

# 断層破砕帯の孔内物理検層による物理特性－跡津川断層の事例研究

## Physical properties of fault fracture zones by downhole physical loggings - Case study of Atotsugawa fault, central Japan

\*小村 健太郎<sup>1</sup>

\*Kentaro Omura<sup>1</sup>

1. 防災科学技術研究所

1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

断層帯を直接掘り抜く掘削研究は、断層帯の応力・強度・構造の時空間的変化の過程を物理・化学・地質学的に解明するために重要な研究手段である。これまで、断層掘削研究の例として、中部から西南日本の活断層である、野島断層、根尾谷断層における断層掘削で実施された孔内物理検層を比較し、断層帯の物理特性の特徴を調べた。本研究では、さらに跡津川断層の孔内物理検層結果について報告する。

跡津川断層(1858安政飛越地震,M7.0で活動と推定)では、推定される地表地震断層近傍から深度350mまで、オールコアリングを行った。孔内物理検層として自然電位(SP, mV), 電気比抵抗(SN, ohm-m, LN, ohm-m), P波速度(Vp, km/sec), 密度(DL, g/cm<sup>3</sup>), 中性子間隙率(NL, porosity, %), 自然γ線(GR, API)のが実施された。見かけ比抵抗が100~600ohm m, 密度が2.0~2.5g/cc, P波速度が3~4km/sec, 中性子間隙率が20~40%, となり、これまでの断層掘削で認められた断層破砕帯の物性値と整合的だった。また、孔径を実測するキャリパー検層では、ほぼ全域で孔壁が崩壊して孔径が拡大(大きいところでは2倍以上)しており、孔壁の顕著な強度の低下を示していた。

採取コアの観察では、ほぼ全深度で破砕・変質を受け、断層粘土を挟んだ顕著な剪断面も多く存在した。対応する孔内物理検層結果は、他の断層破砕帯で示された物性値と整合的であることから、掘削浅部から孔底にいたるまで断層破砕帯の中を掘削していったと考えられる。

野島断層、根尾谷断層掘削の結果もあわせてみると、断層によらず、孔内物理検層では、断層帯の物性が岩相に依存するだけでなく、破砕帯部と母岩部で定性的に大きく異なることが明瞭である。しかし、破砕帯の検層結果は断層によって特徴が異なり、その要因は、明らかではない。過去の地震活動に伴い、破砕帯が形成される物理化学反応履歴が検層結果に反映していることが予想されるため、さらに断層ごとの比較研究が重要である。

キーワード：物理検層、断層破砕帯、跡津川断層

Keywords: physical logging, fault fracture zone, Atotsugawa fault

## ICDP 大深度南アフリカ金鉱山におけるM2.0-5.5地震発生場掘削計画 (DSeis) 一掘削の開始

### ICDP Drilling project to probe seismogenic zones of M2.0-5.5 earthquake in deep South African gold mines - Commencement of drilling.

\*小笠原 宏<sup>1,2</sup>、矢部 康男<sup>3,1</sup>、伊藤 高敏<sup>3</sup>、van Aswegen Gerrie<sup>4</sup>、Grobbelaar Michelle<sup>5</sup>、Durrheim Raymond<sup>6,1</sup>、Zeigler Martin<sup>7</sup>、Boettcher Margaret<sup>8</sup>、Onstott Tullis<sup>9</sup>、Crail Christo<sup>5</sup>、石田 亮壮<sup>2</sup>、小笠原 宏幸<sup>2</sup>、Manzi Musa<sup>6</sup>、加藤 春實<sup>10</sup>、船戸 明雄<sup>11</sup>、Mngadi Siyanda<sup>6,1</sup>、安富 達就<sup>12</sup>、掘内 茂木<sup>13</sup>、Milev Alex<sup>14,1</sup>、Moyer Pamela<sup>8</sup>、Ellsworth William<sup>15</sup>、阿部 周平<sup>3</sup>、大久保 慎人<sup>1,16</sup>、今西 和俊<sup>1,17</sup>、Ward Tony<sup>18,1</sup>、Birch Denver<sup>5</sup>、Wechsler Neta<sup>19</sup>、Liebenberg Bennie<sup>20</sup>、Berset Nicolas<sup>7</sup>、Hunt John<sup>5</sup>、Bucibo Sifiso<sup>5</sup>、Morema Sylvester<sup>18</sup>、Dight Phil<sup>21</sup>、Kieft Tom<sup>22</sup>、James Mori<sup>12</sup>、Gupta Harsh<sup>23</sup>、Janssen Christoph<sup>24</sup>、Shapiro Serge<sup>25</sup>、椋平 祐輔<sup>26</sup>、Wiemer Stefan<sup>7</sup>、Philipp Joachim<sup>28</sup>、Plenkens Katrin<sup>28</sup>、直井 誠<sup>12,1</sup>、森谷 祐一<sup>3,1</sup>、小村 健太郎<sup>29</sup>、Somala Surendra<sup>27</sup>、坂口 清敏<sup>3</sup>、Harris Rachel<sup>24,9</sup>、Cason Errol<sup>30</sup>、van Heerden Esta<sup>30</sup>

\*Hiroshi Ogasawara<sup>1,2</sup>、Yasuo Yabe<sup>3,1</sup>、Takatoshi Ito<sup>3</sup>、Gerrie van Aswegen<sup>4</sup>、Michelle Grobbelaar<sup>5</sup>、Raymond Durrheim<sup>6,1</sup>、Martin Ziegler<sup>7</sup>、Margaret Boettcher<sup>8</sup>、Tullis C Onstott<sup>9</sup>、Christo Crail<sup>5</sup>、Akimasa Ishida<sup>2</sup>、Hiroyuki Ogasawara<sup>2</sup>、Musa Manzi<sup>6</sup>、Harumi Kato<sup>10</sup>、Akio Funato<sup>11</sup>、Siyanda Mngadi<sup>6,1</sup>、Tatsunari Yasutomi<sup>12</sup>、Shigeki Horiuchi<sup>13</sup>、Alex Milev<sup>14,1</sup>、Pamela Moyer<sup>8</sup>、William Ellsworth<sup>15</sup>、Shuhei Abe<sup>3</sup>、Makoto Okubo<sup>1,16</sup>、Kazutoshi Imanishi<sup>1,17</sup>、Tony Ward<sup>18,1</sup>、Denver Birch<sup>5</sup>、Neta Wechsler<sup>19</sup>、Bennie Liebenberg<sup>20</sup>、Nicolas Berset<sup>7</sup>、John Paul Hunt<sup>5</sup>、Sifiso Bucibo<sup>5</sup>、Sylvester Morema<sup>18</sup>、Phil Dight<sup>21</sup>、Tom Kieft<sup>22</sup>、James Mori<sup>12</sup>、Harsh Gupta<sup>23</sup>、Christoph Janssen<sup>24</sup>、Serge Shapiro<sup>25</sup>、Yusuke Mukuhira<sup>26</sup>、Stefan Wiemer<sup>7</sup>、Joachim Philipp<sup>28</sup>、Katrin Plenkens<sup>28</sup>、Makoto Naoi<sup>12,1</sup>、Hirokazu Moriya<sup>3,1</sup>、Kentaro Omura<sup>29</sup>、Surendra Nadh Somala<sup>27</sup>、Kiyotoshi Sakaguchi<sup>3</sup>、Rachel Harris<sup>24,9</sup>、Errol Cason<sup>30</sup>、Esta van Heerden<sup>30</sup>

1. JST-JICA 地球規模課題対応国際科学技術協力 (2009-2015)、2. 立命館大学、3. 東北大学、4. 鉱山地震研究所 (株)、南アフリカ (SA)、5. 地質調査所、SA、6. ウィットワータースランド大学、SA、7. スイス連邦工科大学、スイス、8. ニューハンプシャー大学、USA、9. プリンストン大学、USA、10. (株) 3D地科学研究所、11. (公財) 深田地質研究所、12. 京都大学、13. (株) ホームサイズモメータ、14. 科学産業研究所、SA、15. スタンフォード大、USA、16. 高知大学、17. 産総研、18. サイズモジェン (有)、SA、19. テルアビブ大学、イスラエル、20. アングロゴールド・アシャンティ、SA、21. 西オーストラリア大学、22. ニュー・メキシコ工科大学、USA、23. インド地球物理学研究所、24. GFZ、ドイツ、25. ベルリン自由大学、ドイツ、26. マサチューセッツ工科大学、USA、27. インド工科大学、28. GMuG、ドイツ、29. 防災科技研、30. 自由州大学、SA

