2020 年 2 月 1 日発行　ISSN 1880-4292

JGL
Japan Geoscience Letters
2020 No. 1

JpGU30
Challenges for the next generation

日本地球惑星科学連合ニュースレター Vol. 16
February, 2020 No. 1

NEWS
日本地球惑星科学連合(JpGU)大会へのお誘い 1
JpGU-AGU Joint Meeting 2020 2
学術会議だより 6
高校生のための冬休み講座 開催報告 7
全国高校地学教育関係者情報交換会 開催報告 7
SPECIAL 連合大会 30 周年記念特集
2002 年夏の出来事 8
TOPICS
地球温暖化で成層圏大気の流れが変化 9
スラブ内地震 11
冥王代の地球史解読・最古の生命の痕跡 13
INFORMATION 16

NEWS

2020 年日本地球惑星科学連合（JpGU）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
川幡 穂高（東京大学）

新年おめでとうございます．本年もよろしくお願いいたします．日頃より JpGU の活動にご理解，ご協力いただき，ありがとうございます．2020 年の連合大会は，第 2 回 JpGU-AGU（米国地球物理学連合）共同開催の枠組みで「For a Borderless World of Geoscience」という標題にて，5 月 24 日（日）～ 28 日（木）の 5 日間，幕張メッセ国際会議場を中心に開催されます．

これまで最多となる 288 セッションが開催されることになり，皆様の積極的なご提案に感謝しております．共同開催である AGU も，この大会を盛会とするため，積極的に宣伝・広報活動を行ってきており，海外からの参加者も前回 2017 年の共同開催時より増えるものと期待されます．EGU（欧州地球科学連合），AOGS（アジア大洋州地球科学会）との共同セッションなども推進します．

今年の大会は，JpGU の前身である合同大会から数えて「30 周年（ほぼ一世代）」となるので，「Challenges for the next generation」という標題を掲げ，これを祝福したいと思います．今回の大会では，AGU-EGU-AOGS と協力して，5 月 25 日（月）に，4 つの重要テーマを一連の流れの中で扱う特別セッションを開催する予定です．AM1 では，「Open Access, Open Data, and FAIR Data in Geosciences（U-06）」にて，学問のフレームを変更しそうなオープンジャーナル，データの取り扱い，オープンサイエンスを扱います．AM2 には AGU, EGU とも共同開催してきた「Diversity, equality, and equity（U-07）」で，持続可能な未来への解決策を見出すため，あらゆる人の才能を引き出す方法などについて議論します． PM1 では，「Special session for a borderless World of Geoscience（GEOethics）（U-08）」と題し，研究者倫理（ハラスメント，科学における不正行為）のみならず，災害情報・データをどのように社会と共有するかという問題を扱います．本件は，自然災害の多い日本では，地球惑星科学の研究の推進と災害の克服にとって，非常に重要です．最後の PM2 のセッションでは，「Special session for a Borderless World of Geoscience（Challenges for the future）（U-09）」というタイトルで，JpGU と協力関係にある AGU, EGU, AOGS とともに，「地球惑星科学の社会への貢献」を考えるよい機会として，最終的に共同メッセージを発せられればと考えています．

この AM1 の U-06 セッションと関連し，日本学術会議地球惑星科学委員会（藤井良一委員長）主導により「地球惑星科学の進むべき道 10 ビッグデータとオープンサイエンス（U-12）」が開かれます．現在，科学は「経験科学」から「理論科学」，そして「計算科学（シミュレーション）」を経て，「データ集中科学」という第 4 パラダイムに突入したと言われています．データの管理・透明性については，オープンジャーナルを経てオープンサイエンスといった科学研究の手法にまで，変化が及びそうです．日本学術会議で議論された内容も含めて，具体的事例をまじえての発表があります．

2020 年大会では，この他にも 17 にのぼるユニオンセッションを提案していただき，大変感謝しております．タイトルを拝見しても，とても内容の濃い議論が展開されるものと期待されます．「人間と地球の未来」（U-01, U-03, U-05），「自然災害と地球惑星科学」（U-04, U-16），「最新の地球観測衛星あるいは惑星探査機を用いた科学」（U-13, U-14, U-15, U-17,）「最新の科学技術を駆使した地球惑星科学」（U-11, U-18, U-19, U-20, U-21），「教育と研究コミュニティの関わりや研究評価」（U-02, U-10）など分野を超えて，中身も深いテーマが並んでいます．ぜひご参加くだされればと思います．

2019 年大会の投稿は 1 月 7 日（火）から始まり 2 月 18 日（火）17 時（早期締切 2 月 4 日（火）23 時 59 分）までです，積極的な研究発表のご投稿をお待ちしております．早期参加登録（割引）は 5 月 8 日（金）23 時 59 分まで受付となります．

皆様と幕張でお会いすることを楽しみにしております．

JpGU-AGU Joint Meeting 2020

2020 年大会委員長・学協会長会議議長　榎並 正樹（名古屋大学）

日本地球惑星科学連合（JpGU）2020 年大会は，2005 年 5 月に連合が設立されてから 15 周年，その前身である地球惑星科学関連学会合同大会が 1990 年 4 月に開催されてから 30 周年の記念すべき年に開催されます．そして，2017 年に続きアメリカ地球物理学連合（AGU）との共同開催となり，アジア大洋州地球科学会（AOGS），欧州地球科学連合（EGU）とのジョイントセッションもさらに充実すると期待されています．

この間，JpGU は，51 学協会の団体会員と 10,000 人をこえる個人会員を擁するまでになりました．2019 年の大会では総参加人数約 8,400 人（うち院生，学生，生徒約 2,400 人），海外からの参加者も 650 人（41 の国と地域）を越え，地球惑星科学諸分野のメンバーが交流するためには，なくてはならない場を提供しています． 毎年実施されているアンケートでは，一般公開されるものを含めたセッションプログラムの充実や英語セッションの拡充などが望まれています．それらには，学際領域や境界領域研究の推進や拡充，そして地球惑星科学分野研究のいっそうの国際化への期待がこめられています．

2020 年大会は，これらの要望に応えるべく，“For a Borderless World of Geoscience” を共同開催のテーマとして，2020 年 5 月 24 日（日）～ 28 日（金）に，幕張メッセ国際会議場（千葉市）において開催されます．また，30 周年記念イベントなどの特別企画も計画されています．次世代を担う学生・若手の研究者が中心となって 多くの魅力的なセッションが多数提案され，重要な研究成果の発表と活発な議論が行われることが期待されます．

2020 年大会が，次の 5 年間そして 10 年後へ向けた礎となるよう，一人でも多くの皆さんの積極的な参加・協力をお願いいたします．

ご挨拶

JpGU-AGU Joint Meeting 2020
共同プログラム委員長

稲垣 史生（JAMSTEC）
William McDonough（University of Maryland）

本大会のテーマである「For a Borderless World of Geoscience」は，「科学に国境はない．知識は人類に属し，世界を照らす炬火（たいまつ）である．」というフランスの生化学者・細菌学者ルイ・パスツールの言葉にもあてはまるものです． 来るべき「JpGU-AGU Joint Meeting 2020」にて，地球惑星科学の知の体系化の先に，未来に向けた新しい洞察（パースペクティブ）を 見出して頂きたいという願いが込められています．

この大会テーマのもとで「JpGU-AGU Joint Meeting 2020」を行うことで，さまざまな立場・分野の方々から多様な意見が創出され，それらがサイエンスの議論にさらなる推進力と新しい潮流を生み出すことを期待します．これまでに，セッションに参加したことがない方や，いままでとは異なる分野のセッションで講演されたい方も，ぜひ，この国際的な機会を積極的にご活用いただければと思います．

プログラム委員会一同，5 月に幕張メッセにて，皆さまにお会いできることを楽しみにしています．ご協力のほど，よろしくお願いいたします．

開催概要

名称：JpGU-AGU Joint Meeting 2020
会期：2020 年 5 月 24 日（日）～ 28 日（木）
会場：千葉県幕張メッセ国際会議場・国際展示場ホール 8，東京ベイ幕張ホール（千葉県千葉市），SHIRASE5002（千葉県船橋市）
主催（共催）：公益社団法人日本地球惑星科学連合（JpGU），米国地球物理学連合（AGU）
URL：http://www.jpgu.org/meeting_j2020/

今大会からの変更点

詳しくは大会ウェブサイトトップの「NEWS」からご確認ください．

◎ランチタイムの時間が 120 分に延長されます．それに伴い，午後のセッションの開始時刻が例年と異なっておりますのでご注意ください．
◎昼間のコアタイムは開催しません．また，ポスターの掲示時間を発表当日の 9:00 から PM1 開始時（14:15）までに定めます．
◎年会費，投稿料，参加登録料，懇親会参加費等につきまして，所属機関払いはご利用いただけなくなりました．原則としてクレジットカード払いをご利用ください．やむを得ずクレジットカード以外での決済をご希望される方は，事前に大会ウェブサイトの「お支払いについて」のページをご確認ください．
◎正会員の方が投稿を行う際には，事前に年会費の決済が必要となりました．
◎大学院生身分の方が学割料金での年会費の決済を行う際には，事前に学割承認手続きが必要となりました．
◎指導教員による学割承認の方法が変更になりました．

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）

大会会場紹介

▼幕張メッセ国際会議場
受付　※名札発券
口頭発表会場（101～304，IC，CH-A・B）
展示（書籍，大学，学協会）
▼東京ベイ幕張ホール
口頭発表会場（A01 ～ A11）
▼幕張メッセ国際展示場 展示ホール 8
ポスター発表会場
Open Colloquium（U-13 ～ U-20）会場
展示（一般展示）
▼ SHIRASE5002
U-21 セッション会場

今後の予定

◆投稿最終締切
2020 年 2 月 18 日(火) 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
2020 年 3 月 12 日(木)
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
2020 年 3 月 13 日(金)
大会中の全発表のタイムテーブルを公開します．

◆早期参加登録締切
2020 年 5 月 8 日(金) 23：59
※早期参加登録締切後も，オンラインでの参加登録は大会終了時まで受け付けておりますが，割引料金が適用される早期登録をぜひご利用ください．

◆予稿原稿(PDF)公開
2020 年 5 月 15 日(金)
大会ウェブページにて公開します．

大会スケジュール，各種イベント

各企画・イベントの詳細な内容は大会ウェブページでご確認ください．

◆大会タイムテーブル

AM1： 9：00〜10：30
AM2：10：45〜12：15
Lunch Time：12：15〜14：15
PM1：14：15〜15：45
PM2：16：00〜17：30
PM3：17：45〜19：00

※口頭発表の開催は PM2 まで．
PM3 はポスターコアのみ開催．
※最終日も PM2 まで口頭発表，PM3 までポスター発表を開催します．

■大会前日 23 日(土)
◉ AGU 学生向けワークショップ（仮称）

■ 1 日目 24 日(日)
◉パブリックセッション：
O-01［J］地球惑星科学教材
O-02［J］強風災害
O-03［J］地球惑星科学トップセミナー
O-04［J］高校生によるポスター発表
O-05［J］日本のジオパーク
O-06［J］キッチン地球科学
◉ユニオンセッション：
U-05［E］人新世・第四紀の気候
U-10［E］Linking Education & Research Communities
U-11［E］The Science of Living Worlds
◉プレナリー講演
◉ NASA-JAXA Hyperwall（中学生／高校生対象）
◉アイスブレイカー

■ 2 日目 25 日(月)
◉ユニオンセッション：
U-06［E］Open Science
U-07［E］Diversity, equality, and equity
U-08［E］Challenges for the future (GEOethics)
U-09［E］Challenges for the future
◉ユニオンセッション(Open Colloquium)：
U-13［E］Heliophysics in NASA and JAXA
U-17［E］Ryugu and Bennu samples
◉ユニオンセッション(SHIRASE 会場)：
U-21［E］Antarctic Environmental Research
◉ランチタイムスペシャルレクチャー
◉ NASA-JAXA Hyperwall（教員・サイエンスコミュニケーター向け）

■ 3 日目 26 日(火)
◉ユニオンセッション：
U-02［E］知の創造の価値とは何か
U-04［E］GNSS Tsunami Early Warning
◉ユニオンセッション(Open Colloquium)：
U-15［E］Earth Science in NASA and JAXA
U-18［E］Atmospheric and Hydrospheric sciences
U-19［E］A deep dive into planetary habitability
U-20［E］Earth's interior from the cutting edge
◉ランチタイムスペシャルレクチャー
◉ International Mixer Luncheon
◉ Weather News 社視察会

