



日本地球惑星科学連合ニュースレター Vol. 19
February, 2023 No. 1

NEWS

日本地球惑星科学連合(JpGU)大会へのお誘い	1
日本地球惑星科学連合 2023 年大会	2
高校生のための冬休み講座 開催報告	7

TOPICS

小惑星リュウグウの化学	8
地球深部へ水のボタンをつなぐ鉱物たち	10

INFORMATION

12

JGL

Japan Geoscience Letters

1

2023 No.

NEWS

日本地球惑星科学連合(JpGU)2023年大会へのお誘い



公益社団法人 日本地球惑星科学連合 会長
高橋 幸弘 (北海道大学)

日頃より、公益社団法人日本地球惑星科学連合(JpGU)の活動にご理解・ご協力いただき、誠に有り難うございます。今年も日本地球惑星科学連合大会が近づいてまいりました。昨年は3年ぶりに千葉県幕張メッセ国際会議場及び国際展示場での会場開催を実施するとともに、オンラインも併用した初めてのハイブリッド方式で、約2週間にわたり開催されました。初めての挑戦としては一定の評価をいただいた面もあると感じておりますが、開催期間の長さやポスター発表の盛り上がりなどの点で、新たな課題が浮き彫りになった大会でもありました。

久しぶりの対面ということで、まだ規模感は小さいものの、コロナ前の賑わいや旧知の仲間との懇談を通して、あらためて会場参加の楽しさを実感された方も多かったのではないかと思います。一方、オンラインのメリット、たとえば日常の多忙なスケジュールの中で移動時間を節約して遠隔参加できたり、コロナ感染を避けたり、怪我や体調不良の方も海外からも気軽に参加できること、なども皆さまの意識の中に定着してきたと思います。

こうした背景を受け、昨年の反省を生かしつつ、今年もハイブリッド方式での開催を踏襲します。運営にかかるエネルギーや財政の観点からは、決して楽な方法とはいえないのですが、充実した次世代の大会のあり方を模索しながら挑戦して参りますので、ご理解のほどよろしくお願い申し上げます。

JpGUは地球惑星科学のボーダーレスな世界の構築を目標に掲げています。急激な国内の社会状況の変化や、混迷を深める国際情勢の中、学術の果たす役割をしっかりと見据え、国内外の学界で存在感を発揮し、工学や農学などの関連する分野との新たな連携を開拓することが使命と感じております。

地球惑星科学全体を横断するような大事なテーマについて、12のユニオンセッションが予定されています。米国地球物理学連合(AGU)、欧州地球科学連合(EGU)など大規模連合組織に加えて、開発途上

国の学会の方も招いて、国際的な多様性、包括性を議論するU-01「地球惑星科学におけるInclusion」、国連とユネスコによる持続可能な発展のための国際基礎科学年(IYBSSD)について日本学術会議地球惑星科学委員会と協力して企画されたU-09「持続可能な発展のための国際基礎科学年と地球惑星科学の貢献」など、今後の学術や学会のあり方の再考を促す重要なセッションです。また、パブリックセッションとして開催されるO-04「関東大震災100年。社会の進化は次の災禍を乗り越えられるか」では、工学、理学、医学、社会科学など多様な学会からなる防災学術連携体と協力して、関東大震災後100年の社会と学術の歩みを見つめ直します。その他、地球惑星科学全分野にわたる229の多様なセッションの開催に加え、さまざまなイベントの企画も進行中です。

秋の学会などでは、それぞれの学会・分野の専門的な議論が集中的に行われていると思いますが、JpGUは他の地球惑星科学分野や、より広い関連分野とのクロスオーバーとしての機能もあります。新しい研究領域や手法の開拓を兼ねて、ぜひご自身の専門分野のコアのセッションに加え、対象としてあるいは手法として関連する可能性はあるものの普段参加しない分野のセッションや、ユニオンセッション、パブリックセッションにも、積極的にご参加いただければと思います。

現地参加される方には対面ならではの特別な高揚感を楽しんでいただく一方、海外在住の方や事情によりオンライン参加される方にも十分ご満足いただけるよう、充実した大会にして参ります。ぜひ多くの方のご参加をお願いいたします。

JpGUは、大規模な学会としては異例ともいえる、全体の4割近くが国際セッションとなっています。これまで海外との協力は、AGUなどの連合組織との共催が中心となっていました。今年は開発途上国の個別分野の学会と連携したセッションも複数提案されています。ハイブリッド開催の特徴も活かして、ぜひお知り合いの海外研究者にもお声がけいただければと思います。院生の皆さんには、最も身近な国際会議参加の経験として活用いただければ嬉しく思います。

5月に幕張で皆様にお会いできることを楽しみにしております。

日本地球惑星科学連合 2023 年大会 (JpGU Meeting 2023)

2023 年大会委員長 巖 網林 (慶応義塾大学)

JpGU は地球惑星科学関連の学協議会 51 が参加し、会員数約一万人の大規模な組織です。2019 年までは、幕張で開催される集会以毎年およそ八千人が参加し、ポスター会場ではビールを楽しむ、展示会場では、お土産を探して歩き回り、文字通り地球惑星科学の祭典でした。2020 年に新型コロナウイルスパンデミックが勃発し、対面の集会以規制されました。その後も感染の波が一向に収まらず、本学術大会は余儀なく 2 年立て続けて完全オンラインの形で開催となり、2022 年学術大会では初のハイブリッド形式を試みることとなりました。そのような制約下ではありましたが、コロナに負けずに従前と変わらず大勢の参加と発表を迎えることができました。

年末年始頃には、アジア地域に多くの感染者数を見せていましたが、それも山場を越え、小康状態へ向かっているようにみえます。この情勢を鑑み、2023 年学術大会は 2022 年に続けてハイブリッド形式の開催が計画されています。オンラインのみと比べれば、対面交流の機会が増えることになるので、まことに喜ばしいことです。

一方、コロナの状況如何に関係なく、これからの学術大会はハイブリッド開催が新しい日常になるのではないとも思われます。現地会場で濃密な対面交流を楽しみ、オンラインで研究成果を広く発信するというふうに、両方のメリットを活かせば、仕事や移動のスケジュールが柔軟にできます。大会運営には負担がかかるかもしれませんが、コンテンツの管理、コミュニケーションの進め方などに新しいツールが導入されるため、利便性とともに参加者の皆様にとってもきっと新しい体験や知見が得られるはずであり、ぜひともご参加して楽しんでいただければと思います。

大会運営では、皆様に最新の情報を提供し、現地参加かオンライン参加か、適切な時期に適切な参加方法を選んでいただけるように心がけます。皆様におかれましては、かたにこたわらずに奮ってご参加を申し込んでいただき、現地もオンラインも活発な議論を展開いただくよう期待いたします。

挨拶

2023 年大会プログラム委員長
竹見 哲也
(京都大学防災研究所)



JpGU2023 年大会は、2022 年大会に引き続き、現地会場（幕張メッセ）でもオンラインでも発表と聴講が可能となるハイブリッド形式として開催する予定です。ポスターセッションは、現地会場で開催するとともに、大会期間中にオンラインでも開催します。

提案されたセッションは、地球惑星科学に係る専門性の高い分野のみならず学際的な分野など、幅広い分野をカバーする 229 に及びます。英語セッションも数多く提案され、AGU, EGU, AOGS, CGU とのジョイントセッションも開催されます。プログラム委員会では、大会に参加する皆様の議論が深まるように、セッションの時間割を工夫して決めました。JpGU2023 では、現地会場で、現



会期：2023 年 5 月 21 日(日)～

5 月 26 日(金) 6 日間

現地会場：千葉県幕張メッセ

主催：公益社団法人日本地球惑星科学連合 (JpGU)

URL：https://www.jpгу.org/meeting_j2023/

大 会言語

英語または日本語

※各セッションで使用する言語については、言語記号 (E or J) をご確認ください。

[E] スライド・ポスター・発表言語：英語

[J] スライド・ポスター・発表言語：任意 (英語または日本語)

ハ イブリッド方式での開催について

2023 年大会も、オンライン開催と現地 (幕張メッセ) 開催をミックスしたハイブリッド方式を予定しています。

◆口頭発表

口頭発表は、幕張メッセ会場の各部屋に各セッションがアサインされ現地発表していただけることはもちろん、Zoom でライブ中継されることでオンラインでも発表・参加が可能となります。

口頭セッション内では、原則各コマ 90 分間のうち 15 分間はポスター発表のフラッシュトークタイムとなります。

◆ポスター発表

オンライン上の大会参加サイト「Confit」の各発表者スペースにポスター資料を掲示してください。全期間を通じてポスターの閲覧と質疑応答 (コメント機能を利用) が可能です。また、ポスター発表者の皆さんには原則として全員、各口頭セッションの指定された枠内でポスター発表のフラッシュトークを行っていただきます。そのうえで、現地ポスターコアタイム (オンライン中継はありません)・オンラインポスターセッションのいずれかもしくは両方にて任意で発表していただけます。

◆現地ポスター発表

現地ポスター発表においては、現地に来

地会場とオンラインとで、あるいはオンラインとオンラインとで、といった様々な場面で、地球惑星科学に関する最新の研究成果や知見などについて議論や意見交換をしていただければと思っています。

セッションでの議論を深めるためには、皆様からの講演が大事なとは言ってもありません。セッションへの講演の申し込み期間は、2023 年 2 月 16 日までとなっております。コロナ禍の出口が見えポストコロナの時代に入りつつある中、皆様には、現地参加とオンライン参加の双方のメリットを感じいただき、発表のお申込みをしていただきますよう、お願いいたします。皆様の最新の研究成果についての話を伺うのを、プログラム委員会委員一同、心待ちにしております。

開 催概要

名称：日本地球惑星科学連合 2023 年大会

開催方式：ハイブリッド開催

(現地+オンライン開催)

