

作業概要
2012年に掘削したC0002F孔にBOPを再接続。 20"ケーシング直下から17"孔の枝掘り(C0002N)。 2010mbsfまで掘削、13-3/8"ケーシングをセット。
ケーシング直下のセメント掘削中に抑留。 掘削編成を切断、遺留物直上からケーシング切削。 12-1/4"孔で枝掘り(3058.5mbsf)。 *2163m-2218.5mbsfの区間でコアを採取。 孔内状況悪化により、追降不可。(バックオフ/高トルク)
14-1/2"掘削編成に切り替え。 掘進を試みるも2960mbsf以深掘削困難。 11-3/4"ライナーを2922.5mbsfにセット。 サスペンド作業。 Exp348終了。

図 49 ライザー孔概要

② 発生したトラブルについて

本航海において以下のトラブルが発生した。

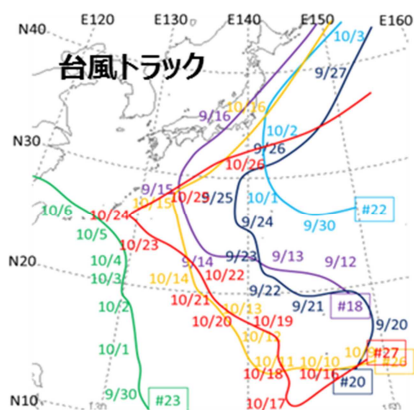
(ア) 荒天待機

－ 台風待機 (#18, 20, 22, 23, 26, 27)

9/13～10/26、BOP 切り離しハングオフスタンバイ(1回)

－ 待機中作業: Telescopic Joint 修理、SD-RCB テスト

寒冷前線通過(4回、計5日間)



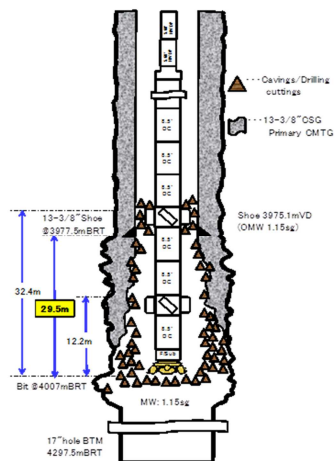
(イ) 逸泥

－ 17"孔掘進中、2,036.5mbsfと2,117.5mbsfで逸泥(ダイナミックロス 15～27 m<sup>3</sup>/hr)

－ 逸泥防止剤スポットで対応(掘削継続)

(ウ) セメント浚い編成の抑留

- ねじ戻し後、採揚編成を降下、最大 300t で強引
- 採揚できず、編成切断
- 遺留編成直上に Whipstock をセットし、サイドトラック実施



(エ) 不安定な地層

- 13-3/8"ケーシングの抑留 (離脱後、予定深度までの降下断念、裸孔部 280m 残)
- 12-1/4"孔掘削及び 14-1/2"孔拡張中、パックオフ/異常トルク発生
- 多量の崩壊ザク

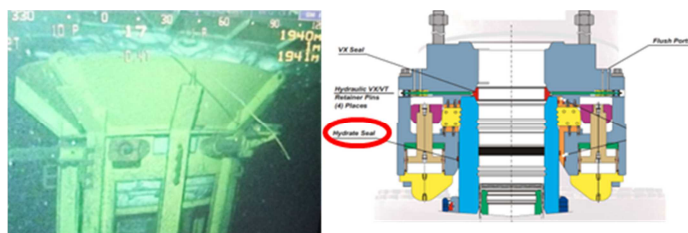


(オ) ガスハイドレート

- 昨年同様ハイドレートが孔口装置に生成
- BOP コネクターハイドレートシールリーク、ハイドレートの浸入
- メタノール注入によりコネクター内ハイドレート溶解

(カ) ROV 光ファイバーケーブルの破断(6 本中 5 本)

- Multiplexer を使用(ケージ/ROV を 1 本で操作)