1. JST-JICA SATREPS (2009-2015)、2. Ritsumeikan Univ., 3. Tohoku Univ., 4. Inst. Mine Seismol. Ltd, South Africa (SA), 5. Council for Geoscience, SA, 6. Univ. Witwatersrand, SA, 7. ETH, Switzerland, 8. Univ. New Hampshire, USA, 9. Princeton Univ., USA, 10. 3D Geoscience Ltd, 11. Fukada Geol. Inst., 12. Kyoto Univ., 13. Home Seismo Ltd, 14. CSIR, SA, 15. Stanford Univ., USA, 16. Kochi Univ., 17. AIST, 18. Seismogen CC, SA, 19. Tel Aviv Univ., Israel, 20. Anglogold Ashanti, SA, 21. Western Australia Univ., 22. New Mexico Tech, USA, 23. Indian Geophys. Res. Inst., 24. GFZ, Germany, 25. Berlin Free Univ., Germany, 26. MIT, USA, 27. Indian Inst. Tech., India, 28. GMuG, Germany, 29. NIED, 30. Free State Univ., SA

The International Continental Scientific Drilling Program (ICDP) approved our proposal to drill into and around seismogenic zones where critically-stressed faults initiated ruptures at depth. The drilling targets include four ruptures equivalent to M2.0, 2.8, 3.5, and 5.5 earthquakes that dynamically and

quasi-statically evolved in 2.9 Ga hard rock in the Witwatersrand basin, South Africa. A major advantage of our proposed project is the large quantity of high-quality data recorded by existing dense seismic arrays, both on surface and near-field underground, in three deep gold mines. Additionally, the great depths (1.0 to 3.3 km from surface) at which drilling starts reduces costs significantly and allows a larger number of holes to be drilled with the available budget. Flexibility in the drilling direction will also allow us to minimize damage to the borehole or the drilled cores. With ICDP funds, we will conduct full-core drilling of 16 holes at ranges of 50 to 750 m to recover both solid and fractured material in and around the seismogenic zones. This will be followed by core and borehole logging. Additional in-hole monitoring of rock deformation, ground motion, hydrology and geomicrobiology will be supported by co-mingled funds. We will also determine the 3D stress tensor near the collars of the holes using an overcoring technique that has been optimized for the highly-stressed ground and the working conditions found in deep South African mines. The measurement of the differential stress is based on the assumption that anisotropic variation in the diameter of the recovered core is caused by elastic expansion after drilling.

The M5.5 earthquake that took place near Orkney, South Africa on 5 August 2014 offers a special opportunity to compare models of the spatio-temporal evolution of both the main rupture and the aftershock activity determined by the inversion of ground motion measurements with direct observations.

Drilling will commence in early 2017.

キーワード：国際陸上科学掘削、地震発生場、大深度南アフリカ金鉱山

Keywords: ICDP, Seismogenic zones, Deep South African gold mines

## 地球深部探査船「ちきゅう」での掘削パラメータデータの取得と利用：孔内科学データとの比較と現状

### Data acquisition of drilling parameters on D/V Chikyu: Current status and issues on integration with borehole scientific data

\*杉原 孝充<sup>1</sup>、井上 朝哉<sup>1</sup>、木戸 ゆかり<sup>1</sup>、青池 寛<sup>1</sup>、真田 佳典<sup>1</sup>、石原 浩<sup>2</sup>、藤井 毅<sup>2</sup>、三上 博之<sup>3</sup>

\*Takamitsu Sugihara<sup>1</sup>, Tomoya Inoue<sup>1</sup>, Yukari Kido<sup>1</sup>, Kan Aoike<sup>1</sup>, Yoshinori Sanada<sup>1</sup>, Hiroshi Ishihara<sup>2</sup>, Tsuyoki Fujii<sup>2</sup>, Hiroyuki Mikami<sup>3</sup>

1. 海洋研究開発機構 地球深部探査センター、2. (株) 物理計測コンサルタント、3. (株) エヌ・エー・ビー

1. Center for deep earth exploration, Japan Agency for Marine-Science and Technology, 2. Geophysical Surveying Co., Ltd., 3. NAB Co., Ltd.

In the drilling science, integration of various data sets derived from drilled borehole is an essential work to maximize scientific results obtained in a scientific drilling operation. Scientific dataset measured on geological sample (core and drilling cuttings) and acquired by well-logging is primary important. In addition to the scientific data, engineering data is acquired in a drilling operation (drilling parameters; e.g., hook load, Top Drive speed, Top Drive torque), and the engineering data is directly influenced by formation lithology and rock strength. Therefore, the engineering data is also important for research of the drilling science.

On D/V Chikyu, drilling instruments are controlled by Drilling Control and Instrumentation System (DCIS) equipped on the Chikyu. The DCIS does not only control the drilling instruments but also acquire and monitor data derived from each drilling instrument. The DCIS is driven by the PROFIBUS (Process Field Buss) technology, and data output from the DCIS is also controlled based on regulations of the PROFIBUS system.

In order to acquire data of drilling parameters in real-time, 3<sup>rd</sup> party tool has to connect to the DCIS via DP/DP-link of the PROFIBUS system for 3<sup>rd</sup> party tool. In 2015, the DCIS was replaced and data communication interface with 3<sup>rd</sup> party tool was also changed to the DP/DP-link. The DP/DP-link is a technology to enable accurate data synchronization between the DCIS and 3<sup>rd</sup> party tools (e.g., mud logging data). It is critical to acquire the DCIS data in real-time for mud logging. Therefore, the replaced DCIS and DP/DP-link are powerful tools for integration of drilling parameter data with borehole scientific data. In this presentation, outline of the DCIS and data acquisition system including 3<sup>rd</sup> party tools will be introduced, and quality of data integration and synchronization of the DCIS data with borehole scientific data will be discussed.

キーワード：地球深部探査船「ちきゅう」、掘削パラメータ、孔内科学データ、データ統合、データ同期、DP/DP-link

Keywords: D/V Chikyu, Drilling parameters, Borehole scientific data, Data integration, Data synchronization, DP/DP-link

## 掘削パラメータを用いた地層の連続強度推定：NanTro SEIZE サイト C0002での例

### Continuous depth profile of mechanical properties in the Nankai accretionary prism based on drilling performance parameters

\*濱田 洋平<sup>1</sup>、北村 真奈美<sup>3</sup>、山田 泰広<sup>2</sup>、真田 佳典<sup>2</sup>、MOE KYAW<sup>2</sup>、廣瀬 丈洋<sup>2</sup>

\*Yohei Hamada<sup>1</sup>, Manami Kitamura<sup>3</sup>, Yasuhiro Yamada<sup>2</sup>, Yoshinori Sanada<sup>2</sup>, KYAW MOE<sup>2</sup>, Takehiro Hirose<sup>2</sup>

1. 独立行政法人海洋研究開発機構 高知コア研究所、2. 独立行政法人海洋研究開発機構、3. 産業技術総合研究所

1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology Kochi Institute for Core Sample Research, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

In-situ rock properties in/around seismogenic zone in an accretionary prism are key parameters to understand the development mechanisms of an accretionary prism, spatio-temporal variation of stress state, and so on. For the purpose of acquiring continuous-depth-profile of in-situ formation strength in an accretionary prism, here we propose the new method to evaluate the in-situ rock strength using drilling performance property, such as weight on bit (WOB), drillstring rotational torque (Tr), rate of penetration (ROP), and drillstring rotational per one minute (RPM). Drilling parameters are inevitably obtained by any drilling operation even in the non-coring intervals or at challenging environment where core recovery may be poor. The relationship between the rock properties and drilling parameters has been proposed by previous researches [e.g. Teale 1964]. We introduced the relationship theory proposed by Teale [1964] and Karasawa et al. [2002], and developed a converting method to estimate in-situ rock strength without using uncertain parameters such as WOB. Specifically, we first calculated equivalent specific toughness (EST) which represents gradient of the relationship between Torque energy and volume of penetration at arbitrary interval (in this study, five meters). Then the calculated EST values were converted into strength using the drilling parameters –rock strengths correlation obtained by Karasawa et al. [2002]. This method was applied to eight drilling holes in the Site C0002 of IODP NanTroSEIZE in order to evaluate in-situ rock strength in shallow to deep accretionary prism. In the shallower part (0 –300 mbsf), the calculated strength shows sharp increase up to 20 MPa. Then the strength has approximate constant value to 1500 mbsf without significant change even at unconformity around 1000 mbsf (boundary between forearc basin and accretionary prism). Below that depth, value of the strength gradually increases with depth up to 60 MPa at 3000 mbsf with variation between 10 and 80 MPa. Because the calculated strength is across approximately the same lithology, the increase trend can respond to the rock strength. This strength-depth curve correspond reasonably well with the strength data of core and cutting samples collected from hole C0002N and C0002P [Kitamura et al., 2016 AGU]. These results show the validity of the method evaluating in-situ strength from the drilling parameters.