場されるポスター発表者が各セッションの日割りにしたがって終日ポスターを掲示していただき、参加者の皆さんと議論していただくことになります。オンライン中継はありません。PM3の時間帯(17:15-18:45)がポスターコアタイムになります。

現地に来場できない場合でも、印刷されたポスターを現地会場にお送りいただくことで大会運営委員会がポスター発表者に代わって現地に掲示するサービスを実施する予定です。

◆オンラインポスターセッション

オンラインポスターセッションは、原則として指定された日のAM1, AM2, PM1, PM2のいずれかの時間帯で、他の口頭セッションと並行して開催されます。Zoom ブレイクアウトルームを利用して行われますので、可能な限りご参加をお願いします。

現地開催の縮小または中止については、COVID-19の感染状況および来場見込み者数等をもとに3月末までに判断します。なお、COVID-19感染拡大状況によっては、会期直前に現地開催を中止する可能性もあります。

現地開催が中止となった場合、現地ポスターコアタイムは中止となりますが、それ以外のプログラムは全てをオンライン上で予定通りに開催します。

発表投稿について

2023年1月11日(水)に投稿受付を開始しました。投稿規定等をご確認いただき会員画面にログインしてご投稿ください。

投稿の最終締切は2月16日(木)17:00です。

参加登録について

参加登録開始は3月7日(火)を予定しています。現地への来場の有無に関わらず参加登録料は一律です。

参加登録をお済ませいただいた方は、いつでも現地にご来場いただけます。来場希望日の登録は不要ですが、現地での参加登録はできませんので、必ず来場前日までに参加登録をお済ませいただき、発行されるe-ticketをご持参ください。

オンラインでの参加については、参加登録の翌日よりConfitへのログインが可能となります。参加当日にご登録いただいてもログインはできませんので、特に発表者の方にはご注意ください。必ず事前に参加登録をお済ま

してください。

なお、投稿が採択された方につきましては、現地来場／オンライン参加を問わず、発表資料をアップロードする必要から、4月11日(火)を発表者参加登録締切としています。

発表者参加登録締切を過ぎますと、発表資料をアップロードすることができず、発表が成立しない場合もありますので、必ず期日までに登録ください。

参加登録料(会員割引料金)

- 一般: 25,300 円
- 小中学校教員／大学院生／シニア: 12,100 円
- 学部生以下: 無料

※非会員の方(大会参加IDでの参加の方)は正規料金(割引無し)になります。詳しくはホームページでご確認ください。

◆パブリックセッションに参加される方

パブリックセッションのみに参加(発表及び聴講)される場合には、オンライン参加も現地参加も参加費は無料ですので、パブリックセッション参加者用の登録フォーム(4月オープン予定)から、参加のご登録手続きのお願いいたします。

今後の予定

◆投稿最終締切

2023年2月16日(木) 17:00

※締切時間までに投稿料の支払いをお済ませください。未決済の場合、投稿は無効になります。

◆採択結果通知

2023年3月22日(水)

投稿者本人に採択結果(発表日時含)をメールでお送りします。

◆大会プログラム公開

2023年3月24日(金)

大会中の全発表のタイムテーブルを公開します。

◆参加登録

2023年3月7日(火)より開始の予定です。

・発表者参加登録締切 [厳守]

2023年4月11日(火)

・聴講者参加登録締切

聴講のみを希望する方の登録締切はありませんが、登録当日にConfitシステムにログインすることはできないため、参加希望日の前日までに登録をお済ませください。

◆(ポスター) 発表アップロード締切

2022年5月中旬予定

ポスター発表の方は事前の発表資料(ポスターデータ等)のアップロードが必須となりますので、お早目にポスターデータをご準備いただけますよう、ご協力お願いいたします。

◆予稿原稿(PDF)公開

2022年5月12日(金)

大会参加サイト(Confit)にて公開します。

◆現地口頭発表資料アップロード締切

ご自身の発表時刻まで。

現地で口頭発表を行う方には、機材配線の都合上、備え付けのパソコンを使用していただく必要があるため、発表に使用するファイルをクラウドへ事前にアップロードしていただきます(2022年と同じ運用です)。

大会スケジュール

◆ハイブリッド期間大会タイムテーブル

AM1: 9:00~10:30

AM2: 10:45~12:15

Lunch Time: 12:15~13:45

PM1: 13:45~15:15

PM2: 15:30~17:00

PM3: 17:15~18:45

※口頭発表及びオンラインポスターセッションは原則AM1, AM2, PM1, PM2の中で行います。

※時差考慮として希望があったジョイントセッションであるM-IS05に限り、PM3にてオンラインポスターセッションを開催します。

※PM3は現地ポスターコアタイムです。

◆予定しているイベント等

◎表彰式

現地での式をオンラインでも中継します。

今年は2023年度公益社団法人日本地球惑星科学連合フェロー贈賞式、第5回地球惑星科学振興西田賞授賞式、Introduction of The Asahiko Taira International Scientific Ocean Drilling Research Prize recipientを執り行います。日時は決まり次第お知らせいたします。

◎ランチタイムスペシャルレクチャー

ランチタイムのイベントとして実施を予定しております(オンライン中継あり)。ワールドクラスの研究者に最もホットなトピックスを、学部生や他分野の院生の方にも分かるようやさしくお話しいたします。

学 生の方へ

◆学生優秀発表賞

2023 年大会では、実施の予定で準備を進めています。

学生優秀発表賞の対象者、エントリー方法や時期等の詳細は決まり次第、お知らせいたします。

なお、賞へのエントリーをご希望される学生の方は、ご自身が投稿していること（投稿者であること）が必須条件になりますので、投稿期間中に必ず投稿をしてください。

◆学生旅費補助

実施の予定で準備をしています。

詳細が決まりましたらメールニュース、大会ウェブサイト等でお知らせいたします。

◆学生アルバイト

現地会場での会場係等を募集する予定です。オンラインでの職種は予定しておりません。詳細が決まりましたらメールニュース、大会ウェブサイト等でお知らせいたします。

各 種募集について

◆高校生セッション発表希望者募集

5 月 21 日(日)に開催されるパブリックセッション「O-06 高校生によるポスター発表」の参加者を 2 月 1 日より募集します。

参加申込締切は 4 月 7 日です。

詳細：

https://www.jpogu.org/highschool_session/2023/

◆出展募集

展示も現地とオンラインでのハイブリッド開催となります。

募集開始は 3 月を予定しております。

出展をご検討の方で、ご質問・ご相談等ございましたら、お気軽に担当（exhibition@jpogu.org）までご連絡ください。

※会合につきましては、現地での実施が可能なかどうか、状況をみながら検討を続けております。決まり次第メールニュース及び大会ホームページにてお知らせいたします。

開 催セッション一覧表

○／□頭発表開催日
●／ポスター発表開催日
(L/現地, O/オンライン)

ユニオンセッション (U)

- U-01 [E] Inclusion (◎22)
- U-02 [E] Remote Sensing and Sustainability (◎24, ●L/24, O/25)
- U-03 [E] Hydroclimate changes in East Asia (◎25, ●L/25, O/26)

- U-04 [E] Environments of the Anthropocene (◎21)
- U-05 [E] Geospatial Applications (◎26, ●L/26, O/26)
- U-06 [E] Advancing inclusive community engagement (◎23, ●L/23, O/24)
- U-07 [E] 知の創造の価値とは何か (◎26, ●L/26, O/26)
- U-08 [J] CO 環境の生命惑星化学 (◎21, ●L/21, O/22)
- U-09 [J] 国際基礎科学年への貢献 (◎25, ●L/25, O/26)
- U-10 [J] 人新世の地球システム論 (◎23, ●L/23, O/24)
- U-11 [J] 複合災害 (◎22, ●L/22, O/23)
- U-12 [J] 日本の学術出版 (◎24, ●L/24, O/25)

パブリックセッション (O)

- O-01 [J] 地惑トップセミナー (◎21)
- O-02 [J] 博士の生活・中高生向け (◎21, ●L/21, O/21)
- O-03 [J] 自然災害と学校での学び (◎21)
- O-04 [J] 災害を乗り越えられるか (◎21)
- O-05 [J] 日本のジオパーク (◎21)
- O-06 [J] 高校生ポスター発表 (●L/21, O/TBD)

宇宙惑星科学 (P)

◆惑星科学 (PS)

- P-PS01 [E] Outer Solar System Exploration (◎25, ●L/25, O/25)
- P-PS02 [E] Regolith Science (◎23, ●L/23, O/24)
- P-PS03 [E] 太陽系小天体 (◎24, ●L/24, O/25)
- P-PS04 [E] Exploration and science of Venus (◎23-24, ●L/23, O/25)
- P-PS05 [E] 火星と火星衛星 (◎23, ●L/23, O/23)
- P-PS06 [J] 月の科学と探査 (◎26, ●L/26, O/26)
- P-PS07 [J] 惑星科学 (◎22, ●L/22, O/23)
- P-PS08 [J] Planetary materials in the Solar System (◎25, ●L/25, O/26)

◆太陽地球系科学・宇宙電磁気学・宇宙環境 (EM)

- P-EM09 [E] Space Weather and Space Climate (◎25, ●L/25, O/26)
- P-EM10 [E] Magnetosphere-Ionosphere (◎24, ●L/24, O/25)
- P-EM11 [E] 系外惑星 (◎24, ●L/24, O/25)
- P-EM12 [E] Atmosphere-Ionosphere Coupling (◎21-22, ●L/21, O/22)
- P-EM13 [E] Inner Magnetospheric System (◎23, ●L/23, O/23)
- P-EM14 [E] Frontiers in solar physics (◎23, ●L/23, O/24)
- P-EM15 [E] 太陽地球系結合過程 (◎26, ●L/26, O/26)
- P-EM16 [J] 太陽圏 (◎22, ●L/22, O/23)
- P-EM17 [J] 宇宙プラズマ (◎22, ●L/22, O/23)

◆宇宙惑星科学複合領域・一般 (CG)

