



地球環境史学会

Paleosciences Society 8th annual meeting



過去から現代、そして未来へ・・・

PALEO

第8回地球環境史学会年会 講演要旨集

(Vol. 10, No.1)



PALEO¹⁰
Paleosciences Society

第8回 地球環境史学会年会

開催日程：2022年11月4日（金）、5日（土）

開催場所：東京大学 柏キャンパス 大気海洋研究所 大気海洋研究棟

世話人：阿部 彩子(代表)、黒田 潤一郎、松崎 賢史、宮入 陽介、吉森 正和、
横山 祐典、白井 厚太郎、原田 尚美、平林 祥子

行事担当：高橋 聡、池上 隆仁

1. 日程

【1日目】2022年11月4日（金）

13:00—14:00 総会

14:00—14:30 受付開始

14:30—16:45 トピックセッション【T1-T6】 [講堂]

より優れた古環境解釈の構築へ ～プロキシとモデルの開発～
Beyond the traditional paleoceanography

16:45—17:20 各賞表彰式

17:30—18:30 ポスターセッション【P1-P11】 [1F エントランスホール]

【2日目】2022年11月5日（土）

09:00—10:00 ポスターセッション【P1-P11】 [1F エントランスホール]

10:00—11:00 レギュラーセッション【R1-R3】 [講堂]

11:15—12:15 レギュラーセッション【R4-R6】 [講堂]

12:15—13:30 昼食休憩

13:30—15:10 レギュラーセッション【R7-R11】 [講堂]

15:20—17:00 レギュラーセッション【R12-R16】 [講堂]

17:10— 発表賞表彰・閉会の辞 [講堂]

17:30 閉会

2. 会場とアクセス

東京大学 柏キャンパス 大気海洋研究所 大気海洋研究棟

住所： 277-8564 千葉県柏市柏の葉 5-1-5

アクセス方法：<https://www.aori.u-tokyo.ac.jp/access/index.html>

- ・ つばエクスプレス「柏の葉キャンパス」駅西口 1 番のりば より東武バス利用。「東大西」下車。
- ・ 平日はシャトルバスの運行もあり



- ・ 受付, コーヒーブレイク 2 階講堂前室
- ・ 総会, 講演, 口頭発表会場 2 階講堂 (注: 講堂内飲食禁止)
- ・ ポスター会場, 企業展示 1 階エントランスホール



2F 講堂前室



2F 講堂(ハイブリッドシステムあり)



1F エントランスホール

東京大学イベント開催ガイドライン <https://www.u-tokyo.ac.jp/content/400189398.pdf>

食事処：

キャンパス内 (平日営業)：海洋研究棟 1F「はま」寿司，学内食堂，売店など。

近隣：うどん市，洋麺屋五右衛門，築地銀だこ，くら寿司，ヨークマート (スーパー) など。

ホテル：

三井ガーデンホテル柏の葉，ホテルトリフィート，ホテルサンオーク，三井ガーデンパークサイド

3. 口頭発表とポスター発表について

口頭発表者

- ・ 現地での口頭発表者はラップトップやタブレットをご持参ください。
- ・ 各 20 分（発表 15 分以内、4 分間の質疑応答、最後の 1 分は発表者切り替え）
- ・ 現地での接続端子は HDMI か mini D-Sub15 ピンが利用できます。
- ・ オンライン発表者は Zoom での接続となります。
Zoom へのアクセスの情報は行事係からの連絡と年会ウェブサイト参照して下さい。

ポスター発表者

- ・ ポスターは A0 縦サイズでご準備ください。
- ・ オンライン発表へのアクセスの情報は行事係からの連絡と年会ウェブサイト参照して下さい。
- ・ 年会当日のコアタイム中（11 月 4 日の 17:30～18:30 及び 11 月 5 日の 9:00～10:00）には、オンラインポスター発表者用に Zoom 会場にブレイクアウトルームを設けますので発表資料や補足資料を使って発表と議論を行って下さい。

企業展示：1F に企業展示ブースを設置します。ぜひお立ち寄りください。

4. ネットワークについて

大気海洋研究所内では無線 LAN の Eduroam が使用できます。事前にご自身の所属大学、研究機関でアカウントを取得していただき、年会会場ではそのアカウントで Eduroam に接続してください。ゲストアカウントを用意しておりますが、数に限りがあります。ゲストアカウントが必要な方は、受付でお申し付けください。

5. 会費について

一般会員 ¥1000, 一般非会員 ¥3000,

学生会員 無料, 学生非会員 ¥1000,

- ・ なるべくお釣りの無いようご協力ください。
- ・ 非会員の方も、当日ご入会手続きをしていただけますと、会員価格での参加費となります。

6. 第8回環境史学会年会プログラム

☆は優秀発表賞の候補

1日目(11/4) トピックセッション

座長：阿部、横山

14:30-14:50【T1】過去150万年間の大気中二酸化炭素濃度を解明

山本 正伸(北海道大学)、Steven C. Clemens(ブラウン大学)、関 宰(北海道大学)、
土屋 優子(北海道大学)、Yongsong Huang(ブラウン大学)、大石 良太、阿部 彩子(東
京大学)

14:50-15:10【T2】約750万年前の地球寒冷化に伴う日本海の海洋循環と化石生物の絶滅

松崎 賢史(東京大学)、池田 昌之(東京大学)、多田 隆治(千葉工業大学)

15:10-15:30【T3】有孔虫記録を基にした海洋環境の精密推定—環境プロキシとしての有用性と課題

黒柳 あずみ(東北大学)

15:30-15:45 休憩

座長：吉森、松崎

15:45-16:05【T4】環境指標としての有孔虫と分子生物学的手法の応用例

前田 歩(産総研)

16:05-16:25【T5☆】南大洋が鍵を握る氷期の大気中二酸化炭素濃度変化

小林 英貴(富山大学)、岡 顕(東京大学)、山本 彬友(東大大海研)、阿部 彩子(東
京大学)

16:25-16:45【T6】退氷期の気候システムの変動—北半球氷床と大西洋深層循環を通じた急激な気候変化—

小長谷 貴志(東京大学)、阿部 彩子(東京大学)、齋藤 冬樹(海洋研究開発機構)

16:50- 各賞表彰式

17:30- 18:30 ポスターセッション Zoom 3分発表 P12、P2-P5

2日目(11/5)

9:00-10:00 ポスターセッション Zoom 3分発表 P6-P11

☆は優秀発表賞の候補

レギュラーセッション

座長：高橋

10:00-10:20 【R1】先カンブリア時代の大气酸素と海洋鉄循環の共進化

渡辺 泰士(東京大学)、田近 英一(東京大学)、尾崎 和海(東京工業大学)

10:20-10:40 【R2(online)】海と陸の動物の絶滅規模と気候変異の関係

海保 邦夫(東北大学)

10:40-11:00 【R3】白亜紀の高緯度古インド洋古海洋学における C40 アルケノンの重要性：特に海洋無酸素事
変 2 に注目して

長谷川 卓(金沢大学)、後藤 晶子(金沢大学・京都大学)、高木 優祐(金沢大学)、加藤 禎理(金沢大学)、森川 昇汰(金沢大学)

11:00-11:15 休憩

座長：伊佐治

11:15-11:35 【R4】陸上植生と日本海環境のリンケージ：IODP Exp.346 U1427 コアの花粉分析と因果推
論から

林 竜馬(琵琶湖博物館)、佐川 拓也(金沢大学)、入野 智久(北海道大学)、多田 隆治(千葉工業大学・東京大学)

11:35-11:55 【R5☆】新潟県佐渡島中新統中山層における生物生産の支配要因の変化

吉岡 純平(東京大学)、黒田 潤一郎(東京大学)、松崎 賢史(東京大学)

12:15-12:35 【R6☆】平行葉理堆積物に記録された、中新世日本海の短周期古海洋変動

関 有沙(信州大学)、多田 隆治(千葉工業大学)、村山 雅史(高知大学)

12:35-13:30 休憩

座長：関、大藪

13:30-13:50 【R7☆】大陸基盤岩および砕屑物の同位体データを用いた西南極氷床融解域の推定

藤本 美柚(富山大学)、堀川 恵司(富山大学)、浅原 良浩(名古屋大学)、申 基澈(総合地球環境学研究所)、岩井 雅夫(高知大学)、Christine Siddoway(コロラド州立大学)、Claus-Dieter Hillenbrand(British Antarctic Survey)

13:50-14:10 【R8☆】On the role of lake-climate responses during the Green Sahara Period
6000 years ago

Yuheng Li(The University of Tokyo), Kanon Kino(The University of Tokyo), Alexandre Cauquoin(The University of Tokyo), Taikan Oki(The University of Tokyo)

