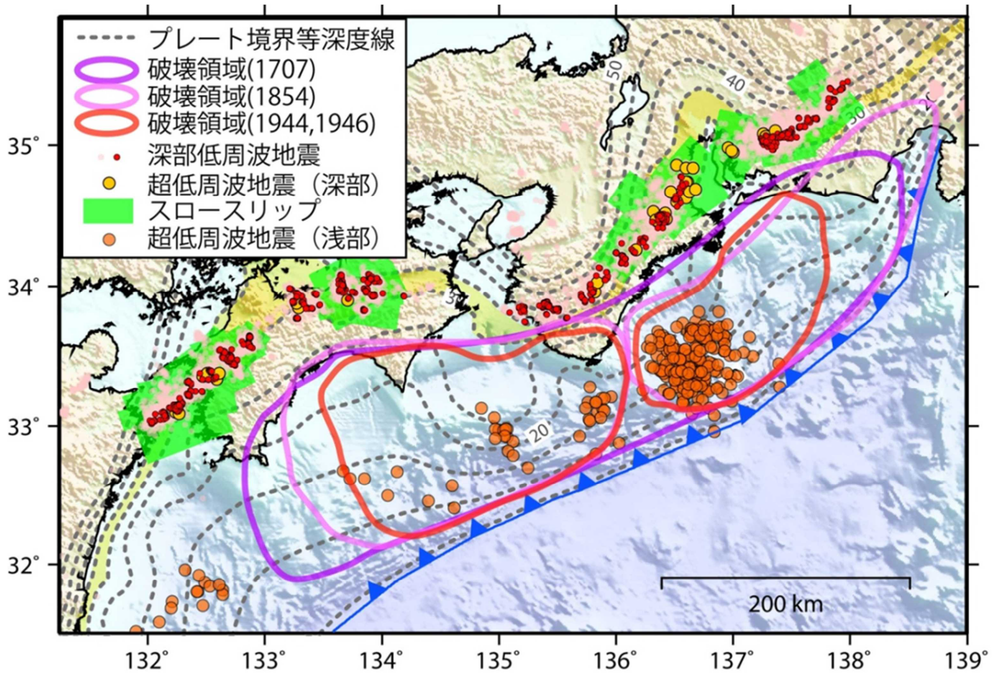

図 30　南海の「固有性」と「ゆっくり地震」　(Ide et al., 2007, Nature 等)

（3）潮汐の地震発生周期の関係から見えてくること

前述したように南海トラフ地震発生帯ではスロースリップが観測されており、図 30 にあるように陸域での観測が進んでいる。図 31 の左図は岡山県の地下での観測結果で、10 分間に非常に弱い地震動（微動）を捉えたものである。右図は潮汐であり、微動がつねに干潮時に発生していることがわかる。このことから、満潮時はプレートの沈み込みは止まり、干潮時にプレートが動くと考えられる。

