

南海トラフ地震発生帯掘削計画の 第348次研究航海の結果

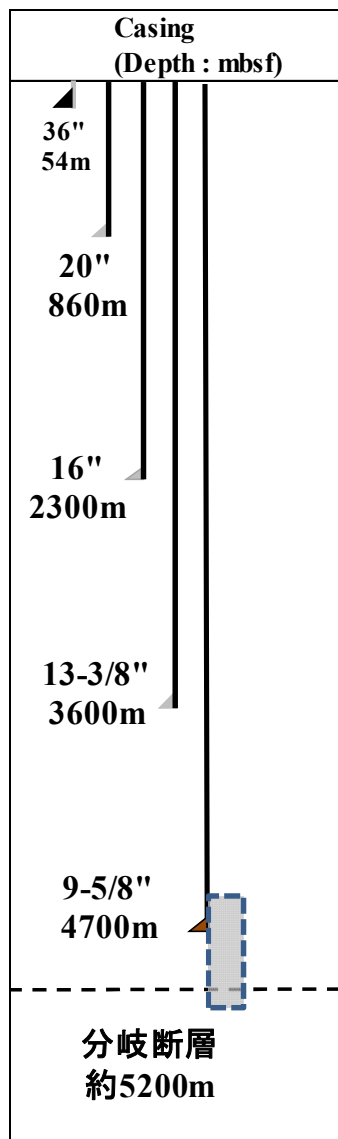
CDEX/JAMSTEC





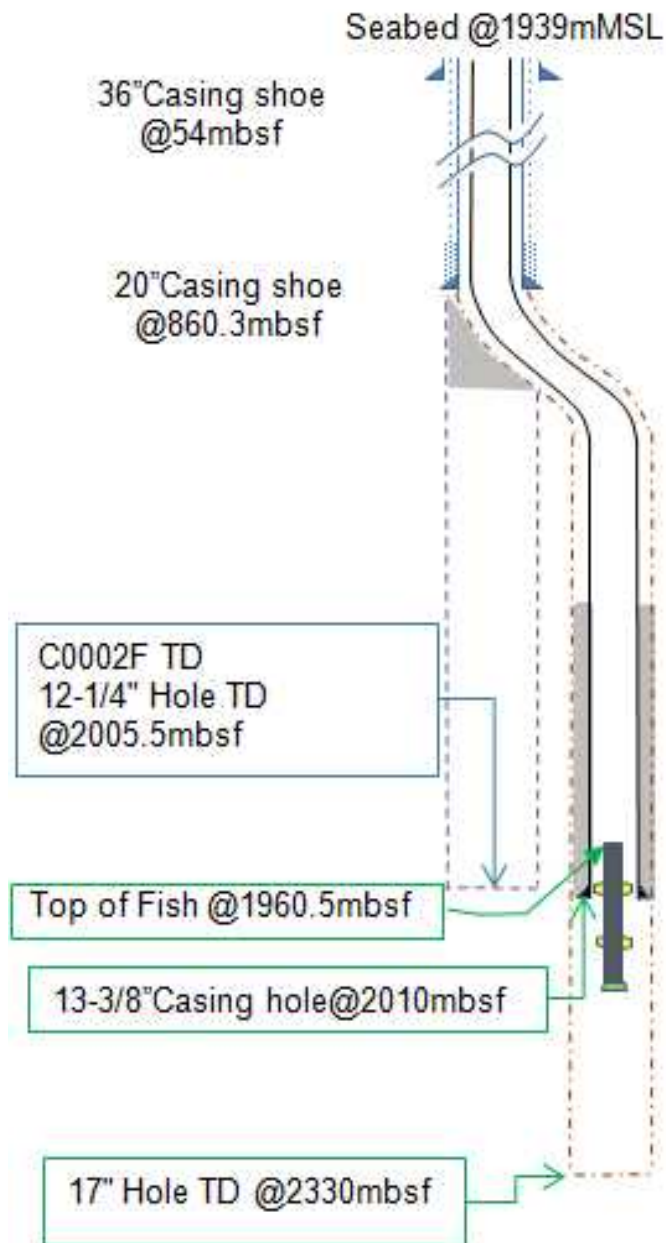
C0002孔 掘削作業経緯

当初ケーシング計画



	Exp.326 (H20.7 - 8)	Exp.338 (H24.10 -11)	Exp.348 (H25.9 -H26.1)
作業実績	36" & 20"ケーシング	20"孔 掘削／拡張	13-3/8" & 11-3/4"ケーシング
トラブル	20"ケーシング降下作業中、高潮流の為、ケーシング脱落	・BOP緊急離脱、ライザーが船体に接触	・ケーシング設置深度の変更 ・タイトホール／パックオフ ・孔壁の崩壊／抑留