- P-CG18 [E] 将来探査計画と機器開発 (◎22, ●L/22, O/23)
- P-CG19 [J] Planetary Magneto-Ionosphere & Atmosphere (◎26, ●L/26, O/26)
- P-CG20 [J] 宇宙物質 (◎25, ●L/25, O/26)

大気水圏科学 (A)

◆大気科学・気象学・大気環境 (AS)

- A-AS01 [E] 鉛直運動地球環境学 (◎21, ●L/21, O/22)
- A-AS02 [E] 気象制御 (◎22, ●L/22, O/23)
- A-AS03 [E] Extreme Events and Mesoscale Weather (◎23, ●L/23, O/24)
- A-AS04 [E] 台風 (◎23, ●L/23, O/24)
- A-AS05 [E] Moisture and cloud systems (◎26, ●L/26, O/25)

- A-AS06 [J] 気象学一般 (◎21, ●L/21, O/21)
- A-AS07 [J] 大気化学 (◎22, ●L/22, O/23)
- A-AS08 [J] 高性能計算で拓く大気科学 (◎21, ●L/21, O/22)
- A-AS09 [J] 成層圏・対流圏過程 (◎26, ●L/26, O/25)
- A-AS10 [J] 異常天候・災害と気候変動 (◎21, ●L/21, O/22)

◆海洋科学・海洋環境 (OS)

- A-OS11 [E] Marine Sciences in the Indian Ocean (◎23, ●L/23, O/23)
- A-OS12 [E] Waves, Storm Surges, and Related Hazards (◎22, ●L/22, O/23)
- A-OS13 [E] Marine ecosystems & biogeochem. cycles (◎24, ●L/24, O/24)
- A-OS14 [E] 陸域海洋総合作用 (◎24, ●L/24, O/25)
- A-OS15 [J] 海洋物理学一般 (◎22, ●L/22, O/23)
- A-OS16 [J] 海洋化学・生物学 (◎21, ●L/21, O/21)
- A-OS17 [J] Coastal circulation and material cycle (◎23, ●L/23, O/24)

◆水文・陸水・地下水学・水環境 (HW)

- A-HW18 [E] 流域圏生態系の物質循環 (◎26, ●L/26, O/25)
- A-HW19 [E] 水循環・水環境 (◎24, ●L/24, O/25)
- A-HW20 [E] Tracer Hydrology (◎23, ●L/23, O/24)
- A-HW21 [E] Surface and subsurface hydrologic models (◎25, ●L/25, O/25)
- A-HW22 [E] Current state of terrestrial water cycle (◎25, ●L/25, O/26)
- A-HW23 [J] 同位体水文学 2023 (◎24, ●L/24, O/25)
- A-HW24 [J] 都市域の水環境と地質 (◎24, ●L/24, O/25)

◆雪氷学・寒冷環境 (CC)

- A-CC25 [J] 雪氷学 (◎22, ●L/22, O/23)
- A-CC26 [J] アイスコアと古環境 (◎22, ●L/22, O/24)

◆地質環境・土壌環境 (GE)

- A-GE27 [E] 物質移行及び環境評価 (◎25, ●L/25, O/26)
- A-GE28 [E] Energy-Environment-Water Nexus (◎25, ●L/25, O/26)

◆計測技術・研究手法 (TT)

- A-TT29 [E] Machine Learning Techniques application (◎22, ●L/22, O/23)

◆大気水圏科学複合領域・一般 (CG)

- A-CG30 [E] 中緯度大気海洋相互作用 (◎21, ●L/21, O/22)
- A-CG31 [E] Asian Marginal Sea Nutrient footprint (◎21, ●L/21, O/22)
- A-CG32 [E] Climate Variability and Predictability (◎22, ●L/22, O/24)
- A-CG33 [E] 熱帯大気海洋相互作用 (◎23, ●L/23, O/24)
- A-CG34 [E] 地球規模環境変化 (◎23, ●L/23, O/24)
- A-CG35 [E] グローバル炭素循環 (◎25, ●L/25, O/26)
- A-CG36 [E] 静止衛星による陸面観測 (◎24, ●L/24, O/25)
- A-CG37 [E] 衛星による地球環境観測 (◎26, ●L/26, O/25)
- A-CG38 [J] 海洋力学 (◎22, ●L/22, O/22)
- A-CG39 [J] 陸域生態系の物質循環 (◎25, ●L/25, O/26)

- A-CG40 [J] 水循環と陸海相互作用
(©25, P/L/25, O/26)
- A-CG41 [J] サンゴ礁と浅海生態系
(©25, P/L/25, O/26)
- A-CG42 [J] 陸から沿岸の水・土砂動態
(©23, P/L/23, O/24)
- A-CG43 [J] 黒潮大蛇行 (©21, P/L/21, O/22)
- A-CG44 [J] 全球海洋観測の未来
(©25, P/L/25, O/26)
- A-CG45 [J] 海洋一大気間生物地球化学
(©21, P/L/21, O/21)
- A-CG46 [J] 北極域の科学 (©24, P/L/24, O/25)
- A-CG47 [J] 航空機観測 (©26, P/L/26, O/25)

地球人間圏科学 (H)

- ◆地理学 (GG)
- H-GG01 [J] 自然資源・環境の科学対話
(©22, P/L/22, O/22)
- ◆地形学 (GM)
- H-GM02 [J] 地形 (©25, P/L/25, O/26)
- ◆第四紀学 (QR)
- H-QR03 [J] 第四紀 (©21, P/L/21, O/21)
- ◆社会地球科学・社会都市システム (SC)
- H-SC04 [J] 地球温暖化防止 CCUS
(©24, P/L/24, O/25)
- ◆防災地球科学 (DS)
- H-DS05 [E] 地すべり (©26, P/L/26, O/26)
- H-DS06 [J] 津波とその予測 (©23, P/L/23, O/24)
- H-DS07 [J] 防災リテラシー (©22, P/L/22, O/23)
- H-DS08 [J] 人間環境と災害リスク
(©23, P/L/23, O/24)
- H-DS09 [J] 中部日本の地震ハザード
(©21, P/L/21, O/22)
- H-DS10 [J] 湿润変動帯の地質災害
(©25, P/L/25, O/26)
- ◆応用地質学・資源エネルギー利用 (RE)
- H-RE11 [J] 資源地球科学 (©22, P/L/22, O/23)
- H-RE12 [J] 応用地質学の新展開
(©25, P/L/25, O/26)
- ◆計測技術・研究手法 (TT)
- H-TT13 [E] 人新世高精度地形情報連結
(©24, P/L/24, O/25)
- H-TT14 [E] GIS and Cartography
(©24, P/L/24, O/25)
- H-TT15 [J] 環境トレーサビリティ
(©23, P/L/23, O/24)
- H-TT16 [J] GISと地図 (©24, P/L/24, O/25)
- H-TT17 [J] 環境リモートセンシング
(©24, P/L/24, O/25)
- H-TT18 [J] 浅部物理探査 (©22, P/L/22, O/23)
- ◆地球人間圏科学複合領域・一般 (CG)
- H-CG19 [E] landscape appreciation and recreation
(©25, P/L/25, O/26)
- H-CG20 [E] 地球表層ダイナミクス実験
(©23, P/L/23, O/24)
- H-CG21 [J] 原子力と地球惑星科学
(©25, P/L/25, O/26)
- H-CG22 [J] 堆積・侵食・地形発達
(©22, P/L/22, O/23)
- H-CG23 [J] 気候変動適応と社会実装
(©22, P/L/22, O/23)
- H-CG24 [J] 閉鎖生態系と生物システム
(©21, P/L/21, O/21)
- H-CG25 [J] 文化水文学 (©24, P/L/24, O/25)
- H-CG26 [J] 歩みとプラットフォーム
(©22, P/L/22, O/22)

固体地球科学 (S)

- ◆測地学 (GD)
- S-GD01 [J] 測地学・GGOS
(©23-24, P/L/23, O/24)

- S-GD02 [J] 地殻変動 (©23, P/L/23, O/24)
- ◆地震学 (SS)
- S-SS03 [E] Seismicity (©23, P/L/23, O/24)
- S-SS04 [E] Seismological advances in the ocean
(©22, P/L/22, O/23)
- S-SS05 [E] Hazards, uncertainty and decisions
(©24, P/L/24, O/25)
- S-SS06 [J] 地震物理・断層レオロジー
(©22-23, P/L/23, O/22)
- S-SS07 [J] 地震波伝播 (©21, P/L/21, O/21)
- S-SS08 [J] 地殻構造 (©23, P/L/23, O/24)
- S-SS09 [J] 強震動・地震災害
(©21-22, P/L/21, O/22)
- S-SS10 [J] 地震活動とその物理
(©22, P/L/22, O/23)
- S-SS11 [J] 地震予知・予測 (©22, P/L/22, O/23)
- S-SS12 [J] 海域観測の最前線 (©22, P/L/22, O/23)
- S-SS13 [J] 活断層と古地震 (©22, P/L/22, O/23)
- ◆固体地球電磁気学 (EM)
- S-EM14 [E] EM survey technologies & achievements (©23-24, P/L/23, O/24)
- S-EM15 [J] Geomag & paleomag
(©23, P/L/23, O/24)
- ◆地球内部科学・地球惑星テクニクス (IT)
- S-IT16 [E] 地球深部科学 (©25, P/L/25, O/26)
- S-IT17 [E] Transport properties and processes
(©25, P/L/25, O/26)
- S-IT18 [E] 惑星中心核 (©26, P/L/26, O/26)
- S-IT19 [E] Earth's Mantle (©26, P/L/26, O/24)
- S-IT20 [E] Accretion and exhumation processes
(©25, P/L/25, O/26)
- ◆地質学 (GL)
- S-GL21 [J] 年代学・同位体 (©25, P/L/25, O/25)
- S-GL22 [J] 年代層序単元境界
(©26, P/L/26, O/26)
- S-GL23 [J] 日本列島・東アジアの地質
(©23, P/L/23, O/24)
- ◆資源・鉱床・資源探査 (RD)
- S-RD24 [E] Sensing technology for geological survey (©24, P/L/24, O/25)
- ◆岩石学・鉱物学 (MP)
- S-MP25 [E] Supercontinents and Crustal Evolution
(©26, P/L/26, O/26)
- S-MP26 [J] 変形岩・変成岩
(©25-26, P/L/25, O/25)
- S-MP27 [J] 鉱物の物理化学 (©26, P/L/26, O/25)
- ◆火山学 (VC)
- S-VC28 [E] International Volcanology
(©24, P/L/24, O/23)
- S-VC29 [J] 火山ダイナミクス (©25, P/L/25, O/26)
- S-VC30 [J] 火山の熱水系 (©21, P/L/21, O/23)
- S-VC31 [J] 活動的火山 (©22, P/L/22, O/23)
- S-VC32 [J] 火山防災 (©26, P/L/26, O/25)
- S-VC33 [J] 火山監視・評価 (©26, P/L/26, O/25)
- S-VC34 [J] 海域火山 (©24, P/L/24, O/23)
- S-VC35 [J] 次世代火山プロジェクト
(©23, P/L/23, O/23)
- S-VC36 [J] 火山・火成活動と長期予測
(©21, P/L/21, O/21)
- ◆固体地球化学 (GC)
- S-GC37 [E] Volatiles in the Earth
(©23, P/L/23, O/24)
- S-GC38 [J] 固体地惑化 (©25, P/L/25, O/26)
- ◆計測技術・研究手法 (TT)
- S-TT39 [J] SARとその応用 (©24, P/L/24, O/25)
- S-TT40 [J] 空中計測・モニタリング
(©24, P/L/24, O/25)
- S-TT41 [J] 地震観測・処理システム
(©21, P/L/21, O/21)