(キ) BOP/ライザー損傷

- Blue Pod、Annular BOP 作動不良
- Conduit Line 損傷



(ク) 11-3/4" ライナーパッカーセット

- ライナーハンガーセット直後にパッカーセット
- 循環不能により、通常セメンチング不可
- シュー周りにセメントを圧入

3. 南海トラフ地震発生帯掘削計画完遂に向けて

2007 年から 10 航海に渡って実施して来た南海トラフ地震発生帯掘削計画も、深部プレート境界断層へあと約 2,000m へと近づいて来た。前人未到の新たな科学の扉を開くときが近づいている。大深度掘削は困難を極めているが、本計画の科学的意義、社会的なインパクトを再認識し、最終目標へ到達すべく英知を注ぐ。

**科学の突破**

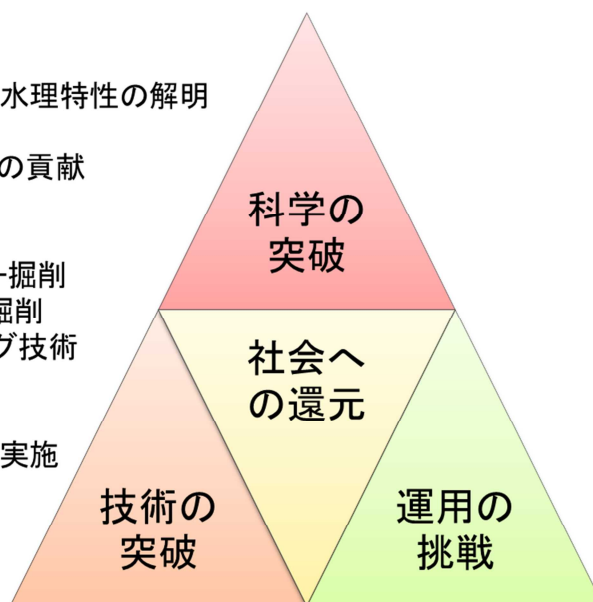
地震断層の物理・化学・水理特性の解明  
非地震領域の再考  
巨大地震発生モデルへの貢献

**技術の突破**

大水深、大深度ライザー掘削  
高潮流下でのライザー掘削  
大深度検層・モニタリング技術

**運用の挑戦**

大規模国際科学計画の実施  
若手研究者育成  
国産組織体制の構築



参考資料2-4 「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

南海トラフ掘削ステージ 3 において、第 348 次研究航海が C0002 孔を対象として 2013 年 9 月 13 日から 2014 年 1 月 29 日にかけて実施された。

1. C0002 孔 掘削作業経緯

C0002 孔は、これまでに 3 つの研究航海で掘削を実施してきた。将来的には C0002 孔を掘り進めて海底下 5,200m 付近の巨大分岐断層及プレート境界断層の接合部に到達する計画である。

