

2025年9月16日(火)

セッション口頭発表 | T14 [トピック] 九州の火山テクトニクス

◆ EDI

■ 2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 ■ 口頭第1会場(E105)

[3oral101-10] T14 [トピック] 九州の火山テクトニクス

座長:辻 智大(山口大学)、大橋 聖和(産業技術総合研究所)、大坪 誠(産業技術総合研究所地質調査総合センター)、辛島 康大(山口大学)

◆ ハイライト講演

8:45 ~ 9:15

[T14-O-1]

[招待講演] 地震波トモグラフィーから見た九州の地震火山活動と沈み込みダイナミクス

*趙 大鵬¹ (1. 東北大学)

9:15 ~ 9:30

[T14-O-2]

八重山海底地溝におけるマグマ貫入構造の空間変化：反射法地震探査による考察

*新井 隆太¹、三澤 文慶²、大坪 誠²、木下 正高³、石野 沙季²、山本 朱音^{4,2} (1. 海洋研究開発機構、2. 産業技術総合研究所 地質調査総合センター、3. 東京大学地震研究所、4. 筑波大学)

◆ ハイライト講演 ◆ ECS

9:30 ~ 9:45

[T14-O-3]

霧島山新燃岳2025年噴火の火山灰構成粒子の時間変化（速報）

*木尾 竜也¹、宮城 磯治¹、東宮 昭彦¹、岩橋 くるみ¹、及川 輝樹¹、松本 恵子¹、古川 竜太¹、草野 有紀¹、山崎 誠子¹、風早 竜之介¹、篠原 宏志¹、池永 有弥¹、新谷 直己¹、石塚 吉浩¹ (1. 産業技術総合研究所 地質調査総合センター)

9:45 ~ 10:00

[T14-O-4]

九州中部全体を横ずれ引張テクトニクスで説明する

*大橋 聖和¹ (1. 産業技術総合研究所)

◆ 学生優秀発表賞エントリー

10:00 ~ 10:15

[T14-O-5]

阿蘇カルデラ南西壁の地質から推定する大分ー熊本構造線の活動場の変遷

*辛島 康大¹、辻 智大¹ (1. 山口大学)

10:15 ~ 10:30

[3oral101-10-6add]

休憩

◆ ハイライト講演

10:30 ~ 11:00

[T14-O-6]

[招待講演] 中部九州阿蘇地域におけるマグマ活動の時間変化とそのテクトニクス背景

*三好 雅也¹、角野 浩史²、仙田 量子³、佐野 貴司⁴、新村 太郎⁵、古川 邦之⁶、川口 允孝⁷、長谷中 利昭⁸ (1. 福岡大学理学部、2. 東京大学先端科学技術研究センター、3. 九州大学比較社会文化研究院、4. 国立科学博物館理学研究

部、5. 熊本学園大学経済学部、6. 愛知大学経営学部、7. 東京大学地震研究所、8. 熊本大学くまもと水循環・減災研究教育センター)

11:00 ~ 11:15

[T14-O-7]

布田川断層を貫通したボーリング孔における深度300m以深の断層破碎帯内の亀裂を充填する粘土

*澁谷 奨¹、林 為人²、神谷 奈々² (1. 株式会社地圏総合コンサルタント、2. 京都大学大学院工学研究科)

◆ 学生優秀発表賞エントリー

11:15 ~ 11:30

[T14-O-8]

布田川断層帯周辺の地質構造と阿蘇4火砕流堆積物の標高対比による断層運動の検討

*改原 玲奈¹、辻 智大¹、大橋 聖和²、澁谷 奨³ (1. 山口大学、2. 産業技術総合研究所、3. 株式会社地圏総合コンサルタント)

11:30 ~ 11:45

[T14-O-9]

更新統唐戸層のテフラ層序から制約される姫島火山群の活動時期

*納谷 友規¹、水野 清秀¹、堀内 悠² (1. 産業技術総合研究所地質調査総合センター、2. 姫島村役場企画振興課おおいた姫島ジオパーク推進協議会)

11:45 ~ 12:00

[T14-O-10]

琉球弧に沈み込むスラブ内応力の不均一性が支配する脱水経路と火山活動への影響

*大坪 誠¹、宮川 歩夢¹ (1. 産業技術総合研究所地質調査総合センター)

セッション口頭発表 | T5 [トピック] 沈み込み帯・陸上付加体

2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:30 口頭第2会場(E107)

[3oral201-13] T5 [トピック] 沈み込み帯・陸上付加体

座長:奥田 花也(海洋研究開発機構)、細野 日向子(国立研究開発法人産業技術総合研究所)、細川 貴弘(高知大学)

◆ ハイライト講演

8:45 ~ 9:15

[T5-O-1]

[招待講演] IODP Expedition 405 JTRACKの成果

*氏家 恒太郎¹、小平 秀一²、Conin Marianne³、Fulton Patrick⁴、Kirkpatrick Jamie⁵、Regalla Christine⁶、奥津 なつみ²、前田 玲奈²、Toczko Sean²、江口 暢久²、IODP第405次航海 乗船研究者一同 (1. 筑波大学、2. 海洋研究開発機構、3. ロレーヌ大学、4. コーネル大学、5. ネバダ大学リノ校、6. 北アリゾナ大学)

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

9:15 ~ 9:30

[T5-O-2]

IODP Exp. 405 JTRACK掘削地点の放散虫化石層序：日本海溝近傍の前縁プリズムおよび沈み込む海洋プレートについて

*萩野 穰¹、岩井 雅夫²、CONIN Marianne³、FULTON Patrick⁴、KIRKPATRICK Jamie⁵、小平 秀一⁶、REGALLA Christine⁷、氏家 恒太郎⁸、江口 暢久⁶、前田 玲奈⁶、奥津 なつみ⁶、TOCZKO Sean⁶、IODP Exp.405 乗船研究者一同 (1. 山形大学 大学院理工学研究科、2. 高知大学 海洋コア国際研究所、3. ロレーヌ大学、4. コーネル大学、5. ネバダ州立大学リノ校、6. 海洋研究開発機構、7. ノーザンアリゾナ大学、8. 筑波大学)

9:30 ~ 9:45

[T5-O-3]

IODP Exp.405JTRACK掘削孔の珪藻化石層序：2011年東北沖地震浅部破壊領域の先端プリズム構造

*岩井 雅夫¹、萩野 穰²、IODP Exp.405 乗船研究者一同³ (1. 高知大学 海洋コア国際研究所、2. 山形大学、3. https://www.jamstec.go.jp/chikyu/e/exp405/crew_all.html)

9:45 ~ 10:00

[T5-O-4]

日本海溝に沈み込む太平洋プレート上のチャートと玄武岩：IODP第405次航海の新知見

*山口 飛鳥¹、Bellanova Piero²、Brunet Morgane³、Chang Yu-Chun⁴、Pizer Charlotte⁵、福地 里菜⁶、Gough Amy⁷、Nicholson Uisdean⁷、奥田 花也⁴、Conin Marianne⁸、Kirkpatrick Jamie⁹、小平 秀一⁴、Fulton Patrick¹⁰、Regalla Christine¹¹、氏家 恒太郎¹²、前田 玲奈⁴、奥津 なつみ⁴、IODP第405次航海 乗船研究者 (1. 東京大学大気海洋研究所、2. RWTH Aachen Univ.、3. IFREMER、4. 海洋研究開発機構、5. Univ. Innsbruck、6. 鳴門教育大学、7. Heriot-Watt Univ.、8. Univ. Lorraine、9. Univ. Nevada, Reno、10. Cornell Univ.、11. Northern Arizona Univ.、12. 筑波大学)

10:00 ~ 10:15

[T5-O-5]

浅部沈み込み帯における巨大地震後の断層帯の強度回復過程
ーJTRACK・JFASTの水理特性に関する掘削データの比較ー

*細野 日向子^{1,2}、濱田 洋平³、奥田 花也³、大坪 誠¹、谷川 亘³、廣瀬 丈洋^{3,2}、Conin Marianne⁴、Fulton Patrick⁵、Kirkpatrick Jamie⁶、小平 秀一³、Regalla Christine⁷、氏家 恒太郎⁸、江口 暢久³、前田 玲奈³、奥津 なつみ³、Sean Toczko³ (1. 国立研究開発法人産業技術総合研究所、2. 広島大学、3. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、4. ロレーヌ大学、5. コーネル大学、6. ネバダ大学、7. ノーザンアリゾナ大学、8. 筑波大学)

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

10:15 ~ 10:30

[T5-O-6]

微細構造観察に基づく地震サイクル間の動的な岩石-流体間反応：白亜系四万十帯牟岐メランジュ・南阿波断層

*細川 貴弘¹、橋本 善孝¹、Rüdiger KILIAN²、Michael STIPP² (1. 高知大学、2. Martin Luther University Halle-Wittenberg)

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

10:30 ~ 10:45

[T5-O-7]

海山沈み込み・付加に伴うプレート境界断層の変形：美濃帯舟伏山ユニットの例

*多久和 風花¹、山口 飛鳥¹、大坪 誠²、志村 侑亮²、奥田 花也³ (1. 東京大学大気海洋研究所、2. 産業技術総合研究所地質調査総合センター、3. 海洋研究開発機構)

10:45 ~ 11:00

[3oral201-13-8add]

休憩

11:00 ~ 11:15

[T5-O-8]

物性不均質ジオメトリが規定する応力・歪み分布の時空間変化とスケーリング

*橋本 善孝¹ (1. 高知大学)

◆ 学生優秀発表賞エントリー

11:15 ~ 11:30

[T5-O-9]

沈み込み帯震源域における地殻の弾性率分布と地震発生帯への影響

*高 慎一郎¹、濱田 洋平²、奥田 花也²、田村 芳彦²、坂口 有人¹ (1. 山口大学大学院創成科学研究科、2. 海洋研究開発機構)

◆ ECS

11:30 ~ 11:45

[T5-O-10]

地震発生帯の岩石の弾性的性質：スケール依存性および地震発生プロセスへの影響

*奥田 花也¹、赤松 祐哉¹、北村 真奈美²、澤井 みち代³ (1. 海洋研究開発機構、2. 産業技術総合研究所、3. 千葉大学)

11:45 ~ 12:00

[T5-O-11]

断層沿いの短時間発熱による硫黄の減少とその行方

*山本 由弦¹、小林 唯乃¹、福山 繭子²、Bowden Stephen³、濱田 洋平⁴、三村 匠海²、千代延 俊² (1. 神戸大学、2. 秋田大学、3. アバディーン大学、4. 海洋研究開発機構)

12:00 ~ 12:15

[T5-O-12]

四国沖外縁隆起帯のネオテクトニクス

*芦 寿一郎¹、照井 孝之介² (1. 東京大学、2. ENEOS Xplora)

12:15 ~ 12:30

[T5-O-13]

日向灘の地形的・熱学的特徴 —KS-21-08およびKS-25-03航海報告—

*木下 正高¹、土岐 知弘²、橋本 善孝³、濱田 洋平⁴、KS-21-08 航海研究者¹、KS-25-03 航海研究者¹ (1. 東京大学地震研究所、2. 琉球大学理学部、3. 高知大学教育研究部、4. 海洋研究開発機構)

セッション口頭発表 | T4 [トピック] 岩石・鉱物の変形と反応

2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 口頭第3会場(E201)

[3oral301-12] T4 [トピック] 岩石・鉱物の変形と反応

座長:向吉 秀樹(島根大学)、宇野 正起(東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻)、福田 惇一(大阪公立大学)

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

8:45 ~ 9:00

[T4-O-9]

カルシオカーボナタイト形成プロセスと酸化還元状態：パンダヒル産カーボナタイトの例

*梅宮 穂花¹、辻森 樹¹、ボニフェイス ネルソン² (1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻、2. ダルエスサラーム大学)

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

9:00 ~ 9:15

[T4-O-10]

脆性-延性遷移領域における変形組織とスロー／ファスト地震の統計性との間の関係：ゲル粒子-粘性流体混合系の剪断アナログ実験

*佐々木 勇人¹、桂木 洋光¹ (1. 大阪大学理学研究科宇宙地球科学専攻)

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

9:15 ~ 9:30

[T4-O-11]

固体圧式変形試験機による高封圧条件下における精密応力決定：大理石の変形実験への適用

*永井 嵩也¹、清水 以知子¹ (1. 京都大学)

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

9:30 ~ 9:45

[T4-O-12]

流通式水熱実験による斑れい岩の熱水変質に伴う元素移動と置換組織の発達

*鈴木 康平¹、ダンダル オトゴンバヤール¹、岡本 敦¹ (1. 東北大学大学院環境科学研究科)

9:45 ~ 10:00

[T4-O-13]

粒成長に伴う流体移動：樟脳-エタノールを用いた透視実験

*福田 惇一¹、瀬戸 雄介¹ (1. 大阪公立大学)

◆ ハイライト講演

10:00 ~ 10:15

[T4-O-14]

[招待講演] 火星表層環境の再現を目指した実験装置の整備と今後の研究展望

*亀田 純¹、Ruj Trishit¹ (1. 岡山大学惑星物質研究所)

10:15 ~ 10:30

[3oral301-12-7add]

休憩

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

10:30 ~ 10:45

[T4-O-15]

三波川帯におけるマイクロブーディン構造を用いた応力・歪解析

*外山 和也¹、道林 克禎¹ (1. 名古屋大学大学院環境学研究科 (岩鉱))

10:45 ~ 11:00

[T4-O-16]

低変成度泥質片岩の石英曹長石レイヤの変形組織：中部地方渋川地域三波川帯の例

*片桐 星来¹、道林 克禎² (1. 産業技術総合研究所地質調査総合センター、2. 名古屋大学大学院 環境学研究科 (岩鉱))

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

11:00 ~ 11:15

[T4-O-17]

石英の変形再結晶組織におけるタイプ P/S 遷移の定量的指標とその要因

*中小路 一真¹、清水 以知子²、道林 克禎³ (1. 東京大学、2. 京都大学、3. 名古屋大学)

11:15 ~ 11:30

[T4-O-18]

Co-seismic ductile deformation in carbonate-hosted active faults

*Yeo Thomas¹、Ujiie Kohtaro¹、Inoue Kaoru¹、Nagaya Takayoshi²、Ken-ichi Hirauchi³ (1. University of Tsukuba、2. Waseda University、3. Shizuoka University)

11:30 ~ 11:45

[T4-O-19]

根尾谷断層極浅部における自形方解石、バライトと摩擦発熱

*大谷 具幸¹、前田 剛志²、吉田 拓海² (1. 岐阜大学、2. 岐阜大学大学院)

11:45 ~ 12:00

[T4-O-20]

cleavable olivineからわかる地質学的に重要なこと

*安東 淳一¹、富岡 尚敬²、前川 寛和³ (1. 広島大学、2. JAMSTEC・高知コア研、3. 大阪公立大学)

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)

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)

セッション口頭発表 | T13 [トピック] 地域地質・層序学：経過と集大成

📅 2025年9月16日(火) 9:00 ~ 12:00 🏢 口頭第6会場(E305)

[3oral601-09] T13 [トピック] 地域地質・層序学：経過と集大成

座長:細井 淳(茨城大学理学部地球環境科学領域)、内野 隆之(産業技術総合研究所・地質調査総合センター)、金指 由維(弘前大学)、辻野 匠(産業技術総合研究所・地質調査総合センター)

9:00 ~ 9:15

[T13-O-10]

南部北上帯，氷上花崗岩類中に分布する壺の沢変成岩のジルコンU-Pb年代と形成機構

*内野 隆之¹、常盤 哲也² (1. 産総研地質調査総合センター、2. 信州大学)

9:15 ~ 9:30

[T13-O-11]

東アジア先ジュラ紀ニッポニデス造山帯の一部としての黒瀬川帯：銚子半島の三畳紀付加体の地体構造上の意義

*磯崎 行雄¹、堤 之恭²、岩本 直哉³、上田 脩郎³ (1. 東京大学大学院総合文化研究科広域システム科学 宇宙地球科学教室、2. 国立科学博物館理学研究グループ、3. 銚子市教育委員会銚子ジオパーク推進協議会事務局)

9:30 ~ 9:45

[T13-O-12]

高知県物部地域上部ジュラ～下部白亜系美良布層の層序、年代および形成過程

*森野 善広¹ (1. パシフィックコンサルタンツ株式会社)

9:45 ~ 10:00

[T13-O-13]

丹沢・御坂山地の層序および衝突・付加の再検討（続報—凝灰岩層に含まれるジルコンの形成年代について—）

*西川 正¹、白井 香奈江¹、堀内 一利¹、豊田 淳子¹、千葉 達朗¹ (1. 丹沢T研究会)

10:00 ~ 10:15

[3oral601-09-5add]

休憩

◆ ハイライト講演 ◆ 学生優秀発表賞エントリー

10:15 ~ 10:30

[T13-O-14]

青森県下北半島西部，佐井地域に産する中新世火山岩類の産状とジルコンU-Pb年代

*金指 由維¹、折橋 裕二¹、竹森 瑞葉¹、岩野 英樹^{2,3}、仁木 創太⁴、佐々木 実¹、盛合 秀⁵、浅原 良浩⁴、天野 格⁶、梅田 浩司¹、平田 岳史³ (1. 弘前大学、2. (株) 京都フィッシュン・トラック、3. 東京大学、4. 名古屋大学、5. 三陸ジオパーク推進協議会、6. 電源開発株式会社)

10:30 ~ 10:45

[T13-O-15]

青森県下北半島東部上部中新統の地質と放射性年代

*中満 隆博¹、須藤 浩一²、三和 公³ (1. 東北電力、2. 阪神コンサルタンツ、3. 大日本ダイヤコンサルタント)

◆ ハイライト講演 ◆ 学生優秀発表賞エントリー

10:45 ~ 11:00

[T13-O-16]

下北半島，鮮新世～前期更新世大畑層分布域に新たに見出された複合カルデラの地質構造：産状，岩石学的特徴，およびジルコンU-Pb年代からの制約

*吉田 颯¹、折橋 裕二¹、佐々木 実¹、金指 由維¹、岩野 英樹^{2,3}、梅田 浩司¹、天野 格⁴、平田 岳史² (1. 弘前大学、2. 東京大学、3. (株) 京都フィッシュン・トラック、4. 電源開発株式会社)

11:00 ~ 11:15

[3oral601-09-9add]

休憩

11:15 ~ 11:30

[T13-O-17]

栃木県茂木町周辺に分布する中川層群山内層と茂木層の層序関係と年代

*細井 淳¹、小坂 日奈子¹、岩野 英樹^{2,3}、檀原 徹²、平田 岳史³ (1. 茨城大学理学部地球環境科学領域、2. 株式会社京都フィッシュン・トラック、3. 東京大学大学院理学系研究科附属地殻化学実験施設)

◆ ハイライト講演

11:30 ~ 12:00

[T13-O-18]

〔招待講演〕山陰東部，中新統北但層群における地域地質・層序学的基礎研究：最近10年の進展と残る課題

*羽地 俊樹¹ (1. 産業技術総合研究所 地質調査総合センター)

セッション口頭発表 | G. ジェネラルセッション

📅 2025年9月16日(火) 10:00 ~ 11:30 🏢 口頭第7会場(E301)

[3oral701-06] G. ジェネラルサブセッション海洋地質6

座長:松崎 賢史(東京大学 大気海洋研究所)、三澤 文慶(産業技術総合研究所)

10:00 ~ 10:15

[G-O-32]

古環境指標としての磁性細菌起源マグネタイト*山崎 俊嗣^{1,2} (1. 東京大学大気海洋研究所、2. 高知大学海洋コア国際研究所)

10:15 ~ 10:30

[G-O-33]

海域を震源とする地震イベント直後の海域調査はなぜ重要なのか？*池原 研^{1,2,3}、佐川 拓也⁴、ジェンキンス ロバート⁴ (1. 産業技術総合研究所、2. 国立科学博物館、3. 静岡大学、4. 金沢大学)

10:30 ~ 10:45

[G-O-34]

「しんかい6500」による黒島海丘の地質学的成果とその意義—黒島海丘は泥火山か？*川村 喜一郎¹、川口 昂大¹、堤 桃子¹、三澤 文慶²、浅田 美穂²、高井 研³ (1. 山口大学、2. 産業技術総合研究所、3. 海洋研究開発機構)

10:45 ~ 11:00

[G-O-35]

海洋天然水素ポテンシャルの考察 —東北沖アウターライズの例—*倉本 真一¹ (1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構)

🎓 学生優秀発表賞エントリー

11:00 ~ 11:15

[G-O-36]

千島海溝アウターライズにおける底層流と地形効果によって形成されたコンターライト・ドリフト*池田 尚史¹、川村 喜一郎¹ (1. 山口大学大学院創成科学研究科)

11:15 ~ 11:30

[G-O-37]

駿河湾奥部富士川—田子の浦沖にかけての海底地形・地質特徴*新井 仁菜¹、佐藤 悠介²、柴尾 創士¹、山本 玄珠⁵、石塚 治³、岡村 聡⁴、横山 由香⁵、平 朝彦⁵、坂本 泉⁵ (1. 東海大学大学院海洋学研究科、2. 株式会社マリン・ワーク・ジャパン、3. 国立研究開発法人産業技術総合研究所、4. 北海道土質試験協同組合、5. 東海大学海洋学部)

セッション口頭発表 | T14 [トピック] 九州の火山テクトニクス

◆ EDI

📅 2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 🏠 口頭第1会場(E105)

[3oral101-10] T14 [トピック] 九州の火山テクトニクス

座長:辻 智大(山口大学)、大橋 聖和(産業技術総合研究所)、大坪 誠(産業技術総合研究所地質調査総合センター)、辛島 康大(山口大学)

◆ ハイライト講演

8:45 ~ 9:15

[T14-O-1]

[招待講演] 地震波トモグラフィーから見た九州の地震火山活動と沈み込みダイナミクス

*趙 大鵬¹ (1. 東北大学)

9:15 ~ 9:30

[T14-O-2]

八重山海底地溝におけるマグマ貫入構造の空間変化：反射法地震探査による考察

*新井 隆太¹、三澤 文慶²、大坪 誠²、木下 正高³、石野 沙季²、山本 朱音^{4,2} (1. 海洋研究開発機構、2. 産業技術総合研究所 地質調査総合センター、3. 東京大学地震研究所、4. 筑波大学)

◆ ハイライト講演 ◆ ECS

9:30 ~ 9:45

[T14-O-3]

霧島山新燃岳2025年噴火の火山灰構成粒子の時間変化（速報）

*木尾 竜也¹、宮城 磯治¹、東宮 昭彦¹、岩橋 くるみ¹、及川 輝樹¹、松本 恵子¹、古川 竜太¹、草野 有紀¹、山崎 誠子¹、風早 竜之介¹、篠原 宏志¹、池永 有弥¹、新谷 直己¹、石塚 吉浩¹ (1. 産業技術総合研究所 地質調査総合センター)

9:45 ~ 10:00

[T14-O-4]

九州中部全体を横ずれ引張テクトニクスで説明する

*大橋 聖和¹ (1. 産業技術総合研究所)

◆ 学生優秀発表賞エントリー

10:00 ~ 10:15

[T14-O-5]

阿蘇カルデラ南西壁の地質から推定する大分ー熊本構造線の活動場の変遷

*辛島 康大¹、辻 智大¹ (1. 山口大学)

10:15 ~ 10:30

[3oral101-10-6add]

休憩

◆ ハイライト講演

10:30 ~ 11:00

[T14-O-6]

[招待講演] 中部九州阿蘇地域におけるマグマ活動の時間変化とそのテクトニクス背景

*三好 雅也¹、角野 浩史²、仙田 量子³、佐野 貴司⁴、新村 太郎⁵、古川 邦之⁶、川口 允孝⁷、長谷中 利昭⁸ (1. 福岡大学理学部、2. 東京大学先端科学技術研究センター、3. 九州大学比較社会文化研究院、4. 国

立科学博物館理学研究部、5. 熊本学園大学経済学部、6. 愛知大学経営学部、7. 東京大学地震研究所、
8. 熊本大学くまもと水循環・減災研究教育センター)

11:00 ~ 11:15

[T14-O-7]

布田川断層を貫通したボーリング孔における深度300m以深の断層破碎帯内の亀裂を充填する粘土

*澁谷 奨¹、林 為人²、神谷 奈々² (1. 株式会社地圏総合コンサルタント、2. 京都大学大学院工学研究科)

◆ 学生優秀発表賞エントリー

11:15 ~ 11:30

[T14-O-8]

布田川断層帯周辺の地質構造と阿蘇4火砕流堆積物の標高対比による断層運動の検討

*改原 玲奈¹、辻 智大¹、大橋 聖和²、澁谷 奨³ (1. 山口大学、2. 産業技術総合研究所、3. 株式会社地圏総合コンサルタント)

11:30 ~ 11:45

[T14-O-9]

更新統唐戸層のテフラ層序から制約される姫島火山群の活動時期

*納谷 友規¹、水野 清秀¹、堀内 悠² (1. 産業技術総合研究所地質調査総合センター、2. 姫島村役場企画振興課おおいた姫島ジオパーク推進協議会)

11:45 ~ 12:00

[T14-O-10]

琉球弧に沈み込むスラブ内応力の不均一性が支配する脱水経路と火山活動への影響

*大坪 誠¹、宮川 歩夢¹ (1. 産業技術総合研究所地質調査総合センター)

セッション口頭発表 | T14 [トピック] 九州の火山テクトニクス

◆ EDI

📅 2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 🏢 口頭第1会場(E105)

[3oral101-10] T14 [トピック] 九州の火山テクトニクス

座長:辻 智大(山口大学)、大橋 聖和(産業技術総合研究所)、大坪 誠(産業技術総合研究所地質調査総合センター)、辛島 康大(山口大学)

◆ ハイライト講演

8:45 ~ 9:15

[T14-O-1] [招待講演] 地震波トモグラフィーから見た九州の地震火山活動と沈み込みダイナミクス*趙 大鵬¹ (1. 東北大学)

【ハイライト講演】 九州地域はフィリピン海プレートが沈み込む成熟した島弧であり、沖縄トラフと中央構造線の会合部であり、火山弧と別府-島原地溝が交差する、世界でも特異な地域である。趙大鵬博士はこれまで、地震波トモグラフィーを用いて九州地域の地下構造、プレートや流体と地震火山活動の関係など数々の重要な指摘をしてきた。趙博士による九州の地震火山活動とフィリピン海プレートの沈み込みダイナミクスは必見である。 [※ハイライト講演とは...](#)

キーワード：九州、地震、火山、沈み込み帯、地震波トモグラフィ

Kyushu is a mature and typical subduction zone where the Philippine Sea (PHS) plate is subducting beneath the Eurasian plate along the Nankai Trough and the Ryukyu Trench at a rate of 4-5 cm/year, causing strong seismic and volcanic activities. In the past decade we have used seismological methods to study seismotectonics, volcanism and subduction dynamics of the Kyushu region. The main findings are summarized as follows.

Significant structural heterogeneities in the source zone of the 2016 Kumamoto earthquake (M7.3) are revealed by high-resolution seismic velocity and attenuation tomography (Wang et al. 2017, 2018; Zhao et al. 2018). Its mainshock and major foreshock and aftershocks took place in a high-velocity and high-Q zone in the upper crust, whereas low-velocity and low-Q anomalies exist in the lower crust and uppermost mantle, suggesting that fluids ascending from the mantle wedge affected the generation of the Kumamoto earthquake sequence.

Spatial and temporal variations of the stress field are revealed in the Kumamoto source zone (Yu et al. 2019). The friction coefficient of the seismogenic faults is estimated to be relatively small (~0.4), indicating that the active faults in northern-central Kyushu are weak. The fault weakening may be caused by fluids beneath the source area and arc magma under the nearby Aso active volcano.

The geometry of the subducting PHS slab beneath Kyushu is estimated by using local seismicity, local earthquake tomography, converted and reflected waves, and receiver functions. Teleseismic tomography has revealed that the PHS slab has subducted aseismically down to ~450 km depth beneath the Tsushima Strait (Zhao et al. 2021). The PHS slab exhibits significant lateral variations in its lithospheric age from 20 to 42 Myr in and around Kyushu (Hua et al. 2018).

The Beppu-Shimabara graben in northern-central Kyushu was produced by the joint effect of three factors: northward extension of the opening Okinawa Trough, westward

extension of the Median Tectonic Line, and hot and wet upwelling flows in the mantle wedge beneath active volcanoes (Zhao et al. 2018)

The generation of large crustal earthquakes in Kyushu is affected by structural heterogeneities in the crust and upper mantle, in particular, arc magma and fluids associated with dehydration reactions of the PHS slab. Large earthquakes do not strike anywhere randomly, but only anomalous areas that can be detected by geophysical imaging (Zhao et al. 2018, 2021).

References

- Hua, Y., D. Zhao et al. (2018). Age of the subducting Philippine Sea slab and mechanism of low-frequency earthquakes. *Geophys. Res. Lett.*, 45, 2303-2310.
- Wang, H., D. Zhao et al. (2018). Crustal tomography of the 2016 Kumamoto earthquake area in West Japan using P and PmP data. *Geophys. J. Int.*, 214, 1151-1163.
- Wang, Z., D. Zhao et al. (2017). Seismic attenuation tomography of the source zone of the 2016 Kumamoto earthquake (M7.3). *J. Geophys. Res.*, 122, 2988-3007.
- Yu, Z., D. Zhao et al. (2019). Stress field in the 2016 Kumamoto earthquake (M7.3) area. *J. Geophys. Res.*, 124, 2638-2652.
- Zhao, D., K. Yamashita, G. Toyokuni (2018). Tomography of the 2016 Kumamoto earthquake area and the Beppu-Shimabara graben. *Sci. Rep.*, 8, 15488.
- Zhao, D., J. Wang, Z. Huang, X. Liu (2021). Seismic structure and subduction dynamics of the western Japan arc. *Tectonophysics* 802, 228743.