14:10-14:30 【R9☆】 氷期の数千年スケール気候変動に対する北半球と南半球の熱的影響

國吉 優太（東京大学）、國吉 優太（東京大学）、阿部 彩子（東京大学）

14:30-14:50 【R10☆】 高知県浦ノ内湾における海底コアの人新世の重金属分布と環境変動

神徳 理紗（高知大学）、村山 雅史（高知大学）、新井 和乃（高知大学）、原田 尚美（東京大学）

14:50-15:10 【R11☆】 長寿二枚貝ビノスガイの貝殻成長線解析と酸素同位体比分析による高時間解像度古気候変動復元

三木 志緒乃（東京大学）、窪田 薫（海洋研究開発機構）、白井 厚太郎（東京大学）、中島 礼（産業技術総合研究所）、棚部 一成（東京大学）

15:10-15:20 休憩

座長：池上

15:20-15:40 【R12】 ドームふじ氷床コアの新しい年代モデル（DF2021）の紹介

大藪 幾美（国立極地研究所）、川村 賢二（国立極地研究所）、Christo Buizert（オレゴン州立大学, USA）、Frederic Parrenin（IGE, France）、Anais Orsi（LSCE, France）、北村 享太郎（国立極地研究所）、青木 周二（東北大学）、中澤 高清（東北大学）

15:40-16:00 【R13(online)】 堆積物による高精度・高分解能地磁気エクスカージョン記録の復元：Iceland Basin エクスカージョンを例にとって

小田 啓邦（産業技術総合研究所）、James E.T. Channell（フロリダ大学）

16:00-16:20 【R14】 フロースルー洗浄法による個別有孔虫 Mg/Ca 分析法

堀川 恵司（富山大学）、阿部 巴音（富山大学）、藤見 唯衣（富山大学）

16:20-16:40 【R15】 海底堆積物中のヘム B の分布とその規定因子の解明

伊左治 雄太（海洋研究開発機構）、小川 奈々子（海洋研究開発機構）、菅 寿美（海洋研究開発機構）、大河内 直彦（海洋研究開発機構）

16:40-17:00 【R16】 樹木年輪の酸素同位体比から見た古代律令制の起源 – その歴史学的・気候学的意味
中塚 武（名古屋大学）

17:00-17:10 休憩

17:10 発表賞表彰・閉会の辞

17:30 閉会

7. ポスター発表プログラム

コアタイム : 11/4 17:30~18:30、11/5 9:00~10:00

Google Drive アップロードされたファイルにコメントが付けられます。Google Drive へのアクセスの情報は行事係からの連絡と年会ウェブサイトを参照して下さい。

☆は優秀発表賞の候補

- 【P1☆】地球システムモデル (MIROC-lite) を用いた原生代後期全球凍結イベント後の超温室気候における海洋循環と生物地球化学循環の解明
三川 裕己 (筑波大学)、原田 真理子 (筑波大学)、岡 顕 (東京大学)、田近英一 (東京大学)
- 【P2】新生代の CO₂ 低下に対する海洋炭素循環の影響
山本 彬友 (東京大学)、阿部 彩子 (東京大学)、Chan Wing-Le (東京大学)、小林 英貴 (富山大学)
- 【P3】日本海 3 地点から得られた過去 150 万年間に渡る堆積物コア間の千年スケール明暗縞対比
入野 智久 (北海道大学)、関 有沙 (信州大学)、三武 司 (東京大学)、多田 隆治 (千葉工業大学)
- 【P4】浮遊性有孔虫 *Pulleniatina* 属巻方向変化の層序対比ツールとしての再検討
佐川 拓也 (金沢大学)、浦上 美沙樹 (金沢大学)、河潟 俊吾 (横浜国立大学)、久保田 好美 (国立科学博物館)
- 【P5】*Rhizosolenia dubia*: a 100-year-old mystery partially solved
Richard Jordan (山形大学)、阿部 健太 (山形大学)
- 【P6】Evolution of the Corethrales
阿部 健太 (山形大学)、Richard Jordan (山形大学)
- 【P7☆】オーストラリア南西沖メンテール海盆で掘削回収された 白亜紀-古第三紀境界のオスミウム同位体層序と白金族元素組成
太田 映 (東京大学)、黒田 潤一郎 (東京大学)、Maria Luisa G. Tejada (海洋研究開発機構)、Exp.369 Science Party
- 【P8】中赤外レーザー分光システムを用いた 17O 存在度異常測定手法の開発
佐久間 杏樹 (海洋研究開発機構)、坂井 三郎 (海洋研究開発機構)
- 【P9☆】更新世初期における北大西洋の大陸氷床崩壊
李 さらん (九州大学)、桑原 義博 (九州大学)、林 辰弥 (九州大学)、大野 正夫 (九州大学)
- 【P10】過去の温暖期と現代の気候の違いにおける古地理の役割
樋口 太郎 (東京大学)、阿部 彩子 (東京大学)、Wing-Le Chan (東京大学)、大石 龍太 (東京大学)
- 【P11】マイクロフォーカス X 線 CT による大型底生有孔虫研究の現状とこれから
木下 峻一 (国立科学博物館)
- 【P12(online)】長期古気候記録の取得を目指した沖縄県の洞窟内での鍾乳石掘削報告
植村 立 (名古屋大学)、有村 悠汰 (名古屋大学)、阿部 理 (名古屋大学)、浅海 竜司 (東北大学)



講演要旨

トピックセッション: より優れた古環境解釈の構築へ～プロキシとモデルの開発～ Beyond the traditional paleoceanography

近年、数値モデルの高度化と、プロキシ開発の進展により、より詳細で高解像度かつ定量的な古気候・古海洋研究が可能となりつつある。古典的な古気候・古環境復元の研究を超えて、時空間的に確度の高い環境変遷の議論が可能となるなど新たな研究のフェーズに入った。本セッションでは、モデル研究とプロキシ開発で活躍する研究者に最新の研究成果について講演していただき、活発な議論を展開したい。

【T-1】 過去 150 万年間の大気中二酸化炭素濃度を解明

○山本 正伸(北海道大学)、Steven C. Clemens(ブラウン大学)、関 幸(北海道大学)、土屋 優子(北海道大学)、Yongsong Huang(ブラウン大学)、大石 良太、阿部 彩子(東京大学)

大気中二酸化炭素は地球の気候を決定する重要因子である。将来の温暖化を予測するうえで、二酸化炭素が過去の気候変動にどのように影響したのか、詳細に解明することが必要である。これまで過去の二酸化炭素濃度は、南極の氷を掘削して得られたアイスコアに含まれるガスを分析することで明らかにされてきた。本研究では、ベンガル湾堆積物に含まれる植物起源脂肪酸の炭素同位体比が、過去の大気中二酸化炭素変動を表していることを、アイスコア気泡中の二酸化炭素濃度との比較によって示した。そして、その関係を利用し、80 万年以前の大気中二酸化炭素濃度変動を、高精度・高時間解像度で明らかにした。その結果、80 万年前以前でも二酸化炭素濃度が陸上氷床体積にほぼ同調して変動していたことが明らかになった。しかし、予想外に 100 万年前よりも前の温暖だった時代で CO₂ 濃度は決して高くはなかったことが分かった。また、100 万年前よりも前の時代では、二酸化炭素が陸上氷床よりも早く変動していたのに対し、80 万年前より後の時代では陸上氷床が二酸化炭素よりも早く変動していたことも分かった。

Reconstruction of atmospheric CO₂ concentration over the past 1.5-million-year

Masanobu Yamamoto (Hokkaido University), Steven C. Clemens (Brown University), Osamu Seki (Hokkaido University), Yuko Tsuchiya (Hokkaido University), Yongsong Huang (Brown University), Ryouta O'ishi (The University of Tokyo), Ayako Abe-Ouchi (The University of Tokyo)

【T-2】 約 750 万年前の地球寒冷化に伴う日本海の海洋循環と化石生物の絶滅

○松崎 賢史(東京大学)、池田 昌之(東京大学)、多田隆治(千葉工業大学)

中新世後期(約 790 万年前から 580 万年前)、特に中高緯度で寒冷化し、生態系が現代型に移行した。東アジアは夏季モンスーンが弱体化して冬季モンスーンが卓越し、イネなど C₄ 植物を主体とした草原が拡大した。北西太平洋では、珪藻など海洋一次生産が増加し、クジラなど海洋大型生物の進化する一方、デスモスチルスや巨大ザメのメガロドンが消失した。同時期の北西太平洋の縁海である日本海でも、大きな海洋環境・生態の変化が発生した。日本海固有種の放散虫 *C. nakasekoi* が絶滅し、珪藻が卓越して、岩相が層状放散虫岩から生物擾乱の発達する珪藻土に変化した。この要因として、同時期の北太平洋の中深層水循環強化が提唱されたが、日本沈没/隆起を伴う地殻変動も活発であり、それらの生態系への影響について検討する必要がある。