■ 4 日目 27 日(水)
◉ユニオンセッション：
U-01［E］Great Debate
U-12［J］地球惑星科学の進むべき道 10：オープンサイエンス
◉ユニオンセッション(Open Colloquium)：
U-14［E］Mars science in NASA and JAXA
U-16［E］Advances in Disaster Studies
◉ Weather News 社視察会
◉ NASA-JAXA Hyperwall（高校生向け）
◉学協会長会議（Lunch Time／101 会場）
◉社員総会（PM2／CH-A 会場）
◉表彰式（PM3 終了後 19：00 〜）：
フェロー贈賞式・三宅賞受賞式，
Taira Prize 受賞者紹介
◉懇親会（表彰式終了後 19：30〜）

■ 5 日目 28 日(木)
◉ユニオンセッション：
U-03［E］Sustainable groundwater management
◉ランチタイムスペシャルレクチャー
◉ Weather News 社視察会

■大会翌日 29 日(金)
◉フィールドトリップ
山コース：「筑波山地域ジオパーク」見学ツアー
―筑波山をまるごと楽しもう!―

◆開催準備中
おしゃべり広(Bar)場 ―Pop-Up Talks―／ジオツアー／学生ラウンジ／フォトコンテスト／その他公募イベント等

学生の方へ

◆学生優秀発表賞（締切 2/18（火）17：00）
学生優秀発表賞を設けています．エントリーを希望する方は，大会ウェブサイト上の募集要項を必ずご確認の上で応募してください．
※エントリーは投稿フォーム上ではなく，会員ログイン画面上に用意しています．

◆学生旅費助成制度（締切 2/20(木) 23：59）
国内在住の学生の方への旅費の助成を行います（審査有り）．
※交通費・宿泊費のみに使用できます．参加費・投稿料には使用できません．
◎支給額：国内上限 5 万円
※詳細は大会ウェブページでご確認ください．
国外在住の学生には，AGU が旅費補助を行います．詳しくは AGU の HP をご確認ください．

大会サービス

会場内（一部外部施設）にて下記サービスを提供します．

◆ Wi-Fi（無料）
口頭講演会場を除く会場内でご利用いただけます．

◆クローク（無料）
幕張メッセ国際会議場及び東京ベイ幕張ホールにご用意します．開設時間は大会ウェブページでご確認ください．

◆ポスタープリントサービス（有料）
事前にデータをお送りいただくことで，発表当日に会場にて出力したポスターをお渡しできます．投稿採択通知後に受付サイトを

オープンします．

◆保育ルーム（有料 ※連合からの補助有り）
大会でのセッション開催期間中，会場内に保育室を開設します．大会参加者は有料にてご利用いただけますが，利用料の一部はダイバーシティ推進委員会が補助します．利用申請は 4 月上旬から 5 月初旬頃までを予定しています．

各種募集について

◆懇親会参加者募集
5 月 27 日（水）19：30 より懇親会を開催します．多くの皆さまのご参加をお待ちしております．

◆高校生セッション発表希望者募集
5 月 24 日（日）に開催されるパブリックセッション「O-04 高校生によるポスター発表」の参加者を募集しております．参加申込締切は 3 月 31 日です．
詳細：http://www.jpgu.org/highschool/2020/

◆ NASA-JAXA Hyperwall 参加者募集
5 月 24 日（日）開催　中高生向け講演
5 月 25 日（月）開催　教員・サイエンスコミュニケーター向け講演
5 月 27 日（水）開催　高校生向け講演
につきまして，参加希望者を募集しています．ご興味をお持ちの方は大会ウェブサイトよりお申込みください．

◆アルバイトスタッフ募集
大会に参加される学生の皆様を中心に，大会運営のお手伝いをしていただける方を募集します．募集は大会プログラム確定後に開始します．詳細が決まり次第メールニュースにてお知らせします．

◆会合申込
会期中，空いている会場を小集会や夜間集会用に有料にて提供します．お申込みは大会プログラム公開後の 3 月下旬頃を予定しております．募集開始の際にはメールニュースにてお知らせいたします．
※学協会による利用については，一般募集開始前に優先予約期間を設けます．（学協会の総会利用以外は全て有料です）

◆出展募集
団体・書籍関連商品・パンフレットでの出展を募集しております．

※上記以外の情報については大会ウェブサイトにてご確認ください．

開催セッション一覧表

ユニオンセッション（U）

U-01［E］Great Debate（27 日）
U-02［E］知の創造の価値とは何か（26 日）
U-03［E］Sustainable groundwater management（28 日）
U-04［E］GNSS Tsunami Early Warning（26 日）
U-05［E］人新世・第四紀の気候（24 日）
U-06［E］Open Science（25 日）
U-07［E］Diversity, equality, and equity（25 日）
U-08［E］Challenges for the future (GEOethics)（25 日）
U-09［E］Challenges for the future（25 日）
U-10［E］Linking Education & Research Communities（24 日）
U-11［E］The Science of Living Worlds（24 日）
U-12［J］オープンサイエンス（27 日）
U-13［E］Heliophysics in NASA and JAXA（25 日）
U-14［E］Mars science in NASA and JAXA（27 日）
U-15［E］Earth Science in NASA and JAXA（26 日）
U-16［E］Advances in Disaster Studies（27 日）
U-17［E］Ryugu and Bennu samples（25 日）
U-18［E］Atmospheric and Hydrospheric sciences sciences（26 日）
U-19［E］A deep dive into planetary habitability（26 日）
U-20［E］Earth's interior from the cutting edge（26 日）
U-21［E］Antarctic Environmental Research（25 日）

パブリックセッション（O）

O-01［J］地球惑星科学教材（24 日）
O-02［J］強風災害（24 日）
O-03［J］Advances in Earth and Planetary Science（24 日）
O-04［J］高校生によるポスター発表（24 日）
O-05［J］日本のジオパーク（24 日）
O-06［J］キッチン地球科学（24 日）

宇宙惑星科学（P）

◆惑星科学（PS）
P-PS01［E］Outer Solar System Exploration（25 日・26 日）
P-PS02［E］月の科学と探査（25 日）
P-PS03［E］Shocked meteorites（27 日）
P-PS04［E］Regolith Science（26 日）
P-PS05［E］惑星地震探査学（27 日）
P-PS06［E］Science of Venus（26 日）
P-PS07［E］太陽系小天体：探査他（26 日・27 日）
P-PS08［E］Mars and Mars system（24 日）
P-PS09［J］惑星科学（27 日・28 日）
P-PS10［J］太陽系物質進化（24 日）
◆太陽地球系科学・宇宙電磁気学・宇宙環境（EM）
P-EM11［E］太陽圏・惑星間空間（25 日）
P-EM12［E］A-I Coupling（27 日・28 日）
P-EM13［E］Magnetosphere-Ionosphere（25 日・26 日）
P-EM14［E］Frontiers in solar physics（26 日）
P-EM15［E］Plasma Theory and Simulation（25 日）
P-EM16［E］Magnetospheric Multi Scale（MMS）mission（24 日）
P-EM17［E］宇宙天気・宇宙気候（27 日・28 日）
P-EM18［E］太陽地球系結合過程の研究（27 日）
P-EM19［E］Inner Magnetospheric System（26 日・27 日）
P-EM20［E］Ionosphere New Observation Opportunities（26 日）
P-EM21［E］Surprises from the Subauroral Zone（24 日）
◆天文学・太陽系外天体（AE）
P-AE22［E］系外惑星（28 日）
◆宇宙惑星科学複合領域・一般（CG）
P-CG23［E］Shock responses of planetary materials（25 日）
P-CG24［E］将来探査計画と機器開発（25 日）
P-CG25［E］惑星大気圏・電磁圏（28 日）
P-CG26［J］アルマで惑星科学（27 日）
P-CG27［J］宇宙物質（25 日）

大気水圏科学（A）

◆大気科学・気象学・大気環境（AS）
A-AS01［E］HPC による最新大気科学（24 日）
A-AS02［E］異常天候・災害と気候変動（28 日）
A-AS03［E］Heavy Pollution Chemistry（25 日）
A-AS04［E］AirPollution-Weather/Climate Interaction（25 日）
A-AS05［E］水蒸気と雲システム（27 日）
A-AS06［E］台風（28 日）
A-AS07［E］大気化学（27 日・28 日）
A-AS08［E］成層圏－対流圏相互作用（26 日）
A-AS09［E］Cloud-Resolving Model（25 日）
A-AS10［E］LA and rain over Asian monsoon（26 日）
A-AS11［E］All about aerosol impacts（26 日）
A-AS12［E］Extremes in East Asian monsoon（27 日）
A-AS13［E］NPF/Atmospheric Impacts（26 日）
A-AS14［E］Extreme Events（27 日）
A-AS15［J］ミクロスケール気象（24 日）
◆海洋科学・海洋環境（OS）
A-OS16［E］Ocean renewable energy（24 日）
A-OS17［E］気候変動と予測可能性（25 日）
A-OS18［J］水循環と沿岸域の循環（26 日）
A-OS19［E］Marine ecosystems & biogeochem. cycles（25 日）
A-OS20［E］沿岸における諸物理現象（25 日）
A-OS21［E］海洋力学全般（24 日）
A-OS22［E］Marine sciences in the Indian Ocean（25 日）
A-OS23［E］Atlantic climate variability（25 日）
A-OS24［E］New frontiers of ocean mixing research（28 日）
A-OS25［E］陸域海洋相互作用（27 日）
A-OS26［J］全球海洋観測システム（26 日）
A-OS27［J］海洋化学・生物学（26 日）
A-OS28［J］海洋物理学一般（26 日）
A-OS29［J］国連海洋科学の 10 年計画（26 日）
◆水文・陸水・地下水学・水環境（HW）
A-HW30［E］水循環・水環境（28 日）
A-HW31［E］Modeling and decision support（28 日）
A-HW32［E］水圏の物質輸送と循環（27 日）
A-HW33［E］Water & sediment prediction across scale（26 日）
A-HW34［J］同位体水文学 2020（27 日）
A-HW35［J］水資源と社会のつながり（25 日）
A-HW36［J］都市域の水環境と地質（25 日）
A-HW37［E］地域の気候変動適応策（25 日）
◆雪氷学・寒冷環境（CC）
A-CC38［E］アイスコアと古環境（26 日）
A-CC39［J］雪氷学（27 日）
◆地質環境・土壌環境（GE）
A-GE40［E］物質移行と環境評価（25 日）
A-GE41［E］環境と持続的発展（28 日）
A-GE42［E］Hydrogeology and Ecohydrology（25 日）
A-GE43［E］水文土壌学（25 日）
◆大気水圏科学複合領域・一般（CG）
A-CG44［E］中緯度大気海洋相互作用（24 日）
A-CG45［E］熱帯大気海洋相互作用（24 日）
A-CG46［E］Atmospheric deposition impacts（24 日）
A-CG47［E］Global Carbon Cycle（26 日）
A-CG48［E］地球規模環境変化（24 日）
A-CG49［E］Greenhouse Gas Monitoring from Space（26 日）
A-CG50［E］地球環境科学と人工知能（27 日）
A-CG51［E］衛星による地球環境観測（28 日）
A-CG52［E］Large Ensembles in Climate Research（28 日）
A-CG53［E］Terrestrial monitoring by GEO satellites（27 日）
A-CG54［J］陸域生態系の物質循環（26 日）
A-CG55［J］水循環と陸海相互作用（24 日）
A-CG56［J］サンゴ礁と浅海域生態系（24 日）
A-CG57［J］北極域の科学（28 日）
A-CG58［J］航空機観測（24 日）
A-CG59［J］海洋－大気間生物地球化学（25 日）
A-CG60［J］気候変動適応（24 日）