📅 2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 🏠 口頭第1会場(E105)

[3oral101-10] T14 [トピック] 九州の火山テクトニクス

座長:辻 智大(山口大学)、大橋 聖和(産業技術総合研究所)、大坪 誠(産業技術総合研究所地質調査総合センター)、辛島 康大(山口大学)

9:15 ~ 9:30

[T14-O-2] 八重山海底地溝におけるマグマ貫入構造の空間変化：反射法地震探査による考察

*新井 隆太¹、三澤 文慶²、大坪 誠²、木下 正高³、石野 沙季²、山本 朱音^{4,2} (1. 海洋研究開発機構、2. 産業技術総合研究所 地質調査総合センター、3. 東京大学地震研究所、4. 筑波大学)

キーワード：沖縄トラフ、反射法地震探査、マグマ貫入、熱水噴出、八重山海底地溝

琉球弧の背弧に位置する沖縄トラフでは、大陸地殻のリフティングに伴い、多様な地殻活動が進行している。特に沖縄トラフ南部において明瞭なリフト軸を形成している八重山海底地溝では、海底面を切る多数の正断層が発達し、その周囲には活動的な熱水噴出孔や海底火山の存在も報告されている(Ishibashi et al., 2015)。さらに、この地域では数年に一度の頻度で群発的な地震活動も繰り返し発生しており、ダイクの貫入との関連が示唆されている(Nakamura and Kinjo, 2018)。これらの現象は空間的に密接しており、リフティングに起因する相互に関連した地殻活動と考えられるが、背景にある地殻構造や岩石物性には未解明な点が多く、リフトシステムの総合的な理解には至っていない。こうした課題の解明を目的として、我々は沖縄トラフ南部において反射法地震探査をはじめとする複数の地球物理観測を実施してきた。本発表では、主に反射法データの解析結果に基づいて、八重山海底地溝におけるマグマ貫入構造の特徴について報告する。

反射法データは白鳳丸による2航海 (KH-21-3およびKH-23-11) において取得された。いずれの航海でも、容量710立方インチのGIガンを25m間隔で発振し、ケーブル長1.2km・48チャンネルのハイドロフォンストリーマーを用いてデータを記録した。収録されたデータを、Surface-related multiple eliminationや高分解能ラドンフィルター等のノイズ除去処理を含む標準的な処理フローに従って解析した。速度解析には、既存の屈折法地震探査に基づく速度モデル(Arai et al., 2017) を参照し、得られた速度モデルをもとにPrestack time migration断面を深度断面へ変換した上で、貫入構造および断層構造の解釈を行った。本研究では、八重山海底地溝に直交する7測線および平行な1測線の合計8測線を解析対象とし、リフトに沿う方向の構造変化に着目して検討を行った。その結果、八重山海底地溝直下のマグマ貫入構造はリフト軸に沿って大きく変化することが明らかとなった。

高温の熱水噴出が確認されている八重山海丘 (Miyazaki et al., 2017) を横切るYA3測線では、海丘直下に幅約3kmのマグマ貫入体が存在し、その上端は海底面近傍にまで達している。この貫入体は反射波振幅が周囲より著しく低く、散乱強度の高いダイク等から構成されていると考えられる。また、深度約4kmには、シルと解釈されるパッチ状の明瞭な反射面が貫入体に隣接して存在しており、これらの貫入構造が熱水活動と関係している可能性がある。

YA3測線からわずか12km東方に位置するYA2測線では、顕著に異なる構造が観察された。ここでも八重山海底地溝の直下に貫入構造が認められるが、厚い堆積層の下に埋没している。貫入体上部にはリング断層に沿って100m以上の変位を伴うグラベン構造が発達しており、これは地下のマグマ溜まりの崩壊に起因する急激かつ局所的な沈降を示唆している。

また、貫入体の側方、深さ約4kmにおいて極性反転を示す反射波群が確認されており、流体または溶融体の集積による地震波速度の低下が示唆される

八重山海底地溝周辺では、全体的に70mW/m²未満の低い熱流量が報告されており、火成活動は限定的と考えられているが、局所的には150mW/m²を超える高熱流量も観測されている (Kinoshita et al., 1990, 1991)。今回の反射法探査の結果では、これらの高熱流量地点の近傍において、局所的な温度異常の要因となりうる幅の狭い貫入体や深部反射面の存在を確認した。さらに、八重山海底地溝の縁辺部やその外側にも同様の構造が認められており、熱構造への影響が示唆される。

引用文献

Arai et al. (2017) JGR-SE, 122, 622–641

Ishibashi et al. (2015) Subseafloor biosphere linked to hydrothermal systems: TAIGA concept, 337–359

Kinoshita et al. (1990) BERI, 65, 571–588

Kinoshita et al. (1991) BERI, 66, 211–228

Miyazaki et al. (2017) RSOS, 4, 171570

Nakamura and Kinjo (2018) EPS, 70, 154

セッション口頭発表 | T14 [トピック] 九州の火山テクトニクス

◆ EDI

📅 2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 🏠 口頭第1会場(E105)

[3oral101-10] T14 [トピック] 九州の火山テクトニクス

座長:辻 智大(山口大学)、大橋 聖和(産業技術総合研究所)、大坪 誠(産業技術総合研究所地質調査総合センター)、辛島 康大(山口大学)

◆ ハイライト講演 ◆ ECS

9:30 ~ 9:45

[T14-O-3] 霧島山新燃岳2025年噴火の火山灰構成粒子の時間変化 (速報)

*木尾 竜也¹、宮城 磯治¹、東宮 昭彦¹、岩橋 くるみ¹、及川 輝樹¹、松本 恵子¹、古川 竜太¹、草野 有紀¹、山崎 誠子¹、風早 竜之介¹、篠原 宏志¹、池永 有弥¹、新谷 直己¹、石塚 吉浩¹ (1. 産業技術総合研究所 地質調査総合センター)

【ハイライト講演】 霧島山新燃岳では2025年6月22日に約7年ぶりに噴火活動を再開し、8月22日現在も断続的な噴火が継続し、深部からのマグマ供給も示唆される。木尾竜也会員らは、刻々と変化する火山噴火に伴う火山灰構成粒子の時間変化を丹念に調査している。新燃岳のマグマ内や火口内で何が起こっていて、今後どう変化するのか、最新の研究成果に注目されたし。 [※ハイライト講演とは...](#)

キーワード：霧島火山、新燃岳、火山灰、構成物特性、噴火推移

霧島山新燃岳では2025年6月22日に約7年ぶりに噴火活動を再開し、その後も断続的な噴火が継続している(7月9日現在)。また、多量の二酸化硫黄ガスも放出していることから、深部からのマグマ供給が継続していることが示唆されている。これに伴って、火山灰の構成粒子が時間経過とともにどのように変化しているのかを把握することは、噴火活動やマグマの挙動を理解する上で基礎的かつ重要である。そこで本発表では、2025年6月22日~7月上旬にかけて採取した降下火山灰について、構成粒子の種類とその量比の時間変化を追跡したので、その結果について報告する。

火山灰は産総研または気象庁(宮崎地方気象台・鹿児島地方気象台)が採取したもので、これらを蒸留水で洗浄した後、篩い分けを行い粒径125~250 μmの粒子をキーエンス社のデジタルマイクロスコープ(VHX-8000)で観察・分類した。なお、この間の火山灰はいずれも礫サイズを含まず、中流砂サイズ以下(大半はシルトサイズ以下)であった。

6月22日から28日にかけては、噴煙高度数百~千数百m程度の連続噴火が断続的に発生していた。火山灰は主に、斜長石や輝石などの遊離結晶片(C)、黒色や灰色の不透明岩片(DL)、しばしば黄鉄鉱を伴う白色不透明岩片(WL)、赤色~橙色の酸化岩片(RL)、緻密でやや透明感のある淡色粒子(LP)、そして光沢を有し発泡痕のある黒色~暗褐色ガラス片(DG)を含んでいた。特にDGは6月22日~28日までの火山灰において1%未満しか含まれておらず、気泡内が白色物質で充填されているものが多かった。時間経過とともにDLの割合は減少し、LPの割合が増加する傾向が見られた。このような特徴から、6月22日~28日の火山灰は、新燃岳火口内の2011年溶岩や2018年溶岩(一部熱水変質部)を破壊したものが主体であると考えられる。LPの増加は、破碎する溶岩の場所あるいは深度の違いを反映している可能性がある。

一方、7月2日の噴火はそれまでより明らかに大きく、噴煙高度が初めて2000 mを超え、噴煙量はやや多量、噴火中には傾斜計の動きも見られた。7月2日火山灰ではDGの割合が3%と6月に比べて数倍に増加し、その多くは気泡内に白色物質を含まない新鮮な発泡ガラス片であった。これらDG粒子の形態は流動的で、地表付近で赤色酸化した岩片を包有している

ものも確認されたことから、新たに供給されたマグマの破片であることが強く示唆される。続く7月3日には噴煙高度5000 mの噴火が発生し、この火山灰ではDGが再び減少し、気泡内に白色物質が付着したものや発泡痕を有する不透明暗色岩片（DL）が多数観察された。これはDGが変質や結晶化を経てDLの一部を形成した可能性を示している。7月4日にはDGが再度増加したが、気泡内や隙間を白色物質が埋めたものが多かった。さらに7月4日から6日にかけて採取された火山灰には、従来の粒子に加えて、ガラス光沢を有する緻密な黒色～暗褐色岩片（GL）が顕著に認められるようになった。このGL粒子は7月4日火山灰で約4 %、7月5日火山灰で約15 %、7月5～6日火山灰で約18 %を占めていた。一方、同期間におけるDGの含有量は2～6 %、DLは40 %前後で比較的安定していた。DGは、気泡内に白色物質を含まない新鮮なものが主体であった。

これらの特徴から、7月2日～6日の噴火でも主に新燃岳火口内に既に存在する2011年や2018年溶岩の破片が主要構成物だったと推察されるが、DGのような流動的な形態を持つ新鮮なマグマ破片が継続的に噴出していることも明らかになった。特にGL粒子の出現は、今回新たに供給されたマグマが火口内や地下で脱ガスおよび結晶化を受けた後に噴出している可能性を示唆している。

霧島山新燃岳2025年噴火では、連続的な火山灰採取と観察によって、刻々と火山灰構成粒子の量比が変化していることが明らかとなった。今後は、構成粒子の組織や化学組成分析を行うなどして、より一層の噴火活動推移の理解に取り組んでいく必要がある。

📅 2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 🏠 口頭第1会場(E105)

[3oral101-10] T14 [トピック] 九州の火山テクトニクス

座長:辻 智大(山口大学)、大橋 聖和(産業技術総合研究所)、大坪 誠(産業技術総合研究所地質調査総合センター)、辛島 康大(山口大学)

9:45 ~ 10:00

[T14-O-4] 九州中部全体を横ずれ引張テクトニクスで説明する

*大橋 聖和¹ (1. 産業技術総合研究所)

キーワード：別府—島原地溝、古応力解析、小断層、横ずれ引張テクトニクス、2016年熊本地震

九州中部には別府から島原にかけて地溝帯（「別府—島原地溝（帯）」）が存在することが提唱されている（松本，1979）が，本地域の中新世から現在に至るテクトニクスの解釈は単純ではない．1970年代以降，本地域の火山層序や地質構造，重力異常，地殻の水平ひずみ，さらに活断層の分布が精力的に調査される中で，「別府—島原地溝」を挟んで南北伸張の展張場であるという考えと，「別府—島原地溝」は右横ずれとそれに付随するプルアパート盆地であるという考えの主に2つが対立することとなった（長谷ほか編，1993 地質学論集）．九州中部の西側に右横ずれ主体の変位を生じさせた2016年熊本地震は，本地域のテクトニクスに再考の余地があることを改めて示し，「広域地溝」の概念に疑問を呈している（竹村，2019）．大橋ほか（2020）は，測地・地震・地質の各データに基づき，九州中部の第四紀～現在のテクトニクスをフィリピン海プレートの西進に伴う横ずれ引張テクトニクス（Transtension tectonics）で説明し，中新世から鮮新世まで断続的に起こった南北伸長とは区別した．そしてその上で，第四紀の変動場を「中部九州剪断帯」と呼ぶことを提案した．しかし，地質から得られた過去の応力場は時空間的に限定的であり，九州中部（特に西半分）における第四紀の応力・変形史の理解は依然として不十分であった．

本発表では，筑肥山地・耳納山地・日田盆地南方の小断層解析（応力多重逆解析）から得られた鮮新世以降の古応力場をまとめ，九州中部全体の第四紀テクトニクス像を描写する．調査の結果，いずれの地域からも多数の小断層を見出すことができ，筑肥山地の星原部層・相良部層（下部鮮新統）からは96条，耳納山地の下津江累層（下部鮮新統）からは46条，日田盆地南方の大山層（中部更新統）からは37条の良質な断層スリップデータを得た．いずれの断層も細粒物を伴わないか，伴ったとしても断層ガウジの幅は数mm～1 cm程度と薄い．応力多重逆解析の結果，星原部層・相良部層からは， σ_1 軸が鉛直， σ_3 軸がN-S方向の正断層型応力と， σ_1 軸がE-W方向， σ_3 軸がN-S方向の横ずれ断層型応力が得られた．下津江累層からも，これと類似する σ_1 軸がほぼ鉛直， σ_3 軸が低角なNNW-SSE方向の正断層型応力と， σ_1 軸が低角なWSWENE方向， σ_2 軸がN-S方向の横ずれ断層型応力が見出された．まとめると，検出された応力方位は，星原部層・相良部層，下津江累層では共通して南北引張の正断層型応力と東西圧縮・南北引張の横ずれ断層型応力であり，産状に違いが認められないことから同時期に異なる応力が共存したか，短期間で応力が転換した可能性がある．一方で，大山層で得られた斜めずれ型応力は，南北に σ_3 軸を持つ正断層型と，東西に σ_1 軸，南北に σ_3 軸を持つ横ずれ断層型応力の合算で説明可能であり，本地域が本質的に横ずれ引張テクトニクスの場であることを示していると考えられる．結論として，鮮新世以降の九州中西部は，右横ずれと正断層が混在する広域的な変動場（ひずみ集中帯）であったと考えられる．

【謝辞】本発表では、川口慶悟氏、佐藤友香氏（山口大学）の修士論文および卒業論文で得られたデータを使用しました。記して感謝申し上げます。

【引用】

長谷義隆ほか編, 1993. 地質学論集, 41, pp192.

松本征夫, 1979. 地質学論集, 16, 127-139.

大橋聖和ほか, 2020. 地学雑誌, 129, 565-589.

竹村恵二, 2019. 第四紀研究, 58, 91-99.

セッション口頭発表 | T14 [トピック] 九州の火山テクトニクス

◆ EDI

📅 2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 🏢 口頭第1会場(E105)

[3oral101-10] T14 [トピック] 九州の火山テクトニクス

座長:辻 智大(山口大学)、大橋 聖和(産業技術総合研究所)、大坪 誠(産業技術総合研究所地質調査総合センター)、辛島 康大(山口大学)

◆ 学生優秀発表賞エントリー

10:00 ~ 10:15

[T14-O-5] 阿蘇カルデラ南西壁の地質から推定する大分ー熊本構造線の活動場の変遷

*辛島 康大¹、辻 智大¹ (1. 山口大学)

キーワード：大分ー熊本構造線、阿蘇カルデラ、出ノ口断層、別府ー島原地溝

【はじめに】 阿蘇カルデラなどにみられる「陥没カルデラ形成を伴う大規模火砕噴火」には、その火山地域のテクトニクスが深く関係することが分かっている（例えば、下司，2016）。阿蘇カルデラでは、カルデラを横断するように大分ー熊本構造線（OKTL）が発達しており、それを南限として別府ー島原地溝や中部九州剪断帯などの地質構造が発達する（例えば、大橋ほか，2020）が、阿蘇カルデラ形成とテクトニクスの関係は解明されていない。これは、九州中部が阿蘇カルデラ形成期の火砕流堆積物に厚く覆われており、カルデラ形成期以前のOKTLの運動像の詳細が分かっていることに起因している。しかし、阿蘇カルデラ南西壁にはカルデラ形成期以前の噴出物が露出しており、OKTLの西端を担う布田川（ふたがわ）断層やその南方の出ノ口（いでのかち）断層が発達していること（Toda et al., 2016）から、先カルデラ期～現在のOKTLの断層変遷、つまり先カルデラ期以降の九州中部のテクトニクス像を考察できる可能性がある。そこで本研究では、阿蘇カルデラ南西壁に発達する断層の活動変遷を明らかにするため、出ノ口断層の東限周辺とその南域の護王峠および冠ヶ岳北東域にあたるカルデラ壁を対象に研究を行った。

【結果】 出ノ口断層東限周辺のカルデラ壁では、下位より両輝石安山岩、溶結凝灰岩、安山岩質凝灰岩が露出している。最下位の両輝石安山岩は岩石学的特徴から下部、中部、上部の3つに大別され、出ノ口断層の東方延長を境として、下部両輝石安山岩のみ100 mほど北側露頭の分布標高が低くなっている。これは地質構造および出ノ口断層の東方延長にあたることに基づくと、断層によるものと推定される。

護王峠および冠ヶ岳北東のカルデラ壁では凝灰角礫岩（ラピリストーン）、輝石安山岩、火山礫凝灰岩、輝石角閃石デイサイト、凝灰岩、溶結凝灰岩が露出している。最下位層の凝灰角礫岩上端は、西に緩やかに傾斜しているが、冠ヶ岳北東域にて北東ー南西方向に大規模に発達する沢を境に、北域の凝灰角礫岩の上端面が約250 m低下していた。これは地質構造に基づくと、断層によるものと推定される。その沢より北域では東西走向高角北傾斜を示す右横ずれ正断層が火山岩類中に複数発達していた。

また、本調査地域では明瞭な活断層地形は認められなかった。

【考察】 出ノ口断層東限周辺にて、下部両輝石安山岩には鉛直隔離が発達するのに対し、中部両輝石安山岩より上位の層には地質図スケールでの変位（隔離）は認められない。よって、中部両輝石安山岩の堆積以降では出ノ口断層の活動性が低下した可能性が示唆される。冠ヶ岳北東域の沢で観察された凝灰角礫岩の分布標高の北側低下に関して、地震波トモグラフィ解析（青柳・木村，2022）では、本沢の走向延長上に最も顕著なS波速度ギャップが発達し、本沢北側は低速度域に位置している。この結果は、本沢の推定断層により、断層北側

の凝灰角礫岩が低下したという解釈と調和的である．本沢に見られる岩相分布の変化は，本推定断層が正断層または右横ずれ，あるいはその両方である可能性が指摘される．これは，本沢の北域にて東西走向の右横ずれ正断層が複数発達することと類似する．

本研究で観察された出ノ口断層の北側低下の鉛直隔離，本沢に発達すると考えられる断層の北側低下の鉛直隔離，本沢北域にて発達する右横ずれ正断層は，布田川断層の活動から考えられるOKTLの活動像（例えば，大橋ほか，2020）と調和的な断層活動となっている．加えて，地震波トモグラフィ解析により，本沢の推定断層を境にして，本研究地域全体が低速度領域に位置することは，本調査地域で観察された断層がOKTLの活動に関連して発達した断層の可能性があることを示唆する．以上の結果と先行研究の結果を合わせると，布田川断層や出ノ口断層が発達する阿蘇カルデラ南西壁では，南北約10 kmにわたってOKTLの活動に関連した断層が発達し，相当量の変位が想定される．加えて，出ノ口断層は中部両輝石安山岩の堆積以降に活動性が低下した可能性があること，冠ヶ岳北東域に発達する断層は数100 mの総鉛直隔離量を持つにもかかわらず断層地形が発達しないことを考慮すると，本研究で観察された断層はある時期を境に活動性が低下している可能性がある．その場合，かつてOKTLは現在の阿蘇カルデラ南西壁を覆うほど広範囲で活動していたが，現在は布田川断層帯を含む北域を主な活動場として活動していることが考えられる．

【引用文献】 青柳・木村（2022）日本活断層学会2022年度秋季学術大会講演予稿集, 下司（2016）火山, **61**, 101-118., 大橋ほか（2020）地学雑誌, **129**, 565-589., Toda et al.（2016）*EPS*, **68**:188.

セッション口頭発表 | T14 [トピック] 九州の火山テクトニクス

◆ EDI

📅 2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 🏠 口頭第1会場(E105)

[3oral101-10] T14 [トピック] 九州の火山テクトニクス

座長:辻 智大(山口大学)、大橋 聖和(産業技術総合研究所)、大坪 誠(産業技術総合研究所地質調査総合センター)、辛島 康大(山口大学)

◆ ハイライト講演

10:30 ~ 11:00

[T14-O-6] [招待講演] 中部九州阿蘇地域におけるマグマ活動の時間変化とそのテクトニクス背景

*三好 雅也¹、角野 浩史²、仙田 量子³、佐野 貴司⁴、新村 太郎⁵、古川 邦之⁶、川口 允孝⁷、長谷中 利昭⁸ (1. 福岡大学理学部、2. 東京大学先端科学技術研究センター、3. 九州大学比較社会文化研究院、4. 国立科学博物館理科学研究部、5. 熊本学園大学経済学部、6. 愛知大学経営学部、7. 東京大学地震研究所、8. 熊本大学くまもと水循環・減災研究教育センター)

【**ハイライト講演**】 三好雅也会員らは中部九州の火山岩の岩石学学的研究に基づき、九州直下に沈み込んだスラブ起源流体のマントルへの関与を研究してきた。阿蘇地域の400万年間に及ぶ火山活動、マグマの劇的変化から、その背景となる沖縄トラフの拡大やフィリピン海プレートの関与までを論じる「阿蘇科学」の最先端を見逃すな。 [※ハイライト講演とは...](#)

キーワード：マグマ活動、テクトニクス、K-Ar年代、地球化学、阿蘇地域

中部九州阿蘇地域における火山活動様式は、カルデラ形成期とその前後で大きく異なり、各活動期におけるマグマの成因も異なることが明らかになってきている。本講演では、これらの活動期におけるマグマの特徴と成因について述べる。

先カルデラ期（Aso-1噴火、266 kaより前）の阿蘇地域における火山活動は、主に複数枚の分厚い溶岩の流出で特徴付けられる（先阿蘇火山岩類、小野・渡辺、1985）。先阿蘇火山岩類の岩質は玄武岩～流紋岩と幅広く、特に安山岩が卓越している。先阿蘇火山岩類のSr同位体比は幅広く（0.7036～0.7046）、地殻同化作用が主たる分化プロセスであったと考えられる。先阿蘇火山岩類のK-Ar年代値は0.8～0.4 Ma に集中し、この年代は北部九州における引張応力場における大規模溶岩流の活動時期と一致する。阿蘇カルデラ西方に位置する権現山を構成する玄武岩質安山岩溶岩（高Mg安山岩）は、先阿蘇火山岩類には含まれないが、阿蘇地域周辺において最も古い溶岩のひとつである（3.9 Ma；新村ほか、2008）。

カルデラ形成期（266～89 ka、松本ほか、1991）の火山活動は、先カルデラ期とは対照的に4回の大規模火砕噴火（Aso-1～4）で特徴付けられ、それぞれの噴火の前には巨大なマグマ溜りが形成されていたとされる（小野・渡辺、1985）。カルデラ形成期の噴出物も玄武岩～流紋岩と幅広く、供給システムとしては化学的に成層したマグマ溜り（Kaneko et al., 2007, 2015）や動的なマグマ循環モデル（Miyagi et al., 2023）が提案されている。Aso-1からAso-2～Aso-4噴出物へとSr同位体比は低く均質になる（0.7040～0.7041; Hunter, 1998）。これはマントル由来の玄武岩マグマの継続的な供給と、それに伴う巨大マグマ溜りの形成を示唆している。

後カルデラ期の火山活動（89 ka以降）は、カルデラ内において複数の成層火山および単成火山を形成する活動で特徴付けられる（小野・渡辺、1985）。後カルデラ期火山噴出物の化学組成も玄武岩～流紋岩と多様であるが、それらに系統的時間変化はみとめられない

（Miyoshi et al., 2012）。後カルデラ期火山噴出物はAso-4噴出物よりも不均質なSr同位体

比を示すため、それらはAso-4マグマの残存物ではなく、後カルデラ期に新たに生成されたマグマであると考えられる (Miyoshi et al., 2011)。

上述のとおり、阿蘇地域における火山活動様式、マグマの化学組成および成因は、過去400万年間に劇的な変化を遂げてきた。特に苦鉄質マグマの時間変化は、テクトニクスの変動と密接に関連している可能性がある。3.9 Ma の高Mg安山岩の活動は、北部九州前弧域における高Mg安山岩の活動期 (5.2~3.6 Ma) と重複し、その成因の一つとして沖縄トラフの拡大の影響が考えられる (Miyoshi et al., 2008)。一方、0.8 Ma 以降の先カルデラ期~後カルデラ期を通じて活動した玄武岩マグマは島弧ソレイトである。スラブ起源流体のトレーサーである苦鉄質噴出物のホウ素含有量は、3.9 Maから後カルデラ期にかけて増加傾向を示し、これはフィリピン海プレートの沈み込みの影響が時間とともに強まったことを示唆している。

文献

- Hunter (1998) *Jour. Petrol.*, 39, 1255–1284.
 Kaneko et al. (2007) *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, 167, 160–180.
 Kaneko et al. (2015) *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, 303, 41–58.
 松本ほか (1991) 日本火山学会1991年秋季大会講演予稿集, 73.
 Miyagi et al. (2023) *Jour. Petrol.*, 64, 1–25.
 Miyoshi et al. (2008) *Jour. Min. Petr. Sci.*, 103, 183–191.
 Miyoshi et al. (2011) *Jour. Min. Petr. Sci.*, 106, 114–119.
 Miyoshi et al. (2012) *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, 229–230, 64–73.
 小野・渡辺 (1985) 火山地質図4, 地質調査所.
 新村ほか (2008) 熊本学園大学論集『総合科学』, 14, 23–37.

📅 2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 🏠 口頭第1会場(E105)

[3oral101-10] T14 [トピック] 九州の火山テクトニクス

座長:辻 智大(山口大学)、大橋 聖和(産業技術総合研究所)、大坪 誠(産業技術総合研究所地質調査総合センター)、辛島 康大(山口大学)

11:00 ~ 11:15

[T14-O-7] 布田川断層を貫通したボーリング孔における深度300m以深の断層破碎帯内の亀裂を充填する粘土

*澁谷 奨¹、林 為人²、神谷 奈々² (1. 株式会社地圏総合コンサルタント、2. 京都大学大学院工学研究科)

キーワード：布田川断層、断層破碎帯、流入粘土、亀裂、X線回折法

熊本県益城町では、2016年の熊本地震に際して活動した布田川断層を貫通した学術ボーリングFDB孔（掘削長692 m）の掘削が京都大学により実施された（京都大学, 2018）。FDB孔では深度約350~600 mの区間に布田川断層の破碎帯が確認されており、深度354~514 mの先阿蘇火山岩類の安山岩が分布する区間において、多くの開口亀裂に粘土が充填する（Shibutani et al., 2022）。本講演では、2016年熊本地震の際に活動したとされるFDB孔の深度461 mの断層周辺で確認される亀裂を充填する粘土を対象に肉眼観察とX線回折分析を行った結果を基に、粘土の特徴と成因について報告する。

亀裂を充填する粘土は、全体に淘汰の良い非常に細粒な粒子からなる半固結の粘土である。粘土は、均質なものと葉理のような層状構造がみられるものがある。粘土の色調は、黄褐色、赤褐色、暗褐~淡褐色を示す。赤褐色の粘土が色調の異なる粘土を割るように貫入する構造を持つこともある。また、粘土内には、少量の安山岩の岩片を含む場合がある。母岩である安山岩と粘土の境界面には、横ずれセンスの条線が確認されることがあり、粘土内では粘土の層状構造を切る亀裂がみられる。

X線回折分析は、深度460~500 mの区間で確認された亀裂を充填する粘土を対象に計5試料、粘土と接する母岩の安山岩を対象に計3試料で行った。分析の結果、定方位で分析を行った黄褐色と赤褐色の粘土は、スメクタイトをやや多く含み、雲母類、カオリナイト、ハロイサイトを僅かに含む。粘土鉱物以外では、石英、斜長石をやや多く含み、普通角閃石、赤鉄鉱、磁鉄鉱~磁赤鉄鉱を僅かに含む。不定方位で分析を行った暗褐~淡褐色の粘土は、黄褐色と赤褐色の粘土と類似した粘土鉱物を含むが、粘土鉱物以外で普通輝石、斜方輝石、石膏を僅かに含む。一方、母岩の安山岩は、粘土鉱物を含まず、斜長石を多く含み、普通輝石、斜方輝石、赤鉄鉱、磁鉄鉱~磁赤鉄鉱を僅かに含む。石英と普通角閃石は、母岩の安山岩には含まれず、粘土にのみ認められる。斜長石は、粘土と安山岩の両方に含まれるが、安山岩での相対的な含有率（石英指数QI）を粘土と比較すると2.5倍以上高いことも特徴である。

断層破碎帯内では、断層運動により形成される断層粘土や熱水変質粘土、流入粘土など、成因が異なる粘土が形成されることがあり、これらの粘土は、色調や粒度分布、粘土鉱物の種類、化学組成などが異なることが知られている（例えば、脇坂ほか, 2002）。流入粘土は、山根・荒谷（2017）の定義によれば、岩盤の開口亀裂を充填する未固結~半固結状の黄褐色粘土で、粘土が地下水流動に伴い開口亀裂に移動・堆積したものとされている。本研究で確認された粘土は、脇坂ほか（2002）の粘土を構成する粘土鉱物の組み合わせを参考にとすると、風化粘土や流入粘土に特徴的に含まれるハロイサイト、流入粘土に含まれることが多

いスメクタイトが認められる。加えて、粘土に見られる層状構造や粒度特性は、先行研究で報告されている流入粘土に類似しており、母岩の安山岩に含まれない鉱物（石英、普通角閃石）が粘土内で認められたことから、布田川断層の破碎帯内に見られる多くの粘土は流入粘土であると考えられる。

断層破碎帯が地下水の流動経路としての役割があることは先行研究において知られている（例えば、Faulkner et al., 2010）。本研究の亀裂を充填する粘土が存在する区間は、母岩の間隙以外にき裂間隙が存在することがShibutani et al. (2024)により確認され、断層破碎帯内の岩盤において地下水流動の可能性があることが示唆されている。これらの先行研究は、布田川断層の破碎帯内に地下水流動の影響により形成される流入粘土が存在することと調和的である。

引用文献

京都大学（2018）平成29年度原子力施設等防災対策等委託費（追加ボーリングコアを用いた断層破碎物質の分析）事業_(2),
https://www.nsr.go.jp/nra/chotatsu/yosanshikou/itaku_houkoku_h29.html. ; Shibutani et al. (2022) *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 23(1), e2021GC009966. ; 脇坂ほか（2002）土木技術資料, 44-3, 34-39. ; 山根・荒谷（2017）応用地質技術年報, 36, 63-70. ; Faulkner et al. (2010) *J. Struct. Geol.* 32, 1557-1575. ; Shibutani et al. (2024) *Materials Transactions*, 65(8), 844-851.

セッション口頭発表 | T14 [トピック] 九州の火山テクトニクス

◆ EDI

📅 2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 🏢 口頭第1会場(E105)

[3oral101-10] T14 [トピック] 九州の火山テクトニクス

座長:辻 智大(山口大学)、大橋 聖和(産業技術総合研究所)、大坪 誠(産業技術総合研究所地質調査総合センター)、辛島 康大(山口大学)

◆ 学生優秀発表賞エントリー

11:15 ~ 11:30

[T14-O-8] 布田川断層帯周辺の地質構造と阿蘇4火砕流堆積物の標高対比による断層運動の検討

*改原 玲奈¹、辻 智大¹、大橋 聖和²、澁谷 奨³ (1. 山口大学、2. 産業技術総合研究所、3. 株式会社地圏総合コンサルタント)

キーワード：布田川断層帯、断層運動、火砕流堆積物、地質構造、火山テクトニクス

布田川断層帯の断層運動について、2016年の熊本地震では、右横ずれ主体の地表変位が断層に沿って出現した (Shirahama et al., 2016) . その一方で、中期更新世以降の200 m以上の累積鉛直隔離 (Shibutani et al., 2022) や約9万年前に噴出した高遊原溶岩が70~100 m北落ちする変位 (渡辺・小野, 1969) が確認されている. このことに関して、大橋ほか

(2020) では約9万年前の大規模なマグマの放出に同期して正断層運動をした後、火山活動の停止とともに現在の右横ずれ主体の運動へと変化したと考えられている. 一般的に活断層の運動方向や変位速度は第四紀を通して一様であるとされているため、縦ずれ主体の運動から横ずれ主体の運動へ変化したとされる布田川断層帯の運動履歴を解明することは重要である.

そこで本研究では、布田川断層帯周辺の地質構造と阿蘇4火砕流堆積物の標高対比に基づき、中期更新世以降の断層運動を議論する. 今回、布田川断層帯の南側 (下盤側) の地質構造を明らかにすべく、熊本県上益城郡益城町~熊本県阿蘇市西原村で地質調査を実施した. また、阿蘇火砕流堆積物の断定には鏡下観察や化学分析を用いた. 布田川断層帯南側の杉堂地域 (以降杉堂S) の地質調査より明らかになったことを以下に示す. 1)阿蘇2火砕流堆積物上部は北向き緩傾斜と南向き緩傾斜が認められ、緩やかな凹部を形成しながら全体的にほぼ水平な構造をなす. 2) 阿蘇4火砕流堆積物のサブユニットである小谷軽石流、八女軽石流、鳥栖オレンジ軽石流が分布し、八女軽石流と鳥栖オレンジ軽石流の境界露頭および下位の小谷軽石流の分布標高から各サブユニットはほぼ水平に堆積する. 3) 阿蘇4火砕流堆積物 (小谷軽石流) の直下付近では阿蘇2もしくは阿蘇3火砕流堆積物の最上部が確認でき、阿蘇4火砕流堆積物の基底部は標高約150~160 m (標高対比には中間値155 mを用いる) に分布する.

これらの観察事実から、杉堂Sの阿蘇2~阿蘇4火砕流堆積物の地質構造は全体に概ね水平であると考えられる. 布田川断層帯の北側 (上盤側) に位置する堂園地域 (以降堂園N) と杉堂地域 (以降杉堂N) の2点の既存ボーリングコアデータを加えた計3地点で阿蘇4火砕流堆積物基底部を変位基準とした対比を行ったところ、以下の考察に至った. (1)杉堂Nでは阿蘇4火砕流堆積物の基底部が少なくとも標高70 m以深に存在する (渡辺・小野, 1969) ことから、鉛直隔離は85 m以上 (杉堂Sでの分布標高 (155 m) -杉堂Nでの分布標高 (<70 m)) である. また、鉛直隔離の上限は高遊原溶岩のそれを超えることはないため、推定さ

れる鉛直隔離の範囲は約85～100 mである。(2) 堂園Nでは阿蘇4火砕流堆積物基底が標高約0 mに分布する(改原ほか, 2024)ため、杉堂S－堂園N間の分布標高差は約155 mとなる。これは(1)で得られた杉堂S－杉堂N間の推定鉛直隔離より 55～70 m大きな値である。これについては、布田川断層帯北側(杉堂N－堂園N間)の阿蘇4火砕流堆積物が南西に傾動していること、木山－嘉島地溝による堂園Nの沈降、阿蘇4火砕流堆積物の分布高度が西に向かって低くなることのいずれか(もしくは複合的な要因)が示唆される。

引用文献

大橋聖和・大坪誠・松本聡・小林健太・佐藤活志・西村卓也(2020) 地学雑誌, 129, 565-589.

Shibutani, S. Lin, W. Sado, K. Aizawa, A. Koike, K. (2022) *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 23(1), e2021GC009966.

Shirahama, Y., Yoshimi, M., Maruyama, T., Azuma, T., Asahina, D. and Miyakawa, A., (2016) *Earth, Planets and Space*, 68.

渡辺一徳・小野晃司(1969) 地質学雑誌, 75, 365 - 374.

改原玲奈・大橋聖和・辻智大・澁谷奨(2024) 日本地質学会講演要旨, T15-P-30.



