資料３

第59回　海洋開発分科会

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）第358次研究航海の実施概況

倉 本 真 一
地球深部探査センター（CDEX）
（国）研究開発法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）

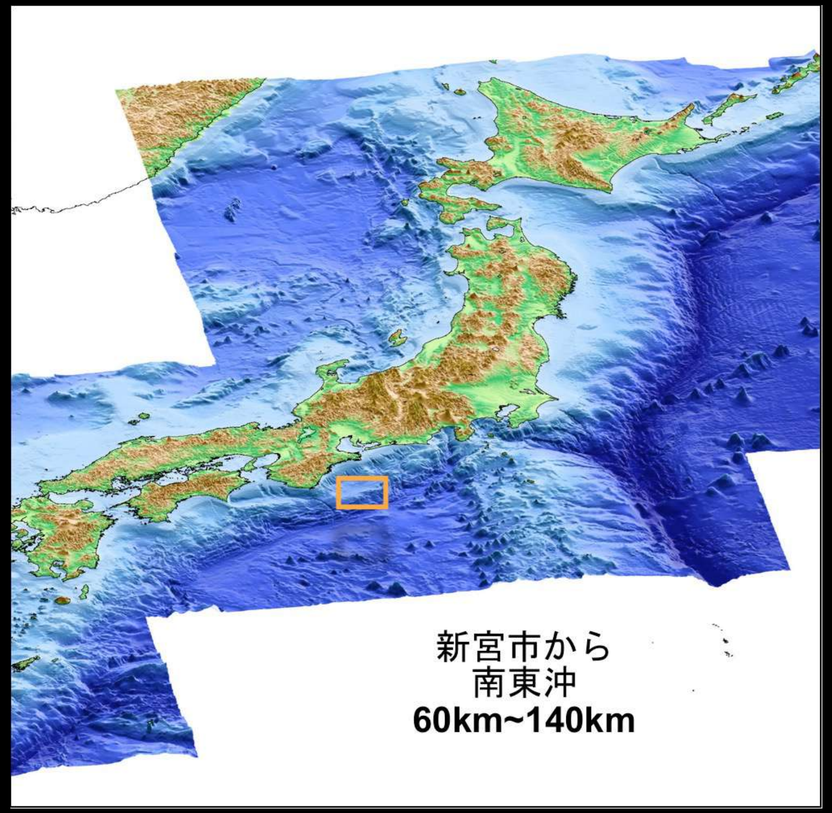
南海トラフ地震発生帯掘削計画

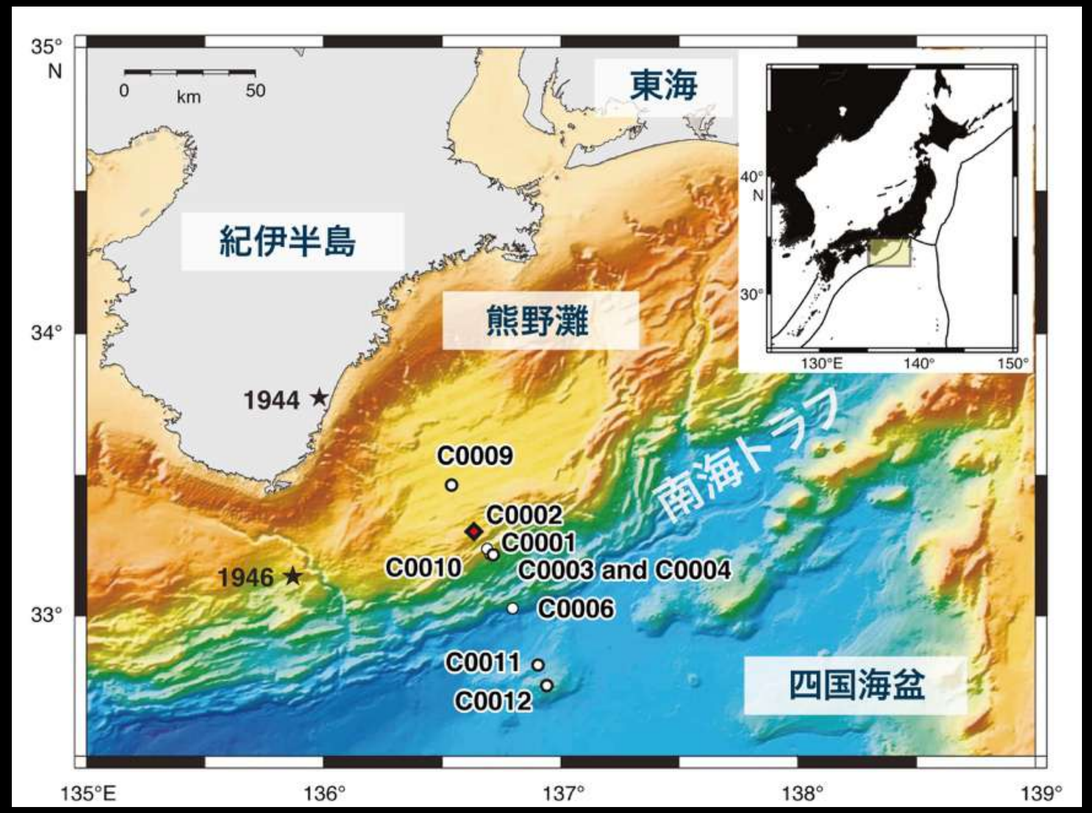
Nankai Trough Seismogenic Zone Experiment (NanTroSEIZE)

なんとろさいず

2007年9月より開始

http://www.jamstec.go.jp/chikyu/j/nantroseize/





IODP南海掘削の実績

研究航海：12航海

(Expedition 314, 315, 316, 319, 322, 326, 332, 333, 338, 348, 365, 380)

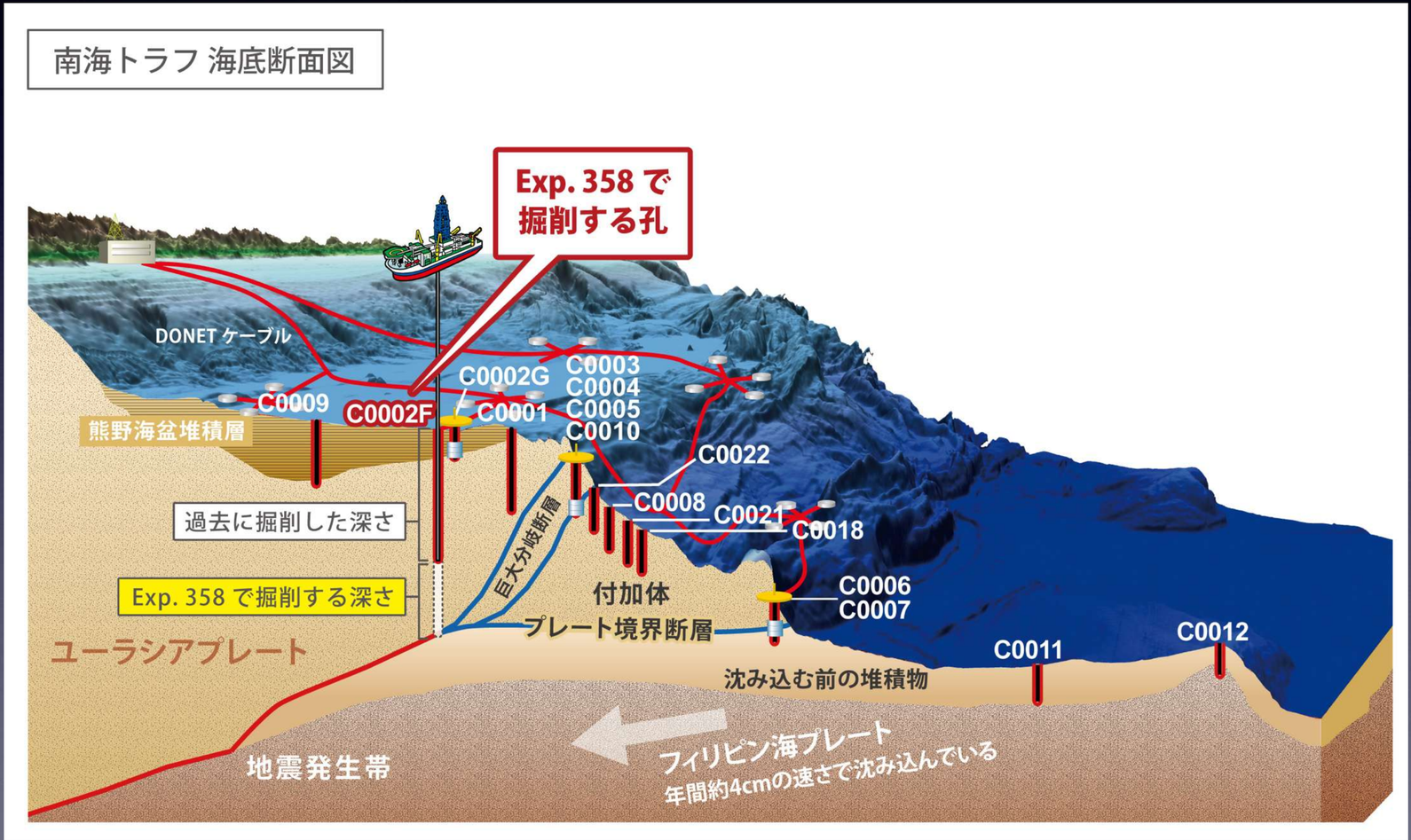
掘削地点：15地点（サイト）

掘削孔数：68孔（ホール）

総掘削長：34,219.7m

総コア長：6,671.1m

参加研究者：のべ228人（15カ国）



※IODP: International Ocean Discovery Program, 国際深海科学掘削計画

「ちきゅう」南海トラフ地震発生帯掘削計画の軌跡

南海トラフ地震発生帯掘削計画では、巨大地震の震源域浅部に相当するプレート境界断層および巨大分岐断層を掘削し、コア試料の採取や、掘削による孔内計測を実施することにより、南海トラフにおける地震と津波の発生メカニズムを解明することを目的にプロジェクトが進められている。

