

セッション口頭発表 | T7 [トピック] 堆積地質学の最新研究

📅 2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 🏢 口頭第5会場(E205)

[3oral501-11] T7 [トピック] 堆積地質学の最新研究

座長:足立 奈津子(大阪公立大学)、澤田 大毅(石油資源開発株式会社)

8:45 ~ 9:00

[T7-O-10]

微生物によるペロイド形成過程解明の試み

*白石 史人¹、シュテンゲル ハネス¹、田中 秀明¹、柳川 勝紀²、富岡 尚敬³、高橋 嘉夫⁴ (1. 広島大学、2. 北九州市立大学、3. 海洋研究開発機構、4. 東京大学)

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

9:00 ~ 9:15

[T7-O-11]

上部ジュラ系～下部白亜系鳥巢式石灰岩の形成要因

*鬼頭 岳大¹、中田 亮一²、狩野 彰宏³、白石 史人¹ (1. 広島大学、2. 海洋研究開発機構、3. 東京大学)

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

9:15 ~ 9:30

[T7-O-12]

インド中原生界, Vindhyan超層群Chitrakoot層の堆積学的・地球化学的特徴：古環境への示唆

*パンディ アブヒシェク¹、チャクラボルティ パルタ²、中田 亮一³、狩野 彰宏⁴、白石 史人¹ (1. 広島大学、2. デリー大学、3. 海洋研究開発機構、4. 東京大学)

9:30 ~ 9:45

[T7-O-13]

スターチアン氷期シーケンスに含まれる炭酸塩岩と鉄質堆積物

野田 舜¹、矢部 志織¹、*狩野 彰宏¹ (1. 東京大学)

9:45 ~ 10:00

[3oral501-11-5add]

休憩

◆ ハイライト講演

10:00 ~ 10:30

[T7-O-14]

[招待講演] 九州地域の天然水素ポテンシャル評価について

*山田 泰広^{1,2} (1. 九州大学、2. Royal Holloway Univ. of London)

◆ ハイライト講演

10:30 ~ 10:45

[T7-O-15]

古気候変動, 堆積・続成作用, および油田形成の相互作用により生じた下部白亜系干潟炭酸塩岩 (Tidal flat carbonates) の孔隙率・浸透率の不均質性

*山本 和幸¹、門谷 弘基¹、Alsabeai Jawaher²、Alshamsi Suad²、Mosekiemang Goitse³、高柳 栄子³、井龍 康文³ (1. 株式会社INPEX、2. ADNOC Offshore、3. 東北大学)

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

10:45 ~ 11:00

[T7-O-16]

岩手県久慈層群における炭化水素資源ポテンシャルの堆積学・有機地球化学的再検討

*山岸 昇玄¹、安藤 卓人¹、千代延 俊¹ (1. 秋田大学 国際資源学研究科)

◆ ECS

11:00 ~ 11:15

[T7-O-17]

化学堆積学シーケンスからみたベンガルファンの有機物堆積過程

*児玉 祐輔¹、安藤 卓人²、沢田 健^{1,3} (1. 北海道大学 理学院 自然史科学専攻、2. 秋田大学 国際資源学研究科 資源地球科学専攻、3. 北海道大学 理学研究院 地球惑星科学部門)

◆ 学生優秀発表賞エントリー

11:15 ~ 11:30

[T7-O-18]

北海道幌向川に分布する中新統川端層の有機物に富むタービダイト層の堆積学的調査

*山田 陽翔¹、沢田 健² (1. 北海道大学大学院理学院、2. 北海道大学理学研究院)

11:30 ~ 11:45

[T7-O-19]

蝦夷層群羽幌川層堆積岩のバイオマーカー分析によるコニアシアン-サントニアン期の堆積環境復元

*高橋 温¹、中村 英人²、池田 雅志³、安藤 卓人⁴、沢田 健³、高嶋 礼詩⁵、西 弘嗣² (1. 北海道大学理学院、2. 福井県立大学恐竜学部、3. 北海道大学理学研究院、4. 秋田大学国際資源学部、5. 東北大学総合学術博物館)

11:45 ~ 12:00

[T7-O-20]

ベトナム北東部デボン紀-石炭紀境界堆積岩におけるバイオマーカーを用いた古環境復元

*四木 りさ¹、沢田 健^{1,2}、高嶋 礼詩³、小松 俊文⁴ (1. 北海道大学理学院自然史科学専攻、2. 北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3. 東北大学学術資源研究公開センター総合学術博物館、4. 熊本大学大学院先端科学研究部基礎科学部門)

2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 口頭第5会場(E205)

[3oral501-11] T7 [トピック] 堆積地質学の最新研究

座長: 足立 奈津子(大阪公立大学)、澤田 大毅(石油資源開発株式会社)

8:45 ~ 9:00

[T7-O-10] 微生物によるペロイド形成過程解明の試み

*白石 史人¹、シュテンゲル ハネス¹、田中 秀明¹、柳川 勝紀²、富岡 尚敬³、高橋 嘉夫⁴ (1. 広島大学、2. 北九州市立大学、3. 海洋研究開発機構、4. 東京大学)

ペロイドは炭酸塩岩中に一般的に含まれており、岩石薄片では微晶質（ミクライト質）で無構造の粒子として観察される。ペロイドには様々な起源があるが、微生物起源のものも多く、しばしばストロマトライトを構成するなど、地球表層の炭素循環に重要な役割を果たしてきた。しかしながら、微生物がどのようにペロイドを形成するのか、その詳細は未だ十分に理解されていない。いくつかの先行研究は、地質時代と現世の微生物性炭酸塩岩の検討から、球状シアノバクテリアなどのコロニーがCaCO₃に包埋されることでペロイドが形成した可能性を指摘している。そこで本研究は、実験およびトラバーチンでの検討も踏まえることで、微生物によるペロイド形成過程の解明を目指した。

実験による検討では、球状シアノバクテリアである*Synechocystis* sp.および*Stanieria* sp.の菌株を用いた。酸-塩基滴定および蛍光染色の結果から、*Synechocystis* sp.の方が細胞表面や細胞外高分子（EPS）にカルボキシ基を多く含んでいることが示された。これらの菌株を光合成誘導CaCO₃沈殿に適した実験水に浸し、光を照射して経過を観察した。その結果、