そこで本研究では、中新世後期の地球寒冷化における日本海の放散虫群集変動を高時間解像度で復元して、同時期における海洋環境の変化とその生態系の応答をモニタリングし、海洋環境変動・生態系の応答の相互作用について議論をした。放散虫は、海域や表層水-中層水-深層水で群集が異なるため、海洋循環のダイナミクスの復元が可能である。さらに、数万年毎の種毎の放散虫産出個数変動から、アジアモンスーンと海洋循環変動、そして日本列島の地殻変動が海洋環境と生態系にどのような影響を与えたか議論する。

Regional Extinction in the Japan Sea due to the Late Miocene Global Cooling at 7.5 Ma

Kenji M. Matsuzaki (The University of Tokyo), Masayuki Ikeda (The University of Tokyo), Ryuji Tada (Chiba Institute of Technology)

【T-3】有孔虫記録を基にした海洋環境の精密推定 —環境プロキシとしての有用性と課題

○黒柳 あずみ(東北大学)

有孔虫は単細胞の真核生物で、プランクトンである浮遊性有孔虫と、主に海底に生息する底生有孔虫がある。有孔虫は、群集組成や炭酸塩の殻の化学組成に、生息時の環境(水温、塩分、pHなど)を記録するため、環境プロキシ(指標)としての役割を担っている。古環境研究において、浮遊性有孔虫を精密な環境プロキシとして用いるためには、水温などの環境因子がどのように殻の化学組成や群集組成に反映されるのかという関係を確立する必要がある。さらに、対象としている浮遊性有孔虫種が、どの水塊のどの水深でどの季節に多産するのかというような生物学的特徴も明らかにすることが求められる。プランクトンネットやセジメントラップ等を用いた野外観測では、有孔虫の生物学的特徴の検証を行うことができる。また、有孔虫と海洋環境パラメータとの定量関係を確立するためには、特定の環境因子のみを制御することが可能な飼育実験が有効である。さらに、分子系統解析による、遺伝形質による生態や環境対応の違いなどの確認も必要である。このように、精密な古海洋環境推定のためには、多くの環境情報が揃う現在の海洋における観測や飼育実験における検証が重要になる。

Precise estimation of the marine environment based on foraminiferal records - potential contributions and challenges as an environmental proxy

Azumi Kuroyanagi (Tohoku University)

【T-4】環境指標としての有孔虫と分子生物学的手法の応用例

○前田 歩(産業技術総合研究所)

炭酸カルシウムの殻を形成する有孔虫は、生息環境を反映し群集や殻の化学組成が変化することから、過去の海洋環境を復元するために広く利用されている。底生・浮遊性有孔虫群集解析や殻の酸素同位体比等を利用した古水温計といったデータの蓄積が進む一方、経験的な補正式の根本にあるべき飼育実験のデータは未だ十分ではない。本発表では、サンゴ礁棲大型底生有孔虫の飼育実験や、セディメントトラップの浮遊性有孔虫群集解析等を通じて、有孔虫を利用した古環境指標の高精度化に努めた事例を紹介する。また、近年応用が拡大している、海洋堆積物から分離された古代DNA (seda DNA: sediment ancient DNA)についても利点や課題について紹介したい。

Recent progress in the study of foraminiferal biomineralization process

Ayumi Maeda (AIST)

【T-5】南大洋が鍵を握る氷期の大気中二酸化炭素濃度変化

○小林 英貴(富山大学)、岡 顕(東京大学)、山本 彬友(東京大学)、阿部 彩子(東京大学)

氷期の大気中二酸化炭素濃度は間氷期に比べて 90 ppm 程度低い。この変動は主に海洋の炭素循環変動に起因すると認識されているが、詳細なメカニズムは未解明である。本研究は、南大洋の環境変化に着目し、全球規模の三次元海洋大循環モデルを用いて、南大洋における強い塩分成層と、氷河性ダストによる鉄肥沃化を考慮した氷期気候下の数値実験を行った。これらの過程を考慮すると、亜南極域で生物生産が増加し、南大洋の鉛直混合が弱化した。その結果、氷期の海洋深層が低い酸素、軽い安定炭素同位体比、古い放射性炭素年代をもつ海水で占められ、深層水特性が古海洋堆積物記録と整合して再現されることが明らかになった。さらに、このような南大洋の変化と、炭酸塩堆積物の堆積・溶解フィードバック(炭酸塩補償)による海洋アルカリ度の増加が加わると、海洋への炭素貯留が増加し、大気中二酸化炭素の現実的な変化を再現できることがわかった。本研究の結果は、氷期の大気中二酸化炭素濃度を再現するうえで南大洋が重要となることを明らかにし、氷期-間氷期スケールの海洋炭素循環の変動メカニズムの理解に貢献した。

Glacial carbon cycle changes by Southern Ocean processes with sedimentary amplification
Hidetaka Kobayashi (University of Toyama), Akira Oka (The University of Tokyo), Akitomo Yamamoto (The University of Tokyo), Ayako Abe-Ouchi (The University of Tokyo)

【T-6】退氷期の気候システムの変動

—北半球氷床と大西洋深層循環を通じた急激な気候変化—

○小長谷 貴志(東京大学)、阿部 彩子(東京大学)、齋藤 冬樹(海洋研究開発機構)

過去 2 つの退氷期である最終退氷期(2~1 万年前)と 1 つ前の退氷期(14~13 万年前)の地質記録を比べると、北大西洋海洋深層循環に由来する急激な気候変化の有無と、退氷期の終了時点における南極の気温に違いが見られる。この要因を調べるため、気候モデル MIROC4m を用いて 2 つの退氷期を比較するための実験を行った。ここでは、海水準上昇記録に基づき北大西洋の淡水流入量を 1.5 倍程度にして最終退氷期を模した。その結果、北大西洋海洋深層循環と南極の地表気温について、淡水流入量の違いだけでも過去 2 つの退氷期の特徴が再現される結果が得られた。また、北半球氷床モデル Ice-5G を用いて退氷期の地球軌道要素が北半球氷床の融解速度に与える影響を調べた結果、2 つの退氷期の軌道離心率の違いだけで北半球氷床の融解速度に 1.5 倍程度の違いを生じる結果が得られた。北半球の氷床融解が北大西洋の淡水流入量の主要源であり、気候と氷床モデルの結果を組み合わせると、地球軌道要素が、北半球氷床の融解・北大西洋への淡水流入を通して 2 つの退氷期の気候イベント・その後の間氷期の気候に寄与したことが示唆される。

Abrupt climate changes in the last two deglaciations simulated with different Northern ice sheet discharge and insolation

Takashi Obase (The University of Tokyo), Ayako Abe-Ouchi (The University of Tokyo), Fuyuki Saito (JAMSTEC)



PALEO¹⁰

講演要旨
レギュラーセッション

【R-1】先カンブリア時代の大気酸素と海洋鉄循環の共進化

○渡辺 泰士(東京大学)、田近 英一(東京大学)、尾崎 和海(東京工業大学)

鉄は生命必須元素であり、その地球表層圏における挙動は生命と地球環境の共進化と密接に関連してきた。とりわけ、先カンブリア時代には大気酸素濃度が低く海洋深層水には溶存二価鉄が蓄積していたことが示唆されている。しかし、当時の海洋鉄循環系の挙動は十分に系統的に理解されておらず、地質記録から示唆される地球表層圏の状態が実現される条件やその理論的解釈が不足していた。本研究は新規の生物地球化学循環モデルを構築し、先カンブリア時代の海洋鉄循環系の挙動を調べた。その結果、大気酸素濃度が現在より6桁以上低い太古代条件から原生代に想定される上限値(現在の10%程度)まで上昇するにつれて、溶存二価鉄の海洋中の主要な酸化経路が鉄酸化光合成細菌の活動から深層水における溶存酸素との反応へと遷移すること、大酸化イベント発生後の原生代には大気酸素濃度の上昇に対して海洋深層水の溶存二価鉄濃度が鋭敏に応答することなどが示された。これらの結果は、原生代初期の大酸化イベント発生後に縞状鉄鉱層の形成が停止したことを理論的に説明でき、海洋鉄循環が先カンブリア時代の地球表層圏の酸化還元状態の進化に重要な役割を果たしたことを示唆する。

Co-evolution of the atmospheric oxygen and oceanic iron cycle during the Precambrian
Yasuto Watanabe (The University of Tokyo), Eiichi Tajika (The University of Tokyo), Kazumi Ozaki (Tokyo Institute of Technology)

【R-2】海と陸の動物の絶滅規模と気候変異の関係

○海保 邦夫(東北大学)

Major mass extinctions in the Phanerozoic Eon occurred during abrupt global climate changes. Relationships between land temperature anomalies and terrestrial animal extinctions, as well as the difference in response between marine and terrestrial animals to abrupt climate changes in the Phanerozoic, have not been quantitatively evaluated. My analyses show that the magnitude of major extinctions in marine invertebrates and that of terrestrial tetrapods correlate well with the coincidental anomaly of global and habitat surface temperatures during biotic crises, respectively, regardless of the difference between warming and cooling. These relationships indicate that (i) abrupt changes in climate and environment relate to the magnitude of mass extinctions and (ii) the future anthropogenic extinction magnitude will not reach the major mass extinction magnitude when the extinction magnitude parallelly changes with the global surface temperature anomaly.