キーワード：掘削パラメータ、岩石強度、等価比靱性

Keywords: drilling parameter, formation strength, equivalent specific toughness

## 掘削試料に見られる斑れい岩のP波速度：海洋下部地殻最下部における速度の低下に関する一考察

### P-wave velocity of gabbros from ODP and IODP cores: Implications for the origin of the P-wave velocity reduction in the lowermost oceanic crust

\*阿部 なつ江<sup>1</sup>、野坂 俊夫<sup>2</sup>、森下 知晃<sup>3</sup>

\*Natsue Abe<sup>1</sup>, Toshio Nozaka<sup>2</sup>, Tomoaki Morishita<sup>3</sup>

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構海洋掘削科学研究開発センター、2. 岡山大学理学部、3. 金沢大学理学部

1. R&D Center for Ocean Drilling Science Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Faculty of Sciences, Okayama University, 3. Faculty of Sciences, Kanazawa University

海洋地殻の下部を構成する斑れい岩試料は、大西洋、インド洋、太平洋において複数回掘削され、採取されている。モード組成や変質程度に多様な変化が見られるこれらのコア試料は、その岩石物性（特にP波速度）にも大きな違いが見られる。インド洋（Atlantis Bank: ODP Legs 118, 176 & 179, and IODP Exp. 360）や太平洋（Hess Deep: ODP 147, IODP 345）および大西洋（Atlantis Massif: IODP exp. 304 & 305, 340T）では、海底最大1500mまでの海洋地殻掘削が行われ、60~80%という高い回収率で海洋地殻物質が採取されている。試料は広義の斑れい岩類で、狭義の斑れい岩（Cpx+Pl）から非常にかんらん石（以下OI）に富む（>70 vol%）トロクトライトまで多様なモード組成を示し、平均的なOIモードは10%以上になる。またそのOIは、他の鉱物と比べて低温変質（蛇紋石化）率が高い傾向がある。

一方、船上におけるコア試料（2 cm角立方体）の弾性波速度計測値は、大西洋の試料は5.0~6.7 km/sを示しており、斑れい岩の平均的な弾性波速度として用いられる6.0~7.0 km/sや、インド洋において掘削された斑れい岩コア試料（Hole 735B; Dick et al., 1999）のそれ（6.0~7.3 km/s）よりも平均で約1 km/s遅い。船上計測・記載データを詳細に解析した結果、同じ斑れい岩でも、そのOIモード量（及び蛇紋岩石化率）が、弾性波速度の多様性に大きく貢献していることが分かった。

かんらん石を多く含む斑れい岩（トロクトライトなど）は、海洋下部地殻の最下部、モホ面に近い部分を構成していると考えられている。したがって、この観察結果から、十分に加水作用が進んだ（変質が進行した）海洋下部地殻は、速度低下が観測される可能性を示唆している。平成29年度に地球深部探査船「ちきゅう」船上で実施されるICDPオマーン陸上掘削コアの記載・計測において、オフィオライトの下部地殻相当部分から得られる連続した掘削コアを詳細に分析することで、物性データと記載岩石学的・地球化学的データとを照合し、この海洋下部地殻におけるP波速度ほか物性変化の詳細が明らかになることが期待される。

キーワード：海洋下部地殻、斑れい岩、国際深海科学掘削計画、P波速度、地球深部探査船「ちきゅう」、Oman Chikyu Project

Keywords: Oceanic Lower Crust, Gabbro, IODP, P-wave velocity, D/V Chikyu, Oman Chikyu Project

## 自動年代決定AIシステム開発を目指した画像認識・機械学習による微化石分類

### Automated microfossil classification by image recognition and machine learning to develop an AI system for age-dating

\*星野 辰彦<sup>1,2</sup>、平 陽介<sup>3</sup>、斎藤 仁志<sup>3</sup>、萩野 恭子<sup>4</sup>、小野寺 丈尚太郎<sup>5</sup>、板木 拓也<sup>6</sup>、山口 龍彦<sup>4</sup>、稲垣 史生<sup>1,2,7</sup>

\*Tatsuhiko Hoshino<sup>1,2</sup>, Yousuke Taira<sup>3</sup>, Hitoshi Saitou<sup>3</sup>, Kyoko Hagino<sup>4</sup>, Jonaotaro Onodera<sup>5</sup>, Takuya Itaki<sup>6</sup>, Tatsuhiko Yamaguchi<sup>4</sup>, Fumio Inagaki<sup>1,2,7</sup>

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構高知コア研究所、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構海底資源研究開発センター、3. 日本電気株式会社、4. 高知大学海洋コア総合研究センター、5. 国立研究開発法人海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター、6. 国立研究開発法人産業技術総合研究所海洋地質研究グループ、7. 国立研究開発法人海洋研究開発機構海洋掘削科学研究開発センター

1. Kochi Institute for Core Sample Research, JAMSTEC, 2. Research and Development Center for Submarine Resources, JAMSTEC, 3. NEC Corporation, 4. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, 5. Research and Development Center for Global Change, JAMSTEC, 6. Marine Geology Research Group, AIST, 7. Research and Development Center for Ocean Drilling Science, JAMSTEC

IODPを始めとした掘削科学のプロジェクトにおいて、珪藻、有孔虫、放散虫、石灰質ナノプランクトンなどの微化石を用いて堆積物の地質年代を正確に決定することは非常に重要である。微化石の抽出と分類群の正確な同定には豊富な経験・知識が必要とされ、同定と堆積物の年代決定には時間を要する。DSDPが開始された1960年代より微化石の専門家は、掘削船に乗船し船上で微化石の分析を行い、掘削科学に貢献してきた。

一方で、コンピュータ処理能力の向上は、自動車の運転など従来人間が担ってきた操作を、コンピュータに置き換えつつある。記憶に新しいところでは、Google傘下で開発された囲碁ソフト「AlphaGo」に世界最強棋士が打ち負かされている。囲碁は、既に機械が人間を上回っているチェスや将棋と比較して手数が圧倒的に多いことから、人類にとって「最後の砦」とも言えるゲームであったため、このニュースは世界に衝撃を与えた。コンピュータの勝利を可能にしたのは、ディープラーニングと呼ばれる機械学習技術であり、問題と正解をコンピュータに与えることにより、自分で答えに至る道筋を学習させるものである。これにより無人での迅速かつ正確な事象の判断と選択が可能になった。また、画像認識技術も日進月歩で進歩しており、例えば顔認証技術は、国際空港の出入国管理、アミューズメントパークやコンサート会場の入場ゲートシステムなどに応用されている。

我々は、この機械学習・画像認識技術の微化石年代測定への応用、さらには自動年代決定AIシステムの開発について研究を開始した。フィジビリティスタディとして、比較的単純な形態を呈する2種類の石灰質ナノ化石をサンプルとし、NECのAIソフト「RAPID機械学習」による識別可否を検証した。堆積物のスミアスライドを作成し、*Pseudoemiliania*属 (P) ならびに*Reticulofenestra*属 (R) のナノ化石を偏光顕微鏡下で撮影し、それぞれ教師用およびテスト用に画像データを得た。教師用データは、P属とR属とを32枚ずつ作成し、更に90度ずつ回転させて4倍とすることで、計256枚を準備した。テスト用データは、P属とR属とを10枚ずつ準備した。教師用データを全てRAPID機械学習に読み込ませることでモデルを自動生成し、テスト用データに対する識別を試みた。その結果、P属では10枚中6枚を確信度60%以上で、R属では10枚中4枚を確信度60%以上で、それぞれ識別できた。P属およびR属固有の特徴的な画像パターンは、強い確信度で識別できている。一方、あまり特徴的ではない画像パターンは、弱い確信度で識別できない結果となった。今後、画像処理ソフトウェアによる鮮明化などの前処理や、専門家の知見のもとで教師用データ数を増やす（一般的には1,000枚程度用いる）ことで、識別精度の向上が期待できる。

本発表においては、上記の結果および今後の可能性・問題点について議論したい。

キーワード：年代決定、微化石、機械学習、画像認識、人工知能

Keywords: age-dating, microfossil, machine learning, image recognition, AI



# IODP Expedition 370:室戸沖限界生命圏掘削調査 (T-リミット)

## IODP Expedition 370: Temperature Limit of the Deep Biosphere off Muroto

Heuer Verena<sup>2</sup>、稲垣 史生<sup>3,1</sup>、\*諸野 祐樹<sup>1</sup>、久保 雄介<sup>4</sup>、前田 玲奈<sup>4</sup>