2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 口頭第1会場(E105)

[3oral101-10] T14 [トピック] 九州の火山テクトニクス

座長:辻 智大(山口大学)、大橋 聖和(産業技術総合研究所)、大坪 誠(産業技術総合研究所地質調査総合センター)、辛島 康大(山口大学)

11:30 ~ 11:45

[T14-O-9] 更新統唐戸層のテフラ層序から制約される姫島火山群の活動時期

*納谷 友規¹、水野 清秀¹、堀内 悠² (1. 産業技術総合研究所地質調査総合センター、2. 姫島村役場企画振興課おおいた姫島ジオパーク推進協議会)

キーワード：大分県、火山、更新世、層序、テフラ、珪藻化石

国東半島の北方約4km沖合の周防灘と伊予灘の境界付近に位置する姫島には、流紋岩質およびデイサイト質 溶岩と火砕岩などからなる姫島火山群（伊藤ほか, 1997）が分布する。姫島火山群は九州の火山フロントの 最北端に位置する火山である。従来、姫島火山群の年代はK-Ar年代やFT年代に基づき、中期更新世の 30~20万年前と考えられてきた（Kaneoka and Suzuki, 1970；鎌田ほか, 1988）。また、近年ではK-Arと $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法によって、12~7万年前という年代値も得られている（松本ほか, 2010）。しかし、姫島に分布する姫島火山群と唐戸層との層序関係には不明な点が多く、また、姫島火山群と島外を起源とするテフラの層位関係の報告も無かったため、地層の累重関係に基づく姫島火山群の位置づけはよく分かっていなかった。

唐戸層は浅海成層と淡水成層の繰り返しからなり、姫島火山群よりも下位の下部~中部更新統と考えられてきた。最近の筆者らの調査により、唐戸層には8.7万年前に噴出したとされるAso-4テフラが挟在することから、本層には上部更新統が含まれることがわかってきた（納谷ほか, 2024）。本発表では、唐戸層に挟まる Aso-4テフラ前後の地層に挟まる姫島火山群起源のテフラの層序関係、唐戸層や姫島火山群を構成する火山砕屑性堆積物の堆積環境に基づき姫島火山群の活動時期を検討する。

姫島北岸浮洲の干潟の波食棚に分布する唐戸層は、見かけの傾斜が30~80°と変化に富み、走向の変化も大きく、変形構造がしばしば観察される。また、異なる層相・走向の地層が断層で接することもあり、極めて複雑な地質構造を有する。その中に層厚約15mの地層が連続的に観察できる区間がある。この区間は下位より A-E層の5層に区分され、A, C, E層が湖沼を主体とする淡水成層、BとD層が海成層である。D層の最下部に Aso-4テフラが挟在されるため、海成層との層位関係からA層はMIS 5d, B層はMIS 5c, C層はMIS 5c-b, D層はMIS 5a, E層はMIS 5a-4に堆積したと推定される（納谷ほか, 2025）。

浮洲波食棚の唐戸層にはAso-4テフラ以外の4枚のテフラが確認された。A層とE層にそれぞれ挟まれるテフラ層は黒雲母を多く含み角閃石を伴い硬石膏をわずかに含むガラス質火山灰を主体とし、A層ではざくろ石が確認されE層では基底部に火山灰と同じ岩質の流紋岩角礫が含まれる。両テフラの特徴は、姫島火山群の達磨山火山と稲積火山噴出物と一致する。またB層とC層にはそれぞれ姫島火山群の城山火山と浮洲火山噴出物と一致する特徴を有する。最大径10cmの灰白色流紋岩角礫が挟在する。したがって、浮洲波食棚の唐戸層に挟在される姫島火山群由来のテフラの層位から、約11万年前（MIS5d）から約7万年前（MIS4）に流紋岩質マグマによる火山活動があったと考えられる。

Aso-4テフラを挟在する一連の地層の見かけの傾斜は30°であるが地層の上下が逆転している。このことは、この地点では湖底で姫島起源の流紋岩質テフラが堆積した後大きな変形

を受け、さらに隆起したことを示唆する。また、珪藻化石の分析から姫島火山群のほとんどの火山碎屑物は湖沼環境の淡水域で堆積したと推定される。例えば、矢筈岳の北麓では標高70m地点に湖沼で堆積したデイサイト質火山碎屑物が確認されることから、姫島火山群の火山碎屑物も水底で堆積した後に隆起したと考えられる。しかし、姫島火山群を構成するいずれのデイサイト質火山碎屑物の層位は不明であり、隆起の時期を制約することはできない。伊藤（1989）が考えたように、唐戸層に見られる地質構造が姫島火山群を形成したマグマの上昇により未固結の地層が隆起したことにより形成されたとすると、E層の流紋岩を噴出させた火山活動の後、7万年前以降にもマグマ活動が継続していたのかもしれない。今回検討した浮洲干潟のA～E層以外の層準における姫島火山群起源テフラの有無や、唐戸層や姫島火山群の火山碎屑物を隆起させる構造運動の時期と火山活動の有無については、今後さらなる検討が必要である。

引用文献：伊藤（1989）火山第2集，34，1-17．伊藤ほか（1997）地域地質研究報告（1/5万地質図幅），産総研地質調査総合センター．鎌田ほか（1988）月刊地球，10，568-574．Kaneoka & Suzuki (1970) Jour. Geol. Soc. Jpn, 76, 309-313. 松本ほか（2010）日本火山学会講演要旨集，132．納谷ほか（2024）日本地質学会131年学術大会講演要旨，T15-O-21．納谷ほか（2025）JpGU2025, HQR05-14

セッション口頭発表 | T14 [トピック] 九州の火山テクトニクス

◆ EDI

📅 2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 🏠 口頭第1会場(E105)

[3oral101-10] T14 [トピック] 九州の火山テクトニクス

座長:辻 智大(山口大学)、大橋 聖和(産業技術総合研究所)、大坪 誠(産業技術総合研究所地質調査総合センター)、辛島 康大(山口大学)

11:45 ~ 12:00

[T14-O-10] 琉球弧に沈み込むスラブ内応力の不均一性が支配する脱水経路と火山活動への影響*大坪 誠¹、宮川 歩夢¹ (1. 産業技術総合研究所地質調査総合センター)

キーワード：琉球列島、火山、地震、応力、流体移動

西南日本弧に沈み込むフィリピン海プレート内部では、深さ100~200 kmの領域で多数のやや深発地震が発生しており、これらはスラブ内部の脱水過程を反映していると考えられる。しかしながら、火山前線の不連続性や火山分布の非対称性から、既存の蛇紋岩化モデル[1]やホットフィンガーモデル[2]では脱水起源の全容を説明するには不十分である。本研究では、琉球海溝沿いに沈み込むプレート内部で発生した地震の発震機構解を用いた応力逆解析[3]を用いて、スラブ内応力の空間的不均一性とそれによるスラブ内の透水率異方性の分布を評価した。発震機構解データは、九州島から台湾島の西にかけての東経122度から132度までの琉球海溝沿いの火山フロント下で発生した地震であり、1997年1月から2007年7月までのマグニチュード3.3以上で震源の深さが100 km以浅の170イベントを使用した。本研究では、中間圧縮応力 σ_2 軸の方向に着目し、Sibson [4] および Takahashi et al. [5] による岩石の透水実験結果を踏まえて、最大透水方向と最大応力との対応関係を検討した。その結果、 σ_2 軸がスラブ沈み込み方向に対して直交するような応力場では、スラブからの深部脱水が促進されることが示された。このようなスラブ内応力場の不均一性は、Christova [6] によって指摘されたように、琉球-九州弧のトカラ海峡を境に100 km以深で顕著な変化を示す。すなわち、北部（九州側）ではスラブ内に下向きの引張応力が卓越し、南部（沖縄側）では圧縮的応力が優勢である。これは、九州西方下のマントルウェッジに高温・低粘性の上部マントルが存在すること[7, 8]と整合的であり、スラブの沈み込み様式およびスラブ内応力構造に影響を及ぼしている可能性が高い。応力逆解析の結果はまた、火山活動や海底熱水系の分布と良い相関を示す。特に σ_2 軸がスラブ沈み込み方向に垂直となる領域では、深部からマントルへの脱水経路が開かれ、それに伴うマグマ生成が促進されていると考えられる。一方で、 σ_2 軸がスラブの走向に平行な領域では、脱水がスラブ内部を側方に拡散する可能性があり、火山活動の発現には至らない可能性も示唆された。本研究は、プレート内部の応力場と岩石物性の関係が、地殻深部の流体移動や火成活動の空間分布を制御するという新たな視点を提供するものである。今後は、地震波トモグラフィ、深部流体化学、および熱構造解析と統合することで、脱水およびマグマ供給経路の三次元的理解を深め、火山発生ポテンシャル評価への応用が期待される。

引用文献：[1]Katayama, I. et al. (2012) Nature Geoscience 5, 731-734; [2]Tamura, Y. et al. (2002) Earth Planet. Sci. Lett., 197, 105-116; [3]Otsubo, M. et al.(2008) Tectonophysics, 457, 150-160; [4]Sibson, R. H.(1975) Geophys. J. R. Astron. Soc. 43, 775-789; [5]Takahashi, M. et al. (2002) J. Japan Soc. Eng. Geol. 43, 43-48; [6] Christova, C.(2004)

Tectonophysics, 384, 175-189; [7]Shinjo, R. et al. (2000) Contrib. Mineral. Petrol. 140, 263-282; [8]Zhao, D. et al. (2002) Phys. Earth Planet. Int. 132, 249-267.

セッション口頭発表 | T5 [トピック] 沈み込み帯・陸上付加体

📅 2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:30 📍 口頭第2会場(E107)

[3oral201-13] T5 [トピック] 沈み込み帯・陸上付加体

座長:奥田 花也(海洋研究開発機構)、細野 日向子(国立研究開発法人産業技術総合研究所)、細川 貴弘(高知大学)

◆ ハイライト講演

8:45 ~ 9:15

[T5-O-1]

[招待講演] IODP Expedition 405 JTRACKの成果

*氏家 恒太郎¹、小平 秀一²、Conin Marianne³、Fulton Patrick⁴、Kirkpatrick Jamie⁵、Regalla Christine⁶、奥津 なつみ²、前田 玲奈²、Toczko Sean²、江口 暢久²、IODP第405次航海 乗船研究者一同 (1. 筑波大学、2. 海洋研究開発機構、3. ロレーヌ大学、4. コーネル大学、5. ネバダ大学リノ校、6. 北アリゾナ大学)

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

9:15 ~ 9:30

[T5-O-2]

IODP Exp. 405 JTRACK掘削地点の放散虫化石層序：日本海溝近傍の前縁プリズムおよび沈み込む海洋プレートについて

*萩野 穰¹、岩井 雅夫²、CONIN Marianne³、FULTON Patrick⁴、KIRKPATRICK Jamie⁵、小平 秀一⁶、REGALLA Christine⁷、氏家 恒太郎⁸、江口 暢久⁶、前田 玲奈⁶、奥津 なつみ⁶、TOCZKO Sean⁶、IODP Exp.405 乗船研究者一同 (1. 山形大学 大学院理工学研究科、2. 高知大学 海洋コア国際研究所、3. ロレーヌ大学、4. コーネル大学、5. ネバダ州立大学リノ校、6. 海洋研究開発機構、7. ノーザンアリゾナ大学、8. 筑波大学)

9:30 ~ 9:45

[T5-O-3]

IODP Exp.405JTRACK掘削孔の珪藻化石層序：2011年東北沖地震浅部破壊領域の先端プリズム構造

*岩井 雅夫¹、萩野 穰²、IODP Exp.405 乗船研究者一同³ (1. 高知大学 海洋コア国際研究所、2. 山形大学、3. https://www.jamstec.go.jp/chikyu/e/exp405/crew_all.html)

9:45 ~ 10:00

[T5-O-4]

日本海溝に沈み込む太平洋プレート上のチャートと玄武岩：IODP第405次航海の新知見

*山口 飛鳥¹、Bellanova Piero²、Brunet Morgane³、Chang Yu-Chun⁴、Pizer Charlotte⁵、福地 里菜⁶、Gough Amy⁷、Nicholson Uisdean⁷、奥田 花也⁴、Conin Marianne⁸、Kirkpatrick Jamie⁹、小平 秀一⁴、Fulton Patrick¹⁰、Regalla Christine¹¹、氏家 恒太郎¹²、前田 玲奈⁴、奥津 なつみ⁴、IODP第405次航海 乗船研究者 (1. 東京大学大気海洋研究所、2. RWTH Aachen Univ.、3. IFREMER、4. 海洋研究開発機構、5. Univ. Innsbruck、6. 鳴門教育大学、7. Heriot-Watt Univ.、8. Univ. Lorraine、9. Univ. Nevada, Reno、10. Cornell Univ.、11. Northern Arizona Univ.、12. 筑波大学)

10:00 ~ 10:15

[T5-O-5]

浅部沈み込み帯における巨大地震後の断層帯の強度回復過程
ーJTRACK・JFASTの水理特性に関する掘削データの比較ー

*細野 日向子^{1,2}、濱田 洋平³、奥田 花也³、大坪 誠¹、谷川 亘³、廣瀬 丈洋^{3,2}、Conin Marianne⁴、Fulton Patrick⁵、Kirkpatrick Jamie⁶、小平 秀一³、Regalla Christine⁷、氏家 恒太郎⁸、江口 暢久³、前田 玲奈³、奥津 なつみ³、Sean Toczko³ (1. 国立研究開発法人産業技術総合研究所、2. 広島大学、3.

国立研究開発法人海洋研究開発機構、4. ロレーヌ大学、5. コーネル大学、6. ネバダ大学、7. ノーザンアリゾナ大学、8. 筑波大学)

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

10:15 ~ 10:30

[T5-O-6]

微細構造観察に基づく地震サイクル間の動的な岩石-流体間反応：白亜系四万十帯牟岐メランジュ・南阿波断層

*細川 貴弘¹、橋本 善孝¹、Rüdiger KILIAN²、Michael STIPP² (1. 高知大学、2. Martin Luther University Halle-Wittenberg)

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

10:30 ~ 10:45

[T5-O-7]

海山沈み込み・付加に伴うプレート境界断層の変形：美濃帯舟伏山ユニットの例

*多久和 風花¹、山口 飛鳥¹、大坪 誠²、志村 侑亮²、奥田 花也³ (1. 東京大学大気海洋研究所、2. 産業技術総合研究所地質調査総合センター、3. 海洋研究開発機構)

10:45 ~ 11:00

[3oral201-13-8add]

休憩

11:00 ~ 11:15

[T5-O-8]

物性不均質ジオメトリが規定する応力・歪み分布の時空間変化とスケーリング

*橋本 善孝¹ (1. 高知大学)

◆ 学生優秀発表賞エントリー

11:15 ~ 11:30

[T5-O-9]

沈み込み帯震源域における地殻の弾性率分布と地震発生帯への影響

*高 慎一郎¹、濱田 洋平²、奥田 花也²、田村 芳彦²、坂口 有人¹ (1. 山口大学大学院創成科学研究科、2. 海洋研究開発機構)

◆ ECS

11:30 ~ 11:45

[T5-O-10]

地震発生帯の岩石の弾性的性質：スケール依存性および地震発生プロセスへの影響

*奥田 花也¹、赤松 祐哉¹、北村 真奈美²、澤井 みち代³ (1. 海洋研究開発機構、2. 産業技術総合研究所、3. 千葉大学)

11:45 ~ 12:00

[T5-O-11]

断層沿いの短時間発熱による硫黄の減少とその行方

*山本 由弦¹、小林 唯乃¹、福山 繭子²、Bowden Stephen³、濱田 洋平⁴、三村 匠海²、千代延 俊² (1. 神戸大学、2. 秋田大学、3. アバディーン大学、4. 海洋研究開発機構)

12:00 ~ 12:15

[T5-O-12]

四国沖外縁隆起帯のネオテクトニクス

*芦 寿一郎¹、照井 孝之介² (1. 東京大学、2. ENEOS Xplora)

12:15 ~ 12:30

[T5-O-13]

日向灘の地形的・熱学的特徴 —KS-21-08およびKS-25-03航海報告—

*木下 正高¹、土岐 知弘²、橋本 善孝³、濱田 洋平⁴、KS-21-08 航海研究者¹、KS-25-03 航海研究者¹ (1. 東京大学地震研究所、2. 琉球大学理学部、3. 高知大学教育研究部、4. 海洋研究開発機構)

セッション口頭発表 | T5 [トピック] 沈み込み帯・陸上付加体

📅 2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:30 📍 口頭第2会場(E107)

[3oral201-13] T5 [トピック] 沈み込み帯・陸上付加体

座長:奥田 花也(海洋研究開発機構)、細野 日向子(国立研究開発法人産業技術総合研究所)、細川 貴弘(高知大学)

◆ ハイライト講演

8:45 ~ 9:15

[T5-O-1] [招待講演] IODP Expedition 405 JTRACKの成果

*氏家 恒太郎¹、小平 秀一²、Conin Marianne³、Fulton Patrick⁴、Kirkpatrick Jamie⁵、Regalla Christine⁶、奥津 なつみ²、前田 玲奈²、Toczko Sean²、江口 暢久²、IODP第405次航海 乗船研究者一同 (1. 筑波大学、2. 海洋研究開発機構、3. ロレーヌ大学、4. コーネル大学、5. ネバダ大学リノ校、6. 北アリゾナ大学)

【ハイライト講演】 IODP第405次航海「JTRACK」は、昨年9月から12月にかけて東北地方太平洋沖地震震源域で実施されました。地震後13年を経た応力状態や沈み込み帯の断層構造を解明することが主な目的です。コア採取と検層を実施し、断層を貫く掘削孔に温度計を設置して水理学構造解明に挑みました。本講演では、この最新掘削で得られた成果を速報として紹介し、巨大地震発生要因の理解に新たな視点を提供します。他にも関連する講演が複数あります。 [※ハイライト講演とは...](#)

キーワード：東北地方太平洋沖地震、日本海溝沈み込み帯、国際深海科学掘削計画

国際深海科学掘削計画 (IODP) 第405次航海Tracking Tsunamigenic Slip Across the Japan Trench (JTRACK)は、IODP最後の航海として2024年9月6日から12月20日にかけて宮城県沖日本海溝沈み込み帯で実施された。JTRACKは、2012年に実施された第343次航海Japan Trench Fast Drilling Project (JFAST)以来12年ぶりの2011年東北地方太平洋沖地震震源域掘削である。JFASTでは、掘削孔内での温度計測によりプレート境界断層から摩擦熱をとらえることに成功し、掘削コア試料の採取によりプレート境界断層はスメクタイトを大量に含んだ遠洋性粘土で構成され、地震時の摩擦が約0.1と低かったため巨大すべりを引き起こしたことを明らかにした(Chester et al., 2013; Fulton et al., 2013; Kameda et al., 2015; Ujiie et al., 2013)。また、掘削同時検層により、地震時の断層における摩擦低下に伴い、逆断層応力場から正断層応力場に変化したことも明らかにした(Lin et al., 2013)。しかしJFASTでは、沈み込み帯における掘削コアの回収区間が限定されており、沈み込み帯で変形を受ける前のレファレンス物質も採取していなかった。そこでJTRACKでは、JFASTと同じ掘削地点および沈み込む前の太平洋プレート上の地点において、海底面から海洋地殻最上部までの掘削コア試料の連続採取と掘削同時検層を実施した。また、プレート境界断層を貫通した掘削孔内に温度計を新たに設置した。JTRACKの科学目標は (1) 地震後13年経過した段階での応力状態の解明、(2) プレート境界断層上盤の前縁プリズム、プレート境界断層、下盤の沈み込む堆積物・海洋地殻の組成や構造の全貌解明、(3) プレート境界断層および前縁プリズムにおける水理学的構造の解明である。JTRACK実施の結果、科学目標 (1) と (2) を達成するために必要なデータおよび掘削試料を採取することに成功した。また、掘削孔内への温度計設置により、(3) を検討することが可能となった。本講演ではJTRACKで明らかになった主な成果について紹介する。

引用文献

Chester et al., 2013, Science 342, 1208–1211, doi:10.1026/science.1243719

Fulton et al., 2013, Science 342, 1214–1217, doi:10.1026/science.1243641

Kameda et al., 2015, *Geology* 43, 155–158, doi:10.1130/G35948.1

Lin et al., 2013, *Science* 339, 687–690, doi:10.1026/science.1229379

Ujiie et al., 2013, *Science* 342, 1211–1214, doi:10.1026/science.1243485

セッション口頭発表 | T5 [トピック] 沈み込み帯・陸上付加体

2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:30 口頭第2会場(E107)

[3oral201-13] T5 [トピック] 沈み込み帯・陸上付加体

座長:奥田 花也(海洋研究開発機構)、細野 日向子(国立研究開発法人産業技術総合研究所)、細川 貴弘(高知大学)

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

9:15 ~ 9:30

[T5-O-2] IODP Exp. 405 JTRACK掘削地点の放散虫化石層序：日本海溝近傍の前縁プリズムおよび沈み込む海洋プレートについて

*萩野 穰¹、岩井 雅夫²、CONIN Marianne³、FULTON Patrick⁴、KIRKPATRICK Jamie⁵、小平 秀一⁶、REGALLA Christine⁷、氏家 恒太郎⁸、江口 暢久⁶、前田 玲奈⁶、奥津 なつみ⁶、TOCZKO Sean⁶、IODP Exp.405 乗船研究者一同 (1. 山形大学 大学院理工学研究科、2. 高知大学 海洋コア国際研究所、3. ロレーヌ大学、4. コーネル大学、5. ネバダ州立大学リノ校、6. 海洋研究開発機構、7. ノーザンアリゾナ大学、8. 筑波大学)

キーワード：国際深海科学掘削計画、2011年東北沖地震、放散虫、生層序、日本海溝

国際深海科学掘削計画 (IODP) 第405次航海 (JTRACK) は、日本海溝巨大地震および津波発生過程の時空間変化の追跡を目的とし、2011年3月に発生した東北地方太平洋沖地震の震源域周辺を掘削する航海であり、JAMSTECの地球深部探査船「ちきゅう」を用いて、2024年9月から12月にかけて、宮城県沖の日本海溝周辺で実施された。JTRACKでは、2012年に実施されたIODP 第343次航海 (JFAST) の掘削地点 (C0019地点) と、日本海溝に沈み込む太平洋プレート側 (C0026地点) の2地点で掘削を行った (Kodaira et al., 2023)。筆頭著者は航海後半の約2ヶ月間乗船し、船上で放散虫化石分析にあたりとともに、航海前半に採取された試料については下船後に分析したので、その結果について報告する。なお、これらの結果は珪藻化石分析結果とおおむね整合的である。

JFASTで得られた試料の微化石分析によって、プレート境界断層直上に厚さ120-150 mほどの鮮新世—更新世の堆積物が存在すること、プレート境界断層下部に、後期中新世の堆積物が年代の逆転を伴って存在することが明らかになっている (Iwai et al., 2025)。しかし、JFASTでは前縁プリズム上部の大部分は掘り飛ばされてしまったため、詳細な構造については未解明であった。JTRACKでは、C0019地点の複数孔で掘削を行い、5つの孔 (J孔, K孔, L孔, M孔, P孔) から、ほぼ連続的な試料の回収に成功した。

C0019地点の堆積物は、後期中新世、鮮新世、更新世の年代を示す放散虫化石を含んでいることが明らかになった。とくに、L孔およびM孔 (0-107.485 mbsf) では、そのほとんどが第四系の堆積物からなる。放散虫化石層序から、~210 mbsf, ~610 mbsf, ~826 mbsfに年代ギャップが認定された。J孔最下部 (~829 mbsf) およびK孔最下部 (~873 mbsf) はともにチャートからなり、白亜紀と考えられる放散虫が含まれていた。またCCD以深にもかかわらず、M孔から採取された試料の一部 (~43.1 mbsf, ~81.8 mbsf) からは有孔虫化石が産出した。

C0026地点では、放散虫化石層序から、半遠洋性泥質堆積物が前期中新世から第四紀にかけて連続的に堆積したことが示唆された。B孔のコア20Kから25K (~244 mbsfから~266.2 mbsf) にかけての約20 mほどの区間では年代指標となる放散虫化石が全く産出せず、年代制約に至らなかった。B孔のコア26K (~267 mbsf) 以深の遠洋性粘土の年代は放散虫化石

から、白亜紀またはそれ以前であることが示唆された。また、B孔のコア20K以深については、豊富に産出するイクチオリスを用いることで、年代決定できる可能性がある。

文献：

Iwai, M., et al., 2025, *Island Arc*. doi:10.1111/iar.70009

Kodaira, S., et al., 2023, *International Ocean Discovery Program*.

doi:10.14379/iodp.sp.405.2023

セッション口頭発表 | T5 [トピック] 沈み込み帯・陸上付加体

2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:30 口頭第2会場(E107)

[3oral201-13] T5 [トピック] 沈み込み帯・陸上付加体

座長:奥田 花也(海洋研究開発機構)、細野 日向子(国立研究開発法人産業技術総合研究所)、細川 貴弘(高知大学)

9:30 ~ 9:45

[T5-O-3] IODP Exp.405JTRACK掘削孔の珪藻化石層序：2011年東北沖地震浅部破壊領域の先端プリズム構造*岩井 雅夫¹、萩野 穰²、IODP Exp.405 乗船研究者一同³ (1. 高知大学 海洋コア国際研究所、2. 山形大学、3. https://www.jamstec.go.jp/chikyuu/e/exp405/crew_all.html)

キーワード：日本海溝、2011年東北沖地震、珪藻、生層序、Site C0019、Site C0026

国際深海科学掘削計画 (IODP) Exp.405JTRACK航海 (2024年9月~12月) は、日本海溝巨大地震・津波発生過程の時空間変化の追跡を目的に、2011年東北沖地震 (Mw 9.0、2011年3月11日) プレート境界末端部付近Site C0019ならびに近傍アウターライズSite C0026の2地点で掘削が実施された (Kodaira et al., 2023)。筆頭著者は前半2ヶ月は乗船し、後半2ヶ月は陸上で珪藻化石分析にあたったので、その結果について報告する。

地震発生直後に実施されたIODP Exp.343 Hole C0019Eで得られた試料の微化石分析では、プレート境界断層直上に、130-150mほどの鮮新世-更新世堆積物が存在すること、プレート境界断層下部には、後期中新世の堆積物が逆転を繰り返し存在することが明らかにされた (Iwai et al., 2025, Island Arc) が、先端プリズムの全容についてはコア回収率が悪く未解明であった。Exp.405後継では複数孔の掘削により、ほぼ連続した堆積物が回収され、その全容が明らかになった。すなわち、先端プリズムC0019の堆積物は更新世、鮮新世、および後期中新世の年代を示す珪藻が含まれるユニットから形成され、珪藻化石層序から、~210 mbsf、~610 mbsf、に主要逆断層を、~826 mbsf にプレート境界断層帯が認定された。プリズム直上の鮮新世-更新世堆積物 (610-826mbsf) はHole 343-C0019Eと厚さこそ多少異なるものの、再確認された。Hole 405-C0019Mの第四系にはところどころ石灰室微化石が検出され、炭酸塩補償深度 (CCD) が浅より堆積物が供給され、溶解することなく埋没したことが示唆された。またHole 405-C0019M、Jで掘削された堆積物は固まり状のブロックと変形が激しいマトリックスや高角度の層裏面等が確認されており、さまざまなスケールの地滑り堆積物 (MTD) や褶曲、小スラスト断層によるプリズム堆積物の厚層化などがくり返されていたことが推察された。プレート境界断層の下部は、Hole 405-C0019Jでは直接白亜紀のチャートに、C0019Kでは30mを超える遠洋堆積物が残っており、わずか数10mの区間で様相が異なることから、沈み込んだ地塁の微細地形の凹凸が影響していたことが示唆された。

一方インプットサイトのSite 405-C0026では、珪藻化石層序から、更新世と鮮新世の平均堆積速度は 33 m/m.y.であったのに対し、上部中新世の平均堆積速度は 5-15 m/m.y.と低く、下部中新世の堆積速度は 2 m/m.y.未満であった。C0026B-20K 以深の遠洋性褐色粘土から、珪藻が検出されることはなかった。

References:

Kodaira et al., 2023, IODP Exp.405 Scientific Prospectus.
http://publications.iodp.org/scientific_prospectus/405/;
 Iwai et al., 2025. Island Arc. <https://doi.org/10.1111/iar.70009>

セッション口頭発表 | T5 [トピック] 沈み込み帯・陸上付加体

2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:30 口頭第2会場(E107)

[3oral201-13] T5 [トピック] 沈み込み帯・陸上付加体

座長:奥田 花也(海洋研究開発機構)、細野 日向子(国立研究開発法人産業技術総合研究所)、細川 貴弘(高知大学)

9:45 ~ 10:00

[T5-O-4] 日本海溝に沈み込む太平洋プレート上のチャートと玄武岩：IODP第405次航海の新知見

*山口 飛鳥¹、Bellanova Piero²、Brunet Morgane³、Chang Yu-Chun⁴、Pizer Charlotte⁵、福地里菜⁶、Gough Amy⁷、Nicholson Uisdean⁷、奥田 花也⁴、Conin Marianne⁸、Kirkpatrick Jamie⁹、小平 秀一⁴、Fulton Patrick¹⁰、Regalla Christine¹¹、氏家 恒太郎¹²、前田 玲奈⁴、奥津 なつみ⁴、IODP第405次航海 乗船研究者 (1. 東京大学大気海洋研究所、2. RWTH Aachen Univ.、3. IFREMER、4. 海洋研究開発機構、5. Univ. Innsbruck、6. 鳴門教育大学、7. Heriot-Watt Univ.、8. Univ. Lorraine、9. Univ. Nevada, Reno、10. Cornell Univ.、11. Northern Arizona Univ.、12. 筑波大学)

キーワード：日本海溝、掘削、IODP第405次航海、チャート、玄武岩

沈み込む海洋プレートの最上部は、海洋地殻を構成する玄武岩の上にチャートなどの遠洋性物質が堆積し、その上に海溝充填堆積物が重なる。このような層序は陸上付加体の研究からもよく知られており、海洋プレート層序、または海洋底層序と呼ばれている (Matsuda and Isozaki, 1991, Tectonicsなど)。しかし、海溝軸付近において海洋プレートを玄武岩基盤に達するまで掘削した例は少なく、海溝において実際に沈み込んでいる海洋プレートの岩相や続成作用の実態については不明な点が多い。2024年9月-12月に実施されたIODP第405次航海では、宮城沖日本海溝において、海溝海側斜面のC0026地点およびその西側に位置する海溝陸側斜面先端のC0019地点で掘削が行われた。本講演では、これらの地点から得られた太平洋プレート上のチャートおよび玄武岩の岩相的特徴について報告する。

海溝海側斜面の掘削孔C0026Bでは海底下290 mまで掘削が行われた。この地点の岩相は、上位から順に、オリーブ黒色の珪質ガラス質泥、オリーブ灰色の珪質ガラス質泥、灰黄褐色の珪質泥、黒褐色の粘土、色調縞をもつ粘土およびチャートから構成される。244 mbsf (海底下深度) 以深からは黒褐色粘土が産出し、278.6 mbsf 以深では、黒褐色粘土は黒色・暗褐色・褐色・橙色・薄黄色などの色調縞をもつ粘土へと漸移する。さらに深部では、この縞状粘土中に薄黄色のポーセラナイトや、薄黄色から暗赤色の塊状チャートが産出する。船上XRD分析の結果、ポーセラナイトはクリストバライトに富み、チャートは石英に富むことが判明した。粘土とポーセラナイト、ポーセラナイトとチャートはそれぞれcmスケール以下の縞模様を呈しながら漸移しており、色調縞粘土がシリカ続成に伴ってポーセラナイトやチャートへと変化しつつあることを示唆している。同様の岩相は、海溝陸側斜面の掘削孔C0019J (826 mbsf 以深)、および掘削孔C0019K (870.6 m 以深) でも、デコルマ直下から回収されたコアにおいて観察された。

海溝陸側斜面の掘削孔C0019Pでは、玄武岩の最表層にあたる930-946.6 mbsfからコアが回収された。玄武岩類は枕状溶岩、塊状溶岩、ドレライトからなり、枕状溶岩の枕の間には、褐色の結晶質インターピロー石灰岩が産出する。玄武岩類の斑晶は斜長石および単斜輝石からなり、緑色の粘土鉱物、沸石、橙色の鉄水酸化物による変質が認められる。さらに939.1-940.5 mbsfでは、赤褐色から暗赤色を呈する層状の石灰岩、チャート、珪質泥岩からなる堆

積岩が玄武岩中に挟在する。玄武岩と石灰岩の境界 (939.1 mbsf) では、上位の玄武岩側に急冷縁が認められ、下位の石灰岩も接触変成を受けていることから、両者の貫入関係が示唆される。堆積岩における石灰岩とチャートの共存は、これらの堆積物が炭酸塩補償深度 (CCD) 以浅の遠洋環境で堆積したことを示しており、そこに玄武岩が貫入していることは、中央海嶺近傍での石灰岩・チャート・珪質泥岩の堆積と玄武岩質マグマの噴出が繰り返された可能性を示唆する。

JTRACKの成果は、これまで不明な点が多かった海溝軸付近における太平洋プレートの実態を明らかにする重要な知見を提供する。今後、チャートおよび玄武岩の鉱物学的・地球化学的解析、物理検層データとの比較、反射断面との対比などを進めていく予定である。

文献：Matsuda, T. and Isozaki, Y. (1991) *Tectonics*, 10, 475-499.

セッション口頭発表 | T5 [トピック] 沈み込み帯・陸上付加体

2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:30 口頭第2会場(E107)

[3oral201-13] T5 [トピック] 沈み込み帯・陸上付加体

座長:奥田 花也(海洋研究開発機構)、細野 日向子(国立研究開発法人産業技術総合研究所)、細川 貴弘(高知大学)

10:00 ~ 10:15

**[T5-O-5] 浅部沈み込み帯における巨大地震後の断層帯の強度回復過程
—JTRACK・JFASTの水理特性に関する掘削データの比較—**

*細野 日向子^{1,2}、濱田 洋平³、奥田 花也³、大坪 誠¹、谷川 亘³、廣瀬 丈洋^{3,2}、Conin Marianne⁴、Fulton Patrick⁵、Kirkpatrick Jamie⁶、小平 秀一³、Regalla Christine⁷、氏家 恒太郎⁸、江口 暢久³、前田 玲奈³、奥津 なつみ³、Sean Toczko³ (1. 国立研究開発法人産業技術総合研究所、2. 広島大学、3. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、4. ロレーヌ大学、5. コーネル大学、6. ネバダ大学、7. ノーザンアリゾナ大学、8. 筑波大学)

キーワード：JTRACK、透水テンソル

地震の発生に伴い、震源断層の断層強度は大きく低下するが、すべりが停止した後、時間の経過とともに断層強度は回復（ヒーリング）する（e.g., Dieterich, 1972）。しかし、沈み込み帯で発生する海溝型巨大地震に伴う断層の強度回復が実際にどのように進行するのか、その実態は依然として明らかになっていない。自然界の内陸地震断層の調査では、断層面だけでなくより広範囲にわたる断層ダメージゾーンにおいて亀裂の閉口に伴う浸透率の低下が、地震後の断層面の強度回復と関連付けられている（e.g., Xue et al., 2013; Kitagawa & Kano, 2016）。そこで本研究では、2011年の東北地方太平洋沖地震（以下、東北沖地震）に着目し、プレート境界断層周辺の浸透率の時間変化を解析することで、海溝型巨大地震後の断層帯の強度回復過程の理解を試みた。東北沖地震ののち、国際深海科学掘削計画

(IODP) により2012年にJFAST、2024年にJTRACKが東北沖地震の最大すべりを起こした地点で実施された。本研究では、2つの航海で実施された掘削同時検層によって得られた孔壁の比抵抗画像から亀裂などの浸透率の高い構造を抽出し、透水テンソル理論を適用して3次元の浸透率（透水テンソル）を算出した。さらに、掘削孔深度方向に連続して得られた透水テンソルの時間変化に基づき、沈み込み帯浅部において、どの深度でどの向きの浸透率がどの程度変化したのかを評価した。2012年と2024年の平均透水テンソルの深度プロファイルと比較したところ、海底下100~700 mの範囲では、浸透率に大きな変化は認められず、深度方向にも顕著な変化は見られなかった。一方で、プレート境界断層直上に相当する海底下700~800 mの領域では、2024年における浸透率が2012年と比較して約4分の1に低下していた。この浸透率の低下は、地震時に開口したプレート境界断層のダメージゾーンに位置する亀裂がプレートの沈み込みに伴う応力の変化により徐々に閉塞した結果と考えられる。すなわち、700~800 mの深度域がプレート境界断層における地震間の運動によって歪みを蓄積する深度として機能する可能性が示唆される。

引用文献

Dieterich, J. H. (1972). Time - dependent friction in rocks. *Journal of Geophysical Research*, 77(20), 3690-3697.

Kitagawa, Y., & Kano, Y. (2016). Changes in permeability of the Nojima fault damage zone inferred from repeated water injection experiments. *Earth, Planets and Space*, 68, 1-9.

Xue, L., Li, H. B., Brodsky, E. E., Xu, Z. Q., Kano, Y., Wang, H., ... & Huang, Y. (2013).

Continuous permeability measurements record healing inside the Wenchuan earthquake fault zone. Science, 340(6140), 1555-1559.