Relationship between extinction magnitude and climate change during major marine and terrestrial animal crises
Kunio Kaiho (Tohoku University)

【R-3】白亜紀の高緯度古インド洋古海洋学における

C40 アルケノンの重要性：特に海洋無酸素事変 2 に注目して

○長谷川 卓(金沢大学)、後藤 晶子(金沢大学・京都大学)、高木 優祐(金沢大学)、加藤 禎理(金沢大学)、森川 昇汰(金沢大学)

白亜紀は高緯度まで温暖で水温の緯度勾配が小さな均質的な地球というイメージがあるが、堆積物には明瞭に短周期変動や古海洋イベントが記録されている。南半球には高緯度の古海洋を評価できる海底堆積物コアがある。本研究では IODP Exp. 369 の試料を中心に C40 アルケノンの有用性について紹介し議論したい。C40 アルケノンは第四紀などで用いられるアルケノンよりも炭素数が3多い分子であるが、潜在的には同様の意義を持つ古海洋解読ツールである。同物質を用いることで展開できる議論のうち、最も重要なものは炭素同位体比層序である。C40 アルケノンの2不飽和物(C40:2Et)はガスクロマトグラフ上では他の物質が検出されない領域に検出されるため、炭素同位体比を GC/IRMS で測定する際の分離が必要ない。炭酸塩が欠如するような OAE2 の層準では詳細層序の構築に威力を発揮する。次に、古水温マーカーとしての意義が挙げられる。高緯度域からは3不飽和物も検出されるため、その不飽和度を求めることで古水温変動の議論が可能である。また含有量が多い場合、水素同位体比を求めることができ、潜在的な古海洋マーカーとして期待される。

Importance of C40 alkenones for Cretaceous paleoceanography in high latitude proto-Indian Ocean

Takashi Hasegawa (Kanazawa University), Akiko S. Goto (Kanazawa University, Kyoto University), Yusuke Takagi, Tomonori Kato, Shota Morikawa (Kanazawa University)

【R-4】陸上植生と日本海環境のリンケージ:IODP Exp.346 U1427 コアの花粉分析と因果推論から

○林 竜馬(琵琶湖博物館)、佐川 拓也(金沢大学)、入野 智久(北海道大学)、多田 隆治(千葉工業大学・東京大学)

日本列島における森林生態系は、第四紀における氷期間氷期変動にともなう気候環境の変化や樹木間の競争関係の変化などの影響を受けて、その組成や分布を変遷させてきた。特に、日本の森林分布を考える上で、冬季に日本海側地域大量の降雪をもたらす対馬暖流の影響は大きく、最終氷期最盛期以降の森林変遷に関しても全球的な海水準変動にともなう日本海環境の変化が重要な役割を果たしてきたとされている。第四紀における日本海環境の変遷については、日本海堆積物を用いた分析によって詳細な研究が進められてきているが、海洋堆積物の花粉分析によって植生-日本海環境の関係性についての直接的な対比は十分に行われていない。本発表では、鳥取沖において 2013 年に国際深海科学掘削計画 (IODP) で採取された海洋堆積物を用いた、過去 55 万年間の花粉分析の成果 (Hayashi et al. 2021) について報告する。くわえて、花粉分析結果と日本海環境変動を記録している古環境指標の時系列データについて、生態学で提唱された Convergent Cross Mapping を応用した因果解析を行い、植生と日本海環境変動との因果関係の推定を試みる。

Vegetation-ocean linkages based on a pollen record from the IODP site U1427 in the Japan Sea and the Convergent Cross Mapping

Ryoma Hayashi (Lake Biwa Museum), Takuya Sagawa (Kanazawa University), Tomohisa Irino (Hokkaido University), Ryuji Tada (Chiba Institute of Technology, The University of Tokyo)

【R-5】新潟県佐渡島中新統中山層における生物生産の支配要因の変化

○吉岡 純平(東京大学)、黒田 潤一郎(東京大学)、松崎 賢史(東京大学)

北太平洋域における大規模な中新統珪藻質堆積物は、有機炭素埋没の観点から、当時の炭素循環や全球的寒冷化に関する重要な情報源である。新潟県佐渡島に分布する中新統中山層はこのような珪藻質堆積物の一つであり、シリカの続成作用の影響が少なく、古環境学的研究の対象として非常に魅力的な堆積物である。大佐渡南部地域に露出する中山層では、柳沢&渡辺(2017)によって珪藻化石層序が報告されているほか、著者らによって火山灰層中のジルコンの U-Pb 年代測定がなされ、サイクル層序対比に基づいた詳細な年代モデルが構築されている。このサイクル層序対比の過程における XRF(X 線蛍光)分析と XRD(X 線回折)分析によって、全岩の主要元素・鉱物組成の変動が明らかとなった。今回はこれらについて報告する。生物源シリカと碎屑物の量比を示す $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 比にはグローバルな底生有孔虫酸素同位体比変動に類似した周期的変動がみられるほか、特筆すべきは約 10.8 Ma 以降の illite/smectite 比、barite、pyrite の急激な増加であり、本堆積盆における生物生産の様式がこの時期に大きく変化したことが示唆される。

A Shift in Controlling Factors of Biological Production in the Miocene Nakayama Formation on Sado Island in Niigata Prefecture

Jumpei Yoshioka (The University of Tokyo), Junichiro Kuroda (The University of Tokyo), Kenji Matsuzaki (The University of Tokyo)

【R-6】平行葉理堆積物に記録された、中新世日本海の短周期古海洋変動

○関 有沙(信州大学)、多田 隆治(千葉工業大学)、村山 雅史(高知大学)

日本海は、その深い水深と浅い海峡深度により第四紀の海水準変動やモンスーン変動に伴う環境変動の影響を大きく受けている。一方、中新世には、日本海の海峡の位置や深度が第四紀とは異なり、日本海の海洋環境も第四紀とは異なるメカニズムで変動していたことが示唆されている(Tada, 1991、Matsuzaki et al., 2018)。秋田県の女川層や佐渡の中山層などの陸上に露出する中新世の日本海堆積物には顕著な平行葉理が見られることが知られており、特に女川層では千年スケールの生産性の変動があったことが報告されている(Tada, 1991、柳沢・渡辺, 2017)。

2013 年に行われた IODP 第 346 次航海では、日本海の水深の異なる 2 地点で中新世の堆積物が掘削され、両地点に平行葉理堆積物があることが観察された(Tada et al., 2015)。本研究では、これらの平行葉理が見られる堆積物の元素組成を、高知コアセンターの XRF コアスキャナーを用いて 0.2 mm の解像度で分析した。その結果、Ca や S などの元素の変動が確認され、平行葉理堆積時に生産性や酸化還元状態の変動があったことが示唆された。

Millennial scale Oceanographic changes of the Japan Sea revealed from Miocene laminated sediments

Arisa Seki (Shinshu University), Ryuji Tada (Chiba Institute of Technology), Masafumi Murayama (Kochi University)

【R-7】大陸基盤岩および碎屑物の同位体データを用いた西南極氷床融解域の推定
○藤本 美柚 (富山大学)、堀川 恵司 (富山大学)、浅原 良浩 (名古屋大学)、申
基澈 (総合地球環境学研究所)、岩井 雅夫 (高知大学)、Christine Siddoway (コロラド
州立大学)、Claus-Dieter Hillenbrand (British Antarctic Survey)