Synechocystis sp.では周辺に球形鉱物などが観察された一方で、*Stanieria* sp.ではそのような鉱物は確認されなかった。これは、酸性EPSが炭酸塩鉱物の核形成に重要な働きを果たしていることを示唆している。透過型電子顕微鏡（TEM）および走査型透過X線顕微鏡（STXM）を用いた観察では、*Synechocystis* sp.の周辺で形成された鉱物は双晶を伴う単結晶方解石から構成されており、その内部に*Synechocystis* sp.の細胞は見られなかった。ペロイドが形成されなかった原因としては、シアノバクテリア細胞の密度が低かったことや、酸性EPSが薄かったことなどが考えられる。

一方、トラバーチンの検討は大分県長湯温泉で実施した。ここでは直径約20~50 μmのペロイドが扇状アラゴナイト間の凹部に集積しており、その周囲には石灰化していない糸状シアノバクテリアが分布していた。このペロイドの内部をTEMおよびSTXMで観察したところ、ペロイドの中心部は約200~500 nmの微粒状アラゴナイトから構成されており、その周囲を針状アラゴナイトが取り囲んでいることが明らかとなった。また、中心部では幅約100 nm、長さ約0.5~1.5 μmのフィラメント状アラゴナイトが見られ、その周囲ではカルボキシ基に由来する288.6 eVでのX線吸収が認められた。これらの観察結果から、何らかの微生物が放出した酸性EPSが核となって微粒状アラゴナイトが沈殿し、それが非酸性EPSを持つ糸状シアノバクテリアによって保持されることで、互いに連結しないペロイド粒子が形成されていることが示された。

以上の結果から、微生物によってペロイドが形成されるためには、1) 微晶質となるために必要な、酸性EPSなど結晶核形成場の供給、2) 沈殿を引き起こすために必要な、非生物的または生物的に十分高められたCaCO₃飽和度、3) ペロイドが互いに連結しない粒子として存続するために必要な、非酸性EPSなど結晶核形成に不適な周辺マトリックスが必要であると考えられる。

📅 2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 🏢 口頭第5会場(E205)

[3oral501-11] T7 [トピック] 堆積地質学の最新研究

座長: 足立 奈津子(大阪公立大学)、澤田 大毅(石油資源開発株式会社)

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

9:00 ~ 9:15

[T7-O-11] 上部ジュラ系～下部白亜系鳥巢式石灰岩の形成要因

* 鬼頭 岳大¹、中田 亮一²、狩野 彰宏³、白石 史人¹ (1. 広島大学、2. 海洋研究開発機構、3. 東京大学)

中生代のうち、三畳紀末と白亜紀末は大量絶滅があったことが知られている (Raup and Sepkoski, 1982). 近年、ジュラ紀末 (J/K境界) においても、隕石衝突による小規模な生物絶滅や (Rampino, 2019), 海洋無酸素事変 (Nozaki et al., 2013) などのイベントがあったことが示唆されている. J/K境界の前後で形成した鳥巢式石灰岩は、南は九州、北は北海道まで広く分布し、一般的に砂岩や泥岩などが卓越する地質体中に小規模岩体として産する (例えば、田村, 1960). このことは、ジュラ紀後期～白亜紀前期のある時期に、炭酸塩鉱物の供給量が陸源砕屑物の供給量を局地的に上回るイベントが、ユーラシア大陸東縁の比較的広い範囲で起こったことを意味する. しかしながら、鳥巢式石灰岩はしばしば上下の砕屑岩との境界露頭を欠いていることに加えて、その年代が精度よく決定された石灰岩体がいまだに限られていることもあり、炭酸塩鉱物の相対的な供給量増加に至った原因は十分に理解されていない.

本研究において、愛媛県西予市城川町で詳細な地質調査を行ったところ、新たに鳥巢式石灰岩と下位の砕屑岩の境界露頭を発見し、これを中津川セクションとした. 中津川セクションにおいて、石灰岩・砕屑岩の構成要素を明らかにし、また炭素・酸素同位体比測定により、石灰岩形成時の環境変化や続成作用の影響を評価する. さらに、石灰岩に対してSr同位体層序学を適用し、堆積年代を高精度で決定する. これらの結果を統合することで、鳥巢式石灰岩形成の開始・終了に至った要因について明らかにすることが本研究の目的である.

中津川セクション周辺では、岩相が下位からハンモック状斜交層理を伴う砂岩泥岩互層、トラフ型斜交層理を伴う砂岩、石灰岩へと変化した. このことから、石灰岩は浅海化に伴って形成したと考えられる. 中津川セクション最下部で見られた砂岩-石灰岩境界試料の観察によると、石灰岩の形成は主にペロイドと生砕屑物の供給により突如開始したが、依然として砕屑物の供給の供給も継続していたと考えられる. XRD分析およびポイントカウンティングの結果、中津川セクションは、下位からUnit 1～Unit 6に区分された. Unit 1は主にグレイン/フロートストーンからなり、比較的高流速な環境を示す. Unit 2は主にパック/ワッケストーンからなり、流速が低下したことを示す. Unit 3は主にフレームストーンからなり生物礁が卓越したことを示す. Unit 4は主にグレイン/フレームストーンからなり、ウーイドの含有量が50%以上となる層準もみられた. このことから比較的高流速な環境になったといえる. Unit 5は主にフレームストーンからなり、再び生物礁が卓越したことを示す. Unit 6は放散虫を含むワッケストーンからなり、水深が増大し、低流速な環境になったことを示す. これらのことから、石灰岩の形成は、流速の比較的大きい浅海での生砕屑物集積によって開始し、水深増大によって終了したことが示唆された.

また、中津川セクションの中部から発見した腕足動物の殻に対し、白石ほか (2005) の手法に基づいてSr同位体層序学を適用したところ、Tithonian中期の147.5 (±0.5) Maという堆積年代が得られた. この年代を先行研究で求められた異なる石灰岩体のSr同位体年代と対比し

たところ、石灰岩形成を引き起こしたイベントは、地理的に狭い範囲で見ると同時多発的であったのに対して、広い範囲で見ると散発的であった可能性が示された。現在、異なる層準でも腕足動物化石と思われる試料が得られているため、今後は中津川セクション全体の堆積持続期間を見積もるために、追加でSr同位体年代を求める必要がある。

引用文献

- Nozaki et al., 2013, *Scientific Reports*, **3(1)**, 1889.
 Rampino et al., 2019, *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.* **542**, 271-302.
 Raup & Sepkoski, 1982, *Science*, **215(4539)**, 1501-1503.
 白石ほか, 2005, *地質学雑誌*. **111(10)**, 610-623.
 田村, 1960, *熊本大教育紀要*, **8**, 1-40.