- S-TT42 [J] Applying optic fiber sensing
(©21, P/L/21, O/21)
- S-TT43 [J] HPCと固体地球科学
(©22, P/L/22, O/23)
- S-TT44 [J] ペイズ地震データ解析
(©21, P/L/21, O/22)
- ◆固体地球科学複合領域・一般 (CG)
- S-CG45 [E] Science of slow-to-fast earthquakes
(©24-25, P/L/25, O/26)
- S-CG46 [E] スラブ内地震 (©24, P/L/24, O/23)
- S-CG47 [E] ハードロック掘削科学
(©23, P/L/23, O/26)
- S-CG48 [J] 岩石・鉱物・資源
(©26, P/L/26, O/25)
- S-CG49 [J] 地球・材料科学の融合
(©26, P/L/26, O/26)
- S-CG50 [J] レオロジーと破壊・摩擦
(©24, P/L/24, O/25)
- S-CG51 [J] ハイブリッド年代学
(©25, P/L/25, O/26)
- S-CG52 [J] 海洋底地球科学
(©22-23, P/L/23, O/24)
- S-CG53 [J] 地震動・地殻変動即時解析
(©23, P/L/23, O/24)
- S-CG54 [J] 表層変動と年代学
(©25, P/L/25, O/25)
- S-CG55 [J] 機械学習@固体地球科学
(©21, P/L/21, O/22)
- S-CG56 [J] 変動帯ダイナミクス
(©26, P/L/26, O/25)
- S-CG57 [J] 破局噴火とそのインパクト
(©25, P/L/25, O/26)
- S-CG58 [J] 岩石一流体相互作用
(©21, P/L/21, O/21)
- S-CG59 [J] 地殻流体と地殻変動
(©22, P/L/22, O/23)
- S-CG60 [J] 断層帯浅部と地震ハザード
(©21, P/L/21, O/21)
- S-CG61 [J] 沈み込み帯地震の場を知る
(©24, P/L/24, O/25)
- S-CG62 [J] 島弧の構造・進化・変形
(©25, P/L/26, O/25)
- S-CG63 [J] 沈み込み帯へのインプット
(©22, P/L/22, O/23)

地球生命科学 (B)

- ◆地球生命科学・地圏生物圏相互作用 (BG)
- B-BG01 [E] Frontiers for life (©22, P/L/22, O/23)
- ◆生物地球化学 (BC)
- B-BC02 [E] Methane: from microbes to the atmosphere (©26, P/L/26, O/25)
- ◆古生物学・古生態学 (PT)
- B-PT03 [E] Biomineralization and Proxies
(©26, P/L/26, O/25)
- B-PT04 [J] 地球生命史 (©25, P/L/25, O/26)
- ◆地球生命科学複合領域・一般 (CG)
- B-CG05 [E] Marine protists -from past to present
(©26, P/L/26, O/25)
- B-CG06 [J] 岩石生命相互作用
(©22, P/L/22, O/23)
- B-CG07 [J] 地球史解読 (©25, P/L/25, O/26)

教育・アウトリーチ (G)

- G-01 [J] 地学教育と情報デザイン
(©21, P/L/21, O/21)
- G-02 [J] 総合的防災教育 (©21, P/L/21, O/21)
- G-03 [J] 小・中・高・大学の教育
(©21, P/L/21, O/21)

領域外・複数領域 (M)

◆ジョイント (IS)

- M-IS01 [E] Changes in Northern Eurasia
(©25, ©L/25, O/26)
- M-IS02 [E] Asian Monsoon and Indo-Pacific climate (©24, ©L/24, O/25)
- M-IS03 [E] アストロバイオ (©21, ©L/21, O/23)
- M-IS04 [E] Pre-earthquake processes
(©21, ©L/21, O/21)
- M-IS05 [E] ジオヘリテイジ (©24, ©L/25, O/24)
- M-IS06 [E] Extreme Weather in Southeast Asia
(©22, ©L/22, O/23)
- M-IS07 [J] 粒子重力流 (©23, ©L/23, O/24)
- M-IS08 [J] 南大洋・南極氷床変動
(©26, ©L/26, O/26)
- M-IS09 [J] 生物地球化学 (©23, ©L/23, O/24)
- M-IS10 [J] 山の科学 (©26, ©L/26, O/26)
- M-IS11 [J] ジオパーク (©21, ©L/21, O/22)
- M-IS12 [J] 地球流体力学 (©23, ©L/23, O/24)
- M-IS13 [J] 地質学のいま (©24, ©L/24, O/25)
- M-IS14 [J] 結晶成長・溶解 (©21, ©L/21, O/22)
- M-IS15 [J] 古気候・古海洋 (©23-24, ©L/23, O/25)
- M-IS16 [J] 津波堆積物 (©23, ©L/23, O/24)
- M-IS17 [J] 海洋プラスチック (©26, ©L/26, O/26)
- M-IS18 [J] ガスハイドレート (©22, ©L/22, O/23)
- M-IS19 [J] 冷湧水・泥火山・熱水
(©21, ©L/21, O/22)
- M-IS20 [J] 水惑星学 (©25, ©L/25, O/26)
- M-IS21 [J] 惑星火山学 (©23, ©L/23, O/24)
- M-IS22 [J] 歴史学×地球惑星科学
(©21, ©L/21, O/22)

M-IS23 [J] 火山学と気象学の融合
(©23, ©L/23, O/23)

M-IS24 [J] 大気電気：高エネ現象
(©21, ©L/21, O/22)

◆地球科学一般・情報地球科学 (GI)

- M-GI25 [E] Groundwater Resources Conservation
(©25, ©L/25, O/26)
- M-GI26 [E] Data assimilation (©22, ©L/22, O/23)
- M-GI27 [E] Open and FAIR Science
(©24, ©L/24, O/25)
- M-GI28 [J] 地球掘削科学 (©24, ©L/24, O/25)
- M-GI29 [J] データ駆動地球惑星科学
(©21, ©L/21, O/22)
- M-GI30 [J] 計算宇宙惑星 (©26, ©L/26, O/25)
- M-GI31 [J] 情報地球惑星科学
(©26, ©L/26, O/25)

◆応用地球科学 (AG)

- M-AG32 [E] CTBT IMS Technologies
(©25, ©L/25, O/26)
- M-AG33 [E] Satellite Land products
(©24, ©L/24, O/24)
- M-AG34 [J] ラジオアイソトープ移行
(©24, ©L/24, O/25)

◆宇宙開発・地球観測 (SD)

M-SD35 [J] 将来の衛星地球観測
(©25, ©L/25, O/25)

◆計測技術・研究手法 (TT)

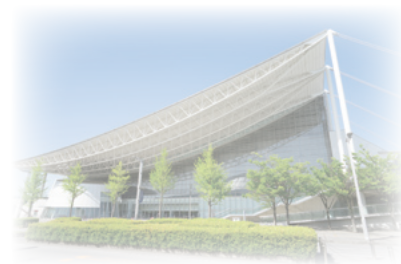
M-TT36 [E] Quantum computing for earth sciences
(©21, ©L/21, O/22)

M-TT37 [J] 低周波が繋ぐ多圏融合物理
(©25, ©L/25, O/26)

M-TT38 [J] 地球化学の最前線
(©26, ©L/26, O/26)

◆その他 (ZZ)

- M-ZZ39 [J] 地球惑星科学の科学論
(©21, ©L/21, O/22)
- M-ZZ40 [J] 再生可能エネルギー
(©24, ©L/24, O/25)
- M-ZZ41 [J] 環境汚染・環境毒性と生物
(©24, ©L/24, O/24)
- M-ZZ42 [J] 文化地質 (©24, ©L/24, O/25)
- M-ZZ43 [J] 日本のジオパーク (©L/21, O/21)
- M-ZZ44 [J] 海底マンガン鉱床
(©25, ©L/25, O/26)
- M-ZZ45 [J] プラネタリーディフェンス
(©23, ©L/23, O/24)



ジョイントセッション紹介

JpGU は, AGU, AOGS, EGU, CGU とのジョイントセッションの開催を推進しております。

2023 年大会では, 下記 29 セッションが AGU, EGU, AOGS, CGU とのジョイントセッションとして開催されます。

◆ユニオンセッション

U-01 Inclusion in Earth and Planetary Science — SDGs and beyond —
AGU EGU AOGS CGU