原因	高潮流によって発生したVIV(渦励振)	寒冷前線通過時の急激な風向変化	・孔内状況の不安定性

Exp.348の作業概要(1/2)



1. 清水港から出港、BOPスタック設置

- 9/13清水港出港、Exp.348を開始。
- 天候待機 (41日間: 台風 6回)

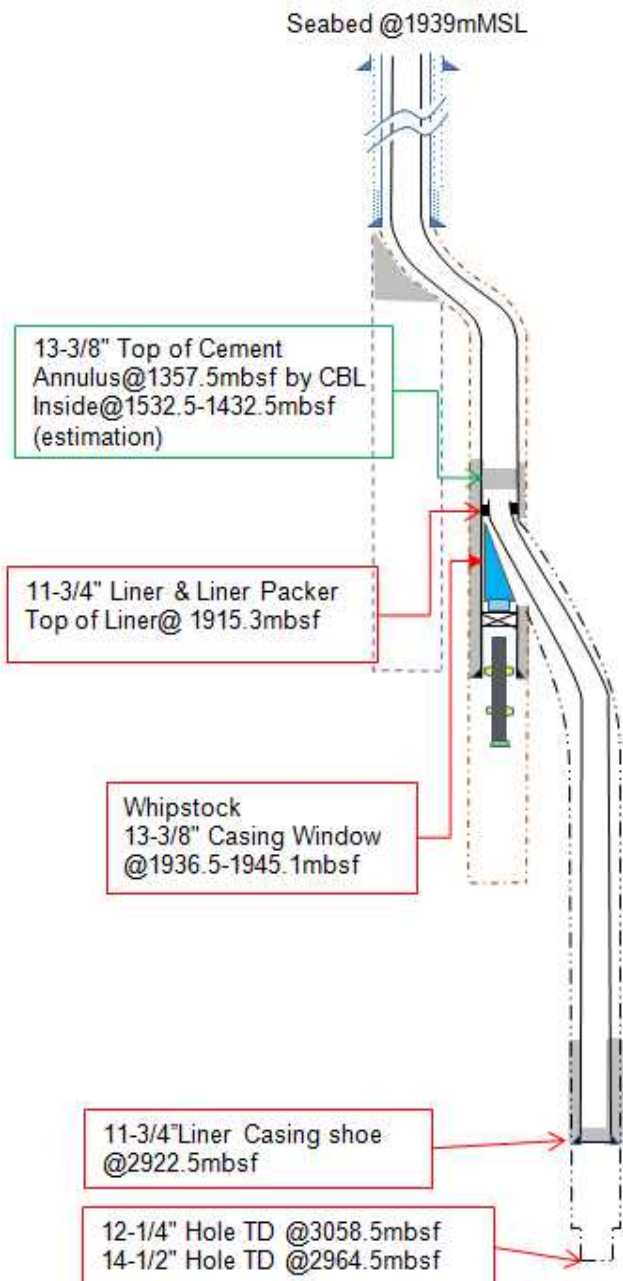
2. 17"孔掘削、13-3/8"CSG設置

- 20"CSG shoe下の860mbsfからサイドトラック孔(C0002N孔)を2330mbsfまで掘削。
- 13-3/8"CSG の降下時、2024.5mbsf以深の孔内状況悪化。
- 2010mbsfに同CSGを設置。

3. 12-1/4"掘削

- セメント切削中、抑留。
- 抑留対策を実施したが回収できず、パイプを切断し、上部のみ回収。

Exp.348の作業概要(2/2)