セッション口頭発表 | T5 [トピック] 沈み込み帯・陸上付加体

2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:30 口頭第2会場(E107)

[3oral201-13] T5 [トピック] 沈み込み帯・陸上付加体

座長:奥田 花也(海洋研究開発機構)、細野 日向子(国立研究開発法人産業技術総合研究所)、細川 貴弘(高知大学)

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

10:15 ~ 10:30

[T5-O-6] 微細構造観察に基づく地震サイクル間の動的な岩石-流体間反応：白亜系四万十帯牟岐メランジュ・南阿波断層*細川 貴弘¹、橋本 善孝¹、Rüdiger KILIAN²、Michael STIPP² (1. 高知大学、2. Martin Luther University Halle-Wittenberg)

キーワード：四万十帯、微細構造、岩石-流体間反応、ウルトラカタクレサイト、カソードルミネッセンス

沈み込みプレート境界において流体は、変形及び物質の再分配に大きな役割を果たすと考えられる (e.g., Fisher et al., 2021)。変形と石英のセメンテーションは、流体圧と断層強度に大きな影響を与える。そのため、過去の沈み込み帯における岩石-流体間反応を研究することは重要である。これまで、走査型電子顕微鏡-カソードルミネッセンス (SEM-CL) を用いて、岩石-流体間反応について研究されてきた (e.g., Knipe and Lloyd, 1994)。CL像は、他の手法では観察できない微細構造や微量元素 (Ti, Alなど) の変化を検出でき、石英脈の複雑な形成履歴の復元に広く利用されてきた (e.g., Götze, 2012)。本研究では、白亜紀四万十帯の牟岐メランジュの北縁断層である南阿波断層のウルトラカタクレサイトの微細構造を観察することで、地震サイクル間の岩石-流体間反応を明らかにする。

牟岐メランジュは、主に砂岩ブロックと頁岩マトリックスからなり、少量の玄武岩、チャート、凝灰岩、赤色頁岩を伴う構造的メランジュである。牟岐メランジュの最北端には、主に整然とした砂岩層からなる日和佐層との境界をなす南阿波断層があり、これは沈み込みプレート境界のルーフスラストと解釈されている。断層帯は、厚さ約1-2 mの葉状カタクレサイトと、薄い (最大数 mm) ウルトラカタクレサイトから構成される。また、この断層帯では、カタクレサイト内からシュードタキライトが発見されている (e.g., Kitamura et al., 2005)。

本研究では、厚さ0.1~0.2 mmのウルトラカタクレサイト層を含む断層岩を、光学顕微鏡、走査型電子顕微鏡-カソードルミネッセンス (SEM-CL) を用いて分析した。ウルトラカタクレサイトは、細粒で淘汰の悪い碎屑物で構成されている。ウルトラカタクレサイト内及び近傍の石英粒子には微小亀裂、水圧破碎、伸長亀裂、成長帯を示すCLパターンが観察された。BSE像や偏光顕微鏡像で単一粒子に見える領域は、中程度から高いCL強度の石英粒子の集合体であり、低いCL強度の石英マトリックスに囲まれている。微小亀裂内の石英セメントも低いCL強度を示し、脆性変形による粒径の減少と微小亀裂の形成が石英の沈殿を伴っていることを示唆する。一方、水圧破碎や伸長亀裂内の石英セメントは高いCL強度を示し、急速な成長に伴う微量元素の取り込みと一致する (e.g., Landtwing and Pettke, 2005)。これらの特徴は、地震性すべりに伴う静岩圧を超える流体圧と、それに続く急減圧や移流による石英の急速な沈殿によって説明できる。

これらの観察結果は、ウルトラカタクレサイトが脆性破壊と石英のセメンテーションのサ

イクルを記録しており、地震サイクル中の動的な岩石-流体間反応を反映していることを示唆している。これらのプロセスは、断層強度の回復、そして地震発生間隔に影響を与える可能性がある。

引用文献

Fisher et al., 2021, *Geosphere*, 17(6), 1686–1703.

Knipe and Lloyd, 1994, *Pure and Applied Geophysics*, 143(1), 229-254.

Götze, 2012, *Microscopy and microanalysis*, 18(6), 1270-1284.

Kitamura et al., 2005, *Tectonics*, 24(5).

Landtwing and Pettke, 2005, *American Mineralogist*, 90(1), 122-131.

📅 2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:30 🏢 口頭第2会場(E107)

[3oral201-13] T5 [トピック] 沈み込み帯・陸上付加体

座長:奥田 花也(海洋研究開発機構)、細野 日向子(国立研究開発法人産業技術総合研究所)、細川 貴弘(高知大学)

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

10:30 ~ 10:45

[T5-O-7] 海山沈み込み・付加に伴うプレート境界断層の変形：美濃帯舟伏山ユニットの例

*多久和 風花¹、山口 飛鳥¹、大坪 誠²、志村 侑亮²、奥田 花也³ (1. 東京大学大気海洋研究所、2. 産業技術総合研究所地質調査総合センター、3. 海洋研究開発機構)

キーワード：沈み込み帯、海山、美濃帯

海山の沈み込みは沈み込み型プレート境界における地震発生プロセスに大きな影響を与える。これまでの測地学・地震学的観測では、沈み込むプレートの表面形状が平滑な領域ではプレート間のカップリングが強くなり大地震が発生しやすい一方で、凹凸のある領域では、プレート間のカップリングが弱くなりクリープやスロー地震が促進されることが示されている (Wang & Bilek, 2014)。数値モデル研究では、沈み込む海山が上盤プレートの塑性変形を引き起こし、複雑な亀裂ネットワークを形成して流体の動きを促進するモデルが提案されている (Sun et al., 2020; Chesley et al., 2021)。しかし、地球物理学的観測や数値モデリングに比べ地質学的な研究はまだ限られており、海山沈み込み・付加に伴う変成・変形プロセスや応力分布、それらが地震に与える影響については未解明の部分が多い。

そこで本研究は、岐阜県根尾地域に分布する美濃帯舟伏山ユニット (脇田, 1991) に着目した。本ユニットは海洋プレート内火成活動で形成された玄武岩とそれに伴う石灰岩を含んでおり (Ichiyama et al., 2008; Sano, 1988)、沈み込んだ海山の付加によって形成されたとみなされる。我々は、特に、玄武岩が卓越し、付加した海山本体に相当すると考えられる根尾川流域水鳥谷支流のヌクミ谷に着目し、ルートマップやスケッチを作成した。カタクレーサイトの試料から研磨片・薄片を作成し、 μ XRFで化学組成マッピングを行った。また、小断層 (Yamaji, 2000; Yamaji et al., 2006) および鉱物脈の方位データ (Yamaji and Sato, 2011; Yamaji, 2016) を用いて応力逆解析を実施した。

ヌクミ谷では、厚さ約1.3 kmの玄武岩が川沿いや林道沿いに連続して露出していた。泥岩基質中の炭質物に対するラマン分光分析の結果、最高被熱温度は約270°Cと推定された。連続した玄武岩の基底部には、チャート、石灰岩、玄武岩、泥岩が複雑に変形した厚さ48 mの剪断帯が存在した。この剪断帯では、チャートと石灰岩のブロックは比較的変形が弱い一方、玄武岩は顕著な変形を受け、泥岩と互層する面状カタクレーサイトを形成していた。玄武岩ブロック内部も強く破碎されている部分が確認された。研磨片および薄片の μ XRF観察の結果、変形機構は圧力溶解と脆性破壊がともに起こっていると考えられる。これらの結果から、海山付加時の変形は巨視的には玄武岩と泥岩の境界に局所化するものの、その内部では変形は分散すること、メートル以下のスケールでは玄武岩および泥岩内部で剪断歪が大きく、チャートおよび石灰岩では比較的小さいことが明らかとなった。

また、応力逆解析の結果、予察的には、小断層は応力比が大きい、すなわち最大主応力 (σ_1) と中間主応力 (σ_2) が近い応力場のもとで形成された一方、鉱物脈は応力比が小さい、すなわち中間主応力 (σ_2) と最小主応力 (σ_3) が近い応力場のもとで形成された可能性が高いことが判明した。今後、小断層・鉱物脈の測定数を増やすとともに、切断関係から応力場とその変遷についても検討する予定である。

文献

- Chesley et al. (2021) *Nature*, 595, 255–260.
Ichiyama et al. (2008) *Lithos*, 100, 127–146.
Sano (1988) *J. Geol. Soc. Japan*, 94, 963–976.
Sun et al. (2020) *Nat. Geosci.*, 13, 249–255.
脇田(1991) 1/5万地質図幅「谷汲」
Wang & Bilek (2014) *Tectonophysics*, 610, 1–24.
Yamaji (2000) *J. Struct. Geol.*, 22, 441–452.
Yamaji (2016) *Island Arc*, 25, 72–83.
Yamaji et al. (2006) *J. Struct. Geol.*, 28, 980–990.
Yamaji & Sato (2011) *J. Struct. Geol.*, 33, 1148–1157.

📅 2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:30 🏢 口頭第2会場(E107)

[3oral201-13] T5 [トピック] 沈み込み帯・陸上付加体

座長:奥田 花也(海洋研究開発機構)、細野 日向子(国立研究開発法人産業技術総合研究所)、細川 貴弘(高知大学)

11:00 ~ 11:15

[T5-O-8] 物性不均質ジオメトリが規定する応力・歪み分布の時空間変化とスケーリング

*橋本 善孝¹ (1. 高知大学)

キーワード：メランジュ、ラフネス、レオロジー

はじめに断層帯の変形様式は、応力状態や物性条件だけでなく、不均質なジオメトリの影響も大きく受ける。特に、断層面の凹凸や、高粘性ブロックが低粘性の基質中に配置された構造は、応力集中や歪みの局在化を誘発し、剪断帯の形成やすべり様式の空間的不均一性に寄与することが近年注目されている。このような構造的凹凸や物性境界は、地震時および準静的な変形過程のいずれにおいても、局所的な力学環境を変化させる可能性があるが、その具体的な役割はまだ十分に解明されていない。本研究では、基質中に存在するブロック構造や断層の凹凸といったジオメトリが応力場および歪み分布に与える影響を整理し、断層変形様式におけるジオメトリ主導のダイナミクスを検討する。不均質ジオメトリが制約するすべりの時空間変化スロー地震と沈み込みプレート境界の構造との関連性は、これまでに多くの研究で報告されている。たとえば、日向灘では沈み込む海山周辺に微動が分布していること (Yamashita et al., 2021, EPS)、南海トラフ浅部においてデコルマ形状と超低周波地震との空間的対応関係がみられること (Hashimoto et al., 2022, Scientific Reports) などが挙げられる。これらの結果は、スロー地震の発生が単なる摩擦特性の違いによるものではなく、プレート境界面およびその周辺の構造的不均質——すなわち海山、凹凸、デコルマ形状といったジオメトリ——によって空間的に制御されていることを示唆している。また、構造的メランジュ中に観察されるブロック内部の引張クラックや小断層の形成も、不均質構造が有するレオロジカル挙動の時空間的变化を反映していると考えられる (Fagereng and Sibson, 2010, Geology; Hashimoto and Yamano, 2014, EPS)。応力・歪み速度の構造依存と変形モード有限要素法を用いたBlock-in-Matrix型のレオロジーモデルは、このような物性不均質構造に依存する変形様式のダイナミクスについて新たな知見を提供している。このモデルでは、安定な粘性変形と局所的な剪断変形の間、スロー地震に類似した中間的な変形状態が存在し、その発現は粘性比および境界条件の変形速度に依存することが示された。また、応力および歪み速度の集中は物性境界に生じ、局所化の前後における応力・歪みの再分布において構造が重要な役割を果たすことが明らかとなった。すなわち、応力が局所的に集中して粘性が低下すると、その領域に歪みが集中し、全体として応力と歪みの場が再構成される。この再配分の様式は、構造的不均質——すなわちジオメトリ——に強く依存している。さらに、これらの変形様式の転移は、境界条件速度と剪断帯厚さの比によって支配されるスケールレスな挙動として特徴づけられる。スケーリングと構造の階層性天然の断層帯に存在する不均質構造は、単一スケールで生じるものではなく、しばしばフラクタルな階層性を有している。たとえば断層面の凹凸は、一定のハースト指数に従うパワースペクトルで表現されることから、セルフアフィンな性質を持つとされる (Candela et al., 2011, BSSA)。また、脆性破砕によって生成された粒子の累積頻度もフラクタル分布を示すことが知られている (Otsuki, 1998, GRL)。こうした階層的ジオメトリの存在は、スケールに依存しない局所化メカニズムと本質的に整合的であり、ミリメートルからキロメートルに至る多様な不均質ス

ケールにわたって、共通の変形集中プロセスが繰り返されることを意味する。すなわち、ジオメトリのスケーリング構造こそが、断層帯における時空間的なすべり様式の統一的理解を可能にする鍵である。たとえば、シュードタキライトを含む断層帯が構造的メランジュの北縁に位置する例は、物性不均質構造によって変形が空間的に制約されている一例と解釈される。まとめ本研究は、断層帯における変形様式が単なる物性の違いによってではなく、それらの空間的配置——すなわちジオメトリとスケーリング構造——によって動的に規定されることを、多スケールの観察および数値モデルを通じて示した。断層面の凹凸や高粘性ブロックなどの構造的不均質は、応力や歪み速度の集中帯を形成し、すべり挙動の時空間的な変化を支配する。また、これらの不均質構造はしばしば階層的かつフラクタルな特徴を持ち、変形の局所化をスケールに依存せず引き起こす。本研究の知見は、地震発生帯におけるすべり様式の多様性に対する物理的理解を深化させる枠組みを提供するものである。

📅 2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:30 📍 口頭第2会場(E107)

[3oral201-13] T5 [トピック] 沈み込み帯・陸上付加体

座長:奥田 花也(海洋研究開発機構)、細野 日向子(国立研究開発法人産業技術総合研究所)、細川 貴弘(高知大学)

◆ 学生優秀発表賞エントリー

11:15 ~ 11:30

[T5-O-9] 沈み込み帯震源域における地殻の弾性率分布と地震発生帯への影響

*高 慎一郎¹、濱田 洋平²、奥田 花也²、田村 芳彦²、坂口 有人¹ (1. 山口大学大学院創成科学研究科、2. 海洋研究開発機構)

キーワード：四万十帯、地震発生帯、沈み込み帯、三軸圧縮試験、弾性率

地震は断層の摩擦すべりによって発生し、その挙動はすべり面の速度弱化特性とシステム全体の弾性特性によって決められる (Dieterich, 1978)。従来、ある一定より深い領域が地震発生帯であり、それより浅部は未固結堆積物が速度強化特性を示すため、安定すべりが生じるとされてきた (Scholz, 1998; Ikari et al., 2007)。しかし、2011年東北地方太平洋沖地震では、非地震性とされていた浅部領域でも大規模な地震性すべりが発生した (Ide et al., 2011)。また、岩石の高速剪断試験により、様々な種類の岩石がその組成に関係なく速度強化することが明らかとなった (Di Toro et al., 2011)。これらは速度弱化特性の有無だけでは地震発生帯の範囲を一義的に定義できない可能性を示唆する。そのため地震の周期や断層の変位量に影響を与える地殻の弾性特性についても、定量的に評価する必要がある。西南日本の四万十帯は南海トラフ付加体の陸上延長であり、過去の震源深度の岩石が露出している。それは古地温約110~320℃までの地質体であり、南海トラフにおける地震発生帯の温度領域と大きく重なる (Hyndman and Wang, 1995)。本研究では四国・九州の四万十帯に分布する岩石に加え、マリアナ島弧の海洋底の岩石に対し、封圧下で圧縮試験を行う。過去の沈み込み帯震源域を構成していた岩石の弾性率を定量的に評価し、地殻の弾性特性が沈み込み帯震源域の範囲を制限する可能性について検討する。本研究は震源域の物性構造に対する新たな制約を与えるものであり、沈み込み帯における地震発生メカニズムの理解に役立つことが期待される。

沈み込み帯の上盤を構成する堆積岩として砂岩と泥岩を、古地温約110~140℃の四国東部日和佐地域から7試料、古地温約150~250℃の四国中西部地域から13試料、古地温約320℃の九州東部延岡地域から5試料採取した。下盤の海洋地殻を構成する岩石として、四国中西部地域および九州東部延岡地域から3試料、マリアナ島弧の海洋底露頭から2試料を用いた。変位計で変形を測定し、簡易補正で弾性率を算出したが、発表では詳細補正した値を用いる。四国中西部・九州東部の堆積岩の弾性率は、 55.12 ± 5.26 GPaの範囲に集中した。これらの岩石は、地震発生深度の上限から下限に相当する深度のものであるが、弾性率は古地温に関係なくほぼ一定であった。一方、日和佐地域に分布する古地温約110℃の岩石の弾性率は42.76 GPa前後であり、他より顕著に低い値であった。海洋地殻の岩石として、マリアナ島弧の玄武岩質安山岩の弾性率は54 GPa以上であり、四国中西部や九州東部の四万十帯に分布する玄武岩も54~74 GPaであった。下盤を構成する岩石の弾性率は、上盤の堆積岩よりも同等またはそれ以上の高い値を示した。

沈み込み帯においては上盤と下盤で異なる弾性構造を持つと考えられる。下盤の海洋地殻の玄武岩は、沈み込む前から54~58 GPaの高い弾性率を示し、沈み込んだ後も地温210℃付近で約54 GPa、さらに深い領域ではより高い弾性率を示すが、一貫して高い値である。一方、上盤では浅部の未固結堆積物の弾性率はおそらく極めて低い。これが温度にして約110℃付

近で約43 GPaになり、地温約150°C付近で約55 GPaに到達して、地震発生帯である約150～320°Cの間ではこの高い弾性率が一定のまま保たれる。

上盤と下盤が非対称な弾性構造を成し、プレート境界が固着していた場合、下盤が一定速度で沈み込むと、浅部では弾性率の小さい上盤が選択的に歪む。ただし上盤浅部の弾性率は小さいため応力レベルはあまり上がらない。地温150°C以上の深部になると、上盤の弾性率が下盤と同等に高くなるため、両方の岩盤が大きく歪み、かつ高い応力レベルになると予想される。たとえ浅部からプレート境界が固着し始めたとしても、上盤の弾性率が上昇する地温150°C以上にならないと大地震は起こせないと考えられる。以上より、地殻を構成する岩石の弾性特性の分布は、沈み込み帯における地震発生帯の範囲を決定づける要因となり得ることが示唆される。

Dieterich, J. 1978, Rock friction and Earthquake Prediction. Giulio Di Toro et al. 2011, Nature, **471**, 494-498. Hyndman, R. D. and Wang K. 1995, J Geophys Res, **100**, B8, 15373-15392. Ide, S. et al. 2011, Science, **332**, 1426-1429. Ikari M. J. et al. 2007, J Geophys Res, **112**, B06423. Scholz, C. 1998, Nature, **391** 37-42.

セッション口頭発表 | T5 [トピック] 沈み込み帯・陸上付加体

2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:30 口頭第2会場(E107)

[3oral201-13] T5 [トピック] 沈み込み帯・陸上付加体

座長:奥田 花也(海洋研究開発機構)、細野 日向子(国立研究開発法人産業技術総合研究所)、細川 貴弘(高知大学)

◆ ECS

11:30 ~ 11:45

[T5-O-10] 地震発生帯の岩石の弾性的性質：スケール依存性および地震発生プロセスへの影響*奥田 花也¹、赤松 祐哉¹、北村 真奈美²、澤井 みち代³ (1. 海洋研究開発機構、2. 産業技術総合研究所、3. 千葉大学)

キーワード：四万十帯、コア、弾性波速度、スケール、地震

岩石の弾性的性質は地震発生プロセスを司るパラメータの一つである。弾性的性質は地震波速度から推定することができ、kmスケールでは1 Hzほどの低周波での地震波構造探査によって、cmスケールでは1 MHzほどの高周波の超音波によって、大構造や岩石サンプルの地震波速度の測定が行われてきた。とくに沈み込み帯においては、岩石サンプルの地震波速度の情報を用いて、断層強度に直接的に影響を及ぼす間隙水圧の推定が行われている。しかし異なる周波数での地震波速度は、空隙を移動する流体の効果によって含水条件では変化し、cmからkmまでの大きく異なるスケールを比較する場合には注意が必要である。

深海掘削では到達できない地震発生帯深度における岩石の弾性的性質とその解釈についてより理解を深めるため、本研究では高知県須崎市の四万十帯において、地震発生帯深度を経験したと解釈されている横浪メランジュの西方延長から採取された600 mにおよぶ陸上掘削コアを用い、その弾性的性質を測定した。まず浅部から深部までの全体をカバーするようにcmスケールの30サンプルを採取し、空隙率と乾燥・湿潤条件での1 MHzのP波およびS波速度を測定した。湿潤条件でのP波速度は5-6 km/s、空隙率は4%以下であった。これらのデータをDifferential Effective Medium theory (DEM)と比較することで、地震発生帯を構成する岩石のcmスケールでの弾性的性質は、代表的なアスペクト比が0.01程度の空隙で説明できることを明らかにした[1]。

次に600 mのコアから岩相の連続性の良い3か所を選択し、合計約130 mにわたって5 cm間隔で乾燥条件での1 MHzのP波速度を測定した。そして得られたP波速度を、上記で明らかにしたcmスケールでの空隙構造をもとに、DEMを用いて低周波極限における湿潤条件でのP波速度に変換した。この変換されたP波速度を、同じ深度でkHzオーダーの周波数によって坑内で計測されたmスケールのP波速度と比較すると、坑内計測のものが変換されたP波速度より1 km/sほど遅かった。この差はcmスケールのサンプルには含まれない、より大きなスケールの空隙構造、すなわちmスケールの亀裂の存在によってP波速度が下がったことを意味している[2]。

一般にkmスケールの大きな構造で見られる低いP波速度は異常間隙水圧と関連付けられることが多い。しかしmスケールの亀裂が空隙率にして数%入るだけでP波速度は急激に下がることがDEMから予想される。実際、上記のcmスケールとmスケールにおけるP波速度の差は、1%以下の空隙率に相当する亀裂の存在によって説明される。このような亀裂は高い透水性をもつため、異常間隙水圧をむしろ解消する方向に働く。よってこれまで地震波構造探査で見られる低P波速度領域は異常間隙水圧に相当するのではなく、大きな亀裂が多く存在する場所とも解釈することができる[2]。

ではこれらの弾性的性質は地震発生プロセスにどう影響するだろうか。cmスケールのサン

ブルの弾性波速度から岩石のcmスケールでの剪断剛性率を計算し、そこから速度状態依存摩擦構成則から導かれる、地震の核形成のための臨界核サイズを求めると、3から38 cmの破壊から地震が始まることが明らかになった。もし異常間隙水圧がある場合にはこのサイズは数mまで大きくなりうる。このサイズは剪断剛性率（すなわちS波速度の2乗）に比例し、大きな亀裂がある場合には小さくなる。しかしmスケールの亀裂が少量存在することで弾性的性質は大きく変化するため、地震の核形成に伴って徐々に大きくなる亀裂に対して、変形に伴って臨界核サイズが動的に変化し、それに応じて断層すべりの加速および破壊の進展が加減速される可能性がある[1]。

[1] H. Okuda, Y. Akamatsu, M. Kitamura, M. Sawai (2025). Elastic properties of rocks from the seismogenic zone and minimum fault size to nucleate megathrust earthquakes. *Prog. Earth Planet. Sci.* 12, 47. doi: 10.1186/s40645-025-00723-5

[2] Y. Akamatsu, H. Okuda, M. Kitamura, M. Sawai (2025). Mesoscale fractures control the scale dependences of seismic velocity and fluid flow in subduction zones. *Tectonophysics*. 896, 230606. doi: 10.1016/j.tecto.2024.230606

セッション口頭発表 | T5 [トピック] 沈み込み帯・陸上付加体

2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:30 口頭第2会場(E107)

[3oral201-13] T5 [トピック] 沈み込み帯・陸上付加体

座長:奥田 花也(海洋研究開発機構)、細野 日向子(国立研究開発法人産業技術総合研究所)、細川 貴弘(高知大学)

11:45 ~ 12:00

[T5-O-11] 断層沿いの短時間発熱による硫黄の減少とその行方*山本 由弦¹、小林 唯乃¹、福山 繭子²、Bowden Stephen³、濱田 洋平⁴、三村 匠海²、千代延 俊²
(1. 神戸大学、2. 秋田大学、3. アバディーン大学、4. 海洋研究開発機構)

キーワード：地震、シュードタキライト、黄鉄鉱

地質学が貢献する地震防災・減災に向けて、ある断層が引き起こす地震の最大ポテンシャルを評価することが重要である。そのためには、過去の事象を記録している地震断層からも動力学パラメータを抽出することが求められる。近年注目されているのが、「断層に記録された温度異常」である。断層の摩擦発熱は、断層のすべり速度と量を示す。しかしながら、過去に活動した地震断層から発熱量を正確に抽出することは困難であり、短時間温度上昇を正確に記録する温度指標の確立と検証が求められている。本研究は、堆積物中に主に黄鉄鉱として存在する硫黄が、短時間被熱によって減少する様子を室内実験および天然の火成岩貫入と断層から確認したので、報告する。室内実験は、秋田県に分布する女川層1箇所と千葉県房総半島に分布する保田層群3箇所の泥質岩を加熱し、その試料中に含まれる硫黄全量を分析した。分析は、フランスVinci Technologies社製のRockEval7-Sと秋田大学のLeco社製628CHNSを使用した。実験は、銅管に窒素ガスとともに粉末試料を封入したものと銅の皿に粉末試料を置いたものをマッフル炉で加熱した。前者はpyrolysis（熱分解）、後者がOxidation（酸化）に相当する。加熱は、1）温度を300℃に固定して被熱時間を 10^3 、 10^4 、 10^5 、 10^6 秒に変化させた実験と、2）被熱時間を 10^3 秒固定して温度を200、300、400、500、600℃に変化させた実験を実施した。結果、4種類いずれの試料でもpyrolysis、Oxidationともに400℃以上で硫黄が明瞭に減少した（600℃で約30%にまで減少）。また300℃に固定して被熱時間を変化させた実験では、pyrolysisでは 10^5 秒以上で明瞭な減少が見られたが（ 10^6 秒で約40-60%にまで減少）、Oxidationでは変化が見られなかった。詳しく見ると、無酸素下の500-550℃付近で見られる硫黄の分解反応が明瞭に減少していることから、これらの変化は黄鉄鉱の熱分解によるものと判断される。酸素は黄鉄鉱の熱分解を妨げる働きがあるため、Oxidationで変化が認められないのはこれを反映していると考えられる。天然地質体への適用として、短時間発熱イベントを経験したであろう次の2つの例に注目した。①山梨県南部に分布する上部中新統の富士川層群において、小規模な閃緑岩脈（幅<1.5 m）周辺の泥質岩、それに②房総半島の中部・上部中新統付加体の境界断層でOut-of-sequence thrustとして認定されている石堂断層である。それぞれイベント時に期待される被熱時間は、数十万秒（数日）、数秒であり、温度異常値は<400℃、約1000℃である。①は、5枚の泥質岩単層を設定し、岩脈の伸びに対して直交方向に距離を測定しつつ連続的にサンプリングを行った。その結果硫黄量は、岩脈から離れたところでは若干の変動が認められるものの、岩脈近傍では例外なく極端に減少しゼロになった。また、岩脈とのコンタクト部分で若干の上昇が見られることも注目に値する。②は、秋田大学が所有しているBruker社製のマイクロXRFスキャナーM4 TORNADOを使用し、断層岩周辺の元素マッピングを実施した。その結果、シュードタキライトが認められる断層のコア部分では硫黄と鉄がイメージングされない一方で周辺の破碎・流動化部分と上盤側の保田層群のクラックに沿って特徴的に

両元素が分布していた。これらは、瞬間的に高温になった断層のコア部分で黄鉄鉱が急速に分解し、周辺の破碎帯およびクラックを通じて移動していったことを示す。断層を構成している岩石が多孔質であることから断層運動時にサーマルプレッシャリゼーションが起こったことが期待され、破碎帯とクラックに明瞭に硫黄と鉄が分布することから、これらの元素が高温流体に沿って断層コア外に運び去られた可能性が高い。①で確認された岩脈コンタクト部分の硫黄異常も、同様の可能性が考えられる。なお、すでに報告されている短時間被熱によるケロジェンからのS₂およびS₄CO₂の減少について、今回の実験と計測でも再現性が認められた、発表では、これらを含めて短時間地質温度計の可能性についても現状を報告する。

セッション口頭発表 | T5 [トピック] 沈み込み帯・陸上付加体

2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:30 口頭第2会場(E107)

[3oral201-13] T5 [トピック] 沈み込み帯・陸上付加体

座長:奥田 花也(海洋研究開発機構)、細野 日向子(国立研究開発法人産業技術総合研究所)、細川 貴弘(高知大学)

12:00 ~ 12:15

[T5-O-12] 四国沖外縁隆起帯のネオテクトニクス*芦 寿一郎¹、照井 孝之介² (1. 東京大学、2. ENEOS Xplora)

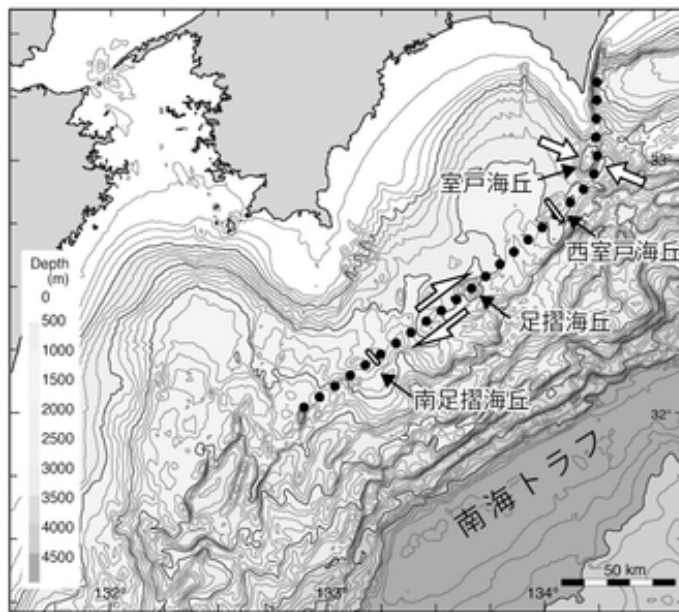
キーワード：南海トラフ、活断層、活褶曲、横ずれ断層

室戸岬から足摺岬沖には海丘が断続的に配列し外縁隆起帯を形成している(図)。音波探査記録では、室戸岬から南に伸びる背斜構造は東落ちの断層群で切られた東翼と緩やかに傾斜した西翼からなる(岡村, 1990, 地質雑など)。Matsu'ura (2015, Geomorphology) は段丘年代より隆起速度の見積もりを行い、室戸岬およびその南方海域に南北走向・西傾斜の断層による断層関連褶曲の存在を推定した。栗田・杉山(1989, 地震)は、南海トラフの各前弧域に逆L字型の隆起帯が発達しているとし、それらがプレートの斜め沈み込みに伴う右横ずれ逆断層運動で形成されたとしている。一方、前空(2001, 地学雑誌)は室戸岬周辺の段丘の高度から隆起の履歴を調べ、残留隆起の大半は陸に近い断層の千年オーダーの間隔の活動による可能性を指摘した。本研究では海域の地形および地下構造から四国沖外縁隆起帯の発達に関する情報を得ることを目的とした。用いたデータはJAMSTECより提供を受けた海底地形データと反射法地震探査データ、および白鳳丸KH-15-2, KH-16-5次航海において深海曳航式サブボトムプロファイラー(SBP)で得られた海底浅部地下断面である。

室戸岬南方の室戸海丘から足摺岬沖には北東-南西方向に長さ約130 km、幅約20 kmの範囲に海丘が多数認められる。いずれも北東-南西方向に伸びた形状をしている。これらの海丘群を含めて海底地形には北西-南東方向の直線的なリニアメントが認められる。足摺海底谷がこのうちの1本のリニアメントを横断する地点では、海底谷の東側斜面は直線的であるのに対して、西側斜面は下流側において谷底が拡張している。また、リニアメントを境とした段差の下流側にはリニアメントと同じ方向に並んだplunge pool(滝壺)が発達し、リニアメントに沿った右横ずれによる海底谷の流路の変遷を示唆する(照井・芦, 2024, 地質学会要旨)。室戸海丘南西の西室戸海丘と足摺岬南方約70 kmの無名の海丘(南足摺海丘と仮称)では、深海曳航式SBP探査の浅部地下構造断面において海底面まで達する高角の断層が認められる(Ashi et al., 2018, JpGU abstract)。西室戸海丘の小堆積盆では深部ほど北西への傾斜の増加が見られ、傾動の累積を示す堆積構造が確認できる。南足摺海丘では、高角の断層と撓曲に挟まれたホルスト状の地形が捉えられフラワー構造と解釈される。外縁隆起帯を横断する複数の反射法地震探査断面においては、これらの構造の深部への連続が確認できる。

以上の外縁隆起帯付近に認められる構造の、1) 海底地形の凹凸によらず直線的なリニアメント、2) 海底谷の右ずれを示唆するリニアメントを境とした谷底の非対称な拡張、3) フラワー構造を伴う海底面に達する断層とそれらに対応するリニアメントから、これらのリニアメントは高角の右横ずれ成分を持った活断層によるものであると解釈できる。リニアメントが左ステップのところには高まりが分布し、右横ずれの圧縮変形によるものと説明できる。外縁隆起帯は室戸海丘において北東-南西方向から南北方向へ走向が急変しており、足摺岬沖から北西方向へ連続する外縁隆起帯に沿った右横ずれ変形は、室戸海丘から室戸岬にかけて圧縮をもたらす。室戸岬における前空(2001)の研究を考慮すると、室戸岬の残留隆

起に関わる主なイベントは、プレート境界型地震によるものではなく外縁隆起帯付近の千年オーダーの間隔の断層活動によるものと考えられる。



四国沖南海トラフ海域の海底地形

外縁隆起帯（黒点線）沿いにリニアメントと海丘が多数分布する。白抜き線はSBPの測線を示す。

セッション口頭発表 | T5 [トピック] 沈み込み帯・陸上付加体

2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:30 口頭第2会場(E107)

[3oral201-13] T5 [トピック] 沈み込み帯・陸上付加体

座長:奥田 花也(海洋研究開発機構)、細野 日向子(国立研究開発法人産業技術総合研究所)、細川 貴弘(高知大学)