Verena B Heuer<sup>2</sup>, Fumio Inagaki<sup>3,1</sup>, \*Yuki Morono<sup>1</sup>, Yusuke Kubo<sup>4</sup>, Lena Maeda<sup>4</sup>

1. 海洋研究開発機構高知コア研究所、2. MARUM-Center for Marine Environmental Sciences, University of Bremen、3. 海洋研究開発機構海洋掘削科学研究開発センター、4. 海洋研究開発機構地球深部探査センター

1. Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. MARUM-Center for Marine Environmental Sciences, University of Bremen, 3. Research and Development Center for Ocean Drilling Science, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 4. Center for Deep Earth Exploration, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

International Ocean Discovery Program (IODP) Expedition 370 aimed to explore the limits of life in the deep subseafloor biosphere at a location where temperature increases with depth at an intermediate rate and exceeds the known temperature maximum of microbial life ( $\sim 120^{\circ}\text{C}$ ) at the sediment/basement interface  $\sim 1.2$  km below the seafloor. Drilling Site C0023 is located in the vicinity of Ocean Drilling Program (ODP) Sites 808 and 1174 at the protothrust zone in the Nankai Trough off Cape Muroto at a water depth of 4776 m. ODP Leg 190 in 2000, revealed the presence of microbial cells at Site 1174 to a depth of  $\sim 600$  meters below seafloor (mbsf), which corresponds to an estimated temperature of  $\sim 70^{\circ}\text{C}$ , and reliably identified a single zone of higher cell concentrations just above the décollement at around 800 mbsf, where temperature presumably reached  $90^{\circ}\text{C}$ ; no cell count data was reported for other sediment layers in the  $70^{\circ}\text{C}$ – $120^{\circ}\text{C}$  range, because the limit of sensitivity in cell counting for low-biomass samples was not high enough. With the establishment of Site C0023, we aimed to detect and investigate the presence or absence of life and biological processes at the biotic–abiotic transition with unprecedented analytical sensitivity and precision. Expedition 370 was the first expedition dedicated to subseafloor microbiology that achieved time-critical processing and analyses of deep biosphere samples by simultaneous shipboard and shore-based investigations.

Our primary objectives during Expedition 370 were to study the relationship between the deep subseafloor biosphere and temperature. We aimed to comprehensively study the factors that control biomass, activity, and diversity of microbial communities in a subseafloor environment where temperatures increase from  $\sim 2^{\circ}\text{C}$  at the seafloor to  $\sim 120^{\circ}\text{C}$  at the sediment/basement interface and thus likely encompasses the biotic–abiotic transition zone. We also aimed to determine geochemical, geophysical, and hydrogeological characteristics in sediment and the underlying basaltic basement and elucidate if the supply of fluids containing thermogenic and/or geogenic nutrient and energy substrates may support subseafloor microbial communities in the Nankai accretionary complex.

To address these primary scientific objectives and questions, we penetrated 1180 m and recovered 112 cores across the sediment/basalt interface. More than 13,000 samples were collected. Ensuring minimal contamination of potentially extremely low biomass core samples was of highest priority for the research objectives of Expedition 370. Therefore, rigorous quality assurance and quality control (QA/QC) efforts and super-clean technologies were implemented, including helicopter transport of freshly taken core samples to the onshore super-clean room facility at Kochi Core Center (KCC).

キーワード : IODP、海底下生命圏

Keywords: IODP, Deep Biosphere



## 室戸沖デコルマゾーンおよび沈み込む堆積物の変形と物性の側方バリエーション : Exp. 370速報

### Lateral variation in structural characteristics of the décollement zone and underthrust sediments in the Nankai accretionary prism: Preliminary results from IODP Expedition 370

\*山本 由弦<sup>1</sup>、Stephen Bowden<sup>2</sup>、藤内 智士<sup>3</sup>、Kiho Yang<sup>4</sup>、Man-Yin Tsang<sup>5</sup>、廣瀬 丈洋<sup>1</sup>、神谷 奈々<sup>6</sup>、奥津 なつみ<sup>7</sup>、山本 裕二<sup>3</sup>、稲垣 史生<sup>1</sup>、Verena Heuer<sup>8</sup>、諸野 祐樹<sup>1</sup>、久保 雄介<sup>1</sup>  
、 Expedition 370 Scientists

\*Yuzuru Yamamoto<sup>1</sup>, Stephen Bowden<sup>2</sup>, Satoshi Tonai<sup>3</sup>, Kiho Yang<sup>4</sup>, Man-Yin Tsang<sup>5</sup>, Takehiro Hirose<sup>1</sup>, Nana Kamiya<sup>6</sup>, Natsumi Okutsu<sup>7</sup>, Yuhji Yamamoto<sup>3</sup>, Fumio Inagaki<sup>1</sup>, Verena Heuer<sup>8</sup>, Yuki Morono<sup>1</sup>, Yusuke Kubo<sup>1</sup>, Expedition 370 Scientists

1. 海洋研究開発機構、2. University of Aberdeen、3. 高知大学、4. 延世大学、5. University of Toronto、6. 日本大学、7. 東京大学、8. MARUM

1. JAMSTEC, 2. University of Aberdeen, 3. Kochi University, 4. Yonsei University, 5. University of Toronto, 6. Nihon University, 7. University of Tokyo, 8. MARUM

Integrated Ocean Discovery Program (IODP) Expedition 370 penetrated the toe of the Nankai accretionary prism and plate-boundary décollement zone, and touched the oceanic basement at Site C0023, off Muroto Peninsula, SW Japan. The drilling site is located at ~4 km NE from legacy two sites (Sites 808 and 1174), and therefore gives us great opportunity to examine lateral variations in structural geology, physical properties, fluid flow. Lithological and structural key observations made on cores recovered from Site C0023 are:

a) Sediments recovered from the Site C0023 are composed of the same 5 lithologic units encountered at legacy sites.

b) Typical early-stage diagenetic minerals found between 200-700 mbsf are carbonate and pyrite with a clay mineralization-stage beginning at 700-1000 mbsf. Hydrothermal strata-bound mineralization in the form of anhydrite, barite and rhodochrosite is focused between ~700 and 1100 mbsf. The Apparent temperature limits for co-occurrence of anhydrite, veins of barite and rhodochrosite may represent in the 150-200 °C, slightly higher than present in-situ temperature.

c) Most of the core-scaled reverse faults are located above and within the décollement zone (~758-796 mbsf), whereas dense populations of normal fault were identified beneath the décollement zone (underthrust sediment). This variation apparently reflects stress decoupling between the décollement zone.

d) Mineral veins composed of calcite, barite, and anhydrite occur beneath the décollement zone and most of these are located within or closely associated with faults and the strata-bound mineralization.

Variations in bedding dip and healed fault distribution in Site C0023 are broadly similar to Site 1174. On the other hand, the thicknesses of fault zones within the décollement zone and the nature and distribution of deformation structures in the underthrust sediments at Site C0023 is totally different from sites 808 and 1174. At site C0023, the décollement zone is characterized by a thinner fault zone sandwiched between intact mud-rock intervals, apparently a weaker deformation compared with the pervasive pulverization in the décollement zone in legacy sites. A dense population of faults and mineral veins in the underthrust interval is also unique point in Site C0023. Additional paleomagnetic studies are necessary to consider the deformation mechanisms. In addition, physical properties variations (i.e.

porosity/density, P-wave velocity) above and below the décollement zone at the Site C0023 were lesser than those in the legacy sites.

Seismic cross sections indicate Site C0023 is located towards the center of a low amplitude syncline where the seismic décollement zone is faint and intermittent. On the other hand, previously-drilled legacy sites are located above the strong amplitude décollement zone. These lateral variations in deformation and physical properties correspond with predictions made from seismic images.

キーワード：デコルマ、IODP、Exp. 370、T-limit、ちぎゅう

Keywords: décollement zone, IODP, Exp. 370, T-limit, Chikyu

## 室戸沖南海トラフ先端部デコルマの温度場・水理場予測 –T-Limitsは温度限界か？–

### Thermal/hydrological prediction in the toe region of Nankai Trough off Muroto - Are "T-Limits" the temperature limits?