セッション口頭発表 | T7 [トピック] 堆積地質学の最新研究

2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 口頭第5会場(E205)

[3oral501-11] T7 [トピック] 堆積地質学の最新研究

座長: 足立 奈津子(大阪公立大学)、澤田 大毅(石油資源開発株式会社)

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

9:15 ~ 9:30

[T7-O-12] インド中原生界, Vindhyan超層群Chitrakoot層の堆積学的・地球化学的特徴：古環境への示唆*パンディ アブヒシェク¹、チャクラボルティ パルタ²、中田 亮一³、狩野 彰宏⁴、白石 史人¹ (1. 広島大学、2. デリー大学、3. 海洋研究開発機構、4. 東京大学)

中生代（16–10億年前）は、2つの理由から重要な意義を持っている：(i) 初期真核生物の多様化が遅れたことで進化の停滞が生じたこと、および (ii) 大気中の酸素濃度（0.1% PAL）がバースツール点（1% PAL）を下回っていたことである。両方の理由を結びつける共通の要因は、古環境と酸化還元状態である。したがって、中生代における初期真核生物の生存可能性を解明するためには、古環境の解釈が不可欠である。近年、インドの下部Vindhyan超層群に含まれる中生代Chitrakoot層から、紅藻類（クラウングループ）を含む保存のよい初期真核生物の微化石が報告された。しかし先行研究では、これらの初期真核生物が生息していた古環境と酸化還元状態について議論されていなかった。ゆえに本研究では、地質調査、堆積岩岩石学、地球化学（希土類元素（REE）および炭素・酸素同位体）を用いることで、Chitrakoot層の古環境と酸化還元状態を解明することを目的とする。野外調査の結果、下位から3つの堆積相（ペロイド質苦灰岩、海緑石質砂岩、および層状苦灰岩）が調査地で一貫して見られた。ヘリングボーン斜交層理、トラフ型斜交層理、ウェーブリップル、平行層理などの堆積構造の存在は、潮汐と波が存在する沿岸環境であったことを示唆している。岩石学的特徴からは、ペロイド質苦灰岩は沿岸環境における通気帯のセメント化を経験したことが示された。本研究では、ペロイド質苦灰岩の珪化マトリックスから、保存の良い真核生物の微化石が発見された。一部のペロイドは内部が珪化しており、球状シアノバクテリアが含まれている。上部の層状苦灰岩には、リン酸塩オンコライトが局所的に存在する。リン酸塩オンコライトには、リン酸塩沈殿時の生物活動を示す糸状微化石とガス泡が含まれている。PAASで規格化した希土類元素（REE）パターンはほぼ平坦で、外洋のようなパターンを欠いている。LaとGd異常の変動、Y/Ho比（ ≥ 27 ）、Pr/Yb値の変動、および高い碎屑性成分（TiとAl）は、沿岸環境（例えば河口や沿岸のラグーン）において、淡水と海水を端成分とする混合が起きた可能性を示唆している。炭酸塩から真のCe負異常が検出されなかったことから、浅海（亜酸化・無酸素環境）においてCe（III）を酸化する溶存酸素が存在しなかったことを示している。興味深いことに、Sangrampurセクションのペロイドは強いCe正異常を示しており、これは形成時が還元的環境であったか、後の続成作用の影響を示唆している。しかし、ペロイド内部に酸素発生型原核生物（例えば球状シアノバクテリア）が存在することから、初期の真核生物が生存し進化するための小さな酸素オアシスが存在した可能性が考えられる。

2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 口頭第5会場(E205)

[3oral501-11] T7 [トピック] 堆積地質学の最新研究

座長: 足立 奈津子(大阪公立大学)、澤田 大毅(石油資源開発株式会社)

9:30 ~ 9:45

[T7-O-13] スターチアン氷期シークエンスに含まれる炭酸塩岩と鉄質堆積物

野田 舜¹、矢部 志織¹、*狩野 彰宏¹ (1. 東京大学)

キーワード: 新原生代、炭酸塩、鉄堆積物、全球凍結

1960年代に提示された1次元エネルギーバランスモデルによると、1)氷が緯度40度程度に張り出すと、アイスアルベドフィードバックにより急速に寒冷化が進行し、地表全体が雪氷に覆われるようになる。2)地表が白い雪氷に覆われるため、太陽光の大半が宇宙空間へと反射され、3)厚さ1000m程度に発達した長期間(数100~1000万年間)安定する。その間、4)火成活動により放出されたCO₂が風化作用と光合成が停止したため、大気-海洋系に蓄積する。5)大気のCO₂濃度が閾値(0.1気圧程度)に達すると氷が低緯度から一気に(2000年間程度で)融解する。そのため、6)第四紀のように太陽放射強制力の変動で氷期/間氷期を繰り返すことはない。この1次元モデルにより予測される全球凍結の過程は「氷期中の生命の存続」に関する大問題を含むが、60年後の現在も変更されていない。ところが、2010年代後半から、上記過程では説明できない地質学的証拠が新原生代のスターチアン氷期(717~660Ma)とマリノアン氷期(645?~635Ma)の堆積物から提示されてきた。それらは藻類化石(Ye et al., 2015)、黒色頁岩、鉄質堆積物(Johnson et al., 2017; Song et al., 2023)、炭酸塩岩(Hood et al., 2022; Zhu et al., 2024)などであり、氷期に光合成があり、酸素とアルカリ度を海洋に供給するプロセスが働いていたことになる。そこで、単純な1次元モデルの見直しに加え、接氷面沿いに起こる酸化的淡水の流入や、赤道域における氷の部分的融解が検討されている。本研究ではスターチアン氷期の堆積物を紹介し、その中に含まれる炭酸塩岩と鉄質堆積物について報告する。研究対象である南オーストラリアの地層が発達するアデレード地向斜は新原生代のリフト帯であり、クライオジェニア紀の短い間氷期(1500万年間)に約3000mの堆積シークエンスが発達した。その前のスターチアン氷期に発達した氷礫岩・砂岩・頁岩を主体とした氷期のシークエンスも総厚数100mに達する。氷期シークエンスに見られる鉄質堆積物は頁岩と共在することが多く、鉄に富む部分が葉理状に発達することが多く、炭酸塩に富む部分と数10cmのスケールで互層することもあり、ミランコビッチサイクルに関連した第四紀型の氷期/間氷期変動である可能性も指摘されている(Hood et al., 2022)。また、鉄質堆積物は氷礫岩中にも認められ、氷砕屑物のとともに酸素が海洋に供給したと考えられる。これを説明できるのは接氷面沿いに起こる淡水流入であり、氷床に含まれる酸素が火成活動で蓄積した鉄イオンと結合した。炭酸塩岩はミクライト質であり、炭素同位体比は-1~-4‰であり、下位の炭酸塩岩よりも明らかに低いので、氷砕屑物に含まれる炭酸塩岩の破片ではない。ただし、上位のキャップカーボネートよりは低く、海水の溶存炭酸がマンツルの値により十分緩衝されていない。あるいは、部分的な開氷域でのガス交換や光合成の影響かもしれない。酸素同位体比は比較的高く、水温がまだ低い時に沈殿したものと思われる。

引用文献 Johnson et al., 2017, *Communications*, 8(1), 131; Hood et al., 2021, *Geobiology*, 20(2), 175-193; Song et al., 2023, *Nature Communications*, 14(1), 1564; Ye et al., 2015, *Geology*, 43(6), 507-510; Zhu et al., 2024, *Geological Society of America Bulletin*, 136(9-10), 4050-4058.