将来気候の類型とされる鮮新世 (約 533 万年前～約 258 万年前)は、全球平均気温が産業革命前と比べて 2-3℃高く(Dutton et al., 2015)、全球氷床量が少なかったことから、西南極・東南極氷床において大規模な融解が起きていた(Dumitru et al., 2019)と考えられている。鮮新世における南極氷床の融解域や規模の推定は、現在進行している温暖化に伴う氷床融解と海面上昇の規模の予測において、重要な示唆をもたらすため、現在さまざまな手法で氷床融解に関する研究が進められている。本研究では、海底堆積物中の碎屑物供給源の解析を行い、氷床融解域の特定を高い精度で行うことを目的として、碎屑物の供給源である西南極大陸基盤岩に加え、西南極沿岸域のコアトップ試料の同位体的特徴を明らかにした。試料には、オハイオ州立大 Polar Rock Repository (PRR)が保管している基盤岩試料および British Antarctic Survey (BAS) 海底堆積物試料を用い、Pb・Sr 同位体を分析した。今後、Nd 同位体と一部未分析である BAS 試料についての分析も進める予定である。

Estimation of West Antarctic ice sheet melting area utilizing isotopic data of continental bedrock and detritus

Miyu Fujimoto (University of Toyama), Keiji Horikawa (University of Toyama), Yoshihiro Asahara (Nagoya University), Ki-Cheol Shin (RIHN), Masao Iwai (Kochi University), Christine Siddoway (COLORADO College), Claus-Dieter Hillenbrand (British Antarctic Survey)

【R-8】 On the role of lake-climate responses during the Green Sahara Period 6000 years ago

○Yuheng Li (The University of Tokyo)¹、Kanon Kino (The University of Tokyo),
Alexandre Cauquoin (The University of Tokyo), Taikan Oki (The University of Tokyo)

Compared to today, the Sahara Desert was wetter and greener in the mid-Holocene (MH, 6000 years ago) with strengthened African monsoons but challengingly reproduced by models. Because lake-climate responses potentially sustain the Green Sahara, this study reassesses the MH climate response to lake area changes in northern Africa. For that, we performed lake sensitivity experiments with the MIROC5-iso climate model based on the latest reconstructed lake maps. We found a positive response of precipitation and soil moisture in the northwest Sahara region, explained by the strengthened northwestward transportation of water vapor of inland origin. The modeled precipitation and evaporation show positive linear relationships with the lake expansion but a negative trend for surface air temperature. Based on the Budyko aridity index, the climate of the northwest Sahara region shifts from hyper-arid to arid or semi-arid. Our findings further explain the Green Sahara with lake-climate responses.

On the role of lake-climate responses during the Green Sahara Period 6000 years ago
Yuheng Li (The University of Tokyo), Kanon Kino (The University of Tokyo), Alexandre Cauquoin (The University of Tokyo), Taikan Oki (The University of Tokyo)

【R-9】氷期の数千年スケール気候変動に対する北半球と南半球の熱的影響

○國吉 優太(東京大学)、阿部 彩子(東京大学)

氷期中に数千年間隔で発生した急激な気候変化(ダンスガード・オシュガー(DO)イベント)は、古典的には氷床融解水の流出量変化に伴うと考えられていたが、近年は大気海洋系の自発的な自励振動の中で起きると考えられている。この振動のプロセスには、(1)北大西洋の海洋-海氷-大気の熱的変化(例えば Kuniyoshi et al., 2022)、(2)Salt Oscillator や低緯度の水-大気循環の影響(Zhang et al., 2022)、(3)南半球高緯度の熱的影響(Abe-Ouchi et al., in prep.)など考えられているが、どれがどのような状況で効いているのか詳しく分かっていない。そこで本研究では各プロセスの寄与をより詳しく調べるため、気候モデル MIROC4m を用いて、地軸傾斜角の値を南北半球ごとに分離する感度実験を行った。その結果、北半球の熱的プロセス(1)と、南半球の熱的条件の関与プロセス(3)の両方が振動周期の変化に影響することが分かった。本発表では、これらの熱的条件の寄与や、低緯度塩分の解析結果を示し、DO 振動の発生条件やプロセスを議論する。

Thermal effects of the Northern and Southern Hemispheres on millennial-scale climate variability during glacial periods

Yuta Kuniyoshi (The University of Tokyo), Ayako Abe-Ouchi (The University of Tokyo)

【R-10】高知県浦ノ内湾における海底コアの人新世の重金属分布と環境変動

○神徳 理紗(高知大学)、村山 雅史(高知大学)、新井 和乃(高知大学)、原田 尚美(東京大学)

高知県中央部に位置する浦ノ内湾の海底堆積物に記録された人新世の環境変動について検証することを目的とした。浦ノ内湾の湾奥(水深 9.7m)において、潜水士によって海底表層コアが採取され、XRF core scanner (ITRAX)を用いた元素組成分析、有機物分析[EA-IRMS]、年代測定[γ 線スペクトル分析装置]を行った。ITRAX データから、重金属元素(Cu, Zn, Ni, Pb, Cd, Cr)が、1964 年から増加を始め、元素によって違いはあるものの、それ以前より約 2 倍近く増加していた。また、1955 年付近から全有機物量(TOC)が増加し、それらの炭素・窒素同位体比も大きく変化していた。この時期は、養殖(貝や魚類)がはじまった時期と一致した。Mn データから、1977 年頃から海底が還元環境に移行したと考えられる。以上のように、重金属分布や有機物量や質の変化の開始時期が 1960 年付近から大きく異なると考えられる。

Distribution of Heavy Metals and Environmental Changes during the Anthropocene in Seafloor Cores from Uranouchi Bay, Kochi, Japan

Risa Kotoku (Kochi University), Masafumi Murayama (Kochi University), Kazuno Arai (Kochi University), Naomi Harada (The University of Tokyo)

【R-11】長寿二枚貝ビノスガイの貝殻成長線解析と酸素同位体比分析による高時間解像度古気候復元

○三木 志緒乃(東京大学)、窪田 薫(海洋研究開発機構)、白井 厚太郎(東京大学)、中島 礼(産業技術総合研究所)、棚部 一成(東京大学)

間氷期における気候変動を復元することは、将来の気候変動予測のために重要である。長寿二枚貝の殻は、海洋環境の変化を殻の化学組成として高時間解像度で記録することができる。ビノスガイ (*Mercenaria stimpsoni*) は北西太平洋沿岸に生息し、冷たい海水を好む長寿二枚貝である。先行研究により、本種は春から秋に成長し、寿命は 100 歳に達し、海水温の変化を殻に保存することが示されている(Kubota et al., 2017)。一方、中-後期更新世の古東京湾の堆積物である下総層群から本種の化石が産出するが、当時の海水温の季節変動などの詳しい古環境までは明らかではない。

本研究では、ビノスガイの化石の殻の成長パターンと古水温を現生の殻と比較することにより、間氷期 MIS 5e, 7, 9 の古東京湾の古水温を復元することを目的とした。化石の殻は千葉県の下総層群の木下層、清川層、藪層から産出した個体、現生の殻は北海道、岩手県、宮城県で水揚げされた個体を用いた。標本に対して成長線解析、酸素同位体比分析および μ XRD による鉱物種解析を行い、当時の海水温を計算した。酸素同位体比の測定の誤差は $\pm 0.15\%$ 以下であった (1σ , $N = 123$)。

分析の結果、本種の化石も 100 歳程度の寿命を持ち、現在より少なくとも 5°C 以上低い水温を経験していたことがわかった。各時代の最高海水温は 20°C 以下であり、現在の千葉県沿岸の海水温 ($14^{\circ}\text{C} \sim 27^{\circ}\text{C}$) とは明らかに異なる。すなわち、MIS 5e, 7, 9 の古東京湾の沿岸域には冷水塊が分布し、100 年程度継続していた可能性がある。

High temporal resolution paleoclimate reconstruction by growth patterns and stable oxygen isotope analysis of shells of long-lived bivalve, *Mercenaria stimpsoni*

Shiono Miki (The University of Tokyo), Kaoru Kubota (JAMSTEC), Rei Nakashima (AIST), Kazushige Tanabe (The University of Tokyo), Kotaro Shirai (The University of Tokyo)

【R-12】ドームふじ氷床コアの新しい年代モデル(DF2021)の紹介

○大藪 幾美(国立極地研究所)、川村 賢二(国立極地研究所)、Christo Buizert(オレゴン州立大学, USA)、Frederic Parrenin(IGE, France)、Anais Orsi(LSCE, France)、北村 享太郎(国立極地研究所)、青木 周二(東北大学)、中澤 高清(東北大学)

Precise ice-core chronologies are essential for identifying the timing and duration of polar climatic changes as well as their phasing with the changes in other parts of the globe. However, existing ice-core chronologies beyond the last 60 kyr show relatively large disagreements with each other and with U-Th chronologies of speleothems. Here, we introduce new ice and gas age scales for the Dome Fuji (DF) core (DF2021) over the last 207 kyr constructed by combining a Bayesian dating model and firn densification model, constrained by various types of chronological and glaciological information including new $\delta\text{O}_2/\text{N}_2$ age markers, precise synchronization to other high-quality chronologies (volcanic, cosmogenic, and CH_4 signals), and high-resolution $\delta^{15}\text{N}$ of N_2 (reflecting past firn thickness).