\*木下 正高<sup>1</sup>、許 正憲<sup>2</sup>、秋山 敬太<sup>2</sup>、稲垣 史生<sup>2</sup>、Heuer Verena<sup>3</sup>、諸野 祐樹<sup>2</sup>、IODP370次航海 研究者

\*Masataka Kinoshita<sup>1</sup>, Masanori kyo<sup>2</sup>, Keita Akiyama<sup>2</sup>, Fumio Inagaki<sup>2</sup>, Verena Heuer<sup>3</sup>, Yuki Morono<sup>2</sup>, IODP Exp370 Science Party

1. 東京大学地震研究所、2. 海洋研究開発機構、3. ブレーメン大学

1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. JAMSTEC, 3. Univ. Bremen

地球深部探査船「ちきゅう」によるIODP第370次航海「室戸沖限界生命圏掘削調査 (T-Limit)」(共同主席：稲垣・Heuer・諸野)が、平成28年9月12日～11月10日にかけて高知県室戸沖沈み込み帯先端部で実施された。主目的の一つは、生命の限界を規定する主要因の一つが温度であるという仮説を検証するために、その限界温度(120°C)に達していると予測され、かつエネルギーや栄養が補給されうると考える先端部デコルマにJ-FAST型の温度計アレーを含む簡易型孔内観測システムを設置することである。「デコルマ生命圏」の環境把握のため、デコルマおよびその下の現場温度を正確に知るとともに、そこを流れる流体・物質のフラックスを把握することを目指すものである。

本掘削孔の近傍には既存の熱流量データが存在しない。本地点を含む室戸沖付加体先端部では熱流量が海側に向かって急増することが知られているため、熱流量から予測される地下温度はおのずから大きな不確定性を持つ。既存データから推定した熱伝導率構造や、急激な堆積効果の補正を行い、海底熱流量が167~185 mW/m<sup>2</sup>の幅を持つ(基盤からの熱流量では180~200 mW/m<sup>2</sup>)として、デコルマ(海底下760m)の温度は93-111°Cと予測した。一方、デコルマやその下に流体移動があった場合に期待される温度異常が実際に検出できるか、検討した。JFASTなどの前例や数値計算の結果、初期擾乱の影響や、デコルマに出現する温度異常が孔内温度センサーまで到達する時定数は10-20日程度であることが分かった。孔内ではM2潮汐周期では入力に対して10%以下に減衰するが、数日より長い周期の変化であればそれなりに検出できる。

先行研究から、室戸沖デコルマ下の幅数十mの高い間隙率帯は、普段は非排水状態であり、したがって間隙水圧異常が存在すると考えられている。2001年に本掘削地点から1km強離れた地点(ODP808孔)に孔内間隙水圧観測所(ACORK)がデコルマまで設置され、現在も観測継続中である。数年に一度発生する超低周波地震や、遠地地震に応答する応力変動に対するレスポンスが数日遅れで観測されている。今回の観測所では温度のみの観測であるが、ACORK観測による変動データと併せて、デコルマ付近の水理特性が流体移動の様子から推定できると期待される。

掘削孔はデコルマを超えて海洋地殻(1180m)まで到達したが、ケーシングはデコルマ(760m)を超えて860mまでセットされた。温度計アレーは4.5インチのチュービング(鉄管)にセットされるが、ケーシングから5m下まで下げることとし、760mのデコルマ付近に密に温度計を配置した(トータルで55個)。温度計測の分解能はmK~30mKである。なお120°Cを超える高温で1年間の観測を可能にするため、一つは市販の温度計(Hobo; 低分解能)に加えて、新たに開発した温度計(MTL1882; 高分解能)とサーミスターアレー(高分解能)を用いた。温度計・温度データの回収は、ROVを用いて2018年3月頃に実施予定である。

キーワード：IODP、室戸沖南海トラフ、熱流量

Keywords: IODP, Nankai Trough off Muroto, heat flow

## The Chicxulub impact crater cores recovered by IODP-ICDP Expedition 364: Status Report

\*富岡 尚敬<sup>1</sup>、山口 耕生<sup>2,3</sup>、後藤 和久<sup>4</sup>、佐藤 峰南<sup>5</sup>、モーガン ジョアンナ<sup>6</sup>、グリック ショーン<sup>7</sup>  
、 Expedition 364 scientists

\*Naotaka Tomioka<sup>1</sup>, Kosei E. Yamaguchi<sup>2,3</sup>, Kazuhisa Goto<sup>4</sup>, Honami Sato<sup>5</sup>, Joanna V. Morgan<sup>6</sup>, Sean P.S. Gulick<sup>7</sup>, Expedition 364 scientists

1. 海洋研究開発機構高知コア研究所、2. 東邦大学理学部化学科、3. NASA Astrobiology Institute、4. 東北大学災害科学国際研究所、5. 海洋研究開発機構海底資源研究開発センター、6. Department of Earth Science and Engineering, Imperial College London、7. Institute for Geophysics, Jackson School of Geosciences, University of Texas at Austin

1. Kochi Institute for Core Sample Research, JAMSTEC, 2. Department of Chemistry, Toho University, 3. NASA Astrobiology Institute, 4. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 5. R&D Center for Submarine Resources, JAMSTEC, 6. Department of Earth Science and Engineering, Imperial College London, 7. Institute for Geophysics, Jackson School of Geosciences, University of Texas at Austin

The Chicxulub impact structure in the northern Yucatan Peninsula, Mexico, formed at the Cretaceous-Paleogene boundary (66.0 Ma), was drilled by the joint IODP-ICDP Expedition 364 in April-May 2016. This is the first attempt to obtain materials from the topographic peak ring within the crater previously identified by seismological observations. Major objectives of Exp. 364 are to understand (1) the nature and formation mechanism of peak rings, (2) how rocks are weakened during large impacts, (3) the nature and extent of post-impact hydrothermal circulation, (4) the deep biosphere and habitability of the peak ring, and (5) the recovery of life in a sterile zone.

A continuous core was successfully recovered from the peak ring in the depths between 505.7 and 1334.7 mbsf. After the initial observation on a Mission Specific Platform, the up to 1.5 m-cores were transported to MARUM, University of Bremen, for further analysis at the onshore science party (OSP) held in September-October 2016, where visual core description as well as biostratigraphic (foraminifera and calcareous nanofossil assemblages), geophysical (density, P-wave velocity, paleomagnetism), geochemical (major and minor elements, carbon contents), and petrological analyses (optical microscopy and XRD) of the cores were performed.

The uppermost part of the core (505.7–617.3 mbsf) is post-impact sediments, including PETM, that are mainly composed of carbonate with intercalation of siliciclastic materials that are occasionally rich in organic carbon. Below is a transitional zone that shows a drastic change into impactites (suevite and impact melt rock) with lithologically diverse clasts composed of sedimentary and basement rocks (617.3–747.0 mbsf). We found uplifted, fractured, and shocked granitic basement rocks forming the peak ring below the impactite unit (747.0–1334.7 mbsf). The granitic basement is intruded by mafic and felsic subvolcanic dikes as well as impact melt-breccia dikes. The lithological and physical properties of the Chicxulub cores confirmed the dynamic collapse of an overheightened central uplift of the crater as a favored model for the peak-ring formation [1].

Four Japanese OSP participants have been working on sedimentological, geochemical and mineralogical aspects of the allocated samples to understand various impact and post-impact events: resurgence process and tsunami generation, search for projectile component using platinum group elements, elemental and isotopic evolution in the Eocene and Paleocene seawater, shock metamorphism of impactites and basement rocks, hydrothermal alteration of the basement rocks, and the deep biosphere and habitability

of the peak ring.

The IODP-ICDP Expedition 364 Science Party is composed of S. Gulick (US), J. V. Morgan (UK), E. Chenot (France), G. Christeson (US), Ph. Claeys (Belgium), C. Cockell (UK), M. J. L. Coolen (Australia), L. Ferrière (Austria), C. Gebhardt (Germany), K. Goto (Japan), H. Jones (US), D. A. Kring (US), J. Lofi (France), C. Lowery (US), C. Mellett (UK), R. Ocampo-Torres (France), A. Rae (UK), C. Rasmussen (US), M. Rebolledo-Vieyra (Mexico), L. Perez-Cruz (Mexico), A. Pickersgill (UK), U. Riller (Germany), M. Poelchau (Germany), H. Sato (Japan), J. Smit (Netherlands), S. Tikoo-Schantz (US), N. Tomioka (Japan), J. Urrutia-Fucugauchi (Mexico), M. Whalen (US), A. Wittmann (US), L. Xiao (China), K. E. Yamaguchi (Japan), and W. Zylberman (France).

References: [1] Morgan et al. (2016) *Science*, 354, 878–882.