セッション口頭発表 | T7 [トピック] 堆積地質学の最新研究

📅 2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 🏢 口頭第5会場(E205)

[3oral501-11] T7 [トピック] 堆積地質学の最新研究

座長: 足立 奈津子(大阪公立大学)、澤田 大毅(石油資源開発株式会社)

◆ ハイライト講演

10:00 ~ 10:30

[T7-O-14] [招待講演] 九州地域の天然水素ポテンシャル評価について

*山田 泰広^{1,2} (1. 九州大学、2. Royal Holloway Univ. of London)

【ハイライト講演】 水素は従来、石油や天然ガスのような天然資源として存在するとは考えられていなかったが、近年、世界各地で天然水素の発見が報告され、低コストなカーボンニュートラル燃料として、研究機関による調査や、ベンチャー企業による探鉱、開発が進められている。本研究は、これまでの天然水素に関する知見を踏まえ、九州地域の地質ポテンシャル評価スタディを進めているものあり、その成果が注目される。 [※ハイライト講演とは...](#)

キーワード：天然水素、九州、ポテンシャル評価

自然エネルギー資源として天然水素が注目されており、探鉱開発が世界中で進められている。天然水素は水から生成されるが、放射性元素による改変や、蛇紋岩化など岩石水反応に伴うもの、そして地球深部起源のものが提唱されている。このうち研究開発が進んでいるのは岩石水反応に伴って生成される水素である。

本講演では、現在までに明らかになってきた天然水素に関する知見と、その探鉱開発の現状、そして九州地域を対象として進行中のポテンシャル評価スタディについて紹介する。

セッション口頭発表 | T7 [トピック] 堆積地質学の最新研究

2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 口頭第5会場(E205)

[3oral501-11] T7 [トピック] 堆積地質学の最新研究

座長: 足立 奈津子(大阪公立大学)、澤田 大毅(石油資源開発株式会社)

◆ ハイライト講演

10:30 ~ 10:45

[T7-O-15] 古気候変動、堆積・続成作用、および油田形成の相互作用により生じた下部白亜系干潟炭酸塩岩 (Tidal flat carbonates) の孔隙率・浸透率の不均質性

*山本 和幸¹、門谷 弘基¹、Alsabeai Jawaher²、Alshamsi Suad²、Mosekiemang Goitse³、高柳 栄子³、井龍 康文³ (1. 株式会社INPEX、2. ADNOC Offshore、3. 東北大学)

【ハイライト講演】 油田開発では、石油を貯留する地層の不均質性を理解することは、合理的な開発計画を考える上で最も重要な要素の一つである。本研究は、干潟炭酸塩岩の堆積環境による岩相変化と、その後の続成作用による各岩相の孔隙率、浸透率の増加、減少の両方の作用を詳細に検討し、地層の不均質性を包括的に解明しており、有益な洞察を与えるものである。 [※ハイライト講演とは...](#)

キーワード：干潟炭酸塩岩、下部白亜系、巨大油田、カルスト化、蒸発性ドロマイト

ジュラ紀～白亜紀のアラビアプレート上では、浅海性炭酸塩プラットフォーム堆積物が厚く堆積し、それらを貯留岩とする油田が多数形成されている。その中の一つであるアラブ首長国連邦の巨大油田では、下部白亜系ベリアシアン階干潟炭酸塩岩 (Tidal flat carbonates) が貯留層の一部を構成している。本研究で検討した層位区間（層厚約140 m）では、数メートル以下の層厚で貯留層と非貯留層が互層する単純な構造にも関わらず、貯留岩の不均質性により油田内の流体挙動は非常に複雑で、その地質的要因の理解はあまり進んでいなかった。そこで本研究では、油田のコア試料、岩石薄片、孔隙率・浸透率データを用いて、貯留岩の不均質性の要因解明を試みた。その結果、干潟炭酸塩岩の岩相層序は、潮下帯～潮上帯の堆積物が上方浅海化を示す堆積サイクルで構成されることが分かった。層位区間下部はドロマイト化しており、ドロマイトの含有量は上位に向かって増減を繰り返しながら減少し、上部では石灰岩が主体となっている。石灰岩にはカルスト化による陸水続成作用が普遍的に認められる一方、苦灰岩は硬石膏ノジュールを伴い、蒸発性ドロマイト化作用を受けたことが示唆される。この岩相変化は、アラビアプレート上の古気候が、ジュラ紀に卓越していた乾燥気候から白亜紀に卓越する湿潤気候へ移行する過渡期を反映していると考えられる。貯留層石灰岩は、ワッケストーンやパックスストーンを主体とし、一部にグレインストーンを伴う相対的に高エネルギーの潮下帯～潮間帯環境で堆積したと考えられる。一方、非貯留層石灰岩は、ワッケストーンやマッドストーンを主体とし、生砕物粒子に乏しい相対的に低エネルギーの潮間帯～潮上帯環境で堆積したと考えられ、化学圧密とセメンテーション（膠結作用）が進んでいる。しかしながら、これらの石灰岩の岩相と孔隙率・浸透率には必ずしも明瞭な関係が認められない。岩石組織の解析結果から、その原因は1) カルスト化に伴う溶解孔隙・フラクチャーの発達による孔隙率・浸透率の増加、2) 生砕物粒子のモールド孔隙の発達による孔隙率の増加、3) 化学圧密・セメンテーションによる孔隙率・浸透率の低下、の3つの続成作用により各岩相の孔隙率・浸透率が大きく改変されたためであることが分かった。石灰岩には陸上干出に伴うカルスト化が普遍的に認められるが、堆積サイクルを跨いで垂直方向に大規模に広がるカルスト化は認められない。これはオートサイクリックな堆