2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018

- 2005年7月 ちきゅう引き渡し
- 2006年7月-11月 慣熟訓練・試験運用 試験掘削（下北八戸沖）
- 2010年9月-10月 沖縄熱水海底下生命圏掘削 Exp. 331
- 2011年3月 東北地方太平洋沖地震発生
- 2012年4月-5月 東北地方太平洋沖地震調査掘削 Exp. 343
- 2012年7月 東北地方太平洋沖地震調査掘削II Exp. 343T
- 2012年8月-9月 下北八戸沖石炭層生命圏掘削 Exp. 337

2007年9月-2008年2月

IODP Exp. 314 / 315 / 316

掘削地点：C0001 C0002 C0003 C0004 C0005 C0006 C0007 C0008

目的

地震発生帯より上層の巨大分岐断層や付加体※1をターゲットとして、

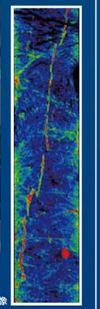
- 掘削同時検層※2による付加体断面の孔内地層各種物理データの取得
- 分岐断層浅部と熊野前弧海盆の堆積構造と起源の解明
- 沈み込む堆積物とプリズム尖端部のコアリングを実施

成果

巨大分岐断層浅部と、付加体先端のプレート境界断層（水平断層）前縁部を掘削し、

- プレート境界断層における地震性破壊の発生の証拠を世界で初めて発見
- 東南海地震（1944年）の津波断層を特定する物的証拠の発見

▲初めて採った ロギングデータを眺めてディスカッション



▶採取したコアのX線CTスキャン画像

※1 付加体：海洋プレートが海溝で大陸プレートの下に沈み込む際に、海洋プレートの上の堆積物がはぎ取られ、陸側に付加したもの。付加体は、2億年より古い海洋プレート上の地質記録を入手できることがある

※2 掘削同時検層：ドリルパイプの先端近くに搭載される各種物理計測センサーを用いて、掘削作業と同時に現場での地層物性の計測を行う技術。コア試料の採取はできないが、掘削箇所の地層状況を連続測定することによって、深度に対してリアルタイムに地質状況や孔内の性状などを得ることができる

2009年5月-10月

IODP Exp. 319 / 322

掘削地点：C0009 C0010 C0011 C0012

目的

地震発生帯の直上域、地震発生帯から伸びる巨大分岐断層浅部、沈み込む前のトラフ底堆積層（南海トラフより沖合いの四国海盆）において、

- ライザー掘削/ライザーレス掘削にて物理検層を実施
- 地震発生帯に運び込まれる物質の初期状態を解明

成果

- 研究航海で初めてライザー掘削を実施、コア試料の採取に成功
- 巨大地震発生帯に運び込まれる初期堆積物と基盤岩の特徴を明らかにした
- 堆積岩と基盤岩※3の境界層および基盤岩の回収

▲ライザーパイプをデリックに吊るして繋げていく

▲コア試料の記載・サンプリングを行う研究者

▶掘削地点C0012で得られた堆積岩[上]と基盤岩(枕状玄武岩)[下]の境界部分

※3 基盤岩：一般的に堆積物（堆積岩）の下位の地層を示す

2010年7月-10月

IODP Exp. 326/332

掘削地点：C0002

目的

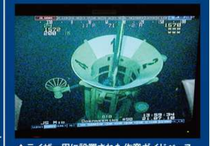
- 超深度ライザー掘削の準備として孔の基礎部分を開孔し、上部孔井設置作業を実施
- 巨大地震の解明と、リアルタイム情報取得のための孔内観測装置の設置

成果

- C0002地点（水深1,939m）にて、海底下872.5m掘進し、ケーシングと孔口装置の設置に成功
- C0002地点にて、最初の長期孔内観測システム（LTBMS）の設置に成功

海底下の掘削孔内約750-940mの深度に地震地殻変動を観測するセンサー（温度センサー、歪計、広帯域地震計、傾斜計、高感度地震計、強震計、圧力ポート）を設置

▲26インチドリルビットを準備するクルー



▲ライザー用に設置された作業ガイドベース

2011年2月

IODP Exp. 333

掘削地点：C0010 C0011 C0012 C0018

目的

- プレート沈み込み直前の地点での表層堆積物と熱流量の測定

成果

C0018地点にて、海底地すべり層の発生原因が明らかになった

▲船上に引き揚げられたコア試料

▲海底地すべり体内部の変形構造（C0018：海底下およそ139mで採取）

最も下位の長さ62mの地層から、海底地すべりが100万年前に起こったことがわかり、変形構造も確認された

▶繰り返し堆積しているタービダイト層（C0018：海底下およそ201-202mで採取）

この厚い地すべり層の上位では比較的規模が小さな海底地すべり層と均質な粘土層が交互に堆積するのに対し、下位ではタービダイト層が繰り返し堆積。海底地すべり発生後、堆積物の供給に劇的な変化が起こったことがわかった。

2012年10月-2013年1月

IODP Exp. 338

掘削地点：C0002 C0012 C0018 C0021 C0022

目的

巨大分岐断層の活動履歴や沈み込む前の海洋プレートの地層物性、沈み込む海洋プレートからはぎ取られて形成される付加体の内部構造などの情報を得るために、コア試料の採取及び掘削同時検層※2を実施

成果

- C0002地点（Exp.326実施）にて、ライザー掘削によって地質試料の採取と掘削同時検層※2を実施。海底下2,005mまで到達
- C0012地点にて、大陸プレートに沈み込む前の海洋プレートの調査として、掘削同時検層※2を実施
- C0018、C0021、C0022地点にて、巨大分岐断層の活動履歴を記録した地層の調査として、掘削同時検層※2やコア試料を採取

▲コア試料の拡大図

▶採取したてのコア試料を運び込む様子

▲コアラックに収納された半裁コア

2013年9月-2014年1月

IODP Exp. 348

掘削地点：C0002

目的

C0002地点にて、2012年のライザー掘削（Exp.338）に引き続き、ライザー掘削による海底下約3,600mまでのコア試料の採取および掘削同時検層※2を実施、掘削孔壁を保護するためのケーシングパイプを設置

成果

海洋科学掘削での最深掘削（海底下3,058.5m、水深1,939m）に成功

▲最深掘削に成功し、ニッコリな研究者

▲半裁したコア試料の表面構造を確認する様子

▲コア試料の表面を顕微鏡で観察し、データ入力中

2016年4月

IODP Exp. 365

掘削地点：C0010

目的

巨大分岐断層浅部において、2010年のExp.332で設置した簡易型孔内観測装置（GeniusPlug）を回収。さらに孔井を掘進し、最新の観測技術を搭載した長期孔内観測システム（LTBMS）を設置

成果

回収したGeniusPlugと、最新のLTBMSにより、南海トラフの東南海地震想定震源域としては72年ぶりに発生したM6以上のプレート境界地震であることが明らかになった

▲GeniusPlug

▲LTBMS

▲回収した GeniusPlug

2018年1月

IODP Exp. 380

掘削地点：C0006

目的

南海トラフのプレート境界断層前縁部のC6サイト（3871.5m）の海底下495mにて、長期孔内観測システム（LTBMS）の設置

成果

C0002、C0010地点に続き3箇所目となり、最も海溝近傍での設置に成功。これにより、津波発生に関連するプレート境界断層の先端部の変動を捉えられる。DONET1に接続完了すれば、3箇所の海底下からのシグナルをリアルタイムに捉えることになる。