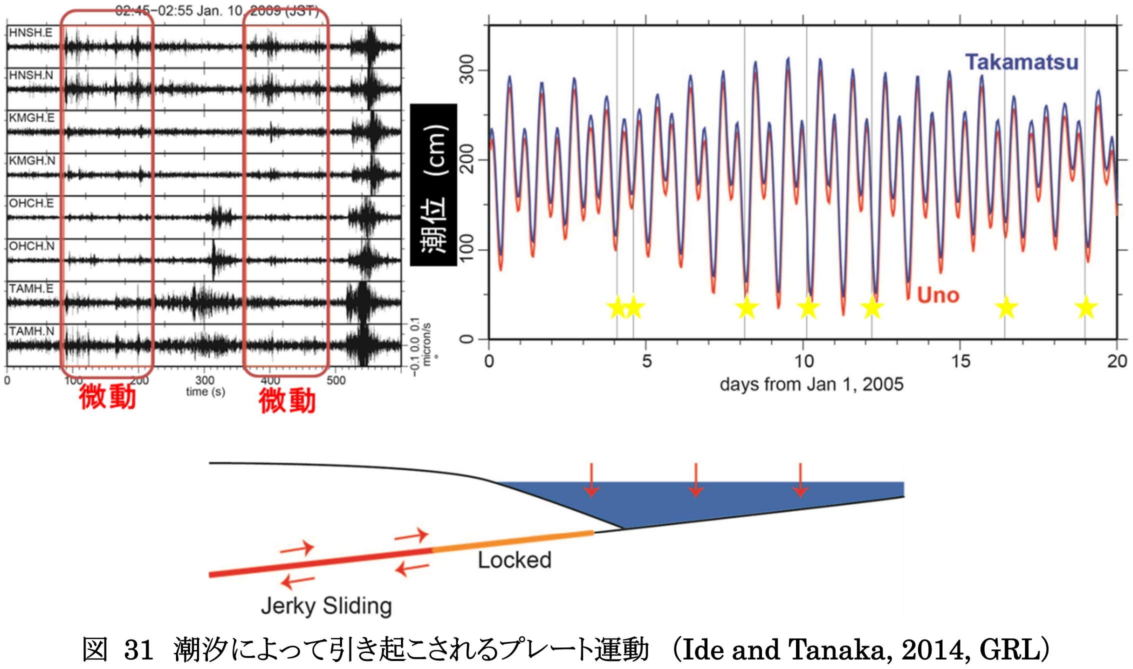

図 31　潮汐によって引き起こされるプレート運動　(Ide and Tanaka, 2014, GRL)

さらに、これらの潮汐による微動の発生率を潮位から計算すると、18.61 年周期がみえる。これは月の軌道面が太陽の軌道面とずれていることから生じる潮位の長周期変動によるものである。これと地震発生回数を重ねてみると、微動の発生率と地震発生回数には相関がみられる。また今から3回前のピーク周辺で東南海・南海地震が発生していることがわかる。

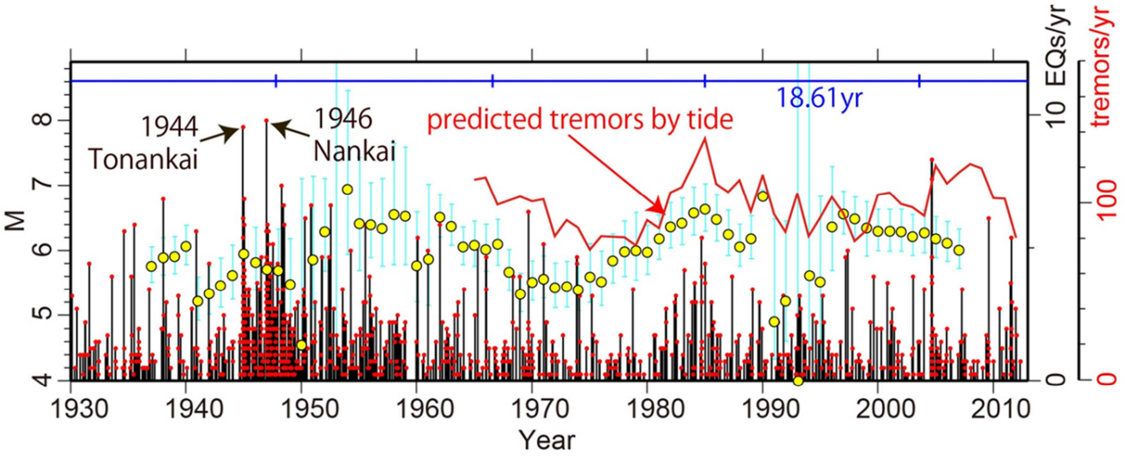

図 32　地震活動と潮汐によるプレート運動予測

潮汐と地震発生回数の分析から、スロースリップが地震発生に何らかの関与をしている可能性が高いと考えられる。現在は陸域のデータだけで分析しているが、「ちきゅう」による南海トラフ地震発生帯掘削計画によって震源地近くにひずみ計が設置されることにより、より詳細な観測データが入手可能となり、発生メカニズムの解析が飛躍的に進むことが期待される。