キーワード：チチュルブ・クレーター、衝撃変成、K-Pg境界、津波、暁新世-始新世温暖化極大事件  
Keywords: Chicxulub crater, shock metamorphism, K-Pg boundary, tsunami, PETM

## 南アフリカ32億年前ムーディーズ層群掘削計画：高解像度地球表層環境と生物圏の復元

### Drilling proposal of 3.2 Ga Moodies Group in Barberton Greenstone Belt: high resolution reconstruction of surface environment and biosphere of middle Archean Earth

\*掛川 武<sup>1</sup>、ヒューベック クリストフ<sup>2</sup>

\*Takeshi Kakegawa<sup>1</sup>, Christoph Heubeck<sup>2</sup>

1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻、2. Jena University, Germany

1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Jena University, Germany

南アフリカバーバートン緑色岩体に属するムーディーズ層群（32億年前）のICDPによる掘削計画がドイツのヒューベック博士を中心に提案されている。ムーディーズ層群は浅海、沖積平野、陸域にかけての「浅い」環境で形成された堆積岩からなっている。変成作用をあまり受けていないことから、32億年前の地球表層環境や生物圏の実態を研究するのに最適な地層である。このムーディーズ層群を対象に複数箇所掘削を行うことで、高解像度の32億年前の地球表層環境が復元される。特に本掘削が実現した場合は、当時の地球表層に酸化的な環境が存在したか、複数の微生物共同体による微生物マットが普遍的に形成されたのか、重要な課題に取り組む機会を与えてくれる。

キーワード：太古代、バーバートン、ムーディーズ層群

Keywords: Archean, Barberton, Moodies Group



## 南海トラフC0002掘削地点周辺の新たな3D地震探査イメージと既存孔井情報との対比

### Comparison of improved 3D seismic image with borehole information around IODP C0002 site in Nankai Trough off Kumano

\*白石 和也<sup>1</sup>、真田 佳典<sup>1</sup>、山田 泰広<sup>1</sup>、木下 正高<sup>3</sup>、Moore Gregory<sup>2</sup>、木村 学<sup>4</sup>

\*Kazuya Shiraishi<sup>1</sup>, Yoshinori Sanada<sup>1</sup>, Yasuhiro Yamada<sup>1</sup>, Masataka Kinoshita<sup>3</sup>, Gregory Moore<sup>2</sup>, Gaku Kimura<sup>4</sup>

1. 海洋研究開発機構、2. ハワイ大学、3. 東京大学地震研究所、4. 東京海洋大学

1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. University of Hawaii, 3. ERI, The University of Tokyo, 4. Tokyo University of Marine Science and Technology

熊野沖南海トラフにおける地球深部探査船「ちきゅう」による国際深海科学掘削計画（IODP）の地震発生帯深部掘削計画に関連して、2006年に取得された三次元地震探査データの再解析が実施され、地下構造の新たな深度イメージが得られた。本講演では、C0002孔の周辺について、新たな地震探査イメージに基づく地質構造の考察、既存の孔井関連情報の対比を行い、新しいコアログサイズミックインテグレーションに向けた検討について紹介する。三次元地震探査データは、高分解能化処理、海中多重反射波あるいは各種ノイズの除去処理、速度異方性を考慮した深度イメージング技術など、10年間で格段の進歩を遂げた三次元地震探査データ解析技術を用いたデータ前処理、速度モデルの再構築、深度イメージングが行われた。その結果、これまで不明瞭であった熊野海盆下の付加体内部の変形構造について、褶曲構造や反射面の不連続など、三次元的な地質構造が少しずつ明らかになっている。また、巨大分岐断層にいたる深部においては、海中多重反射波が効果的に抑制された分岐断層の上盤側に、地層境界の存在を示唆する反射波群が確認される。分岐断層（海底下深度5,200-5,400m）は既存解析に比べて下方へ凸に湾曲した形状を示し、その上部には1.5~2.0km厚さの最大値が5,000m/sを超える高速度帯の存在が示唆される。一方、IODP地震発生帯深部掘削計画において、C0002掘削地点では複数の孔井が掘削され、最深で海底下約3,059mまでの、検層データ、コア試料、カッティングスなどから、多くの地質学的情報が獲得されている。このうち、地質構造に関連する情報を、新しい地震探査イメージと対比すると、地震探査断面から想定される付加体内部の断層構造と孔井情報から推定される構造の不連続面はよい対応を示している。コア、ログ、サイズミックの異なるスケールのデータ統合は、情報を相補的に活用することで地質学上の理解を深化させるために不可欠である。今後、地震探査の立場からは、地震波属性解析や各種インバージョン解析を通じて地震波探査データから導かれる定量的な情報を利用することで、広域の物性分布と孔井沿いの詳細な物性情報を結ぶことにより、地震発生帯における物理的性質の分布の詳細な理解につなげていきたいと考えている。

キーワード：南海トラフ地震発生帯、三次元地震探査、コア・ログ・サイズミック統合

Keywords: Nankai Trough seismogenic zone, 3D seismic survey, Core-Log-Seismic integration

## The Lord Howe Rise Drilling Project: Tectonics, paleoclimate and deep life on the Cretaceous eastern Gondwana margin

\*齋藤 実篤<sup>1</sup>、黒田 潤一郎<sup>2</sup>、稲垣 史生<sup>1</sup>、山田 泰広<sup>1</sup>、IODP 871-CPP Proponent Team、KR16-05 Scientists

\*Saneatsu Saito<sup>1</sup>, Junichiro Kuroda<sup>2</sup>, Fumio Inagaki<sup>1</sup>, Yasuhiro Yamada<sup>1</sup>, IODP 871-CPP Proponent Team, KR16-05 Scientists

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 東京大学大気海洋研究所

1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo

Ribbons of continental crust rifted from continental margins are a product of plate tectonics that can influence the Earth system. Yet we have been unable to fully resolve the tectonic setting and evolution of huge, thinned, submerged continental ribbons like the Lord Howe Rise (LHR), which formed during the final fragmentation of eastern Gondwana. IODP proposal 871-CPP was initially submitted in October 2014 to drill a deep stratigraphic hole through a LHR rift basin up to 3.5 km below the seafloor using *D/V Chikyu*. The objectives of the drilling proposal are to: 1) define the role and importance of continental crustal ribbons in plate tectonic cycles and continental evolution; 2) recover new high-latitude data in the southwest Pacific to better constrain Cretaceous paleoclimate and linked changes in ocean biogeochemistry; and 3) test fundamental evolutionary concepts for sub-seafloor microbial life over a 100-million-year timeframe. The proposal was rated “excellent” in January 2017 and has now progressed to planning stage. A geophysical site survey was undertaken from March to May 2016 in order to characterize the proposed IODP deep drilling sites and to better constrain the crustal-scale geological and tectonic framework of the LHR. The survey obtained deep-crustal seismic reflection and wide-angle refraction profiles across the Tasman Sea oceanic crust and the LHR continental crust. High-resolution 2D seismic reflection profiles at each of the two candidate deep drill sites show possible massive continental basement, layered pre-rift basement, syn-rift Cretaceous sediments, and Paleogene to Neogene post-rift sedimentary sequences.

キーワード：国際深海科学掘削計画、ロードハウライズ、コンチネンタルリボン、 Gondwana、ちきゅう

Keywords: IODP, Lord Howe Rise, Continental ribbon, Gondwana, Chikyu

## 南太平洋ロードハウライズの白亜紀-古第三紀境界層の層序再検討 A reassessment of the stratigraphy of the Cretaceous-Paleogene (K-Pg) transition interval at the Lord Howe Rise, southern Pacific

\*黒田 潤一郎<sup>1,2</sup>、斎藤 実篤<sup>2</sup>、臼井 洋一<sup>2</sup>、萩野 恭子<sup>3</sup>、熊 昕<sup>2</sup>、村山 雅史<sup>3</sup>、安藤 卓人<sup>4</sup>、大河内 直彦<sup>2</sup>

\*Junichiro Kuroda<sup>1,2</sup>, Saneatsu Saito<sup>2</sup>, Yoichi Usui<sup>2</sup>, Kyoko Hagino<sup>3</sup>, KanHsi Hsiung<sup>2</sup>, Masafumi MURAYAMA<sup>3</sup>, Takuto Ando<sup>4</sup>, Naohiko Ohkouchi<sup>2</sup>

1. 東京大学大気海洋研究所 海洋底科学部門、2. 国立研究開発法人 海洋研究開発機構、3. 高知大学 海洋コア総合研究センター、4. 北海道大学 北極域研究センター

1. Department of Ocean Floor Geoscience, Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, 4. Arctic Research Center, Hokkaido University