同時並行で、レガシーコアのワークショップを開催した。

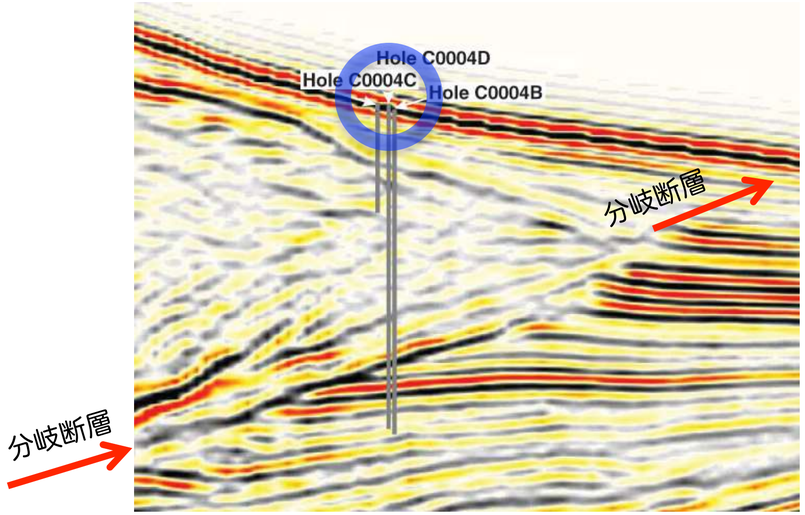
▲LTBMS組み立ての様子

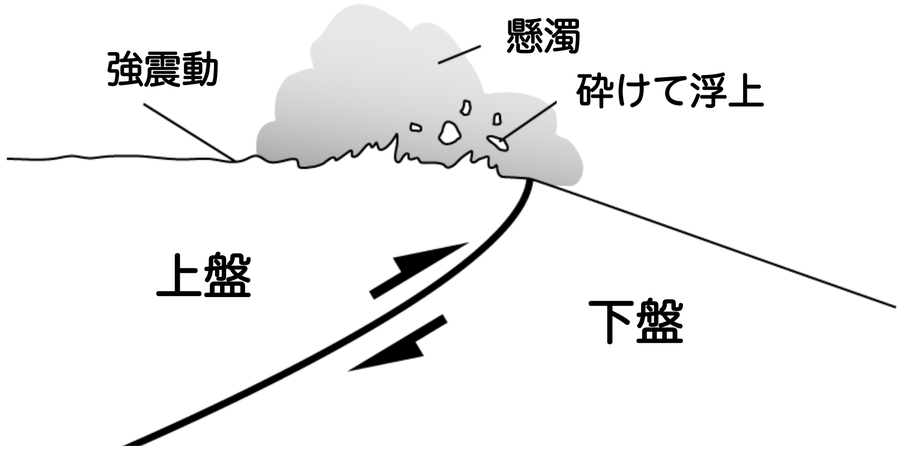
▲LTBMS設置の様子

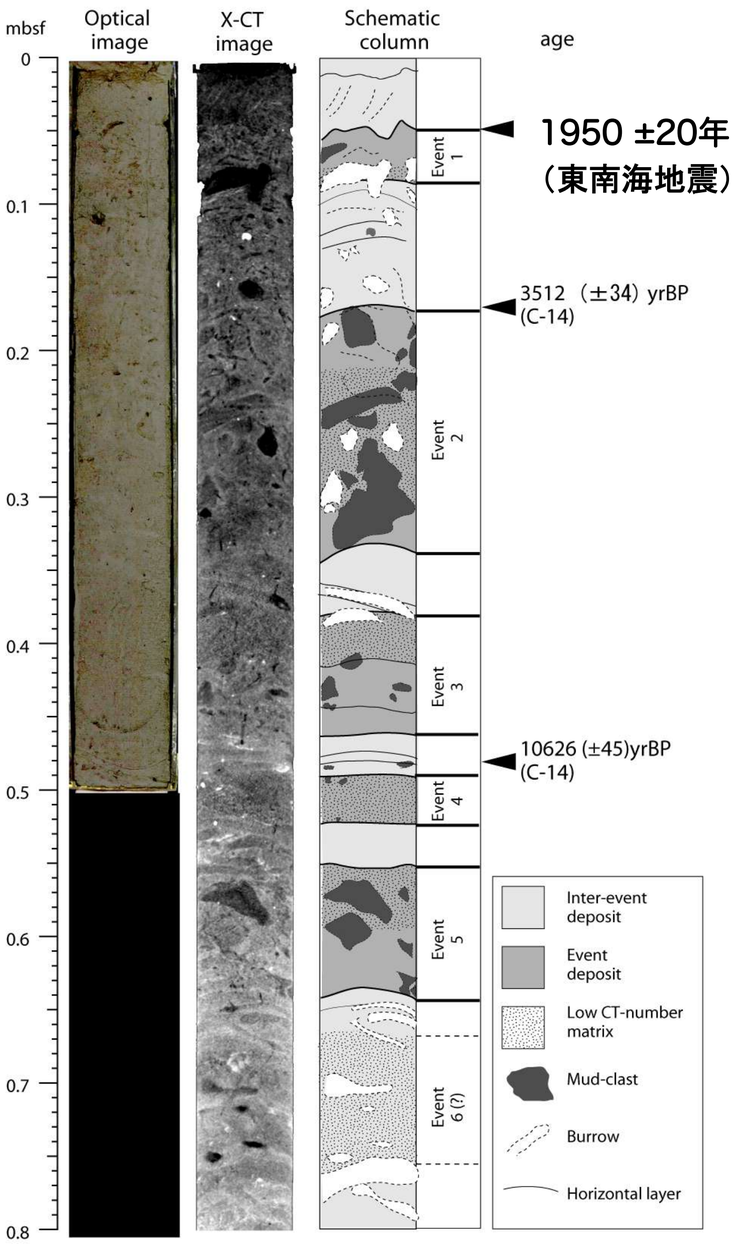
▲ワークショップの様子

IODP INTERNATIONAL OCEAN DISCOVERY PROGRAM　JAMSTEC Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology　CDEX CENTER FOR DEEP EARTH EXPLORATION

強震動堆積物の発見





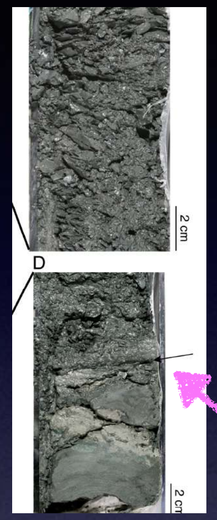


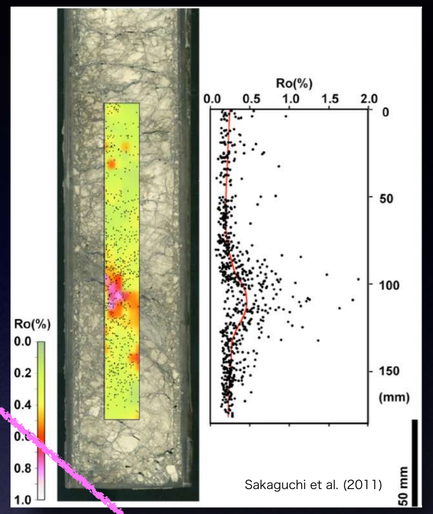
❖ 強震動の場所と規模の新指標

❖ X線CTによって初めて確認
❖ 最新の年代は東南海地震と一致

南海トラフと東北沖での共通性を新たに見いだす

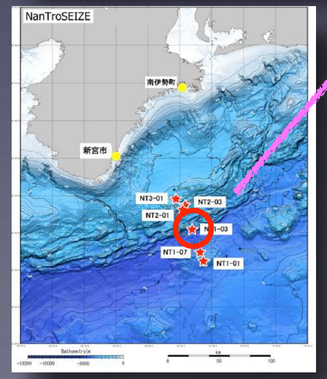
海溝軸付近まで地震性高速滑りが発生してた！

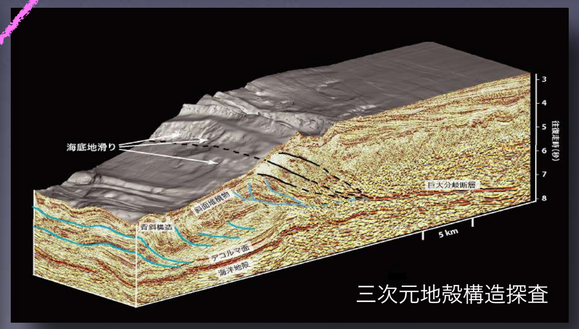




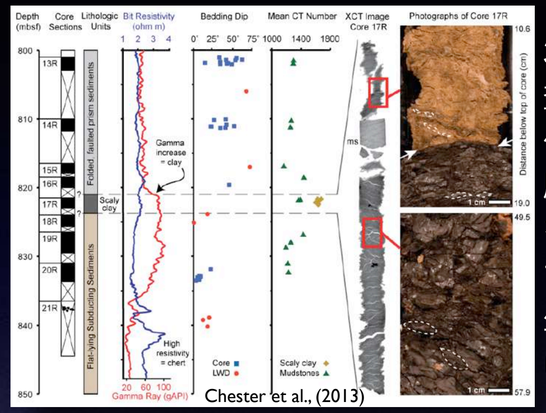
Sakaguchi et al. (2011)