積プロセスや、温室期だったベリアシアン期における小振幅の海水準変動が要因となり、干潟炭酸塩岩は頻繁ではあるが、ごく短期間しか干出していないことを示している。このことから、カルスト化による溶解孔隙・フラクチャーの発達は、主に水平方向の貯留岩の不均質性を形成していると考えられる。貯留岩の孔隙率・浸透率を低下させている主要因は化学圧密・セメンテーションであり、これらは岩相と炭化水素効果の2つの要因に依存している。

まず岩相に関しては、ミクライト質の基質に富むワッケストーンやマッドストーンで化学圧密・セメンテーションがより進行している傾向が認められる。炭化水素効果に関しては、油の胚胎が遅れた、あるいは胚胎していないドーム状油田構造の翼部で化学圧密・セメンテーションによる孔隙率・浸透率の低下が進んでいる。グレインストーンやカルスト化による溶解孔隙・フラクチャーが発達する岩相は構造翼部でも広く認められるものの、それらの孔隙率・浸透率はセメンテーションで大きく低下している。一方、層位区間下部で卓越する苦灰岩の孔隙率・浸透率のコントロール要因は、石灰岩のそれとは大きく異なり、古気候や局所的な水理条件による高塩分海水の形成と供給が主な要因である。石灰岩の基質のミクライトが粒径の大きなドロマイトの結晶で交代されることにより浸透率は改善される一方、高塩分海水の供給過剰でドロマイト化が進行しすぎると、ドロマイトのセメンテーションにより孔隙率・浸透率は大きく低下する。苦灰岩と石灰岩は数メートルの層厚で互層しており、蒸発性ドロマイト作用は地表面下で周期的に起きたことが示唆される。また、石灰岩とは異なり、ドロマイトはカルサイトよりも化学圧密を受けにくいいため、油田構造の頂部と翼部で苦灰岩の孔隙率・浸透率に有意な差は認められない。本研究により、古気候変動を反映した堆積・続成作用が、表層環境で貯留岩の不均質性をどのように形成したのか、さらに埋没後の油田形成過程で、その不均質性がどのように変化したのかを包括的に解明した。この成果は、油田内の複雑な流体挙動を3次元貯留層モデルで表現する際に必要な地質的理解を深めただけでなく、干潟炭酸塩岩を貯留岩とする他の油ガス田の探鉱・開発や二酸化炭素の地下貯留にも有益な洞察を提供するものと期待される。

セッション口頭発表 | T7 [トピック] 堆積地質学の最新研究

📅 2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 📍 口頭第5会場(E205)

[3oral501-11] T7 [トピック] 堆積地質学の最新研究

座長: 足立 奈津子(大阪公立大学)、澤田 大毅(石油資源開発株式会社)

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

10:45 ~ 11:00

[T7-O-16] 岩手県久慈層群における炭化水素資源ポテンシャルの堆積学・有機地球化学的再検討

*山岸 昇玄¹、安藤 卓人¹、千代延 俊¹ (1. 秋田大学 国際資源学研究科)

キーワード：堆積環境、Rock-Eval分析、炭化水素資源、白亜紀、久慈層群

[はじめに]

岩手県北東部に分布する上部白亜系久慈層群は、蝦夷前弧堆積盆北上亜堆積盆の西縁を構成し (Ando, 1997), これまで主に堆積相解析や層序学的観点より研究がされてきた (島津・寺岡, 1962; 吉田ほか, 1987; 照井・長浜, 1995; Ando, 1997, 2003)。また、蝦夷前弧堆積盆における上部白亜系から古第三系は、炭化水素鉱床や天然ガス鉱床としても注目されており、特に非海成層における含炭層が根源岩として重要であること (大澤ほか, 2002) が指摘されている。さらに、木村ほか (2005) では、本層群の有機物は保存状態が良く未熟成であることが示唆されており、本層群の堆積岩中の有機物は堆積環境の情報を多く保持しており、蝦夷前弧堆積盆全体の炭化水素資源ポテンシャルを評価する際に重要である。しかし、本層群の堆積岩中の有機物を用いた研究事例は少なく、特に堆積環境の検討についての研究事例は日本国内においても非常に少ない。本研究では、上部白亜系久慈層群を対象とした地質調査による堆積相解析に加え、ケロジェンの顕微鏡観察 (パリノファシス分析・パリノモルフ分析) および有機化学分析を行い、久慈層群における堆積環境と炭化水素資源としてのポテンシャルの再検討を行った。

[研究地域・手法]

岩手県久慈市および野田村に位置する夏井川、沢山川、枝成沢、玉川海岸の4つのセクションにて地質調査を行い、岩相記載及び主に泥岩・シルト岩の試料の採取を行った。採取した試料は、粉末化してRock-Eval分析と全硫黄 (TS) 分析、酸 (HCl, HF) 処理後にパリノファシス分析およびパリノモルフ分析を行った。

[結果・考察]

岩相記載より、河川から上部外浜のような広域な堆積環境であると考えられている玉川層は、パリノファシス分析によると上位に向かうにつれてAOM (Amorphous Organic Matter) の割合が上昇し、特に非蛍光性を示すNFA (non-fluorescent AOM) の割合がその中でも上昇することが分かった。また、全有機炭素 (TOC)、全硫黄 (TS) はともに本層上部に向かって高くなる傾向がみられ、TOCは0.02 %から7.35 %の範囲で、TSは最大で約2.32 %であった。一方、 T_{max} は前述の傾向と逆の傾向が見られ、上部に向かって低くなる。これらの結果より、玉川層の堆積環境は海水準変動によって河川～沿岸環境の中で変化するも、全体的に海進を反映して推移することが示唆された。さらに玉川層上部はラグーンのような有機物と硫黄が保存されやすい閉鎖的な環境であり、比較的低い温度で結合が切断される硫黄を含むケロジェンが保存されたことで T_{max} が局所的に低くなっていると考えた。そして、久慈層群内で最も有機物と硫黄の保存性が認められるこの堆積相は、蝦夷前弧堆積盆の上部白亜系に

における炭化水素資源ポテンシャルを検討する上で重要であることがいえる。

国丹層は、岩相記載では上部外浜から内側陸棚の様な浅海環境であるとされ、パリノファシス分析においては久慈層群内で最もAOMが高い層となった。また、TOCやTSは国丹層下位の玉川層から大きく減少するが、層内での値は変化が少なく、TOCは0.02 %から2.22 %の範囲で、TSは最大で約1.03 %となった。これらの結果より国丹層の堆積環境は、浅海環境であるが有機物があまり保存されず、酸化的な環境であったことが示唆された。さらに、国丹層の大部分の岩相は砂岩であることから、貯留層としての有用性の検討も可能である。

