極域のメタンガスの収支を知る上で、海洋からの放出も着目されるようになりました。 工藤氏は、観測データがほとんどなかったアラスカ周辺の海域のメタンガスの起源について、安 定同位体を用いて解析しました。解析の結果から、沿岸では海底の堆積物中のメタン菌、沖合で は動物プランクトン体内や沈降粒子からのメタン放出が卓越することを明らかにしました。この ことをまとめた上記の学術論文が評価され、受賞に至りました。



今後の活動

毎年行っていた「水惑星学全体会議」、「水惑星学国際スクール」、「水惑星学国際ワークショップ」ですが、本年度は新型コ ロナウィルスの影響で、今のところ日程の目処が立っていません。何かしらの工夫(開催時期を年度末に延期、オンライン上 で開催など)をして開催できればと思っております。



http://www.aquaplanetology.jp/