The Dome Fuji ice core DF2021 chronology (0 – 207 kyr BP)

Ikumi Oyabu (NIPR), Kenji Kawamura (NIPR), Christo Buizert (Oregon State University, USA), Frederic Parrenin (IGE, France), Anais Orsi (LSCE, France), Kyotaro Kitamura (NIPR), Shuji Aoki (Tohoku University), Takakiyo Nakazawa (Tohoku University)

【R-13】 堆積物による高精度・高分解能地磁気エクスカージョン記録の復元: Iceland Basin エクスカージョンを例にとって

○小田 啓邦(産業技術総合研究所)、James E.T. Channell (フロリダ大学)

Geomagnetic excursions are paleomagnetic directions outside the range of “normal” secular variation. The timing of geomagnetic excursions is important to constrain ages of geological archives, and for timescale construction between long-lived geomagnetic reversals. We have deconvolved u-channel paleomagnetic records of the Iceland Basin excursion (188 ka) from IODP Site U1302/U1303, originally measured by Channell (2014) using the superconducting rock magnetometer (SRM) at Univ. Florida, following the rigorous SRM response measurement protocol of Oda & Xuan (2014). The resolution of the deconvolved signal is ~4 times higher and resolves more rapidly changing features. Notable features include virtual geomagnetic poles (VGPs) at high southerly latitudes, implying complete reversal of the main dipole field, and recovery of geomagnetic paleointensity associated with high southerly VGPs.

Oda, H., & Xuan, C. (2014) *G-cubed*, 15, 3907-3924.

Channell, J. (2014) *G-cubed*, 15, 4920-4935.

Increasing the quality and resolution of geomagnetic excursion records from sediments: An example for Iceland Basin excursion

Hirokuni Oda (AIST), James E.T. Channell (University of Florida)

【R-14】 フロースルー洗浄法による個別有孔虫 Mg/Ca 分析法

○堀川 恵司(富山大学)、阿部巴音(富山大学)、藤見唯衣(富山大学)

有孔虫殻の Mg/Ca 比は、殻形成時の海水温と指数関数的な関係を示すため、過去の海水温を復元するプロキシとなっている。一般に、有孔虫殻 Mg/Ca 比古水温は、バルク分析(20-30 個体を粉末化)で水温を算出している。そのため、堆積速度が 1 cm/100 yr 程度の堆積物(1 cm 厚)から有孔虫(20-30 個体)を拾いバルク分析すると、100 年平均の古水温が得られる。一方、近年、有孔虫殻 1 個体の分析も行われるようになり、ある期間内の低水温期や高水温期の頻度・強度などの水温履歴が復元できるようになっている(e.g., Rongstad et al, 2013)。このような個別個体分析を仮に 10 層準で行う場合、1 層準 70 個体の分析が必要になるため、合計で 700 個体の Mg/Ca 比を分析する必要がある。1.5ml チューブ内で殻洗浄を行うバッチ洗浄法(1 日 24 個体程度可能)は、多層準での個別個体分析の律速になる。そこで本研究では、フィルターを使った試薬通液によるフロースルー洗浄法(Klinkhammer et al., 2004)を簡略化し、多検体を同時処理できるような Mg/Ca 分析法の構築を試みた。

Individual foraminiferal analysis of Mg/Ca based on a flow-through cleaning method

Keiji Horikawa (University of Toyama), Tomone Abe (University of Toyama), Yui Fujimi (University of Toyama)

【R-15】 海底堆積物中のヘム B の分布とその規定因子の解明

○伊左治 雄太(海洋研究開発機構)、小川 奈々子(海洋研究開発機構)、菅 寿美(海洋研究開発機構)、大河内 直彦(海洋研究開発機構)

鉄が中心に配位したテトラピロール化合物であるヘム B は、生命活動に不可欠な電子伝達反応や酸化還元反応を駆動する補因子である。生物の主要な鉄成分であることから、海洋の懸濁粒子中のヘム B 濃度は微生物細胞中の鉄濃度を反映することが明らかになってきた。本研究では、堆積物中のヘム B 濃度を過去の微生物鉄分量の指標として利用できるかを検証すべく、様々な堆積物を対象にヘム B の定量分析および炭素・窒素安定同位体比分析を進めている。ヘム B 濃度はサイト間で大きな違いが認められるものの、概して最表層で最も高い値を示すことが確認された。ヘム B/TOC の傾向も同様で、最表層の値は海洋懸濁態粒子と同じレンジに収まる一方で(0.3–4.6 $\mu\text{mol/mol}$)、堆積物深部では 1 桁以上低い値を示した(0.012–0.15 $\mu\text{mol/mol}$)。これは、TOC と比べてヘム B の分解が進みやすいことを示唆する。ただし、ヘム B/TOC は堆積物深度とともに単調減少するわけではなく、分解以外にも規定因子が存在すると考えられる。堆積当時の海洋表層の微生物鉄分量や海底下微生物の寄与など、影響しうる各要素を検証することが今後の課題となる。

Factors controlling the distribution of heme B in marine sediments

Yuta Isaji (JAMSTEC), Nanako O. Ogawa (JAMSTEC), Hisami Suga (JAMSTEC), Naohiko Ohkouchi (JAMSTEC)

【R-16】 樹木年輪の酸素同位体比から見た古代律令制の起源

—その歴史的・気候学的意味

○中塚 武(名古屋大学)

中国や日本で 7 世紀頃に始まる律令制(中国の均田制、日本の班田収授制)は、戸籍に基づく農民個人への土地貸与と見返りの納税・兵役を特徴とするが、日本の律令制の背景には 663 年の唐・新羅連合軍への敗北という国際情勢の緊迫化があるとされてきた。しかし中国の均田制は 5 世紀末に始まり、日本でも戸籍は 6 世紀には作られていて、何らかの別の要因(気候変動など)が背景にある可能性もある。夏の降水量の指標である中部日本の年輪酸素同位体比の変動を日本史の史・資料と比較すると、火山噴火の頻発などに対応して数十年周期の変動振幅が拡大した時期には、農業生産量と人口のバランスが崩れて飢饉や難民が発生し社会の転換が促されたことが指摘できるが、特に 6 世紀前後は気候の数十年周期の変動振幅が最も拡大する時代であった。当時の中国の王朝や日本の王権が何回かに亘って直轄農場を設置して農民を収容し、戸籍を作って農民を管理し始めた時期は、悉く数十年周期変動の極大・極小期に一致しており、中国や日本における律令制の起源が気候危機への大規模な社会的対応であった可能性を示唆している。講演ではその歴史的・気候学的意味についても述べる。

Origin of the ancient Ritsu-Ryo system inferred from tree ring oxygen isotope ratios: Its historical and climatological meanings

Takeshi Nakatsuka (Nagoya University)



PALEO¹⁰

講演要旨
ポスターセッション

【P-1】地球システムモデル(MIROC-lite)を用いた原生代後期全球凍結イベント後の超温室気候における海洋循環と生物地球化学循環の解明

○三川 裕己(筑波大学)、原田 真理子(筑波大学)、岡 顕(東京大学)、田近 英一(東京大学)

全球凍結イベントは地球の表層全体が氷に覆われる大規模な寒冷化イベントであり地球史上、原生代初期・後期に少なくとも3回起こったことが地質記録から示唆されている。全球凍結時は平均気温がマイナス40度と寒冷だが、温室効果気体が大気中に蓄積することで気候は徐々に温暖化し、これが閾値を越えると全球凍結状態を脱出して、平均気温が60度に達する無氷床の超温室気候状態へと遷移すると考えられる。地球システムを簡略化したボックスモデルを用いた数値計算からは、全球凍結終了後の超温室気候下では、大陸地殻の激しい風化により海洋へ多量の栄養塩が流入することで生物生産が増大し、爆発的な酸素濃度の増加を引き起こす可能性が示唆されている。しかし従来の研究では、生物地球化学循環の変動を左右する海洋の3次元的な循環の構造や、その時間変化は考慮されていない。本研究では、簡易大気モデルを海洋大循環モデルに結合した地球システムモデルMIROC-liteを用いて、原生代後期のマリノアン全球凍結イベント直後の超温室気候を模擬した数値実験を行う。そして、超温室気候下における海洋循環、およびその生物地球化学循環への影響について議論する。