(4)利用可能な地震観測データ

現在、一般の研究者が利用可能な地震観測データは限られている。地震のメカニズムを解明し、予測精度を高めるためには、長周期微振動の分析などのように多くの研究者による長期間の研究を積み重ねる必要があり、多くの研究者の参画を図るためにも地震観測データは原則公開されることが望まれる。

表 1　地震観測データの公開、非公開

公開データ	・ 高感度地震観測網 Hi-net @NIED ・ 広帯域地震観測網 F-net @NIED ・ GNSS 連続観測網 Geo-net @地理院 ・ 一部海底地震計データ @JAMSTEC
非公開データ	・ 全国傾斜計ネットワーク @NIED ・ 地震津波観測システム DONET @JAMSTEC ・ ほぼすべてのプロジェクト取得データ

参考資料２－３ 「南海トラフ地震発生帯掘削計画」の全体計画とこれまでの経緯

1.「南海トラフ地震発生帯掘削計画」の全体概要

南海トラフ地震発生帯掘削計画は、IODP においてプロポーザルが承認され、以下の 4 ステージに分けて実施される計画であり、最終目標は海底下 5,200m 付近に存在すると推定される巨大分岐断層のコア採取及び長期観測装置を設置である。

ステージ	実施時期	掘削地点	実施概要
1	平成 19 年度	C1、C2、C3、C4、C5、C6、C7、C8	巨大分岐断層浅部やプレート境界断層浅部（海溝軸付近）を掘削し、地質学的特徴や過去の変動の歴史、現在の応力状態等を把握する。
2	平成 21～22 年度	C2、C9、C10、C11、C12	巨大地震を繰り返し起こしていると考えられる断層（巨大地震発生帯）の直上浅部の地層を掘削し、その地質学的特徴を把握するとともに、掘削孔内に観測装置を設置して巨大地震発生に起因する地殻変動等を観測する。また、プレート沈み込みにより将来巨大地震発生帯に持ち込まれる海底堆積物を掘削し、その地質学的特徴を把握する。
3	平成 22・24～26 年度 ＋	C2	超深度掘削（水深 1,939m、海底下 5,200m 付近の巨大分岐断層及び海底下 6,000～7,000m 付近のプレート境界断層）を行い、巨大地震発生帯の地質学的特徴を把握する。
4	平成 26～27 年度	C2, C10, C6	超深度掘削孔に地震断層やその周辺の地層の微小な変動を捉える長期観測装置を設置する。将来的に地震・津波観測監視システム（DONET）と接続し、地震発生現場からリアルタイムでデータを取得する観測網の構築を行う。