地球人間圏科学（H）

◆地理学（GG）
H-GG01［J］自然資源・環境（27 日）
◆地形学（GM）
H-GM02［E］Geomorphology（27 日）
H-GM03［J］地形（27 日）
◆第四紀学（QR）
H-QR04［E］Applications of Trapped-Charge Dating（27 日）
H-QR05［J］水中災害考古学（24 日）
H-QR06［J］第四紀（26 日）
◆社会地球科学・社会都市システム（SC）
H-SC07［J］地球温暖化防止 CCUS（28 日）
◆防災地球科学（DS）
H-DS08［E］津波とその予測（26 日）
H-DS09［E］Landslides（27 日）
H-DS10［E］Natural hazard impacts on technosphere（28 日）
H-DS11［E］Submarine landslides（27 日）
H-DS12［J］地質災害（28 日）
◆応用地質学・資源エネルギー利用（RE）
H-RE13［J］資源地質学（25 日）
◆計測技術・研究手法（TT）
H-TT14［E］GIS と地図（英語）（28 日）
H-TT15［E］Environmental Remote Sensing（25 日）
H-TT16［J］環境トレーサビリティー（24 日）
H-TT17［J］環境リモートセンシング（25 日）
H-TT18［J］浅部物理探査（25 日）
H-TT19［J］GIS と地図（28 日）
H-TT20［E］NDT applied to stone cultural heritage（24 日）
◆地球人間圏科学複合領域・一般（CG）
H-CG21［E］Landscape Appreciation（27 日）
H-CG22［E］デルタとエスチュアリー（24 日）
H-CG23［E］堆積・侵食・地形発達（24 日）
H-CG24［E］持続可能な未来（25 日）
H-CG25［E］混濁流（25 日）
H-CG26［E］Supercritical-flow and their deposits（25 日）
H-CG27［E］Future Earth（28 日）
H-CG28［J］原子力と地球惑星科学（26 日）
H-CG29［J］地域復興における科学（26 日）
H-CG30［J］考古科学（24 日）
H-CG31［J］海岸低湿地（24 日）
H-CG32［J］原子力のリスクと地球科学（26 日）
H-CG33［J］災害リスク統合研究（25 日）
H-CG34［J］社会活動と地球惑星科学（24 日）
H-CG35［J］閉鎖生態系の構築と応用（24 日）

固体地球科学（S）

◆測地学（GD）
S-GD01［E］GGOS（25 日）
S-GD02［J］測地学（25 日）
◆地震学（SS）
S-SS03［E］Seismological advances in the ocean（24 日）
S-SS04［E］強震動・地震災害（27 日・28 日）
S-SS05［E］Innovative seismicity analysis methods（28 日）
S-SS06［E］Active faults and Paleoseismology（27 日）
S-SS07［E］地震予知予測(仮)（28 日）
S-SS08［E］地震活動とその物理（28 日）
S-SS09［E］Induced and Triggered Seismicity（27 日）
S-SS10［E］Rethinking PSHA（27 日）
S-SS11［J］地殻構造（26 日）
S-SS12［J］地震波伝播（24 日）
S-SS13［J］地震活動（27 日）
S-SS14［J］地殻変動（24 日）
S-SS15［J］地震物理・断層レオロジー（25 日）
S-SS16［J］活断層と古地震（27 日・28 日）
S-SS17［J］地震全般（25 日）
◆固体地球電磁気学（EM）
S-EM18［E］Paleomagnetism and rock magnetism（25 日）
S-EM19［E］Earth and planetary magnetism（26 日）
S-EM20［E］EM survey technologies & achievements（24 日）
S-EM21［J］EM induction and Tectono-EM（24 日）
S-EM22［J］Geomagnetism and paleomagnetism（25 日）
◆地球内部科学・地球惑星テクトニクス（IT）
S-IT23［E］惑星内部での液体の特性（27 日）
S-IT24［E］Magma and fluid transport（27 日）
S-IT25［E］Mantle structure and dynamics（26 日）
S-IT26［E］核ーマントル共進化（24 日・25 日）
S-IT27［E］Oceanic lithosphere and asthenosphere（27 日）
S-IT28［E］Thermochemical tomography of the mantle（24 日）
S-IT29［E］ジオダイナミクス東アジア（26 日）
S-IT30［E］Continental and oceanic collisions（27 日）
S-IT31［E］惑星中心核（24 日）
S-IT32［E］Do plumes exist?（27 日）
◆地質学（GL）
S-GL33［E］日本・東アジアの地質（27 日）
S-GL34［J］年代学・同位体（26 日）
◆資源・鉱床・資源探査（RD）
S-RD35［E］鉱床成因と探査（27 日）
◆岩石学・鉱物学（MP）
S-MP36［E］鉱物の物理化学（28 日）
S-MP37［E］Supercontinents and crustal evolution（27 日）
S-MP38［E］変形岩と変成岩（28 日）
S-MP39［E］Subduction Processes（26 日）
S-MP40［E］Subduction modeling and the rock record（27 日）
◆火山学（VC）
S-VC41［E］Magmatic Timescales（27 日）
S-VC42［E］噴火ダイナミクス（28 日）
S-VC43［E］Magma crystallization and fragmentation（28 日）
S-VC44［J］火山の熱水系（27 日）
S-VC45［J］活動的火山（25 日・26 日）
S-VC46［J］火山防災（27 日）
S-VC47［J］火山・火成活動と長期予測（24 日）
◆固体地球化学（GC）
S-GC48［E］Volatiles in the Earth（26 日）
S-GC49［J］固体地惑化（25 日）
◆計測技術・研究手法（TT）
S-TT50［E］SAR とその応用（26 日）
S-TT51［E］地震観測・処理システム（26 日）
S-TT52［E］ベイズ地震データ解析（25 日）
S-TT53［E］空中計測（26 日）
S-TT54［E］HPC と固体地球科学（25 日）
◆固体地球科学複合領域・一般（CG）
S-CG55［E］岩石・鉱物・資源（26 日）
S-CG56［E］オマーン掘削プロジェクト（27 日）
S-CG57［E］沈み込み帯研究の新展開（25 日）
S-CG58［E］Science of slow earthquakes（26 日・27 日）
S-CG59［E］表層変動と年代学（26 日）
S-CG60［E］機械学習＠固体地球科学（25 日）
S-CG61［E］東北沖地震十年間の成果（24 日）
S-CG62［E］沈み込み帯へのインプット（26 日）
S-CG63［E］変動帯ダイナミクス（27 日・28 日）
S-CG64［E］地殻ーマントル（26 日）
S-CG65［E］New collaborations in Deep Earth Studies（26 日）
S-CG66［J］海洋底地球科学（27 日・28 日）
S-CG67［J］地殻流体と地殻変動（27 日）
S-CG68［J］活断層による環境形成（26 日）
S-CG69［J］レオロジーと破壊・摩擦（27 日）
S-CG70［J］地震動・地殻変動即時解析（25 日）
S-CG71［J］深部マグマ供給系（26 日）

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］Gas hydrates（28 日）
B-BG02［J］生命ー水ー鉱物ー大気（26 日）
◆生物地球化学（BC）
B-BC03［E］生命圏フロンティア（27 日）
◆古生物学・古生態学（PT）
B-PT04［E］Biomineralization and Geochemistry（27 日）
B-PT05［E］Biotic History（24 日）
◆地球生命科学複合領域・一般（CG）
B-CG06［E］地球史解読（26 日）
B-CG07［E］顕生代生物多様化（26 日）

教育・アウトリーチ（G）

G-01［E］Amazing STEAM technologies/capabilities（24 日）
G-02［J］総合的防災教育（24 日）
G-03［J］小・中・高・大学の教育（24 日）
G-04［J］地球惑星科学アウトリーチ（24 日）

領域外・複数領域（M）

◆ジョイント（IS）
M-IS01［E］津波堆積物（27 日）
M-IS02［E］Changes in Northern Eurasia（25 日）
M-IS03［E］Tectonics in subduction zone（28 日）
M-IS04［E］An asteroid impact in SE Asia at 0.8 Ma（26 日）
M-IS05［E］新生代アジアモンスーン（28 日）
M-IS06［E］ダスト（27 日）
M-IS07［E］水惑星学（24 日）
M-IS08［E］古気候・古海洋変動（24 日・25 日）
M-IS09［E］Pre-earthquake processes（28 日）
M-IS10［E］Upper atmospheric effects of lightning（27 日）
M-IS11［E］地球掘削科学（24 日）
M-IS12［E］XRF コアスキャナー（27 日）
M-IS13［E］海底～海面の貫通観測（25 日）
M-IS14［E］遠洋域の進化（24 日）
M-IS15［E］南大洋・南極氷床（25 日）
M-IS16［E］Rifting to breakup: Causes and Effects（25 日）
M-IS17［E］Astrobiology（28 日）
M-IS18［E］Data Integration（25 日）
M-IS19［E］Geosite & cultural heritage conservation（26 日）
M-IS20［J］大気電気学：雷関連現象（27 日）
M-IS21［J］ジオパーク（25 日）
M-IS22［J］宇宙地球 PT 生命の起源（24 日）
M-IS23［J］結晶成長・溶解（27 日）
M-IS24［J］山の科学（24 日）
M-IS25［J］生物地球化学（25 日）
M-IS26［J］地震・火山電磁気現象（27 日）
M-IS27［J］地球流体力学（24 日）
M-IS28［J］歴史学×地球惑星科学（27 日）
M-IS29［J］泥火山×化学合成生態系（24 日）
M-IS30［J］海洋プラスチック（26 日）
M-IS31［J］惑星火山学（25 日）
M-IS32［J］ガスハイドレート（26 日）
◆地球科学一般・情報地球科学（GI）
M-GI33［E］Data assimilation（25 日）
M-GI34［E］Groundwater Resources Conservation（27 日）
M-GI35［E］Panthalassa-Pacific History（25 日）
M-GI36［E］Open Science（26 日）
M-GI37［E］GEO- 科学と社会利用（25 日）
M-GI38［E］Open & FAIR Physical Samples（25 日）
M-GI39［J］データ駆動地球惑星科学（25 日）
M-GI40［J］計算惑星（26 日）
M-GI41［J］情報地球惑星科学（25 日）
◆応用地球科学（AG）
M-AG42［E］CTBT IMS Technologies（25 日）
M-AG43［E］Application Usability Levels (AULs)（24 日）
M-AG44［J］放射性核種環境動態（24 日）
M-AG45［E］Satellite Land Products（28 日）
◆宇宙開発・地球観測（SD）
M-SD46［E］Effects of lightning and tropical storms（27 日）
M-SD47［J］Future Missions of Earth Observation（27 日）
◆計測技術・研究手法（TT）
M-TT48［E］雪氷圏地震学（28 日）
M-TT49［E］人新世高精細地形地物情報（24 日）
M-TT50［E］Distributed Fiber Optic Sensing（25 日）
M-TT51［J］地球化学の最前線（26 日）
M-TT52［J］低周波が繋ぐ多圏融合物理（28 日）
◆その他（ZZ）
M-ZZ53［E］Renewable Energy（26 日）
M-ZZ54［E］Communicating Hazard and Risk（27 日）
M-ZZ55［J］文化地質（26 日）
M-ZZ56［J］地球惑星科学の科学論（24 日）
M-ZZ57［J］海底マンガン鉱床（24 日）

学術会議だより

第 24 期地球惑星科学委員会活動報告

日本学術会議地球惑星科学委員会 委員長　藤井 良一（情報・システム研究機構）

2020 年に入り第 24 期の日本学術会議地球惑星科学委員会の活動も本年 9 月までの 8 ヶ月となりました．本年も皆様のご理解とご協力・ご支援をよろしくお願いいたします．

前回の「学術会議だより」（JGL, Vol. 15, No. 3, pp 7-10, 2019）以降の日本学術会議地球惑星科学委員会に関連する活動についてご報告いたします．

まず委員会活動についてご報告いたします．学術会議の委員会開催予算の都合もあり，地球惑星科学関連の委員会・分科会の多くは 2019 年 12 月下旬に集中して開催されました．地球・人間圏分科会が 2019 年 9 月 12 日と 12 月 21 日に，SCOR 分科会は 12 月 23 日に，地球惑星科学委員会と地球・惑星圏分科会合同委員会と国際連携分科会が 12 月 24 日に，人材育成分科会と社会貢献分科会が 12 月 25 日に開催され，活動報告や検討・議論等が活発に行われました．