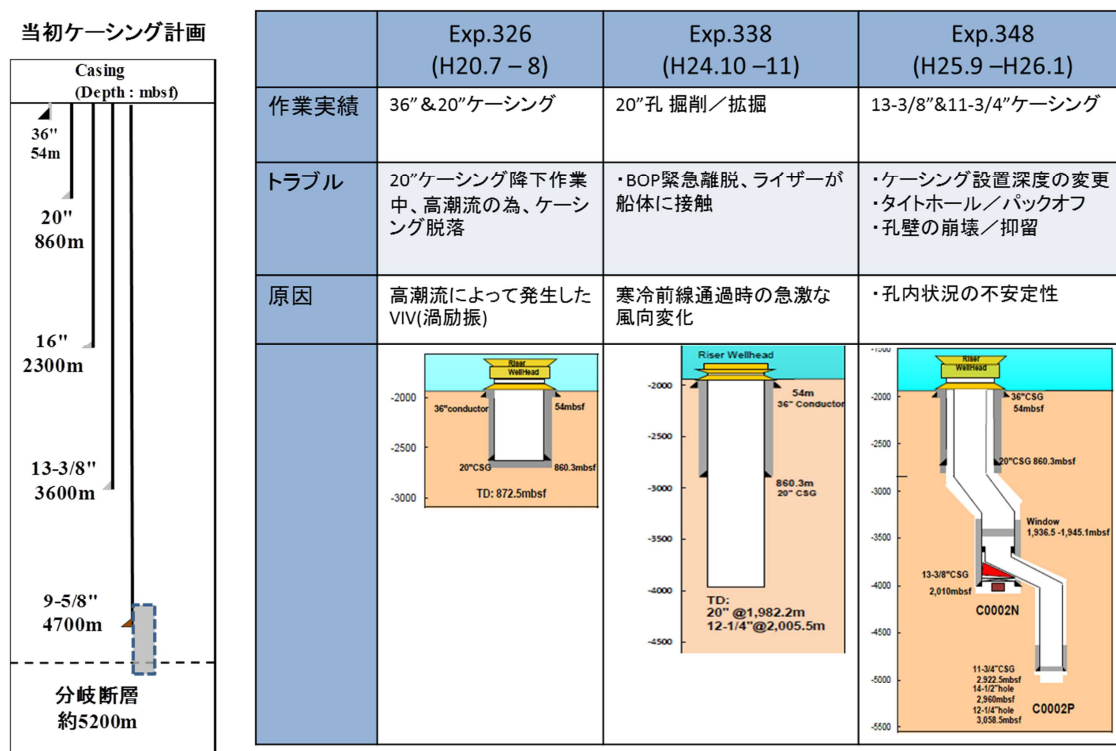


図 50 C0002 孔 掘削作業経緯

2. 348 次研究航海の作業概要

348 次研究航海における出港から帰港までの概要は以下のとおり。

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
- 荒天待機 (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 2,330mbsf まで掘削
- 13-3/8" CSG の降下時、2,024.5mbsf 以深の孔内状況悪化
- 2,010mbsf に同 CSG を設置

- ③12-1/4”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
- ④12-1/4”孔掘削, 14-1/2”孔拡張掘
  - －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(2,163~2,218.5mbsf)
  - －12-1/4”孔(C0002P 孔)を 3,058.5mbsf まで掘削
  - －孔内状況が悪化し、以深の掘削を断念
  - －14-1/2”に拡張掘中、2,880mbsf 以深で孔内状況が悪化し、2,964.5mbsf で拡張掘を断念
- ⑤11-3/4”ライナーCSG 設置
  - －11-3/4”ライナーCSG を 2,922.5mbsf 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

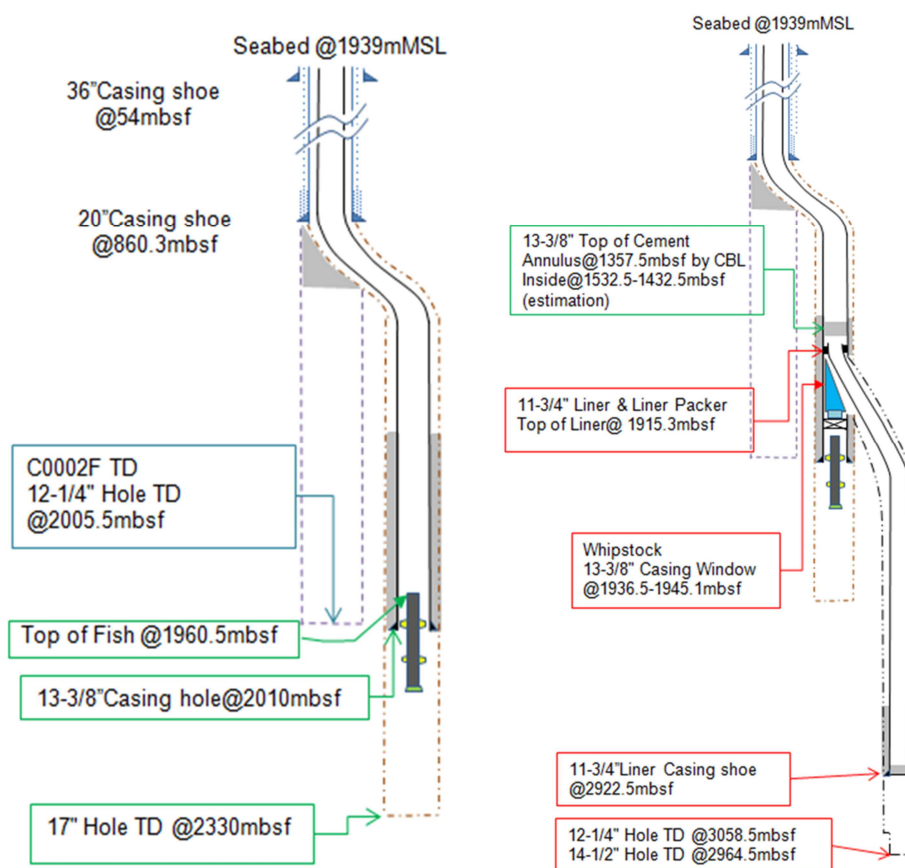


図 51 作業概要(左図:①~③、右図:④~⑥)