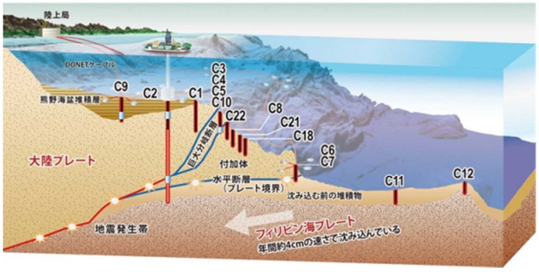

図 33 南海トラフ地震発生帯掘削計画の全体概要

またこれまでの実績及び「ちきゅう」の運用実績は以下のとおり。

表 2 南海トラフ地震発生帯掘削計画の実績

Exp.#	Exp. Name	Duration	Days
314	NanTroSEIZE Project Stage 1 - LWD Transect	2007.9.1-2007.11.15	56
315	NanTroSEIZE Project Stage 1 Mega-Splay Riser Pilot	2007.11.16-2007.12.18	33
316	NanTroSEIZE Project Stage 1 - Thrust Faults	2007.12.19-2008.2.5	49
319	NanTroSEIZE Stage 2: Riser/Riserless Observatory 1	2009.5.10-2009.8.31	114
322	NanTroSEIZE Stage 2: Subduction inputs	2009.9.1-2009.10.10	40
326	NanTroSEIZE Stage 3: Plate Boundary Deep Riser 1	2010.7.19-2010.8.20	32
332	NanTroSEIZE Stage 2: Riserless Observatory	2010.10.25-2010.12.11	48
333	NanTroSEIZE Stage 2: Subduction Inputs 2 and Heat Flow	2010.12.12-2011.1.10	30
338	NanTroSEIZE Stage 3: Plate Boundary Deep Riser 2	2012.10.1-2013.1.13	105
348	NanTroSEIZE Stage 3: Plate Boundary Deep Riser 3	2013.913-2014.1.29	139

計 10研究航海、646日

表 3 「ちきゅう」の運用実績

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
H17年度					試験航海							
H18年度	整備工事（操作訓練等含む）			国内試験掘削（下北八戸沖）				海外資源掘削（ケニア沖）				
H19年度	海外資源掘削（豪州沖）				年次検査	科学掘削（南海トラフ）						中間検査
H20年度		スラスタギア製作、アウトリーチ活動					スラスタギア交換工事				試験航海	
H21年度		科学掘削（南海トラフ）					試験航海		機器保守整備、操作訓練			
H22年度	定期検査		試験航海	科学掘削（南海トラフ）		科学掘削（沖縄）		科学掘削（南海トラフ）		JOGMEC受託事業		被災、回航
H23年度	船底修復工事			海外資源掘削（スリランカ沖 ）							JOGMEC受託事業	
H24年度	科学掘削（東北沖）		スラスタ修復工事、試験航海		科学掘削（下北八戸沖）		科学掘削（南海トラフ）				JOGMEC受託事業	
H25年度	JX受託事業				中間検査	科学掘削（南海トラフ）					整備作業試験航海含む	

2. 南海トラフ掘削各ステージでの実施内容

2. 1　南海トラフ掘削　ステージ2

（1）LWD 横断掘削　Expedition314（2007 年 9 月 21 日～11 月 15 日：56 日間）

① 概要

合計 6 地点（C0001 から C0006）、12 箇所（パイロット孔、土質試験孔及び掘削同時検層（LWD）孔の合計）での掘削を行い、うち 5 地点で掘削同時検層（LWD：Logging While Drilling）を実施し、海底下 400m から 1,400m までの掘削孔内の各種物理データを連続的に取得することに成功した。

掘削海域の付加体堆積物はプレートの沈み込みによりひずみが蓄積されるため強い圧縮応力が働いており、さらに 4 ノットを超える黒潮の潮流下という、従来の科学掘削では経験したことがない厳しい環境下での掘削となった。

② 掘削同時検層（LWD）とボアホールブレークアウトについて

掘削同時検層（LWD）とは、掘削と同時にリアルタイムで掘削箇所の地層状況連続測定することにより、掘削孔の安全監視及びリスク回避が可能となる手法である。南海トラフのような地層状況の複雑な箇所で威力を発揮する。