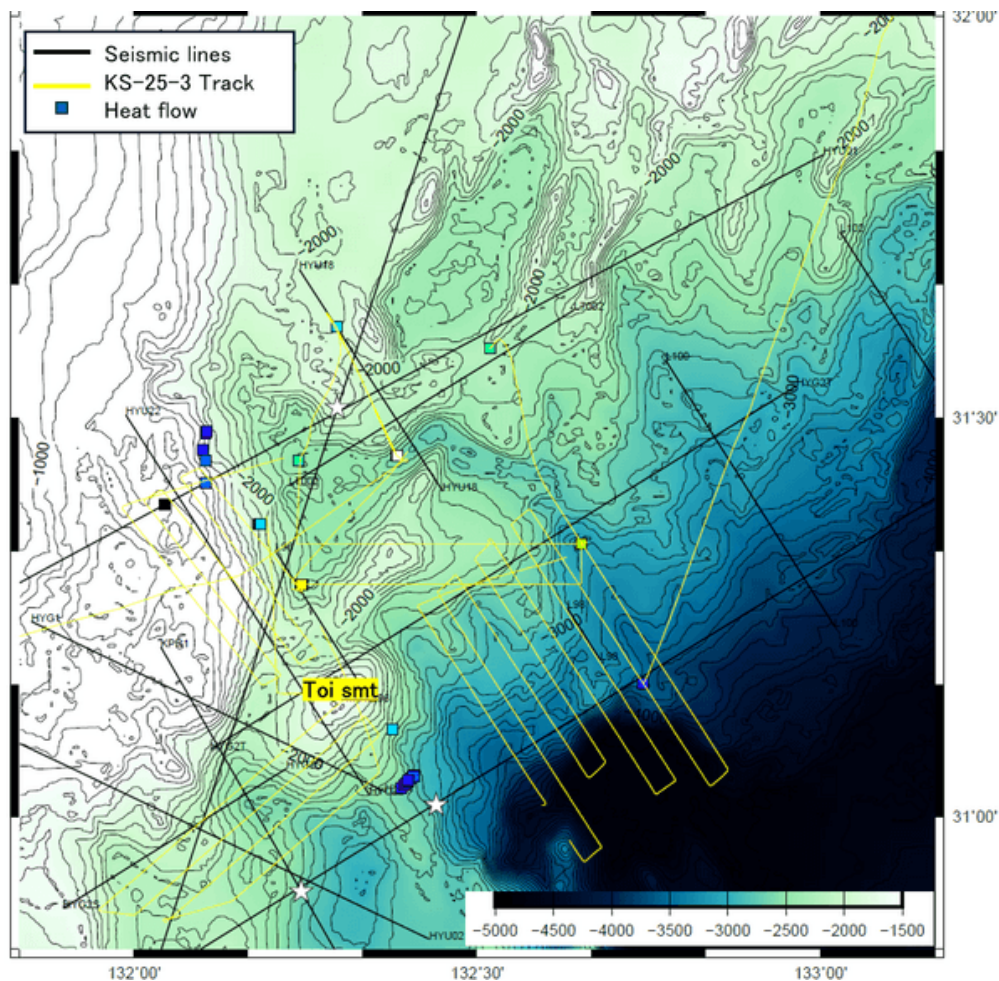
12:15 ~ 12:30

[T5-O-13] 日向灘の地形的・熱学的特徴 —KS-21-08およびKS-25-03航海報告*木下 正高¹、土岐 知弘²、橋本 善孝³、濱田 洋平⁴、KS-21-08 航海研究者¹、KS-25-03 航海研究者¹
(1. 東京大学地震研究所、2. 琉球大学理学部、3. 高知大学教育研究部、4. 海洋研究開発機構)

キーワード：日向灘、熱流量、海山沈み込み、スロー地震

海山の沈み込みと上盤堆積物の相互作用により、両者とその境界面付近の応力場や有効強度は擾乱を受ける。それは巨大地震発生条件をmodifyし、おそらくは固着を弱めるであろう(Wang and Bilek, 2011など)。M8超の巨大地震発生が懸念される南海トラフの西端、日向灘周辺ではこれまでM8級の地震は発生していない。日向灘には、四国海盆と西フィリピン海盆の境界をなす、九州-パラオ海嶺(KPR)が沈み込んでいる。KPRとして沈み込んだ海山の周囲でスロー地震(微動・超低周波地震=VLFE・スロースリップ=SSEを総称)が時折発生し、震源位置が数十 km/day 程度で移動することが知られている。スロー地震の発生原因の一つが間隙水圧異常と提案されている(Takemura et al., 2023EPS; Ozawa et al., 2024JGR)。地下の流体(圧)異常を検出するためには、地震波解析から低速度層を検出し、かつ、科学掘削によりその場の間隙水圧を計測することが必要である。また上盤破碎帯などがあると、高压の流体が破碎帯をつたって海底に湧出する可能性がある。日向灘での反射法地震探査断面の解析により、BSR深度から熱流量が推定されている(Kinoshita et al., 2021 AGU)。海山の周辺では熱流量が40mW/m²を下回る低熱流量であり、特にLeading edgeでは20mW/m²という超低熱流量が得られている。ただしこれらはBSR深度(海底下数百m)での熱流量であり、海底付近の局所的な水の流れや堆積等の擾乱は反映されないはずである。2021年8月(KS-21-18航海)および2025年4月(KS-25-3航海)に、日向灘での熱流量測定・コア採取・地形調査を行った(図)。プローブによる熱流量測定により33個の温度勾配が得られた。別途ピストンコアから得られた熱伝導率を用いて熱流量値を得ることができた。また沈み込んだ海山周辺の詳細な地形・表層構造が明らかになってきた。これまでに得られている反射法地震探査データから、日向灘沖で沈み込んだKPR(九州パラオ海嶺)上面の形状がある程度明らかになってきた。それを用いて海山上面でのSlip tendency (Ts)を推定し、前弧にあるToi smtのほぼ下にあるKPRの縁にそってTsが大きいことが示された(Kinoshita et al., 2025JpGU)。その場所のうち、特に北側(沈み込む前方側)でTremorなどが頻発している。地形およびSBPを精査した結果、Toi smtとその北側は、NNE-SSW走向のリッジやBasinが卓越している。おそらくは(海山沈み込みとは独立な)前弧付加体形成に伴うfrontal / imbricate thrustsであろうと推測する。そのような構造に対して、Toi smtの陸側(NW側)の地形がたかまっており、リッジが陸側にやや曲げられているように見える。SBPの記録と地形から、Toi smtの西の表層が圧縮性の構造が見て取れる。一方、海山のE~SE斜面には円弧滑りや地すべりと思われる地形が多数見受けられる。海山のNW側の地震構造でも逆断層的な構造がみえており、海山の沈み込みに伴う変形場が海底地形にも表れていると推測する。なお、海山の北(31°25'-30'N)にある深海谷は、おそらく既存の断層性高まりを浸食していると考えられる。海底での熱流量計測の結果、限られた点数ながら、基本的には30-60 mW/m²程度の低熱流量が観測された。一方、Toi smtの陸側、NE-SW方向に

沿って、70 mW/m²を超える高熱流量が存在することが分かった。特に海山NEの海底谷において、300mW/m²を超える高い熱流量が観測されたのは特筆すべきである。低熱流量は、BSRから推定された値とほぼ整合的である。海洋地殻基盤（あるいはKPR）の形成年代）が古いことが一因と考えられる。一方、Toi smt陸側の高熱流量はBSRからの推定値とは整合しない。その原因としては、地形効果や堆積・浸食効果がありうるが、海山沈み込みによる周囲の応力異常・水理擾乱に起因する流体循環、特に地下の断層破碎帯を通じた局所的な流体上昇の可能性があるが、今回はコア試料の間隙水化学分析から特に流体上昇を示す証拠は得られていない。本発表では、このほかコア試料のCTや物性、記載などについても提示する予定である。なお本研究は科研費（基盤S、24H00020, 2024-2028）による。また東京大学大気海洋研究所の共同利用公募航海により実現した。感謝いたします。



セッション口頭発表 | T4 [トピック] 岩石・鉱物の変形と反応

📅 2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 🏢 口頭第3会場(E201)

[3oral301-12] T4 [トピック] 岩石・鉱物の変形と反応

座長:向吉 秀樹(島根大学)、宇野 正起(東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻)、福田 惇一(大阪公立大学)

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

8:45 ~ 9:00

[T4-O-9]

カルシオカーボナタイト形成プロセスと酸化還元状態：パンダヒル産カーボナタイトの例

*梅宮 穂花¹、辻森 樹¹、ボニフェイス ネルソン² (1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻、2. ダルエスサラーム大学)

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

9:00 ~ 9:15

[T4-O-10]

脆性-延性遷移領域における変形組織とスロー／ファスト地震の統計性との間の関係：ゲル粒子-粘性流体混合系の剪断アナログ実験

*佐々木 勇人¹、桂木 洋光¹ (1. 大阪大学理学研究科宇宙地球科学専攻)

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

9:15 ~ 9:30

[T4-O-11]

固体圧式変形試験機による高封圧条件下における精密応力決定：大理石の変形実験への適用

*永井 嵩也¹、清水 以知子¹ (1. 京都大学)

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

9:30 ~ 9:45

[T4-O-12]

流通式水熱実験による斑れい岩の熱水変質に伴う元素移動と置換組織の発達

*鈴木 康平¹、ダンダル オトゴンバヤール¹、岡本 敦¹ (1. 東北大学大学院環境科学研究科)

9:45 ~ 10:00

[T4-O-13]

粒成長に伴う流体移動：樟脳-エタノールを用いた透視実験

*福田 惇一¹、瀬戸 雄介¹ (1. 大阪公立大学)

◆ ハイライト講演

10:00 ~ 10:15

[T4-O-14]

[招待講演] 火星表層環境の再現を目指した実験装置の整備と今後の研究展望

*亀田 純¹、Ruj Trishit¹ (1. 岡山大学惑星物質研究所)

10:15 ~ 10:30

[3oral301-12-7add]

休憩

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

10:30 ~ 10:45

[T4-O-15]

三波川帯におけるマイクロブーディング構造を用いた応力・歪解析

*外山 和也¹、道林 克禎¹ (1. 名古屋大学大学院環境学研究科 (岩鉱))

10:45 ~ 11:00

[T4-O-16]

低変成度泥質片岩の石英曹長石レイヤの変形組織：中部地方渋川地域三波川帯の例

*片桐 星来¹、道林 克禎² (1. 産業技術総合研究所地質調査総合センター、2. 名古屋大学大学院 環境学研究科 (岩鉱))

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

11:00 ~ 11:15

[T4-O-17]

石英の変形再結晶組織におけるタイプ P/S 遷移の定量的指標とその要因

*中小路 一真¹、清水 以知子²、道林 克禎³ (1. 東京大学、2. 京都大学、3. 名古屋大学)

11:15 ~ 11:30

[T4-O-18]

Co-seismic ductile deformation in carbonate-hosted active faults

*Yeo Thomas¹、Ujiie Kohtaro¹、Inoue Kaoru¹、Nagaya Takayoshi²、Ken-ichi Hirauchi³ (1. University of Tsukuba、2. Waseda University、3. Shizuoka University)

11:30 ~ 11:45

[T4-O-19]

根尾谷断層極浅部における自形方解石、バライトと摩擦発熱

*大谷 具幸¹、前田 剛志²、吉田 拓海² (1. 岐阜大学、2. 岐阜大学大学院)

11:45 ~ 12:00

[T4-O-20]

cleavable olivineからわかる地質学的に重要なこと

*安東 淳一¹、富岡 尚敬²、前川 寛和³ (1. 広島大学、2. JAMSTEC・高知コア研、3. 大阪公立大学)

セッション口頭発表 | T4 [トピック] 岩石・鉱物の変形と反応

2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 口頭第3会場(E201)

[3oral301-12] T4 [トピック] 岩石・鉱物の変形と反応

座長:向吉 秀樹(島根大学)、宇野 正起(東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻)、福田 惇一(大阪公立大学)

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

8:45 ~ 9:00

**[T4-O-9] カルシオカーボナタイト形成プロセスと酸化還元状態：パンダヒル産
カーボナタイトの例***梅宮 穂花¹、辻森 樹¹、ボニフェイス ネルソン² (1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻、2. ダル
エスサラーム大学)

キーワード：カーボナタイト、Nb鉱床、酸化還元

カーボナタイトは、炭酸塩鉱物を主成分とする稀有な火成岩であり、しばしばニオブ（Nb）や希土類元素（REEs）に富むことから、経済的に重要な鉱床を構成する岩石として注目されている（Yaxley et al., 2022, Ann. Rev. Earth Planet. Sci.）。これらの元素の濃集機構を解明することは、資源探査や選鉱・精錬技術の高度化に貢献するだけでなく、マントル起源の揮発性成分の挙動や地球内部における酸化還元状態の変遷を復元する上でも、重要な手がかりを提供する。本研究では、タンザニア西部パンダヒル産の粗粒な方解石を主成分とするカーボナタイト（約116Maに貫入）を対象とした。本産地のパイロクロアは放射性元素をほとんど含まないことが先行研究により明らかにされており、環境リスクの低いニオブ鉱床としてのポテンシャルが期待されている。

我々は、本産地を例に、カルシオカーボナタイトの形成プロセスおよびそれに伴う酸化還元状態の変遷を読み解くことを目的として、鉱物学的検討を行ってきた。特に、記載岩石学的手法を駆使し、構成鉱物の晶出順序および酸素フガシティ（ fO_2 ）の時間的变化に着目することで、ニオブ鉱床形成に与える影響の評価を試みた。パンダヒル産カーボナタイトは、主に方解石から構成され、少量のドロマイト、アンケライト、石英、磁鉄鉱、黄鉄鉱、さらにニオブ酸化物鉱物であるパイロクロアを含む。貫入後に変成作用による再結晶は受けていない。方解石およびアパタイトには複数の晶出世代が存在し、それぞれの結晶内部組織および化学組成の変化から晶出時期を判別することができる。また、黄鉄鉱、アンケライト、シデライト、マグネタイトなどの産状や組織、共生関係に基づき、マグマティックな岩石形成過程における酸化還元環境の変化を読み解くことができる。特に、黄鉄鉱に伴って鉄を含む炭酸塩鉱物（アンケライトやシデライト）が形成され、それらの内部に磁鉄鉱が析出している組織からは、より酸化的な状態への変化が示唆される。本発表では、カルシオカーボナタイトにおける酸素フガシティの変動とニオブ鉱床形成との関連性について議論する。

セッション口頭発表 | T4 [トピック] 岩石・鉱物の変形と反応

2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 口頭第3会場(E201)

[3oral301-12] T4 [トピック] 岩石・鉱物の変形と反応

座長:向吉 秀樹(島根大学)、宇野 正起(東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻)、福田 惇一(大阪公立大学)

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

9:00 ~ 9:15

[T4-O-10] 脆性-延性遷移領域における変形組織とスロー／ファスト地震の統計性との間の関係：ゲル粒子-粘性流体混合系の剪断アナログ実験*佐々木 勇人¹、桂木 洋光¹ (1. 大阪大学理学研究科宇宙地球科学専攻)

キーワード：スロー地震、脆性塑性遷移、岩石流体相互作用、ソフトマター、イベント統計、流動則

沈み込み帯におけるプレート境界面上では一般的に、スロー地震と通常地震とがそれぞれ異なる領域で発生している。通常地震性すべりによってシュドタキライトなどの地質学的痕跡が形成される一方で [1], スロー地震の発生にはどのような岩石変形構造が伴うのだろうか。本研究では、降伏強度の大きい脆性粒子と低粘性流体とを混合したアナログ物質を用いて、剪断帯の変形挙動がスロー地震と似た統計性を再現することを実験的に示す。

スロー地震は通常地震と比べて破壊伝播速度が遅いだけでなく、地震の規模ごとの発生頻度および継続時間それぞれについて特徴的な統計則が観測されている。スロー地震は通常地震と比べて小規模の地震が極端に多く、グーテンベルグリヒター則がしばしば成り立たない [2]。また、スロー地震は通常地震と比べて規模と継続時間の間に線形関係が見出され、断層の自己相似則が破れている [3]。こうした2つの統計性の違いは、スロー地震と通常地震との間で本質的に発生メカニズムが異なることを示す主たる根拠となる。スロー地震の多くは、脆性-延性遷移領域に相当する温度圧力条件で発生しており、脆性破壊と粘性流動とが同時に生じていると考えられている。そのため、脆性-延性遷移を示す岩石組織中にスロー地震の起源を求める地質学的仮説が多く提案されている [4, 5, 6, 7]。しかし、こうした脆性-延性遷移挙動がスロー地震を特徴づける2つの統計則に従うか否かについての研究はほとんど無い。

そこで本研究では、粘性流体からなる基質中に粒子を分散させた断層モデル系 [6, 7] の剪断実験を行い、変形中の応力降下イベントの統計解析と変形組織のその場観察を行った。粘性流体として、透明な重液のポリタングステン酸ナトリウム水溶液（比重3）を用い、粒子としてガラスビーズや柔らかいハイドロゲル粒子（粒径 4 mm, 最大4000粒子）を用いた。透明なアクリルの2重円筒容器内に重液を入れて粒子を浮遊分散させ、その中央に挿し入れた回転円柱で回転剪断を加えた。剪断速度 10^{-3} – 10^1 /s, 空隙率 0.2–1（溶液のみ）、粒子の降伏強度よりも十分小さい応力範囲で、室温大気圧下で実験を行った。

実験の結果は以下の3点にまとめられる：

1. 粒子層を重液の液面に単層のみ浮遊分散させた場合は、応力降下イベントの規模別頻度分布はスロー地震に見られる指数分布を示した。この傾向は、他の実験条件によらず定性的には同様だった。一方で、浮遊分散させた粒子層が十分に厚い場合は、応力降下イベントの規模別頻度分布はべき分布（グーテンベルグリヒター則）を示した。この傾向は、流体なし

の乾燥状態でも定性的には同様だった。

2. 粒子層を重液中に浮遊分散させた場合は、応力降下イベントの規模と継続時間との間に線形関係が見られ、スロー地震と似た統計性を示した。この傾向は、粒子層の厚さや流体の表面張力によるなど実験条件によって変化する場合があります、今後詳しく調べる必要がある。一方で、流体なしの乾燥状態では応力降下イベントの規模と継続時間との関係は非線形性を示した。これは通常の地震の自己相似則と似た統計性と言える。

3. 実験中の変形構造をその場観察したところ、回転円柱近傍に歪が集中した剪断帯が形成され、その部分で間欠的な粒子運動が生じていた。この時の粒子-重液混合系の流動則（応力-歪速度関係）はビンガム流体的な特徴を示した。これは固相と液相からなる混相流では比較的典型的な特徴だが、内部の局所的な流動則を調べてみると系全体のビンガム流体挙動から逸脱していた。低歪速度下で降伏強度を持つような条件下であっても、数粒子分の局所スケールでは粒子がゆらぎながら動いていることがわかった。この結果は、脆性-延性遷移挙動を示す剪断帯周辺では、変形組織内部で局所的に成り立つ流動則が必ずしも断層全体にわたる挙動を代表していないことを意味する。

今後は、流体粘性に対して降伏強度の小さい脆性粒子を用いて、地質学的に観察されているような脆性-延性遷移領域の粘性比条件下で実験を行う。高粘性流体からなる基質中で低降伏強度の粒子の剪断実験を行うと、図1に示すようなマイロナイトに似た変形組織を再現することができた。このような条件下でスロー地震の統計性が現れるかを調べていく。

- [1] Rowe & Griffith (2015) JSG
- [2] Chestler & Creager (2017) JGR
- [3] Ide & Beroza (2023) PNAS
- [4] Kirkpatrick et al (2021) Nat Rev
- [5] Behr & Bürgmann (2021) PTRS A
- [6] Sibson (2017) EPS
- [7] Beall et al (2019) G³

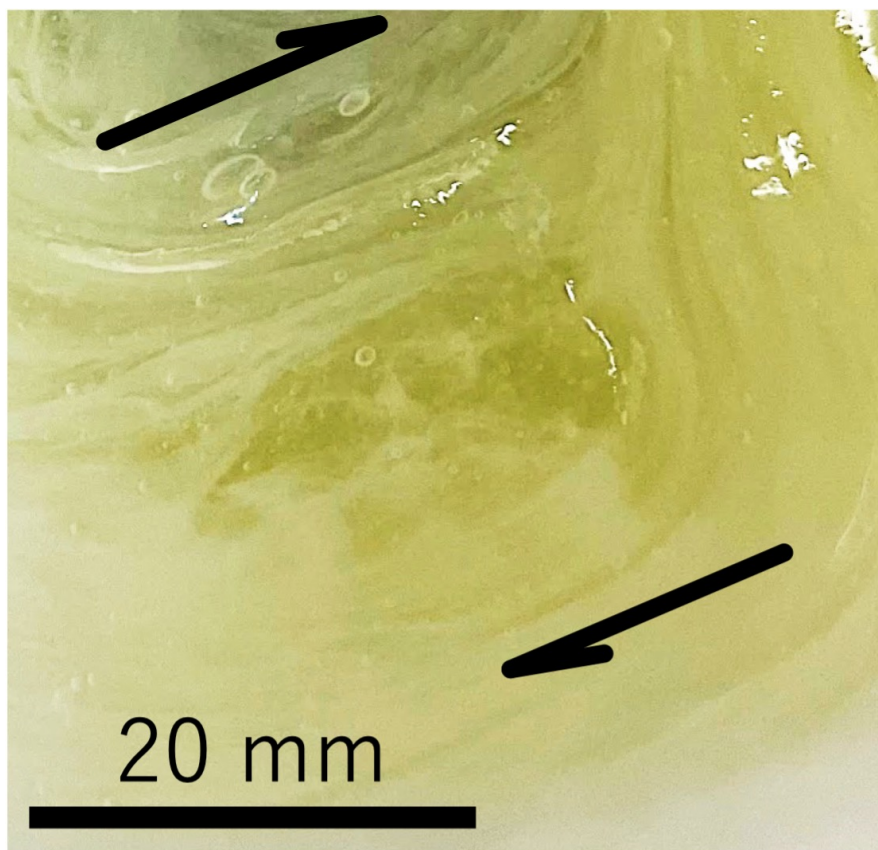


図1. 脆性-延性遷移の力学挙動を示す変形組織

セッション口頭発表 | T4 [トピック] 岩石・鉱物の変形と反応

2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 口頭第3会場(E201)

[3oral301-12] T4 [トピック] 岩石・鉱物の変形と反応

座長:向吉 秀樹(島根大学)、宇野 正起(東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻)、福田 惇一(大阪公立大学)

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

9:15 ~ 9:30

[T4-O-11] 固体圧式変形試験機による高封圧条件下における精密応力決定：大理石の変形実験への適用*永井 嵩也¹、清水 以知子¹ (1. 京都大学)

キーワード：レオロジー、高温高压変形実験、固体圧式試験機、差応力、大理石

地殻深部やマントルにおける岩石鉱物のレオロジー特性を明らかにするために、ガス圧式や固体圧式の変形試験機が高温高压変形実験で広く使用されてきた。ガス圧試験機では常用で封圧が 300 MPa 程度に制限されるのに対し、固体圧媒体を用いる Griggs 型の変形試験機では、1 GPa 超の封圧を発生できる利点がある一方、固体圧媒体との間に生じる摩擦の影響で応力測定精度が悪いことが長年の課題であった。そこで内部摩擦の低減のため、固体塩 (NaCl) をもちいたアセンブリのほか、高温で液体となる熔融塩セルも開発されてきた。Holyoke and Kronenberg (2010) はこれらの圧媒体をもちいて得られた実験データの精度を評価するために、高純度の金属 (Ni, Mo) 等を試料のかわりに用いて、封圧300 MPaにおいて校正試験を行い、応力精度の良いガス圧試験機で得られた結果と直接比較した。その結果、熔融塩セルを用いていても差応力の過大評価が数100 MPaに及ぶことが明らかとなり、補正式が提案された。しかし、Griggs 試験機を用いた、より高封圧 (～1.5 GPa) での校正実験はわずかしかな行われておらず (Kido and Muto, 2016)、石英や大理石 (Gleason and Tullis, 1993) の実験に対しても同じ補正式が適用可能かどうかはよく明らかにされていなかった。一方、熊澤型の固体圧変形試験機は、上下二対の荷重計で応力を測定し、軸上下の平均として内部摩擦をリアルタイムに補正する機構をそなえている (Shimizu and Michibayashi, 2022)。本研究では京都大学に設置されている改良型熊澤型試験機を用いて、内部摩擦の生じる内側スリーブに使用する圧媒体物質を様々に替えて校正試験を行った。実験は Holyoke and Kronenberg (2010) に従って、製造元も同じ高純度NiやMoを試料に使用し、温度600℃ または700℃、封圧300 MPa、歪速度 $1.6 \times 10^{-4} \text{ sec}^{-1}$ で行った。実験の結果、タルクやNaCl ではガス圧試験機で報告されている差応力値より大きく、内部摩擦の影響が除去できていなかったが、Griggs 試験機と比べるとその差は大きく低減されていた、また、低軟化点ガラス (軟化点415℃) を用いた「液体ガラスセル」の実験で600℃、700℃ともに、ガス圧試験機とほぼ同じ降伏応力を得ることができた。発表では、Moや大理石を用いた、より高压 (～1.5 GPa) での変形実験の結果についても報告する。

参考文献

- Gleason, G. C. and Tullis, J. (1993), *Geophysical Research Letters*, 20, 2111-2114.
 Holyoke, C. W. and Kronenberg, A. K. (2010), *Tectonophysics*, 494, 17-31.
 Kido, M. and Muto, J. and Nagahama, H. (2016), *Tectonophysics*, 672-673, 170-176.
 Shimizu, I. and Michibayashi, K. (2022), *Minerals*, 12, 329.

📅 2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 🏢 口頭第3会場(E201)

[3oral301-12] T4 [トピック] 岩石・鉱物の変形と反応

座長:向吉 秀樹(島根大学)、宇野 正起(東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻)、福田 惇一(大阪公立大学)

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

9:30 ~ 9:45

[T4-O-12] 流通式水熱実験による斑れい岩の熱水変質に伴う元素移動と置換組織の発達

*鈴木 康平¹、ダンダル オトゴンバヤール¹、岡本 敦¹ (1. 東北大学大学院環境科学研究科)

キーワード：斑れい岩、鉱物置換反応

中央海嶺では海水由来の熱水が地殻内を循環している。熱水は周囲の岩石と反応し、 Mg^{2+} や SO_4^{4-} の除去や、 Cu^{2+} などの金属イオンの溶解のような元素移動が起こる^[1]。有用金属を含んだ熱水は海底熱水噴出孔から放出され、海底熱水鉱床を形成するほか、海水組成にも影響を与えるため、岩石と海水の反応の詳細を知ることは将来の鉱物資源開発に貢献し得る。

多孔質な玄武岩に対し、緻密な組織を有し浸透率が低い斑れい岩においては熱水循環による変質がどの程度の規模で起きているかはわかっていない。既往の研究でも、海嶺翼部の深部での熱水循環に注目した研究は少なく^[2]、実験的研究においても、玄武岩に対して斑れい岩と海水の反応実験はほとんどない^[3]。本研究では、斑れい岩－塩水系の流通式水熱実験を行うことで、海水中の各成分が斑れい岩に対しどのように作用するのか、また緻密な組織において変質がどのように進行するのかについて考察する。

出発物質は細粒の斑れい岩で、主に斜長石と単斜輝石から成る。これを $2.5 \times 2.5 \times 10 \text{ mm}$ の角柱状に切り出して岩石試料とした。反応溶液にはNaCl溶液、NaCl-MgCl₂溶液、NaCl-FeCl₂溶液、NaCl-CaCl₂溶液の4種類を用い、 300°C 、 25 MPa の条件で岩石試料と反応させた。流量は 0.2 mL/min 、実験期間は72時間とした。

NaCl溶液およびNaCl-CaCl₂溶液では、斜長石の溶解が見られたが析出物は確認されなかった。NaCl-MgCl₂溶液では斜長石が選択的に反応しMg緑泥石から成る網状の置換組織を形成した。NaCl-FeCl₂溶液では、斜長石と単斜輝石の双方が反応し、斜長石はFe緑泥石、単斜輝石はFe緑泥石とヘマタイトから成る網状の置換組織を形成した。反応後の溶液組成を比較すると、pHはNaCl溶液で8-9と最も高く、NaCl-MgCl₂溶液とNaCl-FeCl₂溶液ではそれぞれ5.5、3.7と低い値であった。溶出元素に注目すると、NaCl-MgCl₂溶液ではSi、Caが溶出する一方で、Feは溶出しなかったが、NaCl-FeCl₂溶液ではSi、Caに加えMgが溶出した。また、全ての実験に共通してAlはほとんど溶出しなかった。NaCl-MgCl₂溶液やNaCl-FeCl₂溶液で見られた置換反応に関して、反応前後の鉱物の密度、組成を用いてマスバランス計算を行うと、溶出元素と計算結果が一致するのは体積が30-50%減少するときであり、網状の置換組織は斑れい岩－塩水反応に伴う元素移動によるものであると確かめられた。さらに、溶液計算ソフトCHIM-xptを用いて今回の実験条件における各溶液と斑れい岩の反応を地化学モデリングした。それぞれの溶液で水－岩石比が1000以上の領域で緑泥石の析出が多くなり、NaCl-MgCl₂溶液ではMg緑泥石が、NaCl-FeCl₂溶液ではFe緑泥石が析出することが確かめられた。また、各溶液のpHが斑れい岩との反応によって変化することも確かめられた。NaCl

溶液ではpHが上昇するが、これは斜長石の溶解に伴い H^+ が吸収されたためであると考えられる。斜長石の溶解に加えて緑泥石が生成する場合、反応全体として H^+ が放出されるため、NaCl-MgCl₂溶液及びNaCl-FeCl₂溶液ではpHが低下すると考えられる。このようなpHの変化は斜長石の溶解速度に影響し、酸性条件においては溶解は進みやすくなる。そのため、緑泥石化によるpHの低下が斜長石の溶解を加速させ、緑泥石化を促進させる可能性がある。実験結果を天然試料と比較するため、中東・オマーン国にあるオフィオライトの岩石試料を分析した。オマーン・オフィオライトでは斑れい岩の一部が数十mスケールで緑泥石岩に変質している^[4]。岩石境界部では単斜輝石のみが緑泥石化しており、緑泥石岩内部では斜長石も緑泥石に置換されていた。緑泥石は置換前の鉱物の外形を残しており、その組成は鉄に富むものであった(Mg# = 0.32-0.40)。実験結果より、オマーン・オフィオライトの緑泥石化は鉄に富む流体が関与したと考えられるが、変質における鉱物の選択性や反応後の組織に相違がある。

参考文献

- [1] Alt, J. C. (1995). *Geophys. monogr. S.*, 91, 85-114.
- [2] Bosch, D., et al. (2004). *Jour. Petrol.*, 45(6), 1181-1208.
- [3] Currin, A., et al. (2018). *Lithos*, 323, 91-102. [4] Yoshitake, N., et al. (2009). *Jour. Mineral. and Petrol. Sci.*, 104(3), 156-163.

2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 口頭第3会場(E201)

[3oral301-12] T4 [トピック] 岩石・鉱物の変形と反応

座長:向吉 秀樹(島根大学)、宇野 正起(東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻)、福田 惇一(大阪公立大学)

9:45 ~ 10:00

[T4-O-13] 粒成長に伴う流体移動：樟脳-エタノールを用いた透視実験*福田 惇一¹、瀬戸 雄介¹ (1. 大阪公立大学)

キーワード：岩石模擬物質、樟脳、流体、粒成長

地殻内部において、流体（主として水）は普遍的に存在し、粒成長、変形、反応などを促進させ、岩石微細組織の変化に伴って流体分布も変化する。本研究では基本的な現象である粒成長に注目する。

これまでに地殻の主要構成鉱物である石英や長石集合体について粒成長実験が行われ、粒成長則や水の添加による粒成長促進機構が評価されてきた（例えばFukuda et al. 2019）。しかし、実際の地殻構成物質を用いた実験では、ピストンシリンダー試験機などの大掛かりな装置が用いられ、実験温度圧力条件は例えば1 GPa, 1000°Cなどと非常に高い。さらに各温度、圧力、保持時間の実験ごとに試料を回収し、実験回収試料の微細組織観察を行うことから、試料の組織は常に凍結されている。この凍結された微細組織と流体相分布の情報をもとに、実験時の粒成長と流体相の挙動を想像するしかない。

一方、有機物などの岩石模擬物質を用いれば、室温から100°C程度、かつ数分で有意な粒成長が起こり、光学顕微鏡下で微細組織発達のリアルタイム観察を行うことができる。Fukuda

(2024) では岩石模擬物質として樟脳 ($C_{10}H_{16}O$ 、密度0.99 g/cm³) を用い、室温、偏光顕微鏡下で明瞭な粒成長過程を観察した。

本研究では、樟脳に加えて流体相としてエタノールを用いた。実験準備として、室温で乳鉢に樟脳約200 mgに10 vol%程度のエタノールを添加し、すりつぶした。次に樟脳-エタノール混合物約5 mgをスライドガラスに載せ、上から別のスライドガラスで押し付けた。上のスライドガラスを取り除くと、密な樟脳-エタノール混合物が得られる。この混合物の載ったスライドガラスを偏光顕微鏡下に移動させ、40倍または100倍の対物レンズを用いて、適度なエタノール分布領域を選定した。先のスライドガラス上での試料作成後から偏光顕微鏡下での観察領域の選定は、粒成長を最小限にするために1分以内で行った。そして、粒成長に伴う流体挙動を偏光顕微鏡に設置したカメラで録画した。

樟脳集合体の平均初期粒径は約7 μm で、室温で1時間観察すると粒径は約20 μm まで増加した。この粒成長に伴う流体挙動として、次の3種類の特徴的な過程が観察された。1. 粒界に存在する流体が、粒成長による粒界移動により、近接する別の流体と合体して一つの大きな流体となる。2. 粒界に存在し、粒界の形状に合うように伸長した流体が、粒成長による粒界移動により、粒界から樟脳結晶内部に移動する。その結果、流体の形状が球状になる。3. 元々粒内になった球状の流体が、移動してきた粒界中に取り込まれる。

上記の3つの流体挙動のうち、1の合体により流体の平均サイズは大きくなり、視野内の流体数は減少した。一方、視野内の全流体の総面積は一定であった。このように、粒成長に伴い流体相の分布が変化することが観察され、実際に地下内部で行っている機構を推察することができる。

さらに本発表では50°C程度までの加熱その場観察実験方法について紹介する。フィルムヒータ上に上記の樟脳-エタノール混合物を準備したスライドガラスを設置し、偏光顕微鏡下で加熱しながら、粒成長を観察する手法を構築した。

Fukuda J. (2024) Grain growth of camphor as a rock analogue: microstructural development and grain growth law. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*. Vol. 119:010

Fukuda J., Raimbourg H., Shimizu I., Neufeld K., Stünitz H. (2019) Experimental grain growth of quartz aggregates under wet conditions and its application to deformation in nature. *Solid Earth*, Vol. 10, pp. 621–636

セッション口頭発表 | T4 [トピック] 岩石・鉱物の変形と反応

2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 口頭第3会場(E201)

[3oral301-12] T4 [トピック] 岩石・鉱物の変形と反応

座長:向吉 秀樹(島根大学)、宇野 正起(東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻)、福田 惇一(大阪公立大学)

◆ ハイライト講演

10:00 ~ 10:15

[T4-O-14] [招待講演] 火星表層環境の再現を目指した実験装置の整備と今後の研究展望*亀田 純¹、Ruj Trishit¹ (1. 岡山大学惑星物質研究所)

【ハイライト講演】 火星の温度・気圧・大気組成・湿度といった環境条件を再現できるスペースチャンバーや、低重力から過重力まで幅広い重力環境を再現可能な3軸クリノスタットなど、火星表層環境を地上で模擬可能な装置群の整備が講演者らによって進められている。本招待講演では、これらの設備の基本仕様や、今後これらの装置を活用して展開可能な研究の展望について紹介していただく。[※ハイライト講演とは...](#)

キーワード：火星、水、スペースチャンバー

近年、探査機による観測や火星隕石の分析を通じて、火星の表層環境に関する理解が着実に進んでいる。たとえば、かつて火星には液体の水が存在していたこと、さらに現在も氷や水蒸気といった形で水が存在している可能性が高いことが明らかとなっている。こうした火星表層環境の理解は、将来的な火星の居住可能性を評価するうえでも極めて重要な課題である。

岡山大学惑星物質研究所では現在、火星表層環境を地上で模擬可能な装置群の整備を進めている。具体的には、火星の温度・気圧・大気組成・湿度といった環境条件を再現できるスペースチャンバーや、低重力から過重力まで幅広い重力環境を再現可能な3軸クリノスタットが含まれる。スペースチャンバーにはハイパースペクトルカメラが上部に設置されており、火星環境下における物質の分光特性を評価することが可能である。本装置は2025年10月末に導入予定であり、テスト運転を経たのち、国内外の研究者を対象とした共同利用設備として公開される計画である。

またこれに先立ち、3軸クリノスタット（松尾製作所）を2025年2月に導入した。本発表では、これらの設備の基本仕様に加え、発表者らが現在計画している研究テーマを含め、今後これらの装置を活用して展開可能な研究の展望について紹介する。

📅 2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 📍 口頭第3会場(E201)

[3oral301-12] T4 [トピック] 岩石・鉱物の変形と反応

座長:向吉 秀樹(島根大学)、宇野 正起(東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻)、福田 惇一(大阪公立大学)

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

10:30 ~ 10:45

[T4-O-15] 三波川帯におけるマイクロブーディン構造を用いた応力・歪解析

*外山 和也¹、道林 克禎¹ (1. 名古屋大学大学院環境学研究科 (岩鉱))

キーワード：マイクロブーディン、古差応力計、三波川帯、レオロジー、藍閃石

藍閃石や紅簾石のような柱状の変成鉱物には、変成作用を受けると差応力で破断して列車が連なったようなマイクロブーディン構造を示すことがある。この構造を有するメタチャート(珪質変成岩)中の紅簾石や断層岩中の電気石から差応力を推定するマイクロブーディン古差応力計が提案された。しかし、これらの古差応力計から算出される差応力は相対値にとどまっている。本研究では、三波川帯の結晶片岩類に着目し、マイクロブーディン古差応力計を再検討することで応力・歪履歴を求める方法を考案した。

三波川帯で採取された試料について研磨薄片を面構造(片理)に垂直で伸長線構造に平行な面(XZ面)で作成した。主要な構成鉱物は石英、曹長石、赤鉄鉱、白雲母、藍閃石、紅簾石であり、藍閃石、紅簾石は柱状であった。マイクロブーディン構造について、各柱状鉱物のアスペクト比(長軸/短軸)やブーディン間距離などの形状指標を計測した。研磨薄片内の数100個以上の柱状鉱物粒子を効率的に計測するため、Python v.3.12.4 (Spyder v.5.5.1.)を用いた画像解析プログラムを開発した。また、電子線後方散乱回折(EBSD)法による結晶方位測定から石英の結晶方位ファブリックと粒径を測定した。

和歌山県四邑川地域のサンプルについて、研磨薄片内の藍閃石の多くはマイクロブーディン構造を示しており、非ブーディン粒子に比べてアスペクト比が高い傾向にあった。ブーディン化した粒子は主に2~3つに分割されていたが、中にはそれ以上に分割された粒子も確認された。一方、石英の平均粒径から動的再結晶粒径差応力計を用いることで差応力を約43 MPaと推定した。

測定したマイクロブーディンの形状パラメーターをLi & Ji (2020)のマイクロブーディン古差応力計(以下、LJ法)に適用した。しかし、LJ法ではブーディン間距離と柱状鉱物のアスペクト比の関係をうまく説明できないため、LJ法の一部を改良した新しい方法(LJ-T法)を導出した。加えて、動的再結晶粒径差応力計の結果とマイクロブーディン古差応力計を組み合わせることで、藍閃石の引張強度が639 MPaと算出された。さらに、ブーディン間距離と柱状鉱物の長軸の長さを用いて歪量、引張強度を用いて各マイクロブーディンが被った差応力を計算した。結果として歪量の小さいマイクロブーディンほど被った差応力が増大する傾向が確認された。以上の結果は、本研究で開発したマイクロブーディン古差応力計(LJ-T法)が、変成岩の応力・歪履歴を解明する強力なツールになることを示す。

文献：Masuda et al., 2004, *J. Metamor. Geol.*, 22; Li and Ji., 2020, *J. Struct. Geol.*, 130; Cross et al., 2017, *Geophys. Res. Lett.*, 44, 6667-6674.