委員会及び分科会活動の重要な役割の一つとして提言や報告の表出があります．今回の地球惑星科学委員会と地球・惑星圏分科会の合同委員会で，以下の 4 つの提言 ① 地球・惑星圏分科会地球観測将来構想小委員会（委員長：高薮　縁） 提言「持続可能な人間社会の基盤としての我が国の地球衛星観測のあり方」，② 地球惑星科学委員会地球・人間圏分科会（委員長：春山成子）提言「災害が激化する時代に地域社会の脆弱化をどう防ぐか」，③ 地球惑星科学委員会 人材育成分科会（委員長：木村 学） 提言「初等中等教育および生涯教育における地球教育の重要性：変動する地球に生きる素養として」，④ 地球惑星科学委員会（委員長：藤井良一）及び地球・惑星圏分科会（委員長：田近英一） 報告「地球惑星科学分野における科学・夢ロードマップ（改訂）2020」について，分科会における検討・承認状況が報告され，了承されました．これらに加えて，社会貢献分科会（委員長：高橋桂子）も自然災害・危機管理・情報発信・教育の充実等に関する意思表出を検討しています．

分科会主催シンポジウムとしては，地球・人間圏分科会が公開シンポジウム「地球環境変動と人間活動－世界各地で急速に深刻化する地球温暖化の影響と対策－」（2019 年 12 月 21 日）を主催し，SCOR 分科会が他の分科会や学協会と共主催で公開シンポジウム「国連の持続可能な海洋科学の 10 年－One Ocean の行動に向けて－」（2019 年 11 月 6 日）とシンポジウム「日本の海洋科学 : 現在と将来」（2019 年 9 月 25 日）を開催しました

科学者委員会研究計画・研究資金検討分科会（以下「検討分科会」と呼ぶ）が策定する「第 24 期学術の大型研究計画に関するマスタープラン」（マスタープラン 2020）は，前回ご報告したように 2019 年 2 月 1 日から 3 月 29 日にかけて公募が行われ，検討分科会の下に第一部，二部及び三部の分野別委員会ごとに設置された評価小分科会で評価が行われました．地球惑星科学分野の大型研究計画についても，地球惑星科学委員会委員から選ばれた委員からなる地球惑星科学分野の大型研究計画評価小委員会（委員長：田近英一地惑委副委員長）で，JpGU2019 ユニオンセッションの公開ヒアリング「大型研究計画とマスタープラン 2020」における参加者による審査も参考にして，評価が実施され分野内の順位が決められました．全分野の評価の結果は検討分科会に集約され，大型研究計画の選定が行われるとともに，選定された大型研究計画の中から「重点大型研究計画選定のためのヒアリング」に進む課題が選定され，9 月 14 日から 16 日にヒアリングが実施されました．地球惑星科学分野に関連する課題（下記表を参照）からは 5 課題がヒアリングに進みました．ヒアリングでの評価を基に検討分科会が重点大型研究計画の選定を行い，2020 年 1 月に大型研究計画及び重点大型研究計画を提言として公表されました．

毎年地球惑星科学委員会が JpGU のユニオンセッションで実施している「地球惑星科学の進むべき道」ですが，2020 年は 5 月 27 日（水）午前に第 10 回目として「ビッグデータとオープンサイエンス」をテーマに開催します．科学の急速な発展は，膨大なデータを生み出している現在，科学的成果のオープンなアクセスに 1 次データとサンプルまで含むべきとの認識が急速に広がっており，研究機関，学会などのデータとサンプル保存システムが問われています．ジオサイエンス分野の現状と課題，今後の展望について議論する予定ですので，ぜひご参加をお願いいたします．

日本学術会議地球惑星科学委員会は，今後も JpGU 及びその構成員である学協会の皆様と今まで以上に緊密に連携し，地球惑星科学分野の発展のための支援を行って参ります．本年も皆様のご理解とご協力・ご支援をよろしくお願いいたします．

表　ユニオンセッション「大型研究計画とマスタープラン 2020」（JpGU2019）で発表があった地球惑星科学分野及び関連する融合領域に申請された 12 課題．ヒアリング課題（2019.9.14 ～ 16）は左端の記号で示す（★：地球惑星科学分野，●：融合領域分野）．（注意：大型研究計画への申請の研究課題名は下記研究名から改定されているものがある．また申請者名も下記の発表者名とは異なっている場合がある．）

	1	太陽地球系結合過程の研究基盤形成	山本　衛
	2	Development of the global earth observation system using satellites	本多 嘉明
★	3	航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進	小池　真
★	4	深海アルゴフロートの全球展開による気候・生態系変動予測の高精度化	日比谷 紀之
	5	極域科学の新展開：氷床変動に起因する海水準上昇予測のための拠点観測	中村 卓司
●	6	革新的 “質量分析技術” 開発で拓く宇宙・地球・生命科学	寺田 健太郎
	7	宇宙・地球研究資料のアーカイブ化とキュレーションシステムの構築	小宮　剛
●	8	リアルタイム観測・大深度掘削・高圧実験の統合による沈み込み帯 4D 描像	木下 正高
●	9	地球惑星科学・諸科学・社会とのインテリジェントミュオグラフィ連携研究基盤構築	田中 宏幸
	10	惑星探査コンソーシアムプロジェクト	林　祥介
	11	彗星アストロバイオロジー探査サンプルリターン（CAESAR）における日本からの貢献	中村 智樹

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 2019 年 12 月 27 日（金），高校生のための冬休み講座を東京大学理学部小柴ホールにて実施した．今回はテーマを「ミクロから探る地球と宇宙」とし，“ミクロな石から探る太陽系のでき方”について橘省吾先生（東京大学）に，“岩石に住むミクロな生物の世界”について鈴木庸平先生（東京大学）に，それぞれお話しいただいた．来場者のおよそ 4 割は意欲ある中学生で占められており，質疑の時間の後にも中・高校生が先生を質問攻めにしている姿が印象的であった．

さて講演であるが，はじめに橘先生から「リュウグウの石にきいてみたいこと」というタイトルで，探査機「はやぶさ 2」がなぜ小惑星リュウグウをめざしたのか，何をそこで発見したのかということを分かりやすく解説していただいた．太陽系がいつどのように始まったのか，地球の海や生命の材料はどこからきたのかについても，童話など中高生にも親しみやすい題材を交えてお話しいただいた．とくに，小惑星リュウグウや探査機の画像を使った臨場感満点のお話しに，中高生たちも一様に興奮していた．次に鈴木先生から「岩石の中で生きる微生物は始原的？それとも究極の進化形？」というタイトルでお話しいただいた．地下 4 km の岩石中に生息する微生物の紹介に始まり，原始の地球に生命がどのように誕生したのかといったお話しがあった．最古の生命の子孫が，実は地下深く岩石の中に生き延びているかもしれないという最新研究を解説いただいた．最後は，ウランを使って呼吸する驚くべき生命や，近い将来の火星の生命探査に関するお話しもあった．初めて聞く話が満載で，中高生たちは驚きに顔を輝かせていた．

来場者の中には，「はやぶさ 2」，太陽系の起源，生命の起源に興味をもって勉強してきた高校生たちもいたようで，多くの鋭い質問も飛び出し，また講座の満足度も極めて高かった．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 にアップされるので，ご興味のある皆様もぜひご視聴いただきたい．

図　講演の様子．

NEWS

全国高校地学教育関係者情報交換会 開催報告

教育検討委員会副委員長　宮嶋 敏（埼玉県立熊谷高等学校）

2019 年 11 月 23,24 日，東京大学大学院教育学研究科にて同研究科附属海洋教育センター後援のもと，標記会合を実施した．

2022 年に始まる次期高校学習指導要領では「地学基礎」が存続し，現在の履修状況（履修率 25％超）が続く見通しである．しかし依然として高校地学教員の採用は全国的に少なく，世代ごとの教員数の不均衡も指摘されており，これまで蓄積されてきた高校地学の授業実践研究の成果などの継承が中断される危機が迫っている．

この対策の一つとして，全国各地の高校地学教育関係者の間でネットワークを構築し，協力体制を作ることが考えられる．今回の会合は，その足掛かりを目指し，広く参加の呼びかけを行った．その結果，全国 21 都道府県から 81 名の参加があり，年代別では 20 代 4 名，30 代 16 名，40 代 22 名，50 代 20 名，60 代 19 名と，各年代から万遍なく参加があった．

図　ワークショップの様子．

初日，まず最初に「様々な状況下での高校地学教育の実践」という総合題目で，教員数や履修率の大きい県と小さい県，特別支援教育，教科書編集の観点から 5 人の招待講演が行われた．続いてワークショップ I では，「参加者の実践と課題意識の共有」を目的に，8 人程度の班に分かれ，自己紹介・活動紹介を 2 回戦行い，各々が十数人の方と交流する機会を得た．

2 日目のワークショップ II では「ワークショップ I で出された課題の解決に向けた意見交換」と題して，次の 5 つを課題意識として絞り，各自の希望で分かれ議論を行った．

①教師支援（専門外教員，ベテランから若手へ）のネットワーク
②教授法に関して（主体的・探究的な活動をどう展開するか，ICT の活用）
③地学の内容（スタンダードな地学，物化生との連携，地学とは，暗記でない地学）
④防災教育と地学（地学教員は何ができるか．自然災害に特化した地学の是非）
⑤学校外の活動からの地学支援（地学オリンピック，地学部，高大連携）

最後に，各グループでの議論の報告があった．終了後のアンケートでは，得られたネットワークを生かし，今後，課題の解決に向けて協力していきたいとの声が多く寄せられた．

連合 30 年の思い出(1)：2002 年夏の出来事

浜野 洋三（東京大学名誉教授）

日本地球惑星科学連合（JpGU）は本年（2020 年）で 30 周年を迎えます．1990 年 4 月に東京工業大学大岡山キャンパスを会場として開催された地球惑星科学関連合同大会（以下，合同大会）に始まる学術研究集会が，さまざまな危機を乗り越えて 30 年間途切れることなく続けて来られたのは，関係された非常に多くの皆様の不断の努力があったおかげです．この大会の継続なくしては，現在の JpGU は存在しなかったであろうことは明らかです．この間の JpGU の歴史についての記録は今後残していくことになると思いますが，本誌において，30 年間のいろいろな局面でおこった事件・できごとなどについての皆様の思い出や感想・考察などを掲載することで，地球惑星科学分野全体を代表し，学協会の連合体としての機能を持つ巨大学会として，JpGU の誕生がなぜ可能だったのかという疑問への答えが，あぶり出されればと思います．

まず 30 年間を概観するため，この期間の合同大会・連合大会への参加者数と参加学会数の推移のグラフを示します（図 1）．参加者数は 当初の 1,000 名あまりから始まって 2020 年には 8,000 名に及ぶだろうと予測しています．この変動には，地球惑星科学コミュニティをとりまく社会情勢の変化とコミュニティ内部の改革や意識の変化，そして大会運営側の取り組みなどが影響し，それぞれの転機の時期にはさまざまなドラマがあったと思います．

私自身は，この 30 年間では，1）大学 LOC として合同大会開催を担える大学がなくなってしまい，合同大会の継続が危うくなった時期（2000 年春），2）大会開催 10 ヶ月前になっても会場が決まらず，大会の休止も検討された時期（2002 年夏），3）惑星科学，地球物理学，地質学，鉱物学，地理学など地球惑星科学分野全体に関わる多くの学会が一同に介して，過去には例のない，学会間の連携のあり方についての話し合いが始められた時期（2004 年秋），が最も強く記憶に残っています．これらのどの一つも，対応の仕方を誤れば，JpGU は存在していなかったと考えています．この中から，本稿では 2）の 2002 年夏のできごとについて，紹介させていただきます．

上記 1）の結果，2001 年からの大会は，地球惑星科学関連合同大会運営機構（以下，運営機構）という組織で運営され，大会開催のための経費は，受益者負担の原則のもと，大会参加者の支払う参加費，投稿料のみで，まかなわれていました．これが可能だったのは，会場として文部省所管のオリンピック記念青少年総合センターの施設が使えたことです．オリンピックセンターは大会開催に必要な十分な大きさと部屋数を持ち，設備や施設の利用料が大学並に安価でした．

一方で，問題点は，このセンターの設立目的のため青少年団体の利用が優先され，我々のような一般団体は，青少年団体の予約を受け付けた後，10 ヶ月前からしか利用申し込みができないことでした．そして 2002 年大会終了後の 7 月，2003 年大会の会場予約の際に，この心配が現実となりました．大会に必要な部屋数の半分程度しか確保できなかったのです．運営機構の収入は，大会開催による収入のみのため，1 回の大会の中止はすぐに運営機構の破産につながります．急いで他の会場を探しましたが，この頃の合同大会の開催規模（80–90 セッション）でも，必要な部屋数を確保できる施設は少なく，また商用の施設では，会場費が高すぎるところがほとんどでした．