Conv. Yukihiro Takahashi, Simon Richard Wallis, Brooks Hanson, Eiichi Tajika

U-06 From outreach to knowledge co-creation: Advancing inclusive community engagement in Geoscience
AGU EGU

Conv. Vincent Tong, Takuro Ogura, Chiaki T. Oguchi, Takashi Oguchi

U-07 What is the true value of Knowledge Creation? Our perceptions of science and society
AGU

Conv. Michiyo SHIMAMURA, Yuko Onishi, Rajul Pandya, Brooks Hanson

◆宇宙惑星科学

P-PS01 Outer Solar System Exploration Today, and Tomorrow
AGU

Conv. Jun Kimura, Kunio M. Sayanagi, Fuminori Tsuchiya

P-PS04 Advancing the science of Venus in the golden age of exploration
AGU EGU

Conv. Takehiko Satoh, George HASHIMOTO, Moa Brita Persson, Kevin McGouldrick

P-EM09 Space Weather and Space Climate
AGU

Conv. Ryuho Kataoka, Antti A Pulkkinen, Mary Aronne, Satoko Nakamura

P-EM12 Coupling Processes in the Atmosphere-Ionosphere System
AGU

Conv. Huixin Liu, Yuichi Otsuka, Loren Chang, Yue Deng

P-EM14 Frontiers in solar physics
AGU

Conv. Shin Toriumi, Takaaki Yokoyama, Shinsuke Imada, Alphonse Sterling

◆大気水圏科学

A-OS12 Waves, Storm Surges, and Related Hazards
AGU AOGS

Conv. Adrean Webb, Reza Marsooli

A-OS13 Marine ecosystems and biogeochemical cycles: theory, observation and modeling
AGU

Conv. Shin-ichi Ito, Takafumi Hirata, Eileen E Hofmann, Jessica A. Bolin

A-OS14 Continental Oceanic Mutual Interaction - Planetary Scale Material Circulation
AGU

Conv. Yosuke Alexandre Yamashiki, Swadhin Behera, Takanori Sasaki, Yukio Masumoto

A-HW18 Material transportation and cycling at the land-sea interface: from headwaters to the ocean
AGU

Conv. Takahiro Hosono, Syuhei Ban, Mitsuyo Saito, Adina Paytan

A-CG32 Climate Variability and Predictability on Subseasonal to Centennial Timescales
AGU EGU AOGS

Conv. Yushi Morioka, Hiroyuki Murakami, Takahito Kataoka, Liping Zhang

A-CG34 Projection and detection of global environmental change
AGU

Conv. Michio Kawamiya, Kaoru Tachiiri, Hiroaki Tatebe, V Ramaswamy

◆地球人間圏科学

H-DS05 Landslides and related phenomena
AGU EGU

Conv. Gonghui Wang, Fumitoshi Imaizumi, Hitoshi SAITO, Masahiro Chigira

H-TT13 HIGH-DEFINITION TOPOGRAPHIC SURFACE DATA FOR CONNECTIVITY IN THE ANTHROPOCENE
EGU

Conv. Yuichi S. Hayakawa, Christopher A Gomez, Mio Kasai, Takuro Ogura

◆固体地球科学

S-IT17 TRANSPORT PROPERTIES AND PROCESSES IN THE EARTH
AGU

Conv. Bjorn Mysen, Eiji Ohtani, Naoko Takahashi

S-IT18 Planetary cores: Structure, formation, and evolution AGU

Conv. Riko Iizuka-Oku, Hidenori Terasaki, Eiji Ohtani, William F McDonough

S-IT19 Models for Earth's Mantle AGU

Conv. Hiroko Watanabe, William F McDonough, Kenji Kawai

S-IT20 New perspectives on accretion and exhumation processes during oblique plate convergence AGU

Conv. Timothy B Byrne, Jian-Cheng Lee, Yusuke Shimura, Gong-ruei Ho

S-CG37 Volatiles in the Earth - from Surface to Deep Mantle EGU

Conv. Takeshi Hanyu, Yama Tomonaga, Hirochika Sumino, Yuji Sano

S-CG45 Science of slow-to-fast earthquakes AGU EGU

Conv. Aitaro Kato, Asuka Yamaguchi, Yohei Hamada, Yihe Huang

S-CG47 Hard-Rock Drilling Science: Continental and Deep-Sea Drilling, and Ophiolite AGU EGU

Conv. Takashi Hoshide, Yumiko Harigane, Eiichi TAKAZAWA, Katsuyoshi Michibayashi

◆地球生命科学

B-PT03 Biomineralization and Geochemistry of Proxies EGU

Conv. Takashi Toyofuku, Hiroshi Kitazato, Jelle Bijma, Kotaro Hirose

◆領域外・複数領域

M-IS04 Interdisciplinary studies on pre-earthquake processes AGU EGU AOGS

Conv. Katsumi Hattori, Jann-Yenq LIU, Dimitar Ouzounov, Qinghua Huang

M-IS05 Geomaterials in cultural heritage: weathering, investigation techniques, and conservation EGU

Conv. Miguel Gomez-Heras, Chiaki T. Oguchi, Akos Torok, Celine Elise Schneider

M-GI25 Near Surface Investigation and Modeling for Groundwater Resources Assessment and Conservation AOGS

Conv. Jui-Pin Tsai, Ping-Yu Chang, Hwa-Lung Yu, Makoto Taniguchi

M-GI27 Open and FAIR Science: strategies, concepts, infrastructures and opportunities AGU EGU

Conv. Baptiste Cecconi, Yasuhiro Murayama, Yasuhisa Kondo

M-TT36 Quantum computing research, education and applications for earth sciences AGU EGU CGU

Conv. Swadhin Behera, Ryo Furue

NEWS

高校生のための冬休み講座 開催報告

広報普及委員会 関根 康人（東京工業大学）

年も押し迫った2022年12月28日(水)、高校生のための冬休み講座を現地参加とオンライン参加のハイブリッド方式にて実施した。今回は、講演会全体のテーマを「生命を育む惑星の条件とは?」とし、「惑星の気候と水」について今村剛先生（東京大学）に、「初期の地球の環境」について飯塚毅先生（東京大学）に、最新の研究内容をご講演いただいた。会場では、質疑の時間の後にも中高生が列をなして先生を質問攻めにしていた。

さて講演であるが、今村先生から「惑星の風と雲をめぐる水」というタイトルで、金星、地球、火星の表層環境の違いとそれを引き起こした要因について分かりやすく解説していただいた。特に、絶妙なバランスで保たれた地球の表層環境、金星に吹く自転を追い越す風「スーパーローテーション」、薄い大気を持つ火星でおきる大気循環の不思議に、多くの参加者たちが興味をもち、質問が飛び交った。

次に飯塚先生から「地球史最初の10億年～生命を宿す惑星ができるまで」というタイトルでお話いただいた。生命にとって必要な要素とは何かということから始まり、40億年以上前の小さな鉱物から、生命を育む海

洋や大陸の起源を解き明かす話には、参加者は一様に驚きの表情を浮かべていた。最後には、地球への水の供給過程や、生命必須元素であるリンがどうやって海洋にもたらされたのかといった、まだ残る大きな謎とそれに迫る仮説が紹介され、参加者は眼を輝かせていた。

今回は初めてハイブリッドで開催した。総参加者は150名を超え、会場で現地参加し

た参加者と、オンライン参加者の内訳は、ほぼ半々であった。会場では講演の臨場感を味わえる一方で、地方からの参加も考えると、今後もハイブリッドでの開催は継続すべきだろう。講演は、動画ライブラリとしてJpGUホームページからリンクしたYouTubeにアップされる予定である。ご興味のある皆様もぜひご視聴いただきたい。



講演中の会場の写真

小惑星リュウグウの化学

北海道大学 大学院理学研究院 込本 尚義

小惑星探査機「はやぶさ2」が持ち帰った Cb 型小惑星リュウグウ試料の初期分析は 2022 年 5 月に終了し、化学組成と同位体組成の主な特徴が決定された。その結果、リュウグウ試料は CI コンドライトの一種であった。わずかが生き残っていた初生鉱物の化学的特徴からリュウグウ母天体は、彗星の形成領域の近くで誕生したことがわかった。初生鉱物の中には、プレソーラー粒子も確認されている。現在もまだ、解析途中の分析結果が多く、新しい成果が続々と出てくることを期待していただきたい。

小惑星リュウグウ試料の分析状況

小惑星探査機「はやぶさ2」は、2019 年に地球近傍小惑星リュウグウ表面への 2 回のタッチダウンに成功し、2020 年 12 月に Cb 型小惑星（太陽の反射スペクトルによる小惑星の分類において低アルベドでフラットなスペクトルを持つ C 型の亜種）の物質を初めて地球に届けた。採取試料は、6 ヶ月間のキュレーション作業の後、2021 年 6 月から 2022 年 5 月までの 1 年間、初期分析が実施された（込本ほか、2022）。現在は、国際公募研究第 1 回目と第 2 回目が始まっている。フェーズ 2 分析も継続中である。本トピックスでは、リュウグウの化学についての最新の知見を紹介しよう。

リュウグウは CI 炭素質コンドライトでできている

天然には 90 種類の元素が存在している。このうち 10 種類（H, He, Li, C, N, O, Ne, Ar, Kr, Xe）を除く元素が原始太陽系の元素組成比率で含まれていると考えられている隕石が 1 種類ある。それが CI 炭素質コンドライトである（込本、2022）。他の種類の隕石では、原始太陽系元素組成比率から外れる元素数が増えていく。リュウグウ試料のバルク組成の分析結果は、小惑星表面 2 地点で採取されたいずれのサンプルにおいても、CI コンドライトと同様な原始太陽系の元素組成比率を示した（Yokoyama *et al.*, 2022）。