### 3. 発生したトラブルと分析結果

#### 3.1 孔内不安定性によるトラブル

孔内不安定が原因と考えられる以下のトラブルが発生した。

##### ①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

##### ②13-3/8”CSG セット深度の変更

- －17”孔深度 2,330mbsf に対し、320m 浅い 2,010mbsf に CSG を設置

##### ③掘削編成の抑留

- －13-3/8”CSG 内のセメント切削中抑留



#### 3.2 外部有識者委員会による評価

##### (1) TAT (Technical Advisory Team) 指摘事項

JAMSTEC の外部諮問委員会(CIB: Chikyu IODP Board, ちきゅう運用委員会)に設置されている技術検討委員会 TAT にて以下の指摘がなされた。

##### ①既存データの再調査

- －孔内のブレイクアウト状況及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
- －裸孔部のリークオフテスト結果の再調査
- －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

- －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
- －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
- －カッティング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

- －最大水平応力と地層圧の定量化比較
- －孔底圧変化に着目した孔内状態の定量的理解
- －岩石に対する泥水の化学相互作用の評価
- －掘削シミュレータなどの活用

## (2) 科学掘削安全検討委員会掘削専門部会 指摘事項

JAMSTEC の外部諮問委員会の1つで、主に科学掘削に関する技術的アドバイスを受けるため、国内の有識者により構成されている専門部会において以下の指摘がなされた。

### 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"ケーシング及び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  $Sh_{min}$ )・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 内ででき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

- －エクスパンダブルケーシングとデュアルグラディエント掘削といった有効と思われる新技術の実現性を検討

## 3.3 孔内安定性解析からの提案

3.2の外部有識者からの指摘事項を踏まえ、孔内安定性解析を実施した。



(1) 孔内安定性解析

①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
- －カッティングスとコア観察
- －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

②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壊の時間変化
- －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)シミュレーション