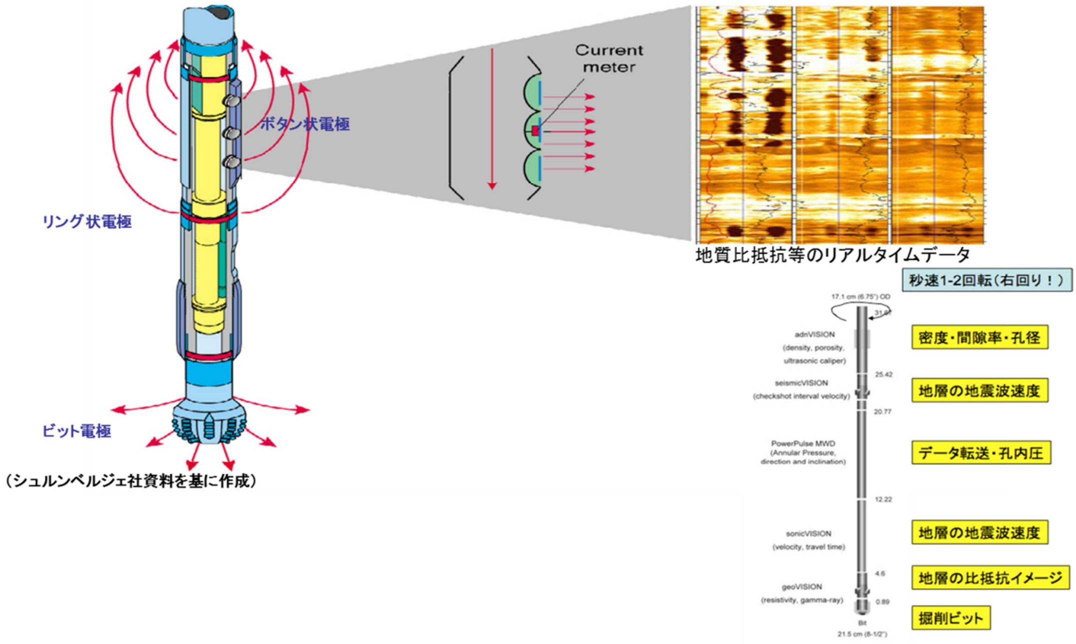

図 34 掘削同時検層（LWD）

また LWD によって、ボアホールブレークアウトと呼ばれる、圧縮により破壊した割れ目が黒い筋（比抵抗が小さい）として観察される。この黒い筋に対して直交する方向が圧縮軸の方向を示す。

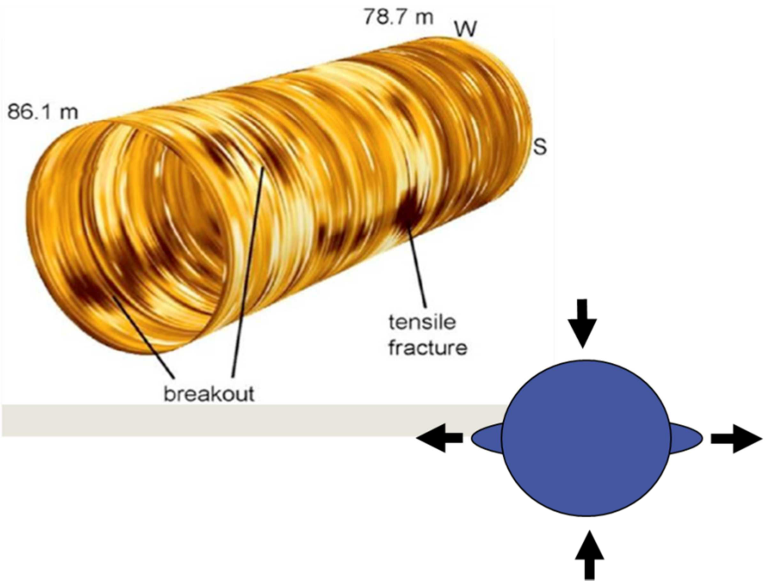

図 35 ボアホールブレークアウトの例（黒い筋）

ボアホールブレークアウトの計測結果から、南海トラフ周辺の応力場は、ほぼプレートの沈み込む方向（黄色矢印）に平行な圧縮であるが、熊野海盆の地点（C0002）では伸張であることが分かった。