掘削試料を使って地震時に発生した摩擦熱を推定すると、400℃を超える。掘削試料に見られる断層試料の特徴と合わせると、これまでの定説を覆し、海溝軸付近でも高速滑りが発生したと考えられる。



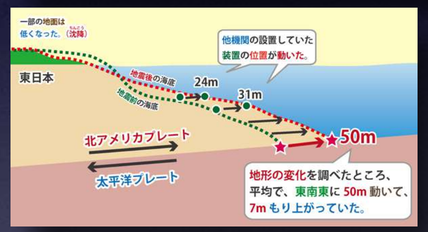


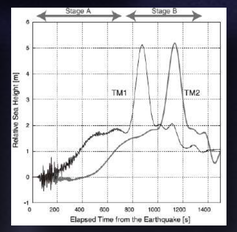
三次元地殻構造探査

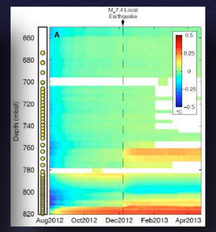


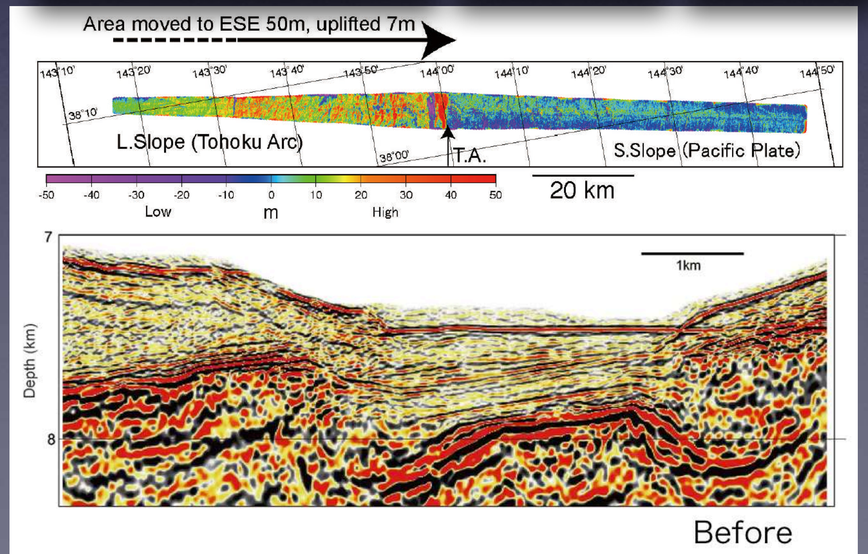
Chester et al., (2013)

3.11地震直後の海底調査、掘削により、海溝軸付近でのプレート境界断層の実態（物質、物性）を地震直後に世界で初めて明らかにし、大津波発生のメカニズムを明らかにした。

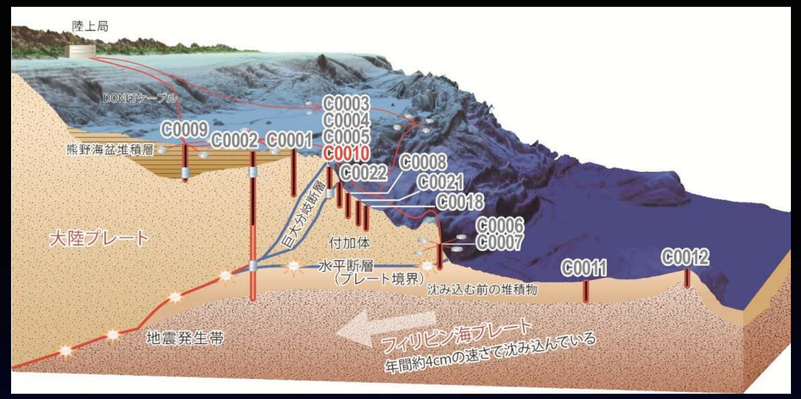








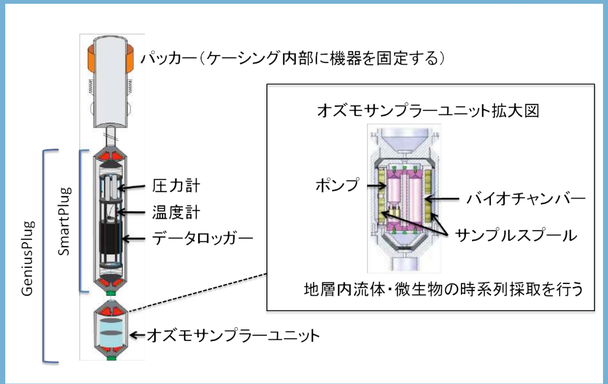
IODP Exp. 365



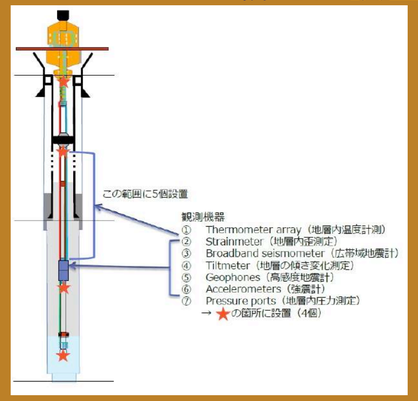
2016.04.01三重県沖地震を記録
1944年東南海地震、1946年南海地震以来のプレート境界地震が発生し、震源のほぼ直上で観測に成功した。

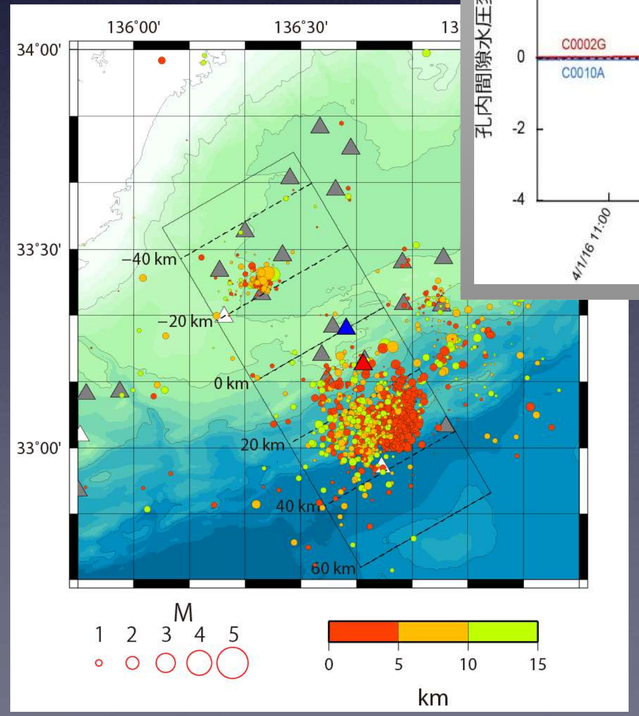
- 掘削孔内の間隙水圧は、本震時に2kPa急上昇し、その後も2日間にわたってさらに30%程度上昇を続けた
- 本震後に遅れて、震源から10km程度離れた場所の余震活動が活発化
- 本震後周囲のプレート境界面がゆっくりと滑っている可能性を示唆
- 本震震源がゆっくり滑りを起こす領域と深部の固着域の間の遷移域で発生したことを示している