CI コンドライトのもう一つの特徴は、コンドリュール（隕石中に産する溶融組織をもつ球状の苦鉄質～超苦鉄質岩）を含まないことである（図 1 (a)）。それ以外のコンドライト隕石は、その定義によりコンドリュールを含む（図 1 (b)）。CI コンドライトの構成鉱物は、主に粘土鉱物（蛇紋石とサポナイト）で、水分を含む。リュウグウ試料は、CI コンドライトと同じく、主に粘土鉱物から構成され、コンドリュールは見られず、岩石組織もよく似ている（図 1 (c)）。

この粘土鉱物は、リュウグウ母天体や CI コンドライト母天体が経験した水質変成による 2 次鉱物である。リュウグウ母天体の水質変成は太陽系誕生後約 500 万年後に起こり、その温度は約 40°C であったことが解析されている（Yokoyama *et al.*, 2022）。CI コンドライト母天体の水質変成もほぼ同時期同条件であるので、リュウグウ母天体と CI コンドライト母天体は同一であったか、もし別天体だとすると、同様の進化を辿ったのだろう。CI コンドライト母天体は短寿命核種 ^{26}Al を集積時に $(^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al})_0 = 2.8 \times 10^{-5}$ 含んでいたので、これが水質変成の加熱源であったのだろう。

最近、分析技術が向上し、数 ppm の精度で金属元素の同位体比を決定できるようになった。その結果、複数の金属元素同位体において、炭素質隕石群とそれ以外の隕石（非炭素質隕石）群とに大別できる同位体組成分布があることがわかった（図 2）。これを隕石の同位体の二分性と呼ぶ。この分布は、放射性同位体壊変や質量差による同位体変動の結果ではなく、元素の核合成由来の変動のためらしい。また、炭素質隕石群、非炭素質隕石群の中においても少し同位体変動が見られる。そのため、原始太陽系円盤は元々場所

により同位体組成が少し異なっていたと考えられている。リュウグウ試料の金属元素同位体比測定値は、いずれも炭素質隕石群に属し、CI コンドライトとよく似た値であることが判明している（図 2）。

リュウグウ母天体の初生鉱物

リュウグウ試料中の豊富な 2 次鉱物の間に、プレソーラー粒子（太陽誕生以前に形成した固体粒子）が散らばっていることが見出された（Barosch *et al.*, 2022）。その量は、体積存在度で 25 ppm の SiC 星周粒子、11 ppm の炭素に富む星周粒子・分子雲粒子（グラファイト、有機物、未同定物質）、5 ppm の酸素に富む星周粒子（ケイ酸塩、酸化物、未同定物質）であった。これらは、コンドライト隕石中に見つかっているプレソーラー粒子の種類と同じであり、それらの存在度は CI コンドライト中のものとよく似ていた。

また、リュウグウ試料中には数十 μm 以下の無水高温鉱物も見つかり、酸素同位体組成が測定された。その酸素同位体組成はプレソーラー粒子ではなく太陽系円盤中でできた物質の特徴を有していた（図 3）。

太陽系物質の酸素同位体組成は、大局的に、 ^{16}O に富む $\Delta^{17}\text{O} \approx -25\text{‰}$ と ^{16}O に乏しい $\Delta^{17}\text{O} \approx -5\text{‰}$ の値にピークを持つバイモーダル分布をしている。リュウグウの無水高温鉱物の酸素同位体組成の分布も同様である（図 3）。 ^{16}O に富む物質は CAI（Ca と Al に富む包有物）に代表される難揮発性包有物形成現象に関係しており、 ^{16}O に乏しい物質はコン

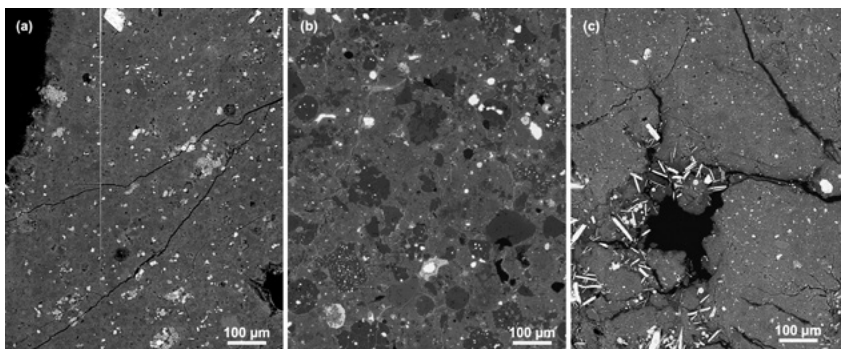


図 1 岩石組織を示す走査電子顕微鏡による反射電子像。(a) 炭素質コンドライト (CI) オルゲイコ隕石、(b) 炭素質コンドライト (C2-ung) Acfer 094 隕石、(c) 小惑星リュウグウ試料。(b) の隕石に見える外形が約 100 μm サイズのやや不規則な球状粒子がコンドリュール。コンドリュールの間を埋める物質は、無水鉱物の微粒子とアモルファスの微粒子の混合からなり、原始太陽系円盤に浮遊していた微粒子が保存されていると考えられている。コンドリュールは、原始太陽系円盤中に浮遊していた微粒子集合体が複数回加熱融解され固化した岩石であると考えられている。リュウグウ試料 (c) には CI コンドライト (a) と同様にコンドリュールが無い。(a) と (c) は主に粘土鉱物から構成される。粘土鉱物は (b) に見られるようなコンドリュールの間を埋める微粒子がコンドライト母天体中で水質変成した 2 次鉱物である。

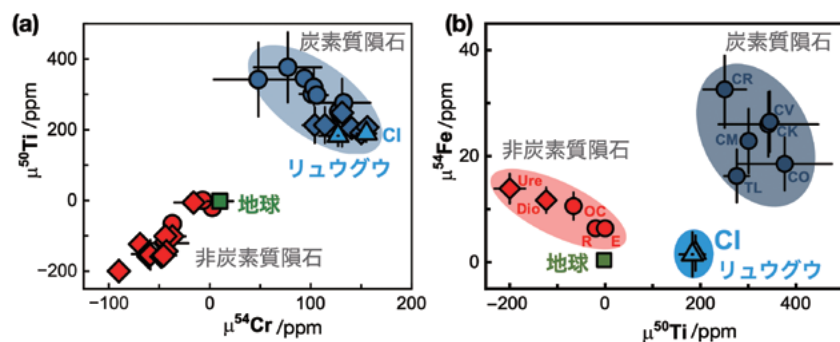


図2 リウグウと各種太陽系物質の同位体組成の違いを示すグラフ。(a) $^{50}\text{Ti}/^{47}\text{Ti}$ vs. $^{54}\text{Cr}/^{52}\text{Cr}$, (b) $^{54}\text{Fe}/^{56}\text{Fe}$ vs. $^{50}\text{Ti}/^{47}\text{Ti}$. 図(a)(b)のシンボル○はコンドライト、◇はエイコンドライトを示す。シンボル横の文字は隕石の種類を示し、異なる母天体に対応する。各同位体比の μ 値は、地球における同位体比に対する同位体比相対偏差である。Yokoyama et al. (2022), Hopp et al. (2022) *Science Advances*, 8, <https://doi.org/10.1126/sciadv.add8141> を改変。

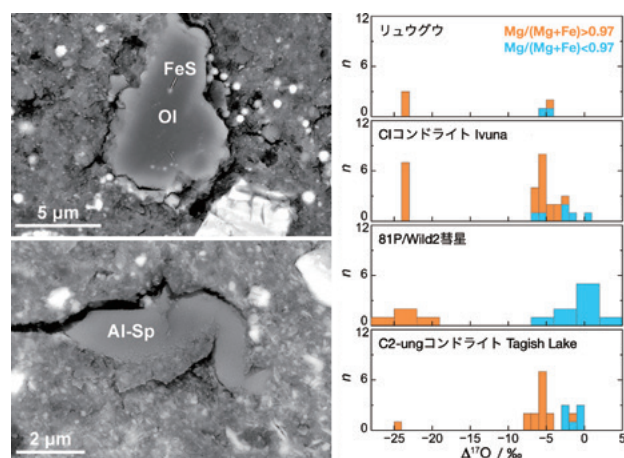


図3 リウグウ試料中に生き残っている原始太陽系円盤に漂っていた鉱物粒子(円盤粒子)の反射電子像とリウグウを含む種々の母天体におけるカンラン石円盤粒子の酸素同位体比のヒストグラム。ヒストグラムのビン幅は分析精度に対応している。OI: カンラン石, Al-Sp: スピネル。 $\Delta^{17}\text{O} = \delta^{17}\text{O} - 0.52 \delta^{18}\text{O}$, $\delta^{18}\text{O} = [(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{試料}} - (^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{標準海水}}] / (^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{標準海水}} \times 1000$, $i = 17$ or 18 . Kawasaki et al. (2022) *Science Advances* 8, <https://doi.org/10.1126/sciadv.ade2067> を改変。

ドリユール形成現象に関係している円盤粒子であると考えられている。これら2種類の円盤粒子の頻度は、コンドライト中では、Tagish Lake 隕石に見られるように、 ^{16}O に乏しい円盤粒子が大半を占める。これに比べ、CIコンドライトでは ^{16}O に富む円盤粒子の割合が大きい。リウグウ試料ではさらに ^{16}O に富む円盤粒子の割合が大きくなっている。同様に ^{16}O に富む円盤粒子の割合が大きい特徴を持つ天体として81P/Wild2 彗星が知られている。この頻度についての類似性から、リウグウやCIコンドライト母天体の形成場所は彗星の形成場所に近い可能性が高い。

リウグウ母天体の形成場所

では、彗星の形成場所は原始太陽からどれくらい遠く離れた場所なのだろうか。彗星は、地球より H_2O 成分の存在度が高いので、地球より太陽から遠い場所で集積したことは多分間違いないだろう。しかし、原始太陽系円盤の氷蒸発面(スノーライン)よりどれだけ太陽から遠かったか解答するた