さまざまな調査や交渉，検討の結果，幕張メッセ国際会議場との交渉がまとまりました．この会場を使用した場合，前年程度の参加者がないと大幅赤字になることが問題でした．突然の変更であること，従来の日程と会期がずれること，会場が都心から離れていることなどのため，参加者が大幅に減少する可能性がありました．一方で，幕張メッセ国際会議場は，数年先まで会場を予約することができ，大会開催に必要な設備とそのメンテナンスを含めて会場側に委託できるために運営側の負担が軽減されるというメリットがあります．

運営機構での真剣な検討の結果，どちらにせよ破綻するのなら前向きの道を選び，2003 年に幕張メッセ国際会議場を使用して開催することに決定しました．ただし，決断に時間を要したため，皆様への会場変更のお知らせは，2002 年 10 月になってしまいました．

2003 年の大会の結果は，グラフにあるように，皆様のご協力により参加者数減は僅少で，財政面での破綻は防げました．また，2003 年以降，2008 年ごろまでの間に，大会参加者がほぼ倍増し，加盟学会数も急増しています．この結果は，学術会議の改組などのいろいろな社会状況の変化と，加盟学会の会員の意識の変革があったためでもありますが，会場変更により，余裕を持った大会運営ができるようになったことも，JpGU を発展させるための原動力の一つであったと思います．

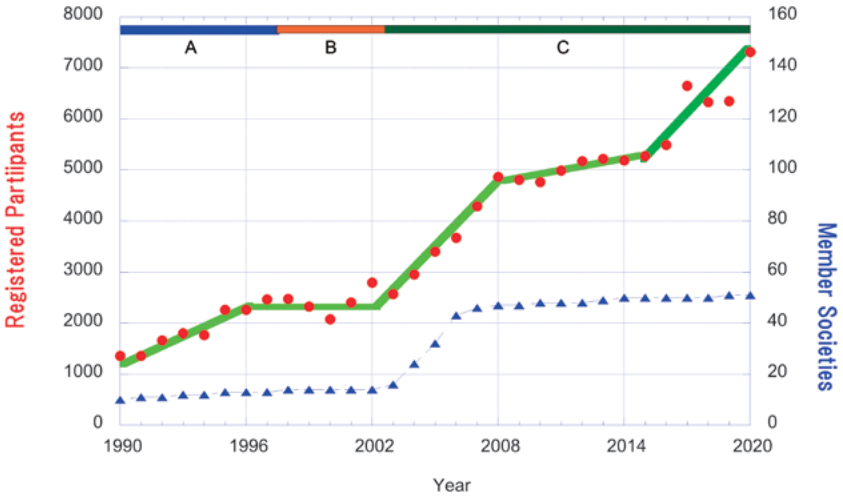


図　1990 年から 2020 年までの大会参加者数と参加学協会数の推移．2020 年大会については予測値．
A: 各大学キャンパス，B: 代々木 オリンピックセンター，C：幕張メッセ国際会議場は大会会場を示す．

JGL Japan Geoscience Letters

地球温暖化で成層圏大気の流れが変化

海洋研究開発機構　河谷 芳雄

私たちが住んでいる対流圏の上空には，雲のない青々とした成層圏と呼ばれる世界が広がっている．成層圏には，赤道付近で西風と東風が約 28 ヶ月の周期で交代している準 2 年振動という大規模な振動現象がある．また南北方向には赤道域で上昇し，南北両半球に広がり，高緯度で下降する地球規模の循環がある．地球温暖化の影響は対流圏に留まらず，これら成層圏での大気循環にも及んでいることがわかってきた．

成層圏大気の流れ

最初に成層圏大気の流れについて説明する．図 1 (a) に緯度－高さ方向の大気の流れを矢印で示す．大気は下層から対流圏，成層圏，中間圏に分けられ，成層圏と中間圏はまとめて中層大気と呼ばれる．成層圏では赤道域で上昇し，そこから南北両半球に広がり，高緯度で下降するブリューワー・ドブソン循環 (BD 循環) と呼ばれる地球規模の循環が存在する．BD 循環は熱帯域で作られるオゾン等の大気微量成分を中高緯度域へ運ぶ，極めて重要な成層圏循環である (BD 循環が止まると，赤道域で作られたオゾンが中高緯度上空に運ばれず，紫外線増加により人類は住めなくなる)．なお，中間圏では夏極から冬極へと流れる循環がある．

赤道域の成層圏では，東風と西風が平均 28 ヶ月の周期で交代する大規模な東西方向の循環が存在し，準 2 年振動 (Quasi-Biennial Oscillation: QBO) と呼ばれる．図 1 (b) に高度 25 km における赤道域成層圏の東西方向の大気の流れを示す．左から順に 2009 年 1 月，2010 年 4 月，2011 年 5 月の東西風で，28 ヶ月の間に西風，東風，西風と変わっている．このダイナミックな振動現象が QBO である．QBO は 1960 年に見い出され，2020 年に発見 60 周年を迎える．QBO に伴う東西風の向きは，高度方向にも変化する．図 1 (c) は赤道上空における東西風の時間－高度変化を示したものである．矢印の大きさは風の強さ，赤が西風，青が東風を表す．縦軸は高度で，右に行くほど時間が経過する．西風と東風は，まず高い場所に現れ，時間とともに低い場所へ移動し，高度 18 km 付近で消滅している．

図 1 (a) の等値線は，高度 40 hPa 面を基準にした QBO 東風位相から西風位相を引いた時の東西風の差で，陰影は西風偏差，陰影のない等値線は東風偏差を表す．QBO に伴う西風・東風位相の変化は，成層圏極渦 (極域に形成される大規模な西風の渦) の強さを変え，中高緯度の対流圏ジェット，地表面気圧配置やストームトラック (低気圧の通り道) の分布を変化させる．例えば英国では QBO 西風位相時に，低気圧活動が活発で洪水が起きやすいことが報告されている．最近では MJO (Madden-Julian Oscillation：赤道対流圏で数千 km スケールを持つ対流活動の群れ) は QBO 東風の時に活発で，MJO の気象予報精度は QBO 東風の方が良いこともわかってきた．QBO の影響はさらに上空の高度 85 km 付近にある中間圏の循環にまで及んでいる．このように QBO は南極～赤道～北極，地表～高度 100 km に及ぶ広範囲の力学・化学過程に影響を及ぼし，気象予報精度とも関連する，極めて重要な現象である．

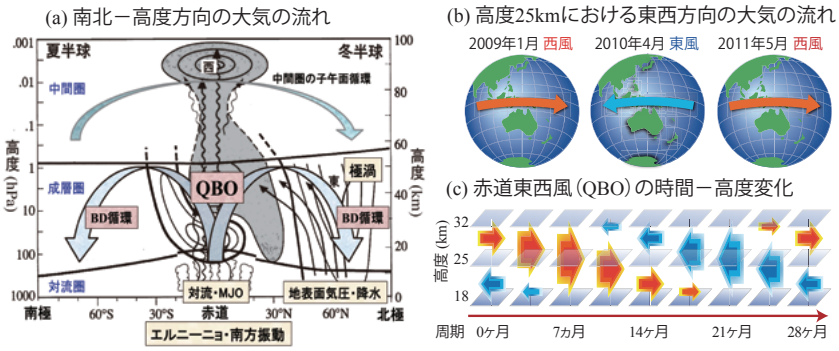


図 1　(a) 成層圏－中間圏の南北－高度方向の大気の流れ．下から対流圏，成層圏，中間圏に分かれている．成層圏の矢印は BD 循環を示す．等値線は，高度 40 hPa 面を基準にした QBO 東風位相から西風位相を引いた時の東西風の差で，陰影は西風偏差，陰影のない等値線は東風偏差を表す．(b) 高度 25 km における赤道域の東西風．赤が西風，青が東風．左から順に 2009 年 1 月 (西風)，2010 年 4 月 (東風)，2011 年 5 月 (西風)．(c) 赤道上空における東西風の時間－高度変化．矢印が大きいほど風が強いことを示す．西風と東風は，時間の経過とともに高い場所から低い場所へ移動し，高度 18 km 付近で消滅する．

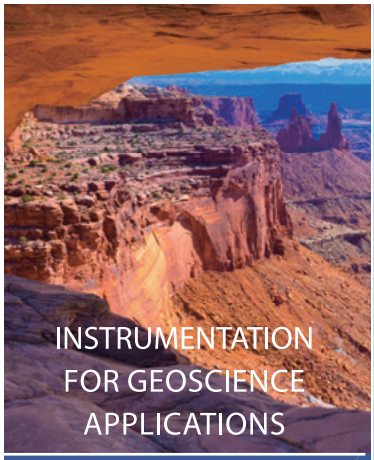
温暖化に伴う成層圏循環の変化

観測データを調べることで各種現象の特徴とその要因を理解することできるが，地点観測の数・分布には制限があり，衛星観測では精度よく風を測ることは難しい．また当然のことながら観測データは過去に限られる．そのため，気候変動を予測する際には気候モデルが有用である．気候モデルは全球を細かな格子点に分けて，それぞれの点で風・温度・水蒸気量などを計算する (天気予報で使われている数値モデルと原理は同じ)．気候モデルに温室効果ガスの将来変化の情報などを与えて，気候の予測計算がなされる (渡部，2018)．

現在，世界中の主要な気候モデルのほぼ全てが，地球温暖化に伴って成層圏 BD 循環が強まると予測している．地表面温度の経年変化等から地球温暖化は既に始まっていると考えられるため，実際に BD 循環が近年強まっているかどうかを各種観測データ解析から検証する試みがおこなわれてきた．しかしながら，BD 循環に伴う赤道域上昇流は 0.2−0.4 mm/s 程度と蟻が歩く速度 (10−100 mm/s) より遅く，現在の観測技術ではその直接観測は不可能である．また大気微量成分から見積もられる BD 循環のトレンドは不確実性が大きく，複数の再解析データ (観測データを数値予報モデルに同化して作成した全球気象データ) 間で表現される BD 循環もばらつきが大きいため，気候モデルの予測が正しいかどうかの検証は非常に難しい．

図 1 (a) で見られるように QBO と BD 循環に伴う赤道域上昇流は同じ領域に存在している．図 2 に現在気候と温暖化気候における QBO の特徴を示す．BD 循環に伴う赤道域上昇流は，QBO が上から下に下りるのを妨げる働きをする．現在気候における QBO は，赤道上昇流に対抗しながら，高度約 18 km に位置する対流圏界面付近まで下りている．しかしながら，地球温暖化に伴って赤道域上昇流が強まると，QBO が対流圏界面付近まで十分に下りることができなくなり，結果として高度 19 km 付近の QBO は弱くなる．

赤道上昇流の長期トレンドを検出可能な直接観測データはないが，気球を用いた東西風のゾンデ観測には長期にわたる良質なデータが揃っている．東西風データを用いて QBO の振幅変化を解析することで，赤道域上昇流



MS3 帯磁率計
・ PCと接続してデータ収録。
・ プローブとの組み合わせにて使用。
・ 1cc/10cc サンプル用、コアロギング、表面スキャン用など様々なプローブ。
・ PDAと共に屋外にて使用可能。

Mag-13 3軸磁気センサ
・ 測定範囲: 最大±1000μT
・ ノイズレベル: <6pTrms(@1Hz)
・ 水深5000mまでの環境にて使用できるタイプ、アンパッケージドモデルもあります。
・ 地磁気のモニタリング、電磁法探査などに使用できます。

その他、グラディオメータやヘルムホルツコイルなどを取り扱っております。

Bartington™ Instruments

ロックゲート株式会社
www.rockgateco.com
e-mail: info@rockgateco.com
TEL: 03-6284-4567

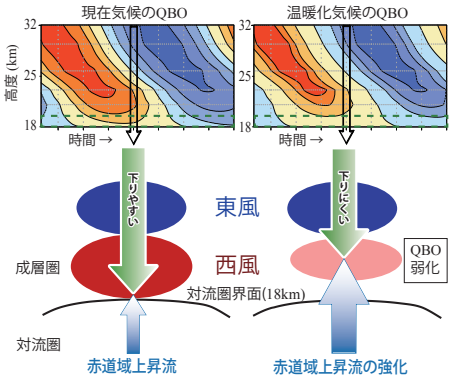


図 2 （上）現在気候と温暖化気候における QBO の時間－高度断面図. 赤が西風，青が東風. 緑点線は高度 18−19 km 領域.（下）QBO と赤道域上昇流の模式図. 温暖化にともなって赤道域上昇流が強まると，QBO が低い場所まで十分に下りることができなくなり，高度約 19 km 付近で QBO が弱まる.