Investigation of ocean circulation and biogeochemical cycle under super greenhouse climate after Neoproterozoic snowball Earth using an Earth system model MIROC-lite

Yuki Mikawa (University of Tsukuba), Mariko Harada (University of Tsukuba), Akira Oka (The University of Tokyo), Eiichi Tajika (The University of Tokyo)

【P-2】新生代のCO₂低下に対する海洋炭素循環の影響

○山本 彬友(東京大学)、阿部 彩子(東京大学)、Chan Wing-Le(東京大学)、小林 英貴(富山大学)

新生代初期から現在にかけての約1000ppmのCO₂減少の大部分は、火成活動の低下による地殻からのCO₂供給の低下と、陸上岩石の化学風化によるCO₂除去が主に寄与していると考えられている。一方、寒冷化と大陸移動に伴う海水温低下や海洋循環の変化が新生代のCO₂低下に与える定量的な影響は十分に理解されていない。本研究では気候モデルとオフライン海洋物質循環モデルを用いた数値実験から、気候変化に伴う海洋炭素循環の変動が新生代のCO₂低下に与える影響を推定した。現在気候実験ではEocene実験と比べて大気CO₂が約210ppm低下し、気候変化に伴う海洋炭素循環の変動も新生代のCO₂低下に大きく寄与していることが示された。水温低下に伴うCO₂溶解度の増加が主に寄与(約150ppm)した一方、海洋循環の影響は限定的であった。Eocene実験では主に南大洋で深層水が形成されており、深層循環は現在気候実験と大きく変わっていたが、海洋全体の水塊年齢が大きく変わらなかったことが原因であると考えられる。発表では酸素循環の変動についても紹介する予定である。

The role of ocean carbon cycle in Cenozoic CO₂ drawdown

Akitomo Yamamoto (The University of Tokyo), Ayako Abe-Ouchi (The University of Tokyo), Chan Wing-Le (The University of Tokyo), Hidetaka Kobayashi (University of Toyama)

【P-3】日本海3地点から得られた過去 150 万年間に渡る

堆積物コア間の千年スケール明暗縞対比

○入野 智久(北海道大学)、関 有沙(信州大学)、三武 司(東京大学)、多田
隆治(千葉工業大学)

日本海の半遠洋性堆積物は 0.1-1 m スケールの明暗の繰り返しで特徴づけられ、その変化が海水準および東アジア夏モンスーン変動を反映しているため、日本海海盆全体で広く同時期面として対比可能である。IODP Exp.346 において得られた半遠洋域 6 地点で得られた堆積物コアは、それぞれの連続性が保証されている。これらのコア間では、低海水準期に形成された暗色層が過去 150 万年間に渡り尽く対比され、対比された全地点で共通の年代モデルが利用可能となった。日本海堆積物を特徴づける暗色層のうち千年スケールで繰り返すものは、Dansgaard-Oeschger イベントの亜間氷期に対応する東アジア夏モンスーンの活動期にあたりと考えられ、上記 6 地点のほとんどで認識可能である。そこで我々は U1424(水深 2808 m)、U1425(水深 1909 m)、U1426(水深 903 m)の 3 地点で認識される全ての暗色層対比を行った。これにより有機物埋没フラックスの深度分布を千年スケールで復元し、水柱溶存酸素量と有機物生産量との関係を詳細に検討できるようになることが期待される。

Correlation of dark-light cycle among three sites in the Japan Sea for the last 1.5 Myr by
millennial-scale precision

Tomohisa Irino (Hokkaido University), Arisa Seki (Shinshu University), Kazu Mitake (The
University of Tokyo), Ryuji Tada (Chiba Institute of Technology)

【P-4】浮遊性有孔虫 *Pulleniatina* 属巻方向変化の層序対比ツールとしての再検討

○佐川 拓也(金沢大学)、浦上 美沙樹(金沢大学)、河潟 俊吾(横浜国立大学)、
久保田 好美(国立科学博物館)

浮遊性有孔虫 *Pulleniatina* 属の現生個体はほぼ全てが右巻き個体であるが、海底コア中では優占する巻方向の割合が時代によって変化する。太平洋とインド洋の広い地域で変化パターンが類似し層序ツールとしての可能性が指摘されてきた。*Pulleniatina* 属は同定が容易であるため深海掘削コアの船上迅速年代推定にも利用され、堆積速度が遅い堆積物コアの有効な層序ツールとして期待される。しかし、巻き方向変化の同時性については詳細に検討されていない。

中央熱帯太平洋マニヒキ海台のピストンコア KR99-12 PC05 と PC04 について、浮遊性有孔虫 *Globigerinoides ruber* (sensu stricto)の酸素炭素同位体分析を行い、西部熱帯太平洋の IODP Site U1488 と対比を行った。その上で、*Pulleniatina* 属の巻き方向の時代変化とイベントの年代を明らかにした。その結果は先行研究の報告と概ね一致するものの、タイミングやパターンには多少の違いが見られた。巻き方向変化は層序ツールとして有用であるが、イベントにより対比の信頼性に違いがあることが示された。

Revisiting the coiling directions of planktonic foraminifera genus *Pulleniatina* as a tool for
stratigraphic correlation

Takuya Sagawa (Kanazawa University), Misaki Urakami (Kanazawa University), Shungo
Kawagata (Yokohama National University), Yoshimi Kubota (National Museum of Nature and
Science)

【P-5】 *Rhizosolenia dubia*: a 100-year-old mystery partially solved

○Richard Jordan(山形大学)、阿部 健太(山形大学)

Pseudopyxilla dubia has been observed by many diatomists over the last 100 or more. However, on two separate occasions a valve of *P. dubia* was seen attached to a rhizosolenioid valve – hence its subsequent transfer to *Rhizosolenia*. Both examples were seen in samples from Mors (Jutland) using the light microscope. We have observed hundreds of specimens of both valve types, but have never witnessed a combination frustule. LM and SEM observations reveal that the rhizosolenioid valve is actually an undescribed *Proboscia* species, bearing claspers, an extensive longitudinal slit, and an incredibly long middle spinula. On the other hand, *P. dubia* is clearly a resting spore. However, it seems unlikely that these two distinct forms are part of the same life cycle, and yet these combination frustules remain enigmatic.

***Rhizosolenia dubia*: a 100-year-old mystery partially solved**

Richard Jordan (Yamagata University), Kenta Abe (Yamagata University)

【P-6】 Evolution of the Corethrales

○阿部 健太(山形大学)、Richard Jordan(山形大学)

Until recently, the enigmatic marine diatom genus *Corethron* had no known living or fossil relatives. However, following the discovery of *Praecorethron* and reinvestigation of *Micrampulla*, both from Late Cretaceous sediments, we now know that this ancient lineage has always possessed a set of key morphological features; heterovalvate frustules, domed valves, and articulated spines in sockets. In addition, all the genera lack rimoportulae. With the finding of two more species of *Praecorethron* and another new genus in Eocene sediments, the evolutionary trends within the Corethrales have become much clearer. Furthermore, the presence of similar forms in the same samples, albeit with fixed spines and heavier silicified valves, strongly suggest that these earlier genera had resting stages with an ecology different to that of modern *Corethron*.

Evolution of the Corethrales

Kenta Abe (Yamagata University), Richard Jordan (Yamagata University)

【P-7】 オーストラリア南西沖メンテール海盆で掘削回収された白亜紀-古第三紀境界のオスmium同位体層序と白金族元素組成

○太田 映(東京大学)、黒田 潤一郎 (東京大学)、Maria Luisa G. Tejada (海洋研究開発機構)、Exp.369 Science Party

約 6600 万年前の白亜紀-古第三紀境界(K-Pg 境界)では、地球に小天体が衝突し、これにより恐竜を含む地上の 75%の生物種が絶滅したとされる。世界各地の K-Pg 境界層でイリジウムに代表される白金族元素の濃集が認められ、天体衝突の証拠の一つとなっている。また白金族元素のひとつであるオスmium(Os)の同位体比の低下も、隕石衝突や大規模火山活動を示す指標となる。本研究では、2017 年にオーストラリア南西沖のメンテール海盆で掘削された IODP Exp. 369 のコアサンプルを用いた。このサイトはクレーターのおぼ対蹠点に位置しており、このような隕石の物理的影響が直接届きにくい遠方域の K-Pg データはまだ少ない。コア 20cm 毎(K-Pg 境界前後では 10cm 毎)の解像度で測定したところ、石灰質ナノ化石層序で決定された K-Pg 境界と Os 同位体比の負のスパイクが一致した。また、本研究の Os 同位体比の変動パターンは、デカン火山活動やサイト付近のホットスポットの火成活動も反映している可能性が高く、Os の供給源についてさらに検討する必要がある。