沢山層は、岩相記載では河川及びその氾濫原のような堆積環境であるとされ、パリノファシス分析からは国丹層に次いでAOMの割合が高くなり、植物片の中でも不透明植物片と半透明植物片がおよそ半分の割合でそれぞれ存在していることが分かった。また、TOCは0.05 %から2.06 %の範囲で、TSは最大で約1.14 %となり、層内でのばらつきが玉川層・国丹層よりも大きかった。これらの結果より沢山層の堆積環境は、陸域の河川及び氾濫原で静穏で有機物が保存されやすい環境とされづらい環境が混在する酸化的な環境であったことが示唆された。沢山層の堆積岩は有機物をほとんど含まない凝灰質であり、植物化石や植物片の含まれる割合の変化によって、TOC及びTSのばらつきが生じているといえる。

[引用文献]

Ando, 1997, The Geological Society of Japan, 48

Ando, 2003, Journal of Asian Earth Sciences, 21

大澤ほか, 2002, 石油技術協会誌, 67(1)

木村ほか, 2005, 福岡大学理学集報, 35(1)

島津・寺岡, 1962, 陸中野田（青森第59号）, 5萬分の1地質図幅説明書

照井・長浜, 1995, 地質学論集, 45

吉田ほか, 1987, 陸中大野地域の地質（青森第49号）, 5万分の1地質図幅説明書

📅 2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 🏢 口頭第5会場(E205)

[3oral501-11] T7 [トピック] 堆積地質学の最新研究

座長: 足立 奈津子(大阪公立大学)、澤田 大毅(石油資源開発株式会社)

◆ ECS

11:00 ~ 11:15

[T7-O-17] 化学堆積学シーケンスからみたベンガルファンの有機物堆積過程

*児玉 祐輔¹、安藤 卓人²、沢田 健^{1,3} (1. 北海道大学 理学院 自然史科学専攻、2. 秋田大学 国際資源学研究科 資源地球科学専攻、3. 北海道大学 理学研究院 地球惑星科学部門)

キーワード：ベンガルファン、植物テルペノイド、化学堆積学シーケンス、タービダイト、IODP

インド洋北東部のベンガル湾には、主にヒマラヤ山脈やチベット高原の隆起に伴う多量の碎屑物がガンジス川・ブラマプトラ川水系によって流入しており、地球上で最大の海底扇状地であるベンガルファンが形成されている(Curray et al., 2002)。海底扇状地は洪水流や地震等に起因するタービダイトによって主に構成されており、陸源有機物が濃集する例が知られている(Baudin et al., 2010; Biscara et al., 2011)。そのため、ベンガルファンには陸域から輸送された多量の陸上植物由来の有機物が貯蔵されていると考えられており、炭素を貯蔵する場として重要な役割を担っていることが示唆されている(Galy et al., 2007)。本研究では、ベンガルファン堆積物に含まれるバイオマーカー(生物指標分子)の深度プロファイルデータを用いて化学堆積学シーケンス解析を行い、混濁流による有機物の輸送・堆積過程を評価した。

本研究では、ベンガル湾にて実施された国際深海科学掘削計画(IODP) Exp. 353で掘削されたSite U1444のコア試料を用いた。微化石層序から、コアの最下部は約6Maと推定される。U1444Aコアは、大きく分けて4つの堆積相からなる。Unit 1は多様な層厚のタービダイトが含まれるシルト質砂とシルト質粘土、Unit 2は薄いタービダイトが含まれる粘土、Unit 3はコア回収率が悪いがシルト質砂と粘土質シルト、Unit 4は薄いタービダイトを含むシルト質粘土から構成される。本研究では、U1444Aコアのタービダイト層(シーケンス)を粗粒層とその直下・直上の細粒層(直下：半遠洋性泥層(Hemipelagite)、直上：基本的にタービダイト性泥層(Tmud))に分けて採取して分析した。堆積物コア試料のスミアスライドを作成し、顕微鏡観察によって構成粒子の粒度や組成を求めた。また、凍結乾燥・粉碎した堆積物試料をバイオマーカー分析した。

スミアスライド観察の結果、堆積物には石英や長石といった鉱物に加え、石灰質ナノ化石や有孔虫化石、木片がおもに含まれていることがわかった。微化石はHemipelagiteで多く、粗粒層とTmudでは鉱物の割合が高い傾向を示した。また、鉱物の粒度は粗粒層と

Hemipelagiteとの差が堆積シーケンスごとに多様であった。バイオマーカー分析の結果、堆積物試料からはステロイドや陸上植物由来のテルペノイドが検出された。C₂₇ステロイドは主に海生藻類由来であり、C₂₉ステロイドは主に陸上植物に由来するため、C₂₉/(C₂₉+C₂₇)ステロイド比は陸源流入指標として用いられる。植物テルペノイドは、マングローブに由来するタラキセロール(Taraxerol)が特徴的に高い割合で検出された。ベンガルファンを構成する碎屑物の主要な供給源であるガンジス川・ブラマプトラ川水系は河口部に大規模なマングローブ林が形成されており、タラキセロールの検出は後背地植生を反映していると考えられる。Unit 1のタービダイトシーケンスにおいて植物テルペノイドの濃度・組成はほとんど変動しなかったが、C₂₉/(C₂₉+C₂₇)ステロイド比は粗粒層でのみ高い値を示した。Unit 2とUnit 4のシーケンスでは、直下のHemipelagiteよりも粗粒層や直上のTmudで植物テルペノイド濃

度や $C_{29}/(C_{29}+C_{27})$ ステロイド比が高い傾向が見られた。タービダイトシーケンスの粗粒層と直上のTmudにおける陸源流入指標の増加は、ベンガルファンにおいて混濁流により陸域や沿岸域から陸源物質が直接的・効率的に輸送されていたことを示唆するものである。一方、一部のシーケンスでは粗粒層の方が直下・直上の細粒層よりも低い植物テルペノイド濃度や $C_{29}/(C_{29}+C_{27})$ ステロイド比を示した。加えて、粗粒層では被子植物の主に葉に由来するトリテルペノイドがかなり低い割合であったのに対し、針葉樹由来のジテルペノイドであるデヒドロアビエチン酸(DAA)が顕著に高い割合で検出された。この結果は、一度堆積した植物組織のうち、分解されにくい材（木片）に含まれるDAAが選択的に保存され、海底地すべり等によってU1444サイトに再堆積したことを示していると推察した。

参考文献

- Baudin, F. et al. (2010) Marine and Petroleum Geology 27, 995–1010.
Biscara, L. et al. (2011) Marine and Petroleum Geology 28, 1061–1072.
Curry, J.R. et al. (2002) Marine and Petroleum Geology 19, 1191–1223.
Galy, V. et al. (2007) Nature 450, 407–410.