4. 12-1/4"孔掘削, 14-1/2"孔拡掘

- 13-3/8"CSG内にホイップストック(台座)を設置。
- CSG側面を削って掘削開始。
- ワイヤーラインコアリングを6回実施(2163-2218.5mbsf)。
- 12-1/4"孔(C0002P孔)を3058.5mbsfまで掘削。
- 孔内状況が悪化し、以深の掘削を断念。
- 14-1/2"に拡掘中、2880mbsf以深で孔内状況が悪化し、2964.5mbsfで拡掘を断念。

5. 11-3/4"ライナーCSG設置

- 11-3/4"ライナーCSGを2922.5mbsfに設置。

6. 仮廃坑措置、清水港へ帰港

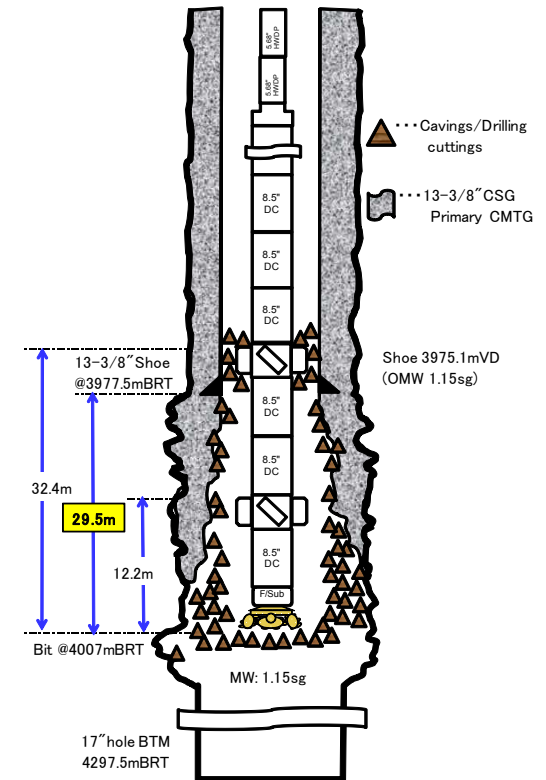
- 海底孔口装置にキャップを設置。
- BOPスタック及びライザーを回収し、作業終了。



孔内不安定性によるトラブル

➤ 掘削トラブル

- 崩壊ザクの増大
- 掘削トルク増加
- 泥水循環困難



➤ 13-3/8"CSGセット深度の変更

- 17"孔深度2330mbsfに対し、320m浅い2010mbsfにCSGを設置。

➤ 掘削編成の抑留

- 13-3/8"CSG内のセメント切削中抑留。

TAT (Technical Advisory Team) 指摘事項

1. 既存データの再調査

- ① 孔内のブレイクアウト状況およびフラクチャーを確認するために検層イメージデータの再調査。
- ② 裸孔部のリークオフテスト結果の再調査。
- ③ 掘削パラメータ(泥水比重、ポンプ圧など)と孔内イベント(抑留、タイトホール)の詳細対比による再調査。

2. 新たな解析

- ① 検層データから算出した岩石強度や内部摩擦データの構築。
- ② パイプ動作(掘削中・パイプ接続中・揚降管中)に着目した孔内圧力時系列データの分析。
- ③ カuttingスの詳細分類と掘削イベント、孔底圧、岩石強度との比較考察。
- ④ 最大水平応力と地層圧の定量化比較。
- ⑤ 孔底圧変化に着目した孔内状態の定量的理解。
- ⑥ 岩石に対する泥水の化学相互作用の評価。
- ⑦ 掘削シミュレーターなどの活用。



掘削専門部会 指摘事項



1. ケーシング計画の見直し

- 2枚以上のケーシング(9-5/8"ケーシングおよび7"ライナー)を準備し、早めにケーシングをセット

2. 泥水計画

- 泥水比重を必要に応じて上昇
- シーリング剤の追加を検討
- ホールクリーニング及び孔内安定性のために高粘性を維持
- 水系泥水(Formate泥水等)や油系泥水(SBM)の使用適否についても検討

3. リアルタイムの状況把握と対応

- マッドロギングデータやカッティングスなどの物理データを用いて崩壊の早期検知、崩壊状況の正確な把握
- 掘削深度に対し泥水比重の上限(最小水平主応力 S_{hmin})・下限(ブレイクアウト発生圧力)を常に把握