(2) 孔内安定性解析の結果

解析結果より以下の孔内不安定のメカニズムが判明した。

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

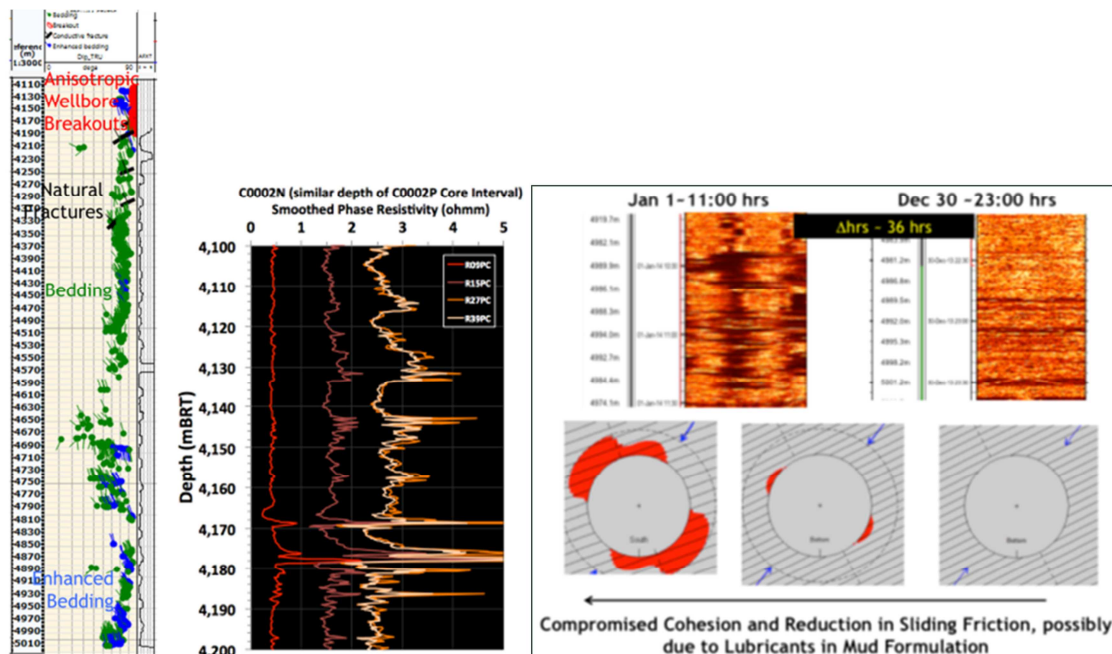


図 52 解析結果(左から、A. 地層の傾斜、B. LWD 電気比抵抗データからの泥水浸透、B.C. 時間経過による孔壁の崩落(上)モデリングによる検証(下))



### (3) 孔内安定性解析からの提案

- ① 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
- ② 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、及び時間経過による変化の観察
- ③ 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

### 3.4 掘削泥水に関するレビュー

3.2の外部有識者からの指摘事項を踏まえ、掘削泥水のレビューを実施した。

#### (1) 348次研究航海で使用した掘削泥水のレビュー

##### ① 掘削泥水の事後評価

- ー高い pH 値(11.7-12.6)⇒ポリマー添加剤の機能を阻害
- ー高い Plastic Viscosities 値⇒カッタイングス(掘り屑)の運搬に影響
- ー不十分な Low shear rate viscosities 値⇒カッタイングスの除去に影響
- ー不十分なゲルストレングス値⇒カッタイングスの沈積防止の影響
- ー過多の濃泥送入⇒泥水柱状の悪化
- ー過多の潤滑添加剤の使用
- ー過多のポリマー添加剤の使用

##### ② 掘削/崩壊ザクの貢岩評価試験

- ー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ものではなく、逆に潤滑成分の浸透により悪影響が懸念される

#### (2) 最適な掘削泥水の提案

- ①レオロジー(流体特性)の最適化
- ②泥水の pH 値の最適化
- ③層理面への泥水浸透抑制剤の選定
- ④効果的なホールクリーニング用泥水の検討
- ⑤ECD(Equivalent Circulation Density)の管理

### 3.5 対応技術の検討

以上より、以下の技術による対応を検討している。

- ①ケーシングデザイン再構築(専門部会指摘事項)
  - ーエクспанダブルケーシング(Enventure 社)
  - ーケーシングドリリング

- ②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)
- ③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)
- ④小孔径対応
  - －6”ワイヤーラインコアシステム(NOV 社)
- ⑤追加対策
  - －連続循環システム(mpo 社)

参考資料2-5 「南海トラフ地震発生帯掘削計画」の今後の掘削計画案

1. 掘削手法案

参考資料2-4の検討内容を踏まえ、海洋研究開発機構 (JAMSTEC) より以下の3案が提示された。

A 案: これまで到達した最深地点から掘削を継続

B 案: 海底下 2,010m 地点まで戻り、掘削を再開

C 案: 新たな海底面から掘削

ケース	A	B	C
作業	Drilling below 11-3/4" Liner	Sidetrack from 13-3/8" CSG	New hole
最大ケーシング枚数	4	5	8
孔内図	<p>4700mbsf Mega-splay fault Core孔 LWD孔</p>		

図 53 掘削計画案

(1) A案 (11-3/4" Liner 下からのサイドトラック)