セッション口頭発表 | T7 [トピック] 堆積地質学の最新研究

📅 2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 🏢 口頭第5会場(E205)

[3oral501-11] T7 [トピック] 堆積地質学の最新研究

座長: 足立 奈津子(大阪公立大学)、澤田 大毅(石油資源開発株式会社)

◆ 学生優秀発表賞エントリー

11:15 ~ 11:30

[T7-O-18] 北海道幌向川に分布する中新統川端層の有機物に富むタービダイト層の堆積学的調査

*山田 陽翔¹、沢田 健² (1. 北海道大学大学院理学院、2. 北海道大学理学研究院)

キーワード：中新世、タービダイト、川端層、バイオマーカー、植物片濃集砂岩

[はじめに] 前期中新世末から中期中新世の北海道中央部では、島弧-島弧衝突により南北約400 km、幅数10 kmにわたる狭長な前縁堆積盆 (foreland basins) が形成された。この南北に長いフォアランド堆積盆ではトラフ充填型タービダイトが厚く堆積し、陸上植物由来の有機物を多量に含んだタービダイト層が存在することから、断続的な混濁流の発生により陸源物質が海洋底へ直接かつ多量に輸送されてきたことが推察される (Furota et al., 2021)。石狩堆積盆のうち、中央部に位置する夕張地域に分布する中新統川端層において、有機物濃集砂岩層に着目し、タービダイト層についての詳細な堆積構造の記載や有機地球化学分析から陸源有機物の輸送経路/堆積プロセスの解明に向けて様々な研究が行われている (Okano and Sawada, 2007; Ismail et al., 2023; Asahi and Sawada, 2024)。本研究では、新たに石狩堆積盆の北部に位置する岩見沢地域幌向川セクションの中新統川端層に着目し、混濁流堆積物の堆積構造を明らかにした。加えてバイオマーカー分析により堆積岩試料の古海洋環境、陸源有機物の流入状態などの堆積環境評価を行い、陸源有機物の輸送プロセスを検討した。

[試料と方法] 本調査対象の幌向川セクションで分布する上部中新統川端層は約13.4Maから12.2Maであると推定され、タービダイトに分類されるような混濁流堆積物が広く分布する (久保田ほか、2010)。幌向川セクションで地質調査を実施し、泥岩層および砂岩層を採取した。採取した一部の試料は薄片を作成し、透過光顕微鏡下での粒度分析、蛍光顕微鏡下での有機物に富む葉理などの観察を行った。また、採取した試料は、全有機炭素含量 (TOC) 分析およびバイオマーカー分析を行った。

[結果と考察] 調査地域は主に砂岩泥岩互層で構成されており、堆積構造はBoumaシーケンスに類似したシーケンスが多い。また、特徴的に有機物が濃集して形成されたと考えられる有機物濃集砂岩層が観察された。この層の厚さは、いずれもおおよそ数10 cmであり、主に細粒-極細粒砂で構成されている。中程の部分には、有機物が数cmにわたって層状に発達している点が特徴的であった。蛍光顕微鏡下での観察の結果、有機物濃集砂岩層における有機物は、黒色かつ蛍光を発さない木片や白色から黄色の強い蛍光を発する植物の葉由来のクチクラが多数観察され、いずれも陸源物質に由来することが確認された。また、粒度分析からは、砂岩の下部は粒径約95 μ mから約110 μ mへと逆級化、中部が約110 μ mから約50 μ mへと正級化、上部が約50 μ mから約65 μ mへと再び逆級化する構造を持つことが明らかとなった。これらの特徴から、この有機物濃集砂岩層はハイパーピクナイトであることが示唆され、岩見沢地域では洪水に起因する陸源有機物輸送プロセスがあったことが推察される。全有機炭素含量 (TOC) は、泥岩の試料において0.7%前後と低い値を示したが、砂岩の試料は1.0%を超える比較的高い値を示した。また、バイオマーカー分析の結果、試料からは植物の葉のワックス成分由来とされる*n*-アルカンや光合成色素由来であるプリスタン・フィタ

ン、真核生物の細胞膜などに由来するステラン、ジアステレンなどが検出された。プリスタン/フィタン比(Pr/Ph)と有機物の陸海比を示す $C_{27}/(C_{27}+C_{29})$ ステラン比から、泥岩層形成時に比べて砂岩層形成時は酸化かつより陸源有機物の流入が顕著であったことを示した。*n*-アルカン淡水生植物寄与指標(Paq)は、泥岩試料に比べて砂岩試料は約2倍以上高い値を示し、湿地帯に繁茂するような淡水生植物の流入が顕著であったことが考えられる。堆積構造の解釈や有機地球化学分析により石狩堆積盆北部での陸源有機物の輸送プロセスとして一つとして湿地帯などを巻き込んだ洪水流が考えられ、陸域から活発な輸送による深海環境への有機物の供給が推測できる。

[引用文献]

- Okano, K., Sawada, K. (2007) *Geochemical Journal*, **42**.
Kawakami, G. (2013) *InTech*, pp. 131–152.
Furota, S. et al. (2021) *International Journal of Coal Geology*, **233**, 103643.
Ismail, M.A. et al. (2023) *Sedimentary Geology*, **454**., 106455.
Asahi, H., Sawada, K. (2024) *Organic Geochemistry*, **188**, 104671.
久保田資浩ほか (2010) 石油技術協会誌, **75**.

セッション口頭発表 | T7 [トピック] 堆積地質学の最新研究

📅 2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 📍 口頭第5会場(E205)

[3oral501-11] T7 [トピック] 堆積地質学の最新研究

座長: 足立 奈津子(大阪公立大学)、澤田 大毅(石油資源開発株式会社)

11:30 ~ 11:45

[T7-O-19] 蝦夷層群羽幌川層堆積岩のバイオマーカー分析によるコニアシアン-サントニアン期の堆積環境復元

*高橋 温¹、中村 英人²、池田 雅志³、安藤 卓人⁴、沢田 健³、高嶋 礼詩⁵、西 弘嗣² (1. 北海道大学理学院、2. 福井県立大学恐竜学部、3. 北海道大学理学研究院、4. 秋田大学国際資源学部、5. 東北大学総合学術博物館)