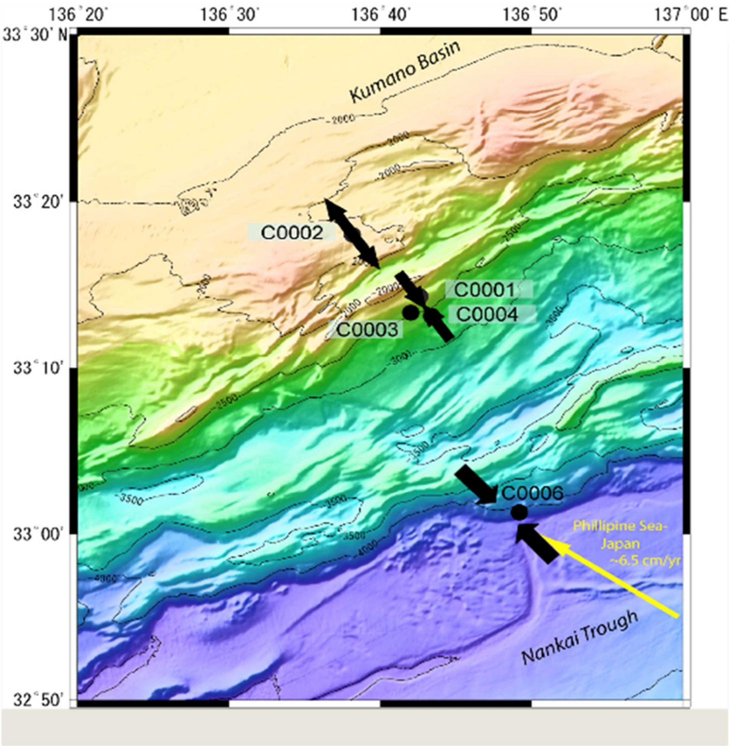

図 36 ボアホールブレークアウトから求められた広域応力場の方向

③ 発生したトラブル（ドリルパイプ下部の脱落）について

本航海において以下のトラブルが発生した。

（ア）トラブル発生日時： 平成 19 年 10 月 21 日（日）14 時 15 分頃

（イ）場 所： 紀伊半島沖熊野灘掘削サイト NT2-01

（北緯 33 度 13.4 分、136 度 42.1 分、水深 2,453m）掘削深度：海底下約 530m

（ウ）状況： 孔内の地質が不安定で崩れやすく、脱落したパイプがすぐに埋設されてしまう状況で、これまで 8 日間にわたり（内、1 日は台風 20 号による避航を含む）、ドリルパイプとの接続を試みたが、完全な接続をすることができず、回収は不可能と判断し、掘削孔をコンクリートで塞ぐこととした。掘削同時検層（LWD）装置には放射性同位元素が組み込まれているが、耐圧容器に二重に密封されており、またコンクリートで封じ込める為、環境への影響はない。

（エ）原 因： パイプの先端部が強い封圧を持った断層帯に到達した際に、掘削孔壁が崩れ、ドリルパイプの先端部が土砂により締め付けられたことによる回転トルクの上昇が発生。それによって逆回転トルクが脱落部のパイプ接続地点で発生し、ねじれ戻しが起こったためと推定される。

（オ）対 応： 今回のドリルパイプ脱落の原因、及び再発防止策について検討し必要な措置を講じた上で研究掘削を再開する。なお、放射性同位元素による測定については、予備機器の準備ができないため、本研究航海では実施しないこととする。

（2）巨大分岐断層ライザー掘削パイロット Expedition315（2007 年 11 月 16 日～12 月 18 日：33 日間）

① 概要

プレート境界断層の上盤側の特性を明らかにすることを目的として、南海トラフ地震発生帯浅部において掘削による柱状地質試料（コア）の採取を実施した。なお、実施予定だった巨大分岐断層へのライザー掘削に向けた上部孔井設置作業については、黒潮の強い潮流下での作業実施は困難と判断し、設置作業を延期した。