めにはまだ証拠が十分揃っていないように思われる。現在の小惑星帯付近にスノーラインがあったとするモデルもあるので、小惑星帯付近の太陽に近い場所で彗星が形成しても良いのかもしれない。

一方、同位体の二分性(図2)を説明する最近の流行のモデルは、炭素質隕石群は木星軌道の外側領域で、非炭素質隕石群は木星軌道の内側領域で形成した母天体を起源とする隕石を示しているという。

しかし、これらの場所は、モデルが決めたもので、同位体組成や物質科学的に要請されたわけではない。原始太陽系円盤に何らかの同位体組成不均質があったとき、同位体組成を二分する理由として、このモデルでは木星を考えるということに過ぎない。だから、モデルは原始太陽系円盤のある領域の同位体平均組成を予測しない。物質科学から言える事実は、金属元素の同位体組成は原始太陽系円盤の場所場所で最大数百ppm程度の不均質を持っていたということだけである。しかもこの不均質の原因や傾向も未知である。

図2(b)に見られるFe-Ti同位体空間における同位体組成の3分性から、この流行モデルに乗っかり、リウグウ母天体とCIコンドライト母天体の集積場所は天王星軌道の外

側であるらしいと論じられた。一方、図3に見られる酸素同位体組成の相似性からは、リウグウ母天体とCIコンドライト母天体の形成場所は彗星形成場所に近いらしいと論じられた。この二つの論は、整合的に見えるかもしれない。しかし、彗星集積場所は天王星軌道の外側であるとかにより証明されているのだろうか。サンプルリターンされている唯一の彗星81P/Wild2も彗星起源と考えられている無水惑星間塵も、プレソーラー粒子の存在度が数100ppm以下であり、99%以上を原始太陽系物質が占める。平たく言うと、彗星は炭素質隕石とあまり変わらない。古典的な天文学者が考えるような星間や分子雲の固体物質だけから形成された彗星を期待するのはそもそも見当違いなのだろうか。

検証可能性

以上のような理解の中で、リウグウのような天体が太陽系の遠方から地球に水をもたらしたらしいと言う説を主張することは可能である。しかし、このような言いっぱなしの説にフラストレーションを感じるのは筆者だけだろうか。リウグウの初期分析を通じて今までのCIコンドライトの理解が飛躍的に進展し、太陽系の初期進化の新しい知見が飛躍的に増えている。このような着実な新しい知識の蓄積により多数の説が一つにまとめられるのだろうか。それとも、偶発的に思いがけない発見が将来もたらされ、既存の説が全て棄却されるのだろうか。始まったリウグウ試料国際AOと今後の惑星探査の成果に期待したい。

—参考文献—

Barosch, J. et al. (2022) *Astrophys. J. Lett.*, **935**, L3.

Yokoyama et al. (2022) *Science*, <https://doi.org/10.1126/science.abn7850>.

垾本尚義ほか(2022) *日本惑星科学会誌遊星人*, **31**, 286-297.

垾本尚義(2022) *地学雑誌*, **131**, 163-177.

■一般向けの関連書籍

橋 省吾(2016) *星くずたちの記憶*, 岩波書店。



著者紹介 垾本 尚義 Hisayoshi Yurimoto

北海道大学 大学院理学研究院 教授

専門分野: 宇宙化学。地球外物質による太陽系の起源と進化の研究。

略 歴: 筑波大学地球科学研究科博士課程修了。理学博士。筑波大学、東京工業大学等を経て現職。

地球深部へ水のバトンをつなぐ鉱物たち

愛媛大学 地球深部ダイナミクス研究センター 土屋 旬

鉱物に微量に含まれる水は、物性に大きな変化をもたらしまントルダイナミクスに影響を与えるため、地球の進化過程を理解する上で無視できない。地球深部マントルへの水の運搬は、沈み込むプレート中に存在する含水鉱物が担うと考えられている。近年、第一原理計算や高压実験等により、含水 H 相、パイライト型 FeOOH、 δ -AlOOH などの含水相が下部マントル圧力条件下で安定であることが明らかになった。これらの含水鉱物中に含まれる特殊な水素結合が超高压下での安定性や物性に密接に関係していることが示唆される。このような観点から、地球深部マントルに存在する含水鉱物の安定性、構造、物性に関する研究を概観する。

地 球内部の水循環をひも解く

鉱物や岩石中に含まれる水は、地球を構成する鉱物の融点、レオロジー、相安定性、弾性などの物性に大きな影響を与えるため、地球のマントルダイナミクスに大きな影響を与えていると考えられている。そのため、地球内部における水の状態や量を把握することは、地球の進化を理解する上で不可欠である。しかし、地球内部における水の総量はほとんどわかっていない。マントル遷移層において安定な、不純物として水を含む鉱物 (NAMs = Nominally anhydrous minerals) のプロトン収容能力から、マントルに貯蔵されている水 (正確には鉱物中に含まれる水素や水酸基) の量は、地球表層に含まれる水の合計の数倍はあると考えられている。このような地球マントルの含水状態を調べるためには、地球深部への水の流入・流出メカニズムを理解する必要がある。

地 球深部にも含水鉱物が存在する

海洋プレート中に存在する含水フィロケイ酸塩 (蛇紋石、雲母、粘土など) のような含水鉱物がプレートの沈み込みに伴い水を地球内部に輸送している。含水フィロケイ酸塩は層状結晶構造をしており、各層は水素結合で結ばれている。水素結合エネルギーは 2 ~ 50 kJ/mol 程度であり、通常の化学結合 (例えば、イオン結合 > 600 kJ/mol, 共有結合 50 ~ 800 kJ/mol) に比べて弱い。一般に含水鉱物は無水鉱物よりも密度が低く、融点も低い。含水フィロケイ酸塩のような含水鉱物は多くの場合、地球深部約 150 km (約 5 GPa, 600°C) の高温高压条件下で分解して水を放出し、それ以深には水を運び込めないため、深部マントルは基本的には無水状態であると考えられていた。しかし近年、より高い圧力条件でも安定な含水鉱物が

次々と発見されている。その中には下部マントルの圧力条件下でも水を保持できるものがある。現在、含水 A 相、スーパーハイドラス B 相、含水 D 相、含水 H 相を含む DHMSs (=Dense Hydrous Magnesium Silicates) など含水鉱物の高压挙動と安定性が地球深部の水循環に果たす役割を明らかにするため、精力的に研究されている (Tsuchiya, 2013; Nishi *et al.*, 2014)。

含 水鉱物の第一原理計算の重要性

地球深部は直接観測できないため、地震観測、岩石や鉱物の高压実験、理論計算などを総合して理解することが必要である。近年、地球深部科学分野では、高压実験を補完し、地球深部物質の構造・物性を解明するために、第一原理計算が重要な研究手段になっている。第一原理計算法は、実験では困難な超高压下での鉱物の相の解明や構造探索、圧縮率、弾性率、弾性波速度、粘性、光学特性、熱伝導率などの物性決定に利用されている。また、第一原理自由エネルギー計算法を用いて、鉱物の熱力学的性質や高温高压相図を決定することも可能になった。既知の鉱物の物性を調べるだけでなく、その生成を理論的に予測し、実験的にその安定性を検証するために必要な化学組成・温度・圧力条件を与えることが可能であり、新相の発見に非常に有用である。水素は最も軽い元素で電子を 1 個しか持っていないため、X 線回折や中性子回折などの従来の実験手法では、下部マントルの

ような極端な高温高压状態での検出が困難であった。X 線回折実験では散乱断面積が小さいために水素の検出が難しく、中性子回折実験では必要な試料容積が大きく実験可能な圧力範囲に制限がある。他方、第一原理計算による含水鉱物の研究は、圧力条件にかかわらず複雑な結晶構造と化学結合を持つ含水鉱物の物理的・化学的特性を明らかにすることが可能である。

圧 力誘起水素結合対称化が鍵

過去 10 年間、下部マントルの圧力条件下でも安定な含水鉱物 (含水 D 相、含水 H 相、超アルミナス D 相、 δ -AlOOH, ϵ -FeOOH, パイライト型 FeOOH など) に関する知識は目覚ましい勢いで増えてきた。これらの含水鉱物の安定性と特性を把握することは、地球深部で水がどのように貯蔵され循環しているかを理解するために重要である。興味深いことに、上記の高压含水鉱物は、第一原理計算等により、下部マントルの圧力条件下で圧力誘起水素結合対称化を起こす可能性が高いことが報告されていることも共通している。通常、水素結合は水分子やタンパク質等に代表される引力相互作用であり、イオン結合や共有結合と比較するとはるかに弱い。一方、対称水素結合とは、隣り合う 2 つの陰イオンに水素が等しく共有結合している特殊な水素結合のことである (図 1)。対称水素結合は通常の水素結合より強く、これらの含水相の熱力学的安定性と密接に関係していると推測される。

図 2 は、第一原理計算法を用いて含水鉱物 (AlOOH, FeOOH, DHMSs) の高压下に

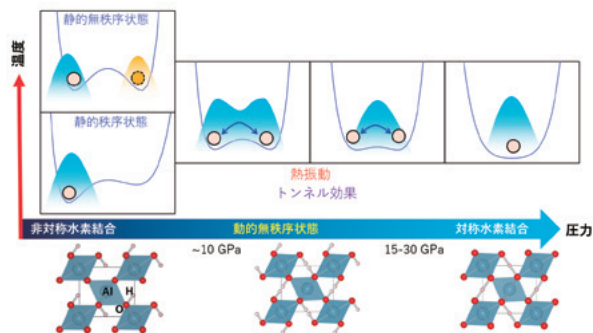


図 1 δ -AlOOH など含水鉱物の酸素-酸素間ポテンシャル中の水素の挙動。低圧下では二極小ポテンシャル中のいずれか一方に水素が存在するが、ポテンシャル障壁が圧力下で低くなるにつれ、動的無秩序状態が現れ、さらに高压条件下では単一極小ポテンシャルへと変化する (水素結合対称化)。