2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 口頭第3会場(E201)

[3oral301-12] T4 [トピック] 岩石・鉱物の変形と反応

座長:向吉 秀樹(島根大学)、宇野 正起(東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻)、福田 惇一(大阪公立大学)

10:45 ~ 11:00

[T4-O-16] 低変成度泥質片岩の石英曹長石レイヤの変形組織：中部地方渋川地域三波川帯の例

*片桐 星来¹、道林 克禎² (1. 産業技術総合研究所地質調査総合センター、2. 名古屋大学大学院 環境学研究科 (岩鉱))

キーワード：三波川変成帯、泥質片岩、石英、曹長石、結晶方位定向配列

低温高圧型の変成岩は沈み込み帯における変形を記録しており、沈み込み帯の構造発達を推定する上でこれらの岩石の変形記録を解析することは非常に重要である。特に、変成温度300℃から350℃にあたる緑泥石帯相当の低変成度変成岩の形成場は石英曹長石の脆性-塑性遷移領域(Stöckhert, et al., 1999, Papeschi et al., 2018)であり、地震発生領域の下限として注目されている。高圧型変成岩の変形組織は、これまで珪質片岩や変形石英脈など、石英の岩石に占める割合が非常に高い岩石で多くの研究例がある。それに対して本研究では、より普遍的な低変成度変成岩の沈み込み帯における変形記録を明らかにすることを目的として、三波川変成岩類においてより広域に分布する泥質片岩の石英曹長石レイヤについて解析を行った。研究地域の中部地方渋川地域には御荷鉾緑色岩類と三波川結晶片岩が分布する。渋川地域では緑泥石帯の泥質片岩が広く分布し、主要鉱物組み合わせは石英+曹長石+緑泥石+白雲母+炭質物であり、一部の試料ではローソン石が観察される。石英と曹長石は非常に細粒であるため顕微鏡下で両者の識別は困難であるが、石英は泥質片岩の白色レイヤに、曹長石は白色レイヤと主に白雲母、緑泥石、炭質物で構成される黒色レイヤの両方で観察された。本研究では、本地域の泥質片岩に対し炭質物ラマン温度計を適用し、SEM-EBSD分析を行い、石英と曹長石の粒径分布、結晶方位定向配列(CPO)に注目し変形組織の形成条件を考察した。炭質物ラマン温度計を用いて推定した変成温度は280℃~350℃程度だった。SEM-EBSD分析の結果から白色レイヤはさらに石英の割合が大きいレイヤ(石英リッチレイヤ)と曹長石の割合が大きいレイヤ(曹長石リッチレイヤ)に分かれて分布していた。多くの試料で、曹長石リッチレイヤは白色レイヤと黒色レイヤの境界部に観察された。石英の粒径は平均10μm、曹長石の粒径は平均10~16μmであり、どちらも変成温度との相関は示さないが、モード比と弱い正の相関を示した。石英のCPOパターンはクレフトガードル様を示すもの、タイプIクロスガードルを示すものの2パターンが観察された。曹長石は(100)[001]パターンを示す試料が多く、炭質物ラマン温度計から推定された変成温度が340℃以上の高温試料の一部では(010)[001]パターンが観察された。低温条件での曹長石のCPOパターンの報告は乏しく、曹長石の(100)[001]パターンはこれまで報告はないが、本地域の泥質片岩の変形組織は石英、曹長石両方の弱い塑性変形を示しており、低温条件下の遅い歪速度で変形が進行したことを示唆する。引用文献：Stöckhert et al. (1999), Journal of Structural Geology, 21, 351-369. Papeschi et al. (2018), Journal of Structural Geology, 113, 100-114.

2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 口頭第3会場(E201)

[3oral301-12] T4 [トピック] 岩石・鉱物の変形と反応

座長:向吉 秀樹(島根大学)、宇野 正起(東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻)、福田 惇一(大阪公立大学)

◆ 学生優秀発表賞エントリー ◆ ECS

11:00 ~ 11:15

[T4-O-17] 石英の変形再結晶組織におけるタイプ P/S 遷移の定量的指標とその要因

*中小路 一真¹、清水 以知子²、道林 克禎³ (1. 東京大学、2. 京都大学、3. 名古屋大学)

キーワード：石英、高温高压変形実験、動的再結晶、転位クリープ

高温下で流動変形をした天然の岩石中にみられる石英の再結晶組織は変形時の温度、歪速度などの条件を反映していると考えられる。石英組織から変形条件を推定するための根拠として、実験的手法が用いられてきた。Masuda & Fujimura (1981, *Tectonophysics*) は細粒の石英メノウに対し封圧0.4 GPa で高温高压変形実験を行い、高温低歪速度条件下で直線状の粒界と等粒状粒子をもつType-P (Polygonal)、低温高歪速度条件下で鋸状の粒界と伸長状粒子をもつType-S (Serrated) の動的再結晶微細組織が形成されることを報告した。さらに、Takahashi et al. (1998, *JSG*) はこれらの条件でできた実験試料に対しより定量的な解析を行い、結晶粒界のギザギザ度合いを表す面積-周囲長のフラクタル次元 D の値が変形時の温度・歪速度条件によって変化することを報告した。天然試料の石英においても、剪断帯からの距離によってフラクタル次元Dが結晶粒径に相関して変化している結果が得られている

(Anderson et al., 2025, *JSG*)。しかしながら、これまでの研究の石英の薄片写真に対する画像解析では、マニュアルで結晶粒界のトレースが行われているため、結晶と亜結晶の判別の基準が人によって同一ではなく、人間の目で粒界を判別できる粒子を選別する際にバイアスが生じる可能性がある。そこで本研究は、細粒の石英岩を用いて高温高压変形実験を行うとともに、実験後の動的再結晶組織の偏光顕微鏡像に対し、新たな画像処理手法を用いて視野内ほぼすべての結晶粒界を特定した。そして、各条件の微細組織の特徴を数値化し、Type-P/S遷移と比較した。

実験には熊澤型固体圧式変形試験機を用いた。本試験機は上下のロードセルで応力を測定することにより、固体圧媒体による摩擦の影響を取り除き、正確な応力決定を行うことができる。出発物質には細粒の含水石英岩メノウを用いた。温度歪速度条件はMasuda & Fujimura (1981) のType-P/S境界をカバーする800°C–1000°C, 10^{-4} – 10^{-6} /secとした。封圧はType-P/S遷移の封圧依存性を調べるため、Masuda & Fujimura (1981) より高压の1.5 GPaとした。実験回収試料の偏光顕微鏡観察によって、本実験でも、高温低歪速度条件から低温高歪速度条件にかけてType-P/S遷移が見られることが確認された。次に、波動消光の影響を低減するため、異なる偏光角で撮影した6枚の偏光顕微鏡写真を重ね、画像解析ソフトウェアを用いて、勾配フィルターおよび分割アルゴリズムwatershed法を適用し、粒界を半自動的に抽出した。それを用いて、アスペクト比、正規化周囲長（周囲長/同面積の楕円の周囲長）、フラクタル次元の三つの量を計算した。さらに、光学顕微鏡では正確に判別することが難しい薄片の厚さ (15 μm) 未満の粒子の影響も調べるため、走査型電子顕微鏡によるEBSD解析をあわせて行った。ステップ幅は1 μm とした。

偏光顕微鏡像に対する解析においては、アスペクト比の平均値が高温低歪速度条件から低

高温歪速度条件へと系統的に増加し、Type-P/S 遷移とよく対応していることが確認された。本解析結果において、Type-P/S境界はアスペクト比の2.30に対応する。一方、正規化周囲長やフラクタル次元には温度歪速度条件に応じた系統的な変化が見られなかった。EBSD像に対する解析においては、いずれの量においても、Type-P/S 遷移に対応する系統的な変化は見られなかった。また、典型的な粗粒のType-P組織が見られた最も高温で歪速度が小さい条件を除き、偏光顕微鏡像の解析から得られる値と比べ、EBSD像から計算されるアスペクト比と正規化周囲長の値は小さい値となった。このように、EBSDによって粒子を特定した場合に系統性が見られない理由としては、ピクセル解像度が1ミクロンであるため、結晶粒界の形を正確に描画できていないことが考えられる。

以上の結果から、石英微細構造のType-P/S遷移の特徴は偏光顕微鏡像におけるアスペクト比によってよく捉えられることが明らかになった。本発表では、その物理的理由の考察も試みる。

セッション口頭発表 | T4 [トピック] 岩石・鉱物の変形と反応

2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 口頭第3会場(E201)

[3oral301-12] T4 [トピック] 岩石・鉱物の変形と反応

座長:向吉 秀樹(島根大学)、宇野 正起(東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻)、福田 惇一(大阪公立大学)

11:15 ~ 11:30

[T4-O-18] Co-seismic ductile deformation in carbonate-hosted active faults*Yeo Thomas¹、Ujiie Kohtaro¹、Inoue Kaoru¹、Nagaya Takayoshi²、Ken-ichi Hirauchi³ (1. University of Tsukuba、2. Waseda University、3. Shizuoka University)

キーワード: Co-seismic ductile deformation、Frictional heating、Ryukyu Limestone、Yonabaru Fault、EBSD analysis

Identifying co-seismic deformation from faults at shallow depths is of paramount importance in assessing seismic hazards associated with surface rupture and ground shaking. However, while carbonate is a key lithology in seismically active areas, pseudotachylite is rarely preserved because carbonate minerals thermally decompose at temperatures far below the extremely high temperatures required for frictional melting.

This study investigates the active Yonabaru Fault on Miyako Island, southern Ryukyu Arc, which offsets the Pleistocene Ryukyu Limestone and is capable of generating magnitude 6.9–7.2 class earthquakes. The ~50 m thick fault zone hosts multiple fractures and mirror-like polished, lineated slip surfaces associated with narrow (2 mm thick) slip zones. Kinematic indicators indicate normal faulting within a NE-SW extensional regime, consistent with present-day arc-parallel extension. The slip zones comprise fine-grained calcite matrix (<10 μm) and angular limestone clasts. Injection veins orthogonal to the slip surface are observed at the boundaries of the slip zones, suggesting fluidization during faulting.

Electron Backscatter Diffraction (EBSD) analyses reveal distinct deformation microstructures across the slip zone. Calcite grains adjacent to the slip surface exhibit strong shape preferred orientation, dominant $c < a >$ slip and recrystallization, indicating deformation temperatures exceeding 400 °C. In contrast, calcite within injection veins display only static recrystallization, suggesting temperatures above 150 °C. These contrasting microstructures imply the development of a thermal gradient during fault slip, likely driven by frictional heating at temperatures much higher than ambient temperatures of ~25 °C.

The absence of e-twins suggests that co-seismic shear stress did not exceed 10 MPa. Thermal modelling constrains the conditions necessary to produce the observed microstructures, indicating that slip velocities must have exceeded 0.1 m/s. Our findings represent one of the first documented cases of co-seismic ductile deformation and recrystallization in carbonates at shallow crustal depths, offering new insights into the mechanical behaviour of carbonate faults during seismic events.

セッション口頭発表 | T4 【トピック】 岩石・鉱物の変形と反応

2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 口頭第3会場(E201)

[3oral301-12] T4 【トピック】 岩石・鉱物の変形と反応

座長:向吉 秀樹(島根大学)、宇野 正起(東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻)、福田 惇一(大阪公立大学)

11:30 ~ 11:45

[T4-O-19] 根尾谷断層極浅部における自形方解石、バライトと摩擦発熱*大谷 具幸¹、前田 剛志²、吉田 拓海² (1. 岐阜大学、2. 岐阜大学大学院)

キーワード：根尾谷断層、極浅部、摩擦発熱

断層の極浅部における地震時の摩擦発熱を明らかにするために、1891年に濃尾地震を引き起こした根尾谷断層の地表から深度400 mまでを対象として、最新すべり面とその周囲における特徴を主にSEM-BSE像観察、EPMA分析により明らかにした。その結果、自形方解石とバライトが認められ、これらは摩擦発熱に起因して生じたと考えられる。根尾谷断層では、近年、岐阜県本巣市根尾水鳥と根尾長嶺においてボーリング掘削が原子力規制庁により行われた。各地点で複数のボーリング掘削が行われ、これらは根尾水鳥では深度85 mと382 m、根尾長嶺では深度17 mと68 mで分布の連続性と直線性から認定した最新すべり面を貫いている。他に最新すべり面の候補となる断層ガウジ帯が見あたらないことから、濃尾地震を含めて最近の地震ではここですべりを生じた可能性が高い。加えて根尾長嶺では地表露頭でも最新すべり面が認められる。いずれの地点でも原岩は美濃帯付加コンプレックスの泥岩基質メランジュであり、根尾水鳥ではチャートと玄武岩がブロックとして含まれている。最新すべり面及びその近傍の断層ガウジをSEMやEPMAにより詳細に観察・分析し、鉱物の分布と形状を確認した。その結果、根尾水鳥の深度382 mでは最新すべり面の近傍にCaの濃集が生じていることが明らかとなった。最新すべり面ではCaの分布は局所的であり、亜円形を示す。最新すべり面に隣接する断層ガウジでは、Caを含む鉱物脈が認められ、ここでは主として粒径数 μm の多数の方解石とフラグメント化した石英等やガウジの基質を含んでいる。また、この方解石の一部は弱い自形性を示している。加えて、細粒方解石とフラグメント化した石英が最新すべり面から離れた側から最新すべり面近傍の断層ガウジに貫入するような産状を示す。根尾長嶺では最新すべり面の分布が不明瞭であるものの、最新すべり面かその近傍のいずれかでバライト（硫酸バリウム）が見いだされた。バライトの産状は亀裂内に分布、放射状、鉱物脈のいずれかである。これらの形成過程として、細粒の自形方解石、バライトともに溶解度の急激な変化に伴う形成が示唆される。この原因として、地震性すべりに伴ってthermal pressurizationによる温度と間隙水圧の上昇、その後の急激な低下が生じたと考えられる。観察対象の最新すべり面のうちもっとも深い深度382 mに分布する自形方解石は最新すべり面の西側に分布しており、根尾谷断層でこれまでに生じた変位が濃尾地震のときと常に同様であると仮定をすると相対的に沈降することとなり、断層変位に伴う深部からの上昇は生じない。また、現状の谷地形の形成を考えると、最大の浸食量として約1 kmが見積もられるため、ここで考えられる現象は1.4 kmより浅い深度で生じたと推定される。よって、これらの自形方解石とバライトが濃尾地震以前の地震に伴って生じた場合であっても、その形成深度は現在と大きく変わらないと推測され、根尾谷断層の極浅部においてthermal pressurizationによる温度と間隙水圧の上昇、さらには摩擦係数の低下が生じたと考えられる。

2025年9月16日(火) 8:45 ~ 12:00 口頭第3会場(E201)

[3oral301-12] T4 【トピック】 岩石・鉱物の変形と反応

座長:向吉 秀樹(島根大学)、宇野 正起(東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻)、福田 惇一(大阪公立大学)

11:45 ~ 12:00

[T4-O-20] cleavable olivineからわかる地質学的に重要なこと

*安東 淳一¹、富岡 尚敬²、前川 寛和³ (1. 広島大学、2. JAMSTEC・高知コア研、3. 大阪公立大学)

キーワード：蛇紋岩化、パイプ拡散、粒界拡散

【はじめに】 cleavable olivineは“裂開”が発達するオリビンで、蛇紋岩化した超塩基性岩中に存在する。“裂開”とは、オリビンの(100)、(010)、(001)に平行に発達する劈開様の面に沿って蛇紋石の一種であるアンチゴライトが晶出する組織である。“裂開”は(100)に沿って発達するものが多い(相川、1981; Nozaka and Ito, 2011)。日本国内では、神居古潭帯鷹泊超苦鉄質岩体をはじめ約10の超塩基性岩体や、伊豆 - 小笠原 - マリアナ海溝に沿って露出する蛇紋岩海山で確認されている。オリビンは、結晶構造的に(100)には劈開は発達しないので、なぜ裂開が形成されるのかといった問題は、オリビンの含水化過程を明らかにするうえで重要だと考えられる。本研究はcleavable olivineの成因を微細組織のキャラクタリゼーションによって明らかにすることを目的とした。

【試料と観察手法】 本研究で使用した試料は、マリアナ前弧北部の雷神海山を構成するアンチゴライト化が進んだ超塩基性岩(ダナイト)である。1) 偏光顕微鏡、SEM、TEMを用いた微細組織観察、2) SEM-EBSDによるオリビンの裂開面と格子選択配向(CPO)の測定、3) ラマン分光分析による蛇紋石鉱物の同定を行った。

【観察結果と考察】 観察の結果、cleavable olivineは以下の特徴を有することが明らかとなった。1) ダナイトを構成するオリビンは、 $[100]\{0kl\}$ のすべり系によって形成された強いCPOを示す。また、このすべり系によって形成されたと考えられる(100)に平行な亜結晶粒界と波動消光が顕著に発達する。以上のことから、オリビンは $[100]\{0kl\}$ のすべり系による転位クリープによって塑性変形したことが分かる。2) 裂開は、(100)に平行に発達した亜結晶粒界に沿って形成されていることが多い。亜結晶粒界は転位の配列によって形成されるため、転位の存在と裂開の形成は強く関係することが分かる。3) 裂開中にはアンチゴライトが晶出しており、ホストのオリビンの(100)とアンチゴライトの(001)はトポタキシャルな関係を持つ。この結果は、オリビンの結晶構造を利用してアンチゴライトが晶出した事示す。4) ダナイトを構成する“オリビンの粒界”には、リザーダイトが晶出している。このリザーダイトは、ホストのオリビンとはトポタキシャルな関係を持たない。また粒界には、マグネタイト、カルサイトの晶出が確認できた。以上の結果は、本試料は二段階の蛇紋岩化作用を受けていることが明らかとなった(アンチゴライト化の後にリザーダイト化が生じた)。上記した1) ~ 3) の特徴は、神居古潭帯鷹泊超苦鉄質岩体中から採取したcleavable olivineでも確認することができた。これらの観察結果から、cleavable olivineは次の様な形成過程で形成されたと結論できる。1) 上部マントルで、ダナイトを構成するオリビンが $[100]\{0kl\}$ すべり系による転位クリープによって塑性変形した。その結果、CPOが形成され、かつ(100)に平行な面上に転位が配列し亜結晶粒界が形成された。2) 亜結晶粒界を構成する転位に沿って水が拡散(パイプ拡散)し、亜結晶粒界上にホストのオリビンとトポタキシャルな関係を持つアンチゴライトが晶出した。これにより裂開が形成された。その後ダナイトが上昇し、3) 粒界にリザーダイト、マグネタイト、カルサイトが晶出した。本研究の重要な結論は、アンチゴライト化が転位に沿った水の拡散(パイプ拡散)によって進行し、その結果

としてcleavable olivineが生成される、ということである。一般的に、オリビンのアンチゴライト化は粒界（粒界拡散）やクラック面から進行する。「粒界拡散」と「パイプ拡散」を比較した場合、cleavable olivine は粒界が閉じた高圧下、すなわち粒界拡散が起こりにくい環境で形成され则认为られる。したがって、cleavable olivine の存在は、高圧下において元素拡散が主にパイプ拡散によって支配されていることを強く示唆する。

引用文献：相川 (1981) 岩石鉱物鉱床学会誌, 76, 61-67. Nozaka and Ito (2011) Journal of Mineralogical and Petrological Sciences, 106, 36-50.

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碎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碎屑岩との境界露頭を欠いているに加えて、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碎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・碎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碎屑物の供給により突如開始したが、依然として碎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碎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)

中原生代（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）がパスツール点（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、中原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超群に含まれる中原生界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.

セッション口頭発表 | T13 [トピック] 地域地質・層序学：経過と集大成

2025年9月16日(火) 9:00 ~ 12:00 口頭第6会場(E305)

[3oral601-09] T13 [トピック] 地域地質・層序学：経過と集大成

座長: 細井 淳(茨城大学理学部地球環境科学領域)、内野 隆之(産業技術総合研究所・地質調査総合センター)、金指 由維(弘前大学)、辻野 匠(産業技術総合研究所・地質調査総合センター)

9:00 ~ 9:15

[T13-O-10]

南部北上帯，氷上花崗岩類中に分布する壺の沢変成岩のジルコンU-Pb年代と形成機構

*内野 隆之¹、常盤 哲也² (1. 産総研地質調査総合センター、2. 信州大学)

9:15 ~ 9:30

[T13-O-11]

東アジア先ジュラ紀ニッポニデス造山帯の一部としての黒瀬川帯：銚子半島の三畳紀付加体の地体構造上の意義

*磯崎 行雄¹、堤 之恭²、岩本 直哉³、上田 脩郎³ (1. 東京大学大学院総合文化研究科広域システム科学宇宙地球科学教室、2. 国立科学博物館理学研究グループ、3. 銚子市教育委員会銚子ジオパーク推進協議会事務局)

9:30 ~ 9:45

[T13-O-12]

高知県物部地域上部ジュラ～下部白亜系美良布層の層序、年代および形成過程

*森野 善広¹ (1. パシフィックコンサルタンツ株式会社)

9:45 ~ 10:00

[T13-O-13]

丹沢・御坂山地の層序および衝突・付加の再検討（続報—凝灰岩層に含まれるジルコンの形成年代について—）

*西川 正¹、白井 香奈江¹、堀内 一利¹、豊田 淳子¹、千葉 達朗¹ (1. 丹沢T探究会)

10:00 ~ 10:15

[3oral601-09-5add]

休憩

◆ ハイライト講演 ◆ 学生優秀発表賞エントリー

10:15 ~ 10:30

[T13-O-14]

青森県下北半島西部，佐井地域に産する中新世火山岩類の産状とジルコンU-Pb年代

*金指 由維¹、折橋 裕二¹、竹森 瑞葉¹、岩野 英樹^{2,3}、仁木 創太⁴、佐々木 実¹、盛合 秀⁵、浅原 良浩⁴、天野 格⁶、梅田 浩司¹、平田 岳史³ (1. 弘前大学、2. (株) 京都フィッション・トラック、3. 東京大学、4. 名古屋大学、5. 三陸ジオパーク推進協議会、6. 電源開発株式会社)

10:30 ~ 10:45

[T13-O-15]

青森県下北半島東部上部中新統の地質と放射性年代

*中満 隆博¹、須藤 浩一²、三和 公³ (1. 東北電力、2. 阪神コンサルタンツ、3. 大日本ダイヤコンサルタンツ)

◆ ハイライト講演 ◆ 学生優秀発表賞エントリー

10:45 ~ 11:00

[T13-O-16]

下北半島，鮮新世～前期更新世大畑層分布域に新たに見出された複合カルデラの地質構造：産状，岩石学的特徴，およびジルコンU-Pb年代からの制約

*吉田 颯¹、折橋 裕二¹、佐々木 実¹、金指 由維¹、岩野 英樹^{2,3}、梅田 浩司¹、天野 格⁴、平田 岳史² (1. 弘前大学、2. 東京大学、3. (株) 京都フィッション・トラック、4. 電源開発株式会社)

11:00 ~ 11:15

[3oral601-09-9add]

休憩

11:15 ~ 11:30

[T13-O-17]

栃木県茂木町周辺に分布する中川層群山内層と茂木層の層序関係と年代

*細井 淳¹、小坂 日奈子¹、岩野 英樹^{2,3}、檀原 徹²、平田 岳史³ (1. 茨城大学理学部地球環境科学領域、2. 株式会社京都フィッション・トラック、3. 東京大学大学院理学系研究科附属地殻化学実験施設)

◆ ハイライト講演

11:30 ~ 12:00

[T13-O-18]

〔招待講演〕山陰東部，中新統北但層群における地域地質・層序学的基礎研究：最近10年の進展と残る課題

*羽地 俊樹¹ (1. 産業技術総合研究所 地質調査総合センター)

2025年9月16日(火) 9:00 ~ 12:00 口頭第6会場(E305)

[3oral601-09] T13 [トピック] 地域地質・層序学：経過と集大成

座長: 細井 淳(茨城大学理学部地球環境科学領域)、内野 隆之(産業技術総合研究所・地質調査総合センター)、金指 由維(弘前大学)、辻野 匠(産業技術総合研究所・地質調査総合センター)

9:00 ~ 9:15

[T13-O-10] 南部北上帯，氷上花崗岩類中に分布する壺の沢変成岩のジルコンU-Pb年代と形成機構

*内野 隆之¹、常盤 哲也² (1. 産総研地質調査総合センター、2. 信州大学)

キーワード：南部北上帯、壺の沢変成岩、氷上花崗岩類、ジルコン、U-Pb年代

壺の沢変成岩は、南部北上帯の基盤の一つである氷上花崗岩類の西側に3 x 10km幅の2つのレンズ岩体として捕獲岩状に分布している。本変成岩は、陸源性碎屑岩を原岩とする黒雲母片麻岩とミグマタイトからなる。本変成岩について、今回、地質調査によって詳細な地質図を作成し、またジルコンのU-Pb年代を測定した。その結果、壺の沢変成岩は岩体の中央部から縁辺部にかけて、片麻岩からミグマタイトに漸移していることが明らかになった。ミグマタイト中のリューコゾームは花崗岩様を呈し、氷上花崗岩類に近づくにつれその割合は増加する。したがって、氷上花崗岩類と壺の沢変成岩の境界付近では、かつて氷上花崗岩類と判定された部分も、実際は薄い片麻岩層を含むミグマタイトであるケースがしばしば認められる。

壺の沢変成岩からは、これまでも幾つか放射年代値が報告されているが、変成年代が450 ~ 180 Maとばらついている (Shibata, 1974; Suzuki and Adachi, 1991; Watanabe et al., 1995; Yokoyama et al. 2016)。壺の沢変成岩のほとんどは西側に分布する前期白亜紀花崗岩類（気仙川岩体）によって接触変成作用を被っており、若い年代値の幾つかについてはそれが影響している可能性もある。本研究では、LA-ICP-MSを用いて、接触変成作用の弱い地域の黒雲母片麻岩及びミグマタイト中の花崗岩質リューコゾームに含まれる碎屑性ジルコンのコアとリムを注意深く年代測定した。その結果、最若クラスター年代は、片麻岩は約470 Ma、リューコゾームは約440 Maという値が得られた。特に、後者の若い年代は、再成長したジルコンリムから得られている。ミグマタイト中のリューコゾームは壺の沢変成岩の原岩が部分溶融したものと考えられ、約440 Maは同変成岩の形成年代を示していると考えられる。一方、片麻岩の約470 Maは原岩に含まれる碎屑性のジルコンが堆積した年代と捉えることができる。すなわち、壺の沢変成岩は、その原岩である陸源性碎屑岩が中期オルドビス紀頃に堆積・形成され、その後、最後期オルドビス紀～最前期シルル紀に上昇してきた氷上花崗岩類によって高温型の広域変成作用を被ったと結論できる。

【引用文献】 Shibata (1974) *Geochem. J.*, 8, 193-207. Suzuki and Adachi (1991) *Geochem. J.*, 25, 357-376. Watanabe et al. (1995) *Geochem. J.*, 30, 273-280. Yokoyama et al. (2016) *Mem. Nat. Mus. Nat. Sci.*, 51, 1-24.

📅 2025年9月16日(火) 9:00 ~ 12:00 📍 口頭第6会場(E305)

[3oral601-09] T13 [トピック] 地域地質・層序学：経過と集大成

座長: 細井 淳(茨城大学理学部地球環境科学領域)、内野 隆之(産業技術総合研究所・地質調査総合センター)、金指 由維(弘前大学)、辻野 匠(産業技術総合研究所・地質調査総合センター)

9:15 ~ 9:30

[T13-O-11] 東アジア先ジュラ紀ニッポニデス造山帯の一部としての黒瀬川帯： 銚子半島の三畳紀付加体の地体構造上の意義

*磯崎 行雄¹、堤 之恭²、岩本 直哉³、上田 脩郎³ (1. 東京大学大学院総合文化研究科広域システム科学 宇宙地球科学教室、2. 国立科学博物館理科学研究グループ、3. 銚子市教育委員会銚子ジオパーク推進協議会事務局)

キーワード：黒瀬川帯、西南日本、付加体、造山帯、碎屑性ジルコン、U-Pb 年代

先ジュラ紀のプレート沈み込み型造山帯産物からなる西南日本の黒瀬川帯の分布は、九州から関東まで1000 km以上に及ぶ。その東限はこれまで関東山地東縁とされた（坂ほか, 1989; 沢田ほか, 2020）が、千葉県銚子半島には浅海相白亜系や三畳紀チャートなどの秩父帯要素に隣接して産する年代未詳の碎屑岩（愛宕山層群; 尾崎, 1959; 千坂, 1967; 高橋, 1990など）中のフズリナ化石が黒瀬川帯の特徴を持つ。この砂岩の帰属を特定するため、碎屑性ジルコンU-Pb年代を測定した結果、三畳紀前期-中期粒子の卓越と約237 Ma（同中期-後期境界頃）の最若粒子を検出した。この三畳紀砂岩のジルコン年代パターンは、四国の黒瀬川帯のペルム紀-三畳紀付加体砂岩のそれ（Hara et al., 2018など）にほぼ一致する。西南日本の秩父帯および黒瀬川帯の東西の帯状配列が、従来より150 km東方の銚子半島まで連続することが確認された。

銚子半島で一旦海中に没する黒瀬川帯の東延長は、さらに北方の東北日本まで追跡される可能性が高い。黒瀬川帯構成要素に比較可能な地質体として、東北日本の南部北上・根田茂帯の古生代弧花崗岩類、高圧変成岩、前弧堆積岩および蛇紋岩、阿武隈帯の竹貫変成岩の原岩や花崗岩類中の捕獲古生代岩石などの多様な古生代岩石群などが列挙される。さらに日本海対岸の極東ロシア沿海州のSergeevka帯の要素もよく類似する。これらの黒瀬川帯および沿海州まで追跡されるその延長部の構成岩石類は、いずれもカンブリア紀以降の古生代および三畳紀の弧-海溝系、すなわち大南中国（Greater South China）地塊の古太平洋側に発達したNipponides造山帯（Sengor & Natal'in, 1996）の産物である。中新世の日本海拡大で乱された古生代造山帯要素の初生配列を復元する上で、西南日本と東北日本の要素とが折れ曲がって接続する銚子半島で検出された黒瀬川帯要素は貴重なチェック要素である。

黒瀬川帯およびその東北方延長部の地質体は、いずれも低角度で下位に向かって若くなる極性を持つ累重ナップ構造によって特徴付けられ、プレート沈み込み型造山帯の現地性産状を残している。黒瀬川帯自体の分布幅は模式地の四国で10 km未満であるのに対して、東北日本の南部北上帯・根田茂帯また阿武隈帯の相当地質体の分布幅は約100 kmに及ぶ。ただし西南日本でも黒瀬川帯と共通の岩石を産する長門構造帯と飛騨外縁帯は各々狭長だが、黒瀬川帯と合わせた広域での分布幅はほぼ同じオーダーである。黒瀬川帯を含むNipponides造山帯の古生代・三畳紀部分は、少なくとも琉球弧西南端に近い石垣島・西表島からロシア沿海州まで南北方向に総延長3000 km以上に及び、同造山帯はユーラシア中央部の中央アジア造山帯（CAOB）やヒマラヤ造山帯に並ぶアジア内の第一級の地質構造とみなされる。その中にある

て複雑な岩石組み合わせと地質構造を持つ黒瀬川帯相当地質体はNipponides検出の良いマーカーとなる。

ちなみにCAOBは、古生代末にほぼ形成を終了した東西方向の造山帯だが、その東端部は南北配列のGSC地塊とNipponidesと接している。ロシア沿海・中国吉林省・北朝鮮国境のLaoelin-Grodekov帯、日本海中部の大和堆、そして飛騨帯と西方延長が両造山帯の接合領域にあたり、両造山帯は極東アジアでT字路交差点の形で接している。特に両者間に位置するGSCの西縁が主たる接合境界（大和構造線; Isozaki et al., 2023; 磯崎ほか, 2024）となる。日本列島内において、同構造線はGSC縁辺で形成された飛騨外縁帯およびそれより海洋側の日本のすべての帯（黒瀬川帯を含む）と、その大陸側の飛騨帯との間を画する断層（内帯中央線あるいは長門-飛騨外縁構造線と呼ばれた）は日本列島で最重要の地体構造境界である。

文献：千坂(1967) *淑徳大紀要*, **1**, 1-6; Hara et al. (2018) *J Asian Earth Sci*, **151**, 112-130; Isozaki et al. (2023) *IsArc*, **32**, e12475; 磯崎ほか (2024) *地学雑*, **133**, 195-218; 尾崎 (1959) *国科博研報*, **4**, 188-201; 坂ほか (1989) *地質雑*, **95**, 339-342; 沢田ほか (2020) *地質雑*, **126**, 551-561; Sengor & Natal'in (1996) In Yin and Harrison eds. *The tectonic evolution of Asia*, Cambridge Univ. Press, 486-640; 高橋 (1990) *千葉中央博自然研報*, **1**, 1-13.