本研究航海で採取したコアより、地層に記録された応力場の履歴等が分かった。

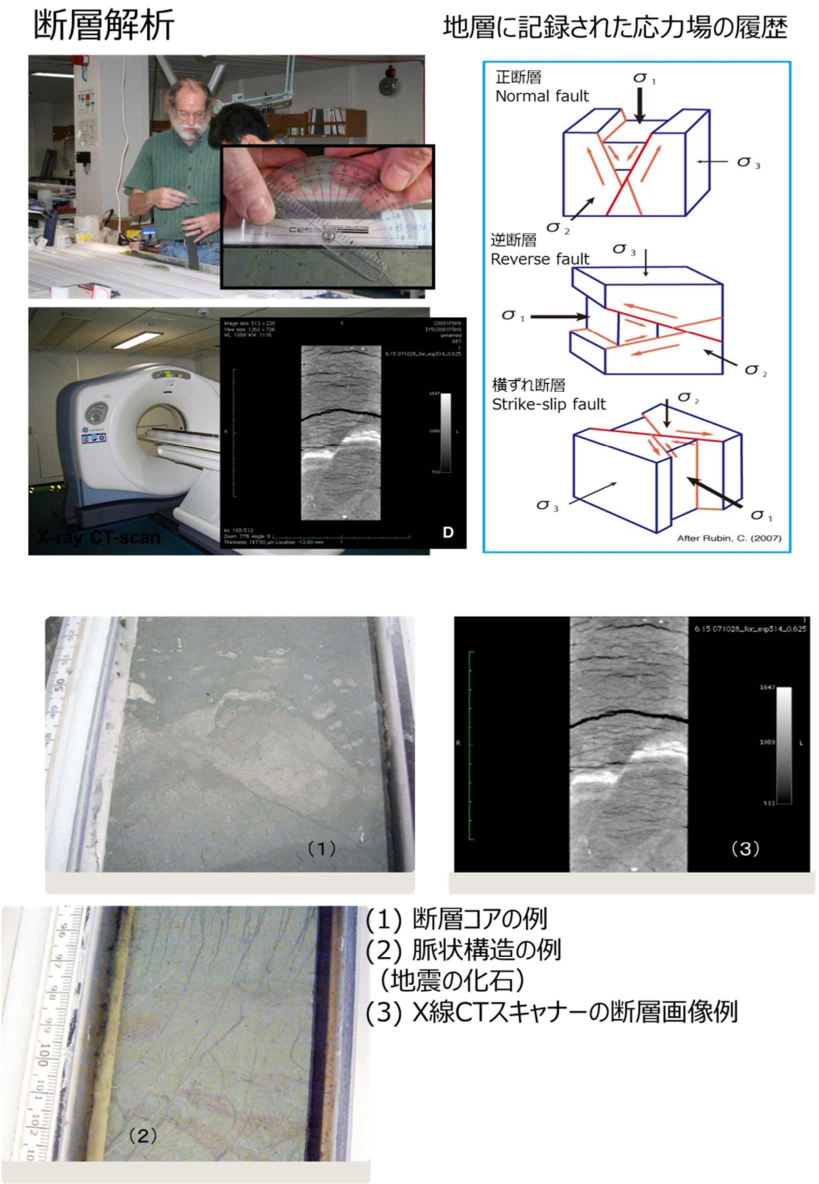

図 37 断層解析結果

(3) 巨大分岐断層浅部・前縁断層掘削　Expedition316(2007 年 12 月 19 日～2008 年 2 月 5 日：49 日間)

① 概要

南海トラフの付加体中央に位置する巨大分岐断層の浅部(掘削地点 C0004 と C0008)と、付加体先端に位置するプレート境界断層前縁部(掘削地点 C0006 と C0007)の 4 地点において、計 13 カ所で掘削を行い、断層帯のコアを直接採取することに成功した。