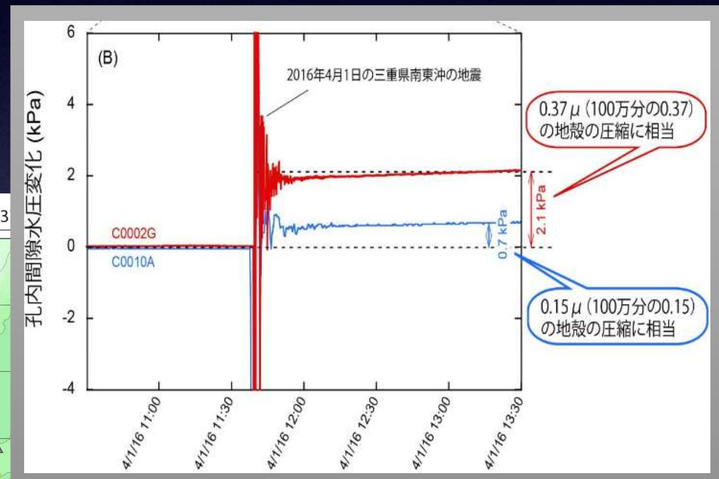
回収した装置



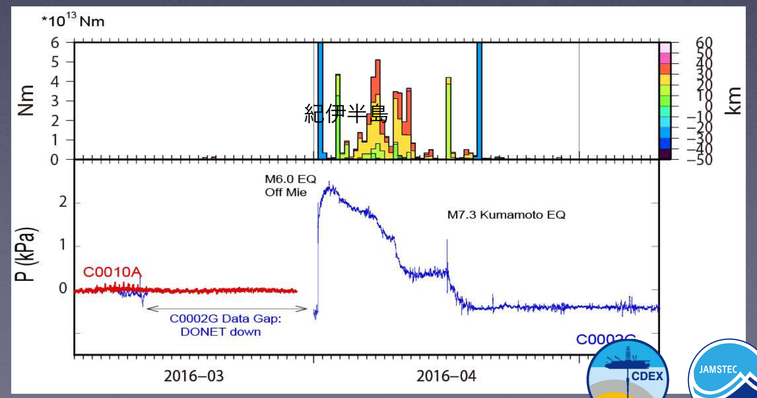
新たに設置した装置





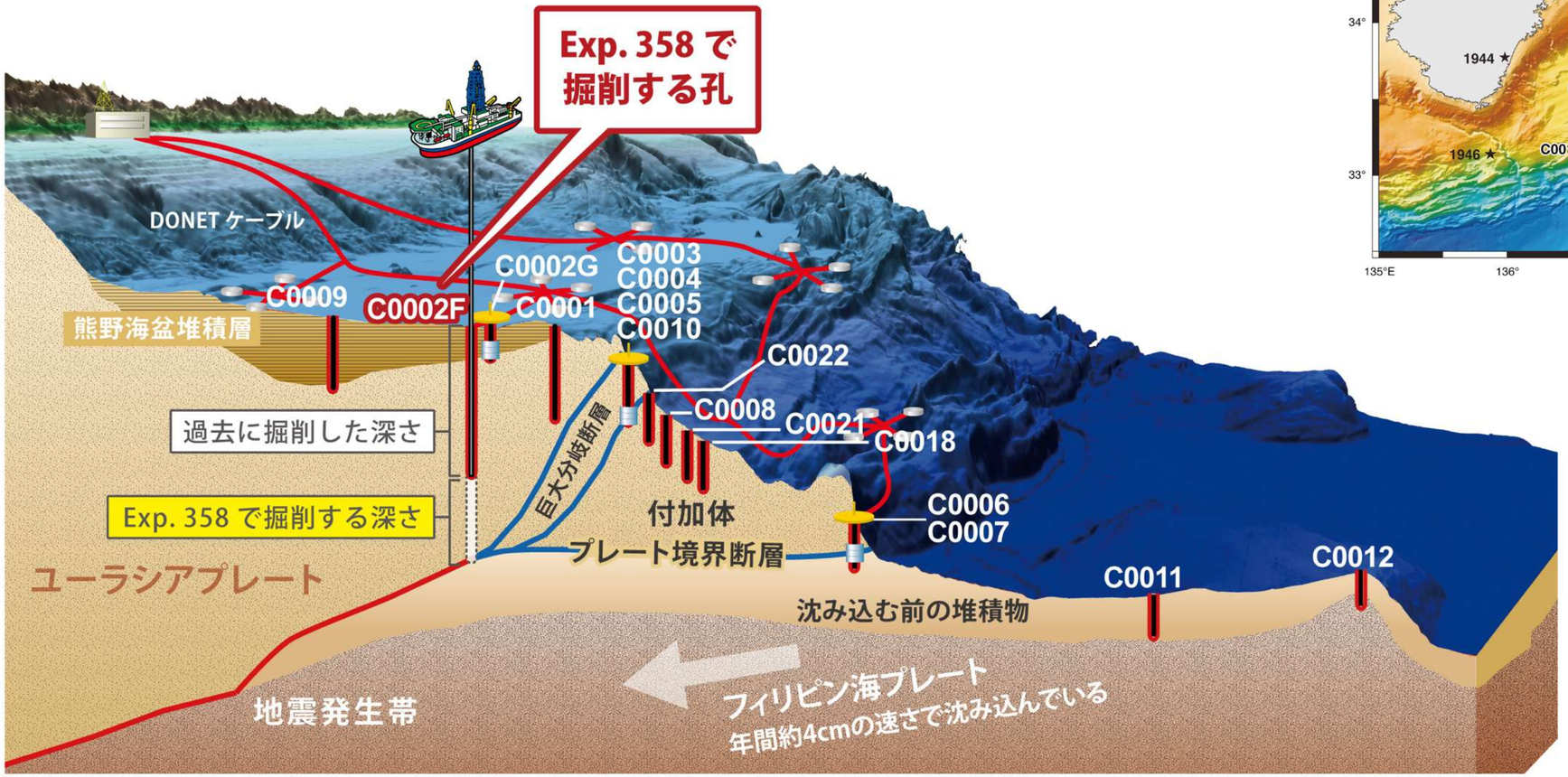


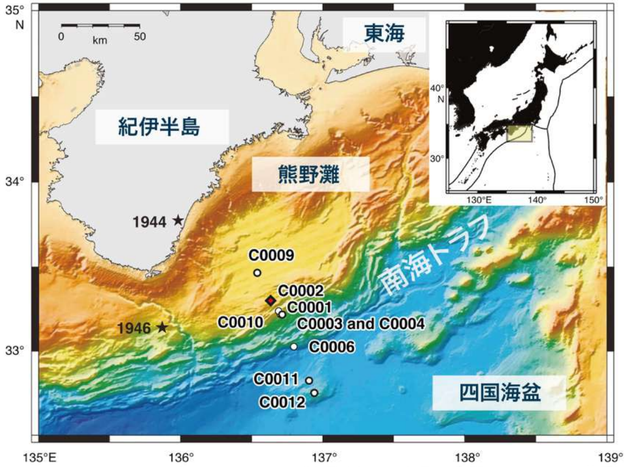
2016年4月1日に発生した地震（Mw6.0）は、約７０年ぶりに発生したプレート境界地震であることをDONET及び孔内観測データの統合的解析から明らかにした。



C0002

南海トラフ 海底断面図





(H. Tobin et al, Exp.348 summary を修正)