2025年9月16日(火) 9:00 ~ 12:00 口頭第6会場(E305)

[3oral601-09] T13 [トピック] 地域地質・層序学：経過と集大成

座長: 細井 淳(茨城大学理学部地球環境科学領域)、内野 隆之(産業技術総合研究所・地質調査総合センター)、金指 由維(弘前大学)、辻野 匠(産業技術総合研究所・地質調査総合センター)

9:30 ~ 9:45

[T13-O-12] 高知県物部地域上部ジュラ～下部白亜系美良布層の層序、年代および形成過程

*森野 善広¹ (1. パシフィックコンサルタンツ株式会社)

キーワード：美良布層、鳥巢式石灰岩、ジュラ紀白亜紀境界

1. はじめに

高知県物部地域（香美市土佐山田～香北町にかけての物部川南方）に分布する美良布層（森野ほか，1989；香西ほか，2004：再定義）は，おもに砂岩，泥岩からなり礫岩や鳥巢式石灰岩を含んでいる．香西ほか（2004）では，碎屑岩（一部凝灰質）から産出した放散虫化石や二枚貝化石などをもとに，この地層の年代をOxfordian～Berriasianとしたことから，ジュラ紀白亜紀境界の地層として注目されている．一方この地層に含まれる石灰岩について，森野（1993）は，当該地域の西の川左岸側斜面上において厚さ約20mの鳥巢式石灰岩を含む碎屑岩－石灰岩層序を記載し，下位の碎屑岩層からの産出化石（植物根，汽水生・浅海生二枚貝類，巻貝類）や石灰岩の岩相やサンゴ・海綿化石などの産出から，この層序は陸域から汽水域を経て浅海域への堆積環境の変化が読み取れ，当時の海進を反映して形成されたものとした．その後近年までの調査で，この西の川流域（河床，左岸側支沢斜面）及び西側に隣接する十字谷流域より，同様の層序をもつ，あるいは同一層準と推定される石灰岩体がいくつか確認されたことから，改めて美良布層の層序を確立し，その年代と形成過程について考察する．

2. 美良布層の層序

美良布層の模式地は，香美市香北町小川の西の川沿いの河床で，層厚は約600mである．岩相より下部，中部，上部，最上部に区分し，層序と香西ほか（2004）で区分された6部層との関係を示す．

下部層：塊状泥岩主体で砂岩，礫岩を含む．礫岩は横方向に層厚が変化することからチャネル性堆積物と考えられる．香西ほか（2004）のA1,A2,A3部層に相当する．

中部層：塊状泥岩，砂岩泥岩互層が主体であるが，石灰岩を2層準挟むことが特徴である．香西ほか（2004）のB1部層に相当する．

上部層：泥岩主体（特に葉理の発達した泥岩，生物擾乱泥岩）で上位に向かって厚層のタービダイト性砂岩が重なり，その上位に砂岩，石灰岩の異地性岩体を含む．香西ほか（2004）のB2部層に相当する．

最上部層：泥岩主体で，香西ほか（2004）のC部層に相当する．

3. 美良布層の堆積環境および形成過程

美良布層はおもに泥岩，砂岩で構成される．泥岩はその堆積構造から，塊状泥岩，葉理の発達した層状泥岩，生物擾乱の発達した泥岩からなる．砂岩はタービダイト性砂岩が主体で，底面には流痕（フルートキャスト）や水平方向の生痕が認められ，平行葉理の発達する部分もある．構成岩類や堆積構造などから陸棚（外側陸棚）あるいはそれ以深の堆積環境と推定される．

一方で西の川流域の美良布層中には石灰岩を含む地層が3層準認められる．上部層のそれ

は、産状から異地性岩体とみなされる．これに対し中部層では石灰岩体が2層準認められ、いずれの岩体も下位の碎屑岩と漸移関係にあり、植物片に富む碎屑岩からは、汽水生および浅海生の二枚貝、巻貝を多産する（香西ほか，2004）．森野（1993）の碎屑岩－石灰岩層序における、碎屑岩の岩相変化は、下位より礫岩層、粘土層や炭層、植物根化石を含む砂岩層、汽水生・浅海生二枚貝・巻貝化石を含む砂質泥岩層、そして石灰岩が重なる．さらにこれまでの調査により、この層序の最下部の礫岩は塊状泥岩の上に直接重なることが観察されたことから、その堆積環境の変化は、陸棚域からの急激な海退とそれに続く海進期の陸域（河川）、汽水域そして浅海成石灰岩の形成であると推定される．このことは美良布層形成期間内に大規模な海退－海進が少なくとも2回あったものと位置づけられる．

4．美良布層の年代

香西ほか（2004）では、本層中の泥岩や酸性凝灰岩などから産出する放散虫化石から、*Kilinora spiralis* 群集帯，*Loopus primitivus* 群集帯，*Pseudodictyomitra carpatica* 群集帯の存在が確認され、下部層をOxfordian～Tithonian,中部層～上部層をBerriasianとし、その上限については最上部層の年代はValanginian後期には及ばないとしている．また、近年碎屑性ジルコンのU-Pb年代測定が行われており（Ikeda et al,2016, 長谷川ほか，2020），得られた年代についても新たに確立した層序をもとに整理する．

参考文献

- 長谷川遼ほか，2020，地学雑誌，129，397-421.
 Ikeda,T.,et al,2016, Mem. Fukui Prefectural Dinosaur Museum 15,33-84.
 香西武ほか，2004，大阪微化石研究会誌，no.13，149－165．
 森野善広，1993，地質雑，99，173－183．
 森野善広ほか，1989，高知大学学術研究報告，38，73－83．

2025年9月16日(火) 9:00 ~ 12:00 口頭第6会場(E305)

[3oral601-09] T13 [トピック] 地域地質・層序学：経過と集大成

座長: 細井 淳(茨城大学理学部地球環境科学領域)、内野 隆之(産業技術総合研究所・地質調査総合センター)、金指 由維(弘前大学)、辻野 匠(産業技術総合研究所・地質調査総合センター)

9:45 ~ 10:00

[T13-O-13] 丹沢・御坂山地の層序および衝突・付加の再検討（続報—凝灰岩層に含まれるジルコンの形成年代について—）

*西川 正¹、白井 香奈江¹、堀内 一利¹、豊田 淳子¹、千葉 達朗¹ (1. 丹沢T探究会)

キーワード：丹沢層群、御坂層群、凝灰岩、ジルコン、U-Pb年代

南部フォッサマグナ地域は本州弧と伊豆—小笠原弧の衝突帯であり、フィリピン海プレートの北上に伴い、同プレート上の伊豆—小笠原弧を構成していた巨摩、御坂、丹沢、伊豆地塊が本州弧に衝突・付加した過程を陸上で観察される貴重な場と考えられている。その衝突・付加過程にはいくつかのモデルが提唱されており、そのうち代表的なものとして、天野（1986）、Amano(1991)における各地塊の多重衝突説やそれに懐疑的な松田（1989）などがある。

筆者らは長年、主に丹沢山地の層序や構造解析を目的として、丹沢層群に含まれる凝灰岩層を鍵層に調査を行ってきた。（水上ほか，1991；西川ほか，2016）

今回、丹沢層群中の珪長質凝灰岩層のほか、隣接する御坂層群中の珪長質凝灰岩層についても露頭調査や記載のほか、内部に含まれるジルコン結晶のU-Pb年代測定を行ったので、その報告と既知の年代測定結果や地質報告と比較し、同地域の地質史の一部の考察を行う。

本要旨では、現在測定を進めている凝灰岩層中のジルコン結晶のU-Pb年代について判明している内容を取りまとめる。

凝灰岩層および溶岩でジルコンを検出し、U-Pb年代の結果を得た。今回、調査した御坂層群中のうち、大石凝灰岩層で約14Ma、白滝粗粒凝灰岩層で約13Maの値を得た。従来の研究においても、約15-11Maにおいて御坂地域の背弧拡大活動によりバイモーダルな火山活動が生じた（和平凝灰岩等）とされ、その値と調和的である。

丹沢層群については、丹沢地塊がプレート境界に接近時に形成されたと考えるトラフ充填堆積物に、地質層序的に近接すると推測される猿橋凝灰岩層で 7.33 ± 0.24 Ma（西川ほか，2016；白井，2017）、東部寺家層中の凝灰岩ではジルコンのフィッシュトラック年代から 7.46 ± 0.51 Ma（水上ほか，1991）が認められており、丹沢地域北部においては8-7Ma頃には本州弧近隣に存在したと考えられる。

なお、丹沢地域には、本州弧への衝突に伴う引張場に複数のハーフグラabenが発達したことが認められ、その一つの堆積物である長者舎累層は、従来から周囲の地層より若い層準とされてきた。今回、同累層中に堆積構造から水中火砕流と考えられる凝灰岩溶岩層が発見され、ジルコンが認められたことからU-Pb年代を測定したところ、年代決定粒子数は少ないものの約5Maの値が認められた。この値は同地域に分布するトータル岩の年代の範囲でもあり、従来、丹沢地域におけるトータル岩に近い火山岩年代は地蔵平併入岩体など限られていたが、地表に噴出した火山岩からも認められた。

一方で、ジルコンによるU-Pb年代は30-2000Maの外来性ジルコンが含まれる。今回の結果では、①凝灰岩の噴出年代のピークとより幅広い年代の古いジルコンが散在する、②噴出中心に近いほど、分析結果が噴出年代に集中し、遠方に行くほど①に近似する、③噴出年代と古い年代二つにピークが集中する、④噴出年代と古い年代がそれほど散在しない、の4タイ

プに分かれた。これらのことから、衝突前後の堆積場・後背地および火山活動についての過程を検討した。

本講演では、これらの結果や地質調査の情報をまとめて発表を行う。

[参考文献]

天野一男, 1986. 多重衝突帯としての南部フォッサマグナ, 月刊地球, 8 (10) , 581-585.

Amano.K, 1991. Multiple collision tectonics of the South Fossa Magna in Central Japan. Modern Geol., 15, 315-329.

西川正・堀内一利・千葉達朗・豊田淳子・水上香奈江・下村庸三・水谷のぞみ, 2016. 丹沢山地全体の層序および衝突・付加の再検討, 日本地質学会第123年学術大会, R5-P13.

松田時彦, 1989. 南部フォッサマグナ多重衝突説の吟味. 月刊地球, 11(9), 522-525. 水上香奈江・木沢庸三・水谷のぞみ, 1991. 丹沢山地東部の中新世凝灰岩のK-Ar及びFT年代. 地質雑, 97, 931-934.

白井（水上）香奈江, 2017. 鍵層酸性凝灰岩年代による丹沢衝突史の考察. フィッショントラックニュースレター, 28, 14-16.

📅 2025年9月16日(火) 9:00 ~ 12:00 🏢 口頭第6会場(E305)

[3oral601-09] T13 [トピック] 地域地質・層序学：経過と集大成

座長: 細井 淳(茨城大学理学部地球環境科学領域)、内野 隆之(産業技術総合研究所・地質調査総合センター)、金指 由維(弘前大学)、辻野 匠(産業技術総合研究所・地質調査総合センター)

◆ ハイライト講演 ◆ 学生優秀発表賞エントリー

10:15 ~ 10:30

[T13-O-14] 青森県下北半島西部，佐井地域に産する中新世火山岩類の産状とジルコンU-Pb年代

*金指 由維¹、折橋 裕二¹、竹森 瑞葉¹、岩野 英樹^{2,3}、仁木 創太⁴、佐々木 実¹、盛合 秀⁵、浅原 良浩⁴、天野 格⁶、梅田 浩司¹、平田 岳史³ (1. 弘前大学、2. (株) 京都フィッシュン・トラック、3. 東京大学、4. 名古屋大学、5. 三陸ジオパーク推進協議会、6. 電源開発株式会社)

【**ハイライト講演**】 東北日本の中期中新世は引張場と圧縮場が共存したリフト・ポストリフト遷移期であり、背弧海盆火山活動から島弧火山活動へ移行した時期でもある。この研究では佐井地域の地質踏査にもとづく地質図をベースに、火山岩の年代測定・全岩化学分析結果に基づいて引張テクトニクスの継続時期やマグマ成因について議論する。 [※ハイライト講演とは...](#)

キーワード：下北半島、中新世、金八沢層、桧川層、U-Pb年代、水中火山岩類

はじめに 青森県は中部～上部中新統がほぼ連続的に産し、火山岩・火砕岩を伴うことから、日本海拡大以降の火山フロントにおけるマグマ変遷を考える上で最も適した地域である（例えば、周藤ほか，1988）。本研究では下北半島西部，佐井地域において地質踏査を行い，新たに地質図を作成した。また，同域に産する流紋岩質火山岩類，貫入岩についてジルコンU-Pb年代測定および全岩化学組成分析を行い年代層序の再検討を行った。

地質概要 下北半島西部の中新統は西岸域中央部に産する先第三系長浜層を取り囲むように分布し，その北部と南部の層序区分について見解が異なっていた（上村，1962；1975；箕浦ほか，1998）。その後，伝法谷ほか（1998）や河野ほか（1998）は放射年代値を加えた中新統の年代層序の再検討を行い，北部の佐井層（上村，1962）とされた中新統を南部の金八沢層と桧川層（上村，1975）にまとめ，下位から金八沢層（Kp）・桧川層（Hg）・大間層（Om）および易国間層（Ik）に区分した。また，Kp・Omは頁岩・泥岩主体で流紋岩質火山岩・火砕岩主体のHgと安山岩質火山岩・火砕岩主体のIkがこれらと指交あるいは漸移関係にあることから，中新統は頁岩・泥岩の堆積場に流紋岩質—安山岩質火山岩・火砕岩の順に堆積したと考えた（伝法谷ほか，1998）。しかしながら，Kp上部は玄武岩質溶岩および玄武岩質貫入岩が卓越しており（例えば，上村，1975），同域の中新世における火山岩類は玄武岩質—流紋岩質—安山岩質へと変化する。この火山岩類について，テクトニクスの変遷と合わせたマグマ成因の構築はこれまで行われていない。また，Kp・Hgの凝灰岩について約20～15 Maの既報FT年代（伝法谷ほか，1998）があるが，最近，南部のHg中流紋岩質溶岩から有意に若い13.3 MaのジルコンU-Pb年代が報告された（盛合ほか，2024）。このことから，北部のHgについても年代層序の再検討が必要である。

結果と考察 佐井地域におけるHgは北西-南東に流れる古佐井川流域より以北約6 km²の陥没構造内に分布し，全体的に南西に緩傾斜している。下位のKpとは古佐井川流域を境に高角度不整合または正断層関係で接しており，分布域北東部では不整合の関係にある。分布域北西部では上位のIkに不整合に覆われている。Hgの産状は大部分が流紋岩質水中火山岩類からなり，稀に薄層の酸性凝灰岩を狭有する。流紋岩質ハイアロクラスタイトから13.318±0.072

Ma (2 σ) のU-Pb年代値が得られ、盛合ほか (2024) が報告した南部HgのU-Pb年代と不確かさの範囲で一致した。Kpの産状は上村 (1975) のいう南部の同層上部の産状と類似しており、玄武岩質の溶岩および貫入岩が卓越し、局所的に珪質泥岩が産する。また、本研究では佐井漁港南東部において珪質泥岩の上位に流紋岩質溶岩が産することを新たに見出し、 14.63 ± 0.15 Ma (2 σ) のジルコンU-Pb年代値を得た。本研究で作成した地質図において同流紋岩質溶岩はKp上部に属することから、これがKpの堆積年代の上限を示すと考えられる。Hg, Kp両層には斑晶鉱物組み合わせや斑晶量の異なる流紋岩質貫入岩脈が多数貫入しており、Hgでは玄武岩質貫入岩を伴わない。流紋岩質貫入岩は岩石学的特徴から磯谷型と願掛岩型に大別され、それぞれから 13.440 ± 0.087 Ma (2 σ) , 11.635 ± 0.082 Ma (2 σ) のU-Pb年代値を得た。このことから流紋岩質貫入岩はHgの火成活動期の他に少なくとももう1つの活動期があったことが示唆される。

東北日本の中期中新世は引張場と圧縮場が共存したリフト・ポストリフト遷移期であり (中嶋, 2018) , この時期の火成活動は背弧海盆火山活動から島弧火山活動へ移行したとされる (例えば, 吉田ほか, 2020) 。佐井地域における中期中新世のテクトニクスは、本研究で得られた堆積構造や層序から少なくともHgの火成活動期まで引張場に置かれ、北西-南東方向の正断層を境に北東-南西方向伸張のハーフグラabenが形成されたと考えられる。

本講演では更なる全岩化学組成データを加え、上述したテクトニクスの変遷に伴うマグマ成因についても考察する予定である。

引用文献 伝法谷ほか,1998,日本地質学会第**105**年学術大会講演要旨/河野ほか,1998,日本地質学会第**105**年学術大会講演要旨/箕浦ほか,1998,青森県の地質/盛合ほか,2024,地質雑, **130**,169-187./中嶋,2018,地質雑, **124**,693-722./周藤ほか,1988,地質雑, **94**,155-172./上村,1962,5万分の1図幅 佐井/上村1975,5万分の1図幅 陸奥川内/吉田ほか,2020,地学雑, **129**,529-563.

📅 2025年9月16日(火) 9:00 ~ 12:00 🏢 口頭第6会場(E305)

[3oral601-09] T13 [トピック] 地域地質・層序学：経過と集大成

座長: 細井 淳(茨城大学理学部地球環境科学領域)、内野 隆之(産業技術総合研究所・地質調査総合センター)、金指 由維(弘前大学)、辻野 匠(産業技術総合研究所・地質調査総合センター)

10:30 ~ 10:45

[T13-O-15] 青森県下北半島東部上部中新統の地質と放射性年代

*中満 隆博¹、須藤 浩一²、三和 公³ (1. 東北電力、2. 阪神コンサルタンツ、3. 大日本ダイヤコンサルタント)

キーワード：中新世、下北半島、K-Ar年代測定、FT年代測定

1. はじめに

青森県下北半島周辺には原子力関連施設が点在し、事業者が地質調査を行っている。このうち、下北半島東部において、中部中新統～上部中新統最下部の蒲野沢層を不整合に覆い、上部鮮新統～下部更新統の砂子又層（浜田層：工藤ほか, 2021）に不整合で覆われる地層の存在が認識されている。この地層の下部および中部において *Rouxia californica* 帯の下半部（7.6～6.8Ma；Yanagisawa・Akiba, 1998）の珪藻化石群集が産出することが報告されており、事業者は目名層と仮称している（東京電力, 2010など）。本稿では目名層の堆積年代データを拡充する目的で放射性年代測定を行ったことからその結果について報告する。

2. 調査地および地質概要

調査地は、目名層が広く分布する青森県下北郡東通村目名周辺とし、目名層の最下部から最上部まで比較的良く露出する目名川ルートおよび目名川南林道ルートにおいて、地層観察および試料採取を行った。目名層は、最下部・中部・上部・最上部に厚い火山砕屑岩やその再堆積物（以下、厚い火砕岩類という）を含み、それらの間にはシルト質細粒砂岩、細粒～中粒砂岩、泥岩、薄い火山砕屑岩が分布し、生物擾乱や生痕化石が認められる。年代測定用の試料は、厚い火砕岩類から採取した（6試料）。年代測定用の試料は、下位の蒲野沢層および上位の砂子又層（浜田層）の「軽石凝灰岩」からも採取した（蒲野沢層2試料、砂子又層（浜田層）1試料）。

3. 年代測定

火砕岩類に含まれるジルコン粒子を対象に、フィッシュン・トラック（FT）法およびウラン-鉛（U-Pb）法によるダブル年代測定を実施した。年代測定は、(株)京都フィッシュン・トラックに依頼し、同位体濃度の測定にはレーザーアブレーションICP質量分析装置を用いた。年代測定の結果を以下に示す。蒲野沢層の最上部からは、 9.5 ± 0.7 Ma (FT; 1σ) および 9.4 ± 0.1 Ma (U-Pb; 2σ) が得られ、誤差 1σ の範囲で一致しており、その堆積年代は約9.4Maと考えられる。目名層の最下部からは、 6.4 ± 0.6 Ma (FT; 1σ) および 7.7 ± 0.1 Ma (U-Pb; 2σ) が得られ、両年代値は誤差 2σ で考えると7.6Maで重なり、その堆積年代は約7.6Maと考えられる。この年代値は珪藻化石分析結果と矛盾しない。最下部の最上位からは、 5.7 ± 0.5 Ma (FT; 1σ) および 7.3 ± 0.1 Ma (U-Pb; 2σ) が得られ、誤差 2σ の範囲で重ならないが、上下の層準から *R. californica* 帯の下半部（7.6～6.8Ma）に対比される珪藻化石群集が報告されており、U-Pb年代が妥当と考えられる。目名層の中部からは、 6.0 ± 1.2 Ma (FT; 1σ) および 8.5 ± 0.4 Ma (U-Pb; 2σ) が得られ、両年代値は誤差 2σ で考えると8.4～8.1Maで重なるが、下位層準で得られた年代値よりも古く、珪藻化石分析結果とも矛盾する。一方、工藤(2020)は、北方の石上山地域に露出している同一層準から、 7.3 ± 0.9 Ma (FT年代; 1σ) および 7.5 ± 0.2 Ma (U-Pb; 2σ) の年代値を報告しており、これらは誤差 1σ の範囲で一致し

ており、下位層準の年代を考慮すると、その堆積年代は約7.3Maと考えられる。目名層の上部からは、 10.4 ± 1.4 Ma (FT; 1 σ) および 6.8 ± 0.3 Ma (U-Pb; 2 σ) が得られ、誤差2 σ の範囲で重ならないが、下位層準の年代を考慮するとU-Pb年代が妥当であり、後述の上位層準の年代を考慮すると、その堆積年代は約7.1Maと考えられる。目名層の最上部からは、 6.6 ± 1.8 Ma (FT; 1 σ) および 7.3 ± 0.3 Ma (U-Pb; 2 σ) が得られ、誤差1 σ の範囲で一致しており、下位層準の年代を考慮すると、その堆積年代は約7.0Maと考えられる。砂子又層（浜田層）下部の軽石凝灰岩からは、 3.3 ± 0.5 Ma (FT; 1 σ) および 3.1 ± 0.1 Ma (U-Pb; 2 σ) が得られ、誤差1 σ の範囲で一致しており、その堆積年代は約3.1Maと考えられる。

4. まとめ

既往の珪藻化石分析結果と今回の年代測定結果から、目名層の堆積年代は約7.6～7.0Maと判断される。下位の蒲野沢層との間には200万年程度、上位の砂子又層（浜田層）との間には400万年程度の時間間隙があり、地表踏査で認識されていた不整合関係がより明確なものとなった。

[引用文献]

工藤 崇 (2020) 20万分の1「野辺地」地域に分布する中新統のジルコンU-Pb及びフィッシュョントラック年代. 地質調査研究報告, 71, 481-507.

Yanagisawa, Y. and Akiba, F. (1998) Refined Neogene diatom biostratigraphy for the northwest Pacific around Japan, with an introduction of code numbers for selected diatom biohorizons. Jour. Geol.Soc. Japan, 104, 395-414.

東京電力株式会社 (2010) : 東通原子力発電所原子炉設置許可申請書

セッション口頭発表 | T13 [トピック] 地域地質・層序学：経過と集大成

2025年9月16日(火) 9:00 ~ 12:00 口頭第6会場(E305)

[3oral601-09] T13 [トピック] 地域地質・層序学：経過と集大成

座長: 細井 淳(茨城大学理学部地球環境科学領域)、内野 隆之(産業技術総合研究所・地質調査総合センター)、金指 由維(弘前大学)、辻野 匠(産業技術総合研究所・地質調査総合センター)

◆ ハイライト講演 ◆ 学生優秀発表賞エントリー

10:45 ~ 11:00

[T13-O-16] 下北半島，鮮新世～前期更新世大畑層分布域に新たに見出された複合カルデラの地質構造：産状，岩石学的特徴，およびジルコンU-Pb年代からの制約

*吉田 颯¹、折橋 裕二¹、佐々木 実¹、金指 由維¹、岩野 英樹^{2,3}、梅田 浩司¹、天野 格⁴、平田 岳史²
(1. 弘前大学、2. 東京大学、3. (株) 京都フィッシュン・トラック、4. 電源開発株式会社)

【**ハイライト講演**】 東北日本弧は島弧火山活動期（13.5 Ma以降）のカルデラの宝庫である．この研究は下北カルデラ群を例に地質踏査による産状観察，岩石学的記載・年代測定にもとづいて，複合カルデラの複雑な層序関係の実態・形成史を明らかにするものである [※ハイライト講演とは...](#)

キーワード：新第三系、下北半島、薬研、大畑カルデラ、複合カルデラ、軽石凝灰岩

東北日本弧には島弧火山活動期（13.5 Ma以降）に多数のカルデラ群が形成され（吉田ほか，2020），青森県下北半島では鮮新世～前期更新世にかけて5つのカルデラからなる下北カルデラ群が形成された（盛合ほか，印刷中）．その中で薬研地域には根本・箕浦（1999）により鮮新世の大畑カルデラが想定されており，周辺域にはカルデラ噴出物とされる大畑層（OH）（上村・斉藤，1957；上村，1962）が分布している．河野ほか（1998）と伝法谷ほか（1998）は岩相の類似性と得られた放射年代の結果から，OH下位の薬研層（YA）の一部と上位の小目名沢デイサイト（KD）をOHに一括することを提案した（以下，再定義されたものをOH，以前のものを旧OHと表記）（図1）．しかしOHから得られた放射年代値は約5～2 Maと年代幅を持ち，また全域を網羅する詳細な産状記載はまだ行われていない．そこで，本研究では大畑カルデラの地質構造とOHの産状について再検討することを目的とし，大畑～奥薬研地域において地質踏査を行うとともに，採取した火砕岩のジルコンU-Pb年代測定を行った．YA最下部は柱状節理が発達した強溶結のデイサイト質溶結凝灰岩から構成され，その上位を緑色に変質した軽石凝灰岩が覆う．さらに上位にはデイサイト質凝灰岩～溶岩が覆っている．またYAとされるデイサイト溶岩のうち，赤滝周辺と三太郎川下流に産するものは2.2～1.9 MaのK-Ar年代の報告があり（電源開発，2019），大西股沢に産するデイサイト溶岩はYAとされる軽石凝灰岩を覆う．旧OHは乳白色の軽石凝灰岩を主体とし，稀にシルト質～粗粒凝灰岩からなる．大畑川上流，長次郎沢の軽石凝灰岩最下部では黒色ガラス化し冷却クラックが発達した産状が見られ，ゴネ沢の最下部では軽石凝灰岩が基底礫層を挟んで下位の易国間安山岩類を不整合に覆う．葉色沢では平行ラミナが発達した軽石凝灰岩が主体であるが，その上部には最大2 mの巨大軽石の濃集層が見られる．KDは大畑川下流の小目名周辺に産し，主に溶結凝灰岩からなる．本研究では新たにKDから 3.24 ± 0.08 Ma，旧OHから 3.05 ± 0.11 Maと 3.01 ± 0.18 MaのジルコンU-Pb年代値を得た．KDと旧OHの分布域と本放射年代の結果から旧OHはKDにアバットしていると考えられる．本研究による産状記載からも旧OHの一部は浅水域に流入・堆積したことが示唆され，戸田ほか（2011）が報告したように既に形成されていた陥没構造に旧OHが充填したと考えられ

る．このことは旧OH噴出時には大畑カルデラが形成されていたことになり，新たに旧OHの供給源を見出す必要がある．前述のようにKDは溶結凝灰岩からなり，大畑川左岸では旧OHのラミナが発達した軽石凝灰岩が見られ，その最下部は基底礫層からなる．このことから，小目名地域はKD噴出時（約3.2 Ma）に陸化しており，旧OH噴出時（3.2～2.6 Ma）には少なくとも大畑川左岸が陥没し水面下にあったことになる．広島ほか（1998）による重力異常図では大畑川に沿って東北東－西南西伸長の楕円状を呈する負の重力異常が見られることから，同地域には直径約9 kmの陥没カルデラ（新称：小目名カルデラ）の存在が示唆される（図2a）．大畑川左岸には巨大軽石濃集層が堆積していることから，旧OHの供給源は小目名カルデラ付近と考えられる．

本研究と先行研究（例えば，梅田・檀原，2008）の結果をまとめると，YA是最下部に溶結凝灰岩を伴う緑色の軽石凝灰岩からなり，噴出年代は4.8～3.6 Maである．これに対し旧OHは乳白色の軽石凝灰岩主体で噴出年代はKDを含めて3.4～2.6 Maである．このことから，YAは大畑カルデラ起源，旧OHとKDは小目名カルデラ起源と考えられ，本研究ではOHを4.8～3.6 Maの薬研部層と3.4～2.6 Maの小目名部層に区分することを新たに提案する（図2b）．上述した産状から，大畑カルデラの活動期には陸域であったが，小目名カルデラの活動期には大畑川左岸が陥没し大畑カルデラ西部では湖水域となっていたと考えられる．約2 Maには小規模なデイサイト溶岩が後カルデラ期噴出物として流出した．

引用文献：伝法谷ほか（1998）日本地質学会学術大会講演要旨，電源開発株式会社

（2019）大間原発 敷地の地質・地質構造，広島ほか（1989）青森県域重力異常図，河野ほか（1998）日本地質学会学術大会講演要旨，小林・水上（2012）日本第四紀学会講演要旨集，根本・箕浦（1999）月刊地球，盛合ほか（印刷中）地質雑，戸田ほか（2011）日本地質学会学術大会合同学術大会講演要旨，上村（1962）図幅，上村・斉藤（1957）図幅，梅田・檀原（2008）岩石鉱物科学，吉田ほか（2020）地学雑誌

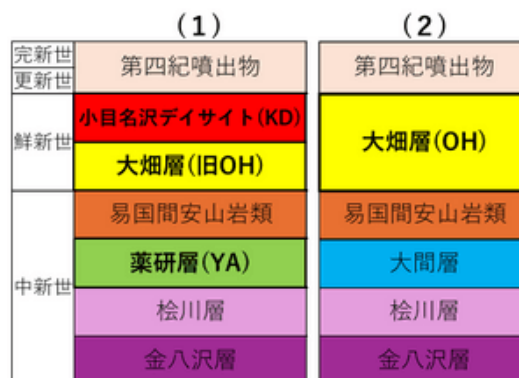


図1 下北半島西部における新第三系の年代層序

(1) 上村・斉藤 (1957)；上村 (1962) を一部改変，(2) 伝法谷ほか (1998) を簡略化

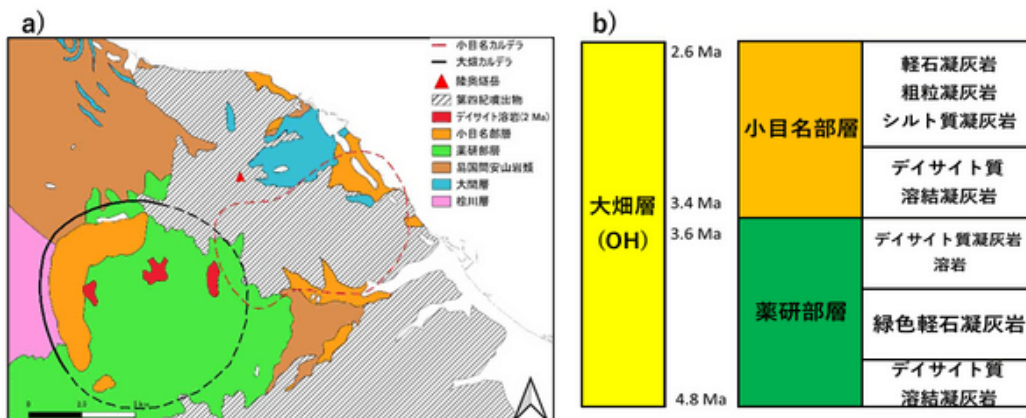


図2 a) 推定される複合カルデラと地質分布図，b) 新たに定義した大畑層の年代層序図

セッション口頭発表 | T13 [トピック] 地域地質・層序学：経過と集大成

2025年9月16日(火) 9:00 ~ 12:00 口頭第6会場(E305)

[T13-O-09] T13 [トピック] 地域地質・層序学：経過と集大成

座長: 細井 淳(茨城大学理学部地球環境科学領域)、内野 隆之(産業技術総合研究所・地質調査総合センター)、金指 由維(弘前大学)、辻野 匠(産業技術総合研究所・地質調査総合センター)

11:15 ~ 11:30

[T13-O-17] 栃木県茂木町周辺に分布する中川層群山内層と茂木層の層序関係と年代

*細井 淳¹、小坂 日奈子¹、岩野 英樹^{2,3}、檀原 徹²、平田 岳史³ (1. 茨城大学理学部地球環境科学領域、2. 株式会社京都フィッシュン・トラック、3. 東京大学大学院理学系研究科附属地殻化学実験施設)

キーワード：中新世、U-Pb、ジルコン、棚倉断層帯、日本海拡大

栃木県茂木町周辺に分布する中川層群山内層と茂木層については、その層序関係と年代が明確になっていない。しかし、両層の年代層序の解明は栃木～茨城県にかけての前弧側地域における日本海拡大時のテクトニクス議論に重要なデータとなる。本研究では野外地質調査及びジルコンU-Pb年代測定によって、山内層と茂木層の境界年代とその層序関係について検討した。野外地質調査の結果からは、山内層と茂木層は時間ギャップがないことが考えられた。また、茂木層下部の珪長質火山砕屑岩から約17 MaのジルコンU-Pb年代値が得られた。これらの結果から、山内層と茂木層の境界に地質学的な時間ギャップはほとんど無いものと考えられ、その境界年代は17 Ma頃であったと考えられる。茂木層の珪長質火山砕屑岩の年代は、調査地東方の棚倉断層帯沿いに分布する珪長質火山砕屑岩と一致する。両者が同一起源ならば、17 Ma頃に棚倉断層帯西側の足尾帯分布地域で大規模な珪長質火山活動が生じた可能性を示唆する。

2025年9月16日(火) 9:00 ~ 12:00 口頭第6会場(E305)

[3oral601-09] T13 [トピック] 地域地質・層序学：経過と集大成

座長: 細井 淳(茨城大学理学部地球環境科学領域)、内野 隆之(産業技術総合研究所・地質調査総合センター)、金指 由維(弘前大学)、辻野 匠(産業技術総合研究所・地質調査総合センター)

◆ ハイライト講演

11:30 ~ 12:00

[T13-O-18] [招待講演] 山陰東部，中新統北但層群における地域地質・層序学的基礎研究：最近10年の進展と残る課題

*羽地 俊樹¹ (1. 産業技術総合研究所 地質調査総合センター)

【ハイライト講演】 山陰地域は前世紀後半以降，研究の進展が乏しい典型的な日本のフィールド事情を示す地域である．羽地氏は同地域において約10年間にわたり稠密な野外調査を実施し，小地域の研究成果を着実に積み重ねるとともに，それらの成果を基に前世紀末に提示された堆積盆発達史の精緻化を目指している．本講演では，今後のフィールド研究のモデルとなることを期待し，羽地氏の山陰地域における研究事例を紹介いただく．※ハイライト講演とは...