の長期変化の考察が可能になる. 図 3 (a) に 1953 年以降継続的に観測されているシンガポール上空の東西風データから得られた，高度 19 km 付近における QBO 振幅の時間変化を示す. QBO 振幅は数十年規模の変動を伴いながら，統計的に有意な減少傾向を示している. もっとも 1 箇所の地点観測データだけでは，データの系統誤差や，観測機器の変更がトレンドに影響している可能性を完全には除外できない. そこで赤道域の世界中の地点観測データを集めて解析したところ，QBO 振幅の時間変化のトレンドが解析可能な 6 箇所すべてで，同様な減少傾向を示していることが確認された.

次に同じ解析手法を用いて気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第 5 次評価報告書で用いられた気候モデルデータ CMIP5 を用いて，高度 19 km における QBO 振幅と赤道域上昇流の長期変化を解析した結果を図 3 (c, d) に示す. QBO は気候モデルで再現させるのが最も難しい現象の 1 つであり，CMIP5 に参加した約 50 種類のモデル中，QBO を表現している気候モデルはドイツ，アメリカ，日本（2 モデル）の計 4 モデルのみであった. これらすべてのモデルで 20 世紀から 21 世紀にかけて QBO が弱まり，赤道上昇流が強まっている. CMIP5 では温暖化を伴わない実験もおこなわれており，同データを解析したところ図 3 の変化は見られず，QBO と赤道上昇流の変化は地球温暖化が原因であることが裏付けられた.

上記結果は観測データを用いて，地球温暖化のシグナルは我々が住んでいる対流圏より遥か上空の成層圏 QBO という現象にも現れていることを示すとともに，気候モデルで予測されていた BD 循環の強化を，観測データから間接的ではあるが初めて立証したものである（Kawatani and Hamilton 2013）. 成層圏における地球温暖化のシグナルは，気温の低下として現れることは周知であるが，QBO の弱化・BD 循環の強化といった形でも現れていたのである.

今後の展望

2015 年に世界の主要な QBO 研究者を集めて国際共同研究に関するブレインストーミングがおこなわれ，各々の研究機関で独自に進められてきた QBO モデル研究に転機が訪れた. QBO を表現している 17 種類の気候モデルを集めて，同じ実験設定のもと，(i) 現在気候の QBO 再現性，(ii) 温暖化気候における QBO 変化，(iii) QBO の季節予報可能性，を調べる研究が始まった（QBOi 国際プロジェクト：Butchart *et al.*, 2018）. (ii) の温暖化実験データを解析したところ，温暖化に伴い全てのモデルで QBO 振幅は弱化し，先行研究と一致した結果が得られた. 一方で QBO 周期の変化はモデル間で大きなバラつきが見られた. この原因は各モデルに組み込まれている重力波パラメタリゼーション（理論・経験則に基づいて重力波を定式化. 一

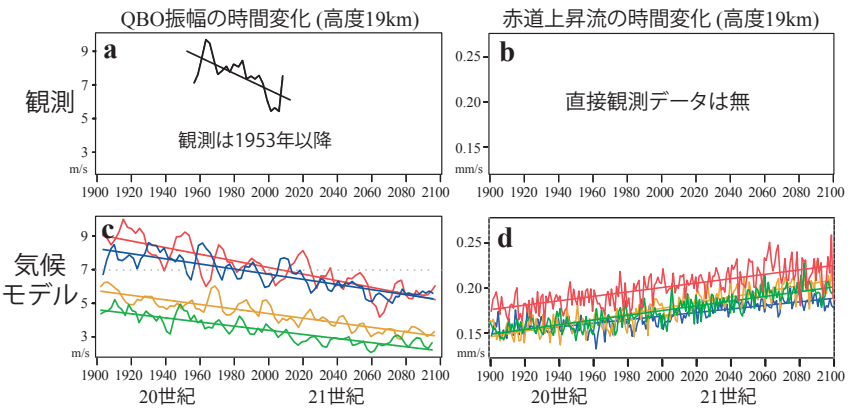


図 1 高度約 19km における（左）QBO 振幅と（右）赤道域上昇流の変化. (a, b) が観測データ，(c, d) が 4 種類の気候モデルによる計算結果. 20 世紀から 21 世紀にかけて QBO 振幅は弱まり，赤道域上昇流は強まる様子が見られる.

般に重力波活動の時間変化や地理分布を考慮しないなどの様々な過程を含む）の振る舞いに強く依存することが判明した．

温暖化時の重力波パラメタリゼーションの挙動について，未来の観測データによる検証は不可能である．しかし，最近の研究から，QBO 周期はラニーニャ期と比べてエルニーニョ期に短くなり，その原因は QBO 駆動に効果的な重力波が熱帯域で多く生成されるためであることがわかった．これらを踏まえ，QBOi プロジェクトの新実験として，(iv) エルニーニョ・ラニーニャ実験が立ち上がった．各モデルにおける重力波パラメタリゼーションの挙動を各種観測データから精査することで，気候モデルの不確実性低減に資する知見が得られることが期待される．

近年，世界中の現業数値予報モデルは成層圏・中間圏まで含むようになり，天気予報スキルの向上に貢献している．季節予報で世界一の精度を誇るヨーロッパ気象局（ECMWF）では2015年からQBOハインドキャスト実験（過去の事例をモデルで予測し，系統誤差の補正などを通じて予報精度を上げる試み）が開始され，季節予報に対する QBO の重要性が指摘され始めた．

ここ数年間で，QBOi，成層圏再解析比較国際プロジェクト（S-RIP），成層圏－対流圏系の熱帯対流系への影響（SATIO-TCS）など，新たな成層圏関係の国際プロジェクトが次々と立ち上がっている．現在作成中の IPCC 第 6 次報告書で新たに用いられる CMIP6 気候モデル群では，成層圏・中間圏まで含むモデル数が激増し，QBO を表現するモデルも格段に増えている．最新の観測データと数値実験を組み合わせた様々な視点からの研究により，対流圏－成層圏－中間圏相互作用と，それらの気候変動に伴う変調の理解がより一層進むと考えられる．

—参考文献—
渡部雅浩（2018）絵で分かる地球温暖化，講談社 .

Kawatani, Y. and K. Hamilton（2013）*Nature*, **497**, 478-481.

Butchart *et al.*（2018）*Geosci. Model. Dev.*, **11**, 1009-1032.

■一般向けの関連書籍
廣田 勇（1992）*グローバル気象学*，東京大学出版会.

著者紹介 河谷 芳雄 *Yoshio Kawatani*
国立研究開発法人海洋研究開発機構　主任研究員
専門分野：大気科学．主に対流圏－中層大気に存在する力学現象に着目した研究をおこなっている．
略　　歴：東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻博士課程修了，博士（理学）．海洋研究開発機構ポストドクトラル研究員，研究員を経て現職．日本気象学会山本正野論文賞，日本気象学会賞，地球惑星科学振興西田賞受賞．

TOPICS　地震学

スラブ内地震 ～地球深部の破壊現象～

東京工業大学 理学院　中島 淳一

プレートテクトニクスにより，海底面の起伏や山地・山脈の形成，地震の発生，マグマの生成など地球上の地学現象の多くが統一的に解釈できるようになった．しかし，稍深発地震・深発地震内地震については，沈み込むスラブの中で発生しているという意味ではプレートテクトニクスの枠組みで説明できるが，数～ 20 GPa という高い圧力下で地震が発生する物理メカニズムは未解明である．近年，スラブ内地震の震源パラメータの高精度決定や含水鉱物の変形特性，相転移に伴う力学特性などの研究の進展により，地下深部での破壊現象であるスラブ内地震の理解が徐々に進んできた．

スラブ内地震の謎

1920 年代後半から 1930 年代にかけて，深さ 300 km を超える深い地震の発生が環太平洋地域で相次いで報告され，地球内部の対流境界に沿うすべりが地震の原因であるなど，いくつかの解釈がなされてきた．1960 年代後半にプレートテクトニクスが提唱されると，深い地震は沈み込むプレート（スラブ）内で発生している地震であるという自然な解釈がなされるようになった．スラブ内地震は深さ 300 km までは深さとともに減少するが，マントル遷移層（約 410 km 以深）で再び増加するという特徴がある（図 1a）．深さ 300 km 以浅の地震を稍深発地震，それ以深の地震を深発地震とよぶことも多い．

スラブ内地震の発生深度では圧力が数～ 20 GPa と極めて高く，通常の断層運動は難しいと考えられている．なぜそのような深部で地震が起こるのか，これがスラブ内地震の本質的な謎である．これまでに地震波観測，室内実験，数値シミュレーションなどによりスラブ内地震の発生を説明する複数のモデルが提案されてきたが，深さにより異なる地震発生モデルを提唱している研究が多い．

水が地震を引き起こす？

スラブ内地震の発生を説明する有力なモデルに「脱水脆性化説（脱水不安定説）」がある．脱水脆性化説は含水鉱物の脱水反応によって生じた水による有効法線応力の低下によって地震（脆性化）が起こるというモデルである．脱水脆性化説は，従来は含水鉱物の脱水反応の瞬間またはその直後に地震が起こるという意味で使われてきたが，最近では脱水反応によって生じた水が周囲の断層に浸透し，その強度を下げることで地震が発生することも含めた広い意味で用いられることが多い．

世界の沈み込み帯において，地震観測網が整備されるにつれて，地震波トモグラフィ解析の空間分解能が向上し，スラブ内地震と不均質構造が極めてよい対応を示すことが徐々に明らかになってきた．図 2 は東北地方中央部で得られたスラブ地殻内の P 波速度の深さ変化と地震活動の関係である．局所的に地震活動が活発な深さ 70－90 km で P 波速度が特に遅く，地震活動の低下する深さ 100 km 以深で P 波速度は徐々に速くなるという特徴がある．観測された P 波速度は深さ 100 km 以深では中央海嶺玄武岩で期待される理論的な速度とほぼ一致するが，それ以浅では観測値の方が有意に低い．P 波

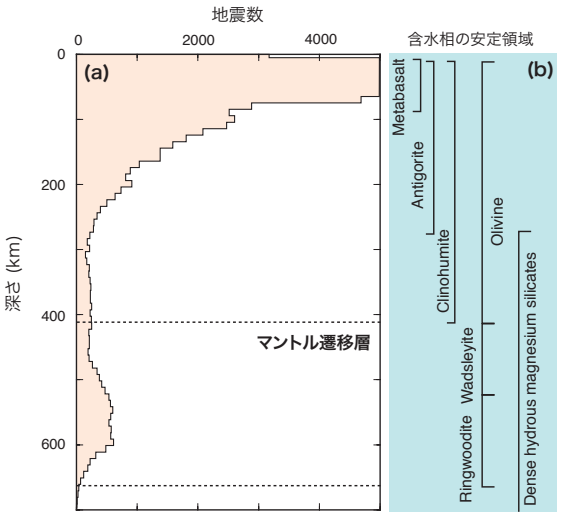


図 1　(a) 地震の深さ分布，(b) 含水鉱物の安定領域（Green *et al.*, 2010 を一部改変）

速度が著しく低下している深さで地震活動が活発であるという観測事実は，脱水脆性化説を強く支持している．スラブ地殻だけではなく，スラブマントルにおいても地震波低速度域と地震活動がよく対応するという報告もあり，少なくても深さ 200 km までのスラブ内地震については脱水脆性化説と矛盾しない結果が得られている．

熱的不安定と相転移による力学的不安定

スラブ内地震の発生メカニズムは他にも提唱されている．その一つに熱的不安定説がある．スラブ内の局所変形で発生する熱に比べて熱の拡散が十分に遅い場合，その熱により塑性変形がさらに促進される．この変形と発熱の正のフィードバックにより生じる速いすべりが地震であるというモデルが熱的不安定説である．このメカニズムが効果的に働くのは温度 600–800℃程度の範囲とされている．温度が低いと速い変形（熱の発生）が起こらず，温度が高すぎると熱的フィードバックが有効でないため，局所的な変形が起こらないためである．この温度範囲はスラブマントルで発生している地震の温度条件と同程度であるため，スラブマントルの地震の有力なモデルの一つとされている．このモデルでは水の存在は不要であり，スラブ内地震でしばしば観測される高い応力降下量や低い地震波放射エネルギー効率と矛盾しない．1994 年のボリビアの深発地震（深さ 631 km，Mw8.2）の断層すべりも熱的不安定によって説明されている．