The Lord Howe Rise is an elongate ribbon of submerged and extended continental crust that was separated from Australia during the Late Cretaceous. Deep Sea Drilling Project (DSDP) Leg 21 drilled on the Lord Howe Rise, and recovered Cenozoic and latest Cretaceous pelagic sediments at Sites 207 and 208. In this study we provide new geochemical, biostratigraphic and magnetostratigraphic data for the latest Cretaceous and the Paleocene sediments of the DSDP Site 208 (cores from 21-208-30R to 21-208-34R), to reassess the stratigraphy around the boundary between Cretaceous and Paleogene (K-Pg). The sediments are mainly composed of calcareous nannofossil chalk with an interval of siliceous mudstone and marlstone in the top 83 cm of the Core 21-208-33R, which was previously identified as the K-Pg transition zone. Both paleomagnetic data and calcareous nannofossil assemblages show that the sediment deposited nearly continuously from 550 to 590 meter below seafloor (mbsf), corresponding to ca. 62 through 68 Ma, respectively, with an average sedimentation rate of ~7 m/m.y. However, the sedimentation rate significantly dropped in the K-Pg transition zone, which was attributed to several hiatuses. Because radiogenic isotopic composition of osmium ( $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ ) of ocean water draws a unique and globally synchronous variation across the K-Pg boundary, it can be used as a stratigraphic correlation tool. Simply, the K-Pg boundary marks a very low  $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$  value of <0.2 compared to the Maastrichtian (~0.5-0.6) and Danian (~0.4). Our  $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$  data of sediment show a similar variation with the typical pattern of ocean water  $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$  values from the Maastrichtian through Danian. More importantly, we found a siliceous mudstone sample with a low  $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$  value of ~0.16. We propose that this sample represents the K-Pg boundary. However, paleomagnetic data suggest that this sample belongs to the chron C29N, substantially younger than the K-Pg boundary. In the presentation we will discuss the controversy, and further assess the stratigraphy around the K-Pg boundary.

キーワード：白亜紀-古第三紀(旧成紀)境界、オスミウム同位体、ロードハウライズ  
Keywords: Cretaceous-Paleogene boundary, Os isotope, Lord Howe Rise

## ジャイアントピストンコアリングで日本海溝の過去の地震発生を検出する：IODPプロポーザル866

### Tracking past earthquakes in the sediment record along the Japan Trench using giant piston coring: IODP proposal 866

\*池原 研<sup>1</sup>、金松 敏也<sup>2</sup>、宇佐見 和子<sup>1</sup>、Strasser Michael<sup>3</sup>、IODPプロポーザル866 提案者

\*Ken Ikehara<sup>1</sup>, Toshiya Kanamatsu<sup>2</sup>, Kazuko Usami<sup>1</sup>, Michael Strasser<sup>3</sup>, proponents IODP Proposal 866

1. 産業技術総合研究所地質情報研究部門、2. 海洋研究開発機構、3. インスブルック大学

1. Institute of Geology and Geoinformation, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Japan Agency of Marine Science and Technology, 3. University of Innsbruck

2011年東北沖地震とそれに伴う津波による甚大な被害以降、過去の巨大地震・津波の履歴の解明が重要となっている。深海底のタービダイトは地震発生の一証とされ、通常のピストンコアの解析から過去1500年程度の間日本海溝底のタービダイト記録が陸上の津波堆積物記録や古文書記録と整合的であることがわかってきた。深海底は陸域よりも安定した堆積環境を維持しているため、より長期間にわたる地震記録が得られることが期待される。そこでIODPプロポーザル866ではジャイアントピストンコアリングや掘削の手法を用いて、より長期間にわたる日本海溝の地震履歴を解明するとともに、巨大地震の海底環境や炭素循環への影響を評価することをめざしている。

キーワード：長尺ピストンコアリング、日本海溝、IODP

Keywords: giant piston coring, Japan Trench, IODP

## 地殻-マントル境界のダイナミクスと物性を明らかにするオマーン掘削プロジェクト

### Oman Drilling project to reveal dynamics and petrophysical properties in the crust-mantle boundary

\*高澤 栄一<sup>1,2</sup>、道林 克禎<sup>3</sup>、田村 芳彦<sup>2</sup>、森下 知晃<sup>4</sup>、山田 泰広<sup>2</sup>、キョートウー モー<sup>2</sup>、斎藤 実篤<sup>2</sup>  
\*Eiichi TAKAZAWA<sup>1,2</sup>, Katsuyoshi Michibayashi<sup>3</sup>, Yoshihiko Tamura<sup>2</sup>, Tomoaki Morishita<sup>4</sup>,  
Yasuhiro Yamada<sup>2</sup>, Moe Kyawthu<sup>2</sup>, Saneatsu Saito<sup>2</sup>

1. 新潟大学理学部地質科学科、2. 海洋研究開発機構海洋掘削科学開発センター、3. 静岡大学理学部、4. 金沢大学自然システム学系

1. Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University, 2. R&D Center for ODS, JAMSTEC, 3. Faculty of Sciences, Shizuoka University, 4. Faculty of Natural System, Kanazawa University

The Samail Ophiolite, in Oman and the United Arab Emirates, is the largest, best-exposed section of oceanic lithosphere in the World. As for other ophiolites, the presence of continuous layers of pelagic and metalliferous sediments, submarine lavas, sheeted dikes, and cumulate gabbros overlying residual mantle peridotite is similar to crust formed at intermediate- to fast-spreading, mid-ocean ridges. The ophiolite has long been a testing ground for hypotheses about processes at spreading centers. The ICDP Oman Drilling Project is a comprehensive drilling program that will sample the whole ophiolite sequence, from crust through to upper mantle, in a series of diamond- and rotary-drilled boreholes. Data collection will include analysis of rock core, geophysical logging, fluid sampling, hydrological measurements and microbiological sampling. The Oman Drilling Project in Phase I has already been achieved in early December 2016, through April 2017. Three 400 m long cores have been obtained at the three sites from Wadi Gideah in the Wadi Tayin massif. These sites represent an intact crustal section, including Site GT1 (lower crust), GT2 (mid-crust) and GT3 (dike/gabbro transition). Fourth drill site in Phase I (Site BT1) is located just above the basal thrust of the ophiolite on the north end of Sumail massif at Wadi Mansah. In mid-July to mid-September 2017, drilling cores in Phase I will be sent to the IODP research drilling vessel *Chikyu* in Japan for core description by its dedicated core logging facilities. Following Phase I, Phase II drilling program is scheduled for autumn/winter 2017/2018. Drilling of crust-mantle boundary (namely "Moho") by two 400 m long cores is planned in the Maqsad diapir region of Samail massif. Rotary drilling is also scheduled in some sites for fluid sampling, monitoring and hydrological experiment. Moreover we plan to conduct wire-line logging of rotary-drilled borehole at crust-mantle boundary using the most advanced equipment. We will attempt core-log integration by directly comparing physical properties with the core lithology across crust-mantle boundary. These studies must advance our knowledge about dynamics and physical properties at oceanic Moho. In this presentation, we report the current status of the Oman drilling project and discuss how we can study drilling cores in order to understand the physico-chemical processes in the vicinity of the crust-mantle boundary.

キーワード：オマーン掘削プロジェクト、モホ、オフィオライト、地殻-マントル境界、国際陸上科学掘削計画  
Keywords: Oman Drilling Project, Moho, ophiolite, crust-mantle boundary, ICDP

## 前弧マンツルのファブリック～マリアナ収束域蛇紋岩海山かんらん岩の構造岩石学～

### Fore arc mantle fabrics: a petrophysical study of peridotites obtained from serpentinite mud volcanoes in Mariana convergent margin

\*道林 克禎<sup>1</sup>、Fryer Patty<sup>2</sup>、前川 寛和<sup>3</sup>、石井 輝秋<sup>4</sup>

\*Katsuyoshi Michibayashi<sup>1</sup>, Patty Fryer<sup>2</sup>, Hirokazu Maekawa<sup>3</sup>, Teruaki Ishii<sup>4</sup>

1. 静岡大学理学部地球科学科、2. University of Hawaii、3. 大阪府立大学、4. 静岡大学防災総合センター

1. Institute of Geosciences, Shizuoka University, 2. University of Hawaii, 3. Osaka Prefecture University, 4. Center for Integrated Research and Education of Natural Hazards