Osmium isotope stratigraphy and platinum group elements composition at the Cretaceous-Paleogene boundary on the Mentelle Basin off the southwest coast of Australia

Hayu Ota (The University of Tokyo), Junichiro Kuroda (The University of Tokyo), Maria Luisa G. Tejada (JAMSTEC), Exp.369 Science Party

**【P-8】 中赤外レーザー分光システムを用いた ^{17}O 存在度異常測定手法の開発
メッシニアン塩分危機の古環境復元**

○佐久間 杏樹(海洋研究開発機構)、坂井 三郎(海洋研究開発機構)

炭酸塩の酸素同位体比は水循環を調べたり、古環境を復元したりするための重要な指標として古気候分野では半世紀以上にわたって用いられてきた。これまでの研究では ^{18}O と ^{16}O の存在比 ($\delta^{18}\text{O}$) が主に用いられてきたが、最近では陸域における乾燥湿潤指標として ^{17}O の存在度異常が注目されている。従来の炭酸塩の酸素同位体比は質量分析計を用いて測定が行われてきたが、質量分析法では質量が同じ二酸化炭素のアイソトポログを分離して測定することは本質的にできないため、存在度の小さい ^{17}O の存在比の測定には複雑な操作を行う必要があった。そこで、最近では新たな測定手法として中赤外レーザー分光法(TILDAS)が注目されている。TILDAS を用いた測定では、特定の分子内振動に起因する固有の吸収波長における吸光度から直接同位体比を計算するため、質量分析計では困難だった質量が同じアイソトポログに含まれる同位体の存在比も容易に調べることが出来る。本研究では、TILDAS を用いた ^{17}O の存在度異常の新しい測定手法の開発の経過について報告をする。

Development of an analytical method for ^{17}O -excess using a tunable mid-infrared laser absorption spectroscopy system

Aki Sakuma (JAMSTEC), Saburo Sakai (JAMSTEC)

【P-9】 更新世初期における北大西洋の大陸氷床崩壊

○李 さらん(九州大学)、桑原 義博(九州大学)、林 辰弥(九州大学)、大野 正夫(九州大学)

更新世初期におけるミレニアルスケールの気候変動とそれに伴う大陸氷床の変化はよく分かっていない。Hayashi et al. (2020)は、アイスランド南方沖ガーダードリフトで採取された IODP Site U1314 コア試料を分析し、大陸氷床崩壊に伴う Ice rafted debris(IRD)の著しい増加が、酸素同位体ステージ(MIS) G4、G2、104 氷期では1回ずつ存在し、MIS100 氷期では数千年間隔で繰り返し起きていたことを報告している。本研究では、同試料(U1314)を用いて数千年変動が現れた更新世初期(MIS 95以降)の大陸氷床崩壊を高解像度で復元するために IRD の計数と X 線回折(XRD)分析を 200 年間隔で行った。その結果、MIS 95、94、93 では IRD は確認されなかったが、MIS 92、91、90 では IRD が確認され、特に MIS92 では 4 回、MIS91 では 2 回の大陸氷床崩壊イベントの存在が示唆された。XRD 分析の結果では、IRD の増加と同調して石英、長石、雲母、緑泥石の増加が検出されたが、北米のローレンタイド氷床の崩壊を示唆するドロマイトは検出されなかった。

The collapse of continental ice sheets in the North Atlantic during the early Pleistocene
Saran Lee (Kyushu University), Yoshihiro Kuwahara (Kyushu University), Tatsuya Hayashi (Kyushu University), Masao Ohno (Kyushu University)

【P-10】 過去の温暖期と現代の気候の違いにおける古地理の役割

○樋口 太郎(東京大学)、阿部 彩子(東京大学)、Wing-Le Chan(東京大学)、大石 龍太(東京大学)

過去の地球には白亜紀や始新世など、将来の見通しと同等に全球的に温暖で大気 CO₂ 濃度が高かった時代が存在していたことが分かっている (Foster et al., 2017)。また、現代と比較して、南北温度勾配の減少、水循環の強化、海洋循環の違いなどが地質学的な証拠から報告されている (e. g., Zhang et al., 2019)。このような過去の温暖期の気候と現在気候との気候の違いを比較して理解し、将来の気候変化の検証を行うことが重要である。一方で、白亜紀や始新世などの古い時代では、大陸配置や山岳地形といった古地理も現代とは大きく異なっているため、当時の気候や地質学的な証拠を理解して将来予測への示唆を得るためには、大気 CO₂ 濃度だけではなく、古地理の役割を明らかにする必要がある。そこで、本研究では、大気海洋植生結合モデル(MIROC4m)を用いて、現代及び過去の温暖期の気候数値シミュレーションを行った。特に、大気 CO₂ 濃度や地球軌道要素が同様の条件下での実験間を比較することで、過去の温暖期の古地理が現代との温度場や水循環、海洋循環の違いにどのような役割を果たしているのか明らかにする。

The role of paleogeography in differences between past warm periods and modern climates
Taro Higuchi (The University of Tokyo), Ayako Abe-Ouchi (The University of Tokyo), Wing-Le Chan (The University of Tokyo), Ryouta O'ishi (The University of Tokyo)

【P-11】 マイクロフォーカス X 線 CT による大型底生有孔虫研究の現状とこれから

○木下 峻一(国立科学博物館)

マイクロフォーカス X 線 CT (Computed Tomography) を用いた研究手法は、微古生物学における新しい可視化・計測手法の一つである。大型の底生有孔虫は複雑な内部構造を持っており、従来の殻内部の形態研究は薄切片や割れた個体で行われるのが一般的であった。マイクロフォーカス X 線 CT の登場とその撮影技術の向上は、これらの内部構造を非破壊で測定することを可能とした。しかし、実際の研究においては、この方法は未だ技術的・実用的に多くの問題を残している。本発表では、マイクロフォーカス X 線 CT による撮影、3 次元計測手法について、大型底生有孔虫などの微化石撮影時における諸々の問題及び留意点を中心に概説する。また、実際の研究例を紹介し、マイクロフォーカス X 線 CT 研究が大型底生有孔虫の生態の理解や環境解析にどのように寄与しているか、さらに今後の CT 研究の展望等についても考察する。

Microfocus X-ray CT for the Study of Large Benthic Foraminifera: Present and Future
Shunichi Kinoshita (National Museum of Nature and Science)

【P-12】 長期古気候記録の取得を目指した沖縄県の洞窟内での鍾乳石掘削報告

○植村 立(名古屋大学)、有村 悠汰(名古屋大学)、阿部 理(名古屋大学)、浅海竜司(東北大学)

これまで日本では得られなかった長期間かつ高時間分解能の連続データの取得を目指して、洞窟内で鍾乳石のボーリングコア掘削を試みた。本発表では、掘削の様子と得られたコア試料の概要を報告する。現在までに沖縄本島と南大東島において掘削を計 2 回実施した。沖縄本島では、予備掘削も含めて計 11 か所、南大東島では計 4 か所で掘削作業を行い、鍾乳石コア試料を得た。断続的・局所的に成長する石筍と比べると、フローストーンは連続・面的に成長する点で古気候復元に適していると期待されたが、今回のコア試料については密度が低く、泥層と互層になっており、気候復元研究には適さない試料であった。リムストーンについては、2 か所で掘削した結果、片方は泥質層と互層になっていたが、もう一方は気候復元に適していると思われる高密度の鍾乳石であった。最長の試料は南大東島の石筍で掘削された計 126 cm のコア試料であり、土壌成分も少なく気候復元に適している試料だが、成長軸からは部分的に逸脱していた。現在、これらの鍾乳石コアの切断・前処理を進め、年代測定、安定同位体比測定を進めている。

A report of speleothems drilling in a cave for obtaining long-term paleoclimatic records,
Okinawa, Japan

Ryu Uemura (Nagoya University), Yuta Arimura (Nagoya University), Osamu Abe (Nagoya Univ.), Ryuji Asami (Tohoku University)

PALEO ～第8回 地球環境史学会年会 講演要旨集～ (Vol. 10, No. 1)

ISSN 2187-7580

編集者名 地球環境史学会予稿集編集係

編集協力 地球環境史学会会誌編集委員会

編集体制 予稿集編集 高橋 聡・池上 隆仁

編集委員会：佐川 拓也・入野 智久・岡崎 裕典・高橋 聡・池上 隆仁

発行 地球環境史学会（会長：山本 正伸）

発行者所在地及び連絡先 〒060-0810 札幌市北区北10条西5丁目

北海道大学 地球環境科学研究院 地球圏科学部門 環境変動解析学分野