緯度・経度：　33°18.05' N、136°38.20' E

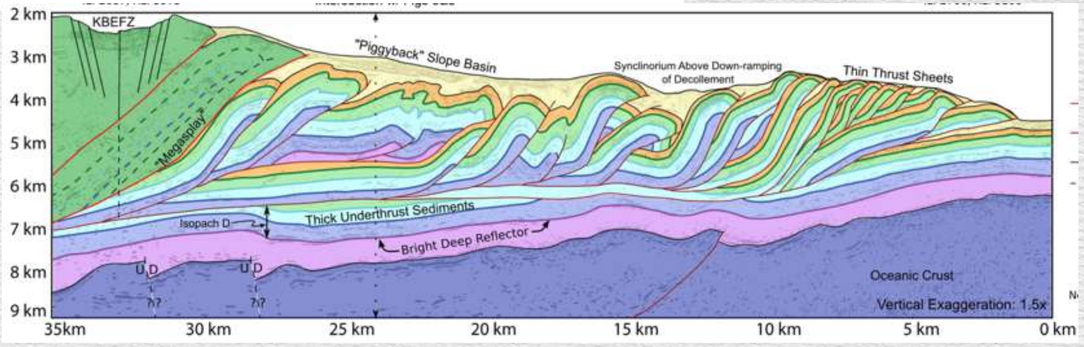
水深：1939.0m

これまでの航海：第326次航海（2010年度）、第338次航海（2012年度）、第348次航海（2013年度）

これまでの掘削深度：3,058.5m

掘削予定深度：海底下5,200m程度

新宮市からの距離：約75km

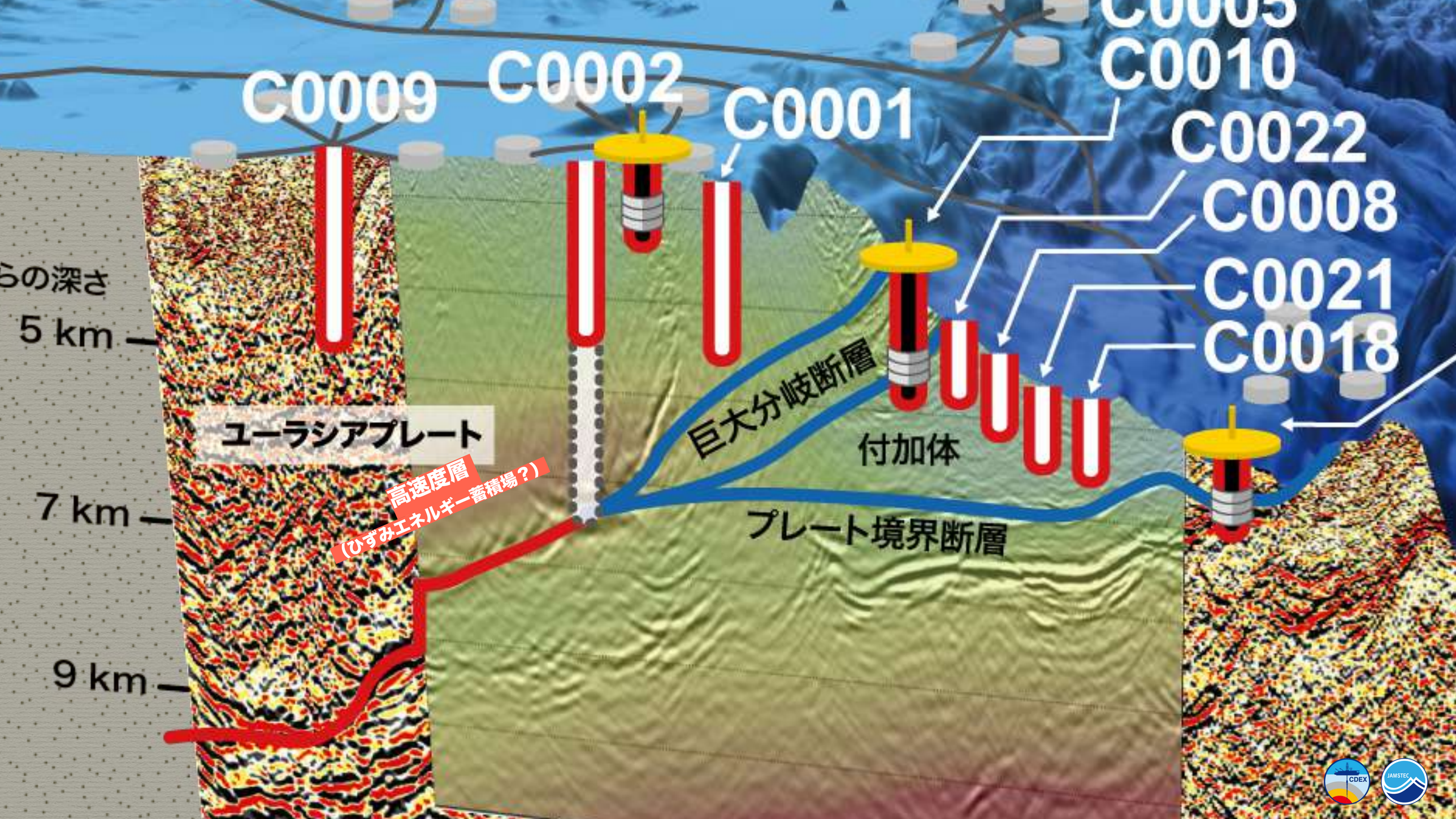


海洋開発分科会提言（平成26年8月）

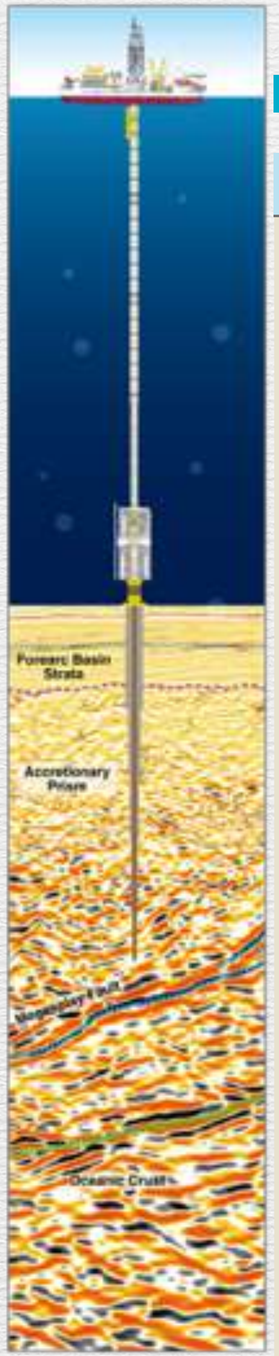
1. 早期に巨大分岐断層/プレート境界断層接合部を掘り抜く事を目指す。

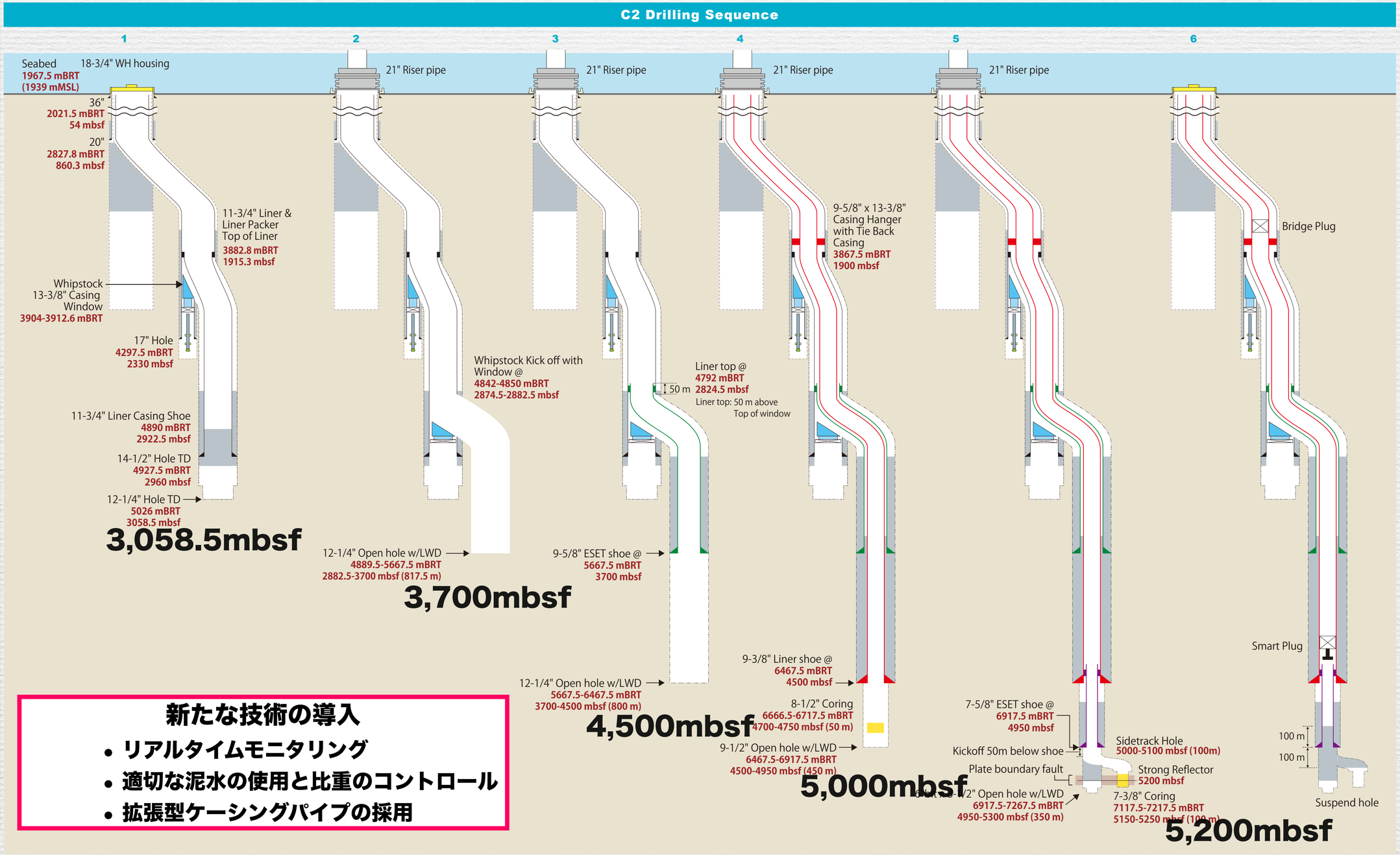
2. そのため、超深度掘削（ステージ3）は、連続する2会計年度内での完遂を目指す。様々な理由によりそれ以上かかると見込まれる場合には一旦休止することを含め技術の進歩や社会情勢などを鑑みて決定する。

3. 掘削方法の選択に当たっては、計画案それぞれのリスクを徹底的に検証し、上記第2項の方針を考慮しながら、できるだけ成功確率の高い手段が選択されるよう技術合理性に基づいた判断を行う。


C0009
C0002
C0001
C0005
C0010
C0022
C0008
C0021
C0018
らの深さ
5 km
7 km
9 km
ユーラシアプレート
高速度層
（ひずみエネルギー蓄積場？）
巨大分岐断層
付加体
プレート境界断層