4. リスクアセスメント

- 掘削前に孔内トラブルに対し十分なリスクアセスメントを実施
- 掘削作業中もリスクアセスメントの見直しを随時実施

5. マネジメント

- CDEX内で行えるエンジニアリングは内部でも十分に実施し、CDEX内でしっかりしたポリシーを持つこと
- CDEX内の人材育成、技術の継承にも力を注ぐ
- サービス会社との頻繁かつ密な情報交換を行い十分な協力関係を構築

6. コンティンジェンシーとしての新技術の検討

- エクспанダブルケーシングとデュアルグラディエント掘削その有効と思われる新技術の実現性を検討

孔内安定性解析



➤使用データ

- 掘削、泥水、LWDの記録
- 掘削パラメータ、泥水データ
- カuttingスとコア観察
- MWD/LWDの深度データと時間データ
- リークオフテストのデータ

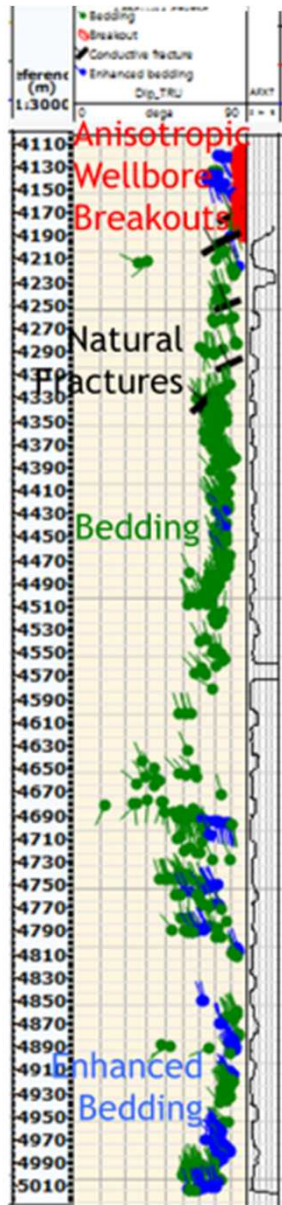
➤解析項目

- 時系列・深度によるイベント抽出
- 地層の傾斜・方位
- 地層の電気抵抗値と孔壁崩落の時間変化
- リークオフテストから最小水平応力の推定
- 掘削パイプ抑留時の応力状態
- 地層傾斜と泥水比重を考慮した孔壁崩落(異方性ボアホールブレイクアウト)のシミュレーション