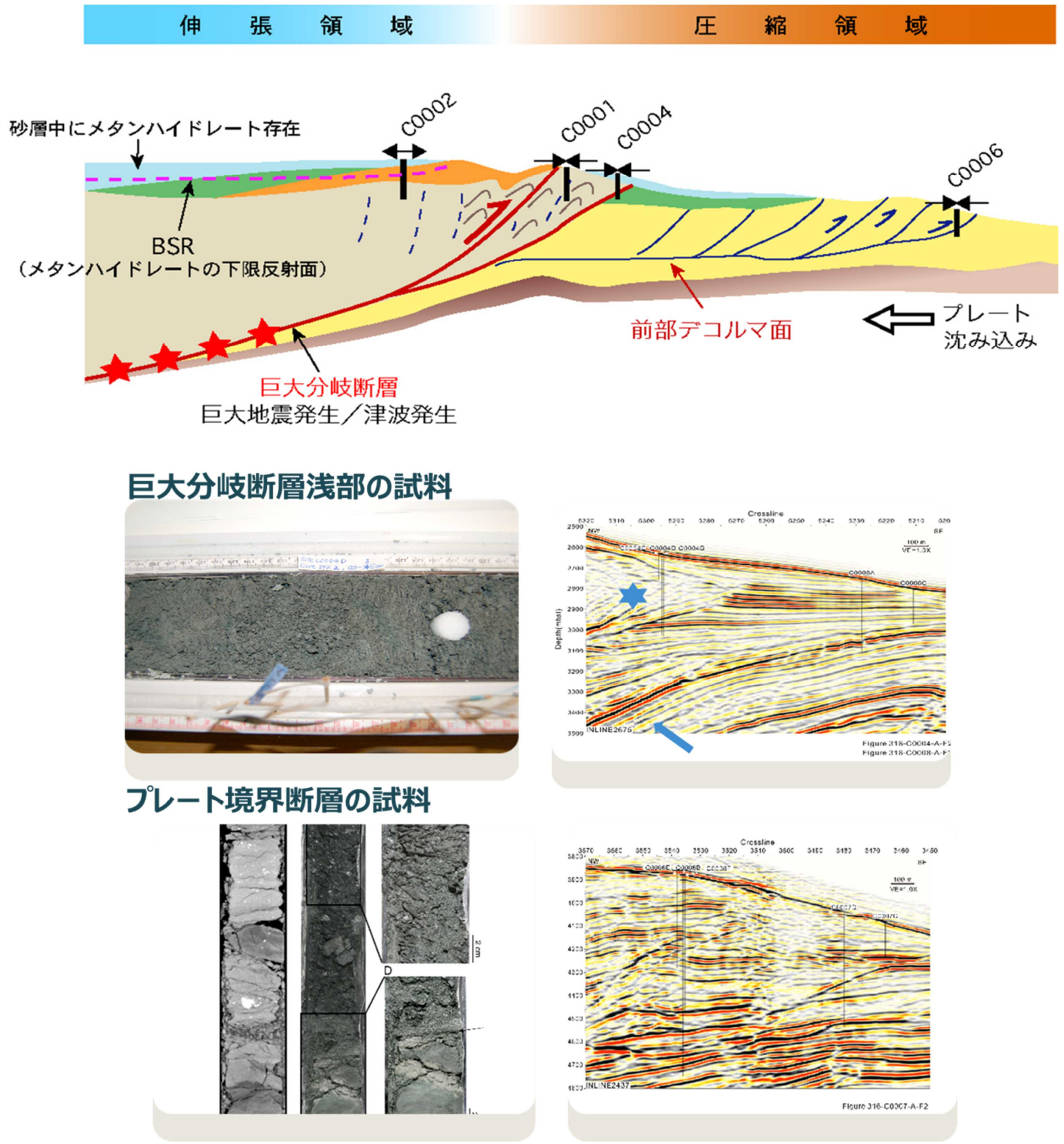

図 38　掘削地点(上図)と採取された試料(下図)