A案についてケーシング枚数の違いによるケーシングデザインを以下に示す。

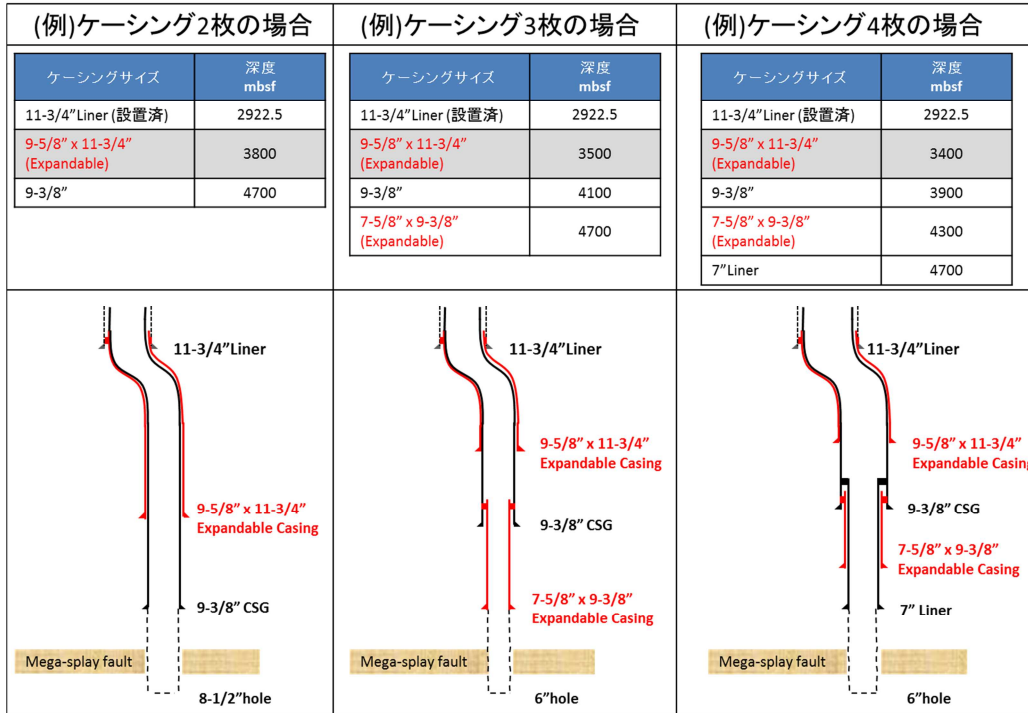


図 54 A案のケーシングデザイン

(2) B案 (13-3/8" CSG からのサイドトラック)

B案においてケーシング数 5 枚の場合のケーシングデザインを以下に示す。

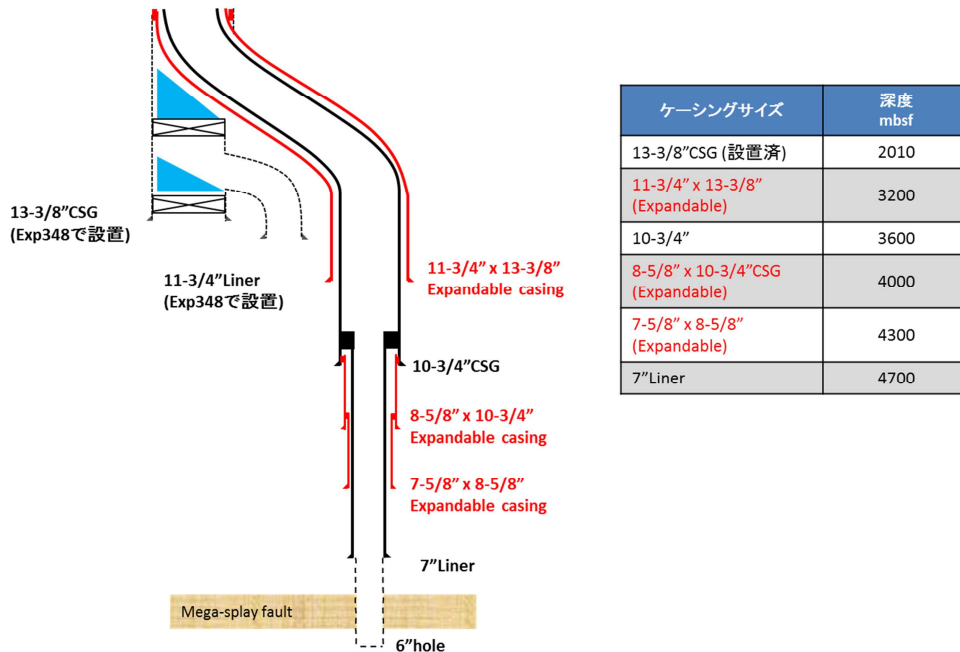


図 55 B案のケーシングデザイン(ケーシング数 5 枚の場合)

(3) C 案(新規井戸)