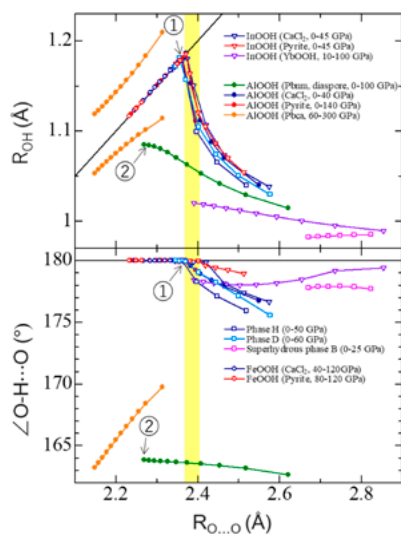


図2 (上) 含水鉱物における酸素-酸素間距離 ($R_{O...O}$) と O-H 結合距離 (R_{OH}) の関係。 (下) 酸素-酸素間距離 ($R_{O...O}$) と水素結合角 ($\angle O-H...O$) の関係。

おける共有結合した酸素原子と水素原子の距離 (R_{OH}) と水素結合角 ($\angle O-H...O$) が、酸素-酸素距離 ($R_{O...O}$) に対してどのように変化するかを調べたものである。この図では、化学組成や結晶構造によらず下部マントル圧力で安定な含水鉱物に共通して $\angle O-H...O \sim 180^\circ$ および $R_{O...O} \sim 2.4 \text{ \AA}$ のときに対称水素結合を確認することができる (図2①) (Tsuchiya and Thompson, 2022)。一方、その他含水鉱物の多くは超高压条件まで加圧されても水素結合の対称化が起きない。例えば、 α -AlOOH (ダイアスポア) は、熱力学的に安定な条件をはるかに超えた約 100 GPa まで加圧されても非対称なままである (図2②)。これは、結晶構造の対称性に起因する、酸素原子間のポテンシャル面の形状によるものであると推測される。

下部マントルにおける含水鉱物の役割とは

水素結合対称化を起こす含水鉱物の結晶構造を図3にまとめた。実はこれら含水鉱物は、相転移する圧力が異なるものの、結晶構造はほぼ同じであり、陽イオンを交換して互いに固溶する可能性がある。近年発見された含水 H 相は無水鉱物に比べて密度が非常に小さい (したがって重力的に安定ではない) もの、FeOOH 高压相は下部マントル最深部でも熱力学的・重力的に安定していることが確認され、核マントル境界までの水輸送の新しい可能性が示唆された。Al を構造中に取り込むと含水 H 相の熱力学的安定性が増し、FeOOH と AlOOH は固溶体を形成することを考えると、DHMS は Al と Fe の取り込みにより下部マントル温度条件でも安定になる可能性がある。実際、アルミ含

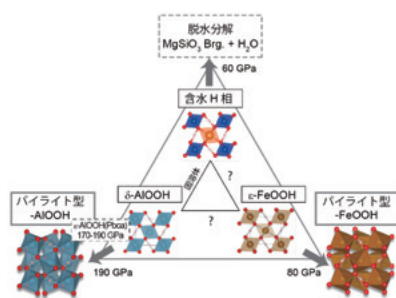


図3 下部マントル圧力条件における含水鉱物の構造および相関係模式図。土屋 旬 (2018) 日本結晶学会誌, 60, 1, 48-53 より。

有 H 相と同様に、アルミ含有 D 相 ($Al_2Si_6H_2$) も下部マントル圧力、2273K 以上で安定であることが報告されている。アルミ含有 D 相と H 相の両方において、Al は結合置換機構 ($Mg + Si \leftrightarrow 2Al$) によって取り込まれる。DHMSs では通常 Mg 原子が 6 配位サイトに位置するが、Mg のイオン半径は一般に大きすぎるため、構造が不安定になる。小さな Al や低スピン Fe を Mg サイトに組み込むことで、この構造上の不利を抑制し、DHMS の熱力学的安定性を向上させることができると考えられる。

核とマントルの化学的相互作用によって、さらに水素が核に輸送される可能性があり、地球深部の水循環を解明する上で興味深い研究テーマである。これらの発見は、含水鉱物の安定温度圧力条件が従来考えられていたよりはるかに広いことを証明するものである。下部マントル含水鉱物の新相を考慮した最近のマントル対流シミュレーションでは、現在のマントルは最大で現在の表層海洋量の 11 倍もの量の水を保有していることが報告された。しかし、実態はまだ明らかにされていない。具体的には、水は鉱物の (1) 融解温度、(2) レオロジー (粘性、降伏強度、変形特性など)、(3) 相関係、を変化させる可能性がある。FeOOH の融解温度は周囲のマントルよりも低く、FeOOH は最下部のマントルの部分熔融に寄与していると考えられる。このようなメルトの存在により地震学的に核マントル境界で観測される超低速度帯 (ULVZ = Ultra-low velocity zone) を説明できる可能性がある。レオロジーに関しては、分子動力学計算の研究により下部マントルでの加水分解による弱体化の影響

は限定的であることが報告されているが、一方で下部マントルの主要鉱物であるブリッジマナイトの弾性率は水素の存在に著しく敏感であることが報告されている。下部マントルにおける水の影響の解明は、今後の研究において重要なテーマとなるはずである。下部マントルにおける水の実際の存在は、天然ダイヤモンド包有物中の流体の発見によって裏付けられたが、その全地球的な分布はまだ明らかにされていない。

今後の展開

最近の数年間で DHMSs, AlOOH, FeOOH の高压相がいずれも下部マントル圧力条件で安定であることが判明した。すなわち、高压下における主要なマントル構成元素 (Mg, Si, Fe, Al) の含水系端成分相図が一通り判明したと言える。いずれも類似した結晶構造をとり、対称水素結合を含む。これらの含水相は、その系の組成・圧力・温度 (X-P-T) に応じて異なる固溶体を形成することがある。例えば、含水 H 相、 δ -AlOOH, ϵ -FeOOH の中間組成は、これらの相の熱力学的安定性に対する陽イオン置換の強い影響により、パイライト型 (Al,Fe) OOH と共存する可能性がある。深部マントルの動的挙動を解明するためには、下部マントルに共存すると思われるこれらの中間組成の安定性、水素結合性、地球物理学的性質について、さらなる研究が必要である。

—参考文献—

- Tsuchiya, J. and Thompson, E.C. (2022) *Prog. Earth Planet. Sci.*, 9, 63,10.
Nishi, M. et al. (2014) *Nature Geoscience*, 7, 224-227.
Tsuchiya, J. (2013) *Geophys. Res. Lett.*, 40, 4570-4573.

■一般向けの関連書籍

唐戸俊一郎 (2017) 地球はなぜ「水の惑星」なのか—水の「起源・分布・循環」から読み解く地球史, 講談社ブルーバックス。



著者紹介 土屋 旬 Jun Tsuchiya

愛媛大学 地球深部ダイナミクス研究センター 准教授

専門分野: 理論鉱物物性。主に第一原理電子状態計算を用い、高压下における含水物質の構造や物性の解明を行う。さらにその結果に基づき、地球深部の水の存在状態、循環経路、ダイナミクスへの影響を調べている。

略歴: 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻博士課程修了。博士 (理学)。日本学術振興会特別研究員 DC2, PD, RPD, ミネソタ大学ポスドクトラルフェロー等を経て現職。

貴社の新製品・最新情報を JGL に掲載しませんか？

JGL では、地球惑星科学コミュニティへ新製品や最新情報をアピールしたいとお考えの広告主様を広く募集しております。本誌の読者層は、地球惑星科学に関連した大学や研究機関の研究者・教育者・学生等ですので、そうした読者を対象とした PR に最適です。発行は年 4 回、学会 web で PDF 公開し一般の方にもご覧いただけます。広告料は格安で、広告原稿の作成も編集部でご相談にのります。どうぞお気軽にお問い合わせ下さい。詳細は、以下の URL をご参照下さい。

<http://www.jpogu.org/jgl-advertise/>

【お問い合わせ】

JGL 広告担当 宮本英昭

(東京大学 大学院工学系研究科)

Tel 03-5841-7027

hm@sys.t.u-tokyo.ac.jp

【お申し込み】

公益社団法人日本地球惑星科学連合 事務局

〒113-0032 東京都文京区弥生 2-4-16

学会センタービル 4 階

Tel 03-6914-2080

Fax 03-6914-2088

office@jpogu.org

個人会員登録のお願い

このニュースレターは、個人会員登録された方に送付します※。登録されていない方は、<http://www.jpogu.org/> にてぜひ個人会員登録をお願いします。どなたでも登録できます。すでに登録されている方も、連絡先住所等の確認をお願いします。

(※) 現在一時的に送付停止中です。PDF でご覧ください。<http://www.jpogu.org/publications/jgl/>



Japan Geoscience Union Meeting 2023
MAY 21 - 26, 2023
On-site : MAKUHARI MESSE, Chiba, Japan
Online : all over the WORLD
For a Borderless World of Geoscience

2023 年 3 月 7 日
参加登録受付開始

現地会場：千葉県幕張メッセ



2023 年もハイブリッド開催
▶ 5 月 21 日～ 26 日 (6 日間)
現地でも！オンラインでも！！

発表予定者の方へ
発表するための参加登録締切は
4 月 11 日 (火) 23:59 です。
お早目のお手続きをお願いします。

https://www.jpogu.org/meeting_j2023/






トルコ・シリア大地震
緊急セッションを開催します

セッションタイトル・スコープ：調整中 ※2023 年 2 月現在
投稿受付開始：2023 年 3 月末頃を予定

詳細が決まり次第会員のみなさまにお知らせいたします

トルコ・シリア大地震支援募金

JpGU のホームページ上にて、国連を通じての支援方法のご紹介と
JpGU でお預かりする使用目的を指定したご寄附の呼びかけを行っております
<https://www.jpogu.org/love-for-turkey-syria/>