掘削計画





新たな技術の導入

- リアルタイムモニタリング
- 適切な泥水の使用と比重のコントロール
- 拡張型ケーシングパイプの採用

黒潮大蛇行中

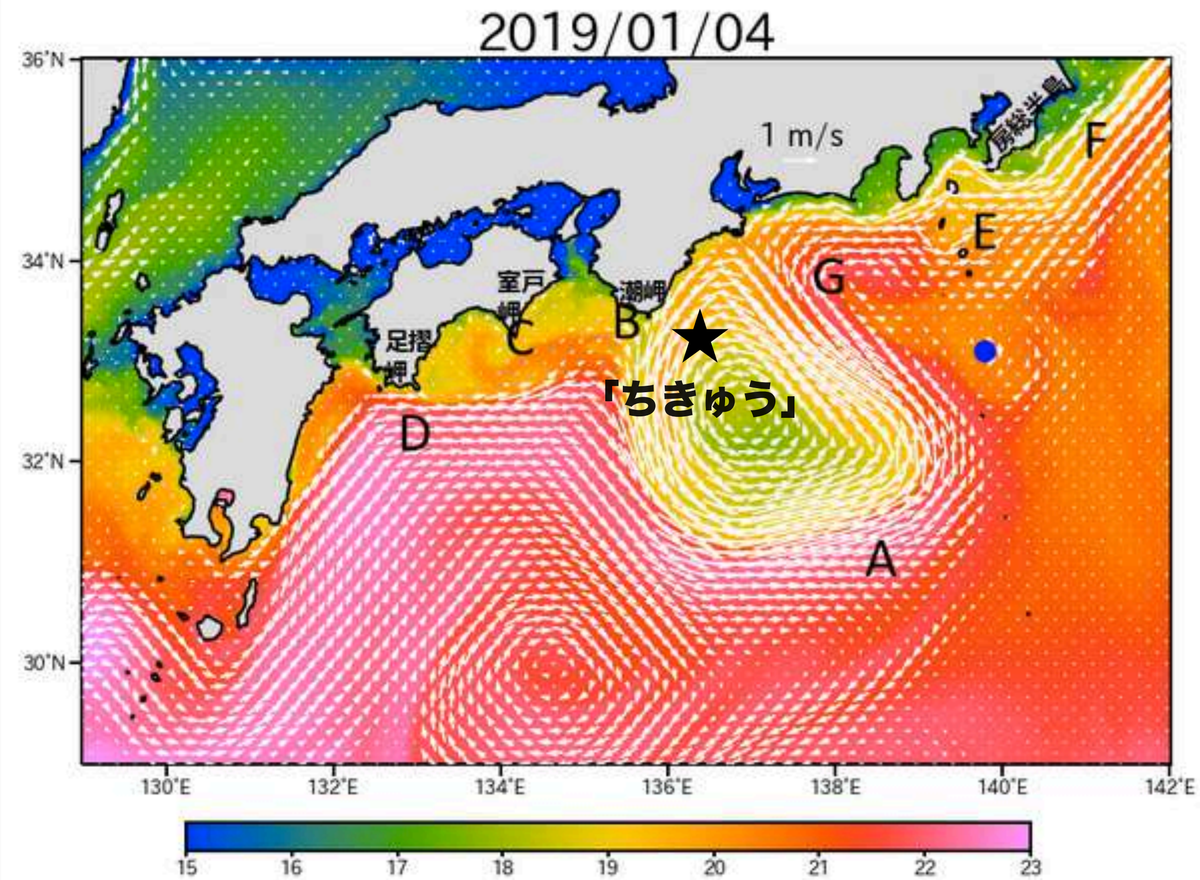
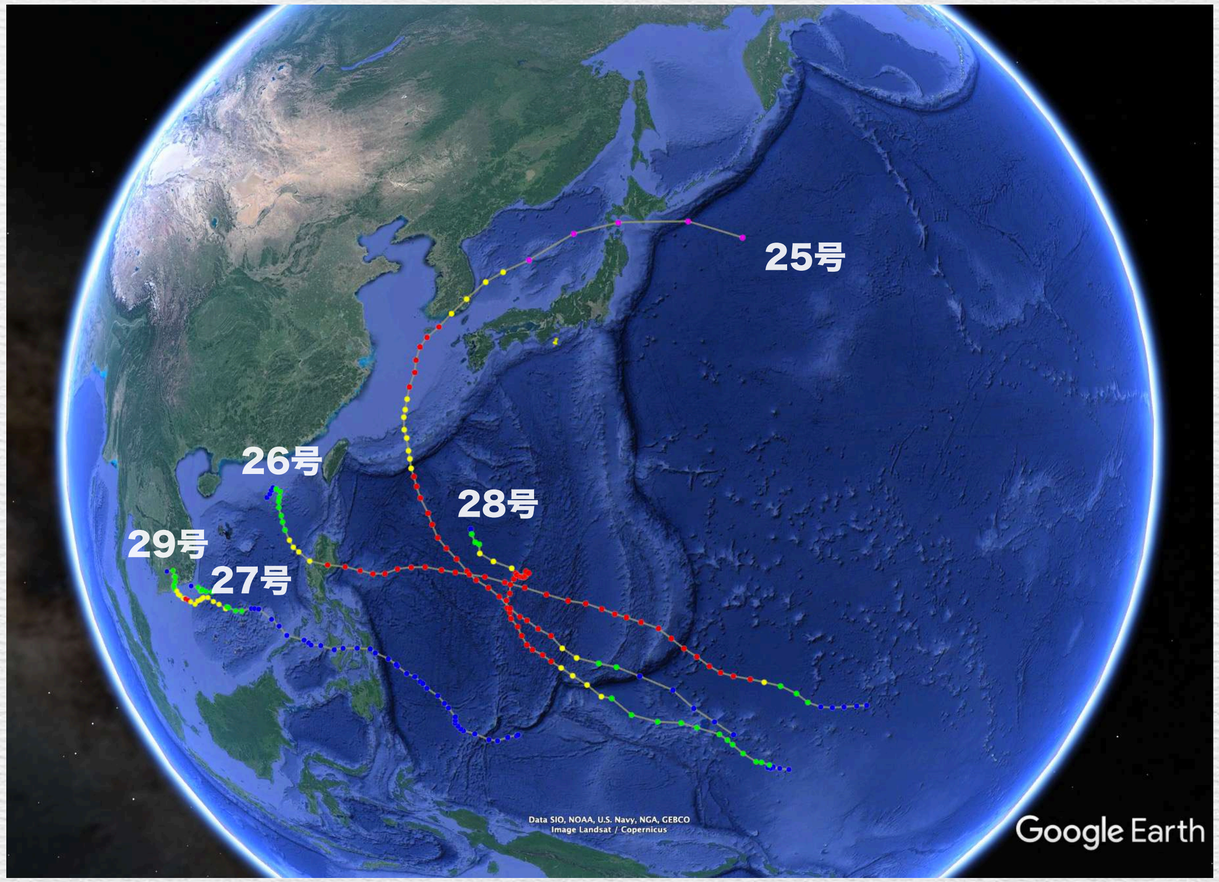


図1： 1月4日の予測値(日平均)。矢印(ベクトル)は海面近くの流れの向き(メートル毎秒, 長いほど速い流れ)、色は海面温度(°C)。青丸(●)が八丈島の位置。クリックすると拡大します。

10月以降発生した台風の軌跡



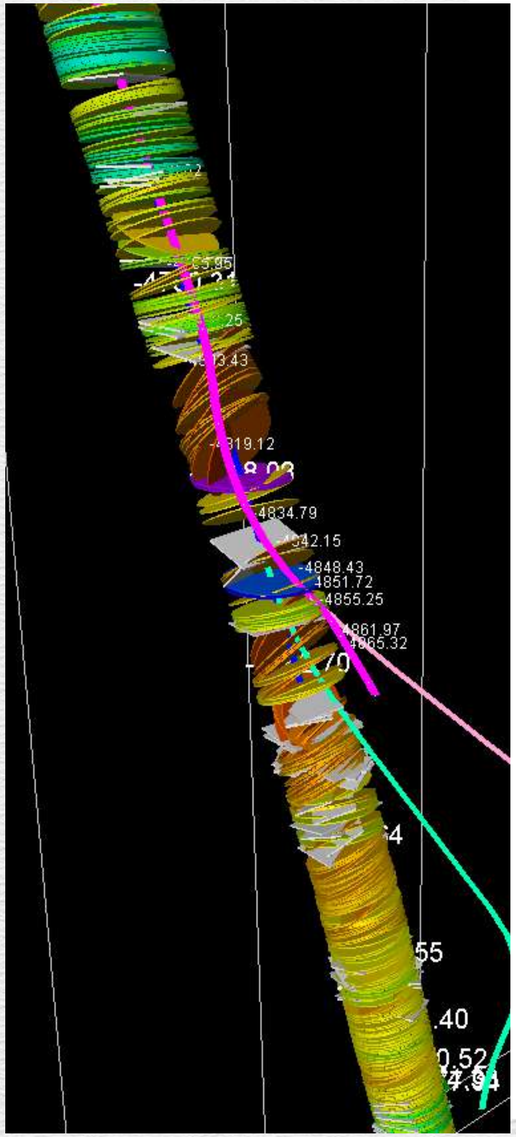
10月10日の出港以降、黒潮は大蛇行を続け、掘削海域は平均1ノット以下の潮流であった。
また大きな海気象の変化（台風、寒冷前線など）は無く、比較的安定した海況が続いている。