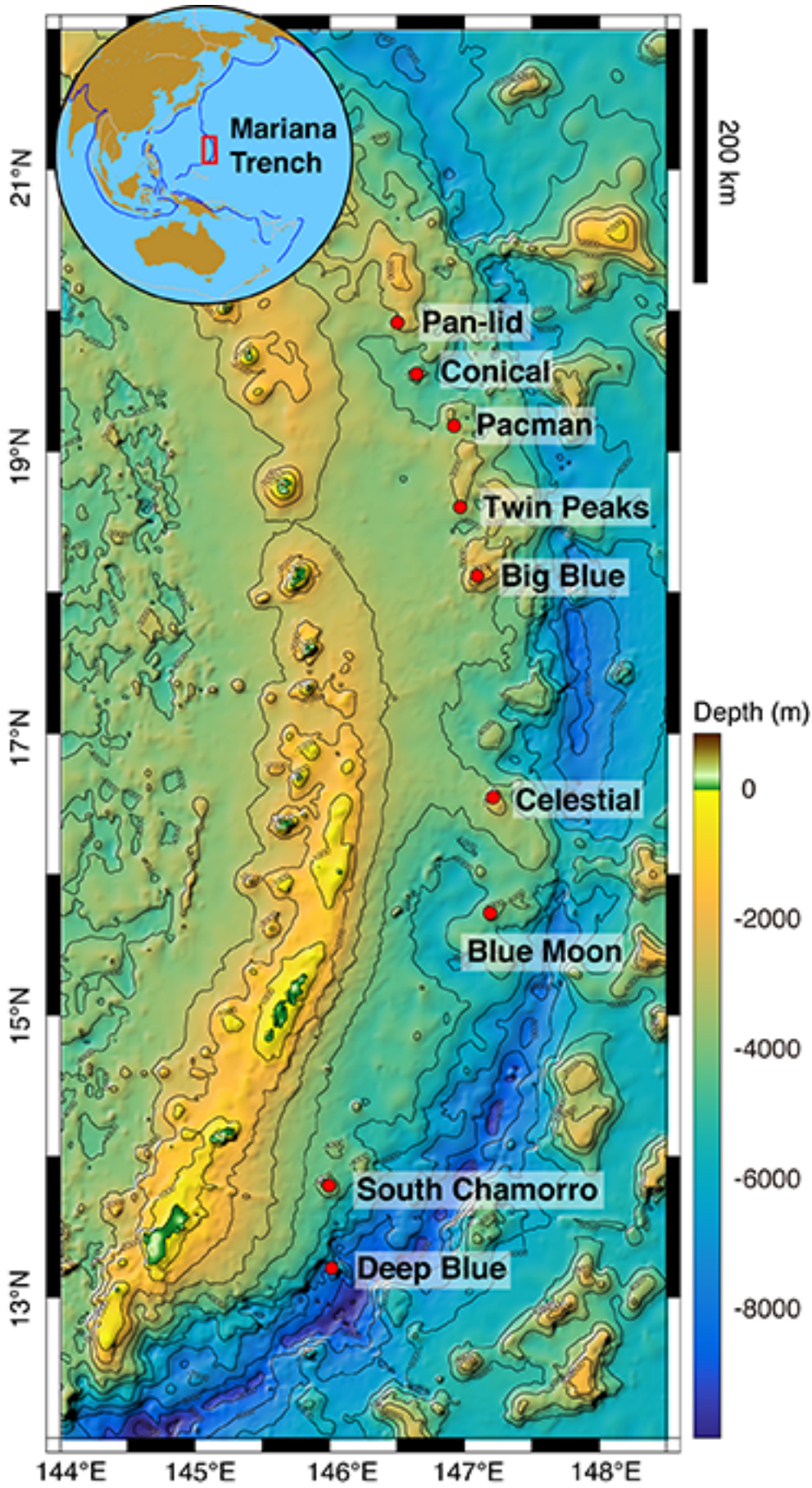
*Large serpentinite mud volcanoes form on the overriding plate of the Mariana subduction zone. Fluids from the descending plate serpentinite the forearc mantle and enable serpentine muds to rise along faults to the seafloor, so that the seamounts are direct windows into subduction processes at depths far too deep to be accessed by any known technology (Fryer, 2012 Ann. Rev. Marine. Sci.). In this study, we focused on serpentinitized peridotites obtained from nine serpentinite mud volcanoes in the Mariana convergent region.*

*The peridotite samples consist mainly of harzburgites with a few dunite samples. We analyzed olivine crystallographic fabrics as well as chemical compositions of olivine and spinel grains. Three types of olivine crystal fabrics were obtained: [010]-fiber type (AG-type), [100](010) type (A-type) and [100]{0kl} type (D-type). The chemical compositions show that Cr# ( $Cr^{3+}/Al^{3+} + Cr^{3+}$ ) of spinel is 0.4 to 0.8 and Mg# ( $Mg^{2+}/Mg^{2+} + Fe^{2+}$ ) of olivine is 89 to 92, which are in the range of Olivine-Spinel Mantle Array (OSMA) of Arai (1994 Chem. Geol.). The equilibrium temperatures induced by olivine and spinel compositions are 700 °C for D-type peridotites and 800 to 850 °C for AG-type peridotites.*

*We argue that AG-type peridotites may be derived from the older lithospheric mantle before the formation of the Mariana arc system, whereas D-type peridotites could be related to the supra-subduction tectonics during the relative plate motion between Philippine Sea Plate and Pacific Plate.*

キーワード：前弧マンツル、マリアナ、かんらん石ファブリック

Keywords: fore arc mantle, Mariana, olivine fabrics



## 北西太平洋域でのプレート沈み込みに伴う屈曲断層掘削計画の進展：国際ワークショップの成果

### Progress in Bend-Fault Hydrology in the Old Incoming Plate (H-ODIN) project

\*森下 知晃<sup>1</sup>、山野 誠<sup>2</sup>、藤江 剛<sup>3</sup>、小野 重明<sup>3</sup>、木村 純一<sup>3</sup>、尾鼻 浩一郎<sup>3</sup>、中村 恭之<sup>3</sup>、山口 飛鳥<sup>4</sup>、鹿児島 涉悟<sup>4</sup>、斎藤 実篤<sup>3</sup>、小平 秀一<sup>3</sup>、Morgan Jason<sup>5</sup>

\*Tomoaki Morishita<sup>1</sup>, Makoto Yamano<sup>2</sup>, Gou Fujie<sup>3</sup>, Shigeaki Ono<sup>3</sup>, Jun-Ichi Kimura<sup>3</sup>, Koichiro Obana<sup>3</sup>, Yasuyuki Nakamura<sup>3</sup>, Asuka Yamaguchi<sup>4</sup>, Takanori Kagoshima<sup>4</sup>, Saneatsu Saito<sup>3</sup>, Shuichi Kodaira<sup>3</sup>, Jason Phipps Morgan<sup>5</sup>

1. 金沢大学理工研究域自然システム学系、2. 東京大学地震研究所、3. 海洋研究開発機構、4. 東京大学大気海洋研、5. ロンドン大学

1. Kanazawa University, 2. ERI, Univ. Tokyo, 3. JAMSTEC, 4. AORI, Univ. Tokyo, 5. Univ. London

プレート沈み込み直前の屈曲域での断層を通じた水循環によるプレートの大規模加水過程が注目されている (Grevemeyer et al., 2007; Fujie et al., 2013) . そこで、古く冷たい海洋プレートが沈み込む北西太平洋域のプレート屈曲断層掘削計画についての予備申請書を提出済みである。また、若く熱い海洋プレートが沈み込む中米沖のプレート屈曲断層掘削計画の予備申請書も提案されている。いずれも本申請書を作成することを目指し、昨年6月にCHIKYU IODP Board, UK-IODP, ECORD の支援を受けてプレート屈曲断層掘削計画に関する国際ワークショップを開催した。会議では、これらの計画について研究目的、掘削地点、掘削戦略について議論を行った。北西太平洋沖掘削計画に関しては、研究目的の再検討において、本地域の継続的物理探査に基づく最新研究成果である掘削対象地域の微小地震活動、地震波による地下構造推定、熱流量測定などの新しい成果 (Obana et al., 2014; Yamano et al., 2014) も考慮された。掘削地点の検討においては、既存の中央海嶺でプレートが形成された構造がもつ方向と現在のプレートが沈み込む海溝の方向とがなす角度の関係についての議論などが行われた。また、掘削戦略においては、断層のどの地点を掘削すべきか、また、断層掘削に付帯する研究計画などについて議論された。本発表では、それらの成果を踏まえた本掘削計画案の進展を紹介する。

キーワード：プレート屈曲断層掘削計画、北西太平洋

Keywords: Drilling project into plate bending-induced normal faults, Northwest Pacific region