キーワード：白亜紀、蝦夷層群、バイオマーカー、古環境

北海道中軸部を南北に貫くように分布する蝦夷層群は、前期白亜紀から古第三紀にかけてアジア大陸東縁部の前弧海盆で堆積した地層で、陸源碎屑物に富み、非常に早い堆積速度を誇ることから当時の北西太平洋の海洋環境だけでなくアジア大陸東部の陸域古環境の復元も行われてきた(Takashima et al., 2024)。蝦夷層群の大部分は大陸斜面で形成された半遠洋性堆積物である一方、一部は外側陸棚から河川にかけた、より浅海域での堆積物で構成されており、岩相の変化が激しい(Takashima et al., 2019)。本研究では、コニアシアンからサントニアン期に大陸斜面から外側陸棚にかけて堆積したとされる羽幌川層堆積岩試料を対象にバイオマーカー分析を行い、堆積環境の復元と堆積場の変化が有機物組成に与える影響を評価した。

試料には北海道苫前地域の古丹別川沿いに分布する蝦夷層群羽幌川層の堆積岩試料を用いた。有機溶媒抽出によりバイオマーカーを抽出し、シリカゲルカラムで分画した後、ガスクロマトグラフ質量分析計で測定し、脂肪族・芳香族炭化水素の成分を分析した。検出されたステラン、ホパンの異性体比から本試料に含まれる有機物は熱による影響の小さい未熟成な試料(ビトリナイト反射率で約0.4%; 褐炭~亜瀝青炭)であることを確認した。また堆積環境の酸化還元指標であるPr/Ph比、有機物の陸/海洋起源比を示すC27/C29ステラン比を用いた堆積環境の指標からは、Takashima et al. (2019)における岩相のサブユニットHa-1からHa-4にかけての岩相の違いとバイオマーカー指標における堆積環境の変化との関連性は見いだされず、概して酸化的で陸源有機物の寄与が高い堆積場であったことが示された。この結果は、セノマニアンからチューロニアン期における大陸斜面で堆積したとされる蝦夷層群佐久層における先行研究(Ando et al., 2017)の大曲沢セクションでの結果と似た傾向を示しており、蝦夷海盆における堆積場が中期白亜紀から後期白亜紀にかけて変化が少なかったことが推察される。一方で、砂質シルト~中粒砂岩で構成されるサブユニットHa-5においては下層と比較してバイオマーカー指標は還元的な値を示し、Ando et al. (2017)における厚いチャネル礫岩、粗粒砂岩が卓越する朱鞠内川セクションの結果と似た値を示した。この結果は堆積場が大陸斜面から外側陸棚へと遷移していく中で堆積場の酸化還元環境が変化したか、または堆積場に運搬される碎屑物の供給源が変化した可能性が考えられる。

[引用文献]

Ando et al., 2017. *Island Arc*, 26, e12178.

Takashima et al., 2019. *Newsletters on Stratigraphy*, 52(3), 341-376.

Takashima et al., 2024. *Communications Earth and Environment*, 5, 85.

セッション口頭発表 | T7 [トピック] 堆積地質学の最新研究

2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 口頭第5会場(E205)

[3oral501-11] T7 [トピック] 堆積地質学の最新研究

座長:足立 奈津子(大阪公立大学)、澤田 大毅(石油資源開発株式会社)

11:45 ~ 12:00

[T7-O-20] ベトナム北東部デボン紀-石炭紀境界堆積岩におけるバイオマーカーを用いた古環境復元

*四木 りさ¹、沢田 健^{1,2}、高嶋 礼詩³、小松 俊文⁴ (1. 北海道大学理学院自然史科学専攻、2. 北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3. 東北大学学術資源研究公開センター総合学術博物館、4. 熊本大学大学院先端科学研究部基礎科学部門)

キーワード：バイオマーカー、デボン紀-石炭紀境界、ハンゲンベルグ事変、ベトナム

[はじめに] デボン紀-石炭紀 (D-C) 境界は、海洋無酸素事変 (OAE) が起こり、それに関連して海洋生物や陸上植物の約45%が絶滅したとされるハンゲンベルグ事変が起こったことが知られている。ハンゲンベルグ事変では、海水準変動が繰り返し発生していたことが推測されており、ヨーロッパや北米で無酸素・高硫黄な環境が有光層にまで広がる有光層ユーキシニア (PZE) が形成されていたと考えられている (Kaiser et al., 2016; Marynowski et al., 2012; Sahoo et al., 2023)。しかし、ハンゲンベルグ事変が発生した原因は未だ解明されていない。本研究では、ベトナム北東部デボン紀-石炭紀境界堆積岩のバイオマーカー分析から、堆積環境や古海洋環境を復元した。

[試料と方法] 分析試料はハンゲンベルグ事変の層準を含む、デボン紀ファメニアン後期から石炭紀トルネシアン前期におけるベトナム北東部Cat Ba島のCat Co層群Pho Han層の黒色頁岩および灰色石灰岩を用いた。バイオマーカー分析では、有機溶媒抽出とシリカゲルカラム分けの後、尿素アダクト法により直鎖アルカンと分枝状・環状アルカンを分別し、GC-MSによる分析を行った。

[結果と考察] バイオマーカー分析の結果、酸化環境で生成されるプリスタン (Pr)、還元環境で生成されるフィタン (Ph)、真核生物に由来するステラン、高塩分環境において生成されるガンマセラン、バクテリアに由来するホパン、高硫黄環境を示すジベンゾチオフェン

(DBT) が検出された。酸化還元指標であるPr/Ph比は、全層準を通して約0.5以下の値を取っており、還元的な環境であったことが示された。海/陸比を表すC₂₇/C₂₉ステラン比は、全層準を通して高い値をとっており、海起源の寄与が高いことが示された。DBTは、ハンゲンベルグ事変において高い値を示した。DBTは、その起源や生成経路が明らかにされていない一方で、有機物への硫黄の付加が、堆積場の硫黄の濃度と関係していて、堆積場の酸化還元指標となり得るとする研究例もある (Hughes et al., 1995)。したがって、ハンゲンベルグ事変では、DBTの生成に必要な硫黄が海洋中に多く存在する、より高硫黄環境であった可能性が示唆される。さらに、海洋の成層化の指標であるガンマセランインデックス (ガンマセランとC₃₀ホパンの比; Sinninghe Damsté et al., 1995) は、全層準を通して0.15以下という低い値を示した。この結果から、本研究の層準の堆積時には海洋が成層化していなかったことが推測された。

[引用文献]

Hughes et al. (1995) *Geochimica et Cosmochimica Acta* **59**, 3581-3598.

Kaiser et al. (2016) *Geological Society, London, Special Publications* **423**, 387-437.

Marynowski et al. (2012) *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **346-347**, 66-

86.

Sahoo et al. (2023) *Nature* **615**, 640-645.

Sinninghe Damsté et al. (1995) *Geochimica et Cosmochimica Acta* **59**, 1895-1900.