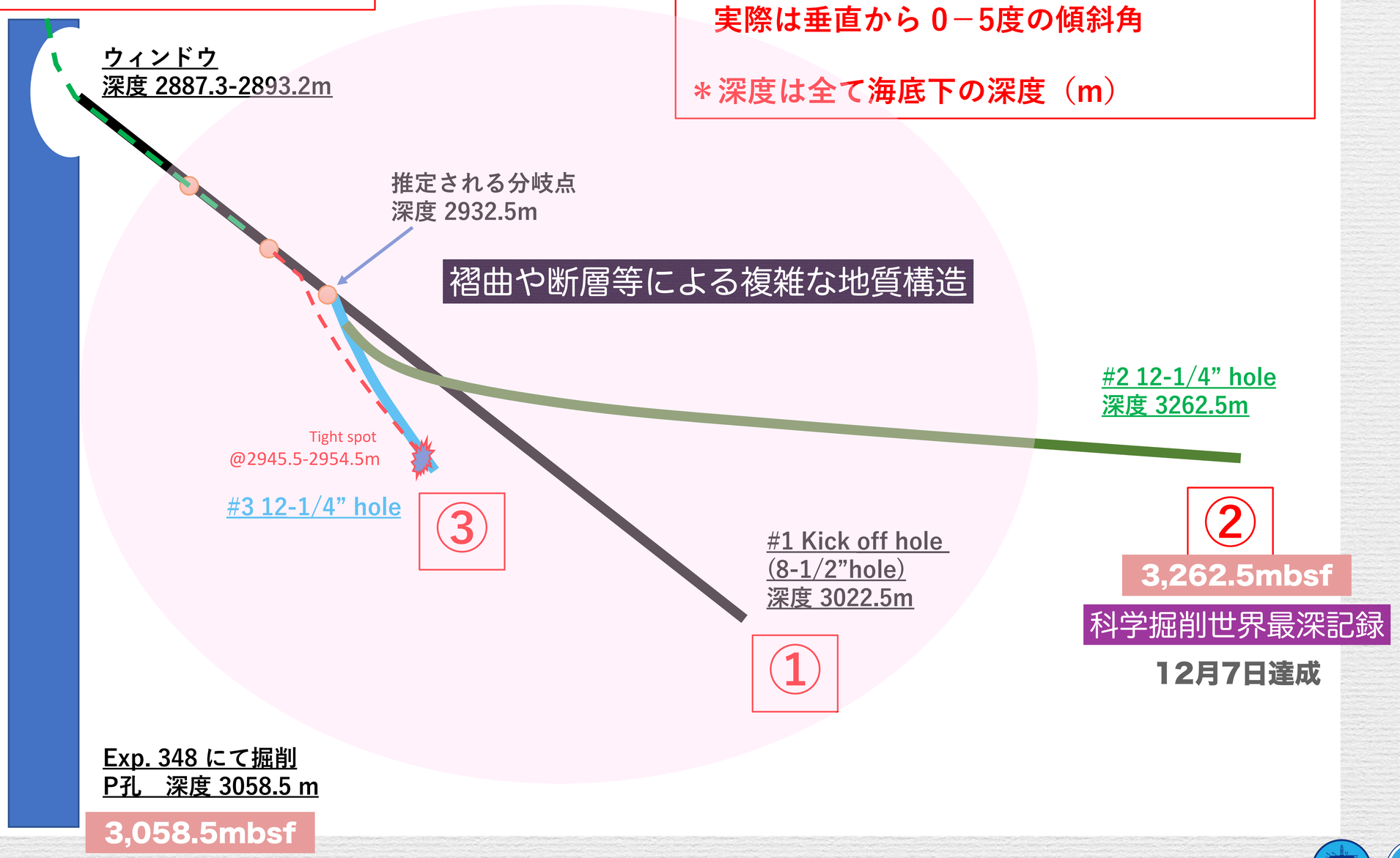
複雑な地質構造

12/12 現在の状況

＊井戸の傾斜は誇張して描いていますが、
実際は垂直から 0－5度の傾斜角

＊深度は全て海底下の深度（m）





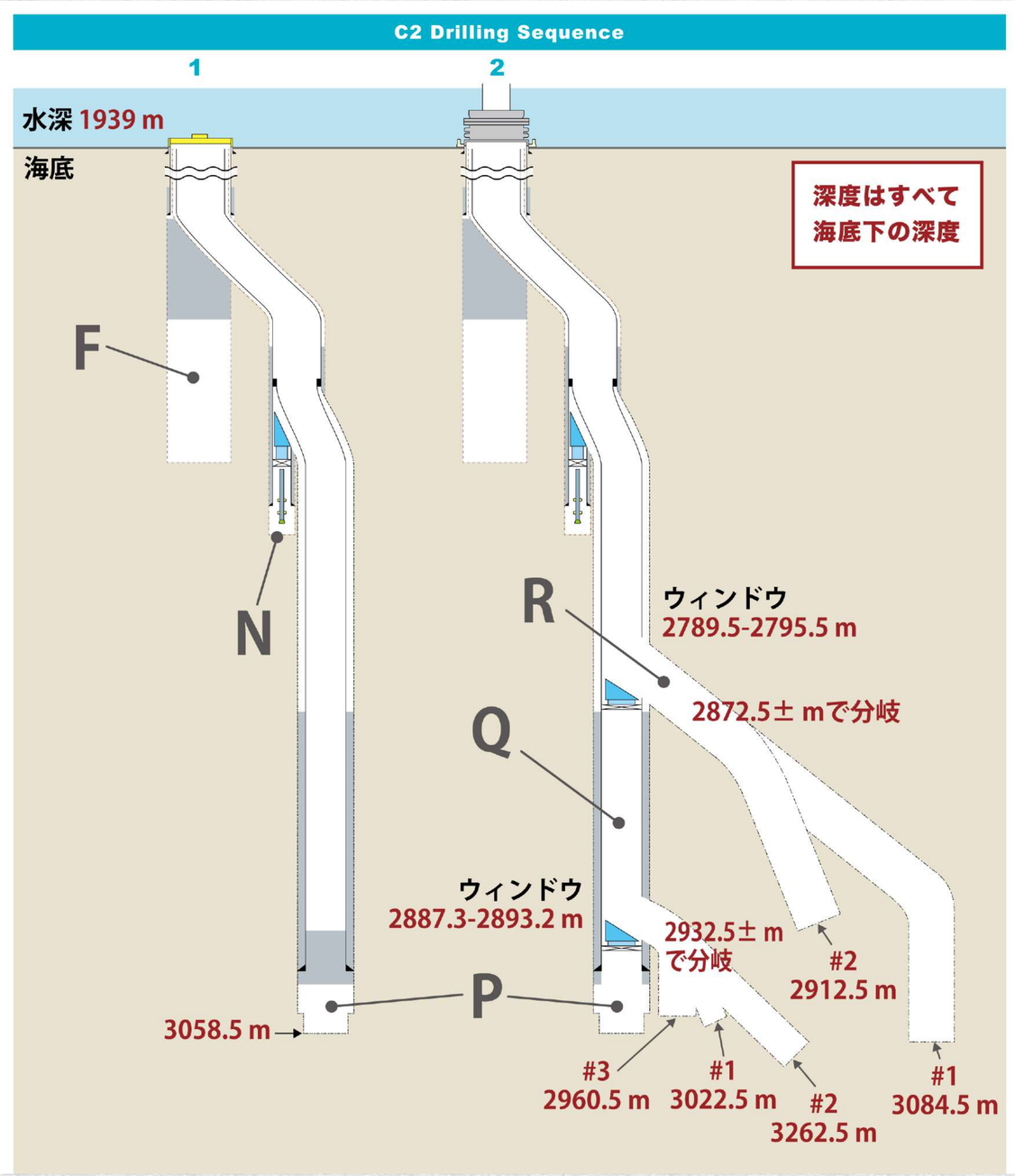
硬くて崩れやすい複雑な地層を掘削した機器

高トルクでパイプジョイント変形 (1月6日)

拡掘機器の破壊 (1月9日)

掘削ビット（上段：これまでに９個使用）
ケーシング穴あけ用ミル（下段）

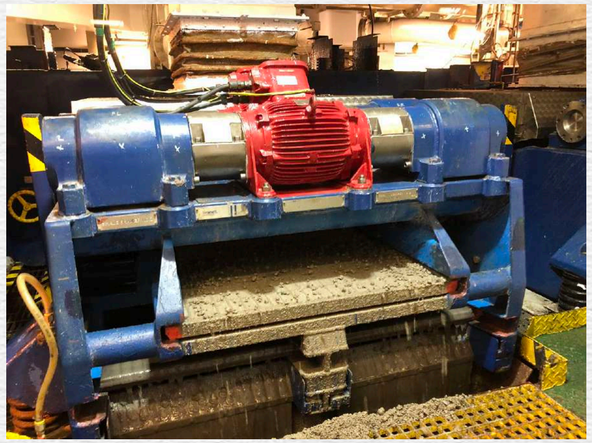
1月16日現在の状況



R-2孔浅部約60m部に拡張型ケーシングパイプを設置。引き続き掘進中。

地層の状態をモニタリングし、サンプルを船上で分析・解析中

泥岩（シルト岩〜粘土岩）



今後の予定

- 掘進（時間短縮のため、下部ケーシングパイプ枚数減）
- カッティングス記載・分析、ガスモニタリングの継続
- 歪蓄積領域～プレート境界まで到達