C 案においてケーシング数 8 枚の場合のケーシングデザインを以下に示す。

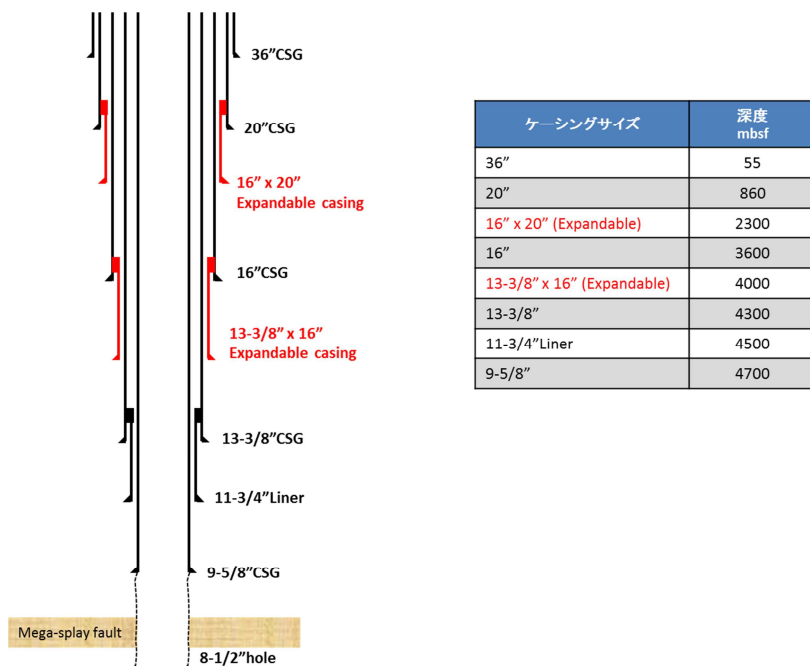


図 56 C 案のケーシングデザイン(ケーシング数 8 枚の場合)

2. 掘削計画案

以上を踏まえ、海洋研究開発機構から以下の 5 案が提示された。

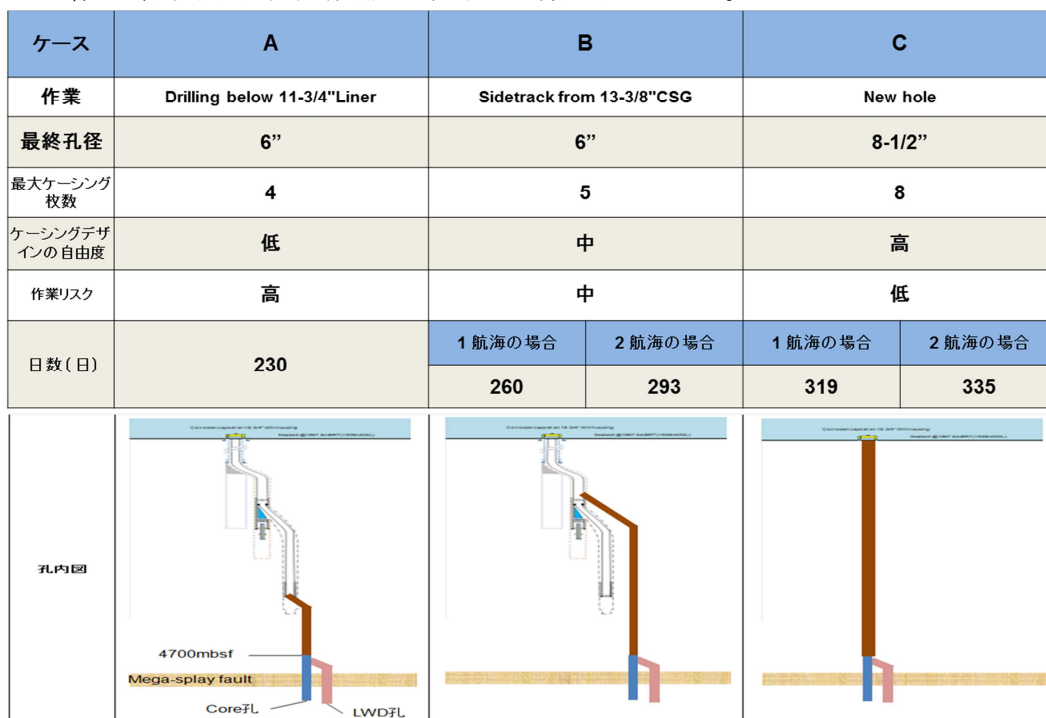


図 57 掘削計画案