キーワード：堆積盆発達史、地質図作成、日本海拡大、テクトニクス、鳥取層群

本発表では，山陰東部（鳥取県東部～兵庫県北部）に分布する中新統北但層群において，発表者がこれまで約10年間実施してきた地域地質・層序学的研究事例の紹介と残る課題の整理を行う。

北但層群は，1960年頃に層序の全体像が提案され，1990年頃に日本海拡大時のグラーベン埋積層とみなされた地質体である．この層序と構造発達史は長らく踏襲されてきたが，いずれも広域概要を示したもので，岩相層序と地質構造の詳細は未解明であった．2000年頃以降，日本海周辺の中新統堆積盆では年代測定や構造解析，古地磁気測定などの研究が実施され，日本海拡大のテクトニクス論に一定の進展があった．しかし北但層群では，基礎的な地質情報の理解が遅れているために発展的研究はほとんど行われていなかった。

北但層群の理解に向けて，発表者は地質図作成を主とした研究を展開してきた．研究地域は同層群の分布域南部及び西部である．これまでの主要な成果として，岩相層序の整理・堆積年代の制約・堆積盆縁辺部の構造把握・応力史の見直しが挙げられる。

岩相層序の整理では，北但層群と区別されていた鳥取層群を北但層群の基本層序に組み込んだ。

堆積年代の制約では，ジルコン年代測定により岩相層序に強い年代制約を与えた．既存研究の見解と比べ，各層の堆積年代が100万年程度古いことと，堆積盆北部と南部における海進時期に数10万年の差があることが明らかとなった．鮮新統と考えられていた陸成層が中部中新統と判明した例もある。

堆積盆縁辺部の構造把握では，主要な碎屑岩分布域の縁辺に正断層が実在し，一部が堆積同時性断層であることを示した．断層の卓越方向や傾斜方向には地域的な傾向が認められ，一連のグラーベンを構成していた可能性が高い．一方で，既存研究で断層関係と想定された境界が不整合関係と判明した例もあり，従来の堆積盆発達史論の危うさが指摘された。

応力史の見直しでは，詳細な露頭調査と3次元応力解析法の導入により応力史が改められた．北但層群の岩脈は日本海拡大に関連した引張応力場とその後の圧縮場を示すとされていたが，これが支持されないことを示した。

残る課題のうち堆積盆発達史の鍵を握るのは，北但層群北部の層序と地質構造である．こ

れもまた緻密な地域地質・層序学的研究を実施する他なく労力のかかる課題であるが、これ
がなされれば堆積盆の形成及び埋積過程の全容が明らかになり，発展的研究の礎となると期
待される。

セッション口頭発表 | G. ジェネラルセッション

■ 2025年9月16日(火) 10:00 ~ 11:30 ■ 口頭第7会場(E301)

[3oral701-06] G. ジェネラルサブセッション海洋地質6

座長:松崎 賢史(東京大学 大気海洋研究所)、三澤 文慶(産業技術総合研究所)

10:00 ~ 10:15

[G-O-32]

古環境指標としての磁性細菌起源マグネタイト

*山崎 俊嗣^{1,2} (1. 東京大学大気海洋研究所、2. 高知大学海洋コア国際研究所)

10:15 ~ 10:30

[G-O-33]

海域を震源とする地震イベント直後の海域調査はなぜ重要なのか？

*池原 研^{1,2,3}、佐川 拓也⁴、ジェンキンス ロバート⁴ (1. 産業技術総合研究所、2. 国立科学博物館、3. 静岡大学、4. 金沢大学)

10:30 ~ 10:45

[G-O-34]

「しんかい6500」による黒島海丘の地質学的成果とその意義—黒島海丘は泥火山か？

*川村 喜一郎¹、川口 昂大¹、堤 桃子¹、三澤 文慶²、浅田 美穂²、高井 研³ (1. 山口大学、2. 産業技術総合研究所、3. 海洋研究開発機構)

10:45 ~ 11:00

[G-O-35]

海洋天然水素ポテンシャルの考察 —東北沖アウターライズの例—

*倉本 真一¹ (1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構)

◆ 学生優秀発表賞エントリー

11:00 ~ 11:15

[G-O-36]

千島海溝アウターライズにおける底層流と地形効果によって形成されたコンターライト・ドリフト

*池田 尚史¹、川村 喜一郎¹ (1. 山口大学大学院創成科学研究科)

11:15 ~ 11:30

[G-O-37]

駿河湾奥部富士川—田子の浦沖にかけての海底地形・地質特徴

*新井 仁菜¹、佐藤 悠介²、柴尾 創士¹、山本 玄珠⁵、石塚 治³、岡村 聡⁴、横山 由香⁵、平 朝彦⁵、坂本 泉⁵ (1. 東海大学大学院海洋学研究科、2. 株式会社マリン・ワーク・ジャパン、3. 国立研究開発法人産業技術総合研究所、4. 北海道土質試験協同組合、5. 東海大学海洋学部)

セッション口頭発表 | G. ジェネラルセッション

📅 2025年9月16日(火) 10:00 ~ 11:30 🏢 口頭第7会場(E301)

[3oral701-06] G. ジェネラルサブセッション海洋地質6

座長:松崎 賢史(東京大学 大気海洋研究所)、三澤 文慶(産業技術総合研究所)

10:00 ~ 10:15

[G-O-32] 古環境指標としての磁性細菌起源マグネタイト*山崎 俊嗣^{1,2} (1. 東京大学大気海洋研究所、2. 高知大学海洋コア国際研究所)

キーワード：磁石化石、海底堆積物、岩石磁気学

海底堆積物中に磁性細菌起源のマグネタイト(magnetofossil)が存在することは、1980年代から知られていたが、2000年代以降の岩石磁気学の進歩により、海底堆積物中のmagnetofossilを（半）定量することが可能となり、主要な磁性鉱物成分の一つであることが明らかとなった。Magnetofossilは特徴的な粒径と形態を持つ。粒径は岩石磁気学上の単磁区サイズ（~100 nm）であり、形態としては正八面体状、六角柱状、涙滴状が知られている。磁性細菌の生態学的研究からは、堆積物中の鉄還元境界付近が好適な生息環境であるとされ、鉄還元境界付近に留まるために地磁気伏角を利用しているのではないかと推定されている。古環境研究への応用としては、まず、magnetofossilの量が生物生産性の指標となる可能性が指摘された。また、magnetofossilの形態に関する研究からは、涙滴状形態のマグネタイトを形成する磁性細菌は鉄還元境界付近に多く生息しているであろうことが結論された。これは、微生物生態学的な考え方と調和的である。一方、正八面体状のmagnetofossilは、酸化環境、例えば鉄還元境界の存在しない赤色粘土や堆積物最表層の酸化層にも大量に含まれている。このことは、生態学的な考え方を必ずしも支持しない一方、海底堆積物中のmagnetofossilの形態が、堆積物の過去の酸化還元状態を知る手がかりとなる可能性を示していて、そのような応用研究が報告されるようになった。さらに、PETMのmagnetofossil記録から、同じ形態のmagnetofossilであっても酸化還元状態の微妙な違いにより粒径がわずかに変化していることが報告されている。これが正しければ、magnetofossilが底層水溶存酸素量の指標となり得ることになる。本講演では、このようなmagnetofossilの古環境指標に関する研究の最近の進歩を紹介する。

セッション口頭発表 | G. ジェネラルセッション

📅 2025年9月16日(火) 10:00 ~ 11:30 🏢 口頭第7会場(E301)

[3oral701-06] G. ジェネラルサブセッション海洋地質6

座長:松崎 賢史(東京大学 大気海洋研究所)、三澤 文慶(産業技術総合研究所)

10:15 ~ 10:30

[G-O-33] 海域を震源とする地震イベント直後の海域調査はなぜ重要なのか？

*池原 研^{1,2,3}、佐川 拓也⁴、ジェンキンス ロバート⁴ (1. 産業技術総合研究所、2. 国立科学博物館、3. 静岡大学、4. 金沢大学)

キーワード：地震、イベント堆積物、保存ポテンシャル、堆積プロセス、古地震

海域を震源とする大地震の際には、しばしばイベント堆積物と呼ばれる通常時とは異なる粒度・粒子組成、堆積構造を持つ堆積物が海底に形成され、その一部は地層として保存されるので、過去の大地震発生の証拠として使われる。このため近年では、大地震後に海底堆積物として残された地震の痕跡を調べるための調査航海が行われることも多い。このような海底堆積物の調査は緊急に行われるがゆえに、さまざまな制約も多く、計画立った組織的かつ効率的な調査ができない場合もある。しかし、イベント直後の調査は、イベント発生から時間が経つにつれて消えていく小さな痕跡を捉えられる数少ないチャンスであり、重要であるのに間違いはない。ここでは、いくつかの地震後の海域調査の結果を概観し、どのような調査が求められ、過去の地震発生の理解にどう重要であるのかを考える。

地震直後の海底調査で多く行われるのは、海底地形調査、地震探査、表層堆積物調査、堆積物コア採取、深層／底層水採取、海底観察などである。海底地形調査はイベント前の地形データとの比較から地形変化を抽出し、構造運動や海底斜面崩壊などを議論できる。堆積物コアの解析と合わせることで、地すべり体の移動様式を推定できる場合もある。表層堆積物の採取からはイベント堆積物の粒度・粒子組成、層厚、堆積構造などが把握でき、それらの特徴や地理的分布から給源や輸送・堆積プロセスとその多様性を知ることができる場合があり、地震時にどこでどのようなことが起こったかを理解するのに役立つ。地震後の底層水が高懸濁状態にあったという報告もあるので、海水の観測結果が堆積プロセスの理解に役立つ場合もある。また、海底地形変化と表層堆積物データを合わせることで、その地域の堆積システムを理解できると、地震履歴のための試料採取場所の検討に有効である。表層堆積物の採取地点のイベント前の堆積物データがあれば、それとの比較によって、より詳細な議論が可能となる場合もある。一方で、調査海域の現世環境下での平常時も含めた堆積物移動や堆積物分布の複雑性を可能な限り理解し、最表層の堆積層の粒度・粒子組成だけでなく、堆積構造も含めた比較や議論を目指しないと対象とする地震によってその変化が生じたのかどうかの議論ができなくなる場合もある。さらに、時間をおいた繰り返し採泥が可能であれば、平常時あるいは地震後の他のイベントによる記録の改変や追加、そして地層としての保存ポテンシャルの評価が可能となり、過去の履歴を検討する際の参考となり得る。

以上のすべてを一つあるいは一グループの調査航海で実施するのは困難であるので、広い範囲の研究者が参加でき、情報を共有できる仕組みづくりが重要である。

セッション口頭発表 | G. ジェネラルセッション

2025年9月16日(火) 10:00 ~ 11:30 口頭第7会場(E301)

[3oral701-06] G. ジェネラルサブセッション海洋地質6

座長:松崎 賢史(東京大学 大気海洋研究所)、三澤 文慶(産業技術総合研究所)

10:30 ~ 10:45

[G-O-34] 「しんかい6500」による黒島海丘の地質学的成果とその意義—黒島海丘は泥火山か？

*川村 喜一郎¹、川口 昂大¹、堤 桃子¹、三澤 文慶²、浅田 美穂²、高井 研³ (1. 山口大学、2. 産業技術総合研究所、3. 海洋研究開発機構)

キーワード：化学合成生物群集、地震探査記録、ガス湧出

2024年7月23日から8月1日に実施された「よこすか」—「しんかい6500」によるYK24-12次Leg2研究航海は、初日から荒れ模様であった。天候不良のため、当初出港予定であった石垣港から急遽奄美大島の古仁屋港へ出港地が変更されたばかりでなく、乗船後3日間は古仁屋湾に荒天待機であった。その後、計画を大幅に変更し、下記の2潜航のみが実施された。1潜航目（潜航調査番号6K#1798）は、潜航研究者：高井研博士・Chong Chen博士（JAMSTEC）による黒島海丘の頂上付近での潜航調査であり、潜航調査された水深はおおよそ600–800m、2潜航目（6K#1799）は、長谷川万純博士（JAMSTEC）による黒島海丘の南麓斜面での潜航調査であり、潜航調査された水深はおおよそ2300–2500mであった（図1；Kawamura et al. (2022) を改変）。この研究航海の目的は、深海ナマコが持っている抗ウイルス作用を明らかにすることであり、深海ナマコの採取が潜航調査の主目的となっていた。これらの2潜航調査において、多くの地質学的に重要な映像資料や岩石・堆積物試料が採取された。特質すべきものについて、ここでは列挙する。6K#1798では、化学合成生物群集や岩石露頭が観察された。潜航後半には、バブルも確認された。黒島海丘頂部には多数の亀裂が見られ、西北西—東南東方向が見られた。この方向は、黒島海丘周辺など広域な海底地形においても直線性の急崖として明瞭に観察される。岩石試料としては、Takeuchi et al. (2007)で報告されているドロマイト・チムニーが採取された。内部に心棒のような固い部分とそれを覆うように外側が未固結の泥があり、全体的に細長い形状をしている。船上では、「ちくわ」とその内部に「シャウエッセン」などと呼んでおり、形状をうまく表現できている。これ以外にもコンクリーション砂岩が採取された。2潜航で併せて、5本の堆積物試料が採取された。基本的に泥質であるが、有孔虫層が見られるものもある。現在、ドロマイト・チムニーについて、X-CTを終えており、その内部構造について詳しく報告するとともに、両潜航調査で得られた地質学的な知見について報告する予定である。この調査だけでは、黒島海丘の表面的な情報しか得られないが、生物の生息位置、海底面に見られる亀裂パターン、チムニーの成因などから、黒島海丘の形成プロセスを示すことがこの研究目的である。黒島海丘は、石垣島の南方沖おおよそ25kmの位置にあり、いわゆる大陸斜面に位置する。このような位置にメタン湧水やそれに伴う化学合成生物群集が存在している例はめずらしく、メタンハイドレート分解説（南、2011など）が示唆されているが、未解明な点が多い。このような海丘が形成されるためには、継続的な地下物質の供給が不可欠である。また、大規模崩壊も示唆されており（松本ほか、1998）、それらの現象がどのようにして生じていたかについて、地震探査記録などを交えて、議論する。寄港に向けてイルカの歓迎も受けたが、8月1日の下船は、当初の予定から大幅に変更され、佐世保港になった。「よこすか」の不具合のためであった。今後、海洋国家日本の継続的な発展のためにも、「しんかい6500」や母船と言った深海調査の「手立て」が維持さ

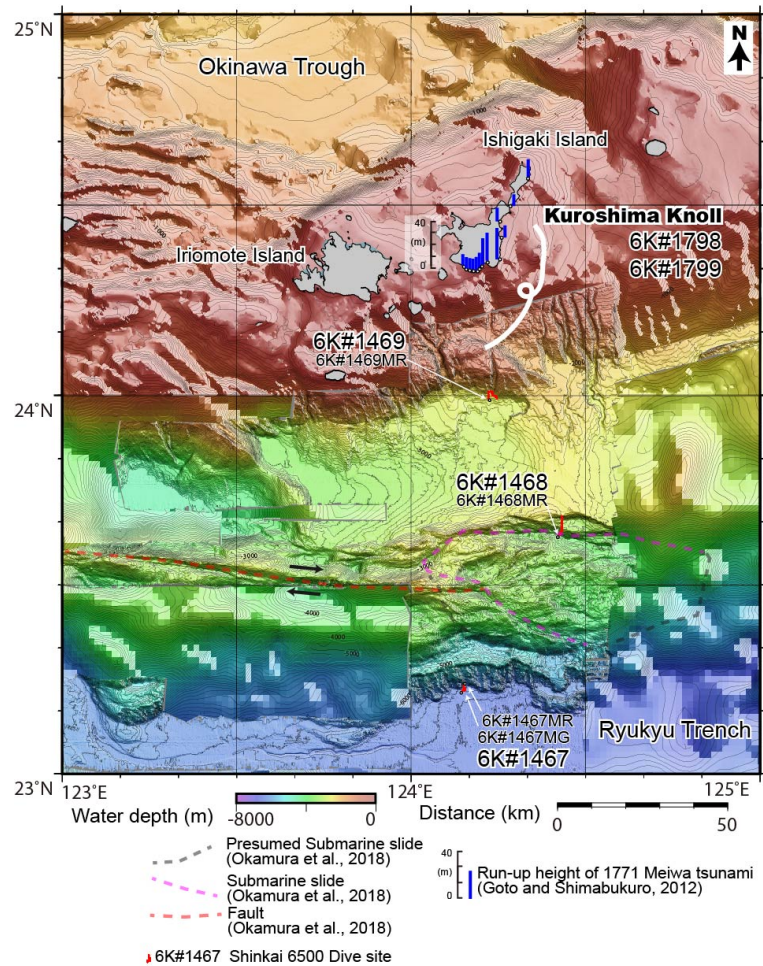
れることが国益につながるだろう。

Kawamura, K., Oguri, K., Inoue, M., Hsiung, K.-H., Kudaka, T., Takai, K. (2022) Prog. Landslide Res. Tech., 1, 63-74.

松本剛、上地千春、木村政昭 (1998) JAMSTEC深海研究, 13, 535-561.

南宏樹 (2011) 海洋情報部研究報告, 43, 66-71.

Takeuchi, R., Matsumoto, R., Ogiyama, S., Machiyama, H. (2007) J. Geochem. Expl., 95, 16-28.



📅 2025年9月16日(火) 10:00 ~ 11:30 🏢 口頭第7会場(E301)

[3oral701-06] G. ジェネラルサブセッション海洋地質6

座長:松崎 賢史(東京大学 大気海洋研究所)、三澤 文慶(産業技術総合研究所)

10:45 ~ 11:00

[G-O-35] 海洋天然水素ポテンシャルの考察 —東北沖アウターライズの例—

*倉本 真一¹ (1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構)

キーワード：天然水素、アウターライズ、蛇紋岩化作用、メタンハイドレート、しんかい6500

将来の地球環境に配慮した新たなエネルギー資源の1つとして、温暖化ガス排出ゼロの天然水素が世界的に注目されている（例えばHand, 2023）。基本的かつ主要な天然水素発生のメカニズムは、鉄分を多く含んだ岩石と水が比較的高温（数百℃程度）での反応であり、一般的には蛇紋岩化作用として古くから知られている天然現象である（野坂, 2021）。これまで主に陸域で天然水素鉱床探査が行われているが、海洋における天然水素の研究は、まだ報告例が少ない。その中でも、海洋地殻やその下部のマントルと水の反応による天然水素の発生場として、大西洋のLost Cityと呼ばれる中央海嶺から少々離れた場所で天然水素の湧出が発見されている(Kelly et al., 2001)ことは良く知られている。日本周辺海域では、今回検討した東北沖のアウターライズや、マントル物質が海底に露出するフィリピン海プレート上のOCC (Ocean Core Complex)などで天然水素ポテンシャルの可能性はあるが、そのほかに、蛇紋岩ダイヤピルの存在が指摘されている伊豆—マリアナ弧の前弧海盆や南海トラフ付加体での断層沿いの冷湧水などでは天然水素が観測されている。本発表では、東北沖のアウターライズに関する既存データからの天然水素ポテンシャルについて検討した結果を報告する。

東北沖のアウターライズは、日本海溝軸から海側（東側）にかけての海溝海側斜面のやや地形的に盛り上がった部分を指し、海溝軸からおおよそ100km程度の広がりがあり、水深は7,500~5,300m程度である。日本海溝軸では、120~130Maの太平洋プレートが沈み込み、凸地形の表面は正断層の形成によって地溝—地壘地形が形成されている。弾性波探査結果によると、この正断層群には少なくとも海底下5kmまではVp/Vs値の変化から地下に水が侵入していることが示されている（Fujie et al., 2018）。近傍での地殻熱流量測定では、100mW/m²以上の高熱流量が部分的に測定されており（Kawada et al., 2014）、熱伝導率を考慮すると海底下5km付近の地温は数100℃にはなっている可能性がある。したがって、海洋地殻下部および上部マントルでの蛇紋岩化作用による天然水素の発生が十分期待される。蛇紋岩化作用そのものは発熱反応であり、また体積も膨張するため（20~50%）、地下で蛇紋岩化作用が始めると、自ら断層面を押し広げ（self-fracking）、さらに蛇紋岩化作用を加速させる可能性もある。

東北沖アウターライズ周辺での天然水素はこれまでに報告されていないが、湧水等の可能性を検証するため、改めてJAMSTECの「しんかい6500」による潜航調査データ（ビデオ、スチール写真、潜航記録など）を再検討した。今回使用した潜航データは、「深海映像・画像アーカイブス（<https://www.godac.jamstec.go.jp/jedi/j/index.html>）」で公開されている。東北沖アウターライズに直接関係する潜航調査は12潜航ある。このうち第373潜航調査（観察者：加藤千明）の映像には、正断層でできた溝の中に黒い流体のようなものが存在することを新たに発見した（未報告）。この流体のようなものは採取されておらず、また観察者も気づいていないので、現在のところ、全く正体不明であるが、1つの可能性としては、正断層の発達によって地下深くまで水が浸透し、周辺岩石の蛇紋岩化作用により天然水素を発生させ、海底付近の二酸化炭素がその水素によって還元されメタンを生成し、それがメタンハ

イドレートとして存在している可能性を指摘したい。もし蛇紋岩化作用による低温熱水（高pH）が東北沖アウターライズに存在するならば、大西洋のLost Cityで発見されたような炭酸塩チムニーも存在する可能性がある。今後東北沖アウターライズでの蛇紋岩化作用に因る水素湧出の可能性を具体的に検証していく。同時に海洋における様々な天然水素ポテンシャル、特に資源利用としての可能性についても今後検討していく。

引用文献

- Fujie G. et al.(2018) Nature Communications, 9, 1-7.
 Hand E. (2023) Science, 379, 630-637.
 Kawada Y., et al.(2014) G3, 15, 1580-1599.
 Kelly, D.S., et al. (2001) Nature, 412, 145-149.
 野坂俊夫(2012) 岩石鉱物科学, 41, 174-184.

📅 2025年9月16日(火) 10:00 ~ 11:30 🏢 口頭第7会場(E301)

[3oral701-06] G. ジェネラルサブセッション海洋地質6

座長:松崎 賢史(東京大学 大気海洋研究所)、三澤 文慶(産業技術総合研究所)

◆ 学生優秀発表賞エントリー

11:00 ~ 11:15

[G-O-36] 千島海溝アウターライズにおける底層流と地形効果によって形成されたコンターライト・ドリフト

*池田 尚史¹、川村 喜一郎¹ (1. 山口大学大学院創成科学研究科)

キーワード：コンターライト・ドリフト、下部周極深層水、活動的縁辺域、アウターライズ

深海底における堆積作用の一端を担うコンターライトは、底層流による持続的な粒子輸送と選別によって形成されるマウンド状堆積体であり、その内部には古気候・海洋変動履歴が高解像度で保存される (Rebesco et al., 2014)。大西洋や南極海などの非活動的縁辺域では、コンターライトの存在が多数報告され、古海洋学的な情報源としての重要性が確立されてきた。一方、変動地形が卓越する活動的縁辺域では、断層活動や地震・噴火イベント層の堆積により、堆積記録の連続性が損なわれやすく、コンターライトの分布や形成プロセスに関する知見は限られている。

本研究では、プレート沈み込み帯外縁に位置する千島海溝アウターライズを対象に、活動的縁辺域におけるコンターライト・ドリフトの分布とその形成プロセスを明らかにすることを目的とした。本地域は、南極起源の下部周極深層水が西部深層境界流の一部として北上する、北太平洋の主要な深層水供給経路にあたる (Kawabe and Fujio, 2010)。さらに、襟裳海山などの突出地形との接触により流向の屈曲や流速の増強といった局所的な流体-地形相互作用が生じている (Ueno et al., 2024)。こうした作用は、底層流の流路とエネルギー分布に空間的不均質をもたらし、局所的な堆積・選別・浸食環境の形成に寄与すると考えられる。

本研究では、マルチビーム測深データ、マルチチャンネル反射法地震探査 (MCS)、サブボトムプロファイラ (SBP)、および表層堆積物コアを統合的に用いて、コンターライト・ドリフトの形状・内部構造・物性・堆積速度を解析した (JAMSTEC, 2004)。その結果、凌風第二海山を挟んで北東側に舌状のドリフト (約2000 km²)、南西側にドーム状のドリフト (約12,000 km²) が、いずれも凹地地形 (Moat; モート) と隣接して発達していることが明らかとなった。両者はMCS断面によっていずれも5つのユニットに区分された。各ユニットにはダウンラップ、トランケーションなどの特徴的な反射構造が記録されていた。この内、舌状ドリフトでは、頂部が南西から北西へと時間とともに移動しており、底層流の強度や流向の変化を反映している可能性がある。また、南東側のモートでは流速の増加により、選別作用が強まり、堆積物の浸食や非堆積が顕著だったと解釈される (Hernández-Molina et al., 2006)。一方、ドーム状ドリフトは北部でモートに接するマウンド形状を呈し、南部ではシート状に移行していた。ドリフト表面には、波長約4~6 km、振幅約20~50 mのセディメントウェーブが等深線と直交する方向に伸長し、SBP断面では反射面の漸進やトランケーションが観察された。これは、現在も継続する底層流による選別・浸食の痕跡と考えられる。さらに、表層堆積物コアの解析では、北西部 (底層流の低エネルギー域と考えられる) で約11.9 cm/kyr、南東部 (高エネルギー域) で約4.3 cm/kyrという顕著な堆積速度差があった。これは、地形や流速に応じた堆積環境の空間的不均質性を示している。

これらの結果を総合すると、千島海溝アウターライズにおけるコンターライト・ドリフトの

発達、活動的縁辺域に特有の地形と、それに伴う水理的な流路の変化によって規定されていると言える。本地域では、斜面の直下に深海平原が存在しない。そのため、底層流が海溝によって流下経路を遮られ、流れはアウターライズの浅部地形に沿って側方に回り込むことが推測される。その結果、海山や起伏に富んだ地形によって進路を強制的に屈曲・集中させられる。これにより、局所的な堆積物トラップが形成され、そこにコンターライト・ドリフトが発達する。このようなメカニズムは、非活動的縁辺域に見られるような、底層流が斜面から深海平原へ連続的に流下し、流軸上に広くドリフトが発達するモデルとは根本的に異なる。これらの特徴は、地震や火山活動に伴って形成される短期的なイベント層とは異なり、活動的縁辺域においても、連続的かつ高解像度の古気候・海洋変動履歴が形成・保存されることを示している。

引用文献：Rebesco et al. (2014). *Mar. Geol.*; Kawabe and Fujio (2010). *J. Oceanogr.*; Ueno (2024). *J. Oceanogr.*; Hernández-Molina et al. (2006). *Mar. Geol.*; JAMSTEC Seismic Survey Database (2004). *Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology*.

セッション口頭発表 | G. ジェネラルセッション

📅 2025年9月16日(火) 10:00 ~ 11:30 📍 口頭第7会場(E301)

[3oral701-06] G. ジェネラルサブセッション海洋地質6

座長:松崎 賢史(東京大学 大気海洋研究所)、三澤 文慶(産業技術総合研究所)

11:15 ~ 11:30

[G-O-37] 駿河湾奥部富士川—田子の浦沖にかけての海底地形・地質特徴

*新井 仁菜¹、佐藤 悠介²、柴尾 創士¹、山本 玄珠⁵、石塚 治³、岡村 聡⁴、横山 由香⁵、平 朝彦⁵、坂本 泉⁵ (1. 東海大学大学院海洋学研究科、2. 株式会社マリン・ワーク・ジャパン、3. 国立研究開発法人産業技術総合研究所、4. 北海道土質試験協同組合、5. 東海大学海洋学部)

キーワード：溶岩、海脚、駿河湾

駿河湾は静岡県に位置する日本一深い湾である。石廊崎と御前崎を結ぶ湾口は約56 km、奥行き約60 km、表面積は約2,300 km²におよび、最深部の水深は約2,500 mに達する。また、駿河湾奥部に流入する富士川は大量の土砂を供給し、沖合に広大な海底扇状地を形成している。

本研究では、富士川沖—田子の浦沖海底に存在する海脚状リッジ地形の成因を明らかにすることを目的に海洋地質調査（海底地形・海底観察および採泥）を実施した。海底地形調査にはマルチビーム音響測深器（KONGSBERG社製EM2040P MK II）を用い、水深約10 m～300 m、東西方向約7.25 kmの範囲で測量を行った。海底観察は海脚状リッジ地形を対象に水中カメラを用い、計9回撮影を行った。

海底地形調査の結果、南北方向に軸を持つ海脚状リッジ地形を16本確認した。その海脚の形状特徴は、1)西部より東部の方が海脚の分布密度が高くなる、2)東部に向かい海岸から海脚の始点までの距離が短くなる、3)西部の海脚の表面には、樹枝状に発達したガリー状微細地形が確認できる、4)調査海域の東部で水深約110 m～150 m地点から始まる比高約10 m～50 mの崖状地形が発達することが明らかになった。また、海底観察調査で得られた映像では崖地形部に表面が凹凸に富む黒い岩盤が露出し、その表面に海綿などの生物が付着している様子が確認された。先行研究の反射法音波探査の結果、調査海域の海脚は富士川沖層群(中部—上部更新統)を基盤とし、その上を完新統が覆っている(佐藤・荒井,2016)。今回の海底地形データや海底映像、先行研究の地形データや反射法音波探査結果から、調査海域西部における海脚基盤の形成要因は明確ではないが、海脚上部の形状には富士川扇状地内での度重なる流路変遷が寄与したと考えられる。また、東海大学の望星丸で取得された反射強度マップからも堆積物移動の痕跡が認められる。

さらに、崖地形の成因を把握するため、小型ドレッジャーを用いた採泥調査を調査海域東側の崖斜面（水深約50 m～170 m）を対象に計14回（D1～D14）実施した。得られた試料は、肉眼観察および岩石薄片試料の鏡下観察を行った。その結果、採取された岩石は赤色～暗灰色を示し、その大きさは1 cmに満たないスコリア質小片から10 cmを超える大きな岩片まで多様であった。また、その多くは表面に数mmの凹凸を伴う玄武岩質の角礫で、斜長石の斑晶（最大約7 mm、平均約5 mm）が顕著に発達しており、磁性を帯びているものも確認された。特にD14では、シャープな面が発達した大きさ約12 cmの淡赤色塊状岩片と多量の高発泡スコリア片が採取された。岩石薄片の鏡下観察では、斜長石の斑晶に加え、カンラン石、輝石も確認できた。多くの試料では、斜長石斑晶の周囲をガラス質が充填する石基組織を示したが、D14で得られた塊状岩片のみは斜長石斑晶間を輝石の微細結晶が埋める完晶質石基を呈した。また、一部の試料では異質岩類がアメーバ状に混入する様子が認められ、ペペライト状の特徴を示したことから、得られた試料は高温を保持しながら移動したことが

示唆される．なお、得られた岩片の年代は現在測定中である．

撮影した地点の崖地形（水深約130 m～165 m）は、黒色の岩盤から構成されており、採取された岩石試料の性質からそれらは溶岩であることが確認された．また、先行研究で得られている富士川河口東側における陸上ボーリング調査では、深度110 m付近まで14C年代測定が行われ、完新世／更新世（約1.2万年前）の境界はおおよそ100 m～110 m付近に対応すると推定されている．このため、同コアの深度145 m～150.7 m地点に分布する富士火山噴出物の安山岩～玄武岩溶岩層は約1.2万年以上前の堆積物である可能性が高いと考えられる（尾崎ほか,2016）．さらに、本研究で作成した崖地形の断面図と先行研究の陸上ボーリング調査の結果から、崖地形が形成されている水深は溶岩が分布する深度と一致していた．以上を踏まえ、調査海域の東側に存在する崖地形の形成要因について検討した結果、調査海域の東部に存在する崖地形の形に沿って富士火山起源の溶岩が分布していると考えられる．

今回の調査により、富士川沖—田子の浦沖海底の海脚状リッジ地形および崖地形の詳細な分布と特徴を把握した．特に東部における崖地形は富士火山溶岩の分布が形成要因として示唆される．今後は、採取した岩石試料の年代測定結果を含め、崖地形に分布する溶岩のさらなる解析を進めていく．

参考文献：佐藤・荒井(2016)海陸シームレス地質情報集，駿河湾北部沿岸域，海陸シームレス地質図S-5．尾崎ほか(2016)海陸シームレス地質情報集，駿河湾北部沿岸域，海陸シームレス地質図S-5．