深さ 300 km までほぼ一様に減少する地震がマントル遷移層で増えることから，マントル遷移層に特化した相転移断層説が提唱されている．マントル遷移層ではカンラン石の結晶構造が変化し，より高密度なウォズレアイトやリングウッダイトに相転移する．カンラン石からウォズレアイトへの相転移は深さ約 410 km で起こるが，周囲よりも温度が低いスラブ中心部では，準安定的なカンラン石相がより深部まで存在し得る．この準安定カンラン石相が相転移する際の体積減少が原因で，力学的不安定（地震）が起こるというモデルが相転移断層説である．このモデルはカンラン石の相転移が起こりうる深さ（マントル遷移層）での地震を説明することはできるが，それ以浅スラブ内地震の原因にはなり得ないという問題がある．

最近，室内実験によりマントル遷移層以浅であっても，蛇紋石の脱水反応に伴う体積減少による力学的不安定により地震が発生するというモデル（脱水反応に伴う応力擾乱）が提唱された．蛇紋石の相転移はスラブマントル内の広い深さ範囲で起こるため，このモデルはスラブマントルの地震の発生を説明できる可能性がある．

対立仮説？

ここまで紹介してきたように，主なスラブ内地震の発生モデルには，水がある領域にのみ適用できる「脱水不安定説」，ある温度範囲で効率的に働く「熱的不安定説」，相転移の体積減少による力学的不安定のうちマントル遷移層にのみ適用できる「相転移断層説」と広い深さ範囲にも適用可能な「脱水反応に伴う応力擾乱」などがある．いくつかのモデルはその適用範囲が限定的であり，別のモデルは適用のための必要条件がある．

これまでの地震波観測や室内実験では，少なくともスラブ地殻の地震は脱水脆性化で説明できるとする研究がほとんどであるが，スラブマントルの地震については熱的不安定モデルを提唱している研究も多い．地殻とマントルで地震の発生メカニズムはほんとうに異なるのであろうか．多くの研究では，脱水脆性化と熱的不安定は対立仮説のように語られる．しかしながら，脱水脆性化は震源と含水鉱物の相境界，観測された低速度域の関係などから，熱的不安定は震源断層の平均的な震源パラメータや露頭での断層観察などから提案されたモデルであり，相反する仮説ではない．また，地震の発生（断層すべり）には差応力（等方的ではない応力状態）が必要であり，相転移の体積減少による力学的不安定が差応力を生じる要因として働いていると考えると，これらも脱水脆性化説や熱的不安定説と対立しない．準安定カンラン石相の形成には無水条件が必要であるとの議論もあるが，含水したスラブであっても水に不飽和な条件であれば，準安定カンラン石相の存在とは矛盾しないという実験結果もあり，少量の水の存在と準安定カンラン石相の発達も両立できる可能性が高い．

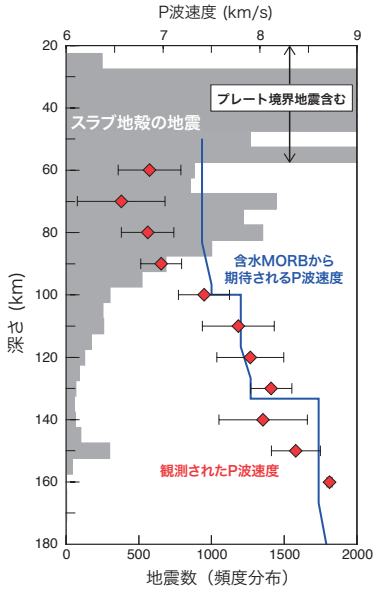


図 2　スラブ地殻内の地震活動と P 波速度分布（Shiina *et al.*, 2013 を一部改変）．

熱的不安定の寄与と地震の多様性

最近，著者らのグループは太平洋スラブ内の深さ約 350 km で発生している 2 つの相似地震グループの波形を詳細に解析した．各グループの地震は震源の並びとメカニズム解から同一断層面上の隣り合う領域の破壊であると解釈できるが，断層破壊時の地震波放射エネルギー効率は同じグループ内の地震であっても異なることが明らかになった．つまり，スラブの特性（温度・圧力など）が同じと考えられる同一断層面上の隣り合う領域であっても，破壊の動的プロセスが異なるのである．スラブ内地震の多様性を理解する上で重要な観測事実であると考えている．

世界の沈み込み帯で観測されているスラブ内地震のほとんどは含水鉱物が存在できる温度・圧力条件で起こっている（マントル遷移層でもリングウッダイトが最大で 1% もの水を含む可能性が指摘されている）（図 1b）．地震が起こる場所には少なからず水があり，その水によって断層面のある一部でせん断強度が低下し，破壊が開始するのでは

ないだろうか．そこでは広域応力に加えて，相転移による応力擾乱が破壊を誘発する場合もあるであろう．一旦始まった破壊は，熱的不安定によりさらに促進される．しかし，熱的不安定の寄与は断層面の形状や粒径，断層の成熟度などの影響を受けるため，結果として「熱的不安定の効き方」に差が生じると考えると，スラブ内地震の震源パラメータの多様性も理解できる．

スラブ内地震の発生メカニズムの理解を高度化するためには，スラブ内のどこにどのくらいの水があるのか，熱的不安定の寄与は何によってコントロールされているのか，深発地震にみられる震源の非ダブルカップル成分（流体の移動や体積変化などの断層運動以外の成分）の原因はなにか，なぜ 700 km 以深では地震は起こらないかなどの未解明の問題に対して，地震波観測，室内実験，数値シミュレーションなどから包括的にアプローチすることが不可欠である．さらなる研究の進展が待たれるところである．

地震から月震，火震へ

アポロ計画により，月でも深い地震（深発月震）が 700–1300 km の深さで発生していることがわかっている（それ以外にも浅い地震や隕石衝突による震動，昼夜の温度差により地表付近で起こる熱月震など）．深発月震の原因は地球による潮汐力が原因であると考えられてきたが，地震波（月震波）トモグラフィ解析によれば深発月震は高速度領域内，または高速度領域と低速度領域の境界部付近に多く分布する傾向にある（趙ほか, 2017）．深発月震の発生は潮汐力だけではなく，構造不均質もその要因の一つであることが示唆される．また，スラブ内地震と深発月震の比較から，月震発生域に流体が存在する可能性も指摘されている．

火星においては 1975 年に打ち上げられたバイキング 2 号に搭載された地震計で火震（火星の地震）によると推測されるシグナルが観測されたが，風によるノイズの可能性も否定できていなかった．一方，2018 年 11 月に火星に着陸した探査機インサイトによって観測された震動は，深い亀裂が何本も走る地溝帯に沿って発生した火震が原因であると発表された．火星内部でも何らかの破壊現象が生じていることは間違いないようである．地球におけるスラブ内地震の理解を通して月震・火震の原因に迫ることで，地球以外の惑星・衛星の内部構造を知る手がかりを得ることができるであろう．地震学から月震学，火震学への発展を期待したい．

—参考文献—

Green, H.W. *et al.* (2010) *Nature*, **467**, 828.

Shiina, T. *et al.* (2013), *Geophys. Res. Lett.*, **40**, doi:10.1002/grl.50468.

趙 大鵬ほか (2017), 地学雑誌, **127**, 619.

■一般向けの関連書籍

中島淳一 (2018)「*日本列島の下では何が起きているのか*」, 講談社ブルーバックス.

著者紹介 中島 淳一 *Junichi Nakajima*

東京工業大学理学院地球惑星科学系 教授

専門分野：地震学，固体地球物理学．研究内容：地震波形の解析により，沈み込み帯の地震・火山テクトニクスの研究を行っている．最近のおもな研究テーマは，地震発生と水の関わりや火山の深部構造である．

略　歴：東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻博士課程修了．同助手（助教），准教授を経て現職．

TOPICS 地球生命史

冥王代の地球史解読・最古の生命の痕跡

東京大学 大学院総合文化研究科　小宮 剛

現在，地球上にはおよそ 870 万種の真核生物が生息しているという．さらに，全生物となるとその数は膨大なものとなるであろう．そうした生命がいつ，どこで，どのように出現し，その後，どういった長い進化の道を辿って今に至ったのかという問いは地球科学のみならず自然科学の究極の問題であろう．

初期生命の地質学的研究において近年二つの大きな進展があった．一つは分析技術の進歩で，最新の微小部分析技術や高精度の同位体分析技術により，冥王代の生命の痕跡が得られ始めている．二つ目は，いくつかの太古代最初期の地質体が新たに認識されたことである．そうした太古代の最初期の地層から生命の証拠が見出され，生命の誕生は冥王代にまで遡れることが示唆されている．

冥王代の生命の証拠

地球の歴史は冥王代，太古代，原生代，顕生代の 4 つに区分される．冥王代（Hadean）はギリシア語で冥界を意味する“Hades”に由来し，岩石記録が残されておらず五里霧中な時代を，冥界の霧に覆われた世界になぞらえた．そのため，この時代に生命がいた地質学的証拠を得ることはこれまで不可能と考えられてきたが，最近，生命の存在を示唆する物質学的証拠が報告された．

一つは，西オーストラリアのジャックヒルズ礫岩から分離されたおよそ 1 万粒の砕屑性ジルコンに，一粒だけ 12C に富み，生命活動起源と考えられる炭質物包有物を含む 41 億年前（冥王代）の年代を持つジルコンが存在することが示されたことである．様々な微小部分析によって，のちの時代の混入の可能性は低いと考えられ，どのようなプロセスで花崗岩から晶出したジルコン中に生命由来の炭質物が混入したのかといった点は検討される必要はあるが，現在最も信頼できる冥王代の生命の証拠と言えよう．また，アカスタ片麻岩体の花崗岩質片麻岩（～ 40 億年前）から硫黄の四種同位体の非質量同位体分別異常が発見された．花崗岩はそれ以前に存在した玄武岩や堆積岩の溶融で生じるため，その同位体分別は表層に生息していた硫酸還元菌を含む堆積岩が花崗岩形成の際に取り込まれたことを示しており，生命活動が冥王代にまで遡ることを示唆する．

イスア表成岩帯

イスア表成岩帯（37 ～ 38 億年前）は西グリーンランド南部に存在する原太古代の地質体で（図 1），変成度が緑色片岩相から角閃岩相下部程度と比較的低く，変形の程度も弱いため，地球表層環境や生命進化に関する多くの研究がされてきた．特に，炭質物の炭素同位体といった化学的指標のみならず，生物由来と考えられる有機分子も報告されており，初期地球の生命環境をよりよく残していることが期待されている．最近，これまで厚い雪に覆われ調査がされていなかった場所からストロマトライト構造が報告され（Nutman *et al.*, 2016），活発な議論がされている．その構造は上下に非対称な構造をしており，上面はほぼ等間隔に並んだ三角形や半円状の凸型で，下面は水平な形態をもつ（図 1）．若い時代のストロマトライトでは内部に縞状構造が見られるが，本地域のストロマトライトにはそのような構造は見られず，粗粒な炭酸塩からなるモザイク状組織からなる．堆積後の再結晶作用で，そのような初生構造は失われてしまったのかもしれない．これがストロマトライト構造だとすると少なくとも二つの点で重要な示唆を与える．一つは，堆積場が光の届く浅海であったこと，二つ目は光合成をしていた生物が生息していた可能性があることである．原太古代の地質体から表層大気に十分な酸素が存在していた証拠は見つかっていないため，H2, H2S, Fe2+ を用いた非酸素発生型の光合成生物が生息していた可能性がある．