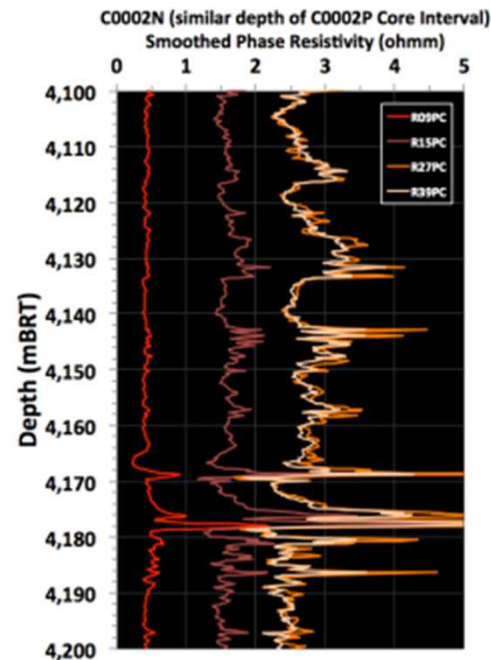
孔内安定性解析の結果

➤ 孔内不安定のメカニズム

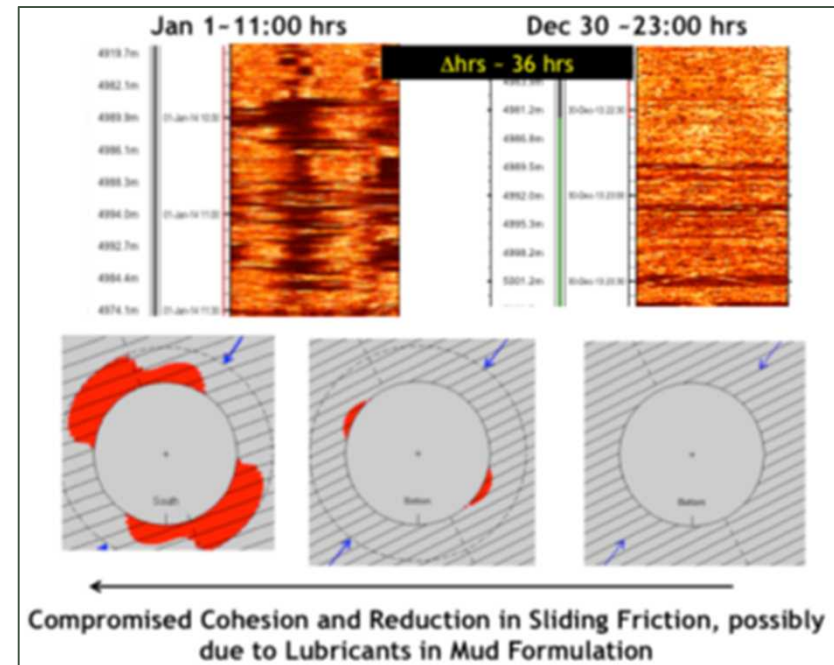
- A. 急傾斜の地層
- B. 層理面に泥水が浸透し滑り摩擦係数が低下
- C. 時間経過と共に孔壁が崩落。



0 90度(垂直)
A. 地層の傾斜



B. LWD電気比抵抗データからの泥水浸透



B.C. 時間経過による孔壁の崩落(上)
モデリングによる検証(下)

孔内安定性解析からの提案

- 層理面への泥水浸透の抑制、効果的なホールクリーニング、孔内圧の管理のために最適な泥水管理が必要。
- 掘削中の孔内状況を知るためにMWD/LWDによるリアルタイムデータの取得、および時間経過による変化の観察。
- 解析の精度を上げるためにLWDデータやリークオフテストのデータを使用して地層圧と地層応力の孔内での計測。



Exp.348で使用した掘削泥水のレビュー

➤ Exp.348で使用した掘削泥水の事後評価

- 高いpH値(11.7 - 12.6) ⇒ ポリマー添加剤の機能を阻害
- 高いPlastic Viscosities値 ⇒ カuttingス(堀り屑)の運搬に影響
- 不十分なLow shear rate viscosities値 ⇒ Cuttingスの除去に影響
- 不十分なゲルストレングス値 ⇒ Cuttingスの沈積防止に影響
- 過多の濃泥送入 ⇒ 泥水性状の悪化
- 過多の潤滑添加剤の使用
- 過多のポリマー添加剤の使用

ホールクリーニング不足により孔内に停滞
(Blocky cuttings)



➤ 掘削/崩壊ザクの頁岩評価試験

- 遭遇した崩壊ザクなどによる孔内トラブルは、地層中の粘土鉱物の水和膨潤に起因するものではないと類推される

⇒ Synthetic Base Mud(SBM)の使用で改善されるのではなく、逆に潤滑成分の浸透により悪影響が懸念される

最適な掘削泥水の提案

- レオロジー(流体特性)の最適化
- 泥水のpH値の最適化
- 層理面への泥水浸透抑制剤の選定
- 効果的なホールクリーニング用泥水の検討
- ECD(Equivalent Circulation Density)の管理



対応技術の検討

- ケーシングデザイン再構築（専門部会指摘事項）
 - エクспанダブルケーシング (Enventure社)
 - ケーシングドリリング
- 泥水最適化(添加剤調査)（TAT、専門部会指摘事項）
 - 浸透抑制(Soltex, Sealant, etc..)
 - ホールクリーニング(Fiber)
- 掘削前、掘削中の計測/観測/解析（TAT、専門部会指摘事項）
 - ジオメカニクス(GMI社ソフト)
 - 掘削シミュレーター(Sekal社ソフト)
 - エクステンドリークオフテスト手順検討
 - VSP(可能性について検討中)
- 小孔径対応
 - 6”ワイヤーラインコアシステム(NOV社)
- 追加対策
 - 連続循環システム(mpo社)