ヌブアギツック表成岩帯

ヌブアギツック表成岩帯（～ 38 億年前）は 2000 年代中頃に原太古代の地質体であることが発見され，形成年代が 38 億年前か 42 億年前かで活発な議論がされている地質体である．これまでに発見された原太古代の生命の証拠の多くは化学指標によるものであり，原太古代の地質体から形態を残す化石が見つかっていないということが，この時代の化石研究の問題点とされているが，最近 Dodd *et al.*（2017）がヌブアギツック表成岩帯中の縞状鉄鉱層中から若い時代の鉄酸化細菌に似た構造を報告した（図 1）．この発見によって化石自体の年代測定や形態と化学組成を組み合わせた研究が可能となり，より信頼度の高い原太古代の生物種の特定につながることが期待されている．私たちの露頭観察によれば，その縞状鉄鉱層には玄武岩溶岩流の上に堆積したもの（図 1 ③）と脈状に産するもの（図 1 ④）がある．今後，地質学的産状と化石形態や化学組成との関係が明らかになることが待たれる．

ヌリアック表成岩

ラブラドル半島北東部のサグレック岩体は，花崗岩質片麻岩と表成岩（溶岩や堆積岩など地球表層で形成した岩石）などから構成される原太古代～中太古代の地質体である（図 2A-C）．変成度は角閃岩相から下部グラニュライト相（590 ～ 720°C）で，場所ごとに異なる．本地域の花崗岩質片麻岩と表成岩は約 34 億年前のサグレック岩脈との貫入関係によって二つのグループに大別され，サグレック岩脈より古いグループはウイバック片麻岩とヌリアック表成岩類と呼ばれる．ヌリアック表成岩類は超苦鉄質岩，玄武岩質火山岩，化学沈殿岩（縞状鉄鉱層，炭酸塩岩やチャート）と砕屑性堆積岩（泥質岩，礫岩）からなり，ウイバック片麻岩（の原岩）に貫入されている．最近，St. John's Harbour の南側の花崗岩質片麻岩が約 39.3 億年前の火成年代を持ち，それに貫入されているヌリアック表成岩類は 39.3 億年前より古いことが示された．

私たちは，泥質岩，礫岩，炭酸塩岩と炭酸塩岩中のチャート塊の 54 試料から炭質物を発見した（Tashiro *et al.*, 2017）．そして，変成鉱物の鉱物組み合わせやザクロ石 - 黒雲母地質温度計によって見積もられた岩石が受けた変成温度と，グラファイトの結晶化度から推定した炭質物が受けた温度が調和的であることから，炭質物が後の時代（変成作用後）に混入したものではないことを確認した．礫岩や泥質岩中の炭質物は数十～数百ミクロンの大きさで，堆積構造に沿うように鉱物の粒界あるいは鉱物中に存在する．また，チャート塊には球状炭質物も存在した（図 3A）．

図 3B は泥質岩，礫岩，炭酸塩岩と炭酸塩岩中のチャート塊の全岩有機炭素同位体値，炭酸塩岩の無機炭素同位体値と全岩有機炭素含有量の関係を示す．炭素同位体値は同位体比が既知の標準試料との千分率偏差として表現される（$\delta^{13}C \equiv (^{13}C/^{12}C)_{試料} / (^{13}C/^{12}C)_{標準物質} - 1) \times 1000$）．炭酸塩岩の無機炭素同位体値は −3.8 ～ −2.6 ‰，一方，泥質岩，礫岩，炭酸塩岩およびチャート塊の全岩有機炭素同位体値は −28.2 ～ −6.9 ‰であった．炭酸塩岩やチャート塊の有機炭素同位体値（−15.3 ～ −6.9 ‰）は比較的高く，一方で泥質岩や礫岩は低い有機炭素同位体値（−28.2 ～ −11.0 ‰）を持つ．また，泥質岩の有機炭素同位体値は，全岩有機炭素含有量と弱い負の相関が見られ，全岩有機炭素含有量の多い試料ほど，比較的低い有機炭素同位体値を示す．図 3C は変成度と泥質岩の有機炭素同位体値や全岩有機炭素含

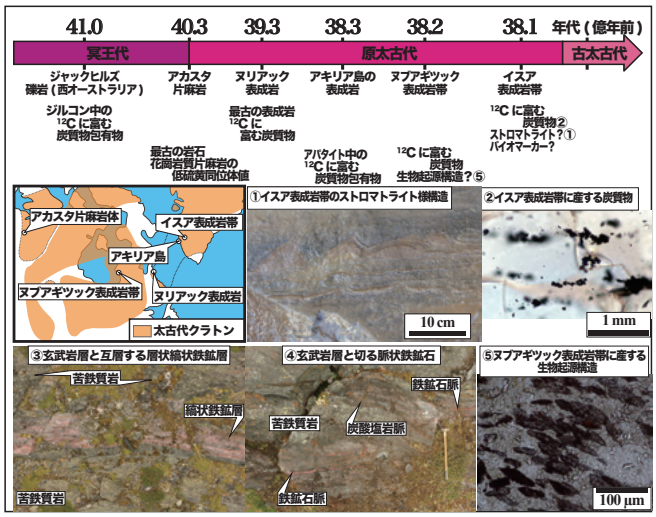


図 1　冥王代～原太古代の生命の証拠のまとめ．

図 2　カナダラブラドルサグレック岩体の位置と調査地域（A, B, C），調査地域の様子（D），炭質物を含む泥質岩の露頭写真（E）と縞状鉄鉱層の露頭写真（F）．

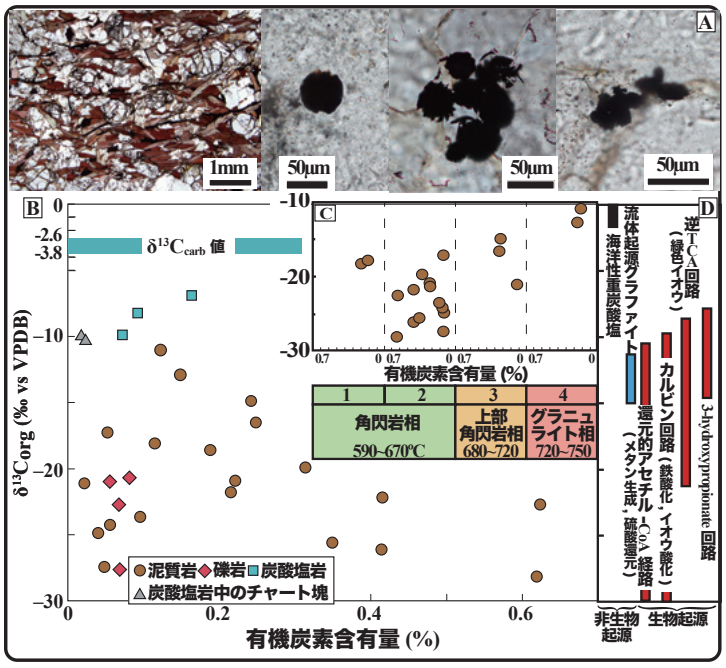


図 3　炭質物の産状（A），全炭素含有量と炭素同位体比の関係（B），炭素同位体比と変成度の関係（C），生物起源と非生物起源プロセスによって生じた炭質物や炭酸塩の炭素同位体値の範囲（D）．

有量との関係を示しており，変成度の高い地域の試料ほど有機炭素同位体値が高い傾向が見られた．

炭酸塩岩の無機炭素同位体値は一般に後の変質によって低くなることから，当時の海洋中の炭酸イオンの $\delta^{13}C$ 値は最低でも −2.6 ‰であったと考えられる．また，流体包有物からの晶出や炭酸塩の分解など無機的に生じた炭質物は，0 ～ −15 ‰と比較的高い炭素同位体値を持つ．一方，独立栄養生物は炭素固定の際に軽い同位体を選択に同化するため，炭素固定回路に依存して，−20 ‰以下の低い値を持つ（図 3D）．ヌリアック表成岩類の礫岩や泥質岩は−20 ‰以下の低い全岩炭素同位体値を持ち，−28.2 ‰に達するものも存在する（図 3B）．さらに，その同位体値は炭素含有量とは負の相関（図 3B），変成度とは正の相関が見られることから（図 3C），変成作用時の有機物の分解によって，軽い同位体（^{12}C）が選択的に失われたと考えられる．その場合，炭質物の炭素同位体値の初生値は−28.2 ‰以下であったと考えられる．海洋の無機炭酸イオンと有機炭素の炭素同位体値の差（炭素同位体分別係数）は 25.6 ‰以上となることから，その有機炭素は還元的アセチル−CoA 経路やカルビン回路等の代謝分別経路を経て生じたと考えられる（図 3D）．これまで 38.1 億年前の堆積岩中の炭質物が最古の生命の証拠とされてきたので，この研究によって 1 億年以上更新されたこととなる．窒素や鉄等の生元素同位体組成や有機物結合金属元素の分布など，さらなる分析評価を重ねることで，当時の海洋に生息していた微生物種の特定につながることが期待される．

地 質試料に基づく初期生命研究の展望

最近，原太古代の地質体や露頭の新たな発見とこれまで見過ごされてきた火成岩や火成鉱物の軽元素同位体分析によって，初期地球の生命の物質学的証拠の発見が相次いだ．そして，それらの発見は原太古代初めにはすでに現生生物と同程度の代謝機能を持つ微生物が存在していたことを示しており，生命が誕生してから十分に時間が経っていることを強く示唆する．つまり，生命の起源は冥王代（の中頃）にまで遡るのであろう．これまでの研究では冥王代の生命や初期生命は仮想のものであって，実在の物質を研究することは，不可能とされてきた．しかし，こうした発見によって，生命必須微量元素分析や重元素同位体を用いた冥王代生命の代謝機能および生物種の同定が現実的なものとなってきた．地質学的にも明るい話題と言える．今回紹介した 3 地域や露頭は 15 年前には認識されていなかったものである．原太古代の地質体はすべて様々な年代・岩相からなる複合岩体である．こうした地質体を丹念に調査することにより，さらなる冥王代物質が発見されることが期待される．

—参考文献—
Dodd, M. S. *et al.*（2017）*Nature*, **543**, 60-64.
Nutman, A. P. *et al.*（2016）*Nature*, **537**, 535-538.
Tashiro, T. *et al.*（2017）*Nature*, **549**, 516-518.

■一般向けの関連書籍
田近英一（2019）*46 億年の地球史*, 三笠書房.

著者紹介　小宮 剛 *Tsuyoshi Komiya*
東京大学 大学院総合文化研究科
専門分野：地質学．太古代～初期カンブリア紀の地質体の地質，岩石学，地球化学および古生物学的研究から地球と生命の共進化を解読する研究をおこなっている．
略　　歴：東京工業大学理工学研究科博士課程修了．東京工業大学理工学研究科助教・准教授，東京大学総合文化研究科・准教授等を経て，現職．著書（共著）に「地のフィールドガイド 科学の最前線を歩く（東京大学教養学部編）」（白水社）などがある．

JpGU-AGU 2020
Venues outside regular oral session sites
Open Colloquium セッション
U-13 ～ U-20
展示場の Hyperwall で開催するセッションです
ぜひお気軽にお立ち寄りください
SHIRASE 5002 船上セッション
U-21
船橋港に停泊している元南極観測船 SHIRASE5002 でのセッションです
船内見学も予定しております

INFORMATION

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等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．本誌は，地球惑星科学に関連した大学や研究機関の研究者・学生に無料で配布しておりますので，そうした読者を対象とした PR に最適です．発行は年 4 回，発行部数は約 3 万部です．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.jpgu.org/publication/ad.html

【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@jpgu.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.jpgu.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．

投　稿　締　切　：2020 年 2 月 18 日 17:00
早期参加登録締切　：2020 年 5 月 08 日
※通常参加登録（早期割引無し）は大会当日まで可能です

JpGU AGU2020
24–28 MAY
CHIBA, JAPAN

Contact
日本地球惑星科学連合事務局
http://www.jpgu.org/meeting_j2020/

JpGU Meeting　Contact

2020 will mark the 30th anniversary of Japan Geoscience Union

JGL
Japan Geoscience Letters

日本地球惑星科学連合ニュースレター

日本地球惑星科学連合ニュースレター　Vol.16, No.1

発行日：2020 年 2 月 1 日

発行所：公益社団法人日本地球惑星科学連合
〒 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
Email　office@jpgu.org
URL　http://www.jpgu.org/

編 集 者：広報普及委員会
編集責任　田近 英一
編集幹事　橘 省吾
デザイン：(株)スタジオエル
http://www.studio-net.co.jp/
印 刷 所：秋田活版印刷株式会社

Japan Geoscience Union
Earth, Planetary, and Space Sciences
30th Anniversary
Challenges for the next generation

表紙画像：国際宇宙ステーションから撮影された地球大気圏 ©NASA.